HİDROJEN ENERJİSİNİN GELİŞME POTANSİYELİ VE TÜRKİYE EKONOMİSİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Barış KÜKRER

(Yüksek Lisans Tezi)

Eskişehir-2007

HİDROJEN ENERJİSİNİN GELİŞME POTANSİYELİ

VE

TÜRKİYE EKONOMİSİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Barış KÜKRER

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İktisat Anabilim Dalı
Danışman: Doç.Dr.Bülent GÜNSOY

Eskişehir
Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü
Şubat 2007

YÜKSEK LİSANS TEZ ÖZÜ

HİDROJEN ENERJİSİNİN GELİŞME POTANSİYELİ VE TÜRKİYE EKONOMİSİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Barış KÜKRER
İktisat Anabilim Dalı
Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Şubat 2007
Danışman: Doç.Dr.Bülent GÜNSOY

Ülkelerin enerji sistemleri, enerjinin üretim, tüketim ve dağıtımına bağlılığı sağlayan teknoloji ve hizmetlerden oluşmaktadır. Piyasa, teknolojik yenilik, kaynak arzı çeşitliliği ve kaynak ikamesi yoluyla ihtiyaç duyacağı enerji kaynaklarının maksimum etkin kullanımını sürekli olarak ayarlar ve uygular.

Fosil yakıtlar batı dünyasının gelişmiş ülkelerinde 20.yy kadar önemli imkanlar sunmuştur. Fakat günümüzde toplumlar fosil yakıtların tükenmesi ve çevreye olan zararlarından kaynaklanan zorluklarla karşı karşıya kalmaktadır.

Yenilenebilir enerji bol olan ve iyi bir teknolojiye sahip bir enerjidir ve gelecekte fosil yakıt enerjisinin yerini alabilecek iyi bir çözüm kaynağıdır. Yenilenebilir enerjiler arasında gelecekte önemli enerji kaynaklarından biri de hidrojen enerjisidir.

ABSTRACT

The Nations energy system is comprised of technologies and services that ensure dependable production, distribution, and consumption of energy. Market forces continually adjust and correct as needed to maximize the efficient use of energy resources through technological innovation, resource supply diversification, and resource substitution.

Fosil fuels have offered astounding opportunities during the 20th century in the rich countries of the western world, but now mankind has to face the challenges arising from fossil-fuel exploitation.

Renewable energy is an abundant, well-established technology so in future it is a good solution resource to replace fossil fuel energy .

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

..Barış.....KÜKRER.....'ın.....HİDROJEN ENERJİSİ GELİŞME POTANSİYELİ VE TÜRKİYE EKONOMİSİ AÇISıNDAN DEĞERLENDİRİLMESİ..... başlıklı tezi ..... tarihinde, aşağıdaki jüri tarafından Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca, ...İktisat..... Anabilim / Anasanat dalında Yüksek Lisans-Doktora / Sanatta Yeterlik tezi olarak değerlendirilerek kabul edilmiştir.

	Adı Soyadı	İmza
Üye (Tez Danışmanı) :	Doç.Dr.Bülent GÜNSOY.....	.....
Üye :	.....	
Üye :	.....	
Üye :	.....	
Üye :	.....	

Prof.Dr. Nurhan Aydın

Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler
Enstitüsü Müdürü

ÖZGEÇMİŞ

Barış KÜKRER

İktisat Anabilim Dalı
Yüksek Lisans

Eğitim

Lisans 2003 Gazi Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi (İİBF)

Bölümü Ekonometri

Lise 1998 Ankara Kocatepe Mimar Kemal Lisesi, Fen Bölümü

İş

2006 Yazılım Danışmanı. Verikurdu Ltd.

Kişisel Bilgiler

Doğum yeri ve yılı: 13 Temmuz 1980 Cinsiyet: Erkek Yabancı dil: İngilizce

İÇİNDEKİLER

ÖZ ii
ABSTRACT iii
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI iv
ÖZGEÇMİŞ v
TABLOLAR LİSTESİ ix
ŞEKİLLER LİSTESİ x
GİRİŞ 1

BİRİNCİ BÖLÜM

ENERJİ EKONOMİSİ VE ENERJİ POLİTİKASI

1. ENERJİ KAVRAMI ve ENERJİ TÜRLERİ 2

1.1. Enerji Kavramı 2
1.2 Yeryüzünde Görülen Başlıca Enerji Kaynakları 6
1.3 Enerjinin Niteliği 8
1.4 Enerjinin Korunması 9
1.5 Enerji ve Zaman 10
1.6 Enerjinin Etkin Kullanımı ve Tasarrufu 11
1.7 Yenilenebilir Enerji Türleri 12
1.7.1 Güneş Enerjisi 14
1.7.2 Rüzgar Enerjisi 16
1.7.3 Jeotermal Enerji 18
1.7.4 Hidroelektrik Enerjisi 19
1.7.5 Biyoenerji (biyokütle enerjisi) 20
1.7.6 Hidrojen Enerjisi 21
1.7.7 Deniz Kökenli Yenilenebilir Enerji 21
1.8 Enerji Üretim ve Kullanımında Çevre dostu Teknolojiler 22
1.8.1 Kömüre Dayalı İleri Enerji Dönüşüm Teknolojileri 22
1.8.2 Doğal Gaz ve Sıvı Yakıtlı Enerji Teknolojileri 23
1.8.3 Rafinaj Teknolojileri 24
1.8.4 Yakıt Hücreleri 25
1.9 Enerji Ekonomisi ve Politikası 26
1.9.1 Enerji Ekonomisi 26
1.9.1.1 Enerji İhtiyaçları 27
1.9.1.1.1 Termik İhtiyaçlar 27
1.9.1.1.2 Mekanik Gücü İhtiyacı 27
1.9.1.1.3 Hammadde ihtiyaçları 27
1.9.1.1.4 Işık ihtiyacı 27
1.9.1.2 Enerjinin Boyutları 27
1.9.1.2.1 Fiziksel Boyut 27
1.9.1.2.2 Teknolojik Boyut 28
1.9.1.2.3 Ekonomik Boyut 28
1.9.1.2.4 Politik Boyut 29
1.9.1.2.5 Çevresel Boyut 29
1.9.1.3 Rezervler ve Kaynaklar 30
1.9.1.4 Enerji Sisteminin Yapısı 31
1.9.2 Enerji ve Çevre 32
1.9.2.1 Enerji Kaynakları ve Çevre Üzerindeki Etkileri 34
1.9.2.1.1 Fosil Yakıtlar 34
1.9.2.1.2 Nükleer Enerji 34
1.9.2.2 Temiz Enerji Üretimi 35
1.9.2.2.1 Doğal Gaz Teknolojileri 35
1.9.2.2.2 Kömür Teknolojileri 36
1.9.2.2.3 Biyokütle(Biomas) 37

1.9.2.2.4 Rüzgar Teknolojisi 38
1.9.2.2.5 Yakıt Hücreleri 39
1.9.3 Enerji Politikası ve Sürdürülebilir Kalkınma 39
1.9.3.1 Enerji Politikası 39
1.9.3.1.1 Dünyada İzlenen Enerji Politikasına Genel Bakış 44
1.9.3.1.2 Dünyada Enerji Kaynakları ve Politikası 44
1.9.3.1.3 Dünyanın Enerji Durumu 50
1.9.3.1.4 Global Enerji Perspektifleri ve Petrolün Geleceği 51
1.9.3.2 Sürdürülebilir Enerji – Sürdürülebilir Kalkınma İlişkisi 55
1.9.3.2.1 Yenilenebilir Enerji 55
1.9.3.2.2 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Geliştirilmesi 57
1.9.3.2.3 CO_2 Emisyonlarını Azaltma Sorunları 58

İKİNCİ BÖLÜM

HİDROJEN ENERJİSİNİN GELİŞME POTANSİYELİ VE TÜRKİYE EKONOMİSİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

1. HİDROJEN EKONOMİSİ ve EKONOMİK AÇIDAN İNCELENMESİ 59
1.1 Hidrojen 59
1.1.1 Genel Bilgiler 59
1.1.2 Alternatif Yakıt Olarak Hidrojen 60
1.1.3 Hidrojen Enerjisinin Gelişimi 61
1.1.4 Hidrojenin Elde Edilmesi 65
1.2 Hidrojen Enerji Sistemi 66
1.2.1 Hidrojen Yakıtının Özellikleri 71
1.2.2 Hidrojenin Çevresel Uygunluğu 73
1.2.3 Hidrojenin Ekonomiklik Açıdan Karşılaştırılması 74
1.2.4 Yakıt Maliyeti olarak Karşılaştırılması 75
1.3 Hidrojen Üretimi, Depolanması ve Taşınması 75
1.3.1 Hidrojen Üretimi 76
1.3.2 Hidrojenin Depolanması 78
1.3.3 Hidrojenin İletimi 80
1.4 Hidrojenden Enerji Elde Edilmesi 81
1.5 Hidrojenin Kullanılması 81
1.6 Hidrojen Ekonomisi 83
1.6.1 Hidrojen Ekonomisine Geçiş Çalışmaları 83
1.6.2 Hidrojen Yakıt Pilleri 84
1.6.3 Hidrojen Ekonomisinin Günümüzdeki Mevcut Alternatifleri 89
1.6.3.1 Doğal gaz 89
1.6.3.2 Elektrik Şebekesi ve Aküler 90
1.6.3.4 Yeşil Yakıtlar 90
1.6.3.5 Sera Gazı ve Nötr Alkol 90
2 HİDROJEN EKONOMİSİNİN TÜRKİYE EKONOMİSİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ 91
2.1 Türkiye'deki Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Durumu 91
2.1.1 Hidrolik Enerji 93
2.1.2 Jeotermal Enerji 95
2.1.3 Güneş Enerjisi 98
2.1.4 Rüzgar Enerjisi 100
2.1.5 Biyokütle Enerjisi 103
2.1.6 Deniz Kökenli Yenilenebilir Enerji 106
2.1.7 Hidrojen Enerjisi 106

2.2 Türkiye'nin Mevcut Enerji Arzı Açısından Değerlendirmeler 108
2.2.1 Taşkömürü 109
2.2.2 Linyit 110
2.2.3 Asfaltit 111
2.2.4 Bitümlü Şistler 111
2.2.5 Turba 111
2.2.6 Petrol 111
2.2.7 Doğal Gaz 112
2.2.8 Uranyum 113
2.2.9 Toryum 113
2.3 Türkiye'nin 2000 - 2025 Dönemi Genel Enerji Talebi 114
2.4 Türkiye Enerji Politikasındaki Temel Eğilimler 119
2.5 Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Hidrojen Enerjisi Açısından Değerlendirilmesi 126
SONUÇ 131
EKLER 134
KAYNAKÇA 146

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1: Dünya Birincil Enerji Tüketimi: Kaynaklarının Payları (%), 2003 Sonu **44**

Tablo 2: Enerji Üretim-Depolama-Kullanım Modelleri **70**

Tablo 3: Çevresel Zarar ve Çevresel Uygunluk Faktörleri **76**

Tablo 4: Enerji Kaynakları Maliyet Karşılaştırmaları **77**

Tablo 5: Otomotiv Yakıtı Maliyeti (ABD-1995) **78**

Tablo 6: Hidrojen Enerjisi Üretimi Projeksiyonu **88**

Tablo 7: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın 1998 Planlama Verilerine Göre Türkiye'nin Birincil Enerji Talebi ve Ekonomik İndikatörler **121**

Tablo 8: Dönemler İtibariyle Büyüme,Enerji Üretim ve Tüketim Artışları **125**

Tablo 9:Türkiye'de Sektörlerin GSMH'dan Aldıkları Paylar **143**

Tablo 10: Dönemler itibariyle Kalkınma Hızı ile Nüfus Artışı Arasındaki İlişki **144**

Tablo 11: GSMH-Nüfus-Elektrik Talebi Arasındaki İlişki **145**

Tablo 12:Nüfus – GSMH –Enerji ilişkisi **146**

Tablo 13: Enerji Kaynakları Satış Fiyatları **147**

Tablo 14:1973- 2001 yılı Gerçekleşen Rakamlar ve Geleceğe Dair Projeksiyonlar **148**

Tablo 15:Yıllar İtibariyle Türkiye'de Doğal Gaz Üretimi **149**

Tablo 16 : Doğal Gaz Talep Tahmin ve Doğal Gaz İhracat Miktarları **150**

Tablo 17 :Türkiye'nin Enerji Üretimi- Tüketimi Tablosu **152**

Tablo 18:Türkiye Ham Petrol ve Petrol Ürünleri **153**

Tablo 19:Dünya ve Türkiye Bor üretimi (1000 ton B2O3) **154**

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Almanya'da 1985-1991 Yılları Arasında Enerji Tüketimi ve Ekonomik Gelişme **12**

Şekil 2 : Hidrojen Enerji Sisteminin Yapısı **69**

Şekil 3 : Türkiye'de Elektrik Üretiminin Birincil Kaynaklara Dağılımı **115**

Şekil 4 : Enerji Talebinin 2000 Yılı Görünümü- 2020 Yılı Görünümü **123**

Şekil 5 : Birincil Kaynakların Kurulu Güce Katkısı **151**

GİRİŞ

Ülkelerin küresel anlamda rekabet içinde bulunabilmeleri için bir takım unsurları bünyesinde bulundurması gerekmektedir. Rekabet sağlamada ülkeler ellerinde bulundurdukları fiziki ve beşeri kaynaklardan yararlanılırlar. Bu kaynaklar günümüzün temel prensiplerinden biri olan sürdürülebilir kalkınma hedefinin temelini oluşturmaktadır.

Kalkınmakta olan bir ülkenin kalkınma hızını düşürmeden devam edebilmesi için ve buna bağlı olarak halkının refah seviyesini düşürmemek adına güvenilir, devamlı ve bol kaynaklara ihtiyacı vardır. Bu kaynaklar arasına beşeri unsur olarak insanı, fiziksel unsur olarak da doğal kaynakları koyabiliriz.

Doğal kaynaklar dünyada bulunmaları itibariyle sınırlı kaynaklardır. Bu kaynakların çıkarılması ve etkin olarak kullanılması ülkelerin sürdürülebilir kalkınma ve bu kavramdan yola çıkılarak ortaya konulan sürdürülebilir enerji prensibini uygulama konusunda önemli bir konu olmuştur.

Günümüzde fosil yakıtlar başlıca enerji kaynağı olarak kullanılmakta olup bu kaynakların temel problemi olan yenilenememe durumundan dolayı dünyada alternatif enerji kaynakları arayışı başlamıştır. Bu arayış sonucu yenilenebilir enerji kaynakları üzerinde araştırmalar teknolojik yenilikler ve modernizasyonları yapılmış ve belli bazı enerji modelleri ortaya konulmuştur.

Bu kaynakların bir diğer özelliği olan temiz kaynaklar olması tezin gerçekçiliğinin ortaya konulmasındaki ana hedeflerden biri olmuştur. Yapılan çalışmalar ve ülkelerin almakta oldukları siyasi kararlar ilerisi için alternatif kaynakların üzerinde daha fazla önemle durulacağına işaret etmektedir.

BİRİNCİ BÖLÜM

ENERJİ

1. ENERJİ KAVRAMI ve ENERJİ TÜRLERİ

1.1 Enerji Kavramı

Enerji basit olarak, iş yapabilme kapasitesi ya da yeteneği olarak tanımlanabilir. Canlı cansız herhangi bir maddenin bir noktadan bir başka noktaya hareketi ya da fiziksel, kimyasal olarak bir şekilden başka bir şekle dönüşmesi bir iştir ve enerji kullanımını gerektirir.

Enerji yunanca kökenli bir sözcük olup 'en' iç ,'ergon' iş kelimelerinden oluşmuştur.Dolayısıyla enerji içeride oluşan bir iç iştir.Sözcük daha sonraları sosyal bir nitelik kazanmış,iş üretme becerisi,dinamizm,kuvvet,kudret,etkinlikle eş anlamda kullanılmaya başlanmıştır.

Enerji fiziksel anlamda ölçülebilen bir ve bir türden diğerine dönüştürülebilir.Enerji yoktan yaratılamaz ya da yok edilemez. Buna '**Enerji korunumu yasası**' denir.

Enerji ekonominin emek,sermaye,toprak şeklinde sıralanan üç klasik üretim faktörüne teknolojik gelişmelerin eklediği çağdaş bir üretim faktörüdür. Enerji üretimde kullanılması zorunlu bir girdi ve toplumların refahının yükselmesi için gerekli bir faktör olarak ekonomik ve sosyal kalkınmanın temel girdilerinden birisidir.[1]

Enerji modern toplumun en önemli yapı taşlarından birisidir. Enerjiye doğal kaynaklardan malları ürettiği ve bizim ihtiyaç duyduğumuz hizmetlerin pek çoğunun sağladığı için ihtiyaç duyulur. Ekonomik büyüme ve gelişen yaşam standardı enerjiye duyulan ihtiyacı arttırmaktadır.

Enerji toplum,ekonomi,işgücü,çevre,bizim de içinde bulunmuş olduğumuz uluslararası ilişkiler,mesken,yiyecek,ulaşım,eğlence ve daha fazlasını içeren konuları kapsamaktadır.

[1] Karluk,1997 : 253-254

Enerji tedarikçileri, ekonomik büyümenin önemli yapıtaşlarındandır. Güvenilir ve yeterli enerji kaynaklarına ulaşmak ekonomik büyümenin merkezidir.Dünya enerjisinin yaklaşık %40'dan çoğu, Basra Körfezinden gelen ve sanayileşmiş uluslara ithal edilen petrolden sağlanır.

Enerji, kuvvetli bir hareket, güç ve potansiyel kuvvet olarak tanımlanabilir. Enerji rüzgar ve suyun pek çok formunda bulunur ve hareketin sağlanması için yanabilecek yer olan fosil yakıtlar (petrol,kömür,doğal gaz) gibi yakıtlarda depolanır.

Enerji tüm bilim ve mühendislik disiplinlerinin temel bir konseptidir. Enerji rüzgar enerjisinden elektrik enerjisine ya da kimyasal enerjiden ısıya gibi birinden diğerine dönüşebilir,yeniden dağıtılabilir ama yaratılamaz ya da yokedilemez. Enerji tüm mühendislik ve fen disiplinlerinin temel bir yapıtaşıdır.

Enerjiyi anlamak ; enerji kaynakları ve kullanımlarının çevresel sonuçları kadar sınırılarını bilmek anlamına da gelir.

Enerjiyi başka bir açıdan tanımlamak istersek toplumları oluşturan tüm bireylerin kullanımına açık olan ve kullanılmasının engellenemeyeceği her türlü mal ve hizmete toplumsal mallar denilmektedir. Sağlık, eğitim, güvenlik, iletişim, enerji vb. hizmetler yararlanılmasının zorunluluğu ve vazgeçilmezliğinden dolayı toplumsal hizmetlerdir.[2]

"Enerji", bir sistemin kendisi dısında etkinlik üretme yetenegi olarak tanımlanabilir. "Erke" olarak da tanımlanabilen enerji, bir sistemin is ve ısı verme yetenegidir [3]

Geçmisten günümüze bütün üretim faaliyetlerinde belli bir enerji kaynagının kullanılması zorunlulugu vardır. Bu enerji, insan emegi olabilecegi gibi, diger kaynaklar da olabilir.[4]

---

[2] TMMOB - Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği, http://www.tmmob.org.tr/modules.php?op=modload&name=Sections&file=index&req=viewarticle&artid=121&page=1, Erişim tarihi : 11.09.2006

[3] Acaroglu, 2003: 14

[4] Demirbas, 2002: 1

Enerji gezegenimizin en önemli temel parçalarından birisidir.Biz enerjiyi iş yapmak,şehirlerimizi aydınlatmak,araçlaramızı güç sağlamak,evimizi ısıtmak,yemek pişirmek,müzik dinlemek gibi faaliyetlerde kullanırız aynı zaman da enerjiyi sanayide enerji güç istasyonları olarak kullanırız.

Enerji iş yapabilme yeteneği olarak tarif edilebilir.[5]

Hava katmanlarının yer değiştirmesi, hayvanların hareketi, suyun buharlaşması, bitkilerin topraktan besleyici tuzlar almaları, hücre içinde bir maddenin sentezlenmesi vb. hep enerji gerektiren işlerdir. Doğada enerji mekanik, kimyasal, elektrik, nükleer, ısı ve ışık gibi değişik şekillerde bulunur. Canlılar için en önemli enerji şekilleri ısı, ışık, mekanik ve kimyasal enerjilerdir. Bütün işler enerjinin bir türden bir başka türe çevrilmesi ile olur. Örneğin bir hayvanın yürümesi vücudundaki kimyasal enerjinin(besinlerden) mekanik enerjiye (hareket) çevrilmesi ile olur. [2]

Enerji "iş yapma kapasitesi veya kabiliyeti" olarak tanımlanmaktadır. Değişik formlarda karşımıza çıkmaktadır:ısı enerjisi, ışık (radyant enerji), mekanik enerji, elektrik enerjisi, kimyasal enerji ve nükleer enerji gibi. Enerji kaynakları genelde iki grup altında toplanırlar: **yenilenebilir** ve **tükenebilir** veya **yenilenemez**. Yenilenebilir enerji tekrar tekrar kullanılabilen enerjidir. Örneğin güneş enerjisi gibi, güneşten gelir ve elektrik veya ısı enerjisine dönüştürülebilir. Rüzgar enerjisi yerküreden gelen jeotermal enerji, bitkilerden üretilen biyokütle ve sudan elde edilen hidrogüç yenilenebilir enerji grubundadırlar. Yenilenebilir enerji, kısa sürede yerine konulan enerjidir. Biz, enerjimizin çoğunu tükenebilir enerji kaynaklarından sağlamaktayız. Tükenebilir enerji ise kullanılan ve fakat kısa zaman aralığında yaratılamıyan enerji olarak tanımlanır. Bunlar genelde fosil yakıtlardır; petrol, doğal gaz ve kömür gibi. Bu tür enerjiler, yaşamları milyonlarca yıl önce sona ermiş bitki ve hayvan kalıntılarının yerkürenin içinden gelen ısı ve bu kalıntıların üzerinde bulunan kayaçlardan kaynaklanan basınç altında oluşmuş fosillerinden kaynaklanmaktadır.

[5] http://www.energyquest.ca.gov/story/chapter20.html, Erişim tarihi : 12.10.2006
[2] Sağlık Vakfı, http://www.saglikvakfi.org.tr/html/cvesy.asp?id=548 Erişim Tarihi : 14.10.2006

İnsanoğlunun ilk çağlardan beri çözüm bulmaya çalıştığı en önemli sorunlardan birisi,varolan doğal kaynakların gelecek nesillerin tüketimi için yeterli olup olmayacağıdır.Dünya üzerindeki sürekli artan nüfus ve insanoğlunun her ferdi için daha yüksek bir yaşam standartı arayışı,doğal kaynaklara olna talebin sürekli artmasına sebep olmaktadır.[6]

Enerji tarihi'nin gelişimi, insanlık tarihinin evrimi ile iliskilidir. Nüfusun gün geçtikçe artması, insan ihtiyaçlarının da artmasına, buna paralel olarak enerji kullanım ihtiyacının da daha bir hız kazanmasına neden olmustur. Enerjinin; insanlığın gelişimi ve bunun sonucu olarak toplum gelişiminin vazgeçilmez yeri hakkında tartısmaya bile gerek olmamasına rağmen, enerjinin "ne için" ve "kim için" özellikle de "ne pahasına ve ne kadar üretilebileceği" soruları küresel düzen içerisinde en çok tartışılan konulardandır[7]

Artmakta olan nüfusun ihitiyacı olan malları ve hizmetleri sağlayabilmek için gelişmekte olan ülkelerin diğer ülkelere göre daha fazla enerji gereksinimine ihtiyacı vardır.[8]

Ülkelerin gelişmesi için enerji gerekmektedir. 19. yüzyılın sonu ve 20. yüzyıl içinde hızlı gelişme gösteren ülkelerin çok enerji tükettikleri açık bir gerçektir. Bu nedenle de enerji kaynakları ticari olma yanısıra stratejik maddeler olarak sınıflandırılmaktadır.

Enerji ile ilgili konular ve enerji güvenliği son yüzyılda büyük önem kazanmış ve her zaman ilgi odağı durumunu korumuştur. Varolan enerji kaynaklarının büyüyen dünya talebini karşılaması konusunda yapılan çalışmalar ve güvenli enerji arzının önemi insanların ve ülkelerin herzaman ilgisini çekmektedir [4]

---

[6] Tomanbay,1998 :59

[7] Demirbas, a.g.e: 1

[8] Lennsen 1993 :114

[4] SATMAN,Abdurrahman, İstanbul Teknik Üniversitesi - Enerji Enstitüsü Türkiye'de 1. Enerji ve Kalkınma Sempozyumu, TASAM 26 Nisan 2006 :29

1.2 Yeryüzünde Görülen Başlıca Enerji Kaynakları

Yeryüzünde görülen enerji kaynaklarının başlıcaları şunlardır ;

Mekanik enerji

Kimyasal Enerji

Isı Enerjisi

Elektrik Enerjisi

Nükleer Enerji

Bu enerji kaynaklarının temel özellikleri aşağıda açıklanmaktadır.

Mekanik Enerji

Mekanik Enerji, faydalı iş yapabilen hareket enerjisidir. Elde edilen mekanik enerji ile her hangi bir iş yapılabileceği gibi elektrik enerjisi de üretilebilmektedir.[9]

Mekanik Enerji, bir sistemin kinetik enerjisi(hareket enerjisi)ile potansiyel enerjisinin (parçaların konuma bağlı olarak sistemde depolanan enerji) toplamıdır.[3]

Isı Enerjisi

Kömür, petrol, linyit, doğalgaz gibi yakıtların yakılmasıyla ısı enerjisi ortaya çıkmaktadır. Elde edilen ısı enerjisi ilk önce türbinler yardımıyla mekanik enerjiye, daha sonra da jeneratörler yardımıyla elektrik enerjisine dönüştürülebilmektedir. Evlerimizde, kışın ısınmak, mutfak ve banyoda sıcak su elde etmek, yemek pişirmek için ısı enerjisinden sıkça faydalanmaktayız.

Elektrik Enerjisi

Elektrik enerjisi hem sanayinin temel girdisi olması hem de kaynaklarının kısıtlılığı nedeniyle, hem sanayileşme açısından hem de ülkede gelişmişlik göstergesi olarak önemini korumaktadır.

---

[9] EÜAŞ, http://www.euas.gov.tr/_Euas/web/gozlem.aspx?sayfaNo=557 , Erişim Tarihi: 24.11.2006
[3] Forumed, http://www.forumend.com/showthread.php?p=2378 , Erişim Tarihi: 24.11.2006

Bu önem gözönüne alındığında elektrik enerjisi üzerine söylenecek her şey doğal olarak o ülkenin gelişmesi, sanayileşmesi ve toplumsal refahı üzerine bir şeyler söylemek anlamına gelmektedir.

Elektrik enerjisi kaynakları da tıpkı diğer doğal kaynaklar ormanlar, madenler, hava, su, denizler, akarsular vb gibi toplumların ortak kültürel varlıklarıdır. Kişilerin bu ortak varlıklardan ihtiyaçları oranında yararlanabilmesi bir haktır. Kimsenin bu hakkını kullanabilmesi engellenemez.

Kullanım kolaylığı, temizliği ve atık bırakmaması nedeniyle diğer enerji kaynaklarına göre elektrik enerjisi tüketiminin genel enerji tüketimi içindeki payı yıllar itibari ile artmaktadır. Şu anda dünyada genel enerji tüketimi içinde elektrik enerjisinin payı %35'in üzerindedir. Bu payın 2000'li yıllarda %4050'ye yükselmesi beklenmektedir. Bu artış trendi elektrik enerjisinin bugün ne denli önemli olduğunu ve gelecekte de daha da önemli olacağının göstergesidir.

1970'li yıllarda dünyadaki genel ekonomik göstergelerde olduğu gibi enerjiye olan talepteki artış beklentilerin altında gerçekleşmiştir. 1973'teki petrol krizi ile başlayan süreç elektrik enerjisi üretiminde maliyetleri arttırdı. 1973'e kadar petrolün sınırsız ve ucuz olacağı gibi görünmez bir kural piyasaya hakimdi ve ancak durumun öyle olmadığı petrol krizi ile ortaya çıktı ve bu durum sanayi üretim sektörünü zorladı. Daha sonra petrol fiyatlarının düşmesine karşın petrole dayalı elektrik enerjisi üretimi riskli olarak kabul edildi ve petrole dayalı elektrik üretiminden bir kaçış yaşandı. Ancak dünyadaki otomotiv endüstrisindeki büyüme nedeniyle genel enerji tüketimi içinde petrolün payında bir azalma olmadığı gibi hızla arttı.

1973 petrol krizinin değişik olumlu etkileri de olmuştur. Bunlardan ilki elektrik enerjisi üretiminde güneş, rüzgar ve jeotermal gibi yeni seçeneklere yönelinmesi ve bu konudaki araştırmageliştirme (ARGE) çalışmalarının hızlanmasıdır. İkinci önemli etkisi ise enerjinin sonsuz olmadığı bu yüzden verimli kullanılması gereği ortaya çıkmıştır. Üçüncü bir etkisi de enerji kaynaklarının olabildiğince ulusal sınırlar içinden sağlanması fikrinin gelişmesidir.

Dördüncü etki de diğer sanayi üretimlerinde olduğu gibi enerjinin de çevre boyutunun gündeme gelmesidir. Bütün bu etkiler birlikte değerlendirildiğinde enerjide planlama kavramı ön plana çıkmaktadır.

1.3 Enerjinin Niteliği

Enerji dönüşümlerinin yer aldığı sistemlerin büyük karmaşıklığı, çoğu zaman bir dizi temel süreç biçiminde açıklanan matematiksel bir incelemeden vazgeçilmesini gerektirdiğinden, bunun yerine daha genel tanımlar benimsenir. Karşılıklı olarak ısıl enerjinin mekanik enerjiye ve mekanik enerjinin ısıl enerjiye dönüşmesini inceleyen fizik dalına **termodinamik** adı verilir. Bu bilim dalının temelini oluşturan ikinci ilke, bir enerji biçimine dönüşmesi üzerine temel bir kısıtlama getirmektedir, buna göre, mekanik enerji tümüyle ısıya dönüştürülebilse de (mesela sürtünmeyle), bunun tersi işlem, %100 bir verimle gerçekleştirilemez. Bu sınırlama, teknolojik düzeyde bir sınırlama değildir, çünkü ne kadar ileri bir teknoloji kullanılırsa kullanılsın, bu durum, aşılmaz bir engel olarak karşımıza çıkacaktır. Ayrıca dönüşüm sırasında bir enerji kaybı da yoktur, çünkü enerji konumlu bir niceliktir; yani bir biçimde mesela mekanik enerji biçiminde kaybolsa bile, aynı miktarda bir başka biçimde, mesela ısı enerjisi olarak gene ortaya çıkacaktır.

Mekanik enerji ısıl enerji dönüşümü sırasında kaybolan, enerjinin belli bir **'niteliği'** dir; işte bu yüzden ısı, enerjinin diğerinden kaybetmiş şekli olarak nitelendirilir. Buna göre aslında bir **'enerji krizi'** değil olsa olsa biz enerji kalitesi krizi söz konusu olabilir. Gene de enerji üretmek için harcadığımız çabalar, aslında daha düşük nitelikli enerji biçimlerinin aleyhine olarak asil bir enerji biçimi, mesela elektrik enerjisi elde etmeye yöneliktir. Kuşkusuz bu dönüşüm yalnız termodinamiğin ikinci ilkesiyle değil, aynı zamanda sahip olduğumuz teknolojiyle de sınırlıdır. İkinci ilke ayrıca Evren'in geri kalan bölümünden yalıtlanmış bir sistemin, toplam enerjisinde değer kaybından başka bir şey olmayacağını ileri sürer: kısa veya çok uzun sürede, bütün enerjinin, başlangıçtaki miktarı korumasına karşılık maksimum değer kaybına uğrayacağı bir 'termodinamik ölüm' e mahkumdur. Bu durum elbette Dünya için söz konusu değildir, zira dünyamız Evrenden yalıtlanmış değildir ve sürekli olarak Güneşten enerji alır.

1.4 Enerjinin Korunması

Ele gelmeyen ama kaçınılmaz bir gereklilik olan enerji, hesaplanmasında kullanılan tüm nesneler dönüşüme uğrasa da değişmeyen bir sayıdır.

Enerjinin ve mümkün dönüşümlerinin bazı özellikleri bir kere tanımlandıktan sonra, kökenini ve korunumunu anlamak amacıyla, bunun daha kesin bir tanımı verilebilir. Mekanik

enerji en bilinen örnektir. Bir ipin ucuna bağlı bir bilyenin durumunu göz önüne alalım ve ipin diğer ucundan çektiğimizi varsayalım, anlaşabileceği gibi, çekmek için uyguladığımız kuvvet ne kadar büyükse ve yer değiştirme miktarı ne kadar uzunsa, harcadığımız güç o kadar fazla olacaktır:

ENERJİ = KUVVET * YOL

Başlangıçta hareketsiz halde olan m kütleli bir bilye, bir v hızı alıncaya kadar çekilirse (kinetik) enerjinin 1/2 mv^2 olduğu gösterilebilir. Bununla birlikte, bu nicelik ille de korunumlu değildir, çünkü bilye bir v hızıyla yukarıya doğru atılırsa, bunun hızı düşmeden önce azalarak sıfırlanacaktır. Bunda da şaşılacak bir yan yoktur, çünkü bir güç yani bilyenin ağırlığı, bilyenin üzerine etki yapmış ve önceki tanıma uygun olarak enerjisi değiştirmiştir. Bu enerji de aslında kaybolmamıştır, çünkü bilye yere düşerken atıldığı noktadan tümüyle aynı v hızıyla (ters yönde) geçecek ve bu yüzden aynı kinetik enerjiye sahip olacaktır.

Herşey, sanki bilyeyi Dünya'ya bağlayan bir yay varmış gibi oluşmuştur ve burada yay rolü oynayan çekim alanıdır. Bir enerjinin korunumu yasasını bulabilmek için çekim alanı kavramını işin içine sokmak gerekir. Bu yasa şöyle ortaya konabilir: bilye yükseldikçe ve hızı azaldıkça, çekim alanı içinde enerji depolanır (yay gerilir) ve bilye yere düşmeye başladığında da geri verilir. Böylece bilyenin yukarı çıkışı sürerken durmaksızın kinetik enerjinin çekim enerjisine (buna potansiyel çekim enerjisi denir) dönüşümü, iniş sırasındaysa ters dönüşüm söz konusudur. Kinetik enerjiyle potansiyel enerjinin toplamı olarak tanımlanan, bilyenin toplam enerjisinin korunumlu olması için, bu durumda potansiyel çekim enerjisinin tanımını iyice belirlemek gerekir (bu enerji, mgz'ye eşittir, burada g yer çekimi ivmesi ve z belirli bir düzeye göre verilmiş yükseltidir).

Potansiyel enerji, korunumlu olacak şekilde hesaplandığından pek de yararlı gibi görünmeyen bu yasa, bununla birlikte bilyenin yörüngesi üzerinde tahminler yapmaya imkan verir, çünkü potansiyel enerji yalnız çekim alanına bağlıdır ve bilyenin hareketiyle ilgili değildir.

Buna göre, çekim potansiyel enerjisi kesin olarak hesaplanabilir ve toplam enerjisinin korunumlu olduğu yazılarak, bilyenin hareket denklemi elde edilebilir.

1.5 Enerji ve Zaman

Bir enerji yok olmuşsa, bir şey onu birlikte götürmüş demektir. Bu büyük buluşlara yol açabilecek bir gerçekliktir.

Daha genel olarak, bir sistemin maruz kaldığı her etkileşim için, toplam enerjinin korunumu yasasını kurtarmak için gerekli miktarda enerjiyi eklemek gerekir. 1930'lu yıllarda, enerjinin korunumu yasasını ihlal eder nitelikte nükleer tepkimeler bulunduğunda, fizikçi W. Pauli enerjinin bütün bunlara rağmen her zaman korunumlu olduğunu ve eksilen enerjiyi birlikte götüren şeylerin nötrino (denen birkaç yıl sonrasında algılanacak olan) yeni parçacıklar olduğu varsayımını öne sürdü. Bu bakımdan enerjinin korunumu temel bir ilkedir ve şöyle açıklanabilir: her fiziksel sistem için, zaman içinde korunumlu bir nicelik tanımlanabilir ve buna enerji adı verilir. Çok genel olmasına rağmen bu açıklama, nötrinoların öngörülmesinde olduğu gibi, hiç de basit sayılmayacak tahminlere yol açmıştır.

Bu korunum yasasında dikkat çeken özellik, mekanik kimyasal veya başka bir sistemin zaman içinde evrimi ne kadar karmaşık olsa da ve herşey değişiyormuş gibi görünse de, toplam enerjinin her an aynı olması için bu sistemin, çeşitli parçalarının herzaman kendi aralarında bir uyum içinde davranmaları gereğidir. Fiziksel simetri üzerindeki düşünceler; enerjinin korunumunun, gerçekte daha derin bir nedenin (zamanın homojenliği) gözlemlenebilir sonuçlarından biri olduğunu ortaya koymuştur.[10]

1.6 Enerjinin Etkin Kullanımı ve Tasarrufu

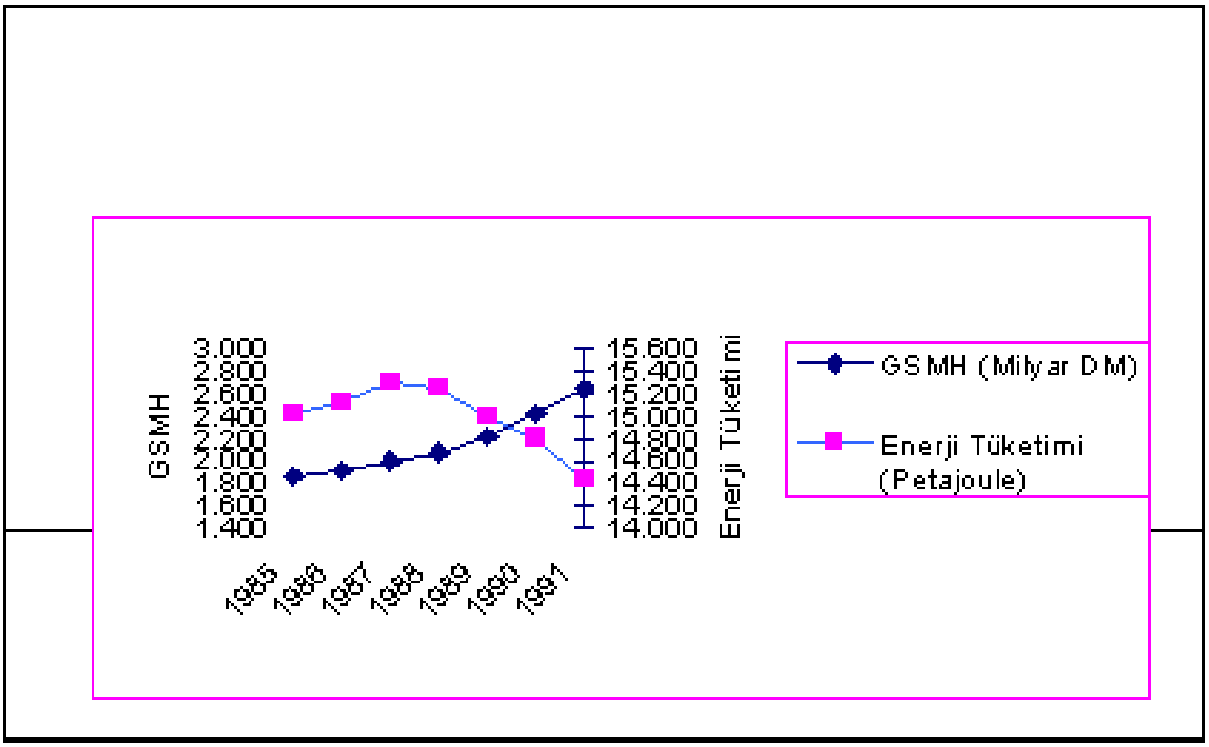
Enerjinin etkin kullanımı, refah seviyesinden fedakarlık yapmaksızın ve kalite ve performansı düşürmeden bir mal veya hizmet elde etmek için gerekli olan enerji miktarının azaltılmasıdır. Enerjinin etkin kullanımı sonucunda sağlanacak enerji tasarrufunun, daha hızlı ve daha ucuza elde edilebilen bir enerji kaynağı olduğu bugün bütün dünyada kabul edilen bir gerçektir.

Gelişmiş ülkelerde son yıllarda, gayrı safi milli hasıla (GSMH) artarken, toplam enerji tüketimi giderek azalmaktadır. Bu eğilim, Almanya'da 19851991 yılları arasında GSMH ve toplam enerji tüketimindeki değişimi gösteren grafikte net bir biçimde görülmektedir.

[10] Bilim Şenliği, http://members.tripod.com/~bilim_senligi/enerji.htm, Erişim Tarihi : 15.08.2006

OECD ülkeleri genelinde durumu incelediğimizde de enerji yoğunluğunun giderek azaldığını görüyoruz. Enerji yoğunluğu, gayrı safi yurtiçi hasıla başına tüketilen birincil enerji miktarı olup, enerji verimliliğinin takip ve karşılaştırılmasında yaygın bir ölçü olarak kullanılmaktadır. Ülkemizde ise, enerji yoğunluğu OECD ortalaması üzerindedir. Daha da önemlisi, diğer ülkelerin aksine artış trendi göstermektedir. Bu da ülkemizde enerjinin etkin kullanılmadığının ve faaliyetlerin daha enerji yoğun olarak gerçekleştirildiğinin işaretidir. Enerji tasarrufu çalışmaları değerlendirmelerinde, ülkemizde her yıl 3 milyar $ civarında bir kaybın olduğu tesbit edilmiştir. Enerji yoğunluğunun OECD ülkelerine göre yüksek olması da bu kaybın varlığını teyit etmektedir.

Şekil 1: Almanya'da 1985-1991 Yılları Arasında Enerji Tüketimi ve Ekonomik Gelişme



Kaynak : Tubitak, http://www.tubitak.gov.tr, Erişim Tarihi : 03.01.2007

Kısa vadede sonuçların alınabileceği bir alan olan enerjinin etkin kullanımı ve enerji tasarrufu, öncelikle üzerinde durmamız gereken bir konudur ve ulusal enerji politikamızın önemli bir ilkesi olarak belirlenmelidir.

Yapı, sanayi ve ulaştırma sektörleri başlıca nihai enerji tüketim sektörleri olup, ülkemizdeki nihai enerji tüketiminin yaklaşık %92'si bu sektörlerde tüketilmektedir. Bu

sektörlerde enerjinin etkin kullanımına yönelik teknolojilerin uygulanması, yaygınlaştırılması ve gerekli tasarruf önlemlerinin alınması ile, ülkemiz önemli bir ek kaynak kazanabilir. [16]

1.7 Yenilenebilir Enerji Türleri

Pratik açıdan enerjinin işletilmesini mümkün kılan enerji biçimlerinin kaynaklarının ve bir enerji biçiminden diğerine geçiş imkanlarının çeşitliliğidir. Enerji yaygın olarak mekanik enerji, ışık enerjisi veya ısı enerjisi biçiminde kullanılır.

Güneş ışınlarından, yüksekten düşen su külelerinden, rüzgardan, gelgitlerden, radyoaktif maddelerden elde edilir. Bitkiler klorofil sayesinde güneşin ışık enerjisini kimyasal enerjiye dönüştürür. Hayvanlarda bunu vücutlarının oluşturduğu çok karmaşık kimya fabrikası sayesinde ısı ve harekete dönüştürür;patlamalı bir motor yanma yoluyla benzinin kimyasal enerjisini ısıyla, sonra bu ısıyı harekete dönüştürür.

