

## ENERJİ PLANLAMASINDA KARAR DESTEK MODELLERİ

Dr. Tanay Sıdkı UYAR

Marmara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü  
Enerji Ana Bilim Dalı, Göztepe Kampusu, 81040, İstanbul  
e-posta: tanaysidkiuyar@eng.marmara.edu.tr  
tanayuyar@superonline.com

### ÖZET

*Bu tebliğde ülkemiz enerji sektörünü biçimlendiren karar verme mekanizması, dünya çapında kullanılmakta olan elektrik üretim teknolojilerinin sorunları gözönünde tutularak irdelenecektir. Güvenilirlik, yeterlilik, maliyet ve çevre etkileri temelinde karşılaşılan sorunlara çözüm olarak öneriler, yaklaşımlar ve geliştirilen yeni teknolojiler tanıtılacaktır. Fosil ve nükleer yakıt kullanan teknolojilerden uzaklaşma eğilimleri ve nedenleri tartışılırken bu teknolojilerin kullanımını azaltmak üzere geliştirilen ulaşım, konut, sanayi ve tarım sektörlerinde enerji etkin son kullanım teknolojilerinin önemi ortaya konulacaktır. Uzun vadeli stratejik planlama yapan ülkelerde merkezi büyük ölçekli elektrik üretiminin yerini almakta olan rüzgar çiftlikleri, fotovoltaik güç sistemleri, yakıt hücre sistemleri benzeri doğal çevrede enerji üretim teknolojilerinin yaygın kullanımının önemi ve bunun gerçekleşmesi için kamu iradesinin üstüne düşen görevler belirlenecektir.*

### Boğaziçi Üniversitesinde Başlatılan Enerji Modelleme Çalışmaları

Petrol krizi sonrası Türkiye'deki kapsamlı uzun vadeli enerji planlama çalışmaları Boğaziçi Üniversitesi'nde Prof. Dr. İbrahim Kavrakoğlu'nun önderliği ve yönetiminde, 1976-1996 yılları arasında "Türkiye'de nasıl bir enerji sistemi kurulmalı, bunun içinde nükleer enerjinin yeri ne olmalı?" konularında yapılmıştır. Bugün, o zamanlar geliştirilen yakıt modelinin öngörmediği iki önemli gelişme ortaya çıkmıştır. 1993 yılından başlayarak gelişmiş ülkelerde, enerji üretimi sırasında ormanlara, tarım alanlarına ve insan sağlığına yapılan tahribat kuruslandırılarak enerji üretim maliyetlerine eklenmeye başlanmıştır. Ayrıca rüzgar güç santralleri, fotovoltaik güneş hücrelerinden oluşan güç santralleri ve

## Enerji Planlamasında Karar Destek Modelleri

yakıt hücreleri sistemleri günümüzde fosil (kömür, doğal gaz, petrol) ve nükleer yakıt kullanarak elektrik üreten teknolojilerle rekabet edebilir ve hatta onlardan daha ucuza elektrik üretebilir gelişkinliğe ulaşmıştır.

### TÜBİTAK'ta Yürütülen Çalışmalar

TÜBİTAK Marmara Bilimsel ve Endüstriyel Araştırma Enstitüsü (MBEAE) Makine ve Enerji Sistemleri Araştırma Bölümü (MESAB) 1980li yıllarda enerjinin etkin kullanımı, güneş enerjisi ve rüzgar enerjisinden yararlanma ile ilgili çalışmalarını başlatmıştır. Türkiye Rüzgar Atlası Çalışması, 1989 yılında TÜBİTAK-MBEAE-MESAB bünyesinde Türkiye'nin 20 bölgesi için Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı'nın desteğiyle tamamlanmıştır. Rüzgar güç santralleri sistem test ve prototip geliştirme laboratuvarı Başbakanlığa bağlı araştırma enstitüsünde, diğer ülkelerde olduğu gibi tasarlanıp kurulmuştur. Devlet Planlama Teşkilatımız rüzgar güç santrallerinin ülkemizde kullanımını gerçekleştirmek üzere kamu fonlarından, ilerde ülke çıkarları için yararlı olacak bir teknolojinin ülkemizde üretimi ve kullanımını sağlayacak, önemli bir alt yapı desteği sağlayarak işlevini yerine getirmiştir.

1990'lardan itibaren dünyada rüzgar güç santrallerinden yaygın olarak yararlanılacağı öngörümüz gerçekleşmiş, 2001 yılında toplam kurulu güç 17 000 MW kapasiteyi aşmıştır.

1980'li yıllarda TÜBİTAK-MBEAE-MESAB bünyesinde ülkemizde çıkarılan kömürlerden en verimli nasıl yararlanılabileceği konusunda önemli araştırmalar yapılmış ve endüstriyel proses ısısı kullanımının modellenmesi çalışmaları yürütülmüştür. Türkiye'de mevcut düşük kaliteli kömürlerden kömür-su karışımları (KSK) elde edilmesi, kömürün belli işlemlerden geçirilip, içindeki kül, kükürt gibi maddelerden temizlenmesi ve basınçlı kaplara pompalanacak şekilde fuel-oil kıvamında akışkan bir yakıtla dönüştürülmesi çalışmaları sonuçlandırılmıştır. Türkiye'de çıkartılan linyit kömürlerinden örnekler alınarak laboratuvar ölçeğinde KSK yakıt numuneleri geliştirilmiş ve akışkan yataklı yakıcılarda yakılmıştır. Bu çalışmaların pilot ölçekli uygulanmasına ilişkin proje önerileri ilgili kamu kuruluşları yetkililerine, sanayicilere iletilmesine ve anlatılmasına rağmen kimsenin ilgisini çekmemiştir. Bunun bir nedeni ülkemizde karar vericilerin projelere uzun vadeli olarak bakmamasıdır. Ancak kısa vadeli çözümlerin olumsuzluklarının bedeli tüm yurttaşlar tarafından ödenmektedir. Tek tek şirketlerin veya kişilerin kendi çıkarlarını koruma refleksi yerine kamu iradesinin (kısmen yerel yönetimlerin, kısmen merkezi otoritenin, DPT ve ilgili bakanlıkların) egemen kılınması, geçmişin sorunlu teknolojilerinin yerini almakta olan teknolojilerin gerekliliğinin önceden görülmesi ve bu teknolojilerin yaygın kullanımı için eğitim-araştırma altyapısının oluşturulması gerekmektedir.

