

5. Uluslararası Katılımlı Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Sempozyumu

Çevrimiçi
17-19 Mart 2022

BİLDİRİ ÖZLERİ

Editörler
İbrahim AKKUŞ
Nilgün BAŞARIR



TMMOB
JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI YAYINLARI NO: 149
CHAMBER OF GEOLOGICAL ENGINEERS OF TURKEY

5 Uluslararası Katılımlı
Jeotermal Kaynaklar ve
Doğal Mineralli Sular Sempozyumu

BİLDİRİ ÖZLERİ KİTABI

17-19 Mart 2022
Çevrimiçi

Editörler

İbrahim AKKUŞ
Nilgün BAŞARIR

550.4

V. Jeotermal Kaynaklar Sempozyumu Bildiri özleri Kitabı/TMMOB
Jeoloji Mühendisleri Odası Ankara/2022

50 sayfa,

Jeotermal, doğal mineralli su, seracılık, jeotermal enerji,
TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları: 149

ISBN:

Baskı: ERS Matbaası

Kazım karabekir Cad. Altuntop İş Mrk. No: 87/7 İskitler/Ankara

0312 384 58 88

SEMPOZYUM YÜRÜTME KURULU

Başkan

Prof. Dr. Erdin BOZKURT

ODTÜ

II. Başkan

Prof. Dr. Alper BABA

9 Eylül Üniversitesi

II. Başkan

İbrahim AKKUŞ

TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası

Sekreter

Dr. Ayşegül ÇETİN

TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası

Sekreter

Nilgün BAŞARIR

TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası

Sayman

Deniz IŞIK GÜNDÜZ

TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası

Üye

Hüseyin UYTUN

Manisa YİKOB

Üye

Dr. Nizamettin ŞENTÜRK

MASUDER

Üye

Ökem ÇELEM

Enerji Kentleri Birliği

Üye

Dr. Hafize AKILLI

MTA

Üye

Nusret GÜNGÖR

TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası

Üye

Ersin GİRBALAR

İller Bankası

Üye

İlhan Ulusoy

TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası

SEMPOZYUM BİLİM KURULU

Prof. Dr. Mustafa AFŞİN (Aks Ü)
Prof. Dr. Serhat AKIN (ODTÜ)
Dr. Öğr. Üy. Taylan AKIN (PÜ)
Ass. Prof. Miklos ANTICS (GPC IP, Fransa)
Doç. Dr. Özgür AVŞAR (MSKÜ)
Doç. Dr. Harun AYDIN (HÜ)
Prof. Dr. Ahmet Tuğrul BAŞOKUR (AÜ)
Doç.Dr. Ahmet BAYTOK (AKÜ)
Prof. Dr. Ziyaddin ÇAKIR (İTÜ)
Dr. Oktay ÇELMEN (MTA)
Leman ÇETİNER (ETKB)
Prof. Dr. Mustafa M. DEMİR (İYTE)
Dr. Nilgün DOĞDU (MTA)
Prof. Dr. Mehmet EKMEKÇİ (HÜ)
Prof. Dr. Nergis ERDOĞAN (İÜ)
Prof. Dr. Fatma GÜLTEKİN (KTÜ)
Prof. Dr. Hatice GÜRDAL (İÜ)
Doç. Dr. Füsun TUT HAKLIDIR (İBÜ)
İsmail KARA (MTA)
Doç. Dr. Hüseyin KARAKUŞ (DPÜ)
Dr. İsmail H. KARAMANDERESİ (JMO)
Dr. Öğr. Üy. Türker KURTTAŞ (HÜ)
Prof. Dr. Halim MUTLU (AÜ)
Prof. Dr. Halime PAKSOY (ÇUKUROVA)
Prof. Dr. Mahmut PARLAKTUNA (ODTÜ)
Doç. Dr. Elbeyi PELİT (AKÜ)
Prof. Dr. Marcel ROSCA (Oradea Univ.
Romanya)
Prof. Dr. Ladislaus RYBACH (ETH Zürich,
İsviçre)
Muzaffer SİYAKO (3S)

Doç. Dr. H.Hüseyin SOYBALI (AKÜ)
Prof. Dr. Mehmet ŞENER Niğde (ÖHÜ)
Doç. Dr. Mehmet Furkan ŞENER (İzmir
Bakırçay Ü)
Prof. Dr. Şakir ŞİMŞEK (JMO)
Prof. Dr. Gültekin TARCAN (DEÜ)
Dr. Öğr. Üy. Levent TEZCAN (HÜ)
Doç. Dr. Hasan TOKTAŞ (AKÜ)
Dr. Yusuf ULUTÜRK (AFJET)
Metin YAZMAN (SERBEST)
Prof. Dr. Ahmet YILDIZ (AKÜ)
Dr. Servet YILMAZER (JMO)
Prof. Dr. Erdinç YiğİTBAŞ (ÇÜ)

TMMOB JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI YÖNETİM KURULU

Hüseyin ALAN
Başkan/President

Faruk İLGÜN
II. Başkan/Vice President

Buket YARARBAŞ ECEMİŞ
Yazman Üye/Secretary

D. Malik BAKIR
Sayman Üye/Treasury

M. Emre KIBRIS
Mesleki Uygulama Üyesi/Member of Professional Activities

Seçkin GÜLBUDAK
Yayın Üyesi/Member of Publications

Düzgün ESİNA
Sosyal İlişkiler Üyesi/Member of Social Affairs

ÖNSÖZ

Son birkaç on yılda artan enerji talebi, küresel fosil enerji fiyatları ve iklim değişikliğinin olumsuz etkileri, daha çevreci ve sürdürülebilir yeşil enerji kaynaklarının kullanımını zorunlu kılmaktadır. Giderek artan enerji gereksinimini karşılamak ve dışa bağımlılığı azaltmak için ülkemizde temiz, ucuz ve çevre dostu, kaynağı doğada bulunan sürdürülebilir ve daha güvenli alternatif enerji kaynaklarının (güneş, rüzgar, biyokütle, hidrojen, dalga, hidrolik ve jeotermal) araştırılması ve üretimi teşvik edilmiştir. Jeotermal enerji, zengin jeotermal potansiyeli nedeniyle Türkiye’de baskın bir rol oynamıştır. Dolayısıyla, gerek teknolojik gelişmelere bağlı olarak gerekse uygulanan teşvik mekanizmalarının etkisiyle de enerji üretimine yönelik arama ve yatırımlara hız verilmiş, yeni santral ve işletmeler devreye sokularak jeotermal santrallerin kurulu gücü, buna bağlı olarak da enerji üretimi artmış, jeotermal enerjinin çok amaçlı kullanımı (elektrik üretimi, konut ısıtma, seracılık, termal ve sağlık turizmi gibi) potansiyel oluşturan alanlarda yaygınlaşmıştır. Benzer gelişme doğal mineralli sular da görülmektedir.

Bahse konu olumlu gelişmelere paralel olarak jeotermal enerji kaynakları ve doğal mineralli sularla ilgili gerek uygulamada, gerekse idari ve teknik işleyişte önemli sıkıntılar da yaşanmaktadır. Bu olgudan hareketle, jeotermal enerji kaynakları ve doğal mineralli sular konusundaki arama-araştırmaları ve bu konuda gelişmekte olan teknolojik bilgileri paylaşmak, sektörde yaşanan sorunlara yönelik çözüm önerileri getirmek ve yeni tartışmalar açmak amacıyla TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası tarafından “Uluslararası Katılımlı Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Sempozyumu” düzenlenecektir. Sempozyum, 17-19 Mart 2022 tarihinde ‘Çevrimiçi’ olarak gerçekleştirilecektir.

Bilim insanlarını, araştırmacıları, ilgili kurum ve kuruluşları, üniversiteleri, yerel yönetimleri, meslek odalarını, özel sektör temsilcilerini, kısacası tüm sektör bileşenlerini bir araya getirmeyi hedefleyen sempozyumda;

- Mevcut jeotermal sistemlerin korunması, geliştirilmesi ve sürdürülebilirliği
- Jeotermal rezervuarların modellenmesi
- Teknolojik gelişmeler
- Hukuki sorunlar
- Eğitim ve ar-ge çalışmaları
- Proje tasarım, yönetim ve finansmanı
- Çevre
- Yerel yönetimler

gibi konuların tartışılması, bilgilerin paylaşılması ve önerilerin sunulması etkinliği

temel amacdır.

Gerek bildiri ve poster sunumlarınızla bilimsel ve teknik y6nden, gerekse katılım-
la vereceğiniz destek ve katkılarınızla zenginleŖecek sempozyumun, 6nemli 6z6mler
6retecek bir amaca hizmet edeceđine inanmaktayız.

Bu amacı hep birlikte gerekleŖtirmek 6zere sizleri “Uluslararası Katılımlı Jeoter-
mal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Sempozyumu”na katılmaya, destek vermeye
ve katkı koymaya davet ediyoruz.

Saygılarımızla
Sempozyum Y6r6tme Kurulu

İÇİNDEKİLER

YER KAYNAKLI SİSTEMLERDE KUYU ISI DEĞİŞTİRİCİLERİNİN TASARIM, İNŞAAT VE İZLENMESİNDE TOPLAM KALİTENİN ARTIRILMASI/ <i>INCREASING TOTAL QUALITY IN DESIGN, CONSTRUCTION AND MONITORING OF BOREHOLE HEAT EXCHANGERS IN GROUND SOURCE SYSTEMS</i>	3
Ayşegül Çetin, Halime Paksoy	
AFYONKARAHİSAR JEOTERMAL SAHALARININ MAGMA REZERVUAR SICAKLIĞI VE ÖMRÜ/ <i>MAGMA RESERVOIR TEMPERATURE AND LONGEVITY OF THE AFYON GEOTHERMAL FIELDS</i>	5
Özgür Karaoğlu	
JEOTERMAL KAYNAKLARIN ÇEVRESEL ETKİ DEĞERLENDİRME SÜRECİ/ <i>ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT PROCESS OF GEOTHERMAL RESOURCES</i>	7
Nusret Güngör, Akın Akbulut, Behzat Gökçen Demir, Ali Koray Özdoğan	
JEOTERMAL KAYNAKLAR VE DOĞAL MİNERALLİ SULARIN ARAMA RUHSATLANDIRMA SÜRECİ/ <i>EXPLORATION LICENSE PROCESS OF GEOTHERMAL SOURCES AND NATURAL MINERAL WATER</i>	9
Ali Koray Özdoğan, Nusret Güngör, Akın Akbulut, Behzat Gökçen Demir	
TERMAL SULARDAKİ ÇÖZÜNMÜŞ CO ₂ KÖKENİNİN JEOKİMYASAL VERİLER EŞLİĞİNDE d ¹³ C DEĞERİ İLE BELİRLENMESİ / <i>DETERMINATION OF THE ORIGIN OF DISSOLVED CO₂ IN THERMAL WATERS BY d¹³C VALUE WITH GEOCHEMICAL DATA</i>	12
Hüseyin Karakuş	
KULA JEOTERMAL SAHASI, BATI ANADOLU - TÜRKİYE; JEOLJİSİ, JEOKİMYASI VE JEOTERMAL AKIŞKANIN EVRİMİ / <i>GEOLOGICAL, GEOCHEMICAL PROPERTIES OF KULA GEOTHERMAL FIELD, WESTERN ANATOLIA - TÜRKİYE; EVOLUTION OF THE GEOTHERMAL FLUID</i>	14
Murat Tokcaer	
BİR TERMAL AKIŞKANIN SOĞUMA AŞAMALARI; ÖRNEK BÖLGE SALİHLİ-KURŞUNLU JEOTERMAL ALANI / <i>COOLING STAGES OF A THERMAL FLUID; AS AN EXAMPLE CASE SALİHLİ-KURŞUNLU GEOTHERMAL FIELD</i>	16
Murat Tokcaer	

SUR, ÇINAR VE BİSMİL (DİYARBAKIR) ARASINDAKİ
ALANIN JEOTERMAL POTANSİYELİ ÜZERİNE JEOLJİK
VE HİDROJEOKİMYASAL VERİLER/*GEOLOGICAL AND
HYDROGEOCHEMICAL DATA ON THE GEOTHERMAL POTENTIAL OF THE
AREA BETWEEN SUR, ÇINAR AND BİSMİL (DİYARBAKIR)* 18

Aydın Çiçek, Orhan Kılınç, Alper Baba, Ahmet Yıldız ve Galip Yüce

ÖZDERE (MENDERES, İZMİR) BÖLGESİ DERİN JEOTERMAL YAPISININ
MANYETOTELLÜRİK VERİLERİN İKİ BOYUTLU TERS ÇÖZÜMÜ İLE
ARAŞTIRILMASI-İLK BULGULAR/*INVESTIGATION OF THE DEEP
GEOTHERMAL STRUCTURE OF OZDERE (MENDERES, İZMİR) REGION BY
TWO-DIMENSIONAL INVERSION OF MAGNETOTELLURIC DATA-PRIMARY
FINDINGS* 21

**Özcan Özyıldırım, Ahmet Yıldız, Can Başaran, Metin Bağcı, Feyzullah Ekrem
Conkar**

BOLU HAVZASI SICAK VE MİNERALLİ SULARININ JEOKİMYASAL VE
İZOTOPIK ÖZELLİKLERİ/*GEOCHEMICAL AND ISOTOPIC CHARACTERISTICS
OF THERMAL AND MINERAL WATERS IN THE BOLU BASIN* 23

**Hafize Akıllı, Önder Kayadibi, Şule Gürboğa, Serap Arıkan, Sevilay Tan,
Akın Kürçer, Macit Karadağlar, Halim Mutlu**

EGS (HDR) SİSTEMLERİNİN UYGULAMALARI VE EKONOMİSİ/
APPLICATION AND ECONOMY OF EGS (HDR) SYSTEMS..... 25

Orhan Mertoğlu, Nilgün Başarır

BOLU ve YENİÇAĞA (BOLU) HAVZALARININ JEOTERMAL
ÖZELLİKLERİNİN UYDU VERİLERİ (ASTER, LANDSAT 8, LANDSAT
7 ETM+, ALOS PALSAR-1), JEOLJİK, TEKTONİK VE COĞRAFİ BİLGİ
SİSTEMİ (CBS) ÇALIŞMALARI İLE İNCELENMESİ/*INVESTIGATION OF
THE GEOTHERMAL CHARACTERISTICS OF BOLU and YENİÇAĞA (BOLU)
BASINS WITH SATELLITE DATA (ASTER, LANDSAT 8, LANDSAT 7 ETM+, ALOS
PALSAR-1), GEOLOGICAL, TECTONIC AND GEOGRAPHICAL INFORMATION
SYSTEM (GIS) STUDIES*..... 27

**Önder Kayadibi, Şule Gürboğa, Hafize Akıllı, Serap Arıkan, Sevilay Tan,
Akın Kürçer, Macit Karadağlar**

MUSTAFAKEMALPAŞA (BURSA) İLÇESİ JEOTERMAL OLANAKLARI
VE ALANIN HİDROJEOLJİK VE HİDROJEOKİMYASAL İNCELENMESİ/
*GEOTHERMAL POSSIBILITIES OF MUSTAFAKEMALPAŞA (BURSA) AND
HYDROGEOLOGICAL AND HYDROGEOCHEMICAL INVESTIGATION OF THE
AREA*..... 30

