



MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**RÜZGAR VE GÜNEŞ ENERJİSİ İLE BİR POMPANIN
İHTİYACI OLAN ELEKTRİK ENERJİSİNİN SAĞLANMASI**

TAYFUR MURAT CAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Antakya/ HATAY

ŞUBAT-2010

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	III
ABSTRACT.....	IV
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	V
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VIII
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	2
2.1. Enerji Ve Enerji Kaynakları.....	2
2.1.1. Tükenebilen Enerji Kaynakları.....	3
2.1.2. Tükenmeyen Enerji Kaynakları.....	6
2.2. Enerji Kavramının Gelişimi.....	9
2.2.1. Dünyadaki Gelişim.....	9
2.2.1.1. Dünyanın Enerji İhtiyacı.....	9
2.2.1.2. Dünyanın Kaynak Varlığı.....	11
2.2.2. Türkiye'deki Gelişim.....	12
2.2.2.1. Türkiye'nin Enerji İhtiyacı.....	12
2.2.2.2. Türkiye'nin Kaynak Varlığı.....	14
3. METERYAL VE YÖNTEM.....	30
3.1. Materyal.....	30
3.1.1. Güneş Enerjisinden Yararlanmanın Gelişimi.....	31
3.1.2. Türkiye'de Güneş Enerjisi.....	32
3.1.3. Elektrik Üretiminde Güneş Enerjisi.....	35
3.1.4. Fotovoltaikler.....	36
3.1.4.1. Güneş Pillerinin Yapısı.....	36
3.1.4.2. Güneş Pillerinin Kullanımı.....	38
3.1.4.3. Güneş Pillerinin Çalışma İlkeleri.....	38
3.1.4.4. Fotovoltaik Pillerin Matematiksel Modeli.....	39
3.2. Yöntem.....	41
3.2.1. Genel Tanım.....	41
3.2.2. Rüzgar Enerjisinden Yararlanmanın Gelişimi.....	41
3.2.3. Türkiye'de Rüzgar Enerjisi.....	45

3.2.4. Elektrik Üretiminde Rüzgar Enerjisi.....	46
3.2.5. Rüzgar Türbinleri.....	49
3.2.5.1. Rüzgar Türbinlerinin İç Yapısı.....	49
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	52
4.1. Problemin Tanımlanması.....	52
4.2. Problemin Bağımsız Değişkenlerinin Tanımlanması.....	52
4.2.1. Suyun Pompalanacağı Toplam Yükseklik.....	52
4.2.2. Günlük Su İhtiyacı.....	53
4.2.3. Fotovoltaik Pil İhtiyacı.....	53
4.2.4. Türbin İhtiyacı.....	54
4.3. Problemin Çözümü.....	58
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	60
KAYNAKLAR.....	61
TEŞEKKÜR.....	64
ÖZGEÇMİŞ.....	65

ÖZET

Bu çalışmada Hatay'ın İskenderun bölgesi için güneş ve rüzgâr enerjilerini elektrik enerjisine dönüştürebilen bir hibrit sistem tasarlanmıştır. Tasarlanan sistemde, güneş ve rüzgârdan elde edilen enerji akü gruplarında depo edilmekte ve istenildiğinde pompaya aktarılmaktadır. Akülerin dolu olduğu zamanlarda üretilen enerji direkt yüke aktarılmaktadır. Akünün boş sistemin, çalışmadığı anlarda sistem enerjisini jeneratörden sağlanmaktadır.

Tezin birinci kısmında enerjinin genel tanımı incelenmiştir. İkinci kısımda tükenebilirliğine ve tükenemezliğine göre enerjinin genel kavramları üzerinde durulmuştur. Üçüncü kısımda Türkiye'deki ve dünyadaki enerji ihtiyacı açıklanmıştır. Dördüncü kısımda güneş enerjisinin tanımı, gelişimi, fotovoltaik pillerin yapısı, kullanımı, çalışması, matematiksel modeli ve elektrik üretimi belirtilmiştir. Beşinci kısımda rüzgar enerjisinin tanımı, kullanımı, elektrik üretimi rüzgar türbinlerinin üzerinde durulmuştur. Altıncı kısımda problemin tanımı ve formülleri derlenerek gerekli ekipmanlar sunulmuştur. Son kısımda genel bir değerlendirme yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir enerji, rüzgâr türbini, fotovoltaik pil, elektrik üretimi

ABSTRACT

In this study, a hybrid energy system converting solar and wind energies to electrical energy has been designed. In this designed system, the energy obtained from solar and wind is stored in the battery groups, and can be transferred to pump. In case of the batteries are fully charged, the produced energy is transferred to the loads. When batteries are empty and sytem doesn't work system to furnish its energy from generator.

The First chapter provides general definition of energy. Second chapter includes general concepts of energy. The third chapter is about demand of energy in the world and Turkey. The fourth chapter covers definition of solar energy, demand of solar energy, development of solar energy, structure, usage, attempt, arithmetical of fotovoltaik battery and electricity production. The fifth chapter expesses definition, usage of wind energy and electricity production. In the six chapter definition of the problem and its equations obtained and provided integral equipment. An overall evaluation is made in the last chapter.

Key Words :Renewable energy, wind turbine, fotovoltaik battery, electricity production

Page Number : 65

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
I	Panel çıkış akımı
V	Panel çıkış gerilimi
I_{OS}	Panel ters doyum akımı
T	Panel sıcaklığı °C
K	Boltzmann sabiti
Q	Elektronik şarj
KI	ISCR için kısa devre sıcaklık katsayısı $A/^{\circ}C = 0,0017$
λ	W/m^2 'deki solar aydınlanma
ISCR	25°C ve $1000 W/m^2$ 'deki kısa devre akımı
ILG	Işık tarafından üretilen akım
E_{GO}	Silikon için bant genişliği
B =A	İdealleştirme faktörü=1,92
TR	Referans sıcaklık= 301,18°K
I_{OR}	TR referans sıcaklığında panel doyum akımı
R_{SH}	Şönt direnç
R_S	Seri direnç
η	Fotovoltaik pilin verimi
P_m	Pilin maksimum çıkış gücü
Ikd	Kısa devre akımı
Vad	Açık devre gerilimi
P	Güç
ω	Açısal hız
CP	Güç katsayısı
AA	Alternatif Akım
DA	Doğru Akım
EIA	Energy Information and Administration
TEP	Ton Eşdeğer Petrol
EÜAS	Elektrik Üretim A.S.
TEİAS	Türkiye Elektrik iletim Anonim Şirketi
<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>

ETKB	T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
EİE	Elektrik isleri Etüt idaresi
PV	Fotovoltaik Panel
MPPT	Maksimum Güç Takibi İşlemi
PI	Oransal-integral (Proportional-Integral)
PID	Oransal-integral-Türev (Proportional-Integral-Derivative)

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2-1 Tükenebilirliğine göre enerji türleri.....	3
Çizelge 2-2 Yurt içi petrol ve doğalgaz arama ve geliştirme yatırım harcamaları.....	6
Çizelge 3-1Türkiye’de Linyite Dayalı Tesis Edilmiş Termik Santraller.....	16
Çizelge 3-3 Dünya fosil yakıt rezervleri.....	21
Çizelge 3-4 Elektrik Üretimi Sırasında Küresel Isınmaya Yolaçan Karbondioksit İçin Karşılaştırmalı Emisyonlar	22
Çizelge 3-5 Elektrik Üretimi Sırasında Asit Yağmuruna Yol Açan Kükürt Dioksit İçin Karşılaştırmalı Emisyonlar.....	22
Çizelge 3-6 Elektrik Üretimi Sırasında Asit Yağmuruna ve Duman Oluşumuna Yol Açan Azot Oksitler İçin Karşılaştırmalı Emisyonlar.....	23
Çizelge 3-1 Toplam Enerji Tüketimi Başına CO2 Emisyonu.....	23
Çizelge 3-8 Beş Yıllık Kalkınma Planı’na Göre Rüzgar Kapasitesi.....	24
Çizelge 3-9 Kurulacak Rüzgar Santralleri.....	24
Çizelge 3-10 Santral Tipi ve Maliyetlerin Karşılaştırılması.....	25
Çizelge 3-11 Jeotermal sahaların yer, kapasite ve kullanım alanları.....	26
Çizelge 3-12 (EİEİ Genel müdürlüğü istatistikleri).....	28
Çizelge 4-1 Türkiye'nin Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Potansiyeli.....	33
Çizelge 4-2 Türkiye'nin Yıllık Toplam Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgelere Göre Dağılımı.....	34
Çizelge 5-1 Türkiye’de 2005 yılı kurulu rüzgar gücü değerleri.....	46
Çizelge 6-1 İskenderun – Aylara Göre Sistem Girdileri.....	59

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3 1 Küresel enerji ihtiyacı.....	10
Şekil 3 2 Dünya enerji üretim ve tüketim değerleri1	10
Şekil 3 3 Dünya fosil yakıt rezervleri (Haziran, 2005).....	11
Şekil 3 4 Dünya fosil yakıtları rezervlerinin kullanılabilme süreleri.....	12
Şekil 3 5 Türkiye'nin yıllara göre enerji üretim ve tüketimi.....	12
Şekil 4 1 Türkiye'nin Güneş Enerjisi Haritası.....	34
Şekil 4 2 Türkiye'nin aylık ortalama güneş enerjisi potansiyeli ve güneşlenme süresi.....	35
Şekil 4 3 Solar Hücrenin İç Yapısı.....	39
Şekil 4 4Güneş paneli elektriksel eşdeğer devresi.....	39
Şekil 5 1 Türkiye rüzgar atlası.....	46
Şekil 5 2 Rüzgar-elektrik sistemi.....	47
Şekil 5 3 Rüzgar Türbini İç Yapısı.....	49
Şekil 6 1 Havanın Rotor Çevresindeki Akışı.....	54
Şekil 6 2 Cp'nin λ ile değişimi.....	57
Şekil 6 3 Hibrit Sistem Tasarımı.....	58

1. GİRİŞ

Bilim ve teknolojinin akıl almaz bir şekilde geliştiği adına bilgi çağı denilen asrımızın en önemli konularının başında, geçen yüzyılda olduğu gibi, enerji gelmektedir. Enerji stratejik konumunu neredeyse iki yüzyıldır korumakta ve böyle de devam edeceğe benzetilmektedir. Öyle ki ülkeler ve milletler dostluklarını ve düşmanlıklarını neredeyse enerji politikalarına göre belirler olmuşlardır. Aynı zamanda enerji üretimi ve tüketimi miktarı ülkelerin gelişmişliğinin en önemli göstergelerinden biri haline gelmiştir. 20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren sanayileşmiş ülkelerde çevre bilinci oluşmaya başlamış aslında enerji tüketimi kaynaklı çevre kirliliği (fosil yakıtların yanması sonucu kirletici gaz emisyonu) bu ülkelerde etkisini göstermiş ve çevre ise enerji ile birlikte anılmaya başlamıştır.

