

GERMENCİK JEOTERMAL ALANININ SICAK YERLERİ

Hot Parts Of Germencik Geothermal Field

Ahmet ERCAN^{1,2} ve Hüdavendigar ŞAHİN³

ÖZET

Büyük Menderes çöküntüsünde oluşuk sınırlarını belirleyen kırıklar, doğal uçlaşma (SP) (natural electro – thermal and electro – filtration polarization potential) belirti ile açık bir uyuşum içinde görülmektedir. Bölgede kırıkların sıcak suları yukarıya taşımada yol görevi yapması ve sıcak basınçlı (belki de devingen) su içeren su yollarının üzerinde doğal uçlaşmanın soğuk yerlere göre daha büyük (> 100 mV) değerlere ulaşması, sıcak ve soğuk yerlerin ayrt edilmesini sağlamıştır. Sıcak bölgeye yaklaştıkça gerilimin türev değerinin artmasının yanısıra, duyarlılığı bozularak artan genlikte (± 1 den ± 5 mV/m'e değin) duyarsız (değişken) bir gürültü bin-diği izlenmiştir.

Germencik – Ömerbeyli dolayında SP dalga boyları 2 km'yi bulmaktadır. Ölçüler bölgede doğu-batı doğrultusunda kırılmaların olduğunu ve bunların 80° - 90° arası dalımlarla 1000 metreye varan atımları içerdiklerini, K-G doğrultulu kırıklarla ke-sildiklerini belirtmektedir. En sıcak yerler bu kırıkların kesişme kavşaklarıdır.

ABSTRACT

Considerably good correlation exists between the natural polarization (electro-thermal and electro-filtration) anomalies and faults or tectonic borders along the Büyük Menderes graben formation boundaries. It is possible to set apart heat-induced imbalance of cold and hot sections by consideration of amplitudes and polarities of the natural polarization fluctuations which rise over 100 mV on the hotter places, with respect to the colder sites. Such discontinuities may function as hot water conduits for geothermal water circulation towards the surface. While the observation cross passing the altered zones, there occurred an interesting noise, on the electrical polarization, with amplitudes varying between (± 1 to ± 5 mV/m) caused by unexplained source.

Dipolar natural polarization anomalies of about 100 mV peak – to – trough amplitudes and nearly 2 km peak – to – trough lengths has been measured in a few survey lines in east – west direction at Germencik – Ömerbeyli region. The anomalies do not appear to be related to surface features. Measurements indicate that besides E-W extending fractures, there also exist faults in N-S direction which have estimated westward dipping of 80° to 90° and offset of 1000 meters. Hottest places are junctions or intersections of E-W and N-S trending fault zones.

1 İTÜ Maden Fakültesi Jeofizik Müh. Bölümü, Maslak, İstanbul.

2 Yeraltı Aramacılık Bil. Ar. Kur. Maçka, Beşiktaş – İstanbul.

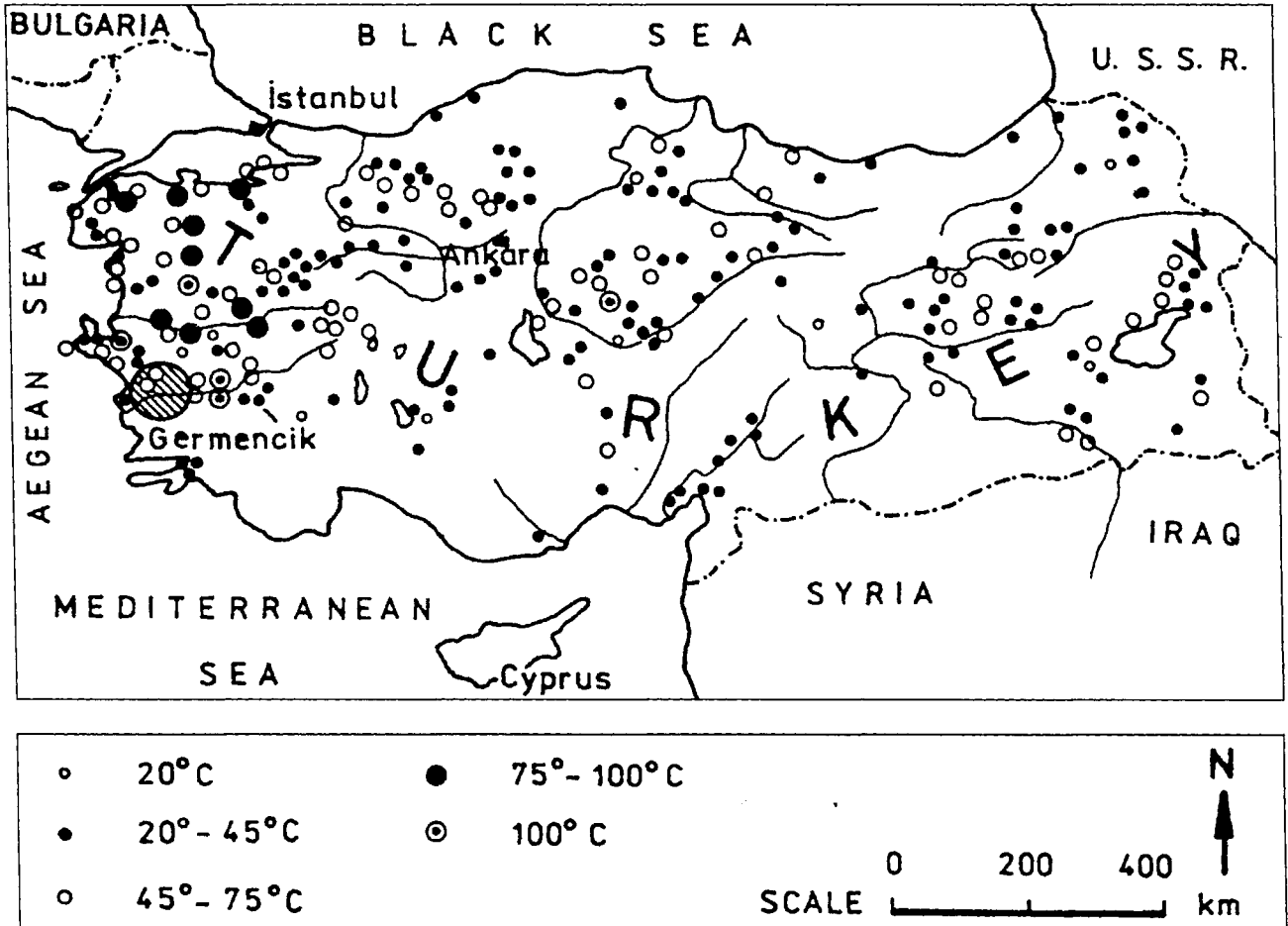
3 Maden Tetkik ve Arama Genel Direktörlüğü Jeofizik Etütleri Dairesi, Ankara.

GİRİŞ

Aktaş sıcak alanı Aydın ili sınırları içinde Hıdırbeyli – Germencik – Ömerbeyli – Alangüllü dörtgeni içinde yer alır. Yukarıda sınırları verilen alan, Aydın dağlarının güneyinde Büyük Menderes çöküntüsünün (graben) batı yakasında yer alır. Çalışmalar Aydın dağlarının yanlarındaki Pliosen tepeciklerinin eteklerinde başlayıp, güneyde devlet karayoluna değin Kuvaterner yaşlı Menderes çökelleri üzerinde sürdürülmüştür. Bu alan içindeki bazı kuyularda sıcaklığın 50° – 100° C arasında olması, sıcak su etkili bozulmalar (hydrothermal alterations), jeolojik gözlemlerle saptanan yerel bol kırıklılık ve Aktaş Yamacı “buhar bacası” (Fumarole) (101° C) yerel aşırı ısınmanın birer göstergeleridir (Şekil 1 ve 2).

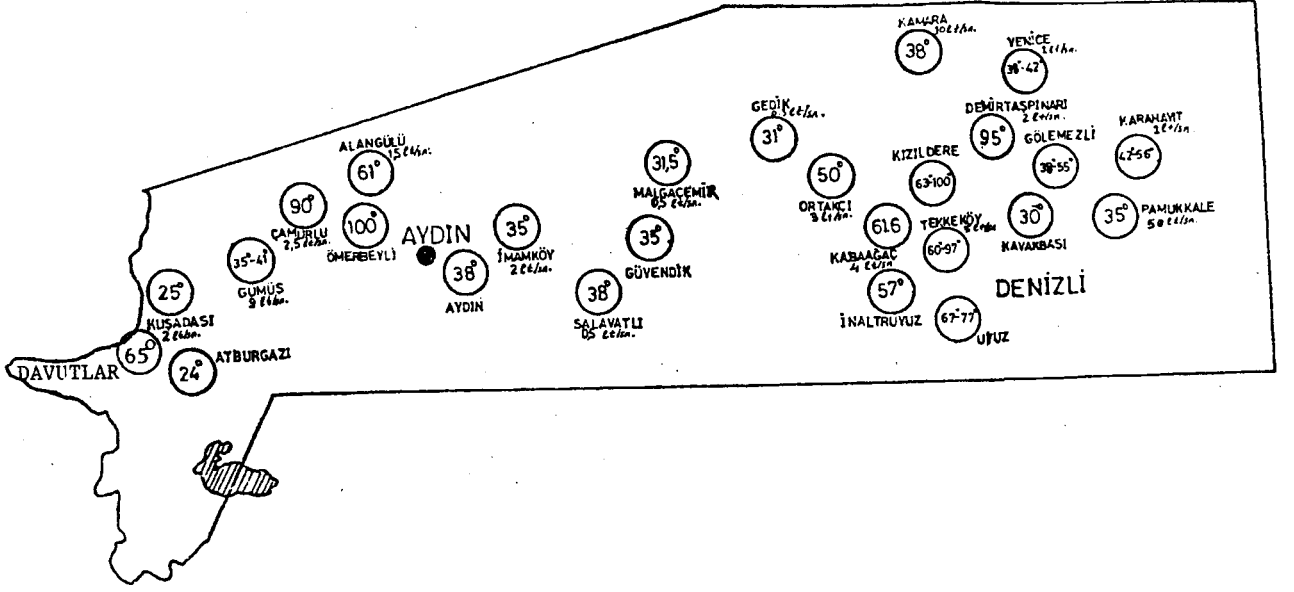
Tüm Menderes ovası Bouguer gravite haritasında sıfır kapanımı içinde kalmaktadır (Şekil 3). Gediz – Menderes ve Söke – Menderes çöküntüleri ile Menderes – Nazilli göçüntüsü gravite haritasında gözlenmekte olup, buralarda Germencik ve Kızıldere jeotermal alanları yer almaktadır.

Özellikle sıcak alanlarda kırık kuşakları, yerel ya da bölgesel iletkenlik, basınç, sıcaklık ve çözelti yoğunluğunu ayıran çizgiler biçimindedir. Sözü edilen ayrılıklar, kırık yüzeyinin bir yanında artı, diğer yanında eksi yüklerin toplanmasına neden olurlar. Dolayısı ile, böyle durumlarda kırık düzlemi bir uçlaşma ayırım düzlemi biçimine dönüşür (Şekil 4). Bir yanda artı bir yanda eksi yüklerin çoğalması kanatlar arası dengesizliği sağlayacağından, dengeyi sağlamak üzere yükün geçişi



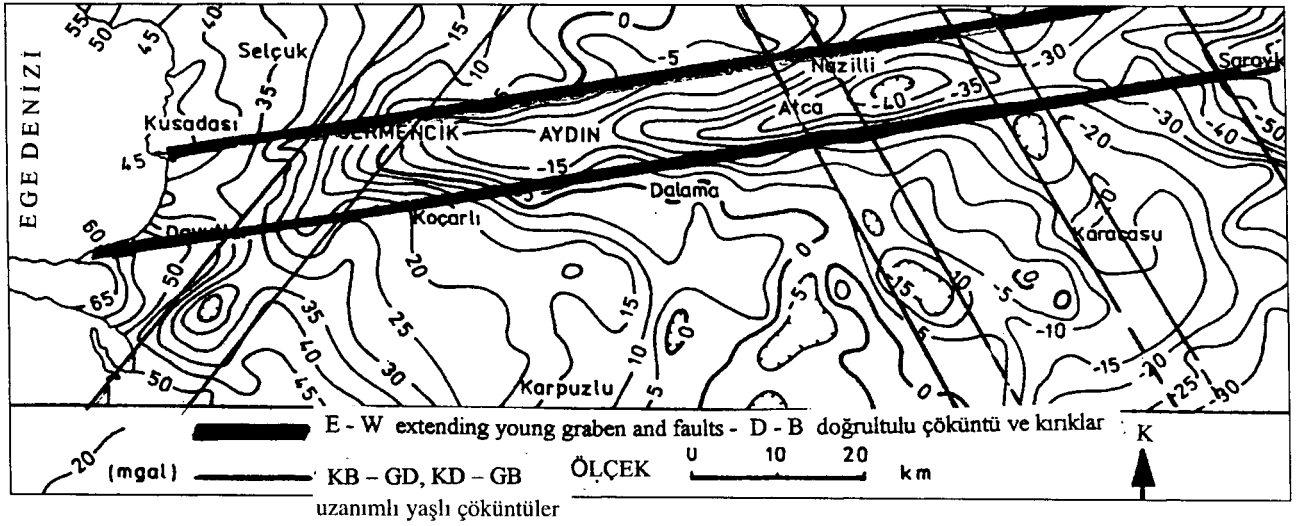
Şekil 1. Türkiye yüzey suları sıcaklık haritası ve Germencik – Ömerbeyli jeotermal alanı.

Figure 1. Surface temperatures of hot springs and Germencik – Ömerbeyli geothermal field's.



Şekil 2. Aydın ilinde suların yüzey sıcaklıklarının dağılımı.

Figure 2. Surface temperatures of hot springs in Aydın.

