

57. Türkiye Jeoloji Kurultayı
57th Geological Congress of Turkey

08-12 Mart 2004., MTA Kùltür Sitesi, Ankara

JEOTERMAL ENERJİ OTURUMU
GEOHERMAL ENERGY SESSION

Türkiye'de Curie-Noktası Eşsıcaklık Derinliği Haritası Ve Jeotermal Enerji *Curie-Point Isotherm-Depth Map Of Turkey And Geothermal Energy*

Âli KOÇAK¹, İbrahim AYDIN² ve Halil 1. KARAT³

1) MTA Genel Müdürlüğü Enerji Hammaddeleri Erişim ve Arama Dairesi, Ankara, koçak@mta.gov.tr

2) Süleyman Demirel Üniversitesi Müh., Fakültesi, Jeofizik Böl., İsparta, iaydin@mmf.sdu.edu.tr

3) MTA Genel Müdürlüğü, Jeofizik Dairesi, Ankara, karat@mta.gov.tr

ÖZ

Curie noktası sıcaklığı derinliği, mineral ve dolayısıyla oluşan kayaçların, buldukları ortamın ısı değeri belirli bir sıcaklığın üzerine çıkınca manyetik özelliklerini kaybetmesi prensibine dayanan bir saptamadır.

Havadan manyetik verilerden yararlanılarak spektral analiz tekniği ile tüm Türkiye'yi kapsayan Curie-noktası eşsıcaklık derinliği haritası hazırlanmıştır. Harita genelinde göze çarpan önemli bulgular bugüne kadar yer bilim çalışmalarınca ortaya konan genel bulguları destekler niteliktedir: Curie noktası sıcaklık değerinin sığ derinlikte olduğu alanlar, genelde genç volkanik aktivitelerin bulunduğu, ve özellikle de kabuğun incelendiğinin, yapılmış olan çalışmalar sonucunda yer bilimciler tarafından kabul edildiği. Batı Anadolu'da yer almaktadır. Bu tür alanlar, bugüne kadarki çalışmalarla, jeotermal sahaların yaygın ve yüksek, sıcaklıklı olarak keşfedildiği alanlarla çakışmaktadır. Bilindiği gibi jeotermal sistem veya alan oluşumunda en önemli parametre kabuk içerisindeki ısı kaynağıdır,

Oluşturulan bu ilk aşamadaki haritada, Curie noktası sıcaklık derinliği kabuk içinde 7 ile 27 km arasında değişmektedir. Kuzeyde, Pontit Orojenez kuşağının yer aldığı Karadeniz bölgesi, güneyde Toros orojenez kuşağının yer aldığı bölge ve yüksek topografya ve kabuk kalınlaşmasının kabul edildiği Doğu Anadolu Bölgesi 20-25 km Curie noktası eşsıcaklığı derinlikleri vermektedir.

Batı Anadolu'da ise Curie noktası eşsıcaklık derinliği 7-10 km arasında değişmektedir ki bu Batı Anadolu'da, kabul edilen kabuk, incelişmesi nedeniyle beklenen bir sonuçtur. En yüksek sıcaklığa sahip jeotermal alanlar da bu bölgede bulunmaktadır ki, bir anlamda kabuktaki ısı kaynağının sığ olduğunu doğrular işaretlerdir.

Bu çalışma ile kabuk yapısı, kabuk-manto ilişkisine, jeotermal bölgelerin, oluşumuna ve cevherleşmelere yönelik yorumlamalara gidilebileceği düşünülmektedir.

Genelde batıdaki jeotermal alanlar yüksek sıcaklıklı olmaları nedeniyle elektrik üretimine, orta ve doğuya gidildikçe şehir ısıtma ve balneolojik kullanıma uygundur.

ABSTRACT

The Curie Point Temperature Depth depends on the principle of the loss of magnetic properties of some minerals forming the rocks,, at certain temperatures while temperature increases as the depth increase.

