

Sondaj Sempozyumu'96 , İzmir- 1996 , ISBN 975-395-178-7

## **Kızıldere Jeotermal Enerji Sahasındaki Üretim Borusu Çimentolama Sorunları**

### **Production Casing and Cementing Problems at Kızıldere Geothermal Field**

1 2 2  
N.Aksoy , S.Durak , B.Erkan

*1 Dokuz Eylül Üniversitesi, Torbalı Meslek Yüksekokulu-İzmir*

*2MTA Genel Müdürlüğü Sondaj Dairesi-Ankara*

**ÖZET:** Jeotermal enerji sondajları diğer sondajlarla büyük benzerlikler göstermesine rağmen kuyu planlama ve tamamlama aşamalarında dikkat edilmesi gereken bazı önemli hususlar vardır. Özellikle sıcaklığın 150°C ve daha fazla olması durumunda çamur, çimentolama, muhafaza borusu tasarımı, kuyu loglan ve kuyu tamamlama da önemli sorunlar çıkmaktadır. Kullanılabilir ve ekonomik bir kuyu açılabilmesi için bu sorunların çözümlenmesi gereklidir. Bu çalışmada, Kızıldere sahasındaki muhafaza borusu ve çimentolama konularında karşılaşılan sorunlar ve çözümleri tartışılmıştır.

**ABSTRACT :** Although geothermal drilling wells resemble that of oil and gas, they shows some important difference their planning and completion. Especially 150 °C and over, mud preparing, cementing, casing design, well logging and well completion could face some important problems. These problems need to solve to dig a useful and economical wells. In this study, the problems had been faced casing setting and cementing at Kızıldere field and their solutions are discussed.

#### **1. ÜRETİM BORUSU SORUNLARI**

Jeotermal kuyularda muhafaza borusu tasarımı göz önünde bulundurulması gereken tasarım faktörlerini şöyle sıralayabiliriz.

- Üretim debisi
- Eksenel yükler
- Dışarıdan içeri muhafaza borusunu çökertmeye çalışan yükler
- içeriden dışarıya muhafaza borusunu patlatmaya çalışan yükler
- Jeotermal akışkanın sıcaklığı ve kimyasal özelliklerinin etkisi

Kuyu planlama aşamasında yapılan matkap / boru tasarımı uygulamada beklenmedik bazı aksilikler nedeniyle sık sık bozulur. Tahliye, umulmayan yüksek basınçlı veya kaçak zonların varlığı, şişen veya yıkılan

formasyonlar kuyuların planlanandan daha farklı bir tipte bitirilmesine neden olur. Özellikle bir sahada açılan ilk arama ve geliştirme kuyularında bu problemlerin olması hemen hemen kaçınılmazdır. Ancak üretim kuyularının açılması aşamasında saha iyice tanınmış olacağı için sorunlu kuyu açılma olasılığı iyice azalacaktır. Kızıldere sahasında bugün üretimde kullanılan 8 kuyudan sadece 3 tanesi üretime yönelik planlanmış ve sorunsuz tamamlanmıştır. Üretimde kullanılan diğer 5 kuyu ise arama ve geliştirme amacıyla açılan 17 kuyu arasından seçilmiştir.

##### **1.1. Üretim Borusu Çapı Ne Olmalıdır ?**

Rezervuardan kuyuya akış düşünüldüğünde kuyu çaplarının üretime olan katkısı ihmal

edilebilecek kadar düşüktür. Ancak rezervuardan yüzeye kadar akışta kuyu çaplarının üretime olan etkisi çok fazladır. Yüksek debilerde kuyu içerisinde akış hızı çok yüksektir. Rezervuarda 200 °C sıcaklıkta bulunan akışkan CO<sub>2</sub> gazının etkisiyle 500-550 metrelerde buharlaşmaya başlayarak, yüzeye kadar iki fazlı akışla akmaya başlar. Yüzeye yaklaştıkça gaz hacmi artacağından hız da artar. Hızın artması nedeniyle kuyularda sürtünme basınç kayıpları artacaktır. Böylece kuyubaşına yansımaları gereken basınç kuyu içerisinde sürtünme kayıpları olarak harcanır.