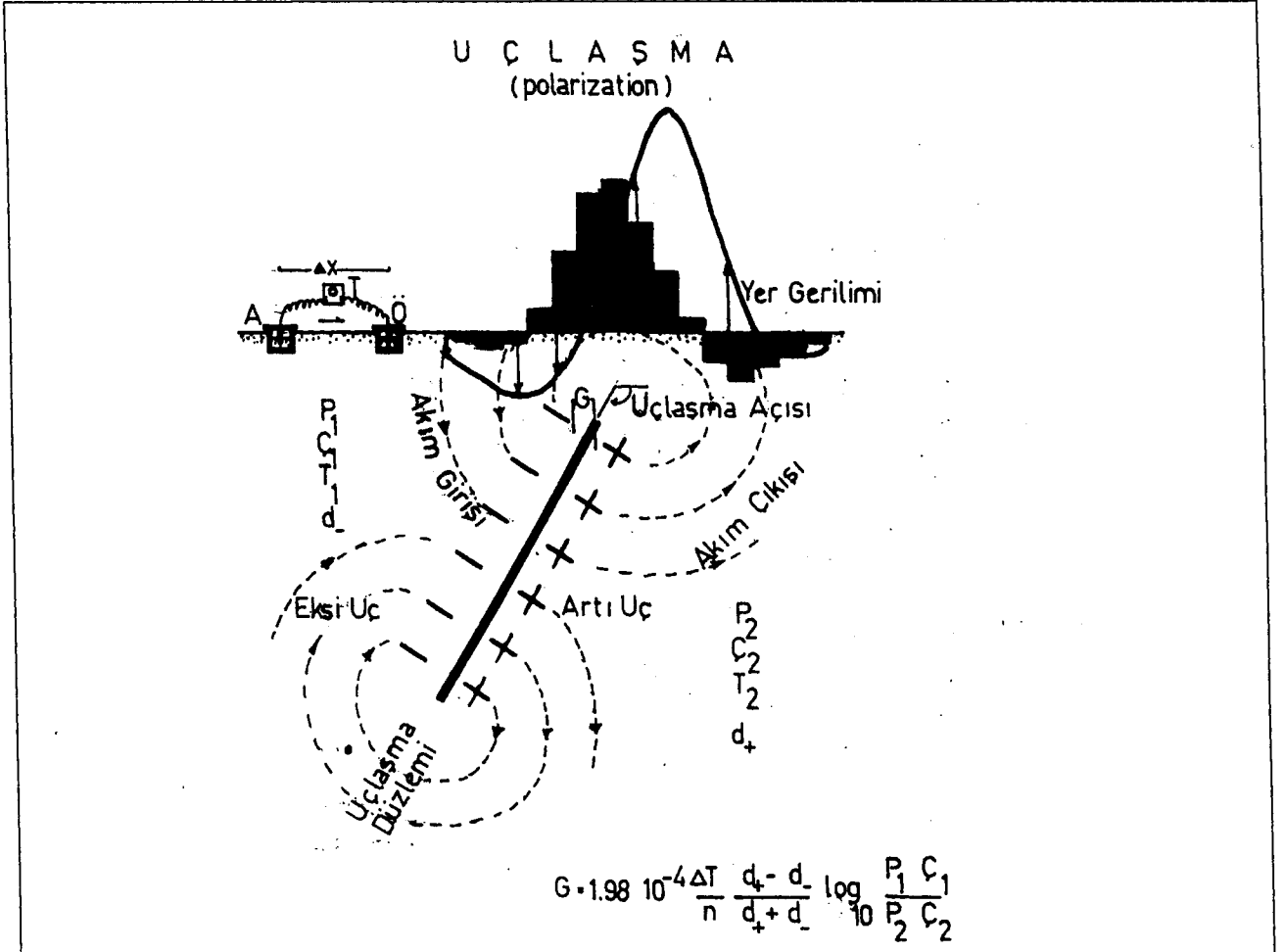


Şekil 3. Aydın ilinin Bouguer yerçekimi ivmesi belirti haritası

Figure 3. Bouguer gravity anomaly map of Aydın.

başlar. Kırık düzlemine dik yönde başlayan bu geçişme doğal kökenli bir elektrik akımına, akan akım da yer yüzünde, uçlaşma odağının izdüşümünde dengeli doğal gerilim alanında bir bozulmaya neden olur. SP ölçümleri ile kırık izinin yeri düzlemi (ya da uçlaşma açısının) bulunabilir. Dolayısı ile SP yönteminin sıcak alanlara uygulanmasının temel amaçları, jeolojik gözlemlerle sap-

tanmış kırıkların varlığının kanıtlanması ya da üstü örtülerek gözlemlenemeyen kırıkların izlerinin güdülmesi, sıcak-soğuk, yüksek basınçlı - alçak basınçlı, sıvı akışı içeren-içermeyen, iletken - dirençli yerel bölümlerin ayrımı, temel derinliği ve temeldeki oluşuk geçiş yerlerinin saptanmasıdır.



Şekil 4. Uçlaşma birimleri tanımı. Artı ve eksi yükünlerin bir çizgi boyunca ayrı yanlarda çoğalmasına **uçlaşma**, artı ve eksi yükünlerin çoğaldığı sınırı belirleyen çizgiye (ya da düzleme) **uçlaşma çizgisi** ya da **düzlemi**, uçlaşma düzleminin yatay ile saat akrebi yönünde yaptığı açığa **uçlaşma açısı**, artı ve eksi yanlar arasındaki gerilime **uçlaşma gerilimi**, artı ve eksi yanlar arasındaki akan akımlara **uçlaşma akımları**, bu akımların yüzeyde yarattığı belirteye **uçlaşma belirtisi**, uçlaşma düzlemi orta noktasına **uçlaşma odağı** denir.

r= Bağ değeri, T= Mutlak sıcaklık (273+t) t: Santigrad olarak sıcaklık, P= Elektrolitik çözelti basıncı, c= Yü-kün yoğunluğu, d= Anyon ve katyonların devingenliği.

Figure 4. Definitions of the polarization parameters. Accumulations of different ions at different sides of an interface is called as **polarization**. Such an interface is named as **polarization plane** or **line**. **Polarization angle** is clock wise dipping of this interface. Polarization azimuth is the angle between the measuring profile and the projection line of the polarization interface on the surface. Central point of the polarization interface is called as the **polarization focal depth**. Potential between the two sides called as polarization potential. Polarization currents are the ones which flow between negative and positive polarities. Flow direction is normal to the polarization interface. Anomaly which originates from such natural currents is named as the **natural polarization anomaly**. Natural polarization anomaly has two components; one is the **polarization electrical field** and the other is the **polarization potential field**.

r= Valency, T= Absolute temperature (273+t), t= Temperature in centigrade p= Electrolytic solution pressure, C= Ion concentration, d= Mobility

Bu amaçla son yıllarda sıcak alanlarda SP çalışmaları yapıldığı ve başarılı sonuçlar alındığı izlenmektedir (Morrison ve Corwin 1977; Corwin ve diğ. 1979; Diaz 1980; Corwin ve diğ. 1980; Ercan 1982). Mineral aramalarında SP yönteminin uçlaşma derinliği ilk 100 metre içinde kalmasına karşın Kızıldere sıcak alanında doruktan – çukura 150 mV'luk ve 2 km dalga boyulu elde edilen çift-ucay (dipolar) kökenli belirtinin en az 500 metre derinlikten kaynaklandığı sanılmaktadır (Ercan 1982). Nitekim, Güney Kaliforniya Imperial Valley East Mesa sıcak alanında 5 km dalga boyulu 90 mV genlikli yığmsal SP belirtisi elde edilmiştir (Corwin ve diğ. 1980). Böyle derin belirtilerin nedeni, ya doğrudan doğruya ısıtıcı kaynak, ya da ısı ileten kırık yanlarında sıcaklıkla (thermoelectric) ya da su devinimlerinden kaynaklanan (electrokinetic) elektrik akımlardır (Ercan ve diğ. 1986).

Yatay yönde doğal uçlaşma değişimi, kırığın her iki yanındaki kayaç bozuşması (alteration) ayrılığında doğabilir. Böyle bir bozuşma sıcak suların kayaç gözeneklerine ve kırıklarına yürüyerek kayacın suyla dokunağa geldiği yerlerdeki mineralleri bozmasıyla oluşabilir. Sıcaklıkla elektrik akımı yaratan uçlaşma katsayılarının (coupling coefficient) artan gözenek sıvısı iletkenliği ile azaldığı gözlenmiştir (Corwin ve diğ. 1980). Doğal uçlaşmanın, tüm anlatılan yapının fiziksel ve kimyasal özellikleri ile ilgili olması, sıcak alanlar üzerinde doğal uçlaşma ölçümünün jeolojinin aydınlatılmasında önemli yer tutabileceği düşüncesini güçlendirir.

Ayrıca, kayacın suya doyunlukla, sıcaklıkla ve kimyasal içeriğiyle yükünel (ionic) iletkenliğinin artması, sıcak olan ve sulu olan yerlerin, soğuk ve kuru olan yerlerden ayırt edilmesine yol açar. Bu nedenle, çeşitli derinlik katları için yeraltının elektrosunun çıkarılmasıyla, sıcak kazanın boyutu ve ısınma işlevi ortaya çıkarılabilir.

YEREL YER YAPISI

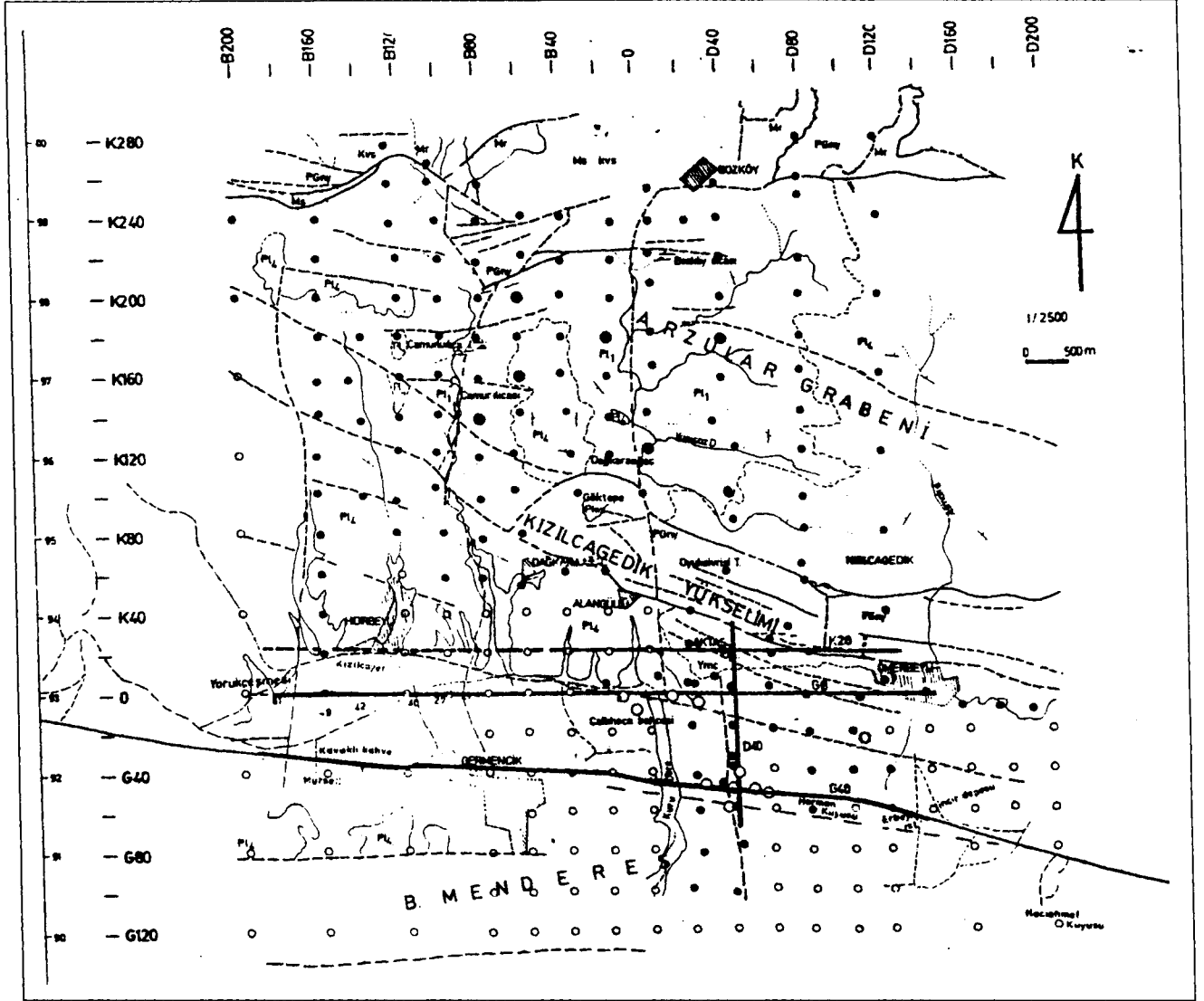
Kızılcagedik, Bozköy yükselimlerinde yüzeyleyen başkalaşmış (metamorphic) kayaçlar Menderes çöküntüsünün temelini oluşturmaktadır. Başkalaşmış kayaçlar, başta gnays olmak üzere çeşitli şistler, kuvarsit, mermer, kalkışist ve serpantiniterlerdir. Başkalaşmış kayaçların en altında yer yer derinlik kayacı kökenli (ortho) ve

yer yer çökel kayaç kökenli (para) gözlü gnayslar bulunur (Şimşek ve diğ. 1979). Gnaysın yüzünün yüzeyden olan derinliğinin derin özdirenç ölçümlerinde 1000 ile 1400 metre arasında değiştiği sanılmaktadır (Şahin 1981).

