

Elazığ ve Erzurum jeotermal sondajında yaşanan kuyu problemleri ve kuyu saptırma deneyimi

Bülent TOKA¹, Mehmet KÜSEK² ve İsmail ÖZTEL³

Öz

Araştırma sondajlarında jeolojik ve jeofizik veriler yetersiz ise projelendirme aşamasında doğru çamur programları, sondaj dizisi matkap, hidrolik programlar ile kuyu tasarımı, stabilizasyon ve sapma programlarını yapmak zordur ve delme (sondaj) aşamasında da kuyu problemleriyle karşılaşılması kaçınılmazdır. Kuyu problemleriyle karşılaşıldığında bu problemleri çözmek için doğru algoritmalar üretmek de oldukça zordur. Bu nedenle üretim sondajları öncesinde araştırma sondajlarının dar çaplı kuyularda gerçekleştirilmesi hem ekonomik hem de mühendislik yaklaşımları açısından doğru bulunan bir yöntemdir. Sondaj operasyonlarındaki başarısız deneyimlerin paylaşılması bilim dünyasının ve sondaj sektörünün gelişimine katkı sağlamaktadır. Bu çalışmada da Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü'nün Elazığ ve Erzurum'daki jeotermal sondajlarında yaşanan kuyu problemlerinin nedenleri, uygulanan tahlisiye yöntemleri ve kuyu saptırma deneyimleri paylaşarak tartışmaya açılmıştır.

1. Giriş

Bilim dünyası son yıllarda araştırmalar kapsamında başarısızlıkla sonuçlanan bilimsel deneyimlerini de paylaşmaktadır. Bu paylaşımların ana nedeni yapılacak yeni çalışmalar için bilgi paylaşım platformları oluşturmak ve başarıya giden yolda çakıl taşlarını gerektiği şekilde yerli yerine yerleştirmektir. Başarılı çalışmaların kaynağı aslında başarısız çalışmalardan elde edilen deneyim ve verilerle yeni araştırma yöntemleri geliştirmek ve yeni veriler ile farklı sonuçlara ulaşabilmektir. Diğer bir ifade ile başarısızlıktan bir başarı çıkarmaktır. Başarısız çalışmaların ve deneyimlerin paylaşımının en az başarılı çalışmaların paylaşımı kadar önemli olduğu ve bu deneyimlerin doğru değerlendirildiğinde bilimsel gelişime ve aynı zamanda çalışmaların olumlu bir yönde ilerlemesine ciddi derecede katkı sağladığı aşikardır.

Sondaj sektöründe genellikle başarılı bilimsel çalışmalar paylaşılır. Fakat özellikle jeolojik yapısı

bilinmeyen araştırma sondajlarında karşılaşılan problemleri çözmeye uygulanan yöntemlerin tamamı başarıyla sonlanmadığı için bilim dünyasıyla paylaşılmamaktadır. Dolayısıyla sondaj çalışmalarındaki hatalı deneyimlerin paylaşılması ve tartışılması yeni çalışmalara ışık tutacağı gibi sektörün bilimsel ve teknolojik olarak gelişimine de katkı sağlayacaktır.

Sondaj operasyon parametreleri çok sıkı takip edilse bile insan kaynaklı herhangi bir ihmalkârlık çok büyük bir sondaj problemi olarak karşımıza çıkabilmektedir. İnsan kaynaklı problemleri en aza indirmek için sondaj parametreleri gösterge değerlerinde (tork, ilerleme hızı ve basınç) herhangi bir değişimle (artış/düşme) karşılaşıldığında 3D+1U (dur, dene, düşün, uygula) kuralı uygulanır. Birinci aşamada ilerleme durdurulur ve takım dizisi askıya alınır. Sondaj göstergeleri ve çamur parametreleri kontrol edilir. Değerler normal ise ikinci aşamada tekrar ilerlemeye geçilir. Şayet aynı problem tekrarlanıyorsa, üçüncü aşamada takım askıya alınarak formasyon yapısı, elek üstünden gelen kırıntı yapısı (kırıntı şekli, büyüklüğü), matkap performansı ve diğer sondaj verileri ile problemin kaynağının ne olduğu konusunda sorumlu sondaj personeli teoriler oluşturur. Problemin çözümünde sorunun kaynağının ne olduğu tespit edilir, gerçekleştirilmesine karar verilen operasyon sırasında oluşabilecek problemler için gerekli önlemler alınır ve dördüncü aşamada problemin çözümünde uygulanacak her operasyon için farklı yöntemler belirlenir. Teoriye uygun gerekli önlemler alınmadan ve problemin çözümü için uygulanacak yöntemler belirlenmeden operasyona devam edilmesi uygun değildir. Kuyuda yaşanan sorunların ana nedeni bir şey olmaz anlayışı ile bu kuralın uygulanmamasıdır. Bu anlayış günlerce, aylarca zaman kaybına neden olurken kuyu iptallerine varan sonuçlara da neden olmaktadır.

