

## ÖZ

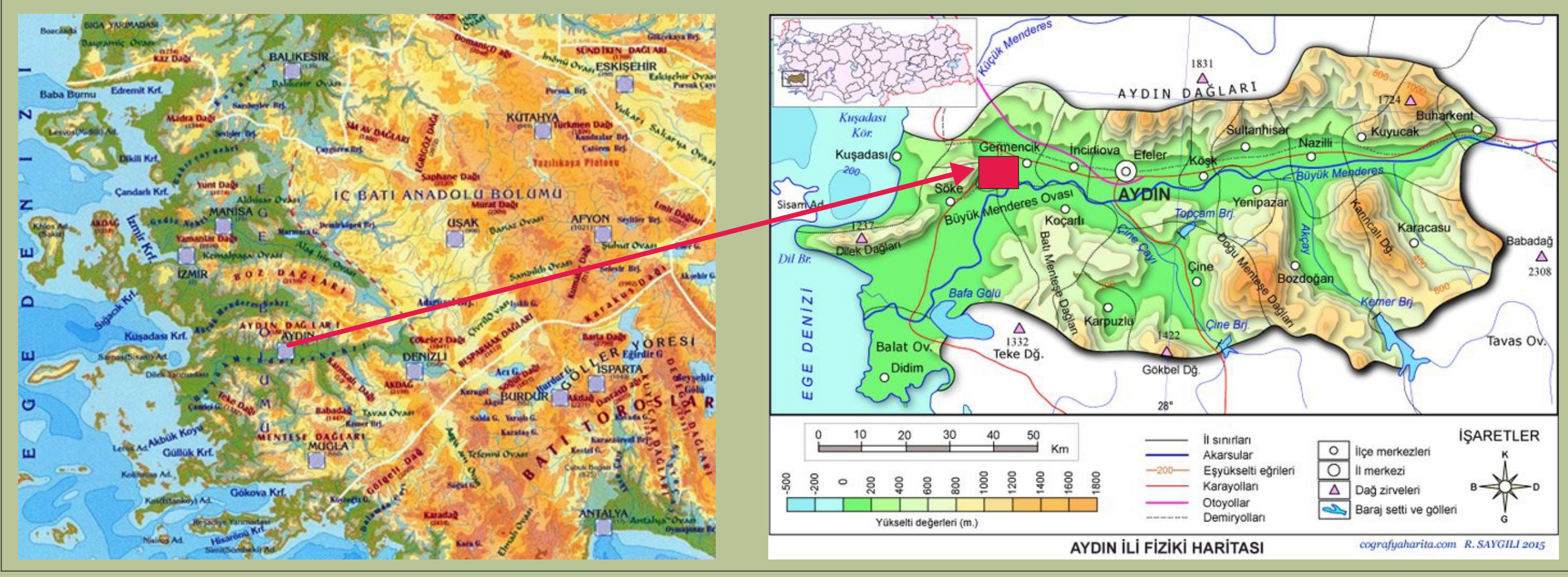
Bu çalışma Türkiye'nin en önemli jeotermal alanlarından birini oluşturan Germencik Jeotermal Alanları'nda hidrojeolojik incelemeleri kapsamaktadır. Aydın-Germencik jeotermal alanı Menderes Grabeninin batısında yer almakta olup Kuzey-Güney yönlü bir hat boyunca devam etmektedir. Bölgedeki gerilme tektoniğinin etkisiyle Kuzey-Güney açılma ve Menderes Masifi bloğunun sürekli yükselmesi sonucunda Kuzey-Güney yönlü grabenleşme oluşmuş ve basamak fay sistemi gelişmiştir.

Menderes Masifine ait gnays, kuvarşist gibi çatlaklı kayalar ile karstik mermerler ve bazı alanlarda Neojen yaşlı çakıltaşları jeotermal sistemlerin hazinesini oluşturmaktadır. Neojen yaşlı kilitaşı ve çamurtaşı gibi geçirimsiz kayalarda örtü kaya özelliğindedir. Yapılan hidrojeolojik çalışmalar değerlendirildiğinde alandaki jeotermal suların yüksek entalpi, çok az magmatik katkı içerebilen meteroik kökenli, yaşlı sular olduğunu göstermiştir. Yöredeki sıcak sular kaynak ve kuyulardan elde edilmekte olup yüzey sıcaklıkları 16-239 santigrat derecedir. Çeşitli jeotermometre teknikleri ve bunların uygulanabilirlikleri incelenerek, sistemin hazne kaya sıcaklığı silis jeotermometresine göre 50-270 santigrat derece, Na/K jeotermometresine göre 150-270 santigrat derecelik olarak tahmin edilmiştir.

