

JEOTERMAL AKIŞKANLARIN KÖKEN İLİŞKİSİ: TUZLA VE BABADERE (ÇANAKKALE) SAHALARI ÖRNEĞİ.

Düzgün ÇAM*, Engin BÜLBÜL*,
Orhan KILINÇ*** ve Ömür ŞAN**

ÖZ- Jeotermal sistemlerdeki ısı enerjisi rezervini diğer enerji ve maden rezervlerinden ayıran en önemli özellik yenilenebilir olmasıdır. Isı, jeotermal sistem içerisinde akışkan aracılığıyla taşındığından, jeotermal rezervuarlardan ısı enerjisi üretiminin sınırlarını akışkan üretimi belirlemektedir. Bu nedenle yenilenebilir rezerv olgusu, beslenme ile boşalım arasındaki dinamik dengeyle kontrol edilen ve ısıyı rezervuar dan yüzeye transfer eden akışkanın, sürdürülebilir üretimiyle mümkündür. Özellikle elektrik enerjisi üretme potansiyeline sahip, yüksek entalpili jeotermal sahalarda gerekli yatırım maliyetleri düşünüldüğünde, jeotermal sistemin özelliklerini dikkate alan bir işletme yönetiminin oluşturulması kaçınılmazdır. Bu bağlamda, jeotermal sistemin jeolojik (tektonik, litolojik ve stratigrafik), hidrojeolojik ve termal özelliklerinin doğru şekilde tanımlanıp sayısal modellere altlık oluşturan kavramsal modellerin üretilmesi önemlidir. Bu çalışmada kavramsal model oluşturulmamış; ancak bu amaca dönük çabanın bir parçası olarak, Tuzla ve Babadere jeotermal sahalarından elde edilen sınırlı miktardaki hidrokimyasal ve izotopik veri kullanılarak, jeotermal sistemin beslenme-boşalım ilişkisinde önemli bir yere sahip olan akışkan kökenini ve evrimini anlamaya dönük bir tartışma yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Tuzla, Babadere, akışkan, köken

GİRİŞ

Tuzla jeotermal sahası, Türkiye'nin yüksek entalpili olarak kabul edilen, önemli sahalarından biridir. Elektrik üretimi amacıyla işletilen sahada en yüksek kuyu içi sıcaklık değeri 175 °C,

en yüksek üretim sıcaklığı değeri 149 °C (360 ton/saat debide ve 4,5 bar kuyu başı basıncı altında) iken; en yüksek üretim debisi ise 6 bar kuyu başı basıncı ve 137 °C üretim sıcaklığı değeri için 515 ton/saat'tir. MTA Genel Müdürlüğü tarafından çalışmaları tamamlanıp ihale edilen, Babadere jeotermal sahası ise Tuzla jeotermal sahasının kuzey sınırında yer almaktadır. Sahada yürütülen etüt çalışmaları sonunda, belirlenen lokasyonda ÇAB 2011/4 jeotermal araştırma sondajı yapılmıştır. 2095,00 m derinliğe sahip olan kuyudan 27,7 l/s debiye ve 94 °C üretim sıcaklığına sahip akışkan elde edilmiştir.

JEOLOJİ

Bölgede stratigrafik istifin temelinde, Ezine Zonu içerisinde değerlendirilen Karadağ Grubu kayaçları yer alır. Çalışma sahasında yüzlek vermeyen birim, genel olarak mermer ve çeşitli şistlerden oluşmaktadır. Kambriyen-Triyas yaşlı kayaçlardan oluşan Karadağ Grubu, çalışma sahasının kuzeyinde; Kösedere, Tavaklı ve Geyikli civarında yayılım gösterir (Duru ve diğerleri, 2009).

Sahanın kuzey, doğu ve güney kısımlarında yayılım gösteren Hallaçlar Volkaniti Üst Oligosen-Alt Miyosen yaşlıdır. Granitik sokulumlar nedeniyle geniş alanlarda alterasyona uğrayan birim andezitik, dasitik, riyolitik özellikte lav ve piroklastiklerden oluşmaktadır. Hallaçlar Volkaniti'ni üzerleyen Alt Miyosen yaşlı Ezine Volkaniti, sahanın güneydoğusunda yüzlemektedir. Gri, yeşilimsi, siyah renkte andezit, trakiandezit ve piroklastiklerden oluşan birimin alt ve üst sınır ilişkileri uyumsuzdur. Sahanın güneyinde geniş bir alanda gözlenen Çamkalabak İgnimbiriti ise daha yaşlı volkanik birimler üzerine uyumsuz olarak gelir. Gri, kahverengi görünümde olan birim Orta Miyosen yaşlıdır. Çalışma sahasında gözlenmeyen; ancak sahanın kuzey ve kuzeydoğusunda geniş bir alanda yayılım gösteren granitik kayaçlar, Hallaçlar Volkaniti ile eş yaşlıdır. Kestanbol Plutonu olarak adlandırılan birim Üst Oligosen-Alt Miyosen döneminde bölgeye yerleşmiştir (Genç ve di-

* Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi, 06800 Çankaya/ANKARA

** Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ege Bölge Müdürlüğü, 35040 Bornova/İzmir

*** Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Orta Anadolu IV. Bölge Müdürlüğü, 44040 Malatya

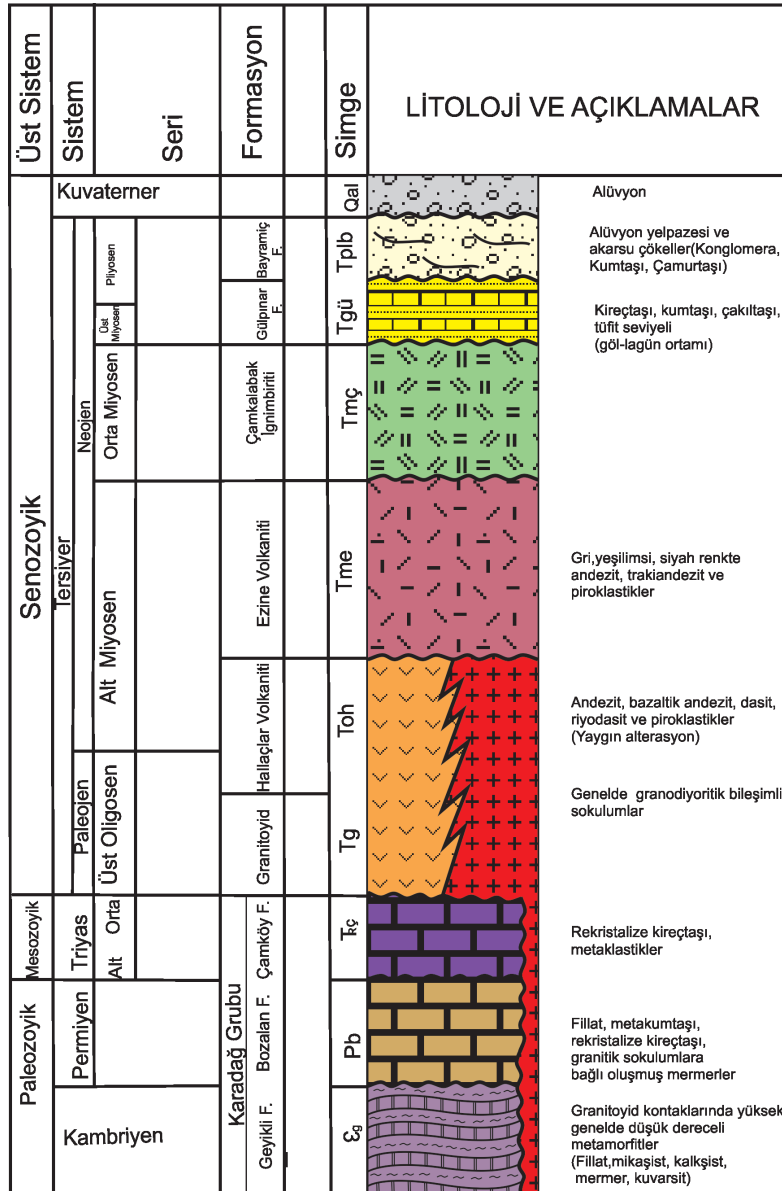
ğerleri, 2009). Oligo-Miyosen volkanizmasının ürünü olan birimlerin üzerine uyumsuz olarak kumtaşı ve çakıltaşıdan oluşan, Miyosen yaşlı gösel, lagünel çökeller (Gülpınar formasyonu.) ile Pliyosen yaşlı akarsu ve yelpaze çökelleri (Bayramiç formasyonu) gelmektedir (İlgar ve diğerleri, 2009). İstif en üstte ise uyumsuz olarak alüvyon tarafından örtülmektedir (Şekil 1 ve 2).

Çalışma sahasında tektonik yapıyı D-B, K-G, KB-GD, KD-GB doğrultulu faylar şekil-