Bu çalışmada, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü'nün Elazığ ve Erzurum'da gerçekleştirdiği jeotermal sondajlarda karşılaşılan kuyu problemleri ve kuyu saptırma deneyimleri bilim dünyası ve sondaj sektörüyle paylaşılmak üzere tartışmaya açılmıştır.

¹Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Sondaj Dairesi Başkanlığı, Ankara, Türkiye

²Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Doğu Akdeniz Bölge Müdürlüğü, Adana, Türkiye

³Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ege Bölge Müdürlüğü, İzmir, Türkiye

2. Elazığ Sondajında Yaşanan Problemler ve Kuyu Saptırma Çalışmaları

Elazığ jeotermal sondajlarında 442 m'ye 13³/₈" çapında kapalı borular, 950,25 m'ye 9⁵/₈" çapında kapalı borular indirilmiş ve boru arkası çimentolanmıştır (Çizelge 1). Kuyunun son aşaması olan 8 1/2" matkapla gece vardiyasında ilerleme sırasında 1.832 m'de takım dizisi sıkışmıştır. Takım dizisi sıkışmasının ana nedeni 1.824-1.832 metre arasında bulunan kırık, ezik ve parçalı granodiyorit formasyonundaki ilerleme hızının artmasına ve takım dizisinin tork ve yük almasına rağmen ilerlemeye devam edilmesidir. Sondaj parametrelerinin değişiminde 3D+1U kuralı uygulansaydı sorunun kaynağı anlaşılabilirdi.

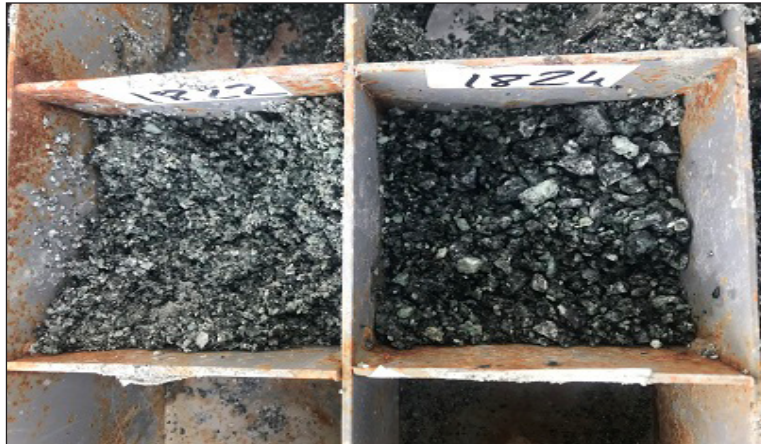
Çizelge 1- Elazığ jeotermal sondajı kuyu ve koruma borusu derinlikleri.

Matkap çapı	17 1/2"	12 1/4"	8 1/2"
İlerleme derinliği	444 m	960 m	2.188 m
Koruma borusu çapı	13 3/8"	9 5/8"	6 5/8"
İndirildiği derinlik	437,87 m	950,25 m	938-2.188 m

Sabır ile beklenip elekten gelen formasyon kırıntılarının büyüklüğü (Şekil 1) inceleneydi ve mevcut çamurun yoğunluğu artırılıp kontrollü şekilde ilerlemeye geçilseydi takım dizisinin sıkışması engellenebilirdi. Ayrıca sıkışma esnasında kuyu içerisine akan parçaları dışarı atmak için sirkülasyon sıvısının debisi artırıldığında sabit sirkülasyon borusu hattı (standpipe) patlamıştır. Bunun nedeni matkap püskürtme başlıklarından (nozül) kaynaklanan yüksek basınç ve sabit boruların bu basıncı karşılamak için yeterli dayanıma sahip olmamasıdır. Sirkülasyon sisteminde toplam pompa basınç kaybının yaklaşık

