



T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİNDE AR-GE UYGULAMALARININ
ARAŞTIRILMASI “YENİLENEBİLİR ENERJİ ÖRNEĞİ”**

Kübra KESKİN

Prof.Dr. Kadir KESTİOĞLU
(Danışman)

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

BURSA – 2012

Her Hakkı Saklıdır

TEZ ONAYI

Kübra Keskin tarafından hazırlanan Çevre Mühendisliğinde Ar-Ge Uygulamalarının araştırılması “Yenilenebilir Enerji Örneği” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Kadir KESTİOĞLU

İkinci Danışman :
(Varsa Yazılacak)

Başkan :	Prof. Dr. Kadir KESTİOĞLU Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı	İmza
Üye :	Yrd. Doç. Sevgi TOKGÖZ GÜNEŞ Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı	İmza
Üye :	Yrd. Doç. Taner YONAR Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı	İmza

Yukarıdaki sonucu onaylarım / ONAY

Prof. Dr. Kadri ARSLAN
Enstitü Müdürü
26.01.2012

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM

U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının **eserlerinden** yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu, - atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

12/03/2012

Kübra KESKİN

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİNDE AR-GE UYGULAMALARININ ARAŞTIRILMASI “YENİLENEBİLİR ENERJİ ÖRNEĞİ”

Kübra KESKİN

Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Kadir KESTİOĞLU

Günümüz dünyasının artan nüfusuyla birlikte gelişen endüstri ve beraberinde artan enerji ihtiyacı küresel krizlere neden olmaktadır. Petrol rezervlerinin azalmasına rağmen sürekli artan enerji talebi ekonomik krizlerin yanında savaşlara varan sonuçlar doğurmaktadır. Bütün bunlarla beraber fosil yakıtlara olan bağımlılık küresel ısınma, hava kirliliği gibi ciddi çevre problemlerine de neden olmaktadır.

Bugün dünya talebinin %15'ini karşılamakta olan yenilenebilir enerji Türkiye bazında incelendiğinde Türkiye'nin jeotermal enerji açısından dünya potansiyelinin %8'ine, coğrafi konumu nedeni ile güneş enerjisi için uygun koşullara sahip olduğu ve aynı zamanda Rüzgar enerji potansiyelinin de yaklaşık 160 TWh görülmektedir.

Bu çalışmada, tamamen fosil kaynaklı yakıtların yerine geçemeyecek olsa da rekabet edebilecek güce sahip olan yenilenebilir enerji kaynakları, ayrı ayrı incelenerek, genel çalışma mekanizmaları anlatılmış, Dünya ve Türkiye'deki mevcut durum belirtilmiş ve Türkiye'de uygulanmakta olan projelerden örnekler verilmiştir. Aynı zamanda kullanım olarak avantaj ve dezavantajlarına detaylı bir şekilde değinilmiş, çevresel açıdan etkileri ortaya koyulmuştur.

Anahtar kelimeler: Yenilenebilir enerji, Ar-Ge, hidrojen enerjisi, güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, jeotermal enerji.

2012, x + 106 Sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

INVESTIGATIONS OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING R&D
APPLICATIONS “RENEWABLE ENERGY EXAMPLE”

Kübra KESKİN

Uludağ University

Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Environmental Engineering
Supervisor: Prof. Dr. Kadir KESTİOĞLU

Increasing of population and the result of this increasing getting energy demands together. However, oil reserves are getting down, people need more power and energy. That necessity causes of energy wars and global economic crises. At the same time, fossil energy sources cause of air pollution and also lots of environmental effects.

Renewable energy supplies 15% of world energy demand. On focused Turkey has 8% geothermal energy of world potential. Because of the geographic conditions Turkey has efficient solar energy and wind energy is about 160 TWh.

In this thesis, although renewable energy sources can not take place of fossil energy sources, renewable energy sources which has the strong power against classical energy sources, is studied detailly and described their working mechanism. International and domestic datas are shown currently and given some of examples of Turkish projects. At the same time advantages and disadvantages of using renewable energy are studied carefully and environmental effects are described.

Key words: Renewable energy, R&D, hydrogen energy, solar energy, wind energy, geothermal energy.

2012, x +106 pages.

TEŞEKKÜR

Benim bu günlere gelmemde hiçbir fedakarlıktan kaçınmayan canım anneme, babama ve biricik kardeşime, tez çalışmam sırasında yaptığı bilimsel öncülük ve destekleri için Sayın Hocalarım, Prof. Dr. Kadir KESTİOĞLU'na ve Yrd. Doç. Taner YONAR'a, jeotermal enerji konusundaki bilgi birikimini paylaştan Yrd. Doç. Sevgi TOKGÖZ'e, tez çalışmamı büyük titizlikle inceleyen ve destek olan arkadaşım Araş. Gör. Özge SİVRİOĞLU'na, tez yazımı süresince gösterdiği anlayış ve destekleri için Sayın Yöneticim Özkan KAHVECİ'ye teşekkür ederim.

Kübra Keskin
12.03.2012

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xi
1.GİRİŞ.....	1
1.1 Temiz Enerji Kaynakları İle İlgili Meslek ve Bilim Dalları.....	2
2.DÜNYA VE TÜRKİYE’DE ENERJİ DURUMU.....	4
2.1. Dünya’da Enerji Durumu.....	4
2.2.Türkiye’nin Enerji Durumu.....	8
2.2.1.Türkiye’deki Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Durumu.....	12
3. NÜKLEER ENERJİ.....	14
3.1. Nükleer Enerji Teknolojisi.....	14
3.2. Nükleer Enerjinin Tarihsel Gelişimi.....	17
3.3. Nükleer Enerjiye Yönelik Görüşler.....	18
3.3.1. Nükleer Enerjiye Yönelik Olumsuz Görüşler.....	18
3.3.2. Nükleer Enerjiye Yönelik Olumlu Görüşler.....	21
4. YENİLENEBİLİR ENERJİ ÇEŞİTLERİ.....	23
4.1. Güneş Enerjisi.....	23

4.1.1. Güneş Enerji Sistemleri.....	24
4.1.1.1.Düzlemsel Güneş Kolektörleri.....	25
4.1.1.2. Vakumlu Güneş Kolektörleri.....	26
4.1.1.3. Güneş Havuzları.....	26
4.1.1.4.Doğrudan sistemler.....	27
4.1.1.5. Dolaylı sistemler.....	28
4.1.1.6. Aktif ısıtma sistemi.....	28
4.1.1.7.Ürün kurutma ve sera ısıtma.....	29
4.1.1.8. Güneş güç kuleleri (heliostatlar).....	30
4.1.2 Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli	31
4.1.3. Güneş Enerjisinin Avantajları ve Dezavantajları.....	34
4.2.Rüzgar Enerjisi.....	36
4.2.1. Rüzgar Türbinleri.....	37
4.2.2. Türbinlerden Elektrik Üretimi	37
4.2.3. Rüzgar Enerjisi Kullanım Alanları.....	38
4.2.4.Rüzgar Enerjisinin Maliyet Açısından İncelenmesi.....	39
4.2.5.Dünya'daki Rüzgar Enerjisi Potansiyeli.....	40
4.2.6.Türkiye'deki Rüzgar Enerji Potansiyeli.....	43
4.2.7. Rüzgar Enerjisinin Avantajları ve Dezavantajları.....	45
4.3.Jeotermal Enerji Teknolojileri.....	46
4.3.1. Jeotermal Enerjiden Elektrik Enerjisi Üretimi.....	47
4.3.2.Buhar Baskın Sahalar.....	48
4.3.3. Jeotermal Enerji Isı Teknolojisi.....	48
4.3.3.1. Isı pompaları.....	48

4.3.4. Jeotermal Enerji Elektrik Teknolojisi.....	49
4.3.5. Türkiye’de Jeotermal Enerji Potansiyeli.....	50
4.3.6. Türkiye’de Bulunan Bazı Jeotermal Enerji Tesisleri İle İlgili Gözlemler.....	51
4.3.7. Jeotermal Enerjinin Avantajları ve Dezavantajları.....	52
4.4. Hidroelektrik Enerjisi.....	53
4.4.1. Hidroelektrik Santral Çeşitleri.....	54
4.4.2. Hidroelektrik Sistemlerde Kullanılan Türbinler.....	57
4.4.3. Türkiye’de Hidroelektrik Potansiyeli.....	58
4.4.4. Hidroelektrik Enerjinin Avantajları ve Dezavantajları.....	59
4.5. Deniz Kaynaklı Yenilenebilir Enerji Kaynakları.....	60
4.5.1. Gelgit Enerjisi.....	60
4.5.2. Dalga Enerjisi.....	62
4.5.3. Dünya Deniz Kaynaklı Yenilenebilir Enerji.....	64
4.5.4. Türkiye’nin Deniz Kaynaklı Yenilenebilir Enerji Potansiyeli.....	64
4.5.5. Deniz Kaynaklı Yenilenebilir Enerjinin Avantajları ve Dezavantajları.....	67
4.6. Hidrojen Enerjisi.....	69
4.6.1 Hidrojen Depolama Yöntemleri.....	71
4.6.1.1. Tanklarda Depolama.....	73
4.6.1.2. Nanotüplerde Depolama.....	73
4.6.1.3. Metal Hidrürlerde Depolama.....	74
4.6.1.4. Alanatlarda Depolama.....	75
4.6.1.5. Bor Esaslı Depolama.....	76
4.6.2. Türkiye’de Uygulanan Hidrojen Enerjisi Projeleri.....	77
4.6.3. Hidrojen Enerjisinin Avantajları ve Dezavantajları.....	83
5. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ KULLANIMININ ÇEVRESEL AÇIDAN OLUMLU ve OLUMSUZ ETKİLERİ.....	84

5.1. Güneş Enerjisinin Çevresel Etkileri.....	86
5.2. Rüzgar Enerjisinin Çevresel Etkileri.....	87
5.3. Jeotermal Enerjinin Çevresel Etkileri.....	88
5.3.1.Fiziksel Etkiler.....	89
5.3.1.1.Sondaj.....	89
5.3.1.2.Boru Hattı.....	89
5.3.1.3.Santral İşletmesi.....	90
5.3.2. Kimyasal Etkiler.....	90
5.3.2.1. Gaz Emisyonu.....	90
5.3.2.2. Kuyu ve Soğutma Suları.....	91
5.3.3. Biyolojik Etkiler.....	91
5.4. Hidroelektrik Santrallerin Çevresel Etkileri.....	92
5.5 .Dalga Enerjisinin Çevresel Etkileri.....	95
5.6. Hidrojen Enerjisinin Çevresel Etkileri.....	97
6.SONUÇ.....	107
KAYNAKLAR.....	109
ÖZGEÇMİŞ.....	119

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar	Açıklama
TEK	Türkiye Elektrik Kurumu
UEA	Uluslararası Enerji Ajansı
ETKB	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
OECD	Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü
TEİAŞ	Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
EPDK	Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
AEC	Atomic Energy Commission (Atom Enerji Komisyonu)
BM	Birleşmiş Milletler
IAEA	Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı - International Atomic Energy Agency
AET	Avrupa Ekonomik Topluluğu
EURATOM	Avrupa Atom Enerjisi Topluluğu – European Atomic Energy Community
EİE	Elektrik İşleri Etüd Dairesi Genel Müdürlüğü
TÜGİAD	Türkiye Genç İş Adamları Derneği
ICHET- UNIDO	Uluslararası Hidrojen Enerji Merkezi
TEP	Toplam Eşdeğer Petrol
INES	Uluslararası Nükleer Enerji Olayları Skalası

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Dünya’da Enerji Üretimi Dağılımı.....	5
Şekil 2.2. Dünya’da Petrol Tüketim Dağılımı.....	6
Şekil 2.3. Petrol Tüketimlerinin Ülke Bazında Dağılımı.....	6
Şekil 2.4. Global Petrol Rezervleri.....	7
Şekil 2.5. 2007 Yılı Karbon Salınımlarındaki Büyüme.....	7
Şekil 2.6. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Toplam Enerji Üretimine Oranı.....	8
Şekil 2.7. Türkiye’de Enerjinin Kullanımının Sektörel Dağılımı.....	10
Şekil 2.8. Türkiye’de Enerji Kaynakları Dağılımı.....	10
Şekil 2.9. Türkiye’deki Enerji Kaynakları Dağılımı.....	12
Şekil 3.1. Filyon Tepkimesi	15
Şekil 3.2. Basınçlı su tipi reaktörün basit şeması.....	16
Şekil 4.1. Düzlemsel güneş kolektörü.....	26
Şekil 4.2 .Vakum tüplü kolektörün çalışma prensibi.....	26
Şekil 4.3 . Güneş havuzu.....	27
Şekil 4.4 Güneş ışığından doğrudan yararlanma.....	28
Şekil 4.5. Güneş ışığından dolaylı yararlanma.....	28
Şekil 4.6. Aktif ısıtma yöntemiyle hacim ısıtma.....	29
Şekil 4.7. Parabolik güneş santrali.....	30
Şekil 4.8.. Güneş güç kulesi.....	30
Şekil 4.9 Türkiye Güneşlenme Süreleri (saat).....	31

Şekil 4.10. Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli.....	31
Şekil 4.11. Yatırım Maliyeti Dağılımı.....	39
Şekil 4.12. Açık Yüzeyler İçin (Yer Yüzeyinden 50m yükseklikteki) rüzgar potansiyeli sınıf aralıkları.....	44
Şekil 4.13. Jeotermal enerji kaynağı sistem şeması.....	47
Şekil 4.14 Türkiye'de Jeotermal Enerji Dağılımı.....	50
Şekil 4.15. Dalga Enerjisi için Mevcut Sistemler ve İşlemler.....	63
Şekil 4.16. Asgari Dalga Seviyeleri.....	65
Şekil 4.17. Asgari Dalga Seviyeleri.....	66
Şekil 5.1. Bir su baskın jeotermal sahada, buhar çevrimli bir jeotermal santralda yapılan atıkların ve kimyasalların özellikleri.....	9

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1 Birincil Enerji Kaynakları Tüketimi.....	9
Çizelge 2.2 Türkiye’de Kurulu Enerji Tesisleri Dağılımı.....	13
Çizelge 3.1. Son Bir Yılda Yaşanan Nükleer Olaylar.....	19
Çizelge 4.1. Türkiye'nin Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Potansiyeli.....	31
Çizelge 4.2. Türkiye'nin Toplan Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgelere Göre Dağılımı.....	33
Çizelge 4.3. Ocak 2009 Yılı Dünyada İşletmede Olan Rüzgar Enerji Santrallerinin Kurulu Gücü.....	40
Çizelge 4.4. Türkiye’de Mevcut Kurulu Rüzgar Gücü	44
Çizelge 4.5. Rüzgar Enerjisinden Elektrik Üretimine Uygun Alanlar.....	51
Çizelge 4.6. Düşülerine Göre Hidroelektrik Santraller.....	54
Çizelge 4.7. Ürettikleri Enerjinin Karakter ve Değerine Göre Hidroelektrik Santraller.....	54
Çizelge 4.8. Kapasitelerine Göre Hidroelektrik Santraller.....	55
Çizelge 4.9. Yapılışlarına Göre Hidroelektrik Santraller.....	55
Çizelge 4.10. Üzerinde Kuruldukları Suyun Özelliklerine Göre Hidroelektrik Santraller.....	55
Çizelge 4.11. Pompaj Rezervuarlı Santraller.....	56
Çizelge 4.12. Düşüye Göre Sınıflandırma.....	57
Çizelge 4.13. Türbin Çıkış Güçlerine Göre Sınıflandırılması.....	57
Çizelge 4.14. Türbin Milinin Durumuna Göre Sınıflandırma.....	58
Çizelge 4.15. Suyun Akış Doğrultusuna Göre Sınıflandırma.....	58

Çizelge 4.16. Türkiye ve Dünya’da Hidroelektrik Potansiyeli.....	59
Çizelge 4.17. Bölgesel Ortalama Dalga Yoğunlukları.....	66
Çizelge 4.18. Değişik Ortamlarda Depolanabilecek Hidrojen Miktarı ve Enerji Yoğunlukları.....	72
Çizelge 5.1. Yenilenebilir Enerjilerin Çevresel Olarak Olumsuz Etkileri.....	85
Çizelge 5.2. Balçova Jeotermal Bölgesel Isıtma Sisteminin Çevresel Etkileri.....	92
Çizelge 5.3. Ölçüm noktaları ve gürültü seviyeleri.....	93
Çizelge 5.4. Nehir üzerine Kurulan Barajların Nehir Ekosistemine Olan Etkileri.....	95

1.GİRİŞ

Enerji tanım olarak iş yapabilme kabiliyeti olarak tanımlanmaktadır. Temel fizik kuralları çerçevesinde, kuvvet ile kat edilen yolun çarpımı olarak belirtilebilir. Doğada enerji sürekli bir döngü halinde olması nedeniyle enerji sarfiyatı enerjinin tüketimi olarak değil, enerjini üreten kaynakların tükenmesi olarak anlaşılabilir. Örneğin, güneş kaynaklı elektromanyetik güneş ışınım enerjisi sabit olmasına rağmen, güneşte hidrojenin helyuma dönüşmesi ile saniyede 4 milyon ton kütle azalması meydana gelmektedir. Bununla beraber fosil kökenli enerji kaynakları düşünüldüğünde, içten yanmalı bir motorda petrolün yakılması ile sarf edilmesi sonucunda da sarf edilen petrol kadar enerjiden yararlanmış olunur. Böylece, yanan petroldeki kimya enerjisi önce ısı enerjisine daha sonrada kinetik enerjiye dönüştürülmüş olur (Şen 2009).

Dünyadaki nüfus artışı, sanayileşme ve bilimsel faaliyetlerin gelişmesine paralel olarak geliştirilen teknolojiler sonucunda suya ve enerjiye olan talep gün geçtikçe artmaktadır. Yeni kaynakların geliştirilememesi sonucunda mevcut imkanlar ile artan talebin karşılanması giderek zorlaşmaktadır. On sekizinci yüzyılların sonlarına doğru başlayan sanayi devrimi ile beraber hiç azalmayacak bir biçimde ve sürekli artan bir enerji miktarına ihtiyaç doğmuştur. Günümüze kadar olan zaman zarfında enerjinin değişik türlerinden yararlanılmış ve zaman zaman bunlardan bazılarının kullanımından vazgeçilmiş veya kullanımı azalarak başka enerji türlerine yönelinmiştir. Enerji endüstriyel toplumun ana faktörlerinden biridir. Dünya nüfusunun artması, sanayileşmenin son hızla ilerlemesi nedeniyle enerji ve doğal kaynaklara duyulan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Bununla birlikte fosil yakıtların çevreye verdiği zarar ve tükenmeleri gerçeğiyle, enerji kaynakları arayışı yön değiştirip, temiz ve dost enerji olarak adlandırılan “yenilenebilir enerjiye” doğru yoğunlaşmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının çeşitleri ve kaynaklarının araştırılıp artmasıyla birlikte “enerji verimliliği” konusu da gündeme gelmiştir.

Her geçen gün gelişen teknoloji ile birlikte yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım alanları, başlatılan projeler de artmakta ve yenilenebilir enerjiler hayatımızın bir parçası olmaktadır.

Son yıllarda atmosfer ve havayı kirleten fosil enerji kaynaklarının yerine doğa ile dost temiz enerji kaynaklarının kullanılması gündeme gelmiştir. Fosil enerji kaynaklarından kömür, petrol, doğal gaz, katran ve benzeri maddelerin, neden oldukları özellikle karbondioksit (CO₂), karbonmonoksit (CO), metan (CH₄), kükürtdioksit (SO₂) , azotoksit (NO_x) gibi gazların etkisi ile atmosfer ve hava kirlenmesi söz konusudur. Bu gazların sürekliliği sonucunda sera etkisi, küresel ısınma, iklimsel değişiklikler, mevsimler arası geçiş değişiklikleri gibi son yıllarda özellikle gündeme gelen çevre sorunları yaşanmaktadır. Kirletici salınımları devam ettiği müddetçe çevre sorunları da artarak devam edecektir (Anonim 2011).

Enerji problemlerinin yaşandığı son yıllarda, artık Türkiye'nin enerjisinin tümünü kendisinin üretemeyeceği ve büyük ölçüde dışa bağımlı kalacağı anlaşılmıştır. Bu bakımdan ülkede üretilmesi mümkün olabilecek her türlü enerji türünden yararlanmak hedefleri artık planlamalara girerek uygulamaya geçmektedir. Genel olarak fosil enerji olarak adlandırılan kömür, petrol ve benzeri kaynaklardan üretilen enerjinin atmosferi kirleterek son birkaç on yılda çevre problemlerine neden olduğu anlaşılmıştır. Diğer taraftan bu kaynaklardan kömürün en fazla 200 yıl sonrasında artık rezervlerin tükenmeye yüz tutacağı gerçeği de netleşmiştir.

Temiz enerji kaynakları sadece çevrecileri değil, çok geniş tabanlı diğer meslek gruplarını da ilgilendirmektedir. Şu ana kadar kullanılmış olan fosil enerji kaynaklarının miktar ve üretiminde zamanla azalmaların olabileceği düşüncesi enerji çeşitliliği, verimliliği, tasarrufu, tasarımı, teknolojik gelişmeler, enerji politikası, toplum yapısı ile ekonomik ve planlamaya varıncaya kadar etkisini gösterir. Temiz enerji kaynakları hakkında birçok görüş bulunmasına rağmen bugün için bunların tamamen fosil yakıtların yerine geçmesinde pratik, politik ve ekonomik bakımlardan bazı belirsizlikler ve görüş farklılıkları da vardır.

1.1.Temiz Enerji Kaynakları İle İlgili Meslek ve Bilim Dalları

Temiz enerji kaynaklarının teknolojik gelişmeler ile yakından ilgili olması nedeni ile bir çok iş ve bilim dalı tarafından araştırma konusu olmuştur. Bu dallar, Çevre bilimleri, Yer Bilimleri, Sosyal Bilimler, Planlama, Politika ve İşletme olarak gösterilebilir.

Aşağıda bu dalların temiz enerji kaynakları üzerindeki etkileri ve çalışma alanları anlatılmaktadır.

Çevre Bilimleri: Bir taraftan fosil enerji kaynaklarının atmosfer ve hidrosfer üzerindeki etkilerini incelerken, diğer taraftan da temiz enerji kaynaklarının verimliliği , kullanım sürelerini ve çevre üzerinde ne gibi etkilerinin olabileceği ile ilgilenir. Atmosferin kirlenmesi sonucunda, canlılar üzerinde ne gibi zararlı etkilerinin olabileceğini araştırır. Atmosfer kirliliği kaynaklı olan, sera etkisi, küresel ısınma, mevsimler arası sıcaklık farklılıkları, aşırı yağış, aşırı kuraklık gibi çevresel sorunlarla ilgili nedenleri ve alınabilecek önlemleri araştırır.

Yer Bilimleri: Yenilenebilir enerji kaynaklarının fizik varlık ve boyutlarının ne olduğunun belirlenmesi, bunların kimyasal bileşenleri, kaynakların nasıl meydana geldiklerinin araştırılması yer bilimlerinin konuları arasında yer almaktadır. Özellikle jeotermal enerjinin bulunuşu, dağılışı, kalitesi ve miktarının hesaplanması yer bilimleri konularının başlıcaları arasındadır.

Teknoloji: Yenilenebilir enerji kaynaklarının tasarımı, üretim, bakım birimlerinin planlanarak teknolojik çalışmalarının yapılması, enerji verimliliğinin araştırılması, artırılması konularını araştırır. Yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanımları ve fosil enerji kaynakları yerine kullanımı için son teknolojilerden faydalanılmaktadır. Enerji kaynaklarının dönüşümleri, ve verimliliklerinin artırılmasında teknolojik cihaz ve ekipmanlar kullanılmaktadır.

Sosyal Bilimler: Ülkelerde fosil kaynaklarının yerine yenilenebilir enerji kullanımı sonucunda o ülkenin endüstrileşmesinde ve gelişmesinde oynayacağı roller iyi tespit edilmelidir. Örneğin, petrol fiyatlarının arttırılmasının dünya ekonomisi ve enerji kaynakları üzerine etkisi çok büyüktür.

Planlama: Enerji üretim birimlerinden barajlar, termik santraller, iletişim şebekesi, rüzgar türbinleri, biomass yetiştirme alanları vb. yapıların çeşitli yönlerden değerlendirmelerinin yapılıp, uygun kararlar verilmesi gerekmektedir. Bu birimlerin kurulmasında var olan kanuni ve sosyal yaptırımlara uymak gerekmektedir. Bunlarla birlikte ülkelerin ileriye dönük yatırımlarının hangi alanlara dönük olacağı planlanmalı ve ona göre hazırlıklar yapılmalıdır.

Politika: Hemen hemen her ülkede enerji ile ilgilenen bir bakanlık bulunmaktadır. Türkiye’de de enerji ile “Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı” ilgilenmektedir. Enerji konularının uzmanları olan bürokrat ve danışmanlar vasıtası ile inceleyerek gerekli kanunların ve yönetmeliklerin çıkartılmaları üzerinde çalışmaktadırlar.

İşletme: Bir ülkede var olan veya dışardan ithal edilen enerji kaynaklarının ülke yararına nasıl kullanılacağı, nerelere ne miktarda enerji ayrılacağı ve en iyi biçimde kaynakların dağıtılması için işletme senaryolarının nasıl olacağı hakkında önceden planlar yapılmalıdır. Ülkemizde bu konuda en önemli ve en fazla ihtiyaç duyulan alan, yenilenebilir enerji kaynaklarından hidroelektrik enerjisi üretimine katkıda bulunan birçok barajın, kendi aralarında en fazla verimi sağlayacak şekilde işletilmesidir (Şen 2007).

2.DÜNYA’DA VE TÜRKİYE’DE ENERJİ DURUMU

Yıllara ve gelişmişlik derecelerine göre ülkelerdeki enerji üretim ve tüketimleri arasında farklılıklar meydana gelmektedir. Çalışmanın bu bölümünde ülkeler arasındaki enerji tüketim dağılımları ile birlikte, toplam enerji tüketimindeki fosil ve yenilenebilir enerji kaynaklarının dağılımını detaylı bir şekilde anlatılmaya çalışılmıştır.

2.1.Dünya’da Enerji Durumu

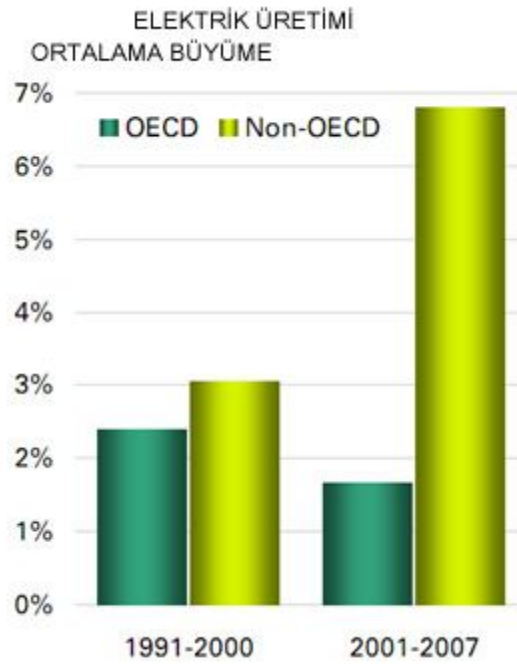
Enerji sektörü, ülkelerin kalkınma politikaları içinde hayati önem taşıyan stratejik bir alan niteliğindedir. Artan enerji fiyatları, küresel ısınma ve iklim değişikliği konusunda gelişen duyarlılık, dünya enerji talebindeki artışa karşın tükenme eğilimine girmiş olan fosil yakıtlara bağımlılığın yakın gelecekte devam edecek olması, yeni enerji teknolojileri alanındaki gelişmelerin artan talebi karşılayacak ticari olgunluktan henüz uzak oluşu, ülkelerin enerji güvenliği konusundaki kaygılarını her geçen gün daha da artırmaktadır.

Dünyada nüfus artışı, sanayileşme ve kentleşme olguları, küreselleşme sonucu artan ticaret olanakları doğal kaynaklara ve enerjiye olan talebi giderek artırmaktadır. Uluslararası Enerji Ajansı (UEA) tarafından yapılan projeksiyonlar, mevcut enerji politikaları ve enerji arzı tercihlerinin devam etmesi durumunda dünya birincil enerji talebinin 2007-2030 yılları arasında %40 oranında artacağına işaret etmektedir.

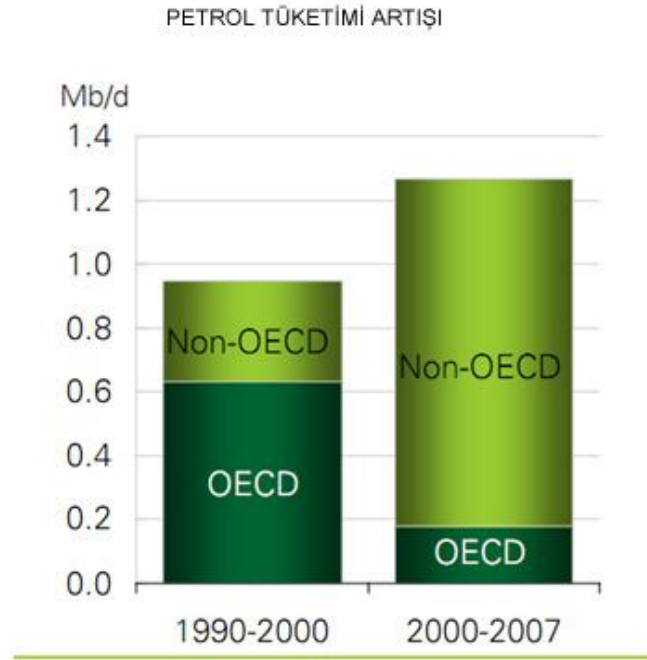
Referans senaryo olarak adlandırılan ve yıllık ortalama %1,5 düzeyinde talep artışına karşılık gelen bu durumda dünya birincil enerji talebi 2007 yılındaki 12 milyar ton petrol eşdeğeri (tep) düzeyinden 2030 yılında 16,8 milyar tep düzeyine ulaşacaktır. Şekil 2.1’de Dünyada kullanılan enerji kaynaklarının yüzdesel oranları verilmiştir.

Küresel talep artışının %93'lük bölümü OECD üyesi olmayan ülkelerden kaynaklanacak, Çin ve Hindistan enerji tüketimindeki paylarını belirgin şekilde koruyacaklardır. OECD ve OECD olmayan ülkeler arasındaki petrol tüketim oranları Şekil 2.2.’de gösterilmiştir.

Söz konusu talep artışının zamanında ve güvenli bir şekilde karşılanabilmesini teminen, 2030 yılına kadar küresel çapta enerji sektörü arz alt yapısına 26 trilyon \$ tutarında yatırım gerçekleştirilmesi öngörülmekte olup yalnızca elektrik sektörüne üretim, iletim ve dağıtım için 13,7 trilyon \$ yatırım yapılması gerekmektedir (ETKB 2011).

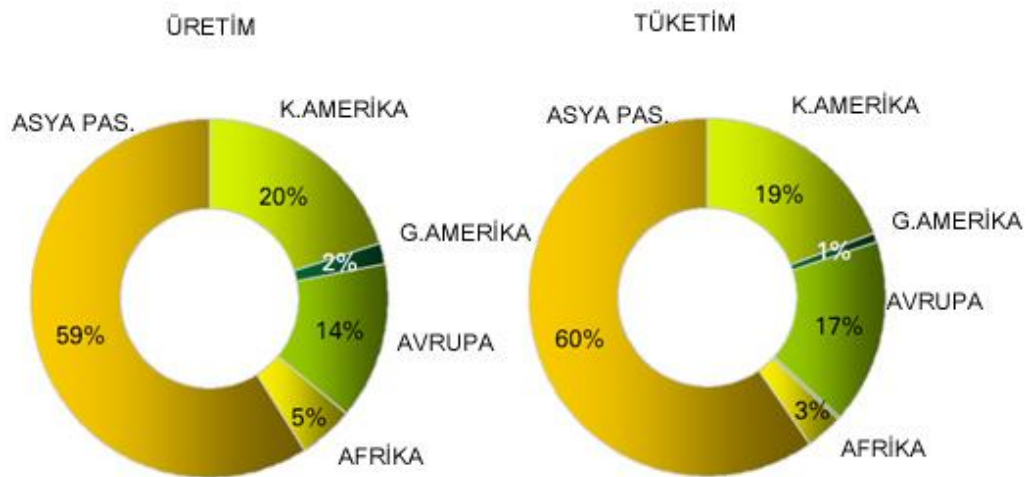


Şekil 2.1. Dünya’da Enerji Üretimi Dağılımı (Anonim 2011)

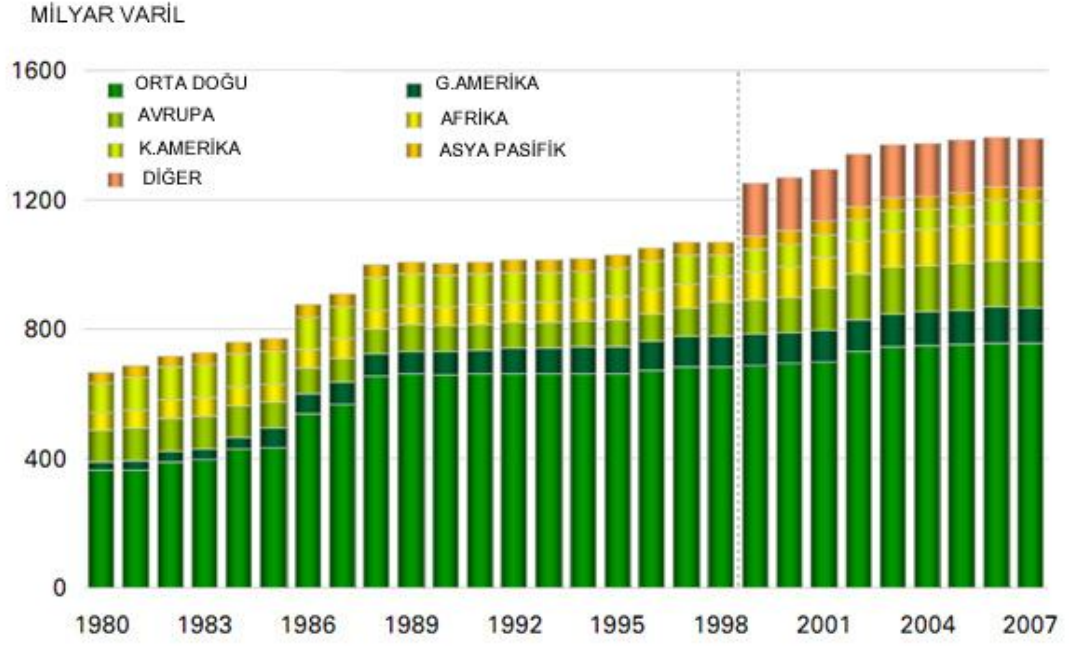


Şekil 2.2. Dünya’da Petrol Tüketim Dağılımı (Anonim 2011)

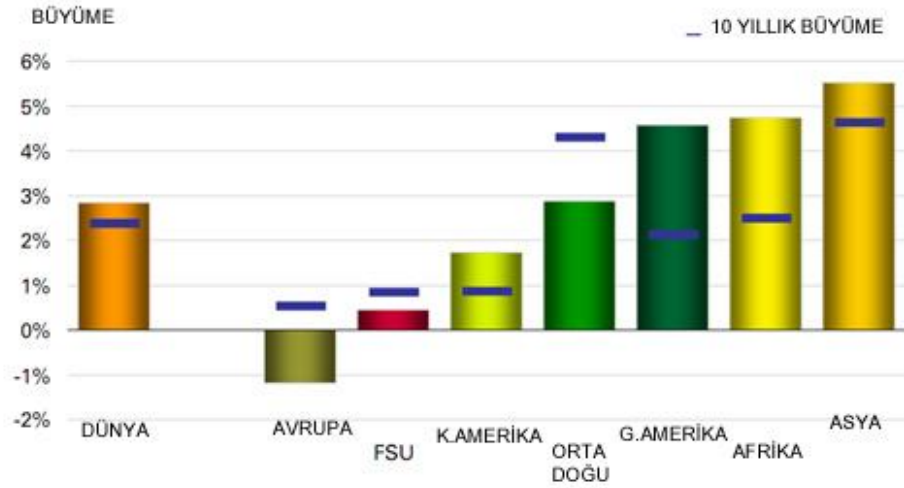
Enerji üretim ve tüketimleri, petrol rezervlerinin coğrafik olarak dağılımına bağlı değişmektedir. Şekil 2.3. 2.4 2.5 ve 2.6’da da görülebileceği gibi, petrol rezervleri açısından en zengin bölge Orta Doğu, en fakir bölge de Güney Amerika olarak görülmektedir. Kıtalar arasındaki bu oransal fark da ve petrol tüketimleri, petrol piyasasını etkileyip petrol savaşlarının nedeni olmaktadır.



