

**TÜBİTAK**  
TÜRKİYE BİLİMSEL VE TEKNİK ARAŞTIRMA KURUMU



**VİZYON 2023 TEKNOLOJİ ÖNGÖRÜ PROJESİ**  
**ENERJİ VE DOĞAL KAYNAKLAR PANELİ**  
**RAPORU**

**24 TEMMUZ 2003**  
**ANKARA**

**ÇEKÜL KÜTÜPHANESİ**

DEMİRBAŞ NO.

SINIFLAMA NO.

rap 706

BAĞIŞCI

GELİŞ TARİHİ 11.09.09

## Önsöz

Bu rapor, Türkiye Cumhuriyetinin kuruluşunun 100 cü yılı olan 2023 senesinde, enerji teknolojileri alanında öncü ülke konumuna gelmesini sağlamak için yapılması öngörülen Araştırma ve Teknoloji Geliştirme faaliyetleri hakkındadır. Vizyon 2023 Enerji ve Doğal Kaynaklar Paneli bu amaca yönelik olarak TÜBİTAK tarafından oluşturulmuş bir çalışma grubudur.

Enerjinin üretilmesi, dönüştürülmesi, iletilmesi, depolanması, işlenmesi ve kullanılması günümüzde dünyanın en önde gelen teknik, sosyal, ekonomik, siyasal ve savunma konuları arasındadır. Bugün dünya enerji pazarı trilyon dolar mertebesinde olup, enerji alanında yapılan ArGe harcamaları büyük ekonomilere sahip ülkelerde milyar doların üzerindedir.

Genel olarak enerji alanındaki araştırmalar büyük hacimli, yüksek maliyetli ve uzun sürelidir. Yanlış seçilmiş bir enerji ArGe politikasının hatalı olduğu hem geç farkedilir, hem de böyle bir hata beraberinde çok yüksek maliyetler getirir. Bu nedenle teknoloji öngörüsü yapılırken çok dikkat edilmesi, ülkenin sınırlı kaynaklarının en doğru alanlarda kullanılması gerekir. Panelimiz çalışmalarında bu hususu hep göz önünde bulundurmıştır.

Panel çalışmalarında öne çıkan konuların asla teknoloji kullanımını kâsdetmediğinin, ya da bunlara ilişkin bir enerji politikası önermediğinin altını çizmek isterim. Öne çıkan her konu, bu konu hakkında bir Araştırma ve Teknoloji Geliştirme çalışmasının yapılmasının gerekliliğine işaret etmektedir.

Panel çalışmaları 2001 yılı nihai verilerine dayalı olup, bu veriler doğaldır ki, yıllar itibariyle yenilenmeye açık ve muhtaçtır. Önemle işaret etmek istediğim bir diğer husus da, tüm ArGe konularında olduğu gibi, esnek ve yenilenebilir bir ArGe politikası oluşturulmasının gerektiğidir. Bu konu, tüm panelleri ilgilendirdiği için burada ele alınmamıştır.

Bir yılı aşkın bir süredir çalışmakta olan Enerji ve Doğal Kaynaklar Paneli, üniversitelerimizden, özel ve kamu sanayi kuruluşlarımızdan, sivil ve askeri bakanlık mensuplarımızdan ve TÜBİTAK ve Marmara Araştırma Merkezi'nden katılımcılardan oluşmaktadır. Biraz daha eskiye gidilerek, yaklaşık üç yıl kadar önce TÜBİTAK koordinatörlüğünde başlatılan Türkiye Enerji Teknolojileri Araştırmaları Programı çalışmasındaki teknoloji grupları da dikkate alındığında, toplam katılımcı sayısının 100 civarında olduğu görülmektedir. 14 Mayıs - 30 Haziran 2003 tarihleri arasında yapılan Delfi sorgulamasını yanıtlayan uzmanlarımızın sayısı ise 615 olmuştur. Sunmuş olduğumuz rapor, bütün bu birikimlere dayalı olarak ve çok sayıda toplantı, yazışma, inceleme ve araştırma sonucunda oluşmuştur. Bütün katılımcı arkadaşlarıma yapmış oldukları özverili çalışmalardan dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Bunun yanında, gerek panel çalışmalarındaki, gerekse koordinasyondaki katkıları nedeniyle Dr. Filiz Çimen'e ve bu raporun her satırında emeği bulunan Raportör Prof. Dr. Vural Altın'a takdir ve teşekkürlerimi sunarım.

Saygılarımla,  
Prof.Dr.R.Nejat Tuncay  
Enerji ve Doğal Kaynaklar Paneli Başkanı

## İÇİNDEKİLER

<b>ENERJİ VE DOĞAL KAYNAKLAR PANELİ ÜYELERİ</b>	..	..4
<b>YÖNETİCİ ÖZETİ</b>	..	5
<b>1. GİRİŞ</b>	..	7
1.1. Enerji ve Doğal Kaynaklar Sosyoekonomik Faaliyet Alanının Özellikleri	..	.7
1.2. Enerji ve Doğal Kaynaklar Paneli nin Yapısı ve Çalışma Programı	..	.8
<b>2. ENERJİ ve DOĞAL KAYNAKLAR SOSYO-EKONOMİK FAALİYET ALANININ TEKNOLOJİK/ EKONOMİK / YAPISAL DURUMUNUN, TÜRKİYE ve DÜNYA AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ</b>		..9
2.1. Enerji ve Doğal Kaynaklar Açısından Türkiye deki Durum.....		9
2.2. Dünyadaki Durum.....		..21
2.3. Enerji ve Doğal Kaynaklar Alanında 2003-2023 Dönemindeki Gelişme ve Değişimleri Belirleyecek Olan Temel Eğilimler ve İtici Güçler.....		..34
2.4. Enerji ve Doğal Kaynaklar Alanında Türkiye nin Güçlü ve Zayıf Yanları, Tehdit ve Fırsatlar.....	...	.35
<b>3. ENERJİ ve DOĞAL KAYNAKLAR ALANINDA GELECEK VİZYONU ve SOSYO-EKONOMİK HEDEFLER.....</b>		<b>37</b>
3.1. Enerji ve Doğal Kaynaklar Alanında 2023 Yılı Vizyonu.....	..	37
3.2. Enerji ve Doğal Kaynaklar Alanındaki 2023 Türkiye Vizyonu nun Gerçekleşmesi İçin Ulaşılması Gereken Sosyo-Ekonomik Hedefler.....		.37
<b>4. ÖNCELİKLİ TEKNOLOJİLER</b>	.....	<b>...41</b>
4.1. Teknolojik Faaliyet Konuları ve Teknoloji Alanları	.....	41
4.2. Teknolojik Faaliyet Konuları ve Teknoloji Alanlarının Önceliklendirilmesi	..	.42
<b>5. ÖNCELİKLİ FAALİYET KONULARI İÇİN YOL HARİTALARI</b>		<b>44</b>
<b>6. DİĞER POLİTİKA ÖNERİLERİ</b>		<b>.54</b>
<b>7. GENEL DEĞERLENDİRME ve SONUÇ</b>		<b>.55</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>		<b>56</b>

**EKLER**

<b>EK A : TÜRKİYE, DÜNYA VE OECD VERİLERİ</b>	<b>..E1</b>
EK 1: TÜRKİYE.....	E2
EK 1.1: Türkiye Enerji İstatistikleri....	..E2
EK 1.2: Türkiye Enerji Tahminleri.....	..E4
EK 1.3: Türkiye Değerlendirmesi.....	.. E6
EK 2: DÜNYA ENERJİ VERİLERİ.....	..E14
EK 3: OECD ENERJİ VERİLERİ.....	E27
<b>EK B : DELFİ ANKETİ SONUÇLARI VE ÖNCELİKLENDİRME</b>	<b>E29</b>
EK 4: DELFİ ANKETİ BİRİNCİ AŞAMA SONUÇLARI	E30
EK 5: DELFİ ANKETİ İKİNCİ AŞAMA SONUÇLARI	E33
EK 6: TFK TA MATRİSİ	..E36
EK 7: PANEL ÜYELERİNİN ÖNCELİKLENDİRME SONUÇLARI	.... E38
EK 8: MAM UZMANLARININ ÖNCELİKLENDİRME SONUÇLARI	..E39
<b>EK C : ÖNCELİKLİ TFK LAR İÇİN YOL HARİTALAR</b>	<b>..E40</b>
EK 9: TFK YOL HARİTALARINDAKİ KAVRAMLARIN TANIMLARI	E41
EK 10: TFK YOL HARİTALARI	E43

## YÖNETİCİ ÖZETİ

Enerji ve Doğal Kaynaklar Paneli, TÜBİTAK koordinasyonunda, teknolojik gelişmeleri toplumsal ve ekonomik faydaya dönüştürme yeteneği kazanmış bir refah toplumu yaratmak hedefine odaklı olarak yürütülen Vizyon 2023 çalışmaları içerisinde yer alan Teknoloji Öngörü Projesi kapsamında, alanıyla ilgili stratejik teknoloji alanlarının saptanarak önceliklendirilmesiyle görevlendirilmiş olan panellerden birisidir. Panelin çalışmaları, TÜBİTAK tarafından belirlenip sunulmuş olan Panellerin Görev Tanımı çerçevesine uygun bir şekilde yürütülmüş ve bu sonuç raporu hazırlanmıştır.

Panel, 14.08.2002 tarihinde başlayıp sonuç raporunun teslim edildiği 24.07.2003 tarihine kadar sürdürdüğü faaliyetleriyle; enerji alanında Türkiye'nin 20 yıllık vizyonunu, bu vizyonu erişilebilir kılacak hedefleri, bu hedeflerin gerçekleştirilmesi için yetkinlik kazanılması gereken teknolojik faaliyet konularını ve bunları destekleyen teknoloji alanlarını belirlemeye çalışmıştır.

Enerji ve Doğal Kaynaklar Paneli, Türkiye'nin 2023 yılına yönelik enerji vizyonunda;

*Dünyanın ileri gelen ülkeleri arasında yer alacak bir gelişmişlik ve gönenc düzeyini yakalamak üzere;*

- *serbest, şeffaf ve istikrarlı piyasa koşulları içinde ulusal kaynaklarına öncelik veren, bu kaynakların aranmasında ve istenen kaliteyle; güvenli ve ekonomik olarak üretiminde ileri teknolojileri kullanan ve geliştirebilen;*
- *gereksinim duyduğu enerjiyi, güvenli, güvenilir, ekonomik, verimli ve çevreye duyarlı teknolojilerle üreten, ileten, depolayan ve kullanan;*
- *uluslararası enerji pazarında yarışabilecek enerji teknolojileri geliştirebilen ve uluslararası enerji yatırımlarında etkin rol alabilen,*

*bir Türkiye görmek istiyor.*

Bu vizyonunun gerçekleşmesi için ulaşılmaması gereken sosyo-ekonomik hedefler;

- Türkiye'nin, GSYİH'sini 2023 yılına kadar dört misline katlayarak 800 milyar dolara ve böylelikle, o zamanki 90 milyonluk nüfusu için kişi başına gelir düzeyini 8900\$ a çıkarmak,
- buna paralel olarak;
  - toplam enerji arzını 320 Mtep e ve böylelikle o zamanki 90 milyonluk nüfus için kişi başına enerji tüketimini 3.5 tep e çıkarmak,
  - buna paralel olarak; elektrik arzını 480 TWh a ve kurulu gücünü de, bu üretim düzeyinin gerektirdiği asgari 100 GW a, böylelikle o zamanki 90 milyonluk nüfus için kişi başına elektrik tüketimini 5300 kWh/y a çıkarmak,
- oluşan arz kompozisyonunu; ülkenin her tarafından erişilebilir, yüksek emre amadeliğe sahip, fiyatça tahammül edilebilir bir etkinlikle sunmak,
- enerji arzı döngüsündeki arama, çıkarma, üretim, taşıma, tüketim vb. tüm faaliyetlerde çevreyi (hava, toprak, su vb.) korumak; yerel, bölgesel veya küresel çevre kirliliğine katkı artışı sınırlamak; bu konudaki AB adaylığı/üyeliği çerçevesindeki AB mevzuatını ve uluslararası sözleşmeleri dikkate alan ve fakat ekonomik, çevresel ve stratejik ulusal çıkarları da kollayan mevzuatları hazırlamak,

- enerji güvenilirliği açısından dışa bağımlılığı kabul edilebilir düzeylerde tutmak amacıyla; arama, çıkarma ve kullanım açısından yerli kaynaklara öncelik tanımak,
- fakat her durumda artması kaçınılmaz görünen enerji ithalatında;
  - ithal bileşenlerini, birbirlerinin yerini alabilen kaynaklar ve coğrafyalar arasında, ekonomik açıdan mümkün olduğunca dağıtmak suretiyle, başta doğal gazınki olmak üzere, temin güvenliği risklerini kabul edilebilir düzeylerde tutmak,
  - Avrasya enerji koridoru tasarımını gerçekleştirmek suretiyle temin güvenliğini artırmak,
  - temin güvenliğini artırmaya ilave olarak, ithalat faturasını da daha rahat karşılayabilmek için; yurt dışındaki arama ve üretim faaliyetleriyle bütünleşmeye yönelik girişim ve ortaklıklar geliştirmek suretiyle, uluslararası enerji piyasalarında aktif rol almak,
- ulusal ve uluslararası içerikli enerji ArGe konularına daha fazla kaynak ayırmak,
- jeopolitik sorunlar, kartelleşme, enerji fiyatlarının aşırı derecede yükselmesi, doğal afetler ve çevresel baskılar gibi enerji güvenliğini tehdit eden risk konularını belirleyerek enerji senaryoları oluşturmak ve bu olası sorunlara yönelik eylem planlarını hazırlamak (risk yönetimi)

şeklinde belirlendi.

Bu vizyon ve hedeflere ulaşılması için öncelikli görülen teknolojik faaliyet konuları da sırasıyla şunlardır:

1. Ülkemiz linyitlerinden elektrik enerjisi üretimi
2. Ulaşım araçlarında kullanılacak yakıt pilleri üretimi
3. Rüzgar enerjisinden elektrik üretimi
4. Güç üretim tesislerinde kullanılacak yakıt pilleri üretimi
5. Hidrojen yakma teknolojilerinin geliştirilmesi
6. Güneş enerjisi kullanılarak elektrik üretimi
7. Enerjinin depolanması
8. Hidrolik kaynaklardan elektrik üretimi
9. Nükleer enerji üretimi
10. Güç sistemleri kontrolü
11. Elektronik cihazlarda kullanılacak yakıt pilleri üretimi
12. Sanayideki proseslerde enerji tasarrufu sağlayan teknolojilerin kullanılması
13. Yapıların enerji gereksinimlerinin yenilenebilir kaynaklardan sağlanması

Çalışma kapsamında, yukarıda sıralanan öncelikli teknolojik faaliyet konularının gerçekleştirilmesi için gerekli teknolojiler ve ulaşılması gereken yetenek düzeyleri; bu yetenek düzeylerine erişmek için uygulanması önerilen bilim-teknoloji-yenilik politikaları ve bu faaliyet konusunun hayata geçirilmesi için gerekli görülen B&T politikaları dışındaki diğer politika önlem ve önerileri de belirlenmiştir.

Panelin çalışmalarındaki amaç, Türkiye'nin enerji politikasının belirlenmesi değil; enerji alanında yapılması gereken öncelikli araştırma ve teknoloji geliştirme faaliyetlerinin tanımlanmasıdır. Çalışmadaki hedef, tanımlanan teknolojik faaliyetlerin gerçekleşmesi sonucunda, 2023 yılı Türkiye'nin dünya ölçeğinde en ileri teknolojilere sahip bir ülke konumuna gelmesidir.

## 1. GİRİŞ

### 1.1. Enerji ve Doğal Kaynaklar Sosyo-Ekonomik Faaliyet Alanının Özellikleri

Birincil enerji kaynakları arzı, ülke temelinde ve dünya genelinde GSMHların yaklaşık %6-7 sini oluşturuyor. Kurulu dünya enerji arz sisteminin yatırım değeri 10 trilyon doların üzerinde, yenilenme süresi ise yaklaşık 30 yıl. Sonuç olarak, enerji ticareti ve yatırımlarının yıllık değeri 1 trilyon doları aşılıyor. Bir yandan da, tüm sektörler vazgeçilemez bir girdi sağlayan bu sektör, ekonomiyle birlikte büyüyor ve giderek pahalılaşıyor. Dolayısıyla her ülke için; ekonomik büyüme, iç huzur ve barışın tesisi açılarından stratejik öneme sahip bir sektör.

Dünyamızın fosil yakıt bağımlılığının, yüzyılın ortasına kadar artarak sürmesi bekleniyor. Yeryüzündeki heterojen dağılımları nedeniyle, enerji kaynaklarının dörtte birinden, petrolünse yarısından fazlası uluslararası ticarete konu. Tükenecekleri endişesi azalmış olmakla beraber, özellikle petrol üzerindeki rekabetin, giderek sertleşmesi kaçınılmaz görünüyor. Çünkü bütün ülkeler, ihtiyaç duydukları enerji kaynaklarının, makul fiyatlarla ve kesintisiz teminini bir güvenlik sorunu sayıyor. Hal böyle olunca, dünya enerji arz sistemi, ulusal ve uluslararası güvenlik riskleri sunuyor. İhtiyaç fazlası petrolün yarısından fazlasının OPEC in Orta Doğu lu üyelerinin elinde olması, Türkiye nin de içinde bulunduğu coğrafyayı stratejik açıdan önemli ve gergin kılıyor.

Enerji sektörü aynı zamanda, çevreye en fazla olumsuz etkide bulunan sektörlerden birisi. Fosil yakıt bağımlılığının yol açtığı emisyonlar, yerel, bölgesel ve küresel çevre sorunlarına yol açıyor; bu sorunları giderek, iklim değişikliği boyutlarına büyütüyor. Dolayısıyla, bu kaynakları daha temiz kullanan teknolojileri devreye sokmak, olumsuz çevre etkilerini azaltan teknolojileri geliştirip uygulamak ve kısmen de, bu kaynaklardan kademeli olarak uzaklaşarak, daha pahalı, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmek gerekiyor. Bunu da daha ziyade, ekonomik gücü yeterli olan gelişmiş ülkeler yapabiliyor.

Dünya enerji arzının yüzyıl ortasına doğru karşılaşması beklenen yetersizliklerin aşılması, olumsuz çevre etkilerinin sınırlandırılması ve etkin bir şekilde onarılması, enerji alanındaki araştırmaların getirebileceği çözümlere bağlı. Ancak, teknolojik araştırmaların yeni ürünler sunması ve bu ürünlerin ticarileşip piyasalara sızması zaman alıyor. Sektörün zaten yavaş değişen bir sektör olması da, bu araştırmalara, daha büyük kaynakların ayrılması suretiyle hız verilmesinin gereğine işaret ediyor. Türkiye de payına düşeni yapmak durumunda.

Türkiye nin enerji alanında, tüm diğer gelişmekte olan ülkelere benzer, kısır döngüyü andıran bir konumu var: Az enerji tüketiyor, fakat tükettiği az enerjiyi, verimli ve temiz bir şekilde kullanamıyor. Bu tabloyu iyileştirebilmek için; bir yandan ekonomisini hızla büyütme, diğer yandan da büyüyen kaynaklarından ayıracağı artan oranlardaki payları, enerji arz ve tüketim sistemini daha verimli ve temiz bir yapıya dönüştürmeye yönelik öncelikli araştırma ihtiyaçları arasında, dikkatli saptamalarla dağıtmak zorunda. Öte yandan Türkiye, öz kaynaklarının yetersizliği nedeniyle dışa bağımlı ve bu bağımlılık oranı giderek artıyor. Dolayısıyla, enerji ithalatına bağımlılığından kaynaklanan riskleri kontrol altında tutabilmek için; rekabet şansına sahip olabileceği enerji teknolojisi alanlarını dikkatli bir öncelikler sıralamasına tabi tutup, araştırma yoğunlaşmalarına gitmek ve enerji dünyasındaki itici güçlerin işaret ettiği yönlerde, çağdaş ürün katkılarıyla, uluslararası enerji pazarında etkin bir yer edinmek zorunda.

## **1.2. Enerji ve Doğal Kaynaklar Paneli nin Yapısı ve Çalışma Programı**

Enerji ve Doğal Kaynaklar Panelinin ilk toplantısı 6 Ağustos 2002 tarihinde İstanbul Teknik Üniversitesi'nde yapıldı. Bu toplantıda panellerin işleyişi ve Vizyon 2023 projesi genel hatlarıyla tartışıldı. Diğer ülkelerin kendi enerji sektörleri için yaptığı öngörü çalışmaları incelendi. İkinci toplantı 17-18 Eylül tarihlerinde TÜBİTAK TÜSSİDE'de gerçekleşti. Bu toplantıda dünyamızın, önümüzdeki yirmi yıl içinde enerji alanında yaşayacağı değişiklikleri belirleyecek olan temel eğilimler ve itici güçler tartışılıp değerlendirildi. Bir SWOT analizi yapılarak; Türkiye'nin enerji alanındaki güçlü ve zayıf yanlarının, gözönünde bulundurulması gereken tehdit ve fırsatların belirlenmesi üzerinde çalışıldı. Üçüncü toplantı 18 Aralık tarihinde TÜBİTAK-Ankara'da gerçekleşti. Bu toplantıda, dünya genelindeki temel belirleyiciler ve itici güçlerin Türkiye üzerindeki izdüşümlerinden hareketle, bir vizyon taslağı oluşturuldu. 13-14 Ocak'ta, TÜBİTAK TÜSSİDE tesislerinde yapılan dördüncü toplantının ilk gününde; vizyon taslağı tartışmalar sonucunda netlik kazanırken, bu vizyonun gerçekleşmesi için ulaşılması gereken sosyo-ekonomik hedefler belirlendi. İkinci günde ise; bu hedeflere erişilmesini mümkün kılacak teknolojik faaliyet konuları ile, bu konuları destekleyen teknoloji alanları saptandı.

Panel, 24 Ocak 2003 tarihinde teslim ettiği ön rapordan sonra, daha geniş bir uzmanlar grubunun görüşlerinin alınabilmesi amacıyla Proje kapsamında yapılması hedeflenen Delfi sorgulamasında yer alacak olan Delfi ifadelerini belirlemek üzere, 6 Mart tarihinde TÜBİTAK'ta bir toplantı daha yaptı. Daha sonra elektronik ortamda devam edilen bu çalışmanın Mayıs ayı başlarında varılan sonucunda, her biri panelce öngörülen bir teknolojik gelişmeyi tanımlayan 47 Delfi ifadesi hazırlandı ve bu ifadelerle Delfi anketi yapıldı. Proje ofisinde yürütülen iki aşamalı anket çalışması 30 Haziran tarihinde sona erdi. 12-13 Temmuz tarihlerinde Abant'ta yapılan bir çalıştayla, Delfi sonuçlarından da yararlanılarak, öncelikli teknolojik faaliyet konuları ile teknoloji alanları ve ayrıca bunlarla ilgili yol haritaları hazırlandı.

İlk toplantımızdan başlayarak, enerji alanında yayınlanmış olan dokümanlardan, panel üyelerinin dikkatine sunmak üzere, web sitemizde bir arşiv oluşturduk. Üyeler enerji alt alanlarında aydınlatıcı ek raporlar hazırladı. E-posta ile sürekli ve canlı bir görüş alışverişi sağlandı.

Panelimiz, 22 üyeden müteşekkil olup, 12 üye kamudan, 11 üye de üniversitelerdendir.



## 2. ENERJİ ve DOĞAL KAYNAKLAR SOSYO-EKONOMİK FAALİYET ALANININ TEKNOLOJİK / EKONOMİK / YAPISAL DURUMUNUN, TÜRKİYE ve DÜNYA AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

### 2.1. Enerji ve Doğal Kaynaklar Açısından Türkiye deki Durum<sup>1</sup>

#### Nüfus, Ekonomi

Türkiye nin nüfusu 1990-99 arası %1.9 artarak, 2000 yılında 67.8 milyona ulaşmıştır. Toplam nüfus tahmini 2010'da 78, 2020'de 88 milyon.

Ekonomik büyüme stratejisi 1980 li yıllarla birlikte önemli bir değişim geçirmiş ve izleyen dönemde temel olarak, ekonominin verimlilik ve rekabet gücünü artırmak hedeflenmiştir. Sonuç olarak 1980-2001 döneminde, GSMH reel olarak yılda ortalama %3.65 dolayında büyürken, 1980 yılında 1,570 dolar olan kişi başına milli gelir, yıllık ortalama %1.5 artışla, 2001 yılında 2,900 dolara ulaşmıştır. Bu arada ekonomik yapı önemli oranda değişmiş ve tarımın payı azalırken, hizmet sektörlerinin payı artmıştır. 2001 yılı GSMH sının %13 ünü tarım, balıkçılık ve ormancılık, %26 sını sanayi ve inşaat, %61 ini hizmet sektörleri oluşturuyor.

**Tablo 2.1.1:** Ekonominin sektörel bileşimi.

	1995	2001
Hizmet	% 52.4	% 61.0
Sanayi ve inşaat	% 32.6	% 26.0
Tarım, balıkçılık, ormancılık	% 15.0	% 13.0

Sabit sermaye yatırımlarının milli gelir içindeki payı 1980 yılında %21.8 iken, 1993-97 döneminde %25 dolaylarına yükselmiş ve izleyen yıllarda gerileme göstererek, 2001 yılında %18.4 olarak gerçekleşmiştir. Toplam sabit sermaye yatırımlarının sektörel bileşimi incelendiğinde, tarım, madencilik ve imalat sanayinin paylarının azaldığı; ulaştırma, turizm, eğitim ve sağlık sektörlerinin paylarının arttığı görülmektedir. Enerji ve konut sektörlerinin payı ise istikrarsız bir seyir izlemiştir.

Ekonominin dışa açılmasına paralel olarak, AB den ithalat başta olmak üzere dış ticaret hacminde önemli artışlar yaşanmıştır. Dış ticaret hacmi 1980 yılında 10.8 milyar dolardan, 2001 yılında 74.8 milyar dolar düzeyine ulaşırken, ihracat aynı dönemde 2.9 milyar dolardan 31.3 milyar dolara, ithalat ise 7.9 milyar dolardan 40.4 milyar dolara yükselmiştir.