Çalışma alanındaki sıcak sular yüksek borkonsantrasyonları içermektedir. Sıcak suların yüksek bor değerleri Büyük Menderes Havzasında bor kirliliği tehlikesine neden olabilir. Bu sebeple havzadaki sıcak sular enerji üretimi, ısıtma, sera, kaplıca ve diğer kullanım amaçları için çıkarılarak kullandıktan sonra hazneye geri basılmaları için (reenjeksiyon) uygulanması gerekmektedir.

## ÇALIŞMA ALANI

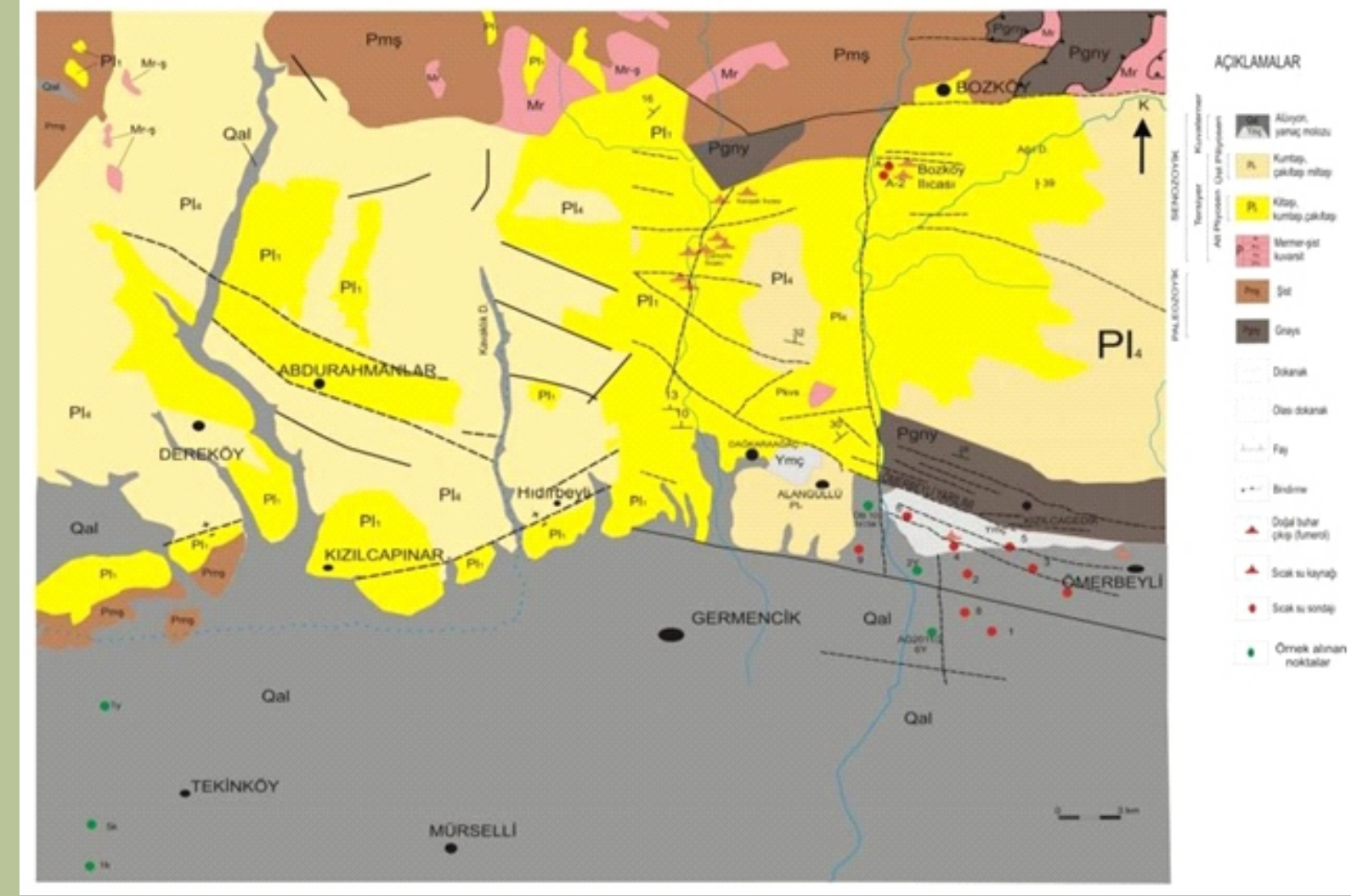
Germencik Jeotermal Alanı büyük menderes grabeninin batı bölümündeydir. Çalışma sahası İzmir-Aydın Karayolu üzerinde bulunmaktadır. Çalışma alanı 1/25000 ölçekli Aydın M19-A1, M19a2, M19-a3, M19-a4 paftalarında üzerinde 27-28 doğu boylamı, 37-38 kuzey enlemine bulunmaktadır. İnceleme alanında Germencik'e bağlı, Mursallı Ortaklar, Uzunkum köyü, Üzümlü, Karaağaçlı, Reisköy, Morali küçük yerleşim alanlarıdır. İnceleme alanı genellikle engebeli bir topografya sunar. Alanı İzmir-Aydın otobanından, Germencik ve Sökeye asfalt yolla, dağlık kesimlere stabilize, ham yol ve patika yollarla ulaşılmıştır.



