

# GRADYAN SONDAJLARI VE YERALTI SICAKLIK ÖLÇÜMLERİNİN JEOTERMAL ENERJİ ARAŞTIRMALARINDA YERİ VE ÖNEMİ

*The significance of gradient wells and subsurface temperature measurements for geothermal energy exploration*

Ali İhsan GEVREK MTA Genel Müdürlüğü Enerji Hammadde Etüd ve Arama Dairesi, ANKARA

**ÖZ:** Bu çalışma ile yeraltı sıcaklığının ölçülmesi ve gradyan sondajlarının jeotermal aramaları için önemi tartışılmaktadır. Dünyanın ortalama gradyan artışı 25°C/km.dir. Bu gradyan artışı dünyanın her yerinde aynı değildir. Kayaçların ısı iletkenliği, ısı akısı dağılımı, aktif tektonik ve yeraltı sıcağı dolaşımı gradyan değerini etkileyen faktörlerdir.

Sığ derinlikte (1-15 m) yeraltı sıcaklığını topografya, günlük sıcaklık değişimi, mikroklima, bitki örtüsü, su tablası derinliği ve nem miktarları gibi dış etkenler etki eder. Ancak derin ölçümlerle karşılaştırıldığında zaman ve parasal yönden kısmen daha ekonomiktir. Bu nedenle derin arama sondajlarına geçilmeden önce sığ ölçüm verileri diğer verilerle birlikte değerlendirilmelidir. Böylece, belirlenen gradyan sondaj lokasyonlarında daha sağlıklı ısı anomalileri tesbit edilmektedir.

**ABSTRACT:** In this study the significance of subsurface temperature and geothermal gradient wells are briefly evaluated for geothermal energy exploration. The world average geothermal gradient is considered to be 25°C/km. Thermal conductivity of rocks strata, regional heat flow conditions, subsurface thermal water moment, and global tectonic phenomena are controlling for geothermal gradient.

Some extraneous factors that affect shallow depth temperatures (1-15 meter) are local variations in the character and moisture content of the near surface materials, topography, depth to water table, vegetation, and microclimate, so that shallow temperature distributions are not enough to provide economically usable thermal fluids. The principal advantage of temperature measurements at such shallow depths in comparison with deeper measurements are their relatively low cost in both time and money.

## GİRİŞ

Yeraltı sıcaklığının ölçülmesi ve gradyan artışının belirlenmesi jeotermal enerji aramalarının sağlıklı ve güvenilir yöntemlerindedir. Yeraltı sıcaklığı derinlik ile orantılı olarak artmaktadır. Jeotermal gradyan: sıcaklığın 1°C artması için gerekli derinliktir (Altunlı, 1986).

Dünyada ortalama gradyan artışı 25 C°/km. dir (Tissot ve Welte, 1984). Bu gradyan artışı dünyanın her yerinde düzenli değildir. Örneğin, Bahama Andras adalarında 5 C°/km, Endonezya Salavati havzasında 90 C°/km. dir. Kayaçların ısı iletkenliği, bölgesel ısı akısı dağılımı, aktif tektonik yapı ve yeraltı su dolaşımı jeotermal gradyan değerini etkileyen faktörlerdir.

Isı iletkenliği fiziksel parametre olup, bir cm. den bir saniyede geçen ısı miktarı olarak tanımlanır ve birim: Mili cal/cm sn C° dir. Kayaçların ısı iletkenliği,

mineroloji bileşimine, gözenekliliğine, geçirgenliliğine, suya ve gazı doygunluğuna bağlıdır. Şeyllerin ısı iletkenliği, 2, kireçtaşlarının 3.1, kumtaşlarının 4.5, kuvarsın ise 15 Mili cal/ sn C° dir (Ünalın, 1977). Yeraltında ısı iletkenliği düşük kayaçlar örtü yaparak bölgesel jeotermal gradyanının artmasına neden olur.