Ayça Çavuşoğlu, Ünsal Gemici

JEOTERMAL SANTRALLERDEN SALINAN YOĞUŞMAYAN GAZLARIN KONSANTRASYONLARININ AZALTILMASINA YÖNELİK BİR SAHA ÇALIŞMASI/ <i>A FIELD STUDY ON REDUCING EMISSION OF NON-CONDENSABLE GASES CONCENTRATIONS FROM GEOTHERMAL PLANTS</i>	32
Füsun S. Tut Haklıdır, Raziye Şengün, Sanem Kılınçarslan	
DİKİLİ (İZMİR) KAYNARCA JEOTERMAL SAHASINDA DEPREM BEKLERKEN/ <i>WAITING FOR EARTHQUAKE IN KAYNARCA GEOTHERMAL FIELD OF DİKİLİ (İZMİR)</i>	34
İsmail Hakkı Karamanderesi	
JEOTERMAL SAHALARDAN HİDROJEOKİMYASAL VERİ TOPLANMASI ESNASINDA İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ÖNLEMLERİ/ <i>OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY PRECAUTIONS DURING HYDROGEOCHEMICAL DATA COLLECTIONS IN GEOTHERMAL FIELDS</i>	37
Sevim Özulukale Demirbilek	
SÜRDÜRÜLEBİLİR YERKAYNAKLI SİSTEM (JEOTERMAL) POTANSİYELİ-ANKARA/ <i>SUSTAINABLE GROUND SOURCE SYSTEM (GEOTHERMAL) POTENTIAL-ANKARA</i>	39
Ayşegül Çetin	
KOZAKLI JEOTERMAL ALANINDA OBRUK OLUŞUMUNDA İNSAN KAYNAKLI FAALİYETLERİN ROLÜ/ <i>THE ROLE OF HUMAN- INDUCED ACTIVITIES IN THE FORMATION OF OBRUK IN KOZAKLI GEOTHERMAL FIELD, NEVSEHIR, TURKEY</i>	41
Halil Bölük, Mustafa Afşin, Mutluhan Akın, M. Murat Kavurmacı	
JEOTERMAL SAHALARDA ÇALIŞAN SAĞLIĞINI ETKİLEYEN TOKSİKOLOJİK BİLEŞENLER VE İŞ GÜVENLİĞİNİ TEHDİT EDEN UNSURLARIN YER BİLİMCİ BAKIŞ AÇISIYLA İNCELENMESİ/ <i>TOXICOLOGICAL COMPONENTS AFFECTING THE HEALTH OF EMPLOYEE IN GEOTHERMAL FIELDS AND INVESTIGATION OF THE ELEMENTS THREATENING OCCUPATIONAL SAFETY FROM THE EARTH SCIENTIST'S PERSPECTIVE</i>	43
Hacer Düzen	
ÖLÜDENİZ FAY ZONUNUN KUZEY BÖLÜMÜNDE TRAVERTEN OLUŞUMU VE SU-KAYAÇ İLİŞKİSİ: HATAY (BAŞLAMIŞ)/ <i>TRAVERTINE FORMATION AND WATER-ROCK INTERACTION IN THE NORTHERN PART OF THE DEAD SEA FAULT HATAY (BAŞLAMIŞ)</i>	46
Mehmet Furkan Şener	

BİLDİRİ ÖZLERİ

YER KAYNAKLI SİSTEMLERDE KUYU ISI DEĞİŞTİRİCİLERİNİN TASARIM, İNŞAAT VE İZLENMESİNDE TOPLAM KALİTENİN ARTIRILMASI

INCREASING TOTAL QUALITY IN DESIGN, CONSTRUCTION AND MONITORING OF BOREHOLE HEAT EXCHANGERS IN GROUND SOURCE SYSTEMS

Ayşegül Çetin^a, Halime Paksoy^b

^a*Yerbilimleri Uygulama Merkezi, Ankara Üniversitesi, Ankara*

^b*Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Çukurova Üniversitesi, Adana*
(aysegulcetin32@gmail.com)

ÖZ

Yeraltında ısı enerjisi depolama ve yer kaynaklı (jeotermal) ısı pompası sistemleri yeraltının doğal sıcaklığını kullanarak yenilenebilir ve temiz enerji kaynaklarından verimli bir şekilde yararlanmasını sağlar. Yerin doğal soğuk ve/veya sıcak termal enerjisi binalar, sanayi, seralar, bilgi işlem merkezleri gibi uygulamalarda iklimlendirilmede kullanılmaktadır. Sistemlerin uygulanmasında dikey kuyu ısı değiştiricilerinin doğru tasarım ve inşaatı güvenilir bir uygulama ve yüksek enerji verimliliği açısından çok önemlidir. Birçok ülkede uygulanan bu sistemlerde teknik olarak önemli kılavuzlar, kodlar ve standartlar mevcut olmakla birlikte uygulamada karşılaşılan sorunlara çözüm önerileri getirmek ve toplam kalitenin artırılabilmesi için Uluslararası Enerji Ajansı-Enerji Depolama Teknoloji İşbirliği Programı kapsamında Annex27 projesi gerçekleştirilmiştir. Projenin yürütücülüğü ZAE Bayern-Almanya tarafından gerçekleştirilmiştir. Projede kuyu ısı değiştiricilerinin tasarım, inşaat ve izleme konuları detaylı olarak ele alınarak kapalı düşey ısı değiştiricilerinin tasarımından başlayarak, inşaatının nasıl yapılması gerektiği ve sistemin sürdürülebilirliğinin sağlanması için izlemenin nasıl yapılması gerektiği ele alınmıştır. Burada Annex27 çalışmasından elde edilen sonuçlar paylaşılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Yeraltında Isı Enerjisi Depolama, Yer Kaynaklı Isı Pompası, Kuyu ısı değiştiricileri, Annex27

ABSTRACT

Underground thermal energy storage and ground source heat pump systems use natural temperature of the ground to provide efficient exploitation of renewable and clean energy sources. Natural thermal energy in the ground as cold or heat can be used in heating and cooling of applications such as buildings, industry, greenhouses, and data centers. Accurate design and construction of vertical borehole heat exchangers is very important for secure application and high efficiency. Although there are technically important guides, codes and standards about these systems implemented in a number of countries, Annex27 project was carried out within the

scope of International Energy Agency-Energy Storage Technology Collaboration Program in order to advise solutions to the problems encountered in practice and to increase total quality. The operating agent of the project was from ZAE Bayern-Germany. In the project, the design, construction and monitoring of the borehole heat exchangers were discussed in detail, starting from design to construction and monitoring of closed vertical heat exchangers to ensure the sustainability of the system. In this article, the results from the Annex27 project will be shared.

Keywords: *Underground Thermal Energy Storage, Ground Source Heat Pump, Borehole Heat Exchanger, Annex27*

AFYONKARAHİSAR JEOTERMAL SAHALARININ MAGMA REZERVUAR SICAKLIĞI VE ÖMRÜ

MAGMA RESERVOIR TEMPERATURE AND LONGEVITY OF THE AFYON GEOTHERMAL FIELDS

Özgür Karaoğlu

*Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,
Eskişehir
(ozgur.karaoglu@ogu.edu.tr)*

ÖZ

Jeotermal enerji, ülkemizde konutların ısıtılması, termal turizm, elektrik üretimi, seracılık ve diğer çeşitli endüstriler için yaygın olarak kullanılan önemli bir yenilenebilir kaynaktır. Türkiye’deki en dikkat çekici jeotermal lokasyonlardan biri, beş ana düşük sıcaklıklı (30–125 °C) jeotermal alanın yer aldığı Afyon’un düşük entalpi bölgesidir. Bununla birlikte, daha ileri arama sondaj sahalarının sonuçsuz kalması, bölgedeki yüksek sıcaklıklı jeotermal sistemlerin etkin varlığına dair şüpheler uyandırmaktadır. Bu bölgedeki aramacılık faaliyetine ilişkin zorluğun bir kısmı, jeotermal sistemin ısı kaynağının geometrisi, boyutu ve derinliği ile ilgili oldukça az bilginin bilinmesidir. Afyon bölgesinin, 15-8 milyon yıl önce oluşmuş, yüksek hacimli ve iyi korunmuş potasik/ultrapotasik volkanik istiflere ev sahipliği yaptığı daha önce belgelenmiştir. Volkanların, fay zonları ve jeotermal sistemlerle bağlantılı olabilen magma odaları ve rezervuarlar tarafından beslendiği de iyi bilinmektedir. Bu çalışmada, hidrojeokimya verilerinden kaydedilen maksimum kuyu içi sıcaklığı 125 °C ve tahmini rezervuar sıcaklığı 125 °C dikkate alınarak Afyon’daki jeotermal sistemlerin kökeni araştırılmaktadır.

Hesaplanan ve ölçülen sıcaklıklar, termal sonlu eleman yöntemi modelleri kullanılarak yorumlanmıştır. Burada sunulan termal modeller, kabuğa yerleşen bir magma odasının termal süreçlerini ve 30 °C/km’lik bir jeotermal gradyanı varsayarak, kabuk boyunca olası sıcaklık dağılımını göstermektedir. Sonuçlar, 125 °C ölçülen kuyu başı sıcaklığında veya tahmini 125 °C rezervuar sıcaklığındaki sıvıların sıcaklığının, 5–7.5 km derinlikte; 600-800 °C aralığında bir sıcaklığa sahip bir magma odasının etkin olduğunu göstermektedir. Kabuksal jeotermal gradyanları simüle eden bu iki boyutlu modeller, diğer jeotermal alanların daha iyi anlaşılması için uygun modifikasyonlarla kullanılabilir.

Anahtar Kelimeler: Magma rezervuarı, sıcaklık, jeotermal sistemler, sistem ömrü, ısı transferi

ABSTRACT

Geothermal energy constitutes an important renewable resource in Turkey that has been extensively utilized for heating buildings, power generation, greenhouse farming and various other

industries. One of the most remarkable geothermal locations in Turkey is the low-enthalpy area of Afyon, where five main low-temperature (30–110 °C) geothermal fields are exploited. However, further exploration drilling sites have proven inconclusive, casting doubts on the effective presence of high-temperature geothermal systems in the region. Part of the challenge is that the geometry, size and depth of the heat source of the geothermal system is poorly constrained. It is documented that the Afyon region hosts voluminous and well-preserved potassic/ultrapotassic volcanic successions that formed between 15 and 8 Ma. It is also well known that volcanoes are fed by magma chambers and reservoirs which can be linked to fault zones and geothermal systems. In this study, the origin of the geothermal systems in Afyon is explored by considering the maximum recorded well-head temperature of 110 °C and the estimated reservoir temperature of 125 °C from hydrochemistry data. The calculated and measured temperatures are interpreted in terms of thermal finite element method models. Various thermal models illustrate the possible temperature distribution throughout the crust assuming an arrangement of a crustal magma chamber and a geothermal gradient of 30 °C/km. Results show that the temperature of the fluids at the measured well-head temperature of 110 °C, or estimated reservoir temperature of 125 °C, require the presence of a magma chamber with a temperature in the range 600–800 °C at a depth of 5–7.5 km. These two-dimensional models that simulate crustal geothermal gradients can be used with suitable modifications, to advance the understanding of other geothermal fields.

Keywords: Magma reservoir, temperature, geothermal systems, longevity, heat transfer

JEOTERMAL KAYNAKLARIN ÇEVRESEL ETKİ DEĞERLENDİRME SÜRECİ

ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT PROCESS OF GEOTHERMAL RESOURCES

Nusret Güngör¹, Akın Akbulut², Behzat Gökçen Demir¹, Ali Koray Özdoğan¹

¹*Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara*

²*Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Ankara*

(nsrtgungor@hotmail.com)

ÖZ

Türkiye’de bulunan jeotermal kaynakların etkin bir şekilde aranması, araştırılması, geliştirilmesi, üretilmesi, korunması, bu kaynaklar üzerinde hak sahibi olunması ve hakların devredilmesi, çevre ile uyumlu olarak ekonomik şekilde değerlendirilmesi ve terk edilmesi ile ilgili usul ve esaslar 5686 Sayılı Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanununda belirtilmiştir. Jeotermal kaynaklara yönelik projeler; kirlilik vasıfları göz önünde bulundurularak EK-1 ve EK-2 listesinde olmak üzere iki grup altında toplanmıştır. Isıl kapasitesi 20 MWe ve üzeri jeotermal kaynağın çıkartılması ve kullanılması aşamasında EK-1 listesine tabi iken, ısı gücü 5 MWe ve üzeri jeotermal kaynağın çıkartılması ve kullanılması ile jeotermal kaynak arama projeleri (sismik, elektrik, manyetik, elektromanyetik, jeofizik vb. yöntemle yapılan aramalar hariç) Çevresel Etki Değerlendirmesi EK-2 listesine tabidir. EK-1 listesine tabi faaliyetler için Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığına başvurulurken, EK-2 listesine tabi faaliyetler için Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğüne başvurulmaktadır. Arama ruhsatı alınmasını müteakip, arama faaliyetlerine başlanılmadan önce olumlu ÇED kararına ait belge alınması zorunludur. ÇED kararının alınmasını müteakip mülkiyet izni alınarak arama faaliyetleri yürütülür. Arama ruhsat aşamasına benzer şekilde işletme ruhsatı alınmasını müteakip faaliyetlere başlanılmadan önce ÇED Yönetmeliği kapsamında Bakanlık ya da İl Müdürlüğünden “ÇED muaf”, “ÇED gerekli değildir kararı” veya “ÇED olumlu kararı” kararlarından birisinin alınması gerekmektedir. ÇED kararı için ilgili kuruma proje tanıtım dosyası sunulmaktadır. Proje tanıtım dosyası; ÇED Yönetmeliği’nin Ek-2 listesinde seçme eleme kriterlerine tabi projelerin, ÇED uygulanmasının gerekli olup olmadığının belirlenmesi amacıyla hazırlanması gereken bir rapordur. Proje tanıtım dosyasında projenin adı, proje sahibine ve dosyayı hazırlayan çalışma grubuna ait bilgiler, projenin teknik olmayan özeti, proje yeri ve etki alanının mevcut çevresel özellikleri (meteorolojik, iklimsel, jeolojik, hidrojeolojik, hidrolojik özellikleri), işletme öncesi yapılacak inşaat faaliyetlerinde ve işletme aşamasında oluşabilecek çevresel etkiler ve alınacak önlemler, işletme faaliyete kapandıktan sonra olabilecek ve/veya sürebilecek etkiler ve bu etkilere karşı alınacak önlemler ve taahhütler açık şekilde belirtilmelidir. Bakanlık veya İl Müdürlüğü tarafından proje tanıtım dosyasında taahhüt edilen hususların yerine getirilip getirilmediğini izlenmekte ve denetlenmektedir. Projede yer alan taahhütlere aykırı faaliyet bulunduğu tespit edildiğinde 2872 sayılı Çevre Kanunu’nun ilgili hükümlerine göre işlem yapılmaktadır. Bu

çalışmada, jeotermal kaynaklar için ÇED süreci genel olarak anlatılarak, başvuru aşamaları hakkında bilgi verilecektir.

Anahtar Kelimeler: Jeotermal Kaynak, Çevresel Etki Değerlendirme

ABSTRACT

Procedures and principles regarding the effective exploration, research, development, production, protection of geothermal resources in Turkey, ownership of these resources and transfer of rights, economic evaluation and abandonment in harmony with the environment. It is specified in the Mineral Waters Law. Projects for geothermal resources; Considering the pollution characteristics, they are grouped under two groups as Annex-1 and Annex-2 list. Geothermal resource exploration projects (seismic, electrical, magnetic, electromagnetic, geophysical etc.) with the extraction and use of a geothermal resource with a thermal power of 5 MWe and above, while it is subject to the Annex-1 list during the extraction and use of a geothermal resource with a thermal capacity of 20 MWe or more. (except) Environmental Impact Assessment is subject to Annex-2 list. The Ministry of Environment, Urbanization and Climate Change is applied for activities subject to the ANNEX-1 list, while the Provincial Directorate of Environment, Urbanization and Climate Change is applied for activities subject to the ANNEX-2 list. After obtaining the exploration license, it is obligatory to obtain the document of the positive EIA decision before starting the exploration activities. After the EIA decision is taken, the search activities are carried out by obtaining the property permit. Similar to the exploration license stage, one of the “EIA exempt”, “EIA not required decision” or “EIA positive decision” decisions must be taken from the Ministry or Provincial Directorate before starting the activities after the operation license is obtained. The project introduction file is submitted to the relevant institution for the EIA decision. Project introduction file; It is a report that should be prepared in order to determine whether the implementation of EIA is necessary for the projects that are subject to the selection and elimination criteria in the Annex-2 list of the EIA Regulation. The name of the project in the project introduction file, information about the project owner and the working group that prepared the file, non-technical summary of the project, the current environmental characteristics of the project location and impact area (meteorological, climatic, geological, hydrogeological, hydrological characteristics), construction activities to be carried out before the operation and during the operation phase The environmental effects that may occur and the measures to be taken, the effects that may occur and/or continue after the operation is closed, and the measures and commitments to be taken against these effects should be clearly stated. The Ministry or the Provincial Directorate monitors and inspects whether the issues committed in the project introduction file are fulfilled. If it is determined that there is an activity contrary to the commitments in the project, action is taken in accordance with the relevant provisions of the Environmental Law No. 2872. In this study, the EIA process for geothermal resources will be explained in general and information will be given about the application stages.