Enerjiyi kısaca bir cismin veya bir sistemin iş yapabilme yeteneği olarak tarif etmek mümkündür. Başlıca enerji çeşitleri ise; kimyasal enerji, ısı enerjisi, elektrik enerjisi, mekanik enerji olarak sıralanabilir. Bu enerjiler birbirlerine enerji dönüşüm sistemleriyle dönüşebilir ve iş yapabilir. Başlıca enerji kaynakları ise; primer enerji kaynakları, kömür, petrol,gaz, uranyum ve akarsulardır. Bunlardan ilk üçüne soğuk enerji taşıyıcıları, su buharı ve uranyuma da sıcak enerji taşıyıcıları denilmektedir. Bilinen enerji kaynaklarına alternatif enerji kaynakları olarak ta güneş, rüzgar enerjisi, jeotermal enerji, dalga enerjisi vs. söylenebilir.

Bu enerji kaynakları içerisinde en büyük pay ise fosil yakıtlara (kömür, petrol, gaz) aittir. Alternatif enerji kaynakları konusunda yapılan çok ciddi çalışma ve araştırmaları rağmen fosil yakıtların toplam dünya enerji tüketimi içerisindeki oranı halen %85-90 mertebesindedir. Bu yüzyılın sonun kadarda bu oranın %50 mertebelerinde olacağı tahmin edilmektedir [1].

Ülkelerin ekonomik kalkınma düzeylerine göre enerji tüketim miktarları incelendiğinde, gelişmiş ülkelerdeki fert başına enerji tüketiminin, gelişmekte olan ülkelerdeki tüketimin on katından fazla olduğu tespit edilmiştir. ABD’ de bir kişinin tükettiği enerjiyi, 3 Fransız/İtalyan/Japon, 4 İspanyol, 7 Türk, 13 Çinli, 35 Hintli, 38 Pakistanlı tüketmektedir [2].

Günümüzde gelişmiş toplumlarda yaşayan bir insanın kullandığı enerji kaynaklarına baktığımızda, bunların; yaşamını sürdürmek için gıdadan aldığı enerjiyi, yaşadığı evde ve işyerinde kullandığı enerjiler (ısınma, aydınlanma, yemek

yapmak vb. için), taşıtlarda kullanılan enerjiden kişi başına düşen pay, günlük hayatta kullandığı nesnelere üretimi için harcanan enerjiden kişi başına düşen payı olarak sıralanabileceği görülür.

Gelişmiş ülkelerde kişi başına düşen günlük enerji tüketimi 950 milyon joule'dür. Bu tutarın içerisinde yukarıda sıralanan tüm enerji türlerinden kişi başına düşen paylar da ilave edilmiştir.

Bu gün dünyamızda 6 milyar insan yaşamaktadır. Bu sayı artma eğilimini sürdürmektedir. Tükenebilir enerji kaynaklarının yakın sayılabilecek bir sürede büyük oranda tükeneceği varsayıldığı için, yeni enerji kaynaklarına ihtiyaç duyulacaktır [3].

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Enerji Ve Enerji Kaynakları

Enerji, bir cisim ya da sistemin iş yapabilme yeteneği anlamındadır. Doğrudan ölçülemeyen bir değer olup fiziksel bir sistemin durumunu değiştirmek için yapılması gereken iş yoluyla veya enerji türüne göre değişik hesaplamalar yoluyla bulunabilir.

Enerji kaynakları, herhangi bir yolla enerji üretilmesini sağlayan kaynaklardır. Enerji kaynakları, niteliklerinin değiştirilip değiştirilmemesi açısından "birincil" ve "ikincil enerji kaynakları" olarak ikiye ayrılmaktadır. Birincil enerji kaynakları, doğada buldukları biçimde değiştirilmeden kullanılabilen kaynaklardır. Örneğin; taşkömürü, linyit, petrol, doğalgaz, jeotermal enerji, hidrolik enerji, güneş enerjisi, odun, hayvan ve bitki atıkları bu tür enerji kaynaklarıdır. İkincil enerji kaynakları ise, birincil kaynakların çeşitli işlemlerden geçirilmesi ile elde edilen enerji türleridir. Örneğin; elektrik enerjisi, motorin, benzin, fueloil, gazyağı vb. bu tür enerji kaynaklarıdır.

Birleşmiş Milletler ise enerji kaynaklarını, "yenilenebilir" ve "yenilenemez enerji kaynakları" olmak üzere iki ana grupta toplamaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları; güneş, rüzgâr, biokütle, su gücü, dalga gücü, okyanus akıntıları, jeotermal enerjidir.

Yenilenemez enerji kaynakları, maddenin tekrar kullanılmayacağı bir enerji kaynağı olarak tanımlanır. Böylece kömür, petrol, doğalgaz ve uranyum bu grup içinde yer almaktadır [4].

Enerji, değişik kriterlere göre sınıflandırılrsa da, en genel haliyle 7 grupta incelenmektedir. Bu gruplar; mekanik (kinetik ve potansiyel) enerji, ısı (termik) enerji, kimyasal enerji, elektrik enerjisi, ısın enerjisi, nükleer (çekirdek) enerji ve birleşme (fizyon) enerjisidir. Ama eğer bu sınıflandırmada dünyanın var olma süresi referans alınırsa enerji; tükenen enerji ve yenilenebilir enerji olmak üzere iki grupta incelenir.

Çizelge 2-1 Tükenebilirliğine göre enerji türleri

Tükenebilir Enerji	Tükenmez(yenilenebilir) Enerji
Kömür, Linyit, Petrol, Doğalgaz, Nükleer (uranyum) gibi kaynaklardan elde edilen enerjidir.	Su (hidrolik), Güneş, Rüzgar, Jeotermal, Biyomas, Gel-Git Olayı gibi kaynaklardan elde edilen enerjilerdir.
Çevreyi kirletir ve dünyanın var olma sürecinde tükenirler.	Çevre dostudurlar ve dünya var oldukça tükenmezler.

2.1.1. Tükenebilen Enerji Kaynakları

Tükenebilen enerji kaynakları adından da anlaşılacağı üzere, günün birinde kısmen veya tamamen yok olan, biten kaynaklardır. Bu tip enerjiyi sağlayan kaynaklar; petrol, tas kömürü, linyit, doğal gaz, odun ve atomdur (uranyum). Sözü edilen bu farklı kaynakların çıkarıldıkları bölgelere göre miktarları da oldukça farklı değerler almaktadır [2].

Kömür, yanabilen sedimanter organik kayadır. Kömür başlıca karbon, hidrojen ve oksijen gibi elementlerin bileşiminden oluşmuş olup, diğer kaya tabakalarının arasında damar haline uzunca bir süre (milyonlarca yıl) ısı, basınç ve mikrobiyolojik etkilerin sonucunda meydana gelmiştir. Bu tabakalar üzerine çeşitli çökeltilerin birikmesi ve arz'ın hareketleri sonucu derinliklere gömülmüştür [6].

Türkiye'nin en büyük kömür havzası Zonguldak yöresinde yer almaktadır. Ayrıca Antalya-Kemer, Diyarbakır - Hazro yörelerinde de önemsiz iki tas kömürü yatağı bulunmaktadır [7].

Petrol; Petrol sözcüğü, Yunanca-Latince’de tas anlamına gelen “ petra “ ile yağ anlamına gelen “ oleum “ sözcüklerinden oluşmuştur. Petrol deyince yalnız belirli bir yakıtı değil ham petrolü kastediyoruz. Petrol bir takım hidrokarbonların karışımından meydana gelmiş olup, muayyen bir kimyevi bileşimi yoktur. Petrolün yoğunluğu kimyasal bileşimine ve viskozitesine göre değişir. En hafif olarak bilinen bir Rus petrolünün özgül ağırlığı $0,650\text{gr/cm}^3$ ve en ağır olarak bilinen bir Meksika petrolünün ise $1,080\text{ gr/cm}^3$ ‘dür [8].

Dünyanın petrol rezervleri olarak en zengin bölgesi 683,6 milyar varil (1 varil yaklaşık 0,7 tondur) ile Orta Doğu Bölgesidir. Bunu 95,2 milyar varil ile Güney Amerika ve 74,8 milyar varil ile Afrika kıtası takip etmektedir. 2000 yılı verilerine göre, dünyada 3,6 milyar ton ham petrol ve 2,4 trilyon m^3 doğal gaz üretilmiş olup, 7 milyon ton petrol ticaret hacmi gerçekleşmiştir. Yine dünya genelinde doğal gaz sektöründe 0,5 trilyon m^3 LNG olarak ticaret yapılmıştır. Yapılan tahminlere göre dünyanın hafif petrol üretimi 2010 yılına kadar en yüksek noktasına ulaşacak ve ondan sonra azalmaya başlayacaktır. Bu tahmin ağır petrol rezervlerini ve petrollü kumları içermemektedir.

