

# ENERJİ KAYNAKLARININ MUKAYESELİ DEĞERLENDİRİLMESİ YENİ ve YENİLENEBİLİR

ENERJİ KAYNAKLARI ve TÜRKİYE

**Prof. Dr. Eralp Özil**

**Prof. Dr. Mahir Arıko**

**Doç. Dr. Sibel ÖZDOĞAN (Marmara Üniversitesi)**

## A. GİRİŞ

Türkiye'nin ekonomik ve sosyal yapısında son yıllarda çizmekte olduğu tablonun başlıca göstergeleri;

- hızlı ekonomik gelişme,
- hızlı nüfus artışı ve şehirleşme,
- endüstrileşme,
- hayat standartlarında yükselme,
- kapital ve enerji gibi üretim girdiklerinde zorlanmaya karşın ihracatta artış olarak özetlenebilir. Aslında gelişmekte olan ülkelerin hemen tümü benzer özellikleri göstermektedir. Bu göstergeleri sürekli tutabilmenin ve gelişmişlik düzeyine erişebilmenin anahtarlarından biri, belki de en önemlisi, Türkiye'nin ticari enerji tüketimini (ne artını) dünya ortalamasının üstünde ve gelişmiş ülkelerin çok üstünde bir hızla arttırmasıdır. Yüksek hızlara gerek duyulmasının temel nedenleri olarak;
- amaçlanan yüksek kalkınma hızları,
- sanayileşme ve özellikle enerji yoğun sanayi dallarının tercih edilmesi (!) sonucu ekonominin enerji yoğunluğunun artması,
- hızlı şehirleşme,
- hayat standartı ile birlikte enerji tüketen malların kullanımında artış,
- ticari olmayan ve enerji dışı kullanımı daha değerli olan enerji tür ve kaynaklarının ticari enerjiyle ikamesi sayılabilir. Enerjiye talebin önemli bir bölümünü ithalata karşılayan Türkiye'nin hızlı enerji tüketimi artışına cevap verebilmek için gelişmiş ülkelerin aynı koşullarla karşılaştığı dönemlerde uyguladıkları yöntemleri kullanması ise oldukça zordur.

Türkiye'nin enerji geleceğini yalnızca enerjinin üretim maliyeti ve enerji kaynaklarının mukayeseli fiyatları ile belirlemek yeterli olmadığı gibi son derece de sakıncalıdır. Gerçekten de gelişmekte olan her ülke gibi Türkiye yatırım programlarında en büyük paylardan birini enerjiye veriyorsa, yapılacak tercihler ülkenin sosyo-ekonomik karakteri ve alt yapısına uygun olmak ve sosyo-ekonomik sorunlarına pozitif katkıda bulunmak zorundadır. Zaten yeni ve yenilenebilir, enerji kaynakları bu anlayışla değerlendirilmedikleri takdirde onlardan yakın bir gelecekte önemli bir katkı beklemek gerçekçi ve mümkün olmayacaktır.

Bu çalışma Türkiye için yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının gerçekten önemli ve gerekli olup olmadığını, gerek makroekonomik gerekse sosyo-ekonomik boyutlarıyla ele almaktadır.

## B. TÜRKİYEDE ENERJİYE GENEL BAKIŞ 1. Kaynaklar

Türkiyede alışılmış enerji kaynakları çok çeşitli olmasına karşın bunların tümü de ya kalite ya da miktar açısından yetersiz olup (Tablo 1) yıllık üretim miktarları da arzulanan düzeyde değildir. Mevcut rezervler arasında en zengin iki kaynağın linyit ve akarsularımız olduğu görülmektedir. Türkiye'nin ekonomik olarak yararlanabileceği hidroelektrik potansiyelin 122x10<sup>6</sup> kwh olduğu düşünülmektedir ve bunun şimdilik sadece beşte biri kullanılmaktadır (1). Linyit rezervinin büyük bir kısmı ise oldukça düşük kalitedir. Yüksek kül ve kükürt içerikleri yüzünden yaratacakları çevre sorunları, bunlardan alışılmış teknolojiler ile yararlanılmasına engel olmaktadır.