Şekil 1. Çalışma alanı yer bulduru haritası.

## JEOTERMAL SİSTEM

İnceleme alanındaki jeotermal sistemler Bozköy-Çamur jeotermal alanı ve Ömerbeyli jeotermal alanı olmak üzere iki grupta toplanabilir. Bozköy-Çamur alanında Germencik ilçesi'nin hemen hemen kuzeyinde yer alan ılıca ve kaplıcalar bulunur. Bunlar Bozköy (Alangüllü) Kaplıcası, Çamurlu ılıcası, Ballı ılıcası, ılıca kaynak, ve Ali ılıcası olarak ele alınmıştır (Filiz ve diğ., 1999). Ömerbeyli jeotermal alanı ise Batı Anadolu'da Kızıldere'nin 100 km civarı batısında yer almaktadır. Bölgede jeolojik jeokimyasal ve jeofiziksel çalışmalar MTA tarafından yapılmıştır. Yapılan çalışmaların sonucuna göre 1982 - 1987 yılları arasında 285-2398 m derinliğinde 9 adet arama kuyusu açılmıştır. Açılan kuyularda 200-232°C, buhar oranı %10-12 jeotermal akışkan elde edilmiştir (Şimşek, 2003).



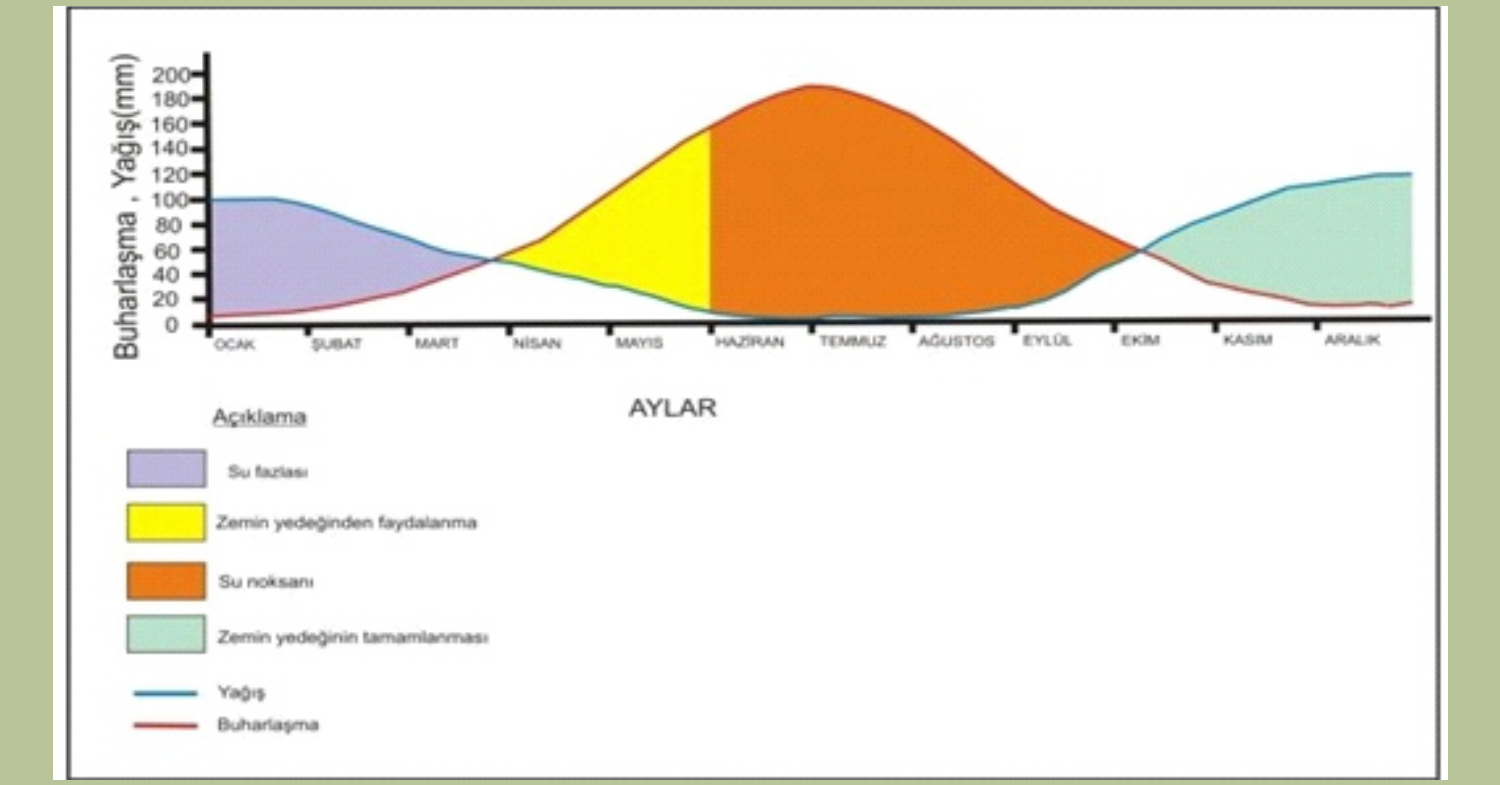
Şekil 6. İnceleme alanı jeoloji haritası ve su noktalarının lokasyonları (Şimşek, 1984'ten değiştirilerek alınmıştır).

