

JEOTERMAL UYGULAMALARIN ÇEVRESEL ETKİLERİ: BALÇOVA JEOTERMAL BÖLGESEL ISITMA SİSTEMİ ÖRNEĞİ

Ayça ÇAKIN
Güliden GÖKÇEN
Ahmet EROĞLU

ÖZET

Jeotermal projelerin çevresel yönü, dünyanın yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmesi ile birlikte gittikçe artan bir ilgi toplamaktadır. Sadece projelerin çevrelerindeki ekosistem ve yer şekillerine etkileri açısından değil, tüm doğal kaynakların etkin ve akıllı kullanımı konusunda büyük bir uyanış görülmektedir. Değişik jeotermal sahalar ve projeler değişik çevresel etkilere ve buna bağlı olarak tüm olası proje senaryolarını kapsayacak kanunlara ihtiyaç doğurur. Genel olarak proje ilerledikçe yasal gereksinimler, proje öncesi hazırlanan çevresel etki raporlarından projenin uygulanması sırasında çevresel etkileri gözlemlene rolüne dönüşür.

Bu çalışmada; jeotermal uygulamaların olası çevresel etkileri kısaca anlatılmış, daha sonra Balçova Jeotermal Bölgesel Isıtma Sistemi'nin çevresel etkileri incelenmiştir.

1. GİRİŞ

Çevreye doğrudan ya da dolaylı bazı zararlar vermeden enerjiyi kullanılabilir bir forma dönüştürebilmenin herhangi bir yolu yoktur. Jeotermal enerjinin kullanımı, en az kirlilik yaratan formlardan biri olarak kabul edilmesine rağmen, onun da çevreye bazı olumsuz etkileri vardır.

Geleneksel atmosferik basınçlı ya da yoğunlaştırılmış jeotermal elektrik santrallerinde özellikle hava kalitesi açısından çevreye olan etkiler potansiyel olarak fazladır. Fakat küçük jeotermal kaynaklar ve santrallerde (<10 MW_e) bu, kabul edilebilir limitlerde tutulabilir. Binary santrallerde elektrik üretimi ise, çevreyi geleneksel sistemlere göre çok daha az oranda etkiler.

Çevre üzerinde olabilecek herhangi bir değişikliğin yasa ve düzenlemelere uygunluğu dikkatli bir şekilde değerlendirilmelidir. Bazı ülkelerde bu yasaların yaptırım gücü fazladır. Fakat bazı zincirleme olayların etkilerini önceden belirlemek çok zordur. Örneğin, bir santraldan atık suyun herhangi bir su havzası ya da nehre atılmasıyla sıcaklığın 2-3°C yükselmesi, ekosisteme zarar verir. Sıcaklık değişimine son derece hassas olan bitki ve hayvan organizmaları yavaş yavaş yok olur. Su sıcaklığının yükselmesi balık yumurtalarının gelişimine zarar verebilir. Eğer balıklar yeniyorsa ve civardaki bir balıkçı topluluğu için bir geçim kaynağı iseler, balıkların yok olması daha geniş bir topluluk için kritik olabilir[1].

Dünyada gittikçe artan eğilim, yerel kaynakların kullanımına olan dönüşür ve bu nedenle jeotermal kaynakların daha verimli bir şekilde kullanılması yönündeki çalışmalar artmaktadır. Yüksek sıcaklıklı kaynakların kullanımında öncelik elektrik üretimine verilir, fakat bu proses sırasında üretilen kullanılabilir ısı enerjisi dikkate alınmaz[2]. Enerji içeriği dışında, jeotermal akışkan çok miktarda

çözünmüş mineraller de içerir. Bunların çoğu, silika ve karbonat gibi, neden oldukları problemler açısından değerlendirilir, fakat bunun yanında jeotermal akışkanlar pek çok yararlı mineralleri de içerir. Gerçekten, uygun bir şartlandırma ile jeotermal akışkan sulama veya diğer kullanımlar için uygun hale getirilebilir.

Jeotermal akışkanın kullanıldıktan sonra atımında iki temel yöntem, enjeksiyon ve yüzey sularına boşaltmadır. Enjeksiyon, başlangıçta rezervuar basıncının korunması açısından yararlı olmasına rağmen, dünyada yapılan uygulamalarda rezervuarın soğuması gibi olumsuz etkilerinin ağır bastığı da görülmüştür. Son zamanlarda enjeksiyon, yüzeye atımla ilgili çevresel problemlerden kaçınmak amacıyla uygulanmaktadır.

Jeotermal uygulamaların çevresel etkileri; fiziksel, kimyasal, biyolojik ve sosyo-ekonomik etkiler başlıkları altında incelenebilir.

2. FİZİKSEL ETKİLER

Bir jeotermal sahanın arama, geliştirme ve kullanımı, kaynağın civarındaki fiziksel çevre üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Aramanın ilk aşamalarında, jeokimyasal ve jeofiziksel ölçümler için inşa edilen patika türü yollar nedeniyle etki hafiftir [2,3].

Özellikle jeotermal elektrik üretimi projelerinin aşamaları sırasında görülebilecek fiziksel etkiler aşağıda verilmiştir.

2.1. Sondaj

Çevre üzerindeki ilk belirgin etki sondaj sırasında oluşur. Sondaj donanımının kuruluşu, kuyu başına ulaşımı sağlayacak yol ve kuyu çevresindeki gerekli altyapıyı gerektirir. Kuyu çevresinde, 300-500 m² (küçük bir sondaj kulesi, maksimum derinlik 300-700 m) ile 1200-1500 m²lik (küçük-orta bir sondaj kulesi, maksimum derinlik 2000 m) bir alana ihtiyaç vardır. Yapılan işlemler, bu alandaki yüzey morfolojisini değiştirir, yerel bitki örtüsü ve vahşi yaşama zarar verebilir. Potansiyel akiferler geçilirken yeraltı suları ile sondaj akışkanlarının karışmasını önlemek gerekir. Sondaj ve testler sırasında ortaya çıkan bir diğer problem gürültü kirliliği ve bu işlem sırasında istenmeyen gazların atmosfere verilmesidir. Sondajda kullanılan çamur çevreye zararlı olduğundan kullanıldıktan sonra temizlenmeli ve sıvıdan ayrılmalıdır. Sondaj sırasında çıkarılan katı maddeler özel atık tanklarında ya da havuzlarında depolanmalıdır. Sondaj tamamlandığında çevreye verdiği zararlar da sona erer, sürekli değildir[3].

