

## **JEOTERMAL ALANLARDA KAYNAK KORUMA ALANLARININ BELİRLENMESİ: AFYONKARAHİSAR-SANDIKLI JEOTERMAL ALANI ÖRNEĞİ**

Nilgün DOĞDU\*, Berrin AKAN\* ve  
Ö.Faruk TAMGAÇ\*

ÖZ.- Son yıllarda nüfusun artışı ve sanayileşmenin hız kazanması enerji gereksinimi önemli ölçüde artırmıştır. Bu durum ise enerji kaynaklarının etkin ve verimli bir şekilde kullanımını zorunlu hale getirmiş, aynı zamanda yenilenebilir enerji kaynaklarına duyulan ilgiyi de artırmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan jeotermal enerji de, tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de enerji ihtiyacının karşılanmasında oldukça önemli bir rol üstlenmeye başlamıştır. Bilindiği gibi tüm doğal enerji kaynaklarında olduğu gibi jeotermal sistemlerde de sürdürülebilirlik kavramı büyük bir önem taşımaktadır. Bu açıdan bakıldığında, jeotermal kaynakların sürdürülebilirliğinin sağlanması kaynakların korunması ve doğru bir şekilde işletilmesine bağlıdır. Bu durumda hem jeotermal kaynağın dolayısıyla da jeotermal akışkanı bünyesinde bulunduran rezervuarın bir takım çevresel etkenlerle kirlenmesinin önlenmesi, hem de rezervuardaki basınç ve sıcaklık koşullarında meydana gelebilecek olumsuz değişimlerin önüne geçilmesine yönelik tedbirler alınması büyük önem taşımaktadır. Jeotermal enerjinin bir enerji kaynağı olarak kullanımının artması yasal düzenleme ihtiyacı doğurmuştur. Bu ihtiyaca yönelik olarak, "5686 Sayılı Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu" 13 Haziran 2007 tarihli resmi gazetede yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanununun Uygulanmasına dair yönetmelik de 11 Aralık 2007 tarihinde yayımlanmıştır. Gerek 5686 sayılı yasa gerekse uygulama yönetmeliği jeotermal kaynakların korunmasını zorunlu hale getirmekte bu kapsamda da kaynak koruma alanlarının belirlenmesi ve bu alanlar içerisinde alınması gereken tedbirler konusun-

da düzenlemeler getirmektedir. Afyonkarahisar-Sandıklı jeotermal alanı kaynak koruma alanları etüdü çalışması, jeotermal alanın çevresel etkilerle kirlenmesinin önlenmesi, korunması ve geliştirilmesine yönelik jeolojik, hidrojeolojik, jeotermal ve jeokimyasal çalışmaları içerecek şekilde 5686 sayılı Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu ve Uygulama Yönetmeliği hükümlerine göre hazırlanmış olan bu çalışma bir örnek teşkil etmesi bakımından bu çalışma kapsamında sunulmuştur. Afyonkarahisar-Sandıklı jeotermal alanında 1994 yılından günümüze kadar MTA Genel Müdürlüğü ve özel şirketler tarafından SANJET A.Ş. adına reenjeksiyon kuyusu dahil 24 tane sıcak su sondaj kuyusu açılmıştır. İnceleme alanında yer alan çalışır durumda olan sıcak su kuyularında çalışma kapsamında ölçülen akışkan sıcaklığı 63,4-75,4 °C arasında, pH değerleri 6,4-6,75 arasında, Elektriksel İletkenlik değerleri (EC) ise 1771-2020 µS/cm arasında değişmektedir. Kuyulardan elde edilen akışkan halen şehir ısıtımıcılığı, termal turizm ve seracılıkta kullanılmaktadır. Koruma alanları çalışması kaynak ve sıcak su sondajlarının her türlü kirlenme dış etkenlerden korunması ve devamlılığının sağlanması amacıyla yapılmaktadır. Dolayısıyla bu çalışmada doğal çıkış ve kuyuların her türlü kirlenme dış etkenlerden korunması ve sürdürülebilirliğinin sağlanması, potansiyel alanın belirlenerek koruma altına alınması amacıyla sahanın litolojik özellikleri, kayaçların geçirirliliği, çatlak ve kırık sistemleri gibi unsurlar göz önüne alınarak koruma alanı zonları belirlenmiş ve bu zonlarda alınması gerekli önlemler belirtilmiştir. Ayrıca rezervuarın korunmasına yönelik alınması gereken tedbirler önerilmiştir.

### **GİRİŞ**

Jeotermal alanlarda yer alan doğal sıcak su çıkışları, artezyenik olmayan kuyular ve zayıf zonlar jeotermal sistemin kirlenmeye açık alanlarıdır. Bu alanların yapılacak olan jeolojik, hidrojeolojik ve jeokimyasal veriler ışığında korunması gereken kısımlarının belirlenip alınması gereken tedbirlerin önerilmesi ve bunlara uyulması gerekmektedir. Jeotermal kaynakların kul-

\*Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi, Ankara.

lanımına yönelik düzenlemeler getiren “5686 Sayılı Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu” 13 Haziran 2007 tarihli resmi gazetede yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanununun Uygulanmasına dair yönetmelik de 11 Aralık 2007 tarihinde yayımlanmıştır. Gerek 5686 sayılı yasa gerekse uygulama yönetmeliği jeotermal kaynakların korunmasını zorunlu hale getirmekte bu kapsamda da kaynak koruma alanlarının belirlenmesi ve bu alanlar içerisinde alınması gereken tedbirler konusunda düzenlemeler getirmektedir.

