SİNOP-GERZE TERMİK SANTRALİ PROJESİ'NİN OLASI SONUÇLARI ve DEĞERLENDİRMELER

Yrd. Doç. Dr. Aybaba HANÇERLİOĞULLARI, K.Ü., Fen Edebiyat Fak., Nükleer Fizik ABD
Doç. Dr. Sezgin AYAN, K.Ü., Orman Fak., Silvikültür ABD
Doç. Dr. Temel SARIYILDIZ, K.Ü., Orman Fak., Toprak İlmi ve Ekoloji ABD
Doç. Dr. Ömer KÜÇÜK, K.Ü., Orman Fak., Orman Koruma ABD

Özet: Enerji insanlar için vazgeçilmez bir ihtiyaçtır. Geçmişten günümüze çeşitli kaynaklar kullanılarak enerji elde edilmeye çalışılmıştır. Bu kaynaklardan en çok kullanılanı fosil yakıtları olmuştur. Elektrik üretimi için kullanılan maden kömürü, linyit, fuel-oil, motorin, doğal gaz, sıvılaştırılmış gaz (LPG), nafta gibi fosil yakıtları ve türevleri telafisi olmayan çevre sorunlarına yoğun bir şekilde sebep olmaktadır. Günümüzde çevreye duyarlı ülkeler, enerjiye olan ihtiyaçlarını karşılarken, temiz üretim ve sürdürülebilir yaşam prensibini temel anlayış olarak kabul eden alternatif enerji elde etme metotlarına yönelmektedir. Bu nedenle, çevreyi olumsuz etkileyen termik santrallerin artık enerji elde etmek amacıyla kullanılmasından hızla vazgeçmeye başlamışlardır. Türkiye'de ise hala termik santrallerin yapımı enerji üretiminde zorunlu bir yolmuş gibi teşvik edilmektedir. Çevreye duyarlı ülkeler termik santrallere karşı çıkarken, Anadolu Grubu (AG) tarafından 2 x 600 MW'lık ünitelerden toplam 1200 MW gücünde termik santral tesisi, Sinop ili Gerze ilçesi Yaykıl köyünde kurulması planlanmaktadır. Üretilecek enerji, 380 bin voltluk hatlar ile bir taraftan yapımı süren Boyabat Santralı Şalt Tesislerine, diğer taraftan da planlanmış Erfelek Santralı Şalt Tesislerine bağlanarak, Ulusal Şebeke ile irtibatlandırılacaktır. Termik Santral Entegre Projesi; termik santral, santrale yakıt sağlayan yeraltı kömür işletmesi, endüstriyel atık (kül ve cüruf) depolama alanı, liman ve kireç taşı ocağını içermektedir. Santralde günlük 8000 ton, yıllık 2.5 milyon ton kömür yakılacağı belirtilmektedir. AG tarafından hazırlanan katalog bilgilerine göre kül oranı %10, kalorisi 6500 kcal/kg kömürün kullanılacağı santralde yıllık 250.000 ton kül oluşacağı vurgulanmaktadır (Babüroğlu ve Anadolu Grubu Yetkilileri & Uzmanları& Danışmanları, 2009). Sinop-Gerze İlçesi Yaykıl Köyünü temsilen yapılan başvuru, arazide 13 Ocak 2010 tarihinde yapılan inceleme ve yukarıda belirtilen özelliklerdeki bir Termik Santralin olası etkileri Türkiye ve Dünyadaki benzer tesisler ve etkileri dikkate alınarak, irdelenmiş ve literatür derlenerek raporlanmıştır. Bu bilgiler ışığı altında, bu yörede termik santralin kurulmasının, doğa ve ekolojik turizm açısından potansiyel bir alan olan Gerze'de telafisi mümkün olmayan çevre ve sağlık sorunlarına yol açacağı sonucuna varılmıştır.

1.GİRİŞ

Dünyanın gelişmiş ülkeleri 21.yy'da enerjiye olan ihtiyaçlarını karşılamada, temiz üretim ve sürdürülebilir yaşam prensibini temel anlayış olarak kabul ederken; Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde de özellikle çevreyi etkileyebilecek tüm oluşumların temel bir parametre olarak planlama süreçlerine dahil edilmesi gerekmektedir. Avrupa'nın ve gelişmiş ülkelerin çoktan terk ettiği en önemli çevre kirletici kaynakları arasında yer alan termik santrallerin, Türkiye'nin de aralarında bulunduğu gelişmekte olan ülkelere pazarlandığı bilinen bir gerçektir (Bakan ark., 2003). Kurulması planlanan termik santralin halkın yararına olup olmadığı, bölgeye kazandıracakları, çevreye ve insan sağlığına zararlarının çok iyi değerlendirilmesi gerekmektedir. Suyun, havanın, toprağın kirlenmesi, tarımsal alanların azalması, kuraklık, hastalıklar ve ölümlere neden olan termik santral yatırımlarının yerine yenilenebilir enerji kaynaklarının tercih edilmeme nedenleri detaylı olarak değerlendirilmelidir.

En yaygın olarak bilinen çevre kirlenme türü petrol, kömür gibi yaygın olarak kullanılan fosil yakıtlardan meydana gelen hava kirliliğidir. Enerji üretiminin ve dağıtımının neden olduğu çevre etkilerini asit kirleticiler, sera etkisi, insan sağlığı, partiküller, ağır metaller, afet olasılığı, atık sorunu, görüntü, gürültü ve ışık kirliliği, radyasyon kirliliği ve arazi gereksinimi olarak sıralamak mümkündür. Mevcut Enerji Üretim Sistemlerinin Çevresel Etkileri Tablo 1'de karşılaştırılmıştır (Bakan ark., 2003).

Dünyada çevre politikalarının ana hedefi, sürdürülebilir kalkınma ile birlikte çevrenin korunması ve geliştirilmesi olarak, çevre politikasının ana stratejisi ise, doğal kaynakların yönetimi, insan sağlığı ve doğal dengenin korunması şartıyla sürdürülebilir bir kalkınmanın sağlanması ve gelecek nesiller için doğal ve sosyal bir çevrenin bırakılması olarak belirlenmiştir (Bakan ark., 2003).