1980 li yılların başında ihmal edilebilecek düzeyde bulunan doğrudan yabancı sermaye girişi 2000 yılına kadar oldukça düşük düzeylerde kalmış, 2001 yılında önemli bir artış göstererek 3.3 milyar dolara ulaşmıştır.

Fiyat istikrarı, 1980 sonrası dönemde, Türkiye ekonomisinin önde gelen sorunlarından birini oluşturmuştur. 1981 yılında %25.6 olan 12 aylık TEFE oranı, ciddi bir artış eğilimine girerek, 1987 yılında %51.6 ya yükselmiş; 1994 yılında yaşanan ekonomik krizle birlikte, yaklaşık %150 seviyesine ulaşmıştır. Enflasyon oranı 1980 sonrası yıllarda azalma eğilimi göstermiş, ancak 2001 yılında yaşanan ekonomik krizle birlikte %88.6 düzeyine tırmanmıştır. 2002 yılında ise %35'in altında seyretmiştir.

<sup>1</sup> Bu bölümdeki değerlendirmeler, geçmiş ve mevcut durumla ilgili olarak Ek-A Bölümündeki Ek 1.1 de, gelecek tahminleri açısından da Ek 1.2 de, tablolar halinde sunulan verilere dayalıdır.

Tablo 2.1.2: Nüfus, ekonomi ve enerji

Yıl	Nüfus Bin kişi	GSMH 1990 fiyatı Milyar \$	Kişi başı GSYİH \$/kişi	Enerji talebi Mtep	Elektrik talebi TWh	Kişi başı enerji talebi kep/kişi	Kişi başı elekt. talebi kWh/kişi
1973	38,072	75.9	1,994	24.5	12.4	644	326
1990	56,098	150.0	2,674	53.0	56.8	945	1,013
1995	62,171	177.9	2,861	63.7	85.6	1,025	1,376
1998	65,244	215.5	3,303	74.7	114.0	1,145	1,747
2000	67,804	214.1	3,158	81.3	128.3	1,199	1,892
2001	68,618	193.9	2,826	76.0	126.9	1,108	1,849
2010 *	78,459	421.0	5,366	153.9	286.6	1,962	3,653
2020 *	87,759	812.7	9,261	282.2	566.5	3,216	6,455
2023 *	90,345	821.2	9,090	329.9	675.1	3,652	7,472

(Kaynak: ETKB/APK)

(\*) Bu projeksiyonlar 2002 yılına ait olup, yeni planlama çalışmaları devam etmektedir.

### **Doğal kaynaklar ve madencilik:**

#### **Enerji Kaynakları**

Ülkemizin enerji alanındaki başlıca doğal kaynaklarını hidrolik ve linyit oluşturuyor.

**Hidrolik:** Türkiye nin teknik olarak değerlendirilebilir hidrolik enerji potansiyeli 216 milyar kWh ve bunun 126 milyar kWh ı ekonomik olarak değerlendirilebilir durumda. Halen bu potansiyelin %35 i değerlendirilmiş bulunuyor. 2001 yılı sonu itibarıyla elektrik enerjisi kurulu gücünün %41 ini (12,241 MW) hidrolik enerji oluşturmuş. 2002 yılı uzun dönem elektrik planlama çalışması sonuçlarına göre 2020 yılında hidrolik enerji potansiyelinin %90 dan fazlasının değerlendirilmesi bekleniyor.

**Linyit:** Türkiye, 7,339 milyon tonu görünür olmak üzere, toplam 8,375 milyon ton linyit rezervine sahiptir. Mevcut rezervin %68 i, 4.18-8.36 MJ/kg gibi düşük bir ısı değere sahip olduğundan, üretilen linyitler ağırlıklı olarak termik santrallerde tüketiliyor. Bu rezervlerin, yaygın olarak buldukları yörelerde temiz yakma teknolojilerine dayalı 100-150 MW lık linyit santrallerinin kurulmasıyla güç üretiminde kullanılmalarına devam edilebilir.

Son yıllardaki seyrine bakıldığında linyit üretiminin 1998-1999 yıllarında 65 milyon ton ile en yüksek düzeyine ulaştığı, 2001 yılında ise 59.6 milyon tona gerilediği görülüyor. Üretimin büyük bir kısmı halen, Türkiye Kömür İşletmeleri (TKİ) ve Elektrik Üretim A.Ş. (EÜAŞ) gibi kamu kuruluşları tarafından gerçekleştiriliyor. 2001 yılı linyit üretiminde TKİ nin payı %56.4, EÜAŞ ın payı %30.5, özel sektörün payı ise, Çayırhan dahil olmak üzere, sadece %13.1. Bugünkü verilere göre linyitten elektrik üretim kapasitesi, yılda 116 milyar kWh civarında ve yerli kaynaklara tanınan öncelik çerçevesinde, bu değere 2018 yılında ulaşılması hedefleniyor. Ancak, kaynak çeşitlendirme ihtiyacına paralel olarak doğal gaz ve diğer kaynakların elektrik üretimindeki payı artıca, linyitin payında azalmalar bekleniyor. Son yıllarda talebin beklenenden az gerçekleşmesi, alım garantili doğalgaz santrallerinin daha fazla çalıştırılmasına, bu durum da linyit santrallerinin kapasite kullanım oranlarının düşmesine neden olmuş görünüyor.

Ham petrol ve doğal gaz: Son yıllarda, yeni petrol sahalarının keşfedilememesi ve mevcut petrol sahalarının da eski olması nedeniyle, ham petrol üretimi sürekli olarak düşüyor. 2001 yılında ham petrol üretimi, 2000 yılına göre %7.2 azalarak, 2.6 milyon ton düzeyinde gerçekleşmiştir. Arama çalışmalarından olumlu sonuçlar alınamaması halinde, ham petrol üretiminin önümüzdeki yıllarda da azalarak seyretmesi bekleniyor. 2001 yılı ham petrol ithalatı, ortalama 24.5 dolar/varil fiyatla, 23.1 milyon ton olarak gerçekleşmiş.

Doğal gaz üretimi, Kuzey Marmara sahasının 1997 yılında devreye alınmasıyla birlikte önemli ölçüde artarak, 2000 yılında 639 milyon m<sup>3</sup> e ulaşmış. Ancak kullanılabilir rezervin azalması nedeniyle, 2001 yılında doğal gaz üretimi %51 azalarak, 312 milyon m<sup>3</sup> e inmiştir.

2001 yılında 16.4 milyar m<sup>3</sup> olarak gerçekleştikten sonra, 2002 yılında da 17.7 milyar m<sup>3</sup> e tırmanan doğal gaz ithalatının, imzalanan uluslararası doğal gaz alım anlaşmaları nedeniyle artarak devamı ve 2003 yılında 23 milyar m<sup>3</sup> e ulaşması bekleniyor.

Özellikle petrol aramaları, zor coğrafyalarda ve yüksek maliyetli olduklarından ciddi ihmale uğramış durumda. Doğal gazla birlikte petrol aramalarına çok daha fazla kaynak ayırmak gerekiyor.

Taşkömürü: Türkiye taşkömürü rezervi, 560 milyon tonu görünür olmak üzere, toplam 1.35 milyar ton civarında. Isıl değeri 13.8-28.4 MJ/kg arasında. Üretimi Türkiye Taşkömürü Kurumu (TTK) tarafından, Zonguldak havzasındaki 5 işletmede sürdürülüyor. Bu işletmelerden Kozlu, Karadon ve Üzülmüş de koklaşabilir, Aşasra ve Armutçuk ta ise koklaşmaya uygun olmayan niteliklerde kömür üretimi yapılıyor. Kurumun 1990 da 2.75 milyon ton olan üretimi, 2001 de 2.36 milyon tona gerilemiş. Üretimde en önemli sorunu, doğal şartlar nedeniyle havzada karlı bir işletmecilik yapılmasının mümkün olmayışı oluşturuyor.

Dolayısıyla, ülkede tüketilen taşkömürünün büyük bir bölümü ithal ediliyor. Özellikle, demir çelik fabrikalarında kullanılan yüksek ısıl değerli taşkömürü bu yolla karşılanıyor. 2001 yılındaki ithalat miktarı 8 milyon ton, değeri ise 288 milyon dolar. Ve bu durum, yeni rezerv arayışlarına hız verilmesi gerektiğine işaret ediyor.

Jeotermal: Türkiye dünyadaki jeotermal ısı kullanımı ve kaplıca uygulamalarında, Çin, Japonya, ABD ve İzlanda'nın ardından 5. sırada geliyor. İspatlanmış termal kapasitesi 3,173 MWt, muhtemel potansiyeli ise 31,500 MWt dolayında.

Türkiye'deki jeotermal enerji kullanımı halen; şehir, konut, termal tesis, sera vb. uygulamalardaki toplam 665 MWt lık 61,000 konut eşdeğeri merkezi ısıtma ve, 327 MWt lık 195 adet kaplıca kullanımı olmak üzere, toplam 992 MWt doğrudan ısı kullanımı ve 17.5 MWe lik elektrik üretimi şeklinde.

Güneş: Türkiye, 36-42 °N enlemleri arasında yer alan coğrafi konumuyla, güneş kuşağı (±40°) içerisinde bulunuyor. Yüzeyine yılda düşen güneş enerjisi miktarı 977 x 10<sup>12</sup> kWh kadar. Teknik potansiyeli 500, ekonomik potansiyeli ise 25 Mtep/yıl olarak tahmin ediliyor. Güneş enerjisinden toplayıcılar vasıtasıyla ısı üretiminde önde gelen ülkeler arasında. Ancak bu potansiyel, elektrik üretiminde henüz kullanılmıyor.

Rüzgar: Türkiye'nin rüzgar enerjisi açısından yaklaşık 400 milyar kWh/yıl brüt ve 120 milyar kWh/yıl teknik potansiyele sahip olduğu tahmin ediliyor. Ancak bu rakamların kesinleşmesi için ayrıntılı rüzgar haritalarının tamamlanması gerekiyor. Halen, Çeşme, Çeşme-Alaçatı ve Çanakkale-Bozcaada da

kurulu toplam 19MW gücünde 3 adet rüzgar türbini çiftliği bulunuyor. 2002 yılı sonu itibariyle Türkiye de rüzgar enerjisinden elektrik üretimine yönelik yapılan başvuru sayısı 62 olup, bunların toplam kurulu gücü yaklaşık 1.8 GW kadar.

Biyokütle: Türkiye de biyokütle enerjisinin kullanımı, ağırlıklı olarak klasik yöntemlerle gerçekleştiriliyor ve modern yöntemlerin bu alandaki payının artırılmasına çalışılıyor

Toryum ve uranyum: Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü (MTA) tarafından yapılan uranyum ve toryum etütleri sonucunda, Sivrihisar ilçesinin kuzey batısında Kızılcaören, Karkın ve Okçu Köyleri arasında 15 km<sup>2</sup> lik bir sahanın toryumun yanı sıra nadir toprak elementleri de içerdiği saptanmıştır. MTA nın 1977 yılında hazırladığı, Eskişehir-Sivrihisar-Kızılcaören Köyü Yakın Güneyi Bastnazit-Barit-Florit Kompleks Cevher Yatağı Nihai Etüt Raporu sonuçlarına göre bölgedeki cevherin ortalama tenörü %0.2 ThO<sub>2</sub> olup, toplam rezerv yaklaşık 380,000 ton civarındadır.

Bugüne kadar yapılan aramalar sonucunda bulunan ve büyük kısmı Sorgun, Köprübaşı ve Demirtepe sahalarında olan uranyum cevherlerinin toplam rezervi 9129 tondur ve cevherin tenörü de sahaya bağlı olarak %0.04 ila %0.1 (U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>) arasında değişmektedir..

#### Madencilik:

Madencilik sektörüne genel olarak bakıldığında; Cumhuriyet in ilanını izleyen dönemde sağlanan önemli ilerlemelere rağmen, Türkiye hiç bir zaman bir madencilik ülkesi olarak tanımlanabilecek konumda olmamış ve madenciliğin ülke ekonomisi içindeki yeri sınırlı düzeyde kalmış. Bu durum ülkenin maden kaynaklarının, çeşitlilik yönünden zengin olmakla birlikte, rezerv yönünden sorunlu olmasından kaynaklanıyor.

Ülke, bor ve linyite ilave olarak; mermer, trona, barit, krom, manyezit gibi madenler açısından dikkate değer rezervlere sahip. Buna karşın; petrol, doğal gaz ve taşkömürü başta olmak üzere, özellikle enerji hammaddeleri alanında kendine yeterli olmaktan uzak. Ayrıca mevcut demir cevherlerinin büyük çoğunluğunun düşük tenörlü oluşu ve bu nedenle değerlendirilememesi, bu tip madenler yönünden dışa bağımlılığı artırıyor.

Ülkede halen 50 nin üzerinde madenin üretimi yapılıyor. En önemli üretim kalemi linyit. Diğer önemli üretim kalemleri arasında bor tuzları, mermer, manyezit ve diğer yapı malzemeleri geliyor.

Son yıllarda artış sürecine giren sektör ihracatı, 2000 yılında %4.2 artarak 400 milyon doları bulmuş; ancak 2001 yılında bir önceki yıla göre %16 azalarak, 335 milyon dolara gerilemiş. En önemli ihracat kalemleri, başta bor tuzları olmak üzere; mermer, krom, manyezit, feldspat ve bakır.

Madencilik ithalatı içinde en ağırlıklı kalemler ham petrol ve doğal gaz olup, ardından taşkömürü, fosfat ve demir geliyor. 2000 yılında 7.105 milyar dolar olarak gerçekleşen madencilik sektörü ithalatı içinde, ham petrol ve doğal gazın payı %87 olmuş. İthalat 2001 yılında, bir önceki yıla göre %7.3 azalarak, 6.583 milyar dolara inmiş.

Sektörün son yıllardaki durumuna bakıldığında;

- 1980 yılında cari fiyatlarla %1.41 olan GSYİH içindeki payının, 2001 yılında %1.17 ye,
- 1980 yılında 191 milyon dolarla %6.6 olan toplam ihracat içindeki payının, 2001 yılında 335 milyon dolarla %1.1 e,

- 1980 yılında, petrol ve doğal gaz hariç, 144 milyon dolarla %1.8 olan ithalattaki payının, 2001 yılında 504 milyon dolarla %1.2 ye,
- 1980 yılında %3.3 olan toplam sabit sermaye yatırımları içindeki payının, 2001 yılında tahmin olarak %1.3 e gerilediği görülüyor.

**Bor tuzları:** Türkiye, 563 milyon ton ( $B_2O_3$ ) rezervi ile toplam dünya rezervinin %64 üne sahiptir. Bugün için, 1.8 milyon ton/yıl ham bor üretim kapasitesi mevcuttur. 2001 yılı ham bor üretimi 1.476 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Madencilik ihracatı içinde değer olarak yaklaşık %27 lik payla birinci sırada gelen ham bor ihracatı, 2001 yılında 101 milyon doları bulmuştur. Son yıllarda izlenen politikalar doğrultusunda; ham bor ihracatı azalırken, rafine bor ihracatında, henüz istenilen düzeye ulaşamamış olsa bile, bir artış görülüyor. 2840 Sayılı Kanunda yer alan "bor tuzlarının aranması ve işletilmesi Devlet eliyle yapılır hükmü gereğince, bor madenciliği Eti Holding A.Ş. tarafından yapılıyor.

## **Enerji**

### **Enerji arzı**

GSMH artışıyla birlikte, toplam birincil enerji arzı (TBEA) 1973-95 arasında yılda %4.4, 1990-2000 arasında %4.4 artarak (IEA Avrupa ortalaması %0.8), 1990 da 53 Mtep'den (milyon ton petrol eşdeğeri), 2001 de 76 Mtep e ulaşmıştır. 2001 yılındaki talebin en büyük kısmını, 30.9 Mtep ve %40.7 payla petrol karşılamış; 1970 e kadar var olmayan doğal gaz 2001 yılında, 14.87 Mtep ile %19.6 oranına ulaşmıştır. Talebin kalan %15.7 lik kısmı linyit, %9.3 ü taşkömürü, %8.2 si ticari olmayan ve %3.8'i diğer yakıtlardan, %2.7 si de hidroelektrik kaynaklardan karşılanmıştır. Nüfus artışı ve ekonomik büyüme eğilimleri göz önünde bulundurulduğunda, TBEA'nın 2010 da 154 Mtep e ulaşması bekleniyor.

Kişi başına enerji tüketimi 1990 da 945 kep den, 2000 de 1,199 kep e yükselmiştir. Türkiye bu durumyla, dünya nüfusunda %1.1'lik, enerji tüketiminde ise %0.86 lık bir paya sahip. Dolayısıyla kişi başına dünya ortalamasının dörtte üçü kadar (54GJ) enerji tüketiyor ve bu açıdan AB üyeleri, hatta daha geniş kapsamda Avrupa ülkeleri ve OECD üyeleri arasında sonuncu geliyor.

**Tablo 2.1.3: Genel enerji arzı (Mtep)**

	1990	Pay %	2000	Pay %	2001	Pay %
<b>Petrol</b>	23.901	45.1	32.297	39.7	30.936	40.7
<b>Linyit</b>	9.765	18.4	13.219	16.3	11.929	15.7
<b>Taşkömürü</b>	6.150	11.6	9.983	12.3	7.060	9.3
<b>Doğalgaz</b>	3.110	5.9	13.729	16.9	14.868	19.6
<b>Hidro</b>	1.991	3.8	2.656	3.3	2.065	2.7
<b>Ticari Olmayan</b>	7.208	13.6	6.457	7.9	6.211	8.2
<b>Diğer</b>	0.862	1.6	2.910	3.6	2.883	3.8
<b>Toplam</b>	52.987	100.0	81.251	100.0	75.952	100.0

(Kaynak: ETKB/APK)

### Enerji üretimi

Enerji üretimi 1990 da 25.48 Mtep düzeyinde iken, 2001 yılında 25.17 Mtep olarak gerçekleşmiştir. Petrol ve doğal gaz üretimi nispeten az olup, esas yerli enerji kaynağını, çoğu linyit olmak üzere, kömür oluşturuyor. Linyit üretimi 1980 lerin başlarında artarak, 1999 yılında 12.24 Mtep (65Mt) ile en yüksek seviyesine ulaştıktan sonra, 2001 yılında 11.61 Mtep'e (59.5 Mt) gerilemiştir. Mevcut öngörüler linyit üretiminin artık bir dengeye ulaştığı yönündedir. Taşkömüründe ise, 1990 da 2.7 milyon ton olan üretim, 2001 de 2.4 milyon tona gerilemiştir. 2001 yılındaki birincil enerji üretiminin %51.1 i kömürden, %11.7 si petrol ve doğal gazdan, %8.2 si hidrojen, %24.7 si de ticari olmayan kaynaklardan sağlanmıştır.

2001 de, hidroelektrik hariç yenilenebilir enerji üretimi 7.27 Mtep i bulmuştur. Bunun esas kısmı olan 4.88 Mtep i odun, 1.33 Mtep'i hayvan ve bitki artıkları, 0.76 Mtep i jeotermal, kalan 0.29 Mtep i de güneş enerjisi oluşturmuştur.

**Tablo 2.1.4: Birincil enerji üretimi (Mtep)**

	1990	Pay %	2000	Pay %	2001	Pay %
<b>Petrol</b>	3.902	15.3	2.887	10.8	2.679	10.6
<b>Linyit</b>	9.524	37.4	12.128	45.2	11.611	46.1
<b>Taşkömürü</b>	2.080	8.2	1.159	4.3	1.255	5.0
<b>Doğalgaz</b>	0.193	0.8	0.582	2.2	0.284	1.1
<b>Hidrolik</b>	1.991	7.8	2.656	9.9	2.065	8.2
<b>Ticari Olmayan</b>	7.208	28.3	6.457	24.0	6.211	24.7
<b>Diğer</b>	0.580	2.3	0.986	3.7	1.069	4.2
<b>Toplam</b>	25.478	100.0	26.855	100.0	25.174	100.0

(Kaynak: ETKB/APK)

**Tablo 2.1.5: Hidro hariç yenilenebilir enerji üretimi (Mtep)**

	1990	%Pay	2000	%Pay	2001	%Pay
<b>Odun</b>	5.361	69.9	5.081	68.3	4.879	67.1
<b>Hayvan ve Bitki Art.</b>	1.847	24.1	1.376	18.5	1.332	18.3
<b>Jeotermal</b>	0.433	5.6	0.713	9.6	0.764	10.5
<b>Güneş</b>	0.028	0.4	0.262	3.5	0.287	3.9
<b>Rüzgar</b>	0.0	0.0	0.003	0.0	0.005	0.1
<b>Toplam</b>	7.669	100.0	7.435	100.0	7.267	100.0

(Kaynak: ETKB/APK)

Hidroelektrik üretimi ise son yirmi yılda anlamlı artışlar göstermiştir. 1990-2000 arasında yılda %2.9 artarak, 1990 daki 23.148 TWh (1.99 Mtep) düzeyinden, iyi bir üretim yılı olan 2000 de 30.942 TWh (2.66 Mtep) düzeyine ulaşmıştır.

1990-2000 yılları arasında, yenilenebilir enerji üretiminin toplam enerji üretimi içindeki payı, yaklaşık %40'la aynı kalırken, toplam arz içindeki payı %18.23 den %12.42 ye gerilemiştir. 2010 yılında hidroelektriğin 6.7 Mtep e ulaşması beklenirken, jeotermal ısı enerjisi için 5.7 Mtep hedefleniyor.

**Tablo 2.1.6: Toplam Enerji Üretim ve Tüketimi içinde Yenilenebilir Enerji (Mtep)**

	Topl. üret.	Topl. arz	Diğer yenl.	Hidro	Top. Yenl.	%Topl.üret.	%Topl. arz
1990	25.478	52.987	7.669	1.991	9.660	37.92	18.23
2000	26.855	81.251	7.435	2.656	10.091	37.58	12.42
2001	25.174	75.952	7.267	2.065	9.332	34.05	12.29

### Enerji ithalatı

Ekonomi hızla büyürken enerji üretiminin dengeye varması, enerji ithalatının hızla artmasına yol açmıştır. Net enerji ithalatı 1973-95 arasında yılda yaklaşık %7, 1990-2000 arasında da %6 artmış; 1990'da 30.94 Mtep iken, 2000'de 56.28 Mtep e ulaşmıştır. İthalat 1973 te TBEA'nın %36 sını oluştururken, 1990 da %57.6 sını, 2000'de ise %68.11'ini oluşturmuştur. Daha önceki öngörüler, linyit üretimini artırmak suretiyle bu oranı koruyabilmek yönünde iken, son 20 yıldaki siyasi iradelerin izlediği doğal gaz ağırlıklı enerji politikalarının linyite yönelik yatırımları frenlemesi sonucu, bu üretimin geçen on yılda kararlı bir seyre ulaşmış olması nedeniyle, ileriye yönelik üretim tahminleri de geri çekilmiştir.

Enerji ithalatının bileşimine bakıldığında, 2000 yılında; ham petrol ve petrol ürünleri ithalatı 33.22 Mtep ile toplam enerji ithalatının %59.1 ini, doğal gaz 13.49 Mtep ile %24 ünü, kömür ve kömür ürünleri ithalatı 9.25 Mtep ile %16.4 ünü ve elektrik 0.33 Mtep ile %0.6 sını oluşturmuştur.

**Tablo 2.1.7: Enerji İthalatı (Mtep)**

	1990	Pay %	2000	Pay %	2001	Pay %
Petrol	23.399	75.6	32.001	56.9	30.680	58.2
Doğalgaz	2.964	9.6	13.487	24.0	14.895	28.3
Kömür	4.208	13.6	8.744	15.5	5.377	10.2
Kok	0	0.0	0.506	0.9	0.366	0.7
Petrokok	0.350	1.1	1.216	2.2	0.989	1.9
Elektrik	0.015	0.0	0.326	0.6	0.394	0.7
Toplam	30.936	100.0	56.280	100.0	52.701	100.0

(Kaynak: ETKB/APK)

Özetle Türkiye, enerji kaynakları açısından net ithalatçı bir ülkedir. 2000 yılı itibarıyla yılda tükettiği yaklaşık 80 milyon ton kömürün %85 ini kendi üretirken, 31 milyon ton ham petrolün %91 ini, 15,1 milyar metreküp doğal gazın %96 sını ithal etmiştir. Keza, tükettiği 128 TWh'lık elektriğin 3 TWh ını Bulgaristan ve Gürcistan gibi komşularından sağlamıştır.

### Enerji tüketim kalıplarındaki eğilimler

Toplam nihai tüketim (TNT) 1990-2000 arasında yılda ortalama %3.8 artışla, 41.61 Mtep den 60.49 Mtep e çıkmıştır.

Petrolün TNT içindeki payı, 1990 yılında %47.9 iken, 2000 yılında %43.9 a gerilemiş olup, IEA ile kıyaslanabilir düzeydedir. Yakıt tüketim yapısında son yirmi yılda gerçekleşen en önemli değişiklik, elektrik ve doğal gaz tüketiminin artması olmuştur. Elektriğin payı 1990'da %9.4 iken 2000'de %13.7 ye, doğal gazın payı ise aynı yıllar itibarıyla %1.9 dan %8.9 a yükselmiştir. Diğer kaynakların 2000 yılı payları; ticari olmayan %10.7, taşkömürü %9.8, linyit %5.9, ikincil kömür ürünleri %4.2 dir.

Tablo 2.1.8: Nihai enerji tüketimi (Mtep)

	1990	Pay %	2000	Pay %	2001	Pay %
Petrol	19.931	47.1	26.536	43.9	25.283	45.9
Doğalgaz	0.784	1.9	5.088	8.4	5.285	9.6
Elektrik	3.928	9.3	8.268	13.7	8.208	14.9
Taşkömürü	1.954	4.6	5.937	9.8	3.413	6.2
Linyit	4.709	11.1	3.566	5.9	2.427	4.4
İkincil Kömür	2.294	5.4	2.516	4.2	2.247	4.1
Petrokok	0.269	0.6	1.168	1.9	1.022	1.9
Ticari Olmayan	7.208	17.0	6.457	10.7	6.211	11.3
Diğer	0.534	1.3	0.917	1.5	0.987	1.8
<b>Toplam</b>	<b>41.611</b>	<b>100.0</b>	<b>60.490</b>	<b>100.0</b>	<b>55.083</b>	<b>100.0</b>

(Kaynak: ETKB/APK)

Enerji tüketiminin sektörel ayırımına bakıldığında, 1973-95 döneminde tüketimin en hızlı olarak sanayi sektöründe ve yılda ortalama %6 artışı (IEA-Avrupa da azaldı) görülüyor. Sanayinin TNT'deki payı 1990'da %34.9'dan, 2000'de %39.1'e ulaşmış olup, bu durum sanayileşmenin; öte yandan bu oranların, sanayinin GSMH içindeki yaklaşık %30'luk payının üzerinde olması ise, ağır sanayide uzmanlaşmanın göstergesidir. Oransal düşüşüne rağmen, petrol bu sektördeki ana yakıttır. Doğal gazın payı ise hızla artarak 1995'te %9.6'ya, 1999'da da %10.6'ya ulaşmıştır.