Rezervuar basıncı sabit kabul edilirse, kuyubaşı basıncını etkileyen en önemli faktör gravitasyondan oluşan hidrostatik yük ve sürtünme kayıplarıdır. Kabuklaşmanın kontrol altında tutulması, separatörlerin belirli basınçlarda çalıştırılmaları gibi zorunluluklar sabit bir kuyubaşı basıncını gerektirebilir. Böyle bir durumda kuyubaşı basıncı eşitlik (1) deki gibidir.

$$P_{wh} = P_R - (f_s + P_h) \quad (1)$$

Görülebileceği gibi, istenilen kuyubaşı basıncını elde edebilmenin tek yolu sürtünme kayıplarının azaltılması ile mümkün olmaktadır. Bunun da iki yolu vardır:

-Debi azaltılabilir

-Üretim borusu çapı geniş seçilebilir

Debinin azaltılması genellikle istenmeyen bir durumdur. Bu durumda yapılacak en önemli şey bu tür kuyular açılırken muhafaza borusu çapının, ilerideki üretim aşamaları da düşünülerek tasarlanmasıdır. Ancak, kule kapasiteleri, sondaj tekniği, maliyetler gibi zorunluluklar nedeniyle her zaman en geniş çapın seçilebilmesi mümkün değildir.

KD-7 ve KD-16 kuyuları üretim borusu çapının önemini en iyi gösteren kuyulardır. Bu kuyular derinlik, sıcaklık ve rezervuar parametreleri açısından birbirlerine çok benzemelerine rağmen KD-7 sahanın en kötü, KD-16 en iyi üretim kuyusudur. Yıllık enerji üretiminin %17'si KD-16 tarafından üretilirken KD-7 sadece %2'sini üretmiştir. Ekonomik olmadığı gerekçesiyle 1993 yılında üretime kapatılmıştır. KD-7 6-5/8" üretim borusu ve open hole, KD-16 ise 11-3/4" üretim borusu ve 7" liner olarak tamamlanmıştır.

Kabuklaşma nedeniyle de geniş çaplı kuyulara ihtiyaç vardır. Kızıldere KD-16 kuyusu kalsit temizlik çalışmalarından sonra 250-300 ton/h debilerde üretime başlamakta ve 12-13 ay sonra üretim debisi kabuklaşmadan dolayı 100 ton/h civarına düşmektedir. KD-7 kuyusu ise kalsit temizliği işlemlerinden sonra 110 ton/h debide üretime başlamakta ancak iki üç ay içerisinde üretim 25 t/h'e düşmektedir (Durak vd, 1993). Go-Devil ve caliper loğlarla KD-16 da kuyunun en dar çapının 11-3/4 in. boruda 6 in. civarında kaldığını oysa KD-7 de 2-3 in. kadar olduğunu göstermektedir.

Kızıldere gibi su baskın (water-dominated) sahalarda üretim borusu çapının 9-5/8" olması yukarıda anlatılan sorunlara en optimum çözümü sağlamaktadır. Bilindiği gibi basınç kayıpların çapın 5. kuvveti ile ters ve açış hızının karesi ile doğru orantılı olarak değişmektedir. Kullanılabilecek enerji açısından, buhar baskın bir sahada bir kuyudaki 40-50 ton/h debidelerdeki üretim, su-baskın sahalarda 250-300 ton/h debide bir üretime denk düşmektedir. Bu nedenle su-baskın sahalarda üretim debisi daha yüksek olmak zorundadır. Bu da kuyu içerisindeki basınç kayıplarını artıracaktır.

## 1.2.Sıcaklığın Yolaçtığı Sorunlar

Muhafaza borusu tasarımında gözönünde bulundurulması gereken diğer bir önemli konu da jeotermal kuyularda sıcaklık ve sıcaklık farklarından dolayı meydana gelen eksenel yüklerdir. Sıcaklıktan dolayı muhafaza borularındaki uzama eşitlik (2) de verilmiştir.

$$\Delta L = \Delta t \cdot c \cdot L \quad (2)$$

Burada sıcaklık farkından dolayı oluşan uzamanın meydana getirdiği eksenel yük eşitlik (3) den hesaplanabilir. Örneğin 100 metresi çimentosuz kalmış 9-5/8 muhafaza borusunun 200 °C sıcaklık farkında 24 cm. uzamaya çalışacağı ve uzayamadığı için boruya gelecek eksenel sıkıştırma yükünün 500 tonu bulacağı eşitlik (2,3) düşünülürse boruların neden bu kadar kolayca göçtüğü anlaşılacaktır. Borunun arkasında kalan suyun kısmi buhar basıncı çökmeyi kolaylaştıracaktır. Tablo 1.

$$\Delta L = \frac{F \cdot L}{A \cdot E} \quad (3)$$

Tablo 1:Değişik Sıcaklıklar İçin Suyun Kısmi Buhar Basıncı:

Sıcaklık °C	Buhar Basıncı MPa
100	0.1
200	1.5
300	8.6

Yukarıda anlatılan duruma benzer bir sorun K.D-7 kuyusunda yaşanmıştır. 9-5/8 üretim borusu 530 metreye indirilip çimentolandıktan sonra üretimler sırasında borunun çöktüğü tesbit edilmiştir. Daha sonra kuyunun onarımı için 597 metreye 6-5/8 boru indirilmek zorunda kalmıştır.