Günümüzde özellikle fosil yakıt kaynakları kullanılarak yapılan enerji üretiminin çevreye zararları iyi bilinmekte olup, her hangi bir enerji kaynağı artık çevre etkisi ile birlikte değerlendirilmektedir. Çevre bilincinin 20. yy ikinci yarısından sonra belirgin hale gelmesinden sonra, insanoğlu yaşadığımız gezegene verdiği zararın farkına varmaya başlamış ve alternatif enerji kaynakları aramaya başlamışlardır. Dünyada son yüzyılda enerji tüketimi 17 kat artarken fosil yakıtlardan kaynaklanan ve atmosfere atılan CO_2, SO_2 ve NOx gibi zararlı gazlarda aynı oranda artmıştır. [11]

Bu sebeplerden dolayı alternatif enerjilerin hayata geçirilmesi aşaması dikkatle ele alınmalı bu alternatif kaynakların elde edilmesinde çevre etmeni gözönünde bulundurulmalıdır.

Enerji kaynaklarını; Fosil Yakıtları (doğal gaz, kömür, petrol...), Nükleer enerji ve Yenilenebilir enerji kaynakları olmak üzere 3'e ayırabiliriz. Kullandığımız enerjinin çoğunun kaynağı fosil yakıtlardır. Fosil yakıtların kaynakları sınırlıdır ve çevreyi kirletir.

---

[16] TUBİTAK,http://www.tubitak.gov.tr/btpd/btspd/platform/enerji/bolum4.html
[11] EKOLOJİK YAŞAM PORTALI , http://www.ekoses.com/ekolojikyasamportali/bpg/publication_view.asp?iabspos=1&vjob=vdocid,147057, Erişim Tarihi : 15.08.2006

CO_2 gibi sera gazları iklim değişimlerine sebep olmaktadır. Nükleer enerji kaynakları ise pahalı olmasının yanı sıra meydana getirdiği radyoaktif atıklarla toplumu, çevreyi olumsuz etkiler. Bu durumda yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmalıyız.

Bugün kullandığımız enerjinin pek çoğu fosil yakıtlardan sağlanmaktadır. Kömür, petrol ve doğal gaz fosil yakıtlardır. Milyonlarca yıl boyunca, bitkilerin, dinazorların ve diğer hayvanların çürümesi ile fosil yakıtlar oluşmuştur. Bu fosil yakıtları yeryüzüne çıkarabilmenin yolu da, ya delmek (sondaj) yada kazmaktır. Şu anda da yeraltında ısı ve basınçla bu yakıtlar oluşmaktadır, ancak bu oluşumdan daha hızlı olarak da tüketilmektedir.

Bu sebeple fosil yakıtlar kısa süreçte yenilenemeyen olarak düşünülürler, yani kullandığımızdan daha az bir bölümü yeniden oluşmaktadır.[12]

Yenilenebilir enerji kaynaklarını;

- Güneş enerjisi,
- Rüzgar enerjisi,
- Jeotermal enerji,
- Hidroelektrik enerjisi,
- Biyoenerji,
- Hidrojen enerjisi,
- Dalga enerjisi ve okyanus termal enerjisi olarak sınıflandırabiliriz.

AB ve ABD'de kullanılan Yenilenebilir enerji oranına bakacak olursak: AB'de bu oran %5,2 , 2010'da hedeflenen oran ise %12'dir. ABD'de ise kullanılan enerjinin %8'i yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilmektedir.

1.7.1 Güneş Enerjisi

Güneş enerjisi çevreye etkisi bakımından uygun,temiz ve bedava bir enerji kaynağıdır.[13]

Güneş enerjisi yeni ve yenilenebilir bir enerji kaynağı oluşu yanında, insanlık için önemli bir sorun olan çevreyi kirletici artıkların bulunmayışı, yerel olarak uygulanabilmesi ve karmaşık

[12] Boğaziçi üni. Araştırma Enstitüsü, http://www.kandilli.boun.edu.tr/meteoroloji/enerji1.htm, Erişim tarihi : 11.11.2006

[13] Özsabuncuoğlu İsmail H.,Uğur Atilla,Doğal Kaynaklar Ekonomi Politika Yönetimi,2005 :193.

bir teknoloji gerektirmemesi gibi üstünlükleri sebebiyle son yıllarda üzerinde yoğun çalışmaların yapıldığı bir konu olmuştur.

Dünya üzerine her bir dakika düşen güneş enerjisi tüm dünyanın yıllık enerji tüketiminden fazladır. Ancak bu enerjinin kullanılabilirliği çok azdır. Güneş enerjisinin kullanım alanları çok geniştir. Güneş enerjisinin mevcut kullanım alanları şunlardır ;

- Yapılarda aktif ısınmada ve elektrik enerjisi elde edilirken,
- Kullanım suyu ısıtma, yüzme havuzu suyu ısıtma, kaynatma ve pişirme,
- Acı ve tuzlu suların distilasyonları,
- Sıcak hava motorları ile diğer termodinamik ısıl çevrimlerin üretilmesi,
- Seraların ısıtılması, bitkisel ürünlerin kurutulması,
- Gündüz ve gece aydınlatılmasında,
- Fotokimyasal ve fotosentetik çevrimler gerçekleştirmesi,
- Elektroliz yöntemi ile güneş enerjisinden hidrojen gazı elde edilmesi,

Konutlarda uygun izolasyon malzemeleri kullanımı enerji tasarrufunu sağlar. Diğer bir etmen ise binanın güneşten yararlanacağı şekilde inşa edilmesidir. Enerji ihtiyacının minimum olduğu konutlar yapılabilir.

Sıcak su elde edilmesinde güneş kolektörleri kullanılır. Kolektörlerin yapısında güneş ışınlarını soğuran bir plaka vardır. Plakalar alüminyum, bakır... gibi ısıl iletkenliği yüksek malzemeden yapılmıştır.

Güneş enerjisi geniş bir coğrafi dağılıma sahip bir enerji kaynağıdır. Coğrafi olarak 36-42° kuzey enlemleri arasında bulunan Türkiye, güneş kuşağı içindedir. Şu an için güneş enerjisinin kullanımı oldukça azdır, ancak geleceğin dünyasının enerji gereksiniminin karşılanmasında, geleneksel enerji kaynaklarının yanında en önemli seçeneklerden biri olacağı düşünülmektedir.

Türkiye'de coğrafik konum dolayısıyla güneş enerjisinden (sıcak su elde edilmesinde) güney kesimler ile Ege bölgesinin bir kısmı fazlasıyla yararlanmaktadır. Türkiye'de bölgelerin yıllık güneşlenme süreleri

- Güneydoğu Anadolu Bölgesinde 3016 saat

- Akdeniz Bölgesinde 2923 saat
- Ege Bölgesinde 2725 saat
- İç Anadolu Bölgesinde 2712 saat
- Doğu Anadolu Bölgesinde 2693 saat
- Marmara Bölgesinde 2529 saat
- Karadeniz Bölgesinde 1965 saat şeklindedir.

Güneş enerjisinin tartışılmaz bolluğu bugunden başlayarak bütün bir yüzyıl boyunca, dünya ölçeğinde sürdürülebilir bir bir enerji sisteminin temelinin güneş üzerinde kurulacağı görüşünü öne çıkarmaktadır.[14]

2050 yılında dünya enerji tüketiminin %15'nin güneşten karşılanacağı tahmin edilmektedir.[15]

1.7.2 Rüzgar Enerjisi

Rüzgar enerjisi güneş enerjisinin oluşturmuş olduğu karaların,denizlerin ve atmosferin aynı şekilde ısınmamasından kaynaklanan sıcaklık ve basınç farklarının doğurmuş olduğu bir enerji şeklidir.

Rüzgar enerjisinin tarihi milattan önceye rüzgar değirmenlerinin kullanılmasına kadar uzanmaktadır. Rüzgar enerjisinden elektrik üretimi ise 100 yıl önce başlamıştır.1970'lerdeki petrol krizi rüzgar türbinlerinin gelişiminibaşlatmıştır. Arazi tarımı, otlatma ve sulama gibi amaçlarla da kullanılabilmekteydi. Modern rüzgar türbinleri 23 kanatlı olup,kanat çapları 1m'den 30 m'ye kadar değişmektedir. Rüzgar türbinlerinden elde edilen enerji o bölgedeki rüzgar hızı ve kanat uzunlukları ile doğru orantılıdır.

Rüzgar enerjisi çevre dostu temiz bir enerji kaynağıdır.

Rüzgar türbinleri kuş ölümlerine sebep olur, radyo ve TV alıcılarını olumsuz etkileyebilir.

---

[14] Flavin , 1995 :84
[15] Doğan,2000 :34

Bazı ülkelerde rüzgar enerjisi şimdiden fosil ve nükleer enerji kaynaklarını geride bırakmıştır.. Avrupa'da en büyük kurulu güç (rüzgar enerjisi) Almanya'dadır. Almanya'yı; Danimarka, Hollanda, İngiltere, İspanya, İsveç, İtalya ve Yunanistan izlemektedir. Ülkemizde rüzgar enerjisi zengin olduğu yerler sırası ile Marmara, Ege, Akdeniz ve Karadeniz kıyı alanlarında bulunmaktadır

Dünyanın en büyük rüzgar enerji çiftliği 15000 türbini ile ABD'de bulunan Altamont Pass rüzgar çiftliğidir. AB ülkelerinde rüzgarlardan elde edilen elektrik 2001 yılında 32 milyon ton CO_2, 107 bin ton sülfür dioksit, 89 bin ton nitrojen oksitlerin oluşmasını engellemiştir.

Rüzgar enerjisini başka enerji şekillerine çeviren sistemler oldukça basit ve göreceli olarak ucuz olduğu için eski teknolojilerle bile,yaygın bir şekilde kullanılması mümkün olabilmiştir. Bu enerjiden yararlanma sistemleri rüzgarın genel olarak yatay haraket etmesi sırasında oluşan mekanik enerjiyi bir pervane birbirine 90 derece ile bağlanmış dişliler ve iletim milleri vasıtasıyla başka noktalara götürme ve başka yönlere çevirme amacına yönelik olarak imal edilirler.[16]

Rüzgar enerjisi kirlilik yaratmayan ve çevreye çok az zarar veren yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Yeryüzünde %95 gibi bir alanda rüzgar enerjisi elde edilebilir ve bu alanlarda ayni zamanda ziraat, ormancılık gibi faaliyetler de sürdürülebilir. Evsel kullanım için iyi bir alternatif enerji kaynağıdır.[17]

Türbinlerin sesli çalışmaları, yakın çevrelerinde yaşayan insanlar için rahatsız edicidir. Bu nedenle yerleşim merkezlerinden ve hassas vahşi yaşam alanlarından uzakta kurulmaları gerekmektedir. Bölgesel olarak değişmekle birlikte, genelde düşük verimlidir (%30).[18]

Genel bir değerlendirme yapacak olursak rüzgar enerjisi aşırı derecede yerel bir kaynak olup enerji depolama hakkında daha çok araştırmanın yapılması gerekmektedir. Bunun yanında görüntü bozukluğu önemli bir estetik sorundur.[19]

---

[16] Özsabuncuoğlu,Uğur Atilla,a.g.e:198.

[17] Boğaziçi üni. Araştırma enstitüsü,Rüzgar Enerjisi http://www.kandilli.boun.edu.tr/meteoroloji/enerji1.htm , Erişim Tarihi : 11.11.2006

[18] Boğaziçi üni. Araştırma enstitüsü,Rüzgar Enerjisi http://www.kandilli.boun.edu.tr/meteoroloji/enerji1.htm Erişim Tarihi : 11.11.2006

[19] Özsabuncuoğlu İsmail H., Uğur Atilla,Doğal Kaynaklar Ekonomi Politika Yönetimi,Ekler 2005 :478

1.7.3 Jeotermal Enerji

Bu enerji direkt olarak yerin kendi ısısından elde edilebilir. Jeotermal kelimesi yer anlamına gelen jeo ve ısı anlamına gelen termal kelimelerinin birleşiminden oluşmuştur.

Jeotermal enerji yerkabuğunun çeşitli derinliklerinde var olan ısının oluşturduğu, sıcaklıkları sürekli olarak bölgesel atmosferik ortalama sıcaklığın üzerinde olan ve çevresindeki normal yeraltı ve yerüstü kaynaklarına göre daha fazla erimiş mineraller , çeşitli tuzlar ve gazlar içerebilen sıcak su ve buharın yeryüzüne taşıdığı ısı enerjisidir.[20]

Jeotermal kaynaklar yeryüzünde ısının yoğunlaşmış boşalımı aktif kıta kenarları ve okyanus ortası sırtları olarak adlandırılan kuşaklardaki volkanik sistemlerde; zaman zaman yüzey boşalımı veren volkanlar aracılığıyla ; sürekli boşalım ise jeotermel tesislerin yüzey görüntüsü olan jeotermal sahalardaki sıcak su kaynakları ve buharlar şeklinde oluşmaktadır.[21]

Jeotermal enerji, yer kabuğunun derinliklerindeki sıcak kaya ve akışkanların ısısının zayıf katmanları geçerek yer yüzüne ulaşmasıdır. Jeotermal enerjiyi, eski romalılar doğal sıcak su olarak termal banyolarda ısıtma ve sağlıkta kullanmışlardır, ABD'de konut ısıtılmasında ilk olarak 1891 yılında kullanmışlardır. 1904 yılında İtalya'da ilk defa jeotermal kuru buhardan elektrik üretilmiştir. Jeotermal enerji;

- Konutların ısıtılmasında
- Üretimde proses ısı olarak
- Absorbsiyonlu soğutma sistemlerinde
- Tarımda, seracılıkta
- Kültür balıkçılığında
- Saunalarda
- Kaldırımlarda karların eritilmesinde kullanılmaktadır.

---

[20] Kılıç 1998: 1
[21] Koçak 2001 :295

Jeotermal enerjinin sürekli güç üretebilmesi, hava değişimlerinden ve kullanılış şekillerinden etkilenmemesi (güvenilir bir kaynak olduğunun göstergesi), çevre dostu olması avantajlarıdır. Jeotermal enerji hava kirliliğini azaltır. ABD'de jeotermal enerjiden elde edilen elektrik her yıl 22 milyon ton CO_2, 200 bin ton sülfür dioksit oluşumunu engeller. İlk jeotermal ısıtma sistemi 1964 yılında Balıkesir(Gönen) de bir otelde kurulmuştur.

Güneş enerjisinden elektrik üretimine benzer olarak, jeotermal kaynaklardaki sıcak suyun oluşturduğu buhar ile çalışan tribünler sayesinde elektrik üretilir.

Çok yüksek verimlidir ve direkt olarak elde edilebildiği için maliyeti düşük iyi bir güç kaynağıdır.

Yeraltından çıkarılarak tüketilen kısmın , ayni oranda, kısa süreçte tekrar oluşması mümkün olmamaktadır. Ayrıca bu kaynaklarda elde edilen su genellikle aşındırıcı ve kirlilik yaratıcı mineraller içermektedir..[22]

Genel bir değerlendirme yapacak olursak ; jeotermal enerji çevreye duyarlı,fosil yakıtlara ve nükleer enerjiye tercih edilebilen fakat çok yerel olan ve nedenle kullanımı kısıtlı olan bir enerji kaynağıdır.[23]

1.7.4 Hidroelektrik Enerjisi

Doğanın dengesinin korunabilmesi yenilenebilir enerji kaynaklarının önemini arttırmaktadır. Bu enerji kaynakalrından bir tanesi de sudan yararlanılarak elde edilen hidrolik enerjidir.[24]

Hidroelektrik enerji:

- Temizdir. Asit yağmurları, sis ve toz gibi atmosferik kirleticileri üretmez ve gaz, kömür ve petrol santrallerinden kaynaklanan sera etkisine neden olan gazları dengeler.

[22] http://www.kandilli.boun.edu.tr/meteoroloji/enerji1.htm Erişim Tarihi : 11.11.2006

[23] Özsabuncuoğlu ,Uğur a.g.e:475

[24] Tuncer-Eskibalcı,2003:83

- Ucuz, verimli ve gelişmiş bir teknolojidir. Tipik olarak, hidroelektrik enerji iş letme ve bakım maliyeti bütün elektrik enerjisi üretim teknolojilerin arasında en az olanıdır.

- İhtiyaçlara duyarlıdır. Küçük merkezi olmayan kırsal sistemlerden daha genişlerine, kentsel ve endüstriyel ihtiyaçların yoğun gelişmesi için, hidroelektrik enerji elektrik sistemlerine nitelik ve nicelik açısından katkı sağlar.

- Su kaynaklarının çok amaçlı ve daha geniş kapsamlı kullanımına olanak sağlar. Su ve enerji kabul edilebilir yaşam kalitesinde çok önemli iki alandır bu yüzden hidroelektrik enerji bu iki alanda yaşamsal bir rol oynar.[25]

Günümüzde hidrolik güçten fazla yararlanılmasına rağmen,kullanılmayan potansiyel yine de çok fazladır. Hidrolik barajların ayrıca büyük toprak alanlarını sular altında bırakması ekolojik yapıda bitki ve hayvan türlerini dolaylı etkisi gibi pek zararlı olmayan etkileri de bulunmaktadır.[26]

1.7.5 Biyoenerji (biyokütle enerjisi)

Biyokütle, güneş enerjisini fotosentez olarak depolayan bitkisel organizmalar olarak adlandırılır. Biyokütle enerjisi ise biyokütlenin yakılması ile elde edilen enerjidir. Kökeninde fotosentez ile kazanılan enerji yatar. Sanayileşme ile birlikte doğal kaynakların azalmaya başlaması biomasın değerlendirilmesini gündeme getirerek bu kaynağı öne çıkarmaya başlamıştır[27] Çevre dostu bir enerji kaynağıdır. Klasik biomas kaynakları ormandan elde edilen odun ,bitki ve hayvan artıklarıdır.[28] Modern biyokütle kaynakları:

- Enerji ormancılığı ürünleri ile orman ve ağaç endüstrisi atıkları ,
- Enerji tarımı ürünleri ,

Tarım kesiminin bitkisel ve hayvansal atıkları ,

- Kentsel atıklar ,
- Tarımda endüstri atıkları şeklinde sıralanabilir.

---

[25] Uluslararası Hidroelektrik Birliği, http://www.hydropower.org/downloads/IHA_Brochure_Turkish.pdf, Erişim Tarihi : 12.01.2007
[26] ÇED,1997: 182
[27] Tuncer-Eskibalcı a.g.e.84
[28] TÜSİAD.2001 : 224

Modern biyokütle kaynakları ise, enerji ormancılığı ürünleri ile orman ve ağaç endüstrisi atıkları, enerji (bitkileri) tarımı (bir yetiştirme sezonunda ürün alınan enerji bitkileri), tarım kesimindeki bitkisel ve hayvansal atıklar, kentsel atıklar, tarıma dayalı endüstri atıkları olarak sıralanır.

Enerji ormancılığında karakavak, balzam kavakları, titrek kavaklar, söğüt, okaliptüs gibi ağaçlar kullanılmaktadır. Enerji tarımı ise tek yıllık ve çok yıllık bitkilerle yapılmaktadır. Bu gruba tatlı darı, şeker kamışı, mısır gibi bitkiler girer. Bu ürünlerden etanol, sentetik petrol, gaz yakıt ve katı yakıt elde edilmektedir.

Genel değerlendirme yapacak olursak basit üretim tekniği,çevre kirlenmesi,ekonomik etkinlik,enerji tasarrufu ,enerji bağımsızlığı,tarımsal gübre çıktısı vs bakımından en fazla tercih edilecek bir kaynaktır.[29]

1.7.6 Hidrojen Enerjisi

Hidrojen doğal bir yakıt olmayıp birincil enerji kaynaklarından yararlanılarak değişik ham maddelerden üretilebilen sentetik bir yakıttır. 20.yy'da elektrik enerji taşıyıcısı konumundayken yavaş yavaş yerini hidrojene bırakmaktadır. Hidrojen üretim yöntemlerinden en önemlisi suyun elektrolizidir. Yakıt olarak hidrojen kullanılan ilk uçak ABD'de 1956'da denenmiştir. Halen uzay mekiğinde ve uzay araştırma roketlerinde yakıt olarak kullanılmaktadır.

Dünyanın giderek artan enerji gereksinimi çevreyi kirletmeden ve sürdürülebilir olarak sağlayabilecek en ileri ve tek enerji kaynağı güneş+hidrojen sistemidir.

1.7.7 Deniz Kökenli Yenilenebilir Enerji

Bunlar: deniz dalga enerjisi, deniz sıcaklık gradyent enerjisi, deniz akıntıları(boğazlarda) ve gelgit enerjisidir. Türkiye'de gelgit enerjisi olasılığı yoktur. Türkiye için söz edilebilecek olanlar deniz dalga enerjisi ve deniz akıntıları enerjisidir. İstanbul ve Çanakkale Boğazları'nda deniz trafiğinin yoğun olması nedeniyle deniz akıntıları enerjisinin kullanımı azalmıştır.

[29] Özsabuncuoğlu ,Uğur a.g.e. : 477

Gel-git akım teknolojisi hala araştırma aşamasında olduğundan günümüzde karşılaştırılabilecek bir proje yoktur. Gel-git akımında üretilecek enerjinin maliyeti spesifik bölgeye ve kullanılan teknolojiye doğrudan bağımlıdır.[30]

1.8 Enerji Üretim ve Kullanımında Çevre dostu Teknolojiler

Enerji üretim ve tüketiminin çevrede yarattığı olumsuz etkilerin önlenmesi, bütün dünyada önemli bir sorundur. Özellikle küresel iklim değişikliğine neden olan sera gazı emisyonları, bugün dünya gündeminde ilk sırada yer almakta ve bu soruna uluslararası platformda çözüm aranmaktadır. Ülkemiz de bu konudaki uluslararası anlaşmaların tarafıdır. Bu durum, çevre dostu, ileri enerji üretim ve tüketim strateji ve teknolojilerinin geliştirilmesini gerekli kılmaktadır. Çevreye verilen zararları en aza indirmeyi amaçlayan bu teknolojiler, aynı zamanda mevcut enerji kaynaklarının da daha verimli kullanılmasını sağlamaktadır. [17]

1.8.1 Kömüre Dayalı İleri Enerji Dönüşüm Teknolojileri

Bu kapsamda, çevreyi en çok kirleten fosil yakıtlardan kömürün;

- Yanma öncesi kalitesinin iyileştirilmesi,
- Baca gazlarının arıtımı
- Yakma proseslerinin iyileştirilmesi
- Özellikle yüksek verimle çalışan proseslere yönelik ileri teknolojilerin geliştirilmesi ile çevreye zararının en aza indirilmesi sağlanmaktadır.

Ülkemizde mevcut çok miktardaki düşük kaliteli kömürlerin çevreye zarar vermeden değerlendirilmesinde, son yıllarda dünyada da yaygın olarak uygulama bulan, Akışkan Yatakta Yakma Teknolojisinin ticari anlamda uygulanmasının yaygınlaştırılması sağlanmalıdır. Burada vurgulanması gereken husus, bu teknolojinin dünyadaki uygulamasının ülkemize aynen

[30] Özsabuncuoğlu,Uğur,a.g.e.: 202.

[17] TUBİTAK,http://www.tubitak.gov.tr/btpd/btspd/platform/enerji/bolum5.html, Erişim Tarihi : 12.11.2006

kopyalanmaması gerektiği, geçmişte bu yöndeki uygulamanın bu teknolojinin yaygınlaşmasını engellediğidir.

Ülkemizde uzun yıllardır ArGe çalışmaları yapılarak belirli bir teknolojik seviyeye ulaşmış olan akışkan yatak projelerinin, termik santral ihalelerinde mutlaka göz önüne alınması gerkli görülmektedir. Türk linyitleri üzerinde yapılmış olan kapsamlı çalışmalar esas alınarak ve farklı linyitlerin denenmesi için Çan santralında mevcut olan test ünitesi kullanılarak, proje ve uygulama öncesi gerekli teknolojik düzeltmeler yapılmalıdır.

Üzerinde durulması gereken diğer bir teknoloji de, 2000'li yılların başında kömürden enerji üretiminde önemli bir paya sahip olacağı vurgulanan ve kömürün gazlaştırılması ile elde edilen kömür gazının, gaz türbinlerinde yakılarak elektrik üretilmesi prensibine dayanan Entegre Kömür Gazlaştırma Kombine Çevrim Teknolojisidir. Bu teknoloji ile %45 verimlilik, %99 SO2 giderme verimi ve NOx emisyonlarının 50 ppm altına düşürülmesi mümkün olmaktadır.

Entegre kömür gazlaştırma kombine çevrim teknolojisine dayalı santralların gaz ve buhar türbini üniteleri teknik ve ticari açıdan olgunluğa erişmiştir. Toplam yatırım maliyetinin yaklaşık %60'ını teşkil eden kömür hazırlama, gazlaştırma ve gaz temizleme ünitelerinde yeterli teknolojik gelişmenin sağlanması ile tesis maliyetinin %15-20 oranında düşeceği beklenmektedir. [18]

1.8.2 Doğal Gaz ve Sıvı Yakıtlı Enerji Teknolojileri

Özellikle elektrik üretiminde, gerek dünyada gerekse ülkemizde doğal gazlı santrallarda büyük bir artış söz konusudur. Çevre açısından fosil yakıtlar içerisinde en tercih edilen kaynak doğal gazdır. Son yıllarda hızlı teknolojik gelişmeler göstermiş olan Kombine Çevrim Sistemlerinin kullanılması ile tesis verimlilikleri %54'lere ulaşmaktadır. Düşük yatırım ve işletme maliyetleri, yüksek verim, kısa tesis dönemi, minimum çevresel etki, yüksek güvenilirlik ve emre amadelik gibi avantajları nedeniyle günümüzde çok tercih edilen bu sistemler, 1980'li yıllardan itibaren ülkemizde de hızla kurulmaya başlanmıştır.

[18] TUBİTAK,http://www.tubitak.gov.tr/btpd/btspd/platform/enerji/bolum5_1.html, Erişim Tarihi : 12.11.2006

Isı ve elektrik enerjisi üretiminin aynı tesiste ve genellikle tek çeşit yakıt kullanılarak gerçekleştirildiği sistemler, Birleşik IsıGüç Üretim Sistemleri veya Kojenerasyon olarak isimlendirilmektedir.

Ülkemizde de kurulacak bütün konvansiyonel tesisler için kojenerasyon ön şartı mutlaka aranmalı ve kojenerasyon için de belli bir verim mertebesini garanti edecek tesislere izin verilmeli, ayrıca teşvikler sağlanmalıdır. Diğer taraftan otel, motel, hastane, büyük iş merkezleri ve toplu konut alanları için de kojenerasyon uygulamalarının ve belli bir verim değerini tutturmaları şartıyla, bu tesislerin kurulmasının teşvik edilmesi yararlı olacaktır.

Sıvı yakıtlardan (fuel oil) elektrik enerjisi elde edilmesi teknolojileri arasında Gazifikasyon Üniteli Kombine Çevrim Santralları, özellikle ağır fuel oil, petrol koku vb. rafineri son ürünlerinin değerlendirildiği sistemler olmaları açısından önemlidir.[19]

1.8.3 Rafinaj Teknolojileri

TÜPRAŞ 1989-2003 yılları arasını kapsayan "Yatırım Master Planı"nı uygulamakta olup plan, günün teknik gelişmelerine, ürün spesifikasyon değişikliklerine, ekonomi ve çevre faktörlerine bağlı olarak revize edilmektedir. Bu planın yürütülebilmesi, gerekli yatırım izinlerinin gecikmesiz verilmesine bağlıdır. Kurşunsuz benzin, düşük kükürtlü motorin ve fuel oil yatırımları, çevreyi korumaya yönelik yatırımlar olup, rafinerilere ekonomik yönden fayda sağlamamaktadır. Ancak, çevre kirliliğini önleyici bu yatırımlara kaynak yaratma imkanları bulunmalıdır. Ayrıca, artan petrol ürünleri taleplerinin karşılanması için, 2000-2005 yılları arasında 10 milyon ton/yıl kapasiteli yeni bir rafinerinin devreye girmesine gerek vardır.

Bilindiği gibi ham petrol, değişik kaynama noktalı ve değişik moleküler büyüklükte hidrokarbonların doğal bir karışımıdır. LPG, benzin, gazyağı / jet yakıtı, motorin gibi beyaz ürünler ile fuel oil, madeni yağ ve asfalt gibi ağır ürünler rafinaj işlemiyle birbirinden ayrılmakta, dönüştürülmekte ve satılabilir ürünler haline getirilmektedir. Rafinaj sektörü ile ilgili gelişmeler, beyaz ürün verimlerini artırmaya ve insan sağlığını ve çevreyi koruyucu spesifikasyon değişikliklerini sağlamaya yönelik yeni proses teknolojilerinin geliştirilmesi ve mevcut teknolojilerin optimum kullanılması ile ilgilidir.

[19] http://www.tubitak.gov.tr/btpd/btspd/platform/enerji/bolum5_2.html Erişim Tarihi : 12.11.2006

Bu kapsamda Hidrokraking Teknolojileri üzerinde önemle durulmalıdır.

Hidrokraking üniteleri, ağır şarjı işleyerek gaz yağı / jet yakıtı ve motorin üretmektedir. Şarj desülfürize edildiğinden, ürünler kaliteli olup ilave bir işleme gerek duyulmamaktadır.

Bu teknolojide en önemli gelişmeler kataliz konusunda olmaktadır. Kataliz teknolojisindeki gelişmelere bağlı olarak üniteler, %100 veya çok yakın dönüşüm değerine erişmekte ve kataliz rejenerasyonuna ihtiyaç duyulmadan daha uzun süre veya ürün kalitelerinde değişiklik olmadan daha düşük basınçlarda çalıştırılabilmektedir.

Yeni proses teknolojilerin geliştirilmesi, gelişmiş bir altyapıyı ve uzun süreli ve maliyeti yüksek (pilotplant, demonstrasyon üniteleri vb.) uygulamaları gerektirmektedir. Kaldı ki bu çabalar sonucu geliştirilen proseslerin uygulamaya geçirilmesi, uluslararası piyasadaki yoğun rekabet nedeniyle oldukça zor olmakta; uygulamaların yerel düzeyde kalması ise yapılan harcamaları karşılayamamaktadır. Bu çerçevede Türkiye'de rafinaj sektörünün, gereksinimler doğrultusunda yapılacak yeni yatırımlar için şartlara en uygun teknolojinin seçimi ve uygulanması ile ilgili yetenek geliştirmesi daha uygun olacaktır.

Rafinaj sektöründe üretim teknolojileri kadar önemli bir husus da, optimum üretim şartlarının sağlanması için uygun kontrol teknolojilerinin uygulanmasıdır. Online blending, stok kontrol, petrol hareketlerinin otomasyonu, rafineri bilgi sistemleri gibi yazılım gerektiren konularda, ülkemizde yeterli altyapının olduğu ve ArGe etkinliklerinin bu alanlarda yoğunlaştırılmasının doğru bir seçim olacağı düşünülmektedir.

Diğer taraftan "Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği"nin öngördüğü emisyon değerlerinin sağlanması, Baca Gazı Desülfürizasyon veya Fuel Oil Desülfürizasyon tesislerinin kurulmasını gerektirmektedir. [20]

1.8.4 Yakıt Hücreleri

Çevresel bozulmanın dünyanın sürdürülebilir kalkınma sürecini etkilediği günümüzde, Yakıt Hücreleri verimli, ekonomik, sessiz ve çevreye uyumlu yeni bir enerji üretim teknolojisi olarak, giderek daha geniş uygulama ve kullanım alanı bulmaktadır. Yakıt hücreleri, yanma olmaksızın ve herhangi bir ara eleman kullanmaksızın, yakıtın kimyasal enerjisini elektrik ve ısı

[20] TUBİTAK ,http://www.tubitak.gov.tr/btpd/btspd/platform/enerji/bolum5_3.html, Erişim Tarihi : 14,11.2006

formunda kullanılabilir enerjiye çeviren güç elemanlarıdır. Yakıt sağlandığı sürece kesintisiz güç üretimine devam eden bu sistemlerin, elektrik üretiminde olduğu gibi ulaşım sektöründe de kullanımı söz konusudur.

Dünyada daha çok ulusal elektrik ve gaz şirketleri tarafından çalıştırılmakta olan yakıt hücreli güç istasyonları bulunmaktadır. Ancak konvansiyonel sistemlere göre maliyetleri yüksektir. Maliyeti azaltmak için sürdürülen çalışmaların sonuçlarına bağlı olarak, bu sistemlerin 21. yüzyılın başlarında ticari kullanımının artacağı beklenmektedir.

Bu çerçevede yakıt hücreleri başta gelmek üzere, ileri enerji çevrim sistemleri üzerinde ulusal teknoloji oluşturmaya yönelik ArGe çalışmaları desteklenmelidir. [21]

1.9 ENERJİ EKONOMİSİ VE POLİTİKASI

1.9.1 ENERJİ EKONOMİSİ

Enerji ekonomisi diğer tüm ilişkilerin temelinde olduğu gibi enerji ilişkilerinin odaklandığı ekonominin bir alt birimidir.[31]

20.yy ın 2.yarısında bilim,mühendislik ve insan yaratıcılığının birleşmesiyle ortaya çıkan teknolojik gelişmeler yaşamı büyük çapta değiştirmiştir.Enerji de,üretimden en uç kullanım noktasına kadar bu devrimlerden payını almıştır.Bu yüksek değişim hızını toplum da benimseyerek olağan kabul etmeye başlamış ve beklentilerin artık Dünyadaki tüm teknik gelişmelerle ilgili olduğu görülmüştür.

Enerjinin kaynaklar itibariyle büyük miktarda çeşitlenmesi endüstrinin her kesminde ve toplumun her katında geniş ölçüde yer alması onun önemli ekonomik faaliyetlerden biri olarak

[21] TUBİTAK ,http://www.tubitak.gov.tr/btpd/btspd/platform/enerji/bolum5_4.html, Erişim Tarihi : 12.11.2006

[31] ENERGY ECONOMY ,http://en.wikipedia.org/wiki/Energy_economy, Erişim Tarihi : 18.01.2007

ortaya çıkasında neden olmuş ve böylece ekonominin bir dalı olan **Enerji Ekonomisi** doğmuştur.Enerji ekonomisinin özellikle 1973 petrol şokundan sonra ağırlığı gittikçe artmıştır.

Enerji ekonomisi enerji kaynaklarının varlığını ve bu kaynakların ekonomik faaliyetlerle ilişkisini ele almaktadır.Enerji talebi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki ve enerjinin bolluğu ya da yetersizliğinin ekonomik çalışmalar üzerindeki etkileri bu bilim dalının önemli konularını oluşturmaktadırç

Diğer bazı eserlerde enerji ekonomisinin amacı 'ulusal düzeyde enerji kaynakları ile tüketim arasında ulusal ekonomiye uygun bir denge kurulması' şeklinde belirtilmektedir.

Enerji yatırımlarının ağır parasal yükü uzun süre alması ve enerji ihtiiyaçlarının belirtilmesinde kullanılan elemanlardaki belirsizlik genel olarak enerji planlamalarında çok dikkatli ve duyarlı davranmayı gerektirir.

1.9.1.1 Enerji İhtiyaçları

1.9.1.1.1 Termik İhtiyaçlar

Belirli ürünlerin işlenmesi piyasaya hazırlanması ve yaşanan ortamın iyileştirilmesi amacıyla doğrudan ya da su,hava ve diğer akışların yardımlarıyla çeşitli sıcaklıklarda sağlanan ısıtma veya soğutma ihtiyaçlarıdır.

Termik ihtiyaçlar ülkelere göre değişen iklim koşullarına ,endüstriyel ısı ihtiyaçları ise endüstrileşme düzeyine bağlıdır.

1.9.1.1.2 Mekanik Gücü İhtiyacı

İnsan ve hayvan gücünün yerine kullanılması amacıyla sabit veya mekanik iş üretme ihtiyacıdır.

1.9.1.1.3 Hammadde ihtiyaçları

Enerjiler çoğu zaman endüstride temel ürün görevi yaparlar.

1.9.1.1.4 Işık ihtiyacı

Gün ışığı bağlılığına son vererek bir yandan konfor sağlarken,diğer yönden endüstrileşmenin yoğunlaşmasına önemli bir etken olmuştur.

1.9.1.2 Enerjinin Boyutları

1.9.1.2.1 Fiziksel Boyut

Ekonomik yönden işletilebilir olup olmadıkları dikkate alınmaksızın teknolojik araçlarla yararlanabilir duruma getirilebilen doğadaki enerji kaynaklarının tümü Enerji varlıkları olarak belirtilebilir.

Bu varlıklar ekonomik açıdan işletilebilir durumda olup yenilenebilir enerji kaynağı veya yenilenemez enerji kaynağı olarak ayrılır.

Yenilenebilir enerjilere **akım enerjiler** yenilenemeyen enerjilere ise **stok enerjiler** denir.

Bunun yanında üzerinde herhangi bir dönüşüm uygulanmamışsa bu tür enerjilere **birincil enerji** denir.Birincil enerji kaynakları şöyle sıralanabilir ;

- Doğalgaz
- Petrol(Petrol ürünleri)
- Hidrolik enerji
- Nükleer enerji
- Yeni enerjiler(Güneş,jeotermal,rüzgar,biyogaz,hidrojen)
- Geleneksel veya ticari olmayan enerjiler(Odun,bitki ve hayvan artıkları)

Birincil enerjinin dönüşüme uğraması ikincil enerji diyebileceğimiz sekonder enerjiyi doğurur. Burada en çok kullanılan ise **elektrik enerjisi**'dir.

1.9.1.2.2 Teknolojik Boyut

Enerji alanında teknolojik yeniliklerin etkinlikleri ancak uzun bir süre sonra geniş ve yaygın bir hale gelebilmektedir.Bu durum enerjinin boyutunun bir özelliğidir.

Bunun sebebi belirli donatım parklarında örneğin santral park,otomobil parkı,endüstrinin muhtelif parkları yeniliklerin anlamlı düzeye erişmesinin bu parkların yenilenme sürecine bağlı olmasından ileri gelmektedir.

1.9.1.2.3 Ekonomik Boyut

Teknolojik açıdan mümkün olan ekonomik açıdan her zaman mümkün olmayabilir.Teknolojik olarak geliştirilen bir konunun uygulamaya konulması bazı ekonomik kriterlere uygun düşmesine bağlıdır.

Enerji sektöründe yatırımların boyutları çok büyüktür.Bu nedenledir ki, gelişmekte olan ülkeler enerji sistemlerini gerekli ölçüye getirmekte zorluk çekmektedirler.

Bu yatırımlar oldukça büyük bir mali güç gerektirmektedir.Ancak bunlardan sağlanan gelirde yatırımların büyüklüğüne uygun çaptadır.

Bununla beraber enerji alanında arz yapısıyla talep yapısı arasında derin bir dengesizlik vardır.Bir tarafta bu pazarı yönlendiren güçlü ve az sayıda arz sahipleri bulunurken diğer tarafta enerji fiyatlarına göre kendilerini ayarlayan büyük sayıda talep sahipleri vardır.

1.9.1.2.4 Politik Boyut

Enerji her zaman ve her devirde politik bir madde olmuştur.Enerjinin artan politik öneminin çeşitli gerekçeleri vardır ;

a. Petrol stratejik bir maddedir.Örneğin petrol zengini ülkeler etkin askeri üstünlük sağlayabilmektedir.

b. Enerji sektöründeki kesintileri maddi ve manevi sıkıntıları ekonomik,toplumsal ve politik düzeyde hissedilmektedir.

c. Enerji fiyatlarında küçük ölçekte ortaya çıkan değişmeler karşısında Pazar ekonomileri kendilerini ayarlayabilmektedir.Ancak durumu büyük oranda altüst eden değişikler meydana gelirse politik müdahaleler söz konusu olabilmektedir.

1.9.1.2.5 Çevresel Boyut

Büyük miktarlarda enerjinin üretilmesi ve dağıtılması sonucu çevre bozulmaktadır.Karbondioksit gazı ve diğer muhtelif gazların yayılmasıyla sera etkisi ve bunlara bağlı iklimsel değişiklikler,yanma tesisleri ve kara taşıt araçlarından yayılan gazlardan oluşan asit yağmuru,nükleer enerji artıklarının saklanması gibi çevresel enerji faaliyetleri sonucu ortaya çıkmaktadır.

Yakın gelecekte enerji ile ilgili çok sayıda çevresel konu gündeme gelecektir.Bunların çözülme yöntemleri muhtemelen enerji geleceğini karşılaştıracak nitelikte olacaktır.

Dünyada enerji tüketiminin artmaya devam edeceği göz önüne alınırsa çevresel boyutun da bu artışa paralel olarak büyümesi kaçınılmazdır.Artık enerji ekonomi ilişkisinin yerini **Enerji-ekonomi-çevre** üçlüsü alacaktır.

1.9.1.3 Rezervler ve Kaynaklar

Enerji rezervleri ile enerji kaynakları arasında sınırı keskin olmamakla beraber bir ayrım yapmak gerekmektedir.

Jeolojik açıdan rezervler iyi tanınmakta yerleri hacimleri ve kaliteleri bilinmektedir.Bunlar bugünkü veya kısa vadede öngörülebilen ekonomik koşullar altında üretilmektedir.

Enerji kaynakları 2 tipte olabilir.Birincisi jeolojik bakımdan hemen hemen rezervler kadar iyi tanınan fakat üretimleri fazla pahalı yani ekonomik sayılmayanlardır.Diğeri jeolojik açıdan az tanınan veya hiç tanınmayanlardır ki gereğinde bunların üretim maliyetleri üzerinde tahminler yapılabilir.

Rezervler ile kaynaklar arasındaki farkın incelenmesinde şu sonuçlar çıkarılır;

Enerji üreticileri tarafından ‘rezervler’ yakın geleceğin güvencesi olarak bakıldığından gösterilen ilgi büyüktür.Buna karşılık hiçbir zaman sürekli ilgi çekmeyen kaynaklardır.

Rezervlerin ömürleri için 10-20 yıl gibi kısa süreler verilmesine karşın kaynak ömürleri ilke olarak uzun hatta çok uzun sürelerle ifade edilir.

Rezervlerin hesaplarının dayandığı veriler oldukça güvenilir,muhafazakar ve işletmeye yönelik iken,kaynaklar üzerindeki veriler daha belirsiz ve bilimsel enformasyona yöneliktir.

Rezervlerin hesaplanması için yararlanılan yöntemler jeofizik araştırma,sondaj,ölçmelerin analizi vb gibi endüstriyel tipte ve genellikle pahalı iken kaynaklar için daha çok bir araştırma faaliyeti söz konusudur.

1.9.1.4 Enerji Sisteminin Yapısı

Bir ülkede birincil enerji tüketimi(E) ulusal enerji sistemi içinde ekonominin çeşitli ihtiyaçlarını karşılamak için yıl boyunca tüketilen bütün enerji şekillerinin toplamını gösterir.

Enerji bilançolarının hesaplanmasında genel olarak ticari olmayan geleneksel enerjiler(odun,bitki,hayvan artıkları gibi) hesaba katılmamaktadır.

Yalnız ticari enerjiler ele alındığında başlıca 4 birincil enerji vardır ;(kömür,ham petrol,nükleer veya hidrolik kökenli,birincil elektrik enerjisi). Bu enerjiler doğrudan doğruya oldukları gibi kullanılabilmektedir. Bazı ihtiyaçları karşılayabilmek için bazen ikincil enerjiye dönüştürülmeleri gerekmektedir(Ham petrolden benzin,fueloil gibi yan ürünler elde edilmesi kömürden havagazı üretimi ve kömürden fuel oilden doğalgazdan elektrik enerjisi elde edilmesi bu tür dönüşümlerdir.)