2.2. Boru Hattı

Sondajdan sonra ikinci aşama olan jeotermal akışkanın taşındığı boru hattının kurulması, yüzey morfolojisi ile bitki ve hayvan yaşamını etkiler. Ayrıca boru hatların görüntüsü panoramayı da bozar. Fakat bazı bölgelerde özellikle Larderello, İtalya'da boru ağı panoramanın bir parçası haline getirilmekte ve turist çekmek için kullanılmaktadır[2,4].

2.3. Santral İşletmesi

2.3.1. Su

Jeotermal santrallardan atılan sular, doğal su kaynaklarından daha yüksek sıcaklığa sahip olduklarından potansiyel ısıl kirleticilerdir. Bu akışkanlar, eğer kimyasal çevreye zarar vermiyorsa soğutulduktan sonra yüzey sularına atılabilirler[1,4].

2.3.2. Yüzey Çökmesi

Rezervuardan büyük miktarlarda akışkan çekimi, bölgenin morfolojisine bağlı olarak toprak yüzeyinde kademeli olarak ortaya çıkan çökmelerle kendini gösterebilir. Bu geri dönüşü olmayan bir olaydır. Geniş bölgelerde görülen yavaş bir proses olduğu için bir felaket değildir. Ancak yıllar sonra farkedilebilir derecelere ulaşır. Önleme ya da azaltmanın yolu ise enjeksiyondur. Örneğin Wairekei, Yeni Zelanda'da enjeksiyon olmaması nedeniyle 1960'dan bu yana görülen toplam çökme 10 m'ye ulaşmıştır[1,2,4].

2.3.3. Mikro Depremler

Jeotermal akışkanın büyük miktarlarda çekimi ve/veya enjeksiyonu bazı bölgelerde sismik aktivite oluşturabilir ya da tetikleyebilir. Bunlar mikro-sismik olaylardır ve sadece sismograflarla belirlenebilirler. Bu nedenle zarar verici bir etkisi yoktur. Mevcut veriler jeotermal enerjinin işletilmesi sırasında sismik riskinin çok düşük olduğunu göstermektedir ve şu ana kadar belirlenmiş herhangi bir büyük sismik olay yoktur[1].

2.3.4. Gürültü

Jeotermal elektrik santrallerinin işletilmesinde gürültü bir problemdir. Hacim ısıtma uygulamalarında üretilen gürültü ısı üretim merkezi içinde kalır ve ihmal edilebilecek düzeydedir.

3. KİMYASAL ETKİLER

Toprak, su ve havadaki kimyasal kirlilik konusundaki endişeler gün geçtikçe artmaktadır. Kirliliğin insan sağlığı, evcil hayvanlar ve yaban hayatı üzerine etkileri, hükümetleri çevre koruma üzerine kanunlar düzenlemeye itmektedir. Sonuç olarak çoğu ülkelerde endüstriyel gelişimler bu kanunlara tabidir. Sorumlulukları, kendi atıklarının etkilerini belirleme ve bu atıkların kimyasal kalitesini gözlemlemektir. Jeotermal güç santralleri sık sık fosil yakıtlara ve nükleer güç santrallerine göre "temiz" bir alternatif olarak göz önüne alınır. Soğutma suyu atımı, gaz, buhar ve kuyu yoluyla çevreye kimyasal kirleticilerin veriliyor olmasına rağmen, etkiler dikkatli bir yönetimle en aza indirgenebilir ya da tamamen ortadan kaldırılabılır[1].

3.1. Gaz Emisyonu

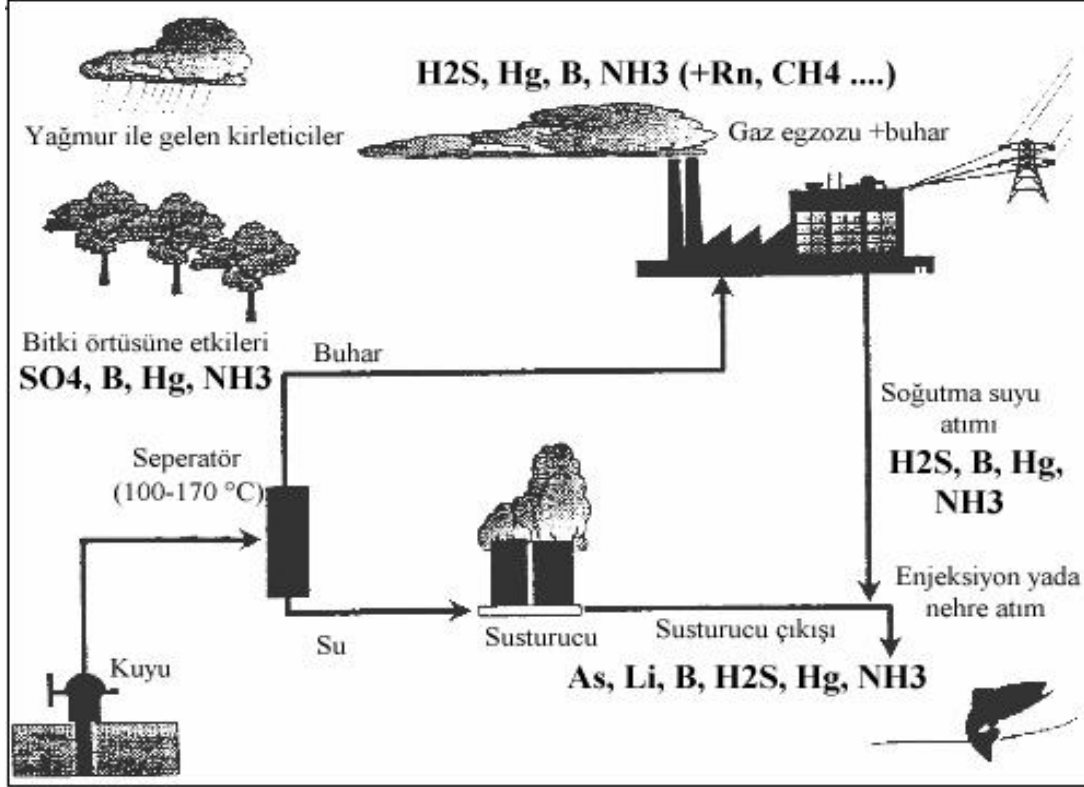
Jeotermal akışkanlar, yoğuşmayan gazlar ve miktarı sıcaklıkla artan çözünmüş katı partiküller içerir. Yoğuşmayan gazlar, çoğunlukla karbondioksit (CO₂) ve değişen miktarlarda hidrojen sülfür (H₂S), amonyak (NH₃), azot (N₂), hidrojen (H₂), civa (Hg), bor buharı (B), radon (Rn) ve metan (CH₄) gibi hidrokarbonlardan oluşur[3].

