

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

Türkiye Jeotermal Enerji Gereksinimi ve Ege Bölgesi Jeotermal Enerji Alanlarında Sondaj ve Test Uygulamaları

Geothermal Energy Requirements of Turkey and Drilling and Geothermal Test Applications in Geothermal Energy Fields of Aegean Region

C.Tan

MTA Trakya Bölge Müdürlüğü, ÇORLU

ÖZET: Bu çalışmada Türkiye deki jeotermal Enerji gereksinimi ve Ege bölgesi jeotermal enerji alanlarında sondaj ve test uygulamaları hakkında bilgi verilmiştir.

Jeotermal sondaj kuyularında yapılan test çalışmaları; sondaj sırasında yapılan testler, sondaj bitiminde yapılan kuyu tamamlama testleri, normal sıcaklık ve basıncı testleri, üretim testleri ve diğer kuyu testleridir. Bu testler yardımıyla rezervuar parametreleri ve jeotermal saha hakkında mümkün olan bilgiler elde edilir.

Bugüne kadar Ege Bölgesinde Ömerbeyli-Germencik-Aydın sahasında 9 jeotermal derin kuyu, Kızıldere-Buharkent-Denizli sahasında 24 derin kuyu, Salavathı-Sultanhisar-Aydın 2 derin kuyu, Cumalı-Seferhisar-Izmir sahasında 1 adet derin kuyu yapılmıştır. Bu çalışmada bu sahalar hakkında bilgi verilmiştir.

ABSTRACT: In this study geothermal energy requirements of Turkey and Drilling and geothermal test applications in geothermal energy fields of Aegean region are discussed.

Tests during drilling operation, tests after well drilled, temperature and pressure tests, production test and other well tests are performed. All those tests are determining the reservoir parameters and are for obtaining as much information as possible about geothermal fields.

Up to now, in Aegean region 9 geothermal wells in Germencik-Aydın 24 geothermal wells in Kızıldere-Buharkent-Denizli, 2 geothermal wells Salavath-Sultanhisar-Aydın, 1 geothermal wells Cumalı-Seferhisar-Izmir were drilled. The present situation of above fields are also discussed in this study.

1.JEOTERMAL ENERJİ TANIMI VE ÖNEMİ

Jeotermal enerji yer kabuğunun derinliklerinde olağandışı birikmiş ısının oluşturduğu bir enerji türüdür. Bu ısı yeryüzüne bazen doğal olarak bazende sondajlarla sıcak su, sıcak-su-buhar veya buhar şeklinde çıkmaktadır.

2.KULLANIM ALANLARI

Sıcaksu-buhar ve buhar olarak çıktığında birincil kullanım alanı, buhar santralleri kurularak elektrik enerjisi üretimidir.

Elektrik dışı termal kullanım alanları ise şehir ısıtmacılığı, meyva kurutmacılığı, seracılık, kaplıca turizmi v.b. dir.

3.JEOTERMAL ENERJİNİN GÜNÜMÜZ TÜRKİYE'Sİ İÇİN ÖNEMİ VE BELİRLENEN SAHALAR

'962 yılından bu yana MTA Genel Müdürlüğü tarafından yapılan çalışmalar sonucunda, Türkiye'nin jeotermal enerji yönünden çok zengin olduğu belirlenmiştir. Pilot bölge olarak seçilen Denizli-Kızıldere alanındaki etütler olumlu sonuç vermiş, sonuçta 20 MW gücünde bir elektrik santrali kurulmuştur.

Kızıldere sahasının yanısıra, Aydın-Germencik, Çanakkale-Tuzla. İzmir-Seferhisar, Nemrut-Zılan. Süphan-Tendürek, Nevşehir-Acıgöl havzaları elektrik üretimi yönünden elverişli sahalara olarak belirlenmiştir.

Havza bazında belirlenmemiş olmakla birlikte Türkiye'nin elektrik üretimine elverişli jeotermal enerji potansiyeli 4500 MW olarak tesbit edilmiştir.

Diğer termal kullanımlar için ise yukandaki sahalara ek olarak, İzmir-Balçova ile Afyon-Ömer-Gecek havzaları ümitli sahalardır.

Doğrudan ısı enerjisi belirlenmiş jeotermal potansiyel, toplam 31.100 MW dir.

Son yıllarda Türkiye'de oldukça önem kazanan çevre sorunlarına, maximum düzeyde çözüm olacak bir enerji alternatifidir. Kömür santrallerinin yarattığı çevre sorunları düşünüldüğünde, jeotermal enerjinin Türkiye için ne kadar önemli olduğu sonucu ortaya çıkar.