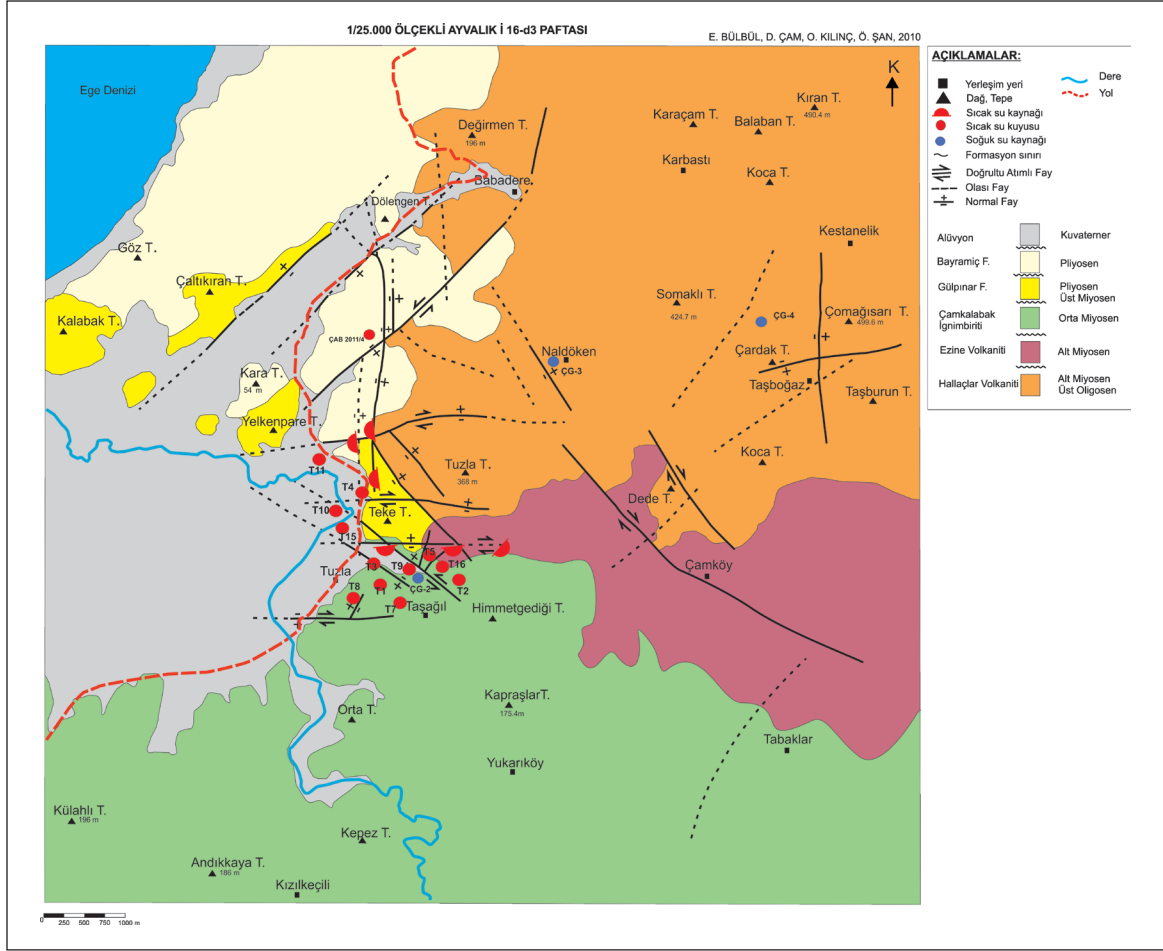
lendirmektedir. Bu tektonik hatların en önemlilerinden biri; Emre ve diğerleri (2009) tarafından sahada yapılan diri fay araştırmaları kapsamında detaylı olarak çalışılan Kestanbol Fayı'dır. Fay, Kestanbol kaplıcasından Tuzla Köyüne uzanan yaklaşık K-G bir doğrultuya sahiptir (Şekil 2).

SONDAJ

MTA Genel Müdürlüğü'ne ait Babadere jeotermal ruhsat sahasında gerçekleştirilen



Şekil 1- Çalışma sahasının genelleştirilmiş stratigrafik istifi (Ölçeksiz).



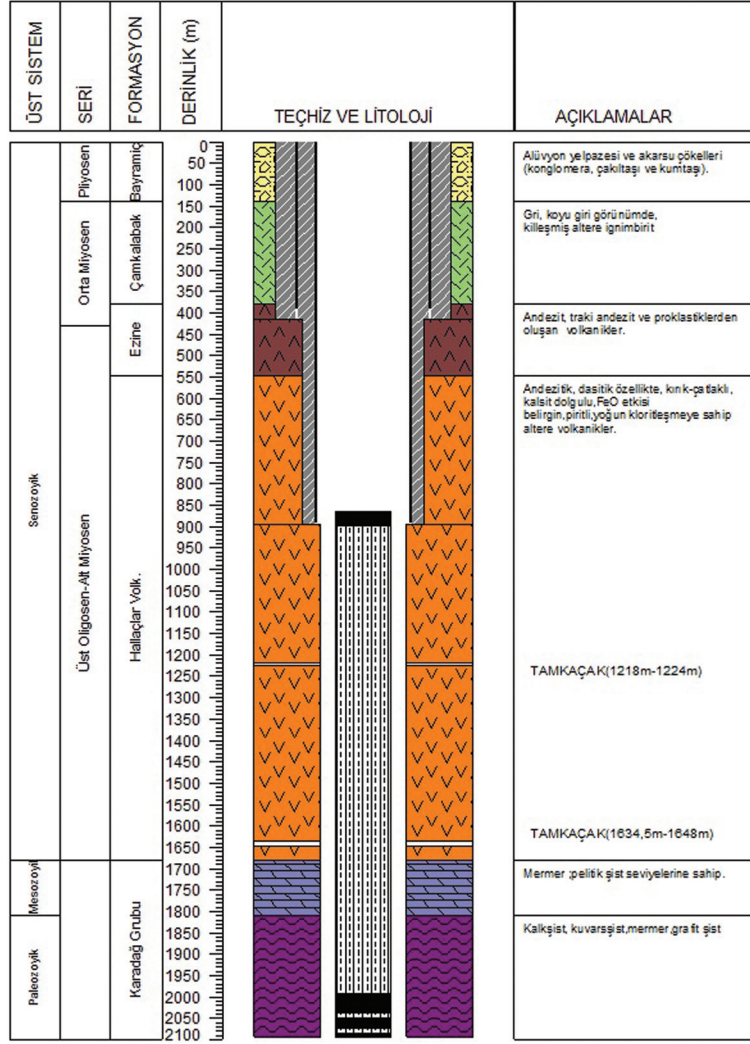
Şekil 2- Çalışma sahasının jeoloji haritası.