## 2.ÇİMENTOLAMA SORUNLARI

Jeotermal enerji sondaj larında tapalı yöntem de denilen geleneksel çimentolama yöntemi kullanılır. Kuyulardaki yüksek sıcaklıklardan dolayı çimentonun mukavemetini artırmak ve çimentolama sırasında çimentonun erken prizlenmeye başlamasını yada viskozitesinin kısa zamanda yükselerek pompa ile basımın zorlaştırmasını önlemek amacıyla çimento karışımına:

- %30-40 oranlarında silikaflour
- %1,5 geciktirici yada çabuklaştırıcı
- %0,5-1,5 su kaybı azaltıcı katılır.

Muhafaza boruları kuyuya indirilmeden önce kuyudaki sapmalar ölçülmeli ve buna göre yeterli miktarda centrizer muhafaza borusuna set edilmelidir. Böylece kuyu ile muhafaza borusu arasında uniform bir açıklık oluşacak ve buralar çimento ile doldurulacaktır.

Çimentolamadan önce kuyu cidandaki çamur kekinin scratcher ve kimyasal maddeler ile bozulması, çimentolama sırasında muhafaza borusunun 1-2 metre aşağı yukarı sürekli hareket ettirilmesi ve 25-30 rpm de döndürülmesi çimentonun muhafaza borusu ile iyi bir bağ yapmasını sağlayacaktır.

Jeotermal kuyularda muhafaza borusunun tamamı çimentolanır. Kuyudaki çap genişlemeleri, küçük kaçaklar vs. düşünülerek %30-50 arasında fazla çimento kullanılır ve çimentonun fazlasının yüzeye gelerek taşması sağlanır.

### 2.1. Çimento Kaçakları Ve Sorunları

Muhafaza borularının çimentolanması sırasında, bazı hallerde çimento yüzeye ulaşamaz ve

yapılan başarısız tamir çimentolarında, boru ile formasyon veya boru ile boru arasında boşluk kalmıştır. Yada çimentolama sırasında karıştırma ünitesinde meydana gelen bir tıkanma sonucu toz çimento akışı durur arızaya hemen müdahale edilmezse kuyuya çok çok düşük yoğunluklu çimento veya su basılır. Bu durumda annülüste iki çimento bloku arasında su kalacaktır. Üretim sırasında bu bölüm çimentosuz olduğu için uzmaya çalışacaktır ve önceki bölümlerde anlatıldığı gibi boru içeri doğru göçecektir.

KD-6 kuyusunda 9-5/8 üretim borusunun çimentolanması sırasında çimento kaçağı nedeniyle çimento yüzeye kadar ulaşamamıştır. Üretim borusunun bir bölümü çimentosuz kalmıştır. Bu nedenle üretim ve enjektivite testleri sırasında kuyubaşının 25 cm. uzayıp, kısaldığı saptanmıştır. Uzama ve kısalmalar nedeniyle kuyubaşındaki üretim donamlarında hasarlar oluşmaktadır. Dahada kötüsü yorulmalar etkisiyle yada kalsit temizliği sırasında matkabın bu kısmı delme olasılığı çok yüksektir. Böyle bir durumda kuyu tamamen kontrolsüz bir şekilde fişkırmaya başlayacak ve kuyu kullanılabilir hale gelecektir. Borudaki uzama miktarı ve üretim/test sıcaklık farkı olan 150 °C kullanılarak denklem (2) den çimentosuz kalan kısmın uzunluğunun 130 m. olduğu hesaplanmıştır.

KD-6 gibi bir kuyuda çimento onarımı nasıl yapılabilir ?

- Kuyubaşında çimentolanan muhafaza borusu ile diğer muhafaza borusunun arası bir flanşla kapatılır ve iki borunun arazma su basılır. Eğer su iki boru arasından gidiyorsa debi ve kuyubaşı basınçları kayıt edilir. Daha sonra aynı hattan kuyuya çimento basılarak çimento onarımı yapılır.



Sekili: KD-6 Kuyusu

- Kuyubaşından basılan su girmiyorsa ve çimento yüzeyi kuyubaşı arasındaki mesafe çok fazla değilse iki boru arazma indirilecek ince boruların içerisinden çimentolama yapılır. Çimento yüzeyi çok aşağılarda ise, yapılacak en sağlıklı yöntem: CBL ile tesbit edilen sağlam çimento seviyesine bir packer set edilir ve çimentonun iyi olmadığı zayıf zonun en alt ucundan muhafaza boruları perfarötörle delindikten sonra buradan ikinci bir çimentolama yapılabilir.

