

T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI
ÜRETİM YÖNETİMİ VE ENDÜSTRİ İŞLETMECİLİĞİ PROGRAMI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ ENERJİ VERİMLİLİĞİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Anıl Utku BOZKURT

**Danışman
Doç. Dr. Hilmi YÜKSEL**

2008

Yemin Metni

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ ENERJİ VERİMLİLİĞİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ” adlı çalışmanın, tarafımdan, bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin bibliyografyada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

29/05/2008

Anıl Utku BOZKURT

YÜKSEK LİSANS TEZ SINAV TUTANAĞI

Öğrencinin

Adı ve Soyadı : ANIL UTKU BOZKURT
Anabilim Dalı : İŞLETME
Programı : ÜRETİM YÖNETİMİ VE ENDÜSTRİYEL İŞLETME
Tez Konusu : YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ ENERJİ VERİMLİLİĞİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ
Sınav Tarihi ve Saati :

Yukarıda kimlik bilgileri belirtilen öğrenci Sosyal Bilimler Enstitüsü'nün tarih ve Sayılı toplantısında oluşturulan jürimiz tarafından Lisansüstü Yönetmeliğinin 18.maddesi gereğince yüksek lisans tez sınavına alınmıştır.

Adayın kişisel çalışmaya dayanan tezini dakikalık süre içinde savunmasından sonra jüri üyelerince gerek tez konusu gerekse tezin dayanağı olan anabilim dallarından sorulan sorulara verdiği cevaplar değerlendirilerek tezin,

BAŞARILI	<input type="radio"/>	OY BİRLİĞİ ile	<input type="radio"/>
DÜZELTME	<input type="radio"/>	OY ÇOKLUĞU	<input type="radio"/>
RED edilmesine	<input type="radio"/>	ile karar verilmiştir.	

Jüri teşkil edilmediği için sınav yapılamamıştır. ***
Öğrenci sınava gelmemiştir. **

* Bu halde adaya 3 ay süre verilir.
** Bu halde adayın kaydı silinir.
*** Bu halde sınav için yeni bir tarih belirlenir.

	Evet
Tez burs, ödül veya teşvik programlarına (Tüba, Fullbright vb.) aday olabilir.	<input type="radio"/>
Tez mevcut hali ile basılabilir.	<input type="radio"/>
Tez gözden geçirildikten sonra basılabilir.	<input type="radio"/>
Tezin basımı gerekliliği yoktur.	<input type="radio"/>

JÜRİ ÜYELERİ

İMZA

.....	<input type="checkbox"/> Başarılı	<input type="checkbox"/> Düzeltme	<input type="checkbox"/> Red
.....	<input type="checkbox"/> Başarılı	<input type="checkbox"/> Düzeltme	<input type="checkbox"/> Red
.....	<input type="checkbox"/> Başarılı	<input type="checkbox"/> Düzeltme	<input type="checkbox"/> Red

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi
Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının
Enerji Verimliliği Açısından Değerlendirilmesi
Anıl Utku BOZKURT

Dokuz Eylül Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü
İşletme Ana Bilim Dalı
Üretim Yönetimi ve Endüstriyel İşletme Yüksek Lisans Programı

Enerji tüketimi, ekonomik ve sosyal kalkınmanın en önemli göstergelerinden birisidir. Nüfus artışı, sanayileşme, teknolojinin yaygınlaşması ve refah seviyesinin yükselmesi ile doğru orantılı olarak enerji tüketiminde de artış gözlenmektedir. Türkiye gibi gelişmekte olan ülkeler, gelişmiş ülkeler düzeyine ulaşabilmek için daha fazla üretim yapmak zorundadırlar. Bu, gelişmekte olan ülkelerin daha fazla enerjiye ihtiyaç duyacağı anlamına gelmektedir. Fakat, daha fazla enerji tüketebilmek gelişmişlik açısından tek ölçüt değildir. Bunun yanında, enerjinin stratejik kaynaklar kullanılarak üretilmesi ve verimli olarak kullanılması da ön plana çıkmıştır.

Bu çalışmada; gelişmekte olan ülkelerin ihtiyaç duydukları büyük miktarlardaki enerjiyi kendi öz kaynaklarından sağlamanın önemi vurgulanmaya çalışılarak, fosil ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının ülkemizin enerji politikasını belirlemede teşkil ettiği önem üzerinde durulmuştur. Kullanılmakta olan konvansiyonel enerji kaynaklarının toplumsal maliyetlerine değinilip, yenilenebilir kaynaklar da çeşitli yönleriyle değerlendirmeye alınmıştır.

Enerjinin toplumun gelişimi ve refahı içindeki önemi vurgulanarak, enerji tüketiminde ve üretiminde verimliliği artırıcı yöntemler anlatılmıştır.

Türkiye'deki mevcut termik santrallerin ve rüzgar santrallerinin çevresel etkileri tartışılmış, ülkenin takip ettiği enerji politikaları nedeniyle gelecekte karşı karşıya kalması muhtemel risklerin bugün görülen belirtilerine dikkat çekilmiştir. Enerji kaynaklarını çeşitlendirmenin ve enerjide güvenliğin artırılması konularının ortaya konulması çalışmanın ana amacını oluşturmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Enerji, Rüzgar Enerjisi, Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Konvansiyonel Enerji Kaynakları, Verimlilik.

ABSTRACT

Masters Thesis

**Evaluation of Renewable Energy Resources Within The
Context of Energy Efficiency**

Anıl Utku BOZKURT

Dokuz Eylül University

Institute of Social Sciences

Department of Business Administration

Production Management and Industrial Business Administration

Masters Programme

Energy consumption is one of the most important indicators of economical and social development. Increase of population, industrialization, technological development and welfare are directly proportional with increasing energy consumption. Developing countries such as Türkiye, which are trying to reach the welfare degree of developed countries should produce more. This means, developing countries will need more energy. But, more energy consumption is not the only criteria of development. Furthermore, it's loom larged to produce energy using strategic resources, and utilizing it efficiently.

By this study, it's asserted the importance of using renewable and fossil resources to determine the energy policy of Türkiye; and it's highlighted the importance of using equities to produce the large amounts of energy for all countries of the world. It's mentioned the communal costs of fossil resources used, and renewable energy resources arrived at different valuations.

The detailed account of increasing productivity has been given on energy production and consumption by asserting the importance of energy, for developing and welfare.

Environmental impacts of existing wind farms and thermal plants has been debated, and the potential risks of future has been pointed because of

the energy policies followed. Chief object of this study is taking into consideration the objective of protecting nature when electing the energy resources. Thereby, the country's energy potential should be used at the utmost degree by utilization of renewable energy resources together with the usage of domestic fossil resources.

Keywords: Energy, Wind Energy, Renewable Energy Resources, Conventional Energy Resources, Efficiency.

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ ENERJİ VERİMLİLİĞİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

İÇİNDEKİLER

YEMİN METNİ.....	i
YÜKSEK LİSANS TEZ SINAV TUTANAĞI.....	ii
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
KISALTMALAR.....	x
TABLolar.....	xiii
ŞEKİLLER.....	xiv
GİRİŞ.....	xv

BİRİNCİ BÖLÜM

ENERJİ

1.1 ENERJİ KAVRAMI	1
1.2 ENERJİNİN ÖNEMİ.....	3
1.3 ENERJİ YÖNETİMİ	5
1.4 ÜLKEMİZ AÇISINDAN ENERJİ SEKTÖRÜ	8
1.5 ENERJİ VERİMLİLİĞİ	9
1.5.1 Verimlilik Kavramı.....	9
1.5.1.1 Verimlilik İle İlgili Kavramlar.....	11
1.5.1.2 Verimlilik Türleri	13
1.5.1.3 Verimlilik Ölçümü	14
1.5.2 Enerji Verimliliği.....	16
1.5.3 Enerji Verimliliğinin Arttırılmasının Ülkemiz Ekonomisine Katkıları	32
1.6 ENERJİ VE ÇEVRE.....	34
1.6.1 Teknolojik Gelişme, Küreselleşme ve Çevre	34
1.6.2 Çevreye Duyarlı Üretim	41
1.6.3 Artan Çevre Kirliliğinde Enerjinin Rolü.....	44

İKİNCİ BÖLÜM ENERJİ KAYNAKLARI

2.1 KONVANSİYONEL ENERJİ KAYNAKLARI VE FOSİL YAKITLAR.....	47
2.1.1 Termik Enerji	51
2.1.1.1 Ülkemiz Açısından Termik Enerjinin Değerlendirilmesi	52
2.1.2 Nükleer Enerji	54
2.2 YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI	58
2.2.1 Yenilenebilir Enerjinin Avantajları	62
2.2.2 Hidrolik Enerji	63
2.2.2.1 Ülkemiz Açısından Hidrolik Enerjinin Değerlendirilmesi	64
2.2.3 Jeotermal Enerji.....	66
2.2.3.1 Ülkemiz Açısından Jeotermal Enerjinin Değerlendirilmesi	67
2.2.4 Güneş Enerjisi	67
2.2.4.1 Ülkemiz Açısından Güneş Enerjisinin Değerlendirilmesi	71
2.2.5 Biyoenerji.....	72
2.2.5.1 Ülkemiz Açısından Biyoenerjinin Değerlendirilmesi.....	73
2.2.6 Deniz Kökenli Enerji	74
2.2.6.1 Ülkemiz Açısından Deniz Kökenli Enerjinin Değerlendirilmesi	75
2.2.7 Hidrojen Enerjisi	78
2.2.8 Rüzgar Enerjisi	81
2.2.9 Türkiye'de Enerji Konusundaki Yasal Düzenlemeler	84

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM UYGULAMA

3.1 ALTERNATİF ENERJİ KAYNAĞI OLARAK RÜZGAR	89
3.1.1 Rüzgar Enerjisinin Özellikleri.....	91
3.1.2 Rüzgarda Bulunan Enerji.....	92
3.1.3 Rüzgar Ölçümleri.....	96
3.1.4 Rüzgar Potansiyeli.....	98
3.1.5 Rüzgar Türbininin Yapısı ve Rüzgar Çiftlikleri	101
3.1.6 Rüzgar Enerjisinin Dünyadaki Durumu.....	107
3.1.7 Rüzgar Enerjisinin Maliyet Analizi	108
3.1.7.1 Sistem Maliyeti.....	110
3.1.7.2 Birim Enerji Maliyeti	111

3.1.7.3 Dış Maliyetler	113
3.2 KONVANSİYONEL ENERJİ KAYNAKLARI İLE ÇALIŞAN TERMİK SANTRALLER.....	115
3.3 BİR RÜZGAR SANTRALİ İLE BİR TERMİK SANTRALİN KARŞILAŞTIRILMASI	120
3.4 RES VE TERMİK SANTRAL SWOT ANALİZİ	125
SONUÇ	127
KAYNAKLAR.....	132

KISALTMALAR

AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AECL	: Atomic Energy of Canada Limited
a.g.e.	: Adı Geçen Eser
Ar-Ge	: Araştırma - Geliştirme
BİT	: Bilgi ve İletişim Teknolojileri
bkz.	: Bakınız
BM	: Birleşmiş Milletler
C.	: Cilt
ÇED	: Çevresel Etki Değerlendirmesi
DİE	: Devlet İstatistik Enstitüsü
dk	: Dakika
DMİ	: Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü
EİE	: Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü
EMO	: Elektrik Mühendisleri Odası
EPDK	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu
ETKB	: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
EÜAŞ	: Türkiye Elektrik Üretim Anonim Şirketi
Gtpe	: Giga (10 ⁹) Ton Petrol Eşdeğeri
GWEC	: Global Wind Energy Council
GWh	: Giga (10 ⁹) Watt / Saat
h	: Hour (saat)
IEA	: International Energy Agency (Uluslararası Enerji Ajansı)

IPCC	: Intergovernmental Panel On Climate Change (Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli)
ISO	: International Organisation For Standardization
İDÇS	: İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
İİBF	: İktisadi İdari Bilimler Fakültesi
J	: Joule
Kcal	: Kilo (10 ³) Kalori
KEP	: Kilogram Eşdeğer Petrol
kg	: Kilogram
kg/m³	: Kilogram / Metreküp
km	: Kilometre
kW	: Kilo (10 ³) Watt
kWh	: Kilowatt - Saat
LPG	: Liquified Petroleum Gas (Sıvılaştırılmış Petrol Gazı)
m	: Metre
m/s	: Metre / Saniye
MKE	: Makine Kimya Endüstrisi Kurumu Genel Müdürlüğü
MPM	: Milli Prodüktivite Merkezi
MTA	: Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü
MTEP	: Milyon Ton Petrol Eşdeğeri
MW	: Mega (10 ⁶) Watt
OECD	: Organisation For Economic Cooperation And Development (Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı)
ÖTV	: Özel Tüketim Vergisi
RES	: Rüzgar Enerji Santrali
s	: Saniye
s.	: Sayfa

S.	: Sayı
SCADA	: Supervisory Control And Data Acquisition (Dağıtım Şebekelerinde Denetimli Kontrol ve Veri Toplama Sistemi)
T.	: Tarih
T.C.D.D.	: Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demir Yolları İşletmesi
TEDAŞ	: Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
TEİAŞ	: Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
TEP	: Ton Petrol Eşdeğeri
TET	: Ton Taşkömürü Eşdeğeri
TEV	: Toplam Enerji Verimliliği
TİSAV	: Türkiye İktisadi ve Sosyal Araştırmalar Vakfı
TKY	: Toplam Kalite Yönetimi
TMMOB	: Türkiye Mimarlar Mühendisler Odası Birliği
TOBB	: Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu
TWh	: Ton Watt / Saat
UETM	: Ulusal Enerji Tasarrufu Merkezi
vb	: ve benzeri
vd.	: ve devamı
Vol.	: Volume (Cilt)
W/m²	: Watt / Metrekare
Wh/m²	: Watt-saat / Metrekare
WMO	: World Meteorology Organisation (Dünya Meteoroloji Örgütü)

TABLULAR

I. BÖLÜM

Tablo 1.1 - 2005-2020 Yılları Arasında Enerji Talep Tahminleri Tablo Gösterimi... 19
Tablo 1.2 - 2005-2020 Yılları Arasında Enerji Talep Tahminleri Tablo Gösterimi... 20
Tablo 1.3 - Tren Km ve Tüketilen Yakıt İlişkisi.....25
Tablo 1.4 – Binalarda Enerji Verimliliği - Engeller.....28
Tablo 1.5 – Binalarda Enerji Verimliliği - Hedefler29

II. BÖLÜM

Tablo 2.1 - İklim Değişikliği ve Olası Etkileri50
Tablo 2.2 – Türkiye’de EÜAŞ’a Bağlı Ortaklıklara Ait Termik Santraller.....53
Tablo 2.3 - İnşa Halindeki ve EPDK’dan Lisans Almış Olan Enerji Santralleri60
Tablo 2.4 - Güneş Enerjisinin Toplama Alternatifleri.....70
Tablo 2.5 – Bazı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Avantaj ve Dezavantajları86

III. BÖLÜM

Tablo 3.1 - Pürüzlülük ile Shear’I Kesmesi Faktörü (n) Arasındaki Bağını95
Tablo 3.2 - Pürüzlülük Faktörü ile Pürüzlülük Uzunluğu Arasındaki Bağını.....96
Tablo 3.3 - Ölçüm Direğinde Ölçüm Yüksekliğine Göre Ölçüm Parametreleri97
Tablo 3.4 – Hatalı Ölçümlerin Enerji Üretimine Etkisi97
Tablo 3.5 – Muhtelif Enerji Kaynaklarına Dair CO ₂ Emisyonu 113
Tablo 3.6 – Muhtelif Enerji Kaynaklarına Dair SO ₂ Emisyonu 114
Tablo 3.7 – Termik Santral İle Rüzgar Santralinin Bazı Önemli Yönleriyle Karşılaştırılması..... 122
Tablo 3.8 – Termik Santral İle Rüzgar Santralinin Swot Analizi..... 125

ŞEKİLLER

I. BÖLÜM

Şekil 1.1 – Enerji Yönetimi İle Geçmiş, Şimdi ve Gelecekteki Enerji Maliyetleri	7
Şekil 1.2 – Verimlilik Çemberi	15
Şekil 1.3 - 2005-2020 Yılları Arasında Enerji Talep Tahminleri Grafik Gösterimi ...	19
Şekil 1.4 - 2005-2020 Yılları Arasında Enerji Talep Tahminleri Grafik Gösterimi....	21
Şekil 1.5 - Türkiye’de Elektrik Üretimi	21

II. BÖLÜM

Şekil 2.1 – Dünyada ve Türkiye’de Elektrik Üretiminde Termik Santrallerin Yeri...54	54
Şekil 2.2 – Nükleer Enerji İle Elektrik Üretimi.....55	55
Şekil 2.3 - Türkiye’de Elektrik Üretiminin Enerji Kaynaklarına Göre Dağılımı	61
Şekil 2.4 – Türkiye’de Hidrolik Kurulu Güç ve Üretim Gelişimi.....64	64
Şekil 2.5 - İdeal Jeotermal Sistemin Şematik Gösterimi	66
Şekil 2.6 – Güneşten Gelen Işınımın Dağılımı	68
Şekil 2.7 – Pelamis	75
Şekil 2.8 – Pelamis Prototipi	76
Şekil 2.9 – Metin Çokan’a Ait Yüzer Enerji Santrali Projesi	77
Şekil 2.10 – Hidrojen Ekonomisi Bileşenleri.....81	81

III. BÖLÜM

Şekil 3.1 – Türkiye Elektrik Üretiminin Kaynaklara Göre Planlanan Gelişimi.....87	87
Şekil 3.2 – Türkiye’de Rüzgar Potansiyeli Yüksek Olan Bölgeler	98
Şekil 3.3 - Türkiye’de Rüzgar Hızı	99
Şekil 3.4 - Türkiye’de Rüzgar Gücü	99
Şekil 3.5 - EİE Gözlem İstasyonlarında Ölçülen Ortalama Rüzgar Hızlarının Grafiksel Gösterimi	100
Şekil 3.6 – Rüzgar Türbininin Dış Görünüşü.....101	101
Şekil 3.7 – Rüzgar Türbininin İç Yapısı.....102	102
Şekil 3.8 – Rüzgar Çiftliği.....105	105
Şekil 3.9 – Deniz Üstü Rüzgar Çiftliği	107
Şekil 3.10 – Dünyada RES’nin Durumu	108
Şekil 3.11 – Tipik Bir Rüzgar Enerji Santrali İçin İlk Yatırım Maliyeti.....114	114

GİRİŞ

Enerji, iş yapabilme gücüdür. Evrensel bir kavramdır. *“Enerji, üretim işlemlerinde kullanılması zorunlu bir girdi ve toplumların refah düzeylerinin yükseltilmesi için gerekli bir hizmet aracı olarak, ekonomik ve sosyal kalkınmanın temel taşlarından birisidir”*¹. Bu konudaki sorunlar ve çözümler de evrensel kabul edilmelidir. Günümüz dünyasında teknolojik olarak tanımlanan ve küreselleşmeye de yardımcı olan pek çok şeyin üretiminde girdi olarak mevcut olan enerji, en çok elektrik ve ısı olarak tüketilmektedir. Enerji üretiminde çeşitli şekillerde çevresel kirlilik oluştuğu ve günden güne doğal yaşamı tehdit eder boyuta gelmiş olan kirliliğin üçte birinin elektrik üretiminden meydana geldiği ifade edilmektedir. İnsanoğlu, üretilen enerjiyi genellikle elektrik gücü olarak tüketmektedir. Evlerimizde ve ofislerimizde çok yaygın olarak kullandığımız televizyon, buzdolabı, bilgisayar, çamaşır makinesi, elektrik süpürgesi, aydınlatma armatürleri ve benzeri araçlar; üretilen enerjiyi elektrik gücü sarf ederek tüketirler.

Nüfusun artması, endüstrinin gelişmesi ve yaşam standartlarının yükselmesiyle enerji tüketiminde de bir artışla karşılaşılımıştır. Bu artışa karşılık enerji kaynaklarının sınırlı olması, yeni sorunların gündeme gelmesine neden olmuştur. Birçok ülkenin gündemine yerleşmiş olan bu sorunların çözümünde, yeni yatırımlar ve eğilimler söz konusu olmakta, enerji üretim politikaları değişim göstermektedir. Gelişmiş ülkeler geleceğe yönelik planlarla yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelirken, gelişmekte olan ülkeler ekonomik zorluklar nedeniyle eski teknolojileri sürdürmek zorunda kalabilmektedirler. Ülkemizde de enerji konusundaki çalışmalar takip edilmekte ise de, yeterli düzeyde Ar-Ge çalışması ve hukuksal düzenleme yapılmadığı ifadelerine rastlamak mümkündür.

¹ **ŞAHİN, Vedat**; Enerji Sektöründe Geleceğe Bakış (Arz, Talep ve Politikalar), TÜSİAD Yayınları, Yayın No:TÜSİAD-T/94, 11-168, İstanbul 1994, s.15.

Enerjinin verimli kullanımının sağlanmasında en temel gösterge enerji yoğunluğunun düşürülmesidir. Ülkemizde kişi başına enerji tüketimi OECD ülkeleri² ortalamasının yaklaşık beşte biri civarındayken, enerji yoğunluğu OECD ortalamasından iki kat daha fazladır. Bugüne kadar yürütülen birçok çalışmaya rağmen *gayri safi milli hasıla başına tüketilen enerji miktarı* olarak adlandırılan enerji yoğunluğu³, düşme eğilimine girmemiştir. Uluslararası Enerji Ajansı verilerine göre gelişmiş ülkelerde enerji yoğunluğu 0.09-0.19 arasında iken, ülkemizde 0.38 olması ve azalma eğilimi göstermemesi bu konunun ciddi olarak ele alınması gereğini ortaya koymaktadır. Sadece enerji yoğunluğu değeri bile Türkiye'nin enerji verimliliğinin artırılması konusunda yapabileceklerini göstermektedir⁴. Ülkemizin enerji ihtiyacı her on yılda bir ikiye katlanarak artmakta iken, üretilen enerji tüketileni karşılayamamakta ve enerji tüketimimizin yaklaşık %66'sı ithalat yoluyla karşılanmaktadır⁵. Göstergeler ülkemizde enerjinin verimsiz kullanılmasına işaret etmekte iken; kayıpların azaltılması, enerjinin akıllıca kullanılması, tasarruf tedbirlerinin artırılması, verimli bir şekilde üretilmesi ve tüketilmesi önem kazanmıştır.

Küresel rekabetin gündeme geldiği ve rekabet koşullarının git gide sertleşmekte olduğu günümüz dünyasında, işletmelerin de varlıklarını sürdürebilmeleri için enerji maliyetlerini azaltmaları gerekmektedir. Bu şekilde ortaya çıkmış olan enerji program ve politikaları, makro ve mikro ölçekte ülkelerin durumunu etkilemektedir.

² **OECD ülkeleri**, bilgi ekonomisinin ölçümünde üretim (production), katma değer (value added), istihdam (employment), ücretler ve ödenen maaşlar, kurulan örgüt sayısı değişkenlerini kullanarak ülkeler arasındaki farklılık ve benzerlikleri saptamaya çalışır. Bu ülkelerden bazıları Danimarka, Finlandiya, Lüksemburg, İtalya, Fransa, İspanya, Yunanistan ve Türkiye'dir. **YELOĞLU, Hakkı Okan**; "Bilgi Ekonomisi ve Değişkenleri: Türkiye ve OECD Ülkeleri Karşılaştırmaları", 3. Ulusal Bilgi, Ekonomi Ve Yönetim Kongresi Bildiriler Kitabı, Eskişehir, Kasım, 2004, s.177-185.

³ **Enerji yoğunluğu**; enerji verimliliğinin önemli göstergelerinden birisidir. Enerji yoğunluğu, Gayri Safi Yurtiçi Hasıla başına tüketilen birincil enerji miktarını temsil eden ve tüm dünyada kullanılan bir göstergedir. Genellikle 1000\$'lık hasıla başına tüketilen TEP (ton eşdeğer petrol) miktarı, uluslararası yayınlarda enerji yoğunluğunun göstergesi olarak kabul edilir. Burada TEP, çeşitli enerji kaynaklarının miktarlarını tanımlamak için kullanılan kg, m³, ton, kWh gibi farklı birimleri aynı düzlemde ifade etmeye yarayan bir tanımdır. 1 TEP, 1 ton petrolün yakılmasıyla elde edilecek enerjiye tekabül etmektedir ki, bu da yaklaşık 10⁷ Kcal'ye, 41,8x10⁹ Joule'e ve 11,6x10³ kWh'e karşılık gelmektedir. Bir ülkenin enerji yoğunluğu ne kadar düşükse, o ülkede birim hasıla üretmek için harcanan enerji de o kadar düşük demektir ki, bu da enerjinin verimli kullanıldığına işaret etmektedir.

⁴ **KORUCU, YUSUF**; "Enerji Verimliliği Kanun Tasarısı Taslağı", http://www.eie.gov.tr/turkce/en_tasarrufu/en_tas_aktiflik/2005_bildiriler/oturum3/YusufKorucu.doc (Erişim: 05.04.2007).

⁵ **YILMAZ, Elif**; "Enerji Verimliliği", Bilim ve Teknik Dergisi, TÜBİTAK Yayını, Sayı:459, Şubat 2006, s.49.

Bilindiği gibi, özellikle son yıllarda, enerji konusu tüm dünya ülkelerinin gündeminde ilk sırayı alan maddelerden biri haline gelmiştir. Tüm dünyada yaygın olarak kullanılan ve son yıllarda tükenme eğilimi gösteren fosil yakıtlar ve buna bağlı olarak artan enerji fiyatları, üretimi ve dolayısıyla ekonomileri olumsuz yönde etkilemeye başlamış; bilim adamları alternatif enerji kaynakları arayışına girmişlerdir. Bu çalışmada önemini koruyan bu konuya değinilerek enerji kavramı, enerjinin insan ve toplum hayatındaki yeri ve önemi; ülkemizde ve dünyada enerji konusunun kritik noktaları değerlendirilmeye çalışılmıştır. Dünya ülkelerinin izledikleri yollar incelenmeye çalışılarak ülkemizde yaşanan gelişmeler de ayrıca ele alınmıştır. Gelişmekte olan Türkiye'nin giderek artan enerji ihtiyacı ve dış borçları sebebiyle git gide artan ekonomik sorunlar, buna karşın ihtiyaç duyulan enerjinin ithalat yoluyla karşılanmaya çalışılması nedeniyle oluşan karamsar tabloya ışık tutulmaya çalışılarak yenilenebilir enerji kaynaklarının önemine değinilmiştir.

Bu çalışmada ayrıca enerjinin taşıdığı öneme bağlı olarak daha verimli kullanılmasının ve üretilmesinin gerekliliği, görülen fırsat ve tehditler açıklanmaya çalışılmıştır. Ele alınan konular; birinci bölümde enerji kavramı ve toplum hayatı için önemi, verimlilik kavramı ve enerji verimliliği, enerji – toplum ve çevre ilişkisi; ikinci bölümde konvansiyonel ve yenilenebilir enerji kaynaklarının tanımı, ülkemiz açısından önemi ve mevcut durumu; üçüncü bölümde ise örnek olarak ele alınan bir konvansiyonel enerji kaynağı ile çalışan enerji santrali ile yenilenebilir enerji kaynağı ile çalışan enerji santralinin verimlilik açısından kıyaslanması araştırmaları incelemeye sunulmuş, varılan sonuçlar tartışılmaya çalışılmıştır.

BİRİNCİ BÖLÜM

ENERJİ

1.1 Enerji Kavramı

“Ülkelerin toplumsal gelişmelerinin sürükleyici unsurlarının başında enerji kullanımı gelmektedir. Enerji kaynakları günlük yaşamımızın, enerji ve sanayi ürünleri ise üretimimizin en önemli yaşamsal girdileridir. Bu nedenle de ülkenin ve enerji alanının yönetimini üstlenenler, toplumun ve ekonominin gereksinim duyduğu enerjiyi kesintisiz, güvenilir, zamanında, temiz ve ucuz yollardan temin etmek ve gerek en uygun fiyatlarla sağlayabilmek, gerek enerji arz güvenliği açısından bu kaynakları çeşitlendirmek zorundadırlar”⁶.

Enerji; üretimin en temel girdilerinden biri olmasının yanı sıra, insanın günlük hayatının da vazgeçilmez bir parçasıdır. Evimizde ısınmak, serinlemek, televizyon seyretmek, yemek yemek gibi temel ihtiyaçlarımızı karşılayabilmek için hepimiz belli bir miktar enerji tüketmekteyiz. Bu ihtiyaçlarımızı gidermek için satın almak durumunda olduğumuz araç gerecin üretiminde de, yani sanayide de enerji vazgeçilmez bir gerekliliktir. Kısaca, enerji insanın en büyük gereksinimlerinden biridir.

“Enerji sorunları, ekonomik ve çevresel açıdan olduğu kadar, bütüncül, küresel, sosyal ve kurumsal açılardan da ele alınmalıdır. Özellikle, insanlar enerjinin kendisiyle değil, enerjiden sağlanan ısınma, soğutma, pişirme, aydınlatma, hareket ve elektrikli aletlerin kullanımı gibi hizmetlerle ilgilenmektedirler. Bu nedenle, tüm dikkat bu hizmetlerin gelecekte nasıl daha etkili ve verimli sağlanabileceği konusuna çevrilmelidir. Sonuçta, şimdiki alışık olduğumuz yöntemlerden çok farklı başka yöntemler de ortaya çıkabilir”⁷.

⁶ **PAMİR, Necdet;** “Enerji Politikaları ve Küresel Gelişmeler”, Küreselleşmenin Enerji Sektöründe Yapısal Değişim Programı ve Enerji Politikaları, Elektrik Mühendisleri Odası, 5. Enerji Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Ankara 2005, s.67.

⁷ **DÜNYA ENERJİ KOMİSYONU;** Yarının Dünyası İçin Enerji, Ocak 1996, s.26.

Ekonomik ve sosyal kalkınmayı destekleyecek şekilde enerjinin yeterli, kesintisiz ve güvenilir bir biçimde sağlanması, enerji teminine yönelik tüm süreçlerde verimliliğin artırılması, ekolojik denge ile çevre üzerindeki olumsuz etkilerin minimuma indirilmesi günümüzde bir ülkenin gelişmişlik göstergeleri içinde en başta gelmektedir⁸. 1900'lü yıllarda teknolojinin gelişmesi ile birlikte otomatik kontrol ve SCADA⁹ sistemlerinin de çağ atlaması, buna bağlı olarak yaygınlaşan seri üretim ve görülen hızlı makineleşme, insanoğlunun enerjiye bağımlılığını arttırmış, hatta bu gücü elinde bulundurmak isteyen ülkeler arasında savaşlar dahi yapıldığı görülmüştür. *“Enerji, kuşkusuz milyonlarca yıldan bu yana insanoğlunun yaşamını devam ettirmesinde en önemli temel kaynaklardan birisi olmuştur. 18. yüzyılın ikinci yarısında başlayan ve Sanayi Devrimi olarak adlandırılan bilimsel ve teknolojik gelişmeler sonucunda, üretim sürecindeki hızlı makineleşme, beraberinde enerji ihtiyacını da gündeme getirmiştir. Gelişen sanayi ve artan nüfus, büyük bir ivme ile enerji ihtiyacını da artırmış, bu durum enerji kaynaklı çevre kirliliğinin de aynı oranda artmasına neden olmuştur”*¹⁰. Enerji, halkın günlük yaşantısının, sanayicinin, ekonomik ve sosyal kalkınmanın en önemli girdisidir. Enerji olmadan hiçbir üretimin gerçekleştirilmesi mümkün değildir. Bu özelliği ile de enerji sosyo-ekonomik kalkınmanın temel taşıdır denilebilir. Sanayinin ihtiyacı olan makinelerin yapımında ve kullanımında da enerji ihtiyacı vardır ve sanayi faaliyetleri çok miktarda enerji gerektirmektedir.

*“Enerji, tüketim payının yüksek ve tükettiği enerjinin ticari karakterli olmasından dolayı sanayi sektöründe öncelikli özelliktedir. Enerji tüketim büyüklüklerine göre sanayi dalları da, demir-çelik, çimento, petro-kimya ürünleri olan kauçuk ve plastik sanayi ve diğerleri şeklinde sıralanabilir. Sektörlerin faaliyetlerini devam ettirmeleri açısından yeterli enerji temininin önemi açıkça ortadadır”*¹¹.

“Enerji, üretim işletmelerinde kullanılması zorunlu bir girdi ve toplumların refah düzeylerinin yükseltilmesi için gerekli bir hizmet aracı olarak, ekonomik ve

⁸ ERÇEN, Emrah; “Ülkemizde Enerji Verimliliği ve Yönetimi Çalışmalarının Dünü, Bugünü ve Geleceği” Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İzmir 2001, s.1.

⁹ S.C.A.D.A. İngilizce "Supervisor Control And Data Acquisition" (Yönetimsel Denetim ve Veri Elde Etme) sözcüklerinin kısaltılmasıdır. SCADA sistemleri, büyük bir alana ait teknik konulardaki denetleme ve yönetim işlevini yerine getirmek amacıyla. Bu bağlamda çoğunlukla HMI (Human-Machine Interface) veya MMI (Man-Machine Interface) kısaltmaları ile yanyana kullanılır. Ayrıca bkz. Ankara Su ve Kanalizasyon İşletmeleri (ASKİ), <http://www.aski.gov.tr/m.asp?tid=28&pn=1> (Erişim: 26.03.2007).

¹⁰ DİKMEN, Çağatay; “AB’de Enerji ve Çevre”, 5. Enerji Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Ankara 2005, s.585.

¹¹ Ayrıca bkz. TÜSİAD, <http://www.tusiad.org/turkish/rapor/enerji/html/sec15.html> (Erişim: 07.04.2007).

sosyal kalkınmanın temel taşlarından birisidir. Bu nedenle ekonomiye, yeterli ve güvenilir enerjinin, yerinde, zamanında ve düşük maliyetle sağlanması büyük önem taşımaktadır. Geleneksel enerji kaynaklarının tükenme eğilimine girdiği, enerji fiyatlarının artış göstermesinin beklendiği, enerji kullanımından kaynaklanan çevre sorunlarının büyüdüğü bir dönemde enerji planlaması, özellikle enerji kaynakları kıt, ithal kaynaklara bağımlı, yetersiz döviz kaynaklarına sahip ülkeler için yararlı ve zorunlu bir araç olarak görülmektedir”¹².

1.2 Enerjinin Önemi

Enerji, iş yapabilme yeteneğidir. Doğrudan ölçülemeyen bir değer olup fiziksel bir sistemin durumunu değiştirmek için yapılması gereken iş yoluyla veya enerji türüne göre değişik hesaplamalar yoluyla bulunabilir. Enerji *korunumlu*¹³ bir büyüklüktür ve aynı zamanda biçim değiştirebilir. Bunun en sıradan örneği hidroelektrik santrallerinde elektrik enerjisine dönüştürülen, suyun potansiyel enerjisidir. Bu dönüşüm işlemi pratikte birebir olamaz, kayıplar oluşur. Enerji korunumlu bir büyüklük olmasına rağmen diğer biçime dönüştürülemeyen ve dolayısıyla ısı olarak etrafa yayılan enerji, kayıp olarak nitelendirilir.

Makinelerimizi çalıştıran, arabalarımızı yürüten, üretimi sağlayan, bizi aydınlatan, bilgisayarlarımızı çalıştıran güç; kimi zaman elektrik enerjisi, kimi zaman kimyasal enerji, kimi zaman potansiyel, kimi zaman da manyetik enerji olarak karşımıza çıkmaktadır. Doğada bulunan ve / veya yapay olarak üretilen potansiyel, kinetik ve manyetik enerjilerin başka enerji türlerine çevrilmesi ile insanlığın kullanımına sunulan enerji ve güç, bugün toplum hayatının vazgeçilmez unsurlarından biri haline gelmiştir. Elde edilme kaynağına göre önem arz eden enerji hususu; gelişen teknoloji, nüfus artışı ve giderek artan talep dolayısıyla kritik bir konu haline gelmiştir.

1990’lı yıllarda yayımlanan eserlerde, genellikle 2020-2050 yılları arasındaki dünya koşullarının öngörülmeye çalışıldığı görülmektedir. Bu yıllarda karşımıza

¹² **TÜRK SANAYİCİLERİ VE İŞADAMLARI DERNEĞİ**; Enerji Sektöründe Geleceğe Bakış Arz, Talep Ve Politikalar, Yayın No: TÜSİAD-Y/94, 11-168, Kasım 1994, s.15.

¹³ İlk defa James Prescott Joule tarafından tanımlanan enerjinin korunumu yasası, enerjinin var iken yok edilemeyeceğini, bir enerji türünün bir başka türe dönüştürülmesi sırasında görülecek artış ve azalışların birbirine eşit olacağını ifade etmektedir.

çıkacak olan ülke nüfusları, buna bağlı olarak görülecek enerji ihtiyacı ve bu enerjinin üretiminden doğacak olan çevre kirliliğine karşı alınabilecek önlemlerin daha doksanlı yıllardan itibaren tartışmalara konu olduğunu literatürden takip edebilmekteyiz. Bu konuda ilk dikkat çeken husus nüfus artışı olup, Bileşmiş Milletler senaryolarına göre 1990 yılında 5.3 milyar olan dünya nüfusunun, 2020 yılında 8.1 milyara, 2050 yılında 10 milyara, 2100 yılında ise 12 milyara ulaşacağı tahmin edildiği görülmektedir¹⁴. 2003 yılı itibarı ile 65 milyondan fazla olan Türkiye nüfusu da yılda %1,7 artış göstermekte ve 2022 yılında 83,4 milyon olması beklenmektedir¹⁵. Bu verilere göre, nüfus artışıyla birlikte karşılaşılabilecek ihtiyaç artışının, üretimin ve dolayısıyla enerji ihtiyacının da artmasına neden olacağı söylenebilir. Nüfus artışının daha çok, gelişmekte olan ülkelerde gerçekleşeceğinin tahmin edildiği ve ayrıca bu ülkelerde aşırı enerji tüketimi söz konusu olacağı tahmin edildiği de gözlenmektedir. *“Gelişmekte olan ülkeler, pek yakında dünyanın en büyük enerji pazarı haline geleceklerdir. Bu ülkelerin enerji tüketimi bugün zengin ülkelerin yarısı kadar olmakla birlikte, bu tüketim her on beş yılda bir iki katına çıkmaktadır. Bu hususta dikkat çekici olan noktalardan biri de, gelişmekte olan ülkelerde nüfus artışına bağlı olarak enerji ihtiyacı artarken; zengin ülkelerin nüfus sayısında ve dolayısıyla kişi başına enerji ihtiyacında çok önemli değişiklikler görülmeyecek olmasıdır”*¹⁶.

İnsan hayatının vazgeçilmez bir parçası olan enerji, günümüzde hem üretim hem de tüketim açısından bazı ulusal ve uluslararası politikalarla yönetilmektedir. Çünkü giderek artan üretime bağlı olarak giderek artan enerji üretim ve tüketiminin, gerek kaynaklar açısından siyasi bir unsur, gerek çevresel koşullar açısından tehlikeli bir etken haline geldiği gözlenmektedir. *“Dünyada, üretim sistemlerindeki ve bunun dayandığı teknoloji tabanındaki köklü değişimlerle bilgi toplumuna geçiş süreci yaşanmaktadır. Özellikle enformasyon (bilgi) teknolojilerindeki gelişmelerin bir sonucu olan ileri otomasyon teknolojisi, yalnızca basit işgücünü değil, belirli ölçüye kadar beyin gücünü de ikame edebilme olanağını vermiştir. Bu çerçevede kaliteli insan gücüne dayanan bilgi yoğun sanayiler ve ileri üretim yöntemleri hızlı gelişmenin belirleyicisi olmuştur. Bilgi çağında yaşanan değişimler o kadar hızlı olmaktadır ki, daha önceden öngörülerde bulunabilmek artık mümkün olmamaktadır.*

¹⁴ DÜNYA ENERJİ KOMİSYONU; a.g.e., s.27.

¹⁵ EVRENDİLEK, F. / ERTEKİN, C.; “Assessing The Potential Of Renewable Energy Sources In Turkey”, Renewable Energy, Volume 28, Issue 15, December 2003, s.2304.

¹⁶ ANDERSON, Dennis; “Energy and the Environment: Technical and Economic Possibilities”, Finance & Development / June 1996, s.10.

*Bugün bir işletme için değişim, içinde bulunduğu rekabet ortamı ve bu ortamda ayakta kalabilmek için geliştirmek zorunda olduğu stratejilerine göre biçimlenmektedir*¹⁷. Son dönemlerde karşımıza çıkmakta olan bu yeni koşullar ve bunlarla beraber enerji kaynaklarının dünya coğrafyası üzerinde eşit dağılmış olmamasının yanı sıra, enerji üretim ve tüketiminin yine dünya coğrafyası üzerinde eşit olarak gerçekleşmemesi; ülkelerin gelişmiş, gelişmekte olan ve az gelişmiş olarak sınıflandırılmaları hususuna hem sebep hem de sonuç olarak gösterilebilir. Özellikle elektrik enerjisinin depo edilemez nitelikte olması ve üretildiği anda tüketilmesi gerekliliği nedeniyle, stratejik planlama gerektiren bir olgudur. Görülmekte olan çevresel kirlilik ve küresel ısınma nedeniyle de, gelecek nesiller için, artan miktarlarda enerji üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırım yapmak yaşamsal bir zorunluluk olarak görülmektedir¹⁸.

1.3 Enerji Yönetimi

*“Enerji yönetimi; enerji kaynaklarının ve enerjinin verimli kullanılmasını sağlamak üzere yürütülen eğitim, etüd, ölçüm, izleme, planlama ve uygulama faaliyetlerini içermektedir”*¹⁹. Enerji yönetim sistemi; ürün kalitesinden, güvenlikten veya çevresel tüm koşullardan fedakarlık etmeksizin ve üretimi azaltmaksızın enerjinin daha verimli kullanımı doğrultusunda yapılandırılmış ve organize edilmiş disiplinli bir çalışmadır²⁰. Enerji yönetiminde birinci amaç mevcut işlem, birim ya da sistem genelinde sağlanabilecek değişiklikler ve alınabilecek önlemler ile kullanılmakta olan enerjiden tasarruf etmektir. Belli bir programa bağlı olmadan yapılan çalışmalarda basit önlemlerle işletmelerde %10'a varan oranlarda enerji tasarrufu sağlanabilmektedir. Geniş kapsamlı enerji yönetim programının uygulanması ile enerji tasarrufu çalışmalarına süreklilik kazandırıldığı gibi tasarruf oranı %25'e varabilir. Ürün ve tasarım teçhizatından üretimin taşınmasına, atıkların en aza indirilmesinden elden çıkarılmasına kadar pek çok husus enerji yönetimi

¹⁷ DOĞAN, Özlem İpekçil; “Kalite Uygulamalarının İşletmelerin Rekabet Gücü Üzerine Etkisi”, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Cilt:2, Sayı:1, İzmir 2000.

¹⁸ KAYNAK, Serdar; “Enerjinin Verimli Kullanımına Yaklaşımlar”, Küreselleşmenin Enerji Sektöründe Yapısal Değişim Programı ve Enerji Politikaları, Elektrik Mühendisleri Odası, 5. Enerji Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Ankara 2005, s.533.

¹⁹ Ayrıca bkz. ISO (International Organization For Standardization), <http://www2.iso.org.tr/tr/Documents/Cevre/MEVZUAT%20LISTESI/53%20ENERJİ%20VERİMLİLİĞİ%20KANUNU.doc> (Erişim: 11.04.2007).

²⁰ GÜLCAN, F. Deniz; “Energy Management In The Rubber Industry”, DEÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Teknolojisi Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İzmir 1995, s.1.

olanakları içerisinde sayılmaktadır. Enerji yönetiminde ikinci amaç ise; enerji ekonomisi ilkelerini göz önüne alarak enerji tüketen ekipmanlarla maliyet yönetimi arasında ilişki kurmaktır. Enerji yönetim programının etkinliği üst yönetimin bu konudaki kararlılığı ve desteğine bağlıdır. Üst yönetim kademeleri, enerji ve enerji tasarrufu konusunda yönlendirici olmasa bile teşvik edici, denetleyici, zamanında ve doğru kararlar verici organ olduğundan işletmedeki enerji sorununun temel sorumlusu durumundadırlar.

Enerji yönetiminin işletmeye sağlayacağı yararlar ise;

- Düşük enerji maliyetleri
- Karbon emisyonunun azalması
- Daha iyi çalışma koşulları
- Daha iyi denetim
- Kanunlara uygunluk
- ISO 14001²¹ akreditasyonuna katkı
- Kurumsal ve toplumsal sorumluluğa katkı

olarak sıralanabilir²².

İşletmelerde enerji yönetiminin uygulanması için; enerji tasarrufu sağlanması, enerji ekonomisi uygulamalarıyla enerjinin etkin kullanılması (enerji ekonomisi çalışmaları; analiz, modelleme, uygulama ve değerlendirme aşamalarından oluşur²³), kuruluşta bir enerji sorumlusu tayin edilmesi ve yetkilerinin belirlenmesi, enerji sorumlusuna yardımcı olacak bir enerji komitesi kurulması faaliyetleri sürdürülebilir. Bu yolla yapılacak plan ve programlar dahilinde ısı yalıtımı sağlanması, elektrikte güç faktörünün düzeltilmesi (kompanzasyon²⁴), aydınlatmanın

²¹ **TS-EN-ISO 14000** Çevre Yönetim Sistemi Standartları serisi, hem işletmeler hem de ürünler için çevre faaliyetlerinin analiz edilmesi, etiketleme, denetleme ve yönetme sistem ve araçlarını kapsamaktadır. Bu standartların amacı; çevreyi ve kaynakları tahrip etmeyen gelişmiş teknolojilerin kullanımını teşvik ederek, sürdürülebilir kalkınma amaçlarına ulaşmak, tüketicuyu bu yolda bilinçli ve duyarlı yapmak, çevreye zararlı ürünlerin ve hammaddelerin yerine ürünün ömrü boyunca çevre etkilerini değerlendirerek zararlı ürünlerin elenmesini sağlamaktır. Ayrıca bkz., <http://www.tse.org.tr/Turkish/KaliteYonetimi/14000bilgi.asp> (Erişim: 30.04.2007).

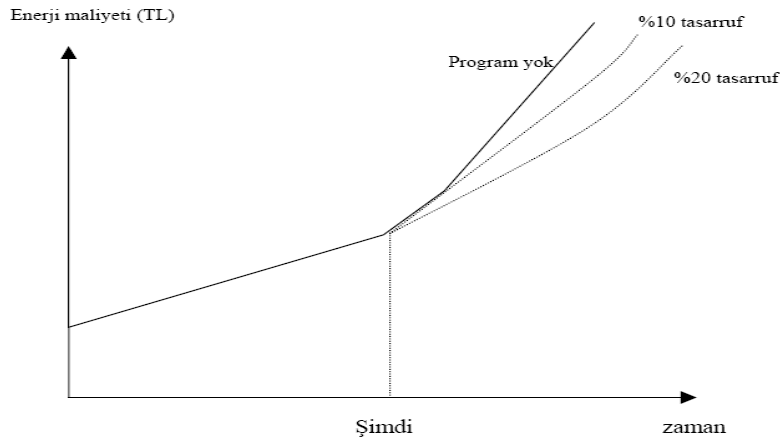
²² Ayrıca bkz. <http://www.energ.co.uk/?OBH=467#man> (Erişim: 11.04.2007).

²³ **ÖZDİL, Eralp / UĞURSAL, İsmet**; "Enerji Ekonomisi İçin Projelendirme", Sanayide Enerji Yönetimi ve Tasarrufu Kurs Bildirileri, Düzenleyen: İbrahim KAVRAKOĞLU, Boğaziçi Üniversitesi, İİBF, Yayın No: 285, 1. Baskı, İstanbul 1983, s.310.

²⁴ **Kompanzasyon**: Kaynakların optimum verimle kullanılması için akım ile gerilim arasında faz farkı olmamalıdır. Pratikte ise tüm yükler rezistif olmadığı için bu mümkün değildir. İndüktif ya da kapasitif yüklerin oluşturduğu etki neticesinde, akım sinyalinin fazı gerilim sinyaline göre ± 90 derece kayar.

etkin kullanımı, atık enerjiden ve alternatif enerji kaynaklarından yararlanma, ar-ge çalışmaları, personel eğitimi gibi faaliyetler sürdürülerek ve denetim mekanizmasının işlerliği sağlanarak enerjiden daha verimli şekilde yararlanmak mümkün olacaktır. Şekil 1.1'de işletme bazında uygulanacak bir enerji yönetimi programının zamana bağlı olarak enerji maliyetlerinde görülen düşüşe etkisi grafiksel olarak gösterilmektedir.

Şekil 1.1 – Enerji Yönetimi İle Geçmiş, Şimdi ve Gelecekteki Enerji Maliyetleri



Kaynak: **ONAYGİL, Sermin;** Enerji Yönetimi Ders Notları, İstanbul Teknik Üniversitesi, <http://atlas.cc.itu.edu.tr/~onaygil/ebt535K1.pdf> , Erişim: 01.05.2007.

Günümüzde birçok işletme, işlemlerini iyileştirmek ve geliştirmek için *Toplam Kalite Yönetimi (TKY)*²⁵ stratejisini benimsemiştir. İşletme bazında TKY kapsamında

İndüktif ve kapasitif etki neticesinde oluşan gerilim ve akım sinyali arasındaki faz kaymasını düzelterek, ideale yakın (0 derecede sabit) tutmaya yarayan işleme kompanzasyon denir. Pratikte ise, elektrik sisteminde elektrik motoru, bobin vb, mıknatıslanma etkisi ile elektrik enerjisini yine elektrik enerjisine ya da farklı bir enerjiye çeviren cihazların, bu mıknatıslanma etkisi ile faz akımını geri kaydırmasından (indüktif güç oluşturmasından) dolayı, şebeke üzerinde yaratmış oldukları indüktif reaktif gücü dengeleme ve fazın akımını olması gereken konuma geri çekme işlemine kompanzasyon denir. Reaktif güçler kompanze edilmez ise, 1) Şebekede güç kayıplarına neden olur, 2) Üretim ve dağıtım sisteminin kapasitesini azaltır, 3) Gerilim düşmesinin, taşınan gücü sınırladığı dağıtım hatlarında, enerji taşıma kapasitesinin düşmesine neden olur.

²⁵ **Toplam Kalite Yönetimi (TKY);** resmi tanımlamalara göre, bir kuruluştaki tüm faaliyetlerin sürekli olarak iyileştirilmesi ve organizasyondaki tüm çalışanların kesin aktif katılımıyla çalışanlar, müşteriler ve toplum memnun edilerek karlılığa ulaşılması olarak ifade edilmektedir. TKY'nin bir başka tanımı ise; Her kuruluştaki her düzeyde performansın iyileştirilmesine yönelik, tamamıyla entegre olmuş çabalarla,

sayılan Enerji Yönetimi çalışmalarının birincil amacı, minimum maliyet ve maksimum kardır. Enerji Yönetimi'nden arzu edilen alt amaçlar ise;

1. Enerjiyi etkin kullanarak enerji tüketimini azaltmak, dolayısıyla maliyetleri düşürmek
2. Enerji konuları arasında iyi bir iletişim sağlamak
3. Enerji kullanım yöntemleri için etkin izleme, raporlama ve yönetim stratejileri geliştirmek ve uygulamak
4. Ar-Ge çalışmaları ile enerji yatırımlarından geri dönüşümleri artırmak için yeni ve daha iyi yollar aramak
5. Tüm kullanıcıların enerji yönetim programı ile ilgilenmelerini ve onun bir parçası olmalarını sağlamak
6. Enerji teminindeki kısıtlayıcı etkileri veya kesintileri azaltmak

şeklinde sıralanabilir²⁶:

1.4 Ülkemiz Açısından Enerji Sektörü

Enerjinin günlük yaşamdaki öneminin giderek artması, yaşamın sürdürülebilmesi için gerekli enerji temininin ciddi bir sorun haline gelmesinden kaynaklanmaktadır. Özellikle, ülkemizde olduğu gibi birincil enerji kaynaklarının²⁷ temininin ithalata bağlı olduğu ve bu ithalatın da ülke ekonomisi için önemli bir maliyet olduğu günümüz koşullarında, reel enerji politikalarının belirlenmesi ve uygulanması büyük önem arz etmektedir. Ülkemizde üretilen ve tüketilen enerjinin eşit olmaması ve bu eşitsizliğin tüketim aleyhine her geçen yıl biraz daha büyümesi, enerjiyi özellikle son birkaç yıldır ülke gündeminin en önemli maddelerinden biri haline getirmiştir. Bu sorunun temel nedenlerinden birisi de, gerekli enerji

yöneticiden işçiye kadar herkesi kapsayan düzenli iyileştirme faaliyetleridir. Ayrıca bkz., <http://www.maliye.gov.tr/kalite/menu/tkynedir.htm> (Erişim: 30.04.2007).