Dolayısıyla endüstriyel,konutsal,ulaşım ve tarım sektörlerinin satın aldıkları son enerji ya olduğu gibi hazırlanan birincil enerji ya da birincil enerji şeklinin az veya çok dönüştürülmesi suretiyle elde edilen ikincil enerji tarafından oluşturulmaktadır. Bu son enerji ise kullanıcı cihazlar aracılığıyla aydınlatma,ısı,hareket enerjisi gibi çeşitli ihtiyaçların karşılanmasını sağlamaktadır.

Sonuç olarak iyi belirlenmiş bir ihtiyacın karşılanması için gerekli son enerji miktarı kullanılan enerjinin niteliğine ve yararlanılan cihazların verimine göre önemli oranda değiştirilebilecektir.

Uygulamada ekonomisti veya kullanıcıyı ilgilendiren 'gerekli enerji'nin karşılanacak ihtiyaç düzeyinde enerji sisteminin çıkışında gerçekten varolmasıdır. [5]

1.9.2 Enerji ve Çevre

Köşelerini enerji, ekonomi ve maliyenin oluşturduğu üçgen, enerji politikasının hareket alanını sınırlar. 1980'li yıllardan başlayarak "sürdürülebilir büyüme" ilkesi ile bu üçgenin ağırlık merkezine çevre politikası yerleşmiştir

Doğal çevreyi tüm insan faaliyetleri etkilemektedir. Bu faaliyetlerin en etkililerinden biri enerji alanıdır. Sanayi devrimimin başlangıcından beri giderek artan ve aşırı boyutlara ulaşan, artışı tükenme pahasına sürdürülen fosil yakıt kullanımı, enerji-çevre sorunlarının oluşmasının temel nedenidir.

Diğer enerji kaynaklarının da doğal çevre üzerinde etkileri vardır. Onların kullanımı fosil yakıtlar düzeyine ulaşmadığından, teknolojilerinin farklılığından etkileri daha sınırlı bulunmaktadır.

Çevre, ekonomiye hammadde sağlar. Bu hammadde, üretim sürecinden geçerek tüketim malları haline dönüşür. Daha sonra bu hammaddeler ve üretiminde kullanılan enerji çevreye atık olarak geri döner[32]

Uzun menzilli bir ekonomik büyümenin tabanı, sürdürülebilir çevre olarak görülmektedir. Bu kapsamda ekonominin tüm sektörlerinde enerjinin etkin kullanımının artırılması ile temiz ve sürdürülebilir enerji olanak ve teknolojilerinin geliştirilmesi istenmektedir. Sürdürülebilir enerji kavramı, tüm birincil enerji kaynaklarından yapılan enerji üretiminin yüksek verimle ve temiz teknolojilerle gerçekleştirilmesini, fosil yakıtların çevre dostu yeni teknolojilerle değerlendirilmesini, tükenir fosil kaynakların yerine olabildiğince tükenmez (yenilenebilir) enerji

[5] F.B.YÜCEL Enerji Ekonomisi 1994 : 84
[32] Alpar 1997:35-38

kaynaklarının yerleştirilmesini, bir çevrimde atık biçimde ortaya çıkan enerjinin, bir başka çevrimde girdi olarak kullanılmasını kapsayan ve bunu ekonomik büyüme ile bütünleştiren bir kavramdır.

Bugün "enerji ve çevre kirlenmesi" denilince, fosil yakıtların yanma emisyonları ve nükleer enerji fobileri anlaşılmaktadır.

Yanma reaksiyonu ile ortaya çıkan fosil yakıt emisyonları, birincil ve ikincil kirleticiler diye ayrılmaktadır. Birincil kirleticiler COx, NOx, SOx, PbOx, TSP hidrokarbonlar iken, yanma dışı reaksiyonlar ve güneşin uv ışınları ile ikincil kirleticilere dönüşmektedirler. Bu grupta aerosollar, aldehitler, olefinler, PAH, nitrosamin, oksidantlar vb kirleticiler bulunmaktadır. Birincil ve ikincil kirleticilerin bazıları sera etkisi oluşturmakta ve iklim değişikliğine neden olmakta, bazıları biosferi zehirlemektedir. PAH bileşikleri ve halojenli yakıtlardan çıkan PCDD/PCDF (dioksin ve furan) türü yanma ürünleri ise, kanserojen maddeler olarak bilinmektedir.

Sera etkisi oluşturan gazların başında karbondioksit (CO_2) gelir ve bu etki global karakterlidir. Bazı kirleticilerin etkileri ise SO_2 emisyonun neden olduğu asit yağmurları gibi yerel karakterlidir.

Enerji üretiminin neden olduğu çevre etkileri; asit kirleticiler, sera etkisi (global ısınma), insan sağlığı ve emniyet sorunu, partiküller, ağır metaller, tehlike afet olasılığı, atık sorunu, çirkin görüntü, gürültü, ışık kirliliği, radyasyon kirliliği, arazi gereksinimi olmak üzere gruplandırılabilir.

Enerji tüketimine koşut biçimde **dünya global sıcaklığındaki artış**, iki ayrı nedene dayanmaktadır :

Birinci neden, enerji tüketiminin direkt etkisidir. **İkinci neden**, enerji tüketiminin fosil hidrokarbon türü yakıtlara dayalı olması ve fosil yakıt yanma ürünü CO_2 gazının atmosferdeki konsantrasyonunun, şimdilik normale göre **1.3 kat** artmasından kaynaklanan sera etkisidir.

İnsanlığın önündeki en büyük çevre sorunu, atmosferdeki sera gazı CO_2'in ısı tuzağı oluşturmasından ve artan konsantrasyonu ile etkisinin giderek artmasından kaynaklanmaktadır. CO_2 dışında, yüksek yanma sıcaklıklarında ortaya çıkan NOx emisyonları ve ozon da sera gazıdır. Ancak, atmosferdeki konsantrasyonları az olduğundan, etkileri CO_2 kadar fazla

değildir. NOx'in % 3'ü, ozon oluşturan gazların da % 14'ü enerji aktivitelerinden kaynaklanmaktadır.

1.9.2.1 Enerji Kaynakları ve Çevre Üzerindeki Etkileri

1.9.2.1.1 Fosil Yakıtlar

Fosil yakıtların en önemli çevre etkisi CO_2 emisyonudur. Fosil yakıtların tümünün bileşiminde az veya çok miktarda kükürt bulunur. Yanma sonucu bu kükürt SO_2 ve SO_3 biçimine, kısaca bunların toplamını ifade eden SOx emisyonuna dönüşür. Özellikle, SOx solunum yolu enfeksiyonlarına ve kalp rahatsızlıklarına neden olduğu gibi, atmosferdeki mutlak nem ile birleşerek sülfüroz ve/veya sülfürik asit biçimine dönüşerek, yağmurla birlikte asit yağmuru olarak yeryüzüne döner.

Fosil yakıtların yanması sonucu ortaya çıkan bir diğer kirletici NOx emisyonudur. Doğal gazın alevinin yüksek sıcaklıkta olması NOx üretimini artırmaktadır. NOx emisyonu CO_2 gibi bir sera gazıdır. Ayrıca, NOx solunması koşulunda aside dönüşerek akciğer dokusunu tahrip etmektedir.

Gerekli önlemler alınmadığı taktirde fosil yakıtların üretiminde ve taşınmasında ortaya çıkan çevre tahribatları söz konusu olmaktadır. Özellikle açık kömür işletmeciliği, doğal bitki örtüsünü yok edici biçimde yapılabilmektedir. Üretim sonrası buraların yeniden bitki örtüsü ile kapatılması gerekir. Kömür taşımacılığının kirletici etkisi bulunduğu gibi, boru hatları ile petrol ve doğal gaz taşınmasında da korozyonla birlikte çevre sorunları vardır.

1.9.2.1.2 Nükleer Enerji

Nükleer enerjinin endişe duyulan çevre etkisi, rutin çalışma sırasında çevreye verilen radyasyon etkisinden değil, kaza halindeki sızmalardan, nakil sırasındaki risklerden ve atık depolanmasından kaynaklanmaktadır.

Nükleer santral atıklarının, işlendikten sonra geriye kalanının aktivitesini yitirme süresince saklanması, güvenli biçimde sağlanmakta olup, tüm radyoaktif atıklar cam içinde eritilerek, paslanmaz çelik borular içine sızdırmaz biçimde konulmakta, beton bloklarla, depremden etkilenmeyen su ile temas etme olanağı bulunmayan tuz yataklarına gömülerek ortadan kaldırılmaktadır. Böylece, nükleer atık sorunu çözümlenmiş olmaktadır. [33]

1.9.2.2 Temiz Enerji Üretimi

1.9.2.2.1 Doğal Gaz Teknolojileri

Teknolojiler

Doğal gaz kombine çevrim santralleri kömür santralleri yerine ya da ilave olarak doğal gaz santralleri ile ilgili teknolojilerdir.

Gelişme Durumları

Doğal gaz kombine çevrim santrallerinin iki önemli avantajı vardır:
Gaz yüksek verimle yakılır (Gaz türbininden çıkan ekzost gazlarının atık ısısı bir buhar jeneratörü vasıtasıyla geri kazanıldığından termik verim %55'e ulaşır. Termik verim kömür santrallerinde %40, basit çevrimli gaz türbinlerinde %30-35 dir).

Kirletici gaz ve sera gazı emisyonları düşüktür. Belirtilen avantajlarının yanı sıra maliyet açısından da rekabet edilebilir durumda olan teknoloji de,verimin daha da fazla arttırılmasına yönelik gelişmeler devam etmektedir.

[33] TÜSİAD, 21. yy a girerken Türkiye'nin enerji stratejisi, Enerji ve Çevre, ,Aralık 1998, 229-240

Emisyon Azaltma Potansiyelleri

Yüksek doğal gaz kombine çevrim santrallerinin CO_2 emisyonu, kullanımda olan kömür kadardır. Doğal gaz temini mümkün olan yerlerde bu santrallerin dönüştürülmesi kısa dönemde Kyoto hedeflerini karşılayacak mertebededir. Diğer taraftan, gelişmekte olan ülkelerde , kömür üretim ve kullanımı ile ilgili en iyi uygulamaların benimsenmesini de verimliliği arttıracak ve emisyonları düşürecektir.

Daha Geniş Kullanımları Önündeki Engeller

Doğal gaz temini ve dağıtımı konusundaki sınırlamalar ve mevcut santrallerin doğal gaza dönüştürülmesinin getireceği ilave maliyetler başlıca engellerdir. Diğer taraftan doğal gaz fiyatları da temiz kömür teknolojilerinin daha ekonomik olması sonucunu doğurabilir.

Dünyada oldukça yaygın kullanılmasına rağmen hala bazı teknik engeller de mevcuttur. Verimliliği daha fazla artıracak ve daha yüksek çalışma sıcaklıklarına imkan verecek malzemelerin ve tasarımların geliştirilmesi mümkündür.

1.9.2.2.2 Kömür Teknolojileri

Teknolojiler

Birçok ülkede mevcut kömür rezervleri ve doğal gazın her yerde bulunabilir bir kaynak olması nedenleriyle kömür santrallerinin kullanımı devam edecektir.

Gelişme Durumları

Kısa ve orta dönemde emisyonları düşürecek kömür teknolojileri; pulverize yakıt ve akışkan yatakta yanma teknolojileridir. Bunlar ticari olarak da geliştirilmiştir. Ancak basınçlı pulverize yanma teknolojilerinin kısa sürede ticarileşmesi mümkün değildir. Basınçlı akışkan yatak teknolojileri (Kabarcıklı ve sirküle yataklı vb.) ise demonstrasyon aşamasındadır.

Gazlaştırma üniteli kombine çevrim santralleri ticarileşmiş olup henüz kullanımları yaygın değildir.Daha ileri teknolojili ticarileşmiş olup henüz kullanımları yaygın değildir.Daha ileri teknolojili olanlarının pazara çıkışının 2010 yılından sonra olacağı beklenmektedir.

Emisyon Azaltma Potansiyelleri

Ortalama verim, kullanılmakta olan teknolojilerde %40 düzeyindedir.

Daha Geniş Kullanımlarının Önündeki Engeller

Doğal gaza dayalı teknolojiler daha ucuz olmaları ve daha az emisyona neden olmalarından dolayı daha çok tercih edilmektedir. Talebin artması sonucu doğal gaz fiyatlarının yükselmesi gündeme gelirse, kullanımları artabilir.

Kömürün gazlaştırılması teknolojilerinde ortaya çıkacak yeni gelişmeler, özellikle kömür rezervlerine sahip ülkelerde bu ortaya çıkacak yeni gelişmeler, özellikle kömür rezervlerine sahip ülkelerde bu teknolojilerin kullanılmasını artıracaktır.

1.9.2.2.3 Biyokütle(Biomas)

Teknolojiler

Yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji üretimindeki payı, hidroelektrik santrallar dışında çok küçüktür. Ancak bu payın artması beklenmektedir. Biyokütle enerjisi,kısa dönemde emisyon sorunun çözümüne katkıda bulunabilir.

Gelişme Durumları

Biyokütlenin başlıca üç kaynağı vardır: orman ve kağıt sanayii atıkları, tarımsal atıklar ve özellikle enerji üretiminde kullanılmak üzere yetiştirilen enerji bitkileri. Biyokütle kaynakları termik santrallerde tek başlarına ya da kömür ile birlikte kullanılabilir, kısa dönemde kömür ile dönüşümlü kullanılmaları en etkin yol olarak görülmektedir. (Uzun dönemde biyokütlenin sıvı ve gaz yakıtlara dönüştürülmesi de gündemdedir.)

Emisyon Azaltma Potansiyelleri

Yüksek Kömürlü santrallerde yakıtın bir kısmının biyokütle ile yer değiştirmesi, fosil karbonun yerine biyokütle kaynaklı yenilenebilir karbonun geçmesi nedeniyle, emisyonları azaltacaktır.

Yapılan kapsamlı çalışmalar, mevcut kömür santrallerinin donanım ve altyapısında yapılacak ufak değişikliklerle, bu santrallerde elde edilen enerjinin %15'inin biyokütle kaynaklı olmasının mümkün olacağını göstermiştir.

Daha Geniş Kullanımların Önündeki Engeller

Santral bölgesinde yerel olarak biyokütle besleme stoğu bulunmasının gerekmesi (yaklaşık 50 mil çapında bir alandan toplanıp santrale nakledilmesiyle ilgili altyapı), fosil yakıtlara göre daha yüksek sermaye yatırımlarına ihtiyaç duyulması (biyokütlenin enerji yoğunluğunun daha düşük olması nedeniyle) ve büyük ölçekli santrallerde biyokütle kullanılmasına ilişkin deneyim eksikliği başlıca engellerdir. Kullanılmakta olan tarım alanlarının bir kısmının enerji bitkileri tarımına ayrılması ihtiyacı da, enerji bitkilerinden yararlanılması konusunda bir engel oluşturabilir.

1.9.2.2.4 Rüzgar Teknolojisi

Gelişme Durumları

Rüzgar enerjisi sistemleri 1980'lerden bu yana hızlı bir ilerleme göstermiştir ve 1998 yıl sonu itibariyle dünya kapasitesi 9600 MW'a ulaşmıştır. Kullanılmakta olan türbinlerin kapasitesi 100600 kW arasındadır, ancak Avrupa'da yeni geliştirilen türbinlerin kapasitesi 1.5 MW'a ulaşmıştır.

Rüzgar türbinleri konusunda, türbin kanatları tasarımı, daha hafif yapılar geliştirilmesi, gürültünün azaltılması, daha ileri kontrol ve depolama sistemleri için ArGe ihtiyacı vardır.

Emisyon Azaltma Potansiyelleri

Orta derecede maliyet ve performanstaki gelişmelere bağlı olarak daha fazla olabilir.

Daha geniş Kullanımlarının Önündeki Engeller

Maliyetin düşmesine rağmen, rüzgar enerjisi hala diğer konvansiyonel kaynaklara göre daha pahalıdır.

Ayrıca sürekli olarak enerji üretilememesi, özellikle uzun dönem için bir engel olarak görülmelidir.

Diğer engeller de görüntü ve gürültü kirliliği yaratmalarıdır. Denizde kurulacak 2.53 MW lık santralıların geliştirmesi için çalışmalar sürdürülmektedir.

1.9.2.2.5 Yakıt Hücreleri

Gelişme Durumları

Fosforik asit yakıt hücreleri ticari düzeyde mevcuttur. Erimiş karbonat ve katı oksit yakıt hücreleri ise henüz geliştirilme ve demonstrasyon aşamalarındadır. Verimleri %5060 arasında olup, türbinlerle birlikte kombine çevrim düzenlemeleri sağlanırsa verimin %70'lere ulaşacağı beklenmektedir. Düşük sıcaklık yakıt hücreleri, ulaşımda ve sabit enerji üretiminde daha geniş bir pazar imkanına sahiptir. Bunların en gelişmiş olanları proton değişim membranlı yakıt hücreleridir. Önümüzdeki 510 yıl içinde ticarileşmeleri beklenmektedir.

Emisyon Azaltma Potansiyelleri

Yüksektir. %70 elektrik enerjisi verimiyle çalışması beklenen bir katı oksit yakıt hücresi / gaz türbini sisteminin, aynı miktarda enerji üretecek bir konvansiyonel santrala göre %50-70 daha az CO_2 emisyonuna neden olacağı hesaplanmıştır.

Daha geniş Kullanımları Önündeki Engeller

En önemli engel maliyetlerinin yüksekliğidir. Ayrıca aşılması gereken bazı teknik engeller de mevcuttur.

1.9.3 Enerji Politikası ve Sürdürülebilir Kalkınma

1.9.3.1 Enerji Politikası

Ülkelerin ekonomik ve sosyal gelişimlerinin sürükleyici unsuru ve en temel gereksinimlerinden biri, enerjidir. Bu nedenle de ülke yönetimlerini üstlenenler, enerjiyi kesintisiz, güvenilir, temiz ve ucuz yollardan bulmak ve bu kaynakları da mutlaka çeşitlendirmek durumundadırlar.

Kimi geleneksel enerji kaynakları ile geri kalmış teknoloji kullanımının, doğal çevrede geri dönülmez tahribatlara yol açmaması içinse, "sürdürülebilir kalkınma" kavramı gündeme gelmiştir.

Enerji politikaları belirlenirken dikkate alınması gereken öncelikli hususlardan biri de, ülkenin enerji kaynakları potansiyelinin, sağlıklı ve bilimsel olarak belirlenmesidir.

Ülke enerji kaynakları potansiyelinin saptanmasından sonra; söz konusu kaynakların nasıl geliştirileceği, yerli ya da yabancı özel sektörün hangi alanlarda katkısına gereksinim olduğu, ithalatın gerekli olup olmadığı gibi konularda strateji geliştirilebilir.

İthalatın kaçınılmaz görüldüğü veya dönemsel olarak kullanılması gereken koşullarda ise; kaynak çeşitliliği, enerji politikasının en önemli gerekliliklerinden biri olarak dikkate alınmalıdır.

Enerji politikalarının yaşamsal bir gerekliliği de, enerji talep tahminlerinin sağlıklı yapılmasıdır. Enerji talep tahminlerinin dayandırılması gereken temel parametrelerin başlıcaları; **ekonomik büyüme** (sermaye birikimi, istihdam, iş veriminde artış, v.b.), nüfus (çoğalma oranı, göç, etkin çalışan nüfus, v.b.), **enerji fiyatları**, **teknolojik gelişmeler**, **enerji politikaları** (vergi politikaları, teşvikler, v.b.,) ve enerji tasarrufuna yönelik tüketici davranışlarıdır.

Enerji politikalarının belirlenmesi sürecindeki en yaşamsal gerekliliklerden bir diğeri, son yıllarda ülkemizde devre dışı bırakılmış olan planlamadır.

Planlama; gereksinime yönelik olarak, kaynakların, üretimin ve tüketimin düzenlenmesidir. Bu düzenleme, tüketimin doğru tahmini ve bu tahmine uygun üretimi sağlayacak tesislerde kullanılacak enerji ve finans kaynaklarının saptanmasıyla olanaklıdır.

Enerji üretiminde, endüstriyel devrimden bu yana, her dönem belli bir enerji ham maddesi önem kazanmış ve toplumsal gelişime damgasını vurmuştur. Kömürün neredeyse rakipsiz olduğu dönemi, petrolün egemen olduğu dönem takip etmiştir.

Nükleer enerji, 1973-1974 petrol krizlerinin hemen sonrasındaki döneme damgasını vururken, görülen kimi sakıncaları nedeniyle birçok ülkede sınırlanmıştır. Gelişen çevre bilincine paralel olarak, doğal gaz da giderek artan biçimde petrol ve kömürün yanında devreye girmeye başlamıştır.

Önümüzdeki dönemde, bazı çevrelerce küçümsense de, temiz ve alternatif enerji kaynakları daha önemli ölçekte devreye girecektir. Ne var ki, bugün için fosil kaynaklar dediğimiz kömür, petrol ve doğal gaz; dünya birincil enerji tüketimi içindeki toplam yüzde 88'lik payları ile ezici bir ağırlık taşımaktadır.

Tablo 1: Dünya Birincil Enerji Tüketimi: Kaynaklarının Payları (%),2003 Sonu

Kaynaklar	**%**
Kömür	27
Nükleer	6
Hidro	6
Doğalgaz	24
Petrol	37

Kaynak : BP Statical World Review of Energy,Haziran 2004

Bölgeler arasındaki ticaretleri en yaygın olması beklenen petrol ve doğal gaza bir kez daha bakacak olursak; ham petrol (2004 yılında) fosil kaynaklar içinde dünya birincil enerji

kullanımında yüzde 37 ile en yüksek paya sahip olan kaynaktır[4]. Dünya birincil enerji kullanımında kömürün payı yüzde 27, doğal gazın payı ise yüzde 24'tür.

Toplam payları itibarı ile, 2001 yılında dünya birincil enerji üretiminde yüzde 62'lik bir ağırlığı olan bu iki fosil kaynağın, gerek üretiminde, gerek taşınması, işlenmesi ve ticaretinde kontrol sahibi olma savaşımının, 21. yüzyıla da damgasını vuracak önemde olduğu görülmektedir. Diğer yandan, dünya petrol ticaretinde, bölgeler arasında taşınacak olan miktarın hem mutlak değer olarak artacak olması, hem de bugün yüzde 46 olan seviyesinin yüzde 63'e çıkacak olması, büyük güçler arasındaki, taşıma yollarının kontrolü savaşımının ne denli zorlu geçeceğine de bir gösterge oluşturmaktadır.

Nükleer kaynaklar, dünya birincil enerji tüketiminde 2004 yılı itibarıyla, yüzde 6,1'lik bir ağırlık oluşturmaktadır. 2004 yılında dünyada 624 milyon ton petrol eşdeğeri nükleer enerji tüketilirken, bunun yüzde 30'unu ABD, yüzde 16'sını Fransa, yüzde 10,4'ünü Japonya ve yüzde 5,2'sini Rusya Federasyonu tüketmiştir. Özellikle atık sorununun çözümlenememesi, yatırım ve atık yönetimine yönelik çok yüksek maliyetler ve insan sağlığına yönelik kaygılar, mevcut nükleer teknolojileri ile kurulan santrallere talebi azaltmıştır.

Birçok ülke mevcut teknolojilerle santral inşa etmemekte, yeni teknoloji ve toryuma dayalı santral tipleri üzerinde yoğun çalışmalar sürdürülmektedir. Ancak bu çalışmaların elle tutulur sonuç verebilmesi için, uzun süre geçmesi beklenmektedir.

Hidrojen teknolojisi ve **yakıt hücreleri**, bir diğer "umut" kaynağıdır. Sadece kaynak çeşitliliği açısından değil, aynı zamanda fosil yakıtların yarattığı sera gazı emisyonları bakımından da avantajlı olan bu kaynağın teknik ve özellikle ekonomik anlamda alternatif oluşturabilmesi için çok ciddi ARGE yatırımı ve birkaç on yıl gerektirmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının (güneş, rüzgâr, biyo kütle, jeotermal, vb.) fosil yakıtlara oranla pahalı olduğu bilinmektedir. Bu kaynakların kullanımına yönelik yatırımların, sürekli hükümet politikaları ile teşvik edilmeleri hâlin de, birincil enerji üretimindeki paylarını önemli oranda arttırılabilmeleri olasıdır.

Yenilenebilir enerjinin yaygınlaşabilmesi **üç temel etkene** bağlı görünmektedir;

Bunlar; kaynakların varlığı ve yoğunluğu, her bir kaynak için geliştirilecek teknolojinin olgunluğu ve nihayet, hükümetlerin bu kaynakların kullanımı için uygulayacakları piyasa kurallarıdır.

Enerji yoğunluğunun azaltılması (enerji verimliliğinin arttırılması), enerji politikalarının en önemli unsurları arasındadır. Gelişmiş ülkeler, birkaç kat düşük enerji girdisi ile, az gelişmiş ülkelerin yaratabildikleri gayri safi hasılayı elde edebilmektedir. Hızla artan talebin planlanması (bir anlamda sınırlanması) bir diğer hedef olmalıdır.

Enerji kullanım oranındaki artış, her zaman için gelişmenin göstergesi değildir ve bu alanda, talebin planlanması anlamında yapılması gereken çok çalışma vardır.

İspatlanmış petrol rezervlerinin 41, doğal gaz rezervlerinin 67, kömür rezervlerinin ise 164 yıl ömrü vardır. Potansiyel rezervler de düşünüldüğünde, önümüzdeki on yıllarda "rezervlerin yeterliliği" açısından sorun yoktur. Buna karşın, dünyanın istikrarsız bölgelerine (ya da bu doğal zenginlikleri yüzünden istikrarsızlaştırılmış olan) dağılmış olan söz konusu kaynakların tüketiciye ulaşabilmesi için büyük yatırım gereksinimi vardır.

2030 yılına kadar, yüzde 60 oranında artması beklenen dünya enerji talebinin karşılanabilmesi için, dünya enerji sektörün de toplam 16 trilyon Dolarlık yatırım gereksinimi vardır

Enerji kaynaklarını "sürekli emre amade" bulundurabilmemizin, 3 temel yolu vardır.

Bunlardan ;

Birincisi ve önceliklisi, ülkemizin kendi kaynak potansiyelini doğru saptamak ve bunu geliştirerek en uygun biçimde enerjiye dönüştürmektir.

İkincisi, yurt dışındaki kaynakların aranması ve üretilmesi sürecine, kendi şirketlerimizle katılarak ve bu kaynaklardan hisse sahibi olarak,enerji üretimimiz için gerek duyulan kaynaklar ve bunların taşınma yolları üzerinde kontrol elde edebilmektir.

Üçüncü yol da, ilk iki yolun yetersiz kaldığı durumlarda, ya da stratejik ekonomik amaçlarla, kısa orta ya da uzun vadeli olarak, ithalata yönelmektir. İthalatın zorunlu

göründüğü durumlarda,dikkate alınması gereken en önemli ilkelerden birisi de,kaynak çeşitliliğininsağlanmasıdır.[34]

1.9.3.1.1 Dünyada İzlenen Enerji Politikasına Genel Bakış

Avrupa Topluluğu 5.Çerçeve Programı'nda "rekabete dayalı ve sürdürülebilir kalkınmanın teşviki" için hedefler belirlenmekte ve bu hedeflerin gerçekleştirilmesinin, yüksek performanslı enerji sistem ve hizmetlerinin ve ulaşım sistemlerinin geliştirilmesine bağlı olduğu belirtilmektedir.

Bu çerçevede, ileri enerji sistem ve hizmetleri alanındaki öncelikler;

1) Yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları kullanımının artırılması,
2) Enerjinin depolanması ve dağıtımı ile ilgili teknolojilerin geliştirilmesi,
3) Fosil yakıtların kullanılmasında temiz üretim teknolojilerinin ve enerjinin rasyonel kullanımı ile ilgili teknolojilerin geliştirilmesi,
4) "ekonomi-çevre-enerji" ilişkileri konusunda kapsamlı ve detaylı senaryoların hazırlanması olarak öngörülmektedir.

Diğer gelişmiş ülkelerin de benzeri politikalar izlediği bilinmektedir. [13]

1.9.3.1.2 Dünyada Enerji Kaynakları ve Politikası

Basit olarak bakıldığında; enerji ve tercih edilen enerji kaynağı değerlendirilirken kaynağın fiyatı, kaynağın elde edilme kolaylığı ve ayrıca çevre ve sağlık etkileri göz önüne alınır. 6.4 milyarlık dünya nüfusunun 2.4 milyarının hala ticari olmayan enerji kaynaklarına (odun, bitki hayvan artıkları) bağlı olduğu, 1.6 milyara elektriğin ulaşmamış olduğu ve gelişmiş (endüstrileşmiş) ülkelerde kişi başına enerji tüketiminin gelişmekte olan ülkelere göre 7 katı yüksek olduğu bilinmektedir. Düşük enerji fiyatının ekonomik gelişmeyi tetiklediği ve yenilenebilir kaynakların fosil kaynaklara göre tüketici için genelde daha yüksek maliyetli olduğu bilinen gerçeklerdir. Diğer taraftan, enerji kaynakları tüm ülkelere eşit olarak dağılmış

[34] Pamir Necdet, 2003 : 2
[13] http://www.tubitak.gov.tr/btpd/btspd/platform/enerji/bolum1.html, Erişim Tarihi :05.08.2006

durumda değildir. Dünyada bazı ülkeler rezervlere sahip olup üretici konumundayken diğerleri bu enerji kaynaklarını elde etmeye çalışan tüketici konumundadırlar. Bu arada nüfus artarken ve ülkeler daha fazla enerji kullanarak gelişirken, enerji kullanımından kaynaklanan çevre ve sağlık sorunları dünya gündemindedir.

Kapalı ortamlardaki hava kirliliği ve atmosferdeki hava kirliliği nedeniyle insan ölümleri ve atmosferdeki iklim değişikliğinden kaynaklanan olumsuzluklar bilinmektedir.

Ülkeler için enerji artık "kendi kendine yeterlik" tanımının dışındadır. Ülkelerarası ticaret esastır ve bu ticaretin güvenle yapılması gerekmektedir. Ticaret denince akla hemen arz ve talep gelmektedir. Talep olması için ekonomik gelişme ve enerjiyi satın alacak insan gerekmektedir.

Tüm enerji kaynakları (petrol, doğal gaz, kömür, nükleer enerji, alternatif enerji kaynakları) göz önüne alındığında dünyada her gün 205 milyon varil (28 milyon ton) PEE enerji tüketilmektedir. Enerji; konut sektöründe, endüstride, ulaşımda ve güç sektöründe kullanılmaktadır. Teknoloji, gittikçe enerjiyi daha verimli kullanmanın yollarını araştırmaktadır. Bu nedenle kişi başına enerji tüketimi yerine enerji başına üretim verimliliği (enerji yoğunluğu) ülkelerin gelişmişlik düzeylerini açıklamak amacıyla tercih edilmektedir.

Uluslararası Enerji Ajansı'nın (the International Energy Agency, IEA) tahminlerine göre 2015 yılında dünya enerji talebi 1/3 oranında artarak günde 240 milyon varil (33 milyon ton) PEE rakamına ulaşacaktır. Burada en kritik soru, bu talebin nasıl karşılanacağıdır.

Bazıları için yenilenebilir ve alternatif enerji kaynakları dile getirilmektedir. Rüzgar, dalga, güneş, biyokütle ve jeotermal gibi. Teknolojilerindeki gelişmelerden dolayı bu tür yenilenebilir enerji kaynaklarının maliyetleri gittikçe düşmekte olmasına rağmen (uygun koşullarda rüzgar ve jeotermalde 34 cent/kWh, biyokütlede 8 cent/kWh) ilk yatırım maliyeti ve rahat ulaşılamaması gibi nedenlerle, hala fosil yakıtlarla karşılaştırılabilecek düzeyde değildir. Bunların gelecekte önemli enerji kaynakları olacakları konusunda kimsenin şüphesi yoktur. Bunlardan biri veya birkaçı gelecekte dünya enerji talebinin önemli bir kısmını karşılayacaktır. Fakat, bilinen gerçekler bu geleceğin, en az 20 veya 30 yıl, pek yakın bir tarih olmadığını göstermektedir.

Fosil yakıtlara alternatif kaynaklar olarak hidroelektrik, nükleer ve hidrojen düşünülebilir. Ancak bunların fosil yakıtların yerini tamamen alması yerine ancak belirli bir kısmını karşılaması olasıdır. Geleceğin yakıtı olarak düşünülen hidrojenin elektrik gibi bir enerji taşıyıcısı olduğu, enerji kaynağı olmadığı, bir başka enerji kaynağı kullanılarak elde edildiği unutulmamalıdır.

Bugün hidrogüç hariç tüm yenilenebilir ve alternatif enerji kaynakları dünya talebinin sadece %2.4'ünü karşılamaktadır. Başta gelişmiş ülkeler olmak üzere birçok ülkede araştırmalar sürdürülmektedir. Ancak tüm araştırmalara rağmen, yapılan IEA tahminleri, yenilenebilir ve alternatif enerji kaynaklarının oranının 2015'te sadece %3.3 olacağı şeklindedir.

Yenilenebilir enerji türlerine ek olarak, nükleer güç ve hidrojen 2030 ve sonrasında dünya enerji gereksiniminin gittikçe artan bir oranını oluşturacağı düşünülmektedir. 1970 ve 1980'lerdeki nükleer güçle ilgili sorunlara rağmen, günümüzde birçok enerji uzmanı, özellikle Kyoto Protokolündeki CO_2 kısıtlamalarından dolayı, nükleer enerjinin dünyanın birçok yerinde kullanımının tekrar gündeme geleceği konusunda fikir birliği içindedir. Örneğin, kömüre bağımlı bir ülke olan Çin, büyüyen enerji gereksinimi ve kötü hava kalitesi göz önüne alındığında, en güvenli ve teknolojik olarak en gelişmiş reaktörlerin devreye alındığı varsayılırsa, nükleer güç için beklide en uygun ülkedir.

Evrende en çok bulunan ve en hafif element olan hidrojen, fosil yakıtlar, yenilenebilir ve nükleer güç gibi birçok birincil enerji kaynaklarından türetilebilir ve ulaşım dahil birçok kullanım alanları olabilir. Araçlarda güç üretirken sadece suyu emisyon olarak veren kullanımında, araçlardaki yakıt hücrelerinde depolanabilir.

Yukarıda yapılan değerlendirme göz önüne alındığında; arz-talep dengesini sağlamak için geriye hidrokarbonlar, petrol, doğal gaz ve kömür kalmaktadır. Bu kaynaklardan hangilerinin daha fazla önem kazanacağı ülkeden ülkeye değişmektedir. Örneğin, Çin'de kömürün büyük miktarlarda tüketileceği belirtilmektedir. Fakat dünya genelinde ise, petrol ve doğal gazın tercih edilen enerji kaynakları olacağı kesin gibidir. Bu durumda önemli olan soru "bu artan petrol ve doğal gaz tüketiminin endüstri tarafından güvenli bir şekilde nasıl sağlanacağıdır".

Halen bilinen fiziksel gerçekler bu soruyu olumlu yanıtlandırmaktadır. Gerekli kaynakların ve rezervlerin varlığı bilinmektedir. Dünyada 1000 milyar varil (143 milyar ton)

üretilebilir petrol rezervinin ve 155 trilyon m^3 (140 milyar ton PEE veya 975 milyar varil PEE) üretilebilir doğal gaz rezervinin hazır olduğu bilinmektedir. Ek olarak, 800 milyar varillik petrol ve 126 trilyon m^3'lük doğal gazın daha bulunabileceği USGS (the US Geological Service) tarafından tahmin edilmektedir.

Dünya yıllık petrol üretimi ve tüketimi değeri aynı olup, 3.6 milyar ton kadardır. Dünya petrol üretiminde en yüksek pay sahibi ülkeler %11'lik oranlarla S. Arabistan ve Rusya olup, OPEC dünya petrol üretiminin %38'ini karşılamaktadır. Dünya petrolünün %25'i A.B.D.'de tüketilmektedir. Daha sonra hızla büyüyen Çin ve daha sonra Japonya, Almanya, Rusya ve diğer ülkeler gelmektedir. Halen gelişmekte olan ülkelerin petrol tüketimi gelişmiş ülkelerin tüketiminden az olmakla beraber 2025'te tüketimlerin eşitleneceği tahmin edilmektedir.

Dünyada fosil enerji kaynaklarının bitmekte olduğu gibi olumsuz görüşlere genelde inanılmamaktadır. Yıllık üretimin bilinen üretilebilir rezerve oranı kömür için %0.4, doğal gaz için %1.5 ve petrol için %2.5 kadardır. Bilinen petrol ve doğal gaz rezervlerinin dışında varolan alışılmamış türden fosil kaynaklar olan ağır petrol, petrollü kumlar, petrollü şeyller ve metan hidratların önemli orandaki rezervleri petrol ve doğal gazın tükenmesi kaygılarını azaltmaktadır. En azından üretimin maksimuma ulaşacağı tarihi geciktireceği öngörülmektedir. Kötümser olanlar dünya petrol üretiminin maksimuma ulaşacağı ve inişe başlayacağı tarih olarak 2010'u görürken, iyimserler ise söz konusu tarihin daha 3040 yıl içinde olmayacağını iddia etmektedirler. Belirsizlikleri en fazla konulardan biri olan enerji hakkında projeksiyonlar yapmak kolay değildir. Dolayısıyla projeksiyonlarda farklıkların olması doğaldır.

Enerji kaynaklarının fiziki olarak varlığı sorun olarak görünmemektedir. Ancak enerji kaynaklarının güvenle sağlanması için 2 önemli risk unsuru mevcuttur. Bunlardan **birincisi** çevre sorunudur. Bu tür enerji kaynaklarını kullanan toplumların dünya ikliminde yarattığı sorunlardan kaynaklanan risk bilinmektedir. Söz konusu risk orta ve uzun dönemde oluşacaktır, fakat bugünden de bazı önlemlerin alınması ve hazırlıkların yapılması gerekmektedir. Sera gazlarının atmosferdeki değişimlerinin sürdürülebilir gelişmeyi tehdit etmeyecek düzeyde tutulması olasıdır. Bazı ülkelerde benimsenen emisyon ticareti sisteminin bölgeler arası kullanımı bu alanda önemli bir yaklaşımdır. Çevre sorunlarının dönülemeyecek noktaya ulaşmadan çözümlerinin geliştirilmesi gerekmektedir.

Enerji kaynaklarının güvenle sağlanmasında **ikinci** önemli risk ise arz ve talebin coğrafik olarak aynı yerde olmamasından kaynaklanmaktadır. Gelecekte daha da artacak olan enerji ticareti talebin karşılanması için arzın güvenle iletilmesini gündeme getirmektedir.

2015 yılında dünyada en azından dört ithalat bölgesi var olacaktır. Bunlar: Avrupa, Japonya, Çin ve ABD'dir. Avrupa'nın petrol ve doğal gaz gereksiniminin %80'ini ithal edeceği, ABD'nin petrolünün %65'ini ve doğal gazının %30'unu ithal edeceği öngörülmektedir. 2015'te dünya petrol talebinin %70'i (64 milyon varil/gün) ve dünya gaz talebinin %20'si ticaretle sağlanacaktır.

Ticaretle ilgili sorun, bu ticaretin **güvenli olup olmamasından** kaynaklanmaktadır. **Enerji güvenliği**, sürdürülebilir ve uzun dönemli olmanın yanı sıra endüstri ve hükümetler tarafından yapılan hareketlere bağımlıdır. Güvenlik konusu artan ticaretten değil, artan talebi karşılayacak kaynakların sınırlı sayıda ülkelerde bulunmasından kaynaklanmaktadır. Küresel terörizmdeki gelişmeler arz güvenliğini daha da önemli konuma getirmektedir.

Son yıllarda oluşan küresel terörizm ve Orta Doğu petrollerine ve yakın gelecekteki olası doğal gazına artan bağımlılık döneminde, enerji güvenliği konuları gelecekteki dünya enerji ticareti ve üretimi eğilimlerini ve yönünü kesin olarak etkileyecektir. Enerji arzının maliyeti arttıkça ve Çin, Hindistan ve Brezilya gibi ülkelerin mevcut kaynaklara yönelik enerji talebi arttıkça güvenlik konusu çok daha önemli konuma gelecektir. Güvenlik amacıyla petrol arz kaynaklarını çeşitlendirmeye kalkan Çin halen 20'den fazla ülkeden petrol ithal etmektedir.

Yerli enerji üretimine önem veren Çin, 2020'den önce inşa etmek üzere 24-32 arasındaki sayıda yeni nükleer reaktörün planlamasıyla dünyada ender rastlanan bir nükleer gelişme planı uygulamaktadır.

Bakü-Ceyhan boru hattının iletim yolu olarak kullanılacağı Hazar Denizi petrolleri ve Endonezya'da geliştirilmekte olan yeni petrol üretim sahalarına rağmen, gelecekte dünya ticaretinin büyük kısmının Orta Doğu, Rusya ve Afrika'dan geleceği kesin gibidir. Rusya en çok petrol üreten ülkeler arasında S. Arabistan'la kafa kafaya önü çekmektedir. IEA'a göre 2015 yılında tahmini 64 milyon varil/günlük petrol ticaretinin %80'i bu üç bölgeden karşılanacaktır. Doğal gaz için söz konusu oran %50 kadardır.

Enerji kaynaklarına ulaşım ve kaynakların kullanımı, kaynakların pazara ve uluslararası şirketlere açılmasına bağlı olduğu kadar piyasadaki ekonomik rejimlere de bağlıdır. Yeni kaynaklarının devreye girmesinde petrolün fiyatı ve teknolojik gelişmeler belirleyici olacaktır.

Özetlemek gerekirse:

Enerji güvenliği önemli bir sorun olarak durmaktadır,

Enerjiye talep artmaktadır, ve petrol ve doğal gaza alternatif enerji kaynaklarının geliştirilmesi ancak uzun dönemde gerçekleşebilir,

Enerji kaynaklarının bilinen rezervi yeterlidir,

Yeraltından daha fazla enerji üretimine ve kaynakların daha verimli kullanılmasına yönelik teknolojik çalışmalar desteklenmelidir,

Enerji güvenliğinde varolan riskler politik risklerdir ve sadece özel sektör tarafından çözülmeleri beklenmemelidir.

Her ne kadar enerji kaynakların aranmasında, geliştirilmesinde ve pazara ulaştırılmasında gerekli yatırımları yapmakta özel sektör önemli rol oynamaktaysa da, hükümetler tarafından alınacak kararlar yatırıma açık pazarların korunmasında ve ticaretin serbest ve açık sürdürülmesinde gereklidir. Hükümetler arası kararlar ve anlaşmalar, kaynakların geliştirilmesinde ve alt yapı oluşturulmasında kullanılan yatırımların uzun dönemde başarılı olmasını belirleyeceklerdir. Kaynak arzında çeşitlilik önemlidir. Örneğin, Orta Doğu bölgesi gibi sadece bir bölgeye bağımlı olmaktan kurtulmak isteniyorsa, Rusya (özellikle Sibirya), Batı Afrika (Çad, Nijerya, Angola, Kamerun, ...) ve Hazar Denizi bölgelerinden petrol ve doğal gazın getirilmesi için gerekli yatırım güvencesini sağlayacak teknolojik ve ticari yatırımların yapılması gerekmektedir. Bu amaçla, hükümetlerin genelde kısa dönemli bakışlarıyla enerji planlaması için gerekli orta ve uzun dönemli bakışların birbiriyle uyumlu hale getirilmesi önem kazanmaktadır. [10]

---

[10] Satman ,Abdurrahman, İstanbul Teknik Üniversitesi - Enerji Enstitüsü Türkiye'de 1. Enerji ve Kalkınma Sempozyumu, TASAM 26 Nisan 2006

1.9.3.1.3 Dünyanın Enerji Durumu

1900 yılında nüfusu 1.6 milyar, birincil enerji tüketimi yaklaşık 1 000 Mtep olan dünyamızda 1997 yılında nüfus 6.5 milyara ulaşmış, birincil ticari enerji tüketimi 8 639.6 Mtep düzeyine çıkmıştır. Böylece bir yüzyıl içinde dünyanın birincil enerji tüketimi 8 katın üzerinde artış göstermiş bulunmaktadır.