Son on yıldır ilgili tüm kamu ve özel kuruluşlara ulaştırdığımız, ülkemiz enerji sektöründe enerji-çevre-ekonomi entegre modellerinin uzun vadeli stratejik karar destek

sistemleri olarak kullanılması ile ilgili, öneriler hep geri çevrilmiştir. Başvurduğumuz kuruluşlar arasında TÜBİTAK, Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı, Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği, İstanbul Sanayi Odası, İstanbul Ticaret Odası, Enerji Bakanlığı, Çevre Bakanlığı gibi özel ve kamu kuruluşları bulunmaktadır.

### **Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Ülkemizde Kullanımını Sağlama Çabaları**

1997 -2000 yılları arasında her yılın Haziran ayında Kocaeli Üniversitesi Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynak ve Teknolojileri Araştırma Birimi (YEKAB) tarafından tasarılan ve koordine edilen Uluslararası Rüzgar Enerjisi Çalışma Grubu Toplantıları, rüzgar enerjisi ile ilgili tüm tarafları bir araya getirmiş, birlikte ne yapabiliriz tartışmasını başlatmış, bu yaklaşım olumlu etkisini göstermiş ve Türkiye'de 4000 MW kapasiteli, ölçümü yapılmış, rüzgar projeleri geliştirilmiştir. 2001 yılı Eylül ayında ikincisi yapılan *Güneşten Elektrik Üretimi*, 2002 yılının Nisan ayında ikincisi yapılacak *Enerjinin Etkin Kullanımı* ve 2002 yılının Subat ayında birincisi yapılacak *Enerji Sektöründe Karar Verme ve Destek Modellerinin Kurulması Çalışma Grubu Toplantıları* Marmara Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü Enerji Ana Bilim Dalı koordinatörlüğünde bir Danışma Kurulu tarafından gerçekleştirilmektedir.

Eylül 2001 ayı içinde gerçekleştirilen *2. Uluslararası Sarıgerme Güneşten Elektrik Üretimi Çalışma Grubu Toplantısı* sonuç bildirgesine, ilgili tüm tarafların katıldığı üretken bir etkileşimin örneği olarak, bu tebliğin ekinde imzacıları ile birlikte yer verilmiştir. Çalışma Grubuna yerel yöneticiler, belediye başkanları, öğretim üyeleri, bu işle ticari olarak uğraşanlar ve ilgili kamu kuruluş temsilcisi de katılmıştır.

### **Enerji Sektöründe Karar Verme**

Enerji sektöründe karar vermek, yani alternatif teknolojiler arasında ülkemize en uygun olanı seçmek, hem yerel, hem ulusal ve hem de küresel veri ve gerçeklerin göz önüne alınmasını gerektirmektedir. Tek tek kentler için geliştirilen çözümler, Türkiye için bulacağımız çözüme ve dünya için bulunacak çözüme entegre edilemiyorsa, uygulama şansı bulunmamaktadır. Ne yerel ne de küresel düşünmek tek başına anlamlı ve kalıcı olamamaktadır.

1980li yıllarda enerji sektörü için OECD (Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı) üyesi ülkelerin oluşturduğu IEA (Uluslararası Enerji Ajansı) bünyesinde, enerji-çevre-ekonomi entegre karar destek modelleri geliştirmek üzere ETSAP (Enerji Teknolojileri Sistem Analizi Programı) Uygulama Anlaşması imzalandı. Özellikle petrol krizinden sonra OECD üyesi ülkeler yeni enerji teknolojileri geliştirme ve enerji sektöründe entegre kaynak planlaması arayışlarını başlattılar. Bu amaçla değişik OECD ülkelerinden ilgili kamu kuruluşlarının, yerel yönetimlerin ve elektrik şirketlerinin desteklediği araştırma

ekipleri yaklaşık 20 yıldır birlikte çalışıp bilgisayar yazılımları geliştirdiler. Hakkında değerlendirme yapıp geleceğini biçimlendirecekleri enerji sistemlerinin bilgisayar ortamında modellerini kurdular. Enerji kaynaklarını, enerji gereksinimlerini, bunlarla ilgili teknolojileri ilişkilendirip orta ve uzun vadeli stratejik enerji planlamalarının bir parçası olarak alternatif senaryoları karşılaştırmalı olarak incelediler. Örneğin dünya petrol fiyatlarında öngörülen değişimlerin enerji sektöründe alınacak kararları nasıl etkileyeceği konusunda öngörüm çalışmaları yaptılar. Petrol fiyatlarındaki artışın enerji sisteminde kullanılacak teknolojilerin seçimlerini nasıl etkileyeceğini belirlediler. Rüzgar, güneş, jeotermal ve biyokütle güç santrallerinin hangi yıldan başlayarak kullanılabileceği, kurulacak rüzgar güç santrallerinin kapasitelerinin ne olacağı, hangi koşullarda güneşten elektrik üretiminin mümkün olabileceği, güneş pili teknolojisindeki gelişmelerin güneş santrallerinin kurulu güç miktarlarını nasıl etkileyeceği sorularının cevaplarını aradılar. Bulunan cevaplar doğrultusunda teknoloji seçimlerini yaparak seçilen teknolojilerin uygulanabilmesi için gerekli eğitim, araştırma ve diğer altyapı çalışmalarını başlattılar.