²⁶ ONAYGİL, Sermin; Enerji Yönetimine Giriş Ders Notları, İstanbul Teknik Üniversitesi, s.1. Ayrıca bkz., <http://atlas.cc.itu.edu.tr/~onaygil/ebt535K1.pdf> (Erişim: 16.04.2007).

²⁷ Enerji kaynakları kendi aralarında birincil ve ikincil enerji kaynakları olarak sınıflandırılabilir. Birincil enerji kaynakları; petrol, doğal gaz, kömür gibi konvansiyonel enerji kaynakları ile rüzgar, güneş enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynakları olabilir. İkincil enerji kaynağı ise elektriktir. Ayrıca bkz., <http://www.kto.org.tr/dosya/rapor/turkiyeenerji.pdf> (Erişim: 02.12.2007).

yatırımlarının zamanında yapılmamış olmasıdır²⁸. Oysa ki, sürdürülebilir bir gelişme için enerjiye yatırım yapmaktan kaçınılmamalı, aksine yenilikler takip edilmeli ve hükümet politikalarıyla sürekli olarak desteklenmeli ve teşvik edilmelidir.

“Gelişmekte olan ülkeler arasında yer alan ve enerji ihtiyacı gün geçtikçe artan Türkiye’de, bu ihtiyacı karşılamak amacıyla çeşitli enerji kaynakları kullanılmaktadır”²⁹. 1970’lerin öncesinde Türkiye için enerji bol ve ucuza temin edilen bir girdi iken, bu yıllarda başlayan sorunlardan ülkemiz de etkilenmiştir. Özellikle 1980’lerde sanayinin hızlı bir ilerleme göstermesi ile ülkemizdeki enerji ihtiyacı da artmış ve yeni enerji kaynaklarına ihtiyaç duyulmaya başlanmıştır³⁰. Ülkemiz, geniş bir enerji potansiyeline sahip olmakla birlikte teknolojik yetersizlikler ve verimsiz kullanımdan kaynaklanan büyük bir açık ortaya çıkmaktadır. Bu açığın kapatılması için de başta petrol ve doğal gaz olmak üzere, enerji ithali yapılmakta ve bu ülke hazinesine büyük bir yük getirmektedir. Alternatif enerji kaynaklarının arayışı ve enerji sektörünün gelişmesi konusundaki çalışmalar sürdürülmekte, fakat bu çalışmaların bir araya getirilmesi zorlukları nedeniyle kopukluklar yaşanmakta ayrıca konu hakkında yasal düzenlemeler yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle ki, pek çok alternatif enerji kaynağı potansiyeline sahip olan ülkemizde halen enerji ithalatı sürmekte ve bütçe açığı büyümektedir.

1.5 Enerji Verimliliği

1.5.1 Verimlilik Kavramı

²⁸ **KAYNAK, Serdar**; a.g.e., s.537-538.

²⁹ **ERGÜN, Serdal**; “Türkiye Enerji Sektöründe Verimlilik Göstergeleri”, Küreselleşmenin Enerji Sektöründe Yapısal Değişim Programı ve Enerji Politikaları, Elektrik Mühendisleri Odası, 5. Enerji Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Ankara 2005, s.9.

³⁰ **KÖSETORUNU, Alev**; “Türkiye’de Enerji Sektörünün Geleceği”, <http://www.dtm.gov.tr/ead/DTDERGI/tem97/6.htm> (Erişim: 07.04.2007).

“Ekonomik büyüme ve kalkınma çabası ve süreci içinde olan ülkemizde verimliliğin önemi tartışılmayacak kadar büyüktür. Nitekim kalkınma planlarında yüksek bir büyüme hızına ulaşılması, bu hızın korunması ve sürdürülmesi hedeflenirken, en büyük önem verimlilik üzerinde yoğunlaşmıştır. Bir başka deyişle, verimlilik ile ilgili hedefler, ekonomik büyümenin ve kalkınmanın niteliksel hedeflerinin en başta gelenidir. Böylece ekonomik büyümenin sürdürülmesi için hem üretim faktörlerine hem de faktör verimliliklerine sürekli artan bir nitelik kazandırmak zorunluluğu ortaya çıkmaktadır”³¹.

Genel bir tanım olarak; verimlilik, üretim sürecine dahil edilmiş öğelerin, birbirleriyle karşılıklı etkileşimleri sonucunda, elde edilen çıktıyı optimal noktaya çıkaracak bir miktar ilişkisi içerisinde olmalarına denir. Buradan anlaşıldığı gibi verimlilik; mal veya hizmet üreten bir sürecin, ürettiği çıktı ile bu çıktıyı elde etmek için kullandığı girdi arasındaki ilişkiler bütünüdür. Verimlilik, ekonomik bir terim olarak, herhangi bir ürün veya hizmetin üretim süreci içerisinde kullanılan üretim faktörleri ile elde edilen çıktı arasındaki ilişkiyi tanımlayan bir katsayı olarak tanımlanabilir. Makro açıdan verimlilik artışı da, çıktı/girdi oranının çevre, insan, kültür yapılarında hiçbir bozulmaya yol açmadan büyümesi demektir. Ekonominin veya sektörün gücü; yaratılan katma değere, istihdama, sermaye birikimine ve teknolojik düzeye doğrudan bağlıdır. Bu durum az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler için yoksulluktan kurtulma, gelişmiş ülkelere ise güçlerini koruma ve geleceklerini daha fazla garanti alma amacına yönelik olarak verimlilik artışı politikalarının yaratılması ve sürdürülmesi konusuna temel oluşturmaktadır³².

Ülkelerin refah düzeylerini ve rekabet güçlerini arttırmada anahtar bir terim olan verimlilik, tüm disiplinler ve günlük yaşamın her yönü ile de çok yakından ilgilidir³³. *“İşçilere daha çok ücret, işverenlere daha çok kar, devlete daha çok vergi sağlamanın havuzunu oluşturan verimlilik, iç ve dış pazarlarda rekabet eden bir işletmenin kalite, satış sonrası hizmetler ve imaj gibi kozları arasında seçkin bir yer tutar. Bir işletme, ürettiği mallara yönelik talebi sürekli kılabilmek ve böylece pazarlarda tutunabilmek için ürün fiyatını düşük tutmak, ürün kalitesini yükseltmek,*

³¹ **ERGÜN, Serdal;** a.g.e., s.537.

³² **ERGÜN, Serdal;** a.g.e., s.547.

³³ **ÖZDEMİR, Murat / TAPLAMACIOĞLU, M. Cengiz;** “Elektrik İletim ve Dağıtım Sistemlerinin Performans Kriterlerinin ve Birbirleri Üzerindeki Olumsuz Etkilerinin Değerlendirilmesi”, Küreselleşmenin Enerji Sektöründe Yapısal Değişim Programı ve Enerji Politikaları, Elektrik Mühendisleri Odası, 5. Enerji Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Ankara 2005, s.499.

*satış sonrasında sunduğu hizmetleri geliştirmek ve imaj yaratmak için olduğu kadar, verimlilik düzeyini yükseltmek için de savaş vermek durumundadır*³⁴.

“Verimlilik statik değil, dinamik bir ölçüdür. Zira, verimliliğin ölçümü için belli bir üretim döneminde (saat, gün, hafta, ay ve yıl gibi) üretime katılan her bir faktörün birimine düşen üretim miktarının ölçülmesi ve değişik dönemler arasındaki faktör verimliliğinin birbiriyle karşılaştırılması gerekmektedir.

Tanıma göre;

$$\text{verimlilik} = \frac{\text{üretim miktarı}}{\text{üretim faktörleri miktarı}} = \frac{\text{çıktı}}{\text{girdi}} (\text{birim zaman})$$

*eşitliği ile gösterilir*³⁵. İşletmenin başarı derecesi de verimlilik kavramı ile ilişkili olan bazı diğer kavramlara da bağlı kalarak değerlendirilmelidir. Bu kavramlar aşağıda kısaca açıklanmıştır.

1.5.1.1 Verimlilik İle İlgili Kavramlar

1.5.1.1.1 Etkinlik

*“Etkinlik, bir işletmenin üretim faktörleri veya üretimin kendisi için önceden saptadığı programın gerçekleştirilme derecesinin bir ölçüsüdür. Diğer bir deyişle, önceden saptanan standart ölçülerle, gerçekleşen ölçüler karşılaştırılır*³⁶. Kısaca, faaliyetlerin amaca ulaşma derecesinin ölçüsüdür denilebilir. Etkinlik ölçütü sayesinde işçilik, hammadde vb girdilerin amaçlar doğrultusunda ne denli faydalı kullanıldığı görülebilecektir. Etkinlik ve verimlilik kavramlarının birbirinden ayırt edilmesi gerekir. Verimlilik uzun dönemde teknolojik değişime dayanırken, etkinlik kısa dönemde veri teknolojileri ile daha çok çıktı elde etmeye yöneliktir³⁷.

“Etkinlik ya da yeterlilik derecesi aşağıdaki eşitlik ile belirlenebilir:

³⁴ **ATAN, Murat;** “Üretim ve Verimlilik Arttırma Teknikleri”, Ekonometri Bölümü Ders Notları, Gazi Üniversitesi İİBF, Ankara 2005, s.1, <http://muratatan.info/notes/10.pdf> (Erişim: 25.03.2008).

³⁵ **DOĞAN, Muammer;** İşletme Ekonomisi ve Yönetimi, DEÜ İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Yayını, Genişletilmiş Yeni Baskı, İzmir 1998, s.354.

³⁶ **DOĞAN, Üzeyme;** Verimlilik Analizleri ve Verimlilik – Ergonomi İlişkileri, İzmir Ticaret Borsası Yayınları, No: 31, İzmir 1987, s.26.

³⁷ **GÜRAK, Hasan;** “MPM Verimli Mi? Milli Prodüktivite Merkezi ve Makro Verimlilik”, Verimlilik Dergisi, MPM Yayını, S.2001/2, s.9.

$$\text{etkinlik} = \frac{\text{standart performans}}{\text{gerçekleşen (fiili) performans}}$$

*Etkinlik oranının 1 değerinin altında kalması, faaliyetin istenildiği kadar ya da kendinden beklenildiği gibi gerçekleşmediği anlamına gelir*³⁸. Etkinlik oranı bire eşit olduğu zaman, veri teknoloji ile elde edilmesi mümkün olan en üst seviyede çıktı elde ediliyor demektir³⁹.

1.5.1.1.2 Ekonomiklik

Ekonomiklik, üretimden elde edilen gelirler ile üretim esnasında yapılan maliyet giderleri arasındaki oran olarak tanımlanabilir. Ekonomiklik;

$$\text{ekonomiklik} = \frac{\text{gelirler}}{\text{giderler}} = \text{verimlilik} \times \frac{\text{ürün fiyatı}}{\text{faktör fiyatı}}$$

biçiminde formüle edilebilir.

1.5.1.1.3 Rantabilite

“Rantabilite, sermayenin parasal olarak verimliliğini ifade eder. Diğer bir deyişle, rantabilite; belli bir dönemde elde edilen karın işletmede kullanılan sermayeye oranıdır. Yani,

$$\text{rantabilite} = \frac{\text{kar}}{\text{sermaye}} \times 100 \quad \text{şeklinde gösterilebilir.}$$

*Verimlilik arttığı halde satış hacmi artmazsa ekonomiklikle birlikte rantabilite de düşer. Satış hacmi azalınca kar da azalır, buna karşılık verimlilik artışı için daha çok sermaye kullanılması rantabilite oranını düşürecektir*⁴⁰.

³⁸ DOĞAN, Muammer; a.g.e., s.355.

³⁹ GÜRAK, Hasan; “Verimlilik Artışları ve Eğitimli Yaratıcı İnsan Kaynakları İlişkisi”, Verimlilik Dergisi, MPM Yayını, S.2000/1, s.14.

⁴⁰ DOĞAN, Muammer; a.g.e., s.356.

1.5.1.2 Verimlilik Türleri

Üretim miktarının üretim faktörlerine oranı olarak tanımlanan verimliliğin belirlenmesinde farklı metotlar kullanılmaktadır. Başka bir deyişle verimliliğin belirlenmesindeki kriterler değişik şekillerde belirlenebilmektedir. Buna göre; fiziki ve parasal verimlilik, ortalama ve marjinal verimlilik, mikro ve makro verimlilik, kısmi ve toplam verimlilik olmak üzere verimliliğin değişik yöntemlerle hesaplanmaya çalışılmaktadır. Fiziki ve parasal verimlilik, verimlilik oranının pay ve paydasında homojenlik derecesine göre fiziki veya parasal değerlerle ifade edilmesidir. Pay ve payda da fiziki değerlerle ifade edilmiş ise, parasal verimlilik olarak ifade edilmektedir. Yine belirli bir dönemde çıktıda meydana gelen artışın, aynı dönem girdilerindeki artışa oranı da marjinal verimlilik olarak ifade edilmektedir. İşletme düzeyinde hesaplanan verimlilik mikro verimlilik, ekonominin genelinde hesaplanan verimlilik ise makro verimlilik olarak adlandırılır⁴¹. Toplam faktör verimliliği ve kısmi verimlilik kavramları da aşağıda kendi başlıkları altında anlatılmıştır.

1.5.1.2.1 Toplam Faktör Verimliliği

“Toplam faktör verimliliği, genel verimlilik, belli bir üretim miktarının üretim süreci esnasında kullanılan üretim faktörlerine oranı şeklinde tanımlanabilir. Bu oran;

$$\text{Toplam Faktör Verimliliği} = \frac{\text{Toplam Üretim Miktarı (output)}}{\text{Toplam Girdi Miktarı (input)}}$$

şeklinde gösterilebilir”⁴².

Bu hesaplamanın tüm işletmeler için kendi durumunu bilmesi adına gerekli olduğu söylenebilir, ancak, kullanımı fazla yaygın değildir. Bunun nedeni ise, hesaplamanın zorluğundan ve yaygın olarak bilinmemesinden kaynaklanmaktadır. Bu konudaki güçlüklerin başında; çıktılardaki çeşitlilik ve farklılıkları olan işletmelerde ürünleri ortak ölçü altında toplamının karmaşık bir hesaplamayı

⁴¹ ÖZGÜLER, Verda Canbey; “Verimlilik”, Eskişehir Odunpazarı Belediyesi Hizmetiçi Eğitim Seminer Notları, http://www.yeniekonomi.com/word_belgeler/verimlilik.16.6.2005.doc (Erişim: 23.03.2007).

⁴² DOĞAN, Üzeyme; a.g.e., s.357.

beraberinde getirmesi gelmektedir. Diğer bir neden de, bu hesaplamanın sağlayacağı yararın farkında olmamak ve bunun için herhangi bir harcamaya katlanmak istememek gelmektedir. Üretim faktörleri homojen bir nitelik göstermediğinden, yani aynı ölçü birimiyle ölçülemediklerinden dolayı, üretim değerleri olan para cinsinden toplam faktör verimliliği hesaplanabilmektedir⁴³.

1.5.1.2.2 Kısmi Verimlilik

Tek bir faktörün çıktı üzerindeki etkisini incelemek daha kolaydır. *“Toplam üretim miktarının işgücü, hammadde, makine ve donatım gibi üretim faktörlerine oranına o faktörün verimliliği veya kısmi verimlilik denilmektedir.*

Üretim faktörlerinin her birinin ayrı ayrı verimlilikleri veya kısmi verimlilikleri şöyle ifade edilir:

$$\text{Makine verimliliği} = \frac{\text{Üretim miktarı}}{\text{Makine-saat miktarı}} \text{ (birim/makine-saat)}$$

$$\text{Malzeme verimliliği} = \frac{\text{Üretim miktarı}}{\text{Malzeme miktarı}} \text{ (birim/mal.mik.yada üretim değ./mal.değ.)}$$

$$\text{Sermaye verimliliği} = \frac{\text{Üretim değeri}}{\text{Üretimde kullanılan sermaye}} \text{ „44}$$

1.5.1.3 Verimlilik Ölçümü

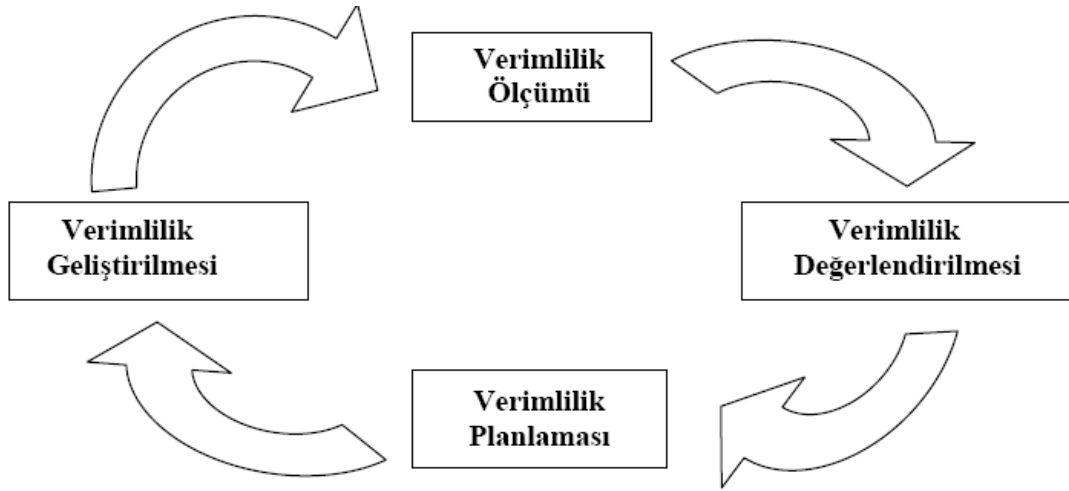
Verimliliği ölçmeden yönetmek ve iyileştirmek mümkün olmadığı için hangi düzeyde olursa olsun verimlilik ölçümü yapmak gereklidir. Girdilerden maksimum fayda elde etmek ve gerekirse girdi bileşimlerini değiştirmek, ekonomik anlamda

⁴³ DOĞAN, Muammer; a.g.e., s.357.

⁴⁴ DOĞAN, Muammer; a.g.e., s.357.

getiri sağlayacak, bu noktaya ulaşmak için de verimliliğin ölçülerek belli dönemler arası kıyaslamalar yapılması gerekecektir.

Şekil 1.2 – Verimlilik Çemberi



Kaynak: **ATAN, Murat**; a.g.e., s.8.

Üretim sürecinde kullanılan girdilerin azalması ve buna karşılık çıktıların artması verimlilik artışına işaret edecek, böylece ürün başına maliyetlerde azalma görülecektir. Buna bağlı olarak da verimlilik düzeyi artan işletmelerin rekabet ve karlılık oranlarında artış görülecektir. Şekilde 1.2’de de görüldüğü üzere verimlilik ölçümü bir döngünün parçasıdır. Bu ölçüm dinamik bir kavramdır ve tekrarlanarak dönemler arası kıyaslamalar yapmayı gerektirir⁴⁵.

Eğer işletmeler farklı ürün çeşitlerinde üretim yapıyorlarsa verimlilik ölçümü de karmaşılaşmaktadır. Üretim bölümlerinin kısmi verimliliklerini ölçmek için her bölümde kullanılan girdi (input) ve çıktı (output) ölçümlerini yaparak verimlilik ölçümleri yapılabilir. Nihai ürünlere göre verimlilik analizleri yapmak daha karmaşık işlemler gerektirir. Çıktıların fiziksel ve parasal ölçümleri yapılabileceği gibi; emek, sermaye, hammadde gibi girdiler ölçülerek verimlilik ölçümü yapılabilmektedir. Veri

⁴⁵ **ATAN, Murat**; a.g.e., s.6.

zarflama analizi gibi yöntemlerle farklı ölçü birimlerine sahip girdi ve çıktıların karşılaştırması yapılarak verimlilik ölçülmekte ve buna bağlı olarak üretim etkinliklerinin değerlendirilmesi yapılmaktadır.

1.5.2 Enerji Verimliliği

“Neden enerji verimliliği?”

1. Fosil kaynakların görünür gelecekte tükenecek olması
2. Alternatif kaynakların henüz ekonomik olmaması
3. Artan talep nedeniyle fiyatların tırmanması
4. Yerli kaynakların ithal bağımlılığını önleyememesi
5. Ekolojik dengenin alarm vermesi.

Kullandığımız enerjinin tamamını faydaya dönüştürelim”⁴⁶.

“Bugün hem sürdürülebilir kalkınmanın gereklerini yerine getiren, hem de çevresel tehlikelerle enerji üretimi ve tüketiminden kaynaklanan ekonomik ve sosyal maliyetleri en aza indirgeyen bir strateji oluşturmak için, çevresel kısıtlar, ekonomik ve siyasi kısıtlarla beraber düşünülmelidir. Burada bahsedilen strateji de enerji verimliliği stratejisidir. Böyle bir strateji, en önce enerji ihtiyacı kavramının dramatik biçimde yeniden ele alınmasına dayanmaktadır. Aynı hizmet bugünkünden daha az enerji kullanarak ve toplamda bugünkünden daha az bir maliyetle yerine getirilebilir. Bu durum, en ileri teknolojileri kullanan ve belirgin biçimde etkin ekonomilere sahip olan ülkeler için de geçerlidir”⁴⁷.

Son yüzyılda sanayi ve teknolojide görülen büyük gelişmelere karşın doğal enerji kaynakları hızla tükenmektedir. Bu nedenle enerjinin etkin kullanılması, israfın önlenmesi ve enerji maliyetlerinin aşağı çekilmesi gerekmektedir. Başka bir deyişle; yaşam kalitesinde düşüşe yol açmadan enerji tüketiminin azaltılması, yani, enerjide verimliliğin artırılması gerekmektedir. Bu artışın sürekliliğinin sağlanması için ise belli aralıklarla enerji verimliliği ölçümleri yapılmalı, bu ölçümler değerlendirilmeli ve gerekiyorsa yeni yatırımlar yapılmalıdır⁴⁸. Kısaca enerji verimliliği, enerji

⁴⁶ ELEKTRİK MÜHENDİSLERİ ODASI; İzmir Şubesi, Ege Bölgesi Enerji Forumu Bildiri Kitabı, İzmir, Mart 2007, s.73.

⁴⁷ LAPONCHE, Bernard / JAMET, Bernard / COLOMBIER, Michel / ATTALI, Sophie; “Energy Efficiency For A Sustainable World”, ICE Editions, International Conseil Énergie, Paris 1997, s.18.

⁴⁸ ERGÜN, Serdal; a.g.e., s.557.

kaynaklarının üretimden tüketim aşamasına kadar tüm safhalarda en yüksek etkinlikte değerlendirilmesini ifade etmektedir.

“Şimdi aklımıza şöyle bir soru gelebilir: Enerji, diğer üretim girdilerinden farklı mıdır? Üretim ölçümleri perspektifinden bakılırsa cevap Hayır’dır. Tüm girdilere aynı şekilde davranılmalıdır. Yapılması gereken ölçüm de, girdi miktarını aynı tutarak çıktı miktarında artış sağlanması üzerine kurulmalıdır”⁴⁹.

Enerji verimliliği konusunun kapsadığı stratejilerin en önemlilerinden birisi enerji tasarrufudur. *“Halk arasında genellikle enerjinin az kullanılması, iki ampulden birinin söndürülmesi şeklinde algılanmakta olan enerji tasarrufu, aslında enerji atıklarının değerlendirilmesi ve mevcut enerji kayıplarının önlenmesi yoluyla tüketilen enerji miktarının ekonomik kalkınmayı ve sosyal refahı engellemeden, kalite ve performansı düşürmeden enerji ihtiyacının en aza düşürülmesidir”⁵⁰.* Türkiye’de EİE tarafından 1981 yılından beri bu konuda çalışmalar yapılmaktadır. Çalışmaların tek mercide toplanması açısından 1993 yılında Ulusal Enerji Tasarrufu Merkezi (UETM) kurulmuştur. 1995 yılı Kasım ayında çıkarılan yönetmelikle, enerji tüketimi yapan sanayi kuruluşlarında tasarruf imkan ve odaklarının tespiti, genel ve spesifik enerji tüketimi hedeflerinin belirlenmesi ve izlenmesi, mevcut durumdaki enerji tüketimi ve hedef rakamlara ulaşmak için plan ve programlar yapılarak Enerji Yönetim Sistemi’nin kurulması öngörülmüştür. Bu yönetmelikle, bazı enerji üretim ve dönüşüm uygulamalarının zorunlu hale getirilmesi, bunları uygulamayan işletmeler için ise yaptırımlar getirilmesi önerilmiştir. Ayrıca, Enerji Verimliliği Yasası⁵¹ ile ilgili çalışmalarda, en az 500 TEP enerji tüketimi olan sanayi kuruluşlarının da Enerji Yönetim Sistemleri kurmalarının zorunlu hale getirilmesi öngörülmüştür⁵². Enerji tasarrufu denildiği zaman, akla enerji arz hizmetlerinin kısıtlanması gelmemelidir. Enerji tasarrufu, kullanılan enerji miktarının değil, ürün başına tüketilen enerjinin

⁴⁹ **BOYD, Gale A. / PANG, Joseph X.**; “Estimating The Linkage Between The Energy Efficiency and Productivity”, Energy Policy, Policy and Economic Analysis Group, Economics Department, University of Chicago, USA, August 1999, s.291.

⁵⁰ **ÇALIKOĞLU, Erdal**; “Enerji Verimliliği ve EİE Tarafından Yürütülen Çalışmalar”, 23. Ulusal Enerji Verimliliği Kongresi, EİE Genel Müdürlüğü Enerji Tasarrufu Koordinasyon Kurulu Yayını, Ankara 2004, s.59.

⁵¹ 08.08.2005 tarihinde onaylanan **1. Milli Enerji Verimliliği Yasası** (1.EVY), 10 yıllık dönemi kapsamakta ve binalarda enerji verimliliğinin artırılması, endüstriyel ürünlerde enerji verimliliğinin yükseltilmesi, enerji altyapılarının modernizasyonu, ulusal enerji üretiminin yerli enerji kaynaklarıyla çeşitlendirilmesi gibi somut hedefler göstermektedir. Ayrıca bkz. **ARGÜN, Muammer**; “Enerji Verimliliği Kanunu”, **ELEKTRİK MÜHENDİSLERİ ODASI**; İzmir Şubesi, Ege Bölgesi Enerji Forumu Bildiri Kitabı, İzmir, Mart 2007, s.87.

⁵² **AKDENİZ, Cengiz / HEPBAŞLI, Arif / BOYAR, Serkan**; “Türkiye Karma Yem Sanayinde Enerji Yönetiminin Gerekliliği”, Tarımsal Mekanizasyon 21. Ulusal Kongresi, Konya 2003, s.26.

azaltılmasıdır. Enerjinin gereksiz kullanımını belirlemek ve bundan kaynaklanan israfı azaltmak veya mümkünse tamamen ortadan kaldırmak için alınabilecek önlemler akla gelmelidir. Belirgin verimlilik artışlarının pek çoğunun genellikle malzeme ve enerji tasarrufu sonucunda elde edildiği de bilinen bir gerçektir. “*En ucuz enerji, tasarruf edilen enerjidir*”⁵³. Ülkemizde üretilen enerjinin önemli bir bölümü gerek sanayide, gerek konutlarda yeterli tasarruf tedbirlerinin alınmamış olmasından dolayı israf olmaktadır. Bu konuda yapılan araştırmalara bir örnek vermek gerekirse;

*“Türkiye’de konutlarda kullanılan enerji, toplam enerji tüketiminin %31’ine ve kullanılan elektrik ise, toplam elektrik tüketiminin %43’üne karşılık gelmektedir. Bir binada çatı, cam, duvar ve döşemeden kaynaklanan ısı kayıplarının binanın toplam ısı kaybının %60-70’ine tekabül ettiği bilinmektedir. AB ülkelerinde çift cam kullanımı %50 iken ülkemizde %12 civarındadır. Yine AB ülkelerinde çatı yalıtımı %40 oranında iken ülkemizde bu oran %10’dur. Türkiye’de çok hızlı bir kentleşme olgusu yaşanmaktadır. Oluşturulan yapılar enerji verimliliği standartlarına göre inşa edilmemektedir. İnşaat ruhsatı verme yetkisi bulunan belediyelerin bu konuda bilinçli olmamaları ve olayı önemsememeleri bu konuda büyük oranda etmelidir”*⁵⁴.

Enerji tasarrufu hususunda, alışlagelmiş bazı alışkanlıkların değiştirilerek halkın bilinçlendirilmesi önem kazanmıştır. Örneğin, pek çok AB ülkesinde piyasada satılmakta olan ve enerji tüketen cihazların üzerinde enerji verimliliğini gösteren bir etiket bulunmakta ve satın alma sırasında tüketiciler bu etiketlere önem vermektedir. Ayrıca, yine AB ülkelerinde de uygulandığı üzere, binalarda enerji tasarrufu ile ilgili çalışmaların yapılması gereken nokta proje aşaması olduğundan, bu aşamada optimum enerji performansını sağlayan şekilde bir yapılaşma sağlanması ve yerel yönetimlerin bu konuda bilinçlendirilmesi enerji israfını önleyecektir. Sürmekte olan enerji israfının önü kesilmez ise, ülkemizin bir enerji darboğazına girebileceği endişesi uyanmaktadır. Şöyle ki; Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) verilerine göre, 2005-2020 yılları arasında ülkemizde gerçekleşecek olan enerji

⁵³ Elektrik Mühendisleri Odası, Enerji Komisyonu Sloganı.

⁵⁴ **KAYNAK, Ö. Serdar**; “Enerjinin Verimli Kullanımına Yaklaşımlar”, 5. Enerji Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Ankara 2005, s.523.

talebi ve artışı için iki farklı senaryo mevcuttur. Bu senaryolara göre puant talep⁵⁵ ve enerji talebi, tablo ve grafik olarak şu şekillerde verilmektedir⁵⁶:

Senaryo 1:

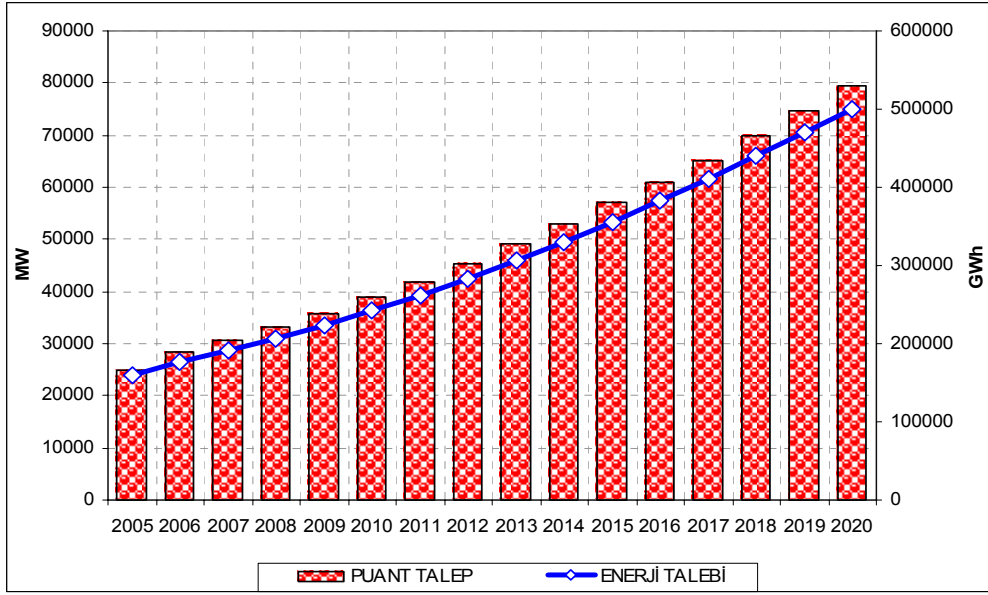
Tablo 1.1 - 2005-2020 Yılları Arasında Enerji Talep Tahminleri Tablo Gösterimi

YIL	PUANT TALEP		ENERJİ TALEBİ	
	MW	Artış (%)	GWh	Artış (%)
2005	25000	-	159650	-
2006	28270	13,1	176400	10,5
2007	30560	8,1	190700	8,1
2008	33075	8,2	206400	8,2
2009	35815	8,3	223500	8,3
2010	38785	8,3	242020	8,3
2011	41965	8,2	262000	8,3
2012	45410	8,2	283500	8,2
2013	49030	8,0	306100	8,0
2014	52905	7,9	330300	7,9
2015	57050	7,8	356200	7,8
2016	60845	6,6	383000	7,5
2017	65245	7,2	410700	7,2
2018	69835	7,0	439600	7,0
2019	74585	6,8	469500	6,8
2020	79350	6,4	499490	6,4

Şekil 1.3 - 2005-2020 Yılları Arasında Enerji Talep Tahminleri Grafik Gösterimi

⁵⁵ **Puant Talep:** Elektrik tarifelerinin uygulanması bakımından 17:00-22:00 saatleri arasındaki zaman dilimine verilen addır. Elektrik talebinin en yoğun olduğu, ulusal enterkonneksiyon (enerji havuzu) hattını en çok yoran zaman dilimi olarak tarif edilebilir. Bir ülkedeki tüm enerji yatırımları puant dönemi baz alınarak yapılır.

⁵⁶ **PAŞAOĞLU, Salih;** ETKB Müsteşar Yrd., "ETKB Gündeminde Yenilenebilir Enerji ve Hidrolik Enerji", Dünya Su Günü Konferansı, Su Vakfı, İstanbul 2005, s.3. 2004 yılında hazırlanan bu senaryolardaki sayılara bakarak şunu da belirtmekte yarar vardır, T.C. Başbakanlık Türkiye İstatistik Kurumu'nun 25.09.2006 tarihli yazılı açıklamasında 2006 yılı 2. dönem (Nisan-Mayıs-Haziran) enerji üretimi 41.660GWh olarak gerçekleşmiştir. Ayrıca bkz. www.tuik.gov.tr (Erişim: 27.01.2007).



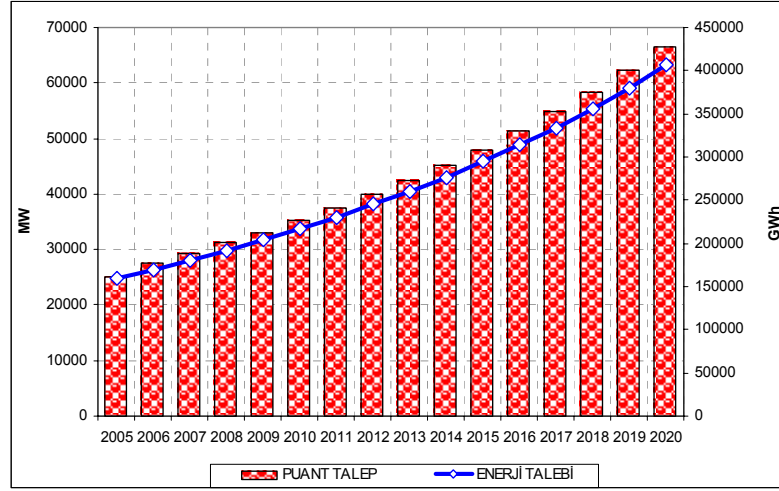
Senaryo 2:

Tablo 1.2 - 2005-2020 Yılları Arasında Enerji Talep Tahminleri Tablo Gösterimi

YIL	PUANT TALEP		ENERJİ TALEBİ	
	MW	Artış (%)	GWh	Artış (%)
2005	25000	-	159650	-
2006	28270	13,1	176400	10,5
2007	30560	8,1	190700	8,1
2008	33075	8,2	206400	8,2
2009	35815	8,3	223500	8,3
2010	38785	8,3	242020	8,3
2011	41965	8,2	262000	8,3
2012	45410	8,2	283500	8,2
2013	49030	8,0	306100	8,0
2014	52905	7,9	330300	7,9
2015	57050	7,8	356200	7,8
2016	60845	6,6	383000	7,5
2017	65245	7,2	410700	7,2

2018	69835	7,0	439600	7,0
2019	74585	6,8	469500	6,8
2020	79350	6,4	499490	6,4

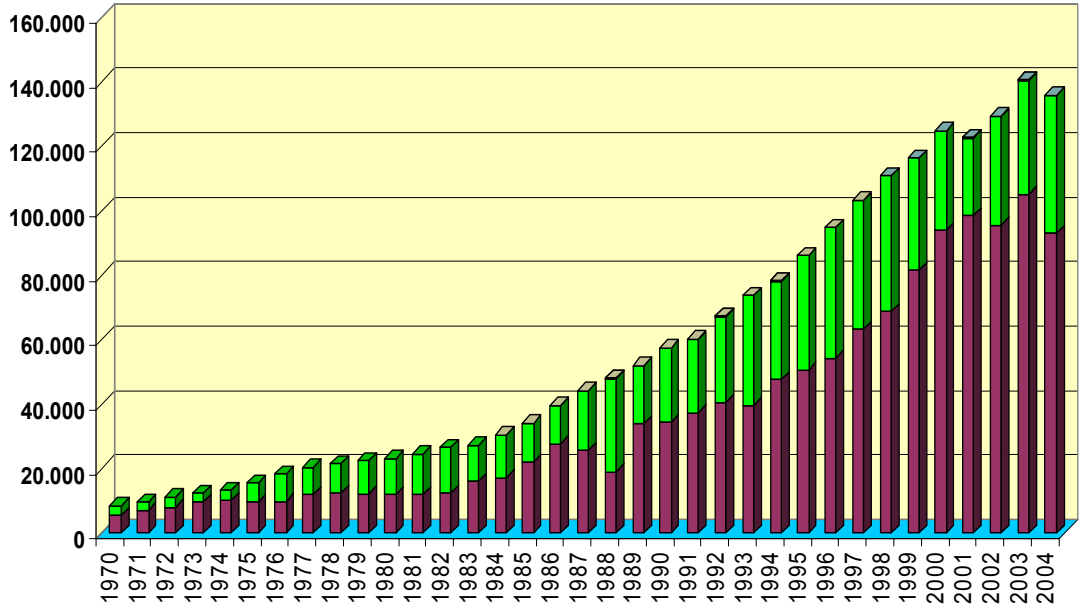
Şekil 1.4 - 2005-2020 Yılları Arasında Enerji Talep Tahminleri Grafik Gösterimi



Tablo ve şekillerde görülen enerji talep değerlerine karşılık, ülkemizde 2004 yılı itibarı ile elektrik üretimi de aşağıdaki grafikte görülmektedir.

Şekil 1.5 - Türkiye'de Elektrik Üretimi

TÜRKİYE ELEKTRİK ÜRETİMİ (GWh)



Not: 2004 yılı Kasım Sonu itibarıyla

■ TERMİK ■ HİDROLİK □ JEOTERMAL □ RÜZGAR

Kaynak: **PAŞAOĞLU, Salih**; a.g.e., s.1.

Her iki senaryoda da, enerji talebinin ve puant talebin göreceği artış ve üretim değerlerine bağlı olarak Türkiye'nin gireceği enerji darboğazı açıkça yorumlanabilmektedir. Giderek artan enerji ihtiyacını, enerji satın alma ve dövize daha bağımlılık yaratan yöntemlerle çözmek yerine enerji santrallerine yatırım yapmanın ve üreten bir ülke haline gelmenin gerekliliği ve/veya önemi bu tablolarda yeniden karşımıza çıkmaktadır. Bunlara ek olarak; enerjinin gerek üretim gerek tüketim noktalarında verimlilik artışı sağlamak ülkemizi bu darboğazdan çıkarmakta önemli bir etken olacaktır. Enerji verimliliği; üretimden iletme, tüketimden atık aşamalarına kadar tüm aşamaları kapsamaktadır. Çünkü enerji verimliliği konusunda yaratılabilecek gelişmelerin, yeni kaynakların devreye sokulmasından çok daha ekonomik olacağı açıktır.

Görülmesi olası enerji darboğazından kurtulma yolunda işletmelerde enerji verimliliğini artırma çalışmalarının ve yürürlüğe koyulan yönetmeliklerin sonucu olarak; ısı üretim sistemlerinde ısı atıklarını geri kazanmak, aydınlatmada enerji

tasarrufu sağlamak, atık sıcak suları geri kazanmak, yakıt tüketimini azaltmak vb. yararlar elde edilmeye çalışılmaktadır. Tüm bu çabalar da Toplam Enerji Verimliliği başlığı altında bir araya toplanabilir. *“Toplam enerji verimliliği (TEV) başlığı altında incelenen enerjinin tüketim alanları; enerji olarak ısı, ısıtma, soğutma, pişirme, kurutma, ergitme, ulaşım, elektrik enerjisi olarak aydınlatma, tork üretimi, soğutma, basınçlı hava, ergitme, sestir. Buradan hareketle TEV uygulama adımları şu şekilde sıralanabilir:*

- Ölçmek (Enerji = Verim x İş)
- Verim tespiti
- Teknolojik değerlendirme
- Projelerin geliştirilmesi
- Projelerin tamamına ait fizibilite oluşturulması
- Projeler arasında uygulama sıralamasının finansman fizibilitesi cinsinden değerlendirilmesi
- Uzun vadeli finansman ile son kullanıcıya proje sonuçlarının garanti edilerek uygulama yapılması
- Sürekli ölçüm sistemi ve TEV değerlendirmesiyle verimin dengeli kalmasının sağlanması
- Çevre etki değerlendirmesinin bilançosunun yapılması (CO₂ ve NO_x)

Burada zaman kaybının azaltılması ve karar verme sürecinin çabuklaştırılması için en etkin çözüm enerji verimliliğinin artırılması konusunda uzman kuruluşların projeleri sorgulama sürecini her seferinde yaşamaktansa, projeyi YAP-İŞLET olarak gerçekleştirmesi çok daha uygun olmaktadır. Son kullanıcı verim sorgulamasını güvenilir ve uzman kuruluşa devrederek, yatırım yükü ve risklerinden kurtulmakta, yanlış karar vermemekte, aynı zamanda verim artışı faydalarını da paylaşmaktadır. Bu, NEGAWATT⁵⁷ (negatif enerji = tasarruf edilen enerji) olarak ifade edilmektedir. Bu düşünceden hareketle ortaya çıkan;

- Kaynakların korunması

⁵⁷ **Negawatt** terimi, sürdürülebilirliğe öncelikle kaynakların akılcı ve verimli kullanımıyla ulaşılabileceğine dikkat çekmek için, ilk olarak Amory Lovins tarafından tanımlanmıştır. 1977 yılında yayınlanan Yumuşak Enerji Yolları adlı kitabın yazarı Amory Lovins, bir toplumun esenliğinin enerji kullanım düzeyine kopmaz biçimde bağlı olduğu yolundaki anlayışın şaşırtıcı ölçüde yalın bir eleştirisini yapmıştır. Lovins, enerjinin bir amaç değil araç olduğunu savunuyordu: "İnsanların istediği elektrik ya da petrol değildir...onlar rahat odalar, aydınlatma, bir yerden bir yere gitme, yiyecek, masa ve diğer gerçek şeyleri istiyorlar. Aynı mantıkla gidildiğinde insanların istedikleri, bizzat kullanılan maddelerin kendileri değil, onların ürettikleri hizmetlerdir". Ayrıca bkz. Rocky Mountain Institute, <http://www.rmi.org/sitepages/pid523.php> (Erişim: 01.02.2007).

- *Çevrenin korunması*
- *Sürekli gelir elde edilmesi ve ekonomik kalkınma*
- *Doğru yatırımların yapılması*
- *Teknolojik gelişmelerin doğru uygulanması*
- *Bilimsel altyapının gelişimi*
- *Yetişmiş elemanların değerinin artması*
- *Devletin gelirlerinin artarak, giderlerinin azalması*
- *Verimliliğin her alanda geçerli bir özellik haline getirilmesi*
- *Yaşam kalitesinin artması amaçları güdülmektedir*⁵⁸.

TEV = Enerji Tüketim Verimi x Enerji Üretim Verimi olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu noktaya bir örnek vermek gerekirse; %20 verim ile tüketilen enerji, %90 verim ile üretiliyor ise $TEV = (20 \times 90) / (100 \times 100) = \%18$ olarak hesaplanmaktadır. Buradan görüleceği üzere TEV değeri enerji tüketim verimi değerine yaklaşmakta, dolayısıyla da enerji tüketiminde görülecek verimlilik değerleri önem kazanmaktadır. Bu yüzdendir ki TEV başlığı altında incelenen tüketim alanları da ısı, ısıtma, soğutma vs. olmaktadır⁵⁹.

Diğer bir örnek olarak ulaşım sektörü verilebilir. Ülkemizde enerji tüketiminin büyük bir bölümü ulaşım sektöründe gerçekleşmektedir. Bu sektördeki enerji tüketiminin tamamına yakını petrol ürünleri teşkil etmektedir. Yani ithal bir kaynağa bağlı olan bir sektördür. Ülkemizde ulaşım sektöründe enerjinin rasyonel kullanımını teşvik eden hiçbir mevzuat hükmü, yönetmeliği veya standardı bulunmamaktadır. Bu konu özellikle üzerinde durulması gereken bir konudur. Özellikle karayolu taşımacılığına büyük pay verilen yurdumuzda, ulaşım sektörünün göstergeleri inceleyerek verimlilik değerleri üzerinde durmak gerekirse; *“2002 yılı verilerine göre ülkemizde ulaşım sektörü 11,3 milyon TEP enerji tüketimi ile ülkemiz nihai enerji tüketiminde %19,2 gibi önemli bir paya sahiptir. Ulaşım sektörünün; enerji tüketim*

⁵⁸ **KÖROĞLU, Rıza**; “TEV Toplam Enerji Verimliliği”, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü Enerji Tasarrufu Koordinasyon Kurulu ve Ulusal Enerji Tasarrufu Merkezi, 25.Enerji Verimliliği Haftası Etkinlikleri, Şubat 2006, s.2.

⁵⁹ **KÖROĞLU, Rıza**; a.g.e., s.5.

yapısına bakıldığında ise, tüketimde karayollarının %93 oranında bir paya sahip olduğu görülmektedir. Ülkemizde toplam taşımacılığın büyük bir kısmı kara ulaştırma sistemleri ile yapılmaktadır. Karayolu sektörü, 2002 yılında yurtiçi yolcu taşımacılığında %94,8'lik yük taşımacılığında ise %90,8'lik bir paya sahiptir.

Ülkemizde ulaşım sektöründe enerji tüketiminin %99'a yakını petrol ürünleri teşkil etmektedir.

2002 yılında %98'i ithal edilen petrolün %44,8'i bu sektörde tüketilmekte ve ithalatına her yıl 4 milyar\$'dan fazla ödenen bu hammaddenin yaklaşık 1,8 milyar\$'ı ulaşım sektörüne ayrılmaktadır.

AB tarafından yapılan bir çalışmaya göre 1999 yılı için taşımacılıkta, enerji tasarrufuna yönelik değerler ise, kamyon 2760kJ/ton-km, demiryolu 300kJ/ton-km ve denizyolu 880kJ/ton-km'dir. Ayrıca 1 litre yakıt ile 1 kilometre mesafeye taşınabilecek yük karayolunda 50 ton, demiryolunda 97 ton, su yolunda ise 127 tondur. Yolcu taşımada ise enerji verimliliği en yüksek ulaşım demiryoludur. Sonuç olarak en ekonomik taşıma; yükte denizyolu, yolcуда ise tren ile sağlanmaktadır⁶⁰.

Bu verilere karşın halen hem yük hem de yolcu taşımacılığında karayolunu birinci planda tutan Türkiye'de demir yolları işletmesi, verimliliğini arttırmak ve tercih edilir olmak için çeşitli çalışmalar yapmaktadır. 1980'li yıllara kadar yakıt olarak sadece kömür kullanan T.C. Devlet Demir Yolları, 1980'den sonra yakıt olarak elektriği de kullanmaya başlamıştır. Tablo 1.3'den görüleceği üzere, elektriğin yakıt olarak kullanılmaya başlamasıyla birlikte raylı sistem üzerinde enerji verimliliğindeki artış yaklaşık %500 olmuştur.

Tablo 1.3 - Tren Km ve Tüketilen Yakıt İlişkisi

⁶⁰ KAYNAK, Serdar; a.g.e., s.525.

YILLAR	TREN KM (000)	TOPLAM ENERJİ (KCAL)	ENERJİ VERİMİ
1975	39.786	8126	4896
1980	35.854	3867	9272
1985	45.557	3304	13788
1990	45.097	1869	24129
1995	43.710	1678	26049
2000	45.927	1779	25816

Kaynak: TCDD İstatistik Yıllıkları, Naklen **DUMAN, İsmet**; “Ulaşım Sektöründe Enerji Kullanımı ve Tasarrufu”, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü Enerji Tasarrufu Koordinasyon Kurulu ve Ulusal Enerji Tasarrufu Merkezi, 25.Enerji Verimliliği Haftası Etkinlikleri, Şubat 2006, s.5

Türkiye’de ulaştırma sektörünün kullandığı enerji, toplam enerjinin yaklaşık %20’sidir. Olaya bu açıdan bakıldığında, sağlanmış olan verimlilik artışının önemi bir kez daha ortaya çıkmaktadır. 2004 verilerine göre giderlerinin %13,4’ünü yakıt ve enerji giderlerine veren demiryolları tüm hatlarını elektrifikasyonla donatıp, dizel tren işletmeciliğini bırakacak olursa %70 daha ucuz olan elektrik enerjisini kullandığından 188.1 milyon YTL yerine 56.4 milyon YTL ödeyecek ve yıllık 131.7 milyon YTL enerjiden tasarruf elde edilecektir. Böylece toplam giderler içerisindeki yakıt ve enerji giderleri %5 civarlarına gerileyecektir. Bir de demiryollarının mevcut durumda taşımacılıktaki payının bu tür yatırımlarla arttığı düşünüldüğünde tasarruf miktarı daha da artacak ve ülke ekonomisine daha çok katkıda bulunacaktır. Mevcut demiryollarımızın tamamının elektrikli işletmeciliğe geçmesinin maliyeti ise 120 km/h hız yapabilen tek hatlı yol için km başına 100.000\$ civarındadır. Elektrifikasyon olmayan hat uzunluğumuz 6945 km olduğundan toplam maliyet de 694,5 milyon\$ olmaktadır. Dolar kurunu 1,35 YTL kabul edersek 937,5 milyon YTL tutmaktadır. Demiryollarının yıllık enerji tasarrufu 131,7 milyon YTL düşünüldüğünde sistem

kendini 7-8 yıl gibi kısa sürede amorti etmektedir⁶¹. Bütün bunların yanı sıra, elektrik enerjisi kullanımı, demir yolları ulaşımının çevre ve hava kirliliğine yaptığı etkiyi de azaltmaktadır⁶². Son derece düşük kapasite oranlarıyla çalışan demir yolu taşımacılığının rehabilitasyonu, yurt içi ulaşımındaki enerji verimliliği açısından büyük önem taşımaktadır.

Ülkemizde enerji verimliliği politikalarından ve faaliyetlerinden sorumlu olan kuruluşlar ETKB, EİE, UETM'dir. Bu kuruluşlar, nihai tüketim sektörlerinde enerji verimliliğini arttırmak için etüt, bilinçlendirme ve tanıtım faaliyetlerini birlikte yürütmektedirler. Bu işbirliğinin hedeflerine ulaşmak için izledikleri yol ise şu şekilde ifade edilmektedir: *"Toplam hedef, nihai enerji tüketim sektörlerinde enerji verimliliğini iyileştirmektir. Belirlenen hedeflere ulaşmak için,*

(i) devlet yönetiminin ve yerel yönetimlerin rasyonel (hedefli ve bütünleşik) bir enerji politikası tanımlanmasında ve uygulanmasında desteklenmesi

(ii) nihai tüketicilere ve sanayi kuruluşlarına, sektörlerine uygun önlemleri uygulayarak daha iyi verim elde etmelerini sağlamak için ekipman yardımı, danışmanlık firmaları ile ilgili bilgilerin yaygınlaştırılması ve uygun kredi koşullarının belirlenmesi gibi teknik ve finansal destek sağlanması

(iii) mevcut idari ve yasal yapının geliştirilmesi ve AB müktesebatı ile uyumunun sağlanması önerilmektedir"⁶³.

Bu işbirliği tarafından yapılmakta olan pek çok çalışmadan bazıları sanayide, ulaşımında, binalarda, belediyelerde, sanayide enerji verimliliği politikalarını yerleştirmek ve geliştirmek üzerinedir. Örneğin; binalarda kullanılan enerji, toplam elektrik tüketiminin %43'üne karşılık gelmektedir. Bu da bina sektörünün toplam enerji tüketimi içinde en büyük paya sahip olduğunu göstermektedir. Ülkemizde çok sayıda eski binanın bulunması, bunların inşası sırasında bina tasarımı ile enerji tüketimi arasında bir bağlantı olduğunun göz önüne alınmamış olması ve ruhsatsız olarak enerji verimliliği standartlarına uygun olmadan inşa edilen yapıların varlığı nedeniyle çok büyük enerji kayıpları ortaya çıkmaktadır. Türkiye'de binalarda birim alanı veya hacmi ısıtmak için harcanan enerjinin AB ülkelerine göre 2-3 kat daha

⁶¹ Ayrıca bkz., T.C. Devlet Demir Yolları, www.tcdd.gov.tr (Erişim: 27.01.2007).