Tablo 1. Mevcut Enerji Üretim Sistemlerinin Çevresel Etkileri

Yakıt	İklim değişik.	Asit Yağmurları	Su Kirliliği	Toprak Kirliliği	Gürültü	Radyasyon
Petrol	X	X	X	X	X	-
Kömür	X	X	X	X	X	X
Doğalgaz	X	X	X	-	X	-
Nükleer	-	-	X	X	-	X
Hidrolik	X	-	X	X	-	-
Rüzgar	-	-	-	-	X	-
Güneş	-	-	-	-	-	-
Jeotermal	-	-	X	X	-	-

İklim değişikliğinin, artan hava sıcaklıklarının ve kuraklığın arkasına sığınan yetkililer, enerji ihtiyacını ya da açığını gerekçe göstererek pahalı ve kirli bir teknoloji olan termik santralleri yeniden kamuoyunun gündemine taşımıştır. Termik santral kurulmasının çevresel açıdan tüm dünyada yasaklanmasının öngörüldüğü günümüzde, ülkemizin verimli toprakları, yanlış çevresel

politikalar sonucu kirletilme ve yok olma tehlikesi ile karşı karşıya kalmıştır.
Yatağan ve Afşin termik santrallerinin oluşturduğu çevresel problemler henüz çözülememişken yeni termik santrallerin yeni çevresel sorunlar getireceği açıktır. Enerjide plansız ve programsız alınan bu kararlar; tarım, turizm, ormancılık, ekolojik yaşam ve doğal kaynakları yok etmekte dolaylı olarak bölgenin ekonomisini kalkındırmak yerine nüfusun göç vermesine, yüksek bütçeli sağlık harcamaları ve en kötüsü de insan hayatı ile ödenecek sonuçları doğurabilmektedir. Bu yüzden Anadolu Grup tarafından Sinop İli Gerze İlçesi sınırları içerisinde kurulması düşünülen termik santralin halkın yararına olup olmadığı, bölgeye ve Sinop iline kazandıracakları, çevreye ve insan sağlığına zararlarının çok iyi değerlendirilmesi gerekmektedir.
Ülkemizde termik santrallerde elektrik üretimi için maden kömürü, linyit, fuel-oil, motorin, doğal gaz, sıvılaştırılmış gaz (LPG), nafta gibi fosil yakıtlar ve türevleri ile atıklar ve jeotermal kaynaklar kullanılmaktadır. Türkiye'nin sahip olduğu en bol fosil kaynaklı yakıt, düşük-kaliteli ve yüksek derecede kirlenmeye yol açan linyit en bol bulunduğundan ülke enerji üretiminin belkemiğidir. Ancak, bu kömürün kullanımı çok yüksek miktarlarda kükürt dioksit (SO2), azot oksitler (NOx), karbon monoksit (CO), Ozon (O3), hidrokarbonlar, partiküler madde (PM) ve kül oluşturmaktadır. Bu atıklar, çevre sağlığına çok çeşitli biçimlerde etki eder. Eğer herhangi bir filtre kullanılmazsa 100 megawatt gücünde kömürle çalışan bir termik santralin kirletici etkileri aşağıdaki Tablo 2'de görülmektedir.

Tablo 2. Termik santrallerden çıkan kirletici miktarları (100 MW santral için yıllık değerler)

Kirletici	Miktar (ton/yıl)
Kükürt dioksit (SO_2)	45,000
Azot oksitler (NO_X)	26,000
Karbon monoksit (CO)	750
Katı partiküller (PM)	32,500
Hidrokarbonlar	250
Kül	5,660

SO2 ve NOx gazları asit yağmurlarının oluşumundan birinci derecede sorumludurlar (URL 1). Bacalardan atılan kükürt ve azot oksitler, hakim rüzgarlarla ortalama 2 - 7 gün içerisinde atmosfere taşınırlar. Bu zaman süresi içinde bu kirleticiler, atmosferdeki su partikülleri ve diğer bileşenlerle tepkimeye girerek sülfürik asit ve nitrik asiti oluştururlar. Bunlar da yeryüzüne yağmur ve kar ile ulaşır. Böylece, baca gazları ikinci kez ve daha geniş bir bölgeye etki etmiş olurlar. Bölgenin arazi yapısı ve hava koşullarına bağlı olarak, etki yüzlerce kilometreye kadar yayılabilmektedir. Asit yağmuru denilen bu olgu yalnızca canlılar için değil, taş yapıtlar ve eski sanat eserleri için de önemli bir tehlike oluşturmaktadırlar.
Termik santral küllerinin toplandığı alanda (kül depolarında) oluşan Radon gazı (Ra222) havaya ulaşmaktadır. Bu küllerin üzeri toprakla örtülse dahi toprağın gözeneklerinden geçen Ra222 havaya karışır. Ra222 3.8 günlük bir süre içinde Polonyum'a (Po210) ve aktif kurşuna (Pb210) dönüşebilmektedir. Bu nedenle; kül yığınları çevreye radyoaktivite yayar. Bacadan atılan maddelerin içinde belki de en önemlisi, linyitte bulunan ve yanma ile açığa çıkarak etrafa yayılan uranyumdur. Küllerdeki uranyum da ayrı bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır.
Termik santrallerde üretilen enerjinin sadece %30-40 oranındaki bir bölümü elektrik enerjisine dönüştürülebilmekte; kalan kısmı ise "kaçak enerji" olarak adlandırılmakta ve baca gazıyla birlikte bacadan atılmaktadır. Termik santrallerin en önemli çevresel etkilerinden biri de soğutma suyuyla ilgilidir ve termik santrallerin soğutma suyu gereksinimi büyüktür. Bu nedenle termik santraller genellikle nehir, göl veya deniz gibi soğutma suyu kullanılabilecek kaynaklara yakın yerde kurulmaktadır. Atıkların denize atılması, karaya serpiştirme çok eskiden beri kullanılan sorumsuz atık yöntemidir. Deniz, akarsu ve göllerde yapılan atık ısı boşaltımlarının en az düzeye indirilmesi; denizlerdeki biyolojik yaşamı tehlikeye sokan termal kirlilik kaynaklarının yayılmasını önlemek uluslararası düzeyde sözleşmelere de girmiştir. Termik santrallerin en çok şikayet edilen ve çevreye zararı dokunan ve metin içerisinde güncel örnekler vererek açıklanmaya çalışıldığı gibi kül atıklarıdır.
Termik santraller soğutma, buhar elde etme ve temizleme gibi çeşitli amaçlarla su kullanmakta ve tüm bu işlemler sonucunda tonlarca atık su oluşturmaktadırlar (Su arıtma tesisi atık suları, su - buhar çevriminden kaynaklanan atık sular, curuf teknesi taşıntı suları, luvo yıkama ve temizleme suları, yağlı sular, evsel atık sular ve yağmur suları, kömür stok sahası drenajları). Bu özellikteki atıklar ne kadar işlemden geçirilirse geçirilsin, çevre kirliliğine yol açmaları kaçınılmazdır. Çünkü, bu sular ya toprağa ve yeraltı sularına ya da bir şekilde denize ulaşacaktır.

2.TERMİK SANTRALLERİNİN ÇEVRESEL ETKİLERİ

Termik santrallerinin çevresel etkileri şöyle sıralanabilir: Hava kirliliği, Su kirliliği, Toprak kirliliği, Bitki örtüsüne yaptığı etkiler ve Arazi kullanımı üzerine etkileridir.

