

**JEOLJİ, JEOFİZİK VE JEOKİMYASAL YÖNTEMLERLE YENİ BİR GÖMÜLÜ  
JEOTERMAL SAHANIN KEŞFİ, ÜÇBAŞ-ŞAPHANE-KÜTAHYA, BATI ANADOLU,  
TÜRKİYE**

**DISCOVERING A NEW BURIED GEOTHERMAL FIELD USING GEOLOGICAL-  
GEOPHYSICAL AND GEOCHEMICAL METHODS IN ÜÇBA - A PHANE, KÜTAHYA  
WESTERN ANATOLIA, TURKEY**

**<sup>1</sup>Musa BURÇAK, <sup>2</sup>Fatma SEVİM, <sup>3</sup>Ömer HACISALİHOĞLU, <sup>3</sup>Ali R za KILIÇ ve  
<sup>1</sup>M.Nuri HAMUT**

<sup>1</sup>MTA Genel Müdürlüğü Enerji Hammaddeleri Etüt ve Arama Dairesi, 06520, Ankara, Türkiye

<sup>2</sup>MTA Ege Bölge Müdürlüğü, Bornova-İzmir, Türkiye

<sup>3</sup>MTA Doğu Karadeniz Bölge Müdürlüğü-Trabzon, Türkiye

burcak@mta.gov.tr

## ÖZ

Çalışma alanı Kütahya ili Şaphane ilçesinin 5km güneydoğusunda Üçbaş Beldesi yakınında yer alır. Çalışma alanının temelini alt Paleozoyik yaşlı, yaygın olarak gözlü gnays, granitik gnays ve migmatitler ile temsil edilen Menderes masifinin kuzey kanadına ait çekirdek kayaları oluşturur. Çekirdeği oluşturan gnayslar Üst Paleozoik-Alt Mezozoyik yaşlı, göreceli olarak daha düşük dereceli metamorfizmalı kuvars şist, metavolkanik kayalar, mermer ara seviyeleri içeren kalkışist, kuvars mika şist ve mermerlerden oluşan Sarıcasu formasyonu tarafından çevrelenerek örtülür. Bunlar üzerinde Üst Triyas-Meastrihtiyen yaşlı kristalize kireçtaşları ile temsil edilen Budağan kireçtaşı formasyonu yer alır. Tüm bu birimler kireçtaşı blok ve olistolitleri içeren serpantinleşmiş ultramafik kayalar ile temsil edilen Dağardı melanjı tarafından tektonik dokanakla (bindirme) üzerlenir. Dağardı melanjının kırık zonlarında karbonatlaşma, silisleşme, kloritleşme (bakır karbonat; azurit ve malakit oluşukları) ile temsil edilen listfenitik zonlar gelişmiştir. Neojen volkanik ara seviyeler içeren başlıca konglomera, kumtaşı, silttaşı, kil, siltli kil, marn, siltli marn ve kireçtaşından oluşan, Miyosen-Pliyosen yaşlı gölsel-karasal çökeller ile temsil edilir. Kuvaterner ise bazalt, alüvyon ve traverten oluşukları ile temsil edilir.

Çalışma alanında 2003-2006 yılları arasında jeolojik çalışmalar (detay jeoloji, uzaktan algılama, hava fotoğrafı, hidrojeoloji) jeokimyasal çalışmalar (hidrotermal alterasyon, su kimyası), hidrolojik izotop çalışmaları, jeofizik çalışmalar (manyetotellürik, rezistivite) ve sondaj çalışması ile kuyu içi log ölçümleri yapılmıştır.

Şaphane-Üçbaş gömülü jeotermal sahasında 5km güneyde yer alan Gediz-Abide sıcak suları hariç yüzeysel jeotermal göstergeler bulunmamaktadır. Gediz-Abide sahası Batı Anadoluda yer alan orta entalpili jeotermal sahalardan biridir. Kaynak sıcaklığı 70-76 °C arasındadır. Sahada biri çok sığ olmak üzere dört adet üretim kuyusundan (derinlikleri; 6, 301, 542, ve 752m) 76-93 °C sıcaklık ve 125 l/s jeotermal akışkan üretilmektedir. Gediz-Abide sahasının toplam enerji potansiyeli 25.4MWt'dir. Elde edilen akışkan kaplıca turizminde ve seracılıkta kullanılmaktadır. Sıcaklığı itibari ile konut ısıtıcılığına uygun olup, yaklaşık 2700 konut eşdeğeri ısıtmaya karşılık gelir.