%65'i matkap nozullarında gerçekleşmektedir (Toka, 2017). Yüksek basınç kayıpları kuyuya akan formasyon parçalarını kuyu dışına taşımak için pompanın maksimum debisinden (anülüs hızından) faydalanmayı kısıtlamaktadır.

1.830 metrede sıkışan takım dizisini kurtarmak için gerçekleştirilen tahlisiye işlemleri başarısız olunca takım dizisi sola çevrilerek çözülmüştür. Kuyunun içerisinde 10 adet DC ve matkap kalmıştır. Kuyuda kalan takım dizisinin üstünden (1.730 m) 2,6 m³ çimento şerbetinin tapa olarak basılmasından sonra prizlenmesi için beklenmiştir. Kuyu dibi sondaj motoru (mud motor) ile kuyunun saptırılmasına karar verilmiş ve saptırma sapının açısı 1,5 derece olarak ayarlanmıştır. Saptırma donanımını kuyuya indirmeden önce sirkülasyon sistemiyle motorun içerisine çamur basılmış ve çalışıp çalışmadığı kontrol edilmiştir. Kuyu saptırma çalışmaları, kuyu yönlendirme ölçüm cihazı (MWD) olmadan yapılmıştır. Saptırma işlemine başlanmadan önce kuyu tabanında biriken kırıntılar sirkülasyonla temizlenmiştir. Döner masa kilitlendikten sonra matkabın kuyu cidarında saptırma yönünde yuva açması düşüncesiyle takım dizisi kelly boyu kadar 30-40 kez aşağı yukarı hareket ettirilmiştir. Matkap üzerine yük (WOB) vermeden (0 kg) ilerleme prensibi ile 1.650,20 m'den itibaren saptırma işlemine geçilmiştir. Çizelge 2'de görüleceği üzere ilk vardiyada matkabın üzerine verilen yük (WOB, weight on bit) 2,5 tona çıkarılmış ve herhangi bir ilerleme sağlanamamıştır. Kuyuda hiç ilerleme olmamasının nedeni, saptırma sapı açısından ve kuyu içi geometrisinden (sürtünme kuvvetinden) dolayı verilen bu yükün matkabın taban formasyonu ile temas etmesini engellemesidir. Matkabın formasyon ile temas ettiği (0 yük) noktayı tespit etmek için 2. vardiyada yük kademeli olarak artırılmış ve ilerleme hızı ve basınç artışı gözlenmiştir.



Şekil 1- 1.822 ve 1.824 metreler için elekten alınan kırıntı numuneleri.