Germencik – Ömerbeyli alanında 1 ile 7 ohm-metre arasında elektrik özdirenç içerdiği sanılan kuvarsit, mermer ve gnaysların birinci hazne kayayı oluşturması olasıdır. B20–D40 arasında 1300 metre derinliği içeren gözlü gnayslar içinde asıl hazneyle karşılaşılıp karşılaşılmayacağı 1981'de bilinmemekte idi. 1982 yılında, yaklaşık $\phi\phi$ –D40 noktasında yapılan ilk delgi ile 1030 metrede sıcak buhara girilmiştir. Daha sonra yapılan 7 ayrı delgide (mekanik sondaj) çeşitli derinliklerde kazayı yakalamıştır (Şekil 5).

YERELEKTRİK YAPISI

MTA jeofizik ekibi Germencik yöresinde 500 metre aralarla araziye kareliyerek Schlumberger dizilimiyle doğru akım özdirenç ölçümleri yapmıştır (Şekil 5), (Şahin 1981). Çeşitli derinlikler için çıkarılan elektrik kat haritalarından biri Şekil 6'da verilmektedir. Bu elektrik kat haritaları aynı derinlikteki değişimi simgelemekle birlikte derine doğru süreklilik içermesi kazan yerini gösterici bir özelliktedir. Açılımlar D–B doğrultusunda yapıldığı için böyle bir kesit özellikle K–G doğrultusundaki süreksizlikleri saptamada duyarlıdır. Kat haritaları üzerinden D–B doğrultusunda kesit alındığında yatay görünür özdirenç değişim eğrisi elde edilmiştir (Şekil 7). Bilindiği gibi bu eğri, iz doğrultusuna dik geçen Schlumberger dizilimi için bir kırık üzerinde beklenen simgesel belirtidir. Benzer, biçimde aynı doğrultuda SP elektrik alan (türev – dv/dx) ölçüsü, simgesel yelpaze biçimli belirtiyi vermektedir. Süreksizlik yaratan kırık yelpazenin en büyük genlikli yerinde oluşmaktadır (Şekil 8). SP ve elektrik özdirenç belirtilerine göre yaklaşık D40 noktasından K–G doğrultusunda bir kırık geçmektedir (Şekil 9). Kaldı ki jeolojik haritada da aynı noktada KG doğrultusunda bir kırık geçtiği gösterilmiştir. Bu noktada temel derinliği yaklaşık 1300 metredir (Şekil 10). 500 metre yanlarda ise derinliğin 1100–1150 metre arasında olması, K–G doğrultulu bu kırığın batı yakasında yaklaşık 100 metre atımlı ikincil bir yükselimin varlığı düşüncesini güçlendirebilir. İlerde değinileceği gibi aynı kırık SP ölçümleri ile de saptanmıştır. Ay-

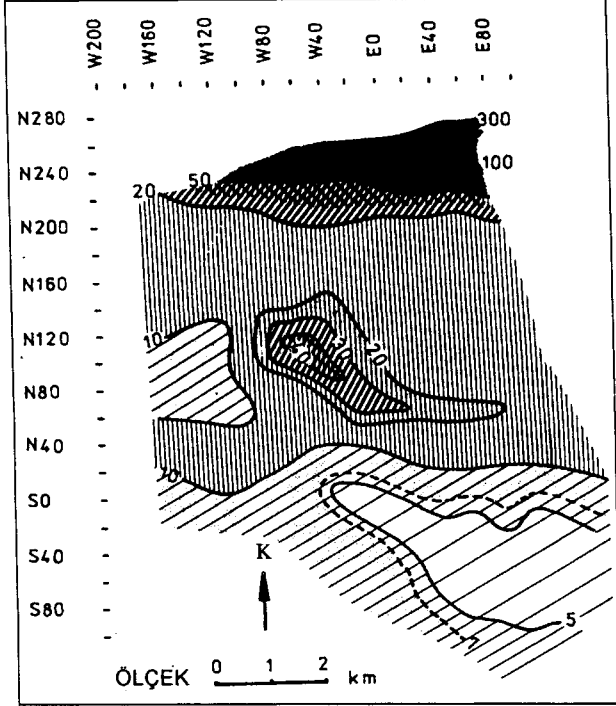


Şekil 5. Germencik-Ömerbeyli Doğal Uçlaşma ve Doğru Akım Elektrik Özdirenç çalışma alanı. Kırıklı doğrular Doğal Uçlaşma ölçümlerinin alındığı doğrultuları, noktalar Schlumberger açma ölçümlerinin alındığı yerleri göstermektedir. Açılımlar çoğunlukla D-B doğrultusundadır.

Figure 5. Profiles along which Natural Polarization and DC resistivity soundings were compiled in Germencik Ömerbeyli area. Broken lines and circles indicate profiles for SP and points for schlumberger resistivity sounding measurements, respectively. Expansions of arrays, for both of them, selected in E-W direction.

rica Şekil 9'dan izlendiği gibi, D40 kırığının doğusu (3 ohm-m) batısına göre (7 ohm-m) daha iletkenidir. İletkenlik çözelti yoğunluğu ve bunların da sıcaklık ile arttığı düşünülürse, D40 kırığının doğu yakasının batı yakasına göre daha sıcak olduğu düşünülebilir (Ercan 1982).

B40 doğrultusunda alınan kesit, K20-B40 noktasında bir kırığın geçtiğini ani özdirenç düşmesi ile simgelemektedir. D40 ve D100 doğrultularında alınan kesitlerde, geçişin yavaş olması, K-G doğrultulu Alançullü kırığının doğusunda yer alan bölümde Kızılçagedik güney sınır kırığı ile buna koşut kırık arasında iki tane



Şekil 6. Aydın-Germencik sıcak alanında yapılan Schlumberger ölçümlerinde $r=1000$ metre için çıkarılan "elektrik kat haritası".

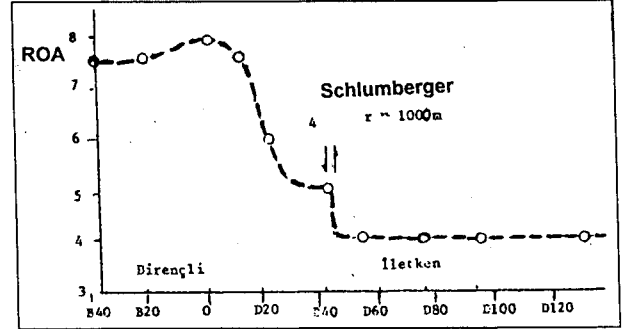
Figure 6. Schlumberger Horizontal apparent resistivity map of Germencik geothermal field for $r=1000$ meter.

değil daha çok sayıda ikincil kırıkların olabileceğini vurgular. 500 metrelik öz direnç örnekleme aralığı bu arada yer alan kırıkların belirti boylarından büyük olduğundan bunların yerlerinin ayrıntılı olarak verilmesini engellemektedir.

Beklenebildiği gibi kuzeyden güneye doğru temel derinliği artmaktadır (Biçmen 1983). Ancak, D-B doğrultusunda alınan ölçümler başka bir görünüş içermektedir. Şöyleki, B40'tan doğuda D160'a gittikçe temel 1300 metre derinlikten 500 metreye değin yükselerek sığlaşır. Oysa, G80 ve G100 doğrultularında temel derinliği yaklaşık 1300 metre olarak aynı kalmaktadır,

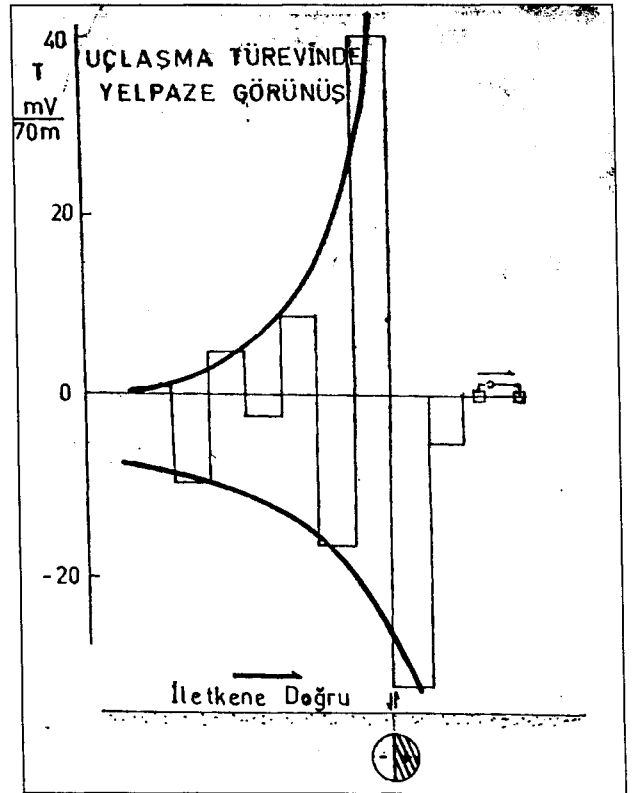
SP ÖLÇÜMLERİ

Yapılan jeolojik çalışmalara göre çöküntü boyunca kırıklar çoğunlukla doğu-batı doğrultusunda egemendir. Ancak kimi kuzey-güney doğrultulu kırıklar, çevrele-



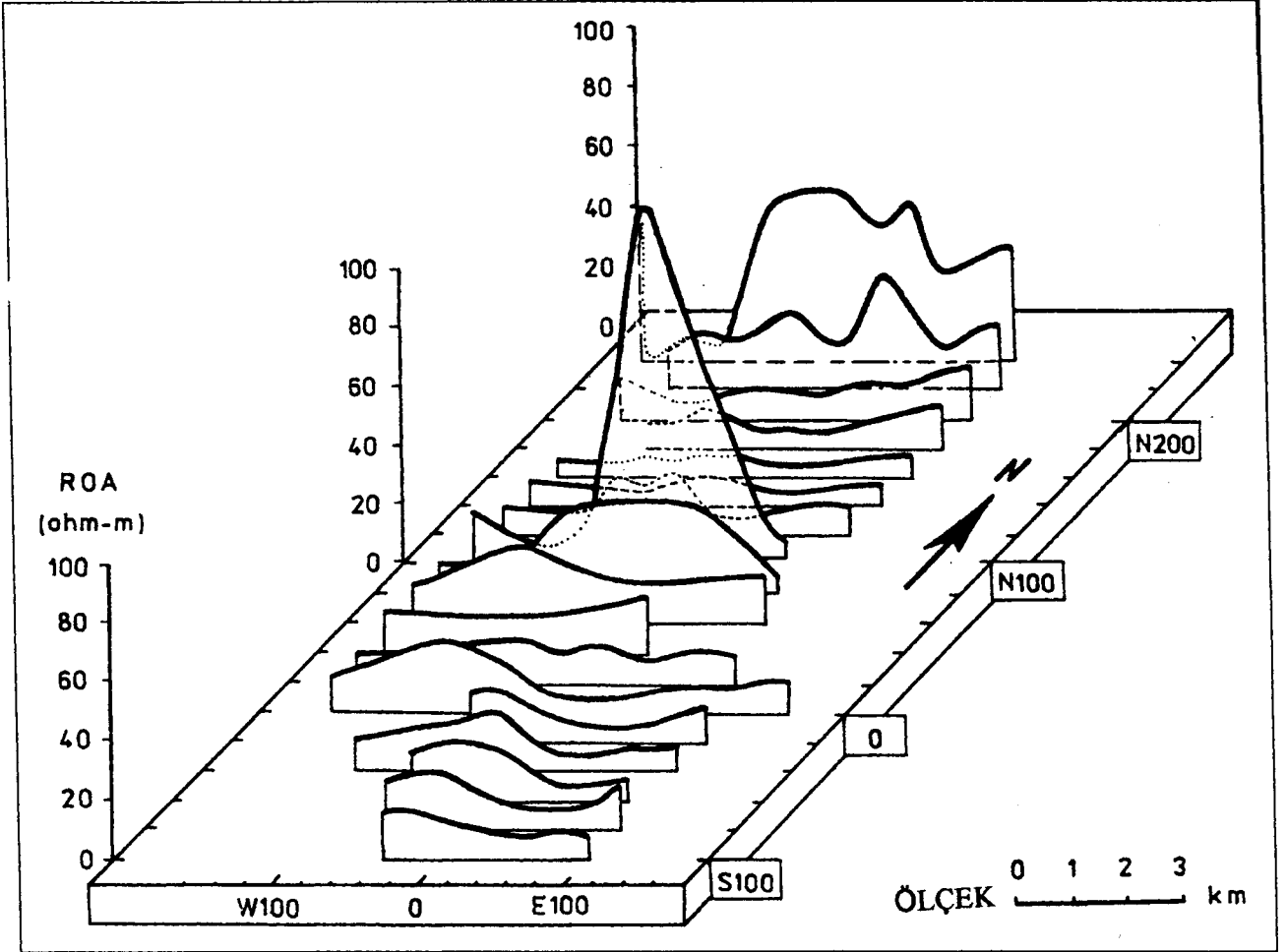
Şekil 7. Aydın-Germencik sıcak alanında (B40 - D120) noktaları arasında G40 doğrultusu boyunca $r=1000$ metre için Schlumberger dizilimi kullanılarak belirlenen yanıl görünür öz direnç değişimi.

Figure 7. Schlumberger apparent resistivity profiling curve along the G40 profile between B40 and D120 bench points in Germencik geothermal fields.



Şekil 8. Sıcak sulu bir kırığa yaklaşırken SP türevinde gözlenen simgesel yelpaze biçimi.

Figure 8. Observed fan type SP gradient while approaching a hot water bearing fault.



Şekil 9. Doğrultular boyunca yatay elektrik görünür öz direnç eğrileri. Schlumberger $r=3000$ m.