etüt çalışmaları sonunda, belirlenen lokasyon-
da ÇAB 2011/4 jeotermal araştırma sondajı ya-
pılmıştır (Şekil 2). Kuyuya ait litoloji ve teçhiz
bilgileri şekil 3'te verilmiştir.

2095,00 m derinliğe sahip olan kuyudan
27,7 l/s debiye ve 94 °C üretim sıcaklığına sa-
hip akışkan elde edilmiştir. Kuyu içerisinde öl-
çülen en yüksek statik sıcaklık değeri ise 2037
m'de 126,5 °C'dir. Kuyu 0,00-389,50 metreler
arasında 13 3/8" yüzey koruma borusu, 0,00-
890,00 metreler arasında 9 5/8" üretim koru-
ma borusu ve 864,60-2095,00 metreler ara-
sında 7" kapalı-filtreli üretim borusu ile teçhiz
edilmiştir. Sondaj esnasında 1218,00-1224,00
ve 1634,50-1648,00 metreler arasında olmak
üzere iki ana üretim zonu kesilmiştir. Belirlenen
her iki üretim zonu Hallaçlar Volkaniti'ne ait bi-
rimler içerisindedir (Şekil 3).

HİDROJEOKİMYA VE İZOTOP HİDROLOJİSİ

ÇAB 2011/4 jeotermal araştırma kuyusun-
dan elde edilen akışkanın elektriksel iletkenlik
değeri 24500 $\mu\text{s}/\text{cm}$, pH değeri 7,49 ve tuzluluk
değeri %15,70 olarak ölçülmüştür. Akışkana ait
 $\delta^{18}\text{O}$ değeri -6,34, δD değeri -36,80 ve trityum
değeri 0,00 TU olarak belirlenmiştir. Tuzla je-
otermal sahasını temsil eden ÇG-1 akışkanı
ise 87,8 °C kaynak boşalım sıcaklığına sa-
hiptir. Akışkanın elektriksel iletkenlik değeri
75300 $\mu\text{s}/\text{cm}$, pH değeri 6,46 ve tuzluluk değeri
% 55,2 olarak ölçülmüştür. Akışkana ait $\delta^{18}\text{O}$
değeri -1,49, δD değeri -18,47 olarak belirle-
nirken, trityum analizi yüksek tuzluluk nedeni-
yle yapılamamıştır. ÇG-5 örneği deniz suyunu,
ÇG-2, ÇG-3, ÇG-4 örnekleri ise soğuk suları
temsil etmektedir. Su örnekleri için kaynakbaşı



Şekil 3- ÇAB 2011/4 jeotermal araştırma kuyusu litoloji ve teçhiz logu.

ölçümlerinde elde edilen fiziksel değerler çizelge 1'de, kimyasal analiz sonuçları çizelge 2'de, izotop analizi sonuçları çizelge 4'te verilmiştir. Kimyasal analizler MTA Genel Müdürlüğü Maden Analizleri ve Teknolojisi Dairesi laboratuvarlarında, izotop analizleri DSİ Genel Müdürlüğü TAKK Dairesi izotop laboratuvarlarında yapılmıştır.

Sahadaki jeotermal akışkanların birbirleriyle ve soğuk sularla olan köken ilişkilerinin belirlenmesi amacıyla yarı logaritmik Schoeller diyagramı oluşturulmuştur (Şekil 4). Diyagramda ÇG-1, ÇG-5 ve ÇAB 2011/4 akışkan örnekleri benzer yönelime sahip görünmektedir. Bu durum suların benzer kökenli rezervuara sahip ol-

duklarını ve/veya benzer litolojik ortamları akım yolu olarak kullandıklarını göstermektedir.

Uluslararası Hidrojeologlar Birliği (IAH, 1979)'nin öngördüğü sınıflamada suda çözülmüş anyon ve katyonlardan bollukları %20'yi aşanlar, sırasıyla önce katyonlar sonra anyonlar yazılarak su tipi belirlenmektedir. Çalışma sahasındaki sıcak ve soğuk su kaynaklarının baskın iyon sıralaması ve bu sıralamaya göre oluşturulmuş su tipleri çizelge 3'te verilmiştir.