Yurdumuzda petrol aramacılığının yapıldığı 57 yıl süresinde 1050 arama kuyusu ve 1808 üretim, enjeksiyon ve geliştirme kuyusu açılmış ve irili ufaklı 23 doğal gaz sahası ile 102 petrol sahası keşfedilmiştir [9].

Nükleer Enerji; Atom çekirdeklerinin parçalanması sonucunda büyük bir enerji açığa çıkmaktadır. Ağır atom çekirdeklerinin nötronlarla bombardımanı sonucunda bu çekirdeklerin parçalanması sağlanabilir; bu tepkimeye “ fisyon “ adı verilmektedir. Uygun şekilde tasarlanan bir sistemde tepkime sonucu açığa nötronlar da kullanılarak parçalanma tepkimesinin sürekliliği sağlanabilir. Bunun haricinde hafif atom çekirdeklerinin birleşme tepkimeleri de büyük bir enerjinin açığa çıkmasına sebep olmaktadır. Bu birleşme tepkimesine “ füzyon “ adı verilmektedir. Fisyon ve füzyon tepkimeleri ile elde edilen enerjiye “ çekirdek enerji “ veya “ nükleer enerji “ adı verilmektedir [10].

Nükleer enerji beraberinde ucuz maliyetli bir enerjiyi getirir. 130 milyon litre petrol yerine 1kg uranyum aynı enerjiyi üretir. Ancak atıklar için altyapı ve koordinasyon önemlidir. CANDU reaktörlerinden çıkan radyoaktif atık yakıt, 10 yıl kadar santral içinde özel havuzlarda bekletildikten sonra Nükleer Güvenlik Yasası, Çevre Koruma Yasası ve Tehlikeli Maddeleri Ulaştırma Yasaları çerçevesinde 50 yıl

sürecek kuru saklama modüllerine taşınırlar. Bu eylem için müthiş bir sosyal altyapı ve koordinasyon gerekiyor [11].

Türkiye’de atom enerjisi ile ilgili çalışmaları TAEK (Türkiye Atom Enerjisi Kurumu) yürütmektedir. 2004 yılında, Enerji ve Tabii kaynaklar Bakanlığı, Nükleer santral kurulması ile ilgili TAEK’ in görevlendirildiğini açıklamıştır. Bu kapsamda halkı bilgilendirmek amacıyla, TAEK altında “ Nükleer Bilgi Birimi” oluşturulmuştur.

Kasım 2004 tarihinde, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ve TAEK, inşasına 2007 yılında başlanacak ve ilk ünite 2012 yılında devreye girecek şekilde toplam 5000 MW’ lık üç nükleer reaktör yapılacağını açıklamıştır [12].

Doğalgaz; Doğalgaz da petrol gibi karbon bazlı bir fosil yakıttır. Oluşumu petrol ile aynıdır. Büyük oranda Metan (CH₄), daha az oranlarda Etan (C₂H₆), Propan (C₂H₈), Bütan (C₄H₁₀), Azot (N₂), Karbondioksit (CO₂), Hidrojen sülfür (H₂S), Helyum (He) içeren, renksiz, kokusuz, yüksek kalorili bir gaz yakıttır. Yoğunluğu 0,6-0,8 kg/m³ arasındadır. Havaya göre daha hafif bir gaz olduğu için açık havada uçucu özelliğe sahiptir. Ancak kapalı mahallerde hava içindeki gaz oranı % 5-15 arasındaki değere ulaşırsa patlayıcı özelliği vardır.[13]

Doğalgaz ithalinde kaynak çeşitlemesi kapsamında, 1994 yılında Cezayir’den sıvılaştırılmış doğalgaz (LNG, -164°C’ de doğalgaz sıvı haline geçer) alımına başlanmış, bunu 1999 yılında Nijerya ile yapılan alım anlaşması ve spot alımlar izlemiştir. Botaş, LNG olarak deniz yoluyla taşınan gazı Marmara Ereğli’ sinde bulunan ve 685000 m³ / saat enjeksiyon kapasitesine sahip Gazlaştırma Terminalinde işleme sokarak ana iletim hattına enjekte etmektedir.

Doğalgazın talep noktalarına ulaştırılması için yapılmış olan yatırım planları adım adım gerçekleştirilmektedir. Bugün Bulgaristan sınırında ülkemize giren ve 1988 yılından bu yana işletilmekte olan 842 km.’ lik Ana Hattın yanı sıra Doğu Anadolu Doğalgaz Ana iletim Hattı da tamamlanarak 2001 yılının sonunda işletmeye alınmıştır. 2002 yılında Eskişehir – Mihalliçcik (75 km. 40”) ve Bozüyük-Eskişehir (75 km. 40”) doğalgaz loop hatları, Bozüyük-Adapazarı Dağıtım Hattı Faz I (63 km. 36”) ve Bozüyük-Adapazarı Dağıtım Hattı Faz II (63 km. 36”) yapım çalışmaları tamamlanmıştır [14].

Türkiye petroleri A.O.'nın 2005 yılında yurtiçinde 282.612 Bin YTL yatırım harcaması yapılmış olup, yurtiçi yatırımlarımız 2006 yılı için ise 450.000 Bin YTL. Olarak belirlenmiştir. 2005 yılında yapılan yurtiçi yatırım harcamalarının %48' i arama, %31' i üretim, %18' i sondaj, %3' ü ise diğer harcamalara aittir.[15]

Çizelge 2-2 Yurt içi petrol ve doğalgaz arama ve geliştirme yatırım harcamaları

	2003	2004	2005
Arama	47046	92465	137030
Üretim	46431	103100	85939
Sondaj	13287	10443	50177
Diğer	475	3807	9466
Toplam	107239	209815	282612

(BİN TL)

Odun; Ateşin bulunmasıyla birlikte hemen hemen tek ısı enerjisi kaynağı olmuştur. Bugün az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde tüketilen enerjinin büyük kısmı, halen odundan karşılanmaktadır. Gelişmiş ülkelerde ise odunun yakıt olarak, yani enerji kaynağı olarak değil; sanayi girdisi olarak değerlendirilmesi esas alınmıştır. Buna örnek olarak, kağıt üretimi verilebilir [16].

2.1.2. Tükenmeyen Enerji Kaynakları

Yenilenebilir enerji kaynakları, kendisini dünya var oldukça yenileyen, yani tükenmeyen enerji kaynaklarıdır. Gelişen sanayi, nüfus artışı, sınırlı olan doğal kaynakların ziyan edilmeden ve zarar verilmeden kullanımı; insanoğlunun gündeminde artık en üst sıraları işgal eder duruma gelmiştir. Özellikle medeniyetlerin oluşmasını sağlayan su, yiyecek, enerji gibi doğal ve sınırlı kaynakların etkin ve temiz bir şekilde kullanılması çok önemli bir yer tutmaya başlamıştır. 1970'li yıllarda ortaya çıkan petrol krizi, nükleer enerji santrallerine karşı oluşan toplumsal tepkiler ve fosil yakıtlarının kullanımı sonucu ortaya çıkan sera gazları olarak adlandırılan karbondioksit, metan ve azot oksit gibi gazların atmosfere salınımıyla oluşan çevre kirliliği; bilim insanlarını, yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları değerlendirmeye itmiştir.

Bugünkü enerji kullanım biçiminin devam etmesi durumunda, atmosferdeki karbondioksit gazı miktarı, 2030 yılında ikiye katlanarak; atmosfer sıcaklığının 2,5° C deniz seviyesinin ise yaklaşık 18 cm artmasına neden olacaktır. Bu da, yiyecek

sıkıntısının doğması ve kıyılarda yasayan binlerce insanın göç etmesi anlamına gelmektedir. İşte bütün bu sorunlar, çevre dostu yenilenebilir enerjinin önünü açmıştır [17].

Hidrolik enerji; Hidrolik elektrik santrallerden elektrik enerjisi eldesi, barajlarda biriktirilen suyun potansiyel enerjisinden yararlanarak olur. Baraj göllerinde biriktirilen suyun potansiyel enerjisi, su türbinlerden geçirilerek, mekanik enerjiye oradan da elektrik enerjisine dönüştürülür. Hidrolik enerjinin günümüzde dünyadaki en güvenilir enerji kaynağı olduğu düşünülmektedir. Avrupa ve Kuzey Amerika'da değerlendirilebilecek kapasitenin %60'ı kullanılırken, dünyanın geri kalan kısmında bu potansiyelin %10' u kullanılmaktadır. Dünya potansiyelinin hemen hemen 1/5'i değerlendirilmiş bulunmaktadır [18].

Türkiye'de bugüne kadar 125 Hidroelektrik santral işletmeye alındı. Türkiye'de bugüne kadar işletmeye alınan 11643 MW kurulu güçteki hidroelektrik santrallerde yılda ortalama 42,2 milyar KW/sa enerji üretiliyor. İnşa edilen hidroelektrik santrallerin toplam kurulu gücü 9912 MW' dır. İnşa edilen hidroelektrik santrallerde yılda ortalama 35,7 milyar KW/sa enerji üretiliyor [19].