Isı akısı: Bir cm<sup>2</sup> alandan bir saniyede geçen ısı miktarının kalori cinsinden değeri ve birimi: Mikro cal/cm<sup>2</sup> sn veya HFU (heat flow unit) dir. Isı akısı jeotermal gradyan sondajları ile doğrudan ölçülebilen gradyan değerlerinin aşağıdaki formülün uygulanması ile elde edilir. Sondaj çalışmalarının masraflı olması bu yöntemin olumsuz yönünü teşkil eder.

Jeotermal gradyan, ısı iletkenliği ve ısı akısı arasındaki ilişki:  $q = -KA \frac{dT}{dD}$  formülü ile açıklanır (Chilingar ve diğ., 1982).

q: ısı akısı (HFU)

K: Kayaçların ısı iletkenliği (Mili cal/cm sn C°)

A: Birim alan (cm<sup>2</sup>)

dT/dD: Jeotermal gradyan (C°/cm)

(-): termo dinamiğin ikinci konumuna uygun olması için kullanılır.

Yukarıdaki formülde de görüldüğü gibi jeotermal gradyan ısı akışı ile doğru orantılı ısı iletkenliği ile ters orantılıdır.

## YERALTI SICAKLIĞININ BELİRLENMESİ

Jeotermal akışkan ve petrol aramalarında yararlanmak amacı ile yeraltı sıcaklık dağılımları tespit edilir. Bölgesel ölçekte 1 m., 100 m., 200 m., 250 m., 300 m. ve 5000 metreye kadar yeraltı eş sıcaklık dağılım haritaları yapılmıştır (Olmsted, 1977)., (Wohlenberg, 1979)., (Gevrek ve Aydın, 1988). Şekil 1'de Ankara-Kızılcahamam jeotermal sahasındaki 100 m. ve 300 m. derinlikteki eş sıcaklık haritası görülmektedir. Olmsted (1977), Nevada (ABD) jeotermal sahasında bir metre derinlikte yeraltı sıcaklık dağılımını belirlemiştir. Yapılan bu çalışmada bir metre derinlikteki yeraltı sıcaklığında, topografya, yeraltı su tablası derinliği, nem, iklim ve bitki örtüsü gibi nedenlerin etkili olduğunu belirtmiştir. Sıcaksu kaynakları ve fümerol çevrelerinde anomali değerleri saptamıştır. Wohlenberg (1979), yaptığı araştırmada yıllık sıcaklık değişimlerinin, yeraltının 15 m. derinliğe kadar etkilediğini gözlemiştir. Yapılan bu çalışmalar göstermektedir ki 1 m. ile 15 m. derinlikte yeraltı sıcaklık dağılımları, sıcaksu kaynaklarının çıkış yerlerinin bulunmasında kullanılabilir, ekonomik değerlerde jeotermal akışkan aramaları için tek başına yeterli olamayacağı sonucuna varılmıştır. Ancak, ilk değerlendirmeler için bir fikir verebilir. Ucuz bir yöntem olduğu için diğer yöntemlerle birlikte kullanılabilir.

## GRADYAN SONDAJLARI

Gradyan sondajı çalışmaları, jeotermal araştırma yapılan sahalarda derin arama sondajları (1000 m- 1500 m) yapılmadan önce uygulanan araştırma yöntemidir (Tezcan, 1979).

Jeoloji, jeofizik, jeokimya ve diğer çalışmalar sonucu tespit edilecek lokasyonlarda gradyan sondajları: 1) Yeraltı sıcaklık dağılımını ve anomalisini belirlemek, 2) Sondajla elde edilen sıcak suların jeokimyasal analizlerini yapmak, 3) Karot ve kırıntılardan hidrotermal alterasyon ve sıvı kapanım çalışmaları yaparak jeotermal sistemin evrimini (ısınmakta veya soğutmakta olduğunu) ortaya çıkarmak, 4) Litostratigrafiyi belirlemek amacı ile yapılır.