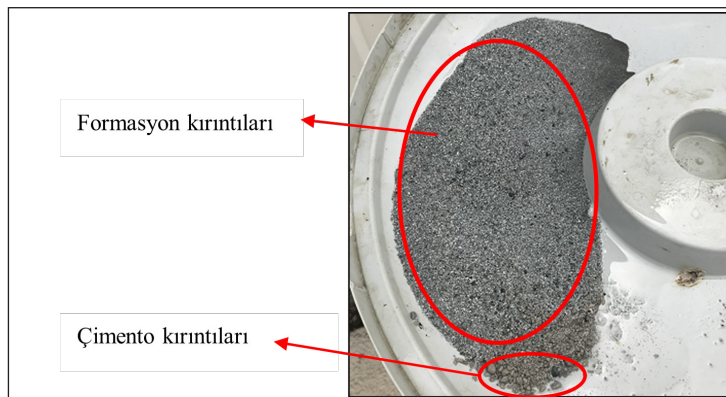
Ağırlık saatinde yük miktarı artırıldığında belli bir yük değerinde pompa basınç artışı gözlenmiş ve basınç artışı ile birlikte ilerleme hızı da artmıştır. Elek üstüne gelen kırıntı numuneleri incelendiğinde tamamen çimento kırıntılarında olduğu görülmüştür. Bu nedenle pompa basınç artışının başladığı yük olan 3,5 ton maksimum WOB olarak seçilmiş ve ilerleme hızı kontrol edilerek ağırlık saati göstergesinde WOB azaldıkça (3-3,2 ton), WOB tekrar 3,5 tona çıkarılmıştır. Bu aralıkta vardiyada olan ilerleme 0,10-0,40 m arasında değişim göstermiş ve ilerleme hızı saatte ortalama 5 cm olmuştur. İlerlemeler sırasında belirli aralıklar ile kuyudan gelen kırıntılar incelenmiş çimento ve kırıntı yüzdesi kaydedilmiştir. 1.659,35 m'de matkap kontrolü için takım dizisi çekilmiş ve sapmayı hızlandırmak için de saptırma sapının açısı 1,76 dereceye ayarlanmıştır. Bu aralıkta 627 IADC kodlu matkap kullanılmıştır. Takım dizisi kuyu tabanına dokununca matkabın eski yuvasına oturup oturmadığını kontrol etmek için döner masa yarım tur çevrilerek matkabın eski yerine gelip gelmediği kontrol edilmiştir. Matkabın eski yuvasına oturduğundan emin olduktan sonra matkap üzerine verilen yük 3,5-4 ton arasında tutulmuş ve elekten gelen numunede formasyon kırıntı yüzdesi takip edilmiştir. Formasyon kırıntısı çimento miktarına göre %80'in üzerinde gözlemlendiğinde yük de kademeli olarak artırılmıştır. Vardiyada olan ilerleme hızı 0,50 m'ye çıkarılmış ve %100 formasyon kırıntılarının (Şekil 2) gelmesiyle birlikte WOB artırılarak 1 tij uzunluğunda (9,15 m) fazladan ilerleme yapılmıştır. Bu aralıkta üzerinde 13/32"lik nozul bulunan 537 IADC kodlu matkap kullanılmıştır. Pompa debisi 290 GPM ve sistemin ortalama basınç kaybı ise 66 bar'dır.

Saptırma işlemi 23 günde tamamlanmıştır. Saptırma işlemi sabır isteyen bir operasyondur. İlerleme hızının bu kadar düşük olmasının nedeni granodiyorit tek eksenli basınç dayanımının yüksek olmasıdır. MTA laboratuvarlarında yapılan testlere

göre granodiyorit numunesinin tek eksenli basınç dayanımı 255 MPa iken çimento kataloglarına göre çimentonun tek eksenli basınç dayanımı 42,5 MPa'dır.

Saptırma işlemi sonrasında kuyu içindeki fiziksel dengeyi sağlamak için çamurun yoğunluğu kademeli olarak 1,36 gr/cm³e kadar artırılmış, matkabın püskürtme başlıklarının çapı 13/32"den 28/32" ye yükseltilmiş ve bu derinlikteki basınç kayıplarına göre en yüksek debinin sağlanacağı 6"lik pompa gömlekleri (9T800) kullanılmıştır. Derinlik ve basınç kaybına göre; iki pompada en yüksek debiyi sağlayan pompa gömleklerinin kullanılması ve püskürtme başlıklarının kullanılmaması durumunda 13/32" çapında nozul takılan matkaplara göre anülüs hızının arttığı (yaklaşık %50 oranında) ve anülüste (DC-kuyu cidarı) türbülans akışı olduğu hesaplanmıştır. Diğer bir ifade ile formasyon birikintisi nedeniyle takım dizisi sıkışması yaşanan kuyularda, en yüksek pompa debisiyle probleme neden olan formasyon parçalarını hareket ettirmek (dağıtmak) takım dizisinin serbest kalmasına yardımcı olacaktır. Araştırma sondajlarında bilinmeyen formasyon davranışları nedeniyle kuyunun en son aşaması olan 8 ½" kuyularda; püskürtme başlıklarının kullanılmaması ve basınç kaybına göre en yüksek debiyi sağlayan pompa gömlekleriyle çalışılması kuyuya ani müdahale açısından önemlidir. Ayrıca API standartlarında çamur kimyasalları ile hazırlanan çamur kompozisyonunun özelliklerinin sıkı takibi ilerlemede ve takım dizisi kurtarma operasyonlarında güvenli bir çalışma ortamı yaratacaktır.