2.1.HAVA KİRLİLİĞİ

Hava kirliliği; havada katı, sıvı ve gaz halinde bulunan yabancı maddelerin insan ve diğer canlıların sağlığına, hayatına ve ekolojik dengeye zarar verecek yoğunlukta atmosferde bulunmasıdır. Atmosfere bırakılan veya termik santrallerden çıkan atıkların çevre üzerinde etkileri olduğu gibi insanların üzerinde de önemli etkileri vardır. Hava kirliliğinden bazı gruplar daha kolay etkilenmektedirler. Bu gruplar; bebekler ve gelişme çağındaki çocuklar, gebe ve emzikli kadınlar, yaşlılar, kronik dolaşım ve solunum sistemi hastalıkları olanlar, endüstriyel işletmelerde çalışanlar ve düşük sosyo-ekonomik grup içinde yer alanlardır.
Genel olarak havadaki kirleticilerin sağlığa etkileri ise şunlardır: Özellikle yeryüzüne yakın seviyelerde oluşan ozon insan sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir. Azot oksitlerin bulunduğu ortamda kısa süreli bulunma solunum şikayetlerine, uzun süre bulunma ise akciğerlerde kalıcı hasarlara neden olmaktadır. Partiküller; bronşite, anfizem ve damar hastalıklarına bağlı olarak ölümlere neden olmaktadır. Kurşun, kan hücrelerinin gelişmesini ve olgunlaşmasını engellemekte, kanda ve idrarda birikerek sağlığı olumsuz yönde etkilemektedir (URL 1; URL 2). Karbon monoksit (CO)'in ise, kandaki hemoglobin ile birleşerek oksijen taşınmasını aksattığı bilinmektedir. Bununla birlikte,

kükürt dioksit (SO2)'in, üst solunum yollarında keskin, boğucu ve tahriş edici etkileri vardır. Özellikle, duman akciğerden alveollere kadar girerek olumsuz etki yapmaktadır. Kronik kalp hastalığı olan kişilerin hastalıklarının şiddetlenmesinde artış, kanser vakalarının görülme sıklığında ve erken ölüm görülme sıklığında artışa neden olmaktadır. Termik santrallerin oluşturduğu hava kirliliği sadece havayı soluyan canlılara değil, orman ve geniş tarım arazilerine de olumsuz etkiler yapmaktadır. Bacadan çıkan gazlar ve diğer maddelerin ürün verimlerine olumsuz etkileri görülmektedir.

2.2.SU KİRLİLİĞİ

Termik santrallerde buhar üretme, soğutma ve temizleme işlemleri için önemli miktarda su kullanılmaktadır. Termik santrallerde tüketilen soğutma sularının santralin makinelerine zarar vermelerini engellemek amacıyla, kullanılmadan önce çeşitli kimyasal işlemlerden geçirilmektedir. Ancak, bu işlem atık suların Fe2SO4 bakımından zenginleşmesine neden olmaktadır.

Termik santrallerde yakma işlemi sonucunda önemli miktarda yüksek basınca ve sıcaklığa sahip buhar üretilmekte ve elektrik üretiminde bu buhar kullanılmaktadır. Buharın tribünleri çevirmesinden sonraki sıcaklığı da oldukça yüksektir. Termik santrallerde atık olarak çıkan ısının yaklaşık %15'i baca gazı içinde, %85'i ise su ile dış ortama bırakılmaktadır. Atık suların tekrar kaynağa döndürülmesi bu kaynakta kirliliğin artmasına neden olmaktadır.

Termik santrallerin doğal çevre üzerindeki olumsuz etkilerinden bir diğeri de yakma sonucunda veya baca gazı desülfürizasyon tesislerinden çıkan küllerin su kaynakları üzerinde yarattığı kirlenmedir. Termik santrallerin su kirliliği üzerine olan diğer etkileri aşağıda verilmiştir.

•Termik santrallerde soğutma, temizleme vb. işlemler için önemli miktarda su kullanılmaktadır. Kullanılan bu suyun alıcı ortama deşarjı sonucu ortamdaki sıcaklık dengesi bozulur. Sıcaklık canlılar için hayati önem taşıyan bir kavramdır ve sıcaklık değişimlerinin canlı faaliyetleri üzerinde kısıtlayıcı hatta öldürücü etkisi vardır.

•Kullanılan soğutma sularının alıcı ortama verilmeden önce arıtılması sırasında (geçici sertlik giderimi, çöktürme) kullanılan kimyasal maddeleri suyun verildiği ortamlarda kirliliğe neden olmaktadır.

•Baca gazından çıkan maddelerin yarattığı asit yağmurları da yeryüzüne düşmeyle beraber kirliliğe, bitki ve toprak yapısında değişime neden olabilmektedir.

•Uçucu küllerde bulunan Fe, Zn, Cu, Pb vb. ağır metaller yağmur sularıyla yıkanma gibi durumlarla yer altı suyuna ve içme suyu kaynaklarına ulaşabilmektedir.

Yeraltı ve yerüstü suları için diğer önemli tehlike; Termik Santrallerde kömürün yanması sonucu ortaya çıkan kül ve cüruf gibi atıkların güvenli yöntemlerde sarfı (toksik iz element içeriği nedeniyle) yer altı suları açısından büyük önem taşımaktadır. Yatağan Termik Santrali'nden kaynaklanan küllerin rüzgarla çevreye yayılmasının önlenmesi amacıyla sulandırılarak depolama yapılmaktadır. Bunun sonucu olarak katı atıklarla birlikte, büyük hacimli atık su barajları oluşmuştur. Bu atıkların asit düzeyleri (pH'ları) 9-11.5 arasında değişmektedir (TMMOB, 2008).

2.3. ÇEVRE VE TOPRAK KİRLİLİĞİ

Termik santral reaktöründe kömürünün yanması sonucu, kömürde bulunan mineral maddeler yanmayıp uçucu kül olarak reaktörü terk etmektedir. Uçucu küller baca dumanı ile havaya yayılarak ağırlıklarına ve atmosferik olaylara göre bacadan itibaren farklı mesafelerde yere çökerler. Bu uçucu küllerin içerdikleri ağır metaller, örneğin Co, Cd, Zn, Pb, Cu gibi metal bileşikleri ile baca dumanından çıkan kükürt dioksit (SO2) ve azot oksit (NOX) gazları atmosferdeki birtakım kimyasal reaksiyondan sonra kükürt dioksit sülfürik asit (H2SO4), azot oksit ise nitrik asit (HNO3) şeklinde yağmur içinde (asit yağmuru) termik santralin çevresindeki toprakların üzerine ulaşırlar (Sarıyıldız ark., 2005; Gocaloğlu ark., 2000).