Tablo 2.1.9: Sektörel enerji tüketimi (Mtep)

	1990	Pay%	2000	Pay %	2001	Pay %
Sanayi	14.543	34.9	23.635	39,1	20.547	37.3
Konut	15.358	36.9	19.860	32,8	17.935	32.6
Ulaştırma	8.723	21.0	12.007	19.8	12.000	21.8
Tarım	1.956	4.7	3.073	5,1	2.963	5.4
Enerji Dışı	1.031	2.5	1.915	3.2	1.638	3.0
<b>TOPLAM</b>	<b>41.616</b>	<b>100.0</b>	<b>60.490</b>	<b>100.0</b>	<b>55.083</b>	<b>100.0</b>

(Kaynak: ETKB/APK)

Ulaştırma sektörünün enerji tüketimindeki payı 1990-2000 arasında %21'den %19.8'e düşerken, tüketim miktarı 8.72 Mtep'den 12.01 Mtep'e yükselmiştir. Karayolu taşımacılığının bu tüketimdeki payı %90 dolayında ve yük taşımacılığının yaklaşık %75'i karayoluyla yapılıyor. 1985-2000 arasında demiryolu taşımacılığı durağanlaşırken, kamyon sayısı %70 artmıştır. Aynı dönemde minibüs ve otobüs sayısı önemli oranda artarken, trenle yapılan yolcu kilometresi hafif artmış, demiryolu uzunluğu ise aynı kalmıştır. Otomobil sayısı 1973'ten bu yana 10 ve son on yılda da 3 kat artmış olmakla beraber, her 100 kişi başına araç sayısı, diğer OECD ülkelerinde 40-50 iken Türkiye'de hala 6 civarındadır.

Konut/hizmet sektöründe enerji tüketimi 1990-2000 arasında ortalama %2.7 büyümüş ve miktar olarak 1990'da 16.09 Mtep'den 2000'de 20.98 Mtep'e yükselirken, TNT içindeki pay %38'den %34'e düşmüştür. Sektördeki elektrik ve doğal gaz tüketimi hızla artmıştır. Elektrik'in payı 1990'da %9.3'den, 2001'de %22.8'e, doğal gazınki ise 1990'da %0.3'ten, 2001'de %14.7'ye yükselmiştir. Bu sektördeki tüketim içerisinde yenilenebilir enerji kaynakları hala %39.4 ile başta gelmekte ve bu kalemin; %34.6'sı



biyokütle, hayvan ve bitki atıklarından, %0.9 u güneş, %0.4 ü de jeotermal enerjiden oluşmaktadır. Mevcut resmi tahminler nihai tüketimde, esas olarak sanayi tüketiminden kaynaklanan, hızlı bir artışa işaret ediyor.

#### GSMH ya oranla enerji tüketimindeki eğilimler

Enerji yoğunluğu toplam birincil enerji arzı / GSMH olarak hesaplandığında (1990 kurlarıyla), 1973 yılından beri aynı kalmış, toplam yakıt tüketimi / GSMH şeklinde hesaplandığında ise biraz azalmıştır. 1990-2000 arasındaki dönemde enerji yoğunluğunun keza, her iki ölçüye göre de pek değişmediği görülüyor. Elektrik yoğunluğu ise hızla artmış olup, bu durumu elektrik kullanımının konut sektöründeki yaygınlaşmasıyla açıklamak mümkün olabilir.

Arza ve tüketime göre hesaplanan yoğunluklar arasında ciddi bir fark gözlemleniyor ve bu durum, arzın tüketime dönüşene kadar ciddi kayıplara uğradığına işaret ediyor. Nitekim, ulaşım sektöründe, elektrik iletim ve dağıtımında, binalarda ciddi enerji kayıpları var ve Türkiye de enerji verimliliğini artırmak için bu kayıpların azaltılması gerekiyor.

**Tablo 2.1.10:** Ekonominin enerji ve elektrik yoğunluğu\* (nominal dolar değerleriyle)

	Arz/GSMH		Nihai Tüketim/GSMH	
	1990	2000	1990	2000
<b>Enerji yoğunluğu</b>	0.353 kep/\$	0.380 kep/\$	0.277 kep/\$	0.283 kep/\$
<b>Elekt. yoğunluğu</b>	0.383 kWh/\$	0.584 kWh/\$	0.304 kWh/\$	0.449 kWh/\$

\*Tablo 2.1.2, 2.1.3, 2.1.8 ve 2.1.12 verilerinden hareketle hesaplanmıştır.

Enerji yoğunluğu IEA-Avrupa ya göre yüksek ve AB ortalamasının iki misli düzeyindedir. Bu durum, ekonominin kısmen kayıtsız olmasından ve/veya TL kurunun düşük olması ihtimalinden dolayı, GSMH nin düşük görünmesinden kaynaklanıyor olabilir. Nitekim, GSMH nin hesaplanmasında satın alma paritesi (SAP) kullanıldığı takdirde, enerji yoğunluğu IEA-Avrupa dan düşük çıkıyor. Enerji yoğunluğunun 2005 yılına kadar hızla artması ve bu tarihten sonra hafif azalması; elektrik yoğunluğunun ise, bu enerji türünün kullanımının artmasıyla birlikte artmaya devam etmesi bekleniyor.

#### Çevre değerlendirmesi

Türkiye, sera gazı emisyonlarına sınırlamalar getiren Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Sözleşmesi ne henüz taraf değildir. Sözleşme 2 adet ek içeriyor ve bu eklerde; sera gazı emisyonlarını 1990 yılı düzeylerine indirmesi, gelişme yolundaki ülkelere teknolojik ve mali kaynak sağlaması öngörülen ülkelerin isimleri listeleniyor. Türkiye, OECD ye üye olması nedeniyle her iki listede de yer almışken, henüz sanayileşmesinin başlangıcında olduğu gerekçesi ve doğacak yükümlülükleri yerine getiremeyeceği endişesiyle, bu duruma itiraz ederek sözleşmeyi imzalamamıştır. Yapılan itiraz: Türkiye nin Sözleşme ye taraf olduktan sonra, Ek-I de yer alan diğer ülkelerden farklı bir durumdaki özel koşullarının tanınarak, isminin Ek-II den silinmesi hususunu içeren bir karar metniyle sonuçlanmıştır. Dolayısıyla, sözleşmenin Türkiye açısından yürürlüğe girebilmesi için gereken TBMM onayı, süreç olarak başlatılmış durumdadır.

Kişi başına az enerji tükettiği için, Türkiye nin kişi başına yılda 0.8 ton olan karbon eşdeğeri karbondioksit emisyonu düzeyi, hala dünya ve OECD ortalamalarının altındadır. Bu rakamın gelecek yıllarda, ekonomik büyümeye paralel olarak hızla artması kaçınılmazdır. Ekonominin karbon

yoğunluğu ise, GSYİH birimi başına 0.26kg/\$ karbon eşdeğeri düzeyiyle, dünya ortalamasının altında ve fakat, OECD ve AB ortalamalarının üzerindedir. Türkiye'nin mevcut enerji üretim ve tüketim kalıplarını sürdürmesi halinde, bu yoğunluğun da, önümüzdeki yıllarda artması bekleniyor.

Enerji faaliyetlerindeki en önemli çevre sorunları, genellikle, sanayide, ısınmada, ulaşımda ve elektrik üretiminde fosil yakıtların kullanımında doğru uygulamaların seçilmemiş olması sonucu atmosfere salınan SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> ve partikül madde (PM) emisyonlarından kaynaklanıyor. Yerli linyitlerin kalite ve ısı değerlerinin düşük, kükürt ve kül oranlarının yüksek olması ve fakat kullanılan yakma teknolojilerinin bu niteliklere uygun olmaması; öte yandan planlanan yatırımların gerçekleştirilememiş olması nedeniyle fuel-oil, benzin, mazot vb. sıvı yakıtların yeterli kalitede üretilmemesi, söz konusu kirletici emisyonlarının yüksek seviyelerde olmasına neden oluyor. Diğer taraftan, uluslararası anlaşmalardan kaynaklanabilecek veya özellikle Avrupa Birliği adaylığı veya üyeliğinden doğabilecek yükümlülükler, Türkiye'nin bu konuda dikkatli davranmasını, ancak her şeyden önce ekonomik büyümesini ön planda tutmasını gerektiriyor. Son yıllarda çevre mevzuatı çerçevesinde, elektrik enerjisi sektöründe linyite dayalı mevcut santrallara baca gazı desülfürizasyon (BGD) tesisleri yapılırken, yeni santrallar da bu tesislerle birlikte ihale ediliyor. Ayrıca, Türk linyitleri için en uygun teknoloji olan akışkan yataklı yakma uygulamasının yakın zamanda, bu teknolojiye dayalı termik santrallarla birlikte devreye girmesi bekleniyor.

Çevre açısından Türkiye, yerli linyitlerinin kullanımını FGD üniteleri ve akışkan yataklar gibi temiz teknolojilerle donatma çabalarının yanı sıra, temiz yakıt olarak bilinen doğal gazla yönelmiş durumdadır. Halen, doğalgaz ana iletim hatları üzerinde yer alan çeşitli illerdeki bazı sanayi tesislerine ek olarak; konut sektöründe yoğun olmak üzere, 5 ilde doğalgaz kullanılıyor ve bu sayının önümüzdeki yıllarda 60'a çıkarılması hedefleniyor. 2010 yılı için yaklaşık 60 milyar metreküp doğalgaz bağlantısı yapılmış olup, yakın geçmişteki politikaların sürdürülmesi halinde aynı yıl için talebin 55 milyar metreküp olması bekleniyor<sup>2</sup>. Ancak bu dış kaynağa bağımlılık düzeyinin dikkatle irdelenmesi gerekmektedir.

**Tablo: 2.1.11:** Emisyonların sektörel dağılımı, 2000 yılı (Bin Ton)

Sektörler	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO <sub>2</sub>
Elektrik enerjisi	1,323	204	72,320
İmalat Sanayi	619	207	68,103
Ulaştırma	62	309	36,562
Diğer (Konut, tarım v.b.)	238	192	33,478
<b>Toplam</b>	<b>2,242</b>	<b>912</b>	<b>210,463</b>

Kaynak: Devlet İstatistik Enstitüsü

### Elektrik

Türkiye en ciddi sıkıntıları elektrik enerjisi alanında yaşıyor ve yılda %10'ları aşan düzeylerde artan talebi karşılayabilmek için gereken yatırımlar güçlükle sürdürülebildiğinden, ülke zaman zaman kesintilerin eşğine geliyor. Sıkıntılar hem üretim, hem de iletim ve dağıtım aşamasındaki sorunlardan kaynaklanıyor. Türkiye'de üretim birimleri çoğunlukla güney ve güneydoğuda, tüketim merkezleri ise kuzeybatıda olduğundan iletim hatları uzun; dolayısıyla iletim kayıpları %3.1 civarındadır. Bu rakam

<sup>2</sup> Natural Gas Demand and Supply Scenarios, BOTAŞ.  
[http://www.botas.gov.tr/eng/naturalgas/ng\\_sup\\_dem.html](http://www.botas.gov.tr/eng/naturalgas/ng_sup_dem.html)

OECD ortalaması olan %2.5'un üzerindedir. Mevcut iletim hatlarının 11,600 km'lik kısmı 380kV ve 25,000 km'lik kısmı ise 154 kV'lık olup, bu alandaki iyileşme 380kV'lık iletim payının artırılmasıyla mümkündür. Fakat esas elektrik kayıpları dağıtım aşamasında gerçekleşiyor; kaçak kullanım oranları kesin olarak bilinmemekle beraber, dağıtım kayıplarının %10'un üzerinde olduğu tahmin ediliyor. Bu oranın OECD ortalaması olan %3.5'lar düzeyine indirilebilmesi için, şehir içi dağıtım şebekelerinin kapsamlı bir şekilde yenilenmesi gerekiyor.

**Tablo 2.1.12:** Yıllar itibariyle kurulu güç ve üretim

Yıllar	KURULU GÜÇ (MW)				ÜRETİM (GWh)			
	Termik	Hidrolik	Jeo+Rüz	TOPLAM	Termik	Hidrolik	Jeo+Rüz	TOPLAM
1990	9,536	6,764	18 <sup>x</sup>	16,318	34,315	23,148	80 <sup>x</sup>	57,543
1995	11,074	9,863	18 <sup>x</sup>	20,954	50,621	35,541	86 <sup>x</sup>	86,247
2000	16,053	11,175	36	27,264	93,934	30,879	109	124,922
2001	16,623	11,673	36	28,332	98,563	24,001	152	122,725

<sup>x</sup> Sadece jeotermal. Rüzgar enerjisi kullanımına 1998 yılından itibaren başlanmıştır. (Kaynak: TEİAŞ)

**Tablo 2.1.13:** Yıllar itibariyle Türkiye elektrik enerjisi üretiminin enerji kaynaklarına göre dağılımı (GWh, yaklaşık)

Yıllar	Taş k.	Linyit	Fuel-oil	Motorin	LPG	Nafta	D. gaz	Hidrolik	Jeoter.	Rüzgar	Diğ.Yenil
1990	621	19,561	3,921	21	-	-	10,192	23,148	80	-	-
1995	2,232	25,815	5,498	274	-	-	16,579	35,541	86	-	222
2000	3,819	34,367	7,459	981	324	547	46,217	30,879	76	33	220
2001	4,046	34,372	8,817	904	162	484	49,549	24,001	90	62	229

<sup>x</sup> Termik toplam içinde gösterilen, atık vb. diğer yenilenebilir kaynaklar. (Kaynak: TEİAŞ)

Öte yandan; 2001 yılı itibariyle kurulu güç 28,332 MW olup, bu gücün %41.2'si hidroelektrik ve %58.7'si termik iken, %0.1'i jeotermal ve rüzgara dayalıdır. 2001 yılında üretilen 123 TWh'ın yaklaşık %19.5'i hidroelektrik, %31.2'si taşkömürü ve linyit, %40.3'ü doğalgaz, %7.9'u petrolden üretilmiştir. Kurulu güç kapasitesiyle üretilen enerjinin, kapasiteye oranla düşük olması, Türkiye'nin santral filosunun sorunlu bir yapıya sahip olduğuna işaret ediyor. Başta kömür santralleri olmak üzere, bazı santrallerin geciktirilmiş olan modernizasyon çalışmalarının yapılması, ıslahı güç bazı santrallerin ise ekonomik ömürlerini doldurduktan sonra devre dışı bırakılarak yerlerine yenilerinin inşası gereklidir. Yani Türkiye, hala rantabl olan santrallerini yenileştirmek, rantabil olmayanları da yeni ünitelerle değiştirmek durumundadır. TEAŞ 2010.yılına kadar, 23.6 GW'lık ilaveyle, bugün 28.3 GW olan üretim kapasitesinin neredeyse iki misline çıkartılmasını, 80 milyonluk bir nüfus için 280 TWh civarında üretim yapılmasını hedefliyor.

Türkiye bu hedeflerini, yerli ve yenilenebilir kaynaklara öncelik tanıyarak gerçekleştirmek istiyor. Türkiye'nin yerel enerji kaynakları olan hidroelektrik ve linyit, 122 ve 105 TWh/yıllık kapasitelere sahiptir. Hidroelektrik potansiyelin geliştirilmesi, son yirmi yılın öncelikli tercihi olmuştur. Halen işletmede bulunan 129 hidroelektrik santral 12,177 MW'lık bir kurulu güce ve toplam potansiyelin %35'ine karşılık gelen 44,035 GWh'lık yıllık ortalama üretim kapasitesine sahiptir. 3,397 MW'lık kurulu güce ve toplam potansiyelin %9'una karşılık gelen 11,188 GWh'lık yıllık üretim kapasitesine sahip

bulunan 36 hidroelektrik santral inşa halindedir. Geriye kalan 70,605 GWh/yıllık potansiyeli kullanabilmek için, toplam 19,908 MW gücünde 386 santralin daha yapılması gerekiyor. Bunlarla birlikte, toplam hidroelektrik santral sayısının 551'e ve toplam kurulu gücün 35,482 MW'a ulaşması planlanıyor. Bunun için de 30 milyar doları aşan maddi kaynağa ihtiyaç duyulmaktadır.

Kişi başına yıllık elektrik tüketimi 2001 yılı itibarıyla 1850 kWh'a ulaşmış iken, dünya ortalaması 2300kWh'ı geçiyor.

### Genel değerlendirme<sup>3</sup>

Türkiye 2001 yılı itibarıyla; dünya nüfusunda %1.10, ekonomisinde %0.68, enerji tüketiminde %0.86 paya sahip. Dolayısıyla ve açıkça, kişi başına az üretebiliyor ve az enerji tüketiyor. Ekonomisini büyütmesi, bunun için de enerji tüketimini artırması gerekiyor. Türkiye'nin kişi başına elektrik tüketimi de keza, OECD ülkeleri arasında sonuncu gelmektedir. Dolayısıyla Türkiye'nin ekonomisi büyürken, elektrik enerjisi tüketiminin de artması gerekiyor.

Öte yandan Türkiye, ekonomik üretim açısından, enerjiyi ve elektriği verimli kullanamıyor. Ekonomisinin enerji ve elektrik yoğunluğu yüksek olduğu gibi, artmaya da devam ediyor. Ancak ekonomisi büyümedikçe, Türkiye'nin bu yoğunlukları azaltabilmesi mümkün görünmüyor. Çünkü ekonomilerin enerji yoğunluğu ile, kişi başına gelir arasında güçlü bir ters bağlantı var.

Türkiye kalabalık nüfusuna rağmen ekonomisi küçük olduğu için, karbondioksit emisyonları açısından, hem toplam, hem de kişi başına yıllık değerleriyle, OECD ülkeleri arasında arka sıralarda yer alıyor. Halbuki ekonomik üretimini temiz yapamıyor ve birim GSMH başına fazla kirlenici yayıyor. Türkiye'nin daha temiz üretebilmek için de keza, ekonomisini büyütüp kişi başına gelirini artırması gerekiyor. Çünkü, ekonomilerin karbon yoğunluğu ile, kişi başına gelir arasında güçlü bir ters bağlantı var. Ancak Türkiye'nin, kişi başına GSMH'sı artsa dahi, kişi başına karbon emisyonunu düşürmesi mümkün değil. Çünkü bu iki değişken arasında, yok denecek kadar zayıf bir bağlantı var.

Sonuç olarak Türkiye, her birim üretimini daha verimli ve temiz yapabilmek için, daha fazla üretmek zorundadır. Bunun sonucunda da çevreye, tüm gelişmiş ülkelerde olduğu gibi, toplum geneli için toplam olarak veya kişi başına daha fazla enerji kaynaklı kirlenici yaymak durumunda. Ekonomik gelişmenin kaçınılmaz bir gereği olan bu eğilimin boyutlarının azaltılması ancak, temiz yakma teknolojilerinin geliştirilip uygulanmasıyla mümkün.

<sup>3</sup> İzleyen değerlendirmeler EK 1.3 te, şekil ve grafikler eşliğinde ayrıntılı olarak veriliyor.

## 2.2. Dünyadaki Durum<sup>4</sup>

1999 yılı itibariyle, dünyadaki 6 milyar insanın enerji tüketim hızı, yılda 420 EJ u (Exa Joule= $10^{18}$ J) aşmış bulunuyor. Bu tüketimin %68 i, dünya nüfusunun %15 ini oluşturan sanayileşmiş ülkelerin 0.9 milyar insanı; kalan %32 si ise, dünya nüfusunun %85 ini oluşturan gelişmekte olan ülkelerin 5.1 milyar insanı tarafından gerçekleştirilmiş. Dolayısıyla kişi başına ortalama tüketim, 63 GJ kadar. Fakat bu rakam gelişmiş ülkeler için 250, dünya nüfusunun %5'lik payıyla enerji tüketiminde %25 paya sahip olan ABD için de 400 GJ ü buluyor. Sonuç olarak, dünya nüfusunun %85'i, kişi başına yılda ortalama sadece 25 GJ (Türkiye de 54) tüketiyor.

1999 yılı itibariyle 8.58 milyar ton petrol eşdeğeri enerji tüketilmiş ve bu tüketimin %75 i fosil yakıtlardan sağlanmış. Petrol, doğalgaz ve kömürün payları sırasıyla %39.4, %23.0 ve %22.4. Hidro, nükleer ve 'diğer' kaynaklardan üretilen elektrik, birincil enerji üretimi içinde %7.1, %6.6 ve %0.7 lik paylarla dördüncü, beşinci ve altıncı sırada geliyor.

**Tablo 2.2.1:** Dünya birincil enerji arzının kaynaklara göre dağılımı (2000)

	Dünya	ABD ve Kanada
Toplam birincil enerji arzı (Mtep)	9,200	2,600
Yaklaşık % paylar: Petrol	39	38
Kömür	26	22
Doğal gaz	23	24
Hidro güç	2	2
Nükleer	7	9
Güneş, rüzgar, jeotermal ve diğer	3	4

(Kaynak: World Energy Outlook, 2002, IEA)

Birincil enerji üretiminin yaklaşık %30 u elektrik üretiminde kullanılmış ve üretilen 12.5 trilyon kWh elektriğin yaklaşık %80 i, %15 nüfus payına sahip olan sanayileşmiş ülkelerde, %28 i ise, %5 nüfus payına sahip olan ABD de tüketilmiştir.

**Tablo 2.2.2:** Dünya elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılımı (2000)

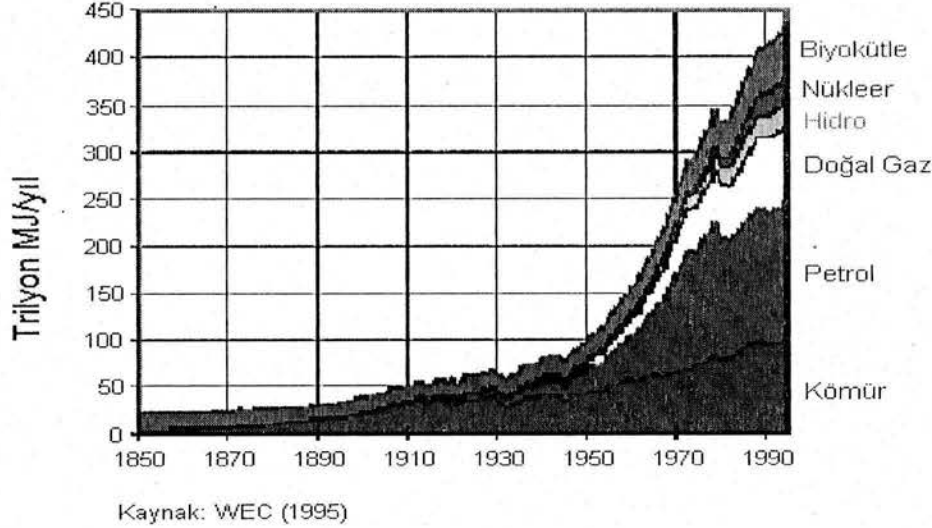
	Dünya	ABD ve Kanada
Net elektrik üretimi, TWh	15,391	3,609
Yaklaşık % paylar: Kömür+petrol+gaz	64	65
Hidro güç	17	13
Nükleer	17	19
Biyokütle ve diğer	2	2

(Kaynak: World Energy Outlook, 2002, IEA)

Tüketilen birincil enerjinin %25 kadarı, petrolünse yarından fazlası dış ticarete konu teşkil ederken, fosil yakıt olarak yılda yaklaşık 5.1 milyar ton kömür, 3.1 milyar ton petrol, 2.4 trilyon metreküp doğalgaz tüketiliyor. Bu üç fosil yakıt halen dünya birincil enerji tüketiminin %85 ini, ticaretinin de %90 ını

<sup>4</sup> Bu bölümdeki değerlendirmeler, EK-A Bölümündeki EK 2 de şekil veya grafik olarak sunulan verilere dayalıdır.

sağlıyor. Özetle insanlık, sanayi devrimiyle birlikte ve 1850'li yıllardan itibaren girmiş bulunduğu 'fosil yakıt çağı'nda emin adımlarla ilerliyor ve 20. yüzyılda, daha önceki tüm zamanlarda tükettiğinin 10 katı kadar enerji tüketmiş bulunuyor.



Şekil 2.2.1: Dünya birincil enerji arzı (1850-1999)

### Geleceğe bakış

Toplumların refahı açısından stratejik bir girdi olması itibariyle enerjinin; ihtiyaç duyulan miktarlarda ve ani artışlar göstermeyen ekonomik fiyatlarla sağlanması, temini açısından darboğazların yaşanmaması ve tüketiminin, 'sürdürülebilir kalkınma' kavramı çerçevesinde doğayla uyumlu biçimlerde başarılması gerekiyor. Öte yandan, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler arasında tüketim düzeyleri açısından, azaltılmaya muhtaç büyük farklılıklar, enerji kaynaklarının dağılımında heterojenlikler var.

Bu yüzyılın ikinci yarısına kadar; dünya nüfusunun hiç artmadığı, gelişmiş ülkelerin kişi başına tüketimlerini yarıya indirdiği, dünyanın kalan kısmının onları yüzyıl geriden takiple ve yıllık ortalama %4.7 büyüme hızıyla yakaladığı varsayılacak olsa, dünya enerji üretiminin şimdiki 420 EJ'dan 750 EJ'a çıkarak %80 artması gerekiyor. Geçmiş yüz adet yılın sergilediği eğilimlere bakılacak olursa, bu 50 yıllık senaryonun varsayımlarından ilki kesinlikle, ikincisi neredeyse imkansız, üçüncüsü ise kuvvetle muhtemel görünmektedir.