The Curie-Point isotherm map of Turkey, covering the whole country, has been prepared, by means of spectral analysis technique using the aero magnetic data. Signature of the map supports the general findings on geological investigations. The map reveal that shallow Curie point temperature depths are generally located- in the areas covered by young volcanics and especially in West Anatolia where crust thinning is proposed by earth scientists. These areas are superimposed with those having geothermal potential as revealed by several hot springs.. As is well known, the main parameter for geothermal system occurrence is the heat source in the crust.

In this primitive map, the curie point temperature depths are in the range of 7 to 27 km, T_fie Orogenic Pontite Belt in Black Sea region in the north, Taurus belt in the south and the high land in East Anatolia (where crusted thickening is accepted) seem to have the deepest Curie isotherm depths ranging from 20 km to 25 km..

Curie isotherm depths are in range of 7 to 10 kilometers in West Anatolia and Aegean region as expected since the region has thinned crust and many hot springs and. geothermal fields suggesting shallow heat sources..

The geothermal fields in West Anatolia are suitable for electricity production whereas those in Central and East Anatolia for central and greenhouse heating and balneological use.

This study is believed to be of help in the interpretation of structure of the crust and crust-mantle interface, and of the genesis of geothermal systems and mineralizations.

Türkiye'nin Yüksek Tuzlulukdaki ' Jeotermal Sahaları *Hypersaline Geothermal Fields Of Turkey*

Erdoğan ÖLMEZ

MTA Enerji Dairesi Ankara erdogan_olmez@yahoo.com

ÖZ

Ege (Tuzla-Ayvacık ve Kestanbol-Ezine/ Çanakkale, Çeşme-İzmir) ve Akdeniz (Karaada-Bodrum, Gölbaşı-Datça; Muğla) sahil çizgisi boyunca birkaç noktada bulunan yüksek tuzlulukdaki jeotermal sahalar ve volkanizması incelenmiştir. Bu sahalarda metamorfik kayalar, intrüzif kütleler, granitler, lavlar ve Neojen örtü kayaları yüzlek vermektedir.

Kaynak, ve termal sondaj akışkanlarının kimyasal özellikleri (NaCl'li su), bunları besleyen suların hidrolik döngü sırasında başlıca deniz suyundan kaynaklandığı ve daha sonra deniz suyu ve düşük tuzlulukdaki soğuk yeraltı suyu ile karıştığını varsaymaktadır. Bu karışım, su/kaya reaksiyonunun bir süreci olarak beraberinde çözeltiye (suya) K, Ca, HCO₃, SiO₂, katılımına yol açmaktadır.

Sahada jeotermal belirteç olarak, çok sayıda termal kaynaklar ve alterasyon zonları mevcuttur.

Tuzla ve Kestanbol'da sığ kotlarda gözlenen aktif ve soğumakta olan yaygın jeotermal sistemlere ait silis içeriği Çeşme, Karaada ve Datça'daki kaynaklara göre daha yüksektir.

Yüksek sıcaklıklı bu sistemler ile ilişkili ısı kaynağı, sığ kutlardaki kabuk içine yerleşmiş magma "cepleri" olarak düşünülmektedir, bu ise olasılıkla merkezi volkanik komplekslerle ilişkilendirilmektedir (8-20 my yaşlarındaki bazalt, dasit, andezit).

Bölgedeki akışkan yükselimini kontrol eden belirgin ana fayların doğrultuları D-B dir.

Tuzla, Kestanbol, Çeşme, Karaada ve Datça'daki termal sular eski çağlardan beri bilinmektedir. Günümüzde bu sular başlıca ısıtmacılık, hidroterapi ve tuzeltesinde kullanılmaktadır.

