

FAYLARLA İLİŞKİLİ JEOTERMAL ALANLARDA RADON GAZI ÖLÇÜMLERİNİN ÖNEMİNE İLİŞKİN BİR ÖRNEK, HARTLAP KAPLICASI, KAHRAMANMARAŞ

IMPORTANCE OF SOIL RADON GAS MEASUREMENT ON GEOTHERMAL AREAS RELATED TO FAULTS: AN EXAMPLE FROM HARTLAP THERMAL WATER, KAHRAMANMARAŞ

Alican KOP

KSÜ. Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Avşar Yerleşkesi, 46100, Kahramanmaraş

Yayına Geliş (Recieved): 15.02.10, Yayına Kabul (Accepted): 11.11.10

ÖZ : Arabistan ve Anadolu levhalarının birbirleri ile kenetlendiği bir alanda yer alan Kahramanmaraş, Süleymanlı ve Hartlap olarak adlandırılan çok önemli iki kaplıcaya sahiptir. Halen Süleymanlı kaplıcası sondajlarla sağlanan sıcak sularla beslenen termal tesisleri ile bölgede önemli bir sağlık turizmi merkezi konumundadır. En az Süleymanlı Kaplıcası kadar önemli bir konuma ve kapasiteye sahip olan Hartlap sıcak su kaynağı ise maalesef Sır Barajı'nın alanı altında kalmıştır. Sır Barajı'nın yapımından önce, Ceyhan Nehri'nin batı yakasındaki Döngel kasabası ile aynı tarafta bulunması nedeniyle sıcak su Döngel olarak adlandırılmıştır. Bu çalışma, önceden Döngel olarak bilinen sıcak suyun alınması ve tekrar kullanıma sunulması için açılacak bir sondajın yerinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Bu amaçla, öncelikle Kahramanmaraş'ın bölgesel jeolojik özellikleri değerlendirilmiş daha sonra inceleme alanında detaylı jeolojik gözlemler yapılmıştır. Yapılan incelemeler sonucunda sıcak suyun yüzeye çıkmasını sağlayan bir fay zonu belirlenmiştir. Çalışma alanında fayın büyük bölümü Sır Barajı altında kuzey batıya doğru devam etmektedir. Yamaçlardaki yüksek erozyonun oluşturduğu karasal Kuvaterner sedimanlar tarafından örtülmesi nedeniyle, Fay'ın karada olan diğer bölümü de belirgin değildir. Bu nedenle fayın yerinin tam olarak belirlenmesi amacıyla detaylı topraktan radon gazı ölçümleri yapılmıştır. Fay izine dik doğrultuda oluşturulan profiller boyunca yapılan radon gazı ölçümlerinde radon değerlerinin faya yaklaştıkça arttığı belirlenmiştir. Bu artışın nedeni gazın fay zonunda bulunan kırıkları kullanarak yüzeye kolaylıkla çıkabileceği olmasıdır. Fayın yerinin tam olarak belirlenmesi sonrasında sıcak su için uygun sondaj yeri tanımlanmıştır. Önerilen alanda yapılan sondaj sonucunda 370 metre derinlikte, yaklaşık 100 lt/sn debiye sahip, 37-38°C sıcaklıkta suya ulaşılmıştır. Ceyhan Nehri'nin doğusunda yapılan sondajla aynı tarafta bulunan Hartlap köyünden esinlenilerek bulunan sıcak suya Hartlap ismi verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Termal sular, Radon gazı ölçümü, Döngel kaplıcası, Hartlap, Kahramanmaraş.

ABSTRACT : Kahramanmaraş, which is placed in the suture zone formed by collision between Arabian and Anatolian plates, have two significant thermal springs, Süleymanlı and Döngel. Presently, Süleymanlı thermal facility is fed by thermal water provided by drilling and is still a major health tourism centre in the region. Unfortunately Döngel, which is as important as Süleymanlı in terms of location and capacity, is under the Sır Dam Lake. Owing to its location on the west side of the Ceyhan River where Döngel town was also located, the hot water was used to be called as Döngel before the construction Sır Dam. This study was carried out to determine location of the drilling which will be performed to take thermal water and to present the previously well known Döngel hot water for utilization again. For this aim, firstly regional geological features of Kahramanmaraş were evaluated and then detailed geological observations were made in the investigation area. As a result of these investigations, it is realized that there is a fault zone which provides channelway for movement of thermal water to surface. In the study area, the main part of the fault trace continues to the northwest under the Sır Dam Lake. The other part of fault trace

on land, which is covered by continental Quaternary deposits formed by high erosion rates on the slopes, is not visible. Therefore, detailed soil radon gas measurements were done to determine the exact position of the fault trace. It has been found out that the radon gas concentrations measured closer to the fault trace were higher than those measured along the profiles which were perpendicular to the fault trace. This increase could be due to the fact that radon gas reaches the surface more easily by using existing fractures of the fault zone. After determining the exact position of the fault trace, a convenient drilling location was identified for thermal water. As a result of drilling study, thermal water with approximately 100 l/sec flow rate and 37-38 °C has been reached at a depth of 370 meters. Inspired by Hartlap town which is located in the same area as the drilling on the east side of the Ceyhan river, the hot water is named Hartlap.

Key Words: Thermal water, Radon gas measurements, Döngele thermal water, Hartlap, Kahramanmaraş.

GİRİŞ

Arabistan ve Anadolu levhalarının birbirleri ile kenetlendiği bir alanda yer alan Kahramanmaraş ili ve civarı, kıta kıta çarpışmasına bağlı olarak meydana gelen çeşitli olaylar nedeniyle jeolojik açıdan oldukça karmaşık bir konuma sahiptir. Bu nedenle bölge geçmişten bugüne yerbilimleri çalışmaları açısından oldukça cazip bir konumda olmuştur. Bu güne kadar bölgede yapılan çalışmalar genel jeoloji (French, 1916; Blumenthal, 1938; Stechepinsky, 1942, 1943; Tolun, 1956; Borchert, 1958; Erentöz, 1966; Türkünal, 1967; Yalçınlar, 1967-68; Atan, 1969; Sungurlu, 1974; Tolun ve Pamir, 1975; Altınlı, 1979; Gözübol ve Gürpınar, 1980; Yılmaz, 1984; Uysal ve diğ., 1985; Önal, 1985-1986, 1989-1990; Gül, 1987; Demirkol, 1988; Yılmaz ve Yiğitbaş, 1990; Baydar, ve Yergök, 1996; Türkünal, 1996) ve Doğu Anadolu Fayı ile ilişkili olan yapısal jeoloji ve tektonik çalışmaları (Yüngül, 1951; Mc Kenzie, 1970, 1976; Arpat ve Şaroğlu, 1972, 1975; Erdoğan, 1975; Yalçın, 1979, 1980; Kozlu, 1982; Çemen ve Perinçek, 1987; Perinçek ve Çemen, 1990; Lyberis ve diğ., 1992; İmamoğlu, 1993; Herece, 2008) olmak üzere iki ana başlık altında

gruplandırılabilir. Bölgenin jeolojik konumu ve jeodinamik evriminin anlaşılması açısından birçok olumsuzluğu beraberinde getiren bu karmaşık yapı, aynı zamanda Kahramanmaraş ve civarına önemli kazanımlar da sunmaktadır. Bölgedeki sıcak su kaynakları ve bu kaynaklara ilişkin potansiyel jeotermal alanların varlığı bu kazanımların en başında gelenlerinden biri olarak değerlendirilebilir. Kahramanmaraş ve civarında halen Süleymanlı ve Döngele olarak adlandırılan çok önemli iki sıcak su kaynağı bilinmektedir. Süleymanlı kaplıcası sondajlarla sağlanan sıcak sularla beslenen termal tesisleri ile bölgede önemli bir sağlık turizmi merkezi konumundadır. Süleymanlı Kaplıcası kadar önemli bir konuma sahip olan Döngele sıcak su kaynağı ise 1991'de yapımı tamamlanan Sır Barajı'nın göl alanı altında kalmıştır. Sır Barajı'nın yapımından önce, kaplıcanın bulunduğu alanın Ceyhan nehrinin batı sahilinde yer alması nedeniyle, batı sahildeki yerleşim birimi olan Döngele kasabasının adıyla anılan Döngele sıcak su kaynağı Kahramanmaraş'ın batısında ve yaklaşık 45 km uzağındaki Döngele kasabasının 7 km daha doğusunda yer almaktadır (Şekil 1).



Şekil 1: Çalışma alanının yer bulduru haritası.

Figure 1: Location map of the investigation area.