Keywords: Geothermal Resource, Environmental Impact Assessment

JEOTERMAL KAYNAKLAR VE DOĞAL MİNERALLİ SULARIN ARAMA RUHSATLANDIRMA SÜRECİ

EXPLORATION LICENSE PROCESS OF GEOTHERMAL SOURCES AND NATURAL MINERAL WATER

Ali Koray Özdoğan¹, Nusret Güngör¹, Akın Akbulut², Behzat Gökçen Demir¹

¹*Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara*

²*Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Ankara*

(akozdogan@gmail.com)

ÖZ

TC Anayasasının 168’inci maddesinde tabii servetler ile ilgili olarak, “Tabii servetler ve kaynaklar Devletin hüküm ve tasarrufu altındadır ve bunların aranması ve işletilmesi hakkı Devlete aittir. Devlet bu hakkını belli bir süre için, gerçek ve tüzel kişilere devredebilir.” hükmü bulunmaktadır. Bu hüküm kapsamında sayılan tabii servetlerden olan jeotermal kaynaklar ve doğal mineralli suların aranmasına yönelik mülkiyet hakkı Devlete aittir. Devletin bu hakkını belli süre için devredebileceği ilkesi gereği, kanun ile koyulmuş usul ve esaslara göre bu kaynakların arama faaliyetleri gerçek veya tüzel kişiler tarafından gerçekleştirilebilir. Arama faaliyetlerinin gerçekleştirilebilmesi için 5686 sayılı Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanununa göre arama ruhsatının alınması gereklidir. Genel olarak Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanununa göre arama ruhsatının alınmasında sırasında yapılması gereken işlemler 3213 sayılı Maden Kanunu arama ruhsatı alınması sırasında yapılması gereken işlemler ile benzerlik göstermektedir. Arama ruhsatı; sınırları belirlenmiş bir alanda, kaynak arama faaliyetlerinde bulunulabilmesi için projeye dayalı verilen izin belgesi/ruhsat olarak tanımlanmıştır. Arama ruhsatı müracaatları, talep sahibi tarafından 1/25000 ölçekli pafta adı ve koordinatları belirtilerek beş bin hektarı geçmeyecek şekilde arama projesi ile birlikte büyükşehirlerde Yatırım İzleme ve Koordinasyon Başkanlıkları (YİKOB)’na, büyükşehir olmayan illerde ise il özel idaresine yapılır. Müracaat edilen alanın koordinatları saat ibresi yönünde sağa (y), yukarı (x) olarak belirtilir. Müracaatlar tek poligon üzerinden yirmi noktayı geçmeyecek şekilde yapılır. Bu esaslara uygun şekilde yapılmayan müracaatlar kabul edilmez. Müracaatlarda öncelik hakkı esas olduğundan talep sahibinin idareye müracaatı esnasında müracaat tarihi, numarası, saati, dakikası, kaynağın cinsi ile arama ruhsat müracaat formu üzerine kaydedilir. İdare, müracaat alanı hakkında bilgileri Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü (MAPEG)’ne bildirir. Arama için başvuru alan saha, önceki diğer başvurular ile çakışıyorsa, MAPEG çakışan kısımları talep alanından çıkararak kalan saha için arama ruhsatı verilebileceğini idareye bildirir. İdare, verilen ruhsatı koordinatları ile birlikte kayıtlara alınmak üzere MAPEG’e bildirir. Arama ruhsat süresi üç (3) yıldır. Faaliyetlerin olumlu gelişmesi ve ilave etütlere ihtiyaç duyulması halinde revize arama projesi verildikten sonra idareye uygun bulunması halinde arama ruhsatının süresi bir yıl uzatılır ve uzatma işlemi MAPEG’e bildirilir. Ancak yakın dönemde yapılan ilave arama ruhsat süresi taleplerinin genellikle derin sondaj çalışmasına ihtiyaç duyan Jeotermal Kaynak

Arama ruhsat sahiplerince istenildiği, Doğal Mineralli Sulara ise ilave arama ruhsat süresine çoğunlukla ihtiyaç duyulmadığı görülmektedir. Arama ruhsatının süre uzatım talebi, ruhsat süresi bitiminden önce büyükşehirlerde YİKOB’a, büyükşehir olmayan illerde il özel idaresine yapılır. Birden fazla ili içine alan arama faaliyetlerinde, başvurular alanın büyük olduğu il idaresine (YİKOB veya il özel idaresi) yapılır ve yapılan işlemler alanın küçük olduğu il idaresine bildirilir. 5686 sayılı Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanununa tabi kaynaklar için arama ruhsatı devir alınarak, intikal ve ihale yolu ile de alınabilir. Bu çalışmada, jeotermal kaynaklar ve doğal mineralli sulara yönelik arama ruhsat başvurusu ve ruhsatlandırılma aşamaları genel olarak değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Jeotermal Kaynak, Arama, Başvuru

ABSTRACT

Regarding natural assets in clause 168 of TC Constitution, “Natural wealth and resources are under the jurisdiction and disposal of the State, and the right to seek and exploit them belongs to the State. The state may transfer this right to real and legal persons for a certain period of time. has a provision. The property right for the exploration of geothermal resources and natural mineral waters, which are among the natural assets within the scope of this provision, belongs to the State. Pursuant to the principle that the state can transfer this right for a certain period of time, the search activities of these resources can be carried out by real or legal persons, in accordance with the procedures and principles laid down by law. In order to carry out exploration activities, it is necessary to obtain an exploration license according to the Geothermal Resources and Natural Mineral Waters Law No. 5686. exploration license; In general, the procedures to be done during the issuance of the exploration license according to the Geothermal Resources and Natural Mineral Waters Law are similar to the procedures to be done during the exploration license in the Mining Law No. 3213. It is defined as a project-based permit/ license to carry out resource exploration activities in an area with defined boundaries. Exploration license applications are made to the Investment Monitoring and Coordination Directorates (IMCD) in metropolitan cities, and to the special provincial administration in non-metropolitan provinces, with the exploration project not exceeding five thousand hectares, by specifying the 1/25000 scaled sheet name and coordinates by the requester. The coordinates of the applied area are indicated as right (y) and up (x) clockwise. Applications are made not to exceed twenty points on a single polygon. Applications that are not made in accordance with these principles will not be accepted. Since the right of priority is essential in the applications, the application date, number, hour, minute, type of the source and the search license application form are recorded during the application of the requester to the administration. The Administration notifies the General Directorate of Mining and Petroleum Affairs (GDMPA) about the application area. If the area applied for exploration overlaps with other previous applications, GDMPA notifies the administration that the exploration license can be issued for the remaining area by removing the overlapping parts from the demand area. The administration notifies GDMPA of the given

license together with its coordinates to be recorded. The exploration license period is three (3) years. In case the activities develop positively and additional studies are needed, after the revised exploration project is submitted, the duration of the exploration license is extended for one year if it is approved by the administration and the extension is notified to GDMPA. However, it is seen that the requests for additional exploration license period made in the recent period are generally requested by the Geothermal Resource Exploration license holders who need deep drilling works, whereas for Natural Mineral Waters, additional exploration license period is generally not needed. The request for extension of the exploration license is made to IMCD in metropolitan cities and to the special provincial administration in non-metropolitan provinces before the expiry of the license period. In exploration activities involving more than one province, applications are made to the provincial administration (IMCD or provincial administration) where the area is large and the transactions are reported to the provincial administration where the area is small. For the resources subject to the Geothermal Resources and Natural Mineral Waters Law No. 5686, the exploration license can also be obtained through transfer, transfer and tender. In this study, exploration license application and licensing stages for geothermal resources and natural mineral waters were evaluated in general.

Keywords: Geothermal Resource, Exploration, Application

TERMAL SULARDAKİ ÇÖZÜNMÜŞ CO₂ KÖKENİNİN JEOKİMYASAL VERİLER EŞLİĞİNDE $\delta^{13}C$ DEĞERİ İLE BELİRLENMESİ

DETERMINATION OF THE ORIGIN OF DISSOLVED CO₂ IN THERMAL WATERS BY $\delta^{13}C$ VALUE WITH GEOCHEMICAL DATA

Hüseyin Karakuş¹

*¹Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Jeoloji Müh. Bölümü, Kütahya
(huseyin.karakus@dpu.edu.tr)*

ÖZ

Termal boşalımlardaki CO₂'in manto, karbonatların çözünmesi/bozunması ve organik çökeller olmak üzere farklı kaynakları bulunmaktadır. $\delta^{13}C$ değeri, suda çözünmüş karbonun kaynağı hakkında bilgi sunmakla birlikte, farklı kaynaklı gazların olası karışımı durumunda kökensel değerlendirmelerde zaman zaman farklı görüşlere veya hatalı yorumlara yol açmaktadır. Sunulan bu çalışmada jeokimyasal veriler ile birlikte $\delta^{13}C$ değeri birlikte değerlendirilerek Emet havzasındaki termal sulardaki CO₂ kaynakları ayırt edilmiştir. Bölgede farklı alanlarda boşalım yapan ve sıcaklıkları 20 - 50 °C arasında değişen on kadar termal nokta bulunmaktadır. CO₂'in kökensel bileşenlerinin ayırt edilmesinde ilk aşama olarak çözünmüş karbon bileşeninin molar derişimi, örneklerdeki Ca, Mg ve SO₄ içeriklerinin tamamen kalsiyum - magnezyum karbonatlar ile sülfatların çözünmesinden kaynaklandığı varsayımıyla belirlenmiştir. Ardından, kütle eşitliği yardımı ile harici karbonun (manto, denizel kireçtaşlarının termal bozunması, organik çökel) molar derişimi ve bu karbonun izotopik kompozisyonu hesaplanmıştır. Son aşamada, örneklenen termal sulara derin kökenli karbon (manto ve denizel kireçtaşlarının termal bozunması) ve organik karbon katkıları oluşturulan ikili karışım modeli ile hesaplanmıştır. Derin kökenli karbonun $\delta^{13}C$ değeri ‰ 0 VPDB olarak belirlenmiş ve bu izotopik değer nedeniyle, magmatik (manto) kökenli karbonun bölgedeki termal sulara katkısının önemsiz olduğu sonucuna varılmıştır. Termal suların karbon bütçelerine en önemli katkı denizel kireçtaşlarının termal bozunması ve karbonatların çözünmesi sonucunda gerçekleşmekte olup organik karbon katkısı ise genellikle ‰ 20'den düşüktür.

Anahtar Kelimeler: Karbon, izotop, jeokimya, jeotermal

ABSTRACT

CO₂ in thermal manifestations has various origins such as mantle, dissolution/decomposition of carbonates, and organic sediments. Although the $\delta^{13}C$ value provides information about the

origin of dissolved carbon in water, it sometimes leads to different opinions or misinterpretations in the case of a possible mixture of gases from different sources. In this study, the $\delta^{13}\text{C}$ value was evaluated together with chemical data, and the origin of dissolved CO_2 in thermal waters in the Emet Basin was differentiated. There are up to ten thermal points in the region that vary in temperature from 20 to 50 °C. As a first step in distinguishing the original components of CO_2 , the molar concentration of the dissolved carbon component was determined on the assumption that the Ca, Mg and SO_4 contents in the samples were entirely due to the dissolution of calcium-magnesium carbonates and sulfates. Then, the molar concentration of the external carbon (mantle, decomposition carbonates, organic sediments) and the isotopic composition of this carbon were calculated by means of a mass-balance equation. In the last stage, using a binary-mixing model the deep carbon (mantle and decomposition of marine limestones) and organic carbon contributions to the sampled waters were calculated. The $\delta^{13}\text{C}$ value of the deep carbon component was determined as 0 ‰ VPDB, and it was concluded that the contribution of the mantle carbon to thermal waters in the region was insignificant. The most important contribution to the carbon budgets of thermal waters occurs from of thermal decomposition of marine limestones and dissolution of carbonates, while the contribution of organic carbon is generally less than 20%.

Keywords: Carbon, isotope, geochemistry, geothermal.

KULA JEOTERMAL SAHASI, BATI ANADOLU - TÜRKİYE; JEOLJİSİ, JEOKİMYASI VE JEOTERMAL AKIŞKANIN EVRİMİ

/GEOLOGICAL, GEOCHEMICAL PROPERTIES OF KULA GEOTHERMAL FIELD, WESTERN ANATOLIA - TÜRKİYE; EVOLUTION OF THE GEOTHERMAL FLUID

Murat Tokcaer

*Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Müh. Bölümü
Türkiye
(murat.tokcaer@deu.edu.tr)*

ÖZ

Kula jeotermal sahası, Menderes Masifinin kristalen kayalarından oluşan bir temel üzerinde yer almaktadır. Bölgede, masifinin temel kayaları, gnays ve mermer merccekleri içeren farklı türdeki şişlerle temsil edilir. Masifin temel kayalarını tektonik olarak, Kretase yaşlı Vezirler Melanji üzerler. Neojen - Kuvaterner yaşlı volkano-sedimenter istif masife ait kayaçların ve Vezirler Melanji'nın üzerine uyumsuzlukla gelir. Kuvaterner yaşlı Kula volkanitleri de bu volkano-sedimenter istifin üzerinde bulunur.

Batı Anadolu'nun en genç volkanitleri olan Kula volkanitleri Na-baskın karakterdedir. Batı Anadolu için benzersiz bir örnek olan Kula'da, astenosferik manto malzemesinin hızlı yükselişinin bir başka göstergesi olan plato bazaltlar çok geniş alanlara yayılmışlardır.

Kula jeotermal sahası tektonik konum olarak Batı Anadolu'daki bir çok jeotermal alana göre farklı bir konumda bulunmaktadır. Horst - graben sistemlerindeki jeotermal alanlarda olduğu gibi, Kula bölgesinde meteorik suların derin sirkülasyonunu sağlayan yüksek hidrostatik basınç oluşturabilen yüksek kotlardan beslenme yoktur. Bu nedenle düşük hidrostatik basınçlı meteorik sular daha sık dolaşım, düşük - orta entalpili bir jeotermal sistem oluşturur. Ayrıca, düşük kondaktif ısı iletim katsayısına sahip Neojen örtü kayaçları, graben bölgelerindeki jeotermal alanlara göre yeterince kalın değildir, bu nedenle Kula düşük-orta entalpili jeotermal alanlar arasında yer alır. Bu jeolojik farklılıklarının yanında adiabatik soğuma, soğuk sularla karışım gibi jeokimyasal süreçler de Kula termal sularının sıcaklığının düşmesinde önemli faktörlerdir.

Su analizlerinin ve ^{18}O - ^2H gibi duraylı izotop oranlarının, bölgenin jeolojisi ile birlikte değerlendirilmesiyle jeotermal akışkanların yüzeye ulaşıncaya kadar geçirdikleri evrim ortaya konabilir. Jeotermal akışkanların bu evriminin ortaya konması, ileriki çalışmalarda jeotermal sahalarındaki yüksek entalpili sulara ulaşmada kılavuzluk edebilir.

Meteorik kökene sahip, Na-HCO_3 tipindeki Kula termal akışkanının yüzeye ulaşmadan derinde fazlarına ayrıldığı buna bağlı olarak adiabatik soğumanın gerçekleşmiş olabileceği, jeokimyasal değerlendirilmeler ve saha gözlemleri sonucunda ortaya konmuştur. Akışkandan ayrılan

CO₂'nin soğuk yeraltı sularıyla karışımı ve sonrasında ikincil mineral çözünme reaksiyonları ile Kula maden suyu oluşmuştur.

Anahtar Kelimeler:

ABSTRACT

Kula geothermal field is located on a block of crystalline rocks of the Menderes Massif. In the region, basement rocks of Massif are represented by gneisses and various schist with marble interlayers. The basement rocks of the massif are tectonically overlain by the Cretaceous aged Vezirler mélangé. The Neogene - Quaternary volcano-sedimentary sequence unconformably overlies the rocks of the massif and the Vezirler Mélangé. Quaternary Kula volcanics are also located on this volcano-sedimentary sequence.

The youngest volcanic rocks of western Anatolia, the Kula volcanics are Na-dominant in character. In Kula, which is a unique example for Western Anatolia, plateau basalts, another indicator of the rapid rise of asthenospheric mantle material, are spread over large areas.

Kula geothermal field is in a different tectonic setting compared to many geothermal fields in Western Anatolia. As in geothermal areas in horst - graben systems, recharge from high elevations that can create high hydrostatic pressure that allows the deep circulation of meteoric waters is absent in the Kula region. For this reason, meteoric waters with low hydrostatic pressure, form a shallower circulating, low to medium enthalpy geothermal system. In addition, the Neogene cap rocks which have low conductive heat transfer coefficient are not thick enough compared to the geothermal areas in the graben regions that's why Kula is among the low-medium enthalpy geothermal areas. In addition to these geological differences, geochemical processes such as adiabatic cooling and mixing with cold waters are also important factors in decreasing the temperature of Kula thermal waters.