Afyonkarahisar - Sandıklı jeotermal alanı kaynak koruma alanları etüdü çalışması, jeotermal alanın çevresel etkilerle kirlenmesinin önlenmesi, korunması ve geliştirilmesine yönelik jeolojik, hidrojeolojik, jeotermal ve jeokimyasal çalışmaları içerecek şekilde 5686 sayılı Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu ve Uygulama Yönetmeliği hükümlerine göre hazırlanmış olan bu çalışma bir örnek teşkil etmesi bakımından bu çalışma kapsamında sunulmuştur.

## **JEOTERMAL KAYNAK KORUMA ALANI**

Jeotermal kaynak alanlarının korunması iki yönden önemlidir;

- Jeotermal kaynak alanının kirlenmesini önlemeye yönelik tedbirler; ayrıca kullanımı ve tesis yönüyle de korunması amacıyla jeotermal sahalarda koruma alanlarının belirlenmesi ve bu alanlarda belirlenen önlemlere uyulması gerek arama ve gerekse işletme dönemlerinde büyük önem taşımaktadır.
- Rezervuarın korunması; koruma alanı etüdünde rezervuarın korunmasına yönelik tedbirler; kaynağın işletmeye alınmasından önce yapılmış olan üretim testleri sonucunda belirlenen rezervuar parametrelerine göre kuyu bazında ve bu kuyulardan alınabilecek toplam üretim miktarını, kullanımdan dönen akışkanın miktarı ve bu akışkanın yeraltına reenjeksiyonu için uy-

gun lokasyonlar ve uygun kapasitede kuyu sayılarını, üretim testleri sırasında yapılmış ve yapılacak kimyasal testlerle çatlaklı zonların ve üretim kuyularının kısmen veya tamamen tıkanmasına engel olacak uygulamaları içerir.

5686 sayılı Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu Uygulama Yönetmeliği jeotermal kaynakların koruma alanlarının belirlenmesine yönelik düzenlemeler getirmektedir. Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu Uygulama Yönetmeliği'nin 4. maddesinin (y) bendi ve 11.12.2007 tarih ve 26727 sayılı resmi gazete de yayımlanan Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu Uygulama Yönetmeliği'nin 9. maddesinin sekizinci fıkrası ve 23. Madde kaynak koruma alanlarına özgü maddelerdir.

Kaynakların korunması genel anlamda sıcaklık, basınç ve debilerinde, kimyasal kompozisyonunda değişim olmadan sürdürülebilirliğinin sağlanması, özellikle yüzeysel etkiler nedeniyle yeraltına sızan suların yaratacağı fiziksel ve kimyasal kirliliğin engellenmesi ve rezervuar sisteminin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin değişmeden korunması çalışmalarını kapsamaktadır. Bu çalışmalar kapsamında özellikle alanda yer alan faylar ve kırık hatları yeraltına iletişimin en hızlı olduğu yapılar olması nedeniyle koruma alanı içinde değerlendirilmesi gereken yapılardır. Sıcak su amaçlı açılan kuyularda stratigrafik olarak örtü kayacının varlığı, geçirimsizlik derecesi ve kalınlığı önemli özelliklerdendir. Bu bilgiler ışığında koruma alanı çalışmaları oldukça kapsamlı ve uzun süreli yapılması gereken çalışmalardır. Ancak yapılması gereken detaylı jeolojik ve hidrojeolojik çalışmaların daha önceki çalışmalarda gerçekleştirildiği alanlarda koruma alanı çalışması özellikle kırık hatları, örtü kaya özellikleri, kuyuların derinlikleri ve buldukları lokasyonlar dikkate alınarak daha kısa süreli çalışmalarla da yapılabilmektedir.

Jeotermal alanların koruma alanlarının belirlenmesine yönelik olarak yapılan çalışmalar, farklı özelliklere sahip alanlarda, alanın

karakteristik özelliklerini yansıtacak farklı çalışma şekilleri gerektirebilmektedir. Kaynakların korunması genel anlamda yüzeysel etkiler nedeniyle yeraltına sızan suların yaratacağı fiziksel ve kimyasal kirliliğin engellenmesi, sıcaklık, basınç ve debilerinde azalma olmadan sürdürülebilirliğinin sağlanması, rezervuarın fiziksel, kimyasal, termal ve hidrojeolojik parametrelerinin değişmeden korunması çalışmalarını kapsamaktadır. Koruma alanı etüdünde rezervuarın korunmasına yönelik tedbirler; kaynağın işletmeye alınmasından önce yapılmış olan üretim testleri sonucunda belirlenen rezervuar parametrelerine göre kuyu bazında ve bu kuyulardan alınabilecek toplam üretim miktarını, kullanımdan dönen akışkanın miktarı ve bu akışkanın yeraltına reenjeksiyonu için uygun lokasyonlar ve uygun kapasitede kuyu sayılarını, üretim testleri sırasında yapılmış ve yapılacak kimyasal testlerle çatlaklı zonların ve üretim kuyularının kısmen veya tamamen tıkanmasına yol açacak bileşiklerin tespit edilmesi durumunda sürdürülebilir üretimin sağlanması için gerekli uygulamaları içerir. Özellikle ısıtma amaçlı kullanılan jeotermal kaynaklarda ise, 5686 sayılı Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu ve Uygulama Yönetmeliğinde yapılması öngörülen faaliyetler ve alınması gereken tedbirler de göz önünde bulundurularak, rezervuardaki sıcaklık ve basınç koşullarında meydana gelebilecek değişimlerin gözlenmesi amacıyla, tercihen 3 aylık periyotta, işletme döneminde buna imkan bulunmuyorsa en az yılda bir kez basınç, sıcaklık, girişim, basınç yükselme ve basınç düşüm testleri yapılmalı ve yorumlanmalıdır. Jeotermal sahalarda hem atık akışkanın uygun şekilde ortamdaki uzaklaştırılması hem de rezervuarın beslenmesi ve sıcaklık ve basınç koşullarının korunmasına yönelik olarak reenjeksiyon işlemi yapılmalıdır. Reenjeksiyon edilecek akışkanın reenjeksiyon ön değerlendirilmesinin yapılması işletmelerin işletme faaliyetleri boyunca bu kriterler üzerinden denetleneceği göz önüne alınır ise büyük önem taşımaktadır. Bu hükümler göz önünde bulundurularak reenjeksiyon işlemi gerçekleştirilmelidir. Reenjeksiyon kuyularında en az 3 aylık periyotlarda, üretim kuyularında ise 6 ayda bir alınacak su örneklerinde kimyasal analizler yapılarak, kabuklaşma ve