⁶² DUMAN, İsmet; a.g.e., s.6.

⁶³ MVV CONSULTANTS AND ENGINEERS; "Türkiye İçin Enerji Verimliliği Stratejisi", Nisan 2004, s.14.

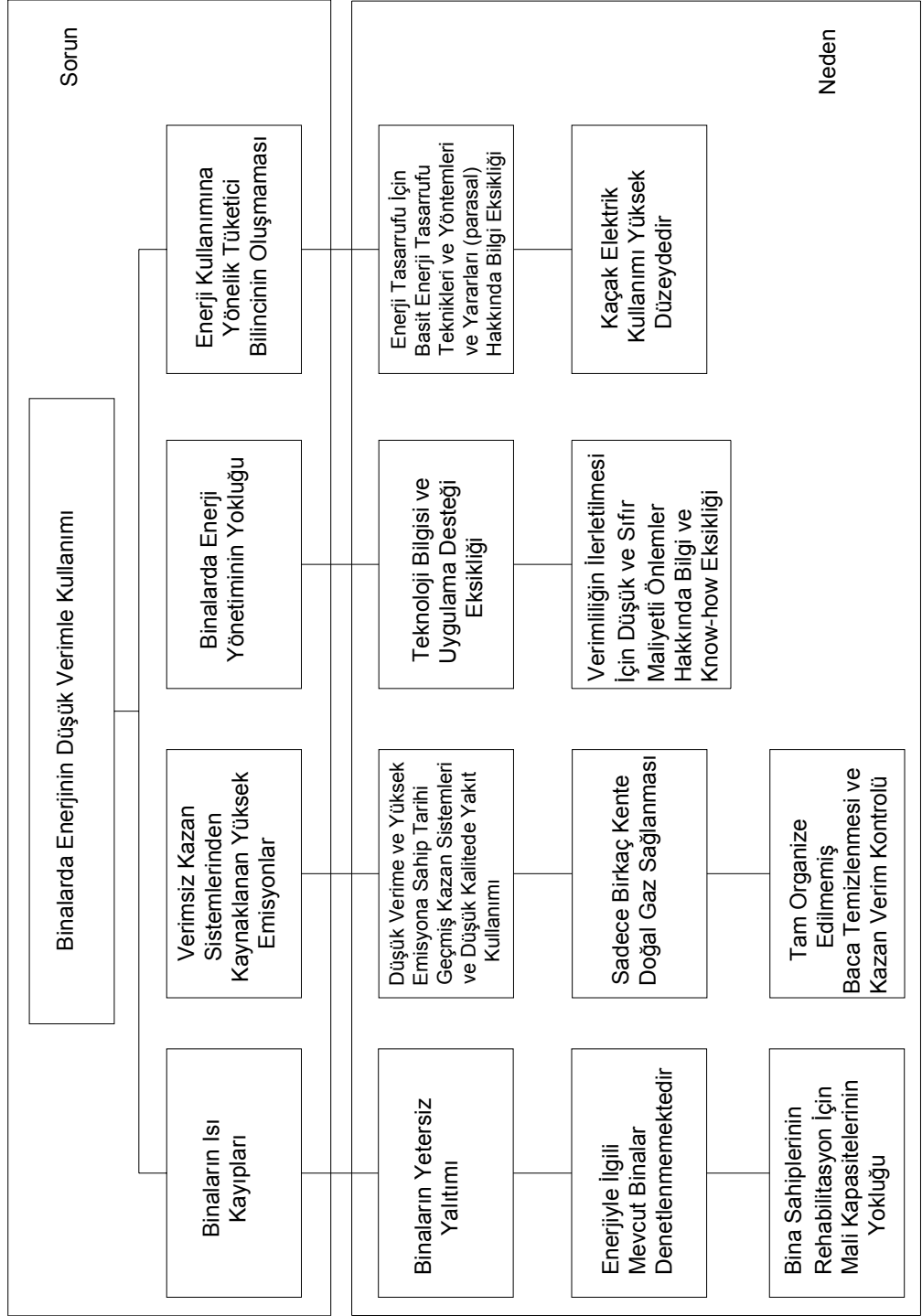
fazla olması nedeniyle 1985 tarihli binalarda ısı yalıtımını belirleyen Türk Standardı TS-825 revize edilmiştir. Yeni standart 14/06/2000 tarihinden itibaren yürürlüğe girmiştir. Aynı tarihte Bayındırlık ve İskan Bakanlığı'nın Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği de değiştirilmiş ve resmi gazetede yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Bu değişikliklerle, binalarda oluşan ısı kayıplarının yarı yarıya azaltılması hedeflenmektedir⁶⁴. Enerjinin daha verimli kullanılması konusunda yapılan planlama ise iki aşamadan oluşmaktadır. Bu aşamalar, saptanan engeller ve önerilen faaliyetler – hedeflerden oluşmaktadır. Bu örneği biraz detaylandırmak gerekirse; aşağıdaki şekiller incelenerek; binalarda enerji hususunda hem iyi bir yalıtım olmamasından kaynaklanan ısı kayıpları ve bu konudaki bilinçsizlik, hem de gelişen teknolojiyle olan uyum sağlanamaması vb. nedenlerle verimliliği yetersiz cihazların kullanılması sonucu enerji israfından kaynaklanan sorunlar ve bu sorunların çözüm yöntemleri ve öneriler irdelenmektedir.

Tablo 1.4 – Binalarda Enerji Verimliliği - Engeller

⁶⁴ **TURAN, Orhan;** “Binalarda Enerji Verimliliğinin Önemi ve Çözüm Önerileri”, 23. Ulusal Enerji Verimliliği Kongresi, EİE Genel Müdürlüğü Enerji Tasarrufu Koordinasyon Kurulu Yayını, Ankara 2004, s.93.

Sektör: Binalarda Enerji Verimliliği

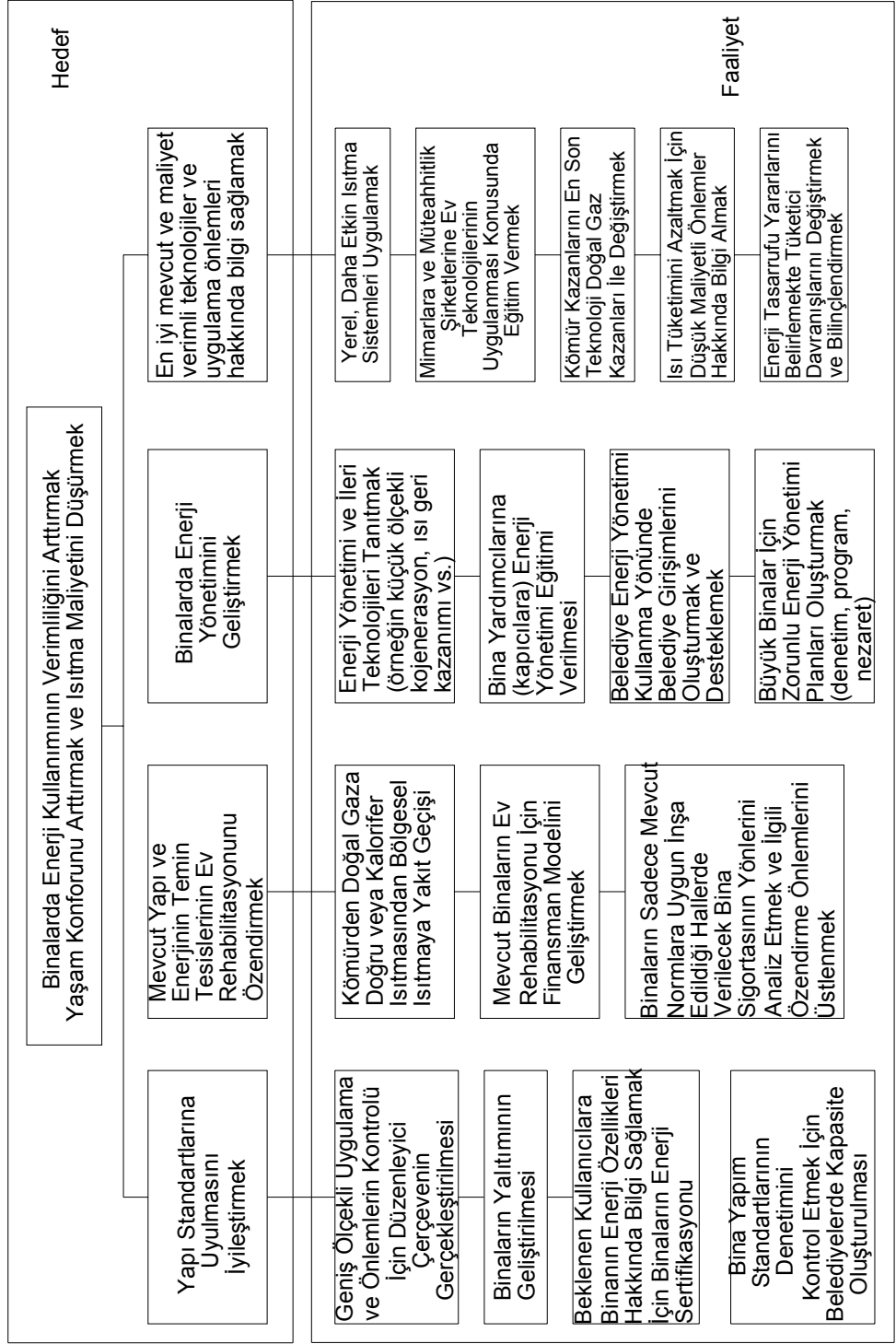
A) Saptanan Engeller/Sorunlar/Nedenler



Kaynak: **MVV CONSULTANTS AND ENGINEERS**; a.g.e., s.23

Tablo 1.5 – Binalarda Enerji Verimliliği - Hedefler

Sektör: Binalarda Enerji Verimliliği
B) Hedefler/Önerilen Faaliyetler/Fırsatlar



Kaynak: **MVV CONSULTANTS AND ENGINEERS; a.g.e., s.24**

Sonuç olarak; dünyada enerji verimli teknolojilerin geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması için devlet eliyle yasal düzenlemeler yapılması ve halkın bilgilendirilmesi çalışmaları devam etmektedir. Ülkemizde enerji verimliliği hususu son yıllara kadar enerji sektörünün arz politikaları arasında yer almamış ve gerekli yatırımlar yapılmamış olsa da, ileriki bölümlerde inceleyeceğimiz gibi, son yıllarda bu konudaki yatırımlar artmış ve enerji verimliliğine yönelik Enerji Verimliliği Yasa Tasarısı⁶⁵ gibi yasal çalışmalar da gündeme gelmiştir.

“...İleri derecede sanayileşmiş ülkelerde bile, toplumun nispeten fakir bireylerini ucuz enerji hizmetinden yoksun bırakan ve/veya gelirlerinin nispeten yüksek bir bölümünü enerji faturalarına harcamaya zorlayan yoksulluk vakaları bulunmaktadır. Bu gibi durumlarda, artan gelir desteği, olabildiği kadar enerjiden yararlanma olanaklarını artırabilir; ancak, ister istemez, enerji verimliliği yatırımlarına ve böylece çevre etkilerini azaltmaya yardımcı olmak konusunda hiçbir şey yapamaz. Gelişmekte olan 33 ülkeden, günümüzde önemli nüfus büyüklüğüne sahip olmaları nedeniyle seçilmiş olan 20 ülkede, kişi başına enerji tüketiminin son yıllarda, ekonomik sıkıntıyı yansıtarak gerçekten azaldığı gözlenmiştir. Toplam olarak 50’den fazla ülke aynı sorunla karşı karşıya kalmıştır. Önümüzdeki 30 yıl içinde dünya nüfusunun 2,8 milyar kadar artacak olması ve bu artışın %90’ının şu anda gelişmekte olan ülkelerde gerçekleşeceği dikkate alındığında, daha yoksul ülkelerde kişi başına enerji tüketiminin artıp artmayacağı ve zaten yoksulluk çeken bu insanların temel ihtiyaçlarının kişi başına hesabıyla 2020 tarihinde şimdikinden daha iyi karşılanıp karşılanmayacağı hakkında çok ciddi kaygılar olmalıdır.

Kullanımdaki enerji verimliliğini artırarak ve enerjinin dönüşümü ve temininde daha temiz ve daha etkin bir teknolojiyi benimseyerek çevre etkileri kuşkusuz ıslah edilecektir. Bu yüzden ekonomistin fırsat maliyetleri kavramının (bir şeye sahip olmanın [söz gelimi daha temiz bir çevre] maliyeti, vazgeçilen başka bir şeyler [örneğin, sürekli yoksulluk çekenlerin temel ihtiyaçlarını karşılamak için daha fazla

⁶⁵ **Enerji Verimliliği Yasa Tasarısı**, 02.05.2007 tarih 26510 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanarak Enerji Verimliliği Kanunu hükmünü kazanmıştır. Kanun; enerjinin üretim, iletim, dağıtım ve tüketim aşamalarında endüstriyel işletmelerde, binalarda, elektrik enerjisi üretim tesislerinde, iletim ve dağıtım şebekelerinde ve ulaşımda enerji verimliliğinin artırılmasının desteklenmesine; toplum genelinde enerji bilincinin geliştirilmesine; yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılmasına yönelik usul ve esasları kapsamaktadır. Kanuna göre, enerji verimliliği çalışmalarının ülke genelinde ilgili kuruluşlarca etkin olarak yürütülmesi, sonuçlarının izlenmesi ve koordinasyonu amacıyla Enerji Verimliliği Koordinasyon Kurulu oluşturulacaktır. Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, meslek odalarına ve üniversitelere, uygulamalı eğitim yapabilmeleri ve şirketleri yetkilendirebilmeleri için kurul onayıyla yetki belgesi verecektir. Endüstriyel işletmeler, çalışanları arasından enerji yöneticisi görevlendirecektir. Ayrıca bkz., Resmi Gazete, <http://rega.basbakanlik.gov.tr/#> (Erişim: 18.12.2007).

enerji] içindedir) kolayca benimsenmesi yanıltıcı olabilir. Bu arada, seçebilme gücüne sahip olmaları nedeniyle ayrıcalıklı kişilerin, sanki çevreyle daha fazla ilgileniyormuş izlenimini uyandırmaktan kaçınılmalıdır; seçim yapma gücünü elinde bulundurmeyen ayrıcalıklı olmayan kişiler, ayrıcalıklı kişilerin, öbürlerini enerjiden yoksun bırakma pahasına daha iyi çevre koşullarını tercih ederek kendi adlarına seçim yapmalarını istemeyebilirler. İster bunun gibi açıkça, ister daha karmaşık ve ince bir şekilde ifade edilsin bu, zamanımızın en büyük tartışmalarından birinin özünü teşkil etmektedir. Ekonomik, enerji verimliliği ve çevresel kazançlar arasındaki karşılıklı bir değiş tokuş. Bazı alanlarda sağlanan kazançlar, başka alanlarda hemen her zaman kayıplara neden olmaktadır”⁶⁶.

1.5.3 Enerji Verimliliğinin Arttırılmasının Ülkemiz Ekonomisine Katkıları

Bilindiği gibi Türkiye, sosyo-ekonomik açıdan gelişmekte olan ülkeler arasında yer almaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde enerji verimliliği gibi konulardaki ilerlemeler de, batılı sanayileşmiş ülkelerde olduğundan farklı bir boyutta ele alınmalıdır. Enerji verimliliği stratejilerinin, ekonomik dengeler açısından, gelişmekte olan ülkelerde daha fazla önem taşıdığı ifade edilmektedir. “Enerji verimliliği stratejilerinin gelişmekte olan ülkelerde daha önemli olması, biraz temel altyapı ve ekipman kullanımının büyümesinden kaynaklanan yüksek enerji verimliliği potansiyeli ile ilgilidir, biraz da temel enerji ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik sermaye ve dış ticaret harcamalarının toplam gelirin önemli bir bölümüne karşılık gelmesiyle ilgilidir”⁶⁷. Gelişmekte olan ülkelerde, enerji yatırımları için ayrılacak kaynakların sınırlı olmasına karşılık hızla büyüyen talep, enerji verimliliği stratejilerinin de önemini bir kat daha arttırmaktadır.

“Türkiye’nin genel enerji politikası hala arz güvenliğine ve talebin enerji verimliliği yoluyla azaltılması yerine büyüyen talebin karşılanması için yollar bulunmasına odaklanmaktadır. Genel bir değerlendirme yapılarak söylenecek olursa, konunun Türkiye’nin gündemine girmesinden tatmin edici bir seviyeye ulaşamamıştır. Enerji verimliliğiyle ilgili olarak, konuyu bütün yönleriyle ele alan ve makro değerlendirmeler yaparak Türkiye’nin durumunu etüt eden çalışmaların sayısı yok denecek kadar azdır. Buna ek olarak, bugün ülkemizde ve dünyadaki yaygın

⁶⁶ DÜNYA ENERJİ KOMİSYONU; a.g.e., s.142.

⁶⁷ LAPONCHE, Bernard / JAMET, Bernard / COLOMBIER, Michel / ATTALI, Sophie; a.g.e., s.55.

*eğilim, enerji verimliliği için yatırımlar yaparak olabilecek enerji arz yatırımlarını azaltmak yerine, doğrudan enerji arzına yönelik yatırımlara ağırlık vermek şeklinde tezahür etmektedir*⁶⁸. Ülkelerin gelişmişlik düzeyleri iki farklı parametre ile izlenmektedir. Bunlardan ilki kişi başına enerji tüketimi, diğeri ise enerji yoğunluğudur. Kişi başına enerji tüketimi parametresini yüksek oluşu o ülkedeki ekonomik faaliyetlerin canlılığını ve refah düzeyinin yüksek oluşunu gösterirken, enerji yoğunluğunun düşüklüğü de aynı miktar enerji ile daha fazla katma değer üretilmediğini göstermektedir. 2001 yılında Türkiye’de kişi başına enerji tüketimi 1.056 KEP (kilogram petrol eşdeğeri) iken, ABD’de 7.979 KEP, Kanada’da 7.985 KEP, Almanya’da 4.264 KEP, Fransa’da 4.360 KEP ve Japonya’da 4.093 KEP olarak gerçekleşmiştir. Kişi başına enerji tüketimi açısından dünya ülkelerinin gerisinde olan ülkemizin, enerji yoğunluğu bakımından da dünya ülkelerinin gerisinde kaldığı gözlenmektedir⁶⁹.

1996-2000 yıllarını kapsayan VII. Beş Yıllık Kalkınma Planı’nda, yurtiçi enerji kaynaklarının miktar ve kalite olarak yetersiz ve yüksek maliyetli olması, ithal enerji kaynakları için gerekli döviz ihtiyacı, aşırı enerji kullanımının enerji sorunu yaratması gibi sebeplerle enerji verimliliğinin artırılması gerektiğine dikkat çekilmiştir. Bu gerekliliğin açıklamasında şu notlar da dikkat çekmektedir⁷⁰:

- Enerji kaynaklarının üretim ve temin maliyeti yüksektir. Enerji projeleri uzun planlama, gelişim ve yatırım süreleri, yüksek finansman ve gelişmiş teknoloji gerektiren yatırımlardır.
- Petrol ve doğal gaz gibi kaliteli fosil yakıt varlığı zaman içinde azalırken, bu kaynakların stratejik önemi yükselecek, bu kaynakların yerini dolduracak yeni enerji kaynakları geliştirilmediği sürece, fiyatları artış eğilimi içine girecektir.
- Enerji kaynakları açısından zengin olmayan ülkemizde, bu alanda halen %60 düzeyinde bulunan dışa bağımlılık, zaman içinde artacaktır.
- Enerji kaynakları, üretim ve tüketim aşamasında çevreyi olumsuz etkileyen özelliklere sahiptir. Çevresel sorunların giderilmesi ise önemli bir maliyet unsurudur. Küresel kirlenme, uluslararası alanda ortak politikalar oluşturulması gereken konulardan biri haline gelmiştir.

⁶⁸ **KAVAK, Kubilay**; “Dünyada ve Türkiye’de Enerji Verimliliği ve Türk Sanayinde Enerji Verimliliğinin İncelenmesi”, T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı, İktisadi Sektörler ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü Uzmanlık Tezi, Yayın No: DPT-2689, Eylül 2005, s.3.

⁶⁹ **KAVAK, Kubilay**; a.g.e., s.14.

⁷⁰ **DEVLET PLANLAMA TEŞKİLATI**; Yedinci Beş Yıllık Kalkınma Planı 1996-2000, DPT Yayını, Ankara 1995, s.142.

Görüldüğü üzere, enerji verimliliğindeki artış hem Türkiye hem de dünya ülkeleri açısından önem arz etmekte, toplumların refah düzeylerinin artması ve dünya devletleri içerisinde yer edinmeleri için izlenen parametreler arasına girmektedir. Ülkemizde verimlilik artışı ve enerji tasarrufu hususlarında alınacak kurumsal, idari, hukuki ve mali tedbirler de ülkemizin geleceği açısından büyük önem arz etmektedir. *“Yüksek enerji yoğunluğu ülkemizde enerjinin verimsiz kullanıldığına bir işarettir. Bu durum ülkemizin rekabet gücünü azaltmakta ve dış ticari açığına olumsuz etki olarak yansımaktadır. Yapılan çalışmalarda sanayide %25, konutlarda %30, ulaşımda %20 enerji tasarrufu potansiyeli olduğu görülmektedir. Yapılacak tasarrufun ekonomik boyutu milyar dolarlarla ifade edilmektedir. Dolayısıyla %70’i ithal olan enerji kaynaklarının kullanılmasında her kesime önemli görevler düşmektedir”*⁷¹.

1.6 Enerji ve Çevre

1.6.1 Teknolojik Gelişme, Küreselleşme ve Çevre

*“Teknoloji, belirli bir amaca yöneltilmiş bir dizi tekniğin, işin amaçlarına göre sıralanması ve kullanılması yollarının bilimsel kurallara uygun olarak sistematize edilmesidir”*⁷². Temel teknolojik koşulların değişimi sonucunda, birçok firmanın iflas noktasına gelmesi söz konusu olmuş, bu hususta da çeşitli sebepler ileri sürülmüştür. Bu sebeplerden en önde geleninin, işletmelerin değişen teknolojiye uyum sağlama hususunda yetersiz kalmaları olduğu söylenebilir. Birçok çalışma göstermiştir ki, yerleşik düzendeki firmalar teknolojik değişimlere daha geç ve/veya yavaş uyum sağlamaktadır ve bu yüzden zor durumlara düşmeleri kaçınılmaz olmaktadır. *“Teknoloji, bir yandan sanayinin çeşitli dallarında kullanılan üretim, donanım ve yöntemleri, diğer yandan belli bir teknik alanda, bilimsel ilkelere dayanan tutarlı bilgi ve uygulamaların tümünü anlatmaktadır”*⁷³.

⁷¹ **MMO İZMİR ŞUBESİ ENERJİ VERİMLİLİĞİ KOMİSYONU**; “Dünya’da ve Türkiye’de Enerji Verimliliği (3)”, TMMOB Makine Mühendisleri Odası Bülteni, S.211, İzmir 2007, s.19.

⁷² **ERBESLER, Ayfer**; “İstanbul İmalat Sanayinde İşgücünün Eğitim Yapısı ve Teknolojik Değişmeye Uyum Sorunları”, MPM Yayınları, No: 356, Ankara, 1987, s.9.

⁷³ **SÖZEN, Ural**; “Teknoloji Yaratma ve Kullanma Kültürü”, Bildiriler-I, KHO 1. Sistem Mühendisliği ve Savunma Uygulamaları Sempozyumu, 12-13 Ekim, Ankara,1995, s.19-32.

Teknolojik gelişim ve çevre koşullarındaki değişme, bugün hem işletmelerin hem de toplumların hayatını temelden etkileyen bir faktör durumundadır. *“Teknolojik gelişme; aygıtların verimli bir biçimde kullanılmalarını, ayrıca belirli bir teknik ve ekonomik kârlılığın gerçekleştirilmesini, işletmelerin büyümesini, bir dizi karmaşık işlemin ve gittikçe çoğalan bir enerjinin kullanılmasını sağlayan tüm yenilikler (gelişmeler) olarak tanımlanabilir”*⁷⁴. Bu tanıma göre işletmenin aynı miktar girdi ile daha fazla çıktı elde etmesi olarak anlaşılabilir olan teknolojik gelişme, aynı zamanda verimliliğin artışına işaret eder. Verimliliğin artışı da birçok performans değerlendirme kriterinin artmasına sebep olarak, işletmenin rekabet gücünü artıracaktır. Rekabet koşullarının iyice zorlaştığı günümüz dünyasında işletmelerin hayatta kalmak ve rekabet edebilmek için teknolojik gelişmeleri takip etmesinin önemi bu husustan kaynaklanmaktadır.

Gelişen teknoloji ile gelen iletişim olanakları, hayatımıza büyük bir hızla girmiş olan cep telefonu, internet, intranet ve benzeri iletişim araçları ile bilgi paylaşımı bir sorun olmaktan çıkmıştır. Dünya çapında bilgi paylaşımına olanak sağlayan teknoloji unsurları küreselleşmeyi (globalleşme, globalizasyon) ve küresel rekabeti beraberinde getirmiştir. Günümüzde, bireysel ekonomiler ve toplumlar arasında güçlü ve karşılıklı bağlar kuran, dolayısıyla toplumlar arasındaki psikolojik ve ekonomik uzaklıkları ve farklılıkları en aza indiren küreselleşme; yirminci yüzyılın son çeyreğinde dünya ekonomisinde ortaya çıkan yeni eğilimleri tanımlamaya çalışan bir kavramdır. Uluslararası bağımlılık ve uluslararası işbirliği için ihtiyaç duyulan bir kavram olduğu da belirtilmektedir.

*“Küreselleşme olgusunun getirdiği yeni dünya düzeninde, ulusal ekonomiler dış ticarete dönük yeni bir yapılanma sürecine girmektedirler. Bu yapılanma sürecinde amaç; gerekli teknolojik ve yapısal değişiklikleri yaparak serbest kalan dünya pazarlarında rekabet edebilme potansiyelini geliştirmektir”*⁷⁵.

İşletmelerin yerel pazarlarla yetinmeyip küresel pazara açılma ve sınır ötesi ticaret girişimi yapma nedenleri ülke, toplum ve ekonomi gibi yapılara bağlı olarak çeşitli şekillerde karşımıza çıkabilir. Özetle; *“Firmaları uluslararası pazarlara yönelten çeşitli nedenler vardır. Bunların en önemlileri şunlardır:*

⁷⁴ **ÜLGEN, Hayri**; “İşletmelerde Organizasyon İlkeleri ve Uygulaması”, İ.Ü. İşletme Fakültesi Yayını 2. Baskı, İstanbul, 1993, s.135.

⁷⁵ **GERŞİL, Gülşen Sarı**; “Küreselleşme ve Çok Uluslu Şirketlerin Çalışma İlişkilerine Etkileri”, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Cilt:6, Sayı:1, İzmir 2004, s.148.

- *İç pazardaki talebin azalması*
- *Çeşitli nedenlerden, işletmede atıl kapasite var ise, üretim artırılarak, ihracat yoluyla satış ve kar arttırılabilmesi*
- *İç pazardaki rekabetten kurtularak, riski azaltmak*
- *İç pazarda ömrünü tamamlamak üzere olan mamullerin ömrünü uzatmak*
- *Dış pazardaki vergi ve diğer teşvik avantajlarından yararlanmak*
- *Ülkemizde olduğu gibi, bazı ülkeler döviz girdisi sağlamak amacıyla, dış satımcılara vergi iadesi, ihracatı teşvik kredisi, vergi istisnası, gümrüksüz üretim faktörleri ithalatı ve benzeri teşvik imkanlarından yararlanmak*
- *Dış pazarlarda, güçlü rakiplerin mamulleriyle rekabeti öğrenerek iç pazarlarda güçlü hale gelmek*
- *İşletmenin politik etkinliğini arttırmaktır*⁷⁶.

Küreselleşme, kimi yaklaşımlara göre, gerçek anlamıyla küresel değildir. Doğrudan yatırımlar ve bilgi teknolojileri için uygun politikaları uygulamayan, kurumsal ve fiziki altyapısını geliştiremeyen geri kalmış ülkelerde, doğrudan yabancı yatırımların, ticaret genişlemesinin ve uluslararası üretimin yararları da sınırlı olmaktadır. Bilgi ve iletişim teknolojilerinin Batı Avrupa'da, Kuzey Amerika'da ve Doğu ve Güneydoğu Asya'da yoğunlaştığını söylemek mümkündür. Afrika'nın büyük bir bölümünün, Güney ve Batı Asya'nın çeşitli nedenler dolayısıyla küreselleşme sürecinin ve bilgi ve iletişim teknolojileri (BİT) vasıtasıyla entegre olan dünya ekonomisinin yarattığı nimetlerden yeterince yararlandığını söylemek oldukça zordur. Buna karşın bu bölgeler yine de küreselleşmenin yarattığı para krizleri, ürün fiyatlarındaki aşırı dalgalanmalar gibi olumsuzluklardan kaçamamaktadırlar. Bu nedenledir ki, gerçek bir küreselleşmeden söz edebilmek için, anılan bölgelerin gelişmişlik düzeyi yüksek ülkelerdeki refah düzeyini yakalamaları ve gelişmelerin yarattığı artı değerden arzulanan ölçüde pay almalarını sağlamak için ihtiyaç duyulan politikalar belirlenmeli, vakit geçirilmeden tasarılar uygulamaya konulmalıdır. *“Uluslararası ticaretin çevre üzerindeki etkilerinin açıklanmasında çevre politikasının kritik önemi vardır. Ülkenin çevre politikasını oluşturan hava kalitesi standartları, ekonomik faaliyetlerden kaynaklanabilecek kirlilik emisyonu standartları ile doğal kaynak kullanımına ilişkin kalite standartlarının olması halinde,*

⁷⁶ **AKSU, M. (1993);** “Uluslararası Pazarlamanın Önemi ve Dışa Açılma Düşüncesinde Olan İşletmelerin Dikkate Alınması Gereken Faktörler”, Pazarlama Dünyası Dergisi, Kasım-Aralık, Yıl:7, Sayı:42, Naklen **DOĞAN, Özlem İpekçil / MARANGOZ, Mehmet / TOPOYAN Mert;** “İşletmelerin İç ve Dış Pazarda Rekabet Gücünü Etkileyen Faktörler ve Bir Uygulama”, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Cilt:5, Sayı:2, İzmir 2003, s.115.

uluslararası ticaretin çevre kalitesi üzerinde etkilerinin kontrol altına alındığı söylenebilir. Çevre kalitesinin ve emisyon standartlarının düzenlendiği bir çevre politikasının olmadığı ekonomiler, uluslararası ticaret hareketleri nedeniyle kirlilik artışına maruz kalabilecektir. Kirlilik Sığınakları Hipotezi⁷⁷'ne göre, kirlilik yoğun endüstriler, çevre standartlarının yüksek olduğu ekonomilerdeki maliyet artışlarından kaçınmak için, faaliyetlerini çevre standartlarının düşük olduğu ekonomilere kaydıracaklar, böylece bu ülkelerin kirlilik emisyonları artacaktır⁷⁸.

İşte bu koşullar, sertleşen rekabet ve artan küreselleşme trendi içinde, teknolojileri kısa ve uzun dönemli planlamak (Teknolojik Planlama⁷⁹) ve gerek bilimsel, gerekse teknolojik hedefler koymak ve uygun stratejiler belirlemek; işletmelerin varlıklarını korumaları için önemli olduğu kadar, toplumların varlığı için de önem arz etmeye başlamıştır. Küreselleşmede, stratejik planların da küresel boyutta yeniden ele alınmasını gerekir. Kapsamlı iş planlamasına ilişkin ilke ve süreçlerin küresel ölçekte uygulanması olarak tanımlanabilecek *küresel planlama*⁸⁰ ile de uluslararası ortamın değerlendirilmesi, gelecekte dünya düzeyinde ortaya çıkabilecek fırsat ve tehditlerin tahmin edilmesi ve çevresel gelişmeler ışığında işletmenin küresel amaç ve stratejilerinin saptanarak işletmenin zayıf ve güçlü yönlerinin ortaya çıkartılması hedeflenmektedir.

⁷⁷ **Kirlilik Sığınakları Hipotezi**, uluslararası ticaretin liberalizasyonu sürecinde kirli endüstrilerin gelişmekte olan ülkelere kaymasıyla, gelişmiş ülkelerde çevre kalitesi artarken, gelişmekte olan ülkelere çevre kalitesinin bozulacağını, bu ülkelerin kirli endüstrilerin sığınakları haline geleceğini ifade etmektedir. Faktör Donatımı Hipotezinin doğal bir uzantısı olan Kirlilik Sığınakları Hipotezine göre; ticaretin serbestleşmesi sürecinde ülkeler, faktör donatımları çerçevesinde mukayeseli olarak avantajlı oldukları sektörlerde uzmanlaşırken, gelişmekte olan ülkeler çevrenin ve doğal kaynakların yoğun olarak kullanıldığı sektörlerde uzmanlaşacaktır. Diğer taraftan, gelişmiş ülkelerdeki kirli endüstriler bünyesindeki üreticiler, yüksek çevre standartlarının getirdiği maliyetlerden kurtulmak için, faaliyetlerini çevre standartlarının nispeten düşük olduğu (hatta olmadığı) gelişmekte olan ülkelere kaydıracaklardır. Gelişmekte olan ülkelerdeki çevre standartlarının düşük olması; i) endüstri faaliyetlerinin azlığı dolayısıyla kirlilik özümleme kapasitelerinin yüksekliğinden, ii) gelir düzeyleri düşük oldukları için her türlü sanayi faaliyetine ihtiyaç duymalarından, iii) çevre bilincinin ve duyarlılığının gelişmemiş olmasından ve iv) mülkiyet haklarının sağlıklı tanımlanmamış olmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca bkz., T.C. Başbakanlık Dış Ticaret Müsteşarlığı <http://www.dtm.gov.tr/ead/dtdergi/ocak%202004/cevre.htm> (Erişim: 27.03.2007)

⁷⁸ **MUTHUKUMARA, Mani / WHEELER, David**; "In Search of Pollution Havens, Dirty Industry In The World Economy 1960-1995", World Bank Discussion Papers 1997, Naklen **GÖKALP, M. Faysal / YILDIRIM, Aynur**; "Türkiye İmalat Sanayi Dış Ticaretinin Kirlilik Emisyonu", Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, C.8, S.1, İzmir 2006, s.228.

⁷⁹ **Teknolojik Planlama**'nın amacı, bir ülkenin, bir sektördeki üreticilerin ya da bir firmanın gelecek 10 yılda ve ya daha uzun dönem sonrasında meydana gelmesi beklenen teknolojik alanlardaki gelişmeleri takip etmek ve buna uygun stratejiler geliştirmektir. Bir diğer deyişle, teknolojik planlama yaparak gelecekte ulaşılmak istenen hedeflere uygun olarak bugünden itibaren önlemler almaktır.

⁸⁰ Ayrıca bkz. T.C. Başbakanlık ve Dış Ticaret Müsteşarlığı, "Küresel Rekabet Ortamında Küçük Ve Orta Boy İşletmelerin Yeniden Yapılanması", <http://www.dtm.gov.tr/ead/DTDERGI/nisan2000/kresel.htm> (Erişim: 10.01.2007).

Devlet politikası olarak yürütülen kalkınma planlarımızdan biri olan Dokuzuncu Kalkınma Planı Stratejisi (2007-2013) Hakkında Karar'a ilişkin yayında da çevre ile ilgili faktörler göze çarpmaktadır. Bu yayına göre; *"İşletmelerin rekabet gücünün artırılması için sağlanması gereken koşullar şu şekilde sıralanabilir: Makroekonomik istikrarın kalıcı hale getirilmesi, iş ortamının iyileştirilmesi, ekonomide kayıtdışılığın azaltılması, finansal sistemin geliştirilmesi, enerji ve ulaştırma altyapısının geliştirilmesi, çevrenin korunması ve kentsel altyapının geliştirilmesi, ar-ge ve yenilikçiliğin geliştirilmesi, bilgi ve iletişim teknolojilerinin yaygınlaştırılması, tarımsal yapının etkinleştirilmesi, sanayi ve hizmetlerde yüksek katma değerli üretim yapısına geçişin sağlanması"*⁸¹.

Küreselleşme, işletmelerin önüne çeşitli zorunluluklar getirmektedir. Kalite, çevre bilinci, verimlilik gibi konularda en iyi olmak firmalar için kaçınılmaz hale gelmiştir. Çevre duyarlılığı, diğer bazı sorunlara göre dünyada yeni sorunlardan biri sayılmaktadır. *"Çevresel sorunlar; işletmelerin üretim, hammadde tedariği, enerji politikası, pazarlama, ürün geliştirme, satış ve atıklar gibi çeşitli konulardaki kararlarını etkilemektedir"*⁸².

Çevre tahribatı, diğer bazı tahribatlar gibi, daha çok güç dengesine bağlı olmuştur. İnsanların doğa karşısında pek güçlü olmadıkları dönemlerde, ister istemez çevre tahribatı da bu dengeye bağlı olarak daha sınırlı idi. Endüstri ve teknolojinin gelişmesiyle insanlar daha büyük bir gücün sahibi oldular. Elektrik, asfalt, köprüler, yeni teknoloji ile sulama, fabrikalar, enerji santralleri, kimyasal ilaçlar kendileriyle birlikte getirdikleri olumlu bazı olanakların yanında, bunların çevre üzerindeki tahribatları tehlike sinyallerini vermemişti, ya da bu alandaki tehlikeler görülmüyordu. Fakat ne zaman anlaşıldı ki bitki ve hayvan türleri, su, toprak verimliliği üzerinde önemli tahribatlar olmuş ve bazı hastalıklar bu tür tahribatların ürünü olmuştur, çevre sorunu da gündemin en temel sorunlarında biri olarak yerini almıştır. Değişik çevrelerce de ifade ediliyor ki, geçmiş dönemlerde olduğu gibi, bugün ve gelecekteki yaşam da ekolojik dengeyle doğrudan bağlantılıdır. Ekolojik döngüde her şeyin bir fonksiyonu vardır, az ya da çok, aralarında ilişki vardır ve bu alandaki değişiklikler diğer unsurların üzerinde de etkide bulunmaktadır.

⁸¹ Resmi Gazete, S. 26167, T.13.05.2006, 2006/10399 Sayılı Dokuzuncu Kalkınma Planı Stratejisi Hakkında Bakanlar Kurulu Kararı, s.3.

⁸² **BANERJEE, Subhabrata Bobby**; "Corporate Environmental Strategies and Actions", MCB University Press, Management Decision 39/1 [2001], s.36.

Çeşitli alanlarda gerçekleştirilen yatırımların çevreye özellikle olumsuz etkilerinin geniş kesimlerin dikkatlerini çekecek şekilde artış göstermesi sonucunda, yatırımlara girişmeden önce çevreye olası olumlu ve olumsuz etkilerin ortaya çıkarılması için yol ve yöntem arayışlarına girilmiştir. Daha sonra sadece ekonomik yatırımlarla sınırlı olmayan bir perspektif benimsenerek, geniş bir alanı etkileyen bütün projeler için bir ön çalışma anlamında *Çevresel Etki Değerlendirmesi*⁸³'nin (ÇED) yapılması uygulamasına geçilmiştir. Çevre koruma hareketinin özellikle gelişmiş ülkelerde kazandığı yaygınlık, hükümetleri başta ekonomik yatırımlar olmak üzere, çevreyi olumsuz etkileyebilecek projeler için ÇED uygulamasında daha dikkatli davranmaya itmektedir.

“Sabancı Üniversitesi tarafından Türkiye’de yapılan bir araştırmada şu sonuçlar elde edilmiştir:

- *Çevre teknolojilerine yapılan yatırım birer maliyet artırıcı faktör olarak algılanmaktadır. Bu yüzden endüstride üretim yapan firmalar sadece yasaların gerektirdiği ölçüde kirlenme düzeylerine inilmesine yarayacak yatırımlar yapmışlardır. Bunun en açık örneği hava, su ve kara kirlenmesine yol açan firmalar yasalar tarafından düzenlenen hava ve su kirlenmesine yönetmeliklerine uygun yatırımlar yapıp, oldukça tehlikeli olan katı atıklarına (fosfojips) yönelik çözümler üretmemişlerdir.*
- *Hiç bir firmada tüm üretimi kapsayan çevre teknolojileri yatırımı yapılmamıştır, sadece üretimin belli aşamalarındaki kısmi yatırımlarla yetinilmiştir.*
- *Firmaları çevre yatırımlarına yönelten esas faktörün çevre düzenlemeleri olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte görülmüştür ki firmalarca yapılan çevre yatırımları yeterli değildir ve iki firma hariç diğer tüm firmalar Çevre Bakanlığı’nın verdiği izinlerin çok üzerinde çevre kirliliği yaratarak üretimlerine devam etmektedir.*
- *Firmaların ihracat hedeflerinin olmaması nedeniyle uluslararası çevre uygulamalarını önemsemedikleri ve yerel yönetimler ya da sivil örgüt baskısı*

⁸³ **Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED)**, henüz uygulamasına geçilmemiş proje, plan, politika ve programların yol açabilecekleri çevresel, sosyal, ekonomik, tarihsel ve kültürel etkilerin önceden tahmini ve bu tahminlerin ilgili atılacak adımla karşılaştırmalı bir biçimde birlikte değerlendirilmesi yöntemidir. ÇED, kalkınma ve çevre bağlantısının ele alındığı ortamlarda genellikle gündeme gelen olgulardan biridir. ABD ve bazı Avrupa ülkelerinde bu değerlendirme artık kanuni bir gerekliliktir. Ülkemizde de Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından yayımlanmış olan **Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği**, 16.12.2003 tarihli Resmi Gazete’de yayınlanarak yürürlüğe girmiştir.

olmadan çevreye yönelik örgütsel bir yapılanmaya ve altyapı yatırımına yönelmedikleri görülmüştür.

- Firmalar tarafından kullanılan sistematik ve kurumsallaşmış bir çevre yönetim sisteminin olmadığı gözlenmiştir.
- Sivil toplum örgütleri oldukça değişik amaçlarla kurulmuş, küçük boyutlu ve oldukça yeni kurumlardır. Çoğunluğu 1990'lı yıllarda kurulmuştur. Bu kurumlar çok farklı görevler yerine getirmektedirler. Bu görevlerden en önemlileri şunlardır: çevre bilinci uyandırmak, çevre eğitimi sağlamak, kirlenme ve çevre tahribatları hakkında kamuoyunu bilgilendirmek, konferans türü geniş katılımlı aktiviteler aracılığı ile kamuoyu yaratmak, bireyler arası haberleşmeyi sağlamak ve toplumun desteğini alarak bazı toplu eylemleri gerçekleştirmek.
- Firmalarda çalışan ve yönetim kadrosunda olmayan mühendisler firma üretiminden kaynaklanan kirlenmenin farkında ve rahatsızlar fakat çoğu zaman yetkileri olmadığı için bunu önlemek için girişimde bulunamamaktadırlar. Yönetimde bulunan mühendis kökenli yöneticiler ise kirlenmenin farkında olmakla birlikte bunun az gelişmiş ülkeler için kaçınılmaz olduğu görüşü ile konunun önemli olmadığını ileri sürmektedirler. Her kademedeki yönetici olsun mühendis olsun birçok görüşme yaptığımız kişi çevre maliyeti konusunda eğitimsizler ve bu konuda oldukça yanlış bilgilere sahiptirler. Hemen hemen tüm yöneticiler çevre yatırımlarını 'kirlilik temizleyici' teknolojiler olarak algılamakta ve üretim esnasında kirliliğin önlenmesine yönelik teknolojilerin getireceği maliyet faydalarından habersizler. İlginçtir ki, çevre yatırımlarını maliyet olarak görmekle beraber hiç bir firmada kirlilik ve bunun temizlenmesine ait maliyet hesabı yapılmamaktadır. Firmalarda çevre yasalarını izleyen yıllarda artan oranda çevre mühendisi istihdam edilmeye başlanmıştır, ondan önceki yıllarda üretim kirliliği ile ilgili konular çoğunlukla kimya mühendisleri tarafından yapılmıştır. Bununla birlikte çevre mühendislerinin görev tanımları çok belirsizdir ve yapılaşmış bir çevre mühendisliği aktivitesi yoktur⁸⁴.

⁸⁴ ÇETİNDAMAR, Dilek; "Mühendisler ve Çevre", 3rd METU International Economics Conference, 8-11 September 1999, Ankara, s.4, <http://digital.sabanciuniv.edu/elitfulltext/301180000102> (Erişim: 24.11.2007).

1.6.2 Çevreye Duyarlı Üretim

Çevreye duyarlı üretim politikalarının izlenmesi ve çevreye duyarlı üretim yapılması denilince akla üretim atıklarının çevreye olan etkisini en aza indirmek ve hatta ürünlerin geri dönüşüm, yeniden üretim ve yeniden kullanım gibi olanaklarının değerlendirilmesi gelmektedir. Bunun sağlanabilmesi için de ürünlerin tasarım aşamasından itibaren yapılacak olan planların yeniden tanımlanması gerekebilir.

“Sarkis ve Rasheed (1995); çevreye duyarlı üretimde, üretim süreçlerinin ve teknolojilerinin, atıkları veya hurdaları ortadan kaldıracak biçimde tasarlandığını, geliştirildiğini ve uygulandığını belirtmişlerdir. Gupta ve Sharma (1996), ise çevre işlemler yönetimini, girdilerin ürünlere dönüştürülmesine ilişkin karar verme süreci ile çevre yönetim ilkelerinin bütünleştirilmesi olarak tanımlamışlardır. Sarkis ve Rasheed (1995)’e göre çevreye duyarlı üretimin temel amacı; ürünlerin tasarım aşamasından itibaren geri dönüşüm, yeniden üretim ve tekrar kullanım olanaklarının değerlendirilmesidir. Melynk ve Handfield (1999), tarafından da çevreye duyarlı üretimin temel amacının, kaynak etkinliğini artırırken, atıkların çevreye olan etkilerinin en azalması olduğu belirtilmiştir. Bu amaca ulaşmak için de atık akışının, ürün ve süreç tasarımı aşaması ve üretim planlama ve kontrol aşaması süresince tanımlanması, değerlendirilmesi ve yönetilmesi gerekmektedir”⁸⁵.

Önüne geçilmesi mümkün olmayan teknolojik gelişme, küreselleşme ile birlikte gelen yoğun rekabet, üretim şirketlerinin ekonomik seçenekleri tercih etmeleri, üretim girdisi olarak vazgeçilmez olan enerji ve bu şartlar altında dünyanın gittiği yön büyük bir çevre kirliliğine ve kabul edilemez risklere işaret etmektedir.

“İşletmeler üretim sürecinde, girdi olarak malzeme ve enerji kullanmakta, süreç sonunda ise çıktı olarak ürün ve ürün olmayan çıktı olarak adlandırılan emisyonlar ve katı atıklar gibi çevreye zarar veren unsurlar oluşmaktadır. Sürdürülebilir kalkınma anlayışı çerçevesinde çevreye verilen zararın minimuma indirilebilmesi için işletmelerin bu zararlı etkileri yok etmeleri gerekmektedir. Çevreye

⁸⁵ **SARKIS J. RASHEED A.**; (1995) Greening the Manufacturing Function, *Business Horizons*, July-August.,17, **GUPTA M., SHARMA K.**; (1996), Environmental Operations Management: An Opportunity For Improvement, *Production and Inventory Management Journal*, Third Quarter, **MELNYK S.A., SROUFE R., MONTABON F., CALANTONE R.,TUMMALA R.L., HINDS T.J.**; (1999), Integrating Environmental Issues Into Material Planning: ‘Green’ MRP, *Production and Inventory Management Journal*, Third Quarter., 37-39, Naklen **YÜKSEL, Hilmi**; “İşletmelerin Çevreye Duyarlı Üretim Faaliyetlerinin Ampirik Bir Çalışma İle Değerlendirilmesi”, MMO Endüstri Mühendisliği Dergisi, 2003.

duyarlı üretim, çevre dostu teknolojilerin yani çevreyi koruyan, daha az kirleten, tüm kaynakları daha sürdürülebilir şekilde kullanan, atıkları daha yüksek oranlarda geri dönüştürebilen ve daha kabul edilebilir şekilde bertaraf eden teknolojilerin kullanımınıdır. Çevreye duyarlı üretim stratejisinin 3R'si olarak adlandırılan ve yenilenemeyen doğal kaynakların daha az tüketilmesini ve kirliliğin azaltılmasını hedefleyen üç önemli strateji vardır. Bunlar: Azaltma (Reduce), yeniden üretim (Remanufacture) ve yeniden kullanım (Reuse)dır”⁸⁶.

İşletmeler artık bir ürünün ve/veya prosesin tüm ömür döngüsü boyunca ortaya çıkabilecek kirliliğin ve atıkların azaltılmasıyla beraber diğer ekonomik ve performans hedeflerini de sağlayabilen tasarım çalışmalarına (çevresel tasarım) önem vermekte ve tüketiciler (yeşil tüketici⁸⁷) de üretim sürecinin ayrıntılarıyla ve atıkların bertaraf edilmesiyle de ilgilenmektedir. Yeşil tüketicilerin sayısı arttıkça işletmeler için geniş bir pazar oluşmaktadır. Dolayısıyla şirketler yeşil pazarlama stratejileri izleyerek karlılıklarını ve rekabet güçlerini arttırmaktadırlar. Buna ek olarak çevreye önem veren tüketicilerin istek ve ihtiyaçlarına hitap eden mesajlar olarak tanımlanabilecek yeşil pazarlama ve reklam ön plana çıkmaktadır⁸⁸. Bütün bu çalışmalar da yeşil etiketleme⁸⁹, yeşil fiyatlama⁹⁰, yeşil paketleme⁹¹, yeşil dağıtım⁹² gibi politikalarla desteklenmektedir⁹³.

⁸⁶ **BURSA ÇEVRE MERKEZİ, BURSA TİCARET VE SANAYİ ODASI İLE BURSA ESNAF VE SANATKARLAR ODALARI BİRLİĞİ**; Avrupa Birliği Ve Çevre Enstrümanları, Bursa Çevre Merkezi, Bursa Ticaret ve Sanayi Odası ile Bursa Esnaf ve Sanatkarlar Odaları Birliği Yayını, Ocak 2003, s.2.

⁸⁷ **Yeşil tüketici**: Almış olduğu ürünün kullanım sonrası meydana getireceği atıkları konusunda da hassas davranarak çevreye zararlı olmayan ürünleri tercih eden duyarlı tüketicilerdir.

⁸⁸ **BURSA ÇEVRE MERKEZİ, BURSA TİCARET VE SANAYİ ODASI İLE BURSA ESNAF VE SANATKARLAR ODALARI BİRLİĞİ**; a.g.e., s.3.

⁸⁹ **Yeşil etiketleme**: Ürünlerinin çevre dostu özelliklerini toplum önünde belgelemek isteyen şirketler bu amacı eko etiket programları aracılığıyla gerçekleştirmekte ve bunu bir pazarlama aracı olarak kullanılmaktadırlar. Eko etiket programları, bir ürünün onay etiketi alması için gerekli çevresel kriterleri belirler. Bu kriterler, üretimde kullanılan teknolojiden, ürünün ne kadar enerji harcadığına ve ürün ömrü sonunda atıkların nasıl bertaraf edileceğine kadar uzanır. Eko etiketleme temel olarak, tüketicileri piyasadaki hangi ürünlerin çevreye daha az zarar verdiği konusunda bilgilendirmeyi amaçlar.

⁹⁰ **Yeşil fiyatlama**: Fiyat aynı seviyede tutulduğu zaman, ürünün çevreyle ilgili olumlu özelliklerinin bir rekabet avantajı unsuru olarak kullanılmasıdır.

⁹¹ **Yeşil Paketleme**: Çevreye duyarlı paketleme uygulamalarında, gereksiz paketlemenin azaltılması, çevre dostu paketleme malzemelerinin kullanılması, bir defadan fazla kullanılabilen paketleme araçlarının geliştirilmesi gibi önlemlerdir.

⁹² **Yeşil Dağıtım**: Ürün dağıtımının daha az yakıt harcanarak yapılması için gerekli önlemlerin alınması, satış noktalarının müşterilerin daha az zaman ve yakıt tüketeceği şekilde yerleştirilmesi sayılabilir. Ayrıca son yıllarda, kullanılmış paketlerin, parçaların ve artık işe yaramayacak ürünlerin müşterilerden üreticilere veya geri dönüşüm yapan şirketlerce geri toplanması faaliyetleri önem kazanmaktadır.

⁹³ **ISO**; Çevreye Duyarlı İşletmecilik Ve Türk Sanayinde Çevre Yönetim Sistemi Uygulamaları, Yayın no:2000/11, s.201.