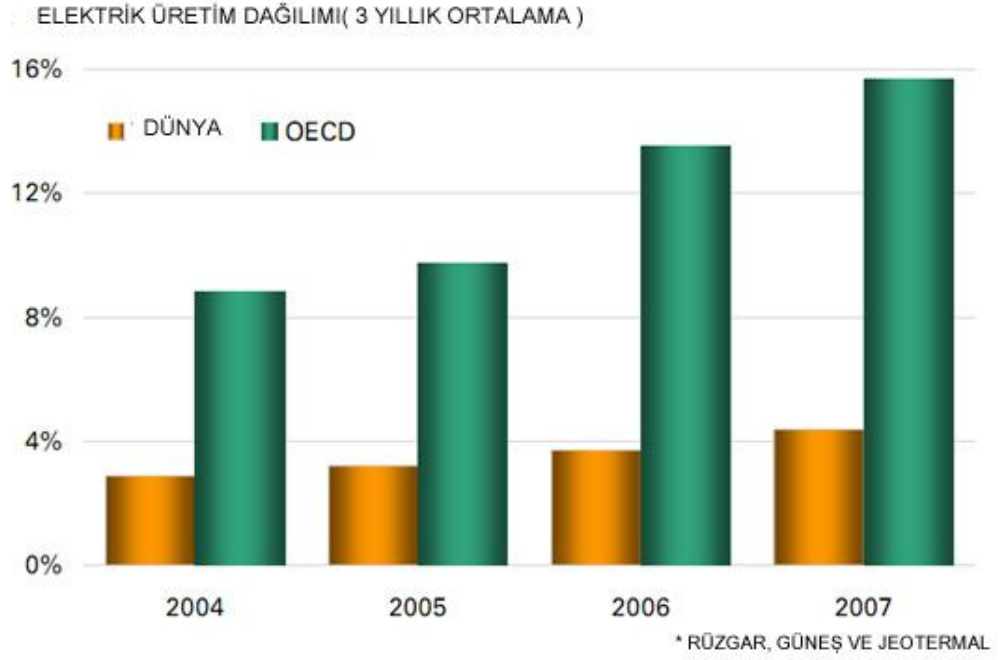
Şekil 2.3. Petrol Üretim ve Tüketimlerinin Kıtalar Bazında Dağılımı (Anonim 2011).



Şekil 2.4. Global Petrol Rezervleri (Anonim 2011).



Şekil 2.5. 2007 Yılı Karbon Salımlarındaki Büyüme (Anonim 2011).



Şekil 2.6. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Toplam Enerji Üretimine Oranı(Anonim 2011).

2.2.Türkiye'nin Enerji Durumu

Enerji arz güvenliği, ülkemiz için de önemini korumaktadır. Ülkemizin enerji arz güvenliği bağlamında son yıllarda, enerji piyasasının rekabete dayalı ve şeffaf bir piyasa anlayışı çerçevesinde yeniden yapılandırılması, yerli ve yenilenebilir kaynak potansiyelinin tespiti ve kullanımı, nükleer enerjinin elektrik üretimine dahil edilmesi, enerji verimliliği ve yeni enerji teknolojilerinden yararlanılması gibi alanlarda yasal ve teknik çalışmalarla önemli aşama kat edilmiştir. Bu çalışmalar;

- Türkiye'nin temel enerji politikaları,
- Maliyet, zaman ve miktar yönünden enerjinin tüketiciler için erişilebilir olması,
- Serbest piyasa uygulamaları içinde kamu ve özel kesim imkanlarının harekete geçirilmesi,
- Dışa bağımlılığın azaltılması,
- Enerji alanında ülkemizin bölgesel ve küresel etkinliğinin artırılması,
- Kaynak, güzergah ve teknoloji çeşitliliğinin sağlanması
- Yenilenebilir kaynakların azami oranda kullanılmasının sağlanması,

- Enerji verimliliğinin artırılması,
- Enerji ve tabii kaynakların üretiminde ve kullanımında çevre üzerindeki olumsuz etkilerin en aza indirilmesi,

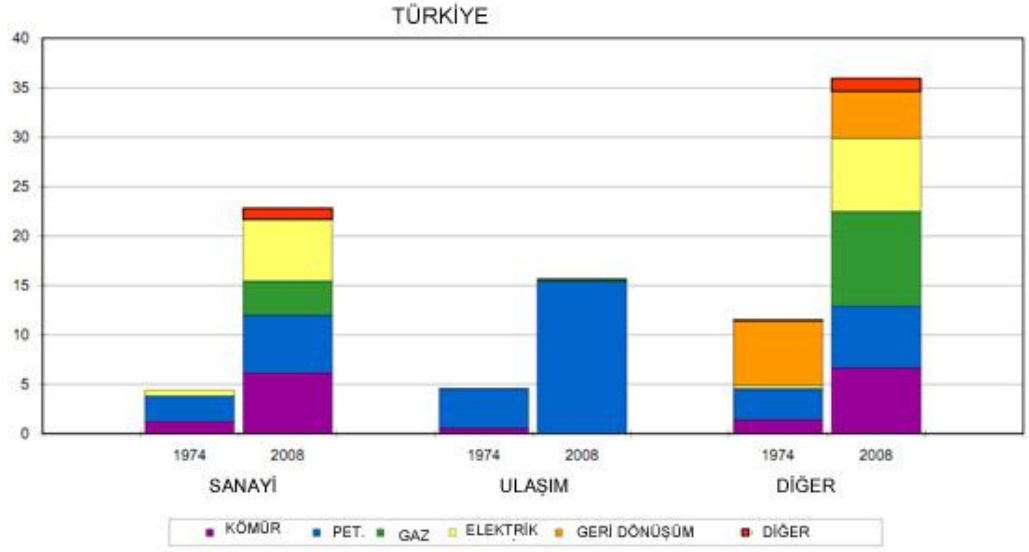
olarak özetlenebilir (ETKB 2011).

1990-2008 döneminde ülkemizde birincil enerji talebi artış hızı yıllık ortalama %4,3 düzeyinde gerçekleşmiştir. Türkiye, OECD ülkeleri içerisinde geçtiğimiz 10 yıllık dönemde enerji talep artışının en hızlı gerçekleştiği ülke durumundadır. Aynı şekilde ülkemiz, dünyada 2000 yılından bu yana elektrik ve doğalgazda Çin'den sonra en fazla talep artışına sahip ikinci büyük ekonomi konumundadır (ETKB 2011).

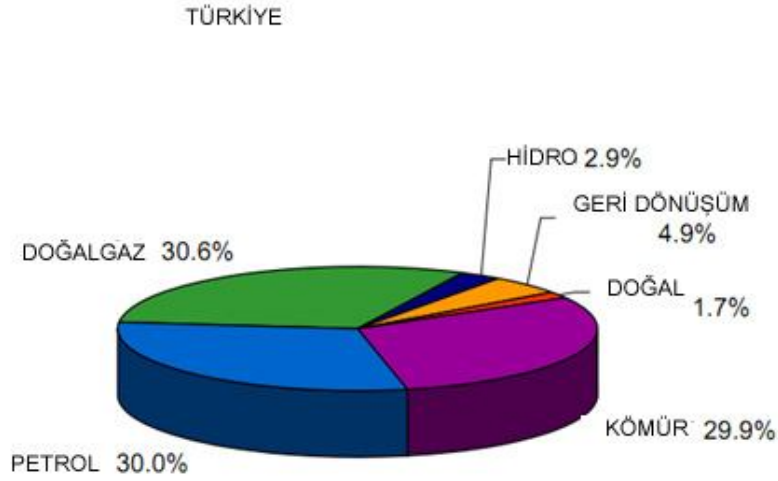
2008 yılında ülkemizin toplam birincil enerji tüketimi 106,3 milyon tep, üretimi ise 29,2 milyon tep olarak gerçekleşmiştir. Enerji arzında %32'lik pay ile doğalgaz ilk sırayı alırken, doğalgazı %29,9 ile petrol, %29,5 ile kömür izlemiş, %8,6'lık bölüm ise hidrolik enerji dahil olmak üzere yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanmıştır. Yapılan projeksiyonlara göre birincil enerji tüketimimizin, referans senaryo çerçevesinde, 2020 yılına kadar olan dönemde de yıllık ortalama %4 oranında artması beklenmektedir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığına göre Türkiye'deki birincil enerji kaynaklarının yıllara göre tüketim miktarları Çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1 Birincil Enerji Kaynakları Tüketimi (ETKB 2011).

Yıl	Petrol	Doğalgaz	Rüzgar	Güneş	Hidrolik Jeotermal	+	Toplam BinTEP
1995	29324	6313	0	143	3130		38.910
1998	30349	9690	1	210	3705		43.955
2000	32297	13728	3	262	2721		49.011
2002	30932	16102	4	318	2987		50.343
2004	32922	20426	5	375	4043		57.771
2006	32551	28867	11	403	3886		65.718
Genel Toplam: 305.708 BinTEP							



Şekil 2.7. Türkiye’de Enerjinin Kullanımının Sektörel Dağılımı (ANONİM 2011)



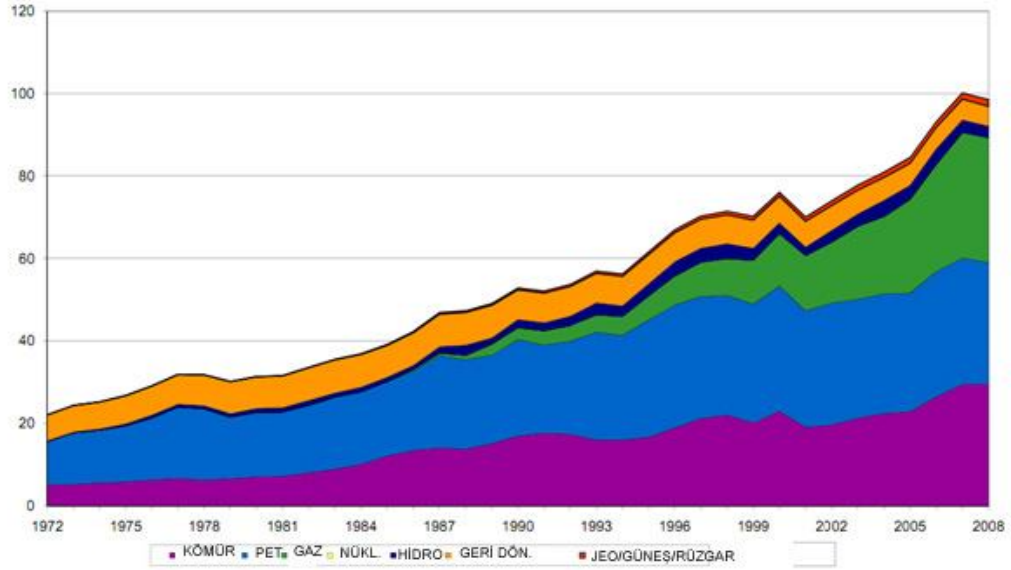
Şekil 2.8. Türkiye’de Enerji Kaynakları Dağılımı (Anonim 2011)

Şekil 2.7 ve Şekil 2.8’de de görülebileceği gibi, Türkiye’de enerji kaynakları arasında en fazla kullanım fosil kaynaklı yakıtlardan oluşmaktadır. Ulaşım sektörünün enerji ihtiyacının neredeyse tamamına yakını petrol kaynaklar oluşturmaktadır, sanayi sektöründe yine fosil kaynaklı yakıtlar kullanılmaktadır. Enerji kaynakları kendi aralarında incelendiğinde ise, Türkiye’de %30.6 ‘lık oranla doğal gazın enerji kaynakları arasında

en fazla kullanıma sahip olduğu görülmektedir. Doğalgazın tamamının yurt dışından tedarik edildiği düşünüldüğünde, enerji olarak ciddi miktarda dışa bağımlılık söz konusu olduğu söylenebilir. Bu durumda yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının üzerinde durulması gerektiği bir kez daha görülmektedir.

Yüksek talep artışının karşılanması, yeterli yatırım yapılması ve ekonomik verimliliğin artırılması için, ülkemizde 2000 yılı sonrasında enerji sektöründe rekabeti öngören yeni bir yapılanmaya gidilmiştir. Bu kapsamda,

- Elektrik Piyasası Kanunu (4628-20/2/2001)
 - Doğal Gaz Piyasası Kanunu (4646-18/04/2001)
 - Petrol Piyasası Kanunu (4646-18/04/2001)
 - LPG Piyasası Kanunu (5307-02/03/2005)
 - Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun (5346-10/05/2005)
 - Enerji Verimliliği Kanunu (5627-18/04/2007)
 - Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu (5686-03/06/2007)
 - Nükleer Güç Santrallerinin Kurulması ve İşletilmesi ile Enerji Satışına İlişkin Kanun (5710-09/11/2007) Bu Kanun ile ayrıca, yerli kömür kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanımına ilişkin düzenlemeler de getirilmiş ve yerli kömür yakıtlı santral yapımı teşvik edilmiştir.
 - Arz güvenliğine ilişkin 5784 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu ve Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanunu (5784-09/07/2008)
 - Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşme Yönelik Kyoto Protokolüne Katılmamızın Uygun Bulunduğuna Dair Kanunu (5836-05/02/2009)
 - Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanunu (6094-29/12/2009)
- yürürlüğe girmiştir (ETKB 2011).



Şekil 2.9. Türkiye’deki Enerji Kaynakları Dağılımı (Anonim 2011)

2.2.1. Türkiye’deki Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Durumu

Türkiye’de çevre ile ilgili kaygılar artan enerji talebi, sanayileşme ve şehirleşmenin sonucunda yaşanan ekonomik büyümeye bağlı olarak öncelikli bir sorun haline gelmektedir. Yerli firmalar daha büyük boyutlu projeler üstlenmek için yabancı ortaklar aramakta ve yasal düzenlemeler her geçen gün bu tür yatırımları daha fazla destekler hale gelmektedir. Tehlikeli ve tıbbi atıkların arıtılmasına ilişkin danışmanlık, mühendislik ve ekipman desteği veren şirketlerin yakın bir gelecekte Türkiye’de oldukça aktif hale gelmesi beklenmektedir. Ülkenin belli atık sahalarında, atıkları enerjiye dönüştürecek alternatif enerji üretim tesisi projeleri başlatılmıştır. Belediyelere ait su ve atık su arıtma tesisleri sektördeki diğer alanlardan daha hızlı gelişmektedir (TUİK 2010).

Türkiye gelişmiş geleneksel enerji üretimi ve yenilenebilir enerji alanlarında olduğu kadar çevre teknolojilerinde de önemli doğrudan yatırım fırsatları barındırmaktadır. Bu alanda faaliyet gösteren yabancı danışmanlık şirketleri veya ekipman üreticileri önemli fırsatlar bulabilecektir (TUİK 2010).

2008 yılında Türkiye’de toplam 9,9 milyar \$ tutarında çevre harcaması yapılmıştır. Bu harcamaların % 78,2’sini belediye harcamaları oluştururken, özel şirketlerin çevre

harcamaları 872 milyon \$ toplam harcamalar içinde % 9'luk paya sahip olmuştur (TUİK 2010).

Günümüzde Türkiye'deki kurulu kapasitenin en büyük bölümünü termik santraller oluşturmaktadır. 2008 yılı sonu itibarıyla toplam kurulu kapasitenin % 66'sını termik santraller, % 33'ünü hidroelektrik santralleri, % 0,1'ini jeotermal santraller ve % 0,9'unu ise rüzgar santralleri oluşturmaktadır. Çizelge 2.2'de Türkiye'deki Kurulu Kapasite verilmiştir (TEİAŞ 2010).

Ülkemizde önemli miktarda yenilenebilir enerji kaynağının bulunmasına, yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili yasal düzenlemelerde gelişmeler sağlanmasına ve elektrik piyasasındaki liberalleşmeye bağlı olarak yenilenebilir enerji yatırımları için oldukça uygun bir ortam bulunmaktadır. Özellikle hidroelektrik santralleri ve rüzgar santralleri için çok sayıda lisans çıkartılmaktadır. 2009 yılında özel sektöre verilen toplam 176 adet yeni lisansın % 77'si hidroelektrik santrali inşasına ilişkindir. Rüzgar santralleri için Eylül 2009 tarihi itibarıyla toplamda 4.237 MW kapasitesi bulunan 105 adet lisans verilmiş ve onaylanmıştır. İncelenmekte olan 727 lisans bulunmaktadır ve bu da 31.957 MW'lık bir kapasiteye karşılık gelmektedir.

Türkiye'de kurulu 213 hidroelektrik santralının 14,3 GW'lık kapasitesi ülkenin 44,2 GW'lık teknik hidroelektrik potansiyelinin % 36'sına karşılık gelmektedir. Hidroelektrik santrallerde üretilen elektrik miktarı 2009 yılı itibarıyla 36 TWh'dir. Türkiye'de diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektriğin toplam üretim içindeki % 0,2'lik payı çok düşük seviyededir. Öte yandan, EPDK'nın onayını bekleyen 0,4 GW'lık ek bir yenilenebilir enerji kapasitesi de bulunmaktadır (EPDK 2010).

Çizelge 2.2 Türkiye'de Kurulu Enerji Tesisleri Dağılımı (Alış 2007).

		KURULU GÜÇ (MW)	TOPLAM GÜÇ (MW)	PAY (%)
EÜAŞ	Termik	8.705,9	20.182,5	49,5
	Rüzgar+Jeotermal	15,0		
	Hidrolik	11.461,6		
EÜAŞ BAĞLI ORTAKLIKLAR	Termik	3.834,0	3.834,0	9,4
MOBİL	Termik	262,7	262,7	0,6

OTOPRODÜKTÖR+ ÜRETİM ŞİRKETLERİ+ İŞLETME HAKKI DEVİR	Termik	14.409,8	16498,1	40,5
	Rüzgar+Jeotermal	155,1		
	Hidrolik	1.933,2		
TÜRKİYE TOPLAM KURULU GÜÇ	Termik	27.212,4	40.777,3	100,0
	Rüzgar+Jeotermal	170,1		
	Hidrolik	13.394,8		

3. NÜKLEER ENERJİ

Sanayileşme hareketini hızlandıran ve bugünün enerji sistemini kuran fosil enerji kaynaklarına ilk ciddi seçenek nükleer enerji olmuştur. Elektrik üretiminde kullanılmaya başlandığından bugüne kadar geçen surede, çeşitli kesimlerin üzerinde yoğun olarak tartıştığı nükleer enerji, 20. yüzyılın en önemli buluşlarından biri olarak değerlendirilmektedir.

Bu bölümde ise, ilk olarak, nükleer enerji teknolojisi ana hatlarıyla incelenecek; daha sonra tarih içindeki gelişimi ve farklı kesimlerin görüşleri olumlu ve olumsuz yönleriyle değerlendirilecektir.

3.1. Nükleer Enerji Teknolojisi

Nükleer enerji, atomun çekirdeğinden elde edilen bir enerji türüdür. Kütleinin enerjiye dönüşümünü ifade eden, Albert Einstein'a ait olan $E=mc^2$ formülü ile ilişkilidir. Bununla beraber, kütle-enerji denklemi, tepkimenin nasıl oluştuğunu açıklamaz, bunu daha doğru olarak nükleer kuvvetler yapar. Nükleer enerjiyi zorlanmış olarak ortaya çıkarmak ve diğer enerji tiplerine dönüştürmek için nükleer reaktörler kullanılır.

Nükleer enerji, üç nükleer reaksiyondan biri ile oluşur:

Füzyon: Atomik parçacıkların birleşme reaksiyonu.

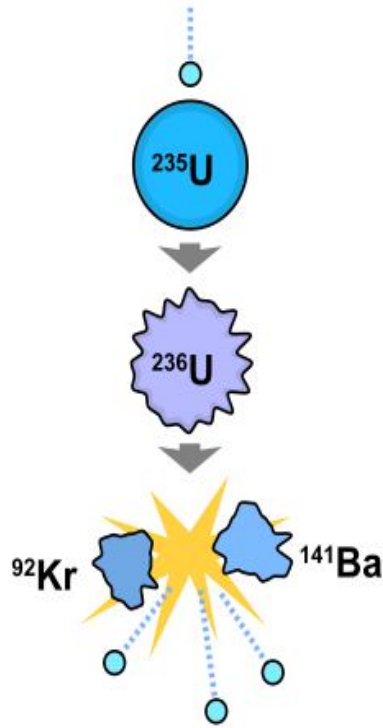
Fisyon: Atom çekirdeğinin zorlanmış olarak parçalanması.

Yarılanma: Çekirdeğin parçalanarak daha kararlı hale geçmesi. Doğal (yavaş) fisyon (çekirdek parçalanması) olarak da tanımlanabilir (ANONİM 2011).

Ağır radyoaktif maddelerin, dışarıdan nötron bombardımanına tutularak daha küçük atomlara parçalanması olayına fisyon, hafif radyoaktif atomların birleşerek daha ağır atomları meydana getirdiği nükleer tepkimelere ise füzyon tepkimesi denir. Füzyon tepkimeleriyle fisyon tepkimelerinden daha fazla enerji elde edilir. Güneş patlamaları

füzyon'a, nükleer santrallerde kullanılan tepkimeler, atom bombası teknolojisi gibi faaliyetler de fisyonu örnek olarak gösterilebilir. Nükleer enerji, 1896 yılında Fransız fizikçi Henri Becquerel tarafından kazara, uranyum maddesinin fotoğraf plakaları ile yanyana durması ve karanlıkta yayılan X-Ray ışınlarının farkedilmesi ile keşfedilmiştir. (ANONİM 2011).

Bir nükleer santral kurmak için zenginleştirilmiş Uranyuma ihtiyaç vardır. Uranyumun fisyon tepkimesine girerek bölünmesi sonucunda açığa çok yüksek miktarda enerji çıkar. Bu bölünme için, nötronlar yüksek bir hızla uranyum elementinin çekirdeğine çarpar (Şekil 3.1.). Bu çarpışma çekirdeğin kararsız hale geçmesine ve sonrasında büyük bir enerji açığa çıkartan fisyon tepkimesine neden olur. Gerçekleşen tetikleyici ilk fisyon tepkimesi sonucunda ortama nötronlar yayılır. Bu nötronlar diğer uranyum çekirdeklerine çarparak fisyonu elementin her atom çekirdeğinde gerçekleştirene kadar devam eder. Ortaya çıkan enerji kontrol edilmediği takdirde ölümcül boyutlardadır. Kontrol etmek için reaktörlerde fazla nötronları tutan ve tepkimeye girmesini engelleyen üniteler vardır. Bu sayede kontrollü bir fisyon tepkimesi zinciri sağlanır (ANONİM 2011).

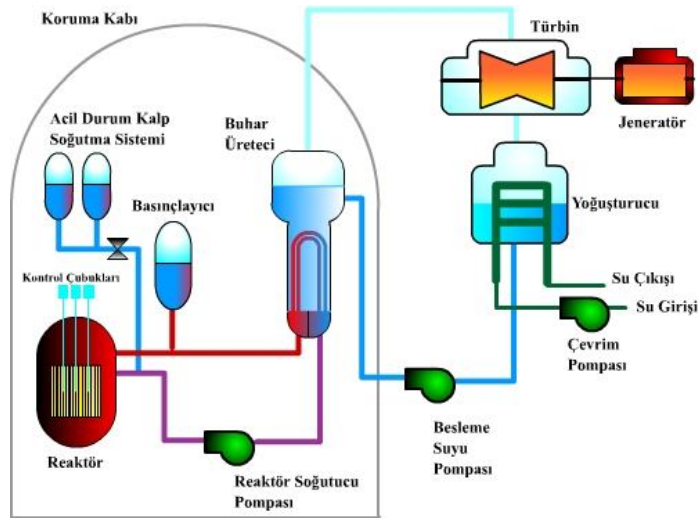


Şekil 3.1. Fisyon Tepkimesi (ANONİM 2011).

Nükleer santralin iç yapısına baktığımızda, uranyumun fisyon tepkimesine girmesiyle oluşan enerji su buharının çok yüksek sıcaklıklara kadar ısıtılmasını sağlar. Yüksek sıcaklıktaki bu buhar, elektrik jeneratörüne bağlı olan türbinlere verilir. Türbin kanatçıklarına çarpan yüksek enerjili buhar, bilinen şekilde türbin şaftını çevirir ve jeneratörün elektrik enerjisi üretmesi sağlanır. Jeneratörde oluşan elektrik ise iletim hatları denilen iletken teller ile kullanılacağı yere gönderilir. Türbinden çıkan basınç ve sıcaklığı düşmüş buhar, tekrar kullanılmak üzere yoğunlaştırıcıya gider ve su haline geldikten sonra tekrar bölünme ile açığa çıkan enerji ile ısıtılıp buhar haline getirilir ve döngü devam eder (ANONİM 2011).

Bunun yanı sıra nükleer teknolojiye, “Ardı ardına engeller” kavramı oldukça önemli bir yere sahiptir. Herhangi bir kazaya karşı, kazanın oluştuğu noktayı ve radyasyonu kontrol altına almak için alınacak önlemleri ifade etmektedir. Bu amaçla ise tek engel değil, en az beş katlı bir engeller bütünü oluşturulması gerekmektedir.

Bu engellerden ilk üçü, genel olarak tüm nükleer santrallerde bulunmaktadır. Önemli olan ise dördüncü ve beşinci seviyedeki engellerdir. Dördüncü engel, nükleer santralin çelik astarla donatılması; besinci engel yapılan çelik astarın üstünün betonla kapatılmasıdır. Çernobil Santrali’nde bulunmayan bu engeller, reaktörlerin patlamamasını ve deprem gibi olası tehlikelere karşı güvenliği sağlayan önlemlerdir (Sanalan 2003).



Şekil 3.2. Basınçlı su tipi reaktörün basit şeması (Wilson 2006)

3.2. Nükleer Enerjinin Tarihsel Gelişimi

1934 yılında, İtalyan Fizikçi Enrico Fermi'nin, nötronların birçok atom türünü parçalara ayırdığını ve bu nötronların uranyum maddesiyle tepkimeye girdiğinde beklenen elementlerden daha fazla hafif elementin ortaya çıktığını keşfetmesi, 20. yüzyılın yeni enerji kaynağının temelini atan olay olmuştur.

Fermi ile birlikte O. Hahn, F. Strassman, L. Meitner, O. Frisch, N. Bohr ve L. Szilard gibi bilim adamlarının, yaklaşık sekiz yıl süren çalışmaları sonucunda; 2 Aralık 1942 sabahı Chicago-1 adlı nükleer santralin açılışı yapılarak, nükleer çağa doğru ilk adım atılmıştır.

Nükleer enerjinin öncülüğünü yapan ABD ise bu konudaki ilk uygulamayı, 2. Dünya Savaşı sırasında Japonya'ya iki atom bombası atarak gerçekleştirmiştir. Ancak aynı ABD, nükleer enerjinin barışçıl amaçlarla kullanılmasına yönelik çalışmalara da, 2. Dünya Savaşı'nın hemen ardından başlamıştır. Bu amaçla, ilk olarak 1946 yılında, Atom Enerjisi Komisyonu - Atomic Energy Commission (AEC) kurulmuş, daha sonra 1951'de, elektrik enerjisi üreten ilk nükleer santral ABD'de hizmete girmiştir.

ABD'nin bu çalışmalarını, 1957 yılında Birleşmiş Milletler (BM) bünyesinde kurulan Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı - International Atomic Energy Agency (IAEA) izlemiştir. "Barış için Atom" sloganıyla etkinlik gösteren örgüt, güvenli ve barışçıl nükleer teknolojilerin oluşturulması anlayışıyla çalışmalarını sürdürmektedir. 1958'de ise, Avrupa Ekonomik Topluluğu (AET) ülkeleri tarafından Avrupa Atom Enerjisi Topluluğu – European Atomic Energy Community (EURATOM) kurulmuştur. Ülkelerin bu topluluğu kurmaktaki amacı, atom enerjisini sanayi ve enerji üretiminde barışçıl amaçlar için kullanmaktır. Ancak daha sonra petrolün, Afrika'nın güneyinden dev tankerlerle taşınması ve fiyatlarda da 1970'li yıllara kadar önemli bir artış olmaması, EURATOM'un işlevlerini önemli oranda azaltmıştır (Anonim 2011).

1960'lı ve 1970'li yıllarda birçok şirketin ekonomik, çevreye duyarlı ve güvenilir olarak gördüğü nükleer santrallere yönelik ilgi, 1980'ler de ise azalma eğilimine girmiştir. Nükleer enerjiden üretilen elektrik enerjisine yönelik talep azalmış, sanayinin büyümesi yavaşlamış ve nükleer enerjiye yönelik şüpheler (atık sorunu, reaktör güvenliği) artmaya başlamıştır. Özellikle 1986 yılındaki Çernobil ve 1990 yılındaki Three Mile Island nükleer kazaları, sahip olunan bu olumsuz düşünceleri destekleyen iki önemli olay olmuştur (DOE / NE).

3.3. Nükleer Enerjiye Yönelik Görüşler

Nükleer enerjinin ticari olarak kullanılmaya başlanmasından itibaren yaklaşık yarım yüzyıl geride kalmıştır. Bu süre içinde, fosil enerji kaynaklarına karşı ciddi bir seçenek olması düşünülen nükleer enerjiden, gerek yaşanan nükleer kazalardan, gerekse dönemseller gelişmelerden dolayı istenilen seviyede yararlanılamamıştır.

Ağırlıklı olarak olumsuz düşüncelerin gündemde olduğu nükleer enerji konusunda, şüphesiz ki olumlu yaklaşımlar da bulunmaktadır. Çalışmanın bu bölümünde birbirine karşıt iki görüşün bir arada incelenmesi ise, nükleer enerji gerçeğine daha nesnel bakılmasına yardımcı olacaktır.

3.3.1. Nükleer Enerjiye Yönelik Olumsuz Görüşler

Nükleer enerji hakkındaki eleştirilerin başında, bu enerji kaynağının barışçıl amaçlarla kullanılmadığı ve bundan sonra da kullanılmayacağı görüşü yer almaktadır. Bazı devletlerin nükleer silah yapmayı, nükleer santraller kurmaya kıyasla daha kolay, hızlı ve ucuz bir yol olarak değerlendirdiği ve aynı ülkelerin, elektrik üretiminden bağımsız olarak nükleer bomba geliştirmiş olduğu bilinmektedir.

Nükleer enerji konusunda yapılan ikinci bir eleştiri ise atıkların depolanmasına ilişkindir. Dünya genelinde, bini aşkın ticari, askeri ve araştırma amaçlı nükleer santralin işletmede olduğu ve bu santrallerin 50 yılda, milyonlarca yıllık atık çıkardığı göz önüne alındığında, hangi ülke vatandaşlarının bu atıkların yaratacağı bedeli ödemek zorunda kalacakları önemli bir sorun oluşturmaktadır. Bu duruma en çarpıcı örneklerden biri, Türkiye'nin, ABD ve Fransa ile yaptığı ve bu ülkelerin nükleer

atıklarının 15 yıllık bir süreyle Türkiye'ye aktarılmasını da içeren ikili anlaşmalardır (Daday 2006).

Nükleer enerjiye yönelik diğer bir eleştiri, santrallerin güvenliğiyle ilgilidir. Bilindiği üzere, nükleer santralin kalbinde fisyon diye adlandırılan nükleer tepkimeler (reaksiyonlar) meydana geldiğinden, ortaya radyoaktif fisyon ürünleri ve radyasyon çıkmaktadır. Açığa çıkan bu radyasyonun ekolojik hayata (canlı hayatı ve çevreye) en az seviyede etki etmesi ise, nükleer santrallerde kullanılan teknolojiye bağlıdır. Günümüzde, etkinlikte bulunan birçok nükleer santral, ikinci ve üçüncü nesil olarak ifade edilen santrallerdir. Bazı ülkeler ise dördüncü nesil santrallerin tasarımı için çalışmalarını sürdürmektedirler. Ancak, dördüncü nesil santraller hayata geçirilse bile, “artan risk” olarak tarif edilen risk hiçbir zaman ortadan kalkmayacaktır. Bu riskin daha da azaltılmasının ise çok büyük harcamaları zorunlu kılması, olayın diğer bir olumsuz yönünü oluşturmaktadır.

Yeni nesil santrallere yönelik bu çalışmalar yapılırken, Almanya ve Fransa gibi gelişmiş ülkeler de, Türkiye gibi bu alanda deneyimi olmayan ülkelere, eski nükleer teknolojilerini pazarlamaya çalışmaktadır. Ortaya çıkan durum da, bu ülkelere kurulması planlanan nükleer santrallerin ne derece güvenli olacağına ilişkin soru işaretleri yaratmaktadır (Kılıç 2005).

Son yıllara kadar yaşanan nükleer santraller kaynaklı olaylar Çizelge 3.1’de gösterilmektedir.

Çizelge 3.1. Son Bir Yılda Yaşanan Nükleer Olaylar (ANONİM 2011)

OLAY	OLAY TARİHİ	TESİS VEYA YER	TESİS TİPİ	ÜLKE
Dokümhane Çalışanının Yüksek Dozda Radyasyona Maruz Kalması	09.01.2012 2	TRIANGUL s.r.o., Hrob dokümhanesi		Çek Cumhuriyeti
Fransa'da Cattenom 2 ve 3 Santrallerinde Kullanılmış Yakıt Havuzu Borularında Uygunsuzluk	21.12.2011 2	Cattenom 2,3	nükleer güç santrali	Fransa

Saptanması				
Finlandiya'da Hava Ölçümlerinde I-131 Tespit Edilmesi	31.01.2012 0	Finlandiya		Finlandiya
Finlandiya-Rusya Sınırında Kontamine Olmuş Eşyaların Bulunması	28.01.2012 0	Finlandiya		Finlandiya
Endüstriyel Radyografi Kazası	12.01.2012 3	Lima	radasyon kaynağı	Peru
Sahipsiz Kaynak Bulunması	28.09.2011 1	Prag 4, Çocuk Parkı	radasyon kaynağı	Çek Cumhuriyeti
Radyografi Çalışanının Yüksek Dozda Radyasyona Maruz Kalması	28.10.2011 2	Wyalusing, Pennsylvania	radasyon kaynağı	ABD
Radyografi Çalışanının Yüksek Dozda Radyasyona Maruz Kalması	12.10.2011 2	Petrochemical Inspection Services, Texas	radasyon kaynağı	ABD
Besleme Borusundan Ağır Su Sızıntısı	19.10.2011 1	KANUPP-1	güç santrali	Pakistan
Centraco Atık İşleme Tesisinde Patlama	12.09.2011 1	Centraco	Radioaktif Atık İşleme Tesisi	Fransa
Eritilmiş Sahipsiz Kaynak	13.09.2011 1	Duferco - la Louvière	radasyon kaynağı	Belçika
North Anna Nükleer Güç Santralinde Tesis Dışı Elektrik Beslemesinin Kesilmesi	23.06.2011 0	North Anna	güç san	
Dokümhane Çalışanının Yüksek Dozda Radyasyona Maruz Kalması	09.01.2012 2	TRIANGL s.r.o., Hrob dokümhanesi		Çek Cumhuriyeti
Fransa'da Cattenom 2 ve 3 Santrallerinde Kullanılmış Yakıt Havuzu Borularında Uygunsuzluk Saptanması	21.12.2011 2	Cattenom 2,3	nükleer güç santrali	Fransa
Finlandiya'da Hava Ölçümlerinde I-131 Tespit Edilmesi	31.01.2012 0	Finlandiya		Finlandiya
Finlandiya-Rusya Sınırında Kontamine	28.01.2012 0	Finlandiya		Finlandiya

Olmuş Eşyaların Bulunması				
------------------------------	--	--	--	--

3.3.2. Nükleer Enerjiye Yönelik Olumlu Görüşler

Nükleer enerji konusunda olumlu tavır sergileyen uzmanlar, nükleer enerjinin iki temel yönüne vurgu yapmaktadırlar. Bunlardan ilki, nükleer enerjinin, ülkelerin fosil enerji kaynaklarına ve dolayısıyla dışa olan bağımlılığını azaltacak veya ortadan kaldıracak yerli bir kaynak olması; ikincisi ise, canlılara ve çevreye olan etkisinin çok daha kabul edilebilir bir seviyede olmasıdır.

Enerji talebinin; nüfus artışı, teknolojik gelişmeler ve sanayileşme gibi etkenlerden dolayı hem ülke bazında hem de küresel bazda artacağı düşünüldüğünde; nükleer santraller enerji yoğun santraller olduğundan dolayı, dışa bağımlılıkta fosil kaynaklara göre daha uygun olarak nitelendirilmektedir. Ayrıca, fosil kaynakların bir gün biteceği gerçeği göz önüne alındığında da yerleşmiş bir sistem olan nükleer enerjinin yok sayılmaması gerekmektedir.

Bunun yanı sıra, dışa bağımlılık ögesine ilişkin olarak, enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi de önemli bir husustur. Petrol ve doğal gaz arzında zaman zaman yaşanan sıkıntılar, bu kaynaklara gereksinim duyan ülkelerdeki üretimi ve hayatı doğrudan etkilemektedir. Böyle durumlarda nükleer santraller, ülkelere enerji çeşitliliği sağlayacak bir seçenek olmaktadır.

Özellikle, ABD ve Kanada’da nükleer santral yanlılarının öne sürdükleri en önemli sav, özellikle Irak Savası’ndan sonra petrol fiyatlarındaki hızlı yükselişle gündeme gelen enerji bağımlılığı olmuştur. ABD’de, “Şahinler” olarak adlandırılan grup ve “Wall Street çevreleri” nükleer enerjiyi, dış kaynaklı petrole bağımlılıktan kurtulmak için bir çare olarak sunmaktadır. AB de, 2007 yılı başında açıkladığı yeni enerji izleminde (stratejisinde), gelecek 20-30 yıl içerisinde %70’lere ulaşması öngörülen dışa bağımlılık nedeniyle nükleer enerji seçeneğini göz ardı edememektedir.

Nükleer enerjiye verilen desteğin ikinci temel nedeni ise çevresel etkilerle ilgilidir. Nükleer enerji, fosil enerji kaynaklarının yarattığı ölçüde sera gazı salınımına neden olmamaktadır. Elektrik enerjisi üretiminde ortaya çıkan karbondioksit (CO₂) miktarının, kilowatt saat (KWh) başına, fosil kaynaklarda 100-350 gram, nükleer enerjide ise 3-5 gram arasında olması ve elektrik üretiminde kullanılan santrallerin, toplam karbondioksit salınımını %17 oranında azaltması, nükleer enerjinin çevreye yönelik katkısını ortaya koymaktadır.

Dünya Yeşiller Hareketi'nin kurucularından Prof. James Lovelock ve Patrick Moore basta olmak üzere pek çok çevreci uzman da, küresel sıcaklıktaki aşırı yükselmenin yarattığı tehlikeyi aşmanın nükleer enerjiden başka yolu bulunmadığını belirtmişler ve çevreci kuruluşları, küresel bir felaketi engellemek için nükleer enerjiyi desteklemeye çağırılmışlardır.

Sonuç olarak nükleer enerji, sahip olanın elinde etkili bir güç konumundadır. Önemli olan, bu gücün ne derece kontrol edilebilir olduğudur. Bunu sağlayacak olan ise teknolojidir. Aksi halde bu gücü doğru kullanmak hiçbir zaman mümkün olmayacaktır. Bu açıdan, her iki karşıt görüş değerlendirildiğinde ortaya çıkan sonuç; iyi veya kötü enerji kaynağının değil, iyi veya kötü teknolojinin olduğu gerçeğini ortaya koymaktadır.

4. YENİLENEBİLİR ENERJİ ÇEŞİTLERİ

Yakın gelecekte fosil yakıtların kullanımı nedeni ile atmosferde artan sera gazları emisyonunu kontrol altına almak adına imzalanan “Kyoto Protokolü”nu beraberinde küresel ısınmaya karşı alternatif yöntemler düşünölmeye başlanmıştır. Mevcut sistemlerde sera gazı emisyonunu indirmek maddi açıdan pek mümkün görölmeye için de alternatif enerji kaynakları gündeme gelmiş, gelişen teknoloji ile beraber temiz enerji kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır.

Yenilenebilir Enerji, doğada kendiliğinden bulunan ve herhangi bir üretim prosesine ihtiyaç duymayan, enerji üretirken aynı zamanda CO₂ emisyonu oluşturmayan, geleneksel enerji kaynaklarına nazaran daha düşük olmakla birlikte doğada devinimi olduğu için, sürekli yenilenen ve kullanıma hazır enerji çeşidi olarak tanımlanabilir (Ataman 2007).

Güneş enerjisi, Rüzgar enerjisi, Jeotermal Enerji, Hidroelektrik Santralleri, Dalga-gelgit enerjisi ve son olarak hidrojen enerjisi yenilenebilir enerji kaynakları içinde gösterilebilir.

Çalışmanın bu bölümünde, yenilenebilir enerji kaynakları kullanım mekanizmaları, kullanım alanları, Türkiye’deki güncel mevcut tesisler ve kapasiteleri ile birlikte enerji sistemlerinin kendi içlerinde avantajları ve dezavantajlarına değinilecektir.

4.1. Güneş Enerjisi

Güneş, ısınım enerjisi, yer ve atmosferdeki fiziksel oluşumları etkileyen başlıca enerji kaynağıdır. Rüzgar, deniz dalgası, okyanusta sıcaklık farkı ve biokütle enerjileri gibi iklimsel etkiler de yine güneş enerjisi ile oluşmaktadır. Güneş aynı zamanda doğada su döngüsünün de oluşmasını sağlamaktadır.

Güneş 1,4 milyon km çapıyla dünyanın 110 katı büyüklüğünde ve dünyadan 1,5x10¹¹ m uzaklıkta yüksek basınçlı ve yüksek sıcaklıklı bir yıldızdır. Yüzey sıcaklığı yaklaşık

6.000 °K olup iç bölgelerindeki sıcaklığın 8×10^6 °K ile 40×10^6 °K arasında değiştiği tahmin edilmektedir (Varınca,K. Gönüllü, T. 2006).

Güneş ışınlarının atmosferde aldığı yolun uzunluğu nedeni ile güneş ışınlarının sadece belli bir bölümü yer yüzüne kadar ulaşabilmektedir. Tamamen bulutsuz havalarda bile atmosferde bulunan su buharı, oksijen, karbondioksit, ozon, azot, metan gibi gaz molekülleri yanında aerosol ve toz zerrecikleri güneş ışınlarını tutar ve bu nedenle güneş enerjisinin sadece %70'i yeryüzüne ulaşır. Yeryüzündeki ışınların toplamını , hava koşullarına bağlı olarak güneşten gelen ışınların, saçılmış ışın oranına eşittir (Karamanav 2007).

4.1.1. Güneş Enerji Sistemleri

100-350°C arasındaki orta sıcaklıklar uygulamalarında güneşi izlemeyen silindirik odaklı toplayıcılar kullanılır. Odaklı toplayıcılar güneş ışınlarını yansıtarak veya kırarak belli bir yerde toplayabilen ayna ve mercek sistemleridir. Yani bunlar, odak düzleminde, ısı iletim akışkanını içeren bir yutucu bulunan ayna veya mercekli sistemlerdir

Aynalardan oluşan odaklı toplayıcılar, güneş ışınlarını tek bir kez veya ardarda iki kez yansıtarak yoğunlaştırır. Aynalar, düz silindirik, konik, küresel veya parabolik olabilir. Yoğunlaştırıcı toplayıcı tek bir ayna veya mercekten ibaret olabileceği gibi birçok ayna veya mercekten de oluşabilir. Bu sistemlerde güneş ışınları bir toplama hattı üzerine yoğunlaştırılmaktadır. Su buharı üreten bu sistemlerden bir kısmı Avusturalya, Avrupa, ABD ve Japonya'da endüstriyel uygulama bulmuştur (ANONİM 2011).

İkinci bir uygulama türü ise güneş pilleri kullanarak yapılan fotovoltaik uygulamalardır. Üzerine düşen güneş ışınımını direkt olarak elektrik enerjisine çeviren güneş pilleri doğru akım üretirler. Bu piller, seri veya paralel bağlanarak, ürettikleri akım ve gerilim değerleri yükseltilebilir. Üretilen akımı depolayabilmek için bir akümülatöre gerek vardır (Karamanav 2007).

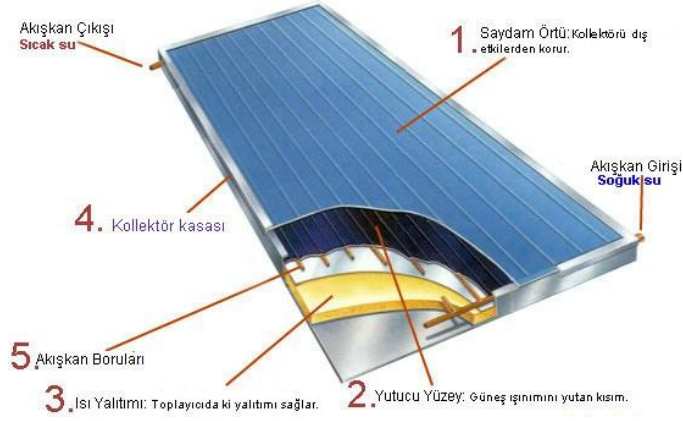
Güneş pilleri, uzay programları için geliştirilmeye başlanmış; ancak sonraki yıllarda, bilinen yollarla elektrik üretiminin zor olduğu yada uzak olan deniz fenerleri, orman

gözetleme kuleleri, çiftlik evleri, dağ evleri gibi yerlerde de kullanılmaya başlanmıştır. Güneş enerjisinden en iyi şekilde yararlanabilmek için, “Güneş Kuşağı” adı verilen, 45° kuzey-güney enlemleri arasında kalan bölgede yer almak gerekmektedir (Karamanav 2007).

Aşağıdaki bölümde güneş enerji sistemleri detaylı bir şekilde genel çalışma mekanizmaları ve uygulama alanları hakkında detaylı bilgi verilmektedir.

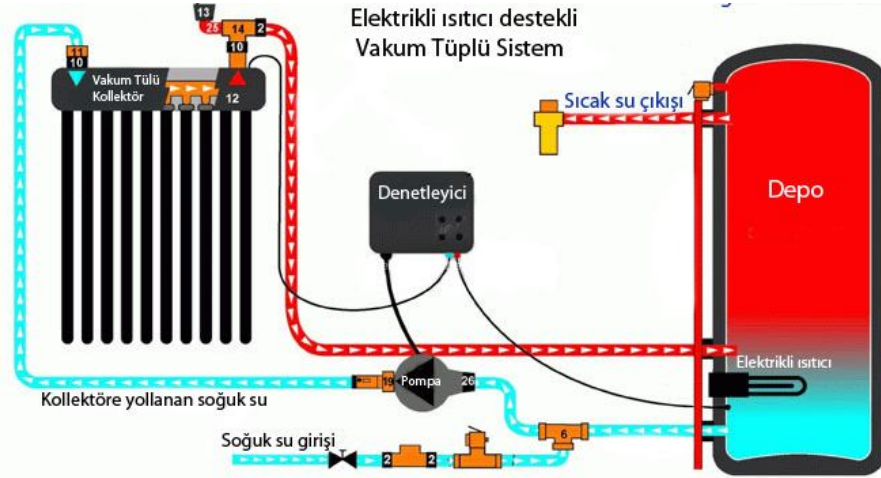
4.1.1.1.Düzlemsel Güneş Kolektörleri: Güneş enerjili su ısıtma sistemleri özellikle maliyet ve çevre şartları dikkate alınarak kurulmalıdır. Uygulamada kullanılan güneşli su ısıtma, genellikle doğal dolaşimli sistemlerdir. Uygulama şartlarına bağlı olarak ters dolaşimli, aşağıya doğru boşaltmalı, geriye doğru boşaltmalı ve donmayan sistemler tercih edilebilir. Doğal dolaşimli su ısıtma sisteminin toplayıcısında güneş radyasyonunun yutulması sonucunda, yutucu plaka kanallarında dolaşan su ısıtılır. Isınan suyun yoğunluğu azalarak, kendiliğinden yükselir ve depolama tankına üst kısımdan girer. Depolama tankının alt kısmındaki soğuk su, yer çekiminin etkisi ile dışarı çıkar ve toplayıcının alt kısmına ulaşır. Bu dolaşım, toplayıcı ve depolama tankı sıcaklıkları birbirine eşit oluncaya kadar devam eder. Güneş radyasyonunun şiddeti arttıkça, akışkanın dolaşım hızı da artar. Sıcak su kullanılmak istendiğinde, su depolama tankının üstünden alınır. Suyun sıcaklığı yeterli değilse, yardımcı bir enerji kaynağı ile ısıtmaya devam edilerek istenilen sıcaklığa ulaşılır (ANONİM 2011).

Dünya genelinde kurulu bulunan güneş kolektörü alanı 30 milyon m²'nin üzerindedir. En fazla güneş kolektörü bulunan ülkeler arasında ABD, Japonya, Avustralya, İsrail ve Yunanistan yer almaktadır. Türkiye, 7,5 milyon m² kurulu kolektör alanı ile dünyanın önde gelen ülkelerinden biri konumundadır (EİE 2011).



Şekil 4.1. Düzlemsel güneş kolektörü (Sayın 2006).

4.1.1.2. Vakumlu Güneş Kolektörleri: Bu sistemlerde, vakumlu cam borular ve gerekirse absorban yüzeyine gelen enerjiyi artırmak için metal ya da cam yansıtıcılar kullanılır. Bunların çıkışları daha yüksek sıcaklıkta olduğu için (100-120°C), düzlemsel kolektörlerin kullanıldığı yerlerde ve ayrıca yiyecek dondurma, bina soğutma gibi daha geniş bir yelpazede kullanılabilirler (EİE 2011).



Şekil 4.2. Vakum tüplü kolektörün çalışma prensibi (Anonim 2010).

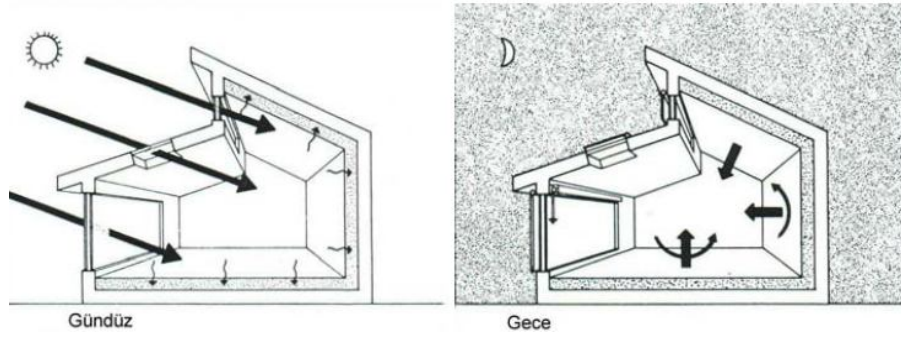
4.1.1.3. Güneş Havuzları: Yaklaşık 5-6 metre derinlikteki suyla kaplı havuzun siyah renkli zemini, güneş ışınımını yakalayıp 90°C sıcaklıkta sıcak su elde edilmesini sağlar (Şekil 4.3). Güneş enerjisinden düşük ısı enerjisi üreten sistemlerden birisi de tuz tabakalı güneş havuzlarıdır (TTGH). TTGH sistemi, normal bir havuz tabanındaki konveksiyon akımlarını tamamen engellemek veya en alt seviyeye indirmek böylece

havuz tabanındaki ısı enerjisini orada muhafaza etmek amacıyla gelişme aşamasında bulunan bir tekniktir. Bu sistemlerle ısıyı tabanda 3-4 ay kadar tutmak mümkündür. Tabanda toplanan ısı enerjisi, proses ısısı olarak kullanılabilceği gibi alçak basınç ve sıcaklıkta buharlaşabilen freon ve amonyak gibi akışkanlar sayesinde elektrik enerjisi üretiminde de kullanılabilir. TTGH sistemi genel olarak iki veya üç tabakadan oluşur. En alt tabaka homojen bir tuz konsantrasyonuna sahiptir. Üstteki tabakalar ise yüzeyden tabana doğru artan bir tuz konsantrasyonuna sahiptir. TTGH sisteminde tabanda depo edilen ısı enerjisi uygun bir ısıdeğiştiricisi yardımıyla çekilmesi mümkündür (ANONİM 2011).



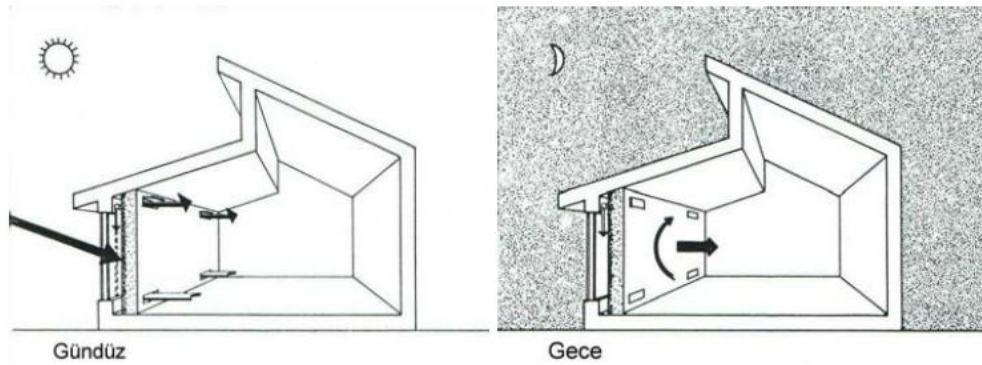
Şekil 4.3. Güneş havuzu (Anonim 2010)

4.1.1.4.Doğrudan sistemler, güneş ışığının cam yüzeyler aracılığıyla doğrudan mekana alınması şeklinde çalışmaktadır. Bu sistemde, alınan güneş ışığı ışıma yoluyla ısıya dönüşmektedir. Bütün yapılarda cam açıklık bulunduğu için doğrudan sistemler en yaygın olarak kullanılan ve maliyeti olmayan pasif ısıtma sistemleridir. Ancak saydamlığa bağlı olarak mekan sıcaklığının zaman zaman artması sistemin dezavantajı olarak sayılmaktadır. Güneş ışığından doğrudan yararlanma Şekil 4.4'de gösterilmiştir (Demirbilek 1999).



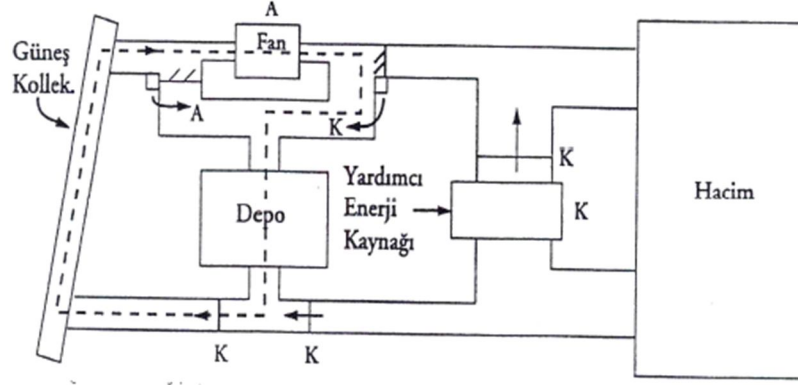
Şekil 4.4. Güneş ışığından doğrudan yararlanma (Demirbilek 1999)

4.1.1.5. Dolaylı sistemlerde güneş ışınımı mekanın dışında ısıya dönüştürülmekte daha sonra mekana iletim, taşınım ve/veya ışınım yoluyla iletilmektedir. Bu sistemde mekanın dışındaki bir toplaç yardımıyla kazanım sağlanmaktadır. Kazanılan enerjiyi kontrol ederek gece saatlerinde mekana vermek mümkündür. Ama iyi yalıtılmış bir çatı veya cepheden daha kötü bir yalıtım düzeyine sahip olan bu sistemde oluşan ısı kaybı da dezavantajlarından biridir. Güneş ışığından dolaylı olarak yararlanma Şekil 4.5'te gösterilmiştir (Demirbilek 1999).



Şekil 4.5. Güneş ışığından dolaylı yararlanma (Demirbilek 1999).

4.1.1.6. Aktif ısıtma sisteminde ise; toplayıcı, akışkan taşıyıcı hatlar, akışkan dolanım sistemi, ısı deposu, ısıtıcı elemanlar, ısı pompası ve kontrol ünitesi gibi ısıtma donanımları yer almaktadır. Aktif sistemler yüksek maliyetli olmasına karşın, pasif sistemler düşük maliyetli ve kolay uygulanabilir bir sistem olarak ön plana çıkmaktadır. Aktif ısıtma yöntemiyle hacim ısıtma uygulaması Şekil 4.6'da gösterilmiştir.



Şekil 4.6. Aktif ısıtma yöntemiyle hacim ısıtma

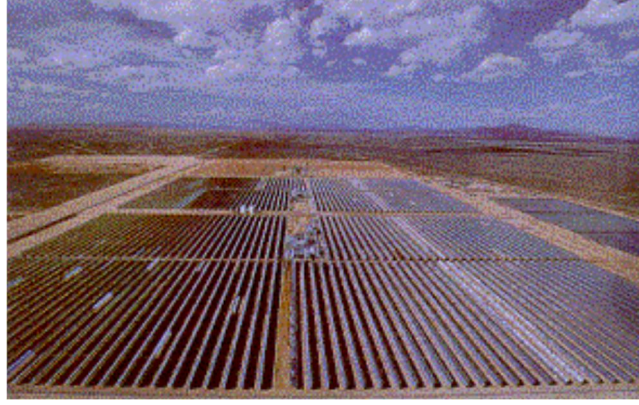
4.1.1.7. Ürün kurutma ve sera ısıtma uygulamaları ise, güneş enerjisinin tarım alanındaki uygulamalarıdır. Bu tür sistemler pasif sistem olabileceği gibi, hava hareketini sağlayan aktif bileşenler de içerebilmektedir.

Güneş enerjisi ısı sistemlerinden bir diğeri de **güneşli soğutuculardır**. Aktif ve pasif sistemlerin olduğu güneşli soğutucuların kullanımı, özellikle iklimlendirme ve soğutma sistemlerinde yaşanan gelişmeler doğrultusunda önemli bir ilerleme göstermektedir. Güneş enerjisinin en yüksek olduğu mevsimlerde daha fazla gereksinim duyulan bu tip sistemler, çevrenin korunması ve enerji tasarrufu konularında da katkı sağlamaktadır. Ancak, ticari kullanımı, yapısının karmaşık olması nedeniyle ısıtma sistemlerine göre daha düşük seviyededir.

İfade edilen tüm bu sistemler, düşük sıcaklıktaki (100°C 'den az) güneş enerjisi üretiminde kullanılmaktadır. Bunların dışında, orta (100°C - 350°C) ve yüksek (350°C 'den fazla) sıcaklıktaki güneş enerjisi ısı uygulamalarında; Silindirik parabolik sistemler, çanak/motor sistemleri, güneş bacası ve merkezi alıcı (güneş güç kuleleri-heliostatlar) gibi sistemler kullanılmaktadır. Bu sistemlerden ağırlıklı olarak, "ısı enerjisinden elektrik enerjisi" üretiminde yararlanılmaktadır.

Silindirik-parabolik sistemler ve Çanak/motor sistemler, güneş enerjisi odaklama donanımları aracılığıyla Güneş ışınlarını, ısıya dönüştürme işleminin yapıldığı bir alıcıya (absorber) yansıtıp odaklamaktadır. Isı enerjisini toplamak için, alıcı içindeki boruda bir sıvı dolaştırılmakta; bu sayede toplanan ısı, elektrik üretimi için enerji

santraline gönderilmektedir. Bu sistemlerin en büyüğü ve en bilineni, 350 MW gücündeki *Kramer&Junction Santralleri* (Eski *Luz International-ABD*) Şekil 4.7’de gösterilmiştir. Sadece bu santraller, dünyada güneş enerjisiyle üretilen elektriğin % 92’sini gerçekleştirmektedir (Sayın 2006).



Şekil 4.7. Parabolik güneş santrali (Sayın 2006).

4.1.1.8. Güneş güç kuleleri (heliostatlar) ise, Güneş ışınlarını kule tepesine yerleştirilmiş olan ısı değiştiriciye (alıcı) odaklı şekilde yoğunlaştırarak elektrik enerjisi üretmektedir. Sistemde, gelen Güneş ışınlarını yansıtan ve “heliostat” olarak adlandırılan, yüzlerce, hatta binlerce güneş izleme aynaları kullanılmaktadır. Bu aynalar, bilgisayar tarafından kontrol edilerek alıcının devamlı şekilde Güneş ışınlarını alması sağlanmaktadır. Güneş güç kuleleri, 30 ile 400 MW arası uygulamalar için en uygun tesisler olarak nitelendirilmektedir. Şekil 4.8.’de güneş güç kulelerinin bir uygulaması görölmektedir (Şenol 2009).



Şekil 4.8. Güneş güç kulesi (Şenol 2009).

Sözü edilen odaklamalı sistemlerin dışında, odaklamasız ve daha düşük sıcaklıkta ısı enerjisi üreten **güneş bacaları** bulunmaktadır. Bu sistemde, Güneş'in ısı etkisinden dolayı oluşan hava hareketinden yararlanılarak elektrik üretilmektedir. Buna göre; Güneş ışınlarının doğrudan etki ettiği ve saydam malzemeyle kaplı bir yapının içinde bulunan toprak ve hava, çevre sıcaklığına göre daha çok ısınmaktadır. Isınan havanın yükselme özelliği olduğundan, çatı eğimli yapılp hava akışı çok yüksek bir bacaya yönlendirildiği takdirde, baca içinde 15 m/sn hızda hava akışı (rüzgar) oluşmasını sağlamak mümkün olmaktadır. Baca girişine yerleştirilen yatay rüzgar türbini ise bu rüzgarı elektriğe çevirmektedir (Şenol 2009).

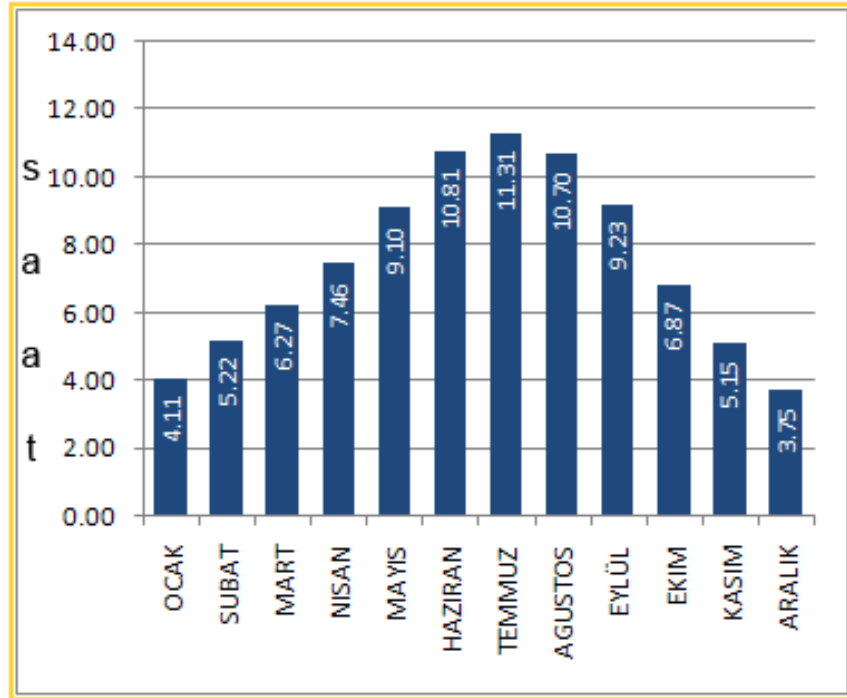
4.1.2. Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli

Türkiye, coğrafi konumu nedeniyle sayesinde oldukça verimli bir alanda yer almaktadır. Güneşten dünyaya saniyede yaklaşık olarak 170 milyon MW enerji gelmektedir. Türkiye'nin yıllık enerji üretiminin 100 milyon MW olduğu düşünülürse bir saniyede dünyaya gelen güneş enerjisi, Türkiye'nin enerji üretiminin 1.700 katıdır. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünde (DM,) mevcut bulunan 1966-1982 yıllarında ölçülen güneşlenme süresi ve ısınım şiddeti verilerinden yararlanarak E,E tarafından yapılan çalışmaya göre Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat (günlük toplam 7,2 saat), ortalama toplam ısınım şiddeti 1.311 kWh/m²-yıl (günlük toplam 3,6 kWh/m²) olduğu tespit edilmiştir. Ay bazında ve bölge bazındaki güneşlenme süreleri ve güneş enerjisi potansiyeli şekil 4.9 ve 4.10 da verilmiştir. Türkiye, 110 gün gibi yüksek bir güneş enerjisi potansiyeline sahiptir ve gerekli yatırımların yapılması halinde Türkiye yılda birim metre karesinden ortalama olarak 1.100 kWh'lik güneş enerjisi üretebilir. Çizelge 4.1.'de Türkiye ortalama güneş enerjisi potansiyeli verilmiştir. (Varınca,K. Gönüllü, T. 2006).

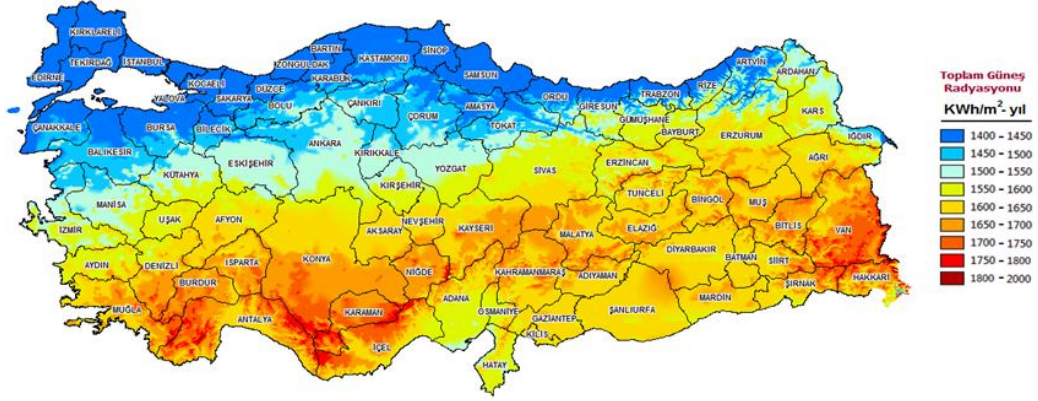
Çizelge 4.1. Türkiye'nin Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Potansiyeli (EİE 2011)

Aylar	Aylık Toplam (Kcal/cm ² -ay)	Güneş Enerjisi (kWh/m ² -ay)	Güneşlenme Süresi (Saat/ay)
Ocak	4,45	51,75	103,0
Şubat	5,44	63,27	115,0

Mart	8,31	96,65	165,0
Nisan	10,51	122,23	197,0
Mayıs	13,23	153,86	273,0
Haziran	14,51	168,75	325,0
Temmuz	15,08	175,38	365,0
Ağustos	13,62	158,40	343,0
Eylül	10,60	123,28	280,0
Ekim	7,73	89,90	214,0
Kasım	5,23	60,82	157,0
Aralık	4,03	46,87	103,0
Toplam	112,74	1311	2640
Ortalama	308,0 cal/cm ² -gün	3,6 kWh/m ² -gün	7,2 saat/gün



Şekil 4.9 Türkiye Güneşlenme Süreleri (saat) (ETKB 2011)



Şekil 4.10. Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli(Gürsoy 2004).

Türkiye'nin en fazla güneş enerjisi alan bölgesi Güneydoğu Anadolu Bölgesi olup, bunu Akdeniz Bölgesi izlemektedir. Çizelge 4.2.' de Türkiye güneş enerjisi potansiyeli ve güneşlenme süresi değerlerinin bölgelere göre dağılımı verilmiştir.

Çizelge 4.2. Türkiye'nin Toplan Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgelere Göre Dağılımı (Şen 2004)

Bölge	Toplam Ortalama Güneş Enerjisi (kWh/m ² -yıl)	En çok Güneş Enerjisi (Haziran) kWh/m ²	En az Güneş Enerjisi (Haziran) kWh/m ²	Ortalama Güneşlenme Süresi (saat/yıl)	En Çok Güneşlenme Süresi (Haziran) (saat)	En Az Güneşlenme Süresi (Aralık) (saat)
Güneydoğu Anadolu	1.460	1.980	729	2.993	407	126
Akdeniz	1.390	1.869	476	2.956	360	101
Doğu Anadolu	1.365	1.863	431	2.664	371	96
İç Anadolu	1.314	1.855	412	2.628	381	98
Ege	1.304	1.723	420	2.738	373	165
Marmara	1.368	1.529	345	2.409	351	87
Karadeniz	1.120	1.315	409	1.971	273	82

Buna göre genel olarak Türkiye'nin en çok ve en az güneş enerjisi üretilecek ayları sırası ile Haziran ve Aralık olmaktadır. Bölgeler arasında ise öncelikle Güneydoğu Anadolu ve Akdeniz sahilleri gelmektedir. Güneş enerjisi üretiminin yok denecek kadar az olduğu Karadeniz bölgesi dışında yılda birim metre kareden 1.100 kWh'lik enerji üretilebilir ve toplam güneşli saat miktarı ise 2.640 saattir. Buna göre Türkiye'de toplam olarak yıllık alınan enerji miktarı ise yaklaşık 1015 kW saat kadardır (Şen 2009).

Türkiye'de uygulanan diğer projeler incelendiğinde, Orman Bakanlığının gözetleme kulelerinde kullandığı (175kW), Türk Telekom aktarma istasyonu (135 kW), Karayolları imdat telefonları ve EİE demonstrasyon uygulamaları ile birlikte toplam 350 kW civarında toplam güneş pili kurulu gücü olduğu bilinmektedir (Karamanav 2007).

4.1.3. Güneş Enerjisinin Avantajları ve Dezavantajları

Güneş enerjisi ve bu enerjiden yararlanılarak geliştirilmiş olan teknolojilerin, birtakım avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Bu özellikler, ana hatlarıyla şu şekildedir:

Güneş enerjisi yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Güneş'in yaklaşık 5 milyar yıllık ömrü olması, insanoğlunun da en az 5 milyar yıl bu kaynağı kullanabileceği anlamına gelmektedir.

Güneş enerjisi kesikli, değişken ve dağınık bir özelliğe sahiptir. Bu özelliği, enerji depolama ve yedek enerji sistemlerine daha fazla yatırım yapılmasını gerektirmektedir.

Güneş enerjisi temiz bir enerji kaynağıdır. Doğaya ve canlılara olan olumsuz etkileri, fosil kaynakların yarattığı etkilerin yaklaşık % 10'u seviyesinde gerçekleşmektedir. Ancak, özellikle güneş pili teknolojisinde, düşük maliyeti nedeniyle yaygın olarak kullanılmakta olan silikon maddesi, içerdiği kanserojen etkili kimyasallar açısından önemli bir risk yaratmaktadır (Üçgül 2006).

Güneş enerjisinin, yakıt sorununun olmaması, işletme kolaylığı, mekanik yıpranma olmaması, modüler (değişebilir) olması, (yani talebe bağlı olarak birkaç W'tan birkaç yüz MW'a kadar büyüklükte kurulabilmesi) kullanım noktasına yakın tesis edilerek hat kayıplarını azaltması, uç noktalarda şebekeye bağlanarak elektrik kalitesinin artmasını sağlaması, gerilim düşmeleri nedeniyle oluşan arızaların ortadan kalkmasıyla milli ekonomiye katkı sağlaması, özellikle yaz aylarında pik (fazla) yükleri karşılama özelliği olması, çok kısa zamanda devreye alınabilmesi (azami bir yıl), yerel olarak uygulanabilmesi, uzun yıllar sorunsuz olarak çalışması gibi üstünlükleri vardır (Ataman 2007).

Güneş pili, dayanıklı, güvenilir ve uzun ömürlüdür. Elektrik şebeke hattı bulunmayan ya da şebeke hattının götürülmesinin pahalı olduğu kırsal yörelerde güneş pillerinin kullanımı daha ekonomik olabilmektedir. Çünkü güneş pili sistemlerinde bir kez yatırım yapıldıktan sonra başka masraf olmamaktadır. Her ev, kendi enerjisini çatısına kurduğu güneş pilleri ile karşılayabilir. Böylece iletim ve enerjiyi taşıma maliyetleri ve kayıpları ortadan kalkar (Ataman 2007).

Dünyada, her yıl ortalama 8-10 milyon arasında konut inşa edilmekte; bu konutların önemli bir kısmı ise şehir şebekesine bağlı olmamaktadır. Elektrik enerjisi üretiminde kullanılan ve şebeke bağlantısına gerek olmayan güneş pillerinin, bu konuda önemli bir seçenek olabileceği düşünülmektedir. Bunun yanı sıra, ısı enerjisi tasarrufu sağlanabilmesi amacıyla, konutların güneş mimarisine (aktif-pasif ısıtma) uygun olarak tasarlanması oldukça önemlidir. Konutlarda tüketilen enerjinin % 80'inin ısınmaya harcandığı dikkate alındığında, bu yöntem ile % 30'a varan oranda enerji tasarrufu sağlamak mümkün olmaktadır. (Ayhan 2007).

Güneş pili alanında, yıllar içinde önemli maliyet düşüşleri yaşanmış olup; 1975-2009 arasında güneş pili maliyetleri, 1 W başına yaklaşık % 95 oranında azalmıştır. Bu gelişmelere karşın, diğer enerji kaynaklarıyla karşılaştırıldığında, birim maliyetlerin hala yüksek olduğu ifade edilmektedir. Maliyetlerin azaltılabilmesi için, araştırma-geliştirme çalışmalarına ağırlık verilmesi ve kitlesel üretimin artması gerekmektedir. Bu şartlar oluştuğu takdirde, 2040'lı yıllarda, yenilenebilir enerji kaynaklarıyla üretilen

elektriğin yaklaşık % 30'unu güneş pilleriyle elde etmek mümkün olabilecektir (Eniş 2005).

Güneş enerjisi her ne kadar sınırsız bir enerji kaynağı olsa da doğal halinde düşük yoğunluklu olması nedeniyle, pratik amaçlar için kullanımı gerektiğinde, enerjiyi yoğunlaştırıcı sistemlere gereksinim duyulmaktadır (Ataman 2007).

Güneş santralleri çevrim verimlerinin düşüklüğü nedeniyle büyük alan gerektirmektedirler. Bu nedenle güneş enerjisinden elektrik üretimi daha çok yüksek yoğunlukta güneş ışığı alan çöl ya da az yağmur alan ekvatorial bölgelerde ekonomik olmaktadır (Ataman 2007).

Ayrıca düşük verimlidir (%15), başlangıç ve tüketim maliyeti yüksektir ancak yapılan çalışmalar ve teknolojik gelişmeler sonucu bu enerji giderek yaygınlaşmakta ve maliyeti de düşmektedir. Petrol ile güneş pillerinin birim maliyetlerde fiyat çakışma noktası sanıldığı kadar uzak değildir. Bunun farkında olan gelişmiş ülkelerin hemen hepsi, şebekeye bağlı güneş pili sistemlerini destekleyici yasalar çıkarmış ve uygulamıştır (Ataman 2007).

Son olarak, maliyet hesaplamalarıyla ilgili göz önünden kaçırılmaması gereken nokta ise, enerji kaynaklarının yarattığı çevresel etkilerin (toplumsal maliyet) de bu maliyetlere dahil edilmesi gerektiğidir. Böylece, güneş enerjisi teknolojileri, orta ve uzun dönem maliyetler açısından diğer enerji kaynaklarına göre önemli bir üstünlüğe sahip olacaktır (Eniş 2005).

4.2.Rüzgar Enerjisi

İlk enerji üreten türbin 1981 yılında Danimarka'da üretilmiştir. Enerji ihtiyacındaki artışla birlikte, rüzgar enerji sektörü de temiz enerji olarak dikkat çekmeye başlamıştır. 1950'lerde ise Çin mini-tip rüzgar su pompası makinalarına ve rüzgar üretim jeneratörleri üzerinde çalışmaya başlamıştır. Son yıllarda ise rüzgar enerji üretim hızı katlanarak artmaktadır. 2009 yılından itibaren, 10.000'den fazla rüzgar enerji üretim

birimi ve 200'den fazla rüzgar tarlası ise 20 milyon kilowatt enerji üretimi ile Çin dünyadaki üçüncü rüzgar üreten ülke konumuna geçecektir (Xinyu 2011).

Rüzgar enerji sistematiği, vantilatör çalışma sisteminin tersi olarak özetlenebilir. Vantilatörlerde hava akımı sağlanarak ortamın soğutulması amaçlanmıştır, rüzgar enerjisinde ise ortamdaki hava akımlarının rüzgar türbinlerini hareket ettirmesi ile, kanatlardaki mil jeneratörü çalıştırmaktadır. Kanatların birleştiği yükseklikte bulunan bölmeden aşağıya kadar sadece elektriği ileten kablo bulunmaktadır. Rüzgar türbinleri gelen rüzgarın yönüne göre konum alabilmekte ve otomatik olarak kontrol edilmektedir. Bütün bunlarla beraber rüzgar enerjisi, diğer yenilenebilir enerji kaynakları arasında en çabuk elektrik enerjisine dönüştürülebilen enerji sistemleridir (Ataman 2007).

4.2.1. Rüzgar Türbinleri

Rüzgar türbinlerinin ana çalışma prensibi, hareket halindeki havanın kinetik (hareket) enerjisini mekanik enerjiye dönüştürülmesidir. Bundan dolayı rüzgardan elektrik enerjisi üretimi rüzgar enerjisi uygulamalarının temel yöntemleridir. Genel olarak, bir rüzgar türbini üç bölümden oluşur:

1-Pervane kanatları: rüzgar harekete geçtiğinde pervane kanatlarına çarpar ve onu döndürmeye başlar. Böylece rüzgar enerjisinden kinetik enerji elde edilir.

2- Şaft: rüzgarın çarpmasıyla hareket eden pervaneler kendisine bağlı olan şaftı da harekete geçirir. Şaftın dönmesi ile de motor içindeki hareket meydana gelir ve elektrik enerjisi sağlanmış olur.

3-Jeneratör: Oldukça basit bir çalışma yöntemi vardır. Elektromanyetik indüksiyon ile elektrik enerjisi üretilir. İçinde bulunan mıknatısların ortasında ince tellerle sarılmış bir bölüm bulunmaktadır. Pervane şaftı döndürdüğü zaman motor içindeki bu sarım bölgesi, etrafındaki mıknatısların ortasında dönmeye başlar. Bunun sonucunda alternatif akım meydana gelir (Anonim 2011).

4.2.2. Türbinlerden Elektrik Üretimi:

Rüzgar türbini, rüzgardaki kinetik enerjiyi önce mekanik daha sonra da elektrik enerjisine çevirir. Bir rüzgar türbininde genel olarak kule, jeneratör, hız dönüştürücüleri (dişli kutusu) elektrik-elektronik elemanlar ve pervaneler bulunur. Rüzgarın kinetik enerjisi rotorda mekanik enerjiye çevrilir. Rotor milinin devir hareketi hızlandırılarak gövdedeki jeneratöre aktarılır. Jeneratörlerden elde edilen elektrik enerjisi ise alıcılara ulaştırılır. (Güneş, M. Ali, 2009).

4.2.3. Rüzgar Enerjisi Kullanım Alanları

Rüzgar türbin teknolojisi son zamanlarda kazandığı ivmeyle önemli derecede ve maliyet açısından bilindik güç santralleriyle yarışabilecek hale gelmiştir. Bu durum rüzgar enerji santral sistemlerinin yaygınlaşmasına katkıda bulunmuştur.

Zamanla yaygınlaşan rüzgar enerjisi su depolama, su pompalama, tahıl öğütme, soğutma, taşımacılık çeşitli ürünleri kesme-biçme gibi mekanik enerjiye ihtiyaç duyulan yerlerde kullanılabilir. Rüzgar enerjisinin en büyük kullanım alanı ise rüzgar türbinleri ile elektrik üretiminin yapılmasıdır. (Mehel, N., 2009)

Rüzgardan elde edilen enerji, üretildiği yerde tüketilmek veya enterkonnekte şebekeye verilmek zorundadır. Rüzgar enerjisi çevrim sistemlerinin enerji üretimleri, tamamıyla rüzgara bağımlı olduğundan bu sistemler, sadece rüzgarlı yörelere kurulabilirler. Rüzgar enerjisinin en önemli sorunlarından biri, üretim ve tüketim zamanları arasındaki farktır. Bu problem ancak enerji depolaması ile çözülebilmektedir. Depolanma yöntemlerinin en önemlileri şunlardır;

- Enerjinin akümülatörlerle depolanması yöntemidir. Ancak küçük işletmelerde, başka bir çözüm olmadığı zaman kullanılır. Çünkü akümülatörler maddi açıdan ek bir yükür.
- Suyu elektroliz yolu ile ayrıştırıp, elde edilen Hidrojen depolanması yöntemidir.
- Suyu pompalayarak potansiyel enerjisi artırılabilir.
- Enerjinin sıkıştırılmış havada depolanması mümkündür.
- Enerjinin ısı enerjisi şeklinde suda depolanması da bir başka yöntemdir.

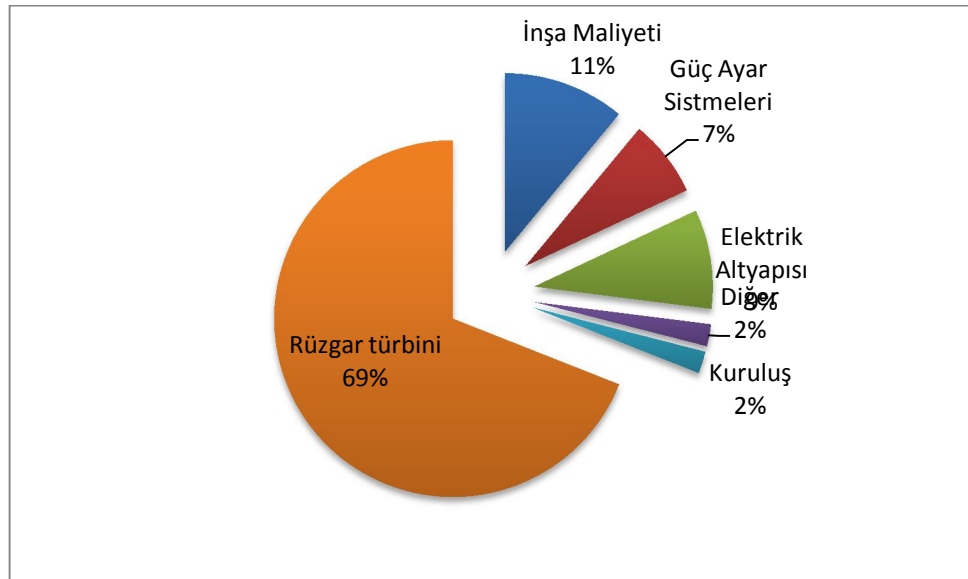
Kısaca, rüzgar enerjisinin en etkin uygulama biçimleri aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

- Pompa sistemlerine uygulama.
- Isıl enerji eldesi.
- Elektrik eldesi (Anonim 2011).

4.2.4.Rüzgar Enerjisinin Maliyet Açısından İncelenmesi

Rüzgar türbini için her ne kadar yakıt bedava olsa bile ilk yatırım maliyetleri oldukça yüksektir. Projenin başlangıç yatırımı için maliyet açısından değerlendirmeler yapılırken rüzgar türbininin maliyeti yanı sıra yer, iletim hatları, güç ayar sistemleri gibi diğer önemli ihtiyaçlar için yatırım hesapları kesinlikle yapılmalıdır. Yatırım kararı verilmeden önce projeden elde edilecek net kazanç hesaplanmalıdır. Bunun için üretimi kapsayan maliyetleri de belirlemek gerekmektedir.

Rüzgardan elektrik üretiminin maliyeti son 20 yılda büyük oranda azalırken rüzgar enerjisi ekonomisi aynı dönemde önemli ölçüde değişmiştir. Rüzgar enerji sektörü gelişip büyüdükçe maliyetler de ters orantılı olarak düşmüştür. Bu düşüşün zamanla devam etmesi beklenmektedir.



Şekil 4.11. Yatırım Maliyeti Dağılımı (Anonim 2011)

Rüzgar enerjisi projelerinde en büyük gideri türbin maliyeti oluşturmaktadır. Şekilde görüldüğü gibi yatırım maliyetinin hemen hemen %70'lik kısmını türbin maliyeti meydana getirmektedir. İkinci sırada olan inşaat işleri yatırımın yaklaşık %10'luk kısmını oluştururken, %9'unu elektrik altyapısı, %7'sini ise güç ayar sistemleri oluşturmaktadır. Geriye kalan kısım da kuruluş ve diğer maliyetlerdir

Türbinlerin belirli aralıklarda bakım ve onarımlarının yapılması da ek bir maliyettir. Türbin ne kadar çalışırsa, o kadar çok yıpranır ve bakım-onarım giderlerinde de o kadar artış görülür, çünkü türbinin bakım-onarım giderlerin çalıştığı süreyle doğru orantılıdır.

Pervane, alternatör, dişli kutusu, bıçaklar, kule gibi türbin parçaları ve enerjinin iletimi için gerekli olan trafolar, elektrik direkleri, iletim hatlarının bakımlarının yapılması ayrı maliyetlerdir (Mehel, N., 2009).

4.2.5.Dünya'daki Rüzgar Enerjisi Potansiyeli

Dünya rüzgâr kaynağı 53 TWh/yıl olarak hesaplanmakta olup, günümüzde toplam rüzgâr enerjisi kurulu gücü 115 254 MW'tır . Bunun üçte biri Almanya'da bulunmaktadır. 2020 yılında 1,245 GW dünya rüzgâr gücü hedefine ulaşmak için gereken yatırım miktarı 692 milyar Euro'dur. Bu süre içinde üretim maliyetlerinin 3,79 sent/kWh'dan 2,45 sent/kWh'a düşmesi beklenmektedir. Rüzgâr türbinlerinde küresel piyasa 2020 yılına kadar şimdiki 8 milyar Euro'dan 80 milyar Euro yıllık iş hacmine çıkacaktır. Toplam potansiyeli en az 48.000 MW olan, yıllık rüzgar hızı ortalaması 7,5 m/s 'nin üzerindeki bölgelerde günümüz fiyatlarıyla ekonomik olabilecek yatırımlar yapmak mümkündür (EİE 2011).

Çizelge 4.3. Ocak 2009 Yılı Dünyada İşletmede Olan Rüzgar Enerji Santrallerinin Kurulu Gücü(EİE 2011).

AVRUPA	2008 BAŞLANGICI (MW)	BUGÜNKÜ TOPLAM (MW)
Almanya	22.247	23.600
İspanya	15.145	16.000
Danimarka	3.124	3.171

İtalya	2.726	3.290
İngiltere	2.425	3.242
Fransa	2.370	3.427
Portekiz	2.150	2.700
Hollanda	1.747	2 225
Avusturya	982	995
Yunanistan	871	985
İrlanda	806	1.036
İsveç	788	788
Norveç	386	444
Polanya	280	350
Belçika	287	287
Türkiye	192	483(*)
Finlandiya	110	128
Ukrayna	86	86
Estonya	58	58
Çekoslavakya	56	106
Litvanya	52	52
Macaristan	65	112
Lüksemburg	35	35
Bulgaristan	62	169
Letonya	27	27
Hırvatistan	17	59
İsviçre	12	14
Rusya	7	7
Slovakya	5	5
Romanya	8	8
TOPLAM	57.126	63.889
PASİFİK BÖLGESİ	2008 BAŞLANGICI (MW)	BUGÜNKÜ TOPLAM (MW)
Japonya	1.538	1.675

Avusturalya	824	824
Yeni Zelanda	322	322
Filipinler	25	25
Pasifik Adaları	24	24
TOPLAM	2.733	2.870
ORTADOĞU&AFRİKA	2008 BAŞLANGICI (MW)	BUGÜNKÜ TOPLAM (MW)
Mısır	230	310
Fas	124	184
İran	67	67
Tunus	20	54
Reunion (Fransa)	10	10
İsrail	8	8
Yeşil Burun (Cape Verde)	3	3
Güney Afrika	3	9
Ürdün	2	2
TOPLAM	467	647
KANADA	2008 BAŞLANGICI (MW)	BUGÜNKÜ TOPLAM (MW)
Kanada	1.846	1.846
TOPLAM	1.846	2.246
AMERİKA BİRLEŞİK DEVLETLERİ	2008 BAŞLANGICI (MW)	BUGÜNKÜ TOPLAM (MW)
TOPLAM	16.971	25.408
LATİN AMERİKA	2008 BAŞLANGICI (MW)	BUGÜNKÜ TOPLAM (MW)
TOPLAM	547	670
ASYA	2008 BAŞLANGICI (MW)	BUGÜNKÜ TOPLAM (MW)
TOPLAM	14.191	24

(*) Şubat 2009 tarihi itibariyle Türkiye’de şebeke bağlantılı rüzgar enerji santrallerinin kurulu gücü 433,35 MW olup çalışmalar devam etmektedir (EİE 2011).

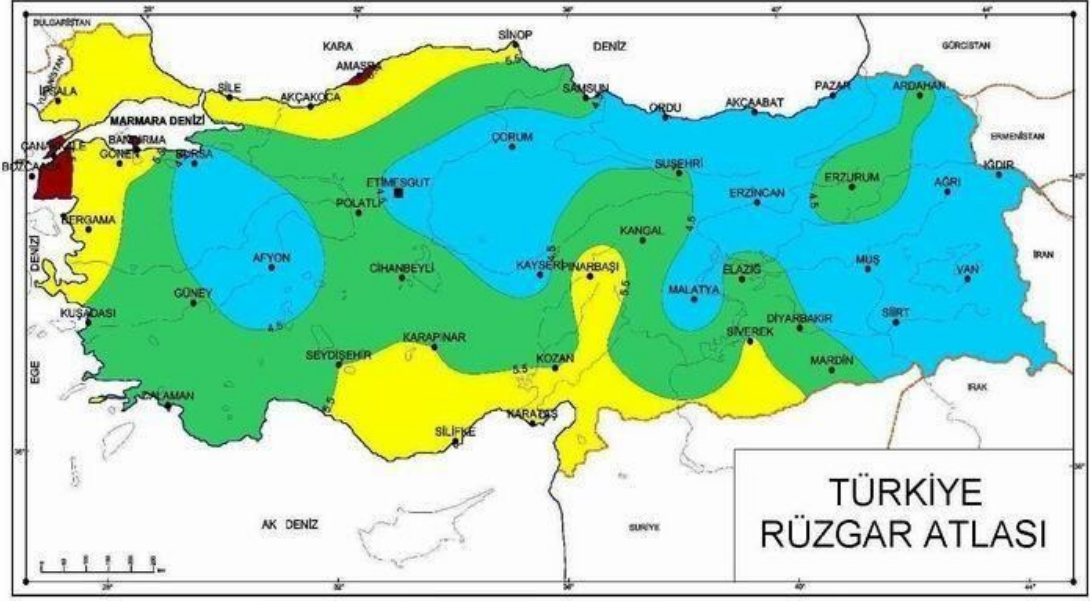
4.2.6. Türkiye’deki Rüzgar Enerji Potansiyeli

Yer kürenin farklı noktaları farklı sıcaklıklara sahiptir. Bu farklılık iki nokta arasında basınç farklılıklarına neden olur. Bunun sonucu olarak da yenilenebilir enerji kaynağı olan rüzgar meydana gelir. Öyle ki sürekli enerji olan rüzgar enerjisi M.Ö. 2000 yıllarında dahi Mezopotamya medeniyetinde kullanıldığı bilinmektedir.

19 . yüzyılın sonlarına doğru gelindiğinde Danimarka’da ilk defa rüzgar enerjisinden elektrik enerjisi üretilmiştir. Bundan kısa bir süre sonra da Amerika Birleşik Devletlerinde yel değirmenlerinde yel değirmenlerinin yerini küçük güçteki rüzgar türbinleri almış ve enerji üretilmiştir.

Önceleri fosil yakıt kaynaklarının ucuzluğu nedeni ile fazla benimsenmeyen rüzgar enerjisinden elektrik enerjisi elde etme teknolojisi, özellikle son yıllarda çok büyük rağbet görmeye başlamıştır. İlk başlarda karalarda kurulan rüzgar türbinleri günümüzde enerji üretimi için denizlerde de kurulmaktadır. Ancak, denizlerde kurulan türbinlerin maliyeti çok daha fazladır.

Dünyanın 2020 yılında ihtiyaç duyacağı enerji miktarının yaklaşık olarak 25.000 TWh/yıl olması beklenmektedir. Dünyada teknik olarak yararlanabilecek rüzgar enerjisi kaynağının miktarına gelince, dünyanın gereksinim duyacağı yıllık elektrik enerjisi ihtiyacının iki katı kadardır. Bu miktar ise 53.000 TWh/yıl olarak tahmin edilmektedir (Yamak 2006).



U (m/s)	> 7.5	6.5 – 7.5	5.5 – 6.5	4.5 – 5.5	< 4.5
P (W/ m²)	> 500	300 - 500	200 - 300	100 - 200	< 100

Şekil 4.12. Açık Yüzeyler İçin (Yer Yüzeyinden 50m yükseklikteki) rüzgar potansiyeli sınıf aralıkları (Celayir 2008).

Çizelge 4.4. Türkiye’de Mevcut Kurulu Rüzgar Gücü (Anonim 2011)

Projenin Adı	Yer	Bölge	İşletmeye Başlangıcı	Türbin Kapasitesi	Türbin Sayısı	Kurulu Güç	Rotor Çapı
Çeşme	İzmir	Ege	Şubat 1998	500	3	1,5	40,3m
Germiyan	Çeşme					MW	
Çeşme Alaçatı	İzmir Alaçatı	Ege	Kasım 1998	600	12	7,2	44 m
Bozcaada	Çanakkale Bozcaada	Marmara	Temmuz 2000	600	17	10,2	44 m
İstanbul	İstanbul Hadımköy	Marmara	Yapım Aşamasında	600	2	1,2	44 m
Toplam:					34	20,1	MW

Rüzgar enerjisinin büyük talep görmesinin sonucunda 2002 yılından bu yana toplam 86 GW'lık kapasite için 1.118 lisans başvurusunda bulunulmuştur. Yüksek düzeydeki bu talep aynı yer için birden fazla başvuru olmasına ve desteklenen kapasite limitlerinin aşılmasına yol açmıştır. Yalnızca 1 Kasım 2007 tarihinde toplamda 71,4 GW kapasiteli 725 lisans başvurusu olmuştur. TEİAŞ'a göre 7 GW'lık desteklenen şebeke kapasitesi düşünüldüğünde çakışmayan lisans başvurularının teknik bir incelemeden geçmesi ve bu başvuruların fizibilitesine karar verilmesi gerekmektedir. Çakışan başvurulardan teknik incelemeyi geçenleri için ise rüzgar santrali lisansının en yüksek teklifte bulunana verileceği bir ihale düzenlenecektir (TEİAŞ 2011).

Türkiye rüzgar enerjisi yatırımları için coğrafi olarak avantajlı bir konumdadır. Ege ve Marmara bölgeleri rüzgar enerjisiyle elektrik üretimi için en cazip bölgelerdir. 2008 yılı itibarıyla kurulu rüzgar enerjisi kapasitesi 363,7 MW'tır.21 Toplam rüzgar enerjisi potansiyelinin ise 131.756 MW olduğu tahmin edilmektedir (TEİAŞ 2011).

Eylül 2009 itibarıyla 4.237 MW kapasiteye denk gelen 105 adet lisansı verilmiş ve onaylanmış rüzgar santrali bulunmaktadır. İncelenmek üzere bekleyen 727 adet lisans bulunmaktadır ve bu da 31.957 MW'lık bir kapasiteye karşılık gelmektedir (TEİAŞ 2011).

2009 ile 2018 yılları arasındaki dönem için TEİAŞ projeksiyonları yüksek veya düşük kapasite ve yüksek veya düşük talebin yer aldığı dört farklı senaryo içermektedir. TEİAŞ'nin yüksek kapasite senaryosuna göre, 3.176 GWh'lik projelendirilmiş elektrik üretimiyle (bu rakamın artmaya devam ederek 2012 yılında 3.663 GWh'ye ulaşacağı varsayılmaktadır) kurulu rüzgar enerjisi kapasitesinin 2011 yılına kadar 1.012 MW'a ulaşması beklenmektedir (ETKB 2011).

4.2.7. Rüzgar Enerjisinin Avantajları ve Dezavantajları

Rüzgâr santrallerinin hammaddelerinin atmosferdeki hava akımları olması nedeni ile sürekli tesislerdir. Ana çalışma mekanizmaları hava akımları olduğu için, tesisin yakıt maliyeti yoktur. Bununla beraber enerji santrallerinin sürekliliği olduğu için, ve yerli kaynaklı olduğu için enerjide dışa bağımlılığı yok etmektedir.

Rüzgar santralleri diğer enerji santralleri ile kıyaslandıklarında en çabuk devreye alınabilen tesislerdir. Sistem mekanizmaları ve tesis işletmeleri çok gelişmiş teknolojiler gerektirmemektedir. Bu da kuruluş ve kullanımında yaygınlaşmaya yardımcı olmaktadır. Yatırım maliyetleri dışında herhangi bir işletme maliyetine gerek duyulmaması tesislerin ekonomik yönünü güçlendirmektedir (Ataman 2007).

Tesis işletme süresince herhangi bir katı, sıvı ya da gaz atık oluşturmadığı için, tesisten herhangi bir sera gazı salınımı söz konusu değildir. Yapılan akademik çalışmalara göre, 1 MW rüzgar enerjisine dayalı kurulu güç, yaklaşık 150 bin ağaca eşdeğer oksijen tasarrufu sağlamaktadır. Yani 12 bin MW rüzgar enerjisi kurulu güç, 1,8 milyar ağaca eşdeğer oksijen tasarrufu anlamına gelmektedir. 600 kW gücünde bir rüzgar türbini, ürettiği enerjisinin fosil yakıtlarından elde edilme durumuna göre, 80 bin ağacın ürettiği oksijene yakın oksijen tasarrufu sağlamaktadır (Ataman 2007).

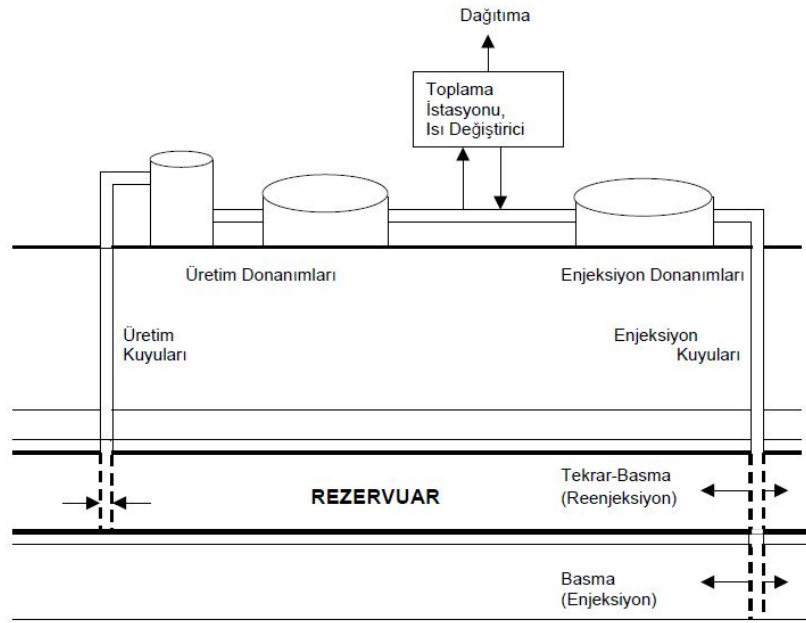
Rüzgar enerji santralleri çok geniş alanlara gerek duymamakla birlikte, enerji tesislerinin kurulduğu alanlar, tarım alanı olarak da kullanılabilir. Üstelik sadece toprak alanda değil, son zamanlarda hava akımlarının çok güçlü olduğu açık deniz ve okyanuslarda da rüzgar enerji santralleri kurulmaya başlanmıştır (Varınca 2005).

Bütün bunların yanı sıra, rüzgar enerji santralleri kurulu buldukları alanlardaki elektromanyetik alanları etkileyebilmekte, radyo ve televizyon dalgalarının etkilenmesine neden olmaktadır. Aynı zamanda görsel ve estetik olarak görüntü kirliliğine neden olmakla birlikte, kuşların göç yollarında değişiklik meydana gelmesine ve kuş ölümlerine de neden olmaktadır (Varınca 2005).

4.3. Jeotermal Enerji

Jeotermal enerji kaynağı işletilirken, enerji kaynağının kullanımı için gerekli yüzey donanımlarının ve enerjinin kullanıcıya dağıtımını söz konusu ise gerekli merkezi ısıtma ve dağıtım sisteminin tasarımı, yeraltındaki jeotermal rezervuarın ısı kapasitesine, üretilebilirliğine ve ömrüne bağlı olarak yapılmalıdır. Rezervuarın ne kadar ısı içerdiği bilinmeden, bu ısının ne kadarının üretileceği ve ne kadar bir süre işletilebileceği belirlenmeden, yüzey donanımlarının ve merkezi ısıtma sistemleriyle konutlara dağıtım için hatların yapılması, uygun olmayacaktır.

Jeotermal sahalar işletilirken üretilen atık jeotermal akışkanın geldiği yere basılması veya üretilen atık jeotermal akışkanının üretildiği formasyon dışında bir başka formasyona basılması işlemi, tüm jeotermal saha işletimlerinde olmazsa olmaz koşullardan birisidir. Tekrar-basma işleminde genel yaklaşım; basılan akışkanın mümkün olduğunca üretilen akışkanın sıcaklığını etkilemeyecek kadar uzaklara basılması, rezervuardaki orijinal akışkana göre yoğunluğu daha yüksek olan artık akışkanın formasyon içinde daha derinlere basılması ve daha sonra ısındıktan sonra yükselerek üretim kuyularına varması şeklindedir. Bu nedenle, tekrar-basma işleminde kullanılan kuyuların yerlerinin seçimi ve derinlikleri oldukça önemlidir. (Satman 2001)



Şekil 4.13. Jeotermal enerji kaynağı sistem şeması. (Satman 2001)

4.3.1. Jeotermal Enerjiden Elektrik Enerjisi Üretimi

İlk çağlardan yakın geçmişe kadar sadece sağlık amacıyla kullanılan jeotermal kaynaklardan günümüzde; doğrudan ısıtmada ya da başka enerji türlerine dönüştürülerek yararlanılmaktadır. 20. yüzyıl başına kadar sağlık ve yiyecekleri pişirme amacı ile yararlanan jeotermal kaynakların kullanım alanları gelişen teknolojiye bağlı olarak günümüzde çok yaygınlaşmış ve çeşitlenmiştir. Bunların başında elektrik üretimi, ısıtma ve endüstrideki çeşitli kullanımlar gelmektedir.

Hazne sıcaklığı 200 °C ve daha fazla olan jeotermal akışkandan elektrik üretimi gerçekleştirilmektedir. Ancak günden güne gelişmekte olan yeni teknolojilere göre 150

°C'ye kadar düşük hazne çıkışlı akışkandan da elektrik üretilmektedir. Son yıllarda geliştirilen ve ikili (binary) çevrim olarak adlandırılan bir sistemle, buharlaşma noktaları düşük gazlar (freon, izobütan vb.) kullanılarak $70^{\circ}\text{C} < T < 80^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar sıcaklıktaki suların elektrik üretilmektedir. Jeotermal enerjiden elektrik üretimi ilk olarak 1904 yılında İtalya'da olmuştur. Jeotermal akışkandan elektrik üretimi başta A.B.D. ve İtalya'da olmak üzere Japonya Yeni Zelanda, El Salvador, Meksika, İrlanda, Filipinler, Endonezya, Türkiye v.b. ülkelerde yapılmaktadır (EİE 2011).

4.3.2. Buhar Baskın Sahalar

Kullanımı en kolay olan sahalarda kuru buhar sahalardır. Kuyudan alınan buhar filtreden geçirilerek bir yoğunlaştırıcı türbine gönderilir. Kondensere ilave olarak doğal ya da mekanik soğutma kulesi kullanılır (EİE 2011).

4.3.3. Jeotermal Enerji Isı Teknolojisi

Jeotermal enerji ısı teknolojisi sistemleri, jeotermal akışkanın kimyasal özelliğine bağlı olarak değişmektedir. Akışkan, kimyasal açıdan sorun yaratıcı nitelikte değilse, ısıtılacak alanda **radyatör** ve **uygun boru sistemi** aracılığıyla dolaştırılarak ısıtma sağlanabilmektedir. Akışkanın kimyasal açıdan sorun yaratıcı (kabuklaşma, korozyon) nitelikte olduğu durumlarda ise ısıtma, akışkan ısısının, **ısı değiştiricileri (eşanjörleri)** kullanılarak düşük kimyasal yoğunluklu suya (şehir şebeke suyuna) aktarılmasıyla gerçekleştirilmektedir (Anonim 1996).

4.3.3.1. Isı pompaları (heat pumps), ısı teknolojisi sistemlerinden bir diğerini oluşturmaktadır. Bu sistemler, akışkan sıcaklığının genelde $100^{\circ}\text{C} - 300^{\circ}\text{C}$ aralığında olduğu düşük sıcaklıklı jeotermal sahalarda kullanılmakta ve buralardan aldıkları ısıyı, yüksek sıcaklığa dönüştürmektedir. Böylece, geleneksel jeotermal ısıtma sistemlerinden ekonomik anlamda etkinlik sağlanamayan kaynakların (yüzeğe yakın ılık su kaynakları, toprak, hava, vd.) değerlendirilmesi mümkün olmaktadır. Isı pompalarında kaynak olarak genelde hava ve toprak kullanılmakta olup; bu sistemden hem ısıtma amaçlı, hem de soğutma amaçlı olarak alan iklimlendirmesi uygulamalarında yararlanılmaktadır. Söz konusu ısı teknolojisi sistemlerinin, birbirinden farklı birçok kullanım alanı bulunmaktadır. Bu alanlardan bazıları aşağıda yer almaktadır:

- * Konutların ısıtılması ve soğutulması
- * Seraların ısıtılması
- * Kentlerin ısıtılması
- * Hayvan çiftlikleri, caddeler ve havaalanı pistlerinin ısıtılması
- * Yüzme havuzları, termal tedavi merkezleri ve turistik tesislerin ısıtılması
- * Organik maddelerin kurutulması
- * Orman ürünlerinin kurutulması
- * Şeker, ilaç ve pastörize süt fabrikalarında ürünlerin soğutulması
- * Mantar, tropikal bitki ve balık yetiştirilmesi.

4.3.4. Jeotermal Enerji Elektrik Teknolojisi

Jeotermal kaynaklı elektrik enerjisi üretimi genellikle orta ve yüksek sıcaklıklı sahalardan elde edilmekte olup, temelde iki ayrı sistemle gerçekleştirilmektedir. **Buhar baskın sistemde**, jeotermal akışkan, ayrıştırıcı makinelerde (seperatörlerde) su ve buhar olarak ayrıştırılmaktadır. Elde edilen buhar ise ilk olarak türbinlere gönderilmekte; ardından, türbinlerin çalıştığı üreteç aracılığıyla elektrik enerjisi üretilmektedir.

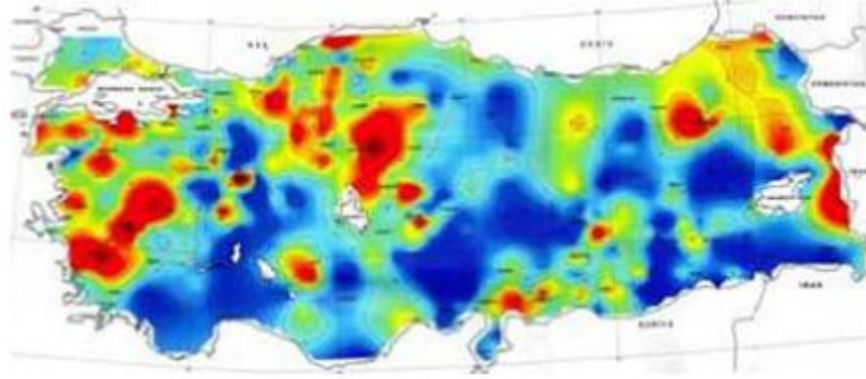
“Tek buharlaşmalı (single flash)” yapılarda bu işlem tek bir ayrıştırıcıda gerçekleştirilirken; “çift buharlaşmalı (double flash)” yapılarda sıcak su, ilk ayrıştırma işleminden sonra ikinci bir ayrıştırıcıya tekrar gönderilmekte ve ortaya çıkan buhar türbinlere iletilerek elektrik enerjisi üretimi sağlanmaktadır. Çift buharlaşmalı yapılardan tek buharlaşmalı yapılara göre % 15-20 arasında daha fazla verim elde edilmektedir. Bunun yanı sıra, ayrıştırıcı sayısı çoğaltılarak oluşturulan “çoklu buharlaşmalı (multi flash)” yapılar da kullanılmaktadır.

Elektrik teknolojisi sistemlerinden ikincisi **sıvı baskın sistem** olup, uygulamada en çok bilineni “ikili çevrim (Binary)” tipi santrallerdir. Binary tipi santralde akışkan, su ve buhar olarak ayrıştırılmamakta; bu akışkanın enerjisi “ısı değiştiricisi” aracılığıyla ikincil bir çalışma akışkanına (freon vb. kimyasallar) aktarılarak elektrik enerjisi üretilmektedir. Bu şekilde, orta sıcaklıklı kaynaklardan elektrik üretmek ve jeotermal kaynakların kullanımını artırarak artık ısıyı geri kazanmak mümkün olmaktadır (Üçgül 2005).

4.3.5. Türkiye’de Jeotermal Enerji Potansiyeli

Türkiye jeolojik konumu ile genç tektonik kuşakta yer almaktadır. Bu aktif tektonik yapıdan dolayı bir çok jeotermal enerji sahasına sahip olan Türkiye, dünyada yedinci sırada bulunmaktadır. Jeotermal alanlar özellikle tektonik aktivitelerin yoğunlaştığı Ege Bölgesindedir (Şekil 4.14). Mevcut veriler incelendiğinde, Türkiye’nin toplam jeotermal kaynaklarının elde edilebilecek elektrik potansiyeli 2.000 MWt’dır (EİE).

Türkiye’de mevcut jeotermal rezervlerden elde edilebilecek elektrik enerjisi ile toplam ihtiyacın %5’i, ısıtmada ise yaklaşık 5.000.000 konuta eşdeğer olan %30’u karşılanabilmektedir.



Şekil 4.14 Türkiye’de Jeotermal Enerji Dağılımı

Şuanda Türkiye’de jeotermal potansiyelin 1177 MWt doğrudan ve 20,4 MWe dolaylı olmak üzere sadece % 3,5’u kullanılmaktadır ve bu oranı kısa zamanda arttırmak mümkündür. Bu imkanlar göze alınarak 2013 yılına kadar jeotermal elektrik üretim hedefi 550 MWe (4.4 Milyar kWh/Yıl) olarak belirlemiştir. Türkiye’deki potansiyel elektrik üretimine uygun alanlar Şekil 4.5.’te verilmiştir. Açıklanan hedefe ulaşılabilme amacıyla 13 Haziran 2007’de Resmi Gazete’de yayınlanan "Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu" ile mevcut kaynakların araştırılması ve işletilmesi özel ve tüzel kişilerde açılmıştır. Yakın gelecekte jeotermal enerji alanında yatırımların büyük miktarlarda artacağı beklenmektedir (ANONİM 2011).

Çizelge 4.5. Rüzgar Enerjisinden Elektrik Üretimine Uygun Alanlar (EİE).

İl	Bölge	Sıcaklık (Grad C)	Kapasite 2013 (MWt)
Denizli	Kızıldere	242	80
Aydın	Germencik	232	130
Manisa	Alaşehir-Kavaklıdere	213	15
Manisa	Salihli-Göbekli	182	15
Canakkale	Tuzla	174	80
Aydın	Şalavatlı	171	65
Kütahya	Simav	162	35
İzmir	Seferihisar	153	35
Manisa	Salihli-Caferbey	150	20
Aydın	Sultanhisar	145	20
Aydın	Yılmazköy	142	20
İzmir	Bağcıva	136	5
İzmir	Dikili	130	30

4.3.6. Türkiye’de Bulunan Bazı Jeotermal Enerji Tesisleri İle İlgili Gözlemler

Türkiye’de özellikle Batı Anadolu bölgesindeki jeotermal rezervuarların çoğunluğu içinde çözülmüş CO₂ bulundurmaktadır. Çözülmüş halde bulunan CO₂ rezervuar içerisinde kalsit çökelmelerine neden olabilmektedir. Bununla birlikte çözülmüş formda bulunan CO₂ nin sahip olduğu kısmi basınç, üretimde oluşan basıncı dengeler ve rezervuar basıncının korunmasında yardımcı olur. Çözülmüş CO₂ nin endüstri kullanılan kimyasal bir madde olduğu için, endüstri de kullanılabilir.

Bazı jeotermal kaynaklarımızdan üretilen su, Kızıldere jeotermal sahasında olduğu gibi, bor içermektedir. Üretilen artık sudan kurtulmak amacıyla artık suyun saha yakınındaki akarsulara verilmesi tarımsal açıdan sorunlar yaratmaktadır. Bu tür çevre sorunlarının da olası çözümü tekrar-basma uygulaması olabilir. Türkiye jeotermal merkezi ısıtma potansiyeli kapasitesi 50 bin konuta ulaşmış olmakla birlikte, 500 bin konuta ulaşması beklenmektedir. Artan jeotermal potansiyeli istenen bir durum olmakla birlikte, projelerin üretim ve rezervuar mühendisliği konularında, rezervuar modelleme ve tekrar basma-çekme uygulamaları genel olarak ihmal edilmektedir. Bu ihmaller ileriki dönemlerde büyük sıkıntılara yol açabileceğinden yukarıda bahsedilen unsurların detaylı olarak irdelenmesi gerekmektedir.

Jeotermal sahaların işletilmesindeki bir diğer problem de sahaların sürdürülebilirlikleri dikkate alınmadan kuyuların delinmesidir. Jeotermal enerjinin sürdürülebilirliği göz önüne alınıp kuyu adetleri ve sondaj miktarları titiz bir şekilde çalışılmalıdır (SATMAN,2001)

4.3.7. Jeotermal Enerjinin Avantajları ve Dezavantajları

Jeotermal enerji, birtakım yönleriyle diğer yenilenebilir enerji kaynakları içinde farklı bir yere sahiptir. Bu yönler aşağıda belirtilmektedir:

Jeotermal enerji, yenilenebilir bir enerji kaynağı olması nedeniyle ömrü oldukça uzundur. Bu ömrün uzunluğu, jeotermal kaynak depolarının jeotermal akışkan tarafından sürekli beslenmesine bağlı olmaktadır. Bunun için, ısı veya elektrik üretiminde kullanılan jeotermal akışkanın, çevreye atılmadan yer altına geri basılması (reenjeksiyonu) gerekmektedir.

Akışkanın yer altına geri gönderilmesi, jeotermal enerjinin sadece kullanım ömrünü uzatmamakta, aynı zamanda çevreye yönelik olumsuz etkilerini de önlemektedir. Akışkan içindeki bor ve tuz miktarının yüksek oluşu, özellikle tarımsal uygulamalarda olumsuz sonuçlar yaratırken, geri basım yöntemiyle bu sorunun ortadan kaldırılması mümkün olmaktadır.

Jeotermal enerji, çevre kirliliği yaratan karbon gazı salınımı konusunda, diğer enerji kaynaklarına göre önemli bir üstünlüğe sahiptir. Eski nesil jeotermal elektrik santralleri 0,136 kg/MWh karbon üretirken, yeni nesil santrallerde (Binary tipi) ve ısıtma sistemlerinde bu rakam daha da düşmektedir (Karamenderesi 2001).

Jeotermal enerjinin, yüksek teknoloji gerektirmeyen yerli bir enerji kaynağı oluşu, bu enerjiden yararlanan ülkeleri hem teknolojik, hem de politik yönden bağımsız kılmaktadır.

Jeotermal enerji elektrik santralleri ve ısıtma sistemlerinde, ilk yatırım maliyetleri henüz ekonomik bir seviyeye gerilememiştir. Buna karşın, üretim ve işletme-bakım maliyetlerinin düşük oluşu, uzun dönemde ekonomik getiriye mümkün kılmaktadır.

Jeotermal enerjiden ısı ve elektrik üretimi, petrol, nükleer ve hidroelektrik enerjide olduğu gibi büyük tesisler gerektirmemektedir. Bu nedenle, jeotermal enerji tesislerinin bakımı daha kolay ve düşük maliyetli olmaktadır (Kılıç 1998).

Jeotermal enerji, kısa süreli meteorolojik olaylardan etkilenmeyen sürekli bir enerji kaynağıdır. Diğer yandan; rüzgar, güneş ve hidroelektrik enerji gibi diğer yenilenebilir enerji kaynakları değişken ve kesik bir niteliğe sahiptir.

Jeotermal enerji sondaj uygulamalarında kullanılan boru sistemlerinde ise, akışkan içindeki kimyasallardan dolayı korozyon ve kabuklaşma gibi sorunlar ortaya çıkmaktadır. Ancak, son teknolojik gelişmeler, bu sorunu önemli oranda azaltmaktadır.

Jeotermal enerjinin kullanımıyla ilgili diğer bir olumsuzluk ise, bu enerji kaynağının yerinde kullanılıp uzak mesafelere taşınmasının sınırlı oluşudur. Günümüzde jeotermal enerji, yaklaşık 100 km'lik mesafeye kadar etkin bir şekilde taşınabilmektedir (Kılıç 1998)

Sonuç olarak, jeotermal enerji potansiyelinden, konut ısıtmadan elektrik enerjisi üretimine, soğutmadan termal tedaviye, endüstriyel kullanımdan balıkçılığa kadar birçok farklı alanda yararlanılmaktadır. Gelecek yıllarda, dünyadaki jeotermal enerji ısı potansiyelinin sadece % 1'inin kullanılması bile, milyonlarca konutun düşük maliyetle ısıtılmasına yetecek olup, ısınma amaçlı kullanılan milyarlarca metreküplük doğalgazın da tasarruf edilmesini sağlayacaktır (Karamenderesi 2001).

4.4. Hidroelektrik Enerjisi

Hidroelektrik enerjisi, yenilenebilir enerji sistemleri içinde en uzun geçmişe sahip ve teknolojik olarak en çok ilerlemiş olan enerji sistemleridir. Uzun süredir bilindiği için kullanımları da oldukça yaygındır. Hidroelektrik enerji mekanizmasında sudan elektrik üretilmektedir bu nedenle hidroelektrik santralleri kurulurken, güçlü akımları olan nehirler seçilmektedir. Hidroelektrik enerjisinde enerji miktarı suyun akış şiddetine veya düşüş şiddetine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. (Ataman 2007).

Aşağıdaki bölümde hidroelektrik santralleri çeşitleri hakkında kısaca bilgi verilmektedir.

4.4.1. Hidroelektrik Santral Çeşitleri

Çizelge 4.6. Düşülerine Göre Hidroelektrik Santraller(Yıldız 1992).

Alçak Düşülü Santraller: $H < 15m$	Genellikle debisi büyük, düz arazilerde akan, yatak eğimi az nehirler üzerinde kurulan ve çoğunlukla Kaplan Türbini kullanılan santrallerdir
Orta Düşülü Santraller: $15m < H < 50m$	Çeşitli debilerdeki nehirler üzerinde kurulan Kaplan veya Francis Türbini kullanılan santrallerdir. Bu santrallerin uzunca bir cebri boru sistemi yoktur.
Yüksek Düşülü Santraller: $H > 50m$	Genellikle engebeli veya dağlık araziden akan nehirler veya barajlar üzerinde kurulan santrallerdir. Debiler değişken olup bir yaklaşım kanalı veya tüneli ile bir cebri borsu vardır. Francis veya Pelton türbinleri ile donatılmışlardır

Çizelge 4.7. Ürettikleri Enerjinin Karakter ve Değerine Göre Hidroelektrik Santraller (Yıldız 1992).

Baz Santraller	Devamlı olarak enerji üreten santrallerdir
Pik Santraller	Enerjinin en çok ihtiyaç duyulduğu sürelerde çalışan santrallerdir.
Orta Kapasiteli Santraller:	1000 kW - 9999 kW arası olan santraller

Yüksek Kapasiteli Santraller	10000 kW ve daha fazla olan santraller
-------------------------------------	--

Çizelge 4.8. Kapasitelerine Göre Hidroelektrik Santraller (Yıldız 1992).

Küçük Kapasiteli Santraller:	99 kW 'a kadar olan santraller
Düşük Kapasiteli Santraller:	2100 kW - 999 kW arası olan santraller
Orta Kapasiteli Santraller:	1000 kW - 9999 kW arası olan santraller
Yüksek Kapasiteli Santraller	10000 kW ve daha fazla olan santraller

Çizelge 4.9. Yapılışlarına Göre Hidroelektrik Santraller (Yıldız 1992).

Yer Altı Santrali	Topografik, jeolojik, ekonomik veya emniyet nedenleri ile santrali yeraltında yapmak icap edebilir.
Yarı Gömülü veya Batık Santraller	Santral dar veya kayalık bir vadide yapılacaksa ve açıkta yer yoksa santralin yarısı yeraltında, yarısı açıkta yapılabilir
Yer Üstü Santrali	Jeneratör katı ve üst yapı yer üstünde olan santraldir

Çizelge 4.10. Üzerinde Kuruldukları Suyun Özelliklerine Göre Hidroelektrik Santraller (Yıldız 1992).

Nehir Santraller	Nehir tabanı yeterince geniş ise bütün yapı bu genişliğe yerleştirilir, değilse o kesit kazılarak genişletilir ve bütün tesisler aynı en kesit üzerine yerleştirilir. Nehir santral yapıları; regülatör ve ilgili yapılar (nehir nakil araçları geçiş yeri, tomruk yolu, balık geçiş yeri) eşik,
-------------------------	--

	ızgara, perde ve benzeri duvar, servis köprüsü, dalgıç perde, giriş yapısı ve bölme ayakları, santral binası, kuyruk suyu kanalı, istinat duvarlarından ibarettir.
Kanal Santraller	Bu tip santralleri yapabilmek için su, bir çevirme yapısı ile bir kanala (veya tünele) çevrilerek santraller ve ilgili yapılar bu kanalın üzerine yapılabilir. Ya da bu kanal düşü kazanmak için epeyce uzatılarak topografyanın ve jeolojinin en uygun olduğu bir yerden cebri boru ile santrale bağlanır.
Baraj Santraller	Tipik bir baraj santraline ait yapılar; <ul style="list-style-type: none"> • Su alma yapısı • Kuvvet tüneli • Denge bacası • Vana odası • Cebri borular • Santral binası • Çıkış suyu kanalı • Salt sahası ve iletim hatları

Çizelge 4.11. Pompaj Rezervuarlı Santraller (Yıldız 1992).

Pompaj Rezervuarlı Santraller	Bu santraller, enerjiye ihtiyaç azaldığı saatlerde şebekeden aldıkları enerji ile rezervuara su pompalarlar. Günün enerjiye en çok ihtiyaç olduğu saatlerde (pik saatlerde) birikmiş suyu türbinleyerek enerji üretirler. Türkiye’de hidroelektrik üretimin % 95,7’si barajlı santrallerden % 4,3’ü doğal göl ve akarsu
--------------------------------------	---

	santrallerinden sağlanmıştır. Türkiye'nin toplam elektrik üretimi içerisinde barajlı santrallerin katkısı % 36,5, doğal göl ve akarsu santrallerinin katkısı % 1,7'dir. Türkiye'de barajlı santraller pik yük dışında baz yük karşılamak için kullanılmaktadırlar.
--	--

4.4.2. Hidroelektrik Sistemlerde Kullanılan Türbinler

Türbinler, akışkanın hidrolik enerjisini mekanik enerjiye çeviren makinelerdir. Basit olarak bir mil ve mil üzerindeki kanatçıklardan oluşurlar. Kullanılan akışkana göre türbinin yapısı değişmektedir. Genel olarak şu prensiple çalışırlar; Sistemdeki akışkan (su) türbinin kanatçıklarına çarparak türbin miline hareket verir, hareket milin çıkışında mekanik işe dönüşür ve mekanik işten jeneratörler vasıtasıyla elektrik üretilir.

Hidroelektrik güç tesislerinde kullanılan türbinlere hidrolik türbinler veya su türbinleri adı verilir. Su türbinleri kullanım alanlarına, ürettikleri güce, güç üretme biçimlerine göre birçok şekilde sınıflandırılabilirler.

Çizelge 4.12. Düşüye Göre Sınıflandırma

$H > 300$ m	Yüksek basınçlı su türbini
$300 \text{ m} < H < 20$ m	Orta basınçlı su türbini
$H < 50$ m	Düşük basınçlı su türbini

Çizelge 4.13. Türbin Çıkış Güçlerine Göre Sınıflandırma

> 100 MW	Yüksek güçlü hidrolik türbinler
20 – 100 MW arası	Orta güçlü hidrolik türbinler
1 – 20 MW arası	Küçük güçlü hidrolik türbinler
100 KW – 1 MW arası	Mini Hidrolik türbinler
5 KW – 100 KW arası	Mikro hidrolik türbinler
(< 5 KW	Piko hidrolik türbinler

Çizelge 4.14. Türbin Milinin Durumuna Göre Sınıflandırma

Yatay eksenli türbinler
Dikey eksenli türbinler
Eğik eksenli türbinler

Çizelge 4.15. Suyun Akış Doğrultusuna Göre Sınıflandırma

Eksenel akışlı türbinler (Kaplan, Uskur)
Radyal akışlı türbinler (Francis)
Diyagonal akışlı türbinler (Yüksek Hızlı Francis)
Teğetsel akışlı türbinler (Pelton, Banki)
Saptırılmış akışlı türbinler (Turgo)

4.4.3. Türkiye’de Hidroelektrik Potansiyeli

Ülkemizdeki brüt hidroelektrik potansiyeli 433.000 GWh/yıl, teknik potansiyeli 216.000 GWh/yıl ve ekonomik potansiyel ise 127.381 GWh/yıl dır. Türkiye’nin 433.000 GWh/yıl olan brüt potansiyeli Dünya’nın toplam potansiyelinin % 1 ‘i, Avrupa’nın toplam potansiyelinin % 16’sı civarındadır. Ülkemizdeki elektrik tüketimi ise her yıl % 8-10 arasında artış göstermektedir (Anonim 2008).

Türkiye’de yıllık ortalama yağışı yaklaşık 643 mm olup, yılda ortalama 501 milyar m³ suya denk gelmektedir.. Bu suyun 274 milyar m³ ’ü toprak ve su yüzeyleri ile bitkilerden olan buharlaşmalar yoluyla atmosfere geri dönmekte, 69 milyar m³ ’ lük kısmı yeraltı suyunu beslemekte, 158 milyar m³ ’ lük kısmı ise akışa geçerek çeşitli büyüklükteki akarsular vasıtasıyla denizlere ve kapalı havzalardaki göllere boşalmaktadır. Yeraltı suyunu besleyen 69 milyar m³ ’ lük suyun 28 milyar m³ ’ ü pınarlar vasıtasıyla yerüstü suyuna tekrar katılmaktadır. Ayrıca, komşu ülkelerden ülkemize gelen yılda ortalama 7 milyar m³ su bulunmaktadır. Böylece brüt yerüstü suyu potansiyeli 193 (158+28+7) milyar m³ olmaktadır(Anonim 2008).

Çizelge 4.16. Türkiye ve Dünya’da Hidroelektrik Potansiyeli (Acar,E. Doğan, A. 2008).

DÜNYA ve TÜRKİYE HİDROELEKTRİK (HES) POTANSİYELİ			
	Brüt HES Potansiyeli (GWh/yıl)	Teknik HES Potansiyeli (GWh/yıl)	Ekonomik HES Potansiyeli (GWh/yıl)
DÜNYA	40.150.000	14.060.000	8.905.000
AVRUPA	3.150.000	1.225.000	0
TÜRKİYE	433.000	216.000	127.381

4.4.4. Hidroelektrik Enerjinin Avantajları ve Dezavantajları

Hidroelektrik enerji, kurulduğu alanı herhangi bir taşkın veya erozyon tehlikesine karşı korumaktadır. Herhangi bir sera gazı salınımı, katı ve ya sıvı atığa neden olmadığı için son derecede çevreye dost, temiz ve yenilenebilir bir enerjidir. Bulunduğu bölgede balıkçılığa imkan tanıdığı için balıkçılık faaliyetini destekler. Diğer yakıtlarla karşılaştırıldığında, çok daha az yabancı kaynağa ihtiyaç duyar. Bunlarla birlikte çok kısa sürede devreye alınıp, devreden çıkartılabildiklerinden kullanımda pik saatler olarak belirtilen 18-22 saatleri arasında devreye girip, ihtiyacı karşılayabilir. Ani bir talep olması durumunda birkaç saniye içinde devreye alınabilir. Ayrıca %80'lere varan verimliliklerle çalışabilmektedir. Nehirler üzerine kurulan hidroelektrik santraller suyun akış hızını kestiği için erozyonu bir nebze engellemektedir. Yağmur ve kar sularının erimesi ile kolayca enerji potansiyeli artabilmektedir.(Akdoğan 2006).

Bütün bunlarla birlikte, biriktirmesiz santrallerde kurak yıllarda elektrik üretilmesi ve su rejimine bağlı olarak büyük değişiklikler göstermektedirler. Biriktirmeli santrallerin yatırım ilk yatırım maliyetleri çok fazla olmakla birlikte, baraj yüzeyi nehir yüzeyine göre daha fazla yer kapladığı için buharlaşma artar ve buna bağlı olarak havadaki nem oranı artış gösterir. Bu da bölgenin iklimini etkileyip, ekolojik dengenin bozulmasına neden olmaktadır. Biriktirmeli santrallerin toplam inşaat süresi uzun olmakla birlikte kurulan barajlar çok büyük alanların sular altında kalmasına sebep olduğundan dolayı, geniş bir bölgenin sular altında kalmasına yani bir nevi toprak kaybına neden

olmaktadırlar. Hidroelektrik santrallerin kapladıkları büyük alanlar, bölgede bulunan halkın yaşam ve tarım alanlarını da içine aldığında, büyük nüfus göçüne sebep olabilmektedirler (Akdoğan 2006).

4.5. Deniz Kaynaklı Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Dünya, yenilenebilir enerji kaynakları açısından oldukça zengin bir gezegendir. İnsanoğlu, bu kaynaklardan önemli bir kısmını günlük yaşamda kullanılabilir bir hale getirmiş olup; söz konusu kaynaklara yönelik teknolojilerin gelişimi küresel ölçekte hızla yaygınlaşmaktadır.

Bunun yanı sıra, Dünya'nın 3/4'ünü meydana getiren okyanus ve denizlerden elde edilen enerji, günümüz şartları itibariyle ticari anlamda henüz yararlanılamayan; ancak, teknolojik olarak belirli bir seviyeye ulaşılmış olan deniz kaynaklı yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Bu kaynaklardan enerji elde etmenin çeşitli biçimleri olmakla birlikte, başlıcalarını; "gelgit enerjisi" ve "dalga enerjisi" oluşturmaktadır (Şen 2002).

4.5.1. Gelgit Enerjisi

Gelgit (medcezir) hareketinin temelinde; ağırlıklı olarak Ay'ın (% 68) ve Güneş'in (% 32), Dünya'yı çekim kuvvetiyle çekmesi yatmaktadır. Bu çekim kuvveti sonucunda, okyanus veya denizlerdeki su seviyesi yükselerek sahil içlerine doğru hareket etmekte, ardından da alçalarak geri çekilmektedir. Günde iki kez, süreli ve zamanı önceden bilinen bir şekilde tekrarlanan bu harekete "gelgit" adı verilmektedir.

Gelgit hareketinden enerji üretimi için en elverişli alanlar, kıyılardaki koy veya körfez (haliç) türü yapılar olmaktadır. Bu alanlar, gelgit sonucu oluşan su seviyesindeki kabarmayı yükseltmekte; böylece, daha büyük miktarda enerji üretimi mümkün olmaktadır.

Tarihsel açıdan değerlendirildiğinde; gelgitlerden enerji elde edilmesi 1100'lu yıllara dayanmaktadır. Bu dönemde, Fransa ve İngiltere kıyılarına kurulmuş olan gelgit değirmenleri, mısırların öğütülmesi için kullanılmıştır. Günümüzde ise, gelgitlerden

elektrik enerjisi üretilebilmekte olup, bu enerji türü birkaç farklı yöntemle elde edilmektedir (Şimşek 2005).

Elektrik enerjisi üretiminde kullanılan yöntemlerden biri, gelgit hareketi sırasında su seviyesindeki yükselme ve alçalma farkından (uygun yükseklik 5 metre) yararlanılmasına dayanmaktadır. Buna göre; körfez veya koyların gerisine bir baraj kurularak yükselen suyun bu baraja girmesi sağlanmakta; ardından, suyun çekilmesi sırasında oluşan kuvvet, türbin sistemi aracılığıyla elektrik enerjisine dönüştürülmektedir.

Bir başka yöntemde ise, suyun depolanmasına gereksinim duyulmadan (baraj bulunmamakta), yükselme ve alçalma sırasında oluşan akıntıların hızlarından yararlanılmakta; akıntıların meydana geldiği alanın önüne türbin/türbinler konarak elektrik enerjisi üretilmektedir. Söz konusu yöntem, deniz/okyanus akımlarından (akıntılardan) elektrik enerjisi üretimiyle benzer bir işleyişe sahiptir.

Bu alanda kullanılmakta olan teknolojilerin ortak özelliği ise; baraj veya türbin gibi yapıların geniş bir alan gerektirmesi ve kurulum maliyetlerinin yüksekliği olmaktadır. Gelgit ve diğer akıntıların oluşumu sürekli olmamasına karşın önceden bilinebilmesi önemlidir. Ayrıca, yapılacak tesislerde, deniz veya okyanus yaşamındaki canlılara yönelik olası olumsuz etkiler göz ardı edilmemelidir (Şimşek 2005).

Gelgit enerjisinin dünyadaki durumu incelendiğinde; kurulu kapasitesi en büyük gelgit enerji santrali, 240 MW büyüklüğündeki Rance Nehri (Fransa) kıyısına kurulmuştur. Bir başka büyük ölçekli enerji santrali ise, Fundy Körfezi (Kanada) kıyısındaki 18 MW'lık tesistir. G.Kore ise, 260 MW'lık kapasiteye sahip dünyanın en büyük gelgit santralini kurmak için çalışmalarına başlamıştır (Şimşek 2005).

Gelgit enerjisi potansiyeline ilişkin en ciddi çalışmalar ise AB'de yapılmaktadır. Birlik, gelgit enerjisinin teknik potansiyelini yıllık 105,4 TWh, ekonomik potansiyelini ise yaklaşık 50 TWh olarak belirlemiştir. Gelgit potansiyelinin yaklaşık % 90 'lık bölümü ise Fransa ve İngiltere kıyılarında bulunmaktadır (Atlas Okyanusu kıyısı ülkeler).

Bunun yanı sıra, G.Amerika'nın güney ve ABD'nin doğu kıyıları ile Çin, Japonya, Filipinler ve İrlanda gibi ülkelerin kıyılarında da önemli miktarda gelgit potansiyeli bulunmaktadır (Şimşek 2005).

4.5.2. Dalga Enerjisi

Genel olarak dalga; atmosferdeki hava hareketleri sonucunda ortaya çıkan rüzgarların, deniz veya okyanus yüzeyindeki sürtünmesi sonucu su seviyesini kabartmasıyla oluşmaktadır. Rüzgarların meydana gelmesinin nedeni, Güneş ışınları ve onun ortaya çıkardığı ısınma sonucu olduğundan, dalga oluşumunun da ana kaynağı "Güneş" olmaktadır. Bu yönüyle dalgalar, ağırlıklı olarak "Ay" kaynaklı olan gelgitlerden ayrılmaktadır.

Dalga yükseklikleri, deniz yüzeyiyle karşılaştırıldığında, okyanus yüzeyinde daha büyük boyutlara ulaşmaktadır. Enerji elde edilmesi için gerekli tipik dalga yükseklikleri ise 2-3 m. arasında değişmektedir. Ayrıca, büyük dalgaların oluşumu bir deprem sonrasında da gerçekleşebilmektedir. Bu dalgaların çok büyük ve zararlı olanlarına "deprem sonrası dalga (tsunami)" adı verilmektedir (Şen 2002).

Dalgalardan enerji üretilmesi konusunda yapılan çalışmalar, genel olarak, elektrik enerjisi üzerinde yoğunlaşmaktadır. Bu alanda kullanılan başlıca sistemler ise; "sabit sistemler (fixed devices)" ve "yüzen sistemler (floating devices)" olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (Uyar 2005).

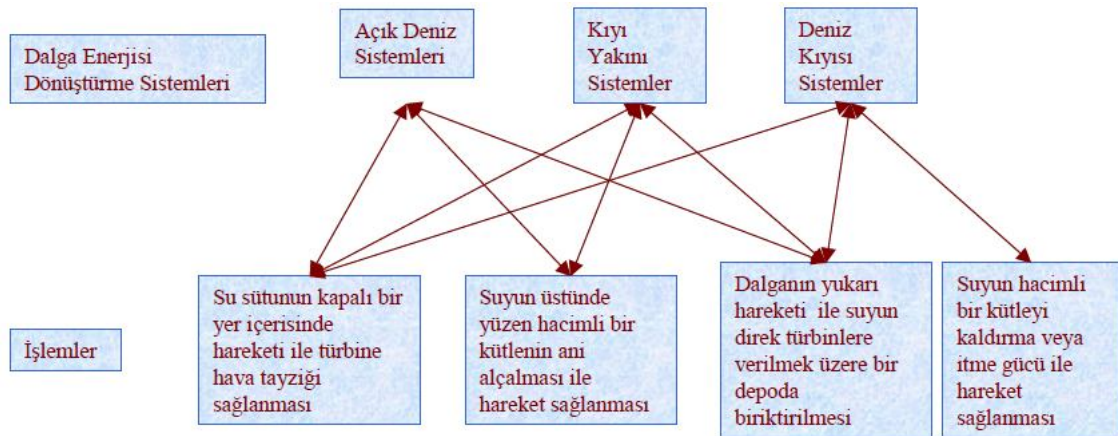
Sabit sistemler, oldukça sağlam bir temel üzerine yerleştirilmekte olup; kıyı boyunca dalgakıranların önüne inşa edilebileceği gibi, kıyı ötesinde yer alacak olan sabit bir deniz tabanı üzerine de kurulabilmektedir. Günümüzde, en gelişmiş dalga enerji santralleri bu sisteme göre tasarlanmaktadır.

Buna karşın, yüzen sistemler ise; su yüzeyi üzerinde gemi gibi hareket edebilen, kıyıyla bağlantısı yüksek gerilim kablolarıyla sağlanan sistemlerdir. Bu sistemlerin konumu, motor veya demirleme yöntemiyle değiştirilip sabitlenebilmektedir.

Henüz araştırma–geliştirme çalışmaları devam eden bu sistemlerden elektrik enerjisi üretilmesi, çoğunlukla su hücreleri aracılığıyla gerçekleştirilmektedir. Su hücrelerine alınan dalgalar hücre içinde hareket ederken, hücrede bulunan hava sıkıştırılarak mekanik enerji elde edilmektedir. Bu yapının işleyişi, klasik bir tulumba sistemine (emme-basma) benzemekle birlikte, mekanik enerjinin elektrik enerjisine dönüşüm işlemini türbinler sağlamaktadır (Sağlam 2005).

Tüm bu sistemlerin ve genel olarak dalga enerjisinin önemli ölçüde olumlu yönleri bulunmaktadır. Bunlar; güç kaynağının sonsuz ve bol olması; fosil yakıtlara bağımlılığı, küresel ısınmayı, asit yağmurlarını ve her türlü kirliliği dolaylı olarak azaltması; iş alanları yaratması, elektrik şebekesinin olmadığı uzak alanlara elektrik sağlaması, deniz ortamında yapılacak diğer çalışmalarda potansiyel teknolojinin kullanımına olanak tanınması, tuzlu suyun tatlı suya çevrilip gereksinim bulunan bölgeye pompalanması, deniz dibi zenginliklerinin yüzeye pompalanması ve kıyıların korunması gibi alanlara yeni bir yaklaşım getirmesidir (Uyar 2005).

Bununla birlikte; deniz dalgalarının enerji amaçlı kullanımında birtakım sınırlamalar da bulunmaktadır. Her dalga boyutunun kullanılması için bir tasarımın oluşturulamaması, gemi rotalarının geçtiği yollar, askeri tatbikatlar, balık avlanma sahaları, su altı kabloları gibi kısıtlamalar büyük dalga enerjisi projelerine başlamadan önce dikkate alınması gereken konular olmaktadır (Sağlam 2005).



Şekil 4.15. Dalga Enerjisi için Mevcut Sistemler ve İşlemler (Demirci 2008).

4.5.3. Dünya Deniz Kaynaklı Yenilenebilir Enerji Potansiyeli

Dünyada, dalga kuvvetinin en yoğun olduğu yerlerin başında Atlas Okyanusu gelmektedir. Özellikle Avrupa'nın batı kıyıları, dalga enerjisi potansiyeli açısından oldukça zengin bir bölgedir. Ayrıca, Kanada ve ABD'nin kuzey kıyıları ile G.Afrika ve Avustralya kıyılarında da önemli miktarda dalga enerjisi potansiyeli bulunmaktadır. Küresel dalga enerjisi potansiyelinin ise yaklaşık 2.000 TWh/yıl olduğu belirtilmektedir (Uyar 2005).

Bu alanda araştırmalar yapan ve deneme amaçlı dalga enerji sistemleri kuran başlıca ülkeler; Hindistan, Çin, Norveç, Japonya, İskoçya ve Portekiz'dir. Bu ülkelerden Portekiz, her biri 750 KW kapasiteli üç kıyı ötesi sistemden oluşan, ticari nitelikli ilk dalga enerjisi çiftliğini kurma çalışmalarına başlamış bulunmaktadır (Terzi 2006).

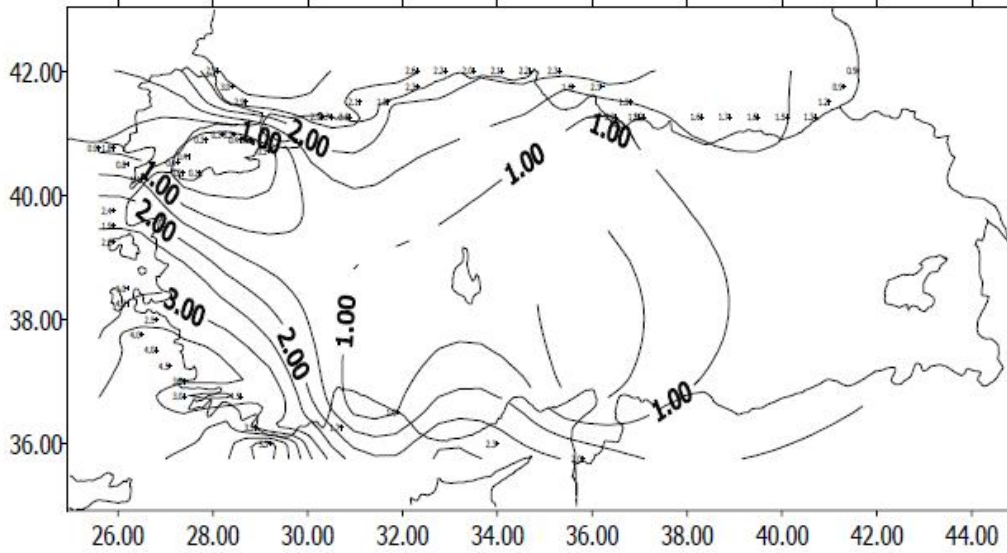
Sonuç olarak, okyanus veya denizlerden yararlanılarak elektrik enerjisi üretimi, diğer yenilenebilir enerji kaynaklarıyla karşılaştırıldığında oldukça yeni olup, tüm yenilenebilir enerji kaynakları içindeki payı günümüzde % 0,1'in altında gerçekleşmektedir. IEA'nın 2030 yılı için yaptığı öngörüler de % 1 oranının aşamayacağı yönündedir. Kullanılan teknolojilerin maliyet seviyelerinin düşürülmesi ve su ekolojisinin bozulabileceği yönündeki kaygıların ortadan kaldırılabilmesi durumunda, uzun vadede olumlu sonuçlar alınması mümkündür (Anonim 2010).

4.5.4. Türkiye'nin Deniz Kaynaklı Yenilenebilir Enerji Potansiyeli

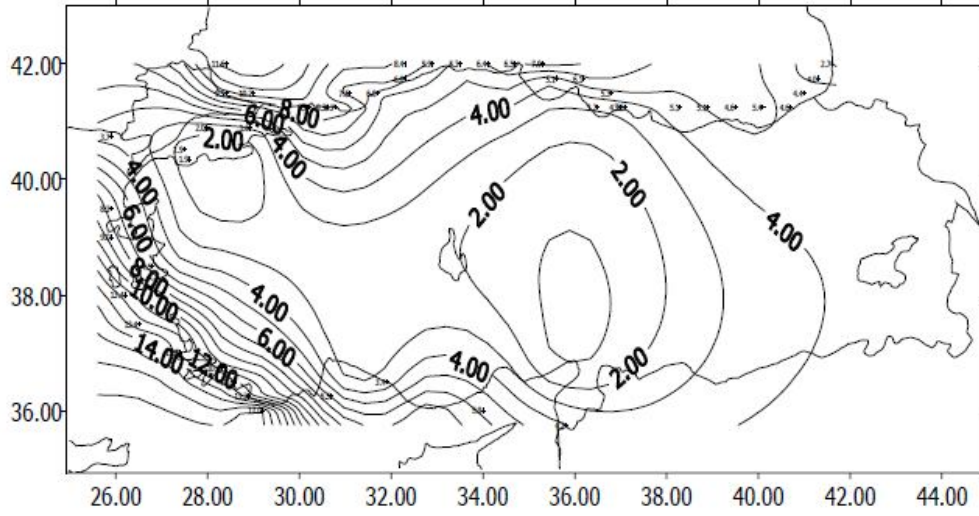
8210 km'lik kıyısı bulunan ülkemizin de önemli boyutlarda dalga enerjisi potansiyeli vardır. Dalga enerjisi en çok önerilen yenilenebilir teknolojilerden biridir. Temiz, ucuz ve doğal enerji kaynağı olan, doğal dengeyi koruyan, solunabilir temiz havayı sağlayan, ülke ekonomisine destek olan dalga enerjisi üç yanı denizlerle çevrili ülkemizde yararlanılması gereken yenilenebilir enerji kaynaklarından biridir. Türkiye'de Marmara Denizi dışında açık deniz kıyıları 8210 km'yi bulmasına karşın dalga rasatları ve

bunlara ilişkin ölçüm verileri yoktur. Dalganın gücü Akdeniz kıyıları için ortalama 13 kW/m olarak verilmektedir (Terzi 2006).

Deniz kökenli yenilenebilir enerjiler, deniz dalgası enerjisi, boğaz akıntıları, med-cezir ve deniz sıcaklık gradyanı (derece farklılığı) gibi çeşitlidir. Türkiye’de bunlardan yalnızca deniz dalgası enerjisi ve boğaz akıntıları olanağı vardır. Medcezir olanağı bulunmasa da denizlerimizde farklı sıcaklıklarda akıntılara da rastlanmaktadır. Üç tarafı denizlerle çevrili Türkiye’de deniz dalgası konvektörleri ile bu enerjiden yararlanılması düşünülmelidir. Bu kaynağın değerlendirilmesi için dalganın rasatlarından başlanarak, teknik ve ekonomik incelemeler yapılmalıdır. Karadeniz, Marmara ve Ege Denizi, tuzluluk gradyanının (derece farklılığı) farklı oluşu nedeni ile İstanbul ve Çanakkale boğazlarında üst ve alt akıntılar oluşmuş bulunmaktadır. Akıntının hızı birçok yerde 8 knot (14,8 km/h = 4,1 m/s) olarak saptanmıştır. Bu değer önemli bir kinetik enerji potansiyeline işaret etmektedir. İstanbul ve Çanakkale boğazlarında deniz akıntıları varsa da, deniz trafiği bu enerjinin kullanılma olanağını sınırlandırmaktadır (Uyar 2005).



Şekil 4.16. Asgari Dalganın Seviyeleri (Uyar 2005).



Şekil 4.17. Asgari Dalga Seviyeleri (Uyar. 2005).

Karadeniz'in diğer denizlere göre daha dalgalı olduğu iddialarının aksine, Güneybatı Anadolu yönünde hakim olan Ege Denizi ve Akdeniz üzerindeki rüzgar potansiyeli 4-17 kW/m'lik yıllık ortalama dalga gücünde bir yoğunlaşmaya neden olur. Dalga enerjisinden yararlanmak için en uygun yer, İzmir-Antalya arasına denk gelen denizlerdir (Uyar 2005).

Çizelge 4.17. Bölgesel Ortalama Dalga Yoğunlukları (Uyar. 2005).

Bölge	Güç
Karadeniz	1,96-4,22 kWh/m
Marmara Denizi	0,31-0,69 kWh/m
Ege Denizi	2,86-8,75 kWh/m
Akdeniz	2,59-8,26 kWh/m
İzmir-Antalya Arası	3,91-12,05 kWh/m

En iyi dalga gücü kaynaklarından olan Kalkan açıkları için yapılan tahminler ve istatistiksel analizlerle toplanan bilgiler, dalga gücü yoğunluğunun 6,6 kWh/m-7,6 kWh/m arasında olduğunu göstermektedir. Dalga yükseklikleri 1,21 m'ye varabilmekte ve dalga periyotları 6,09 saniyeye ulaşmaktadır. Türkiye'de toplumun genel olarak deniz kıyılarında yasama eğilimi göstermesi kıyılarda nüfus yoğunlaşmasına neden

olduğundan, özellikle bu bölgeler için dalga enerjisi, yerel planlamaya önemli bir değer olarak girmelidir. Bu aynı zamanda elektrik şebekelerine yatırımı da azaltacak, milli ekonomiye büyük katkı sağlayabilecektir. Bu bağlamda denizlerin; yenilenebilirliği en yüksek, bol, yaygın dev enerji depoları olduğu göz önünde bulundurulmalı, 2010-2020 yılları arasında kirlilik yaratmaksızın ve mümkün olan en az çevresel etki ile büyük miktarda elektrik üretebilecek önemli bir kaynak olarak öngörülmelidir (Terzi ve ark. 2006).

Marmara Denizi dışında açık deniz kıyıları 8210 km yi bulan Türkiye’de küçük dalga enerjisi sistemleri için birim dalga ön yüzü başına kurulu güç 10-20 kW/m alınırken, geliştirilmiş tesislerde bu güç 40 kW/m’nin üzerine çıkmaktadır. Dalga konvertörlerinin çevrim verimleri %25’in altına düşmemektedir. Bu koşullarda Türkiye kıyılarının beşte birinden yararlanılarak sağlanabilecek dalga enerjisi teknik potansiyeli 18,5 milyar kWh/yıl düzeyinin üzerinde olmaktadır. Üç tarafı denizlerle çevrili ülkemiz için dalga enerjisinden faydalanmanın başlıca amacı, bakım giderinden başka gideri olmayan, çevreye herhangi bir kirlenici bırakmayan çok büyük bir enerji kaynağını değerlendirmektir (Sağlam 2005).

4.5.5. Deniz Kaynaklı Yenilenebilir Enerjinin Avantajları ve Dezavantajları

Dalga ve gel-git (deniz kökenli yenilenebilirler) kirlenici etkisi olmayan, rüzgar estikçe ve dünya-güneş-ay arası çekim kuvveti devam ettikçe sürekliliği olan yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Yakıt maliyetleri yoktur ve ömürleri uzundur. Gelgit barajı dalgakıran görevini görür ve çok yüksek dalgalara karşı bulunduğu havzayı sel taşkınlarına karşı korur. Bu enerji, fosil yakıtlara bağımlılığı, küresel ısınmayı, asit yağmurlarını, her türlü kirliliği dolaylı olarak azaltması, elektrik şebekesinin olmadığı kıyı bölgelerine elektrik sağlaması, tuzlu suyu tatlı suya çevirerek ihtiyaç duyulan bölgeye pompalayabilmesi gibi olumlu yönleri sahiptir (Terzi ve ark. 2006).

Deniz dalga enerjisinde; her boyut ve güçte santral deniz yüzeyinde kurulabilir. İlk yatırımdan başka girdisi yoktur. Hava kalitesini yükselten, temiz, sınırsız ve ucuz enerjidir. Nüfus yoğunluğu kıyılarda toplanmış olan ülkelerde enerji, üretilen yerde

tüketileceğinden uzun iletim hatlarına gerek yoktur. Öngörülen enerji ihtiyacına göre boyutlandırılabilir. Büyük dalga boyutu maliyeti düşürür. Deniz üzerinde kurulduğundan tarım arazilerini yok etmez. Özellikle adalar için uygun enerji santralleridir. Tamamen yerli teknoloji ve yerli imalat olması durumunda enerjide dışa bağımlılığı azaltabilecektir (Uyar 2005).

Denize bıraktığı hiçbir fiziksel, kimyasal ve organik kirleticisi yoktur. Ancak, sistemlerin inşası sırasında bir miktar emisyon açığa çıkmaktadır. Dalga enerji sistemleri durgun su oluştururlar ve böylece kano ve dalma gibi su sporlarının yapılmasına imkan sağlamış olurlar. Dalga enerji sistemleri çeşitli deniz canlıları için yapay bir ortam oluşturur ve deniz içinde değişik türdeki canlı popülasyonlarının gelişmesini destekleyebilir.

Ancak bir gel-git enerji santrali nehir ağzındaki ekosistem üzerinde önemli değişikliklere sebep olabilir. Her proje için özel bir Çevresel Etki Değerlendirmesi yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Projenin neden olacağı değişiklikler hem su kalitesini hem de ırmak yatağındaki çökeltilerin hareketini ve kompozisyonunu etkileyebilir. Suyun bulanıklığında olabilecek herhangi bir azalmanın, besin zincirinde de alt etkileri olabilir. Alçak su seviyelerindeki artışlar ile akıntılar ve su bulanıklığındaki genel bir azalma, etrafı çevrili havzaları su bazlı rekreasyon için daha cazip duruma getirecektir. Ayrıca, her dalga boyutunun kullanılması için bir tasarımın oluşturulamaması, gemi rotalarının geçtiği yollar, balık avlanma alanları, askeri tatbikatlar, su altı kabloları gibi sınırlamalar dalga enerjisi projelerine başlamadan önce dikkat edilmesi gereken konulardır (Sağlam 2005).

Dalga ve akımlardaki değişim, yüzeye yakın yaşayan canlı türlerini doğrudan etkiler. Bu durum dikkatli yer seçimi gerektirmektedir. Özellikle kıyı şeridi ve kıyıya yakın uygulamalarda görüntü ve gürültü kirliliği söz konusu olabilir. Bu yüzden yapılar ses geçirmez özellikte olmalıdır. Kıyıdan uzak uygulamalar denizcilik için tehlike oluşturabilir. (Dalga enerjisi üreten cihazların kıyı deniz trafiğinde sorunlara yol açabilmesi.) Kıyı şeridi ve kıyıya yakın uygulamalar estetiksel açıdan olumsuz etki yaratabilir. Su yüzeyinin büyük bir kısmının dalga enerji sistemleri ile kaplanması deniz

yaşamına zarar verirken (kıyı ekosistemini olumsuz etkileyebilmesi) aynı zamanda atmosferle teması engellediği için daha büyük etkiler de yaratabilir. Dalga enerji tesisleri, dalgakıran gibi davrandığı için denizi durgunlaştırır. Bu birçok limanda istenen etki olmasına karşın denizin üst tabakasının karışımını yavaşlatması deniz yaşamını ve balıkçılığı ters yönde etkiler. Bu olay yüzeyin çok altında yaşayan balıkları doğrudan etkilemese de azalan karışımdan dolayı yüzeydeki üretim değişir ve otçul popülasyonun yiyecek temini azalır (Terzi 2006).

Bunlara ek olarak turizm üzerinde olumsuz etkiler doğurabilmesi, başlangıç yatırım maliyetlerinin yüksek oluşu gibi olumsuz tarafları da vardır. Fosil yakıtta olan bağımlılığı azaltacak, temiz, güvenilir ve sonsuz yenilenebilir enerji kaynağı olan deniz kökenli enerji kaynaklarının üretiminde yer seçimine önem verilerek ekosisteme verilecek etkiler en aza indirilebilir (Uyar. 2005).

Dalga enerjisi dezavantajları ile karşılaştırıldığında avantajları ağır basan, sürdürülebilir kalkınma, sürdürülebilir ve temiz enerji gibi kavramlarla tutarlı, CO₂ emisyonu bulunmayan bol miktarda bir enerji kaynağıdır (Sağlam 2005).

4.6. Hidrojen Enerjisi

Güneş ve diğer yıldızların termonükleer tepkimeye vermiş olduğu ısının yakıtı hidrojen olup, evrenin temel enerji kaynağıdır. Hidrojen bilinen tüm yakıtlar içerisinde birim kütle başına en yüksek enerji içeriğine sahiptir. 1 kg hidrojen 2,1 kg doğal gaz veya 2,8 kg petrolün sahip olduğu enerjiye sahiptir. Ancak birim enerji başına hacmi yüksektir (ANONİM 2011).

Isı ve patlama enerjisi gerektiren her alanda kullanımı temiz ve kolay olan hidrojenin yakıt olarak kullanıldığı enerji sistemlerinde, atmosfere atılan ürün sadece su ve/veya su buharı olmaktadır. Hidrojen petrol yakıtlarına göre ortalama %33 daha verimli bir yakıttır. Hidrojenden enerji elde edilmesi esnasında su buharı dışında çevreyi kirletici ve sera etkisini artırıcı hiçbir gaz ve zararlı kimyasal madde üretimi söz konusu değildir. Araştırmalar, mevcut koşullarda hidrojenin diğer yakıtlardan yaklaşık üç kat pahalı olduğunu ve yaygın bir enerji kaynağı olarak kullanımının hidrojen üretiminde maliyet

düşürücü teknolojik gelişmelere bağlı olacağını göstermektedir. Bununla birlikte, günlük veya mevsimlik periyotlarda oluşan ihtiyaç fazlası elektrik enerjisinin hidrojen olarak depolanması günümüz için de geçerli bir alternatif olarak değerlendirilebilir. Bu tarzda depolanan enerjinin yaygın olarak kullanılabilmesi örneğin toplu taşıma amaçları için- yakıt piline dayalı otomotiv teknolojilerinin geliştirilmesine bağlıdır (ANONİM 2011).

Günümüzde hidrojen ağırlıklı olarak doğal gazdan buhar reformasyonu sonucu elde edilmektedir (Guhencin 2002, Momirlan ve Veziroğlu 2002). Suyun elektrolizi bilinen bir yöntem olmakla beraber ekonomik hale getirilmesi konusunda çalışmalar, gene benzer şekilde güneş enerjisinden biyoteknolojik yöntemlerle hidrojen üretimi konusunda geliştirme çalışmaları devam etmektedir (Eroğlu ve diğerleri 1999; Koku ve diğerleri 2002, 2003).

Günümüzde hidrojen konusundaki çalışmaların önemlice bir kısmı otomotiv sektörünü esas almaktadır. Hidrojen içten yanmalı motorlarda yakıt olarak kullanılabilir. Ancak hidrojenin gerçek anlamda üstünlüğü yakıt pillerinde ortaya çıkmaktadır. Nitekim hidrojen üretimi ve depolanması konusunda son yıllarda yoğunlaşan araştırmalar paralelinde yakıt pillerinde de benzer geliştirme çalışmalarının yoğunlaşmasına sebep olmuştur (Ergül ve diğerleri 1997, Han ve diğerleri 2000, Yazaydın ve diğerleri 2003). Otomotiv sektöründe bilinen pek çok firma hidrojen-yakıt pili esaslı kapsamlı araştırma programları başlatmıştır. Bu programlara ilişkin bilgi kaynakçada verilmektedir.

Mormillan ve Veziroğlu'nun analizleri mevcut durumda hidrojenin diğer hidrokarbon enerji kaynaklarına oranla yaklaşık 3 kat kadar pahalı olduğunu göstermektedir. Dolayısı ile hidrojenin mevcut durumda gerek otomotiv gerekse diğer alanlarda yaygın kullanımı ancak yukarıda değinilen geliştirme çalışmalarının sonucuna bağlı olacaktır.

Bununla birlikte elektrik enerjisinin depolanamaması hidrojeni bir depolama aracı olarak gündemde tutmaktadır. Nitekim hidroelektrik enerji kaynağı bol olan Kanada ve Yeni Zelanda gibi ülkeler bu doğrultuda programlar başlatmışlardır (Kruger ve

diğerleri, 2003). Bu yaklaşım hidroelektrik santrallerinin belirli yoğunlukta sürekli çalışmasını esas almakta ihtiyaç fazlası enerji ise suyun elektrolizi ile hidrojen üretiminde değerlendirilmekte ve bu şekilde enerji depolanmaktadır. Başlatılan uluslararası bir programda (Euro-Quebec) Kanada'da hidroelektrik santrallerinden elde edilen enerji, sıvı hidrojene dönüştürülmekte ve Avrupa'ya toplu taşıma vb amaçları için ihrac edilmektedir (Drolet ve diğerleri, 1996).

Hidrojenin gündemde olabileceği diğer bir alan ulusal şebekeden uzak bölgelerde izole enerji sistemlerinin oluşturulmasıdır. Burada temel enerji kaynağı güneş, rüzgar vb olmakta, üretilen elektrik enerjisi yukarıda olduğu gibi hidrojen olarak depolanabilmektedir. Sistem depolanan enerjinin gerektiği hallerde yakıt pili vasıtası ile elektrik enerjisine dönüştürülmesini esas almaktadır.

Hidrojen enerjisinin araçlarda kullanımı söz konusu olduğunda yakıt pilleri gündeme gelmektedir. Bu kullanımlarda hidrojen ve oksijen gazı reaksiyona sokularak elektrik üretilir. Üretilen bu elektrik daha sonra motorların çalışmalarında kullanılır. Bu işlem mantık olarak hidrojen elde edilmesinde kullanılan elektroliz işleminin tersidir.

Yakıt pilleri bugün için mevcut olan içten yanmalı motorlardan iki kat daha fazla verimlidir, bu nedenle yüksek hacimli depolama alanlarına ihtiyaç duyulmamaktadır. Bu büyük ölçüde yakıt depolamasını ve maliyetini azaltacaktır. Bugün değişik değişik firma ve araştırma merkezleri yakıt pilleri üzerinde çalışarak bunların hacimlerini ve verimliliklerini daha da artırarak kullanımlarının yaygınlaştırılmasını temin etmeye doğru yol almaktadır (ŞEN 2009).

4.6.1 Hidrojen Depolama Yöntemleri

Hidrojenin depolama koşullarında etkin ve güvenilir olması sabit ve taşınabilir uygulamaları için büyük önem taşımaktadır. Hidrojen gaz veya sıvı olarak saf halde tanklarda depolanabileceği gibi, fiziksel olarak nanotüplerde veya kimyasal olarak hidrür şeklinde depolanabilmektedir. Hidrür şeklinde depolama; katı halde metallerde ve alanatlarda olabileceği gibi, sodyum bor bileşiminde olduğu gibi sıvı halde de olabilmektedir.

Depolamada elde edilebilecek hacimsel ve gravimetrik hidrojen yoğunluk değerleri farklı depomla yöntemleri için çizelge 4.7’de verilmektedir. Selvam ve diğerleri 1986 tarafından verilen bu değerlere nanotüpler, alanatlar ve sodyum bor hidrür değerleri ayrıca ilave edilmiştir.

Çizelge 4.18. Değişik Ortamlarda Depolanabilecek Hidrojen Miktarı ve Enerji Yoğunlukları. (Selvam 1986)

Depolama Ortamı	Hidrojen Miktarı (ağ.%)	Hacimce Yoğunluk* (H atomu l ⁻¹) (x10 ²⁵)	Enerji Yoğunluğu*	
			MJ kg ⁻¹	MJ l ⁻¹
Gaz halde H ₂ (150 atm)	100.00	0.5	141.90	1.20
Sıvı H ₂ (-253°C)	100.00	4.2	141.90	9.92
MgH ₂	7.65	6.7	9.92	14.32
VH ₂	2.10	11.4	-	-
Mg ₂ NiH ₄	3.60	5.9	4.48	11.49
TiFeH _{1.95}	1.95	5.5	2.47	13.56
LaNi ₅ H _{6.7}	1.50	7.6	1.94	12.77
NaAlH ₄	7.40	-		8.25
NaBH ₄ (katı)	10.60	6.8	-	-
NaBH ₄ -20 Sol.	4.40	-	44	-
NaBH ₄ -35 Sol.	7.70	-	77	-

Benzin	-	-	47.27	6.6-9.9
Metanol	-	-	22.69	5.9-8.9
* Bu değerlere tank ağırlığı dahil edilmemiştir.				

4.6.1.1. Tanklarda Depolama

Hidrojen diğer gazlarda olduğu gibi uygun nitelikli tanklarda gaz veya sıvı olarak depolanabilmektedir. Nitekim otomotiv firmalarınca geliştirilen araçların büyük çoğunluğu hidrojenin tanklarda depolanmasını esas almaktadır.

Gaz halinde depolama durumunda nispeten düşük olan hacimsel yoğunluğu artırmanın bir yöntemi gazın daha düşük sıcaklıkta, örneğin sıvı azot sıcaklığında veya iyice soğutulması ile (-253 °C) sıvı olarak depolanmasıdır. Ancak sıvılaştırma için gerekli enerji küçümsenmeyecek düzeydedir, hidrojenden sağlanacak enerjinin yaklaşık ¼ 'ü kadar (Edward 1998).

4.6.1.2. Nanotüplerde Depolama

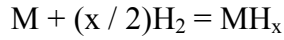
Hidrojen karbon nanotüplerde de depolanabilmektedir (Darkrim ve diğerleri, 2002). Karbon nanotüpler kısaca grafit tabakaların tüp şekline dönuşmüş halidir. Çapları birkaç nanometre veya 10-20 nanometre mertebesinde, boyları ise mikron civarındadır. Nanotüpler tek-duvarlı olarak üretilebileceği gibi çok-duvarlı tüplerde üretilebilmektedir. Çeşitli ilavelerle oluşturulan, örneğin alkali-ilaveli (Li-K), nanotüpler de mevcuttur (Hirscher 2002).

Hidrojen, nanotüplerde iki şekilde depolanabilmektedir. Zayıf -van der Waals etkileşimi- sonucu oluşan (fiziksel) depolama ile depolanan hidrojen geri alınabilmekte ve sisteme tekrar aynı miktarda hidrojen yüklenebilmektedir. Kovalent bağların oluşumu ile (kimyasal olarak) depolanan hidrojen ise ancak çok yüksek sıcaklıklarda geri alınabileceği için faydalı kapasite dışındadır (Atkinson 2001).

Çelişkili sonuçlar nedeni ile nanotüplerde depolanabilecek hidrojen miktarının güvenilir tarzda tespiti amacıyla tüm Avrupa genelinde üniversite ve araştırma enstitüleri nezdinde bir ortak program başlatılmıştır (Atkinson ve diğerleri, 2001). İlk resmi sonuç Haziran 2001'de açıklanmış ve tek duvarlı tüpler için geri dönüşümlü depolama miktarı ağırlıkça yüzde 1 olarak rapor edilmiştir. Nanotüpler konulu depolama çalışmalarında ağırlık kazanan diğer bir malzeme bor nitrür (BN)dür. Bor nitrürde depolama nanotüp, nanokapsül veya nanokafeslerde yapılabilmektedir. Oku ve Kuno (2003), BN'de ağırlıkça % 3 hidrojen depolamanın mümkün olabileceğini belirtmektedirler.

4.6.1.3. Metal Hidrürlerde Depolama

Hidrojen kimyasal olarak metallerde, alaşımlarda ve arametallerde hidrür olarak depolanabilmektedir. Reaksiyon basit olarak.



şeklinindedir. Bu reaksiyon, basınca ve sıcaklığa bağlı olarak yön değiştirmekte ve metalin cinsine göre reaksiyon endotermik veya ekzotermik olabilmektedir. Metal hidrürler hidrojen depolamanın bir aracı olarak değerlendirilebileceği gibi, kendine özgü farklı uygulama alanları da mevcuttur. Bunlardan en önemlisi reaksiyonun ısısına ve reaksiyonun tersinir olma özelliğine dayalı ısıtma-soğutma (termodinamik gereç) uygulamalarıdır (Dantzer, 1997). Bu tür uygulamalarda "reaktör"de ısı ve sıcaklık kontrolü önem kazanmaktadır (Kaplan ve Veziroğlu, 2003).

Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) ve A.B.D. Enerji Bakanlığı otomotiv uygulamaları için hedef değerleri kapasite: >% 5-6, geri bırakım sıcaklığı: <150 °C ve kullanım ömrü: >1000 dolum olarak tespit etmişlerdir (Schulz, 1999).

Hidrojen depolama, depolayıcı malzemenin yüzey durumuna aşırı bağlılık göstermekte ve bu nedenle çoğu kez bir aktivasyon işlemi gerekli olmaktadır. Bu işlem sırası ile

yüksek basınç ve vakum altında bir kaç hidrojen yükleme ve boşaltma işlemi şeklindedir.

Bu olumsuzluklara rağmen magnezyum yüksek kapasitesi ile son on yıldır yoğun geliştirme çalışmalarının odağı olmuştur. Kinetiği iyileştirme amacıyla başvurulan en yaygın yöntem mekanik öğütmedir (Güvendiren ve diğerleri, 2002). Öğütme saf olarak yapılabileceği gibi (i) metal (V, Ti, Ni, Cu, Fe gibi), (ii) metal oksit (CuO, Al₂O₃, V₂O₅ gibi), (iii) arametale (LaNi₅, FeTi gibi) ilaveler ile de yapılabilmekte ve bu şekilde katkılı öğütme daha olumlu sonuç vermektedir (Güvendiren 2003).

Güvendiren ve diğerleri (2003) tarafından yapılan çalışmada katkı maddeleri ile yapılan öğütme sonucunda magnezyumda elde edilen basınç-kompozisyon izotermi verilmektedir. %5'lik grafit ilavesi ile öğütülen magnezyumda %6 düzeyinde bir geri dönüşümlü depolama ve pratik uygulamalar için yeterli hızla bir kinetik elde edilmiştir. Ancak sıcaklık 350-400°C ile belirlenen hedef değerlerin çok üzerindedir.

4.6.1.4. Alanatlarda Depolama

Özellikle son 10 yıldır yüksek depolama kapasiteleri nedeniyle alüminyum ve bor içeren kompleks hidrürler yoğun olarak çalışılmaktadır. Bor içeren kompleks hidrürler sıvı koşullarda kullanılması nedeni ile aşağıda ayrıca değerlendirilecektir.

Alanatlarda hidrojen depolama yukarıda belirtilen metal hidrürlerde olduğu gibi toz esaslı olarak yapılmaktadır. Çalışmalar ağırlıklı olarak sodyum alüminyum hidrür üzerinde yoğunlaşmakla beraber Na₂LiAlH₆ gibi daha kompleks alanatları konu alan çalışmalarda mevcuttur (Huot ve diğerleri, 1999). Sodyum alanatta ağırlıkça toplam % 7.4 hidrojen depolanabilmekte, ancak oluşan hidrürden hidrojenin alınması normal koşullarda birkaç aşamada gerçekleşmektedir (Meisner ve diğerleri, 2002). İlk aşamada serbest kalan hidrojen 185°C gibi düşük bir sıcaklıkta gerçekleşmekte ancak burada geri dönüşüm kapasitesi % 3.7 düzeyinde kalmaktadır. Sodyum hidrürün ayrılması esaslı son aşama ise yüksek sıcaklıklar gerektirmekte ve pratikte kullanım dışı olarak değerlendirilmektedir. Bu koşullarda sodyum alanatlarda elde edilebilecek en yüksek kapasite ağırlıkça % 5.55 düzeyinde kalmaktadır.

Sodyum alanatlar ile son yıllarda yapılan çalışmalar; alanatların sentezlenmesi, 1. ve 2. reaksiyonlar esas alınarak geri dönüşümlü depolamanın sağlanması, reaksiyon hızlarının artırılması odaklı olarak sürdürülmektedir (Sandrock ve diğerleri, 2002). Özellikle son birkaç yıldır yürütülen çalışmalarda sodyum alanatın karbon, Ti, TiCl₃ gibi ilavelerle mekanik öğütülmesi ve bu şekilde reaksiyonun hızlandırılması hedeflenmiştir. Örneğin, Zaluska ve diğerleri (2000) sodyum alanatı karbon ile mekanik olarak öğütürerek, 80-140 °C aralığında ağırlıkça % 2.5-3 hidrojeni dönüşümlü olarak depolayabilmişlerdir. 150-180 °C aralığında ise geri dönüşümlü olarak depolanabilecek hidrojen miktarı % 4.5-5 olarak bulunmuştur. Bu çalışmada sodyum alanat hidrojenin emilimi için 80-90 barlık bir basınç düzeyi gerektirmektedir -Mg için bu değer sadece 3-5 bardan ibarettir. Mekanik öğütme ile reaksiyonun kinetiği iyileşmiş olmakla beraber süreler metal hidrürlere oranla daha uzundur.

4.6.1.5. Bor Esaslı Depolama

Bor esaslı sistemler ana olarak sodyum bor hidrürü esas almaktadır. NaBH₄, katı halde ağırlıkça %10,5 hidrojen içermektedir. Alanatlarda olduğu gibi sodyum bor hidrür karbon ile öğütülmüş ancak reaksiyon sıcaklığında belirgin bir düşme görülmemiştir. Mg ilavesi ile yapılan öğütmede sadece Mg'nin beklenen sıcaklıklarda hidrojen depoladığı, bor esaslı bileşenin ise reaksiyona girmediği, tespit edilmiştir, (Güvendiren 2003).

Literatürdeki sodyum bor hidrür konulu çalışmalar alanatlar ve yukarıda değinilen katı haldeki çalışmalardan farklı olarak sıvı halde kullanımı esas almaktadır. Çözelti halinde, sodyum bor hidrür, aşağıdaki reaksiyona göre



hidrojenini vermekte ve sodyum metaborata dönüşmektedir. Görüleceği üzere reaksiyon sonucu açığa çıkan hidrojen miktarı hidrür şeklinde bağlı olan hidrojenin iki katıdır. NaBH₄'de mevcuda eşit miktarda hidrojen suyun parçalanması ile açığa çıkmaktadır. yukarıda verilen reaksiyon ekzotermiktir. Bunun bir sonucu sistemden elde edilen hidrojenin nemli olmasıdır.

4.6.2. Türkiye ve Dünya’da Uygulanan Hidrojen Enerjisi Projeleri

Bu bölümde Türkiye ve Dünyada uygulanmakta olan hidrojen enerjisi projelerinden örnekler verilmiştir.

ICHET- UNIDO

Bozcaada Hidrojen Adası Projesi

Haziran 2008’de başlatılan bu projenin amacı “Küçük Adalar Geliştirme Grubu”nun geleneksel fosil yakıtlara dayalı enerji tüketimi ve tedariğinden çevre dostu, daha verimli ve sürdürülebilir yenilenebilir enerji kaynaklarına geçiş çalışmalarını desteklemektedir.

Dünyada birçok ada enerji ihtiyacını ithal edilen petrolden karşılamaktadır. Enerji tedariğinden dışa bağımlılık, ülkeleri petrol fiyatlarındaki artışlardan doğrudan etkilemesine neden olmaktadır. Bunun yanı sıra adalar çok az miktarda sera gazı salınımına sebep oldukları halde deniz seviyesindeki artış ve hava koşullarındaki aşırılıklar gibi küresel ısınmadan en çok etkilenen yerler arasındadır.

Adalar enerji ihtiyaçlarını karşılamada kendi kendine yetebilmeleri için çevre dostu yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı hidrojen enerji sistemine geçişte öncülük yapabilirler. Bu bağlamda bu tür projeler dünyanın birçok yerinde başarıyla gerçekleştirilmiştir. Bozcaada’da gerçekleştirilecek “Hidrojen Adası” demonstrasyon projesinin temel amacı hidrojen enerji hidrojen enerjisi teknolojilerinin potansiyelini demonstre ederek, adalarda yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını artırmak ve elektrik fazlasını hidrojene dönüştürerek depolamaktır. Bu kapsamda UNIDO-ICHET Bozcaada’da bir hidrojen enerji sistemi kurmayı hedeflemektedir.

“Hidrojen Adası” Demonstrasyon projesi elektrik üretimi için 25 kW solar fotovoltaik (PV) panelleri, 25 kW rüzgar türbininden ve hidrojen üretimi için 25 kW elektrolizörden, hidrojen kompresöründen, hidrojen depolama tankı ve silindirlerden, 10-15 kW ‘lık hidrojen-yakıt pili kesintisiz güç sistemi (UPS) ve 25kW lık hidrojen yakıtlı jeneratör setinden oluşacaktır. Yenilenebilir enerji ve hidrojen üretimi ile ilgili ekipmanlar (UPS) bir sağlık ocağına ve bir okula yerleştirilecektir. Projenin çekirdeğini

oluşturacak bu aktivitelerin 2 senede gerçekleştirilmesi planlanmaktadır. Kurulacak sistemin, ileriki aşamada yakıt piliyle çalışan golf arabası veya küçük bir tekneyi de içine alacak şekilde genişletilmesi düşünülmektedir.

Sistemin kurulması ve çalıştırılması adada ek istihdam oluşturacak, konu ile ilgili yapılacak eğitim ve konferanslar adaya gelen ziyaretçi sayısının artmasını sağlayacaktır. Ayrıca projenin hayata geçirilmesi ile yenilenebilir enerji ve hidrojen enerjisi teknolojilerinin kullanılması ile elde edilecek faydalar konusunda da hem Türkiye hem de dünyada bir farkındalık oluşacaktır (Anonim 2011).

Yeni Delhi Üç-Tekerlekli Hidrojenli Yolcu Taşıtı Projesi

İstanbul'da bulunan Uluslar arası Hidrojen Enerjisi Teknolojileri Merkezi (ICHET), 12 Mart 2009 tarihinde Yeni Delhi'de hidrojenli motorla çalışan üç-tekerlekli yolcu taşıtları projesi için teknik ve mali destek sağlamak amacı ile tarihi bir anlaşmaya imza attı, iki yıllık yerel ve uluslar arası kamu-özel sektör ortaklığında %50'si ICHET tarafından desteklenen 1 milyon \$ bütçeli projenin amacı, Yeni Delhi'de bulunan Paragati Maidan Fuar Alanında 15 adet hidrojen içten yanmalı motorla çalışan üç-tekerlekli yolcu taşıtı kullanılmasıdır.

2010 yılının ortalarında faaliyete geçecek üç-tekerlekli yolcu taşıtları, ziyaretçileri Paragati Maidan metro istasyonundan Yeni Delhi'nin en büyük fuar ve sergi alanına ulaşımını sağlama amaçlı olarak Hindistan Ticaret Teşvik Organizasyonu ile ortak kullanılacaktır. Mutabakat Belgesi (MoU), 12 Mart 2009'da Birleşmiş Milletler Yeni Delhi-Hindistan Ofisinde ortakların temsilcileri tarafından imzalandı. Anlaşmaya, bilimsel uzmanlık sağlayacak olan ICHET adında Dr. Mustafa Hatipoğlu, ortaklar arası irtibat ve bilgi paylaşımını üzerine alan UNIDO-Hindistan ofisi adına Philippe Scholtes, Yeni Delhi'de bulunan Hindistan Teknoloji Enstitüsü (IIT) adına Prof. Dr. Sri Niwas Singh ve ortaklığı koordine eden alternatif yakıtlar ve hidrojen araçları konusunda uzman Prof. Lalit Das, üç-tekerlekli yolcu taşıtlarını üretecek Mahindra & Mahindra Otomotiv Şirketinden Mathew Abraham, yakıt olarak kullanılacak hidrojeni sağlama ve hidrojen dolun istasyonları kurma işiyle görevli Air Products/USA Firmasından Mark Brinning imza koydu. Araçlar, iki yıllık proje süresi sonunda da

kullanımda kalarak Yeni Delhi ve Hindistan'da hidrojen dolun tesisleri kurulunu ve hidrojen araçlarının geliştirilmesi desteklenecektir (Anonim 2011).

Hidrojen Yakıt Pili Forklift Projesi

Yakıt pilli forklift projesi, geleneksel kurşun akülerin kullanımı yerine, çevre dostu, hidrojen yakıtı ile çalışan PEM Yakıt Pili sistemini içeriyor. Mayıs 2007'de başlayan proje, Türk forklift üretim firması ÇUMİTAŞ ile ortak çalışmaları ile 2009'un Mart ayında bitirilmiştir. H₂- ECOLIFT'in temel araç kısmı ÇUMİTAŞ tarafından sağlanmış olup 1 ton ağırlığındadır. 7 kW 'lık yakıt pili ve hidrojen tanklarından oluşan enerji ünitesi ise ICHET tarafından temin edilmiş ve monte edilmiştir.

Forklift üzerindeki enerji ünitesi, yerel bir hidrojen dağıtım firması tarafından, seri bağlı 15 adet basınçlı hidrojen silindirlerini tek bir girişe bağlayan boru sistemi ile tekrar hidrojen dolumuna olanak verecek şekilde dizayn edilmiştir. İlk yapılan testler, hidrojen dolun zamanları arasında geçen kullanım süresini uzatıp, forkliftin verimliliğini artırmış ve toplam performansı geliştirici etki göstermiştir.

Yakıt pili teknolojisini seçmedeki en önemli faktör çevreye olan katkısıdır. Hidrojen kullanımı sonucu ortaya çıkan yan ürün sadece su buharı olduğu için H₂ Forklift bina içi kullanımlar için çok elverişlidir. Bunun yanında eğer yakıt olarak kullanılan hidrojen de yenilenebilir kaynaklardan üretilebilirse, forkliftin kullanımından doğan karbon izin büyük ölçüde azaltılacaktır.

Teknolojinin tanıtımı için uygun bir araç olan H₂ –ECOLIFT, ICHET 'in çabalarının bir parçası olarak, hidrojen enerjisi teknolojilerine ilgiyi arttırmak amacı ile toplumsal olay ve fuarlarda kullanılacaktır (Anonim 2011).

Gezici Hidrojen Evi Projesi

Güneş, rüzgar enerjisi ve hidrojen enerjisinin, evin ihtiyacını karşılamada kullanıldığı küçük gezici ev projesi, farklı uzmanlık alanlarından oluşan yüksek lisans öğrencileri tarafından, ICHET 'in denetimi altında, Haziran 2008'de başlatılmış olup, 2009 Mart ayının sonlarında tamamlanmıştır. Bu projenin genel amacı; üniversite öğrencilerine, küçük bir eve gereken gücü verecek, bir rüzgar türbini ve güneş panelleri ayrıca elektrolizör, bir yakıt pili, aküler, dönüştürücü ve uygun elektronik akşamlarla,

yazılımları kurma hakkında farklı mühendislik disiplinleri kazandırmaktır. Gezici ev, bir mutfak, bir banyo ve bir yaşam odasından oluşan, 15 m² 'lik boş alana sahip hareket ettirebilir bir konteynırdır. Aküler, güneş panelleri ve rüzgar türbinlerinden gelen enerjiyi depolama amacı ile kullanılmaktadır. Artan elektrik, metal hidrür taklarda depolanan hidrojenin elektrolizörde üretiminde kullanılmaktadır. 2 kW'lık bir yakıt pili ihtiyaç duyulan alanlara elektrik üretirken, mutfakta bir hidrojenli ocak kullanılmaktadır. Sistem, topluma yönelik olaylarda ICHET 'in tanıtım aktivitelerine dahil edilecektir.

Projenin hedefi ise; halka projeyi tanıtırken, çeşitli yenilenebilir enerji teknolojileri alanında mühendisleri eğitmektir (Anonim 2011).

Yakıt Pili Hibrid Scooter

Milyonlarca scooter ve 3 tekerlekli araç dünya üzerinde, özellikle de Uzak-Doğu'da çokça kullanılıyor. Bu araçlara hidrojen ve yakıt pili uyarlamaları, zararlı sera gazı emisyon miktarlarını azaltırken hidrojen ekonomisine geçişi hızlandıracaktır.

Yakıt pili hibrid scooter projesi, Uluslar arası Hidrojen Enerjisi Teknolojileri Merkezi (ICHET) 'in öncülüğünde Türkiye'de başlatılmış uygulamalı bir Ar-Ge çalışmasıdır. Projeye, Haziran 2008'de tekerlekli sandalyeleri farklı kullanım koşullarına göre yeniden tasarlayan bir firma olan TAGEM-KOPİSAN 'dan Dr. Yavuz Soydan'la yapılan ortaklık ile başlandı. Proje, Mart 2009 yılında tamamlandı. Projenin amacı; küçük bir aracı, yakıt pili akülü hibrid araca çevirmek için yerel mühendislere tecrübe aktarmak ve halka açık gösterimlerde (Hannover Fuarı 2009 gibi) bu araçlara vitrin görevi vererek hidrojen enerjisine ilgiyi artırmaktır.

Arka tekerlekler gücünü var olan klasik içten yanmalı motorlardan alırken, ön tekerlekler enerjisini 1.2 kW lık PEM yakıt pilinden alan elektrik motoru ile çalışmaktadır. PEM yakıt pili ise gereken yakıtı, 100 dakika boyunca kullanım için hidrojen sağlayan 2 metal hidrit silindirden karşılamaktadır. Araç, hibrid modelde (bütün güç seneçenekleri aynı anda) veya bağımsız çalışabiliyor. Hibrid scooter, iç veya dış alanlarda maksimum 15 km/s hız yapabilecek şekilde engelli ya da yaşlı insanlar için tasarlanmıştır. Kazanılan tecrübelerle gelecekte bu teknoloji uyarlamalarını gerçekleştirmek daha kolay olacaktır. Üniversiteler ile işbirlikleri sonucunda sistem

optimizasyonu yapıp, ürün daha ekonomik ve yararlı hale getirilecektir (Anonim 2011).

Yakıt Pili Yolcu Taşıma Aracı

Bina içinde ve dışında kullanılan mobil araçlar, gelecekte kullanılacak enerji teknolojileri hakkında, toplumları bilinçlendirmek için önemli roller üstlenirler. Yolcu taşıma araçları, genelde havaalanları veya nakil alanlarında, yaşlı ve engelli yolcuları gezdirmek için kullanılır. Genellikle akü ile çalışırlar ve akülerini şarj etmek uzun zaman alırken şarj ünitelerine ihtiyaç duyarlar.

ICHET'in uygulama projelerinden biri olan yakıt pili yolcu taşıma aracı , hidrojen ve yakıt pili kullanımının topluma faydasını göstermek için ideal bir üründür. Bu proje sayesinde, yerel sanayiye benzer araçlar üretmek konusunda destek verilirken, Yıldız Teknik Üniversitesi Elektrik Mühendisliği Bölümünden bir yüksek lisans öğrencisi ise sistemin optimizasyonu konusunda tez hazırlamıştır.

Bu 4 kişilik yolcu aracı, sürüşün başlangıcında kullanılacak aküler ve 2 kW'lık yakıt pili ile çalışmaktadır. Kullanılan hidrojen yakıtı, mevcut durumda metal hidrid silindirlere sağlansa da çeşitli yeni uyarlamalar ile sisteme farklı yollarla yakıt beslemek mümkündür. Hidrojen yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlandığı sürece bu sistem çevreye CO₂ gibi zararlı bir gaz açığa çıkarmayacaktır.

Proje ICHET kaynaklarından fonlanmış olup, 2008 haziran ayında başlamış ve Mart 2009'da tamamlanmıştır. Yakıt pili sistemi, Alman Future-E firmasından tedarik edilmiştir. Aracın kendisi ICHET mühendisleri tarafından modifiye edilmiş olup, 2 kW lık yakıt pili, gerekli kontrol ve yakıt üniteleri sisteme monte edilmiştir.

Bu proje çalışmaları sonucu, sistem kurulumu ve kontrolü ile ilgili önemli deneyimler kazanılmıştır. Araç performans analizleri, sistem parçalarının boyutları ve sistemin modellenmesi başarı ile tamamlanmıştır.

Araç, hidrojene ve hidrojenin küresel çevreye faydaları konusunda ilgiyi artırmak amacı ile çeşitli fuarlar (20-24 Nisan 2009, Hannover Fuarı) ve toplumsal etkinliklerle sergilenmiştir (Anonim 2011).

IDO Yakıt Pili Kesintisiz Güç Kaynağı Projesi

ICHET ve İDO'nun ortak girişimleri ile 2008 yılının Mayıs ayında başlatılan ve Türkiye'de ilk pratik uygulamasının İDO'nun Yenikapı Merkez binasında yapıldığı proje sayesinde, elektrik kesintilerinde 5 kW lık yakıt pili kesintisiz güç kaynağı devreye girerek, turnikeler, sesli duyuru sistemi ve bilgisayarlara elektrik sağlanıyor.

Kesintisiz güç kaynakları, beklenmeyen bir elektrik kesintisi sonucunda bilgisayar, haberleşme araçları veya diğer elektriksel donanımlarda oluşabilecek hata, iş kayıplar, kazalar ya da veri kaybını önlemek amacı ile sisteme devamlı güç veren koruma amaçlı sistemler olarak tasarlanmıştır. Yaygın olarak kullanılan kesintisiz güç kaynakları, dizel jeneratörler ve akülerdir. Fakat bunların gürültü ve çevre kirliliği gibi dezavantajları vardır. Yakıt pili teknolojisinin getirdiği son yenilikler, hidrojen yakıtı sağlandığı sürece, kesintisiz güç üreten çevre dostu çözümler sunmaktadır.

İDO Yenikapı Teminali'nin arka bahçesinde kurulan, 5 kW'lık kesintisiz güç kaynağı (UPS) sistemi, bir yakıt pili ünitesi, hidrojen silindirleri ve DC/AC invertörden oluşmaktadır. Proje, kapsamında yakıt pilli güç kaynağı ünitesi uluslar arası kaynaklardan temin edilirken, ICHET'in amacına uygun olarak, yerel endüstri geliştirmekte olan hidrojen enerji piyasasına dahil etmek için Türk şirketlerden tedarik edilmiştir.

Bu projede, görselliği yüksek alanlarda çevre dostu enerjilerin kullanımı ile hidrojen teknolojilerinin tanıtılması, günlük hayata dahil edilmesi hedeflenmiştir. Projenin amaçları:

- Yakıt pillerinin kesintisiz güç kaynağı sistemlerinde (UPS) kullanımını göstermek,
- Temiz ve sessiz olarak kesintisiz elektrik elde etmek,
- Hidrojen ve yakıt pili teknolojilerinin kullanımı konusunda halkı bilinçlendirmek,
- Yerel şirketlerin hidrojen enerjisi teknolojilerine yatırım yapmalarını desteklemek,

Gelecekte benzer projeler ile yakıt pilli kesintisiz güç kaynaklarının, Ayasofya gibi görselliği yüksek yerlerde kullanımları gerçekleşecektir.

4.6.3. Hidrojen Enerjisinin Avantajları ve Dezavantajları

Hidrojen enerjisinden elektrik enerjisi eldesi oldukça yüksek verimlilikte sağlanabilmektedir. Hidrokarbon ve suların üretilmektedir, Hidrokarbon ve suyun sürekli döngü içinde olması doğal olarak hidrojen enerjisini de yenilenebilir enerji kaynakları içine almaktadır. Son ürün su olduğu için herhangi bir sera gazı oluşumu mümkün değildir (sadece havada alevli yanma söz konusu olduğunda bir miktar NO_x oluşmaktadır).

Isı ve patlama enerjisi gerektiren her alanda kullanımı temiz ve kolay olan hidrojenin yakıt olarak kullanıldığı enerji sistemlerinde, atmosfere atılan ürün sadece su ve/veya su buharı olmaktadır. Hidrojen petrol yakıtlarına göre ortalama 1.33 kat daha verimli bir yakıttır.

Hidrojen enerjisini diğer enerji çeşitlerinden ayıran en önemli özelliklerinden birisi de depolanabiliyor olmasıdır. Depolanması mümkün olduğu için, hidrojen gazı, doğal gaz veya hava gazına benzer olarak borular aracılığıyla her yere kolaylıkla ve güvenli olarak taşınabilmektedir

Diğer yenilenebilir enerji kaynakları ile kıyaslandığında, enerji kaynağı direk ortamdan kullanılamamakta, enerji eldesi için birtakım prosesler gerekmektedir.

5. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ KULLANIMININ ÇEVRESEL AÇIDAN OLUMLU ve OLUMSUZ ETKİLERİ

Fosil kaynaklı enerji üretim ve kullanımı, insan ve çevre sağlığı üzerinde olumsuz etkiler meydana getirmektedir. Bu olumsuz etkiler, başta hava kirliliği olmak üzere çeşitli çevre sorunlarının meydana gelmesi ve bunun sonucunda halk sağlığının tehdit edilmesi olarak tanımlanabilir. Mesela kömür yakıldığında, yakılan her gram kömür başına 4 gram karbondioksit açığa çıkmaktadır. Gerekli tedbirlerin alınmadığı yanma olaylarında yakılan kömürün dört misli ağırlığında CO₂ atmosfere verilerek sera etkisine sebep olunmaktadır. Tüm bu olumsuz etkiler, çevrenin yaşanamaz hale gelmesi ve insan ölümlerine neden olması gibi canlı yaşamını tehdit eden büyük sonuçlar doğurabilecek düzeydedir (Altın 2004).

Geleneksel noktada, fosil kaynaklı enerji üretim ve kullanımından kaynaklanan çevresel olumsuzluklar ve fosil kaynakların kısıtlılığı gibi konular göz önünde bulundurulduğunda, çevresel olumsuzlukları az olan ve kaynak kısıtlılığı göstermeyen yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmek gerektiği açıkça görülmektedir. Ayrıca, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmek gerektiği açıkça görülmektedir. Ayrıca, yenilenebilir enerji kaynaklarının sahip olduğu çevresel olumlu etkiler, bu kaynakların fosil yakıtlara kıyasla çevresel açıdan tercih edilmesinin kolay ve yaygınlaşmasının hızlı olmasını sağlayacaktır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının ilk çevresel olumlu etkisi, fosil kaynaklı enerji üretim ve kullanımının meydana getirdiği zararın durdurulması olacaktır. Zararın bir anda durdurulması yeterli olmayacak, fosil yakıtların kullanımından meydana gelen şimdiye kadar ki zararın düzeltilmesi için gerekli zaman zarfında da fosil yakıtlar yerine yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması gerekecektir.

İşte bu sebeplerle günümüzde klasik enerji kaynaklarına ek olarak, yeni ve yenilenebilir enerji kaynağı olarak isimlendirilen güneş, rüzgar, jeotermal, hidrojen, deniz-dalga enerjileri ve biyokütle gibi enerji kaynakları üzerine çalışmalar ve araştırmalar yapılmakta ve uygulamalar gerçekleştirilmektedir.

Tüm bunlarla birlikte, yenilenebilir enerji kaynaklarının olumsuz etkileri de vardır. Dışa bağlı enerji kaynakları olmadıkları için ekonomik olarak, fosil yakıtlara nazaran daha pahalı görülmektedirler. Teknolojileri yeni ve gelişmiş teknolojiler oldukları için, işletme ve kuruluş safhalarında özellikle de yaygınlaştırılmalarında problemler yaşanabilmektedir. Ulusal olarak yeterli yasa ve düzenlemeye sahip değildirler. Verimlilikleri fosil yakıtlarla karşılaştırıldıklarında çok daha az olduğu görülmektedir. Kullanılan bölgede yenilenebilir enerjiye yönelik sanayi dalları çok gelişmemiş olduğu için ilk yatırımlarda dış ülkelere destek alınmaktadır. (Ataman 2007).

Yenilenebilir Enerjilerin çevresel olarak olumsuz etkilerini aşağıdaki çizelgede kısaca özetlemek mümkündür:

Çizelge 5.1. Yenilenebilir Enerjilerin Çevresel Olarak Olumsuz Etkileri (Ataman 2007).

Yenilenebilir Enerji Kaynağı	Çevresel Etkisi
Biyokütle	Toprak erozyonu, su tüketiminin artması, su niteliğinin bozulması, ekosisteme olumsuz etki.
Rüzgar	Estetik bozulma, kus ölümleri ve kus göçlerinin engellenmesi, rüzgar hızının azalmasından dolayı ekosisteme etki, elektromanyetik alan bozulması ve gürültü.
Jeotermal	Toprak çökmesi, gürültü, termal kirlilik, su kirlenmesi, hava kirlenmesi
Güneş	Üretim aşamasındaki çeşitli metallere ve çözücülere vb. maruz kalınma, ekonomik ömür sonu atık maliyetleri.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının, kaynak cinslerine göre çevresel etkileri detaylı olarak aşağıdaki bölümde verilmektedir.

5.1. Güneş Enerjisinin Çevresel Etkileri

Güneş enerjisi hem bol ve bedava hem de sürekli ve yenilenebilir bir enerji kaynağı oluşunun yanında insanlık için önemli bir sorun olan çevreyi kirletici atıkların bulunmayışı, yerel olarak uygulanabilmesi, işletme kolaylığı, dışa olmaması, karmaşık bir teknoloji gerektirmemesi ve işletme masraflarının az olması gibi üstünlükleri sebebiyle son yıllarda fosil yakıtlardan meydana gelen çevresel etkilerin azaltılması için kullanılan yaygın yenilenebilir enerji kaynaklarından biridir (Bilir 2004).

Bunların yanında güneş enerjisinin sahip olduğu olumsuzluklar şöyle sıralanabilir. Birim düzleme gelen güneş ışınımı az olduğundan büyük yüzeylere ihtiyaç duyulması, güneş ışınımı sabit ve sürekli olmadığından depolama gerektirmesi, depolama imkanlarının ise sınırlı oluşu, enerji ihtiyacının fazla olduğu kış aylarında güneş ışınımı az ve geceleri hiç olmayışı, Güneş ışınımından faydalanan sistemin güneş ışığını sürekli alabilmesi için çevresinin açık olması gerekliliğidir (Bilir 2004).

Güneş kaynaklı enerji üretim sistemlerinde atmosfere herhangi bir direkt kirletici (zehirli gazlar, sera gazları) emisyonu bulunmamaktadır. Dolaylı olarak yapılan kirletici emisyonları hesaba katıldığında bile emisyon miktarı çok düşük olmaktadır (Varınca 2005).

Güneş kaynaklı enerji sistemlerinde direkt bir deşarj bulunmamaktadır. Sistemin yapısına bağlı olarak içerisinde bulunan kimyasal maddeli suyun herhangi bir kaza anında deşarjı söz konusu olabilir ancak bu normal şartlar için değil olağandışı haller için geçerlidir.

Güneş kaynaklı enerji üretim sistemlerinde çıkan atıklar sistemde kullanılan malzeme ve maddelerden oluşur. Oluşacak atık miktarı herhangi bir fosil yakıtlı enerji üretim sistemi ile kıyaslanmayacak derecede düşüktür. İlk kurulum esnasında kullanılan malzeme miktarı çok olabilir ancak uzun ömürlü olmaları sürekli olarak atık üretimini engellemektedir. Normal işletme şartlarında güneş pili sistemlerinde ne gaz veya sıvı kirletici ne de radyoaktif madde yayılımı vardır (Varınca 2005).

Kullanılan sistemin türüne bağlı olarak görüntü kirliliği oluşturabilirler ancak bugün gelinen noktada binalarda kullanılan sistemler binaya uyumlu bir şekilde, arazide kurulan sistemler ise arazinin yapısına bağlı olarak tasarlandıklarında bu tür kirliliğin oluşması önlenmektedir.

Güneş kaynaklı enerji üretim sistemleri kuruldukları yere ve türlerine bağlı olarak canlı yaşamını etkilemektedirler. Doğal ekosistemlerde alan kullanımının etkisi alanın topografyası, ekosisteme uzaklık ile alanın biyo çeşitliliği gibi özel faktörlere bağlıdır. Etkiler ve alan üzerindeki değişikliklerle inşaat aşaması esnasında yer hareketleri ve taşınma hareketleri gibi inşaat faaliyetlerinden dolayı karşılaşmak muhtemeldir. Ayrıca bozulmuş toprak arazilerinde kurulumları arazinin iyileştirilmesi açısından olumlu etki yapmaktadır. Güneş santralleri, barajlı hidroelektrik santrallerinden daha az yer kaplamaktadır. Gerek güneş pili gerekse termik tip güneş santrallerinin kapladıkları alan, 0,025 km²/MW düzeyinin altındadır. Barajlı hidroelektrik santraller için bu alan 1 km²/MW düzeyine kolayca ulaşabilmekte, hatta bunun üzerine çıkmaktadır (Varınca 2005).

5.2. Rüzgar Enerjisinin Çevresel Etkileri

Rüzgar enerjisinin hammaddesi tamamen atmosferdeki hava hareketleri olduğundan hava veya çevre kirlenmesi şeklinde bir kirlenici etkisi bulunmamaktadır. Rüzgardan enerji eldesi için kullanılan 1 MW kapasiteli bir türbin aynı enerji kömür ile çalışan bir santralden karşılanmak istendiğinde yakılacak olan ve 135.000 ağacın üretebileceği oksijeni tasarruf etmek demektir. Herhangi bir radyoaktif ışınım tahribatı yapmamaları, atık üretmemeleri, hammadde için dışarıya bağımlı olmamaları, teknolojinin basitliği, atmosfere ısı emisyollarının olmaması, işletmeye alım sürelerinin kısalığı gibi avantajlar rüzgar türbinlerini günden güne tüm dünyada daha da popüler yapmaktadır (Varınca 2005).

Rüzgar kaynaklı enerji üretim sistemlerin sahip olabileceği muhtemel olumsuzluklar ise şöyle sıralanabilir. Büyük arazi kullanımı, gürültü, görsel ve estetik etkiler, doğal hayat ve habitata etki, elektromanyetik alan etkisi, gölge ve titreşimler olarak sıralanabilir.

Ayrıca kesikli bir enerji kaynağı olması da dezavantaj olarak söylenebilir (Akkaya 2002).

Rüzgar kaynaklı enerji üretim sisteminde hammadde rüzgar olduğu ve herhangi bir yanma söz konusu olmadığından dolayı kirlenici emisyonu da söz konusu değildir. Bu sebeple hava kirliliğine sebep olmazlar (Peker 2001).

Rüzgar kaynaklı enerji üretim sistemlerinin diğer enerji üretim sistemlere kıyasla en büyük avantajı soğutma suyuna ihtiyaç duymamalarıdır. Bu sebeple herhangi bir su deşarjı olmaz ve su kaynaklarının kirlenmesi söz konusu değildir (Varınca 2005).

Rüzgar kaynaklı enerji üretim sistemlerinde atık üreten bir işlem söz konusu olmadığından atık üretimi yoktur. Çıkabilecek yegane atıklar kullanılan ve ömrünü doldurmuş malzemelerdir. Bunlar da uygun yöntemler ile bertarafı yapılabilmektedir.

Rüzgar kaynaklı enerji üretim sistemlerinde kullanılan teknoloji ve tasarıma bağlı olarak görüntü ve gürültü kirliliği meydana gelebilir ancak tesisin kurulduğu yer, yerleşim şekli ve türbin tasarımlarına göre bu tür kirliliklerin düzeltilmesi mümkündür. Proje yapılırken bu tür etkiler düşünülerek ve aza indirilerek tasarım yapılabilir.

Rüzgar kaynaklı enerji üretim sistemlerinin arazi uygulamaları geniş alanlara ihtiyaç duymaktadır. Ancak türbinler arasında tarım yapılabilmesi bu olumsuz etkiyi fırsata çevirmektedir. Rüzgar türbinlerinden kaynaklanan gürültü ve sesin, yapmış olduğu titreşimlerin insanlara, binalara ve diğer canlılara çeşitli olumsuz etkileri vardır. Ancak bunlar uygun teknolojik önlemlerle giderilebilmektedir. Türbinler doğal hayata ve habitata da çeşitli etkilerde bulunur. Etkiler canlı türlerine, mevsimine ve yer özelliğine bağlı olarak değişir. Türbinler kuş ölümlerine de sebep olmaktadır. Kuşlar bu rüzgar türbinlerine doğru sürüklenmekte, çok hızlı dönen pervanelerden kaçamamakta ve ölmektedirler (Peker 2001).

Rüzgar türbini veya üretim donanımı elektromanyetik alana tesir edip radyo ve televizyon alıcılarında parazit yapabilirler. Fakat engellenmesi basit ve ucuzdur. Enerji üretmek amacıyla kurulan rüzgar çiftliklerinin görsel etkilerinden söz etmek mümkündür. Görsellik, estetik öznel bir olgudur. Ancak temel kıstas, doğaya uyumlu bütünleşmiş bir görsel etkinin oluşturulmasıdır (Varınca 2005).

5.3. Jeotermal Enerjinin Çevresel Etkileri

5.3.1.Fiziksel Etkiler:

Jeotermal enerji kaynak alanı araması, sondaj alanlarının belirlenmesi sırasında bazı fiziksel etkilerin olabileceği gözlemlenmiştir. Özellikle Jeotermal enerjiden elektrik enerjisi üretilmesi proseslerinde aşağıdaki fiziksel etkileri görmek mümkündür:

5.3.1.1.Sondaj:

Jeotermal enerjide en önemli fiziksel etkiler sondaj prosesinde oluşmaktadır. Sondaj yapısının oluşturulması, kuyu başına ulaşımı sağlayacak yollar ve kuyu çevresindeki altyapı tesislerini kapsar. Kuyu çevresinde, 300-500 m² (küçük bir sondaj kulesi, maksimum derinlik 300-700 m) ile 1200-1500 m²'lik (küçük-orta bir sondaj kulesi, maksimum derinlik 2000 m) bir alana ihtiyaç vardır. Yapılan işlemlerle, sondaj alanının morfolojik özellikleri değişebildiği gibi, yeşil bitki örtüsüne ve orda yaşayan canlılara zararlı etkileri olabilir. Akiferlerden geçerken sondaj akışkanlarının ve yer altı sularının da karışmalarının önlenmesi gerekmektedir. Herhangi bir kaçak durumunda yer altı sularının temizlenmesi mümkün olmayacaktır. Bütün bunlarla beraber sondaj sırasında gürültü kirliliği ile birlikte istenmeyen gazların atmosfere salınımı da söz konusu olabilmektedir. Sondajda kullanılan çamurlar çevresel olarak zararlı olduğu için, sondaj işlemi bittikten sonra temizlenmeli, sondaj alanından uzaklaştırılmalıdır. Sondaj beraberinde çıkan katı atıklar özel atık tanklarına alınarak, uygun şekilde bertarafı sağlanmalıdır. Sondaj işlemi ile birlikte çevresel etkileri de sona erer. Sürekli bir çevresel etki söz konusu değildir. (Anonim 2000).

5.3.1.2.Boru Hattı:

Boru hattı, sondaj aşamasından sonraki adımdır. Boru hattı döşemeleri sırasında yine boru hattı döşenen bölgenin morfolojik yapılarında, bitki ve hayvan yaşamlarında değişikliklere neden olabilmektedir.(Barbier 1997)

5.3.1.3.Santral İşletmesi

Su:

Jeotermal Santrallerinden oluşan atıksular, doğal sulardan daha yüksek sıcaklıkta sular olmaları nedeni ile, sularda ısı kirlenmeye neden olmaktadır. Jeotermal Santrallerinden kaynaklanan atıksular gerekli analizler yapıldıktan sonra kimyasal ve biyolojik olarak alıcı ortama zarar vermiyorlarsa, uygun sıcaklığa getirildikten sonra deşarj edilebilirler.(Barbier 1997).

Yüzey Çökmesi:

Rezervuarlardan sürekli ve yüksek miktarda çekilen su miktarda, rezervuar bölgesinde kademeli çökmelere neden olabilmektedir. Bu proses yavaş oluşan bir proses olduğu için ancak yıllar sonra fark edile biliniyor, geri dönüşü olmamaktadır. Önlemenin tek yolu ise enjeksiyon işlemidir. Bununla birlikte uzun süreli yüksek miktarda çekilen suların küçük sismik hareketleri tetikleyebileceği düşünülmektedir.(Saner 2008).

Gürültü:

Jeotermal tesislerin işletilmesi sırasında tesis kaynaklı gürültü kirliliği de meydana gelmektedir.

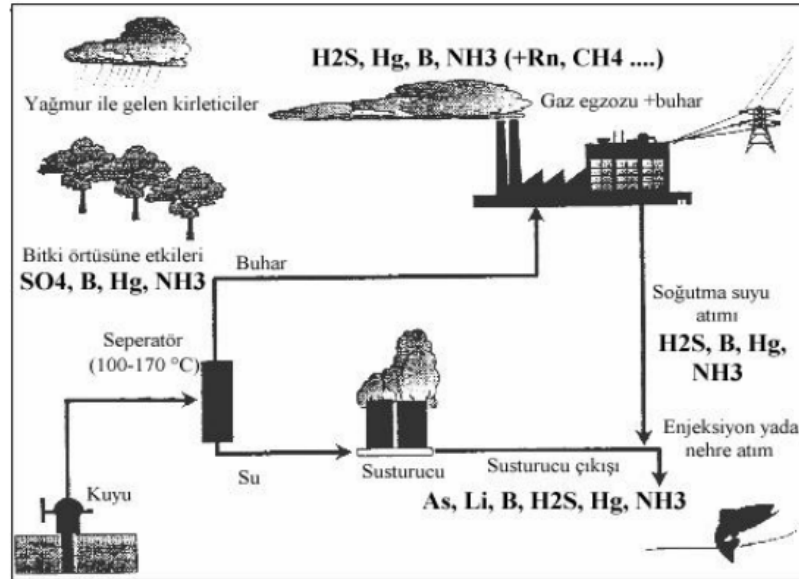
5.3.2. Kimyasal Etkiler.

Jeotermal enerji kaynaklı atıklar diğer fosil yakıt kaynaklı tesisler ve nükleer güç santrallerine göre daha temiz enerji santralleri olarak görülmektedirler. Tesis kapsamında Soğutma suyu deşarjı, gaz, buhar ve kuyu yolu ile kimyasal kirletici oluşabilmesine rağmen alınan önlemlerle birlikte kirlilik deşarjı yok edilebilecek seviyelere getirilebilir.(Saner 2008).

5.3.2.1. Gaz Emisyonu:

Jeotermal ısı tesislerinde sıvılar, katı partiküller ve yoğunlaşmış gazlar bulunmaktadır. Yoğunlaşmayan gazlar, çoğunlukla karbondioksit (CO₂) ve değişen miktarlarda hidrojen sülfür (H₂S), amonyak (NH₃), azot (N₂), hidrojen (H₂), civa (Hg), bor buharı (B), radon (Rn) ve metan (CH₄) gibi hidrokarbonlardan oluşur (Anonim 2000). Jeotermal

üretim tesislerinde standart buhar çevrim santralleri kullanılmaktadır. Bu nedenle de yoğunlaşmayan gazlar ve katı partiküller atmosfere bırakılmaktadırlar. Buhar yoğunluğu fazla olan sahalarda, buhar içindeki gaz çevresel açıdan büyük önem taşımaktadır. En belirgin gaz emisyonu, santrallerde gaz atım sistemlerinde görülür. Gaz ve katı atıklar; sondaj, sızma, temizleme ve testler dışında vanalardan ve kuyu dozajlaması sırasında ortaya çıkar. CO₂ gazı sera etkisi nedeniyle global etkiye sahip olmasına rağmen H₂S atımının etkisi lokaldir ve topoğrafyaya, rüzgar yönüne ve toprak kullanımına bağlıdır. B, NH₃ ve Hg çökeildiğinde toprak ve bitki örtüsüne de zarar vermektedir.(El-Wakil 1984)



Şekil 5.1. Bir su baskın jeotermal sahada, buhar çevrimli bir jeotermal santraldan yapılan atıkların ve kimyasalların özellikleri (Saner2008).

5.3.2.2. Kuyu ve Soğutma Suları

Bütün kuyu ve soğutma sularının enjeksiyon olmadan deşarj edilmesi, zemin açısından problem oluşturmaktadır. Her saha rezervuar kimyası açısından farklılık göstermektedir.