Jeotermal Enerji; Jeotermal enerji ülkemiz için önemli bir yenilenebilir kaynaktır. Türkiye jeotermal potansiyel açısından dünyanın yedinci ülkesidir, muhtemel jeotermal potansiyelin kullanımının getirebileceği ekonomik kazanım 9 milyar \$ / yıl' dır. Yüzey sıcaklığı 40°C'nin üzerinde 140 jeotermal saha mevcuttur. Ancak, bunlardan sadece dört tanesi elektrik üretimine uygundur. Bu sahalardan Denizli-Sarayköy' de 20,4 MW kurulu elektrik gücünde bir santral mevcuttur. Diğer üç sahada da elektrik santralleri kurulmalıdır. Ayrıca, bu sahalarda elektrik üretimine entegre olarak, merkezi ısıtma vb. jeotermal uygulamalar gerçekleştirilmelidir. Geri kalan sahaların ısıtma amaçlı olarak ve düşük sıcaklıkta ısı enerjisi gerektiren uygulamalarda değerlendirilmesi teşvik edilmelidir. Türkiye'nin teorik jeotermal toplam kapasitesi 31500 MW' dir. Bu değer 5 milyon konutun elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayabilmektedir. Ancak, bu muhtemel bir değer olup, hedef olarak bir milyon konutun elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayabilecek çalışmalar yapılabilir. Jeotermal enerjinin çevre dostu karakterde kullanılması için tüm dünyada yasalarla zorunlu hale getirilmiş olan reenjeksiyon (akışkanı yeraltına geri verme) tekniğinin uygulanması, hem rezervuar parametrelerinin korunması hem de jeotermal suyun çevreye zarar vermemesi için şarttır [20].

Güneş enerjisi; Güneş enerjisi güneşin çekirdeğinde yer alan füzyon süreci ile açığa çıkan ısıma enerjisidir, güneşteki hidrojen gazının helyuma dönüşmesi şeklindeki füzyon sürecinden kaynaklanır. Dünya atmosferinin dışında güneş enerjisinin şiddeti, aşağı yukarı sabit ve 1370 W/m^2 değerindedir, ancak yeryüzünde $0-1100 \text{ W/m}^2$ değerleri arasında değişim gösterir. Bu enerjinin dünyaya gelen küçük bir bölümü dahi, insanlığın mevcut enerji tüketiminden kat kat fazladır. Güneş enerjisinden yararlanma konusundaki çalışmalar özellikle 1970'lerden sonra hız kazanmış, güneş enerjisi sistemleri teknolojik olarak ilerleme ve maliyet bakımından düşme göstermiş, çevresel olarak temiz bir enerji kaynağı olarak kendini kabul ettirmiştir [21].

Biyomas; dönüştürülmüş enerji üretmek için kullanılan organik kökenli maddelere, genel bir terimle biyomas ve bunlardan elde edilen enerjiye ise, biyomas enerjisi adı verilmektedir. Terimi oluşturan biyo canlı, mas (mass) ise kütle veya yığın, başka bir ifade ile enerji elde edilecek tesise enerji maddesinin yığılıp depo edilmesi gibi anlamlara gelmektedir. Dolayısıyla da bu gibi organik kökenli atıklardan elde edilen enerjiye, biyomas enerjisi denir. Sözü edilen enerji kaynağı, bugüne kadar ki uygulamalardan anlaşıldığına göre, hayli ekonomik bir kaynaktır. Örneğin, bir ton biyomas maddesinin havasız bir ortamda fermente edilmesi sonucu, 1,2 varil petrol eşdeğeri bir enerjinin elde edilebileceği hesaplanmıştır. Öte yandan biyomas kaynaklarından elde edilen yanıcı gaz karışımının, m^3 'ü basına % 40 ila % 70 oranında metan gazı, % 30 ila % 55 oranında karbondioksit ve diğer oranların ise azot, hidrojen ve hidrojen sülfür gibi maddelerden oluştuğu anlaşılmıştır [22].

Gelgit enerjisi; kaynaklarının ve zamanlamasının yüksek tahmin edilebilirliğine rağmen, uzun yapım aşaması, yüksek yoğunluklu maliyeti ve düşük yükleme faktörleri, yakın bir gelecekte gelgit teknolojilerindeki önemli fiyat düşmesi ihtimalini de geçersiz kılmaktadır. Dalga enerjisindeki son başarılı gelişmeler, iklim değişimi konusundaki odaklanmalar ve İskoçya, Avustralya, Danimarka, USA' da ki teknolojik ilerlemeler sebebiyle enerji temini için yüksek potansiyel, dünyanın mevcut elektrik kaynağının % 10' unu (eğer uygun şekilde faydalanılırsa) karşılayabileceği yolundadır ve potansiyel sinerjileri offshore petrol ve gaz endüstrisi kadar anlamlı olabileceğini gösterir. Buna rağmen teknolojik olarak çözülmemiş çok sayıda önemli nokta vardır. Raporda 3-5 yıl içinde dalga enerjisi birim fiyatının 2-3 pençe / KW h' a düşmesi ihtimali, bu maliyetin dalga enerjisindeki tecrübelerden

değil, kıyıda(onshore) rüzgar enerjisi maliyet tecrübelerine göre yapıldığını göstermiştir. Bununla birlikte, dalga enerji potansiyelinin tam kullanımı bazı durumlarda ertelenmiş gözükmetedir [23].

Rüzgar; Alternatif enerji kaynakları içerisinde hidrojenden sonra en faydalı olabilecek enerji kaynağı rüzgardır. Temiz, bol, yenilenebilir olmasının yanı sıra hemen hemen tüm dünya genelinde faydalanma imkanı olan bir kaynaktır. Rüzgar enerjisi, yerden belli yükseklikteki direklere iyi yerleştirilmiş rüzgar türbinleri tarafından elektrik enerjisine dönüştürülür. Az sayıda büyük enerji üretim merkezleri kurmak yerine, ülke geneline küçük üniteler halinde yayılmış rüzgar türbinleri kurmak çok daha avantajlıdır. Rüzgar, elektrik üretiminin yanı sıra hidrojen üretiminde de söz sahibi olabilir. Rüzgardan elde edilecek elektrikle suyun elektroliz edilmesi sonucunda; su, oksijen ve hidrojen elementlerine ayrılarak çok ucuz bir yolla hidrojen elde edilmiş olacaktır [24].

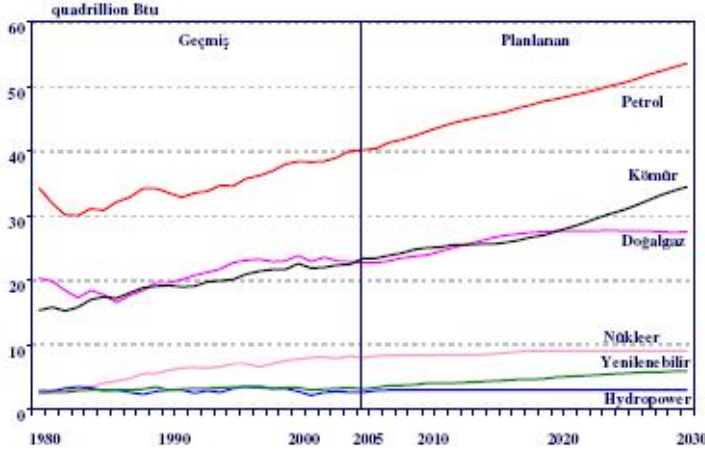
Rüzgar enerjisi, güneş enerjisinin bir türevidir. Bu nedenle güneş enerjisi potansiyeli ile rüzgar enerjisi potansiyeli arasında ilişki bulunmaktadır. Güneş, dünyaya saatte yaklaşık 1,1011 MW h enerji göndermekte, bunun % 1-2' si rüzgar enerjisine dönüşmektedir. Suya göre istikrarlı olan rüzgar, 30 yılda \pm %10 sapma göstermektedir [25].

2.2. Enerji Kavramının Gelişimi

2.2.1. Dünyadaki Gelişim

2.2.1.1. Dünyanın Enerji İhtiyacı

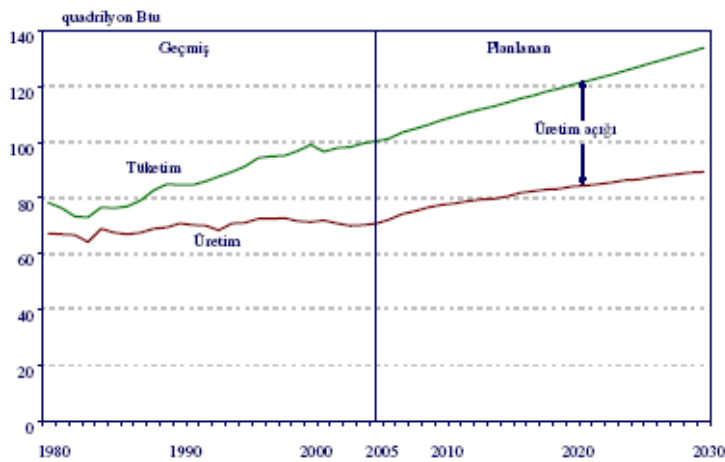
Dünya nüfusunun artması ve teknolojinin gelişimi ile birlikte enerji ihtiyacı sürekli artmaktadır. Dünyanın giderek büyüyen bu yapısı, enerji tüketimini kaldıramaz hale getirmektedir. Bu bağlamda geçtiğimiz yirmi yılda dünyanın enerji ihtiyacı düşünüldüğünden %57 daha fazla artmıştır. Önümüzdeki yirmi yıl içerisinde de durumun bundan farklı olmayacağı ön görümler dahilindedir. Şuan ki tahminler önümüzdeki yirmi yıl içerisinde enerji ihtiyacının %50 artacağı doğrultusunda. Sekil 3.1'de dünyada hızla büyüyen küresel enerji ihtiyacına ilişkin bilgiler verilmiştir. Burada geçmiş otuz yılın tüketim bilgileri ve gelecek yirmi yılın tahmin edilen tüketim değerleri verilmiştir.



Şekil 3-1 Küresel enerji ihtiyacı

Dünya enerji ihtiyacının büyük bir kısmı (yaklaşık %86) fosil yakıtlardan elde edilmektedir. Bu güne kadar enerji ihtiyacımızı kömür, petrol ve doğal gaz gibi fosil yakıtlar ile karşılarken uzmanlar yakın bir gelecekte bu kaynakların tükeneceği konusunda hem fikirlere.