Bu çalışmanın esas amacı çalışma alanı ve çevresindeki soğuk ve sıcak suların kimyasal özelliklerinin belirlenerek birbirleriyle olan ilişkilerine yaklaşımda bulunmak, jeotermometre ve karışım modelleri ile rezervuar sıcaklığını tahmin etmek, su kimyası ve izotop çalışmaları ile beslenme alanını, jeofizik yöntemler kullanılarak yer altı yapısını, ve gömülü fayları belirlemektir. Nihai amaç Gediz-Abide sahasında elde edilen verilerin diğer kesimlerde (gömülü alanda) elde

## 60. Türkiye Jeoloji Kurultayı 60th. Geological Congress of Turkey

edilen verilerle karşılaştırılarak benzerlikleri belirlemek yolu ile ümit veren alanın belirlenmesidir. Bu çalışma ile Üçbaş yakınlarında kalın sediman örtü altında ümit vaat eden gömülü bir jeotermal sistemin olabileceği belirlenmiştir.

Gediz sahasında gnaysın kırık zonları birinci rezervuarı oluşturur. İkinci rezervuarlar ise Dağardı Melanjının silisleşmiş ve karbonatlaşmış kayalardan oluşan listfenitik kesimleri ile Miyosen gösel çökellerinin çakıllı ve kumlu seviyeleri ile temsil edilir. Jeotermal sistemin örtü kayacını ise Neojen yaşlı gösel çökellere ait killi marnlı seviyeler ile tuf ve tüfitler oluşturur.

Su kimyası çalışmaları 34 numune üzerinde uygulanmıştır. Buna göre sahada yer alan sıcak sular Piper ve Scholler'e göre Na-SO<sub>4</sub>-HCO<sub>3</sub> tipinde, soğuk sular ise Ca-HCO<sub>3</sub> tipindedir. Sahadan alınan tüm su örnekleri olgunlaşmamış sular grubunda olduklarından diğer bir değişle su-kayaç degesi henüz kurulmamış sular olduklarından rezervuar sıcaklığının tahmini için katyon jeotermometreleri uygulanmamış, silis jeotermometreleri uygulanmıştır. Kalsedon (Fournier 1977) jeotermometresi kullanarak yapılan hesaplamada 97-107 °C; Kuvars (Fournier, 1977) jeotermometresine göre ise 97-134 °C rezervuar sıcaklığı hesaplanmıştır. Silis-entalpi ve Klor-entalpi karışım modelleri soğuk su karışımı olmaksızın orijinal suyun sıcaklığının 128-157 °C olabileceğini göstermiştir.

Su kimyası çalışmaları sonucu yapılan Klor ve SiO<sub>2</sub> eş konsantrasyon haritalarının gösterdiği olumlu anomaliye ilave olarak, genç tektonik aktiviteye bağlı KB-GD doğrultulu graben yapısı, genç volkanik aktivite ve Miyosen yaşlı gösel sedimanlardan oluşan kalın örtü kayasının yayılımı gibi veriler, KB-GD doğrultu grabenin orta kısmında Üçbaş yakınında jeotermal açıdan Ümitli bir alanın olduğunu işaret etmiştir. Manyetotellürik (MT) ve rezistivite çalışmaları ümitli olarak görülen alanda üç profil halinde uygulanmıştır. MT ve rezistivite araştırmalarına göre her üç profilde birbirine paralel olmak üzere ikişer anomali belirlenmiştir. Bunlardan birincisi güneyde diğeri Gediz-Abide yakınlarında ve BKB'ya uzanımında yer alır. Diğeri ise ise 5km kuzeyde ve yaklaşık BKB- DGD uzanımlıdır.

MT çalışmalara göre profiller boyunca kuzeyde ve güneyde belirlenen ikişer anomalinin derinliği yaklaşık 5-6km olup, düşük rezistivite ile temsil edilen bu anomalilerden kuzeydeki anomali ümitli olarak görülen alanın (Üçbaş) tam olarak altına rastlar. Bu düşük rezistiviteli anomaliler jeotermal sistemin ısı kaynağını oluşturan sıcak katı veya kısmen ergimiş magma kütlelerine yorumlanmıştır. Rezistivite çalışmalarına göre Üçbaş alanında yüzeyden itibaren 800m derinlere kadar devam eden düşük rezistiviteli zon örtü kayasını oluşturan miyosen yaşlı gösel-karasal çökellere; bunun altındaki orta rezistiviteli kesim (800-1100m) ofiyolitik melanja; orta rezistiviteli birim altında görülen göreceli olarak yüksek rezistiviteli birim ise mermer, şist ve kalkıştitten oluşan rezervuara yorumlanmıştır.