Tablo 1. Çalışma alanında bulunan jeotermal alanlar.

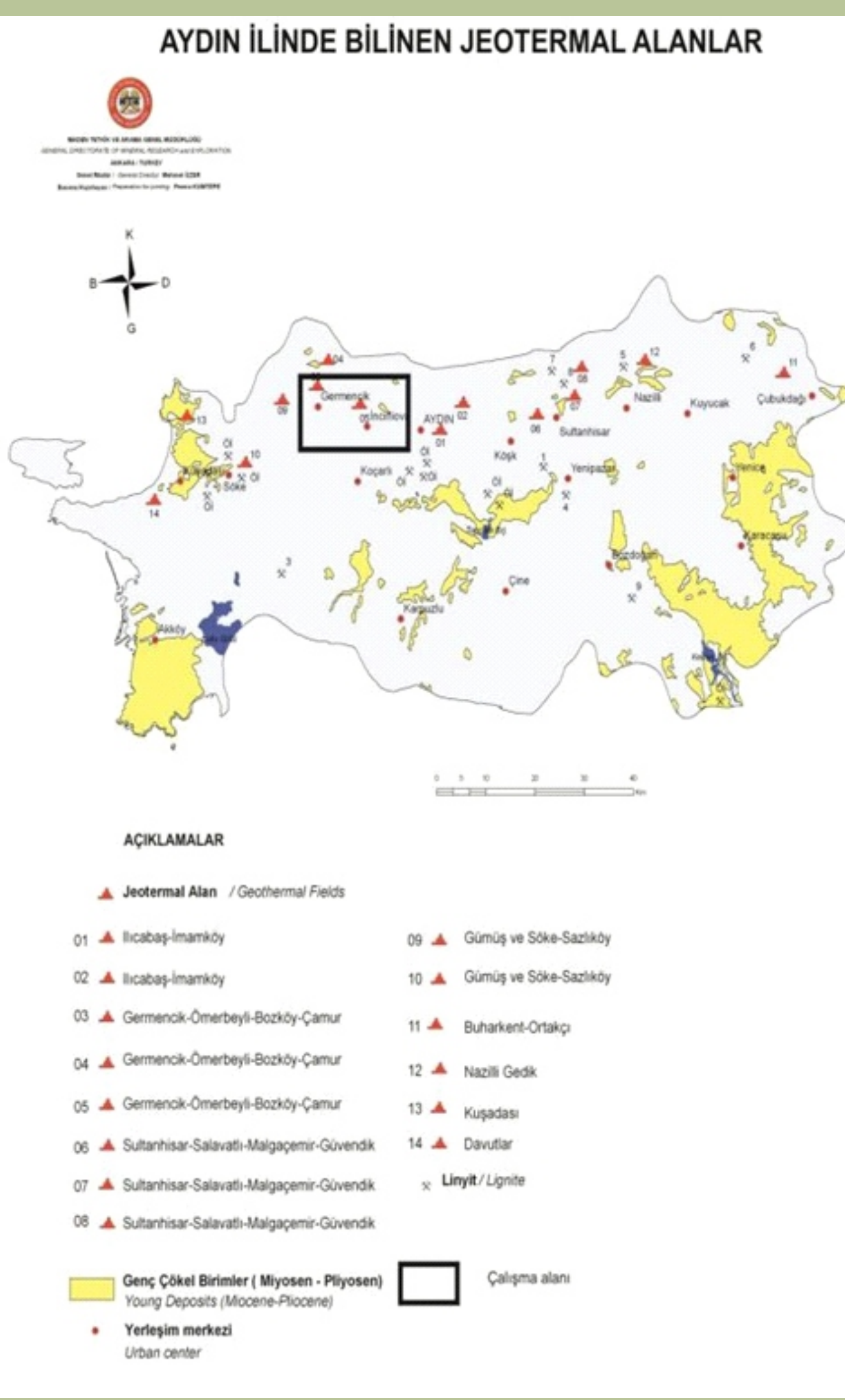
JEOTERMAL ALAN ADI	SICAK SU KAYNAK ADI	KAYNAK			SONDAJ			KULLANIM ALANI	KURULU TESİS	DEĞ. BEL.
		Sıcaklık (°C)	Derin (m)	Potansiyel (MW)	Sıcaklık (°C)	Derin (m)	Potansiyel (MW)			
GERMENCİK-ORTAKLAR-GÜMÜS-SÖKE-SAZLIKÖY	Gümüş	35	6	-	-	-	-	Kaplıca, kaplıca tesisi ve sera istismarında	Kaplıca	**
	Ömerbeyli Sahası	-	-	-	203-232	725	594.83	Elektrik üretimi, jeotermal suların ısıtılması, sera istismarı, kurumtaşı (Pnö-Camur) Tesisi (endüstriyel (Dİİ), soğuk hava deposu, kaplıca ve kaplıca tesisi istismarında	-	**
GERMENCİK-ÖMERBEYLİ-BOZKÖY-ÇAMUR	Bozköy-Çamur	36-42	4	-	59-142	280	107	Kaplıca, kaplıca tesisi ve sera istismarında	Kaplıca	**