Tablo 1. Türkiye'nin birincil enerji kaynakları (1)

Kaynak	Kullanılabilir Rezerv	Muhtemel Rezerv	Toplam Rezerv
Taş Kömürü (M.t.)	185	1191	1376
Linyit (M.t.)			
Elbistan	3357		
Diğer	3982	736	4718
Toplam	7339	736	8075
Asfaltit (M.t.)	45	37	82
Petrol (M.t.)			43.8
Hidroelektrik (TWh/Yıl)		122	
Doğalgaz (B. M <sup>3</sup> )			34.5

Tablo 2. Enerji Seçeneklerinin Mukayeseli Değerlendirilmesi

Kaynak	Emniyet Primi	Döviz Primi	Kaynakların Tüketilmesi	İklimsel Etki	Çevre Kirliliği
Petrol	-	-	-	-	-
Kömür	-	-	-	-	-
Linyit	+	+	-	-	-
Güneş	+	+	+	+	+
Doğal gaz	-	-	-	-	+
Nükleer	-	-	-	+	-

Öte yandan ülkemiz yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları bakımından oldukça zengin bir görünümdedir. Özellikle güneş, jeotermal, rüzgar ve biyomasa enerjilerinin ulusal enerji dengesine önemli katkıda bulunmaları beklenmektedir. Üç yönden denizlerle çevrili olmasına karşın ülkenin dalga ve gel/git enerjileri potansiyeli oldukça düşük düzeydedir; Buna karşılık güneş ve biyomasa enerjileri tüm ülke düzeyinde bol ve yalın olarak bulunmaktadır.

Ortalama güneşlenme süresi yılda 2500 saati aşan Türkiye'de yıllık ortalama güneş enerjisi miktarı ise 1500 kw-h/m<sup>2</sup> dolaylarındadır. Bu değer, ülke potansiyelinin 5x10<sup>9</sup> TJ düzeyinde olduğunu göstermektedir. 1980 yılı toplam enerji tüketiminin 14x10<sup>6</sup> TJ olarak gerçekleştiği düşünülürse, Dördüncü Beş Yıllık Kalkınma Planı'nda güneş enerjisinin toplam birincil enerji üretimine katısının %0.06 düzeyinde olduğu tahmin edilmiştir. Ancak, bu rakam, özellikle tarım sektöründe yaygın olan doğal kurutmayı göz önüne almamaktadır.

Biyomasa enerjisine gelince, özellikle kırsal alanlarda odun ve tezek kullanımının oldukça yaygın olduğu bilinmektedir. Türkiye'nin orman alanı 20.106 hektar dolayında olduğuna göre hektar başına 1.5m<sup>3</sup> faydalı ve yenilenebilir enerji ürünü tahmini ile oldukça önemli bir potansiyel ortaya çıkmaktadır. Ancak 1.5 m<sup>3</sup>/hektar rakamının Batı ülkelerine göre çok düşük olduğunu (yaklaşık %30'u) vurgulamakta yarar vardır. Büyükbaş hayvan nüfusunun 15 milyon olduğu varsayımıyla hayvan artıklarından enerji üretimi potansiyeli 15 milyon olduğu varsayımıyla hayvan artıklarından enerji üretimi potansiyeli 18 Twh olarak hesaplanabilir.

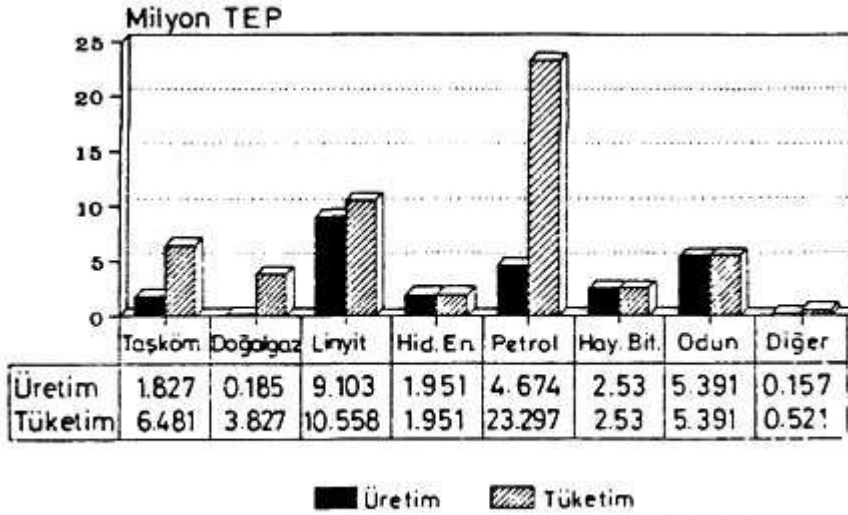
Böylece toplam biyomasa enerjisi potansiyelimizin 3.4x10<sup>5</sup> TJ/yıl (~ 8x10<sup>6</sup> ton petrol eşdeğeri) olduğu tahmin edilmiştir.