Su örneklerinin trityum, $\delta^{18}\text{O}$ ve δD izotop analiz sonuçları çizelge 4'te, analiz sonuçları kullanılarak oluşturulan $\delta^{18}\text{O}$ - δD diyagramı ise şekil 5'te verilmiştir.

Çizelge 1- Su örneklerine ait kaynakbaşı ölçüm sonuçları.

Örnek Adı	T (°C)	pH	Eİ (µs/cm)	Tuzluluk (%)
1 ÇG-1	87,80	6,46	75300	55,20
2 ÇG-2	21,40	8,26	236	0,00
3 ÇG-3	16,20	6,18	849	0,40
4 ÇG-4	13,30	7,00	936	0,40
5 ÇG-5 (Deniz)	18,10	8,25	58200	38,60
6 ÇAB 2011/4	94,00	7,49	24500	15,70

Çizelge 2- Su örneklerine ait kimyasal analiz sonuçları.

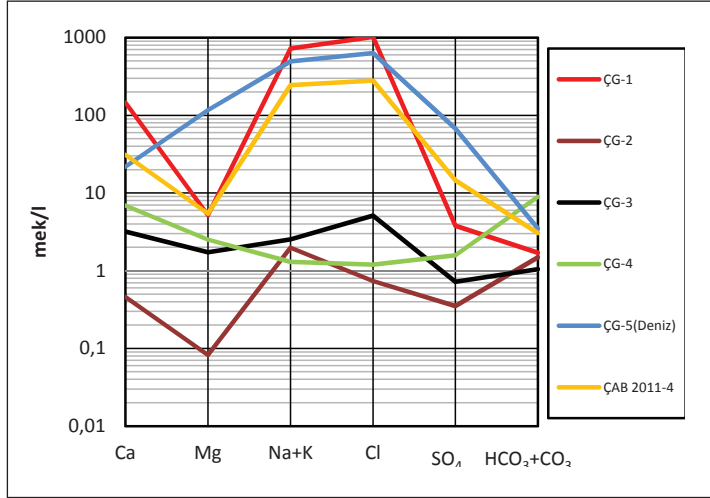
Örnek Adı	Derişim (mg/l)								
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	Li ⁺
1 ÇG-1	2926,00	63,10	15318,00	2309,00	36212,00	182,00	104,00	**	21,00
2 ÇG-2	9,24	****	38,90	10,90	26,10	16,80	90,90	**	*
3 ÇG-3	64,00	21,00	48,30	16,70	181,00	34,60	64,00	**	*
4 ÇG-4	138,00	30,50	28,20	2,79	42,60	76,10	545,00	**	*
5 ÇG-5 (Deniz)	438,00	1415,00	10934,00	690,00	22496,00	3246,00	146,00	33,10	0,70
6 ÇAB 2011/4	620,00	65,80	5412,00	328,00	9951,00	700,00	186,00	**	5,50
Örnek Adı	B(T)	SiO ₂	F ⁻	NH ₄ ⁺	Br ⁻	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ⁻³	
1 ÇG-1	24,00	78,00			66,00				
2 ÇG-2	0,10	101,00	0,20		*	0,08	12,00	2,40	
3 ÇG-3	0,10	33,00	0,20		0,50	1,62	80,00	0,40	
4 ÇG-4	*	24,00	0,20		0,10	0,10	0,80	*	
5 ÇG-5 (Deniz)	4,50	***							
6 ÇAB 2011/4	7,40	77,00	3,90		17,30		12,40		
*<0,1	****<1	***<5	**<10						

Çizelge 3- IAH standartlarına göre belirlenmiş su tipleri.