Günümüz dünyasında tüketilen enerjinin yaklaşık % 85'i direkt satış amacıyla üretilen "ticari enerji" olup, kömür, petrol ve doğal gaz dünya enerji gereksiniminin yaklaşık dörtte üçünü karşılamaktadır. Kalan dörtte biri nükleer, hidrolik, odun, bitki ve hayvan artıkları gibi klasik biomas, yeni ve yenilenebilir kaynaklar ile karşılanır durumdadır. Enerji bütçelerinin ağırlıkla fosil yakıta da- yanması nedeniyle, fosil yakıt üretici ve satıcı ülkeler ile fosil yakıt alıcı ülkeler arasındaki ilişkiler, dünya stratejik dengesinin önemli unsurları olmuştur.

Dünyada enerji talebinin karşılanmasında ana kaynakların fosil yakıtlar olması, fosil yakıtların yanma reaksiyonu ile değerlendirilmesi ve bu reaksiyonda karbondioksit (CO_2) ile diğer zararlı emisyonların ortaya çıkması çevre sorunları oluşturmaktadır. Bugün dünyanın en önemli çevre sorunu olan global ısınmanın ana nedeni, artan CO_2 emisyonu ile atmosferin sera etkisinin güçlenmesidir. Dünyada CO_2 emisyonunu sınırlandırmak için çeşitli girişimler yapılmakla birlikte, henüz çare olacak sonuçlardan uzak bulunulmaktadır. 1990 yılı emisyonları baz olarak alınıp, bunun üzerine çıkılmaması ve emisyonun aşağıya çekilmesi istense de, Avrupa ülkeleri dışında bu kurala samimiyetle uyulduğu söylenemez.

Dünya ekonomisinde globalleşmenin ilk sonuçlarından olarak, enerjide arama, üretim, kaynak geliştirme çalışmalarında amaca ulaşmak için uluslararası yatırım ve teknoloji transferinde, dünya enerji ticaretinde büyüme görülmektedir. Enerji verimliliğinin artırılması ve çevre konularında tüm dünyada duyarlılık artmıştır. Dünya enerji piyasaları, hükümetlerin müdahalelerinden piyasa dinamiklerine doğru kaymaya başlamış ve buna göre yönlenir olmuştur. Bu olumlu gelişmelerin artırılarak sürdürülmesi gerekir.

Son dönemlerde gerek gelişmiş ve gerekse gelişmekte olan ülkelerde tasarruf, çevre, arz güvenliği ve sürdürülebilir enerji kavramlarının yanı sıra "özelleştirme" ve "yeniden yapılanma" enerji sektörünün gündemine ağırlıklı olarak girmektedir. Politikalar özel girişimcinin yatırımlara katkısını artırıcı ve uluslararası rekabeti sağlayıcı yönde yeniden formüle edilmektedir.

1.9.3.1.4 Global Enerji Perspektifleri ve Petrolün Geleceği

20. yüzyılın son çeyreği sürdürülebilir kalkınma kavramını getirmiştir. Sürdürülebilir kalkınma çevre ile uyumlu biçimde, kaynakların yüksek verimlilikle değerlendirilmesini gerektirmektedir.

2020 yılında dünya nüfusu 7.9 milyara ulaşacak olup, nüfusun % 85'i gelişmekte olan ülkelerde bulunacaktır. Nüfus artışının yanı sıra ekonomik büyüme nedeni ile enerji kullanım verimine bağlı olarak enerji talebi artacaktır. [35]

Dünyada kişi başına düşen enerji, sürekli bir artış eğilimi içerisindedir. Enerji talepleri konusunda yapılan incelemelere göre, 2020 yılındaki enerji talebinin, bugünkü enerji talebine göre % 65, 2050 yılındaki enerji talebinin ise % 250 daha fazla olacağı tahmin edilmektedir. Bu şartlar altında, enerji talep artışının, hangi enerji kaynaklarından sağlanacağının belirlenmesi gerekmektedir.

Mevcut birincil enerji kaynaklarının kullanım kompozisyonu, bugünkü halin devamı yaklaşımıyla 2020 yılına götürüldüğünde, fosil yakıtların kullanımı 2000–2020 yılları arasında yaklaşık 1,5 kat artarken, nükleer ve yenilenebilir kaynaklardan elde edilecek enerji hemen hemen sabit kalacaktır.

[35] TÜSİAD ,21. yy a girerken Türkiye'nin enerji stratejisi, Enerji dünyasına genel bakış, ,Aralık 1998.24-36

OECD ülkeleri ve gelişmekte olan ülkeler arasındaki nüfus ve enerji tüketimi ilişkisi ters orantılıdır. Dünya nüfusunun % 20'sine sahip OECD ülkelerindeki enerji tüketimi toplam tüketimin % 50'sinden fazla olmasına karşın, dünya nüfusunun yaklaşık % 75'ine sahip gelişmekte olan ülkelerdeki talep % 30 düzeyinde kalmaktadır. Bu durum, Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerin, sanayileşme ve sürdürülebilir büyüme hedeflerine ulaşabilmeleri için daha fazla enerji üretme gereğini ortaya çıkarmaktadır

2003 yılı itibariyle, dünyadaki kişi başına düşen elektrik enerjisi tüketimi incelendiğinde, 16.968 kWsaat/kişi ile Kanada ilk sırada yer almaktadır. Kalkınmanın göstergesi olarak tanımlanan kişi başına düşen elektrik enerjisi tüketiminde, 2000 yılı itibariyle dünya ortalamasının 2.343 kW/kişi olduğu görülmektedir.

Buna karşılık ülkemizde kişi başına düşen elektrik enerjisi üretimi 1.564 kW/kişi değeriyle dünya ortalamasının oldukça altındadır. OECD ülkelerinin kişi başına elektrik enerjisi tüketimi, Türkiye'nin kişi başına düşen tüketiminin beş katından daha fazladır.

Dünyada, bilinen üretilebilir fosil yakıt rezervleri, petrolde 40 yıl, doğal gazda 62 yıl, kömürde ise 216 yıl yetecek düzeydedir .Fosil yakıtlar açısından, bu yüzyıl için rezerv sorunu bulunmamaktadır. Enerji fiyatlarının ekonomikliği ve temin güvenliği açılarından ise arz ve talep dengeleri çok parametreli dinamik süreçler izlemektedir. Fakat, mevcut rezervler açısından en önemli sorun, özellikle petrol ve doğalgaz kaynaklarının, dünya yüzeyinde coğrafi olarak eşitsiz dağılımından kaynaklanmaktadır. Kömürde ise petrol ve doğalgaza göre coğrafi olarak dengeli bir dağılım vardır.

Petrole duyulan ihtiyacın artması nedeniyle, Basra Körfezi, ABD ile AB arasında giderek açığa çıkmakta olan rekabetin, önemli alanlarından birisi olacak ve Körfez'in mevcut rolü daha da önem kazanacaktır. OECD ve gelişmekte olan Asya ekonomilerinin, ithal petrole bağımlılık oranlarının, özellikle 2010'dan sonra artması beklenmektedir.

Doğal gaz ticaretinde en yoğun gelişmenin, Avrupa ve Asya Pasifik Bölgesi'nde olması ve doğal gaza olan talebin, gaz fiyatlarında yükselmeye neden olacağı değerlendirilmesi yapılmaktadır. Doğal gaza giderek artan talep, yeni jeopolitik gelişmelere yol açacaktır. Bu kapsamda, özellikle Avrupa'nın Rus doğal gazına bağımlılığı artacaktır. Doğal gaza bağımlılığın bir diğer önemli etkisi, gaz fiyatlarındaki artış beklentileri ortaya çıkmaktadır.

Dünya kömür ticaretinde, rezervlerin dünyada homojen dağılımının etkisiyle, mevcut hacimde çok büyük artışlar beklenmemektedir. Asya Pasifik Bölgesi'nde, özellikle Japonya'nın en büyük kömür ithalatçısı konumunun devam etmesi öngörülmektedir. ABD'nin, kendi zengin rezervleri nedeniyle, elektrik üretiminde kömüre verdiği ağırlığın artacağı değerlendirilmesi yapılmaktadır. Birçok Avrupa ülkesinin kömür ithalatı azalırken Almanya ve İspanya'nın ithalatlarının artması beklenmektedir.

Fosil yakıtlar içinde petrol, genel enerji kullanımında başta gelen konumunu,kömür ise elektrik üretimindeki merkezi yerini koruyacaktır. Buna karşın doğal gaz, gerek miktar gerekse genel yüzde içerisindeki yeri itibariyle önemli bir artış gösterecektir.

Başta hidroelektrik olmak üzere yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları kullanımında miktarsal açıdan artış olacaktır. Fakat, bu kaynakların toplam içerisindeki oranında, belirleyici bir artış öngörülmemektedir. Hidroelektrik enerji kaynaklarının kullanımındaki artışın düşmesi beklenmektedir. Hidroelektrik enerji kaynaklarının göreceli olarak azalmasının temel nedeni, ABD, Kanada ve özellikle Avrupa'da bu kaynakların büyük bir çoğunluğunun devreye alınmış olmasıdır.

Yenilenebilir enerji kaynakları içinde Hidrojen'in önemi her geçen gün artmaktadır. Yıldız ve gezegenlerde serbest halde en çok bulunan element olan Hidrojen, dünyada da fazla miktarda bulunmasına rağmen, serbest halde bulunmamaktadır. Bununla birlikte Hidrojen birincil enerji kaynakları ile değişik hammaddelerden üretilebilmektedir. Sınırsız kaynağa sahip ve havayı kirletmemesi nedeniyle içten yanmalı motorlarda kullanılmaya başlayan Hidrojen'in kullanımının yaygınlaştırılması yönünde çalışmalara hız verilmiştir. Dünyada yakıt pili ve Hidrojen enerjisi konusunda birçok çalışma yapılmaktadır. Avrupa'nın, Amerika ve Japonya'dan önce Hidrojen enerjisine geçmesinin Avrupa'ya büyük teknolojik ve ekonomik avantajlar

sağlayacağı öngörüsünden hareketle, AB tarafından Hidrojen enerjisiyle ilgili ARGE çalışmalarında kullanılmak üzere, ilk beş yıl için 5 milyar Euro ayrılmıştır. Amerikan Hükümeti, Hidrojen'li otomobillerin geliştirilmesi için 1,7 milyar Dolar'lık bir proje başlatmıştır.

Japonya'daki gelişmeler de ABD'den ve AB'den farksız bir durumda değildir. Japonya ise 2020 yılına kadar 4 Milyar ABD Doları harcama planlayarak, gerekli Hidrojen enerjisi teknolojilerine sahip olmayı hedeflediği bilinmektedir. İzlanda, üç yıl önce kurmuş olduğu Milletlerarası Konsorsiyumla, 2030 yılına kadar tamamen Hidrojen enerjisi kullanımına geçmeyi hedeflemiştir.

Çevrenin korunması çabaları da dünya genelinde artarak devam etmektedir. CO2 emisyonlarının yılda % 2,1 artarak; 2030 yılında, 1990 yılı seviyesinin iki katına ulaşması öngörülmektedir. 2030 yılında, CO2 emisyonlarının AB'de 1990 seviyesinden % 18, ABD'de ise % 50 fazla olacağı beklenmektedir. Gelişmekte olan ülkelerin 1990 yılında % 30 olan dünya CO2 emisyonlarındaki payının da, 2030 yılında % 50'leri aşacağı tahmin edilmektedir

Böyle bir gelecek tablosu karşısında, hem ülkelerin hem de AB gibi blokların geliştirmekte oldukları politika ve stratejiler, toplumların refahı açısından stratejik bir girdi teşkil eden enerjinin, ihtiyaç duyulan miktarlara ve ani artışlar göstermeyen karşılanabilir fiyatlarla sağlanmasını, temininde darboğazlar yaşanmamasını ve tüketiminin sürdürülebilir kalkınma kavramı çerçevesinde doğayla uyumlu şekilde başarılmasını hedeflemektedir.[6]

1.9.3.2 Sürdürülebilir Enerji – Sürdürülebilir Kalkınma İlişkisi

Enerji konusu, ülkelerin gündeminde en üst sırada yer almakta, sürdürülebilir enerji, sürdürülebilir çevre ve ekonomi ile birlikte sürdürülebilir kalkınmanın önemli bir unsuru olarak belirlenmektedir.

Sürdürülebilir enerji yaklaşımı, gereksinimiz olan enerjinin en az finansmanla, en az çevresel ve sosyal maliyetle ve sürekli olarak teminine olanak sağlayan politika, teknoloji ve uygulamaları kapsamaktadır.

---

[6] SERDAR İskender, http://www.tutev.org.tr/page.php?al=yayinroportaj, Erişim Tarihi : 11.02.2006

Enerji alanında sürdürülebilirlik üç ana ilkeye dayanmaktadır:

1) Enerjinin etkin kullanımı ve enerji tasarrufu;
2) Enerji üretimi ve kullanımının çevrede meydana getirdiği olumsuz etkilerin ve kirlenmenin en aza indirilmesi için çevre dostu enerji stratejilerinin geliştirilmesi;
3) Yenilenebilir enerji kaynakları kullanımının artırılması ve bu alandaki teknoloji yeteneğinin yükseltilmesi. [15]

1.9.3.2.1 Yenilenebilir Enerji

Yenilenebilir enerji, 'doğanın kendi evrimi içinde, bir sonraki gün aynen mevcut olabilen enerji kaynagını' ifade etmektedir.[30] 'Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına ilişkin Kanun Tasarısı Taslağı'nın 3. maddesinde yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde hidrolik, rüzgar, günes, jeotermal, biyokütle, biyogaz, dalga ve gelgit gibi kaynaklar sıralanmaktadır.[31]

Günümüzde AB ülkeleri enerji tüketimlerinin %5,6'sını yenilenebilir enerji kaynaklarından saglamaktadır. Avrupa Birligi'nin 2010 yılında, toplam elektrik üretiminin %22,1'inin, toplam enerji tüketiminin ise, %12'sinin yenilenebilir kaynaklardan karsılaması hedeflenmektedir.[32]

Türkiye'de ise yenilenebilir enerji kaynaklarının tüketim içindeki payı 2000 yılında sadece %11 seviyesindedir. Bu rakamın uygulanan politikalar sonucunda 2010 yılında %7'ye düsmesi beklenmektedir. Türkiye bugün mevcut enerji tüketiminin sadece %36'sını öz kaynaklarından karsılıyor iken, bu oranın 2023'de %20'lere düsmesi kaçınılmaz görülmektedir.[33]

Yenilenebilir enerji bol olan,iyi yapılandırılmış teknoloji ve başlıca özelliği bedava olmasıdır.8 ülkenin dünya petrol kaynaklarının %81 ine sahip olduğu,6 ülkenin doğal gaz

---

[15] TUBİTAK, http://www.tubitak.gov.tr/btpd/btspd/platform/enerji/bolum3.html, Erişim Tarihi : 01.02.2006

[30] UYAR Tanay Sıtkı, "Yenilenebilir Enerji**",** http://bugday.org/category.php Erişim Tarihi 02.03.2006

[31] İGATAŞ, http://www.igatas.com.tr/yek_taslak.doc erişim tarihi:02.03.2006

[32] CMO, "Bitmeyen Bela: Nükleer Enerji, Bekleyen Fırsat: Yenilenebilir Enerji, _lk Adım : Rüzgar Enerjisi", http://www.cmo.org.tr/yayin/rapor/rapornukleer.php?altm=nukleer Erişim Tarihi(02.03.2006)

[33] YEKSEM,Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ,2003, http://www.emo.org.tr/modules.php Erişim tarihi : 02.03.2006

rezervlerinin %70 ine ve 8 ülkenin tüm kömür rezervlerinin %89una sahip olduğu iyi bilinmektedir.[36]

Dünya enerji kullanımı kabul görmüş senaryoya göre 2030'a kadar düzenli bir şekilde artacaktır.Global birincil enerji talebi 2000'den 2030'a kadar her yıl %1.7 artacağı umulmaktadır. Bu da yıllık 15.3 milyon ton petrol esdeğerine karşılık gelmektedir.Bu artış şu andaki talebin üçte ikisine eşit anlamına gelmektedir.[37]

Ülkemizde yenilenebilir enerji kaynaklarını gelistirmek amacıyla gerçekleştirilen bir takım projeler bulunmaktadır. Bunlardan 2004-2010 yıllarını kapsayan ve Dünya Bankası Takım Lideri Ranjit Lamech öncülüğü ile başlatılan 'Yenilenebilir Enerji Kaynakları Projesi'nin amacı; hükümet garantileri olmaksızın, yeni Elektrik Piyasası Kanununda yer alan piyasa esaslı çerçevede, özel sektörün sahip olacağı ve işletilen yenilenebilir kaynaklardan dağıtılmış üretimin arttırılmasını saglamaktır. Projenin toplam kredi tutarı 202,03 milyon dolardır.

Projeyi Türkiye Sınai ve Kalkınma Bankası ile Türkiye Kalkınma Bankası yönetmektedir.[34]

Yenilenebilir enerjiler, (su, rüzgar, güneş, vs. gibi) doğal kaynakları ısıya, elektriğe veya yakıta dönüştürürler. Hidroelektrik enerji, rüzgar enerjisi, güneş enerjisi, biyokütle enerjisi veya jeotermal enerji, bitmeyen enerji kaynaklarıdır. Örneğin, biyokütle enerjisi üretiminde tarımsal atık maddeler kullanılır.

1.9.3.2.2 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Geliştirilmesi

Yenilenebilir enerji kaynakları çevrenin korunmasında önemli bir rol oynarlar. AB bunları teşvik etmektedir ve toplam enerji tüketiminde bu kaynakların payını 2010 yılına kadar %15'e çıkarmayı istemektedir.

---

[36] KAMIL KAYGUSUZ Kamil,AHMET SARI Ahmet, Renewable Energy for the future,energy sources,2004 :1119

[37] KAYGUSUZ,SARI,a.g.e :1120

34

WorldBank,http://www.worldbank.org.tr/contentMDK:20274205~pagePK:141137~piPK:141127~theSitePK:361712,0
0.html Erişim Tarihi : 02.03.2006

Bu amaçla, AB devletler arasında işbirliğini güçlendirmeyi ve yenilenebilir enerjiler ile ilgili politikaları takviye etmeyi amaçlar. Ayrıca, "Altener" ve "JouleThermie" gibi programlar da, bu tür enerjilerin gelişmesine yöneliktir.

1.9.3.2.3 CO_2 Emisyonları Azaltma Sorunları

Kömür sektörü, çevresel etkileri en kötü olan sektördür. Tatlı su gölleri ve ırmaklarının asitleşmesi, ekinlerin zarar görmesi, yerel hava kirliliği ve iklim değişikliği kömür kullanımıyla bağlantılıdır. AB'nin önünde duran görev, karbondioksit (CO_2) emisyonlarını azaltmaktır.

Bunun için, enerji verimliliğini arttırmak ve doğal gaz gibi diğer yakıtlara geçmek gerekir. Bu bağlamda, AB yeni enerji santrallerinde izin verilen azami emisyonları belirleyen yönergeler çıkarmıştır.

Yenilenebilir enerjilerin başlıca avantajı karbondiyoksit emisyonlarını azaltarak çevrenin korunmasına yardım etmeleridir. Bunlar yerli oldukları için,**enerji ithalatına bağımlılığın** azaltılmasına ve **istihdamın gelişmesine** de katkıda bulunabilirler. Son olarak, insanlar, büyük ölçüde çevresel nedenlerle, diğer enerji kaynaklarından daha fazla yenilenebilir enerjilerin geliştirilmesini arzu etmektedir.[11]

[11] DELTUR, http://www.deltur.cec.eu.int/abenerji.rtf, Erişim Tarihi : 02.01.2007

İKİNCİ BÖLÜM

HİDROJEN ENERJİSİNİN GELİŞME POTANİSYELİ VE TÜRKİYE EKONOMİSİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

1. HİDROJEN ENERJİSİ ve EKONOMİK AÇIDAN İNCELENMESİ

1.1 Hidrojen

1.1.1 Genel Bilgiler

Kokusuz, renksiz, tatsız ve saydam bir yapıya sahip olan hidrojen, doğadaki en hafif kimyasal elementtir. Hidrojen bir doğal yakıt olmayıp, birincil enerji kaynaklarından yararlanılarak su, fosil yakıtlar ve biyokütle gibi değişik hammaddelerden üretilebilen sentetik bir yakıttır. Üretilmesi aşamasında buhar iyileştirme, elektroliz, fotosüreçler, termokimyasal süreçler, radyoliz gibi alternatif birçok hidrojen üretim teknolojileri mevcuttur[37]

Sıvı hidrojenin birim kütlesinin ısıl değeri 141.9 MJ/kg olup, petrolden 3.2 kat daha fazladır. Sıvı hidrojenin birim hacminin ısıl değeri ise 10.2 MJ/m3 tür ve petrolün % 28'I kadardır. Gaz hidrojenin birim kütlesinin ısıl değeri sıvı hidrojenle aynı olup, doğal gazın 2.8 katı kadarken, birim hacminin ısıl değeri 0.013 MJ/m³ ile doğal gazın % 32.5'i olmaktadır.

Metal hibritlerin kütlesel enerji içeriği 210 MJ/kg ile sıvı hidrojene göre çok küçükken,hibritlerin hacimsel enerji içeriği 12.614.3 MJ/m³ ile gaz ve sıvı hidrojenden büyüktür.

[37] Dincer, I., "Technical, Environmental and Exergetic Aspects of Hydrogen Energy Systems", International Journal of Hydrogen Energy 27,2002 :265-285

Hidrojenin yakıt olarak kullanılmasında yarar sağlayacak en önemli özelliklerinden biri farklı hava hidrokarbon karışım oranları için hava fazlalık katsayısının 0.31.7 değerleri arasında tutuşma sağlanabilmekte iken hidrojen için bu sınır 0.154.35 değerlerine ulaşmaktadır.

Hidrojen hava karışımlarını ateşlemek için gerekli enerji miktarı da diğer yakıtlara oranla çok düşüktür. Bu durum tutuşma garantisi sağlaması açısından Otto ilkesi ile çalışan motorlarda avantaj sağlamakla birlikte erken tutuşma ve geri yanma gibi sorunları da beraberinde getirmektedir.

Hidrojen evrende bulunan en basit ve yaygın elementtir. Bilinen tüm yakıtla içinde birim başına en yüksek enerji içeriğine sahiptir..(120,7 kJ/g). Sıvı hale dönüştürüldüğünde , gaz halindeki hacminin 1/700 'ünü kaplar.

Evrende bulunan en basit atom olduğu için,bilim adamları tüm diğer elementlerin hidrojenin fizyonu sonucu oluştuğuna inanmaktadır. Kimyasal olarak çok aktif olduğundan, tek başına element olarak bulunması çok zordur. Saf oksijenle yandığında ,sadece su ve ısı açığa çıkar. Hava ile yandığında ise , bazı oksitler açığa çıksa da diğer yakıtlara göre kirliliği son derece azdır.[38]

1.1.2 Alternatif Yakıt Olarak Hidrojen

Dünyadaki petrol rezervlerinin aşırı kullanımı sonucu azalması ve buna bağlı olarak fiyatının artması, ayrıca çevreye vermiş olduğu zararlar bilim adamlarını doğada bol miktarda bulunan ve çevreci olan alternatif yakıtlar üzerinde araştırma yapmaya itmiştir.İçten yanmalı motorlarda kullanılan fosil yakıtlardan kaynaklanan egzoz emisyonlarının çevreye verdiği zararların çok büyük boyutlara ulaşması ülkeleri bu konuda önlemler almaya itmiştir.Bunun için bilim adamlarına çevre dostu olan alternatif yakıtların araştırılması için destekler verilmiştir. Yapılan çalışmalar evrende bol miktarda bulunan hidrojenin, bir yakıt için gerekli özelliklerin bir çoğuna sahip olduğunu göstermektedir.

[38]Özsabuncuoğlu ,Uğur A. Atilla, a.g.e.211-212

Hidrojen, suyun ve temiz güç kaynağının olduğu her yerde potansiyel olarak mevcuttur.Diğer yakıt türlerine kıyasla daha verimli yanma özelliğine sahiptir.Hidrojen, karbon ve sülfür içermediği için yanma ürünleri arasında CO, CO_2 ve HC yoktur.Teorik olarak hidrojen yandığı zaman sadece su oluşur.

Özellikle motor ve araç teknolojisi açısından alternatif olarak seçilen yakıtın içten yanmalı motorlarda kullanımı, depolanması, doğal dengenin korunması ve fosil yakıt türleri ile yarışabilir karakteristiğe sahip olması gerekir.

Hidrojenin birçok yönüyle ekolojik açıdan avantajlı olduğunu rahatlıkla söyleyebiliriz. İkincil bir enerji kaynağı durumunda olan hidrojenin değişik ve yenilenebilir birincil enerji kaynakları ile elde edilebilir olması, bu yakıt türünü geleceğin en önemli enerji taşıyıcısı durumuna sokacağı kabul edilmektedir.

Ayrıca hidrojen diğer fosil yakıtlarla kullanılabilme özelliğine sahiptir.Bu özelliğiyle de bir çok avantajlar sağlamaktadır. Bunlar:

Yakıt/hava karışım sınırı düşürülmesi sonucu

- NOX ve CO emisyonlarının azalması ve termal verimliliğin artması
- Çevrimler arasındaki basınç farklarının azalması
- Karışımın alev hızının artması

1.1.3 Hidrojen Enerjisinin Gelişimi

Hidrojenin yakıt olarak kullanılmasına ilişkin düşünceler 1820'lere kadar inmekte ise de, bu düşüncenin gerçekleşmesine yönelik çalışmaların başlaması 150 yıl sonra olabilmiştir. 1970'li yıllarda hidrojene enerji taşıyıcısı olarak az bir dikkatle bakıldığı söylenebilir. O yıllarda "hidrojen enerjisi", "hidrojen ekonomisi" ve "hidrojen enerji sistemi" gibi kavramlar enerji literatürlerinde yer almıyordu. Ancak, roket yakıtı olarak hidrojen kullanılıyor, süper devletler hidrojen çalışmalarını gizlilik içinde yürütüyordu.

1974 yılında ABD Florida'da, Miami Üniversitesi Temiz Enerji Enstitüsü tarafından düzenlenen "Hidrojen Ekonomisi Miami Enerji Konferansı" (THEME), bu konuların yayılması ve hidrojen enerjisi kullanımına başlangıç oluşturması açısından önemlidir. Bu toplantı ile Uluslararası Hidrojen Enerjisi Birliği (IHEA) kurulmuştur. Bugün söz konusu örgütün dışında, çeşitli ülkelerde ona yakın hidrojen enerjisi örgütü bulunmaktadır. Ayrıca, onbir kez Dünya Hidrojen Enerjisi Konferansı (WHEC) toplanmıştır.

Yakıt olarak hidrojen kullanan ilk uçak ABD'de 1956 yılında denenmiştir. Eski Sovyetler Birliği'nin hidrojenle uçan ilk uçağı ise 1988 yılında yapılmıştır. ABD Lockheed firması hidrojenle çalışan kargo uçağı geliştirmiştir. Bu konuda AlmanRus işbirliği ile airbus tip uçak geliştirme projesi olup, Japonya'da hidrojenli hipersonik uçaklar geliştirilmesi üzerinde durulmaktadır. Halen uzay mekiğinde ve uzay araştırma roketlerinde yakıt olarak hidrojen kullanılmaktadır.

Son onbeş yıl içerisinde hidrojenle çalışan değişik motorlar üretilmiş, otolara, otobüslere uygulanarak demonstrasyonlar yapılmıştır. İçten yanmalı motorlarda yakıt olarak hidrojen kullanılabilmekte olup, bunlar çoğunlukla enjeksiyonlu motorlardır. Diesel kafalı motorlarda hidrojen enjeksiyonu ön yanma odasına yapılırken, Otto kafalı motorlarda doğruca yanma odasına yapılmakta ve uzun tırnaklı özel bujiler kullanılmaktadır. Bu motorların hem iki ve hem de dört zamanlı olanları vardır. Son yıllarda hidrojen/benzin ve hidrojen/doğal gaz sistemli Otto motoru gibi düzenlemeler ortaya çıkarılmıştır. Hidrojen yakıtı araçlara sıvılaştırılmış biçimde veya metalik hibrit biçiminde uygulanmaktadır.

Ballard, BMW, Buick, Daimler Benz, Ford, G.M., Honda, Mazda, Suzuki, Toyota gibi otomobil firmalarının 1990 öncesi deneme ve demonstrasyon amacıyla ürettikleri hidrojenli araçlar vardır. % 15-20 hidrojen ve % 80-85 doğal gaz karışımı hythane olarak adlandırılmakta olup, bu yakıtla çalışan otobüs, 1993 yılında Kanada Montreal'da denenmiştir. MAN firması içten yanmalı doğal gaz motorundan geliştirdiği tek sıra üzerinde altı silindirli hidrojen motorunu MAN SL 202 otobüsüne uygulamıştır. MAN D 2566 Diesel motoru da hidrojene uyarlanmış olarak bir diğer test otobüsünde kullanılmıştır. Almanya'da bu tür test ve gösterim otobüsleri 1994 yılından bu yana piyasaya sürülmüş bulunmaktadır.

Hidrojen yüksek verimle kullanılan bir yakıttır. Sudan olduğu gibi fosil yakıtlardan da üretilebilir. Hidrojen kullanım veriminin yüksekliği, en bol fosil yakıt olan kömürün diğer yakıt ve enerjilere dönüştürülerek ulaştırmada kullanılmasına ilişkin verilerle gösterilebilir. Örneğin:

1 ton kömür benzine dönüştürme otobüs çalıştırma 708 km yol

1 ton kömür elektriğe dönüştürme otobüs çalıştırma 772 km yol

1 ton kömür hidrojene dönüştürme otobüs çalıştırma 1030 km yol

Hidrojenin bir özelliği, ekzotermik kimyasal reaksiyon altında, bazı metal ve alaşımlarla kolayca büyük miktarlarda hibrit biçimine dönüşebilmesidir. Değişik tip hibritler geliştirilmiş olmakla birlikte, metal hibritler hidrojen depolanması ve taşınması için kullanıldığından, kütlesi hafif olanlar tercih edilmektedir. Hibritlere ısı verildiğinde hidrojen serbest kalmaktadır. İlk kez Mercedes firması tarafından metal hibritli bir deneme aracı yapılmıştır.

1994 sonrası bir uygulama da MacchiAnsoldo'nun demonstrasyon amaçlı şehir otobüsü olup, Diesel-elektrik karma sistemli yapıda ve yakıt pilli hidrojen otobüsü biçiminde geliştirilmiştir. Elektrik yakıt pilinden elde olunmaktadır. Hidrojen yakıt pilli denizaltılar Almanya, Avustralya ve Kanada donanmasında kullanılmaktadır.

Kanada demiryolu elektrifikasyonunu 1530 yıl içinde tümü ile hidrojen yakıt pillerine bağlamayı planlamıştır. Japonya'da 4.511 MW'lık hidrojen yakıt pilli elektrik santralları kurulmuştur.

Yakıt pilli elektrik santralleri yüksek enerji verimlerinin yanı sıra, çok az yer kaplamaktadırlar. Örneğin 2 MW'lık yakıt pilli santralın kapsadığı alan 20 m2 den az olmaktadır. Büyük yer kapsayan konvansiyonel santrallerin yerleşim birimlerinden belli uzaklıkta kurulması ve elektrik iletimi sorunu, geleceğin yakıt pilli elektrik santralleri ile çözüme kavuşacak görünmektedir. Gelecekte tüketicilerin bulundukları yerin yakınına kurulacak yakıt pilli santrallerle iletim ve dağıtım kayıpları olmaksızın gereksinimler karşılanabilecektir.

Hidrojenin alevsiz yanması için katalitik yakma düzenleri geliştirilmiştir. Hidrojenin katalitik yanması mutfak ocaklarına, fırınlara, su ısıtıcılara ve özel sobalara uygulanmıştır. Yine gösterim amacıyla bu tür beyaz eşya üreten firmalar vardır. Böylece, konutlarda yakıt olarak hidrojen kullanımının önü açılmış bulunmaktadır. Hidrojenin boru hatları ile evlere kadar ulaştırılması olanaklı olup, bu konuda projeler geliştirilmekte ve doğal gaz hatlarından yararlanılması tasarlanmaktadır.

Hidrojen enerjisi alanında çeşitli ülkelerin işbirliği sonucu uluslararası programlar başlatılmıştır. Avrupa Topluluğu ile Kanada'nın EUROQUEBEC (hidrohidrojen) projesi, Norveç ve Almanya'nın NHEG projesi, Almanya ve Suudi Arabistan'ın HYSOLAR (güneşhidrojen) Projesi, İskandinav ülkeleri ile Yunanistan'ın işbirliği, Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) hidrojen enerjisi projeleri, Birleşmiş Milletler UNIDOICHET hidrojen çalışmaları bunlara örnek gösterilebilir. Henüz uygulanmasına girişilememiş olan UNIDOICHET projesi kapsamında, İstanbul'da Hidrojen Enstitüsü kurulması gündemdedir.

Bu çalışmalardan EuroQuébec HidroHidrojen Pilot Projesi (EQHHPP) 100 MW'lık bir kapasitededir. Bu proje ile Kanada'da hidrolik kaynaktan elde olunacak elektrik enerjisi suyun elektrolizinde kullanılacak, üretilecek gaz hidrojen, yine Kanada'da sıvı hidrojen (LH2), amonyak (NH3) ve metilsiklohekzan (MCH) biçiminde bağlanarak, Atlantikten gemilerle Avrupa'ya taşınacaktır.

Avrupa'da enerji uygulaması ile gaz ve/veya sıvı hidrojene dönüştürülerek konutlarda, termik santrallarda, kent otobüslerinde ve araçlarda, uçaklarda yakıt olarak kullanılacaktır.

Bir teknoloji standartsız kökleşemeyeceği ve tanımlanamayacağı için, hidrojen enerjisi konusunda uluslararası standart çalışmaları yapılmaktadır. Uluslararası Standartlar Organizasyonu (ISO) tarafından ISO/TC197 Komitesi oluşturularak, hidrojen enerjisi için uluslararası standartlar çalışmalarına girişilmiştir. Standart çalışmaları tanımlar, ölçümler, taşıma, emniyet, araçlar, uçaklar, elektrokimyasal donanımlar, hibritler, çevre ve uygulama alanlarını kapsamaktadır.

Değişik senaryolara göre 2025 yılında dünya genel enerji tüketiminin ulaşacağı düzey 12 00016 000 Mtep olarak kestirilmektedir. Aynı yılda dünyada 1 5002 600 Mtep hidrojen enerjisinin kullanılması planlanmaktadır. Böylece, bu raporda göz önüne alınan etüt periyodu (20002025 dönemi) sonunda, dünya birincil enerjisinin % 9.21 açıklığı arasındaki bir bölümü hidrojene dönüştürülerek kullanılabilecek demektir. Bu oran daha çok % 10 olarak öngörülmektedir.[36]

1.1.4 Hidrojenin Elde Edilmesi

Hidrojen evrende en çok miktarda bulunan elementtir.Ayrıca en hafif olanı ve periyodik cetvelde ilk elementtir.

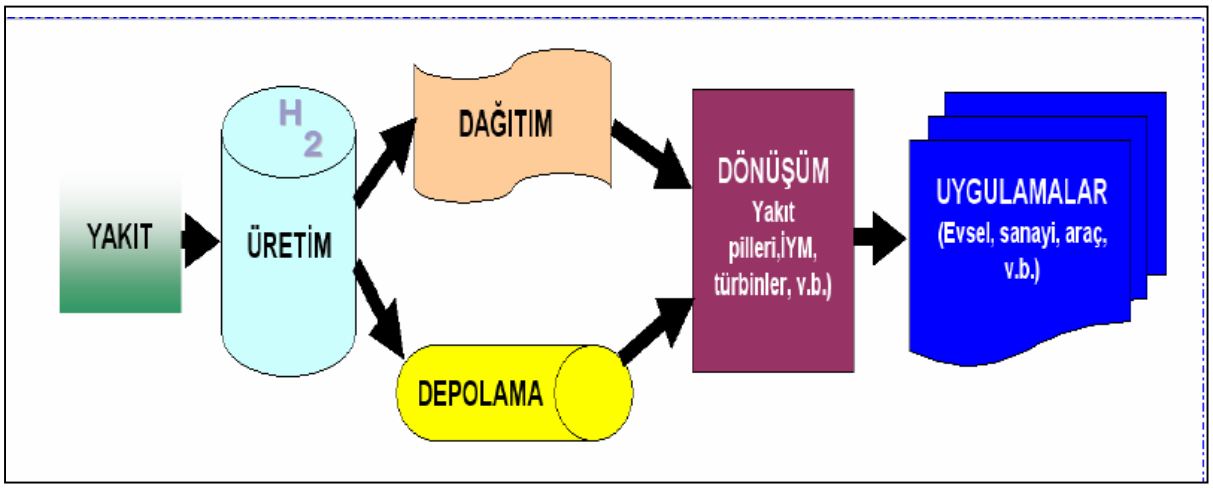
Hidrojen doğada bileşikler halinde bulunmayıp saf halde bulunmaktadır. Hidrojen çoğunlukla suda, çeşitli hidrokarbon formlarında ve diğer kimyasal bileşikler içinde mevcuttur. Bundan dolayı, hidrojenin enerji amacıyla kullanılabilmesi için bir takım dönüşüm proseslerinden geçmesi gereklidir.

[36] OBİTET Dökümanlar,http://www.obitet.gazi.edu.tr/obitet/alternatif_enerji/Hidrojen_Enerjisi.htm,Erişim Tarihi : 19.05.2006

Hidrojenin üretim kaynakları bol ve çeşitlidir. Fosil yakıtlardan elde edilebildiği gibi güneş, rüzgar, hidrolik enerji gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması ile suyun elektrolizi yolu ile üretimi, biyokütleden üretimi ve biyolojik proseslerle üretimi mümkündür.

Günümüzde hidrojen ağırlıklı olarak doğal gazdan buhar reformasyonu sonucu elde edilmektedir. Suyun elektrolizi bilinen bir yöntem olmakla beraber ekonomik hale getirilmesi konusunda çalışmalar, gene benzer şekilde güneş enerjisinden biyoteknolojik yöntemlerle hidrojen üretimi konusunda araştırma geliştirme çalışmaları devam etmektedir.

1.2 Hidrojen Enerji Sistemi



Şekil 2 :Hidrojen Enerji Sisteminin Yapısı

Kaynak : Fuel Cell Report to Congress, Şubat 2003

Tablo 2 :Enerji Üretim-Depolama-Kullanım Modelleri

ÜRETİM	DEPOLAMA	KULLANIM
FOSİL ENERJİ	BASINÇLI GAZ DEPOSU	ELEKTRİK SANTRALİ
NÜKLEER ENERJİ	METAL HİBRİD DEPOSU	EV VE İŞ MERKEZLERİ
GÜNEŞ ENERJİSİ	DÜŞÜK SICAKLIK DEPOSU	ULAŞTIRMA
JEOTERMAL ENERJİ	YER ALTI DEPOLAMA	SANAYİ

Kaynak : Vezirlioğlu Nejat,Dünya barışı için Türkiye,Dünya barışı için hidrojen,,İstanbul,2004

Şekilde yeni enerji kaynakları ile tüketici arasındaki bağlantıyı teşkil edecek hidrojen enerji sistemini göstermektedir.

Hidrojen yeni enerji kaynaklarından bir ya da birkaçını kullanarak şehirlerden ve tüketici merkezlerinden uzakta büyük fabrikalarda üretilir. Su hidrojen ve oksijen olan bileşenlerine ayrılır. Ardından boru hatları ile veya araçlarla hidrojen nakledilir,depolanır ve bugün fosil yakıtların kullanıldığı bütün uygulama sahalarında kullanılmak üzere tüketim merkezlerine dağıtılır. Enerji üretimde kullanılan hidrojen havanın oksijeni ile birleşerek su buharı meydana getirir ve devre tamamlanmış olur.

Fabrikalarda kullanılan oksijen ise ya atmosfere bırakılır veya endüstriyel kullanımlar ve çevrenin temizlenmesi (örneğin kirlenmiş göllerin,nehirlerin temizlenmesi ve şehir atıklarının tasfiyesi) için kullanılmak üzere gereken yerlere sevk edilir.

Günümüzde dünya ekonomisinin enerji ihtiyacının yaklaşık %80'i fosil yakıtlar tarafından karşılanmaktadır. Hindistan ve Çin gibi gelişmekte olan ülkelerin sanayileşmiş ülkeleri yakalamaya çalışırken enerji tüketimlerini arttırmaları sonucunda, fosil yakıt kaynakları daha da hızla tükenmektedir. Arz sınırlı iken talep giderek arttığı için fosil yakıt fiyatları da yükselmektedir. İki yıl önce petrolün bir varili 18.00 dolar iken bugün 70.00 dolardır, ve bu rakamın artmaya devam etmesi beklenmektedir.

Hidrojen çalışmalarında günümüzdeki teknik gelişmeler dikkate alındığında Hidrojen Ekonomisinin oluşumu tahminimizden de kısa sürebilir. Fosil kaynaklı yakıtların arzındaki gerileme buna karşılık maliyetlerindeki artış varil başı fiyatları 50$ seviyelerine bir daha geri düşmemek üzere getirmiştir.

Artık 100$ a doğru kaçınılmaz yolculuk başlamıştır. Bununla beraber, CO2 gibi sera gazı kaynaklı iklim değişimi bariz etkileriyle kapımıza dayanmış, dünya ekonomisine petrolün getirisinden çok daha pahalıya mal olmaya başlamıştır.

Temiz enerji kaynaklarına ve teknolojilerine yöneliş, başta Kanada, Japonya, Almanya, ABD olmak üzere bütün gelişmiş ülkelerin en önemli araştırma ve uygulama alanı ve konusu olmuştur. Artık bazı yerel ve ulusal yönetimler temiz enerji çevrimine geçiş için ekonomi oluşmasını beklememekte, Sıfır Emisyon Zorunluluğu gibi katı önlemler almaya başlamaktadırlar.

Güneş, rüzgâr gibi yeni primer temiz enerji kaynakları kesikli olmaları, depolanamamaları, kullanım merkezleri ve üretim merkezlerinin farklılıkları nedeniyle üretim, iletim ve kullanım üçgeninde sıkıntılar yaşamaktadırlar. Hidrojen enerji çevrimi, bu sıkıntıların adeta bir cevabıdır. Hükümetler bu çevrimin kamusal faydasını anlamışlar ve uluslararası momentum yakalanmıştır. Enerji sistemlerindeki değişiklikler yıllar alsa da Hidrojen için bu sürenin çok daha kısa olacağı görülmektedir. [39]

Zamanımızda dünya enerji talebinin büyük bir kısmı fosil yakıtlardan karşılanmaktadır. Fakat fosil yakıtların üretimi düşmeye başlayacağından artan talebi karşılamak için üretken nükleer reaktörler, termonükleer reaktörler, güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, okyanus ısı enerjisi ve jeotermal enerji gibi yeni enerji kaynaklarının etüd edilmesi gerekmektedir.