Öte yandan fosil yakıtlar dünyanın her bölgesinde bulunmamakla birlikte yakıtların çıkarıldıkları bölgelerdeki siyasi ve ekonomik sıkıntılar bütün dünyayı etkilemektedir. Ayrıca geleneksel enerji kaynaklarından günümüz teknolojileri ile elektrik üretimi sırasında ciddi çevre kirliliği sorunları meydana gelmektedir. Bu sebeple bütün dünyada yeni ve temiz enerji türlerine olan ilgi ve araştırmalar hızla artmaktadır. EIA (Energy Information and Administration) kurumu tarafından oluşturulan istatistiksel bilgiler doğrultusunda dünyanın toplam enerji üretim ve tüketimine dair eğriler Şekil 3.2’te verilmiştir [26].

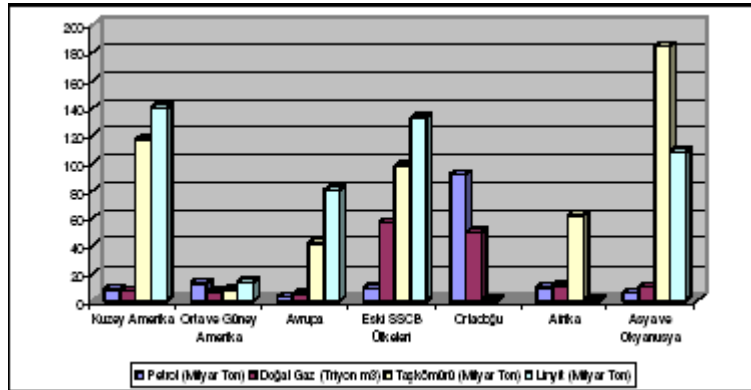


Şekil 3.2. Dünya enerji üretim ve tüketim değerleri

Sonuç olarak ortaya çıkan enerji açığını azaltmak için ya enerji kullanımında kısıtlamalara gidilmeli veya alternatif enerji kaynakları üzerindeki çalışmalar daha da artırılarak ilerletilmelidir.

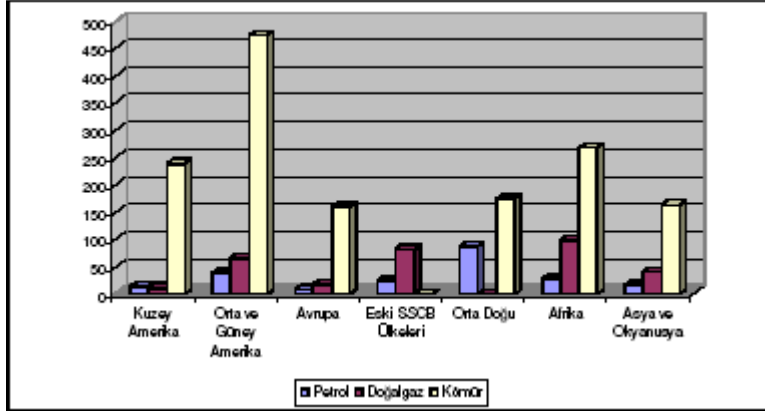
2.2.1.2. Dünyanın Kaynak Varlığı

Enerjinin verimli kullanımı ve ülkelerin gelişimlerdeki payı önemli ölçüde enerji kaynaklarının yeterliliğine bağlıdır. Yirmi birinci yüzyıl ortalarına kadar, Dünya enerji talebinin büyük bir kısmı fosil yakıtlardan karşılayacaktır. Dünya üzerindeki fosil yakıt rezervleri ve 2005 yılı itibariyle petrol, doğal gaz ve kömür rezervlerinin kullanılabilir süreleri sırasıyla Şekil 3.3 ve Şekil 3.4’ de verilmektedir. Grafiklerden de görüldüğü gibi mevcut enerji kaynaklarının kapasitesi, sabit büyüme hızı ile çok uzun sürelerde yeterli olmayacaktır. Birde ülkelerin ve enerji harcayan sektörlerin büyüme hızları tahmin edilenden fazla olduğu takdirde, gelecekte büyük enerji sıkıntıları yaşanılması kaçınılmazdır.



Şekil 3.3. Dünya fosil yakıt rezervleri (Haziran, 2005)

Şekil 3.4’ye göre Dünya genelinde mevcut kömür rezervleri 230 yıl, doğalgaz rezervleri 62 yıl, petrol rezervleri 41 yıl daha geleceğin enerji talebini karşılayabilecek miktardadır. Bu rakamlar sabit büyüme hızları göz önünde tutularak alınmış tahmini değerlerdir. Fosil yakıtlı ürünlerin geri dönüşüm gibi durumları olmadıkları için belirtilen süreler sonunda dünyayı önemli enerji sıkıntıları beklemektedir [26].

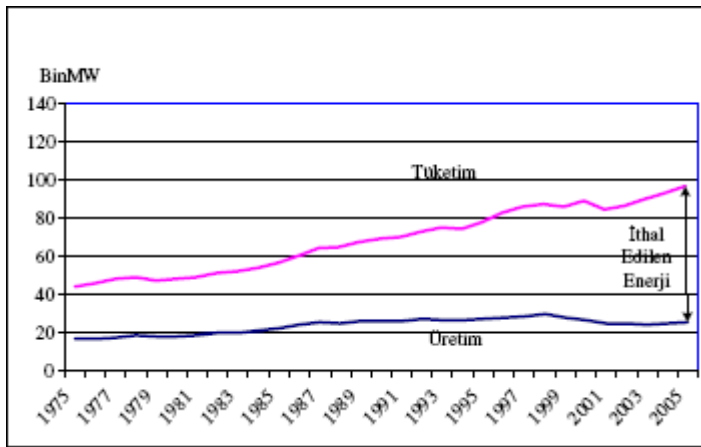


Şekil 3-4 Dünya fosil yakıtları rezervlerinin kullanılabilir süreleri

2.2.2. Türkiye'deki Gelişim

2.2.2.1. Türkiye'nin Enerji İhtiyacı

Ülkemiz, Enerji ve Tabii Kaynaklar bakanlığı verilerine göre 2005 yılı itibariyle birincil enerji kaynaklarından 25 185 Bin TEP enerji üretmiş, 91 576 Bin TEP enerji tüketmiştir. Tüketilen enerji ile üretilen arasındaki fark ithal edilen enerjiyi göstermektedir. Bu değer ise 66 391 Bin TEP' dir. Türkiye tükettiği genel enerjinin %70'ini dış kaynaklardan sağlayan bir ülkedir. Yani ihtiyacı olan enerjinin yarısından fazlasını ithal etmektedir. Bu da enerji konusunda ülkemizin dışa bağımlı olduğunun çok açık bir göstergesidir. Türkiye'nin 2005 yılına kadar olan yıllık enerji üretim ve tüketimine ilişkin grafik Şekil 3.5'te verilmiştir. DPT tarafından yapılan çalışmalara göre 2010 yılına kadar ülkemizdeki hızlı sanayileşme nedeni ile yıllık enerji ihtiyacımız 60 GW civarında olacaktır.



Şekil 3.5. Türkiye'nin yıllara göre enerji üretim ve tüketimi

Sadece bu rakamlar bile ülkemizde enerji kapasitesinin alternatifli olarak geliştirilmesini ve enerjinin tasarruflu kullanılmasının önemini açıkça ortaya koymaktadır. Bununla birlikte enerji taleplerinin karşılanmasında, yerli/ithal kaynak oranı, enerji güvenliği, dünya enerji piyasalarındaki arz gelişmeleri ve ekonomikliği göz önüne alınarak optimize edilmelidir. Türkiye'nin sahip olduğu birincil enerji kaynaklarının %50'sini çok düşük ısı değerli ve yüksek küllü linyitler oluşturmaktadır.

30 000 MW 'lık ekonomik hidrolik enerji kapasitesi bulunmaktadır. Bunun yaklaşık 12 000 MW' ı mevcut santrallerle üretilmektedir. 10 000 MW' ı da 2010 yılına kadar inşa halindeki santraller tarafından üretime dönüştürülmüş olacaktır. Kalan 8000 MW' lık kapasitenin de 2020 yılına kadar kullanılması planlanmıştır. Petrol ve doğal gaz varlığı açısından Türkiye, bugüne kadar sınırlı kaynaklarla yapılan çalışmalar çerçevesinde, geçirdiği jeolojik evrim nedeniyle yeterli hidrokarbon potansiyeline sahip görünmüyorsa da, stratejik hammadde oldukları düşünülerek, yurt içi arama faaliyetlerinin batı Karadeniz (Zonguldak-Varna-Köstence) üçgeni başta olmak üzere sistematik bir yaklaşımla arttırılarak devam ettirilmesi gereklidir. Nükleer enerji hammaddeleri açısından Dünyadaki uranyum rezerv, üretim ve tüketim durumlarına ve nükleer enerji kullanım eğilimine bakılacak olursa, bilinen rezervin 2000'li yılların ilk çeyreğinde, hatta daha sonrası için yeterli olduğu görülecektir. Ancak gelecek yıllardaki üretim ve tüketim denge tahminlerine bakıldığında, tüketimin üretimden daha fazla olacağı, hatta 2010–2015 yıllarına gelindiğinde bu açığın ciddi boyutlara ulaşacağı görülmektedir. Açığın bir kısmı eldeki stoklardan karşılanırsa dahi, 2010 yılından sonra olası bir krize girilmemesi için planlanan yeni üretim tesislerinin devreye girmesi gereklidir. Bu nedenledir ki, pek çok ülke, hammadde aramalarına büyük bir hızla devam etmektedir. 1970'li yıllarda, ülkemiz ileriye yönelik enerji planlarında, nükleer güç santrallerinden de yararlanılması öngörülmüştür. Ancak bu konudaki çalışmalar henüz bir sonuca ulaştırılamamıştır. Daha önce de değinildiği üzere, hızlı bir sanayileşme süreci içinde olan ülkemizde zorunlu olarak elektrik talebi artmaktadır. Bu nedenle uluslar arası piyasalardaki talep artışları da göz önünde tutularak uranyum rezervlerinin kısa sürede belirlenmesi için aramalara yeniden başlanması gerekmektedir. Türkiye'de önemli bir potansiyele sahip jeotermal enerjinin gelişimini hızlandıracak çalışmalar artarak devam etmektedir. Jeotermal alanların kullanım imkanlarının belirlenerek

bütünleşmiş tesisler halinde planlanması ve bu suretle en yüksek katma değerini yaratılması teşvik edilmelidir [26].