The evolution of geothermal fluids until they reach the surface can be revealed by interpreting water analyzes and stable isotope ratios such as 18O - 2H together with the geology of the region. Revealing this evolution of geothermal fluids can guide future studies in reaching high enthalpy waters in geothermal fields.

It has been revealed as a result of geochemical evaluations and field observations that the Kula thermal fluid of meteoric origin, Na-HCO₃ type, separated into phases at depth before reaching the surface, and accordingly adiabatic cooling may have occurred. The mixture of CO₂ separated from the fluid with cold groundwater and then secondary mineral dissolution reactions formed Kula mineral water.

Keywords:

BİR TERMAL AKIŞKANIN SOĞUMA AŞAMALARI; ÖRNEK BÖLGE SALİHLİ-KURŞUNLU JEOTERMAL ALANI

COOLING STAGES OF A THERMAL FLUID; AS AN EXAMPLE CASE SALİHLİ-KURŞUNLU GEOTHERMAL FIELD

Murat Tokcaer

*Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Jeoloji Müh. Bölümü Türkiye
(murat.tokcaer@deu.edu.tr)*

ÖZ

Bir termal akışkanın soğumasına neden olan üç etken vardır. Bunlar, kondüktif soğuma, adiabatik soğuma ve soğuk sularla karışım sonucu soğumadır. Bunlardan kondüktif soğuma tüm termal sularda gerçekleşen bir etken iken diğerleri ya tek tek yada her ikisi beraber kondüktif soğumaya katkı yaparlar. Kurşunlu jeotermal alanında da bu üç etkenin varlığı saha gözlemleri ve suların kimyasal analiz sonuçları ile duraylı izotop oranlarının değerlendirilmesi sonucu ortaya konmuştur.

Kurşunlu jeotermal alanındaki kuyulardan örneklenen suların sıcaklıkları 73,80C - 84,20C arasında ölçülmüş olup Na-HCO₃ tipinde ve meteorik kökenli oldukları saptanmıştır.

Termal akışkanların soğuma evrelerinin saptanması amacıyla saha gözlemleri ve jeokimyasal karışım modelleri yapılmıştır. Karışım modelleri sonucunda önceki araştırmacıların da bulmuş oldukları karışım oranlarına benzer sonuçlar elde edilmiştir. Bu gibi jeokimyasal modellerle ile yaklaşımlarda bulunulabilir ancak saha gözlemleri ile elde edilen somut veriler ile daha kesin yorumlar yapılabilir. Bu arazi verilerinden biri de üretim kuyularının hemen güneyinde açılmış olan bir kuyudan çıkmakta olan yoğunlaşmayan gazların varlığıdır. Kuyudan sadece bu yoğunlaşmayan gazların çıkıyor olması, akışkanın derinlerde gaz ve sıvı fazlarına ayrıldığını gösterir. Adiabatik soğuma (kaynama) olarak bilinen bu olay sonucu akışkan basınç düşmesine bağlı olarak ısısını kaybetmiştir. Bu olay üretimin yapıldığı sıyrılma fayının altındaki bol kırıklı kataklastik zonda meydana gelmektedir. Bu soğuma aşamasını soğuk sular ile karışım takip eder. Basıncını yitirmiş bu termal sular soğuk yer altı sularıyla kolaylıkla karışabilir.

Bu gibi jeotermal sahalarda zaman zaman üretim kuyuları faaliyetlerine ara verebilirler veya tamamen reenjeksiyon kuyuları haline döndürülebilirler. Ancak akışkanın geçirmiş olduğu bu fiziko-kimyasal süreçlerin saptanması bundan sonraki çalışmalar için kılavuz olacaktır. Bu saha için yapılacak üretim amaçlı yeni sondajların hedefi sıyrılma fay yüzeyine akışkanı taşıyan yüksek açılı normal fay yüzeylerine olmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Batı Anadolu, jeotermal enerji, adiabatik soğuma

ABSTRACT

There are three factors that cause a thermal fluid to cool. These are conductive cooling, adiabatic cooling, and cooling as a result of mixing with cold waters. Of these, conductive cooling is a factor that occurs in all thermal waters, while the others contribute to the conductive cooling either individually or together. The existence of these three factors in Kurşunlu geothermal area was revealed as a result of field observations and the results of chemical analysis of the waters and the evaluation of stable isotope ratios.

The temperatures of the waters sampled from the wells in Kurşunlu geothermal area were measured between 73.80C - 84.20C and it was determined that they were of the Na-HCO₃ type and of meteoric origin.

In order to determine the cooling stages of thermal fluids, field observations and geochemical mixture models were carried out. As a result of mixing models, results similar to the mixing ratios found by previous researchers were obtained. Approaches can be made with such geochemical models, but more precise interpretations can be made with concrete data obtained from field observations. One of these field data is the presence of non-condensable gases coming out of a well drilled just south of the production wells. The fact that only these non-condensable gases come out of the well indicates that the fluid is separated into gas and liquid phases at depth. As a result of this phenomenon known as adiabatic cooling (boiling), the fluid lost its heat due to the pressure drop. This event occurs in the heavily fractured cataclastic zone under the detachment fault where the production is made. This cooling stage is followed by mixing with cold water. These thermal waters, which have lost their pressure, can easily mix with cold underground waters.

In such geothermal fields, production wells may be suspended from time to time or they may be turned into reinjection wells. However, the determination of these physico-chemical processes that the fluid has undergone will be a guide for future studies. The target of new drillings for production purposes for this area should be on high-angle normal fault surfaces carrying fluid to the detachment fault surface.

Keywords:

SUR, ÇINAR VE BİSMİL (DİYARBAKIR) ARASINDAKİ ALANIN JEOTERMAL POTANSİYELİ ÜZERİNE JEOLojİK VE HİDROJEOKİMYASAL VERİLER

GEOLOGICAL AND HYDROGEOCHEMICAL DATA ON THE GEOTHERMAL POTENTIAL OF THE AREA BETWEEN SUR, ÇINAR AND BİSMİL (DİYARBAKIR)

Aydın Çiçek¹, Orhan Kılınç², Alper Baba³, Ahmet Yıldız⁴ Ve Galip Yüce⁵

¹*Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi
Başkanlığı, Ankara*

²*Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Doğu Anadolu IV. Bölge Müdürlüğü, Malatya*

³*İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik Fakültesi, Uluslararası Su Kaynakları ABD,
Urla, İzmir*

⁴*Afyon Kocatepe Üniversitesi, Ahmet Necdet Sezer Kampüsü, Gazlıgöl Yolu, 03200,
Afyonkarahisar*

⁵*Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06810, Beytepe, Ankara
(aydin.cicek@mta.gov.tr)*

ÖZ

Ülkemizde 2008 yılından sonra yenilenebilir ve temiz bir enerji kaynağı olan jeotermal enerji konusunda hızlı bir artış yaşanmıştır. Bu artışa paralel olarak günümüze kadar Maden Tetkik ve Arama (MTA) Genel Müdürlüğü tarafından ülkemizin her bölgesinde çok sayıda jeotermal enerji arama/araştırma çalışması yapılmıştır. Son yıllarda ise Güneydoğu Anadolu Bölgesinde (GDA) çalışmalar hız kazanmıştır. GDA bölgesinde neotektonik dönemde meydana gelen açılma çatlakları, normal faylar boyunca gelişen yapılar ve yer yer volkanizma ürünleri oluşmuştur. Bölgede meydana gelen K-G yönlü sıkışma sonucunda D-B eksenli kıvrımlar, K-G yönlü açılma çatlakları ile D-B yönelimli bindirmelerin ortaya çıktığı gözlemlenmektedir. Bu tektonik yapılar ısı yüklü akışkan içeren jeotermal sistemleri barındırmaktadır. Bölgede daha önce yapılan çalışmalarda elde edilen jeoloji, jeofizik, hidrojeokimya, hidrotermal ve kuyu bilgileri bölgenin önemli ölçekte jeotermal potansiyele sahip olduğunu göstermektedir.

2010-2014 yılları arasında Diyarbakır ili, Sur, Çınar ve kısmen de Bismil ilçelerini kapsayan bölgede MTA Genel Müdürlüğü tarafından yoğun jeotermal arama/araştırma çalışmaları yürütülmüştür. Bu alanda 98 adet içme/sulama kuyusunda yerinde hidrojeokimyasal ölçümler yapılmıştır. Ayrıca, 17 adet kuyudan alınan su örneklerinin laboratuvarında analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada bölgeye ait tüm analiz sonuçları bir araya getirilerek yorumlanmış, bölgenin yapısal jeolojisi, soğuk ve sıcak suların karakteri ve rezervuar olabilecek kayaç türleri hakkında bazı öngörülerde bulunulmuştur. Bu değerlendirmeler sonucunda, Pliyo-Kuvaterner yaşlı Karacadağ bazaltları soğuk su (genellikle <20 °C) rezervuarını, genellikle kırıntılılardan oluşan Orta Miyosen-Pliyosen yaşlı Şelmo formasyonu ile Alt Eosen-Üst Oligosen yaşlı Mid-

yat Grubuna ait kireçtaşları ılık su (genellikle 20-35 °C arası) rezervuarını, genellikle kireçtaşı, dolomitik kireçtaşlarından oluşan Kretase yaşlı Mardin Grubuna ait birimlerin ise sıcak su (>40 °C) rezervuarını oluşturduğu anlaşılmıştır.

Schoeller diyagramına göre sondaj kuyusu ve kaynaklardan alınan akışkanların çoğunluğu Ca-HCO₃'lı, geri kalan sular ise Na-HCO₃'lı ve Ca-Mg-Na-HCO₃'lı sular sınıfına girmektedir. Yapılan değerlendirmeler neticesinde çalışma sahasında yüzeyde belirgin morfoloji sunmayan, fakat özellikle Paleojen döneminde etkin olduğu düşünülen KD-GB doğrultulu gömülü paleog-rabenler ile karakteri ve yaşı tam olarak ortaya konamayan yapısal unsurların günümüz jeoter-mal sistemin gelişiminde etkin rol oynadığı anlaşılmıştır.

Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, bölgenin jeotermal potansiyele sahip olduğu ve böl-gedeki jeotermal sistemin daha ayrıntılı araştırılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Ayrıca elde edilen bu sonuç günümüze kadar jeotermal açıdan nispeten bakir kalmış Güney Doğu Anadolu Bölgesi'nin jeotermal olanaklarının daha kapsamlı bir şekilde araştırılması gerektiğini ortaya koymaktadır.

ABSTRACT

After 2008, there has been a rapid increase in geothermal energy, a renewable and clean energy source, in Turkey. In parallel with this increase, many geothermal energy exploration/research studies have been carried out in every region of Turkey by the General Directorate of Mineral Research and Exploration (MTA) by now. In the recent years, studies in the Southeastern Ana-tolia Region (SEAR) have been accelerated. E-W-trending folds, approximately N-S-trending fissures/normal faults and related volcanic products were developed due to N-S compression during the neotectonic period in the region. These tectonic structures accommodate geothermal systems which contain heat carrying fluids in SEAR. Based on the information such as geologi-cal, geophysical, hydrogeochemical, hydrothermal, and drilled boreholes data obtained from previous studies in the region indicate that the region has a significant geothermal potential.

Intensive geothermal exploration/research studies were carried out by the MTA General Dire-ctorate in the study area covering the province of Sur, Çınar and partially Bismil in Diyarbakır between 2010 and 2014. Some hydrogeochemical measurements were conducted in 98 drinking/irrigation wells in the field. In addition, laboratory analyzes were made from water samples collected from 17 wells/springs. In this study, all analytical results belonging to the region were brought together and evaluated. Also, some inferences were made about the structural geology, the character of the hot/cold waters and the reservoirs rocks of the region. As a result of these evaluations, it seems that the Plio-Quaternary Karacadağ basalts incorporate cold water (usually <20 °C) reservoir, the Middle Miocene-Pliocene Şelmo formation, composed of mainly clastic rocks and the Lower Eocene-Upper Oligocene Midyat Group, contain mainly limestones comprise warm water (usually 20-35°C) reservoir, and the units belonging to the Cretaceous Mardin Group, consists of mainly limestone and dolomitic limestone hosts the hot

water reservoir (>40 °C).

According to the Schoeller diagram, most of the fluids collected from boreholes and springs are Ca-HCO₃ type waters while some of the rest are classified as Na-HCO₃ and Ca-Mg-Na-HCO₃ type waters. As a result of the evaluations, it has been considered that NE-SW-trending buried Paleogene aged paleograbens, which are not apparently observed by a clear morphology at the surface, along with the NW-SE-trending structural elements whose character and age cannot be fully revealed, play an active role in the development of the present day geothermal fluids.

Considering all available results, it is concluded that the SEAR has a considerable amount of geothermal potential. Therefore, the geothermal system in the region should be investigated in more detail. Furthermore, the results reveal that the geothermal potential of the South East Anatolian Region, relatively remained intact up to now, and should be investigated in a more comprehensive way.

Geothermal, South East Anatolia, Diyarbakır.

Keywords: Jeotermal, Güney Doğu Anadolu, Diyarbakır. Geothermal, South East Anatolia, Diyarbakır.

ÖZDERE (MENDERES, İZMİR) BÖLGESİ DERİN JEOTERMAL YAPISININ MANYETOTELLÜRİK VERİLERİN İKİ BOYUTLU TERS ÇÖZÜMÜ İLE ARAŞTIRILMASI-İLK BULGULAR

INVESTIGATION OF THE DEEP GEOTHERMAL STRUCTURE OF OZDERE (MENDERES, IZMIR) REGION BY TWO-DIMENSIONAL INVERSION OF MAGNETOTELLURIC DATA-PRIMARY FINDINGS

**Özcan Özyıldırım¹, Ahmet Yıldız^{1,2}, Can Başaran^{1,2}, Metin Bağcı^{1,2},
Feyzullah Ekrem Conkar¹**

*¹Afyon Kocatepe Üniversitesi, Jeotermal ve Maden Kaynakları Uygulama ve Araştırma
Merkezi, Afyonkarahisar*

*²Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,
Afyonkarahisar
(ozyildirim@aku.edu.tr)*

ÖZ

Türkiye'nin batısında yer alan İzmir ve çevresi, Türkiye'de jeotermal potansiyelin yüksek olduğu bölgelerden biridir. Bölgede çalışılmış yüksek ve düşük sıcaklıklı jeotermal kaynağın bulunduğu kısımlar mevcut olduğu bilinmekle birlikte, henüz çalışılmayan jeotermal potansiyeli yüksek sahaların varlığı da merak konusudur. Jeotermal sistemleri oluşturan yapılar, yan kayaçlarla ilişkilerine, jeotermal akışkanı taşıyan faylara, jeotermal akışkanın oranına, gözenekliliğine ve geçirimsizliğine bağlı olarak, elektriksel açıdan iletken veya yalıtkan olabilmektedir. Bu iletkenlik farkı nedeniyle jeotermal kaynak arama çalışmalarında, iletkenliğe duyarlı bir jeofizik yöntem olan manyetotellürik yöntemi, ana yöntem olarak kullanılmaktadır.

Çalışma alanı Küçük Menderes grabeninin batı ucunda yer almakta olup, Tuzla ve Gümüldür fayları bölgedeki en önemli tektonik unsurlardır. İnceleme alanının temelinde yer alan metamorfik birimlerin içerisindeki mermer blokları ve kalk şist birimleri bölgedeki termal sular için rezervuar kayaç özelliğindedir. Bornova Filişine ait kumtaşı, silt ve şeyl birimleri ile Menderes metamorfiklerinin ayrılmış özellikteki kloritşist, muskovitşist ve biyotitşist türündeki kayaçları ise geçirimsiz özelliktedir. Bölgedeki jeotermal sistemin örtü kalınlığının az olması ve deniz suyu girişimi termal kaynağın soğumasına ve olduğundan daha soğuk bir şekilde yüzeye çıkmasına neden olmaktadır.