Gradyan sondajı derinliği ne olmalı? 1) Güneş ısısının erişemeyeceği derinliğe (Tezcan, 1973), 2) Isı

iletkenliği az olan (örtü) kayacın kalınlığına, 3) Yeraltı su tablasının derinliğine bağlı olarak, 100 m. ile 250 m arasında değişmekle beraber bu derinlik 600 metreye de ulaşabilmektedir (Hochstein, 1987). Kuyu çapı 2 ile 4 inç arasında değişir. Açılan kuyuda kaçak zon ve su gelişi yok ise tijler su ile durdurulur. Jeofizik termik log ile periyodik ölçümler yapılır.

Formasyon sıcaklığı:  $T_f = (T_{bh} - T_{ms}) (D_f/D) + T_{ms}$

Jeotermal gradyan:  $G = \frac{T_{bh} - T_{ms}}{D}$  formülleri ile

hesaplanır (Chilingar ve diğ., 1982).

T<sub>f</sub>: Formasyon sıcaklığı (C°)

T<sub>bh</sub>: Kuyu taban sıcaklığı (C°)

T<sub>ms</sub>: Ortalama yüzey sıcaklığı (C°)

D<sub>f</sub>: Ölçüm sıcaklığı belirlenecek formasyonun kuyuda kesilen kalınlığı

D: Kuyunun toplam derinliği (m)

G: Jeotermal gradyan (C°/m)

Ülkemizde MTA Genel Müdürlüğü bünyesinde: Demirören (1968), Öngür ve Karamandere (1974), Eşder ve Şimşek (1975), Şimşek (1978), Yılmaz ve Can (1978), Gevrek ve diğ. (1987) tarafından yapılan gradyan sondajları ile Denizli-Kızıldere, Çanakkale-Tuzla, İzmir-Seferihisar, İzmir-Dikili ve Ankara-Kızılcahamam jeotermal sahalalarının önemi ortaya çıkmıştır.

Bu çalışmaların sonuçlarına göre, adı geçen sahalaların ekonomik derinliklerde jeotermal akışkana sahip oldukları belirlenmiştir.

## SONUÇ:

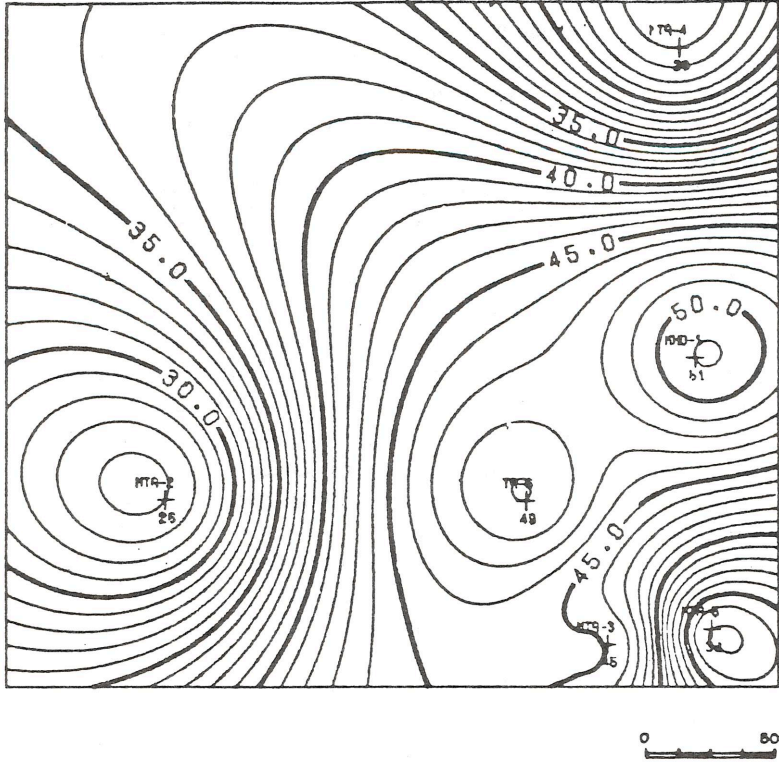
Sığ derinlikte (1 m- 15 m. arasında) yapılacak yeraltı sıcaklık ölçüm değerleri; nem, günlük sıcaklık değişimleri, topografya, bitki örtüsü ve iklim gibi dış nedenlerden etkilenmektedir. Bundan dolayı bu ölçümler jeotermal enerji aramaları için yeterli değildir. Ancak, ilk değerlendirmeler için bir fikir vermektedir, ve sahada gradyan değeri alınabilecek bölümlerin belirlenmesini sağlamaktadır. Ucuz bir yöntem olduğu için diğer yöntemlerle birlikte kullanılabilir. Sağlıklı gradyan değeri elde edilebilmesi için ise bu amaca yönelik gradyan sondajları yapılarak güvenilir anomaliler belirlenmelidir.