Türkiye'de yürüttüğümüz tüm çabalara karşı araştırma kuruluşlarına, karar vericilere ve diğer özel ve kamu kuruluşlarına verdiğimiz ETSAP tarafından geliştirilen modellerin Türkiye Enerji Sektörü için kullanılmasını öngören proje tekliflerimiz hep geri çevrilmiştir.

Uzun vadeli planlama ve mevcut sorunlu teknolojilerin yerine çevreye zarar vermeyen yeni ve yenilenebilir enerji teknolojilerinin kullanılabilmesi için yeni teknolojilerin bilinmesi ve gelişmelerinin izlenmesi gerekmektedir. Yeni ve yenilenebilir enerji teknolojileri derken, aklımıza rüzgar türbinleri, fotovoltaik güneş güç santralleri, jeotermal enerji santralleri, biyokütle güç santralleri, yakıt hücreleri ve mikrotürbinler kısacası dünyada kömür, doğalgaz, petrol ve uranyum gibi yakıtları kullanan teknolojilerin yerini alan, doğal çevrede enerji üretimini sağlayan teknolojiler gelmektedir.

### **Enerji Sektörünün Bileşenleri**

Enerji sektörü tüm enerji kaynaklarını kapsamaktadır. Enerji kaynakları, doğada varolduğu haliyle kömür, ham petrol, doğalgaz, uranyum, toryum, güneş, rüzgar, su gücü, biyokütle ve benzerleridir. Bu doğal kaynakları, insanların yeryüzünde yürüttükleri etkinliklerde gereksinim duydukları, ısı ve elektriğe dönüştüren teknolojiler çevrim teknolojileridir. Örneğin bir kömür santralının kazanında yakılan kömürden sağlanan ısı enerjisiyle elektrik üretilmektedir. Kalorifer kazanlarında fosil yakıtların enerjisi konutların ısıtılmasında kullanılan ısı enerjisiye dönüştürmektedir. Doğal kaynakların taşıdığı enerjiyi ancak ısı ve elektriğe dönüştürerek kullanabilmekteyiz. Ayrıca rafinerilerde ham petrol, petrol ürünlerine dönüştürülmektedir.

Isı, elektrik ve petrol ürünlerini tüketerek ulaşım, barınma, sanayi ürünleri elde etme ve gıda üretme benzeri insan etkinliklerini mümkün kılan teknolojiler son kullanım teknolojileridir. Ekmek kızartma makinesi, elektrikli tren, buzdolabı, bilgisayar, tekstil

makinası, otomobil, traktör son kullanım teknolojilerinin örnekleridir. Bir de gereksinim duyulan kızarmış ekmek miktarı, kent içinde kaç kişinin kaç kilometre taşınması gerektiği, konutların içinde sağlanması istenen sıcaklık seviyesi benzeri son kullanım talepleri bulunmaktadır..

Özet olarak Enerji Sektörü,

- Doğal kaynaklar
- Enerji çevrim teknolojileri
- Enerji son kullanım teknolojileri
- Son kullanım taleplerinden oluşmaktadır.

Enerji sektöründe sağlıklı kararların alınabilmesi bu bütünsel bakışın kılavuz edinilmesi ile mümkündür. Makine mühendisleri sadece doğal gaz santrallerini, fizik mühendisleri sadece nükleer santralleri, maden mühendisleri sadece kömür santrallerini, petrol mühendisleri sadece petrolden elektrik üretimini tüm enerji sorunlarına çözüm olarak görmemelidirler.

### **Ülkemizde Enerji Sistemine İlişkin Sorunlar**

Ülkemizin mevcut enerji sisteminde

- Enerjinin ucuz olmadığı,
- Enerjinin yeterli olmadığı,
- Enerjinin üretim ve tüketiminin çevre ve insan sağlığı sorunları yarattığı,
- Enerjinin güvenilirliğinin bulunmadığı bilinmekte ve yetkililerce sık sık dile getirilmektedir.

Enerjinin pahalı ve yetersiz olduğu genel kabul görmektedir. Doğalgaz vanalarının zaman zaman kapatılması, petrol fiyatlarındaki ani artışlar bu yakıtların güvenilir olmadığını kanıtlamaktadır. Yatağan'da uç örnekleri görüldüğü gibi kentlerde fosil yakıt kullanımı doğrudan hissedilen ve görülen emisyonlarıyla çevre ve sağlık sorunları yaratmaktadır. Doğal gaz ise kokusuz ve gözle görülmeyen azot oksit emisyonlarıyla büyük tehdit oluşturmaktadır. Azot oksit nitrata dönüşüp akciğerlerde nitrik asit oluşumuna neden olmaktadır. Bu nedenle de doğal gaz kullanan ülkelerde azot oksit emisyon sınırlaması bulunmaktadır. Bu ülkelerde azot oksit emisyonunu azaltan teknoloji ve yakma tekniklerinin kullanımı zorunlu kılınmaktadır.