Bölgeye ilişkin literatürden açıkça gözlemlendiği gibi Kahramanmaraş ve civarındaki sıcak su potansiyeline ilişkin olarak bu güne kadar MTA tarafından hazırlanan çeşitli raporlar dışında yayınlanmış herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Döngele sıcak su kaynağına ulaşabilmek amacıyla ilk kez MTA Genel Müdürlüğü tarafından Ceyhan nehrinin batı sahilinde Uludere kuzeyindeki yamaçta bir sondaj lokasyonu verilmiştir. 1990 yılında verilen lokasyonda yapılan 403 m derinlikteki sondajda sıcak suya ilişkin her hangi bir bulguya ulaşılamamıştır (Özeke, 1990). 1998'de MTA Genel Müdürlüğü, Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi Başkanlığı tarafından yapılan ikinci bir çalışmada Yeldeğirmeni Tepe batısında (Şekil 2'de KD-2 ile gösterilen alan) yapılacak olan bir sondajla 650±50 metrede sıcak suya ulaşabileceği belirtilmiştir (Ölmez ve Akbaş, 1998). 2000 yılında baraj göl alanındaki soğuk ve sıcak sular arasındaki ilişkinin (girişim konisi) ortaya konması amacıyla DSİ tarafından Uludere'nin hemen kuzeyindeki yamaçta 150 m derinliğinde ikinci bir sondaj yapılmış olup, bu derinlikte sıcak suyun bulunmadığı belirtilmiştir. Daha sonra DSİ tarafından 2001 yılında eski kaplıca kaynağının 70 m kuzeybatısında yine karotlu olacak şekilde 236 m derinlikte ikinci bir sondaj daha yapılmış, ancak bu sondajda da sıcak suya ulaşılamamıştır. Bu çalışma, daha önceden varlığı bilinen Döngele civarındaki sıcak suya ulaşmak için yapılacak olan sondaja ilişkin olarak uygun yer belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Bu kapsamda yapılan detaylı jeolojik çalışmalar sonucunda sıcak suyun bir fay zonunu kullanarak yüzeye çıktığı belirlenmiştir. Ancak, büyük bölümünün Sır Barajı göl alanı içerisinde kalması ve karadaki diğer bölümünün ise güncel sedimanlar ile örtülü olması nedeniyle, sıcak suyun yüzeye çıkmasını sağlayan faya ilişkin olarak arazide gözlemsel olarak veri elde edilmesinde çeşitli güçlükler yaşanmıştır. Bu nedenle fayın yerinin tam olarak belirlenmesinde fayın geçtiği düşünülen alanlarda detaylı radon gazı ölçümleri yapılmıştır. Yapılan jeolojik çalışmalar ve fayın yerinin belirlenmesine yönelik radon gazı ölçümleri sonrasında uygun yer belirlenerek sondaj yapılmış ve sonuçta sıcak suya ulaşılmıştır. Kahramanmaraş kent merkezinden yaklaşık 35 km uzaktaki bir alanda ulaşılan bu sıcak suya, Ceyhan nehrinin doğu sahilinde bulunan Hartlap kasabasından esinlenilerek Hartlap sıcak suyu adı verilmiştir (Şekil 1).

İNCELEME ALANININ GENEL JEOLJİSİ

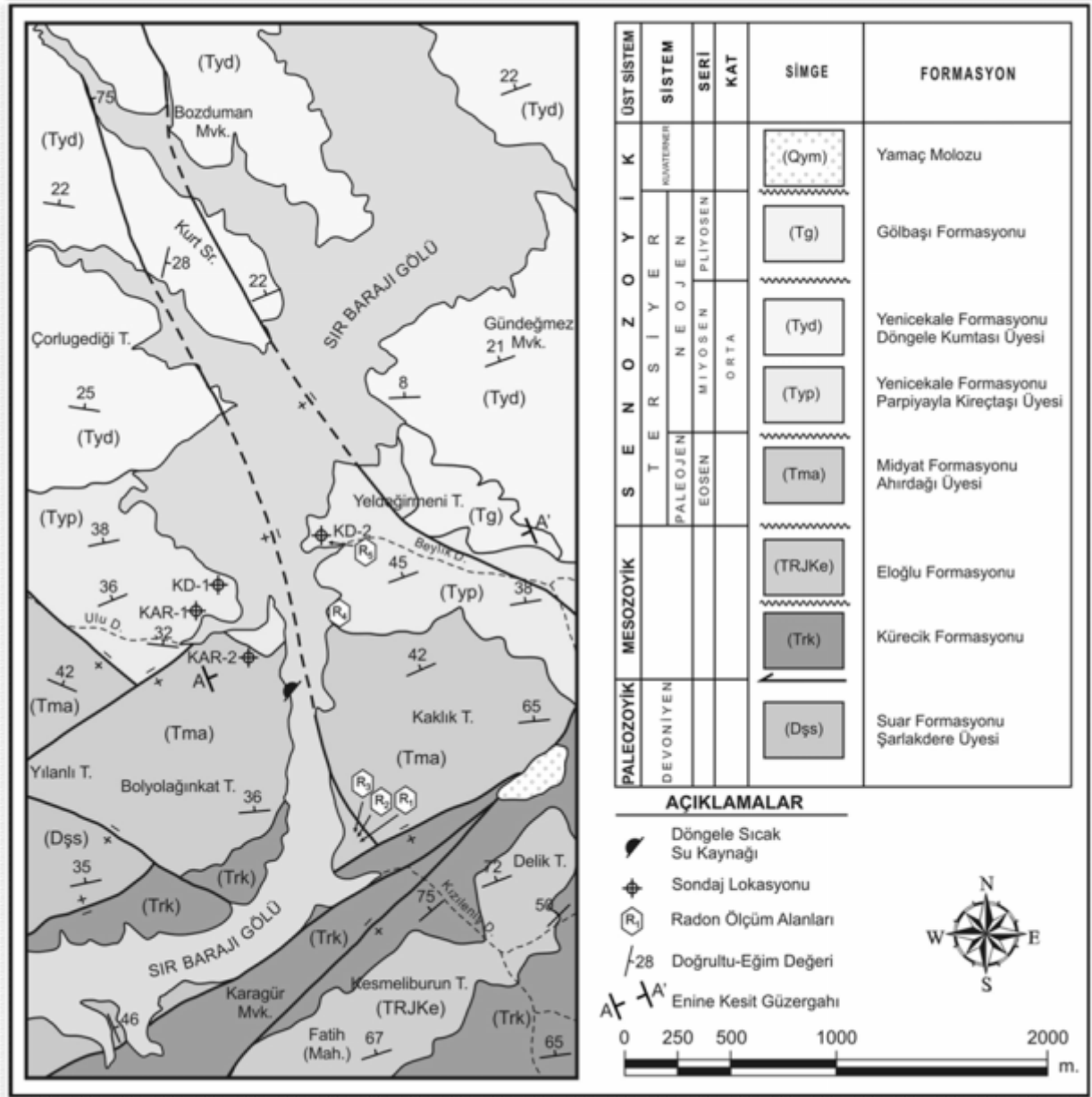
Stratigrafik Konum

Döngele civarında daha önceden varlığı bilinen sıcak su kaynağına ulaşabilmek için uygun sondaj yeri belirlenebilmesi amacıyla yapılan detaylı jeolojik gözlemler sonucunda bölgede değişik yaş ve özelliklere

sahip litostratigrafi birimlerinin varlığı belirlenmiştir. Bu birimler yaşlıdan gence doğru sırasıyla; Devoniyen yaşlı Suar formasyonunun Şarlakdere üyesi, Üst Triyas yaşlı Kürecik formasyonu, Üst Triyas-Jura-Kretase yaşlı Eloğlu formasyonu, Eosen yaşlı Midyat formasyonu, Orta Miyosen yaşlı Yenice kale formasyonunun Parpiyayla ve Döngele üyeleri ve Pliyosen yaşlı Gölbaşı formasyonudur (Şekil 2).

Çalışma alanının güney kesimlerinde oldukça geniş yüzleklere bulunan ve genel olarak kahvemsiz yeşil rengi ve kireçtaşlarının oluşturduğu sarpıklar dışında yumuşak topoğrafyası ile belirgin olan Suar formasyonunun Şarlakdere üyesi (Baydar ve Yergök, 1996), inceleme alanında temeli oluşturmaktadır. Birim genel olarak silttaşı, kumtaşı, kuvarsit ve yer yer gözlenen kireçtaşı resiflerinden oluşmaktadır. Hafif derecede metamorfizma geçirmiş olan birime Devoniyen yaşı verilmiştir (Baydar ve Yergök, 1996). İnceleme alanında Suar formasyonunun Şarlakdere üyesi üzerine tektonik konumlu olarak, alacalı kireçtaşlarından oluşan Triyas yaşlı Kürecik formasyonu (Baydar ve Yergök, 1996) gelmektedir. Birim tabanda gri, alacalı ve mor renkli kırıntılılar ile bunların üzerine gelen dolomitik kireçtaşı ve kireçtaşlarından oluşmaktadır. Genel olarak düşük dereceli bir metamorfizmadan etkilenmiş olan Kürecik formasyonu üzerinde açısız uyumsuzlukla Jura-Kretase yaşlı Eloğlu formasyonu (Baydar ve Yergök, 1996) bulunmaktadır. Morfolojik açıdan sarp bir topoğrafya sunan ve gri-alacalı, bej renkli, orta-kalın tabakalı kireçtaşı ve dolomitik kireçtaşlarından oluşan birime Baydar ve Yergök (1996) tarafından Üst Triyas-Alt Kretase yaşı verilmiştir.