Yeraltı su tablası, örtü kayacın kalınlığı ve ısı iletkenlik özelliği gradyan sondajlarının derinliğini belirleyen başlıca faktörler olarak görülmektedir.

## KATKI BELİRLEME

Olumlu katkı ve eleştirileri için Doç. Dr. Şakir ŞİMŞEK'e (HÜ) içtenlikle teşekkür ederim.





(a)



ISOTHERM MAP FOR

DEPTH OF 100 M. IN

ANKARA - KIZILCAHAMAM

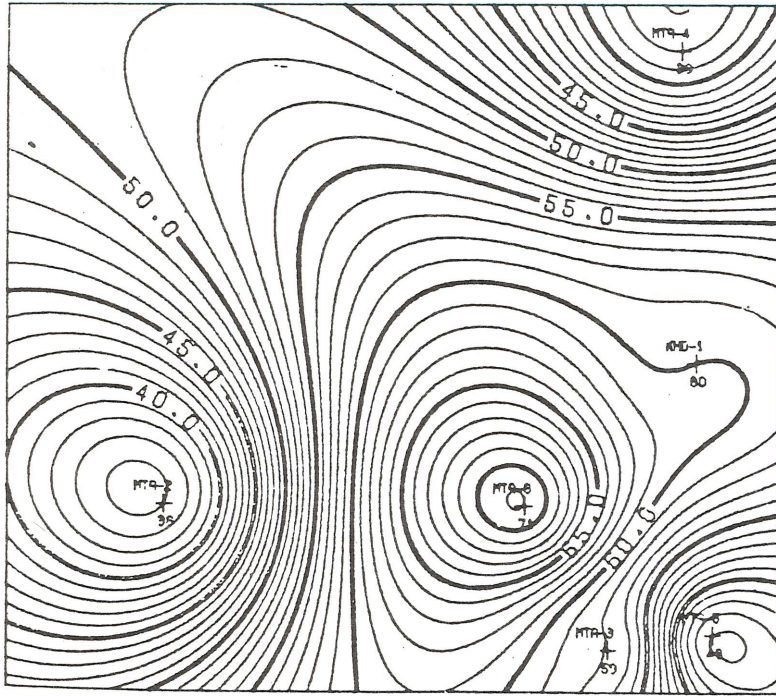
GEOHERMAL FIELD

SCALE = 1 / 25000

ANKARA - KIZILCAHAMAM

JEOTERMAL SAHASI 100 M. DEKI

SICAKLIK DAGILIMI



(b)



ISOTHERM MAP FOR

DEPTH OF 300 M. IN

ANKARA - KIZILCAHAMAM

GEOHERMAL FIELD

SCALE = 1 / 25000

ANKARA - KIZILCAHAMAM

JEOTERMAL SAHASI 300 M. DEKI

SICAKLIK DAGILIMI



Şekil 1: Ankara-Kızılcahamam jeotermal alanı a) 100 m. ve b) 300 m. derinlikteki eşsıcaklık dağılım haritası (Gevrek ve Aydın, 1988)

Figure 1: Isotherm map for a) 100 m. and b) 300 m. depth in Ankara-Kızılcahamam geothermal field (from Gevrek and Aydın, 1988).