Tablo 2. Aydın ili 1970-2011 yılları arasında karşılaştırmalı meteorolojik su bütçesi (Thornthwaite, 1948'e göre Aydın Devlet Meteoroloji İstasyonu verilerine dayanarak hazırlanmıştır.)

Faon AYLAR	OCAK	SUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	YILLIK TOPLAM
AYLIK SICAKLIK	9,2	9,1	11,9	15,3	20,9	26	28,4	27,4	21,4	18,3	12,9	9,3	-
YAM/ŞP (mm)	97	91,5	78,9	53,8	31	12,8	4	2,4	10,9	41,5	86	111,1	619,8
ETP (mm)	12,39	14,92	30,39	55,51	105,4	160,64	191,39	187,39	110,17	63,97	28,88	15,36	-
P-ETP	84,60	76,57	48,60	-1,71	-72,40	-147,84	-187,2	-184,99	-99,47	-19,47	57,11	95,73	-
BEZERVİSİ	100	100	100	98,28	25,87	0	0	0	0	0	57,11	100	-
Etiyaşık (mm)	12,39	14,92	30,39	55,51	105,4	160,64	191,39	187,39	110,17	63,97	28,88	15,36	363,36
SUNOKSANİSİ	0	0	0	0	0	121,56	187,39	184,99	99,47	19,47	0	0	-
SUFUZLARI	84,6	76,5	48,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52,85
YANISMA SUYU	55,56	67,074	53,73	26,86	13,43	6,71	3,35	1,67	0,839	0,419	0,209	0,104	250,43
Pİ	41,432	26,42	17,06	26,93	19,56	6,083	0,640	0,72	10,06	44,88	85,79	84,56	-



Şekil 8. Aydın ili'nde 1970-2011 yılları arasında karşılaştırmalı meteorolojik su bütçesi grafiği (Aydın Devlet Meteoroloji İstasyonu 1970-2011 verilerine dayanarak hazırlanmıştır.)



Şekil 7. Aydın ili jeotermal alanları (MTA, 2009).