2.2.2.2. Türkiye'nin Kaynak Varlığı

Kalkınmakta olan ve nüfusu hızla artan bir ülke olan Türkiye'nin bir yandan enerji tüketimi, diğer yandan da daha büyük bir hızla, elektrik tüketimi artmaktadır. Dünya petrolünün % 65-75' i Türkiye'nin sınırlarının bitiminde baslar. Bu haliyle Ortadoğu dünyanın rakipsiz en büyük doğalgaz ve petrol rezervlerine sahiptir. Kuzeyde ise Rusya 2005 yılı verilerine göre dünyanın en büyük 2. petrol üreticisidir. Doğalgaz konusunda da Rusya onlarca yıldır Avrupa'nın tedarikçisidir. Doğu' da ise Hazar Havzası yeni gelişiyor olmakla birlikte dünyanın en çok ümit veren petrol ve doğalgaz yataklarına sahiptir. Orta Asya ve Kafkasya bölgelerinin kanıtlanmış petrol rezervleri çeşitli hesaplara göre 15-40 milyar varil arasında değişmektedir. Aynı kaynaklar 70-150 milyar varillik ek bir rezervin de yakın bir zamanda ortaya çıkabileceğini savunmaktadır. Doğalgazda ise 6,7 ile 9,7 trilyon metre küplük bir rezervden bahsedilmektedir. Yine 8 trilyon metre küplük bir ek rezerv de söz konusu olabilir. Bu rakamlar dikkate alındığında Kafkasya ve Orta Asya, dünya petrolünün % 1,5-4 kadarına, dünya gaz rezervlerinin ise % 6' sına sahiptir.

Rusya, Ortadoğu ve Hazar Havzası' na Kuzey Afrika da eklendiğinde Türkiye'nin gaz ve petrol deryasında yüzdüğü rahatça görülebilir. Ayrıca ülke akarsular, rüzgar ve diğer kaynaklar açısından da oldukça şanslıdır. Türkiye'nin en ucuz enerji kaynağı olarak bilinen hidroelektrik potansiyelini yeterince kullanabildiğini söylemek zordur. Yılın her mevsimi Türkiye'nin önemli bir kısmı güneş almaktadır ve çok sayıda bölge rüzgar enerjisi için çok uygun bulunmaktadır .

Türkiye, 1990' lar da ki anlaşma ve yatırımların da etkisiyle hızla doğalgaz enerjisine yönelmiştir. Sadece ısıtmada değil elektrik üretiminde de gaz, kömür santralleri ve hidroelektriğin yerini almaya başlamıştır. Doğalgazla çalışan termik santrallerin Türkiye elektrik üretimindeki payı % 50' ye yaklaşmıştır ve eğilim artış yönündedir. Türkiye yıllık toplam 180 milyar kilovat saat elektrik üretiyor.

Doğalgaz' da Türkiye neredeyse tamamen dışarıya bağımlı durumdadır. Doğalgaz alımında en büyük paya sahip ülkeler Rusya ve İran'dır. Türkiye'nin yıllık gaz alımı 31,5 milyar metreküp. Alınan doğalgazın 19 milyar metreküpü Rusya' dan gelirken, 8 milyar metreküp de İran' dan geliyor [27].

Aralık 2005 – Ocak 2006 krizlerinden ders alan AB ülkeleri Hazar gaz ve petroleri ve Kuzey Afrika üzerinde önemle durmaya başladılar. Rusya'ya karşı kendilerini yasal garantiler ile güçlendirmeye çalıştılar. Depolama kapasitelerini gözden geçirdiler ve elektrik üretiminde gazın payını azaltma yönünde kararlar aldılar. En önemlisi tasarruf ve alternatifler üzerinde duruldu. Buna karşın Türkiye'de gazın depolama sorunu mevcuttur. 2005 Şubat ayınının hemen başında Dünya Bankası ile depolamada kullanılacak 325 milyon dolarlık bir kredi sağlandı .

Doğalgaz krizinin Türkiye'de bıraktığı belki de en önemli etki nükleer enerji alternatifinin tekrar ve daha güçlü olarak gündeme gelmesi olmuştur. Sadece Türkiye'de değil, İngiltere ve Fransa gibi Batı Avrupa ülkelerinde de bu yönde bir canlanma vardır. Hindistan, Çin vb. ülkeler de nükleer enerjiden vazgeçilemeyeceğini anlamış durumdadır ve yeni yatırımlar planlıyorlar. Dünyada su anda 32 ülkede faal en az 454 nükleer güç santrali var. 30 tanesi de inşa ediliyor. En az 100 tanesi ise planlama aşamasında. Rusya'nın her biri 2 reaktör taşıyan 460 nükleer denizaltısı denizlerde dolaşüyor. Bir o kadar da ABD'nin var. Dünya üzerinde yerin altına gömülmemiş 715 araştırma reaktörü var.

Su ana kadar iki ihaleyi iptal eden Türkiye'nin en az 5 nükleer santral yapacağı belirtiliyor. Her bir santral 3 milyar dolara mal oluyor. Maliyeti ve riskleri nedeniyle bu tür çalışmalar daha çok devletler eliyle yapılıyor.

Türkiye'nin ciddi bir şekilde ihmal ettiği enerji yatırım alanlarının başında yenilenebilir kaynaklar geliyor. Rüzgar ve güneş enerjisi yatırımlarında Türkiye potansiyelinin çok azını kullanıyor. Örneğin rüzgar enerjisinde Türkiye, komsusu Yunanistan'ın 28' de biri kadar bir güç durumuna dahi ulaşamamıştır.

Yunanistan'ın 2005 yılı sonu itibarıyla 573 MW'lık güçlük tesislerine karşılık Türkiye'nin 2005 yılı rüzgar enerjisi üretimi 20 MW düzeyindedir. Kuzey Afrika ülkelerinden Mısır'da bu güç 300 MW'ı, Fas'ta ise 54 MW'ı bulmaktadır. Lüksemburg gibi Türkiye'de bir mahalle kadar dahi büyüklüğü olmayan AB ülkelerinde ise üretim Türkiye'nin kapasitesinin 1,5 katına ulaşmaktadır. Uzmanlara göre eğer yeterli yatırım yapılabilirse Türkiye rüzgar enerjisinde en az 10000 MW'lık bir güce kısa zamanda ulaşabilir.

Güneş enerjisinden yararlanma konusunda Türkiye, rüzgara göre biraz daha iyi durumdadır. Örneğin 1000 eve düşen güneş enerjisi kullanan hane sayısı itibarıyla Türkiye, dünyanın ilk 10 ülkesi arasındadır.

Türkiye'nin bir diğer enerji zenginlik kaynağı da jeotermaldir. Uzmanlara göre ilk etapta aylık 40-50 YTL harcanarak bir milyon evi jeotermal enerji ile ısıtmak mümkün. Bunun ekonomiye ilk etapdaki katkısı ise 2 milyar doları bulabilir. Jeotermal Enerji Kaynaklarını Araştırma ve Değerlendirme Vakfı'na göre, jeotermal enerji potansiyeli açısından Türkiye, Avrupa' da 1., dünyada ise 7. sırada yer almaktadır. MTA' nın hesaplamalarına göre bu potansiyel 30 milyar metreküp doğalgazın vereceği 31500 MW'lık bir enerjiye denk düşmektedir. Potansiyel tam olarak kullanılabilirse 5 milyon kadar evi bu şekilde ısıtmak mümkün olabilecektir. Halen Türkiye' de 100000 kadar konut jeotermal enerji ile ısıtılıyor [27].

Termik Enerji; 2001 sonu itibariyle 28.222,5 MW olan ülkemiz kurulu güç kapasitesinin 16.529,9 MW'ını Termik Santral kurulu gücü oluşturmaktadır. Aynı tarih itibariyle tüketime sunulan elektrik enerjisi (Türkiye üretim+ Dış alım – Dış satım)128.061,8.- milyon kWh'm 123.814,3.- milyon kWh'ı ülkemiz üretimi olup,bunun 99.864.- milyon kWh'ı termik santrallerimizden üretilmiştir. Bu değerler ülkemizdeki tüketime sunulan elektrik enerjisi üretiminin önemli bir bölümünü termik santral üretiminin oluşturduğunu göstermektedir.