korozyon problemleri ile rezervuardaki çatlaklı zonların kısmen veya tamamen tıkanmasına yol açacak parametreler takip edilmelidir.

## **AFYONKARAHİSAR-SANDIKLI JEOTERMAL ALANI KORUMA ALANI ÇALIŞMASI**

Afyonkarahisar-Sandıklı Jeotermal Isıtma Termal Turizm Seracılık San. ve Tic. A.Ş. (SANJET) ile Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü arasında yapılan sözleşme gereği, 5686 sayılı Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu ve Uygulama Yönetmeliğinin yürürlüğe girmesinden önce hazırlanmış olan Afyonkarahisar-Sandıklı jeotermal alanı kaynak koruma alanları etüdü çalışması, jeotermal alanın çevresel etkilerle kirlenmesinin önlenmesi, korunması ve geliştirilmesine yönelik jeolojik, hidrojeolojik, jeotermal ve jeokimyasal çalışmaları içerecek şekilde 5686 sayılı Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu ve Uygulama Yönetmeliği hükümlerine göre revize edilmiştir. Afyonkarahisar-Sandıklı jeotermal sahasında yapılan koruma alanları etüdü çalışmaları sonucunda belirlenen koruma alanları zonları ile uyulması gereken kurallara dikkat edilmesi bölge için önemli bir ekonomik değer olan sıcak suyun, uzun yıllar kullanılabilirliği ve gelecek nesillere aktarılabilirliği bakımından büyük önem taşımaktadır.

Kaynak koruma alanları etüt çalışması, 5686 sayılı Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanununun 14. maddesi ve Uygulama Yönetmeliğinin 23. maddesi hükümleri kapsamında doğal çıkış ve sıcak su sondajlarının her türlü yüzeysel kirlenici dış etkenlerden korunması ve sürdürülebilir üretiminin sağlanması amacıyla yapılmaktadır. Bu amaçla gerçekleştirilen çalışmada, çalışma alanında yer alan sıcak su sondajlarından elde edilen akışkanın verimliliğinin artırılması ve sahanın muhtemel jeotermal potansiyel alanın sürdürülebilirliğinin sağlanabilmesi için gerekli tedbirler belirtilmiştir (Tamgaç ve diğerleri, 2008).

Çalışma kapsamında daha önce yapılan jeoloji çalışmaları dikkate alınarak jeotermal alanın jeolojisi revize edilmiş, kayalıklara ait hidrojeolojik özellikler incelenmiş, sıcak su ku-





Kuarsit üyesi) ve Akdağ Kireçtaşı formasyonu ikincil permeabilite nedeniyle önemli bir rezervuar kayaç özelliği göstermektedir. Sandıklı jeotermal alanı ve çevresi yeraltı suyu yönünden zengindir. Bölgede yaygın karstik boşluklu kireçtaşları içinde açılan sondajlarda yüksek debili yeraltı suyuna rastlanmaktadır. İnceleme alanında ova içinde yer alan Derealanı Şist formasyonu ve Sandıklı Neojen formasyonuna ait kayaçlar düşük geçirimsizliğe sahiptirler. Bu nedenle jeotermal sistem için uygun bir örtü kayaç özelliği göstermektedirler. Ancak yapısal jeoloji söz konusu hidrotermal sistemin, rezervuar kayaçlarının yüzeyde yer aldığı ve örtü kayacın bulunmadığı bir horstun kenarında yer aldığını göstermektedir.

Çalışma alanında yer alan tek akarsu Hamam Çayı'dır. Hamam Çayı inceleme alanına güneydoğudan girip, sıcak suların bulunduğu alanı kat ederek, alanı kuzeybatıdan terk etmektedir. İnceleme alanında, önceki yıllarda Hamam Çayı boyunca çeşitli yerlerde doğal çıkışlar bulunmasına rağmen sıcak ve soğuk su kuyularının açılmasından sonra bu doğal çıkışların hepsi kurummuştur. Afyon-Sandıklı jeotermal sahasında 1994 yılından günümüze kadar MTA Genel Müdürlüğü ve özel şirketler tarafından derinlikleri 49,15-1053 m, sıcaklıkları 63,4-75,4 °C arasında değişen 23 tane sıcak su üretim ve 1 adet reenjeksiyon kuyusu açılmıştır (Çizelge 1). Sandıklı jeotermal alanında günümüze kadar üretim amaçlı açılan kuyulardan 11 tanesi sürekli ve 6 tanesi dönüşümlü