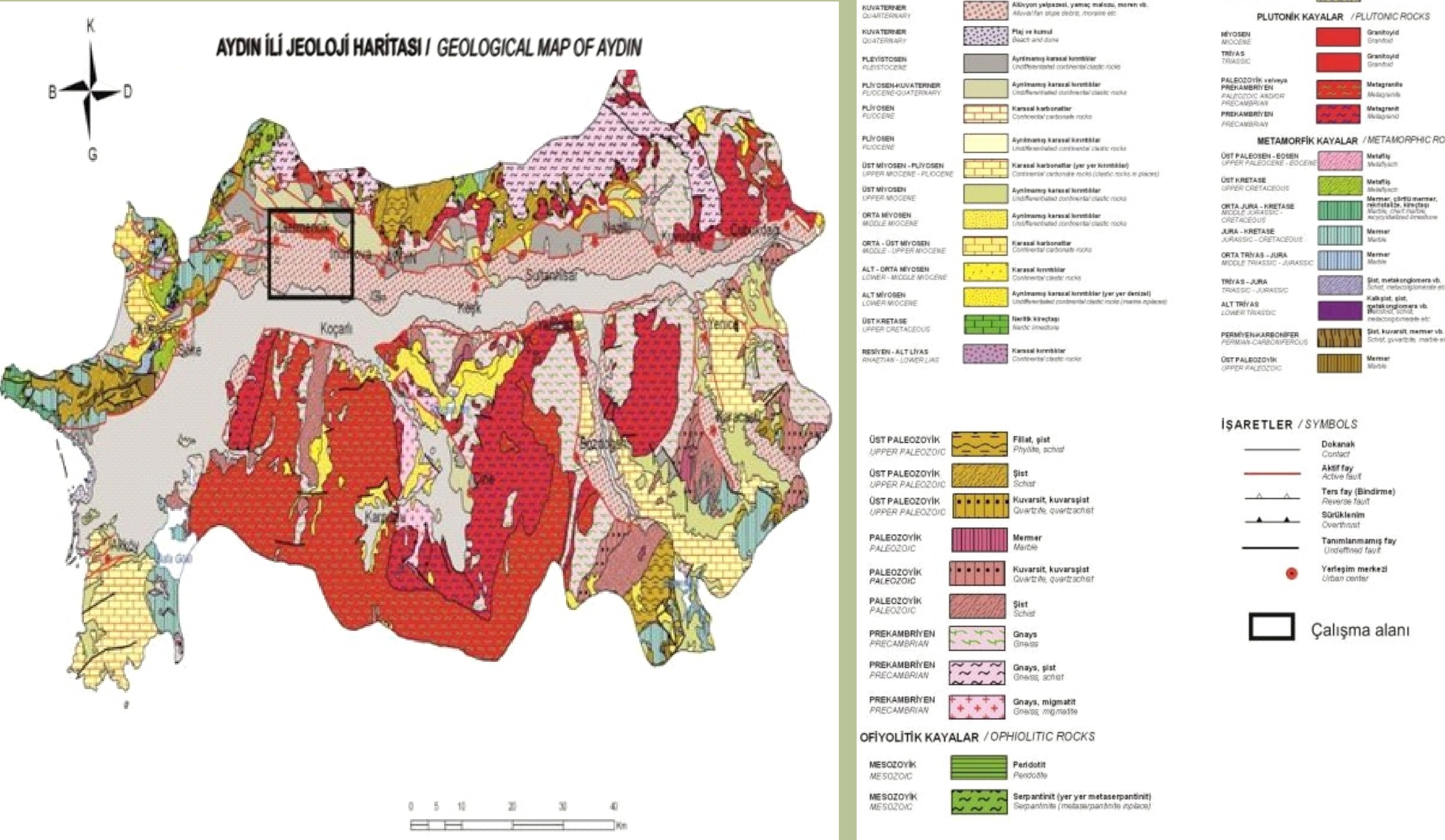
Tablo 3. Germencik Ömerbeyli bölgesindeki jeotermal kuyular (MTA 1996).

Kuyu No	Tarih	Derinlik (m)	Sıcaklık (°C)	Debi (l/s)	Üretim Şekli
OB-1	1982	1000	203	Gayzer tipi	Gayzer tipi
OB-2	1982	975,5	231	25	A(4,5-7 kg/cm <sup>2</sup> )
OB-3	1983	1196,7	230	65	A(13-15 kg/cm <sup>2</sup> )
OB-4	1984	285	213	180-100	A(15 kg/cm <sup>2</sup> )
OB-5	1984	1302	221	65	A(6 bar)
OB-6	1984	1100	221	140	A(15bar)
OB-7	1985	2398	203	65	A(2,8 kg/cm <sup>2</sup> )
OB-8	1986	200	219,8	120	A(5,5 kg/cm <sup>2</sup> )
OB-9	1986	1464,7	223,8	145	A(7 kg/cm <sup>2</sup> )

Tablo 4. İnceleme alanındaki bazı sıcak suların 0,18 °H-D ve °H-T izotop analizleri (Filiz ve diğ., 1999'dan alınmıştır).

Örnek Adı	Tritiyumu (TU)	δ <sup>18</sup> O (‰)	δ <sup>2</sup> H-D (‰)	Örnekleme Tarihi	Kaynak
Bozköy İlçesi	< 4	-5,95	-	1980	Filiz, 1982
Bozköy İlçesi	-	-3,03	-3,9	1982	Union Oil, 1983
OB-1 Kuyusu	-	-1,01	-4,8	1982	Union Oil, 1983
OB-6 Kuyusu	< 1	-1,3	-3,3	?	Correia vd, 1990
OB-9 Kuyusu	< 1	-2	-38,4	?	Correia vd, 1990
OB-9 Kuyusu	-	-2,6	-41,4	?	Correia vd, 1990

## BÖLGESSEL JEOLOJİ



Şekil 2-3. Aydın ili'nin genelleştirilmiş jeolojik haritası ve stratigrafik kolon kesiti (MTA, 2009).