4.EGE BÖLGESİ JEOTERMAL SAHALARINDA MTA GENEL MÜDÜRLÜĞÜ TARAFINDAN YAPILAN ÇALIŞMALARIN ÖZETİ

<u>Saha</u>	<u>Son. Sav. No</u>	<u>Derinlik</u>	<u>Sıcaklık °C</u>	
Ömerbeyli	9	1	1007	
Germencik		2	975.50	
Aydın		3	1196.75	
		4	285	
		5	1302	
		6	1100	196-233
		7	2398	
		8	2000	
		9	1467	

Saha	Son. Sav. No	Derinlik	Sıcaklık °C
Kızıldere	9	KD- 1A403.00	
Buharkent		KD-6 834.00	
Denizli		KD-7 667.50	
		KD-8 576.00	
		KD-9 1161.00	
		KD-13 763.50	196-210
		KD-14 603.50	
		KD-15 506.00	
		KD-16 666.50	
		KD-20 810.00	
		KD-21 897.00	
		KD-22 887.50	

Saha	Son. Sav. No	Derinlik	Sıcaklık °C
Salavath	2	AS İ 1510	167
Sultanhisar		AS-2 960	171.14

Saha	Son. Sav. No	Derinlik	Sıcaklık °C
Cumalı	1	C-1 1417	145
Seferihisar			

5.SAHALARDAKİ EN DERİN KUYU OLAN ÖMERBEYLİ-7'DE KUTLLANILAN SONDAJ TEKNİĞİ VE SONDAJ ÖZETİ

Kuyunun amacı: Ömerbeyli Jeotermal sahasının doğu bölümünün gnayslerdeki jeotermal akışkan potansiyelinin araştırılması.

Kuyu derinliği: 2398.00 m.

Özet; 28" conductor casing cellar tabanında 1.50 m.ye indirilerek çimentolandı. Yüzeiden 132.00 m.ye 26" Hole Opener ile kuyu açıldı ve 20" yüzey muhafaza boruları aynı m.ye indirilerek çimentolandı.

Yüzey muhafaza boruları içersinden 17 1/2 matkapla kuyu 602.00 m.ye kadar delinerek 13 3/8" ara muhafaza boruları indirilerek çimentolandı.

Ara muhafaza boruları tabanından 1403 m.ye kadar 12 1/4" matkapla delinerek 9 5/8 üretim boruları 1388.26 m.ye inilerek iki kademeli çimentolama yöntemiyle çimentolandı. Açık kuyu, 9 5/8 muhafaza boruları içersinden 2388 m.ye kadar 8 1/2" matkapla delinerek sondaj işlemi tamamlandı.

6.JEOTERMAL KUYU TESTLERİ VE JEOTERMAL KUYULARINDA TEST UYGULAMALARI

6.1.Sondaj Sırasında Yapılan Testler

1.Sondaj akışkanı olarak kullanılan çamurun sıcaklığı kuyu ağzında sürekli olarak ölçülür ve gözlenecek ısı artışlarına göre sıcak bir zona girildiği tespit edilebilir.

Termometre ile alman ölçüler giriş ve çıkış çamur sıcaklığı olarak kayıt edilir.

2.Çamur kayıplan veya artışlarının iyi takip edilmesi;

Bunun için kaçak veya gelişin hangi metrelerde olduğunun ve debi miktarının gözlenmesi, kırıklı, çatlaklı, geçirgen bir zona girildiğinin belirlenmesi ve önlem alınması açısmdan önemlidir.

3.Yukandaki göstergeler varsa, emniyetli durumlarda sondaj operasyonu ve sirkülasyon durdurularak; Kuyunun uzun süre ısınmasına

(Çamurun jelleşme ve pişmesi.) zaman verilmeden istenen derinlikte (Özellikle kuyu tabanında.) belli zaman aralıklarıyla dizi sıcaklık ölçüleri yapılır.

Alman bu çamur sıcaklık değerlerinden gidilerek Horner Plot metodu ile statik kuyu sıcaklığı o seviye için bulunur. Horner metodunda, zaman aralıklarındaki ısı yükselimi grafik olarak elde edilir. Bu iş için semi-Logaritmik kağıt kullanılır.

Belirlenen noktalardan geçirilen doğrunun kesiştiği nokta gerçek statik sıcaklığa yakın bir değer olarak kabul edilir.

$$\log = \frac{t_k + A_t}{A_t}$$

Burada;

t_k Sirkülasyon süresi, saat.

A_t Sirkülasyon kesildikten ölçü alınıncaya kadar geçen zaman, saat.

istenirse dizi ölçüler Amerada sıcaklık aleti ile çeşitli derinliklerde alınarak bu şekilde kuyu statik sıcaklık profili çıkarılabilir.

6.2.Sondaj Bitiminde Yapılan Kuyu Tamamlama Testleri (Well Completion)

Kuyu sondaj işlemleri olarak tamamlandıktan sonra rezervuar niteliği taşıyan zonların tam olarak tespiti ve özellikleri hakkında fikir edinmek için kuyu tamamlama testlerinin yapılması gerekir.

Kuyuda bulunan çamur bertaraf edildikten sonra; ilkönce Amerada aleti ile statik sıcaklık ölçüsü alınmalıdır.

tyi bir ölçü için muhafaza borusu içinde 50 m.de bir sıcaklık elementi durdurularak alınır.

Statik sıcaklık ölçü değerlerinden elde edilen derinlik-Sıcaklık grafiğiyle sıcaklığın fazla olduğu zonlar tespit edilir.

Bundan sonra takip eden su enjeksiyon testleri için, bütün su rezervleri tamamlanır.

6.2.1.Water Loss Survey (Su kaybı testi)

Bunun için yapılan işlemler örnek verilerek sıralanmıştır.