Saptırma sonrasında, stabilizasyon donanımı olmadan, matkap+DC+HWDP+DP'den oluşan takım dizisi ile ilerlemeye geçilmiştir. Kuyunun sondajı elek üstüne gelen kırıntı büyüklükleri ve çamur yoğunluğu sürekli olarak kontrol edilerek 2.188 m'de tamamlanmıştır.



Şekil 2- Saptırma operasyonunda elekten gelen formasyon ve çimento kırıntılarının incelenmesi.

Çizelge 2- Elazığ jeotermal kuyusunun saptırma operasyonunda vardiya yapılan ilerleme miktarları.

Tarih	Vardiya	Delme aralığı, m	Vardiya ilerleme miktarı, m	Toplam ilerleme, m	Baskı, ton
27.04.2023	1	1.648,40-1.648,40	0,00	0,00	0,00-2,5
27.04.2023	2	1.648,40-1.649,80	1,40	1,40	3-4,5
27.04.2023	3	1.649,80-1.650,20	0,40	1,80	3-3,5
28.04.2023	1	1.650,20-1.650,70	0,50	2,30	3-3,5
28.04.2023	2	1.650,70-1.651,30	0,60	2,90	3-3,5
28.04.2023	3	1.651,30-1.651,70	0,40	3,30	3-3,5
29.04.2023	1	1.651,70-1.652,10	0,40	3,70	3-3,5
29.04.2023	2	1.652,10-1.652,20	0,10	3,80	3-3,5
29.04.2023	3	1.652,20-1.652,25	0,05	3,85	3-3,5
30.04.2023	1	1.652,25-1.652,40	0,15	4,00	3-3,5
30.04.2023	2	1.652,40-1.652,65	0,25	4,25	3-3,5
30.04.2023	3	1.652,65-1.652,90	0,25	4,50	3-3,5
1.05.2023	1	1.652,90-1.653,20	0,30	4,80	3-3,5
1.05.2023	2	1.653,20-1.653,60	0,40	5,20	3-3,5
1.05.2023	3	1.653,60-1.654,00	0,40	5,60	3-3,5
2.05.2023	1	1.654,00-1.654,15	0,15	5,75	3-3,5
2.05.2023	2	1.654,15-1.654,40	0,25	6,00	3-3,5
2.05.2023	3	1.654,40-1.654,50	0,10	6,10	3-3,5
3.05.2023	1	1.654,50-1.654,55	0,05	6,15	3-3,5
3.05.2023	2	1.654,55-1.654,80	0,25	6,40	3-3,5
3.05.2023	3	1.654,80-1.655,00	0,20	6,60	3-3,5
4.05.2023	1	1.655,00-1.655,50	0,50	7,10	3-3,5
4.05.2023	2	1.655,50-1.655,75	0,25	7,35	3-3,5
4.05.2023	3	1.655,75-1.656,00	0,25	7,60	3-3,5
5.05.2023	1	1.656,00-1.656,25	0,25	7,85	3-3,5
5.05.2023	2	1.656,25-1.656,40	0,15	8,00	3-3,5
5.05.2023	3	1.656,40-1.656,45	0,05	8,05	3-3,5
6.05.2023	1	1.656,45-1.656,60	0,15	8,20	3-3,5
6.05.2023	2	1.656,60-1.657,00	0,40	8,60	3-3,5
6.05.2023	3	1.657,00-1.657,40	0,40	9,00	3-3,5
7.05.2023	1	1.657,40-1.657,70	0,30	9,30	3-3,5
7.05.2023	2	1.657,70-1.658,00	0,30	9,60	3-3,5
7.05.2023	3	1.658,00-1.658,15	0,15	9,75	3-3,5
8.05.2023	1	1.658,15-1.658,50	0,35	10,10	3-3,5
8.05.2023	2	1.658,50-1.658,80	0,30	10,40	3-3,5
8.05.2023	3	1.658,80-1.658,90	0,10	10,50	3-3,5
9.05.2023	1	1.658,90-1.659,00	0,10	10,60	3-3,5
9.05.2023	2	1.659,00-1.659,35	0,35	10,95	3-3,5
10.05.2023	1, 2, 3	Sapma açısı ve matkap değişimi			
11.05.2023	1	1.659,35-1.659,70	0,35	11,30	3,5-4
11.05.2023	2	1.659,70-1.659,80	0,10	11,40	3,5-4
11.05.2023	3	1.659,80-1.660,00	0,20	11,60	3,5-4

Çizelge 2- Devamı.

