

T.C.
OKAN ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

GÜNEŞ PANELİ İLE ELEKTRİK ÜRETİMİNDE MALİYET MUHASEBESİ VE BİR UYGULAMA

Sema KOCABAŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İŞLETME ANA BİLİM DALI

MUHASEBE VE DENETİM YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

DANIŞMAN

Yrd.Doç.Dr. Hüseyin MERT

İSTANBUL, Eylül 2017

T.C.
OKAN ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

GÜNEŞ PANELİ İLE ELEKTRİK ÜRETİMİNDE MALİYET MUHASEBESİ VE BİR UYGULAMA

Sema KOCABAŞ
(152008163)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İŞLETME ANA BİLİM DALI
MUHASEBE VE DENETİM YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

DANIŞMAN
Yrd.Doç.Dr. Hüseyin MERT

İSTANBUL, Eylül 2017

T.C.
OKAN ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

GÜNEŞ PANELİ İLE ELEKTRİK ÜRETİMİNDE MALİYET MUHASEBESİ VE BİR UYGULAMA

Sema KOCABAŞ

(152008163)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İŞLETME ANA BİLİM DALI

MUHASEBE VE DENETİM YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

Tezin Enstitüye Teslim Edildiği Tarih :

Tezin Savunulduğu Tarih :

Tez Danışmanı : Yrd.Doç.Dr. Hüseyin MERT _____
(Okan Üniversitesi)

Diğer Jüri Üyeleri : Doç.Dr. Fatma PAMUKÇU _____
(Marmara Üniversitesi)

: Doç.Dr. Hakan TAŞTAN _____
(Okan Üniversitesi)

İSTANBUL, Eylül 2017

İÇİNDEKİLER

	Sf.No
İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
KISALTMALAR.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vii
TABLolar LİSTESİ.....	viii
1.BÖLÜM 1 GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
2. BÖLÜM KONUYLA İLGİLİ TEMEL KAVRAMLAR.....	4
2.1.ENERJİ KAVRAMI.....	4
2.2.YENİLENEBİLİR ENERJİ.....	11
2.3.YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ ÖNEMİ.....	14
2.4.YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI ÇEŞİTLERİ.....	17
2.4.1.Güneş Enerjisi.....	17
2.4.1.1.Güneş Enerjisinin Özellikleri.....	20
2.4.1.2.Güneş Pili Uygulamaları.....	21
2.4.1.3.Türkiye’de Güneş Enerjisinin Kullanımı.....	24
2.4.2. Jeotermal Enerji.....	26
2.4.2.1.Jeotermal Enerjinin Özellikleri.....	29
2.4.2.2.Jeotermal Enerjinin Avantajları ve Dezavantajları.....	31
2.4.2.3.Türkiye’de Jeotermal Enerji.....	33
2.4.3. Hidrojen Enerjisi.....	37
2.4.4. Biyoyakıt Enerjisi.....	39
2.4.5. Rüzgar Enerjisi.....	42
2.4.6. Hidroelektrik Enerjisi.....	46
2.5. DÜNYADA VE TÜRKİYE’DE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI.....	52
2.6. MALİYET, GİDER VE HARCAMA KAVRAMLARI İLE MALİYET TÜRLERİ.....	62
2.6.1. Maliyet, Gider ve Harcama Kavramları.....	62

2.6.1.1. Maliyet Kavramı.....	62
2.6.1.2. Gider Kavramı.....	63
2.6.1.3. Harcama Kavramı.....	63
2.6.1.4. Maliyet, Gider ve Harcama İlişkileri.....	64
2.6.2. Maliyet Türleri.....	65
3. BÖLÜM YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAĞI	
OLARAK GÜNEŞ ENERJİSİ.....	75
3.1. GENEL AÇIKLAMA.....	75
3.2. DÜNYADA VE TÜRKİYE’DE GÜNEŞ ENERJİSİ.....	75
3.3. GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALLERİNİN YAPIM AŞAMALARI.....	85
3.3.1.Güneş Enerji Santrallerinde Yatırım Kararı ve Fizibilitesinin Hazırlanması.....	87
3.3.2.Üretim Lisansının Alınması.....	91
3.3.3.Üretim Lisansı Alındıktan Sonra Yapılması Gerekenler.....	96
3.3.4. Finansman Süreci.....	98
3.3.4.1 Proje Kredisi.....	102
3.3.4.2. Sendikasyon Kredisi.....	103
3.3.5.Proje Uygulama Süreci.....	104
3.3.6.Güneş Enerji Santrali İşletme ve Bakımı.....	106
4. BÖLÜM GÜNEŞ ENERJİ SANTRALLERİNDE	
MALİYET MUHASEBESİ.....	109
4.1.GENEL AÇIKLAMA.....	109
4.2.GÜNEŞ ENERJİ SANTRALLERİNDE MALİYETLER.....	109
4.2.1. Maliyet Türleri.....	113
4.2.1.1. Yatırım Maliyetleri.....	113
4.2.1.2. İşletme Maliyetleri.....	121
4.2.2 Maliyet Merkezleri.....	125
4.2.2.1.Ana Üretim Merkezleri.....	126
4.2.2.2.Yardımcı ve Hizmet Üretim Merkezleri.....	126
4.2.2.3.Diğer Maliyet Merkezleri.....	127
4.2.3. Maliyet Taşıyıcıları.....	127

4.3. GÜNEŞ ENERJİ SANTRALLERİNDE TOPLAM VE BİRİM	
ENERJİ MALİYETLERİNİN HESAPLANMASI.....	127
4.3.1.Yıllık Üretim Maliyeti Metodu.....	130
4.3.2.Sistem Maliyet Analizi Metodu.....	130
4.3.3.Bir Değere Getirilmiş Maliyet Yöntemi.....	131
4.3.3.1.Yıllık Sermaye Masrafları.....	140
4.3.3.1.1.Sabit Yıllık Sermaye Masrafı.....	140
4.3.3.1.2.Lineer Azalan Yıllık Sermaye Masrafı.....	141
4.3.3.1.3. Enerji Santrali İnşaat Sürecince Eskalasyon ve Faiz Yüğü.....	141
4.3.3.2.İşletme ve Bakım Maliyeti.....	143
5. BÖLÜM YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAĞI OLARAK GÜNEŞ	
ENERJİ ÜRETİMİNDE MALİYET MUHASEBESİ UYGULAMASI.....	145
5.1.UYGULAMANIN AMACI VE KAPSAMI.....	145
5.2. UYGULAMAYA AİT VERİLER, VARSAYIMLAR VE BULGULAR.....	146
5.3.KİLOVATSAAT BAŞINA BİRİM MALİYET KARŞILAŞTIRMASI.....	149
5.4. KAPASİTE FAKTÖRLERİNİN FARKLI OLMASI DURUMUNDA	
KİLOVATSAAT BAŞINA BİRİM MALİYET KARŞILAŞTIRMASI.....	151
5.5. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAĞI OLARAK GÜNEŞ ENERJİ	
ÜRETİMİNDE İLK TESİS MALİYETLERİNİN VE ÜRETİM	
MALİYETERİNİN MUHASEBELEŞTİRİLMESİ.....	156
6. BÖLÜM SONUÇ VE ÖNERİLER.....	161
KAYNAKÇA.....	165

GÜNEŞ PANELİ İLE ENERJİ ÜRETİMİNDE MALİYET MUHASEBESİ VE BİR UYGULAMA

ÖZET

Bu çalışmanın amacı alternatif yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisi üretiminde ilk tesis maliyetlerinin ve birim maliyetlerin maliyet muhasebesi açısından hesaplanmasını sağlamak ve bu maliyetlerin maliyet muhasebesi açısından muhasebeleştirilmesini sağlamaktır. Bu kapsamda geleneksel maliyet kalemlerinin karşılaştırılmasına ek olarak bir değere getirilmiş maliyet yöntemi ile üretilen birim enerjinin maliyeti de çalışmanın kapsamında kullanılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Güneş Enerjisi, Yenilenebilir Enerji, Güneş Enerji Maliyetleri

COST ACCOUNTING AND APPLICATION IN ENERGY PRODUCTION WITH SOLAR PANEL

ABSTRACT

The aim of this study is to calculate the initial plant costs and unit costs of solar energy production from alternative renewable energy sources in terms of cost accounting and to ensure that these costs are accounted for in terms of cost accounting. In this context, in addition to the comparison of the traditional cost items, the cost of the unit energy produced by the value-added cost method is also used within the scope of the study.

Keywords: solar energy, Renewable energy, Solar Energy Costs

KISALTMALAR

AB: Avrupa Birliği

ÇEAŞ: Çukurova Elektrik A.Ş.

ÇED: Çevresel Etki Değerlendirmesi

DSİ: Devlet Su İşleri

DMİ: Devlet Meteoroloji İşleri

EİEİ: Elektrik İşleri Etüt İdaresi

EPDK: Elektrik Piyasası Düzenleme Kurulu

GEPA Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyel Atlası

GES: Güneş Enerjisi Santralleri

GW: Gigawatt

HES: Hidroelektrik Enerjisi Santralleri

KW: Kilowatt

kWh: kilowatt hour

MTA: Maden Tetkik ve Arama

MW: Megawatt

OECD: Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (Organization for Economic Cooperation and Development)

RES: Rüzgar Enerjisi Santralleri

TEK :Türkiye Elektrik Kurumu

TEDAŞ: Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş.

TEİAŞ: Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi

TEP: Ton Eşdeğer Petrol

YEK: Yenilenebilir enerji kaynakları

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Yenilenebilir Enerji Kaynakları.....	13
Şekil 2. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası.....	19
Şekil 3. Dünyada Güneş Enerjisi Kurulu Gücünün Gelişimi.....	20
Şekil 4. Jeotermal Kaynaklar ve Uygulama Haritası.....	36
Şekil 5. Dünyada Rüzgar Enerjisi Kurulu Gücünün Gelişimi.....	45
Şekil 6. Hidroelektrik Sistemlerin Çalışması.....	50
Şekil 7. AB 27 Ülkelerinde Elektrik Tüketiminin % Oranı.....	53
Şekil 8. Dünya Nihai Enerji Üretiminde Kaynakların Payı.....	54
Şekil 9. Dünya 2011 Yılı Enerji Kullanımı.....	55
Şekil 10. Gelişmiş ve Gelişmekte Olan Ülkelerde Yenilenebilir Enerjiye Küresel Yatırımlar.....	56
Şekil 11. Türkiye'nin Birincil Enerji Kaynakları Tüketimi.....	59
Şekil 12. 1990–2010 Yılları Arası Dünya Güneş Enerjisi Kurulu Gücündeki Değişim.....	79
Şekil 13. Türkiye Geneli 50 Metre Yükseklikteki Ort. Yıllık Rüzgar Hız. Dağılımı.....	85
Şekil 14. Ülkemizde GES Proje Yönetim Safhaları.....	86
Şekil 15. Ön Değerlendirme Süreci.....	89
Şekil 16. Lisans Alma Süreci.....	95
Şekil 17. GES İçin Muhtemel Sendikasyon Yapısı.....	104
Şekil 18. Güneş Enerjisinde Maliyetler.....	112
Şekil 19. Güneş paneli Fiyat-Güç Eğrisi.....	120
Şekil 20. XGES Kapasite Faktörünün kWh Başına Birim Enerji Maliyetine Etkisi.....	150

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1. Türkiye'nin Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Potansiyeli.....	25
Tablo 2. Türkiye’de Elektrik Üretimine Uygun Jeotermal Sahalar.....	28
Tablo 3. Jeotermal Enerjinin Sıcaklıklara Göre Kullanım Alanları.....	30
Tablo 4. Türkiye Elektrik Enerjisi Kurulu Güç	49
Tablo 5. Enerji Kaynaklarının Karşılaştırılması.....	57
Tablo 6. Türkiye 2006-2010 Yılları Arasında Bazı Yenilenebilir Enerji Kaynakları İçin Yerli Üretim Rakamları.....	58
Tablo 7. Türkiye Kurulu Gücünün Yıllar İtibariyle Gelişimi.....	60
Tablo 8. AB Üyesi Ülkelerinde Elektrik Tüketiminde Güneş Enerjisinin Payı.....	78
Tablo 9. Dünyada Kurulu Güneş Gücü Kapasitesi.....	82
Tablo 10. Teminat Mektubu Bedelinin Hesaplanması.....	95
Tablo 11. Küresel ve Bölgesel Olarak Projelere Kredi Veren Bazı Kuruluşlar.....	103
Tablo 12. Güneş Paneli Yatırım Süreci.....	106
Tablo 13. Türkiye Güneş Enerjisi Santrallerinin Durumu.....	107
Tablo 14. HES ve GES’lerin SWOT Analizi.....	110
Tablo 15. Güneş Gücü (MW) Başına Ortalama Yatırım Maliyeti.....	115
Tablo 16. Güneş Santrali Kurulum Maliyeti Etki Oranları.....	116
Tablo 17. 4 Adet 1250 kW’lık De Wind 64 Model Güneş Panelinde Top. Maliyet...	118
Tablo 18. İşletme Maliyetleri- 500 KW 'lık Türbinler.....	122
Tablo 19. 500 KW’lık Güneş paneline ait Teknik Özellikler.....	124
Tablo 20. İncelenen Türbine ait Maliyetler.....	125
Tablo 21. Güneş Enerjisinden Elektrik Üreten İşletmelerde Üretim Merkezleri.....	127
Tablo 22. Enerji Santrallerinde Birim enerji Maliyetleri.....	129
Tablo 23. Enerji Santrallerinin Kapasite Faktörü, İlk Yatırım ve Birim Enerji Üretim Maliyeti.....	129
Tablo 24. Enerji Maliyet Hesabında Kullanılan Metotlar.....	132
Tablo 25. GES Yatırım Maliyetleri.....	146
Tablo 26 X GES Projesinin İlk Yatırım Maliyetleri.....	147
Tablo 27 Birim Enerji Maliyetlerine Ulaşılmasında Kullanılan Veriler.....	150
Tablo 28 X GES Projesinin İlk Yatırım Maliyetinin Alt Kırımları	151

Tablo 29 XGES İle Üretilen Enerjinin Birim Maliyetleri.....	154
Tablo 30 XGES'i %30 ve %40 Kapasite Faktörüne Sahip Durumlardaki Birim Enerji Maliyetinin Karşılaştırması.....	154
Tablo 31 %30 Kapasite Faktörüne Sahip XGES ile Üretilen Enerjinin Birim Maliyetleri.....	155
Tablo 32 Uygulamada Elde Edilen Veriler.....	156



1. GİRİŞ

Enerji, günümüzde insanlığın en yaşamsal ihtiyaçlarından biri haline gelmiştir. Yapılan her üretimin bir enerji ihtiyacı vardır. İnsanlığın artan talepleri ve gelişen üretim süreçleri, enerjiye ve enerji kullanımına olan ihtiyacı artırmıştır. Günümüzde enerji konusunda ön plana çıkan ve dünyamızın geleceğini tehdit eden iki önemli sorun alanından birincisi, küresel iklim değişikliğine sebep olan fosil yakıtların düzensiz kullanımı, ikincisi ise savaflara yol açan enerji temini sorunudur. Bu iki temel problem alanının da, hem dünyaya, hem insanlığa zarar vermeyecek bir şekilde çözümü mümkündür. Bu çözümün adı yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımıdır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ile bir yandan ihtiyaç duyulan enerjinin temini ve arzı sağlanırken diğer yandan temiz yöntemlerle enerji üretimi yapılacağından küresel iklim değişikliğinin önlenmesi, en azından yavaşlatılması mümkün olabilecektir. Bu nedenlerle yenilenebilir enerji kaynaklarından olabildiğince yararlanma bir tercih değil, zorunluluk olarak değerlendirilmelidir.

Dünyada fosil yakıtların giderek tükenmesi, çevreye verdiği zararlar ve enerjide dışa bağımlılığa neden oluşu enerji üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarına olan rağbeti artırmıştır. Ülkeler, kendi kaynaklarını kullanabildiği ve çevre kirliliğini azaltan güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, dalga enerjisi, biokütle enerjisi, jeotermal enerji, hidrolik enerji ve hidrojen enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmişlerdir. Son yıllarda, Türkiye’de de yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını teşvik eden ve düzenleyen yasalar çıkarılmıştır ve bu konuda önemli yatırımlar yapılmaktadır.

Gelişmiş ülkelerde teknolojinin yoğun kullanıldığı rüzgar, güneş, işlenmiş biokütle ve organik atıklar başta olmak üzere, yenilenebilir enerjinin genellikle modern veya dönüştürülmüş formları kullanılmaktadır. Az gelişmiş ülkelerde ise, kırsal bölgelerde ısınma ve yemek pişirme amacıyla, biokütle ve hayvansal atıkların doğrudan kullanımı önemli düzeylerde dir.

Yukarıda bahsedilen sebepler başta olmak üzere, elektrik enerjisinin TL/kWh birim fiyatındaki değişimin sıfır esnekliğe (fiyattaki değişimin talepte hiç değişiklik oluşturmaması) sahip olması gibi pek çok sebepten ötürü; yatırımcılar bu sektöre yönelmiştir. Bilindiği üzere yatırımcının birinci önceliği kar elde etmek ve bu karı maksimum düzeyde tutmaktır. Kar, belirli bir dönemde işletmelerin gelirleri ve giderleri arasındaki fark olduğuna göre, karın ortaya konulabilmesi için maliyetlerin hesaplanması gerekmektedir. Yatırımcının kararını etkileyen en önemli faktör maliyettir.

Yenilenebilir enerji kaynağı olarak güneş enerji üretiminde ilk tesis maliyetlerinin ve birim maliyetlerin maliyet muhasebesi açısından hesaplanmasını ve muhasebeleştirilmesini içeren bu çalışma dört bölümden meydana gelmektedir.

Birinci bölümde konuyla ilgili temel kavramlar çerçevesinde enerji, yenilenebilir enerji kavramlarının tanımlanmasına; yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi; yenilenebilir enerji kaynakları çeşitleri olarak güneş enerjisi, jeotermal enerji, hidrojen enerjisi, biyoyakıt enerjisi, rüzgar enerjisi, hidroelektrik enerjisi özelliklerinin sunulmasına; dünyada ve Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesine ve maliyet kavramlarına yer verilmektedir.

İkinci bölümde yenilenebilir enerji kaynağı olarak güneş enerjisi konuları ayrıntılı olarak ele alınmaktadır. Bu bağlamda, dünyada ve Türkiye’de güneş enerjisinin tarihçesi, mevcut potansiyeli ve kullanılabilirliği ve tüm yapım aşamaları detaylı olarak açıklanmaktadır.

Üçüncü bölümde güneş enerjisi santrallerinin karşılaştırmalı maliyet hesaplamaları ele alınmaktadır. Genel itibariyle enerji maliyeti; yatırım, işletme-bakım ve yakıt maliyetleri olmak üzere üç temel unsurdan oluşmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarında yakıt maliyeti olmadığından enerji maliyeti yatırım ve işleme-bakım maliyetlerinden oluşmaktadır. Bu bölümde güneş enerji santrallerinin yatırım maliyetlerinin nelerden oluştuğu, işleme-bakım maliyetlerinin neler olduğu açıklanmıştır. Yine bu bölümde enerji birim maliyetinin “ levelized cost of energy” bir değere getirilmiş maliyet yöntemi ile hesaplama şekli sayısal örneklerle birlikte ayrıntılı bir biçimde ele alınmaktadır.

Dördüncü bölümde belirtilen kapsam, veriler ve kabul edilen varsayımlar çerçevesinde bir güneş enerji santraline ilişkin tüm yatırım ve işletme maliyetleri göz önüne alınarak bu santrallerde üretilecek enerjinin birim maliyetleri hesaplanmaktadır. Tezin son bölümünde ise Güneş enerji üretiminde maliyet muhasebesi uygulamasına yer verilmiştir.



2. KONUSYLA İLGİLİ TEMEL KAVRAMLAR

Bu bölümde enerji kavramı, yenilenebilir enerji kavramı, yenilenebilir enerji kavramının çeşitleri, dünyada ve Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynakları ile maliyet muhasebesi ile ilgili temel kavramlar kısaca açıklanmıştır.

2.1. ENERJİ KAVRAMI

Sözlükte enerji, “maddede var olan ve ısı, ışık biçiminde ortaya çıkan iş yapabilme yetisi, erke; vücuda canlılık verdiği kabul edilen etkin güç; belirli bir eyleme dönüşebilecek yeti, gizilgüç” olarak tanımlanmıştır.¹

Enerji, bilim ve teknolojinin hızla geliştiği modern topluluğun her alanında geniş ölçüde yer almaktadır. İnsan kültürleri, tarihin derinliklerinden başlayarak günümüze kadar değişik enerji çeşitlerini kullanarak ısınma, aydınlanma ve madenleri işleterek topluma daha yararlı hale dönüştürülmesi ve hareketliliğin kazanılması konularında değişik aşamalardan geçmiştir. Genellikle enerjinin kullanım alanları olarak dört temel ekonomik faaliyet belirtilebilir: endüstri, ulaştırma, ticaret(hizmetler) ve konut.² Hangi ekonomik sistem tercih edilirse edilsin, ekonomilerin gelişmesi için enerji önemli girdi teşkil etmektedir. Bu da enerji ihtiyacının gelişen dünya ekonomisine paralel olarak arttığını göstermektedir.³

İnsanoğlunun hayatını yönlendiren enerji, insanoğlunun gelişimini sürdürebilmesi için önemli bir unsurdur.⁴ İnsanların ihtiyaçlarının karşılanmasında ve gelişmenin sağlıklı olarak sürdürülmesinde gerekli olan enerji; özellikle sanayi, konut ve ulaştırma gibi sektörlerde kullanılmaktadır. Ancak enerji; yaşantımızdaki vazgeçilmez yararlarının yanı sıra üretim, çevrim, taşınım ve tüketim esnasında büyük oranda çevre kirlenmesine de yol açmaktadır. Nüfus artışına, sanayinin gelişmesine

¹ Enerji Kavramı, <http://enerji.nedir.com/#ixzz2iL9BAfkl>, (21 Ekim 2013).

² James A. Fay ve Dan S. Golomb, Energy and The Enviroment, New York: Oxford University Press,2002,s.6-7.

³ Mason Willrich v.d., Energy and the World Politics, New York, The Free Press, 1975, s. 3.

⁴ Gopal Nath Tiwari ve Rejeev Kumar Mishra, **Advanced Renewable Energy Sources**, Royal Society of Chemistry,2011,s. 457.

paralel olarak kurulan büyük ölçekli enerji üretim ve çevrim sistemleri ekolojik dengeyi büyük ölçüde etkiledikleri gibi sınırlar ötesi etkileri de beraberinde oluşturmaktadır.⁵

Endüstriyel çağdan önce enerji ihtiyaçları; doğada bulunan odun, rüzgar, su gibi temel kaynaklardan ve buna ek olarak insan ve hayvanın kas gücünden karşılanırken, kömürle çalışan buhar makinelerinin keşfi kullanılan enerji kaynaklarını tamamen değiştirmiştir. Enerji kavramı ve enerji kaynaklarının sürdürülebilirliği geçmişten bugüne dünyanın en önemli konularından ve sorunlarından biri olmuştur. Enerji ekonomik ve toplumsal gelişmenin birincil kaynağıdır. İnsanoğlunun geleceği enerji kaynaklarının doğru kullanımına bağlıdır.⁶

Enerjinin tarihsel gelişimine göz attığımızda görürüz ki ilk insanlar enerjilerini yedikleri gıdalardan sağlıyordu. Ayrıca ihtiyaçlarını karşılamak için hayvan enerjisini kullanıyordu. Ateşin keşfedilmesiyle insanlığın önünde bir çığır açılmış oldu. Onu önceleri hayvanlardan korunmak için kullandı ve enerji gücünü fark etti. Böylece ateşi yakmak için ilk enerji kaynağı olarak bio-kütle yani odun kullanıldı. İnsanoğlu göçebe hayattan yerleşik hayata geçince su gücünü kullanmaya başladı. Rüzgarı deniz ulaşımında, yelkenli gemilerde ve daha sonraları yel değirmenlerinde kullandı. Her ne kadar ilk keşfi Çin'de olduğu söylene de, insan hayatına kömürün aktif olarak girebilmesi için 11. yüzyılı beklemek gerekiyordu. Uzun süreli yanıyor ve odundan daha iyi ısı veriyordu.

Tarihsel sürece bir göz atacak olursak onyedinci yüzyıla gelindiğinde Hollanda, Avrupa'da kömürü ilk bulan ülke olarak uzun süre bu ürünü dış ülkelere de sattı. Ardından İngiltere kendi kömürünü çıkarttı ve yine isteyenlere sattı. Bu yüzyılda, güneş enerjisinin, camla örtülü bir mekanda daha yüksek ısı oluşturduğu keşfedildi ve ilk limonluklar ya da seralar, evlerin hemen yanında, mekanı daha iyi ısıtmak ve bitki yetiştirmek amacı ile kullanılmaya başladı. Onsekizinci yüzyılda İngiltere, kömürünü ve ormanları enerji amaçlı olarak kıyasıya kullanıyordu. Kömür, buharlı makineler yüzünden tercih ediliyordu. Madenlere dolan suyu pompalamak için 1710 yılında buharlı otomobil motorunun ilk örneğini yapan İngilizler oldu. 1770'de James Watt

⁵ T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, **Türkiye Çevre Atlası**, Ankara,2004,s.181.

⁶ Özlem Candan Külekçi, "Yenilenebilir Enerji Kaynakları Arasında Jeotermal Enerjinin Yeri ve Türkiye Açısından Önemi-Place of GeothermalEnergy in The Content Renewable Energy Sources and It's Importance forTurkey", <http://dergiler.ankara.edu.tr/dergiler/47/1155/13594.pdf>, (21Ekim 2013), s.83, 84, 89.

geliştirdi ve endüstriyel bir güç haline getirdi. Ondukuzuncu yüzyılda hızlı endüstri değişimi İngiltere'de başladı ve Avrupa ile Kuzey Amerika'ya yayıldı. Enerjiye ihtiyaç gösteren, tekstil ve mobilya üretimi gibi sektörlerin güçlenmesi ile bütün dünyaya ulaştı. 1804'de ilk buharlı lokomotif, 1807'de ilk buharlı gemi çalışmaya başladı. Gelişimin doğal sonucu olarak, daha çok makine fakat daha ucuz enerji arayışları başladı. Kömür yaygınlaştı fakat bilim adamları sıvı yakıt kullanmanın daha doğru olacağını düşünmeye başladı. Elektrik üretimi için kömüre alternatif olarak, hidroelektrik, güneş ve jeotermal kaynaklar gündeme geldi. 1839' da, Edmond Becquarel tarafından güneş ışığının elektrik üretebildiği fark edildi. Güneş enerjisi ilk kez, Fransa'da 1860'da kullanılmaya başladı. Yüzyılın sonlarında jeotermal kaynaklar, ısıtma ağırlıklı olarak ve yel değirmenleri ile birlikte elektrik üretimi amaçlı kullanılmaya başladı. Amerika, Pensilvanya'da petrol bulundu ve havagazı, benzin, fuel-oil gibi yan ürünleri ile tüm alanlarda yerini aldı. İçten yanmalı motorların bulunması ile petrol çok daha önem kazandı. Yirminci yüzyılda ise Daimler-Benz ilk otomobili yaptı, Ford seri üretime geçti, Wright kardeşler uçmayı başardı. Süratli taşımacılık petrol tüketimini hızlandırdı. Bu arada 1914'de İstanbul, elektrikle tanıştı. Fosil yakıtların çevreye zararları yüzyılın ortalarından itibaren bizi, "alternatif" dediğimiz farklı arayışlara yöneltti. Bunlar uzun süredir biliniyordu fakat yaygınlaşma fırsatı bulamamışlardı. Nükleer enerji, etkileyici bir güçtü fakat önlenemeyen radyasyon etkisi yıkıcı sonuçlar doğuruyordu. 1973 yılına geldiğinde siyasi sebeplerle de olsa petrolün fiyatının iki katına çıkması, ardından 1974 Ocak ayında tekrar ikiye katlanması dünyada bir paniğe yol açtı ve insanlara petrolün bir gün sonunun geleeğini ve yeni enerji kaynaklarının bir an önce devreye sokulması gerektiğini hatırlattı. O günden beri petrol bölgesi olan Ortadoğu iyice karıştı. Petrol fiyatları hala güçlü bir ekonomik parametredir. Özetleyecek olursak odunun, yani biyokütlenin ana enerji kaynağı olarak kullanımı 19. yüzyılın ortalarına dek yaklaşık bir milyon yıl boyunca sürmüş, ve 1850'lerde yerini kömüre bırakmak zorunda kalmıştır. Kömür ise egemenliğini ancak bir yüzyıl sürdürebilmiş ve 1950'lerde sahneyi petrole devretmek zorunda kalmıştır. Bu yıllar, petrol bağımlılığının uç noktalarına ulaştığı bir dönem olmuştur. Yaygın kullanımı hala sürse de, 1973 petrol krizi ile birlikte alternatif, yani dönüşümlü ve temiz enerji kaynakları ve enerjinin verimli kullanımı, içinde bulunduğumuz döneme damgasını vurmuştur. 1980'li yıllar; gelişmiş ülkelerin, daha fazla enerji temininden daha verimli enerji kullanımı stratejisine geçiş

dönemi olmuştur. Yirmibirinci yüzyıla gelindiğinde ise alternatif arayışları, bir bölgeye ya da bir kaynağa bağlı olmayan yenilenebilir enerji kaynağı arayışları, büyük bir ivme kazanmıştır.⁷

Kullanım kolaylığı, istenildiği anda diğer enerji türlerine dönüştürülebilmesi, günlük hayattaki yaygınlığıyla, bugün elektrik enerjisi tüketimi ülkelerin gelişmişlik düzeyinin en önemli göstergelerinden biridir. 19.yüzyılın sonlarında bulunup öncelikle aydınlatmaya dönük olarak insanlığın kullanımına sunulan elektrik enerjisini elde etmek için artan gereksinim sonucunda birincil kaynakların yanı sıra yeni ve yenilenebilir kaynaklar; rüzgar, güneş, biomas ve benzeri kaynakların da değerlendirilmesine başlanmıştır. Elektrik enerjisinin Dünya’da günlük hayatta kullanılmaya başlaması 1878 yılında olmuştur. İlk elektrik santrali ise 1882’de Londra’da hizmete girmiştir. Ülkemizde kurulan ilk elektrik üreticisi ise, 1902 yılında Tarsus’ta tesis edilen, bir su değirmenine bağlanmış 2 kW gücündeki bir dinamodur. İlk büyük santral ise 1913 yılında İstanbul Silahtarağa’da kurulmuştur.⁸

İstiklal Savaşı sonucu 1923 yılında kurulan Türkiye Cumhuriyeti’ne kadar kurulu güç 33 MW iken bugün 859 kat artarak 28.332 MW’a ulaşmıştır. 1923 yılında 45 milyon olan üretimimiz ise 2727 kat artarak bugün 122.7 milyar kWh’a ulaşmıştır. Bu da Türkiye nüfusunun %99.9’ unun elektrik enerjisinden yararlanması anlamına gelmektedir. 1935 yılına gelindiğinde, Etibank, Maden Tetkik ve Arama (MTA), Elektrik İşleri Etüt İdaresi(EİEİ) kurulmuş, daha sonra İller Bankası ve Devlet Su İşleri (DSİ) devreye girmiştir. Bu tarihte kurulu güç 126.2 MW, üretim 213 milyon kWh, elektrikleştirilmiş il merkezi sayısı da 43 dür. 1948 yılında Çatalağzı Termik Santrali devreye girmiş ve 1952 yılında 154 kv’lık bir iletim hattı ile İstanbul’a elektrik takviyesi yapılmıştır.

1950’li yıllarda Devlet ve özel sektör eliyle santraller yapılmaya ve işletilmeye başlanmıştır. Bunlar İmtiyazlı şirket olarak kurulan Adana ve İçel yöresine elektrik veren Çukurova Elektrik A.Ş. (ÇEAŞ) ile Antalya yöresine elektrik veren Kepez Elektrik A.Ş.’dir. 1950 yılının başında kurulu gücümüz 407.8 MW’a, üretimimiz 789.5

⁷ Halil İbrahim Karadağ, “Yenilenebilir Enerji Kaynakları Arasında Rüzgar Enerjisinin Önemi ve Rüzgar Türbini Tasarımı” Yıldız Teknik Üniversitesi, 2009, s.4,5.

⁸ TEİAŞ, [http://www.teias.gov.tr/T%C3%BCrkiyeElektrik%C4%B0statistikleri/istatistikler/tarihce\(turk\)htm](http://www.teias.gov.tr/T%C3%BCrkiyeElektrik%C4%B0statistikleri/istatistikler/tarihce(turk)htm), (11 Mart 2014)

milyon kW'a ulaşmıştır. 1970 yılına gelindiğinde; artan üretim, dağıtım ve tüketim miktarı ve hizmetin yaygınlaşması, kurumsal bir yapıyı zorunlu kılmış ve TEK (TÜRKİYE ELEKTRİK KURUMU) kurulmuştur. Böylelikle, Belediyeler ve İller Bankası dışında bütünlük sağlanmıştır. Bu tarihte de kurulu gücümüz 2.234,9 MW, üretimimiz 8.6 milyar kWh seviyelerine yükselmiştir. 1970-1980 tarihleri arasındaki yıllarda, Dünya'daki enerji krizinden Türkiye de etkilenmiş, termik santrallerin yakıtlarının, çoğunlukla dışa bağımlı olmasından arz ve talep dengesi bozulmuş, dolayısıyla zorunlu enerji kısıtlamalarına başvurulmuştur. Bütün bu olumsuzluğa karşın, Türkiye kurulu gücü 1980 yılında 5.118,7 MW, üretimi de 23.3 milyar kWh değerlerine ulaşmıştır. 1982 yılında Belediyeler ve Birliklerin ellerindeki elektrik tesisleri TEK'e devredilmiş, bundan böyle tüm satışların, köy satışları da dahil olmak üzere TEK tarafından yapılması sağlanmıştır. Bu tarihte kurulu gücümüz 6.638,6 MW, üretimimiz 26.6 milyar kWh olarak gerçekleşmiştir. 1970 yılında toplam köy sayısının %7'si elektrikleştirilmişken, 1982 yılına gelindiğinde bu oran %61'e ulaşmıştır. 1984 yılında, enerji sektöründeki TEK tekeli kaldırılmış, gerekli izinli alınarak kurulacak özel sektör şirketlerine de enerji üretimi, iletimi ve dağıtımı konusunda olanaklar sağlanmıştır. Ayrıca yine bu yılda TEK'in hukuki bünyesi, organları ve yapısı düzenlenerek bir Kamu İktisadi Kuruluşu hüviyetine kavuşması sağlanmıştır.⁹

1988-1992 yıllarında, elektrik sektöründe kendi yasal görev bölgesi içinde elektrik üretimi, iletimi, dağıtım ve ticaretini yapmak üzere 10 kadar sermaye şirketi görevlendirilmiştir. Aynı zamanda imtiyazlı şirketlerden olan ÇEAŞ ve KEPEZ A.Ş.'lerine de kendi görev bölgelerinde elektrik üretim, dağıtım ve ticaretini yapma görevi verilmiştir. Türkiye Elektrik Kurumu kuruluşundan 23 yıl sonra, çıkarılan 13.8.1993 gün ve 513 sayılı Kanun Hükmünde Kararname ile Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ile ilgisi devam etmek üzere özelleştirme kapsamına alınmıştır. Bu düzenlemenin bir devamı olarak da Bakanlar Kurulunun 93/4789 Sayılı Kararı ile Kurum; "Türkiye Elektrik Üretim, İletim A.Ş." (TEAŞ) ve "Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş." (TEDAŞ) adı altında iki ayrı İktisadi Devlet Teşekkülüne ayrılmıştır. Enerji sektörünün yeniden yapılanmasına yönelik olarak 3 Mart 2001 tarihli Resmi Gazetede yayınlanan 4628 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu ile elektriğin yeterli, kaliteli, sürekli,

⁹ TEİAŞ, [http://www.teias.gov.tr/T%C3%BCrkiyeElektrik%C4%B0statistikleri/istatistikler/tarihce\(turk\).htm](http://www.teias.gov.tr/T%C3%BCrkiyeElektrik%C4%B0statistikleri/istatistikler/tarihce(turk).htm) (11 Mart 2014)

düşük maliyetli ve çevreye uyumlu bir şekilde tüketicilerin kullanımına sunulması için, rekabet ortamında özel hukuk hükümlerine göre faaliyet gösterebilecek, mali açıdan güçlü, istikrarlı ve şeffaf bir elektrik enerjisi piyasasının oluşturulması ve bu piyasada bağımsız bir düzenleme ve denetimin sağlanması amaçlanmaktadır.¹⁰ (Bu kanun, 14.03.2013 tarih 28603 sayılı resmi gazete ile 6446 Sayılı Elektrik Piyasası Kanunu olarak değişmiştir.)

Bu kanun, elektrik üretimi, iletimi, dağıtımı, toptan satışı ve perakende satışı, perakende satış hizmeti, ithalat ve ihracatı ile bu faaliyetlerle ilişkili tüm gerçek ve tüzel kişilerin hak ve yükümlülüklerini, Elektrik Piyasası Düzenleme Kurulunun kurulması ile çalışma usul ve esaslarını ve elektrik üretim ve dağıtım varlıklarının özelleştirilmesinde izlenecek usulü kapsamaktadır.

Bakanlar Kurulu'nun 2 Mart 2001 tarihli Resmi Gazete'de yayınlanan 05.02.2001 tarih 2001/2026 sayılı kararı ile, Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi, Elektrik Üretim Anonim Şirketi ve Türkiye Elektrik Ticaret ve Taahhüt Anonim Şirketi olacak şekilde üç ayrı İktisadi Devlet Teşekkülü olarak yeniden teşkilatlandırılması kararlaştırılmıştır. Bu karar doğrultusunda 1.10.2001 tarihi itibarıyla faaliyete geçen TEİAŞ'ın, yeni piyasa yapısı içinde temel görevleri, üretilen elektriğin tüketim noktalarına kadar iletilmesini sağlayan iletim tesislerinin tesis ve işletilmesi, elektrik sisteminin işletilmesi, bir başka deyişle yük dağıtım, yeni piyasa yapısına uygun bir iletişim alt yapısının oluşturulması ve piyasanın tam olarak açılmasına bağlı olarak piyasanın işletilmesi yani, piyasadaki mali dengeleme ve uzlaştırma faaliyetlerinin yürütülmesi olarak belirlenmiştir.¹¹

Son yıllarda dünyadaki enerji gereksinimi, belirgin bir artış göstermektedir. Buna bağlı olarak temiz ve sürdürülebilir enerji kaynakları üzerindeki bilimsel araştırmalar ivme kazanmıştır. Bir enerji kaynağının var olması tek başına yeterli değildir aynı zamanda bu enerji kaynağının kapasitesi, çevreyle olan uyumu, ekonomik faktörler, devamlılığı gibi parametreler de dikkate alınmalıdır. Bu parametreler göz önünde bulundurulduğunda “sürdürülebilirlik” ve “yenilenebilir” kavramları önem kazanmaktadır. Günümüzde enerji ihtiyacı her gün biraz daha artmakta ve buna bağlı

¹⁰ TEİAŞ,a.g.e.

¹¹ TEİAŞ,a.g.e.

olarak var olan enerji kaynaklarının daha verimli kullanılması gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Enerji kaynaklarının daha verimli kullanımı ve gelecek nesillere aktarımı “sürdürülebilirlik” kavramını ortaya koymaktadır. Günümüzde enerji kaynaklarının sürdürülebilirliği en önemli kriterlerden biri haline gelmiştir.¹²

Bugün kullanılan enerji kaynakları yenilenemeyen ve yenilenebilir enerji kaynakları olmak üzere iki ayrı kısımda incelenebilir: Yenilenemeyen Enerji Kaynakları arasında kömür, petrol, doğalgaz ve nükleer enerji gösterilebilir.¹³ Yenilenebilir Enerji Kaynakları arasında biokütle, rüzgar, hidrolik, jeotermal ve güneş enerjisi gibi kaynaklar yer almaktadır¹⁴

Yeraltı kaynaklarının sınırlı oluşu ve toplumu tehdit edecek biçimde azalması yenilenebilir enerji kaynaklarını alternatif enerjiler olarak önümüze sermektedir. Enerji kaynaklarının hızla tükenmesi, petrol, kömür, nükleer enerji gibi kendini yenileme durumu olmayan kaynakların bilinçsizce kullanılması, bu kaynakların çevreye ve atmosfere verdiği kirlilik gibi etkenler insanları yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmaya yönlendirmiştir.¹⁵

Kömür, petrol, doğalgaz, vb. yenilenemeyen kaynakların insanlar tarafından kullanılması ile oluşan çevre kirliliği ve iklim değişikliği gibi ortaya çıkan negatif sonuçlar, ekonomik, sosyal ve çevresel etkiler bakımından sürdürülemez bir duruma neden olmaktadır ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını ön plana çıkarmaktadır. Enerji kaynaklarının yenilenebilir olması tek başına yeterli değildir. Aynı zamanda bu kaynağın kullanımını sağlayan teknolojik yöntemler de önemlidir. Enerji sistemlerinin yenilenebilir, enerji kaynaklarının sürdürülebilir olması gerekmektedir.¹⁶ Günümüzde yaygın olarak kullanılan fosil yakıtlar, yenilenemeyen enerji kaynakları içerisinde yer alırken, güneş, rüzgar ve jeotermal gibi doğal kaynaklar yenilenebilir kaynaklara örnek olarak verilebilir.¹⁷

¹² Gökhan Sevilgen ve Muhsin Kılıç, “Yenilenebilir Enerji Kaynakları Ve Sürdürülebilirlik Endeksi”, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 18, Sayı 1, 2013, s.69,71.

¹³ T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, **Türkiye Çevre Atlası**, Ankara, 2004, s.181.

¹⁴ N.L. Panwar, C. Kaushikb, Surendra Kotharia, “Role of renewable energy sources in environmental protection: A review”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Elsevier, 2011, s.1514.

¹⁵ Özlem Candan Külekçi, s.83, 89.

¹⁶ Gökhan Sevilgen ve Muhsin Kılıç, a.g.e., s.72.

¹⁷ N.L. Panwar, C. Kaushikb, Surendra Kotharia, a.g.e., s.1515.

Dünyada büyük ölçüde yenilenemeyen enerji kaynaklarının kullanılıyor olması, çevre sorunlarını önemli ölçüde artırmıştır. Bu nedenle çevresel etkileri az olan yenilenebilir enerji kaynaklarına yöneliş her bakımdan avantajlı olmaktadır. Ancak bazı teknik sorunların çözümlenebilmesi için zamana ihtiyaç vardır ve bu da söz konusu geçişin oldukça uzun bir süre olacağını göstermektedir.¹⁸

2.2. YENİLENEBİLİR ENERJİ

Yenilenebilir enerji “gücünü güneşten alan ve hiç tükenmeyecek olarak düşünülen, çevreye emisyon yaymayan enerji çeşididir.”. Bir başka deyişle yenilenebilir enerji, doğanın kendi evrimi içinde, bir sonraki gün aynen mevcut olabilen enerji kaynağını ifade etmektedir.¹⁹Yenilenebilir enerji, tükenmeyen kaynaklardan elde edilen enerjidir.²⁰

10 Mayıs 2005 tarihli ve 5346 sayılı “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun”un “Tanımlar ve kısaltmalar” başlıklı üçüncü maddesinin birinci fıkrasının (8) numaralı bendinde, “**Yenilenebilir enerji kaynakları kısa adıyla (YEK):** Hidrolik, rüzgar, güneş, jeotermal, biokütle, biyogaz, dalga, akıntı enerjisi ve gel-git gibi fosil olmayan enerji kaynaklarını,”; yine üçüncü maddenin birinci fıkrasının (11) numaralı bendinde, “Bu Kanun kapsamındaki yenilenebilir enerji kaynakları: rüzgar, güneş, jeotermal, biokütle, biyogaz, dalga, akıntı enerjisi ve gel-git ile kanal ya da nehir tipi ya da rezervuar alanı on beş kilometrekarenin altında olan hidroelektrik üretim tesisi kurulmasına uygun elektrik enerjisi üretim kaynaklarını, ...” ifade etmektedir” şeklinde tanımlanmaktadır.²¹

Enerji kaynaklarının “yenilenebilir” olarak tanımlanabilmesi için gerekli unsurlar şöyledir: “Kaynak, doğal ortamda sürdürülebilir veya tekrarlanabilir olmalı;

¹⁸ T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, a.g.e. s.181.

¹⁹ Gökhan Sevilgen ve Muhsin Kılıç, a.g.e., s.84.

²⁰ Zachary A.Smith ve Katrina D. Taylor, **Renewable and Alternative Energy Resources**, California:Santa Barbara, 2008, s.2.

²¹Seyhan Onbaşıoğlu,“Neden Yenilenebilir Enerji ?”, **Termodinamik Dergisi**, Yıl:14, Sayı:128, Ekim 2005, s.59.

kaynakta, birim zamanda üretilen enerji, birim zamanda kaynaktan çekilen enerjiye eşit olmalı; enerjinin kaynağı; Güneş, Dünya'nın dönüşü ve yer çekimi olmalıdır".²²

Bu açıdan, yenilenebilir enerji kaynaklarının büyük bir çoğunluğu enerjisini doğrudan veya dolaylı olarak Güneş'ten almakta, dolayısıyla bu kaynaklar sürekli olarak yenilediğinden tükenmemektedir. Potansiyeli olan ve teknolojik gelişmeler doğrultusunda son yıllarda yararlanılan enerji kaynakları "yeni"; tükenmeyen, eksilmeyen kaynaklar da "yenilenebilir" enerji kaynakları olarak ifade edilmektedir.²³ Yenilenebilir enerji terimini de, doğal ortamda sürekli ve tekrarlı biçimde ortaya çıkan akımlardan elde edilen veya kullanıldıkça aynı oranda beslenen enerji olarak tanımlamak mümkündür.²⁴

Yenilenebilir enerji kaynakları, yeryüzünde ve doğada çoğunlukla herhangi bir üretim sürecine ihtiyaç duymadan temin edilebilen, fosil kaynaklı (kömür, petrol ve karbon türevi) olmayan, elektrik enerjisi üretilirken CO₂ emisyonu az bir seviyede gerçekleşen, çevreye zararı ve etkisi geleneksel enerji kaynaklarına göre çok daha düşük olan, sürekli bir devinimle yenilenen ve kullanılmaya hazır olarak doğada var olan hidrolik, rüzgar, güneş, jeotermal, biokütle, biyogaz, dalga, akıntı enerjisi ve gel-git, hidrojen gibi enerji kaynaklarını ifade eder.²⁵

Yenilenebilir enerji kaynaklarının daha geniş oranda kullanılmasına yükselen petrol ve doğalgaz talebi neden olmaktadır. Hidroelektrik ve diğer yenilenebilir enerji tüketiminde 2030 yılına kadar dünya genelinde yıllık %3,4'lük artışlar beklenmektedir. Bu anlamda OECD ülkelerinde rüzgar ve biokütle yenilenebilir kaynaklar arasında ön plana çıkmaktadır. Güneş enerjisi ise henüz gelişmekte olan bir enerji sektörüdür. Önümüzdeki 20 yıllık süreçte yapılacak enerji yatırımlarının %71'inin yenilenebilir enerji yatırımları olması beklenmektedir.²⁶

²² Seyhan Onbaşıoğlu, a.g.e., s. 59.

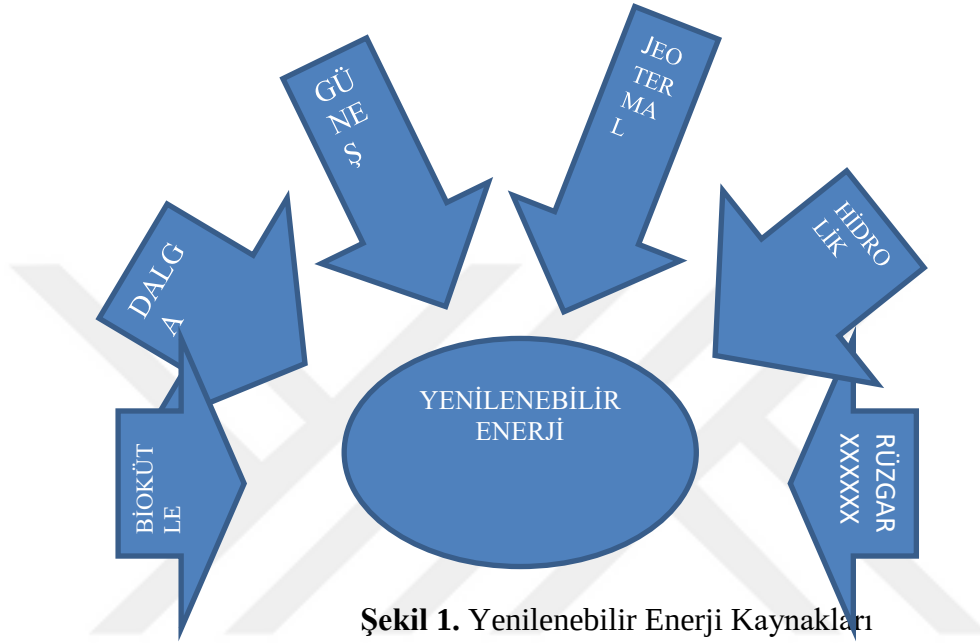
²³ Ahmet Enis, "Enerji Politikaları; Yerli, Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları", **TMMOB Türkiye 5. Enerji Sempozyumu (21-23.12.2005, Ankara) Bildiriler Kitabı**, TMMOB Yayınları, Ankara, 2005, s. 177.

²⁴ Zekai Sen, **Temiz Enerji ve Kaynakları**, Su Vakfı Yayınları, İstanbul, 2002, s. 18.

²⁵ Erol Ünal, **Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Yenilenebilir Enerji Piyasaları**, Uzmanlık Tezi, Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK), Ankara, 2006, s. 99.

²⁶ Doğu Marmara Kalkınma Ajansı, **TR42 Doğu Marmara Bölgesi Yenilenebilir Enerji Raporu**, Marka Yayınları Serisi, Temmuz 2011, s.11.

Aşağıda Şekil 1’de yenilenebilir enerji kaynakları görülmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisinin kaynağı güneş; rüzgar enerjisinin kaynağı rüzgar; jeotermal enerjinin kaynağı yeraltı suları; dalga enerjisinin kaynağı deniz ve okyanuslar; biokütle enerjisinin kaynağı biyolojik atıklar; hidrolik enerjinin kaynağı nehirler ve hidrojen enerjisinin kaynağı sudur.



Şekil 1. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Kaynak: M.Azmi Aktacir, “Enerji Verimliliği ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları”,2009, Harran Üniversitesi, Güneş Enerjisi Araştırma ve Uygulama Merkezi, GAP YENEV. <http://eng.harran.edu.tr/~aktacir/not.pdf>, (2 Ocak 2014)

Yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretiminde farklı yöntemler kullanılmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları “geleneksel ve yeni” olarak ikiye ayrılır. Odun, bitki ve organik maddelerin geleneksel yollarla yakılmasını içeren geleneksel biokütle ve büyük ölçekli hidrolik enerji; “geleneksel yenilenebilir kaynakları” olup bu kaynaklardan uzun yıllardan beri yararlanılmakta ve bunlar dünya enerji tüketiminde belli bir yer tutmaktadır. Güneş, rüzgar, modern biokütle, jeotermal, küçük hidrolik, dalga ve jeotermal enerji ise “yeni yenilenebilir enerji” kaynakları olarak isimlendirilmektedir²⁷. Modern yenilenebilir enerji kaynakları şu şekilde listelenmiştir: rüzgar enerjisi, su gücü (hidrogüç), güneş enerjisi, jeotermal enerji, biokütle, biyoyakıtlar, sıvı biyoyakıtlar, katı biokütle, biyogaz, küçük ölçekli enerji kaynakları,

²⁷Zerrin Taç Altuntaşoğlu, “Yenilenebilir Enerji Avrupa Birliği ve Türkiye Müktesebatı”, http://www.Emo.org.tr/ekler/6edc1cd1f36e45d_ek.pdf, (21 Şubat 2013), s.249-250.

piezoelektrik, termoelektrik, elektromanyetik (radyasyonelektrik) yenilenebilen enerji kaynaklarına örnektir.²⁸

Yenilenebilir enerji kaynakları doğrudan kullanılabilir veya enerjinin başka bir formuna dönüştürülebilir. Doğrudan kullanım örnekleri, güneş enerjisi ile çalışan aletler, jeotermal ısıtma ve su veya rüzgar değirmenleridir. Dolaylı kullanıma örnek olarak ise, elektrik üretiminde kullanılan rüzgar türbinleri veya foto voltaj pilleri verilebilir.²⁹

2.3. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ ÖNEMİ

Artan enerji ihtiyacı ve enerji maliyetleri yenilenebilir enerji teknolojilerine yönelişi beraberinde getirmiştir. Fosil yakıtlardaki maliyet artışı, çevreye ve uzun dönemde insan sağlığına verdiği zararlar yenilenebilir enerjinin stratejik sektörler arasına girmesini sağlamıştır. Uluslararası Enerji Ajansı'nın öngörüsüne göre yenilenebilir enerji kaynaklarına önümüzdeki 20 yılda 10,5 trilyon ayrılması beklenmektedir. OECD ülkeleri arasında yenilenebilir enerji kaynakları (YEK) kullanımı %25'e ulaşması öngörülmektedir. YEK konusunda yatırımların ve desteklerin oluşmasında, karbondioksit oranlarının düşürülmesi gerekliliği, fosil yakıtlara bağımlı ülkelerde enerji arz güvenliğinin sağlanması ve YEK'nın orta ve uzun vadede geleneksel enerjilere göre maliyet avantajı da elde edeceği beklentileri sebep olmuştur. Avrupa Birliği (AB) komisyonu da özellikle rüzgar, güneş, biokütle ve hidrolik enerji gibi YEK'nın gelişmesini enerji politikalarının merkezine yerleştirmiştir.³⁰

Enerji üretimi ve kullanımı sırasında yaşanan çevre sorunları, eski teknolojilerin terk edilmesinin temel nedenlerinden biridir. Kömür, petrol ve doğalgaz santrallerinin kuruldukları bölgede yerel olarak tahribatları yanında küresel olarak tüm dünyayı tehdit eden etkileri de bulunmaktadır. Fosil yakıtlar yakıldığında atmosfere yayılan karbondioksit, kükürtdioksit, azotoksit, toz ve kurum yakın çevreyi kirletip ölümlere yol

²⁸ İlhan Umut, "Yenilenebilir Enerji Kaynaklarını Elektrik Enerjisine Dönüştürmede Kullanılan Yöntemler ve Örnek Uygulamalar", (T.C. Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne, 2008), s.11-12.

²⁹ a.g.e., s.12.

³⁰ Doğu Marmara Kalkınma Ajansı, a.g.e., s.11.

açarken, karbondioksit ve benzeri sera gazları küresel iklim değişikliğine yol açmakta ve tüm dünya ülkelerinde yaşamı tehdit etmektedir.³¹

Günümüzde yeni fosil yakıt kaynakları büyük miktarlarda bulunmamaktadır. Bu durum mevcut stokların eninde sonunda sona ereceğini göstermektedir. Bu stokların lokasyon ve miktarları en son araştırmalara göre değişiklik göstermektedir. Ağırlıklı fosil yakıt tipi kömür olup petrol ve gaz daha az miktardadır. Bir kaynağın rezerv süresi, bilenen ulaşılabilir rezerv miktarının mevcut kullanım oranına bölünmesi olarak tanımlanabilir. Bu tanımdan hareketle rezerv süresinin petrol ve gaz için birkaç on yıl iken kömür için birkaç yüzyıl olduğu genellemesi yapılabilir. Ekonomistlerin öngörüşüne göre yakıt rezervlerinin azalmasına bağlı olarak yakıt fiyatları yükselecek sonuç olarak yakıt talebi azalacak ve daha önce daha pahalı olan kaynaklar ve alternatifler piyasaya girecektir.³²

Fosil yakıtları esas alan enerji kullanımı; yakıt konusunda dışa bağımlılık, yüksek ithalat giderleri ve çevre sorunları gibi önemli olumsuzlukların yanında, dünya fosil yakıt rezervlerinin hızla tükenmesi sebebiyle yenilenebilir enerji kaynaklarının önemini arttırmaktadır. Diğer taraftan yenilenebilir enerji kaynaklarının çevresel etkileri, yenilenemeyen enerji kaynaklarına oranla çok azdır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının, mevcut teknik ve ekonomik sorunların çözülmesi halinde 21. yüzyılda en önemli enerji kaynağı olacağı kabul edilmektedir.³³

Yenilenebilir enerjinin önemi aşağıdaki gibi özetlenebilir:³⁴

- Elektrik üretiminde konvansiyonel kaynakların çokça kullanılması nedeni ile çevrede, atmosferde ve dünyada sebep olduğu etkileri azaltabilmek ve yaşam dengesini koruyabilmek adına, çevresel nedenler,

³¹Tanay Sıdkı Uyar, “Enerji Sorunu Nedir? Alternatif Enerji Çözüm müdür?”, **NEU-CEE 2001 Electrical, Electronic and Computer Engineering Symposium**, Lefkoşa, 2001, s.23.

³² John Twidell and Tony Weir, **Renewable Energy Sources**, Second Edition, Taylor&Francis Group London and Newyork, 2006,s.3.

³³ T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, a.g.e, s.182.

³⁴Betül Oğuz İrkiçatal, “Yenilenebilir Enerji Kaynakları”, Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, 2010, <http://web.ogm.gov.tr/diger/iklim/Dokumanlar/Biyoenerji%20%C3%87al%C4%B1%C5%9Ftay%C4%B1/CalistaySunumlari/EPDK%20Sunum%20BET%C3%9CL.pdf>(21 Ocak 2014), s.4,5.

- Ülkemizdeki var olan yenilenebilir enerji potansiyelini kullanmak ve yerli kaynakları geliştirmek,
- Dışa bağımlılığı azaltıp, kaynak çeşitlendirmesine giderek arz güvenliğini arttırmak,
- Uluslararası anlaşmalar ve protokollere uyum sağlamak (Kyoto Protokolü gibi)
- Üretim tesislerinin kurulum ve işletmesine bağlı olarak doğrudan ve dolaylı olarak istihdamı arttırmak, diğer sektörlerin uygulanamadığı coğrafi bölgelerde bu potansiyeli kullanarak sosyo-ekonomik uyumu sağlamak, yeni iş alanları oluşturmak,
- Ulaşım imkanları zor bölgelerin ve kırsal alanların elektrifikasyonunu sağlamak, iletim ve dağıtım şebeke yatırımlarına ve hat genişlemelerine olan ihtiyacı azaltarak sermaye tasarrufu yapmak,
- Başta Avrupa Birliği ülkeleri olmak üzere birçok gelişmiş ülkelerde yenilenebilir kaynaklara dayalı elektrik üretiminin mali teşvikler uygulanarak desteklenmesi.