Eloğlu formasyonu üzerine uyumsuz olarak, krem, gri-boz renkli görünümü ve arazide sunduğu sarp topoğrafyası ile kolaylıkla tanınabilen Midyat formasyonunun Ahırdağı üyesi (Önal, 1985) gelmektedir. Tabanda sarımsı-bej renkli, ince-orta tabakalı, karbonat çimentolu, boylanma ve derecelenme gözlenmeyen çakıltaşları ile başlayan birim yukarılara doğru kahverengimsi-sarı renkli, ince tabakalı, ince taneli, yoğun karbonat çimentolu, fosil içermeyen kumtaşı düzeyleri ve en üstte sarımsı-gri renkli, ince-orta tabakalı, yer yer silis yumrulu, nummulitli kireçtaşı düzeylerine geçiş göstermektedir. Ahırdağları'nda yaklaşık 800 m kalınlık sunduğu belirtilen (Korkmaz, 2001) Ahırdağı üyesine, Demirkol (1988) tarafından Alt-Orta Eosen yaşı verilmiştir. Yoğun karbonat çimentolu kumtaşı ve özellikle geçirimsizlik sağlayan killi kireçtaşı litolojilerine sahip olan Ahırdağı üyesinin yeraltı suları açısından hazne kayaç olabilecek özelliklere sahip olduğu söylenebilir.



Şekil 2: Çalışma alanının jeoloji haritası (Baydar ve Yergök, 1996'dan değiştirilmiştir)

Figure 2: Geological map of the study area (Modified from Baydar ve Yergök, 1996).

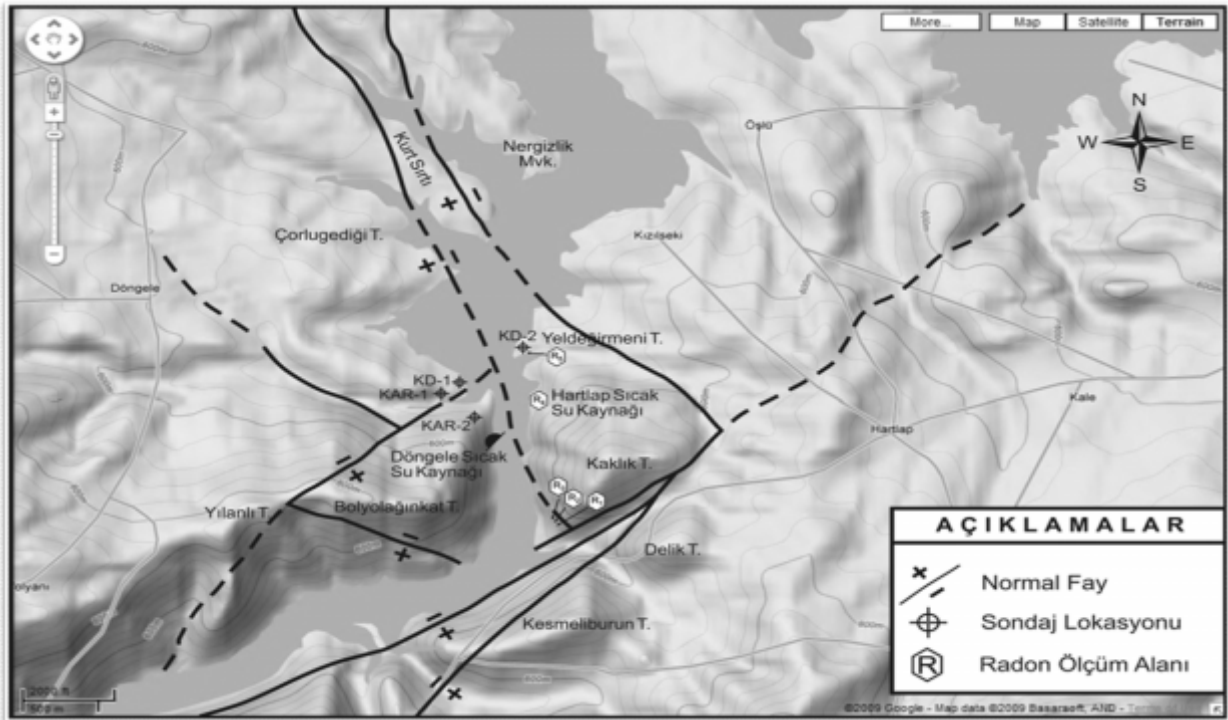
İnceleme alanında Ahırdağı üyesi üzerine uyumsuz olarak Yenicakale formasyonunun Parpiyayla kireçtaşı üyesi (Baydar ve Yergök, 1996) gelmektedir. Genel olarak sarımsı-beyaz renkli, orta-kalın tabakalı, orta sert kireçtaşından oluşan birimin içerisinde, yer yer çamurtaşı ve killi kireçtaşı merceklerine de rastlanılmaktadır. Baydar ve Yergök (1996) tarafından Orta Miyosen yaşı verilen Parpiyayla kireçtaşı üyesi Döngele kumtaşı üyesi (Gül, 1987) tarafından uyumlu olarak üzerlenmektedir.

Genel olarak sunduğu yayvan topoğrafya ve sarımsı-gri renkli tekdüze görünümü ile karakteristik olan kumtaşı, silttaşı ve çamurtaşı ardalanmasından oluşan Döngele kumtaşı üyesi oldukça kıvrımlı ve kırıklı bir yapı sunmaktadır. Yenicakale formasyonunun diğer üyeleri ile yanal ve düşey yönde geçişli olduğunu belirten Baydar ve Yergök (1996), Parpiyayla kireçtaşı üyesinin Orta Miyosen yaşına dayanarak, Döngele kumtaşı üyesine de aynı yaşı uygulamışlardır. İnceleme alanında Yenicakale üyesi Gölbaşı formasyonu tarafından uyumsuz olarak üzerlenmektedir.

Genel olarak göl ortamı içerisinde çökelmiş olan çakıltaşı, kumtaşı, marn ve tuf litolojilerini içeren Gölbaşı formasyonu (Baydar ve Yergök, 1996), sunduğu yumuşak topoğrafyası ve sarımsı-gri renkli görünümü ile karakteristiktir. Baydar ve Yergök (1996) tarafından Pliyosen yaşı verilen Gölbaşı formasyonu üzerine inceleme alanında açılacak uyumsuzlukla yamaç molozu gelmektedir. İnceleme alanında Kaklık Tepe güneydoğusunda oldukça sınırlı bir alanda, köşeli, derecelenme ve boylanma sunmayan, az tutturulmuş ve başlıca kireçtaşlarından oluşan taneleri içeren yamaç molozu oluşumları gözlenmektedir.

Yapısal Jeolojik Konum

Paleozoyik'ten günümüze kadar uzanan bir yaş aralığını temsil eden kayaç topluluklarının gözlemlendiği inceleme alanında genel olarak; ilki KB-GD, ikincisi ise KD-GB yönünde uzanım sunan iki farklı fay sisteminin olduğu gözlenmiştir (Şekil 3). Belirlenen fay sistemlerinden KD-GB uzanımlı olanlar genel olarak Kaklık Tepe güneyinde yer almaktadır. Kaklık Tepe ve Delik Tepe arasındaki vadide K40D ile K60D arasında değişen doğrultulara sahip üç adet normal fay belirlenmiştir (Şekil 4). Ayrıca benzer doğrultuda bir diğer fay da Bolyolağınkat Tepe kuzeyinden geçmektedir. KD-GB uzanımlıların dışında, inceleme alanında dört tane de KB-GD uzanımlı fay belirlenmiştir (Şekil 3).



Şekil 3: İnceleme alanındaki ana fay sistemlerinin konumunu gösteren basitleştirilmiş harita.

Figure 3: Simplified map showing location of the main fault system in the study area.