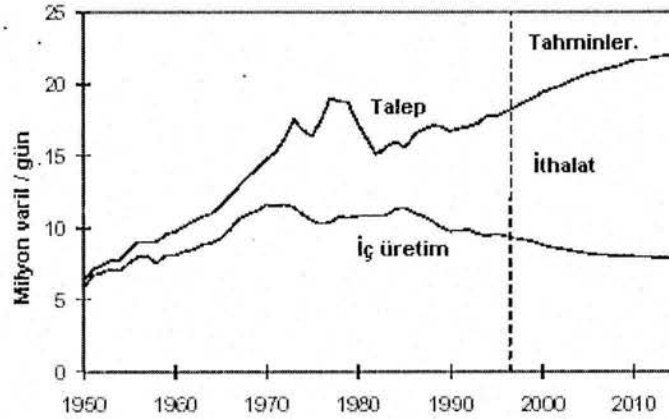
Daha gerçekçi görünen bir başka senaryoya göre ise; dünya ekonomisinin yılda ortalama %3 büyüdüğü, ekonomilerin enerji yoğunluğunun yılda ortalama %1 azaldığı varsayımıyla, dünya enerji talebi 2023 yılına kadar %54 kadar artarak, 650 EJ'a ulaşmış olacak. Bu artışın en büyük kısmı, %60 tan fazlası, geçmiş 150 yıldakinden farklı olarak, Asya, Afrika ve Güney Amerika'nın gelişmekte olan ülkelerinde yer alacak. Dünya nüfusunun %80'ini oluşturan ve enerji arzının üçte birini tüketen bu ülkelerin çoğu sanayileşmelerini, tıpkı Kuzey ülkelerinin daha önce yaptığı gibi, fosil yakıtlara dayandırmayı planlıyor. Dolayısıyla 2023 yılı civarında bu ülkelerin, toplam enerji tüketiminde ve karbondioksit emisyonlarında, sanayileşmiş ülkeleri geçmesi bekleniyor.

Ekonomilerin fosil yakıt yoğunluğunun şimdiki eğilimler çerçevesinde, yılda %0.2-0.4 civarında azalması halinde, bu yakıtlar 2023 yılına kadarki artışın %95 ini karşılayacak ve o zamanki talebin üçte ikisini sağlıyor olacak. Buna rağmen 1960 larda hakim olan kaynaklar tükeniyor endişesi azalmış durumda. Çünkü dünyanın ekonomik rezerv olarak, şimdiki tüketim hızlarıyla yaklaşık 200 yıl yetecek kadar 1 trilyon ton kömürünün, 80 yıl yetecek kadar 250-350 milyar ton (2-3 trilyon varil) petrolünün, 70-80 yıl yetecek kadar 150 trilyon metreküp doğal gazının olduğu tahmin ediliyor. Bu rakamlar kesin değil, daha iyimser veya daha kötümser olanları da var. Fakat geçmişte olduğu gibi gelecekte de, bir yandan yeni rezervlerin bulunması, diğer yandan yükselen enerji fiyatları karşısında yeni çıkarma teknolojilerinin devreye sokulması sayesinde 'bilinen rezerv'lerin zamanla artacağı kesin. Dolayısıyla fosil yakıtlar açısından, hiç değilse bu yüzyıl için rezerv sorunu yok. Enerji fiyatlarının ekonomikliği ve temin güvenliği açılarından ise, arz ve talep dengeleri çok parametrelili dinamik süreçler izliyor.

Kömüre olan talep, hızla doğal gaza yönelen batılı ülkelerde azalırken, başta Çin ve Hindistan olmak üzere, gelişmekte olan ülkelerde artacak. 2023 yılına kadar beklenen net talep artışı 1.5 milyar ton miktarla %40 olacak. Ancak kömürün arzı esnek. Dolayısıyla, beklenen talep artışını, ciddi fiyat artışları yaşanmaksızın, rahatlıkla karşılayabilir.

Çok kullanışlı ve çok amaçlı bir yakıt olan petrolde ise durum sıkıntılı. Çünkü dünya petrol talebinin %1.6 ortalama yıllık artış hızıyla, 2000 yılındaki 75Mv/g veya 3500 Mt/y düzeyinden, 2030 yılında 120 Mv/g veya 5600 Mt/y düzeyine ulaşması bekleniyor. Halbuki, herhangi bir kaynağın üretimi, rezervlerinin yarısı tükenene kadar artıyor, ondan sonra bir platoya erişip, daha sonra da azalıyor. Petrol için üretim platosu 2020 lerde başlıyor ve arz esnekliğini kaybediyor. Talepse katı; çünkü petrol tüketiminin önemli bir kısmı ulaştırma ile petrokimya sektörlerinde ve bu sektörler fiyatlara fazla duyarlı değil. Öte yandan ulaştırma sektörü dünya genelinde, enerji talebi açısından ortalama yıllık %2.2 oranla, en hızlı büyüyen sektör. 2020 yılına kadarki talep artışının dörtte üçünden sorumlu olacak ve bu tarihten sonra en büyük son kullanıcı haline gelecek. Kullandığı yakıtın ise hemen tamamı petrol ürünlerinden oluşuyor. Dolayısıyla, petrol fiyatlarında 2020 lerden sonra ciddi artışlar beklenebilir.

Dünya petrol rezervlerinin üçte ikisi, Orta Doğu'da bulunuyor ve ihracata konu olabilecek üretim fazlası esas olarak hala, OPEC in Orta Doğulu üyelerinin elinde. Siyasi istikrarsızlık taşıyan Körfez ülkeleri halen, dünya petrol ihracatının yarısını sağlıyor ve 2023 yılı civarında bu oranın, %75'e çıkması bekleniyor. Dolayısıyla bu bölge, jeopolitik ilgi ve dengeler açısından hassasiyetini koruyacak. Nitekim, ABD'nin 300 milyar dolar civarındaki savunma bütçesinin yaklaşık dörtte birini, bu bölgedeki olası müdahaleler için ayırdığı sanılıyor. Öte yandan, gelişmekte olan ülkelerin petrol taleplerindeki olası hızlı büyümelerin, petrol piyasalarının uluslararası güvenlik boyutlarını daha da karmaşılaştırması kaçınılmaz görünüyor. Örneğin Çin 1993 yılından itibaren, petrol ihraç eden bir ülke olmaktan çıkıp, petrol ithalatına başlamış. Halen günde 600,000 varilden fazla petrol ithal ediyor ve bu rakamın 2010'da kolaylıkla 3 milyonu bulması, 2025'te ise 10 milyona ulaşarak, ABD'nin şimdiki ithalat düzeyini aşması mümkün görülüyor. Artan petrol bağımlılığı Çin'i, dış politikasını ve savunma perspektifini değiştirmeye, geniş petrol ve doğal gaz rezervleri barındırdığına inanılan Güney Çin Denizi alanları üzerindeki hak iddialarını daha güçlü biçimlerde dile getirmeye zorlayabilir. ABD nin talep ve ithalat tahminleri ise şekilde görüldüğü gibi. Dolayısıyla, Kafkaslar ve Orta Asya'daki petrolün dünya piyasalarına bir an önce bağlanması, olası gerginlikleri hafifletebilmek açısından önem taşıyor.



**Şekil 2.2.2:** ABD'nin petrol ithalatının geçmişteki seyri ve gelecek tahminleri

(Kaynak: EIA, *Annual Energy Review 1996* ve *Annual Energy Outlook 1997*)

Doğal gaz, petrol üzerindeki bu baskıları hafifletiyor. Tüketimi, düşük bir düzeyden başlamış olmakla beraber, biraz da bu yüzden, hızla artıyor. Çünkü, hem daha iyi yandığından daha az kirlenici ürettiği, hem de bu kaynağı kullanan kombine çevrim santrallerinin verimi, kömür veya petrole dayalı olanlardan daha yüksek. Doğal gaz talep tahminleri 2020'ye kadar her yıl %3.2 artarak, 4.6 trilyon metreküplük bir hacme veya dünya enerji talebinde %25'lik bir paya ulaşıyor ve bu artışın %60'ından doğal gazla dayalı güç santrallerinin sorumlu olacağı düşünülüyor. Yoldaki kapsamlı üretim projeleri eğer zamanında gerçekleştirilebilirlerse, bu talebe yanıt verebilecekler. Bağlantılar 20-25 yıl gibi uzun vadelerle yapıldığından, fiyatlarda 2020'lere kadar diğer fosil yakıtlarınkine bağlı olarak, fakat petrolünkine oranla daha fazla istikrar bekleniyor<sup>5</sup>. Ondan sonrası, üretim platosuna girilmiş olacağından, alternatif kaynakların fiyatlarına bağlı. Yakın rakibi petrole endeksli olduğu için, doğalgazda reel olarak hafif artışlar beklenebilir.

Hidro ve diğer yenilenebilir kaynaklardan elde edilen elektrik üretiminin, 2020'lere kadar her yıl %2 artması, buna rağmen bu kaynakların toplam enerji tüketimi içindeki payının şimdiki %9'dan %8'e, hatta bazı tahminlere göre %4'e inmesi bekleniyor. Bu eğilim ancak, kamu müdahalesi ve sübvansiyonlar aracılığıyla değiştirilebilir nitelikte olup; bu durumda da, 2020 yılında payları %12'ye kadar çıkartılabilecek (Türkiye de halen %13). Yenilenebilir kaynaklardan enerji üretimindeki artışın büyük kısmı, Çin ve Hindistan gibi gelişmekte olan Asya ülkelerindeki büyük hidroelektrik santralleri şeklindedir. OECD ülkelerinde ise aynı dönemde, başta rüzgar ve biyokütle olmak üzere, hidro dışı yenilenebilir kaynakların, hem de yılda ortalama %3.3 gibi yüksek oranlarla artması hedefleniyor.

Nükleer santrallerden elde edilen elektriğin ise; şimdiki 2.4 TWh'dan, 2015'e kadar 2.6 TWh'a çıkması, bundan sonra 2020'ye kadar hafifçe azalması ve sonuç olarak, dünya birincil enerji ve toplam elektrik üretimindeki paylarının, 2000'de %7 ve %17'iken, 2030'da %5 ve %9'a düşmesi bekleniyor. Başlangıçtaki artışın nedeni, gelişmekte olan ülkelerdeki kapasite genişlemesi. Sonraki azalmanın nedeniyse gelişmiş ülkelerin, kamuoyu baskısı karşısında, eskiyen nükleer santrallerini devre dışı bırakıp, üzerinde çalışılan yenilikçi tasarımlar olgunlaşana kadar yenilerini kurmamayı planlıyor olması. Japonya ve Fransa bu eğilimin dışında kalıyor, onlar yeni nükleer santraller konusunda kararlı.

<sup>5</sup> <http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/world.html>



Gelişmiş ülkelerle gelişmekte olan ülkeler arasındaki bu asimetrik durum, halen az enerji tüketmekte olan bu ikinci grubun enerji kaynaklarını çok yönlü olarak geliştirmek zorunda olmaları gerçeğiyle uyumlu. Gelişmiş batılı ülkelere daha rahat, dolayısıyla enerji politikalarında daha esnek davranabiliyor; çünkü nüfusları fazla artmıyor. Öte yandan her 1000 kişi başına düşen otomobil veya elektrikli ev aletleri sayıları olabildiğince yüksek ve ilerde artacağına benzemiyor. Hem de mevcut bu ekipman, yeni çıkan verimli modellerle değiştiriliyor. Satın alım gücü yüksek olan tüketici, araç ve alet stoğunu 3-5 yılda bir yeniliyor. Konut ve işyerleri yeterince iyi ısıtılıyor, daha fazla ısıtılacak hali yok. Dolayısıyla, bu ülkelerin enerji piyasaları belli bir doyuma ulaşmış durumda. Hatta bazı sektörlerde gerileme var.

Halbuki dünya nüfusunun, gelişmekte olan ülkelere yaşayan dördte birinden fazlası halen elektrikten yoksun. Çeşitli üretim imkanlarını da beraberinde getiren bu enerji türünün gelişmekte olan ülkelerdeki kullanımının hızla artması gerekiyor. Bu nedendir ki, dünya elektrik tüketiminin yılda ortalama %2.4 artarak, 2030 yılına kadar iki misline katlanması, toplam enerji tüketimi içindeki payının %18'den %22'ye ulaşması bekleniyor. Buna rağmen 2030'da 1.4 milyar insan hala elektrik kullanamıyor olacak.

Kısacası, yüzyılın ilk yarısı için dünya enerji arzında yetersizlikler beklenmemekle beraber, temin güvenliği ve fiyatların ekonomikliği açılarından ciddi belirsizlikler var. Yüksek enerji fiyatlarının zararı ise, gelişmiş ülkelere çok gelişmekte olanlar üzerinde yoğunlaşıyor. Çünkü bu ülkeler, gelirlerinin daha büyük bir kısmını enerjiye harcıyorlar ve artan enerji faturasını karşılamak veya enerji verimliliğini artıracak yatırımlar açısından kapasiteleri sınırlı. Hem de, ekonomik durgunluktan daha ağır etkileniyorlar. Öte yandan, arz yeterliliği, fiyat istikrarı ve temin güvenliği sorunları aşılabilsede dahi, bir de fosil yakıt bağımlılığının yol açtığı yerel, bölgesel ve küresel çevre sorunları var.

Yerel düzeyde en yaygın ve ciddi sorun, kentlerdeki hava kirliliği. Gelişmekte olan ülkelere bu sorun sadece dış ortamlarda değil, yaşam hacimlerinde, konut ve işyerlerinin içinde de var. Hatta, ısınma amacıyla kullanılan yakıtların türünün yol açtığı yüksek kirlenici yoğunlukları ve yetersiz havalandırma koşulları nedeniyle bu ikincisi, daha bile ciddi bir kamu sağlığı sorunu oluşturuyor. Öte yandan, kömür madenlerinin drenajı, boru hatlarından, tankerlerden ve yeraltı yakıt depolarından sızıntılar ve petrol rafinerilerinin emisyonları yeraltı su kaynaklarının kirlenmesine yol açıyor. Bölgesel ölçekte, fosil yakıt kullanan taşıtlar ve güç santrallerinin emisyonları, tarım ürünlerine, ormanlara ve kamu sağlığına zarar veriyor.

Küresel ölçekte ise, nedenleriyle ilgili bulgu ve değerlendirmeler halen tartışılıyor olmakla beraber, iklim değişikliği endişeleri ağır basıyor. Fosil yakıt kullanımından çıkan parçacık emisyonları, atmosfere giren ışınları geri yansıtmak suretiyle soğutma; sera gazı emisyonları ise, yeryüzünden yansıyan ışınları daha ziyade yutmak suretiyle ısınma etkisi yaratıyor. IPCC'nin ('Intergovernmental Panel on Climate Change') konuyla ilgili olarak yapmış olduğu çalışmalara göre, katı parçacıkların soğutma etkisi, karbondioksit dışındaki sera gazlarının ısıtma etkisini yaklaşık olarak dengeliyor. Dolayısıyla net ısınma etkisi açısından sadece karbondioksit bakılıyor.

Dünya genelinde enerji kaynaklı olarak atmosfere, 1999 yılında 6.144 milyar ton karbon eşdeğeri, yani 22.5 milyar ton karbondioksit salınmış bulunuyor. Petrol, kömür ve doğal gazın payları %44, 35 ve 21. Ülke bazında ABD, Çin, Rusya, Japonya ve Hindistan bu alanda ilk beşi oluşturuyor ve toplam emisyon hacminin %51 inden sorumlular. Arkadan gelen beşli, toplam %12 payla; Almanya, İngiltere, Kanada, İtalya ve Fransa. Bu emisyonlar, eğer hakim beklentiler gerçekleşecek olursa; 2010 yılında

7.8, 2020 yılında da 9.8 milyar ton karbon eşdeğerine yükselecek. Gelişmekte olan ülkelerin payının ise ilk onyılda artışta %81, ikinci onyılda %76 olacağı tahmin ediliyor.

IPCC'nin 'ortalama' eğilimleri yansıtan ve dünya genelinde kapsamlı olarak tartışılan bir çalışmasına (IS92) göre, yüzyıl sonuna kadar atmosfere 1500 milyar ton karbon eşdeğeri karbondioksit salınacak. Çalışmada kullanılan karbon döngüsü modeli, bu miktarın yarısının bitki örtüsü ve okyanuslar tarafından emilirken, diğer yarısının atmosferde kalarak karbondioksit yoğunluğunu, hacimce milyonda 715'e yükselteceğini öngörüyor. Sanayi öncesi dönemin 2.5 mislinden fazla olan bu yoğunluğun, daha sonra da artmaya devam etmesi bekleniyor. Bu birikimin, başta iklim olmak üzere doğa koşulları üzerindeki etkileri, bu etkilerin boyutları ve olası olumsuz sonuçları hakkında yoğun araştırmalar yapılıyor.

SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> ve PM emisyonları, yanma öncesinde yakıtın iyileştirilmesi; yanma sırasında, kömür kullanımının etkin bir enerji kaynağı olmaya devam edeceği dikkate alınarak geliştirilen ve halen geliştirilmekte olan daha verimli ve temiz kömür teknolojileri; yanma sonrasında ise BGD tesisleri, NO<sub>x</sub> azaltma/giderme tesisleri ve yüksek verimli toz tutma sistemleri gibi çevre teknolojileriyle azaltılabiliyor. Bu sistemlerin ise, mevcut tesislerde halen yoksalar eğer, ilavesi, enerji maliyetleri açısından ek yükler getiriyor.

IPCC çalışmalarının sunduğu verilerin ışığında hazırlanan ve karbondioksit emisyonlarının sınırlandırılmasına yönelik olarak imzalanan Kyoto Protokolü ile bu protokolün Bonn uzantısı, gelişmekte olan ülkelerin durumunu anlayışla karşılayıp, kendilerine hiçbir yükümlülük getirmiyor. Sanayileşmiş kuzey ülkelerinin ise emisyonlarını, 2008-12 zaman aralığında, 1990 düzeylerinin en az %5 altına çekmelerini öngörüyor. Gerçi protokol henüz kimseyi bağlamıyor, konferans katılımcılarının yarısından fazlasının kabul, imza ve onayından 90 gün sonra yürürlüğe girecek. Fakat bu gerçekleştiği takdirde, OECD ülkelerinin karbondioksit emisyonlarını 2010 yılına kadar, mevcut eğilimlerin devamı halinde erişecekleri düzeyin %30 kadar altına çekip, 3.8 milyar ton azaltmaları gerekiyor. Enerji stratejileri kapsamında, gerçekleştirilmesi en zor hedef bu olsa gerek. Nitekim, sözkonusu ülkelere pek azı bu hedefi gerçekleştirebilme yolunda ve örneğin ABD'nin emisyonları, azalmak bir yana, artmaya devam ediyor. Bu durumda emisyon düzeylerini sınırlamak yerine, olası iklim değişikliğine 'uyum sağlama'nın daha kolay ve ekonomik olacağını veya iki yönlü bir yaklaşımın benimsenmesi gerektiğini savunan görüşler de var.

Çoğu demokrasilerle yönetilen OECD ülkelerinin, kamuoylarını refahtan fedakarlığa ikna edebilmeleri zor. Dolayısıyla yönetimleri, bu hedefi ekonomik büyümelerini aksatmaksızın başarmak istiyor. Bunun için önlerinde çeşitli yollar bulunuyor. Örneğin, tasarrufa yönelip ekonominin enerji yoğunluğunu, yani üretilen GSMH birimi başına kullanılan enerji miktarını azaltmak. Buna zaten 1973-80 petrol şoklarından sonra yönelmiş, hatta yeni ekonomi ile birlikte, fosil yakıtlara dayalı enerji yoğun üretimden çekilip, bu sektörleri geliştirmekte olan ülkelere devretme sürecine girmişler. Dolayısıyla OECD ülkelerinin, çok fazla enerji tüketen Kuzey Amerika dışında, tasarruf potansiyeli eskiye oranla düşük. Bir diğer yol, fosil yakıt fiyatlarına caydırma amaçlı ilavelerle, tüketiciyi bu yakıtlardan kısmen uzaklaştırma fikri. Fakat, örneğin petrol de bir fosil yakıt ve sera gazı emisyonlarının üçte birinden sorumlu olan ulaşım sektöründe talep, fiyat artışları karşısında esnek değil. Çünkü tüketici, yakıt fiyatlarındaki bir artış karşısında, nisbeten büyük bir yatırım yaparak almış olduğu ulaşım aracının kullanımını, ancak geçici olarak azaltıyor. Sonra eski alışkanlıklarına geri dönüyor. Isınma amaçlı fosil yakıt kullanımı keza öyle, fazla azaltılma olanağı yok. Dolayısıyla penaltı ödemelerinin, tasarruf sağlamak yerine, tüketicinin refahından alıp götürmesi söz konusu. Yine de bu ödemelerden

sağlanacak gelirler, alternatif enerji kaynaklarının geliştirilmesi için kullanılabilir. Bu yöneliş, OECD ülkeleri için emisyon artışlarını sınırlamada üçüncü yolu oluşturuyor.

Atmosfere, işletme sırasında net olarak kirlenici salmayan enerji türleri; hidro, rüzgar, güneş, jeotermal, biyokütle ve nükleer. OECD ülkelerinin hidropotansiyelleri büyük oranda kullanıma girmiş durumda. Öte yandan, büyük hidroelektrik santrallerin yapımına karşı sosyal ve çevresel itirazlar var. Dolayısıyla bu alanda fazla bir genişleme imkanı yok. Diğer yenilenebilir kaynaklar, maliyet açısından ve nitelikleri itibarıyla, alternatifleriyle rekabette zorlanıyor. Bu kaynaklardan orta vadede gelişme potansiyeli taşıyanlar; rüzgar enerjisiyle, başta fotovoltaikler ve yakıt hücreleri olmak üzere çeşitli formlarıyla güneş enerjisi.

Güneş enerjisi, toplayıcılar vasıtasıyla sıcak su ihtiyacını desteklemede ekonomik ve bu amaçla halen yaygın olarak kullanılıyor. Çok daha yaygınlaşabilir, fakat bu ihtiyacın toplam tüketim içindeki payı sınırlı. Parabolik aynalarla bu kaynaktan güç üretimi ise pahalı ve bu teknolojinin şimdilik sadece prototip örnekleri var. Rüzgar santralleri fiyatça ekonomiklik sınırına, güç düzeyi olarak da 1MW düzeyine ulaştı. Fosil rakipleriyle yarışabiliyor. Ama güneş ve rüzgar kesintili kaynaklar. Olmadıkları zaman da kullanılabilmesi için depolanıp saklanabilmeleri lazım. Bu, başka enerji formlarına dönüştürülmelerini gerektiriyor. Fakat devreye sokulan her çevrim, toplam enerji veriminin daha da azalması anlamına geliyor ve sonuç olarak, bu enerjinin maliyetinin daha da yükselmesine yol açıyor. Halbuki, fotovoltaiklerle güneş enerjisinden doğrudan elektrik eldesi bile halen (>4,000\$/kW) çok pahalı. Jeotermal enerji ve biyokütle enerjisi, daha fazla ilgi görebilmek için daha zor şartları bekliyor. Teknolojisi halen hazır olan hidrojenin, depolama ve dağıtım sorunları var.

Gelişmiş ülkeler buna rağmen, yeni enerji kaynakları konusunda cesur adımlar atıyor. ABD'de Clinton Yönetimi, 1 milyon konut ve işyeri çatısının, 'yerinde kullanım' amacıyla fotovoltaik panellerle donatılması için vergi teşvikleri getiren bir programı başlatmış bulunuyor. Almanya rüzgar enerjisi alanında başı çekiyor ve 5,400MW kurulu güce sahip. Avrupa Birliği Enerji Bakanları yenilenebilir kaynakların 2010 yılına kadar, birliğin toplam birincil enerji üretimi içindeki payının şimdiki %6 düzeyinden %12'ye, elektrik enerjisi üretimindeki payının ise %22'ye çıkartılmasını hedefliyor<sup>6</sup>. Bu kararlı adımlar, diğer kaynaklardan sübvansiyon gerektiriyor. Nitekim Almanya, fosil kaynaklardan 5 sente elde edebildiği kilowattsaat elektriğin, güneşten elde edilenine 45.sentin üzerinde fiyat ödemeyi taahhüt ediyor. Çünkü bu ülkeler; mevcut enerji tüketim pastasının ve atmosfer emisyonlarının oransız büyük bir kısmından sorumlu olduklarının farkındalar. Kişi başına ortalama karbon emisyonu, dünya genelinde yaklaşık 1 ton iken, AB için 2.4, ABD için 5.6 ton (Türkiye de 0.8).

Bu ülkeler, enerji üretim ve tüketim süreç ve kalıplarındaki, geçen yüzyılın inşa etmiş olduğu girift, katı ve olumsuz fosil alışkanlıklarını kırmaya çalışıyor. Dolayısıyla, yenilenebilir kaynakların payı kamu desteğiyle artacak ve önümüzdeki dönemde gelişmiş Batılı ülkeler için, birim enerji üretim maliyetleri belirleyici faktör olmaktan çıkacak. Buna tahammülleri var, çünkü zenginler. Fakat her şeye rağmen, mevcut teknolojilerle bu kaynakların kitlesel ihtiyaca, en azından yakın gelecekte ve büyük oranlarda yanıt verebilmesi mümkün görünmüyor. Nitekim bu alanda kararlı görünen ülkelerden ABD 1999 yılında, hidro dışı yenilenebilir kaynaklardan, 96.7 EJ'lük toplam enerji tüketiminin sadece %0.12'sini (0.114 EJ), 2,550 TWh'lik toplam elektrik üretiminin ise %2.9'unu sağlamış bulunuyor.