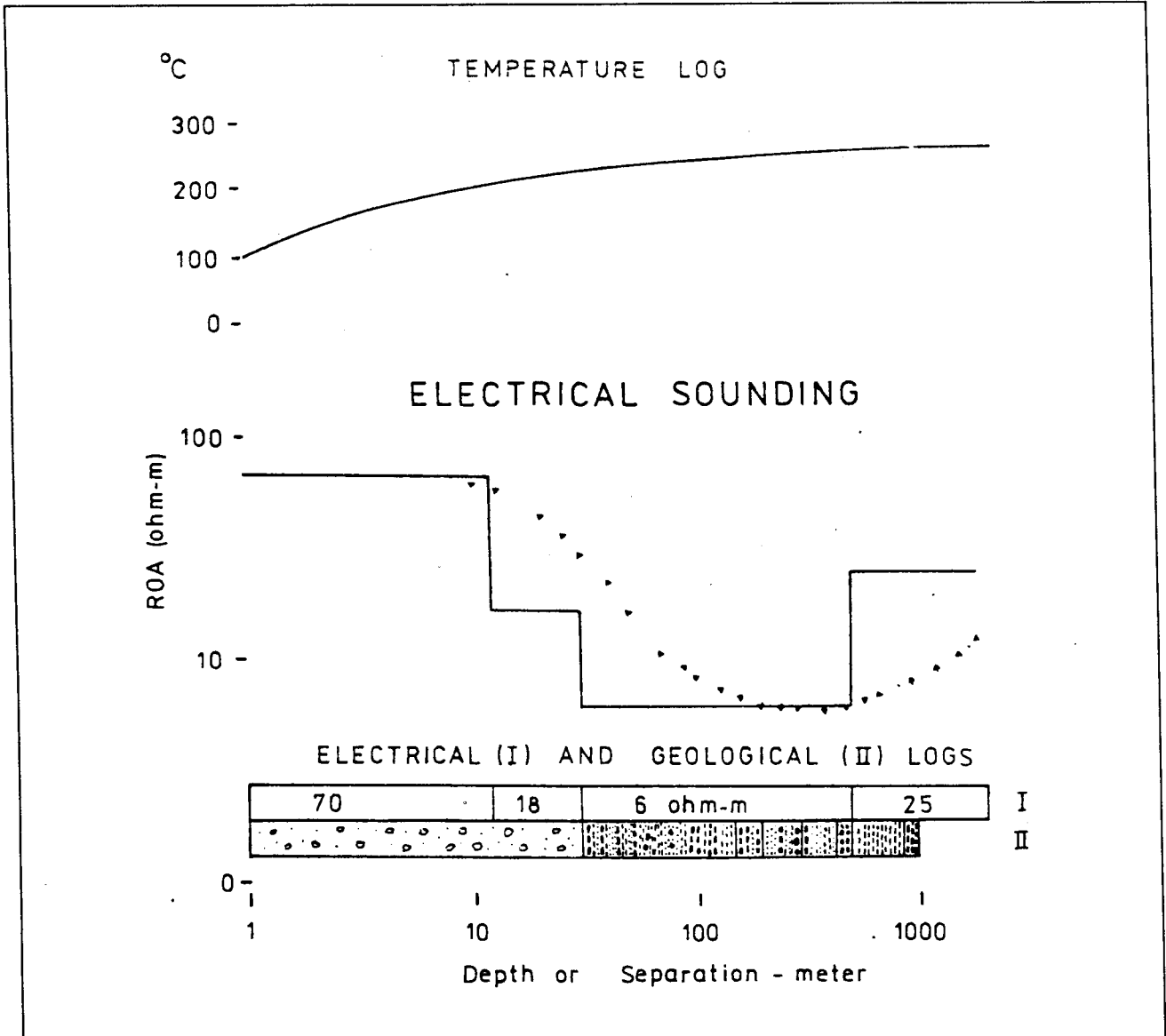
Figure 9. Geoelectrical profiling apparent resistivity curves for the Schlumberger array and $r=3000$ m.

rinde sıcak su oluşukları bulundurması açısından bu gibi kırıkların yerlerinin saptanması büyük önem taşır. Ne var ki $\phi\phi$ çizgisinin güneyinde kalan bölge Kuvaterner çökelleri ile doldurulmuş olduğundan, kuzey ucu belli belirsiz olan bu kırıkların güneyde izlenememektedir. Gözlemlere göre, yörede sıcak su çıkışlarının karşılaşıldığı yerler, a) Aktaş Yamacı – Çallıhoca bahçesi arası, b) Aktaş Yamacı önlerinden başlayan ve güneye doğru uzanan olası kırığın Devlet Karayolunu kestiği (G40–D40) bölgesi ve c) Ömerbeyli köyü yakınlarıdır. Kabaca en sıcak yerel bölge, Aktaş Yamacı çevresinde 4 km yarıçaplı bir çember içinde kalan yaklaşık 16–20 km^2 'lik bir alandır. Ölçülere SP belirtisi vereceğini sandığımız bu alandan uzakta bir yerde başlanmıştır. D–B

doğrultusundaki kırıklardan en az etkilenmek ve belki K–G doğrultusundakileri belirleyebilmek için açılımlar D–B doğrultusunda ve Aktaş Yamacında 4–5 km batıdan başlatılmıştır. Böylece D–B doğrultusunda her biri yaklaşık 9 km uzunlukta olmak üzere üç SP türev açılımı yapılmıştır. Bunlar $\phi\phi$, K20 ve G40'tır. Beklenen yerel belirtinin genişliği uyarınca iki ölçü alma noktası arası 70 metre tutulmuştur.

$\phi\phi$ Doğrultusu Boyunca SP Ölçümleri

$\phi\phi$ doğrultusu boyunca SP ölçümleri Batıda Yörük Çeşmesi'nden başlatılmış, Çallıhoca Bahçesinin üzerinden, Aktaş Yamacının 400–500 metre aşağısından geçerek Ömerbeyli Camisine bağlanmıştır (Şekil 5 ve 11).



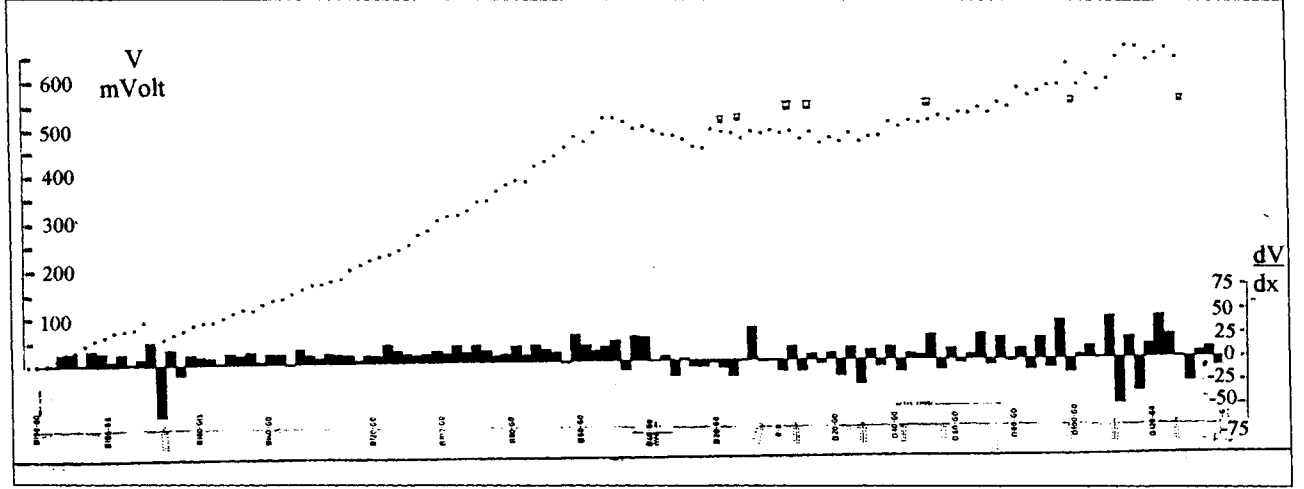
Şekil 10. Germencik jeotermal alanında simgesel elektrik delgi eğrisi.

Figure 10. Typical electrical sounding curve from Germencik geothermal field.

B40 Noktasının Batısındaki Ölçümler. Türev değerleri, B190 ile B40 noktaları arasında genel olarak ısrarlı bir artı (+) uçlaşma gösterirken B40 ile D140 arasında sürekli olarak bir artılı bir eksili değerler vermiştir. Burada mutlak olan, 1) B40'ın doğusunun batısına göre daha iletken olduğu, 2) B40 çevresinde yapısal bir süreksizlik olabileceği ve 3) B40'dan batıya gidildikçe öz direncin büyüdüğüdür (Şekil 9 ve 12).

Buna koşut olarak SP gerilim değerleri, B190'dan B40'a değin hemen hemen değişmeyen, yaklaşık 45'lik

bir eğimle yükselmiş, B40'dan D140'a değin ise 15' eğimli bir doğrunun çevresinde küçük salınımlar yaparak ilerlemiştir. Bu nedenle tek bir doğrultunun ayrı özellikte bu iki parçasının, B40 dönüm noktası olmak üzere, ayrı ayrı ele alınarak incelenmesinde yarar görülmüştür. B40'a iletkenlikleri ayıran bir süreksizlik noktası olarak bakılabilir. Bu süreksizliğin iki yanında izlenen ayrı görüşteki uçlaşmaların kökenleri izleyen biçimde sıralanabilir: a) B40 dokunağının doğusunda ve batısında gözenekleri dolduran elektrolitsel yeraltı sularının



Şekil 11. $\phi\phi$ doğrultusu boyunca SP ölçüleri. Noktalar gerilim, basamaklar elektrik alanını simgelemektedir.
Figure 11. SP measurement along the $\phi\phi$ profile. Points and steps represent the potential and electrical field respectively.

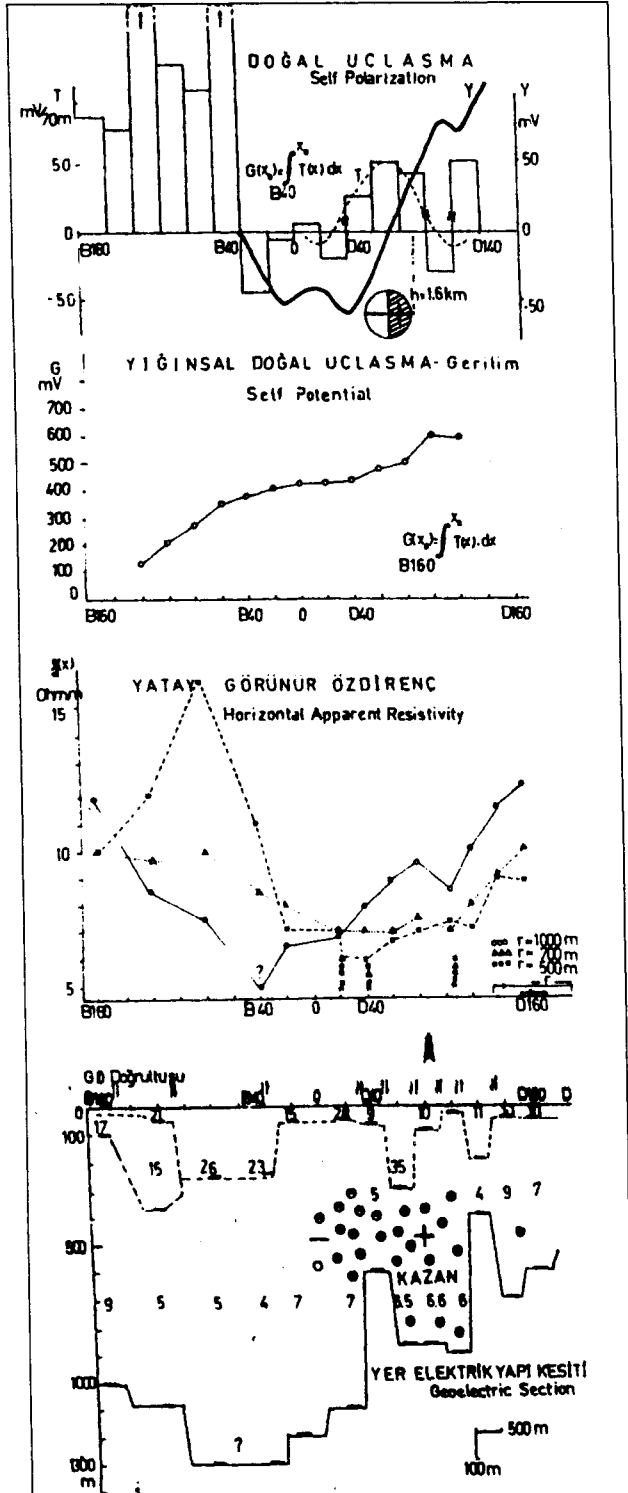
sıcaklık ayrılığı nedeniyle çözeltili yükün yoğunlukları başka başka olabilir. Dolayısı ile her iki yanda iletkenlikler birbirlerinden ayrı olabilir. b) B40 orta nokta olmak üzere saat akrebinin dönme yönünde derinlerde olası bir sıcak su döngüsü varlığı (Artı olan batı bölgede yukarıya doğru, eksi olan doğu bölgede aşağıya doğru süzülme) söz konusu olabilir. c) Sığ derinliklerde yatay yönde iletkenlikte batıya doğru süreklilik ya da doğuya doğru süreksizlikler olabilir (Şekil 11).

Söz konusu sıcak yerde, her yer gürültüleri ya da titreşim ölçümleri ve küçük deprem odak dağılımı çalışmalarını henüz yapılmadığından mekanizma çözümü belirsizdir. Bu nedenle en güçlü olasılık birinci (a) ve daha sonra üçüncüsüdür (c). Birinci olasılığa göre batı yakasında artılık (anod) özelliğinin oluşması için, doğu yakasına göre daha dirençli ve B40'dan B190'a gittikçe öz direncin büyümesi gerekir. Bu bulguyu destekler nitelikte batı yakada açılan kuyuların çoğu soğuk, doğu yakadakilere ise yer yer 60–70°C'ye varan sıcaklıklardadır. Bunlara ek olarak, elektrik kesite bakmak konuya bir ölçüde açıklık getirebilir (Şekil 12). Kesite göre ortamda, temel üzerinde ana olarak 3 katman vardır. Bunlardan en üstteki 50 ile 75 m kalınlığında, değişken öz dirençlerde simgelenen Kuvaterner çökelleri, onun altında 50 ila 250 metre kalınlıkları arasında değişen ortalama öz direnci 15 ohm-metre olan Pliosen (1 ve 4) katmanları

ve onun altında da 3–9 ohm-metre öz dirençleri ile simgelenen oldukça derin (900–1000 metre arasında) hazne (reservoir) kayaç olduğu sanılan mermer ve kuvarsitlerdir. En altta ise elektrik temel görünümünde olan gnayslar yatmaktadır. Elektrik çalışmaları göre pliosen katmanları doğuya doğru kalınlaşmaktadır. B190 noktasında 100 olduğu sanılan pliosen alt sınırı B40- $\phi\phi$ da 300 metreye varmakta ve B160 değin aynı düzeyde gitmektedir.