“Gelin yüzleşelim. Politik doğruluklar, ekonomik idrak, çevrecilik bilinci hususundaki derin inanç gibi sebeplerden, yeşil ambalaj – taşımak için güvenli, kullanmak için güvenli, çevreye en az etkisi olan – önemli hale gelmiştir”⁹⁴.

Geliştirilen tüm bu yöntemlere ve izlenen politikalara rağmen çevresel kirlenme, gelişmekte olan ülkelerde büyük bir hızla devam etmektedir. Gelişmekte olan ülkelerde çevre faktörünün ekonomik büyümeye paralel bir şekilde kullanılmamasının önündeki engel, ülkelerin kısa dönemli ekonomik getiriye ihtiyaç duymasındır. Hal böyle olunca, ekonomik getiri için ekolojik denge haddinden fazla yıpratılmakta ya da sömürülmekte ve bu da önüne geçilemeyecek bir çevre bozulmasına sebebiyet vermektedir⁹⁵. *“Gelişmekte olan ülkelerdeki çevre ve ekonomik büyüme arasındaki çelişki üç temel sebepten kaynaklanmaktadır:*

- *Gelişme yolundaki ülkelerin ekonomik gelişmeleri büyük ölçüde endüstrileşmeye dayanmaktadır.*
- *Son yıllarda sağlanan ekonomik gelişme önemli olmasına rağmen, yüksek nüfus artışı büyümenin, faydalarını açıkça ortaya çıkarmasına engel olmaktadır ve zaten kıt olan kaynakların çevre yönetimine mi yoksa daha fazla ekonomik büyümeye mi harcamaları sorusunu gündeme getirmektedir.*
- *Gelişmekte olan ülkelerin henüz sanayileşmenin başında bulunmaları ya da yavaş yavaş ilerlemeleri onların bir çevre probleminin varlığına inanmalarını zorlaştırmakta ve çevre korumasının önemini anlamamasına sebebiyet vermektedir”⁹⁶.*

İşte bu bağlamda endüstrisini geliştirmeye çalışan ülkelerde kimi zaman çevresel etkilerin göz önüne alınması da bazı çelişkilere neden olabilmektedir. *“Artan çevre sorunları, doğal olarak, enerji temini ve kullanımından kaynaklanan yerel ve bölgesel emisyonlara bir çare bulunması yönünde harekete geçilmesini gerektirmiştir. Küresel iklim değişikliğine neden olabilecek insan kaynaklı sera gazı emisyonlarına karşı filtreler takılması konusunda baskılar artmaktadır. Fakat, verimlilik ile çevresel yararlar arasında birçok dengeler bulunmaktadır. Genelde,*

⁹⁴ **KASSAYE, W. Wossen**; “Green Dilemma”, MCB University Press, Marketing Intelligence and Planning 19/6 [2001], s.444.

⁹⁵ **TUĞCU, Can Tansel**; “Çevre Ekonomisine Teorik Bir Yaklaşım: Sürdürülebilirlik Kavramının Üretim Fonksiyonuna Dahil Edilebilirliği”, Kayseri Ekonomisi Sempozyumu II, Kayseri Ticaret Odası Yayınları No: 56, Kayseri 2004, s.3.

⁹⁶ **BİLGİNOĞLU, M. ALİ**; “Ekonomik Büyüme, Enerji ve Çevre İlişkisi”, Ege Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, S.8, Şubat 1989, s.81.

temizleyici özelliği olan veya zararlı emisyonları azaltıcı rol oynayan teknoloji ve süreçler aynı zamanda enerji verimliliğini düşürmektedir⁹⁷. Enerji verimliliği ile çevresel etkiler arasındaki bu çelişki yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelme hususunda ele alınarak giderilmeye çalışılmıştır.

1.6.3 Artan Çevre Kirliliğinde Enerjinin Rolü

Günümüzde gelişmenin en önemli göstergesi olan enerji tüketimi, enerjinin üretiminden verimliliğine, iletiminden tüketimine kadar birçok alanda çevreyle de iç içe geçmiştir. Özellikle son yirmi yıl sürecinde, çevresel kirliliğin etkileri çeşitli şekillerde görünür hale gelmiş ve enerjiyle ilgili atılan adımlarda çevresel faktörlerin de göz önüne alınmasının gerekliliği ön plana çıkmıştır⁹⁸.

İleriki bölümlerde daha detaylı olarak anlatılacağı üzere, kullanımı yaygın olan konvansiyonel fosil yakıtların yanması sırasında ortaya çıkan karbonmonoksit, kükürtdioksit gibi gazların hem direk insan sağlığına, hem de atmosfere yayılarak hayvan ve bitkilere verdiği zararlar artık su yüzüne çıkmıştır. İklim değişikliği ve hatta bazı hayvan ve bitki türlerinin yok olmasına kadar varan bu gelişmeler, dünya devletlerini enerji üretimi ve tüketimi açısından yeni arayışlara itmiştir. AB'ye tam üyelik sürecine girmiş olan ülkemiz için de enerji ve çevre arasındaki uyumun sağlanması, mutlak bir gerekliliktir⁹⁹. Yalnızca AB kriterlerine uyum sağlamak açısından değil, toplumumuzun sağlığı ve ülkemizin geleceği için bu konunun üzerine eğilmek gerekmektedir. *“Enerji üretimi ve tüketiminden kaynaklanan kirlenme yalnızca küresel ısınma değil; hava kirliliği, asit yağmurları, ozon azalması, ormanların tahribi ve radyoaktif maddelerin emisyonudur. Eğer insanlık, çevreye en az zararı vererek parlak bir geleceğe ulaşmak istiyorsa bu konuları bir an önce gündemine almalıdır. Çünkü bütün kanıtlar göstermektedir ki, zaman geçtikçe insanoğlunun çevreye yaptığı tahribat artmaktadır”¹⁰⁰.*

⁹⁷ DÜNYA ENERJİ KOMİSYONU; a.g.e., s.44.

⁹⁸ DİNÇER, İbrahim; “Renewable Energy and Sustainable Development: A Crucial Review”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol:4 (2000) 157-175, Saudi Arabia, February 1999, s.161.

⁹⁹ DİKMEN, Çağatay; a.g.e., s.595.

¹⁰⁰ DİNÇER, İbrahim; a.g.e., s.158.

Çevresel negatif etkilerden tartışmalara en çok konu olanlardan birisi, küresel ısınma ve küresel iklim değışikliği problemidir. İlerleyen bölümlerde bu konuya daha detaylı olarak değinilmiştir.

İKİNCİ BÖLÜM

ENERJİ KAYNAKLARI

Daha önceki bölümlerde de değinildiği üzere, insanlar üretilen enerjiyi genellikle elektrik enerjisi olarak tüketirler. Evlerimizde ve ofislerimizde çok yaygın olarak kullandığımız televizyon, buzdolabı, bilgisayar, çamaşır makinesi, elektrik süpürgesi, aydınlatma armatürleri ve benzeri araçlar; üretilen enerjiyi elektrik gücü sarf ederek tüketirler. Bu yüzden kurulan güç santrallerinin pek çoğu elektrik gücü üretimine yöneliktir. Elektrik; basit bir tanımla, bakır gibi iletken bir telin manyetik bir alan içinde hareket ettirilmesi ile üretilir. Elektrik jeneratörü ise, bir mıknatıs içinde dönen sarı iletken tellerin bulunduğu ve bu tellerin mıknatıs içinde dönmesiyle elektrik akımı üreten bir makinedir. Evlerimizde, işyerlerimizde, endüstride gereksinim duyduğumuz büyük miktardaki elektrik enerjisini elde etmek için ise, elektrik jeneratörlerini döndürecek büyük güç santrallerine ihtiyaç duyarız. Çoğu güç santrali, jeneratörü döndürmek için ısı üretiminde bulunur. Fosil yakıtlı santraller ısı üretimi için doğal gaz, kömür ve petrol yakarlar. Nükleer santraller de uranyum yakıtını parçalayarak ısı üretirler. Bu ve bunun gibi çeşitli enerji üretim şekilleri ile toplumların gereksinim duyduğu enerji, santrallerde üretilmekte ve kullanım yerine kadar iletilerek son kullanıcılarına dağıtılmaktadır.

Elektrik gücü üretimi, kullanılan enerji kaynaklarına göre, fosil yakıtlı enerji kaynakları kullanılarak yapılan üretim ve yenilenebilir enerji kaynakları kullanılarak yapılan üretim olarak iki sınıfta ele alınabilir. Fosil yakıtlardan bazıları antrasit, taş kömürü, linyit, turba, bitüm, asfaltit, petrol, doğal gaz, evsel atıklar, odun, nükleer fisyon ve füzyon enerjileri olarak sayılabilir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından bazıları ise jeotermal, rüzgar, hidrojen ve deniz dalga enerjisidir. İlerleyen bölümlerde bu kaynakların avantaj ve dezavantajları, ülkemizdeki potansiyelleri ve kullanım oranları incelenmeye çalışılmış, elde edilen sonuçlar irdelenmiştir.

2.1 Konvansiyonel Enerji Kaynakları ve Fosil Yakıtlar

“Çok değil 100 yıl gibi kısa bir sürede fosil yakıtların doğaya ve canlıların sağlığına verdiği zararlar etkisini gösterdi. Kömür, doğalgaz, petrol gibi binlerce yılda oluşmuş kaynaklar –insanlığın gelişmesi(!)- adına tükendikçe, atıklarıyla hava, su, toprak da tükenmeye başladı. Fosil yakıtlar olarak adlandırılan kömür, petrol ve doğalgazın yarattığı olumsuzluklar sadece yakın çevreyle sınırlı kalmadı; atmosfere de yayıldı. Sonunda bu kirlilik, iklim değişikliğine yol açmaya ve dünya yaşamını tehdit etmeye başladı”¹⁰¹.

Dünyadaki enerji gereksiniminin %80'i fosil yakıtlardan (petrol, doğalgaz ve kömür) karşılanmaktadır. Günümüzde kullanılmakta olan fosil yakıtlar yakıldığında ortaya çıkan, altı sera gazı adı verilen; karbondioksit, kükürt, azotoksit, metan gazlarının ve partikül maddeler ile kurum ve küllerin atmosfere verdiği zararların sebep olduğu küresel ısınma hissedilir bir hale gelmiştir. *“Küresel ısınma denilen şey gelecekte bizi bekleyen bir tehlike değil. Yanı başımızda. Sinsi bir düşman gibi önce keyif vererek; biz hiç farkına varmadan giderek tehlikesini artırıyor. Yazdan kalma keyifli İzmir günleri onun başlangıcının habercisi gibi. Ekim ayı, kayıtların tutulmaya başlamasından bu yana en sıcak ay oldu. 2005 yılı da tarihin kaydettiği en sıcak yıl”¹⁰².*

Fosil yakıtların kullanımından ortaya çıkan olumsuz etkiler küresel ısınmayla sınırlı değildir. Yanma sırasında ortaya çıkan karbonmonoksit (CO), oksijenden daha hızlı şekilde kanda bulunan hemoglobin maddesine tutunarak vücuttaki oksijeni bloke etmekte ve baş ağrısı vb sonuçlar doğurmaktadır. Kömür ve petrolün yanması sonucu ortaya çıkan kükürtdioksit (SO₂) ise sülfürik aside dönüşerek insan ve çevresine zararlar vermekte, kanser hastalıklarına sebep olmaktadır. Doğalgazın yanmasıyla ortaya çıkan azotoksit ise sıcakta nitrata dönüşmekte, insan vücudu içinde nitrik asite dönüşen bu madde bağışıklık sistemini öldürmektedir.¹⁰³

Buna ek olarak, fosil yakıtların iklim değişikliklerine sebep olduğu da bilinmektedir. Bunun sebebi, fosil yakıtların yanmasıyla ortaya çıkan karbondioksit (CO₂), metan (CH₄), diazotmonoksit (N₂O) ve kloroflorokarbonlar (CFCs) gibi sera

¹⁰¹ BUĞDAY, Ekolojik Yaşam Dergisi, Sayı 15/2002 – 191275, s.20.

¹⁰² BÜLTEN, TMMOB Makine Mühendisleri Odası İzmir Şubesi, Sayı:208, Aralık 2006, s.30.

¹⁰³ BÜLTEN, a.g.e., s.30.

gazlarının bünyelerinde ısı tutma özelliğine sahip olması gösterilmektedir. Doğal dengenin korunması için, güneşin dünyaya gönderdiği ısı enerjisinin belli bir oranda uzaya geri yansması gerekmektedir. Oysa ısı tutma özelliğine sahip olan bu sera gazlarının atmosfer içindeki miktarları arttıkça, uzaya geri dönmesi gereken ısının atmosfer içinde tutulmasına ve küresel ısının artmasına sebep olmaktadır.¹⁰⁴ Bu ısı artışının sonucu olarak da pek çok olumsuz etki ortaya çıkmaktadır. Bu etkilerden bazıları; su kaynaklarının kuruması, erken kar yağması, çiçeklerin erken açması, bitkilerin zamansız meyve vermesi veya hiç vermemesi olarak sıralanabilir. Bitkisel dengesizliğin hayvanları ve dolayısıyla insanları da etkilediği tartışılmaz bir gerçek olmalıdır. Kısacası, doğanın olağan dengesi değişmekte ve bozulmaktadır. İşte bu etkiye, sera gazı etkisi (Greenhouse Effect) adı verilmektedir. *“Sera gazı etkisinin bir sonucu da dünya yüzeyinin ısısının artmasıdır. Yüzey sıcaklığı geçen yüzyıla oranla 0,6°C artış göstermiştir ve buna bağlı olarak deniz seviyesi ortalama 20 cm yükselmiştir. Bu tür değişiklikler uzun vadeli düşünüldüğünde, insanoğlunun yaşam aktivitelerini önemli şekilde etkileyecektir”*¹⁰⁵.

Kısa dönemde; günümüzde meydana gelen kasırgaların, çığ düşmelerinin, sel felaketlerinin altında yatan sebebin kutuplarda bulunan buzulların erimesi ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Buna ek olarak uzun dönemde küresel ısınma devam ederse 2020 yılında deniz seviyesinin bir metre kadar yükselmesi beklenmektedir. Bu durumda da dünyanın en büyük kentlerinden bazılarının sular altında kalması muhtemel görülmektedir. Bu durum da, bazı ülke yönetimlerini alarm durumuna geçirmiştir. *“Bu tehlikenin farkına varan ve sular altında kalma tehlikesiyle karşı karşıya kalan 77 ada devleti ve Malta’nın inisiyatifiyle ülkeler, 1992 yılında Rio Çevre Zirvesi’ne giden süreci başlattılar. 1992’de yapılan Rio Zirvesi’nin ardından, gelişmiş ülkeler 1992’de Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi’ni imzaya açtılar. Zirveye katılan ülkeler, diğer ülkelerle çözüm bulmak ve sera gazı emisyonlarını 1990 yıllarındaki seviyesinin altında indirmek için, ülkelerin uyması gereken kuralları belirlemek üzere bir dizi Taraflar Konferansı (COP – Conference of Parties) düzenlediler. Ancak pek çok ülke yine ekolojik dengeleri ya da insan ve çevre sağlığını değil, kendi ekonomik çıkarlarını gözetince anlaşmada zorlandılar.*

¹⁰⁴ BÜLTEN, a.g.e., s.30.

¹⁰⁵ DİNÇER, İbrahim; a.g.e., s.165.

*Afganistan, Irak, Somali ve Türkiye gibi bazı ülkeler Rio Anlaşması'nı görmezden gelerek, bugüne kadar onaylamadılar*¹⁰⁶.

Fosil yakıtların ve teknolojilerinin zararlarını fark eden ülkeler bu teknolojileri ve/veya teknoloji atıklarını az gelişmiş ve/veya gelişmekte olan ülkelere aktarmaya başladılarsa da, iklim değişikliği ve küresel kirlenme gibi sonuçların kendilerini de etkileyeceğini hesap etmek zorundadırlar. Sorunun küresel boyutta olması ve gelişmiş ülkelerin de birlikte hareketiyle çözümlenmesi gerektiği ortadadır.

Çevresel sorunların başında gelen atmosferdeki karbondioksit oranındaki artışın sebep olduğu küresel ısınma, ozon tabakasındaki deliğin büyümesi ve meydana gelen iklim değişiklikleri sonucu dünya iklim kimi yerlerde kuraklaşırken kimi yerler sular altında kalma tehlikesine yaklaşmaktadır. Cilt kanseri, nükleer kirlilik, endüstriyel kirlilik, sulardaki yaşamın zarar görmesi, su kaynaklarının kirlenmesi, ormanların azalması, tarım alanlarında verimliliğin düşüşü, çarpık kentleşme, kanalizasyon ve çöp sorunu, gürültü kirliliği gibi sorunlarla karşı karşıya kalmaktayız. Unutulmaması gereken bir gerçek ise, sanayileşme ve sanayi gelişiminin kalkınma ve çevre ile birlikte ele alınması gerektiğidir. Çünkü sanayileşme, sadece iktisadi bir süreç değil, aynı zamanda toplumsal bir durum ve tarihsel bir süreçtir¹⁰⁷. İklim değişikliğinin olası etkileri Tablo 2.1'de görülmektedir.

¹⁰⁶ BUĞDAY, a.g.e., s.21.

¹⁰⁷ MMO Bülteni, Sayı: 98, Temmuz 2006, s.39.

Tablo 2.1 - İklim Değişikliği ve Olası Etkileri

Değişim	Olasılık	Etki
Tüm bölgelerde sıcaklık artışı ve daha fazla sayıda sıcak gün	Yüksek	Hasta, yaşlı ve yoksul nüfusta ölümler. Evcil ve yabani hayvanlarda sıcaklık şoku. Tarımsal ürünlere zarar. Artan soğuma ihtiyacı. Enerji arz belirsizlikleri.
Daha yüksek en az sıcaklıklar, daha az sayıda soğuk gün, soğuk dalgaları	Yüksek	Hasta, yaşlı ve yoksul nüfusta ölümler. Tarımsal ürünlere zarar. Zararlıların etki alanlarının genişlemesi
Şiddetli yağmurlar	Yüksek	Seller, çığ ve toprak kayması. Erozyon artışı. Tarımsal alan ve ürün kaybı. Sigorta masraflarının artışı.
Yaz sıcaklarında artış ve kuraklık tehdidi	Orta	Ürün verimlerinde düşüş. Orman yangınları. Su kaynaklarına zarar.
Tropik fırtına ve rüzgar şiddetlerinde artış	Orta	Can kaybı, salgın hastalıklarda artış. Kıyı erozyonu ve zararı. Kıyı ekosistemlerine zarar
El Nino tipi kuraklık ve sel	Orta	Can, mal kaybı. Tarımsal ürün kaybı. Enerji arz belirsizlikleri
Asya'da Muson şiddetinde artış	Orta	Sel ve kuraklık

Kaynak: **ELEKTRİK MÜHENDİSLERİ ODASI**; İzmir Şubesi, Ege Bölgesi Enerji Forumu Bildiri Kitabı, İzmir, Mart 2007, s.20.

Sorunun çözümü aşamasında, eğitim ve bilinçli toplumlar yetiştirmek önemli bir husustur. Buna ek olarak; yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmek, enerjiyi etkin ve verimli bir şekilde tüketmek, enerji depolama teknolojilerini geliştirmek, geri dönüşümü desteklemek, karbon ve diğer sera gazı üreticileri için vergi uygulamak, toplumun hayat tarzı konusunda uyarılarda bulunmak ve kısaca ülke ve toplumların daha duyarlı olmasını sağlamak gerekmektedir. Eğer gerekli adımlar atılmazsa, dünya toplumlarını ve ekonomilerini bir enerji darboğazının beklediği apaçık görülmektedir.

"Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) III. Çalışma Grubu tarafından hazırlanan İklim Değişikliğinin Azaltılması Raporu'nda sera gazı emisyonlarının yüzde 77'sinin insan kaynaklı nedenlerden oluştuğu belirtilerek, enerji kaynaklarının emisyon oluşumundaki payının 1970 ile 2004 yılları arasında yüzde 145 arttığına dikkat çekildi.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının, güvenlik, istihdam ve hava kalitesi üzerinde olumlu etkileri olacağı ifade edilen raporda, 2005 yılında elektrik arzının yüzde 18'ini karşılayan yenilenebilir enerji kaynakları, 2030 yılında ton başına karbondioksit eşdeğeri emisyon azaltımı maliyeti 50 dolar olduğu zaman, toplam enerji arzının yüzde 30-35'lik bölümünü karşılayabilir denildi.

Emisyon azaltımının birim maliyetinin 50 dolar olduğu durumda, nükleer enerjinin 2005 yılında yüzde 16 olan elektrik üretimindeki payının, 2030 yılına geldiğinde ancak yüzde 18'e yükselebileceği, ancak nükleer enerjinin güvenlik, nükleer silahların artışı ve atık sorununun devam edeceği ayrıca belirtildi”¹⁰⁸.

2.1.1 Termik Enerji

Termik enerji; *“Katı, sıvı ya da gaz halindeki fosil yakıtların kimyasal enerjisinin elektrik enerjisine dönüştürülmesiyle elde edilen elektrik enerjisi yöntemidir”¹⁰⁹.*

Dünyada termal kaynaklı elektrik üretimi, toplam üretimin %77'sini oluşturmaktadır¹¹⁰. Termik santraller katı, sıvı ve gaz halindeki yakıtlarda var olan kimyasal enerjiyi ısı enerjisine, ısı enerjisini hareket (kinetik) enerjisine, hareket enerjisini de elektrik enerjisine dönüştüren tesislerdir. Kısaca termik santraller kimyasal enerjinin elektrik enerjisine dönüştüğü tesislerdir diye tabir edilebilir. Katı yakıtta örnek olarak (ana hammaddeler) linyit ve taşkömürü, sıvı yakıtta örnek olarak fuel-oil ve motorin, gaz yakıtta örnek olarak da doğal gazı göstermek mümkündür. Çalışma prensibi kısaca; yakıt olarak kullanılan maddenin yakılması ile açığa çıkan ısı ile suyun buharlaştırılması, buharın buhar tribününü harekete geçirerek hareket enerjisi elde edilmesi ve de bu hareket enerjisinin bir jeneratör vasıtasıyla elektrik enerjisine dönüştürülmesi olarak özetlenebilir.

¹⁰⁸ **YAPICI, Kahraman / ÖZDEMİR, Sevim;** “İklim Değişikliğine Yenilenebilir Enerji Çözümü”, EMO Enerji, Toplumsal Haber ve Araştırma Dergisi, Sayı:3, İzmir, Eylül 2007, s.12.

¹⁰⁹ **ELEVLİ, Sermin / DEMİRCİ, Ahmet;** “Bazı Kömür Özelliklerinin Termik Santral Verimliliği ve Kömür Fiyatları Üzerine Etkilerinin Araştırılması”, Türkiye 14. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, Zonguldak, 02-04 Haziran 2004, s.286.

¹¹⁰ **DAĞDAŞ, Ahmet;** “Termik Santrallerde Jeotermal Enerjiden Yararlanmanın Yakıt Tasarrufuna Ve Santral Performansına Etkileri”, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt:12, Sayı:2, Denizli 2006, s.271.

Şunu özellikle belirtmek gerekir ki; kömür, doğal gaz ve fuel-oil gibi fosil yakıtlar yüksek basınç altında oluşmuş ve karbondioksit açısından çok zengin maddelerdir. Bu maddeleri yakıt olarak kullanmanın sonucunda ortaya çıkan karbondioksit gazı atmosfere karışır ve kullanımın artması ile atmosferdeki karbondioksit oranını tehlikeli seviyelere çıkarabilir.

Bir termik santral kuruluş yeri seçiminde;

- Kömürün en az taşımayla santrale ulaştırılması,
- Santralin ihtiyacı olan yüksek debili soğutma suyunun ekonomik olarak karşılanması,
- Santralden çıkacak olan çok miktardaki artık küllerin çevreyi rahatsız etmeden uzaklaştırma ve depolama imkanı
- Karayolu ulaşımının kolaylığı,
- Enerji iletim hatlarına bağlantı kolaylığı,
- Zemin şartlarının ağır yapı ve tesislerin yapılmasına elverişli olması,
- Rüzgar yönü, rutubet, yağış gibi meteorolojik koşulların santral tekniği ve çevre kirlenmesi yönünden uygunluğu gibi hususlara dikkat etmek gerekir.

2.1.1.1 Ülkemiz Açısından Termik Enerjinin Değerlendirilmesi

Türkiye, en çok kömür, petrol ve doğal gaz rezervine sahip olmakla birlikte, linyit dışında bu rezervlerin büyüklükleri sınırlı olup, elektrik üretim ihtiyacını karşılayamamaktadır.

2003-2004 yıllarında ülkemizde üretilen elektriğin %67'si termik santrallerden elde edilmiş iken, 2005 yılında bu oran %65'e, 2006'da da %61'e gerilemiştir¹¹¹. Tablo 2.2'de yakıt cinslerine göre EÜAŞ'a bağlı termik santraller ve Şekil 2.1'de dünya ülkelerinin enerji üretiminde termik santrallerin kullanım oranı görülmektedir.

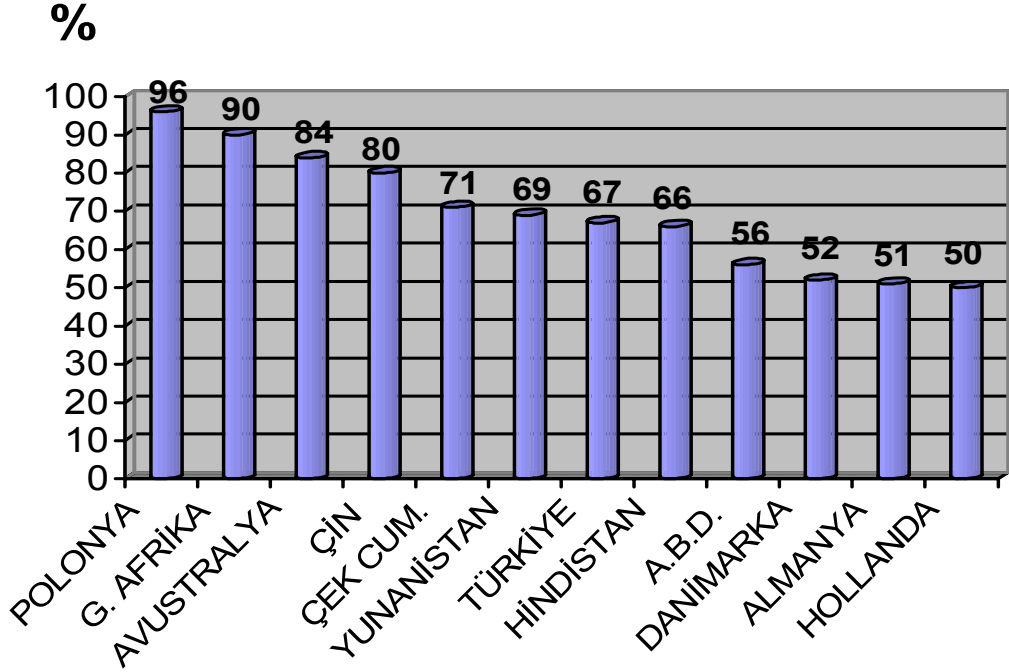
¹¹¹ DAĞDAŞ, Ahmet; a.g.e., s.272.

Tablo 2.2 – Türkiye’de EÜAŞ’a Bağlı Ortaklıklara Ait Termik Santraller

Termik Santral Adı	Kurulu Güç (MW)	Yeri	Yakıt
Ambarlı	630	İstanbul	Fuel-oil
Ambarlı	1350,9	İstanbul	Doğalgaz
Aliağa	180	İzmir	Dizel
Gökova	630	Muğla	Linyit
Yatağan	630	Muğla	Linyit
Yeniköy	420	Muğla	Linyit
18 Mart Çanakkale	320	Çanakkale	Linyit
Çayırhan	620	Ankara	Linyit
Çatalağzı B	300	Zonguldak	Kömür
Afşin A+B	1360	K.maraş	Linyit
Orhaneli	210	Bursa	Linyit
Hopa	50	Artvin	Fuel-oil
Kangal	457	Sivas	Linyit
Seyitömer	600	Kütahya	Linyit
Tunçbilek A+B	429	Kütahya	Linyit
Engil	15	Van	Dizel
Bursa	1432	Bursa	Doğalgaz
Hamitabat	1200	Kırklareli	Doğalgaz
Soma A	44	Manisa	Linyit
Soma B	990	Manisa	Linyit

Kaynak: **DAĞDAŞ, Ahmet;** a.g.e., s.271.

Şekil 2.1 – Dünyada ve Türkiye’de Elektrik Üretiminde Termik Santrallerin Yeri



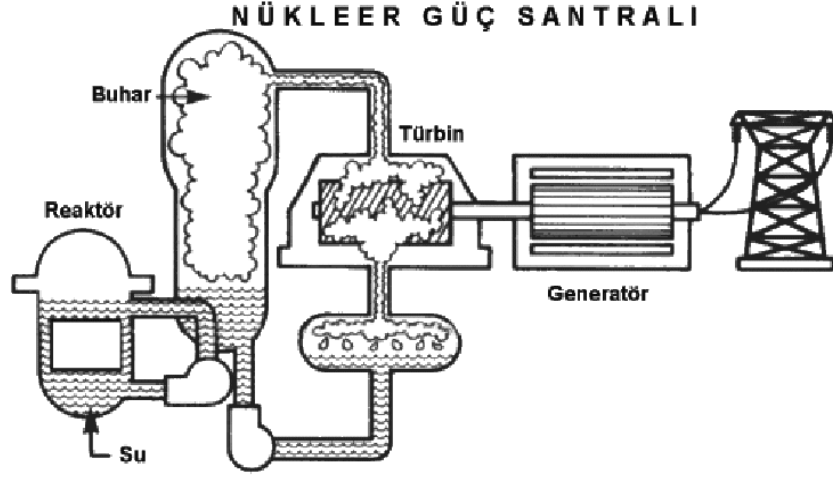
Kaynak: <http://termiksantral.sitemynet.com/BAKAR/id4.htm> , Erişim: 20.01.2007.

2.1.2 Nükleer Enerji

Nükleer santrallerin, termik santrallerden en önemli farkı yakıt sistemleridir. Termik santrallerde katı, sıvı veya gaz şeklinde çeşitli yakıtlar kullanılmakta iken nükleer santrallerde atomun kontrollü şekilde parçalanması sırasında açığa çıkan yüksek ısıdan faydalanılmaktadır. Önceleri askeri amaçlı kullanılan bu enerji, daha sonra barışçıl amaçlar için de kullanılmaya başlanmıştır.

Nükleer santral projeleri uzun kuruluş süreleri olan, mali yükü oldukça büyük, mutlak surette nükleer güvenlik kriterlerine uyulması gereken, yüksek kalite standartlarının uygulandığı projelerdir. Zamana karşı yarış, yüksek kalite standartları ve maliyet kontrolü bu projelerin ana kontrol parametreleridir. Nükleer santral projelerinin başarısında yüksek kalite standartlarını öngören, pahalı ve karmaşık teknolojilerin doğasına uygun modern bir organizasyon yapısının ve yeterli sayıda vasıflı çalışanın bulunması büyük önem taşımaktadır.

Şekil 2.2 – Nükleer Enerji İle Elektrik Üretimi



Kaynak: **KADİROĞLU, Osman K. / SÖKMEN, Cemal Niyazi**; Bilim ve Teknik Dergisi, Sayı: 319, Haziran 1994, s.64.

Şekil 2.2'de şematize edilmiş olan bir nükleer santralin çalışma prensibi kısaca şu şekilde açıklanabilir. UO_2 'den (uranyum pası) yapılan 1 cm çap ve yüksekliğindeki seramik yakıt lokmaları, üst üste 3,5-4 m uzunluğundaki ince bir metal zarf içine yerleştirilirler. Elde edilen yakıt çubukları, hafif veya ağır su içeren dik veya yatık basınç tankları içine yerleştirilir. Belirli geometrik düzende ve belirli miktarda bir araya gelen yakıt nötronların yardımı ile fisyon¹¹² sonucu enerji üretmeye başlar. Ortaya çıkan bu çekirdek enerjisi yakıt çubuklarını ısıtır. Yakıt çubuklarının su veya ağır su ile soğutulması ile yüksek basınç ve sıcaklıkta buhar elde edilir. Buharın bir türbinde genişletilmesi ile tıpkı diğer fosil yakıtlı santrallerde olduğu gibi, ısı enerjisi mekanik enerjiye, türbinin çevirdiği jeneratör ile de mekanik enerji elektrik enerjisine dönüştürülür.

¹¹² **Çekirdek Fisyonu** (çekirdek parçalanması), toryum(90Th), uranyum(92U) gibi ağır çekirdeklerin, daha hafif çekirdeklere bölünmesidir. Fisyon ile elde edilen enerji, kontrollü olarak reaktörlerde yani nükleer santrallerde, kontrolsüz olarak da atom bombasında kullanılmaktadır. Çekirdeğinde 92 proton ve 143 nötron bulunan bir uranyum-235 çekirdeğine bir nötron girdiğinde, aslında çok kararsız ve her an patlamaya hazır durumda olan radyoaktif çekirdek iki parçaya bölünür. Çekirdek reaksiyonları genel olarak bir kütle kaybı ile gerçekleşir ve bu kütle kaybı da, 1905 yılında Einstein tarafından önerilen meşhur $E=mc^2$ eşitliğine göre (E:enerji, m:kütle, c:ışık hızı) enerjiye dönüşür. Bu enerji olağanüstü büyüklükte bir enerjidir. Ayrıca bkz. <http://www.fizikdosyasi.com/nukleerenerji.htm> (Erişim: 26.01.2007).

Nükleer enerjinin girdisi olarak uranyum, toryum ve plütonyum elementleri kullanılmaktadır. Atomun parçalanması veya birleştirilmesi gibi olaylar sonucu kütlelerde azalmalar olur. Bu azalmalar yüksek dereceli ısıya dönüştürülür. Örneğin; 1 kilogram uranyumun parçalanması ile açığa çıkan enerji, ısı değeri 7000 Kcal/kg olan 2800 ton taşkömürüne eşdeğer olabilmektedir¹¹³. Nükleer enerjinin hammaddesi olan uranyumun hiç bir endüstriyel kullanım alanı yoktur. Son maden aramaları sonucu Avustralya ve Kanada'da büyük uranyum yatakları olduğu ortaya çıkmıştır. Uranyumun fiyatı bu nedenler dolayısıyla zaman içinde sürekli azalmıştır. Fakat dünya üzerinde 6 milyon ton rezervi bulunan uranyum yatakları, hiçbir yeni santral kurulmasa dahi 50 yıl içinde tükenmeye yüz tutacaktır. İkinci bir nükleer hammadde ise toryumdur ve Türkiye zengin toryum yataklarına sahiptir. Nükleer hammaddenin stoklanabilir olması, onun petrol gibi ekonomik silah olarak kullanılmasını da önlemektedir¹¹⁴.

Normal işletme sırasında çevreyi hemen hemen hiç kirletmediği belirtilen nükleer santrallerden ortaya çıkacak olan radyoaktif atıkların depolanması ve/veya imha edilmesi önemli bir sorun teşkil etmektedir. *“Nükleer enerjiden ortaya çıkan radyoaktif atıklar hiçbir şekilde bertaraf edilemez. Dünyada güvenli depolama alanı yok. Bunlar, tamamıyla yasadışı olarak az gelişmiş ülkelere yollanıyor”¹¹⁵*. Toprak altında yüzlerce yılda radyoaktif etkisini kaybeden bu atıklar, deprem ve benzeri olaylarda insan sağlığını tehdit eden bir unsur olarak ortaya çıkmaktadır. Nükleer santrallerin en korkulan yönü yalnızca radyoaktif atıklar değil, bir kaza sonrasında çevreyi temizlenemez şekilde kirletme olasılıklarıdır. Nükleer teknolojinin elli yıla yakın kullanım süresi içinde (1957-2007) üç önemli reaktör kazası gerçekleşmiştir. Bunlar Three Mile Island, Tokaimura ve Çernobil kazalarıdır. İlk önemli kısmi nükleer güç santrali kazası, 1979 yılında ABD’de Three Mile Island’da gerçekleşmiştir. Bu kaza radyoaktif sızma şeklinde olmuş ve büyümeden denetim altına alınabilmiştir. Soğutma devresinin bakım görevlisinin hatası sonucu vanaların kapalı tutulmasından kaynaklanan bu kazada ölen veya yaralanan olmamışsa da çevredeki radyoaktif birikintinin temizlenmesi gerekmiştir. İkinci kısmi nükleer güç santral kazası ise 1999 yılında Japonya’nın başkenti Tokyo’nun 120 km kuzey

¹¹³ PEŞİNT, M. Adnan; “Elektrik Santralleri Enerji İletimi ve Dağıtımı”, Milli Eğitim Basımevi, İstanbul 1996, s.38.

¹¹⁴ ÜNALAN, Sebahattin; Alternatif Enerji Kaynakları Ders Notları, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, <http://66.102.9.104/search?q=cache:PjdwiHzbyMUJ:me.erciyes.edu.tr/sunalan/alt-ener-kay.pdf+%22sebahattin+%C3%BCnalan%22&hl=tr&ct=clnk&cd=1&gl=tr> (Erişim: 25.03.2008).

¹¹⁵ “NÜKLEER ENERJİ YALANLARI”, TMMOB Çevre Mühendisleri Odası, <http://www.cmo.org.tr/etkinlik/gundem/gundem23.php?altm=gundem23> (Erişim: 26.01.2007).

doğusundaki Tokaimura Nükleer Santral kazasıdır. Bir kişinin ölümü ve 439 kişinin de yüksek dozda radyasyona maruz kalmasına sebep olmuştur. Çernobil Nükleer Santral kazası Ukrayna'daki Çernobil nükleer güç santralinde, reaktör güvenliği ile ilgili bir test sırasında şu şekilde gerçekleşmişti: Yapılan test, bu tür reaktörlerin kararlı çalışmadığı çok düşük güç seviyesinde gerçekleştirilmekteydi ve bu güç seviyesinde reaktörün güvenlik sistemlerinin devreye girmemesi için, sorumlu operatörler normalde yapmamaları gerektiği halde acil durum kapama sistemini devre dışı bırakmışlardı. Deney sırasında kalp¹¹⁶ içi sıcaklıklar güvenli seviyenin üstüne çıktığında, reaktörü kapatacak ve soğutma sağlayacak sistemler devre dışındaydı. Bu hata, buhar basıncının artmasına ve bu yüzden oluşan buhar patlamasıyla birlikte çatının çökmesine yol açtı. Böylece, reaktör içindeki sıcak grafit direk olarak atmosferle temas eder hale geldi. Havada bulunan oksijenle reaksiyona giren grafitin yanmasıyla reaktör kalbi bütünlüğünü kaybetti ve bu tür Rus reaktörlerinde (RMBK-1000) koruma kabuğunun da olmaması nedeniyle, radyoaktif maddeler dışarı salındı. 26 Nisan 1986, saat 01:23'de olan bu kazanın etkileri çok büyük oldu. Bu kaza, çevredeki halkta ciddi olumsuz sonuçlara yol açan ilk kazaydı. 35 kişi kaza nedeniyle hayatlarını kaybetti. Uzun dönemde de binlerce insan üzerinde olumsuz etkileri görülmeye devam etmektedir. Bu kaza, nükleer teknolojiye kaçan ülkelerin bile, istemedikleri halde nükleer kazaların zararlarına katlanmak zorunda olduklarının da bir göstergesidir¹¹⁷.

Uluslararası Atom Enerji Ajansı'na göre (1998 sonu), 434 nükleer güç santrali 33 ülkenin 250 farklı bölgesinde işletme halindedir. Ek olarak, 15 ülkede 36 nükleer güç santralinin inşaatı sürdürülmektedir. Nükleer enerjinin toplam dünya elektrik üretimindeki payı ise yaklaşık %16'dır. Buna karşın Avrupa ülkeleri artık yeni nükleer santral kurma yoluna gitmemekte, bazı kaynaklara göre de ortaya çıkan radyoaktif atıkları gelişmemiş ülkelerde ücret karşılığı yakarak veya toprak altına gömerek kendi sınırları dışına çıkarmaya çalışmaktadırlar. Nükleer reaktörlerin maliyetinin yüksek olması, bazı ülkelerin nükleer enerjiden uzak kalmalarının başka

¹¹⁶ **Reaktör Kalbi:** Nükleer yakıt, seramik formunda, yaklaşık 1 cm çap ve yüksekliğinde silindirik parçaların art arda dizilmesiyle yine silindirik biçimde kapalı sızdırmaz tüpler içindedir. Bu tüplerin binlercesinin, aralarından soğutucu suyun geçmesine izin verecek şekilde bir araya getirilmesi ile de reaktör kalbi oluşturulmuştur. Bu kalp ise paslanmaz çelikten yapılan bir basınç kabının içinde bulunur (Basıncılı veya Kaynar Sulu reaktörlerde). Basınç kabı ve buna bağlı sistemler ise reaktör koronak binası adı verilen betondan yapılmış kubbemsi yapının içinde bulunurlar. Dolayısıyla, yakıt içinde bulunan radyoaktif maddelerin dışarıya salınmalarını, seramik yakıt, yakıt tüpü, basınç kabı, çelik gömlek ve beton koronak binası, kademeli olarak engellemiş olurlar. Ayrıca bkz. http://www.taek.gov.tr/ogrenci/bolum3_02.html (Erişim: 26.01.2007).

¹¹⁷ Ayrıca bkz., Dokuz Eylül Üniversitesi, <http://web.deu.edu.tr/atiksu/ana58/haber08.html> (Erişim: 25.03.2008).

bir nedenidir. Ülkemizin enerji bakımından dışa bağımlılığının azalması için ülkemizde bir nükleer santral kurulması yararlı gözükse ve bu konuda çalışmalar devam ediyor olsa da, oluşabilecek riskler de halen tartışma konusudur¹¹⁸.

Kanada hükümetine bağlı olan AECL (Atomic Energy of Canada Limited) ile Türkiye arasında 1985 yılında imzalanan anlaşma Türkiye’de yap-işlet-devret modeli bir nükleer santral kurulması planlandı. Fakat gerek Kanada hükümetinin yap-işlet-devret modelini fazla riskli bulması, gerekse Türk hükümetinin kömür santrallerine olan eğilimi sonucu santralin kurulması mümkün olamamıştı. Santralin kurulamaması sonucu da Türkiye, nükleer enerji konusunda yetmiş 1000 kadar personelini başka ülkelere ve işlere kayması ile kaybetmişti. Son günlerde yoğun tartışma konusu olan Mersin’e bağlı Akkuyu mevkiinde kurulması planlanan nükleer santral konusunda yazılı ve görsel basında çeşitli yöndeki fikirleri savunan pek çok organ bulunuyor olmasına karşın, Enerji Bakanlığı ve diğer resmi organlar projenin uygulanabilirliğini savunmaktadırlar. Gelişmiş ülkelerin, özellikle Avrupa ve ABD’nin yenilenebilir enerji kaynakları konusunda ar-ge çalışmalarına hız verdiği ve gerek pilot uygulamalar gerekse çalışan santraller şekline dönüştürdüğü böyle bir dönemde, ülkemizde bir nükleer santral kurulmasının getirileri ve riskleri son kararın verilmesine kadar tartışma konusu olmaya devam edecek gibi görünmektedir¹¹⁹.

2.2 Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Enerji; sanayinin, üretimin, gelişmenin ve kalkınmanın en temel girdisidir. Gerek dünyada ve gerekse ülkemizde nüfus artışına, sanayileşmeye ve teknolojik gelişmelere paralel olarak enerji tüketimi hızla artmaktadır. Dünyanın, enerji gereksiniminin %80’ini fosil yakıtlardan karşılamasına karşın, petrol ve fosil yakıt rezervlerinin sınırlı olduğu bilinmektedir. Bir yandan fosil yakıt rezervlerinin azalması, diğer yandan artan çevre kirliliği ve doğanın tahribi sebebiyle alternatif enerji kaynakları konusunda yapılan araştırmalar, yenilenebilir enerji kaynakları konusunu gündeme getirmiştir¹²⁰.

¹¹⁸ Ayrıca bkz., Hürriyet Gazetesi Haber Arşivi, <http://hurarsiv.hurriyet.com.tr/goster/haberler.aspx?id=2065&tarih=2007-01-18> (Erişim: 26.01.2007).

¹¹⁹ KÜÇÜK, Reyhan / UZUN, Güngör; “Nükleer Santral Kurulması Planlanan Akkuyu’nun Doğal Özellikleri”, TMMOB 1. Enerji Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 12-14 Kasım 1996, Ankara, s.114.

¹²⁰ TMMOB MAKİNE MÜHENDİSLERİ ODASI, Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu ve Sergisi Sonuç Bildirgesi, <http://www.mmo.org.tr/modules.php?op=modload&name=News&file=article&sid=257&mode=thread&order=1&thold=0> (Erişim: 28.12.2006).

“Yenilenebilir enerji, ‘doğanın kendi evrimi içinde, bir sonraki gün aynen mevcut olabilen enerji kaynağı’ olarak tanımlanıyor. Bugün yaygın olarak kullanılan fosil yakıtlar, yakılınca biten ve yenilenmeyen enerji kaynakları. Oysa hidrolik (su), güneş, rüzgar ve jeotermal gibi doğal kaynaklar yenilenebilir olmalarının yanı sıra temiz enerji kaynakları olarak karşımıza çıkıyor”¹²¹.

“Türkiye’nin coğrafi konumu pek çok yenilenebilir enerji kaynağının gelişmesi için uygun koşullar temin etmektedir. Yağışlı fakat ılık iklim kuşağında yer alan Türkiye, Avrupa ile Batı Asya’nın arasında kalmaktadır. Kıyı kesiminde tipik Akdeniz ikliminin görüldüğü ülkemiz, Alp-Himaleya dağ kuşağının bir parçası olup steplerle çevrilidir. Bunun esas nedeni üç tarafımızın denizlerle çevrili olması ve ülke genelinde yağış ortalamasının metrekareye 650mm olmasıdır”¹²².

Tüm dünya yenilenebilir enerji kaynakları üzerine eğilmekte, bu konuda maliyetleri düşürecek yeni teknolojiler için çalışmalar devam etmekte ve uygulamalar sürdürülmektedir. Türkiye’de de devam eden projelerde, yenilenebilir enerji kaynakları; 1) Birçok yenilenebilir enerji projesinin yaşam döngüsü açısından ekonomik olması 2) Türkiye’nin çok geniş ve yenilenebilir hidroelektrik, jeotermal ve rüzgâr enerjisi santrallerine sahip olması 3) Yenilenebilir kaynaklardan sağlanan enerjinin, kirliliği ve evlerde kullanılan yeşil gazın (GHG) emisyonunu azaltacak olması gibi pozitif etkileri göz önüne alınarak hızlandırılmaya çalışılsa da, bu projeler bazı engellerle de karşılaşmaktadır. Bu engeller özetle; 1) Yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili potansiyel alanlar konusunda teknik açıdan güvenilir bilgi bulunmaması sonucunda, fosil yakıtların kullanımıyla gerçekleştirilen geleneksel enerji üretim projelerine göre daha yüksek yatırım öncesi masraflar; mevcut verilerin geçerliliğinin tasdik edilmesinin ve ek araştırma yapma giderleri (fizibilite öncesi, ayrıntılı fizibilite mühendislik tasarımı) 2) Bu tür küçük, ancak sermaye yoğun altyapı projelerinde mali tutarlılığa ulaşmak için gereken orta ile uzun vadeli borçlanma finansmanının bulunmaması; doğal gazla işletilen tesislerle karşılaştırıldığında, sermaye maliyetlerinin, işletme maliyetlerine oranının başlangıçta daha yüksek olması nedeniyle, finansmanın bir kısmı uzun vadeli borç olarak sağlanmadıkça, elektrik satış gelirleri ver borç servis yükümlülükleri arasında bir dengesizlik

¹²¹ Ayrıca bkz., <http://www.bugday.org/article.php?ID=79> (Erişim: 04.04.2007).

¹²² **KAYGUSUZ, Kamil**; “Renewable and Sustainable Energy Use In Turkey: A Review”, Elsevier, The International Journal, Renewable and Sustainable Energy Reviews, California, USA, 2002.

bulunması gibi nedenlere dayanmaktadır¹²³. Buna karşın, Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu'ndan (EPDK) alınmak üzere başvurusu yapılmış olan lisans talepleri ülkemizdeki gelişmeye işaret etmektedir. EPDK'dan lisans almış olan ve inşasına başlanmış olan enerji santrallerinden bazıları Tablo 2.3'de sıralanmıştır. Ayrıca ülkemizdeki enerji üretiminin enerji kaynaklarına göre dağılımı da Şekil 2.3'de görülmektedir. Halihazırda kullanılmakta olan enerji kaynakları ve geleceğe dönük yönelim bu iki verinin değerlendirilmesiyle anlaşılabilir. Tabloların incelenmesinden anlaşılacağı üzere, doğalgaz ve hidrolik enerjinin kullanılmasıyla elde edilen enerjinin öneminin korunmasının yanında, rüzgar enerji santrallerine ilişkin lisans başvuruları da önemli bir seviyeye ulaşmıştır.

Tablo 2.3 - İnşa Halindeki ve EPDK'dan Lisans Almış Olan Enerji Santralleri

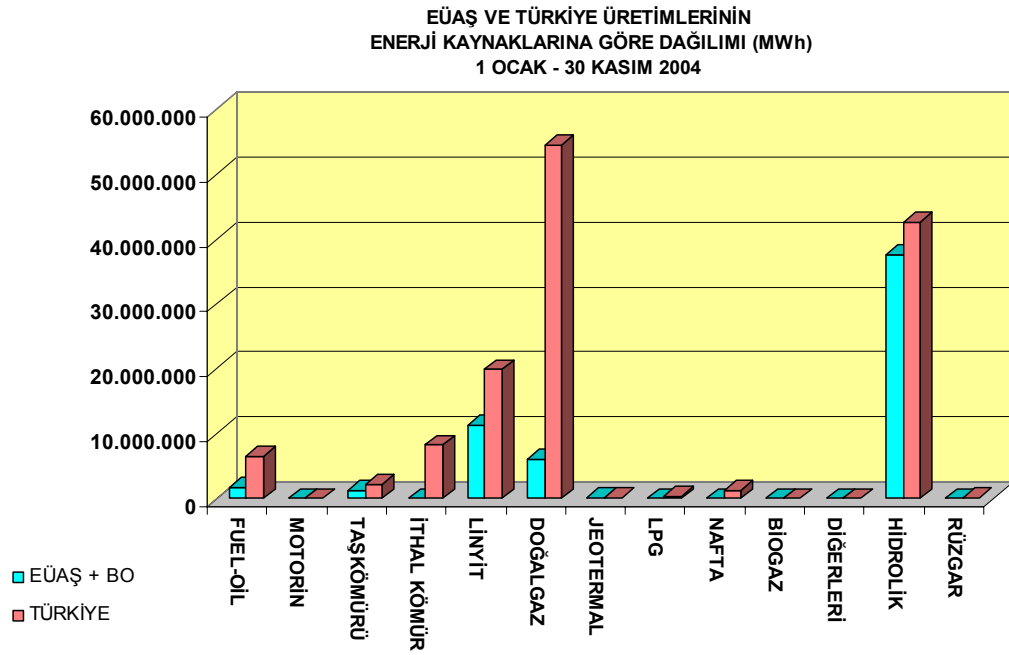
İNŞA HALİNDE VE EPDK'DAN LİSANS ALMIŞ OLAN SANTRALLER									
								(MW)	
		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2004-2010
LİNYİT	İnşa Halinde	680	1080						1760
	EPDK	4	2			320			326
	Toplam								2086
İTHAL KÖMÜR	EPDK	6	12	119					137
DOĞAL GAZ	İnşa Halinde	770							770
	EPDK	175	922	170	390				1657
	Toplam								2427
FUEL OIL – LPG	EPDK	104	54						158
HİDROLİK	İnşa Halinde	233	727	643	1070	334			3006

¹²³

	EPDK	16	73	68	51		34	14	256
	Toplam	249	800	711	1121	334	34	14	3262
JEOTERMAL	EPDK	13	25	8	1				47
RÜZGAR	EPDK	299	860	110					1269
TOPLAM		2549	4554	1827	2633	988	68	28	9386

Kaynak: **PAŞAOĞLU, Salih**; ETKB Müsteşar Yrd., “ETKB Gündeminde Yenilenebilir Enerji ve Hidrolik Enerji”, Dünya Su Günü Konferansı, Su Vakfı, İstanbul 2005, s.2.

Şekil 2.3 - Türkiye’de Elektrik Üretiminin Enerji Kaynaklarına Göre Dağılımı



Kaynak: **PAŞAOĞLU, Salih**; ETKB Müsteşar Yrd., “ETKB Gündeminde Yenilenebilir Enerji ve Hidrolik Enerji”, Dünya Su Günü Konferansı, Su Vakfı, İstanbul 2005, s.1.

