



ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ JEOTERMAL ENERJİ ARAŞTIRMA VE UYGULAMA MERKEZİ (ADÜTEM)

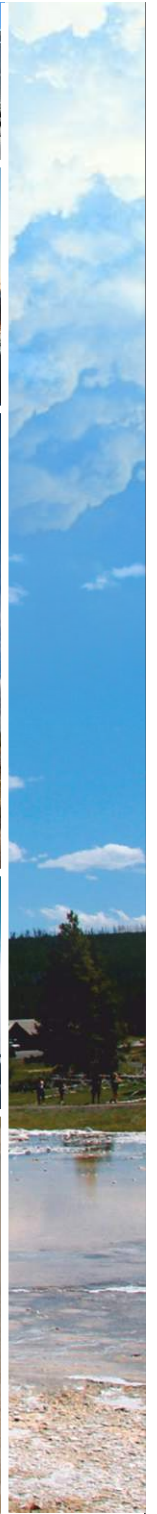
Yayın No: 2



ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ

Bu kitapçık elektronik ortamda PDF formatında
<http://www.akademik.adu.edu.tr/fakulte/muhendislik/aum/DOCs/JeotermalEnerjininCevreveSaglikEtkileri.pdf>
linkinden ücretsiz olarak indirilebilir ve paylaşılabilir.

Copyright © Adnan Menderes Üniversitesi



JEOTERMAL ENERJİNİN ÇEVRE VE SAĞLIK ETKİLERİ

Prof. Dr. Yunus Çengel

Ädnan Menderes Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi Dekanı ve Jeotermal Enerji Uygulama
ve Araştırma Merkezi Müdür Yardımcısı
Ağustos 2015

Türkiye enerjide yaklaşık dörtte üç oranında dışa bağımlı bir ülkedir ve 2014'de enerji ithalatı için 55 milyar dolar ödemiştir. 'Yer altındaki güneş' olarak da bilinen jeotermal enerji önde gelen bir yenilenebilir enerji kaynağıdır ve bu yerli kaynak gerekli hassasiyet gösterildiği takdirde dünyada en çevre dostu enerji türlerinden biri olarak bilinmektedir. Ülkemizde jeotermal enerjiden elektrik üretim kurulu gücü 431 MW'a ulaşmıştır.¹ 2014 yılında, ülkedeki jeotermal santrallardan 2 milyar 252 milyon kilowatt-saat (kWh) elektrik üretilmiştir ki 750 bin konutun tüm yıl boyunca elektrik tüketimini karşılamaya yeterlidir. Türkiye'de 2015'in ilk 6 ayında tüketilen toplam elektriğin %1.2'si (1.5 milyar kWh) jeotermal elektrik santrallerinde üretilmiştir.² Jeotermal santrallerin ürettiği elektrik enerjisi, Türkiye'nin doğal gaz ithalatının her yıl 250 milyon dolar azalmasını sağlamakta ve bu miktarda doğal gazın yakılmasının sebep olacağı hava kirliliğinin önlenmesine sebep olmaktadır. Ayrıca, seracılık gibi endüstriyel kullanımın yanında, ülkemizde 16 ilde toplam 90 bin konut jeotermal enerji ile ısıtılmaktadır.³

Dünya jeotermal elektrik üretim kapasitesi 12 bin 600 MW'ı aşmıştır ve 2020'de 21 bin 400 MW'a ulaşması öngörülmektedir - ki 15 nükleer santrale denk gelmektedir. Jeotermal elektrik üretiminde ABD ve Filipinler sırasıyla 3450 MW ve 1870 MW kurulu güçleri ile dünyada ilk iki sırayı almaktadır. Türkiye, 2010 - 2015 döneminde jeotermal elektrik üretim kapasitesini en çok arttıran ülkeler arasında 306 MW (%336) artış ile ABD ve Kenya'dan sonra üçüncü sırada yerini almıştır.⁴ Jeotermal (toprak kaynaklı) ısı pompaları ve direk ısıtma/soğutma uygulamaları da dikkate alındığında, jeotermal enerji 2014'de dünyada 52.5 milyon ton petrol eşdeğeri miktarında (Türkiye'nin yıllık petrol tüketiminin 1.5 katı) enerji tasarrufunu ve atmosfere

¹ <http://www.enerjiatlası.com/jeotermal/>

² http://www.emo.org.tr/ekler/92d95781be614d0_ek.pdf

³ <https://pangea.stanford.edu/ERE/db/WGC/papers/WGC/2015/01000.pdf>

⁴ <http://www.geothermal.org/PDFs/Articles/15MayJune.pdf>

148 milyon ton karbondioksit (CO₂) gazı emisyonunun önlenmesini netice vermiştir. 2014 yılında jeotermal projeler kapsamında 42 ülkede 2218 kuyu açılmış ve 49 ülkede 20 milyar dolarlık yatırım harcaması yapılmıştır.

Jeotermal enerji zengini bir ülke olan İzlanda, toplam birincil enerji ihtiyacının %68'ini jeotermal enerjiden karşılamakta ve binaların %90'ı jeotermal enerji ile ısıtılmaktadır. Hatta jeotermal enerji ile üretilmiş metanol, araçlarda yakıt olarak kullanılmaktadır.⁵



⁵ <https://pangea.stanford.edu/ERE/db/WGC/papers/WGC/2015/01000.pdf>

Rakamlardan da görüleceği gibi, jeotermal enerji sektörü tüm dünyada oldukça aktif bir sektördür ve hızla büyümeye devam etmektedir. Bir ülkenin zengin doğal jeotermal kaynaklara sahip olması, zengin petrol veya doğalgaz kaynaklarına sahip olması gibi bir 'şans' olarak görülmektedir. Enerjinin hayatî önemde olduğu ve global ölçekte savaşlara sebep olduğu çağımızda, bir ülkenin sahip olduğu kömür, petrol ve doğal gaz gibi fosil veya jeotermal, rüzgar ve güneş gibi yenilenebilir enerji kaynaklarını geliştirmemesi ve enerjide dışa bağımlılığını sürdürmesi düşünülemez. Tabi ki bu doğal kaynaklar geliştirilirken çevreye ve insan sağlığına azami duyarlılık gösterilmesi ve çevre bilinci yüksek ülkelerde olduğu gibi olumsuz yan etkilerin olabilecek en düşük seviyeye indirilmesi, her kesimin haklı bir beklentisidir.