**Çizelge 1- Afyon-Sandıklı jeotermal alanında yer alan kuyulara ait bilgiler**

Kuyu Adı	Açıldığı Tarih	Pafta Adı	Koordinatları		Derinlik (m)	Kullanım Durumu
			x	y		
AFS-1	1994	L24a2	4257690	254270	226,00	Kullanılmıyor
AFS-2	1994	L24a2	4257656	254342	139,00	<b>Üretim</b>
AFS-3	2000	L24a2	4257888	254326	301,00	Kullanılmıyor
AFS-4	2000	L24a2	4257862	254294	75,00	Kullanılmıyor
AFS-5	2000	L24a2	4257625	254262	76,50	Kullanılmıyor
AFS-6	2000	L24a2	4257628	254544	49,15	<b>Üretim</b>
AFS-7	2003	L24a2	4258067	254678	92,00	<b>Üretim</b>
AFS-8	2003	L24a2	4258057	254686	100,00	Kullanılmıyor
AFS-9	2003	L24a2	4257362	254312	70,00	<b>Üretim</b>
AFS-10	2003	L24a2	4257758	254395	54,00	Kullanılmıyor
AFS-11	2004	L24a2	4258473	255731	258,00	<b>Üretim</b>
AFS-12	2005	L24a2	4258911	257249	508,00	<b>Üretim</b>
AFS-13	2005	L24a2	4259123	257428	422,00	<b>Üretim</b>
AFS-14	2008	L24a2	4259604	259808	1022,00	<b>Üretim</b>
AFS-15	2009	L24a2	4259900	257760	563,00	<b>Üretim</b>
AFS-16	2010	L24a2	4259006	257786	856,00	<b>Üretim</b>
AFS-17	2010	L24a2	4258780	258415	1053,00	<b>Üretim</b>
AFS-188	2010	L24a2	4259261	258860	750,00	<b>Üretim</b>
AFS-19	2011	L24a2	4259219	258405	620,00	<b>Üretim</b>
AFS-20	2011	L24a2	4259816	258337	370,00	<b>Üretim</b>
AFS-21	2011	L24a2	4257347	254956	-	<b>Üretim</b>
AFS-22	2011	L24a2	4259535	258307	400,00	<b>Üretim</b>
AFS-23	2011	L24a2	4260337	257689	-	<b>Üretim</b>
REENJEKSİYON	2012	L24b1	4259934	260003	-	Reenjeksiyon

olarak ısıtma, sera ve termal turizm tesislerinde kullanılmaktadır.

## HİDROJEOKİMYA ÇALIŞMALARI

Bu kapsamda gerçekleştirilen hidrojeokimyasal çalışmalar sırasında çalışır durumda olan 7 adet sıcak su kuyusu (AFS-2, AFS-6, AFS-7, AFS-11, AFS-14, AFS-20, AFS-21), 2 adet soğuksu kuyusu, eşanjör giriş ve eşanjör çıkış noktaları olmak üzere 11 noktada kimyasal analize yönelik numuneler alınmış ve yerinde kimyasal analizleri (tam analiz) MTA Mobil Su Analiz Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Bu örnekleme noktalarının tamamında kaynak başında fizikokimyasal ölçümler (EC, pH, sıcaklık, tuzluluk) ve 6 adet sıcak su kuyusunda (AFS-2, AFS-6, AFS-7, AFS-11, AFS-14, AFS-20) gaz ölçümleri ( $CO_2$ ,  $O_2$ ,  $N_2$ ,  $CH_4$ ,  $CO$ ,  $H_2S$  gazları) gerçekleştirilmiştir.

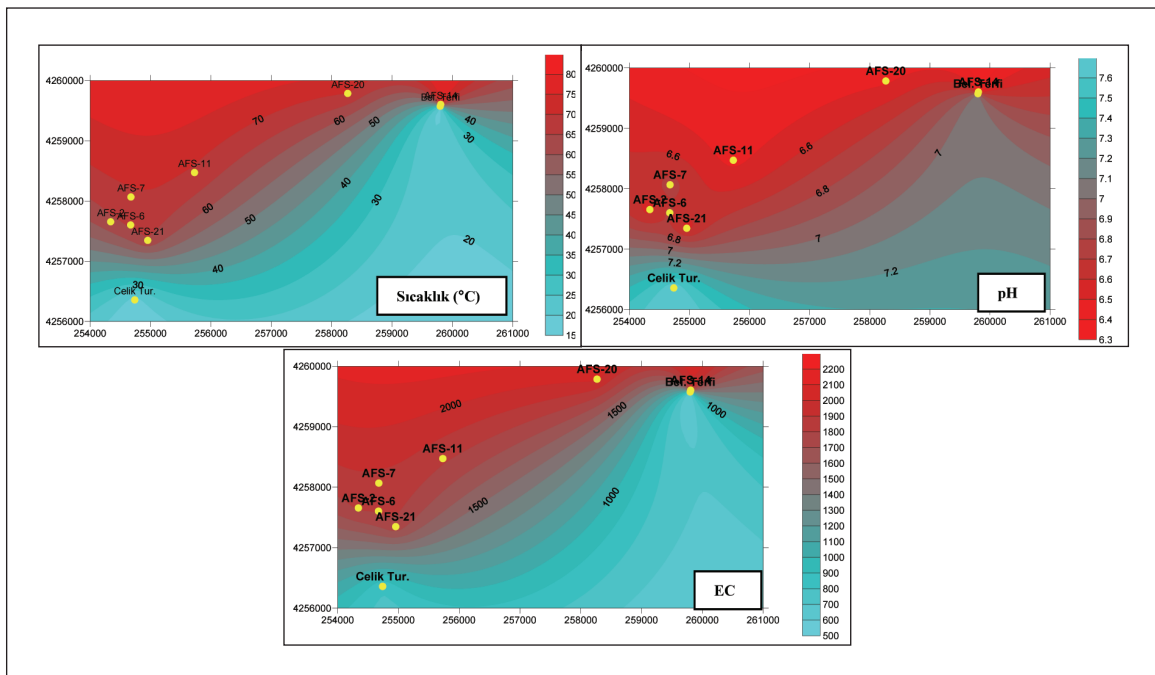
İnceleme alanında yer alan ve çalışan sıcak su kuyularından elde edilen akışkanın çalışma kapsamında ölçülen sıcaklığı ise 63,4-75,4 °C arasında değişmektedir (Şekil 2). İnceleme alanında yer alan kuyulardan alınan sıcak su örneklerinin ölçülen pH değerleri 6,4-6,75 arasında, elektriksel iletkenlik değerleri