Bu yeni kaynaklar fosil yakıtların sahip olduğu bütün avantajlara sahip değildir.Yeni kaynakların eksikliği bunlarla tüketici arasındaki bağı sağlayabilecek bir ara enerji sisteminin gelişmesini gerekmektedir.Bu boşluğu dolduracak sistemde enerji taşınabilir,depolanabilir, ve ekonomik olarak üretilebilir olmalıdır.

[39] ATA Ali, 21. yüzyılın enerjisi hidrojen enerji sistemi ,Uluslararası Hidrojen enerjisi teknolojileri merkezi,2005 :14

Bu koşulları hidrojen en iyi şekilde vermektedir. Hidrojen su halinde bol miktarda mevcuttur. Depolayabildiği enerji miktarına göre üretilmesi en ucuz sentetik yakıttır.Ayrıca bütün bu yakıtlar içinde en az kirleteni en hafifi ve yenilenebilenidir.

Prensipte hidrojen tüketim merkezlerinden uzakta fakat ana enerji kaynaklarının ve suyun bol bulunduğu bölgelerdeki büyük fabrikalarda üretilecektir. Sonra enerji tüketim merkezlerine taşınacak ve fosil yakıtların kullanıldığı her ortamda onların yerine uygulanacaktır.[40]

Hidrojen su halinde okyanuslarda, göllerde ve nehirlerde bol miktarda bulunmaktadır. Hidrojen sahip olduğu enerji başına üretilmesi en ucuz sentetik yakıttır.

Sudan imal edildikten sonra enerji üretmek için oksijenle birleşerek su buharı oluştururlar.;bu yanma ürünü neticede yağmur halinde yeryüzüne inerek başlangıçta oksijenin imalinde kullanılan suyu iade etmiş olur.

Hidrojen çok verimli bir enerji taşıyıcısıdır. Uzaklığı 350 km den daha fazla olan yerler arasında enerjiyi hidrojen olarak borularla nakletmek daha ekonomiktir. Hidrojenin bir diğer avantajı da depolanabilir olmasıdır. Elektrik nakledildiği anda kullanılmazsa ziyan olur.

Hidrojen enerji sisteminde hidrojen üretim noktalarından veya limanlardan yer altı boru hatları vasıtasıyla endüstriye, evlere ve binalara gönderilecektir.

Dünyanın enerji gereksiniminin büyük bölümünü karşılayan fosil kaynaklar hem gittikçe azalmakta hem de çok ciddi çevre ve hava kirliliğine sebep olmaktadır. Hidrojen, bir enerji taşıyıcısı olarak bu sorunların çözümü için bir potansiyel oluşturmaktadır. Bu sebeple son yıllarda hidrojen enerjisi üzerinde yoğun araştırma ve geliştirme faaliyeti sürdürülmektedir.

[40] Vezirlioğlu Nejat,Dünya barışı için Türkiye,Dünya barışı için hidrojen,,İstanbul,2004,269-270,274

Temiz ve yenilenebilir hidrojen enerjisinin dünyanın artan enerji gereksinimini karşılayacağı bir gelecek için gelişmiş ülkeler çok yoğun bir şekilde büyük ölçekli teknolojik araştırma ve geliştirme programları yürütmektedirler.

Hidrojen dünyada en çok bulunan elemanlardan biridir. Su, hidrojen ve oksijenden oluşur ve akarsu ve denizlerde çok miktarda bulunmaktadır. Hidrojen doğada saf halde bulunmaz. Ancak çeşitli yöntemlerle elde edilebilir. Bu sebeple yenilenebilir bir yakıttır. Bunun yanında yakıtlar içerisinde çevresel açıdan en temizidir. Birincil enerji kaynakları kullanarak hidrojen üretilip bunun gereksinim duyulan yerlere iletilerek çeşitli yöntemlerle enerjiye çevrilmesine **hidrojen enerji sistemi** denir.

Hidrojen yakıtının en önemli kullanım alanı ulaşım sektörü (otomobil, otobüs, uçak, tren ve diğer taşıtlar) olmaktadır. Hidrojen halen bir yakıt olarak uzay mekiği ve roketlerde kullanılmaktadır. Düşünülen diğer kullanım yerleri ise mobil uygulamalar (cep telefonu,bilgisayar, vs) ve yerleşik uygulamalar (yedek güç üniteleri, uzak mekanlarda güç gereksinimi, vs) dır.

Hidrojen enerji sistemi şu kısımlardan oluşur:

- Hidrojen üretimi
- Depolama ve iletim
- Enerji çevrimi

Hidrojen enerjisi konusunda son yıllarda meydana gelen gelişmeler, 2010 yılından itibaren hızlanan bir süreç içinde hidrojenin özellikle ulaşım sektöründe diğer yakıtların yerine geçeceği bir geleceği işaret etmektedir. Bu vizyonda hidrojenin çeşitli üretim yerlerinden kullanım yerlerine ulaşması için gereken dağıtım altyapısı ve hidrojen istasyonları da yer almaktadır.

1.2.1 Hidrojen Yakıtının Özellikleri

Bugün yakıt seçimindeki kriterler olarak; motor yakıtı olma özelliği, dönüşebilirlik ya da çok yönlü kullanıma uygunluk, kullanım verimi, çevresel uygunluk, emniyet ve efektif maliyet açısından yapılan değerlendirmeler, hidrojen lehine sonuç vermektedir. Yakıtın dönüşebilirliği ya da çok yönlü kullanımı, yanma işlemi dışında, diğer enerji dönüşümlerine uygunluğunu gösterir. Hidrojen alevli yanmaya, katalitik yanmaya, direkt buhar üretimine, hibritleşme ile kimyasal dönüşüme ve yakıt hücresi ile elektrik dönüşümüne uygun bir yakıt iken, fosil yakıtlar yalnızca alevli yanmaya uygundur.

Hidrojen alevli yanma özelliği ile içten yanmalı motorlarda, gaz türbinlerinde ve ocaklarda yakıt olarak kullanılabilmektedir. Hidrojenin direkt buhara dönüşüm özelliği, buhar türbinleri uygulamasında kolaylık sağlamaktadır. Bu özelliği ile endüstriyel buhar üretimi de kolaylaşmaktadır. Hidrojenin katalitik yanma özelliğinden mutfak ocakları, su ısıtıcılar ve sobalara uygulanmasında yararlanılmaktadır. Hibritleşme özelliği, emniyetli hidrojen depolaması açısından önemlidir. Hidrojen Carnot çevriminin sınırlayıcı etkisi altında kalmadan, yakıt pillerinde elektrokimyasal çevrimle direkt elektrik üretiminde de kullanılabilmektedir.

Hidrojen, en hafif kimyasal elementtir. Sıvı hidrojenin birim kütlesinin ısıl değeri 141.9 MJ/kg olup, petrolden 3.2 kat daha fazladır. Sıvı hidrojenin birim hacminin ısıl değeri ise 10.2 MJ/m3 tür ve petrolün % 28'i kadardır. Gaz hidrojenin birim kütlesinin ısıl değeri sıvı hidrojenle aynı olup, doğal gazın 2.8 katı kadarken, birim hacminin ısıl değeri 0.013 MJ/m3 ile doğal gazın % 32.5'i olmaktadır. Metal hibritlerin kütlesel enerji içeriği 2-10 MJ/kg ile sıvı hidrojene göre çok küçükken, hibritlerin hacimsel enerji içeriği 12.6-14.3 MJ/m3 ile gaz ve sıvı hidrojenden büyüktür.

Hidrojen diğer tüm otomotiv yakıtlarından üstün özellikler taşımaktadır ve ideal bir yakıttır.

Akaryakıt motorlarında görülen buhar tıkacı, soğuk yüzeylerde yoğuşma, yeterince buharlaşamama, zayıf karışım gibi sorunlar hidrojen motorlarında yoktur. Hidrojen motorları 20.13 K (-253 oC) de ilk harekete sokulurken bile sorun çıkarmaz. Hidrojen yüksek alev hızına, geniş alev cephesine ve yüksek detanasyon sıcaklığına sahip olup, kontrolsuz yanmaya (vuruntuya) karşı dayanıklıdır.

Hidrojenin geniş bir tutuşma açıklığı olduğundan, bu tür motorlar değişik hava fazlalık katsa- yılarında çalıştırılabilmektedir.

Hidrojenle çalışan içten yanmalı motorun yanma sırasında oluşan azot oksit (NOx) emisyonu, mevcut bir motordan 200 kat daha azdır. Kaldı ki, benzin-hava karışımına % 5 hidrojen eklenince NOx emisyonu % 30-40 azalma göstermektedir. Bu da çevre açısından önemli bir kazançtır.

Nitekim, son yıllarda çift yakıtlı motorlar denilen, hidrojen/benzin ve hidrojen/doğal gaz karışımlı Otto çevrimli motorların ortaya çıkarılmasının nedeni, karışımın fakirleştirilmesi ile özgül yakıt tüketiminin azaltılmasıdır. Fakir karışımlı motorların COx ve HC emisyonları azalmaktadır. Çift yakıtlı motorların, günümüz klasik motorları ile hidrojen motorları arasında bir geçiş aşaması oluşturması beklenmektedir.

Yakıtlar için önemli olan bir özellik de çevresel uygunluktur. Fosil yakıt kullanımının hava kalitesi, insanlar, hayvanlar, plantasyonlar ve ormanlar, akuatik ekosistemler, insan yapısı yapılar, açık madencilik, iklim değişikliği, deniz seviyesi yükselmesi üzerindeki olumsuz etkilerinden kaynakla- nan çevre zararları dünya genelinde, 1990 verileriyle; kömür için 9.8 ABD $/GJ, petrol için 8 ABD $/GJ ve doğal gaz için 5.6 ABD$/GJ olarak saptanmıştır.

1.2.2 Hidrojenin Çevresel Uygunluğu

Çevresel zarar ve çevresel uygunluk faktörü için fosil yakıt sistemi, kömür/sentetik yakıt sistemi ve güneş-hidrojen sistemi (güneş PV panellerinden sağlanacak enerji ise hidrojen üretim sistemi), bu verilerin ışığında karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonuçları Tablo'da yer almaktadır. Güneş-hidrojen üretim sisteminde çevresel zarar 0.46 ABD $/GJ gibi yok denecek düzeye düşmekte ve çevresel uygunluk faktörü üst sınıra çıkarak 1 olmaktadır.

Tablo :3 Çevresel Zarar ve Çevresel Uygunluk Faktörleri

Enerji sistemi	Yakıt	Çevresel zarar (ABD $/GJ)	Çevresel uygunluk faktörü
Fosil Yakıt		8.42	
	Kömür	9.82	0.047
	Petrol	8.47	0.054
	Doğal gaz	5.60	0.082
Kömür/sentetik yakıt		10.47	
	Sent. gaz	13.77	0.033
	S.doğ.gaz	9.13	0.050
Güneş-hidrojen		0.46	
	Hidrojen	0.46	1.000

Kaynak : M.Ö. Ültanır,1998,s.209

Yakıtın zehirliliği, yanma ürünlerinin zehirliliği, diffüzyon katsayısı, ateşleme enerjisi, patlama enerjisi, alev emissivitesi gibi faktörlere göre yapılan emniyet değerlendirmesi açısından, hidrojen en emniyetli yakıttır. Hidrojenin emniyet faktörü 1 iken, benzinde 0.53 ve metanda 0.80 olmaktadır. Kısacası benzin ve doğal gaz hidrojene göre tehlikeli yakıtlardır. Hidrojenin benzin ve metana göre yanma tehlikesi daha azdır.

1.2.3 Hidrojenin Ekonomiklik Açıdan Karşılaştırılması

Hidrojenin üretilmesinde ekonomiklik kriterlerinin değerlendirilmesi diğer enerji kaynakları içindeki rolünün anlaşılmasında yardımcı olacaktır. Bu amaçla yapılan değerlendirme Tablo 4'de gösterilmiştir.

Tablo 4:Enerji Kaynakları Maliyet Karşılaştırmaları

ENERJİ SİSTEMİ/YAKIT	EFEKTİF MALİYET($/GJ)	EKONOMİKLİK İNDEKSİ
FOSİL YAKIT	14.97	1.15
BENZİN	21.40	1.64
DOĞAL GAZ	11.82	0.91
KÖMÜR/SENTETİK	18.65	1.43
SENTETİK GAZ	34.97	2.69
SENTETİK DOĞAL GAZ	24.81	1.91
GÜNEŞ-HİDROJEN	13.02	1.00
HİDROJEN	13.02	1.00

Kaynak : M.Ö. Ültanır,1998,s.209

Efektif maliyet ve ekonomiklik indeksi açısından baktığımızda fosil yakıtlar(benzin ve doğal gaz),kömür(sentetik gaz,sentetik doğal gaz) ve güneş enerjisinden elde edilen hidrojen yakıtları ,ürettikleri enerji birimi(milyar Jul,GJ) başına US$ cinsinden kıyaslanmıştır. Görüldüğü gibi hidrojen enerjisine kıyasla doğalgaz hariç diğer tüm yakıtlar daha pahalıdır. Örneğin sentetik gaz hidrojenin 2.69 katı,fosil yakıtlardan benzin ise 1.5 kattan daha pahalıdır.

1.2.4 Yakıt Maliyeti olarak Karşılaştırılması

Tablo 5: Otomotiv yakıtı maliyeti (ABD-1995)

Yakıt Maliyeti Bileşenleri	Benzin		Hidrojen	
	ABD $/GJ	ABD $/L	ABD $/GJ	ABD $/L eşdeğeri
Toplam satış maliyeti	4.93	0.16	6.54-32.23	0.21-1.06
Yakıt dağıtımı	2.06	0.07	5.31-20.85	0.17-0.66
Vergiler	3.29	0.10	0.00-3.32	0.00-0.11
TOPLAM	10.28	0.33	11.85-56.40	0.38-1.83

Kaynak : TÜSİAD,2001,Hidrojen Ekonomisi

Yakıt maliyeti olarak benzin ile hidrojen ; toplam satış maliyetleri,yakıt dağıtımı ve vergiler gözönüne alınarak karşılaştırıldığında toplamda maliyetin şu an için benzin de daha avantajlı olduğu görülmektedir.

1.3 Hidrojen Üretimi, Depolanması ve Taşınması

Hidrojen bir doğal yakıt olmayıp, birincil enerji kaynaklarından yararlanılarak değişik hammaddelerden üretilebilen bir sentetik yakıttır. Hidrojen üretiminde tüm enerji kaynakları kullanıla-bilmektedir. Kullanılan hammaddeler ise su, fosil yakıtlar ve biomas materyaldir. Bugün dünyada teknolojik gereksinimlerle yılda 500-600x109 m^3 hidrojen fosil yakıtlardan üretilerek kullanılmaktadır.

Üretilen hidrojen depolanabilmekte, boru hatları ve/veya tankerlerle taşınabilmektedir. Doğalgaz boru hatlarının gelecekte hidrojen taşınması için kullanılabileceği belirtilmektedir. Hidrojenin depolama yöntemleri; tüplenmiş alçak basınçlı gaz (12 bar) ve yüksek basınçlı gaz (150 bar) dışında sıvılaştırılmış biçimde, kriyojenik (dondurulmuş) tanklarda (220 kPa) ve metalik hibrit biçiminde olabilmektedir. Hidrojen gaz biçiminde boru hatlarıyla taşınabildiği gibi, yüksek basınçlı gaz ve sıvılaştırılmış biçimde tankerlerle taşınabilmektedir.

Gaz hidrojenin zeolit ortamlarda depolanması çalışmaları vardır. Ancak, enerji içeriğinin yüksekliği açısından gaz yerine sıvı hidrojen depolama teknikleri üzerinde durulmaktadır.

Hidrojenin hidritlerle depolanması ve taşınması da önemle ele alınmaktadır. Geliştirilen hibritler; titanyum alaşımları (özellikle demir-titanyum), paladyum alaşımları, zirkonyum alaşımları, titanyum-zirkonyum-vanadyum-nikel alaşımları, titanyum-zirkonyum-vanadyum-demir-krom mangan alaşımları, magnezyum-nikel alaşımları vs. gibi materyallerle oluşturulmaktadır.

Düşük sıcaklık ve yüksek sıcaklık hidritleri vardır. Demir-titanyum alaşımı düşük sıcaklık hibriti iken, magnezyum-nikel alaşımı yüksek sıcaklık hibritidir. Düşük ve yüksek sıcaklık hibritlerinin kombinasyonu da kullanılmaktadır. Metal hibritler paket olarak taşınmaya uygundur.[41]

1.3.1. Hidrojen Üretimi

Orta döneme yakın bir zamanda hidrojen iyi anlaşılan ve zaman içinde test edilmiş bir teknoloji ile doğalgazdan üretilecek.ve yerel enerji kaynaklarından suyun elektrolizi yolu ile elektrik kullanılarak üretim gerçekleştirilecek.orta ila uzun döneme doğru ise hidrojen üretim teknolojileri yenilenebilir kaynalar nükleer kimyasal döngüler ,temiz kömür ve doğal gaz sayesinde yerel hidrojen üretime geçişte katkıda bulunacak ve daha düşük maliyetli olabilecektir.

Hidrojen üretme teknolojileri şöyle sayılabilir:

---

[41] 21. yy a girerken Türkiye'nin enerji stratejisi, Hidrojen Enerjisi,TÜSİAD,Aralık 1998, 203-214

Hidrojen Üretim Yöntemleri

Buhar-metan yöntemi

Günümüzde hidrojen üretimi için en yaygın olarak kullanılan yöntemdir. Bu üretim biçimi iki adımdan oluşur.

a. Birinci adımda doğal gaz yüksek sıcaklıkta (392 C) buhara tabi tutularak hidrojen ,karbondioksit ve karbonmonoksit elde edilir.

b. İkinci adımda ise karbonmonoksit buhara tabi tutularak ilave hidrojen ve karbondioksit elde edilir.

Bu yöntemde hidrojen ürün miktarı %70-%90 arasındadır.

Elektroliz yöntemi

Su moleküllerine elektrik şarjı uygulanarak hidrojen ve oksijen atomlarının bağlarının kopması sağlanır. Oluşan yüklü parçacıklardan hidrojen iyonu ,pozitif elektrik yüküne sahiptir ve negatif elektrotta toplanır.oksijen ise negatif yüke sahip olduğundan ,pozitif elektrota doğru hareket eder.

Suyun içine eklenen elektrolitler iletkenliği ve dolayısıyla prosesin verimliliğini arttırırlar.

Elektrik enerjisi üretimi, hidroelektrik ya da rüzgar jeneratörleri gibi mekanik yöntemlere dayanıyor ise, hidrojenin suyun elektroliz edilmesi yöntemi ile üretilmesi uygun olabilir. Çoğunlukla tüketilen elektriğin maliyeti, üretilen hidrojenin fiyatından daha yüksek olduğu için, elektroliz yöntemi hidrojen üretiminde çok küçük bir paya sahiptir.[42]

Buhar elektrolizi

Bu yöntemde suyun ayrıştırılması için gerekli olan enerjinin bir kısmı sisteme ısı enerjisi olarak verilerek verim yükseltilir.2500C sıcaklıkta suyun içerisindeki hidrojen ve oksijen serbest hale geçer.

[42] WIKIPEDIA,Hidrojen Ekonomisi,Hayata geçirmedeki zorluklar, http://tr.wikipedia.org/wiki/Hidrojen_ekonomisi, 27 Kasım 2006

Buradaki problem sistemin çalıştığı yüksek sıcaklıkta hidrojen ve oksijenin yeniden birleşmesinin önlemesidir.

Termo-Kimyasal ayrıştırma yöntemi

İyot ya da brom gibi bazı kimyasallar kullanılarak ısı yardımıyla su moleküllerinin parçalanması sağlanır.

Foto-Elektrokimyasal Yöntem

Bu yöntemde hidrojen üretmek için iki elektro-kimyasal sistem kullanılır. Bunlardan birisi katalizör olarak çözülebilir metal bileşiklerini kullanırken, diğeri yarı-iletken yüzeylerden faydalanır. Çözülebilir metal bileşiğinin çözülmesi sırasında ,güneş enerjisini soğurarak bir elektrik şarjı oluşturur. Ve su moleküllerinin parçalanmasını sağlar.

Diğer yöntem ise yarı-iletken elektrotlar bir foto-kimyasal pil içerisinde optik enerjiyi kimyasal enerjiye çevirirler.

Biyo-Kütle Gazifikasyonu ve Pirolizi

Biyo-kütlenin yüksek sıcaklıkta gazifikasyonu ve düşük sıcaklıkta pirolizi ile hidrojen üretilir.

Foto-Biyolojik Yöntem Bazı bakteriler ve algler güneş enerjisinden faydalanarak hidrojen üretirler.Mühendislik sistemleri ve katalizörler kullanılarak verimin %24'e kadar çıkartılabileceği düşünülmektedir.[43]

[43] Özsabuncuoğlu,Uğur A. Atilla, a.g.e,212-213

1.3.2. Hidrojenin Depolanması

Hidrojenin iletimi güvenilir ve düşük maliyetli hidrojen dağıtım ağı bir gecede kurumayacak bir yapıdır. Gaz üretim tesisleri endüstriyel kullanıcılar için sıklıkla tankerlerde taşınma yolu ile hidrojenin iletilmesini sağlarlar. Hidrojen talebi arttıkça endüstri hidrojenin depolanması ve iletimi için boru hattı yapımında ileri teknolojiler kullanarak hidrojenin iletimi ve taşınmasındaki artan üretime karşılayabileceklerdir.

Hidrojen, gaz halinde, sıvı halinde veya bir kimyasal bileşik içinde depolanabilir. Daha çok gaz halinde saklanmaktadır. Fakat düşük yoğunluklu olduğundan çok yer kaplar. Bunun için basınçlı tanklarda ve tüplerde sıkıştırılmış olarak saklanır. Tank malzemeleri güvenlik açılarından geliştirilmektedir.

Sıvı hidrojen daha az yer kaplar. Fakat hidrojenin sıvılaştırılması için çok yüksek enerji (sıvılaştırılan hidrojenin enerji değerinin 1/3'ü kadar) gerekir.

Katı şekilde hidrojen depolaması için metal hidritler kullanılmaktadır. Hidrojen gazı metal hidrit tarafından sünger gibi çekilerek gözenekleri içinde depolanır. Ancak metal hidritler çok ağırdır. On kat daha hafif malzeme olarak karbon nanoyapıları geliştirilmektedir.

Hidrojen depolamada amaçlanan özellikler belirlidir. Bu özellikler;

1) Olabildiğince yüksek geri dönüşümlü depolama kapasitesi
2) Olabildiğince düşük geri bırakım sıcaklığı
3) Zehirlenmeye karşı direnç ve bağlı olarak olabildiğince yüksek tekrarlanabilir dolum sayısı

Depolama Çeşitleri

1) Tanklarda depolama
2) Nanotüplerde depolama
3) Metal hidrürlerde depolama
4) Alanatlarda depolama
5) Bor esaslı depolama

Hidrojenin kullanılması için büyük ölçekli , güvenli ve pratik depolama yöntemlerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Hidrojen sıvı olarak depolanmasına rağmen -253C sıcaklığa kadar soğutulması gerektiğinden ,bu zor bir işlemdir. Soğutma işlemi , hidrojenin depoladığı enerjinin %25-%30'u kadar enerjiye mal olur.ve bunun yanında sıvılaştırılmış hidrojen depolanması özel yöntemleri ve malzemeleri gerektirir.

Hidrojen gaz halinde de depolanabilir. Bu yöntem sıvı hidrojenin depolanmasından daha az enerji gerektirir. Büyük ölçekli kullanım için sıkılaştırılmış hidrojen gazı mağaralarda,gaz sahalarında ve madenlerde depolanarak doğal gaz gibi kullanım hattı boruları ile iletilebilir. Bu yöntem ısıtma için uygun olsa da taşıma için uygun değildir.

Depolama için diğer bir yöntem hidrojenin hidritler içinde depolanmasıdır. Hidrit hidrojenin diğer maddelerle yaptığı bileşkelere verilen addır. Magnezyum-nikel, Magnezyum-bakır ve demir-titanyum gibi bazı metal alaşımları hidrojen soğurup ısıtıldıklarında yeniden açığa çıkarmaktadır. Yüksek enerji yoğunluğunda önemli miktarda hidrojen taşıyabilen ,hidrojeni bir yakılarak serbest bırakabilen , hızlı tepki gösterebilen ve uygun maliyetli bir bileşiğin gelişmesi için çalışmalar yapılmaktadır. [44]

1.3.3 Hidrojenin iletimi

Hidrojen gazı, doğal gaz veya hava gazına benzer olarak borular aracılıyla her yere kolaylıkla ve güvenli olarak taşınabilmektedir. Hidrojen boru ile taşınmasına, Texas'da 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 gösterilebilir.

Basınçlı hidrojenin, çelik tüpler içine yerleştirerek taşınması, bu güne kadar geliştiren bir çok deneme amaçlı hidrojenle çalışan taşıtta kullanılan yöntem olmuştur. Burada görülen en büyük sorun çelik tüplerin kendi ağırlıklarıdır. Benzinli bir otomobil ortalama olarak 65 litre (47kg) benzin almakta olup, bu da enerji olarak 17 kg hidrojene karşılık gelmektedir. Hidrojeni sıvı olarak depolamak ağırlık sorununu çözmekle birlikte, tank hacmi ve maliyet artmaktadır. Diğer bir sorun ise, hidrojenin gaz haline geçmesi ile oluşan kayıplar ve yakıt ikmali zorluğudur.

[44] Özsabuncuoğlu,Uğur,a.g.e ,214-215

1.4 Hidrojenden Enerji Elde Edilmesi

Hidrojenden şu yöntemlerle enerji elde edilir:

A. **Yakma**: Hidrojen benzin ve doğal gaz gibi yakılabilir. Benzin ve doğal gaza üstünlüğü emisyonlarının azlığıdır. Karbondioksit çıkmaz. Sadece benzin ve doğal gaza göre çök az miktarda NOx çıkar. Askeri ve endüstriyel amaçlar için hidrojen gaz türbinleri ve arabalar için içten yanmalı motorlar geliştirilmektedir.
B. **Yakıt pili**: Yakıt pili elektrolizin tersidir. Hidrojen ve havadaki oksijen birleştirilerek elektrik akımı elde edilir. Özellikle otomobiller olmak üzere bütün uygulamalarda tercih edilen yöntemdir. Hidrojeni yakmaya göre daha verimlidir.

Çevreye zararlı hiç emisyonu yoktur. Çeşitli yakıt pili tipleri vardır. Bunlar anot ve katot arasındaki elektrolit malzemeye göre farklılık gösterir. [38]

1.5 Hidrojenin Kullanılması

Yakıt pilleri sıklıkla hidrojenle eş anlı tutulan bir kelimedir.takıt pilleri hidrojenini depolanacağı temel teknolojilerden bir tanesidir. Yakıt pilleri elektrolizin tersi bir işlem görür. Yakıt pilleri hidrojeni gaz olarak ve oksijeni havadan alarak bunları elektrik akımı ve su ve su buharı olarak üretmek için elektrokimyasal reaksiyonun gerçekleşmesini sağlar. Çevreyi temiz tutmasının yanında meknik olmadığı için sessizidirler.ve hidrojenin enerji potansiyelinin %75 inden fazlasında verimlilik sağlarlar. Hacmindeki esneklik ve elektrik sistemlerine olanm uyumluluğu yakıt pillerinin çok geniş bir uygulama alanında kullanılmasını sağlarlar.

Yakıt pilleri ekonominin tüm sektörlerine hizmet edebilecek bir potansiyele sahip olmasına rağmen bireysel otomobil firmalarında endüstriyel konplekslere kadar uzanan bir skalada tümüyle pratik olabilecek şekilde daha ileri teknolojilerin kurulaması için pahalıdır. Hidojenin geleneksel yakıt tesisleri verimli olarak elektrik üretebilecek ve gaz emisyon oranın

[38] S. Kemal İlder, www.metalurji.org.tr Profesör Makina Mühendisliği Bölümü, ODTÜ HİDROJEN ENERJİ SİSTEMİ Erişim Tarihi : 02.02.2007

sıfıra düşürecek termal tesisler için motorlama ve ateşleme türbünlerine cevap verecek teknoloji henüz oluşmamıştır.

Hidrojenin Kullanım Alanları

Ulaşımda ,endüstride ve evlerde hidrojen kullanımı aslında sanıldığı kadar yen değildir. Evlerde kullanılan havagazı aslında hidrojen ve karbondioksitin karışımıdır. Sanayide petrolün rafine edilmesinde , amonyak ve metanol üretiminde , metalürji ve gıda sektörlerinde kullanılmaktadır. Uzay mekiğinin roketlerinin yakıtı da hidrojendir.

Uygun şekilde depolandığı takdirde hidrojen , ister sıvı , ister gaz halde bulunsun yakıt olarak kullanılabilir. Otomobil üreticileri hidrojenle çalışan otomobiller geliştirmişlerdir. Hidrojen benzinden %50 daha verimli yanar. Ve daha az kirliliğe yol açar. Kirliliğin azaltılması için benzin,etanol,metanol ve doğalgazla karıştırılabilir. Tamamıyla hidrojen yakan bir motor sadece su ve az miktarda azot oksit üretecektir.

Hidrojen daha yüksek ateşleme hızına, daha geniş ateşleme sınırlarına ,daha yüksek patlama sıcaklığına sahiptir,daha yüksek sıcaklıkta yanar ve benzinden daha düşük ateşleme enerjisine ihtiyaç duyar.

Hidrojenin birim ağırlık başına enerji kapasitesi çok yüksek olduğu için hidrojenle çalışan hava taşıtları daha fazla yük taşıyabilirler ya da menzillerini önemli ölçüde arttırabilirler.

Yakıt pilleri , hidrojenin elde edilmesi için geliştirilen bir teknolojidir. Yakıt pillerinde elektroliz prosesi tersine çevrilerek, hidrojenle oksijen elektro-kimyasal bir prosesle birleştirilir. Bunun sonucu elektrik,su ve ısı açığa çıkar.

ABD'nin uzay programında , otomobil ve otobüsleri çalıştıracak güçte yakıt pilleri geliştirilmiştir ve çeşitli şirketler yakıt pilleri üzerine çalışmalara devam etmektedirler.

Hidrojen sürekli üretim yapmayan(güneş,rüzgar) ya da enerji tüketim merkezlerinin çok uzağında inşa edilen (hidro-elektrik,jeo-termal) enerji tüketim tesislerinde üretilen enerjinin tamamının ya da o an için kullanılmayan kısmının depolanması için kullanılabilir.

Hidrojenin taşıtlarda yakıt olarak kullanılabilmesi için önemli avantajlar olsa da ,benzinin yerini alabilmesi için en azından 20 yıllık bir sürenin geçmesi gerektiği öngörülmektedir.[45]

1.6 Hidrojen Ekonomisi

Hidrojen ekonomisi, taşıtların ve elektrik dağıtım şebekesinin dengelenmesi için ihtiyaç duyulan enerjinin, hidrojen(H_2) olarak depolandığı, varsayılan bir gelecek ekonomisidir.

Hidrojen ekonomisi, fosil yakıtlar yerine, temel enerji kaynakları ile biyokütlelerden hidrojen yakıtı üretilmesini öngörür.[46]

1.6.1 Hidrojen Ekonomisine Geçiş Çalışmaları

Fosil yakıtlardan Hidrojen ekonomisine geçişte şu kriterler yer alır

1) Destekleyici politik çerçeve
2) Stratejik bir araştırma planı
3) Yayılma stratejisi
4) Hidrojen ve yakıt pili teknolojileri için yol haritaları
5) Hidrojen ve yakıt pili teknoloji ortaklıkları

Bu kriterler göz önüne alınarak yapılan bir araştırmaya göre şu bulgulara ulaşılmıştır ;

[45] Özsabuncuoğlu İsmail H, Uğur A. Atilla, Doğal Kaynaklar,Ekonomi,Yönetim ve politika,Hidrojen Kullanım Alanları ,213-214

[46] WIKIPEDIA,Hidrojen ekonomisi, http://tr.wikipedia.org/wiki/Hidrojen_ekonomisi

Tablo 6: Hidrojen Enerjisi Üretimi Projeksiyonu

yıllar		2000-2010	2010-2020	2020 - 2040
Devlet politikaları		Güvenlik İklim Hidrojen Güvenliği	Ulaşım ve Kabul görme	Enerji taşıyıcı olarak toplum tarafından kabulu
Hidrojen Endüstrisini Oluşturan öğeler	Üretim	Doğal gaz ve biomas'in reformasyonu	Kömür gazifikasyonu Elektroliz	Biyofotokatalizörler Suyu ayrıştırmada fotokatalizörler
	Taşıma	Boru hatları Kamyon,demiryolları	Özel dağıtım modelleri	Merkezi dağıtım entegreli ağlar
	Depolama	Sıkıştırılmış tanklar (gaz ve sıvı)	Hibrit teknolojisi	Kitle üretimi için verimli teknolojiler
	Dönüşüm	yanma	Yakıt pilleri Gelişme yanma	Kitle üretimi için verimli teknolojiler
	Son kullanıcı Enerji piyasası	yakıt arındırma uzay mekiği taşınabilir güç	Merkezi dağıtım istasyonları Otobüs filoları Kamu araçları	Özel araçlar Faydalı sistemler

Kaynak : EIA,Energy Information Administration,2006,www.eia.doe.gov Erişim Tarihi : 18.01.2007

Hidrojenin kullanımında devlet politikaları gözönüne alınırsa ; 2000-2010 ve 2010-2020 yılları arasında güvenlik,iklim ve H_2 güvenliği konularında çalışmaların yapılacağı ve teknolojisinin ilerlemesi ve kabul edilebilirliği üzerinde çalışmaların yapılacağı öngörülmekte ; 2020-2030 ile 2030-2040 yıllarında hidrojenin enerji taşıyıcı bir kaynak olarak toplum tarafından kabul edilmesi öngörülmektedir.

1.6.2 Hidrojen Yakıt Pilleri

Hidrojen her hazır enerji ihtiyacında kullanılabilen geniş kapsamlı bir güç taşıyıcısıdır.yakıt pilleri hidrojenin etkin bir şekişde tutlmaısını ve güç olarak kullanılmasını sağlayan bir enerji dönüüşüm aygıtıdır.

Yakıt pillerinin kullanım amaçları

1) Yakıt pileri doğrudan hidrojendeki kimyasal enerjiyi elektrik enerjisine çevirerek oluşan saf suyu sadece üretimde kullanılabilecek potansiyel ısıya çevirebilecek bir yapıya sahiptir.
2) Hidrojen destekli yakıt pilleri sadece temiz bir teknoloji değil aynı zamanda geleneksel yakıt teknolojilerinden 2-3 kat daha verimlidir.
3) Geleneksel yanma tabanlı bir güç istasyonu elektrik üretimeyi genel olarak %33-35 verimlilikte sağlarken ,yakıt pili sistemleri eletrik üretim etkinliğini %60 'ı aşan bir orana çıkarabilir.
4) Geleneksel arabalardaki benzi deposu normal sürüş koşulları altında aracı haraket ettiren gücü sağlayan kimyasal enerjiyi %20 den daha az etkin olarak çevirmektedir. Elektrik motoru kullanan hidrojen yakıt pilli araçların enerji verimliliği çok daha fazladır ve içten yanmalı benzin deposuna sahip araçlara kıyasla yakıt tüketimi %50 daha düşüktür.
5) Ek olarak yakıt pilleri daha az haraket eden parçaya sahip olup sessiz çalışan ve pekçok uygulamaya uygun yapıdadır.

Uygulamaya başlanılan ve yaygınlaşması planlanan yeni enerji çevrim yöntemlerinin başında, yakıt pilleri (fuel cells) gelmektedir. Yakıt pili, kimyasal enerjiyi belli bir verimlilikle elektrik enerjisine dönüştüren elektrokimyasal ünite diye tanımlanabilir. Yakıtta kimyasal biçimde depolanmış enerji elektrokimyasal bir işlem sonucu, direkt olarak elektrik enerjisine dönüştürülmektedir.

Yakıt pillerinde yakıt olarak metanol, etanol, doğal gaz, LPG ve hidrojen kullanılabilir. Sırala- nan bu yakıtlar arasında verimi en yüksek olan hidrojendir. Hidrojenden reaksiyonu sonucunda ortaya su buharı çıkarken, öteki yakıtlardan CO2 de çıkmaktadır. [47]

Yakıt pilleri kimyasal enerjinin hidrojen yakıtı yardımı ile elektrik enerjisine dönüştürüldüğü hidrojen ekonomisindeki son basamaktır. Yakıt pilleri bu görev için özellikle uyumludur çünkü yüksek verimlilikte çalışırlar ,havayı kirletmezler,ve çok geniş uygulamalarda

[47]TÜSİAD, 21. yy a girerken Türkiye'nin enerji stratejisi, Yeni enerji çevrim yöntemleri, Aralık 1998, 93–194

kullanılacak olan elektrik gücü için dizayn edilmiştir. Yakıt pilleri sürdürülebilir bir enerji ekonomisinin yapısı oluşturan 2 yüksek rekabet edebilir enerji taşıyıcısının bağlantısını kurar.bu kaynaklar temiz,bol bulunan ve pek çok yakıt tüketim kaynaklarına ve kullanımlarına uyum sağlayabilen kaynaklardır.

Bir hidrojen ekonomisinde yakıt pillerinin kullanımının en önemli nedenlerinden biri taşınabilir olması ve kompakt ve etkin enerji kaynaklarına ihityaç duyulan mobil uygulamalara uygun olmasıdır. Yakıt pilli güç ulaşım araçları özellikle dikkat çekicidir çünkü öenmli oranda hava kirliliğini azaltan ve ithal edilen petrol ve bunla ilgili fosil kaynakların yerini almasıyla önem kazanmaktadır. Ulaşım uygulamaları şu anda sanayi ve devlet kesimlerinde yakıt pilleri üzerine yapılan araştırma ve geliştirmenin (R&D) öenmli bir kısmını kapsamaktadır.

Hidrojen Ekonomisinde Roller

Enerjinin tüm dömüşümlerine bakacak olursak ,hidrojen enerjisindeki değişimi zaman alacak ve belli evrelerden geçecektir.Teknolojik gelişmeler ve bu enerjinin piyasada kabul görmesi için bu evreleringeçirmek zorundadır. Buna ek olarak hidrojenin güvenliği konusundaki eğitim ve yapılan güvenlik çalışmaları hidrojeni daha bulunabilir bir yapıya sokacaktır. Hükümet sanayi ve yoplum hayati rol oyanacaklardır.

Hükümet teknolojik araştırmalrın ve geliştirmelerin önemli bir destekçisi olacaktır. Hidrojenin güvenli kullanımı için kodlar ve standartlar geliştirecektir. Bunun yanında hükümetin görevi belirlemiş olduğu poitikalarını uygularak bu piyasanın oluşmasına ön ayak olmak ve piyasanın hidrojen enerjisi teknolojilerine erken adapte olmasını sağlamaktır.

Sanayinin rolü ise piyasaya geçişin hazır olduğu bir teknolojiye karar vermek ve bu teknolojinin gerekli parçalarını tedarik edebileceği bir üretim altyapısını kurmaktır.

Hidrojen enerjisi ekonomisine geçiş önemli bir çaba ve yatırım gerekecektir. Bu ekonominin sağlanması ile çevrreyi kirletmeyen temiz kaynakları kullanımı ve ekonomide gerekli olan güç,sanayi,mesken,ulaşım ve ticari alanlardaki talebi karşılayacak bir yakıt olması ve bunun sürdürülebilir bir halde olması arzulanmaktadır.

Hidrojen AR-GE Programları

Hidrojen sisteminin gelişimi ile ilgili olarak gelişmiş ülkelerde kamu kuruluşlarının ve otomotiv şirketlerinin yoğun faaliyetleri vardır. Bu çalışmalar gittikçe daha çok kaynak ayrılmaktadır.

ABD, AB ülkeleri ve Japonya'da üretim yapan otomobil ve otobüs firmalarının hemen hemen tümü yakıt pilli prototip modellerini geliştirmektedirler. Ayrıca hidrojen yakıtlı içten yanmalı motorlu modeller de geliştirilmektedir. Bu prototipler araştırma amaçlı olup,oluşabilecek problemleri görmek ve gidermek içindir. Ayrıca Airbus ve NASA da hidrojen ile çalışacak gaz türbinli ve yakıt pilli yolcu uçağı geliştirmek için yoğun çalışmalar yapmaktadırlar. Almanya, Rusya ve ABD yeni denizaltılar için hidrojen yakıt pilli uygulamalarına geçmişlerdir.

Ford, Opel, Honda, Mazda, Nissan, Toyota ve DaimlerCrysler yakıt pilli ilk modellerini 2003'den başlayarak çıkaracaklardır. Yakıt pilli arabalardaki önemli bir sorun hidrojen deposudur. Hidrojen deposu hem büyük hem ağır olmaktadır. Ayrıca yüksek basınçlı olduğundan kaza sırasında tehlike arzetmektedir. (Honda 2003 ve Ford 2004 hidrojen depolu, DaimlerCrysler 2004 sıvı hidrojen depolu, Ford 2004 ve Toyota 2003 basınçlı hidrojen depolu olarak yapılmaktadır.)

Bir alternatif, depo yerine hidrojeni bir sünger gibi etmen metal hidritler kullanılmasıdır (Toyota 2004). Hidrojen, yakıt pilinden çıkan artık ısı kullanılarak metal hidritin ısıtılması ile metal hidritten ayrılır. Ancak bunlar da ağırdır ve kapasiteleri az olmaktadır.

Bir diğer seçenek hidrojenin arabanın üzerinde elde edilmesidir. Bunun için benzin ve metanol gibi yakıtlardan buharla reaksiyon yöntemi ile hidrojen elde eden sistemler geliştirilmiştir (Honda 2003, Nissan 2003, Mazda 2005, Toyota 2004, Opel 2004). Ancak bu sistemler çok yer kaplamaktadır.

Hidrojenin arabanın üzerinde elde edilmesi için geliştirilen en uygun yöntemlerden biri ise sodyum borohidritin yakıt olarak kullanıldığı yöntemdir ve Daimler-Chrysler'ın birmodelinde geliştirilmektedir. Bor türevini yakıt olarak kullanan bu model özellikle ülkemi açısından önemlidir. Çünkü dünyadaki en zengin bor kaynakları ülkemizdedir.

Hidrojen enerji sisteminin hem ulaşım hem de diğer uygulama alanlarında genel kabul görmesi için hidrojen üretim maliyeti ile yakıt pili maliyetinin daha da azalması ve zaman içinde

bir hidrojen iletim altyapısının gelişmesi gerekmektedir. Hidrojen sisteminin dengeli bir şekilde gelişimi için batılı ülkeler çok büyük ARGE kaynakları ayırmaktadırlar. ABD uzun zamandan beri yakıt pili gelişimini ve uygulamalarını teşvik etmektedir. 2000 yılında başlatılan SECA programı, Enerji bakanlığı, ulusal laboratuvarlar ve endüstri arasında yerleşik yakıt pili uygulamaları için oluşturulan bir ortak araştırma programıdır. 2002 yılında Enerji bakanlığı tarafından, ABD'deki otomotiv firmalarının da işbirliği ile, ulaşım sektöründeki hidrojen kullanımına yönelik 'Freedom Car' programı başlatılmıştır. Bu programda ARGE faaliyetleri, ulusal laboratuvarlar, otomotiv firmaları, üniversiteler ve diğer araştırma kuruluşlarında yapılmaktadır. 1.7 milyar $'lık 'Freedom Car' programının çoğu hidrojenle ilgili konuları (hidrojen depolama, yakıt pili ve yakıt pilli araba tahrik sistemleri) kapsamakta, ancak bunların yanında elektrikli ve hibrid arabalarla ve arabalar için hafif yapı malzemeleri geliştirilmesi gibi konuları da içermektedir. 2003 yılında ise hidrojen iletim altyapısı ile hidrojen depolama konularında araştırma çalışmalarını kapsamak üzere Hidrojen Yakıtı İnisiyatifi adı altında 1.2 milyar $'lık bir program başlamak üzeredir.