Jeotermal üretim kapasitesinin hızla gerçekleştiriliyor olması sonucu jeotermal enerji kaynaklarıyla zengin Büyük Menderes Graben'in yer aldığı Aydın İli ve civarındaki kuyu sondajları, tesis kurulumu, yeni yollar, tarlalardan ve bahçelerden geçen boru hatları, kuyu başı ünitelerinden ve soğutma kulelerinden göklere doğru yükselen buharlar gibi jeotermal merkezli tüm faaliyetler, çevrenin korunması yönündeki hassasiyetin ve tedirginliklerin artmasına yol açmaktadır. Ulaşım araçları kullanımından elektrik enerjisi üretimine kadar, insanların hayatını kolaylaştıran ve konforunu arttıran enerji kullanımı ile ilgili faaliyetler çevrede az veya çok olumsuz bir iz bırakmaktadır. Bu olumsuz etkinin asgari seviyede tutulması için tüm dünyada standartlar ve sıkı düzenlemeler geliştirilmiş ve denetim mekanizmaları devreye sokulmuştur.

Temiz enerji denince akla ilk gelen güneş enerjisi bile kontrolsüz ve sorumsuz kullanılırsa ciddi sağlık sorunlarına sebep olabilmektedir. Örneğin American Kanser Derneği 2013 raporunda yer alan verilere göre, sadece ABD'de 77 bini kötü huylu (melanoma) olmak üzere yılda 3.5 milyon kişi cilt kanseri olmakta; bunlardan yaklaşık 12 bini hayatını kaybetmektedir.⁶ Cilt kanserinin önde gelen bir sebebinin güneş ışığındaki ultraviyole ışınları olması, güneşe karşı cephe almamızı değil sadece güneş altında fazla



232.3 megavatlık Efeler Jeotermal Enerji Santrali (Efeler/Aydın)

⁶ <http://www.cancer.org/acs/groups/content/@epidemiologysurveillance/documents/document/acspc-036845.pdf>



zaman harcayacaksa tedbirli olmamızı ve aşırıktan kaçınmamızı gerektirir. Bu olumsuz tablo, güneş enerjisinin hala en temiz bir enerji türü olduğu ve güneşin bir hastalık değil sağlık kaynağı olduğu gerçeğini değiştirmez.

'İlaç ile zehir arasındaki fark, dozajdır' özlü sözünde ifade edildiği gibi, yüksek dozlarda sağlık için tehdit oluşturan birçok şey, tavsiye edilen dozlarda zararsız olmakla kalmamakta, faydalı bile olabilmektedir. Güneşin fazlası cilt kızarmalarına, yanmalara ve hatta cilt kanserine sebep olabilirken uygun dozajda bir güneş biyolojik bir ihtiyaç olan D vitamini kaynağı olmaktadır.

Objektif ölçüm ve analizlere dayalı olarak tüm dünyada genel kabul gören görüş, jeotermal enerjinin çevre etkisi açısından en temiz enerji kaynaklarından biri olduğudur. Ülkemizde düzenli ölçümlere ve objektif verilere dayalı olarak jeotermal enerjinin çevreye olan etkilerini irdeleyen araştırma raporları ve çalışmaları yetersizdir ve bu durum jeotermal enerjinin çevre etkilerinin bilgiye dayalı objektif bir resminin çekilmesini zorlaştırmaktadır. Ancak çevre bilinci yüksek ülkelerdeki bu tür çalışmalar ve raporlar bize de ışık tutar mahiyettedir.

ABD Enerji Bakanlığı Jeotermal Teknolojileri Ofisi koordinatörlüğünde geniş katılımlı uzman ekipler tarafından hazırlanan ve periyodik olarak güncellenen yayınlar ve raporlar, jeotermal enerjinin çevre etkileri ile ilgili dünyadaki en otoriter ve objektif kaynaklar arasında yer almaktadır. 'Geliştirilmiş Jeotermal Sistemler' adlı objektif bilgi ve birikime dayalı böyle bir yayının "Çevresel Etkiler, Özellikler ve Fizibilite Ölçütleri" adlı bölümünün Türkçeye çevrilmesiyle oluşturulan kitapçığa <http://www.akademik.adu.edu.tr/fakulte/muhendislik/aum/DOCs/JeotermalCevreEtkileriKitapciTemmuz2015.pdf> linkinden ulaşılabilir. Kitapçıkta jeotermal enerjinin gaz emisyonları, su kirliliği, katı emisyonları ve hatta gürültü kirliliği ve sismik tetikleme gibi çeşitli olası çevresel etkilere geniş yer verilmektedir.

Jeotermal Gaz Atıkları

Yer altında yüksek basınç ve sıcaklıkta bulunan jeotermal sıvı bir miktar (bir rezervuardan diğerine ve aynı rezervuarda kuyudan kuyuya büyük değişiklik gösterebilmekle beraber, %1-2 civarı) ergimiş gazlar içermektedir. Jeotermal sıvı yaklaşık 2 bin metre derinlikten yeryüzüne çıkarılınca, düşen basınç ve sıcaklık sonucu bu gazlar sıvıdan ayrılmaya başlar - aynen kapağı açıldığında kolalı bir içecekteki karbondioksit gazının koladan ayrılıp havaya karışması gibi. Yoğuşan bir gaz olan su buharı hariç tutulduğunda, yoğuşmayan gaz yüksek oranda karbondioksit (CO_2) ve bir miktar hidrojen sülfür (H_2S)'den oluşur. Aydın'da açılan kuyularda yoğuşmayan gazların tamamına yakını (genellikle %99.9 oranında) karbondioksik gazdır. Hidrojen sülfür oranı ise binde 0.5-2 oranıyla (500 - 2000 ppm) dünya ortalamasının oldukça altındadır. Jeotermal kaynağa bağlı olarak yoğuşmayan gazlar düşük miktarlarda hidrojen (H_2), metan (CH_4), sülfür dioksit (SO_2), amonyak (NH_3) ve nitrojen (N_2) ile çok düşük miktarlarda metal buharları içerebilir. Bu gazlardan insan sağlığına en ciddi tehdit oluşturanı hidrojen sülfürdür ve aşağıda detaylı olarak incelenmiştir. Jeotermal gaz atıklarının kanserojen bir etkisi yoktur.

