

TÜRKİYE'NİN EN DERİN ELMASLI SONDAJ ÇALIŞMASINDA DELİNEBİLİRLİĞİN İRDELENMESİ

EVALUATING THE DRILLABILITY AT TÜRKİYES DEEPEST DIAMOND DRILLING OPERATION

M.Ertan AKÜN *
İlker ERTEM **

Anahtar Sözcükleri : Sondaj , Formasyon Ve Operasyon Parametreleri

ÖZET

TTK adına MTA tarafından yürütülmüş olan Kozlu arama sondaj çalışması, 1759-10 metrede tamamlanmıştır. Mevcut kuyuda ,tüm çaplarda (PQWL.HQWL, NQWL) ülkemizde en derine inilmiştir.Bu bildiriye,kontrol edilemeyen formasyon parametreleri ile kontrol edilebilen operasyon parametreleri üzerinde durulmuş ; bu parametrelerin ilerleme hızları ve matkap ömürleri üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Değişik matkap tip ve çapları , kuyu derinlikleri ve basınç kayıplarına bağlı ilerleme hızları irdelenmiş ve benzer çalışmalar için öneriler sunulmaya çalışılmıştır.

ABSTRACT

The drilling operation carried out for TTK by MTA has been completed at 1759-10 meters. In this hole,deepest drilling in our country has been achieved at all diameters (PQWL.HQWL.NQWi) involved. In this paper,the uncontrollable formation parameters and the controllable operation parameters are studied in detail .giving emphasis to their effect on penetration rates and bit lives. Penetration rates depending on different bit types and diameters,hole depths and pressure losses are evaluated .trying to present drilling systems for similar drill holes.

* Maden Y.Müh. , MTA Sondaj Dairesi, ANKARA
** Maden Müh. , MTA Sondaj Dairesi, ANKARA

1. GİRİŞ

1992 yılında, TTK adına Zonguldak Kozlu'da 1800 metrelik bir kuyu kazılması gündeme gelmiştir. Kuyunun kazı İmasını, MTA Genel Müdürlüğü üstlenmiş ve 2000 metre kapasiteli bir makine bu çalışma için programlanmıştır.

Kuyu kesiti ile karotsuz ilerlenebilecek metraj değerlendirilerek, 374-40 ve takım dizaynı yapılarak karotsuz olarak Crock-bit ile ilerlemeye başlanmıştır. 374-40 metreye kadar sürdürülen bu çalışma sonrasında ; sırasıyla PQWL ile 640-20 metreye , HQWL/ ile 1318-75 metreye , NQWL ile 1759-10 metreye ilerleme yapılmıştır.

374-40 metreye kadarki ilk bölümde, yüksek debi gereksinimi nedeniyle dubleks pompa, sonraki aşamada ise tripleks pompa kullanılmıştır. Debi ve basınç kayıplarının hassasiyetle takibi yapılmış; son aşamada basınç kayıplarının mevcut pompa ile karşılanamaması nedeniyle ilerleme mümkün olamamıştır.

Kullanılan "rock-bit", emprenye ve yüzey taşlı elmas kronların verimliliği detaylı olarak irdelenmiştir. Buna paralel olarak, kontrol edilemeyen formasyon parametreleri ile kontrol edilebilen operasyon parametreleri değerlendirilerek benzer çalışmalar için öneriler sunulmuştur.

2. İLERLEMEYE ETKİ EDEN FAKTÖRLER

2.1-Kontrol Edilemeyen Faktörler

Sondaj çalışmalarını önemli ölçüde etkileyen bu faktörler , Wirth tarafından yapılan detay sınıflandırmada da değinildiği gibi (Wirth, 1981), kayaların sertliği, aş indiriciliği, kırılganlığı, tek eksenli basınç dayanımı, tane boyutları gibi özellikleridir. Tabiidir ki, bu faktörler sabit olup, hızlı ilerleme ve verimli matkap kullanımı için matkap imalatı ve operasyon parametreleri değiştirilerek optimize edilmelidir.

Bu bildiride, kayaç özelliklerinin ancak bir bölümü değerlendirmeye alınabilmiş; daha çok kontrol edilebilir operasyon parametreleri üzerinde yoğunlaşmıştır.