Santralin işletimi sırasında çevresel problemler de artar. Bir standart buhar çevrim santralının kullanıldığı jeotermal güç üretimi, yoğuşmayan gazların ve küçük katı parçacıkların atmosfere bırakılması ile sonuçlanır. Buhar yoğun sahalarda ve tüm atıkların enjekte edildiği sahalarda, buhar içerisindeki gaz, çevresel açıdan en önemli atıktır. En belirgin gaz emisyonu, santralda gaz atım sistemlerinde görülür.

Gaz ve katı atıklar; sondaj, sızma, temizleme ve testler dışında vanalardan ve kuyu dozajlaması sırasında ortaya çıkar. CO₂ gazı sera etkisi nedeniyle global etkiye sahip olmasına rağmen H₂S atımının etkisi lokaldır ve topoğrafyaya, rüzgar yönüne ve toprak kullanımına bağlıdır. Ekipman korozyonu, asit yağmurları, göz ve solunum yolları tahrişi ve hoş olmayan kokusu nedeniyle rahatsızlık vericidir.

Radon seviyesinin gözlemlenmesi gerekmesine rağmen, jeotermal gaz emisyonları ile hissedilebilir seviyelere çıktığı konusunda kanıt yoktur. B, NH₃ ve Hg toprak ve bitki örtüsünü kirletirler. Bu kirleticiler ayrıca yüzey suları ve su canlıları üzerinde de etkilidir[5].

Bir su baskın sahada, buhar çevrimli bir jeotermal santraldan yapılan atımların ve ana kimyasal kirleticilerin bir özeti Şekil 1'de verilmiştir[1]. Binary santrallar ve hacim ısıtma sistemleri tamamen kapalı çevrimden oluşsalar bile, küçük problemlere neden olabilirler fakat bu ihmal edilebilecek düzeydedir[6].



Şekil 1. Bir su baskın jeotermal sahada, buhar çevrimli bir jeotermal santraldan yapılan atımların ve ana kimyasal kirleticilerin bir özeti[1].

3.2. Kuyu ve Soğutma Suları

Bütün kuyu ve soğutma suyu atıklarının enjeksiyon olmaksızın çevreye atımı, yerel ve bölgesel yüzey sularını etkiler. Akışkan atımının kimyasal kompozisyonu, rezervuarın jeokimyasına ve santralin işletme koşullarına bağlıdır. Rezervuar kimyası her saha için farklıdır. Jeotermal akışkanlar lityum, boron, arsenik, florid, hidrojen sülfür, civa, kurşun, çinko ve amonyak gibi kimyasal kirleticiler ile birlikte büyük miktarlarda karbonat, silika, sülfat ve klorür içerirler. Akışkan yüzeye doğru çıkarken, kuyu içerisinde çözülmüş CO₂ gaz fazına geçerek sıvı fazı terk eder. Bu sırada üretim kuyusu içerisinde kalsiyum karbonat (CaCO₃) çökmesi oluşur. Bu durum yüksek yoğunluklu gaz içeren sahalarda önemli bir problemdir. Enjeksiyon sırasında görülen problem ise akışkan sıcaklığının düşmesinden dolayı oluşan silika (SiO₂) çökmesidir. Jeotermal akışkanın bir nehre ya da göle bırakıldığı durumlarda ise bu kirleticiler, su canlıları, bitkiler ve/veya insan sağlığına zarar verecek potansiyele sahiptir. Yüksek tuz içeren suların atımı da su kalitesi üzerinde olumsuz etkiye sahiptir[1,2].

Türbin sonrası kondenserde yoğuşan buhar, tipik olarak yüksek konsantrasyonda H₂S, Hg, NH₃ ve daha az miktarda B içerir. Sonuç olarak bu kirleticiler soğutma suyu atımında yoğun olarak bulunurlar.

Diğer potansiyel kirleticiler, kimyasalların dökülmesi ya da santralin işletilmesi sırasındaki sızma, tahmin edilemeyen fakat önlenabilir problemlerdir. Yakıtlar, yağlayıcılar, kimyasallar ve hidrokarbonların etkileri de çevresel etki değerlendirmesi sırasında göz önünde bulundurulmalıdır.

Yeraltı sularının kirletilmesi, yeraltı suları bölgesi boyunca kuyuların korunması (casing) ve sondaj akışkanları ile çamurların kontrolsüz akışının engellenmesi ile önlenir[1].