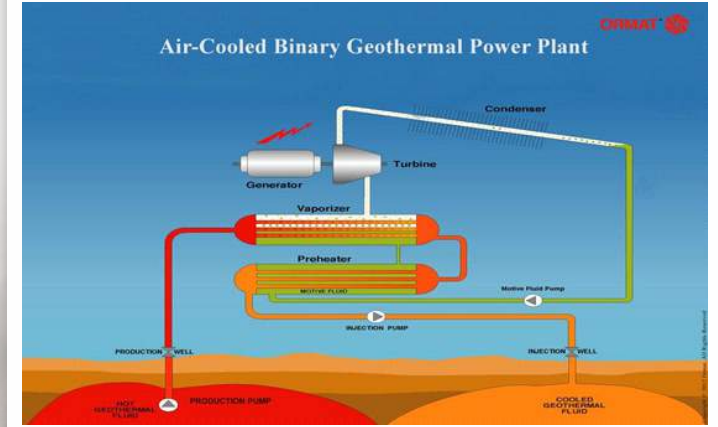
Bazı jeotermal sahalarından yükselen ve fabrika bacalarını andıran beyaz gaz sütunu duman değil esas itibarıyla su buharıdır. Bitki, tarla ve barajlardaki buharlaşmanın ve sıvı ve gaz yakıtların araçlarda ve endüstriyel tesislerde yanması sonucu oluşan su buharının devasa boyutu dikkate alındığında, havaya yükseldiği gözle görüldüğü için dikkat çeken bu buhar sütununun ve diğer jeotermal faaliyetlerin çevrenin nem oranına kayda değer bir etkisinin olacağı düşünülmemektedir.

Jeotermal santrallerin en büyük gaz atığı olan karbondioksit (CO_2), insanlar, hayvanlar ve bitkilerle beraber kömür, petrol ve doğal gaz gibi fosil yakıt yakan ulaşım araçları ve elektrik santralleri tarafından yoğun olarak üretilip atmosfere atılan sağlığa zararsız bir gazdır. Bitkilerin fotosentez yapması için de atmosferde olması gereken ve hatta bazan seralarda takviye olarak verilen hammaddedir.

Ancak sanayi devrimiyle başlayan süreçle üretimi hızla artan karbondioksit, atmosferde sera etkisi yapmakta ve küresel ısınma sonucu ciddi iklim değişikliklerine sebep olmaktadır. O yüzden Kyoto protokolü kapsamında atmosfere karbondioksit gazı salınımı tüm dünyada kontrol edilmeye

çalışılmaktadır. Jeotermal santrallerde kömür veya doğal gaz gibi bir yakıt yakılmadığı ve sadece jeotermal kaynaktan bulunan gazın salınımı söz konusu olduğundan, aynı miktar elektrik üretimi için jeotermal santrallerin atmosfere saldığı karbondioksit, kömür ve doğalgaz elektrik santrallerinin salınımının çok küçük bir kesri kadardır. Hatta bu miktar kapalı devre çalışan modern jeotermal santrallerde sıfırdır. O yüzden jeotermal enerji 'yeşil' enerji kategorisinde yer almaktadır ve bu durum jeotermal elektrik santrallerine global karbon mahsuplaşmasında avantaj sağlamaktadır. Keza, jeotermal kuyulardan elde edilen karbondioksit gazı, gerekli görüldüğünde diğer gazlardan ayrıştırılarak, karbonatlı içecek sektörü, seracılık, kurubuz ile soğutma, vb uygulamalarda kullanılmak üzere ticari ürün olarak değerlendirilmektedir.

Atmofere salınan yoğuşmayan jeotermal gaz atıkları ile ilgili kontrol ve düzenlemeler ülkeden ülkeye değişmektedir ve jeotermal elektrik santralleri, kurulurken ilgili mevzuatın şartlarını sağlamak zorundadırlar. Teknolojik olarak bu gazların hiç çevreye salınmadan tamamının ısısı alınmış jeotermal su ile birlikte tekrar yer altına basılması mümkündür ve dünyanın en büyük jeotermal elektrik üreticisi olan ABD'de modern ikili çevrim (binary cycle) jeotermal santralleri bu şekilde çalışmaktadır. Dolayısıyla bu santrallerin atmosfere gaz emisyon değerleri 'sıfır'dır.



Bozuk Yumurta Kokulu Gaz: Hidrojen Sülfür (H₂S)

Hidrojen sülfür, yerkürede doğal olarak oluşan ve 8 ppb (milyarda 8 parça) gibi çok düşük oranlarda bile meşhur çürük yumurta kokusu ile varlığını hissettiren renksiz, yanıcı, oldukça toksik, reaktif ve korosif bir gazdır. 150 ppb'yi aşan konsantrasyonlarda ise koku alma duyusunu giderdiğinden varlığı koku ile hissedilmez.⁷ Kükürtlü bir bileşen olan hidrojen sülfür petrol, doğal gaz, volkanik gazlar ve kaplıçalarda doğal olarak bulunur. Yeraltı sularında da görülür. Lağım suları ve arıtma tesisleri, sıvı hayvan gübresi depolama tesisleri, kağıt fabrikaları, petrokimya tesisleri ve kanalizasyon sistemleri de hidrojen sülfür üretilen ve salınan ortamlardır. Hidrojen sülfür, canlılarda bakteriler aracılığı ile sindirim sistemlerinde, enzimler aracılığı ile de beyinde ve kaslarda da üretilir. Dıştan vücuda alım, genellikle teneffüs yoluyla olur. Akciğerde hızla emilen gaz çoğunlukla karaciğerde okside edilir ve idrarla dışarı atılır.