2.2-Kontrol Edilebilen Faktörler

Elmaslı sondaj çalışmalarında esas etken olan operasyon parametreleri teorik olarak birçok kişi veya kuruluş tarafından değerlendirilmiştir. Bu teorik değerlendirmelerin hemen hemen tümünde çeşitli formasyonlar için kullanılacak pratik operasyon parametreleri tavsiye edilmiştir. Christensen, matkap devri ve matkap baskısı ile ilgili ampirik formüller sun-

mustur(Christensen,1977).Buna göre,ilerleme hızı ve matkap devri arasındaki ilişki aşağıdaki gibidir:

$$V_b = C.a.s.n. \text{-----}(1)$$

V_b = ilerleme hızı (m/saat)

-2

C = Değişim faktörü ; $6 \cdot 10$

a = Ortalama çap üzerindeki kesici taş adedi

s = Spesifik kesme derinliği,mm

n = Matkap devri,1/dakika

Yüzey taşı matkaplar için yukarıdaki ampirik eşitlik kullanılırken , emprenye elmas kronlar için Longyear tarafından önerilen ve matkap devri ile ilerleme hızı arasındaki ilişki ise aşağıdaki gibidir(Longyear,1989)

$$80 \leq RPC \leq 100 \text{-----}(2)$$

Devir/dakika

$$RPC = \text{-----}$$

Santimetre/dakika

Matkap baskısı ise , formasyonun tek eksenli basınç dayanımını karşılayacak minimum düzey ile elmas tanelerinin basınç dayanımını karşılayacak düzey arasında ohnalıdır.Yine Christensen'in bu konudaki önerisi aşağıdaki gibidir(Christensen.1977):

P

$$G \leq \text{-----} \leq D \text{-----}(3)$$

$b \cdot f$

G= Delinecek formasyonun basınç dayanımı,kg/cm²

P= Matkap üzerine uygulanan baskı,kg

b= Ortalama çap üzerindeki elmas taş adedi

f= Elmas tanelerinin formasyon ile temas alanı,cm²

D= Elmas tanelerinin basınç dayanımı,kg/cm²

Matkap baskısı ile matkap devrinin bileşkesini oluşturan kuvvet ise kesme görevini yapmakta ilerleme sağlanmaktadır.Matkap baskısı,yüzey taşı elmas kronlarda çok önemli bir unsur iken (eşitlik 3),emprenye elmas kronlarda bu önemini yitirmekte ve matkap devri ön plana çıkmaktadır (eşitlik 2) .

Sondajda kullanılan çamurun debi ve basınç değerleri, özellikle 1000 metrenin altındaki sondajlarda azami öneme sahip bir operasyon parametre-

sidir. Elmaslı sondaj takım dizilerindeki kleranslar gözönüne alındığında, oluşan akım rejimi türbülanttir. Çalışmanın tüm aşamalarında; çamur özellikleri,debi ve kesit alan gözönüne alınarak »aşağıdaki eşitlikler ile hesaplanarak gerekli düzenlemeler yapılmıştır:

$$v = \frac{12.74 \cdot Q}{2 \cdot 2 \cdot (d_1 - d_2)} \text{-----(4)}$$

v = Anülüs çıkış hızı, m/dk

Q = Debi. l/dk

d1= Kesit dış çapı, cm

d2= Kesit iç çapı, cm

$$\mu = n \cdot \frac{47.9 \cdot \tau_y \cdot (d_1 - d_2)}{v} \text{-----(5)}$$

μ =Viskozite katsayısı,

n = Plastik viskozite,

τ_y = "Yield point",

$$NRe = \frac{166.5 \cdot S.G. \cdot v \cdot (d_1 - d_2)}{\mu} \text{-----(6)}$$

NRe= Reynold sayısı

S.G= Çamur ağırlığı, gm/cc,

$$p = \frac{\tau_y \cdot L}{386(d_1 - d_2)} + \frac{n \cdot L \cdot v}{18514(d_1 - d_2)} \text{-----(7)}$$

p = Basınç kaybı, kg/cm²

L = Derinlik, m

3.ARAZİ ALIŞMALARI

Lokasyon hazırlığı ertesinde , Kozlu 20-G sondaj kuyusunda 8.6-1992 tarihinde çalışmalara başlanmış ve 23-10-1992 tarihinde 1759-10 metrede tamamlanmıştır. Tamamlanan takım ve boru dizaynı, Tablo l'de sunulmaktadır.