### **Enerjide Karar Verme Süreçlerinde Bilginin Yönetimi**

Karar verme süreçlerinde esas olan bir sorunun algılanması ve çözümü için adımlar atılmasıdır. Tek tek sorunlar birbiriyle ilişkili olabileceği gibi birbirinin ayrılmaz parçası da olabilmektedir. Enerji sektörünün veya insanlar arası ilişkilerin düzenlenmesi,

## Enerji Planlamasında Karar Destek Modelleri

çocukların anne babaları ile olan ilişkilerinin işlerliği benzeri tüm alanlar tanımlanması gereken sorunlar içermektedir. Tüm sorunların doğru olarak tanımlanması ve sorunlara uygulanabilir çözümler bulunabilmesi bilginin yönetimini zorunlu kılmaktadır.

Öncelikle sorunla ilgili tüm bilgilere erişilmelidir. Enerji sektöründe karar vermek için belirleyici önemdeki hiçbir bilgi göz ardı edilmemelidir. 1970li yıllarda kullanılmaya başlanılan ve bugüne kadar 5000 adet kurulması öngörülen,

- nükleer enerji santrallerinden 1978 yılından başlayarak Amerika'da bir tane bile sipariş edilmediği ve daha önce sipariş edilenlerden 100 tanesinin iptal edildiği,

- Amerika'da 11 tanesinin Kanada'da 7 tanesinin kapatıldığı,

- halen çalışmakta olanların Amerika'da ve Almanya'da kapatılması için çaba harcadığı,

- kapatılma maliyetlerinin kurma maliyetlerinin 8-9 misli olduğu,

- nükleer atıkların sürekli depolama tesisinin Amerika'da Jucca Dağında açılmasınının 10 sent süreyle ertelendiği,

ayrıca,

- Amerika'da 1 milyon çatının güneş panelleriyle kaplanmakta olduğu,

- Almanya'nın kuzeyindeki bölgede elektrik üretiminin %25'inin rüzgar santralleriyle gerçekleştirildiği,

- Almanya'da 100 000 çatının güneş pilleri ile kaplanmakta olduğu,

- İnsan etkinlikleri için toplumsal maliyetlerin hesaplanarak 1993 yılından beri gelişmiş ülkelerde fizibilite çalışmalarında hesaba katıldığı,

- Fransa Başbakanının 5000 MW kapasiteli rüzgar çiftlikleri kuracaklarını açıkladığı,

- 1992 yılında gündeme gelen Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi kapsamındaki son gelişmeler bilinmiyor ise,

alınacak kararların doğru ve uygulanabilir olması mümkün değildir.

Sorunla ilgili tüm bilgilerin erişilir olması sorunun sistemli değerlendirilmesi gerekliliğini ortadan kaldırmamaktadır. Bilgilerin sistemli değerlendirilmesi, karar vericilerin uygun görmediği çözümleri önerebilmekte ve bu nedenle kullanılmalari istenmemektedir.

Türkiye'nin de üyesi olduğu OECD IEA bünyesindeki ETSAP Uygulama Anlaşması kapsamında bir araştırma ekibi, enerji sektöründe sağlıklı karar vermeyi mümkün kılan Enerji-Ekonomi-Çevre modelleri kurmaktadır. Bu modeller tüm enerji kaynaklarını dikkate almakta, alternatif ekonomik gelişme senaryolarını öngörerek ilgili ekonomik gelişmenin talep ettiği ısı ve enerji miktarını hesaplamaktadır. Teknolojiler arasında seçim yapılırken her teknolojinin çevreye yaptığı tahribat da bir kriter olarak ele alınıp teknolojiler aynı terazide tartılmaktadır. Böylece doğru ve son bilgiler ile sistemli bir değerlendirme

yapılmaktadır. Konu ile ilgili tüm kişi ve kuruluşların bu modellerin oluşturulmasına katılımı bir lütuf olarak değil modellerin kaliteli ve uygulanabilir olması için bir gereksinim olarak kabul edilmektedir. Her yeni bilgi, modelleme tekniklerinde sağlanan her yeni gelişme ve erişilen her yeni birey veya kuruluşun bilgi, beklenti ve talepleri karar destek sisteminin kalitesinin sürekliliğini sağlamaktadır. 1970'li yıllarda Boğaziçi Üniversitesi'nde İbrahim Kavrakoğlu ve çalışma arkadaşları tarafından geliştirilen modeller yenilenebilir enerji teknolojilerinde bugün gerçekleşen gelişmeyi ve farklı enerji teknolojilerinin doğal çevre ve insan sağlığına verdiği tahribatların toplumsal maliyetlerini dikkate almamıştır.

### **Ülkemizde Bugün Enerji Planlaması Nasıl Yapılmaktadır?**

T.C. Enerji Bakanlığı, enerji planlama ve karar destek çalışmalarında WASP (Viyana Otomatik Sistem Planlama) modelini kullanmaktadır. WASP Viyana Elektrik Şirketi'nin 1970 li yıllarda geliştirdiği bu karar destek sistemi ilk kullanıldığında nükleer santralları aday teknolojiler arasında görmemektedir. Tercihlerini hidrolik, kömür ve petrol santralları arasından yapmaktadır. Enerji üretiminde sadece bu teknolojileri aday görmektedir. Nükleer santralların dünyada elektrik üretimi için yaygın kullanımı düşüncesi ortaya çıktığında, IAEA (Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı) 'nın talebi üzerine WASP yazılımının aday teknolojileri arasına nükleer güç santrallarının da eklenmesi kararlaştırılmıştır. Bu yazılım Türkiye dahil pek çok ülkenin Enerji Bakanlıklarına ücretsiz olarak dağıtılmıştır. IAEA'nın amacı nükleer enerjinin de karar vericiler tarafından en azından aday görülmesini sağlamaktır. WASP modeli kullanıldığında, bulunan elektrik enerjisi yatırım çözümleri ya hidrolik, ya kömür, ya petrol, ya da nükleer santral olmaktadır. Ülkemizde karar destek modeli olarak WASP kullanıldığından resmi açıklamalarda hep yukardaki dört teknoloji üzerinde durulmaktadır. Doğalgaz teknolojileri bile bu planlama çalışmasında göz önüne alınmamaktadır. Doğalgazın ülkemiz elektrik enerjisi üretimindeki payının ne olacağı (take or pay) ya satın al ya da öde anlaşmalarının ülkemiz üzerine koyduğu satın almazsan parasını ödersin baskısına terk edilmiştir. Oysa günümüzde dünyada geliştirilmiş, halen kullanılmakta olan veya planlama dönemi içinde kullanıma girecek yaklaşık 50 adet elektrik enerjisi üretim teknolojisi bulunmaktadır. Enerji sektörü karar vericilerinin geleceği planlarken mevcut 50 teknolojinin tümünü değerlendirmede aday görmeleri ve geliştirilmekte olanları da, ticari kullanıma sunulduklarında planlamaya katmaları gerekmektedir.