Sahada uygulanan tüm çalışmalar birlikte değerlendirilmiş olup, Üçbaş sahası araştırma sondajı yapmaya değer görülmüştür. Böylece Şaphane-Üçbaş'da bir araştırma sondaj (KŞÜ-1) yeri belirlenerek, sondaj çalışmalarına başlanmış, 1330m'de tamamlanarak, teçhiz edilmiş ve üretime açılmıştır. Rezervuar kayaç 1100-1330 m arasında yer alan mermer ve kalıştlerdir. Kompresörle 40 l/s debi ve 90 °C sıcaklıkta akışkan üretimi sağlanmıştır. Termik log ölçümlerinde 56 saat beklemeli Kuyu içi sıcaklığı 105,5 °C'dir. Kuyu içinde statik sıcaklık 109 °C'dir. KŞÜ-1 kuyusu 90 °C sıcaklık ve 40 l/s debisi ile 9.21 MWt ısı potansiyeline sahiptir. Elde edilen suyu Na-SO<sub>4</sub>-HCO<sub>3</sub> sınıfında olup, Gediz Abide sondaj suları ile benzer kimyasal bileşime sahiptir. Sıcaklığı itibari ile (Binary cycle) yöntem ile elektrik enerjisi üretimi, konut ısıtmacılığı (1150 konut eşdeğeri ısıtma), seracılık ve termal turizmde kullanmaya uygundur. Üretim testlerinden sonra pompa ile üretim durumunda debinin %50 civarında artış göstereceği dinamik sıcaklığın ise 98 °C ulaşacağı düşünüldüğünde kuyu potansiyelinin 15.57 MWt'e ulaşacağı söylenebilir.

*Anahtar kelimeler: Şaphane, Üçbaş, gömülü jeotermal sistem, su kimyası, hidrolojik izotop, manyetotellürik, rezistivite, KŞÜ-1,*

### ABSTRACT

Studied area is located near Uçbaş town, 5 km south of the Shaphane and 5km north of the Gediz-Abide geothermal area at Kütahya province in Western Anatolia. The basement rocks of the studied

60. Türkiye Jeoloji Kurultayı  
60th. Geological Congress of Turkey

area are represented by the core rocks that are composed of flaser gneiss, granitic gneiss and migmatite belonging to the Northern margin of the Menderes Massive. These core rocks are covered by the Upper Paleozoic-Lower Mesozoic aged, relatively lower degree metamorphic rocks, called Sarıcasu formation which is composed of quartz schist, metavolcanic rocks, marble interlayered chalc-schist, quartz-mica schist and marble layers. Upper Triassic-Maestrichtian aged Budağan Limestone which is composed of cristalized limestone exists over the Sarıcasu formation. All these rock units are overlain tectonically by Dagardı Melange which is composed of serpentized mafic and ultramafic rocks, limestone olistoliths and blocks. Listwanitic zones are developed within fractures that are silicified, chloritized, and carbonatized (copper carbonates such as malachite, azurite). Neogene is represented by Miocene to Pliocene aged lacustrine sediments with interlayered volcanic levels that are composed of conglomerate, sandstone, siltstone, clay, silty clay, marl, silty marl, and limestone. Volcanic levels are represented by tuff and basalt lavas. Quaternary are composed of basalt lavas and alluvium deposits.

Geological (Detailed geology, remote sensing, aerial photo studies, hydrothermal alteration), geochemical (hydrochemistry and hydrological isotope), geophysical (magnetotelluric and resistivity) and well logging studies have been carried out in the study area between 2003 and 2006.

There is no manifestation around the Şaphane-Üçbaşı buried geothermal area at the surface, except Gediz Abide hot springs at 5 km south. Gediz geothermal area is one of the medium enthalpy geothermal areas in the Western Anatolia. The hot spring temperature is 70-76 °C in the area. There are four production wells, one of which is very shallow (6, 301-542-752m). Geothermal fluids produced have 78-93 °C temperature and 125 l/s flow rate. Total thermal energy potential of the Gediz area is 25.4 MWt. Geothermal fluids have been used for thermal bath facilities. It can be suitable for district heating (equivalent 2700 dwellings).