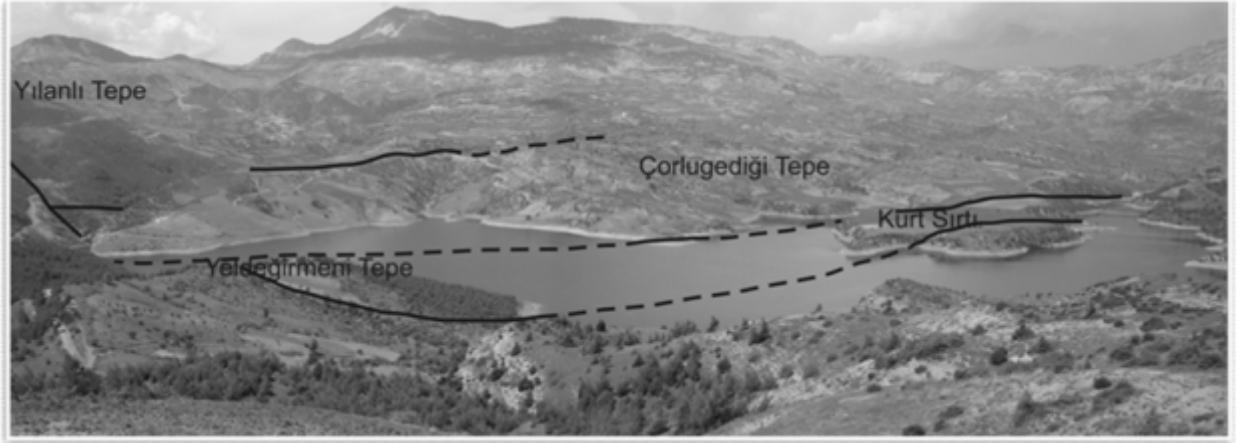


Şekil 4: Kaklık Tepe ve civarındaki KD-GB uzanımlı normal fayların arazi görünümü (Delik Tepe'den GB'ya bakış).

Figure 4: Field view of the NE-SW trending normal faults in the vicinity of Kaklık Tepe (Looking SW from Delik Tepe).

KB-GD uzanımlı fayların ilki Bolyolağınkat Tepe güneyindeki faydır. Bolyolağınkat Tepe kuzeyinden Çorlugedığı Tepe'nin batısına doğru uzanan fay ikinci KB-GD doğrultulu fay olarak tanımlanmıştır. Diğer bir KB-GD doğrultulu fay, Kaklık Tepe kuzeyinden geçerek, Yeldeğirmeni Tepe'ye ait boyundan Kurt Sırtı doğusuna doğru uzanmaktadır. İnceleme alanında belirlenen KB-GD uzanımlı faylardan dördüncüsü ise, Kurt Sırtı ve Yeldeğirmeni Tepe batısından geçerek, Kaklık Tepe güneyine doğru uzanmakta ve bu alanda KD-GB uzanımlı bir fay ile

kesişmektedir (Şekil 5). Bu faya ilişkin düzlem Kurt Sırtı KB'sında oldukça net bir şekilde gözlemlenebilmektedir (Şekil 6). Düzlem üzerinde yapılan incelemelerde, fayın K20-30B doğrultulu ve 75-80° arasında değişen değerler ile KD'ya doğru eğimli olduğu belirlenmiştir. Sır Barajı göl alanı altındaki eski kaplıcanın hemen doğusundan geçen bu fay, ayrıca Bolyolağınkat Tepe ve Kaklık Tepe arasındaki vadinin oluşumunda ve bu vadinin her iki yakasında yüzeyleyen birimlerin bugünkü konumlarını almalarında etkinlik göstermiştir.



Şekil 5: İnceleme alanında kuzey kesimindeki KB-GD doğrultulu fayların genel görünümü (GD'dan KB'ya bakış).
Figure 5: General view of the NW-SE trending fault in the northern part of the study area (Looking NW from SE).



Şekil 6: Kurt Sırtı KB'sındaki fay düzleminin genel görünümü (KD'dan GB'ya bakış).
Figure 6: General view of the fault plane located in the NW of Kurt Ridge (Looking SW from NE).

Yapılan arazi gözlemlerinde özellikle Eosen yaşlı birimlerin tabanına ait dokanağın bu vadinin her iki yakasında farklı düzeylerde olduğu belirlenmiştir. Vadinin batısında yüzeyleyen Eosen yaşlı birimler ile doğu yamaçta yüzeyleyen Eosen yaşlı birimlerin taban dokanakları arasında yaklaşık 50-75 m arasında değişen bir düşey atım söz konusudur. Buna göre bu fayın aktivitesine bağlı olarak vadinin batısı yükselmiş, doğusu ise düşmüştür. Arazi de oldukça bariz bir şekilde gözlenebilen bu veri, baraj gölü içerisinde kalması nedeniyle vadi içerisinde her hangi bir düzlemi gözlenemeyen fayın varlığını doğrulayan önemli bir bulgu konumundadır. Ayrıca hem konumu hem de vadinin her iki yanındaki birimler üzerindeki etkisi nedeniyle, Kurt Sırtı KB'sından başlayarak GD'ya doğru sırasıyla Yeldeğirmeni Tepe batısı ve Kaklık Tepe'nin doğusundan geçen bu fayın sıcak su kaynağının yüzeye çıkmasını sağlayan en önemli etken olduğu söylenebilir.

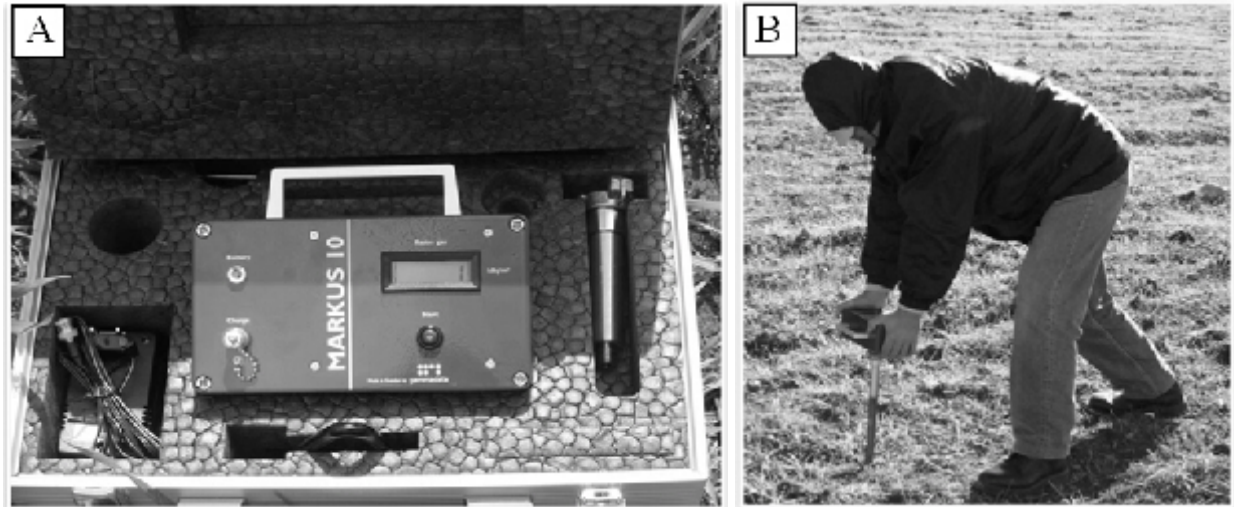
Topraktan Radon Gazı Ölçüm Çalışmaları

Yapılan arazi çalışmaları sonrasında oldukça büyük bir bölümü baraj gölü içerisinden geçen ve sıcak su kaynağı ile ilişkili olan faya ait düzlemin, Kurt Sırtı KB'sı dışında gözlenebileceği tek kara alanının Kaklık Tepe B-GB'sı olduğu belirlenmiştir. Ancak morfolojik aşınmalara bağlı olarak yoğun miktarda yamaç molozu oluşumu ve fay sarpılığı olabilecek alanlara biriken döküntülerin varlığı, belirtilen alanda faya ilişkin her hangi bir düzlemin çıplak gözle görülmesine engel olmuştur. Bu fayın, Kaklık Tepe B-GB'sındaki yerinin tam olarak belirlenebilmesi amacıyla topraktan radon gazı ölçümleri yapılmıştır.

Radon renksiz, kokusuz, tatsız, gözle görülmeyen ve 86 atom numarası ile periyodik cetvelin soy gazlar sınıfında yer alan radyoaktif bir gazdır. 1899