Japonya da çeşitli tiplerde yakıt pilleri geliştirilmesi konularında 1981 yılından beri 1 milyar $'dan fazla ARGE kaynağı ayırmıştır. Japonya'nın 2002 hidrojen ARGE bütçesi 220 milyon $, 2003 hidrojen ARGE bütçesi ise 288 milyon $'dır.

AB ülkeleri de hem kendi içlerinde hem de çerçeve programları olarak hidrojen konusundaki araştırmaları düzenli olarak desteklemektedirler. Bu destek son yıllarda daha da yoğunlaşmıştır. Hidrojen ve yakit pili ile ilgili araştırmalar için ayrılan kaynaklar, 1999-2002 dönemini kapsıyan beşinci çerçeve programında 127 milyon Euro, 2003-2006 dönemini kapsıyan altıncı çerçeve programında ise 2.12 milyar Euro'dur.

Maliyeti düşürmek ve dayanıklılığı arttırmak yakıt pillerinin ticarileşmesi karşısında olan iki önemli zorluktur. Yakıt pilli sistemlerinin performansı ve maliyetleri günümüzde kullanılan geleneksel güç teknolojilerine göre en az onlar kadar hatta daha iyi olmaları gerekmektedir.

Düşük maliyetler ,büyük çaplı üretim işlemleri yakıt pili sistemlerinin geleneksel yakıt sistemleriyle maliyet alanında rekabet edebilmesine yardımcı olabilecektir.[48]

[48] DOE, Hydrogen Fuel Cells, Energy Efficiency and Renewable Energy Information Center,2004

1.6.3 Hidrojen Ekonomisinin Günümüzdeki Mevcut Alternatifleri

Hidrojen özünde enerjinin depolanması ve dağıtılması konusunda önemli bir araçtır. Diğer alternatif enerji depolama ve dağıtım yöntemleri, gerek kısa gerekse uzun vadede daha ekonomik alternatifler olabilir. Bunlar arasında başlıcaları şunlardır ;

1.6.3.1 Doğal gaz

Doğal gaz ve sıvılaştırılmış doğal gaz kullanımının yaygınlaşması tüm dünyada hızla devam etmektedir. Okyanusların altında ve dünyanın diğer çeşitli bölgelerinde yeni metan kaynakları bulunması, doğal gazı gittikçe daha ilginç kılmaktadır. Metan kömürden de elde edilebilir, fakat bu yöntem hava kirliliği açısından bir tehdit oluşturmaktadır. Doğal gazın da diğer fosil yakıt kaynakları gibi bir gün tükeneceği bilinmektedir.

1.6.3.2 Elektrik Şebekesi ve Aküler

Elektrik enerji ağı ve kimyasal olarak depolanan aküler, hidrojene uzun bir zaman boyunca iyi bir alternatif olmayı sürdüreceklerdir. Özellikle, daha büyük kapasiteli akülerin, elektrikli ve hibrid taşıtların yaygınlaşması, enerji yüklerinin dengelenmesi için bir fırsat yaratacaktır. Her ne kadar güneş pilleri düşük yoğunluklu enerji kaynağı olsalar da, yaygınlaşan teknolojinin içerisinde, elektrikli taşıtların akülerini şarj etmek üzere yerlerini alacaklardır. Yüksek kapasiteli aküler, hibrid araçlarda yer almakla birlikte, daha çok yük dengeleme rolünü üstlenmektedirler. Gelecekte akülü ve hidrojen enerjili taşıtların kullanımı mümkün olmakla birlikte, akülü ve yeşil yakıtlarla çalışan hibrid taşıtların yaygınlaşması daha güçlü bir olasılık gibi görünmektedir.

1.6.3.3 Yeşil Yakıtlar

Bitkilerden elde edilen, etanol, biyodizel gibi biyoyakıtların kullanımı ekonomideki küçük değişikliklerle gerçekleştirilebilir. Bunla birlikte, kayda değer miktarda petrol tüketiminin yerini alabilmesi için, çok geniş tarım alanlarına ihtiyaç duyulduğundan, bütün ülkeler için uygun bir çözüm olmayabilir.

1.6.3.4 Sera Gazı ve Nötr Alkol

Hidrojen ekonomisinde hidrojen, tamamıyla elektrikli olmayan araçlarda kullanılmak üzere, yenilenebilir bir enerji kaynağı olarak elde edilir. Hidrojene diğer bir teorik alternatif ise, hidrojen ve karbondioksitin birlikte kullanılarak, etanol ya da metanol gibi sıvı bir yakıta dönüştürülmesidir. Hidrojeni, üretildiği tesisten taşımak yerine, aynı tesiste diğer sıvı yakıtlara dönüştürerek, mevcut dağıtım ağında taşınması ve kullanılması sağlanabilir. Böylece hidrojen gazının taşınması ve depolanması ile ilgili zorluklar aşılırken, karbondioksit gazının tüketilmesi ile ilgili endüstriyel bir alternatif yaratarak, sera gazlarının azaltılması ile ilgili önemli bir adım atılabilir.

2. Hidrojen Ekonomisinin Türkiye Ekonomisi Açısından Değerlendirilmesi

2.1 Türkiye'deki Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Durumu

Bu kaynakların iki önemli avantajı var. Birinci tükenmez olmaları. İkincisi, doğal süreçlerin parçası olmaları nedeniyle, çevreye zararlı yabancı unsurlar salmamaları Buna karşılık dezavantajları da var. Coğrafi olarak her yerde bol bulunmuyorlar; ayrıca yoğun enerji formları olmamaları nedeniyle geniş alanlardan toplanmak zorundalar. Ancak daha hızlı gelişmelerinin önündeki en büyük engeller, hidro ve rüzgâr dışındakilerinin şimdilik pahalı olmaları yanında, mevcut enerji üretim ve tüketim sistemlerinin değişikliklere yavaş yanıt veriyor olması.

21. Yüzyıla girerken, artan nüfus ve sanayileşmeden kaynaklanan enerji gereksinimi ülkemizin kısıtlı kaynaklarıyla karşılanamamakta, enerji üretimi ve tüketimi arasındaki açık hızla büyümektedir. Bu durumda, kendi öz kaynaklarımızdan daha etkin biçimde yararlanmak giderek artan bir önem kazanmaktadır. Enerji talebindeki hızlı artışın karşılanmasında, yenilenebilir kaynaklarından en etkin ve rasyonel biçimde yararlanılması amacıyla kamu yatırımlarının artırılmasının yanı sıra özel sektör yatırımlarının bu alana kanalize edilmesinin teşviki de yararlı olacaktır.

Diğer taraftan, geleneksel enerji üretim yöntemleri bugün çevre kirliliğinin önemli nedenlerinden biridir ve bu yöntemlerde kullanılan fosil yakıtların tüketiminin, çevre konusundaki uluslararası taahhütler nedeni ile azaltılması gündemde olan bir konudur. Ayrıca, fosil yakıtların bir süre sonra tükeneceği gerçeği de bilinmektedir. Bütün gelişmiş ülkeler çevre

dostu, yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanmaya olağanüstü bir önem vermektedir. Bu yönüyle gelecek yüzyıl, güneş ve onun türevleri ile diğer tükenmez ve temiz eneri kaynakları kullanımında atılım yapılacak bir yüzyıl olma görünümündedir.

Ancak, yeni ve yenilenebilir eneri kaynakları olarak isimlendirilen bu alternatif kaynaklardan yararlanılması, hidrolik enerji dışında, teknolojik gelişimlerinin yeniliği ve geleneksel kaynaklarla ekonomik açıdan rekabet edebilme güçlükleri nedeniyle, bugüne kadar arzulanan düzeye ulaşamamıştır. Bununla birlikte, jeotermal, pasif güneş, rüzgar ve modern biyokütle enerjisi teknolojileri, bugün dünya enerji pazarlarında yer almaya başlamıştır. Enerji bitkileri, fotovoltaik ve denizde rüzgar enerjisi teknolojilerindeki Ar-Ge çalışmaları devam etmektedir. Yeraltında ısıl enerji depolaması, özellikle gelişmiş ülkelerde hızlı bir yaygınlaşma sürecine girerken, hidrojen enerjisi teknolojisinde yoğun araştırmaların sürdürüldüğü gözlenmektedir.

Bu kapsamda, öncelikli olarak, yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik Ar-Ge ve yatırım olanaklarının belirlenmesinde, ulusal bazda koordinasyon ve yetki dağılımının net bir biçimde gerçekleştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çerçevede, TÜBİTAK inisiyatifinde ve Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, üniversiteler ve diğer araştırma kuruluşları ile işbirliği içerisinde; yenilenebilir enerji alanında dünyadaki teknolojik gelişmelerin statüsünün analiz edilmesi ve ülkemiz şartlarında teknik ve ekonomik açıdan uygulanabilir olarak belirlenen teknoloji alternatifleri bazında, orta ve uzun dönem ulusal teknoloji araştırma stratejilerinin düzenli olarak belirlenmesi; uygulanabilme potansiyeline sahip teknoloji yatırımlarına yönelik çalışma programlarının (Ar-Ge çalışmalarında tekrarların önlenmesi, pilot uygulamalar, proje finansmanı vb.) ve gereksinim duyulan yasal ve organizasyonel düzenlemelerin belirlenmesi uygun bir yaklaşım olarak benimsenmektedir.[12]

Türkiye'de bugün yenilenebilir kaynaklardan en çok klasik biomas enerji ve hidrolik enerji kullanılmaktadır. Jeotermal enerji üçüncü sırada yer almakla birlikte, kullanımı sınırlıdır. Güneş enerjisinin kullanımı sembolik düzeyde iken, rüzgar enerjisinin kullanımı yeni başlamakta, deniz dalga enerjisi üzerinde hiç durulmamaktadır.

[12] TÜBİTAK,http://www.tubitak.gov.tr/btpd/btspd/platform/enerji/bolum6.html, erişim Tarihi : 12.11.2006

2.1.1 Hidrolik Enerji

Hidroelektrik enerji, Türkiye'nin kullanılabilir en önemli yenilenebilir enerji kaynağını oluşturmaktadır. Gelişmiş ülkelerin potansiyellerini büyük ölçüde değerlendirmiş olmalarına karşı, Türkiye'de işletmeye açılan tesislerle söz konusu potansiyelin ancak %29'luk bölümü hizmete sunulmuş durumdadır. Önümüzdeki 25 yıl içerisinde, bu potansiyelin tamamının kullanılmasını sağlayacak projelerin hızlandırılması gereklidir. Özellikle Çoruh, Dicle ve Harşit havzalarındaki önemli enerji üretim kapasitesine sahip hidroelektrik projelere gereken önem verilmelidir. Ayrıca bugün için ekonomik görülmeyen teknik potansiyelin büyük kısmının da ekonomik potansiyel karakteri kazanması olasılıklarının yeniden değerlendirilmesi üzerinde durulmalıdır.

Bugünkü durumu ile hidroelektrik santrallerin finans sorunu, karar verici mercilerin katılımı ile üst düzeyde çözülmesi gerekli bir sorundur. 2000'li yıllarda potansiyel bir elektrik enerjisi sıkıntısının gündemde olduğu günümüz Türkiye'si için bunun önemi ortadadır. "Yap-İşlet-Devret (BOT)" modeli için hukuksal alt yapı bir an önce oluşturulmalıdır.

Bu hukuksal düzenlemelerin yapılması belirli bir süre alacağından, kısa dönemde hidrolik enerji üretiminde devlet payının aşağıya çekilmesinin zor olacağı görülmektedir. Bir enerji darboğazına girilmemesi için, devletin yatırım bütçesinden hidroelektrik enerji üretimine ayrılan payların arttırılması zorunludur.

Büyük güçlü hidroelektrik santral uygulamaları, literatürde klasik yenilenebilir enerji üretimleri arasında yer alırken, küçük hidroelektrik santraller yoluyla üretilen enerji yeni ve yenilenebilir enerjiler kapsamına sokulmaktadır; ancak ülkemizde bu kaynaktan bugüne kadar yararlanılmamıştır. Güçleri 10 MW'ın altında kalan ve çoğunlukla birkaç MW'ı aşmayan bu tür olanakların değerlendirilmesi de önem arz etmektedir. Bütünü ile yerli teknoloji kullanılarak değerlendirilebilecek bu tür olanaklar için, organizasyon ve yasal mevzuat düzenlemeleri yapılması gereklidir.

Bu santrallerin, suların değişik amaçlı kullanımları ile entegre biçimde kurulmaları sağlanmalıdır. Ayrıca, kooperatiflerin bu tür santraller kurmalarına ve elektriği üretim ve dağıtım kuruluşlarına satmalarına olanak tanıyan bir yasal düzenleme de düşünülmelidir. [23]

Hidroelektrik santrallerde türbin, yüksekten düşürülen suyun kanatlara çarpması sonucu dön dürülüyor ve türbine bağlı bir jeneratörden elektrik üretiliyor. Elektrik 20. yüzyılın başlarında kullanılmaya başlandığında sadece bu kaynaktan üretilmiş. Dolayısıyla gelişmiş ülkeler, hidroelektrik potansiyellerini hemen tamamen geliştirip devreye sokmuş durumda. Bu alanda genişleme potansiyelleri yok. Hatta ABD gibi bazılarında tam tersine, yol açmış oldukları çevre değişiklikleri nedeniyle bazı mevcut barajların kaldırılarak, su yollarının eski haline getirilmesi düşünülüyor. En büyük genişleme potansiyeli, gelişmekte olan ülkelerde. Fakat Çin, Hindistan, Malaysiya, Türkiye (Ilısu) gibi bazı ülkelerin büyük çaplı projeleri de, keza aynı yönde eleştiriler alıyor. Dolayısıyla çok sayıda, 25 Mw'ın altındaki küçük çaplı barajlara yönelinmesi söz konusu. Birim kapasite maliyetleri 2,5005.000 dolar/kw düzeyinde yüksek olan bu tür birimler, iletim şebekesinin ulaşmakta zorluk çektiği uzak ve küçük yerleşim merkezlerinde ekonomik olabilecek.

Hidroelektrik halen dünya birincil enerji üret minde %7,1 payla dördüncü geliyor ve ürettiği yaklaşık 2566 Tws ile, dünya elektrik enerjisi gereksiniminin %18,77'sini sağlıyor.[49]

Türkiye'de 26 akarsu havzasına dağılmış olan su kaynaklarının enerji üretimi açısından toplam debisi 186 km3/yıl düzeyindedir. Bu doğal olanakta havzaların en büyük payları sırasıyla; Fırat %17, Dicle % 11.5, Doğu Karadeniz % 8, Doğu Akdeniz %6 ve Antalya % 5.9 düzeylerindedir. Ancak, akarsularımızın rejimleri düzgün değildir. Akarsu debisi aşırı sulak yıllarda 1.5-2 kat arta- bilirken, aşırı kurak yıllarda yarıya düşebilmektedir. Ayrıca, yıl içinde Nisan-Haziran döneminde ortalamadan yüksek, Haziran-Ağustos döneminde ortalamadan düşük olmaktadır.

---

[23]TÜBİTAK, http://www.tubitak.gov.tr/btpd/btspd/platform/enerji/bolum6_1.html, Erişim Tarihi : 23.07.2006
[49] Bilim-Teknik Enerji,Özel ek 2002,syf 19

Teknik ve ekonomik yapılabilirlik sınırlamaları göz önüne alınmaksızın, Türkiye'nin hidrolik kaynaklarının teorik olarak, ortalama debi ve düşü koşullarında hesaplanan brüt potansiyeli 430 milyar kWh/yıl'dır. Ekonomik yapılabilir olmasına bakılmaksızın, teknik yapılabilirlik koşulu ile bu kaynaktan sağlanabilecek teknik potansiyel, 215 milyar kWh/yıl olarak hesaplanmıştır. Hem teknik ve hem de ekonomik yapılabilirlik koşulları altında kullanılabilecek potansiyel, bugün için 124.5milyar kWh/yıl olarak bildirilmektedir. Ancak, ekonomik potansiyele bağlı güvenilir enerji üretim potansiyeli 79.7 milyar kWh/yıl kadardır.

Ekonomik hidrolik potansiyelin % 29'u değerlendirilmiş durumdadır. Çoruh ve Doğu Karadeniz dışında büyük havzaların enerji potansiyeli önemli ölçüde değerlendirilmiştir. inşa halindeki tüm hidrolik santrallerin devreye girmesi ile ekonomik hidrolik potansiyelin % 38'i değerlendirilmiş olacaktır.[50]

2.1.2 Jeotermal Enerji

Yerkabuğunun ince olduğu yerlerden çıkan sıcak sulara ve gayzerlere dayalı bir enerji türüdür. Kaynağını, 1.500-10.000m derinliklere yaklaşan magmanın derin yeraltı sularını ısıtmasından alır. Elektrik enerjisi üretimi için gerekli sıcaklıklara nadir yerlerde rastlanmakla beraber, ısıtma gereksinimine yönelik olarak kullanılabilir. Güvenilir bir kaynak olup zamanın ortalama %97'sinde kullanıma hazırdır.

Jeotermal Enerji ülkemiz için önemli bir yenilenebilir kaynaktır. Türkiye jeotermal potansiyel açısından dünyanın yedinci ülkesidir, muhtemel jeotermal potansiyelin kullanımının getirebileceği ekonomik kazanım 9 milyar$/yıl'dır. Yüzey sıcaklığı 40oC'nin üzerinde 140 jeotermal saha mevcuttur. Ancak, bunlardan sadece dört tanesi elektrik üretimine uygundur. Bu sahalardan Denizli Sarayköy'de 20.4 MW kurulu elektrik gücünde bir santral mevcuttur. Diğer üç sahada da elektrik santralleri kurulmalıdır. Ayrıca, bu sahalarda elektrik üretimine entegre olarak, merkezi ısıtma vb. jeotermal uygulamalar gerçekleştirilmelidir.

[50] Ültanır, a.g.e.: 73-82

Geri kalan sahaların ısıtma amaçlı olarak ve düşük sıcaklıkta ısı enerjisi gerektiren uygulamalarda değerlendirilmesi teşvik edilmelidir. Türkiye'nin teorik jeotermal toplam kapasitesi 31500 MWt dir ve bunun eşdeğeri de 5 milyon konuttur. Ancak, bu muhtemel bir değer olup, hedef olarak bir milyon konut öngörülebilir.

Jeotermal enerjinin çevre dostu karakterde kullanılması için tüm dünyada yasalarla zorunlu hale getirilmiş olan reenjeksiyon (akışkanı yeraltına geri verme) tekniğinin uygulanması, hem rezervuar parametrelerinin korunması hem de jeotermal suyun çevreye zarar vermemesi için şarttır.

Jeotermal kaynakların gelişmiş teknoloji ile yüksek verimli ve entegre kullanılmalarına yönelik Ar-Ge çalışmaları artırılmalıdır. Özellikle, jeotermal enerjinin elektrik enerjisine dönüşüm verimini artıran (çift buharlaştırmalı sistemler) ve düşük sıcaklıktaki jeotermal akışkanlardan elektrik üretimine imkan sağlayan yeni teknolojiler (ikili çevrim teknolojileri) üzerinde durulmalıdır. Bugün dünyada yaygın olarak kullanılan bu teknolojiler ülkemiz santrallerinde da mutlaka uygulanmalıdır. Ayrıca, sıcak kuru kaya (hot dry rock) jeotermal olanakları da araştırılmalıdır. -

Jeotermal projeler, ÇED raporu alındıktan sonra, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'ndan izin alınmak suretiyle uygulamaya sokulmalı, sektör standart altına alınarak disipline edilmeli ve kötü projelerin uygulanmasına engel olunmalıdır. Bu konuda "Enerji Teknolojileri Politikası Çalışma Grubu" tarafından geliştirilen diğer bir öneri de, jeotermal projelere uygulanma izni verilmesi yetkisinin, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Çevre Bakanlığı ve üniversite temsilcilerinden oluşturulacak bir "Jeotermal Değerlendirme Komisyonu" tarafından yürütülmesidir.[24]

Dünyada halen 6.000Mwe kurulu kapasite var. Bunun 2,500Mw'ı ABD'de ve bu kapasitenin 2010'da 12.000, 2030'da da 49.000Mw'a çıkartılabileceği söyleniyor. Birim üretim mali- yeti 4,5-7 cent/kws civarında.[51]

[24] TÜBİTAK,http://www.tubitak.gov.tr/btpd/btspd/platform/enerji/bolum6_2.html
[51] Bilim-Teknik Enerji,Özel ek 2002,syf 19

Jeotermal enerji yerkabuğunun derinliklerinden gelen ısının doğal olarak yeraltındaki sulara aktarılması ve ısınan suyun yeryüzüne ulaşması sonucu ortaya çıkan bir enerji türüdür. Türkiye, jeotermal enerji yönünden şanslı ülkeler arasında yer almaktadır. Aktif faylarla sınırlı grabenler ve yaygın genç volkanizmaya bağlı olarak doğal buharların, hidrotermal alterasyonların ve sıcaklığı yer yer 100^{o}C'ye ulaşan 600'den fazla sıcak su kaynağının varlığı, Türkiye'nin önemli jeotermal potansiyele sahip olduğunun kanıtıdır.

Isıl uygulamalar için Türkiye'nin olası toplam jeotermal ısıl kapasitesi 31 500 MW düzeyinde olup, brüt potansiyele karşılıktır. Ancak, teknik potansiyele karşılık kullanılabilir ısıl hedef potansiyel 7 500 MW düzeyindedir. Günümüz koşullarında değerlendirmeye uygun ve ekonomik denilebilecek kanıtlanmış ısıl potansiyel 2 843 MW'dır

Türkiye'nin brüt olarak alınabilecek teorik jeotermal elektrik potansiyeli 4 500 MW olarak varsayılmışsa da, eldeki verilere göre teknik potansiyelin 500 MW'ı geçemeyeceği kestirilmektedir.

Türkiye'de yeteri kadar jeotermal kuyu açılmamıştır. 140 jeotermal alana karşılık açılan kuyu sayısı 200 olup, dünya standartlarına göre çok azdır. Türkiye'nin jeotermal enerji potansiyelinin ortaya konulması için daha çok kuyu açılması gerekmektedir.[52]

Türkiye jeotermal enerji zenginliği açısından dünyanın yedinci ülkesi olup, bu enerjinin ısıl ve elektriksel kullanımı geliştirilmek zorundadır.

Jeotermal enerji çevre dostu bir kaynak olarak tanınmakla birlikte, akışkanın paslanmaya, çürümeye, kireçlenmeye (kabuklaşmaya) neden olması, içerdiği bor yüzünden atılacağı yüzey sularını kirletmesi, bünyesinde CO_2, H_2S ve bor gibi maddeler bulunması, uygulamada bazı teknolojik önlemlerin alınmasını gerektirir.

---

[52]ÜLTANIR,Mustafa Özcan, 21. yy a girerken Türkiye'nin enerji stratejisi, Türkiyede Yenilenebilir Enerji Potansiyelleri,Jeotermal Enerji,TÜSİAD,Aralık 1998, 73-82

Türkiye'de jeotermal enerjide yeterli arama ve araştırma yapılmaması, yasal düzenleme olmaması, jeotermal kuyu riskinin devlet tarafından üstlenilmemesi, jeotermal kaynak doğal kaynak görülerek özel sektöre kuyu mülkiyeti verilmemesi, yeterince finansman ve kredi temin edilememesi, teşvik uygulanmaması gelişmeleri engellemektedir. Jeotermal enerjinin gelişimini hızlandıracak yasal düzenlemelerin bir an önce yürürlüğe girmesi gerekir. Bir diğer yeraltı zenginliği olan petrol gibi, jeotermal alanların arama ve işletilmesi de yerli ve yabancı özel sermayeye açılmalıdır.[53]

2.1.3 Güneş Enerjisi

Türkiye coğrafi konumu itibarıyla güneş kuşağı içerisinde yer almakta olup, güneş enerjisinden yararlanma potansiyeli, Doğu Karadeniz Bölgesi dışında tüm bölgelerimiz için önemle ele alınması gereken bir büyüklüktedir. Güneş enerjisinden su ısıtma, konut ısıtma, pişirme, kurutma, soğutma gibi ısıl amaçlarla yararlanılabileceği gibi, güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştürmek de olanaklıdır. Ülkemiz sahip olduğu yüksek güneş enerjisi potansiyelini, beyin gücü ve teknoloji geliştirmeye gereken önemi vererek değerlendirmeli ve yalnızca gelişmiş ülkelerin bir pazarı olmamalıdır. Bunun için de güneş enerjisi uygulamalarının yaygınlaşıp gelişmesini sağlayacak kurumsal altyapı oluşturulmalı ve gerekli yasal düzenlemeler yapılmalıdır. Uygulamaya yönelik verimli ve maliyet etkin çözümler geliştirilmesi için, araştırmalara kaynak ayrılmalı, ilgili firma ve kullanıcılar teşviklerle desteklenmelidir.

Elektrik işleri Etüt idaresi tarafından yapılan çalısmaya göre Türkiye'nin ortalama yıllık güneslenme süresi 2640 saat yani günlük toplam 7,2 saat ve ortalama toplam ısınım siddeti 1311 kWh/m2yıl yani günlük 3,6 kWh/m2 olarak tespit edilmistir.

[53] Ültanır,a.g.e, 203-214

Türkiye coğrafi konumu açısından 36-42 oN enlemleri arasında yer almakta ve güneş kuşağı içerisinde bulunmaktadır. Yıllık ortalama güneşlenme süresi 2 609 h olup, yılın % 29.8'ini oluşturmaktadır. Güneşlenme süresi yönünden en zengin bölgeyi 3 016 h ile Güneydoğu Anadolu kapsamakta, bunu sırasıyla Akdeniz (2 923 h), Ege (2 726 h), ıç Anadolu (2 712 h), Doğu Anadolu (2 693 h), Marmara (2 528 h) bölgeleri izlemekte, en düşük değer 1 966 h ile Karadeniz bölgesinde görülmektedir. Güneşlenme süresinin aylık dağılımında Türkiye ortalaması maksimum değer 362 h ile Temmuz, minimum değer 98 h ile Aralık ayına aittir.

Türkiye yüzeyine yılda düşen güneş enerjisi 977 x 1012 kWh kadardır. Bu yıl boyuna göre 111.5 x 106 MW güce eşdeğer olup, elektrik santralleri kurulu gücümüzün 5000 katını aşkındır. Açıklanan değerler 80 000 Mtep/yıl düzeyine karşılık olan brüt potansiyeldir. Brüt potansiyelin tümünün enerji üretim amacıyla kullanılması söz konusu olamaz. Teknik olarak kullanılması hedeflenebilecek potansiyel 500 Mtep/yıl düzeyinde varsayılabilir. Bugün için kullanılması hedeflenebilecek ekonomik potansiyel 25 Mtep/yıl kadardır. [54]

Güneş enerjisinin kullanım alanları çok çeşitli olup, amaca göre değişmektedir. Bu enerjinin kullanım amaçları şöyle sıralanabilir:

- Konutlarda ve ticarethanelerde ısı ve elektriğe dayalı bir bölüm enerji isteminin karşılanması.
- Sanayi enerji isteminin bir bölümünün ısı ve elektriğin birlikte üretimine dayalı entegre güneş enerjisi teknolojisiyle karşılanması.
- Kırsal kesimde ve tarımsal teknolojide enerji isteminin olabildiğince karşılanması.
- İletişim araçlarında (radyo, TV, telefon), sinyalizasyon ve otomasyonda bir bölüm enerji isteminin karşılanması.
- Gündüz ve gece aydınlatmasında güneş enerjisinin kullanılması.
- Güneş santralları ile elektrik üretilmesi.
- Bazı taşıma ve ulaştırma araçlarında çalıştırıcı enerji olarak kullanılması.

[54]Ültanır,a.g.e : 73-82

- Askeri ve uzay uygulamaları gibi özel amaçlarla güneş enerjisinin kullanılması

Güneş enerjisinin geniş kitlelere planlı biçimde tanıtılması, bu enerjiye olan talebin artırılması gerekmektedir. Ülkemizde güneş enerjisi yalnız su ısıtıcılarla kullanılmaktadır. Diğer kullanım alanlarının ortaya çıkması için demonstrasyon çalışmaları yapılmalıdır. Güneşle pasif ve/veya aktif biçimde ısıtılan kamu binaları inşa edilmeli ve giderek yaygınlaştırılmalıdır. Güneşli yüksek sıcaklık uygulamaları, soğutma tekniği, PV düzeneklerle elektrik üretimi halka gösterilmelidir. Yabancı ülkelerde yapılan benzer uygulamalar TV programlarında yer almalıdır. Teknoloji geliştirmeye yönelik Ar-Ge çalışmaları da desteklenmelidir.

Hibrid güneş termik elektrik santralleri (güneş+doğal gaz ya da herhangi bir fosil yakıt) uzun dönem elektrik planlaması içerisine alınmalıdır. Yerli ve yabancı özel sermaye işbirliği ile teknoloji transferini de içeren biçimde kurulmalarını sağlamak amacıyla, bir dizi mali teşvik önlemleri ortaya konulmalıdır. Bu santrallerin toplam enerji girdisi içinde güneş girdisinin en az % 35 düzeyinde olması teşvikler için yeter sayılmalıdır.[55]

2.1.4 Rüzgar Enerjisi

Geçmişte kullanımı su pompajı ile sınırlı olan rüzgar enerjisinin, günümüzde elektrik üretim amacı ile kullanımı ön plana çıkmıştır. Rüzgar enerjisinden elektrik üretimi, konvansiyonel enerji kaynaklarıyla ekonomik olarak yarışabilir duruma gelmiştir. Türkiye'de son iki yıl içinde 26 rüzgar santralı kurma başvurusu yapılmıştır. Bu da konunun Türkiye gündeminde yer aldığının bir göstergesidir. Ülkemizde var olan rüzgar potansiyelinden yararlanarak elektrik enerjisi üretilmesi için "Ulusal Rüzgar Enerjisi Programı" hazırlanarak uygulamaya konulmalıdır. Bu programda 10 yıllık bir dönem için politikalar, hedeşer, yatırımlar, teşvikler ve ArGe konuları yer almalıdır.

Öncelikli olarak, elektrik üretimine uygun rüzgar kaynakları potansiyelinin tam olarak belirlenmesi için sürdürülen rüzgar ölçüm çalışmaları hızlandırılıp sonuçlar bir veri tabanında

[55] Ültanır,a.g.e.: 203-214

toplanmalı ve Türkiye rüzgar atlası oluşturulmalıdır. Ancak, bunların yanı sıra, yeterli teknolojik seviyeye kısa sürede ulaşabilmemiz için gerekli yasal mevzuat da hızla tamamlanmalıdır.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın hazırladığı "Yap-İşlet (BO) Modeli ile Kurulacak ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları ile Çalışacak Elektrik Enerjisi Üretim Tesislerinin Kurulması ve İşletilmesi ile Enerji Satışının Düzenlenmesi Hakkında Kanun Tasarısı"nın gerekli düzenlemeler yapılarak, en kısa zamanda çıkarılması yararlı olacaktır.

Ülkemizde rüzgar enerjisi konusunda yeterli bilgi birikimi ve teknolojik alt yapı henüz oluşmadığı için, en azından kısa vadede teknoloji ve ürün ithali gerekecektir. Ancak, teknolojideki hızlı değişim sonucu eskimiş olan teknolojilerin alınmaması için çok dikkatli olunmalı, ithal olunacak makinelerin en son teknoloji ürünü olmalarına özen gösterilmeli, ilk kurulacak santrallarda bile paket ithal projelerden kaçınılmalı ve ilk uygulamalardan itibaren Türkiye'de yapılabilecek kısımların yerli teknoloji ile üretilmesi imkanları üzerinde durulmalıdır.

Kazanılacak teknolojik gelişim sonunda, bütünü ile yerli üretime dayalı, Orta Doğu ve Orta Asya pazarına ürün satabilecek rüzgar türbin sanayi oluşturulması hedeşenmelidir. Danimarka rüzgar sanayiinde 12000 kişinin çalıştığı göz önüne alınırsa, rüzgar türbini sanayiinin Türkiye'nin enerji sektörüne katkısı dışında yeni istihdam olanakları da sağlayacağı açıktır.

Milli Park alanları ile yerleşim yerleri içinde ve 2 km'den daha yakında rüzgar santralı kurulmasına izin verilmemelidir. Alanlar seçilirken, aynı alanlarda olabilecek diğer kullanım imkanları da belirlenerek bir ekonomik fayda karşılaştırması ve çevre etki değerlendirmesi yapılmalıdır.[26]

Türkiye'de genel amaçlı rüzgar ölçümleri, diğer meteorolojik ölçümlerle birlikte Devlet Meteoroloji işleri Genel Müdürlügü tarafından yapılmaktadır. Rüzgar enerjisi kaynağına dayalı planların yapılabilmesi ise, öncelikle kaynağın potansiyelinin belirlenmesi ile mümkün olmaktadır.

[26]TÜBİTAK, http://www.tubitak.gov.tr/btpd/btspd/platform/enerji/bolum6_4.html, Erişim Tarihi : 15.09.2006

Bu amaçla ülkemizde, rüzgar enerjisi yönünden yüksek potansiyel vaat eden yerlerde yapılan etütler ile rüzgardan enerji üretimine elverisli olabilecek bölgelere rüzgar enerjisi gözlem istasyonları kurulup veri toplanmaya baslanmıstır. Elektrik işleri Etüt idaresi tarafından rüzgar enerjisi gözlem istasyonlarına ait aylık ortalama rüzgar hızları ve rüzgar yönleri güncellenerek yayınlanmaktadır. Bu sonuçlar ile bazı firmalar rüzgar tarlaları kurmak için harekete geçebilmekte ve kendi rüzgar ölçümlerini yapabilmektedirler

Rüzgâr aslında güneş enerjisinin bir başka formudur. Atmosferdeki ısınma farklılıklarının yol açtığı hava hareketlerindeki kinetik enerjiyi, bir rüzgâr türbini aracılığıyla elektrik enerjisine dönüştürmeyi hedefliyor. Türbin; rüzgârla birlikte dönen rotor, bir jeneratör ve dönme hızını kontrol eden bir sis temden oluşuyor.

Halen, Avrupa ve ABD'de 300500 kw kapasiteli birkaç deneme santrali, Japonya'daysa 150 Mw kurulu güç var. %12-16 aralığında olan verim lerin %20-30 düzeylerine çıkartılmasına çalışılırken, üreticiler talebin az, dolayısıyla da üretim hacminin küçük olması nedeniyle maliyetlerin yük sek olduğunu savunuyor. Bu yüzden ABD'de Clin ton yönetimi, 1 milyon konutun çatısının fotovolta iklerle kaplanmasına yönelik, vergi teşvikleri içe ren bir programı başlatmış bulunmaktadır.

Rüzgar enerjisi üzerinde yapılan teorik çalışmalara göre, Türkiye'nin karasal alanlarında 400 milyar kWh/yıl brüt potansiyel ve 120 milyar kWh/yıl teknik potansiyel olduğu hesaplanmıştır. Brüt potansiyel 160 000 MW, teknik potansiyel de 48 000 MW rüzgar gücüne karşılıktır. Ancak, Türkiye'nin ekonomik rüzgar potansiyelinin 50 milyar kWh/yıl olduğu kestirilmektedir. Bu potansiyelin değerlendirilmesi için gereken kurulu rüzgar gücü ise 20 000 MW'dır.

Söz konusu karasal potansiyellerin dışında Türkiye deniz alanlarında rüzgar teknik potansiyelinin 60 000 MW (150 milyar kWh/yıl) düzeyini aşkın olduğu kestirilmektedir.

Türkiye'nin bugün kurulu rüzgar gücü 1.8 MW olup, 7.2 MW'lık ilk santralın inşasına başlanmıştır. Rüzgar santralı kurulması amacıyla toplam gücü 700 MW olacak 30 kadar başvuru vardır. 2000 yılında Türkiye'nin kurulu rüzgar gücünün 500 MW düzeyinde olması beklenmektedir.[56]

Rüzgar enerjisindeki hızlı gelişimin önemli nedeni, bu kaynağın çevre dostu temiz kaynak oluşudur. Rüzgar türbinlerinin teknolojisi geliştirildiğinden, gerek kurulmalarında ve gerekse işletilmelerinde kaza olasılığı yok denecek düzeye indirilmiştir. Rüzgar enerjisinin CO_2, SOx ve NOx gibi sera gazları emisyonu olmaması da en büyük avantajıdır.

Rüzgar santralının kurulacağı yerin seçiminde yeterli rüzgar potansiyeli ve arazi olanağından başka; iletim hattına uzaklığı, trafo gücü, sit alanı ve/veya doğal koruma, milli park alanı olup olmaması, yakınında uzun mesafeli alıcı-verici antenler ve link hatları bulunmaması gibi özellikler önem kazanmaktadır.[57]

2.1.5 Biyokütle Enerjisi

Ülkemizde klasik biyokütle kaynaklarından olan odun ile bitki ve hayvan artıkları, uzun yıllardan beri, özellikle ısınma ve pişirme alanlarında kullanılagelmektedir. Ancak bu kullanımın ilkel ve ekonomik olmayan biçimde gerçekleştiği söylenebilir.

Modern biyokütle kaynakları ise, enerji ormancılığı ürünleri ile orman ve ağaç endüstrisi atıkları, enerji (bitkileri) tarımı (bir yetiştirme sezonunda ürün alınan enerji bitkileri), tarım kesimindeki bitkisel ve hayvansal atıklar, kentsel atıklar, tarıma dayalı endüstri atıkları olarak sıralanır.

Türkiye'de atıklara dayalı biyokütle enerjisi (biyogaz ve çöp santralları) için bazı çalışmalar yapılmıştır. Dünyada giderek yaygınlaşan bu çalışmalara önem verilmeli ve hayvan çiftliği gübrelerinin ve şehir çöplerinin değerlendirilmesi için araştırma ve demonstrasyon projeleri yürütülmelidir. Ormancılık potansiyeli ile ilgili bilgiler bulunmakla birlikte, ormanlarımız biyokütle enerjisi üretim potansiyeli açısından değerlendirilmiş değildir. Enerji

[56] ÜLTANIR,a.g.e., 73-82

[57] ÜLTANIR,a.g.e. 203-214

plantasyonları biçimindeki tarımsal üretim olanakları üzerinde durulmamış ve konu tarımsal üretim planlarında ele alınmamıştır. Kısacası, Türkiye'nin biyokütle enerji potansiyeli tam olarak bilinmemektedir.

Ülkemizin biyokütle enerji potansiyelinin saptanması konusu birinci öncelikte ele alınmalı ve bu proje ile enerji ormancılığından, enerji tarımından, çeşitli yan ürün, atık ve artıklardan elde edilebilecek biyokütle materyallerinin çeşitleri ve coğrafi bölgelere göre yıllık miktarları belirlenmelidir.

Ardından, çeşitli biyokütle enerjisi üretim stratejileri, uygulama olanakları ve ekonomik rekabet edebilirlikleri araştırılarak, ülkemiz için uzun dönemli Biyokütle Enerjisi Anaplanı yapılmalıdır. Bu plan çerçevesinde, biyokütle üretimine yönelik orman dışı ağaç plantasyonları ve enerji bitkileri için ülke genelinde bir tarımsal üretim planlaması başlatılmalı ve konunun ekonomik boyutları ortaya konulmalıdır.

Biyokütle enerji uygulamaları ile ilgili bir araştırma merkezi oluşturulmalı, modern biyokütle üretim yöntemleri ve çevrim teknolojileri üzerinde ArGe çalışmaları desteklenmeli, pilot uygulamalara ve gerekli teknoloji transferlerine başlanmalıdır.

Tarihin en eski çağlarından beri kullanımda olan bu enerji türü, karbondioksit emisyonlarını sınırlamada rol oynayabilecek bir alternatif olarak sunulmaktadır. Öneri, 'enerji ormanları'nın yetiştirilip, doğrudan odun olarak yakılması ya da bu bitkilerden elde edilen metanol ve etanol gibi yakıtların enerji gereksinimini karşılamada kullanılması. Çünkü bir bitki ya da ağaç yakıldığında, büyüme süreci sırasında atmosferden karbondioksit olarak alıp bünyesinde sabitlemiş olduğu karbonu, karbondioksit olarak atmosfere geri veriyor. Sera gazı emisyonlarına net bir katkısı yoktur.[58]

Biomas enerjinin kökeninde fotosentezle kazanılan enerji yatmaktadır. Biomas enerjinin materyalleri bitkisel ve hayvansal ürünlerdir. Ancak, hayvansal üretim bitkisel üretimin yoğunlaştırılmasıyla elde olunmaktadır. Bu nedenle, 1 J değerindeki hayvansal üretim için 7 J değerinde bitkisel üretime gerek vardır. Türkiye biomas materyal üretimi açısından, güneşlenme ve alan kullanılabilirliği, su kaynakları, iklim koşulları gibi özellikleri uygun olan ülkedir.

[58] Bilim-Teknik ,Enerji,Özel ek 2002,syf 20

Türkiye'de kültürel yetiştiriciliğe ve gıda üretimi dışında fotosentezle kazanılabilecek enerjiye bağlı olarak biomas enerji brüt potansiyeli teorik olarak 135-150 Mtep/yıl kadar hesaplanmakla birlikte, kayıplar düşüldükten sonra net değerin 90 Mtep/yıl olacağı varsayılmaktadır.

Türkiye'de kültürel yetiştiriciliğe ve gıda üretimi dışında fotosentezle kazanılabilecek enerjiye bağlı olarak biomas enerji brüt potansiyeli teorik olarak 135-150 Mtep/yıl kadar hesaplanmakla birlikte, kayıplar düşüldükten sonra net değerin 90 Mtep/yıl olacağı varsayılmaktadır.

Modern biomas kaynaklar ise enerji ormanlarından elde olunacak odun, enerji hammaddesi üretimi amacıyla yetiştirilecek enerji bitkileri ve tarımsal yan ürünler ile atıkların alçak ve/veya yüksek biomas tekniklerle değerlendirilmesi sonucu elde olunacak ısı, elektrik ve sentetik yakıt türü enerjidir. Türkiye'de enerji ormancılığı için uygun alanın % 15'i değerlendirilmiş olup, geri kalan % 85 alan uygulama beklemektedir. Enerji tarımına ve C4 tipi diye bilinen enerji bitkilerinin yetiştiriciliğine hiç el atılmamıştır. Enerji bitkileri tarımı ile benzine katılacak etanol, motorine katılacak bitkisel yağ elde olunabildiği gibi, biomas materyalden alçak teknikle biogaz, yüksek teknikle hidrojen üretilebilmektedir. [59]

Biomas (ya da biyokütle) enerji; yetiştiriciliğe dayalı olduğu için yenilenebilir, çevre dostu, yerli ve yerel bir kaynak olarak önem kazanmaktadır[60]

2.1.6 Deniz Kökenli Yenilenebilir Enerji

Deniz kökenli yenilenebilir enerjilerden Türkiye için söz konusu olabilecek olan, geliştirilmiş bir teknolojisi de bulunan **deniz dalga enerjisi**dir. Ayrıca denizlerimizde biyokütle yetiştiriciliği üzerinde de durulmalıdır. Türkiye'de enerji alanındaki ArGe çalışmalarında ve enerji planlamalarında henüz yer almayan bu konu ilgili ön çalışmalar başlatılmalıdır.[27]

---

[59] ÜLTANIR,a.g.e, 73-82
[60] ÜLTANIR,a.g.e, 203-214

[27] http://www.tubitak.gov.tr/btpd/btspd/platform/enerji/bolum6_6.html, erişim tarihi : 12.11.2006

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 içerisinde en önemlisi deniz dalga enerjisidir. Çanakkale ve İstanbul boğazlarında deniz akıntıları varsa da, deniz trafiği bu enerjinin kullanılma olanağını sınırlandırmaktadır.