Sürdürülebilir gelişimin sağlanabilmesi pek çok faktörle ilgilidir. Bunların en önemlilerinden birisi de, enerji kaynaklarının sürdürülebilir olmasıdır. İnsanlığın gelişimi yolunda, toplumun ihtiyaçlarını karşılamak için kullanılması gereken enerji kaynaklarının güvenilirliği her zaman önemli bir husus olmuş fakat yeterli

görülmemiştir. Bunun yanında; enerji kaynaklarının uzun vadede etkin kullanımı, maliyetleri ve toplum üzerindeki etkileri de düşünüldüğünde, yenilenebilir enerji kaynakları ile sürdürülebilir gelişim arasında dolaylı bir bağlantı olduğu açıkça görülebilir¹²⁴.

Yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanma hususunda bölgesel farklılıklara da dikkat etmek gerekir. Örneğin, güneş enerjisinden faydalanma konusunda tropik bölgelerin, diğer bölgelere göre üç kat daha fazla avantajlı olduğu söylenebilir. Deniz kaynaklarından yararlanmak için deniz kıyısı bölgeler, jeotermal enerjiden yararlanmak için ise yeraltı kaynaklarının uygun olduğu bölgeler avantaj sağlar. Yani coğrafik, iklimsel ve hatta toplumsal özellikler yenilenebilir enerjiden yararlanma ve kullanma hususunda önemli bir faktör oluşturmaktadır. Dünya üzerindeki pek çok devlet de, içinde bulunduğu şartlar ve sahip olduğu imkanlar dahilinde bu konuya eğilmekte ve karbondioksit emisyonlarını azaltma yolunda yenilenebilir enerji kaynaklarına umut bağlamış durumdadır¹²⁵.

2.2.1 Yenilenebilir Enerjinin Avantajları

Bu konunun başında bahsedildiği üzere; fosil ve nükleer yakıtların dezavantajları dolayısıyla bir alternatif arayışının sonucu olarak ortaya çıkmış olan doğal enerji kaynakları, yenilenebilir enerji kaynakları konusunu gündeme getirmiştir. Doğayı ve insanı en az etkileyecek, ekolojik dengeyi koruyacak bir yaşam için kaynakların da yenilenebilir olması gerekmektedir. Sıklıkla değindiğimiz bu avantajlarının yanı sıra, yenilenebilir enerji kaynaklarının olumlu özelliklerini sınıflandırmak gerekirse¹²⁶;

Çevresel Faydaları: Yenilenebilir enerji teknolojileri, çevreyi fosil enerji teknolojilerine göre daha az olumsuz etkiler. Çünkü kirlenici etkisi yoktur.

İş ve Ekonomiye Faydaları: Yüksek maliyetle enerji ithal etmek yerine, yerel malzeme ve işgücü kullanarak yapılacak olan yatırımlarla kurulacak olan

¹²⁴ DİNÇER, İbrahim; a.g.e., s.159.

¹²⁵ GROSS, Robert / LEACH, Matthew / BAUEN, Ausilio; "Progress In Renewable Energy", Environment International 29 (2003) 105-122, London 2002, s.106.

¹²⁶ Ayrıca bkz., Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, <http://www.meteor.gov.tr/2006/kurumsal/ekitap/4mevsim1-sayfa33.pdf> (Erişim: 04.04.2007).

yenilenebilir enerji santralleri inşa edilmiş olduğu bölgede hem kurulum hem de işletme aşamasında hem lokal bir ekonomik kaynak oluşturur hem de ülke genelinde gereksinim duyulan enerjiye destek olur. Bunun yanında, gelişmekte olan yenilenebilir enerji teknolojilerinin satışını yapmak bugün pek çok ülke için gelir kaynağı olmuştur.

Enerji Güvenliği ve Politik Faydaları: 1970'lerden bu yana pek çok ülke petrole olan bağımlılıklarını azaltma yönünde çalışmalar yapmaktadırlar. Yenilenebilir enerji kaynaklarının ülke genelinde gelişmesi ve petrole olan bağımlılığın azalması ile dışa bağımlılık da azalacak, ülkeler enerji politikalarına ve hatta siyasi politikalarına bu sayede yeni bir yön verebileceklerdir.

Bütün bu avantajlarının yanı sıra, tükenmez olma özelliği ile yeni nesillere daha yaşanır bir ülke bırakma çabasında olan toplumumuzda yapılacak bu yatırımlar geleceğe dönük iyileştirmeler olarak kabul edilebilir.

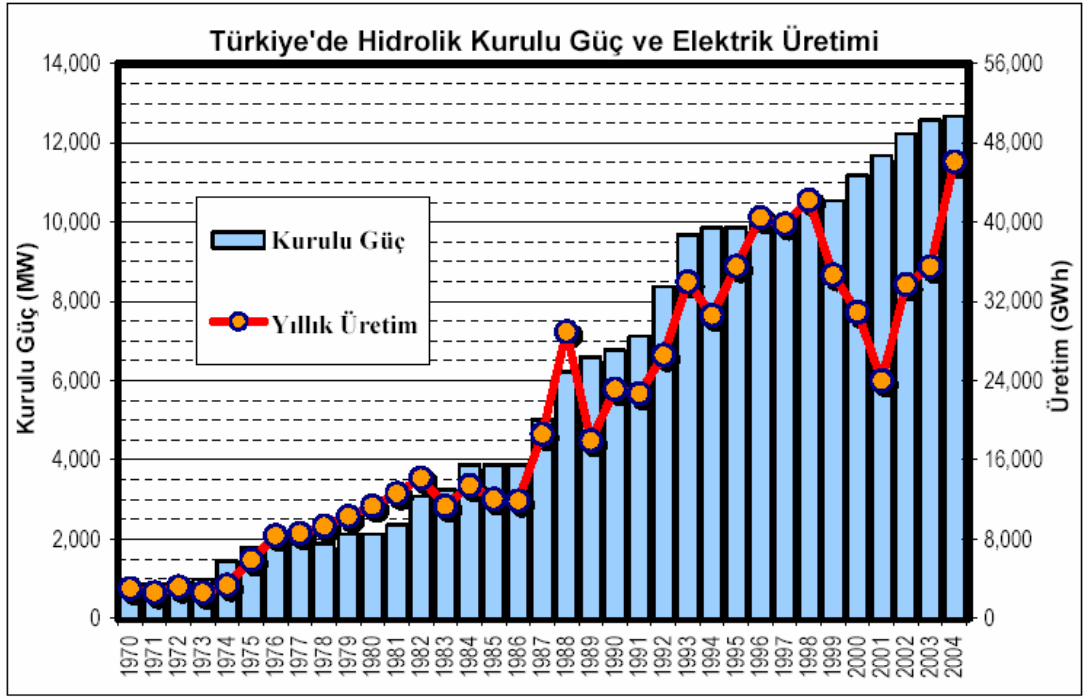
2.2.2 Hidrolik Enerji

Suyun yerçekimine bağlı potansiyel enerjisinin elektrik enerjisine dönüştürüldüğü elektrik santraline, hidroelektrik santrali adı verilir. Daha açık bir ifade ile, suyun akış gücünden faydalanmak suretiyle generatöre hareket kazandırmak esasına dayanarak elektrik üretme işlemine hidrolik enerjiden faydalanarak enerji üretimi denilmektedir. Bu şekilde çalışan enerji santrallerine de hidroelektrik enerji santralleri (hidroelektrik santral) adı verilmektedir.

“Türkiye elektrik üretiminde kullanabileceği çok zengin bir hidroelektrik potansiyele sahiptir. Ancak bu potansiyeli kullanıma sokmakta yetersiz kaldığı ve enerji stratejilerinde büyük bir yanlış içerisinde olduğu da açıkça görülmektedir. Türkiye'nin hidroelektrik kapasitesinin değerlendirilmesinde kullanılan ve herhangi bir tesisin ekonomik olarak yapılabilir olup olmadığı kararına mesnet teşkil eden kriterlerin daha yakından incelenmesi gerekmektedir. Halihazırda kullanılan kriterlerin hidroelektriğe karşı ve caydırıcı etkisi olduğu düşünülmektedir. Bu hesaplar ve hesaplarda kullanılan kriterler tamamen “internal costs” denen içsel maliyetler esas alınarak yapılmakta, hidroelektrik santrallerin alternatifi olarak düşünülen termik santrallerin dışsal maliyetleri (external costs) tümüyle göz ardı

edilmektedir. Literatürde dışsal maliyetler bu santrallerin sebep olduğu çevre sorunlarının (sera gazı emisyonları, asit yağmurları, atık maddelerin muhafazası, çevre kirliliği, vs.) giderilmesi için gerekecek harcamalar olarak tanımlanmaktadır ve mertebesinin içsel maliyetlerinin en az % 30'u olduğu belirtilmektedir¹²⁷.

Şekil 2.4 – Türkiye’de Hidrolik Kurulu Güç ve Üretimin Gelişimi



Kaynak: <http://www.ressiad.org.tr/makaleler.php?ID=20> , Erişim: 26.11.2007.

2.2.2.1 Ülkemiz Açısından Hidrolik Enerjinin Değerlendirilmesi

“Hidrolik enerji, Türkiye’nin kullanılabilir en önemli yenilenebilir enerji kaynağını oluşturmaktadır”¹²⁸. Ülkemizde kurulan ilk hidroelektrik santral, 1902 yılında Tarsus’ta kurulan 2kW gücündeki santraldir. Daha sonra yenileri eklenen hidroelektrik santraller, ülkemizin enerji ihtiyacının önemli bir bölümünü karşılamaktadır. Türkiye; yıllık 433 milyar kWh hidrolik enerji potansiyeline sahiptir ki, bu değer de dünya potansiyelinin yaklaşık %14’ünü oluşturmaktadır. Teknik ve

¹²⁷ Ayrıca bkz., <http://www.ressiad.org.tr/makaleler.php?ID=20> (Erişim 26.11.2007).

¹²⁸ Ayrıca bkz., TÜBİTAK, http://www.tubitak.gov.tr/btpd/btspd/platform/enerji/bolum6_1.html (Erişim: 07.04.2007).

ekonomik etütler, bu potansiyelin %34'ünün işletilmeye hazır durumda olduğunu göstermiştir. Bu değer, ülkemizin enerji ihtiyacının %35'ine karşılık gelmektedir. Yapılan çalışmalar, 2020 yılında hidrolik güçten yıllık 97,5TWh enerji üretmeye yöneliktir. Çalışır durumda olan 329 hidroenerji santrali sayısının 2020 yılına kadar 483'e çıkarılarak, 11.588MW olan enerji üretiminin 19.699MW'a yükseltilmesi planlanmaktadır. Ayrıca 74.000km² ile Türkiye topraklarının yaklaşık %10'unu teşkil eden Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yapılan Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP)'nden 7.476MW enerji elde edilmekte ve ülke gereksiniminin %22'ye yakın bir kısmı karşılanmaktadır¹²⁹.

“Teknik ve ekonomik yapılabilirlik sınırlamaları göz önüne alınmaksızın, Türkiye'nin hidrolik kaynaklarının teorik olarak, ortalama debi ve düşü şartlarında hesaplanan brüt potansiyeli 430 milyar kWh/yıldır. Ekonomik yapılabilir olmasına bakılmaksızın, teknik yapılabilirlik şartı ile bu kaynaklardan sağlanabilecek teknik potansiyel 215 milyar kWh/yıl olarak hesaplanmıştır. Hem teknik hem de ekonomik yapılabilir şartları altında kullanılacak potansiyel, bugün için 124,5 milyar kWh/yıl olarak bildirilmektedir. Ancak, ekonomik potansiyele bağlı güvenilir enerji üretim potansiyeli 79,7 milyar kWh/yıl kadardır”¹³⁰.

Günümüzde, ülkemizde hidrolik güçten oldukça fazla yararlanılmasına rağmen kullanılmayan büyük bir potansiyel de mevcuttur. İnşa edilecek barajların ise yapılan hafriyatın büyüklüğü, tarım alanlarını yok etmesi, sulama sisteminde meydana getireceği değişiklik gibi çevresel yönlü pek çok etkisi bulunmaktadır. Buna karşın termik ve nükleer santrallere göre daha güvenli ve işletmeciliği daha kolay ve esnektir. Elektrik donanımlarının tamamına yakını yurt içinde imal edilebilmektedir ve bakım-onarım-işletmeleri daha kolaydır. Bu gibi avantajlarına karşın bir hidrolik enerji santralının kuruluş yeri büyük önem arz etmektedir. Bu gibi santrallerden, elektrik üretiminin yanı sıra sulama, içme ve kullanma suyu temin edilebileceği de unutulmamalıdır. Hizmet ömürleri de uzun olan bu santrallerin yapımına ülkemizde önem verilmektedir.

¹²⁹ EVRENDİLEK, F. / ERTEKİN, C.; a.g.e., s.2305.

¹³⁰ ÇİTAK, Aydın; “Türkiye'nin Enerji Potansiyeli”, TİSAV, <http://tisavelazig.8m.com/yazilar.htm> (Erişim: 25.03.2008).

2.2.3.1 Ülkemiz Açısından Jeotermal Enerjinin Değerlendirilmesi

“Jeotermal enerji, yer kabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş ısının oluşturduğu, sıcaklıkları sürekli olarak bölgesel atmosferik ortalama sıcaklığın üzerinde olan ve çevresindeki normal yeraltı ve yerüstü sularına göre daha fazla erimiş mineral, çeşitli tuzlar ve gazlar içerebilen sıcak kürenin enerjisidir. Türkiye, jeotermal kaynak zenginliğinde dünyada 7. ülkedir. Tüm dünyadaki jeotermal enerji potansiyelinin %8'inin Türkiye'de bulunduğu belirlenmiştir.

MTA'nın verilerine göre, Türkiye'nin jeotermal ısı potansiyeli 31.500MWh'dir. bu potansiyel 5 milyon evin ısıtılmasına eşdeğerdir. Bu ısıtmanın maliyeti elektrikten 100 kat, fuel oil'den 50 kat, doğal gazdan 40 kat ve kömürden 32 kat daha düşük olmaktadır. Ayrıca jeotermal enerjiyi kullanan sistemler güvenilir, emniyetli ve esneklerdir. Bu sistemler %97 oranında verime ulaşabilmekte ve yıl boyunca sürekli çalışabilmektedirler. Bir avantajı da diğer sistemlerle karşılaştırıldığında inşaat süresinin çok kısa olmasıdır”¹³¹.

Türkiye'de bilinen 1000'in üzerinde jeotermal enerji kaynağı bulunmaktadır ve bu kaynaklar jeolojik yapı nedeniyle batı Anadolu'da yoğunlaşmıştır. Bunu sırası ile Marmara, İç Anadolu, Karadeniz, Güneydoğu Anadolu ve Akdeniz bölgeleri izler. Jeotermal enerji açısından Avrupa'da birinci, dünyada yedinci sırada yer alan Türkiye'de kaynakların doğru kullanılması enerji ithalatını ve petrole olan bağımlılığı azaltır. 2010 yılı itibarıyla 16 milyar kWh/yıl elektrik üretme kapasitesi ve/veya potansiyeli olan ülkemizde aynı yıl itibarıyla üretim hedefi 4 milyar kWh/yıl'dır. Bu sayılar, elde olan jeotermal kaynakların yeterli derecede değerlendirilemediğine işaret etmektedir¹³².

2.2.4 Güneş Enerjisi

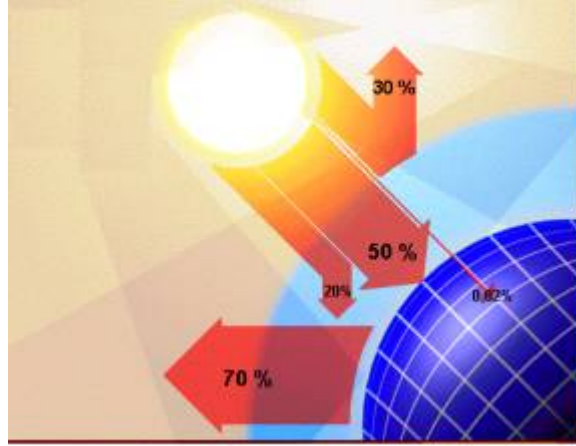
Güneş, 1.39 milyon km çapında ve dünyamıza yaklaşık 150 milyon km uzaklıkta olan, gazlardan oluşmuş bir küttedir. Sıcaklığı yaklaşık 6000°K olan güneş yüzeyinde hidrojen gazının helyuma dönüşmesi reaksiyonu gerçekleşmekte, bu

¹³¹ ÖZÇEP, Ferhat / KARABULUT, Savaş; “Jeotermal Enerji Olanakları ve Yararlanma”, Ölçü Mühendislikte, Mimarlıkta ve Planlamada, Nisan 2003, s.45. Ayrıca bkz. <http://www.istanbul.edu.tr/eng/jfm/ozcep/jeofizik/Jeotermal.htm> (Erişim: 25.03.2008).

¹³² ERGÜN, Serdal; a.g.e., s.11.

reaksiyon sırasında ortaya çıkan enerji radyasyon yolu ile yayılmakta ve dünyamıza da ulaşmaktadır.

Şekil 2.6 – Güneşten Gelen Işınımın Dağılımı



Kaynak: Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü,
<http://www.eie.gov.tr/turkce/gunes/gunesisinim.html> , Erişim: 18.01.2007.

Şekilden de anlaşılacağı üzere dünyamıza ulaşan ışınımın %30 kadarı atmosferden geri yansımakta, %20 kadarı atmosfer ve bulutlarda tutulmakta, %50 kadarı da yeryüzüne ulaşmaktadır. Bu ışınımın %1'inden azı bitkiler tarafından fotosentez için kullanılmaktadır. Geriye kalan tüm enerji de ısıya dönüşerek uzaya geri verilmektedir.

“Güneş enerjisi, bugün, konvansiyonel olmayan bir enerji kaynağı olarak sınıflandırılmakta ise de, sanayi devriminin başlangıcına kadar insanoğlunun yararlandığı tek ve en eski primer enerji kaynağı olmuştur.

...1740-1799 yıllarında yaşamış İsviçreli doğa bilimcisi Saussure tarafından ilk güneş pişiricisi yapılmış ve denenmiştir. 1868 yılında, bakır ve çinko eritmek için bir güneş fırını, 1872 yılında Kuzey Şili’de tuzlu suların damıtılması amacı ile bir güneş distilasyon tesisi yapılmıştır. 1901 yılında ise, Güney Pasadena’da (A.B.D.) güneş enerjisi ile bir su pompası tesisi çalıştırılmıştır. 1950’li yıllarda, A.B.D.’de,

güneşli su ısıtıcılar önemli ölçüde pratik kullanım alanına konulmuş olup, 1954 yılında, yalnız Florida ve Miami'de yaklaşık 50.000 adet su ısıtıcısı tespit edilmiştir.

Yine A.B.D.'de, ilk olarak 1949 yılında, Dover'da bir güneş evi inşa edilmiştir. 1954 yılında, A.B.D.'de Bell Telefon laboratuvarları tarafından, güneş radyasyonunu direkt elektriğe çeviren fotovoltaik piller geliştirilmiştir.

Güneş enerjisinden yararlanma metotlarının yıllardır bilinmesine rağmen ancak son yıllarda önem kazanmasının ve yaygın uygulamaya geçmesinin temel sebebi, 1973 yılına kadar, başta petrol olmak üzere ucuz ve bol enerjiye dayanan enerji ekonomisi devrinde, güneş enerjisi kullanımının ekonomik olmamasıdır¹³³.

Günümüzde ise, üzerinde çalışılmakta olan yeni ve temiz enerji kaynakları içinde, sınırsız bir potansiyele sahip olması ve temiz bir kaynak olması bakımından güneş enerjisi büyük bir önem kazanmış durumdadır. İletim ve dağıtım sorunu taşımayan bu enerjinin yoğunluğu yaklaşık 1,37kW/m² olup, mevsimlere göre değişmektedir.

Güneş enerjisinin elektrik enerjisine dönüştürülmesi, üzerine güneş enerjisi düştüğünde bunu doğrudan elektrik enerjisine çeviren ve güneş pili adı verilen elektronik düzenekler sayesinde mümkün olmaktadır. Güneş pilleri temelde yarıiletken teknolojisine dayanmakta olup, güneş pili yapımında kullanılan silisyum elementinin dünya üzerinde geniş rezervi bulunmaktadır. Ayrıca elektrik devreleri ve ısının transfer edildiği termik kütle içinde depo edilmesi gibi yöntemlerle de güneş enerjisi depo edilebilmekte ve yardımcı enerji olarak kullanılabilir. Güneşten dünyamıza ulaşmakta olan direk (ışınım) ve difüz (yaygın) radyasyon miktarları, atmosferdeki bulutluluk derecesine, nem miktarına, toz partikül miktarına ve diğer çevre faktörlerine bağlı olarak değişiklik göstermekle birlikte; dünyanın en güneşli bölgeleri ekvatorun 35° kuzey ve güney enlemleri arasında kalan bölgeler olup güneş enerjisi toplanması için en uygun yerlerdir. *“Türkiye, coğrafi konumu açısından güneş kuşağı içerisinde olan bir ülkedir. Yıllık güneş alma süresi 2609 saat olup, yılın yaklaşık %30'unu güneş altında geçirmektedir”¹³⁴.*

¹³³ **TÜRKİYE ÇEVRE SORUNLARI VAKFI**, Türkiye'nin Yeni Ve Temiz Enerji Kaynakları, Ankara 1984, s.49.

¹³⁴ **ATILGAN, İbrahim**; “Türkiye'nin Enerji Potansiyeline Bakış”, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, C.15, No:1, Ankara 2000.

Şekilde de görüldüğü üzere, güneş enerjisi teknolojisi ve bu enerjiyi toplama alternatifleri basit termik pasif sistem ile başlayıp, giderek karmaşıklaşan bir yapı ile güneş uydu istasyonlarına kadar uzanmaktadır¹³⁵.

Güneş enerjisi toplama sistemleri, erişilebilen sıcaklık dereceleri bakımından üç grupta toplanabilir:

- Düşük sıcaklık uygulamaları : 100°C'den az
- Orta sıcaklık uygulamaları : 100-350°C arası
- Yüksek sıcaklık uygulamaları : 350°C'den fazla

100°C'den az olan düşük sıcaklık uygulamalarında, düz toplayıcılar denilen basit düzenekler kullanılmaktadır. Söz edilen düzenekler, güneş radyasyonuna ilave olarak difüz radyasyonu da toplayabilmektedir. Düz toplayıcılar vasıtasıyla su ısıtma, bina ısıtma, sera ısıtma, tarımsal ürünlerin kurutulması, büyük hacimlerin ısıtılması gibi uygulamalar yapılmaktadır.

100-350°C arası sıcaklık uygulamalarında odaklı toplayıcılar kullanılmaktadır. Odaklı toplayıcılar, güneş ışınlarını belli bir noktada odaklayabilen mercek sistemler olup mevsimsel ayarlamalara ihtiyaç duyarlar.

350°C'den yüksek sıcaklık uygulamalarında ise, güneşi izleyen çok sayıda ayna ve güneş kuleleri kullanılmaktadır. Aynalar, enerjiyi kule üzerinde tek bir noktaya toplayarak yüksek sıcaklık elde edilmesini sağlarlar. Bu yüksek sıcaklık da madenlerin ergitilmesi ve elektrik üretimi amacıyla kullanılmaktadır.

2.2.4.1 Ülkemiz Açısından Güneş Enerjisinin Değerlendirilmesi

Ülkemizde bu konuda çalışma yapan kuruluşlar; kamu kurum ve kuruluşlarından Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (DMİ), Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü (MTA), Elektrik İşleri İdaresi Genel Müdürlüğü (EİEİ), Makine ve Kimya Endüstrisi Kurumu Genel Müdürlüğü (MKE), Türk Standartları Enstitüsü (TSE); bilimsel kuruluşlardan Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK), Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü, Pamukkale

¹³⁵ TÜRKİYE'NİN YENİ VE TEMİZ ENERJİ KAYNAKLARI; a.g.e., s.56.

Üniversitesi, Hacettepe Üniversitesi, Çukurova Üniversitesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi ve bazı diğer üniversiteler; özel sektör kuruluşlarından Deka Doğal Enerji Kaynakları Endüstri ve Mühendislik A.Ş. (Ankara), Prosen Profilo Enerji Sistemleri Sanayi A.Ş. (İstanbul), Ente Endüstri ve Tesisat A.Ş. (İzmir), Demirer Holding (İstanbul) ve bazı diğer şirketler sayılabilir¹³⁶.

Birçok kuruluş tarafından düzensiz olarak yürütülen araştırma ve çalışmalar ülkemizde önemli bir gelişmeye zemin hazırlamamakla birlikte ülkemiz, özellikle Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve Akdeniz Bölgesi, güneş ışınımı açısından zengin bir ülke sayılmaktadır. İlk yatırım maliyetleri yüksek olan güneş enerjisi sistemlerine devlet tarafından hem yatırımcı hem de tüketici açısından teşvikler sunulması, ayrıca yapılmakta olan çalışmaların bir plan ve programa oturtulması durumunda ülkemiz geleceğin bu önemli enerji kaynağından verimli şekilde yararlanabilecektir.

2.2.5 Biyoenerji

Biyoenerji denildiği zaman akla gelen biyokütle, biyogaz ve biyodizel enerjileridir. Bunlara sırayla değinelim.

“Biyokütle biyolojik kökenli fosil olmayan organik madde küttlesidir. Ana bileşenleri; karbon-hidrat bileşikleri olan bitkisel veya hayvansal kökenli tüm doğal maddeler biyokütle enerji kaynağı, bu kaynaklardan elde edilen enerji ise biyokütle enerjisi olarak tanımlanır. Biyokütle, 100 yıllık periyottan daha kısa sürede yenilenebilen, karada ve suda yetişen bitkiler, hayvan artıkları, besin endüstrisi ve orman ürünleri ile kentsel atıkları içeren tüm organik maddeler olarak da tanımlanmaktadır”¹³⁷. Başka bir deyişle, bitkiler, büyümeleri sırasında fotosentez ile aldıkları karbondioksitin karbonunu bünyelerinde tutarak biyokütleyi oluşturur ve oksijeni dışarı verirler. Bu bitkileri yakarak da atmosfere yeniden karbondioksit vermek mümkün olmaktadır.

¹³⁶ TÜRKİYE’NİN YENİ VE TEMİZ ENERJİ KAYNAKLARI; a.g.e., s.59-72.

¹³⁷ TAŞYÜREK, Mustafa / ACAROĞLU, Mustafa; “Biyoyakıtlarda (Biyomotorinde) Emisyon Azaltımı ve Küresel Isınmaya Etkisi” Verimlilik Dergisi, a.g.e., s.162.

2.2.5.1 Ülkemiz Açısından Biyoenerjinin Değerlendirilmesi

Enerji ormanları adı verilen, hızlı büyüyen bitkilerin bir taraftan yetiştirilmesi, bir taraftan yakılması ile edilecek buhar ile elektrik enerjisi elde etmek mümkün olmaktadır. Ülkemizde bu konuda pilot uygulamalar başlamıştır.¹³⁸ Ayrıca kent atıklarından sağlanmakta olan enerji hususunda, Türkiye’de bulunan 2000’in üzerindeki çöplükte kendiliğinden oluşan metan gazı miktarı 650 milyon m³ olarak kabul edilmektedir. Bu da yaklaşık olarak 8 milyar kWh elektrik enerjisi eşdeğerdir¹³⁹. Çöp içinde biriken metan gazı borularla enerji üretim merkezlerine pompalanmakta ve daha sonra arıtma yoluyla içindeki metan gazı ayrıştırılmakta, elde edilen metan gazı yakılmaktadır. Elektrik üretiminin bu yöntemi halen İstanbul (Kemerburgaz) ve Ankara (Mamak ve Sincan) çöplüklerinde uygulanmaktadır¹⁴⁰. Ancak şunu da belirtmek gerekir ki biyokütle kaynaklarının sağlanması fosil kaynak sağlanmasından daha pahalıdır. Fakat biyokütle yenilenebilir bir kaynak olmasıyla tükenmekte olan fosil yakıtların yanında sürdürülebilir global enerjinin önemli bir unsurudur¹⁴¹.

“Biyogaz; organik bazlı atık/artıkların oksijensiz ortamda (anaerobik) fermentasyonu sonucu ortaya çıkan renksiz - kokusuz, havadan hafif, parlak mavi bir alevle yanan ve bileşimindeki organik maddelerin bileşimine bağlı olarak yaklaşık; % 40-70 metan, % 30-60 karbondioksit, % 0-3 hidrojen sülfür ile çok az miktarda azot ve hidrojen bulunan bir gaz karışımıdır”¹⁴². Kısaca biyogaz, hayvansal ve bitkisel artık ve artıkların ihtiva ettiği metan kullanılarak yakılması ile elde edilen enerji çeşididir. Hayvancılığın yaygın olduğu ülkelerde tezek yakılması ile ısı eldesi yaygın bir konu iken günümüzde Amerika gibi gelişmiş ülkelerde enerji ormanları, okaliptüs gibi ağaçlardan, oluşturulmaya başlanmıştır.

“Biyodizel, kolza (kanola), ayçiçek, soya, aspir gibi yağlı tohum bitkilerinden elde edilen yağların veya hayvansal yağların bir katalizatör eşliğinde kısa zincirli bir alkol ile (metanol veya etanol) reaksiyonu sonucunda açığa çıkan ve yakıt olarak kullanılan bir üründür. Evsel kızartma yağları ve hayvansal yağlar da biyodizel

¹³⁸ BUĞDAY, a.g.e., s.23.

¹³⁹ GENÇOĞLU, Muhsin / CEBECİ, Mehmet; “Türkiye’nin Enerji Kaynakları Arasında Güneş Enerjisinin Yeri ve Önemi”, Verimlilik Dergisi, a.g.e., s.186.

¹⁴⁰ BUĞDAY, a.g.e., s.23.

¹⁴¹ Ayrıca bkz. http://www.eie.gov.tr/gazlastirma/gazlastirma_nedir.html (Erişim 18.01.2007).

¹⁴² Ayrıca bkz. http://www.eie.gov.tr/biyogaz/biyogaz_anasayfa.html (Erişim 18.01.2007).

*hammaddesi olarak kullanılabilir*¹⁴³. Bu işleme elde edilen biyodizel, petrol içermediğinden elde edilen biyodizel petrol kökenli dizel ile karıştırıldığında yakıt olarak kullanılabilir.

Tarım ve hayvancılığın önemli bir geçim kaynağı olduğu ülkemizde biyoenerji de önemli bir potansiyel taşımaktadır. Türkiye Cumhuriyeti Devleti özellikle biyodizeli Özel Tüketim Vergisi (ÖTV) dışında tutacağını beyan ederek bu hususu teşvik etmektedir. Bu konudaki çalışmalar devam etmekle birlikte, önemli bir uygulama alanı bulunamamış durumdadır.

2.2.6 Deniz Kökenli Enerji

Deniz kökenli yenilenebilir enerjiler; deniz dalga enerjisi, deniz sıcaklık gradyent enerjisi, deniz akıntıları enerjisi (boğazlarda) ve gel-git (med-cezir) enerjisidir. Ancak Türkiye’de gel-git enerjisi olanağı yoktur. Türkiye için söz konusu enerji grubu içinde en önemlisi deniz dalga enerjisidir. Çanakkale ve İstanbul boğazlarında deniz akıntıları varsa da, deniz trafiği bu enerjinin kullanılma olanağını sınırlandırmaktadır.

Deniz kökenli yenilenebilir enerji kaynakları; dalga enerjisi, deniz akıntıları enerjisi, ve gel-git enerjisi olarak sıralanabilir. Gel-git enerjileri yüksek tahmin edilebilirliğine rağmen, uzun yapım aşamalı ve yüksek maliyetli tesisler gerektirmektedirler. Deniz kökenli yenilenebilir enerji kaynaklarından uygun bir şekilde faydalanılırsa dünya enerji ihtiyacının %10’unu karşılayacak bir enerji kapasitesi bulunmakla birlikte, bu konu dünya genelinde ertelenmiş gözükmektedir. Bunun sebebi teknolojik olarak çözülmemiş pek çok nokta bulunmasıdır.

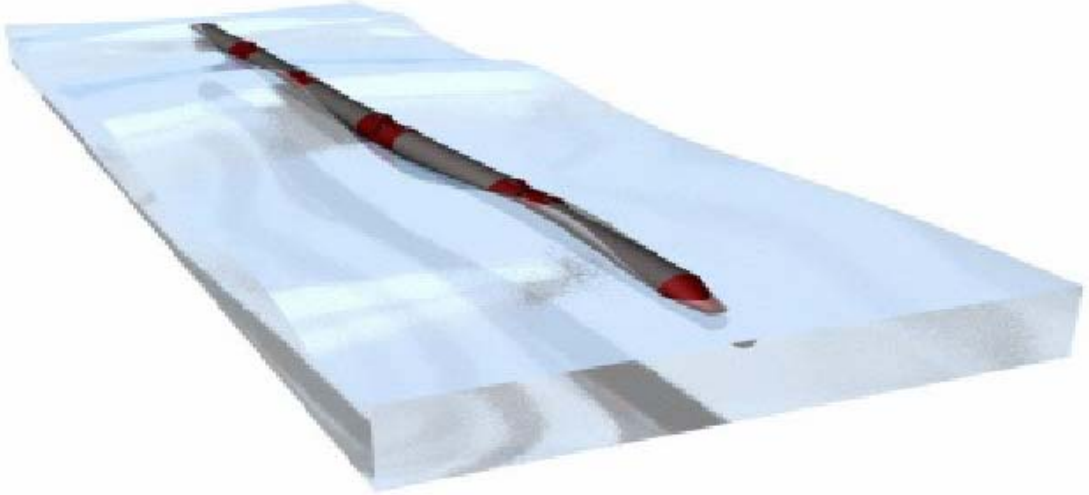
¹⁴³ Ayrıca bkz. http://www.eie.gov.tr/biyodizel/index_biyodizel.html (Erişim 18.01.2007).

2.2.6.1 Ülkemiz Açısından Deniz Kökenli Enerjinin Değerlendirilmesi

Ülkemizde deniz kökenli enerjinin kullanılması henüz söz konusu değildir¹⁴⁴. İstanbul ve Çanakkale boğazlarında akıntı enerjisi üretme olanağı bulunmasına rağmen, yoğun deniz trafiği uygulamalar açısından büyük bir engel teşkil etmektedir. 8000 km'nin üzerinde açık deniz kıyısına sahip olan ülkemiz büyük bir dalga enerjisi potansiyeline de sahip olmasına rağmen bu konu da henüz gündeme gelmemektedir. Buna karşın, ülkemizde sağlanabilecek dalga enerjisi potansiyeli 18,5 milyar kWh olarak tahmin edilmektedir.

Günümüzde, deniz kökenli yenilenebilir enerjilerden elektrik enerjisi üretimi konusunda en gelişmiş düşünce, deniz üzerinde bir adacık şeklinde olan yüzer santraller ve pelamis adında hidrolik katmanlardan oluşan bir dudadır.

Şekil 2.7 – Pelamis



Kaynak: <http://www.wave-energy.net/Projects/ProjDescriptions/pelamis.htm> Erişim: 28.01.2007.

¹⁴⁴ Ayrıca bkz., <http://www.mpm.org.tr/docs/anahtarhaziran2004.pdf> (Erişim: 20.03.2008).

Pelamisin prototip uygulaması ise Şekil 2.8’de görülmektedir:

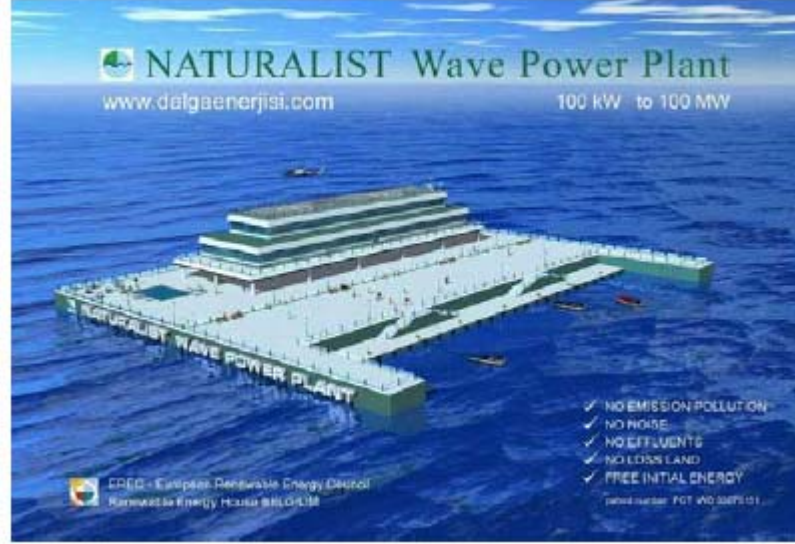
Şekil 2.8 – Pelamis Prototipi



Kaynak: “**DALGA ENERJİSİ**”, Yıldız Teknik Üniversitesi Güneş Enerjili Sistemler Kulübü, www.gesk.yildiz.edu.tr , Erişim: 28.01.2007.

Pelamis; 150m uzunluğunda, 750ton ağırlığında, 4m çapında yüzen bir gövde olup dört parçadan meydana gelmektedir. Şekilde de görüldüğü üzere dalgaları kırmakta ve bağlantı yerlerindeki hidrolik jeneratörlerin açılıp kapanma hareketleri sayesinde elektrik üretmektedirler. Bu elektrik de yüzer bir enerji santraline yönlendirilebilecektir. Bu tür bir yüzer enerji santrali modeli Metin Çokan’a aittir.

Şekil 2.9 – Metin Çokan’a Ait Yüzer Enerji Santrali Projesi



Kaynak: “**DALGA ENERJİSİ**”, Yıldız Teknik Üniversitesi Güneş Enerjili Sistemler Kulübü, www.gesk.yildiz.edu.tr , Erişim: 28.01.2007.

Yukarıda görülen projesi için Avrupa’dan patent alan baraj mühendisi ve bir müteahhitlik firması sahibi olan Çokan, konu ile ilgili olarak Türkiye’den ilgi göremediğinden yakınmaktadır ve Türkiye kıyı şeritlerinin %1’inde bile bu yöntemle elektrik üretilse, tüm ülke ihtiyacının karşılanabileceğini savunmaktadır¹⁴⁵.

Bu tür bir uygulamanın yararları şu şekilde sıralanabilir¹⁴⁶:

- ✓ Primer enerjiye bedel ödenmez.
- ✓ Temiz, sınırsız ve ucuz enerji üretilir. İlk yatırımdan başka girdisi yoktur. Ucuz enerji üretimi, dışa bağımlılığı azaltacaktır.
- ✓ Nüfus yoğunluğu kıyı kesiminde toplanmış olan ülkemizde, üretim ve tüketim bölgeleri yakın olacağından iletim maliyetleri olmayacaktır.
- ✓ Deniz üzerinde kurulduğu için tarım arazilerini yok etmez.

¹⁴⁵ Ayrıca bkz. <http://www.dalgaenerjisi.com/ana.asp> (Erişim: 28.01.2007).

¹⁴⁶ Yıldız Teknik Üniversitesi Güneş Enerjili Sistemler Kulübü; “Dalga Enerjisi” www.gesk.yildiz.edu.tr (Erişim: 28.01.2007).

- ✓ Tamamen yerli teknoloji ile üretilebilecek bir sistemdir.
- ✓ Her boyut ve güçte kurulabilir.
- ✓ Ulusal enterkoneksiyon sistemine bağlanarak, üretimin üst sınırdaki olduğu zamanlarda, mevcut hidroelektrik santralleri devreden çıkararak rezerv olarak kalmasını sağlar.
- ✓ Üç tarafı denizlerle çevrili olan ülkemiz, dalga enerjisi cennetidir.
- ✓ Dalga enerjisinden elde edilen doğal enerji kullanımı yaygınlaştığında ısınma amaçlı kullanılacağından; havadaki karbon ve nitrojen türevleri azalacak ve ülkemizde daha sağlıklı nesiller olacaktır.

2.2.7 Hidrojen Enerjisi

“Hidrojen 1500’lü yıllarda keşfedilmiş, 1700’lü yıllarda yanabilme özelliğinin farkına varılmış, evrenin en basit ve en çok bulunan elementi olup, renksiz, kokusuz, havadan 14.4 kez daha hafif ve tamamen zehirsiz bir gazdır. Güneş ve diğer yıldızların termonükleer tepkimeye vermiş olduğu ısının yakıtı hidrojen olup, evrenin temel enerji kaynağıdır”¹⁴⁷.

Geleceğin yakıtı gözüyle bakılan bu enerji kaynağı büyük ölçekte petrol rafinerisi yoluyla elde edilmekle birlikte hidroliz yöntemleri konusunda büyük aşamalar kaydedilmektedir. Güneş enerjisi gibi alternatif sistemlerle birleştirilerek oluşturulan hidroliz sistemleri büyük gelecek vaat etmektedir. Uzun bir kıyı şeridi olan Karadeniz’de kimyasal biçimde depolanmış olan hidrojen mevcuttur. Karadeniz’in suyu hidrojen sülfid (H_2S) içermektedir. Bu H_2S konsantrasyonu elektroliz reaktörü ve oksidasyon reaktörü adı verilen iki reaktör kullanılarak ayrıştırılmakta ve hidrojen elde edilmektedir. $-252,77^{\circ}C$ ’de sıvı hale gelen hidrojenin hacmi de yedi yüzde bir düşmektedir. Birim kütle başına en yüksek enerjiye sahip olma özelliği taşıyan hidrojen elementi, içten yanmalı motorlarda doğrudan kullanımının yanı sıra katalitik yüzeylerde alevsiz yanmaya da uygun bir yakıttır. Ancak dünyadaki gelişim hidrojenin yakıt olarak kullanıldığı yakıt pili teknolojisi doğrultusundadır. Isı ve patlama enerjisi gerektiren her alanda kullanımı temiz ve kolay olan hidrojenin yakıt olarak kullanıldığı enerji sistemlerinde, atmosfere atılan ürün sadece su ve/veya su buharı olmaktadır. Hidrojen petrol yakıtlarına göre ortalama 1.33 kat daha verimli bir yakıttır. Hidrojenden enerji elde edilmesi

¹⁴⁷ Ayrıca bkz. http://www.eie.gov.tr/hidrojen/index_hidrojen.html (Erişim : 18.01.2007).

esnasında su buharı dışında çevreyi kirlenici ve sera etkisini artırıcı hiçbir gaz ve zararlı kimyasal madde üretimi söz konusu değildir.

Hidrojenin belki de en önemli özelliği, depolanabilir olmasıdır. Bilindiği gibi, günümüzde büyük tutarlarda enerji depolamak için hala uygun bir yöntem bulunmuş değildir. Eğer bugün hidroelektrik santrallerinden elde edilen enerjinin depolanması mümkün olsaydı, enerji sorununu bir ölçüde çözmek mümkün olabilirdi. Ancak, elektrik enerjisi için bilinen en iyi depolama yöntemi hala asitli akümülatörlerden başka bir şey değildir. Hidrojen gaz veya sıvı olarak saf halde tanklarda depolanabileceği gibi, fiziksel olarak karbon nanotüplerde veya kimyasal olarak hidrür şeklinde depolanabilmektedir. Hidrojen gazı, doğal gaz veya hava gazına benzer olarak borular aracılığıyla her yere kolaylıkla ve güvenli olarak taşınabilmektedir. Hidrojen boru ile taşınmasına, Texas'ta petrol sanayi tarafından kullanılmakta olan ve 80 km uzunluğuna sahip boru şebekesi ile Almanya'da Ruhr havzasında 1938 yılında işletmeye açılan ve bugün 15 atmosfer basınç altında hidrojen taşımaya devam eden 204 km'lik boru hattı örnek olarak gösterilebilir¹⁴⁸.

Günümüzde, hidrojen ile oksijen arasındaki elektrokimyasal tepkime esas alınarak üretilen *yakıt pilleri* üretilmektedir. Verimlilikleri %80'lere varan yakıt pilleri 1952'lerde NASA tarafından uzay çalışmalarında kullanılmış, 1960 yılında ilk yakıt pili ile çalışan traktör, 1980'de tren, 1990'larda uçak ve denizaltı üretilmiştir. Bugün bu konu hakkında General Motors, Ford, Chrysler, Toyota, Honda, BMW, Renault, Toyota, Nisan, Mitsubishi, Daihatsu, Honda, Mazda, Daimler-Benz gibi otomobil firmaları yoğun çalışmalar ve pilot üretimler yapmaktadır. Bunların dışında, %15-20 hidrojen ve %80- 85 doğal gaz karışımından oluşan hythane adlı yakıt ile çalışan yeni bir otobüs 1993 yılından beri Montreal'de (Kanada) denenmektedir¹⁴⁹.

Güneş enerjisi, biyokütle, jeotermal enerji gibi yenilenebilir enerji kaynakları bol ve temiz olmalarına karşın her alanda son kullanım için uygun değildir. Bir ara "enerji taşıyıcıya" gereksinim vardır. Hidrojen, kendine has bazı özellikleri ile ideal bir enerji taşıyıcıdır. Bu özellikler¹⁵⁰:

¹⁴⁸ Ayrıca bkz. http://www.eie.gov.tr/hidrojen/hidrojen_depolanmasi.html (Erişim 18.01.2007).

¹⁴⁹ Ayrıca bkz. www.tugiad.org.tr/bultendosya/1_70.pdf (Erişim 18.01.2007).

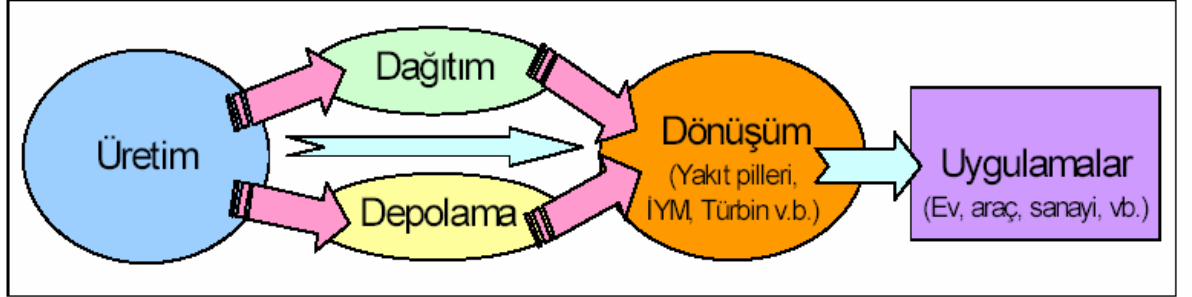
¹⁵⁰ **VİZYON 2023 PROJESİ ENERJİ VE ÇEVRE TEKNOLOJİLERİ STRATEJİ GRUBU**; Enerji Ve Çevre Teknolojileri Stratejisi, Ankara, Ağustos 2004, s.4.

- ✓ Elektrik enerjisi kullanılarak oldukça yüksek verimlerle üretilebilir veya elektrik üretiminde kullanılabilir.
- ✓ Hidrokarbonlardan ve sudan üretilebilir. Doğrudan güneş enerjisinden hidrojen üretimi (foto elektrokimyasal veya foto biyolojik üretim) prosesleri yoğun bir şekilde araştırılmaktadır.
- ✓ Alevli yanma, katalitik yanma, elektrokimyasal dönüşüm ve hidrürleşme gibi pek çok yöntemle etkin bir şekilde enerji üretiminde kullanılabilir.
- ✓ Hidrojenden enerji üretiminde son ürün sudur.
- ✓ Yenilenebilir kaynaklardan üretilen elektrikten üretildiğinde çevreye herhangi bir emisyonu olmaz; yani çevre dostudur (sadece havada alevli yanmada bir miktar NO_x oluşur).
- ✓ Gaz, sıvı veya metal hidrürlerde depolanabilir.
- ✓ Boru hattı veya tankerlerle çok uzak mesafelere taşınabilir.

Ancak, hidrojenin enerji taşıyıcı olarak kullanılması konusunda, henüz çözülememiş olan, maliyet, emniyet ve altyapı gibi bazı dezavantajlar bulunmaktadır. Buna karşın; *“Dünyada hidrojen üretim, depolama ve iletim teknolojileri, güvenlik ve çevresel etkiler, özellikle bir enerji taşıyıcı ortam olarak hidrojenin rolü, başta enerji ve ulaşım olmak üzere birçok farklı sektör dahilindeki uygulamaları açısından incelenmektedir. Birçok gelişmiş ülkede kabul gören hidrojen ekonomisine geçiş doğrultusunda, hidrojenle ilgili teknoloji alanları için ulusal planlar, yol haritası oluşturabilmek için projeler ve yüksek bütçeli (milyon dolarlar mertebesinde) ulusal programlar hazırlanmakta, ilgili teknolojilerin geliştirilmesi ve uyarlanması için geniş kapsamlı yoğun araştırmalar yapılmaktadır. Temel ve uygulamalı araştırma/endüstriyel geliştirme çalışmaları, üniversiteler, araştırma merkezleri, ulusal laboratuvarlar ve sanayi platformlarında koordine edilerek sürdürülmektedir. Avrupa Birliği Altıncı Çerçeve Programı’nda da yakıt pilleri ve hidrojen gibi enerji taşıyıcı / depolayıcıları ile ilgili yeni teknolojiler, enerji araştırmaları için öncelik alanı belirlenmiştir”*¹⁵¹.

¹⁵¹ VİZYON 2023 PROJESİ ENERJİ VE ÇEVRE TEKNOLOJİLERİ STRATEJİ GRUBU; a.g.e., s.5.

Şekil 2.10 – Hidrojen Ekonomisi Bileşenleri



Kaynak: “**ENERJİ VE ÇEVRE TEKNOLOJİLERİ STRATEJİSİ**”, Vizyon 2023 Projesi Enerji ve Çevre Teknolojileri Strateji Grubu, Ankara, Ağustos 2004, s.6.

Fosil yakıtlardan hidrojen ekonomisine geçiş için şu 5 önemli faktör göz önünde tutulmaktadır:

- 1) Destekleyici politik çevre
- 2) Stratejik bir araştırma planı
- 3) Yayılma stratejisi
- 4) Hidrojen ve yakıt pili teknolojileri için yol haritaları
- 5) Hidrojen ve yakıt pili teknolojileri için ortaklıklar

Sonuç olarak, gelecek 20 ila 30 yıllık dönem içinde dahi büyük gelişmeler vaad eden ve sürekli gelişme gösteren hidrojen enerjisi teknolojisi konusunda girişimler yapmak, ulusal çıkarlar açısından tüm dünya ülkeleri için önem arz etmektedir.

2.2.8 Rüzgar Enerjisi

Yenilenebilir enerji kaynaklarından birisi de, atmosferde serbest olarak bulunan rüzgar enerjisidir. Rüzgar rejimine bağlı olarak geliştirilen makinelerin boyutlarıyla orantılı bir şekilde yapılan bu enerji üretimi; gerek dönüştürme tekniklerinin ucuzluğu, gerekse sistemlerin kurulum ve işletme kolaylıkları açısından önem verilmesi gereken bir enerji üretim dalıdır. Rüzgar enerjisinden faydalanılmak istenen bölgelerin topoğrafik ve iklimsel özelliklerine dikkat etmek gerekmektedir. Türkiye, coğrafi konumu ve yapısı nedeniyle rüzgar enerji santrallerinin kurulmasına

oldukça elverişli bir ülkedir. Özellikle, üç tarafı denizlerle çevrili olan ülkemizde Ege Bölgesi zengin bir rüzgar enerji potansiyeline sahiptir. Denize açılan vadilerin ağızlarında çok kanatlı türbinlerin kurulması ile önemli miktar bir enerji elde edilebilir.

“Rüzgar, atmosferin ısınması ve soğumasından kaynaklanan sıcaklık ve basınç farkından dolayı yer değiştiren havanın, dünya yüzeyine göre bağıl olarak yaptığı harekettir. Burada yüksek basınç alanından alçak basınç alanına bir hareket söz konusudur. Rüzgar, atmosferde bol ve serbest olarak bulunan, kararlı, güvenilir ve sürekli bir kaynaktır. Güneş enerjisinin dolaylı bir şekli olan rüzgar enerjisi, kinetik bir enerjidir. Atmosferin rüzgarı oluşturan brüt kinetik gücü yaklaşık olarak 190×10^9 kW kadardır. Dünyanın 50 kuzey ve güney enlemleri arasındaki kinetik rüzgar gücü potansiyelinin 3×10^9 kW olmasına rağmen bunun sadece üçte birinin kullanılabilceği düşünülmektedir. Yeryüzünün aldığı toplam güneş enerjisinin yaklaşık olarak %2'sinin rüzgar kinetik enerjisine dönüştüğü tahmin edilmektedir. Bu miktarın toplam dünya enerji tüketiminin yüzlerce katı kadar olduğu düşünülecek olursa, bu enerjinin önemi daha iyi anlaşılacaktır. Yapılan rüzgar çevirme araçlarıyla ancak belirli bir rüzgar hızı aralığında bu enerjiden yararlanılabilmektedir.