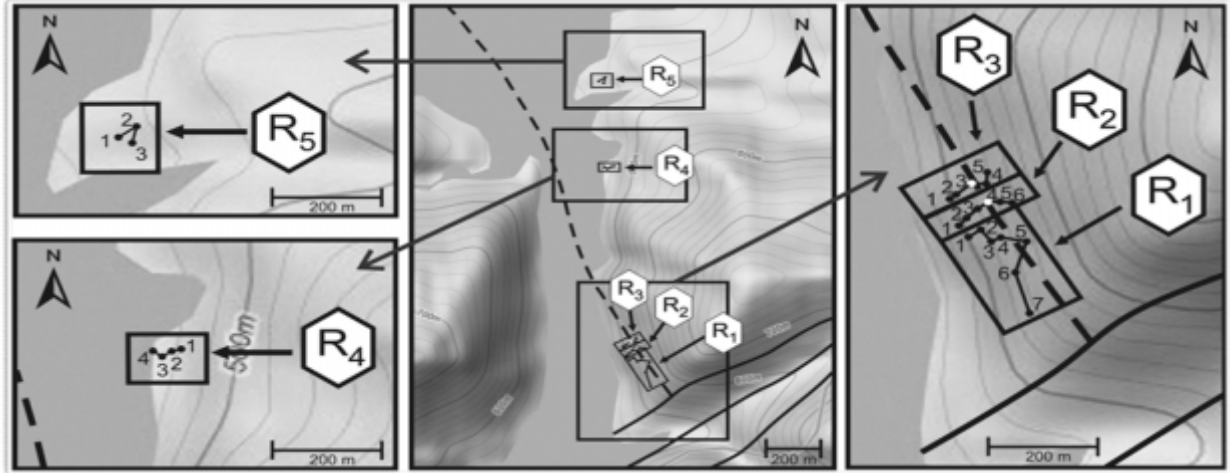
yılında Ernest Rutherford ve 1900 yılında Friedrich Ernest Dorn tarafından keşfedilen radon gazı, kaya, toprak ve sudaki doğal uranyumun radyoaktif bozunması sonucu oluşur ve radon kendisi alfa parçacığı yayarak plutonyuma dönüşür. Bu bozunma tüm yüzey kaya ve toprak parçalarından ve yapı malzemelerinden ortama salınır. Radon gazı, yüzeye çıkarken doğal olarak en kolay yolu, yani yüzeyden çeşitli derinliklere kadar uzanan fay ya da kırık düzlemlerini kullanır. Bu nedenle özellikle aktif fayların yoğun olarak gözlemlendiği alanlarda deprem oluşumlarına ilişkin olarak fayların izlenmesi çalışmalarında topraktan yapılan radon gazı ölçümleri, 1960'ların sonlarından itibaren etkin olarak kullanılmaktadır (Wakita, 1996). Toprakta radon gazı miktarındaki zamana bağlı değişimlerin sismik ve volkanik aktivite ile ilgili olduğunu öne süren bir çok çalışma bulunmaktadır (Sultankhodhaev, 1984; Virk and Singh, 1993; Wakita et al., 1988; King et al., 1995; Toutain and Baubron, 1999; Thomas et al., 1992; Chyi et al., 2001; İnan ve diğ., 2001; Martin-Luis et al., 2002; Planinic et al., 2004; İnan et al, 2008, Seyis et al, 2010). Bu nedenle hem sürekli hem de anlık olarak ölçüm yapabilen portatif toprak radon ölçüm cihazları geliştirilmiştir (Şekil 7).

Toprakta radon ölçümü yüzeyden yaklaşık 1 m derine çakılan bir tüp içerisine yerleşen havanın içerdiği alfa partikülü miktarının kBq/m³ cinsinden belirlenmesi şeklinde gerçekleştirilir. Bu çalışmada sıcak su kaynağının yüzeye çıkarken kullandığı fayın yerinin tam olarak belirlenebilmesi amacı ile güneyden kuzeye doğru sırası ile Kaklık Tepe güneybatısı, Kaklık Tepe kuzeybatısı ve Yeldeğirmeni batısı olarak adlandırılan üç farklı alanda topraktan radon gazı ölçümü gerçekleştirilmiştir (Şekil 3 ve Şekil 8).



Şekil 7: Portatif radon gazı ölçüm cihazı (A) ve radon gazı ölçüm işlemine (B) ilişkin bir görünüm.

Figure 7: View of portable radon gas measurement device (A) and radon gas measurement process (B).



Şekil 8: İnceleme alanında sıcak su kaynağının yüzeye çıkmasını sağlayan fayla ilişkili olarak radon gazı ölçümü yapılan alanlar ve profil güzergahları.

Figure 8: Radon gas measurement fields and profile routes related to fault which provides movement of thermal water to surface.

İnceleme alanında topraktan radon gazı ölçümü yapılan alanlardan ilki R_1 , R_2 ve R_3 profillerinin bulunduğu Kaklık Tepe B-GB'sidir. R_1 profilinde KB'dan GD'ya doğru uzanan bir hat boyunca toplam yedi noktada ölçüm yapılmıştır (Şekil 9). Yapılan radon gazı ölçümleri sonucunda, özellikle iki fayın kesiştiği

düşünülen alana en yakın yer olan 7 numaralı noktada yapılan ölçümde, 113 kBq/m^3 gibi oldukça yüksek radon gazı değerine ulaşılmıştır (Tablo 1). Bu değer, yoğun radon gazı çıkışını sağlayan bir kırık sisteminin varlığını işaret eden önemli bir veri olarak yorumlanabilir.



Şekil 9: Kaklık Tepe GB'sında R_1 profili boyunca radon gazı ölçümü yapılan noktalarının genel görünümü.

Figure 9: View of points measured along the R_1 soil radon gas profile in the SW of Kaklık hill.

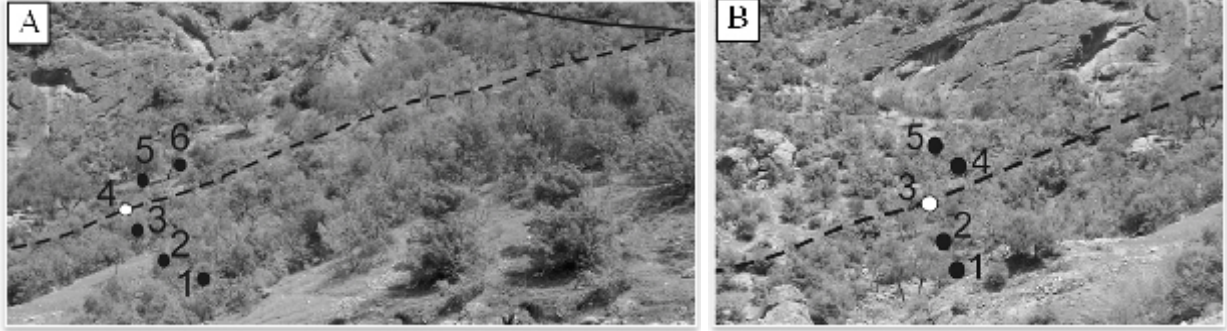
Tablo 1: R_1 profilinden elde edilen radon gazı değerleri.

Table 1: Radon gas values obtained from R_1 profile.

KAKLIK TEPE GÜNEYBATISI (R_1 PROFİLİ)				
LOKASYON NO	YÜKSEKLİK (m)	KOORDİNAT (WGS 84)		RADON DEĞERİ (kBq/m^3)
		K	E	
1	508	57.564	94.290	32
2	516	57.573	94.298	24
3	520	57.541	94.310	27
4	527	57.544	94.319	11
5	546	57.527	94.350	40
6	531	57.495	94.342	12
7	530	57.470	94.346	113

R₂ profilinde genel olarak KD-GB uzanımlı bir hat boyunca toplam 6 noktada ölçüm yapılmıştır (Şekil 10 A). Yapılan ölçümlerde en yüksek radon gazı değeri olasılı olarak fayın geçtiği düşünülen yer üzerindeki 4

numaralı noktada elde edilmiştir (Tablo 2). Bu noktadan uzaklaştıkça radon gazı değerlerinin belirgin şekilde azalması fayın yeri açısından oldukça anlamlıdır.



Şekil 10: Kaklık Tepe batısında R₂ (A) ve R₃ (B) profilleri boyunca radon gazı ölçümü yapılan noktalarının genel görünümü.
Figure 10: View of points measured along the R₂ (A) and R₃ (B) soil radon gas profile in the west of Kaklık hill.

Tablo 2: R₂ profilinde elde edilen radon gazı değerleri.

Table 2: Radon gas values obtained from R₂ profile.

KAKLIK TEPE BATISI (R ₂ PROFİLİ)				
LOKASYON NO	YÜKSEKLİK (m)	KOORDİNAT (WGS 84)		RADON DEĞERİ (kBq/m ³)
		K	E	
1	499	57.530	94.285	20
2	506	57.544	94.293	24
3	519	57.555	94.307	32
4	527	57.561	94.315	46
5	540	57.565	94.330	30
6	551	57.568	94.344	22

R₃ profilinde genel olarak KD-GB uzanımlı bir hat boyunca toplam 5 noktada ölçüm yapılmıştır (Şekil 10 B). R₃ profilinde de yapılan ölçümler içerisinde en yüksek radon gazı değeri olasılı olarak fayın geçtiği düşünülen yer üzerindeki 3 numaralı noktada elde edilmiştir (Tablo 3). Yine benzer şekilde bu noktadan uzaklaştıkça radon gazı değerlerinin belirgin şekilde azaldığı görülmüştür.

İnceleme alanında radon gazı ölçümü gerçekleştirilen ikinci alan Kaklık Tepe KB'sında yeralan ve halen baraj gölü içerisinde kalan eski kaplıcanın karşısındaki bölgedir. Bu alanda sıcak su ile ilişkili olan fay gölü alanı içerisinde geçtiği için karada faya ait her hangi bir bulgu elde etmek mümkün

olmamıştır. Bu alanda R₄ profili olarak adlandırılan D-B uzanımlı bir hat boyunca toplam 4 adet topraktan radon gazı ölçümü yapılmıştır. Yapılan ölçümlerde sıcak su ile ilişkili fayın geçtiği göl alanına doğru yaklaşıldıkça radon gazı değerlerinin hafifçe arttığı belirlenmiştir (Tablo 4).