(EC) ise 1771-2020  $\mu S/cm$  arasında (Şekil 2) değişmekte olup, en yüksek EC değerinin AFS-20 ve AFS-14 kuyusunda olduğu gözlenmiştir. Sahada bulunan sular pH değerleri yönünden incelendiğinde sıcak sular ve soğuk sular farklı özellikte olup sıcak sular asidik karakterde iken soğuk sular nötr karakterde sulardır.

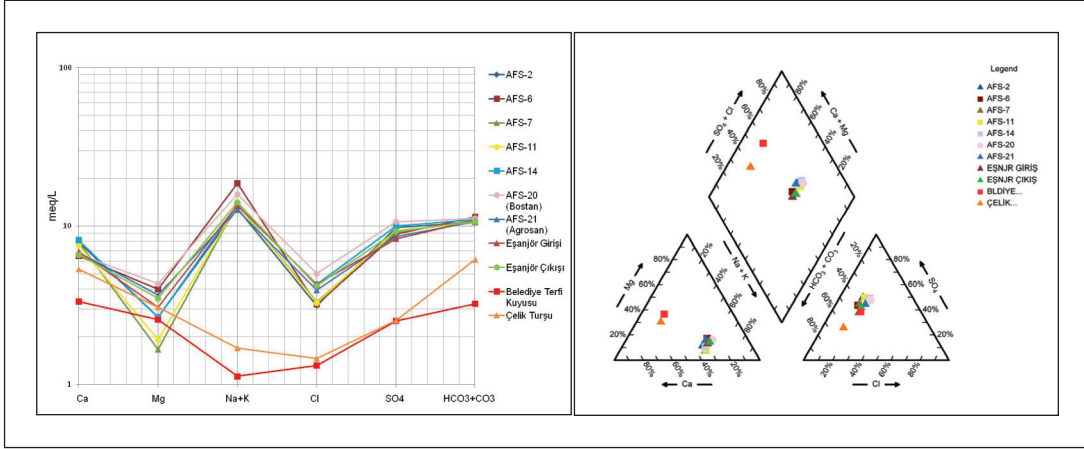
Schoeller diyagramına göre bölgedeki sıcak sularda hakim katyon Na iken hakim anyon  $HCO_3$  olup bu sular  $NaHCO_3$ 'lü; soğuk sularda ise hakim katyon Ca iken hakim anyon  $HCO_3$  olup bu sular  $Ca(HCO_3)_2$  'lü sulardır (Şekil 3). İnceleme alanında yapılan hidrojeokimyasal değerlendirmeler sonucunda soğuk suların hakim iyon diziliminin  $rCa > rMg > rNa+K$  ve  $rHCO_3 > rSO_4 > rCl$ , sıcak ve mineralli suların hakim iyon diziliminin ise  $rNa+K > rCa > rMg$  ve  $rHCO_3 > rSO_4 > rCl$  şeklinde olduğu belirlenmiştir (Tamgaç ve diğerleri, 2012).

İnceleme alanında DSİ Genel Müdürlüğü'nden soğuk su ruhsatı alınarak açılan 200-300 m derinlikteki kuyulardan 28-40°C arasında sıcak sular elde edildiği belirlenmiştir.

Afyon-Sandıklı jeotermal alanında yer alan 8 adet kuyuda statik sıcaklık-basınç, su kay-



Şekil 2- Afyon-Sandıklı jeotermal alanı su örneklerinin sıcaklık, pH, EC değerleri



Şekil 3 - Afyon-Sandıklı jeotermal alanında alınan su örneklerinin piper ve schoeller diyagramları ile analizi

bı, enjektivite ve 12 adet kuyuda girişim testleri özel bir şirket tarafından yapılmıştır. Bunlara göre, Sandıklı jeotermal sahasında 1. ve 2. bölgeden elde edilen değerler neticesinde AFS-14, AFS-12 ve AFS-7 kuyuları hariç sahadan toplam alınacak akışkan miktarı 244 l/s'dir. AFS-12 ve AFS-14 kuyularının konumları itibarı ile bu kuyulardan AFS-12 kuyusunda 30 l/s, AFS-14 kuyusundan 25 l/s, AFS-7 kuyusundan 15 l/s debi ile üretim yapılması ön görülebilir. Bu kuyularda göz önüne alınarak sahadan toplam optimum 314 l/s debide akışkan üretebileceği belirtilmiştir. Bu sonuçlara göre her kuyu için belirlenen optimum debi ile üretim yapılmalı bu debilerin üzerinde üretim yapılmamalıdır (Tamgaç ve diğerleri, 2012).