Termik santral işleten firmalar her ne kadar termik santral reaktöründe yakılan kömür sonucu çıkan uçucu küllerin ve gazların çoğunun termik santraldeki reaktör çıkışına takılmış filtrelerle tutulduğunu söyleseler de, aşağıda bu konuda yapılmış çalışmalarda, termik santrallerin topraklardaki ağır metal konsantrasyonlarını ve asitliliğini (buna bağlı olarak toprakların diğer iyi özelliklerini (kötüleştirdiğini) arttırdığı görülmektedir.

2.3.1. Çevre Toprakları Üzerine Asit Yağmuru

Asit yağışları, toprağın kimyasal yapısı ve biyolojik koşulları üzerinde etkide bulunarak, bu topraklar üzerinde yetişen bitkilere zararlı olmaktadır. Toprağa ulaşan sülfürik asit, toprağın asitliliğini arttırmaktadır. Miktarı artan H+ iyonları, toprağın kolloidal kompleksleri olan kil mineralleri ve humus kolloidleri tarafından tutulmakta olan başta Ca++ olmak üzere K+, Mg++ ve Na+ gibi bitki besin elementlerinin yerine geçerek, onların topraktan taban suyuna karışmak üzere yıkanmalarına neden olmaktadır. Makro besin elementlerinin bu yolla topraktan yıkanmaları toprağın verim gücünün azalmasına neden olduğu gibi toprakta oluşan yüksek asitliliğin bir kısmı mikro besin elementlerinin de olumsuz yönde etkilenmesine neden olmaktadır. Topraktaki asit birikimi, besin elementlerinin bitkiler tarafından kullanılmamasına neden olmaktadır. Aynı zamanda asit yağışları, topraktaki demir, alüminyum ve mangan gibi toksik maddelerin açığa çıkmasını da sağlamaktadır. Bu toksik maddeler ağaçlara ve bitkilere çok zararlı etkiler yapmaktadır (Kantarcı ve Karaöz, 1988). Khemani ve ark. tarafından yapılan bir çalışmada; termal santrallerin etrafındaki alanlara düşen yağmurun asitliğinin termik santralden uzaklaştıkça azaldığını bildirmişlerdir. Diğer bir ifade ile, Termik santral etrafındaki (yaklaşık 4 km) vejetasyon ve topraklar aşırı miktarda asit yağmur altındadır.

Kütahya ilinin 28 km kuzey doğusunda yer alan Seyitömer Termik Santralı dört birimden oluşmuştur. Bu birimler sırasıyla 1973, 1974, 1977 ve 1989 yıllarında faaliyete geçirilmişlerdir (Oruç, 1999). Termik santralın hava kirletici emisyonları; partikül madde 650-1330 kg/saat, SO2 8000-18000 kg/saat, NOx 1600-3600 kg/saat, CO 80-180 kg/saat, uçucu organik bileşikler 10-24 kg/saat, CH4 4-9 kg/saat kadardır. Özellikle havaya verilen SO2 miktarının çok yüksek olduğu belirtilmektedir (Çiçek ark., 2001). Tunçbilek Termik Santralı, 204924 m2 alanda, Tavşanlı ilçesinin Tunçbilek Köyü yakınlarında kurulmuştur. Toplam gücü 429 MW ve esas yakıtı yörede bulunan düşük kalorili linyit kömürüdür. Günlük linyit tüketimi 7000 ton olup bu miktar santral birimlerinin yıllık çalışma sürelerine ve linyitin kalorisine göre değişebilmektedir. Linyite ek olarak fuel oil ve mazot ta

kullanılabilmektedir. Tunçbilek Termik Santralı 2000 yılında 1 927 741 700 kilowat saat üretim de bulunmuş ve bunun 2 milyar kilowat saata çıkarılması hedeflenmiştir. Bu üretimi yapabilmek için ise termik santralde 1 907 993 ton kömür, 12 589 ton fuel oil ve 705 ton motorin yakıtı kullanılmıştır. Termik santralın SO2 emisyonu 3,30 g SO2/106 cal'dir (EPA üst sınır değeri 2,20 g SO2/106 cal) (Çiçek ve Koparal, 2004) Hem Seyitömer hem de Tunçbilek termik santralının 2004 yılında Avrupa'daki 200 en büyük SO2 kirleticisi arasında olduğu bildirilmektedir. Seyitömer Avrupa'da 200 en büyük SO2 kirleticisi içinde 11. sırada, Tunçbilek Termik Santralı ise 56. sırada olup, Seyitömer'in kirletici emisyonları yıllık 149 kt SO2, 20 kt NOx, 4 Mt CO2 ve 0,1 kt PM , Tunçbilek'in ise 43 kt SO2, 8 kt NOx, 2 Mt CO2 ve 10.1 kt PM kadardır (Barret, 2004).

2.3.2. Çevre Toprakları Üzerine Ağır Metal Girişi

Ağır metal terimi fiziksel özellik açısından yoğunluğu 5 g/cm3 ten daha yüksek olan metaller için kullanılır. Bu gruba kurşun, kadmiyum, krom, demir, kobalt, bakır, nikel, cıva ve çinko olmak üzere 60 tan fazla metal dâhildir. Endüstriyel kullanımının artmasıyla metaller ve ağır metaller öncelikle meslek hastalıkları sorunları olarak gözlenmiştir. Daha sonra toprak, su kaynaklarının kirliliğinin artmasıyla çevresel salgınlar olarak gündemimize girmeye başlamıştır. Kurşun, krom, cıva, bakır, arsenik, kadmiyum önemli örneklerdir. Ağır metallerin ekolojik sistemde yayılımları incelendiğinde doğal çevirimlerden ziyade insan elinin çevreye yayılımda daha etkili olduğu gözlenmektedir. Endüstriyel üretimler arasında çimento, demir-çelik, termik santraller, cam, çöp ve atık çamur yakma tesisleri gibi alanlar önde gelmektedir. Tablo 3'de bazı endüstri gruplarından atılan metal türlerinin dağılımı görülmektedir. Bu dağılıma bakıldığında Termik santrallerin atılan tüm metal türlerini içerdiğini görmekteyiz.

Metallerin, özellikle de ağır metallerin yarattığı sağlık problemlerinin çoğu ileri derecede tanı ve tedavi olanakları gerektiren kronik hastalıklar ya da kanserlerdir (Bakar ve Baba, 2009). Çoğunda da tedavi imkânları kısıtlı olup, sıklıkla ölüm gözlenebilmektedir. Atık sulardaki ağır metallerin bir kısmı arıtma çamurunda bulunurlar. Çözünmüş kısımlar ise yüzey suları ile içme ve kullanma sularına ve diğer besin kaynaklarına ulaşabilirler. Havaya, toprağa ve suya karışan metaller bitkiler ve hayvanlar üzerinden besin zinciri ile insanlar üzerine ulaşmaktadır. Bunun dışında sular ya da aerosal olarak toz şeklinde de insanları etkilemektedir. Ağır metallerin en göze çarpan özellikleri arasında vücuttan atılmadıkları ve çeşitli dokularda (yağ dokusu, kemik vb.) biriktikleri gözlenir (Bakar ve Baba, 2009). Vücutta bulunan metal konsantrasyonları eşik değerleri aştığı andan itibaren zararlı etkileri gözlenmeye başlar.

