



Aydın İli Batısındaki Bazı Sıcak Su Kaynaklarında Deprem Kaynaklı Hidrokimyasal Değişimler: 30 Ekim 2020 Samos Depremi (Mw:6.9)

Earthquake-Induced Hydrochemical Changes in Some Hot Water Springs in the West of Aydın Province: 30 October 2020 Samos Earthquake (Mw:6.9)

ÖZKAN ATEŞ¹ Orcid: 0000-0002-7562-7399

SÜHA ÖZDEN² Orcid: 0000-0001-6321-0812

¹Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çan Meslek Yüksekokulu, Madencilik ve Maden Çıkarma Bölümü, Çan/Çanakkale

²Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Çanakkale

Geliş (received): 13/11/2023

Kabul (Accepted): 6/12/2023

ÖZ

Çalışma alanı Batı Anadolu'da, Aydın iline ait Söke, Germencik ve Kuşadası ilçeleri ile yakın çevresinde bulunan jeotermal alanları kapsamaktadır. Çalışma alanı ve yakın civarı aletsel dönemdeki depremler açısından oldukça aktif bir bölge olduğu gibi jeotermal sistemler açısından da oldukça zengin bir bölgedir. Bu alanlar doğudan batıya doğru, Ömerbeyli, Bozköy, Çamur ve Gümüş (Germencik) jeotermal alanları, Sazlıköy (Söke) jeotermal alanı ve Ilıca, Davutlar, Bataklık Pınarı (Kuşadası) jeotermal alanlarıdır. Çalışma alanında, kuzeyden güneye doğru Türkiye Diri Fay Haritası'nda aktif olarak belirtilen Efes Fayı, Kuşadası Fay Zonu, Davutlar Fayı ve güneyde Büyük Menderes Grabeni'nin kuzey sınırında yer alan Söke Fayı bulunmaktadır. Bu bölgenin büyük bölümü, geçmişte olduğu gibi günümüzde de deprem riski altında bulunmaktadır. Aletsel dönemde, 1900 yılından günümüze kadar bu bölgede M=4.0'den büyük yaklaşık 80 adet deprem olmuştur. Ayrıca bölgede 1955 yılında 1 adet M=6.8 ve 2020 yılında 1 adet Mw=6.9 büyüklüğünde depremler meydana gelmiştir. Bu çalışma kapsamında Aydın ilinde Gümüşköy (Germencik), Sazlıköy (Söke) ve Davutlar (Kuşadası) jeotermal alanlarındaki sıcak su kaynaklarından yaklaşık altı ay süren bir izleme çalışması yapılarak çalışma alanındaki jeotermal kaynaklar ile aktif fayların ilişkisi ortaya çıkarılarak bu yüksek deprem aktivitesi ile ilişkilendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Aydın, Davutlar Fayı, Söke Fayı, Jeotermal Enerji, Aktif Tektonik, Deprem

Özkan ATEŞ ozkanates@comu.edu.tr

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çan Meslek Yüksekokulu, Madencilik ve Maden Çıkarma Bölümü,
Çan/Çanakkale

ABSTRACT

The study area covers the geothermal areas in Western Anatolia, Söke, Germencik, and Kuşadası districts of Aydın province and their immediate surroundings. The study area and its immediate surroundings are not only a very active region in terms of earthquakes in the instrumental period, but also a very rich region in terms of geothermal systems. These areas, from east to west, are Ömerbeyli, Bozköy, Çamur, and Gümüş (Germencik) geothermal areas, Sazlıköy (Söke) geothermal area, and Ilıca, Davutlar, Bataklik Pınarı (Kuşadası) geothermal areas. In the study area, from north to south, there are the Efes Fault, Kuşadası Fault Zone, Davutlar Fault, which is also indicated as active on the Active Fault Map of Turkey, and the Söke Fault, located on the northern border of the Büyük Menderes Graben, in the south. A large part of this region is at risk of earthquake today, as it was in the past. In the instrumental period, from 1900 to the present day, there have been approximately 80 earthquakes greater than $M=4.0$ in this region. In addition, a $M=6.8$ earthquake occurred in the region in 1955, and a $M_w=6.9$ earthquake occurred in 2020. Within the scope of this study, a monitoring study lasting approximately six months was carried out on the hot water resources determined in the geothermal areas of Gümüşköy (Germencik), Sazlıköy (Söke) and Davutlar (Kuşadası) in Aydın province. The relationship between the geothermal resources and active faults in the study area was revealed, and this was associated with high earthquake activity.