4. BİYOLOJİK ETKİLER

Jeotermal projelerin biyolojik etkileri; insan ve hayvan sağlığı ile bitki örtüsüne olan etkileri içerir. Bu etkilerin kontrolü, çevreye atılabilecek kirleticilerin seviyesi için bir üst limit belirlenmesi ile sağlanabilir. Tavsiye edilen sınır değerlerin üzerinde biyolojik yaşam üzerindeki olumsuz etkiler belirlenebilir, bu limitlerin altında uzun ya da kısa vadede etkiler olmaması beklenir. Hava, içme suyu, su canlılarını koruma, ürün sulama, su stoğu ve çevrenin estetik kalitesini koruma gibi değişik amaçlar için değişik kriterler mevcuttur[6].

5. SOSYO-EKONOMİK ETKİLER

Bir jeotermal projenin karar, planlama ve yönetim aşamalarında sosyal konuların da göz önünde bulundurulması, uluslararası anlaşmalar, protokoller, devlet yasaları ve uluslararası finans kuruluşlarının getirdiği bir zorunluluktur.

Her projede 3 aktör vardır. Proje masraflarını ödeyen, projeden kazanan ve zarar ve kayıplardan etkilenen. Herhangi bir geliştirme projesinin ana amacı olarak bu aktörleri belirlemeye, yararların, kazançların eşit dağılımı ve projenin sosyal fiyatını ödemek için ihtiyaç vardır.

Sosyo-ekonomik parametreler projenin büyüklüğüne göre değişebilir. Etki değerlendirme amacıyla aşağıdaki parametreler ya da belirleyiciler ölçülür[1,4].

- Demografi (Nüfus yoğunluğu ve karakteristikler, hastalık ve ölüm oranları, üretkenlik seviyeleri)
- Toplumun hayat standardı, ihtiyaçları ve problemleri
- Konutlar ve tesisler (konut sağlanması, su, enerji, kanalizasyon ve drenaj sistemleri için uygun tesisat)
- Gelir ve iş durumu (statü, iş sağlanabilirliği, gelir seviyesi, harcama şekilleri, kredi koşulları)
- Sosyo-politik organizasyon (yerel hükümet yapısı ve liderlik, kurumsal kapasiteler, bağlantılar, politik ilişkiler, hükümet dışı organizasyonlar)
- Sosyo-kültürel problemler (yerleşme şekilleri, malların bedeli, kültürel miras, arkeolojik, doğal ve estetik kaynakların bozulması)
- Yerel barış ve düzen
- Ekonomik indisler (mal ve toprak fiyatları, gelirler)
- Yer şekilleri
- Projenin halk tarafından kabulü

6.BALÇOVA JEOTERMAL BÖLGESEL ISITMA SİSTEMİ'NİN ÇEVRESEL ETKİLERİ

Balçova Jeotermal Bölgesel Isıtma Sistemi (JBIS); Balçova ve Narlıdere Bölgesel Isıtma Sistemleri ile Dokuz Eylül Hastahanesi, Balçova Termal Tesisleri, fizik tedavi merkezi, yüzme havuzu, Prenses Hotel, Hotel Crown Plaza, Ekonomi Üniversitesi, İnciraltı öğrenci yurtları ve Sahil Evleri bölgesini içerir. Tüm bu tesisler bir ring hattı ile birbirlerine ve üretim ve enjeksiyon kuyularına bağlıdır. Sistemin tanıtımı ve çalışma sistemi ile ilgili ayrıntılı bilgiye pek çok kaynaktan ulaşılabilir[7, 8, 9].

JBIS'nde jeotermal akışkanın çevre ile etkileşiminin olabileceği noktalar ve ortaya çıkabilecek etkiler aşağıda listelenmiştir.

Üretim kuyuları:

Sondaj: Sondaj çamurunun ve kuyu testleri sırasında jeotermal akışkanın çevreye atılması, yeraltı suları ile etkileşim, gaz çıkışı, gürültü.

Üretim: Koruyucu kaplamanın korozyona uğraması nedeniyle yeraltı suları ile etkileşim.

Temizlik, rehabilitasyon: Kuyu temizliği yada kullanılmayan kuyuların tekrar üretime geçirilmesi çalışmalarında jeotermal akışkanın çevreye atılması, yeraltı suları ile etkileşim.

Akışkan Deşarji:

Enjeksiyon: Enjeksiyon zonunun yanlış seçilmesi nedeniyle yeraltı suları ile etkileşim.

Yüzey sularına atım: Doğal çıkışlar yada enjeksiyon hattındaki kaçaklar nedeniyle bir miktar jeotermal akışkan baraj deşarj kanalından denize atılmaktadır. Debi düşük olduğu için herhangi bir kirliliğe neden olmamaktadır.

Fizik Tedavi Merkezi'nde Kullanım: Jeotermal akışkan fizik tedavi merkezinde havuzlarda, çamur banyolarında, masajda insan vücudu ile doğrudan temas etmektedir. Akışkanın kendine has kimyasal kompozisyonunun yanı sıra üretim kuyularında kabuklaşmayı önlemek için kullanılan inhibitörün içerdiği fosfatın insan sağlığına etkisi incelenmelidir.

Dağıtım hattı:

Toprak altına gömülü ya da yüzeydeki borularda görülen kaçakların toprağın kimyasal yapısına etkisi.

Isı Merkezi:

Gürültü, çalışanlarda duyma güçlüğü, yüksek sıcaklıktaki akışkanla çalışmaktan kaynaklanacak yanma vakaları, ısı merkezinde kullanılan çeşitli asit ve gaz kaçakları.

Bölgesel Isıtma Sistemi dışında Balçova ve İnciraltı bölgesinde yaygın olarak kullanılan seralar, İzmirspor Tesisleri, narenciye ve sebze bahçeleri ile villaların kendilerine ait kuyuları bulunmakta ve jeotermal akışkan sulama amaçlı kullanılmaktadır. İzmirspor dışındaki özel mülkiyetlerdeki kuyular ve kullanımları ile ilgili detaylı bilgi edinmek mümkün olmamıştır.