Her geçen gün gelişen teknolojiye paralel olarak, ülkelerin de her geçen gün enerji gereksinimleri artmaktadır. Geçmiş yıllara bakıldığında her yıl ihtiyaç duyulan enerji miktarında artış görülmektedir ve şüphe yok ki bu artış gelecek yıllarda daha yüksek boyutlara ulaşacaktır. Bu sebeple gerek çevresel etkenler nedeniyle gerekse gerekli enerji miktarının sağlanmasında kullanılmak üzere yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmek gerekmektedir.³⁵

Yenilenebilir enerji kavramının benimsenmesi, çevre bilincinin gelişmesi ve çevresel bozulmanın canlı yaşamı üzerindeki olumsuz etkilerinin iyice anlaşılması, dünyada çevre alanında uluslararası platformda ortak bir iradenin oluşması, bu kapsamda birçok uluslararası antlaşmanın yürürlüğe girmesi ve çevre politikalarında

³⁵ Mehmet Caner Çakar, Ümmühan Başaran Filik, Mehmet Kurban, “Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Ulaşım Sistemlerinde Kullanım Uygulaması”, http://www.emo.org.tr/ekler/c85deffa0b8b7a7_ek.pdf, (22 Ekim 2013)

köklü değişiklikler yapılması, çevre konusunda önemli gelişmelerin kaydedilmesi sonucuna yol açmıştır.³⁶

Yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretmekte bazı zorluklar bulunmakta olup bunlar kısaca şu şekilde özetlenebilir:

- 1) Bu kaynakların elektrik üretiminde kullanılması yeni gelişen bir alandır ve yatırım maliyetleri oldukça yüksektir.
- 2) Enerji üretim grafiğinde arz dengesizliği ve performans düşüklüğü yaşamak muhtemeldir.
- 3) Şebekeye erişim gücülüğü yaşanabilir.
- 4) Fosil yakıtlarla rekabet gücülüğü vardır.³⁷

2.4. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI ÇEŞİTLERİ

Enerji farklı biçimlerde ortaya çıkabilir veya kullanılabilir. Bunlardan en yaygın olanları ısı, mekanik, kinetik, potansiyel, elektrik, manyetik, kimyasal ve nükleer enerjidir.³⁸ Aşağıda yenilenebilir enerji kaynağı çeşitleri olarak güneş enerjisi, jeotermal enerji, hidrojen enerjisi, biyoyakıt enerjisi, rüzgar enerjisi ve hidroelektrik enerjisi ile bu enerji türlerinin özelliklerine, aynı zamanda Türkiye’de bu enerji türlerinin hangi durumda (miktar, seviye, kWh/m² vb.) bulunduğu ayrıntılarıyla değinilecektir.

2.4.1. Güneş Enerjisi

Türkiye küçümsenemeyecek yenilenebilir bir enerji potansiyeline sahiptir. Eğer yeteri kadar işletilebilir ve etkin bir şekilde dağıtılabılırsa bu potansiyel kolaylıkla mevcut elektrik talebini ve hatta 2020 yılı için tahmin edilen talebi bile karşılayabilir. Türkiye’de Güneş enerjisi yenilenebilir enerji kaynaklarının içinde en yüksek potansiyele sahiptir. Bunun ötesinde Güney Anadolu ve Akdeniz bölgeleri yüksek güneş ışınlamına sahiptir ve güneş enerjisinden elektrik üretilmesi planlanmaktadır.

³⁶ Şebnem Boran ve Övgü Pınar, “Sürdürülebilir Kalkınma Hedefinde İki Sektör: Yenilenebilir Enerji Ve Organik Tarım”, İzmir Ticaret Odası AR&GE Bülten (Haziran 2013), s.25.

³⁷ Betül Oğuz Irkıcıtal, a.g.e.,s.6.

³⁸ Hikmet Karakoç, Nimet, Karakoç Berrin Erbay ve Haydar Aras, **Enerji Analizi**, Anadolu Üniversitesi yayınları, 1.Baskı Eskişehir, 2012. s.16.

Tahmin edilen potansiyel 2010 yılındaki elektrik talebinden 125 katı kadar daha büyüktür ve sadece bu bölgede sağlananla sınırlıdır.³⁹

Dünyamıza ve diğer tüm gezegenlere enerji veren sonsuz denilebilecek bir güce sahip olan güneş, nükleer yakıtlar dışında dünyada kullanılan yakıtların ana kaynağıdır. Güneş içinde sürekli olarak hidrojenin helyuma dönüştüğü füzyon reaksiyonları gerçekleşmektedir ve oluşan kütle farkı ısı enerjisine dönüşerek uzaya yayılmaktadır. Ancak bu enerjinin çok küçük bir kısmı yeryüzüne ulaşmaktadır. Çok büyük ve tükenmez bir enerji kaynağına sahip olan güneşten dünyaya gelen güç miktarı yaklaşık olarak 1.8×10^{11} MW' dır. Güneşin gün boyunca atmosfere verdiği ısı ve ışık, insanların ihtiyaç duyduğu elektrik ve proses ısı olarak kullanıma sunulmaktadır.⁴⁰

Güneş enerjisi, güneşten gelen ve yeryüzüne $0-1.100\text{W/m}^2$ değerlerinde bir ısı etkisi yaratan yenilenebilir bir enerjidir. Birtakım karmaşık nükleer reaksiyonlar sonucu ortaya çıkmakta ve dünyaya radyoaktif ışınlar şeklinde ulaşmaktadır. Bu ışınların çoğu güneş ışığı olarak yeryüzüne gelmekte ve bir kısmı da atmosfer içine süzülmemektedir.⁴¹

Bugüne kadar gelişen teknoloji ile birlikte güneş enerjisi sistemleri de gelişmiş ve içinde bulunduğumuz yüzyılda güneş enerjisinin kullanımı küçümsenmeyecek bir değere ulaşmıştır. Güneş Enerjisi ile ilgili olarak fotovoltaiik sistemlerde kullanılan güneş hücrelerinin geliştirilmesi ve maliyetlerin düşmesi de büyük katkı sağlamıştır. Ayrıca baraj inşaatlarında ve elektro-mekanik aksamda yeni teknolojiler kullanılarak verim artırma konusunda araştırmalar yapılmaktadır.⁴²

Güneş enerjisi ısı ve elektriksel uygulamalarla kullanılmakta olup, mevcut teknoloji ile sağlanan ekonomik koşullarda, özellikle ısı kullanımını önem kazanmıştır. Amaca bağlı olarak bu enerjinin kullanım alanları çeşitlidir. Uygulamalar konut sanayi işletmelerinde ve kırsal kesime elektrik üretimi şeklinde devam etmektedir. Güneş enerjisinin avantajları arasında şunlar yer almaktadır: tükenmeyen bir enerji kaynağıdır,

³⁹ Christopher Kick, a.g.e., s.35.

⁴⁰ Özlem Candan Külekçi, a.g.e., s.85.

⁴¹ Sibel Demirtaş, "Avrupa Birliği ve Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Bunlardan Biyokütle'nin Önemi", Ankara Üniversitesi Avrupa Toplulukları Araştırma ve Uygulama Merkezi, 46.Dönem AB Temel Eğitim Kursu, Ankara, 2010, s.3.

⁴² Arif Kıvanç Üstün ve Diğerleri, "Kyoto Protokolü Kapsamında Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Politikalarına Genel Bir Bakış", V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, Ankara, 2009.23-28.

temiz enerji türüdür, doğabilecek ekonomik bunalımdan etkilenmez, karmaşık teknolojiye ihtiyaç duymaz, işletme masrafları çok azdır, gaz, duman, kükürt veya radyasyon gibi zararlı artıkları yoktur.⁴³

Güneş enerjisinin dezavantajları arasında şunlar yer almaktadır: birim yüzeye gelen güneş ışınları devamlı olmadığından depolama gerektirir, enerji ihtiyacının fazla olduğu kış aylarında, güneş ışınları az ve geceleri ise hiç yoktur, güneş enerjisinden faydalanan birçok tesisin ilk yatırım masrafları fazladır.⁴⁴

Türkiye, coğrafi konumu nedeniyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli açısından birçok ülkeye göre şanslı durumdadır. Türkiye'nin en fazla güneş enerjisi alan bölgesi Güneydoğu Anadolu Bölgesi olup, bunu Akdeniz Bölgesi izlemektedir.⁴⁵



Şekil 2. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası

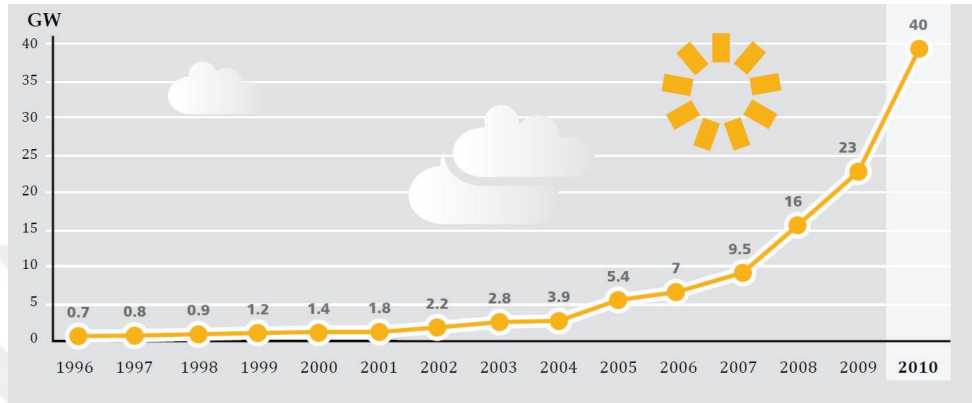
Kaynak: T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, <http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/gunes.aspx>, (12 Kasım 2013)

⁴³Sibel Demirtaş, a.g.e., s.13.

⁴⁴ a.g.e, s.20.

⁴⁵ Hüseyin Erdoğan, Bilal Gümüş, Serhat Berat Efe, Cem Kutlu, Hasan Bayındır, Yakut Yurdağül Benteşen, Ferhat Çıra ve Ramazan Aslan, “Yoğunlaştırıcı Güneş Enerji Santralleri ve Ilisu HES’e Alternatif Olarak Güneydoğu Anadolu Bölgesine Uygulanabilirliği”, **V.Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu**, Diyarbakır, 2009, 11-22.

Güneş enerjisine dayalı elektrik üretimi son beş yılda artan bir hızla gelişmektedir. Güneş enerjisi fotovoltaik kurulu gücü 2010 yılında 17 GW artarak dünya genelinde 40 GW'a ulaşmıştır. Güneş enerjisi fotovoltaik kurulu gücünün %44'üne Almanya sahiptir (17,3 GW). Almanya'yı İspanya (3,8 GW), Japonya (3,6 GW) ve İtalya (3,5 GW) izlemektedir.⁴⁶



Şekil 3. Dünyada Güneş Enerjisi Kurulu Gücünün Gelişimi (1996 – 2010)

Kaynak: Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, **Renewables 21 Global Status Report**, 2012, s.23.

2.4.1.1. Güneş Enerjisinin Özellikleri

Güneş içerisindeki füzyon reaksiyonlarının temeli olan hidrojen, dünyanın en basit ve en çok bulunan, renksiz, kokusuz, havadan 14.4 kez daha hafif ve zehirsiz bir gazdır. Sınırsız kaynağa sahip olan ve havayı kirletmesi açısından içten yanmalı motorlarda kullanılan diğer alternatif yakıtlara göre pek çok avantaja sahip hidrojenin, içten yanmalı motorlarda kullanım çalışmalarına 1900'lü yıllarda başlanmış ve günümüzde de yoğun bir şekilde devam etmektedir.⁴⁷

Günümüzde güneş enerjisi kullanımı; düşük ve yüksek enerji uygulamaları olmak üzere ikiye ayrılır. Düşük sıcaklık uygulamaları; konut ve iş yerlerinin iklimlendirilmesinde, yemek pişirme ve sıcak su temin edilmesinde, yüzme havuzlarının ısıtılmasında, tarımsal teknolojide, seraların ısıtılmasında, tarımsal ürünlerin

⁴⁶ TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası, **Enerji Verimliliği Raporu**, 2012, Ankara, s.16.

⁴⁷ Özlem Candan Külekçi, a.g.e., s.85.

kurutulmasında, deniz suyundan tuz ve tatlı su elde edilmesinde kullanılır. Yüksek sıcaklık uygulamalarında ise kontrollü olarak elektrik üretimi yapılır. Güneş enerjisi teknolojileri yöntem, malzeme ve teknolojik düzey açısından çok çeşitlilik göstermekle birlikte iki ana gruba ayrılabilir.⁴⁸

- Isıl Güneş Teknolojileri ve Odaklanmış Güneş Enerjisi (CSP): Güneş enerjisinden ısı elde edilen bu sistemlerde, ısı doğrudan kullanılabileceği gibi elektrik üretiminde de kullanılabilir.
- Güneş Pilleri: Fotovoltaik piller de denen yarı iletken malzemeler güneş ışığını doğrudan elektriğe çevirirler.

Güneş enerjisi sisteminin en önemli bileşeni olan ve güneş ışınlarından sıcak su elde etmeye yarayan araçlara kolektör denir.⁴⁹ Bu uygulamanın esası; güneş ışınlarını toplayabilen bir plaka aracılığı ile bir akışkana aktarılması, sıcaklığı artan sıvının da depolanması ya da kullanılmasına dayanır. Güneş kolektörü, güneş ışınlarının absorpsiyonu yoluyla ısı enerjisiye dönüştürülerek bir akışkana transferi için tasarlanmış bir cihazdır. Güneş ışınımı ile direk temasta bulunan düzlemsel yüzeyli kolektörler, yüksek geçirgenlikte özel bir cama sahiptir. Absorber buna paralel bir levha olarak yerleştirilir. Yüksek sıcaklık dayanımlı yalıtım absorberin altında bulunur ve ısı kaybını büyük oranda azaltır. Yıl boyunca sıcak su elde etmek için kolektörlerin ışınları dik olarak alabileceği şekilde konumlandırılması gereklidir. Güneş kolektörleri, 100 dereceyi aşmayan sıcaklıklar elde etmek için kullanılır. Bu sistemlerde aynı zamanda ev ve iş yerlerini ısıtmak da mümkündür.⁵⁰

2.4.1.2. Güneş Paneli Uygulamaları

Güneş enerjisinden elektrik elde etmek için güneş panelleri ya da diğer adıyla fotovoltaik sistemlerden kullanılmaktadır. Fotovoltaik piller farklı iki yarı iletken malzemenin bir araya getirilmesi ile oluşturulmuştur. Genellikle silikondan üretilirler ve

⁴⁸ T.C. Enerji Tabii Kaynaklar Bakanlığı, <http://www.enerji.gov.tr/index.php?dil=tr&sf=webpages&b=gunes&bn=233&hn=&nm=384&id=40695> (19 Şubat 2012)

⁴⁹ N.L. Panwar, C. Kaushikb, Surendra Kotharia, a.g.e., s.1518.

⁵⁰ Hikmet Karakoç ve Diğerleri, a.g.e., 24.

güneşin her durumunda yani bulutlu havalarda da dahi yayılan ışını kullanarak elektrik üretebilirler.⁵¹

Güneş panelleri ile elektrik elde etmek, teknolojisi zor ve maliyeti yüksek bir uygulama çeşididir. Ancak çevre bilincinin artması bu yöntemin kullanım çalışmalarını hızlandırmıştır. Fotovoltaik teknolojisi son 50 yıl içerisinde büyük ilerleme kaydetmiştir.⁵²

Güneş Panelleri, güneş pilleri yüzeylerine gelen güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren yarı iletken maddelerdir. Hücreler değişik teknolojilere sahiptir: Kristal silikon teknoloji: Monocrystalline, Multicrystalline ve Ribbon-sheet olmak üzere üç ana tip kristal silikon teknoloji vardır. Verimlilik % 12 – 17 arasındadır. Bu teknoloji pazarda % 90 paya sahip en yaygın olan teknolojidir. İnce Film teknolojisi: Dört tip ince film teknolojisi vardır. Maliyeti daha ucuzdur, fakat verimlilik düşüktür (% 5-13).⁵³

Güneş pilleri fotovoltaik ilkeye dayalı olarak çalışırlar, yani üzerlerine ışık düştüğü zaman uçlarında elektrik gerilimi oluşur. Ortam sıcaklığı 25°C’de, üzerine gelen ortalama ışınım şiddeti 1000 W/m²’dir. Bir PV hücrenin çıkış gerilimi yaklaşık olarak 0,5 volt civarındadır.⁵⁴

Güç çıkışını artırmak amacıyla çok sayıda güneş pili birbirine paralel ya da seri bağlanarak bir yüzey üzerine monte edilir, bu yapıya güneş pili modülü ya da fotovoltaik modül adı verilir. Hücrelerin birleşmesinden modül, modüllerin birleşmesinden panel, panellerin birleşmesinden solar dizi oluşur. Solar modüller yalnız direkt güneş ışığından değil, yaygın ışınım da (bulutlu havalarda) daha düşük güçte elektrik üretebilmektedir.⁵⁵

Güneş pilleri için en önemli dezavantaj, halen ticari olan silisyum kristali ve ince film teknolojisiyle üretimlerinin olağanüstü yüksek maliyetler oluşturmalarıdır. Güneş

⁵¹ *Intelligent Energy Europe, Energy Bits, What are Renewable Energy Sources?*, <http://www.ebitsvideo.com/wp-content/uploads/2012/10/Renewable-Energy-Sources.pdf>, (19.12.2013)

⁵² Dan Ton, Georgianne H. Peek, Charles Hanley, John Boyes, "Solar Energy Grid Integration Systems Energy Storage (SEGIS-ES)", U.S. Department of Energy, 2008, s.19.

⁵³ Ömer Faruk Ertuğrul ve M. Bahattin Kurt, "Yenilenebilir Enerji Kaynakları Maliyet Analizi ve Sürdürülebilir Yek Uygulamaları", **V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu**, Diyarbakır, 2009, s. 37-41.

⁵⁴ Sabir Rüstemli, Ferit Dinçadam ve Metin Demirtaş, "Güneş Pilleri İle Sıcak Su elde Etme ve Sokak Aydınlatması", **V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu**, Diyarbakır, 2009, 42-49.

⁵⁵ Sabir Rüstemli ve Diğerleri., a.g.e., s.42.

pili kullanımının maliyetlerin düşmesi ve verimliliğin artması ile Türkiye'de güneş pili üretimine bağlı olarak artacağı beklenmektedir. Ayrıca, Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası ve CSP teknolojisi ile 380 milyar kWh/yıl enerji üretilebileceği hesaplanmıştır.⁵⁶

Güneş pillerinin avantajlarını şu şekilde sıralamak mümkündür;

PV den üretilen her kWh için 0.6 kg CO₂ emisyonu azalmaktadır. Yakıt sorunu yoktur, işletme kolaylığı bulunmaktadır, mekanik yıpranma bulunmamaktadır, modüler bir yapıya sahiptir, uzun yıllar sorunsuz olarak çalışır, temiz bir enerji kaynağıdır, bedava enerji sağlar, enerji ithalatını azaltır. Elektrik arz güvenliği sağlar, enerji tedarikinde çeşitlilik ve güvenilirlik kazandırır, önemli iş olanakları sağlar, enerji piyasasında yeniden yapılanmayı destekler, ithal yakıt bağımlılığını azaltır, uzak ve izole yerlerde yaşayan kırsal toplulukların elektriklenmesine ivme kazandırır.⁵⁷

Güneş pillerinin kullanım alanlarına örnekler:

- **Güneş pilleri ile sokak aydınlatması:** Bu konuda uygulama alanları şöyle sıralanabilir: konut aydınlatması, dış mekan aydınlatılması, sinyalizasyon sistemleri ve konutlardaki diğer uygulamalar (soğutma, ısıtma, enerji depolanması); diğer uygulama alanları: çiftlik, dağ evleri, yazlıklar, küçük ve orta ölçekli işletmeler, elektriği olmayan şehre uzak köyler, su kalitesi ve çevresel veri izleyicilerin, acil iletişim sistemleri, otoyol ışıklandırılması, sulama ve pompa sistemleri, bahçe, sokak ve reklâm panoları aydınlatılması, telekomünikasyon sistemleri, TV ve radyo sistemlerinin elektrik ihtiyacı,
- **Güneş pilleri ile ulaşım güvenliğinin sağlanması:** Bir doğal afet sonrası, trafik işaretlerinin çalışmadığı, cadde işaretlerinin ve yolların enkazla kaplandığı yollarda seyahat tehlikelerini azaltmak için trafik kontrolü, değiştirilebilen mesajlı işaret levhaları, yanıp sönen oklu boardlar, sinyalizasyon cihazları ve anayol yardımcısı olan radyolardaki gibi kullanılabilen PV destekli portatif trafik kontrol cihazları kullanılabilir. Örneğin anayol radyo uygulaması bir doğal

⁵⁶ T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2010, <http://www.enerji.gov.tr/index.php?dil=tr&sf=webpages&b=gunes&bn=233&hn=&nm=384&id=40695> (19 Şubat 2012)

⁵⁷ Sabir Rüstemli ve Diğerleri., a.g.e, s.43.

afet sonrası insanları yönlendirip gidecekleri istikamet hakkında sağlıklı bilgiler vererek insanların hayatını kolaylaştıran bir uygulamadır.⁵⁸

- **İletişim alanında güneş pillerinin kullanımı:** İletişim alanında güneş pillerinin kullanımının aşağıda belirtilen alanlarda mümkün olduğu görülmektedir⁵⁹:
 - **Telefon kulübeleri:** Bu telefonlar otobanlarda seyahat eden insanların en yakın karakol istasyonlarıyla iletişim kurmalarını sağlar. Bu ünitelerde 2 aküyü şarj etmekte kullanılan bir PV modülü bir radyo alıcı/verici sistemini çalıştırır.
 - **Portatif am/fm radyolar:** Portatif AM/FM radyo sistemi geniş ölçekli kullanılan bir tüketici uygulamasıdır. PV destekli bu radyoların çok farklı tip ve boyutları vardır.
 - **Radyo baz istasyonları:** Bir doğal afet sonrası haberleşme kabiliyeti oldukça önemlidir. Bu istasyonlar modüler olup bir yerden başka bir yere taşınabilirler. Daha düşük güç gerektiren daha küçük radyolar için de bu sistem uygulanabilir.
 - **Küçük jeneratörler:** Jeneratörlerin benzinle ya da güneşle çalışan pek çok modeli vardır.
 - **Küçük pil şarj cihazları:** Çeşitli tip ve ebattaki pilleri şarj etmek için kullanılan, pek çok tipte ve ebatta küçük pil şarj cihazları mevcuttur.
 - **Katlanabilir çantalar:** Askeri uygulamalarda, PV'den elektrik üretiminin oldukça kullanışlı olduğu görülmektedir. Askeri amaçlar için geliştirilen bu çantalar katlanarak askerlerin sırt çantalarında kolaylıkla taşınabilmektedir. Bu çantalar radyoların, ışıkların, gözetleme ve arama cihazlarının enerji ihtiyaçlarını karşılayabilmektedir.

2.4.1.3.Türkiye’de Güneş Enerjisinin Kullanımı

Ülkemiz, coğrafi konumu nedeniyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli açısından birçok ülkeye göre şanslı durumdadır. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünde (DMI) mevcut bulunan 1966-1982 yıllarında ölçülen güneşlenme süresi ve ışıının şiddeti verilerinden yararlanarak EİE tarafından yapılan çalışmaya göre

⁵⁸ İlhan Umut, a.g.e, s.37-38.

⁵⁹ a.g.e., s.38-41.

Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat (günlük toplam 7,2 saat), ortalama toplam ışıınım şiddeti 1311 kWh/m²-yıl (günlük toplam 3,6 kWh/m²) olduğu tespit edilmiştir. Aylara göre Türkiye güneş enerji potansiyeli ve güneşlenme süresi değerleri ise aşağıdaki tabloda verilmiştir:⁶⁰

Tablo 1. Türkiye'nin Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Potansiyeli

AYLAR	AYLIK TOPLAM GÜNEŞ ENERJİSİ		GÜNEŞLENME SÜRESİ (Saat/ay)
	(Kcal/cm ² -ay)	(kWh/m ² -ay)	
OCAK	4,45	51,75	103
ŞUBAT	5,44	63,27	115
MART	8,31	96,65	165
NİSAN	10,51	122,23	197
MAYIS	13,23	153,86	273
HAZİRAN	14,51	168,75	325
TEMMUZ	15,08	175,38	365
AĞUSTOS	13,62	158,4	343
EYLÜL	10,6	123,28	280
EKİM	7,73	89,9	214
KASIM	5,23	60,82	157
ARALIK	4,03	46,87	103
TOPLAM	112,74	1,311	2,64
ORTALAMA	308,0 cal/cm²-gün	3,6kWh/m²-gün	7,2 saat/gün

Kaynak: T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü Türkiye'nin Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Potansiyeli, <http://www.eie.gov.tr/eie-web/turkce/YEK/gunes/tgues.html>, (29 Ekim 2013).

Türkiye’de Kurulu güneş kolektörü miktarı yaklaşık 12 milyon m² olup yıllık üretim hacmi 750.000 m²'dir ve üretimin bir bölümü ihraç edilmektedir. Güneş enerjisinden ısı enerjisi üretimi miktarı ise 420.000 TEP civarındadır. Bu noktada

⁶⁰ T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, <http://www.eie.gov.tr/eie-web/turkce/YEK/gunes/tgues.html>, (29 Ekim 2013)

Türkiye’de güneş kolektörü üretimi ve kullanımının oldukça yüksek olduğu söylenebilir.⁶¹

Güneş pilleri ya da diğer ismiyle fotovoltaik piller ise güneş enerjisini doğrudan elektriğe çevirmektedir. Ülkemizde fotovoltaik üretim başvuruları oldukça sınırlıdır. Bu durumun başlıca nedeni ise üretimde kullanılan teknolojinin yeterince yaygın olmaması ve yüksek maliyetli olması olarak gösterilmektedir. Fotovoltaik enerjiden otoyolların aydınlatılmasında, sinyalizasyon sistemlerinde, Çevre ve Orman Bakanlığı’na ait gözetleme kulelerinde ve deniz fenerlerinin aydınlatılmasında faydalanılmaktadır.⁶²

Türkiye’de ilk binaya entegre fotovoltaik sistem uygulaması Muğla Üniversitesi yerleşkesi içindeki kafeteryanın çatısının 215m²’lik güney cephesinde devreye alınmıştır. 25,6 kWp kurulu güce sahip şebeke bağlantılı sistem yıllık ortalama 35.000 kWh enerji üretmektedir. Ayrıca Türkiye’de en büyük binaya entegre şebeke bağlantılı fotovoltaik sistem uygulaması üniversitenin rektörlük binasında cephe kaplaması olarak gerçekleştirilmiştir. 40 kWp kurulu güce sahip olan bu sistemin yılda 48.000 kWh elektrik enerjisi üretmesi beklenmektedir.⁶³

2.4.2. Jeotermal Enerji

Yerkabuğunun çeşitli derinliklerinde sıcaklığı sürekli 200 santigrat dereceden fazla olan ve erimiş mineral, tuzlar ve gazlar içeren sıcak su ya da buhar, jeotermal kaynak, bunlardan üretilen enerji ise “jeotermal enerji” olarak tanımlanmaktadır. Diğer bir deyişle, jeotermal enerji yer kabuğunun derinliklerindeki ısının oluşturduğu, sıcaklığı sürekli olarak bölgesel atmosferik yıllık ortalama sıcaklığın üzerinde olan, çevresindeki sulara göre daha fazla erimiş madde ve gaz içerebilen, doğal olarak çıkan veya teknik yöntemlerle yeryüzüne çıkarılan su, buhar ve gazlar ile kızgın kuru kayalardan elde edilen su, buhar ve gazlardan doğrudan, dolaylı ve entegre kullanım ile üretilen her türlü enerji olarak tanımlanmaktadır.⁶⁴

⁶¹ Ceren Aksu , “Güney Ege Bölgesi Yenilenebilir Enerji Çalışma Raporu”,T.C. Güney Ege Kalkınma Ajansı , 2011, s.14.

⁶²Ceren Aksu,a.g.e, s.14.

⁶³ a.g.e., s.29.

⁶⁴ Doğu Marmara Kalkınma Ajansı, a.g.e., s.39.

Jeotermal sistem, dört ana unsurdan oluşur:⁶⁵

1. Isı Kaynağı
2. Rezervuar ve/veya hazne kayaç
3. Isıyı Taşıyan Akışkan
4. Örtü kayaç

Isı Kaynağı: Plaka hareketleri sonucu mantoda oluşan yersel veya bölgesel düzensizlikler mantoda ısı sıcaklığı, akışkan entalpisi, fiziksel durumu, doğası ve jeolojik yerleşimi gibi özelliklerine göre sınıflandırılırlar.

Isıyı Taşıyan Akışkan ve/veya Jeotermal Akışkan: Meteorik kökenli yağmur suları yeryüzüne düştükten sonra çatlaklı zonlardan süzülerek derinlerdeki ısı anomalisi etkisi ile ısınmış kayaçlardaki ısıyı süpürerek yüzeye, ekonomik anlamda erişilebilecek anomalileri oluşturur. Bu anomalilerin tektonik hatlar ve/veya kuşaklar boyunca yer kabuğuna ulaştığı noktalardaki ısıanomali zonları ve/veya sıcak noktalar (hot spots) jeotermal sistemler için ısı kaynağını oluşturur.

Jeotermal Rezervuar: işletilmekte olan Jeotermal sistemin sıcak ve geçirgen kısmını tanımlar. Jeotermal sistemler ve rezervuarlar; rezervuar sığ derinliklere taşıyarak sistemin çalışan jeotermal akışkanı olur.

Örtü Kayaç: Jeotermal sistemlerin geliştiği alanlar üzerinde derindeki rezervuar zonda bulunan akışkan ve ısıнын yeryüzüne ve dolayısı ile atmosfere boşalımını önleyen geçirimsiz kayaçlardır.

Elektrik Üretiminde; rezervuarın sıcaklığına bağlı olarak aşağıda belirtilen türbinlerden en uygunu seçilmelidir. Türbin çeşitleri;

- Atmosferik Egzozlu Konvansiyonel Buhar Türbinleri
- Yoğunlaştırmalı Konvansiyonel Buhar Türbinleri
- Çift Kademeli Buharlaştırma
- Çoklu Buharlaştırma

⁶⁵ Adem Uluşahin, “ Enerji Gereksiniminde Bazı Gerçekler, Jeotermal Enerji ve Yasal Durum”, **V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu**, Diyarbakır, 2009, s. 155-160.

- İkili Çevrim Santralleridir.⁶⁶

Dolaylı kullanım-jeotermal santral, jeotermal enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren tesislerdir. Bu santrallerde buhar haline gelen aracı akışkan, bir buhar türbininden geçirilerek elektrik enerjisi üretilmektedir. Buhar türbinleri; içerisinde geçen su buharının kanatları döndürmesi, kanatların da mili, milin ise diğer üniteleri döndürmesi suretiyle güç üreten makinelerdir.⁶⁷

Türkiye'nin teorik jeotermal enerji potansiyeli 31.500 MW ile Dünya'da 7. sıradadır. Bugün ülkemizin jeotermal enerjiyi doğrudan kullanım kapasitesi 1229 MW'dır. Doğrudan kullanım açısından dünyada 5. sıradadır. Türkiye'de jeotermal sahalar büyük bir çoğunlukla orta ve düşük sıcaklıklı sahalardır ve bilinen jeotermal kaynakların %95'i ısıtmaya uygun sıcaklıkta olup çoğunlukla Batı, Kuzeybatı ve Orta Anadolu'da bulunmaktadır.⁶⁸

Tablo 2. Türkiye'de Elektrik Üretimine Uygun Jeotermal Sahalar

Sahanın Adı	⁰ C	Sahanın Adı	⁰ C
Denizli – Kızıldere	242	Kütahya – Simav	162
Aydın–Germencik – Ömerbeyli	232	İzmir – Seferihisar	153
Manisa –Alaşehir – Kurudere	184	Manisa – Salihli – Caferbey	150
Manisa – Salihli – Göbekli	182	Aydın – Yılmazköy	142
Çanakkale – Tuzla	174	İzmir – Balçova	136
Aydın – Pamukören	173	İzmir – Dikili	130
Aydın – Salavatlı	171		

Kaynak: Doğu Marmara Kalkınma Ajansı, **TR42 Doğu Marmara Bölgesi Yenilenebilir Enerji Raporu**, Marka Yayınları Serisi, 2011, s.20

⁶⁶ İlkün Atış, Hakan Ay ve Mehmet Çaylıdemirci, “Yenilenebilir Enerji kaynakları ve Birim Maliyet Analizi”, Kalkınma Dergisi, Sayı:58, (Ekim-Aralık 2010), s.7.

⁶⁷ Hikmet Karakoç ve Diğerleri., a.g.e., s.10.

⁶⁸ Doğu Marmara Kalkınma Ajansı, a.g.e., s.39.

Jeotermalin kullanımında önemli ilerlemeler kaydeden diğer ülkeler ise, Avustralya, El Salvador, Guetemala, İzlanda, Endonezya, Meksika, Nikaragua, Papua Yeni Gine ve Türkiye'dir.⁶⁹

Jeotermal, güneş ve rüzgar enerjisi temiz, yenilenebilir enerji kaynakları olup, elektrik üretiminde büyük potansiyele sahiptirler. Ancak ne yazık ki kurulu olan jeotermal enerji santrallerinin toplam kapasitesi güneş ve rüzgar enerji santrallerinin gerisinde kalmaktadır.⁷⁰

2.4.2.1. Jeotermal Enerjinin Özellikleri

Yenilenebilir enerji kaynaklarının en önemlilerinden olan jeotermal enerji günümüzde elektrik üretimi, tıp, turizm, ziraat, endüstri gibi sayısız alanda kullanılabilen bir kaynaktır. Jeotermal enerji kaynaklarının başlıca faydaları doğru kullanımla tükenmesi zor bir enerji çeşidi olması, tespit ve üretiminin kolay olması, maliyetinin düşük olması, yatırımın çok kısa bir zamanda geri dönüş sağlamasıdır. Ayrıca diğer kaynaklara göre çevreye verilen zararın çok az olmasıdır⁷¹. Jeotermal enerjiye dayalı modern jeotermal elektrik santrallerinde CO₂, NO_x, SO_x gazlarının salınımı çok düşük olduğundan temiz bir enerji kaynağı olarak değerlendirilmektedir⁷².

Ülkelere göre değişik sınıflandırmalar olmasına rağmen jeotermal enerji, sıcaklık içeriğine göre kabaca üç gruba ayrılır:

- Düşük Sıcaklıklı Sahaları (20-70 °C),
- Orta Sıcaklıklı Sahalar (70-150 °C),
- Yüksek Sıcaklıklı Sahalar (150 °C'den yüksek).⁷³

Düşük ve orta sıcaklıklı sahalar, bugünkü teknolojik ve ekonomik koşullar altında başta ısıtmacılık olmak üzere (sera, bina, zirai kullanımlar), endüstride (yiyecek

⁶⁹ Ceren Aksu, a.g.e., s.9.

⁷⁰ Kewen Li, "Comparison of Geothermal with Solar and Wind Power Generation systems", **Proceedings, Thirty-Eighth Workshop on Geothermal Reservoir Engineering Stanford University**, Stanford, February 11-13 2013.

⁷¹ Özlem Candan Külekçi, a.g.e., 86.

⁷² T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, http://www.eie.gov.tr/turkce/YEK/jeotermal/10jeotermal_enerji.html, (21 Şubat 2012)

⁷³ John W. Lund, Characteristics, Development And Utilization Of Geothermal Resources, Ghe Bulletin, June 2007, p.p.1-8.

kurutulması, kerestecilik, kâğıt ve dokuma sanayisinde, dericilikte, soğutma tesislerinde), kimyasal madde üretiminde (borik asit, amonyum bikarbonat, ağır su, akışkandaki CO₂ den kuru buz elde edilmesinde) kullanılmaktadır. Ancak, orta entalpili sahalarındaki akışkanlardan da elektrik üretimi için teknolojiler geliştirilmiş ve kullanıma sunulmuştur. Yüksek entalpili sahalarından elde edilen akışkan ise, elektrik üretiminin yanı sıra entegre olarak diğer alanlarda da kullanılabilir⁷⁴. Orta sıcaklıklı (70-150°C) ve yüksek sıcaklıklı (150°C'den yüksek) sahalar elektrik üretiminin yanı sıra reenjeksiyon koşullarına bağlı olarak entegre şekilde ısıtma uygulamalarında da kullanılabilir⁷⁵. Aşağıda tabloda görüldüğü gibi sıcaklık içeriğine göre jeotermal enerjiden endüstri, elektrik üretimi, kimyasal üretimi gibi çok farklı alanlarda faydalanılabilmektedir:

Tablo 3. Jeotermal Enerjinin Sıcaklıklara Göre Kullanım Alanları

Akışkan Sıcaklığı (°C)	Kullanılan Alan	Elektrik Üretimi	Isıtma
180	Yüksek konsantrasyonlu solüsyonun buharlaştırılması,	*	*
170	Hidrojen sülfid yoluyla ağır su eldesi,	*	
160	Kereste, balık gibi ürünlerin kurutulması	*	*
150	Bayers' yoluyla alüminyum eldesi	*	*
140	Konservecilikte çiftlik ürünlerinin kurutulmasında	*	*
130	Şeker endüstrisi - tuz elde edilmesi		*
120	Temiz su elde edilmesi - tuzluluk oranının arttırılması		*
110	Kerestecilik - çimento kurutulması		*
100	Organik maddelerin (yosun, et, sebze) kurutulması		*
90	Balık kurutma, yün yıkama ve kurutulması		*
80	Ev ve sera ısıtılması		*
70	Soğutma		*
60	Sera ve ahır ısıtılması		*

⁷⁴ Özlem Candan Külekçi a.g.e., s.86.

⁷⁵ T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, a.g.e., (21 Şubat 2012)

50	Mantar yetiştirme – kaplıcalar		*
40	Toprak ısıtma - kent ısıtması		*
30	Yüzme havuzları, kaplıcalarda ısıtma - ev ısıtma		*
20	Balık çiftlikleri		*

Kaynak: Ceren Aksu , “Güney Ege Bölgesi Yenilenebilir Enerji Çalışma Raporu”,T.C. Güney Ege Kalkınma Ajansı , 2011, s.33.

2.4.2.2. Jeotermal Enerjinin Avantajları ve Dezavantajları

Jeotermal enerji günümüzde fosil enerji kaynaklarına göre önemli avantajlar sunmaktadır. Yerli, yenilenebilir olması ucuzluğunun yanında çevre dostu bir enerji kaynağı olarak dünyada ve ülkemizde kullanım alanları oldukça gelişmiştir.⁷⁶ Aşağıda jeotermal enerjinin avantajları ve dezavantajları sıralanmıştır⁷⁷:

Jeotermal Enerjinin Avantajları

- Yenilenebilir, sürdürülebilir, tükenmeyen enerjidir,
- Doğal kaynaktır,
- Temiz, çevre dostudur (yanma teknolojisi kullanılmadığı için ve sıfıra yakın emisyon),
- Çok amaçlı ısıtma uygulamaları için idealdir (konutta, tarımda, endüstride, sera ısıtmasında vd.),
- Meteorolojik koşullardan bağımsızdır (rüzgar, yağmur, güneş v.b.den bağımsız),
- Hazır enerjidir,
- Fosil ve diğer alternatif enerji kaynaklarına göre çok daha ucuzdur,
- Arama kuyuları üretim ve bazen reenjeksiyon kuyularına dönüştürülebilir,
- Kullanımında hiçbir risk faktörü taşımadığı (patlama, yangın, zehirlenme vb.) için son derece güvenilirdir (yangın, patlama, zehirlenme riski yok),
- Verimlilik %95’in üzerindedir,
- Minimum alan ihtiyacına sahiptir (hidro, güneş vb.nin tersine),

⁷⁶ Türkiye Jeolojisinin Sunduğu Zenginlik: Jeotermal Kaynaklarımız, www.jmo.org.tr, (30 Aralık 2013)

⁷⁷ Sibel Demirtaş, a.g.e., s.15.

- Kolay ve hızlı devreye alma, işletme ve bakım (6 ay–1 yıl), uzun tesisat ömrü vardır,
- Lokal bir enerji olduğu, ithali ve ihracı ve uluslararası bir fiyatı olmadığı için savaşlara ve uluslararası problemlere neden olmaz,
- Jeotermal ısıtma, evlere fuel-oil, mazot, kömür, odun atıklarının taşınmasını ortadan kaldıracağı için şehir içerisindeki trafiğin yükünü azaltır.

Jeotermal Enerjinin Dezavantajları

- Jeotermal kaynakları geliştirme maliyetleri birçok faktöre göre değişiklik göstermektedir. Örneğin, kazının büyük olması güçlü sondaj makinelerinin kullanımını gerektirebilir. Ayrıca kayaçların çok sert olması ya da yüksek sıcaklık gibi durumlarda da maliyet etkilenebilmektedir. Maliyeti arttıracak bir diğer sebep de çökeltme eğilimi taşıyan bileşenler ya da karbondioksit ya da hidrojen sülfür gibi gazlardır.
- Jeotermal enerjiden yararlanmayı olumsuz etkileyen bir diğer faktör de uzaklıktır. Kaynağın kullanılacağı alana uzak olması, özel bir tekniğin oluşturulmasına neden olur.
- Elektrik elde edilen sistemlerin dönüşüm verimlilikleri düşük olduğu için çevreye büyük miktarda atık su bırakılmaktadır. Atık ısı, geniş bir alana yayılarak bulut oluşumlarını etkileyip iklim değişiklikleri yapabilmektedir. Atık suların borularla deniz ve göllere verilmesi de ekolojik dengeleri değiştirebilmektedir. Ancak çevreye verilerek harcanan ısınnın merkezi ısıtmada kullanılarak tekrar kazanılması mümkündür.⁷⁸
- Jeotermal kuyular çevrede gürültü kirliliğine yol açabilir. Kuyularda gürültü 120 DB aşabilir. Bu tür durumlarda ise gürültü susturucu olarak adlandırılan atmosferik separatörler kullanılarak 85 DB düşürülebilir.
- Atık sulardaki bor gibi bazı kimyasallar bitkilere zarar verebilmektedir.
- Santraller işlenirken yeraltından çekilen su, göçme gibi tehlikelere sebep olabilmekte bununla birlikte suyun çekilmesi ya da yeraltına enjekte edilmesi durumunda deprem oluşumu ihtimali artabilmektedir.

⁷⁸ Jeotermal Enerji, <http://www.altenergy.org/renewables/geothermal.html>, (25 Şubat .2014)

2.4.2.3. Türkiye’de Jeotermal Enerji

Türkiye’de jeotermal sular ile ilgili ilk araştırmalar 1962 yılında MTA tarafından başlatılmıştır. O zamandan beri elde edilen istatistiklere göre, ülkemizin jeotermal elektrik güç potansiyeli yaklaşık olarak 4500 MWe iken jeotermal ısıtma potansiyeli ise 31.500 MWt’dır. Türkiye’de jeotermal enerjiden yararlanma konusundaki en önemli faaliyetler doğrudan kullanım uygulamalarıdır. Halen jeotermal enerjiden yararlanarak 61000 konut eşdeğeri ısıtma yapılmaktadır. Konut ısıtmasında ve toplam 56.5000 m² lik sera ısıtmasında yararlanılan temel kapasite 665 MWt’dır. Jeotermal akışkan, 195 adet kaplıcada sağlık amaçlı kullanılmaktadır. Buralardaki kullanım kapasitesi 327 MWt’dır. Türkiye, 1995 yılında, jeotermal ısı ve kaplıca uygulamalarında dünyada 11. sırada iken 2000 yılında 5. sıraya yükselmiştir. Bu durumda, doğrudan kullanım uygulamalarındaki temel kapasite 992 MWt olmaktadır. Ülke genelinde tahmini jeotermal kapasitenin 31.500 MWt olduğu göz önüne alınırsa, mevcut potansiyelin ancak %3,2 sinden faydalandığı söylenebilir⁷⁹.

Türkiye’nin jeotermal kaynaklarının genellikle düşük ve orta entalpili olmaları nedeniyle, başlıca değerlendirme alanları şu şekilde sıralanabilir⁸⁰:

- Isıtma (konut, şehir, termal tesis, sera vb.),
- Termal turizm,
- Elektrik Üretimi,
- Kimyasal Madde Üretimi

Aşağıda Türkiye jeotermal enerjinin kullanımına ilişkin bilgiler sunulmuştur:

- Günümüzde; Gönen, Simav, Kırşehir, Afyon, Kızılcahamam, Kozaklı, Manisa, Edremit, Balıkesir, Sandıklı ve Balçova gibi merkezler jeotermal enerji ile ısıtılmaktadır. Bu merkezlerden Afyon-Sandıklı, ülkenin en uzun su taşıma hattına sahiptir (8.600 m). Afyon-Sandıklı’da 7.000 konut, merkezi ısıtma ile ısıtılmaktadır.

⁷⁹ Özlem Candan Külekçi, a.g.e.,88.

⁸⁰ Sibel Demirtaş, a.g.e., s.17.

- Türkiye’de Denizli, Kütahya ve İzmir-Aliğa merkezlerinde jeotermal enerji kaynaklarından konut ısıtmasının yanında elektrik üretimi de gerçekleşmektedir.
- Ülkemizde jeotermal enerjinin kaplıca olarak kullanımı da oldukça gelişmiştir. Özellikle Balçova, Kızılcahamam, Afyon, Oruçoğlu, Gediz, Havza, Ayder, Yalova, Gönen merkezleri önemli termal tesislerindendir.
- Ülkemizde jeotermal enerjinin seracılıkta kullanımı yine kaynaklara yakın bölgelerde gerçekleşmektedir. Örneğin; Denizli, Kütahya, Simav, Afyon, Kırşehir, Gönen, Erzincan, Şanlıurfa’daki seralarda jeotermal enerji ısıtma amacıyla etkin olarak kullanılmaktadır.
- Jeotermal enerjinin bu kullanım alanlarının dışında Kızıldere’de 120 ton karbondioksit üretimi, Gönen’de deri tabaklama, yine Kızıldere’de yün ağartma amacıyla da kaynaklardan yararlanılmaktadır.
- Balçova (İzmir) termal tesisleri ile tedavi merkezi ve üniversite kampüsü, Simav- Eynal’da kaplıca tesisleri, Kızılcahamam’da Kaplıca tesis ve otelleri, Afyon-Ömer’de kaplıca tesisleri, otel ve moteller, Oruçoğlu ve Hayat turist tesisleri, Gediz’de kaplıca tesisleri, Havza’da kaplıca tesisleri ve otelleri, Salihli Kaplıca motelleri, Ayder’de kaplıca tesisleri jeotermal enerji ile ısıtılmaktadır. Salihli, Çeşme, Dikili ve Sındırgı’da ise yine merkezi sistem ısıtma için inşaatlar devam etmektedir. Bu sistemlerin dışında ülkemizin birçok yöresinde küçük çaplı bina ve sera ısıtmaları da yapılmaktadır.
- Balçova, Yalova, Afyon-Ömer-Sandıklı, Gönen, Haymana, Havza ve Bolu’da yapılmış modern tesislerde jeotermal kaynaktan yararlanılarak söz konusu hizmetler verilmektedir.⁸¹
- Jeotermal Turizmin çeşitlendirilmesi ve ülke geneline yayılması politikası dâhilinde Kültür ve Turizm Bakanlığı tarafından çalışmalar sürdürülmektedir. Bu noktada Turizmi Teşvik Kanunu uyarınca 17 ili kapsayan 4 bölgede “Turizm Kentleri”nin oluşturulmasına yönelik çalışmalar devam etmektedir.⁸²

Jeotermal enerji potansiyelinden yararlanılmasında JES’ler, yüksek verimliliğe sahip, ucuz, hammadde bulma, satın alma, taşıma sıkıntısı olmayan, sürdürülebilir, yan ürünler için doğal hammadde kaynağı ve güvenilir jeotermal kaynakları kullanan santral

⁸¹ Türkiye Jeolojisinin Sunduğu Zenginlik: Jeotermal Kaynaklarımız, www.jmo.org.tr, (30 Aralık 2013)

⁸² Ceren Aksu, a.g.e., s.35.

tipleridir. Beş megavatın altında üretim yapan küçük ölçekli santraller şebeke sorunu yaşayan kırsal alanlarda yerel elektrik üretimi ve sera ısıtma sistemlerinde ucuz ve etkin çözümler olarak son dönemlerde daha yaygın hale gelmektedir.⁸³

En iyi örneklerden biri olan Denizli Kızıldere JES, Türkiye’de ilk, Avrupa’da da İtalya’dan sonra ikinci jeotermal enerji santrali Denizli-Kızıldere’de 1984 yılında hizmete açılmıştır. 15 MW kapasiteli santralin işletme hakkı 30 yıl süre ile Zorlu Enerji A.Ş. tarafından devralınmıştır. Sahada başta reenjeksiyon olmak üzere iyileştirme çalışmaları sürdürülmektedir.⁸⁴

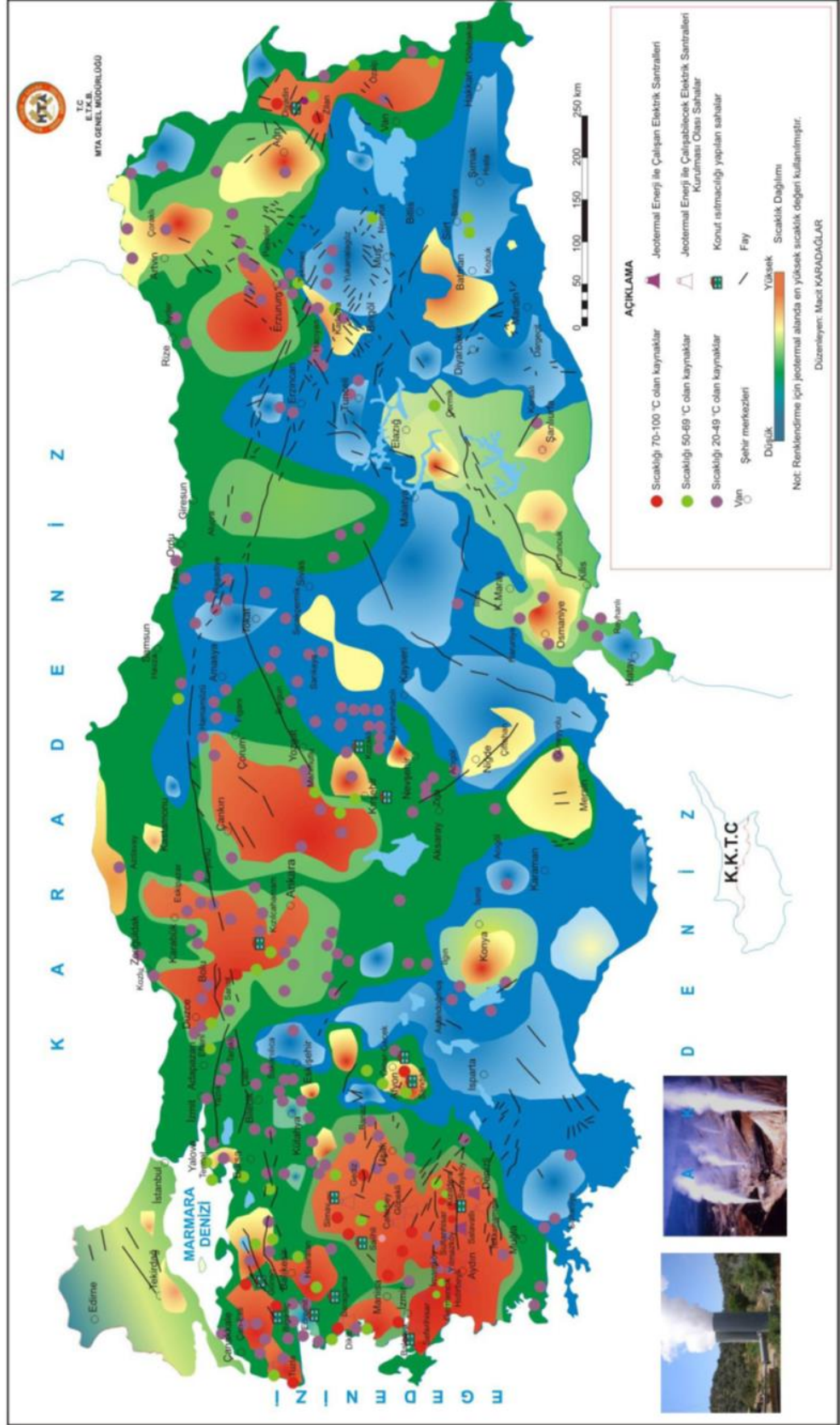
Türkiye’de jeotermal enerjiden yeterli düzeyde yararlanamamanın nedenleri teknik, finans ve yönetim sorunlarına bağlanabilir. Teknik sorunlar arasında kaynakların düşük entalpili olması, üretim sırasında rezervuarda, kuyu içinde ve yüzey donanımlarında kalsit çökmesi ve çevre sorunları yer almaktadır. Türkiye’deki jeotermal enerjinin yeteri kadar hızlı gelişmemesinin en önemli nedenlerinden biri de, uzun yıllardan beri jeotermal enerjiye yatırım yapılmamasıdır.⁸⁵

⁸³ Jeotermal Kaynaklardan elektrik Üretimi, <http://www.limitsizenerji.com/haberler/makaleler/525-jeotermal-kaynaklardan-elektrik-uretimi>, (10 Şubat 2014)

⁸⁴Ceren Aksu, a.g.e., s.36.

⁸⁵ Sibel Demirtaş, a.g.e., s.18.

Jeotermal Kaynaklar ve Uygulama Haritası



Şekil 4. Jeotermal Kaynaklar ve Uygulama Haritası

Kaynak: www.mta.gov.tr (14 Mayıs 2014)

2.4.3. Hidrojen Enerjisi

Hidrojen 1500'lü yıllarda keşfedilmiş, 1700'lü yıllarda yanabilme özelliğinin farkına varılmış, evrenin en basit ve en çok bulunan elementi olup, renksiz, kokusuz, havadan 14,4 kez daha hafif ve tamamen zehirsiz bir gazdır.⁸⁶ 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. Hidrojen petrol yakıtlarına göre ortalama %33 daha verimli bir yakıttır.⁸⁷

Hidrojen gazı hızlı yükselir ve hızlı bir şekilde atmosfere püskürtülen bir hava çok daha hafiftir. Hidrojen gazı (H_2) yeryüzünde tek başına bulunmaz. Hidrojen ağırlık olarak (benzine göre yaklaşık üç kat daha fazla) herhangi bir ortak yakıt yüksek enerji içeriğine sahiptir ama hacim olarak (benzine göre yaklaşık dört kat daha az) en düşük enerjiyi içerir.⁸⁸ Hidrojen diğer elemanları ile bileşim halinde bulunur. En çok bilinen bileşiği ise sudur. Isı ve patlama enerjisi gerektiren her alanda kullanımı temiz ve kolay olan hidrojenin yakıt olarak kullanıldığı enerji sistemlerinde, atmosfere atılan ürün sadece su ve/veya su buharı olmaktadır. Hidrojen petrol yakıtlarına göre ortalama 1.33 kat daha verimli bir yakıttır. Hidrojenden enerji elde edilmesi esnasında su buharı dışında çevreyi kirletici ve sera etkisini artırıcı hiçbir gaz ve zararlı kimyasal madde üretimi söz konusu değildir.⁸⁹ Ancak Hidrojen enerji sistemlerinin başlıca sorunları üretim, depolama, kullanım, güvenlik ve dağıtımında çıkmaktadır.⁹⁰

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

⁸⁶ Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, http://www.eie.gov.tr/turkce/YEK/hidrojen/index_hidrojen.html(24 Şubat 2012)

⁸⁷ Sibel Demirtaş, a.g.e, s.10.

⁸⁸ Hydrogen, http://www.eia.gov/kids/energy.cfm?page=hydrogen_home-basics, (24 Şubat 2014)

⁸⁹ Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, http://www.eie.gov.tr/turkce/YEK/hidrojen/index_hidrojen.html(24 Şubat 2012)

⁹⁰WilliamE.Evenson, "The Potential for a Hydrogen Energy Economy, Annex A R & D Of Energy Technologies", <http://www.wiu-pap.org/wg/energy/annex-1d.pdf>, s.207.

hidrojen olarak depolanması günümüz için de geçerli bir alternatif olarak değerlendirilebilir.⁹¹

Hidrojen şu anda yaygın olarak kullanılmamaktadır ancak ileride bir enerji taşıyıcısı olarak yüksek potansiyele sahiptir. Hidrojen yenilenebilir enerji kaynakları da dâhil olmak üzere herhangi bir enerji kaynağı kullanılarak üretilir.

Hidrojen elde etmek amacıyla, dünyanın farklı bölgelerinde değişik yöntemler uygulanmaktadır. Brezilya'da nehirlerden, Arjantin'de rüzgardan, Ekvator'da yakın bölgelerde güneşten, Çin ve ABD'de kömürden, hidrojen enerji elde etmek amacıyla araştırmalar yapılmaktadır. Şu anda dünyada her yıl yaklaşık 50 milyon ton/500 milyar m³ hidrojen üretilmekte, depolanmakta, taşınmakta ve kullanılmaktadır. En büyük kullanıcı payına kimya sanayi, özellikle petrokimya sanayi sahiptir.⁹² Hidrojen aşağıda sıralandığı gibi çeşitli avantajlara sahip ideal bir enerji taşıyıcısıdır:

- Hidrojen elektrik kullanılarak üretilir ve nispeten yüksek verimle de elektrığe çevrilebilir. Hidrojenin solar enerjiden doğrudan üretim süreçleri de geliştirilmiştir.
- Fosil yakıtlar, son kullanımda sadece bir süreç ile dönüştürülürken hidrojen, kullanılacak enerji şekline beş farklı süreç ile dönüştürülmektedir. Son kullanımda hidrojen kullanılacak enerji şekline dönüşürken en yüksek verime sahiptir. Hidrojen fosil yakıtlardan %39 daha verimlidir.
- Hidrojen gaz şeklinde (büyük ölçekli depolamada), sıvı şeklinde (hava ve uzay ulaşımında) veya metal hidrit şeklinde (araçlar ve diğer küçük ölçekli depolamada) depolanabilir.
- Hidrojen boru hatları veya tankerler ile büyük mesafelere taşınabilir. Hidrojen diğer yakıtlardan farklı güvenlik donanımı ve prosedürü gerektirse de onlardan daha fazla tehlikeli değildir. Yangın tehlikesi ve zehirlilik dikkate alındığında hidrojen en güvenilir yakıttır.

⁹¹ Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, http://www.eie.gov.tr/turkce/YEK/hidrojen/index_hidrojen.html (24 Şubat 2012)

⁹² Sibel Demirtaş, a.g.e, s.11-12.

- Hidrojen elektrikten veya solar enerjiden üretilirken, taşınırken veya depolanırken ve son kullanımda herhangi bir kirletici üretmez veya çevreye zararlı herhangi bir etkisi yoktur, kullanımı çok temiz bir yakıttır.
- Çevresel hasarlar ve yüksek kullanma verimi dikkate alındığında solar hidrojen enerji sistemleri en düşük etkin maliyete sahiptir.
- Hidrojen enerjisinin sera gazı emisyon oranı sıfırdır. Bundan dolayı küresel ısınmaya neden olan sera gazlarının azaltımında önemli katkısı vardır. Dezavantajları arasında hava ile karıştığında düşük konsantrasyonlar da kolayca yanabilir olması ve hidrojenin sıvı formda depo edilmesinin zorluğu gelmektedir.

2.4.4. Biyoyakıt Enerjisi

Ateş icat edildikten sonra insanlar ısınmak ve ya yemeklerini pişirmek için biokütle kaynakları kullanmışlardır. Biokütle kaynakları, çok çeşitli orman ve tarımsal kaynakları, bunların atık ile türevlerini, kentsel ve endüstriyel biyoatıkları kapsamaktadır.⁹³ Katı, sıvı veya gaz formundaki biyoyakıtlar doğrudan fosil yakıtları ikame etme potansiyeli taşıyan tek yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Dolayısıyla, özellikle ulaştırma sektöründe petrolün yerine ikame edilebilmesi ve geleneksel fosil tabanlı enerji teknolojileriyle kısa sürede entegrasyon açısından önemlidir. Bununla birlikte biyoyakıt üretiminden, tüketiciye sunulması sürecinde sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi özellikle tarım sektöründe gıda enerji dengesinin korunmasını ve önceliklerin yeniden tanımlanmasını gerektirmektedir.⁹⁴

Biyoyakıt, içeriklerinin hacim olarak en az %80'i son on yıl içerisinde toplanmış canlı organizmalardan elde edilmiş her türlü yakıt olarak tanımlanır. Biyodizel, biyoetanol, biyogaz ve biyokütle olarak değerlendirilmektedir. Biyodizel, kolza (kanola), ayçiçek, soya, aspir gibi yağlı tohum bitkilerinden elde edilen bitkisel yağlardan veya hayvansal yağlardan üretilen bir yakıt türüdür. Evsel kızartma yağları ve

⁹³ What are Renewable Energy Sources?, Intelligent Energy Europe, Energy Bits, <http://www.ebitsvideo.com/wp-content/uploads/2012/10/Renewable-Energy-Sources.pdf> (2 Ekim 2012)

⁹⁴ Yusuf Cansın ve Nazif Hülagü Sohtaoğlu, "OECD/IEA Ülkelerinin Ar-ge Harcamalarındaki Eğilimler Kapsamında Yenilenebilir Enerji Teknolojilerindeki Gelişmelerin İncelenmesi", **V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu**, Diyarbakır, 2009, 35.

hayvansal yağlar da biyodizel hammaddesi olarak kullanılabilir. Biyodizel petrol içermez; fakat saf olarak veya her oranda petrol kökenli dizelle karıştırılarak yakıt olarak kullanılabilir. Biyodizel, tarımsal bitkilerden elde edilmesi nedeniyle, fotosentez yolu ile CO₂'i dönüştürüp karbon döngüsünü sağladığı için, sera etkisini arttırıcı yönde etki göstermez. Biyodizel ulaştırma sektöründe dizel yakıtı yerine kullanıldığı gibi, konut ve sanayi sektörlerinde de fueloil yerine kullanılabilecek bir yakıttır.