Hidrojen sülfür oksijen ile kimyasal reaksiyona girmeye meyillidir ve atmosfere salınıncı genellikle bir günden az bir süre içinde başta sülfür dioksit olmak üzere başta kimyasallara dönüşür. Kış aylarında hidrojen sülfürün reaksiyona girmeden 42 güne kadar varlığını koruduğu de olur.⁸ Hidrojen sülfür havadan daha ağır olduğu için düşük irtifalı yerlerde birikip vahşi hayata, hayvanlara ve insanlara zarar verebilir.

Hidrojen sülfür, bulunduğu ortamdaki oksijenle reaksiyona girdiğinden kapalı ortamlardaki havadaki oksijen oranının %21'in altına düşmesine ve sağlık riziki oluşturmaya sebep olabilir. Yoğuşmayan gazları taşıyan boruların kapalı alanlardan geçtiği durumlarda, borulardan az miktardaki gaz kaçacağı bile alandaki oksijen oranının %10'un altına inip öldürücü olmasına yol açabilir. Böyle kritik alanların ölçüm aletleri ve alarm sistemleri ile donatılması ve çalışanların eğitilmesi iş güvenliği açısından önemlidir.

⁷ https://www.earthworksaction.org/issues/detail/hydrogen_sulfide

⁸ <http://www.who.int/ipcs/publications/cicad/en/cicad53.pdf>

Yüksek konsantrasyonlarda teneffüs edilen hidrojen sülfür, hayati organlara oksijen gitmesini engelleyerek halsizliğe, şuur kaybına ve hatta ölüme sebep olur. Sağlıklı insanlar için havada tolere edilebilen hidrojen sülfür konsantrasyonu kısa vadeli (14 güne kadar) maruz kalmalarda 70 ppb, orta vadeli (90 güne kadar) maruz kalmalarda ise 14 ppb'dir. Solunum yoluyla hidrojen sülfüre maruz kalmaktan insanlarda en çok solunum sistemi, sinir sistemi ve gözler olumsuz etkilenir. Astımlı hastaların solunum ve sinir sistemlerinin olumsuz etkilendiği en düşük konsantrasyon 2 ppm'dir. Hidrojen sülfürden en olumsuz etkilenen kişiler astım hastaları, yaşlılar ve solunum yolları rahatsızlıkları bulunan çocuklardır. Hidrojen sülfür 500 ppm gibi yüksek konsantrasyonlarda birkaç nefeste öldürücü olabilir.⁹

Hidrojen sülfür salınımının olmadığı bölgelerde havadaki hidrojen sülfür konsantrasyonu 1 ppb'nin oldukça altındadır. 50 - 100 ppm gibi düşük konsantrasyonlara uzun süre maruz kalma (birkaç saat veya gün), burun iltihaplanması, öksürük, ses kısıklığı ve nefes darlığını netice verebilir. Daha yüksek konsantrasyonlara uzun süre maruz kalmak bronşit, zatürree ve akciğerlerde tehlikeli sıvı toplanmasına yol açabilir.

ABD ve Avrupa'da atmosfere atılabilecek hidrojen sülfür miktarını ciddi şekilde sınırlayan sıkı düzenlemeler vardır. Bunun sonucu olarak ABD'de 1976'da jeotermal elektrik kurulu gücü 500 MW iken 900 kg/h olan hidrojen sülfür emisyonu, kurulu güç 2000 MW'a çıktığında 100 kg/h'e düşmüştür.¹⁰ Türkiye'de ve diğer birçok ülkede henüz bu tür sınırlayıcı düzenlemeler mevcut değildir. Bu durumda düşük konsantrasyonlarda bile çok toksik olan bu gazın olası zararlarından korunmak için santral alanında zemin seviyesinde düzenli ölçümler alınmalı ve gazın güvenli seviyelerde olduğundan emin olunmalıdır.¹¹

⁹ <http://www.who.int/ipcs/publications/cicad/en/cicad53.pdf>

¹⁰ <http://www.geo-energy.org/reports/Environmental%20Guide.pdf>

¹¹ <http://www.merichem.com/company/overview/technical-lit/tech-papers/geothermal-power-plants>



Aydın bölgesinde yoğunlaşmayan jeotermal gazlardaki hidrojen sülfürün 1000 - 2000 ppm seviyesinde olması ilk bakışta tedirginlik yaratabilir. Ancak bu gazlar soğutma kulelerinin tepelerinden yukarıya doğru yüksek hız ve debideki hava akımlarının içine salınır ve hiçbir canlı ile temas etmeden yükseklerde konsantrasyonların güvenli seviyelere düşmesi sağlanır. Havayla karışım yüksekliği ne kadar fazla ise, yer seviyesindeki konsantrasyonlar o derece düşük olmaktadır.¹² Kaplıcalarda olduğu gibi düşük sıcaklıktaki jeotermal suların hidrojen sülfür içeriği, yüksek sıcaklıktakilere kıyasla çok daha düşüktür.

