

## JEOTERMAL SONDAJLARDA YENİ NESİL MATKAPLAR VE MATKAP SEÇİMİNE YÖNELİK BİR UYGULAMA

Bülent TOKA\*

### GİRİŞ

Dünyada enerji anlayışı yeşil enerjiye doğru yön değiştirirken, yeşil enerji kaynakları arasında gösterilen jeotermal enerjiye olan talep de her geçen gün artmaktadır. Jeotermal enerji potansiyeline sahip ülkelerin bu kaynaklardan yararlanmaya dönük yatırımlarında da göreceli bir artış gözlenmektedir. Örneğin Endonezya'nın bu sektöre 30 milyar dolarlık bir yatırım ayırması bu sektöre olan ilginin önemli bir derecede arttığını göstermektedir. Doğal olarak bu ilgi, sondaj makine ve ekipmanlarına olan talepleri de artırmaktadır. Araştırmacılar da bu alanda AR-GE çalışmaları ile teknolojilerini geliştirmekte ve yatırımlarını yükseltmektedirler.

Petrol ve doğal gaz sondajlarına göre jeotermal sektörü, küçük bir pazar olmasına karşın hızla büyüyen ve kendine has özellikleri olan bir sektördür. Jeotermal kuyular, petrol ve doğal gaz sondajlarına nazaran yüksek sıcaklıklara sahiptirler. jeotermal kuyuların sıcaklığının 230 °C üzerine olması ve yüksek kuyu içi basınçları sondaj problemlerinin petrol sondajlarına göre daha fazla olmasına neden olmaktadır. Sondajlarda karşılaşılan bu problemlerin içerisinde en önemlisi sert, aşındırıcı ve yüksek sıcaklıklı formasyonların delinmesi sırasında matkap performansındaki azalma ve matkabın ilerleme hızının düşmesidir.

Bu çalışmada jeotermal sondajlarında kullanılan yeni nesil matkaplar ve matkap

ilerleme hızının kuyu maliyetine etkisi üzerinde durulmuştur.

### YENİ NESİL MATKAPLAR

Sondaj operasyonlarında matkap değişimi için yapılan her manevra zaman kaybını ve dolayısıyla kuyu maliyetini artırmaktadır. Bu yüzden matkap firmaları veya araştırmacılar, matkapların dayanıklılığını artırmak, matkap aşınmalarını azaltmak ve daha uzun süre çalışma dayanımını artırmaya yönelik AR-GE çalışmalarını yürütmektedirler. Bu çalışmalar, kullanıcıların matkap ihtiyaçlarına veya sondaj sırasında karşılaştıkları problemleri gidermeye yönelik olmaktadır. Dolayısıyla matkapların kesme yapısı, geometrisi ve diğer parametreleri, kesilecek formasyona ve istenen kuyu karakteristiklerine uygun olarak düzenlenmektedir.

Jeotermal, doğal gaz ve petrol sondajlarında genellikle üç konlu matkaplar veya çok kristalli elmas (PDC) matkaplar kullanılmaktadır. Jeotermal sondajlar için çoğunlukla üç konili döner matkaplar tercih edilmektedir. Üç konili döner matkaplar dizaynlarına göre dişli veya kabaralı matkaplar tungsten karpit gömülü (TCI) matkaplar olarak ikiye ayrılırlar. TCI matkaplar sağlam kesme ve yüksek ilerleme hızları (ROP) ve aşınmaya dayanıklı maddeler oldukları için jeotermal kuyularda tercih nedenidir. PDC (polycrystalline diamond bit) matkaplar ise operasyon gereksinimlerine ve yönlendirilebilir kuyu sistemlerin ihtiyacını karşılamaya yönelik tercih edilmektedirler. PDC matkaplar sert ve çalıklı formasyonlarda iyi olmamasına rağmen son zamanlardaki madde yapısını düzenleyen yeni teknolojiler bu matkapların jeotermal sondajlarda kullanımını uygun hale getirmektedir. Özellikle bu matkapların

\* Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Sondaj Dairesi - ANKARA

dönen parçası, bilye ve sızdırmazlık keçeleri olmadığından yüksek sıcaklıklı kuyularda da kullanılabilirler.