The main objectives of this study are to define the chemical characteristics of hot and cold waters to determine the relation between hot and cold waters, to calculate reservoir temperature using geothermometers and mixing models, to clarify the recharge areas using water-chemistry and isotopes, and to define underground structures and buried faults using geophysical soundings. The ultimate aim is to determine the potential areas by comparing and establishing similarities of the data with the Gediz-Abide field. This study determined the presence of a buried geothermal system under a thick sediment cover near Üçbaşı town.

The fractured zones of the gneisses form the main reservoir in the Gediz field. The secondary reservoirs are represented by the porous listwanitic rocks that formed due to carbonatization and silicification of mafic and ultramafics and gravel and sandstone levels that belong to the Neogene aged lacustrine sediments. The cap rock of the geothermal reservoir is represented by the clays and marls of the Neogene aged lacustrine sediments and tuffs and tuffites.

Water chemistry studies have been carried out on 34 water samples. On the basis of water chemistry studies, hot waters have been classified as Na-SO<sub>4</sub>-HCO<sub>3</sub> type and cold waters Ca-HCO<sub>3</sub> type. Because all of the hot waters are immature, in other words none of them haven't completed water-rock interaction according to the Giggenbach, (1988), Cation geothermometers couldn't be carried out. So silica geothermometer have been used to estimate reservoir temperature. Reservoir temperatures of 97-107 °C were calculated with respect to Silica (calcedony) and 97-134 °C according to Quartz geothermometer (Fournier, 1977). Silica-Enthalpy and Chloride-Enthalpy mixing models have showed that original water temperatures are between 128-157 °C in the reservoir prior to mixing with cold waters.

In addition to Chloride and SiO<sub>2</sub> iso-concentration maps obtained from water chemistry studies, a NW-SE directional graben structure related with young tectonic activity and thick cap rock formed from Miocene aged lacustrine sediments indicate the presence of a promising area in the north, near Üçbaşı. Magnetotelluric (MT) and resistivity surveys were carried out at three profiles in the promising area. Two anomalies that are parallel to each other in all three profiles have been detected in magnetotelluric and resistivity soundings. The first one is in the south and the second is near

60. Türkiye Jeoloji Kurultayı  
60th. Geological Congress of Turkey

Gediz-Abide geothermal field, continuing through WNW direction. The third one is 5km from the first, extending in WNW-ESE direction.

On the basis of the MT measurements, low resistivity anomalies are interpreted to be hot, solid and/or partly molten magma bodies which are considered as the heat source of the geothermal system in the promising area. It has been found that the average depths of the heat sources are about 5-6 km. On the basis of the resistivity studies, low resistivity zone existing from the surface to 800m depth is considered to be the lacustrine sediments as cap rocks, and the high-medium resistivity (800-1100m) zone below is considered to be the ophiolitic melange and relatively high resistivity rocks under the medium resistivity zone is interpreted as the reservoir rocks formed from marble and Calc-schist.

Evaluation of all studies applied in the field suggested drilling of an exploration hole in Ucbas field. Hence, a geothermal exploration well (KŞÜ-1), has been drilled to 1330m depth in 2006 in Şaphane-Üçbaş. The reservoir rocks are marbles and calc-schists located at a depth between 1100m and 1330m. Temperature is recorded as 105.5 °C at the end of 56 hours waiting after circulation at the bottom of the well. The geothermal fluid has been produced at a rate of 40 l/s with a temperature of 90 °C using compressor test. The static temperature in the well was measured as 109 °C. KSU-1 well have 9.21 MWt thermal potential. KŞÜ-1 well water is Na-SO<sub>4</sub>-HCO<sub>3</sub> type and similar in chemical composition to Gediz-Abide hot waters. It can be suitable for electricity production using Binary cycle method, district heating (equivalent 1150 dwellings), heating green houses, thermal bath facilities. Production rate is expected to increase by 50% during production pumping with dynamic temperature reaching 98 °C. So the well potential might reach to 15.57MWt after production test.

*Key words: Şaphane, Üçbaş, buried Geothermal system, water chemistry, hydrological isotope, magnetotelluric, resistivity, KŞÜ-1.*