ABSTRACT

Hypersaline geothermal areas and volcanism on several points, located on the seashore line of the Aegean (Tuzla-Ayvacık, Kestanbol-Ezine; Çanakkale: Çeşme-İzmir) and Mediterranean sea. (Karaada-Bodrum, Datça ; Muğla) have been investigated. Within the areas metamorphic rocks, intrusive bodies, granites, lavas and Neogene covers are cropping out. The chemical features of the springs and the final well fluids (Nad type water) suggest that the water recharging them largely derived from seawater that enters the hydrological cycle and mixes with sea water and local low salinity freshwater.. This mixing is accompanied by inclusion of the K, Ca, HCO₃, SiO₂ to the solution as a result of water/rock interaction processes. As geothermal manifestations numerous thermal springs and hydrothermal alteration zones are present at the surface in the areas. At Tuzla and Kestanbol where active and cooling geothermal systems are abundant at shallow depth the silica content is of the thermal springs are higher than the springs at Çeşme, Karaada, and Datça. The heat source of these high temperature systems is thought to be shallow depth crustal magma chambers, associated with central volcanic complexes (basalt, dacite, andesite, of 8-20 my). Major visible faults that control fluid flow in this region are E-W trend. The thermal waters of Tuzla, Kestanbol, Çeşme, Karaada and Datça have been well known since antiquity.. Today they are mainly used for space-heating, hydrotherapy and salt extraction,

Kızıldere Jeotermal Sahasındaki Suların, Jeokimyasal Özellikleri ve
Dolaşım Sürelerinin ^{14}C İzotopu Kullanılarak Belirlenmesi
*Geochemical Properties of Kızıldere Geothermal Field
And Determination of Turnover Times By Using ^{14}C Isotope*

İsmail Noyan GÜNER ve Nazım YILDIRIM

MTA Genel Müdürlüğü Enerji Dairesi, AR-GE Birimi 06520 Çukurambar ANKARA,

Tel: 0-312-2373430/1163, e-mail: n.guner@mta.gov.tr

ÖZ

Ege Bölgesinde yeralan Büyük Menderes Grabeninin doğusunda, Buharkent-Yenice-Pamukkâle arasında kalan bölgedeki çok sayıda kaynak ve kuyuda jeotermal akışkan bulunmaktadır. MTA Genel Müdürlüğü tarafından, yürütülen "Büyük Menderes Grabeninde Yeralan Yüksek Sıcaklıklı Jeotermal Akışkanlarda Yaş ve Köken Tayini" projesinin bir parçası olan bu çalışma, bölge ile ilgili izotop ve hidrojeokimyasal veriler birleştirilerek, çalışma kapsamı içinde yer alan kaynakların, beslenme ve sirkülasyon sürelerinin belirlenmesini, hedeflemektedir. Bu amaçla bölgede yeralan sıcaklıkları $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ ile $242\text{ }^{\circ}\text{C}$ arasında değişen akışkanları gruplandırmak, yeraltında geçirmiş, olduğu jeokimyasal süreçler ile kökeni erini belirlemek, beslenme yüksekliklerini hesaplamak ve dolaşım sürelerini tesbit etmek için sukümyası, $^{5^{18}}\text{O}$, ^{34}S , ^{3}H , ^{14}C , $^{34}\text{S}-\text{SO}_4$ ve $^{18}\text{O}-\text{SO}_4$ izotop örneklemeleri yapılmıştır.

Fizikokimyasal verilere göre, A'dan G'ye kadar 7 değişik tipte hidrojeokimyasal karakterle sınıflandırılan bu sular, çalışma alanında bulunan $242\text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklıklı Kızıldere A tipi $\text{Na}-\text{HCO}_3$ 'h ($90\text{ TDS} < 130\text{ meq/l}$) termal suları ile B tipi $\text{Ca}-\text{HCO}_3$ ($30\text{ TDS} < 30\text{ meq/l}$), C tipi $\text{Ca}-\text{SO}_4$ (110 TDS) ve D tipi $\text{Na}-\text{SO}_4$ 'lı (70 TDS) suların çeşitli oranlardaki karışımlarından oluşmaktadır.