Jeotermal kuyularda aşırı derecede sert ve sıcaklığı 230 °C üzerinde olan yüksek sıcaklıklı ve basınçlı formasyonlarla karşılaşmaktadır. Üç konili döner matkapların elastik parçaları ve bilya yatakları sıcaklığa karşı duyarlı olduğundan bu tür kuyularda matkapların kuyuya indirilmeleri sırasında ara ara sirkülasyon yapılarak soğutulmaları gerekmektedir. Formasyonun aşındırıcı ve sertliği yanında yüksek sıcaklıklar üç konili matkapların bilye yataklarının sızdırmazlık yapısı için önem taşımaktadırlar. Bu yüzden araştırmacılar yüksek entalpili jeotermal ortamda çalışan matkapların yağlama sisteminin sıcaklığa dayanımı üzerine çalışmaktadırlar. Yeni nesil üç konili matkaplarda kullanılan flor içerikli yeni kauçuk parçalarla 170° - 285° C arasında sıcaklığa sahip olan jeotermal sahalarda yapılan sondajlarda matkap ömrü 20.1 saatten 32.6 saate yükselmiş ve matkabın yaptığı iş 63.1 metreden 79.9 metreye yükselmiştir (Shakhovskoy, 2011).

Döner konili ve PDC matkap teknolojilerinin birleştirilmesi ile üretilen karma (melez) matkaplar ise geniş çaplı ve yönlü kuyularda geniş bir uygulama alanı bulmaktadır. Ayrıca insört (tungsten karpit matkap) ve dişli matkap dizaynı birleştirilerek üretilen yeni dizayn matkapla 8 ½" çapındaki bölümde ilerleme hızında önemli bir artış (%54) ve sondaj zamanında 20 saat düşme sağlanmıştır (Smelker, 2011).

## MATKAP SEÇİMİNE YÖNELİK BİR UYGULAMA

Günlük makine kirası (veya sabit giderler) dışında sondajın birim maliyetinin be-

lirlenmesindeki en önemli üç faktör matkap fiyatı, çalışma ömrü ve ilerleme hızıdır. Sondajın birim maliyeti belirlenmesinde bu değerler temel olarak alınmaktadır. Matkapların çalışma performansı veya diğer bir ifade ile sondaj birim maliyeti aşağıdaki formüle göre hesaplanır (Azar, 2007).

$$C = \frac{B+R(T_d+T_t+T_c)}{F}$$

C= her bir matkap için sondaj birim maliyeti \$/m

B= matkap fiyatı, \$

R= sondaj makinesinin saatlik kirası (veya maliyeti), \$/saat

T<sub>d</sub>= her bir matkap için delmede geçen süre, saat

T<sub>t</sub>= her bir matkap için manevra süresi, saat

T<sub>c</sub>= her bir matkap için bağlantı süresi, saat

F= matkabın yaptığı iş, m (F=ROP×T<sub>d</sub>)

ROP= ilerleme hızı, m/saat

Matkap fiyatları ve sondaj makine kirası bilinen değerlerdir ve manevra zamanı yaklaşık olarak tahmin edilebilmektedir. Bunun anlamı bir operasyonun maliyeti, ortalama ilerleme hızı ve matkap çalışma ömrü ile belirlenebilmektedir. Matkap ömrü ve ilerleme hızı belirlemede sondör tarafından bazı faktörler (örneğin operasyon koşulları) belirlenirken bazıları ise (örneğin formasyonun yapısı) sondörün kontrolünün ötesindedir.

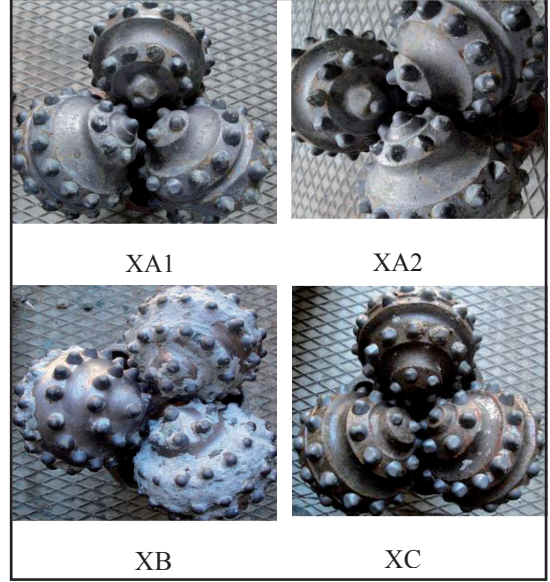
Matkap performanslarının kuyu maliyetine etkisinin değerlendirilmesi için Çanakale-Biga-Kırkgeçit Kampı'nda yapılan çalışmalar örnek olarak alınmıştır. Bu sondajda 211.70-450.00 metrelerin delinmesi sırasında üç farklı firmaya ait 4 adet 8 ½" matkap kullanılmıştır (Çizelge 1). Bu matkaplardan ilk ikisi aynı firmaya ait yeni matkaplar (XA1 ve XA2), üçüncüsü derin sondajlarda kulla-

nılmış farklı bir firmaya ait eski bir matkap (XB) ve sonuncu ise başka bir firmaya ait yeni bir matkaptır (XC).