Rüzgar enerjisinden faydalanmak için, ilk olarak rüzgar güç potansiyelinin belirlenmesi gerekir. Rüzgar milinin, kanat süpürme alanından akan hava kütlesi parçacıklarının momentum değişimi yapmasıyla dönen bir makine olduğu düşünülürse, süpürme alanındaki rüzgar gücü, bu alanın büyüklüğü, havanın yoğunluğu ve hızının küpüyle orantılıdır¹⁵². Rüzgar, güneşin doğuşundan batışına kadar yeryüzündeki farklı yüzeylerin, farklı hızlarda ısınıp soğumasıyla oluşmaktadır. Örneğin denizlerin karadan daha geç ısınıp daha geç soğuması ile ortaya çıkan sıcaklık farkları dolayısıyla, ısınan hava hareketlenerek rüzgarı oluşturmaktadır. Hareket halindeki havanın kinetik enerjisine de rüzgar enerjisi adını veriyoruz. Bu durum da, en uzun kıyı şeridinde sahip olan Ege Bölgesi'nde rüzgar enerji potansiyelinin daha fazla olmasının sebebini açıklamaktadır denilebilir. Bunun yanında, güneşin atmosferi farklı derecelerde ısıtması da rüzgar enerjisinin önemli bir sebebidir.

¹⁵² HOCAOĞLU, Fatih Onur / KURBAN, Mehmet; “Rüzgar Gücünden Elektrik Enerjisi Üretimi İçin Rüzgar Türbini Tasarımı”, EVK 1. Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu Notları, Kocaeli 2005, s.124.

“Rüzgar enerjisi tükenmeyen, yakıt gereksinimi olmayan, çevresel etkileri en az olan, emniyetli bir enerji kaynağıdır. Rüzgar enerjisi hava koşullarına ve topoğrafik şartlara göre değişim göstermektedir. Bu enerji yatay ve düşey eksenli rüzgar türbinleri ile mekanik enerjiye dönüştürülmekte, su pompalama veya elektrik üretimi amacıyla da bu mekanik enerjiden yararlanılmaktadır”¹⁵³.

“Rüzgar enerjisinin üstünlükleri genel olarak şu şekilde belirtilebilir:

- *Atmosferde bol ve serbest olarak bulunur.*
- *Yerli bir enerji kaynağıdır ve dünya pazarlarından büyük ölçüde bağımsız olma özelliğine sahiptir.*
- *Çevre kirliliği yaratmayan temiz bir enerji kaynağıdır.*
- *Herhangi bir radyoaktif ışınım tahribatı yapmaz.*
- *Atmosfere veya yakındaki nehir ve denizlere ısı emisyona (atıkları) yoktur.*
- *Taşıdığı enerji, hızının küpü ile orantılıdır.*
- *Teknolojinin kurulması ve işletilmesi göreceli olarak basittir.*
- *Rüzgar türbinleri modüler olup; herhangi tek bir büyüklükte imal edilmemekte ve tek olarak ya da gruplar halinde kullanılabilir.*
- *Rüzgar türbinlerinin işletmeye alınması, inşaatının başlamasından ticari üretime geçişine kadar üç ay gibi kısa bir sürede gerçekleştirilmektedir.*
- *Enerji ücretsiz olup, yakıt taşıma maliyetleri yoktur ve herhangi bir atık üretmez.*
- *Rüzgar türbinleri güvenlik açısından başarılı bir geçmişe sahiptir. Kullanım (ekonomik ömürleri) sonrasında tasfiye edilmeleri diğer enerji üretme biçimlerine göre çok kolaydır”¹⁵⁴.*

Günümüzde, kullanımı en hızlı artan ve teknolojisi en hızlı gelişen yenilenebilir enerji kaynağı rüzgar enerji sistemleridir. Dünyada 1990 yılında 2160MW olan rüzgar santrali kurulu gücü, 1998 yıl sonu itibarı ile 9839MW değerleri civarındadır. Dünyadaki kurulu gücün %64,2 kadarı Avrupa, %21,9 kadarı Kuzey Amerika'da ve %14,7 kadarı Asya'dadır¹⁵⁵.

¹⁵³ Ayrıca bkz., <http://www.mpm.org.tr/docs/anahtarhaziran2004.pdf> (Erişim: 21.02.2008).

¹⁵⁴ **DİKENSİZ GÜL TEMİZ ENERJİ**; a.g.e., s.86.

¹⁵⁵ Ayrıca bkz., http://yenilenebilirenerjikaynaklari.ws.tc/Ruzgar_enerjisi.htm (Erişim: 14.02.2008).

Bütün bu avantajlarına karşın, rüzgar enerji tesisleri ihtiyacın olduğu yerde değil kaynağın olduğu yerde kurulmak zorundadır. Bu özelliği ile rüzgar enerjisinden yararlanma olanağı bir miktar kısıtlanmaktadır. Hava kirliliğine veya canlılara olumsuz bir etkisi olmadığı savunulan bu santrallerde, gürültü kirliliğine sebep olan sesi toplayıcı bir özellik de söz konusudur. Dezavantaj olarak sayılabilecek bir husus da, türbin kanatlarının elektromanyetik dalgaları yansıtıcı özelliğinden dolayı radyo, televizyon, telsiz gibi haberleşme sinyalleri üzerinde olumsuz etkileri olmasıdır. Türbin kanatlarının ayar açıları ve dönme hızlarının değiştirilerek bazı olumsuz etkilerin önüne geçildiği de not edilmelidir.

“Türkiye için acil çözüm bekleyen sorunun, yine koordinasyon ve hukuki düzenleme yetersizliği olduğu görülmektedir. Değişik kamu kuruluşlarının yaptıkları çalışmaların bir bütün olarak değerlendirilmesi ve uygulamaya konulması için gerekli düzenlemelerin kısa zamanda gerçekleştirilmesi yararlı olacaktır. Nitekim, Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) bu konuda görevlendirilmiş olup, hukuki bir düzenleme üzerinde çalışılmaktadır”¹⁵⁶.

Rüzgar enerjisi konusu üçüncü bölümde daha ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

2.2.9 Türkiye’de Enerji Konusundaki Yasal Düzenlemeler

Sanayi devriminden beri insan faaliyetlerindeki hızlı değişim, atmosferde önemli değişikliklere yol açmaktadır. 1980’li yılların sonlarından başlayarak insanın iklim sistemi üzerindeki olumsuz etkileri azaltmak için Birleşmiş Milletler (BM) öncülüğünde uluslararası seviyede çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalar sonucunda, 1992 yılında Rio’da düzenlenen Çevre ve Kalkınma Konferansı’nda *İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi* (İDÇS) imzaya açılmıştır ve bu sözleşme ile gelişmiş ülkelere 2000 yılında sera gazı emisyonlarını 1990 yılı düzeyine indirme yükümlülüğü getirilmiştir. 1997 yılında İDÇS kapsamında Kyoto’da yapılan konferansta hazırlanan *Kyoto Protokolü* ile de 2008-2012 yılları arasında sera gazı salınımlarını 1990 yılı düzeyine göre en az %5 azaltma yükümlülüğü getirilmiştir. Bu doğrultuda dünya genelinde %8 bir azalış görüleceği hesap edilmiştir. Sözü geçen konferanslarda yapılan açıklamalarda; yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelimin desteklenmesi öngörülmekte, bu doğrultuda AB Komisyonu Yenilenebilir Enerji

¹⁵⁶ TÜRKİYE ÇEVRE SORUNLARI VAKFI; a.g.e., s.95.

Kaynakları Beyaz Bildirisi'ni ve 2001/77/EC sayılı direktifini yayımlayarak 2020 yılında yenilenebilir enerji kaynaklarının genel tüketim içindeki payının %12'ye ulaşmasını hedeflediklerini açıklamıştır. Söz konusu İDÇS'ne Türkiye de 16 Ekim 2003 tarihinde Türkiye Büyük Millet Meclisi görüşmelerinde katılma kararı almış ve bu kararını 21 Ekim 2003 tarih ve 25266 sayılı resmi gazetede yayımlayarak yürürlüğe koymuştur. Avrupa Birliği'ne katılım sürecinde kısa ve orta vadede gerçekleştirilmesi öngörülen çalışmalar *Türkiye Ulusal Programı* adı altında bir araya getirilmiş ve programın 14. bölümünde yer alan enerji alanındaki öncelikler listesinde; enerji kaynaklarından sağlanan enerji üretiminin artırılmasının, enerji ithalinin azaltılmasının ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılmasının Türkiye Ulusal Enerji Politikası'nın önemli parçası olduğu vurgulanarak yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının desteklendiği açıklanmıştır¹⁵⁷.

Buna ek olarak 10.05.2005 tarihinde kabul edilen 5346 nolu kanun maddesinin amacı; *“Yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanımının yaygınlaştırılması, bu kaynakların güvenilir, ekonomik ve kaliteli biçimde ekonomiye kazandırılması, kaynak çeşitliliğinin artırılması, sera gazı emisyonlarının azaltılması, atıkların değerlendirilmesi, çevrenin korunması ve bu amaçların gerçekleştirilmesinde ihtiyaç duyulan imalat sektörünün geliştirilmesidir”*¹⁵⁸.

Bazı yenilenebilir enerji kaynaklarının avantajları ve dezavantajları Tablo 2.5'te sıralanmıştır:

¹⁵⁷ T.C. BAŞBAKANLIK KANUNLAR VE KARARLAR GENEL MÜDÜRLÜĞÜ; B.02.0.KKG.0.10/101/872/3065 No'lu Karar, Ankara 2004, s.2-3. Ayrıca bkz. www.demirer.com.tr (Erişim: 16.04.2007).

¹⁵⁸ Ayrıca bkz. <http://www.demirer.com.tr/ruzgar/5356noluYEKkanun.htm> (Erişim: 16.04.2007).

Tablo 2.5 – Bazı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Avantaj ve Dezavantajları

AVANTAJLAR	DEZAVANTAJLAR
HİDROLİK ENERJİ	
Kirlilik yaratmaz	Yatırım maliyetleri fazladır
Pik enerji ihtiyacında çok hızlı devreye girer	Toplam inşaat süresi uzundur
Acil durumlarda hızla devreden çıkarılabilir	Yağışlara bağlı olumsuz etkilenmesi söz konusudur
Doğal kaynaklar kullanılır dışa bağımlı değildir	
Yapılan yatırım sadece enerji için değil sulama-taşkın amaçlı kullanılabilir	
GÜNEŞ ENERJİSİ	
Doğrudan güneş enerjisini kullanır	
Doğal ısıtma ve soğutma sistemleri kullanarak binaların gereksiz ve aşırı ticari enerji tüketimlerini önler	
Çevre değerlerini korur, çevreye verilen zararları en aza indirir	
Doğal ve sağlığa zararsız malzemeler kullanır	
Ekonomiktir	
Dışa bağımlı değildir	
RÜZGAR ENERJİSİ	
Kararlı, güvenilir, sürekli bir kaynaktır	Türbin için geniş alanlar isteyebilirler. Tek bir türbin için 700-1000 m ² /MW. Rüzgar tarlalarının birim güç başına toplam gereksinimi ise 150-200 katı kadardır. Türbinlerin kapladığı alan bunun %1-1.2 kadar olduğundan bu alanlar yinede tarım amaçlı kullanılabilir
Dışa bağımlı değildir	Görsel ve estetik olarak olumsuzdur. Gürültülüdürler ve kuş ölümlerine neden olur, radyo ve TV alıcılarında parazitlenme yaparlar Bu nedenle İngiltere başta olmak üzere bir çok Avrupa ülkesinde büyük rüzgar türbinlerinin yarattığı çevre sorunları nedeniyle milli park alanlarının sınırları içine ve çok yakınlarına kurulması yasaklanmıştır
Gelişen teknoloji ile birlikte enerji birim maliyetleri düşmektedir	

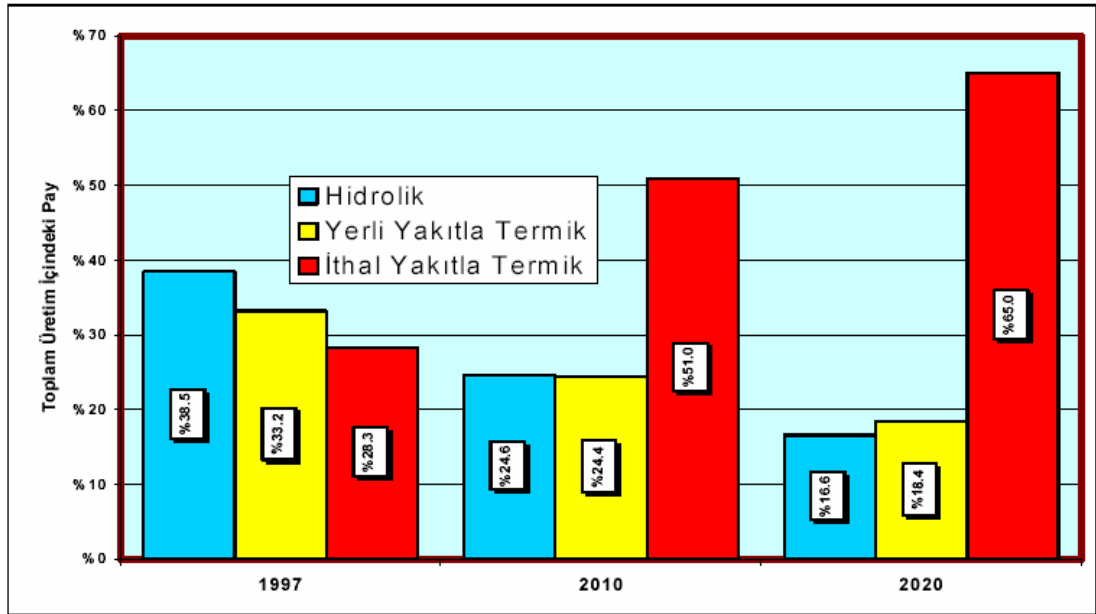
Kaynak: **AKŞİT, Tamer**; "Diğer Enerji Kaynakları Tanımı Ve Kaynakların Ülkemizdeki Mevcut Durumu", Meteoroloji Mühendisliği Dergisi, 1995/1, s.46.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

UYGULAMA

Hali hazırda erişilebilen bulgulara göre Türkiye; petrol, doğal gaz gibi birincil enerji kaynakları açısından zengin bir ülke olmadığından enerji ihtiyacının büyük bölümünü ithal kaynaklardan temin etmektedir¹⁵⁹. Bu açıdan gün be gün dışa bağımlı hale gelmekte olan Türkiye'nin kaynaklara göre enerji üretim planlaması Şekil 3.1'de görülmektedir.

Şekil 3.1 – Türkiye Elektrik Üretiminin Kaynaklara Göre Planlanan Gelişimi



Kaynak: **BAKIR, Nadi**; “Hidroelektrik Perspektifinden Türkiye ve AB Enerji Politikalarına Bakış”, http://www.ere.com.tr/pdf/TR_EU_ENJ_POL_SPC_R2.pdf

Erişim: 02.12.2007.

Şekilden görüldüğü üzere ülkemizin ithal kaynaklara dayalı enerji üretim politikası artarak devam etmektedir. 1999 yılında toplam enerji arzının %64'ü ithal kaynaklarla karşılanmıştır ve bu oranın 2020 yılında %76'ya çıkacağı tahmin edilmektedir. Elektrik üretiminde de, Türkiye zengin hidroelektrik kaynaklara sahip

¹⁵⁹ **BAKIR, Nadi**; “Hidroelektrik Perspektifinden Türkiye ve AB Enerji Politikalarına Bakış”, http://www.ere.com.tr/pdf/TR_EU_ENJ_POL_SPC_R2.pdf (Erişim: 02.12.2007).

olmasına karşın 1997 yılında yerli kaynaklarla sağlanan enerji arzı %71 iken (%38,5 hidroelektrik) 2020 yılında elektrik üretiminde yerli kaynakların payı %35 olarak planlanmaktadır (%16,6 hidroelektrik). Bu değerlere göre Türkiye elektrik enerjisi bakımından dışa bağımlı hale getirilmiş ve getirilmektedir¹⁶⁰. Türkiye’de zengin bir potansiyele sahip olan yenilenebilir enerji kaynaklarının varlığı ve bu kaynaklarının etkin kullanımının enerji politikalarıyla desteklenmesi ve enerji üretimi ve/veya tüketiminde verimliliği artırıcı tedbirlerin alınarak planlamanın yapılması ülkemizin ekonomik geleceği açısından büyük önem arz etmektedir. Çevre üzerinde geri dönüşü mümkün olmayan tahribatlara sebep olan bazı konvansiyonel enerji kaynaklarının kullanımının, toplumun geleceği açısından doğuracağı maliyetlerin yanı sıra enerji kaynaklarının verimliliği konusunun da incelenmesinde fayda vardır.

“Enerji-verimli olarak tanımlanan son teknolojiler, enerji kullanımını azaltarak üretim sürecine katkılar sağlamaktadır. Bu katkılar; düşük bakım giderleri, artan gelir, daha güvenli çalışma koşulları vb. olarak sayılan üretim kazançları veya enerjisizlik kazançları olarak sıralanabilir. Çünkü kullanılan enerjinin azalmasına bağlı olarak, işletmelerin verimliliği artmaktadır”¹⁶¹.

Her ne kadar enerjinin etkin kullanımı ve verimliliğin artışı günümüz teknolojilerinde önem kazanmış olsa da; enerji üretiminde de verimliliğin göz önüne alınması ve gelecekte karşılaşılabilecek olan çevre ve toplum koşullarına yönelik olarak yapılacak olan planlamalar da üretim süreçlerini etkilemektedir. Bu açıdan, çalışmamızın bu bölümünde enerjinin üretim süreçlerini ele alarak örnek bir yenilenebilir enerji kaynağı ile konvansiyonel enerji kaynağının, enerji üretim süreçleri içinde verimlilik karşılaştırmasını yapacağız.

Son yıllarda dünyada ve ülkemizde en hızlı gelişme gösteren yenilenebilir enerji kaynakları uygulamaları rüzgar enerjisi ile ilgilidir. Bu konuda pek çok lisans başvurusu yapılmakta ve İstanbul, Balıkesir, Manisa, İzmir, Muğla, Niğde vb birçok ilimizde şantiye çalışmaları devam etmektedir. *“Türkiye 2006 yılına kadar olan süreçte toplam 50MW’lık kurulu güce sahiptir. Bununla birlikte lisans almış 1.387 MW gücünde toplam 3 santral, toplam 822 MW gücünde 20 adet müracaat ve toplam*

¹⁶⁰ BAKIR, Nadi; a.g.e., s.1.

¹⁶¹ WORRELL, Ernst / LAITNER, John A. / RUTH, Michael / FINMAN, Hodayah; “Productivity Benefits of Industrial Energy Efficiency Measures”, Elsevier The International Journal, Energy 28 (2003) 1081-1098, California, USA 2003.

787 MW gücünde de reddedilen 22 santral projesi resmen bulunmaktadır. Avrupa'daki gelişmeleri göz önüne aldığına ne ölçüde geride kaldığını göstermektedir”¹⁶².

3.1 Alternatif Enerji Kaynağı Olarak Rüzgar

“Enerji arz güvenilirliği ve iklim değişikliği konularının daha sık tartışılmaya ve dikkate alınmaya başlamasıyla beraber rüzgar enerjisi sektörü her geçen yıl rekor büyüme hızları yakalayarak gelişmesine devam etmektedir. Dünyada son 15 yılda ortalama yüzde 25 büyüme hızı göstermiştir. Son iki yıllık büyüme hızları ise sırasıyla yüzde 41 ve yüzde 32 seviyelerine ulaşmıştır. Sadece 2006 yılında 13 milyar Avro’yu aşan yatırım gerçekleşmiştir. Rüzgar sanayisinin olduğu ülkelerde 200 binden fazla insan bu sektörde istihdam edilmektedir. 1995 yılında küresel rüzgar enerjisi kurulu gücü 4 bin 800 megavat iken 2006 yılının sonunda geldiğinde bu rakam 14 kattan fazla artarak 74 bin 223 megavata ulaşmıştır. Avrupa, rüzgar enerjisi kurulu gücünde en yüksek kapasiteye sahip olmakla beraber (yüzde 65), Kuzey Amerika ve Asya ülkeleri kurulu güçlerini hızla artırmaktadır. Birçok ülkede rüzgar gücüne dayalı olarak üretilen elektriğin oranı şimdiden geleneksel yakıtlarla üretilmekte olan elektrik oranıyla başa baş gelmeye başlamıştır”¹⁶³.

Rüzgar enerjisinin ana kaynağı güneştir. Güneş enerjisinin karaları, denizleri ve atmosferi eşit olarak ısıtmamasından dolayı oluşan sıcaklık farkları ve buna bağlı olarak oluşan basınç farkları rüzgarı yaratmaktadır. Rüzgar, havanın yüksek basınç alanından düşük basınç alanına doğru hareketidir ve güneşten gelen enerjinin yaklaşık %1-2’si rüzgar enerjisine dönüştüğü söylenebilir. Bu özelliğine bağlı olarak rüzgar enerjisini dönüşmüş enerji olarak ifade etmek mümkün olmaktadır. Tüm dinamik hava olayları atmosferin yer yüzeyine en yakın tabakası olan troposfer¹⁶⁴

¹⁶² DEMİR, Melike; “Rüzgar Enerjisinin Küresel Durumu”, <http://www.melikedemir.com/rekd.htm> (Erişim; 07.05.2008).

¹⁶³ MALKOÇ, Yüksel; “Türkiye Elektrik Enerjisi İhtiyacının Karşılmasında Rüzgar Enerjisinin Yeri”, EMO Enerji, Toplumsal Haber ve Araştırma Dergisi, Sayı:3, İzmir, Eylül 2007, s.45.

¹⁶⁴ Troposfer, atmosferin yere temas eden en alt katıdır. Gazların en yoğun olduğu katmandır. Kalınlığı kutuplarda 6, ekvatorunda 16 km civarındadır ve mevsimlere göre değişiklik gösterir. Güçlü yatay ve dikey hava hareketleri görülür. Ekvator üzerindeki kalınlığı 16–17 km, 45° enlemlerinde 12 km, kutuplardaki kalınlığı ise 9–10 km’dir. Bunun nedeni ekvatorunda ısınan havanın hafifleyerek yükselmesi, kutuplarda ise soğuyan havanın ağırlaşarak çökmesidir. Yani ekvatorla kutuplar arasındaki sıcaklık farkıdır. İçinde bizimde yaşadığımız bu katman bütün atmosfer kütlelerinin yaklaşık %75’ini kapsar, yoğunluk en fazladır. Eğer troposfere kirlilik ilave edilirse, atmosfere karışan bu kirlenimler birkaç gün ya

adı verilen katman içerisinde oluşmaktadır. Yüzey rüzgarları yer yüzeyinden yaklaşık 100m yükseklik içerisinde oluşur ve bu rüzgarlar yer yüzeyinden çok etkilenirler. Bu yüzden yüzey rüzgarları jeostrofik rüzgarlardan¹⁶⁵ farklı yönde olabilir. Rüzgar enerjisinin esas kaynağı yüzey rüzgarlarıdır. Dağ, vadi gibi yer şekillerinin yön verdiği nispeten küçük ölçekli rüzgarlara “yerel rüzgarlar” denilmektedir. Bu rüzgarlar belirli bir alanda baskın rüzgarı belirlemede önemlidir. Büyük ölçekli rüzgarlara katkıda bulunurlar. Büyük ölçekli rüzgarlar zayıf olduğu zaman yerel rüzgarlar rüzgarın şeklini belirlerler¹⁶⁶.

Gündüzleri, güneş tarafından kara üzerindeki hava kütlesi, deniz üzerindeki hava kütlelerinden daha çabuk ısınır. Böylece kara üzerindeki hava kütlesi yukarı doğru hareket eder ve bu şekilde alçak basınç oluşur. Bu alana deniz üzerindeki hava kütlesi hareket ederek *deniz melteminin* oluşmasına neden olur. Akşam kara ve deniz sıcaklıklarının eşitlenmesi sürecinde hava sakinleşir. Gece ise karalar denizlerden daha çabuk soğuduğu için tersine bir hareket başlar. Yani hareket karadan denize doğru olur. Buna da *kara meltemi* denir. Bu rüzgar daha az şiddetlidir. Çünkü geceleyin kara ve deniz sıcaklıkları birbirine daha yakındır. İşte karalar ve denizler arasında oluşan bu rüzgarlar, rüzgar enerjisi açısından çok önemlidir.

Rüzgar enerjisi binlerce yıldan beri tahıl öğütme, su pompalamak amacıyla ve diğer mekanik enerji uygulamalarında kullanılmaktadır. Küresel olarak, günümüzde bir milyondan fazla yel değirmeni bulunmaktadır ve bunlar genel olarak su pompalama amaçlı yapılmıştır. Rüzgar bu amaçlara yönelik kullanılmaya devam edilmektedir. Aynı zamanda rüzgar enerjisi geleneksel elektrik üretim teknolojilerinin sebep olduğu kirlilik problemleri oluşturmadan küçümsenmeyecek miktarda elektrik enerjisi üretebilecek bir araç olarak da kullanılmaktadır.

da birkaç hafta sonra asit yağmurları vb olarak yere geri dönecektir. Bu, troposferin kendi kendini temizleme mekanizmasıdır. Daha çok yerden yansıyan ışınlarla ısınır. Troposfer, meteorolojik olayların gerçekleştiği, atmosferin en hareketli kısmını oluşturur. Adı, Yunanca hava değişikliği veya mevsim değişikliği anlamlarında kullanılan 'tropos' sözcüğünden türetilmiştir. Ayrıca bkz., <http://www.msxlab.org/forum/cografya/24756-troposfer.html> (Erişim: 13.04.2008).

¹⁶⁵ Hava kütleleri ekvator da ısınarak yukarıya doğru hareket ederler. Belli bir yükseklikten sonra, kuzeye ve güneye doğru hareketlerine devam ederler. Her iki kürede 30 derece enlemlerde Coriolis kuvveti olarak isimlendirilen bir kuvvet vektörü, hava kütlelerinin daha yüksek enlemlere hareketini önleyerek kuzeye ve güneye doğru hareket etmesine neden olur. Bu şekilde oluşan rüzgara da **jeostrofik rüzgar** denir. Aslında jeostrofik rüzgar, basınç gradyanı ve Coriolis kuvveti arasındaki dengeden oluşan ve yeryüzeyi ile etkileşmeyen kuramsal bir rüzgardır. Ayrıca bkz., <http://www.cevreciyiz.com/akademi/default.aspx?SectionId=105&ContentId=132> (Erişim: 13.04.2008).

¹⁶⁶ Ayrıca bkz., <http://www.youthforhab.org.tr/tr/yayinlar/enerji/ruzgar/giris.htm> (Erişim: 10.05.2007).

Rüzgardan elektrik enerjisi üretme çabaları 19. yüzyılın sonlarında başlamıştır. 1961 yılında Roma'da BM'nin (Birleşmiş Milletler) düzenlediği "Enerjinin Yeni Kaynakları Konferansı"nda mevcut rüzgar santralleri teknolojisi yeterli görülmemiş, geliştirilmesi istenmiştir. Günümüzde bu teknolojilerin en ileri düzeyde olduğu ABD'de rüzgar elektrik santralleri teknolojisinin gelişimi, 1978 yılında Birleşik Devletler Kongresi'nden geçen "Kamu Yararlarını Düzenleme Politikaları Yasası" sayesinde olmuştur. Avrupa'da da, özellikle Kuzeybatı Avrupa ülkelerinde, rüzgar türbinleri aracılığı ile elektrik üretimi için yaygın olarak araştırmalar yapılmıştır¹⁶⁷.

3.1.1 Rüzgar Enerjisinin Özellikleri

Rüzgar enerjisinin özellikleri şu şekilde sıralanabilir:

- Rüzgar enerjisi tükenmez bir enerji kaynağıdır. Sonlu fosil yakıt kaynaklarının kullanımının azalmasını sağlayacak şekilde enerji üretiminde kullanılabilir.
- Rüzgar enerjisi temizdir. Atmosfere zehirli gaz yaymadığı için fosil yakıtlarının kullanılması sonucu ortaya çıkan çevresel sorunlar, rüzgar enerjisi için söz konusu değildir.
- Rüzgar enerjisi yerli bir kaynaktır. Herhangi bir ithalat unsuru içermeden enerji üretimine katılabileceğinden, ekonomik bağımlılığın azalması yönünde rol oynar.
- Rüzgar hızı yükseklikle artar, bu yüzden rüzgar türbinleri 30 ila 150 m. kule yüksekliğine sahip olacak şekilde üretilmektedir.
- Rüzgar enerjisi denizlerde, karalara göre daha fazla bulunmaktadır.
- Rüzgar enerjisi teknolojileri tüm dünyada hızla gelişmekte ve yaygınlaşmaktadır. Özellikle batılı ülkeler enerji üretiminde rüzgar enerjisine öncelik vermektedirler. Buna bağlı olarak tüm dünyada, devletler tarafından yatırımcılara sağlanan destek de artış göstermektedir.

¹⁶⁷ ONAT C. / CAMBAZOĞLU S.; "Rüzgar Türbinlerinin Ekonomisi Üzerine Bir Araştırma", Mühendis ve Makine Dergisi, Ocak 2002, Sayı: 504, s.46.

3.1.2 Rüzgarda Bulunan Enerji

Rüzgar enerjisi potansiyelinin belirlenmesi için temel veri, rüzgar hızı ve yıllık ortalama esme saat sayısıdır. Bu veriler kullanılarak bir yöreye ait potansiyel enerji değerini hesaplamak mümkün olmaktadır. Bunun için, rüzgar potansiyelini tanımlayan kinetik enerjinin hesaplanması gerekir. Havanın ağırlığı ve hızı olması nedeniyle hesaplanabilen bir kinetik enerjisi vardır. Belirli bir yöredeki rüzgar enerjisi, kinetik enerji bağıntısıyla ortaya konur.

✓ Kinetik enerji formülü¹⁶⁸ ;

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m_h \cdot v_{\ddot{o}}^2 \text{ 'dir.} \quad (1)$$

Burada;

E_k : Rüzgardaki kinetik enerji (J),

v_ö : Ölçüm yüksekliğindeki rüzgar hızı (m/s),

m_h : Havanın kütlesi (kg) 'ni gösterir.

✓ Havanın kütlesi (m_h) ise aşağıdaki formül ile belirlenir:

$$m_h = \rho_h \cdot V_h \quad (2)$$

Burada;

ρ_h : Havanın yoğunluğu (kg/m³),

V_h : Hava hacmi (m³) 'ni gösterir.

✓ Hava hacmi (V_h):

$$V_h = v_{\ddot{o}} \cdot s \cdot t \text{ formülü ile hesaplanır.} \quad (3)$$

Burada;

v_ö : Ölçüm yüksekliğindeki rüzgar hızı (m/s),

s : Rotor süpürme alanı (m²),

t : Ölçüm zamanını (s) 'ni gösterir.

¹⁶⁸ Bu bölümde söz edilen formül ve değerler Demirer Holding – Enercon Aero, Güçbirliği Enerji şirketlerinin ilgili katalog ve kitapçıklarından ve ilgili makalelerden elde edilmiştir. Ayrıca bkz., <http://www.ruzgarenerjisibirliigi.org.tr/bilimsel/tez/HakanAy.pdf> (Erişim: 21.09.2007).

✓ Böylece, (3) bağıntısı (2) bağıntısında yerine konularak, kinetik enerji eşitliğinde gerekli düzenlemeler yapılacak olursa, (E_r) Rüzgar enerjisi (J);

$$E_r = \frac{1}{2} \rho h \cdot s \cdot v_0^3 \cdot t \quad \text{olarak elde edilir.} \quad (4)$$

✓ Bu eşitlikte $t = 1$ alınacak olursa, birim zamandaki enerji yani (P), rüzgarın anlık gücü ;

$$P = \frac{1}{2} \rho h \cdot s \cdot v_0^3 \quad \text{bulunmuş olur.} \quad (5)$$

Burada;

P: Rüzgarın anlık gücü (W)' dir.

✓ Değişik rüzgar hızlarına sahip yörelerin rüzgar güç ve enerjilerini karşılaştırmak amacıyla, rüzgar güç ve enerji yoğunluğu teriminden yararlanılır. Buna göre (5) eşitliği düzenlenecek olursa,

$$P_y = P/s = \frac{1}{2} \rho h \cdot v_0^3 \quad (6)$$

Elde edilir. Burada;

P_y: Ölçüm yüksekliğindeki güç yoğunluğudur (W/m²)

✓ Enerji yoğunluğu ise,

$$E_y = P \cdot f / s = \frac{1}{2} \rho h \cdot v_0^3 \cdot f \quad (7)$$

Burada;

E_y: Enerji yoğunluğu (Wh/m²yıl)

s: Rotor süpürme alanı¹⁶⁹ (m²)

f: Rüzgar esme saat sayısı (h/yıl)

✓ Yukarıda yazılan (4), (5), (6) ve (7) nolu eşitlikler rüzgar hızının ölçüm yüksekliğindeki güç ve enerjilerinin doğal potansiyellerini ortaya koymak amacıyla kullanılırlar. Rüzgar enerjisini bir başka enerjiye dönüştüren çevrim sistemleri yer

¹⁶⁹ Rüzgar türbininin yapısı konusunda, konu hakkında daha detaylı bilgi bulunabilir.

yüzünden belirli yükseklikte kurulduklarından, (P_{yt}), türbin yüksekliğinde rüzgarın güç yoğunluğu (W/m^2) aşağıdaki eşitlikle hesaplanır:

$$P_{yt} = P \cdot O_r^3 / s = \frac{1}{2} \rho h \cdot v_0^3 \cdot O_r^3 \quad (8)$$

✓ (E_{yt}), Türbin yüksekliğinde enerji yoğunluğu (Wh/m^2 yıl) ise;

$$E_{yt} = P \cdot f \cdot O_r^3 / s = \frac{1}{2} \rho h \cdot v_0^3 \cdot f \cdot O_r^3 \quad (9)$$

Formülü ile hesaplanır. Burada ;

O_r : yükseklik katsayısını gösterir. Ve bu değer de;

$$O_r = v_{tü} / v_0 \quad \text{eşitliği ile belirlenir.} \quad (10)$$

Burada;

v_0 : Ölçüm yüksekliğindeki rüzgar hızı (m/s),

$v_{tü}$: Türbin yüksekliğindeki rüzgar hızını (m/s) göstermektedir.

Bir rüzgar türbininin üretebileceği elektrik enerjisi miktarı, rüzgar hızına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Örneğin, 8m/s'de elde edilecek güç 314 Watt/m² iken, 16m/s'de bu güç 2509 Watt/m² değerine ulaşmaktadır. Görüldüğü gibi, rüzgar hızı iki kat artarken elde edilecek güç sekiz kat artmaktadır. Yani güç, hızın küpüyle orantılı olarak değişmektedir.

Yer yüzeyinden yaklaşık 1 km yüksekliğe kadar rüzgar, sürtünme etkisi altında kalarak yer yüzeyinin yüzey yapısından büyük ölçüde etkilenir. Bu duruma arazinin pürüzlü oluşu neden olur. Bir arazide pürüzlülük ne kadar çok ise rüzgar hızı o kadar azalır. Su yüzeyi, rüzgar hızını daha az etkileyen en pürüzsüz yüzeydir. Bu sebeple deniz yüzeyleri rüzgar enerjisi üretimi için daha elverişlidir. Uzun ağaç, ot, çalı gibi pürüzlülük öğeleri rüzgarı engelleyerek hızını etkiler ve azaltır. Engellerden ne kadar yükseğe çıkılırsa rüzgar hızı o derece artış göstermektedir. Rüzgar enerjisinin hesaplanmasında pürüzlülük faktörü dikkate alındığında ($v_{tü}$), türbin yüksekliğindeki rüzgar hızı (m/s) hesabı aşağıdaki iki eşitlikle ifade edilir.

Birincisi;

$$v_{tü} = v_{\delta} [\ln (H_t / Z_0) / (H_{\delta} / Z_0)] \quad (11)$$

Burada;

v_{δ} : Ölçüm yüksekliğindeki rüzgar hızı (m/s),

H_t : Türbin yüksekliğini (m),

H_{δ} : Ölçüm yüksekliğini (m),

Z_0 : Pürüzlülük uzunluğu katsayısını ($0,0001 \leq Z_0 < 1$ genelde) göstermektedir.

İkincisi ise; rüzgar hızının yükseklikle değişimini veren “ Hellman Bağıntısı” dır.

Bu bağıntı da;

$$v_{tü} = v_{\delta} (H_t / H_{\delta})^n \quad (12)$$

Burada;

v_{δ} : Ölçüm yüksekliğindeki rüzgar hızı (m/s),

H_t : Türbin yüksekliğini (m),

H_{δ} : Ölçüm yüksekliğini (m),

n : Pürüzlülük faktörünü (Shear’I Kesmesi Faktörü) göstermektedir.

Tablo 3.1 - Pürüzlülük ile Shear’I Kesmesi Faktörü (n) Arasındaki Bağıntı

Pürüzlülük	Üstel Shear’I Kesmesi
Su veya buz düzeyi	0,1
Küçük ot veya bozkır	0,14
Engelibeli kırsal alan	0,2
Ormanlık alan ve küçük yerleşimler	0,25

Kaynak: **ÇANGA, Mustafa**; “Rüzgar Erozyon Korumaları”, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi, C.:6, S.1, Ankara 2000, s.16.

Tablo 3.2 - Pürüzlülük Faktörü ile Pürüzlülük Uzunluğu Arasındaki Bağntı

Pürüzlülük Faktörü (n)	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0
Pürüzlülük Uzunluğu (Z ₀)	0,0002	0,0024	0,03	0,055	0,1	0,4	1,6

Kaynak: **ÇANGA, Mustafa**; a.g.e.,s.17.

3.1.3 Rüzgar Ölçümleri

Rüzgar enerji santrallerinin projelendirilmesi ve finansal tahminlerinin yapılmasında, santral kurmak için belirlenen sahada üretilebilecek enerji miktarının saptanması önem arz etmektedir. Bu enerji miktarının tespiti için seçilen proje sahasına ait arazinin topoğrafik yapısı da göz önüne alınarak uygun noktalara rüzgar gözlem istasyonları kurulmakta, rüzgar gözlem istasyonlarındaki bir ölçüm direği üzerine yerleştirilmiş ölçüm aletleri ile standartlara¹⁷⁰ uygun olarak yapılan rüzgar hızı, rüzgar yönü, çevre sıcaklığı gibi ölçümler; rüzgar enerji santrali projesinin daha sonraki aşamaları olan verilerin değerlendirilmesi, enerji üretim miktarının belirlenmesi ve rüzgar türbini seçiminde belirleyici olmaktadır. Elde edilen verilere göre bölgenin rüzgar haritaları da çıkarılmaktadır.

Enerji amaçlı rüzgar ölçümlerinde rüzgar hızı, rüzgar yönü ve çevre sıcaklığı gibi parametreler 30 m ve mümkünse türbin hub¹⁷¹ yüksekliğinde en az bir yıl periyodik olarak (10 dk, 1 saat) ölçülmeli ve bilgisayar ortamında değerlendirilebilecek şekilde veri paketi olarak tespit edilmelidir. Rüzgar hızı ve rüzgar yönünün yanı sıra diğer bazı meteorolojik parametrelerin de ölçülmesi son derece faydalı olmaktadır. Özellikle rüzgar enerjisi hesaplamalarında kullanılan bir

¹⁷⁰ Bu standartlar WMO (Dünya Meteoroloji Örgütü) tarafından belirlenmiş olup, standartlarına göre temsil mesafesi arazinin topoğrafik yapısına bağlı olarak 500m ile 100km arasında değişmektedir. Ayrıca seçim yapılan nokta, topoğrafik açıdan son derece uygun olmakla birlikte bu alanda, engel yüksekliğinin 10 katı mesafeden daha yakın başka yüksek engeller bulunabilir. Bu şekilde seçilmiş yerler amaca uygun olmamaktadır.

¹⁷¹ Bu konuda detaylı bilgi, rüzgar türbinin yapısı konusunda bulunmaktadır.

değer olan hava yoğunluğunu hesaplamak için basınç, çevre sıcaklığı ve nemlilik değerinin ölçülmesi önemlidir. 30 m'lik ölçüm direğinde ölçülen parametreler ve ölçüm yükseklikleri Tablo 3.3'de verilmiştir:

Tablo 3.3 - Ölçüm Direğinde Ölçüm Yüksekliğine Göre Ölçüm Parametreleri

Ölçüm Yüksekliği (m)	Ölçülen Parametreler
2	Çevre Sıcaklığı
10	Rüzgar Hızı
20	Rüzgar Hızı
30	Rüzgar Hızı ve Yönü

Kaynak: **E.İ.E. İdaresi**, Rüzgar Enerjisi Gözlem İstasyonları Bildirisi, 2003.

Küçük bir rüzgar ölçüm hatasının enerji tahmininde meydana getireceği hata etkisinin oranını bir örnek ile değerlendirmek gerekirse;

Tablo 3.4 – Hatalı Ölçümlerin Enerji Üretimine Etkisi

Doğru Ölçüm 10m = 4,4 m/s 30m = 5,3 m/s	Sonuç olarak pürüzlülük uzunluğu 0,047m veya 78m'de 6,08m/s rüzgar hızı	600kW kurulu gücünde bir türbin için yıllık üretim: 1210MWh
Olası Sapmalar 10m = 4,2 m/s 30m = 5,5 m/s	Sonuç olarak pürüzlülük uzunluğu 0,288m veya 78m'de 6,63m/s rüzgar hızı	600kW kurulu gücünde bir türbin için yıllık üretim: 1462MWh
10m'de ölçüm hatası: -0,2 m/s (-%4,5) 30m'de ölçüm hatası: 0,2 m/s (%3,8)		Enerji üretimindeki fark: %21

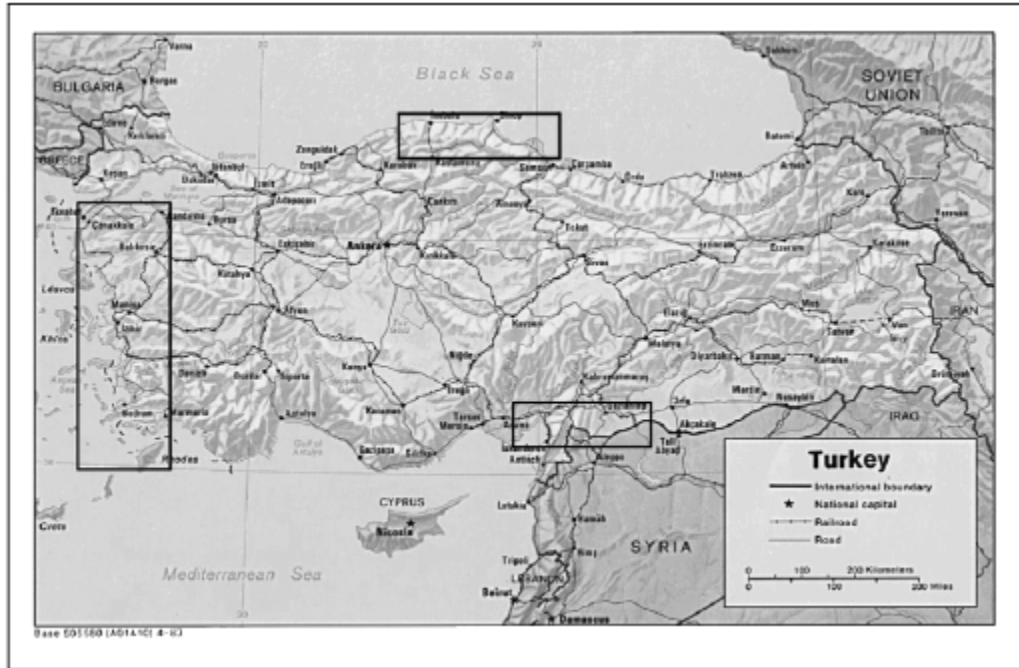
Kaynak: <http://www.ruzgarenerjisisbirliigi.org.tr/bilimsel/diger/Ruzgar-olcumlerinde-dikkat-edilmesi-gereken-hususlar.pdf> , Erişim: 02.01.2008.

3.1.4 Rüzgar Potansiyeli

Ülkemiz, rüzgar potansiyeli açısından oldukça zengin yörelere sahip olan bir ülkedir. Türkiye'nin yıllık ortalama rüzgar hızı 2.5 m/s ve rüzgar gücü yoğunluğu 24 W/m² olarak bulunmuştur. Yerleşim alanları dışında 10 m yükseklikte ölçülmüş olan rüzgar hızı yıllık ortalaması, Ege Bölgesi ve diğer kıyı alanlarımızda 4.5 – 5.6 m/s, iç kesimlerde ise 3.4 – 4.6 m/s arasındadır. 10 m yükseklikte yıllık ortalama rüzgar hızı 4 – 5 m/s olan yörelerimizde, türbin kurulması açısından önemli olan 50 – 60 m yükseklikteki güç yoğunluğu 500 W/m² düzeyini aşmaktadır¹⁷².

Türkiye'de rüzgar potansiyeli yüksek olan bölgeler Şekil 3.2'de, rüzgar hızı ve rüzgar gücü haritaları ise Şekil 3.3 ve Şekil 3.4'de görülmektedir.

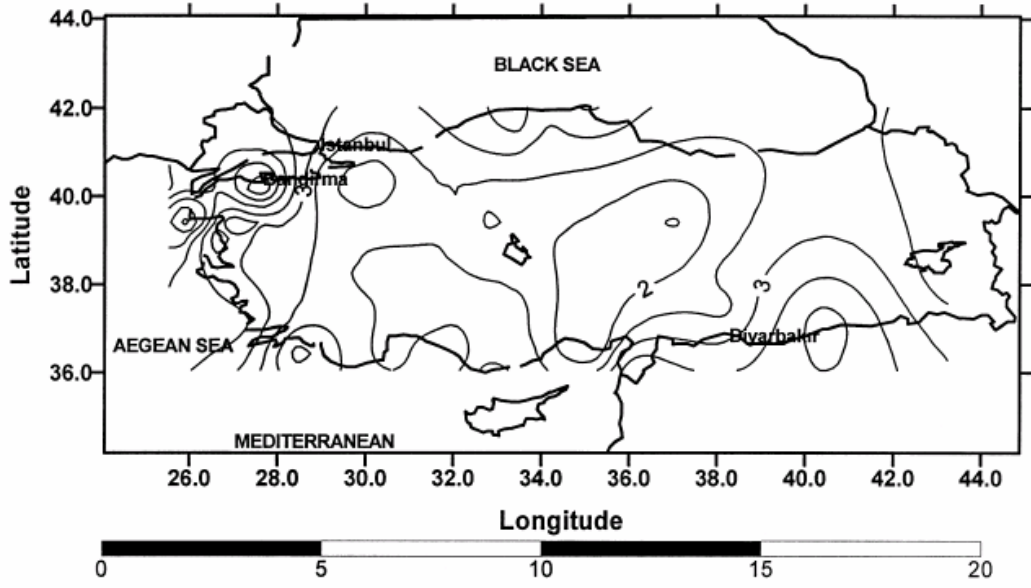
Şekil 3.2 – Türkiye'de Rüzgar Potansiyeli Yüksek Olan Bölgeler



Kaynak: **DURAK, Murat / ŞEN, Zekai**; “Wind Power Potential In Turkey and Aksihar Case Study”, Elsevier The International Journal, Renewable Energy 25 (2002) 463-472, İstanbul, November 2000, s.465.

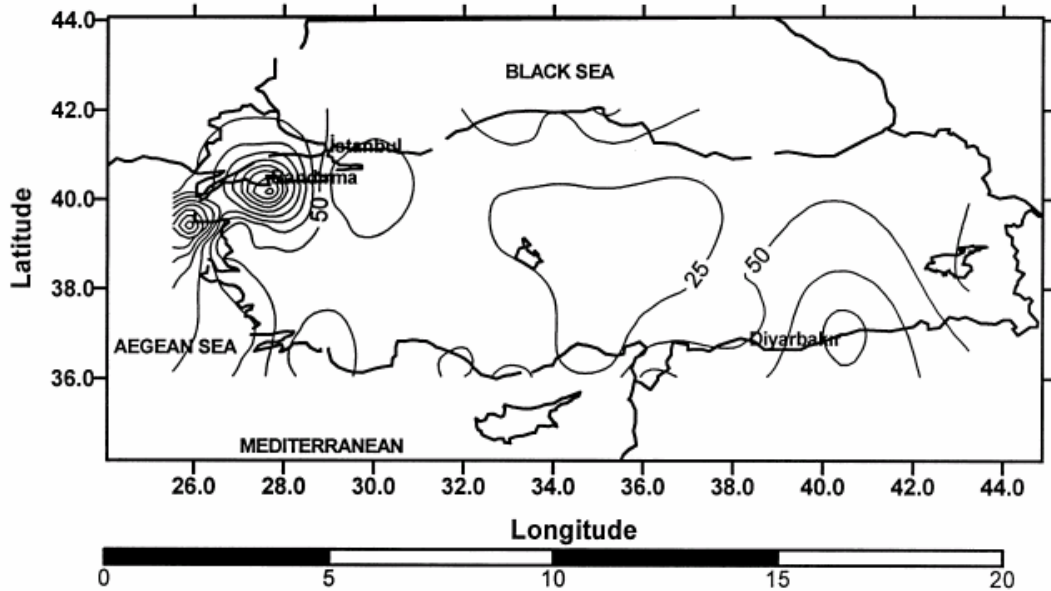
¹⁷² Ayrıca bkz., <http://www.ruzgarenerjisibirliigi.org.tr/bilimsel/tez/HakanAy.pdf> (Erişim: 21.09.2007).

Şekil 3.3 - Türkiye’de Rüzgar Hızı (m/s)



Kaynak: ÖZTOPAL, Ahmet / ŞAHİN, Ahmet D. / AKGÜN, Nezihe / ŞEN, Zekai; “On The Regional Wind Energy Potential of Turkey”, Elsevier The International Journal, Energy 25 (2000) 189-200, California, USA, 2000.

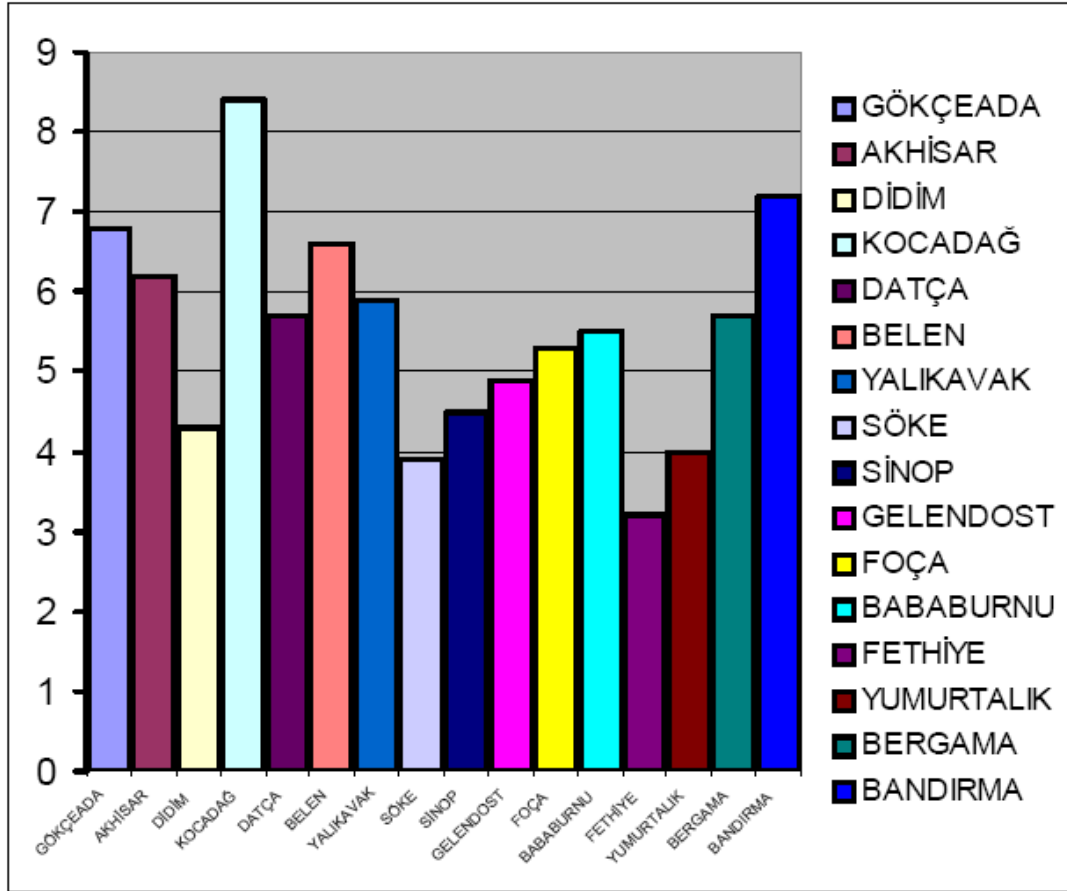
Şekil 3.4 - Türkiye’de Rüzgar Gücü (W/m²)



Kaynak: ÖZTOPAL, Ahmet / ŞAHİN, Ahmet D. / AKGÜN, Nezihe / ŞEN, Zekai; “On The Regional Wind Energy Potential of Turkey”, Elsevier The International Journal, Energy 25 (2000) 189-200, California, USA, 2000.