Temel derinliği ise Batıdan (B160) doğuya (B40)'a geldikçe derinleşmekte ve çökelti kalınlığı artmaktadır. Belki de, bunun sonucu olarak, mermer – kuvarsit içindeki öz direnç 9'dan 3 ohm-metreye değin düşmektedir. Ne varki batıdan – doğuya sürdürülen SP elektrik alan ölçümlerinde artı uçlaşma ile karşılaşılması B160'dan B40'a değin yapının dirençliliğinin arttığı ya da temelin derinleştiği izlenimi uyanmaktadır. B40'ın doğusu ve batısındaki SP görüntülerinin ayrılığı bu nokta çevresinde temelde oluşan önemli bir yükseklik değişimi olabilir. Kaldı ki elektrik kesit (Şekil 12), B40 çevresinde 1300 m olan temel derinliğinin D160 çevresinde 500 metreye değin sığlaştığını belirtmektedir. B185 ile B180 arasında artı değerlerin büyük bir genlikle eksi değerine ulaşması, burada bir kırık olasılığını ortaya koyar. Kaldı ki, jeolojinin K–G doğrultusunda K60'a değin indirdiği kırığın uzantısı söz konusu SP belirtisi ile iyibir uyum içindedir. 88–90° arasında bir uçlaşma (polarization)

gösteren bu kırığın üst yüzeyinin derinliği, yığınsal eğrinin doruk ve çukur noktaları arasındaki uzaklığın 2 ile çarpımına eşittir. Diğer bir deyimle d , derinlik değeri 50 metre dolayındadır.



SP elektrik alan (SPE) belirtisinden saptanan değer ise 60 mere dolayındadır. Bu noktadaki Kuvaterner çökeltilerinin kalınlığının 50–60 metre çevresinde olması böyle bir uçlaşmanın Kuvaterner yaşlı bir kırık yüzeyinde oluşabileceğini gösterir. B183 – Gφ noktasında artılık batıda, eksilik doğudadır ve kırığın dalımı 85° ile 90° ile batıyadır (Şekil 11).

B40 Noktasının Doğusundaki Ölçümler. φφ doğrultusunda B40 noktasının doğu kanadındaki ölçümlerde uçlaşma genellikle artılı eksilidir. Bu olgu doğu bölgesinin göreceli olarak iletken ve bol kırıklı olduğunu simgeler (Şekil 12). B40 ile D140 arasında yığınsal uçlaşma eğrisinde yaklaşık 4 km dalga boyunca bölgesel bir SP belirtisi gözlenmiştir. Bu ana belirti üzerinde D40 ile D100 arasında 2 km dalga boylu ikinci bir belirti vardır. Bunu B20 – Bφ ve D100 – D160 arasında binmiş yaklaşık 500'er metre dalga boylu iki ayrı üçüncül belirtiler izlenmektedir (Şekil 12). Bunlardan başka dalga boyları ölçü aralığı genişliğini geçmeyen (70 m) ve sığ derinliklerdeki yerel öz direnç ayrılıklarından kaynaklandığı sanılan yığınsal gürültülerde vardır (Şekil 8). Taslak (model) çalışmalarından edinilen izlenime göre 4000 metre dalga boylu bölgesel SP belirtisi yaklaşık D60 – D80 arasında 1800 metrede oluşan bir uçlaşma işleyişinden (mechanism) kaynaklanabilir. Bu işleyiş, sıcak suları besleyen ana kırık içinden çıkan yüksek ısı akışı oluşturabilir. Eğer bunun bir döngüden kaynaklandığı söz

Şekil 12. Germencik-Ömerbeyli sıcak alanında φφ doğrultusu boyunca yeraltı jeofizik kesiti. Doğal uçlaşma (türev-ve B40'a göre yığınsal-üstte), Gerilim (B160'a göre yığınsal-üstten ikinci), Yatay Görünür Öz direnç (üstten üçüncü).

Figure 12. Nature of natural polarization variations along the φφ profile and with respect to different base stations. Polarization gradient and potential with respect to B40 base station (above). Polarization potential relative to the B160 base point is shown at second figure from above. Schlumberger apparent resistivity profiling curve is the third from above and estimated electrical resistivity-polarization section, below.

konusu ise bu saat akrebinin dönme yönünün tersinedir. İki kilometredalga boylu yığmsal SP belirtisinin tümüyle temel yükseltileri ile ilişkili olduğu sanılmaktadır. D75 – $\phi\phi$ noktasının doğusundaki artı kanat sığlaşan temeli, batısındaki eksi kanat ise derinleşen temeli simgelemektedir. Batıda derinleşen temel üzerindeki iletken mermer – kuvarsit eksi bir uç, bunun da doğu yaklaşık 85–90° ile dokunağa gelen dirençli gnays ise artı (+) bir u gibi davranmaktadır. (Mermerin iletkenliği, bol kırıklı ve çatlaklı ve bu çatlaklar arasını dolduran bol minerali sıcak suların elektrolitik iletkenliği ile sağlanmaktadır). Bu dokunak süresizliğine olan derinlik 100 metre çevresindedir. SP ölçmelerine göre yapılan bu yorum (Şekil 12)'deki özdirenç kesitine oldukça uymaktadır. Ayrıca D75 – $\phi\phi$ noktasının doğusunun artılık, batısının ise eksilik göstermesi, batı yakasının doğuya göre daha iletken, ya da daha sıcak olduğunu gösterir. Sözü edilen kırık jeolojik haritada Aktaş tepeden doğuya doğru uzanan çift kırık izinden doğuda yer alanıdır. SP merkezinin oldukça derinden çıkması, bu kırığın ısıyı yukarılara taşıyıcı ana kırık görevini üstlenebileceği sanısını güçlendirmektedir. Kaldı ki ileride izleneceği gibi bu kırık Ömerbeyli köyünü de içine alan D60 ile D140 aralığındaki yaklaşık 5 kırıktan en doğuda olanıdır. Bu aralık bölgede en çok kırılan bölgedir ve iyi bir olasılıkla D75'in doğusunda ve D95 – D110 arasında sıcak suyun yukarıya çıkış yolları bulunmaktadır.

B ϕ ve D40 arası SP eğrisinin eksi kanadında oluşan tepelik iyi bir olasılıkla, bu yörede 1300 metre derinliği olan temel üzerinde 1100 metreye değin sığlaşan B. Menderes çöküğü içindeki ikincil bir yükselimden kaynaklanmaktadır. Bu ikincil yükselim doğu yakasında 1800 metrelerde olduğu varsayılan işleyiş, özellikle sıcak su aramaları için D40–D80 arasının verimli olabileceği izlenimini uyandırmaktadır. Böyle bir yükselim B. Menderes göçüğü içinde oluşabilecek gerilme sonucu kırılmalarla yukarılara değin sokulan atsonosferden kaynaklanabilir (K. Ergin, İTÜ, sözlü bilgi). B20 ile B5 arasında oluşan gerilim ve elektrik alan yaklaşık 130–140 metre derinde yatayla 150° – 160° yapan bir uçuşmayı gösterir biçimdedir (Şekil 12). Bu derinlik yörede Kuvaterner – Pliyosen sınır derinliğine uygundur. Yaklaşık 20° batıya eğimli bir uçuşmanın nedeni Pliyosen katmanının üzerinde Kuvaterner çökelleri içinde göllenmiş tünek yeraltısu olabilir. Kuvaterner içindeki su birikin-

tisi üzerinde eksi yığmsal uçuşma belirtisi elde edilmesinin nedenleri ise, suyun ve hava yüzeyine dokunakta olduğu için su içinde oksijen bolluğudur. 130 – 140 metre derinde yeralan Pliyosen katmanın sığ yerlerinde su, oksijen azlığı ve hidrojen çokluğu nedeniyle, Pliyosen sanki bir indirgeme (reducing) bölümü gibi artılık, bunun üzerinde yeralan Kuvaterner ise göreceli olarak eksiklik kazanmaktadır. Dolayısı ile SP gerilimi bir eksiklik, SPE değerlerinde ise soldan sağa eksiden artıya bir geçiş vardır. G ve E eğrilerinin bakışık olmaması, uçuşma yüzeyinin yatay olmadığını belirtir. Kaldı ki, bu noktanın 50 metre yakınında bir bahçe kuyusu vardır. Bu kuyudan 30–40 metre derinden soğuk su alınmaktadır. Suyun soğuk olması, yakında ısıtıcı görevini üstlenen bir kırığın olmadığını ve bu suyun taşınma ile biriktiğini belirtir niteliktedir. Yakın çevrede, özellikle, B5 – $\phi\phi$ 'ın doğu yakasında sıcak su kuyuları ile karşılaşılması B5 noktasından bir kırığın geçebileceği olasılığını güçlendirir. Ancak bu kırığın vereceği SP belirtisinin, tünek suyun verdiği SP belirtisinden daha küçük oluşması, kırığın etkisinin SP gerilim ve elektrik alan eğrilerine yansımaları engellemiş olabilir.

Buhar çıkışlarının olduğu yerlerde edinilen deneyimlere göre, eğer iletken kırık kuşağı bir su döngüsü içeriyorsa, bu kırığa yaklaşırken SP değerleri artan genliklerde bir artı bir eksi yönde uçuşarak, genlikleri görünüş olarak yatay duran bir huni biçimi alır. Ölçüm yönünde ortam iletkenleşiyorsa (kırık ileride ise) huninin geniş ağız kırığın olduğu yerde, dar ucu ise salınımın başladığı yerdedir. Artı uçuşmaların genliği eksi uçuşmalardan başka olabilir. Bu olgu uçuşma açısına bağlı olduğu ölçüde su döngüsünün ya da elektrik akımının yönüne de bağlıdır. Eğer bir fıskırma varsa artı ve eksi genliklerin artış hızı eşit, akma ilerleme yönünde ise eksi genliklerin artışı daha büyük, eğer akma ilerleme yönüne ters ise artı genliklerin artışı daha küçüktür (Şekil 11).

D20 – D40 arasında, zarflarına bakılınca, içiçe geçmiş iki huni görünümünü veren SPE değişimleri gözlenmektedir (Şekil 12). Yaklaşık D30 noktasında iletkenlik sınırı vardır. Bu sınırda SPE değerleri, Kuvaterner yaşında 270 – 315 derece arasında uçuşma gösteren bir kırığı simgelemektedir. Diğer bir deyişle D30 noktasında batısı doğusuna göre daha dirençli olan ve 85° – 90° ile batıya dalan bir kırık vardır. Eksi genlikler, artılardan daha büyük olduğundan, eğer varsa, saat yönünde bir su

döngüsü olabilir. Bu kırık, jeolojik haritada Aktaş yama-cından başlayıp güneye doğru uzanan kırıktır. D28 kırığından 500 metre doğuda D42 noktasında, jeolojik harita gösterilmemiş, aynı özellikte ikinci bir kırık daha gözlenmektedir. D10 – D45 arası sözü edilen yüksek sıcaklık, bol su ve basıncı nedeniyle üretim için düşünülebi-lecek bir yer görünümündedir. B80 ile D140 arasında yı-ğınsal ve türev değerlerinde ilginç bir görünüş vardır (Şekil 11). D80'den başlayan bir artılı bir eksili uçlaş-manın D100'e yakınlıkta genlikçe büyüdüğü izlen-mektedir (Şekil 11). Özellikle su döngüsü içeren yüzey-lenmiş sıcak bölgelere yaklaşırken belirtilen türde bir SPE değişiminin olduğu gözlenmiştir. Kaldı ki, D100 – $\phi\phi$ noktası yakınında olan bahçe kuyusundan sıcak su çekilmektedir.

Bu kırığın (Şekil 5)'de Aktaş tepeden başlayarak doğuya doğru uzanan, birbirine koşut iki kırıktan doğu yandaki olduğu sanılmaktadır. Jeolojik haritada kesikli olarak görülen bu kırık, 85–90° uçlaşma açısı ile D95 – $\phi\phi$ noktasında doğal uçlaşma eğrilerinde kendini göstermektedir. Uçlaşma ölçümlerine göre eksi uçlaşma veren kırığın batı yakasının doğusuna göre daha iletken olma-sı beklenirken, eğer kırıktan doğudan batıya bir su dön-güsü olduğu düşünülürse batının dirençli, doğunun ise iletken olması gerekir. Kırık uçlaşma merkezinin 100 metre çıkması, tektonizmanın Kuvaterner yaşlı oldu-ğunu simgelemektedir. Aslında bu kırığı, 200 metre doğu-da D110 noktası çevresinde ikinci bir kırık izlemektedir. Jeolojik haritada görülmeyen bu kırığın iz doğrultusu-nun bir öncekine koşut olduğu sanılmaktadır. Ancak D110 kırığının G ve E eğrilerine göre dalım açısı 85° – 90° arasında batıya doğru çıkmıştır. Eğer bu böyle ise, D95 – D110 arasında artı yüklerin toplanmış olması ge-rekir. D110 kırığından doğuya doğru SPE eğrisinin artı-lı, eksili ve azalan genliklerle sifıra gitmesi (bir önceki-nin tersine), D95 – D110 aralığının tektonik olarak ol-dukça kırıklı ve su döngüsünü içerdiğini belirtebilir. Çünkü hem D95 ve hem de D110 kırıklarının uçlaşma açılarına göre D95 – D119 arasında artı, bu alanın dışın-da ise eksi uçlaşma vardır (Şekil 11). Bu durumda bir yorum getirilecek olursa D95 – D110 arasının dışı göre daha dirençli ve soğuk olması gerekirdi. Oysa, D95 – D110 kırıklı aralığında yükselen ve D95 kırığından ba-tıya, D110 kırığından doğuya doğru düşen sıcak su dön-güsü gözlenen türde SP gerilim ve SPE belirtisi verir.