Hidrojen sülfür miktarının yüksek olduğu jeotermal bölgelerde bu gaz sülfirik asit ve gübre üretiminde girdi maddesi olan kükürt üretiminde kullanılabilir. Böylece zararlı bir atık bertaraf edilirken, faydalı bir hammaddeye dönüştürülmüş olur. Hidrojen sülfür için uluslararası sağlık-temelli standartlar yoktur. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) hava kalitesi için, 24-saatlik süre üzerinden ortalaması alınmış, 10.6 ppb değerini tavsiye etmektedir. Bu tavsiyenin dayanağı, göz tahrişinin önlenmesidir. ABD'de de hidrojen sülfür için ülke çapında hidrojen sülfür için bir hava kalitesi standardı yoktur. Ancak eyaletlerin çoğu genellikle 24-saat ortalama değerleri için 1 ppb ile 200 ppb arasında değişen standartlar koymuşlardır.¹³ Gerekli durumlarda yoğunlaşmayan gazlar sıkıştırılarak reenjeksiyon hattına basılarak yer altına geri gönderilebilir. Veya demir-tabanlı kimyasallarla reaksiyona sokularak hidrojen sülfür sağlık riziki içermeyen başka bileşenlere dönüştürülür.¹⁴ Hidrojen sülfür gazıyla mücadelede en uygun method, yoğunlaşmayan gazlardaki hidrojen sülfür oranı, maliyetler ve çevre ile ilgili mevzuatlar dikkate alınarak belirlenir.

¹² http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0019/123076/AQG2ndEd_6_6Hydrogensulfide.PDF

¹³ https://www.earthworksaction.org/issues/detail/hydrogen_sulfide

¹⁴ <http://www.merichem.com/company/overview/technical-lit/tech-papers/geothermal-power-plants>

Jeotermal Sıvı Atıkları

Jeotermal sıvılar, çıkarıldıkları bölgeye bağlı olarak değişik miktarlarda arsenik, cıva, lityum ve bor içerebilmektedir. Bu sıvılar ısısı alındıktan sonra tekrar yer altına reenjekte edilmek yerine nehir veya göllere akıtılacak olursa, bu katı maddeler yeraltı ve yerüstü sularını içme ve sulama için güvensiz yapabilmekte ve yerel bitki örtüsüne zarar verebilmektedir.

Kuyuların deneme işletmeleri aşamasında jeotermal sıvının geçirimsiz biriktirme havuzlarına yönlendirilmesi ve sonra bu sıvının tekrar yeraltının derinliklerine enjekte edilmesi, olası toprak ve su kirlenmesini önleyecektir. Cıva ve lityum, çoğu jeotermal kuyuda çok az miktarda bulunmakta veya hiç bulunmamaktadır; ama arsenik ve bor miktarları ciddi boyutlarda olabilir. O yüzden aşağıda bu iki madde detaylı olarak verilmiştir.

İçme Suyu ve Gıdada Gizli Tehlike: Arsenik

Arsenik yer kabuğunda toprakta, suda, havada, bitkilerde ve hayvanlarda yaygın olarak bulunan doğal bir elementtir. Arsenik ve bilhassa inorganik bileşenleri, Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından toksik ve kanserojen olarak sınıflandırılmıştır. Toksik etkisinden dolayı arsenik böcek, haşere, mantar, yabancı ot ve bakterilere karşı mücadelede tarım ilaçlarında kullanılmaktadır. Yüksek dozlarda insanlar için de toksik olmasına rağmen arsenik, geçmişte frengi ve sedef hastalığı tedavisinde ilaç olarak kullanılmıştır ve bugün de nadir bir kan kanseri türü olan akut promiyelositik lösemi tedavisinde kullanılmaktadır.¹⁵

Dünya Sağlık Örgütü (WHO), içme suyundaki maksimum arsenik seviyesini litrede 10 mikrogram (10 µg/L) veya 10 ppb (milyarda 10 parça) olarak belirlemiştir.¹⁶ Arsenik Bengaldeş, Arjantin, Çin, Tayvan ve Japonya gibi birçok ülkede yeraltı sularında doğal olarak yüksek dozlarda bulunmaktadır. İçme, gıda hazırlama ve sebze, meyve ve tahıl gibi besin bitkilerini sulamada kullanılan yüksek arsenik içerikli su, halk sağlığına arsenikle ilgili en büyük tehdidi oluşturmaktadır. İçme suyundaki arsenik seviyesinin doğal olarak yüksek olduğu yerlerde yaşayanlar veya çok miktarda pirinç, pirinç ürünleri, deniz ürünleri veya tavuk tüketenler, normalüstü seviyelerde arsenik almaktadırlar. Arsenik katkı maddeli yemeklerle beslenen hayvan eti tüketenler ve sigara içenler, indirek olarak bu ürünlerdeki arseniği de almaktadırlar.

Kömür gibi fosil yakıtlar, arsenikli koruyucu kimyasallarla işlemden geçirilmiş tahtalar ve hatta tütün ürünleri, yakıldıkları zaman havaya bir miktar arsenik verebilmektedir. Arseniğe maruz kalmanın uzun vadede insan sağlığı üzerindeki etkilerini araştırmak için başlatılan birçok bilimsel çalışmada, arsenik



içeren tarım ilaçları ile çalışan veya arseniğin kullanıldığı endüstrilerde görev yaparak yüksek dozda arsenikli kimyasallar teneffüs etmek durumunda kalmış olan binlerce kişi 40-50 yıl takip edilmiştir. Tüm araştırmalar, tutarlı olarak yüksek doz ve yüksek maruz kalma süresinin akciğer kanseri riskini artırdığını göstermiştir. Bazı araştırmalar, arseniğe maruz kalanların daha yüksek oranda cilt, mide, böbrek, lenf ve kan kanseri olma riski ile ilişkilendirdi. Ancak bu sonuçlar yeterince ikna edici bulunmadı.¹⁷ Güneydoğu Asya ve Güney Amerika'da içme suyu arsenik oranının normalin çok üzerinde olduğu bölgelerde yaşayan insanlar

üzerinde yapılan araştırmalarda, bu kişilerin idrar torbası, böbrek, akciğer ve cilt kanseri risklerinin daha yüksek olduğunu ortaya konuldu. En az beş yıl süren uzun süreli yüksek seviyelerde arseniğe maruz kalmanın ilk belirtileri genellikle ciltte renk değişiklikleri ve lezyonlar olarak gözlemlenir ve bunlar ileride cilt kanserine dönüşebilir.