Keywords: Aydın, Davutlar Fault, Söke Fault, Geothermal Energy, Active Tectonic, Earthquake

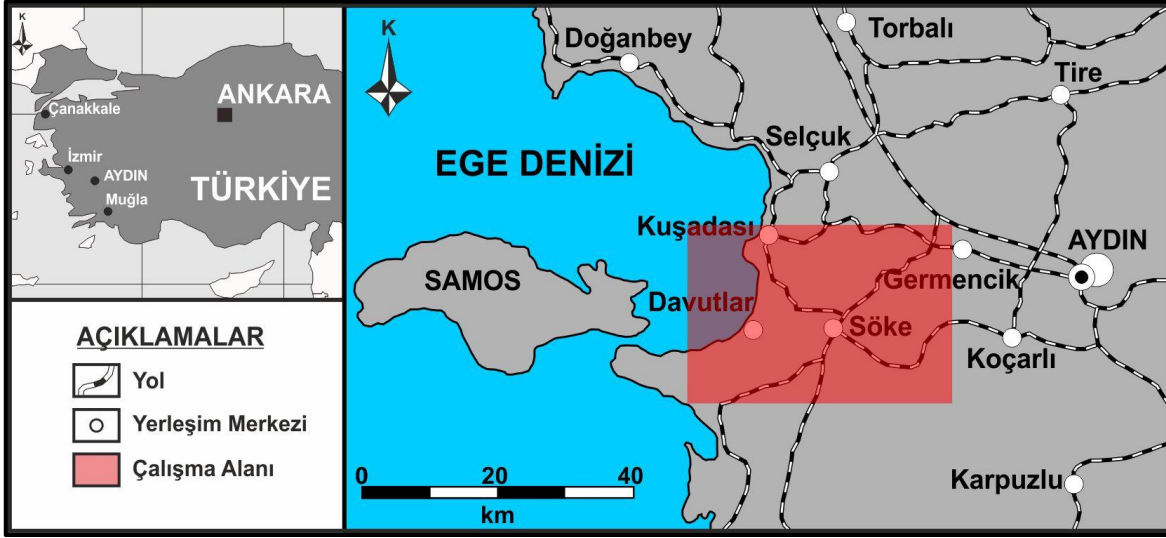
GİRİŞ

Tarihsel dönemlerden beri akifer sistemlerinin depremlerle olan ilişkisi insanların dikkatini çekmiştir. Kaynakların debi artışı, nehir akışındaki değişiklikler, su kaynakların kaybolması veya yenilerinin oluşması gibi makroskobik etkiler, gelişmiş ekipmana ihtiyaç duyulmadan fark edilmiştir. Geçtiğimiz yüzyılda, deprem öncesi, sırasında ve sonrasında su kaynaklarında debi değişimleri ve su kuyularında yer altı su seviyesinde değişiklikler gözlemlenmiştir (Woith ve diğ., 2013). Depremlerin öncesinde, sırasında ve sonrasında yeni su kaynaklarının oluşumu ya da var olan su kaynaklarının kaybolması olağandır. 1999 İzmit ve Düzce depremlerinde, 2011 Simav depreminde, 2014 Gökçeada açıklarındaki depremde, 2019 Tartışık-Ayvacık depreminde

ve 2020 Samos depreminde de bazı jeotermal kaynak ve sondaj kuyu sularında fiziksel ve kimyasal değişimler meydana gelmiştir (Şimşek ve Yıldırım, 2000; Ateş ve Tutkun, 2014; Kaçar ve diğ., 2017, Şanlıyüksel Yücel ve diğ., 2021; Ateş ve diğ., 2023).

Bu çalışmada, Batı Anadolu'da yer alan Aydın ilinde Efes, Kuşadası, Davutlar ve Söke Fayları ve çevresinde yer alan jeotermal alanlarda belirlenen sıcak su kaynaklarında, kaynak başında ölçümler (pH, iletkenlik ve sıcaklık) ve sıcak su kaynaklarından örnekler alınarak hidrokimyasal analizler (Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} ve HCO_3^-) yapılmıştır. Sıcak su kaynaklarının hidrokimyasal özellikleri ortaya çıkarılmıştır. Örnekleme ve yerinde ölçümler düzenli olarak belirli periyotlarda gerçekleştirilmiştir. Depremsellik açısından da oldukça aktif olan bu bölgede yer alan sıcak su kaynaklarının hidrokimyasal özelliklerinin aktif tektonik ile olan ilişkisi ortaya çıkarılmıştır.