Sığ dolaşımli soğuk su kaynaklarının döteryum-yükseklik değişimine göre Kızıldere ve Tekkehamam jeotermal termal sularının ortalama 1300-1900 m. kotları arasından beslendiği, belirlenmiştir. $^{34}\text{S}-\text{SO}_4$ ve $^{18}\text{O}-\text{SO}_4$ izotop analiz sonuçları, Tekkehamam termal kaynakları ile yakın çevresinde bulunan termal kaynakların sularında bulunan SO_4 iyonunun kökeni Şimşek (1984) tarafından adlandırılan Pliyosen yaşlı Kolonkaya Formasyonunun içinde bulunan jipslerdir. Kızıldere sahasındaki derin kuyulardan çıkan jeotermal suların $^{18}\text{O}-\text{SO}_4$ izotop içeriğinde yüksek sıcaklıktan dolayı $^{18}\text{O}-\text{H}_2\text{O}$ ile meydana gelen değişim miktarı %46-84 arasında değişmektedir. Kızıldere jeotermal elektrik san.tralindeki kuyulardan boşalan suların Plummer, Prestemon, and Parkhurst (1996) tarafından geliştirilen NETPATH jeokimyasal model lerne programında yapılan değerlendirilmelere göre, Kızıldere sahasındaki değişik kuyulardan boşalan jeotermal akışkanın ^{14}C izotopuna göre dolaşım süresi 22.500-27.500 yıl arasında değişmektedir.,

Çalışma sonuçlarına göre alanda, kalsit-anhidrit çözünmeleri ve silikat hidrolizleri en belirgin, su/kayaç reaksiyonları olarak, görünmektedir. Sığ yeraltı sularıyla karışım, kondaktif yolla ısı kaybı, manto kabuk, ve atmosferik gazlarla reaksiyon,, derin yeraltı, su, sirkülasyonunu etkileyen en önemli proseslerdir.,

ABSTRACT

Many geothermal fields, ranging between 35°C and 242 °C in temperature,, are found on the eastern pari of the Büyük Menderes Graben section, extending between Buharkent - Yenice and Pamukkale in the Aegean Region, Hydrochemical, $\delta^{18}\text{O}$, $\delta^2\text{H}$, $\delta^3\text{H}$, ^{14}C , $\delta^{34}\text{S-SO}_4$ and $\delta^{18}\text{O-SO}_4$ isotope analyses have been realized in order to classify these fluids, determine the geochemical evaluation and origin, calculate recharge elevations and turnover time.

According to the topographical structure and physic-chemical basin, waters are classified in seven typical Hydrogeochemical characteristics, from A. to G. The subtypes C, E, F and- G result from different mixture of 242 °C tempered Kizildere geothermal fluid A type Na-HCO₃ (<90 TDS<130' meq/l) thermal water, B'type Ca-HCO₃ (TDS<30 nieq/l), C type Ca~SO₄ (TDS -110 meq/l) and D type Na-SO₄ (TDS -70 meq/l) thermal waters.

According to the deuterium-altitude- relation of the, shallow groundwaters, it has been determined that Kizildere and. Tekkehamam thermal. Meters are fed from 1300 - 1900 meters approximately., From, the evaluation of the S³⁴S-SO₄ and $\delta^2\text{H-SO}_4$ isotope analysis results, the origin of the SO₄ ion in the Tekkehamam and province thermal springs, has been found to be from the dissolution of gypsum layers of the Pliocene aged Kolonkaya Formation named by Şimşek (1984). Due to the existance of high reservoir temperature,, exchange between the S³⁴S-SO₄ and a O-H¹⁸O isotope content of the thermal waters discharging from the deep wells in Kizildere Power Plant has been calculated to be between 46-34%. The result of the NETPATH modelling software developed by Plummer, Prestemon, and Parkhurst (1996), the ¹⁴C isotope analysis of the thermal waters discharging from Kizildere Power Plant, indicate a turnover time ranging between 22.500 - 27,500 years,

Calcite-anhydrite solutions and silica hydrolysis are to be distinguishable water/rock reactions as the result of the study. Mixture with shallow ground-water,, heat loss by conductive means, reaction with mantle, crust and atmospheric gases are the main processes effecting the deep groundwater circulation.