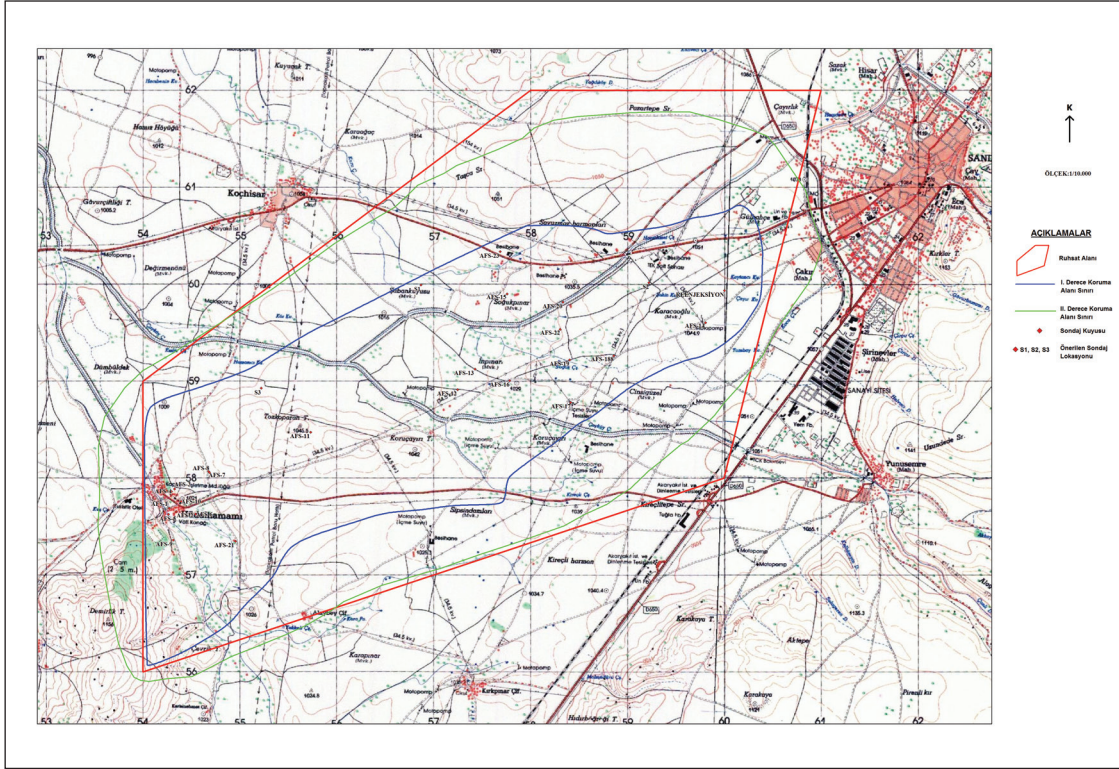
03.06.2007 tarihli ve 5686 sayılı Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu ile 11.12.2007 tarih ve 26727 sayılı resmi gazete de yayınlanan Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanununun Uygulama Yönetmeliği'nde kaynak rezervuarın korunması ile ilgili hükümlere yer verilmiş, bu yönetmelik Ek-8 de ise; kaynak koruma alanını zonlara ayırma ve bu zonlarda alınması gereken tedbirler belirtilmiştir. Ayrıca rezervuarın korunmasına yönelik tedbirler, 5686 sayılı Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu Uygulama Yönetmeliği'nin 23. madde 2. fıkra hükümlerine göre önerilmektedir. Bu çalışma ile daha önce hazırlanmış olan koruma alanı çalışması 5686 sayılı Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu ve Uygulama Yönetmeli-

ği hükümlerine göre revize edilerek jeotermal alana ait I. ve II. derece koruma alanı sınırı 1/10.000 ölçekli topoğrafik harita üzerine işaretlenmiştir. III. derece koruma alanı sınırı ise hidrojeolojik beslenme alanı sınırı olarak kabul edilmiştir (Şekil 4).

### I. Derece koruma alanı

Afyon-Sandıklı Jeotermal alanında Hüdai Kaplıcalarında travertenlerin yer aldığı alan, sıcak su kuyularını, sıcak sulara çıkış yolu sağlayan faylar ve kırık sistemlerini içine alan sıcak su potansiyel alanı I. derece koruma alanı içerisine alınmıştır.

5686 sayılı Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu ile Uygulama Yönetmeliği'nde kaynak rezervuarının korunması ile ilgili hükümlere yer verilmiş ve bu yönetmeliğe ait Ek-8'de ise; kaynak koruma alanını zonlara ayırma ve bu zonlarda alınması gereken tedbirler belirtilmiştir. Buna göre I. zon: "Yapılaşmaya ilişkin kısıtlama ve yasaklar yer alabilir. Bunlar, imar planlarında esas alınır. Ancak jeotermal suyun alınması ve depolanması amacına yönelik termal turizm ve sağlık tesislerinin yapılmasına doğal çıkışlardan 50 m, kuyulardan ise 30 m çapında dairesel alan hariç olmak üzere, en fazla iki kata kadar atıklarını hijyenik şekilde III. zon dışına taşımaları koşuluyla sınırlı şekilde izin verilebilir" şeklindedir. I. derece koruma alanı içinde bulunan binalar ömrünü doldurana