Rüzgar enerjisinden yararlanma olanaklarının daha çok Kuzey Doğu Karadeniz ve Ege Bölgelerinde bulunduğu bilinmektedir. Yıllık ortalama hızları pek yüksek olmadığından rüzgar enerjisinden daha çok sulama ve düşük miktarda elektrik üretiminde yararlanılabilir. Bir tahmin olarak rüzgar enerjisi potansiyelimizin 2x10<sup>4</sup> TJ dolaylarında olduğu söylenebilir.

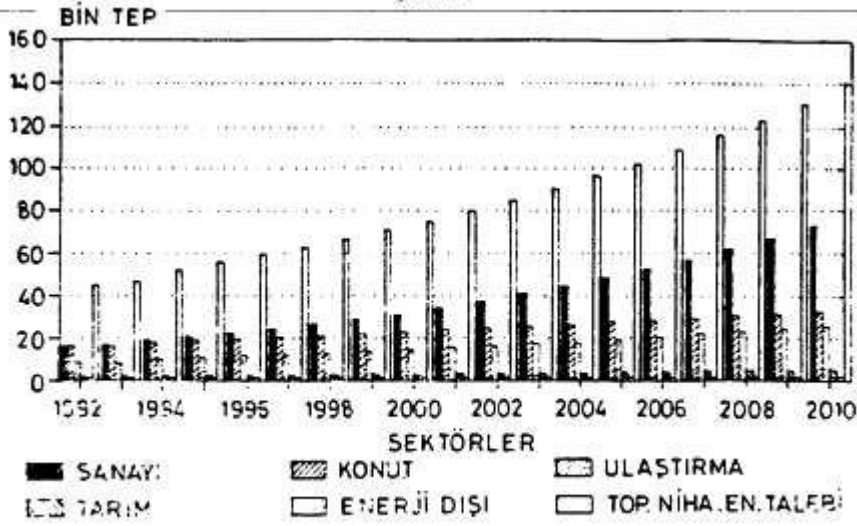
Türkiye'nin umut verici kaynaklarından biri de jeotermal enerjisidir. 2000 yılında ekonomik olarak nitelendirilebilecek jeotermal enerji potansiyelimizin 30 Twh/yıl olduğu hesaplanmaktadır.

### Üretim ve Tüketim :

Türkiye'de toplam enerji tüketimi 1991 yılında 55 milyon ton petrol eşdeğerine ulaşmıştır (1). Şekil 1'den görüleceği gibi üretim yetersiz kalmakta tüketim önemli ölçüde ithalat tarafından karşılanmaktadır. Enerji tüketiminin sektörlere göre dağılımı Şekil 2'de özetlenmiştir.



Şekil : 1



Şekil : 2

Sanayi ve konut sektörlerinin Türkiye'deki en önemli iki tüketici oldukları görülmektedir. Halen bu iki sektördeki enerji tüketimi hemen hemen eşittir. Ancak önümüzdeki yıllarda sanayi sektörünün, konut sektörünün önüne geçeceği tahmin edilmektedir.

### C. ENERJİ SEÇENEKLERİNİ DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ

Enerji teknolojilerinin değerlendirilmesine yönelik kriterleri dört ana grupta toplayabiliriz.

- A-) Ülke yapısına ilişkin kriterler,
- B-) Teknolojik kriterler
- C-) Ekonomik kriterler.
- D-) Sosyo-ekonomik kriterler.

Ülke yapısına ilişkin kriterler, herhangi bir teknolojiyi ülkenin doğal kaynakları, şartları ve hedefleriyle uyumluluk açısından değerlendirmeyi amaçlamaktadır.

Bu kriterleri şöyle sıralayabiliriz:

- i) Doğal kaynaklardan yararlanma,
- ii) Nüfus dağılımına uyum (kırsal/kentsel),

- iii) İklim ve coğrafi koşulları uyum,
- iv) Sektörel yapı üzerindeki etkiler,
- v) Milli hedeflere uyum.