Deniz dalga enerjisinin kullanılması, Türkiye'nin gündemine henüz girmemiş olmakla birlikte, öncü santraller dünyada kurulmuş bulunmaktadır.[61]

2.1.7 Hidrojen Enerjisi

Çevre kirliliğine yol açmadan çeşitli alanlarda kullanılabilecek esnek bir yakıt olan hidrojen, 21. yüzyılın yakıtı olarak düşünülmekte; üretimi, taşınma ve depolanması ve kullanılmasına ilişkin teknolojilerin geliştirilmesi için kapsamlı programlar yürütülmektedir. Dünyadaki bu gelişmeler dikkate alınarak, hidrojen enerjisi ile ilgili çalışmalar ülkemizde de öncelikli ArGe alanları arasında yer almalıdır. Hidrojen programları esas itibarıyla uzun döneme yönelik olmakla birlikte, mevcut enerji altyapısıyla çalışılabilecek kısa dönemli uygulamalar üzerinde de durulmalıdır.

Ülkemizde hidrojen yakıtı üretiminde kullanılabilecek olası kaynaklar arasında hidrolik enerji, güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, deniz dalga enerjisi, jeotermal enerji ve nükleer enerji yer almaktadır. Türkiye gibi gelişmekte ve teknolojik geçiş aşamasında olan ülkeler için fotovoltaik güneşhidrojen sistemleri önerilmektedir. Karadeniz'in tabanında kimyasal olarak depolanmış hidrojenden yararlanılması konusunda da araştırmalar başlatılmalıdır.

Ayrıca, Türkiye'de Birleşmiş Milletler UNIDO destekli Uluslararası Hidrojen Enerjisi Teknolojileri Merkezi (ICHET) kurulması için başlatılmış olan çalışmaların hızla olumlu sonuca götürülmesi gereklidir. [28]

Hidrojen, kütlesel enerji yoğunluğu (142 kJ/g) yüksek bir madde olup, gramı başına sıvı hidrokarbonlardan (47kJ/g) bile daha fazla enerji içerir. Uzay uçuşlarında bu yüzden tercih edi- lir. Suyun elektroliziyle temiz bir şekilde elde edilebilir. Oksijenle uygun şekilde yakıldığı takdirde, atık ürün olarak su buharı verir. Kendisi zehirli olmayıp, hafifliğinden dolayı

---

[61] ÜLTANIR,a.g.e, 73-82

[28] TÜBİTAK,http://www.tubitak.gov.tr/btpd/btspd/platform/enerji/bolum6_7.html, Erişim Tarihi : 12.11.2006

son derece uçucudur ve bir kaza halinde, olay yerinden hızla uzaklaşır. ideal bir yakıt gibi görünmektedir. Ancak gaz olduğundan dolayı kolayca yanıcı, enerji yoğun olması nedeniyle de patlayıcı. Ayrıca; üretim, taşıma ve tüketim aşamalarında, çözülmesi gereken problemler vardır.

Dünyada halen yılda 50 milyon ton hidrojen tüketiliyor. Ancak bunun üretimi fosil yakıtlarla ya da hidrokarbon ('cracking') tepkimeleriyle yüksek sıcaklıklarda yapılıyor ve bu arada atmosfere karbondioksit salınmaktadır. Elektrolizle eldesi şimdilik çok pahalı. Hem de temiz bir şekilde elde edilebilmesi için, kullanılacak elektriğin temiz kaynaklardan sağlanabilmesi, örneğin fotovoltaiklerin ekonomik hale gelmesi gerekmektedir.

Hidrojen gramı başına bol enerji içeriyor. Fakat normal koşullar altında gaz, fazla hacim kaplamaktadır. Hacmi –252 ºC'ye indirmeniz, 'basınç altında küçülteyim' derseniz, yüzlerce atmosfere çıkarmanız gerekiyor. Birincisi pahalı ve pratik olmayan bir yöntem olup, ikincisiyse tehlikelidir

Örneğin ulaşımda kullanılma olasılığını ele alacak olursak, hidrojeni otomobil yakıtı olarak kullanmanın iki yolu vardır. **Birincisi**, içten patlarlı bir motorda havayla karıştırarak yakmak. Bu çevrim, benzin-hava karışımından biraz daha yüksek (%23) verim sağlamaktadır.

İkinci yol, hidrojeni bir yakıt hücresinde havadan alınan oksijenle elektro- kimyasal olarak yakmak. Hücre, ısı ve elektrik üretir. Bu durumda verim %50-60'lara, yani termal çevrim veriminin iki katından fazlasına çıkabilir. Modern bir otomobil, 400 km'de 24 kg benzin yakar. Aynı yol için, içten patlarlı hidrojen motorunda 8, yakıt hücreli otomobilde 4 kg hidrojene gerek var. Hidrojenin 4 kg'ı, oda koşullarında 45 metre- küp hacim kaplar. Hani 'bir balona doldurup arabama götüreyim' deseniz, yolda uçabilirsiniz. Bu hacmi basınç altında azaltmak mümkün.[62]

2.2 Türkiyenin Mevcut Enerji Arzı Açısından Değerlendirmeler

Türkiye'de taşkömürü, linyit, asfaltit, bitümlü şistler, ham petrol, doğal gaz, uranyum ve toryum gibi fosil kaynak rezervleri ile hidrolik enerji, jeotermal enerji, güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, deniz dalga enerjisi, biomas enerji gibi tükenmez kaynak potansiyelleri bulunmaktadır. Kısacası, Türkiye'de jeolojik ve doğal yapıya bağlı biçimde hemen her çeşit

[62] Bilim-Teknik Enerji,Özel ek 2002,syf 20

enerji kaynağı bulunmakla birlikte, bugün kullanımda ön sıralarda yer alan önemli fosil kaynakların, linyit dışında yeterli rezervleri yoktur ve üretimleri düşüktür.

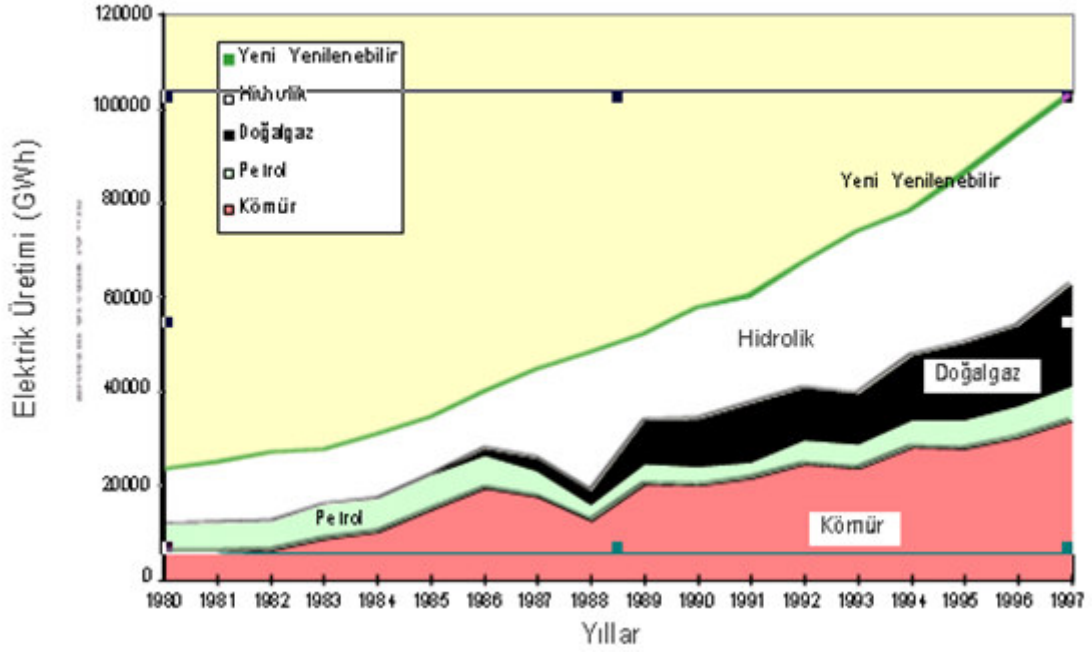
Türkiye, özellikle akışkan (sıvı ve gaz) fosil yakıtların görünür rezervleri açısından fakir bir ülkedir. 1997 yılı verileri ile ülke enerji ihtiyacının % 55.6'sını karşılayan petrol ve doğal gazın % 90.3'ü ithal olunmuştur. 1997 yılında ithal edilen petrol 29 430 Btep ve doğal gaz ile LNG 8 995 Btep'dir. 1997 yılı doğal gaz tüketimi petrol tüketiminin % 30'u kadardır. Ancak, doğal gaz tüketiminde beklenen artış hızı petrol tüketiminde beklenen artış hızından yüksek olup, 2000-2001 yıllarında doğal gaz tüketimi petrol tüketiminin % 50'sine ulaşmış bulunacaktır. Giderek artan doğalgaz talebinin tamamının ithalatla karşılanması programlanmakta, güvenli arz kaynakları sağlanmaya çalışılmaktadır. Bu konu henüz çözümlenememiştir.

Taşkömürü üretimi sanayi tüketimini bile karşılamaya yeterli değildir. Oysa, taşkömürü sanayideki direkt kullanımının dışında ikincil kömür üreten kok fabrikalarının hammaddesi olduğu gibi, elektrik üretiminde, konut ve hizmet sektöründe, sembolik olarak ulaştırma sektöründe kullanılmaktadır.

1997 yılı verileri ile yerli taşkömürü üretimi sanayi tüketiminin % 57.3'ü kadardır. Taşkömürü ithalatı demir-çelik sektörü, çimento sektörü ve diğer sanayi sektörleri talebinin yanında hava kirliliğinin yoğun olduğu kentlerin yakacak ihtiyacı için yapılmaktadır. [63]

[63] ÜLTANIR,a.g.e :39-54

Şekil 3 : Türkiye'de Elektrik Üretiminin Birincil Kaynaklara Dağılımı



Kaynak : TÜSİAD,2001, . 21. yy a girerken Türkiye'nin enerji stratejisi

Türkiye, en çok kullanılan fosil enerji kaynaklarından kömür, petrol ve doğal gaz rezervlerine sahip olmakla birlikte, linyit dışında bu rezervlerin büyüklükleri sınırlı olup, üretim ihtiyacı yanıtlamaktan uzaktır.

2.2.1 Taşkömürü

Türkiye'nin en önemli taşkömürü havzası Zonguldak yöresinde, batıda Ereğli'den başlayarak doğuda Söğütözü'ne kadar 200 km uzunluğunda bir kuşak üzerinde yer almaktadır. Burası Kuzey Batı Anadolu Karbonifer Havzası olarak da bilinmektedir.

Bu yörede kanıtlanmış kömür rezervi, görünür 428 ve muhtemel 449 milyon tondur. Ayrıca, Antalya , Kemer ve Diyarbakır-Hazro yörelerinde rezervi 20 milyon ton kadar ve önmeli

ekonomik değeri olmayan iki küçük taşkömürü yatağı bulunmaktadır. Zonguldak havzasındaki taşkömürü alanının tamamı Türkiye Taşkömürü Kurumunun (TTK) elindedir.

2.2.2 Linyit

Türkiye'nin enerji kaynakları arasında linyitin çok önemli bir yeri vardır. Ülkede 1960 yılına kadar yapılan aramalarda, daha çok yüksek ısıl değerli linyit alanları üzerinde durulmuştur. 1960'lı yıllarda ise düşük ısıl değerli linyitlerin termik santral yakıtı olarak değerlendirilmesi gündeme gelmiştir. Bu bakış açısı ile aramalara da yeni bir yön verilmiştir. Bu aramalarla 117 ekonomik linyit alanı bulunmuştur.

Toplam rezerv 8 075 milyon tona ulaşmıştır. Bu değerin 7 339 milyon tonu görünür rezervdir. Üretilebilir rezerv ise 3 900 milyon tondur. Toplam rezervin 3 300 milyon tonu Elbistan alanında bulunmaktadır. Toplam rezervin 2 860 milyon tonluk bölümü TKı 3 480 milyon tonu TEAŞ ve geri kalanı özel sektör elindedir.

2.2.3 Asfaltit

Türkiye'nin asfaltit yatakları Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Şırnak ve Silopi civarında filonlar şeklinde bulunmaktadır. Her iki alan da TKİ'nin elindedir. Toplam rezerv 82 milyon tondur (bu- güne kadar üretilen miktar bu rakama dahildir). Yıllık üretim 1982 yılında en yüksek düzeyi olan

860 000 tona ulaşmış, ancak daha sonra önemli ölçüde düşmeye başlamıştır. 1997 yılı üretimi 29000 ton olmuştur.

Asfaltit ısıl değeri yüksek (18 000 kJ/kg), içinde nadir mineraller bulunan ve katı yakıt olarak kullanılmakla birlikte, sentetik petrol üretimine elverişli hammadde durumundadır. Oysa, üretilen asfaltit Doğu Anadolu Bölgesi'nde birçok ilde konut yakıtı olarak kullanılmaktadır.

Ayrıca, toplam rezervin küçük görülmesi ve açık işletmeye elverişli rezervin önemli bölümünün işletilmiş olması gibi nedenlerle, sentetik petrol üretimi gündemden düşmüştür. şimdi asfaltitin termik santral yakıtı olarak kullanılması planlanmaktadır.

2.2.4 Bitümlü Şistler

Kerojen adlı organik bir madde içeren ince taneli ve yapraklı yapıya sahip sedimanter kayaç olarak tanımlanan bitümlü şeyller, içerdikleri kerojenden ötürü bir yakıt hammaddesi durumundadır.

Trakya, Orta ve Doğu Anadolu Bölgesi dışında ülkemizin pekçok yöresinde bitümlü şeyl ya- takları vardır. Görünür 555 milyon ton, muhtemel 1 086 milyon ton olmak üzere toplam 1.6 milyar ton rezerv saptanmıştır. Isıl değerleri 1 528-5 820 kJ/kg arasındadır.

2.2.5 Turba

Oluşumu henüz tamamlanmamış kömür türü fosil yakıtlardır. Türkiye'nin önemli turba yatakları Kayseri ve Yüksekova'da bulunmaktadır. Türkiye'nin toplam turba alanı, Dünya Enerji Konseyi 1998 istatistiklerinde 56 bin hektar olarak bildirilmektedir. Yüksekova turbalarının rezervi 85 milyon ton olarak belirlenmiştir. Bunlarda kuru numunenin ısıl değeri 12 560 kJ/kg'a kadar çıkmaktadır. Türkiye'de şimdilik turba yataklarının enerji hammaddesi olarak değerlendirilmesi üzerinde durulmamaktadır.

2.2.6 Petrol

Uzun yıllardan beri Türkiye'nin enerji ithalatında önemli yer tutan ve gelecekte de bu önemini koruması beklenen kaynaktır. 1954 yılında petrol aranmasına ve işletilmesine yerli ve yabancı özel sermayenin girmesine olanak tanınmıştır. Türkiye'de 1954-1997 döneminde 188 şirket, petrol arama ve işletme faaliyetinde bulunmuştur. 1997 yılında arama ve işletme faaliyetinde bulunan şirket sayısı 25'dir. Bu şirketlerin 21'i yabancı, 4'ü yerlidir.

Türkiye'de 65 yılın ortalaması olarak açılan arama, tesbit, üretim, enjeksiyon ve istikşaf kuyuları sondajı 87 120 m/yıl ve adedi 44 kuyu/yıl'dır. Yalnız arama kuyuları ele alındığında, 1934 yılından 1997 sonuna kadar yapılan sondaj 2 430 505.72 m ve açılan kuyu adedi 1 044 dür.

1997 yılında açılan arama kuyusu sayısı 11, yapılan sondaj 27 489.22 m olmuştur. 1997 yılında açılan toplam kuyu sayısı ise 51 olup, toplam sondaj 107 167.22 m'dir.

Petrol ürünleri ithalatı ile birlikte 1997 yılında Türkiye'nin toplam petrol tüketimi 29 175 000 tondur. Türkiye'deki rafinerilerde 1997 yılında3 271 738 tonu yerli ve 23 397 071 tonu ithal olmak üzere 26 668 809 ton ham petrol işlenmiştir. 1997 yılı petrol ürünleri sivil tüketimi ise 28 255 800 ton olmuştur.

Türkiye'de toplam kurulu kapasiteleri 32 milyon tona ulaşan; Batman, İzmit, İzmir, Ataş ve Kırıkkale rafinerileri faaliyetlerini sürdürmektedir. [64]

2.2.7 Doğal Gaz

Türkiye'nin bilinen doğal gaz üretim alanları Trakya ve Güneydoğu Anadolu bölgesinde bu- lunmaktadır. Trakya'da Bayramşah, Değirmenköy (Danişmen + Osmancık), Değirmenköy (Soğucak), Hamitabat, Hayrabolu, Kandamış, Karacaoğlan, Karaçalı, Kumrular, K. Marmara, Silivri, Umurca, Güneydoğu Anadolu'da Derin Barbeş, Çamurlu, G. Dinçer, G. Hazro, Katin başlıca üretim sahalarıdır. Üretimin % 83'den çoğu Hamitabat sahasından yapılmaktadır.

1997 yılında Türkiye'nin yerli doğal gaz üretimi 253 215 832 m^3 olmuştur. Üretimin yaklaşık tümü TPAO tarafından yapılmıştır. Thrace Basin Natural Gas Corp. Turkey + Huffco Turkey Inc ortaklığının sembolik bir üretimi vardır. Talebi karşılamak için 1997 yılında 9 874 000 000 m3 doğal gaz ithal olunmuştur. Böylece, 1997 yılı doğal gaz tüketimi 10 127 216 000 m3 düzeyine ulaşmıştır. 1998 yılı için programlanan yerli üretim, Kuzey Marmara Sahasının üretime girmesi nedeni ile 760 milyon m3 dür. Ancak, Türkiye'nin bu yılki talebi 13.4 milyar m3 düzeyindedir.[65]

2.2.8 Uranyum

Türkiye'nin bilinen yatakları ile ekonomik uranyum üretimi günümüz teknolojisinde söz konusu değildir. Dünya Enerji Konseyi tarafından hazırlatılan "Survey of Energy Resources

[64] ÜLTANIR,a.g.e, 62-70

[65] ÜLTANIR,a.g.e, 62-70

1998" raporunda belirtildiğine göre, bugün maliyeti 80 ABD $/kg'ın altındaki yatakların işletilmesine karşın, Türkiye'deki rezervden yapılacak üretim maliyeti için 80-130 ABD/$/kg değeri verilmektedir.

1979 yılında 120 ABD $/kg olan U3O8 fiyatının daha sonraki yıllarda 40 ABD $/kg düzeylerine kadar düşmesi, dünyanın çeşitli ülkelerinde olduğu gibi Türkiye'de de uranyum aramalarını dur- durmuştur. Geleceğin vazgeçilmez ve önemli enerji kaynağı olması nedeni ile çok büyük har- camalara girişmeksizin uranyum aramalarının sistemli biçimde sürdürülmesinde yarar görülmektedir.[66]

2.2.9 Toryum

Türkiye'nin bilinen tek toryum yatağı Eskişehir-Sivrihisar-Kızılcaören'de bulunmaktadır. Ancak,bu alan dünyanın da sayılı toryum rezervlerindendir. Buradaki rezerv 380 000 ton olup, tenör % 0.2 ThO2 dir. Söz konusu rezerv, damarların 200 m derinliğe kadar uzanan bölümünü içermektedir. Daha derindeki ve ayrıca sahanın geri kalan bölümündeki rezervler kapsam dışı bırakılmıştır.

Yapılacak yeni aramalarla rezervin önemli ölçüde artması beklenebilir. Kızılcaören dışında Malatya-Hekimhan-Kuluncak'da toryum belirtileri bulunmuştur. Bu konudaki aramalar geliştirilmelidir. [67]

2.3 Türkiye'nin 2000 - 2025 Dönemi Genel Enerji Talebi

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2000-2020 döneminde Türkiye'nin birincil enerji talebini Tablo 6.1'de gösterilen biçimde planlamıştır. Bakanlığın öngördüğü trend, yukarıda

[66] ÜLTANIR,a.g.e, 62-70

[67] ÜLTANIR,a.g.e, 62-70

açıklanan biçimde 2025 yılına kadar uzatılmıştır. Bakanlığın planlama verilerine göre, 2000-2020 döneminde Türkiye'nin tüketeceği birincil enerjinin kümülatif toplamı 3 862 Mtep olup, ayni trendle 2000-2025 dönemi için kümülatif toplam tüketim 5 704 Mtep'dir. Bu trend;

$$Y = 0.3097\ X2 + 4.1782\ X + 89.116\ (R2 = 0.9996)$$

eşitliği ile karakterize edilmektedir. Burada: Y = Yıllık birincil enerji tüketimi (Mtep).

X = 2000 yılı 1, 2001 yılı 2,… alınmak üzere yıl.

Tablo 7:Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın 1998 planlama verilerine göre Türkiye'nin birincil enerji talebi ve ekonomik indikatörler.

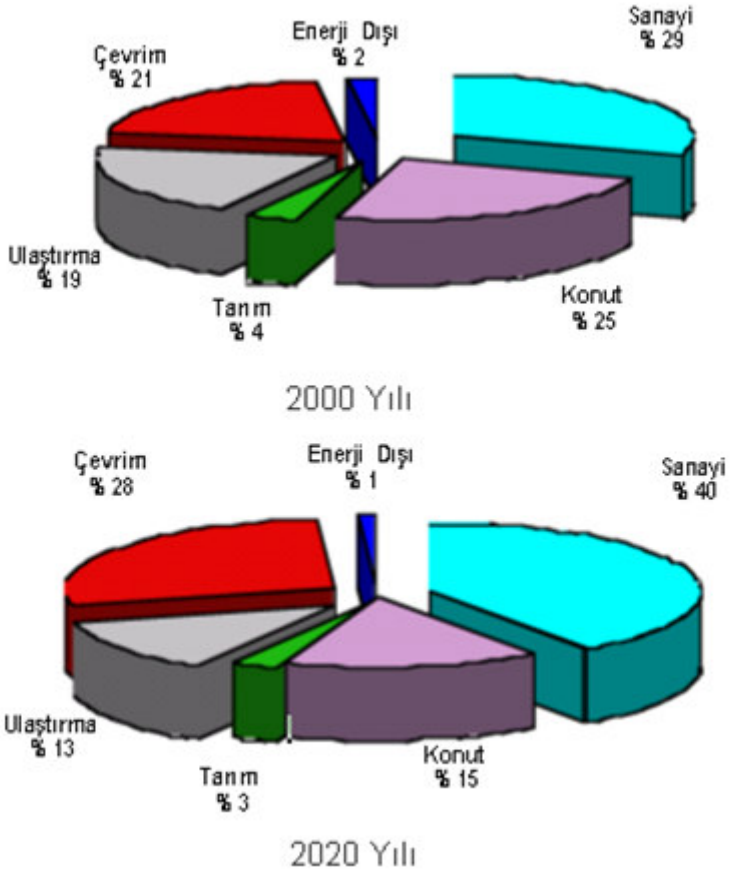
Yıllar	2000	2005	2010	2015	2020	2023	2025
Toplam birincil enerji talebi - TBET(Btep)	91030	124748	175074	233296	314353		
GSYiH (milyar cari ABD $'ı)	238.11	321.56	458.32	666.85	994.82	1272.27	1499.01
TBET/GSYiH (Mtep/milyar ABD$'ı)	0.38	0.39	0.38	0.35	0.32	0.29	0.27
Nüfus (bin)	65864	70271	74677	78633	82588	84555	85867
kep/kişi	1382	1775	2344	2967	3806	4350	4741
GSYiH/kişi (cari ABD $'ı)	3615	4576	6137	8481	12046	15047	17457
GSYiH/kişi (1992 PPP)	7317	9975	13600	19299	27386	33875	38862

Kaynak : ETKB,2002,www.tusiad.org.tr,Erişim Tarihi : 02.02.2007

Tablodan görüleceği gibi enerji yoğunluğu (TBET/GSYiH) 0.39-0.27 arasında değişmekte olup, ancak 2010 sonrasında düşme trendine girmektedir. Kişi başına enerji tüketimi ise 2000 yılındaki 1382 kep/kişi değerinden 2023 yılında 4350 kep/kişi değerine yükselmektedir. Böylece, gelişmiş ülkelerin bugünkü ortalamasına ulaşılabilecektir.[68]

[68] 21. yy a girerken Türkiye'nin enerji stratejisi, Türkiye'nin enerji durumundaki beklenen gelişmeler,TÜSİAD,Aralık 1998, 87-89

Şekil 4 :Enerji talebinin 2000 yılı görünümü- 2020 yılı görünümü



Kaynak : ETKB,2002

Büyüme ve İstihdam

Türkiye ekonomisi VIII. Planın baz yılı olan 2000 yılında yüzde 7,4 oranında büyümüş ancak 2001 krizi neticesinde yüzde 9,5 oranında daralmıştır. Kriz sonrası dönemde ise kararlı bir şekilde uygulanan sıkı maliye politikası ve para politikaları sayesinde makroekonomik istikrarın sağlanması yönünde önemli adınlar atılmış ve yüksek büyüme performansı sağlanmıştır.Nitekim,2002-2005 döneminde GSYİH yıllık ortalama 7.5 oranında büyümüştür.

Bunun sonucunda, 2000 yılında 2.879 dolar olan kişi başına milli gelir, 2005 yılında 5.042 dolara yükselmiştir.

Gerçekleştirilen yapısal reformlar ve özelleştirmeler ile bir yandan kamunun ekonomi içindeki düzenleyici ve denetleyici işlevi kuvvetlendirilirken, diğer yandan özel sektörün ekonomi içindeki ağırlığı artırılmıştır.

Bunun sonucunda, ekonomide sağlanan güven ortamının da katkısıyla, sağlanan güven ortamının da katkısıyla, ekonomik büyüme özel sektör kaynaklı olmuş, 2002–2005 döneminde özel tüketim yıllık ortalama yüzde 6,8 artarken, özel yatırımların artışı yıllık ortalama yüzde 19,7 oranında olmuştur.

Bu yüksek büyüme performansında, sağlanan verimlilik artışları da önemli rol oynamıştır. Nitekim, 1996-2000 döneminde yıllık ortalama yüzde 24,5 olan toplam faktör verimliliğinin büyümeye katkısı, 2001–2005 döneminde yüzde 42'ye ulaşmıştır. Bu dönemde sermaye birikiminin büyümeye katkısı yüzde 51,7 olurken istihdam artışının katkısı ise yüzde 6,3 olarak gerçekleşmiştir.[69]

Tablo 8'de 1963-2000 yılları arasında, plan dönemleri itibariyle büyüme, birincil enerji üretim ve tüketim artış oranları gösterilmektedir. Bu tabloda görüldüğü üzere birincil enerji tüketimi, üretim artışından daha yüksektir. Bu, enerji üretim ve tüketimi arasındaki açığın büyümesine sebep olmuştur. Ayrıca, özellikle 2. ve 3. plan dönemlerinde, imalat sanayii yatırımlarının hızlı artışına rağmen enerji yatırımlarında geç kalınması bu açığın daha da büyümesine sebep olmuştur.[70]

[69] DPT, 9.Kalkınma Planı Raporu,2007-2013 : 22
[70] Türkiye'de Enerji Üretim ve Tüketimi, http://www.foreigntrade.gov.tr/ead/ekonomi/sayi%2011/teut.htm , Erişim Tarihi : 02.01.2007

Tablo 8 : Dönemler itibariyle Büyüme,Enerji Üretim ve Tüketim Artışları

DÖNEMLER İTİBARİYLE BÜYÜME, ENERJİ ÜRETİM ve TÜKETİM ARTIŞLARI

DÖNEMLER	GSMH Artışı (%)	Birincil Enerji Üretim Artışı (%)	Birincil Enerji Tüketim Artışı (%)
1. Plan Dönemi (1963-1967)	6,6	6,9	5,5
2. Plan Dönemi (1968-1972)	6,3	1,9	7,4
3. Plan Dönemi (1973-1977)	5,2	1,9	7,3
4. Plan Dönemi (1973-1977)	1,7	2,7	3,8
5. Plan Dönemi (1979-1983)	4,7	4,0	6,5
6. Plan Dönemi (1985-1989)	3,5	0,9	4,4
7. Plan Dönemi (1996-2000)	3,5	1,3	4,5
8. Plan Dönemi* (2001-2005)	6,7	1,2	6,1

Kaynak:DPT *Tahmini

Kaynak : DPT,8. Kalkınma Dönemi Raporu,2001

2.4 Türkiye Enerji Politikasındaki Temel Eğilimler

Ülkemizde kişi başına düşen Gayri Safi Milli Hasıla 1973'de 1.994 ABD $'dan, 2000 yılında 3.158 ABD $'a çıkarak, % 58'lik bir artış göstermiştir. Buna karşılık, aynı dönem için enerji talebi de, 24,5 Mtep'den, 81,3 Mtep'e çıkarak % 231 oranında artmıştır. Kişi başına düşen elektrik talebindeki artış ise 326 kWh'den, 1.892 kWh'a çıkmıştır. 1973–2000 döneminde, kişi başına düşen Gayri Safi Milli Hasıla'da ki artış % 58 olarak gerçekleşirken, enerji talebindeki artışın % 232, kişi başına düşen elektrik enerjisi talebindeki artışın ise % 422 olarak artış göstermesi, ülkemizin sürdürülebilir büyümesi için gerekli olan enerji ihtiyacını ortaya

koymaktadır.

Enerji üretim ve tüketiminin farklı eğilimlerle gelişim göstermesi ve uygulanan yanlış enerji politikaları sonucunda, 1970 yılında % 76 olan üretimin tüketimi karşılama oranı 2000 yılında % 35 değerine düşmüştür. Önümüzdeki yıllar için yapılmış olan enerji projeksiyonlarında bu azalmanın hızlı bir şekilde devam ederek, 2020 yılında üretimin tüketimi karşılama oranının % 26'ya düşmesi beklenmektedir. Bu durum ülkemizin enerji açısından dışa bağımlılığının artmasına ve dolayısıyla giderek artan döviz kaybına yol açacaktır.

Mevcut enerji arz sisteminin bakımı, onarımı, işletmesi ve hacminin büyütülmesi için gereken yatırımlar yılda 1 trilyon ABD Doları'nı aşmaktadır. Bu durum, ilgili taahhüt ve montaj sektörlerinde yoğun bir uluslararası pay alma yarışının yaşanacağına işaret etmektedir.

Türkiye, Avrupa'da rüzgâr enerjisi potansiyeli yüksek ülkelerden birisidir. Türkiye'nin rüzgar enerjisi teknik potansiyeli 83.000 MWe seviyesindedir. Bu nedenle ülkemiz bir an önce kullanması gereken önemli bir rüzgâr enerjisi potansiyeline sahiptir. Üç tarafı denizlerle çevrili olan ve yaklaşık 3500 km kıyı şeridi olan Türkiye, özellikle Marmara ve Ege kıyı şeridi ile sürekli ve düzenli olarak rüzgar alan bir bölgededir. Bu sebeple bu bölgelerden başlamak üzere hızla rüzgar enerjisi yatırımlarına başlanmalıdır. Bugüne kadar Enerji ve Tabii Kaynkalar Bakanlığı (ETKB) tarafından değerlendirilen 39 adet Rüzgâr Çiftliği projesi bulunmaktadır. Bu projelerin toplam kapasitesi 1.370 1.440 MWe'dır. Bu 39 projenin, 210 MWe'lık kapasiteye sahip 8 adedinin yatırımcılarla yapılan görüşmeleri sonuçlandırılmıştır.

ETKB'nin 9 Eylül 1999'da açtığı YİD Modeli ile Rüzgâr Güç Santralleri Yaptırılması konusundaki resmi ihale, gündemdeki toplam proje sayısını 55'e çıkartmıştır. Böylece, Türkiye'de gerçekleşme aşamasına girmiş rüzgâr güç santrallerinin toplam kurulu gücü 1.800 MWe seviyesine ulaşmıştır.

Enerjide doymuşluk seviyelerine ulaşmış olan gelişmiş batı ülkelerinde enerji politikaları, daha az enerji ile daha fazla hasılayı, daha temiz ve güvenilir olarak sağlamaya yönlendirilmiştir. Kalkınma süreci içerisinde olan ülkemizde ise enerji tüketim seviyeleri, gerek fert başına birincil enerji, gerekse fert başına elektrik enerjisi bazında bu ülkelerin çok gerisindedir. Bu husus dikkate alınarak, ülkemizde uygulanan politikalar çerçevesinde belirlenen ilkeler aşağıda verilmektedir:

1. Türkiye'nin toplam ve fert başına enerji tüketimi, kalkınmaya ve refah artışına paralel olarak arttıracaktır
2. Enerji tüketimi artırılırken, israfın ve kayıpların önlenmesinin yanı sıra, birim ekonomik hasıla başına tüketilen enerjinin azaltılmasına yönelik teknolojik yeniliklerin tümünden yararlanma sağlanacaktır. Yapılacak düzenlemelerde, sistem bir bütün olarak ele alınacak, tüm faaliyetlerin birbiri ile uyum içerisinde olmasına özen gösterilecektir.
3. Enerji tüketim artışına paralel olarak çevre kirlenmesine karşı, sektör faaliyetlerinin (aramadan üretime kadar) tüm aşamalarında, çevre faktörü dikkate alınacak, enerji-ekonomi-çevre üçlüsünün optimizasyonu sağlanacaktır. .
4. Enerji taleplerinin karşılanmasında, yerli / ithal kaynak oranı, enerji güvenliği, dünya enerji piyasalarındaki arz gelişmeleri ve ekonomi göz önüne alınarak optimize edilecektir. İthalatta kaynak ve ülke çeşitlendirilmesine özen gösterilecektir.

5. Elektrik, petrol ve gaz sektörlerinin özelleştirilmesine, "Düzenleyici Çerçeve" oluşturularak başlanacak, tüm sektörlerde rekabet ortamını sağlayacak yapı oluşturulacaktır.

6. Yatırım projelerinin seçiminde, ekonomiye maliyeti minimize eden, faydayı maksimize eden çözümler değerlendirilecek, bu projelerin özel yatırımcılarca realize edilmesi için gerekli cazip ortam yaratılacak, Devlet özel sektörün zaafiyet gösterdiği alanlarda faaliyet gösterecektir. [14]

[14] TÜBİTAK,http://www.tubitak.gov.tr/btpd/btspd/platform/enerji/bolum2.html, Erişim Tarihi : 02.01.2007

Türkiye'nin uzun dönem enerji stratejisi, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın bünyesinde Devlet planlama Teşkilatı (DPT), Hazine müsteşarlığı, Enerji piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK)'nın katılımı ile yapılmaktadır. Strateji tespit edilirken, enerji güvenilirliği açısından **dışa bağımlılığın kabul edilebilir düzeylerde tutulmasının** ve bu bağımlılığın da mümkün olduğunca **çeşitlendirilmiş kaynaklardan** temin edilmesi temel bir unsur olarak belirginleşmektedir. Bu bağlamda, hedef "enerjinin ekonomik büyümeyi gerçekleştirecek ve sosyal gelişme hamlelerini destekleyecek şekilde, zamanında, yeterli, güvenilir,rekabet edilebilir fiyatlardan, çevresel etki de göz önüne alınarak sağlanması" olarak tanımlanmaktadır.

Bu maksatla, "Türkiye'nin mukayeseli üstünlüklerinin harekete geçirilmesi esastır" olduğunun da altı çizilmektedir. Geliştirilen enerji talep projeksiyonuna göre ise, Türkiye'nin birincil enerji talebinin 2010 yılında %29'unun, 2020 yılında ise %30'unun yerli kaynaklardan karşılanması hedeflenmektedir. Türkiye'nin enerji stratejisinin niteliği kısaca aşağıdaki unsurlardan oluşmaktadır:

- Enerji kullanımında verimliliği ve tasarrufu artırmak.
- Yeni teknolojilerle enerji üretimini çeşitlendirmek,
- İnsan ve çevre sağlığını dikkate alarak alternatif enerji kaynaklarını da artırmak suretiyle
- Sürdürülebilir enerji arzını sağlamak,
- Avrasya diye tabir edilebilecek ve daha çok Orta Asya Kafkaslar ve Ortadoğu bölgesini içeren doğunun zengin enerji kaynaklarının batı piyasalarına taşınması sürecinde bir köprü konumunda olmak.
- Bunu yaparken de ülkenin ihtiyaç duyduğu enerjiyi temin etme yönünde Türkiye'yi bir "Enerji Koridoru" ve "Enerji Terminali" konumuna getirmek.
- Daha genel manada, küresel anlamda enerji ekseninde sürüp giden belirsizliklerin, çatışmaların azaltılması, enerji güvenliğinin sağlanması ve küresel enerji kaynaklarının daha barışçıl bir şekilde insanlığın hizmetine sunulması yönünde katkıda bulunmak.

Açıktır ki, Türkiye'nin enerji stratejisi bundan böyle bir de AB normlarını ve vizyonunu da yansıtmak durumundadır. Yaklaşık 65 milyar dolar tutarında bir büyüklüğe sahip olan Türk enerji sektöründe, yukarıda özetlenen vizyonun hayata geçirilmesi bağlamında 2005 yılı

itibariyle temel bir takım düzenleme ve uygulamalara imza atıldı. Önce 2005 yılının başında petrol ithalatı ve fiyatlar serbest bırakıldı. Ardından (sonradan 2006 şubat ayının başında iptal edilecek olan) TÜPRAŞ özelleştirilmesi ile akaryakıt sektörünün serbestleştirilmesi süreci büyük oranda tamamlanmış oldu. Ardından Mart 2005'te LPG piyasasını düzenleyen LPG Piyasa Kanunu yasalaştırıldı. Mayıs ayında ise Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi amaçlı Kullanımına ilişkin Kanun çıkartıldı. Halen çıkartılmak üzere son çalışmaları yapılan Petrol Kanunu Tasarısı, Enerji Verimliliği Kanunu Tasarısı Taslağı, Jeotermal Kanunu üzerinde çalışmalar devam etmektedir.[8]

Türkiye, içinden geçtiğimiz dönemde bir yandan dünya ile, öte yandan da Avrupa Birliği normları ile bütünleşmek suretiyle iktisadi gelişmesini sürdürmek istemektedir.

Bunun artık ayrılmaz bir parçası haline gelen bir husus da enerji sektörünün rekabete açılmasıdır. Zira yeni piyasa yapısı, enerji fiyatlarının tüketicilere dünya ile rekabet edilebilir seviyelerde yansımasının sağlanmasını ve piyasa faaliyeti ile doğrudan ilişkisi olmayan maliyet unsurları ile çapraz sübvansiyonların fiyatlara dahil edilmemesini öngörmektedir. Böylelikle, rekabetçi ve şeffaf bir piyasa yapısı sağlanacak, çapraz sübvansiyon ve bunun sonucu olan haksız rekabet önlenerek yeni yatırımlara zemin hazırlanacaktır.

Bu maksatla Türkiye, Avrupa Birliği istikrar Paktının da desteği ile oluşturulmaya çalışılan Güneydoğu Avrupa Enerji Pazarı çalışmalarına aktif olarak katılmaktadır. Bu kapsamda hazırlanan ülkelerarası Mutabakat Zaptı 8 Aralık 2003 tarihinde Yunanistan'da Türkiye'nin başkanlığında toplanan Bölge Bakanları Toplantısında imzalanmıştır. Bu Mutabakat Zaptına dayanarak, bölge ülkeleriyle Avrupa Topluluğu'nun taraf olduğu uluslararası bir anlaşma imzalanması ve böylelikle uluslar üstü bir enerji topluluğu oluşturma çalışmaları sürdürülmektedir.

Böylece topluluğa üye ülkelerin elektrik, doğal gaz ve çevre konularında AB müktesebatına uyum sağlamaları amaçlanmakta ve anlaşmaya taraf ülkeler arasında elektrik ve doğal gaz ticaretinin kısıtlamaya tabi olmadan yapılması hedeflenmektedir. Örneğin, Tüpraş'ın özelleştirilmesi girişimi, Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu'nun oluşturulması, akaryakıt

[8] ÖZTÜRK İbrahim,KARBUZ Sohbet Türkiye'nin Enerji Ekonomisi ve Petrolün Geleceği Araştırma Raporları, MÜSİAD 2006 :49

alanında fiyat serbestisinin saplanması gibi düzenlemelerle serbestleşme sürecinin başlatılmış olması bu alanda belli bir ivmenin kazanıldığını göstermektedir.

Açıkçası, Türkiye enerji sektöründe, AB müzakere sürecinde verimlilik, çevre standartları, serbestleşmenin tamamlanması, tam rekabet şartlarının sağlanması ve toplumsal önceliklerin muhafazası konularında oldukça önemli ve ağır bir mevzuatla karşı karşıya bulunmaktadır.

Bunun sadece mali kısmı bile son derece ağırdır. Enerji sektöründe AB standartlarının eksiksiz olarak yakalanması için 28 milyar avroluk bir kaynak yaratılması gerekmektedir. AB'deki enerji iç pazarına uyum sağlanması için enerji sektörünün yeniden yapılanmasında önceliğin serbestleşme ve yabancı yatırımlara verileceği anlaşılmaktadır. Esasen bu durum ilerleme raporunda Türkiye'ye verilen bir vizyon ve ödev olarak öne çıkmaktadır.

Bu süreçte ihmal edilmemesi gereken en önemli hususlardan biri de toplumsal alana yöneliktir. Gerçekten de enerji sektöründe AB'ye uyum sürecinde rekabetçi enerji piyasalarının ikamesi ile enerji arz güvenliğinin temini son derece gerekli iki konudur.

Ancak, bunların yanı sıra, özelleştirmede sağlam bir ulusal vizyonun kurulmuş olması, bilhassa şeffaşıktan vazgeçilmemesi, liberalleşme sürecinde tüketici haklarının korunması ve serbestiye giden yoldaki uygulamaların sosyal ve ekonomik alandaki olumsuz etkilerinin asgari düzeyde tutulabilmesi de gerekmektedir. Bu tespit bizi, enerji stratejimizin zorunlu olarak sağlam bir toplumsal boyutunun olması gereğine götürmektedir.

Öte yandan Türkiye'nin enerji alanında AB'ye uyumun önündeki en önemli iki engel, mevcut yüksek enerji üretim maliyetleri ile reform çalışmalarının yavaş ilerlemesi olarak görülmektedir. Reformların yavaş ilerlemesinin önemli bir nedeni, bürokratik düzeyde gözlemlenen çok başlılık olarak görülmektedir.

Örneğin, elektrik dağıtım sektörü ile ilgili yapılması gerekli özelleştirme çalışmaları, alınan karara rağmen yavaş yürümektedir. Bunda da en önemli sebep, EPDK, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Hazine,TEDAŞ ve DPT gibi bir çok bürokratik ve siyasi kuruluşun devrede olmasıdır.