Tarih	Vardiya	Delme aralığı, m	Vardiya ilerleme miktarı, m	Toplam ilerleme, m	Baskı, ton
12.05.2023	1	1.660,00-1.660,20	0,20	11,80	3,5-4
12.05.2023	2	1.660,20-1.660,30	0,10	11,90	3,5-4
12.05.2023	3	1.660,30-1.660,40	0,10	12,00	3,5-4
13.05.2023	1	1.660,40-1.660,55	0,15	12,15	3,5-4
13.05.2023	2	1.660,55-1.660,65	0,10	12,25	3,5-4
13.05.2023	3	1.660,65-1.660,75	0,10	12,35	3,5-4
14.05.2023	1	1.660,75-1.660,85	0,10	12,45	3,5-4
14.05.2023	2	1.660,85-1.661,00	0,15	12,60	3,5-4
14.05.2023	3	1.661,00-1.661,15	0,15	12,75	3,5-4
15.05.2023	1	1.661,15-1.661,30	0,15	12,90	3,5-4
15.05.2023	2	1.661,30-1.661,45	0,15	13,05	3,5-4
15.05.2023	3	1.661,45-1.661,60	0,15	13,20	3,5-4
16.05.2023	1	1.661,60-1.661,75	0,15	13,35	3,5-4
16.05.2023	2	1.661,75-1.661,90	0,15	13,50	3,5-4
16.05.2023	3	1.661,90-1.662,00	0,10	13,60	3,5-4
17.05.2023	1	1.662,00-1.662,05	0,05	13,65	3,5-4
17.05.2023	2	1.662,05-1.662,55	0,50	14,15	4,5-5
17.05.2023	3	1.662,55-1.662,90	0,35	14,50	4,5-5
18.05.2023	1	1.662,90-1.663,40	0,50	15,00	4,5-5
18.05.2023	2	1.663,40-1.664,25	0,85	15,85	4,5-5
18.05.2023	3	1.664,25-1.664,75	0,50	16,35	4,5-5
19.05.2023	1	1.664,75-1.665,60	0,85	17,20	4,5-5
19.05.2023	2	1.665,60-1.667,25	1,65	18,85	4,5-5
19.05.2023	3	1.667,25-1.670,80	3,55	22,40	6-6,5
20.05.2023	1	1.670,80-1.673,40	2,60	25,00	6-6,5
20.05.2023	2	1.673,40-1.677,30	3,90	28,90	6-6,5
20.05.2023	3	1.677,30-1.681,50	4,20	33,10	6-6,5
21.05.2023	1	1.681,50-1.682,50	1,00	34,10	6-6,5

2. Erzurum Sondajında Yaşan Problem ve Kuyu Saptırma Çalışmaları

Erzurum jeotermal kuyusunda 513,50 metreye kadar 17½" matkap ile ilerleme yapılmış ve 508,50 metreye kadar 13¾" çapında koruma borusu indirilerek boru arkası çimentolanmıştır (Çizelge 3). Sonrasında 12¼" çapında matkap ile 1.412,60 m'ye kadar ilerlenmiştir. Bu metrede yapılan jeolojik değerlendirmelerden sonra 1.075,58 m'ye 9¾" çapında kapalı borular indirilmiş ve boru arkası çimentolanmıştır. 9¾" çapındaki borunun aşağısında kalan 337,05 m (1.075,58-1.412,60 m arası) 12¼" çapında olan çıplak kuyunun devamında daha dar çaplı bir matkap (8 ½") ile ilerlemek sondaj operasyonları açısından risklidir.