1-Kule pompalan ile en düşük debide temiz su basılır.

2-3 Varil/dk debi ile su pompalanırken Amerada sıcaklık elementi kuyuya indirilip 50 m. aralıklarla tabana kadar 2.sıcaklık ölçüsü alınır.

3-Statik sıcaklık değerlendirmesine göre gerekli direnliklerde 25 m.de bir aralıkla; 6 Varil/dk debi ile su basılırken 3.sıcaklık ölçüsü alınır.

4.Alınan bu sıcaklık ölçüleri değerlendirilerek, gerek görülürse pompa debisi 10 varil/dk ya arttırılarak aynı işlem tekrarlanır.

Sıcaklık ölçüleri sağlıklı şekilde alınmış olmalıdır. Hatalı ise tekrar edilmesi gerekir.

Yukarıda yapılan işlemlerle, değişik debilerde su enjeksiyonu sırasında sıcaklık ölçüleri alınarak, bu değerlerin bir grafik üzerinde korelasyonu ile yüksek permeabiliteye sahip zonların tesbiti amaçlanmaktadır.

Burada en çok suyun kaçtığı kısımlarda maksimum soğuma olacaktır.

6.2.2.Injectivity Test

Bu testte, su enjeksiyonu sırasında rezervuardaki basmç değişimi incelenir.

Örnekle, uygulanan işlemler şöyledir;

1-Kule pompalan ile en düşük debide en az kuyu hacmi kadar su basılarak, kuyunun soğuması sağlanır.

2-Water loss Survey sonucu saptanan, suyun en çok girdiği zonun karşısına Amerada basmç elementi indirilir ve indeks edilir.

3-Basınç elementi permeabl zon karşısında iken, örnek olarak belirtilen debi ve zamanlar kadar kuyuya su pompalanacaktır.

DEBİ (Varil/dak)	ZAMAN (dk)	BASILACAK SU MİKTARI (m3)
3	30	14.3
5	30	23.8
7	30	33.4
9	30	42.9
11	30	52.5
Toplam		167

Testin sağlıklı olması için, bu miktar suyun ara verilmeden basılması, dolayısıyla önceden depolanması gerektir.

4-Test süresince pompa strok sayılan, debi değişim zamanları, Amerada elementinin iniş, çıkış zamanları, kuyubaşı basınçları kısa zaman aralıkları ile (1 dk) hassas olarak kaydedilmelidir.

5-En yüksek debide su basımı sonunda Amerada basmç elementi, saati dolunca kuyudan çıkarılır.

Yukandaki işlemlerde aksama olması halinde test yeniden yapılmalıdır.

Testin amacı; Amerada basmç elementi permeabl zon karşısında bekletilirken, değişik ve giderek artan debilerdeki basmç değişiminin, basmç kayıt kartından okunması ve zamana bağlı bu basmç artışlarının semi-logaritmik grafikte değerlendirilerek perméabilité ve üretim hakkında fikir edinilmesidir.

Bununla ilgili değerlendirme örneği ektedir.

6.2.3.Injection/Pressure Fall-Off Test

Bu testle enjeksiyondan sonraki basınç değişimi incelenir. Örnek olarak;

1-Seçilen permeabl zon karşısına 12 saatlik Amerada basmç elementi yerleştirelip indeks edilir. (15 dk beklenir.)

2-3 varil/dk debide 3 saat süre ile su enjekte edilir.

3-Su basma işleminin bitince, 3 saat Pressure Fall-off zamanı için beklenir.

4-Aynı işlem 6 ve 9 varil/dk debilerle, basınç elementi yeniden indirilerek tekrarlanır.

Testin amacı; Su enjeksiyonu sırasındaki basınç artışları ve enjeksiyon durduktan sonra kuyu stabil durumu geçerken, belli zamandaki basınç düşümlerinden gidilerek yeni bir önceki testle aynı grafik yolla kuyu kondisyonu ve perméabilité için bilgi alınır.

Kuyu tamamlama testleri böylece sona ermiştir.

6.4. Normal Sıcaklık ve Basınç Testleri

Kuyunun tamamlama testlerinden sonra, bir kaç gün ısınması ve stabil duruma gelmesi için beklenir. İlk üretime açılmadan önce statik olarak, üretim aşamasında ise dinamik basmç ve sıcaklık testleri yapılır.

Dinamik sıcaklık ve basmç testleri, üretim anındaki etkilenmeyi, değişimi görmek bakımından önemlidir.

İlk sıcaklık ölçülerinde prensip olarak önce, kullanılacak Amerada elementinin range'ini (Min.Max. çalışma sınırı.) belirlemek için (yüksek sıcaklık bekleniyorsa.) Maximum termometre indirilir. Bununla aynı zamanda inişin emniyetli oluşu da kontrol edilmiş olur.

Bundan sonraki her üretime açılıştan önce, üretimde ve kapanıştan sonra aynı işlem tekrarlanır.

Uzun süre kapalı kalma durumunda ise statik basınç ve sıcaklık periodik olarak ayda bir alınır.

Statik ve dinamik ölçülerde, ölçü aralığı 50 m.de bir olup, gereken yerlerde bu aralık daha da sıklaştırılır.