Biyometanol, hammaddesi şeker pancarı, mısır, buğday ve odunsular gibi şeker, nişasta veya selüloz özlü tarımsal ürünlerin fermantasyonu ile elde edilen ve benzinle belirli oranlarda harmanlanarak kullanılan alternatif bir yakıttır.⁹⁵ Biyokütle kaynaklarımız; tarım, orman, hayvan, organik şehir atıkları vb.'den oluşmaktadır. Yenilenebilir kaynakların alt başlığı olan biyokütlenin önemli bileşeni odunsu bitkiler olmaktadır. Bunun içerisinde kısaca, korular, bataklıklar, çiftlik ormanları, ağaçlıklar, endüstriyel plantasyonlar yer almaktadır. Ayrıca, odun hammaddesi işleme artıkları ve kullanılmış (hurda) odunsu yapılar da sayılmalıdır. Mısır koçanı, kesilen otlar, ekin sapları, bağ ve meyve ağaçlarının budanmasından elde edilen artıklar, potansiyel biyoenerji kaynaklarıdır.⁹⁶ Çeşitli işlemler ile bu hammaddeler, doğrudan doğruya elektrik veya ısı üretmek için kullanılabilir ya da gaz halinde oluşturmak için kullanılabilir.⁹⁷

Ulaştırma sektöründe benzin ile karıştırılarak, küçük ev aletlerinde, kimyasal ürün sektöründe kullanılan Biyometanol, yakıtın oksijen seviyesini arttırarak, yakıtın daha verimli yanmasını sağlar, egzoz çıkışındaki zararlı gazları azaltır, kanserojen maddelerin çevreci alternatifidir, egzoz emisyonlarını azaltır. 3 milyon tonu benzin tüketimi olmak üzere toplam 22 milyon ton akaryakıt tüketimi olan Türkiye’de 160 bin ton biyometanol kurulu kapasitesi bulunmaktadır. Gıda tarımına elverişli alanların biyodizel ve biyometanol üretimine ayrılması ve bu şekilde gıda güvenliği açısından küresel bir risk oluşturması hususu biyoyakıt tarımının en çok eleştirilen yönü olmaktadır.

⁹⁵ T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, <http://www.enerji.gov.tr/index.php?dil=tr&sf=webpages&b=biyoyakit&bn=235&hn=&nm=384&id=40698>, (21 Şubat 2012)

⁹⁶ Sibel Demirtaş, a.g.e, s.41

⁹⁷ Bernard L. Cohen, “Breeder reactors: A Renewable Energy Source”, Am. J. Phys., 1983, s.51.

Biyogaz organik maddelerin (hayvansal atıklar, bitkisel atıklar, şehir ve endüstriyel atıklar) oksijensiz şartlarda biyolojik parçalanması (anaerobik fermentasyon) sonucu oluşan ağırlıklı olarak metan ve karbondioksit gazıdır. Biyogaz teknolojisi ise organik kökenli atık/artık maddelerden hem enerji elde edilmesine hem de atıkların toprağa kazandırılmasına imkan vermektedir.⁹⁸

Avrupa Birliği 2020 yılında enerji tüketiminin %20'sini yenilenebilir enerji ile karşılamayı ve üye ülkeler için %10 biyoyakıt kullanımını hedeflemektedir. Türkiye'de biyoetanol sektöründe mevcut durumda 3 üretim tesisi vardır. Ülkemizdeki biyoetanol tesislerinin en büyüğü Pankobirlik bünyesinde Konya'da kurulan ve şeker pancarından üretim yapan 84 milyon litre kapasiteli biyoetanol tesisidir. Diğer 2 tesisten biri Bursa Kemal Paşa'da kurulu 40 milyon lt kapasitesi olan mısırdan üretim yapan tesistir. 40 milyon lt kapasiteli Adana'da kurulu olan diğer tesiste ise buğday ve mısırdan üretim yapılmaktadır. Ayrıca Eskişehir Şeker Fabrikası Alkol Üretim Tesisi de yakıt alkolü üretecek şekilde revize edilmiştir.⁹⁹

Nüfus artışı, açlıkla mücadele tarım alanlarının planlı olarak en verimli şekilde kullanımını gerektirmektedir. Her ne kadar bugünün teknolojisiyle üretilen biyoyakıt hammaddeleri büyük oranda gıda ve yem niteliği taşısa da gelecek kuşak biyoyakıt üretim teknolojilerinin pazarda yer alabilmesi için var olan biyoyakıt teknolojilerinin geliştirilmesi ve Ar-Ge çalışmalarının planlı ve titiz bir şekilde yürütülmesi gereklidir.¹⁰⁰

Biyoenerji kullanımının avantajları arasında şunlar bulunmaktadır: çevre için düşük emisyonlar, tarımsal sektörde ekonomik gelişim ve büyüme, biyokütlenin sağlanması ve sürdürülebilirliğinde güvenlik, enerji pazarında yarışımın geliştirilmesidir. Biyoenerji kullanımının dezavantajları arasında ise biyoenerji üretiminin yüksek maliyeti, toprak özelliklerinin bozulması, üretim yöntemindeki yetersizlik, teknik sorunlar, uygulamadaki sınırlamalar yer almaktadır.¹⁰¹

⁹⁸T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı a.g.e., (21 Şubat 2012)

⁹⁹ Doğu Marmara Kalkınma Ajansı, a.g.e., s.20

¹⁰⁰ a.g.e., s.21

¹⁰¹ Sibel Demirtaş, a.g.e., s.67

2.4.5. Rüzgar Enerjisi

İnsanoğlunun, binlerce yıldır rüzgar enerjisini kullandığı bilinmektedir. Eski Romalılar ve Yunanlılar gemileri yüzdürmek; Sümerler ise milattan önce 3500'lü yıllarda, kanatları bezden yapılmış yel değirmenleriyle tahıl öğütmek için rüzgar enerjisinden yararlanmışlardır. Yel değirmenleri milattan sonra 600'lu yıllarda, dönemin İslam ülkeleri tarafından daha da geliştirilmiş olup, günümüzdeki çağdaş dikey sistem rüzgar türbinlerine benzerlikleriyle dikkat çekmektedir.¹⁰²

Dünyanın ilk otomatik rüzgar türbini 1888 yılında Amerika Cleveland'da elektrik üretmeye başlamıştır. 1970'li yıllara kadar Danimarka ve Amerika Birleşik Devletleri gibi ülkelerde rüzgar enerjisi kullanılmış, 1973 petrol krizini takiben potansiyeli olan diğer ülkelerde de rüzgara ilgi artmıştır.¹⁰³

Modern gelişimin 35 yılından sonra günümüze gelindiğinde artık rüzgardan elektrik üretmek dünya genelinde en fazla gereksinim duyulan ve kabul görmüş ana akım haline gelmiştir. Bunun sebebi güvenilir, uygun maliyetli ve fosil ile nükleer yakıt üretiminin çevreye verdiği olumsuz etkiye yol açmıyor olmasıdır.¹⁰⁴

Rüzgar enerjisinin kaynağı güneştir. Güneş enerjisinin karaları, denizleri ve atmosferi her yerde aynı derecede ısıtmamasından dolayı oluşan sıcaklık ve basınç farkları rüzgarı yaratmaktadır. Güneşten gelen enerjinin %1-2'si rüzgar enerjisine dönüşür. Rüzgar enerjisi, rüzgarı oluşturan hava akımının sahip olduğu hareket (kinetik) enerjisidir. Bu enerjinin bir bölümü yararlı olan mekanik veya elektrik enerjisine dönüştürülebilir. Rüzgar enerjisinde rüzgarın hızı, yönü ve esme saat sayısı gibi özellikleri değerlendirilir. Rüzgar hızı, bir rüzgar türbininin elektrige çevirebileceği enerji miktarı açısından önemlidir. Rüzgarın enerji içeriği, ortalama rüzgar hızının küpü oranında değişir. Yani rüzgar hızı 2 katına çıkarsa, 8 kat enerji içerir.

¹⁰² HaroldH.Schobert, **EnergyandSociety: An Introduction**, Taylor&Francis Publications, New York, 2002, s. 101-102.

¹⁰³ Practical Action Teknoloji Challenging Powerty, Wind Elekctricity Generation, technical brief, http://practicalaction.org/docs/technical_information_service/wind_electricity_generation.pdf, (25 Şubat 2014).

¹⁰⁴ John Twidell and Gaetano Gaudiosi, **Offshore Wind Power**, Multi Science Publishing Company Limited,2009,s.15.

Rüzgar enerjisi santralleri rüzgarın kinetik enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren sistemlerdir. Rüzgar türbinlerinin çalışması çevreye zararlı gaz emisyonuna neden olmadığından enerji geleceğimizde ve iklim değişikliğini önlemede büyük bir role sahiptir. Geleneksel güç santrallerinin aksine, rüzgar santralleri, enerji güvenliği açısından yakıt maliyetlerini ve uzun dönemli yakıt fiyatı risklerini eleyen ve ekonomik, politik ve tedarik riskleri açısından diğer ülkelere bağımlılığı azaltan yerli ve her zaman kullanılabilir bir kaynaktır.¹⁰⁵

Rüzgar enerjisinin büyük oranlarda elektrik sistemine entegrasyonunu kısıtlayan iki temel engelin olduğu görülmektedir. Bunlar; (1) rüzgar enerjisinin kesikli bir kaynak olarak algılanması (gerçekte rüzgar kesikli değil değişken bir enerji kaynağıdır, elektriğin kesilmesi gibi bir anda kesilmez veya gelmez, rüzgarın mekaniğine aykırı bir durum) ve (2) özellikle gelişmekte olan ülkelerde iyi rüzgar kaynak alanlarını ortaya koymada yaşanan zorluklar şeklinde ifade edilebilir.¹⁰⁶

Rüzgar Türkiye'nin enerji ihtiyacını karşılamada gelecek vadeden bir enerji kaynağıdır. Türkiye'de son üç yılda hem devlet hem de özel sektör tarafından rüzgar enerjisine verilen önemin kayda değer bir biçimde arttığı gözlemlenmektedir.¹⁰⁷ Yıllık ortalama değerler göz önünde tutulduğunda Türkiye'nin en iyi rüzgar kaynağı alanları kıyı kesimleri, yüksek bayırlar ve dağların tepesinde ya da açık alanların yakınında bulunmaktadır.¹⁰⁸

Rüzgar türbinleri kuruldukları arazinin %5'ini işgal etmektedirler ve türbinlerin kanatları yerden oldukça yüksekte bulunmaktadır. Böylece kalan arazi, tarım, otlatma ve diğer amaçlarla kullanılabilir. Rüzgar türbinleri gece ve gündüz rüzgar olduğu sürece her zaman enerji üretebilmektedir¹⁰⁹

¹⁰⁵ T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, <http://www.enerji.gov.tr/index.php?dil=tr&sf=webpages&b=rüzgar&bn=231&hn=&nm=384&id=40696> (23 Şubat 2012)

¹⁰⁶ Yüksel Malkoç , “ Rüzgâr Enerjisi Kaynaklarımız”, **IV. Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu**, Kayseri 23-24 Kasım 2007

¹⁰⁷ Cihan Gökçöl, Erkan Sunan ve Bahtiyar Dursun, “Rüzgar Enerjisi İle Gebze’de Bir Evin Elektrik İhtiyacının Karşılanması”, **ELECO 2008 Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu**, Bursa, Kasım 2008, s.26-30.

¹⁰⁸ Ceren Aksu, a.g.e, s.30.

¹⁰⁹ Sibel Demirtaş, a.g.e., s.24.

Türkiye, rüzgar potansiyeli açısından, Avrupa Rüzgar Atlası'nda, İngiltere'den sonra ikinci sırada yer almaktadır. Ülkemizde kurulu bulunan RES projelerinde, net enerji üretimi açısından bakıldığında “ kapasite kullanım oranı %30–40 seviyelerindedir. Türkiye’de ilk rüzgar enerji santrali 1998 yılında Alaçatı Germiyan köyünde otoprodüktör lisansı ile Alize A.Ş (Demirer Holding) tarafından 1,5 MW kurulu güçte 3x500 kW Enercon türbinleri ile kurulmuştur.Dünyada rüzgar enerjisi sistemleri üreten ülkelerin başında ABD (GE Wind, AeroCity Wind Power, DyoCore Inc.), Danimarka (Vestas, Neg Micon), Almanya (Enercon, REpower, Nordex, Siemens, Tacke Wind Technik), Hollanda (DarwinD, Emergya Wind Technologies), İspanya (Acciona, Gamessa), Hindistan (Suzlon), gelmektedir.¹¹⁰

Rüzgar enerji santrallerinin Türkiye’deki kurulu elektrik güç içerisindeki oranı Ekim 2013 itibari ile % 4,3 olup toplamda 2.688,88 MW’tır. TEİAŞ kapasite projeksiyonu ışığında 10 yıl içerisinde Türkiye elektrik enerjisi kurulu gücünün yaklaşık olarak 80.000 MW’a ulaşması beklenmektedir. Rüzgar santralleri herhangi bir ülke kurulu güç içerisindeki oranı elektriğin arz, kalite ve işletme güvenliği açısından max. % 20’si olabileceği kabul edilir ise 2023 yılı sonuna kadar rüzgar enerjisi kurulu gücünün 16.000 MW’a ulaşabileceği tahmin edilmektedir.

Rüzgar enerjisinin, diğer enerji üretim alanlarına göre, önemli üstünlükleri bulunmaktadır. Bu üstünlükleri şu genel başlıklar altında sıralayabilmek mümkündür:¹¹¹

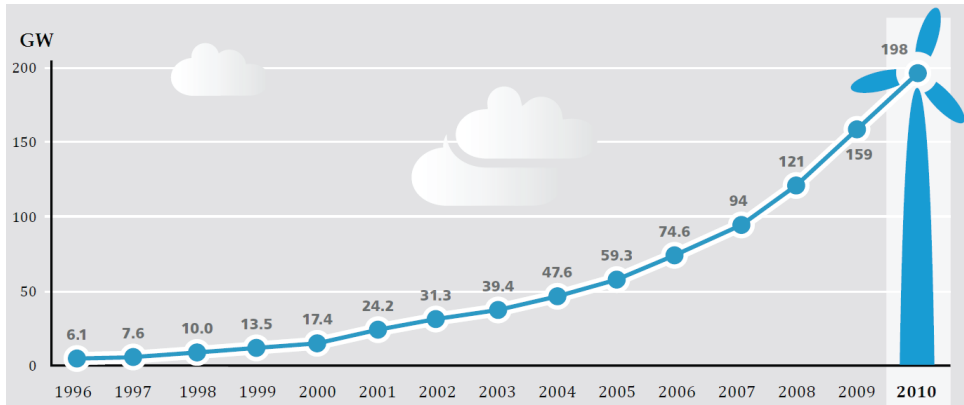
- Temiz enerji kaynağı,
- Enerji kaynağının ücretsiz oluşu;
- İklim değişikliği sorununun çözüm yollarından birini teşkil etmesi;
- Enerji güvenliğine katkı sağlaması ve enerji arzını çeşitlendirmesi;
- Dış kaynaklı ve değişken fiyatlı yakıt ithaline ihtiyaç göstermemesi;
- İstihdam ve bölgesel kalkınma sağlayıcı etkisi;
- Modülerlik ve üretim tesisinin çabuk kurulabilme özelliği;
- Karbon emisyonunun olmaması;
- Sınırsız kaynak özelliğine sahip bulunması;

¹¹⁰ İlgin Atış ve Diğerleri, a.g.e., s.15-16.

¹¹¹ İbrahim Mete Yağlı, “Yenilebilir Enerji Kaynağı Olarak Rüzgâr Enerjisi”, Uluslararası Ekonomik Sorunlar Dergisi, Sayı: 34, 2009, 29.

- Arazi dostu olması (Rüzgar santrali içinde veya etrafında tarım/sanayi faaliyetleri yapılabilme özelliği);
- Uygulama esnekliği (Büyük ölçekli ticari santraller veya ev tipi uygulamalarına müsait olması);
- Geleneksel yakıtların aksine, enerji güvenliği açısından yakıt maliyetlerini ve uzun dönemli yakıt fiyatı risklerini eleyen ve ekonomik, politik ve tedarik riskleri açısından diğer ülkelere bağımlılığı ortadan kaldıran yerli ve her zaman kullanılabilir bir kaynak olmasıdır.

Güneş enerjisinin bir türevi olan rüzgar enerjisi, küresel iklim değişikliklerine göre hassastır. Rüzgar enerjisi dünya çapında potansiyeli fazla olan bir enerji kaynağıdır. Elektrik üretiminde rüzgar enerjisi neredeyse hiç kirlilik içermemesi özelliğiyle diğer enerji kaynaklarıyla rekabet etmektedir.¹¹² Rüzgar enerjisi yatay ve düşey eksenli rüzgar türbinleri aracılığıyla mekanik enerjiye dönüştürülmekte, elektrik üretimi ve su pompalama amacıyla bu mekanik enerjiden faydalanılmaktadır. Uzmanlar karadaki rüzgar kaynaklarının, dünyanın bugünkü elektrik tüketiminin dört katını üretecek kapasiteye sahip olduğunu tahmin etmektedirler.¹¹³



Şekil 5. Dünyada Rüzgar Enerjisi Kurulu Gücünün Gelişimi (1996 – 2010)

Kaynak: TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası, **Enerji Verimliliği Raporu**, Ankara,2012, s.15.

¹¹² N.L. Panwar, C. Kaushikb, Surendra Kotharia, a.g.e., s.1518.

¹¹³ Sibel Demirtaş, a.g.e., s.23.

2010 yılında dünya genelinde 39 GW rüzgar kurulu gücü devreye girmiş, toplam kurulu güç 198 GW'a ulaşmıştır. 2010 yılında devreye alınan kapasitenin 18,9 GW'ı Çin'e aittir. Bunun sonucu olarak Çin, rüzgar enerjisi kurulu gücünü 44,7 GW'a çıkararak bu alanda birinciliğe yükselmiştir. İkinci sıraya gerileyen ABD'nin rüzgar enerjisi kurulu gücü 2010 sonu itibarıyla 40,2 GW'tır.¹¹⁴

Tezimizin ilerleyen bölümlerinde rüzgar enerjisi hakkında çok detaylı bilgi verileceğinden, bu bölümde konuya özet olarak değinilmiştir.

2.4.6. Hidroelektrik Enerjisi

Hidroelektrik enerjisi sudan elde edilir. Su çarkları bin yıllık bir dönemde tahılları öğütmek ve sulama suyunu dağıtmak için kullanılmaktadır. Günümüzde ise suyun gücünden büyük ölçekte elektrik üretiminde faydalanılmaktadır.¹¹⁵

Hidroelektrik enerjisi suyun potansiyel enerjisinin kinetik enerjiye dönüştürülmesi ile sağlanan enerji olup, enerji miktarı düşü ve debi değişkenlerine bağlıdır. Belli bir düşü altında cebri boru ile türbine gelen suyun potansiyel enerjisi türbinde kinetik enerjiye ve türbinle bağlantılı jeneratörde elektrik enerjisine dönüşmektedir. Hidroelektrik enerji dünya üzerinde yenilenebilir enerji türlerinin en yaygını olanıdır. Hidroelektrik enerji Türkiye'nin de en önemli yenilenebilir enerji kaynağını oluşturmaktadır.

Hidrolik enerji de güneş ışınlamından dolayı oluşan bir enerji kaynağı olup hidrolik çevriminde, deniz, göl veya nehirlerdeki sular güneş enerjisi ile buharlaşmakta, oluşan su buharı rüzgarın etkisiyle de sürüklenerek dağların yamaçlarında yağmur veya kar halinde yeryüzüne ulaşmakta ve nehirleri beslemektedir. Böylelikle hidrolik enerji kendini sürekli yenileyen bir enerji kaynağı olmaktadır. Enerji üretimi ise suyun potansiyel enerjisinin kinetik enerjiye dönüştürülmesi ile sağlanmaktadır.¹¹⁶

¹¹⁴ TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası, **Enerji Verimliliği Raporu**, Ankara, 2012, s.15.

¹¹⁵ Paul Kruger, **Alternative Energy Resources: The Quest for Sustainable Energy**, John Wiley&Sons, Inc. United States of America, 2006, s.140.

¹¹⁶ Tekno Tasarım A.Ş., Hidroelektrik Enerji ve Türbinler, www.Download.teknotasarim.com, (18 Aralık 2013), s.1

Dünyada kullandığı kaynağı tüketmeden, kirliletmeden enerji üretildikten sonra tekrar doğaya bırakan tek enerji tesisi hidroelektrik santrallerdir. Hidroelektrik enerjisi, hidroelektrik santrallerin (HES) ürettiği elektrik enerjisidir. Esas prensip, suyun potansiyel enerjisini önce mekanik, sonra elektrik enerjisine çevirmektir. Henüz gelişme aşamasında olan diğer yenilenebilir enerjilerden farklı olarak hidrolik enerji uzun yıllardır bütün dünyada kullanılan bir enerji türüdür. Dünyada kullanılan elektrik enerjisinin yaklaşık %20'si hidroelektrik santrallerinden elde edilmektedir.¹¹⁷

Hidroelektrik santraller (HES) yükseklerden akışa geçen suların potansiyel enerjisini türbin ve jeneratörler vasıtasıyla elektrik enerjisine çeviren enerji üretim tesisleridir. Ucuz, temiz ve güvenilir elektrik enerjisi üretiminin, bir ülkenin kalkınma ve sosyo-ekonomik gelişmesindeki rolü açıktır. Bundan dolayı, bu niteliklere sahip elektrik enerjisinin üretilbileceği yerli, yenilenebilir ve daha fazla çevreci kaynakların öncelikli olarak geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır.¹¹⁸

Ülkemizin ortalama yüksekliği 1.300 m ve akarsu eğimleri de fazladır. Bu topoğrafik yapı ve hidrolojik koşullar ülkemizi hidroelektrik enerji üretimi açısından avantajlı kılmaktadır. Hidroelektrik enerji santrallerinin yerli kaynak kullanma avantajının yanı sıra işletme, çevre ve stratejik açılarından da avantajları bulunmaktadır. Ülkemizin başlıca ulusal ve yenilenebilir enerji kaynağı olan hidroelektrik potansiyelinin değerlendirilebilmesi için; yakıt masrafı olmayan, dolayısıyla işletme maliyeti çok düşük olan, yük taleplerine kolaylıkla uyum gösteren ve alternatif enerji kaynaklarına göre çevresel etkileri az olan büyük HES'lerin öncelikle inşa edilerek işletmeye alınmalarının gerekliliği kadar, yapımı daha kısa süren ve enterkonnekte sisteme bağlanma zorunluluğu olmayan küçük HES'lerin de çoğaltılması büyük önem taşımaktadır. Ülkemizin her köşesine yayılmış olan akarsular üzerinde kurulacak küçük HES'ler, hem enterkonnekte şebekenin yükünü hafifletecek, hem de iletim ve dağıtım kayıplarını azaltıcı ve ulusal şebekenin stabilizesini artırıcı bir rol oynayacaktır.¹¹⁹

Hidroelektrik enerji tesislerinin avantajları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

¹¹⁷ Sibel Demirtaş, a.g.e., s.7.

¹¹⁸ Mehmet Kocabaş, Nadir Başçınar, Filiz Kutluyur , Önder Aksu, “HES’ler ve Balıklar”, **Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi** ,6 (1),2013, 128-129.

¹¹⁹ Mehmet Kocabaş, Nadir Başçınar, Filiz Kutluyur , Önder Aksu,a.g.e., s.129.

- Ulusal nitelikli ve diğer yenilenebilirlerle göre sürekli arzı sağlayan kaynak olması,
- Ekonomik ömrünün uzun olması,
- İşletme ve bakım giderlerinin düşük olması
- Çevre kirliliği yaratmaması,
- Yakıt giderlerinin olmamasına bağlı olarak, ekonomik ömürleri boyunca ucuz enerji üretim tesisi olmaları,
- Sera gazı emisyonu yaratmamaları ve çevre ile uyumlu olmaları,
- Elektromekanik işlerin dışında kalan işlerin yurtiçi imkânlarla yapılabilmesi, istihdam ve ekonomide canlanma yaratmaları, gibi avantajları dikkate alındığında tercih ve teşvik edilmesi gereken bir enerji kaynağıdır.¹²⁰

Ayrıca, içme suyu tedariki sağlaması, sulama için kullanılması ve balık üretimine ev sahipliği yapması gibi pek çok dolaylı avantajları da mevcuttur.¹²¹ Hidroelektrik enerjiyi diğer enerji kaynaklarından ayıran bir diğer husus da daha düşük işletme maliyetlerine sahip olması ve 50 ile 100 yıl arasında değişen ekonomik ömürlere sahip olmasıdır.¹²²

Aşağıdaki tabloda (31.12.2013 itibariyle)Türkiye elektrik enerjisi kurulu gücü ve hidroelektrik enerjisinin oranı görülmektedir.

¹²⁰ Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi Hidrolik ve Yenilenebilir Enerji Çalışma Grubu **Hidrolik Enerji Alt Çalışma Grubu Raporu**, Ankara, 2007, s.3-1-74.

¹²¹ Silke Wieprecht, **Design of Hydraulic Structures Hydro Power Schemes**, Universitat Stuttgart Institut für Wasserbau, 2004, s.5.

¹²² Jefferson W. Tester ve Diğerleri, **Sustainable energy Choosing Among Options**, The MIT Press, Cambridge, 2005, s. 536.

Tablo 4. Türkiye Elektrik Enerjisi Kurulu Güç

YAKIT CİNSLERİ	2013 YILI SONU		
	KURULU GÜÇ MW	ORAN %	SANTRAL SAYISI ADET
FUEL-OİL + ASFALTİT + NAFTA + MOTORİN	708,28	1,1	21
TAŞ KÖMÜRÜ + LİNYİT	8.515,23	13,3	20
İTHAL KÖMÜR	3.912,55	6,1	7
DOĞALGAZ + LNG	20.269,95	31,7	218
YENİLENEBİLİR + ATIK	236,93	0,4	39
ÇOK YAKITLILAR KATI+SIVI	675,80	1,1	8
ÇOK YAKITLILAR SIVI+D.GAZ	4.365,75	6,8	45
JEOTERMAL	310,82	0,5	13
HİDROLİK BARAJLI	16.142,47	25,2	74
HİDROLİK AKARSU	6.146,56	9,6	393
RÜZGAR	2.759,65	4,3	72
TOPLAM	64.044,0	100,0	910

Kaynak: TEİAŞ, www.teias.gov.tr/yukdagitim/kuruluguc.xls, (10 Şubat 2014)

Hidroelektrik santrallerin üretimi, yağış koşullarına bağımlı olduğundan her yıl toplam üretim içindeki payı değişim göstermekle birlikte, Türkiye’de elektrik enerjisinin yaklaşık %20-30’u sudan üretilmektedir. Bu açıdan mevsimin beklentilerin altında bir yağış ile kapanması bu alanda enerji üretimini olumsuz yönde etkileyebilmektedir.¹²³

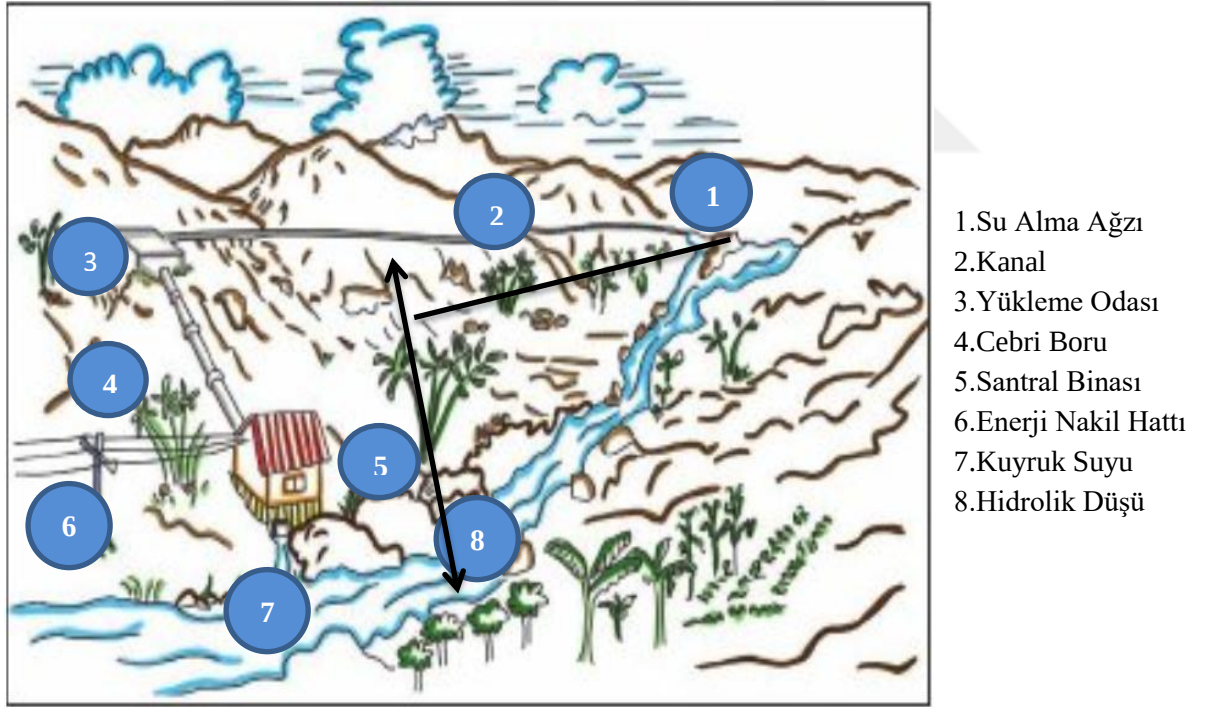
Çeşitli enerji kaynakları içerisinde hidroelektrik enerji santralleri çevre dostu olmaları ve düşük potansiyel risk taşımaları nedeniyle tercih edilmelidir. Bu tür santraller ani talep değişimlerine cevap verebilmektedir. Bu nedenle ülkemizde de pik santral olarak kullanılmaktadır. Hidroelektrik Santraller, çevreyle uyumlu, temiz, yenilenebilir, pik talepleri karşılayabilen, yüksek verimli (% 90’ın üzerinde), yakıt gideri olmayan, enerji fiyatlarında sigorta rolü üstlenen, uzun ömürlü (200 yıl), yatırımı geri ödeme süresi kısa (4-10 yıl), işletme gideri çok düşük (yaklaşık 0,2 cent/kWh), dışa bağımlı olmayan yerli bir kaynaktır.¹²⁴

¹²³ Özden Yılmaz, Leyla Kösem “Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları Potansiyeli, Kullanımı ve Dışa Bağımlılığı”, Ege Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İzmir, 2011, s.29.

¹²⁴ Tekno Tasarım A.Ş., Hidroelektrik Enerji ve Türbinler, www.Download.teknotasarim.com, (18 Aralık 2013),s.25.

Son yıllarda hidroelektrik enerjinin toprak kaybı, fauna ve flora etkisi, nehirlerin akış rejimlerindeki değişiklik gibi negatif etkilerine dikkat çekilmiştir. Hidroelektrik enerji üretim tesisleri, yenilenebilir, temiz ve çevre dostu olarak tanımlanmakla birlikte kontrolsüz kurulan tesislerin özellikle doğal yaşama olumsuz etkileri nedeniyle eleştirilmektedir. Eleştirilerin toplandığı en önemli nokta “çevresel akış-can suyu” miktarıdır.¹²⁵

Hidroelektrik santrallerin ana bölümleri, boru hatları, hidrolik türbinler, jeneratörler, transformatörler ve suyun akışı ile elektrik enerjisinin dağıtımını sağlayan yardımcı donanımlardır. Boru hatları ya da tüneller ile su aşağı doğru türbinlere iletilir. Türbinler, akan suyun hidrolik enerjisini mekanik enerjiye, jeneratörler ise mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren makinelerdir. Transformatörler, elde edilen alternatif akımı uzak mesafelere iletmek üzere çok yüksek gerilim değerlerine yükseltirler.¹²⁶



Şekil 6. Hidroelektrik Sistemlerin Çalışması

Kaynak: Tekno Tasarım A.Ş., Hidroelektrik Enerji ve Türbinler, [www. Download.teknotasarim.com](http://www.Download.teknotasarim.com), s.1 (18 Aralık 2013),

¹²⁵ Sibel Demirtaş, a.g.e. s.8.

¹²⁶ Hikmet Karakoç ve Diğerleri., a.g.e., s.53.

Yukarıda şekilde görüldüğü gibi türbinlere tahrik ettiği jeneratörlerin dönmesi ile de elektrik enerjisi üretilmektedir. Ancak, bir su türbininden su kuvveti yardımıyla enerji üretebilmek için gerekli olan su hızını elde etmek üzere mutlaka bir düşme yüksekliğine (hidrolik düşüye) ve bu su düşüşüne uygun bir basınç farkının bulunmasına gerek vardır. Türbinden elde edilen güç, suyun düşü (üst ve alt kotlar arasındaki düşey mesafe) ve debisine (türbinlere birim zamanda verilen su miktarı) bağlıdır.¹²⁷

Düşük potansiyel risk taşımaları, yenilenebilir, yüksek verimli, yakıt gideri olmayan, enerji fiyatlarında sigorta rolü üstlenen, uzun ömürlü, işletme gideri çok düşük ve dışa bağımlı olmayan yerli birer enerji üretim biçimi olmaları hidroelektrik santrallerini cazip kılan başlıca nedenlerdir.¹²⁸ Hidrolik enerji üretiminde ithal kaynak kullanılmadığından, bu tesislerde elde edilen enerji yerli olarak kabul edilmekte ve tesisin yapı özelliği bakımından da kısmen yenilenebilir enerji kaynakları sınıfına girmektedir.¹²⁹

Günümüzde dünya nüfustaki artış, tükenebilir bir kaynak olarak suyun korunumu ve her geçen gün artan enerji gereksinimi, mevcut baraj ve HES'lere ek olarak yenilerinin yapımını da gündeme getirmiştir. Ucuz ve yenilenebilir enerji sağlamaları nedeniyle ülkemizde de baraj ve HES'lerin önemi her geçen gün artmaktadır.¹³⁰ Topoğrafik yapı ve hidrolojik koşullar ülkemizi hidroelektrik enerji üretimi açısından avantajlı kılmaktadır.¹³¹

Halen mevcut olan teknoloji kullanılarak değerlendirilebilecek hidrolik potansiyel teknik potansiyel olarak adlandırılmakta olup, ülkemizdeki teknik hidrolik potansiyel kapasitesinin de teorik kapasitenin yarısı kadar yaklaşık 216 milyar kWh/yıl olduğu yine DSİ verilerinde belirtilmektedir. Teknolojik gelişmeler ve yeni yapılan ölçümlerle oluşturulan projelerle bu kapasitenin 150 milyar kWh/yıl'a kadar çıkabileceği, 2023 yılında ise 180 milyar kWh/yıl olacağı yine DSİ'nin raporlarında yer

¹²⁷Tekno Tasarım A.Ş., Hidroelektrik Enerji ve Türbinler, www.Download.teknotasarim.com, s.1 (18 Aralık 2013),

¹²⁸ Sağdan Başkaya, a.g.e., s.669.

¹²⁹ Türk Mühendis ve Mimar Odası Birliği, **TMMOB Hidroelektrik Santraller Raporu**, 2011, s.26.

¹³⁰ Mehmet Kocabaş ve Diğerleri, a.g.e., s.128.

¹³¹ Dursun Yıldız, Hidroelektrik Enerji Politikaları ve HES Projeleri, **Elektrik Mühendisliği Dergisi**, Sayı:442, Mayıs 2011, s.25.

almaktadır. Ancak, DSİ son raporlarında, hidrolik enerjide gerçekleşme miktarını 2023 yılı için 140 milyar kWh /yıl olarak yenilemiştir.¹³²

Ülkemizde barajlı depolamalı HES'ler halen yıllık üretim kapasitelerinin yarısı kadar üretilebilecek enerjiyi depolayabilmektedirler. Bu santrallerin ortalama 6 aylık elektrik üretiminin, kriz koşullarında kullanılabilir olması; HES'lerin sunduğu önemli stratejik bir avantajdır. Bir diğer deyişle; yakın geçmişte de örneklerini yaşadığımız gibi yurtdışı enerji kaynak temininde dönemsel sıkıntıların ortaya çıkması durumunda barajların devreye girmesi ve sıkıntının ulusal bir kaynak kullanılarak hafifletilebilmesi mümkündür. Tümüyle yerli kaynak kullanan HES'lerin geliştirilmesi, enerjide dışa bağımlılığı azaltarak enerji güvenliğimizin ve ulusal güvenliğimizin tehdit altına girmesini engelleme olanağı da tanımaktadır.¹³³ Örnek olarak Kemer HES, Aydın ili Bozdoğan ilçesi sınırları içerisinde Akçay üzerinde 1954-1958 yılları arasında sulama, taşkın koruma ve elektrik üretimi amacıyla inşa edilmiş olup 1958 yılında faaliyete geçmiştir. Baraj 48 MW güç kapasitesiyle, yılda 150 GWh elektrik üretmektedir.¹³⁴

Dünyada hidroelektrik santrali üretiminde Çin (Zhejiang Orient, HS Dynamic Energy), ABD (American Hydro Corporation, Canyon Hydro, Hydro Gren Energy, Hydro West Group), Almanya (Wasser Kraft), Avusturya (Gugler, Global Hydrolics), Fransa (Mecamidi) firmaları başı çekmektedir.¹³⁵

Tezimizin ilerleyen bölümlerinde hidroelektrik enerjisi hakkında çok detaylı bilgi verileceğinden, bu bölümde konuya özet olarak değinilmiştir.

2.5. DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI

Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı çok eski çağlara dayanmaktadır. Örneğin su pompalanması, yiyeceklerin öğütülmesi, kurutulması, suyun ısıtılması ve yelkenli gemilerde yenilenebilir enerji kaynakları kullanılmaktaydı. Ancak sanayi

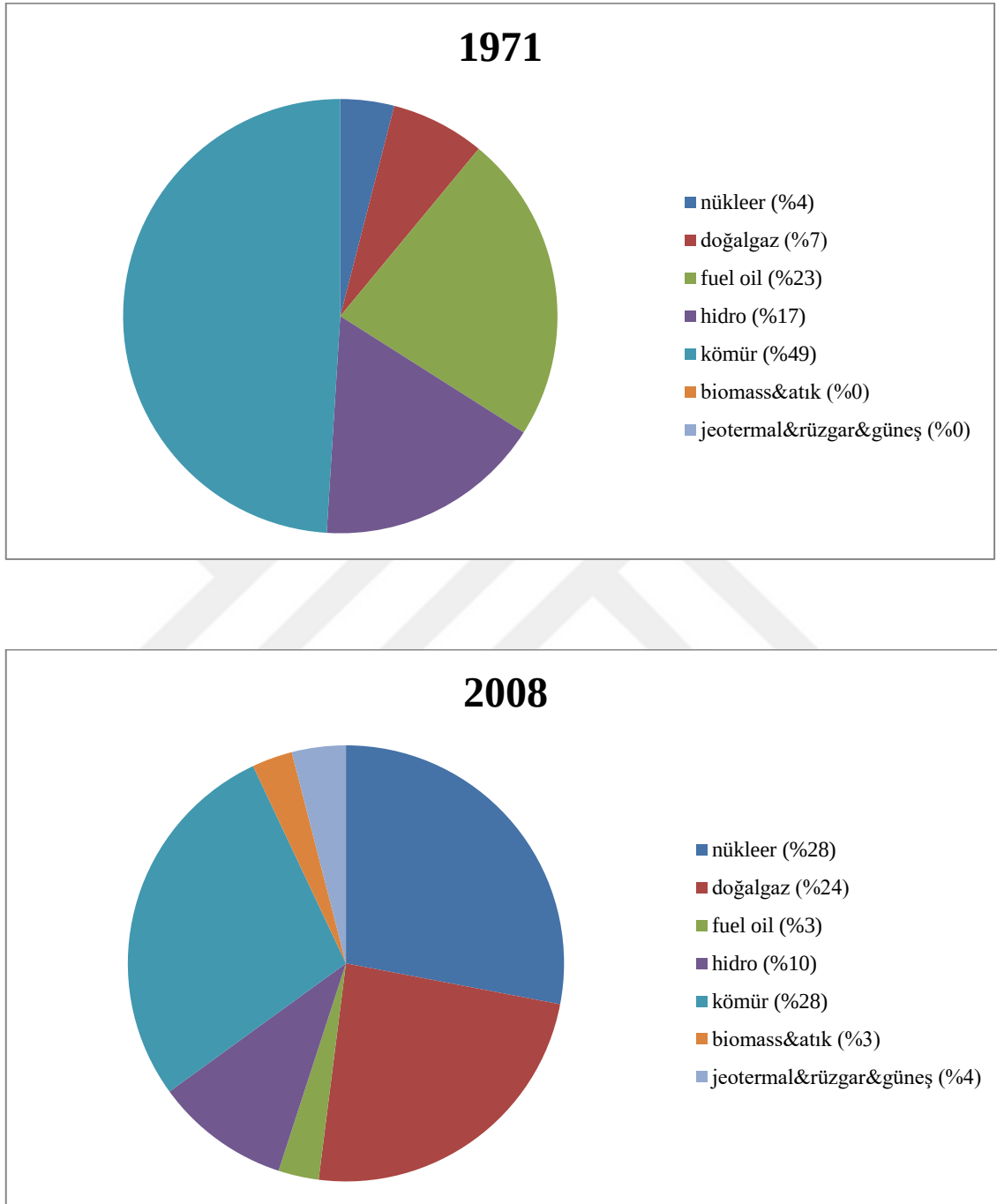
¹³² a.g.e., s.27.

¹³³ Dursun Yıldız, a.g.e., s.25.

¹³⁴ Ceren Aksu, a.g.e., s.25.

¹³⁵ İlkün Atış ve Diğerleri, a.g.e., s.10.

devrimi ve buharlı makinelerin keşfi ile Avrupa ve Amerika’da yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımda azalma söz konusu olmuştur.¹³⁶



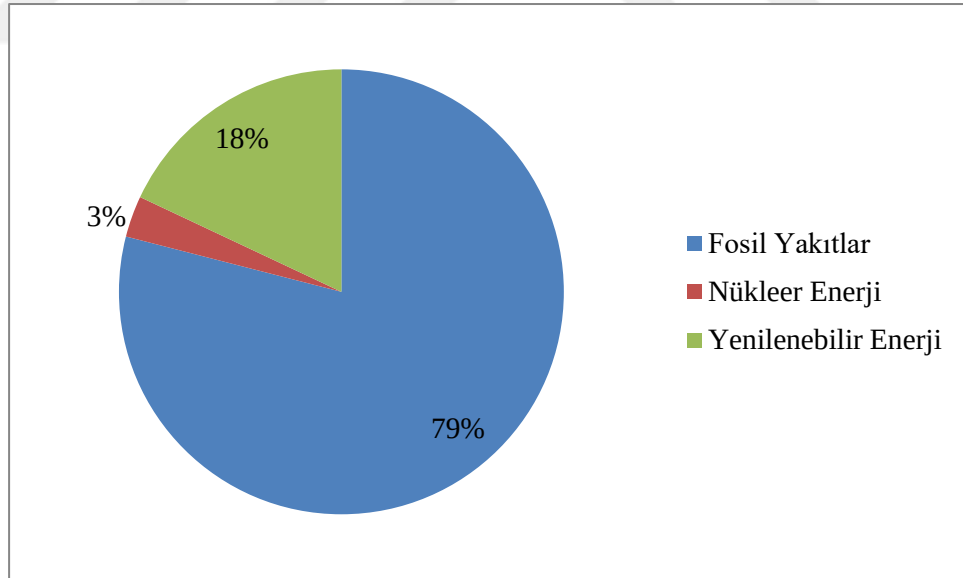
Şekil 7. AB 27 Ülkelerinde Elektrik Tüketiminin % Oranı (1971-2008)

Kaynak: EWEA, The European Wind Energy Assocation, “EU Energy Policy to 2050, Achieving 80-95%emissions reductions”,2011, A Report By The European Wind Energy Association, s.11

¹³⁶İlgün Atış ve Diğerleri,a.g.e., s.8.

Şekilde görüldüğü gibi 1971-2008 verileri karşılaştırıldığında Avrupa Birliğinin 27 ülkesindeki elektrik tüketimini konu alan enerji türlerinin dramatik bir şekilde farklılaştığı görülmektedir. Nitekim 1971 de %4 olan nükleer enerji kullanımı 2008 yılında %28 e, %7 olan doğal gaz kullanımı ise %24 e yükselmiştir. Var olan bazı enerji türlerinin kullanımında ise azalma görülmektedir. Örneğin 1971 de %23 lük bir kullanıma sahip olan fueloil 2008 yılında %3 lük bir kullanıma sahiptir. Hidroelektrik kullanımının %17 den %10 a kömür kullanımının ise %49 dan %28 e düştüğü görülmektedir. Diğer dikkat çekici bir nokta ise 1971 yılında hiçbir kullanımı olmayan biomass, atık, jeotermal, rüzgar ve güneş enerjilerinin Avrupa ülkelerinde kullanılmaya başlanılmış olmaya başlamıştır.¹³⁷

Kömür, petrol, doğal gaz, vb. yenilenemeyen kaynakların insanlar tarafından kullanılması ile oluşan çevre kirliliği ve iklim değişikliği gibi ortaya çıkan negatif sonuçlar, ekonomik, sosyal ve çevresel etkiler bakımından sürdürülemez bir duruma neden olmaktadır ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını ön plana çıkarmaktadır.¹³⁸



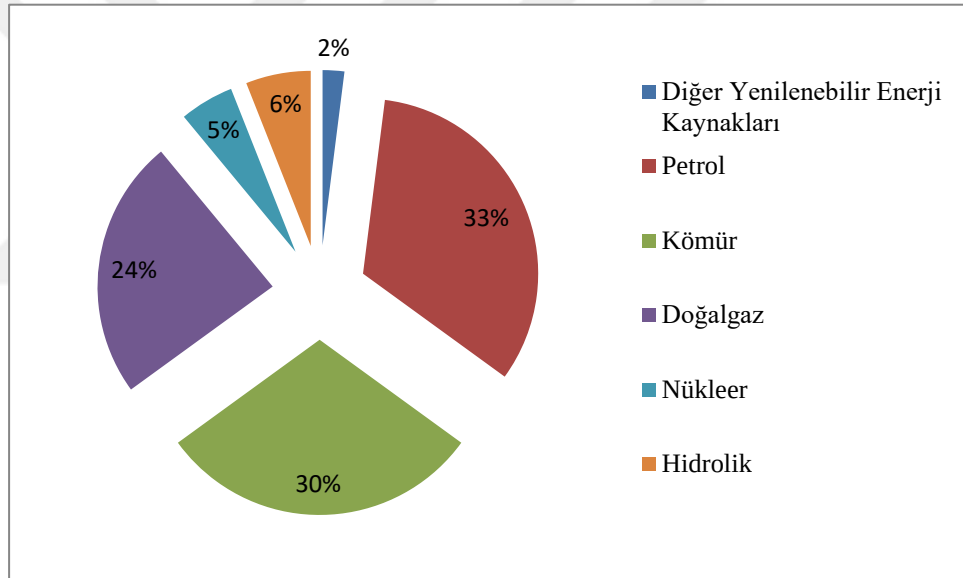
Şekil 8. Dünya Nihai Enerji Üretiminde Kaynakların Payı

Kaynak: Ceren Aksu , “Güney Ege Bölgesi Yenilenebilir Enerji Çalışma Raporu”,T.C. Güney Ege Kalkınma Ajansı , 2011, s. 8.

¹³⁷ EWEA, The European Wind Energy Association, “EU Energy Policy to 2050, Achieving 80-95% emissions reductions”,2011, A Report By The European Wind Energy Association, s.11.

¹³⁸ Gökhan Sevilgen ve Muhsin Kılıç, a.g.e., s.72.

Günümüzde dünya nihai enerji üretiminde %79'luk pay ile fosil yakıtlar ilk sırayı almaktadır. Bunu %18'lik pay ile yenilenebilir enerji kaynakları ve %3'lük pay ile nükleer enerji izlemektedir. Yenilenebilir enerji payının büyük bölümünü geleneksel biyokütle oluştururken onu sırasıyla büyük hidrolik, sıcak su/ısıtma, güç üretimi ve biyoyakıtlar izlemektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimi, su ısıtma, seraların ısıtılması, kurutma, aydınlatma, ısınma, kimyasal süreçler gibi çok sayıda alanda faydalanılmaktadır. Ancak bu kaynakların özellikle elektrik üretimindeki kullanımı oldukça önemlidir. Dünya elektrik üretiminde yenilenebilir kaynakların payı %18 oranındadır. Bu kaynaklardan üretilen elektrikte en büyük payı %16 ile hidrolik kaynaklar almaktayken, bunu biyokütle ve rüzgar, güneş, jeotermal vb. kaynaklar izlemektedir.¹³⁹



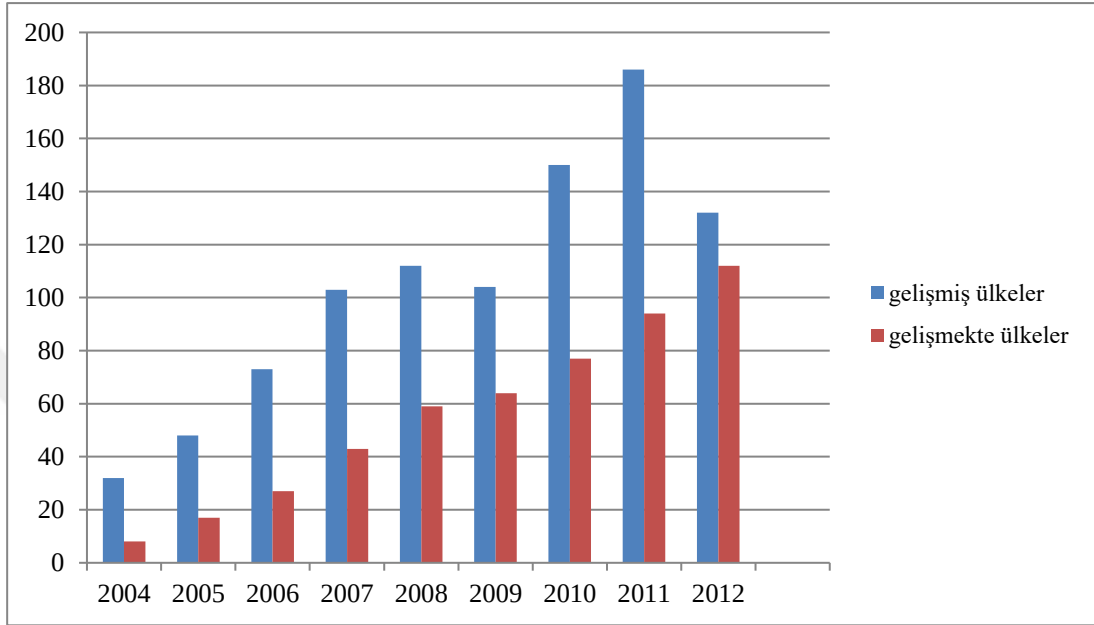
Şekil 9. Dünya 2011 Yılı Enerji Kullanımı

Kaynak: BP Statistical Review of World Energy, 2012. British Petroleum (BP), London, UK.,2012.

Yenilenebilir enerji ve yakıtlara yapılan yatırım “küçük hidroelektrik projeleri de dâhil olmak üzere” bir önceki yıl gerçekleşen 279 milyar dolardan % 12 azalarak 2012 yılında 244 milyar dolar olarak gerçekleşmiştir. 2012 yılında dikkat çeken nokta yenilenebilen enerji yatırımlarının gelişmiş ülkelere doğru kaymasıdır. Nitekim 2012 yılında gelişmiş ülkelerdeki yatırım %29 azalarak 132 milyar dolar olurken gelişmekte olan ülkelere ise %19 artarak şimdiye kadar en yüksek

¹³⁹ Ceren Aksu, a.g.e. s.8.

rakama 112 milyar dolara ulaşmıştır.2011 yılında Amerika ile başa baş olan Çin 2012 yılında yenilenebilir enerjide dominant ülke haline gelmiştir. Aynı zamanda Güney Afrika, Moroko, Meksika, Şile ve Kenya gibi ülkelerde yatırımlarda keskin artışların olduğu gözlenmiştir.¹⁴⁰



Şekil 10. Gelişmiş ve Gelişmekte Olan Ülkelerde Yenilenebilir Enerjiye Küresel Yatırımlar (2004-2012, milyar dolar)

Kaynak: Frankfurt School-UNEP Centre/BNEF (2013). Global Trends in Renewable Energy Investment 2013, <http://www.fs-unep-centre.org>, s.16.

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde 2004–2012 yılları arasında yenilenebilir enerjiye küresel yatırımlar incelendiğinde gelişen ekonomilerdeki toplam yatırımın 2012 %19 artarak 112 milyar dolara yükseldiği görülürken gelişmiş ülkelerdeki yatırımın ise %29 azalarak 132 milyar dolara gerilemiştir. Gelişmiş ülkelerdeki yatırımın 2008 yılına kadar istikrarlı bir biçimde devam ettiği ancak 2009 ve 2012 yılında önemli oranda azalma görülmektedir. Aksine gelişmekte olan ülkelere ise artışın az ama istikrarlı biçimde yenilenebilir enerjiye yatırımların yapıldığı görülmektedir.

¹⁴⁰ Frankfurt School-UNEP Centre/BNEF (2013). Global Trends in Renewable Energy Investment 2013, <http://www.fs-unep-centre.org>, s.11.

Türkiye, hidrolik ve kömür kaynaklarının zenginliği, temiz ve yenilenebilir enerji potansiyeli, yetişmiş insan gücü, sanayi yapısı, yeni enerji teknolojilerinden yararlanılabilecek bor, toryum gibi stratejik kaynakların varlığı, dinamik nüfus, modernleşme yönündeki atılımları, enerji piyasasının liberalleştirilmesi, enerji kaynaklarının çeşitliliği, yatırım potansiyeli gibi avantajlı birçok özelliğe sahip olmakla birlikte yerli ve yabancı sermaye girişimin azlığı, bürokratik engeller, hukuki altyapı ve mevzuattan kaynaklanan eksiklikler, kurumlar arasında eşgüdüm eksikliği, bilimsel ve teknolojik altyapının zayıflığı, ar-ge çalışmalarıyla ilgili kaynakların ve teşviklerin yetersizliği, kamuoyu bilincinin zayıf olması, ara eleman eksikliği, uzman kurumların eksikliği gibi problemler enerji sektörünün gelişme hızını yavaşlatmaktadır¹⁴¹.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının Türkiye ekonomisi içerisindeki yerini vurgulamak için; enerji kaynakları seçiminde göz önünde tutulan öncelikli ölçütler çerçevesinde bir değerlendirme yapılması da yerinde olacaktır. Bu ölçütleri; yatırım ve üretim maliyetleri, kaynağın yerel bir kaynak olup olmadığı, kalan ömrünün bu kaynağa yatırım yapmak için uygunluğu ve son olarak da yaratacağı istihdam boyutu olarak genellersek; birincil ve yenilenebilir enerji kaynakları için bir karşılaştırma yapıldığında; yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi bir kez daha ortaya çıkmaktadır. Buna ilişkin tablo aşağıda yer almaktadır:¹⁴²

Tablo 5. Enerji Kaynaklarının Karşılaştırılması

	Dışsal/Yerel	Kalan Ömür (yıl)	İstihdam (Kişi/yıl TWh)	Yatırım Maliyeti (\$/kW)	Üretim Maliyeti (sent/kWh)
Petrol	Dış	40-45	260	1500-2000	5,0-6,0
Kömür	Dış/Yerel	200-250	370	1400-1600	3,5-5,0
Doğalgaz	Dış	60-65	250	600-700	3,5-4,0
Nükleer	Dış		75	3000-4000	7,5-12,0
Hidrolik	Yerel	-	250	750-1200	2,5-7,5
Rüzgar	Yerel	-	918	1000-1200	3,5-4,5
Güneş	Yerel	-	7.600	Yüksek	5,0-6,0
(Termik) Jeotermal	Yerel	-	-	1500-2000	3,0-4,0

¹⁴¹Şebnem Boran ve Övgü Pınar, a.g.e., s.27.

¹⁴² a.g.e., s.28.

Kaynak: Şebnem Boran ve Övgü Pınar, “Sürdürülebilir Kalkınma Hedefinde İki Sektör: Yenilenebilir Enerji Ve Organik Tarım”, İzmir Ticaret Odası AR&GE Bülten (Haziran 2013),,a.g.e., s.28.

2010 yılı itibariyle birincil enerji kaynaklarının Türkiye’deki tüketim rakamlarına bakıldığında, toplam 108.80Mtep (Milyon ton eşdeğer petrol) olduğu, 2011 yılı için bu rakamın toplam 118.80 Mtep değerine ulaştığı ifade edilmektedir. Diğer taraftan Türkiye toplam enerji ihtiyacının %50 ‘sinden fazlasını ihraç eden bir ülke konumundadır.

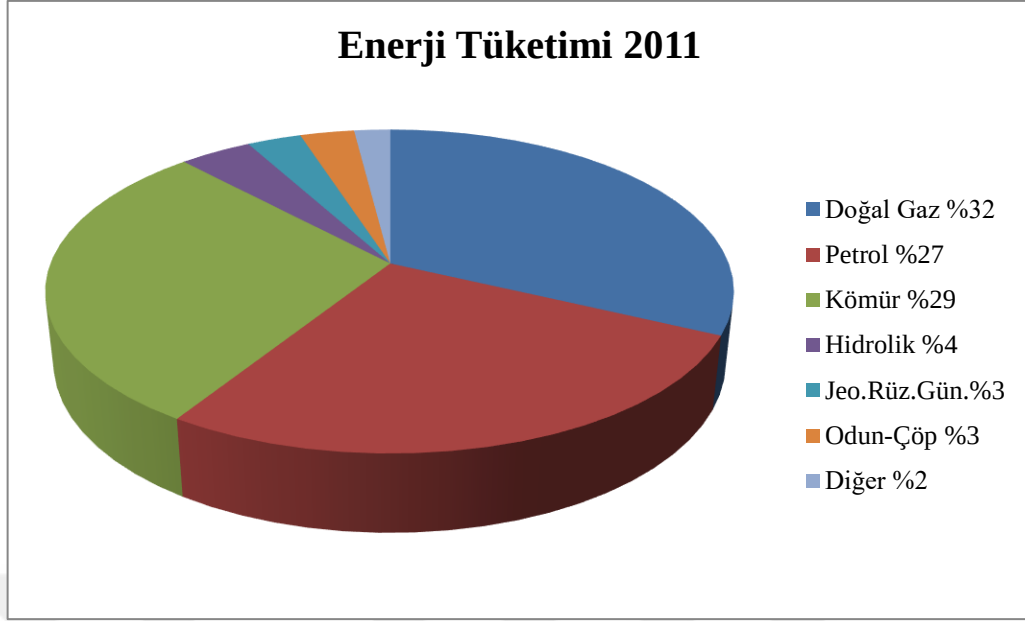
Tablo 6. Türkiye 2006-2010 Yılları Arasında Bazı Yenilenebilir Enerji Kaynakları İçin Yerli Üretim Rakamları

Yıl	Yerli üretim (Bin Tep)					Toplam
	Rüzgar	Hidrolik+Jeotermal	Güneş	Biyoyakıt	Hay. ve Bit. Art.	
2006	11	3886	403	2	1146	5448
2007	31	3217	420	11	1146	4795
2008	73	3001	420	66	1134	4694
2009	129	3467	429	9	1136	5170
2010	251	5029	432	12	1166	6890

Kaynak: Gökhan Sevilgen ve Muhsin Kılıç, “Yenilenebilir Enerji Kaynakları Ve Sürdürülebilirlik Endeksi”, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 18, Sayı 1, 2013, s.74.