Türkiye Diri Fay Haritası'nda aktif fay olarak gösterilen Efes Fayı, Kuşadası Fay Zonu, Davutlar Fayı ile Söke Fayı ve çevresinde yer alan çalışma alanı, Aydın (Batı Anadolu) ili içerisinde yer almaktadır (Şekil 1). Bölge aletsel dönemdeki depremler açısından oldukça aktif bir bölge olduğu gibi jeotermal sistemler bakımından da oldukça zengin bir bölgedir. Bu bölgenin büyük bölümü, geçmişte olduğu gibi günümüzde de deprem riski altında bulunmaktadır. Kuzeyden güneye doğru yaklaşık KKB-GGD uzanımlı Efes Fayı, yaklaşık D-B gidişli Kuşadası Fay Zonu, yaklaşık D-B gidişli Davutlar Fayı ve Büyük Menderes Grabeni'nin kuzey sınırında yer alan KD-GB gidişli Söke Fayı bölgenin en önemli aktif faylarıdır. Bu fayların yanı sıra alanda pek çok aktif tektonik unsurun da olduğu bilinmektedir. Bununla birlikte çalışma alanı ve çevresinde aletsel dönemde (1900-2021) magnitüdü $M=4.0$ 'den büyük yaklaşık 85 adet depremin meydana geldiği ve aktivitenin halen devam etmekte olduğu bilinmektedir. Ayrıca bölgede 1955 yılında 1 adet $M=6.8$ ve 2020 yılında 1 adet $M_w=6.9$ büyüklüğünde depremler meydana gelmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru haritası

Figure 1. Location map of the study area

Çalışma alanı ve yakın civarı aletsel dönemdeki depremler açısından oldukça aktif bir bölge olduğu gibi jeotermal sistemler açısından da oldukça zengindir. Bu alanlar doğudan batıya doğru, Ömerbeyli, Bozköy, Çamur ve Gümüş (Germencik) jeotermal alanları, Sazlıköy (Söke) jeotermal alanı ve Ilica, Davutlar, Bataklık Pınarı (Kuşadası) jeotermal alanlarıdır. Bu jeotermal alanların çoğu da aktif fay zonları üzerinde bulunmaktadır. Bu jeotermal alanlarda belirlenen sıcak su kaynaklarından yaklaşık altı ay süren bir izleme çalışması yapılarak, çalışma alanındaki jeotermal kaynaklar ile aktif fayların ilişkisi ortaya çıkarılmıştır.

METOD VE BULGULAR

Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada Aydın ili Germencik, Söke ve Kuşadası ilçelerinde yer alan bazı jeotermal alanlarda aktif fay hatları ile ilişkili sıcak su kaynakları belirlenmiştir. Bu kaynaklar; Gümüşköy (Germencik), Sazlıköy (Söke) ve Davutlar (Kuşadası) sıcak su kaynaklarıdır. Üç adet jeotermal alandaki sıcak su kaynaklarında altı ay boyunca beş örnekleme döneminde (20 Haziran 2020, 21 Ağustos 2020, 02 Ekim 2020, 31 Ekim 2020 ve 15 Kasım 2020) yerinde ölçüm ve su örnekleme gerçekleştirilmiştir. Kaynakların başında pH, iletkenlik (EC) ve sıcaklık (T) ölçümleri yapılmıştır. Sıcak suların HCO_3^- analizleri laboratuvarında titrasyon yöntemi ile

belirlenmiştir. Alınan sıcak su örneklerinin majör anyon ve katyon analizleri Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi Laboratuvarları'nda ICP-OES (Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ , K^+ ve B) ve iyon kromatografisi (Cl^- ve SO_4^{-2}) cihazlarında yapılmıştır.

Çalışma Alanındaki Jeotermal Alanların Hidrokimyasal Özellikleri

Bu çalışmada Haziran 2020-Kasım 2020 tarihleri arasında bölgede belirlenen 3 adet sıcak su kaynaklarından düzenli olarak belirli periyodik zamanlarda yerinde ölçüm ve örnekleme çalışmaları yapılmıştır. Bu alanlar Germencik ilçesindeki Gümüşköy (GK), Söke ilçesindeki Sazlıköy (SK) ve Kuşadası ilçesindeki Davutlar (DK) sıcak su kaynaklarıdır (Şekil 2). Bu üç sıcak su kaynağında, yerinde ölçüm ve örnekleme çalışmaları yapılmıştır.



Şekil 2. Çalışma alanında örnekleme yapılan jeotermal alanlar (MTA, 2005)

Figure 2. Geothermal areas sampled in the study area (MTA, 2005)

GK sıcak su kaynağı Aydın ili Germencik ilçesinin yaklaşık 10 km batısında Germencik-Ortaklar yolu üzerinde yer alır. Sıcak su Gümüşköy köyündeki Magnezköy Termal Tatil Köyü tesisleri içerisinde doğal kaynak olarak yüzeye ulaşarak doğal bir havuza ulaşmaktadır (Şekil

3). SK sıcak su kaynağı Aydın ili Söke ilçesinin yaklaşık 15 km kuzeydoğusunda Germencik-Söke yolu üzerinde yer alır. Sıcak su Sazlıköy köyü çıkışında ana yol kenarında doğal kaynak olarak yüzeye ulaşarak doğal bir havuz oluşturmuştur (Şekil 3). DK sıcak su kaynağı Aydın ili Kuşadası ilçesi Davutlar beldesinin güneyinde Kuşadası-Güzelçamlı yolu üzerinde yer alır. Sıcak su Davutlar beldesinde yer alan Radon Termal Otel içerisinde doğal kaynak olarak yüzeye ulaşır ve otelin havuzuna boşalmaktadır (Şekil 3).