Amerada elementi bekletme, metre ve beklenecek zaman programı önceden saat çalışma süresine göre düzenlenir.

Basınç ve sıcaklık elementleri ile alınan ölçüler hassas şekilde kart okunarak değerlendirilip, sonuçları düzenli grafik olarak kaydedilir. Bu testlerle ilgili örnek ekte verilmiştir.

6.5. Üretim Test Sistemleri

Kuyu üretimlerinin ölçülmesi için üretilen akışkanın özelliğine bağlı olarak çeşitli metotlar vardır.

Savak ve orifist (diyafram) sistemleri en çok kullanılanlardır.

Akışkan Buhar + Su şeklinde ise su ve buhar ayrıştırılarak her iki yöntem kullanılabilir.

6.6. Üretim Tipleri

6.6.1. Dikey Üretim

Kuyubâşına bağlanan dikey boru ile yapılır.

James Russell tarafından geliştirilen; Rezervuarda sıcak su ve yüzeyde karışım şeklinde olan akışkanların toplam üretim ölçüleri için bir ampirik formül kullanılır.

$$W = \frac{224000 * P_c^{0.96} * d_c^2}{h^{1.02}}$$

W-Toplam üretim, l b/saat

Pc-Üretim borusu ucundaki manometreden okunan basınç, Psia

dc-Üretim borusu iç çapı, in.

h-Rezervuar sıcaklığında doymuş suyun entalpisi, Btu/lb

h daha önce bahsedilen sıcaklık ölçülerinden bulunan rezervuar sıcaklığına göre buhar tablolarından alınır.

Dikey üretimin amacı, ilk üretimin görülmesi ve kuyu temizlenmesidir. Süresi normalde 24 saattir. Süre sonunda kuyu kapatılır.

6.6.2.Yatay Üretim

Bu şekilde üretim için kuyubaşına bir T boru, bağlı olarak iç çapı bilinen 2 yatay boru ve ucuna iç çapı daha küçük olan uç boru düzeneği bağlanır. Önceden gerekli ölçülerin alınması için yatay borular ve uç boru üzerinde manometre bağlantı yerleri yapılır.

Uç boru çıkış karşısına Silencer denilen silindirik ve birbiriyle bağlantılı ünite konulur.

Uç borudan çıkan akışkan dikey olan Silencer iç kısmına çarparak iki yönlü türbülans şeklinde ayrılarak su alttan ve buhar üstten çıkar. Su çıkışma savak yerleştirilir.

Bu sistemin kurulmasıyla üretim testleri için uzun süreli, detaylı ve hassas çalışma imkanı olmaktadır.

Alman ölçüler hassas olup orifist ve savak yöntemleriyle üretim hesabı yapılabilmektedir. Yukarıda ki sistem Ömerbeyli deki kuyulara monte edilmiş ve iki yöntem birlikte uygulanmıştır.

6.7.Üretim Testleri

6.7.1.Orifist Testi

Testin amacı, toplam üretim-orifist çapı ilişkisini bulmaktır.

Test için çapları sistematik olarak (1.er veya 1/2 inç) küçülen orifistler kullanılır. Orifistler yatay sistemdeki 2 ana boru araşma yerleştirilir. Bu şekilde çeşitli çaplarda toplam üretim görölerek, gelecekte üretimi belli bir değerde tutmak

istendiğinde kullanılacak uygun orifist çapı saptanacaktır.

6.7.2.Kapatma Testi

Testin amacı, kuyubaşı basıncı-Üretim, kuyubaşı basıncı-Entalpi ilişkileri, Maximum akış basıncı ve kuyu kapatma basıncını elde etmektir. Teste kuyu tam açık olarak başlanıp, üretimin stabil olması (Basınç değerlerinin sabitleşmesi)gözönüne alınıp üretim kısılr.

Kısma işlemi, kuyubaşı basıncı esas olarak her defasmda 3-3,5 Kg/cm2 yükseltılarak yapılır. Kısma işlemlerinden önce stabilleşme beklenir.

6.8.Üretim Hesaplama Yöntemleri

Hesaplamalarda James RUSSELL tarafından geliştirilen ampirik formüller kullanılmaktadır.

6.8.1.Orifist Yöntemi

Kuyudan çıkan akışkan yatay borulardan ve orifistten geçerken, orifist öncesi (P1), orifist sonrası (P2) ve uç boru ucunda ki (Pc) basınçlarına göre hesaplanır.

P1 ve P2 basıncının alındığı nokta ana boru iç çapının yansı kadar olmalıdır.