Jeotermal akışkanlar lityum, arsenik, florid, hidrojen sülfür, civa, kurşun, çinko ve amonyak gibi kimyasal kirlenimler ile birlikte büyük miktarlarda karbonat, silika, sülfat ve klorür içerirler. Akışkan yüzeye doğru çıkarken, kuyu içerisinde çözülmüş CO₂ gaz fazına geçerek sıvı fazı terk eder. Bu sırada üretim kuyusu içerisinde

kalsiyum karbonat (CaCO₃) çökmesi oluşur. Bu durum yüksek yoğunlaşmayan gaz içeren sahalarda önemli bir problemdir. Enjeksiyon sırasında görülen problem ise akışkan sıcaklığının düşmesinden dolayı oluşan silika (SiO₂) çökmesidir. Jeotermal akışkanın bir nehre ya da göle bırakıldığı durumlarda ise bu kirleticiler, su canlıları, bitkiler ve/veya insan sağlığına zarar verecek potansiyele sahiptir. Yüksek tuz içeren suların atımı da su kalitesi üzerinde olumsuz etkiye sahiptir. (El-Wakil,1984)

Türbin sonrası kondenserde yoğunlaşan buhar, tipik olarak yüksek konsantrasyonda H₂S, Hg, NH₃ ve daha az miktarda B içerir. Sonuç olarak bu kirleticiler soğutma suyu atımında yoğun olarak bulunurlar. Diğer potansiyel kirleticiler, kimyasalların dökülmesi ya da santralin işletilmesi sırasındaki sızma, tahmin edilemeyen fakat önlenebilir problemlerdir. Yakıtlar, yağlayıcılar, kimyasallar ve hidrokarbonların etkileri de çevresel etki değerlendirmesi sırasında göz önünde bulundurulmalıdır.

Yeraltı sularının kirletilmesi, yeraltı suları bölgesi boyunca kuyuların korunması (casing) ve sondaj akışkanları ile çamurların kontrolsüz akışının engellenmesi ile önlenebilir. (Saner,2008).

5.3.3. Biyolojik Etkiler

Jeotermal Enerji santrallerinde biyolojik açıdan etkilenme, santrallerden çıkan atıksuların, ısı farkı nedeni ile alıcı ortamdaki biyolojik yaşamı bozması ile olmaktadır. Sularda meydana gelen ısı kirlenme sonucunda alıcı ortamdaki biyolojik yaşam etkilenmekte ve ekosistemde ciddi hasarlara neden olabilmektedir (Saner 2008).

Çizelge 5.2. Balçova Jeotermal Bölgesel Isıtma Sisteminin Çevresel Etkileri (Çakın 2005)

Lokasyon	Kirletici Etkileri
Üretim Kuyuları	
Sondaj	Sondaj çamuru ve kuyu denemeleri sonucu çıkan akışkanların çevreye direk verilmesi, yer altı suyuna karışma, gaz çıkışı
Üretim	Koruyucu kaplamanın korozyona uğraması nedeniyle yeraltı suları ile etkileşim.

Temizlik, rehabilitasyon	Kuyu temizliği yada kullanılmayan kuyuların tekrar üretime geçirilmesi çalışmaları sırasında jeotermal akışkanın çevreye atılması, yeraltı suları ile etkileşim.
Akışkan Deşarji:	
Enjeksiyon	Enjeksiyon zonunun yanlış seçilmesi nedeniyle yeraltı suları ile etkileşim
Yüzey sularına deşarj	Doğal çıkışlar yada enjeksiyon hattındaki kaçaklar nedeniyle bir miktar jeotermal akışkan baraj deşarj kanalından denize atılmaktadır. Debi düşük olduğu için herhangi bir kirliliğe neden olmamaktadır.
Dağıtım hattı	Toprak altına gömülü ya da yüzeydeki borularda görülen kaçakların toprağın kimyasal yapısına etkisi.
Isı Merkezi	Gürültü, çalışanlarda duyma güçlüğü, yüksek sıcaklıktaki akışkanla çalışmaktan kaynaklanacak yanma vakaları, ısı merkezinde kullanılan çeşitli asit ve gaz kaçakları.

Çizelge 5.3. Ölçüm noktaları ve gürültü seviyeleri (Çakın 2005)

No	Ölçüm	Yer	Tanımı
1	90 dB(A)	Sirkülasyon pompası önü	Çok Gürültülü
2	83.6 dB(A)	Isı merkezine girişin önü	Gürültülü
3	67.4 Leq	Isı merkezinin sol köşesi	Gürültülü
4	66 Leq	Isı merkezinin sağ köşesi	Gürültülü
5	69.4 Leq	En yakın apartman önü	Gürültülü
6	73.3 Leq	B2 kuyusu önü	Gürültülü

5.4. Hidroelektrik Santrallerin Çevresel Etkileri

Hidroelektrik santraller yenilenebilir enerji kaynağı olan su ile enerji ürettikleri için en önemli çevresel avantajları sera gazı etkisi yaratmamasıdır. Ayrıca karbon emisyonları

düşük olup, asit yağmuru problemleri yok denecek kadar azdır. Dünyada ekonomik olarak yapılabilir hidroelektrik üretim potansiyelinin yarısının bile geliştirilmesi, sera gazı emisyonlarının % 13 oranında azalmasını sağlayacaktır (Anonim 2011).

Hidroelektrik santrallerin; akarsularla oluşan erozyonun önlenmesinde, önemli bir faydası vardır. Türkiye'deki akarsuların eğimi fazla olduğu için akarsular yoluyla erozyon ciddi tehlike arz etmektedir. Hidroelektrik santraller amacıyla yapılan barajlar ve bentler suyun hızını keserek erozyonu önemli ölçüde durdurabilmektedir.(Anonim 2011).

Hidroelektrik Santrallerinin (HES) taşkın koruma, çevre ziraatini geliştirme, balıkçılık destekleme, ağaçlandırma ile çevrenin estetik kalitesini ve mansapta su kalitesini yükseltme gibi olumlu etkileri vardır.(DPT 2001).

Hidroelektrik santrallerin çevreye olan olumlu etkilerinin yanında olumsuz etkileri de mevcuttur. Bu etkiler, izafi büyüklüklerinin yüksek olması, doğal ortamı orta derecede olsa olumsuz etkilemeleri, su kalitesinin bozulmasına sebep olmaları, ormanların tahrip olmasına neden olmaları, nehir akısına engel olmaları ve su yaşamı üzerinde olumsuz etki yaratabilmeleridir (Anonim 2011)

Hidrolik enerjinin mikroklimatik, hidrolojik ve biyolojik çevre etkileri vardır. Baraj gölünün geniş yüzey alanı, buharlaşmayı artırmakta tarım arazilerin de tuzlanma ve çoraklaşma olmakta, sudan kaynaklanan paraziter hastalıklar artmakta, rezervuar altında kalacak bitki ve ağaçların kesilip temizlenmemesi ile denge oluşuncaya kadar başlangıçta birkaç yıl su kalitesi negatif yönden etkilenmektedir.

Baraj gölü nedeniyle su yüzeyinin genişlemesi insanlar için zararlı bazı organizmaların üremesine neden olabilmektedir. Suda üreyebilen hastalık mikropları, gerek taşıyıcı gerek taşıyıcısız olarak malarya (fliftozom) ve nehir körlüğü gibi hastalıkların yayılmasına yol açabilirler. Assuan barajında kurulan sulama sisteminin devreye sokulması sonucu ortaya çıkan büyük boyutlu şiştozom patlaması bilinmektedir (Kültür 2004).

Çizelge 5.4. Nehir üzerine Kurulan Barajların Nehir Ekosistemine Olan Etkileri (Berkün 2008).

Barajın Operasyon Şeklinden Dolayı Kaynaklanan Etkiler	
1	a) Toplam akışın değişmesi
	b) Mevsimlik akışların değişmesi (İlkbahar taşkınlarının kış taşkınlarına dönüşmesi)
	c) Akışta kısa süreli salınımların oluşması (bazen saatlik)
	d) Çok yüksek ve çok düşük akımlarda değişmeler
2	Değişen akım düzeni sebebiyle mansap morfolojisinin değişmesi
3	Değişen akım düzeni sebebiyle mansap su kalitesinin değişmesi
4	Taşkınların önlenmesi sebebiyle, akarsuda, kıyıda ve taşkın alanlarında habitat çeşitliliğinin
Barajın ve rezervuarın mevcudiyetinden kaynaklanan etkiler	
1	Barajın vadideki konumunun uygun olmaması (habitat kaybı)
2	Değişen sediment yükü sebebiyle mansap tarafının morfolojisinin bozulması (erozyon)
3	Mansap tarafında su kalitesinin değişmesi: nehir sıcaklığı, nütrient yükü, bulanıklık, çözülmüş gaz miktarı, ağır metal ve mineral konsantrasyonları üzerinde etkiler
4	Organizmaların hareketlerinin bloklanması ve yukarıdaki etkiler sonucu biyolojik çeşitliğin azalması

5.5. Dalga Enerjisinin Çevresel Etkileri

Bu sistemler hidrodinamik çevre üzerinde etkili olabilmektedir. Özellikle sedimentlerin akış yollarının değişmesine neden olabilirler. Dalga ve akımlardaki değişim yüzeye yakın yaşayan türleri doğrudan etkiler. Bu durum dikkatli yer seçimi gerektirmektedir.

Özellikle kıyı şeridi ve kıyıya yakın uygulamalarda Wells türbinlerinden kaynaklanan gürültü kirliliği söz konusu olabilir. Bu yüzden yapılar ses geçirmez özellikte olmalıdır.

Kıyıda uzak uygulamalar denizcilik için tehlike oluşturabilirler. Ancak, uygun görsel ve radar uyarı sistemlerinin enerji sistemine yerleştirilmesi ile tehlike azaltılabilir.

Kıyı şeridi ve kıyıya yakın uygulamalar estetiksel açıdan olumsuz etki yaratabilir. Ayrıca kıyıya ve şebekeye elektrik iletim hatları da birtakım çevresel ve estetiksel etkiler yaratabilir.

Su yüzeyinin büyük bir kısmının dalga enerji sistemleri ile kaplanması deniz yaşamına zarar verirken, aynı zamanda atmosferle teması engellediği için daha büyük etkiler de yaratabilir.

Dalga enerji tesisleri, dalgakıran gibi davrandığı için denizi durgunlaştırır. Bu bir çok limanda istenen etki olmasına rağmen denizin üst tabakasının karışımını yavaşlatması deniz yaşamını ve balıkçılığı ters yönde etkiler. Bu olay yüzeyin çok altında yaşayan balıkları doğrudan etkilemese de azalan karışımdan dolayı yüzeydeki üretim değişir ve otçul popülasyonun yiyecek temini azalır.

Bu olumsuz etkilerin yanı sıra dalga enerji sistemleri bir çok çevresel avantajlara sahiptir.

Temiz ve sonsuz bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. Denize bıraktığı hiçbir fiziksel, kimyasal ve organik kirleticisi yoktur. Ancak sistemlerin inşası sırasında bir miktar emisyon açığa çıkmaktadır. Dalga enerji sistemleri durgun su oluştururlar ve böylece kano ve dalma gibi su sporları yapılabilir.

Bir çok ülkede denizlerdeki canlıların saklanabileceği ve üreyebileceği yerler oluşturmak için ekonomik ömrü dolmuş gemiler batırılarak, barınaklar oluşturmaktadır. Dalga enerji sistemleri çeşitli deniz canlıları için yapay bir habitat oluşturur ve deniz içinde değişik türdeki canlı popülasyonlarının gelişmesini destekleyebilir.

Ayrıca, fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltacak yüksek bir potansiyele sahiptir ve aynı zamanda çevresel olarak daha zararsızdır.

Deniz üzerinde kurulduğu için tarım alanlarının korunmasını sağlar, ormanların kesilmesini önleyerek ekolojik dengeye olumlu yönde katkı sağlar (ÜN 2001).

5.6. Hidrojen Enerjisinin Çevresel Etkileri

Hidrojen kullanımı çok temiz bir yakıttır. Hidrojenin yanması veya yakıt hücresinde tüketilmesi sonucu son ürün olarak sadece su üretilir. Yanma yüksek sıcaklıkta olursa havadaki azot ve oksijenden NO_x oluşabilir. Ancak bu sorun diğer yakıtlarla aynıdır ve kontrol edilebilir. Diğer yakıtların aksine hidrojen elementlerden üretilen kirletici içermez. Bu nedenle de SO₂, CO, CO₂, uçucu organik kimyasallar oluşmaz.

Hidrojenin fosil yakıt kullanarak buhar iyileştirme ile üretilirse oluşacak karbondioksit miktarı fosil yakıt direkt yakıldığında oluşacak emisyon miktarından yüksektir. Ayrıca buhar iyileştirmede kükürt gibi fosil yakıtın içerdiği safsızlıklarda kirletici emisyonuna neden olmaktadır. Elektroliz yöntemi kullanıldığında ise elektroliz işleminin sürebilmesi için gerekli elektriğin ne şekilde temin edildiği önem taşımaktadır. Hidrojenin biyokütleden, solar enerjiden veya diğer yenilenebilir kaynaklardan üretimi emisyon miktarını azaltır.

Dünyada deniz ve nehirlerden su buharlaşması yılda yaklaşık 5.1014m³'tür. Eğer günümüzde insanlığın toplam enerji tüketimi olan 11TW hidrojen ile sağlanırsa yıllık su buharlaşması yaklaşık 2.5.1010m³ olur. Bu değer doğal buharlaşmanın 1/20 000'idir.

Hava kirliliğinin insan sağlığı üzerindeki etkileri düşünüldüğünde, fosil yakıt yerine hidrojen kullanılması ile fiziksel sağlık şartlarında da iyileşmeler olacaktır. Enerji üretimi sırasında CO₂ emisyonunun azalması veya atmosferdeki CO₂ derişiminin düşürülmesi sağlanabilir. Atmosferdeki CO₂ derişiminin düşürülmesi teknik ve ekonomik olarak solar fotosentez ile sağlanabilir. 2030 yılında elektrik motorlu ve hidrojen motorlu araçların spesifik CO₂ emisyonları gösterilmektedir. Atmosferde CO₂ derişimi 2050 yılında 520 ppm'e ulaşacaktır. Ancak hidrojen kullanılırsa bu senaryo değişebilecektir. Ancak görüleceği gibi solar hidrojene geçiş 25 yıl gecikirse karbon dioksit 2070 yılında yaklaşık 620ppm'e kadar yükselir. Eğer hidrojene geçiş 2050 yılında olursa bu geçişin hiç pozitif etkisi olmaz (Anonim 2011).

6.SONUÇ

Çevresel etkileri yüksek olan fosil enerjiler yerine günümüzde yeni yeni kullanılmaya başlanan yenilenebilir enerji kaynakları, son teknolojilerle birlikte, oldukça verimli olarak kullanılabilirler. Bununla beraber, yenilenebilir enerji dışı olan enerji bağımlılığını da azaltmakta bu sayede hem ülkeler hem bireyler kendi enerjilerinin belli kısımlarını sağlayarak enerji özerkliklerini elde etmektedirler.

Karbon salınımı kontrolü adına yapılan anlaşması gereği ülkeler atmosfere saldığı karbonun azaltılması için yenilenebilir enerji kaynaklarını teşvik edici çalışmalar yapmaktadır. Bununla birlikte ülkemizde yayınlanmış olan yenilenebilir enerji kanunuyla işletmelerin kendi enerjilerini üretmeleri konusunda işletmeler teşvik edilmektedir. Doğaya salınan karbon gazlarının kaynağı olan fosil enerji kaynakları yerine, yeşil enerji kullanımıyla hem hava kirlilikleri azaltılmakta hem de küresel ısınma adına sağlam adımlar atılmaktadır.

Yenilenebilir enerji çalışma prensipleri olarak birbirlerine benzerlik göstermektedirler. Gelişen teknoloji ile birlikte, yenilenebilir enerji kaynakları mekanizmaları da basitleşmekte ve kullanım alanları artmakta hatta ev bazında ve araç bazında kullanıma kadar düşmektedir.

Fosil kaynaklı yakıtlar zaman içinde tüketim gösterdikleri ve azalan petrol rezervleri nedeni ve artan enerji talebi doğrultusunda maliyetleri de artmaktadır. Yenilenebilir enerjilerin sürekliliği ve kullanım kolaylığı nedeni ile daha cazip hale gelmektedir.

Türkiye bölge bazında incelendiğinde coğrafik açıdan güneş enerjisine son derece uygun olduğu görülmektedir. Özellikle Güney Anadolu Bölgesi güneş enerjisi açısından değerlendirilebilir bir bölge olduğu görülmektedir. Özellikle tarım alanı olarak kullanılmayan, kurak alanlarda kurulacak olan güneş enerjisi projeleri ülke enerji üretimine ciddi fayda sağlayacaktır. Örneğin ömrünü tamamlamış çöp deponi sahaları bu amaçla kullanılabilir.

Rüzgar enerjisi bakımından incelendiğinde ise 160 TWh civarında enerji potansiyeli olduğu belirlenmiştir. Son zamanlarda yapılan rüzgar enerjisi yatırımları da bunu destekler niteliktedir. Özellikle Ege ve Marmara bölgeleri rüzgar enerjisinden elektrik

üretimi açısından en cazip bölgelerdir. Çabuk devreye alınmakla birlikte, en yüksek verimliliğe sahip yenilenebilir enerji kaynaklarından biridir. Çalışma alanı olarak geniş alanlara gerek duymamaktadır ve tesisin kurulduğu alanlar tarım alanı olarak da kullanılabilir. Bütün bu özellikleri göz önünde alındığında rüzgar enerjisi oldukça uygun bir enerji kaynağı olarak görülmektedir.

Jeotermal enerji, diğer yenilenebilir enerji kaynakları ile kıyaslandığında elektrik elde etmenin yanı sıra, ısınma ve turizm amaçlı olarak da kullanıldığı görülmektedir. Jeotermal enerji çıkışı su tekrar yer altına verilebilmekte böylece kendi kullanım ömrünü de uzatabilmektedir. Bursa'da 2 milyar dolarlık bir jeotermal kompleks tesisinin yapılması planlanmaktadır.

Hidrojen enerjisi ise yakıtlarda kullanımı açısından büyük önem taşımaktadır. Geleceğin yakıt teknolojisi olarak düşünülmektedir. Yakıtlara alternatif olarak, hidrojenin içten yanmalı motorlarda yakıt olarak kullanılabilirliği yapılan çalışmalarla kanıtlanmıştır. Elektroliz ile sudan elde edilmesi, fiziksel ve kimyasal özellikleri, benzine göre motordan daha yüksek güç elde etme imkanı sağlaması ve çevreye olumlu etkileri hidrojeni önemli bir alternatif durumuna getirmektedir. Mevcut sorunlarına rağmen, egzoz gazları emisyonu ve motor performansı açılarından üstün olan ve yenilenebilir olmasından dolayı sınırsız olması hidrojeni geleceğin yakıtları arasında ilk sırada tutmaktadır

Türkiye'de uygulanabilecek olan yenilenebilir enerji çeşidi coğrafi bölgeye göre değişmektedir. Bu nedenle herhangi bir yerde yenilenebilir enerji projesi planlanmadan önce, bölgenin coğrafik yapısı, güneşlenme süresi, yer altı suyu rezerv kapasitesi detaylı bir şekilde incelenip, rüzgar haritaları çıkartıldıktan sonra karar verilmelidir. Örneğin Güneydoğu Anadolu bölgesinde güneş enerjisi uygun görünürken, Ege bölgesinde jeotermal enerji yatırımlarının yapılması daha sağlıklı olacaktır.

KAYNAKLAR

- Acar, E. Doğan, A. 2008.** VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, UTES'2008 17-19 Aralık, İstanbul
- Akkaya, A. V., Dağdaş, A. 2002.** Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Çevresel Açından Değerlendirilmesi, IV. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu Bildiri Kitabı Cilt 1, Su Vakfı Yayınları, İstanbul, 16-18 Ekim 2002.
- Akkaya, A. V., , E., DAĞDAŞ, A., 2002,**“Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Çevresel Açından Değerlendirilmesi”, IV. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu Bildiri Kitabı Cilt I, Su Vakfı Yayınları , İstanbul 16-18 Ekim 2002.
- Akdoğar, M. 2006** Enerji Kaynakları ve Doğu Karadeniz'in Hidroelektrik Potansiyel Dengesi Etüdü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, TRABZON.
- Anonim. 2000** Solstice Homepage, 2000, <http://solstice.crest.org/renewables/geothermal> – (Erişim tarihi : 17.01.2012).
- Anonim. 2011.** EİEİ, Türkiye'de Güneş Enerjisi, www.eie.gov.tr – (Erişim tarihi : 09.01.2011).
- Anonim. 2011.** <http://www.gunessistemleri.com/vakum-tuplu.php> - (Erişim tarihi: 01.01.2011).
- Anonim. 2010.** http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2010/key_stats_2010.pdf - (Erişim tarihi: 17.12.2010).
- Anonim.2011.**http://eugbc.net/files/13_47_749294_BPStatisticalReviewofWorldEnergy-Brussels,September2008.pdf – (Erişim tarihi : 01.09.2011).
- Anonim. 2011.** <http://web.gyte.edu.tr/enerji/ruzgarenerji/d9.html> – (Erişim tarihi : 15.08.2011).
- Anonim. 2011.** <http://www.iaea.org/monaco/page.php> – (Erişim tarihi : 01.09.2011).
- Anoni. 2011.**<http://www.arfentecknoloji.com/RuzgarTurbiniNasilCalisir.pdf> – (Erişim tarihi : 10.07.2011).
- Anonim. 2011.** http://www.iea.org/stats/pdf_graphs/TRTPESPI.pdf – (Erişim tarihi : 01.09.2011).
- Anonim. 2011.** http://www.iea.org/stats/pdf_graphs/TRTPES.pdf – (Erişim tarihi : 10.07.2011).
- Anonim. 2011.** <http://www.wwindea.org> – (Erişim tarihi : 17.09.2011).
- Anonim. 2011.** www.enerji.gov.tr– (Erişim tarihi : 17.09.2011).
- Anonim 2011.** <http://solarbuzz.com/> -(Erişim Tarihi 15.04.2011)

- Anonim 2011.** www.powermortar.fi –(Erişim Tarihi: 15.12.20119)
- Anonim 2011.** hydroelectric-energy.blogspot.com- (Erişim Tarihi: 11.10.2011)
- Anonim 2011.** <http://www.cnr.tm.fr>- (Erişim Tarihi: 18.11.2011)
- Anonim 2011.** <http://www.teknotasarim.com/> -(Erişim Tarihi 03.05.2011)
- Anonim 2011.**DSİ_WEB_ 2008 <http://www.dsi.gov.tr/hizmet/enerji.htm#basadon->(Erişim Tarihi 03.05.2011)
- Anonim 2011.** <http://www.taek.gov.tr/bilgi-kosesi/kaza-ve-tehlike-durumu/115-kaza-ve-tehlike-durumu/556-nukleer-ve-radyolojik-olaylar-bilgi-erisim-platfomu.html> (Erişim Tarihi 15.12.2011)
- Anonim2011.**<http://www.enerji.gov.tr/index.php?dil=tr&sf=webpages&b=hidrojenenerjisi&bn=225&hn=225&nm=384&id=389>-(Erişim Tarihi 03.05.2011)
- Anonim 2011.** http://www.jeotermal.web.tr/turkiyede_jeotermal-(Erişim Tarihi 08.01.2012)
- Anonim 2011.** <http://www.geldik.com/kimya/56705-hidrojen-enerjisi-depolanmasi-guvenligi-cevresel-etkisi-ve-dunyadaki-durumu.html>-(Erişim Tarihi 15.12.2012)
- Anonim. 1996.** T.C. Basbakanlık Devlet Planlama Teskilatı Mustesarlığı (DPT), 7. Bes Yıllık Kalkınma Programı Jeotermal Enerji Çalışma Grubu Raporu, DPT Yayını, Yayın No: 2441, Mayıs 1996.
- Aslan, Ö. 2007** İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi, İktisat Bölümü, Hidrojen Ekonomisine Doğru, İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi Yıl:6 Sayı:11 Bahar 2007/2
- Ataman, A.R. 2007** Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Kamu Yönetimi ve Siyaset Bilimi (yönetim bilimleri) Ana Bilim Dalı, ANKARA-2007
- ALIŞ, H. 2007.** 2007 Yılı Sonu Türkiye’de Kurulu Güç Miktarları. Türkiye Elektrik Enerji Üretim Kapasite Projeksiyonu Ve Yasal Düzenlemeler - Temiz Enerji Teknolojileri Konferans İstanbul
- Atkinson K., Roth S., Hirscher M., Grünwald W.,** "Carbon Nanostructures: An efficient Hydrogen Storage Medium for Fuel Cells", Fuel Cells Bulletin, Vol.4, Issue.38, 9-12, 2001.
- Ayhan, M. 2007.** Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Termodinamik dergisi, Yıl: 15, Sayı: 176, Nisan 2007, s. 69.
- Barbier, E. 1997.** “Nature and Technology of Geothermal Energy: A review”, Renewable & Sustainable Energy Reviews, 1:1-71,
- Berkes, F., Kışlalıoğlu, M.B. 1993** Çevre ve Ekoloji, 4.Basım, Remzi Kitabevi, İstanbul.

Bilir, Ş. 2004. Alternatif Enerji Kaynakları, Mimar ve Mühendis Dergisi, Sayı: 33, s. 56-58.

Celayir, N. 2008. Rüzgar Enerjisinin Dünyadaki Gelişimi ve Türkiye'deki Potansiyeli, FBE Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 105 s.

Çakın, A., Gökçen G., Eroğlu A., 2005. Jeotermal Enerji Sempozyumu, s.345-357.

Çengel, Y.A. 2001."Dünyada ve Türkiyede Jeotermal, Rüzgar ve Diğer Yenilenebilir Enerjilerin Kullanımı", Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi 2001 (YEKS '01) Bildiriler Kitabı, Editör: Yrd. Doç. Dr. Şükrü SU, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, MMO Yayın No: E/2001/275, sf. 1-12, Ekim 2001, Kayseri

Daday, N. 2006. Nükleer Teknoloji ve Uluslararası İlişkiler, Sürdürülebilir Kalkınma İçin Nükleer Enerjinin Önemi Semineri, TASAM, İstanbul, Yayın No: 25, s. 94 -95.

Dantzer P., 1997."Metal-Hydride Technology: A Critical Review"Topics in Applied Physics, 73, 279-340.

Demirbilek, N. 1999. Mimarlıkta Güneşten Pasif Yöntemlerle Yararlanma ve Korunma: Dünyadan ve Türkiye'den Örnekler, Güneş Günü Sempozyumu, Kayseri, 25-27 Haziran s.26-32

Devlet Planlama Teşkilatı (DPT) “ Sekizinci beş yıllık Kalkınma Planı Elektrik Enerjisi Özel İhtisas Komisyonu Raporu” DPT :2569 –ÖİK 585, ANKARA 2001

Devlet Planlama Teşkilatı (DPT), “Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı Elektrik Enerjisi Özel İhtisas Komisyonu Raporu”, DPT: 2569 –, Ankara,.

Ewald R., "Requirements for Advanced Mobile Storage Systems", Int. J Hydrogen Energy, Vol.23, No.9, 803-814, 1998.

EİE 2011 Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü <http://www.eie.gov.tr/> Erişim Tarihi 21.04.2011

El-WAKIL.1984. M.M., Power Plant Technology, McGraw-Hill Inc.,

Eniş, A. 2005. Enerji Politikaları; Yerli, Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları, TMMOB Türkiye 5. Enerji Sempozyumu Bildiriler Kitabı, TMMOB Yayınları, Ankara, s. 177-179.

EREC 2007 Renewable Energy in Europe: Building Markets and Capacity, Published by James&James Ltd., London, 2004, s. xii.

Demirci, E. Şenlik, İ. Atalay,T. 2008 Hidroelektrik Enerji Üretimi İçin Bir Uygulama Çalışması.

ETKB 2011 Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı <http://www.enerji.gov.tr/> Erişim Tarihi 23.02.2011

Güneş, M. Ali, 2009, Türkiye’deki Enerji Sorunu İçin Alternatif Çözüm Önerileri ve Rüzgar Enerjisinin Önemi, Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Maliye ABD, Aydın, Türkiye

Gürsoy, U. 2004. Enerjide Toplumsal Maliyet ve Temiz ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Türk Tabipleri Birliği Yayınları, Ankara s.112

Güvendiren M., Unalan H.E., Öztürk T., "Hidrojen Depolama Amacıyla Magnezyum Tozlarının Öğütülmesinde Katkı Maddelerinin Etkisi", Müh. Mak., Cilt.44, Sayı:517, s.12-16, 2003a. (4-8 Eylül 2002 Tarihleri Arasında Düzenlenen 3.Toz Metalurjisi Konferansı'nda Bildiri Olarak Sunulmuştur.

Hirscher M., Becher M., Haluska M., Quintel A., Skakalova V., Choi Y.M., ve Diğerleri, "Hydrogen Storage in Carbon Nanotubes", J Alloys and Compounds, 330-332, 654-658, 2002.

IEA 2009 International Energy Agency <http://www.iea.org/> Erişim Tarihi 15.04.2011

IATS 2009 5. Uluslar arası İleri Teknolojiler Sempozyumu, 13-15 Mayıs 2009, Karabük, Türkiye Baraj ve Hidroelektrik Santrallerin (HES) Çevresel Etkilerinin Analizi: İhsu Barajı Örneği.

Karamanderesi, İ.H. 1978."Jeotermal Enerjinin Elektrik Üretimi Dışında Uygulama Örnekleri ve Geleceği", Jeotermal Enerji, Jeotermal Enerji Derneği Yayın Organı No:4, sf: 18-28, Mayıs 1978, Ankara.

Kaplan Y., Veziroğlu T.N. 2003. "Mathematical Modelling of Hydrogen Storage in a LaNi5 Hydride Bed", Int. J Hydrogen Energy.

Kılıç, H. 2005, Nükleer Enerji Gerekli Mi ?, Cumhuriyet Enerji Dergisi, İstanbul, s. 12-14.

Kültür F, 2004. “Enerji ve Çevre İlişkisi”, Mimar ve Mühendis Dergisi, Sayı: 33, Nisan-Mayıs-Haziran

Mehel, N., 2009, Dünya’da ve Türkiye’de Rüzgar Enerjisinin Potansiyeli, Kullanımı ve Almanya- Türkiye Karşılaştırması, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir, Türkiye

Oku T., Kumo M., 2003. "Synthesis, Argon/Hydrogen Storage and Magnetic Properties of Boron Nitride Nanotubes and Nanocapsules", Diamond and Related Mat., 12, 840-845,

Peker, Z. 2001. Rüzgar Enerjisinin Çevresel Etkileri ve Bu Etkilerin Azaltılmasında Planlamanın Rolü, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, II. Çevre ve Enerji Kongresi, İstanbul, 15-16-17 Kasım 2001.

Sanalan, Y. 2003. AB’nin Enerji Politikaları ve Türkiye’ye Yansımaları Konferansı Ulusal Politika Araştırmaları Vakfı (UPAV), Ankara, s. 173.

Saner, B. 2005. (convener), POPOVSKI, K. (Ed.) Environmental Advantages of Geothermal Energy, Post Conference Course, World Geothermal Congress, Antalya-Turkey, April 2005.

Satman, A. 2001. TESKON Jeotermal Enerji Doğrudan Isıtma Sistemleri Temelleri ve Tasarımı Seminer Kitabı, İzmir, s. 11.

Sayın, S. 2006. Yenilenebilir Enerjinin Ülkemiz Yapı Sektöründe Kullanımının Önemi ve Yapılarda Güneş Enerjisinden Yararlanma Olanakları, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Konya, 131 s.

Selvam P., Viswanathan B., Swamy C.S., Srinivasan V., 1986. "Magnesium and Magnesium alloy hydrides", Int. J Hydrogen Energy, Vol.11, No.3,169-192,

Şenol, R. 2009. Güneş Kulelerinden Elektrik Enerjisi Üretiminin Araştırılması ve Optimizasyonu, Süleyman Demirel Üniversitesi, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta, 210 s.

Serpen, Ü. 1999. "Jeotermal Rezervuar Mühendisliği", 2000'li Yıllarda Jeotermal Enerji Yaz Okulu Ders Notları, Editörler: Prof. Dr. M. Yılmaz SAVAŞÇIN, Yrd. Doç. Dr. Mahmut G. DRAHOR, Dr. Dilek KUMLUTAŞ, Dokuz Eylül Üniversitesi Jeotermal Enerji Araştırma ve Uygulama Merkezi (JENARUM), Eğitim Dizisi No:1, sf: 88-90, İzmir.

SMEETS, Edward M.W. 2007 A Bottom-up Assessment and Review of Global Bioenergy Potentials to 2050, Progress in Energy and Combustion Science, Volume:33, Issue: 1, February 2007.

Sen, Z.2004. "Türkiye'nin Temiz Enerji İmkânları", Mimar ve Mühendis Dergisi, Sayı: 33, Nisan-Mayıs-Haziran

Mayıs-Haziran, 6-12, 2004.

TEİAŞ 2011 Türkiye Elektrik Üretim Anonim Şirketi <http://www.teias.gov.tr/> Erişim Tarihi 29.03.2011

Tombakoğlu, M. 2006. Nükleer Santrallerde Enerji Üretimi ve Personel Eğitimi, Türk Asya Stratejik Araştırmalar Merkezi (TASAM), Yayın No: 25, s. 54-55

TÜGİAD, 2004, Türkiye'nin enerji sorunları ve çözüm önerileri. Ajans-Türk Basın ve Basım A., Batıkent, Ankara.

Üçgül, İ., Şenol, R., Acar, M. 2006. Güneş Pillerinin Dünü, Bugünü ve Geleceğe Bakış, Mühendis ve Makine dergisi, Cilt: 47, Sayı: 560, Eylül 2006, s. 43-47.

Ültanır, M.Ö., 1998, 21. Yüzyıla Giderken Türkiye'nin Enerji Stratejisinin Değerlendirilmesi, TÜSİAD-Türk Sanayicileri ve İş adamları Derneği, yayın no. TUS ADT/98-12/239, İstanbul.

Ün,T. 2001, Dalga Enerjisi Teknolojisi, Ekonomisi, Çevresel Etkisi ve Dünyadaki Durumu, Eskişehir.

Varınca, K. B., Varank, G. 2005. Güneş Kaynaklı Farklı Enerji Üretim Sistemlerinde Çevresel Etkilerin Kıyaslanması ve Çözüm Önerileri, Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu ve Sergisi, İçel, 24-25 Haziran s. 55-59

Varınca, K. B., Varank, G. 2005. Rüzgar Kaynaklı Enerji Üretim Sistemlerinde Çevresel Etkilerin Değerlendirilmesi ve Çözüm Önerileri, Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları / Enerji Yönetimi Sempozyumu, Kayseri, 3-4 Haziran 2005

Wilson, P. D. 2006. The Nuclear Fuel Cycle, Oxford Universty Pres, New York s. 44-49

Yamak, T., 2006, Türkiye'nin Alternatif Enerji Kaynakları Potansiyeli ve Ekonomik Analizler, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü,İstanbul.

Gönüllü, T., Varınca. K, 2006 Türkiye'de Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Bu Potansiyelin Kullanım Derecesi, Yöntemi ve Yaygınlığı Üzerine Bir Arastırma 21-23 Haziran Eskişehir.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı :Kübra KESKİN

Doğum Yeri ve Tarihi :Afyon Karahisar, 29.06.1986

Yabancı Dili :İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise :Sandıklı Anadolu Lisesi 2004.

Lisans :Uludağ Üniversitesi, Çevre Mühendisliği, 2008.

Yüksek Lisans :Uludağ Üniversitesi, Çevre Mühendisliği, 2012.

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl :AKTAŞ Holding

:2011-

İletişim (e-posta) :kubradeskin19@hotmail.com

Yayımları (SCI ve diğer) :ISO 14001 Kapsamında Tehlikeli Atık Değerlendirmesi: Oto Yan Sanayi Örneği, Uludağ Üniversitesi Lisans Tezi, Bursa. 2008.