Çiçek ve Koparal'ın 2006 yılında Seyitömer Termik Santralında yaptıkları bir çalışmada, termik santrale yakınında, 6 farklı yöndeki yüzey topraklarında (0-30 cm derinlik arasında) ve söğüt (Salix alba L.) yapraklarında yaptıkları analizlerde, herbir yöndeki toprak ve yaprak örneklerinde yoğun miktarda ağır metaller (demir (Fe), kadmium (Cd), krom (Cr), bakır (Cu), çinko (Zn), kurşun (Pb), SO2 olarak kükürt (S)) olduğunu belirlemişlerdir. Rüzgarın hakim olarak estiği yöndeki toprak ve yaprak örneklerinde ağır metallerin yoğunluğunun daha da arttığını bildirmişlerdir.

Tablo 3. Endüstri gruplarından atılan metal türlerinin dağılımı (Kahvecioğlu ark., 2009)

Endüstri	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Ni	Sn	Zn
Kağıt	-	+	+	+	+	+	-	-
Petro Kimya	+	+	-	+	+	-	+	+
Klor -Alkali Üretimi	+	+	-	+	+	-	+	+
Gübre sanayii	+	+	+	+	+	+	-	+
Demir -çelik	+	+	+	+	+	+	+	+
Termik Santraller	+	+	+	+	+	+	+	+

Muğla'da Milas'ın 54 km Güneyinde bulunan 4.100 TWh kapasiteli Kemerköy Termik Santrali, günde 15000 ton kömür yakmakta ve dışarıya 6000 ton kazan altı külü ve uçucu kül üretmektedir. Bu küllerin birçok toksik element, örneğin, Pb, Zn, Cd ve Cu içerdikleri çok öncelerden bilinmektedir (Gehrs et al., 1979). Baba (2000) tarafından Kemerköy Termik Santralinde kömür, uçucu kül ve kazan altı külün içerdiği elementlerin incelenmesinde, kömür ve kazan altı külle karşılaştırıldığında toksik iz elementlerinin (Cd, Cu, Cr, Co, Ni, Pb, Sb and Zn) uçucu küllerde en yüksek olduğu, kazan altı külle kömür karşılaştırıldığında ise kazan altı külde daha yüksek toksik iz elementleri belirlemiştir. Kömür yakılmasına bağlı olarak uçucu küllerde zenginleşen bu toksik iz elementler çevredeki topraklara ve oradan da su ve besin kaynaklarına, hayvanlara ve daha sonrada insanlara ulaşacaktır.

Somesh ve Gurdeep, (1993) tarafından Hindistan'da Chandrapura Bihar'da kurulan, 780 Mw kapasiteli ve günde 8000 ton kömür yakılan, etrafındaki köylerde tarım ve hayvancılık yapılan termik santralin çevre topraklarına olan etkisi konulu çalışmasının sonuçları incelendiğinde, uçucu kül içindeki miktar dikkate alındığında (Tablo 4), kirlenmenin olmadığı kontrol topraklarıyla (Tablo 5) karşılaştırıldığında termik santral etrafındaki topraklardaki (Tablo 6) toksik metal konsantrasyonları önemli derecede yüksek bulunmuştur. Kömür ile çalışan bir termik santralden 37 adet iz elementin etrafındaki ekosisteme geçtiği belirtilmiştir (Somesh ve Gurdeep, 1993).

Tablo 4. Uçucu kül içindeki toksik metal konsantrasyonları

Toksik metal isimleri	Konsantrasyon (ppm)
Cu	22
Ni	165
Pb	177
Co	92
Sb	121
Bi	17
Zn	175

Yüzey topraklarından alt kısma doğru gidildikçe toksik metal elementlerde azalma olmakla beraber bu miktarlarda kirlenmemiş alan topraklarıyla karşılaştırıldığında oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Diğer bir çalışmada, Hindistan'ın kuzeyinde kurulan 3 termik santralin çıkardığı uçucu kül içindeki ağır metalleri inceleyen ve bunları diğer ülkelerdeki termik santrallerle karşılaştıran (Tablo 7) Sushil ve Batra (2006) kömür külü içindeki ağır metallerin önemli bir miktarının, örneğin nikelin %8, kromun %17 sinin toprakta sızarak yeraltı sularına karıştığını

bildirmişlerdir.
Mondal ve ark. (2006) tarafından Hindistan'da yapılan bir çalışmada, Kolaghat ve Durgapur ve Bandel adlı üç Termik santralde kullanılan kömür ve bu kömürün küllerindeki doğal radyoaktivite miktarlarını (238U, 232Th ve 40K) incelemişlerdir. Kolaghat Termik santralindeki küllerdeki 238U, 232Th ve 40K miktarları sırasıyla 111, 140 ve 351 Bq/kg olarak belirlenirken,

Tablo 5. Kirlenmenin olmadığı topraklardaki toksik metal konsantrasyonları (ppm)

Alan no	Toprak Derinliği (cm)	Cu	Ni	Pb	Co	Bi	Sb	Zn
1	0-30	7	41	21	12	0	0	48
2	0-30	4	39	18	10	0	0	44
3	0-30	6	40	17	7	0	0	43
Ortalama	0-30	5.66	40	18.7	9.66	0	0	45

Durgapur Termik santralında 97, 107 ve 315 Bq/kg ve Bandel Termik santralında bu miktarlar 106, 126 ve 315 Bq/kg olarak bulunmuştur. Termik santrallerden gelen küller içinde doğal olarak oluşan radionükleidler nedeniyle hava absorbe edilen gama dozları 123 ile 150 nGy h-1 olarak bulunmuştur ki bu rakam dünya ortalaması olan 43 nGy h-1 miktarının üç katı kadardır. Araştırmacılar, bu rakamların Termik santralların çevreye verdikleri ve verecekleri zararların derecesinin alarm düzeyine geldiğinin göstergesi olduğunu bildirmişlerdir.