## DEĞİNİLEN BELGELER

- Altınlı, İ.E., 1986, Yerbilimleri Sözlüğü, MTA Genel Müdürlüğü yayınları No: 195, Ankara
- Chilingar, G.V., Edwards, L., Ferti, W., and Rieke III. H.H., 1982, Introduction P. 1-49. In Handbook of Geothermal Energy, Edward, L.M., Chilingar G.V., Rieke III, H.H. and Fert, W. H (Editörler). Gulf Publishing Company Book Division 613 s. London.
- Demirörer, M., 1968. Denizli-Sarayköy jeotermik Enerji Araştırmaları Kızıldere-Tekke Hamam ve Karakova Jeotermal Gradyan Etüdüleri. MTA Raporu No: 4141 (Yayınlanmamış) Ankara.
- Eşder, T., Şimşek, Ş., 1975, Geology of İzmir-Seferihisar geothermal area, western Anatolia, Turkey. Determination of reservoirs by means of gradient drilling and UN Symp. Dev. Use Geotherm. Resources. San Francisco, Proc. Lawrence Berkeley Lab. Univ. Calif. 1, 349.
- Gevrek, A.İ., Tekin, Z., Hamut, N., Tuncay, İ., 1987, Ankara-Kızılcahamam jeotermal alanı gradyan sondajları bitirme raporu. MTA Raporu No: 8749 (Yayınlanmamış) Ankara.
- Gevrek, A.İ. ve Aydın, N.S., 1988, Hydrothermal alterations studies in Kızılcahamam (Ankara) geothermal field and its evolution on the development of this field International Mediterranean Congress on Solar and other New-Renewable Energy Resources, P. 609-616 November 14-19, Antalya-Turkey.
- Haenel, R., 1979, Determination of Subsurface temperatures in the Federal Republic of Germany on the basis of heat flow values. Geol. Jb. E 15 s. 41-49.
- Hochstein, P.M., 1987, Temperature gradient wells Kurs notları s. 1-5 The University of Auckland Yeni Zealanda.
- Olmsted, I.H., 1977, Use of temperature survey at a depth of meter in geothermal exploration in Nevada. U.S. Geol. Survey Prof. Paper 1044-B.
- Öngür, T., Karamanderesi, İ.H., 1974. Çanakkale-Tuzla Jeotermal sahası sığ gradyan sondajları bitirme raporu, MTA Raporu No: 5524 (Yayınlanmamış) Ankara.
- Şimşek, Z., 1978, Tekkehamam Jeotermal alanı gradyent sondajları değerlendirilmesi. MTA Raporu No: 6236 (Yayınlanmamış) Ankara
- Tezcan, A.K., 1973. Jeofizik olarak jeotermal sistemler ve jeotermik enerji alanları Türkiye Birinci Jeofizik Bilimsel ve Teknik Kongre Tebligleri, S. 59-75, Ankara.
- Tezcan, A.K., 1979. Geothermal Studies, Their Present Status and Contribution to Heat Flow Contouring in Turkey, p. 283-292. In, Terrestrial Heat Flow in Europe. Cermak, V, Rybach, L. (Editörler). Springer-Verlag, Berlin.
- Tissot, B., Welte, D.H., 1984, Petroleum Formation and Occurrence, Springer-Verlag, Berlin, 698 s.
- Ünalın, G., 1977, Isı akısı, jeotermal gradyan ve petrol. S. 54-71, Yeryuvarı ve İnsan, Cilt: 2, Sayı: 3.
- Wohlenberg, T., 1979, The subsurface temperature field of the Federal Republic of Germany. Geol. Tb. E 15 s. 3-29.
- Yılmaz, S., Can, A., 1978, Dikili-Bergama gradyan sondajları değerlendirme Raporu, MTA Raporu No: 6645 (Yayınlanmamış) Ankara.