Kullanılan Formüller :

$$h_b^{1/2} = 1450 \frac{F_c^{0.96}}{V_p} \left(\frac{d_c}{d_m} \right)^2 \sqrt{1-B^4} \cdot \sqrt{\left(\frac{h_b - h_f}{L} \right)^{1.5} (V_s - V_f) + V_f} \cdot \phi_p$$

Burada h_o akış halindeki entalpidir. Yukarıdaki formülden deneme yanılma ile hesaplanan değerdir.

ho-Akış entalpisi, Btu/lb
Pc-Uç basmç, psia
YTP-Genişleme faktörü
dc-Uç boru iç çapı, inch
dm-Orifist iç çapı, inch

$$B = \frac{dm}{D} \quad D\text{-Yatay boru iç çapı, inch}$$

hf, L- Özgül entalpi, Btu/lb (Pl basmema göre
BUHAR TABLO'dan)
Vf,Vg- Özgül hacim, ft³/lb (PI basmema göre
BUHAR TABLO'dan)
TP= (P1-P2)x55.8 mm Hg, Diferansiyel basmç
P1-P2- Orifist öncesi ve sonrası basınçlar, psia

Formüldeki YTP- Genişleme faktörü,

$$YTP = r^{2/k} * \sqrt{\left(\frac{k}{k-1}\right) \left(\frac{1-r^{k-1/k}}{1-r}\right) \left(\frac{1-B^4}{1-B^4 r^{2/k}}\right)}$$

k= 1.13 sabit sayı. (Doymuş buhar için.)

YTP yerine konularak, deneme yanılma ile
bulunan ho Entalpi değeri,

$$W = \frac{224000 * P_c^{0.96} * d_c^2}{h_0^{1.102}}$$

W-Akışkan debisi (1 b/saat) cinsinden bulunur. dir.

Buhar miktarı ise,

$$\text{Kuruluk oran } X = \frac{h_0 - h_f}{L}, \text{ den \% olarak hesaplanır.}$$

Görüleceği gibi ho'ın yüksek değerlerinde
üretim debisi azalmakta, buhar miktarı artmakta,
düşük değerlerinde ise üretim debisi artmakta
buhar oranı azalmaktadır.

6.8.2.Silencer-Savak Yöntemi

Silencer'de 2 faz ayrılarak buhar üsten çıkar, su
ise alttan savaka akarak, debisi ölçülür.
Uygulanan formül ve açıklamaları şöyledir.

$$\frac{W_w}{P_c^{0.96} * d_c^2} = 7.69 * \left(\frac{2675 - h}{h_0^{-1.102}}\right)$$

Kullanılan Ampirik formülde

Ww-Savaktaki su debisi, Kg/sn
Pc-Uç basınç, Kpa
Dc-Uç boru çapı, m.
ho-Entalpi, KJ/Kg

Burada;

$(W_w) * Q = k * b * h^{3/2}$ Savak formülüyle bulunur.

Q-Su debisi, m³/dak.

K-Savak ebadı ve geçen su yüksekliği ile
değişen genişliği, m.

b-Savak genişliği, m.x

h-Savaktan geçen su yüksekliği, m

Savak formülü için (K) değeri.

$$K = 1071 + \frac{0.177}{h} + 142 \frac{h}{D} - 275 \sqrt{\frac{(B-b)h}{DB}} + 204 \sqrt{\frac{B}{D}}$$

(I) de değerler yerine konarak ho,

$$M = \frac{2258W}{2675 - h_0}$$

Formülü ile de toplam üretim hesaplanır

M-Mass flow, Kg/sn

W-Su debisi, Kg/sn

ho-Entalpi, KJ/Kg

M-W=Buhar miktarıdır.

6.9.Üretim Sırasında Yapılan Rezervuar Testleri

Rezervuar permeabilitesini bulmak için Jeotermal kuyularda Pressure Build-Up ve Draw-Down testleri uygulanabilir.

Pressure Build-Up testi, belli bir üretim debisi ve zamandan sonra kuyu tamamen kapatılarak, rezervuar basıncının zamana bağlı yükselişi ile bir eğri elde etmek için yapılır.

DrawwDawn testi ise; Build-Up teste ters olarak, kuyu kapalı iken aniden üretime açma şeklinde (Sabir bir debide tutularak) akış sırasında rezervuardaki basmç düşümünü yine zamana bağlı bir eğri şeklinde elde etmek için yapılır. Bu test uygulanış açısından daha güçtür. Testler sonucu elde edilen basınçlar, grafik yöntemlerle değerlendirilir, ve perméabilité (geçirgenlik-kalınlık) bulunur.

Bu tip testlere bir örnek olarak Pressura Build-Up teste ait değerlendirme ve perméabilité hesaplanması ekte verilmiştir.

Testlerin uygulanması sırasında yapılan işlemler şöyledir.

6.9.1.Pressure Build-Up Test (Basıncı Yükselim Testi)

Kuyu önce ayarlanan sabit bir debide, bir süre çalıştırılır. (2-3 gün)

Süre sonunda, Amerada basmç elementi rezervuar derinliğine indirilerek akış basıncını kaydedecek kadar bekletilir.(15-20 dk)

Daha sonra kısa bir zaman içinde kuyu tamamen akışa kapatılır.

indirilen basmç ölçü aletinin çalışma saati sonuna kadar beklenip, (12-24 saat) bu süre dolmadan alet yüzeyde olacak şekilde çekilir.

Bu işlemler yapılırken;

- 1-Kuyuyu kapatmadan önceki üretim ve kuyubaşı basmıcı,
- 2-Kuyu kapatıldıktan sonra ki kuyubaşı basmç değerleri,
- 3-Basmç elementinin öngörülen derinliğe indiği ve çekilmeye başladığı zamanlar,
- 4-Kuyu kapatma başlangıç ve kapanış zamanları kaydedilmelidir.