İnceleme alanında radon gazı ölçümü gerçekleştirilen üçüncü ve son alan Yeldeğirmeni Tepe batısıdır. Tanımlanan alanda R₅ profili olarak adlandırılan bir hat boyunca toplam 3 noktada topraktan radon gazı ölçümü yapılmıştır. Yapılan ölçümlerde radon gazı değerlerinin baraj gölü içerisinde geçtiği düşünülen faya yaklaşıldıkça yükseldiği gözlenmektedir (Tablo 5).

Tablo 3: R₃ profilinde elde edilen radon gazı değerleri.**Table 3:** Radon gas values obtained from R₃ profile.

KAKLIK TEPE BATISI (R₃ PROFİLİ)				
LOKASYON NO	YÜKSEKLİK (m)	KOORDİNAT (WGS 84)		RADON DEĞERİ (kBq/m³)
		K	E	
1	494	57.566	94.272	16
2	504	57.574	94.284	23
3	522	57.577	94.306	38
4	530	57.580	94.315	18
5	538	57.600	94.320	11

Tablo 4: R₄ profilinde elde edilen radon gazı değerleri.**Table 4:** Radon gas values obtained from R₄ profile.

KAKLIK TEPE KUZEYBATISI (R₄ PROFİLİ)				
LOKASYON NO	YÜKSEKLİK (m)	KOORDİNAT (WGS 84)		RADON DEĞERİ (kBq/m³)
		K	E	
1	452	58.400	94.225	09
2	449	58.395	94.213	16
3	447	58.393	94.203	14
4	445	58.400	94.200	21

Tablo 5: R₅ profilinde elde edilen radon gazı değerleri.**Table 5:** Radon gas values obtained from R₅ profile.

YELDEĞİRMENİ TEPE BATISI (R₅ PROFİLİ)				
LOKASYON NO	YÜKSEKLİK (m)	KOORDİNAT (WGS 84)		RADON DEĞERİ (kBq/m³)
		K	E	
1	500	58.934	94.186	73
2	506	58.959	94.209	25
3	513	58.941	94.206	4

SONDAJ LOKASYONUNUN BELİRLENMESİ

Sondaj lokasyonunun belirlenmesi aşamasında genel jeoloji, hidrojeoloji ve yapısal jeoloji ile ilgili tüm bulguların birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. İnceleme alanında, MTA ve DSİ tarafından geçmiş dönemde yapılan sondaj çalışmaları irdelendiğinde, sondaj lokasyonunun belirlenmesi aşamasında, bölgenin jeolojik ve hidrojeolojik konumun dikkate alındığı, ancak yapısal jeolojik konumunun ihmal edildiği gözlenmektedir. Bu eksiklik yüzünden sıcak su ile bu suyun yüzeye çıkmasını sağlayan fayın ilişkilendirilemediği görülmektedir. Bu nedenle Nisan 1998'de MTA Genel Müdürlüğü, tarafından yapılan ikinci çalışmada önerilen KD-2 alanı dışında, tüm çalışmalarda sondaj için Ceyhan Nehrinin batı yamacı önerilmiştir. Sıcak suyun yüzeye çıkmasını sağlayan fay dikkate alınmadan, sadece eski kaplıca alanının batı yamaçta yer alması verisine dayanılarak yapılan farklı metrajlı bu sondajlarda doğal olarak sıcak suya ulaşılamamıştır.

Bu çalışmada yapılan arazi gözlemleri ve ölçümler sonucunda sıcak su kaynağının yüzeye çıkmasını sağlayan KB-GD uzanımlı fayın; Kurt Sırtı KB'sından başlayarak, Yeldeğirmeni Tepe yakın batısından geçip, Bolyolağınkat Tepe ve Kaklık Tepe arasındaki vadiye girdiği ve daha sonra da Kaklık Tepe güneyindeki KD-GB uzanımlı fay tarafından kesildiği gözlenmiştir (Şekil 3). Kurt Sırtı KB'sında düzlemi net olarak gözlenebilen fayın normal bileşenli ve 75-80° arasında değişen değerler ile KD'ya doğru eğimli olduğu belirlenmiştir. Bu durumda vadinin batı yakasında yapılacak olan sondajlarda bu faya ulaşmanın mümkün olmadığı açıkça görülmektedir.

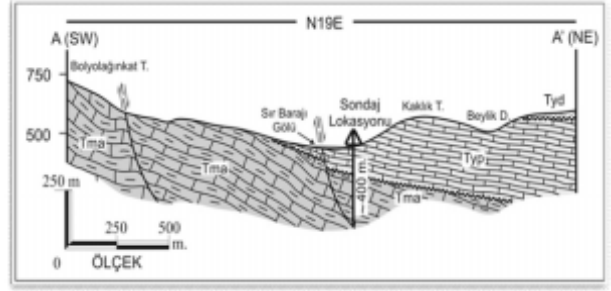
İnceleme alanında en yüksek radon gazı değerleri Kaklık Tepe kuzey batısında ölçülmüştür. Bu alan, bölgedeki sıcak suyun yüzeye çıkmasını sağlayan ancak büyük bölümü Sır Barajı göl alanı içinde kalan ana fayın tekrar kara alanında devam ettiği ve daha sonra da Kaklık Tepe güneyindeki KD-GB uzanımlı fay ile kesiştiği bölgedir. Bu alanda yapılan R₁, R₂ ve R₃

profillerinin genel olarak oldukça yüksek radon gazı değerleri sunması yanında özellikle R₁ profilindeki 7 numaralı noktada 113 kBq/m³ gibi bölgedeki en yüksek radon gazı değerinin ölçülmesi; faylara yaklaştıkça radon gazı değerlerinin arttığını gösteren önemli bir bulgudur. Ana faya daha uzak olmaları nedeniyle R₄ ve R₅ profil alanlarında nispeten daha düşük radon gazı değerleri elde edilmiştir.

Bölgedeki sıcak su çıkışlarının; tabanında çakıltaşları bulunan Eosen yaşlı birimler ile kireçtaşı ve killi kireçtaşlarından oluşan Orta Miyosen yaşlı birimler içerisinde olduğu gözlenmiştir. Buna göre; Eosen ve Orta Miyosen yaşlı birimlerin sıcak su kaynağı için rezervuar niteliği taşıdığı söylenebilir.

İnceleme alanında daha önce yapılmış olan sondajlar ve bu çalışmada elde edilen bulguların birlikte değerlendirilmesi sonucunda, uygun sondaj lokasyonu belirlenmiştir.

Bu çalışmada en yüksek radon gazı değerlerinin elde edildiği R₁, R₂ ve R₃ profillerinin bulunduğu alan oldukça sarp bir morfoloji sunmakta olup, bölgeye araç ile ulaşım mümkün değildir. Ayrıca, tanımlanan alanda sıcak su için rezervuar niteliği taşıyan Eosen yaşlı birimler KD-GB uzanımlı bir fayla kesilmekte ve Mesozoyik yaşlı kireçtaşları ile karşı karşıya gelmektedir. Bu durum litolojik özellikler açısından da bölgenin olumsuz bir konumda olduğu sonucunu doğurmaktadır. Bu nedenle inceleme alanında sıcak suya ulaşmak amacıyla yapılacak olan bir sondaj için en uygun alanın Kaklık Tepe kuzeybatısında yer alan R₄ noktası olduğu düşünülmüştür. Konum olarak Döngüle sıcak su kaynağının 400 m kadar kuzey batısında yer alan ve eski kaplıcanın bulunduğu alan ile benzer litolojilerinin gözlemlendiği R₄ noktasında yapılacak olan düşey bir sondaj ile, KB-GD uzanımlı, 75-80° ile KD'ya eğimli olan ve sıcak suyun yüzeye çıkmasını sağladığı düşünülen fayın 400 metre civarında bir derinlikte kesilebileceği öngörülmüştür. Yapılan derinlik hesaplamasında yüzeyde 75-80° arasında değişen eğim değerine sahip olan fayın derinlere doğru bir miktar listrikleşeceği dikkate alınmıştır (Şekil 11).



Şekil 11: Sıcak su ile ilişkili faya ulaşılacak düşey sondaj derinliğini gösteren enine kesit.

Figure 11: The cross section showing the depth of a vertical drilling will be reached to the fault associated with hot water.