Tablo 6. Termik santralin kirlettiği topraklardaki toksik metal konsantrasyonları (ppm)

Alan	Termik santralden olan konumu	Toprak Derinliği (cm)	Cu	Ni	Pb	Co	Bi	Sb	Zn
1	GB	0-30	17	89	87	72	1	2	147
		30-60	13	86	85	66	-	1	146
		60-90	12	80	81	60	-	-	144
2	GD	0-30	20	166	99	84	2	9	159
		30-60	19	162	96	78	-	3	155
		60-90	17	160	94	71	-	-	154
3	D	0-30	20	160	97	83	2	8	157
		30-60	18	154	96	79	-	3	154
		60-90	16	153	94	68	-	-	151
4	KB	0-30	17	145	92	76	1	4	151
		30-60	14	139	90	70	-	2	147
		60-90	10	134	88	60	-	-	154
5	KD	0-30	19	151	94	80	1	7	155
		30-60	16	153	93	72	-	2	153
		60-90	14	149	91	65	-	-	150
Ortalama		0-30	18.6	143.4	93.8	79	1.4	6.0	153.8
		30-60	16.0	138.8	92.0	73	-	2.2	151.0
		60-90	14.0	135.2	89.6	64.8	-	-	141.6

Tablo 7. Farklı ülkelerdeki Termik santrallerde yakılan kömürün uçucu kül miktarlarındaki toksik metallerin

Element	Hindistan 1. TS	Hindistan 2. TS	Hindistan 3. TS	Yunanistan	İspanya	UK	Çin	Bütün Hindistan	Hindistan Orissa
Cr	103	90	87	110-160	134.2	RY	RY	120	145.8
Co	18	13	8	RY	29.2	RY	RY	23.6	16.88
Cu	83	56	58	31.8-62.8	71.8	RY	RY	100	83.6
Pb	56	20	34	123-143	52	17–176	843–847	35	54.5
Mn	62	47	139	213-330	324.6	RY	RY	338.9	338.9
Ni	63	39	28		87.9	RY	RY	150	56.5
Zn	124	60	64	59.6	221.3	RY	RY	RY	69.0

Türkiye Toprak Kontrolü Yönetmeliği ile AB ülkelerinde kabul edilmiş sınır değerlerine göre toprakta olması gereken ağır metal sınır değerleri Tablo 8'de verilmiştir. Bu sınır değerler dikkate alındığında, yukarıda verilen örneklerdeki bütün Termik Santrallerin, çevre toprakların ağır metal konsantrasyonlarını sınır değerlerin üstüne yükselttiği sonucuna varılmıştır.

Tablo 8. Türkiye Toprak Kontrolü Yönetmeliği sınır değerlerinin AB ülkelerinin kendi ülkelerinde kabul edilmiş sınır değerleriyle karşılaştırılması

Ağır metal (ppm)	Belçika Flanders	Belçika Wallonia	Almanya	Danimarka	Fransa	Finlandiya
Kadmiyum (Cd)	1.2	2	1.5	0.5	2	0.5
Krom (Cr)	78	100	100	30	150	200
Bakır (Cu)	109	50	60	40	100	100
Cıva (Hg)	5.3	1	1	0.5	1	0.2
Nikel (Ni)	55	50	50	15	50	60
Kurşun (Pb)	120	100	100	40	100	60
Çinko (Zn)	330	200	200	100	300	150

	İrlanda	Lüksemburg	Polonya	İskoçya	İngiltere	Türkiye
Kadmiyum (Cd)	1	1-3	3	0.4	3	1
Krom (Cr)	-	100-200	200	60	-	100
Bakır (Cu)	50	50-140	100	40	135	50
Cıva (Hg)	1	1-1.5	1.5	0.3	1	1
Nikel (Ni)	30	30-75	75	30	75	30
Kurşun (Pb)	50	50-300	300	40	300	50
Çinko (Zn)	150	150-300	300	100-150	300	150

2.4.BİTKİ ÖRTÜSÜNE YAPTIĞI ETKİLER

Özellikle baca gazı desülfürizasyon tesisi olmayan veya arızalanarak devre dışı kalmış olan tesislerden, büyük oranlarda kükürt dioksit çıkışı olmaktadır. Söz konusu gazın canlılar üzerinde birçok olumsuz etkisi vardır. Bunlardan birisi bitkiler üzerindeki etkisidir.
Linyitle çalışan termik santrallerin aktif hale geçmesiyle ormanlarda kirleticilerin birikimli etkisi söz konusu olmaktadır. Bu etki çam gibi iğne yapraklı ağaçların yapraklarında kükürt birikimi ve ağaçların yıllık büyüme halkalarında da daralma olarak ortaya çıkmaktadır. Sonuçta zararlı gaz etkisi hem bitki örtüsünün gelişimini yavaşlatarak kesintiye uğratmakta hem de odun üretiminde verim ve hasılat kaybına neden olmaktadır.
Termik santrallerin bacasından çıkan ve bitki örtüsünü en çok etkileyen gazlar kükürt dioksit ve azot oksitleridir. SO2 ve NOx gazları asit yağmurlarının oluşumunda birinci derecede sorumludurlar (Avcı, 2005). Bitkilerin bu

gazlara en hassas olan ve etkilenen organı yapraklarıdır. Yapraklardaki stomalar vasıtasıyla yaprak bünyesine giren bu gazlar yapraktaki klorofillerin yapısını bozmaktadırlar. Ayrıca yanık etkisi, serbest asit halinde yüzeysel olarak da ortaya çıkabilmektedir. Bitkiler üzerinde kirletici etkisiyle ortaya çıkan zararlar üç ayrı boyutta görülebilmektedir. Bunlar akut, kronik ve gizli zararlardır. Akut zararlanmaya uğrayan bitkiler derhal ölmekte, kronik zararlanma öldürücü olmamakla birlikte bitki kalitesini büyük oranda bozmaktadır. Görünmeyen (gizli) zarar ise zaman içinde ortaya çıkmaktadır.
Kükürt dioksitin bitkilere olan bu doğrudan etkisinden başka, yöredeki yağışların ve bağıl nemin fazlalığı da topraktaki asitleşmeyi artırıcı, bazlarda fakirleştirici ve mikrobiyolojik etkinliği yok edici bir etkide bulunarak, dolaylı yoldan bitkilerin direncinin azalmasına neden olur. Bu direnç zayıflığı da zararlı böcek ve mantarların üremesi için gerekli ortamı oluşturur. Bu böcek ve mantarlar bitki örtüsünü ve kalitesini giderek yok ederler. Kükürt dioksitin yapraklardan sonra en etkili olduğu yerler bitki besin maddelerinin taşındığı iletim borularıdır. Bu borular vasıtasıyla bu gazın yaptığı zarar bitkinin diğer kısımlarına yayılır. Bitki terleme olayını kontrol edemez ve su dengesi bozulur. Bitkide solgunluk ve kurumalar görülür. Ayrıca, polenler ve dişicik boruları zarar gördüğünden döllenme olmaz ve meyve tutmaz. Meyvedeki belirtiler bitki bir yıl SO2 maruz kaldıktan sonra belirginleşir. Bitkilerdeki termik santrallerden kaynaklanan zararlar yaprak lekeleri, yaprak kurumaları, yaprak ve meyve dökülmeleri, büyümedeki gerileme, solgunluk ve ölümle sonuçlanır.