6.9.2.Draw-Down Test (Basıncı düşüm testi)

Teste uygun koşulların elde edilmesi için, Kuyu üretime kapatılarak, rezervuar basmıcı statik hale gelinceye kadar beklenilir.

Amerada basmç ölçü aleti, (12 saatlik) rezervuar derinliğine indirilip, 15-20 dk durularak statik basmç kaydı sağlanır.

Bundan sonra, kuyu önceden belirlenen sabit bir debide kısa bir zamanda üretime açılır.

Eğer bu debi fazla olursa, akış halinde basmç aletinin yerinde durması hem zor, hem riskli olacaktır.

Kuyu sabit debide üretim yaparken, Amerada basmç aleti çalışma saati sonuna kadar beklenerek süre dolmadan yukarıda olacak şekilde çekilir.

Test yapılırken;

- 1-Üretime açış ve sonrasındaki yüzey basmç değerleri, (kuyubaşı ve diğer)

2-Aletin gereken derinliğe indiği ve çekilmeye başladığı zamanlar,
3-Kuyunun açılmaya başladığı ve öngörülen üretim değerine ulaştığı zamanlar kaydedilmelidir.

6.10.Diğer Testler

6.10.1.İnterferans Testi

Önceki testlerden elde edilen ilk bilgiler ışığında en son yapılan bu testin amacı saha rezervuar özellikleri hakkında bilgi toplamaktır.

Diğer kuyular açıkken bir kuyudaki statik basıncın gözlenmesi ile kuyular arasındaki girişim tespit edilir. Daha sonra yapılacak kuyular arasında olması gereken uzaklık planlanması, rezervuar potansiyeli ve sistemdeki akış hareketi konularında faydalı olur.

6.10.2.Kabuklaşma Testi

Formasyonun yapısmadan kaynaklanan (SiO₂, CO₃ içermesi gibi) ve düşük kuyubaşı basıncıyla üretim halinde, flash point noktası derinlere indiğinden (Ki bunu gaz ayrışmasında etkileyebilmektedir.) bazı kuyularda kabuklaşma olabilmektedir.

Kuyu üretimlerini direkt olarak etkilediğinden kabuklaşma kalınlıklarının bilinmesi gereklidir. (Sonraki testler için, yanıtıcı değerlere neden olduğundan üretimin yanlış hesaplanmasına neden olmaktadır.)

Bu en kolay şekilde; Kuyuların üretimde olduğu süre ve üretim şartları (WHP v.s.) göz önüne alınarak, kuyu üretime kapatıldıktan sonra tesbit edilir.

Yüzeydeki kabuklaşma yatay test borularının içinden ve orfist'ten ölçülebilir.

Kuyu içindeki kabuklaşma kalınlığı ise Go-Devil ölçüleriyle alınır.

Bunlar en büyüğünün çapı, kuyudaki üretim borusu iç çapı kadar olacak şekilde, çeşitli çaplarda silindirik, kısa boru şeklinde yatırılmış ağırlıklardır.

Çap sırasıyla kuyuya indirilerek, hangi metreye kadar kabuklaşma kalınlığının ne olduğu anlaşılır.

6.11.Kondanse Olmayan Gaz Ölçümleri

Jeotermal akışkan içerisindeki CO₂, H₂S, NH₄ v.s. gibi kondanse olmayan gazlar bulunmaktadır.

Bu gaz % miktarlarının öğrenilmesi için; Üretim sırasında ve istenen bir kuyubaşı basıncında, yatay test borusu üzerindeki orfist öncesi basıncı okunduğu yerden veya kuyubaşı üzerindeki T borudan mini separator yardımı ile kondanse olmayan gaz ölçümleri yapılabilir. Bu ölçümler periyodik olarak ve kuyunun her değişik durumunda alınmaktadır.

Alman su+buhar+gaz karışımı önce bir mini separatörden geçirilir. Bu şekilde su ve buhar - gaz ayrılmış olur.

Buhar+gaz.da bir soğutucudan geçirilerek buhar kondanse edilir, gaz ise atmosfer basıncı altında belli bir hacimde toplanır. Bu sırada sıcaklık ve kondanse su hacmi ölçülebilir.

Belirli şartlar altında yapılan bu ölçme işleminde kaydedilmesi gerekenler; Kuyubaşı basıncı, o andaki atmosferik basınç ve mini separator ayrıştırma basıncıdır.

Kondanse olmıyan gaz ölçüm değerlendirmelerinde şu yol izlenerek gazın buhara veya gazın buhar + gaz toplam karışımına oranı, hacimce ve ağırlıkça yüzde olarak bulunur.

1-Belirli şartlardaki gaz hacmi;

$$V_0 = (V_1 + V_2) * \frac{P_p}{P_0} * \frac{T_0}{T_1}$$

$$P_p = P_a - P_0 \quad V_2 = Q_c * \lambda$$

$$T_1 = T_0 + T \quad Q_c = Q_d - V_1$$

Burada;

VI-Ölçülen gaz hacmi, (cc)

V2-Kondanse suda erimiş gaz hacmi, (cc)

Pp-Kısmi gaz basıncı, mm Hg

Pa-Ölçü anındaki atmosferik basınç, mm Hg

Pc-Doyma basıncı, mm Hg

Po-760 mm Hg

T1-Ölçülen gazın mutlak ısısı.