Şekil 3. GK, SK ve DK sıcak su kaynakları
Figure 3. GK, SK and DK thermal water springs

Bu üç jeotermal alanda beş farklı dönemde; yüzey sıcaklığı, pH ve EC değerleri GK sıcak su kaynağında sırasıyla 39,10-40,20 °C, 6,37-7,04 ve 4101-4153 $\mu\text{s/cm}$ aralığında, SK sıcak su kaynağında sırasıyla 25,60-27,10 °C, 5,53-7,28 ve 1122-1167 $\mu\text{s/cm}$ aralığında ve DK sıcak su kaynağında sırasıyla 38,10-43,40 °C, 5,58-6,64 ve 9182-10120 $\mu\text{s/cm}$ aralığında ölçülmüştür (Çizelge 1).

Çizelge 1. Çalışma alanındaki sıcak su kaynaklarının analiz sonuçları
 Table 1. Analysis results of thermal water springs in the study area

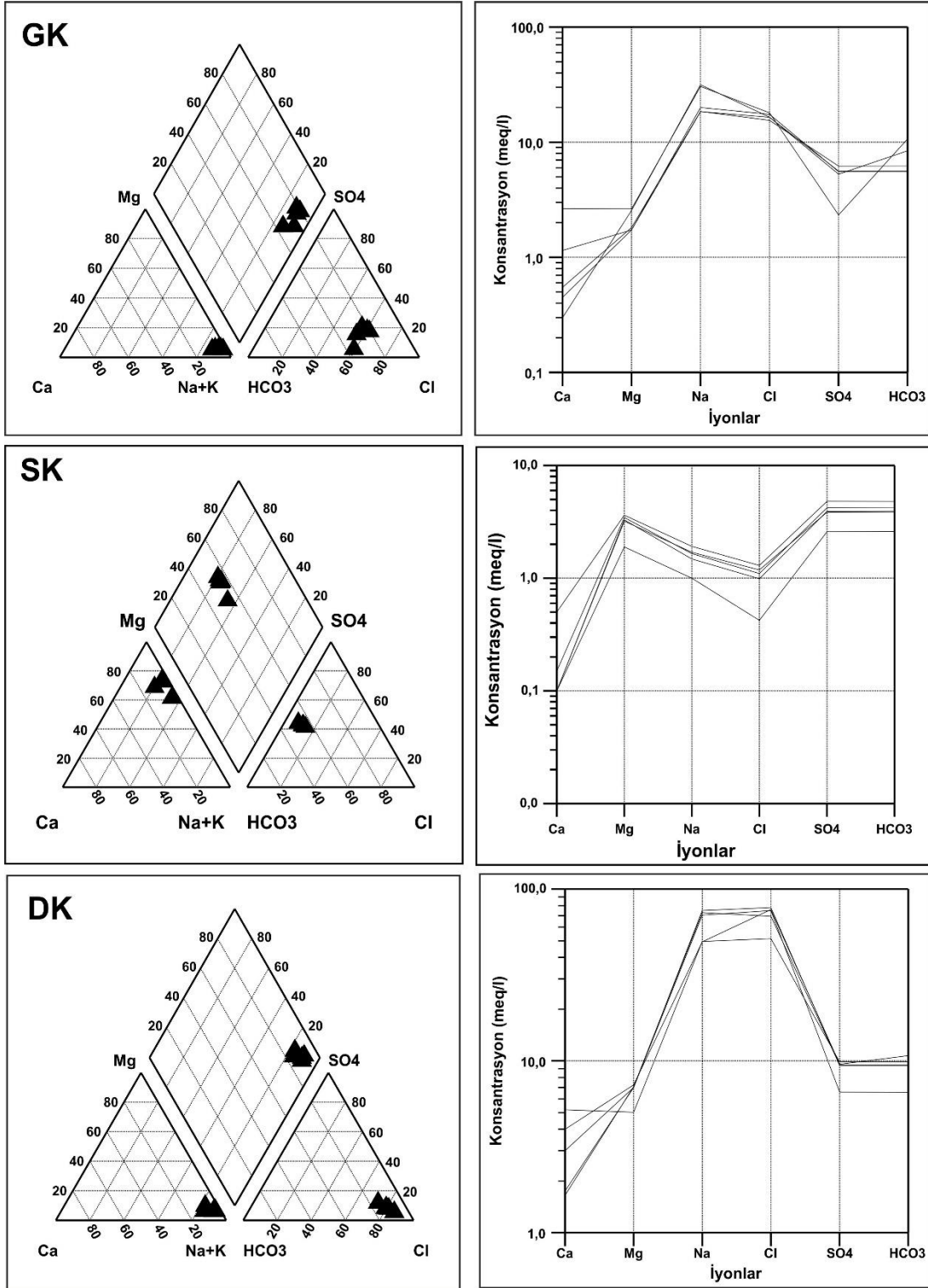
	Tarih	T (°C)	pH	EC µs/cm	Ca (mg/l)	Na (mg/l)	Mg (mg/l)	K (mg/l)	B (mg/l)	Cl (mg/l)	SO ₄ (mg/l)	HCO ₃ (mg/l)
	20.06.2020	40,20	6,74	4145	6,24	726,30	31,08	50,83	7,81	586,33	253,94	514,43
	21.08.2020	39,30	6,37	4132	9,32	460,40	21,23	33,29	4,82	620,43	266,02	338,16
GK	02.10.2020	39,70	7,04	4153	23,55	424,00	21,29	30,36	4,54	584,97	269,44	342,52
	31.10.2020	39,20	6,82	4101	53,11	702,70	32,77	53,11	7,15	639,50	112,78	651,84
	15.11.2020	39,10	6,58	4137	11,32	426,80	22,18	32,83	4,85	549,52	298,67	379,66
	20.06.2020	26,70	6,69	1122	2,46	39,54	46,40	2,98	0,84	42,54	185,85	236,25
	21.08.2020	27,10	5,53	1138	10,78	44,24	44,46	3,73	0,81	46,09	231,01	293,66
SK	02.10.2020	27,10	7,14	1140	2,32	19,97	23,42	1,07	0,55	15,95	124,58	158,36
	31.10.2020	26,10	6,14	1145	3,73	38,75	42,69	2,73	0,89	39,00	102,07	258,87
	15.11.2020	25,60	7,28	1167	2,87	34,20	40,20	2,55	0,82	35,45	188,84	240,05
	20.06.2020	43,40	6,50	9182	60,99	1725,00	85,83	92,09	2,83	2765,33	450,42	572,57
	21.08.2020	41,70	6,00	9651	80,16	1134,00	88,87	91,96	2,80	2694,43	459,02	654,70
DK	02.10.2020	38,10	6,64	10120	104,10	1139,00	61,29	62,12	1,91	1825,83	473,37	601,75
	31.10.2020	38,40	6,44	10100	35,36	1620,00	85,97	92,07	2,79	2658,98	316,18	401,92
	15.11.2020	41,40	5,58	9412	33,35	1675,00	86,45	92,99	2,64	2641,25	453,19	576,09