Tablo 1- Kozlu 20-G sondajında takım ve boru dizaynı

Çalışma aralığı (m)	Kullanılan matkap	Takım dizisi (DP)	Ağırlık tiji (DC)	Kullanılan boru
0.00- 5.70	8 1/2"r.b.	2 3/8"	4 3/4"	7"
5.70- 374.40	6 1/4"r.b.	"	"	PW
374.40- 640.20	PQWL	PQWL	-	HW
640.20-1318.00	HQWL	HQWL	-	NW
1318.00-1759.10	NQWL	NQWL	-	-

Tablo 2-Kozlu 20-G sondajında çamur özellikleri ve basınç kayıpları

Çalışma aralığı (m)	Formasyon	Viskozite (sn/quart)	Ağırlık (gm/cc)	PV (centi-poise)	YP (lb/100ft ²)	Basınç kaybı (psi)
127.20- 145.90	Kiretaşı	55	1.04	10	7	300
411.60- 421.85	Kumtaşı	40	1.09	7	10	350
542.60- 559.60	Kil-kumtaşı	50	1.05	12	8	350
640.75- 661.30	" "	37	1.05	9	7	400
751.45- 770.85	" "	38	1.05	10	11	400
853.00- 874.00	" "	40	1.08	11	10	425
953.65- 978.15	Kil-kömür	45	1.08	10	13	425
1032.05-1049.85	" "	50	1.06	13	13	450
1106.25-1127.55	" "	50	1.04	10	7	450
1261.05-1286.25	" "	40	1.06	10	10	450
1415.90-1437.30	Kil-kumtaşı	34	1.02	10	7	500
1452.80-1457.90	" "	48	1.03	9	8	650
1470.10-1476.10	Kumtaşı	50	1.06	10	9	800
1574.80-1595.00	"	38	1.02	4	2	800
1605.30-1613.40	Kong-kumtaşı	30	1.02	2	1	1100
1640.90-1652.80	" "	34	1.02	6	3	600
1702.90-1727.30	" "	33	1.03	3	3	600
1738.40-1749.50	" "	34	1.03	3	3	600
1759.10-1759.10	" "	38	1.02	10	9	1100

Tablo 1'de belirtilen derinliklere indirilen muhafaza borularında , herhangi bir çözümlene riskine karşın tabandan 20-30 metre mesafeye kadar çimentolanmıştır. Kuyuda, değişik aralıklarda su kaçağı gündeme gelmiş, kömürlü zonlarda ise metan gazı analizi yapılmıştır.Tablo 2'de ,değişik aralıklardaki sondaj çamur özellikleri ve oluşan basınç kayıpları sunulmaktadır.

Çamur özelliklerinin yanısıra,kullanılan matkap tiplerine bağlı olarak, formasyona bağlı operasyon parametreleri ile ortalama günlük ve birim ilerleme hızları titizlikle takip edilmiştir. Bu veriler aşağıda Tablo 3'de sunulmaktadır.

Tablo 3- Kozlu 20-G sondajında operasyon parametreleri ve ilerleme hızları

(alışma aralığı (m))	Matkap cinsi	Matkap baskısı (kg)	Matkap devri (rpm)	Günlük ilerleme (m)	İlerleme hızı (cm/dk)
0.00- 5.70	8 1/2"r.b.	2000	100	5.70	2.37
5.70- 374.40	6 1/4"r.b.	2000-3500	100-250	21.38	2.25
374.40- 640.20	PQWL	2000-3000	150-400	13.31	1.85
640.20-1318.75	HÜWL	1500-2000	300-600	23.43	2.55
1318.75-1759.10	NÜWL	1000-1500	400-700	14.22	2.05

4.SONUÇ VE ÖNERİLER

4-1.Matkap Değerlendirmesi

Kozlu 20-G sondajında,ilk 374-40 metrelik bölüm 8 1/2" ve 6 1/4" rock-bit kullanılmıştır. Geri kalan bölüm ise PQWL.HÜWL ve NÜWL yüzey taşı ile emprenye elmas kronlarla delinmiştir. İlk etapta, elmas kronlarla rock-bit'ler kıyaslanmıştır.Tablo 4'de .yapılan bu kıyaslanmanın sonuçları sunulmaktadır. Ayrıca, elmas kronların operasyon parametreleri ve aşınma yönüyle değerlendirildikleri Tablo 5 aşağıda sunulmaktadır.

Tablo 4-Kozlu 20-G sondajında rock-bit-elmas kron kıyaslaması

Matkap tipi	Matkap adedi	Toplam metraj	Matkap ömrü
8 1/2"r.b.	1	5-70	Kullanılır
6 1/4"r.b.	11	355.23	32.29
PQWL	4	224.82	56.21
HÜWL	7	627.15	89.59
NÜWL	11	440.35	40.33

Tablo 5- Kozlu 20-G sondajında elmas kronların operasyon parametreleri ve aşınma yönüyle değerlendirilmesi