Normalde borunun aşağısında kalan geniş açıklığın (fare deliği) mümkün olduğunca çok kısa (2-3 m) olması tavsiye edilir (Toka, 2017). Bunun en önemli nedenleri; i) ilerleme sırasında geniş çaplı alanda (12¼") sirkülasyon hızının düşmesi nedeniyle kırıntı birikme riski, ii) prizlenmiş çimento bloklarının matkap üzerine düşme riski, iii) bu bölümde takım dizisi vibrasyonlu çalışacağından geniş çaptan dar çapa geçiş noktasında formasyonu parçalama ve kopan parçaların matkap üzerine düşme riski yüksektir. Bu tür olaylarla karşılaşma riskini azaltmak için bilinmeyen sahalarda uygulanan bir yöntem olan dar çaplı araştırma kuyularının açılması gereklidir. Aynı zamanda bu kuyuların ekonomik anlamda maliyeti de düşüktür.

Çizelge 3- Erzurum jeotermal sondajı kuyu ve koruma borusu derinlikleri.

Matkap çapı	17 ½"	12¼"	8 ½"
İlerleme	513,50	1.412,60 m	2.500
Koruma borusu	13 ¾"	9¾"	6¾"
İndirildiği derinlik	508,50 m	1.075,58 m	1.050-2.500
12¼" çapında çıplak kuyu aralığı		337,02 m	

8½" matkapla gece vardiyasında ilerleme sırasında 2.151 m'de takım dizisi sıkışmıştır. Takım dizisi sıkışmasının ana nedeni 12¼" çaplı alandan formasyon parçası veya çimento bloğunun düşmesi olabileceği gibi bu alanda biriken kırıntıların ani çökmesi de olabilir. Sıkışmanın diğer nedeni de çamurun istenilen özelliklerde olmaması (düşük akma direncine sahip olması ve jel mukavemetinde olması) ve/veya pompa debisinin 12¼" çaplı açık kuyunun temizliği için uygun olmamasıdır. Sıkışma sonrası kırıntıları veya düşen parçaları sirkülasyon hızını artırarak hareket ettirmek için pompanın maksimum gücünden faydalanılamamıştır. Bunun nedeni; pompa debisinin artırılmasıyla matkap nozullarında büyük basınç kaybı yaşanacağından düşük pompa debisiyle çalışılmak zorunda kalınmasıdır.

Erzurum ve Elazığ kampında gece vardiyası takım dizisi sıkışması olayının yaşanması bir tesadüf değildir. Genellikle gece vardiyaları, olumsuz hava şartlarının görüş alanını azaltması ve çalışanların metabolizmasını olumsuz etkilemesi nedeniyle kuyu problemlerinin en çok yaşandığı zamanlardır.

Takım dizisinin kurtarılması için yapılan tahlisiye işlemlerinin başarısız olması sonucunda patlatma yapılarak takım dizisi 1.914 m'den koparılmıştır.

Kuyuda kalan takım dizisi üzerinden yapılan çimentolama ile tapa atılması sonrasında yapılan saptırma işlemleri başarısız olmuştur. Bunun nedeni çimentonun iyi prizlenmemesi ve kuyu dibi motorun görevini yapamayacak şekilde arızalanmasıdır. Sonrasında 1,78 gr/cm³ yoğunluğundaki çimento (CEM-1 42,5 R) ile tapa atılmıştır ve prizlenmeyi takiben yeni bir kuyu dibi motoruyla saptırma sapına 1,76° açı verilerek saptırma işlemine geçilmiştir.

Saptırma işleminde; üzerinde 15/32" püskürtme başlığı bulunan 537 IADC kodlu matkap kullanılmıştır. Sabit basınç ve ilerleme hızı kontrollü saptırma işleminde WOB 1,5-2 ton aralığında tutulmuştur (Çizelge 4). Çamurun çimento kirlenmesi nedeniyle bozulmasından dolayı su kaybı ve kek kalınlığı arttığından sık sık takım dizisi yapışma problemi ile karşılaşmıştır. Bu durumda WOB artmış ve takım dizisi yukarı ve aşağı doğru hareket ettirilmiştir. 1.828 metreden sonra elekten %100'e yakın formasyon gelişi gözlenmiş ve WOB artırılarak 1.842 metreye kadar ilerlenmiştir. Erzurum jeotermal sondajında saptırma işlemi 13 vardiya sürmüştür. Bunun nedeni saptırma yapılan formasyonun (tüf, tüfit) Elazığ sondajında kesilen granodiyorite göre yumuşak özellikte olması ve Elazığ kuyusunda saptırma sırasında kazanılan deneyimlerdir. Takım dizisi sıkışmasının yaşandığı 2.151 m'ye tekrar ulaşıldığında 75 günlük zaman kaybı olmuştur.