Türkiye’nin 130 milyar kWh hidrolik potansiyeli bulunmakta ve bu potansiyelin %30’u kullanılmaktadır. Brüt hidrolik potansiyelimiz 433 milyar kWh civarında olup, teknik yönden değerlendirilebilir hidrolik potansiyel 216 milyar kWh’dır. Termik kapasitemiz ise yıllık 114 milyar kWh’dır. Linyit kömüründen elektrik enerjisi üretim miktarı, toplam potansiyelimizin %22’sidir. Elektrik üretiminde kullanılabilecek jeotermal kaynak potansiyelimiz 2450 MW (yıllık 16 milyar kWh) elektrik enerjisi üretimine eşittir. Rüzgar gücünden elektrik enerjisi üretim potansiyelimiz ise 83000 MW (yıllık 300 milyar kWh) enerji üretimine eşdeğerdir. Güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretimi konusunda ülkemizde kayda değer bir çalışma henüz hayata geçirilmiş değildir.¹⁴³.

¹⁴³ İlhan Umut, a.g.e., s.13.



Şekil 11. Türkiye'nin Birincil Enerji Kaynakları Tüketimi (Bin TEP)

Kaynak: Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, Türkiye Enerji Verileri 2012

Birincil enerji üretimi, tüketimin %28'ini karşılamaktadır. Enerjide dışa bağımlılık 1990'da %52, 2000 yılında %68 iken 2011 yılında %72 olmuştur. Enerjide dışa bağımlılık giderek artmaktadır. 2009 yılı 106.138 bin tep, 2010 yılı 109.266 bin tep, 2011 yılı 114.480 bin tep (Doğal Gaz %32, Kömür %29, Petrol %27, Diğer Yenilenebilir %5, Hidrolik %4, Odun+Çöp %3) Dünya'nın birincil enerji tüketimi 2011 yılında 12,3 milyar tep'dir. Türkiye birincil enerji tüketiminde Dünya'da 23. sırada yer almaktadır.¹⁴⁴

Türkiye'nin yıllık toplam ithalatının yaklaşık üçte birini enerji oluşturmaktadır. Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerin sürdürülebilir kalkınma hedefini gerçekleştirebilmesi için ithalata bağlı enerji bağımlılığı azaltılmalıdır. Enerji ithalatını azaltabilmek için, alternatif enerji kaynakları bulmak gerekmektedir. Bunların başında yerli ve yenilenebilir enerji kaynakları gelmektedir¹⁴⁵. Enerji talebinin karşılanmasında yüksek oranda dışa bağımlılık; yerli ve yenilenebilir kaynakların değerlendirilmesinin önemini, kaynak ve menşe çeşitlendirilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır. Ekonominin yüksek enerji yoğunluğu, enerji verimliliğinin artırılması için büyük bir potansiyel teşkil etmekte ancak, ekonomiyle ilgili yapısal hususlarla da ilintili bir durum

¹⁴⁴ Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, Türkiye Enerji Verileri 2012.

¹⁴⁵ Ayhan Albostan, Yalçın Çekiç ve Levent Eren, "Rüzgar Enerjisinin Türkiye'nin Enerji Arz Güvenliğine Etkisi", Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt.24, No.4, 2009, s.643.

oluşturmaktadır. Türkiye'nin jeopolitik konum ve avantajları olarak; Doğu-Batı arasında bir enerji köprüsü konumunda olması ve enerji kaynaklarına olan yakınlığı sayılabilir.

Son yıllarda Türkiye'deki enerji sektöründe hızlı talep artışı söz konusudur. Her ne kadar kişi başına elektrik üretimi, AB ortalamasının yaklaşık üçte biri düzeyinde olsa da, hızla artmaktadır. Bu talebin karşılanabilmesi için önemli ölçekte yatırıma ihtiyaç vardır. Nitekim 1994, 1998, 2001 ve 2008 yıllarındaki krizlere rağmen son 25 yılda kurulu kapasite dörde katlanmıştır. Yatırımlarda planlama ve kamusal denetimin zorunluluğu ve önemi açıktır.¹⁴⁶

Türkiye'de enerji kaynaklarının kurulu güçlerinin yıllar itibariyle gelişimi aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo 7. Türkiye Kurulu Gücünün Yıllar İtibariyle Gelişimi(1913 - 2012)

					Birim(Unit) : MW					
YIL	TERMİK	HİDROLİK	TOPLAM	ARTIŞ %	YIL	TERMİK	HİDROLİK	JEOTER.+ RÜZGAR	TOPLAM	ARTIŞ %
1913	17,20	0,10	17,30	-	1968	1.243,40	723,20		1.966,60	0,4
1923	32,70	0,10	32,80	89,6	1969	1.243,40	723,80		1.967,20	0,03
1924	32,80	0,10	32,90	0,3	1970	1.509,50	725,40		2.234,90	13,6
1925	33,30	0,10	33,40	1,5	1971	1.706,30	871,60		2.577,90	15,3
1926	48,40	0,20	48,60	45,5	1972	1.818,70	892,60		2.711,30	5,2
1927	51,50	0,40	51,90	6,8	1973	2.207,10	985,40		3.192,50	17,7
1928	64,40	1,50	65,90	27,0	1974	2.282,90	1.449,20		3.732,10	16,9
1929	68,90	3,20	72,10	9,4	1975	2.407,00	1.779,60		4.186,60	12,2
1930	74,80	3,20	78,00	8,2	1976	2.491,60	1.872,60		4.364,20	4,2
1931	98,70	3,20	101,90	30,6	1977	2.854,60	1.872,60		4.727,20	8,3
1932	99,80	3,50	103,30	1,4	1978	2.987,90	1.880,80		4.868,70	3,0
1933	104,30	3,50	107,80	4,4	1979	2.987,90	2.130,80		5.118,70	5,1
1934	112,90	4,50	117,40	8,9	1980	2.987,90	2.130,80		5.118,70	0,0
1935	121,20	5,00	126,20	7,5	1981	3.181,30	2.356,30		5.537,60	8,2
1936	133,30	5,20	138,50	9,7	1982	3.556,30	3.082,30		6.638,60	19,9
1937	161,70	5,40	167,10	20,6	1983	3.695,80	3.239,30		6.935,10	4,5
1938	173,10	5,40	178,50	6,8	1984	4.569,30	3.874,80	17,50	8.461,60	22,0

¹⁴⁶ Türk Makina Mühendisleri Odası, **Türkiye'nin Enerji Görünümü, Oda Raporu**, 2. Baskı, Mrk Baskı, Ankara, Nisan 2012.s.4.

1939	210,10	5,50	215,60	20,8	1985	5.229,30	3.874,80	17,50	9.121,60	7,8
1940	209,20	7,80	217,00	0,6	1986	6.220,20	3.877,50	17,50	10.115,20	10,9
1941	213,80	8,20	222,00	2,3	1987	7.474,30	5.003,30	17,50	12.495,10	23,5
1942	218,50	8,20	226,70	2,1	1988	8.284,80	6.218,30	17,50	14.520,60	16,2
1943	228,20	8,20	236,40	4,3	1989	9.193,40	6.597,30	17,50	15.808,20	8,9
1944	233,70	8,20	241,90	2,3	1990	9.535,80	6.764,30	17,50	16.317,60	3,2
1945	237,70	8,20	245,90	1,7	1991	10.077,80	7.113,80	17,50	17.209,10	5,5
1946	238,50	9,00	247,50	0,7	1992	10.319,90	8.378,70	17,50	18.716,10	8,8
1947	242,30	9,10	251,40	1,6	1993	10.638,40	9.681,70	17,50	20.337,60	8,7
1948	296,20	9,30	305,50	21,5	1994	10.977,70	9.864,60	17,50	20.859,80	2,6
1949	371,80	10,00	381,80	25,0	1995	11.074,00	9.862,80	17,50	20.954,30	0,5
1950	389,90	17,90	407,80	6,8	1996	11.297,10	9.934,80	17,50	21.249,40	1,4
1951	399,20	24,00	423,20	3,8	1997	11.771,80	10.102,60	17,50	21.891,90	3,0
1952	412,00	25,80	437,80	3,4	1998	13.021,30	10.306,50	26,20	23.354,00	6,7
1953	470,10	29,40	499,50	14,1	1999	15.555,90	10.537,20	26,20	26.119,30	11,8
1954	480,20	36,70	516,90	3,5	2000	16.052,50	11.175,20	36,40	27.264,10	4,4
1955	573,50	38,10	611,60	18,3	2001	16.623,10	11.672,90	36,40	28.332,40	3,9
1956	731,90	154,20	886,10	44,9	2002	19.568,50	12.240,90	36,40	31.845,80	12,4
1957	777,60	161,80	939,40	6,0	2003	22.974,40	12.578,70	33,90	35.587,00	11,7
1958	809,10	220,90	1.030,00	9,6	2004	24.144,70	12.645,40	33,90	36.824,00	3,5
1959	843,40	317,60	1.161,00	12,7	2005	25.902,30	12.906,10	35,10	38.843,50	5,5
1960	860,50	411,90	1.272,40	9,6	2006	27.420,20	13.062,70	81,90	40.564,80	4,4
1961	878,60	445,30	1.323,90	4,0	2007	27.271,60	13.394,90	169,20	40.835,70	0,7
1962	901,20	469,60	1.370,80	3,5	2008	27.595,00	13.828,70	393,50	41.817,20	2,4
1963	902,60	478,50	1.381,10	0,8	2009	29.339,10	14.553,30	868,80	44.761,20	7,0
1964	921,10	497,20	1.418,30	2,7	2010	32.278,50	15.831,20	1.414,40	49.524,10	10,6
1965	985,40	505,10	1.490,50	5,1	2011	33.931,10	17.137,10	1.842,90	52.911,10	6,8
1966	1.028,00	616,30	1.644,30	10,3	2012	35.027,20	19.609,40	2.422,80	57.059,40	7,8
1967	1.257,40	701,70	1.959,10	19,1						

Not:Jeotermal santralının kurulu gücü 2003 yılında EÜAŞ tarafından revize edilerek 15 MW'a düşürülmüştür.

Kaynak: TEİAŞ, <http://www.teias.gov.tr/YukTevziRaporlari.aspx>, (11 Mart 2014)

2.6.MALİYET, GİDER VE HARCAMA KAVRAMLARI İLE MALİYET TÜRLERİ

2.6.1. Maliyet, Gider ve Harcama Kavramları

2.6.1.1. Maliyet Kavramı

Maliyet, en geniş anlamıyla “bir amaca erişmek için katlanılan fedakârlıkların toplamıdır” şeklinde tanımlanır. Ancak maliyet kavramının bu şekilde tanımlanması halinde doğal olarak bazı sorunlar ortaya çıkmaktadır. Şöyle ki;¹⁴⁷

- Her fedakârlığı miktar ve değer olarak ölçme olanağı bulunmamaktadır. O halde maliyet “parasal olarak ölçülebilen fedakârlıklar” şeklinde tanımlanmalıdır.
- Fedakârlığın ölçülebilmesi halinde ise maliyetin iki şekilde tanımlanabilmesi olanaklıdır. İlk şekilde maliyet, bir mal veya hizmeti satın alabilmek için elden çıkarılan nakit veya herhangi bir varlığın değeri; mal üretiliyor ise üretimde kullanılan varlık ve hizmetlerin parasal değeridir. İkinci şekliyle maliyet ise, bir mal veya hizmeti elde edebilmek için kullanılan kaynaklarla elde edilebilecek diğer mal ve hizmetlerden en değerlisidir. Maliyetin bu şekildeki tanımının ortaya çıkardığı kavrama alternatif ya da fırsat maliyeti adı verilir.
- Diğer bir sorun da fedakârlığın kimin açısından hesaplanacağıdır. Bu hususta dikkat edilecek olan, maliyet sorununa yaklaşımın genel ekonomi mi yoksa işletme ekonomisi düzeyinde mi olduğunun saptanmasıdır. Çünkü mal ve hizmet üretiminde toplumun katlandığı fedakârlıklarla (sosyal maliyet) genel ekonomi, işletmelerin katlandığı fedakârlıklarla (özel maliyetle) ise işletme ekonomisi ilgilenmektedir.

Maliyet, amaca göre bir anlam kazanmaktadır. Amaç, bir mamulün üretimini gerçekleştirmek ise bu amacı gerçekleştirmek için yapılan giderler, o mamulün maliyeti olarak ifade edilir. Bir mamul ya da hizmetin üretimini gerçekleştirmek için yapılan

¹⁴⁷ Osman Altuğ, **Maliyet Muhasebesi** , İstanbul:İ.İ.T.İ.A Nihad Sayar –Yayın ve Yardım Vakfı Yayınları No: 364/597, 1982, s. 6.

giderler, maliyet gideri olarak da ifade edilir Bu maliyet giderleri, maliyet taşıyıcılarına yüklendikten sonra maliyet adını alır.

2.6.1.2. Gider Kavramı

İşletmeler, varlıklarını sürdürebilmek ve gelir elde edebilmek için; üretim, satış, pazarlama ve yönetim gibi faaliyetleri yerine getirmek zorundadırlar. Bu faaliyetlerin yerine getirilebilmesi için tüketilen varlık ve hizmetlerin parasal ifadesi ile ölçülmesi gerekmekte olup, gider, işletme varlıklarının kullanılıp tüketilmesiyle ortaya çıkar. Gider; işletmenin faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi için bir muhasebe döneminde kullanılan veya tüketilen varlık ve hizmetlerin parayla ölçülmüş bedelidir.¹⁴⁸ şekilde tanımlanabilir.

Muhasebe ile yakından ilgili olanlar gideri genellikle, tüketilen maliyet olarak tanımlarlar. Endüstri işletmelerinde, faaliyetlerinin gereği olarak, fiziki kullanma sonucu tüketilen mal ve hizmetlerin maliyeti, gidere dönüşmüş olmaktadır. Örneğin; hammaddeler kullanılarak yarı mamul ve mamul elde edilir. Böylelikle hammadde maliyetleri, yarı mamul veya mamul maliyetlerinin oluşumunda “ direkt madde gideri” adını alır. Belli bir dönemde satılan mamullerin maliyetleri, diğer bir ifadeyle belli bir dönemin gelirlerine uygulanan tükenmiş maliyetler ise o dönemin giderlerini oluşturur.¹⁴⁹

2.6.1.3. Harcama Kavramı

İşletmeler uğraşı konularına göre mal ve hizmetleri ya satın alırlar ya da üretirler. Bunun için de çeşitli harcamalar yapmak zorundadırlar.

Harcama, bir varlık elde etmek ya da bir hizmet sağlamak için para ödeme veya bir varlık nakletme ve faydaları, içinde bulunulan hesap dönemine ait ya da bu hesap dönemini aşacak giderleri kapsamaktadır.¹⁵⁰

Harcama, bir varlık elde etmek, bir hizmet sağlamak, bir zararı önlemek veya işletme fonksiyonlarının yerine getirilebilmesi için herhangi bir sebepten ortaya çıkan

¹⁴⁸ Kamil Büyükmirza, **Maliyet ve Yönetim Muhasebesi**, Ankara: İTİA Yayınları, 1995,s.45.

¹⁴⁹ a.g.e, s.7.

¹⁵⁰ Osman Altuğ, a.g.e.,1982, s.7.

yükümlülüklerin yerine getirilebilmesi için yapılan ödemeler ve borçlanmaların tümüdür.¹⁵¹

Muhasebe açısından harcama nakit ödeme olabileceği gibi “ödeme vaadinde bulunma” başka bir deyişle borçlanma şeklinde de olabileceğinden harcama kavramı ödeme kavramından biraz daha geniş bir kavramdır. Şöyle ki harcama, ödeme yada ödeme vaadi olduğundan bir iktisadi kıymeti satın alırken satın alma işlemi kısmen peşin kısmen kredili yapıldı ise satın alma işlemine karşılık satıcıya peşin ödenen ve ileride söz konusu iktisadi varlık için yapılacak geri kalan ödemelerin toplamının bu iktisadi varlığın maliyeti olacağı anlaşılabacaktır.¹⁵²

2.6.1.4. Maliyet, Gider ve Harcama İlişkileri

Maliyetlere ait yararların tükenmesi, yani maliyetlerin gidere dönüştürülmesi çeşitli yollarla belirlenebilir.

- Maliyetler, yarattıkları gelirlere karşılık giderleştirilirler. Yararı tükenen maliyetin, ürünün alıcıya teslim edildiği dönem geliriyle doğrudan ilişkisi olması gerekir. Stokların satılıp, müşterilere teslim edilmesiyle stok maliyetlerinin yararı tükenmiş olur ve satılan malın maliyeti hesabı altında bir gider kalemi olarak ilgili dönemin satış geliri ile ilişkilendirilir. Ancak üretim ile ilgili hammadde, genel üretim gideri ve işçiliğin doğrudan dönem geliri ile ilişkilendirilmesi mümkün değildir. Bu maliyetlerin üretim işlemi sonucunda mamul stok maliyetine dönüşerek şekil değiştirmelerine karşın henüz yararlarının tükenmesi söz konusu değildir. Söz konusu maliyet kalemlerinin yararlarının tükenmesi ve giderleştirilebilmesi için üretilen ürünlerin satılması ve ilgili dönemin satış gelirini oluşturmaları gerekir.
- Yararı tükenen maliyetlerin gelir tablosundaki dönemle ilgisi bulunmalıdır. Bir maliyet harcamasının gider olarak gösterilebilmesi için, söz konusu maliyetin yararının ilgili muhasebe dönemi içinde tüketilmiş olması gerekir. Ancak birden fazla muhasebe dönemini ilgilendiren maliyet harcamalarının yarar tükenmelerinin dağılımıyla orantılı olarak mali dönemlere dağıtılması

¹⁵¹ Nalan Akdoğan, **Tek Düzen Muhasebe Sisteminde Maliyet Muhasebesi Uygulamaları**, 2004, s.9.

¹⁵² Ali Kartal, Adnan Sevim ve H.Erdin Gündüz, **Maliyet Muhasebesi**, T.C. Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi Yayını No:808,2004, s.7.

gerekir. Yararı birden çok dönemi etkileyen varlıkların maliyetleri önce varlık hesaplarında izlenir daha sonra faydası tükenen maliyetler amortisman, tükenme payları şeklinde sonuç hesaplarına aktarılır.

Maliyet ve gider ayırımının işletmelerde ancak muhasebe açısından anlamlıdır. Bu da genel kabul görmüş muhasebe ilkelerinden “dönemsellik” ilkesinin sonucudur. Halbuki ekonomik açıdan bir işletmenin faaliyet sonuçlarını gerçek olarak değerlendirebilmek için tüm ömrü dikkate alındığında tüm maliyetlerin gidere dönüştüğü, dolayısıyla da maliyet gider ayırımının hayali olduğu görülecektir.¹⁵³

Harcama, herhangi bir amaçla işletme (firma) tarafından ödenen paranın, transfer edilen varlığın, katlanılan borcun veya sunulan hizmetlerin para cinsinden ödenmiş tutarıdır. Varlık, işletmenin sahip olduğu mal stokları, demirbaşlar, makineler, vb. ekonomik değerlere verilen isimdir. Maliyet ise, bir varlığın elde edilmesi amacıyla yapılan harcama veya katlanılan özverinin toplamıdır. Her harcama maliyet kapsamına girmeyebilir. Üretim araçlarının fiyatları, çalışanların ücretleri, ham madde, yan mamul ve malzeme fiyatları, kredi (borçlanma) faizleri, vb. bir işletmenin belli başlı maliyetlerini oluşturur.¹⁵⁴

2.6.2. Maliyet Türleri

Değişik işletme kararlarını verebilmek için değişik maliyet ayrımlarından hareket etmek gerekir.

- Üretim Yapılıp Yapılmamasına Göre Maliyetler

- a. Sanayi Maliyet: Bir mamulün üretilmesi veya bir hizmetin pazara arz edilecek hale getirilmesi için yapılan giderlerin toplamını kapsar. Başka bir açıdan sanayi maliyet üretilen veya elde edilen mamul için yapılan giderlerin tamamına eşittir
- b. Ticari Maliyet: Sanayi maliyete satış ve yönetim giderlerinden düşen kısımların eklenmesi ile bulunan maliyettir.

¹⁵³ Osman Altuğ, a.g.e.,1982, s.7.

¹⁵⁴ Selim Ay, a.g.e..376.

- **Üretim Toplamı veya Üretim Birimine Göre Maliyetler**

- a. Toplam Maliyet: Belirli bir zaman döneminde toplam maliyet, o süre içinde harcanan mal ve hizmetlerin toplamına eşittir.
- b. Birim Maliyet: Toplam maliyeti, elde olunan mamul birimleri sayıya bölmek suretiyle birim maliyeti hesaplanır.
Örneğin tek tip tuğla imal eden bir fabrikada tuğla birim maliyeti, belirli bir dönemdeki maliyet giderleri toplamının, üretilen tuğla adedine bölünmesiyle bulunur.

Birim maliyet, ideal koşullar altında yapılan üretime ilişkindir. Farklı üretim seçenekleri arasında karar verilirken, bu seçeneklerin ideal üretim yaptıkları varsayımına göre hesaplanan "birim maliyetleri" göz önüne alınır ve minimum birim maliyeti olan seçenek tercih edilir. Birim maliyetlerin bilinmesinin şu yararları bulunmaktadır:

- a) Fiyat saptanması veya karşılaştırılması,
- b) İhalelerde fiyat teklifleri için veri oluşturması,
- c) İşletme faaliyetlerinin değerlendirilmesi,
- d) Stokların değerlendirilmesi,
- e) Kontrol ve önlem alma olanağının sağlanması,
- f) Karlı ve zararlı üretimleri kolaylıkla ayırt edebilme,
- g) Planlamaya ve bütçe kontrolüne yardım,
- h) İşletmenin karar alma sürecine yardım.

İşletmelerin maliyet hesaplarında ayrıca "birim maliyet" ve "birim ticari maliyet" gibi iki kavram yer alır; bu kavramlar stok bilgilerini de içermektedir:

$$\begin{aligned} & \text{Tamamlanan malların maliyeti} \\ \text{Birim Maliyet} &= \frac{\text{Satış miktarı} + \text{Stok}}{\text{Satış miktarı} + \text{Stok}} \\ & \text{Tamamlanan malların maliyeti} + \text{Giderler} \\ \text{Ticari maliyet} &= \frac{\text{Satış miktarı} + \text{Stok}}{\text{Satış miktarı} + \text{Stok}} \end{aligned}$$

- Fonksiyonel Yönden Maliyetlerin Bölümlemesi

Maliyet bilgi türlerinin kullanımına yönelik bölümleme esaslarından yaygın olarak kullanılan bölümlemelerden biri de işletmenin temel fonksiyonları esas alınarak yapılan bölümlemedir. Bu esasa göre maliyetler;¹⁵⁵

- Üretim Maliyetleri
- Pazarlama Maliyetleri
- Genel Yönetim Maliyetleri
- Finansman Maliyetleri
- Araştırma Geliştirme Maliyetleri şeklinde bölümlenebilmektedir.

Yukarıda temel işletme fonksiyonları itibariyle bölümlenen maliyetlerden üretilen mamullere yüklenen mamul maliyetleri doğrudan ilgili dönemin gelirleriyle karşılaştırılarak dönem kar zararına yansıtılanlar ise dönem giderleri olarak adlandırılır. Genellikle karşılaşılan uygulama, özellikle pazarlama, finansman ve genel yönetim fonksiyonlarıyla ilgili maliyetlerin doğrudan ilgili dönemin gideri olarak kabul edilmesi şeklindedir. Bunun sonucu olarak da fonksiyonel düzeyde oluşan bu tür maliyetlerin “ pazarlama giderleri, “finansman giderleri” ya da “ genel yönetim giderleri” olarak adlandırılması da yaygın bir uygulama şekli olarak karşımıza çıkmaktadır.¹⁵⁶

Araştırma ve Geliştirme maliyetleri ise, faydaları birkaç döneme yayılan, yeni mamul tasarım ve geliştirilmesine yönelik maliyetler türünden ise aktifleştirilerek mamul maliyetlerine dönemler itibariyle yansıtılacaklardan Ar-Ge Maliyetleri, yararlar; salt içinde bulunulan dönemle sınırlı bulunuyorsa Ar-Ge Giderleri olarak adlandırılır.

Mamul ya da hizmet üretim maliyetleri de kendi içinde üçlü bir bölümlemeye tabi tutulur. Gerek fonksiyonel gerekse de yapısal özellikleri itibariyle birbirlerinden farklılaşan temel üretim maliyetlerinin genel kabul görmüş üçlü bölümlemesi;

- Direkt Madde Maliyetleri
- Direkt İşçilik Maliyetleri
- Genel Üretim Maliyetleri şeklindedir.

Çeşitli sektörlerde (hazır giyim vb.) yaygın olarak karşılaşılan ve madde giderlerinin bizzat işveren işletmece sağlanıp, üretim işçiliğinin bedeli karşılığında

¹⁵⁵ Osman Altuğ, **Maliyet Muhasebesi**, İstanbul:Türkmen Kitabevi,2006, s.23-24.

¹⁵⁶ a.g.e.,2006,s. 24.

başka işletmece yapılması şeklinde ortaya çıkan dışarıya yaptırılan iş ya da fason işçilik maliyetlerinin aynı ölçütler kapsamında bölümlemeye dahil edilmesi de olanaklıdır.

- **Üretim Unsurlarına Yüklenme Biçimine Göre Maliyetler**

Maliyet hesaplama sürecinde maliyetlerin ilişkili bulundukları üretim unsurlarına (maliyet yeri, faaliyetler, projeler, mamul ya da hizmetler) yüklenme biçimleri doğrudan olabileceği gibi dolaylı da olabilir. Bunu, maliyetler ile üretim unsurları arasındaki ilişki ya da bağlantının düzeyi belirlemektedir. Bu ilişki ne kadar dolaysız kurulabiliyorsa o düzeyde doğrudan (direkt) bir ilişki söz konusudur.

Maliyet hesabında esas alınan üretim unsurlarına dolaysız olarak yüklenebilen maliyetlere direkt (dolaysız) maliyetler, dolaylı yoldan ya da dağıtım yoluyla yüklenebilen maliyetlere ise endirekt (dolaylı) maliyetler adı verilir.

Bir maliyet çeşidi, her hangi bir maliyet yeriyle direkt ilişkiliyken diğer bir maliyet yeriyle endirekt ilişkili olabilir. Örneğin; ambar personelinin ücretleri, "ambar yardımcı hizmet yerine" direkt olduğu halde esas üretici maliyet yerlerine endirekt maliyettir.

Buna karşın bir maliyet çeşidi, bir maliyet yerine endirekt ise, o maliyet yerinde gerçekleştirilen faaliyetler ya da üretilen mamul ve hizmetlere de endirektir; asla direkt yüklenemeyeceği açıktır. Diğer bir ifadeyle bir faaliyete (makine hazırlık vb.) ya da mamule direkt yüklenebilen bir maliyet çeşidi, ilgili maliyet yerine de direkt yüklenmiş demektir.

- **Üretim Düzeyi (Hacmiyle) Duyarlılıklarına Göre Maliyetler (Maliyetlerin Yapısal Bölümlemesi)**

Maliyetler incelendiğinde farklı davranış gösterdikleri görülür. Faaliyet hacmini üretim miktarı olarak ele aldığımızda maliyetlerin bir kısmının üretimin artmasından veya azalmasından etkilendiğini, diğer bir kısmının ise değişmediğini görürüz.¹⁵⁷

¹⁵⁷ Ahmet Vecdi Can, Maliyet Muhasebesi(Ders Notları), Sakarya Kitabevi, 2003, s. 33.

Maliyetlerin üretim düzeyine duyarlılıkları, üretim düzeyindeki artış ve azalışlar karşısında nasıl bir değişim seyri gösterdiklerinin ifadesi olarak kullanılır.¹⁵⁸

- a. Sabit Maliyet: Yapılan üretim (ya da satış) miktarı ile ilgili olmaksızın söz konusu işletme mevcut olduğu sürece katlanılan maliyetlerdir. Fabrika binasının amortismanı gibi. Sabit kıymetler kuşkusuz belirli bir zaman süresi içinde sabittir.¹⁵⁹
- b. Değişken Maliyet: Üretim miktarı ile çok yakından ilgilidir. Yani üretim arttıkça bunlar da aynı oranda artacak, üretim azaldıkça aynı oranda azalacaktır. Bunlara örnek olarak direkt madde ve direkt işçilik maliyetleri gösterilir.
- c. Karışık maliyet: Yapısal açıdan hem sabit hem de değişken nitelikte detay maliyet çeşitlerinin karışımından oluşan maliyet türleridir Örneğin karışık maliyet türü olan bakım onarım maliyetleri yapısında kullanılan bakım onarım malzemeleri gibi değişken unsurların yanında sabit nitelikte bakım işçiliklerini de barındıran bir maliyet türüdür

- **Kullanılan Rakamların Fiili veya Tahmini (Öngörülen) Olmasına Göre Maliyetler**

Üretim yapılırken harcanan hammadde, direkt işçilik, genel imal giderleri ve diğer giderlerin, üretim tamamlandıktan sonra hesaplanan maliyetine gerçek maliyet denilir. Üretimde kullanılması gerekli hammadde (direkt madde), direkt işçilik vb. giderlerin ne miktarda kullanılmalrı gerektiğinin önceden hesaplanması ve her mamul ve üretim aşaması için saptanmasına standart maliyet denilir.

- **Maliyet Hesabında Giderlerin Tamamının veya Bir Kısımının Esas Alınmasına Göre Maliyetler**

- a) Tam Maliyet: Üretimle ilgili tüm giderleri birim maliyete yükleyen sistemdir.
- b) Kısmi (Direkt) Maliyet: Üretim maliyetlerine sadece mamullerle doğrudan doğruya ilgili olan hammadde ve direkt işçilik gibi değişken giderlerin yüklenmesini, geri kalan sabit giderlerin kar/zarar hesabına devredilmesini kabul eden sistemdir.

¹⁵⁸ Osman Altuğ, a.g.e.,2006,s. 24.

¹⁵⁹ Osman Altuğ, a.g.e.,1982, s.7.

- **Fiyatlandırma Şekillerine Göre Maliyetler**

Maliyet fiyatları, aşağıdaki gibi dört safhada incelenebilir.

- a. İlk Maliyet Fiyatı: Direkt madde ve direkt işçilik giderleri toplamı ilk maliyeti verir.
- b. Dönüşüm Maliyet Fiyatı: Direkt işçilik gideri ile genel imal gideri toplamı dönüşüm maliyetini verir.
- c. Üretim Maliyet Fiyatı: Direkt madde, direkt işçilik ve genel imal gideri payı toplamına eşittir.
- d. Satış (Pazarlama) Fiyatı: Üretim maliyet fiyatına satış masrafları ve kar payı ilave edilmek suretiyle satış fiyatı bulunur.

- **Diğer Maliyet Türleri**

Tarihi Maliyetler-Gelecekteki Maliyetler: Geçmişte girişilen faaliyetler sonunda katlanılmış ve defterlere işlenmiş maliyetlerine tarihi maliyet denilir. Tasarlanan faaliyetlerin beklenen maliyetleri gelecekteki maliyetler diye tanımlanır.¹⁶⁰

Orijinal Maliyet- Yenileme Maliyeti: Orijinal Maliyet, bir malın satın alınması veya üretilmesi için fiilen katlanılmış maliyetlerdir. Yenileme maliyeti ise, söz konusu malın bugün satın alınması halinde katlanılması zorunlu maliyete denilir.

Ödenen Maliyet-Defter Maliyeti: İşletme dışındaki kişilere ödeme yapılması ile gerçekleşen maliyete ödenen maliyet denilir. Defter maliyeti ise amortismanlar gibi bir nakit çıkış gerektirmeyen maliyetlerdir.

Marjinal Maliyet- Ek Maliyet: Üretim miktarındaki bir birimlik artışın sebep olduğu maliyete marjinal maliyet denilir. Üretim artınca meydana gelen toplam marjinal artışına ek maliyet denir.

Geçerli Maliyet- Batık Maliyet: Karar verme, alternatiflerin maliyetlerini karşılaştırarak yapılır. Alternatifler arasında farklı olan ve gelecekte gerçekleşmesi beklenen maliyet geçerli maliyettir. Geçmişte katlanılmış olan, kısmen veya tamamen geri alınması olanağı kalmamış bulunan maliyet batık maliyettir.

¹⁶⁰ Osman Altuğ, a.g.e.,1982, s.19.

Ertelenebilir Maliyet- Ertelenemez Maliyet: Üretim veya diğer bir işletme faaliyetinin sürdürülebilmesi için derhal katlanılması gereken maliyetlere ertelenemez maliyet denilir. Hammadde kullanımı buna örnek verilebilir. Diğer yandan bina ve makinelerin bakımı bir ay sonra yapılabilirse, bu ay içinde üretim faaliyeti durmayacaktır. Şu halde bakım maliyeti ertelenebilir maliyettir.

Kontrol Edilebilir Maliyet- Kontrol Edilemez Maliyet: Bir bölüm yöneticisinin kararlarından etkilenen ve bu nedenle şu veya bu düzeyde olması yöneticiye bağlı olan maliyetler kontrol edilebilir maliyetlerdir. Öte yandan yöneticinin iradesi dışında gerçekleşen maliyetler kontrol edilemez maliyetlerdir.¹⁶¹

Maliyet sermaye yatırım kararları açısından da büyük önem arz etmektedir. Yönetim kararları alternatif hareket hatları arasında bir seçim yapılmasını ifade eder. Karar vermede maliyetler önemli rol oynarlar. Miktarla ifade edilen kıymetler alternatiflere bağlanabildiği taktirde yöneticiler arzulanan en ekonomik seçimi tayine yarayacak bilgilere sahip bulunurlar. Rakamlara göre en ekonomik görünen durum nihai kararı temsil etmez. Çünkü prestij, sanayi kolunun tabi bulunduğu statü, iş gücüyle ilişkiler gibi rakamla ifade edilemeyen unsurlar da kararı etkileyebilir.¹⁶²

Sermaye yatırım kararları etkilerini bir yıldan uzun süreler içinde göstermesi beklenen kararlardır. Bunların başlıcaları yatırımlar, reklam kampanyaları ve araştırma geliştirme projeleriyle ilgili olanlardır. Bu tür kararlarda önemli olan sorunlar şu üç noktada toplanabilir.¹⁶³

- Yatırım tutarının doğru hesaplanması
- Yatırımdan beklenen yıllık getirilerin gerçeğe en yakın biçimde tahmin edilmesi
- Yatırım tutarı ile getirilerin karşılaştırılmasında en uygun yöntemlerin ve ölçütlerin kullanılması

Bu konuların maliyetleri ilgilendiren yönleri şöyle özetlenebilir

¹⁶¹ Osman Altuğ, a.g.e.,1982, s.20.

¹⁶² Morton Backer ve Lyle E. Jacobsen, Türkçeye Çeviren Sadık Baklacioğlu, **Yönetim Açısından Maliyet Muhasebesi**, Beta Basım Yayım Dağıtım, s.23.

¹⁶³ Nasuhi Bursal ve Yücel Ercan, **Maliyet Muhasebesi**, İstanbul: DER Yayınları, 1992, s430.

a)Yatırım Maliyeti: Toplam yatırım tutarının hesaplanmasında temel sorun yatırım süresi boyunca oluşan ve ilerideki dönemlerde tekrarlanmayacak tüm maliyetlerin doğru olarak saptanabilmesidir. Bu maliyetler üç grupta toplanabilir.

-Alış Maliyetleri

-Yerleştirme ve Hazırlık Maliyetleri

-Finansman Maliyetleri

Birinci gruba giren maliyetlerin en önemlileri yatırım araç ve gereçleri ile yatırım aşamasında kullanılan çeşitli malzeme girdilerinin maliyetidir. Bunların alış maliyetleri üzerinden değerlendirileceği açıktır. Yenileme yatırımlarında net yatırım tutarını bulmak için elden çıkartılan eski yatırım mallarının satış bedeli yeni yatırım tutarından düşülür. Bu arada satış bedelinin defter değerlerinden farklı olması durumunda ortaya çıkabilecek vergi tasarruflarının veya ek vergilerinde hesaplara aktarılması gerekir. Yerleştirme ve hazırlık maliyetleri yatırım süresi boyunca katlanılan tüm maliyetleri kapsar. Bunların en önemlisi montaj işçiliğidir. Yatırımın normal faaliyetinden önce yapılan deneme çalışmalarının maliyetinin de yatırım tutarına eklenmesi tartışma konusu olabilir. Yatırıma eklenmesi halinde bunlar ancak yıllık amortismanlar içinde kar/zarar hesabını etkiler. Diğer olanak bunların kuruluş maliyetleri arasında beş yılda amorti edilmesidir.¹⁶⁴

b)Faaliyet Dönemi Maliyetleri: Yeni yatırım projelerinde faaliyet dönemlerine ait maliyetlerin saptanması önemli sorunlar doğurmaz. Proje değerlendirmesinde iskontolu nakit akışı gibi paranın zaman değerini göz önünde tutan yöntemler kullanılması halinde yıllık maliyetler içinde amortisman ve faiz maliyetlerine yer verilmez. Amortismanlar sadece vergi koruyucu etkileri bakımından nakit çıkışını etkiler. Faizin hesaba katılmamasının nedeni, yatırım getirisini sermaye maliyetinden ayrı olarak hesaplayıp bunu sonra sermaye veya finansman maliyetiyle karşılaştırabilmektir. Faaliyet maliyetleri ile ilgili bir diğer sorun bunların yıllık tutarlarının yatırımın ömrü boyunca farklı bir dağılım gösterebilmesidir. Burada önemli bir etken enflasyonist fiyat hareketleridir. Bunların gerek maliyetler, gerek gelirler üzerindeki etkisi proje değerlemesinde göz önünde tutulmalıdır. Bunun yanında, büyük revizyon ve bakım için

¹⁶⁴ Nasuhi Bursal ve Yücel Ercan , a.g.e.,s.430.

üç beş yıl gibi belirli dönemlerde beklenen önemli maliyetler de hesaplara katılmalıdır.

165

c)Sermaye Maliyeti: Bir yatırımdan beklenen getirinin tatmin edici sayılıp sayılmaması, geniş ölçüde kullanılan sermayenin maliyetine bağlıdır. Yabancı kaynaklardan sağlanan sermayenin maliyeti bunlara ödenen faizle ölçülür. Özkaynak sermayenin maliyeti ise, genellikle ortaklara dağıtılan veya dağıtılması gereken kar payı olarak ifade edilebilir. Yatırımlar arasında yapılacak seçimde vazgeçilen ikinci derecede karlı projenin kaybedilen karı da bir fırsat maliyeti olarak hesaplanabilir. Geniş anlamda karar verme alternatifler arasından seçim yapmaktır. Alternatif seçim kararlarında da arasından seçim yapılacak alternatifler ve bu alternatiflerin maliyetleri ve/veya gelirleri arasında farkları vardır. Alternatifler arasından en uygun bir seçimin yapılması açısından çok da önemli olabilir. Karar verirken bu faktörlerin de nazara alınması gerekir.¹⁶⁶

Yukarıdaki genel bilgilerin ışığında mevcut kaynakların elektrik enerjisine dönüştürülmesi durumunda ortaya çıkabilecek maliyetleri dört ana başlık altında toplamak mümkündür:

- **Sermaye ve Sermayenin Maliyeti:** Tesis edilmesi planlanan santralin inşa edilmesi için gerekli olan finansmanın fiyatıdır. Örneğin, faizi, geri ödeme planı, vadesi, vs.
- **İşlenecek Kaynağın Maliyeti:** Enerji kaynağının erişebilirliğine, kullanıma uygun hale getirilmesine bağlı olarak değişen giderlerdir. Bu maliyet içinde işlenecek kaynağın tespiti için yapılan arama, etüt ve ölçüm maliyetleri yer almamaktadır.
- **İşletme Maliyeti:** Mevcut tesislerin bakım, onarım ve işletilmesinden oluşan giderlerdir.
- **Dış Maliyetler:** Direkt olarak üretim veya tesisle ilgili olmayıp çevreye, enerji sektörüne ve diğer sektörlerle verilen görünen ve/veya görünmeyen zararlar ile ilgili masraflardır. Şunu belirtmekte fayda vardır ki, enerji santrallerinin tesis ve işletme maliyetleriyle direkt bir ilişkisi olmadığı için bu maliyetler geçmişte devletler tarafından

¹⁶⁵ a.g.e.,s.431.

¹⁶⁶Nasuhi Bursal ve Yücel Ercan,a.g.e.,s.432.

ikinci plana itilmiştir. Ancak sivil toplum kuruluşları ve çevreciler tarafından uzun süre dile getirilen dış maliyetler 1990'lı yıllardan itibaren ciddiyle ele alınmaya ve enerji sektörüne yön verilmesinde etkili olmaya başlamıştır.



3. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAĞI OLARAK GÜNEŞ ENERJİSİ

3.1. GENEL AÇIKLAMA

Dünyada enerji sektörünün gelişimine yönelik yapılan çalışmalar yenilenebilir kaynakların diğer fosil kökenli ve yenilenemeyen kaynaklara oranla daha hızlı geliştiğini göstermektedir. Fosil kökenli kaynakların çevre üzerindeki etkilerinin ciddi boyutlara ulaşması ve azalan rezervlerin spekülâtorlerin de etkisiyle yüksek mertebelerde fiyatlara yansması yenilenebilir kaynaklara yönelimin başlıca nedenlerini oluşturmaktadır. Enerji arz ve talep dengesinin alternatif kaynaklar lehine artış göstermesinin bir diğer nedeni de bilinçlenen hükümetlerin ve öncü şirket liderlerinin izledikleri ulusal ve bölgesel politikaları değiştirmeleri ile mümkün olmuştur.

Bu anlamda teknik ve ekonomik açıdan enerji üretimine uygun kaynaklar arasında yer alan güneş enerjisinin süreklilik göstermesi, güvenilir olması ve yabancı ülkelere bağımlılığının bulunmaması nedeniyle uzun yıllardır tercih edilen alternatif bir enerji türü olmuştur.

Güneşten gelen enerjinin yaklaşık %1-2 si rüzgar enerjisine dönüşür. Rüzgarın hızı yükseklikle, gücü ise hızının küpü ile orantılı olarak artar. Sağlayacağı enerji, gücüne ve estiği süreye bağlıdır. Rüzgar değirmenleri yoluyla dünyada 4000 MW üzerinde bir enerji sağlanmaktadır.¹⁶⁷

3.2. DÜNYADA VE TÜRKİYE’DE GÜNEŞ ENERJİSİ

Türkler tarafından, ilk defa 640 yılına doğru üretilen yel değirmeni tiplerinin de, Haçlı Seferleri sırasında Avrupa’ya geçtiği belirtilmektedir. Avrupalılar, Doğuların dikey sistem yel değirmenlerini geliştirerek yatay sistem yel değirmenleri yapmışlardır.

¹⁶⁷Özlem Candan Külekçi, a.g.e., s.85.

Endüstri Devrimi ile beraber 18. Yüzyılda buhar makinelerinin ortaya çıkması sonucu dünya enerji gücünün temini için termodinamik işlemlere dayanan makinelerden yararlanmaya başlamıştır. Özellikle kömür, petrol, gaz gibi fosil yakıtların kullanımı, istenildiği zaman enerji kaynağı sağladıkları için bu makineler daha avantajlı hale gelmiştir.¹⁶⁸ Güneş enerjisinden ilk elektrik enerjisi üretimi ise, 1891 yılında Danimarkalı Profesör Paul La Cour tarafından gerçekleştirilmiştir¹⁶⁹

Güneş enerjisi kullanımı doğu ülkeleri ve batı ülkelerinde kullanım olarak 2 evreye ayırmak mümkündür:¹⁷⁰

Doğu Ülkelerinde Kullanım: Güneş enerjisinin kullanımına Doğu Medeniyetlerinde başlanmıştır. Konu ile ilgili en çarpıcı ve eski bilgi, 9. yüzyılda Ali el-Tabari (834 -927) tarafından kaleme alınmasına rağmen olay 2 yüzyıl önce meydana gelmiştir. Halife Ömer'i 644 yılında öldüren ve Medine'de köle olarak yakalanmış İranlı teknisyen Abu Lulu, İranlı bir yel değirmeni yapımcısı olarak bilinmektedir. Bununla ilgili diğer bir kayıta, 957 yılında coğrafyacı Ali el-Mesudi tarafından bahsedilmekle beraber, biraz daha değiştirilmiştir. Buna göre, Halife Ömer, Abu Lulu'ya yel değirmeni yapıp yapamayacağını sorduğunda, bu işi yapacağını ve bunu herkesin konuşacağı cevabını aldığını yazmıştır. Bu olay 7. yüzyılda İran'da yel değirmeni yaygın kullanımının olduğunu belgeleyen en önemli yazılı kayıttır. Yel değirmenlerinin ilk kullanımı sadece İran'da değil; Tibet, Hindistan ve Afganistan'da da görülmektedir.

Avrupa Ülkelerinde Kullanım: Güneş enerjisinin Batı ülkelerine geçişi Haçlı Seferleri yolu ile olmuştur. İlk kez İran'da yel değirmeni gören Avrupalılar, bunu hemen kendi ülkelerine götürmüşlerdir. Doğu ülkelerinde ilk gördükleri yel değirmenleri düşey eksenli olduğundan batı ülkelerinde ilk kullanılan yel değirmenleri düşey eksenli olmuştur. Asıl ilginç olan nokta, düşey eksenli bu yel değirmenlerinin Avrupa'da pek kabul görmemesidir. 12. yüzyılın sonunda da artık sadece yatay eksenli yel değirmenleri kullanılmıştır. Doğudan batıya geçen yel değirmenleri ilk olarak eksen değişimine uğramıştır. İlk zamanlarda Avrupa'da 4 kanatlı düşey eksenli yel değirmenleri kullanılmıştır. Bu model, mühendislik açısından bazı sorunlar çıkarmıştır. Öncelikle güç

¹⁶⁸ Murat Durak, Serra Özer, **Rüzgâr Enerjisi: Teori ve Uygulama**, 2008,s.1,

¹⁶⁹Önder Özgener, "Türkiye'de ve Dünya'da Rüzgar Enerjisi Kullanımı", **Dokuz Eylül Üniversitesi (DEU) Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi**, Cilt: 4, Sayı: 3, Ekim 2002, s. 160.

¹⁷⁰ a.g.e.,s.1.

iletimi konusunda bazı sıkıntılar yaşanmıştır. Ayrıca yel değirmeni, aniden durdurulmak istendiğinde fren sistemi ile ilgili bazı problemler ortaya çıkmıştır. Bu aksaklıkların giderilebilmesi için yapılan ilk iyileştirme Vitruvius tasarımı denen düzenekle halledilmeye çalışılmıştır. Doğu medeniyetlerinde yatay eksenli yel değirmeni kullanılmıştır fakat kayıtlara rastlanmamıştır. Bu konuda henüz kesin bir cevap bulunamamakla beraber, yaygın kabul, yatay eksenli yel değirmenlerinin su çarklarından geliştirildiği yönündedir. Her iki tip yel değirmeni için en önemli gelişme, aerodinamik kaldırmanın kullanılmaya başlanması ile olmuştur. Sürüklenme enerjisi yerine kaldırma enerjisinin kullanılması yel değirmenlerinin verimini önemli ölçüde arttırmıştır. Almanya, İngiltere, Iberia, Fransa ve Belçika'da verimli çalışan yatay eksenli yel değirmenleri kullanılmıştır. Yaygın inanışa göre, Batıya gelen ilk yel değirmeni, İngiltere Suffolk Bölgesi'nde olmuştur. Bunun nedeni, Thomas Carlyle'ni 1180'li yıllarda yazdığı "Past and Present" isimli kitapta bunların yazılı olmasıdır. Fakat son yıllarda yapılan araştırmalarda aynı tarihlerde Almanya ve Hollanda'da benzer yel değirmenlerinin olduğunu ortaya çıkarmıştır.

Modern güneş enerjisinin kullanımı 1973-1979 yılları arasındaki petrol krizi ile beraber başlamıştır. Bu dönemde, devlet destekli birçok araştırma ve geliştirme programı başlatılmıştır. Zamanla, özel sektör yavaş bir tempo ile ortaya çıkmıştır, ilk büyük ticari pazar 1980-1986 yılları arasında Kaliforniya'da ortaya çıkmış ve uluslararası güneş enerji endüstrisinin gelişmesine yardımcı olmuştur. Danimarka, İngiltere, Almanya, Japonya ve Hollanda'dan üreticiler Kaliforniya'da ki pazarı bazı Amerikan şirketleriyle paylaşmışlardır. Bu süre içerisinde ortalama güneş enerji üretimi (WTG) 55 kW'tan 1000 kW'a çıkmıştır. 1990 yılından itibaren dikkat çeken yeni pazarlar Almanya, Hindistan, İngiltere, Hollanda, İspanya ve İsveç olarak ortaya çıkmıştır. 1990-1996 arasındaki, ortalama güneş enerjisi üretimi 200 kw'dan 500 kW'a çıkmıştır. 1990 yılında 200 MW/yıl olan dünya pazarı talebi 1995'te 1300 MW/yıl'a çıkmıştır. Avrupalı güneş paneli üreticileri son 5 yıl içerisindeki pazarın büyük kısmını ellerine geçirmişlerdir. 1996'da 1292 kayıtlı güneş panelinin %80'inden fazlası Avrupalı üreticiler tarafından sağlanmıştır. 1996'da dünyadaki kurulu güneş panelinin %70'i Avrupa'da bulunmaktadır.¹⁷¹

¹⁷¹ Metin Yerebakan ,a.g.e.,18.

Tablo 8. Avrupa Birliği Üyesi Ülkelerinde Elektrik Tüketiminde Güneş Enerjisinin Payı

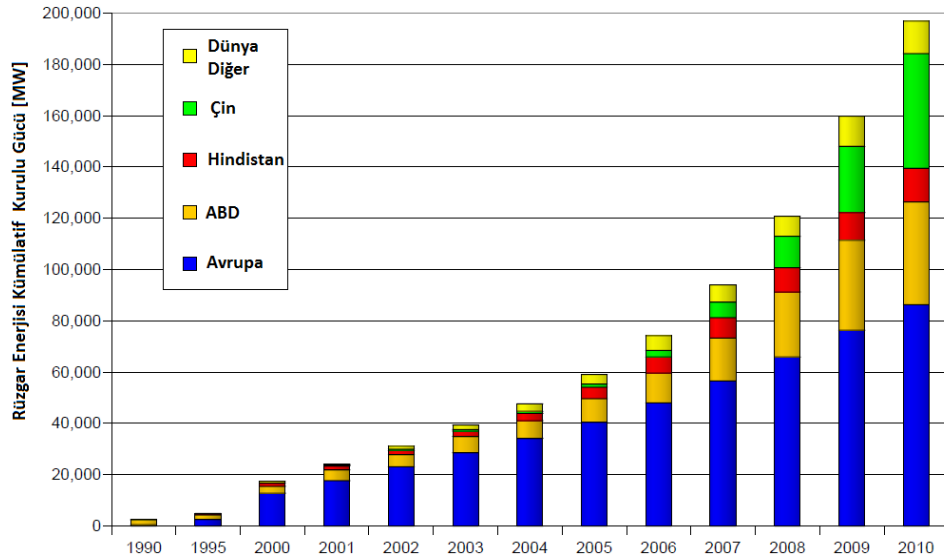
	2005	2010	2020
İrlanda	5.9%	10.1%	36.4%
Danimarka	17.9%	24.0%	31%
Yunanistan	2%	3.7%	24.5%
Hollanda	1.7%	4.1%	23.9%
Portekiz	3.4%	14.8%	22.6%
İspanya	7.1%	14.4%	20.9%
İngiltere	0.8%	3.2%	20.8%
Almanya	4.4%	9.4%	18.5%
Avrupa Birliği	2.3%	5.3%	14%
Estonya	0.6%	3.2%	14%
Romanya	0%	1.6%	11.4%
Fransa	0.2%	2.3%	10.6%
Litvanya	0.1%	0,80%	10.4%
Belçika	0.3%	2.3%	9.5%
Litvanya	0%	2.5%	9.4%
Polonya	0%	1.5%	9%
İsviçre	0.7%	3.2%	8.1%
Malta	0%	0%	7.7%
Kıbrıs	0%	3.4%	6.8%
Avusturya	2%	3.0%	6.5%
Bulgaristan	0%	2.0%	6.3%
Finlandiya	0.2%	0.5%	6%
İtalya	0.8%	3.4%	5.3%
Lüksemburg	0.8%	1.1%	3.6%
Macaristan	0%	1.4%	3.1%
Slovakya	0%	0%	1.8%
Çek Cumhuriyeti	0%	0.5%	1.8%
Slovenya	0%	0%	1.3%

Kaynak: EWEA, The European Wind Energy Asssociation, “EU Energy Policy to 2050, Achieving 80-95% Emissions Reductions”, March 2011, A Report By The European Wind Energy Association, s.43.

20. yüzyıl, diğer yenilenebilir enerji kaynakları gibi güneş enerjisi kullanımının da azaldığı bir dönem olmuştur. 2. Dünya Savaşı ve 1970’lerde yaşanan petrol krizleri, güneş enerjisine yönelik araştırma-geliştirme çalışmalarını gündeme getirmesine karşın, özellikle petrol fiyatlarının düşük seviyede olduğu dönemlerde bu ilginin azaldığı

görülmektedir.¹⁷² Daha ucuz olan fosil yakıtlar (kömür, petrol, doğalgaz vb.) kullanılarak yapılan termik santraller revaçta olmaya başlamıştır. Fakat 1973 yılındaki enerji krizinden sonra yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi ortaya çıkmıştır. Yapılan hesaplara göre petrol rezervleri 2040, doğal gaz 2060 kömür ise 2150 yılında yüksek bir ihtimalle tükenecektir. Ayrıca fosil yakıtların oluşturduğu asit yağmuru, sera etkisi, çevre kirliliği, küresel iklim değişikliği gibi etkileri dünyanın geleceği açısından tehlike oluşturmaktadır.

Güneş enerjisi yenilenebilir enerjiler arasındaki en gelişmiş ve ticari açıdan en elverişli enerji türüdür. Tamamıyla doğa ile uyumlu olup hem çevreye zarar vermeyen hem de tükenme ihtimali olmayan bir enerji kaynağıdır.¹⁷³ Enerji kaynaklı çevre sorunlarına en iyi çözümlerden biri yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasıdır. Güneş enerjisi çevre üzerinde olumsuz etkileri en az olan önemli bir yenilenebilir enerji kaynağıdır¹⁷⁴.



Şekil 12. 1990–2010 Yılları Arası Dünya Güneş Enerjisi Kurulu Gücündeki Değişim (MW)

Kaynak: İzmir İl Özel İdaresi, **İzmir İli Yenilenebilir Enerji Sektör Analizi**, Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü, Nisan 2012, s.37.

¹⁷²Türkiye Çevre Vakfı (TCV), **Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları**, Yayın No: 175, Önder Matbaacılık, Ankara, 2006, s. 68-69.

¹⁷³ Metin Yerebakan, a.g.e., s.21.

¹⁷⁴Talat KOÇ, "Ayvalık'ta Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli (WindEnergyPotential in Ayvalık)", **Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi** Cilt: 1 Sayı: 2, s.1.

Yukarıda şekilde görüldüğü gibi dünya güneş enerjisi kurulu gücündeki değişimin yıllara göre gelişimi incelendiğinde, Avrupa ve Amerika'nın istikrarlı büyümesinin yanı sıra Çin'in olağan üstü yükselişi de gözlemlenmektedir. Çin'in bu yükselişinin, Asya'nın üretim ve sanayileşme anlamında da dünya güneş enerjisi sektöründe hızla büyüyen bir grafik sergilemesinin bir yansıması olduğu düşünülebilir.¹⁷⁵

Güneşten yararlanarak enerji elde edilmesinde en temel etken rüzgarın hız basamaklarına göre esme sayısıdır. Güneşten enerji üretimi için alt ve üst basamaklar ile belirlenen ara basamaklardaki esme sayısı (frekans) önemlidir. Uygulamada güneş panellerinin enerji üretimine başlama alt sınırı 2,7 ms" den başlayarak 3,9-4,0 ms"1 kadar değişebilmektedir. Güneş panelleri ile ilgili teknolojilerin gelişmesi sonucu düşük hızdaki rüzgardan yararlanmak mümkün olmaktadır. Bu nedenle alt sınır olarak 3,0 ms"1 değeri esas alınmıştır¹⁷⁶

Güneş enerjisinden elektrik enerjisi elde etmek için güneş panelleri kullanılır. Güneşteki kinetik enerji önce mekanik sonra da güneş panelleri aracılığıyla elektrik enerjisine dönüştürülür. Güneş Elektrik Santrali olarak adlandırılan büyük güçlü sistemler, 1990'lardan günümüze kadar bütün dünyada yaygınlaşmaktadır. Güneş panelleri yatay ve dikey eksenli olabilmektedir.¹⁷⁷

- Yatay eksenli türbinler, dikey eksenli türbinlere oranla daha yüksek verim ile elektrik üretimi sağlamaktadır. Bu nedenle elektrik üretimi amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Günümüzde en çok 3 kanatlı yatay eksenli güneş paneller tercih edilmektedir.
- Dikey eksenli türbinlerin verimi, yatay eksenlilere göre daha azdır. Çünkü kanatları yere yakındır ve düşük rüzgar hızını alır. Bu yüzden ticari alanda kullanımları oldukça azdır. Daha çok deneysel amaçlar için kullanılır. Kanatları düşey ekseninde çalışır. En önemli avantajı güneşi her yönden alabilmesidir. Böylece dümen sistemine ihtiyacı olmaz. Dönme hızları düşük olduğu için daha az riske sahiptir.

¹⁷⁵ İzmir İl Özel İdaresi, a.g.e., s.38.

¹⁷⁶ Talat Koç, a.g.e., s.5.

¹⁷⁷ a.g.e., s.39.