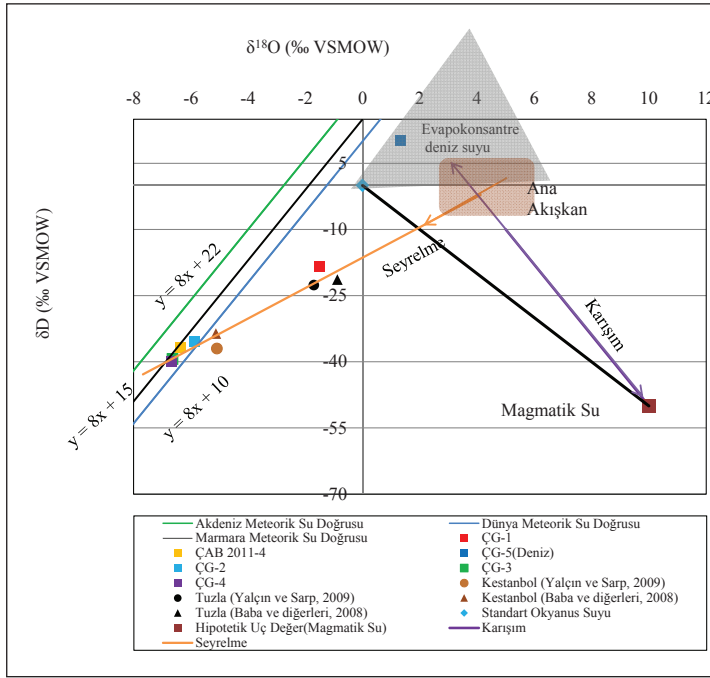
Örnek Adı	% (meq/l)							Kasyon	Anyon	Su Tipi (IAH a göre)	
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻				CO ₃ ²⁻
1 ÇG-1	16,66	0,59	76,01	6,74	99,47	0,37	0,17	0,00	Na>Ca>K>Mg	Cl>SO ₄ >HCO ₃ >CO ₃	Na-Cl
2 ÇG-2	18,34	3,27	67,30	11,09	28,58	13,58	57,84	0,00	Na>Ca>K>Mg	HCO ₃ >Cl>SO ₄ >CO ₃	Na-HCO ₃ -Cl
3 ÇG-3	42,87	23,20	28,20	5,73	74,27	10,48	15,26	0,00	Ca>Na>Mg>K	Cl>HCO ₃ >SO ₄ >CO ₃	Ca-Na-Mg-Cl
4 ÇG-4	64,39	23,47	11,47	0,67	10,25	13,52	76,22	0,00	Ca>Mg>Na>K	HCO ₃ >SO ₄ >Cl>CO ₃	Ca-Mg-HCO ₃
5 ÇG-5 (Deniz)	3,46	18,44	75,31	2,79	89,93	9,58	0,34	0,16	Na>Mg>Ca>K	Cl>SO ₄ >HCO ₃ >CO ₃	Na-Cl
6 ÇAB 2011/4	11,04	1,93	84,03	2,99	94,09	4,89	1,02	0,00	Na>Ca>K>Mg	Cl>SO ₄ >HCO ₃ >CO ₃	Na-Cl

Çizelge 4- Su örneklerine ait izotop analizi sonuçları.

Örnek Adı	TU	δ ¹⁸ O	δD	Z (m)
1 ÇG-1		-1,49	-18,47	31
2 ÇG-2	2,15	-5,86	-35,48	39
3 ÇG-3	3,90	-6,64	-39,28	293
4 ÇG-4	2,00	-6,67	-39,96	325
5 ÇG-5(Deniz)	1,10	1,33	10,13	0
6 ÇAB 2011-4	0,00	-6,34	-36,8	85



Şekil 4- Su örneklerini temsil eden Schoeller diyagramı.



Şekil 5- Su örneklerine ait $\delta^{18}\text{O}$ - δD diyagramı.

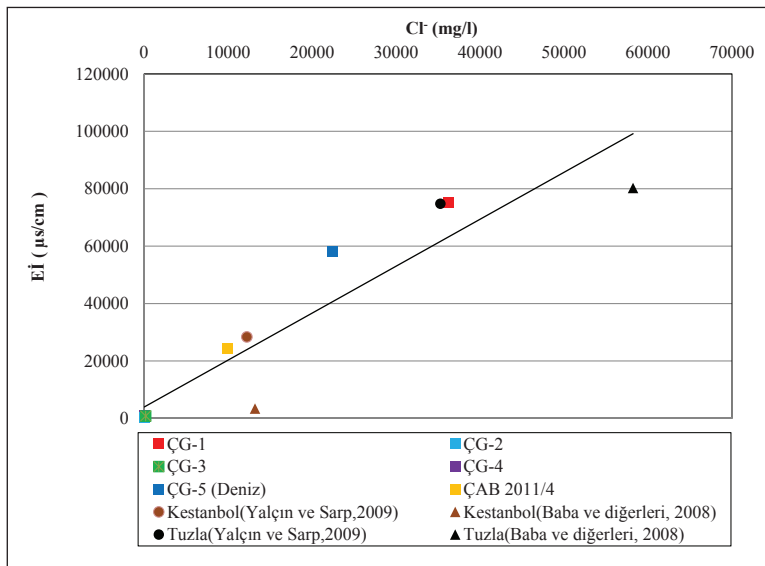
Buna göre; soğuk suları temsil eden ÇG-2, ÇG-3, ÇG-4 örnekleri ve ÇAB 2011/4 akışkan örneği Marmara Meteorik Su Doğrusu ile Dünya Meteorik Su Doğrusu arasında konumlanmıştır. Tuzla jeotermal sahasını temsil eden ÇG-1 akışkan örneği hem $\delta^{18}\text{O}$ hem de δD değerleri açısından ÇG-2, ÇG-3, ÇG-4 ve ÇAB 2011/4 örneklerine göre daha zengin, deniz suyunu temsil eden ÇG-5 örneğine göre ise daha fakir görünmektedir.

Çalışma sahasındaki jeotermal akışkanların fosil su kökenli olduğu, akışkanların kökeniyle ilgili en yaygın görüştür. Yalçın ve Sarp (2009) tarafından yapılan çalışmada, Tuzla ve Kestanbol sularının kökeni, derine yerleşmiş hareketsiz sıcak fosil suyun, yükseklerden yeryüzüne sızan soğuk sular ile seyrelip, soğumasına bağlanmıştır.