Bu çalışmada, Özdere jeotermal sahasının da derin yapısının manyetotellürik yöntemi kullanılarak belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla çalışma alanının derin yapısını ortaya çıkarmak için bölgenin jeolojik özelliklerine uygun olarak GB-KD doğrultulu ölçüm hatları boyunca 0.3-1 km aralıklı istasyonlarda geniş bant (10kHz-1000sn) manyetotellürik verisi toplanmıştır. Öl-

çülen verilerin iki-boyutlu ters çözümleri sonucu elde edilen manyetotellürik öz direnç kesitleri ile öncel jeoloji ve tektonik çalışmalara uyumlu olarak jeotermal akışkanın derin senaryosu sunulmuştur. Manyetotellürik verilerinin ters çözümü için Özyıldırım vd (2020) tarafından geliştirilmiş düzensiz ağ kullanan iki-boyutlu ters çözüm algoritması ilk kez jeotermal bir sahada kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Jeotermal, Manyetotellürik, Küçük Menderes Grabeni, Özdere, İzmir

ABSTRACT

Located in the west of Turkey, İzmir and its surroundings are one of the regions with high geothermal potential in Turkey. It is known that there are parts with high and low-temperature geothermal resources that have been studied in the region, the existence of areas with high geothermal potential that have not been studied yet is also a matter of curiosity. The structures that make up the geothermal systems can be electrically conductive or resistive depending on their relations with the wall rocks, the faults carrying the geothermal fluid, the rate, porosity, and permeability of the geothermal fluid. Owing to this conductivity difference, the magnetotelluric method which is a geophysical method sensitive to conductivity is used as the main method in geothermal resource exploration studies.

The study area is located at the western end of the Küçük Menderes graben, and the Tuzla and Gümlüdür faults are the most important tectonic structure in the region. Marble blocks and calc-schist units of the Menderes metamorphics, which form the basement of the study area, have reservoir rock features. The sandstone, silt, and shale units of Bornova Flysch and the weathered chloriteschist, muscoviteschist, and biotiteschist units of the Menderes metamorphics are impermeable. Due to the low cover rock thickness of the geothermal system and the seawater intrusion, the thermal waters cool and ascend to the surface colder than it is.

This study, it is aimed to determine the deep structure of the Özdere geothermal field using the magnetotelluric method. For this purpose, to reveal the study area's deep structures, broadband (10kHz-1000sec) magnetotelluric data were collected at stations with 0.3-1 km intervals along the SW-NE direction measurement lines by the geological property of the region. With the magnetotelluric resistivity sections obtained as a result of two-dimensional inversion of the measured data, the deep scenario of the geothermal fluid is presented by preliminary geology and tectonic studies. For the inversion of magnetotelluric data, the two-dimensional inversion algorithm using unstructured mesh developed by Özyıldırım et al. (2020) has been used for the first time in a geothermal field.

Keywords: Geothermal, Magnetotelluric, Küçük Menderes Graben, Özdere, İzmir.

BOLU HAVZASI SICAK VE MİNERALLİ SULARININ JEO- KİMYASAL VE İZOTOPIK ÖZELLİKLERİ

GEOCHEMICAL AND ISOTOPIC CHARACTERISTICS OF THERMAL AND MINERAL WATERS IN THE BOLU BASIN

**Hafize Akıllı¹, Önder Kayadibi², Şule Gürboğa³, Serap Arıkan², Sevilay Tan²,
Akın Kürçer³, Macit Karadağlar¹, Halim Mutlu⁴**

¹*Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA), Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi
Başkanlığı, Ankara*

²*Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA), Jeoloji Etütleri Dairesi Başkanlığı, Uzak-
tan Algılama ve CBS Koordinatörlüğü, Ankara*

³*Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA), Jeoloji Etütleri Dairesi Başkanlığı, Aktif
Tektonik ve Deprem Araştırmaları Koordinatörlüğü, Ankara*

⁴*Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Gölbaşı, Ankara
(hafize.akilli@mta.gov.tr)*

ÖZ

Ülkemizin en önemli aktif doğrultu atımlı yapısı Kuzey Anadolu Fay Sistemi (KAFS) üzerinde yer alan Bolu çek-ayır havzasında sıcaklıkları 21,2-43° C arasında değişen su kaynakları ve sondajlardan elde edilen akışkanlar mevcuttur. Bu çalışmada bu akışkanların detaylı bir şekilde araştırılması amacıyla Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü bünyesinde gerçekleştirilen “Kuzey Anadolu Fay Zonu ve Doğu Anadolu Fay Zonu Boyunca Gelişmiş Havzaların Jeotermal Enerji Potansiyellerinin Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Yöntemleri ile İncelenmesi” başlıklı çok disiplinli projenin hidrojeokimya bölümü ele alınmıştır. Havza-
daki sıcak suların oluşumu, kökeni, ısıtıcı kaynağı, rezervuar kayacı, kimyasal özellikleri gibi hidrojeolojik bilgilerin ortaya konması amacıyla Bolu Havzası’ndaki sıcak su kaynaklarından, açılan kuyulardan üretilen sıcak akışkanlardan ve çeşitli soğuk su kaynaklarından örnekleme-
ler yapılarak suların kimyasal ve izotopik özellikleri belirlenmiştir. Örneklenen soğuk ve sıcak suların elektriksel iletkenlikleri (EC) 162-1646 µS/cm arasındadır. Havzadaki tüm sıcak sular, Uluslararası Hidrojeologlar Birliği (IAH)’ne göre kalsiyum karbonatlı sıcak ve mineralli sular sınıfına girmektedir. Olgunlaşma indeksi 2’den küçük olan Bolu Havzası’ndaki sıcak suların rezervuar sıcaklığını belirlemek amacıyla silis jeotermometresi uygulanmıştır. Silis jeotermometresine göre sıcak suların rezervuar sıcaklıkları 68-128 oC arasındadır. İncelenen örneklerin δ18O değerleri sırasıyla ‰ -10,08 ile -11,53, δ2H değerleri ise ‰-68,16 ile -78,7 arasında değişmektedir. Sıcak suların tümünün δ2H ve δ18O değerleri, Ankara ve Küresel Meteorik Su Doğruları’nın üstünde yer almaktadır. Bu durum sıcak suları besleyen yağış sularının buharlaş-
maya uğramadan yeraltına süzüldüğü ve karstik akiferi beslediği sonucunu desteklemektedir. Bolu sıcak sularının trityum içerikleri 0,54 ile 2,28 TU arasındadır. Karacasu ve Narven örnek-
leri için kaydedilen düşük trityum değeri ve yüksek Cl içerikleri bu suların yeraltındaki dolaşı-
mının derin olduğuna işaret etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Hidrojeokimya, Bolu Havzası, duraylı izotoplar, jeotermometre, Bolu sıcak suları.

ABSTRACT

The Bolu pull-apart Basin located on the North Anatolian Fault System (NAFS), which is the most important active strike-slip structure of our country, has water sources with temperatures ranging between 21.2-43°C and fluids obtained from drillings. In order to investigate the fluids in detail, a project entitled “Investigation of Geothermal Energy Potentials of Developed Basins Along the North Anatolian Fault Zone and East Anatolian Fault Zone by Remote Sensing and Geographic Information Systems (GIS) Methods” has been conducted by the General Directorate of Mineral Research and Exploration (MTA) multidisciplinary approach are constructed. The hydrogeological features such as the formation of hot water in the basins are among the topics of this project.

The chemical and isotopic properties of the waters were determined by sampling from hot water sources, hot fluids produced from wells and various cold-water sources in the Bolu Basin. The electrical conductivity of cold and hot waters varies from 162 to 646 $\mu\text{mho/cm}$. According to the International Association of Hydrogeologists (IAH), the Sarıyazı hot waters are classified calcium, carbonated hot and mineral waters. The maturation index of the hot waters in the Bolu basin is less than 2 and only silica geothermometers were applied. According to the silica geothermometer, the reservoir temperatures of the hot waters vary between 68-128 oC. The $\delta^{18}\text{O}$ contents of the studied samples range from -10,08‰ -11,53‰ and $\delta^2\text{H}$ values range from -68,16‰ ile -78,7 ‰. $\delta^2\text{H}$ and $\delta^{18}\text{O}$ values of all hot waters are located above Ankara and Global Meteoric Water Lines. In this case, it can be stated that precipitation feeding the hot waters infiltrate underground without evaporation and recharged the karst aquifer. The tritium values of Bolu hot waters vary between 0.54 and 2.28 TU. The low tritium value and high Cl contents recorded for the Karacasu and Narven samples indicate that these waters have a deep circulation.

Keywords: Hydrogeochemistry, Bolu Basin, stable izotopes, geothermometer. Thermal waters in Bolu.

EGS (HDR) SİSTEMLERİNİN UYGULAMALARI VE EKONOMİSİ

APPLICATION AND ECONOMY OF EGS (HDR) SYSTEMS

Orhan Mertoğlu, Nilgün Başarır

*Türkiye Jeotermal Derneği Jeotermal Araştırma ve Tesisler A.Ş.
(nilgunbasarir@hotmail.com)*

ÖZ

2022 yılı itibariyle, Dünya'daki 29 ülkede jeotermal elektrik üretim santrallerinin kurulu gücü 16.000 MW (95.000 GWh/yıl) üzerindedir. Dünya'da jeotermalin elektrik dışı kullanımı ise 108.000 MWt civarında olup, bu rakamda yaklaşık 18 Milyon konut ısıtma eşdeğeridir. Türkiye'de ise, 158.000 konut eşdeğeri (Konut, Şehir) jeotermal merkezi ısıtma (1422 MWt); 126.000 konut eşdeğeri sera ısıtması (4900 dönüm, 1139 MWt); 68.000 konut eşdeğeri kaplıca, termal tesis ısıtması (680 MWt); 520 adet kaplıca, termal otel, devremülk ve termal motellerde kullanılan termal suyun ısı enerjisi 1763 MWt, meyve-sebze kurutma, soğutma ve jeotermal ısı pompası uygulamaları ile birlikte toplam jeotermal doğrudan kullanım 5022 MWt, jeotermal elektrik üretimi ise 1710 MWe'a ulaşmıştır. Bu uygulamaların hepsi hidrotermal sistemlerden üretim yapmaktadır. Dünyada HDR çalışmaları 1974'de başlamış ve 2000'li yıllarda hızlanmıştır.

Türkiye de bulunduğu jeolojik ortam, jeotermal kuşak ve jeolojik oluşum nedeniyle Avrupa'da en büyük EGS (HDR) potansiyeline sahiptir. Yüksek sıcaklıklı gözenekliliği bulunmayan (akifer olmayan) kayalar EGS (HDR) için en uygun sıcak kayalardır. Yüksek sıcaklığın nedenleri olarak büyük ölçekli fay ve kırıklar vasıtasıyla dikey akış veya bölgesel termal özelliklerden (örneğin granit kütleleri) kaynaklanan termal gradyan sayılabilir. Bugün EGS'te (HDR) yeralında ve özellikle masif formasyonlarda (granit, granodiyorit) borulu eşanjör yaratma çalışmaları hız kazanmıştır. EGS (HDR) konsepti sayesinde konvansiyonel jeotermal uygulamalarda karşılaşılabilecek üretimsiz kuyu riski ortadan kalkmış olacaktır. Şu anda Dünyada 70'e yakın EGS (HDR) projesi vardır. Almanya'da, Fransa'da, ABD'de ve İngiltere'de ticari uygulamalar vardır. Bir jeotermal rezervuarın mühendisliğini yaparak kayaç içerisinde akışkan sirkülasyonunu gerçekleştirmek veya kapalı koaksiyal eşanjör sistemi ile yakın gelecekte birçok alanda çok temiz ve yenilenebilir enerji kaynağının üretilmesi anlamına gelmektedir. Bu teknolojiye, uygulama/kullanım ve jeotermal elektriğe uygulanan feed in tarife bağlı olarak küçük değişiklikler gösterebilir. EGS'e şu anki mevcut yaklaşık 8 \$ cent/kWh'lik teşvik (YEKDEM) ile jeotermal elektrik üretimi ekonomik olmayacaktır. Kuyu maliyetleri, hidrotermal kuyulara göre % 25-50 oranında daha fazla olmaktadır. HDR/EGS'deki yatırım ve işletme maliyet farkı hidrotermale göre yüksek basınç pompaları ve temiz suyun enjeksiyonundaki kayıp ve stimülasyon ilave maliyetleridir. Bütün bu faktörleri ve ortalama kabulle yapılan hesaplamaları dikkate aldığımızda, HDR/EGS'nin (11 USD cent/kWh göre bile) kritik ekonomik olduğunu söyleyebiliriz. Ancak Türk Özel sektörünün iyi ve başarılı bir örneğe ve teşviğe (FiT'e) ihtiyacı vardır ve bir tane başarılı örneğin devlet tarafından yapılmasında yarar vardır. Yatırımın geri ödemesi 8 yıl

olarak alınmıştır. \$Faiz %8, 3 yıl ödemesiz kredi (ödeme toplam 12 yıl), %25 özkaynak esas alınmıştır. Dünyada 15'in üzerinde ülkede jeotermale feed in tarif (12\$/cent/kWh-43€/cent/kWh) şeklinde teşvik uygulanmaktadır (alım garantisi 15-20 yıldır).

Anahtar Kelimeler: EGS (HDR), jeotermal, Dünya, Türkiye, ekonomi

ABSTRACT

As of 2022, geothermal electricity generation in 29 countries in the world is over 16.000 MW (95.000 GWh/year) electricity installed power. Non-electrical use of geothermal in the world is around 108,000 MWt, which is the equivalent of approximately 18 million residential heating. In Turkey, 158.000 residences equivalence geothermal district heating (1422 MWt) (residence, city); 126.000 residences equivalence greenhouse heating (1139 MWt, 4900 acre); 68.000 residences equivalence thermal facilities and spa heating (680 MWt); heat energy of thermal water used total of 520 spa, thermal hotel, time share facilities 1763 MWt; with the agriculture drying, geothermal cooling and heat pump utilization total direct use of geothermal is 5022 MWt. Geothermal electricity production has reached 1710 MWe. All of these utilizations above produced from hydrothermal systems.

Hot Dry Rock (HDR) studies in the world started in 1974 and accelerated in the 2000s. Due to the geological and tectonic properties, Turkey has the greatest HDR potential in Europe. High-temperature, non-permeable rocks are constituting the most suitable environment for HDR (EGS). Vertical flow through large-scale faults and fractures or thermal gradient caused by regional thermal features (eg granite masses) can be considered as the cause of the high temperature. Today, efforts to create tube heat exchangers underground and especially in massive formations (granite, granodiorite) have gained development at EGS. Through EGS (HDR) concept, it will be possible to eliminate the risk of unproductive wells. Nowadays, there are nearly 70 HDR projects in the world. There are commercial applications in Germany, France, USA and England.

By geothermal reservoir engineering, performing fluid circulation in the rock or producing a very clean and renewable energy source in many areas in the near future with the closed coaxial heat exchanger system. This technology may vary slightly depending on the application/use and the feed in tariff applied to geothermal electricity. The current approximately 8 USD \$ cent/kWh incentive would be not economical for EGS electricity generation. Drilling costs are 25-50% higher in EGS compared to hydrothermal wells. The investment and operating cost difference in HDR (EGS) is higher compared to hydrothermal. Pressure pumps, stimulation and clean water loss during injection are creating additional costs.

By consideration of all these factors and the calculations, we can say that HDR/EGS (even by 11 USD \$ cent/kWh incentive) is critically economical. However, the Turkish private sector needs a good and successful example accomplished by state and needs adequate incentives. Payback of the investment is taken as 8 years. USD Interest rate 8%, 3 year grace period, total payback period 12 years and 25% capital based on. Incentives (12 \$cent/kWh-43 € cent/kWh) are given for geothermal in more than 15 countries around the world. Purchase guarantee is 15-20 years.

Keywords: EGS (HDR), geothermal, World, Türkiye, economy

**BOLU VE YENİÇAĞA (BOLU) HAVZALARININ
JEOTERMAL ÖZELLİKLERİNİN UYDU VERİLERİ
(ASTER, LANDSAT 8, LANDSAT 7 ETM+, ALOS PALSAR-1),
JEOLOJİK, TEKTONİK VE COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ
(CBS) ÇALIŞMALARI İLE İNCELENMESİ**

**INVESTIGATION OF THE GEOTHERMAL
CHARACTERISTICS OF BOLU AND YENİÇAĞA (BOLU)
BASINS WITH SATELLITE DATA (ASTER, LANDSAT
8, LANDSAT 7 ETM+, ALOS PALSAR-1), GEOLOGICAL,
TECTONIC AND GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM
(GIS) STUDIES**

**Önder Kayadibi¹, Şule Gürboğa², Hafize Akıllı³, Serap Arıkan¹, Sevilay Tan¹,
Akın Kürçer², Macit Karadağlar³**

¹Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi Başkanlığı, Uzaktan
Algılama ve CBS Koordinatörlüğü, Ankara

²Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi Başkanlığı, Ankara

³Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi
Başkanlığı, Ankara
(okayadibi@gmail.com)

ÖZ

Ülkemizin jeolojik olarak şekillenmesinde en büyük öneme sahip tektonik yapısı olan Kuzey Anadolu Fay Sistemi (KAFS) aktif sağ yanal doğrultu atımlı bir yapı olup, üzerinde gelişmiş havzaların jeotermal potansiyellerini işaret eden çok sayıda jeotermal kaynağa sahiptir. Bu havzaların jeotermal potansiyellerinin ortaya çıkarılması alternatif enerji kaynaklarının ülke ekonomisine kazandırılması açısından oldukça büyük önem arz etmektedir. Bu kapsamda, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü bünyesinde “Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) ve Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) Boyunca Gelişmiş Havzaların Jeotermal Enerji Potansiyellerinin Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Yöntemleri ile İncelenmesi” başlıklı proje 2018-2021 yılları arasında gerçekleştirilmiştir. Projenin çalışma alanları arasında yer alan Bolu ve Yeniçağa (Bolu) Havzaları’nın jeotermal enerji özellikleri; ASTER, Landsat 8, Landsat ETM+ ve ALOS Palsar-1 uydu verileri, jeolojik, tektonik, hidrojeolojik çalışmalar ile coğrafi bilgi sistemi (CBS) metot ve araçları kullanılarak incelenmiştir.