Sıcak su kaynaklarından alınan örneklerin yapılan analizler sonrası belirlenen majör iyon analiz sonuçları hidrojeokimyasal grafiklere aktarılarak anyon ve katyon dizilimleri belirlenmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Çalışma alanındaki sıcak su kaynaklarının anyon ve katyon dizilimi
 Table 2. Anion and cation sequences of hot water sources in the study area

Lokasyon	Anyon	Katyon
GK	Na>K>Mg>Ca	Cl>SO ₄ >HCO ₃
SK	Mg>Na>Ca>K	HCO ₃ >SO ₄ >Cl
DK	Na>K>Mg>Ca	Cl>HCO ₃ >SO ₄

Majör anyon/katyon analiz sonuçları, su tipini belirlemek üzere Piper (Piper, 1944) ve Schoeller (Schoeller, 1955) hidrojeokimyasal değerlendirme amaçlı sayısal diyagramlarına aktarılmıştır. Buna göre GK sıcak su kaynağı Na-Cl-HCO₃-SO₄ su tipini, SK sıcak su kaynağı Mg-Na-HCO₃-SO₄ su tipini ve DK sıcak su kaynağı Na-Cl su tipini yansıtmaktadır (Şekil 4).



Şekil 4. Çalışma alanındaki sıcak su kaynaklarından alınan verilere göre hazırlanmış Piper ve Schoeller diyagramları