3.SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Termik santraller, yakılan çeşitli fosil yakıtlardan (kömür, fueloil, doğalgaz v.b.) elde edilen ısı (enerji) ile suyun ısıtılarak yüksek basınçlı buhar haline dönüştürülmesi ve buhar vasıtasıyla elektrik jeneratörlerinin çok hızlı şekilde döndürülerek, jeneratörlerdeki magnetlerden oluşan elektrik impulsların yoğunlaştırılması sonucu elektrik enerjisi üretimi esasına dayanır. Termik santraller, kömürün çıkarılmasından yakılan kömürün oluşturduğu külün depolanmasına kadar geçen birbirine bağımlı birçok süreçle çevrelerinde önemli çevre kirliliği oluşturdukları gibi bu kirlilikten insan, hayvan ve bitkiler de etkilenmektedir. Termik santral reaktöründe toz halindeki linyit kömürünün yanması sonucu kömürde bulunan mineral maddeler yanmayıp uçucu kül olarak reaktörü terk etmektedir. Reaktör çıkışında bulunan elektro filtreler normalde tozların %99,4'nünü arıtabilmektedir. Ancak, her termik santralde bakım ve onarım çalışmaları nedeniyle bir ünite devamlı yedekte bekletilir. Çalışma süresini dolduran ve rutin onarım çalışmaları yapılacak ünitelerin yerine yeni ünite devreye alınır. Yeni ünitelerin ilk devreye alınmaları esnasında teknik nedenlerle elektro filtreler çalıştırılamaz. Bu esnada baca dumanındaki uçucu küllerin atmosfere verilmesi sonucu önemli bir hava kirliliği oluşur. Uçucu küller baca dumanı ile havaya yayılarak ağırlıklarına ve atmosferik olaylara göre bacadan itibaren belirli mesafelerde yere çökerler. İçerdikleri Co, Cd, Zn, Pb, Cu gibi metal bileşikleri de baca dumanındaki SO2 ve NOX gazlarının toksik etkisini arttırır ve asit yağmurlarına dönüşmesinde katalizör etkisinde bulunurlar. Ayrıca, termik santrallerde kömürün yanması sonucu reaktörün iç sıcaklığı normalde 880-1150 °C arasındadır. Bu sıcaklıkta kömürün ana bileşenleri olan C, H ve O ile tali bileşenleri olan S ve N gibi maddeler oksitlenerek baca dumanına geçer. Böylece, baca dumanında CO, CO2, H2 ile kömürdeki S ve N oranına bağlı olarak SO2ve N2 gibi gazlar oluşmaktadır. N2 çok atıl ve zor reaksiyon veren bir gaz olmasına rağmen reaktör sıcaklığının 950°C'nin üzerine çıkması durumunda sıcaklığın etkisiyle oksijenle reaksiyona girerek NO, NO2 N2O gibi zararlı gazlara dönüşebilmektedir. Böylece baca gazında SO2'nin yanında NOx'ler de oluşmaktadır. Termik santrallerin oluşturduğu hava kirliliği ormanların yanında çok geniş alanlarda tarım alanlarım da çeşitli şekillerde etkilemektedir. Santral bacalarından çıkan SO2, NOX ve partikül maddelerin etkisi sonucu büyük alanlarda bir çok tarla bitkisi, meyve ağacı ve zeytinlerde meyve verimi önemli ölçülerde düşebilmektedir.
Termik santrallerin soğutma sularını deşarj ettikleri su ortamındaki normal sıcaklık derecesi zamanla yükselerek, termik santral kurulmadan önceki doğal halinden farklı yeni bir sıcaklık dengesi oluşur. Sıcaklık sulardaki canlılar ve canlı metabolizması üzerinde hızlandırıcı, kısıtlayıcı, dondurucu ve öldürücü gibi çeşitli etkilerde bulunur. Sıcaklık aynı zamanda sudaki çözünmüş oksijen konsantrasyonunun azalmasına neden olmaktadır. Termik santrallerde kullanılmakta olan soğutma suyu pompalarla çekilerek arıtmadan geçirilmekte ve bu sırada geçici sertlik giderimi, çöktürme ve mikroorganizmaların yok edilmesi aşamalarında kimyasal maddeler ilave edilmektedir. Kullanılan bu kimyasallar soğutma suyunun bir alıcı ortama verilmesi durumunda alıcı ortamda kirliliğe sebebiyet vermektedir. Ayrıca, santral bacasından çıkacak olan kirletici gazların oluşturacağı asit yağmurları da suların pH'ını değiştirebilmektedir. Uçucu küllerde bulunan Fe, Mn, Co, Cu, Zn, Pb, U gibi ağır metaller de zamanla taban suları vasıtasıyla alıcı ortama varabilmektedir. Termik santrallerin bacasından çıkan duman bileşenlerinin zamanla yere çökmesi çevresindeki alanlarda toprak kirliliğine neden olabildiği gibi, yanma sonucu linyit kömüründe % 35-55 oranında bulunan küller de kül barajında toprak üzerinde depolanarak toprak kirliliği oluştururlar.

TEKNİK AÇIDAN İNCELENME VE SONUÇ

Termik santrallerde tüketilen enerjinin yaklaşık %35 elektrik enerjisine dönüştüğü düşünülürse geri kalan yaklaşık %65 atık (radyasyon, zehirli gazlar, çevreye verdiği zarar vb.) çok fazladır. Türkiye'nin termik santrallere dayalı enerji elde etme biçimine aslında hiç ihtiyacı yoktur. Yenilenebilir enerji kaynakları ve nükleer enerjiden yaralanma yolu tercih edilmelidir. 1200 MW gücündeki bir termik santralin 1 yılda çevreye verdiği zararlar; 7500 ton karbon monoksit, 450 ton kükürt dioksit, 40 bin ton katı atık, 260 bin ton azot dioksit, 2500 ton hidrokarbon, 55 bin m3 kül ve büyük doz şiddetinde radyasyon) şeklinde özetlenebilir. Sinop iline bağlı GERZE-YAYKIL Köyü ÇAKIROĞLU mevkiine kurulacak olan kapasitesi 1200 MW olan termik konvansiyonel tipi kömür santralin yılda tüketeceği yaklaşık 2,5 milyon ton kömürün Sinop ilinin yanı sıra kurulduğu beldeye hatta zamanla ülkenin çeşitli yerlerine yukarıda bahsi geçen çeşitli tiplerde zehirli atıklar bırakacağı kuşkusuzdur.
AG tarafından Gerze'de yapılması planlanan 600 MW x 2 = 1200 MW gücündeki santralin, yöredeki doğayı, tarihi, kültürü ve toplumsal değerleri önemli düzeyde olumsuz

etkileyeceği çok açıktır. Kurulması planlanan Gerze Termik Santrali'nin doğa, çevre ve toplum üzerinde oluşturacağı etkileri düşünüldüğünde aşağıdaki hususlar özetle dile getirilebilir:
1. Bölgeyle ilgili olarak hazırlanmış olan mevcut plan ve raporlarda termik santral kurulması, asla öncelikli bir konu değildir,
2. İlgili plan ve raporlarda Sinop ili için; (organik) tarım, ormancılık, ticaret, tarım ve ormancılığa dayalı sanayi ve eko-turizme dayalı bir kalkınma modeli önerilmektedir.
3. Termik santral flora, fauna, deniz, akarsu, yer altı suları ve insan sağlığı üzerinde tahrip edici etkiler yapacağı kuşkusuzdur. Termik santralin olumsuz etkilerinin yaşam kalitesini bozması ve ortalama yaşam süresini kısaltması muhtemeldir.