Tip	No	İniş (m)	Çıkış (m)	İler. (m)	Devir (rpm)	Baskı (kg)	İ.Ç. (mm)	D.Ç. (mm)	Matris (mm)
PQWL	31266	152.30	152.70	0.40	200	2000	85.1	121.0	2.0
"	"	201.85	203.00	1.15	"	"	"	"	"
"	"	314.00	315.60	1.60	"	"	"	"	"
"	"	353.93	356.05	2.12	"	"	"	"	"
"	"	361.05	362.80	1.75	"	"	"	"	"
"	"	368.20	369.40	1.20	"	"	"	"	"
"	"	372.40	374.40	2.00	"	"	"	"	"
"	31271	374.40	453.75	79.35	300-350	2000-2500	85.8	121.0	1.9
"	31263	453.75	476.30	22.55	"	1500-2000	85.0	121.0	2.0
"	31272	476.30	589.00	112.70	250-350	1500-2500	85.2	121.0	2.0
HQWL	31285	640.20	702.85	62.65	300-500	2000	63.5	95.5	2.0
"	31291	734.85	751.45	16.60	400-500	"	64.0	95.5	2.0
"	31280	770.85	924.25	153.40	"	1500-2000	64.0	95.0	2.0
"	31294	924.25	1024.40	100.15	"	2000	63.2	95.0	1.0
"	31277	1024.40	1135.45	111.05	400	1500-2000	64.0	95.0	-
"	31276	1135.45	1236.25	100.80	"	2000	63.5	94.8	1.0
"	31288	1236.25	1318.75	82.50	400-500	1500-2000	63.2	94.0	1.5
NQWL	59437	1318.75	1383.45	64.70	500-550	1400-1500	53.5	75.5	2.7
"	59436	1383.45	1437.30	53.85	"	1500	47.2	75.2	2.0
"	51820	1437.30	1452.80	15.50	500-600	1200-1500	47.5	75.0	5.9
"	51821	1452.80	1496.00	43.20	"	1000-1200	YANMIŞ		
"	91061	1496.00	1595.00	99.00	650-700	1000	50.0	75.0	4.0
"	91064	1595.00	1613.40	18.40	600	"	YANMIŞ		
"	90925	1613.40	1640.90	27.50	400-650	"	47.5	74.5	2.5
"	91073	1640.90	1676.90	36.00	400-600	1000-1500	YANMIŞ		
"	91074	1676.90	1728.30	51.40	"	"	47.6	75.0	3.0
"	91071	1728.30	1750.50	22.20	550-600	1000	50.5	75.0	5.1
"	91075	1750.50	1759.10	8.60	500-600	"	YANMIŞ		

Kullanılan matkapların sağlıklı bir şekilde değerlendirilebilmesi için, elmas tamelerinin aşınma miktarlarını da bilmekte yarar vardır. Bu nedenle, Tablo 6'da reküper edilen elmas kronların aşınma değerleri sunulmaktadır.

Tablo 6- Kozlu 20-G sondajında kullanılan elmas kronların aşınma yönüyle değerlendirilmesi

Matkap Tipi	Matkap No	Karat Yeni	Karat Eski	Karat Kullanılan	ŞOC	Yapılan Metraj	Aşınma Karat/M
PQWL	31266	27.495	35	7-505	40/60	10.22	0.734
"	31253	32-500	"	2.500	''	22.55	0.111
"	31271	28.290	"	6.710	"	79.35	0.085
"	31272	28-415	"	6.585	"	112.70	0.058
HQWL	31291	24.530	27	2-470	"	16.60	0.149
''	31285	20.555	"	6-445	''	62.65	0.103
''	31288	23.500	''	3-500	"	82.50	0.042
"	31280	23.945	"	3.055	"	153.40	0-019
"	31276	18.200	-	8-800	''	100.80	0-087
"	31277	9.560	"	17.440	''	111.05	0.157
"	31294	22.970	''	4.030	''	100.15	0-040
NQWL	90925	5-805	13	7.195	60	64.70	0.111

Yukarıdaki bilgilerin ışığında, matkaplarla ilgili olarak aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

1) Genel anlamda, 6 1/4 rock-bit'lerin randımanı düşüktür (32.29m/ad). Bunun nedenleri, kuyu başlangıcında yeterli mesafe olmaması nedeniyle gerekli sayıda ağırlık tiji (DC) kullanılamaması ve geçilen kireçtasının kırıklı çatlaklı olmasıdır. PQWL matkapların aynı kireçtasındaki randımanı (56.21m/ad) oldukça düşük aşınma değerleri nedeniyle iyidir; özellikle karotsuz çalışma sırasında aralıklarla karot almakta kullanılan ve olağandışı aşınan bir tanesi göze alınmazsa randıman (71-53m/ad) daha iyi seviyeye çıkmaktadır. HQWL matkapların randımanı (89-59m/ad) oldukça iyi olup, aşınma değerleri metre başına yüzde iki karatlık değerlere kadar

inmektedir.NQWL matkapların randımanı ise düşüktür(40.33m/ad). Yüksek ic çap aşınmalarından da anlaşılacağı gibi,emprenye matkaplarda sürekli uygun parametreler asın vibrasyon nedeniyle uygulanamamıştır.