The aim of this study is to determine the recharge area and circulation ages of the 'water resources found in the region, by the combination of related isotope techniques and hydrogeochemical data. This study is apart of the "Determination of Age and Origin of the High Enthalpy Geothermal Fluids of the Büyük Menderes Graben Project" performed by MTA.

Referanslar

Plummer» L N., Prestemon E.C., and Parkhurst D.L, 1996, An Interactive Code (Netpath) For Modeling Net Geochemical Reactions Along A. Flow Path, Version 2.0, U.S. Geological Survey Water-Resources Investigations Report 94-4169,, 130 pp.,

Şimşek, Ş., (1934), Denizli-Sarayköy-Buldan alanlarının jeolojisi ve jeotermal enerji olanakları. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Yerbilimleri Fak., İstanbul - .

Aksaray Bölgesi'nde (Orta Anadolu, Türkiye) Isı Kaynağı Ve Jeotermal Enerji Potansiyeli Araştırmaları
Exploration Of The Heat Source And Geothermal Possibilities In Aksaray Region (CENTRAL ANATOLIA, Turkey)

Musa. BURÇAK¹ Cemal KAYA² ve A. Rıza KILIÇ²

¹.MTA Genel Müdürlüğü Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi, Ankara

²MTA Genel Müdürlüğü Jeofizik Etütleri Dairesi, Ankara

ÖZ

Çalışma alanı Orta Anadolu bölgesinde Aksaray ilinin, doğusunda yer alır. Çalışma alanında uzaktan algılama, foto jeoloji, detay jeoloji,,, yüzey hidrotermal alterasyonu, su kimyası ve manyetotellürik çalışmalar gerçekleştirilmiştir.. Çalışma alanının temelini mermer, şist ve gnaystan oluşan Paleozoyik yaşlı Bozçaldağ formasyonu oluşturur. Formasyon, Kapadokya volkanik kuşağına ait volkanik kayalar ve bu volkanitlerle ara tabakalı Sedi.ma. nter birimler tarafından uyumsuz olarak örtülür. Bu kaya birimleri genel olarak tuf, ignimbrit, göl sel sedimanlarla ara tabakalı tüfit, bazalt lavları, volkanik kül, pomza ve dasitik - riyodasitik lav domları ile temsil edilir.

Bölge Tersiyer- Kuvaterner yaşlı Kapadokya volkanik provensi içinde yer alan temel olarak birbirine benzer jeolojik özelliklere sahip Ziga ve Acıgöl (Narköy) jeotermal alanlarını kapsar. Yüksek ısı akısı, jeotermal sahaları çevreleyen, asitik- zayıf asitik karakterli, yaygın hidrotermal alterasyon zonlarının ve sıcaklığı 44-65 °C olan sıcak suların varlığı gibi yüzeysel göstergeler sahanın önemli bir jeotermal potansiyele sahip olduğunu göstermektedir.. Bölgede genel jeoloji çalışmaları, jeofizik (gravite-manyetik ve lokal elektrik rezistivite) çalışmaları ile dört adet gradyan ve üç adet de sığ araştırma kuyusu 1980 ve 1990 lı yıllarda tamamlanmıştır.