İçme veya yiyecek hazırlamada değil de çamaşır veya bulaşık yıkamada veya temizlik yapmada kullanılan sudan insan vücuduna arsenik girmeyeceği için bu tür sular arsenik oranları yüksek bile olsa sağlık riski oluşturmaz. Ancak yüksek miktarda arsenik içeren sular tarla ve bahçe sulamasında kullanılıyorsa, bu tarla ve bahçelerde yetişen sebze, meyve ve tahıllar yüksek oranda arsenik içerebilir. Böyle bir rizkin olup olmadığını belirlemenin tek yolu, gıda maddelerindeki arsenik oranının laboratuvarlarda ölçülmesidir. Eğer sebze, meyve ve tahıllardaki arsenik oranları düşük seviyede ise, telaş edecek bir durum yok demektir. Jeotermal kuyulardan çıkarılan yeraltı suyu içilmediği, tarla ve bahçe sulamasında kullanılan sularla karışmadığı ve tarım yapılan topraklar üzerine akıtılmadığı takdirde, arsenik içeriği ne olursa olsun kanser veya başka bir sağlık riski oluşturmaması söz konusu değildir.



¹⁷ <http://www.cancer.org/cancer/cancercauses/othercarcinogens/intheworkplace/arsenic>

¹⁵ <http://www.cancer.org/cancer/cancercauses/othercarcinogens/intheworkplace/arsenic>

¹⁶ <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs372/en/>

Yiyecek, içecek ve teneffüs ile vücuda giren arseniğin çoğu birkaç gün içinde idrar ile vücuttan atılır. Bu sebeple, son birkaç gün içinde maruz kalınan arsenik miktarını öğrenmek için bir idrar testi yaptırmak yeterlidir. Saç ve tırnak testleri yaptırarak geçen 6-12 ay zarfında vücuda yüksek düzeyde arsenik girip girmediği öğrenilebilir. Ancak bu test sonuçları, geleceğe yönelik olarak sağlık öngörülerini yapmada güvenilir bir kıstas oluşturmamaktadır.

ABD'de arsenikle ilgili yapılan araştırmalarda, genellikle düşük seviyelerde arseniğe maruz kalma ile kanser arasında kuvvetli bir bağ bulunmamıştır. ABD'de İş Güvenliği ve Sağlığı Kurumu (OSHA), iş ortamlarında teneffüs edilen havadaki inorganik arsenik oranını metre küp hava başına 10 mikrogram ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) olarak sınırlandırmıştır. Ayrıca, tarım ilaçlarında arsenik kullanımına da sınırlamalar getirmiştir. Son zamanlarda pirinç ve elma suyu gibi yiyeceklerde görülen yüksek arsenik miktarları ciddi tartışmalar başlatmıştır. Örneğin yerli ve ithal pirinçler üzerinde yapılan analizlerde arsenik içeriği 55 ppb ile 318 ppb arasında bulunmuştur.¹⁸ Yani 45 gram prince karşılık gelen bir servislik plavdaki arsenik miktarı (2 - 9 mikrogram), Dünya Sağlık Örgütü'nün bir litre içme suyu için belirlediği 10 mikrogramlık arsenik üst sınırına yakındır.

ABD'de 3633 kişinin katılımıyla yapılan bir çalışmada, bir gün önce bir servislik pilav veya bir pirinç ürünü yiyenlerin idrarlarındaki arsenik oranının yemiyenlere kıyasla %44 daha yüksek olduğu bulunmuştur. İki servis veya daha fazla pirinç ürünü yiyenlerde ise fark %70 olmuştur. Ancak tüm bu verilere rağmen, henüz gıda n b arsenik miktarı ile ilgili bir düzenleme yapılmamıştır. Arsenik içeriğinin beyaz pirinçte 200 ppb ve elma ve üzüm sularında 3 ppb ile sınırlandırılması önerileri değerlendirilmektedir.

Arsenikle ilgili tartışmaların bilimsel bir zemine oturması ve bir anlam ifade etmesi için jeotermal sahalara yakın ve uzak yerlerde toprak, su ve hava ile birlikte o yerlerde yetiştirilen meyve, sebze ve tahıl ürünlerinin arsenik içeriği düzenli olarak ölçülmeli ve sonuçlar internet ortamında Aydın halkı ve ilgili kuruluşlarla paylaşılmamalıdır. Tabi bu çalışmalarda, yüksek arsenik içeren tavuk gübresi kullanımı, arsenik içerikli tarım ilaçları kullanımı ve bölgedeki endüstriyel tesislerin atıklarının da miktarı ve arsenik içeriği belirtilmeli ve etkileri irdelenmelidir.

¹⁸ <http://www.consumerreports.org/cro/magazine/2012/11/arsenic-in-your-food/index.htm>



Bor

Bor cam ve seramik, sabun ve deterjanlar, gübre, tarım ilaçları ve hatta nükleer enerji dahil çok geniş kullanım alanı olan metalik bir elementtir. Bor ve bileşenleri kanserojen değildir ve insan sağlığı üzerinde ciddi bir olumsuz etkisi yoktur. Bu yüzden borun insansılığına etkisi ile ilgili kapsamlı çalışmalara gerek görülmemiştir. Vücuda alınan bor 24 saat içinde idrar yoluyla dışarı atılır.

Bitkiler için az miktarda bor gereklidir. Ancak fazla miktarda bor bitkilere zarar vermektedir. Aydın bölgesinde jeotermal sular 30 - 100 ppm oranında bor içermektedir. Tarıma olumsuz etki riskine meydan vermemek için kuyu açma ve deneme su çıkarma çalışmaları sırasında jeotermal sıvı akışkan su geçirmez havuzlarda toplanmalı, nor mal üretim sırasında da ısısı alınmış jeotermal akışkan reenjeksiyon ile yer altına geri pompalanmalıdır.