<sup>6</sup> <http://europa.eu.int/eur-lex/en/com/gpr/2000/com2000-0769en.html>

Atmosferi kirletmeyen enerji türü olarak, geriye nükleer enerji kalıyor. Fakat Çernobil kazasından sonra bu teknoloji ile ilgili güvenliğe yönelik kuşklar ve buna bağlı olarak yoğunlaşan tepkiler, bu teknolojinin en önemli sorunlarından birisidir. Buna karşın, bu teknolojiye sahip olan ve olmayı planlayan ülkelerde kamuoyunu bilgilendirme çalışmaları sürdürülmektedir. Kamuoyunun tatmin edilebilmesi için, kullanılmış yakıtlardan kaynaklanan radyoaktif atıklarla ilgili mevcut çözüm önerilerine ikna edilmesi ve çözüm yöntemleri üretilmesi çalışmalarının sonuçlandırılması gerekmektedir. Bütün bunlara rağmen nükleer enerji, OECD ülkelerinin Kyoto Protokolü yükümlülüklerini yerine getirmeye karar vermeleri halinde üzerinde durulması gereken en önemli seçeneklerden biri gibi görünüyor. Öte yandan, Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı'nda (IAEA) yürütülmekte olan INPRO Projesi ile, yapısı itibariyle kendinden güvenli reaktör tasarımıyla ilgili çalışmalara devam edilmektedir. Aynı paralelde ABD'nin önderliğinde 10 ülke (Arjantin, Brezilya, Kanada, Fransa, İsviçre, Japonya, Kore, Güney Afrika, İngiltere) tarafından yürütülmekte olan IV. Jenerasyon nükleer enerji sistemleriyle ilgili çalışmaların (A Technology Roadmap for Generation IV Nuclear Energy Systems) ilk aşaması tamamlanmış olup; 2030 ve sonrasında yönelik olarak kullanılması uygun bulunan 6 nükleer reaktör tasarımı belirlenmiştir.

Gelişmekte olan ülkelerin durumu ise çok farklı ve seçenekleri çok daha dar. Ekonomileri halen küçük ve nüfusları yılda %2-3 düzeylerinde artıyor. Mümkün olduğunca hızlı büyümeleri, buna paralel olarak enerji üretimlerini artırmaları gerekiyor. Kişi başına yılda, gelişmiş ülkeler ortalamasının onda biri kadar az enerji tüketiyorlar, ama üretimlerinin enerji yoğunluğu yüksek. ABD'de birim GSYİH için 0.31 tep harcanırken, bu miktar Türkiye'de 0.38, Hindistan'da 0.80, Çin'de ise 1.19 tep/\$'ı buluyor. Çünkü gerekli yatırımları gerçekleştiremediklerinden, enerjiyi tasarrufu kullanamıyorlar. Satın alım gücü düşük olan tüketiciler ellerindeki ekipman stoğunu uzun, örneğin elektrikli ev aletlerini 15-20 yıl sürelerle kullanıyor. Enerji verimi yüksek yeni modellerin piyasaya sızma hızı düşük. Dolayısıyla ekipman üretici firmalar, enerji tasarrufuna yönelik araştırma geliştirmeye, hemen hiç kaynak ayıramıyorlar. Elektrik santralleri randımanlı çalıştıramıyor, modernizasyona muhtaçlar. İletim ve dağıtım şebekelerinin kayıp kaçak oranları yüksek, yenilenmeleri lazım. Az enerji tüketiliyor, ama bu enerji çoğunlukla kirli süreçlerle üretiliyor. Yeni ve yenilenebilir kaynaklara yönelmeleri lazım; ama bu kaynaklar, hidroelektrik hariç, en azından çıplak maliyetler açısından, şimdilik daha pahalı. Dolayısıyla, çevre maliyetleri de hesaba katıldığı takdirde aslında daha pahalı olabilen üretim süreçlerine mahkum gibiler. Kısa vadede ucuz görünen çözümlere yöneldiklerinden, uzun vadede daha yüksek bedeller ödüyorlar. Bu ülkeler durumlarının farkındalar, ama farkındalık yetmiyor. Çünkü en kıt olan kaynakları sermaye. Günü birlik harcamalara güçleri zar zor yetiyor, uzun vadeli yatırımlarsa sürekli erteleniyor. Dolayısıyla, uzun vadeyi göremiyormuş da, sadece kısa vadeli hesaplar peşinde koşuyorlarmış gibi davranmak zorunda kalıyorlar. Halbuki Batılı toplumlar, biraz da enerjiyi geçmişte müsrif ve kirli şekillerde kullanmış olmaları sayesinde, bugün en akılcı tasarruf yöntemlerini hayata geçirebiliyor ve temiz enerjiye yönelebiliyorlar. Çünkü o süreçlerle başardıkları üretim sonucu oluşturdukları altyapı ve sermaye birikimi kendilerine, bugünü bilimin ve tekniğin işaret ettiği biçimde şekillendirmek imkanını sağlıyor. Bu tabii, gelişmekte olan ülkelerin de aynı kirli yolu izlemesi gerektiği anlamına gelmiyor. Tam tersine, onların içinde bulunduğu kısır döngüyü kırabilecek teknoloji ve sermaye birikimi, gelişmiş Batılı ülkelerde var ve bol, nereye gideceğini bilemiyor. Ancak sermaye akışının gelişmekte olan ülkelere üretken biçimlerde yönelebilmesi için, bu ülkelerin sermaye ve enerji piyasalarının serbestleşmesi, yeni yasal düzenlemelere gidilmesi gerekiyor. Bu sürecin kısa zaman kesitlerine sıkıştırılmaya çalışılması ve sonuç olarak ileri geri adımlar atılması, karşılıklı güvensizliğe ve bilinen sosyal çalkantılara yol açıyor. Batı kaynaklı sermaye gelişmekte olan ülkelere ürke ürke, en yüksek kar marjlarının peşinde olarak, sınırlı miktarlarda ve kısa vadelerle geliyor. En

ufak belirsizlikler karşısında da, yarattığı veya yaratacağı istikrarsızlıklara aldırmaksızın kaçıp gidiyor. Halbuki Batılı ülkelerle gelişmekte olan ülkeler arasında hayata bakış ve felsefe açısından daha fazla benzerlik olsa, ilişkiler daha sakin, akılcı ve üretken olacak. Bu yakınlaşmanın sağlanması, insanlığın mevcut sermaye ve teknoloji birikimlerini daha rahat paylaşabilmesi için lazım. Bunun ise tek bir aracı var, eğitim. O da gelişmekte olan ülkelerde çoğu zaman, fakirliğin o malum kısır döngüsü içerisinde tasarruf önlemleri ne kurban gidiyor.

### Enerji teknolojilerinde ArGe

Enerji, çevreye en olumsuz katkılarda bulunan sektörlerden birisi. Dolayısıyla, açık bir çevre boyutu var. Öte yandan, gelişmiş ülkelerin GSMH'larının ve dünya ekonomisinin %7-8 kadarından sorumlu. Dünya ticaretinde de benzeri bir paya sahip. Enerji ekipmanı açısından; güç santralleri, petrol rafinerileri, boru hatları, petrol platformları, iletim hatları vs den oluşan dünya enerji arz sisteminin bugünkü değeri, yenilenme maliyeti olarak 10 trilyon dolardan fazla. Bu tesislerin ortalama ömrünün 30 yıl olduğu ve sistemin büyüklük olarak sabit kaldığı varsayılacak olursa, yılda sadece onarım için yapılan yatırım miktarı 300 milyar dolar civarında. Halbuki, mevcut eğilimlerin devam etmesi halinde, enerji kullanımının 2025'e kadar iki misline tırmanması, yani küresel enerji sisteminin iki misli büyüklüğe ulaşması gerekiyor. Bu da, kapasite maliyetlerinin değişmediği varsayımıyla, yılda 300 milyar dolarlık ilave bir yatırım anlamına geliyor. Her yıl tüketilen enerji kaynaklarının ekonomik değeri ise, yılda 6 milyar ton petrol eşdeğeri düzeyiyle, 1.5 trilyon dolara yakın. Öte yandan, enerji kullanım özellikleri pazarlanabilirlikleri açısından önem taşıyan; otomobil, uçak, binalar, sanayi makineleri, ev aletleri gibi üretim kalemlerine yapılan yıllık harcamalar, hacimce daha da büyük ve trilyonlarca doları buluyor. Dolayısıyla enerji; ekonominin belirleyici, 'aksarsa olmaz' sektörlerinden birini oluşturuyor ve enerjinin; yeterli miktarlarda ve makul fiyatlarla temini, arzı ve verimli kullanımı, bireylerin ve toplumların ekonomik refahı açısından vazgeçilemez önemde unsurlar olarak ön plana çıkıyor.

Enerjinin kıt veya pahalı olduğu ortamlarda; ekonomik durgunluk, enflasyon, işsizlik ve gelecekte ümitsizlik, kaçınılmaz sonuçlar oluyor. Enerji stratejilerinde büyük çapta başarısızlıklar, sadece gelişmekte olan değil, zor durumda kalan gelişmiş ülkelerde bile, sosyal ve siyasi istikrarsızlığa yol açabilecek kadar ciddi ekonomik ve çevresel sonuçlar doğurabiliyor. Dolayısıyla enerji, sadece ekonomik bir sorun olmakla kalmayıp, ulusal güvenlik boyutları da taşıyor.

Öte yandan, dünya enerji arzının dörtte biri, petrolününse yarısından fazlası uluslararası ticarete konu. Bu kaynak akışında, şok niteliğinde ani değişikliklerin yer almaması gerekiyor. Halbuki; dünya petrol üretimine olan talebin artması, dünya petrol piyasalarının güdümlenmesi, ihracata konu olan petrolün yarısından fazlasını sağlayan Körfez bölgesinde siyasi istikrarsızlık, fosil yakıt emisyonlarını azaltma yönündeki çevresel gereksinimler, bu akışta zorlanmalara yol açarak, enerji fiyatlarını yükseltebiliyor. Enerjinin ulusal ekonomiler açısından taşıdığı önem nedeniyle bu durum, enerjiyi ulusal olduğu kadar, uluslararası bir güvenlik sorunu haline de getiriyor. Sonuç olarak enerji sorununun; ekonomik, çevresel, ulusal ve uluslararası güvenlik boyutlarıyla birlikte değerlendirilmesi gerekiyor.

Enerji kaynakları üzerindeki baskının yoğunlaştığı ve fosil yakıtlara olan bağımlılığın azaltılması ihtiyacının arttığı yeni yüzyılda, enerji ile ekonomik refah arasındaki pozitif bağlantıyı güçlendirmek, enerji ile çevre ve enerji ile ulusal ve uluslararası güvenlik arasındaki negatif bağlantıları zayıflatmak, enerji teknolojilerinde iyileştirmelerin yapılması ve bu iyileştirmelerin piyasalara yaygın bir şekilde sızmasıyla mümkün.

Enerji teknolojisinde iyileştirmelerin ana hedefleri:

- enerji arzı maliyetlerini ekonomik gelişmeyi baskılamayacak veya tüm toplum kesimlerince erişilebilir kılacak düzeylerde tutmaya,
- enerji kullanımındaki verimliliğin artmasını sağlamaya,
- siyasi istikrarsızlık taşıyan bölgelerden yapılan petrol ve doğal gaz ithaline aşırı bağımlılıktan kaçınmaya,
- enerji arzının çevresel risk ve etkilerini azaltmaya,
- nükleer enerji teknolojilerinin kendinden güvenli tasarımlara yönlendirilmesine, nükleer yakıt çevrimi ve malzeme teknolojilerinin nükleer silahların önlenmesine yönelik olarak olabildiğince dirençli olmalarını garantilemeye

yardımcı olmak şeklinde sıralanabilir.

Bu türden teknolojik iyileştirmeler enerji arzının maddi ve çevresel maliyetlerini azaltabilir, etkin maliyetlerini düşürebilir, petrol ithalatına bağımlılığı azaltabilir, atmosferdeki sera gazları birikimini yavaşlatabilir ve dünyadaki pek çok gerilim alanında, çevresel açıdan sürdürülebilir ve siyasi açıdan istikrar sağlayıcı ekonomik gelişmeyi güçlendirebilir. Örneğin, petrol ve doğalgaz arama ve çıkartma teknikleriyle ilgili araştırmalar, bu fosil yakıtların çıkartılabilir rezervlerini genişletebilir ve enerji piyasalarını rahatlatıp fiyatları frenlemek suretiyle, ekonomik büyümeyi ve temin güvenliğini artırabilir. Enerjinin son kullanım verimliliğini yükselten iyileştirmeler, ithal enerjiye bağımlılığı azaltmak suretiyle temin güvenliğini artıracığı gibi, fosil yakıt emisyonlarıyla birlikte enerjinin çevresel maliyetlerini de düşürebilir.

Nükleer santral tasarımı, yakıt çevrimi ve atık yönetimi konularındaki araştırmalar, ani fiyat artışlarına yatkın olan ithal enerjiye bağımlılığı ve fosil yakıt emisyonlarını azaltmak suretiyle, enerji-güvenlik-çevre bağlamlarına pozitif katkılarda bulunabilir. Petrol ve doğalgaz haricindeki, hidrojen veya yakıt hücreleri gibi taşınabilir yakıt ve elektrik kaynaklarının geliştirilmesi, fosil olmayan yakıt kullanımının maliyetini düşürecek teknik ilerlemeler veya daha genel olarak, mevcut enerji arzı teknolojilerinin yedeklenmesi, maliyetleri aşırı arttığı takdirde yerlerine devreye girebilecek yeni seçeneklerin oluşturulması, keza aynı amaca hizmet edecektir. Hem de bu çalışmaların, sadece gelişmiş ülkelere değil, kısmen de Çin ve Hindistan gibi uluslararası piyasanın en hızlı büyüyen kısmının ekonomik ve çevresel ihtiyaçlarına yönelik olarak şekillendirilmesi gereği var.

Enerji teknolojilerindeki ArGe çalışmalarının önemi açık olmakla beraber, bu araştırmaların, biraz da yaşamsal öneminden kaynaklanan yüksek bir ataletle sahip bulunan bu sektördeki mevcut manzarayı, kısa süre içerisinde büyük değişikliklere uğratabilmesi mümkün görünmüyor. Çünkü, ArGe çalışmaları meyvelerini kısa sürede verseler bile, ortaya konan teknolojik iyileştirmelerin ticarileştirilerek kullanıma hazır yeni ürün haline konması zaman alabiliyor. Enerji alanındaki, örneğin petrol ve gaz aramaları veya aydınlatma cihazlarının verimini artırma çabaları gibi bazı ArGe çalışmaları çabuk kazanımlar getirebilmekle beraber, enerji ArGe çalışmalarının çoğunun kullarımdaki enerji sistemleri üzerinde kayda değer bir etki icra edebilmeleri için gerekli zaman ölçeği daha uzun. Bu sadece ArGe çalışmasının tamamlanması için gereken süreyle değil, aynı zamanda çoğu enerji üretim ve enerji son kullanım ekipmanının uzun yenilenme süreleriyle ilgili. Örneğin elektrik santralleri ve petrol rafinerilerinin yenilenmesi için 30-50 yıl, son kullanım tarafında ise konutlar ve ticari binalar için benzeri süreler, otomobiller ve ev aletleri için dahi 10 veya daha fazla yıl gerekiyor.

Dolayısıyla, ArGe çalışmalarından doğacak olan teknolojik iyileştirmeler tahmin edilebilse dahi bu, söz konusu yeniliklerin piyasalara ulaşma hızı veya bir kere piyasaya ulaştıklarında, enerji çevrim ve enerji son kullanım ekipmanı stoklarının kompozisyonunu hangi hızla değiştirecekleri hakkında fazla bilgi vermiyor. Sonuç olarak ne kadar enerjinin, hangi formlarda, hangi maliyetler ve çevresel etkilerle kullanıldığını, bu stoklardaki değişim ve buna ek olarak, üretici ve tüketici davranışlarındaki değişim belirliyor. Bu süreci etkileyen engeller arasında; potansiyel kullanıcıların yenilikler ve yararları hakkındaki bilgi eksikliği, yeni teknolojilerin pazarlama altyapısının eksikliği veya alıcılar için finansörlerin yokluğu, pazara kitlesel üretimin ve öğrenmenin maliyet düşürücü yararlarından istifade edebilecek düzeylerde sızma imkanından yoksun bulunma, yeniliklerin rekabet etmek zorunda olduğu eski teknolojilere haksız destek veren sübvansiyonlar veya bu teknolojilerin çevresel ve diğer sosyal maliyetlerinin içselleştirilmemiş olması gibi faktörler başta geliyor.

Tablo 2.2.3, çeşitli enerji teknolojilerinin performansındaki iyileşme hızlarını, yeni ünitelerin ve stoktaki tüm ünitelerin ortalama karakteristikleri cinsinden ölçü ile veriyor. Tablo aynı zamanda, bazı ekonomilerin bütününün enerji ve karbon yoğunluklarındaki düşüş hızlarını gösteriyor. İyileştirme hızlarının çoğu %1.5-3 arasında değişiyor. Bu da, ikilenme veya yarılanma süresinin, yani performansın iki misline çıkması için gereken sürenin, 23 ile 46 yıl arasında değiştiğini gösteriyor. En yüksek hız olan %5, performansı 14 yılda ikiye katlayabiliyor.

Görüldüğü üzere, bazı kalemlerin teknik performansı uzun sürelerle yerinde sayabiliyor. Örneğin kömüre dayalı elektrik santrallerinin verimlilik artışı, 1960'tan sonra durmuş gibi. Çünkü hem bu santrallerin enerji maliyetlerindeki kirlenici kontrol bileşeni, santraldaki diğer verim artışlarını sıfırlıyor, hem de hakim tipteki santralleri daha enerji verimli hale getirmenin ilave inşaat maliyetleri, elde edilen yakıt tasarrufuna değmiyordu. Fakat bu durum tabii ki diğer alanlarda, hayata çok daha hızlı yansıyan teknik iyileştirmelerin gerçekleştirilemeyeceği anlamına gelmez. Örneğin akkor flamanlı lambalar ve buhar döngüsüne dayalı fosil yakıt santralleri gibi belli bazı teknolojilerdeki iyileşme hızları; ArGe'nin, örneğin floresan lambalar ve yakıt hücrelerine dayalı fosil yakıtlı santraller gibi, 'aynı problemlere tümüyle yeni yaklaşım' şeklinde getirebileceği sürprizlerin öngörülebilmesine yardımcı olamıyor.

Enerji teknolojilerinde en fazla ihtiyaç duyulan iyileştirmelerden bazıları, çevresel etkiler ve ulusal güvenlik gibi, piyasaların değerlendiremediği ve dolayısıyla özel sektör firmalarının tepki gösterebileceği sinyaller üretmeyen 'kamu yararları' ile ilgili olduğundan, kamunun bu alanda etkinliği büyük önem taşıyor. Öte yandan, bazı tekil araştırma projelerinin topluma hiçbir kazanç sağlamamış olmasının, araştırmacılar veya yöneticileri hakkında bir olumsuzluk olarak değerlendirilmemesi gerekiyor. Çünkü, her projesi başarılı olan bir araştırma programının, bilinmeyen sınırlarını araştırıyor olması, açıkça mümkün değildir. Bu yüzden, araştırma etkinliklerinin getiri değerlendirmelerinin, tek tek projeler üzerinde değil, programların bütünü üzerinde yapılması ve programdan sağlanan yararların, programa yapılan yatırımların tümü üzerine dağıtılması lazım.

Özetle, enerji ArGe çalışmalarının geniş kapsamlı hedefi; bugünkü enerji arzı sisteminin yerel, bölgesel ve küresel çevre risk ve etkilerini anlamlı şekilde iyileştirecek enerji seçeneklerini geliştirmesi; bunu taşınabilir maliyetlerle başarabilmesi ve giderilmeye çalışılanlardan daha ciddi yeni çevresel veya siyasi risklere yol açmaksızın, gelişmiş olanlara olduğu kadar gelişmekte olan ülkelere de hitap edecek biçimde yapabilmesidir. Fosil yakıt teknolojilerinin dünyanın şimdiki enerji sistemlerinde oynadığı büyük rol, bu teknolojilerin; karbondioksit emisyonlarını azaltacak şekilde değiştirilmesinin teknik zorluğu ve maliyeti, uzun yenilenme ömürleri, halen mevcut olan seçeneklere göre ekonomik çekicilikleri ve yeni seçenekleri ticarileşme aşamasına kadar geliştirmenin genelde gerektirdiği uzun

süreler, sera gazı emisyonlarını azaltmayı ulusal ve uluslararası enerji ArGe çalışmalarının en zorlu hedefi haline getiriyor.

**Tablo 2.2.3: Enerji teknolojileri performansında yıllık iyileşme hızları \***

Teknoloji ve önlem	Dönem	Yıllık hız	Referans
<b>Piyasadaki ortalama yeni teknolojiler</b>			
Yeni otomobillerin ağırlığa göre yakıt yoğunluğu (100 km ve 100 kg ağırlık başına litre), ABD.	1973-1983	-3.7%	IEA(1997, p.21)
Yeni otomobillerin ağırlığa göre yakıt yoğunluğu (100 km ve 100 kg ağırlık başına litre), Fransa.	1980-1993	-2.0%	IEA(1997, p.21)
Doğal gazla ısıtılan yeni konutlardaki ısıtma Yoğunluğu (metrekare ve derece-gün başına MJ), ABD.	1954-1989	-1.6%	IEA(1997, p.151)
Satılan ortalama bir soğutucunun elektrik yoğunluğu (birim hacim başına kWh), ABD.	1972-1993	-2.0%	IEA(1997, p.160)
Satılan ortalama bir klimanın elektrik yoğunluğu (milyon Btu başına kWh), ABD.	1972-1993	-5.0%	IEA(1997, p.160)
<b>Kullanımdaki Tüm Teknolojilerin Ortalaması</b>			
Fosil yakıtla elektrik üretiminde yakıt yoğunluğu (kWh başına MJ), ABD.	1920-1960	-3.0%	Census (1975)
Kullanımdaki tüm otomobillerin yakıt yoğunluğu (araç filosu için 100 km başına litre), ABD.	1973-1993	-2.1%	IEA(1997, p.21)
Konut ısıtmasında tüm konut stoğu için enerji Yoğunluğu (yılıda metrekare başına MJ), ABD.	1973-1992	-2.6%	IEA(1997, p.153)
Konutlardaki tüm soğutucuların elektrik kullanımı (soğutucu başına yılda kWh), ABD.	1973-1992	-1.2%	IEA(1997, p.30)
Çelik üretiminde enerji yoğunluğu (ton başına GJ), ABD.	1970-1990	-1.4%	IEA(1997, p.217)
Tüm ekonomik etkinliklerin enerji yoğunluğu (sabit dolarla GSYİH'nin birimi başına GJ), ABD.	1920-1970 1970-1990	-1.0% -19%	Census (1975) IEA (1997)
Tüm ekonomik etkinliklerin karbon yoğunluğu, Yapısal değişime göre düzeltilerek ve sabit dolarla GSYİH'nin birimi başına, ABD.	1970-1990	-1.9%	IEA(1997, p.43)
Tüm ekonomik etkinliklerin karbon yoğunluğu, Yapısal değişime göre düzeltilerek ve sabit dolarla GSYİH'nin birimi başına, Fransa.	1976-1991	-3.7%	IEA(1997, p.43)

\* Enerji yoğunluğu, enerji maliyeti, birim çıktı başına emisyon gibi endekslerde yıllık %2 düzeyindeki sürekli bir azalma, endeksin değerini 35 yılda, %4 lük bir azalma ise 18 yılda yarıya indirecektir.

Tablo 2.2.4, enerji çevrim ve enerji son kullanım teknolojilerinin tipik bazı yenilenme sürelerini veriyor ve teknolojik yenilenme hızı yüksek iken dahi, neden enerji sistemlerinin tümünün performansını değiştirmenin onlarca yıl aldığını gösteriyor.



**Tablo 2.2.4:** Enerji Arzı ve Son-Kullanım Teknolojilerinde Yenilenme Süreleri

<b>Teknoloji</b>	<b>Yenilenme Süresi</b>
Akkor flamanlı lambalar	1-2 yıl
Sanayi ekipmanı	3-20
Ev aletleri	5-15
Petrol ve gaz kuyusu platformları	5-20*
Petrol rafinerileri	10-30*
Elektrik santralleri	30-50*
Konut yapıları ve ticari binalar	50-100*

\* Bu büyük tesislerin yenilenme süreleri onlarca yılı bulabilmekte beraber, alt sistemlerinden bazıları daha sık yenileniyor olabilir.

Tablo 2.2.5, dünya geneli ve ABD için bu alanda beklenen iyileştirmelerle ilgili bazı öngörü çalışmalarının sonuçlarını özetliyor.