To-273 oK

T-Toplanma kabındaki sıcaklık, oC

Qc-Yoğunlaşan su hacmi, (cc)

Qd-Kullanılan su hacmi, (cc), (11450)

λ -Bunsenic faktör.

V1. V2 formülde yerine konarak

$$V_0 = (Q_d - Q_c + Q_c * \lambda) \left(\frac{P_a - P_c}{760} \right) \left(\frac{273}{273 + T} \right)$$

Değerlerden T,Qc ölçülür. Qd bellidir. λ ve Pc ise tablodan T sıcaklık değeri karşılığı olarak bulunabilir.

2-Belirli şartlardaki buhar hacmi:

$$V_{H_2O} = Q_c * D * \frac{22400}{18}$$

Qc-Yoğunlaşan su hacmi, (cc)

D-Yoğunlaşan su özgül ağırlığı (gm/cm³)

Burada D değeri, T sıcaklık karşılığı olarak tablodan bulunur.

3-Buharda kondanse olmıyan gaz.

$$N = \frac{V_0}{V_{H_2O}} * 100, \text{ Hacimce yüzde;}$$

Toplam karışımda ise;

$$N = \frac{V_0}{V_0 + V_{H_2O}} * 100, \text{ Hacimce yüzde;}$$

%N *2.44- Ağırlıkça yüzde olarak bulunur.

6.12.1. Bir Enjektörün Testi ve Değerlendirme

KUYU : ÖB-3

KUYU DERİNLİĞİ : 1196.00 M.

1-Yapılan işlemler:

1.1.-Amerada basınç aleti hazırlanarak 740 m.ye indirildi.

1.2-Kuyu soğutulması için kuyu hacmi kadar ve en düşük debide 5 İt/sn kule pompası ile su basıldı.

1.3-Enjeksiyon işlemine başlanarak, kuyuya yine kule pompası ile 36.42 İt/sn debide su basıldı.

1.4-Amorada basınç elementi çekildi.

1.5-Bunlar yapılırken,

-Amerada saat kurulma zamanı,

-Amerada kuyuya iniş zamanı,

-Amerada 740 m.ye varış zamanı,	Dakika	Pwf (Psi)	
-Soğutmaya başlama-bitirme zamanı,	1	1200.5	(enjeksiyona başlama)
-Enjeksiyona başlama-bitirme zamanı	2	1202.9	
kaydedilmiştir.	3	1210.4	
	4	1225.2	
2-Kullanılan pompa özelliği, debi, su hacmi ve zamanı:	5	1227.2	
	6	1228.0	
	7	1229.5	
<u>SOĞUTMADA</u>	8	1230.0	
	9	1231.5	
<u>POMPA GÖMLEK ÇAPI DEBİ</u>	10	1232.0	
GD-FXZ 5" 5 İt/sn	11	1232.0	
	12	1220.3	
<u>BASILAN SU MİKTARI ZAMAN</u>	13	1221.5	
37.8 m ³ 120 dk.	14	1231.4	
	15	1235.0	
	16	1220.3	
<u>ENJEKSİYONDA</u>	17	1217.8	
	18	1218.3	
<u>POMPA GÖMLEK ÇAPI DEBİ</u>	19	1217.0	
GD-FXZ 7 1/2" 36.42 İt/sn	21	1216.58	
	23	1216.58	
<u>BASILAN SU MİKTARI ZAMAN</u>		(aynı)	
164 m ³ 75 dk.	75	1216.58	

3-Değerlendirme:

Test bitiminde çekilen Amerada basmç aletinden alman basmç kayıt kartı, okuma ünitesinde 1-2 dakika aralıkla okundu.

Basmç kayıt kartı üzerinde, aletin 740 m.ye inip indeks edilmesinden sonra olası beklèmeler, soğutma zamanı ve enjeksiyon zamanını hassas olarak içermektedir.

Bu okumalardan, enjeksiyon başlangıç ve sonu arasındaki ve 740 m.den takip edilen akış basıncı değerleri grafik çizilmek üzere seçilir.

Örneęimizde bu değerler;

Semi-logaritmik kağıda çizim yapıldıktan sonra, birbirine yakın basmç artışı değerlerinden bir doğru geçirilir.

Bu doğrunun semi-logaritmik kağıdın bir bölümü (cycle) için karşı gelen basmç farkı (m) bulunur,

$$m = 1232 - 1216.5 \quad m = 15.5 \text{ psi/cycle}$$

$$\text{formül; } kh = \frac{162.9 * c * B * M}{m}$$

k-Geçirgenlik, md

h-Geçirgen zon kalınlığı, ft

q-Enjekte edilen su debisi, Bbl/gün
 B-Formasyon hacim faktörü, (1)
 M-Viskosite, cp (0.43 cp)
 m-Basınç farkı, psi/cycle

Burada;
 q=20000 varil/gün
 B=1
 M=0.43 cp
 m=15.5 psi/cycle
 yerine konarak,

$$kh = \frac{162.9 * 20000 * 0.43 * 1}{15.5}$$

kh = 90383 md-ft olarak bulunur.