Nüfusun kentsel alanlarda yoğunlaştığı ülkeler için uygun olmayan teknolojiler, kırsal alanlarda yoğunlaşma gösteren ülkeler için uygun olabilmektedir. (Örneğin biomas) Yine, dağlık ve ulaşılması zor bölgelere sahip bir ülkede interkonekte sistem yerine yöresel küçük sistemlerden oluşan bir elektrik sistemi daha uygun olabilir. Sanayi sektörü ağırlıklı bir ülkenin gereksinimleri ile tarıma dayalı ekonomisi olan bir ülkenin gereksinimleri farklıdır. Ancak, bugünkü yapıya ek olarak geleceğe yönelik hedeflerin de göz önünde bulundurulması gereklidir.

Teknojik kriterler ise şunlardır:

- i) Enerji talebini karşılamaya katkı,
- ü) Talep dağılımına uyum,
- iii) Teknolojinin gelişme düzeyi,
- iv) Teknolojik risk.

Gelecekle muhtemel enerji açığı tehlikesi enerji talebini karşılamada büyük katkısı olacak teknolojilere ağırlık verilmesini gerektirirken, talebin yapısı ve dağılımı da değişik türlerde enerji (elektrik enerjisi, ısı enerjisi vb.) üretimi teknolojileri arasında ya da merkezi veya yaygın teknolojinin gelişme düzeyi ile teknik fizibilitenin uluslararası platformdaki konumu kastedilmektedir.

Teknolojik risk ise, tamamıyla ülke koşullarına bağlı olarak herhangi bir teknolojinin ülkede mevcut teknolojik alt yapı ve potansiyel çerçevesinde fizibilitesini ve uygulamaya ilişkin riskleri ifade etmektedir.

Ekonomik kriterleri aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

- i) Birim enerji maliyeti,
- ii) Döviz ihtiyacı,
- iii) Dışa bağımlılık,
- iv) Sanayide yeni yatırımları teşvik etme olasılığı.

Enerji üretiminin birim maliyeti her zaman önemli olmuş ve olacak bir faktördür. Yalnız burada göz önünde tutulması gereken diğer bir faktör de iç kaynaklar ile dış kaynaklar kullanımı arasındaki farklılıktır. İç harcamalarla gerçekleştirilen yerli teknolojiler, büyük ölçüde dış harcamalarla gerçekleştirilecek teknolojilere göre daha pahalı olsalar da tercih edilebilirler. Burada kabul edilebilecek maliyet farkı "döviz primi" ne, yani döviz maliyeti ile dövizin gölge fiyatı arasındaki farka bağlıdır. Önemli olan diğer bir nokta da enerji teminine ilişkin risklerdir.

Enerji üretimi açısından dışa bağımlı teknolojilerde bu risk söz konusudur. Özellikle, 1973'den itibaren politik bir nitelik kazanan petrolün teminine ilişkin riskler, "emniyet primi" olarak ifade edilen bir kavramın ortaya çıkmasına neden olmuştur.

Emniyet primi, petrole daha az bağımlı olmak için, petrol ithal eden ülkelerin, dünya petrol fiyatına ek olarak üstlenmeyi kabul edebilecekleri maliyeti belirtmektedir. Petrol stokları tutma maliyetinin bu primin alacağı değerini alt sınırını oluşturacağı söylenebilir. Bir teknolojinin sanayide yeni yatırımları teşvik etme potansiyeli ise sağlanacak katma değer ve dolayısıyla milli ekonomi yönünden önem kazanmaktadır.

Sosyo-ekonomik kriterleri de şöylece verebiliriz:

- i) Ülkede istihdamı arttırma olanağı,
- ii) Toplum sağlığı üzerindeki etkiler,
- iii) Çevre üzerindeki etkiler,
- iv) Sosyal ve kültürel yapı üzerindeki etkiler.

Toplum sağlığı üzerindeki etkiler, normal faaliyet esnasında söz konusu olan etkileri ve herhangi bir kaza anında söz konusu olabilecek etkiler olarak iki ayrı grupta düşünülebilir. Özellikle gelişmekte olan ülkelerin karşı karşıya olduğu sosyo-ekonomik problemlerin başında ise hayat standartlarında ve kültürel düzeyde bölgeler arası dengesizlikler ve kırsal alanlarda refah ve kültür düzeyinin yükselmesi, kentlere göçün yavaşlaması gibi olumlu etkileri beraberlerinde getirebileceklerdir.

Farklı enerji teknolojilerinin değerlendirilmesi ve seçimi yapılırken, tüm bu kriterlerin göz önünde bulundurulması gerekir. Tabii ki bunların herbirinin önem dereceleri farklıdır ve zaman içerisinde de farklılıklar gösterecektir.