KD-6 da çimento derinliğinin 130 m. civarında olması iki borunun arasından ince boruların indirilerek onarım çimentosu yapılmasını riskli hale getirmektedir. Burada çimento seviyesi CBL ile tesbit edilmeli sağlam çimento seviyesine bir packer set edildikten sonra çimentonun iyi olmadığı zayıf zonun en alt ucundan muhafaza boruları perfarötörle delinip sonra buradan ikinci bir çimentolama yapılmalıdır.

## 2.2. Gazların Etkisi

Jeotermal sahalarda CO<sub>2</sub> gazı yoğun olarak bulunmaktadır ve rezervuar basıncının CO<sub>2</sub> kısmi basıncının altına düşmesi durumunda rezervuarda sıvı fazda bulunan CO<sub>2</sub> açığa çıkmakta ve tüm kuyu CO<sub>2</sub> ile dolmaktadır. Bu durumda eşitlik (4) den hesaplanacak CO<sub>2</sub> nin kısmi basıncını kuyubaşında okumak mümkündür (Sutton, 1976). Kızıldere sahasında ağırlıkça ortalama %1,5 CO<sub>2</sub> gazı bulunur. Kuyular kapalı iken kuyu içi tamamen gazla dolabilmekte ve kuyubaşı basınçları bazı kuyularda 5 MPa değerine ulaşmaktadır. Bu nedenle bazı kuyularda "O" ringler ve spool vanaları hasar görmüştür. Aynı büyüklükteki basıncı muhafaza borusunun tüm kuyu boyunca iç yüzeyine etkiyecektir. Kuyubaşı sistemlerinin ve vanaların tasarımında gaz basınçları dikkate alınmalıdır.

$$P_c = \frac{n_c}{a(t)} \dots \dots \dots (4)$$

$$a(t) = \left[ 5,4 - 3,5 * \left( \frac{T}{100} \right) + 1,2 * \left( \frac{T}{100} \right)^2 \right] * 10^{-9} \dots \dots (4a)$$

$$n_c = \frac{\frac{CO_2}{44}}{\left( \frac{CO_2}{44} + \frac{(100 - CO_2)}{18} \right)} \dots \dots \dots (4b)$$

Gaz içeren sahalarda çimentolamalar sırasında ve çimento prizleninceye kadar geçen zaman çok kritiktir. Bu süre içerisinde çimentonun bünyesine girecek az miktarda gaz çimentoyu prizlenmeden kuyudan atabilir yada çimento boru başının zayıflamasına yol açar. KD-17

kuyusunda yüzey borunun çimentolanmasında çimento prizlenmeden kuyuya gaz girerek kuyudaki tüm çimentoyu atmış, blow-outa neden olmuş ve sonuçta KD-17 kuyusu terk edilemek zorunda kalmıştır. Bu nedenle bu tür sahalarda çimentoya prizlenmeyi hızlandırıcı katkıları katılmalı ve mümkünse muhafaza borusuna kapatılabilecek annuler preventer kuyubaşına set edilmelidir.

## 3.SONUÇLAR

Jeotermal sahalarda sıcaklık nedeniyle muhafaza borusu ve çimentolamada bazı sorunlarla karşılaşılabilir. Sahadaki maksimum sıcaklık, üretilecek akışkanların fiziksel, kimyasal özellikleri ve debisi muhafaza borusu tasarımında gözönünde bulundurulmalıdır. Eğer jeotermal akışkan gaz içeriyorsa kuyubaşı vana ve diğer donanımlarının en az rezervuar basıncına dayanacak olması ve buna eklenecek emniyet faktörü kadar mukavemette sahip olması gerekir.

Kızıldere gibi su-baskın sahalarda en uygun üretim borusu çapının 9-5/8 in. olmalıdır. Çimentolamanın başarısız olması durumunda, uzamaya çalışan boruda, uzama olmadığı takdirde çökme basıncı mukavemeti azalacaktır. Borunun dışımda kalan suyun kısmi buhar basıncında çökmeyi kolaylaştıracaktır. Reenjeksiyon ve kuyu öldürme sırasında muhafaza boruları kısalmaya çalışacağından aksel yükler artacaktır.

Çimentolamada oluşabilecek başarısızlıklar kuyunun ileride kullanılmasını engelleyebilir. Bazı durumlarda sorunlu çimentolamalar tamir edilebilir.