Saptırma sonrasında tekrar yaşanan sıkışma problemlerine karşı matkaba en geniş çap olan 28/32" püskürtme başlığı takılmış, çamurun reolojik özellikleri sürekli takip edilmiş, dinamik kırıntı taşıma kapasitesini ifade eden akma direnci 20-25lb/100ft² aralığında tutulmuş ve bu derinlikte maksimum debi sağlayacak pompa gömlekleri ile çalışılmıştır. Kuyu 2.500 m'de tamamlanmıştır.

Çizelge 4- Erzurum jeotermal kuyusunun saptırma operasyonunda vardiya yapılan ilerleme miktarları.

Tarih	Vardiya	Delme aralığı, m	Vardiya ilerleme miktarı, m	Toplam ilerleme, m	Baskı, ton
15.06.2023	1	1.816,96-1.817,26	0,30	0,30	1,5-2
15.06.2023	2	1.817,26-1.817,71	0,45	0,75	1,5-2
15.06.2023	3	1.817,71-1.818,01	0,30	1,05	1,5-2
16.06.2023	1	1.818,01-1.818,31	0,30	1,35	1,5-2
16.06.2023	2	1.818,31-1.818,65	0,34	1,69	1,5-2
16.06.2023	3	1.818,65-1.818,95	0,30	1,99	1,5-2
17.06.2023	1	1.818,95-1.819,61	0,66	2,65	1,5-2
17.06.2023	2	1.819,61-1.821,50	1,89	4,54	1,5-2
17.06.2023	3	1.821,50-1.822,61	1,11	5,65	1,5-2
18.06.2023	1	1.822,61-1.827,10	4,49	10,14	1,5-2
18.06.2023	2	1.827,10-1.828,70	1,60	11,74	1,5-2
18.06.2023	3	1.828,70-1.835,50	6,80	18,54	5-5,5
19.06.2023	1	1.835,50-1.842,00	6,50	25,04	5-5,5

3. Sonuçlar

1. Sondaj problemlerini en aza indirmek için sondaj parametreleri gösterge değerlerinde (tork değeri, ilerleme hızı, basınç, vb.) artma/düşme gibi herhangi bir değişimle karşılaşıldığında 3D+1U (dur, dene, düşün, uygula) kuralı uygulanmalıdır.
2. Saptırma işlemi sabır isteyen bir çalışmadır. Saptırma işleminde matkap üzerine verilen yük, basınç ve ilerleme hızı sürekli kontrol altında tutulmalıdır.
3. Bilinmeyen sahalarda jeolojik ve jeofizik çalışmaların yetersiz olması durumunda, üretim kuyusuna benzer şekilde araştırma kuyusu açmak yerine dar çaplı kuyu açılması daha ekonomik ve teknik bir mühendislik yaklaşımı olacaktır.
4. Çamur katkı maddeleri standartta uygun olmalı ve vardiyalarda sıkı çamur takibi yapılmalıdır.

5. Gece çalışmalarında konsantrasyon kaybını önlemek için önlemler alınmalıdır.
6. Bilinmeyen sahalarda yapılan jeotermal araştırma sondajlarında kuyu dizaynının son aşaması olan üretim zonlarında; mekanik (kırıntı birikmesi, formasyonunun kuyu içine akması) nedenler ile takım dizisinin sıkışması durumunda maksimum kuyu temizliğini (yüksek anülüs hızı) sağlamak için matkaplarda püskürtme başlıklarının (nozül) kullanılmaması ve sirkülasyon sistemindeki basınç kaybına göre en yüksek debiyi sağlayan pompa gömlekleriyle çalışılması önerilmektedir.

Değinilen Belgeler

- Toka, B. 2017. Sondaj Mühendisliği, Kuyu Problemleri ve Çözüm Önerileri, TMMOB Maden Mühendisleri Odası, Ankara, s.281.