Güneş panelleri çevreye olan olumlu etkilerinin başında fosil yakıtlarının kullanımını ve yanma sonucu oluşan kirletici maddelerin emisyonunu azaltması sayılabilir. Bunlardan en önemlisi de karbon oksitler, sülfür ve nitrojen gibi zararlı gazları yaymayarak sera gazı etkisine sebep olmamasıdır. Bunun yanı sıra yakıt masrafları ve hammadde ihtiyaçları yoktur. Temiz enerji kaynağı olduğundan çevreye zararı yoktur. Tükenmeyen yenilenebilir enerji kaynağıdır ve fosil yakıt tüketimini de azaltır. Diğer santrallere göre daha kısa sürede kurulabilir (4-5 ay). Bu da çevreye daha az zarar vermektedir. Örneğin Nükleer Santraller ortalama 7 yıl, Hidroelektrik Santraller 2-10 yıl, Doğal Gaz Santralleri 1,5 yılda kurulabiliyor. Sera gazı etkisi yapmamaktadır. Santral arazisi ikili kullanıma açıktır. Yani güneş santrali çalışırken aynı zamanda ağaçlandırma ve tarımsal faaliyetler yapılabilir. Böylece ormanlık alanların azalmasını engellemiş olur. Ömrü dolan türbinleri söküp kaldırmak mümkündür. Arazi yeniden kullanılabilir.¹⁷⁸

Güneş enerjisi yerli, dışa bağımlı olmayan, doğal ve tükenmeyen, gelecekte de aynı oranda temin edilebilecek, asit yağmurlarına ve atmosferik ısınmaya yol açmayan, CO2 emisyonu olmayan, doğal bitki örtüsü ve insan sağlığına olumsuz etkisi bulunmayan, fosil yakıt tasarrufu sağlayan, radyoaktif etkisi olmayan, teknolojik gelişimi hızlı, döviz kazandırıcı bir kaynaktır. Ayrıca kısa sürede devreye alınabilmekte ve kısa sürede sökülebilmektedir. Bunun yanı sıra istihdam olanağına sahiptir ve fiyat artma riski yoktur. Tüm bu olumlu katkılarının yanında gürültü, görsel ve estetik kirliliği, kuş ölümleri, 2-3 km lik alan içinde radyo ve TV alıcılarında parazitlere neden olması, gibi bir takım dezavantajları vardır¹⁷⁹.

Yenilenebilir enerjiden sağlanan elektrik üretim değerlerine bakılacak olursa dünya genelinde hidroelektrik enerjisi ilk sırayı almaktadır. Güneş enerjisi ve biyokütleden sağlanan elektrik ise hidroelektriği takip etmektedir. Güneş enerjisinde toplam kurulu kapasite açısından ABD ilk sırada yer almaktayken, Çin güneş enerjisi sektöründeki lokomotif rolünü sürdürmektedir.¹⁸⁰

¹⁷⁸ Esin Acar ve Ahmet Doğan, Potansiyeli ve Çevresel Etkilerinin Değerlendirilmesi, **VII.Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu**, Aralık 2008, İstanbul, 678.

¹⁷⁹ Önder Güler, “Dünya ve Türkiye’de Rüzgar Enerjisi”, http://www.emo.org.tr/ekler/58072be2820e868_ek.pdf (14 Mart 2014), s.210.

Tablo 9. Dünyada Kurulu Güneş Gücü Kapasitesi

Dünyada Kurulu Güneş Gücü Kapasitesi (MW)-Bölgesel Dağılımı			
	2012 Yılsonu İtibariyle	2013	2013 Yılı Sonu İtibariyle
Afrika ve Ortadoğu			
Etiyopya	81	90	171
Mısır	550	-	550
Fas	291	-	291
Tunus	104	-	104
İran	91	-	91
Yeşilburun Adaları	24	-	24
Diğer (İsrail, Ürdün, Kenya,Libya,Nijerya, Güney Afrika)	24	-	24
Toplam	1.165	90	1.255
Asya			
Çin	75.324	16.100	91.424
Hindistan	18.421	1.729	20.150
Japnoya	2.614	50	2.661
Tayvan	571	43	614
Güney Kore	483	79	561
Tayland	112	111	223
Pakistan	56	50	106
Srilanka	63	-	63
Moğolistan	-	50	50
Diğer	71	16	87
Toplam	97.715	18.228	115.939
Avrupa			

Almanya	31.270	3.238	34.250
İspanya	22.784	175	22.959
İngiltere	8.649	1.883	10.531
İtalya	8.118	444	8.552
Fransa	7.623	631	8.254
Danimarka	4.162	657	4.772
Portekiz	4.529	196	4.724
İsveç	3.746	724	4.470
Polonya	2.496	894	3.390
Türkiye	2.312	646	2.959
Hollanda	2.391	303	2.693
Romanya	1.905	695	2.600
İrlanda	1.749	288	2.037
Yunanistan	1.749	116	1.865
Avusturya	1.378	308	1.684
Diğer Avrupa Ülkeleri	4.956	832	5.737
Toplam	109.817	12.031	121.474
LATİN AMERİKA- KARAYİPLER			
Brezilya	2.508	948	3.456
Şili	205	130	335
Arjantin	142	76	218
Kostarika	148	-	148
Nikaragua	146	-	146
Honduras	102	-	102
Uruguay	56	4	59
Karayıplar	191	-	191
Diğer	54	-	54
Toplam	3.552	1.158	4.709
Kuzey Amerika			
Amerika Birleşik Devletleri	60.007	1.084	61.091

Kanada	6.204	1.599	7.803
Meksika	1.369	623	1.992
Toplam	67.580	3.306	70.885
Pasifik Bölgesi			
Avusturalya	2.584	655	3.239
Yeni Zelanda	623	-	623
Pasifik Adaları	12	-	12
Toplam	3.219	655	3.874

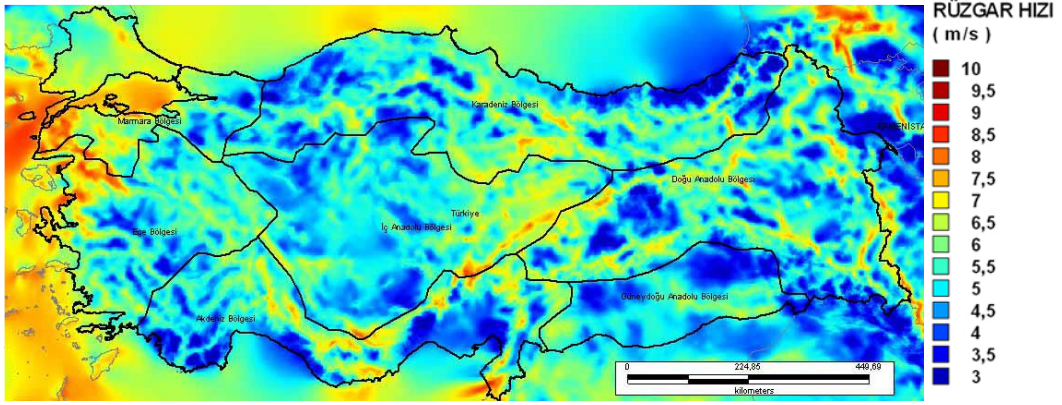
Dünya Toplamı	283.048	35467	318.137
----------------------	----------------	--------------	----------------

Kaynak: “Global Wind Statistics 2013” GWEC, Şubat 2014

Dünyada güneş gücünde liderlik yapabilir piyasalar, Avustralya, Kanada, Çin, Fransa, Hindistan, İtalya, Filipinler, Polonya, Türkiye, İngiltere ve ABD’dir. Bu piyasalar başlangıç safhasında ve fakat gelişme aşamasındadır ve ana rüzgar büyümesi buralarda gerçekleşebilir. Teknik olarak kullanılabilir toplam hazır küresel rüzgar kaynağı tahmin edilen toplam dünya elektrik talebinin iki mislinden daha büyüktür. Dünya rüzgar kaynağı 53 TWh/yıl olarak hesaplanmakta, 2020 yılında dünya elektrik talebi artışının 25,579 TWh/yıl olacağı öngörülmektedir. 2020 yılında 1,245 GW dünya rüzgar gücü hedefine ulaşmak için gereken yatırım miktarı 692 milyardır. Bu süre içinde üretim maliyetlerinin 3.79 e-cents/kWh’dan 2.45 e-cents/kWh’a düşmesi beklenmektedir.

Türkiye güneş enerjisi açısından oldukça şanslı bir konumdadır. “Avrupa Rüzgar Enerjisi Birliği’nin hazırladığı rapora göre ülkemizdeki güneş enerjisi, tüm Avrupa bölgelerindeki güneş enerjisine eşittir. Güneş potansiyeli bakımından zengin olan bölgelerimiz Ege, Marmara ve Doğu Akdeniz kıyılarıdır. 2007 Yılında gerçekleştirilmiş olan Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyel Atlası (REPA), Türkiye güneş kaynaklarının karakteristiklerini ve dağılımını belirlemek amacıyla üretilmiştir.¹⁸¹ Bu atlas ile denizlerde, kıyılarda ve yüksek rakımlı bölgelerde daha önce ölçülemeyen yüksek yoğunluklu potansiyeller görünür hale gelmiştir.

¹⁸¹<http://www.tucsa.org/images/yayinlar/sunumlar/MUSTAFA-CALISKAN.pdf> (17 Şubat 2012)



Şekil 13. Türkiye Geneli 50 Metre Yükseklikteki Ortalama Yıllık Rüzgar Hızları Dağılımı

Kaynak:Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, [http://www.enerji.gov.tr/BysWEB/ DownloadBelgeS ervlet? read=db&fileId=414593](http://www.enerji.gov.tr/BysWEB/DownloadBelgeS ervlet? read=db&fileId=414593) (11 Ocak.2014)

3.3. GÜNEŞ ENERJİ SANTRALLERİNİN YAPIM AŞAMALARI

Güneş enerjisi yatırım fizibilitesi çalışmaları iki aşamalı bir çalışmadır. Birinci aşama; yatırımın teknik olarak analiz edildiği teknik analiz aşamadır. İkinci aşama; yatırımın ekonomik olarak analiz edildiği finansal analiz aşamasıdır. Yatırımın ekonomik olarak uygulama kararının alınması bu aşamadır. Hiçbir yatırımcı karlılığı piyasa getirisi ortalamalarından düşük olan bir projeye sermaye koymak istemeyecektir. Yatırımın ekonomik faydasının iyi analiz edilmesi gerekmektedir. Aksi takdirde projenin uygulaması gerçekleştirilmiş ve üretim aşamasındaki yatırımın ekonomik fayda sağlamadığı ortaya çıkmış ve uzun vadeli taahhütlerin altında bulunulması nedeniyle de yatırımın geri dönülmezliğini de zorlaşmış olacaktır.

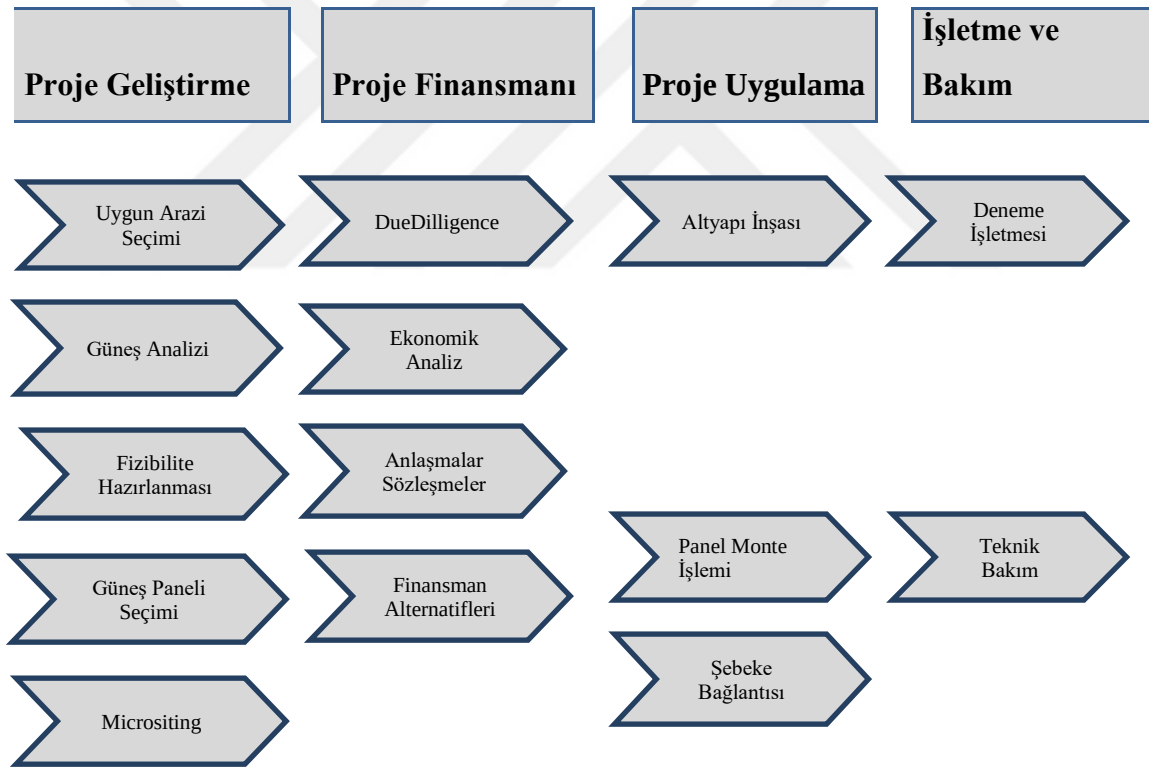
Herhangi bir ölçekte güneş enerjisi projesi planlamadan önce atılması gereken en önemli ilk adım en iyi güneş kaynaklarının nerede olduğunu belirlemek ve bu kaynağın özelliklerini anlamaktır. Yeni nesil güneş enerjisi potansiyel atlasları bu imkânları sağlamakta ve güneş enerjisi sektörünün gelişimine son derece önemli katkılarda bulunmaktadır.¹⁸²

Güneşin miktarı, hava gibi genelde öngörülemez. Yerden yere ve zamandan zamana değişir. Görünmez olduğu için de ölçüm aletleri kullanılmadan ölçülemez.

¹⁸² Yüksel Malkoç, a.g.e.

Rüzgar hızı etrafımızdaki ağaçlardan, binalardan, tepelerden ve vadilerden etkilenir. Rüzgar bir diffuse enerji kaynağı olarak başka bir yerde başka bir zamanda kullanılmak üzere biriktirilemez veya depolanamaz. Bu nedenle, güneş enerjisi potansiyeli belirlenirken mutlaka o yöreye ait güneş ölçümlerinin yapılması gerekmektedir. Türkiye’de genel amaçlı güneş ölçümleri diğer meteorolojik ölçümlerle birlikte Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (DMİ) tarafından yapılmaktadır. Elektrik enerjisi için Elektrik İşleri Etüt İdaresi’nin (EİE) yaptığı ölçümler de vardır.

Tüm yatırım projeleri gibi Güneş Enerji Santralleri (GES) projesi de birbirini izleyen değişik aşamalardan oluşur. Bu aşamalardan birinin gözden uzak tutulması tutarlı kararlar almayı güçleştirir. Bir GES projesinin safhalarını özetleyen şekil aşağıda sunulmuştur.



Şekil 14.Ülkemizde GES Proje Yönetim Safhaları

Kaynak: Murat Durak, Serra Özer, **Güneş Enerjisi: Teori ve Uygulama**, 2008,s.265.

3.3.1.Güneş Enerjisi Santrallerinde Yatırım Kararı ve Fizibilitesinin Hazırlanması

Yenilenebilir Enerji Kaynakları yatırımlarında en önemli nokta yatırımı yapılan yerin seçimidir. Yatırım yapılmadan önce yatırımın yapılacağı kaynağın tüm performans ve fizibilite testleri yapılmalıdır.¹⁸³

Güneş enerjisinden yararlanarak bir yerin ya da bir yerleşim bölgesinin enerji ihtiyacının karşılanması planlanan durumlarda, o noktaya güneş paneli inşa etmeden önce bölgenin güneş enerjisi potansiyelinin belirlenmesi gerekmektedir. Sonrasında bölgenin güneş enerjisi potansiyeli ve enerji ihtiyacına göre uygun güçteki rüzgar türbini seçilmektedir. Seçilen güneş panelinin fiyatı, kurulum masrafları ve diğer masraflar göz önünde bulundurularak üretilen enerji ile ilgili ekonomiklik analizi yapılır.¹⁸⁴

Sadece en fazla enerjiyi elde edebilmek amacıyla hazırlanan projelerden dolayı, Yapılacak olan şantiye binaları, kurulacak olan kalıcı yapı ve tesisler, türbinlere çarpacak olan yaban hayvanları (kuşlar, yarasalar vs), türbinlerin çıkardığı gürültü, yollar, çıkacak olan hafriyat, inşaatlar ve trafikten kaynaklanan toz ve gürültü, katı atıklar, araç ve makinelerle ait yağ ve yakıtlar, atık sular, enerji nakli hatları, radyo ve televizyon sinyallerine zarar vermesi gibi birçok unsurun yörede yaşayan insanlar başta olmak üzere, evcil hayvanlara, tarım alanlarına, doğal bitki örtüsüne ve yaban hayvanlarına doğrudan veya dolaylı olarak zarar verecek sorunlar ortaya çıkmaktadır. Projeler henüz tasarı aşamasında iken, doğaya verilebilecek zararları en aza indirebilmenin yolları aranmalıdır. Yani bir bakıma çevresel etki değerlendirme çalışmalarına henüz projelerin tasarı aşamasında başlanılmalıdır¹⁸⁵

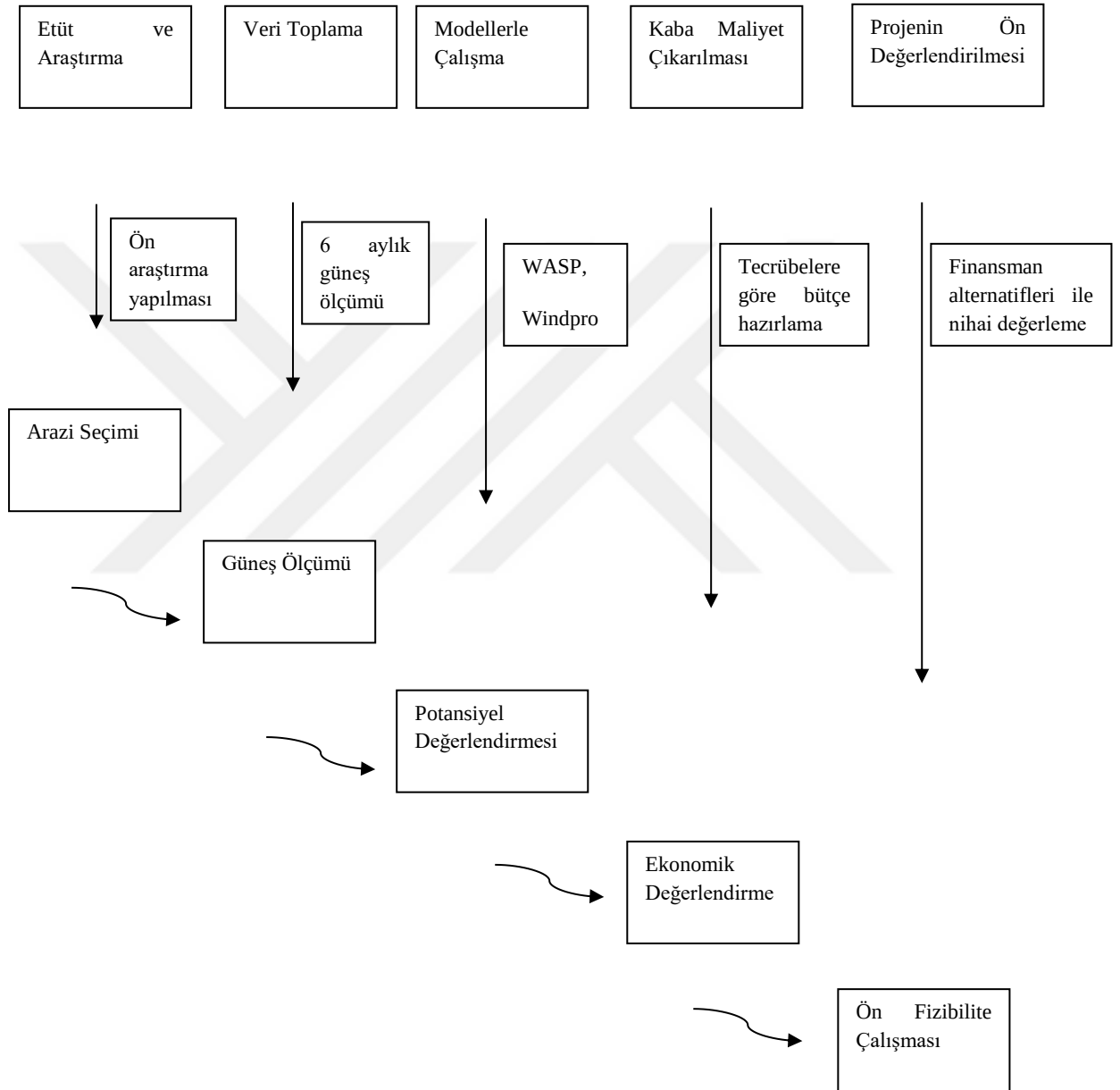
Genel olarak GES projelerinin proje takip sırası, ön fizibilite raporunun hazırlanması, fizibilite raporu hazırlanması, gerekçe raporu, ön proje ve uygulama projesinin hazırlanması sırasını takip etmektedir. Ön fizibilite raporuna gelinceye kadar ise 4 aşamadan geçilmesi gerekmektedir. Öncelikle 6 aylık bir ölçüm alınır ve bu

¹⁸³ Ömer Faruk Ertuğrul ve M.Bahattin Kurt, a.g.e., s. 37-41.

¹⁸⁴ Cihan Gökçöl, ve Diğerleri, a.g.e., s.1.

¹⁸⁵ Şağdan Başkaya, a.g.e, s.670.

ölçümler modellerle değerlendirilerek bölgenin kabaca potansiyeli çıkarılmış olunur. Bunun ışığında yapılan bir ön ekonomik değerlendirme ile ön fizibilite çalışması bitirilir.¹⁸⁶



Şekil 15. Ön Değerlendirme Süreci

Kaynak: Murat Durak, Serra Özer, **Güneş Enerjisi: Teori ve Uygulama**, 2008,s.266

¹⁸⁶ Metin Durak ve Serra Özer, a.g.e, s. 265.

Yer seçimini belirlerken özenle düşünülmesi ve araştırılması gereken hususlar vardır. Bunlar: güneş verilerinin temini, arazi yapısının değerlendirilmesi, enerjinin ulusal şebekeye aktarılması için gerekli olan yüksek gerilim hatlarının incelenmesi, yol durumu ve arazi mülkiyetinin araştırılması gibi hususlar olarak sıralanabilir. Rüzgar hızının yüksek olduğu alanlarda kurulan santrallerden daha fazla enerji üretileceğinden dolayı ilk olarak hesaplanması gereken unsur rüzgar hızıdır.¹⁸⁷

GES’lerde de dikkat edilmesi gereken en önemli konu, bir bölgede nerelere ve toplam kaç adet GES yapılabileceğine karar verilmesidir. Türbinler arası mesafeler ve arazideki dağılımları iyi hesaplanmalıdır. Güneş panellerinde ilgili kurumlarca öngörülen, türbinler ve şalt tesisinin etrafında oluşacak olan manyetik etki alanı ve çevresel gürültüsü dikkate alınarak her yönden 300 metre sağlık koruma bandı mesafesi bırakılması uygun görülmektedir. Bunun yanı sıra, bütün canlıları yüksek akım ve diğer bütün tehlikelerden korumak için türbinlerin çevresindeki 10x10 m’lik kısımlar ile elektrik tehlikesi içeren bütün yapı ve tesislerin etrafı en az 1,8 m yüksekliğinde kafes tel ile çevrilmelidir.¹⁸⁸

Özetlenecek olursa, Güneş Enerjisi Yatırım Süreci aşamaları aşağıdaki gibi açıklanabilir.

Teknik Analiz

- a. Güneş Santrali Saha Seçimi
- b. Güneş Ölçüm Direklerinin Yerleşim Yerlerinin Belirlenmesi
- c. Güneş Ölçüm Direklerini Yerleştirilmesi
- d. Güneş Ölçümünün Yapılması
- e. Ölçüm Verilerinin Kaydedilmesi: Referans meteoroloji istasyonundan satın alınan veriler ile elde edilen ölçüm verilerinin karşılaştırılması yapılarak veri desteğinin ve teyidinin sağlanması güneşten elde edilecek gücün büyüklüğünü gösterecektir.
- f. Gelecek Yılların Güneş Tahminin Yapılması: MCP yöntemi ile referans meteoroloji istasyonundan alınan geçmişe yönelik 10-20 yıllık veri setiyle tarihsel simülasyon veya ayna modeli kullanılarak kıyaslamaya gidilir ve uzun dönemli güneş tahmini yapılır.

¹⁸⁷ İbrahim Bozkurt ve Muharrem Karataş, “ Türkiye’deki Yenilenebilir Enerji Sektörünün Muhasebe sorunları”, Mali Çözüm Dergisi, Eylül-Ekim 2011, 85-116.

¹⁸⁸ Sağdan Başkaya, a.g.e.,s.674.

- g. Sahanın Topografik Haritasının Oluşturulması
- h. WASP-Windfarmer-Winpro etc. yazılım modelleri kullanılarak elektrik üretim kapasitesi tespit edilir. elektrik üretim kapasitesi yatırımcının finansal fizibilitesini hazırlayabilmesi, iç verim oranı (ivo-irr), net bugünkü değer (nbd-npv), yatırımın geri dönüşüm yılı vb. tespitlerinde baz teşkil edecektir.
- i. modellerin çalıştırılması ile güneş panellerinin yerleşim planlarının çevresel ve yasal kısıtlamalar dikkate alınarak oluşturulması ve türbin tipi seçilmesi
- j. seçilen yerleşim alanında, seçilen türbin ile ölçüm verileri ile net enerji

Üretim Miktarının Hesaplanması

Fizibilite çalışmaları, öncelikle santralin kurulacağı yerin tespiti için sahanın güneş potansiyelinin araştırılması, santral kurulum amaçlı kullanılabilirliğinin ortaya konulması, arazinin topografik yapısı, ulaşım, çevresel etkiler, bağlantı yapılacak trafo merkezi ile enerji iletim hattı konularını kapsar. Uygunluk kriterlerinin sağlanması sonucunda, yürürlükte olan yasa ve yönetmelikler çerçevesinde lisans çalışmalarına başlanır. Lisans işlemlerinin tamamlanması ile enerji hattı bağlantıları için prosedürel işlemlerin başlaması aşamasına geçilir. Kamulaştırma çalışmaları, türbin tedarik sözleşmelerinin yapılması, santralin inşaatı için yüklenicilerin belirlenmesi, türbin tedariki sonrasında montaj işlemlerinin başlatılması sistemin devreye alınması ve kabul süreçleri güneş santrali projelerinin ana hatlarını oluşturur. Güneş projelerinde saha belirleme aşamasında, potansiyel analizi yapılırken, günümüz teknolojilerine uygun olarak ölçüm cihazlarının montajı yapılmalı ve elde edilen veriler periyodik olarak kontrol ve analiz edilmelidir.¹⁸⁹

Güneş ölçümü tamamlandıktan sonra “micrositing” raporları hazırlanır. Kurulacak olan santralde haritasal ve çevresel kısıtlar dikkate alınarak optimum enerjiyi elde etmek amacıyla türbin yerleşimlerini yardımcı olacak raporların hazırlanması gerekmektedir. Yapılan güneş ölçümleri WASP, Windfarmer, Winpro gibi yazılım programları kullanılarak güneşin kapasitesi ölçülür. Programlar sayesinde ortaya çıkan kapasite faktörü kurulacak olan santralin ne kadar enerji üreteceğini gösterecektir. Üretime konu

¹⁸⁹ İzmir İl Özel İdaresi, a.g.e., s.160.

olacak türbinlerin seçilmesi ve yerleştirilmesi de hazırlanan bu raporların neticesinde karara bağlanacaktır.

Güneş ölçümlerinin sonuçlandırılmasından sonra yine mühendislik ve inşaat firmalarının birlikte çalışması sonucunda tesis maliyeti hazırlanır. Başlıca tesis maliyet kalemleri birkaç örnek kalem ile aşağıda verilmiştir.

- Panel Maliyeti
- İnşaat İşleri
- Elektromekanik ekipman; (teşvik kapsamı dikkate alınmalı): Güneş paneli, RT kulesi + kanat, Elektrik tesisat, Ünite trafosu,
- Nakil Hattı ve Şebeke Bağlantısı; Şebeke bağlantısı, ENH bedeli,
- Proje Geliştirme Masrafları; Met mast, Proje ve rapor bedelleri, Dizayn masrafları, Mühendislik masrafları
- İşletme Giderleri; Arazi kira giderleri, Bakım giderleri, Personel idari giderler, Sigorta giderleri vs.

3.3.2.Üretim Lisansının Alınması

Elektrik Piyasası lisans Yönetmeliği 02.11.2013 tarihinde değişmiş olup, bu yönetmelikle lisans başvurusundan önce önlisans başvurusu yapılması zorunluluğu getirilmiştir. Bu tarih itibarıyla henüz lisansını almamış tüm tüzel kişilere önlisans zorunluluğu getirilmiştir. Yönetmeliğin 4. Maddesinin f bendine göre önlisans; üretim faaliyetinde bulunmak isteyen tüzel kişilere, üretim tesisi yatırımlarına başlamaları için gerekli onay, izin, ruhsat ve benzerlerinin alınabilmesi için belirli süreli verilen izni ifade etmektedir. Önlisansın süresi mücbir sebep hâlleri hariç yirmi dört ayı geçemez. Önlisans verilirken, başvurunun kaynak türüne ve kurulu gücüne bağlı olarak, bu sürenin otuz altı aya kadar uzatılmasına ilişkin hususlar, Kurul kararı ile düzenlenir. Önlisans başvurusunda sunulması gereken belge ve bilgiler aşağıdaki gibidir:¹⁹⁰

- Önlisans Başvuru Dilekçesi
- Tüzel kişiyi temsil ve ilzama yetkili şahıs/shahısların “Yetki Belgeleri”nin aslı veya noter onaylı suretleri veya aslı ile birlikte sunulacak fotokopisi,

¹⁹⁰ Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, 21.11.2013 Tarih ve 4709-7 Sayılı Kurul Kararı

- Tüzel kişilik esas sözleşmesinin, tüm tadiller işlenmiş son halinin, Ticaret Sicili Memurluğunca tasdiklenmiş bir nüshası veya tüzel kişilik kaşesi altında, tüzel kişiliği temsile yetkili kişi veya kişilerce imzalanmış bir nüshası,

(Bu kapsamda;

- Başvuru sahibi tüzel kişinin anonim şirket olması halinde, sermaye piyasası mevzuatına göre borsada işlem görenler dışındaki paylarının nama yazılı olduğuna ve hamiline yazılı pay senedi çıkarılamayacağına, ilişkin hükme,
- Önlisans sahibi tüzel kişi, üretim lisansı alınıncaya kadar, Yönetmelikte belirtilen istisnalar dışında, tüzel kişinin ortaklık yapısında değişiklik yapılamayacağına ilişkin Yönetmelikte öngörülen mevcut hükme,
- Önlisans sahibi tüzel kişinin pay senetlerinin nevi ve ortaklık yapısında değişiklik yapılamayacağına ilişkin hüküm ile Şirket sermaye miktarının düşürülmesine ilişkin esas sözleşme değişikliklerinde Kurum onayı alınacağına ilişkin hükme,

Esas sözleşmede yer verilmesi zorunludur. Esas sözleşmede yapılan tadillere ilişkin nüshalar, ayrıca sunulmayacak olup, yukarıda da ifade edildiği üzere, esas sözleşme metnine işlenmiş olarak sunulması gerekmektedir.)

- Üretim Tesisine İlişkin:
 - a) Bilgi Formu
 - b) Üretim Tesisinin Yerini Gösteren 1/25.000 Ölçekli Harita
 - c) Üretim Tesisinin Yerleşim Yeri Projesi
 - ç) Tek Hat Şeması
 - d) ÇED Yönetmeliğinde belirtilen duyarlı yöreler kapsamında olup olmadığına ilişkin beyan.
 - e) İlgili kurumdan alınmış olan ve yerleşim yerinin mevcut imar durumunu gösteren belge ile imar tadilatının gerekmesi halinde tadilatın yapılmasının önünde herhangi bir mevzuat engeli olup olmadığı hakkında şirket beyanı.
 - f) Proje geliştirilen arazinin, proje santral sahasının;
 - Mutlak tarım arazilerini,

- Özel ürün arazilerini,
- Dikili tarım arazilerini,
- Sulu tarım arazilerini,
- Çevre arazilerde tarımsal kullanım bütünlüğünü bozan alanları,

kapsamadığına ilişkin Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı veya söz konusu Bakanlığın İl/İlçe Müdürlüklerinden alınacak belgenin aslı veya noter onaylı sureti veya söz konusu belgenin aslı ile birlikte sunulacak fotokopisi.

- Üretim tesisinde yerli doğal kaynak kullanılması halinde (kaynağın türüne göre);
 - a) Devlet Su İşleri (DSİ) ile yapılmış Su Kullanım Hakkı Anlaşması'nın veya Su Kullanım Hakkı Anlaşması imzalayabilmeye hak kazanıldığına ilişkin belgenin aslı veya anlaşma ya da belgenin DSİ tarafından aslına uygunluğu tasdiklenmiş bir örneği veya Anlaşma ya da belgenin aslı ile birlikte sunulacak fotokopisi,
 - b) Yurt içinde çıkan linyit, taş kömürü, asfaltit, bitümlü şist gibi yerli kömür ile jeotermal kaynakların kullanım haklarına ilişkin olarak; enerji kaynağının kullanım hakkı ya da diğer aynı haklarının tesis edilmiş olduğunun veya bu hakların tesis edileceğinin yetkili gerçek veya tüzel kişilerce taahhüt edilmiş olduğuna ilişkin belgenin aslı ya da noter onaylı sureti veya söz konusu belgenin aslı ile birlikte sunulacak fotokopisi veya kaynak kullanım hakkına ilişkin anlaşmanın tarafı kurum tarafından aslına uygunluğu tasdiklenmiş bir örneği ya da noter onaylı sureti,
 - c) Yurt içinde çıkan linyit, taş kömürü, asfaltit ve bitümlü şiste dayalı önlisans başvurularında rezerv miktarı, ilgili kaynağın analiz değeri, birim elektrik üretimi için gerekli kaynak miktarı ve önlisansa konu tesis verimi dikkate alınarak kaynağa dayalı tesisin ömrüne ilişkin hesaplama ve ilgili bilgi ve belgeler,
 - ç) Rüzgar veya güneş enerjisine dayalı kaynaklar açısından; üretim tesisinin kurulacağı sahanın başvuruda bulunacak tüzel kişinin mülkiyetine konu olması halinde, sahanın mülkiyet hakkına sahip olduğuna ilişkin belge,

- d) Tesisin kurulacağı saha üzerinde Yönetmelik kapsamında son üç yıl içinde elde edilmiş en az bir yıl süreli standardına uygun rüzgar veya güneş ölçümü,
- Önlisans başvurusunda bulunan tüzel kişi ile bu tüzel kişinin;
- a) Yüzde on ve üzerinde, halka açık şirketlerde yüzde beş ve üzerinde doğrudan veya dolaylı payına sahip olan gerçek veya tüzel kişi veya kişilerin,
- b) Lisans iptal tarihinden önceki bir yıl içerisinde görevden ayrılmış olanlar dâhil, yönetim kurulu başkan ve üyelerinin,

6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanununun 5 inci maddesinin sekizinci fıkrası kapsamında yasaklı olmadığına ilişkin beyan.

- Tüzel kişilikte doğrudan veya dolaylı pay sahibi olan gerçek ve tüzel kişilerin, pay oran ve tutarları belirtmek suretiyle, ortaklık yapısını ortaya koyan bilgiler.

(Bu kapsamda, gerçek kişi ortak ya da ortaklara ulaşıncaya kadar ortaklık yapısını ortaya koyan bir şema hazırlanır. Tüzel kişinin ortaklık yapısında dolaylı pay sahipliğinin de ayrıca hesaplanması ve yüzde on ve üzerinde doğrudan veya dolaylı pay sahibi olan ortakların pay oranlarının (% olarak) gösterilmesi gerekir. Önlisans alınıncaya kadar ortaklık yapısında herhangi bir değişiklik olması durumunda, ortaklık yapısını ve pay oranlarını ortaya koyan bilgi ve belgelerle birlikte bu şemanın güncellenerek Kuruma sunulması gerekir. Dolaylı ortaklar açısından gerçek kişi ortakların, varsa birbirleri ile olan akrabalık ilişkileri (anne, baba, kardeş, eş v.s) belirtilir ve Yönetmelik kapsamında belirtilenler, dolaylı pay sahipliği oranlarının belirlenmesinde birlikte dikkate alınır. Yönetmeliğin 51 inci maddesi çerçevesinde, başvuruda bulunan tüzel kişinin önlisansına derç edilecek olan dolaylı pay sahipliği oranının tespitinde, ilgili tüzel kişinin beyanı esas alınır. Ayrıca şirketin ortaklık yapısına ilişkin bilgiler Excel formatında da hazırlanarak elektronik ortamda (1 adet) sunulacaktır.)

Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, 21.11.2013 Tarih ve 4709-6 Sayılı Kurul Kararı gereği tüzel kişiliğin lisans başvurusu sırasında lisans başvurusu sırasında

sunmak zorunda olduğu teminat mektubu aşağıdaki şekilde hesaplanacaktır. Bu hesaplama kapsamında teminat mektubuna ilişkin üst sınır 157.200.000TL'yi geçemez.

Tablo 10. Teminat Mektubu Bedelinin Hesaplanması

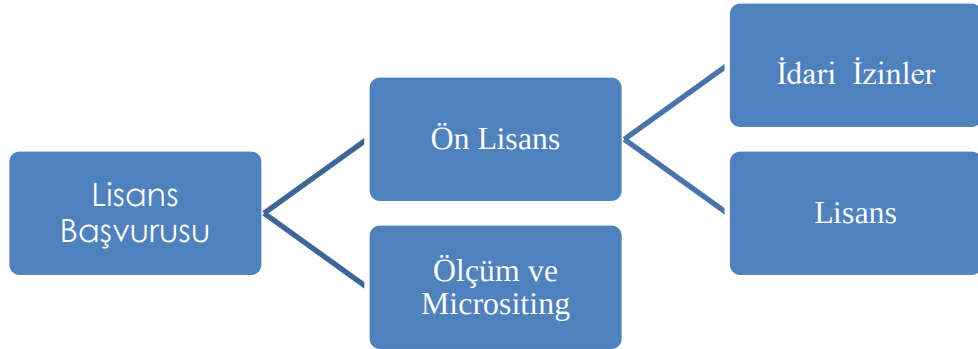
Kurulu Güç (MWm)	Öngörülen toplam yatırım tutarına uygulanacak yüzde (%)	Uygulanan Formül
$0 < P \leq 10$	6	$P \times TYT \times 0,06$
$10 < P \leq 100$	4	$TYT \times [0,6 + (P - 10) \times 0,04]$
$P > 100$	2	$TYT \times [4,2 + (P - 100) \times 0,02]$

P : Kurulu Güç (MWm cinsinden; virgülden sonraki iki basamak dâhil)

TYT : Kurum tarafından öngörülen toplam birim yatırım tutarı (TL)

Örneğin 50MW kurulu gücündeki bir güneş enerji santrali için başvuruda bulunan bir tüzel kişinin EPDK'ya sunması gereken teminat mektubu tutarı:

$2.500.000 \times [0,6 + (50 - 10) \times 0,04] = 5.500.000 \text{ TL}$ 'dir.



Şekil 16. Lisans Alma Süreci

Kaynak: Ebru Arıcı, Rüzgar ve Güneş Enerji Santrali Proje Geliştirme ve Lisanslama Sürecine İlişkin Değerlendirme, Arı-es enerji, 2013.

3.3.3.Üretim Lisansı Alındıktan Sonra Yapılması Gerekenler

Lisans alma tarihinden tesis tamamlanma tarihine kadar geçen süre zarfında yapılan işlemlerdir. Bu aşama proje onayı, mühendislik işleri, hazine arazilerinin kiralanması işlemleri, inşaatın başlaması ve gerekli olan araç-gereçlerin temini ile inşaatın bitirilerek faaliyete geçirilmesi sürecini kapsamaktadır.¹⁹¹

Üretim Lisansları, lisansta belirtilen tarihte yürürlüğe girer ve lisans sahibi tüzel kişilerin lisans kapsamındaki hak ve yükümlülükleri bu tarihten itibaren geçerlilik kazanır. Lisansa konu üretim tesisinin tamamının veya bir kısmının geçici kabulü yapılarak Kuruma tevsiki halinde, söz konusu üretim tesisi için Kuruma sunulmuş bulunan banka teminat mektuplarının;

- Tesisin tamamının geçici kabulünün yapıldığının tevsiki halinde tamamı,
- Tesisin bir kısmının geçici kabulünün yapıldığının tevsiki halinde geçici kabulü yapılmayan kısım için yeni bir banka teminat mektubunun Kuruma sunulması kaydıyla eskisi veya lisans sahibi tüzel kişinin talebi üzerine, banka teminat mektubunun, geçici kabulü yapılan kısım için belirlenen tutara karşılık gelen miktarı, ilgili tüzel kişiye iade edilir.

Üretim Lisansı alındıktan sonra yapılması gereken işlemler; TEİAŞ ile yapılması gereken Sistem Kullanım ve Bağlantı Anlaşmaları ve bu kapsamda beraber yapılacak Enerji Nakil Hattı için kamulaştırma işlemleri, arazinin bağlı olduğu kamu idaresi veya özel şahıstan tahsisinin yapılması, kullanılacak olan güneş paneli seçiminin yapılması ve projenin gerçekleştirilebilmesi için finansman temin ve diğer bürokratik işlemlerdir.¹⁹²

Güneş Enerji Santralının şebekeye bağlanabilmesi için TEİAŞ APK Dairesi Başkanlığı Sistem Kullanım ve Bağlantı Anlaşmaları Müdürlüğü'nce "Sistem Kullanım ve Bağlantı Anlaşmaları" yapılmalıdır. Sistem Kullanım Anlaşması tesisin geçici kabulünden bir ay önce olması gerektiğinden, öncelikle sistem bağlantı anlaşmasının imzalanması gerekmektedir.

¹⁹¹ İbrahim Bozkurt ve Muharrem Karataş, a.g.e., s. 89.

¹⁹² Metin Durak ve Serra Özer, a.g.e. s.306.

Enerji nakil hattının kamulaştırılması, sistem bağlantı anlaşmasının eki olduğundan, birlikte ver birbirinin ayrılmaz bir parçası olarak yapılmaktadır. Ayrıca sistem bağlantı anlaşmasının yapılabilmesi için TEİAŞ ile öncelikle Tesis Sözleşmesi imzalanmalıdır. Kamulaştırma ile ilgili işlemlere TEİAŞ tarafından başlanabilmesi için tesis sözleşmesinin imzalanmasını izleyen otuz gün içerisinde tesis bedelinin %20'sinin nakden, kalan %80'inin ise kesin ve süresiz teminat mektubu olarak TEİAŞ'a sunulması gerekmektedir.¹⁹³ Enerji nakil hattının tüm kamulaştırma masrafları lisans sahibi tüzel kişi tarafından karşılanır. Lisans sahibi tüzel kişi tarafından karşılanan bu masraflar, santral üretime geçtikten sonra TEİAŞ'a ödemesi gereken aylık sistem kullanım bedelinden düşülerek mahsup edilecektir.

Ülkemizde güneş enerji santrallerinin üzerinde bulunduğu araziler genelde Orman Bakanlığı'na aittir. Orman Bakanlığı bu arazileri kamu yararı içeren faaliyetler için 49 yıla kadar süreyle bedeli karşılığında izin verebilmektedir. İzin ilk yılında Orman Bakanlığı sadece yıllık kullanım bedelini almaz, ağaçlandırma bedeli de lisans sahibi tüzel kişiden tahsil edilir.

Tüm bunlara ek olarak kurulacak imar izninin ve RES'in bulunduğu bölgenin bağlı bulunduğu Anıtlar Yüksek Kurulu'ndan RES'in kurulduğu arazinin "SİT Dışı" olduğuna dair yazının, "ÇED Gerekli Değildir" raporunun alınması gerekmektedir.

"ÇED Gerekli Değildir" raporu İmar Planı Onay Kurumları: ¹⁹⁴

- İlgili Belediyesi
- Büyükşehir Belediyesi
- İl Özel İdaresi
- Turizm Bakanlığı
- Kültür Varlıklarını Koruma Bölge Kurulları
- Tabiat Varlıklarını Koruma Genel Müdürlüğü
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı

¹⁹³ a.g.e. s.307,308.

¹⁹⁴ Ebru Arıcı a.g.e, 2013.

3.3.4. Finansman Süreci

Güneş enerjisi yatırım fizibilitesinde teknik fizibilitenin önemi kadar finansal fizibilitenin de önemi büyüktür. Güneş enerjisi yatırımı teknik analiz sonucu elde edilen veriler (net enerji üretimi, türbin maliyeti, inşaat maliyeti vb.) toplanıldıktan sonra ekonomik fizibilite süreci başlar. Projenin bütün finansal analizleri yapıldıktan sonra yatırımın ekonomik olarak kârlı bulunulması akabinde yatırımın uygulama kararı alınır ve yapım aşamasına geçilir. Makroekonomik riskler, sürdürülebilirlik, pazarın yaşam eğrisi, gelecekte yapılması muhtemel değişiklikler ve projelerin yatırım üzerindeki etkileri göz önünde bulundurularak finansal analiz yapılır.

Güneş enerjisinin yatırım kârı proje ile ilgili nakit giriş ve çıkışlarının bugüne indirgenmiş değerleri arasındaki fark olarak gösterilir. Pazar etkisi, çıktı ve girdi fiyatları diğer bütün varsayımlar dikkate alınır. Yatırım projesinin ekonomik analiz yapılırken oluşturulan finansal projeksiyonlar neticesinde net nakit akım tablosu elde edilir. Projeksiyonlar, gelirler, işletme giderleri, yatırım ve amortisman giderleri, finansman gelir ve giderleri, vergiler (KDV, kurumlar...) işletme sermayeleri dikkate alınarak gelir tablosu oluşturulur ve nihai nakit akımı elde edilir. Oluşan nakit akımı tablosu üzerinden projenin ekonomik kârlılığı hesaplanır. Aşağıda fizibilite çalışmalarına endeks teşkil edecek başlıca finansal oranlar vardır.

NBD-NPV: Yatırım süreci döneminde proje nakit girişleri ve çıkışlarının bugünkü

değerini gösterir.

$$NBD - NPV = + \text{DEĞER}$$

Kazancımızın yapılacak olan yatırım değerinden yüksek olacağı anlamına gelir.

$$NBD - NPV = - \text{DEĞER}$$

Yatırım giderlerinin elde edilecek gelirlerden daha fazla olacağı anlamına gelir.

$$NBD - NPV = 0$$

Yatırım projesinin başa başnoktasında olduğunu gösterir.

Güneş enerjisi santralleri sermaye yoğun yatırımlar olduğundan sermaye ihtiyacı kredi temin edilerek giderilir. Yapılan finansal analizler içerisinde sermayenin maliyeti

hesaplandığı için güneş enerjisi yatırımının kredi maliyetleri ve nakit akımına etkileri hali hazırda hesaplanmış olacaktır. Dış kaynaklardan temin edilecek olan finansman için yatırımcının hem finansman öncesi hem finansman aşamasında hem de finansman sonrası, temin edilecek dış finansmanı yönetme kabiliyeti, yatırımın getirisini etkilemesi açısından önem arz edecektir.

Enerji yatırımlarının genelde yüksek maliyetli olması nedeni ile dünyada önceleri ağırlıklı olarak kamu tarafından gerçekleştirilmiştir. Bazı ülkelerde de alım garantileri verilerek Yap-İşlet-Devret(YİD), Yap-İşlet(Yİ) ve İşletme Hakkı Devri Modelleri(İHD) gibi özel sermayenin katılımını sağlayıcı finansman modelleri uygulamaya konmuştur.¹⁹⁵ Ancak son yıllarda yenilenebilir enerji santralleri yatırımının kamu tekelinden çıkarak özel sektöre geçmesi ile bu yatırımların finansmanı da önem kazanmaya başlamıştır.

Son yıllarda güneş enerji santrallerinin büyük çoğunluğu proje finansmanı ile finanse edilmektedir. Projelerin finansmanı için birçok farklı model bulunmaktadır. Bunlara örnek olarak İhraç Kredisi, Eximbank Kredisi, Sendikasyon Kredisi, Ticari Kredi, Proje Kredisi vb gibi birçok model verilebilir. Burada Proje Kredisi ve Sendikasyon Kredisinden bahsedilecektir. Yatırımcının herhangi bir öz varlığını ipotek veya garanti olarak vermesi gerekmemektedir. Proje finansmanında 4 ana risk bulunmaktadır:

- a) **Proje Realizasyon Öncesi Risk (Pre-Completion Risk):** Burada projeyi finanse eden kuruluş, projenin fizibl olup olmadığına bakmaktadır. Bu amaçla bağımsız müşavir kuruluşlardan yararlanılır. Projenin teknik açıdan öngörülen hedeflere ulaşp ulaşmayacağının kontrol edilmesi amacı ile genel bir durum değerlendirmesi yapılır (duediligence). YES projelerinde buna en iyi örnek olarak tahmini yıllık üretimin tutup tutmayacağı, güneş enerjisi projelerinde, seçilen güneş panellerinin uygunluğu sayılabilir.
- b) **Proje Realizasyon Sonrası Risk (Post-Completion Risk):** bu safhada finansman kuruluşu, projede işlerin yolunda gittiğini görmek için kontroller yaptırmaktadır. YES içindeki ekipmanların bakım ve onarımının zamanında

¹⁹⁵ Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, **DEK-TMK Çalışma Grupları Raporları 2007**, Ankara, 2007, Bölüm 3-2-19.

yapılıp yapılmadığı, hammadde gereksiniminde herhangi bir sorun yaşanmadığını kontrol etmektedir.

- c) **Finansal Risk:** Aslında proje riski dendiği zaman akla ilk gelen risktir. Projenin mali analiz ve nakit akış tablolarına bakılarak proje ile ilgili karar verilebilir. Proje kredi ve faizini ödedikten sonra kabul edilebilir bir kâr bırakmıyor ise, finansör için tatmin edici bulunmaz. Finansal risklerin içerisinde öngörülme-yen maliyetler, döviz kur riski, faiz oranı değişimleri ve ülkenin enflasyon durumu da bulunmaktadır.
- d) **Politik Risk:** Finansörler tarafından dikkate alınan diğer bir önemli risk unsurudur. Ülkenin politik bakımdan istikrarlı bir yapıda olması beklenmektedir.¹⁹⁶

Finansal Analiz aşamaları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

a. Güneş Enerjisi Üretimi Finansal Fizibilitenin Hazırlanması

- Net enerji üretimi baz alınarak yatırımın nakit akışlarının yaratacağı Karlılığının ölçülmesi,
- Finansal projeksiyonların hesaplanması: Yatırım Maliyeti, Satış ve Gelirler, Faaliyet Giderleri, Katkı Payı Ödemeleri, Amortisman Giderleri, Finansman Gelir ve Giderler Vergi vb. kalemler
- Ekonomik olarak *yatırımın karlılığının* tespit edilmesi: İç Verim Oranı İVO/IRR, Net Bugünkü Değer NBD/NPV, Yatırımın Geri Dönüş Süresi, Karlılık Endeksi, Sermaye Maliyeti
- Projenin Risk Analizinin Yapılması
- Projenin Duyarlılık Analizinin Yapılması

b. Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimiyle İlgili Devlet Kurumlarından Alınan İzinler, Raporlar ve Lisanlar Doğrultusunda *Yatırımın Uygulama Kararının* Alınması

c. Sermaye Maliyet Hesaplamaları Doğrultusunda Yatırımın, Dış Kredi Kaynaklarından Finansman Sağlanması Kararıyla Finansman Çalışmalarının Uygulanması

¹⁹⁶ Murat Durak, “Yenilenebilir Enerji Santralleri için Finansman Modelleri:Proje ve Sendikasyon Kredisi” <http://www.yesilekonomi.com/files/Yenilenebilir-Enerji-Santralleri-Icin-Finansman-Modelleri-Proje-ve-SendikasyonKredisi.pdf> (3 Şubat 2012)

AB üye ülkelerinde yenilenebilir enerji kaynaklarının desteklenmesi 5 ana uygulama şekli ile yapılmaktadır. Bunlar; araştırma desteği, sabit fiyatlandırma uygulaması, sabit prim uygulaması, artırımlı fiyat uygulaması ve sertifikasyon uygulaması şeklindedir. Tüm bu uygulamaların amacı çevresel etki maliyetleri ihmal edilerek mevcut rekabet olumsuzluklarının aşılmasını sağlamaktır. Bu çerçevede üç ana teşvik uygulaması geliştirilmiştir.¹⁹⁷

- Enerjinin miktarının ve fiyatının pazar tarafından belirlendiği gönüllü uygulama sistemi (yeşil pazar)
- Üreticiye ödenecek üretim bedelinin devlet tarafından belirlendiği, üretilecek enerji miktarının pazar tarafından belirlendiği sistem (sabit fiyat sistemi)
- Üretim miktarının devlet tarafından belirlendiği, fiyatın pazar tarafından belirlendiği sistem (sabit üretim sistemi)

Sabit fiyat ve sabit üretim sistemleri korumalı bir pazar ortamı oluşturarak pazara yeni giren güneş enerjisinin rekabet noktasında yaşayacağı zorlukları aşmasında yardımcı olmaktadır. Güneş enerjisi yatırımlarının ilk yıllarında üreticiye verilen teşvik kurulacak türbinin kW cinsinden kapasitesine göre verilirdi. Bunun sonucunda güneş gücünün düşük olduğu bölgelerde kapasitenin üzerinde güce sahip türbinler kullanıldığından enerji üretim verimi düşmüş, maliyetler yükselmiştir. Zaman içinde bu teşvik hem kapasiteye hem de üretilen enerji verimine bağlı olarak düzenlenmeye başlanmıştır.¹⁹⁸

¹⁹⁷ Recep Enes Gökçınar ve Ali Uyumaz, “Rüzgâr Enerjisi Maliyetleri ve Teşvikleri”, VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, UTES 2008, İstanbul, s.701-702.

¹⁹⁸ a.g.e., s. 703-704.

3.3.4.1 Proje Kredisi

Proje kredisi; bir proje için kredinin geri ödenmesinde, söz konusu projenin yaratacağı nakit akışını esas alır.¹⁹⁹ Burada teminat projenin kendisidir. Herhangi bir projenin finanse edilebilmesi için iki temel kural bulunmaktadır:

- Projenin bağımsız olarak borcunu ödeyip yatırımcıya makul bir temettü sağlaması
- Projenin teknik olarak uygulanabilir olması²⁰⁰

Enerji projelerinde sıkça kullanılan proje kredisi yöntemi, diğer finansman yöntemlerinden daha avantajlıdır. Proje finansmanının avantajlarını aşağıdaki şekilde sıralayabiliriz:

- Teminatın kendisi projedir, yatırımcıdan ek taahhütler gerekmez,
- Öz kaynak/kredi oranı daha büyüktür,
- Ülke ve politik risklerin azaltılması amacı ile yatırımcılar yabancı ortaklarla işbirliğine girerek (jointventure) finansman bulabilirler,
- Yatırımcının kendisinin kredi bulamadığı bir ortamda proje için bulunabilir.

Proje kredilerinde geri ödeme planları genelde uzun vadeli olup enerji yatırımı faaliyete geçtikten sonra yaratacağı elektrik satışı ile kredi anapara ve faizini rahatlıkla ödeyebileceği şekilde oluşturulmaktadır. Proje kredisi veren birçok kurum ve kuruluş bulunmaktadır. Bunları bölgesel ve küresel olarak ikiye ayırmak mümkündür. Özellikle kalkınma bankaları altyapı projelerini finanse etmektedirler. Aşağıdaki tablo, uluslararası projelere destek veren bazı yarı kamu yarı özel kuruluşları göstermektedir.

¹⁹⁹ <http://www.wind-energy-the-facts.org/en/part-3-economics-of-wind-power/chapter-3-project-financing/> (4 Şubat 2012)

²⁰⁰ Metin Durak ve Serra Özer , a.g.e., 311.

Tablo 11. Küresel ve Bölgesel Olarak Projelere Kredi Veren Bazı Kuruluşlar

Küresel	Bölgesel
International Bank for Reconstruction and Development (IBDR)	European Development Fund (EDF)
World Bank	European Investment Bank (EIB)
International Finance Corporation (IFC)	Inter-American Development Bank(IADB)
Multilateral Investment Guarantee Agency	Asian Development Bank (ADB)

Kaynak: Murat Durak, Serra Özer, **Güneş Enerjisi: Teori ve Uygulama**, 2008.,s.221.

3.3.4.2. Sendikasyon Kredisi

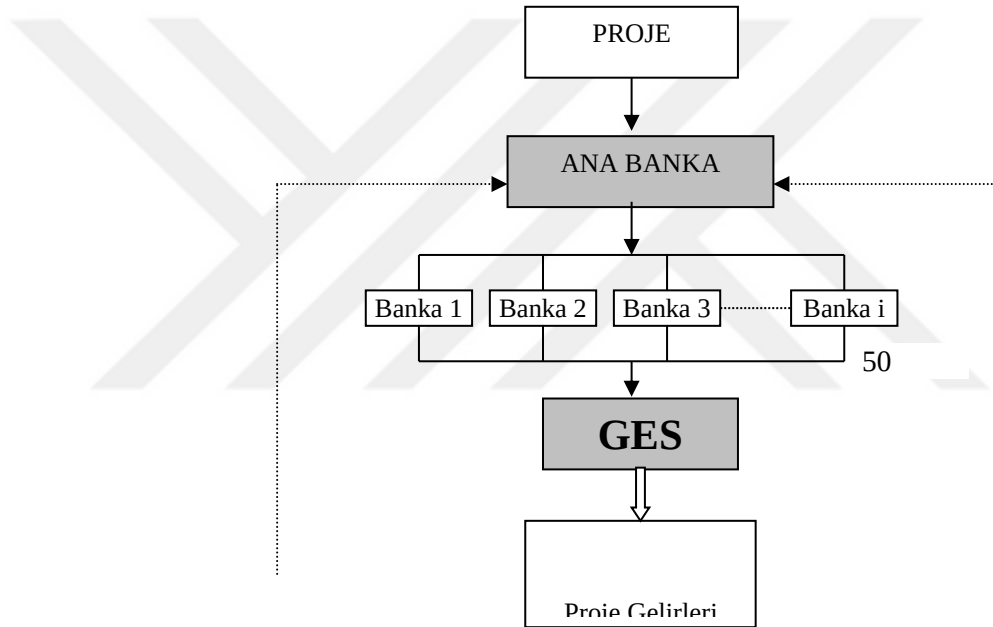
Riskin bölüşülebilmesi için yüksek yatırım tutarı gerektiren altyapı projelerinin finanse edilebilmesi için geliştirilmiş bir finansman modelidir. Genellikle 3 ana katılan bulunur: Ödünç alan (borrower), ana banka (leadmanager) ve küçük katılımcılar (participants).Süreleri genellikle 15 yıl olup LIBOR + ... (LondonInterbankOffered Rate) veya US Prime Rate + ... şeklinde faizlendirilerek kullanılan bir kredi şeklidir. Genellikle 4 tip sendikasyon kredisi kullanılmaktadır. Bunlar:

- Geleneksel sendikasyon kredisi-değişken faizli (Traditionalsyndicatedloans-floating rate): Kredi bir defada çekilir ve belirlenen sürede geri ödemesi yapılır. Genellikle ödemenin yapılmayacağı belli bir süre belirlenir (graceperiod). Tek bir banka tarafından müzakereleri yapılarak sonuçlandırılarak ve diğer bankalarla sendikasyona gidilir. Faiz değişkendir.
- Sendikasyon banka kredisi-sabit faiz (Syndicated bank loan-fixed rate): Geleneksel sendikasyonun aynısı olup sadece faiz sabittir.
- Dönen krediler (Revolvingcredit): bu türde para belirlenen program dahilinde belli aralıklarla çekilir.
- Standby kredisi (Standbyfacility): Geleneksel sendikasyon kredileri genellikle belirlenen programa göre verilmekte iken stanby kredilerinde alıcı istediği zaman krediyi belli miktarlarda çekebilmektedir.
- Çok seçenekli kredi (Multi-optionfacilities-MOF): Orta vadeli bir kredi türü olup esnek yapıdadır ve kredi maliyetleri ucuzdur.

Sendikasyon kredilerinin prosedüründe belli adımlar vardır ve onlar takip edilmelidir. Her adım kredi veren kuruluşu tatmin edecek şekilde olmalıdır. Kredi sağlayan kuruluş, müşteri ve ana banka arasında tam mutabakat olmalıdır ve aşağıdaki hususların çözülmesi gerekmektedir:

- Sendikasyona girecek banka sayısı ve oranları,
- Kredi koşulları ve ne zaman hangi program dahilinde kullanılacağı,²⁰¹

Aşağıdaki şekil tipik bir sendikasyon kredisi işlemlerinin nasıl gerçekleştirildiğini anlatmaktadır.



Şekil 17. GES İçin Muhtemel Sendikasyon Yapısı

Kaynak: Murat Durak, Serra Özer, **Güneş Enerjisi: Teori ve Uygulama**, 2008, s.315

3.3.5.Proje Uygulama Süreci

İnşaat aşamasında tek projede bile çeşitli bileşenler için değişik ihalelerin düzenlenmesi (örneğin, türbin ve elektromekanik imalatlar ve montaj için ihale), sözleşmeler tesis edilmesi (mühendislik-temin inşaat (EPC) anahtar teslimi gibi) ve yapılandırılması söz konusudur. Bu aşamada proje birleşenlerinin santrali en erken

²⁰¹ Murat Durak ve Serra Özer, a.g.e, s.314.

devreye almak üzere en iyi şekilde yönetilmesi ve koordine edilmesi gerekmektedir. Program Yönetim Ofisi (PYO) kurulması ile ²⁰²

- Karar destek raporlamalarının zamanında hızlı ve doğru şekilde üst yönetime sunulması,
- Sağlıklı veriyle desteklenen bir şekilde hızlı karar alınması,
- Çeşitli tedarikçiler ve taşeron şirketlerin koordinasyonunun etkin bir şekilde sağlanması mümkün olacaktır.

Aynı zamanda bir kaç projenin (örneğin, 5 hidroelektrik, 3 güneş projesi ve hatta bunların yanı sıra yenilenebilir olmayan doğal gaz ve kömürlü santral projeleri) değişik ilerleme ve aşamalarda yönetilmesi durumunda şirket merkezinde kurulacak PYO'nun katma değeri çok yüksek olacaktır. Ayrıca karşılaşılabilecek muhtemel risklerin önceden belirlenmesi ve program yönetimi kapsamında risk izleme ve değerlendirme süreçlerinin yönetilmesi yine inşaat aşamasında önem kazanacaktır. İnşaat aşamasında, kredi kullanılarak yapılan yatırımlarda finansman sağlayıcı taraf için finansmanın etkin kullanıldığından ve ilerlemenin hedeflendiği gibi gerçekleştiğinden emin olmak önemli bir unsur olmaktadır. 02.05.2007 tarih ve 26510 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu kapsamında: Ar-Ge ve yatırım teşvikleri verilmesi öngörülmüştür. ²⁰³

- Bir takvim yılında, santral sahiplerine öngörülen ortalama yıllık üretim miktarını geçmemek kaydıyla özel sektör toptan satış şirketlerinden elektrik enerjisi satın alabilme imkânı sunulmuştur.
- Tesis tamamlanma tarihini izleyen ilk 8 yıl süresince yıllık lisans bedelinden muafiyet getirilmiştir.
- Lisans alma bedelinin %99'undan muaf olma hakkı verilmiştir.
- Yerli doğal kaynaklar ile yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesislerine, TEİAŞ ve/veya dağıtım lisansı sahibi tüzel kişiler tarafından, sisteme bağlantı yapılmasında öncelik verilmiştir.

²⁰² Deloitte, Yenilenebilirler İçin Yeni Hayat, Yenilenebilir Enerji Politikaları ve Beklentiler, 2011, s.43.

²⁰³ Deloitte, a.g.e., s.27.

Tablo 12. Güneş Paneli Yatırım Süreci

İş	Süre	Bedel	Açıklama
Uzman teknik danışman şirket ile anlaşarak, yer seçimi, güneş ölçümleri, iç fizibilite, değerlendirme, ön müracaat.	15 ay	100.000-200.000 \$ Ölçüm alanının ve projenin büyüklüğüne göre 10 - 30 MW arası	Genel olarakProje tutarının %3 civarında bir masraf proje başlamadan ilk 2 yıllık sürede harcanmaktadır. Bu rakam projeye göre 1- 2 puan değişebilir.
Müracaat, türbin tekliflerinin alınması, Bakanlıkla pazarlık, kabul israfları	3-6 ay	50-100.000\$ Projenin gerektirdiği çalışmaya bağlı olarak	1 MW kurulu gücün bugünkü maliyet ortalaması 1,200,000 \$ civarında olup gelecek yıllarda daha büyük ünitelerin montajı dolayısı ile 1,000,000 \$ ve hatta daha altına düşeceği öngörülmektedir.
Diğer onay veya imzalar	2-3 ay	5.000 \$	
Sipariş,teknik projelerin ihale işleri, türbin dikimlerinin koordinasyonu, personelin seçimi ve yetiştirilmesi	8 ay	150.000\$ 1/3 peşin gerisi aylık eşit taksitlerle	ENGELLER olmasa toplam proje 15 ay içinde ölçümleri ve finansmanı dahil biterdi. Fiyat politikası da bankaların kabul edebileceği şekilde revize edilmelidir.
İşletme, Bakım	20 yıl	10.000\$ türbin/ yıl	İdeal 12-14 yıl olarak daha kısa tutmaktır.

Kaynak: Metin Yerebakan, **Rüzgâr Enerjisi**. İstanbul: İstanbul Ticaret Odası Yayınları, 2001, 138

3.3.6.Güneş Enerji Santrali İşletme ve Bakımı

Güneş potansiyelini ancak son dönemde değerlendirmeye başlayan Türkiye, 2009 sonu itibariyle yaklaşık 900 MWlık, 2010 yılı sonu itibariyle ise 1,320 MW'a yakın toplam kurulu güce ulaşmıştır. Türkiye'nin 2011 yılı itibariyle aşağıda tabloda görüldüğü gibi güneş enerjisinden elektrik enerjisi üreten, otoproduktör lisanslı olanlar, üretim lisansı ve yap işlet devret sistemindeki Güneş Enerjisi Santrallerinin (RES) tesis bazında işletmedeki kurulu kapasitesi, 1744 MWe kurulu toplam güç 7500,7 MWe ve inşa halindekiilerin toplam kapasitesi, 5694.3Mwe olarak açıklanmıştır. Teorik olarak

ülkemizde yıllık mevcut elektrik tüketiminin iki katını karşılayacak miktarda yıllık 160 TWh güneş enerjisi potansiyeli bulunmaktadır.²⁰⁴

Tablo 13. Türkiye Güneş Enerjisi Santrallerinin Durumu

Lisans Türü	Kurulu Güç (MWe)	İşletmedeki Kapasite (MWe)	İnşa Halindeki Kapasite (MWe)
Otoprodüktör Lisansı	30.2	1.2	29
Üretim Lisansı	7.390.7	1725.4	5.665.3
YİD	17.4	17.4	
TOPLAM	7.500.7	1.744	5.694.3

Kaynak: Leman Erdal, "Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Yatırımları ve İstihdam Yaratma Potansiyeli", *Sosyal ve Beşeri Bilimler Dergisi*, Cilt:4, no:1, 2016, 171-181.

Yenilenebilir enerjiye dayalı üretim yapan tesislerin önündeki önemli sorulardan biri, üretilen elektriğin hangi mecrada satılacağı konusudur. Teşvik mekanizmalarından yararlanarak sabit fiyat garantisi altında satış, ikili anlaşma ile satış ya da PMUM üzerinden piyasaya satış kararı, temelde işletmecinin risk algısı ve piyasa fiyatının gelişimine bağlıdır. Satışa yönelik kararları desteklemek üzere uzun vadeli fiyat tahmini çalışmaları önemli bir girdi olmaktadır. Özellikle piyasaya yapılan satışlarda dengesizlik maliyetinin söz konusu olması, üretim tahminine yönelik çalışmaları da önemli hale getirmektedir. İşletme aşamasında piyasa gelişimine bağlı olarak giderek önemi artan ve katma değeri yüksek olan enerji ticaretine ilişkin iş süreçlerine ve bu iş süreçlerini destekleyen sistemlere de ihtiyaç duyulmaktadır. Türkiye elektrik enerjisi sektöründe yenilenebilir santraller ürettikleri elektriği,

- İkili anlaşma ile tedarik şirketleri, TETAŞ ya da serbest tüketicilere,
- Gün öncesi planlama/piyasa kapsamında PMUM’a,
- YEK belgelerine istinaden YEK Destekleme Mekanizması kapsamında PMUM’a satabilme imkânına sahiptirler.²⁰⁵

²⁰⁴ Leman Erdal, "Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Yatırımları ve İstihdam Yaratma Potansiyeli", *Sosyal ve Beşeri Bilimler Dergisi*, Cilt:4, no:1, 2012, 176.

²⁰⁵ Deloitte, a.g.e., s.37.

Türbin sistemlerinin güvenilirliği, bir güneş projesi için hayati önem taşıdığı için, işletme ve bakım onarım hizmetleri sektörde parlayan bir başka hizmet olarak öne çıkmaktadır. Operasyon ve bakım hizmetleri; saha personelinin türbinlerin ve diğer donanımların çalışmalarını gözlemlemesini ve raporlamasını kapsamaktadır. Bakım hizmetleri; periyodik donanım denetimi, yağ ve filtre değişimi, elektronik sensörlerin kalibrasyonu, kanat temizleme ve bileşen arızalarının onarımı hizmetlerinin planlanmış bir birleşimidir. Almanya’da 15 yıldır 1.500’ün üzerinde güneş panellerinin; elektrik enerjisi üretim miktarları, arıza ve bakım bilgileri, işletme maliyetleri gibi verileri bir veri tabanı merkezinde toplanmıştır. Buradaki güneş panellerinin birçoğunun gücü 1 MW seviyesinin altındadır.²⁰⁶

Güneş Panellerinin kurulup güneş santralinin işletmeye alındığı zamandan itibaren, rutin bakım hizmetleri maksimum verimlilik ve makinelerin ömrü için oldukça önem taşımaktadır. Genel olarak güneş panelleri üreticileri garanti kapsamında bir hizmet olarak, ilk 2–5 yıl için bakım onarım hizmetini sağlarlar. Daha sonra bakım onarım hizmetleri taşeron şirketler tarafından yapılır.²⁰⁷

²⁰⁶ İzmir İl Özel İdaresi, a.g.e., s.154.

²⁰⁷ a.g.e.,s.155.

4. GÜNEŞ ENERJİ SANTRALLERİNDE MALİYET MUHASEBESİ

4.1. GENEL AÇIKLAMA

İşletmelerin birinci önceliği kar elde etmek ve ideal olanı da karı maksimum düzeye çıkarmaktır. İşletmelerin karlılık hesapları ve ekonomik projeksiyonları, maliyetlerin bilinmesi veya tahmin edilmesi sonucu yapılabilir.²⁰⁸ İşletmeler karar verme aşamasında, geçmişteki, şimdiki ve gelecekteki bütçelenen veya tahmini maliyetleri göz önünde bulundurmamak zorundadır. Tezimizde; aynı bölgede kurulması planlanan, birbirine alternatif iki yenilenebilir enerji kaynağı olan rüzgar enerjisi ile hidroelektrik enerji santrali projelerinde üretilecek enerjinin birim maliyetleri karşılaştırılacağından burada bütçelenen tahmini maliyet unsurları dikkate alınmıştır.

Çalışmamızın ilk bölümünde; maliyet, harcama ve gider kavramları ile bu kavramlara arasındaki ilişkiye değinilmiş, sonrasında maliyet türleri açıklanmıştır. Bu bölümde ise öncelikli olarak, güneş enerji santrallerinde maliyet türleri, maliyet merkezleri ile maliyet taşıyıcıları irdelenecek olup, sonrasında güneş enerji santrallerinde üretilecek toplam ve birim enerji maliyetlerinin, bir değere getirilmiş maliyet yöntemi ile hesaplaması açıklanacaktır.

4.2. GÜNEŞ ENERJİ SANTRALLERİNDE MALİYETLER

Güneş, rüzgar ve diğer yenilenebilir enerji santrallerinde devlete ödenen katkı payları hariç tutulduğunda yenilenebilir kaynaklardan enerji üretmenin marjinal maliyeti 0'a yakındır. Diğer taraftan rüzgar ve nehir tipi hidroelektrik santral sahipleri üretimlerini gün içinde kaydırma gibi bir esneklikleri olmadığı için fiyattan bağımsız olarak rüzgar hangi saat eserse veya su hangi saat gelirse üretim yapmaktadırlar.²⁰⁹

²⁰⁸ Selim Ay, Mühendisler, Ekonomistler ve İşletmeler için Elektrik Enerjisi Ekonomisi, İstanbul:Birsen Yayınevi, 2008s.380.

²⁰⁹ Turkey Power Information Service, TPIS Değerlendirme Raporu Fiyat neden "0"Çıktı?, 02.07.2012.

Rüzgar santralinden üretilen elektriğin fiyatı bazı durumlarda doğalgaz ve kömürden üretilen enerjiyle rekabet edebilir hale gelmektedir. Güneş panellerinden elde edilen gücün fiyatı hala yüksektir. Fakat maliyet farklılıkları daha etkin panellere, kitlesel üretime ve artan fosil yakıt maliyetlerine bağlı olarak günden güne azalmaktadır ve sonuç olarak daha düşük bir seviyeye ulaşacaktır. Çoğu araştırma, enerji sistemlerinin dönüşüm maliyetinin uzun vadede fosil yakıtları kullanmaya devam etmenin maliyetinden daha az olacağına işaret etmektedir.²¹⁰ Güneş enerji santralleri ile Hidroelektrik santrallerin SWOT analizlerini karşılaştırdığımızda aşağıdaki tablo görülmektedir.

Tablo 14. HES ve GES'lerin SWOT Analizi

HES'lerin Üstün Yanları	HES'lerin Zayıf Yanları	GES'lerin Güçlü Yönleri	GESlerin Zayıf Yönleri
İşletme maliyetleri düşüktür.	Yatırım maliyetleri yüksektir.	Doğal bir kaynak olup güneş panelleri için yakıt maliyeti yoktur.	Gerekli kredi ve teknolojiyi ülke dışından edinmeyi gerektirebilir
İlk yatırım bedellerini kısa sürede geri öder. (Proje verimi ve coğrafi koşul avantajına bağlı 3-5-10 yıl gibi)	Sistem ve donanım yönlerinden eksiklikler nedeniyle üretilen elektriğin %15'e varan kısmı kaybolabilir	Toplumsal maliyetler göz önüne alındığında devletin yapması gereken, sürekli bir mali desteğin olmadığı görülmektedir.	
HES'lerde, toplam yatırım bedelinin büyük bir bölümünü inşaat maliyetleri oluşturmakta, elektronik ve ekipman için yapılan yatırım maliyetleri daha az olmaktadır.	Genelde jeolojik kısıtlar inşaat esnasında zorluklar doğurmaktadır.. Proje dizaynı arazi ve jeolojik koşullara bağlıdır	Güneş panellerinin üretime geçmesi, inşaatının başlamasından itibaren 4-5 ay gibi kısa bir süre gerektirirken bu zaman gecikmesi, hidrolikte 2-10 yıl olabilmektedir.	
İşletme ömrü uzundur.	Değişen nehir debileri ve su kalitesi işletme esnasında verimi düşürecek risk unsurlarıdır.	Döviz kazandırıcı bir kaynaktır. Fiyat artma riski yoktur	
Bakım maliyeti düşüktür.	Montaj ve inşaat işleri ekosistem ve tabiat üzerinde yıkıcı etkiler yapabilmektedir.		

²¹⁰ Christopher Kick, a.g.e, s.37.

Kaynak: H.Hulki Yalçın, “Hidroelektrik Santrallere (HES) Ekonomik, Çevre, Mühendislik ve Fiziki Hasar Perspektifinden Bakış”, **Reasürör Dergisi**, Ocak 2012, Sayı:83, s.8.

Her ne kadar yatırımcı nezdinde dışsal maliyetler önemli bir yer tutsa da genel itibariyle enerji santrallerinin ekonomik analizlerinde üç ana maliyet unsuru dikkate alınır. Bunlar;

- Yatırım Maliyeti
- İşletme Bakım Maliyetleri
- Yakıt Maliyetidir.

Maliyet açısından; hammadde ihtiyacının olmaması, santral kurulumunun daha hızlı gerçekleştirilmesi, temiz bir enerji kaynağı olması ve dışa bağımlılığı azaltmasına bağlı olarak güneş enerjisi cazip bulunmaktadır.²¹¹ Güneş enerjisi gelecekteki pazar başarısı için en önemli kriter olan ekonomik maliyette kararlı ve hızlı bir gelişme göstermektedir.²¹²

Güneş maliyetleri artık fosil yakıtların en ucuz seçenekleri olan kömür ve gaz ile rekabet edebilir duruma gelmiştir. Küresel güneş enerjisi piyasasının büyümesiyle, güneş kaynaklı elektrik üretiminin maliyeti de düşmüştür. Modern bir güneş paneli, yıllık olarak 20 yıl önceki eşdeğerinden 180 kat daha fazla elektriği yarı maliyetine üretebilmektedir. İyi bir uygulama alanında güneş, kömür ve gaz ile üretilen enerjiyle rekabet edebilir duruma ulaşır.²¹³

Enerji sektöründe mevcut kaynakların elektrik enerjisine dönüştürülmesi için göz önünde bulundurulması gereken konular genel olarak tesis edilecek santral ve bu santralin inşası için gerekli olan sermaye maliyetidir. Bu anlamda ortaya çıkan giderler şunlardır:

- (a) Enerji kaynağının erişilebilirliğine ve kullanıma uygun hale getirilmesine bağlı olarak değişken giderler;
- (b) Mevcut tesislerin bakım, onarım ve işletilmesi için karşılanacak giderler;

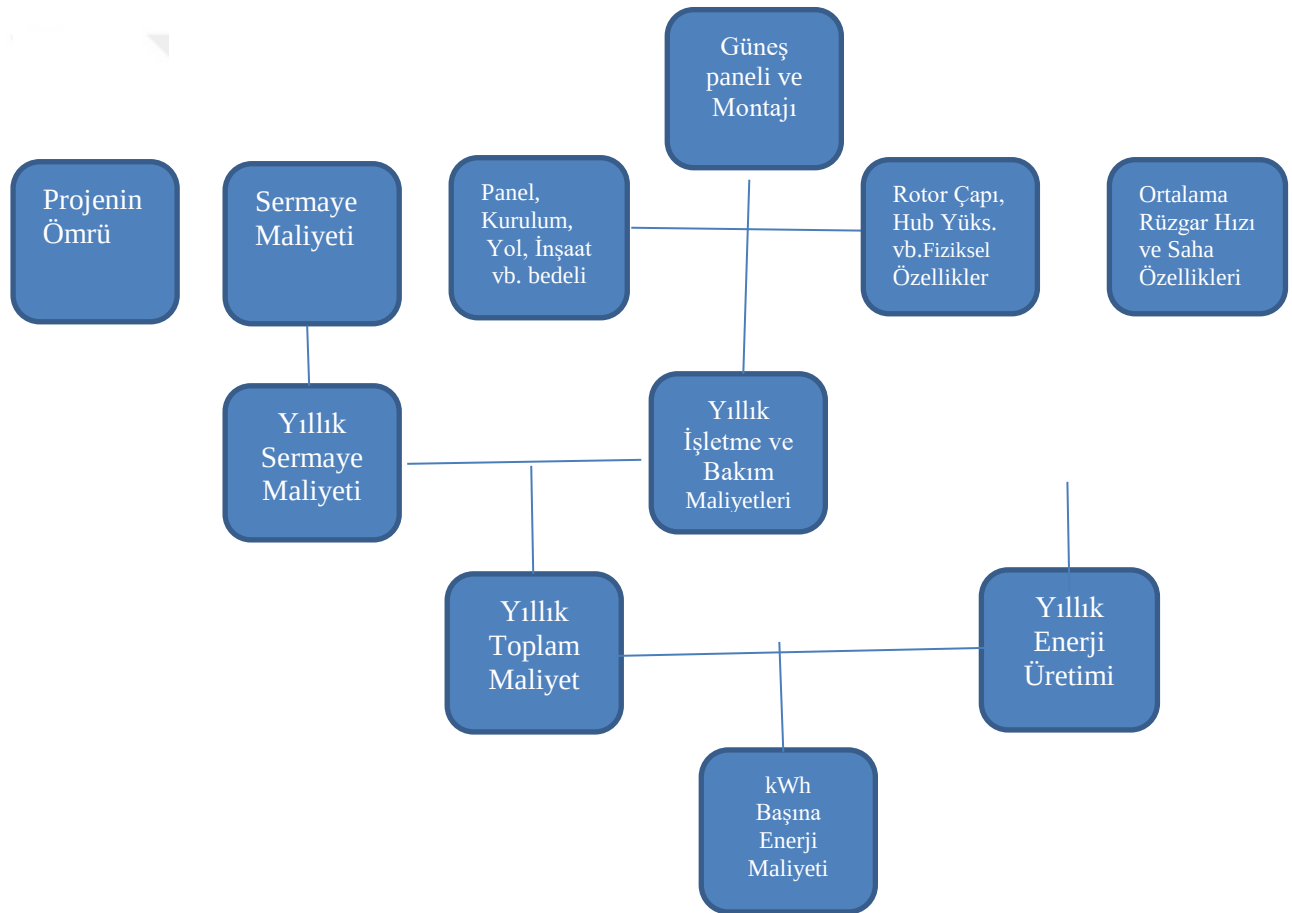
²¹¹ Recep Enes Gökçınar ve Ali Uyumaz, “Rüzgâr Enerjisi Maliyetleri ve Teşvikleri”, VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, UTES 2008, İstanbul, s. 699-706.

²¹² Cem Onat ve Suat Canbazoglu, “Rüzgâr Türbinlerinin Ekonomisi Üzerine Bir Araştırma” Makine Mühendisleri Odası, Cilt:43, 2001, s. 504.

²¹³ Deloitte, a.g.e., s.2.

(c) Çevreye, enerji sektörüne ve diğer sektörlerde verilen zararlarla ilgili dış giderler.

Güneş santrallerinin yaklaşık KW/h başına enerji üretim maliyetlerinin hesaplanmasında kurulum ve işletme giderleri dikkate alınmalıdır. Ortalama enerji üretim maliyetinin çıkartılmasında; panel, şebeke bağlantısı, kurulum, vergi, elektrik donanımı, danışmanlık giderleri, finansal maliyetler, yol yapım ve altyapı maliyetleri, kontrol sistemleri maliyetleri dikkate alınmalıdır. Tüm bu giderlerin toplam enerji üretim maliyetinde ne kadar rol oynadıkları da dikkate alınarak birim enerji maliyeti hesaplanabilir.²¹⁴ Güneş enerjisinde maliyeti oluşturan hususlar aşağıdaki şekilde özetlenmiştir.



Şekil 18. Güneş Enerjisinde Maliyetler

Kaynak: EWEA, The European Wind Energy Association, “The Economics of Wind Energy”,2009, A Report By The European Wind Energy Association, s.30.

²¹⁴ Güvenç Şahin 2011, a.g.e., s.55.

Güneş enerjisi ile elektrik üretmenin maliyeti en çok üretim tesisinin finansmanına bağlı olup bu durum elektrik fiyatının oluşmasına önemli şekilde etki etmektedir.²¹⁵ Güneş santrali enerji üretim maliyetinin hesaplanmasında; “yatırım giderleri (kurulum alanı, şebeke bağlantısı); işletme ve bakım giderleri; kapasite faktörü; türbin çalışma ömrü; kredi ödemeleri” dikkate alınmalıdır. Yatırım giderleri ile işletme ve bakım giderlerine sonraki bölümlerde detaylı yer verileceğinden bu aşamada sadece kapasite faktörü üzerinde durmak daha faydalı olacaktır. Kapasite faktörü, tesisin kurulacağı alanın, yapılan güneş ölçümleri ile belirlenen yıllık ortalama güneş gücünde üretilen elektrik enerjisinin türbinin maksimum gücüne ulaştığı güneş gücünde üreteceği elektrik enerjisine bölünmesinden elde edilen “%” cinsinden değerdir.²¹⁶ Bir diğer deyişle kapasite faktörü, sistemin ürettiği enerjinin nominal güçte üretmesi gereken enerjiye oranı olarak tanımlanır.²¹⁷

Aşağıda öncelikli olarak güneş enerji santrallerinde maliyet unsurları açıklanmış olup, sonrasında güneş enerji santrallerinden elde edilen enerjinin birim maliyetlerinin hesaplamasında kullanılan yöntemler anlatılarak konuyla ilgili örneklerle yer verilmiştir. Güneş enerji santrallerinde yakıt maliyeti olmadığından bu maliyet kalemi ele alınmamıştır.

4.2.1. Maliyet Türleri

Güneş enerji santrallerinde ortaya çıkan maliyet türleri yatırım maliyetleri ve işletme maliyetleri olmak üzere ikiye ayrılır.

²¹⁵ Godfrey Boyle, **Renewable Energy Power for a Sustainable Future**, Second Edition, Oxford, United Kingdom, 2003, s.280.

²¹⁶ Güvenç Şahin 2011, a.g.e., s.55.

²¹⁷ Atakan Şenkal ve Diğerleri, “Türkiye’de Kurulu Olan Büyük Güçlü Rüzgar Santrallerinin Kapasite Faktörlerine Genel Bir Bakış”, Ege Bölgesi Enerji Forumu 12-13 Ekim 2009, Denizli, s.41.

4.2.1.1. Yatırım Maliyetleri

Bir güneş enerjisi santrali maliyeti söz konusu olduğunda; maliyetleri, kurulum ve kurulum sonrası maliyetler olarak iki bölümde ele almak uygun olur. Tesisin kurulumu sırasında ortaya çıkacak maliyetler ise üç grupta toplanabilir:²¹⁸

- **Tesis Alanı Maliyeti:** Tesisin kurulacağı alanın getireceği maliyettir.
- **Panel Maliyeti:** Santralde kullanılacak olan türbin tipinin dikkatli bir şekilde seçilmesi gerekmektedir. Panelde kullanılacak olan malzeme, türbin büyüklüğü ve türbin sayısı enerji üretim maliyetini büyük ölçüde etkilemektedir.
- **İletim Maliyeti:** Santralde üretilen enerjinin kullanıcılara iletilmesi maliyet açısından büyük bir önem arz etmektedir. Santralin son kullanıcılara olan mesafesinin mümkün olduğunca az olması enerji üretim maliyetlerini düşüren bir diğer etkidir.

Bir güneş enerji çiftliğinin kurulması ve yürütülmesi için gereken anaparaya sermaye denilmektedir. Sermaye maliyeti ise santralin kurulması için gerekli olan anaparanın elde edilmesi, faizi veya geri ödemesini kapsayan maliyettir.²¹⁹

Güneş panelleri yukarıda da açıklandığı üzere oldukça kısa sürede inşa edilir ve kurulur. Dolayısıyla inşaat süresince harcanmış olan yüklü miktardaki sermayeye odaklanıldığında diğer sermaye yoğun elektrik üretim tesislerinin tersine (geniş çaplı hidroelektrik santralleri, nükleer santraller) güneş panelinde üretim başlayabilir.²²⁰

Yatırım maliyeti açısından, güneş elektrik santralleri oldukça iyi konumdadır. Ayrıca 2004 yılında yapılan projeksiyonda, yatırım maliyetlerinin 2020’de 1.000.000TL/MW (667.000\$/MW) olacağı tahmin edilmiştir. Fakat dünyadaki üretici firmaların oldukça az olması ve talebin gün geçtikçe artması sonucu, yatırım maliyetleri

²¹⁸ Güvenç Şahin, Rüzgâr Santrallerinin Önündeki Teknik ve Ekonomik Kısıtlar, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2011, s.54.

²¹⁹ Nida Nurbay, a.g.e., s.4.

²²⁰ Godfrey Boyle, **Renewable Energy Power for a Sustainable Future**, Second Edition, Oxford, United Kingdom, 2003,s.280.

2.250.000TL/MW'ın altına düşmemiştir. Bununla birlikte, ücretleri peşin yatırılan büyük güçlü güneş panellerinin teslim süreleri 2 yıla kadar uzayabilmektedir.²²¹

Tablo 15. Güneş Gücü (MW) Başına Ortalama Yatırım Maliyeti

Dönem	Ortalama Yatırım Maliyeti (\$/MW)
2004 – 2008	933.000
2009 – 2013	791.000
2014 – 2017	715.000
2018 – 2020	667.000

Kaynak: Numan S. Çetin, Güneş Elektrik Santrallerinde Yeni Açılımlar ve Türkiye Analizi, Yeni Enerji, Mart - Nisan 2011, Sayı: 21,s.13.

Güneş santralının büyüklüğü diğer parametreler sabit olduğu durumlarda aynı altyapı ile daha fazla elektriğin şebekeye aktarılmasını sağlar ve bu durum enerji maliyetini düşürür. Ayrıca rüzgar hızının yüksek olması durumunda kullanılan potansiyel oranı artacağı için enerji maliyeti düşer.²²²

Güneş enerjisi birim maliyetleri, arazinin güneş performansının belirlenmesi ve türbinlerin doğru konumlandırılması ile doğrudan ilişkilidir. Ülkemizin engebeli arazi şartlarına uygun ve türbinler arasındaki etkileşimin etkisi, hem enerji üretimini doğrudan etkilemekte hem de lokal anlık rüzgar dinamikleri sebebiyle türbin komponentlerini olumsuz etkileyerek yüksek bakım ve işletme maliyetleri getirmektedir.²²³

Güneş panelleri kurulum maliyetlerinin temel bileşenleri, betonarme temel(kuleyi yerleştirmek için),yol yapımı (ağır ve büyük parçalardan oluşan türbini taşımak için), transformatör (gerilim seviyesini değiştirmek için), iletişim bağlantıları

²²¹ Numan S. Çetin, Rüzgâr Elektrik Santrallerinde Yeni Açılımlar ve Türkiye Analizi, Yeni Enerji, Mart - Nisan 2011, Sayı – 21,s.1-18.

²²² Güvenç Şahin, a.g.e., s.54.

²²³ Rüzgar Santrali Geliştirme Projelerinde Yeni Teknolojiler: Maksimum Üretim ve Minimum Bakım Maliyeti www.inores.com/inores/.../20120105_2996789813.p.30 Ocak 2014).

(türbini uzaktan kontrol etmek ve durumunu takip etmek için), kablo maliyetleri (türbinden transformatöre ve transformatörden iletim hattına) şeklinde sıralanır.²²⁴

Tablo 16. Güneş Santrali Kurulum Maliyeti Etki Oranları

Maliyetler	Etki oranı %
Türbin fiyatı	74-82
İnşaat maliyeti	1-6
Elektrik bağlantısı	1-9
Şebeke bağlantısı	2-9
Başvuru giderleri	5-10
Arazi maliyeti	1-3
Finansman giderleri	1-5
Yol bağlantısı	1-5

Kaynak: Güvenç Şahin, Güneş Santrallerinin Önündeki Teknik ve Ekonomik Kısıtlar, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2011, s.58

Güneş Enerji Santrallerinin maliyet kalemleri açısından en önemli yer tutan kısımları türbinlerdir. Türbinlerin maliyete etki oranı % 74-82 arasındadır ki bu durum maliyet kalemleri arasında çok ciddi bir yer tutması anlamına gelmektedir. Türbinlerin maliyete olan bu yüksek etkileri GES’lerin ilk yatırım maliyetlerinin tesisin geneli içerisinde büyük yer tutması anlamına gelmektedir. Bu durum ilk yatırım ve tesis kurulum maliyetlerinin yüksek olmasına neden olmaktadır.²²⁵

Kurulum maliyetleri, büyük ölçüde, yerel imar izin ve yardımcı ara bağlantı maliyetlerine bağlı olarak değişir. Amerikan Rüzgar Enerjisi Birliği'ne göre, küçük güneş enerji sistemleri üretim kapasitesinin maliyeti her kilovat için \$ 3,000 \$ 5,000’dir. 80 metrelik kule, piller ve invertör yüklü bir yerleşim güneş enerjisi sisteminin birim için maliyeti genellikle \$ 15,000 ile 50.000 \$ arasında değişmektedir.²²⁶

²²⁴ Murat Ağçay , “Türkiye’nin Elektrik Enerjisi Arz Talep Dengesinin Tespiti, Üretim Projeksiyonuna Yönelik Rüzgâr Elektrik Santrali Tasarımı RES’in Kurulum Maliyetlerinin ve Üretim Parametrelerinin Analizinin Matlab&Simulink İle Yazılan Programda Yapılması”, Bitirme Tezi-EMO Proje Yarışması, 2007.s.50.

²²⁵ Güvenç Şahin 2011, a.g.e., s.58.

²²⁶ A Maryland Consumer’s Guide, What Do Wind Systems Cost? (rüzgâr sistemlerinin maliyeti nedir?), US Department of Energy, Small Wind Electric Systems, , s.7.

Yol ve kulelerin dikileceği temelin yapım maliyetleri tümüyle toprağın şartlarına bağlıdır. Yapılan bu yol veya yollar 30 tonluk kamyonları taşıyacak kapasitede olmalıdır. Maliyeti etkileyecek değişken türbin kurulumu yapılacak yerin yollara olan uzaklığı (montaj için kurulum yerine vinç getirmek gerekir) ve santralde üretilen enerjiyi iletecek iletim hattına olan uzaklıktır. İletişim bağlantıları ve uzaktan kontrol kurulum için zorunluluk değildir (bu sistemler pahalı değildir). Fakat bu sistemler türbin kurulum maliyetlerinin içinde tutulur. Türbin ekipmanlarının kurulum yerine taşınması, kurulum yapılacak alan çok uzak ise maliyet hesaplamalarına katılır ve bu maliyet genellikle 15.000 \$'ı aşmaz²²⁷

Araziye ulaşım, arazinin yerleşim birimlerine uzaklığı, GSM şebekelerinin çekip çekmemesi vb. gibi faktörlerin incelenmesi gereklidir. Zira bu faktörlerin her hangi birisi kurulum aşamasında veya işletme sırasında ek maliyete neden olur. Örneğin yol yapımı maliyeti km başına 0 - 80.000 \$ arasındadır. Ayrıca trafolarla veya enerji nakil hatlarına uzaklık yatırım maliyetini önemli ölçüde etkileyen bir faktördür. Nakil hatlarının maliyeti hattın yerleşimine, uzunluğuna, tipine, voltajına ve güç santrali kapasitesine bağlıdır. Nakil hatlarının maliyeti km başına 50.000 \$ ile 100.000 \$ arasında değişmektedir. Trafo maliyetleri ise, 2.000.000 \$'ı geçmektedir.²²⁸

Kurulu güneş gücü kapasitesinin KW/h başına toplam maliyeti ülkeler arasında dikkate değer biçimde farklılık gösterebilir (Euro 1000/kW-Euro 1350/kW). Örneğin kilovat saat başına yatırım maliyetleri Danimarka'da en düşük seviyedeysen İngiltere, İspanya ve Almanya'da bu maliyetler Danimarka'dan %20-30 daha yüksektir.²²⁹

Bir güneş enerji santrali oluşturup birçok paneli kurmak, tek bir paneli kurmaya göre daha ucuza mal olur (burada maliyeti etkileyen faktörler, yıllık bakım için gitme, işletme ve üretim takibi vb). Fakat elektrik şebekesine bağlanmada bir sınır vardır. Eğer kurulum yapılacak bölgenin şebekesi (veya en yakın şebeke) üretilen enerjiyi taşıyacak kapasitede de değilse (gerilim kademesi düşük vb) iletim hatlarının

²²⁷ Murat Ağçay, a.g.e., s.50.

²²⁸ Olcay Kincay, Burak Tevfik Doğan ve Uğur Akbulut 2008, "Rüzgâr Enerjisi III. Bölüm", www.yildiz.edu.tr/~okincay/dersnotu/RuzgBol3.pdf, (29 Şubat 2014).

²²⁹ The European Wind Energy Association, The Economics of Wind Energy, March 2009, s.31.

güçlendirilmesi gerekir. Bundan dolayı kurulum yapılacak bölge incelenerek, iletim hatları için bir harcama yapıp yapılmayacağı değerlendirilmelidir.²³⁰

Rüzgar enerjisi üretim maliyetinin %75 ini kurulum giderleri (alan, türbin, şebeke bağlantısı) oluşturmakta olup, maliyetin %40-%60 arasında işletme giderlerinin oluşturduğu konvansiyonel kömür fosil teknolojilerine göre kurulum eksenli bir sistemdir. Güneş türbinlerinin enerji üretim birim maliyetleri ülkelere göre değişiklik göstermektedir.²³¹

Tablo 17. 4 Adet 1250 kW’lık De Wind 64 Model Güneş Panelinde Toplam Maliyet

Tanım	Tutar (\$)	(%)
Paneller	3.041.818	60,8%
Nakil	143.436	2,9%
Montaj	80.618	1,6%
Diğer harcamalar	128.697	2,6%
Kuleler	545.818	10,9%
Kablo bağlantısı	268.351	5,4%
Alt Yapı	156.787	3,1%
Vergiler	174.772	3,5%
Banka Komisyonu (EC)	115.415	2,3%
Banka Komisyonu (CC)	22.915	0,5%
Faiz	288.538	5,8%
Sigortalama	34.372	0,7%
Toplam Yatırım	5.001.538	100,0%

Kaynak: Nida NURBAY, “Güneş Enerjisinin Finansal ve Toplumsal Maliyeti”, GAP V. Mühendislik Kongresi Bildiriler Kitabı, 26-28 Nisan 2006, Şanlıurfa, s.4.

Genel olarak güneş enerjisi santralleri için dikilen panellerin her biri en fazla 100 m²’lik bir alan kaplamaktadırlar. Güneş panellerinin arasında kalan arazinin ise; başka faaliyetler için kullanılmasında hiçbir sakınca yoktur. Ayrıca dünya genelinde

²³⁰ Murat Ağçay, a.g.e., s.50.

²³¹ Recep Enes Gökçınar, a.g.e., s.701.

güneş santrallerinin deniz üstünde kurulan (Offshore) tipleri oldukça yaygınlaşmaktadır. Bu durumda santral inşaatı için alan kaybı olmamaktadır.²³²

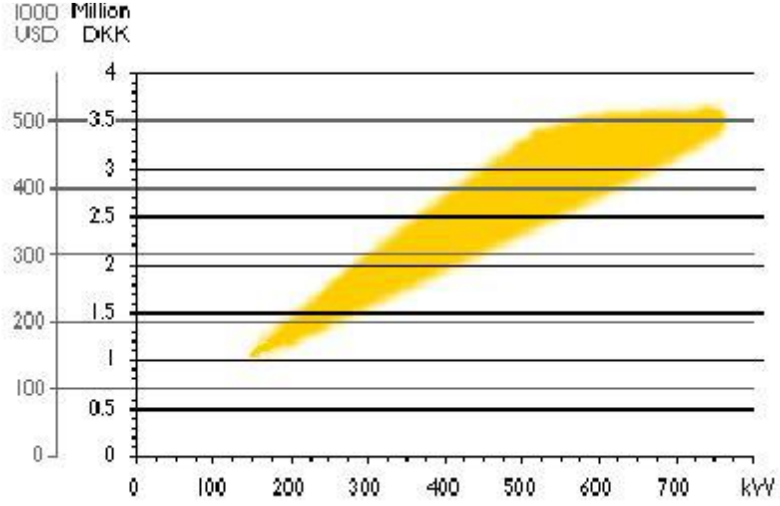
Maliyetler içinde panel maliyeti en fazla paya sahiptir. Türbinin toplam maliyetteki payı ortalama olarak %76'dır. Diğer maliyet öğelerine baktığımız zaman grid bağlantısı ve kuruluş maliyeti gelmektedir. Modern bir güneş paneli 20 yıllık ömründe, 120.000 saat çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Ancak güneş panellerinin gerçek ömrü hem panel kalitesine hem de lokal klimatolojiye bağlıdır. Danimarka'da 1975'den beri kullanılan 4.400 panel üzerinde yapılan çalışmalar, yeni üretim panellerinin bakım ve onarımlarının, eski üretim panellerine göre oldukça az olduğunu göstermiştir. Bazı güneş paneli parçaları (özellikle rotor kanatları ve vites kutusu) bozulmaya ve değiştirilmeye, diğerlerinden daha çok maruz kalmaktadır.²³³

Genel olarak panel maliyetleri jeneratör büyüklüğü ile doğru orantılıdır. Maliyet etkenleri arasında daha yüksek kuleler ve değişik rotor çapları da sayılabilir. Her bir metre ekstra kule 1500 dolar maliyet getirmektedir. Geniş rotor çaplı düşük güneş paneli küçük rotor çaplı büyük bir panelden daha pahalıdır. Maliyet artışları kapasite ile doğrusal ilişkili değildir. 150 kW lık bir makineden 600 kW lık bir makineye doğru fiyatlar dört katına değil üç katına çıkar. Kapasite artışına yol açan harcama kalemleri, kapasite büyümesi ile doğrusal artmamaktadır. 150 kW lık bir makineyi kurarken harcanan işgücü 600 kW lık bir makineden farklı değildir. Maliyeti arttıran en önemli unsur, emniyet tertibatı gereken elektronik cihazlar ve tamamlayıcı komponentlerdir.²³⁴ Aşağıda şekilde de görüleceği üzere fiyatlar jeneratör gücü ile birlikte değişmektedir.

²³² Recep Enes Gökçınar, a.g.e., s.701.

²³³ Nida Nurbay, a.g.e., s.4.

²³⁴ Metin Yerebakan, 2001:128.



Şekil 19. Güneş paneli Fiyat-Güç Eğrisi

Kaynak: Murat Ağçay , “Türkiye’nin Elektrik Enerjisi Arz Talep Dengesinin Tespiti, Üretim Projeksiyonuna Yönelik Güneş Elektrik Santrali Tasarımı GES’in Kurulum Maliyetlerinin ve Üretim Parametrelerinin Analizinin Matlab&Simulink İle Yazılan Programda Yapılması”, Bitirme Tezi-EMO Proje Yarışması, 2007s.49.

150 KW/h gücündeki güneş paneli ile 600 KW/h gücündeki güneş panelini maliyet olarak karşılaştırsak, gücün 4 kat artmasına karşın fiyatın kabaca 2 kat arttığı görülür. Bu fiyat artışındaki oran sebebi 150 KW/h’lık panel inşa etmek ile 600 KW/h lık panel inşasında yapılan harcamaların hemen hemen aynı olmasıdır. Tek panel yerine, bir güneş çiftliğini (birçok panelden oluşmuş) işletmek ekonomik olarak daha avantajlı olabilmektedir. Maliyet ve ürün karşılaştırmaları 1000 KW/h civarında yapılır. Bu şekilde mevcut güneş şartlarına en uygun panel seçilir.²³⁵

Tesis maliyetleri; arasında temeller (genel olarak güçlendirilmiş beton) yol yapımı, gerilimi 690 V’dan şebeke yüküne yükselten 10-34 KV’luk trafolar ve uzaktan kumanda ve gözetim için telefon hattı ile kablo döşeme, maliyetleri esas unsurlardır. Geniş ve modern bir güneş çiftliği için ortalama panel fiyatı kilovat başına 1 000 dolar olarak kabul edilmektedir. Genel olarak yol ve temel maliyetleri toprak koşullarına bağlıdır. Bir diğer önemli etken ise yatırımın, ana yola olan mesafesidir. Hareketli bir vinci tesise getirme ve enerji hattına bağlantı diğer etkenlerdir. Telefon bağlantısı ve uzaktan kumanda zorunlu değildir. Buna karşılık getirilerine karşın ucuz ve ekonomik

²³⁵ Murat Ağçay, a.g.e., s.49.

sayılabilir. Panel için ithalat ve sahaya taşıma maliyetleri de önemli bir harcama kalemi kabul edilmelidir.²³⁶

Yatırım projelerinin değerlendirilmesinde temel teşkil eden faktörler arasında yatırım tutarı ile söz konusu yatırımın ömrü ve bu ömrün sonundaki hurda değeri ile elde edilen faydalar sayılabilir. Güneş çiftliklerinin sökölme maliyetleri yoktur. Çünkü sökülme panellerin hurda değeri sökölme maliyetlerini karşılamaktadır.²³⁷

4.2.1.2. İşletme Maliyetleri

İşletmeyi yürütebilmek için harcanan para olarak tanımlanan işletme maliyeti; kurulu olan santralin bakım, onarım ve işletme masraflarını kapsamaktadır. Bu maliyetlerin yanında eğer arazi kiralanmışsa kira gideri, sigorta ve güvenlik de ayrıca bir maliyet oluşturmaktadır. Güneş enerjisinde tek tek panel işletimi yerine güneş çiftliği işletimi daha ekonomik olmaktadır.²³⁸ Mühendislik ve teknik servis hizmetlerinin ithal etmek yerine içselleştirilmesi, bakım ve onarım giderlerinin azaltılmasını sağlamaktadır.²³⁹

İşletme ve bakım giderleri; sabit ve değişken işletme ve bakım giderleri olarak iki kategoride değerlendirilebilir. Sabit işletme ve bakım giderleri santralin ürettiği enerji üretiminden bağımsız olarak yıllık sabit olarak karşılanan işletme giderlerini, değişken işletme ve bakım giderleri ise santralin enerji üretimine bağlı olarak yıldan yıla değişebilen giderleri ifade etmektedir. İşletme ve bakım giderleri; güneş santralının sigorta giderlerini, vergi, arazi giderlerini ve ayrıca aşağıdaki giderleri kapsamaktadır:

240

- Rutin Kontroller
- Periyodik Bakım
- Periyodik Testler
- Türbin Kanatlarının temizlenmesi

²³⁶ Metin Yerebakan, a.g.e.,s.132.

²³⁷ Köse ve Özgören 2005,a.g.m., s.29.

²³⁸ Nida Nurbay, a.g.e., s.4.

²³⁹ Güvenç Şahin, a.g.e., s.52.

²⁴⁰ J.F.Manwell, J.G. McGowan ve A.L. Rogers, **Wind Enegy Explained Theory, Design and Application**, USA: John Wiley&Sons Ltd.,2003, s.442.

- Elektrik ekipmanlarının bakımı
- Önceden planlanmamış bakım giderleri

Modern paneller, 20 yıllık ömürleri boyunca 120.000 saat çalışma süresi esasına göre tasarlanmışlardır. Bu kriter, bir otomobile oranla çok büyük bir ömür anlamına gelmektedir. Ancak, günümüzde, fosil yakıtlı santraller de 20 yıllık ekonomik ömür esasına göre tasarlanmaktadır.²⁴¹

Yatırımdan önce, panel imalatçılarından, bakım ve onarım garantileri alınmalıdır.²⁴² Bu anlamda panel tedarikçi firma ile türbin tedarik sözleşmesi imzalanırken 5-10 yıl arasında değişen süreleri kapsayan panel bakım onarım sözleşmesi de imzalanabilir..

Tablo 18. İşletme Maliyetleri- 500 KW 'lık Türbinler

Madde	ECU/kW/yıl veya Diğer maliyet ölçütü	CECU/kWh(yaklaşık)
Servis sözleşmesi	4-8 veya çıkışa bağlı	0.15-0.6
Yönetim	Maliyet ölçütü değişken	0.1 - 0.3
Sigorta	4-7	0.15-0.5
Toprak kirası	0-4, mükellefse gelirin 1 -2%'si	0-0,4
Yerel fiyatlar	0-5	0-0.2
Elektrik kullanımı	Standart tarifeler	0.05 - 0.2
Reaktif güç	0,4 kVArh'e kadar	0-0.1
TOPLAM	24 ECU/kW/yıl'a kadar	0.6-1.5

Kaynak: Metin Yerebakan, **Rüzgâr Enerjisi**. İstanbul: İstanbul Ticaret Odası Yayınları, 2001,s.136.

Paneller yeni iken bakım masraflarının çok düşük olduğu fakat paneller eskidikçe bakım maliyetlerinin arttığı bilinmektedir. Eski panellerin (25 KW-150 KW) yıllık bakım maliyeti ortalama olarak (türbin kurulumunda ki güce göre) 3cent/KW dir. Büyük ve sağlam yeni paneller, daha az bakım masrafı gerektirir (modern makineler büyüdükçe bakım masrafları aynı oranda artmaz). Yeni makineler, panellerin ilk

²⁴¹Metin Yerebakan, a.g.e.134.

²⁴² a.g.e.s.52.

kurulum gücüne göre, yıllık 1,5-2 cent bakım masrafı gerektirir. Türbinin yıllık bakımlarından oluşan masraflar sabittir ve 0.001USD/KW/h civarındadır.²⁴³

Karada inşa edilen güneş santrallerinin maliyeti 0,7-1,45 milyon \$/MW arasında değişmektedir. Deniz üstü santrallerde maliyet 1,9 milyon \$/MW değerine kadar yükselebilmektedir. Aradaki fark suda temel inşaatının ve deniz altı kablolarının getirdiği ilave masraflarla açıklanmaktadır. Güneş panellerinin senelik işletme ve bakım masrafları ise, toplam yatırımın yaklaşık %2, 5'i kadardır.²⁴⁴

İşletme giderleri yeni bir panelde üretilen birim KW enerji başı %10-15 arasında değişmekte olup, panel yaşı ilerledikçe maliyetler içindeki payı %35 düzeyine kadar çıkabilmektedir. Bu nedenle üreticiler daha nadir bakım ihtiyacı duyan yeni dizayn panel oluşturmak için çalışmaktadırlar. Güneş panellerinin enerji üretim birim maliyetleri ülkelere göre değişiklik göstermekte olup, genellikle 900 Euro/kW ile 1.150 Euro/kW arasındadır.²⁴⁵

Alışagelmiş enerji tesislerinde, işletme ve bakım maliyeti olarak en büyük pay yakıt harcamaları ile yağ masraflarıdır. Güneş enerjisinde yakıt ücretsizdir. Buna rağmen panelin sorunsuz çalışması için uygun ve periyodik bakım gerekir. İklimsel unsurlar güneş panellerinin bakım düzeyini etkiler.²⁴⁶

Sigorta ve vergiler de yıllık gerçekleşen diğer masraflardandır. Ayrıca çoğu ülkede güneş enerji projeleri kısmen veya tamamen vergiden muaf tutulmuştur. Muafiyetin seviyesi yerel vergi yasalarına göre değişir. Eğer santral için arsa kiralanması gerekiyorsa bu kira bedeli de işletme ve bakım bedeli içinde değerlendirilmelidir. Bunun yanı sıra santraldeki personelin maaşları ve diğer giderleri de yine işletme ve bakım giderleri içindedir. Tüm bu faktörler göz önüne alındığında

²⁴³ Murat Ağçay, a.g.e., s.51.

²⁴⁴ Ali Cüneyt Çetin 2009, Rüzgâr Enerjisi Yatırımları ve Isparta İlinde Rüzgâr Enerji Santrali Kuruluş Yeri Seçimi, Uluslararası Davraz Kongresi, 24-27, Eylül 2009, Isparta, s.371.

²⁴⁵ Recep Enes Ökçinar ve Ali Uyumaz, a.g.e, s.700.

²⁴⁶ Sathyajith Mathew, **Wind Energy Fundamentals, Resource Analysis and Economics**, New York: Springer, 2006,s 223.

ilk yatırım bedelinin %1-5-2'si oranında işletme ve bakım giderlerine pay verilmesi mantıklı olacaktır.²⁴⁷

Teknolojik gelişmeler neticesinde güneş panellerinin üretim maliyetlerinde düşüşlerden dolayı üretilen enerjinin birim maliyeti de nispeten düşecektir. Güneş güç sistemi ile elde edilen enerji direkt olarak şebekeye verilirse enerjinin birim fiyatı çok daha ekonomik olacaktır.²⁴⁸ Güneş panellerinin ömrü yaklaşık 20 yıl olduğu kabul edilse de verimliliği azalan türbinler, yüksek kapasiteli ve yüksek kule seviyesine sahip yeni nesil türbinlerle değiştirilebilir.²⁴⁹ Güneş Enerjisi tabanlı sistemlerin düşük işletme maliyetleri ile geri dönüş süreleri yaklaşık 10 yıldır. Devlet yenilenebilir enerji kaynakları kapsamında 10 yıllık alım garantisi vermiştir.²⁵⁰

Yatırımın geri dönüşüne etki eden faktörler arasında, doğru yer seçimi, büyük çaplı ve özel profilli panel kullanımı, kanat açısı kontrolü, devreye alma sonrası vince bağımlı kalmamak, müşteri imkânıyla bakım, düşük sarf malzemesi kullanımı, ucuz yedek parça, uzun vadeli ve düşük faizli kredi imkânı sayılabilir.²⁵¹

Örnek: 500 KW'lık ticari bir güneş panelinin fizibilite analizi gerçekleştirilmiştir. Ele alınan panelin İzmir/Söke bölgesine kurulması durumunda Vestas RRB V39/500 kW panele ait teknik özellikler aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo 19. 500 KW'lık Güneş paneline ait Teknik Özellikler

Nominal Gücü	500 kW
Kule Yüksekliği	50 m
Kanat Çapı	47 m
Üretime Başladığı Rüzgar Hızı	4 m/s
Nominal Güç için Rüzgar Hızı	11 m/s
Üretimin Durduğu Rüzgar Hızı	25 m/s
Ekonomik Ömrü	25 yıl

²⁴⁷ Sathyajith Mathew, a.g.e.,s.223.

²⁴⁸ Cihan Gökçöl ve Diğerleri., a.g.e, s.3.

²⁴⁹ Güvenç Şahin 2011, a.g.e., s.54.

²⁵⁰ Ömer Faruk Ertuğrul ve M.Bahattin Kurt, a.g.e.,, s.37-41.

²⁵¹ Northel Enerji, Gmka Rüzgar Enerjisi Bilgilendirme Toplantıları, Çanakkale-Balıkesir,2010, www.gmka.org.tr/.../ruzgar_enerjisi.../Northel_Enerji_

Kaynak: Ali Erduman, Bedri Kekezoğlu, Ali Durusu ve Muğdeşem Tanrıöven (2011),“ Yenilebilir Enerji Kaynaklarından 500KW’a Kadar Lisanssız Enerji Üretimi ve Fizibilite Analizi”, Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Sempozyumu, s.125.

Ele alınan panele ait yaklaşık maliyetler aşağıda verilmiştir.

Tablo 20. İncelenen Türbine ait Maliyetler (2010)

Maliyet Bileşeni	Maliyet
Panel + Kule Maliyeti	€ 650.000
Yıllık Bakım-Onarım Maliyeti	€ 8.000
Diğer Maliyetler (Taşıma, İşçilik vb.)	€ 225.000

Kaynak: Ali Erduman, Bedri Kekezoğlu, Ali Durusu ve Muğdeşem Tanrıöven (2011),“ Yenilebilir Enerji Kaynaklarından 500KW’a Kadar Lisanssız Enerji Üretimi ve Fizibilite Analizi”, Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Sempozyumu, s.125.

Panel finansmanın 5 yıllık kredi ile sağlandığı düşünülmüştür. Hesaplamalarda enflasyon oranı yıllık %4, faiz oranı ise yıllık %4,58 kabul edilmiştir. Tüm bu veriler ışığında ele alınan panele ait birim enerji maliyeti 3,2 Cent/kWh olarak hesaplanmıştır. Mevcut rüzgar enerjisi üretim sistemlerinde birim enerji maliyetinin 4-4.5 Cent/kWh seviyelerinde olduğu düşünüldüğünde, uygulanan senaryoda hesaplanan bedelin kabul edilebilir bir seviyede olduğu görülmüştür.²⁵²

4.2.2 Maliyet Merkezleri

Bir işletmede tüm faaliyetler, farklı fonksiyonlara sahip organizasyon birimlerinde yürütülür. Bu birimler fonksiyonel amaçları doğrultusunda, maliyet girdilerini tüketen birimlerdir. Bu nedenle de her bir organizasyon birimi aynı zamanda bir maliyet yeri (maliyet merkezi, gider merkezi) olarak adlandırılır. Maliyet muhasebesi organizasyonunda maliyet yerlerinin belirlenmesi, temel çalışmalardan birini oluşturur.

Maliyet yerlerinin belirlenmesinde;

- Farklı yöneticiye bağlı olma,
- Fiziksel ayırım,

²⁵² Ali Erduman ve Diğerleri,a.g.e., s.125.

- Fonksiyonel farklılık gibi ölçütlerden yararlanılır.²⁵³

Maliyetlerin doğru tespitinde, aktifleştirme ya da gider kaydetme yöntemleri kadar maliyet merkezleri de önemli araçlardır. Yöntemler, hangi maliyetlerin aktifleştirilip hangilerinin gider kaydedileceğini belirlerken maliyet merkezleri buna ek olarak, aktifleştirme ya da gider kaydetme derecesini ve aktifleştirilen maliyetlerin üretimle ya da satışlarla ilişkisinin nasıl kurulacağını ortaya koyar²⁵⁴

Maliyet muhasebesinde, gider yerlerinin tespiti çok önemli bir rol oynar. Gider yerlerinde meydana gelen maliyetlerin tespiti bütçe oluşumlarında, fiyatlandırma, üretim yapma, satış politikalarında ve satın alma kararlarında yol gösterici olmaktadır.

4.2.2.1.Ana Üretim Merkezleri

Mamul ve hizmet üretiminde, ürünün ortaya çıktığı ana gider yeridir. Mamul ve hizmet üretim işletmeleri açısından üretimin özelliği, biçimi ve işletmenin organizasyon yapısı göz önünde tutularak alt gider yerlerine ayrılabilir. Ana üretim merkezi, ana hizmet konusunun ifa edildiği yer olarak tanımlanır. Güneş enerjisinden elektrik üreten şirketlerde ana üretim merkezi güneş panelleridir. Ancak burada fiziksel bir hammadde kullanımı söz konusu değildir. Çünkü güneş panelleri güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretmekte olan bir üretim şeklidir.

4.2.2.2.Yardımcı ve Hizmet Üretim Merkezleri

Yardımcı üretim merkezleri esas üretim yerlerinin ve diğer birimlerin faaliyetlerini sürdürmeleri için gerekli yan girdileri üreten birimleri kapsar. Yardımcı hizmet üretim merkezleri, mamul ve hizmet üretimiyle direkt ilişkisi bulunmayan üretimin aksamadan sürmesine katkıda bulunan gider yerleridir. Güneş panellerinin bakım onarım giderleri, santral personelinin ücreti, idari ekibin ücretleri, üretilen elektriğin serbest tüketicilere satılması sürecinde çalışan personelin ücreti vb. güneş enerjisinden elektrik üreten işletmelerde yardımcı üretim merkezleri ile yardımcı hizmet üretim merkezlerine örnek teşkil etmektedir.

²⁵³ Osman Altuğ, **Maliyet Muhasebesi**, Türkmen Kitabevi, İstanbul 2001, s. 6-7.

²⁵⁴ Hüseyin Ergin, “Maden İşletmelerindeki Üretim Öncesi Maliyetlerin Finansal Raporlar Açısından İncelenmesi”, **İ.Ü.İ.F. Muhasebe Enstitüsü Dergisi**, Yıl 12, Sayı 45-46, s. 21.

4.2.2.3. Diğer Maliyet Merkezleri

Güneş Enerjisinden elektrik üreten işletmelerde, genelde güneş enerji santrali ile şirketin merkezi aynı yerde olmamaktadır. Şirket merkezinde çalışan mali işler bölümü, insan kaynakları bölümünün elektrik enerjisi üretimine katkısı doğrudan değil dolaylıdır. Bu nedenle bu maliyet merkezlerin de oluşan maliyetler üretilen elektrik enerjisi maliyetlerini doğrudan etkilememektedir. Elektrik enerjisi üretilsin ya da üretilmesin oluşmakta olmaları nedeniyle bu maliyetlerin oluştuğu merkezler diğer maliyet merkezleri olarak ayrılmıştır. Güneşten elektrik üreten şirketlerde gider yerlerini şöyle bölümleyebiliriz:

Tablo 21. Güneş Enerjisinden Elektrik Üreten İşletmelerde Üretim Merkezleri

Üretim Merkezleri		
Ana Üretim Merkezleri	Yardımcı Üretim Merkezleri	Yardımcı Hizmet Üretim Merkezleri
1. Nolu Güneş Paneli	-	Panel Bakım Onarımı
2. Nolu Güneş Paneli	-	Güvenlik
3. Nolu Güneş Paneli	-	Muhasebe
....	-	Elektrik Satışı (TEİAŞ ve Serbest Tüketicilere Satış)
....	-	

4.2.3. Maliyet Taşıyıcıları

Maliyet hesaplama sisteminde veri akış sürecinin son aşamasını maliyet taşıyıcıları oluşturur. Maliyeti hesaplanacak nihai unsurlar “üretim çıktıları” olup yapıldığı an itibariyle mamuller, yarı mamuller ya da satılan mamul ve hizmetlerdir.²⁵⁵ Elektrik enerjisi üreten bir işletme için ana maliyet taşıyıcı “elektrik enerjisi”dir.

4.3. GÜNEŞ ENERJİ SANTRALLERİNDE TOPLAM VE BİRİM ENERJİ MALİYETLERİNİN HESAPLANMASI

Günümüzdeki teknolojik gelişmelere paralel olarak enerji tüketimi de gittikçe artan bir ivme kazanmaktadır. Ülkelerin gelişmişlik düzeyi, kişi başına düşen elektrik enerjisi tüketimi ile ölçülmektedir. Nüfus artışının ve buna paralel olarak geleneksel

²⁵⁵ Osman Altuğ, 2001,a.g.e., s. 12.

enerji kaynaklarının büyük bir hızla tükenmesi toplumları bir yandan mevcut enerji potansiyelini daha etkin şekilde kullanmaya iterken diğer yandan da yeni enerji kaynakları bulmaya zorlamaktadır. Bunların yanı sıra geleneksel enerji kaynaklarının dünya üzerindeki homojen olmayan dağılımı ve son yıllarda gelişen çevre bilinci; güneş, su ve rüzgar gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından yeni teknolojiler geliştirerek daha fazla yararlanmayı gerekli kılmaktadır. Ülkemiz her ne kadar petrol ve doğalgaz gibi geleneksel enerji kaynakları bakımından zayıf kalsa da yenilenebilir enerji kaynakları açısından oldukça şanslı bir coğrafyada yer almaktadır. Nispeten yer altı ve yerüstü kaynaklarımızın kısıtlılığı ve ülkemizin yağış rejimindeki düzensizlikler su kaynaklarımızın elektrik üretiminde çok dikkatli bir şekilde kullanılmasını gerekli kılsa da özellikle güneş ve rüzgar enerjisinden yararlanarak elektrik enerjisi üretimini tüm yurt çapında gerçekleştirmek mümkün olabilecektir. Öte yandan diğer dünya ülkelerine bağımlılıktan kurtulmak ve arz güvenliği sağlamak için elektrik enerjisi üretiminde kullanılan kaynakları zenginleştirmek de gerekir.²⁵⁶ Bu anlamda enerji sektöründe yatırımcının var olması için en önemli etken maliyettir. Bu bölümde enerji maliyeti kavramı ve önemi açıklanıp, hesaplama yöntemi tüm yönleriyle anlatılacaktır.

Güneş enerji santrallerinin toplam yatırım maliyeti, esas olarak güneş paneli fiyatlarına bağlıdır. Bu oran, toplam sermaye maliyetinin yaklaşık olarak %64-84'üne denk gelir ve son on yılda toplam proje maliyetlerinin değişkenlerinin hepsi olmasa da çoğunluğu güneş panellerinin maliyetlerindeki değişkenlerle açıklanabilir. Yatırım maliyetinin çoğunluğunu şebeke bağlantı maliyetleri, tesisler, elektrik ekipmanı, proje finans maliyetleri, yol yapımı vb. tarafından oluşur. Önceden sunulan veri ve analizler temel alındığında 2014 yılında gelişmiş ülkelerde rüzgar türbin maliyetleri 1500 dolar/kWh iken; Çin'de 700 dolar/kWh'dan daha azdır. Bu ülkede tüm diğer maliyet faktörlerini içeren toplam yüklenen yatırım maliyeti 1300 dolar/kWh gibi düşük miktarda iken; Amerika, Almanya ve İspanya gibi majör gelişmiş ülkelerde 1850-2.200 dolar arasındadır.²⁵⁷

²⁵⁶Hikmet Karakoç, Nimet, Karakoç Berrin Erbay ve Haydar Aras, **Enerji Analizi**, Anadolu Üniversitesi yayınları, 1.Baskı Eskişehir, 2015. s.1.

²⁵⁷ International Renewable Energy Agency, a.g.e.,s.43.

Aşağıda farklı enerji santrallerinin işletme-bakım maliyeti ile yakıt maliyetlerinin karşılaştırmalı tablosu yer almaktadır.

Tablo 22. Enerji Santrallerinde Birim enerji Maliyetleri

Santral tipi	İşletme-Bakım Maliyeti (\$cent/kWh)	Yakıt Maliyeti (\$cent/kWh)
Doğalgazlı termik santral	0,415	3,609
Linyitli termik santral	1,495	1,839
İthal kömürlü termik santral	1,413	1,965
Hidroelektrik santral	0,203	0
Nükleer santral	0,780	1,000
Rüzgar enerji santrali	1,2	0
Jeotermal enerji santrali	1,8	0
Güneş enerji santrali (Fotovoltaik pil)	1,6	0

Kaynak: <http://www.termodinamik.info/?pid=28890> (21 Nisan 2017)

Yakıt olarak dışa bağımlı olduğumuz doğalgazlı, ithal kömürlü termik santraller, nükleer santrallerle yakıt olarak dışa bağımlı olmadığımız (yerel) hidroelektrik santrallerin, linyitli termik santrallerin, rüzgar, jeotermal, güneş ve biyokütle enerji santrallerinin kapasite faktörü, ilk yatırım ve birim enerji üretim maliyeti aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 23. Enerji Santrallerinin Kapasite Faktörü, İlk Yatırım ve Birim Enerji Üretim Maliyeti

Santral tipi	Yerel/Dışa bağımlı	Kapasite Faktörü (%)	İlk yatırım maliyeti (\$/kW)	Birim Enerji üretim maliyeti (\$cent/kWh)
Doğalgazlı termik santral	Dışa bağımlı	85-90	500-1.300	3,6-10,6
Linyitli termik santral	Yerel	50-85	2.000-3.000	4,6-12,0
İthal kömürlü termik santral	Dışa bağımlı	50-85	1.500-2.500	4,5-8,8
Hidroelektrik santral	Yerel	30-45	1.900-2.600	2,7-3,5
Nükleer santral	Yerel/Dışa bağımlı	85-95	2.500-5.000	3,0-8,2
Rüzgar enerji santrali (Yükseklik: 30 m ve hız: 8.5 m/s)	Yerel	25-45	1.200-2.500	5,1-14,6
Jeotermal enerji santrali	Yerel	80-90	1.700-4.000	3,3-4,0
Güneş enerji santrali (Fotovoltaik pil)	Yerel	20-25	4.000-8.000	12,3-24,5
Biyokütle enerji santrali	Yerel	80-90	2.000-3.500	4,8-8,0

Kaynak: <http://www.termodinamik.info/?pid=28890> (21 Nisan 2017)

Elektrik enerjisi maliyeti üretim, taşıma ve dağıtım olmak üzere üç ana kısımda toplanabilir. Burada incelenmesi hedeflenen maliyet, toplam maliyetin en büyük kısmını teşkil eden üretim maliyeti yani santralin çıkış barasındaki elektrik enerjisi maliyetidir. Diğer taraftan, belirlenen bir bölgeye kurulması düşünülen alternatif santraller içinde en uygun olanının seçilmesi amacıyla yapılan ekonomik değerlendirme ve mukayesenin, sadece enerji üretim maliyetine göre yapılması yeterlidir. Çünkü belirli bir bölgeye kurulması düşünülen alternatif santraller için aynı taşıma ve dağıtım maliyeti söz konusu olduğundan, bu maliyet kısımlarının ekonomik mukayese sonuçlarına bir etkisi olmayacaktır.²⁵⁸ Enerji maliyeti hesabında kullanılabilecek çeşitli metotlar vardır. Sonuçlar kullanılan metoda göre farklı olmaktadır. Bu nedenle, verilen rakamsal sonuçların hangi metotla elde edildiğinin belirtilmesi gerekmektedir..

Elektrik enerjisi maliyeti hesabı için çeşitli yöntemler uygulanabilir. Bunlar;

- Yıllık Üretim Maliyeti Metodu
- Sistem Maliyet Analizi Metodu
- Bir Değere Getirilmiş Maliyet(Levelised Cost) Metodu

4.3.1.Yıllık Üretim Maliyeti Metodu

Bu metodun temel kuralı seçilmiş bir yılda sermaye, işletme, bakım ve yakıt masrafları toplamının o yıl üretilen elektrik enerjisi miktarına bölünmesidir. Seçilen yıla ait maliyetler hakkında fikir veren basit bir metot olması açısından faydalıdır. Bu methoda sermaye masrafları hesabında değişik metotlar bulunmaktadır. O yılki para değeri(enflasyon içeren) veya reel para (enflasyondan arındırılmış) değeri kullanılır ve gelecekteki fiyat değişimleri de hesaba katılır.

4.3.2.Sistem Maliyet Analizi Metodu

Diğer yöntemler tek bir santral hesabı için uygunken enterkonnekte şebekeye eklenecek olan yeni bir santralin şebeke üzerindeki ekonomik etkilerini izlemek için yetersizdir. Bu amaçla enterkonnekte şebekenin içindeki hidrolik, gaz türbini, fosil ve nükleer yakıtlı tüm santralleri ile birlikte gelecekteki enerji talebi ve bu talebi karşılamak için kurulu güç kapasitesindeki büyümeyi de dikkate alan matematik bir model

²⁵⁸ Nejat Aybers ve Bahri Şahin, **Enerji Maliyeti**, İstanbul:Yıldız Teknik Üniversitesi Matbaası,1995,s.64-65.

hazırlanmalıdır. Bu model günlük ve yıllık enerji talep tahminlerine göre minimum sistem işletme maliyeti sağlamak için hangi santrallerin ne kadar süre kullanılacağını ve değişik türde yakıt tüketimlerini gösteren bir simülasyon olanağı sağlar. Sistem maliyetleri alternatif santrallerin yatırım masrafları, gelecekteki yakıt masrafları ve ilgili diğer faktörler hakkında uygun veriler kullanmak suretiyle incelenebilir. Değişik yatırım stratejileri izlenerek gelecekteki enerji talebini karşılama maliyetlerini değerlendirebilmek için şebekeye bağlanacak alternatif santrallerin ekonomik etkisi simüle edilir. Sistem maliyet analizinde de paranın o yılki değeri kullanılabilir. Ayrıca santralin enterkonnekte şebekeye dahil edilmesinin efektif maliyetinin belirlenmesinde de sistem maliyet analizi kullanılabilir. Bu nedenle ulusal şebeke sisteminin analizinde kullanılan bu metot; geliştirilerek uluslararası karşılaştırmalarda kullanılmaz.

4.3.3. Bir Değere Getirilmiş Maliyet Yöntemi (Levelized Cost of Energy)

Elektrik maliyetini öngörmede kullanılan başlıca metotlardan biri bir değere getirilmiş maliyettir. Elektriğin bir değere getirilmiş maliyeti; ekonomik hayatının ötesinde bir güç santralinin toplam kurulma ve işletim maliyet değerinin santral tarafından üretilen watt/saat miktarda elektriğe dönüştürülmüş halidir. Başka bir deyişle, bir değere getirilmiş maliyet; santralin mevcut net gelir değerini mevcut net maliyet değerine eşitleyen fiyattır. Mikroekonomideki ortalama maliyetin eşdeğeridir. Bu tariflerin söylemeye çalıştığı gibi, bir değere getirilmiş maliyetin hesaplanmasında olmazsa olmaz bir girdi tesisin toplam ömrünün maliyetidir. Bunlar; sermaye harcamaları, işletim ve bakım maliyetleri ve yakıt giderlerinin toplamıdır. Tesisin toplam çalışma ömrünün maliyetine bir kez ulaşıldığında, bir değere getirilmiş elektrik maliyetini belirlemek kolay bir adımdır.²⁵⁹

Yöntem içinde çok fazla ilerlemeden önce enerji maliyet hesabında kullanılan metotlar ve bunların alt yaklaşımları özetini aşağıda belirtmek gerekir.

²⁵⁹ Betty Simkins ve Russel Simkins, **Energy Finance and Economics Analysis and Valuation, Risk Management and the Future of Energy**, John Wiley&Sons, 2013, s. 130.

Tablo 24. Enerji Maliyet Hesabında Kullanılan Metotlar

Metot	Temel Yaklaşım	Alt Yaklaşımlar	Düşünceler
1- Yıllık Üretim Maliyeti	Seçilmiş bir yılda sermaye, O&M ve yakıt masrafları toplamının, o yıl üretilen enerji miktarına bölünmesi ile bulunur.	a)Sermaye masraflarının değişik metotlarla hesabı. b)Paranın o yılki değeri (enflasyonu içeren) veya reel para (enflasyondan arındırılmış) değeri kullanılır. c)Gelecekteki masraf artışlarının hesaba katılması.	Seçilen yıla ait maliyetler hakkında fikir veren basit bir yöntemdir.
2- Bir Değere getirilmiş Masraflar (Levelised Costs) Metodu	Santralin ömrü boyunca her yıl yapılan sermaye, O&M ve yakıt masraflarının referans tarihe getirilmiş toplamı, işletme ömrü boyunca her yıl üretilen enerjinin aynı tarihe getirilmiş toplamına bölmekle bulunur.	a) Bir değere getirilmiş maliyet o yılki para değeri veya reel para değeri kullanılarak ifade edilebilir. b) Değişik yakıt çevrim stratejileri kullanılabilir.	Alternatif projelerin ulusal ve uluslararası mukayesesinde faydalı olan bir yöntemdir.
3- Sistem Maliyet Analizi	Talep, yatırım ve yük profilleri gözönünde bulundurularak, enterkonnekte şebekeye dahil olacak yeni santralin, ulusal şebekenin toplam işletme maliyeti üzerine etkisi simüle edilir.	2. deki yaklaşım geçerlidir.	Ulusal enerji şebekelerinin geliştirilmesi için en uygun alternatif projenin belirlenmesinde kullanılır. Uluslararası mukayeselerde kullanılmaz.

Kaynak: Nejat Aybers ve Bahri Şahin, **Enerji Maliyeti**, İstanbul:Yıldız Teknik Üniversitesi Matbaası,1995, s.91.

Bir değere getirilmiş maliyet yöntemi, farklı üretim teknolojileri rekabetçiliğinde genellikle uygun bir kısa ölçüt olarak anılmaktadır. Bu, bir üretim santralinin inşa ve işletme maliyetlerinin üzerinden varsayılan bir finansal süre ve görev döngüsünün her bir kilovat/saat maliyetini ifade etmektedir. Bir değere getirilmiş maliyet yöntemi hesaplamasındaki ana girdiler; sermaye maliyetlerini, yakıt maliyetlerini, sabit ve değişken işletme ve bakım maliyetlerini, finansal maliyetleri ve her santral çeşidinin varsayılan kullanım değerlerini içermektedir.²⁶⁰

Faktörlerin önemi teknolojiler arasında değişiklik göstermektedir. Yakıt maliyetleri bulunmayan ve diğerlerine göre, düşük değişken işletme ve bakım maliyetleri olan güneş ve rüzgar teknolojileri ile yapılan üretimlerde; tahmin edilen sermaye maliyetleri ve üretim kapasitesi bir değere getirilmiş maliyeti büyük oranda değiştirmektedir. Yakıt maliyetlerinin önemli olduğu teknolojilerde, hem yakıt hem gecelik maliyet tahminleri yine bir değere getirilmiş maliyeti önemli ölçüde etkilemektedir. Devlet vergi indirimleri dâhil olmak üzere, çeşitli teşviklerin ulaşılabilirliği; bir değere getirilmiş maliyet yönteminin hesaplanması üzerinde etkili olabilir. Herhangi bir projeksiyona göre, bütün bu faktörlerinin kesinliği bulunmamakta ve bunların değerleri, teknolojilerin değişime uğraması ve yakıt fiyatlarının değişmesi ile bölgesel olarak ve zamana göre değişiklik gösterebilir. Bir değere getirilmiş maliyet yöntemi, farklı üretim teknolojileri rekabetçiliğinde genellikle uygun bir özet ölçüt olmakla beraber, fiili santral yatırım kararları; diğer birçok faktörü içeren özellikli teknolojik ve bölgesel karakteristiklerden etkilenmektedir.²⁶¹

Bir değere getirilmiş maliyet yöntemi(LCOE) yatırım alternatifi ile ilgili olan tüm maliyetleri dikkate alır ve analiz periyodu için de paranın zaman değerini hesaba katar. Ancak genellikle iki elektrik üretim teknolojisi gibi iki alternatif enerji kaynağı teknolojisi ya da sistemini karşılaştırmak için kullanılır. LCOE, tüm maliyetler ve mantıklı karın yapıldığından emin olunması için üretilen her birim enerji için alınması gereken bir değerdir. Kar, gelecekteki gelirleri belli bir indirim oranında başka

²⁶⁰ http://www.eia.gov/forecasts/aeo/electricity_generation.cfm (31 Mayıs 2014)

²⁶¹ Betty Simkins ve Russel Simkins, a.g.e.,(31 Mayıs 2014)

karşılaştırılabilir riske sahip yatırımlardan elde edilebilecek geri dönüş oranına eşitleyecek biçimde indirim yapılarak sağlanabilir.²⁶²

Bir değere getirilmiş maliyet yönteminde; yıllık sabit maliyetler ve yıllık değişken (işletilen) maliyetlerin toplamı, birim enerji üretimi başına düşen (ortalama) maliyet elde etmek için kaynağın yıllık enerji üretimine bölünür. Yıllık sabitlenmiş maliyetlerin, donanımın aşınma ömrü içinde eşit oranlı (seviyelendirilmiş) biçimde dağıldığı ve ilk yatırımdan beklenen faiz ya da öz sermaye dönüşünü içerdiği kabul edilir. Benzin maliyetleri ve diğer operasyonel maliyetler gibi değişken maliyetlerin de aynı şekilde yıllar içinde paranın zaman değerine göre seviyelendirildiği kabul edilir. Birim enerji maliyetini tanımlamada kullanılan bu yöntem; hem elektrik enerjisi (S/kWh) hem de ısı enerjisi (S/MBTU) alanlarında kamu hizmeti yapan endüstriler için bir standart teşkil etmektedir. Bu yöntem, pazarda yer edinmeye çalışan, rekabet halindeki yeni enerji kaynaklarının maliyetleri ile hâlihazırda enerji pazarında bulunan enerji kaynaklarının fiyatları arasında doğrudan karşılaştırmalar yapmaya fırsat sunar. Kullanımda olan diğer enerji maliyet analizleri arasında ömür boyu maliyet ve indirimli nakit akışı analizi sayılabilir ancak bunlar burada yapıldığı gibi geniş kapsamlı pazar karşılaştırmalarından ziyade, kişisel finansal karar verme süreci için daha uygun görülmektedirler. Bu çeşitli metotlardan elde edilecek sonuçlar doğal olarak benzerlik taşıyacaktır ve hiç kimse örneğin enerji pazarında açık biçimde yarışmacı olmayan birim maliyete sahip bir teknolojiden uygun bir geri ödeme beklemeyecektir. Ancak geri ödeme analizi, yatırım kararının marjinal olarak rekabetçi koşullarda verildiği ve yatırım için avantajın sağlandığı belli konularla örtüşebilecek kısmi ya da diğer durumsal faktörlere dahil olabilir. Ancak yakıt tasarrufu gibi kalemler için bir dizi nakit akışını yansıtmaya girişiminde bulunmak kaçınılmaz biçimde gelecekteki fiyatların belirsizliğinden dolayı zor duruma düşülmesine neden olacaktır. Her türlü durumda, bu tipte bir bireysel geri ödeme analizini koleksiyonlarını tüm bir enerji pazarına ve yeni teknoloji çalışmalarının çoğuna uygulamak için basit bir yol yoktur ve bu sebeple bir değere getirilmiş maliyet (levelized cost of energy) yöntemi kullanılır.²⁶³

²⁶² Frank Kreith ve D. Yogi Goswami, a.g.e., s. 3-4.

²⁶³ Edward S. Cassedy, **Prospects for Sustainable Energy: A Critical Assessment**, Syndicate of the University of Cambridge, 2001, s.261.

Bir değere getirilmiş maliyet yöntemi(LCOE), enerji projelerinin altta yatan ekonomilerini tarif etme ve karşılaştırmada en önemli ölçüttür. Rüzgar enerjisi için, LCOE, tamamen çalışan rüzgar gücü sisteminin projenin ömrü süresince, finansal akışın tüm yıla dağıtıldığı maliyetlerin toplamını verir. Rüzgar gücü sistemlerinin LCOE'sinin temel bileşenleri arasında sermaye maliyeti, işletme ve bakım giderleri ve beklenen yıllık enerji üretimi sayılabilir. Rüzgar enerji santrallerinin maliyetini değerlendirmek için tüm bu bileşenlerin projenin ömrü boyunca dikkatli biçimde değerlendirilmesi gereklidir. Rüzgar enerji santrallerinin LCOE'sini tarif eden anahtar parametreler arasında sermaye maliyeti, rüzgar kaynağının kalitesi, rüzgar türbinlerinin teknik özellikleri ve indirim oranı sayılabilir. Diğer giderler ise değişken maliyetlerdir ki bunlar arasında işletme ve bakım giderleri sayılabilir. Bu parametreler arasında, rüzgar türbinleri ile birlikte Avrupa'daki kıyıya yakın alanlardaki rüzgar enerji santrallerinin toplam yatırım maliyetlerinin %64-84'üne karşılık gelen sermaye maliyeti en belirgin olanıdır.²⁶⁴

Maliyet birçok farklı türde ölçülebilmekte ve enerji üretiminin maliyetinin hesaplanması için her tür kendi anlayışını beraberinde getirmektedir. Maliyetler; ekipman maliyetlerini (örnek: rüzgar ve hidroelektrik türbinleri, PV modülleri, güneş panelleri), yenileme maliyetleri, finansal maliyetler, toplam yükleme maliyetleri, sabit ve değişken işletme ve bakım (İ&B) maliyetleri, yakıt maliyetleri içererek incelenebilir.²⁶⁵ Maliyet analizleri oldukça detaylandırılabilir ancak karşılaştırılabilirlik ve şeffaflık amaçları için, burada sadeleştirilmiş bir yaklaşım kullanılmıştır. Bu yaklaşım var olan bilginin ve varsayımların analizde daha kapsamlı bir tetkikine izin vermekte, şeffaflık ve güvenilirliği geliştirmekte ve aynı zamanda herhangi farklılıktaki ana etmenlerin neler olduğunun belirlenmesi için maliyetlerin ülke veya bölgeye göre aynı teknolojiler için maliyetlerinin karşılaştırılmasına kolaylık tanımaktadır. Burada seçilen üç gösterge şunlardır:²⁶⁶

- Ekipman maliyeti
- Sabit finansman maliyeti dâhil toplam yüklenilen proje maliyeti ve

²⁶⁴ International Renewable Energy Agency, "Renewable Energy Technologies: Cost Analysis Series –Wind Power", 2012, s.42,43.

²⁶⁵ International Renewable Energy Agency, "Renewable Energy Technologies:Cost Analysis Series- Hydropower", 2012, s.1.

²⁶⁶ International Renewable Energy Agency, a.g.e.,s. 2.

- Bir değere getirilmiş maliyet yöntemi

Yenilenebilir enerji teknolojilerinin bir değere getirilmiş maliyetleri(LCOE) teknolojiye göre, ülkeye göre ve projenin temel aldığı yenilenebilir enerji kaynağına, sermaye ve işletme maliyetlerine ve teknolojinin verimlilik/performansına göre değişiklik göstermektedir. Yenilenebilir enerji teknolojilerinin maliyetlerinin hesaplanmasındaki bu yöntemin temeli; projenin ömrü üzerinde ortak bir kaynaktan, paranın zaman değeri hesaba katılarak, indirgenmiş finansal akımlara (yıllık, çeyreklik veya aylık) oturmaktadır. Yenilenebilir enerji teknolojilerinin çoğunun sermaye-yoğun nitelikte olması ve yakıt maliyetlerinin az ve hatta sıfır olması ile; ağırlıklı ortalama sermaye maliyeti, bazen indirim oranı olarak da anılmakta, projenin bir değere getirilmiş maliyet yöntemi üzerindeki kritik değerlendirmenin yapılması için kullanılmaktadır.

Daha önce de bahsedildiği üzere; farklı durumlar için farklı maliyet ölçüleri kullanışlı olsa da, yenilenebilir enerji teknolojilerinin modelleme için değerlendirilebilir olması ve politikalarının geliştirilebilir olması ile bir değere getirilmiş maliyet yöntemi, yenilenebilir enerji teknolojilerinde geniş çapta kullanılan bir ölçümdür. Benzer bir şekilde; vergileme, sübvansiyon veya diğer teşvikleri hesaba katan daha detaylı indirgenmiş nakit akımı yaklaşımları; yenilenebilir enerji proje geliştiricilerinin gerçek dünyadaki projelerinin karlılığını değerlemek için kullanılacaktır.

Ekonomik yatırımlar faiz ve eskalasyon oranlarından etkilenmektedirler. Bu nedenle, santralde üretilen elektrik maliyetinin daha doğru olarak hesaplanması, santralin yapımı ve çalışma ömrü boyunca yapılan tüm masrafların referans bir tarihe getirilmiş toplamalarının, o santralin ömrü boyunca üreteceği elektrik enerjisine bölünmesi ile yapılır. Bu yöntemle bir değere getirilmiş maliyet yöntemi (levelized costs yöntemi) adı verilir.²⁶⁷Gerçekte santralin işletmeye geçtiği ilk yıllarındaki birim enerji maliyeti; santralin ilk yıllarında işletme ve bakım maliyetinin sonraki yıllara nispeten az olması sebebiyle daha düşük çıkmaktadır. ²⁶⁸En basit tanımı ile bir değere getirilmiş maliyet yöntemine göre enerji maliyeti; rüzgar enerji santralinin bir değere getirilmiş

²⁶⁷ Hasan Hüseyin Erdem, Süleyman Hakan Sevilgen, Ali Volkan Akkaya, Burhanettin Çetin, “Gaz Türbinlerinin Kısmi Yüklerdeki Birim Elektrik Üretim Maliyetinin Analizi” **Sigma-Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi**, Yıldız Teknik Üniversitesi, 2005/1, 09.03.2005, s 126.

²⁶⁸ The European Wind Energy Association, ., s103.

yıllık maliyetinin yıllık enerji üretimine bölünmesi ile elde edilir.²⁶⁹ Genelde iki alternatif enerji kaynağı teknolojileri veya sistemlerinin karşılaştırılmasında kullanılan bir yöntemdir.²⁷⁰

Bir değere getirilmiş maliyet yöntemi genel olarak varsayılan sermaye tutarı ve işletme maliyetleri ile hesaplansa da; gelecekteki yakıt fiyatlarındaki doğal belirsizlik ve gelecekteki politikalar, santral sahiplerinin veya santralleri finanse eden yatırımcıların portföy çeşitlendirilmesine değer vermesine yol açmaktadır. Elektrik sektöründe teknolojin seçimi ile ilgili analizlerde bu unsurların birçoğu göz önünde bulundurulurken, bu kavramlar bir değere getirilmiş maliyet yöntemi hesaplamalarına dahil edilmemektedir.²⁷¹

Bu yöntem ile paranın zaman değeri dikkate alınarak eşdeğer bir enerji üretim maliyeti elde edildiği için, üretilen elektrik enerjisi, santralin ömrü boyunca bu maliyet değerinden satılırsa, gelirlerin şimdiki değeri üretim için yapılan tüm masrafların şimdiki değerine eşit olacaktır.

Bir değere getirilmiş maliyet yönteminde, bir santralde üretilen enerjinin maliyeti, hesaplanan yıllık sermaye masrafları, işletme ve bakım masrafları ve yakıt masrafları toplamının, yıllık elektrik üretim miktarına bölünmesi ile bulunur.²⁷²

Elektrik enerjisi üretim maliyetini hesaplayabilmek için santrale yapılan masrafların bilinmesi gerekir. Genellikle bu masraflar sırasıyla; santral yeri masrafları, santralin inşaat masrafları, işletme başladıktan sonra bahis konusu olan yakıt masrafları, işletme ve bakım masraflarıdır. Belirli bir süre içinde bu masrafların tamamı, aynı sürede üretilen elektrik enerjisi miktarına bölünerek, üretilen birim enerji başına maliyet hesaplanabilir.

En basit bir şekilde, amortisman için ayrılacak yıllık sabit miktar biliniyor ise, buna yıllık işletme ve bakım masrafları ile yıllık yakıt masrafları eklenerek yıllık toplam masraf bulunur. Santralin her yıl yaklaşık aynı elektrik enerjisini ürettiğini kabul

²⁶⁹ J.F.Manwell, J.G. McGowan ve A.L. Rogers, a.g.e.,s.457.

²⁷⁰ Frank Kreith ve D.Yogi Goswami, a.g.e., s. 3-4,3-5.

²⁷¹ http://www.eia.gov/forecasts/aeo/electricity_generation.cfm (31 Mayıs 2014)

²⁷² Ahmet Dağdaş, “Jeotermal Güç Santrallerinde Enerji Maliyeti”Sigma- Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi,,Yıldız Teknik Üniversitesi, 2005/2, 20.04.2005,s.87.

edersek, birim elektrik enerjisi üretim maliyeti, yıllık toplam masrafların yıllık enerji üretimine oranı olarak,

$$g=(C_k + C_m + C_f)/E = C_T/E$$

şeklinde ifade edilebilir. Burada; C_k , yıllık sabit sermaye veya yatırım masraflarını, C_m , yıllık işletme ve bakım masraflarını C_f , yıllık yakıt masraflarını C_T , yıllık toplam masrafları, E ise yıllık elektrik enerjisi üretimini göstermektedir.²⁷³ Hem rüzgar enerjisinde hem de hidroelektrik enerjisinde yakıt masrafı bulunmadığından formül aşağıdaki gibi olacaktır.

$$g=(C_k + C_m)/E = C_T/E$$

“Levelized costs” metodu ile bulunan enerji maliyeti değeri, toplam enerji miktarı ile çarpıldığında bulunan meblağ, santral için yapılan tüm masrafların aynı tarihe getirilmiş değerine eşit olur. Bu metoda göre enerji üretim maliyeti aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır²⁷⁴

$$g = \frac{\sum_{t=0}^n [C_k(t) + C_f(t) + C_m(t)] (1+r)^{-t}}{\sum_{t=0}^n E(t) (1+r)^{-t}}$$

Yukarıdaki formüllerde belirtilen yıllık sermaye veya yatırım masrafları ile yıllık işletme ve bakım masraflarının hesaplama formülleri aşağıdaki konu başlıklarında belirtilmiştir. Yıllık elektrik enerjisi üretimi ise aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır. Bu hesaplama formülünde E , yıllık elektrik enerjisi üretimini, L_f , kapasite faktörünü, N_e ise santralin kurulu gücünü ifade etmektedir.

$$E = 365 \times 24 \times N_e \times L_f$$

²⁷³ Nejat Aybers ve Bahri Şahin, a.g.e., s.64.

²⁷⁴ Ahmet Dağdaş, a.g.e., s.87.

Bir enerji üretim sisteminin verimliliğinin belirlenmesi amacıyla kullanılan büyüklük “Kapasite Faktörü” olarak adlandırılır. Başka bir deyişle, kapasite faktörü ait olduğu santralin kurulu gücüne oranla ne kadar enerji üretimi gerçekleştirdiğini belirtir. ²⁷⁵Kapasite faktörü, bir santralin ne kadar verimli kullanıldığını gösteren bir parametredir. Santralin nominal gücü ile yıllık sağladığı enerji miktarı arasında ilişki kurar.

Kapasite faktörü, santralin belirli bir periyotta ürettiği enerjinin tam kapasitede üretebileceği enerjiye oranı olarak tanımlanmaktadır. Santrallerden verimli bir şekilde faydalanabilmek amacıyla santrallerin kapasite faktörünün yüksek olması arzu edilir. En yüksek kapasite faktörüne sahip enerji santralleri; nükleer santraller (% 95), doğalgazlı termik santraller (% 90) ve jeotermal enerji santralleri (% 90) şeklinde sıralanmaktadır.

Rüzgar hızının sabit olmadığından dolayı, rüzgar tarlasının yıllık enerji üretimi, jeneratör üzerindeki etikete yazılan saatlik değerlerin bir yıldaki toplam saatle çarpılması sonucu çıkan değer ile hiçbir zaman aynı olmaz. Bir yıldaki gerçek üretim değeri teorik olarak maksimum değer olan kapasite faktörü olarak adlandırılır. Tipik olarak kapasite faktörü %20 ile 40 arasındadır. Örneğin, kapasite faktörü %35 olan 1 MW’lık bir türbin, yılda 8760 MWh ($1 \times 24 \times 365$) üretmez. Sadece $1 \times 0,35 \times 24 \times 365 = 3066$ MWh üretir.

Bir santralin tam kapasitede çalışmamasının birkaç sebebi vardır. İlk sebep parçaların arızasından veya işlevini kaybetmesinden dolayı meydana gelen hizmet veya işlemdir. Bu, kapasitenin büyük oranda düşmesine neden olur. Ana yük santrallerinin birim enerji başına daha az maliyeti vardır. Çünkü maksimum verimlilik için tasarlanmışlardır ve daima yüksek çıkış (enerji) verirler. Katı madde yakan jeotermal santraller, nükleer santraller, kömür santralleri ve biyoenerji santralleri hemen hemen daima ana yük santralleri olarak çalışır. Bir santralin kapasite faktörünün %100 olmamasının ikinci sebebi, elektriğin gerekli olmadığı durumlarda çıkışın azaltılabilmesidir. Böylece elektrik ihtiyacı olmadığı durumlarda üretime ara verilebilir.

²⁷⁵ Ali Erduman, Bedri Kekezoğlu, Ali Durusu ve Muğdeşem Tanrıöven (2011), “Yenilebilir Enerji Kaynaklarından 500KW’a Kadar Lisanssız Enerji Üretimi ve Fizibilite Analizi”, **Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Sempozyumu**, s.124.

Üçüncü sebep de saniyedeki değişimdir. Hidroelektrik santrallere daha fazla jeneratör eklenerek kurulu kapasiteleri arttırabilir. Yakıt kaynağı (örneğin;su) harcanmamış olur.

Güneş, rüzgar ve dalga gibi değişken enerji kaynaklarının istatistiksel dağılımı büyük oranda kapasite faktörünü belirler. Ancak hidroenerjide kapasite faktörü genellikle projenin planlama ve optimizasyon aşamasında piyasa talebi ve debinin istatistiki dağılımı dikkate alınarak dizayn edilir. Düşük bir kapasite faktörü, düşük üretim ve daha yüksek bir değere getirilmiş maliyet (levelized cost of energy) demektir.²⁷⁶

4.3.3.1.Yıllık Sermaye Masrafları

Elektrik enerjisi maliyetinin hesabında, santralin inşaat süresince yapılan masraflar ve bunun yıllık masraflara intikalinde kullanılan metotlar önemlidir. Bu maksatla seçilen metotlara göre değişik sonuçlar almak mümkündür. Genellikle, yıllık sermaye masraflarının hesabında iki metot kullanılmaktadır.. Bu metotlar aşağıda özet olarak tanıtılmıştır.

4.3.3.1.1.Sabit Yıllık Sermaye Masrafı

Santralin inşaatı süresince, eskalasyon ve faiz yükleri de dahil olmak üzere yapılan toplam yatırımın üretime başlama tarihindeki değeri I_k ile gösterilirse, santralin n yıllık ömrü boyunca sabit yıllık sermaye maliyeti aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$C_k = I_k \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right]$$

Bu denklem ile hesaplanacak sabit yıllık sermaye maliyeti, I_k miktarının kredi şeklinde alındığı kabul edilirse, n yıllık bir geri ödeme periyodunda, anaparanın bir kısmı ile yıllık faizin toplamı olarak her yıl geri ödenmesi gereken sabit miktar şeklinde yorumlanabilir.

Yatırım için kullanılan I_k miktarının yatırımcının özsermayesi olması yani kredi kullanılmaması durumunda da sabit yıllık sermaye maliyeti, yukarıdaki denklem ile

²⁷⁶ Hydropower, http://srren.ipcc-wg3.de/report/IPCC_SRREN_Ch05.pdf, (15 Mayıs 2014)

hesaplanır. Çünkü, minimum geri dönüş. oranı veya faiz oranı i olan bir ortamda, yatırımcı söz konusu yatırımı yapmakla mümkün olabilen minimum bir yarardan vazgeçmiş. olmaktadır. Ancak, yatırımın ömrü boyunca, her yıl bu denklem ile hesaplanan bir C_k miktarı, elde edilen gelirden amortisman bedeli olarak ayrıldığı takdirde, yatırımcı kullandığı sermayeyi minimum yarar ile birlikte geri kazanacak ve bu yatırım tercihini kullanmakla kaybettiği minimum yarar karşılanmış olacaktır. Dolayısıyla, her yıl eşit olarak geri ödenmesi veya amortisman bedeli olarak ayrılması gereken C_k miktarı sabit yıllık sermaye maliyeti olarak tanımlanır.²⁷⁷

4.3.3.1.2. Lineer Azalan Yıllık Sermaye Masrafı

Bu metotla hesaplanacak yıllık sermaye masrafı, santralin üretime başlama tarihindeki I_k yatırım bedelinin santral ömrüne bölünerek elde edilecek sabit bir yıllık anapara ödemesi ile yıllık faiz tutarının toplamıdır. Anapara her yıl eşit miktarda azaltıldığı için yıllık faiz tutarları da eşit olarak azalacaktır. Dolayısıyla lineer azalan bir yıllık geri ödeme veya yıllık sermaye masrafı elde edilir Yıllık sabit anapara ve zamanın fonksiyonu olarak yıllık faiz ödemesi aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$f_t = I_k \left[\left(1 - \frac{t-1}{n} \right) i \right]$$

Toplam yıllık ödeme veya yıllık sermaye masrafı ise zamana bağlı olarak aşağıdaki gibi olmaktadır. Aşağıdaki denklem ile, t yılına ait anapara ve faiz ödemesi tutarı olarak toplam yıllık ödeme yani yıllık sermaye maliyeti kolayca hesaplanabilir.

$$C_k(t) = I_k \left[\left(1 - \frac{t-1}{n} \right) i + \frac{1}{n} \right]$$

4.3.3.1.3. Enerji Santrali İnşaat Sürecince Eskalasyon ve Faiz Yüğü

Enerji santrallerinde inşaat periyodu süresince kullanılan malzeme, teçhizat ve işçilik fiyatlarındaki artışlar eskalasyon olarak adlandırılmaktadır. İnşaat süresi boyunca yapılacak yatırım harcamaları belirlenecek bir harcama modeli ile zaman içine yayılacağından inşaat periyodunda yapılan gerçek toplam harcama eskalasyon etkisiyle

²⁷⁷ Nejat Aybers ve Bahri Şahin, a.g.e., s.69

inşaatın başlangıç tarihi için geçerli olan direkt inşaat bedelinden daha yüksek olacaktır. Yıllık eskalasyon oranı “e” ve harcama modeli yardımıyla inşaat süresi içinde herhangi bir yıla ait eskalasyon yükü ve eskale edilmiş yıllık gerçek harcama belirlenebilir.²⁷⁸

$$Y(t) = I_d \cdot y(t)$$

I_d : Direkt inşaat bedeli

$y(t)$: İnşaat süresi boyunca yıllık harcama yüzdesi (%)

$Y(t)$ Herhangi bir t yılına ait eskalasyonsuz harcama miktarı

$$Y_e(t) = Y(t) (1+e)^t$$

$Y_e(t)$: Eskale edilmiş harcama miktarı

e : Yıllık eskalasyon oran (%)

İnşaat süresi boyunca yapılan yıllık $Y_e(t)$ harcama miktarlarının kredi olarak alındığı düşünülürse, inşaat periyodunun sonunda $Y_e(t)$ miktarlarına ilave olarak bir faiz yükünün de geri ödemesi gerekmektedir. İnşaat süresi içinde herhangi bir t yılının başında kredi olarak kullandırılan $Y_e(t)$ miktar için inşaatın bitiminde geri ödenmesi gereken borç faiz yükü de dahil olmak üzere,

$$T(t) = Y_e(t) \cdot [(1+i)^{L+1-t}]$$

şeklinde ifade edilebilir. Burada L inşaat süresi olduğundan $(L+1-t)$ büyüklüğü ise faiz periyodu olarak düşünülmelidir. Faaliyet yılı için gerekli kredi yılın sonunda kullanılırsa faiz periyodu $(L-t)$ olacaktır.²⁷⁹ Eskalasyon ve faiz yükleri de dahil olmak üzere inşaatın bitimindeki toplam yatırım bedeli,

$$I_k = \sum_{t=1}^L T(t)$$

²⁷⁸ SPERA, a.g.e., s.70.

²⁷⁹ Nejat Aybers ve Bahri Şahin, a.g.e., s.73.

4.3.3.2. İşletme ve Bakım Maliyeti

İşletme ve Bakım masraflar işletme esnasındaki tüm işçilik, malzeme tedarik ve depolama, tamir ve bakım sigorta v.b. gibi masraflar kapsar. Bu masrafları iki kısım halinde ele almak mümkündür:

- \$ / kW yıl olarak ifade edilen ve kullanma süresi veya şebeke yük faktörüne bağlı olmayan yıllık sabit masraflar
- \$ / kW h olarak ifade edilen ve üretilen enerji ile orantılı yıllık değişken masraflar²⁸⁰

İşletme ve bakım masrafları yıldan yıla değişik olabilir, bazı yıllar yenilenen parçalar nedeniyle tamir ve bakım masrafları farklıdır. Bu durumda işletme ömrü boyunca değişken yıllık işletme ve bakım masrafları $C_m(t)$ 'nin referans tarihe getirilmiş toplam değeri kullanılmalıdır. Referans tarih olarak işletmeye başlangıç tarihi kabul edilirse, n yıllık santral ömrü boyunca yapılan işletme ve bakım masraflarının referans tarihindeki değeri (şimdiki değer) aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$C_{pw} = \sum_{t=0}^n C_m(t)(1+r)^{-t}$$

Bu denklem ile verilen şimdiki değerden hareketle herhangi bir yöntemle birim enerji başına işletme ve bakım maliyeti bulunabilir. Bir değere getirilmiş maliyet metodu kullanılırsa üretilen enerji başına işletme ve bakım maliyeti aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$g_m = \frac{\sum_{t=0}^n C_m(t)(1+r)^{-t}}{\sum_{t=0}^n E(t)(1+r)^{-t}}$$

Güneş Enerji santrallerinde yakıt masrafı olmadığından yakıt masrafının hesaplamasına değinilmemiştir.

²⁸⁰ SPERA, a.g.e., s.83.

Güneş enerji santrallerinde maliyetlerin yukarıda detaylı şekilde açıklanan yöntemlerle hesaplanması, bu maliyetlerin kaydedilmesi ve raporlanması tezimizin uygulama bölümünde detaylı şekilde örnekler üzerinde açıklanacaktır.



5. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAĞI OLARAK GÜNEŞ ENERJİ ÜRETİMİNDE MALİYET MUHASEBESİ UYGULAMASI

5.1. UYGULAMANIN AMACI VE KAPSAMI

Enerji, ekonomik ve sosyal kalkınmanın en önemli göstergelerinden biridir. Enerji kaynaklarının planlı bir şekilde kullanımının sağlanması ve enerji üretiminin düşük maliyetle dışa bağımlı olmayan kaynaklara yönelerek gerçekleştirilmesi, ülkemiz için son derece büyük önem arz etmektedir. Bu sebeple özellikle yenilenebilir enerji kaynakları özel sektör yatırımcılarının ilgi odağı olmuştur. Yatırımcının yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmesi veya hangi yenilenebilir enerji kaynağına yatırım yapması konusundaki kararını etkileyen en önemli faktör maliyettir. Üretilen enerjinin maliyetine etki eden başlıca faktörler ilk yatırım maliyeti, işletme-bakım giderler, yakıt giderleri, kapasite faktörüdür. Yenilenebilir enerji kaynaklarında yakıt masrafı olmaması yatırımcının kararını etkileyen önemli bir etkidir.

Uygulamamızın amacı; güneş enerji santrallerinde üretilen enerjinin birim maliyetini hesaplamak ve maliyet muhasebesi açısından bu hesapların muhasebeleştirilmesini gerçekleştirmektir.

Uygulamamızın kapsamı; Türkiye’de kurulması planlanan yenilenebilir enerji kaynağı olan güneş enerji santrali ile üretilen enerjinin birim maliyetlerinin hesaplanarak maliyet muhasebesi açısından bu hesapların muhasebeleştirilmesini sağlamaktır. Güneş enerji santral projesinde üretilen enerjinin birim maliyeti, daha önceki bölümlerde detayları ile anlatılan bir değere getirilmiş maliyet yöntemi (levelized cost of energy) ile hesaplanmıştır.

Uygulamamızda, hükümet teşvikleri veya sübvansiyonları kapsam dışında bırakılmıştır. Bunun dışında; analizde, karbon fiyatlama veya yenilenebilir kaynakların diğer dışsallıklarda (ör:hava kirliliğinin azaltılması, çevre kirliliği) yaratacağı azalmaların faydaları hesaba katılmamıştır. Benzer şekilde, yenilenebilir

kaynakların değişken fosil yakıt fiyatlarından izole olmasının yararları ölçölmemiştir. Kullanılan bilginin doğrudan karşılaştırılabilir olması ve aynı sistemsel kısıtlara tabi bulunmasını sağlamak noktasında her türlü çaba gösterilmiştir.

5.2. UYGULAMAYA AİT VERİLER, VARSAYIMLAR VE BULGULAR

Karşılaştırmaya konu olan GES ile ilgili veriler aşağıdaki gibi olup, uygulamamıza konu olan güneş enerji santrali projesi bundan böyle XGES, olarak anılacaktır. Sektörde birim maliyetler dolar cent üzerinden hesaplandığından uygulamamızda de tüm para birimleri dolar veya dolar cent olarak verilmiştir.

Tablo 25 GES Yatırım Maliyetleri

	XGES
İlk Yatırım Bedeli(\$)	29.586.975
Kapasite(Kurulu Güç) (MW)	21
Net Kapasite Faktörü (%)	30
Santral Ömrü (Yıl)	25
Faiz Oranı(%)	7
Eskalasyon Oranı (%)	6
İşletme ve Bakım Giderlerinin Başlangıç Maliyetine Oranı(%)	3
İnşaat Süresi(Yıl)	1 Yıl
Yatırımın İnşaat Süresine Dağılımı	1. Yıl 100%

Güneş enerji santral projesi için maliyet kalemleri ile ilgili olarak firmalardan teklif alınmış teknik hesaplamalar yapılmıştır. İlk yatırım maliyet kalemlerindeki tutarlar gerçek rakamları yansıtmaktadır. Birim enerji maliyetleri bir değere getirilmiş maliyet (levelized cost of energy) yöntemi kapsamında sabit yıllık sermaye masrafına göre hesaplanmıştır.

Uygulamamızla ilgili kabul edilen diğer varsayımlar aşağıda belirtilmiştir;

- Santralin TEİAş ile bağlantı anlaşması imzalayacağı varsayılmıştır. (Mevcut mevzuat gereğince bağlanacakları trafoya göre enerji nakil hattının

kamulaştırmasını TEİAŞ adına yatırımcı yapmaktadır. Santraller işletmeye geçtikten sonra bu kamulaştırma bedelleri yatırımcının her ay TEİAŞ’a ödemesi gereken sistem kullanım faturalarından mahsup edilmektedir. Ancak tezimizde olası bir mevzuat değişikliğine karşın böyle bir mahsuplaşma olmayacağı öngörülerek ve ilk başta ciddi bir tutarda nakit çıkışı gerektirdiğinden maliyet kalemlerine enerji nakil hattı maliyeti de eklenmiştir.)

- Santralde ilk yatırım bedelinin %100 yabancı kaynak ile finanse edileceği varsayılmıştır.
- Santralin üzerinde kurulacağı arazinin, orman arazisi olacağı varsayılmıştır. Orman arazilerinin kira bedeli her iki santralin maliyet kalemleri için de “Diğer” başlığı altında gösterilmiştir.

Seçilen Örnek Güneş Enerji Santraline Ait Veri ve Bulgular

Tablo 26 X GES Projesinin İlk Yatırım Maliyetleri

XGES PROJESİ	
Maliyet Kalemi	BEDEL (\$)
Türbin	25.940.500,00
İnşaat İşleri (Türbin Temelleri Santral Binası ve Yollar)	1.087.400,00
Elektrik İşleri- İç Şebeke- Kablolar	997.075,00
Enerji Nakil Hattı	762.000,00
Proje Geliştirme -Mühendislik-Etüd vs	500.000,00
Diğer	300.000,00
Toplam	29.586.975,00

Sektörde genelde birim tesis bedelleri üzerinden konuşulduğu için öncelikle birim tesis bedelini bulacağız.

Birim Tesis Bedeli =Toplam Tesis Bedeli/ Kapasite (Kurul Güç)

Birim Tesis Bedeli= 29.586.975 \$ / 21 MW = 1.408.903,56 \$ /MW

Birim Tesis Bedeli = 1.408,90 \$ /kW

XGES projesini inşaatı bir yıl içinde biteceğinden inşaat dönemine ilişkin eskalasyon yükü ve faiz yükü hesaplanmayacaktır.

Sabit yıllık sermaye masrafı metoduna göre toplam yıllık ödeme (C_k) (3.5) denklem ile bulunur. Bu projede I_k (toplam yatırımın üretime başlama tarihindeki değeri), I_d'ye(direkt inşaat bedeline) eşittir

$$C_k = I_k \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right]$$

Bu denklemde;

$$I_k = 29.586.975 \$$$

$$i = \%7$$

$$n = 25 \text{ Yıl'dır.}$$

$$C_k = 29.586.975 \times [\%7 \times (1+\%7)^{25}] / [(1+\%7)^{25} - 1]$$

$$C_k = 2.538.873, 63 \$$$

Bulunan bu değeri yıllık üretilen enerji (E) miktarına bölünerek birim yatırım maliyeti elde edilir. Bunun için öncelikle yıllık üretilen enerji miktarı (E) (3.4.) denklemi ile bulunur.

$$E = 365 \times 24 \times N_e \times L_f$$

Bu denklemde;

$$N_e = 21 \text{ MW}$$

$$L_f = \%30 \text{ 'dur.}$$

$$E = 365 \times 24 \times 21 \times \%30$$

$$E = 55.188 \text{ MWh}$$

Uygulamanın sonunda kWh başına birim enerji maliyeti bulunacağından MW birimi kW'a çevrilir. 1 MW= 1000 kW olduğundan;

$$E = 55.188 \times 1.000 = 55.188.000 \text{ kWh'dır.}$$

Birim yatırım maliyeti aşağıdaki denklem ile bulunur.

$$g_k = \frac{C_k}{E}$$

$$g_k = 2.538.873,63 \$ / 55.188.000 \text{ kWh}$$

$$g_k = 0,046 \$/\text{kWh}$$

$$\mathbf{g_k = 4,6004 \$cent/ kWh}$$

Birim yatırım maliyeti bulunduktan sonra işletme ve bakım maliyeti aşağıdaki denklem ile bulunur.

$$g_m = \frac{C_m}{E}$$

$$C_m = I_d \times \text{İşletme ve Bakım Giderlerinin Direkt İnşaat Bedeline Oranı}$$

$$C_m = 29.586.975 \$ \times \% 3$$

$$C_m = 887.609,25 \$$$

$$g_m = 887.609,25 \$ / 55.188.000 \text{ kWh}$$

$$g_m = 0,01608 \$ / \text{kWh}$$

$$\mathbf{g_m = 1,6083 \$cent / kWh}$$

kWh başına birim enerji maliyeti ise yukarıda bulunan g_k ve g_m tutarlarının toplamlarına eşit olacaktır.

$$g = 4,6004 \$cent / \text{kWh} + 1,6083 \$cent / \text{kWh}$$

$$\mathbf{g = 6,2087 \$cent/ kWh}$$

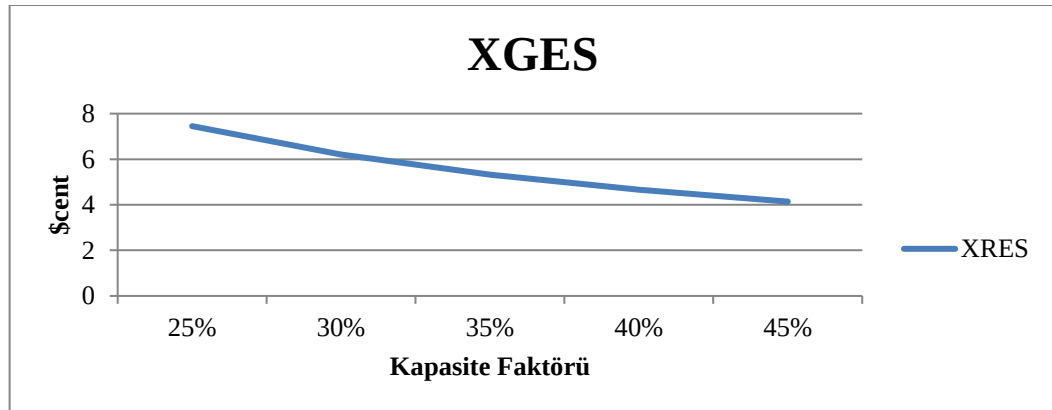
5.3.KİLOVATSAAAT BAŞINA BİRİM MALİYET KARŞILAŞTIRMASI

Yukarıda bahsedilen veriler ve varsayımlar çerçevesinde bir değere getirilmiş maliyet yöntemine göre XGES'de kWh başına birim maliyet 6,2087 \$cent, olarak hesaplanmıştır. Birim enerji maliyetlerine ulaşılmasında kullanılan tüm veri ve hesaplama sonuçları özet olarak aşağıdaki tabloda sunulmaktadır.

Tablo 27 Birim Enerji Maliyetlerine Ulaşılmasında Kullanılan Veriler

	XGES
İlk Yatırım Maliyeti	29.586.975,00 \$
Faiz ve Eskalasyon Yüğü Dahil Yatırım Maliyeti	29.586.975,00 \$
Sabit Yıllık Sermaye Maliyeti	2.538.873,63\$
Yıllık İşletme ve Bakım Maliyeti	887.609,25 \$
Yıllık Enerji Üretimi	55.188.000,00 kWh
Birim Yatırım Maliyeti	4,6004 \$cent/kWh
Birim İşletme ve bakım maliyeti	1,6083 \$cent/kWh
Birim Enerji Maliyeti	6,2087 \$cent/kWh

Uygulamamızda da görüleceği üzere birim enerji maliyetine etki eden başlıca faktörler; yatırım maliyeti, işletme-bakım giderleri, indirgeme oranı, kapasite faktörü, santrallerin proje ömürleridir. Uygulamamızda kapasite faktörünün birim enerji maliyetine etkisini göstermek amacıyla duyarlılık analizi yapılmış olup, elde edilen sonuç aşağıdaki şekilde verilmiştir. Görüleceği üzere kapasite faktörü arttıkça projelerin birim enerji maliyetleri azalmaktadır. O nedenle yatırımcıların proje fizibilite aşamasında kararını etkilecek en önemli etkenlerden biri projenin kapasite faktörüdür. Projenin kapasite faktörünün %30 yerine %35 olması enerji birim fiyatında % 14 oranında bir tasarruf sağlamaktadır. Kapasite faktörünün %30 yerine %25 olması durumunda enerji birim fiyatında %20 oranında bir artış olmaktadır.



Şekil 20. XGES Kapasite Faktörünün kWh Başına Birim Enerji Maliyetine Etkisi

5.4. KAPASİTE FAKTÖRLERİNİN FARKLI OLMASI DURUMUNDA KİLOVATSAAT BAŞINA BİRİM MALİYET KARŞILAŞTIRMASI

Kapasite faktörlerinin farklı olması durumunda XGES projelerinde üretilen enerjinin birim maliyetlerini karşılaştırmalı değerlendirilmesi yapılacaktır. Aşağıda öncelikle XGES projesinin %40, kapasite faktörü ile çalışacağı varsayımı ile üretilen enerjinin birim maliyeti hesaplanacak, sonrasında ise XGES'in %30, kapasite faktörü ile çalışacağı varsayılarak çıkan sonuçlar karşılaştırmalı olarak değerlendirilecektir.

a) %40 Kapasite Faktörüne Sahip XGES Güneş Enerji Santrali ile Üretilen Enerjinin Birim Maliyetlerinin Karşılaştırılması

%40 Kapasite faktörüne Sahip XGES Güneş Enerji Santraline Ait Veri ve Bulgular

Tablo 28 X GES Projesinin İlk Yatırım Maliyetinin Alt Kırılımları

XGES PROJESİ	
Maliyet Kalemi	BEDEL (\$)
Türbin	25.940.500,00
İnşaat İşleri (Türbin Temelleri, Santral Binası ve Yollar)	1.087.400,00
Elektrik İşleri- İç Şebeke- Kablolar	997.075,00
Enerji Nakil Hattı	762.000,00
Proje geliştirme -Mühendislik-etüd vs	500.000,00
Diğer	300.000,00
Toplam	29.586.975,00

Santralin birim tesis bedeli aşağıdaki gibi hesaplanacaktır:

Birim Tesis Bedeli = Toplam Tesis Bedeli / Kapasite (Kurul Güç)

Birim Tesis Bedeli= 29.586.975 \$ / 21 MW = 1.408.903,56 \$ /MW

Birim tesis bedeli kW cinsinden hesaplandığından

Birim Tesis Bedeli = **1.408,90 \$ /kW**

XGES projesini inşaatı bir yıl içinde biteceğinden inşaat dönemine ilişkin eskalasyon yükü ve faiz yükü hesaplanmayacaktır.