6.12.2. Bir Pressure Build-Up Test ve Değerlendirme

Kuyu :OB-6
 Kuyu derinliği : 1100.00 m.

1-Yapılan işlemler;

1.1-Kuyu sabit bir debide bir süre üretim yaptırıldı (237 Ton/saat)

1.2-Amerada basmç aleti (6 saatlik) 800 m. derinliğe indirilip 15 dakika beklenecek indeks edildi.

1.3-Kuyu kısa zaman süresi içinde (3 dk) tamamen üretime kapatıldı.

1.4-Amerada basmç elementi; Kuyu kapatıldıktan sonra 2 saat 48 dakika oluşan basınç artışının kaydedilmesi için bekletildi.

1.5-Süre sonunda alet kuyudan çekildi.

1.6-Üretim, kapatma başlangıç ve sonu, bekleme süresinde ki kuyubaşı basmç değerleri ile zamanlan, ayrıca Amerada çalışmaya başlangıç, öngörülen derinliğe iniş ve çıkış zamanları kaydedildi.

2-Değerlendirme:

Amerada aleti çekildikten sonra alman basmç kayıt kartı okuma ünitesinde değerlendirilerek, bekleme sırasındaki basınçlar; ilk 1 (bir) dakika için 15 saniye bir ve daha sonraki zaman için 1,5 ve 10'ar dakikalık zaman aralıklarıyla okundu.

Tesbit edilen değerler şöyledir.

ZAMAN (saat- dak.-san)	BASEV Ç (Psi)	ZAMAN (saat- dak.-san)	BASINÇ (Psi)
0 00 00	1209.3	0 20	1252.5
0 00 15	1215.5	0 25	1250.0
0 00 30	1221.6	0 30	1250.0
0 00 45	1227.6	0 35	1251.2
0 01	1236.5	0 40	1251.2
0 02	1250.0	0 45	1253.7
0 03	1252.5	0 50	1250.0
0 04	1252.5	1 00	1250.0
0 05	1252.5	1 10	1253.7
0 06	1252.5	1 20	1253.7
0 07	1252.5	1 30	1254.9
0 08	1252.5	1 40	1254.9
0 09	1252.5	1 50	1254.9
0 10	1252.5	2 00	1256.2
0 11	1252.5	2 10	1256.2
0 12	1252.5	2 20	1256.2
0 13	1248.8	2 30	1256.2
0 14	1248.8	2 40	1259.9
0 15	1248.8	2 48	1262.1

Bu değerler semi-logaritmik kağıda işlenerek ekteki gibi zaman basmç grafiği elde edilir. (12.1) deki gibi çizilen doğrunun, semi-logaritmik kağıdın 1 bölümüne (cycle) karşılık olan basmç farkı bulunur, (m)

$$m=1254.8 - 1250.5= 4.3 \text{ psi/cycle}$$

$$kh = \frac{162.6 * q * B * M}{m}$$

k-geçirgenlik, md

h-kahnlık,ft

q-Üretim debisi, Bbl/gün (237/saat'ten bulunur)

B-Formasyon hacim faktörü (1.19)

M-Viskozite,cp(0.12)

yerine konarak;

$$kh = \frac{162.6 * 37656 * 1.19 * 0.12}{4.3}$$

kh= 203336 md-ft olarak bulunur.

7.Kabuklaşma (soaling) problemi gözümü çözümü için uygulamalar;

20 MW gücünde santral bulunan Kızıldere kuyularının kabuklaşma problemlerinin çözümü için;

1-Mekanik temizlik, (Rotating kontrol head)

2-Asitleme

3-Inhibütör basılması işlemlerinden en iyi sonuç mekanik temizlemeyle alınmıştır.

Asitlemeye gerek duyulmadığından son yıllarda bu uygulamadan vazgeçilmiştir.

Inhibütör borularının kırılma sorunları olduğunda bu yöntem denenmiş, fakat devam edilmemiştir.

Bu çalışmaların örneği henüz Ömerbeyli sahasında bulunmamaktadır.

8.SONUÇLAR VE ÖNERİLER

1.Ömerbeyli- Germencik- Aydın jeotermal sahasında enerji santrali kurulması proje aşamasındadır. İlk etapta 25 MW'lık santral kuruluşu yap-işlet-devret modeli ile gerçekleştirilecek ve üç yıllık bir sondaj ve test çalışmasından sonra duruma göre kapasite 50 MW ve daha sonra 100 MW' a yükseltilecektir.

2.Kızıldere'de kurulu olan 20 MW lık santral enerji üretimi devam etmekte olup, sahadaki sorunlar (kabuklaşma v.b.) çözümlenmiş durumdadır. Bu sahada re-enjeksiyon kuyusu yapılacaktır.

3.Bunların dışındaki sahalarda enerji üretimine dönük proje çalışması yoktur.

4.Çevre sorunlarında ülkemizde giderek ağırlık kazandığı bu yıllarda kömür santralleri ile enerji üretimi yerine jeotermal enerji kaynaklarından enerji üretimi daha temiz olup ve ayrıca jeotermal enerjinin yenilenebilir bir enerji kaynağı olması nedeniyle uzun yıllar kullanılabilmesi mümkündür.