T.C. Enerji Bakanlığı'nda kullanılan model, geçmişin teknolojileriyle geleceği planlamaya çalışmaktadır. Oysa gelecek, geleceğin teknolojileriyle planlanmalıdır. Eski tekstil makinalarını yenileri ile değiştiren Almanya'dan 1986 yılında Türkiye'ye yarı fiyatına eski tekstil makinaları teşvik verilerek getirildi. Bu teşvik kararlarını imzalayan yetkililer bu makinaların, yenilerine göre 10 misli daha çok elektrik tükettiğini bilmiyorlardı.

Bir ülkede pazar değeri olmayan standart dışı ürünler, bu işin farkında olmayan diğer ülkelere pazarlanmaktadır. Küreselleşmecilerin temel tercihi tek tek ülkelerin yerel ve ulusal planlamadan vazgeçmeleri, kendi ülkeleri için doğru olanı yapmamalarıdır. "Küresel olarak doğru olanı, atık ve artıklarımızı, kısacası uygun gördüklerimizi size aktarız. Yerel-ulusal planlama yapmanıza gerek yok" demektedirler. Oysa yapılması gereken, küreselleşmecilerin telkinlerine ve engellerine bakılmaksızın, kendi ülkeniz için doğru olanı planlama ve hayata geçirmektir. Ulusal çıkarlar doğrultusunda uzun vadeli stratejik planlama yapma modasının geçmediği Amerika'da yaşayanların yaklaşık % 10'u kamu kurumlarında çalışmakta ve kamu iradesinin gerektirdiği tüm müdahaleler Amerikanın uzun vadeli çıkarları doğrultusunda yapılmaktadır. Geçmiş yıllarda kısa vadeli düşünerek hatalar yapmış ABD ve Avrupa Ülkelerinde olduğu gibi, ülkemizde de gelecek yıllarda hangi teknolojilerin kullanılacağı belirlenmeli, bu teknolojilerin kullanımı Sanayi ve Ticaret Bakanlığınca denetlenmeli, Milli Eğitim Bakanlığı, DPT ve TÜBİTAK bu teknolojilerin kullanımını mümkün kılacak eğitim ve araştırma altyapısını kurmak üzere görevlendirilmelidir.

### **Enerji Üretimi ve Kullanımı Sırasında Yaşanan Çevre Sorunları:**

Nükleer ve fosil yakıtlardan enerji üretiminin yol açtığı yerel, ulusal ve küresel çevre sorunları, ve bu sorunların önlenmesi amacıyla alınacak önlemlerin maliyetlerinin çok yüksek olması enerjide son kullanım verimliliği ve doğal çevrede enerji üretimi arayışlarını gündeme getirmiştir.

Nükleer enerji santralleri, ürettikleri elektriğin kWh başına maliyetleri alternatiflerine göre çok yüksek olduğu için, serbest piyasa koşullarında artık tercih edilmemektedir. Kullanılmış yakıtları sürekli depolama tesislerinin hala kurulamadığı, ABD'de kapatılması kararlaştırılan santrallerin sökülme ve bertaraf etme maliyetlerinin öngörülenin aksine Maine Yankee Reaktöründe olduğu gibi 2 milyar ABD Doları aşacağı hesaplandığından yenileri sipariş edilmemektedir. Çok güvenli kullanılması gereken tehlikeli bir teknolojinin ek güvenlik önlemleri çok yüksek maliyetler oluşturduğu için, dolayısıyla kullanımı ekonomik olmadığı için nükleer santraller terkedilmektedir.

Fosil yakıtların (petrol, doğal gaz, kömür) ısı ve elektrik üretiminde kullanılması öncelikle yakın çevrede ormanlar, tarım alanları ve insan sağlığında tahribata yol açmaktadır. Örneğin kömür santralleri çevresi, kükürt dioksit, azot oksit, toz ve kurum kirliliği nedeniyle yaşanmaz hale gelmektedir. Fosil yakıt kullanan taşıtların egzostlarından atılan karbon monoksit oksijenden daha çevik olduğu için hemoglobine tutunmakta ve vücutta oksijenin yerini almakta, vücudu oksijensiz bırakmaktadır. Doğal gaz yakılan kentlerde ise kükürt gibi kokmasa da, toz ve kurum gibi görünmese de azot oksit en büyük sinsi tehlikeyi oluşturmaktadır. Azot oksit güneş ışığı altında kimyasal reaksiyona



grip nitrata dönüşmektedir. Akciğerin koruma mekanizmalarından kolaylıkla geçebilen mikronize katı nitrat parçacıkları akciğerlerde nitrik asite dönüşmektedir. Azot oksit emisyonları kokusuz ve görünmez olduğu için yok varsayılmakta ve doğal gazın olumsuzlukları göz ardı edilmektedir. Doğal gaz yakılan bir kentte, güneşli havada pencere açılıp ev havalandırıldığında sinsi bir tehlike ile karşılaşmaktadır. Bunun tedbirini almak gerekmektedir. Doğal gazı kentlerde, yerleşim yerlerinde dolaştırmak yerine, yerleşim yerlerinden uzak yerlerde yapılan santrallarda elektrik üretip, kentte elektrik şebekesi kurmak daha sağlıklı bir çözüm olmaktadır.