JBIS'nde kuyucu pompalar kullanılarak sadece su çekilmekte, bu nedenle de artezyenik kuyu kullanımında görülen gaz atımı olmamaktadır. Sahada görülebilecek gaz atımı sadece sondaj sırasında ve üretim kuyularında kuyubaşında olabilir. Kuyu içinde gaz birikmesini önlemek için kuyu başına teçhiz edilen sızma (bleeding) vanasından düşük debide gaz atımı yapılır. Bu nedenle atmosfere gaz atımı nedeniyle oluşabilecek kirlilik Balçova için geçerli değildir. Üstelik bölgede fosil yakıtların kullanımının önemli ölçüde azalması nedeniyle gerçekleşen hava kalitesi artışı gözlemlenebilmektedir. Sahada etkin olabilecek kirlenme, su ve toprak ile sondaj sırasında yaşanan ve kuyuların yerleşim yerleri ile içiçe olmasından kaynaklanan ve ısı merkezine çok yakın binaların etkilendiği gürültü kirliliğidir.

6.1. Yöntem

BJBIS'nin çevresel etkileri 2 ana grupta araştırılmıştır. Bunlar sırasıyla; fiziksel ve kimyasal etkilerdir.

6.1.1. Fiziksel Etkiler

Fiziksel çevreye olan etkilerinin belirlenebilmesi için hem ısı merkezi ve çevresinde hem de sondaj sırasında gürültü ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

Isı Merkezi

Gürültü ölçümü, ısı merkezi içinde ve dışında olmak üzere 6 farklı noktada gerçekleştirilmiştir. Ölçüm noktaları Şekil 1'de gösterilmiştir. Gürültü ölçüm aralığı bina içinde 83.6-90 dB(A) ve bina dışında 65.4-73.7 Leq olarak belirlenmiştir. Ölçüm sırasında sirkülasyon pompasının %50 kapasiteyle çalışmasına rağmen gürültü seviyesi 90 dB(A) olarak belirlenmiştir. Tablo 1'de gürültü ölçüm değerleri, yerleri ve gürültü seviyeleri verilmiştir.

Sondaj

Konutlara oldukça yakın olan BD9 sondajı sırasında 2 farklı sondaj koşulunda ölçüm yapılmıştır.

- Sadece sondaj makinesi aktif iken: Sondaja en yakın konuttan 1 m uzaklıkta yapılan ölçümde gürültü seviyesi 75 dB(A) olarak bulunmuştur.
- Sondaj makinesi ve pompa aynı anda aktif iken: Sondaja en yakın konuttan 1 m uzakta yapılan ölçümde gürültü seviyesi 83.4 dB(A) bulunmuştur.

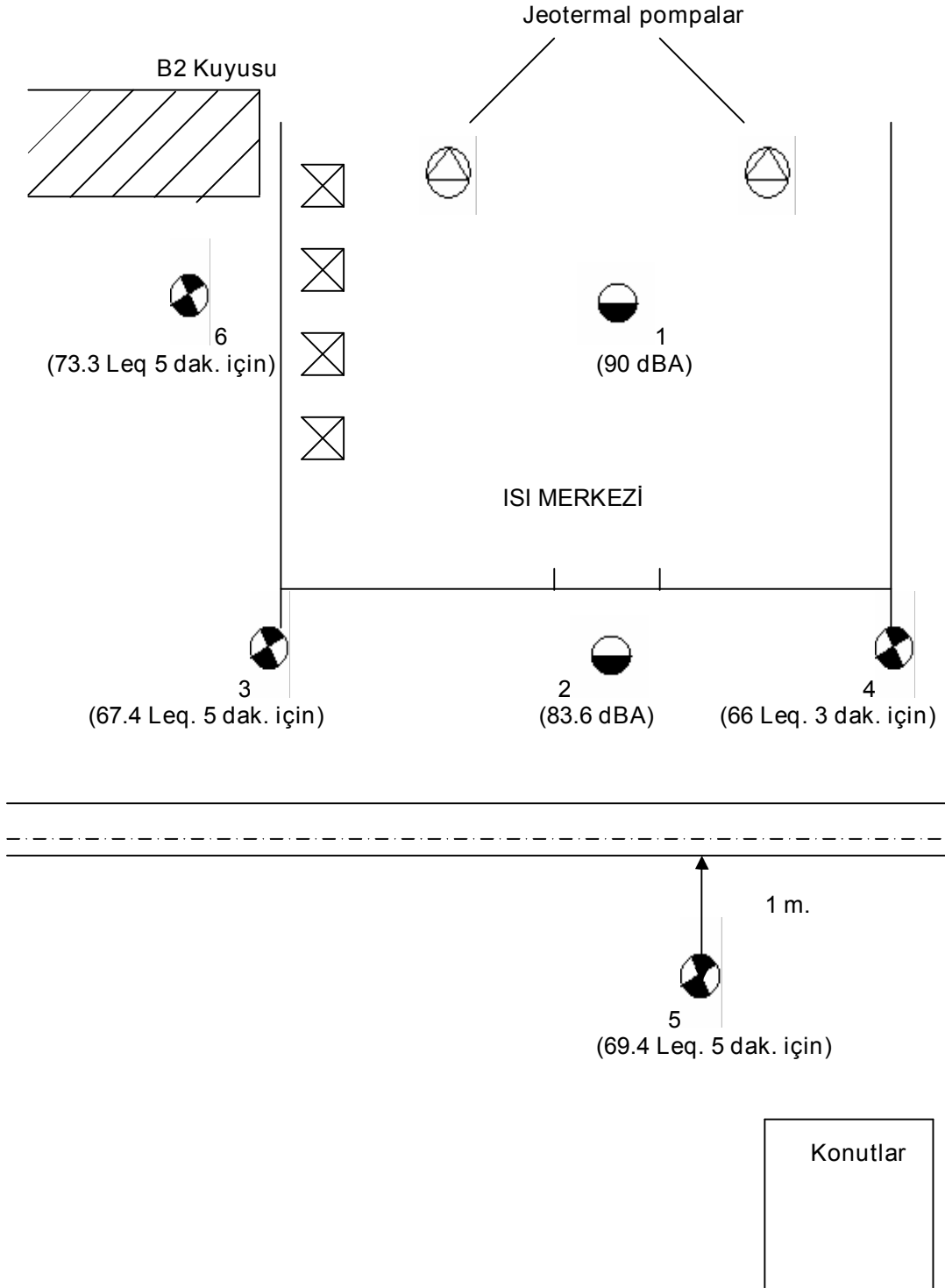
Her iki ölçüm de Gürültü Ölçüm Yönetmeliği'nde belirtilen 65 dB(A) (saat 06:⁰⁰ ile 22:⁰⁰ arasında) ve 55 dB(A) (saat 22:⁰⁰ ile 06:⁰⁰ arasında) değerlerinden çok daha yüksektir[10].