Termik kaynaklar içinde linyit, doğalgazdan sonra ikinci sırada gelmektedir. Özellikle 1973 ve 1979 yıllarında yaşanan petrol krizlerinden derin şekilde etkilenen Türkiye, yerli kaynaklara ve linyite yönelmiştir. Bugün linyite dayalı olarak çalıştırılmakta olan termik santrallerimiz şunlardır:

Çizelge 3.1.Türkiye'de Linyite Dayalı Olarak Tesis Edilmiş Termik Santraller

Linyite Dayalı Olarak Tesis Edilmiş Termik Santraller		
Santralin Adı	Kurulu Gücü (MW)	Yıllık Kömür İhtiyacı (1000 ton)
Elbistan	1.360	18.000
Soma	1.034	7.900
Tunçbilek	429	2.440
Kangal	300	3.600
Yatağan	630	5.025
Yeniköy	420	3.860
Kemerköy	630	3.300
Çayırhan	300	1.780
Orhaneli	210	1.700
Seyitömer	600	4.750
TOPLAM	5.913	52.355

1980'li yılların ikinci yarısından sonra Türkiye'nin dışa açılmasına paralel olarak ülkenin enerji ihtiyaçlarının da yurt dışı kaynaklardan karşılanması eğilimi artmıştır. Özellikle 1987 yılından sonra, ülkemiz finansal kaynaklarının yetersizliği gerekçe gösterilerek, yeni linyit projeleri ile termik santral projelerinin özel sektör eliyle yürütülmesi politikaları uygulanmaya başlamıştır. Bunun sonucunda kamu sektörü yatırımları azalmış, tevsii projeler (Kangal 3, Çayırhan 3 ve 4) dışında yeni linyit santral projeleri işletmeye alınmamış, ülkenin enerji gereksiniminin karşılanmasında ithal kaynakların payı giderek artarken, linyitin payı gerilemiştir. 1985 yılında Türkiye elektrik üretiminin %42'sini karşılayan linyit santrallerinin payı 2001 yılında %28,7'e düşmüştür. Aynı dönemde yap- işlet kapsamında özel sektör eliyle kurdurulması çalışmaları yoğunlaşan doğal gaz santrallerinin payı %17'den %39,4'e yükselmiştir.

Yine bu dönemde hidrolik kaynaklardan sağlanan elektrik %35'den %19,3'e düşmüştür. Dolayısıyla, ülkemiz elektrik üretiminde doğal gaz öncelikli konuma getirilmiştir. Ancak ülkenin enerji gereksiniminin bu denli dış kaynaklara bağlanmasının enerji güvenirliliği ve ülke ekonomisine getireceği riskleri göz ardı edemeyiz. TEAŞ tarafından uzun dönem elektrik enerjisi üretim planlamasına göre; kullanılabilir tüm linyit potansiyeli dikkate alınarak linyit santrallerinin toplam elektrik enerjisi üretimindeki payının 2030 yılında %9'a düşeceği ithal kaynakların ise %67'e çıkacağı belirlenmiştir.

Bu gerekçelerin yanında bugün termik santrallerimiz işletmeden, iyi işletilmemesinden kaynaklanan sorunlarla iç içedir. Kömür santrallerimize, proje değerinde kömürün verilememesi, kömürün iyi harmanlanmaması, bant konveyör arızaları, yanma ve yakma problemleri nedeniyle üretilmeyen enerji 1998 yılında 11.350 milyar kWh/yıl iken, bu değer 2000 yılında 13.631 milyar kWh/ yıl'a yükselmiştir. Bu değere, doğal gaz ve sıvı yakıtla çalışan termik santrallerde benzer nedenlerden kaynaklanan 5.976 milyar kWh/yıl enerji kaybını da eklersek toplam kayıp yaklaşık 19.600 milyar kWh/yıl olur ki, bu değer Türkiye şartlarında çalışan dört adet Afşin Elbistan santralına eşdeğerdir.

Kömürün kalorisini ve elemanter analizi yapılarak yanmayı sağlayan gerçek hava miktarı tespitiyle havanın basılması yapılmadığından, ihtiyaçtan fazla hava basılarak verim düşmektedir. İhtiyaçtan fazla havanın basılması kazanın ısısını düşürmekte, sonuçta yüksek sıcaklıkta oksitlenen ve kalori değeri yüksek olan (CO)

gazı doğrudan bacadan dışarı atılmaktadır. Bu ise hem enerji kaybına, hem de dışarı atılan (CO)'nun zehirli bir gaz olarak çevreyi kirletmesine nedendir.

Enerji kayıplarının yüksek olmasında, revizyon hizmetlerinin usulüne ve standartlara uygun yapılmamasının etkisi büyüktür. Özelleştirme mantığı ve girişimleri bu santrallerin kendi kaderine terk edilmesini gerektirmiş, “satın alan yapsın” görüşü en ivedi tedbirlerin alınmasını bile geciktirmiştir.Örneğin Yeniköy termik santralının çatı kızdırıcılarında oluşan büyük çaplı deformasyonların giderilmesi yönünde gerekli olan yüksek maliyetli rehabilitasyonlar yapılmadığından, santral yıllardır düşük yükte çalıştırılmasının yanında, kazanın çatı bölgesi her an çökme tehlikesiyle karşı karşıya bulunmaktadır.

Enerji özelleştirmeleri sonucu santrallerin bakım ve onarım işlemlerinin konunun uzmanlık alanı dışında kişilerce yapılması nedeniyle yaşanan güncel bir örnek: Afşin Elbistan Termik Santralının (13 / Mart / 2000'de) 4. Ünitesinde Yüksek basınç türbini ani stop valf' inde önceden bilinen, ancak daha fazla üretim kaygısıyla müdahale edilmeyen bir arızaya inanılmaz bir işletme hatası eklenince türbin aşırı hıza girmiş ve bunun sonucunda türbin ve jeneratör tümüyle tahrip olarak 344 MW büyüklüğündeki bir güç devre dışı kalmış, 500 milyon dolarlık bir zarar oluşmuştur. Görülmektedir ki bugüne kadar yalnız verim düşüklüğü ve yüksek maliyetli üretim şeklinde kendini gösteren sistem bozuklukları artık bu tür işletmeleri tahrip etmektedir. Gerekli tedbirlerin kısa zamanda alınmaması durumunda, ileride daha büyük iş kazaları, can ve mal kayıpları beklenmelidir.

Uluslar arası standartlarda normal olarak %85 civarında kabul edilen kapasite kullanım oranı ülkemiz termik santrallerinde % 60'a güçlükle ulaşmaktadır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanı'nın içinde bulunulan enerjideki sıkıntılı durum nedeniyle kapasite kullanım oranının Afşin Elbistan'da % 66, Kangal'da %59'a, Orhaneli'de %76, Seyitömer'de %86 'a Tunçbilek'de %55'e ve Yatağan'da %70'e çıkartıldığını ve bu değerlere 5 puan daha eklenerek belirtilen santrallerin şu anda ortalama kapasitelerini %73,76'a çıkarılacağını açıklaması (27 / Kasım / 2001- İstanbul) düşündürücüdür. Çünkü sorun geçici, kısa vadeli çözümlerle değil; kalıcı ve sistemin doğru olarak işletilmesine dönük çözümlerle aşılabilir. Bugünü kurtaralım mantığını sürdürdüğümüz sürece ileriye dönük olası tahribatları daha da arttırırız.

Termik santrallerimizde; baca gazı arıtma ve kül tutma tesisleri zamanında ve yeterli oranda yapılmadığı sürece (Yatağan TS örneği), ülkemizdeki linyitlerden

santrallerde yararlanma yönünde akışkan yatak teknolojisine geçilmediği sürece, kömür dumansızlaştırma, koklaştırma ve gazlaştırma teknolojileri desteklenmediği, bu amaçla entegre kömür gazlaştırma kombine çevrim teknolojisi yaygınlaştırılmadığı sürece, santrallerde hızla otomasyon teknolojisine geçilmediği sürece yeterli verimin sağlanamayacağını bilmekteyiz [28].

Hidrolik Enerji; Ülkemizin teknik yönden değerlendirilebilir Hidro-elektrik enerji potansiyeli 216 Milyar kWh civarındadır.

Yine Ülkemizin 2000 yılı başı itibariyle tespit edilen teknik ve ekonomik hidroelektrik enerji potansiyeli 122 milyar kWh'dir. Bu potansiyel, en az ön inceleme(istikşaf) seviyesinde etüt edilmiş hidroelektrik projelerle, master plan, fizibilite (planlama yapabilirlik),kesin proje, inşa ve işletme aşamalarından oluşan toplam 483 adet hidroelektrik projenin enerji üretim kapasitesini ifade etmektedir.

Havza gelişme planlarının farklı zamanlarda hazırlanmış olmalarından dolayı projeler sonraki tarihlerde ekonomik yönden tutarsız duruma gelebilmektedir. Bununla birlikte zaman içinde enerji fayda ve maliyetlerinde meydana gelen değişikliklere göre ekonomik bulunabilecek tesislerin, ilk etütlerde terk edilmiş olmalarına da rastlanılmaktadır. Bu nedenle havza gelişme planlarının belirli aralıklarla, özellikle enerji faydalarına esas teşkil eden alternatif referans santral grubundaki değişikliklerden sonra, tekrar gözden geçirilip değerlendirilmesi uygun olacaktır. Bunlara karşılık, su kaynaklarının geliştirilmesinde görev üstlenen EİE ve DSİ gibi kuruluşların yapmış oldukları, yeni enerji imkanlarının yaratılmasına yönelik ön inceleme (istikşaf) çalışmalarıyla da, bu potansiyele her yıl ilaveler olabilmektedir. Bütün bu olumlu ve olumsuz etkilerin de dikkate alınmasıyla, Türkiye'nin ekonomik hidroelektrik potansiyeli yıldan yıla ufak da olsa farklılıklar göstermekle birlikte bugün için 125 milyar kWh civarında olduğu kabul edilebilir.

Türkiye 433 milyar kWh brüt teorik hidroelektrik potansiyeli ile dünya hidroelektrik potansiyeli içinde % 1 paya sahiptir. 122 milyar kWh ekonomik olarak yapılabilir potansiyeli ile Avrupa ekonomik potansiyelinin yaklaşık % 15'i mertebesinde hidroelektrik potansiyele sahip bulunmaktadır.

Bugün için 122 milyar kWh olan ekonomik hidroelektrik potansiyelimizin % 32'si (39145 GWh) kullanılmakta, % 11'i (13368 GWh) inşa halinde ve % 57'si (69809 GWh) ise çeşitli aşamalardan oluşan proje (ön inceleme, master plan, planlama ve kesin proje) düzeyindedir.