**Çizelge 1- 8 ½” matkapların performansı ve değerlendirilmesi**

Matkap Tipi	XA1	XA2	XB	XC
Çalıştığı Derinlik (m)	211.70-264.30	264.30-299.30	299.30-381.00	381.00-450.00
Yaptığı iş (m)	52.60	35.00	81.70	69.00
Çalışma zamanı (saat)	47.75	33.30	46.25	49.00
Fiyatı (\$)	2 150	2 150	9 000 x 0,30 = 2700	4 200 / 2 = 2100
Formasyon	Meta volkanik	Meta volkanik	Meta volkanik	Meta volkanik
İlk Durumu	Yeni	Yeni	Eski	Yeni
Son Durumu	Kullanılmaz	Kullanılmaz	Kullanılmaz	Kullanılabilir

5.3.7 IADC kodlu XA1 ve XA2 matkapları yeni olup birim fiyatı 2150 \$'dır. XA1 matkabının çalışma ömrü göz önüne alınarak matkap kontrolü için takım kuyu dışına alınmış ve matkaptaki gözlenen aşınmalar ve dişlerde kırılmalar nedeniyle matkap hurdaya ayrılmıştır. XA2 matkabı ile yapılan ilerleme sırasında kuyu problemi (takım dizisi kesmesi) meydana gelmiş ve takım kurtarıldıktan sonra matkap kuyu dışına alınmıştır. Matkabın gözle değerlendirilmesi sonucu (matkap ve dişlerinde gözlenen aşınmalar ve kırılmalar) tekrar kullanılması riskli olduğundan matkap hurdaya ayrılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1- Sondajda kullanılan matkapların görünümleri

Farklı bir firmaya ait 6.2.7 IADC kodlu XB matkabı derin sondajlarda 129,5 saat çalışmış ve 611 m (1038-1540 ve 1750-1859 metreler arası çalışmış) iş yapmıştır. Bu sondajda matkap üzerine uygulanan baskı 14-15 tondur. XB matkabının birim fiyatı 9000 \$'dır. Derin sondajda kullanımında matkaptaki aşınma %70 olarak değerlendirilmiş ve bu sondajda matkabın %30'luk kısmından faydalanılmıştır. Bu durumda matkabın fiyatı 9000x0,30=2700 \$ olarak kabul edilmiştir.

6.1.7 IADC kodlu XC matkabı başka bir firmaya ait olup birim fiyatı 4200 \$ olup kuyunun son metrelerinde çalışmış ve yapılan matkabın değerlendirilmesinde maksimum %50'lik bir aşınma olduğu varsayılmıştır. Bu matkap başka kuyularda da kullanılabilecek durumdadır.

Kule çekme kapasitesinin sınırlı olması nedeniyle tüm matkapların üzerine maksimum 4 ton baskı uygulanabilmiştir.

**ÖRNEK 1:**

Çizelge 2'de değişik matkaplara ait fiyat ve çalışma performansları verilmiştir. Buna göre en uygun matkabı seçiniz.

Makinenin günlük maliyeti (R) = 4200 \$

**Çizelge 2- Farklı matkapların fiyatları ve çalışma performansları.**

Tip	Fiyat (\$)	Çalışma süresi (saat)	Manevra süresi (saat)	Tij ek-leme süresi (saat)	İlerleme hızı (m/saat)
XA1	2150	47,75	3	0,1	1,10
XA2	2150	33,30	3	0,1	1,05
XB	2700	46,25	3	0,1	1,77
XC	2100	49,90	3	0,1	1,41

XB=9 000x0,3=2 700 \$ (matkap çalışma ömrünün %30'dan faydalanılmıştır)

XC=4 200x0,5=2 100 \$ (matkap çalışma ömrünün %50'den faydalanılmıştır)