Yeraltında milyonlarca yılda oluşmuş fosil yakıtların bünyesindeki karbon yeryüzüne çıkarılmakta, atmosferdeki havanın bileşenleri ile etkileşip yanma sonucu mevcut oksijenin bir kısmını tüketmekte ve karbon dioksit, metan benzeri gazlar atmosfere verilmektedir. Fosil yakıtların (petrol, doğal gaz ve kömür) ortak küresel olumsuzluğu, sera gazı olarak adlandırdığımız bu gazların atmosferde birikmesidir. Dünya atmosferi içinde biriken bu gazların ortak özelliği bünyelerinde ısı tutmalarıdır. Doğal şartlarda güneş doğduktan batıncaya kadar atmosfere güneşin sağladığı enerjinin gün içinde uzaya geri dönmesi gereken bir kısmı sera gazları bünyesinde hapolmaktadır. Bu ise sonuçta atmosferin ortalama sıcaklığını artırmaktadır. Sıcaklık artınca dağlardaki karlar çözülmeye, çığ felaketleri daha sık görülmeye ve kutup buzları erimeye başlamaktadır. Dünya meteoroloji örgütü son yüzyılda atmosferin ortalama sıcaklığının 0.5 C arttığını ölçümleriyle kanıtlamıştır. Bu sıcaklık artışının yaklaşık 20 yıl içinde, pek çoğumuzun yaşam süresi içindeki etkisi, tüm dünyada deniz suyu seviyesinin 1 m yükselmesidir. Bu tehdidin gerçek olduğunu binlerce bilim adamı bilimsel bir tespit olarak açıkladılar. Kısa dönemli etkiler ise, atmosferin içinde dolaşıma giren su miktarının artması, rüzgarın belli bir yönde çok uzun ve şiddetli esmesi ile denizlerdeki su kütlelerinin karalara yönelmesi ve insanların yoğun olarak birlikte yaşadığı yerlerde sel felaketleriyle karşılaşılmasıdır. Çin, Bangladeş ve Hollanda bu konuda tipik örneklerdir. Bu konuda en mağdur olması beklenenler ise okyanustaki ada devletleridir. Bu ülkelerin de çabasıyla konu Birleşmiş Milletler gündemine getirilmiş ve 1992 yılında Brezilya'nın Rio kentinde Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Anlaşması imzaya açılmıştır. Türkiye'nin henüz taraf olmadığı bu anlaşmada tüm dünya ülkeleri iklim değişikliklerini önlemek için fosil yakıtların yanmasından kaynaklanan emisyonları 1990 yılı seviyelerinin, belli bir yüzde olarak, altına indirecekleri taahhüdünde bulunmaktadırlar. Türkiye'nin yaptığı, "kalkınmamızı gerçekleştirdikten sonra imzalayabiliriz" açıklamaları, ucuz diye standart dışı, gelişmiş ülkelerde pazar değeri olmayan, toplumsal maliyetleri yüksek geçmişin teknolojilerini ülkemize ithal edeceğimiz ve enerji sistemimizi petrol, doğal gaz ve ithal kömür gibi fosil yakıtlara bağımlı hale getireceğiz anlamına gelmektedir. Eğer gerçekten kalkınmak istiyorsak ilerde Avrupa Birliği'ne entegre olduğumuzda Avrupa Birliği standartları nedeniyle kullanamayacağımız teknolojilere yatırım yapmamamız gerekmektedir.

## **Enerji Teknolojileri Arasında Seçim Yapmada Geçerli Olan Temel Kriterler**

### **• Toplumsal maliyetler**

Ülkemizde kullanacağımız enerji teknolojileri arasında seçim yaparken her sistem için toplumsal maliyetleri ayrı ayrı hesaplamak gerekmektedir. Çevre ekonomistleri herhangi bir insan etkinliğinin yürütülmesi sırasında birim üretim başına doğal çevreye ve insan sağlığına yapılan tahribatı kurulaştırıp, söz konusu etkinliğin diğer işletme ve yatırım benzeri maliyetlerine ekleyerek gerçek maliyetleri hesaplamaktadır. Bugün, toplumsal maliyetler gerçek maliyetlere katılmadıkları için dış maliyetler olarak kabul edilmektedirler. ABD ve Avrupa 1993 yılından başlayarak dış maliyetleri yatırım projelerinde göz önüne almaya başlamışlar, böylece çimento sanayii, demir çelik sanayii gibi kirletici teknolojiler toplumsal maliyetlerin hesaba katılmadığı Türkiye gibi ülkelere kaymaya başlamıştır.

Örneğin Yatağan'da üretilen elektriğin maliyetini hesaplarırken bölgedeki canlıların (insan, hayvan ve bitki) sağlığına, santral emisyonlarının yaptığı tahribatın parasal değerinin de katılması gerekmektedir.