Şekil 4- Afyon Sandıklı jeotermal alanı 1. ve 2. derece koruma alanları sınırları

kadar mevcut yapılar faaliyetine devam edilebilir, mevcut binaların yıkılmasına gerek yoktur. Ancak binalar ömrünü doldurduktan sonra yıkılıp yerine yeni binalar yapılmak istenirse Ek-8 hükümlerine uyulmalıdır. Alanda yer alan tüm kuyuların etrafı çimentolanmalı, korunaklı bir hale getirmeli, üzerine kulübe veya benzeri bir yapı inşa edilerek çöp ve benzeri atıkların atılması önlenmelidir. Sıcak ve mineralli su kaynaklarının ve sondajların bulunduğu Hüdai Kaplıcalarından İnpınarı mevkiine uzanan koridor içinde yer alan yapıların kirlı suları iyi tecrit edilmiş borularla alan dışına çıkarılmalıdır. Hüdai Kaplıcaları'nın bulunduğu alanda yer alan travertenlerin ve açılma çatlaklarının üzerinde ve içerisinde hiçbir kirlıtcı unsur yer almamalı ve atılmamalıdır. Alanda yer alan yerleşim bölgeleri ve diğer işletmelerin (mezbağa gibi) atıkları, gübreleri, çöpleri açıkta kalmamalı özellikle yağışlı mevsimlerde sızdırmaz platformlarda toplanmalıdır. Birinci derece koruma alanı içinde kirliliğe sebep olacak depolama (gübre vb.) ve tarımsal faaliyetlere izin verilmemelidir. Alan içerisinde kum ocağı, taş ocağı, yarma,

kanal vb. kazılara izin verilmemelidir. Dinamit kullanılarak yapılacak her türlü hafriyat çalışmasına izin verilmemelidir. Eski kullanılmayan ya da tekniğine uygun yapılmamış, muhafaza borusu içermeyen ve arkası iyi bir şekilde çimentolanmamış sondajlar kirleticileri yer altına sızdıracağından sızdırmazlığı sağlayacak şekilde tamir edilmelidir. Boş alanlar çimle kaplanmalıdır. Kesinlikle amonyum içeren gübreler kullanılmamalıdır. Sandıklı jeotermal alanında muhtemel arama ve üretim sondaj yerleri belirlenmeli ve bu alanlar boş bırakılmalıdır. Ayrıca sondajlarda yapılacak testler sonucunda etki yarıçapı belirlenerek sondaj lokasyon yerleri bu test sonuçlarına göre planlanmalıdır. Afyon Sandıklı jeotermal alanında DSİ tarafından soğuk su açma amaçlı izin verilen ancak sıcak su elde edilen ve izinsiz açılıp kullanılan sıcak su sondajları kapatılmalıdır. Atık suların reenjeksiyon ya da deşarjına yönelik 5686 sayılı Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanununun Uygulama Yönetmeliğinin 24. maddesi 4. fıkrası hükümleri uyarınca işlemler yapılmalıdır. Sandıklı jeotermal alanında yeni



açılan kuyular ve kullanılan reenjeksiyon kuyusunun etkilerinin görülmesi ve sahada oluşacak değişikliklerin yorumlanması için 3 ayda bir analizler ve gözlemler yapılması, gözlem kuyularındaki seviye ölçümlerinin titizlikle takip edilmesi gerekmektedir. Sahada sürdürülebilirliğin sağlanması için bundan sonra özellikle Hüdai kaplıcalarından İnpınarı mevkiine uzanan koridor içinde yeni kuyu talep edilmemesi, yeni kuyu taleplerinin Tozkoparan Tepe, Şaban kuyusu mevki, Savurmaz Harmanları, Gülbahçe mevki hattının kuzeyinde; Sipsin Damları, Koruçayırı mevki, Cinsigüzel mevki hattının güneyinde olması halinde değerlendirilmesi gerekmektedir.

## II. Derece koruma alanı

Çalışmaların değerlendirmesi sonucunda ortaya konulan ve sahanın jeolojik, jeomorfolojik, hidrojeolojik özelliklerinin yanı sıra, mevcut jeotermal verilere göre belirlenmiş muhtemel jeotermal potansiyel alan II. derece koruma alanı sınırı olarak belirlenmiştir.

Alandaki su birikintileri ve kirli sular iyi tecrit edilmiş kapalı borularla alan dışına sevk edilmelidir. Alan içerisinde kum ocağı, taş ocağı, yarma, kanal vb. kazılara izin verilmemelidir. Dinamit kullanılarak yapılacak her türlü hafriyat çalışmasına izin verilmemelidir. Kirliliğe neden olabilecek çöp, gübre ve moloz yığını gibi atık maddelerin alanda bulunmasına ve depolanmasına müsaade edilmemelidir. Mevcut olanlar kaldırılmalıdır. Alan içerisinde tarımsal bitki dikilmesi ancak organik-ekolojik tarıma yönelik olarak kontrollü yapılmalıdır. Terk edilmiş ve temiz tutulmayan çukurluklar ile kullanılmayan veya tekniğine uygun yapılmayan, atıl durumdaki sondajlar uygun bir malzeme ile doldurulmalıdır. Alan içinde yapılacak olan turistik tesis ve diğer yapı projelerinde yakıt depolanması ile ilgili (akaryakıt istasyonu vb.) ünitelere izin verilmemelidir. İkinci derece koruma alanı sınırı içinde soğuk su sondajı olarak açılan ve sıcak su sondajına dönüştürülen ve kaçak olarak kullanılan kuyular kapatılmalıdır. Kirlenmeye sebep olabilecek malzeme depolanmasına (çöplük, gübre yığını, mezarlık vb.) izin verilmemeli, mevcut alanlar bu alandan kaldırılır

yerleri temizlenmelidir. Gübre kullanımı önlenmeli atıklar çöp toplama merkezinde toplanarak, çürümeye meydan verilmeden alan dışına çıkarılmalıdır. Alan içerisinde özellikle sıcak sulara çıkış yolu sağlayan aktif kırık ve fay hatları üzerinde yapılaşma yapılmamalıdır. Kanalizasyon ve kirli su iletim sistemleri çok iyi izole edilmiş ve temel derinliği fazla olmayan her türlü yapılaşmaya izin verilebilir. Gübresi bu alanda depolanmamak şartıyla her türlü ziraat yapılabilir.