**ÇÖZÜM 1:**

Her bir matkap için sondaj birim maliyetini (C) hesaplırsak

XA1 matkabı için

$$C = \frac{2150 + 4200/24(47,75 + 3 + 0,1)}{47,75 \times 1,10} = 210 \$/m$$

XA2 matkabı için

$$C = \frac{2150 + 4200/24(33,30 + 3 + 0,1)}{33,3 \times 1,05} = 243 \$/m$$

XB matkabı için

$$C = \frac{2700 + 4200/24(46,25 + 3 + 0,1)}{46,25 \times 1,77} = 139 \$/m$$

XC matkabı için

$$C = \frac{2100 + 4200/24(49 + 3 + 0,1)}{49 \times 1,41} = 163 \$/m$$

Yukarıda yapılan hesaplamalardan açıkça görüldüğü gibi XB tipi matkap kullanıldığında en düşük sondaj birim maliyeti gerçekleşmektedir. Bu sonuç kuyu birim maliyetlerinin belirlenmesinde matkap seçimlerinde matkabın fiyatından çok ilerleme hızının ve matkap çalışma ömrünün ne kadar önemli olduğunu göstermektedir. Diğer bir ifade ile matkapların fiyatlarına göre değil performanslarına göre tercih edilmesi gerektiğini göstermektedir.

8 ½" kuyu aralığının (211.30-450.00 m) aynı tip matkapla tamamlanması durumunda bu aralıkta oluşan toplam maliyet ve kıyaslama için yapılan hesaplamalar çizelge 3'te verilmiştir.

$$\text{XA1 matkabı için toplam maliyet} = 210 \times (450 - 211,30) = 50\ 055 \$$$

$$\text{XA2 matkabı için toplam maliyet} = 243 \times (450 - 211,30) = 58\ 009 \$$$

$$\text{XB matkabı için toplam maliyet} = 139 \times (450 - 211,30) = 33\ 065 \$$$

$$\text{XC matkabı için toplam maliyet} = 163 \times (450 - 211,30) = 38\ 741 \$$$

**Çizelge 3- 211,30 - 450,00 m arasında aynı tip matkap ile sondaj yapılması durumunda kuyu maliyetlerine etkisi.**

Matkap Tipi	Sondaj birim maliyeti (\$)	8 ½" kuyu aralığının toplam maliyeti (\$)	XB matkaba göre maliyet farkı	Maliyet üzerine olan % değişim
XA1	210	50 055	16 990	51
XA2	243	58 009	24 944	75
XB	139	33 065	0	0
XC	163	38 741	5 676	17

Çizelge 3'e göre; XB matkabıyla kıyaslama yapıldığında diğer matkaplarla yapılan sondajların toplam maliyetinin daha

fazla olduğu görülmektedir. Ayrıca, matkap ilerleme hızının düşük olması, jeotermal kuyularda sıklıkla karşılaşılan kısmi kaçaklı kuyularda çamur maliyetini de (bentonit veya polimer sarfiyatını) önemli ölçüde artırmaktadır. Matkabın ilerleme hızlarına göre çamur kaçaklarının kuyu maliyetine etkisi aşağıdaki formüllere göre hesaplanabilir.

Çamur kaçak miktarı

$$(Vt) = \left( \frac{Fk(m)}{Vm \left(\frac{m}{s}\right)} + \frac{Fk(m)}{Ldp(m)} \times Ts(s) \right) \times V (m^3/s)$$

Vt= toplam çamur kaçak miktarı, (m<sup>3</sup>)

Fk= kaçaklı zon aralığı, (m)

Vm= matkap ilerleme hızı (m/s)

Ldp= bir adet tijin uzunluğu, m

Ts= tij ilavelerinde taban kuyu temizliği süresi (s)

V= saatteki ortalama kaçak miktarı (m<sup>3</sup>/s)

$$Bentonit\ miktarı\ (Mt) = Vt \times Mb$$

Mt= Toplam bentonit miktarı,

Mb= 1 m<sup>3</sup> çamur için gerekli bentonit miktarı (Na-bentonit için 0,083 ton/m<sup>3</sup>)

$$Bentonit\ maliyeti\ (\ÇM) = Mt \times Fb$$

ÇM= toplam bentonit maliyeti, (\$)

Fb= 1 ton bentonitin biri m fiyatı, (\$/ton)

Çanakkale-Biga-Kırkgeçit kuyusunda da üretim zonlarında saatte ortalama 2 m<sup>3</sup> (Vs) civarında kısmi kaçaklı olarak ilerlenmiş ve bazı kısımlarda kaçak miktarı saatte 5 m<sup>3</sup> e kadar çıkmıştır.