## STRATİGRAFI

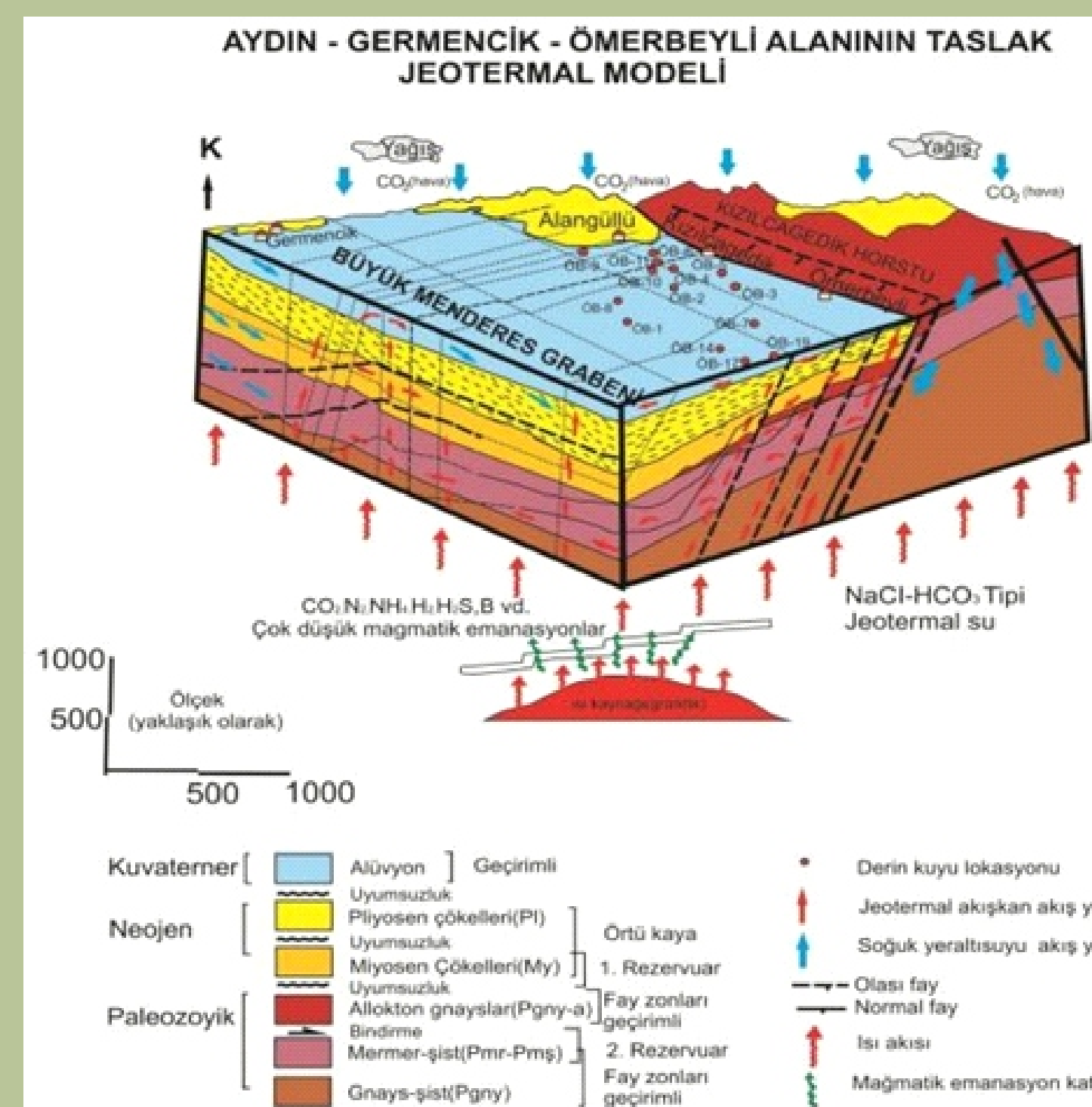
Çalışma alanı olan Germencik civarında en alta Paleozoik yaşlı Menderes masifi metamorfikleri bulunur. Bunun üzerine Neojen Yaşlı çökeller Miyosen ve Pliyosen yaşlı birimlerde oluşur. En üstte ise Menderes Grabeni boyunca geniş yayılım gösteren Kuvaterner yaşlı birimler yer alır (Karahan, 2009).

SİSTEM	SERİ	FORMASYON	KALINLIK (m)	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
KUVATERNER	Holosen	Aydın	150	Alüvyon-Alüvyon yelpazesi, Traverten	
			150	Taraça	
			300	Gevşek tutturulmuş Çakıltaşı yer yer kili Örtü Kayaçlar	
NEOJEN	Pliyosen	Arzuçular	450	Kumtaşı-Silttaşı Kilitaşı	
			400	Kırmızı bordo renkli Çakıltaşı-Kumtaşı Kilitaşı	
			200	Marn-Kumtaşı	
PALEZOYİK	Menderes Masifi	Pm19g	250	Allokton Gnays, Altire Kuvarşist bantlı Allokton Topluluk	
			1000	Mermer-Şist-filit ardalanması Kuvarşist bantlı Çakıltaşı	
			?	Çeşitli şist(Mikapsit-kvarşist-klozitaş) Gnays Örtü serisi	

Şekil 4. Aydın civarı genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti (Karahan, 2009'dan değiştirilerek alınmıştır).