SONUÇLAR

Sır Barajı göl alanı altında kalan eski Döngüle kaplıcasını besleyen sıcak suyun sondajla tekrar alınabilmesi amacıyla yapılan bu çalışmada ulaşılan sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

İnceleme alanında değişik yaş ve özelliklere sahip litostratigrafi birimleri ile, birincisi KB-GD, ikincisi KD-GB yönlü uzanım sunan başlıca iki ana fay sistemi belirlenmiştir. Kurt Sırtı KB'sından başlayarak KB-GD uzanımlı bir şekilde Yeldeğirmeni Tepe batısından geçip, Bolyolağınkat Tepe ve Kaklık Tepe arasındaki vadiye giren ve daha sonra da Kaklık Tepe güneyindeki KD-GB uzanımlı fay ile kesişen fayın; sıcak su kaynağının yüzeye çıkmasını sağladığı belirlenmiştir. Bolyolağınkat ve Kaklık Tepe arasındaki vadinin heri iki yakasındaki Eosen yaşlı birimlerin tabanına ait dokanakta yaklaşık 50-75 m arasında değişen bir düşey atım olduğu gözlenmiştir. Bu nedenle vadinin batısı yükselmiş, doğusu ise düşmüştür.

İnceleme alanında Kaklık Tepe'nin güneybatısı ve kuzeybatısı ile Yeldeğirmeni Tepe batısında radon gazı ölçümleri yapılmıştır. Bu ölçümlerde, fayın geçtiği alana doğru yaklaşıldıkça radon gazı değerlerinin belirgin şekilde arttığı gözlenmiştir. Bölgedeki sıcak su çıkışlarının; Eosen yaşlı birimler ile Orta Miyosen yaşlı birimler içerisinde olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle sondaj yeri seçiminde litolojik özellikler de dikkate alınmıştır.

Önceden yapılan sondajlar ve bu çalışmada elde edilen bulguların birlikte değerlendirilmesi sonucunda, Kaklık Tepe kuzeybatısında yer alan R₄ noktasının sıcak suya ulaşmak amacıyla yapılacak olan bir sondaj için en uygun alan olduğu ve bu noktada yapılacak olan düşey bir sondajla yaklaşık 400 m derinlikte sıcak suyun yüzeye çıkmasını sağlayan faya ulaşabileceği öngörülmüştür. Bu öngörü sonrasında önerilen alanda yapılan sondajda 370 metre derinlikte, yaklaşık 100 lt/sn debili, 37-38°C sıcaklıkta suya ulaşılmıştır (Şekil 12). Ceyhan Nehri'nin doğusunda yapılan sondajla aynı tarafta bulunan Hartlap köyünden esinlenilerek ulaşılan sıcak suya Hartlap ismi verilmiştir.



Şekil 12: Önerilen R4 noktasında yapılan sondajla ulaşılan sıcak suya ait bir görüntü

Figure 12: View of the hot water reached by drilling (R4).

SUMMARY

Kahramanmaraş region, which is placed in the suture zone formed by collision between Arabian and Anatolian plates, has quite complex geological features. These complex features, create difficulties in understanding the geological setting and the geodynamic evolution of the region. However, it can be said that these geological complexities have provided some benefits for Kahramanmaraş and its surroundings. One of the benefits is existence of thermal water and geothermal potential in and around Kahramanmaraş. There are two significant thermal springs, Süleymanlı and Hartlap, in Kahramanmaraş. Presently, Süleymanlı thermal facility is fed by thermal water provided by drilling and is still a major health tourism centre in the region. Unfortunately Hartlap, which is as important as Süleymanlı in terms of location and capacity, is under the Sır Dam Lake.

Literature survey revealed that MTA prepared several reports related to the geothermal exploration studies in the region. The first drilling location, outside the dam lake area, was given by MTA General

Directorate on the northern slope of Uludere located on the west coast of Ceyhan river in the study area. In 1990, as a result of drilling of given locations no sign of hot water could be reached at a depth of 403 m. In 1998, the second study was done by the General Directorate of MTA and it was stated that drilling on the west of Yeldeğirmeni hill can reach hot water at a depth of 650 ± 50 meters. In 2000, the northern hillside of Uludere was drilled at a 150 m depth by DSI in order to explore of the relationship between cold and warm water inside the dam lake area. Then in 2001 at the 70 m northwest of the Döngüle thermal water, a second drilling at a depth of 236 m was done by DSI. Unfortunately, none of the drillings could reach hot water. Therefore, it can be said that the relationship between hot water sources and the fault which facilitates the movement of thermal water to surface was not explored sufficiently in the previous studies. Referring to location of the old hot water (Döngüle), all the previous drillings were made in the western slopes of the Ceyhan River.

In this study, firstly regional geological features of Kahramanmaraş were evaluated and then detailed geological observations were made to reach the previously known Döngüle thermal water. As a result of these field investigations, it is realized that there is a NW-SE trending normal fault which provides channelway for movement of thermal water to surface.

This fault starts from NW of the Kurt ridge and it runs in SE direction into the Sır Dam lake. Then, this fault passes through from west of the Yeldeğirmeni hill and traverses valley between the Kaklık and Bolyolağınkat hills and then it abuts against a NE-SW trending fault in the south of the Kaklık hill. Northeast dipping normal fault plane (normal dip-slip with dip angles of 75-80°) is well seen in the northwest of Kurt ridge. In this respect, it is quite obvious that the drilling wells located at the west side (foot wall) of the Ceyhan valley are not likely reach this fault. Another important finding of this study is that the hot water moves up within the Eocene aged limestone, includes conglomerate at the bottom, and Miocene aged clayey limestone. Considering the lower contact of the Eocene units observed at both sides of the valley between the Kaklık hill and the Bolyolağınkat hill, it can be realized that the east side (hanging wall) moved approximately 50-75 m. downward relative to the west side of valley. This data can be defined as an important finding that is demonstrating the existence of a fault within this valley.

As already mentioned above, the main part of the fault trace continues to the northwest under the Sır Dam Lake in the investigation area. The other part of fault trace on land, which is covered by continental Quaternary deposits formed by high erosion rates on the slopes, is not visible. For these reasons, to obtain the data related to the fault various difficulties were experienced in this study. Therefore, detailed soil radon

gas measurements were done to determine the exact position of the fault trace. It has been found out that the radon gas concentrations measured closer to the fault trace were higher than those measured along the profiles which were perpendicular to the fault trace. This increase could be due to the fact that radon gas reaches the surface more easily by using existing fractures of the fault zone. After determining the exact position of the fault trace, a convenient drilling location was identified for thermal water. As a result of drilling study, thermal water with approximately 100 l/sec flow rate and 37-38 °C temperature has been reached at a depth of 370 meters. Because the drilling site was located close to Hartlap town on the east side of the Ceyhan river, the thermal water is named as Hartlap.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Altınlı, İ. E., 1979,** Amanos Dağları ve Anadolu'nun Levha Tektoniği ile İlgileri. Türkiye IV. Petrol Kongresi Tebl., s. 51-62, Ankara.
- Arpat, E., Şaroğlu, F., 1972,** Doğu Anadolu Fayı ile ilgili bazı gözlem ve düşünceler, MTA Dergisi, 78, s. 44-50
- Arpat, E., Şaroğlu, F., 1975,** Türkiye'deki bazı önemli genç tektonik olaylar, TJK Bülteni, 18/1, s. 91-101
- Atan, O.R. 1969,** Eğribucak-Karacaören (Hassa)-Ceylanlı-Dazevleri (Kırıkhan) Arasındaki Amanos Dağları'nın Jeolojisi. M.T.A. Enst. Yay. No:41, Ankara.
- Baydar, O., Yergök, A.F. 1996,** Güneydoğu Anadolu-Kenar Kıvrım Kuşağı-Amanos Dağları Kuzeyi ve Doğu Torosların Jeolojisi. Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara, 90s (yayınlanmamış).
- Borchert, H., 1958,** Türkiye'de İnisyal Ofiyolitik Mağmatizmaya Ait Krom ve Bakır Cevheri Yatakları. M.T.A. Enst. Yay. No: 102, Ankara.
- Blumenthal, M., 1938,** Die Grenzzone Zwischen Syrischeher Tafel und Tauriden In Der Gegend Des Amanos Eclogae Geol. Helv., 31.2., p. 381-383, Basel.
- Chyi, L.L., Chou, C.Y., Yang, T.F. and Chen, C.H., 2001,** Continuous radon measurements in faults and earthquake precursor pattern recognition, Western Pacific Earth Sci., 1 (2), 43-72.
- Çemen, İ. and Perinçek, D., 1987,** Extensional Origin of the Northern Part of the Hatay-Karasu Half Graben (Abstr.). Aonu Geol. Cungr. Turkey. Abstr. Progr., s. 10-11.
- Demirkol, C., 1988,** "Türkoğlu (K.Maraş) Batısında Yer Alan Amanos Dağları'nın Stratigrafisi, Yapısal Özellikleri ve Jeoteknik Evrimi". M.T.A. Enst. Derg., Sayı: 108, Ankara, s. 18-37.
- Erdoğan, T., 1975,** Gölbaşı Dolayının Jeolojisi. T.P.A.O. Rap. No: 929, (Yayınlanmamış), Ankara.
- Erentöz, C.,1966,** Türkiye Stratigrafisinde Yeni Bilgiler. M.T.A. Enst. Dergisi, Sayı: 66, s. 1-19, Ankara.
- French, F., 1916,** Geology Klein-Asiens im Bereich der Bağdat-Bahn: Zeit, Deutsch. Geol. Ges., Abh. 68, p. 1-325, Stuttgart.
- Gözübol, A.M. ve Gürpınar, O., 1980,** Kahramanmaraş Kuzeyinin Jeolojisi ve Tektonik Evrimi. Türkiye 5. Petrol Kong., Jeoloji-Jeofizik Bild., s. 21-29, Ankara.
- Gül, M.A., 1987,** Kahramanmaraş Yöresinin Jeolojisi ve Petrol Olanakları, TPAO, Rapor No: 2359, Ankara.
- Herece, E., 2008,** Doğu Anadolu Fayı (DAF) Atlası, MTA Genel Müdürlüğü, Özel Yayın Serisi-13, Ankara.
- İmamoğlu, Ş., 1993,** Gölbaşı (Adıyaman)-Pazarcık-Narlı (K.Maraş) Arasındaki Sahada Doğu Anadolu Fayı'nın Neotektonik İncelemesi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, (Yayınlanmamış), Ankara.
- İnan, S., Ergintav, S., Cuff, K., Saatçılar, R., Belgen, A., Akar, S., 2001,** Marmara Bölgesinde toprak radon gazı ölçümleri: Aktif zonların tespit çalışmalarına katkısı. Aktif Tektonik Araştırma Grubu (ATAG) Beşinci Toplantısı, Ankara, 15-16 Kasım 2001, sayfa. 41.
- İnan, S., Akgül, T., Seyis, C., Saatçılar, R., Baykut, S., Ergintav, S., and Baş, M., 2008,** Geochemical monitoring in the Marmara region (NW Turkey): A search for precursors of seismic activity, Journal of Geophysical Research, Vol. 113. p. B03401, doi:10.1029/2007JB005206.
- King, J. Y., Koizumi, Y. and Kitagawa, Y., 1995,** Hydrogeochemical anomalies and the 1995 Kobe earthquake, Science, 269, 38-39.
- Korkmaz, H., 2001,** Kahramanmaraş Havzası'nın Jeomorfolojisi. T.C. Kahramanmaraş Valiliği İl Kültür Müdürlüğü, 195s. Kahramanmaraş
- Kozlu, H., 1982,** İskenderun Baseni jeolojisi ve petrol olanakları: TPAO Rapor no: 1921 yayınlanmamış.
- Lyberis, N., Yürür. T., Chorowicz, J., Kasapoğlu, E. And Gündoğdu, N., 1992,** The East Anatolian Fault: An Oblique Collisional Belt. Tectonophysics, 204, s. 1-15.
- Martin-Luis, C., Quesada, M. L., Eff-Darwich, A., DelaNuez, J. and Coello, J., 2002,** A new strategy to measure radon in an active volcanic island (Tenerife, Canary Islands), Environ. Geol., 43, 72-78.
- Mc Kenzie, D.P., 1970,** Plate Tectonics of the Mediterranean Region. Nature, sayı: 26, s. 239-243.
- Mc Kenzie, D.P., 1976,** The East Anatolian Fault, a major Structure in Eastern Turkey: Earth and Planetary Sci. Letters:29, s. 189-193.