Uzaktan algılama çalışmaları kapsamında ASTER (gece/gündüz çekim), Landsat 8 ve Landsat 7 ETM+ uydu verilerinin termal bantları kullanılarak yüzey sıcaklık haritaları (LST) hazırlanmıştır. ASTER görüntülerinin görünür-yakın kızılötesi (VNIR: 0.52-0.85 µm) ve kısa dalga kızılötesi (SWIR: 1.600-2.430 µm) bölgedeki spektral bantlarının analizleri ile hidrotermal

alterasyon anomali alanları belirlenmiştir. Ayrıca ALOS Palsar-1 Yapay Açıklıklı Radar (SAR) görüntülerinin interferometrik analizleri (Küçük Temel Alt Kümesi İnterferometri-SBAS) ile havzalardaki yüzey deformasyonları (çökme/yükselme vb.) incelenmiştir.

Jeolojik çalışmalar kapsamında, bölgenin stratigrafik dikme kesitleri oluşturularak havzaları jeotermal açıdan temsil eden jeolojik enine kesitler çizilmiştir. Jeotermal sistemlerde suların ve sıcaklıkların dolaşımı ve taşınması açısından tektonik yapılar önemlidir. Havzaların sıkışma ve genişleme yönlerini ve dolayısıyla jeotermal açıdan önemli fay ve fay sistemlerinin doğrultularını belirlemek amacıyla fay düzelmelerinden ölçülen kayma verilerinin kinematik analizleri yapılmıştır.

Uzaktan algılama, jeolojik, tektonik ve hidrojeolojik çalışmalardan elde edilen sonuçlar CBS araç ve yaklaşımları kullanılarak değerlendirilmiştir. LST haritalarındaki termal anomali sonuçlarının yer gerçeği doğrulamaları bilinen Karacasu, Narven ve Çepni jeotermal kaynakları göz önünde bulundurularak yapılmıştır. Buna göre uydu verilerinin termal bantlarından elde edilen yüksek sıcaklık anomali değerlerinin bu kaynaklar ile uyumlu olduğu belirlenmiştir. Kinematik analiz sonuçları, çalışma alanının yaklaşık KB-GD yönünde bir sıkışmalı tektonik rejimin etkisinde olduğunu göstermiştir. Dolayısıyla KAFS'nin ana kolu ve DKD-BGB doğrultulu fayların çevresindeki yüksek sıcaklık anomali alanlarının jeotermal enerji açısından öncelikli alanlar olarak değerlendirilmesi gerektiğine işaret etmektedir. ASTER görüntülerinin analizlerinde killeşme, silisleşme ve alunit/kaolinit mineral anomali alanları özellikle Bolu Havzası'nda KAFS'nin güneyinde yaygın olarak görülmektedir. InSAR analiz sonuçları, bölgedeki yüzeysel deformasyonların özellikle heyelan hareketleri, inşaat ve alt yapı gibi insan faaliyetleri, taş ocağı işletmeleri gibi sebepler ile oluşmuş olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Bolu ve Yeniçağa (Bolu) Havzaları, jeotermal, yüzey sıcaklık haritası (LST), InSAR, tektonik, hidrotermal alterasyon

ABSTRACT

The North Anatolian Fault System (NAFS), which is the most important tectonic structure in the geological formation of our country, is an active right-lateral strike-slip structure and has many geothermal resources pointing to the geothermal potentials of the developed basins. Uncovering the geothermal potentials of these basins is of great importance in terms of bringing alternative energy sources to the country's economy. Within this scope, the project titled "Examination of Geothermal Energy Potentials of Developed Basins Along the North Anatolian Fault Zone (NAFZ) and East Anatolian Fault Zone (EAFZ) with Remote Sensing and Geographic Information Systems (GIS) Methods" was carried out between 2018-2021 at the General Directorate of Mineral Research and Exploration. The geothermal energy characteristics of the Bolu and Yeniçağa (Bolu) Basins, which are among the study areas of the Project, were analyzed using ASTER, Landsat 8, Landsat ETM+ and ALOS Palsar-1 satellite data, geological, tectonic, hydrogeological studies and geographic information system (GIS) methods and tools.

Within the scope of remote sensing studies, land temperature maps (LST) were prepared by using thermal bands of ASTER (daytime/nighttime), Landsat 8 and Landsat 7 ETM+ satellite data. Hydrothermal alteration anomaly areas were determined by analyzes of the spectral bands of the ASTER images in the visible-near infrared (VNIR: 0.52-0.85 μm) and short-wave infrared (SWIR: 1.600-2.430 μm) regions. In addition, surface deformations (subsidence/uplift etc.) in the basins were investigated by Synthetic Aperture Radar Interferometry (InSAR) technique referred to as the Small Baseline Subset (SBAS) of ALOS Palsar-1 images.

As geological studies, stratigraphic column sections of the region were created and geological cross-sections representing the basins from a geothermal point of view were drawn. Tectonic structures are important in terms of circulation and transport of water and temperature in geothermal systems. In order to determine the compression and expansion directions of the basins and thus the directions of the geothermally important fault and fault systems, kinematic analyzes of the slip data measured from the fault plane were made.

The results obtained from remote sensing, geological, tectonic and hydrogeological studies were evaluated using GIS tools and approaches. Ground truth validation of the thermal anomaly results in the LST maps were made by considering the known Karacasu, Narven and Çepni geothermal resources. Accordingly, the high temperature anomaly values obtained from the thermal bands of the satellite data were found to be compatible with these sources. Kinematic analysis results showed that the study area is under the influence of a compressional tectonic regime in approximately NW-SE direction. Therefore, it indicates that the high temperature anomaly areas around the main branch of the NAFS and the ENE-WSW trending faults should be considered as priority areas in terms of geothermal energy. In the analyzes of the ASTER images, argillization, silicification and alunite/kaolinite mineral anomaly areas are commonly seen in the south of the NAFS, especially in the Bolu Basin. InSAR analysis results showed that the surface deformations in the region were caused by landslide movements, human activities such as construction and infrastructure and quarry operations.

Keywords: Bolu and Yeniçağa (Bolu) Basins, geothermal, land temperature map (LST), InSAR, tectonic, hydrothermal alteration

MUSTAFAKEMALPAŞA (BURSA) İLÇESİ JEOTERMAL OLANAKLARI VE ALANIN HİDROJEOLJİK VE HİDROJEOKİMYASAL İNCELENMESİ

GEOHERMAL POSSIBILITIES OF MUSTAFAKEMALPAŞA (BURSA) AND HYDROGEOLOGICAL AND HYDROGEOCHEMICAL INVESTIGATION OF THE AREA

Ayça Çavuşoğlu¹, Ünsal Gemici²

¹Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 35390 Buca, İzmir, Türkiye

*²Dokuz Eylül Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 35390 Buca, İzmir, Türkiye
(cavusoglu.ayca@ogr.deu.edu.tr)*

ÖZ

Enerji ihtiyacının karşılanması için rezervleri her geçen gün azalan buna kıyasla maliyetleri artan fosil yakıtlar hayatımızdaki yerini korumaya devam ederken çevre dostu ve yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ihtiyaç artmaktadır.

Çalışma alanı olarak seçilen Bursa ili, Mustafakemalpaşa ilçesi Marmara Bölgesi'nde, Marmara Denizi'nin güneyinde bulunmaktadır. Çalışma kapsamında Mustafakemalpaşa ilçesi içerisinde belirlenen yaklaşık 577 km²'lik alanda jeolojik, hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal çalışmalar yapılmış, alanın jeotermal kavramsal modeli oluşturulmuş ve jeotermal potansiyeli ortaya konulmuştur.

Uluabat Gölü'nün güneybatısında yer alan çalışma alanı, Uluabat fayı ve Mustafakemalpaşa fayı arasında kalan asimetrik çek-ayır tipte bir havza olarak nitelendirilmiştir. Bölgedeki ısıtıcı kaynağın; söz konusu faylarla gelişen kabuk incelmesine bağlı olarak yükselen jeotermal gradyan ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Bölgede Neojen yaşlı sedimanter kayaların killi seviyeleri ile bazı bölgeler de tüfler ve Kuvaterner alüvyonun killi seviyeleri örtü kayalar olarak belirlenmiştir. Rezervuar birimler ise; gnays, mermer ve kristalize kireçtaşı birimleridir.

Bölgede bulunan suların hidrojeokimyasal karakterinin, jeotermal alanın hazne sıcaklığının ve elde edilecek akışkanın kullanım alanlarının yorumlanabilmesi için alanı en iyi şekilde temsil edecek lokasyonlardan 4 adet su örneği alınmıştır. Alınan örneklerin kimyasal analiz değerleri ve bu değerlerin birbiriyle olan kimyasal ilişkileri diyagramlar yardımıyla incelenmiş, çalışma alanı içerisinde bulunan akışkanların hidrojeokimyasal özellikleri belirlenerek jeotermal alan özellikleri ortaya konulmuştur. Alınan su örnekleri ile jeotermometre çalışmaları yapılmış ve bölgede beklenen yaklaşık rezervuar sıcaklığı 120°C olarak hesaplanmıştır.

Sahada yapılan jeolojik, hidrojeokimyasal ve jeofizik çalışmalar bir arada değerlendirilerek jeotermal potansiyele sahip olabilecek alanlar belirlenmiş ve bu alanlarda derinlikleri 550 ile 1200 metre arasında değişen 3 adet arama/üretim sondaj lokasyonu belirlenmiştir. Önerilen sondajla-

ra ait muhtemel kuyu logları ve teçhiz planları hazırlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Mustafakemalpaşa, hidrojeokimya, jeotermal, jeotermometre

ABSTRACT

The need for environmentally friendly and renewable energy resources is increasing rapidly, while fossil fuels, for which the reserves are decreasing day by day, continue to be present in our everyday life to meet global energy needs, with their increasing prices.

For this study, the Bursa province, Mustafakemalpaşa district located in the Marmara Region, in the south of the Marmara Sea, was chosen as the study area. Within the scope of this research, geological, hydrogeological and hydrogeochemical studies were carried out throughout the area of approximately 577 km² which was determined in the district of Mustafakemalpaşa, followed with the creation of the geothermal conceptual model and the discovery of its geothermal potential.

The study area, located in the southwest of Uluabat Lake was described as an asymmetric pull-apart type basin between the Uluabat fault and the Mustafakemalpaşa fault. The heating source in the region was related with the rising geothermal gradient due to crustal thinning developed by the faults. The clayey levels of the Neogene aged sedimentary rocks in the region and the clayey levels of the tuffs and Quaternary alluvium in some of the regions were determined to be cover rock. Reservoir units were determined to be gneiss, marble and crystallized limestone units.

For the interpretation of the hydrogeochemical characteristics of the water bodies in the region, the reservoir temperature of the geothermal area and the potential areas of use for the harvestable fluid; 4 water samples were collected from locations determined to best represent the study area. The chemical analysis results of the collected samples and their relationship with each other were examined by using diagram-based analysis techniques. With this study, the hydrogeochemical properties of the fluids and the geothermal field properties of the study area were specified. Geothermometer studies were carried out with the water samples taken and the expected approximate reservoir temperature in the region was determined as 120°C.

Geological, hydrogeochemical and geophysical studies carried out for the area were evaluated together and areas with higher geothermal potentials were emphasized respectively, while three exploration/production drilling locations with potential drill depths ranging between 550-1200 meters were determined. Additionally, possible well logs and equipment plans for the determined drill locations were proposed.

Keywords: Mustafakemalpaşa, hydrogeochemistry, geothermal, geothermometer

JEOTERMAL SANTRALLERDEN SALINAN YOĞUŞMAYAN GAZLARIN KONSANTRASYONLARININ AZALTILMASINA YÖNELİK BİR SAHA ÇALIŞMASI

A FIELD STUDY ON REDUCING EMISSION OF NON-CONDENSABLE GASES CONCENTRATIONS FROM GEOTHERMAL PLANTS

Füsun S. Tut Hakkıdır¹, Raziye Şengün², Sanem Kılınçarslan²

¹*İstanbul Bilgi Üniversitesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü Eyüp-İstanbul*

²*Zorlu Enerji, Sarayköy-Denizli*

(fusun.tut@bilgi.edu.tr)

ÖZ

2050 Avrupa Yeşil Mutabakatı hedefi kapsamında ön plana çıkan karbonsuzlaşma hedefi özellikle son iki yıldır dünya genelinde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının önemini ön plana çıkarmıştır. Bu amaçla her ülke karbonsuzlaşma yol haritalarını ortaya koyarken, rüzgar, güneş, hidroelektrik, jeotermal, biyogaz-biyokütle santrallerinin kullanımı, yeşil hidrojen üretimi, enerji depolama ve elektrikli araçların kullanımı gibi farklı uygulamalara yapılan yatırımlar her geçen gün artmaktadır.

Jeotermal santraller doğru koşullarda işletildiklerinde yüksek kapasite faktörleri ve bölgesel ısıtma, mineral eldesi gibi farklı uygulamaların birlikte kullanımına olanak sağlayabilmesi açısından diğer yenilenebilir enerji santralleri arasında önemli, destekleyici bir yere sahiptirler. Bununla birlikte jeotermal rezervuar koşullarına bağlı olarak her jeotermal saha kendine özgü karakteristiklere sahiptir ve yerin derinliklerindeki rezervuar kayalarından, farklı jeolojik, jeokimyasal süreçlere maruz kalarak yüzeye gelen jeotermal akışkan buharla birlikte farklı konsantrasyonlardaki CO₂, H₂S gibi yoğunlaşmayan gazları taşımaktadır. Dünya genelinde enerji üretimi ardından konsantrasyonları belirlenen limitlerin üstüne çıkan bu gazların yeraltına atık jeotermal akışkanla birlikte re-enjekte edilmesi, farklı endüstriyel ürünlere dönüştürülerek sınır değerlerin altında tutulması gibi uygulamalar bu konuya hassasiyetin olduğu bölgelerde jeotermal santrallerin sosyal kabul edilebilirliklerini muhakkak arttıracaktır.

Bu çalışma kapsamında jeotermal santrallerden salınan özellikle CO₂ ve H₂S'in kimyasal ve biyolojik olarak tutulabilmesi olanakları Batı Anadolu'daki bir jeotermal santralde farklı test koşulları oluşturularak, laboratuvar ölçeğinde tasarlanan bir reaktör vasıtasıyla gaz ölçümlerinin yapılıp, yoğunlaşmayan gaz örneklerinin alınması yoluyla araştırılmıştır.

Alınan sonuçlara göre kimyasal ve biyolojik metodlarla farklı düzeylerde CO₂ veya H₂S gazının tutulabildiği ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Jeotermal enerji santrali, CO₂ gazı, H₂S gazı, Batı Anadolu

ABSTRACT

Decarbonization target, which have come to the fore within the scope of the 2050 European Green Deal has highlighted the importance of the use of renewable energy sources throughout the world, especially in the last two years.

In accordance with this purpose, each country has been declared their decarbonization roadmaps, investments in different applications such as wind, solar, hydroelectric, geothermal, biogas-biomass power plants, green hydrogen production, energy storage and the use of electric vehicles are increasing day by day.

Geothermal power plants, when operated properly, have an important and supportive place among other renewable energy power plants in terms of high capacity factors and enabling the use of different applications such as district heating and mineral extraction. However, depending on the geothermal reservoir conditions, each geothermal field has its own characteristics and carries non-condensable gases such as CO₂ and H₂S in different concentrations, together with the geothermal fluid steam coming to the surface from the reservoir rocks deep in the ground, exposed to different geological and geochemical processes.