### **• Beşikten mezara maliyetler**

Her santral tipi için, kuruluşundan sökülüp ortadan kaldırılmasına kadar doğabilecek tüm maliyetleri kapsayan, beşikten mezara maliyetler göz önüne alınmalıdır. Nükleer santralin 5 milyar dolarlık ilk yatırım maliyetinin yanı sıra, güvenlik altyapısını da kurmanız gerekmektedir. Bunun için ek bir 4 milyar dolar daha harcamanız gerekmektedir. Ayrıca inşaat ve lisanslama süreleri, öngörülenden çok fazla olduğu için Dünya Bankası nükleer enerji projelerine kredi vermemektedir. Hem 20 yıl gibi uzun bir sürede bitmekte, hem de maliyetler öngörülerin çok üzerinde gerçekleşmektedir. 1976 yılından bugüne kadar kurulmuş olan nükleer santrallerin o günden bu güne yaşadığı sorunlar nedeniyle lisans verilirken alınması gereken ek önlemler ortaya çıkmıştır. ABD'de işletmeye alınan son nükleer reaktörün 1976 yılında yapılan lisans müracaatı 1996 yılında sonuçlanmıştır. Lisans verme kurallarında getirilen sınırlamalar ve ortaya çıkan ek maliyetler, nükleer santrallerin kapatılmasına gerekçe olacak büyüklüklere ulaşmıştır. Nükleer santral atıklarının sürekli depolanması için yer bulunması ve bunun maliyeti de hesaba katılmak zorundadır. ABD'de Jucca Dağında planlanan sürekli depolama tesisinin açılışı 2010 yılına ertelenmiştir. Amerika'da kapatılması kararlaştırılan Maine Yankee reaktörünün Enerji Bakanlığınca açıklanan bertaraf etme senaryolarına göre, kapatma maliyetleri kuruluş maliyetlerinin yaklaşık sekiz misli büyüklüklere ulaşmaktadır. Bizim hükümetimizin nükleer santral ihalesini iptal kararı hem Türkiye'yi yaklaşık 50 milyar dolarlık bir mali yükten kurtarmış, hem de Türkiye'de nükleer atıkların Toros Dağlarında depolanması için gerekçeler oluşturulması zeminini ortadan kaldırmıştır. Özet olarak teknolojiler arasında maliyet karşılaştırması yapılırken sadece ilk kuruluş maliyetleri değil, santralin sonunda sökülmesine kadar olan sürece ait tüm maliyetler hesaba katılmalıdır.

### **Küresel Kısıtlar**

Esasen doğaya çok baskı uygulanmamaktadır. İnsanlar bir arada kalabalık olarak yaşadıkları zaman doğaya hükmedebileceklerini zannetmektedirler. Ancak diğer canlılardan farklı olarak sahip oldukları kabul edilen uzun vadeli düşünememe becerilerini işe koşmadıkları zaman, doğaya uyumlu işler yapmadıkları zaman, doğa insanlara diğer canlılara davrandığı gibi davranmaya hak kazanmaktadır.

### **Ulusal Çıkarlar**

Ülkemiz, bölgemiz ya da kendimiz için doğru olana öncelik verip kendi geleceğimizi planlamadığımız zaman başka ülkelerin karar verici veya firmalarının telkinlerine açık hale gelmektedir. Telkinler de hemen hemen istisnasız telkini yapanın çıkarı doğrultusunda olmaktadır. Çoğu kez bir sorunun başka ülkeye aktarılması, sorunu aktaran ülke için sorunun başka ülkelerle paylaşılması, böylece sorunun ilk yaşandığı ülke ekonomisinin bir yükten kurtulması anlamına gelmektedir. Nükleer santrallerin kazasız belsiz çalıştırılması için zorunlu olarak ABD ve Avrupa'da geliştirilmiş bulunan teknolojinin önce sorunu aktararak sonra çözümü önererek paraya dönüştürülmesi şu anda işsiz olan kalifiye elemanlarına iş imkanı yaratacaktır.

### **Uluslararası Anlaşmaların Olası Yaptırımlarının Öngörülmesi**

İklim değişikliği anlaşmasının yeterli sayıda ülke tarafından kabulü, karbon vergisi uygulamalarının kapısını aralayacaktır. Doğal gaz, petrol, kömür üretim ve kullanımı, belki de kaynağında vergilendirilecektir. Zaten maliyetleri belirsiz ve sürekli artan bu yakıtlara gelecek karbon vergileri, kullanım miktarlarını sınırlandıracaktır. Yapılan uzun vadeli anlaşmaların içerdiği alınmayan gazın parasının ödenmesi koşulu nedeniyle, kullanılmayan gazın bedeli gene yurttaş tarafından ödenecektir. Ülkemiz için temel olumsuzluk 20-30 yıllık petrol, doğalgaz anlaşmaları imzalanırken iklim değişikliği görüşmeleri sonrası ortaya çıkacak yaptırımların bedelini kimin ödeyeceğinin ortada bırakılmasıdır. 'Ya satın al ya öde' anlaşmaları ise satın almayanın ödeyeceği hükmünü taşıdığından, Türkiye enerji sektörünün geleceği büyük bir kıskaç içine sokulmuş bulunmaktadır.

### **Sonuç Olarak Enerji Sektöründe Ulusal Kararlar Alınırken**

- Dünyada mevcut veya geliştirilmekte olan yeni enerji üretim ve son kullanım teknolojilerinin bilinmesi ve izlenmesi,
- Ulaşım, konut, sanayi, tarım sektörlerinde en az enerji kullanarak aynı işi yapan teknolojilerin ülkemizde geliştirilmesi, üretilmesi ve kullanımının teşvik edilmesi,

## Enerji Planlamasında Karar Destek Modelleri

- Ekonomik gelişmenin öngörülmesi ve buna bağlı son kullanım taleplerinin gerçekçi olarak hesaplanması,
- Tüm teknolojilerin maliyetlerinin, toplumsal maliyetler göz ardı edilmeden gerçekçi olarak hesaplanması,
- Enerji-ekonomi-çevre entegre karar destek modellerinin kullanılması,
- Ülkemizin enerji sisteminin geçmişin teknolojileri yerine geleceğin bilgileri ve teknolojileri ile planlanması,
- Gelişmiş ülkelerden, geçmişin teknolojilerinin ülkemize aktarılmasının engellenmesi,
- Geçmişin sorunlarının ülkemizin geleceğine aktarılmaması,
- Yerel ve ulusal bazda uzun vadeli stratejik planlamaya önem verilmesi,
- Uluslar arası anlaşmaların olası yaptırımlarını ve uzun vadeli fosil yakıt anlaşmalarının doğurabileceği olumsuzluklardan ülke yurttaşlarının korunması ve bu anlaşmaların yok var sayılmaması gerekmektedir.