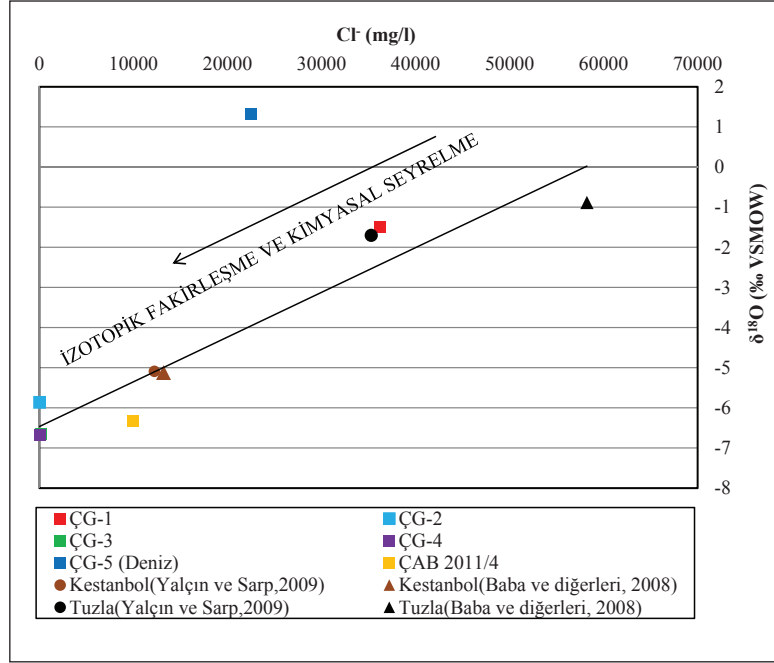
Çalışmamızda jeotermal sistemin bir ana rezervuara sahip olduğu kabul edilmektedir.

Söz konusu rezervuar olasılıkla izotopik ($\delta^{18}\text{O}$ ve δD) açıdan meteorik kökenli sulara göre daha zengin, kimyasal açıdan ise daha derişik bir akışkan rezervine (evapokonsantre deniz suyu + magmatik su(?)) sahiptir. ÇG-1 akışkan örneğine ait elektriksel iletkenlik (75300 $\mu\text{s}/\text{cm}$) ve tuzluluk (% 55,2) değerlerinin, güncel deniz suyunu temsil eden ÇG-5 örneğine ait elektriksel iletkenlik (58200 $\mu\text{s}/\text{cm}$) ve tuzluluk (%38,6) değerlerinden daha yüksek olması, jeotermal sistem ile deniz arasındaki köken ilişkisi kadar, jeotermal akışkanın evrimindeki derişme süreçleriyle ilgili de fikir vermektedir. Çalışma sahası ve civarında sedimanter (evaporit) kökenli tuzlanmaya neden olabilecek birimlerin bulunmayışı jeotermal akışkanın deniz suyuyla kökensel ilişkisinin olabileceği görüşünü güçlendirmektedir. Söz konusu derişme olasılıkla deniz suyunun lagün ortamında evaporasyonu ile başlamış, evapokonsantre deniz suyunun sintektonik ve/veya sinvolkanik oluşuma sahip rezervuara yerleşip hapsolması sonrasında sıcaklık ve basınç artışıyla sürmüş, sonraki evrelerde ise adyabatik soğuma süreçleriyle tamamlanmıştır. Adyabatik soğumayla birlikte ana akışkandan derişik ve seyreltik özellikte akışkanlar türemiştir. Bu durum akışkanların kökensel benzerliklerine rağmen farklı evrimsel süreçler geçirmelerine ve farklı kimyasal/izotopik kompozisyon kazanmalarına neden olmuştur.

Marmara Meteorik Su Doğrusu yakınında konumlanan (Şekil 5) ÇAB 2011/4 akışkan örneği ÇG-2, ÇG-3, ÇG-4 meteorik kökenli yeraltisularıyla benzer izotopik özellik göstermektedir. Meteorik köken katkısı güçlü olan ÇAB 2011/4 jeotermal akışkanı, 0,00 TU trityum değeriyle ise güncel beslenme etkisinden uzak görünmektedir. ÇAB 2011/4 ve ÇG-1 örneklerinin kimyasal analiz sonuçları ÇAB 2011/4 akışkanının hem majör iyonlar bakımından hem de Li, B ve Br değerleri bakımından ÇG-1 örneğine göre seyrelmiş olduğunu göstermektedir (Çizelge 2). ÇAB 2011/4 akışkanına ait Na ve Cl değerlerinin deniz suyunu temsil eden ÇG-5 örneğinin Na ve Cl değerlerinin altına düşmesi ve Br konsantrasyonundaki azalma dikkate alındığında söz konusu akışkanın güncel olmayan meteorik beslenme etkisinde olduğu ve deniz suyuyla güncel bir beslenme ilişkisinin olmadığı görülmektedir. ÇG-1 akışkanı ise izotopik açıdan daha zengin bir özellik göstermekle birlikte diğer jeotermal akışkanlar ve soğuk sularla doğrusal bir karışım ilişkisine sahip olması jeotermal sistem içerisinde basınç olarak seyrelme sürecinin işlediğini göstermektedir (Şekil 5). Başka bir ifadeyle jeotermal sisteme yükselim zonunda katılan meteorik kökenli sular jeotermal akışkanı kimyasal açıdan seyreltirken izotopik açıdan ise fakirleştirmiştir. Elektriksel iletkenlik-klor, klor- $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^{18}\text{O}$ -dD diyagramlarında (Şekil 5, 6, 7) söz konusu iliş-



Şekil 6- Su örneklerine ait Eİ-Cl ilişkisi.