**Tablo 2.2.5:** Karbon emisyonlarıyla ilgili teknolojik iyileştirmelerin tahmini hızları.

<b>Çalışma</b>	<b>Dönem</b>	<b>Reel GSYİH Yıllık değişim hızı</b>	<b>Enerji yoğunl. Yıllık değişim hızı</b>	<b>Karbon yoğunl. Yıllık değişim hızı</b>	<b>Karbon emisyonu Yıllık değişim hızı</b>	<b>Karbon emisyonu azalmasına en büyük katkı unsuru</b>
ABD ile ilgili						
DOE(1997)	1997-2010	-1.9%	-1.7%	-0.9%	-0.8%	Doğal gaz, biyokütle
ASE(1997)	1990-2010	-2.2%	-1.9%	-0.7%	-0.5%	Doğal gaz, biyokütle
Dünya Geneli						
WEC(1995)	1990-2050	2.2%	-1.4%	-1.1%	-0.3%	Biyokütle, doğal gaz
IPCC(1996)	1990-2050	3.3%	-2.5%	-1.5%	-0.7%	Biyokütle, doğal gaz

### 2.3. Enerji ve Doğal Kaynaklar Alanında 2003-2023 Dönemindeki Gelişme ve Değişimleri Belirleyecek Olan Temel Eğilimler ve İtici Güçler

- Dünya genelinde hakim olan, ekonomik büyüme yoluyla refahın artırılıp yaygınlaştırılması yönündeki ihtiyaç ve kararlılık, dünya birincil enerji arzının %1.7 gibi, geçmiş 30 yıldakinden (%2.1) daha mütevazî bir ortalama yıllık büyüme hızıyla, 2023 yılına kadar %40'tan fazla artırılmasını gerektiriyor.
- Bu artışın %85'e yakınının fosil yakıtlar tarafından sağlanması gerekeceği yönündeki öngörüler; her ne kadar 'tükenecek' endişeleri yüzyılın sonuna ertelenmiş olsa da, enerji piyasalarının istikrarlı bir seyir izleyebilmesi açısından; başta petrol ve doğal gaz olmak üzere, bu yakıtların bilinen rezervlerinin genişletilmesi ve son kullanım verimliliklerinin yükseltilerek ekonomilerinin enerji yoğunluklarının azaltılması ihtiyacını doğuruyor.
- İhracata konu olan ihtiyaç fazlası petrolün halen %50'sini sağlamakta olan OPEC in Orta Doğulu üyelerinin payının, dönem boyunca artarak %75'e çıkması gerekeceği yönündeki tahminler, bölgenin stratejik önemini ve istikrar ihtiyacını giderek artırıyor.
- Kuzey Denizi ve ABD'deki petrol üretimi azalır ve buna paralel olarak gelişmiş ülkelerin petrol ithalatı artarken, Çin gibi hızlı büyüyen ekonomilerin ithalat taleplerinin 2020 yılına kadar günde 10 milyon varil düzeylerine ulaşacak olması ihtimali, piyasalardaki rekabetin sertleşeceği ve uluslararası güvenlik risklerinin artacağı yönünde endişelere yol açıyor.
- Fosil yakıt bağımlılığının yol açtığı çevre sorunları ve iklim değişikliği endişeleri; başta karbondioksit olmak üzere enerji emisyonlarının, dünya genelinde azaltılamasa dahi, hiç değilse frenlenmesini gerektiriyor.
- Bu ise, bir yandan temiz yakma teknolojileri geliştirilirken, diğer yandan da; nükleer enerji konusundaki endişelerin giderilmesini, alternatif kaynakların maliyetlerinin düşürülmesini ve güneş, rüzgar, biyokütle, hidrojen gibi yeni kaynakların geliştirilmesi suretiyle, mevcut fosil yakıt bağımlılığının olabildiğince sınırlandırılmasını zorunlu kılıyor.
- Enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi ve kullanımda olanların yedeklenmesi arayışı, uluslararası enerji bağımlılığının ve bu nedenle doğabilecek gerginliklerin azaltılması açısından da zorunlu görülüyor.
- Mevcut enerji arz sisteminin bakımı, onarımı, işletmesi ve hacminin büyütülmesi için gereken yatırımlar yılda 1 trilyon doları aşılıyor ve bu durum;
  - ilgili taahhüt, temin ve montaj sektörlerinde yoğun bir uluslararası pay alma yarışının yaşanacağına işaret ediyor,
  - yeni arz tesisi yatırımlarının büyük bir kısmının gelişmekte olan ülkelerde planlanıyor olması, gelişmiş ülkelere büyük miktarda kredi akışını gerektiriyor.
- Değişen koşulların ve politikaların tetikleyeceği sinyallere daha dinamik şekillerde yanıt verilebilmesi için, piyasaların kademeli olarak serbestleştirilmesi suretiyle, enerji sektöründeki mevcut ataletin azaltılması hedefleniyor.

## 2.4. Enerji ve Doğal Kaynaklar Alanında Türkiye nin Güçlü ve Zayıf Yanları, Tehdit ve Fırsatlar

19 panel üyesinin katılımıyla yapılan SWOT (Güçlü ve Zayıf Yanları, Tehditler ve Fırsatlar) analizinde, aşağıdaki sonuçlar elde edildi:

### GÜÇLÜ YANLAR

Hidrolik kaynakların zenginliği	14
Kömür kaynaklarının zenginliği	13
Temiz ve yenilenebilir enerji potansiyelinin yüksekliği	11
Yetişmiş insan gücü	9
Girişimci sanayi yapısı	9
Enerji tasarruf potansiyelinin yüksekliği	8
Yeni enerji teknolojilerinde yararlanılabilecek stratejik kaynakların varlığı (Bor, Toryum vb)	8
Genç ve dinamik nüfus	6
Türkiye nin modernleşme ve gelişme yönündeki kararlılığı	4
Enerji sektörü piyasasının liberalleşmesi	3
Enerji kaynaklarının çeşitliliği	3
Yeşil alana dönüştürülebilecek arazi potansiyeli	3
Elektro-mekanik sanayinin potansiyeli	2
Yabancı yatırım potansiyeli	1

### ZAYIF YANLAR

Finansman yetersizliği (yerli sermayenin ve yabancı sermaye girişinin azlığı)	15
Bürokratik engeller ve hukuki altyapı eksikliği	15
Toplumsal değerlerde bozulma	15
Kurumlar arasında işbirliği ve eşgüdüm eksikliği	13
Kararlı bir devlet politikasının olmayışı, enerji planlarının uygulanmasındaki istikrarsızlık	12
ArGe çalışmalarıyla ilgili kaynak ve teşviklerin yetersizliği, ArGe kültürünün zayıflığı, hazır sistemleri tercih eğilimi	12
Kamuoyu bilincinin ve örgütlenmenin eksikliği	11
Teknolojik ve bilimsel alt yapı yetersizliği	9
Teknoloji üretimi ve uygulamaları için gerekli ara eleman eğitiminin yetersizliği	9
Tarafsız ve uzman kurumların eksikliği	9
Petrol ve doğal gaz rezervlerinin azlığı	8
Sanayimizin yetersizliği	7
Enerji kullanım veriminin düşüklüğü	7
Kullanılan kömür santralı teknolojisinin yerli linyite uygun olmayışı	4

## FIRSATLAR

Yenilenebilir enerji teknolojilerine girme ve öncü olma imkanı	17
Jeopolitik konum (fosil kaynaklara, büyüyen pazarlara yakınlık; enerji köprüsü olma imkanı)	16
Enerji alanında yeni teknolojilerin belirmesi (yeni paradigmlar)	12
Teknoloji transferinde seçenek çokluğu, denenmiş ve olgunlaşmış teknolojileri tercih imkanı	11
Teknolojik birikim ve sanayi potansiyeli	10
Avrupa Birliği genişleme sürecinde yer almak	7
ABD ile enerji alanında işbirliği	6
Kısa bir dönem için elektrik arz fazlalığı, dolayısıyla kurulu kapasiteyi ıslah imkanı	4
Avrupa Birliği'ne, enerji yoğun sektörlerde ihracat imkanı	3
Türkiye nin yükselen imajı	2

## TEHDİTLER

Ekonomik, teknolojik, siyasi ve bilimsel yönlerden dış müdahalelere açık olma (genelde doğal, özellikle de su kaynaklarımıza yönelik dış etkiler dahil)	18
İç siyasi istikrarsızlık	17
İç ekonomik istikrarsızlık	17
Bölgemizdeki ( Kafkaslar, Orta Doğu ve Balkanlar) olası olumsuz gelişmeler	15
Hızlı nüfus artışı, iç göç ve plansız kentleşme	14
Birincil enerji arzında ithalat oranının ve doğal gaz bağımlılığının artması	13
Toplumsal dengelerin ve iç huzurun inşasında yaşanan güçlükler	13
Gelir dağılımında ve eğitimde dengesizlik	10
Genç nüfusa yeterli eğitim verilememesi	9
Dünya enerji pazarlarındaki tekelleşme	6
Genç beyin göçü	5

### 3. ENERJİ ve DOĞAL KAYNAKLAR ALANINDA GELECEK VİZYONU ve SOSYO-EKONOMİK HEDEFLER

#### 3.1. Enerji ve Doğal Kaynaklar Vizyonu

2023 yılında enerji ve doğal kaynaklar alanında;

Dünyanın ileri gelen ülkeleri arasında yer alacak bir gelişmişlik ve gönenç düzeyini sağlamak üzere;

- serbest, şeffaf ve istikrarlı piyasa koşulları içinde ulusal kaynaklarına öncelik veren, bu kaynakların aranmasında ve istenen kaliteyle, güvenli ve ekonomik olarak üretiminde ileri teknolojileri kullanan ve geliştirebilen;
  - gereksinim duyduğu enerjiyi, güvenli, güvenilir, ekonomik, verimli ve çevreye duyarlı teknolojilerle üreten, ileten, depolayan ve kullanan;
  - uluslararası enerji pazarında yarışabilecek enerji teknolojileri geliştirebilen ve uluslararası enerji yatırımlarında etkin rol alabilen,
- bir Türkiye görülmek isteniyor.

#### 3.2. Enerji ve Doğal Kaynaklar Alanındaki 2023 Türkiye Vizyonunun Gerçekleşmesi İçin Ulaşılması Gereken Sosyo-Ekonomik Hedefler

- Türkiye'nin, AB üyeliğinin kazandırabileceği ivmeler bir yana, en azından kendi imkanlarıyla gerçekleştirebileceği azami, yılda ortalama %7 gibi bir büyüme hızıyla, şimdiki 200 milyar dolarlık GSYİH sini 2023 yılına kadar dört misline katlayarak 800 milyar dolara ve böylelikle, o zamanki 90 milyonluk nüfusu için kişi başına gelir düzeyini 8900\$ a çıkarmak,
- buna paralel olarak;
  - 80 Mtep düzeyindeki 2001 yılı toplam enerji arzını, enerji verimliliğini %25 artırmak ve ekonomisinin enerji yoğunluğunu düşürmek kaydıyla, 320 Mtep e ve böylelikle o zamanki 90 milyonluk nüfus için kişi başına enerji tüketimini 3.5 tepe (Güney Kore, Avusturya 1999) çıkarmak,
  - 127 TWh düzeyindeki 2001 yılı elektrik arzını, ekonomisinin elektrik arzı yoğunluğunu düşürmek kaydıyla, 480 TWh a ve kurulu gücünü de, 2001 yılındaki 28 GW lık düzeyinden, bu üretim düzeyinin gerektirdiği asgari 100 GW a, böylelikle o zamanki 90 milyonluk nüfus için kişi başına elektrik tüketimini 5300 kWh/y a (Güney Kore, İrlanda 1999) çıkarmak,
- oluşan arz kompozisyonunu; ülkenin her tarafından erişilebilir, yüksek emre amadeliğe sahip, fiyatça tahammül edilebilir bir etkinlikle sunmak,
- enerji arzı döngüsündeki arama, çıkarma, üretim, taşıma, tüketim vb. tüm faaliyetlerde çevreyi (hava, toprak, su vb.) korumak; yerel, bölgesel veya küresel çevre kirliliğine katkı artışını sınırlamak; bu konudaki AB adaylığı/üyeliği çerçevesindeki AB mevzuatını ve uluslararası sözleşmeleri dikkate alan ve fakat ekonomik, çevresel ve stratejik ulusal çıkarları da kollayan mevzuatları hazırlamak,
- enerji güvenilirliği açısından dışa bağımlılığı kabul edilebilir düzeylerde tutmak amacıyla; arama, çıkarma ve kullanım açısından yerli kaynaklara öncelik tanımak,
- her durumda artması kaçınılmaz görünen enerji ithalatında;

- ithal bileşenlerini, birbirlerinin yerini alabilen kaynaklar ve coğrafyalar arasında, ekonomik açıdan mümkün olabildiğince dağıtmak suretiyle, başta doğal gazınki olmak üzere, temin güvenliği risklerini kabul edilebilir düzeylerde tutmak,
- Avrasya enerji koridoru tasarımını gerçekleştirmek suretiyle temin güvenliğini artırmak,
- temin güvenliğini artırmaya ilave olarak, ithalat faturasını da daha rahat karşılayabilmek için; yurt dışındaki arama ve üretim faaliyetleriyle bütünleşmeye yönelik girişim ve ortaklıklar geliştirmek suretiyle, uluslararası enerji piyasalarında aktif rol almak,
- ulusal ve uluslararası içerikli enerji ArGe konularına daha fazla kaynak ayırmak,
- jeopolitik sorunlar, kartelleşme, enerji fiyatlarının aşırı derecede yükselmesi, doğal afetler ve çevresel baskılar gibi enerji güvenliğini tehdit eden risk konularını belirleyerek enerji senaryoları oluşturmak ve bu olası sorunlara yönelik eylem planlarını hazırlamak (risk yönetimi).

Belirlenen sosyoekonomik hedefler bağlamında odaklanılması gereken teknolojik hedefler ise şunlardır:

1. **Verimlilik ve tasarruf** tekniklerini, konut/hizmet, ulaşım ve sanayi sektörlerinde yaygın ve yoğun bir şekilde uygulamak
2. **Enerji üretimi, iletimi ve dağıtımında** verim ve etkinliği artırmak
3. Yerli **kömür, petrol, doğal gazın ve diğer doğal kaynakların aranmasına** hız vermek ve rezervlerin değerlendirilme oranlarını yükseltmek
4. **Petrol rafinasyon** tesislerini modernleştirip daha ekonomik hale getirmek
5. Yerli **kömürün** niteliklerine uygun temiz yakma tekniklerini geliştirip devreye sokmak
6. Enerji çevriminin tüm aşamalarındaki zararlı emisyonları ve kirliliği azaltacak **çevre teknolojilerini** geliştirip uygulamaya sokmak
7. Özellikle küçük hidroelektrik santral teknolojisinde yetkinlik kazanarak, standart türbin üniteleri geliştirmek ve ekonomik hidro potansiyelin tümünü devreye sokmak
8. **Biyokütle** kullanımını modernleştirip, enerji bitkileri ve ormanları kavramları da dahil olmak üzere geliştirerek, biyokütle gazlaştırma sistemlerini geliştirmek, **biyogaz** kullanımını yaygınlaştırmak
9. **Rüzgar, güneş ve jeotermal gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına** yönelik teknolojileri geliştirmek ve enerji üretiminde bu kaynaklara, ekonomiklikleri oranında artan yer vermek
10. **Nükleer enerji** alanında güvenli, güvenilir, çevresel ve ekonomik uygunluğu kanıtlanmış teknolojilere yönelmek
11. **Hidrojen, yakıt hücreleri, enerji depolama gibi ileri enerji teknolojilerindeki** ArGe etkinliğini artırıp, ekonomik olarak yapılabilir hale gelenleri uygulamaya geçirmek
12. Enerji teknolojilerinin geliştirilmesinde gerek duyulan **yayılgan (jenerik) teknolojilerde** yetenek kazanmak

Bu teknolojik hedefleri destekleyen teknoloji alanları ise şöyle sıralanabilir:

**1.** Nihai kullanım (konut/hizmet, ulaşım ve sanayi) sektörlerinde verimliliği ve tasarrufu artıran teknolojiler;

1.1. akıllı bina sistemleri,

1.2. iklimle, çevreye uyumlu ve enerji bilinçli yapı teknolojisi,

- 1.3. elektrikli ev ve ofis cihazlarında enerji verimliliği,
  - 1.4. enerji yoğun sektörlerde enerji tasarrufu sağlayıp verimliliği artıran proses teknolojileri,
  - 1.5. elektro-mekanik ve yardımcı sistemlerde verimliliği artıran teknolojiler (yüksek verimli elektrik motoru, kazan, aydınlatma, ısıtma-soğutma, vb.),
  - 1.6. raylı ulaşım sistemleri,
  - 1.7. motorlu taşıtlarda yakıt kullanımını azaltmaya yönelik teknolojiler.
2. Enerji üretimi, iletimi ve dağıtımında verimi ve etkinliği artıran teknolojiler;
- 2.1. santral teknolojisi ve ekipmanlarının geliştirilmesi (kombine doğalgaz, birleşik ısı güç sistemleri, vb.),
  - 2.2. verimli buhar çevrim yöntemlerinin geliştirilmesi,
  - 2.3. mevcut HES lerin iyileştirilmesi,
  - 2.4. yüksek hızlı küçük gaz türbinlerinin ve jeneratörlerinin geliştirilmesi,
  - 2.5. yerel enerji üretimi ve karma (hibrid) sistemler (rüzgar, yakıt pili, güneş gözesi, kojenerasyon; yazılım, yerel üretimin sisteme ucuz ve güvenilir şekilde entegrasyonu ile ilgili sistemler),
  - 2.6. süper iletken teknolojisinin geliştirilmesi,
  - 2.7. doğru gerilim enerji iletimi,
  - 2.8. petrol ve doğalgaz boru hatları teknolojilerinin geliştirilmesi.
3. Yurtiçindeki kömür, petrol, doğal gaz ve diğer doğal kaynakların aranması ve çıkartılması ile ilgili teknolojiler;
- 3.1. uzaktan algılamalı sistemlerin geliştirilmesi,
  - 3.2. sondaj teknolojilerinin geliştirilmesi,
  - 3.3. ikincil çıkarma tekniklerinin geliştirilmesi.
4. Petrol rafinasyonu ile ilgili teknolojiler;
- 4.1. rafinaj teknolojileri.
5. Yerli kömürün niteliklerine uygun temiz yakma teknolojileri;
- 5.1. kömür iyileştirme teknolojileri,
  - 5.2. yerel linyite uygun yakma teknolojilerinin geliştirilmesi,
  - 5.3. akışkan yataklı kömür yakma teknolojileri,
  - 5.4. entegre gazlaştırma kombine çevrim sistemleri,
  - 5.5. biyokütle ve kömürü birlikte yakma ve gazlaştırma (hibrid) teknolojileri.
6. Zararlı emisyonları ve kirliliği azaltacak çevre teknolojileri;
- 6.1. yüksek verimli toz tutma teknolojisi,
  - 6.2. SO<sub>2</sub>, NOX, CO<sub>2</sub> giderme teknolojileri ve rejeneratif sistemler,
  - 6.3. santral atıklarının yönetimi.
7. Hidroelektrik santral teknolojileri;
- 7.1. küçük HES lerin geliştirilmesi için elektrik, makina ve kontrol teknolojileri,
  - 7.2. yüksek gerilimli generatör teknolojisi,
  - 7.3. yüksek verimli türbin teknolojisi.

8. Biyokütle enerjisi teknolojileri;

- 8.1. enerji bitkilerinde tohum geliştirme ve iyileştirme,
- 8.2. biyogaz kırsal ve kentsel uygulama sistemleri,
- 8.3. biyokütle gazlaştırma ve gaz temizleme
- 8.4. enerji eldesine yönelik çöp ve atık yönetimi,
- 8.5. orman atıkları, vb. den presleme ile yakacak eldesi.

9. Rüzgar, güneş ve jeotermal gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik teknolojiler;

- 9.1. rüzgar santralleri için; direk, pala, generatör ve ilgili güç elektroniği sistemlerinin teknolojileri,
- 9.2. yerel ve ayrıntılı ulusal rüzgar atlası ölçümleme, oluşturma ve geliştirme,
- 9.3. güneş-elektrik (fotovoltaik) dönüşüm teknolojileri, fotoelektronik nanoteknoloji çalışmaları,
- 9.4. güneş-ısı dönüşüm teknolojileri,
- 9.5. güneş enerjisiyle yakıt eldesi (hidrojen, metan ve alkol),
- 9.6. yer içi ısı (jeotermal) teknolojileri.

10. Nükleer enerji teknolojileri;

- 10.1. yeni nesil nükleer reaktör teknolojileriyle ilgili değerlendirme kriterlerini geliştirmek ve uygulamak,
- 10.2. geliştirilmiş-yenilikçi sistemlerden tercihine karar verilen tipte ilgili ön çalışmalar, bir pilot tesisin kurulması, ilgili yakıt çevrimi ve atık yönetimi çalışmaları,
- 10.3. toryumun cevherden ayrıştırılması ve saflaştırılması proseslerinin geliştirilmesi,
- 10.4. hızlandırıcı güdümlü - sıvı metal soğutmalı reaktör (enerji yükseltici) tipiyle ilgili çalışmalar,
- 10.5. nükleer teknolojiye yönelik malzeme, kontrol sistemleri ve imalat teknolojileri edinme.

11. Hidrojen, yakıt hücreleri, enerji depolama gibi ileri enerji teknolojileri;

- 11.1. elektrik enerjisi depolama teknolojileri (süperiletken enerji depolama, süperkapasitör enerji depolama, Li-iyon bataryaları),
- 11.2. ısı depolama teknolojileri,
- 11.3. hidrojen üretim, iletim veya dağıtım ve depolama teknolojileri,
- 11.4. yakıt pili teknolojileri (PEM, SOFC, MCFC),
- 11.5. elektrikli taşıt teknolojileri (HEV, EV).
- 11.6. Yakıt dönüştürme teknolojileri

12. Yaygın (jenerik) teknolojiler;

- 12.1. nanoteknoloji,
- 12.2. mikroteknoloji,
- 12.3. bilgi teknolojileri,
- 12.4. güç elektroniği teknolojisi,
- 12.5. NdFeB mıknatıs teknolojisi,
- 12.6. yüksek T<sub>c</sub> li süper iletken teknolojisi,
- 12.7. kontrol ve sistem teknolojileri.



## 4. ÖNCELİKLİ TEKNOLOJİLER

### 4.1. Teknolojik Faaliyet Konuları ve Teknoloji Alanları

Panelin ortaya koyduğu vizyon ve hedeflerin gerçekleştirilebilmesi için öngörülen teknolojik faaliyet konuları (TFK) 21 başlık altında toplanmıştır:

1. Ülkemiz linyitlerinden elektrik enerjisi üretimi
2. Elektronik cihazlarda kullanılacak yakıt pillerinin üretimi
3. Ulaşım araçlarında kullanılacak yakıt pillerinin üretimi
4. Güç üretim tesislerinde kullanılacak yakıt pillerinin üretimi
5. Rüzgar enerjisinden elektrik üretimi
6. Güneş enerjisi kullanılarak elektrik üretimi
7. Güneş enerjisinden ısı üretimi
8. Jeotermal kaynaklardan elektrik üretimi
9. Biyogaz üretimi
10. Hidrojen yakma teknolojilerinin geliştirilmesi
11. Nükleer enerji üretimi
12. Enerji kaynaklarının depolanması
13. Enerjinin depolanması
14. Güç sistemleri kontrolü
15. Sanayideki proseslerde enerji tasarrufu sağlayan teknolojilerin kullanılması
16. Verimli ısı pompaları geliştirilmesi
17. Yapıların enerji gereksinimlerinin yenilenebilir kaynaklardan sağlanması
18. Binalarda daha iyi yalıtım sağlanması
19. Aydınlatmada kullanılacak elektrik enerjisinde tasarruf sağlayacak cam ve optik elyafların geliştirilmesi
20. Hidrolik kaynaklardan elektrik üretimi
21. Enerji üretim ve tüketiminde emisyonların kontrolü

Yapılan çalışmada, bu teknolojik faaliyet konularının dayandığı teknoloji alanları (TA) da belirlenmiştir.

Teknoloji Öngörü Projesinin önemli bir boyutu da, paneller tarafından öngörülen teknolojik gelişmelere ilişkin olarak yedi binden fazla uzmanın görüşüne başvurulmuş bir anket çalışmasının (iki aşamalı Delfi tekniği) yapılmasıdır. Her panel faaliyet alanı için ayrı olarak düzenlenen Delfi anketinde, paneller tarafından önümüzdeki 20 yıllık dönemde Türkiye'nin belli bir yetkinlik kazanması öngörülen teknolojik faaliyet konusu ya da teknoloji alanını tanımlayan ifadeler sorgulanmış; her bir ifade için, aşağıdaki 6 grupta toplanan soruların yanıtları aranmıştır:

- Anketi yanıtlayan uzmanın uzmanlık düzeyi
- Öngörülen teknolojik gelişme alanında bugünkü konumumuz
- Öngörünün gerçekleşmesi için hangi teknolojik yetenek düzeyinden başlamamız gerektiği
- Bu düzeye erişmemizi sağlayacak en etkin bilim ve teknoloji politika araçları
- Öngörünün ülkemizde ne zaman gerçekleşebileceği

- Öngörünün gerçekleşmesi durumunda Türkiye'ye doğrudan katkısı

Proje ofisi tarafından yürütülen Delfi anketinde, panelimizin belirlemiş olduğu teknolojik faaliyet konuları çerçevesinde hazırlanan ve her biri bir teknolojik gelişmeyi anlatan 47 Delfi ifadesi, Enerji ve Doğal Kaynaklar Paneli Delfi sorgulamasında kullanılmış ve anket uygulaması sonucunda, ifade başına ortalama 105 yanıt alınmıştır. İki aşamalı olarak uygulanan Enerji ve Doğal Kaynaklar Paneli Delfi anketini 615 katılımcı yanıtlamış olup; ankette sorgulanan Delfi ifadeleriyle, her ifade için anket sonuçlarından hareketle hesaplanmış olan önem ve mevcut durumda yapılabilirlik endeksleri Ek-4 ve Ek-5 te yer almaktadır.

Belirlenen 21 teknolojik faaliyet konusu (TFK) sütun başlıkları, bunları hayata geçirmek için yetkinlik kazanılması gereken teknoloji alanları (TA) da satır başlıkları halinde yazılmak suretiyle aşağıdaki TFK - TA matrisi oluşturulmuş ve bu matris, TFK lar ile TA ların kesiştiği hücrelere (varsa) ilgili Delfi ifadelerinin numaraları yerleştirilmek suretiyle doldurulmuştur.

#### **4.2. Teknolojik Faaliyet Konuları ve Teknoloji Alanlarının Önceliklendirilmesi**

Önümüzdeki 20 yıllık dönemde Türkiye için öncelikli görülen teknolojik faaliyet konularının belirlenmesi için yapılan önceliklendirilmesi çalışmasında, TFK TA Matrisinin her sütunundaki Delfi ifadelerinin önem ve mevcut durumda yapılabilirlik endekslerinin ortalamaları hesaplanmıştır. Ancak bu endekslerin ortalamaları, tüm TFK lar için birbirine çok yakın değerlerde çıkmıştır. Enerji ve Doğal Kaynaklar Paneli için yapılan Delfi sorgulamasında, önem ve yapılabilirlik endeksi ortalamalarının böylesine yakın değerler vermiş olması büyük olasılıkla; enerji sektörünün şimdiki haliyle çok yönlü iyileştirmelere ihtiyaç duyuyor olması ve değişik alanlardaki iyileştirmelerin eşdeğer düzeyde mümkün görünmesi, öte yandan sektörün; ekonomik büyüme ihtiyacına paralel olarak hızla büyürken, yapısal olarak AB standartlarına doğru uyum sağlaması ve kaynak çeşitliliğinin artırılması suretiyle dışa bağımlılığının azaltılması gerekleri gibi anlaşılabilir nedenlerden kaynaklanmaktadır. Bu durum, anlaşılabilir olmakla beraber, Delfi sonuçlarının TFK ların önceliklendirilmesinde kullanılmasını imkansız hale getirmiştir (Bkz. Ek-6).