Güneş, rüzgar, biyokütle, jeotermal, hidrolik gibi, ülkemizde bol olarak bulunan doğal kaynaklarımızı bir an önce değerlendirecek doğal çevrede enerji üreten teknolojileri kullanmalıyız. Türkiye'nin tükettiği toplam elektriğin, en az iki mislini rüzgar gücü santralleri ile sağlayabilecek rüzgar enerjisi teknik potansiyeli bulunmaktadır. Diğer doğal kaynaklar da, ilgili teknolojilerin devreye girmesi ile birlikte ülkemizin enerji sorunlarının çözümüne katkıda bulunabilecek kapasiteye sahiptirler.

### Kaynaklar

1. Türkiye Enerji Sektörü ve Bir Nükleer Enerji Stratejisinin Değerlendirilmesi, 'Turkish Energy Sector and Evaluation of a Nuclear Strategy', Uyar T.S., Yüksek Lisans Tezi, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul, 1990
2. 'Türkiye Linyitlerinden Kömür Sıvı Karışımlarının Hazırlanması ve Yakılmasının İncelenmesi', Uyar T.S., Doktora Tezi, Yıldız Üniversitesi, İstanbul 1990.
3. 'Elektrik Enerjisi Üretiminde Nükleer Santrallerin Yeri ve Önemi', Uyar T.S., Özlü E. Gündoğdu H., Verimlilik, Milli Produktivite Merkezi Dergisi, No: 3, s. 47 - 57, 1982
4. 'Endüstriyel Enerji Kullanımının Yapısı ve Türkiye için Bir Anket Uygulaması', Ünlü G., Uyar T.S., Eylem M.A., 9. Ulusal Yöneylem Araştırma Kongresi, 26 - 28 Haziran 1984, İstanbul.
5. Saray Kömürü için Zenginleştirme Tekniklerinin Optimizasyonu, 'Optimization of Up Grading Techniques for Saray Coal', Uyar T.S., Erdönmez G., Sunay M., Ayok T., Proceedings of the First International Mineral Processing Symposium, Cilt 1, s. 778 - 789, 29 Eylül - 01 Ekim 1986, İzmir.

6. Türkiye Linyitlerinden Sıcak Suda Kurutulmuş Düşük Evsafılı Kömür Su Karışımlarının Hazırlanması, 'Preparation of Hot Water Dried Low Rank Coal Water Mixtures From Turkish Lignites', Uyar T.S., Erdönmez G., Proceedings of the Fifteenth Biennial Low Rank Fuel Symposium, 22 - 25 Mayıs 1989, Minnesota, ABD.
7. 'Çorlu, Uzunköprü ve Kırklareli için Hesaplanan Rüzgar Atlas İstatistikleri', Uyar T.S., ve diğ. TÜBİTAK Proje Raporu No:2, Şubat 1988, MAE, Gebze, Kocaeli.
8. 'Afyon, Seydişehir, Elmalı, Yumurtalık ve Anamur için Hesaplanan Rüzgar Atlas İstatistikleri', Uyar T.S., ve diğ. TÜBİTAK Proje Raporu No:3, Haziran 1988, MAE, Gebze, Kocaeli.
9. 'Bozcaada, Çeşme, Fethiye, ve Sultanhisar için Hesaplanan Rüzgar Atlas İstatistikleri', Uyar T.S., ve diğ. TÜBİTAK Proje Raporu No:4, Ağustos 1988, MAE, Gebze, Kocaeli.
10. 'Hopa, Samsun, Trabzon ve Sinop için Hesaplanan Rüzgar Atlas İstatistikleri', Uyar T.S., ve diğ. TÜBİTAK Proje Raporu No:5, Kasım 1988, MAE, Gebze, Kocaeli.
11. 'Ağrı, Gemerek, Çanakkale ve Akçakoca için Hesaplanan Rüzgar Atlas İstatistikleri', Uyar T.S., ve diğ. TÜBİTAK Proje Raporu No:6, Aralık 1988, MAE, Gebze, Kocaeli.
12. Düşük Evsafılı Kömür Su Karışımlarının Zenginleştirilmesine Sistemik Bir Yaklaşım, 'A Systematic Approach to Upgrading Low Rank Coal Water Mixtures', Uyar T.S., Özil E., Erdönmez G., Florence World Energy Research Symposium, 28 Mayıs - 01 Haziran 1990, Firenze, İtalya.
13. Çevresel Tahribat Maliyet Değerlendirilmesinde Bir Araç Olarak Çevresel Etki Dağılım Denklemleri, 'Environmental Impact Distribution Functions as a Tool for Environmental Damage Cost Evaluation', Uyar T.S., Yarman F.A., International Energy Workshop, 18 - 20 Haziran 1991, IIASA, Laxenburg, Avusturya.

TMMOB 3. ENERJİ SEMPOZYUMU-5-6-7 2001 MİLLİ KÜTÜPHANE ANKARA