Bilim ve Bilimsel Yaklaşım

İçinde bulunduğumuz bu bilgi çağında en değerli şey bilgidir ve ülkeler bilgi tabanlı ekonomiye geçme ve bilgi toplumu olma süreçlerinden geçmektedirler. Bu durum bilimi rehber edinmeyi ve bilimsel araştırmalara ağırlık verip Ar-Ge'ye ciddi kaynaklar ayırmayı beraberinde getirmektedir. Bilginin cazibesi ve etki gücü ve internet otobanlarında hızla yayılma potansiyeli aceleciliği, dikkatsizliği ve hatta suistimalleri de beraberinde getirmektedir. O yüzden bilimsel araştırmalarda uluslararası geçerliliği olan sağlam bilimsel metodu esas almak ve verileri yorumlayıp hüküm çıkarırken yine uluslararası standartları dikkate almak gerekir.

Zamanımızda bilgiye ulaşmak son derece kolay bir hale gelmiştir ve bilgi bankaları adeta elimizin altındadır. Bu durum, geçerli gerçek bilgi ile geçersiz hayal ürünü bilgiyi birbirine karıştırma riskini beraberinde getirmektedir ki tehlikeli bir durumdur. O yüzden bu zamanda sahip olunması gereken en kritik becerilerden biri, sap ile samanı, gerçek ile safsatayı birbirinden ayırmayı ve bilgileri filtrelemeyi mümkün kılan muhakeme etme yani eleştirel düşünme becerisidir. Eleştirel düşüncenin de köşetaşları aklı muhakemeye dayalı felsefe biliminin esaslarından olan mantık, akla uygunluk, tutarlılık, bilinen

gerçeklerle uyumluluk ve dikkattir. Ve de insafı olmak ve acele hüküm verme dürtüsüne boyun eğmemektir.

Dünya çok sayıda acı tecrübe ile öğrenmiştir ki herşeyin içiçe girdiği ve çok sayıda değişken ve parametrelerin olduğu karmaşık bir ortamda, bilimsel metodu uygun ve dikkatle yapılmış olsalar dahi, sınırlı sayıda gözlem veya araştırmadan elde edilen sınırlı miktardaki bilimsel veriden hüküm çıkarıp bunu genellemek hiç de geçerli bir yaklaşım değildir. Bundandır ki ilaçların onay süreci veya zararlı olduğundan şüphelenilen bir şeyin yasaklanma süresi yıllar almaktadır. Bütün bu sistematik çalışma ve temkinli yaklaşımlara rağmen tıp dünyasında dünün birçok kökleşmiş doğrusunun yeni araştırmalar sonucu bugünün derin yanılgılarına dönmesi, hüküm vermede hiç de aceleci olunmamasını telkin etmektedir.

Örneğin cep telefonu kullanımı ile beyin tümörleri ve kanseri arasında pozitif ilişki bulan çok sayıda bilimsel çalışmaya rağmen hala bilimsel olarak 'cep telefonları kanser yapar' denmemektedir. Çünkü birçok farklı bilimsel araştırmada böyle bir ilişki gözlenmemiştir. Bu kapsamdaki bir çalışmada İngiltere'deki 800 bin kadın 7 yıl süre ile takip edilmiş, ancak cep telefonu kullanımı ile kanser ve kanser tipleri arasında bir ilişki kurulamamıştır. Kanser alanında dünyanın önde gelen kuruluşlarından olan Amerikan Kanser Derneği (American Cancer Society, ACS) objektif bir bakış açısı ve bütüncül bir yaklaşımla bütün bu çalışmaları irdelemiş ve web sayfasında tüm dünyanın bilgisine sunmuştur.¹⁹

Durum böyle olunca, Aydın ilinde son yıllarda kanser vakalarının arttığı verisine dayanarak ve son yıllarda bölgede değişiklik olarak jeotermal enerjine işaret ederek, aynı anda görülen iki şeyden birini diğerinin sebebi ilan etmek bilim değil, anti-bilimdir. Bu kolaycı yaklaşımın bilimsellikte bir ilgisi yoktur. Böyle tek bir gözlemsel çalışmaya dayalı olarak söylenebilecek en makul şey, 'Acaba jeotermal enerji ile kanserin bir ilgisi olabilir mi?' sorusunu sormak ve kontrol yerleri/grupları oluşturarak dikkatli ölçümlere dayalı uzun vadeli araştırmaların yapılmasını önermektir.

¹⁹ <http://www.cancer.org/cancer/cancercauses/othercarcinogens/athome/cellular-phones>



Tıpta bir hastanın belli bir maddeyi belli bir miktarda belli bir süre alması sonucu iyileşmesi üzerine 'bu madde şu hastalığa ilahtır' hükmü ne kadar geçerli ise, jeotermal enerjiyi artan kanser olaylarının faili olarak görme yaklaşımı da o kadar geçerlidir. Muhtemeldir ki kullanılan maddenin hastalığa hiçbir etkisi yoktur ve hasta başka sebeplerle iyi olmuştur. Bu durum, bir zamanlar cep telefonlarının arabalarda ABS fren sistemini bozup trafik kazalarına sebep olduğu önyargısını ve ne zaman bir kaza olsa akla cep telefonlarının geldiği günleri hatırlatmaktadır. Tabi bunun sonradan bir safsata olduğu anlaşılmıştır.

Kuyu açma ve test etme aşamalarında jeotermal suyun su geçirmeyen havuzlarda toplanmaması durumuna modern dünya uygulamalarını referans verip bu konuda gerekirse mevzuat değişikliği talep edilebilir ve bir müddet derelere akıtılan suyun yakın çevrede arsenik gibi kanserojen madde miktarının artmasının doğrulayabileceği riziklerden söz edilebilir. Ancak toprakta, suda, tarım ürünlerinde ve insanlarda hiçbir ölçüm almadan ve bu ölçümleri kontrol grupları ile karşılaştırmadan jeotermal enerjisi suçlu ilan etmek bilimsellik değil, önyargıdır.