6.1.2. Kimyasal Etkiler

Balçova sahasında bulunan üretim ve enjeksiyon kuyuları ile soğuk su kuyularını (içme ve sulama suyu olarak kullanılan yeraltı suyu) gözlemlemek amacıyla, bir numune alma programı çerçevesinde Eylül-Haziran 2003 döneminde numuneler alınıp analiz edilmiştir. Şekil 2'de konumları verilen numune alma noktaları; B10 kuyusu, BD4 kuyusu, enjeksiyon hattı(R), İzmirspor Tesisleri'nde sığ kuyu(I) ve ısı merkezinde yer alan soğuk su kuyusu(T).

Numuneler B10 kuyusundan ayda bir, R,I ve T kuyularından ise 2 ayda bir alınmıştır. BD4 kuyusundan ise tek bir numune alınmıştır. Alınan numunelerde elektriksel iletkenlik, toplam çözünmüş katı madde (TDS), alkalinite gibi fiziksel özellikler; amonyak,(NH₃) bor (B), klorür (Cl), silika (Si), sülfat (SO₄) gibi metal olmayan bileşikler; kalsiyum, magnezyum, sodyum, potasyum gibi metal ve yarı metal bileşenlerin analizi yapılmıştır.

Çalışma kapsamında sıcaklık ve pH ölçümleri kuyu başında yapılmış, kimyasal analiz amaçlı örnekler ise önceden %10'luk HNO₃ çözeltisiyle temizlenmiş polietilen kaplara alınmıştır. Ölçüm, örnekleme, örnek koruma ve analiz aşamalarında AWWA tarafından verilen standart yöntemler kullanılmıştır[11]. Fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları Tablo 2'de verilmiştir.



Şekil 1. Isı merkezi ve çevresinde gürültü ölçüm noktaları.

7. SONUÇLAR

İnceleme alanındaki jeotermal su ve soğuk su kuyularının sulama, içme ve kullanma amaçlarına uygun olup olmadıkları çeşitli standart ve ölçütlere göre değerlendirilmiştir. İçme suyu için kullanılan standartlar sırasıyla TS266[12] ve USEPA [13]'dir (EK 1).

Alüminyum, arsenik, demir, mangan ve bor miktarı içme suyu standardında öngörülen miktarın üzerinde tespit edilmiştir. Balçova Jeotermal Sahası'nda ayrıca ağır metal kirliliğine de bakılmış olup krom, nikel ve kurşun miktarı TS266[12]'da izin verilen değer üzerinde bulunmuştur. Sulama suyu standardına göre florür, bor ve mangan miktarı izin verilen değer üzerinde bulunmuştur. Ayrıca sulama suyunda herhangi bir ağır metal kirliliğine rastlanmamıştır (Sulama Suyu Sınıflandırılması [14] EK 2' de verilmiştir).

Balçova Jeotermal Sahası'nda jeotermal suyun katkısına bağlı olarak oluşan çevresel kirliliğin belirlenmesi amacıyla yapılan bu çalışmada özellikle jeotermal su ve soğuk su kuyusunda herhangi bir jeotermal kökenli kirlilik belirlenmemiştir. Bunun yanısıra sulama suyu kalitesi açısından sular Na, elektriksel iletkenlik, Cl, SO₄, iz element vb. içeriklerine göre incelenmiştir. Bu değerlendirmelere göre, tüm jeotermal sular sulama amaçlı kullanımda sakıncalı sular sınıfına girmektedir. Genel olarak jeotermal kökenli sulara bakıldığında özellikle B miktarı sulama için izin verilen sınır değerlerin çok üstünde yer almaktadır. Buna karşılık jeotermal kuyuların yakınında bulunan T soğuk su kuyusu sulama amaçlı kullanılabilir, fakat içmeye uygun değildir.

İnceleme alanındaki jeotermal suların tümü yapılan fiziksel ve kimyasal analizler sonucunda elde edilen pek çok parametreye göre içilmeye ve kullanılmaya uygun değildir.