## III. Derece koruma alanı

II. derece koruma alanı sınırı dışında kalan ve drenaj alanını kapsayan bölge III. derece koruma alanıdır. Bu alanda koruma tedbirleri II. derece koruma alanı sınırlarından itibaren tedrici olarak azaltıp kaldırılabilir.

Bölgede yer alan Hamam Çayı deresine atık maddeler, kirli sular kesinlikle karışmamalıdır. Alan içerisinde çöp biriktirilmesine, gübre yığınlarına, kirlitici unsurlara izin verilmemelidir. III. derece koruma alanı içinde yer alan tesisler ve yapıların atıkları sızdırmaz borularla alan dışına çıkarılmalı, arıtma tesisleri kesinlikle oluşturulmalıdır. II. derece koruma alanlarında öngörülen tedbirleri tehlikeye sokabilecek faaliyetlere izin verilmemelidir. Dinamit kullanmamak kaydıyla taş ocağı işletilebilir. Her türlü ziraat yapılabilir. İyi nitelikli kanalizasyona sahip yerleşim birimleri kurulabilir. Atıkları çevre ve yer altı suyu kirlenmesine neden olmayacak her türlü endüstri tesis ve işyeri kurulabilir.

## SONUÇLAR

Tüm doğal enerji kaynaklarında olduğu gibi jeotermal sistemlerde de sürdürülebilirlik kavramı büyük bir önem taşımaktadır. Bu açıdan bakıldığında, jeotermal kaynakların sürdürülebilirliğinin sağlanması bu kaynakların korunmasına bağlıdır. Bu durumda hem jeotermal kaynağın dolayısıyla da jeotermal akışkanı bünyesinde bulunduran rezervuarın bir takım çevresel etkenlerle kirlenmesinin önlenmesi, hem de rezervuardaki basınç ve sıcaklık koşullarında meydana gelebilecek olumsuz değişimlerin önüne geçilmesine yönelik tedbirler alınması büyük önem taşımaktadır. Bu durum

göz önüne alınarak, jeotermal akışkanı bünyesinde bulunduran rezervuarın kirletici unsurlardan korunması amacıyla, Kaplıca amaçlı kullanılan sıcak sulara, 24.07.2001 tarih ve 24472 sayılı resmi gazetede yayımlanan Kaplıca Yönetmeliği ile düzenlenen esaslara göre gerekli analizler yaptırılmalıdır. Isıtma uygulaması yapılan jeotermal kaynaklarda ise rezervuardaki sıcaklık ve basınç koşullarında meydana gelebilecek değişimlerin gözlenmesi amacıyla, üç aylık periyotta basınç, sıcaklık, girişim, basınç yükselimi ve basınç düşümü testleri yapılmalıdır. Gözlem kuyularına otomatik limnigraf yerleştirilerek sürekli seviye ölçümleri alınmalıdır. Ayrıca gözlem kuyularına sürekli ölçüm yapabilecek basınçölçer yerleştirilerek kuyu içi basınç ölçümleri yapılmalıdır. Bu ölçüm ve test sonuçları değerlendirilerek rezervuarın değişik üretim koşullarındaki davranışı belirlenmeli ve jeotermal kaynağın sürekli izlenmesi sağlanmalıdır. Reenjeksiyon kuyusunda en az 3 aylık periyotlarda, üretim kuyularında ise 6 ayda bir alınacak su örneklerinde kimyasal analizler yapılarak, kabuklaşma ve korozyon problemleri ile rezervuardaki çatlaklı zonların kısmen veya tamamen tıkanmasına yol açacak parametreler takip edilmelidir.

## KATKI BELİRTME

Yazarlar, etüt ve analiz sonuçlarının bu çalışma kapsamında kullanılması için destek sağlayan, anlayış gösteren Sandıklı Belediyesi ve SANJET A.Ş. yetkililerine, bu çalışmada kullanılan hidrojeokimyasal verilere ait su örneği alımı ve analiz çalışmalarını gerçekleştiren MTA Genel Müdürlüğü'nden Kimya Mühendisi Murat Akar ve Kimya Teknikeri Hasan Ünal'a katkılarından dolayı teşekkür ederler.

## DEĞİNİLEN BELGELER

- Öngür, T. 1973. Sandıklı (Afyon) jeotermal araştırma bölgesine ilişkin jeolojik durum ve jeotermal enerji olanakları. MTA Genel Müdürlüğü Rapor No: 5520, Ankara (yayımlanmamış).
- Tamgaç, Ö.F., Akan, B., Ünal H. ve Peker, B. 2008,. Sandıklı Afyon jeotermal alanının koruma alanları etüt raporu. MTA Genel Müdürlüğü Rapor No: 11046, Ankara (yayımlanmamış).
- Tamgaç, Ö.F., Doğdu, N., İncegil, F., Ünal H. ve Akar, M. 2012,. Sandıklı (Afyonkarahisar) jeotermal alanına ait revize jeotermal koruma alanları etüt raporu. MTA Genel Müdürlüğü Rapor No: 11526, Ankara (yayımlanmamış).