Ancak çok önemli olduğu düşünülen tek bir kriterle göre en iyi seçim gibi görünen bir teknoloji diğer kriterler açısından topladığı olumsuz puanlar nedeniyle, genelde ülke için hiç de iyi bir seçim olmayabilir. Örnek olarak makroekonomik kriterlere göre yapılmış mukayeseli değerlendirme Tablo 2'de verilmektedir. Bu değerlendirmenin rasyonel sonucu ise (-) ve (+) ların parasal karşılığına bağlıdır.

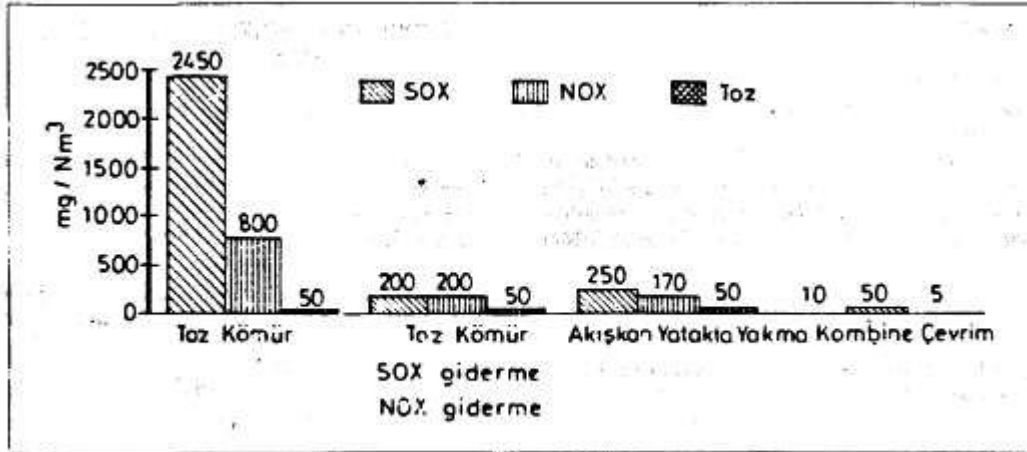
#### D. NEDEN YENİ VE YENİLENEBİLİR ENERJİ TEKNOLOJİLERİ

Bir ülke geleceğe ilişkin olarak yapacağı yatırımları salt ekonomik kriterlere göre değerlendirdiği takdirde, güneş enerjisi gibi yeni teknolojilerin ilk yatırım maliyetleri bakımından konvansiyonel teknolojiler ve kömürle (linyit veya diğer) rekabet edebilmesi mümkün değildir. Nitekim ülkemizin son yıllarda içinde bulunduğu ve uygulamaya çalıştığı ekonomik sistem, güneş enerjisinin aksine özellikle linyit kullanımının hem konut hem de sanayi sektöründe yaygınlaşmasını kolaylaştırmış ve hatta teşvik etmiştir.

Önce Ankara'da kendini gösteren, daha sonra hem tüm ana kentlerimizi de etki altına alan hava kirliliği, salt ekonomik kriterlere bağlı olarak yapılan tercihlerin ne denli yanlış olduğunun çarpıcı bir örneğidir. İthal edilen kömür, tüm doğal gaz boru hattı ve dağıtım yatırımları, değiştirmek zorunda kalınan binlerce kazan, baca ve diğer tesisatın faturaları aslında zamanında linyite kesilmesi gereken faturalardır. Türkiye linyit rezervleri oldukça zengin olan bir ülkedir. Bu kaynaklardan yararlanmak zorunda olduğumuz da yadsınamaz bir gerçektir. Bu ise ancak linyit tüketimi sonucu oluşan olumsuzlukları, diğer bir deyişle CO<sub>2</sub>, SOX, NOX, ve toz emisyonlarını en aza indiren yeni teknolojilerin devreye girmesi ile mümkün olacaktır.

Son yıllarda, kömürün ve özellikle linyitin; çevre açısından kabul edilebilir bir yakıt haline getirilmesi için yakma teknolojilerinde dünya çapında büyük atılımlar gerçekleştirilmiştir. Atmosferik, basınçlı veya dolaşımli akışkan yataкта yakma gibi yeni teknolojilerin geliştirilmesinin yanı sıra, alışılmış yakma teknolojilerinde de önemli değişiklikler yapılmıştır.

Baca gazı arıtma teknolojilerinde kaydedilen gelişmeler de bunlara eklenince, kömür kullanımı, havayı kirlenme açısından eskisi kadar ürkütücü olmaktan çıkmıştır. Bu yeni teknolojilerin gerek çevreye etkileri ve gerekse ekonomiklik bakımından karşılaştırmaları Şekil 3 ile Tablo 3 ve 4'te verilmiştir.