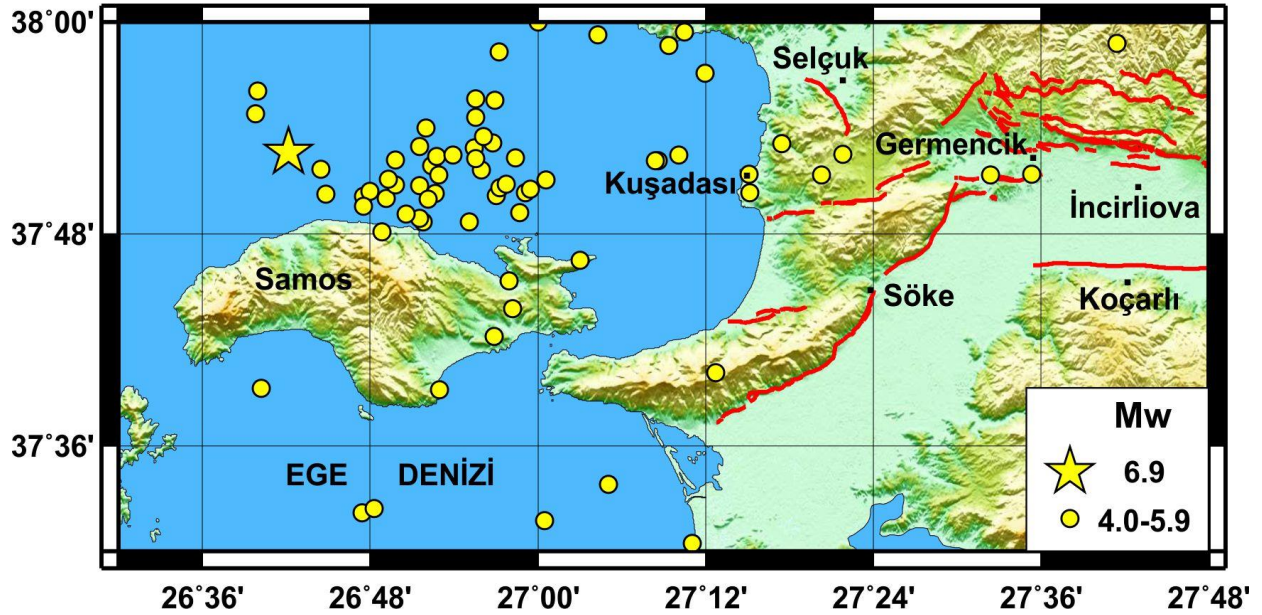
Figure 4. Piper and Schoeller diagrams were prepared according to data taken from hot water sources in the study area

Çalışma Alanı ve Yakın Çevresinin Depremselliği

Türkiye Diri Fay Haritası'nda aktif fay olarak gösterilen Efes Fayı, Kuşadası Fay Zonu, Davutlar Fayı ve güneyde Büyük Menderes Grabeni'nin kuzey sınırında yer alan Söke Fayı ve çevresinde yer alan çalışma alanı, Aydın ilinin batısında yer almaktadır. Bu bölgenin büyük bölümü, geçmişte olduğu gibi günümüzde de deprem riski altında bulunmaktadır. Kuzeyden güneye doğru yaklaşık KKB-GGD uzanımlı Efes Fayı, yaklaşık D-B gidişli Kuşadası Fay Zonu, yaklaşık D-B gidişli Davutlar Fayı ve KD-GB gidişli Söke Fayı bölgenin en önemli aktif faylarıdır. Bu fayların yanı sıra alanda pek çok aktif tektonik unsurun da olduğu bilinmektedir. Bununla birlikte çalışma alanı ve çevresinde aletsel dönemde (1900-2021) magnitudü $M=3.5$ 'den büyük yaklaşık 170 adet depremin meydana geldiği ve aktivitenin halen devam etmekte olduğu bilinmektedir. Ayrıca bölgede 16.07.1955 tarihinde Söke Fayı üzerinde $M=6.8$ ve 30.10.2020 tarihinde Samos Adası kuzeyinde $M_w=6.9$ büyüklüğünde depremler meydana gelmiştir.

Türkiye'nin aletsel dönem deprem etkinliği incelendiğinde çalışma alanı ve yakın çevresindeki yoğun deprem aktivitesi dikkat çekmektedir. Bu depremlerin ortak özelliği her bir depremin oldukça yoğun ve uzun süren artçı şok etkinliğine sahip olması ayrıca benzer faylanma mekanizmalarına sahip olmalarıdır. Çalışma alanı ve çevresinde gelişmiş bu depremlerin gerek büyüklükleri gerekse de meydana getirdiği hasarlar bakımından incelenerek bazı araştırmacılar tarafından sismolojik açıdan ele alınmıştır (Ambraseys ve Tchalenko, 1972; McKenzie, 1972; 1978; Eyidoğan ve Jackson, 1985).