Applications such as re-injection of these gases with brine, converting these gases into different industrial products in some regions whose concentrations exceed the determined limits after energy production, keeping them below the limit values and this will surely increase the social acceptability of geothermal power plants in some regions where there is sensitivity about this geothermal sourced gases.

Within the scope of this study, the possibilities of chemical and biological capture of CO₂ and H₂S released from geothermal power plants were investigated by a reactor which is designed at laboratory scale by changed test conditions, gas measurements and collecting non-condensable gas samples in a geothermal power plant in Western Anatolia.

As a result of the study, it has been revealed that different levels of CO₂ and H₂S gas can be retained by applying different chemical and biological methods at laboratory scale in a geothermal power plant.

Keywords: Geothermal energy power plants, CO₂ gas, H₂S gas, Western Anatolia

DİKİLİ (İZMİR) KAYNARCA JEOTERMAL SAHASINDA DEPREM BEKLERKEN

WAITING FOR EARTHQUAKE IN KAYNARCA GEOTHERMAL FIELD OF DIKILI (IZMIR)

İsmail Hakkı Karamanderesi

*EVKA-3 Mah. 126 Sokak No:1 D:6 35050 Bornova / İZMİR
(h.karamanderesi@gmail.com)*

ÖZ

İzmir ili Dikili İlçesi Kaynarca mevki sıcak su üretim kuyuları ve çevresinde ilk büyük deprem 22.09.1939 tarihinde olmuştur. Salomon Calvi tarafından rapor edilmiştir. Dikili Kaynarca jeotermal sahası İzmir ili kuzeyinde yer alır. 2008 yılından beri aktif olarak merkezi ısıtma sistemi işletmeye alınmıştır. Bu süre içerisinde 50 lt/sn debi ile akışkan üretilmektedir. Bu sistemden 2011 yılı içerisinde 1350 konut eşdeğeri ısıtma yapılmaktadır. Çevrede yüzlerce dönüm sera ısıtılmaktadır.

Dikili Kaynarca mevkiindeki sıcak su üretim kuyularında 23.01.2011 tarihinde hareketlilik gözlenmiştir. Haberin tarafımıza iletildiği tarih olan 28.02.2011 tarihinden başlayıp 17.06.2011 tarihine kadar altı adet yerinde gözlem ve ölçüm tarafımızca yapılmıştır. Dikili kaynarca jeotermal sahasında doğu batı uzanan bir zon üzerinde açılmış olan ortalama 500m derinlikli kuyularda üretim muhafaza boruları destekli bir yükselme gözlenmiştir. Bu gözlemlerde bölgesel jeolojik yapı gözden geçirildiğinde jeotermal kuyular kuyu verilerine göre andezitler üzerinde açılmış ve çimentolanarak monte edilmiştir. Doğru batı uzanımlı ana graben fayı andezitlerin içerisinde üretim yapan kuyularda andezitlerle beraber zeminin yükselmesine sebep olmuş ve bu kuvvetlerin tesiri ile iki adet kuyu başında düşey hareketler ölçülmüştür. Periyodik ölçümler bölgede diri bir tektonik deformasyonun olduğunu göstermiştir. Geçmiş yıllarda Türkiye'de ve Dünyada depremlerin önceden bildirilmesi ve yerinde araştırma yöntemleri çok değişik disiplinlerce ve yöntemlerle araştırılmıştır. Geçmişte değişik bölgelerde gözlenen olaylarla kurulan ilişkiler neticesi Dikili Kaynarca Bölgesinde makro gözlemlerle deprem beklenmiştir.

23.05.2011 tarihinde başlayıp 24.05.2011 tarihlerinde Bergama odaklı 5 adet deprem kaydedilmiştir. 2.7-3.6 arasında oluşan bu depremler bölgedeki depremsellik ile zemin yükselmesinin ilişkili olduğunu göstermiştir. Bu verilerin literatürde gözlenen diri fay bölgelerinde yapılacak çalışmalara ve deprem bölgelerinde yapılması gerekli veri derleme çalışmasına bir örnek olması nedeni ile ilginç sonuçlar çıkarılmasına öncülük etmektedir.

Bu bölgedeki gözlemlerde düşey hareketlerin gözlemlendiği bölgelerde boruların burkulması nedeni ile izolasyon borularında kaplama örtülerinin çatlaması, bağlama kelepçelerinin çözülmesi örnek olaylardır. Kuyu başlarında vanaların zamana ve bölgesel harekete bağlı yükselmesi gözlenmiştir. Bu gözlemlere eşlik eden aktarma borularında döküm vanalar kırılmıştır. Boruların yükselmesi binalarda hasarlara sebep olmuştur. Jeotermal kuyularda su tablası aşırı alçal-

ma göstermiştir. Jeotermal sisteme aşırı beslenme ve aşırı çekim sonucu sistemin üretim ısısı (810C) düşmüştür. Deprem sonrası ise hazne su seviyesi hızla yükselmiş, doğal akışa geçtiğinde ise orijinal akışkan sıcaklığına (930C) çıkmıştır.

Sistemin konumu doğru belirlendiği takdirde sistem analizi doğru yapılır. Beslenme ve üretim bölgeleri ile sistemin genel dengesi kontrol altında tutularak stabil bir üretim projesi yapılması mümkündür. Zemindeki yükselmelere bağlı bölgesel depremselliğin beraber gözlenmesi sonucu bölgesel afet senaryolarında alınacak tedbirler organize edilebilir. Tüm bu gözlemlerin kurumsal yapılanma, yönetim planlaması devlet politikası olarak organize edilmesi gerekmektedir.

İlk sonuçlar hareket başlangıçlarının çok dikkatli ölçülmesi gerektiğini ortaya koymuştur.

Ölçüm kayıtlarının hassas ölçüm ve kayıt sistemi ile yapılması gereklidir. Ayrıca ölçümleri yapacak ekiplerin devamlı eğitimli ve tecrübeli elemanlar elinde yapılması mecburidir.

Bunun sonucu işletmelerin ömrü uzayacak, işletmelerin uzun süreli düzenli işletmesi mümkün olacaktır. Bu bildiride Dikili Jeotermal sistemindeki gözlemlerin sonuçları, elde edilen verilerin yeniden yorumlanarak jeotermal işletmecilere öneriler sergilenecektir.

Anahtar Kelimeler: Dikili, deprem, zemin gözlemler, kırılmalar, yükselmeler, jeotermal sistemler

ABSTRACT

The first major earthquake occurred on 22.09.1939 in and around the hot water production wells in Kaynarca locality, Dikili District of İzmir. Reported by Salamon Calvi. Dikili Kaynarca geothermal field is located in the north of İzmir province. Since 2008, the central heating system has been actively put into operation. During this period, fluid is produced with a flow rate of 50 lt/sec. This system provides heating equivalent to 1350 houses in 2011. Hundreds of acres of greenhouses are heated in the surrounding area.

Activity was observed in the hot water production wells in Dikili Kaynarca locality on 23.01.2011. Six on-site observations and measurements were made by us, starting from 28.02.2011, the date when the news was communicated to us, until 17.06.2011. In the wells with an average depth of 500 m drilled on an east-west stretching zone in the Dikili Kaynarca geothermal field, an uplift supported by the production casing pipes was observed. In these observations, when the regional geological structure was reviewed, geothermal wells were drilled on the andesites according to the well data and cemented and mounted. The east-west trending main graben fault caused the ground to rise together with andesites in wells producing from andesites, and vertical movements were measured at the head of two wells with the effect of these forces. Periodic measurements have shown that there is a lively tectonic deformation in the region. In the past years, earthquake prediction and on-site research methods have been investigated by many different disciplines and methods in Turkey and in the world. As a result of the relations established with the events observed in different regions in the past, an earthquake was expected in

the Dikili Kaynarca Region with macro observations.

Starting on 23.05.2011 and on 24.05.2011, 5 earthquakes focused on Bergama were recorded. These earthquakes, which occurred between 2.7 and 3.6, showed that the seismicity in the region was related to the ground elevation. Since these data are an example for the studies to be done in the active fault zones observed in the literature and for the data compilation study to be done in the earthquake zones, they lead to interesting results.

In the observations in this region, cracking of the coating covers in the insulation pipes due to the buckling of the pipes in the regions where vertical movements are observed, and the loosening of the clamping clamps are exemplary cases. It has been observed that the valves rise in the wellheads depending on time and regional movement. Cast valves in the transfer pipes accompanying these observations were broken. The rise of the pipes caused damage to the buildings. In geothermal wells, the water table has shown extreme lowering. As a result of overfeeding and overdrafting to the geothermal system, the production temperature of the system (810C) decreased. After the earthquake, the reservoir water level rose rapidly, and when it passed to the natural flow, it rose to the original fluid temperature (930C).

If the location of the system is determined correctly, the system analysis is done correctly. It is possible to make a stable production project by keeping the nutrition and production areas and the general balance of the system under control. Measures to be taken in regional disaster scenarios can be organized as a result of the observation of regional seismicity due to elevations in the ground. All these observations need to be organized as institutional structuring, management planning as state policy.

Initial results indicated that movement initiations should be measured very carefully.

Measurement records must be made with a precise measurement and recording system. In addition, it is obligatory to carry out the measurements in the hands of constantly trained and experienced personnel.

As a result of this, the life of the enterprises will be extended, and long-term regular operation of the enterprises will be possible. In this paper, the results of the observations in the Dikili Geothermal system and the data obtained will be reinterpreted and suggestions to the geothermal operators will be presented.

Keywords: *Dikili, earthquake, ground observations, fractures, elevations, geothermal systems*

JEOTERMAL SAHALARDAN HİDROJEOKİMYASAL VERİ TOPLANMASI ESNASINDA İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ÖNLEMLERİ

OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY PRECAUTIONS DURING HYDROGEOCHEMICAL DATA COLLECTIONS IN GEO- THERMAL FIELDS

Sevim Özulukale Demirbilek

*Yozgat Bozok Üniversitesi
(hidrojeologsevim@hotmail.com)*

ÖZ

İş sağlığı ve güvenliği, özel ya da kamu sektörü fark etmeksizin çalışma hayatında çalışanın sağlığını ve güvenliğini korumak için bir takım tehlike ve riskleri belirleyerek bunlara karşı önlem alınmasını kapsamaktadır. Bu önlemlerin başında, bir veya birden fazla sağlık ve güvenlik riskine karşı korunmak için kişilerce giyilmek, takılmak veya taşınmak amacıyla tasarlanmış malzemeleri kapsayan Kişisel Koruyucu Donanımlar gelmektedir. Yenilenebilir enerji olarak görülen ve geniş kullanım alanı olan jeotermal enerjiden faydalanırken iş sağlığı ve güvenliği yönünden bazı problemler meydana gelmektedir. Bu yüzden jeotermal faaliyetlerin doğru planlanması, doğru tekniklerin uygulanması ve gereken önlemlerin alınması, beklenmeyen kazaları, tehlike ve riskleri azaltacaktır. Bu çalışmada, jeotermal kaynak ve kuyulardan, hidrojeokimyasal veri toplama esnasında iş sağlığı ve güvenliği açısından karşılaşılabilecek riskler ve önlemleri üzerinde durulmuştur. Jeotermal sahalarda bazı fiziksel ve kimyasal riskler bulunduğundan, çalışmaları yürüten kişilerin uygun kişisel koruyucu donanım kullanımı büyük önem taşımaktadır. Önemli risk kaynaklarını sıcaklık, kayganlık, toksik gazlar ve doğal radyasyon oluştururken, temel önlemler, termal koruyucu eldiven, ayak koruyucular, gaz detektörleri, koruyucu maskeler ve havalandırma olarak belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Jeotermal, Hidrojeokimya, İş Sağlığı ve Güvenliği, Kişisel Koruyucu Donanım

ABSTRACT

Occupational health and safety include to take precautions for determined hazards and risks in order to protect health and safety of workers in work environments regardless of public or private sector. One of the most important precautions is Personal Protective Equipment covering materials designed for being worn, put, carried by individuals in order to be protected for one or more health and safety risks. Some problems happen when geothermal energy, considered important sustainable energy source and had very wide range utilization areas, is being used. Therefore, correct planning of geothermal activities, applications of correct techniques, and

taken of necessary precautions decrease risks and hazards as well as unexpected accidents. In this study, potential risks and precautions in terms of occupational health and safety encountered during hydrogeochemical data collections from geothermal sources and wells are taken into account. It is very important that individuals working in the geothermal fields use suitable personal protective equipment since some physical and chemical risks exist in these works. Heat, slipperiness, toxic gases, and natural radiation are considered as major risk sources whereas thermal protective gloves, feet protections, gases detectors, protective masks, and ventilation are determined as primary precautions.

Keywords: *Geothermal, Hydrogeochemistry, Occupational Health and Safety, Personal Protective Equipment*

SÜRDÜRÜLEBİLİR YERKAYNAKLI SİSTEM (JEOTERMAL) POTANSİYELİ-ANKARA

SUSTAINABLE GROUND SOURCE SYSTEM (GEOTHERMAL) POTENTIAL-ANKARA

Ayşegül Çetin

*GeoHeatDesign, Türkiye
(geoheatdesign@gmail.com)*

ÖZ

Yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan yer kaynaklı sistemler karbonsuz enerjiye geçişte önem taşımaktadır. Türkiye'nin Paris İklim Antlaşması'nı onaylaması ile birlikte sera gazı salımlarında önemli payı olan konutların ısıtma ve soğutma ihtiyaçlarının yer kaynaklı sistemlerden karşılanması kaçınılmaz olmaktadır. Söz konusu sistemlerin sürdürülebilir kullanımı yeraltındaki ısı enerjisi dengesini koruyarak mümkün olmaktadır. Yoğun yapılaşmanın yer aldığı Ankara ilinin kapalı sistem kuyu ısı değiştiricisi kullanılarak ısı enerjisi depolama potansiyelinin hesaplanması için il alanı içinde yüzeylenen kayaların termal iletkenlikleri, yoğunlukları ve su içerikleri ile bozulmamış yer sıcaklıkları araştırılmıştır. Bu veriler kullanılarak Ankara bölgesinde 100 m derinlikte açılacak kapalı bir kuyu ısı değiştiricisinden sadece ısıtma ve soğutma için minimum sürdürülebilir ısı değişim potansiyeli hesaplanmıştır. Metakumtaşı ve kilitaşı yapılaşmanın yoğun olduğu alanlarda yer almakta ve termal iletkenlikleri 1,038 ile 5,047 W/mK arasında değişmektedir. Gabro, mermer, kireçtaşı türü kayalar en yüksek ısı değişim potansiyeline sahip olduğu belirlenmiştir. Bu bildiride Ankara il alanı içerisinde yer alan kayaların sürdürülebilir ısı değişim potansiyelleri ve ile minerolojik-petrografik özellikleri arasındaki ilişkiler hakkında bilgi verilecektir.

Anahtar Kelimeler: Yer kaynaklı Isı Pompası, Yeraltında Isı Enerjisi Depolama, Ankara

ABSTRACT

Ground-based systems, one of the renewable energy sources, are important in the transition to carbon-free energy. With Turkey's ratification of the Paris Climate Agreement, it is inevitable to meet the heating and cooling needs of the buildings which have a significant share in greenhouse gas emissions, from ground source systems. Sustainable use of these systems is possible by preserving the heat energy balance underground. The thermal conductivity, densities and water contents of the rocks outcropping in Ankara and undisturbed ground temperatures were investigated in order to calculate the heat energy storage potential of Ankara, where there is dense residential area, by using a closed system well heat exchanger. Using these data, the minimum sustainable heat exchange potential for heating and cooling was calculated from a closed well heat exchanger to be drilled at a depth of 100 m in the Ankara region. Metasandstones and claystones are located in densely populated areas and their thermal conductivity varies between

1.038 and 5.047 W/mK. Gabbro, marble, limestone type rocks were determined to have the highest heat exchange potential. In this paper, information will be given about the sustainable heat exchange potentials of the rocks in the Ankara province area and the relations between their mineralogical-petrographic properties.

Keywords: *Ground source heat pump, Underground Thermal Energy Storage, Ankara*

KOZAKLI JEOTERMAL ALANINDA OBRUK OLUŞUMUNDA İNSAN KAYNAKLI FAALİYETLERİN ROLÜ

THE ROLE OF HUMAN- INDUCED ACTIVITIES IN THE FORMATION OF OBRUK IN KOZAKLI GEOTHERMAL FIELD, NEVSEHIR, TURKEY

Halil Bölük¹, Mustafa Afşin¹, Mutluhan Akın², M. Murat Kavurmacı¹

¹Aksaray Üniv. Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Aksaray

²Nevşehir Hacıbektaş Veli Üni. Jeoloji Müh. Bölümü, Nevşehir

(halilboluk@gmail.com)

ÖZ

Kozaklı jeotermal alanı (KJA) Orta Anadolu'nun bölgesinin en önemli jeotermal turizm alanlarından birisidir. KJA'daki jeotermal suların asıl akiferi Paleozoyik yaşlı mermerler, ikincil akiferi Eosen yaşlı kireçtaşları; örtü kayaları ise alandaki geçirimsiz birimlerdir. KJA'daki jeotermal suların sıcaklıkları 45-96 °C, pH'sı 6.22-6.61 arasında olup, genel su tipi Na-Ca-Cl-SO₄/HCO₃ biçimindedir. Bu sular balneoterapi, konut ısıtmacılığı ve seracılıkta kullanılmaktadır. KJA'da jeotermal suların yüzeye çıkışlarına yol açan KB-GD, KD-GB ve D-B yönlü fayların kesişme noktalarında 2007 ve 2018 yıllarında örtü çökme tipli iki obruk oluşmuştur. Bu obrukların oluşum nedenleri hidrojeoloji, su kimyası, izotop ve çok kanallı rezistivite çalışmaları ile irdelenmiştir.

İncelenen obruklar doğal ve insan kaynaklı nedenlere bağlı olarak oluşmuştur. Doğal nedenler; yüzeyde epijenik, derinlerde hipojenik karstlaşma sergileyen ikincil gözenekli karbonatlı kayalar, havzaya düşen yağışın ~%80'inin buharlaşması; $\delta^{18}\text{O}$ izotop değerlerine göre yüksek kotlardan beslenen, yüksek miktarda CO₂ ve kısmen H₂S gazları içeren iyon miktarı yüksek jeotermal suların derinlerden yükselimi sırasında % 40 ve üzerinde iyon miktarı düşük soğuk sularla karışımı sonucu açığa çıkan karışım korozyonudur. İnsan kaynaklı nedenler ise, aşırı su çekimi ve kazı çalışmalarıdır. Bu obruklar KJA ve çevresinde jeotermal suların sürdürülebilir kullanımını ve yerleşim alanlarını olumsuz biçimde etkilemektedir. Obruk oluşumunun önlenmesi için, 5686 sayılı yasada belirtildiği gibi, özellikle 1. kaynak koruma alanında, örtü basıncının artmasına yol açan ve doğal dengeyi bozan çevre düzenleme çalışmaları yapılmamalı, kontrolsüz su çekiminin olmaması için KJA'daki tüm termal tesisler toplama havuzundan sıcak su almalı, beslenim alanındaki taş ocakları kapatılmalı ve yeni bir reenjeksiyon kuyusu aktif faylardan uzakta, muhtemelen Taşlıbayır sırtının GB'sında açılmalıdır.

Bu çalışma TÜBİTAK (Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu) tarafından 120Y313 no'lu proje ile desteklenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Obruk, jeotermal sular, balneoterapi, aşırı su çekimi, karışım korozyonu, insan kaynaklı faaliyetler, Kozaklı

ABSTRACT

Kozaklı geothermal field (KGF) is one of the most important geothermal tourism centers of the Central Anatolia region. The main aquifer of geothermal waters in KGF is Paleozoic marbles, secondary aquifer is Eocene limestones and cover rocks are impermeable units in the area. The temperatures and pH of the geothermal waters in the KGF are between 45-96 °C, 6.22-6.61, respectively, whereas the common type of water is Na-Ca-Cl-SO₄/HCO₃. These waters are used in balneotherapy, residential heating and greenhouse cultivation. In the KGF, two cover - collapse obruks were formed in 2007 and 2018 at the intersection points of the NW-SE, NE-SW and E-W trending faults that caused the geothermal waters to rise to the surface. The processes in the formation of the obruks were examined by hydrogeology, water chemistry, isotope and multi-channel resistivity studies.

The investigated obruks were formed due to natural and human-induced causes. Natural causes are as follows: secondary porous carbonate rocks exhibiting epigenic at the surface and hypogenic karstification at depths, evaporation of ~80% of the precipitation falling into the basin; it is the mixing corrosion that occurs as a result of the mixing of geothermal waters with high ionic content, which is recharged from high altitudes according to $\delta^{18}\text{O}$ isotope values, and contains high amounts of CO₂ and partially H₂S gases, with cold waters with low ionic content of 40% or more during the rise from the depths. In addition to these, human-induced causes are excessive water withdrawal and excavation works. These obruks adversely affect the sustainable use of geothermal waters and residential areas in and around KGF. In order to prevent the formation of obruks, as stated in the Law No. 5686, especially in the 1st spring protection zone, landscaping works that cause an increase in the cover pressure and disrupt the natural balance should not be performed. The quarries in the area should be closed and a new reinjection well should be drilled away from active faults, possibly on the SW of the Taşlıbayır ridge.

This study was supported by Tubitak (The Scientific and Technological Research Council of Turkey) with Grant number 120Y313.

Keywords: *Obruk, geothermal waters, balneotherapy excessive water withdrawal, mixing corrosion, human-induced activities, Kozaklı*

JEOTERMAL SAHALARDA ÇALIŞAN SAĞLIĞINI ETKİLEYEN TOKSİKOLOJİK BİLEŞENLER VE İŞ GÜVENLİĞİNİ TEHDİT EDEN UNSURLARIN YER BİLİMCİ BAKİŞ AÇISIYLA İNCELENMESİ

TOXICOLOGICAL COMPONENTS AFFECTING THE HE- ALTH OF EMPLOYEE IN GEOTHERMAL FIELDS AND IN- VESTIGATION OF THE ELEMENTS THREATENING OC- CUPATIONAL SAFETY FROM THE EARTH SCIENTIST'S PERSPECTIVE

Hacer Düzen

*Maltepe Üniversitesi, İş Sağlığı ve Güvenliği Programı, Marmara Eğitim Köyü, Maltepe,
İstanbul / Turkey
(hacerduzen@maltepe.edu.tr)*

ÖZ

Jeotermal kaynaklar, hayatımızı kolaylaştıran en önemli yenilenebilir enerji kaynaklarından. Ancak söz konusu kaynağı kullanmak üzere gerçekleştirilecek faaliyetler bu sahalarda çalışmakta olan işçilerin sağlık ve güvenliğini tehdit edici bazı sonuçlar ortaya koyabilmektedir. Özellikle jeotermal sondaj kuyularının açılması esnasında işçileri olumsuz yönde etkileyen faktörler kaçınılmazdır. Bu çalışmanın amacı jeotermal sahalarda gerçekleştirilmekte olan uygulamaların çalışan sağlığına vermekte olduğu zararların tespit edilmesi ve iş güvenliği açısından tehdit edici unsurlar ve çözümüne yönelik yaklaşımların belirlenmesidir.

Bu çalışma kapsamında hem jeotermal sistem içerisindeki bazı kimyasallar ve işçilerin bu kimyasallardan hangi ölçüde etkilenebileceği, hem de iş kazalarına neden olabilecek tehlike ve risk faktörlerinin belirlenmesi konusunda bazı değerlendirmeler yapılmıştır. Jeotermal sahalarda bazı kimyasal gazların solunması sağlık açısından olumsuz durumlara sebep olmaktadır. Bunlardan en önemli olanları hidrojen sülfür, karbondioksit (CO₂), tiyosülfat (TS), nitrojen (N₂), metan (CH₄), helyum (He) ve radon (222Rn)'dur. Özellikle jeotermal sondajlar esnasında açığa çıkan H₂S (Hidrojen sülfür gazı) oldukça toksik bir özelliğe sahiptir. En sık rastlanan durumlar; gözlerde ve solunum sisteminde tahriş, nefes tıkanıklığı, baygınlık, gözlerde iltihap, kızarma, ağrı, yaşarma, ışık korkusu, baş dönmesi, baş ağrısı, halsizlik, sinirlilik, uykusuzluk, sindirim sistemi bozukluklarıdır. CO₂ (karbondioksit) gazı genellikle yaşamı tehdit etmez, çünkü ortam havasında düşük konsantrasyonlarda hızlıca seyreltilir. Düşük konsantrasyonlarda CO₂ solunmasının toksikolojik etkileri varsa da çok azdır. Literatürde, jeotermal alanlarda yüksek lokal konsantrasyonlarda yayılan H₂S ve/veya CO₂'nin solunmasından kaynaklanan ölümlerle ilgili sadece birkaç vaka çalışması bulunmaktadır. İş güvenliğinin sağlanamaması, jeotermal sahalarda

da gerçekleştirilen işlerin ağır olması, vardiyalı çalışılması, sektörde çalışan işçilerin genellikle eğitimsiz kişilerden seçilmesi, kullanılan ekipman ve malzemelerin dağınık olması gibi nedenlerden dolayı da birtakım iş kazaları yaşanabilmektedir. Ayrıca fiziksel, kimyasal, biyolojik, psikososyal ve ergonomik risk faktörleri gibi çok sayıda risk etmeni iş kazaları ve meslek hastalıklarına neden olabilmektedir.

Çalışma sonucunda iş güvenliğinin sağlanması açısından jeotermal sondajlarda kuyu kontrol donanımlarının bulundurulması zorunluluğuna uyulması gerektiği ve bu donanımların her kuyu için kurulması ve bu donanımların çalışır durumda olmasının sağlanmasının önemi ortaya çıkmaktadır. Gaz ve sıvı püskürme ihtimali bulunan diğer sondaj kuyularında da bunların kurulması ve işletilmesi önemlidir. Ayrıca yapılan literatür çalışmaları sonucunda hataya neden olabilecek en riskli alanların buhar toplama ve iletim ekipmanları, türbin ve yardımcı elemanları, soğutma ve yoğunlaşmayan gazların ekstraksiyon sistemi, jeneratör ve elektrik sistemi, enstrümantasyon ve kontrol sistemi olduğu belirlenmiştir. Burada hatların tıkanması, azalan gaz akışı, güç üretim kayıpları, ekipman hasarı ve arızası, ekipman onarımı ve değişimi, tam veya kısmi olarak tesis kapatma gibi çeşitli operasyonel sorunların oluşmasının yüksek olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Jeotermal, toksik bileşenler, işçi sağlığı, iş güvenliği

ABSTRACT

Geothermal resources are one of the most important renewable energy resources that make our life easier. However, the activities to be carried out to use the said resource may reveal some consequences that threaten the health and safety of the workers working in these areas. Especially during the drilling of geothermal drilling wells, the factors that negatively affect the workers are inevitable. The aim of this study is to determine the damages caused by the applications carried out in the geothermal fields to the health of the employees and to determine the threatening elements in terms of occupational safety and the approaches to their solution.

Within the scope of this study, some evaluations have been made on both some chemicals in the geothermal system and the extent to which workers may be affected by these chemicals, as well as the determination of hazards and risk factors that may cause work accidents. Inhalation of some chemical gases in geothermal fields causes adverse health conditions. The most important ones are hydrogen sulfide, carbon dioxide (CO₂), thiosulfate (TS), nitrogen (N₂), methane (CH₄), helium (He) and radon (222Rn). Especially H₂S (Hydrogen sulfide gas), which is released during geothermal drilling, has a very toxic feature. The most common situations; irritation in the eyes and respiratory system, respiratory congestion, fainting, inflammation in the eyes, redness, pain, tearing, fear of light, dizziness, headache, weakness, nervousness, insomnia, digestive system disorders. CO₂ (carbon dioxide) gas is generally not life-threatening because it is quickly diluted in low concentrations in environment air. Inhalation of low concentrations of CO₂ has minimal if any toxicological effects. There are only a few case studies in the literature

regarding deaths from inhalation of HS and/or CO₂ emitted at high local concentrations in geothermal fields. Some occupational accidents may also occur due to reasons such as lack of occupational safety, heavy work performed in geothermal fields, working in shifts, the selection of workers working in the sector from uneducated people, and the scattered equipment and materials used. In addition, many risk factors such as physical, chemical, biological, psychosocial and ergonomic risk factors can cause work accidents and occupational diseases.

As a result of the study, in terms of ensuring occupational safety, it is important to comply with the obligation to have well control equipment in geothermal drillings and to install these equipment for each well and to ensure that these equipment are in working condition. It is important to establish and operate them in other boreholes where gas and liquid eruption is possible. In addition, as a result of the literature studies, it has been determined that the most risky areas that can cause errors are steam collection and transmission equipment, turbine and its auxiliary elements, cooling and non-condensable gas extraction system, generator and electrical system, instrumentation and control system. It has been observed that the occurrence of various operational problems such as blockage of lines, reduced gas flow, power generation losses, equipment damage and failure, equipment repair and replacement, complete or partial plant shutdown is high here.

Keywords: Geothermal, toxic components, occupational health, occupational safety

ÖLÜDENİZ FAY ZONUNUN KUZEY BÖLÜMÜNDE TRAVERTEN OLUŞUMU VE SU-KAYAÇ İLİŞKİSİ: HATAY (BAŞLAMIS)

TRAVERTINE FORMATION AND WATER-ROCK INTERACTION IN THE NORTHERN PART OF THE DEAD SEA FAULT HATAY (BAŞLAMIS)

Mehmet Furkan Şener

*Fen-Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü, İzmir Bakırçay Üniversitesi, 35665, İzmir, Türkiye
(mehmetfurkansener@hotmail.com)*

ÖZ

Bu çalışma ile Ölüdeniz Fay Zonu'nun kuzey bölümünü temsil eden İskenderun Fayı boyunca meydana gelen travertenlerin oluşum mekanizması, jeokimyasal ve hidrojeokimyasal özellikleri ortaya konulmuştur. Jeokimyasal çalışmalara göre, düşük Mg içerikli kalsit Başlamış travertenlerinin ana bileşenidir. Buna göre Başlamış travertenleri meteojen çökelleri olarak sınıflandırılabilir. Başlamış bölgesindeki suların iyon dağılımı Piper diyagramında incelendiğinde sığ yeraltı sularının Ca-HCO₃ bileşimine sahipken derin dolaşımli suların ise Mg-Ca-Cl-HCO₃ bileşimine sahip olduğu anlaşılmaktadır. $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^{13}\text{C}$ İzotop sonuçlarına göre, çalışma alanındaki travertenler üç grup altında incelenebilir. Birinci grup, termal akışın halen devam ettiği bir alanda oluşan travertenlerdir. İkinci grup fay düzlemi üzerindeki travertenlerdir. Üçüncü grup ise bölgedeki en eski travertenlerden oluşmaktadır. Ayrıca, çalışma alanındaki suların $\delta^{18}\text{O}$ - δD izotop sonuçları, bu alandaki akışkanların meteorik kökenli olduğunu göstermektedir. Örneklenen yeraltı suyu genellikle mevcut yağmur suyu beslemesinden (~4-4,5 TU) daha düşük trityum değerlerine sahiptir. Ancak, 5,38 TU değerine ulaşan birkaç örnek bulunmaktadır, bu durum yer altı sularına yüzey sularının karışması ile açıklanabilir.

Anahtar Kelimeler: Başlamış, Hatay, Traverten, Jeotermal

ABSTRACT

This study is revealed the formation mechanism, geochemical and hydrogeochemical properties of the travertines formed along the İskenderun Fault, which represents the northern part of the Dead Sea Fault Zone. According to geochemical studies, calcite with low Mg content is the main component of Başlamış travertines. Accordingly, Başlamış travertines can be classified as meteogene deposits. the ion distribution of the waters of the Başlamış region shows that the shallow groundwaters have a Ca-HCO₃ composition, while the deep circulating waters have a Mg-Ca-Cl-HCO₃ composition in the Piper diagram. According to the $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^{13}\text{C}$ isotope

results, the travertines in the study area can be examined under three groups. The first group is the travertines formed in an area where the thermal flow still continues, the second group is the travertines on the fault plane and the third group is consisted of the oldest travertines in the region. In addition, the $\delta^{18}O$ - δD isotope results of the waters in the study area show that the fluids in this area are of meteoric origin. Sampled groundwater generally has lower tritium values than the available rainwater supply (~4–4.5 TU). However, there are a few samples reaching 5.38 TU, which can be explained by the intrusion of surface waters into the groundwater.

Keywords: Başlamış, Hatay, Travertine, Geothermal

5. Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Sempozyumu



TMMOB
JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI
CHAMBER OF GEOLOGICAL ENGINEERS OF TURKEY

Kocatepe Mah.
Hatay Sokak No: 21
Kızılay/Ankara
0312 433 30 85
www.jmo.org.tr
jmo@jmo.org.tr