### ÖRNEK 2:

Kuyuda 211,70-450,00 metreler arası saatte ortalama 2 m<sup>3</sup> çamur kaçağı oluştuğunda örnek 1'deki matkap tiplerine göre kaçak miktarlarının kuyu maliyetine etkilerini hesaplayınız.

$$Fk= 450,00-211,70=238,30\ m$$

$$Ldp= 6,10\ m$$

$$Ts= 15\ dakika\ (0,25\ saat)$$

$$Fb= 250\ \$/ton$$

### ÇÖZÜM 2:

XA1 matkabı kullanıldığında çamur kaçak miktarı ve bentonit maliyetinin hesabı;

Çamur kaçak miktarı

$$(Vt) = \left( \frac{238,30}{1,10} + \frac{238,30}{6,10} \times 0,25 \right) \times 2 = 452\ m^3$$

$$Bentonit\ miktarı\ (Mt) = 452 \times 0,083 = 38\ ton$$

$$Bentonit\ maliyeti\ (\ÇM) = 38 \times 250 = 9383\ \$$$

Diğer matkaplara göre yukarıdaki yöntemle yapılan hesaplamalar çizelge 4'te verilmiştir.

**Çizelge 4- 211,30 - 450,00 m arasında aynı tip matkap ile sondaj yapılması durumunda çamur kaçaklarının kuyu maliyetine etkisi.**

Matkap Tipi	Vt= Kaçak Miktarı (m <sup>3</sup> )	Mt=Harcanan bentonit miktarı (ton)	Bentonit maliyeti (\$)	XB matkaba göre maliyet farkı
XA1	452	38	9383	3785
XA2	473	39	9814	4216
XB	270	22	5598	0
XC	358	30	7428	1830

Not: Çanakkale-Biga-Kırkgeçit sondajında rezervuarda oluşabilecek kirlenmeyi azaltmak için polimerli çamur kullanılmıştır. Fakat hesaplamalar sadece bentonit çamuruna göre yapılmıştır.

Çizelge 4'te matkap ilerleme hızlarının sürekli sirkülasyon kaybı olan kuyularda kuyu maliyetine etkisini vermektedir. Çizelgeye göre ilerleme hızının düşük olması kaçaklı kuyularda kullanılan çamur miktarının artmasına dolayısıyla çamur giderlerinin de artmasına sebep olduğunu göstermektedir.

Yukarıdaki iki örnekte yapılan hesaplamalara göre; kuyu maliyetine, matkap fiyatının etkisinin çok az olduğu bunun karşılığında matkap ömrünün ve matkap performansının kuyu maliyetini önemli ölçüde etkilediğini görülmektedir. Özellikle manevra zamanı ve makine kirası yüksek olan derin sondajlar için kuyu maliyetleri orantılı olarak önemli miktarda artacaktır.

## SONUÇ

Teknolojik ve ekonomik sınırlamaların üstesinden gelmek için yeni teknolojiye yönelik araştırma çalışmaları sondaj sektöründe hızlı bir şekilde artarken, sektör çalışanlarının da bu gelişmeleri yakından takip etmesi gerekmektedir.

Jeotermal sondajlarda matkap seçiminde öncelikle kuyu derinliği, formasyon

yapısı ve kuyu taban sıcaklığı dikkate alınmalıdır. Bu faktörlerin yanında matkabın fiyatından daha çok matkabın performansı (çalışma süresi ve ilerleme hızı) göz önüne alınarak seçim yapılması kuyunun maliyetinin belirlenmesi açısından önemlidir. Performans değerleri düşük ve ucuz bir matkabın her zaman en pahalı bir matkap olduğu unutulmamalıdır.

## DEĞİNİLEN BELGELER

Azar, J.J., 2007, Well Cost Estimation, Drilling Engineering, s.456, Tulsa, Oklahoma, USA.

Smelker, K., 2011, 2-in1 bit: Dual Cutting Structure Boost ROP, Drilling Contractor, March/April.

Shakhovskoy, D., Dick, A., Carter, G. ve Jacobs, M., 2011, New Rubber Parts Improve Roller-Cone Bit Performance at High Temperatures, World Oil, January.

Terrell, H., 2011, New Drill Bit Technology: Designing the Too to Suit the Well , World Oil, October.