Bu nedenle, D95 – D110 aralığı yüksek basınçlı ve yük-sek sıcaklıklı su döngüsü içeren, üretim için önemli bir bölge olmaya aday görünümündedir. Devingen bol sıcak su içeren böyle bir bölgeye yaklaşırken SPE ölçüleri mutlak genlik açısından büyümekte ve uçlaşma yönü sü-rekli olarak bir artı bir eksi olmaktadır (Şekil 12). (D120 – D140) – $\phi\phi$ aralığı Ömerbeyli köyü içine denk gel-mektedir (Erbeyli'den gelen ana yolun köy içine kıvrıl-dığı noktadan camiye doğru). Bu aralık içinde yaklaşık D122 noktasında 120°–90° arası uçlaşma gösteren, bu nedenle yaklaşık 85°–90° batıya dalan bir kırığı simge-leyen SP belirtileri ile karşılaşmıştır.

Basamaklı SPE eğrisinin D80–D120 arasındaki gö-rünüşü vermemesi, D122 noktasında beklenen kırığın bir su döngüsü içermediği izlenimini vermektedir. D122 kırığının doğusundaki eksilik, iyi bir olasılıkla D110 kırığından gelen bol oksijenli suların D110 ile D122 ara-sında toplanmasından oluşmaktadır. Bu nedenle, bu ara-lıkta açılacak kuyulardan yüksek sıcaklık beklememek gerekir. SP eğrilerine göre Ömerbeyli alanında (Cami-nin önü) geçtiği sanılan kırığın dalımı 90° doğusu artı, batısı eksi uçlaşma durumundadır. Ömerbeyli içinde açılacak kuyulardan az debi ve ılık su beklenebilir.

Yukarıda sayılan kaynak bilgilerin tümünü kulla-narak $\phi\phi$ doğrultusunda çıkarılan elektrik ve uçlaşma yapı kesiti görüntülenmektedir (Şekil 12). Bu kesitte en altta yer alan temel sınırı, eğri üzerinde görülen en de-rindeki katman sınırını simgelemektedir. Jeolojik bilgi-ye karşılaştırılacak olursa özdirenci 20 (ohm–metre) olan bu elektrik katman, gnays olabilir. Elektrik temel derin-liği genel olarak batıdan doğuya doğru sığlaşmakta-dır. Bu genel gidiş üzerindeki ikincil çıkıntılarının boyutu-nun duyarlılığı, yukarıda sayılan yan etkilerin görünür özdirenç (GOZD) etkileri oranına göre değişir.

B160 – D20 arasında geniş derin bir tekne (1200 metre) görünümünde olan çukurluk, doğu yakasında D40 ve D120 altında yapmış olduğu çıkıntılarla (ikincil yükselimler) sanki bir gölet izlenimi vermektedir. Her iki yanından 400 , 500 metrelik duvarlarla (gnays?) ka-patılmış olan bu gölet yaklaşık 500 metrelik derinliği ile bir “kaynar kazan” izlenimini uyandıracak niteliktedir. Kazan içi ve dışının özdirenci 6.5 ohm–m civarında ol-masına karşın kenarlarının özdirenci onlarca ya da yüz-lerce ohm–metredir. Bunun sonucu olarak arazide kazan

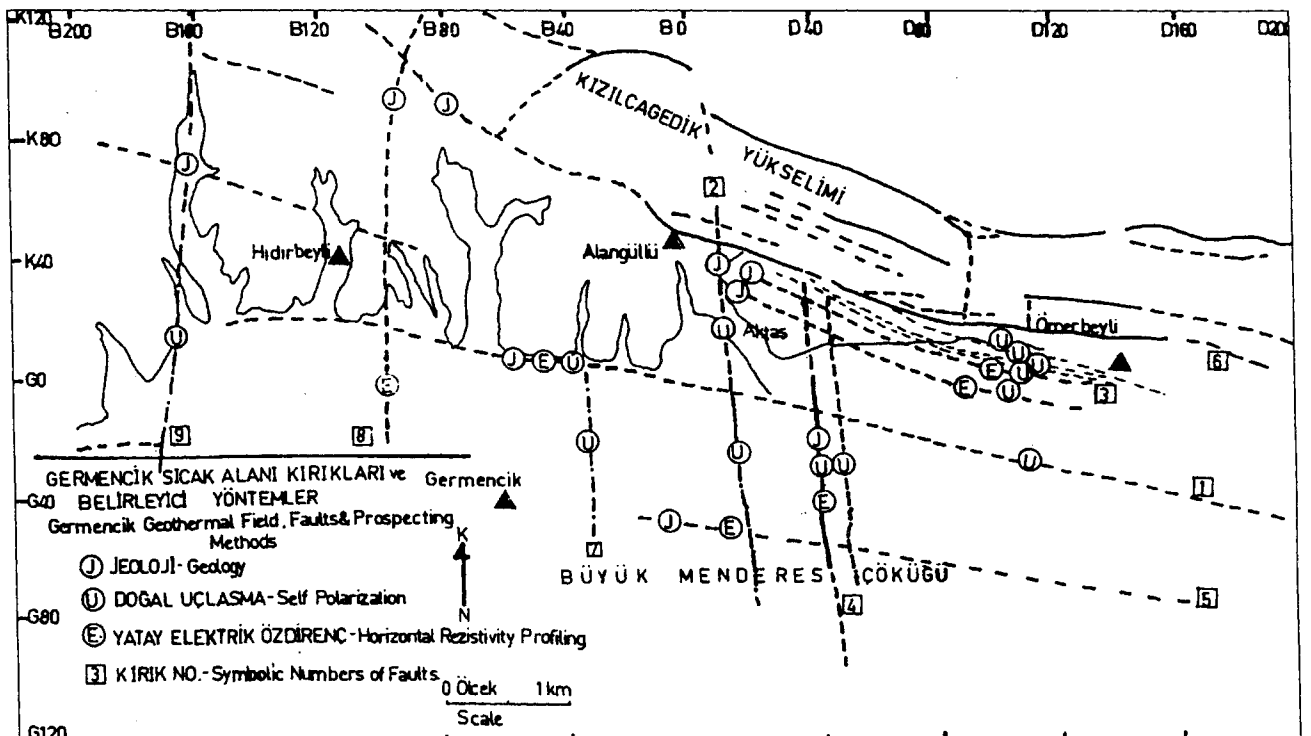
izdüşümü üzerinde açılmış olan bahçe kuyularının çoğu sıcaktır ve kazan kenarları arazide gözlenen D40 ve D100 – 120 kırıklarıyla uyum sağlamaktadır. Ancak kazan için yüksek öz dirençli bir kapak belirgin olarak gözlenmemekle birlikte, sığ derinliklerde (200–300 metre) yeralan 10–40 ohm–m öz dirençli bölüm batıya doğru ağız açık bir “midye” görünümündedir. Midye kapağının bağlantısı D120, ağız D40 çevresindedir. Belki, bu nedenle, D40 kırığı ile açıklanan doğrultuda bir buhar tütülemesi görülmekte ve sıcak su kuyuları dizilmektedir.

Doğal uçlaşma, derinliğine ve yatay görünür öz direnç ve jeolojik bilgilerin yorumuna göre, B160 – B140, B120 – B140, B120 – B100, B40 – B20, D20 – D40, D40 – D60, D80 – D100, D100 – D120, D120 – D140 arasında birer kırığın olabileceği sanılmaktadır. Şekil 13 üzerinde bu kırıklar bulgunun kökenine göre (J–Jeoloji, U– Uçlaşma, E– Elektrik öz direnç) olmak üzere belirtilmiştir.

Görünür öz direnç kaydırma (electrical profiling) değerleri 500 metre aralarla alınan derinliğine görünür

öz direnç ölçümlerinden $r = 500, 700$ ve 1000 metre için çıkartılmıştır (Şekil 12). Ortam yatay katmanlı ve tekdüze olmadığından aynı r açılımı için yatay yönde inceleme derinliğinin aynı olmaması olağandır. Ancak her üç eğrideki ortak yan, B40 batısında ve D120 doğusunda yüksek öz dirençli kanatlar arasında öz direnci 6.5 ohm–m varan çukur bir çanak oluşturmalarıdır. İletken TT–türü süreksizlik diye adlandırılan bu belirti kazanın yerini göstermekte olup, kazan kenarlarına dik ya da dike yakın batıya eğimli olduğunu göstermektedir (Ercan 1983).

$r = 500$ metrelik açılım için, B160–B20 arasındaki değerler, Pliyosen birimleri içinde oluşan yüksek öz dirençli katmandan kaynaklanmaktadır. Bu eğrinin yaklaşık 200–300 metre derinlikte öz direncin yatay yönde değişimini simgelemekte olduğu sanılmaktadır. $r = 500$ eğrisinden D20–D40, D40–D60, D100–D120 arasında oluşan kırıklar çıkarılabilmektedir. Ayrıca, kazan içinde öz direnci 6 ohm–m olduğu belirlenmektedir. $r = 700$ metre eğrisi, $r = 500$ 'e göre daha yumuşak bir görüntü içermesi, bu derinlikte düşey süreksizlikler arası yansı-



Şekil 13. Germencik sıcak alanı kırıkları ve bunları belirlemede kullanılan yöntemler.

Figure 13. Tectonics of Germencik geothermal field and methods which were used to identify the fault lines.

ma katsayısının küçüldüğünü belirtir. Kaniya göre, bu eğri 500 metre derindeki bilgileri yansıtmaktadır. Buna göre B40 batısında özdirenç değerleri 9.5 ohm-m çevresinde iken B40'daki süreksizlikten doğuya doğru 6.5 ohm-m düzeyine düşmekte D100-D120 kırığından sonra 10 ohm-m'lik bir değere tırmanmaktadır. Ortadaki çukur alanın (B40-D100) geniş olması, bu açılımda akımların temel yüksekliklerini görecektir ölçüde derine inmediğini belirtmektedir. $r = 1000$ metre için, yatay görünür özdirenç eğrisi sol yandaki (D20 batısı) teknenin temelinde değin inemediği için yumuşak bir iniş göstermekte. Ancak akımların yaklaşık D20-D40 arasında temeldeki yükselim engeli ile karşılaşması eğriyi yükseltmektedir. Ayrıca, kazanın sağ kenarındaki yükselim etkisi D80-D120 arasında eğride bir dalgalanma ile simgelenmektedir. Kazan kenarlarının birbirine giren etkileri nedeniyle, $r = 1000$ m eğrisine bakarak kazan içi özdirencini saptama olanağı yoktur. Ancak kazan dışında özdirencin sol yanda 7 ohm-m sağ yanda ise daha büyük olduğu açıktır. Bu derinlik düzeyinde kazan içi ve kazan dışı özdirençlerinin yaklaşık aynı olması, neresinin daha sıcak olduğu sorusunu yanıtlamaktadır.

B160 - D160 arası SP gerilim eğrisinin biçimi temel yükseltilerine simgeler biçimde batıdan doğuya doğru yükselmektedir. SPE değerleri, açıkça B40'ın batısında ısrarlı biçimde artı değerler alırken B40 doğusunda artılı-eksili değerler alarak dalgalanmaktadır. B40'daki bu süreksizliğin sıcaklık ve çözelti değişiminden kaynaklanması güçlü bir olasılıktır. Buna göre B40 doğusu, batısına göre daha sıcak olabilir. B40'ın batısında SPE değerleri hep artı olduğundan, B40 noktasından başlamak üzere doğuya doğru yığılan değerler yaklaşık 5-6 km dalga boylu bir SP belirtisi vermiştir. G eğrisinin D70-B40 arasında kalan bölümü eksi, D70-D160 arasındaki bölümü ise artı değerlidir. SPE değerleri de D70 eksenine göre bakışık artı değerli bir çan görünümündedir. Bu oluşum tam D70'in altında yaklaşık 1500-2000 metre derinde 90°'lik (düşey) bir uçlaşma işleyişinin varlığını simgelemektedir. Bu merkezin iz düşümü D40 - D120 arasındaki kazanın tam orta noktasına denk gelmektedir. Kazan içinde artı (+) yüklerin kazandımasına göre çoğalmasını sağlayarak bir artı - eksi uçlaşma yaratan bu olgunun kökeni iyi bir olasılıkla kazan içindeki aşırı sıcaklıktır. Bu nedenle D40-D120 arasın-

da sınırlanan bölüm yörede aranan "kaynar kazan" olabilir. Benzer uçlaşmanın D40 batısında gözlenmemesi D40-B40 arasında göreceli olarak ılık olduğunu belirtmektedir (Şekil 14).

Özet olarak, yörede 300 ile 1000 metreler arası ortalama 7 ohm-m'lik iletken bir kayaç ile simgelenmektedir. Özdirenci düşüren temel etmen kayaç gözeneklerinin suya doygun olması olabilir. D40 ve D120 de büyük kırıklarla (yükselimlerle) sınırlanan alanın çözültüsü içindeki yük yoğunluğu dengesizliğinden doğan bir uçlaşma vermesi, yörede üretim için ümitli alanın D60 - D80 arası olabileceğini vurgulamaktadır.