Rüzgar enerjisi potansiyelinin enerji üretimi amacıyla belirlenmesi kapsamında EİE İdaresi Genel Müdürlüğü'nce "Rüzgar Enerjisi Gözlem İstasyonu Projesi" başlatılmıştır. Proje kapsamında kurulan istasyonlarda, rüzgar verilerini toplama çalışmaları sürdürülmektedir. Bu arada ölçüm süresi tamamlanan Karabiga (Çanakkale), Nurdağı (Gaziantep), Şenköy (Hatay), Karaburun (İzmir) ve Bandırma (Balıkesir) istasyonları sökülerek, bölge etütleri sonucunda belirlenmiş olan Söke, Yalıkavak (Bodrum), Sinop, Eğirdir (Isparta) ve Foça'ya kurulmuştur. EİE gözlem istasyonlarında ölçülen ortalama rüzgar hızlarının grafiksel gösterimi Şekil 3.5'te görülmektedir.

Şekil 3.5 - EİE Gözlem İstasyonlarında Ölçülen Ortalama Rüzgar Hızlarının Grafiksel Gösterimi



Kaynak: E.İ.E. İdaresi, Rüzgar Enerjisi Gözlem İstasyonları Bildirisi, 2003.

3.1.5 Rüzgar Türbininin Yapısı ve Rüzgar Çiftlikleri

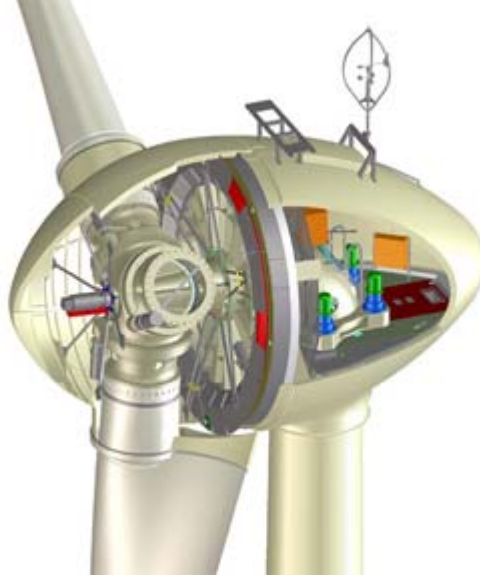
Rüzgar türbinleri, rüzgardan aldığı enerji ile mekanik bir hareket sağlayarak bu mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürebilen düzeneklerdir. Bir rüzgar türbininin dıştan görünüşü Şekil 3.6'da, iç yapısı da Şekil 3.7'de görülmektedir.

Şekil 3.6 – Rüzgar Türbininin Dış Görünüşü



Kaynak: Enercon, http://www.enercon.de/en/_home.htm , Erişim: 14.05.2007.

Şekil 3.7 – Rüzgar Türbininin İç Yapısı



Kaynak: Enercon, <http://www.enercon.de/en/home.htm> , Erişim: 14.05.2007.

Rüzgar türbinleri rotorun dönme hareketi ile generatörün hareketine olanak sağlanması yoluyla orta gerilim elde edilmesi prensibi ile elektrik üretirler. Daha sonra bu elektrik, trafolarla kablolar vasıtasıyla iletilerek burada yükseltilir. Rüzgar türbinleri şu parçalardan oluşmaktadır:

- Kule
- Kanatlar
- Generator
 - Rotor (döngün göbek)
 - Stator (sabit göbek)
- Türbin denetleyicileri
- Nacelle (makine dairesi)

Rüzgar türbinleri yatay eksenli, dikey eksenli, önden rüzgarlı, arkadan rüzgarlı, durdurma-kanat eğimi ve yön saptırma denetimli türbinler gibi değişik özellik ve sınıflarda imal edilebilmektedirler.

Rüzgar türbinlerinin olumlu yönleri ise şu şekilde sıralanabilir:

- Rüzgar enerjisi tesisleri kuruldukları alanın yaklaşık %1'lik bölümünü işgal etmektedir. Geri kalan alandan diğer faaliyetlerde (tarım vb) faydalanmak mümkündür. Yani tesis yer ihtiyacı küçüktür.
- Rüzgar enerjisi santralleri yatırımcılarına sağlanan teşvikler ve teknolojinin ilerlemesine bağlı olarak diğer enerji santralleriyle ekonomik açıdan rekabet edebilecek düzeye gelmiştir. Birim enerji maliyetleri düşüş göstermektedir.
- Ekonomik ömrünü tamamlayan rüzgar türbinlerini demonte etmek kolaydır. Arazide artık bırakılması söz konusu değildir.
- Rüzgar enerjisi türbinlerinin yapımında dışa bağımlılık oranı çok azdır. Küçük güçlü türbinler ve kuleler halihazırda üretilmekte, gerekli yatırımların yapılmasıyla büyük güçlü türbinlerin komple üretilmesi de olası görünmektedir.
- Rüzgar santrali projeleri kompleks değildir ve türbinlerin bakımı/işletmesi kolaydır.
- Günümüzde en ekonomik rüzgar santralleri, 1-3 MW'lık kapasiteye sahip türbinlerden oluşmuş olanlardır. Bu büyüklükteki 25 türbin ile yılda yaklaşık 20GWh'lik enerji üretilmektedir. Bu da orta büyüklükteki bir hidroelektrik santralının ürettiği enerjiye eşittir.
- Rüzgar türbinleri kuruluşu sırasında harcanan enerjinin 3 ay gibi kısa sürede üretilmesi, özellikle Türkiye gibi kısa dönemde enerji talebi olan ülkeler için önemli bir faktördür.
- Rüzgar türbinleri karalara kurulabileceği gibi, deniz ve göllere de kurulabilmektedir. Deniz yüzeylerinde beklenen enerji üretimi karalardan %50 daha fazladır. Böyle bir santrali tesis etmek ise kara santralinden yaklaşık %20 daha pahalıya mal olmaktadır.
- Enerji üretimi; rotor yüksekliğinde, rüzgar hızının küpüne ve kanatların süpürme alanına bağlıdır.
- Beklenen rüzgar türbini ömrü ortalama 25-50 yıldır.
- Her türbin, bilgisayar sistemi (scada sistemi) ile denetlenmekte ve santraller ileri teknoloji ile işletilmektedir.

“The World Directory of Renewable Energy” içerisinde yer alan rüzgar türbini üreticisi 18 büyük firmadan alınan verilere göre, bugün için dünya piyasasında bulunan ve santral kurmak için kullanılacak rüzgar türbinlerinin güçleri 100 kW ile

3 MW arasında değişmektedir. 250-750 kW arası türbinler yaygın biçimde bulunmaktadır. Tümü yatay eksenli propeller¹⁷³ tip türbinler olup, rotor kanat sayıları iki ile üç arasında değişmektedir. Yaklaşık %93'ü üç kanatlı, geriye kalan %7'si iki kanatlıdır. Genellikle önden rüzgarlı (upwind) tip türbinlerdir. Rotor çapları 18-65 m, rotor süpürme alanları 255-3320 m², rotor dönüş hızları 28-60 rpm¹⁷⁴ arasındadır. Çalışmaya başlangıç rüzgar hızı 3-4 m/s kadar olup, nominal güçlerini 11-14 m/s rüzgar hızlarında üretmektedirler. Çalışmanın durdurulması (frenleme) rüzgar hızı 20-28 m/s arasındadır. Rotorların zarar görebileceği rüzgar hızı 50 ve 70 m/s'den büyüktür. Rüzgar hızına göre rotor güç ayarı için, kanat eğimi (pitch) denetimli veya aktif durdurma (stall) denetimli düzen kullanılmaktadır. Makinelerin teknolojisi itibariyle verimleri %98-99 civarındadır. Kanatlar polyester ile kuvvetlendirilmiş fiberglas veya epoksi ile güçlendirilmiş fiber karbondan yapılmakta ve çelik omurga ile desteklenmektedir. Rotor hub'a direkt bağlanmakta, shaftın 2-8° arasında bir eğimi olmaktadır. Hub yüksekliği 30 ile 70 m kadardır. Mekanik frenleri disk fren iken, aerodinamik frenleri aktif negatif kanat ayarı olmaktadır¹⁷⁵.

Elektrik üretmek amacıyla kurulan birden fazla rüzgar santralleri topluluğuna "Rüzgar Santral Parkı" ya da "Rüzgar Santral Çiftliği" denir. Şekil 3.8'de örnek bir rüzgar çiftliği görülmektedir.

¹⁷³ Propeller kelimesi; pervane sistemine sahip, pervane itişi ile çalışır anlamındadır.

¹⁷⁴ **Rpm**: Revolutions Per Minute anlamında olup dakikadaki devir sayısını ifade eden bir frekans birimidir. Ayrıca bkz., http://en.wikipedia.org/wiki/Revolutions_per_minute (Erişim: 02.12.2007).

¹⁷⁵ Ayrıca bkz., <http://www.fizikkulubu.net/ruzgar-enerjisi> (Erişim: 16.01.2008).

Şekil 3.8 – Rüzgar Çiftliği



Kaynak: <http://www.npr.org/templates/story/story.php?storyId=9984341>

Erişim: 14.05.2007.

Bir rüzgar çiftliği kurmak üzere seçilecek olan arazide dikkat edilmesi gereken hususlar şu şekilde sıralanabilir:

- Ulaşım kolaylığı,
- Ulusal şebekeye bağlanma kolaylığı,
- Arazinin yol ve diğer çalışmalar için işlenme kolaylığı,
- Arazinin eğimi,
- Arazinin büyüklüğü,
- Arazinin kullanılış şekli,
- Arazinin bitki örtüsü,
- Arazinin yerleşim birimlerine olan yakınlığı,
- Arazinin askeri, sivil radar ve buna benzer tesislere olan yakınlığı,
- Arazinin havaalanına olan yakınlığı,
- Arazinin mülkiyeti,
- Arazinin sit alanı, milli park veya diğer kapsamda olup olmadığı,
- Arazinin turizm bölgeleri ile olabilecek etkileşimi

Çok benzer yapıda olan deniz üstü rüzgar türbinleri de elektrik gücü üretmek üzere kullanılmaktadır. Deniz altı kablo döşeme ve temeller, kıydan uzak rüzgar enerjisi üretimini son zamanlara kadar pahalı bir seçenek yapmış iken, yeni temel teknolojileri ve MW boyutlu rüzgar türbinlerinin geliştirilmesi ile, şimdi kıydan uzak rüzgar türbinleri en az 15m'ye kadar deniz derinliği için, karadaki türbinler ile rekabet edebilecek seviyeye gelmiştir. Kıydan uzaktaki rüzgarlar, karadaki düz arazilerden %50 daha çok enerji üretebildiği için, kıydan uzak bu tür yerleşimler oldukça çekici hale gelmiştir. Yeni teknolojiler, 15 m su derinliğine kadar rüzgar türbinlerinin ekonomik olacağını göstermektedir. 1.5 MW büyüklükteki türbinlerin şebekeye bağlantısı ve temel işleri maliyeti 450-500 kW'lık türbinlerinkinden yalnızca %10-20 oranında yüksektir. Deniz –üstü petrol platformları ile ilgili deneyimler, bu platformların korozyon önlemleri ile korunabildiğini göstermektedir. Böylece yüzey koruma sistemleri ile kara türbinlerinden daha yüksek koruma, deniz-üstü rüzgar türbinlerinde de sağlanabilecektir. Bu bilgiler ışığında deniz-üstü rüzgar türbinlerinin geleceğinin açık denizlerde (offshore) olduğu görülmektedir. Bu türbinlerden rüzgar açık denizlerde çok daha güçlü ve düzenli estiği için enerji kazanım miktarı da artmaktadır. Ayrıca tesisler, kıydan hayli uzakta kurulduğunda, yerleşim yerleri için görüntü ve ses kirliliği yaratmayacaktır. Fakat açık denizdeki rüzgar enerjisi santralleri birçok bilinmezi içeren bir seçenektir. Tesislerin fırtına ve büyük dalgalara karşı dayanıklı olması için dev temellerin 30 m derine indirilerek deniz dibine sabitlenmesi, motorlar ve elektronik aksamın zararlı tuzlu sulardan korunması gerekmektedir. Ayrıca karadaki elektrik ağına bağlanmak için kilometrelerce uzunlukta deniz kablosu ve bakım onarım ekiplerinin denizde gecelebilmesi için yüzer platformların kurulması gerekmektedir. Bu tür ihtiyaçlar maliyeti tırmandırmaktadır. Bu nedenle planlamacılar, tesis boyutunun çok büyük olması gerektiği düşünmektedirler. Uzmanlara göre, açık deniz tesislerin yapılabilir (feasible) olabilmesi için en az 4-5 MW kapasitede yüzlerce makinenin kurulması gerekmektedir. Bu da milyar Euro mertebesindeki yatırımları gündeme getirmektedir¹⁷⁶. Deniz üzerine kurulu olan bir rüzgar çiftliği örneği şekil 3.9'da görülmektedir.

¹⁷⁶ ÖZGENER, Önder; "Türkiye'de ve Dünyada Rüzgar Enerjisinin Kullanımı", DEÜ Mühendislik Fakültesi, Fen ve Mühendislik Dergisi, C.4, S.3, Ekim 2002, s.159-173.

Şekil 3.9 – Deniz Üstü Rüzgar Çiftliği



Kaynak: <http://www.npr.org/templates/story/story.php?storyId=9984341>

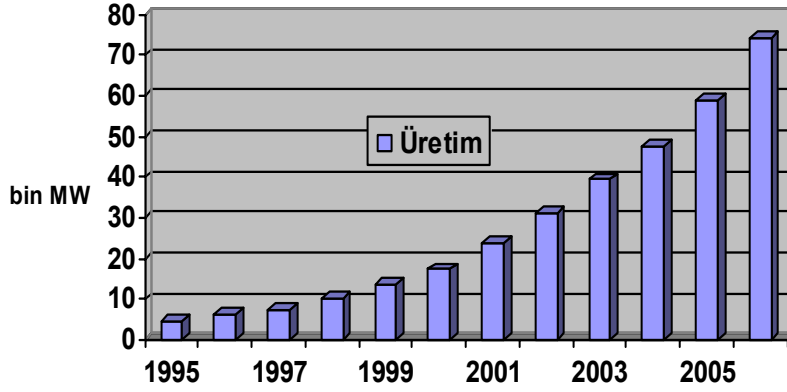
Erişim: 14.05.2007.

3.1.6 Rüzgar Enerjisinin Dünyadaki Durumu

Nisan 1997 tarihli “Wind Power” raporuna göre, 1990 yılında dünyada rüzgar santrali kurulu gücü 2160 MW iken, 1993 yılının başlarında 2500 MW ‘a, 1994 yılında 3738 MW ‘a, 1995’de 4843 MW ‘a ve 1996 yılında 6097 MW ‘a yükselmiş bulunmaktadır. Bu kurulu gücün %57.5’i Avrupa’da, %26.4’ü Kuzey Amerika’da (bunun %98.7’si ABD’de), %14.7’si Asya’da (bunun %91’i Hindistan’da) bulunmaktadır. Dünya kurulu gücündeki yıllık artış %20.6 düzeyindedir. Avrupa, kurulu kapasitesindeki yıllık artış ise %28.2 düzeyini bulmaktadır. Avrupa’nın kurulu rüzgar gücü 1989 yılında yalnızca 320 MW iken bu kurulu güç 1990’da 477 MW, 1991’de 643 MW, 1992’de 891 MW, 1993’de 1123 MW, 1994’de 1723 MW, 1995’de 2518 MW ve 1996’da 3216 MW olmuştur (Grafik 3). Böylece 7 yılda 10 kat artış sağlanmıştır. Avrupa’da kurulu rüzgar gücü açısından birinci sırayı Almanya

almakta, ardından Danimarka, Hollanda, İngiltere, İspanya, İsveç, Yunanistan ve İtalya gelmektedir¹⁷⁷. Dünyada RES'nin durumu şekil 3.10'da görülmektedir.

Şekil 3.10 – Dünyada RES'nin Durumu



Kaynak: **GWEC** 2007, Naklen **MALKOÇ, Yüksel**; a.g.e., s.45.

3.1.7 Rüzgar Enerjisinin Maliyet Analizi

Yeni ekonomik düzende yaşanan en büyük sorunlardan birisi, ticari girişimlerin ve/veya girişimcilerin yalnızca kendi gelir ve gider dengesini kurmaya çalışarak çevrelerine verdikleri zarar veya sağladıkları faydaları göz önüne almamalarıdır. Bu noktada, özellikle enerji gibi ulusal konularda, devletin denetleyici rolü üstlenerek bütün tarafların maksimum fayda sağlayacağı ekonomik faaliyetleri desteklemesi önem kazanmaktadır.

Yeryüzünde bulunan mevcut enerji kaynaklarını kullanarak elektrik enerjisi elde edilmesi, o kaynağın kendine özgü niteliği, cinsi ve bulunma miktarına göre değişmektedir. Bulunan kaynakların kimilerine ulaşmak için büyük maliyetleri göz önüne almak gerekli iken, kimilerine de hiçbir maliyet gerekmeden ulaşılabilir. Fakat bu kaynakların her birini elektrik enerjisine dönüştürmek için ayrı bir yöntem ve bu yöntemin maliyeti söz konusudur. Dışa kapalı ekonomilerde enerji üretimi çoğu zaman derinlemesine fayda-maliyet analizleri yapılmadan kolay erişilebilir kaynaklara dayandırılmaktadır. Ancak son yıllarda

¹⁷⁷ Ayrıca bkz., <http://www.ruzgarenerjisisirligi.org.tr/bilimsel/tez/HakanAy.pdf> (Erişim: 20.10.2007).

dünya genelindeki ülke ekonomileri, kullanılan kaynakların fiyat-maliyet analizini yaparak toplam maliyeti en düşük olan kaynaklara doğru yönelmekte ve kullanımını desteklemektedirler.

Mevcut kaynakların elektrik enerjisine dönüştürülmesi için gereken maliyetleri dört ana başlık altında toplamak mümkündür:

- **Sermaye ve Sermayenin Maliyeti:** Tesis edilmesi planlanan santralin inşa edilmesi için gerekli olan finansmanın fiyatıdır. (faizi, geri ödeme planı, vadesi, vs.)
- **İşlenecek Kaynağın Maliyeti:** Enerji kaynağının erişebilirliğine, kullanıma uygun hale getirilmesine bağlı olarak değişen giderlerdir. (Bu maliyet içinde işlenecek kaynağın tespiti için yapılan arama, etüt ve ölçüm maliyetleri yer almamaktadır.)
- **İşletme Maliyeti:** Mevcut tesislerin bakım, onarım ve işletilmesinden oluşan giderlerdir.
- **Dış Maliyetler:** Direkt olarak üretim veya tesisle ilgili olmayıp çevreye, enerji sektörüne ve diğer sektörler verilebilir görünen ve/veya görünmeyen zararlar ile ilgili masraflardır. Şunu belirtmekte fayda vardır ki, enerji santrallerinin tesis ve işletme maliyetlerini direkt bir ilişkisi olmadığı için bu maliyetler geçmişte devletler tarafından ikinci plana itilmiştir. Ancak sivil toplum kuruluşları ve çevreciler tarafından uzun süre dile getirilen bu maliyetler 1990'lı yıllardan itibaren ciddiyetle ele alınmaya ve enerji sektörüne yön verilmesinde etkili olmaya başlamıştır.

Rüzgar enerjisi, mevcut üretim teknolojileri ile kurulum aşamasında yüksek sermaye gerektiren ancak yakıt ve işletme maliyeti düşük olan bir kaynaktır. Yoğun sermaye gerektiren her yatırımda olduğu gibi rüzgar enerjisi santrallerinin karlılığı sermayenin fiyatına, yani tesisin öz sermaye ve kredi finansman koşullarına çok duyarlıdır. Örneğin faiz, geri ödeme planı ve vade gibi unsurlar kredi finansmanının maliyetini belirlediği gibi tesis amortisman dönemi ile öz sermaye geri dönme süresi de öz sermaye finansmanının maliyetini etkilemektedir. Avrupa Birliğine üye ülkelerin rüzgar enerjisi yatırımları için finansman koşullarının kimi zaman uygulanmaya konan kanunlar ile çok büyük değişiklikler gösterdiği Avrupa Komisyonu'nun hazırladığı raporda da belirtilmektedir. Rüzgar enerjisi sektöründeki teknolojik gelişmelerin mevcut hızıyla devam etmesi halinde ileride rüzgar enerjisi santrallerinin maliyetlerinin önemli ölçüde düşmesi beklenmektedir. Bu maliyetlerin hesaplamalarında aşağıdaki maliyet unsurlarına dikkat edilmektedir.

3.1.7.1 Sistem Maliyeti:

Rüzgar türbinleri tarafından üretilen enerjinin maliyetini belirlemede, göz önüne alınması gereken en önemli faktörler, tesisin ilk maliyeti ve yıllık olarak üretilen enerjinin miktarıdır. Ekonomiklik açısından incelendiğinde, diğer teknolojilerle üretilen enerjinin birim maliyeti ve satış fiyatı da önem kazanmaktadır. Ticari amaçla rüzgar türbini kurulması sırasında değerlendirilmesi gereken konular şunlardır:

a-) İlk Kuruluş Maliyeti

- Alış Fiyatı
- Nakliye
- Tesis maliyeti
- İthalat vergisi tutarı
- Tesisin kapladığı alana ilişkin maliyet

b-) Elektrik Enerjisi Üretimi

- Rüzgar türbininin verimi
- Rüzgar türbininin tipi ve büyüklüğü
- Rüzgar türbininde görülen yıllık değişimler

c-) Sistem tarafından üretilen enerjinin satış fiyatı ile diğer teknolojilerle üretilen enerjinin satış fiyatlarının karşılaştırılması

d-) İşletme ve bakım masrafları

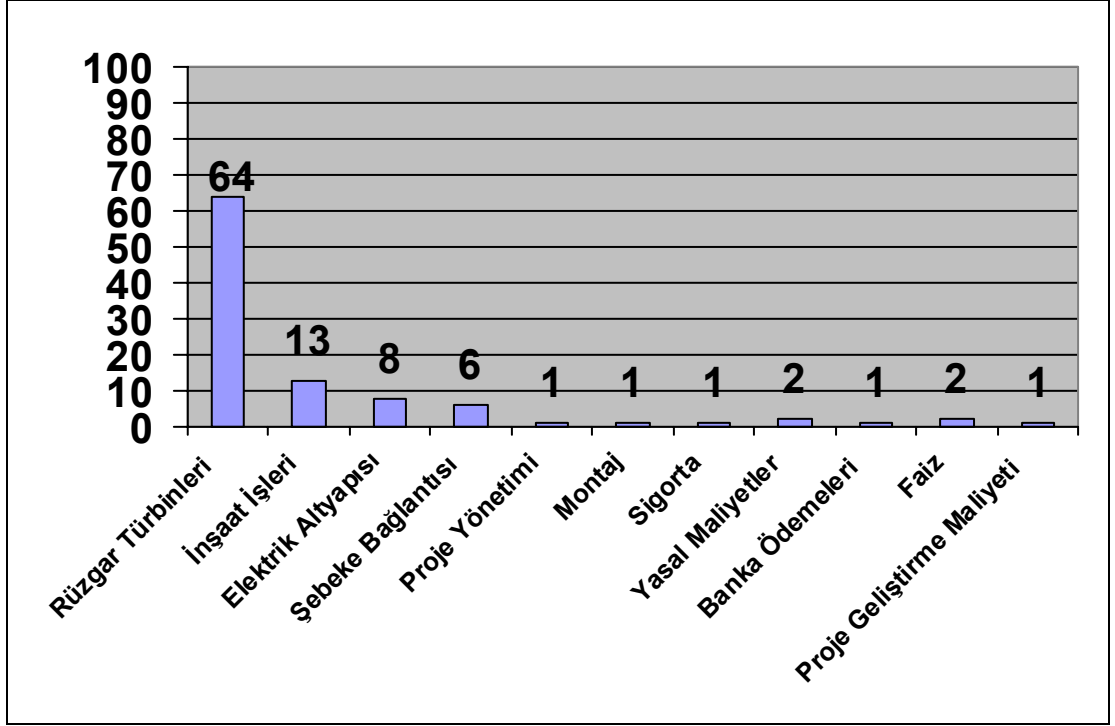
e-) Yasal mevzuat

f-) Enflasyon

g-) Amortisman

Diğer yenilenebilir enerjiler gibi rüzgar enerjisi için de yakıt maliyeti olmamasının yanında, ilk yatırım maliyetleri yüksek olup bunlar içinde ana kalemi türbin maliyetleri oluşturmaktadır. Tipik bir rüzgar enerji santrali projesi için ilk yatırım maliyeti Şekil 3.11'de görülen kalemlerden oluşmaktadır.

Şekil 3.11 – Tipik Bir Rüzgar Enerji Santrali İçin İlk Yatırım Maliyeti



Kaynak: İngiltere Rüzgar Enerjisi Birliği, <http://www.bwea.com/ref/econ.html>

Erişim: 20.04.2008.

3.1.7.2 Birim Enerji Maliyeti :

Rüzgar türbinlerinden elde edilen elektrik enerjisi birim maliyetinin hesaplanabilmesi için kapitali geri kazanma faktörünün bilinmesi gerekir. (C), kapitali geri kazanma faktörü aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$C = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (13)$$

Burada;

i : Faiz oranı (%),

n : Amortisman süresi (yıl)'dır.

(Ü), Üretim maliyeti (TL/kWh) ise;

$$\dot{U} = \frac{CT(C+I)}{E} \quad (14)$$

Burada;

I : Servis, bakım ve sigorta giderlerini (%),

CT : Rüzgar türbininin toplam kuruluş maliyetini (TL),

E : Yıllık üretilen enerji miktarını (kWh) göstermektedir

Rüzgar türbininin tesisinin planlandığı yörede (E), rüzgar türbininin üreteceği enerji (kWh/yıl) aşağıdaki formülle belirlenebilmektedir.

$$E = \eta_{kay} \cdot C_p \cdot \frac{1}{2} \cdot R^2 \cdot \sum_{i=1}^k \Delta t_i \cdot V_{ri}^3 \quad (15)$$

Burada;

Δti : Zaman aralığını (s),

Vri : Rüzgar hızlarını (m/s),

ρ : Havanın yoğunluğunu (kg/m³),

R : Pervane yarıçapını (m),

ηkay : Mil yataklarındaki sürtünme kayıplarını, dişli kutusundaki kayıpları, elektrik jeneratöründeki kayıpları içeren ve bu kayıpların hepsinin çarpımına eşit olan bir genel (toplam) katsayıyı (hesaplamalarda yaklaşık olarak ηkay =0.9 olarak hesaba katılabilir)

Cp : Güç katsayısını (dizayn devirlilik sayısı (λ), hücum açısı (αD), kanat sayısı (z) ve kanat profil tipine bağlı olarak değişen ve bütün olarak bir rüzgar türbinini karakterize edebilen bir katsayıdır) göstermektedir.

Rüzgar türbininin toplam kuruluş maliyeti; rüzgar türbinini taşıma ve dikme, kurma, trafo ve şebekeye bağlantı giderlerinden oluşmaktadır.

3.1.7.3 Dış Maliyetler

“Yukarıda belirtilen maliyet faktörlerinin dışında direk olarak üretim veya tesisle ilgisi olmayan, çevreye ve enerji sektörüne veya diğer sektörler verilen zararların maliyeti Dış Maliyetler olarak tanımlanmaktadır. Bu bağlamda enerji santrallerinin mevcut dış maliyetleri iki başlık altında toplanabilmektedir;

a. İnşaat alanı: Her enerji santralının işgal edeceği bir toprak parçası vardır. Bu alanın diğer amaçlarla kullanımının, enerji santrali olarak kullanımından daha faydalı olması durumunda bir dış maliyet oluşmuş demektir. Aynı şekilde enerji santraline tahsis edilen alan üzerinde daha önceden yapılan faaliyetlerin iptal edilmesi de çok ciddi bir dış maliyet unsurudur.

b. Çevresel Etkiler: Kimi enerji santrallerinde kullanılan yakıtlar, atmosfere veya çevresine düzenli olarak artık maddeler bırakılmaktadırlar. Bu maddelerin santralin yakın veya uzak çevresine verebileceği olumsuz etkiler birer dış maliyet unsurudur. Ayrıca enerji santralinde olabilecek doğal felaketler ve arızalar sebebiyle çevreye verilebilecek zararlarında riskini çevredeki doğal yaşam taşımak zorundadır. Bu riskin sigorta şirketlerince taşınması durumunda belirli bir prim ödenmesi gerekmektedir. Bu risk primi de diğer bir maliyet unsuru olarak karşımıza çıkmaktadır¹⁷⁸.

Tablo 3.5 – Muhtelif Enerji Kaynaklarına Dair CO₂ Emisyonu

YAKIT	EMİSYON CO ₂ /kWh (Pound ¹⁷⁹)	1997 ÜRETİMİ (Milyon kWh)	TOPLAM CO ₂ EMİSYONU (Milyon Pound)
KÖMÜR	2,13	1804	3842
DOĞAL GAZ	1,03	283,6	292
PETROL	1,52	77,8	121
RÜZGAR	0	3,5	0

(Sera Etkisinin Başlıca Unsuru)

Kaynak: **AY, Hakan;** <http://www.ruzgarenerjisibirliqi.org.tr/bilimsel/tez/HakanAy.pdf>

Erişim: 20.10.2007.

¹⁷⁸ Ayrıca bkz., <http://www.ruzgarenerjisibirliqi.org.tr/bilimsel/tez/HakanAy.pdf> (Erişim: 20.10.2007).

¹⁷⁹ 1 Pound = 0,454 Kg.

Tablo 3.6 – Muhtelif Enerji Kaynaklarına Dair SO₂ Emisyonu

YAKIT	EMİSYON SO₂/kWh (Pound)	1997 ÜRETİMİ (Milyon kWh)	TOPLAM SO₂ EMİSYONU (Milyon Pound)
KÖMÜR	0,0134	1804	24173
DOĞAL GAZ	0,000007	283,6	2
PETROL	0,0112	77,8	871
RÜZGAR	0	3,5	0

(Asit Yağmurlarının Başlıca Unsuru)

Kaynak: **AY, Hakan;** <http://www.ruzgarenerjisibirliqi.org.tr/bilimsel/tez/HakanAy.pdf>

Erişim: 20.10.2007.

Rüzgarın taşıdığı enerjinin istenilen biçime çevrilmesi için yatırım ve harcama gerektiren rüzgar türbin jeneratör sistemine gerek vardır. Bu nedenle rüzgardan üretilen elektriğin bir maliyeti bulunur. Rüzgar enerjisi bedava enerji değildir. Sağlanan teknolojik gelişmeler ve verim artışları ile maliyet sürekli düşürülmektedir. Deniz üstü rüzgar türbinleri ise kara tipi türbinlere göre 1.5-2 kat daha pahalıya kurulabilmektedir.

Son on beş yılda rüzgar enerjisinden elde edilen elektriğin birim maliyeti yedide bire düşmüştür. Ulaşılan bu maliyet yeni kömür santrallerinden ve nükleer santrallerden ucuz, doğal gaz santrallerinden pahalıdır. Rüzgar santralleri çevre ile uyumlu ekonomi açısından klasik santrallerle rekabete girişebilecek duruma gelmiştir. Fosil yakıtlara karbon vergisi getirilirse, rüzgar enerjisi çoğu ülke için öncelikli konuma geçebilir. Rüzgar enerji ekonomisinde türbinlerin ömürleri de etkilidir. Geliştirilmiş rüzgar türbinlerinin henüz 25-50 yıllık bir deneyim süresi bulunmamaktadır. Laboratuvar koşullarında yapılan ömür testleri ile bazı tahminler yapılabilir de, 25-50 yıl bu tür makineler için oldukça uzun bir ömür olarak görülebilir. Her beş yılda bir teknolojinin önemli oranda değiştiği de göz önüne alınırsa, hesaplamalarda rüzgar türbinlerine 20-25 yıldan yüksek ömür tanınmaması gerektiği öngörülmektedir.

Açıklanan bu maliyetlerin yanı sıra sosyal maliyetlerinde göz önüne alınması gerekir. Çünkü, elektrik üretiminde uygulanan belirli bir teknolojinin tüm maliyetlerini

toplum ödemektedir. Rüzgar enerjisi ve alternatiflerinin toplam sosyal veya dış maliyetlerini kıyaslamak için, şu maliyet kalemleri dikkate alınmaktadır: devletin yüklendiği Ar-Ge maliyeti, sağlanan vergi indirimi veya kolaylığı, borçlanma (borç garantileri), çevre temizliği maliyeti, ekonomik gelişme maliyeti, arz emniyeti-güvenliği ve bağlantı maliyeti, sistem işletme maliyeti, kaynak tüketme maliyeti. Ayrıca bu maliyetlerin dışında santrallerin kurulacağı yerin tespiti ve kullanılacak yakıtın bulunması, rezervinin hesaplanması için yapılan ön arama, etüt ve ölçüm faaliyetlerinin de bir maliyeti bulunmaktadır. Bu maliyet kalemleri açısından yapılan değerlendirmeler, rüzgar enerjisini avantajlı duruma getirmektedir.

3.2 Konvansiyonel Enerji Kaynakları İle Çalışan Termik Santraller

“Termik santraller yakılan çeşitli fosil yakıtlardan (kömür, fueloil, doğal gaz vb) elde edilen ısı (enerji) ile suyun ısıtılarak yüksek basınçlı buhar haline dönüştürülmesi ve buhar vasıtasıyla elektrik jeneratörlerinin çok hızlı şekilde döndürülerek, jeneratörlerdeki magnetlerden oluşan elektrik impulslarının yoğunlaştırılması sonucu elektrik enerjisi üretimi esasına dayanır”¹⁸⁰.

Termik santraller genel olarak yanmayla ortaya çıkan ısı enerjisinden elektrik enerjisi üreten enerji merkezleri olarak adlandırılabilirler. Yani katı, sıvı ya da gaz haldeki fosil yakıtların kimyasal enerjisinin elektrik enerjisine dönüştürüldüğü enerji santralidir.

Bir kazan içinde gerçekleştirilen yüksek ısı ve basınçtaki yanma işlemiyle elde edilen ısı ile suyun buharlaşması sağlanarak, daha alçak basınçlı bölümlerde buharın genleşmesi sağlanır ve bu genleşme ile bir enerji türbinine mekanik enerji kazandırılarak generatör vasıtasıyla elektrik enerjisi üretimi yapılır. Su, daha sonra soğutularak eski haline döndürülür. Kömürle çalışan santrallerde bu dumanın daha sonra elektrostatik düzenekler vasıtasıyla tozu alınarak bacalardan dışarıya verilir. *“Kömürle çalışan modern bir termik santralin verimi %40 dolaylarındadır”¹⁸¹.*

¹⁸⁰ GONCALOĞLU, Bülent İlhan / ERTÜRK, Ferruh / EKDAL, Alparslan; “Termik Santrallerle Nükleer Santrallerin Çevresel Etki Değerlendirmesi Bakımından Karşılaştırılması”, Yıldız Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Çevre Koruma Dergisi, C.9, S.34, İstanbul 2000, s.9.

¹⁸¹ Ayrıca bkz., <http://www.kadirli.org/default.asp?part=forum&gorev=oku&id=354&cat=37&title=Termik%20Santral> (Erişim: 12.12.2007).

Türkiye’de termik santrallerde elektrik üretimi için maden kömürü, linyit, fuel-oil, motorin, doğal gaz, sıvılaştırılmış gaz (LPG) gibi fosil yakıtlar ve türevleri kullanılmaktadır. Ülkemizde, üretimini enterkonnekte sisteme¹⁸² veren otuzun üzerinde termik santral bulunmaktadır. Bu santrallerden bazıları tek bir enerji kaynağı ile bazıları ise birden fazla enerji kaynağı ile çalışmaktadır. Şunu da belirtmek de fayda vardır; termik santrallerden maden kömürü, linyit ile çalışanları hammadde kaynaklarına yakın, doğal gaz, fuel-oil gibi yakıtla çalışanları ise tüketim sahalarına yakın kurulmuşlardır¹⁸³.

Bir termik santralin kurulacağı yerin seçimi birçok etkene bağlıdır. Bunlardan başlıcaları, enerji kaynağının yakınlığı (maden ocakları, limanlar, rafineriler vb.), yakıtın santrale getirilme yöntemleri (demiryolu, denizyolu vb.) ve özellikle soğuk bir kaynağın varlığıdır. Çünkü soğutma suyuna ciddi bir miktar enerji harcanmaktadır. Bu nedenden büyük santraller ancak büyük akarsuların üzerinde ya da deniz kıyısında kurulur. Bununla birlikte, termik santrallerin yol açtığı ısı artışı, su bitkileri ve hayvanları için ciddi sorunlar yaratır. Santralden çıkacak olan çok miktardaki artık küllerin çevreyi rahatsız etmeden uzaklaştırma ve depolama imkanı, karayolu ulaşımının kolaylığı, enerji iletim hatlarına bağlantı kolaylığı, zemin şartlarının ağır yapı ve tesislerin yapılmasına elverişli olması, rüzgar yönü, rutubet, yağış gibi meteorolojik koşulların santral tekniği ve çevre kirlenmesi yönünden uygunluğu gibi hususlara da kuruluş yeri seçiminde dikkat etmek gerekmektedir¹⁸⁴.

Termik santraller linyit kömürünün çıkarılmasından yakılan kömürün oluşturduğu külün depolanmasına kadar geçen birbirine bağımlı birçok prosesle çevrelerinde önemli çevre kirliliği oluşturdukları gibi bu kirlilikten insan, hayvan ve bitkiler de etkilenmektedir.

Türkiye’nin sahip olduğu en bol fosil kaynaklı yakıt, düşük kaliteli ve yüksek derecede kirlenmeye yol açan linyittir ve en bol bulunan kaynak olduğundan ülke enerji üretiminin belkemiğidir. Ancak bu tür kömürün kullanımı çok yüksek miktarlarda kükürt dioksit (SO₂), azot oksitler (NO_x), karbonmonoksit (CO), Ozon

¹⁸² Bir bölgenin veya bir ülkenin elektrik enerjisi ihtiyacını karşılamak üzere o yerin bütün elektrik santralleri, trafo merkezleri ve aboneleri arasında kurulmuş olan sisteme **enterkonnekte sistem** adı verilir. Birbirine bağlı elektrik sistemi olarak da tanımlanabilir. Ayrıca bkz., http://w3.gazi.edu.tr/~bayindir/soru_cevap.pdf (Erişim: 13.12.2007).

¹⁸³ **AVCI, Sedat**; “Türkiye’de Termik Santraller ve Çevresel Etkileri”, İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Dergisi, S.13, ISSN: 1302-7212, İstanbul 2005, s.9.

¹⁸⁴ **GONCALOĞLU, Bülent İlhan / ERTÜRK, Ferruh / EKDAL, Alparslan**; a.g.e., s.10.

(O₃), hidrokarbonlar, partiküler madde ve kül oluşturmaktadır. Bu atıklar, çevre sağlığına çok çeşitli biçimlerde etki eder. SO₂ ve NO_x gazları asit yağmurlarının oluşumundan birinci derecede rol oynar. Bacalardan atılan kükürt ve azot oksitler, rüzgarlarla ortalama 2 ila 7 gün içerisinde atmosfere taşınırlar. Bu zaman süresi içinde atmosferdeki su partikülleri ve diğer bileşenlerle tepkimeye girerek sülfürik asit ve nitrik asiti oluştururlar. Bunlar da yeryüzüne yağmur ve kar ile ulaşır. Böylece baca gazları ikinci kez ve daha geniş bir bölgeye etki etmiş olurlar. Bölgenin arazi yapısı ve hava koşullarına bağlı olarak, etki yüzlerce kilometreye kadar yayılabilmektedir. Asit yağmuru denilen bu olgu yalnızca canlılar için değil, taş yapıtlar ve eski sanat eserleri için de önemli bir tehlike oluşturmaktadır.

“Asit yağmurları ve diğer zararlı gaz ve küllerin verdiği ekonomik zararları şöyle sıralayabiliriz:

- 1. Ağaçların henüz olgunlaşmadan kesilmesinden doğan zarar.*
- 2. Arazi gelirlerinden yoksun kalmaktan doğan zarar: Bu zarar orman ölümü ile üretimden uzaklaşan arazinin zarar süresince sağlayabileceği gelirden oluşur.*
- 3. Toprak koruma önlemlerinden doğan zarar: Orman rejimi içine giren ve fakat çeşitli nedenlerle aşınmaya uğrayan toprakların korunması ve özelliklerinin iyileştirilmesi için yapılan harcamalardır.*
- 4. Ek ağaçlandırma giderlerinden doğan zarar: Zarara uğrayan alanda gaz etkisinin geçmesi ile yeniden ormancılık üretimine geçilmesi için gerekli olan ağaçlandırma giderleridir.*
- 5. Ormanların azalması ve toprağın çoraklaşması sonucu oluşan erozyon büyük miktarlarda toprak kaybına neden olur.*
- 6. İnsan sağlığı açısından doğan zararlar: Ormanlar hava kirliliği için bazen doktor bazen de hasta durumundadırlar. Olgun iri yapraklı 100 yaşındaki bir kayın ağacı saatte yaklaşık olarak 1,7 kg O₂ üretmekte, 2.35 kg CO₂ tüketmektedir. Ayrıca aynı kayın ağacı yılda 1 ton tozu süzmekte, baca gazları, bakteri ve virüsleri bağlamaktadır. Bu nedenle orman havası havadaki partiküllerin, özellikle solunumla akciğere giden tozların sayısı bakımından kent havasına göre %90 - 99 oranında daha temizdir. Bu durumda termik santrallerin etkileriyle ortaya çıkan orman ölümlerinin insan sağlığını ne derece olumsuz etkilediğini tahmin etmek pek zor değildir.*
- 7. Bacadan atılan gazların etkisiyle evcil hayvanların verimi azalır, kara ve sulardaki yaban hayvanlarının sayısında azalma olur.*

Bacadan atılan maddelerin içinde belki de en önemlisi, linyitte bulunan ve yanma ile açığa çıkarak etrafa yayılan uranyumdur. Küllerdeki uranyum da ayrı bir sorun yaratmaktadır”¹⁸⁵.

Bacadan yayılan diğer maddeler, partiküler madde olarak da adlandırılan uçucu küllerdir. Bu küller ve filtrelerde biriken tozların oluşturduğu yığınlar, termik santrallerin yarattığı en önemli sorunlardan biridir. Toz ve kül tutmaya yarayan elektrostatik filtreler % 95 - 99 oranında işe yarasa da, bir termik santralin en sık arızalanan üniteleri elektrostatik filtreler olduğundan ve arıza süresince üretimin durdurulup durdurulmayacağı belirsiz olduğundan bu ünitelerin işlevselliği kuşkuludur. Bu yöntem sadece SO₂ ve küllerin yarattığı kirliliği önlemeye yöneliktir ve kömürle çalışan termik santrallerin diğer atıklarını (NO_x, CO, O₃ gibi) filtre etmez¹⁸⁶. *“Ülkemizde her yıl yaklaşık 10 milyon ton uçucu kül, kömüre dayalı termik santrallerde elektrik enerjisi üretiminde atık olarak ortaya çıkmaktadır. Büyük miktardaki bu uçucu küllerin çok az bir kısmı çimento ve beton üretiminde hammadde olarak kullanılmaktadır”¹⁸⁷.*

Termik santrallerin oluşturduğu çevre kirliliği; hava, toprak ve su kirliliği olmak üzere üç grupta incelenebilir¹⁸⁸:

- **Hava Kirliliği;** termik santral reaktöründe toz halindeki linyit kömürünün yanması sonucu kömürde bulunan mineral maddeler yanmayıp uçucu kül olarak reaktörü terk etmektedir. Reaktör çıkışında bulunan elektro filtreler normalde tozların % 99,4'nünü arıtabilmektedir. Ancak her termik santralde bakım ve onarım çalışmaları nedeniyle bir ünite devamlı yedekte bekletilir. Çalışma süresini dolduran ve rutin onarım çalışmaları yapılacak ünitelerin yerine yeni ünite devreye alınır. Yeni ünitelerin ilk devreye alınmaları esnasında teknik nedenlerle elektro filtreler çalıştırılmaz. Bu esnada baca dumanındaki uçucu küllerin atmosfere verilmesi sonucu önemli bir hava kirliliği oluşur. Uçucu küller havaya yayılarak ağırlıklarına ve meteorolojik koşullara göre bacadan itibaren belli mesafelerde yere çökerler. Bu esnada

¹⁸⁵ Ayrıca bkz., <http://www.ttb.org.tr/eweb/yatagan/2.html> (Erişim: 12.12.2007).

¹⁸⁶ Ayrıca bkz., <http://www.ekolojimagazin.com/?s=magazin&id=186> (Erişim: 12.12.2007).

¹⁸⁷ ÇİÇEK, T. / TANRIVERDİ, M.; “Kömüre Dayalı Termik Santral Uçucu Küllerinden Otoklav Yöntemi İle Hafif Tuğla Üretimi”, http://www.maden.org.tr/resimler/ekler/763d72bba4a7ade_ek.pdf (Erişim: 12.12.2007).

¹⁸⁸ GONCALOĞLU, Bülent İlhan / ERTÜRK, Ferruh / EKDAL, Alparslan; a.g.e., s.11.

içerdikleri Co, Cd, Zn, Pb, Cu gibi metal bileşikler de hem yerel ölçekte alıcı ortamlarda (orman, meralar, tarlalar vb) tarla bitkileri ve meyve ağaçları üzerinde zehirli etki yapabilirler; hem de bölgesel ölçekte SO₂ ve NO_x gazlarının asit yağmurlarına dönüşmesinde katalizör etkisinde bulunurlar.

- **Toprak Kirliliği;** termik santrallerin bacasından çıkan duman bileşenlerinin zamanla yere çökmesi çevresindeki alanlarda toprak kirliliğine neden olabildiği gibi, yanma sonucu linyit kömüründe % 35-55 oranında bulunan küller de kül barajında toprak üzerinde depolanarak toprak kirliliği oluşturur. Ayrıca, kömürün çıkarılması sırasında büyük alanlardan toprağın alınarak kömür olmayan alanlara yığılması da yanlış arazi kullanımına neden olduğu için bir nevi toprak kirliliği sayılmaktadır.
- **Su Kirliliği;** termik santrallerde kullanılmakta olan soğutma suyu pompalarla çekilerek arıtmadan geçirilmekte ve bu sırada geçici sertlik giderimi, çöktürme ve mikroorganizmaların yok edilmesi aşamalarında kimyasal maddeler ilave edilmektedir. Kullanılan bu kimyasallar soğutma suyunun bir alıcı ortama verilmesi durumunda alıcı ortamda kirliliğe sebebiyet vermektedir. Termik santrallerin soğutma sularını deşarj ettikleri su ortamındaki normal sıcaklık derecesi zamanla yükselerek, termik santral kurulmadan önceki doğal halinden farklı yeni bir sıcaklık dengesi oluşur. Sıcaklık, sulardaki canlılar ve canlı metabolizması üzerinde hızlandırıcı, kısıtlayıcı ve öldürücü etkilerde bulunur. Sıcaklık aynı zamanda sudaki çözülmüş oksijen konsantrasyonunun azalmasına neden olmaktadır. Ayrıca santral bacasından çıkacak olan kirletici gazların oluşturacağı asit yağmurları da suların pH'ını (asidik değerini) değiştirebilmektedir. Uçucu küllerde bulunan ağır metaller de zamanla yeraltı suları vasıtasıyla alıcı ortamlara verilmektedir.

Bütün bunların yanında, santrallerde kullanılan kömürler yüzey veya yer altı madenciliği yapılarak çıkarılmaktadır. Kömür çıkartılırken oluşan katı atıklar, yapılan asit direnaji vb etkiler de estetik görünümün bozulmasına neden olmaktadır. Eğer yeraltı madenciliği yapılıyorsa göçük tehlikesi ve mesleki hastalıklarla da sık sık karşılaşmaktadır.

3.3 Bir Rüzgar Santrali İle Bir Termik Santralin Karşılaştırılması

Enerji santral tipleri, birbirlerine oranla olumlu ve olumsuz bazı özellikleri barındırmaktadırlar. Herhangi bir enerji santrali tipinin tüm yönleriyle olumlu veya bir diğerinin tüm yönleriyle olumsuz olduğunu varsaymak gerçekçi bir yaklaşım olmayacaktır. Örneğin, bir termik santral büyük miktarda zararlı partikülü havaya vermekte ve doğal yaşamda olumsuz etki yaratmakta ise de; kurulduğu yöre halkı için büyük bir istihdam olanağı oluşturduğu da görülmektedir. Oysa temiz enerji kaynağı kullanan rüzgar enerji santralleri özellikle işletme aşamasında dikkate değer bir istihdam olanağı yaratmaz. Bu yaklaşımla yola çıkarak, bu bölümde bir termik ve rüzgar enerji santrali çeşitli açılardan ele alınarak karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmaya temel teşkil eden unsurlar yukarıda formüle edilmiş olan maliyet ve gelir unsurlarından doğan hesaplamaların yanı sıra, çevresel ve toplumsal sonuçların gözlenebilmesi için işletme, kaynak, dönüşüm, nakliye gibi konular da kısaca ele alınmıştır.

Üzerinde inceleme yapmak üzere seçilmiş olan örnek santraller; rüzgar enerji santrali için Çeşme/Alaçatı mevkiinde kurulmuş olan bir Demirer Holding yatırımı olan Mare Res ile, termik santral için Yatağan Termik Santrali'dir.

➤ **Mare Res**

Mare Res (Manastır Dağı Rüzgar Enerji Santrali), Aralık 2005'de şantiye çalışmaları başlatılarak Ağustos 2006'da devreye alınmış olan ve bugün 49 adet türbin ile 39,2 MW üretim kapasitesine sahip, halihazırda ülkemizin en büyük rüzgar enerji santralidir. Bir Demirer Holding – Enercon ortak yatırımı olan santralin yatırım maliyetleri 46 Milyon Euro (yaklaşık 90 Milyon Dolar) olarak hesaplanmıştır. Bu yatırımın %50'si dış kaynak, %50'si ise kredi ile gerçekleştirilmiştir. Kredinin geri ödeme süresi 10 yıl olarak belirlenmiştir. Tesis saatte 39,2MW, yılda 128.700.000kWh elektrik enerjisi üretecek ve direk enterkonnekte sisteme verecektir. Ortalama bir hanenin aylık elektrik tüketiminin 250kWh olduğunu düşünürsek, yaklaşık 50.000 hanenin elektrik enerjisini karşılama kapasitesine sahip bir tesis planlanmaktadır. Türbin dikim çalışmalarının son etabı gerçekleştirilmektedir. Bu tesisin faydalı ekonomik ömrü 30-40 yıl olarak kabul edilmektedir.

➤ Yatağan Termik Santrali

Yatağan Termik Santrali üç üniteden meydana gelmekte ve birinci ünitesi 1982'de, ikinci ünitesi 1983'te, üçüncü ünitesi ise 1984'te devreye alınmıştır. Bugün 3 üniteyle saatte 630 MW, yılda 2.200.000.000kWh elektrik enerjisi üretme kapasitesine sahip olan bir tesistir. Toplam kuruluş maliyeti 3 ünite için 345 Milyon Dolar (yaklaşık 650 Milyon Euro) kadardır. Bu santral de yine bir hanenin aylık tüketiminin 250kWh olduğunu düşünürsek, yaklaşık 730.000 hanenin elektrik enerjisini karşılama kapasitesine sahiptir.

Santralin sahip olduğu üç ünitenin toplam kömür tüketimi 6,5 Milyon ton/yıl olup, günlük kömür tüketimi yaklaşık 18000 tondur. İşletmenin desülfirizasyon (elektronik filtre) ünitesi 2001 yılında devreye alınana kadar yılda yaklaşık 270000 ton SO₂ yaymış olup 16 yılda Bencik Dağı, Sepetçi Dağı yamaçlarında 40000 hektar ormanlık alanın zarar görmesine ve 4186 hektar ormanlık alanın kurumasına neden olmuştur. Özellikle kızılçam ağaçları SO₂ nedeniyle zarar görmektedir.