Bu çalışmanın başlangıç ve bitiş tarihleri olan Haziran 2020-Aralık 2020 tarihleri arasında alanda $M=4.0$ 'den büyük yaklaşık 40 adet deprem meydana gelmiştir. Bu depremlerden en önemlisi 30 Ekim 2020 tarihli Ege Denizi Depremi ($M_w=6.9$) olup, Ege Denizi'nin orta bölümünde meydana gelmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Çalışma alanı ve yakın çevresinde Haziran 2020-Aralık 2020 tarihleri arasında meydana gelmiş $M > 4.0$ depremler ve 30 Ekim 2020 $M_w = 6,9$ depremi

(www.koeri.boun.edu.tr)

Figure 5. $M > 4.0$ earthquakes that occurred in the study area and surroundings between June 2020 and December 2020 and the $M_w = 6.9$ earthquake on October 30, 2020

(www.koeri.boun.edu.tr)

SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Bu çalışmada Batı Anadolu'da, Aydın iline ait Söke, Germencik ve Kuşadası ilçeleri ile yakın çevresinde bulunan jeotermal alanlardan Haziran-Aralık 2020 tarihleri arasında belirlenen sıcak su kaynaklarından düzenli olarak belirli periyodik zamanlarda yerinde ölçüm ve örnekleme çalışmaları yapılmıştır. Bu sıcak su kaynakları Aydın ilinin Germencik ilçesindeki Gümüşköy (GK), Söke ilçesindeki Sazlıköy (SK) ve Kuşadası ilçesindeki Davutlar (DK) sıcak su kaynaklarıdır. Sıcak suların fiziksel ve kimyasal özelliklerindeki değişimler ile alanın depremselliği ilişkilendirilmiştir.

Çalışma alanı jeotermal sistemler bakımından oldukça zengin bir bölge olduğu gibi aletsel dönemdeki depremler açısından oldukça aktif bir bölgedir. Bu bölgenin büyük bölümü, geçmişte olduğu gibi günümüzde de deprem riski altında bulunmaktadır. Türkiye Diri Fay Haritası'nda aktif olarak gösterilen, kuzeyden güneye doğru yaklaşık KKB-GGD uzanımlı Efes

Fayı, yaklaşık D-B gidişli Kuşadası Fay Zonu, yaklaşık D-B gidişli Davutlar Fayı ve KD-GB gidişli Söke Fayı bölgenin en önemli aktif faylarıdır. Bu fayların yanı sıra alanda pek çok aktif tektonik unsurun da olduğu bilinmektedir. Bununla birlikte çalışma alanı ve çevresinde aletsel dönemde (1900-2021) magnitudü $M=3.5$ 'ten büyük yaklaşık 170 adet, bu çalışmanın yapıldığı Haziran 2020-Aralık 2020 tarihleri arasında $M=4,0$ 'den büyük yaklaşık 40 adet depremin meydana geldiği ve tektonik aktivitenin halen devam etmekte olduğu bilinmektedir. Ayrıca bölgede 16.07.1955 tarihinde Söke Fayı üzerinde $M=6.8$ ve 30.10.2020 tarihinde Samos Adası kuzeyinde $M_w=6.9$ büyüklüğünde depremler meydana gelmiştir.

Çalışma alanında sıcak su kaynaklarından alınan örneklerden yapılan hidrokimyasal analizler sonucunda GK kaynağı Na-Cl-HCO₃-SO₄, SK kaynağı Mg-Na-HCO₃-SO₄ ve DK kaynağı Na-Cl tipi olarak belirlenmiştir. Proje alanındaki sıcak suların kimyasal özellikleri kapsamında; SK kaynağı hariç diğer alanlardaki Cl⁻ içeriği özellikle DK kaynağında oldukça yüksektir. Sıcak sularda Cl⁻ içeriği ne kadar yüksek olursa sular o kadar fazla derin dolaşımly olduğu sonucunu vermektedir.

Çalışma alanı ve yakın çevresinde meydana gelen depremler ile sıcak sulardaki fiziksel ve/veya kimyasal değişimler ile korele edilmiştir. Buna göre üç jeotermal alandaki sıcak suların fiziksel ve kimyasal içeriğinde bazı değişimler meydana gelmiştir. Özellikle çalışmanın devam ettiği süre içerisinde, 30.10.2020 tarihindeki Kuşadası körfezinde Samos adası kuzeyinde meydana gelen $M_w=6,9$ büyüklüğündeki deprem öncesinde ve sonrasında sıcak su kaynaklarında belirgin kimyasal değişiklikler meydana gelmiştir. Üç sıcak su kaynağına da bakıldığında; 30.10.2020 tarihindeki depremden önceki örnekleme döneminde (02 Ekim 2020) özellikle Cl⁻ değerleri önceki örnekleme dönemlerindeki değerlerden azalırken depremden hemen sonraki örnekleme döneminde (31 Kasım 2020) ani olarak yükselmiş ve son örnekleme döneminde tekrar deprem öncesi değerlerine döndüğü belirlenmiştir. Aynı şekilde SO₄⁻² içeriği de tüm kaynaklarda, depremden hemen sonraki dönemde (31 Kasım 2020) azalmış ve son örnekleme döneminde tekrar deprem öncesi değerlerine döndüğü belirlenmiştir.