D40- Doğrultusu Boyunca SP Ölçümleri

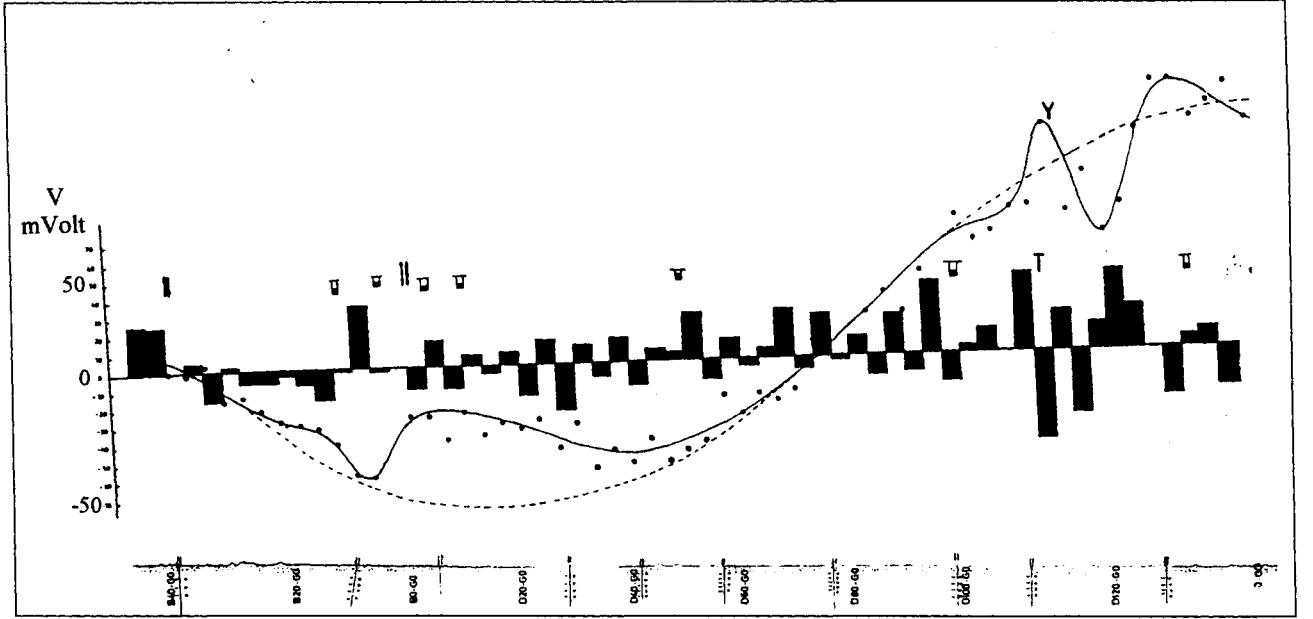
D40 Doğrultusu, Aktaş Yamacındaki buhardan, Devlet Karayoluna inilen dikmedir. Ölçümler bu doğrultunun güneyde Devlet Kara ve Demir yolunu kestiği yerden başlamış (G40) ve 70 metre aralarla alınan türev ölçümleri ile Aktaş sıcak buhar çıkışını geçerek Kızılcağedik yükselimine ulaşacak biçimde kuzeye doğru sürdürülmüştür (Şekil 15). D40 GK doğrultusunda yapılan bu ölçümlerin amacı; G40 ile Kızılcağedik yükselimi arasındaki alanın sıcak ve soğuk yerlerinin ayrımlanmasının yanısıra sıcak-basınçlı su içeren kırıkları saptamaktır.

Ömerbeyli - Hıdırbeyli (Aydın)

Doğrultusunda (K20) SP Ölçümleri

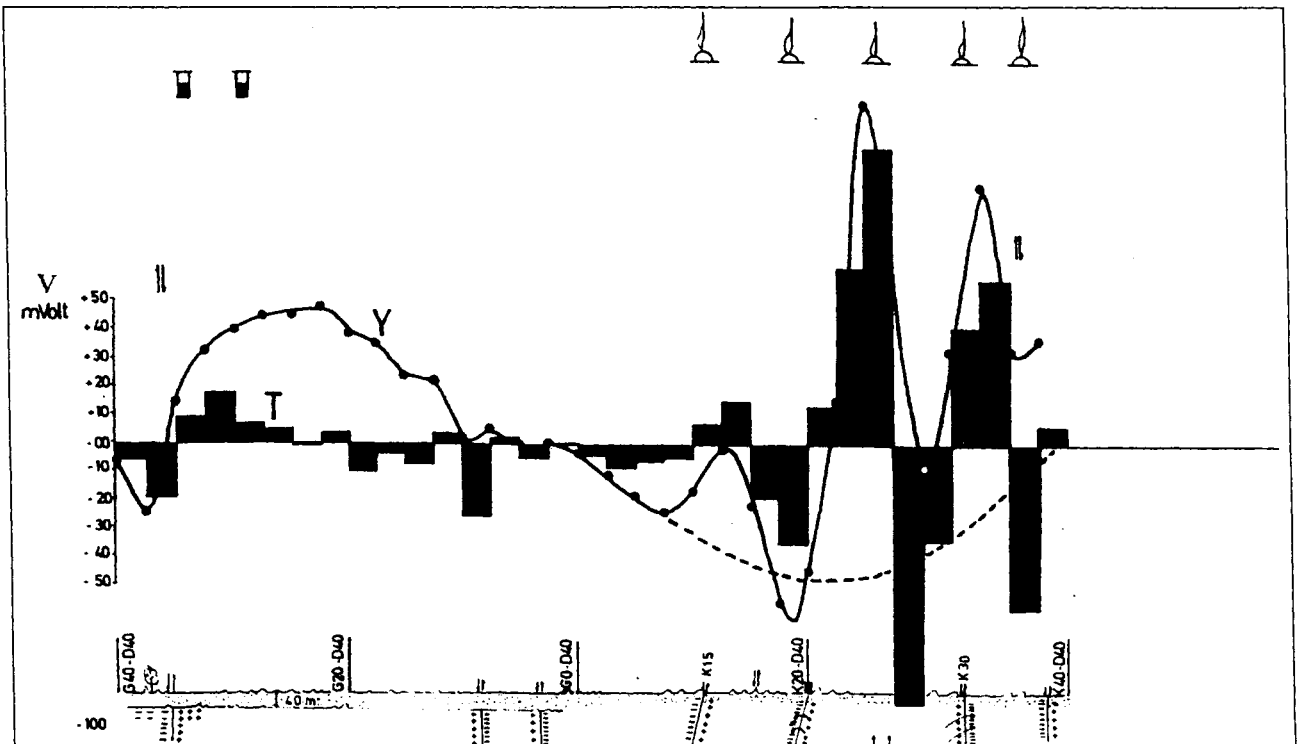
Şekil 5'de "K20 doğrultusu" adı ile anılan ölçüm doğrultusu doğuda Ömerbeyli köyünü, batıda Hıdırbeyli köyüne bağlayan ve Aktaş Yamacı sıcaklık çıkışından geçen 4.5 km'lik bir düz çizgidir.

SPE eğrilerine bakılırsa; türevin sürekli yön değiş-tirmesinden yapının iletken olduğu anlaşılır. Ölçü ilerleme doğrultusu olan, doğudan batıya doğru türev değerlerinin ardışık yığılması ile oluşan SP eğrisi B60-B20 arasında 100 mV'a varan bir artılık, D20-D120 arasında bir 120 mVolt'a varan eksilik göstermektedir (Şekil 16). Buradan, K20 doğrultusu boyunca, D20'nin doğusunun, batısına göre daha iletken ve sıcak olduğu anlaşılır. Yaklaşık 1700 metre dalga boylu, doğuda eksi batıda artı



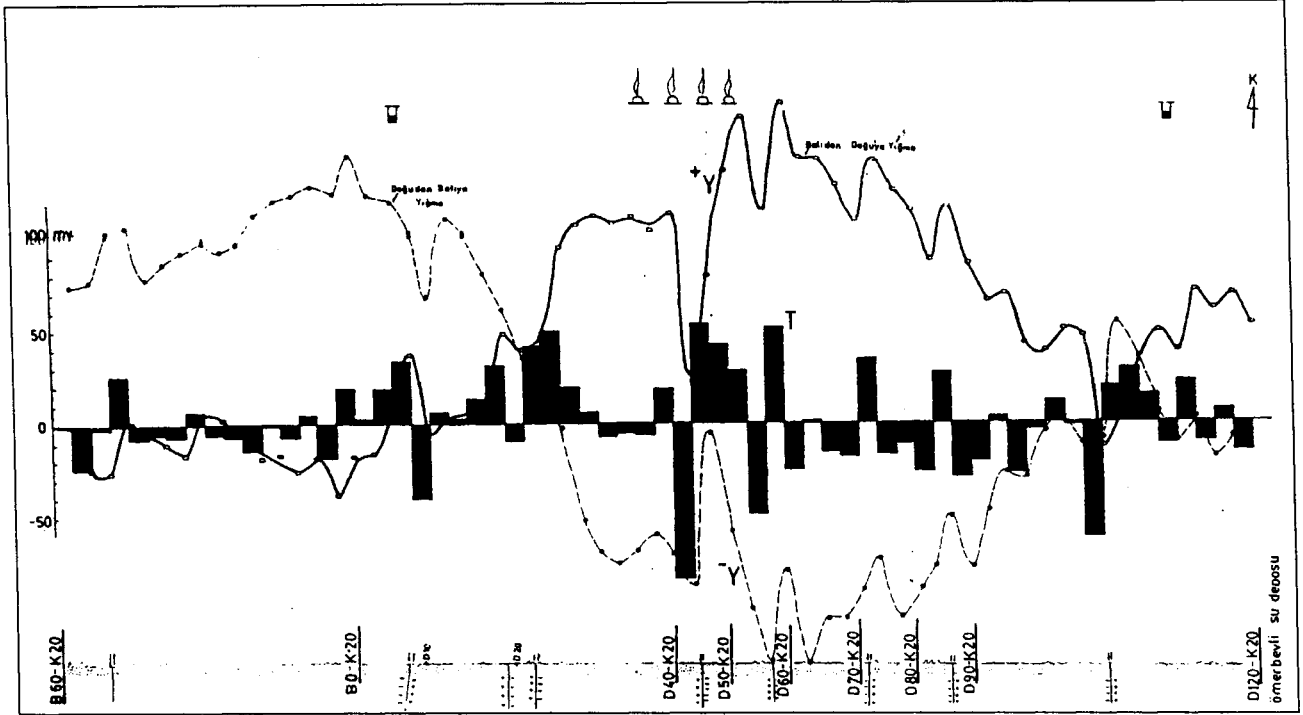
Şekil 14. Germencik sıcak alanında $\phi\phi$ doğrultusunda B40'a göre yığılmış gerilim ve doğuya doğru değişen türev değerleri.

Figure 14. Natural polarization potential curve with respect to the B40 base station, and gradient values along the $\phi\phi$ profile in Germencik.



Şekil 15. Germencik sıcak alanında D40 doğrultusu alınan Doğal uçlaşma ölçüleri.

Figure 15. Natural polarization measurements taken along the D40 profile in Germencik geothermal field.



Şekil 16. Germencik sıcak alanı Hıdırbeyli-Ömerbeyli arası K20 doğrultusu Doğal uçlaşma ölçümleri.

Figure 16. Natural polarization measurements along the K20 profile extending between Hıdırbeyli and Ömerbeyli towns, in Germencik geothermal field.

olan uçlaşma, 1200 metre derinlikte bir oluşum işleyişini simgelemektedir. Doğal olarak bu işleyiş sıcaklık ve aşırı basınçlı su ile ilgilidir. 1200 metre odak derinliği içeren olgunun uçlaşma açısının 90° olması, fiziksel değişimin, D20 yakınında yüzey izi olabilecek bir kırıkça süreksizliğe uğratıldığı kanısını güçlendirmektedir (Şekil 16).

Erbeyli – Germencik Arası Devlet Karayolu Boyunca SP Ölçümleri (G40 Doğrultusu)

Erbeyli – Germencik arasında algılanan SP ve SPE değerlerinin görünüşü $\phi\phi$ ve K20 boyunca alınan ölçümlere oldukça benzemektedir. B40'ın batı yakasında G–gerilim değerleri sıfır milivolt çevresinde dolaşırken, doğu yakası dalgalanarak artılaşmayı sürdürmektedir. Kabaça, bu görünüşün anlamı, B40 noktasından doğuya doğru temel derinliğinin sığlaşıyor olmasıdır. Sonuçta bu bulgu derin öz direnç eğrisinden elde edilen temel kesitiyle desteklenmektedir.

SONUÇLAR

Germencik – Ömerbeyli yöresinde yapılan SP ve elektrik öz direnç ölçümleri, yöntemin özellikle yöreyi ısıtma görevini üstlenen kırıkların yerlerini, uçlaşma düzlemlerini ya da diğer bir deyişle kırıkların eğim açılarını, uzanım doğrultuları bulmada, sıcaklık, basınç ve iletkenlik ayrımları olan parçaları ayırt etmede oldukça başarılı olduğunu göstermiştir. Kırık yüzeyine dik geçen doğrultularda elde edilen SP belirtileri yörede K–G doğrultusunda uzanan kırıkların çoğunun 85° – 90° batıya doğru dalımlı olduğunu ve bunlardan Alangüllü ile Aktaş Yamacı kırığının 1–1.3 km uçlaşma odak derinliğini içerebileceğini göstermiştir (Şekil 12).