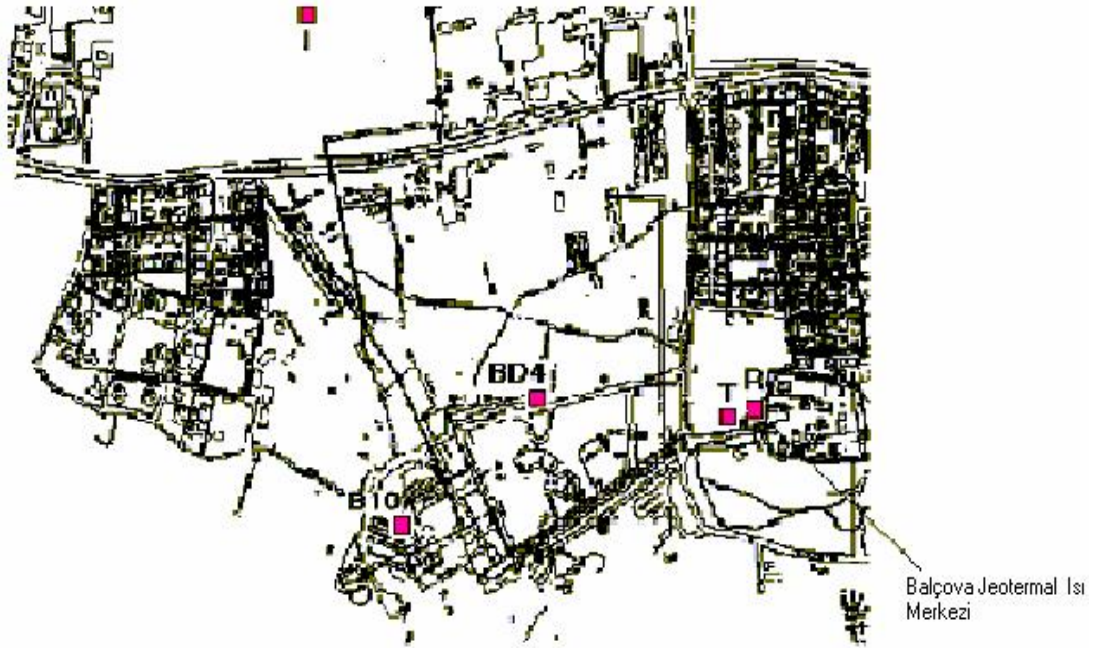
8. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Yeraltı suları içme suyu olarak kullanılan ve ısı, kimyasal ve biyolojik kirlilikten hassasiyetle korunması gereken doğal kaynaklardır. Jeotermal akışkan ise bünyesinde arsenik, kurşun, çinko, bor ile birlikte önemli miktarda karbonat, silika, sülfat, klorür vb. toksik kimyasallar taşımaktadır. Yüksek sıcaklığı ve yukarıda verilen kimyasal kompozisyonu ile jeotermal akışkanlar yeraltı suları için önemli kirleticilerdir ve etkileşimleri kesinlikle önlenmelidir. Jeotermal suyun kimyasal yapısı nedeniyle gerek çevreyi korumak gerekse jeotermal kaynağın devamlılığını sağlamak için enjeksiyon kuyuları açılmalı ve jeotermal sular kullanıldıktan sonra sisteme geri verilmelidir.

Balçova ve Narlıdere'de jeotermal ısıtma sisteminin de etkisiyle bina sayısı ve nüfus artışı oldukça hızlı ve plansız gelişmektedir. Bir süre sonra kuyu açılacak yer bulunamayacak ve sondaj sırasında yaşanan gürültü problemi kaçınılmaz bir şekilde devam edecektir. Sistemin genişletilmesi ile şehir bölge planlama çalışmaları birlikte yürütülmelidir.

Tablo 1. Ölçüm noktaları ve gürültü seviyeleri.

No.	Ölçüm	Yer	Tanımlı
1	90 dB(A)	Sirkülasyon pompası önü	Çok gürültülü
2	83.6 dB(A)	Isı merkezine girişin önü	Gürültülü
3	67.4 Leq	Isı merkezinin sol köşesi	Gürültülü
4	66 Leq	Isı merkezinin sağ köşesi	Gürültülü
5	69.4 Leq	En yakın apartman önü	Gürültülü
6	73.3 Leq	B2 kuyusu önü	Gürültülü



Şekil 2. Balçova Jeotermal Sahası'nda seçilen numune alma noktaları.

Tablo 2. Kuyular ve enjeksiyon hattına ait fiziksel ve kimyasal parametreler.

Numune	T (°C)	pH	EC μS/cm	Al (mg/L)	As (mg/L)	B (mg/L)	Ba (mg/L)	Ca (mg/L)	Cr (mg/L)	Cu (mg/L)	Fe (mg/L)	K (mg/L)	Mg (mg/L)
B10	88.5	6.81	1877	0.16	0.21	13.97	0.10	29.23	0.11	<BAS	0.57	27.30	7.04
R	61	7.11	1780	0.20	0.22	16.63	0.1	25.29	0.08	0.03	0.31	25.03	5.41
I	35	6.46	1541	0.24	0.04	11.3	<BAS	44.31	0.09	<BAS	0.04	16.79	13.61
T	20	7.18	600	0.32	0.07	2.20	0.01	84.98	0.07	<BAS	0.15	6.01	38.82
BD4	123	7.80	1978	0.05	0.08	11.2	0.05	23.5	0.01	0.01	0.06	33.6	7.81

Numune	T (°C)	pH	Mn (mg/L)	Na (mg/L)	Ni (mg/L)	Pb (mg/L)	SiO ₂ (mg/L)	Zn (mg/L)	HCO ₃ (mg/L)	Cl (mg/L)	NH ₄ (mg/L)	F (mg/L)	SO ₄ (mg/L)	TDS (mg/L)
B10	88.5	6.81	0.04	235	<BAS	<BAS	122.15	0.13	458	174	0.53	8.72	154	1234
R	61	7.11	0.04	254	<BAS	<BAS	151.18	0.15	437.34	171.43	0.33	8.39	160.83	1315
I	35	6.46	0.84	149	<BAS	<BAS	86.54	0.31	356	117	0.24	5.02	117	1078
T	20	7.18	0.03	7.2	0.04	0.03	15.54	0.33	213	15	0.19	0.29	73	614
BD4	123	7.80	BSA	423	BSA	BSA	154.7	0.01	649	208	0.28	4.17	187	939

BAS: Belirtme Alt Sınırı (Limit of detection-LOD)

BSA: Belirtme Sınırı Altında (Not detected-ND)

*: Tabloda iyonların yükleri gösterilmemiştir.