Maliyetler konusuna gelince, gerçekten de Türkiye'de 1 kilovatsaatlik enerjinin maliyeti, kömürde 3,43,doğal gazda 4,33 ve fuel oilde 4,22 sent gibi yüksek düzeylerde seyretmektedir. Bu maliyet rakamları AB ülkelerindekinin yaklaşık olarak 56 katı düzeyine tekabül etmektedir. Bu konuda yapılması gereken, elektrik üretiminde kaynakların çoğaltılması ve verimliliğin artırılması suretiyle üretim maliyetlerin düşürülmesidir. Bunun en temel yöntemlerinden birisi, toplumsal bir uzlaşma ile nükleer enerji konusundaki çalışmalardan müşahhas neticelerin alınmasıdır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın planlarına göre Türkiye'de ilki 2012 yılında işletmeye açılmak üzere her biri 1500 megavat kurulum gücüne sahip 3 nükleer santralin açılması planlanmaktadır. Türkiye'de kişi başına 2 bin 122 kilovat/saat düzeyindeki enerji tüketiminin, 2020 yılına kadar AB'deki 6 bin 345 kilovat/saat düzeyine çıkması için her yıl 4,5 milyar dolarlık enerji yatırımının yapılması gerekmektedir.

Bütün tartışmalı boyutlarını da gözden kaçırmadan ifade etmek gerekirse, son tahlilde Türkiye'nin diğer bütün kalkınmış ülkelerde olduğu gibi Nükleer Enerjiyi kullanılması gereği vardır.

Çünkü yapılan tahminlere göre, ülkenin bilinen bütün hidrolik ve termik kaynakları kullanılır hale gelse bile mevcut kalkınma hızı ile 2010 yılından itibaren enerjide dışa bağımlılık yüksek boyutlara ulaşacaktır.[9]

Sonuç olarak Türkiye'de enerji sektöründeki gelişmeleri ve yapılan tahmin çalışmasını kısaca özetler ve bunlar başlıklar halinde sunulursa;

1.Türkiye, birincil enerji kaynakları açısından büyük bir potansiyele sahip olmasına rağman bu potansiyeli kullanabilme olanakları sınırlı bir ülkedir

2. Birincil enerji kaynaklarının istenilen kalitede olmaması ve bu kaynakların elde edilmesinin büyük maliyetler taşıması, sözkonusu kaynakların etkin bir şekilde kullanımını mümkün kılmamaktadır. Bu nedenle Türkiye tükettiği birincil enerji kaynaklarının yarıdan fazlasının ithal eder duruma gelmiştir.

3.Türkiye'de kişi başına birincil enerji kaynaklarının kullanımı ve elektrik enerjisi kullanımı gelişmiş ülkelerinoldukça altında bulunmaktadır.

[9] Doç.Dr.İbrahim ÖZTÜRK,Dr. Sohbet KARBUZ MÜSİAD Türkiye'nin Enerji Ekonomisi ve Petrolün Geleceği Araştırma Raporları :49 Şubat 2006

4.Türkiye'de enerji tüketim verimliliği gelişmiş ülkelere göre oldukça düşük düzeydedir. Bundan dolayı, teknolojik gelişmelerin Türkiye'ye akılcı transferi gerçekleştirilerek enerjinin verimliliği artırılması yoluna gidilmelidir. Elektrik enerjisi üretimi ve tüketiminin tahmin çalışmasından elde ettiğimiz sonuçlar doğrultusunda, 2000 yılında 47 milyar dolar olarak beklenen ihracat hedefinin gerçekleşmesi için elektrik enerjisi üretiminin 154 milyar kWh ve elektrik enerjisi talebinin ise 133 milyar kWh olması gerekmektedir. Sözkonusu değerler, 7. Beş Yıllık Kalkınma Planı'nda belirtilen değerden, ayrıca Türkiye Elektrik Kurumu'nun yapmış olduğu tahmin çalışmaları ile Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tahmin değerlerinden de yüksek çıkmıştır.

Gerek bu çalışmadan çıkarılan sonuçlar ve gerek 2000'li yıllardaki enerji üretim kapasitelerine ulaşabilinmesi için aşağıdaki hususlar önem arzetmektedir:

1. Elektrik açığının önlenebilmesi için acilen çok sayıda ve büyük kapasiteli yatırım planlarının yapılması ve bu planların gecikmeksizin uygulamaya konulması zorunlu bulunmaktadır. Bu kapsamda nükleer santraller yanında alternatif enerji (rüzgar enerjisigibi) santral projeleri de ele alınmalıdır.
2. 2010 yılına kadar uzanan 13 yıllık dönemde santraller için yaklaşık 60 milyar dolarlık yatırım yapılması gerekmektedir. Bu yatırımın 15 milyar dolarlık kısmının 7. plan döneminde yapılması beklenmektedir. Zaman içinde birim başına yatırım ve işletme maliyetlerinin artacağı gözönünde bulundurulduğunda sözkonusu yatırımların zamanında ve yeterli düzeylerde gerçekleştirilmesi üzerinde durulması gereken en önemli faktördür.
3. YİD veya Yİ modelleri ile özelleştirilecek olan santrallerin bir an önce yasal düzenlemelerin yapılarak, ihalelerinin tamamlanması, ihalelerde rekabet ortamının en iyi şekilde yaratılmasının yanısıra santrallerin en son teknolojilere dayalı, uzun vadede kullanımının verimli bir şekilde gerçekleştirilmesi gerekmektedir.
4. Enerji açığına sebebiyet vermemek için enerji santrallerinin gereksinimi olan hammaddelerin kesintisiz terminne yönelik tedbirler alınmalıdır.
5. Kısa vadedeki elektrik açığını önlemeye yönelik, doğalgaz santralleri için gaz rezervlerine sahip ülkelerden ilave gaz temini hususunda bu ülkeler ile ikili temaslar gerçekleştirilmelidir.
6. Her türlü enerji kaynağının kullanımında tasarrufa gidilmeli ve özellikle enerjinin ulaşımı, iletimi ve dağıtımı sırasında oluşan ve büyük boyutlara varan (%16'lar

düzeyinde) şebeke kayıpları; altyapı, modern ulaşım sistemleri, üretim ve tüketim merkezlerinin yaygınlaştırılması vb uygulamalarda ne aza indirilmelidir.

7. Enerji kullanımı yoğun olan tüketici sektörlerinde enerji verimliliğinin artırılması ve kayıpların en aza indirilmesi amacıyla; sanayi kayıp ısısının, enerji yoğun ürün ve artıklarının yeniden değerlendirilmesi gerçekleştirilmelidir.
8. Binalarda izolasyon ve ısınma araçlarının performansları yükseltilmeli ve konutlarda ısı kontrol cihazları takılmalıdır. Toplu taşım sistemleri geliştirilmelidir.

Tüm bu öneriler çerçevesinde, önemle üzerinde durulması gereken nokta ise; 2000'li yıllara büyük hedefler ile ulaşmaya ve daha gelişmiş bir ekonomik düzen kurmaya çalışan Türkiye için, yatırım-üretim-ihracat zincirini kuracak ve çok daha gelişmiş bir üretim yapısı ile yüksek düzeylerde ihracat potansiyeline sahip olacak bir ekonomik yapı oluşturulmalı ve bu amaç içerisinde, sanayinin önemli bir girdisi olan enerji yatırımlarına önem verilmelidir. 2000'li yıllardaki enerji açığının karşılanması açısından öncelikle, enerji ile ilgili politikaların zamanında belirlenmesi ve uygulamaya geçirilmesi gerekmektedir.

2.5 Türkiyenin Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Hidrojen Enerjisi Açısından Değerlendirilmesi

Türkiye'nin sürdürülebilir kalkınma politikası açısından parametrelerine baktığımızda enerjinin büyük rol oynadığını görmekteyiz. Enerji kalkınmanın itici gücüdür. Dolayısıyla bu konuda yapılan yatırımlar ülkenin ekonomik refah ulaşması ve büyüme potansiyellerini gerçekleştirmesinde ön planda olmalıdır.

Türkiye'de enerjinin boyutlarına baktığımızda ülkede üretilen enerji ile tüketilen enerjiyi karşılaştırmamız gerekir. Buna ait TÜSİAD'ın yaptığı bir araştırmaya göre bulunan sonuçlar Ek-10 da gösterilmiştir. Bu tabloya göre Türkiye'deki enerji üretim ve tüketim düzeyleri verilmiş,verilen tarih aralığına baktığımızda Türkiye'nin varolan enerji tüketimi 2.4 kat artarken

aynı döneme ait üretime baktığımızda ise enerji üretimindeki artış ise 1.6 kat olmuştur.

Tabloda yer alan bir diğer veriye göre ise enerji üretiminin enerji tüketimin karşılama oranının yıllar itibariyle düşmesidir. Buradan elde edilen sonuçlar ülkemizin enerji arzının enerji talebini karşılayamadığını göstermektedir.

Türkiyede genel enerji kaynaklarına baktığımızda kömür petrol ve son yıllarda yaygınlaşan doğal gaz kullanılmaktadır hidrolik enerji ise henüz yeterince kullanılmamakta bunun altında yatan sebep ise yapılan yatırımların yetersizliğidir. Türkiye gibi bir ülkenin teknolojik gelişme ve ekonomik büyümeye ait olan hedeflerinde enerji arzının kıtlığı yüzünden sapma olmaması gerekir.

Türkiye, genel olarak enerji üretim kapasitesinin enerji talebini karşılayamaması nedeniyle enerji ithal eden bir ülke konumundadır.

Bununla beraber Türkiye'nin enerji kaynakları dünya rezervleri içinde miktar ve kalite olarak ihmal edilecek düzeydedir. Hidrolik enerji ve linyit kömürleri belli bir kullanılabilir potansiyel oluşturmaktadır . Linyit kaynakları coğrafi olarak dağınık,düşük kaliteli,yüksek maliyetli ve çevre sorunludur. Hidrolik kaynaklar ise geliştirilmesi oldukça maliyetli ve yağışlara bağımlı olması sebebiyle güvenilirliği nispeten düşüktür.

Enerjinin talep kısmını incelersek talebe etki eden faktörleri göz önüne almamız gerekir. Talabe ilişkin parametrelerde ülkenin GSMH'sı , nüfusu etki etmektedir. Buna ilişkin yapılmış olan Ek-4 yer alan ETKB'in yaptığı araştırmaya göre 1973-2001 yılları arasında nüfus artış hızı kişi başı milli gelir ve enerji yoğunluğu rakamlarına ile ileri ki yıllara ait tahminlere baktığımızda yapılan araştırmaya göre nüfus ve milli gelirde ki artışa bağlı olarak enerji tüketiminde artış gözükmektedir.

Enerjinin kullanımı açısından baktığımızda ülkedeki sektörlerin GSMH'dan aldıkları paylara bakmamız gerekir. Bu pay GSMH içinde ne kadar büyükse ekonomi de o sektörün öneminin yüksek olduğunu anlarız. Buna bağlı olarak yapılan bir çalışmaya göre , Ülkemizde en

fazla hizmetler ve imalat sektörü ön plana çıkmaktadır.Buna ait Tablo Ek-1 dedir. İmalat sektöründe oluşmasında temel girdilerin başında enerji gelmektedir dolayısıyla Türkiye ekonomisi açısından önemli bir role sahiptir.

Enerji mevcut pazar içindeki önemi ve dolayısıyla enerjiye olan talep bu talebi oluşturan bazı parametrelerin ülke bazında ne şekilde değiştiğinin bilinmesi gerekmektedir. Bu parametrelere baktığımızda nüfus artışı , GSMH ve buna bağlı kalkınma hızlarına bakmamız gerekecektir.

Türkiye'de tüketilen enerjinin büyük kısmı ithal edilen petrol ve doğalgazdan gelmektir. Buna ait yapılmış çalışmalar Ek-7,EK-8 ve Ek-11 de gösterilmiştir. Bu tablolarda petrolün üretim- tüketim ve doğalgazın üretim-tüketim rakamları yıllar itibariyle görülmektedir.

Her üç tabloda görüldüğü üzere ülkemizdeki varolan doğal gaz ve petrol kaynakları bu kaynaklara olna talebi karşılamamaktadır. Buradan çıkarılacak sonuç alternatif kaynakların çıkarılması gerekliliğidir.

Türkiye'nin enerji potansiyeli ve nüfus ile milli gelirin artışı ve gelecekte de artışı konusunda beklenen gelişmeler yenilenebilir enerji kaynaklarına olan eğilimin artmasına sebep olmuştur ve olacaktır. .

Bu enerji kaynaklarından biri de Hidrojen enerjisidir. Burada Hidrojenin kullanılmasında sağlayacağı avantajlardan bahsedersek ;

- Türkiye'nin enerji açığının büyümesi
- Çevre kirliliği
- Ekonomiklik indeksi
- Kullanımında verimlilik
- İkincil enerji kaynağı olarak verimlilik

Çevre kirliliği : Çevre kirliliğinin yol açtığı zararlara baktığımızda havayı kirleten NOx ve CO_2 oranlarının yüksekliği önemlidir. Bu kirletici gazların en önemli iki faktörü sanayi ve ulaşım sektörleridir. Şehirleşme ve endüstrileşme sonucu oluşan hava kirliliğinin yarattığı ekolojik

dengeyi bozmaktadır. Bu kirlilik büyük şehirlerimizde zaman zaman çok yüksek oranlara ulaşmaktadır. Bu durumun ülkemize yarattığı tahribat uzun dönemde önlenemez boyutlara gelebilecektir. Bunun etkisi olarak ortaya çıkan sera gazı sorunu ve bunun göstergesi olan sera gazları emisyon oranlarındaki artış dikkat edilmelidir.

Enerji açığının büyümesi : Enerji açığı son yıllarda hızla artmıştır dolayısıyla bu artış ülkemizin ekonomik kalkınma hızını yavaşlatabilecektir. Bu durumda alternatif enerji kaynaklarından yararlanmak gerekecektir. Alternatif enerji kaynaklarında teknolojisinin mevcut durumu ve yatırım maliyetleri bir tek enerji kaynağına bağlı olunmamasını gerektirmekte dolayısıyla enerji kaynaklarında çeşitliliğin desteklenmesi gerekmektedir. Her bir enerji kaynağının belli bir potansiyeli kullanım alanları vardır.

Amaç ülke ekonomisine katkıda bulunacak doğru enerji kaynaklarını seçip yatırımların vakit kaybetmeden yapılmasıdır.

Yakıt olarak verimlilik : Petrolün Türkiye'nin enerji kaynaklarının talebi karşılayamaması sonucunda ithal edilmesi ve bu durumun artan petrol fiyatları eşliğinde ülke ekonomisine yaptığı tahribat dikkatten kaçmamalıdır. Bu aşamada alternatif bir yakıt olarak hidrojenin petrolün maliyetinin gün geçtikçe artışına üzerinde yapılan teknolojik evrim ve buna bağlı maliyeti düşürme çalışmaları dikkate alınarak gittikçe artmaktadır. Şu an için en büyük sorun olan depolama maliyeti çözüldüğünde ülkemiz için büyük avantaj olacaktır. Bunun sebebi ülkemizdeki bor üretimi dikkate alındığında dünya bor rezervlerinin önemli kısmı Türkiye'de yer almaktadır. (Bkz EK-12) Bor hidrojenin hibrid teknolojisi ile depolanmasında bileşke görevi yaptığından depolama maliyetini düşürecek önemli bir madendir.

İkincil enerji kaynağı olarak verimlilik : Hidrojen yüksek verimle kullanılabilen bir yakıttır. Hidrojen bir özelliği sudan elde edildiği gibi fosil yakıtlardan elde edilmesidir.Ülkemizdeki kömür rezervlerini ele aldığımızda kömürün benzine , elektriğe ve hidrojene dönüştürülmesi dikkate alındığında hidrojenin en yüksek menzile sahip olduğu anlaşılmıştır.

Hidrojenin sudan elde edilmesi dikkate alındığında Karadenizin tabanında bol miktarda hidrojen sülfür yer almaktadır. Bu konu üzerinde çalışmalar yapılmakta ve burada varolan

hidrojen sülfürden elde edilecek hidrojenin enerjisinin diğer üretim şekillerine göre çok daha ucuz olduğu bilinmektedir.

Enerjisinin % 70'ini ithal kaynaklardan sağlayan dolayısıyla yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarını çeşitlendirme ve kullanım paylarını artırma çabasında olan Türkiye'nin hidrojen enerji sistemleri konusunda öncü ülkelerden olması gereklidir. Çünkü, sahip olduğumuz bazı doğal kaynaklar özellikle güneş enerjisi potansiyelimiz, güneş-hidrojen sistemine geçmek için son derece uygun bir seçenektir.

Türkiye'de 2001 yılı itibariyle kullanılabilir yeni ve yenilenebilir enerji(YEN) toplamı 89 MTEP'ün sadece %15.8 gibi küçük bir oranı kullanılmaktadır. Bu enerji kaynakalrının halen kullanılmayan kapasitesi 75 MTEP'dür. ki bu miktar Türkiye'nin 2003 yılı toplam enerji tüketimine (83.8 MTEP) çok yakın ,toplam enerji üretimi olan 23.8 MTEP'ün 3 katından fazladır[71]

Sonuç olarak Türkiye elindeki kaynakları etkin bir şekilde kullanabilecek yatırımı yapması ve bu enerjiyi kullanılabilir bir hale çevirmesi halinde enerji talebinin bir kısmını karşılayabilecek duruma gelecektir.

SONUÇ

Ülkeler birincil enerji kaynaklarını seçerken kalkınma ve refaha erişme açısından gösterdikleri çabalar kendi ekonomik olanaklarına,siyasi ve stratejik konjonktür durumlarına bağımlı hale gelmiştir.

[71] ETKB, www.enerji.gov.tr, Erişim : 09.07.2005

Kalkınmanın temel unsurları beşeri sermayeye dayandığı kadar ülkenin elinde bulundurduğu doğal kaynaklara da bağımlıdır. Doğal kaynaklar sınırlı olup etkin bir şekilde kullanılması için maliyet analizi yapılmalı ve ilgili kaynağı verimli kullanmak üzere Ar-ge çalışmalarına başlanmalıdır.

Bu kaynakları değerlendirirken ülkenin kalkınma hızı büyüme potansiyelleri ve buna paralel şekilde ihtiyaç duyacağı enerji bağımlılığı eldeki kaynakların etkin bir şekilde kullanılmasını zorunlu kılmıştır.

Dünyada şu anda enerji kaynaklarının başında petrol gelmektedir. Petrol tükenebilir bir kaynak olup dünyanın belirli bölgelerinden ihraç edilmektedir. Petrol kaynaklar sınırlı olup belli bir ömrü vardır. Arz talep dengesizliği olduğundan petrolün fiyatı her geçen gün yükselmektedir. Sanayileşmiş ülkeler enerji taleplerini karşılamak amacıyla enerji kaynaklarını çeşitlendirmek zorundadırlar. Bu amaçla başta ABD ve Avrupa Birliği olmak üzere hedefler ortaya konmuş, politikalar belirlemiş ,fonlar ayırmış ve Ar-Ge birimleri açılmıştır.

Petrol ve dolayısıyla dünyada varolan diğer fosil yakıtların alternatifi olarak yenilenebilr enerji kaynakları için ayrı ayrı çalışmalar yapılmaktadır. Her bir enerji kaynağının belli bir kullanım potansiyeli vardır.aynı zamanda bu kaynakların kurulumu kamu kesminde kullanımı ve en sonunda son kullanıcıya sunulumu için planlar yapılmaktadır.

Bu çalışmada ülkemizde varolan fosil yakıtların enerji üretimde yetersiz kaldığı ve ülkemizin enerji tüketim ihtiyacını karşılamak üzere kullanmakta olduğu enerjiyi ithal ettiği gözlenlenmektedir. En çok kullanılan petrol ve doğalgaz üretiminin yetersiz olması ve bununla beraber ülkenin sürdürülebilir kalkınma politikasına bağlı olarak enerji tüketiminin artması bizi maliyeti düşük, verimli alternatif enerji kaynaklarını aramaya yöneltmiştir.

Yenilenebilir enerji kaynakalarda gelecek yıllarda kullanabileceğimiz alternatif kaynaklardan biri de hidrojendir. Hidrojen diğer alternatif kaynaklardan farklı olarak çevreyi kirletmemesi ve verimli bir enerji kaynağı olması sebebiyle günümüzde üzerinde sıkça söz edilen bir enerji kaynağıdır. Hidrojen üzerine ABD Enerji bakanlığının yapmış olduğu çalışmalar ve yatırımlar , AB ülkelerince tahsis edilen fonlar ve geleceğe ait projeksiyonlar konunun önemini arz etmektedir.

Hidrojenin sudan ve diğer enerji kaynaklarından elde edilmesi bu kaynağın kolayca bulunabilirliği diğer kaynaklara göre avantaj teşkil etmektedir. Hidrojen enerjisinden doğan hidrojen ekonomisine bağlı olarak kaynağın kullanım verimliliği depolama maliyetlerinin düşürülmesi ve son kullanıcıya güvenilir bir şekilde iletimi hususunda çalışmalar devam etmekte ve son kullanıcının etkin bir şekilde kullanılması hedeflenmektedir.

Türkiye'nin hidrojen enerjisinin kullanımı açısından önemli avantajlara sahip olduğunu bilmemiz gerekir. Hidrojen su ve diğer enerji kaynaklarının çıktısından elde edilir. Etrafımızın denizlerle çevrili olması akarsularımız ve göllerimizin çok olması hidrojenin elde edilmesi konusunda ülkemize büyük avantaj sağlamakta olup özellikle Karadeniz'in tabanından çıkarılan hidrojen sülfürden hidrojen enerji elde imkanını değerlendirmemiz gerekmektedir.

Bunun yanında hidrojenin hibrid teknolojisi ile depolanması açısından verimli kullanılabilen bor madeninin ülkemizin dünya bor rezervlerinin önemli bir kısmına sahip olması bu enerji üretiminin en problemli kısmı olan depolama maliyetlerini düşürme açısında bir avantaj teşkil ettiği bilinmelidir.

Hidrojen enerjisi gelecekte kullanım açısından önem taşımaktadır. Burada vurgulanması gereken nokta hidrojen enerjisinin ekonomik açıdan verimliliği ve günümüzde karşılaşmış olduğumuz en ciddi problemlerden biri olan çevre kirliliği konularında iyi bir alternatif olduğunun bilincine varmamız gerekliliğidir. Hidrojenin teknolojisi güngeçtikçe iyileştirilmekte ve buna bağlı olarak üretimi,taşınması depolanma ve kullanımı alanında ilerlemeler yapılmaktadır.

Devletlerin hidrojen enerjisi için yapmış oldukları yol haritaları ve fonlar ile özellikle dünyanın ileri gelen otomotiv firmalarının ve petrol şirketlerinin yapmış olduğu çalışmalar bu konunun önemini bize göstermektedir.

Ülkemizde hidrojen enerjisinden hangi zamanda ve ne şekilde yararlanılacağının planlanması ve çalışması yapılmalıdır. Yenilenebilir enerji kaynakları ve yakıt pilleri için Ar-Ge çalışmaları bir an önce başlatılmalı ve bu enerjinin kullanım teknolojisinin etkin bir şekilde geliştirilmesine yönelik çalışmalar yapılmalıdır. Bu uygulamaları destekleyici program olan Avrupa Birliği Altıncı Çerçeve programı, Türkiye'ye hidrojen ile ilgili vermiş oldukları kaynak açısından kaçınılmaz bir fırsat olarak gözükmektedir. Bunun yanında hidrojen enerjisini kullanım amacıyla 2007-2013 yıllarını kapsayan çerçeve programında da Türkiye'nin Avrupa Akıllı Enerji programının etkinliklerinde destekleyici bir yapıda olacağı kararlaştırılmıştır. Bu etkinliklerde hidrojen ve yakıt pilleri,yenilenebilir enerji üretimi konularında çalışmalar düzenleneceği planlanmıştır.Ülkemizin yapması gereken kendi AR-GE kurumlarının ve otomobil üreticisi olan firmalarının bu projede içinde aktif olarak yer almalarını teşvik etmek olmalıdır.

EKLER

Ek-1

Tablo 9 :Türkiye'de Sektörlerin GSMH'dan Aldıkları Paylar

	2000	2005	2010	2015	2020
Tarım	13.4	11.9	10.6	9.4	8.4
İnşaat	5.0	4.2	4.9	5.5	5.5
Maden	1.4	1.0	0.8	0.7	0.6
İmalat	23.8	24.6	24.1	23.8	23.6
Enerji	3.2	3.5	3.8	4.0	4.3
Hizmetler	53.2	54.8	55.8	56.6	57.6
TOPLAM	100.0	100.0	100.0	100.00	100.0

Kaynak: Türkiye Uzun Dönem Elektrik Enerjisi Talep Çalışması Raporu,2000

Ek-2

Tablo 10 : Dönemler İtibariyle Kalkınma Hızı ile Nüfus Artışı Arasındaki İlişki

Dönemler	Kalkınma hızı (%)	Nüfus Artışı (%)
2000 – 2005	3.1	1.6
2005-2010	5.5	1.4
2010-2015	6.4	1.2
2015-2020	6.4	1.0

Kaynak : DPT,www.dpt.gov.tr,Erişim Tarihi : 02.02.2007

Ek-3

Tablo 11 : GSMH-Nüfus-Elektrik Talebi Arasındaki İlişki

Yıl	Nüfus	GSMH 1990 fiy.	Kişi başı GSYİH	Enerji Talebi	Elektrik Talebi	Kişi başı enerji talebi	Kişi başı Elektrik Talebi
	Bin kişi	Milyar $	$/kişi	Mtpe	TWS	Kep/kişi	KWS/kişi
1973	38.072	75.9	1.994	24.6	12.4	646	326
1990	56.098	150.0	2.674	53.7	56.8	957	1.013
1995	62.171	177.9	2.861	64.6	85.6	1.039	1.376
1998	65.244	215.5	3.303	75.8	114	1.162	1.747
2000	67.804	214.1	3.158	82.6	128.3	1.218	1.892
2001	68.618	193.9	2.826	78.1	126.9	1.138	1.849
2010	78.459	421.0	5.366	153.9	128.6	1.962	3.653
2020	87.759	821.7	9.261	282.2	566.5	3.216	6.455
2023	90.345	821.2	9.090	329.9	675.1	3.652	7.472

Kaynak : ETKB/APK,2002

Ek-4

Tablo 12:Nüfus – GSMH –Enerji İlişkisi

Yıllar	Nüf. Art. Hızı	Enerji yoğunluğu	Kişi başı GSMH	Kişi başı Enerji Tüketimi (KEP)
1990	19.9	6.19	2682	943
1991	19.5	5.03	2621	947
1992	19.2	4.89	2708	971
1993	18.9	3.92	3004	1013
1994	18.5	5.21	2184	976
1995	18.4	4.65	2759	1033
1996	18.3	5.78	2928	1114
1997	18.0	5.32	3079	1157
1998	17.6	3.27	3255	1153
1999	16.9	4.85	2879	1128
2000	14.1	8.05	2965	1204
2001	13.8	8.76	2123	1107
2002	13.5	7.40	2598	1125
2003	13.2	6.96	3383	1184
2004	12.9	-	4172	-

Kaynak : TUİK,2004

Ek-5

Tablo 13:Enerji Kaynakları Satış Fiyatları

Yıllar	Fuel oil YTL/Ton	Gaz Yağı YTL/Litre	Motorin YTL/Litre	Kurş. Benzin YTL/Litre	Normal Benzin YTL/Litre	Doğal gaz sanayi YTL/10^7 Kcal	Doğal gaz mesken YTL/10^7 Kcal
1993	1,68	0,005	0,005	0,007	0,007	1,7	2,9
1994	3,60	0,012	0,010	0,016	0,016	4,2	6,2
1995	8	0,022	0,019	0,029	0,029	7,2	9,6
1996	15	0,044	0,040	0,056	0,056	15,3	17
1997	27,6	0,065	0,079	0,116	0,117	30,2	36,2
1998	40	0,128	0,119	0,192	0,195	44,9	56,8
1999	72,8	0,250	0,237	0,363	0,365	68	94,6
2000	128,9	0,435	0,435	0,583	0,582	109,4	162,1
2001	222,6	0,776	0,733	0,992	0,993	246,2	297,9
2002	400,5	1,084	1,096	1,477	1,481	325,8	385,1
2003	457,4	1,308	1,394	1,804	1,810	344	398,1
2004	493,6	1,400	1,539	1,959	1,966	328,4	371,1
2005	731,10	1,840	1,956	2,535	2,520	408,4	485,5

Kaynak : ETKB,Enerji Kaynakları satış fiyatları,www.enerji.gov.tr, Erişim tarihi : 02.01.2007

Ek-6

Tablo 14 :1973- 2001 Yılı Gerçekleşen Rakamlar ve Geleceğe Dair Projeksiyonlar

Yıl	Nüfus	GSMH 1990 fiy.	Kişi başı GSYİH	Enerji Talebi	Elektrik Talebi	Kişi başı enerji	Kişi başı Elektrik
	Bin kişi	Milyar $	$/kişi	Mtpe	TWS	talebi Kep/kişi	Talebi KWS/kişi
1973	38.072	75.9	1.994	24.6	12.4	646	326
1990	56.098	150.0	2.674	53.7	56.8	957	1.013
1995	62.171	177.9	2.861	64.6	85.6	1.039	1.376
1998	65.244	215.5	3.303	75.8	114	1.162	1.747
2000	67.804	214.1	3.158	82.6	128.3	1.218	1.892
2001	68.618	193.9	2.826	78.1	126.9	1.138	1.849
2010	78.459	421.0	5.366	153.9	128.6	1.962	3.653
2020	87.759	821.7	9.261	282.2	566.5	3.216	6.455
2023	90.345	821.2	9.090	329.9	675.1	3.652	7.472

Kaynak : ETKB/APK,2002

Ek-7

Tablo 15:Yıllar İtibariyle Türkiye'de Doğal Gaz Üretimi

Yıllar	Toplam [milyon m^3]
1987	513
1988	1.166
1989	3.099
1990	3.315
1991	4.062
1992	4.444
1993	4.915
1994	5.183
1995	6.665
1996	7.700
1997	9.419
1998	9.889
1999	12.040
2000	14.148

Kaynak: BOTAŞ, (http://www.botas.gov.tr), erişim tarihi : 02,02.2007

Ek-8

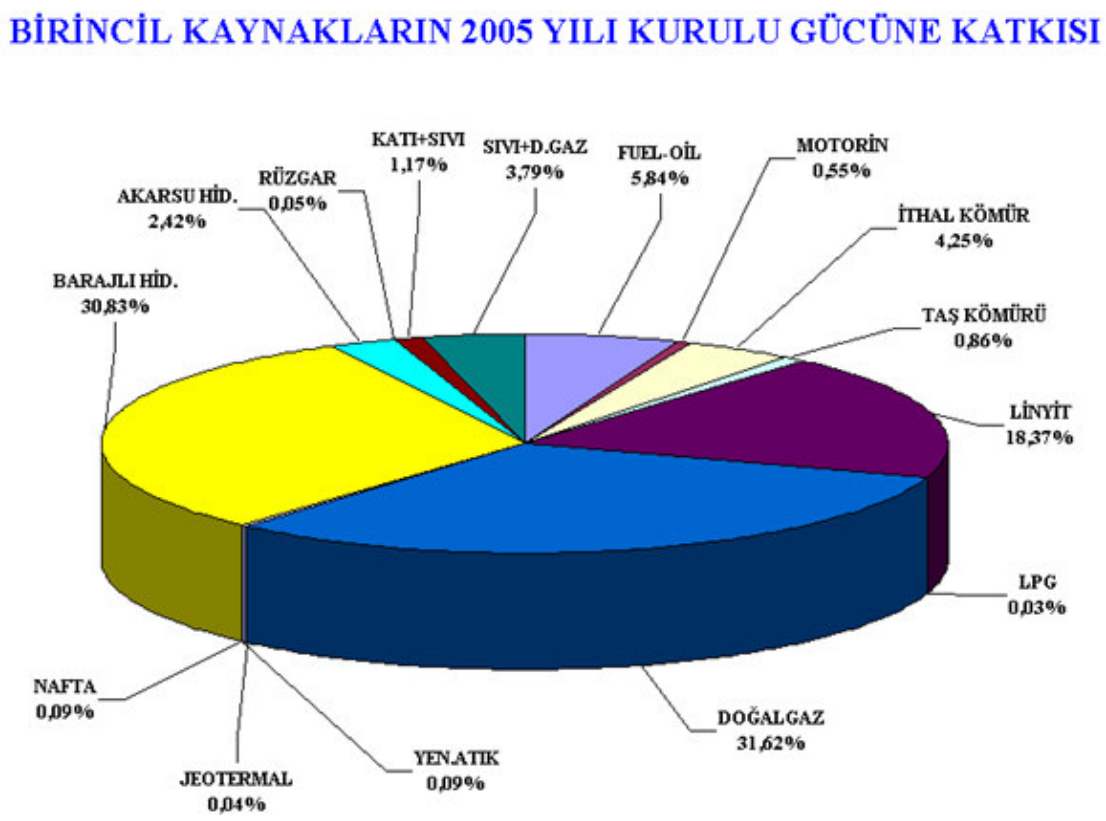
Tablo 16 :Doğal Gaz Talep Tahmin ve Doğal Gaz İhracat Miktarları (Milyon m3)

YILLAR	TALEP MİKTARLARI
2006	29.505
2007	32.288
2008	34.430
2009	38.300
2010	43.297
2015	53.616
2020	62.468

Kaynak: BOTAŞ, (http://www.botas.gov.tr), erişim tarihi : 02,02.2007

Ek-9

Şekil 5 : Birincil Kaynakların Kurulu Güce Katkısı



Kaynak: TEDAŞ , www.teias.gov.tr Erişim tarihi : 02.02.2007

Ek-10

Tablo 17 :Türkiye'nin Enerji Üretimi- Tüketimi Tablosu

Yıllar	Kömür	Petrol	Hidrolik	Diğer	TEÜ	TET	Üretim-tüketim (%)
1980	6173	2447	976	7704	17300	31913	54,2
1981	6934	2481	1085	7740	18240	31989	57
1982	7467	2450	1218	7969	19104	34306	55,7
1983	7860	2313	975	8065	19213	35597	54
1984	8811	2191	1155	7968	20125	37247	54
1985	10636	2216	1036	7811	21699	39167	55,4
1986	11361	2514	1021	8309	23205	42168	55
1987	12209	2762	1601	8164	24736	46559	53,1
1988	10915	2692	2490	8017	24114	47570	50,7
1989	12770	3020	1543	8083	25416	50365	50,5
1990	11723	3902	1991	8102	25718	52632	48,9
1991	10989	4674	1950	8106	25719	53915	47,7
1992	12118	4495	2285	7389	26287	56298	46,7
1993	11549	4087	2921	7330	25887	59845	43,3
1994	12107	3871	2630	7291	25899	58675	44,1
1995	12083	3692	3057	7234	26066	63215	41,2
1996	12273	3675	3477	7232	26657	69402	38,4
1997	13036	3457	3424	7254	27171	71367	38,1
1998	14375	3224	3632	7576	28807	75808	38
1999	14242	2940	2982	7460	27624	78511	35,2
2000	12627	2886	2657	7150	27977	82270	34

Kaynak :M.Ö.Ültanır DİE istatistiki göstergeler,Ankara,1998

Ek-11

Tablo 18:Türkiye Ham Petrol Ve Petrol Ürünleri (M.Ton)

Yıllar	Üretim	Tüketim
1998	3 223 622	27 874 283
1999	2 939 896	27 618 372
2000	2 749 105	29 889 979
2001	2 551 467	28 630 104
2002	2 441 534	29 334 226
2003	2 375 044	29 909 502
2004	2 275 530	30 627 656
2005	2 281 131	-
2006*	1 076 244	-

Kaynak : www.enerji.gov.tr
2006 Yılı Değerleri Ocak-Haziran Dönemi Değerleridir

Ek-12

Tablo 19:Dünya ve Türkiye Bor üretimi (1000 ton B2O3)

Yıllar	Türkiye	Dünya	Dünya/Türkiye oranı
1970	122	762	16
1975	242	975	24,8
1980	320	1222	26,2
1985	259	1026	25,2
1990	476	1359	35
1995	435	1529	28,5
2000	504	1431	35,2
2001	517	1546	33,4

Kaynak : www..foreigntrade.gov.tr/ead/ekonomi/sayi13/bor.htm erişim tarihi 02.02.2006

KAYNAKÇA

21. yy a Girerken Türkiye'nin Enerji Stratejisi, Yeni Enerji Çevrim yöntemleri, TÜSİAD Yayınları,Aralık,1998

ACAROĞLU M. **Alternatif Enerji Kaynakları**, Atlas Yayın Dağıtım, İstanbul, 2003

ALPAR C. **Dünya Ekonomisi ve Uluslararası Ekonomik Kuruluşlar, Gelişmekte Olan Ülkeler Yönünden Değerlendirme**, Türkiye Ekonomi Kurumu Yayını, Ankara, 1985

ATA Ali, **21. Yüzyılın Enerjisi Hidrojen Enerji Sistemi**, Uluslararası Hidrojen Enerjisi Teknolojileri Merkezi, 2005

Bilim Şenliği,Enerji, http://members.tripod.com/~bilim_senligi/enerji.htm, Erişim Tarihi : 15.08.2006

Bilim-Teknik, **Enerji**, Özel ek 2002

Bitmeyen Bela: Nükleer Enerji, Bekleyen Fırsat: Yenilenebilir Enerji, İlk Adım: Rüzgar Enerjisi,

Boğaziçi üni. Araştırma enstitüsü,**Enerji**, http://www.kandilli.boun.edu.tr/meteoroloji/enerji1.htm, Erişim tarihi : 11.11.2006

ÇED, **Türkiye Çevre Atlası**, T.C. Çevre Bakanlığı Yayın No :4 Ankara,1997

CMO, **Nükleer Enerji**, http://www.cmo.org.tr/yayin/rapor/rapornukleer.phpaltm=nukleer Erişim Tarihi:02.03.2006

DEMİRBAŞ L. **Türkiye'de Enerji Sektörü,Sektörün Problemleri,Avrupa Birliği ve Türkiye'deki Enerji Politikaları**, Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü,Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Isparta, 2002

DİNCER, I., **"Technical, Environmental and Exergetic Aspects of Hydrogen Energy Systems"**, International Journal of Hydrogen Energy 27, :265-285, 2002

DOĞAN M. **Enerji Kaynakları-Çevre Sorunları ve Çevre Dostu Alternatif Enerji Kaynakları**, Standard Dergisi, 2000

DPT, **9.Kalkınma Planı Raporu**, 2007-2013

DTB,**Türkiye'de Enerji Üretim ve Tüketimi**, http://www.foreigntrade.gov.tr/ead/ekonomi/sayi%2011/teut.htm, Erişim Tarihi : 02.01.2007

EKOLOJİK YAŞAM PORTALI , **Biyokütle Enerjisi ve Çevresel Etkiler**,http://www.ekoses.com/ekolojikyasamportali/bpg/publication_view.asp?iabspos=1&vjob=vdocid,147057, Erişim Tarihi : 15.08.2006

Energy Quest http://www.energyquest.ca.gov/story/chapter20.html, Erişim tarihi : 12.10.2006

EÜAŞ, http://www.euas.gov.tr/_Euas/web/gozlem.aspx?sayfaNo=557 , Erişim Tarihi: 24.11.2006

FLAVIN C. ,**Güneş Ekip Rüzgar Biçmek**, Çeviren : Ali Alper Akyüz,TEMA, 1995

Forumed, http://www.forumend.com/showthread.php?p=2378 , Erişim Tarihi: 24.11.2006

Hydrogen Fuel Cells, DOE Energy Efficiency and Renewable Energy Information Center,www.doe.gov.tr, Erişim Tarihi : 02.02.2007

İLDER, KEMAL, **HİDROJEN ENERJİ SİSTEMİ**, www.metalurji .org.tr, ODTÜ Erişim Tarihi : 02.02.2007

İSKENDER Serdar ,**TUTEV,Enerji ve Enerji Politikaları** http://www.tutev.org.tr/page.php?al=yayinroportaj, Erişim Tarihi : 11.02.2006

KARLUK Rıdvan, **Türkiye Ekonomisi**, Beta- Basım Yayım Dağıtım,İstanbul, 1997

KAYGUSUZ Kamil,AHMET SARI Ahmet, **Energy Sources,Renewable Energy For The Future,Energy Sources**, Makale, 2004

KILIÇ N. **Türkiye ve Dünyada Enerji Sektörüne Bakış ve Jeotermal Enerji Potansiyellerinin İrdelenmesi**, İzmir Ticaret Odası Yayını,İzmir, 1998

KOÇAK A. , **Türkiye'nin Jeotermal Enerji Aramaları ve Potansiyelleri**, Türkiye 3.Enerji Sempozyumu,Ankara, 2001

Lenssen N. **Gelişmekte Olan Ülkelerin Enerji Sorunu**, TEMA Vakfı Yayınları,İstanbul, 1993

OBİTET, **Hidrojen Enerjisi,Dökümanlar**,http://www.obitet.gazi.edu.tr/obitet/alternatif enerji/Hidrojen Enerjisi.htm,Erişim Tarihi : 19.05.2006

ÖZSABUNCUOĞLU İsmail H.,Uğur Atilla, **Doğal Kaynaklar Ekonomi Politika Yönetimi**, Bilim-Teknik Yayınları, Ankara, 2005

ÖZTÜRK İbrahim,KARBUZ Sohbet, **Türkiye'nin Enerji Ekonomisi ve Petrolün Geleceği Araştırma Raporları,** MÜSİAD 49, 2006

PAMİR N. **Avrasya Boru Hatları, Enerji Güvenliği ve Türkiye , Küreselleşmenin Enerji Sekötüründe Yapısal Değişim Programı ve Ulusal Enerji Politikaları**, Türkiye 3. Enerji Sempozyumu TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası,Ankara, 2001

SATMAN Abdurrahman, **Türkiye'de 1. Enerji ve Kalkınma Sempozyumu,** İstanbul Teknik Üniversitesi – Enerji Enstitüsü, TASAM, 26 Nisan 2006

TMMOB - Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği, **Hidroelektrik** http://www.tmmob.org.tr/modules.php?op=modload&name=Sections&file=index&req=viewarticle&artid=121&page=1, Erişim tarihi : 11.09.2006

TOMANBAY M., **Dünya Su Bütçesi ve Ortadoğu Gerçeği**, Gazi Kitabevi,Ankara, 1998

TUBİTAK,http://www.tubitak.gov.tr, Erişim tarihi : 11.02.2006

TUNCER G. ve ESKİBALCI M., **Türkiye Enerji Maddelerinin Potansiyellerinin Değerlendirilebilirliği**,İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yerbilimleri Dergisi,İstanbul, 2003

ÜLTANIR,Mustafa Özcan,TÜSİAD, **2001,21.yy'da Türkiye'nin Enerji Stratejileri Hidrojen Ekonomisi**,TÜSİAD Yayınları,İstanbul

Uluslararası Hidroelektrik Birliği,
http://www.hydropower.org/downloads/IHA_Brochure_Turkish.pdf, Erişim Tarihi : 12.01.2007

UYAR Tanay Sıtkı, **"Yenilenebilir Enerji",** http://bugday.org/category.php, Erişim tarihi : 11.02.2006

Vezirlioğlu Nejat, **Dünya Barışı İçin Türkiye,Dünya Barışı İçin Hidrojen**, Bilim Yayınevi,İstanbul,2004,269-270,274

WorldBank, **Energy Research**
http://www.worldbank.org.tr/contentMDK:20274205~pagePK:141137~piPK:141127~theSitePK:361712,00.html Erişim Tarihi : 02.03.2006

Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu (YEKSEM 2003),
http://www.emo.org.tr/modules.php Erişim tarihi : 02.03.2006