Şekil 3

**Tablo 3. Kömür kullanan termik santrallerin çevre üzerindeki etkileri (8)**

Teknoloji	Kapasite (MWe)	CO <sub>2</sub> (kg/kWh)	SO <sub>2</sub> Giderme	NO <sub>x</sub> (mg/m <sup>3</sup> , 6%O <sub>2</sub> )	Toz (mg/m <sup>3</sup> , 6%O <sub>2</sub> )
Toz Kömür+ SO <sub>x</sub> Giderme	200	0.87	90	500-650	60
Sirkülayonlu Akışkan Yatak	200	0.86	90	100-300	-30
Basınçlı Akışkan Yatak	200	0.82	90	150-300	-10
Kombine Çevrim (IGCC)	250	0.78	99	120-300	Çok az
BCC Çevrim Sistemi	330	0.72	90	150-300	-30

**Tablo 4. Kömür kullanan termik santrallerin verim ve enerji maliyeti açısından karşılaştırmaları (8)**

Teknoloji	Kapasite (MWe)	Net Verim (Alt Isıl Değer Baz)	Elektrik birim fiyatı (E/k We)
Toz Kömür+ SO <sub>x</sub> Giderme	200	38.8	1140
Sirkülayonlu Akışkan Yatak	200	39.6	955
Doğal Gaz Çevrimi	240	52.0	375
Basınçlı Akışkan Yatak	200	41.4	935
Kombine Çevrim (IGCC)	250	43.0	975
BCC Çevrim Sistemi	330	46.9	870

## E. SONUÇ

Genel olarak gelişmiş ve lider konumundaki ülkelerin enerjiye yaklaşımları, C bölümünde değindiğimiz kriterlerin hiçbiri göz önünde tutulmadan, ülkemiz için de aynen benimsenmektedir. Son 5 yıllık kalkınma planının enerji bölümünde bu tebliğde söz konusu olan tüm kaynak ve teknolojilere verilen yer iki cümleden ibarettir.

Felsefi olarak olaya baktığımızda gerek fuel oil gerekse tükenmez gibi gözüken kömür insanoğlu'nun yaşamının çok küçük bir bölümünü, içinde bulunduğumuz dönem dahil, oluşturmaktadır. Gerçek anlamda tükenmeyen ve temiz enerji kaynağı güneştir. Bizim kuşağımız bu gerçeği göremese de, çocuklarımız muhakkak bunu görecek, yaşayacak ve güneş kökenli teknolojilere hak ettiği önemi verecektir.

## KAYNAKLAR

1. Dünya Enerji Konseyi - Türk Milli Komitesi, "1991 Türkiye Enerji Raporu", Ankara,1993.
2. ARIKOL, M . vça, "Proses Isısı Üretiminde Güneş Enerjisinden Yararlanma", TÜBİTAK-MAE Yayını, Gebze 1983.
3. ÖZDOĞAN, S., ARIKOL, M., "Solar Industrial Process-Heat Applications in Selected Turkish Industries", Energy-The International Journal, Vol. 17, No.6, s.535-546, 1992.
4. ÖZİL, E., HEINZEL.V. ve KAYA, S., "An Overview of Solar Thermal Plants and MARSOL Solar Thermal Plant", Uluslararası Akdeniz Güneş ve Diğer Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kongresi Bildiri Kitabı, 269-283, Antalya, 1988.
5. ÖZDOĞAN, S., ARIKOL M., "One the Feasibility of Process Steam Production Options in Turkey", Energy-The International Journal, Vol. 15, No.1 I, s.943-948,1990.
6. ÖZDOĞAN, S., ARIKOL, M., "Prospects of SIPH Applications in the Turkish Chemical Industry" Uluslararası Akdeniz Güneş ve Diğer Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kongresi Bildiri Kitabı, s. 321-332," Antalya, 1988.
7. ÖZDOĞON, S., ARIKOL, M., "Effect of SO2 Emission Rcgulations and Fuel Prices on Levelized Energy Costs of

Industrial Steam Generation Options". Energy-The International Journal, Vol. 17. No. 1, s.79-86, 1992.

8. Birleşmiş Milletler-Avrupa Ekonomik Komisyonu, "Yeni Kömür Teknolojileri Sempozyumu" Helsinki, 1993.