9. KAYNAKLAR

- [1] SANER, B. (convener), POPOVSKI, K. (Ed.) Environmental Advantages of Geothermal Energy, Post Conference Course, World Geothermal Congress, Antalya-Turkey, April 2005.
- [2] DICKSON, M.H., FANELLI, M. (Editors), Small Geothermal Resources, A Guide to Development and Utilization, UNITAR/UNDP Centre on Small Energy Resources, Rome-Italy, 1990.
- [3] Solstice Homepage, 2000, <http://solstice.crest.org/renewables/geothermal>
- [4] BARBIER, E., "Nature and Technology of Geothermal Energy: A review", Renewable & Sustainable Energy Reviews, 1:1-71, 1997.
- [5] EI-WAKIL, M.M., Power Plant Technology, McGraw-Hill Inc., 1984.
- [6] IGA Homepage, 2000, <http://www.demon.co.uk/geosci/wrtab.html>
- [7] TOKSOY, M.(ed.), Jeotermal Enerji Doğrudan Isıtma Sistemleri; Temelleri ve Tasarımı Seminer Kitabı, MMO Yayın No:MMO/2001/270, 2001.
- [8] ÇANAĞÇI, C., "İzmir-Balçova Jeotermal Bölgesel Isıtma Sistemi", Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, 2003.
- [9] HEPBAŞLI, A., ÇANAĞÇI, C., "Geothermal district heating applications in Turkey:a case study of İzmir-Balcova", Energy Conversion&Management, V. 44, No. 8, pp. 1285-1301, May 2003.
- [10] Gürültü Kontrol Yönetmeliği, Resmi Gazete, Sayı 19308, 1986.
- [11] AWWA (American Public Health Association), "In Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater", Washington, 1995.
- [12] TS266, Sular-İçme ve Kullanma Suları Standardı, birinci baskı, Türk Standartları Enstitüsü, 1997.
- [13] USEPA (United States Environmental Protection Agency), Quality Criteria for Water, Washington, D.C., U.S. Government Printing Office, 1976.
- [14] ABACIOĞLU, M., "Açıklamalı-İçtihatlı Çevre Kanunu ve Çevre Sağlığı Mevzuatı", Ocak 1995.

ÖZGEÇMİŞLER

Ayça ÇAKIN

1977 yılı Manisa doğumludur. 1995 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nü bitirmiştir. İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Çevre Mühendisliği Bölümü Çevre Kirliliği ve Kontrol programından 2003 yılında Yüksek Mühendis ünvanı alınmıştır. Halen aynı okulda Kimya Bölümünde doktora programına devam etmektedir. 2000 yılından bu yana İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsünde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmaktadır. Jeotermal enerji ve jeotermal enerjinin çevresel etkileri konularında çalışmaktadır.

Güliden GÖKÇEN

1968 yılı İzmir doğumludur. 1990 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü'nü bitirmiştir. Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü'nden 1992 yılında Yüksek Mühendis, 2000 yılındada Doktor ünvanı almıştır. 1996 yılında Auckland Üniversitesi Jeotermal Enstitüsü'nde bir yıllık "Jeotermal Enerji Teknolojisi Diploma Kursu"na katılmıştır. 1997 yılında NATO A2 bursu ile ABD'de "Jeotermal Elektrik Santralleri'nde Reboiler Teknolojisi" üzerine dört aylık bir çalışma yapmıştır. 1991-2000 yılları arasında Güneş Enerjisi Enstitüsü'nde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmıştır. 2000 yılından bu yana İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Makina Mühendisliği Bölümü'nde Yard.Doç.Dr. olarak görev yapmaktadır. Jeotermal elektrik santrallerinde verim artırma yöntemleri, ısı eşanjörleri, jeotermal enerji kullanım yöntemleri ve jeotermal enerjinin çevresel etkileri konularında çalışmaktadır.

Ahmet EROĞLU

1963 Ordu doğumludur. ODTÜ Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü'nden 1985 yılında mezun olmuştur. Aynı bölümün Analitik Kimya Anabilim Dalı'nda 1988 yılında Yüksek Lisans, 1996 yılında Doktora derecelerini almıştır. 2000 yılından beri İYTE Kimya Bölümü'nde öğretim üyesidir.

EK 1:

Tablo 3. TS266 [12] ve USEPA [13] içme suyu standartları

Parametre	TS	US EPA**
pH	6.5-9.2	6.5-8.5
EC(μ S/cm)	400-2000	-
Klorür (mg/L)	250	250
Sülfür (mg/L)	250	250
Kalsiyum (mg/L)	200	-
Mağnezyum (mg/L)	50	-
Sodyum (mg/L)	175	-
Potasyum (mg/L)	12	-
Alüminyum (mg/L)	0.2	1
TDS (mg/L)	-	500
Amonyak (mg/L)	0.5	-
Bor (mg/L)	2	-
Demir (mg/L)	0.2	0.3
Mangan (mg/L)	0.05	0.05
Bakır (mg/L)	3	1
Çinko (mg/L)	5	5
Florür (mg/L)	1.5	0.7-0.24
Baryum (mg/L)	0.3	1
Arsenik (mg/L)	0.05	0.05
Krom (mg/L)	0.05	0.05
Nikel (mg/L)	0.001	-
Kurşun (mg/L)	0.05	0.05

*TS266[12]

**ABD-Çevre Koruma Ajansı (Birinci ve ikinci derece doğal içme suyu kanunları)[13]

EK 2:

Tablo 4. Sulama suyu sınıflandırılması[14].

Kalite Kriteri	Sınıf I (çok iyi)	Sınıf II (iyi)	Sınıf III (Kullanılabilir)	Sınıf IV (şüpheli)	Class V (tehlikeli)
EC ₂₅ ×10 ⁶ (umhos/cm)	0-250	250-750	750-2000	2000-3000	>3000
Cl ⁻ (mg/l)	0-142	142-249	249-426	426-710	>710
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	0-192	192-336	336-775	576-960	>960
B (mg/l)	0-0.5	0.5-1.12	1.12-2	2	-
pH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6-9	<6 or >9
Sıcaklık (°C)	30	30	35	40	>40