Gravite ve manyetik veriler yeniden değerlendirilerek, jeotermal ısı kaynağı ile ilişkili olabilecek dört anomali alanı tespit edilmiştir. Bu anomali alanlarında Manyetotellirik(MT) ve Transientelektrom.an.yetik(TEM) yöntemler uygulanmıştır.. Bu amaçla dört: profil boyunca 38 noktada. MT ve TEM ölçümü yapılmıştır. Manyetotellürik çalışmalarla tespit edilen düşük tezistiviteli anomali katılmış yada kısmen ergiyik halde bulunan ve bölgede jeotermal sistemlerin ısı kaynağını oluşturduğu düşünülen magma kütleleri olarak yorumlanmıştır. Isı kaynağı olabilecek bu kütlelerin ortalama derinliklerinin 5-8 km olduğu belirlenmiştir.. Manyetotellürik çalışmada tespit edilen, yüzeyden itibaren 1500m derinliğe kadar ulaşan düşük re.zi.stiviteli. zon, hidrotermal alterasyona uğramış tuf ve ignimbritlere karşılık gelen, örtü nitelikli birimleri, daha altta yer alan yüksek rezistiviteli zonun ise derin rezervuarı oluşturması beklenmektedir. Bu çalışma ile yüksek gravite, düşük manyetik, yüksek ısı akısı ve MT çalışmaları tespit edilen düşük, rezistiviteli zonlar arasında çok iyi bir korelasyon sağlanma olanağı bulunmuştur.

Su kimyası çalışmalarına göre alandaki sıcak sular, As ve B içeren,. Na-Cl-HCC>3 ve Na~Ca-HCO₃-Cl şeklinde sınıflanan, mineralli sulardır. Silisyum ve Na/Li jeotermometrelerine göre rezervuar sıcaklıkları sırasıyla 90-153 °C ve 135» 197 °C olarak hesaplanmıştır.

ABSTRACT

The studied area is located at eastern part of Aksaray province in Central Anatolia, Remote sensing, areal photo studies, detailed geology,, surface hydrothermal alteration,, water chemistry and magnetotelluric studies have been carried out in the "study area. The basement rocks of study area is Paleozoic aged Bozçaldağ formation which is composed of marble, schist and. gneiss.. Ute formation is unconformably overlain by Tertiary to Quaternary aged volcanic rocks of Cappadocian volcanic belt with sedimentary interlayers. The composition of these units are mainly represented, by tuff, ignimbrite, reworked tuff interlayered sediments, basalt lavas,, ash fall deposits, pumice and. dasite to rhyodasitic lava domas.,

The study area contains Ziga and Acıgöl (Narköy) geothermal area, which have similar geologic environments 'with the Cappadocian volcanic belt of the Tertiary to Quaternary age,. Existance of surface manifestation like that high regional -heat flow, the presence of expanding asidik to weakly asidik hydrothermal alteration surrounding the geothermal area, hot springs which have temperatures ranging between 44-65 °C indicate significant geothermal possibilities in the area. Initial studies such as field geology, geophysical investigation (like gravity - magnetic survey and. local electrical resistivity studies) have been completed in the studied area. As well as four gradient wells three shallow research wells were drilled in the study area, in 1980's and 1990's.

Reassessment of gravity and magnetic studies indicated that four important anomalies exists with respect to geothermal heat. source exploration, Magnetotelluric(MT) and transienielectromagnetic (TEM) methods have been applied, in the anomaly areas,. For this aim the MT soundings have been carried out along the four profiles on 33 points of measurements. On the basis of the MT measurement, low resistivity anomalies are interpreted as to he hot, solid and. / or partly molten magma bodies which can be considered the heat source of the geothermal system in the study area, È has been found that the avarage depth of the heat sources are about 5-8 km. A good correlation was found in relation to high gravity, low magnetic, high heat flow and low resistivity zones measured with MT exploration in the studied area. On the basis of the MT studies., low resistivity zone exists from the surface to 1500m depth. This zone was interpreted as hydro thermally altered tuf and ignimbrite which constitute cap rocks, and high resistivity zone below the low resistivity zone considered, as the deep reservoir rocks.

Water chemistry studies indicate that the hot waters can be classified as As and B bearing, Na-Cl-HCO₃ • ond Na-Ca-HCO₃-Cl types hot and mineralized waters. On the basis of silica and Na/LI geothermometers the temperature of the reservoir range between 90-153, °C and 135-197 °C, respectively: