

ORTAKÇI (BUHARKENT-AYDIN) SICAK VE MİNERALLİ SU KAYNAĞININ HİDROJEOKİMYASAL İNCELEMESİ

Mustafa KAYA, Ali GÖKGÖZ

Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Denizli

Geliş Tarihi : 25.12.2003

ÖZET

Büyük Menderes Grabeni'nin kuzey kenarında yer alan Ortakçı sıcak ve mineralli su kaynağı 48.1 °C sıcaklık ve 2.4 l/s debiye sahiptir. Kaynak, derinlere süzülen meteorik suların genç tektonik aktivite ile ısınması ve basınç altındaki bu suyun fay boyunca yükselerek yeryüzüne ulaşması sonucu oluşmuştur. Büyük Menderes Masifi'nin gnays, kuvarsit ve şistlerindeki çatlaklarda dolaşan jeotermal akışkan bu kayalarla kimyasal dengeye erişmemiştir. Na-SO₄-HCO₃ tipinde olan kaynağın yeraltındaki sıcaklığı jeotermometre hesaplamalarına göre 80 °C civarındadır.

Anahtar Kelimeler : Su kimyası, Kimyasal denge, Jeotermometre

HYDROGEOCHEMICAL INVESTIGATION OF ORTAKÇI HOT AND MINERALIZED SPRING (BUHARKENT-AYDIN)

ABSTRACT

The temperature and discharge of the Ortakçı hot and mineralized water are 48.1 °C and 2.4 l/s, respectively. The spring has being formed as a result of ascending geothermal fluid due to the tectonic activity of the region. The geothermal fluid within joints has not been reached to chemical equilibrium with host rock which consists of gneiss, quartzite and schist. Ortakçı thermal water is the type of Na-SO₄-HCO₃ and subsurface temperature calculated using chemical geothermometers is about 80 °C.

Key Words : Water chemistry, Chemical equilibrium, Geothermometer

1. GİRİŞ

Ortakçı sıcak ve mineralli su kaynağı Ortakçı kasabasının (Buharkent-Aydın) 750 m KKB'sinde, Büyük Menderes Grabeni kuzey kenarında yer almaktadır. Bugüne değin kaynak üzerinde yapılan çalışmalar kimyasal analizleri, tıbbi değerlendirmeleri ve izotop çalışmalarını kapsamaktadır (Çağlar, 1948; İstanbul Üniversitesi, 1975; Şimşek, 2003).

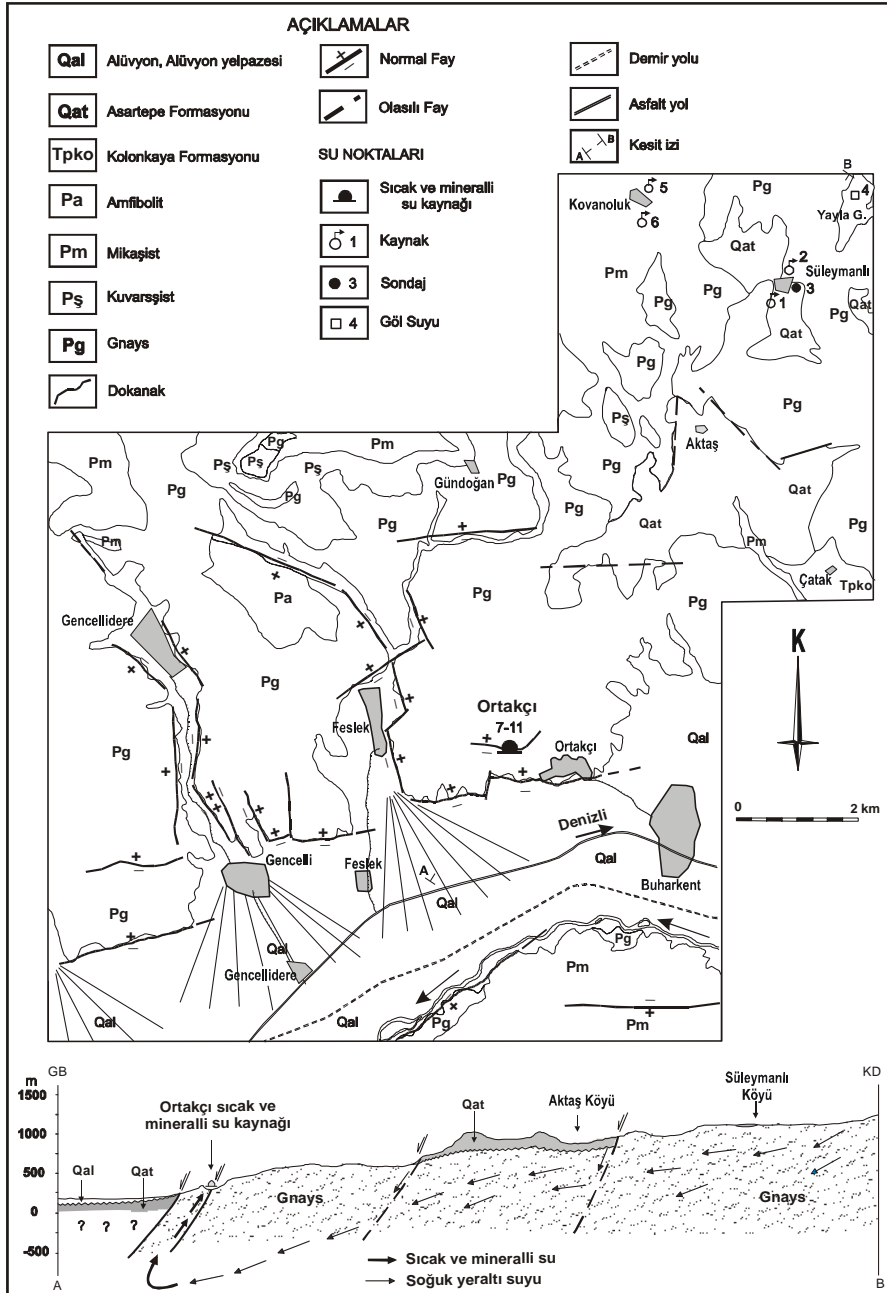
Bu çalışma, fizikokimyasal analizler yardımıyla, Ortakçı Kaynağı'nın hidrojeolojisini ve özellikle

derindeki jeotermal akışkanın sıcaklığını belirlemek amacıyla yapılmıştır. Bu amaca uygun olarak inceleme alanındaki bazı soğuk yeraltı sularından ve değişik tarihlerde Ortakçı Kaynağı'ndan standartlara uygun olarak alınan su numunelerinin kimyasal analizleri alev fotometresi, spektrofotometre ve titrimetrik yöntemlerle yapılmış ve analiz sonuçları çeşitli hesaplamalar, diyagramlar ve WATCH kimyasal türleştirme programının (Arnórsson et al., 1982; Bjarnason, 1994) kullanımıyla değerlendirilmiştir.

2. JEOLJİ

İnceleme alanını temelini Paleozoyik yaşlı Menderes Masifi metamorfitleri oluşturur (Şekil 1). Metamorfik istifin en altında genellikle gözlü, yer yer ince yapraklanmalı gnayslar yer alır. Gnayslar Ortakçı Kaynağı, Süleymanlı Köyü ve Yayla Gölü civarında geniş bir alanda gözlenirler. Renkleri mineral içeriğine göre değişmekle birlikte çoğunlukla gridir. Ortakçı Kaynağı civarında yaygın olarak şist ve kuvarsitlerle birlikte ardalanmalı

olarak bulunurlar. Gnaysların üstünde birbirleriyle yanal ve düşey yönde geçişli mikaşist, granat-mikaşist, kuvarsşist, kloritşist birimleri yer alır. Kovanoluk ve Gündoğan köyleri civarında yaygın olan şistlerin rengi değişken olmakla birlikte genellikle koyu gri, kahverengi ve kırmızımsıdır. Kovanoluk civarındaki şistlerin mineral içeriği “kuvars – plajioklas – biyotit – muskovit – granat – klorit – epidot (pistazit) – zoisit - apatit”den oluşmaktadır (Gökğöz, 2004). Gencellidere doğusunda gnayslar üzerinde gözlenen diğer bir birim olan amfibolit koyu yeşil rengi ile tanınır.



Tüm metamorfik birimler çok çatlaklı ve kırıklı bir yapı sunarlar. Bazı kesimlerde ileri derecede ayrılmışlardır.

Metamorfitlerin üzerinde uyumsuz olarak kilitaşı ve killi kireçtaşı düzeyleri içeren kumtaşlarından oluşan Ponsiyen yaşlı Kolankaya Formasyonu (Şimşek, 1984; Taner, 2001) gelir. Çatak Köyü civarında izlenen formasyon sarımsı renkte, orta, yer yer az pekleşmiş, ve bol fosillidir. Kolankaya Formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelen Pliyo-Kuvaterner yaşlı Asartepe Formasyonu (Ercan ve ark., 1977), alüvyal kökenli çakıltaşı, kumtaşı, silttaşı ve çamurtaşı araldanmasından oluşmaktadır. Kızıl-kahve renkli ve belirsiz katmanlanmalıdır. İnceleme alanında en üstte yer alan alüvyon ve alüvyon yelpazesi birimleri altlayan birimleri uyumsuz olarak örter.

Neotektonik dönemde Anadolu ve Arap levhalarının çarpışması Anadolu Levhası'nın Doğu ve Kuzey Anadolu transform fayları boyunca batıya itilmesine neden olmuştur. Bu hareket Yunan makaslama zonu tarafından engellendiğinden Batı Anadolu'da D-B yönlü bir sıkışma rejimi gelişmiştir. Aynı zamanda Levant okyanusu kabuğunun Anadolu Levhası altına dalması, Menderes Masifi altında bir anateksis zonunun oluşmasına, asit intrüzyonlar gelişmesine ve masifin yükselmesine neden olmuştur (Şengör ve Yılmaz, 1981). Tüm bu etkilerle Batı Anadolu'da Ege graben sistemi ve genellikle yüksek sıcaklıklı jeotermal sahalar gelişmiştir. Büyük Menderes grabeni ve Buldan horstu inceleme alanı içinde yer almaktadır. Ortakçı sıcak ve mineralli su kaynağı, Büyük Menderes Grabeni'nin kuzey kenarında bulunmaktadır. Grabenin kuzey kenar fayı ve sentetik faylar yeraltından ısı transferinin gerçekleşmesinde önemli rol oynarlar.

3. HİDROJEOLOJİ

3. 1. Su Noktaları

3. 1. 1. Akarsular

İnceleme alanındaki en önemli akarsu sahanın güneyinden geçen batıya akışlı Büyük Menderes Nehri'dir. Sahanın batısındaki devamlı akışlı Feslek Çayı güneye doğru akarak B. Menderes Nehri ile birleşir. Diğer dereler mevsimsel akışlıdır.

3. 1. 2. Soğuk Sular

İnceleme alanında gözlenen soğuk kaynak sularının çoğunluğu metamorfik kayalardan ve genelde gnays ve kuvarsitlerden boşalır. Genel olarak, şistlerden gelen sular, gnays-şist dokanağına yakın

kesimlerde yüzeyleir. Metamorfitlerin ayrılmış kesimlerinde çatlakların ince malzeme ile dolması, bir hat boyunca sızıntı şeklinde kaynakların ortaya çıkmasına neden olmuştur. Özellikle kuzey kesimde yoğunlaşan soğuk kaynakların debisi <0.1 ile 0.3 l/s ve sıcaklıkları 12-16 °C arasında değişmektedir.

Süleymanlı Köyü'nün doğu girişinde açılan 80 metre derinliğindeki sondaj kuyusunda, kalın bir ayrılmış gnays zonu ile çok çatlaklı gnayslar kesilmiştir. Statik seviye yüzeye yakın, dinamik seviye ise 66 metre derinliktedir. Pompa denemelerinde 5 l/s verim elde edilmiştir.

Süleymanlı Köyü'nün doğusundaki çöküntüde 1150 m kotta yer alan Yayla Gölü, göle sızan yeraltı suları, yağışlı dönemlerde ise yağış ve vadilerden göle boşalan yüzey suları ile beslenmektedir. Göl derinliği maksimum 4 metredir. Ancak göl suyunun yaz aylarında sulamada kullanılması, su seviyesinin düşmesine neden olmaktadır.

3. 1. 3. Ortakçı Sıcak ve Mineralli Su Kaynağı

Kaynak, dar ve derin bir vadi içinde (Hamam Deresi), eski bir hamam kalıntısının yanından boşalmaktadır. Kaptaj yeri tamamen kapalı olduğu için doğal çıkışı görmek mümkün değildir. Hamamın karşısındaki sırtta 38 odanın, vadi bitiminde ise 20 odalı bir otelin kalıntıları vardır. Ortakçı kaynağı 1974 yılına kadar kaplıca olarak kullanılmış, ancak bu tarihten sonra bazı anlaşmazlıklar nedeniyle bu kullanım durdurulmuş ve kaynak suyunun tamamı PVC boruyla kasabanın su deposuna iletilerek evlerde musluk suyu olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu durum günümüzde de devam etmektedir.

Ortakçı kaynağının sıcaklığı 1971 yılında 52 °C ölçülmesine karşın son üç yıldaki ölçümlerde 47.5 ile 48.1 °C arasında değişen değerler elde edilmiştir. İstanbul Üniversitesi, Türkiye Maden Suları (1975) kitabında 12.06.1969 tarihinde 74 °C olarak ölçülen sıcaklık değerinde bir hata olduğu sanılmaktadır. Çünkü Ortakçı kasabası sakinleri en azından son 70 yılda suyun sıcaklığında hissedilir bir değişme olmadığını ifade etmişlerdir. Ayrıca, 62 yıl önce yapılan ölçümde günümüzdeki ile aynı sıcaklık değerleri okunmuştur (Çağlar, 1948).

Kaynağın çıkış noktası görülemediğinden ve kaptajın sağlıklı yapıp yapılmadığı bilinmediğinden kaynak debisi konusunda kesin bir değer vermek zordur. Ama olası kaçaklar ihmal edilirse, PVC boru sökülerek yapılan ölçümde kaynak debisi 2.4 l/s olarak belirlenmiştir. Kasaba halkı, kaynağın su deposunu doldurma zamanından

hareketle, debinin uzun yıllar sabit kaldığını ifade etmişlerdir.

Ortakçı Kaynağı gnays, şist ve kuvarsitler içinde, D-B uzanımlı yay şekilli bir faydan boşalmaktadır (Şekil 1). Boşalım kotu 270 metredir. Gnays ve kuvarsitler fay ve kırık zonlarında çok çatlaklıdır. Egemen çatlak doğrultuları KD-GB ve KB-GD'dir.

Bazı kesimlerde birbirini kesen iki çatlak takımı gnayslarda baklava dilimi şeklinde yapıları neden olmuştur. Genellikle düşey ve dolgunuz olan çatlakların açıklıkları 0.1-8 cm arasında değişmektedir. Bu durum, yağış ve yüzey sularının beslenme alanındaki fay ve çatlaklar aracılığıyla gnays ve kuvarsitler içinde derinlere süzülmesine olanak sağlamaktadır. Derinlerdeki çatlaklarda dolaşan ve genç tektonik aktivite etkisiyle ısınan

basınç altındaki bu sular, kırık ve faylar boyunca yükselerek Ortakçı sıcak ve mineralli su kaynağını oluşturmuştur.

3. 2. Su Kimyası

Ortakçı sıcak ve mineralli suyunun kökenine bir yaklaşım sağlamak amacıyla bazı soğuk kaynak ve sondaj sularından kimyasal analiz için örnekleme yapılmıştır. Örneklemede su noktası olarak Süleymanlı Köyü civarında gnayslardan boşalan iki kaynak (Köy çeşmesi ve Çavuş Pınarı) ile sondaj suyu, Yayla Gölü suyu ve Kovanoluk Köyü civarında şistlerden çıkan iki kaynak (Sekizpınar kaynakları) seçilmiştir (Şekil 1). Bu su noktalarının kotları 1150-1200 m arasındadır. Örneklenen sulara ait analiz sonuçları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Suların Kimyasal Analiz Sonuçları (EC μ S/cm, diğerleri mg/l cinsindedir)

	Süleymanlı				Kovanoluk		Ortakçı				
	1	2	3	4	5	6	7 ^a	8 ^b	9 ^c	10 ^d	11 ^d
t °C	14.6	15.1	12.0	16.0	15.2	15.4	52.0	47.5	48.0	48.1	48.0
EC	85	164	448	121	318	302	1220	1451	*1453	1413	1453
pH	5.68	6.07	7.14	6.70	7.23	7.68	7.20	7.18	*7.10	6.99	7.02
Na	3.90	3.70	8.50	3.22	7.17	4.66	202	232	277	221	258
K	1.50	1.50	2.80	0.62	3.78	2.92	19.6	18.9	21.7	16.7	16.7
Ca	12.2	20.4	52.2	16.0	40.8	43.5	95.2	48.9	55.4	44.0	37.0
Mg	9.5	15.6	24.8	5.0	8.0	6.6	13.6	16.5	19.3	24.0	18.0
HCO ₃	37	74	278	37	113	146	439	492	*540	427	427
Cl	8.5	12.3	12.4	7.0	13.7	6.7	22.5	21.2	12.1	14.0	11.0
SO ₄	36.9	43.7	7.7	27.0	25.4	19.2	340	276	*350	327	369
SiO ₂	-	-	-	-	-	-	42.5	-	73.7	54.4	60.4
B	-	-	-	-	-	-	0.64	-	0.12	-	0.28
Al	-	-	-	-	-	-	0.02	-	0.07	-	0.02
Fe	-	-	-	-	-	-	-	-	0.23	-	0.15
F	-	-	-	-	-	-	4.00	-	*4.40	3.20	3.57
CO ₂	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28.0

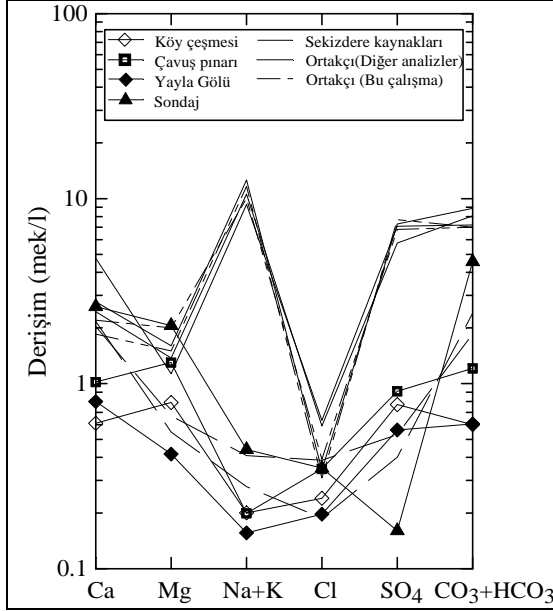
1. Köy çeşmesi, 2. Çavuş Pınarı, 3. Sondaj, 4. Yayla Gölü, 5 ve 6. Sekizpınar kaynakları, 7-11. Ortakçı Kaynağı. 7^a: 06.09.1971 (Türkiye Maden Suları, 1975); 8^b: 07.05.1999 (HÜ'de analiz edilmiştir); 9^c: 12.06.2000 (Kanada ACMELAB); 10^d: 02.06.2003 (Kaya, 2003), 11^d: 08.01.2004 ve * (Analizler sahada ve PAÜ Jeokimya Laboratuvarı'nda yapılmıştır)

Kimyasal analizler sonucunda, örneklenen soğuk suların sondaj ve Yayla Gölü suları ile şistlerden boşalan suların Ca-HCO₃, gnays ve kuvarsitlerden gelen suların Mg-HCO₃ ve Mg-SO₄, Ortakçı Kaynağı'nın ise Na-SO₄-HCO₃ tipinde olduğu belirlenmiştir (Şekil 2). Yarı logaritmik diyagramdan görüleceği gibi, gnays ve kuvarsitler ile şistlerden gelen sular genellikle birbiriyle uyumludur. Ortakçı sıcak ve mineralli su kaynağının Ca, Mg, Cl ve HCO₃ değerleri Süleymanlı sondaj suyu ile hemen hemen aynı iken Na, K ve SO₄ derişimleri sondaj ve diğer soğuk kaynak sularına oranla doğal olarak yüksektir.

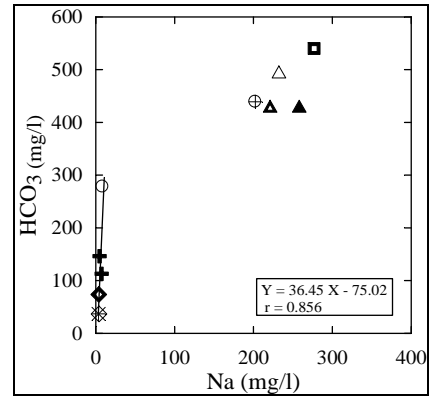
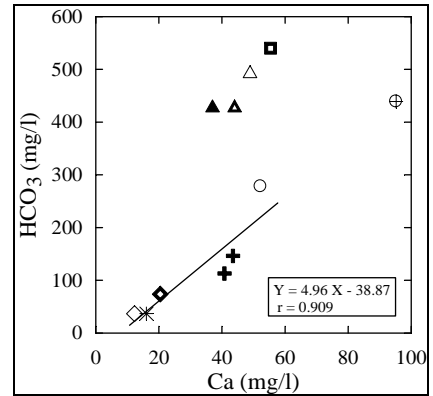
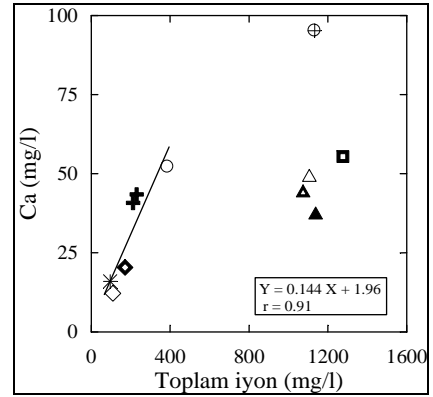
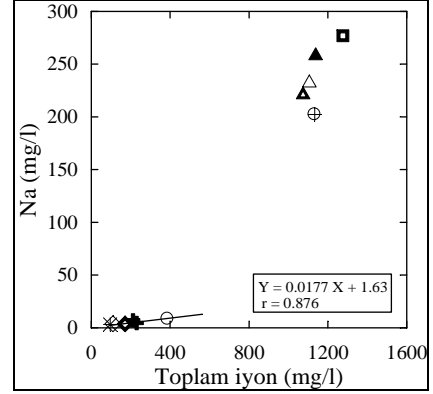
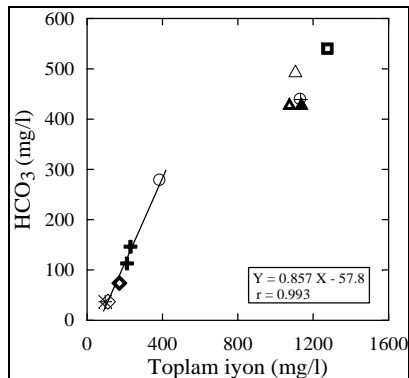
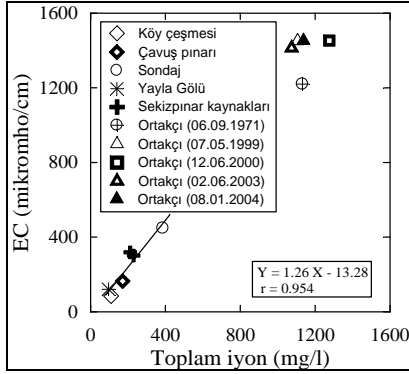
İnceleme alanındaki soğuk suların iyon-toplam iyon ve iyon-iyon miktarları arasındaki ilişkiyi görmek

için çizilen diyagramlar Şekil 3'de verilmiştir. Bu diyagramlarda, yağış ve yüzey sularının etkisinde olan Yayla Gölü suyu dışında, soğuk yeraltı sularının uç noktalarını Süleymanlı köy çeşmesi ve sondaj suyunun oluşturduğu görülmektedir. Köy çeşmesi ve Çavuş Pınarı, metamorfiteğin çatlaklarında sığ derinliklerde dolaşan yeraltı sularının kimyasal özelliğini yansıtır. Sekiz pınar kaynakları, şistlerin düşük geçirimsizliğe sahip ve kristal boyunun küçük olması ve böylece kaya-su dokanak yüzeyi ve süresinin artması nedeniyle iyon derişimi daha yüksek olan ara suları temsil eder. Buna karşın Süleymanlı Köyü sondaj suyu nispeten daha derinlerden gelen ve içinde bulunduğu gnays ve kuvarsitlerle daha uzun süre dokanak yapan yeraltı sularının kimyasal yapısını yansıtır. Şekil 3'deki tüm

diyagramlarda bu sıralama açıkça görülmektedir. Bu diyagramlar ayrıca soğuk suların toplam iyon-EC, HCO_3^- , Na^+ , Ca^{2+} ve HCO_3^- , Na^+ , Ca^{2+} miktarları arasındaki kuvvetli bir ilişkiyi de göstermektedir. Diğer iyonlar arasında da ilişki olmakla birlikte korelasyon katsayısı 0.85'in altında olanların diyagramları değerlendirilmemiştir.

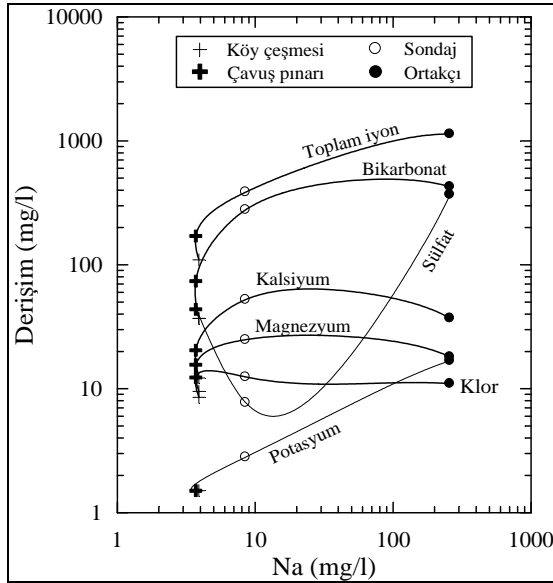


Şekil 2. Suların yarı logaritmik diyagramdaki dağılımı



Şekil 3. Suların toplam iyon-iyon ve iyon-iyon diyagramları (r : korelasyon katsayısı)

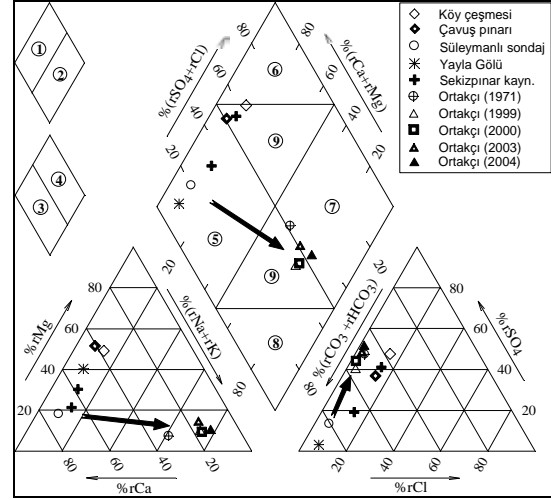
Gnays ve kuvarsitlerdeki yeraltı sularından Ortakçı kaynağına, suların hidrojeokimyasal evrimini incelemek için Ortakçı Kaynağı'ndaki başlıca katyon olan sodyum baz alınarak, sodyum-majör iyon varyasyon diyagramı çizilmiştir (Şekil 4). Bu diyagramda Köy çeşmesi ve Çavuş Pınarı bir, Ortakçı sıcak ve mineralli su kaynağı ise diğer uç noktayı temsil etmektedir. Ara noktada yer alan sondaj suyundan itibaren derinlerde dolaşan soğuk yeraltı suyunun ısınma ve termodinamik reaksiyonlar öncesi kimyasal yapısı bilinmediğinden Ortakçı kaynağına doğru uzanan eğri teoriktir. Şekil 4'de görüleceği gibi, iki uç nokta arasında Na-K iyonları için doğrusal bir ilişki vardır. Yeraltı sularında sıcaklık artışıyla suyun Na ve K miktarının da artması (deniz suyu karışımı ve evaporitik ortam dışında) olağandır. Toplam iyon miktarı 110 mg/l'den 1137 mg/l'ye yükselirken en büyük artış Na iyonlarında olmuştur. Kalsiyum ve magnezyum iyonları sondaj suyunda en yüksek değerlere erişmekte ve daha sonra Ortakçı Kaynağı'nda azalmaktadır. Sondaj suyundan Ortakçı Kaynağı'na doğru yüksek sülfat artışı, olasılıkla gnayslar içinde rastlanan şistlerdeki olası piritli zonların oksitlenmesi ile ilişkili olabilir.



Şekil 4. Suların sodyum-majör iyon diyagramı

Örneklenen kaynakları oluşturan yeraltı suları Ortakçı Kaynağı'nı beslemiyor olabilir. Çünkü Ortakçı Kaynağı'nın beslenme alanı yüksekliği bilinmemektedir. Ancak Köy Hizmetleri Denizli İl Müdürlüğü tarafından yöredeki metamorfitten boşalan kaynak sularında yapılan yayımlanmamış analizler (İsmail Edip Yılmazlı ile sözlü görüşme) Tablo 1'de verilen analiz sonuçları ile uyumludur. Bu açıdan inceleme alanında, derinlere süzülerek ısınan Ca-Mg-HCO₃ ve Mg-SO₄ tipindeki yeraltı sularının, içinde buldukları gnays, kuvarsit ve

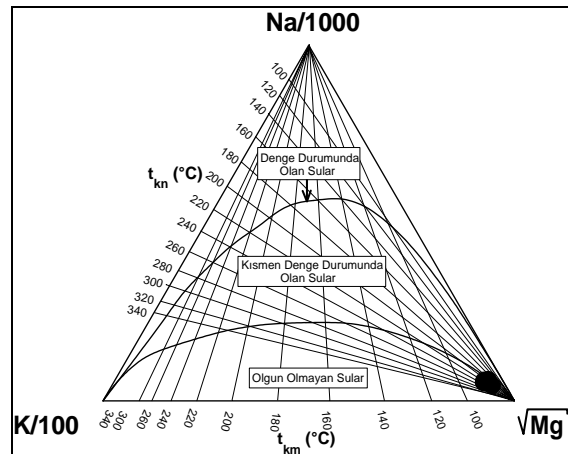
şistlerle kimyasal tepkimeye girerek Na-SO₄-HCO₃ tipine dönüştüğü söylenebilir (Şekil 5).



Şekil 5. Suların Piper diyagramındaki dağılımı (Oklar hidrojeokimyasal evrim yönünü gösterir)

3. 3. Ortakçı Kaynağı'nın Yeraltı Sıcaklığı

Ortakçı Kaynağı'nın toplam iyon, Na, K ve SiO₂ miktarı düşük, Ca miktarı ise nispeten düşüktür. Bunun nedeni jeotermal akışkanın çatlaklarında dolaştığı metamorfitten minerallerin çözünmeye karşı dirençli olması ve/veya akışkanın bu kayalarla kimyasal dengeye erişecek dokanak süresi ve sıcaklığa sahip olmamasıdır. Kaynağın değişik tarihlerdeki kimyasal kompozisyonu Na-K-Mg diyagramına (Giggenbach, 1988) yerleştirildiğinde suların "olgun olmayan sular" alanı ile "olgun olmayan sular"- "kısmen denge durumunda olan sular" sınırında toplandığı görülmektedir (Şekil 6). Bu nedenle Ortakçı Kaynağı'na yapılacak jeotermometre uygulamaları gerçekçi sonuçlar vermez. Ancak nispeten düşük sıcaklıklar için SiO₂ jeotermometresi uygulanabilir.



Şekil 6. Na-K-Mg diyagramı (Giggenbach, 1988)

Ortakçı Kaynağı'nın SiO₂ ve karşılaştırma için uygulanan Na/K ve Na-K-Ca jeotermometre sonuçları Tablo 2'de verilmiştir. Hesaplamalarda, kuvars jeotermometreleri (Fournier and Potter, 1982), 94-125 °C, buhar kaybı olmadığı varsayımına dayalı kalseduan jeotermometreleri (Fournier, 1973 ve 1977; Arnórsson et al., 1983) 64-92 °C, Na/K jeotermometreleri (Fournier ve Truesdell, 1973; Truesdell, 1976; Fournier, 1979; Arnórsson et al., 1983; Giggenbach, 1988) 139-239 °C ve Na-K-Ca jeotermometresi (Fournier, 1973) 160-168 °C arasında sıcaklıklar vermiştir.

Silis jeotermometrelerine göre elde edilen en yüksek sıcaklık 125 °C'dir. 120 °C'nin altında silisin allotrop çeşidi kalseduan olduğundan Ortakçı Kaynağı için en gerçekçi yeraltı sıcaklığı 64-92°C arasında kabul edilebilir.

Ortakçı Kaynağı'nın yeraltı sıcaklığına başka bir yaklaşım sağlamak için akışkan-mineral dengesine dayanarak çizilen diyagram Şekil 7a'da verilmiştir. Bu diyagram hazırlanırken hesaplamalar WATCH (Arnórsson et al., 1982; Bjarnason, 1994) programıyla, 50-200 °C sıcaklıklar arasında ve 25°C'lik basamaklarla yapılmıştır. Bu yöntemde çeşitli minerallerin her bir sıcaklık değerindeki doygunluk indeksi değerleri hesaplanır ve her mineral için sıcaklık-doygunluk indeksi doğruları çizilir. Bir grup mineral doğrusu, belli bir sıcaklık değerinde denge doğrusu ($\log(Q/K) = 0$) üzerinde keşişiyorsa o sıcaklık değeri en iyi yer altı sıcaklığını vermektedir. Diyagramdan, mineral doygunluğuna çoğu mineral için 90-125 °C arasında erişildiği görülmektedir. Diğer bir yaklaşım, jeotermal akışkanın yeraltından yüzeye yükselirken sıcaklığının kondüktif soğuma ile azaldığı kabulüdür. Buradan hareketle, bu çalışma kapsamında yapılan analizlerden hesaplanan 82 °C'lik kalseduan sıcaklığından itibaren 40 °C'ye 5 basamakla mineral doygunlukları hesaplanmıştır. Hesaplamalar WATCH (Arnórsson et al., 1982; Bjarnason, 1994) programının kondüktif soğuma kabulüne göre yapılmıştır. Buna göre çizilen $\log(Q/K)$ diyagramından 60 °C ile 80 °C arasında değişen yeraltı sıcaklıkları elde edilmiştir (Şekil 7b).

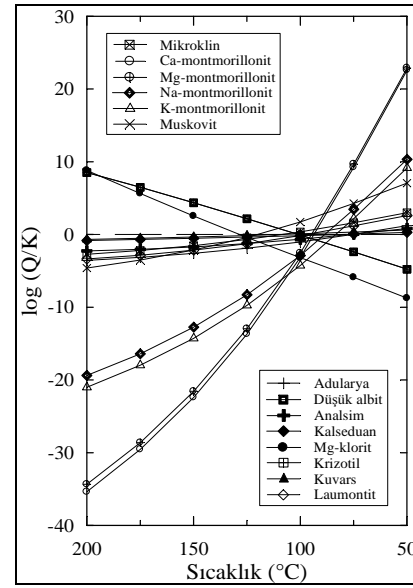
Jeotermal akışkanın yeraltında 100 °C'den kondüktif soğuma ile boşalım sıcaklığına soğuduğu kabulüne göre bu sıcaklık aralığında akışkanın kimyasal kompozisyonundaki değişimler incelenmiştir. Hesaplamalarda WATCH programı kullanılmıştır. Buna göre, akışkanın derindeki pH, Na, K, Ca, Cl, HCO₃ ve F değerleri yüzeyde hemen hemen hiç değişmemiştir (Şekil 8). Tek değişim derinden yüzeye Mg ve SO₄ miktarlarındaki artıştır. Ancak kimyasal analiz değerleri, Mg, SO₄ ve HCO₃

iyonları için, boşalım sıcaklığında teorik olarak hesaplanarlardan oldukça yüksek değerler vermiştir.

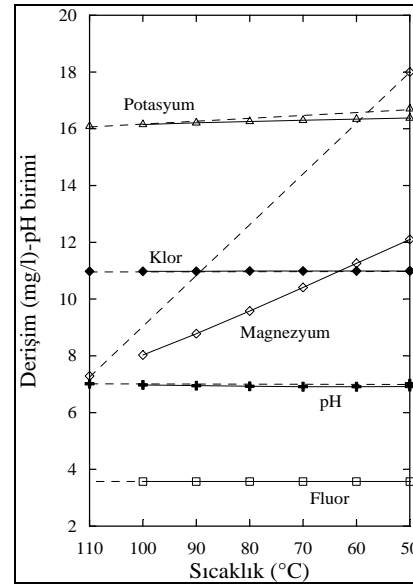
Jeotermal akışkanın geldiği derinlik kalseduan jeotermometresi ile hesaplanan değer kullanıldığında aşağıdaki eşitlikle hesaplanabilir:

$$D = (S_k - S_o) \cdot J_g$$

Burada; D: Suyun geldiği derinlik, S_k: Kalseduan jeotermometre sıcaklığı, S_o: Yörenin yıllık ortalama hava sıcaklığı ve J_g: Ortalama jeotermik gradyandır.

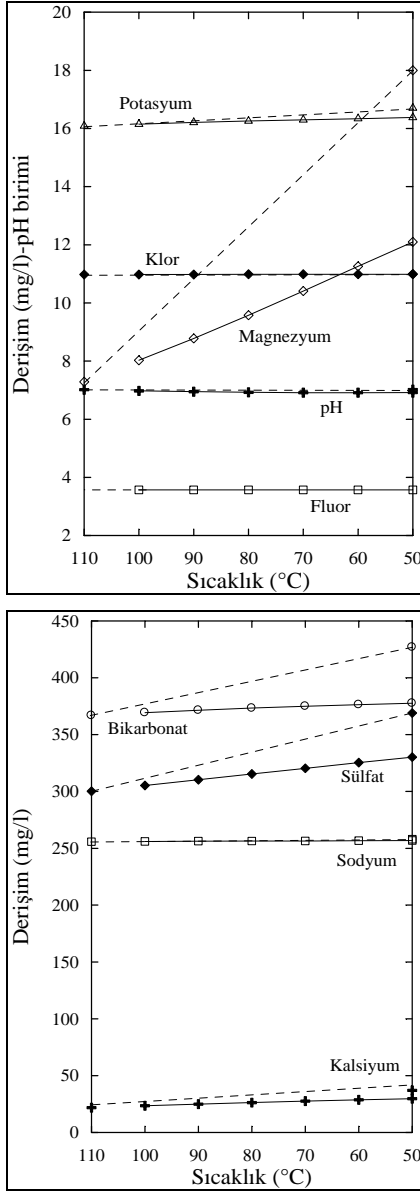


(a)



(b)

Şekil 7. Ortakçı kaynağının bazı mineraller için doygunluk indeksi-sıcaklık diyagramları; a) Kondüktif soğuma yok ve b) kondüktif soğuma var kabulüyle çizilmiştir



Şekil 8. Ortakçı kaynağının derinden yüzeye yükselirken kimyasal kompozisyonundaki teorik değişimler (kesikli çizgiler jeotermal akışkanın 110 °C'de teorik olarak hesaplanan değerle yüzeyde analiz edilen değerlerini birleştirir)

Bu bağıntıya göre suyun geldiği derinlik $D = (82-15.3).33 = 2200$ m olarak hesaplanmıştır. İnceleme alanının 8 km doğusunda bulunan Kızıldere ve Tekkehamam jeotermal alanlarında yapılan gradyan ölçümlerinde 1 °C/10 m ile 10 °C/10m arasında değişen değerler elde edilmiştir (Demirörer, 1969 ve Şimşek, 1978). Bu değerler ortalama jeotermal gradyandan 3.3-33 kat fazladır. Ortakçı Kaynağı da Kızıldere, Nazilli-Güvendik, Aydın-İmamköy, Ilıcabaşı ve Ömerbeyli jeotermal sahaları gibi Büyük Menderes Grabeni'nin daha aktif ve dolayısıyla jeotermal gradyanın normalden çok daha yüksek olduğu kuzey kenar fayı üzerinde yer almaktadır. Bu

nedenle Ortakçı jeotermal akışkanının geldiği derinlik yüzeye (yukarıda hesaplanan değerden) çok daha yakındır.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Ortakçı sıcak ve mineralli suyu gnays, kuvarsit ve şistler içinde, genç tektonik aktivite ile ısınarak fay ve çatlaklar aracılığıyla yüzeye erişen meteorik kökenli bir sudur. Kimyasal yapısı $\text{Na-SO}_4\text{-HCO}_3$ tipindedir ve bu yapısını Ca-Mg-HCO_3 ve Mg-SO_4 'lı soğuk suların hidrojeokimyasal evrimiyle kazanmıştır. Kısmen de olsa içinde bulunduğu kayalarla kimyasal dengeye erişmemiştir. Jeotermal akışkanın yeraltı sıcaklığı 80 °C civarındadır.

Ortakçı Kaynağı'nın, içme ve kullanma suyu yerine kaynağın çıktığı vadi dışında uygun bir alanda yapılacak tesislerle banyo ve tedavi amaçlı kullanılması, hem bu kaynağın sağlık turizmüne kazandırılması hem de yöre ekonomisine katkı sağlaması açısından çok daha uygun olacaktır.

5. EKLER

5. 1. Silis Jeotermometreleri

1. Kuvars (Fournier and Potter, 1982)

$$t^{\circ}\text{C} = C_1 + C_2S + C_3S^2 + C_4S^3 + C_5 \log S$$

$$C_1 = -42.198, C_2 = 0.28831, C_3 = -3.6686 \times 10^{-4},$$

$$C_4 = 3.1665 \times 10^{-7}, C_5 = 77.034, S = \text{SiO}_2$$

2. Kuvars-buhar kaybı yok (Fournier, 1973)

$$t^{\circ}\text{C} = \frac{1309}{5.19 - \log \text{SiO}_2} - 273.15$$

3. Kalseduan-buhar kaybı yok (Fournier, 1977)

$$t^{\circ}\text{C} = \frac{1032}{4.69 - \log \text{SiO}_2} - 273.15$$

4. Kalseduan-buhar kaybı yok (Arnórsson et al., 1983)

$$t^{\circ}\text{C} = \frac{1112}{4.91 - \log \text{SiO}_2} - 273.15$$

Na/K Jeotermometreleri :

5. Truesdell (1976)

$$t^{\circ}\text{C} = \frac{856}{0.857 - \log(\text{Na} / \text{K})} - 273.15$$

6. Fournier (1979)

$$t^{\circ}C = \frac{1217}{1.483 - \log(Na / K)} - 273.15$$

7. Arnórsson et al., (1983)

$$t^{\circ}C = \frac{933}{0.993 - \log(Na / K)} - 273.15$$

8. Giggenbach (1988)

$$t^{\circ}C = \frac{1390}{1.75 - \log(Na / K)} - 273.15$$

9. Fournier ve Truesdell (1973)

$$t^{\circ}C = \frac{777}{0.70 - \log(Na / K)} - 273.15$$

Na-K-Ca Jeotermometresi :

10. Fournier (1973)

$$t^{\circ}C = \frac{1647}{\log(Na / K) + \beta(\log(\sqrt{Ca} / Na) + 2.06) + 2.47} - 273.15$$

6. TEŞEKKÜR

Bu çalışma PAÜ., Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenen 2002MHF001'nolu araştırma projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir.

7. KAYNAKLAR

Arnórsson, S., Sigurdsson, S. and Svavarsson, H., 1982. The Chemistry of Geothermal Waters in Iceland I. Calculation of Aqueous Speciation from 0°C to 370°C. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 46, 1513-1532.

Arnórsson, S., Gunnlaugsson, E. and Svavarsson, H., 1983. The Chemistry of Geothermal Waters in Iceland III, Chemical Geothermometry in Geothermal Investigations. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 47, 567-577.

Bjarnason, J. Ö. 1994. The Speciation Program WATCH, Version 2.1. 7 pp, Orkustofnun, Reykjavik-Iceland.

Can, A. 1966. Menderes Masifi Buldan Bölgesine Ait UŞAK L21-c4 ve d3 Paftaları Jeoloji Raporu. MTA Rapor No: 5192, Ankara.

Çağlar, K. Ö. 1948. Türkiye Maden Suları ve Kaplıcaları. MTA Yayını, Seri B, No:11, Fasikül 2, Ankara.

Demirörer, M. 1969. Denizli-Sarayköy Gradyent Etüdüleri. MTA Rapor No:4141, Ankara.

Ercan, T., Dinçel, A., Günay, E. ve Türkecan, A. 1977. Uşak Yöresinin Jeolojisi ve Volkanitlerinin Petrolojisi. MTA Rapor No: 6354, Ankara.

Fournier, R. O. 1973. Silica in Thermal Waters: Laboratory and Field Investigations. *Proceedings of the International Symp. on Hydrogeochemistry and Biochemistry*, Tokyo, Vol. 1, Clark Co., Washington D.C., 122-139.

Fournier, R. A. and Truesdell, A. H. 1973. An Empirical Na-K-Ca Geothermometer for Natural Waters. *Geochim. Cosmochim. Acta* 37, 515-525.

Fournier, R. O. 1977. Chemical Geothermometers and Mixing Models for Geothermal Systems. *Geothermics*, 5, 41-50.

Fournier, R. O. 1979. A Revised Equation for the Na/K Geothermometer. *Geoth. Res. Council, Transactions*, 3, 221-224.

Fournier, R. O. and Potter, R.W. 1982. A Revised and Expanded Silica (Quartz) Geothermometer. *Geoth. Res. Council Bull.*, 11(10), 3-12.

Giggenbach, W. F. 1988. Geothermal Solute Equilibria, Derivation of Na-K-Mg-Ca Geoindicators. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 52, 2749-2765.

Gökgöz, F. 2004. Buldan Yöresi (Denizli) Metamorfik Kayaçlarının Mineralojik, Petrografik ve Jeokimyasal İncelemesi. Yüksek Lisans Tezi (yayımlanmamış), PAÜ Fen Bil. Enst., 94 sayfa, Denizli.

İstanbul Üniversitesi, 1975. Türkiye Maden Suları, Ege Bölgesi, İstanbul Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Hidroklimatoloji Kürsüsü, İstanbul, 3, 335 s.

Kastelli, M. 1971. Denizli-Sarayköy-Çubukdağ-Karacasu Alanı Jeoloji İncelemesi. MTA Rapor No: 4573, Ankara.

Kaya, M. 2003. Ortakçı Kaplıcasının (Buharkent-Aydın) Hidrojeolojik Açından İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi (yayımlanmamış), PAÜ Fen Bil. Enst., 88 s., Denizli.

Şengör, A.M.C. and Yılmaz, Y. 1981. Tethyan Evolution of Turkey : A Plate Tectonic Approach. *Tectonophysics*, 75, 181-241.

Şimşek, Z. 1978. Tekkehamam Jeotermal Alanı Gradyent Sondajları Değerlendirmesi. MTA Rapor No:6236, Ankara

Şimşek, Ş. 1984. Denizli-Kızıldere-Tekkehamam-Tosunlar-Buldan-Yenice Alanının Jeolojisi ve Jeotermal Enerji Olanakları. MTA Rapor No. 7846, Ankara.

Şimşek, Ş. 2003. Hydrogeological and Isotopic

Survey of Geothermal Fields in the Büyük Menderes Graben. Turkey. *Geothermics*, Vol. 32, 4 (6), 669-678.

Taner, G. 2001. "Denizli Bölgesi Neojen'ine Ait Katların Stratigrafik Konumlarında Yeni Düzenleme". **54. Türkiye Jeoloji Kurultayı**, 7-10 Mayıs 2001, Ankara, Bildiriler Kitabı, 54-79.

Truesdell, A.H. 1976. Summary of Section III, Geochemical Techniques in Exploration. Proc. 2nd UN Symp. on the Development and Use of Geothermal Resources, San Frans., 1975, Vol. 1, liii-lxxix.