2) 6 1/4 rock-bit kullanımı,mevcut makine ve ekipman için tam olarak uygun değildir.8u nedenle, kuyunun ilk bölümünün PQWL takım ile delinerek dolulu matkap veya tarayıcı matkapla taranarak borulanması yerinde olacaktır.

3) Emprenye matkapların gerektirdiği yüksek matkap devri 1000 metrenin altındaki derinliklerde ve kırıklı çatlaklı formasyonlarda güçlükle uygulanabilmektedir. Bu nedenle iyi kaliteli elmas taşlarla imal edilmiş yüzey taşı elmas kron kullanılması doğru olacaktır. Ancak, daha sığ derinliklerde uygun parametrelerin uygulanabilmesi halinde emprenye elmas kron kullanımı ekonomik olabilir.

4-2 Kuyu Hidroliğinin Değerlendirilmesi

Tablo 2'de sunulan veriler ve ilerleme anında karşılaşılan güçlükler gözönüne alınarak aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

1) İlerlenen takım dizisine bağlı olarak,oluşan anülüs aralığının kesit alanında en az 30 cm/saniye anülüs hızı sağlayacak debinin uygulanması zorunludur.Aksi takdirde .sağlıklı kuyu temizliği sağlanamaz.Bu durumda,PW boru içerisinde çalışan PQWL takım için 43-72 lpm.HW boru içerisinde çalışan HQWL takım için 34-57 lpm ve NW boru içerisinde çalışan NQWL takım için ise 13-22 lpm'dir.

2) Kuyuda kullanılan çamurun viskozitesi 35-45 saniye/quart olmuştur ve bu değerler uygundur.Çamur ağırlığı ise 1-02-1-08 gm/cc arasındadır. Plastik viskozite ve yield point değerleri ise 1500 metrelere kadar 10 civarında olmuştur.Bu koşullarda .kuyuda oluşan basınç kayıpları kuyunun derinleşmesiyle 300 psi'den başlayarak 1500 metre derinlikte 1100 psi'ye ulaşmıştır.Mevcut pompa kapasitesini aşan bu basınç kaybı nedeniyle PV ve YP değerleri düşürülmüştür.Ancak, bu sistemde basınç düşüşü kısmen sağlanmışsa da kuyu cidarında oluşan kekin yıkılmaması için debinin düşürülmesi düşünülmüş ve makine üzerindeki pompa devre dışı bırakılarak düşük kapasiteli Bean Royal 535 pompa devreye sokulmuştur. Böylece, en az 1500 psi'lik bir pompa sisteminin temini zorunlu hale gelmektedir.Ayrıca,özellikle

NQWL çapta çal ısılacaksa, daha geniş anülüs oluşturmak için "oversize" matkap kullanılmalıdır.

4-3 Kuyu Dizaynının Değerlendirilmesi

Benzer bir kuyuda, karboniferin üzerindeki kireçtaşı örtüsü PQWL takım dizisi 60-80 spc'li yüzey taşlı elmas kronlarla delinmelidir. Su kaçağına rastlanmaması halinde örtü tabakası PQWL takım ile geçilerek HW boru indirilmeli ve çözülme riskine karşın çimentolanmalıdır. Su kaçağına rastlanması halinde ,PQWL takım ile d>linen alan dolu matkap veya tarayıcı matkapla taranarak PW borulama yapılmalı ve PQWL takım ile ilerlemeye devam edilmelidir.

Kil,kum,kalker,silt ve kömür ardalımalı karbonifer seviyesinin ise yüzey taşlı veya emprenye HQWL elmas kullanılarak,azami derinliğe inilmelidir (mevcut makine için 1800 m). Cesitli nedenlerle ,bu metraja HQWL takım ile inilememesi halinde NW borulama yapılarak NQWL takım ile ilerlenmelidir.

Kaynaklar

Rabia,H.,1985;Oilwell Drilling Engineering;U.S.A.,ssl33-141

Longyear,1989;Longyear imatları genel katalogu;Kanada

Christensen,1977;Elmas Kronlar ve Sığ Kuyulardaki Kullanımı

ssl5-21;İsveç

Akün,E.,1990,Zonguldak Taşkömürü Havzasındaki Arama Çalışma-

larında Del inebil iri için Geliştirilmesi,Master Tezi,

O.D.T.Ü ,Ankara,96s.