Buhar çıkışı ya da sıcak basınçlı suyun sığ derinliğe değin sokulduğu iletken kırık kuşaklarına yaklaşırken SPE ölçümleri bir eksi bir artı değer olarak yaklaşık biçimi yatık bir “huni”ye benzeyen bir zarf içinde salınmaktadır. Huni zarfının geniş ağzı iletken bölüme, ucu ise dirençli yana bakmaktadır. SPE eğrileri, o yörede elekt-

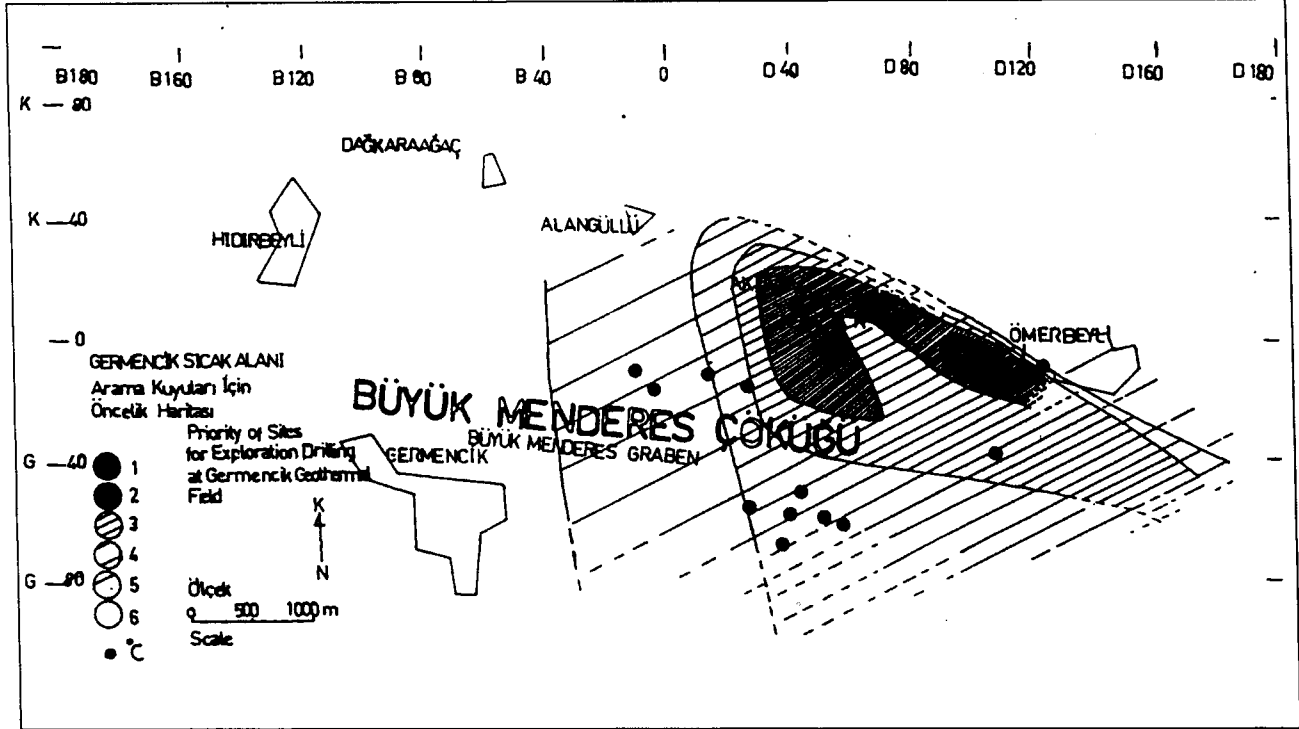
rik akım yoğunluğunu da belirttiklerinden kırık kuşağına yakınlıkta doğal akım yoğunluğunun arttığı anlaşılmaktadır. Kırık kuşağına eksi uçlaşma kanadından yaklaşıyorsa artı zarfın genliği, eksi zarfın genliğinden büyük, artı uçlaşma kanadından yaklaşıyorsa eksi zarfın genliği artı zarfın genliğinden büyüktür. Bunlardan ilkinde kırık düzlemine dik akan akımlar (+ dan - ye) ilerleme doğrultusuna ters, ikincisinde ise ilerleme doğrultusuna uygun yöndedir (Şekil 11).

Özellikle “sıcak buhar çıkışı” bulunan Aktaş Yamacına yaklaştıkça gerilim değerleri bir ortalama değer civarında sürekli olarak salınım göstermiştir. Salınım genişliği yaklaşık ± 5 mV olmasına karşın, sıcak bölgeye yaklaştıkça salınım genliğinde de bir artış izlenmiştir. Bu salınımlar özellikle D40 doğrultusunda K20 ile K40 noktaları arasında gözlenmiştir. D40 doğrultusunda yapılan çalışmalar, G5 ile K40 noktaları arasında en az 4, en çok 6 tane batıya $85^\circ-90^\circ$ ile dalan kırık içerebileceğini ve bu bölgenin üretim çalışmaları için en uygun yer olduğunu gösterir niteliktedir. G40 , G5 arası G5 – K40 arasına göre daha soğuktur. Bu yörede olası basınçlı sıcak su içeren parça K20 ile K30 arasındadır.

SP ölçümlerinde elde edilen belirtinin genişliği çoğunlukla kaynağın derinliğinden çok genişliğine bağlıdır. Ancak K20 ve G ϕ doğrultuları boyunca gözlenen 1000 metreyi aşkın dalga boyulu SP belirtilerinin olası üç kökeni üzerinde durmağa değer; a) Bir kanat ile diğer kanat arasında aşırı basınç, sıcaklık ya da iletkenlik ayrılığı vardır. b) SP eğrisinin artılaşığı bölümde temel sığlaşmakta, eksi olduğu bölümde derinleşmektedir, c) “Çift – ucay” (dipoler) türde G– yığımsal belirtiyi bu yörede gözlenen sıcaklığın kökeni olan, dalga boyunun simgelediği derinlikteki işleyiş oluşturmaktadır. Bunlardan her üçüde olasıdır. Kaldı ki derin özdirenç çalışmalarından gnays temel derinliğinin bu yörede 1300 metre çevresinde olması ve SP eğrisi dalga boyunun yaklaşık bu derinlikteki bir “uçlaşma odağı” varlığını simgelemesi, ikinci ve üçüncü durumların daha olası olabileceğini vurgulamaktadır. Nitekim K20 doğrultusunda 1700 metre dalga boyulu bir SP belirtisi elde edilmiştir. Bu belirti, konum olarak D20 noktasının 1200 metre altında -90° ile uçlaşan kaynak niteliğinde bir kırığın ya da sokulumun olabileceğini simgelemektedir. Buna göre, D20'nin batısı dirençli, doğusu ise göreceli olarak D100 noktasın

değin aşırı iletken ve sıcaktır. İkinci durum gözönüne alınırsa, temel olarak bilinen gnays D20'den doğuya gittikçe sığlaşmaktadır. D 20'nin batısında bir tane kırık gözükmekle birlikte, doğusunun beş–altı kırıkla oldukça kırılmış bir yapıyı simgelediği ortaya çıkmıştır (Şekil 13). Doğu yakasının kırıklı yapısı, bu yakada gözlenen aşırı sıcaklığın temel kökenidir. K20 doğrultusunda, D40–D65 arasında “yatık huni” görünüşlü elektrik alan SP değerleri, en iletken ve sıcak yörenin D40–D65 aralığı olduğunu gösterir (Şekil 17).

$\phi\phi$ doğrultusu boyunca D70 noktası dış odak olmak üzere yaklaşık 1200–1300 metre derinliğinde 90° lik uçlaşma gösteren bir işleyiş olabilir. Eğer böyle bir ısıtıcı odak var ise Aktaş tepeden geçerek yaklaşık D–B doğrultusunda uzanan çift kırıklar arası üretim için uygun bir yer görünümüne bürünmektedir. Jeolojik haritada da “Aktaş çift kırığı” olarak gözlenen bu kırıkların gerçek sayısının 3 ya da 4 olabileceği SP ölçümlerinden anlaşılmaktadır. Sözü edilen 2 ek kırık bir önceki çift kırık doğrultusunda olup en kuzeydeki Ömerbeyli köyünün güney yarısından geçer. Elde edilen SP ölçülerin bu dört kırık arasında büyük genlikli olması ve uçlaşma yönündeki sık değişimler, bu kuşağın güneyde uzanımının incelenmesinin bir bakıma sıcak kuşağı belirleme ile eş anlamlı olacağı izlenimini uyandırmaktadır. K20 ve $\phi\phi$ doğrultularından edinilen izlenim, B40 noktasının bir özellik ayrılık sınırı ödevini üstlendiğidir. Şöyleki B40'ın doğusu batısına göre daha iletken, sıcaktır ve basınçlıdır. Jeolojik haritada B160 ile B200 arasında K–G doğrultusunda uzanan kırığın K20 ile G40 arasında da sürdüğü SP ölçümlerinden anlaşılmıştır. D–B doğrultusundaki ölçümlerde biri D30 ve diğeri D40'da olmak üzere iki tane D–B doğrultusunda kırık vardır. Nitekim, yaklaşık 250 metre aralı her çift kırığın arasında açılan bahçe kuyularından çekilen suların tümü sıcaktır. Yaklaşık D–B doğrultusunda Pliosen tepelerinin önünden geçen kırık, SP ölçümlerinde büyük genlikli uçlaşma değerleri vermiştir. Bu kırık ile D–B doğrultulu Aktaş Yamacı kırıkları arasındaki kuşağın oldukça kırıklı olması bu aralığın üretim için uygun olabileceği izlenimini uyandırmaktadır (Şekil 13 ve 17). Bu bölgede 500 metre aralarla yapılan doğru akım derin Schlumberger ölçümleri ile gnays temelinin üst yüzeyi belirlenmiştir



Şekil 17. Germencik sıcak alanı at nalı biçiminde oluşan arama kuyuları için öncelik haritası.
Figure 17. Horse-shoe type priority anomaly map for production drilling in Germencik.

(Şekil 10). Gnays temeli üzerindeki 100–200 metreye değin olan çıkıntılar Frekans Ortamı Yapay Elektromanyetik, Tellurik ve duyulur frekans manyetotellurik yöntemlerle çabuk olarak saptanabilir. Gnays temelinin altındaki yapıyı çaişmak için yörede Geçici Elektromanyetik Yöntemin ve TUBEL yönteminin kullanılması düşünülebilir (Ercan ve diğ. 1985).

Ayrıca gözenekleri sıcak su ile dolu bölgeyi ayırt etmek için sismik P dalgası hız değişimi, sıcak alanın etkinlik ölçüsünü ve yerlerini sınırlamak için “küçük yer titreşimleri” ölçümleri yapılabilir.

Sonuç olarak; a) Batıdan doğuya gidildikçe temel yükselmektedir. b) D60 ile D100 noktaları arasında yer alan kırıklarda 500 metreye varan atımlar vardır. Ayrıca bu aralıkta temel aniden derinleşmektedir. c) Temel derinliği kuzeyden güneye doğru derinleşmektedir. d) Yaklaşık 100–200 metrenin altında temele değin öz direnç değeri 4 ile 6 ohm-metre arasındadır. En küçük değeri se D20 ile D100 arasında yer almaktadır.

KATKI BELİRTME

Bu çalışma 1981’de bitirilmiş ve sunu biçimine dönüştürülmüştür. O tarihten sonra yapılan jeofizik (sismik, IP) ve sondaj çalışmaları bu çalışmaya konulmuştur. Bu çalışmanın sürdürülmesinde emekleri geçen, üstün çaba ve çalışma örneği gösteren öğrencilerim Murat Hazinedaroğlu, M. Emin Yavuzkol, Gülçin Özürlan, Faruk Bıçmen, İlyas Ekşioğlu, Gönül Çetinok ve Neriman Yılmaz’a teşekkür ederim.

Aydın Jeofizik Kampının araç, konaklama ve yararlanmayı sağlayan MTA Enstitüsü Genel Direktörlüğüne, kamp üyelerinden Jeof. Müh. Alp Dülger ve Topograf Yusuf Uğurcuklu’nun ölçü noktalarının arazide dağıldıkları yerlerin seçilmesinde ve çizim çalışmalarında gösterdikleri ilgi ve gayretleri için teşekkür ederim. Ayrıca, bölgenin yapısı ve kırık varlığı üzerine tartışma olanağı bulduğum Dr. Şakir Şimşek sağolsun.

KAYNAKLAR

- Biçmen, F. 1983, Aydın – Germencik Sıcak Alanında Doğru Akım Özdirenç Isınım Ölçülerinin Yorumu; İTÜ Maden Fak. Bitirme Ödevi, 98 sayfa.
- Corwin, R.F. and Morrison, H.F., Diaz C.S., and Rodriguez B., J. 1979, Self – potential studies at the Cerro Prieto Geothermal field; Special report, Univ. Cal. Berkeley, CA., U.S.A.
- Corwin, R.U., De Moully, G.T., Harding, R.S., Morrison, H.F. 1980, Interpretation of self– potential survey results from the East Mesa geothermal field, California, J.G.R., 86, 1841–1848.
- Diaz, C. S. 1980, CFE Self– potential survey, northwest of Cerro Prieto; Geothermics, 9, 27–37.
- Ercan, A. 1982, Kızıldere Sıcak Alanında Doğal Uçlaşma Çalışmaları; TJD, Jeofizik, c. 9, s. 1.
- Ercan, A. 1982, Germencik jeotermal alanında yerelektrik ve uçlaşma çalışmaları; İTÜ Maden Fakültesi Yayınları, 120 sayfa.
- Ercan, A. 1983, Doğru akım elektrik özdirenç yöntemleri; Cilt II, İTÜ Maden Fakültesi Jeof. Müh. Böl. Yay. 230 s.
- Ercan, A., Duygu, M.A., Toprak, F. 1985, “Petrol rezervinin yerelektrik (Tubel) yöntemle belirlenmesi Sirt, Oyuktaş; TJK, Kurultayı 18–22 Şubat, Ankara.
- Ercan, A., Drahor, M. and Atasoy, E., 1986, Natural polarization studies at Balçova Geothermal field; Geophy. Prospecting, 34, 475–491.
- Morrison, H.F. and Corwin, R.F. 1977, Interpretation of self–potential data from geothermal areas; proposal to U.S.G.S. Eng. Geoscience, U.S.G.S., Cal. 9.
- Şahin, H. 1981, Jeotermal Sahalarda Jeoelektrik Yöntemin Uygulanması; Yeni ve Yenilebilir Enerji Kaynakları Seminer 24–27 Kasım, Ankara, 15 sayfa.
- Şimşek, Ş., Uygur, N., Özbayrak, İ. H., Dikmenoğlu, F., Coşkun, B.S., Aras, A. 1979, Aydın (Germencik – Söke) Alanının Jeotermal Enerji Olanakları, MTA, Petrol ve Jeotermal Enerji Dairesi İnceleme Yazısı, 8 sayfa.