- Ölmez, E. ve Akbaş, E., 1998**, Kahramanmaraş Döngüle Sahası Sıcaksu Jeoloji-Hidrojeoloji Etüdü, MTA Genel Müdürlüğü, Derleme No: 10300, Ankara.
- Önalın, M., 1985/86**, K.Maraş Tersiyer İstifinin Sedimanter Özellikleri ve Çökeltme Ortamları. İst. Üniv., Müh. Fak., Jeo. Müh. Böl., Yerbilimleri Derg., Cilt. 5, Sayı. 1-2, s. 39-78, İstanbul.
- Önalın, M., 1989/90**, Önülke Havzaları ve K.Maraş Önülke Havzasının Jeolojik Evrimi. İst. Üni. Müh. Fak., Yerbilimleri Derg. C: 7, Sayı: 1-2, s. 19-43, İstanbul.
- Özeke, H., 1990**, Kahramanmaraş Döngüle Kaplıcası KD-1 Sıcak Su Araştırma Sondajı Kuyu Bitirme Raporu, MTA Genel Müdürlüğü, Derleme No: 9078, Ankara.
- Perinçek, D., Çemen, İ., 1990**, The structural relationship between the East Anatolian and Dead Sea Fault Zones in southeastern Turkey, *Tectonophysics*, p. 331-340.
- Planinic, J., Radolic, V. and Vukovic B., 2004**, Radon as an earthquake precursor, *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A*, 530, 568-574.
- Seyis, C., İnan, S., Streil, T., 2010**, Ground and indoor radon measurements in a geothermal area, *Acta Geophysica*, v. 58. doi:10.2478/s11600-010-0012-y
- Stchepinsky, V. 1942**, Maraş-Seyhan-Gaziantep Bölgesinin Mineral Varlıkları Hakkında Rapor. M.T.A. Enst. Derleme Rap. No: 1407 (Yayınlanmamış), Ankara.
- Stchepinsky, V. 1943**, Maraş-Seyhan-Gaziantep-Birecik-Besni Mıntıkası Umumi Jeolojisi Hakkında Rapor, MTA Derleme Rapor No: 1446, 20 s., Ankara.
- Sungurlu, O., 1974**, VI. Bölge kuzey sahalarının jeolojisi ve petrol imkanları: Türkiye İkinci Petrol Kongresi Tebliği, 85-107.
- Sultankhodhaev, G. A., 1984**, Earthquake Prediction, UNESCO, Paris, 181-191.
- Thomas, D. M., Cotter, J. M. and Holford D., 1992**, Experimental design for soil gas radon monitoring, *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 161, 313-323.
- Tolun, N., 1956**, Pazarcık (Maraş) Gaziantep ve Birecik Dolaylarının Jeolojik İncelemesi. M.T.A. Enst. Derleme Rap. No: 2389, Ankara.
- Tolun, N., Pamir, H.N., 1975**, 1/500.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası İzahnameli: Hatay Paftası. M.T.A. Enst. Yay, Ankara.
- Toutain, J. P., and Baubron J. C., 1999**, Gas geochemistry and seismotectonics: A review, *Tectonophysics*, 304, 1-27.
- Türkünal, S., 1967**, 1/25.000 Ölçekli Gaziantep M37-a3 ve a4 Paftaları (Bahçe Kazası Kuzeyi) Jeoloji Raporu. M.T.A. Enst. Derleme Rap. No: 2590, (Yayınlanmamış), Ankara.
- Türkünal, S., 1996**, Kahramanmaraş İli Enlemi ile Engizek Sıradağları Arasında Kalan Bölgenin Jeolojisi. T.M.M.O., J.M.O. Yay., Ankara.
- Uysal, Ş., Sirel, E. ve Gündüz, H., 1985**, Güneydoğu Anadolu Boyunca (Muş-Palu-Maraş-Hatay) Bazı Tersiyer Kesitleri. M.T.A. Enst. Derleme Rap. No: 7783, (Yayınlanmamış), Ankara.
- Wakita, H., 1996**, Geochemical challenge to earthquake prediction, *Proceed. Natl. Acad. Sci. USA*, 93, 3781-3786.
- Wakita, H., Nakamura, Y. and Sano, Y., 1988**, Short-term and intermediate-term geochemical precursors, *Pure Appl. Geophys.*, 125, 267-278.
- Virk, H. S., and Singh, B., 1993**, Radon anomalies in soil gas and groundwater as earthquake precursor phenomena, *Tectonophysics*, 227, 215-224.
- Yalçın, N., 1979**, Doğu Anadolu Yarılıminin Türkoğlu-Karaağaç (K.Maraş) arasındaki kesiminin özellikleri ve bölgedeki yerleşim alanları, TJK Altın Simpozyumu Bildiriler Kitabı, s. 49-56.
- Yalçın, N., 1980**, Amanosların litolojik karakterleri ve Güneydoğu Anadolu'nun evrimindeki anlamı: Türkiye Jeol. Kur. Bül., c. 23, s. 21-30.
- Yalçınlar, İ., 1967-68**, Amanos Dağlarında Bir Ordovisiyen-Silüriyen Faunası. Türk Coğ. Derg. Sayı: 24-25, s. 38-48, Ankara.
- Yılmaz, Y., 1984**, Amanos dağlarının jeolojisi: İ. Ü. Müh. Fak. (TPAO Arş. No. 1920, İstanbul).
- Yılmaz, Y. ve Yiğitbaş, E., 1990**, GD Anadolu'nun Farklı Ofiyolitik Metamorfik Birlikleri ve Bunların Jeolojik Evrimdeki Rolü Türkiye 8. Petrol Kong. Bild. s. 128-140, Ankara.
- Yüngül, S., 1951**, Rift Vadileri ve Hatay Gravimetri Etüdünün Bazı Tektonik Neticeleri. Türkiye Jeol. Kur. Bül., Cilt: 3, Sayı: 1, s. 1-24, Ankara.