Hal böyle olunca, TFK ların önceliklendirilmesi için, panel üyelerinin ve TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi (MAM) Enerji Sistemleri ve Çevre Araştırma Enstitüsü'nden 20 uzmanın katılımıyla ikinci bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada katılımcılardan, kendilerince en önemli gördükleri 10 TFK yı seçip, 1 den 10 a kadar sıralamaları istenmiştir. Katılımcılardan her biri için; ilk 10 tercihe giren TFK lara 1 den 10 a kadar, sıra numaralarına eşdeğer birer puan, tercihler arasına girmeyen TFK lara ise 15 er puan verilmiş ve her TFK nın puanları katılımcılar üzerinden toplanmıştır. Bu durumda, en önemli addedilen TFK en düşük puanı alacağından, TFK lar, artan bir puan sıralamasına tabi tutularak önceliklendirilmişlerdir (Bkz. Ek-7 ve Ek-8). Çalışma sonunda, panel üyelerinin oluşturduğu öncelik sırası ile MAM uzmanlarının oluşturdukları öncelik sırasının büyük ölçüde örtüştüğü görülmüştür. İki önceliklendirme sıralaması dikkate alınarak belirlenen öncelikli teknolojik faaliyet konuları aşağıda verilmektedir. Ancak yerli linyitlerden temiz yakma teknolojileriyle elektrik enerjisi üretimi, Türkiye nin doğal kaynaklarının değerlendirilmesi açısından da önemli görüldüğünden, bu faaliyet konusu, hemen hemen eşit puan alan ulaşım araçlarında kullanılacak yakıt pilleri üretimi faaliyet konusunun önüne alınmıştır.

Bu çalışma Türkiye nin enerji politikalarının belirlenmesi amacıyla yürütülen bir çalışma değildir. Dolayısıyla, belirlenen öncelikli teknolojik faaliyet konuları na bakılırken önemle hatırdaki tutulması

gereken husus; Türkiye nin, enerji alanındaki araştırma ve teknoloji geliştirme politikalarını isabetle yönlendirerek, 2023 yılına kadar dünya ölçeğinde etkin, en ileri ülkeler arasına girmesinin hedeflendiğidir.

### **ÖNCELİKLİ TEKNOLOJİK FAALİYET KONULARI**

1. Ülkemiz linyitlerinden elektrik enerjisi üretimi
2. Ulaşım araçlarında kullanılacak yakıt pilleri üretimi
3. Rüzgar enerjisinden elektrik üretimi
4. Güç üretim tesislerinde kullanılacak yakıt pilleri üretimi
5. Hidrojen yakma teknolojilerinin geliştirilmesi
6. Güneş enerjisi kullanılarak elektrik üretimi
7. Enerjinin depolanması
8. Hidrolik kaynaklardan elektrik üretimi
9. Nükleer enerji üretimi
10. Güç sistemleri kontrolü
11. Elektronik cihazlarda kullanılacak yakıt pilleri üretimi
12. Sanayideki proseslerde enerji tasarrufu sağlayan teknolojilerin kullanılması
13. Yapıların enerji gereksinimlerinin azaltılması ve ihtiyacın yenilenebilir kaynaklardan sağlanması

## 5. ÖNCELİKLİ TEKNOLOJİK FAALİYET KONULARI İÇİN YOL HARİTALARI

Bu bölümde panel tarafından öncelikli olarak belirlenen Teknolojik faaliyet konularında (TFK) izlenecek yolu tanımlayan yol haritaları yer almaktadır.

Vizyon 2023 Projesi genelinde bütün teknoloji öngörü panellerinin vardıkları sonuçların birlikte değerlendirilebilmesine yönelik olarak, proje ofisi tarafından tüm panellerin kullanacağı bir ortak format geliştirilmiştir. Enerji ve Doğal Kaynaklar Paneli nin de bu formata uygun olarak hazırladığı öncelikli TFK lar yol haritaları Ek-10 da verilmektedir. Ekte yer alan her bir TFK sayfasında, o TFK nın tanımı, hayata geçirilmesi için panel tarafından öngörülen teknolojik aşama ve gelişmeler (D kodu ile Delfi ifadeleri ve E kodu ile Delfi anketinde sorgulanmamış olan diğer aşama ve gelişmeler) ile söz konusu teknolojik gelişmeleri sağlamak üzere yetkinlik kazanılması gereken teknoloji alanları sıralanmaktadır. Daha sonra TFK hedeflerinin gerçekleşme dönemi belirtilmekte ve kapsadığı teknoloji alanları açısından mevcut durumumuz özetlenmektedir.

Her TFK sayfasında, ayrıca, 5 yıllık dönemler itibariyle geliştirilmesi gereken yetenek düzeylerini; bu yetenek düzeylerine erişmek için uygulanması önerilen bilim-teknoloji-yenilik politikalarını ve bu faaliyet konusunun hayata geçirilmesi için gerekli görülen B&T politikaları dışındaki diğer politika önlem ve önerilerini kapsayan yol haritaları yer almaktadır.

TFK yol haritalarının hazırlanmasında, Delfi anketi sonuçları da değerlendirilerek panel tarafından bir çözümlenme yapılmıştır. Öncelikli TFK ların Enerji ve Doğal Kaynaklar alanı açısından önemi ve Ek 3 te yer alan yol haritalarının açıklamaları bu bölümde verilmektedir<sup>7</sup>.

### TFK 1. Ülkemiz linyitlerinden elektrik enerjisi üretimi

Bu Teknolojik Faaliyet Konusu, ülkemizin enerji açısından dışa bağımlılığını kabul edilebilir düzeylerde tutabilmek açısından olduğu kadar, sağlayabileceği istihdam olanakları açısından da önemlidir.

Bu amaçla gerçekleştirilmesi gereken teknolojik aşamalar;

- yerli linyitlerimizin kalitesine uygun akışkan yataкта yakma teknolojilerinin yaygın kullanımı,
- enerji üretiminde biyokütle ve yerli linyitlerin birlikte yakılmasına yönelik teknolojilerin geliştirilmesi,
- enerji üretiminde yerli linyitlerin kalitesine uygun entegre (tümleşik) gazlaştırma-kombine çevrim teknolojilerinin geliştirilmesi,
- yeni kurulacak termik santrallarda yüksek verim ve birim enerji başına düşük emisyon elde edilmesi için kritiküstü (süperkritik, ultrakritik) çevrim teknolojilerinin uygulanmaya başlanması
- şeklinde belirlenmiştir.

İlgili teknoloji alanları; akışkan yataқта yakma teknolojisi, yakıt ve yakma teknolojisi, kömür gazlaştırma teknolojileri, kombine çevrim teknolojisi, termodinamik çevrim teknolojileri, konvansiyonel enerji sistemleri ve teknolojilerinden oluşmaktadır.

Bu hedeflerin 2008-2012 döneminde gerçekleştirilmesi öngörülmektedir. Ülkemizin bu teknolojik faaliyet konusundaki mevcut durumu; araştırmacı potansiyeli, ArGe altyapısı ve ilgili temel bilimlere hakimiyet açısından yeterli, fakat; firmaların yenilikçilik yeteneği ve rekabetçi firmaların varlığı

<sup>7</sup> Yol haritalarında kullanılan güdümlü proje vb. kavramların tanımları Ek 9 da yer almaktadır.

açısından zayıf olarak değerlendirilmiştir. Dolayısıyla, bu teknolojik faaliyet konusundaki yeteneklerin; 2003-2007 döneminde uygulamalı ve sınıai araştırma, 2008-2012 döneminde de rekabet öncesi sınıai geliştirme ve sınıai geliştirme aşamalarıyla artırılması gereksinimi vardır.

Bilim ve teknoloji politikaları kapsamında, 2003-2007 ve 2008-2012 dönemlerine yaygın ArGe proje desteği ve güdümlü projeler önerilmektedir. Ayrıca, yine bu iki döneme yaygın olarak; düşük emisyonlu yerli linyit santrallerine ekonomik teşvik mekanizmalarının oluşturulması ve teknik ara eleman eğitime önem verilmesinin yerinde olacağı düşünülmüştür.

## TFK 2. Ulaşım araçlarında kullanılacak yakıt pilleri üretimi

Bu Teknolojik Faaliyet Konusu, ülkemizin, ileri enerji teknolojilerinde iddia sahibi olabilmesi, özellikle büyük yerleşim merkezlerindeki ulaşım kaynaklı çevre kirliliğinin azaltılıp yaşam kalitesinin yükseltilmesi, enerji sektörünün AB nin çevre mevzuatına uyum süreci açılarından önemlidir.

Bu amaçla gerçekleştirilmesi gereken teknolojik aşamalar;

- ulaşım araçlarını beslemek üzere, 500 kW'a kadar yakıt pillerinde "doğrudan metanol" teknolojisinin ticari düzeyde geliştirilmesi,
- ulaşım araçlarını beslemek üzere, 500 kW'a kadar yakıt pilleri için "polimer elektrolit membran (PEM)" teknolojisinin ticari düzeyde geliştirilmesi,
- güneş enerjisi kullanılarak sudan hidrojen üretilmesini sağlayan teknolojilerin ticari düzeyde geliştirilmesi,
- hidrojenin sodyum bor hidrürde depolanarak taşınabilmesini sağlayan teknolojilerin yaygın kullanımı,
- hidrojenin metal hidrürlerde depolanarak taşınabilmesini sağlayan teknolojilerin geliştirilmesi,
- hidrojenin karbon nanotüplerde depolanarak taşınabilmesini sağlayan teknolojilerin geliştirilmesi,
- hidrojenin zeolitlerde depolanarak taşınabilmesini sağlayan teknolojilerin geliştirilmesi

şeklinde sıralanmıştır.

İlgili teknoloji alanları; metanole dayalı yakıt hücre teknolojisi, polimer elektrolit membranlı yakıt hücre teknolojisi, zar (membran) bilim ve teknolojisi, güneş-hidrojen dönüşüm teknolojileri ve hidrojen depolama teknolojilerinden oluşmaktadır.

→ Bu hedeflerin 2013-2017 döneminde gerçekleştirilmesi öngörülmektedir. Ülkemizin bu teknolojik faaliyet konusundaki mevcut durumu; araştırmacı potansiyeli ve ArGe altyapısı açısından zayıf, ilgili temel bilimlere hakimiyet açısından yeterli, firmaların yenilikçilik yeteneği açısından zayıf, rekabetçi firmaların varlığı ise yok şeklinde değerlendirilmiştir. Dolayısıyla, bu teknolojik faaliyet konusundaki yeteneklerin; 2003-2007 döneminde temel araştırma, 2008-2012 döneminde uygulamalı ve sınıai araştırma, 2013-2017 döneminde de rekabet öncesi sınıai geliştirme ve sınıai geliştirme aşamalarıyla artırılması gereksinimi vardır.

Bilim ve teknoloji politikaları kapsamında; 2003-2007 ve 2008-2012 dönemlerinde insan kaynaklarına önem verilmesi, 2003-2017 yılları arasında yaygın ArGe altyapı ve ArGe proje desteği, 2008-2012 döneminde güdümlü projeler, 2013-2017 arasında ise kamu tedarik programları önerilmektedir. Ayrıca, 2013-2017 döneminde teknik ara eleman eğitime önem verilmesinin yerinde olacağı düşünülmüştür.

### TFK 3. Rüzgar enerjisinden elektrik üretimi

→ Bu Teknolojik Faaliyet Konusu , ülkemiz enerji sektörünün AB nin çevre mevzuatına uyum süreci ve dışa bağımlılığının azaltılması açılarından önemlidir.

Bu amaçla gerçekleştirilmesi gereken teknolojik aşamalar;

- 1 MW güç düzeyinin üzerinde ve 6 cent/kWh'in altında maliyetle elektrik üretebilen rüzgar santrallerinin geliştirilmesi,
- ticari olarak yarışabilir 10 MW'lık rüzgar santrallerinin geliştirilmesi,
- 10-1000 kW'güç düzeyinde rüzgar türbini / güneş pili hibrid santrallerin kırsal yörelerde ve mobil kullanımlarda yaygınlaşması,
  - rüzgar jeneratörü ile şebeke arayüzünü oluşturacak güç elektroniği sistemlerinin geliştirilmesi,
  - rüzgar jeneratörlerindeki elektrik makinelerinin geliştirilmesi

şeklinde sıralanmıştır.

İlgili teknoloji alanları; rüzgar santralleri teknolojisi ve rüzgar-güneş hibrid santral teknolojilerinden oluşmaktadır.

Bu hedeflerin 2008-2012 döneminde gerçekleştirilmesi öngörülmektedir. Ülkemizin bu teknolojik faaliyet konusundaki mevcut durumu; araştırmacı potansiyeli açısından yeterli, ArGe altyapısı açısından zayıf, ilgili temel bilimlere hakimiyet açısından yeterli, firmaların yenilikçilik yeteneği ve rekabetçi firmaların varlığı açılarından ise zayıf olarak değerlendirilmiştir. Dolayısıyla, bu teknolojik faaliyet konusundaki yeteneklerin; 2003-2007 döneminde temel araştırma, 2003-2007 ve 2008-2012 dönemlerinde uygulamalı ve sınıai araştırma, rekabet öncesi sınıai geliştirme ve sınıai geliştirme aşamalarıyla artırılması gereksinimi vardır.

Bilim ve teknoloji politikaları kapsamında; 2003-2007 döneminde, birbirine paralel olarak ArGe altyapı, ArGe proje, başlangıç desteği ve güdümlü projeler, 2008-2012 döneminde ise güdümlü projelere devam edilmesi önerilmektedir. Ayrıca, 2003-2007 döneminde, rüzgar santrallerinin şebekeye bağlanmasıyla ilgili mevzuatın geliştirilmesinin, bu kaynağa yönelik fiyat teşviklerine devam edilmesinin, 2003-2007 ve izleyen 2008-2012 dönemlerinde teknik ara eleman eğitime önem verilmesinin yerinde olacağı düşünülmüştür.

### TFK 4. Güç üretim tesislerinde kullanılacak yakıt pilleri üretimi

Bu Teknolojik Faaliyet Konusu , ülkemizin ileri enerji teknolojileri alanında iddia sahibi olabilmesi, enerji kaynaklı çevre kirliliğinin azaltılması sonucu yaşam kalitesinin artırılması, enerji sektörünün AB nin çevre mevzuatına uyum süreci ve dışa bağımlılığının azaltılması açılarından önemlidir.

Bu amaçla gerçekleştirilmesi gereken teknolojik aşamalar;

- konutlar ve güç üretim tesisleri gibi sabit uygulama alanlarında "katı oksit" yakıt pili teknolojisinin ticari düzeyde geliştirilmesi,
  - konutlar ve güç üretim tesisleri gibi sabit uygulama alanlarında "ergimiş karbonat (MCFC)" yakıt pili teknolojisinin ticari düzeyde geliştirilmesi
- şeklinde sıralanmıştır.

İlgili teknoloji alanları; katı oksit yakıt hücre teknolojisi ve ergimiş karbonat (MCFC) yakıt hücre teknolojilerinden oluşmaktadır.

Bu hedeflerin 2013-2017 döneminde gerçekleştirilmesi öngörülmektedir. Ülkemizin bu teknolojik faaliyet konusundaki mevcut durumu; araştırmacı potansiyeli ve ArGe altyapısı açısından zayıf, ilgili temel bilimlere hakimiyet açısından yeterli, firmaların yenilikçilik yeteneği ve rekabetçi firmaların varlığı açısından ise yok olarak değerlendirilmiştir. Dolayısıyla, bu teknolojik faaliyet konusundaki yeteneklerin; 2003-2007 ve 2008-2012 dönemlerinde temel araştırma ve uygulamalı ve sınıai araştırma, 2013-2017 arasında da rekabet öncesi sınıai geliştirme ve sınıai geliştirme aşamalarıyla artırılması gereksinimi vardır.

Bilim ve teknoloji politikaları kapsamında; 2003-2007 döneminde, birbirine paralel olarak ArGe altyapı ve ArGe proje, güdümlü projeler ve insan kaynakları desteği sağlanması, bunlardan ArGe proje desteği ne 2008-2012, güdümlü projeler desteğine ise 2008-2012 ve 2013-2017 dönemlerinde devam edilmesi önerilmektedir. Ayrıca, 2003-2007 döneminde, teknik ara eleman eğitime önem verilmesinin yerinde olacağı düşünülmüştür.

#### **TFK 5. Hidrojen yakma teknolojilerinin geliştirilmesi**

Bu Teknolojik Faaliyet Konusu, ülkemizin ileri enerji teknolojileri alanında iddia sahibi olabilmesi, özellikle büyük yerleşim birimlerindeki ulaşım kaynaklı çevre kirliliğinin azaltılması sonucu yaşam kalitesinin artırılması, enerji sektörünün AB nin çevre mevzuatına uyum süreci ve dışa bağımlılığının azaltılması açısından önemlidir.

Bu amaçla gerçekleştirilmesi gereken teknolojik aşama, hidrojenin doğrudan yakıt olarak yakılmasına yönelik teknolojilerin geliştirilmesi olarak tanımlanmıştır.

İlgili teknoloji alanları; hidrojen yakıt teknolojilerinden ibarettir.

Bu hedefin 2008-2012 döneminde gerçekleştirilmesi öngörülmektedir. Ülkemizin bu teknolojik faaliyet konusundaki mevcut durumu; araştırmacı potansiyeli ve ArGe altyapısı açısından zayıf, ilgili temel bilimlere hakimiyet açısından yeterli, firmaların yenilikçilik yeteneği açısından zayıf, ve rekabetçi firmaların varlığı açısından yok olarak değerlendirilmiştir. Dolayısıyla, bu teknolojik faaliyet konusundaki yeteneklerin; 2003-2007 döneminde uygulamalı ve sınıai araştırma, 2008-2012 yılları arasında da rekabet öncesi sınıai geliştirme ve sınıai geliştirme aşamalarıyla artırılması gereksinimi vardır.

Bilim ve teknoloji politikaları kapsamında; 2003-2007 döneminde, birbirine paralel olarak ArGe proje, güdümlü projeler ve insan kaynakları desteği sağlanması, bunlardan güdümlü projeler desteğine 2008-2012 döneminde de devam edilmesi önerilmektedir. Ayrıca, 2003-2007 döneminde, hidrojenin enerji kaynağı olarak güvenli kullanımına yönelik yasal mevzuatın olgunlaştırılmasına ve teknik ara eleman eğitime önem verilmesinin yerinde olacağı düşünülmüştür.

## TFK 6. Güneş enerjisi kullanılarak elektrik üretimi

Bu Teknolojik Faaliyet Konusu , ülkemizin ileri enerji teknolojileri alanında iddia sahibi olabilmesi, çevre kirliliğinin azaltılması sonucu yaşam kalitesinin artırılması, enerji sektörünün AB nin çevre mevzuatına uyum süreci ve dışa bağımlılığının azaltılması açılarından önemlidir.

Bu amaçla gerçekleştirilmesi gereken teknolojik aşamalar;

- 10-1000 kW güç düzeyinde rüzgar türbini/güneş pili hibrid santrallerin kırsal yörelerde ve mobil kullanımlarda yaygınlaşması,
  - % 50 dönüşüm verimliliğine sahip çok katmanlı fotovoltaik pillerin geliştirilmesi,
  - 200W güç düzeyinin altında taşınabilir (organik pigmentli) güneş pili teknolojilerinin geliştirilmesi,
  - dönüşüm verimleri şimdiki ortalama düzeylerinin %25 üzerine çıkartılmış olan güneş-ısı dönüşüm teknolojilerinin (vakum sistemli toplayıcılar vb.) yaygınlaştırılması,
- güneş enerjisi kullanılarak sudan hidrojen üretilmesini sağlayan teknolojilerin geliştirilmesi,
  - doğru akım elektrik enerjisinin iletim ve dağıtımına yönelik teknolojilerin ticari düzeyde geliştirilmesi,
- güneş pili sistemleriyle şebeke arayüzünü oluşturacak güç elektroniği sistemlerinin geliştirilmesi olarak sıralanmıştır.

İlgili teknoloji alanları; yarıiletken esaslı fotovoltaik göze teknolojisi, rüzgar-güneş hibrid santral teknolojisi, organik pigment esaslı fotovoltaik göze teknolojisi, güneş-ısı dönüşüm paneli teknolojisi, güneş-hidrojen dönüşüm teknolojilerinden oluşmaktadır.

Bu hedefin 2013-2017 döneminde gerçekleştirilmesi öngörülmektedir. Ülkemizin bu teknolojik faaliyet konusundaki mevcut durumu; araştırmacı potansiyeli ve ArGe altyapısı açısından zayıf, ilgili temel bilimlere hakimiyet açısından yeterli, firmaların yenilikçilik yeteneği ve rekabetçi firmaların varlığı açılarından zayıf olarak değerlendirilmiştir. Dolayısıyla, bu teknolojik faaliyet konusundaki yeteneklerin; 2003-2007 döneminde temel araştırma ve uygulamalı ve sınıai araştırma, 2008-2012 yılları arasında temel araştırma, uygulamalı ve sınıai araştırma, rekabet öncesi sınıai geliştirme ve sınıai geliştirme ve 2013-2017 yılları arasında da sınıai geliştirme aşamalarıyla artırılması gereksinimi vardır:

Bilim ve teknoloji politikaları kapsamında; 2003-2007 döneminde, birbirine paralel olarak ArGe altyapı, ArGe proje ve insan kaynakları desteği sağlanması, 2008-2012 döneminde ise, devam ettirilen ArGe altyapı ve ArGe proje desteklerine güdümlü projeler desteğinin eklenmesi önerilmektedir. Ayrıca, 2003-2007 döneminde, güneşten elde edilen elektrige mali teşvik sağlanmasının ve bu alandaki teknik ara eleman eğitime önem verilmesinin yerinde olacağı düşünülmüştür.

## TFK 7. Enerjinin depolanması

Bu Teknolojik Faaliyet Konusu , ülkemizin ileri enerji teknolojileri alanında iddia sahibi olabilmesi, temin güvenliğinin artırılması açılarından önemlidir.

Bu amaçla gerçekleştirilmesi gereken teknolojik aşamalar;

- özgül enerjisi 350 Wh/kg ve üzerinde olan Li-iyon pil teknolojilerinin geliştirilmesi,



- özgül enerjisi 120 Wh/kg ve üzerinde olan NiMH (nikel metal hidrür) pillerinin geliştirilmesi,
  - darbeli güç ve elektrik depolama uygulamalarına yönelik süper kapasitör ve "manyeto-dinamik enerji depolama-sistemi (MDS)" teknolojilerinin geliştirilmesi,
    - yüksek  $T_c$ 'li süperiletken teknolojisinin geliştirilmesi,
  - hidrojenin sodyum bor hidrürde depolanarak taşınabilmesini sağlayan teknolojilerin yaygın kullanımı,
  - hidrojenin metal hidrürlerde depolanarak taşınabilmesini sağlayan teknolojilerin geliştirilmesi,
  - hidrojenin karbon nanotüplerde depolanarak taşınabilmesini sağlayan teknolojilerin geliştirilmesi,
  - hidrojenin zeolitlerde depolanarak taşınabilmesini sağlayan teknolojilerin geliştirilmesi
- olarak sıralanmıştır.

İlgili teknoloji alanları; Li-iyon pil teknolojisi, NiMH (nikel-metal hidrür) pil teknolojisi, süperkapasitörler, süperiletken malzeme ve aygıtlar, hidrojen depolama teknolojilerinden oluşmaktadır.

Bu hedefin 2018-2022 döneminde gerçekleştirilmesi öngörülmektedir. Ülkemizin bu teknolojik faaliyet konusundaki mevcut durumu; araştırmacı potansiyeli ve ArGe altyapısı açısından zayıf, ilgili temel bilimlere hakimiyet açısından yeterli, firmaların yenilikçilik yeteneği açısından zayıf ve rekabetçi firmaların varlığı açısından yok şeklinde değerlendirilmiştir. Dolayısıyla, bu teknolojik faaliyet konusundaki yeteneklerin; 2003-2007, 2008-2012 ve 2013-2017 dönemlerine yaygın olarak temel araştırma, 2008-2012 ve 2013-2017 dönemlerinde uygulamalı ve sınaî araştırma, 2013-2017 yılları arasında rekabet öncesi sınaî geliştirme ve 2018-2022 döneminde de sınaî geliştirme aşamalarıyla artırılması gereksinimi vardır.

Bilim ve teknoloji politikaları kapsamında; 2003-2007 döneminde, birbirine paralel olarak ArGe altyapı, ArGe proje ve insan kaynakları desteği sağlanması, 2008-2012 döneminde ise, devam ettirilen ArGe altyapı ve ArGe proje desteklerine güdümlü projeler desteğinin eklenmesi, bu üçlü desteğe 2013-2017 döneminde de devam edilmesi önerilmektedir. Ayrıca, 2003-2007, 2008-2012 ve 2013-2017 dönemlerinde teknik ara eleman eğitimine önem verilmesinin yerinde olacağı düşünülmüştür.

### **TFK 8. Hidrolik kaynaklardan elektrik üretimi**

Bu Teknolojik Faaliyet Konusu, enerji kaynaklı çevre kirliliğinin azaltılması sonucu yaşam kalitesinin artırılması, enerji sektörünün AB nin çevre mevzuatına uyum süreci ve dışa bağımlılığının azaltılması, istihdam olanaklarının artırılması açılarından önemlidir.

Bu amaçla gerçekleştirilmesi gereken teknolojik aşama, küçük HES teknolojisinin geliştirilmesi ve yaygınlaştırılmasıdır.

İlgili teknoloji alanları; konvansiyonel enerji sistemleri ve teknolojileri ile, enerji iletimi, dağıtımı ve koruması ndan oluşmaktadır.

Bu hedefin 2008-2012 döneminde gerçekleştirilmesi öngörülmektedir. Ülkemizin bu teknolojik faaliyet konusundaki mevcut durumu; araştırmacı potansiyeli ve ArGe altyapısı açısından yeterli, ilgili temel bilimlere hakimiyet açısından güçlü, firmaların yenilikçilik yeteneği ve rekabetçi firmaların varlığı açılarından yeterli olarak değerlendirilmiştir. Dolayısıyla, bu teknolojik faaliyet konusundaki

yeteneklerin; 2003-2007 döneminde uygulamalı ve sınıai araştırma, 2008-2012 yılları arasında da rekabet öncesi sınıai geliştirme ve sınıai geliştirme aşamalarıyla artırılması gereksinimi vardır.