Şekil 7- Suların Cl-δ¹⁸O ilişkileri.

ki görülmektedir. Olasılıkla bu süreç faz ayrışmasının ürünü olan seyreltik kimyaya ve daha fakir izotopik kompozisyona sahip akışkan türevinden ÇAB 2011/4 akışkanını, buharlaşma sürecinden arta kalan derişik kimyaya ve daha zengin izotopik kompozisyona sahip akışkan türevinden ise ÇG-1 akışkanını oluşturmuştur. Başka bir ifadeyle jeotermal sistem içerisinde gerçekleşen derişme süreçleri (adyabatik soğuma ve su-kayaç etkileşimi), sonraki evrelerde gerçekleşen seyrelme süreçleriyle baskılanmıştır.

SONUÇLAR

Saha çalışmalarından ve önceki çalışmalardan elde edilen sınırlı miktardaki hidrojeo-kimyasal ve izotopik veri kullanılarak, Tuzla ve Babadere sahalarındaki jeotermal akışkanların köken ve evrimini anlamaya dönük bir tartışma yapılmıştır. Buna göre; ana akışkan türevlerinin yükselim zonu içerisinde gerçekleşen meteorik beslenme nedeniyle zengin δ¹⁸O ve δD değerlerinden daha fakir δ¹⁸O ve δD değerlerine ve derişik kimyasal kompozisyondan seyreltik kimyasal kompozisyona doğru evrim sürecinin ürünleri olarak ÇG-1 ve ÇAB 2011/4 akışkanları oluşmuştur. Yükselim zonunda etkin olan

söz konusu seyrelme süreci, jeotermal sistem içerisinde gerçekleşmesi muhtemel faz ayrışması ve su-kayaç etkileşimi benzeri süreçleri maskeleymektedir.

Bu çalışmada koşullar nedeniyle sınırlı miktarda veri kullanılarak yapılan tartışmanın; ¹⁴C, ¹¹B, ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr-Sr, ³⁴S ve ³⁷Cl gibi yeni veriler kullanılarak yapılmasının, jeotermal akışkanların köken ve karışım ilişkilerinin belirlenmesinde daha başarılı olacağı düşünülmektedir.

KATKI BELİRTME

Proje kapsamında yapılan etüt ve sondaj çalışmalarında emeği geçen herkese teşekkür ederiz.

DEĞİNİLEN BELGELER

Baba, A., Ateş, Ö. ve Deniz, O., 2008. The Environmental and Hydrogeochemical Properties of the Tuzla - Kestanbol - Hıdırlar Geothermal Sources, Turkey, 30th Anniversary Workshop, August 26-27, 2008, United Nations University, Iceland.

Duru, M., Pehlivan, Ş., Okay, A. İ., Şentürk, Y. ve Kar, H., 2009. Biga Yarımadasının Tersiyer

- Öncesi Jeolojisi. Biga Yarımadası'nın Genel ve Ekonomik Jeolojisi, MTA Rapor No: 11101, Ankara (yayımlanmamış).
- Emre, Ö., Doğan, A. ve Yıldırım C., 2009. Biga Yarımadasının Diri Fayları ve Deprem Potansiyelleri. Biga Yarımadası'nın Genel ve Ekonomik Jeolojisi, MTA Rapor No: 11101, Ankara (yayımlanmamış).
- Genç, Ş.C., Dönmez, M., Akçay, A.E., Altunkaynak, Ş., Eyüpoğlu, M. ve Ilgar, Y., 2009. Biga Yarımadası Tersiyer Volkanizmasının Stratigrafik, Petrografik ve Kimyasal Özellikleri Biga Yarımadası'nın Genel ve Ekonomik Jeolojisi, MTA Rapor No: 11101, Ankara (yayımlanmamış).
- IAH (International Association of Hydrogeologists), 1979. Map of Mineral and Thermal Water of Europe Scale: 1/500.000, United Kingdom.
- Ilgar A., Demirci, E. S. ve Demirci Ö., 2009. Biga Yarımadası Tersiyer Sedimanter İstifinin Stratigrafisi. Biga Yarımadası'nın Genel ve Ekonomik Jeolojisi, MTA Rapor No: 11101, Ankara (yayımlanmamış).
- Yalçın, T. ve Sarp, S., 2009. Biga Yarımadası Termal Sularının Jeokimyası ve Jeotermal Potansiyeli. Biga Yarımadası'nın Genel ve Ekonomik Jeolojisi, MTA Rapor No: 11101, Ankara (yayımlanmamış).