## AYDIN İLİ JEOTERMAL MODELİ

Büyük Menderes Grabenindeki jeotermal alanlar devirli jeotermal sistem özelliğindedir. Bu jeotermal sistemlerde meteroik sular fay hatları ve tektonik kırıklar boyunca yeraltına süzülürler. Süzülen bu sular, graben tektoniğine bağlı olarak yüzeye yaklaşan magma tarafından ısıtılır. Sıvılarda yoğunluk farkından dolayı ortaya çıkan konveksiyon ısı akımları ile ısınan sular tektonik hatlar boyunca tekrar yükselerek, yeryüzüne ulaşırlar (Yurttaş, 2008).



Şekil 5. Aydın-Germencik-Ömerbeyli alanının taslak jeotermal modeli (Şimşek, 2006 değiştirilerek alınmıştır).

## SONUÇLAR

Menderes Grabeni'nin ortasında yer alan çalışma alanındaki en yaşlı kayalar Menderes Masifi adı altında toplanan şist gnays mermer ve kalkıştirdir. Paleozoik yaşlı bu kayaların üzerine Neojen yaşlı çakıltaşı kumtaşı kilitaşı ve silttaşı birimleri gelir. Neojen birimlerin üstünde kuvaterner yaşlı gevşek tutturulmuş çakıltaşlarından oluşan (yer yer killi) Umurlu Formasyonu ile taraça traverten, alüvyon yelpazesi ve alüvyonları yer almaktadır.

Büyük Menderes Grabeni'ndeki jeotermal alanlar devirli jeotermal sistem özelliğindedir. Bu jeotermal sistemlerde meteroik sular fay hatları ve tektonik kırıklar boyunca yeraltına süzülürler. Süzülen bu sular, graben tektoniğine bağlı olarak yüzeye yaklaşan magma tarafından ısıtılır. Sıvılarda yoğunluk farkından dolayı ortaya çıkan konveksiyon ısı akımları ile ısınan sular tektonik hatlar boyunca tekrar yükselerek, yeryüzüne ulaşırlar. Bölgedeki jeotermal aktivitelerin en fazla olduğu alanlar doğu-batı uzanımlı graben faylarıyla kuzey-güney yönlü doğrultu atımlı fayların keşitlendiği yayırlık zonlarıdır. Sıcak su kaynakları genelde bu keşim zonlarından çıkmaktadır. Kuzey-güney yönlü faylar jeotermal sistemin oluşmasında etkili olup doğu-batı doğrultulu graben faylarına bağlı olarak uzanan jeotermal sahaların kısmen jeoloji birimlerinin sınırlarını oluşturmaktadır.

Jeotermal enerjinin doğru kullanılabilmeye için sahanın işletilebilir potansiyelinin ortaya çıkarılmasına yönelik gerekli geliştirme çalışmalarının yapılması, yeni kuyuların açılması önerilmektedir. Üretim aşamasında her jeotermal alan için bir üretim modeli geliştirilmeli ve atık termal sular mutlaka reenjeksiyon kuyularından hazneye geri basılmalıdır.

Bölgenin ılıman iklim özellikleri ve turistik potansiyeli göz önüne alındığında, başta düşük entalpi bir kaynaklar olmak üzere sıcak suların kullanılması sera ısıtmacılığı, balneoterapi ve kaplıca turizmüne yönelik amaçlar için geliştirilmiştir.

## KAYNAKLAR

- Başkan, E. (1970). Germencik(Aydın)-Çamurlu İlca ve Bozköy Kaplıcası hidrojeolojisi etüt raporu (MTA. Raporu)
- Candan, O., (1992) Menderes Masifi/Demirci-Gördes Asması'nda Kula-Yeşilyurt kasabaları arasında kalan bölgenin jeolojisi, petrografisi ve metamorfizma evrimi D.E.Ü. Rektörlüğü
- Filiz Ş., Tarcan G., ve Gemicci Ü.,(1999) Germencik (Aydın) jeotermal alanlarının hidrojeokimyasal açıdan incelenmesi DEÜ mühendislik fakültesi fen ve mühendislik dergisi 1, 41-64
- Karahan, Ç.,(2009), Aydın Çiftlik Aç-1 sıcak su sondajı kuyu bitirme raporu MTA derleme No: 11183
- Maden Tetkik ve Arama (MTA) (1996)., Germencik-Ömerbeyli-Bozköy-Çamur Jeotermal Alanı. MTA Genel Müdürlüğü, Türkiye Jeotermal Envanteri, Ankara
- Şimşek, Şakir. "Dünya'da ve Türkiye'de jeotermal gelişmeler." III. Jeotermal Kaynaklar Sempozyumu Bildiri Kitabı, Ankara, Türkiye . 2015.