Bilim ve teknoloji politikaları kapsamında; 2003-2007 döneminde, ArGe proje ve güdümlü projeler desteği sağlanması, bu desteklere 2008-2012 döneminde de devam edilmesi önerilmektedir. Ayrıca, 2003-2007 döneminde, şebeke bağlantılı küçük HES lerin kurulup işletilmesiyle ilgili mevzuatın geliştirilip iyileştirilmesinin yerinde olacağı düşünülmüştür.

### **TFK 9. Nükleer enerji üretimi**

Bu Teknolojik Faaliyet Konusu, ülkemizin ileri enerji teknolojilerinde iddia sahibi olabilmesi, enerji kaynaklı emisyonların azaltılması, temin güvenliğine yönelik olarak kaynak çeşitliliğinin artırılması açılarından önemlidir.

Bu amaçla gerçekleştirilmesi gereken teknolojik aşamalar;

- yatırım maliyeti 1000 US\$/kW'ın, elektrik üretim maliyeti 4 cent/kWh'in altında bulunan ve kurulum süresi kombine çevrim gaz santralleri ile rekabet edebilecek olan nükleer santral teknolojisinin geliştirilmesi,
  - elektrik üretimine ilaveten hidrojen üretimi, endüstriyel ısı üretimi ve deniz suyunun arıtılması gibi uygulamalara yönelik nükleer reaktör teknolojilerinin geliştirilmesi,
  - uzun yarı-ömürlü nükleer yakıt atıklarının kısa yarı-ömürlü atıklara dönüştürülmesine ilişkin teknolojilerin geliştirilmesi
- olarak belirlenmiştir.

İlgili teknoloji alanları; nükleer santral teknolojisi ve yakıt çevrim teknolojisi nden oluşmaktadır.

Bu hedefin 2018-2022 döneminde gerçekleştirilmesi öngörülmektedir. Ülkemizin bu teknolojik faaliyet konusundaki mevcut durumu; araştırmacı potansiyeli ve ArGe altyapısı açısından zayıf, ilgili temel bilimlere hakimiyet açısından yeterli, firmaların yenilikçilik yeteneği ve rekabetçi firmaların varlığı açılarından yok olarak değerlendirilmiştir. Dolayısıyla, bu teknolojik faaliyet konusundaki yeteneklerin; 2003-2007 döneminde temel araştırma, 2008-2012 döneminde temel araştırma ve uygulamalı ve sınıai araştırma, 2013-2017 ve yılları arasında temel araştırma ve rekabet öncesi sınıai geliştirme; ve 2018-2022 döneminde de temel araştırma ve sınıai geliştirme aşamalarıyla artırılması gereksinimi vardır.

Bilim ve teknoloji politikaları kapsamında; 2003-2007 döneminde ArGe proje desteği, ArGe Altyapı desteği ve insan kaynakları; 2008-2012 döneminde ArGe proje desteği, güdümlü projeler ve insan kaynakları; 2013-2017 döneminde ise güdümlü projeler, insan kaynakları ve kamu tedarik programları desteği sağlanması önerilmektedir. 2003-2007 döneminde, nükleer alanda altyapının iyileştirilmesi ile ilgili mevzuatın yenilenmesine yönelik çalışmaların sonuçlandırılması; bu kapsamda ayrıca nükleer güvenlik ve radyasyon güvenliği alanlarında bağımsız kuruluşların oluşturulmasına yönelik kurumsal ve yasal düzenlemelerin yapılması gerekmektedir.

### **TFK 10. Güç sistemleri kontrolü**

Bu Teknolojik Faaliyet Konusu , ülkemizin ileri enerji teknolojilerinde iddia sahibi olabilmesi, enerjiyi tasarruflu kullanılarak çevre kirliliğinin azaltılması sonucu yaşam kalitesinin artırılması açılarından önemlidir.

Bu amaçla gerçekleştirilmesi gereken teknolojik aşamalar;

- enerjinin üretimi, iletimi ve dağıtımı için, örneğin yapay zeka esaslı, uzman sistemlerin geliştirilmesi,
  - doğru akım elektrik enerjisinin iletim ve dağıtımına yönelik teknolojilerin ticari düzeyde geliştirilmesi,
  - yüksek  $T_c$ 'li süperiletken teknolojisinin geliştirilmesi,
  - rüzgar ve güneş pili sistemleriyle şebeke arayüzünü oluşturacak güç elektroniği sistemlerinin geliştirilmesi,
  - güç sistemlerinin kontrolünün yazılım teknolojisinin geliştirilmesi
- olarak belirlenmiştir.

İlgili teknoloji alanları; süperiletken malzeme ve aygıtlar, enerji iletimi, dağıtımı ve koruması, kontrol sistemleri ve enstrümantasyon teknolojilerinden oluşmaktadır.

Bu hedefin 2013-2017 döneminde gerçekleştirilmesi öngörülmektedir. Ülkemizin bu teknolojik faaliyet konusundaki mevcut durumu; araştırmacı potansiyeli, ArGe altyapısı ve ilgili temel bilimlere hakimiyet açılarından yeterli, firmaların yenilikçilik yeteneği ve rekabetçi firmaların varlığı açılarından zayıf olarak değerlendirilmiştir. Dolayısıyla, bu teknolojik faaliyet konusundaki yeteneklerin; 2003-2007 döneminde temel araştırma, uygulamalı ve sınıai araştırma aşamalarıyla artırılması, 2008-2012 döneminde rekabet öncesi sınıai geliştirme ve 2013-2017 döneminde de sınıai geliştirme ile sürdürülmesi gereksinimi vardır.

Bilim ve teknoloji politikaları kapsamında; 2003-2007 döneminde ArGe proje ve güdümlü projeler desteğinin sağlanması, güdümlü projeler desteğinin 2008-2012 döneminde de devam ettirilmesi önerilmektedir.

### **TFK 11. Elektronik cihazlarda kullanılacak yakıt pilleri üretimi**

Bu Teknolojik Faaliyet Konusu , ülkemizin ileri enerji teknolojileri alanında iddia sahibi olabilmesi, enerji kaynaklı çevre kirliliğinin azaltılması sonucu yaşam kalitesinin artırılması, enerji sektörünün AB nin çevre mevzuatına uyum süreci ve dışa bağımlılığının azaltılması açılarından önemlidir.

Bu amaçla gerçekleştirilmesi gereken teknolojik aşamalar;

- taşınabilir bilgisayar, TV, müzik seti ve cep telefonu gibi elektronik aygıtları beslemek üzere, 200 W güç düzeyinin altındaki yakıt pillerinde "doğrudan metanol" teknolojisinin ticari düzeyde geliştirilmesi,
  - taşınabilir bilgisayar, TV, müzik seti ve cep telefonu gibi elektronik aygıtları beslemek üzere, 200 W güç düzeyinin altındaki yakıt pilleri için "polimer elektrolit membran (PEM)" teknolojisinin ticari düzeyde geliştirilmesi
- olarak belirlenmiştir.

İlgili teknoloji alanları; metanole dayalı yakıt hücresi teknolojisi ve polimer elektrolit membranlı yakıt hücresi teknolojilerinden oluşmaktadır.

Bu hedefin 2008-2012 döneminde gerçekleştirilmesi öngörülmektedir. Ülkemizin bu teknolojik faaliyet konusundaki mevcut durumu; araştırmacı potansiyeli ve ArGe altyapısı açısından zayıf, ilgili temel bilimlere hakimiyet açısından yeterli, firmaların yenilikçilik yeteneği açısından zayıf, rekabetçi firmaların varlığı açısından da yok olarak değerlendirilmiştir. Dolayısıyla, bu teknolojik faaliyet konusundaki yeteneklerinin; 2003-2007 döneminde temel araştırma ve uygulamalı ve sınıai araştırma, 2008-2012 döneminde de rekabet öncesi sınıai geliştirme ve sınıai geliştirme aşamalarıyla artırılması gereksinimi vardır.

Bilim ve teknoloji politikaları kapsamında; 2003-2007 döneminde, birbirine paralel olarak ArGe altyapı ve ArGe proje, güdümlü projeler ve insan kaynakları desteği sağlanması, 2008-2012 döneminde ise, insan kaynakları na destek sürdürülürken, başlangıç desteği de sağlanması önerilmektedir. Ayrıca, 2003-2007 ve 2008-2012 dönemlerinde, teknik ara eleman eğitime önem verilmesinin yerinde olacağı düşünülmüştür.

#### **TFK 12. Sanayideki proseslerde enerji tasarrufu sağlayan teknolojilerin kullanılması**

Bu Teknolojik Faaliyet Konusu, enerjiyi tasarruflu kullanılarak enerji kaynaklı çevre kirliliğinin azaltılması sonucu yaşam kalitesinin artırılması, enerji sektörünün AB nin çevre mevzuatına uyum süreci ve dışa bağımlılığının azaltılması açısından önemlidir.

Bu amaçla gerçekleştirilmesi gereken teknolojik aşamalar;

- kimya, petrokimya, gıda süreçlerinde enerji tasarrufu sağlamak üzere, ayırma işlemlerinde halen kullanılan distilasyon ve evaporasyon süreçleri yerine, membran ve ters ozmos teknolojilerinin yaygın kullanımı,
  - kimya, petrokimya, gıda süreçlerinde enerji tasarrufu sağlamak üzere, ayırma işlemlerinde halen kullanılan distilasyon ve evaporasyon süreçleri yerine, dondurma-çözme kristalizasyonu teknolojilerinin yaygın kullanımı,
  - sanayi prosesleri ve binaların soğutma ihtiyaçlarını karşılamada kullanılabilecek yeni doğal akışkanların ve organik Rankine çevrimi (ORC) gibi verim artışı sağlayan teknolojilerin geliştirilmesi,
  - başta rafineri, kimya ve gıda sektörleri olmak üzere ısı işlem yapan tüm sanayi proseslerinde, proses entegrasyonu ve proses yoğunlaştırmasını sağlayacak ultra yüksek verimli ısı değiştiricilerin geliştirilmesi,
  - en az % 10 verim artışı sağlayacak reküperatörlü brülörler gibi yüksek verimli ve düşük emisyonlu yakma teknolojilerinin yaygın kullanımı .
- olarak belirlenmiştir.

İlgili teknoloji alanları; yakıt ve yanma teknolojileri, termodinamik çevrim teknolojileri, zar (membran) bilim ve teknolojisi, kristallenme teknolojisi (dondurma çözme kristalizasyonu), ısı transfer teknolojilerinden oluşmaktadır.

Bu hedefin 2013-2017 döneminde gerçekleştirilmesi öngörülmektedir. Ülkemizin bu teknolojik faaliyet konusundaki mevcut durumu; araştırmacı potansiyeli, ArGe altyapısı ve ilgili temel bilimlere hakimiyet açısından yeterli, firmaların yenilikçilik yeteneği ve rekabetçi firmaların varlığı açısından zayıf olarak değerlendirilmiştir. Dolayısıyla, bu teknolojik faaliyet konusundaki yeteneklerin; 2003-2007

döneminde uygulamalı ve sınıai araştırma , 2008-2012 döneminde rekabet öncesi sınıai geliştirme ve 2013-2017 döneminde sınıai geliştirme aşamalarıyla artırılması gereksinimi vardır.

Bilim ve teknoloji politikaları kapsamında; 2003-2007 ve 2008-2012 dönemlerinde, ArGe proje ve güdümlü projeler desteği sağlanması önerilmektedir. Ayrıca, 2003-2007 döneminde, bir yandan sanayide tasarrufu zorlayan yasal mevzuat oluşturulurken, diğer yandan tasarrufu özendirici mali teşviklerin sağlanmasının yerinde olacağı düşünülmüştür.

### ★ TFK 13. Yapıların enerji gereksinimlerinin yenilenebilir kaynaklardan sağlanması

Bu Teknolojik Faaliyet Konusu , enerji kaynaklı çevre kirliliğinin azaltılması sonucu yaşam kalitesinin artırılması, enerji sektörünün AB nin çevre mevzuatına uyum süreci ve dışa bağımlılığının azaltılması, istihdam olanaklarının artırılması açılarından önemlidir.

Bu amaçla gerçekleştirilmesi gereken teknolojik aşamalar;

- yapının enerji gereksinimini (aydınlatma, iklimlendirme) karşılamak amacıyla, güneş enerjisini kullanabilen estetik ve dayanıklı yapı eleman ve malzemelerinin yaygın kullanımı,
- binalarda yalıtım amacıyla kullanılan arojellerin ve vakumlu yalıtım malzemelerinin geliştirilmesi,
- aydınlatma için kullanılan elektrik enerjisinde %10-12 tasarruf sağlamak amacıyla, halografik film, kromojenik camlar, elektrokromik ve ışık yönüne göre geçirgenliği değişen cam ve optik elyafların geliştirilmesi

olarak belirlenmiştir.

İlgili teknoloji alanları; yarıiletken esaslı fotovoltaiik göze teknolojisi, güneş-ısı dönüşüm panel teknolojisi, ısı transfer teknolojileri, yalıtım malzemeleri, cam teknolojilerinden oluşmaktadır.

Bu hedefin 2008-2012 döneminde gerçekleştirilmesi öngörülmektedir. Ülkemizin bu teknolojik faaliyet konusundaki mevcut durumu; araştırmacı potansiyeli, ArGe altyapısı ve ilgili temel bilimlere hakimiyet açılarından yeterli, firmaların yenilikçilik yeteneği ve rekabetçi firmaların varlığı açılarından ise zayıf olarak değerlendirilmiştir. Dolayısıyla, bu teknolojik faaliyet konusundaki yeteneklerin; 2003-2007 döneminde uygulamalı ve sınıai araştırma, 2008-2012 döneminde de sınıai araştırma, rekabet öncesi sınıai geliştirme ve sınıai geliştirme aşamalarıyla artırılması gereksinimi vardır.

Bilim ve teknoloji politikaları kapsamında; 2003-2007 ve 2008-2012 dönemlerinde, ArGe proje desteği ve güdümlü projeler desteği sağlanması önerilmektedir. Ayrıca, 2003-2007 döneminde, yapılarda enerji tasarrufunu özendirici mali düzenlemeler yapılmasının yerinde olacağı düşünülmüştür.

## 6. DİĞER POLİTİKA ÖNERİLERİ

Çeşitli enerji konularında yürütülmekte olan yoğun araştırmaların beklenmedik sonuçlar vermesi halinde enerji sektörünün dünya genelinde hızlı değişimlere uğraması, geçmişte olduğundan daha yüksek olasılıklarla mümkündür. Dolayısıyla bu alandaki teknoloji tercihlerinin ve izlenecek stratejilerin periyodik olarak gözden geçirilip güncelleştirilmesi, geçmişte olduğundan daha büyük önem taşımaktadır.

Buna paralel olarak, özü itibarıyla başka alanları hedefleyen bazı teknolojik buluşların ve ilerlemelerin enerji alanına da yansması kaçınılmaz olup geçmişte bunun birçok örneği yaşanmıştır. Özellikle malzeme, mikroelektronik, elektrokimya, haberleşme ve yazılım gibi teknolojilerdeki ilerlemeler, enerji alanında 2003 yılı itibarıyla yapmış olduğumuz öngörülerde değişiklik gereksinimine yol açabilir.

Bilindiği gibi enerji araştırma ve teknoloji geliştirme projeleri yüksek maliyetli ve uzun süreli projelerdir. Bu nedenle, küreselleşme sürecine de paralel olarak, pahalı bazı projelerde uluslararası konsorsiyumlar oluşturularak risk ve maliyetleri makul düzeylerde tutmaya çalışmak yararlı olabilir.

Temiz enerji konusunun önümüzdeki yıllarda daha da büyük bir önem kazanacağı kabul edilmektedir. Bu nedenle doğal kaynaklarımıza dayalı temiz enerji konularındaki ArGe lerin desteklenmesinin yanında, bu enerjilerin kullanımını özendirerek teşviklerin de oluşturulması yararlı olacaktır.

Enerji ekonomisi ve enerji sistemlerinin optimum planlama ve işletilmesi konusu, doğrudan bir teknoloji tarif etmese de, geleceğin şekillenmesinde önemli bir araç olarak görünmektedir. Enerji borsası ve bununla bağlantılı konularda hatalı tercihlerin ağır bedellere yol açtığı, çeşitli ülkelerde de yaşanmış bir olgudur. Dolayısıyla bu alanda yapılacak araştırmaların desteklenmesi yararlı olacaktır.

Diğer politika önerileri kapsamında; linyitlerin güç santrallerinde kullanımı, elektronik cihazlarda, ulaşım araçlarında, güç üretim tesislerinde kullanılmak üzere yakıt pili üretimi ve kullanımı, rüzgar santrallerinin üretim ve kullanımı, hidrojenin enerji kaynağı olarak güvenli kullanımı, güneş enerjisinden elektrik üretimi, enerji depolamanın çeşitli alanlarında, ilgili teknoloji yol haritalarının belirttiği dönemlerden başlamak üzere teknik ara eleman yetiştirilmesi, başta gelen önerilerden birisi olarak karşımıza çıkıyor.

Öte yandan; düşük emisyonlu linyit santrallerine yönelik teşvik mekanizmalarının oluşturulması, rüzgar ve güneş enerjisinden elektrik üretimine yönelik fiyat teşvikleri, sanayi süreçlerinde ve yapılarda, bir yandan tasarrufu zorlayan yasal mevzuat oluşturulurken, diğer yandan enerji tasarrufunu özendirici mali önlemlerin alınması gerekli görülüyor. Çünkü enerjinin her alanda verimli üretim, tüketim, iletim ve dağıtımını konusu; potansiyel teknolojik kazanımları açısından fazla ağırlıklı görülmediğinden ön sıralarda yer almamışsa da, ülkemiz açısından büyük önem taşımaktadır.

Ayrıca, rüzgar santrallerinin ve küçük hidroelektrik santrallerin şebekeye bağlanmasıyla ilgili mevzuatın geliştirilmesi, hidrojenin enerji kaynağı olarak güvenli kullanımına yönelik yasal mevzuatın olgunlaştırılması, nükleer alanda altyapının iyileştirilmesi ile ilgili mevzuatın yenilenmesine yönelik çalışmaların sonuçlandırılması; bu kapsamda ayrıca nükleer güvenlik ve radyasyon güvenliği alanlarında bağımsız kuruluşların oluşturulmasına yönelik kurumsal ve yasal düzenlemelerin yapılması gerekli görülüyor.

## 7. GENEL DEĞERLENDİRME ve SONUÇ

Yukarıda açıklanan teknolojik faaliyetler Türkiye'nin enerji politikasının oluşturulmasına yönelik olmayıp, bu alanlarda yapılması gereken Araştırma ve Teknolojik Geliştirme çalışmaları ile sınırlıdır. Özetle, bu alanlarda yapılacak ArGe çalışmaları ile Türkiye'nin en geç 2023 yılında öncü teknolojik ülkelerden birisi konumuna gelmesi, böylece kendi iç pazarına hakim olduğu kadar, dünya enerji teknolojisi pazarlarında da söz sahibi olması hedeflenmektedir.

Panelimizin yaptığı çalışma sonucunda oluşturulan teknoloji alanları listesi, ayrıntılı bir döküm olmaktan ziyade kalın çizgilerden ibaret kalmıştır. Bunun esas nedeni, ülkemizin teknolojik düzeyinin henüz, ayrıntılı ve özgün teknolojiler üzerinde odaklanılabilecek kadar gelişmemiş olmasıdır. Öte yandan, ekonomik düzey de zaten, ancak birden fazla sektöre hizmet sunabilecek olan yaygın teknoloji alanlarında araştırma geliştirme yatırımlarına imkan verebilmektedir. Ancak, ekonomik ve teknolojik gelişmeye paralel olarak, daha ince ayrımlara doğru yönelmek imkanı ve ihtiyacı giderek artacaktır.

Sonuç olarak yerli linyitlerimizden, hidrojenden ve yakıt pillerinden, rüzgardan, güneşten ve su kaynaklarından elektrik enerjisi üretimi konuları ön sıraları almıştır. Ancak, sanayi proseslerinde enerji tasarrufu ve yapıların enerji gereksiniminde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, her ne kadar ön plana çıkmamışlarsa da, ekonomik ve çevresel getiri açısından büyük potansiyel taşımaktadır. Bütün bu teknolojik faaliyet konuları temiz enerji ile özdeşdir ve özellikle yerli linyit alanında kastedilen, linyiti temiz bir enerji kaynağı şeklinde kullanabilen teknolojilerdir.

Sözkonusu teknolojik faaliyet alanlarında yapılacak olan ArGe çalışmalarının, isabetle odaklanmış güdümlü projelerle desteklenmesi ve bu amaca yönelik fonların oluşturulması gereği vardır.

Yukarıda da belirtildiği gibi, tanımlanan teknolojiler ve bunlarla bağlantılı ArGe çalışmaları bu günün verileriyle oluşturulmuştur. Oysa bilindiği gibi değişim kaçınılmazdır. Bu nedenle değişimi henüz eğilim aşamasında iken isabetle algılamak ve gerekli ArGe değişikliklerini yapmak üzere bir sistematığın oluşturulması da ayrıca büyük önem taşımaktadır.

## **KAYNAKLAR**

- [1] Türkiye Enerji Teknolojileri Araştırmaları Programı , TÜBİTAK, Ağustos 2002.
- [2] EIA 2002: Energy Information Administration, U.S. Department of Energy, International Energy Outlook 2002 , (Washington, DC: U.S. Government Printing Office, 2002).
- [3] Selçuk N., Arabul,H, Elektrik Enerjisinde Ulusal Politika, Ankara Sanayi Odası ve İstanbul Sanayi Odası yayını, Ekim 2000.
- [4] Dooley, J.J., Energy R&D in the United States , Pacific Northwest National Laboratory, BATTELLE Memorial Institute for U.S. Department of Energy, Nisan 1999.
- [5] Runci, P. J., Energy R&D in the European Union , Pacific Northwest National Laboratory, BATTELLE Memorial Institute for U.S. Department of Energy, Mayıs 1999.
- [6] DOE 1997: U.S. Department of Energy. Interlaboratory Working Group on Energy-Efficient and Low-Carbon Technologies, Scenarios of U.S. Carbon Reductions: Potential Impacts of Energy-Efficient and Low-Carbon Technologies to 2010 and Beyond , (Washington, DC: DOE, 1997).
- [7] ASE 1997: Alliance to Save Energy, American Council for an Energy-Efficient Economy, Natural Resources Defense Council, Tellus Institute, and Union of Concerned Scientists, Energy Innovations: A Prosperous Path to a Clean Environment , (Washington, DC: Alliance to Save Energy, 1997).
- [8] EIA 1997a: Energy Information Administration, U.S. Department of Energy, 1996 Annual Energy Review , (Washington, DC: U.S. Government Printing Office, 1997).
- [9] EIA 1997b: Energy Information Administration, U.S. Department of Energy, Annual Energy Outlook 1997 , (Washington, DC: U.S. Government Printing Office, 1997).
- [10] Schock et al. 1997: Robert M. Schock, William Fulkerson, Merwin L. Brown, and Robert L. San Martin, "How Much Is Energy R&D Worth?", paper for the 32nd Intersociety Energy Conversion Engineering Conference, Honolulu, 27 July - 1 August 1997.
- [11] UNEP 1997: United Nations Environment Programme, UNFCC Convention on Climate Change , (Geneva, Switzerland: UNEP, 1997).
- [12] British Petroleum 1996: British Petroleum, BP Statistical Review of World Energy , (London: 1996).
- [13] Calder 1996: Kent E. Calder, Asia s Empty Gas Tank , Foreign Affairs, Vol. 75, No. 3 (March/April 1996), pp. 55-69.
- [14] Dooley 1996: J. J. Dooley, Trends in US Private-Sector Energy R&D Funding 1985-94 , Report PNNL-11295 (Washington, DC: Battelle Pacific Northwest Laboratory for the USDOE Office of Planning and Analysis, September 1996).
- [15] Economics and Statistics Administration, U.S. Department of Commerce, Statistical Abstract of the United States 1996 , (Washington, DC: U.S. Government Printing Office, 1996).
- [16] IPCC 1996a: Intergovernmental Panel on Climate Change, Climate Change 1995: The Science of Climate Change , (Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1996).
- [17] IPCC 1996b: Intergovernmental Panel on Climate Change, Climate Change 1995: Impacts, Adaptations, and Mitigation of Climate Change , (Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1996).



- [18] NSB 1996: National Science Board, Science and Engineering Indicators 1996 , (Arlington, VA: National Science Foundation, 1996).
- [19] EIA 1996: Energy Information Administration, U.S. Department of Energy, International Energy Annual 1995 , (Washington, DC: U.S. Government Printing Office, 1996).
- [20] SEAB 1995: Secretary of Energy Advisory Board, Task Force on Strategic Energy R&D, Energy R&D: Shaping Our Nation s Future in a Competitive World , (Washington, DC: U.S. Government Printing Office, 1995).
- [21] WEC 1995: World Energy Council and International Institute for Applied Systems Analysis, Global Energy Perspectives to 2050 and Beyond , (London: WEC, 1995).
- [22] CBO 1994: Congressional Budget Office, Rethinking Emergency Energy Policy , December 1994.
- [23] Johannson et al. 1993: Thomas B. Johannson, Henry Kelly, Amulya K. N. Reddy, and Robert H. Williams, eds., Renewable Energy: Sources for Fuels and Electricity , (Washington, DC: Island Press, 1993).
- [24] Nadiri 1993: M. I. Nadiri, Innovations and Technological Spillovers , National Bureau of Economic Research Working Paper 4423 (Cambridge, MA: NBER, 1993).
- [25] Smith 1993: Kirk R. Smith, Fuel Combustion, Air Pollution, and Health: The Situation in Developing Countries , Annual Review of Energy and the Environment, Vol. 18 (1993), pp. 529-566.
- [26] WEC 1993: World Energy Council, Energy for Tomorrow s World , (New York: St. Martin s Press, 1993).
- [27] IPCC 1990: Intergovernmental Panel on Climate Change, Climate Change: The IPCC Scientific Assessment , (Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1990).
- [28] Smith 1987: Kirk R. Smith, Biofuels, Air Pollution, and Health , (New York, NY: Plenum, 1987).