KAYNAKLAR

Avcı, S. (2005). Türkiye'de Termik Santraller ve Çevresel Etkileri, İ.Ü. Coğrafya Dergisi Sayı:13, Safta:1-16.

Baba, A. (2000). Leaching characteristics of wastes from Kemerköy(Muğla-Turkey) power plant. Global Nest: the Int. J. Vol 2, No 1, pp 51-57.

Babüroğlu, Oğuz ve Anadolu Grubu Yetkilileri & Uzmanları& Danışmanları, (2009). GES (Gerze Enerji Santrali) Arama Konferansı Katalogu, s.35.

Bakan, G., Akdağ, Ö., Özkoç, H.B. (2003). Çevresel etki değerlendirilmesinin önemi ve Samsun Mobil Santral Örneği, IV. Türkiye Enerji Sempozyumu, TMMOB-EMO, 10-12 Aralık, Ankara, sy.379-390.

Bakar, C., Baba A. (2009). Metaller ve insan sağlığı: Yirminci yüzyıldan bugüne ve geleceğe miras kalan çevre sağlığı sorunu. 1.Tıbbi Jeoloji Çalıştayı, 30 Ekim–1 Kasım 2009, Ürgüp Bld., Kültür Merkezi, Ürgüp/ NEVŞEHİR

Barrett, M. (2004). Atmospheric emissions from large point sources in Europe. By Mark Barrett. Published by Swedish NGO Secreteriat on Acid Rain. Air Pollution and Climate Series 17. Göteborg; Sweden 2004.

Cüce, H., Bakan, G. (2006). Temiz Üretim ve Sürdürülebilir Üretim Yaklaşımlarının Değerlendirilmesi, V. Türkiye'de Çevre Kirlenmesi Öncelikleri Sempozyumu, Gebze İleri teknoloji Enstitüsü Çevre Mühendisliği Bölümü, Gebze-Kocaeli.

Çiçek, A., Koparal, S. A., Catak, S., Uğur, S., (2001). The levels of some heavy metals and nutritional elements in the samples from soils and tree-leaves growing in the vicinity of Seyitomer thermal power plant in Kutahya (Turkey). In: Topcu, S., Yardim, M.F. and Incecik, S. (eds), Proceedings of the Second International Symposium on Air Quality Management at Urban, Regional and Global Scales, Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey. September 25-28, 2001, 157-162.

Çiçek, A., Koparal, A. S. (2004). Accumulation of sulfur and heavy metals in soil and tree leaves sampled from the surroundings of Tunçbilek Thermal Power Plant. Chemosphere, 57, 1031–1036.

Çiçek A., Koparal A. S. (2006). Assessment of Environmental Effects of the Coal used in the Seyitömer Thermal Power Plant (Turkey) on White Willow. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 37, 13 & 14 : 1795 – 1804.

Gehrs, C.W., Shriner, D.S. and Herbes, S.E. (1979). Environmental health and safety implications of increased coal utilization, In: Chemistry of coal utilization, Elliot, M.A. (ed.), Second supplementary volume, 2194-2219.

Goncaloğlu B.İ., Ertürk, F., Ekdal, A. (2000). Termik Santrallerle Nükleer Santrallerin Çevresel Etkilerinin Değerlendirilmesi" Çevre Koruma Dergisi Cilt: 9 Sayı:34.

Kahvecioğlu Ö, Kartal G, Güven A, Timur S, (2009). Metallerin Çevresel Etkileri-I, Metalurji, 136.Sayı, http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi136/d136_4753.pdf.

Kantarcı, M. D., Karaöz, Ö., (1998). Türkiye'nin Farklı Ekolojik Bölgelerinde Hava Kirliliğinin Ormanlara Etkisi, Tarım ve Orman Meteorolojisi'98 Sempozyumu, İTÜ, İstanbul, 21-13 Ekim, 141-147.

Khemani, LT., Tiwari, S., Singh, G., Monin vd. (1995). Acid depositoin in the vicinity of a super thermal power plant in India.

Kotan, T., Bakan, G. (2007). Çeşitli endüstrilerde Temiz Üretim Uygulamaları ve Performans Çalışmalarının Araştırılması, 7. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, 24-27 Ekim, İzmir.

Mondal, D., T. Sengupta, A. Mandal (2006). Natural radioactivity of ash and coal in major thermal power plant of West Bengal, India, CURRENT SCIENCE, VOL. 91, NO. 10.

Oruç, N. (1999). Seyitömer Termik Santralının Çevreye Etkisi. Editörler: Tatli, A., Ölçer H., Bingöl N., Akan, A., 1st International Symposium on Protection of Natural Environment & Ehrami Karaçam. 23 – 25 Eylül, Kütahya, Bildiriler Kitabı. Sayfa: 604 – 610.

Sarıyıldız, T., S. Güner ve M. Küçük, "Toprak kirlenmesi, kirleticiler ve kirlenmiş toprakların iyileştirilmesinde kullanılan metotlar", I. Çevre ve Ormancılık Şurası "Tebliğler", I. Cilt, 129-137, Antalya, 2005.

Snigdha Sushil, Vidya S. Batra (2006). Analysis of fly ash heavy metal content and disposal in three thermal power plants in India. Fuel 85: 2676-2679.

Somesh, J. ve Gurdeep, S. (1993). Impact of fly ash on soil quality around a termal power station with reference to toxic elements. IJEP, 13 (4): 290-293.

TMMOB-ÇMO (2008). Çevre ve Enerji, Çevre ve Mühendis, Sayı 29, ISSN 1307-3613.

TMMOB – ÇMO (2008). Termik Santraller, ÇMO Samsun İl Temsil Bülteni, Sayı 19.

TMMOB-2008. TMMOB Bartın-Amasra Termik Santral Raporu. Türkiye Mühendis ve Mimar Odaları Birliği Yayını. 112 s. Ankara.

URL 1. www.dmi.gov.tr/FILES/arastirma/webhakir.pdf (Erişim 22/02/2010)

URL 2. www.toraks.org.tr/pdf/hava_kirliliği_.pdf (Erişim 22/02/2010)