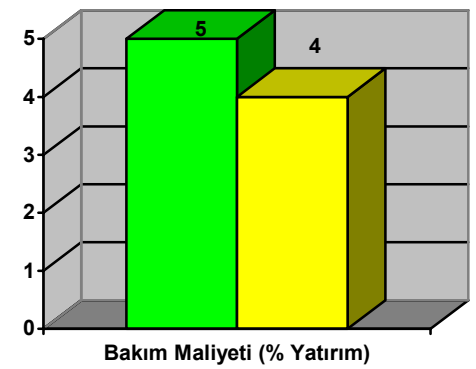
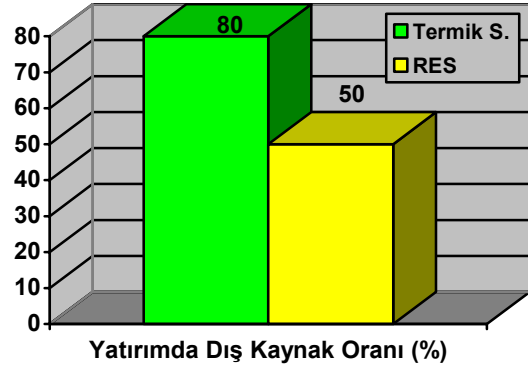
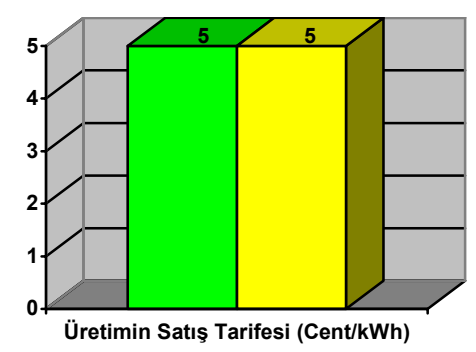
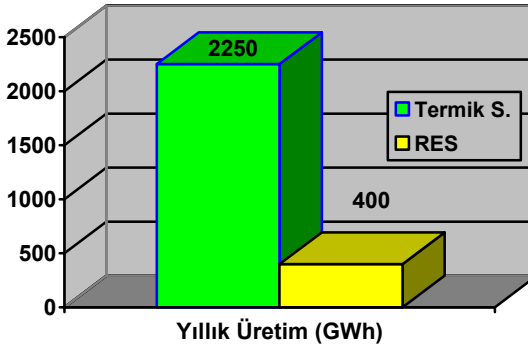
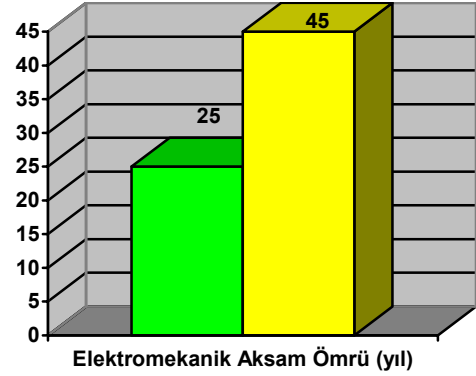
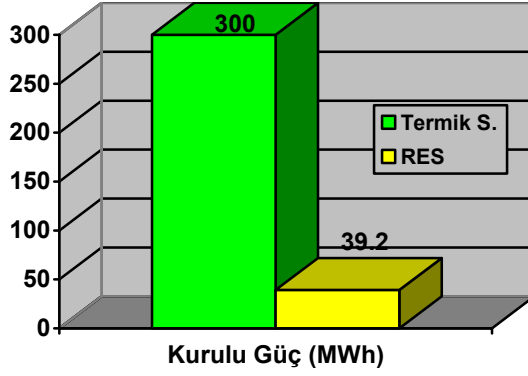
Bu iki enerji santrali, Tablo 3.7'de toplanan veriler ışığında çeşitli kriterler açısından karşılaştırılmış ve elde edilen sonuçlar grafiklerle de vurgulanmıştır.

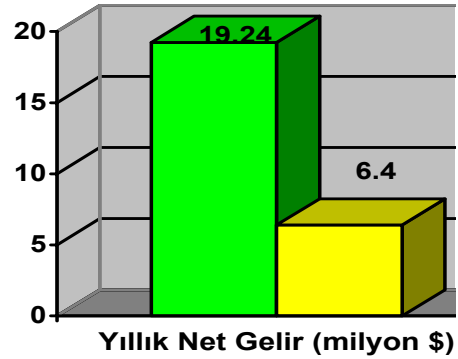
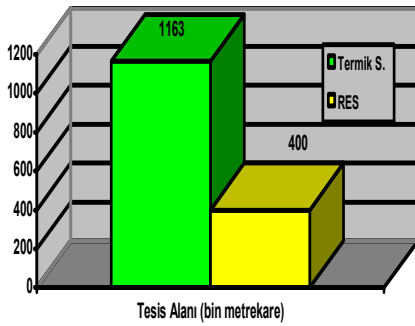
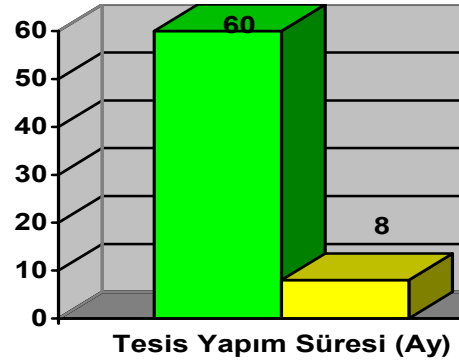
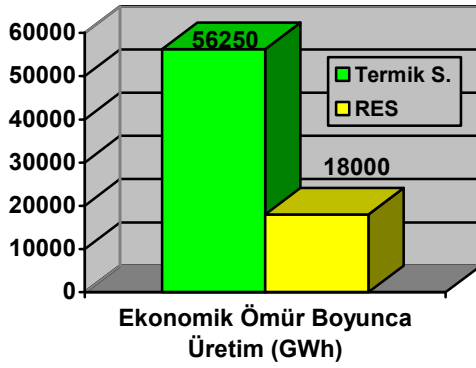
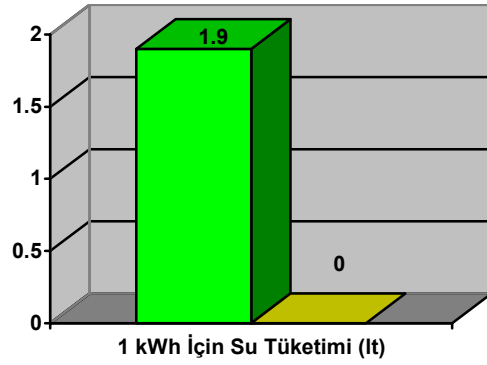
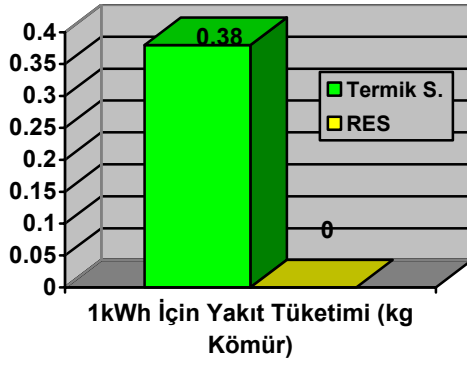
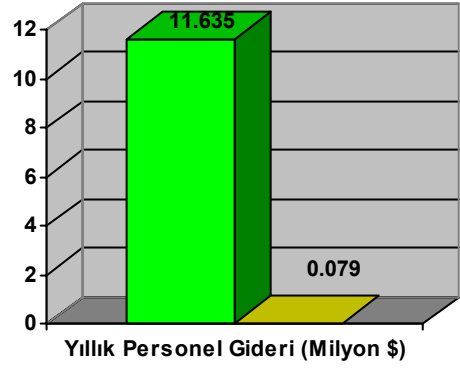
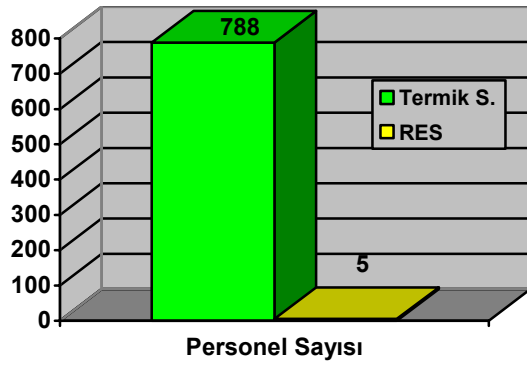
3.3.1 Karşılaştırmanın Tablo Gösterimi

Tablo 3.7 – Termik Santral İle Rüzgar Santralinin Bazı Önemli Yönleriyle Karşılaştırılması

Tesis Tipi	Termik Santral	RES
Özellikler		
Kurulu Güç (MW)	630	39,2
Bakım Maliyeti (% yatırım)	Tesis Ömrü Boyunca Yatırımın %5'i	Tesis Ömrü Boyunca Yatırımın %4'ü
Yıllık Ortalama Çalışma Süresi (saat)	10000	10000
Yıllık Verimli Çalışma Süresi (saat)	6570 (%65)	3285 (%33)
Yıllık Üretim (GWh)	2200	140
Elektromekanik Aksam Ömrü (yıl)	25	45
Birim Yatırım Maliyeti (\$/MW)	750	350
İlk Yatırım Tutarı (Milyon \$)	345	90
Yatırımda Dış Kaynak Oranı (%)	% 80	% 50
Birim Yakıt Gideri (cent/kWh)	3,50	-
Birim İşletme/Bakım Gideri (cent/kWh)	0,50	0,04
Yıllık Yakıt Gideri (Milyon \$)	71	-
Çalışan Personel Sayısı	788	5
Yıllık Personel Gideri (Milyon \$)	11,635	0,079
Toplam Yıllık Gider (Milyon \$)	82,01	0,079
Üretimin Satış Tarifesi (cent/kWh)	5	5
Yıllık Gelir (Milyon \$)	101,25	6,5
Yıllık Net Gelir (Milyon \$)	19,24	6,4
Net Gelir / Yatırım Oranı (%)	% 5,57	% 7,11
Ekonomik Ömrü Boyunca Üretim (GWh)	56250	18000
Zararlı Yan İşlevleri	Hava-Su-Toprak Kirliliği	Yok
Zararlı Atık	CO ₂ , CO, SO ₂ , NO _x , Kül	Yok
Yararlı Yan İşlevler	Buhar Üretimi	Görsel Çekim Alanı
Tesis Yapım Süresi (ay)	48 - 60	6 - 8
Tesis Alanı (metrekare)	1.163.000	400.000
1kWh İçin Yakıt Tüketimi	0,38kg Kömür	Yok
1kWh İçin Su Tüketimi (litre)	1,9	Yok

3.3.2 Karşılaştırmanın Grafikselle Gösterimi





3.4 Res ve Termik Santral Swot Analizi

Bu bölümde; rüzgar santrali ile termik santralin güçlü ve zayıf yönleri, fırsatlar ve tehditler değerlendirilerek karşılaştırmaya devam edilmektedir. Tablo 3.8'de bu iki santral tipine ilişkin Swot Analizi görülmektedir.

Tablo 3.8 – Termik Santral İle Rüzgar Santralinin Swot Analizi

	Rüzgar Santrali	Termik Santral
Güçlü Yönleri	<ul style="list-style-type: none">• Dışa bağımlı olmayan bir enerji kaynağına sahiptir.• Zararlı atıkları olmadığından çevre kirliliğine sebep olmaz ve çevreye duyarlı üretim politikalarına uyumlu bir üretim süreci içerir.• Hayvan, bitki ve dolayısıyla insan yaşamını olumsuz yönde etkilemez.• Üzerine kurulu olduğu arazide tarım ve hayvancılık yapmaya olanak sağlar.• Modüler yapıda türbinler gerekli (istenen) sayıda kullanılabilir.• Bakım ve işletme maliyetleri oldukça düşüktür.• Yakıt gerektirmediği için yakıt gideri ve taşıma maliyeti oluşturmaz.• Elektromekanik aksam ömrü yüksektir.• Tesis yapım süresi kısadır.• Türbin ömrü bittiğinde demonte edilmesi kolaydır.	<ul style="list-style-type: none">• 500MWh ila 1500MWh gibi büyük güçlerde üretim yapma kapasitesine sahiptir• Kurulduğu yöre halkı için geniş istihdam olanağı sağlar.• Ekonomide kullanım alanı olmayan kalitesiz kömürlerin enerji üretiminde değerlendirilmesine olanak sağlar.• Yanma sonucu ortaya çıkan kül sanayide lastik, kauçuk üretimi vb değerlendirilebilir.• Kuruluş maliyetleri düşüktür.• Ülkemizdeki zengin kömür (linyit) yataklarından dolayı kurulması devlet elinden desteklenmektedir.

	Rüzgar Santrali	Termik Santral
Zayıf Yönleri	<ul style="list-style-type: none"> • Çok büyük güçlerde enerji üretimine olanak sağlamamaktadır. Büyük enerji gereksinimlerini karşılamak için konvansiyonel kaynak kullanımına ihtiyacı giderememektedir. • Türbin sayısı çok arttığında gürültü kirliliğine neden olur. • Elektromanyetik ışımaları olumsuz yönde etkiler. • Kuruluş maliyetleri konvansiyonel yakıtlı santrallere göre daha yüksektir. 	<ul style="list-style-type: none"> • Yanma sonucu ortaya çıkan zehirli gazlar ve filtrelenemeyen küller doğayı ve insanları olumsuz yönde etkiler. • Bakım ve işletme maliyetleri çok yüksektir. • Yakıt elde etmek için yapılan madencilik ile bu yakıtı santrale taşıma maliyetleri yüksektir. • Ciddi miktarda soğutma suyuna ihtiyaç duyduğundan akarsu ve deniz kenarlarına kurulur. Fakat bu sulardaki yaşamı olumsuz etkiler. • Tesis yapım süresi uzundur. • Kurmak için büyük arazilere gereksinim vardır.

	Rüzgar Santrali	Termik Santral
Fırsatlar	<ul style="list-style-type: none"> • Rüzgar enerjisi teknolojileri dünyada hızla gelişmektedir. • Dünya çapında türbin fiyatları düşmektedir. • Gelişmiş ülkeler ekonomik politikalarında rüzgar enerjisini desteklemektedir. • Üç tarafı denizlerle çevrili olan ülkemiz hem karada hem denizde büyük rüzgar potansiyeline sahiptir. 	<ul style="list-style-type: none"> • Termik santrallerin doğaya verdiği zararlı azaltacak ve verimliliğini artıracak ar-ge çalışmaları hızla sürmektedir. • Termik santrallerin kurulması devlet tarafından desteklenen bir görüş olmaya devam etmektedir.

	Rüzgar Santrali	Termik Santral
Tehditler	<ul style="list-style-type: none"> • Banka kredilerinin faizleri yüksek, devlet teşvikleri yetersizdir. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pek çok sivil toplum örgütü termik santrallere karşı bir görüş savunmaktadır. • Kuruldukları bölgelerde yöre halkı tarafından tepki görmektedir. • Dünya ülkeleri ve özellikle AB, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmekte ve teşvik etmektedir.

SONUÇ

Mikro ölçekte işletmelerde, makro ölçekte ülke ekonomilerinde başarı için önemli bir kavram olan verimliliği artırmanın yollarından biri de düşük verimliliğe neden olan etmenlerin ortadan kaldırılmasıdır. İşletmelerde üretim için gerekli girdi maliyetleri azaldığında, verimliliğin arttığı gözlenmiştir. Enerji de bir girdi maliyetidir ve tüketim miktarı işletme giderlerinin önemli bir miktarını oluşturmaktadır. Dolayısıyla, işletmelerde enerji tasarrufu ile girdi maliyetlerinin azaltılması verimliliği arttırmaktadır. Bundan yola çıkarak, enerji tasarruf politikalarında ürünün kalitesinin bozulmaması ve üretim miktarının azalmaması için enerji yönetim programlarının gerekliliği de ortaya çıkmıştır.

Gereksinim duyulan enerjinin hangi kaynaktan elde edileceği konusu ve kaynakların kullanım oranlarının belirlenmesi, ülkelerin enerji politikalarının temelini teşkil etmektedir. Sürdürülebilir bir kalkınmadan bahsedebilmek için kullanılacak kaynakların çevreye zarar vermemesi de büyük önem taşımaktadır.

Ülkemizde, sanayi sektörü başta olmak üzere tüm sektörlerde enerji talebi hızla artış göstermektedir. Üretimin bu talebi karşılamakta yetersiz kalması, enerjinin ithal edilmesini zorunlu kılmaktadır. Ayrıca tüketim konusunda, gerekli tasarruf tedbirlerinin yeterli düzeyde alınmadığı Türkiye koşullarında, enerjinin oldukça verimsiz kullanıldığı da gözlenmektedir. Bu konuda ülke çapında planlamalar yapılmalı, politikalar belirlenmeli ve uygulamalar denetlenmelidir. Bu çalışmaların başarıya ulaşması için başta Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı olmak üzere, belediyeler, meslek odaları ve sivil toplum örgütlerine kadar toplu bir katılımı çalışmaların yürütülmesi, toplumun bilinçlendirilmesi büyük önem arz etmektedir. Gıda ve tekstil gibi, enerji yoğun olmayan sanayi sektörlerine doğru gelişecek olan bir yapılanma ile birincil enerji kaynakları bakımından dışa bağımlılığın ileriki dönemlerde bir miktar önüne geçmek mümkün olabilecektir. Sanayiden elde edilen atık maddelerin geri kazanım sistemlerinin geliştirilmesi konusunun ele alınması ve desteklenmesi de ülke verimliliğinin yükseltilmesi açısından faydalı olacaktır.

Enerji ihtiyacının karşılanmasında kendi öz kaynaklarımıza öncelik vererek, yenilenebilir kaynaklara yönelmek geleceğe dönük planlarda büyük önem arz edecektir. Yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim, aynı zamanda çevrenin

korunması açısından da önemlidir. Çevrenin korunması ve çevre sorunlarının çözümlenmesine yönelik harcamaların yapılması; ancak bu harcamaların işlemlere girdi olarak katılmaması, verimlilik oranının göreceli olmasına ve hesaplama kargaşasına sebep olmaktadır. Oysa verimlilik oranının paydasında yer alan girdilerin, üretim sürecinin özelliklerine göre değişiklik gösterdiği bilinmektedir.

Üretim sürecinin çevrede yol açtığı olumlu veya olumsuz etkiler; ölçülememesi sebebiyle çoğu zaman hesaplamalarda yer almamaktadırlar. Ancak, bu etkilerin uzun vadede karşımıza çıkaracağı toplumsal maliyetleri göz ardı etmemelidir. Çünkü, çevrenin korunması için herhangi bir önlem almayan ve harcama yapmayan bir işletmede hesaplanan verimlilik, bu konuda harcama yapandan daha yüksek çıkıyor olsa da; zamana dayalı verimlilik oranı hesaplamalarında yanılgılara sebep olabilmektedir. Böylece, yalnızca çıktı/girdi oranı olarak hesaplanan ve çevresel etkileri gözden kaçırılan verimlilik oranlarındaki büyümelerin ve sürdürülebilirliğin gerçekleşmesi rastlantı düzeyinde kalmaktadır. Bu nedenlerledir ki, çevre koşullarındaki değişimleri yansıtacak değişkenlerin verimlilik oranı içinde yer alması gerekmektedir.

Bu çalışmada; bahsedilen hususlar dikkate alınarak enerji üretimi konusu irdelenmiş; ülkemiz enerji politikasının dayandırılmış olduğu konvansiyonel enerji kaynakları verimlilik-kalkınma-çevre etkileşimi açısından sorgulanmıştır. Günümüze kadar; verimlilik artışını yalnızca üretim artışına dayandıran bazı devlet ve işletme politikaları nedeniyle, sürdürülebilir kalkınmada istikrarsızlıklar ve çeşitli yaşam alanlarında darboğazlar gözlenmiştir. Geleneksel verimlilik tanımının çevresel etkiler göz ardı edilerek yorumlanması sonucu elde edilen büyüme değerleri; bu etkiler göz önünde bulundurulduğunda olumlu özelliklerini yitirmekte ve kalkınma olarak yorumlanamamaktadır.

Kısaca; enerjinin üretiminden tüketimine planlaması ve yönetimi, enerji konusunda yeni kaynaklar ve üretim yöntemleri üzerinde çalışma, kayıpların en aza indirilmesi, sürdürülebilirlik, bilim ve teknolojiadaki gelişmelerin uygulamaları gibi konularda çalışmalar ve planlamalar yapılması gerekmektedir.

Bilindiği üzere bugünün dünyası elektrik enerjisini ekonominin ve sosyal yaşamın vazgeçilmez bir ögesi haline getirmiştir. Kullanım kolaylığı, temiz ve kaliteli enerji türü olması nedeniyle diğer enerji türlerine göre ön plandadır. Bu sebeple

elektrik enerjisinin girdi olarak kullanılmadığı sektör yok gibidir. Bu durumda da, elektrik enerjisi arzındaki darboğazlar ve bu konudaki ek maliyetler çeşitli şekillerde karşımıza çıkmaktadır.

2050 yılında dünyanın enerji ihtiyacının bugünkü talebin iki katına çıkacağı tahmin edilmektedir. Bu sebeple, enerji santrallerinin üretim yetenekleri sürdürülebilir kalkınma arzusundaki toplumların ihtiyacını karşılayabilecek nitelik ve yeterlilikte olmalıdır. Son otuz yılda enerji üretiminde fosil kaynakların kullanımı azalma göstermiştir. Siyasi nedenlerle temini zorlaşan ve buna bağlı olarak kullanımı azalan bir diğer kaynak da petroldür. İstatistikler, bu azalışın nükleer enerji ile telafi edildiğini göstermektedir. Gelişmiş ülkeler, alternatif enerji üretim sistemlerinin geliştirilmesi ile fosil ve nükleer kaynaklardan enerji üretimini en aza indirmeyi planlamaktadırlar.

2000 yılı verilerine göre kişi başına elektrik tüketimi (1840kWh) dünya ortalamasının (2376kWh) oldukça altında olan ülkemizde, enerji üretiminin 1/3'ü hidroelektrik santrallerden, 2/3'ü termik santrallerden elde edilmektedir¹⁸⁹. Türkiye'de, dünya genelinin aksine, birincil enerji kaynağı olarak kömür en büyük paya sahiptir. Ancak termik santrallerde kullanılan her türlü yakıt, çeşitli oranlarda zehirli atık çıkmasına neden olmaktadır. Kullanılan birincil enerji kaynağının cinsi ve niteliği enerji üretiminin çevresel etkileri üzerinde büyük öneme sahiptir.

Yapmış olduğumuz uygulama çalışması sonucunda, konvansiyonel ve yenilenebilir enerji kaynaklarıyla üretim yapan iki tip enerji santralinin birbirlerine göre avantajlı ve dezavantajlı yönleri incelenip değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar her ne kadar çevresel etkilerin olumsuz koşullar yarattığını gösterse de; gelişmekte olan ülkeler kategorisinde yer alan ve enerji ihtiyacı hızla büyüyen Türkiye koşullarında herhangi bir enerji kaynağının kullanımını reddetmenin yerinde bir yaklaşım olmayacağı değerlendirilmektedir. Nitekim, nükleer santral ile enerji üretimi pek çok sivil toplum kuruluşu tarafından sakıncalı bulunup tepki toplasa da; birçok üniversite ve devlet kurumu tarafından desteklenmektedir. Ülkemizde bulunan zengin linyit yataklarının enerji üretiminde değerlendirilmesi devam ederken, yeni teknolojileri takip etmek ve yine ülkemizde mevcut olan yenilenebilir enerji potansiyelini değerlendirmek geleceğe yönelik sürdürülebilir bir kalkınma için en

¹⁸⁹ **KAHRİMAN, Ali / KURŞUN, İlgün;** "AB'ye Giriş Sürecinde Türkiye Enerji Politikaları", <http://www.istanbul.edu.tr/eng/maden/linkler/kayanyazilar/enerji.htm> (Erişim: 21.04.2008)

olumlu yaklaşım olacaktır. Enerjide arz (kaynak) güvenliği ve çeşitliliği, çevrenin korunması, sosyal ve ekonomik dayanışmanın sağlanması açısından mevcut potansiyellerin verimli kullanılması önemli bir noktadır.

Halihazırda, ülkemizdeki enerji sektörüne kamu kurumları hakim durumdadır ve piyasada devlet müdahalesini en aza indirmeyi öngören yasal düzenlemeler geçiş süreci içerisinde. Öngörülen serbest piyasa henüz tam olarak oluşturulamamıştır. Hukuki ve bürokratik engellerden dolayı, lisans almış olan birçok yenilenebilir enerji santrali projesi imalata başlanmadan askıya alınmıştır. Yapılacak olan yerli ve yabancı yatırımların önü açılmamış olduğundan halen doğalgaz ve termik santral projeleri yenilenebilir enerji projelerine göre daha hızlı bir ilerleme göstermektedir. Oysa yenilenebilir kaynaklardan elde edilebilecek olan enerji için orta vadeli hedefler belirleyerek ulusal politikalar ortaya koymak ve bu konudaki yükümlülükleri yerine getirmek, ülkemizin geleceğini temin etmek açısından büyük önem taşımaktadır. Enerji konusunun başlıca aktörleri olan kamu, üniversite ve sanayi arasındaki işbirliklerini de güçlendirmek gerekmektedir.

Enerji sektöründe Türkiye'nin geleceğini planlarken kaynak çeşitliliğine gitmenin önemini vurgulanması gerekmektedir. Her çeşit enerji kaynağının ve santral tipinin olumlu yönlerinden fayda sağlamak, enerji darboğazlarıyla karşılaşmamak için bir gereklilik halini almıştır. Rüzgar enerji santrallerinin gelişimi sırasında dikkat edilmesi gereken bazı noktaları da şu şekilde sıralayabiliriz:

- Rüzgardan enerji üretiminde ciddi yatırımlar yapacak olan kişi ve kuruluşlara rasyonel destek sağlanmalıdır.
- Ülke genelinde rüzgar ölçümü yapılarak lokal ve ulusal rüzgar haritaları ve gerekli veritabanı detaylı olarak oluşturulmalıdır.
- İlk yatırım maliyetinin yüksek olmasının yaratacağı olumsuz etkiyi tolare etmek için iç ve dış kredilerin faiz oranlarında ve vergilendirmede devlet desteği sağlanmalıdır.
- Rüzgar santrallerinden elde edilecek enerjinin enterkonnekteye aktarılmasında karşılaşılabilecek sistem engelleri kaldırılmalıdır.
- Rüzgar enerjisi teknolojisinin Türkiye'ye getirilmesinde gelişmiş ülkelerin terk etmekte oldukları teknolojilerin, eski ve küçük güçlü türbinlerin pazarı olmaktan kaçınılmalıdır.

- Bu teknolojinin üretiminin ülkemizde gerçekleşmesi için gerekli girişimlerde bulunulmalı ve sanayi oluşumunu düzenlenmelidir.
- Yenilenebilir enerji kaynakları konusunda ehliyetli personel yetiştirmek amacıyla eğitim kurumlarını teşvik edilmelidir.

Sonuç olarak; ülkemizin öz kaynağı olan rüzgar enerji potansiyelinin ülke içi olanaklarla değerlendirilmesi, geleceğe dönük ekonomik politikalar, dışa bağımlılık unsuru, toplum refahı ve sağlığı ve son olarak da enerji verimliliği açısından umut vaat etmektedir. Esmekte olan rüzgarı enerji olarak değerlendirmek artık bir gerekliliktir.

KAYNAKLAR

AKDENİZ, Cengiz / HEPBAŞLI, Arif / BOYAR, Serkan; “Türkiye Karma Yem Sanayinde Enerji Yönetiminin Gerekliliği”, Tarımsal Mekanizasyon 21. Ulusal Kongresi, Konya 2003.

AKŞİT, Tamer; “Diğer Enerji Kaynakları Tanımı Ve Kaynakların Ülkemizdeki Mevcut Durumu”, Meteoroloji Mühendisliği Dergisi, 1995/1.

ANDERSON, Dennis; “Energy and the Environment: Technical and Economic Possibilities”, Finance & Development / June 1996.

ARISOY, Turgut; “Enerji ve Çevre”, 5 Haziran 1981 Dünya Çevre Günü Toplantısı Tebliğleri, İzmir 1982.

ATAN, Murat; “Üretim ve Verimlilik Arttırma Teknikleri”, Ekonometri Bölümü Ders Notları, Gazi Üniversitesi İİBF, Ankara 2005, <http://muratatan.info/notes/10.pdf> (Erişim: 25.03.2008).

ATILGAN, İbrahim; “Türkiye'nin Enerji Potansiyeline Bakış”, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, C.15, No:1, Ankara 2000.

AVCI, Sedat; “Türkiye’de Termik Santraller ve Çevresel Etkileri”, İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Dergisi, S.13, ISSN: 1302-7212, İstanbul 2005.

AY, HAKAN; <http://www.ruzgarenerjisibirligi.org.tr/bilimsel/tez/HakanAy.pdf> (Erişim: 20.10.2007).

BAKIR, Nadi; “Hidroelektrik Perspektifinden Türkiye ve AB Enerji Politikalarına Bakış”, http://www.ere.com.tr/pdf/TR_EU_ENJ_POL_SPC_R2.pdf (Erişim: 02.12.2007).

BANERJEE, Subhabrata Bobby; “Corporate Environmental Strategies and Actions”, MCB University Press, Management Decision 39/1 [2001].

BAŞOL, Koray; “Doğal Kaynaklar Ekonomisi”, Akliselim Ofset Tesisleri, İzmir 1992.

BİLGİNOĞLU, M. ALİ; “Ekonomik Büyüme, Enerji ve Çevre İlişkisi”, E.Ü. İ.İ.B.F. Dergisi, Sayı: 8, Şubat 1989.

BOYD, Gale A. / PANG, Joseph X.; “Estimating The Linkage Between The Energy Efficiency and Productivity”, Energy Policy, Policy and Economic Analysis Group, Economics Department, University of Chicago, 60637 USA, 18 August 1999.

BUĞDAY; Ekolojik Yaşam Dergisi, Sayı 15, 2002 – 191275.

BURSA ÇEVRE MERKEZİ, BURSA TİCARET VE SANAYİ ODASI İLE BURSA ESNAF VE SANATKARLAR ODALARI BİRLİĞİ; Avrupa Birliği Ve Çevre Enstrümanları, Bursa Çevre Merkezi, Bursa Ticaret ve Sanayi Odası ile Bursa Esnaf ve Sanatkarlar Odaları Birliği Yayını, Ocak 2003.

ÇALIKOĞLU, Erdal; “Enerji Verimliliği ve EİEİ Tarafından Yürütülen Çalışmalar”, 23. Ulusal Enerji Verimliliği Kongresi, EİEİ Genel Müdürlüğü Enerji Tasarrufu Koordinasyon Kurulu Yayını, Ankara 2004.

ÇANGA, Mustafa; “Rüzgar Erozyon Korumaları”, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi, C.:6, S.1, Ankara 2000.

ÇETİNDAMAR, Dilek; “Mühendisler ve Çevre”, 3rd METU International Economics Conference, 8-11 September 1999, Ankara, <http://digital.sabanciuniv.edu/elitfulltext/301180000102> (Erişim: 24.11.2007).

ÇEVREYE DUYARLI İŞLETMECİLİK VE TÜRK SANAYİNDE ÇEVRE YÖNETİM SİSTEMİ UYGULAMALARI, İSO, Yayın no:2000/11.

ÇITAK, Aydın; “Türkiye'nin Enerji Potansiyeli”, TİSAV, <http://tisavelaziq.8m.com/yazilar.htm> (Erişim: 25.03.2008).

ÇİÇEK, T. / TANRIVERDİ, M.; “Kömüre Dayalı Termik Santral Uçucu Küllerinden Otoklav Yöntemi ile Hafif Tuğla Üretimi”, http://www.maden.org.tr/resimler/ekler/763d72bba4a7ade_ek.pdf (Erişim: 12.12.2007).

DAĞDAŞ, Ahmet; “Termik Santrallerde Jeotermal Enerjiden Yararlanmanın Yakıt Tasarrufuna Ve Santral Performansına Etkileri”, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt:12, Sayı:2, Denizli 2006.

DEVLET PLANLAMA TEŞKİLATI; Yedinci Beş Yıllık Kalkınma Planı 1996-2000, DPT Yayını, Ankara 1995.

DİKENSİZ GÜL TEMİZ ENERJİ; Doğu Akdeniz Çevrecileri (DAÇE) Temiz ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Raporu.

DİKMEN, Çağatay; “AB’de Enerji ve Çevre”, 5. Enerji Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Ankara 2005.

DİNÇER, İbrahim; “Renewable Energy and Sustainable Development: A Crucial Review”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol:4 (2000) 157-175, Saudi Arabia, February 1999.

DOĞAN, Muammer; İşletme Ekonomisi ve Yönetimi, DEÜ İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Yayını, Genişletilmiş Yeni Baskı, İzmir 1998.

DOĞAN, Özlem İpekgil / MARANGOZ, Mehmet / TOPOYAN Mert; “İşletmelerin İç ve Dış Pazarda Rekabet Gücünü Etkileyen Faktörler ve Bir Uygulama”, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Cilt:5, Sayı:2, İzmir 2003.

DOĞAN, Özlem İpekgil; “Kalite Uygulamalarının İşletmelerin Rekabet Gücü Üzerine Etkisi”, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Cilt:2, Sayı:1, İzmir 2000.

DOĞAN, Üzeyme; Verimlilik Analizleri ve Verimlilik – Ergonomi İlişkileri, İzmir Ticaret Borsası Yayınları, No: 31, İzmir 1987.

DUMAN, İsmet; “Ulaşım Sektöründe Enerji Kullanımı ve Tasarrufu”, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü Enerji Tasarrufu Koordinasyon Kurulu ve Ulusal Enerji Tasarrufu Merkezi, 25.Enerji Verimliliği Haftası Etkinlikleri, Şubat 2006.

DURAK, Murat / ŞEN, Zekai; “Wind Power Potential In Turkey and Aksihar Case Study”, Renewable Energy 25 (2002) 463-472, İstanbul, November 2000.

DÜNYA ENERJİ KOMİSYONU; Yarının Dünyası İçin Enerji, Ocak 1996.

E.İ.E. İdaresi, Rüzgar Enerjisi Gözlem İstasyonları Bildirisi, 2003.

ELEKTRİK MÜHENDİSLERİ ODASI; İzmir Şubesi, Ege Bölgesi Enerji Forumu Bildiri Kitabı, s.20 İzmir, Mart 2007.

ELEREN, Ali / BEKTAŞ, Çetin / AKYÜZ, Yılmaz; “Değişim Sürecinde Üretim Sistemlerinde Ortaya Çıkan Yeni Global Boyutlar Ve Finansal Etkileri”, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, S. 28, C. 1.

ELEVLİ, Sermin / DEMİRCİ, Ahmet; “Bazı Kömür Özelliklerinin Termik Santral Verimliliği ve Kömür Fiyatları Üzerine Etkilerinin Araştırılması”, Türkiye 14. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, Zonguldak, 02-04 Haziran 2004.

ENKÜS 2007, İTÜ Enerji Çalıştayı ve Sergisi, Bildiriler ve Sunumlar, İTÜ Enerji Enstitüsü Yayınları 2008/1.

ERBESLER, Ayfer; “İstanbul İmalat Sanayinde İşgücünün Eğitim Yapısı ve Teknolojik Değişmeye Uyum Sorunları”, MPM Yayınları, No: 356, Ankara 1987.

ERÇEN, Emrah; “Ülkemizde Enerji Verimliliği ve Yönetimi Çalışmalarının Dünü, Bugünü ve Geleceği” Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İzmir 2001.

ERGÜN, Serdal; “Türkiye Enerji Sektöründe Verimlilik Göstergeleri”, Küreselleşmenin Enerji Sektöründe Yapısal Değişim Programı ve Enerji Politikaları, Elektrik Mühendisleri Odası, 5. Enerji Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Ankara 2005.

EVRENDİLEK, F. / ERTEKİN, C.; “Assessing The Potential Of Renewable Energy Sources In Turkey”, Renewable Energy, Volume 28, Issue 15, December 2003.

GERŞİL, Gülşen Sarı; “Küreselleşme ve Çok Uluslu Şirketlerin Çalışma İlişkilerine Etkileri”, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, C.6, S.1, İzmir 2004.

GONCALOĞLU, Bülent İlhan / ERTÜRK, Ferruh / EKDAL, Alparslan; “Termik Santrallerle Nükleer Santrallerin Çevresel Etki Değerlendirmesi Bakımından Karşılaştırılması”, Yıldız Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Çevre Koruma Dergisi, C.9, S.34, İstanbul 2000.

GÖKALP, M. Faysal / YILDIRIM, Aynur; “Türkiye İmalat Sanayi Dış Ticaretinin Kirlilik Emisyonu”, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, C.8, S.1, İzmir 2006.

GROSS, Robert / LEACH, Matthew / BAUEN, Ausilio; “Progress In Renewable Energy”, Environment International 29 (2003) 105-122, London 2002.

GÜLCAN, F. Deniz; “Energy Management In The Rubber Industry”, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Teknolojisi Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İzmir 1995.

GÜRAK, Hasan; “MPM Verimli Mi? Milli Prodüktivite Merkezi ve Makro Verimlilik”, Verimlilik Dergisi, MPM Yayını, S.2001/2.

GÜRAK, Hasan; “Verimlilik Artışları ve Eğitimli Yaratıcı İnsan Kaynakları İlişkisi”, Verimlilik Dergisi, MPM Yayını, S.2000/1.

HALL, Darwin C.; “Goeconomic Time and Global Warming: Renewable Energy and Conservation Policy”, International Journal of Social Economics, Vol:23, No:4/5/6, 1996, MCB University Press 0306-8293.

HANIOTIS, A. / KLADAS, A. / TEGOPOLUOS, J.; “Coupled Field, Circuit and Mechanical Modelling of Wind-Turbine”, The International Journal for Computation and Mathematics In Electrical and Electronic Engineering, Vol.25, No.2, 2006.

HENDERSON, Hazel; “Twenty-First Century Strategies For Sustainability”, Florida 2006.

HOCAOĞLU, Fatih Onur / KURBAN, Mehmet; “Rüzgar Gücünden Elektrik Enerjisi Üretimi İçin Rüzgar Türbini Tasarımı”, EVK 1. Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu Notları, Kocaeli 2005.

KAHRİMAN, Ali / KURŞUN, İlgin; “AB’ye Giriş Sürecinde Türkiye Enerji Politikaları”, <http://www.istanbul.edu.tr/eng/maden/linkler/kayanyazilar/enerji.htm> (Erişim: 21.04.2008).

KASSAYE, W. Wossen; “Green Dilemma”, MCB University Press, Marketing Intelligence and Planning 19/6 [2001].

KAVAK, Kubilay; “Dünyada ve Türkiye’de Enerji Verimliliği ve Türk Sanayinde Enerji Verimliliğinin İncelenmesi”, T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı, İktisadi Sektörler ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü Uzmanlık Tezi, Yayın No: DPT-2689, Eylül 2005.

KAYGUSUZ, Kamil; “Renewable and Sustainable Energy Use In Turkey: A Review”, Elsevier, The International Journal, Renewable and Sustainable Energy Reviews, California, USA, 2002.

KAYNAK, Serdar; “Enerjinin Verimli Kullanımına Yaklaşımlar”, Küreselleşmenin Enerji Sektöründe Yapısal Değişim Programı ve Enerji Politikaları, Elektrik Mühendisleri Odası, 5. Enerji Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Ankara 2005.

KORUCU, Yusuf; “Enerji Verimliliği Kanun Tasarısı Taslağı”, http://www.eie.gov.tr/turkce/en_tasarrufu/en_tas_etkinlik/2005_bildiriler/oturum3/YusufKorucu.doc (Erişim: 05.04.2007).

KÖROĞLU, Rıza; “TEV Toplam Enerji Verimliliği”, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü Enerji Tasarrufu Koordinasyon Kurulu ve Ulusal Enerji Tasarrufu Merkezi, 25.Enerji Verimliliği Haftası Etkinlikleri, Şubat 2006.

KÖSETORUNU, Alev; “Türkiye’de Enerji Sektörünün Geleceği”, <http://www.dtm.gov.tr/ead/DTDERGI/tem97/6.htm> (Erişim: 07.04.2007).

KÜÇÜK, Reyhan / UZUN, Güngör; “Nükleer Santral Kurulması Planlanan Akkuyu’nun Doğal Özellikleri”, TMMOB 1. Enerji Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 12-14 Kasım 1996, Ankara.

LAPONCHE, Bernard / JAMET, Bernard / COLOMBIER, Michel / ATTALI, Sophie; “Energy Efficiency For A Sustainable World”, ICE Editions, International Conseil Énergie, Paris 1997.

LICHTENTHALER, Eckhard; “Technological Change and The Technology Intelligence Process: A Case Study”, Journal of Engineering and Technology Management Jet-M, J. Eng. Technol. Manage. 21 (2004).

MALKOÇ, Yüksel; “Türkiye Elektrik Enerjisi İhtiyacının Karşılanmasında Rüzgar Enerjisinin Yeri”, EMO Enerji, Toplumsal Haber ve Araştırma Dergisi, S.3, İzmir, Eylül 2007, s.45.

MİLLİ PRODÜKTİVİTE MERKEZİ; “Türkiye’de Verimlilik Kalkınma Çevre Etkileşimi”, Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları No:653, Ankara 2001.

MMO İZMİR ŞUBESİ ENERJİ VERİMLİLİĞİ KOMİSYONU; “Dünya’da ve Türkiye’de Enerji Verimliliği (3)”, TMMOB Makine Mühendisleri Odası Bülteni, S.211, İzmir 2007.

MVV CONSULTANTS AND ENGINEERS; Türkiye İçin Enerji Verimliliği Stratejisi, Nisan 2004.

ONAT C. / CAMBAZOĞLU S., “Rüzgar Türbinlerinin Ekonomisi Üzerine Bir Araştırma”, Mühendis ve Makine Dergisi, Ocak 2002, S.504.

ONAYGİL, Sermin; İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Yönetimi Ders Notları, <http://atlas.cc.itu.edu.tr/~onaygil/ebt535K1.pdf> (Erişim: 01.05.2007).

ÖZÇEP, Ferhat / KARABULUT, Savaş; “Jeotermal Enerji Olanakları ve Yararlanma”, Ölçü Mühendislikte, Mimarlıkta ve Planlamada, Nisan 2003, s.45. <http://www.istanbul.edu.tr/eng/jfm/ozcep/jeofizik/Jeotermal.htm> (Erişim: 25.03.2008).

ÖZDABAK, Abdulkadir / ERTEM, M. Emre; “Enerji Yönetim Teknikleri”, Ereğli Demir ve Çelik Fabrikaları T.A.Ş., Yardımcı İşletmeler Başmüdürlüğü Enerji Yöneticiliği, Kasım 2001.

ÖZDEMİR, Murat / TAPLAMACIOĞLU, M. Cengiz; “Elektrik İletim ve Dağıtım Sistemlerinin Performans Kriterlerinin ve Birbirleri Üzerindeki Olumsuz Etkilerinin Değerlendirilmesi”, Küreselleşmenin Enerji Sektöründe Yapısal Değişim Programı ve Enerji Politikaları, Elektrik Mühendisleri Odası, 5. Enerji Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Ankara 2005.

ÖZDİL, Eralp / UĞURSAL, İsmet; “Enerji Ekonomisi İçin Projelendirme”, Sanayide Enerji Yönetimi ve Tasarrufu Kurs Bildirileri, Düzenleyen: İbrahim KAVRAKOĞLU, Boğaziçi Üniversitesi, İİBF, Yayın No: 285, 1. Baskı, İstanbul 1983.

ÖZGENER, Önder; “Türkiye’de ve Dünyada Rüzgar Enerjisinin Kullanımı”, DEÜ Mühendislik Fakültesi, Fen ve Mühendislik Dergisi, C.4, S.3, Ekim 2002.

ÖZGÜLER, Verda Canbey; “Verimlilik”, Eskişehir Odunpazarı Belediyesi Hizmetiçi Eğitim Seminer Notları, http://www.yeniekonomi.com/word_belgeler/verimlilik.16.6.2005.doc (Erişim: 23.03.2007).

ÖZTOPAL, Ahmet / ŞAHİN, Ahmet D. / AKGÜN, Nezihe / ŞEN, Zekai; “On The Regional Wind Energy Potential of Turkey”, Elsevier The Internatioal Journal, Energy 25 (2000) 189-200, California, USA, 2000.

PAMİR, Necdet; “Enerji Politikaları ve Küresel Gelişmeler”, Küreselleşmenin Enerji Sektöründe Yapısal Değişim Programı ve Enerji Politikaları, 5. Enerji Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Ankara 2005.

PAŞAOĞLU, Salih; ETKB Müsteşar Yrd., “ETKB Gündeminde Yenilenebilir Enerji ve Hidrolik Enerji”, Dünya Su Günü Konferansı, Su Vakfı, İstanbul 2005.

PEŞİNT, M. Adnan; “Elektrik Santralleri Enerji İletimi ve Dağıtımı”, Milli Eğitim Basımevi, İstanbul 1996.

SOĞANCI, Mehmet; Küreselleşmenin Enerji Sektöründe Yapısal Değişim Programı ve Enerji Politikaları, 5. Enerji Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Ankara 2005.

SÖZEN, Ural; “Teknoloji Yaratma ve Kullanma Kültürü”, *Bildiriler-I*, KHO 1. Sistem Mühendisliği ve Savunma Uygulamaları Sempozyumu, 12-13 Ekim, Ankara, 1995.

SUTAŞ, Tuğrul; “İşletmelerde Enerji Yönetimi ve Bir Uygulama”, Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Bitirme Tezi, Kocaeli 1998.

ŞAHİN, Vedat; Enerji Sektöründe Geleceğe Bakış (Arz, Talep ve Politikalar), TÜSİAD Yayınları, Yayın No:TÜSİAD-T/94, 11-168, İstanbul 1994.

TMMOB MAKİNE MÜHENDİSLERİ ODASI; MMO Bülteni, Sayı:208, İzmir, Aralık 2006.

TMMOB MAKİNE MÜHENDİSLERİ ODASI; MMO Bülteni, S.98, Temmuz 2006.

TUĞCU, Can Tansel; “Çevre Ekonomisine Teorik Bir Yaklaşım: Sürdürülebilirlik Kavramının Üretim Fonksiyonuna Dahil Edilebilirliği”, Kayseri Ekonomisi Sempozyumu II, Kayseri Ticaret Odası Yayınları No: 56, Kayseri 2004.

TURAN, Orhan; “Binalarda Enerji Verimliliğinin Önemi ve Çözüm Önerileri”, 23. Ulusal Enerji Verimliliği Kongresi, EİE Genel Müdürlüğü Enerji Tasarrufu Koordinasyon Kurulu Yayını, Ankara 2004.

TÜRKİYE ÇEVRE SORUNLARI VAKFI; “Türkiye'nin Yeni Ve Temiz Enerji Kaynakları”, Türkiye Çevre Sorunları Vakfı Yayını, Ağustos 1984.

TÜRK SANAYİCİLERİ VE İŞADAMLARI DERNEĞİ, Enerji Sektöründe Geleceğe Bakış Arz, Talep Ve Politikalar, Yayın No: TÜSİAD-Y/94, 11-168, Kasım 1994.

ÜLGEN, Hayri; “İşletmelerde Organizasyon İlkeleri ve Uygulaması”, İ.Ü. İşletme Fakültesi Yayını 2. Baskı, İstanbul, 1993.

ÜNALAN, Sebahattin; Alternatif Enerji Kaynakları Ders Notları, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, <http://66.102.9.104/search?q=cache:PjdwjHzbyMUJ:me.erciyes.edu.tr/sunalan/alt-ener-kay.pdf+%22sebahattin+%C3%BCnalan%22&hl=tr&ct=clnk&cd=1&gl=tr> (Erişim: 25.03.2008).

VİZYON 2023 PROJESİ ENERJİ VE ÇEVRE TEKNOLOJİLERİ STRATEJİ GRUBU; Enerji Ve Çevre Teknolojileri Stratejisi, Ankara, Ağustos 2004.

WORRELL, Ernst / LAITNER, John A. / RUTH, Michael / FINMAN, Hodayah; “Productivity Benefits of Industrial Energy Efficiency Measures”, Elsevier The International Journal, Energy 28 (2003) 1081-1098, California, USA 2003.

YAPICI, Kahraman / ÖZDEMİR, Sevim; “İklim Değişikliğine Yenilenebilir Enerji Çözümü”, EMO Enerji, Toplumsal Haber ve Araştırma Dergisi, S.3, İzmir, Eylül 2007.

YELOĞLU, Hakkı Okan; “Bilgi Ekonomisi ve Değişkenleri: Türkiye ve OECD Ülkeleri Karşılaştırmaları”, 3. Ulusal Bilgi, Ekonomi Ve Yönetim Kongresi Bildiriler Kitabı, Eskişehir, Kasım, 2004.

YILMAZ, Elif; “Enerji Verimliliği”, Bilim ve Teknik Dergisi, TÜBİTAK Yayını, Sayı:459, Şubat 2006.

YOCOM, Dennis / HELMS, Marilyn M.; “Discharge In The Electric Industry”, European Business Review, Vol.13, No.3, 2001.

YÜKSEL, Hilmi; “İşletmelerin Çevreye Duyarlı Üretim Faaliyetlerinin Ampirik Bir Çalışma İle Değerlendirilmesi”, MMO Endüstri Mühendisliği Dergisi, 2003.

<http://www.yenilenebilirenerjikaynaklari.ws.tc/> (Erişim: 29.31.2006).

TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası, <http://www.emo.org.tr/etkinlikler/yeksem> (Erişim: 11.01.2007).

Rüzgar Enerjisi Sempozyumu 05.04.2001,
http://www.iyte.edu.tr/basin/ruzgar_enerjisi_5-4-01.htm (Erişim: 12.01.2007).

Su Dünyası Dergisi, http://www.sudunyasi.com.tr/subat2004_7/ruzgarenerjisi.htm (Erişim: 13.01.2007).

TMMOB Makine Mühendisleri Odası,
<http://www.mmo.org.tr/modules.php?op=modload&name=News&file=article&sid=257&mode=thread&order=1&thold=0> (Erişim: 13.01.2007).

T.C. Başbakanlık Dış Ticaret Müsteşarlığı, <http://www.dtm.gov.tr> (Erişim: 13.01.2007).

Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, <http://www.eie.gov.tr> (Erişim: 18.01.2007).

Aydın Valiliği, <http://www.aydin.gov.tr/tr/haberoku.asp?ID=53> (Erişim: 18.01.2007).

Türkiye Genç İşadamları Derneği, www.tugiad.org.tr/bultendosya/1_70.pdf (Erişim: 18.01.2007).

<http://www.fizikdosyasi.com/nukleerenerji.htm> (Erişim: 26.01.2007).

Hürriyet Gazetesi Haber Arşivi,
<http://hurarsiv.hurriyet.com.tr/goster/haberler.aspx?id=2065&tarih=2007-01-18> (Erişim: 26.01.2007).

TMMOB Çevre Mühendisleri Odası,
<http://www.cmo.org.tr/etkinlik/gundem/gundem23.php?altm=gundem23> (Erişim:
26.01.2007).

T. C. Başbakanlık Türkiye İstatistik Kurumu, www.tuik.gov.tr (Erişim 27.01.2007).

T. C. Devlet Demir Yolları, www.tcdd.gov.tr (Erişim: 27.01.2007).

Yıldız Teknik Üniversitesi, Güneş Enerjili Sistemler Kulübü, www.gesk.yildiz.edu.tr
(Erişim: 28.01.2007).

<http://www.dalgaenerjisi.com/ana.asp> (Erişim: 28.01.2007).

Rocky Mountain Institute, <http://www.rmi.org/sitepages/pid523.php> (Erişim:
01.02.2007).

Ankara Su ve Kanalizasyon İşletmeleri (ASKİ),
<http://www.aski.gov.tr/m.asp?tid=28&pn=1> (Erişim: 26.03.2007).

<http://www.bugday.org/article.php?ID=79> (Erişim: 04.04.2007).

The World Bank; Yenilenebilir Enerji Projesi,
<http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/COUNTRIES/ECAEXT/TURKEYINTURKISHEXTN/0,,contentMDK:20815979~pagePK:141137~piPK:141127~theSitePK:455688,00.html> (Erişim: 04.04.2007).

Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü,
<http://www.meteor.gov.tr/2006/kurumsal/ekitap/4mevsim1-sayfa33.pdf> (Erişim:
04.04.2007).

TÜSİAD, <http://www.tusiad.org/turkish/rapor/enerji/html/sec15.html> (Erişim:
07.04.2007).

TÜBİTAK, http://www.tubitak.gov.tr/btpd/btspd/platform/enerji/bolum6_1.html
(Erişim: 07.04.2007).

İSO, <http://www2.iso.org.tr/tr/Documents/Cevre/MEVZUAT%20LISTESI/53%20ENERJI%20VERİMLİLİĞİ%20KANUNU.doc> (Erişim: 11.04.2007).

TSE, <http://www.tse.org.tr/Turkish/KaliteYonetimi/14000bilgi.asp> (Erişim: 30.04.2007).