Sıcak su kaynaklarının kimyasal özellikleri kapsamında; tüm alanlardaki suların Cl⁻ içeriği 30 Ekim 2020 tarihindeki $M_w=6,9$ büyüklüğündeki deprem öncesi azalmıştır. Sıcak sulardaki Cl⁻

içeriği arttıkça suyun dolaşımının derin olduğu sonucunu vermektedir. Deprem etkisi ile çalışma alanındaki sıcak suların yüzeye daha yakın bir beslenmeye maruz kaldığı düşünülmüştür. Ayrıca sıcak sulardaki SO_4^{-2} içeriği deprem sonrası tüm sıcak su kaynaklarında azalmıştır. Çünkü sülfür (S^{-3}), SO_4^{-2} iyonuna yükseltgenmeyip, gaz olarak yüzeye ulaşmıştır. Deprem sonrasında ise HS ve/veya jeotermal akış fazında gözlenen H_2S gazının normal düzeyine dönmeye başlamasıyla yeniden suda SO_4^{-2} olarak çözünmeye başladığı düşünülmektedir.

Elde edilen sonuçlar dahilinde depremsellik açısından aktif bir bölgede yer alan jeotermal kaynakların fiziko-kimyasal özelliklerinde depremler öncesi, sırası ve sonrasında oluşabilecek değişimlerin sürekli izlenmesi ile depremlerin önceden tahmin edilebilmesine katkı sağlayabileceği sonucu ortaya koyulmuştur.

KATKI BELİRTME ve TEŞEKKÜR

Bu çalışma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi ÇOMÜ-BAP-FHD-2020-3220 no'lu proje kapsamında gerçekleştirilmiştir. Sağlamış olduğu maddi destek için ÇOMÜ-BAP Koordinasyon Birimi'ne teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

- Ambraseys, N. ve Tchalenko, J.S., 1972 Seismotectonic aspects of the Gediz, Turkey, earthquake of March 1970, *Geophys. J. R. Astr. Soc.* 30/3: 229-252.
- Ateş, Ö. ve Tutkun, S.Z., 2014. Simav (Kütahya) Depremlerinin Jeotermal Sistemlerdeki Hidrojeokimyasal Değişimleri, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, Cilt: 57, Sayı 3, sf. 25-40.
- Ateş, Ö., Özden, S., Özden, S., 2023. İzmir Civarındaki Bazı Jeotermal Alanların Hidrojeokimyasal Özellikleri ve Depremsellik ile İlişkisi, *Geosound*, 57 (1), 92-114.
- Eyidogan, H., Jackson, J., 1985. A seismological study of normal faulting in the Demirci, Alasehir and Gediz earthquakes of 1969-70 in western Turkey: implication for the nature and geometry of deformation in the continental crust. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society* 81, 569-607.

- Kaçar, B., Özden, S., Ateş, Ö., 2017. Güre (Balıkesir) Jeotermal Alanının Jeolojisi, Hidrojeokimyası ve Aktif Tektonikle İlişkisi, Türkiye Jeoloji Bülteni, Cilt 60, Sayı 2, 243-258.
- McKenzie, D.P., 1972. Active tectonics of the Mediterranean region. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, 30, 109-185.
- McKenzie D.P., 1978. Active tectonics of the Alpine-Himalayan belt: the Aegean Sea and surrounding regions. *Geophys. J. Royal Astron. Soc.*, 55, 217-254.
- MTA, 2005. Türkiye Jeotermal Kaynakları Envanteri, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Envanter Serisi-201.
- Piper, A.M., 1944. A Graphic Procedure in the Geochemical Interpretation of Water-Analyses. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 25, 914-928
- Schoeller, H., 1955. *Geochemie Des Eaux Souterraines*, *Revue De L'institute Francois Du Petrole*, 10, 230-44.
- Şanlıyüksel Yücel, D., Özden, S., Marmara H. 2021. Hydrochemical and isotopic monitoring of the Kestanbol geothermal field, Turkey and its relationship with seismic activity. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 30: 1112-1133.
- Şimşek, Ş. ve Yıldırım, N., 2000. Termal Kaynaklar: Depremin Habercisi, 17 Ağustos ve 12 Kasım 1999 Deprem Bölgelerindeki Termal Kaynaklarda Gözlenen Değişimler ve Önemi, *Cumhuriyet, Bilim Teknik*, 01 Temmuz 2000.
- Woith, H., Wang, R., Maiwald, U., Pekdeğer, A., Zschau, J., 2013. On The Origin Of Geochemical Anomalies in Groundwaters Induced by the Adana 1998 Earthquake, *Chemical Geology*, 339, 177-186.

www.koeri.boun.edu.tr