Sabit yıllık sermaye masrafı metoduna göre toplam yıllık ödeme yine (Ck) (3.5) denklem ile bulunur. Bu projede I_k (toplam yatırımın üretime başlama tarihindeki değeri), I_d'ye(direkt inşaat bedeline) eşittir

$$C_k = I_k \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right]$$

Bu denklemde;

I_k= 29.586.975 \$

i= %7

n=25 Yıl'dır.

$$C_k = 29.586.975 \times [\%7 \times (1+\%7)^{25}] / [(1+\%7)^{25} - 1]$$

$$C_k = \mathbf{2.538.873, 63 \$}$$

Bulunan bu değeri yıllık üretilen enerji (E) miktarına bölünerek birim yatırım maliyeti elde edilir. Bunun için öncelikle yıllık üretilen enerji miktarı (E) (3.4.) denklemi ile bulunur:

$$E = 365 \times 24 \times N_e \times L_f$$

Bu denklemde;

N_e = 21 MW

L_f = %40'dır.

$$E = 365 \times 24 \times 21 \times \%40$$

$$E = \mathbf{73.584 \text{ MWh}}$$

Uygulamanın sonunda kWh başına birim enerji maliyeti bulunacağından MW birimi kW'a çevrilir. 1 MW= 1000 kW olduğundan;

$$E = 73.584 \times 1.000 = \mathbf{73.584.000 \text{ kWh}} \text{ 'dır.}$$

Birim yatırım maliyeti aşağıdaki denklem ile bulunur:

$$g_k = \frac{C_k}{E}$$

$$g_k = 2.538.873,63 \$ / 73.584.000 \text{ kWh}$$

$$g_k = 0,03450 \$ / \text{kWh}$$

$$g_k = \mathbf{3,4503 \$cent / kWh}$$

Birim yatırım maliyeti bulunduktan sonra işletme ve bakım maliyeti aşağıdaki denklem yardımıyla hesaplanmaktadır:

$$g_m = \frac{C_m}{E}$$

$$C_m = I_d \times \text{İşletme ve Bakım Giderlerinin Direkt İnşaat Bedeline Oranı}$$

$$C_m = 29.586.975 \$ \times \% 3$$

$$C_m = \mathbf{887.609,25 \$}$$

$$g_m = 887.609,25 \$ / 73.584.000 \text{ kWh}$$

$$g_m = 0,01206 \$ / \text{kWh}$$

$$g_m = \mathbf{1,2063 \$cent / kWh}$$

kWh başına birim enerji maliyeti ise yukarıda bulunan g_k ve g_m tutarlarının toplamlarına eşit olacaktır.

$$g = g_k + g_m$$

$$g = 3,4503 \$cent / \text{kWh} + 1,2063 \$cent / \text{kWh}$$

$$g = \mathbf{4,6566 \$cent / kWh}$$

%40 Kapasite Faktörüne Sahip XGES Projelerinde Üretilen Kilovatsaat Başına Birim Maliyetlerin Karşılaştırılması

Yukarıda belirtilen veriler ve varsayımlar çerçevesinde bir değere getirilmiş maliyet yöntemine göre (LCOE) aynı bölgede kurulması planlanan %40 kapasite faktörüne sahip XGES ile üretilen enerjinin birim maliyetleri aşağıda karşılaştırmalı olarak sunulmuştur:

Tablo 29 XGES İle Üretilen Enerjinin Birim Maliyetleri

MALİYETLER	XGES
İlk Yatırım Maliyeti	29.586.975,00 \$
Faiz ve Eskalasyon Yüğü Dahil Yatırım Maliyeti	29.586.975,00 \$
Sabit Yıllık Sermaye Maliyeti	2.538.873,63\$
Yıllık İşletme ve Bakım Maliyeti	887.609,25 \$
Yıllık Enerji Üretimi	73.584.000,00 kWh
Birim Yatırım Maliyeti	3,4503 \$cent/kWh
Birim İşletme ve bakım maliyeti	1,2063 \$cent/kWh
Birim Enerji Maliyeti	4,6566 \$cent/kWh

Göröldüğü üzere tüm verilerin aynı kalmasına rağmen kapasite faktöründeki %10'luk değışim XGES'de üretilecek birim enerji maliyetinin daha düşük çıkmasına sebep olmuştur. XGES'i %30 ve %40 kapasite faktörüne sahip durumlardaki birim enerji maliyetinin karşılaştırması da aşağıda yer almaktadır.

Tablo 30 XGES'i %30 ve %40 Kapasite Faktörüne Sahip Durumlardaki Birim Enerji Maliyetinin Karşılaştırması

	XGES (Kapasite Faktörü: %30)	XGES (Kapasite Faktörü: %40)	% Değişim
İlk Yatırım Maliyeti	29.586.975,00 \$	29.586.975,00 \$	-----
Sabit Yıllık Sermaye Maliyeti	2.538.873,63 \$	2.538.873,63 \$	-----
Yıllık İşletme ve Bakım Maliyeti	887.609,25 \$	887.609,25 \$	-----
Yıllık Enerji Üretimi	55.188.000,00 kWh	73.584.000,00 kWh	↑%33
Birim Yatırım Maliyeti	4,6004 \$cent/kWh	3,4503 \$cent/kWh	↓%25
Birim İşletme ve Bakım Maliyeti	1,6083 \$cent/kWh	1,2063 \$cent/kWh	↓%25
Birim Enerji Maliyeti	6,2087 \$cent/kWh	4,6566 \$cent/kWh	↓%25

Yukarıdaki tabloda da göröleceğı üzere diğér tüm verilerin aynı olmasına rağmen kapasite faktöründeki % 10'luk artış, birim yatırım maliyetinde, birim işletme ve bakım maliyetinde, birim enerji maliyetinde %25'lik bir düşüş yaratmıştır.

b)%30 Kapasite Faktörüne Sahip XGES Güneş Enerji Santrali ile Üretilen Enerjinin Birim Maliyetlerinin Karşılaştırılması

%30 Kapasite faktörüne Sahip Örnek Güneş Enerji Santraline Ait Veri ve Bulgular

XGES'in ilk yatırım maliyeti yukarıda alt detayları görüldüğü üzere toplam 29.586.975,00 TL'dir.

Yukarıdaki hesaplamaların tamamı aynı olmakla birlikte ulaşılan sonuçlar aşağıdaki gibidir.

Birim Tesis Bedeli = 1.408,90 \$ /kW

Sabit Yıllık Sermaye Masrafı (C_k) = 2.538.873, 63 \$

Yıllık Üretilen Enerji (E) = 55.188.000 kWh'dır.

Birim Yatırım Maliyeti g_k = 4,6004 \$cent/ kWh

Birim İşletme ve Bakım Maliyeti g_m = 1,6083 \$cent / kWh

Toplam Birim Maliyet g = 4,6004 \$cent / kWh + 1,6083 \$cent /kWh = 6,2087 \$cent/ kWh'dir

Yukarıda belirtilen veriler ve varsayımlar çerçevesinde bir değere getirilmiş maliyet yöntemine göre aynı bölgede kurulması planlanan %30 kapasite faktörüne sahip XGES ile üretilen enerjinin birim maliyetleri aşağıda karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.

Tablo 31 %30 Kapasite Faktörüne Sahip XGES ile Üretilen Enerjinin Birim Maliyetleri

MALİYETLER	XGES
İlk Yatırım Maliyeti	29.586.975,00 \$
Faiz ve Eskalasyon Yükü Dahil Yatırım Maliyeti	29.586.975,00 \$
Sabit Yıllık Sermaye Maliyeti	2.538.873,63\$
Yıllık İşletme ve Bakım Maliyeti	887.609,25 \$
Yıllık Enerji Üretimi	55.188.000,00 kWh
Birim Yatırım Maliyeti	4,6004\$cent/kWh
Birim İşletme ve bakım maliyeti	1,6083 \$cent/kWh
Birim Enerji Maliyeti	6,2087 \$cent/kWh

Tablo 32 Uygulamada Elde Edilen Veriler

	XGES	
	40%	30%
Birim Yatırım Maliyeti (\$cent/kWh)	3,4503	4,6004
Birim İşletme ve Bakım Maliyeti (\$cent/kWh)	1,2063	1,6083
Birim Enerji Maliyeti (\$cent/kWh)	4,6566	6,2087

5.5. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAĞI OLARAK GÜNEŞ ENERJİ ÜRETİMİNDE İLK TESİS MALİYETLERİNİN VE ÜRETİM MALİYETERİNİN MUHASEBELEŞTİRİLMESİ

Uygulamamıza konu olan XGES firmasına ilişkin maliyet unsurları USD ve dolar/cent bazında hazırlanmış olup tüm yurtiçi maliyetler TL ‘ye dönüştürülmüştür. Hesaplamalarda işlem tarihli döviz kurunun 1\$= 3,50 TL olduğu kabul edilmiştir.

Uygulamamızda tüm maliyetler kısa vadeli yabancı kaynak kullanımı ile finanse edilmiş olup ödemeler banka aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. Uygulamada KDV işlemleri göz ardı edilmiştir. Uygulamada detayları yukarıda yer alan %30 kapasite faktörüne sahip XGES güneş enerji santrali birim enerji maliyeti olan 6,2087 \$cent dikkate alınmıştır. Yıllık enerji üretimi 55.188.000,00 kWh olduğundan toplam üretim maliyeti 1.199.260.074,60 TL’dir. Bunun 122.000 TL’lik bölümü direkt işçilik gideri olarak tahakkuk ettirilmiş olup kalan üretim maliyetinin banka aracılığıyla ödendiği kabul edilmiştir.

1. /

102 BANKALAR 103.554.413

300 BANKA KREDİLERİ 103.554.413

Kredi kullanımı

2. /

150 İLK MADDE MALZEME 90.791.750

150.01 Türbin Maliyeti

102 BANKALAR 90.791.750

Türbin maliyeti

..... /

3. /

150 İLK MADDE MALZEME 3.489.762,50
150.02 Elektrik İşleri

102 BANKALAR 3.489.762,50
Elektrik işleri

4. /

150 İLK MADDE MALZEME 2.667.000
150.03 Enerji Nakil Hattı

102 BANKALAR 2.667.000
Enerji nakil hattı

5. /

263 ARAŞTIRMA VE GELİŞTİRME GİD. 1.750.000

102 BANKALAR 1.750.000

Proje geliştirme

6. /

280 GELECEK YILLARA AİT GİDERLER 1.050.000
280 01 Kira Gideri

102 BANKALAR 1.050.000
Kira Gideri

7. /

264 ÖZEL MALİYETLER 3.805.900

102 BANKALAR 3.805.900
İnşaat İşleri

..... /

İlk yatırım maliyetlerinin bir yıllık tutarları ve birim enerji maliyeti dikkate alınarak hesaplanan üretim maliyetine göre üretim maliyetleri ve satış karlılığı aşağıdaki gibidir.

8. /		
710 DİREKT İLK MADDE MALZEME GİD.	60.923,38	
150 İLK MADDE MALZEME		60.923,38
150.01 Türbin Maliyeti	9.822.000	
150.02 Elektrik İşleri	28.965,28	
150.03 Enerji Nakil Hattı	22.136.10	
9 /		
720 DİREKT İŞÇİLİK GİDERLERİ	122.000	
381 GİDER TAHAKKUKLARI		122.000
10..... /		
180 GELECEK AYLARA AİT GİD.	42.000	
280 GELECEK AYLARA AİT GİD.		42.000
Kira giderinin bir yıllık kısmı		
11..... /		
730 GENEL ÜRETİM GİDERLERİ	1.199.699.310,48	
102 BANKALAR		1.199.138.074,60
257 BİRİKMİŞ AMORTİSMANLAR		519.235,88
180 GELECEK AYLARA AİT GİD.		42.000
180 01 Kira Gideri		
12..... /		
780 FİNANSMAN GİDERLERİ	561.264.918	
381 GİDER TAHAKKUKLARI		561.264.918
Kıst faiz uygulamasına göre dönem faizi		
13..... /		
781 FİNANSMAN GİDERLERİ YANSITMA HS.	561.264.918	
780 FİNANSMAN GİDERLERİ		561.264.918
13..... /		
152 MAMULLER	1.199.882.233,86	
711 DİREKT İLK MAD. MALZ. YANS. HS.		60.923,38
721 DİREKT İŞÇİLİK GİD. YANS. HS.		122.000
731 GENEL ÜRETİM GİD. YANS. HS.		1.199.699.310,48

Maliyet hesaplarının yansıtılması	
..... /	
14..... /	
102 BANKALAR	2.569.001.400
600 YURTIÇİ SATIŞLAR	2.569.001.400
15..... /	
620 SATILAN MAMUL MALİYETİ	1.199.882.233,86
152 MAMULLER	1.199.882.233,86
16... .. /	
711 DİREKT İLK MAD. MALZ. YANS. HS.	60.923,38
721 DİREKT İŞÇİLİK GİD. YANS. HS.	122.000
731 GENEL ÜRETİM GİD. YANS. HS.	1.199.699.310,48
710 DİREKT İLK MADDE MALZ. GİD.	60.923,38
720 DİREKT İŞÇİLİK GİDERLERİ	122.000
730 GENEL ÜRETİM GİDERLERİ	1.199.699.310,48
Yansıtma hesaplarının kapatılması	
..... /	

Elde edilen bulgular çerçevesinde yatırımcının aynı özelliklere sahip bir sahada güneş enerji santrali yapma kararında birim enerji maliyetleri belirleyici bir rol oynayacaktır. Ancak yatırımcının kararını etkileyebilecek diğer faktörler de ön plana çıkacaktır. Bu faktörlerin başında çevresel unsurlar gelir. Her ne kadar yenilenebilir ve alternatiflerine göre pekçok avantajı olan bir enerji kaynağı da olsa; ülkemizde özellikle santralin yapılacağı bölgelerdeki yerli halk hidroelektrik santrallerinin yapımına çok sıcak bakmamaktadır. Bu da yatırım sürecinde özellikle ÇED ve kamulaştırma sürecini uzatmaktadır. Buna karşın güneş enerji santrallerinin yapıldığı sahalarda türbinler, santral binası ve şalt sahası dışındaki arazi kullanılabilir olduğundan (hatta 2 güneş türbini arasındaki arazide tarım bile yapılabilir) yatırımcı güneş enerji santralinden yana karar verebilir. Diğer bir faktör yatırım süresidir. Bir hidroelektrik enerji santralinin yapımı örneğin güneş enerji santralinden daha uzun sürmektedir. Hidroelektrik santralinden yapımında inşaat süreci, güneş enerji santrali inşaat sürecinden daha uzundur. Hatta 30 MW kurulu gücündeki bir güneş enerji santralinden

yapımı özellikle yaz aylarına denk geldiğinde sadece 3-4 aylık bir süreyi alabilir. Buna karşın aynı kurulu güçteki hidroelektrik santralinin inşaatı 2 yıl içinde bitebilmektedir. Ancak hem güneş enerji santralinde hem de hidroelektrik santralinde türbinler genelde yurtdışından temin edildiğinden tedarikleri uzun zaman alabilmektedir. Bir diğer faktör ise kredi finansmanının kolaylık derecesidir. Yerli veya yabancı pekçok finansman kurumu yenilenebilir enerji kaynaklarının finansmanına sıcak bakmakla birlikte özellikle çevresel tenkit unsuru olma ihtimaline karşın hidroelektrik santrallerinin finansmanına biraz daha mesafeli olabilmektedirler. Uygulamamıza konu veriler her yıl gelişen teknoloji, yıllar itibariyle ülkenin içinde bulunduğu ekonomik durum, sektörün hem ülkemizde hem de dünyadaki durumu sebebiyle bu maliyetlerin karşılaştırmasının da yıllar itibariyle değişebileceği gözönünde bulundurulmalıdır.

6. SONUÇ

Sanayiden son kullanıcıya kadar hayatımızda önemli bir rolü olan enerjinin, daha ucuz olduğu kadar daha çevreci bir kaynaktan sağlanması giderek önem kazanmıştır. Elektrik enerjisi üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının da devreye girmesiyle, yatırımcıların üretim kaynakları seçme konusunda sahip oldukları seçenek sayısı da artmıştır. Bununla birlikte, küresel iklim değişikliğinden enerji güvenliğine, kamuoyu baskısından uluslararası ilişkilere kadar birçok farklı ögenin karar sürecinde etkili olduğunu söylemek mümkündür.

Günümüzde gittikçe artmakta olan enerji talebi, konvansiyonel enerji kaynaklarının ekosistem üzerindeki olumsuz etkisi ve arz güvenliği; yenilenebilir ve temiz enerji kaynaklarının önemi ve kullanım zorunluluğunu ortaya çıkarmıştır. Bu enerji kaynakları içinde halen en popüler olanları; rüzgar enerjisi, güneş enerjisi, jeotermal enerjisi, HES ve küçük ölçekli hidroelektrik santralleridir (KÖHES). Yenilenebilir enerji kaynaklarının maliyet analizleri yapılarak, sürdürülebilir enerji yatırımlarının yapılması; yenilenebilir enerji kaynakları tabanlı enerji üretim teknolojilerinde de gelişme, büyüme ve maliyet düşmeleri sağlayacaktır.

Türkiye’ de ise özelleştirmeler, lisans ihaleleri ve ortaklıklarla birlikte enerji sektörü oldukça hızlı biçimde büyümektedir. Ülkede enerji tüketimi batı ülkelerine kıyasla düşük olmasına rağmen artan nüfus ve kentleşmeyle birlikte birincil enerji tüketim oranlarının referans senaryoya göre 2020 yılına kadar ortalama %4 artacağı öngörülmektedir. Küresel ısınmanın dünya gündemindeki yerini koruması ve fosil yakıtların azalmasıyla beraber alternatif enerji kaynaklarına olan ilgi de artmaktadır. Yenilenebilir enerji potansiyeli oldukça yüksek olan ülkemizde ise yenilenebilir enerjinin enerji arzındaki düşük payı oldukça dikkat çekicidir. Ancak elektrik piyasasındaki liberalleşme ve yapılacak yasal düzenlemelerle birlikte yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım oranları ile yatırım olanaklarının artacağı düşünülmektedir. Ulusal planlar dahilinde de ülkede artan enerji talebinin sürdürülebilir

biçimde karşılanması noktasında “yenilenebilir enerji kaynaklarından azami ölçüde istifade edilmesi” amaçlanmaktadır.

Gelişmiş ülkeler için gerekli yüksek oranda enerji gerektiren ve çevresel sorunlara sebep olan maddelerin üretiminin büyük bölümü gelişmekte olan ülkelerde gerçekleştirilmektedir. Ülkemizde ise halen enerji yoğun sektörlerle kalkınma çabası devam etmektedir. Ülkemizin ihracatının 1/3’ü enerji ithalatına gitmektedir ve dış ticaret açığının %41’i enerji ihtiyacından kaynaklanmaktadır. Bu kapsamda büyük bir enerji ithalatçısı olan Türkiye’nin enerji arz güvenliği ve dışa bağımlılığının ulusal güvenlik dâhilinde değerlendirilerek gerekli tedbir ve uygulamaların en kısa süre içerisinde gerçekleştirilmesi gereği ortaya çıkmaktadır.

Ülkemizin karasal sahalarındaki senelik güneş enerji potansiyeli yaklaşık 400 milyar kWh dolaylarındadır. Teknik potansiyeli ise 110 milyar kWh olarak belirtilmektedir. Bu bağlamda toplam enerji tüketimi içerisinde yer alan toplam elektrik enerjisi tüketimi ihtiyacı, ülkemizin mevcut rüzgar enerji potansiyeli ile çok rahat bir şekilde karşılanabilmektedir.

Hidrolik potansiyelin ulusal ve yenilenebilir bir kaynak olması, HES'lerin ekonomiye faydaları ve yerli yapım oranının diğer santrallere oranla daha yüksek olması gibi sebepler dikkate alınarak, hidroelektrik potansiyelini değerlendirme oranının önümüzdeki 20 yıl içerisinde asgari %90 düzeyine getirilmesi ülkemizin yararına olacaktır. Ülkemizin başlıca ulusal ve yenilenebilir enerji kaynağı olan hidroelektrik potansiyelinin değerlendirilebilmesi için; yakıt masrafı olmayan, dolayısıyla işletme maliyeti çok düşük olan, yük taleplerine kolaylıkla uyum gösteren ve alternatif enerji kaynaklarına göre çevresel etkileri az olan büyük HES'lerin öncelikle inşa edilerek işletmeye alınmalarının gerekliliği kadar, yapımı daha kısa süren ve enterkonnekte sisteme bağlanma zorunluluğu olmayan küçük HES'lerin de çoğaltılması büyük önem taşımaktadır. Küçük suların değerlendirilmesi, bulundukları yöreye enterkonnekte şebekenin ulaşma zorunluluğunu da ortadan kaldıracığından, iletim şebekelerindeki kayıplarda önemli bir azalma meydana getirecektir. Ülkemizin her köşesine yayılmış olan akarsular üzerinde kurulacak küçük HES'ler, hem enterkonnekte şebekenin yükünü

hafifletecek, hem de iletim ve dağıtım kayıplarını azaltıcı ve ulusal şebekenin stabilizesini artırıcı bir rol oynayacaktır.

Güneş ve hidroelektrik enerji kaynaklarında; diğer tüm enerji kaynaklarında olduğu gibi yatırımcının kararını etkileyen en önemli faktör maliyettir. Bu noktada çalışmamızda; öncelikle tüm yönleriyle yenilenebilir enerji kaynakları ve önemi üzerinde durulmuş, yatırımcının kararını önemli ölçüde etkileyen maliyet faktörü göz önüne alınarak, enerji kaynaklarından elde edilen enerjinin birim maliyetinin hesaplama yöntemi açıklanmıştır. Uygulamamızda görüleceği üzere birim enerji maliyetine etki eden başlıca faktörler; yatırım maliyeti, işletme-bakım giderleri, indirgeme oranı, kapasite faktörü, santrallerin proje ömürleridir.

Uygulamada detayları görüldüğü üzere, devletin hali hazırda elektrik enerjisini 13,3 usdcent'den satın aldığını görmekteyiz. Uygulamamızda %30 Kapasite faktörüne Sahip Örnek Güneş Enerji Santralinde birim enerji maliyetinin 6,2087 usdcent, %40 Kapasite faktörüne Sahip Örnek Güneş Enerji Santralinde ise birim maliyetin 4,6566 usdcent olduğu görülmektedir. Bu verilere yatırımcı için ek maliyet olarak işletme, yatırım, bakım ve onarım maliyetleri eklenmektedir. Projeler uzun süreli yapıldığından dolayı (örneğinizde 25 yıllık) işletme ve yatırım giderleri kısa süre içinde karşılanmakta ve karlılıklarda çok yüksek artış olduğu görülmektedir.

Sonuç olarak; fosil yakıtların bir gün biteceği, göz önüne alınarak ülkemizin öz kaynağı olan yenilenebilir enerji kaynaklarımızdan rüzgar enerjisi ve hidroelektrik enerjiye daha fazla önem verilmelidir. Yatırımcının bu sektöre daha fazla yatırım yapabilmesi için en önemli faktör maliyettir. Yatırımcının kararını etkileyen birim enerji maliyetinin hesaplanmasında pek çok bileşen bulunmaktadır. Bu bileşenlerin en önemlileri; projelerin kapasite faktörleri, finansman teminidir. Bu noktada kapasite faktörü projelerin teknik yapılabilirliği açısından ve üretilecek enerjinin birim maliyetinin düşük olması açısından önemlidir. Diğer önemli bir unsur olan proje finansmanı ise yatırımcının önündeki engellerden biridir. Bu aşamada proje

finansmanın bazı devlet politikaları ile kolaylaştırılması ve var olan teşviklerin artırılması ile enerji sektöründe ülkemizin dışa bağımlılığını azaltılabilir. Esmekte olan rüzgarı ve akmakta olan suyu ve doğmakta olan güneşi enerji olarak değerlendirmek artık bir gerekliliktir. Maliyet konusunda da artık diğer enerji kaynakları ile yarışabilir duruma gelen güneş enerjisi, enerji sektöründe hak ettiği yeri bulmalıdır.



KAYNAKÇA

KİTAPLAR

AKDOĞAN, Nalan. **Tek Düzen Muhasebe Sisteminde Maliyet Muhasebesi Uygulamaları.**2004.

AKDOĞAN, Nalan. ve Orhan Sevilengül. **Tekdüzen Muhasebe Sistemi Uygulaması,.** Gazi Kitabevi. 2007.

ALTUĞ, Osman. **Maliyet Muhasebesi.** İ.İ.T.İ.A Nihad Sayar –Yayın ve Yardım Vakfı Yayınları No: 364/597. İstanbul. 1982.

ALTUĞ, Osman. **Maliyet Muhasebesi.** İstanbul:Türkmen Kitabevi, 2001.

ALTUĞ, Osman. **Maliyet Muhasebesi.** İstanbul: Türkmen Kitabevi. İstanbul. 2006.

AYBERS, Nejat, Bahri Şahin. **Enerji Maliyeti.** İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Matbaası, 1995.

BACKER, Morto, JACOBSEN Lyle E.. Türkçeye Çeviren Sadık Baklacioğlu. **Yönetim Açısından Maliyet Muhasebesi.** Beta Basım Yayım Dağıtım. 2011.

BASMACI,E. **Enerji Darboğazı ve Hidroelektrik Santrallerimiz.** Devlet Su İşleri Vakfı. Ankara. 2004.

BARTON, Berry, Lila K.,BarreraHernandez, Alastair R. Lucas ve AnitaRote. **RegulatingEnergyand Natural Resources.** New York: Oxford UniversityPress, 2006.

BERLİNER, Callie ve James Brimson. **Cost Management for Today's Advanced Manufacturing**. Boston: Harvard Business School. 2012

BOYLE, Godfrey. **Renewable Energy Power For Sustainable Future**. 1996.

BOYLE, Godfrey. **Renewable Energy Power for a Sustainable Future**. Second Edition. Oxford, United Kingdom, 2003.

BURSAL, Nasuhi, ERCAN, Yücel. **Maliyet Muhasebesi**. İstanbul: DER Yayınları. 1992.

BÜYÜKMİRZA, Kamil. **Maliyet ve Yönetim Muhasebesi**. Ankara: İTİA Yayınları, 1995.

CAN, Ahmet Vecdi. **Maliyet Muhasebesi (Ders Notları)**. Sakarya Kitabevi. 2003.

CASSEDY, Edward S. **Prospects for Sustainable Energy: A Critical Assessment**. Syndicate of the University of Cambridge. 2001.

ÇETİNER, Ertuğrul. **Yönetim Muhasebesi**. Ankara: Gazi Kitabevi. 1. Baskı. 2008.

DURAK, Murat ve Serra Özer. **Rüzgar Enerjisi: Teori ve Uygulama**. 2008.

ERICH, Hau. **Wind Turbines Fundamentals, Technologies Application, Economics**. Almanya: Springer Berlin Heidelberg Inc. 2006.

ENERGY Market Regulatory Authority. **Turkish Energy Market: An Investor's Guide**. Ankara, 2011.

FANCHİ, John R. **Energy in the 21st Century**. Hackensack, N.J. : World Scientific, 2005.

Fay, James A. Ve Golomb, Dan S. **Energy and The Enviroment**, New York:Oxford University Press, 2002.

GİPE, Paul. **WindPower: RenewableEnergyFor Home, Farm and Business**. ChelseaGreenPub. Co., 2004.

HACİRÜSTEMOĞLU, Rüstem ve Münir Şakrak. **Maliyet Muhasebesinde Güncel Yaklaşımlar**. İstanbul: Türkmen Kitabevi. 2002.

KARADELİ, Selçuk. **Rüzgar Enerjisi**. Ankara: Temiz Enerji Vakfı, 2001.

Karakaya, Mevlüt. **Maliyet Muhasebesi**. Ankara: Gazi Kitabevi, 2007.

KARAKOÇ Hikmet, KARAKOÇ Nimet, ERBAY Berrin, ARAS Haydar, **Enerji Analizi**, 1.Baskı, Eskişehir:Anadolu Üniversitesi Yayınları, 2012.

KARTAL, Ali, Adnan Sevim ve H.Erdin Gündüz. **Maliyet Muhasebesi**. T.C. Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi Yayını No:808.2004.

KIZIL, Ahmet. **Genel Muhasebe Dönem İçi ve Dönem Sonu İşlemleri**. Der Yayınları. 1998.

KOCAMAN, Behçet. **Elektrik Enerjisi Üretim Santralleri**. Birsan Yayınevi,2003.

KREITH, Frank, GOSWAMI, D.Yogi. Handbook of Energy Efficiency and Renewable Energy, CRC Press. 2007.

KRUGER, Paul. **AlternativeEnergyResources: TheQuestForSustainableEnergy**. New Jersey: John Wiley&Sons, 2006.

MANWELL, J.F., J.G. McGowan ve A.L. Rogers. **WindEnergyExplainedTheory, Design and Application**. England: John Wiles&Sons, 2003

ÖZKAN, Mehmet. **Maliyet Sistemleri.** İstanbul:Marmara Üniversitesi Yayın No:563, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Yayın No:399.2006.

Raabe, Joachim. **Hydro Power-The Design, use and function of Hydromechanical, Hydraulic and Electrical Equipment,** Düsseldorf, 1985.

RAVN, Jarle. **Hydropower Development Planning and Implementation of Hydropower Projects,** Norwegian Institute of Technology Division of Hydraulic Engineering, 1992.

SATHYAJITH, Mathew. **Wind Energy: Fundamentals, Resources Analysis, And Economics.** Berlin; New York : Springer, 2006.

SPERA, David. **Wind Turbine Technology Fundamental Concepts Of Wind Turbine Engineering.** New York, 1998.

Smith, Zachary A. ve Taylor, Katrina D **Renewable and Alternative Energy Resources,** California:Santa Barbara,2008.

Simkins, Betty ve Simkins, Russel. **Energy Finance and Economics Analysis and Valuation, Risk Management and the Future of Energy.** John Wiley&Sons. 2013.

ŞEN, Zekai. **Temiz Enerji ve Kaynakları.** İstanbul: Su Vakfı Yayınları, 2002.

T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, **Türkiye Çevre Atlası,** Ankara,2004.

TESTER, Jefferson W ve Diğerleri. **Sustainable energy Choosing Among Options.** The MIT Press. Cambridge,.Londra. 2005.

TIWARI, Gopal Nath ve Mishra, Rejeev Kumar. **Advanced Renewable Energy Sources.** Royal Society of Chemistry,2011.

TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası, Yeksem 2009, **Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu Bildiriler Kitabı**, Ankara:Emo Yayınları, 2009.

TWIDELL, John ve GaetanoGaudiosi. **OffshoreWindPower**. Brentwood: Multi SciencePub. Co., 2009.

TWIDELL, John & Tony Weir, Renewable Energy Resources, Taylor & Francis Group, Second edition published 2006.

UĞURLU, Örgen. **Çevresel Güvenlik ve Türkiye’de Enerji Politikaları**. İstanbul: Örgün Yayınevi, 2009.

YARMAN, Tolga. **Enerji Kaynakları**. İstanbul: Okan Üniversitesi Yayınları, 2009.

YEREBAKAN, Metin. **Rüzgar Enerjisi**. İstanbul: İstanbul Ticaret Odası Yayınları, 2001.

WAGNER ,Hermann Josef ve MATHUR Jyotirmay. **Green Energy and Technology-Introduction to Hydro Energy Systems**. Springer. 2011.

WILLRICH, Mason v.d., **Energy and the World Politics**, New York: The Free Press, 1975.

WIEPRECHT, Silke. **Design of Hydraulic Sturctures Hydro Power Schemes**, Universitat Stuttgart Institut für Wasserbau, 2004.

SÜRELİ YAYINLAR

ACAR Esin ve DOĞAN Ahmet, “Potansiyeli ve Çevresel Etkilerinin Değerlendirilmesi”, VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, Aralık 2008, İstanbul, 675-682.

ATIŞ İlkün, AY Hakan ve ÇAYLIDEMİRCİ Mehmet, “Yenilenebilir Enerji kaynakları ve Birim Maliyet Analizi”, Kalkınma Dergisi, Sayı:58, Ekim-Aralık 2010, 72-85

ALBOSTAN Ayhan, ÇEKİÇ Yalçın ve EREN Levent “Rüzgar Enerjisinin Türkiye’nin Enerji Arz Güvenliğine Etkisi”, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt.24, No.4,2009. 122-137

BAŞKAYA Şağdan, “Hidroelektrik Santralleri (Hes) Ve Rüzgar Enerjisi Santralleri (Res)’nde Çevresel Etki Değerlendirmesi (Çed)”, III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi Cilt: II, 20-22 Mayıs 2010, Sayfa: 668-676.

BAYRAÇ H.Naci, “ Küresel Rüzgar Enerjisi Politikaları ve Uygulamaları”, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Cilt: XXX, Sayı: 1, 2011, s 37-57.

BOZKURT İbrahim ve KARATAŞ Muharrem, “Türkiye’deki Yenilenebilir Enerji Sektörünün Muhasebe Sorunları”, Mali Çözüm Dergisi, Eylül-Ekim 2011, 85-116.

ÇAĞLAR Ümit, Cansel Cengiz, Esra Çakan, Mehmet Turan Onan, Şeyma Kocaoğlu, “Türkiye’nin Atıl Enerji Kaynağı: Rüzgar Enerjisi”, 2.Ulusal İktisat Kongresi, 20–22 Şubat 2008, DEÜ İBF İktisat Bölümü, İzmir, s.1-16.

ÇETİN Ali Cüneyt 2009, Rüzgar Enerjisi Yatırımları ve Isparta İlinde Rüzgar Enerji Santrali Kuruluş Yeri Seçimi, Uluslararası Davraz Kongresi, 24-27, Eylül 2009, Isparta, 368-389.

ÇETİN Numan S., Rüzgar Elektrik Santrallerinde Yeni Açılımlar ve Türkiye Analizi, Yeni Enerji, Mart - Nisan 2011, Sayı: 21,s.1-18.

DAĞDAŞ Ahmet., “Jeotermal Güç Santrallerinde Enerji Maliyeti”Sigma- Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi,,Yıldız Teknik Üniversitesi, 2005/2, 130 – 145.

Erdem Hasan Hüseyin, Süleyman Hakan Sevilgen, Ali Volkan Akkaya, Burhanettin Çetin, “gaz türbinlerinin kısmi yüklerdeki birim elektrik üretim maliyetinin Analizi” Sigma-Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, Yıldız Teknik Üniversitesi, 2005/1, 09.03.2005, s 126.

ENİS, Ahmet.“Enerji Politikaları; Yerli, Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları”. **TMMOB Türkiye 5.Enerji Sempozyumu (21-23.12.2005, Ankara) Bildiriler Kitabı**. Ankara: TMMOB Yayınları, 2005 62-71.

ERDAL Leman, “Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Yatırımları ve istihdam Yaratma Potansiyeli”, **Sosyal ve Beşeri Bilimler Dergisi**, Cilt:4, no:1, 2012, 171-181.

ERDEM Burhan, Rüzgar Enerji Santrallerinin Türkiye’nin Enerji Çeşitliliğindeki Yeri, **Fina Enerji Slayt**, İstanbul, Kasım 2013, 1-19.

ERDOĞAN Hüseyin, GÜMÜŞ Bilal, EFE Serhat Berat, KUTLU Cem, BAYINDIR Hasan, BENTEŞEN YAKUT Yurdagül, ÇIRA Ferhat ve ASLAN Ramazan, Yoğunlaştırıcı Güneş Enerji Santralleri ve Ilısu HES’e Alternatif Olarak Güneydoğu Anadolu Bölgesine Uygulanabilirliği, **V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu**, Diyarbakır, 2009, 11-22.

ERGİN, Hüseyin. “Maden İşletmelerindeki Üretim Öncesi Maliyetlerin Finansal Raporlar Açısından İncelenmesi”, **İ.Ü.İ.F. Muhasebe Enstitüsü Dergisi**, Yıl 12, Sayı 45-46, s. 21.

EVENSON William E., The Potential for a Hydrogen Energy Economy, Annex A R & D Of Energy Technologies, p.p.207, <http://www.iupap.org/wg/energy/annex-1d.pdf>. s.34

GÖKÇÖL Cihan, DURSUN Bahtiyar, SUNAN Erkan., Rüzgar Enerjisi İle Gebze’de Bir Evin Elektrik İhtiyacının Karşılanması, **ELECO 2008 Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu**, Bursa, 26-30 Kasım 2008. 60-81

GÖKDEMİR Murat, KÖMÜRCÜ Murat İhsan ve EVCİMEN Taylan Ulaş, “Türkiye’de Hidroelektrik Enerji ve HES Uygulamalarına Genel Bakış”, TMH-471-2012/1, 18-26.

International Renewable Energy Agency, “Renewable Energy Technologies: Cost Analysis Series –Wind Power”. 2012. s.81

International Renewable Energy Agency, “Renewable Energy Technologies: Cost Analysis Series –Hydro Power”. 2012. s.120

KAYA Tekiner, “Türkiye’de Su Gücü ve Küçük Hidroelektrik Santraller” NEÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 1 (2011) 207-238.

KENİSARİN Murat, M. KARSLI Vedat ve ÇAĞLAR Mehmet, “WindPowerEngineering in the World AndPerspectives of its Development in Turkey”, RenewableandSustainableEnergyReviews, 2006, s.342.

KOCABAŞ Mehmet, BAŞÇINAR Nadir, KUTLUYER Filiz, AKSU Önder, “HES’ler ve Balıklar”, **Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi** 6 (1): 2013,128-131.

KOÇ, Talat. “Ayvalık’ta Rüzgar Enerjisi Potansiyeli”. **Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi**. Cilt:1, Sayı:2, 2011, 25-36

KÖSE Faruk, Muammer ÖZGÖREN 2005,“ Rüzgar Enerjisi Potansiyeli Ölçümü Ve Rüzgar Türbini seçimi”, Mühendis ve Makine Dergisi, Cilt: 46 Sayı: 551, s.20-30.

KURDOĞLU Oğuz ve Mehmet Özalp, “Nehir Tipi Hidroelektrik Santral Yatırımlarının Yasal Süreç, Çevresel Etkiler, Doğal Koruma ve Ekoturizmin Geleceği Kapsamında Değerlendirilmesi”, **III. Uluslararası Karadeniz Ormancılık Kongresi**, Cilt:2, 2010. 49-62

MALKOÇ Yüksel, “ Rüzgar Enerjisi Kaynaklarımız”, **IV. Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu**, 23-24 Kasım 2007 Kayseri, 130 - 143

NURBAY Nida, “Rüzgar Enerjisinin Finansal ve Toplumsal Maliyeti”, GAP V. Mühendislik Kongresi Bildiriler Kitabı, 26-28 Nisan 2006, Şanlıurfa, 28-41

ONAT Cem ve CANBAZOĞLU Suat, “Rüzgar Türbinlerinin Ekonomisi Üzerine Bir Araştırma” Makine Mühendisleri Odası, Cilt:43, 2001,s. 504.

ONBAŞIOĞLU, Seyhan. “Neden Yenilenebilir Enerji ?”. **Termodinamik Dergisi**. Sayı:128, Ekim 2005, s. 59.

SAV Mücahit, “ Hidrolik Türbinlerin Verim Artışlarındaki Fayda&maliyet analizi”, Enerji Piyasa ve Düzenleme Dergisi, Sayı: 1/2, 2012, s.1-12.

SEVİLGİN Gökhan ve KILIÇ Muhsin, “Yenilenebilir Enerji Kaynakları Ve Sürdürülebilirlik Endeksi”, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 18, Sayı 1, 2013, 69-80.

THE EUROPEAN WIND ENERGY ASSOCIATION. **The Economics of Wind Energy**. Brüksel, 2009, s.71

THE EUROPEAN WIND ENERGY ASSOCIATION. **EU Energy Policy to 2050**, 2011

ÜLTANIR, M.Özcan. “Yerel Değirmenlerden Günümüze Rüzgar Enerjisi”. **Bilim Teknik Dergisi**. 1996, s.78-87

YAĞLI İbrahim Mete, “Yenilebilir Enerji Kaynağı Olarak Rüzgar Enerjisi”, **Uluslararası Ekonomik Sorunlar Dergisi**, Sayı: 34, 2009, 29-33

YALÇIN H.Hulki, “Hidroelektrik Santrallere (HES) Ekonomik, Çevre, Mühendislik ve Fiziki Hasar Perspektifinden Bakış”, **Reasürör Dergisi**, Ocak 2012, Sayı:83, s.8

YILDIZ Dursun, Hidroelektrik Enerji Politikaları ve HES Projeleri, **Elektrik Mühendisliği Dergisi**, Sayı:442, Mayıs 2011, 25-29.

İNTERNET KAYNAKLARI

AKTACIR M.Azmi, Enerji Verimliliği ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Harran Ün. Güneş Enerjisi Araştırma ve Uygulama Merkezi, GAP YENEV. <http://eng.harran.edu.tr/~aktacir/not.pdf>. (07 Ağustos 2017).

ALTUNTAŞOĞLU Zerrin Taç, “Yenilenebilir Enerji Avrupa Birliği ve Türkiye Müktesebatı”, http://www.emo.org.tr/ekler/6edc1cd1f36e45d_ek.pdf, s.249-250 (21 Ocak 2017).

Barajlarda Enerji Hesabı, <http://w3.gazi.edu.tr/~enyilmaz/barajlardaenerjihesabi.pdf>, (31 Ocak 2017).

Burak İndir ve Emre Kara, Hidroelektrik Santraller, makina.karaelmas.edu.tr/akademik.../2ogr7grp.ppt (31 Ocak 2017).

ÇAKAR Mehmet Caner, FİLİK Ümmühan Başaran, KURBAN Mehmet, “Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Ulaşım Sistemlerinde Kullanım Uygulaması”, http://www.emo.org.tr/ekler/c85deffa0b8b7a7_ek.pdf, (22 Şubat 2017).

Çevre Ve Temiz Enerji: Hidroelektrik Enerji, www.mgm.gov.tr/files/imgtemp/hes-raporu-2402.pdf, s.25 (24 Ocak 2017).

Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, <http://www.dsi.gov.tr/dsi-resmi-istatistikler> (21 Aralık 2016).

DURAK Murat, “Yenilenebilir Enerji Santralleri için Finansman Modelleri: Proje ve Sendikasyon Kredisi” <http://www.yesilekonomi.com/files/Yenilenebilir-Enerji-Santralleri-Icin-Finansman-Modelleri-Proje-ve-Sendikasyon-Kredisi.pdf> (03 Ocak 2017).

Elektrik Enerjisinde Maliyet İncelemesi, www.emo.org.tr/ekler/df3320b413d8eb7_ek.pdf, (20 Mart 2017).

Enerji kavramı, <http://enerji.nedir.com/#ixzz2iL9BAfkI>, (21 Nisan 2017).

Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, <http://www.epdk.gov.tr/index.php/elektrik-piyasasi/lisans?id=820>, (11 Mart 2017).

<http://www.eie.gov.tr/eie-web/turkce/YEK/gunes/tgunes.html> (29 Mayıs 2017).

FRANKFURT SCHOOL-UNEP CENTRE/BNEF (2017). Global Trends in Renewable Energy Investment 2013, <http://www.fs-unep-centre.org>,

GENÇOĞLU, Muhsin Tunay “ Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Türkiye Açısından Önemi”,[http://www.researchgate.net/publication/237662607Yenilenebilir Enerji Kaynaklarinin Türkiye Acisindan nemi](http://www.researchgate.net/publication/237662607Yenilenebilir_Enerji_Kaynaklarinin_Turkiye_Acisindan_nemi), (27 Şubat 2017).

GÜLER, Önder. “Dünya ve Türkiye’de Rüzgar Enerjisi”, http://www.emo.org.tr/ekler/58072be2820e868_ek.pdf (14 Mart 2017).

Hydrogen, http://www.eia.gov/kids/energy.cfm?page=hydrogen_home-basics, (24 Şubat 2017).

INTELLIGENT ENERGY EUROPE, Energy Bits, What are Renewable Energy Sources?, <http://www.ebitsvideo.com/wp-content/uploads/2012/10/Renewable-Energy-Sources.pdf>, (06 Haziran 2017).

Jeotermal Kaynaklardan elektrik Üretimi, <http://www.limitsizenerji.com/haberler/makaleler/525-jeotermal-kaynaklardan-elektrik-uretimi>, (10 Ocak 2017).

Jeotermal Enerji, <http://www.altenergy.org/renewables/geothermal.html>, (25 Şubat 2017).

21 Temmuz 2011 Resmi Gazete Sayı: 28001, 10.05.2005 Tarih ve 5346 Sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretim Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun. (23 Aralık 2016).

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2010, <http://www.enerji.gov.tr/index.php?dil=tr&sf=webpages&b=gunes&bn=233&hn=&nm=384&id=40695> (19 Şubat 2017).

KINCAY Olcay, Zehra Yumurtacı ve Nur Bekiroğlu 2008, “Rüzgar Enerjisi”, www.yildiz.edu.tr/~okincay/dersnotu/RuzgBol2.pdf, (24 Ocak 2017).

KINCAY Olcay, Burak Tevfik Doğan ve Uğur Akbulut 2008, “Rüzgar Enerjisi III. Bölüm”, www.yildiz.edu.tr/~okincay/dersnotu/RuzgBol3.pdf, (29 Temmuz 2017).

NORTHEL ENERJİ, Gmka Rüzgar Enerjisi Bilgilendirme Toplantıları, Çanakkale-Balıkesir,2010, www.gmka.org.tr/.../ruzgar_enerjisi.../Northel_Enerji_

PRACTICAL ACTION Teknology Challenging Powerty, Wind Elekcricity Generation, technical brief, http://practicalaction.org/docs/technical_information_service/wind_electricity_generation.pdf, (25 Şubat 2017).

Türkiye Jeolojisinin Sunduğu Zenginlik: Jeotermal Kaynaklarımız, www.jmo.org.tr, (30 Aralık 2016).

TEİAŞ, <http://www.teias.gov.tr/YukTevziRaporlari.aspx> (23 Mayıs 2017).

TEİAŞ, [http://www.teias.gov.tr/T%C3%BCrkiyeElektrik%C4%B0statistikleri/istatistikler/tarihce\(turk\).htm](http://www.teias.gov.tr/T%C3%BCrkiyeElektrik%C4%B0statistikleri/istatistikler/tarihce(turk).htm), (11 Mart 2017).

TEKNO TASARIM A.Ş., Hidroelektrik Enerji ve Türbinler, www.download.teknotasarim.com, (14 Ağustos 2017).

<http://www.termodinamik.info/?pid=28890> (21 Nisan 2017)

Rüzgar Santrali Geliştirme Projelerinde Yeni Teknolojiler: Maksimum Üretim ve Minimum Bakım Maliyeti. www.inores.com/inores/.../20120105_2996789813.p.(30 Ocak 2017).

DİĞER KAYNAKLAR

ABLABEKOVA, Altyn, “İktisadi Etkinlik Açısından Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Fosil Yakıtlar ile Karşılaştırılması”, **Yüksek Lisans Tezi**. İstanbul Üniversitesi SBE, 2008.

AĞÇAY Murat 2007, “Türkiye’nin Elektrik Enerjisi Arz Talep Dengesinin Tespiti, Üretim Projeksiyonuna Yönelik Rüzgar Elektrik Santrali Tasarımı RES’in Kurulum Maliyetlerinin ve Üretim Parametrelerinin Analizinin Matlab&Simulink İle Yazılan Programda Yapılması”, Bitirme Tezi-EMO Proje Yarışması.

AKKAYA, Sibel. “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Türkiye Açısından Önemi ve Bir Rüzgar Enerjisi Uygulaması”, **Yüksek Lisans Tezi**. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2007.

AKKAYA Sibel ve GENÇER Çetin, “Türkiye’de Rüzgar Enerjisi Projelerinin Son Durumu”, 3e Electrotech: Enerji, Elektrik, Elektroteknik Teknolojileri Dergisi,2007.

AKYAZI, Pınar Ertör. The Analysis of Citizen’s Preferences For Energy Investment Alternatives in Turkey: Nuclear Versus Renewable Energy” **Yüksek Lisans Tezi.** Boğaziçi Üniversitesi SBE, 2010.

A MARYLAND CONSUMER’S GUIDE, What Do Wind Systems Cost? (rüzgar sistemlerinin maliyeti nedir?), US Department of Energy, Small Wind Electric Systems, , s.7.

APAYDIN Meltem, ÜSTÜN Arif Kıvanç, KURBAN Mehmet ve FİLİK BAŞARAN Ümmühan, “ Rüzgar Enerjisinde Kullanılan Jeneratörlerin Karşılaştırmalı Analizi”, V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, Diyarbakır, 2009, s.103-107.

ATAMAN, A.Rüya, “Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları”, **Yüksek Lisans Tezi.** Ankara Üniversitesi SBE, 2007.

ARICI Ebru, Rüzgar ve Güneş Enerji Santrali Proje Geliştirme ve Lisanslama Sürecine İlişkin Değerlendirme, Arı-es enerji, 2013.

BAYRAM A., Yenilenebilir Bir Enerji Kaynağı Olarak Pirina: Üretimi, Özellikleri, Değerlendirilmesi. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, 106-112, İzmir, 2001.

BORAN Şebnem ve Övgü Pınar, Sürdürülebilir Kalkınma Hedefinde İki Sektör: Yenilenebilir Enerji Ve Organik Tarım. İzmir Ticaret Odası, Ar&Ge Bülten, 2013.

BOWER Ward, Sigifredo Gonzalez, Abbas Akhil, Scott Kuszmaul, Lisa Sena-Henderson, Carolyn David, Robert Reedy, Kristopher Davis, David Click, Houtan Moaveni, Leo Casey, Mark Prestero, Jim Perkinson, Stanley Katz, Michael Ropp, Alan

Schaffer, Solar Energy Grid Integration Systems: Final Report of the Florida Solar Energy Center Team, SANDIA REPORT, March 2012.

CANSIN Yusuf ve SOHTAOĞLU Nazif Hülagü, “OECD/IEA Ülkelerinin Ar-ge Harcamalarındaki Eğilimler Kapsamında Yenilenebilir Enerji Teknolojilerindeki Gelişmelerin İncelenmesi”, **V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu**, Diyarbakır, 2009, 29-36.

COHEN Bernard L., “Breeder reactors: A renewable energy source”, Am. J. Phys. 51(1), Jan. 1983.

DAN Ton, Georgianne H. Peek, Charles Hanley, John Boyes ,Solar Energy Grid Integration Systems Energy Storage (SEGIS-ES), U.S. Department of Energy, May 2008, s.1-21.

DEK-TMK Çalışma Grupları Raporları, Cilt:1,2007.

DEMİRCİ, Ebru. “Enerji Vadeli İşlemleri ve Türkiye’de Elektrik Piyasasına İlişkin Bir Uygulama”, **Doktora Tezi**. İstanbul Üniversitesi SBE, 2010.

DEMİRTAŞ Sibel, “Avrupa Birliği ve Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Bunlardan Biyokütlenin Önemi”, Ankara Üniversitesi Avrupa Toplulukları Araştırma ve Uygulama Merkezi, 46.Dönem AB Temel Eğitim Kursu, Ankara, 2010, 1-73.

DOĞU MARMARA KALKINMA AJANSI, **TR42 Doğu Marmara Bölgesi Yenilenebilir Enerji Raporu**, Marka Yayınları Serisi, Temmuz 2011, 1-42.

DELOITTE, Yenilenebilirler İçin Yeni Hayat, Yenilenebilir Enerji Politikaları ve Beklentiler,2011, 1-44.

DÜNYA ENERJİ KONSEYİ TÜRK MİLLİ KOMİTESİ, **Hidrolik Ve Yenilenebilir Enerji Çalışma Grubu Hidrolik Enerji Alt Çalışma Grubu Raporu**, Aralık 2007, Ankara, 1-114.

DÜNYA ENERJİ KONSEYİ TÜRK MİLLİ KOMİTESİ. **Enerji Raporu 2010**. Ankara, 2010.

DÜNYA ENERJİ KONSEYİ TÜRK MİLLİ KOMİTESİ, Türkiye Enerji Verileri 2012.

GWEC, Global Wind Energy Council, “Global Wind Statistics 2013”.2014.

EWEA. The European Wind Energy Asssocation, “EU Energy Policy to 2050, Achieving 80-95% emissions reductions”. March 2011. A report by the European Wind Energy Association.

EWEA. The European Wind Energy Asssocation, “The Economics of Wind Enegy”,2009, A Report By The European Wind Energy Association,

ENERJİ PİYASASI DÜZENLEME KURUMU, Betül Oğuz IRKIÇATAL, Yenilenebilir Enerji Kaynakları, 2010.

ENERJİ PİYASASI DÜZENLEME KURUMU. **Stratejik Plan 2011-2012-2013-2014-2015**. Ankara, 2011.

ENERJİ PİYASASI DÜZENLEME KURUMU, 21.11.2013 Tarih ve 4709-7 Sayılı Kurul Kararı

ENERJİ PİYASASI DÜZENLEME KURUMU, Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği.

ERDUMAN, Ali, KEEZOĞLU, Bedri, DURUSU, Ali ve TANRIÖVEN, Muhteşem (2011),“ Yenilebilir Enerji Kaynaklarından 500KW’a Kadar Lisanssız Enerji Üretimi ve Fizibilite Analizi”, Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Sempozyumu, 122-126.

ERTUĞRUL,Ömer Faruk ve KURT, M. Bahattin, “ Yenilenebilir Enerji Kaynakları Maliyet Analizi ve Sürdürülebilir Yek Uygulamaları”, V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, Diyarbakır, 2009, s. 37-41.

GÖKÇINAR, Recep Enes. “Rüzgar enerjisi Fayda Maliyet Analizi ve Hibrit Sistemler”, **Yüksek Lisans Tezi**. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2008.

GÖKÇINAR, Recep Enes ve UYUMAZ, Ali, “Rüzgar Enerjisi Maliyetleri ve Teşvikleri”, **VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu**, UTES 2008, İstanbul, s. 699-706.

GRİTSEVSKYİ A., Renewable vs. non-renewable energy sources, forms and Technologies, IAEA,p.p.1-8 http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/londongroup/meeting13/LG13_13_a.pdf, (25.02.2014).

GÜLAY, A.Nuri, “Yenilenebilir Enerji Kaynakları Açısından Türkiye’nin Geleceği ve Avrupa Birliği ile Karşılaştırılması”, **Yüksek Lisans Tezi**. Dokuz Eylül Üniversitesi SBE, 2008.

GÜRBÜZ, Özgür. “Elektrik Enerjisi Üretiminde, Rüzgar ile Nükleer Enerji Kaynaklarının Maliyet Yönünden Karşılaştırılması”, **Yüksek Lisans Tezi**. Marmara Üniversitesi SBE, 2010.

İN, Murat. “Enerji İletim Hatlarının Periyodik Kontrol ve Periyodik Bakım İşlemlerinin Hizmet Alımı Yoluyla Karşılanmasının Fizibilitesinin Analiz Edilmesi”, **Yüksek Lisans Tezi**. Süleyman Demirel Üniversitesi İşletme Bölümü, 2008.

GÜNEY EGE KALKINMA AJANSI, **Güney Ege Bölgesi Yenilenebilir Enerji Çalışma Raporu**, Ceren Aksu, 2011, 1-43.

İZMİR İL ÖZEL İDARESİ, İzmir İli Yenilenebilir Enerji Sektör Analizi, Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü, Nisan 2012.

KARADAĞ, H. İbrahim. “Yenilenebilir Enerji Kaynakları Arasında Rüzgar Enerjisinin Önemi ve Rüzgar Türbini Tasarımı”, **Yüksek Lisans Tezi**. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2009.

KICK, Christopher, How is 100% Renewable Energy Possible for Turkey by 2020?, Global Energy Network Institute, July 2011.

KORKMAZ, Ozan, Hidroelektrik Santraller İçin Saatlik Elektrik Üretim Tahmin Modeli, A Plus Energy Yatırım Danışmanlık, Şubat 2010.

KÜLEKÇİ, Özlem Candan, Yenilenebilir Enerji Kaynakları Arasında Jeotermal Enerjinin Yeri ve Türkiye Açısından Önemi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Dışkapı, Ankara, 2010.

LI Kewen, “Comparison of Geothermal with Solar and Wind Power Generation systems”, **Proceedings, Thirty-Eighth Workshop on Geothermal Reservoir Engineering Stanford University**, Standford, February 11-13 2013.

LUND John W., Characteristics, Development And Utilization Of Geothermal Resources, Ghe Bulletin, June 2007,s..1-8.

MESCİGİL, F. Onuralp. “Hidroelektrik Enerji Birim Fayda Analizi”, **Yüksek lisans Tezi**. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2009.

MEYER Michael Kintner-, Chunlian Jin, Patrick Balducci; Marcelo Elizondo, Xinxin Guo, Tony Nguyen, Frank Tuffner, Vilayanur Viswanathan, Energy Storage for Variable Renewable Energy Resource Integration - A Regional Assessment for the Northwest Power Pool, s.1-8.

N.L. Panwar, C. Kaushikb, Surendra Kotharia, “Role of renewable energy sources in environmental protection: A review”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Elsevier 15 (2011) 1513–1524.

OĞUZ, Selami, “ Yenilenebilir Enerji Küçük Hidroelektrik Santralleri”,**VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu**, UTES’2008, İstanbul 17-19 Aralık 2008. s.479-492

ÖZBAY, Ebru ve GENÇOĞLU, Muhsin Tunay, “ Hidroelektrik Santrallerin Modellenmesi”, **V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu**. Diyarbakır, 2009, s. 108-115.

RÜSTEMLİ, Sabir, DİNÇADAM, Ferit ve DEMİRTAŞ, Metin, “ Güneş Pilleri İle Sıcak Su elde Etme ve Sokak Aydınlatması”, **V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu**, Diyarbakır, 2009, 42-49.

SOYLU, A., Türkay, M. “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına Geçiş Sürecinin Planlanmasında Doğrusal En İyileme Tekniğinin Kullanılması”, **3. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu**. İstanbul.2005.

ŞAHİN, Güvenç, Rüzgar Santrallerinin Önündeki Teknik ve Ekonomik Kısıtlar, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2011.

ŞAHİN, Özlem. “Analitik Hiyerarşi Süreci ve Optimum Yenilenebilir Enerji Yatırımı Seçimine Dair Bir Uygulama”. **Yüksek Lisans Tezi**. Gazi Üniversitesi SBE, 2010.

ŞENKAL, Atakan ve Diğerleri. “Türkiye’de Kurulu Olan Büyük Güçlü Rüzgar Santrallerinin Kapasite Faktörlerine Genel Bir Bakış”. Ege Bölgesi Enerji Forumu 12-13 Ekim 2009. Denizli.

THE EUROPEAN WIND ENERGY ASSOCIATION, The Economics of Wind Energy, March 2009.

TURKEY POWER INFORMATION SERVICE, TPIS Değerlendirme Raporu Fiyat neden “0”Çıktı?, 2012.

TURAN, S. Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Konya,2006.

TUTUŞ, Ayla. “Yenilenebilir Enerji Kaynakları”, TMMOB Türkiye V.Enerji Sempozyumu Bildirileri, 2010.

TÜRK MAKİNA MÜHENDİSLERİ ODASI, Türkiye’nin Enerji Görünümü, Oda Raporu, 2. Baskı, Mrk Baskı, Ankara, Nisan 2012.

TÜRK MÜHENDİS VE MİMAR ODALARI BİRLİĞİ, Hidroelektrik Santraller Raporu, Ekim 2011, Ankara, 2011.

TÜRK MÜHENDİS VE MİMAR ODALARI BİRLİĞİ ELEKTRİK MÜHENDİSLERİ ODASI, Enerji Verimliliği Raporu, Ocak 2012, Ankara, 2012.

UĞURLU, Ö. 2006. Türkiye’ de Çevresel Güvenlik Bağlamında Sürdürülebilir Enerji Politikaları, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara.

ULUŞAHİN, Adem. “ Enerji Gereksiniminde Bazı Gerçekler, Jeotermal Enerji ve Yasal Durum”, V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, Diyarbakır, 2009.

UMUT, İlhan, “ Yenilenebilir Enerji Kaynaklarını Elektrik Enerjisine Dönüştürmede Kullanılan Yöntemler ve Örnek Uygulamalar”, **Yüksek Lisans Tezi**. Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2008.

U.S.DEPARTMENT OF ENERGY, A Consumer’s Guide, Energy Efficiency and Renewable Energy, December 2003.

UYAR T.S., Enerji Sorunu Nedir? Alternatif Enerji Çözüm müdür?. NEU-CEE 2001 Electrical, Electronic and Computer Engineering Symposium, 23-26, Lefkoşa TRNC, 2001.

ÜNAL, Erol. “Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Yenilenebilir Enerji Piyasaları”, **Uzmanlık Tezi**, Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK), Ankara, 2006.

ÜSTÜN, Arif Kıvanç, APAYDIN, Meltem, FİLİK BAŞARAN, Ümmühan ve KURBAN, Mehmet, “Kyoto Protokolü Kapsamında Türkiye’nin Yenilenebilir Enerji Politikalarına Genel Bir Bakış”, V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, Diyarbakır, 2009.

WORLDWATCH INSTITUTE. **Renewables 2005 Global Status Report**, Washington, 2005.

YALÇIN, Yavuz. “İstanbul Terkos Bölgesi’nde Kurulması Planlanan Bir Rüzgar Enerjisi Santrali İçin Enerji Üretim Potansiyeli, Kurulum Maliyeti ve Geri Ödeme Süresinin Belirlenmesi”, **Yüksek Lisans Tezi**. İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü, 2010.

YILMAZ, Özden ve KÖSEM, Leyla, “Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları Potansiyeli, Kullanımı ve Dışa Bağımlılığı”, Ege Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İzmir, 2011.