Hatta hüküm vermek için tek bir çalışma dahi yeterli değildir; diğer bağımsız çalışmalarla teyid etmek gerekir. Ülke genelinde şüphecilik, sorgulama ve eleştirel düşünce kültürü arzu edilen seviyede olmadığı için geçerli bir delile dayanmayan ve muhakeme süzgecinden geçmemiş iddialar bilimsel gerçeklik gibi medyada geniş yer bulabilmektedir (birkaç yıl önce dünyanın enerji sorununu sona erdirdiği iddiası ve 'bilimsel düşüncenin gücü' sloganıyla ortaya çıkan ve gazete manşetlerinde yer alan 'Erke Dönergeci' haberi gibi). Keza, yeni icadını monte ettiği aracıyla bir litre benzinle kaç kilometre gittiğini şahitler huzurunda tescil ettirip bunu 'bilimsel ispat' diye sunanları ciddiye alanlar da az değildir. Benzer şekilde, bazı bilimsel verileri abartarak ve yanlış yorumlayarak iyi olan bir çok ürün veya hizmet kötü olarak gösterilmektedir.

Örneğin aynı miktar aydınlanmayı yaklaşık dörtte bir elektrik tüketerek sağlayan enerji tasarruflu floresan lambalar 1980'li yıllardan beri tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de yaygın olarak kullanılmaktadır. Böylelikle hem vatandaşların aylık elektrik faturaları düşmekte, hem de iklim değişikliğini netice veren küresel ısınma ile mücadelede katkı sağlanmaktadır.

Ancak İngiltere'de çok yakın mesafelerde lambaların cilt kızarıklığı yaptığı ve bununda kansere yol açabileceği ile ilgili bir çalışma referans gösterilerek, basınımızda defalarca floresan lambaların kansere sebep olduğu konusunda haberler çıkmış ve evhamlar körüklenmiştir. Aslında kompakt veya tüp floresan lambaların ev veya işyerlerinde normal kullanım şartlarında kansere yol açması söz konusu değildir.

Gayet iyi aydınlatılmış evlerde dahi insanların oturma seviyesine lambalardan gelen ultraviyole ışın seviyesi, uluslararası standartlarca güvenli kabul edilen seviyelerin çok altındadır. Bir kişinin lambaların saldırdığı ultraviyole radyasyondan cilt kanseri olabilmesi için önce çok yüksek seviyede bu tür ışınları yayan lambalar bulması, sonra o lambaların hemen yanında saatlerce durması ve böylelikle cildinin kızarmasını ve yanmasını sağlaması ve bu işlemi defalarca tekrarlaması lazımdır. Jeotermal enerji için de aslında benzer bir durum söz konusudur.



Sonuç;

Elektrik enerjisi bir hayat düşünölemeyeceğine göre ve yerli ve yenilenebilir bir enerji olan jeotermal enerji, üretilen birim elektrik enerjisi başına çevreye ve sağlığa en az zarar veren enerji türlerinden biri olduğuna göre, jeotermal enerjiye karşı çıkmanın bir anlamı yoktur. Örneğin Türkiye'de 2013 yılında trafik kazalarında 3685 kişi hayatını kaybetmiş, 275 bin kişi de yaralanmıştır.²⁰ Ama akli başında hiç kimse bu hazin tabloya bakıp da araçların yasaklanmasını istemez. Akıl gereği, hatalardan ve eksiklerden ders çıkarıp hataların tekrarlanmasını önlemek ve gerekli tedbirleri alıp olası zararı olabilecek en düşük seviyeye indirmektir. Jeotermal enerjide de akıl ve bilimi rehber edinip benzer yapıcı bir yaklaşımla, varsa yapılan spesifik yanlış uygulamalara, suistimallere, ihmal ve ihlallere odaklanıp bunların düzeltilmesi gayreti içinde olunmalıdır. Halkın güvenlik ve sağlığını ve çevrenin temizliğini korumakla görevli kamu yetkilileri de görevlerini sorumluluk bilinci içinde yapmalı ve jeotermal enerjinin imajına zarar veren ihlallere fırsat vermemelidir.

²⁰ <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=18510>

Çevre duyarlılığı yüksek ölkelerdeki standartlar dikkate alınarak gerekirse daha sıkı düzenlemeler önerilmelidir. Jeotermal elektrik üreticileri de kanuni mevzuata uymakla yetinmemeli, dünyadaki en iyi uygulamaları kendilerine referans almalıdır.

Jeotermal enerjide bilgi topluma yakışır bir tarzda uzlaşmacı bir yaklaşımla ortak bir zemin oluşturup birlik olmak, ancak bilimsel veriler ışığında bilimin birleştirici gücü ile olur. Bu da Aydın'da hava, su, toprak ve tarım ürünlerinde düzenli ve yeterli sayıda ölçümler yaparak çevre ve sağlık için tehdit oluşturan arsenik ve hidrojen sülfür gibi kimyasalların takibi ve bu tür bilimsel verilere dayanarak ilgililerin ve halkın bilgilendirilmesi ve de sorulara cevap bulmak için gerekli Ar-Ge'nin yapılması ile mümkündür. Bunun için de kendi yeri, yetkin insan gücü, laboratuvar altyapısı ve yeterli bütçesi olan bir jeotermal merkezi bir an önce hayata geçirilmelidir. Jeotermal enerji, Aydın için incir ve zeytin gibi bir nimet ve bir gerçekliktir. Kamu, akademi ve sivil toplum liderleri ile sektör temsilcileri hep birlikte jeotermal enerjiden en yüksek faydayı sağlayıp potansiyel zararları en aza indirecek bir çözüm üretilirse, Aydın halkına ve şehrin geleceğine büyük bir hizmet yapmış olacaklardır.