122 milyar kWh'lik yıllık ortalama enerji üretim değerini oluşturan 483 adet hidroelektrik santralin 114'ü işletmede, 37'si inşa halinde ve 332 adedi ise proje seviyesindedir [28].

Çizelge 3-2 Hidroelektrik Enerji Potansiyeli

	Güç (MW)	Enerji (GWh)
Brüt Potansiyel	49427	432986
Ekonomik Potansiyel	34736	122420

Rüzgar Enerjisi; Dünyada ilk yel değirmeni, MS 644 yılında İran- Afganistan sınırındaki Seistan 'da kurulmuştur. MS 750-850 yıllarında Çin' de pirinç tarlalarının sulamasında da yel değirmenleri kullanılmıştır. Rüzgarın elektrik enerjisinde ilk kullanımı ise 1882 yılında Amerika'da New York'ta gerçekleştirilmiştir.

Türkiye'de genel kullanıma dönük ilk rüzgar elektriği 1986 yılında Çeşme Altinyunus tesislerinde kurulan 55 kW nominal güçlü (Vesta marka) rüzgar türbininden elde edilmiştir. Nominal gücüne 12m/s'lik rüzgar hızında erişen bu türbinde, Çeşme koşullarında yılda ortalama 100.000 kWh elektrik enerjisi üretilmektedir.

Yine İzmir – Çeşme'de, Germiyan mevkiinde kurulan Türkiye'nin ilk rüzgar santrali her biri 500 kW nominal güce sahip Alman firmasından (Enercon) satın alınan 3 adet rüzgar türbininden oluşan ve 21 Şubat 1998 de işletmeye alınan DELTA plastik oto prodüktör santralidir. Bu santralde türbinlerde nominal gücün elde edilmesi rüzgar hızının 14 m/s olmasına bağlıdır.

Türkiye'deki Yap- İşlet- Devret modeli ile 28 Kasım 1998 tarihinde işletmeye açılan ilk rüzgar enerjisi tesisi ise Çeşme- Alaçatı'daki ARES adlı 12 türbinden oluşan rüzgar çiftliğidir. Burada kullanılan rüzgar türbinleri 600 kw güçlüdür. (Danimarka üretimi- Vestaş), ikinci Yap- İşlet- Devret modelindeki rüzgar santrali 17 adet 600 kW gücünde (Enercon marka) türbinden oluşan 10,2 MW kurulu güçlü Bozcaada'da kurulmuş ve 25 Haziran 2000'de devreye alınmıştır. Sonuçta şu anda işletmede bulunan rüzgar santrali kurulu gücü 18,9 MW olmuştur. 2001 yılında tüketime sunulan üretimin 61.6 milyon kwh'ı rüzgar kaynağından karşılanmıştır.

Türkiye'nin ekonomik rüzgar gücü potansiyeli hakkında farklı değerler belirtilmektedir. Bu potansiyel 10 bin MW' tan 20 bin MW' kadar değişmektedir. Böylesine büyük farklılık, Türkiye 'de bu konuda geniş ve yeterli ölçüde bir araştırmanın henüz yapılmadığını göstermektedir. 20 bin MW' Türkiye'nin

ekonomik rüzgar gücü potansiyeli olarak kabul ettiğimizde ve bir rüzgar santralının yıllık işleyiş süresini 2500 saat aldığımızda 50 milyar kWh'lik bir üretim kapasitesi bulunur.

Ülkemizde henüz başlangıç yıllarında olan rüzgar enerji sektörünün alt yapısını oluşturmak ve sektörün kısa, orta, uzun erimlerde etkili ve verimli yönde gelişimini sağlamak amacıyla sürdürülen çalışmalar ve düzenlemeler ne yazık ki yavaş ilerleme göstermektedir. Örneğin bu çalışmalardan en önemlisi Türkiye'nin rüzgar potansiyelinin belirlenmesi ve buna göre yatırım çalışmalarında yol gösterici olması nedeniyle " Rüzgar Atlası " hazırlanmasına dönük çalışmadır. Bu çalışma Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) ile Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (DMİ) tarafından ortaklaşa yürütülmektedir. Ancak 1998 yılında başlatılan bu proje, batı bölgesine ait verilerin önemli bölümü değerlendirilmiş olmakla birlikte, tüm Türkiye için henüz tamamlanmamıştır. Bu proje kapsamında ilk istasyon Bandırma'ya tesis edilmiştir. Daha sonra sırasıyla Karabiga (Çanakkale), Nurdağı (Gaziantep), Gökçeada (Çanakkale), Kocadağ (Çeşme), Şenköy (Hatay), Karaburun (İzmir), Didim (Söke), Akhisar (Manisa), Belen (İskenderun), Datça (Muğla), Sinop, Yalıkavak (Bodrum), Gelendost (Isparta), Foça (İzmir), Bababurnu (Çanakkale), Gelibolu ve Fethiye'ye bilgisayar destekli rüzgar enerjisi gözlem istasyonu tesis edilerek veri toplanmaktadır.

Günümüzde rüzgar enerjisi teknolojisi; küçük ölçekli mekanik su pompası, tek başına sistemlerle küçük birimlerin elektrik enerjisi gereksiniminin karşılanması ve doğrudan şebeke bağlantılı rüzgar tarlası şeklindeki sistemler olarak gelişme göstermektedir.

Amerika'da çeşitli enerji seçeneklerinin maliyetleri ve pazara hazırlıkları incelenmiştir. Buna göre aşağıdaki tabloda temel yakıt tiplerinin maliyetleri rüzgar enerjisi ile karşılaştırılmaktadır.[28]

Çizelge 3-3 Yakıt Maliyet Kıyaslaması

YAKIT	MALİYET (Cent/kwh)
Kömür	4,8 –5,5
Gaz	3,9 – 4,4
Hydro	0,05-0,11
Biomass	5,8 – 11,6
Nükleer	11,1 – 14,5
Rüzgar (ABD Federal Üretim vergi kredisi hesap dışı)	4,0 – 6,0

Çizelgede de görüldüğü gibi; rüzgar maliyetleri artık fosil yakıtların en ucuz seçenekleri olan kömür ve gazile rekabet edebilir duruma gelmiştir. Rüzgar enerjisinin diğer elektrik üretim yöntemleriyle kıyaslandığında en önemli çevresel yararının hava kirleticileri ve sera gazları emisyonlarının olmamasıdır. EIA (Amerikan Enerji Bakanlığı bilgi kuruluşu) tarafından derlenen verileri esas alarak rüzgar ve diğer yakıtların karşılaştırmalı emisyonlarını bulmak için bir dizi istatistik geliştirilmiştir. Karbondioksit, kükürt dioksit ve azot oksitlerin elektrik üretiminde salınan miktarları karşılaştırmalı olarak sırasıyla Çizelge 3.4, 3.5 ve 3.6'da verilmiştir

Çizelge 3-4 Elektrik Üretimi Sırasında Küresel Isınmaya Yol Açan Karbondioksit İçin Karşılaştırmalı Emisyonlar

Yakıt	Üretilen kwh başına Salınan CO ₂ (pound)	Üretilen kwh, 1995 (Milyar)	Salınan CO ₂ , Toplam üretim (milyon ton)
Kömür	2.12	1,653	1,754
Doğal Gaz	1.34	268	180
Petrol	1.96	56	55
ABD ortalama yakıt karışımı	1.33	2,995	1,991
Rüzgar	0	3	0

Çizelge 3-5 Elektrik Üretimi Sırasında Asit Yağmuruna Yol Açan Kükürt Dioksit İçin Karşılaştırmalı Emisyonlar

Yakıt	Üretilen kwh başına Salınan SO ₂ (pound)	Üretilen kwh, 1995 (Milyar)	Salınan SO ₂ , Toplam üretim (bin ton)
Kömür	0.0136	1,653	11,260
Doğal Gaz	0.000007	268	1
Petrol	0.0123	56	345
ABD ortalama yakıt karışımı	0.0078	2,995	11,608
Rüzgar	0	3	0

Çizelge. 3-6. Elektrik Üretimi Sırasında Asit Yağmuruna ve Duman Oluşumuna Yol Açan Azot Oksitler İçin Karşılaştırmalı Emisyonlar

Yakıt	Üretilen kwh başına Salınan NOx (pound)	Üretilen kwh, 1995 (Milyar)	Salınan NOx, Toplam üretim (bin ton)
Kömür	0.0079	1,653	6,514
Doğal Gaz	0.0046	268	614
Petrol	0.0036	56	102
ABD ortalama yakıt karışımı	0.0048	2,995	7233
Rüzgar	0	3	

Çizelge 3-7 Toplam Enerji Tüketimi Başına CO₂ Emisyonu

Toplam Enerji Tüketimi Başına CO ₂ Emisyonu			
ÜLKELER	1985	1990	1995
Dünya	2,81	2,75	2,70
OECD Ülkeleri	2,64	2,56	2,49
OECD Dışındaki Ülkeler	3,01	2,96	2,95
Avrupa Topluluğu	2,60	2,49	2,38
ABD	2,71	2,65	2,60
Rusya Federasyonu	2,82	2,73	2,63
Kore	2,94	2,56	2,43
Meksika	2,69	2,64	2,61
TÜRKİYE	3,18	3,06	

Rüzgar enerjisi için saptanan hedefler, Avrupa Birliği dahil olmak üzere, tüm dünyada dinamik değişim göstermektedir. Başlangıçta Avrupa Birliğinin rüzgardan, 2005 yılı elektrik üretimi için hedeflediği %2'lik pay, ülkemizde Enerji Tabii Kaynaklar Bakanlığınca benimsenmiş, ancak ETKB APK Kurulu ve TEAŞ APK Dairesi tarafından rüzgar enerjisinin bir kaynak olarak değerlendirilmesi, 8. Beş Yıllık Kalkınma Planı (BYKP) ile olmuştur. 8.BYKP'da öngörülen ileriye dönük rüzgar kapasitesi aşağıdaki tabloda belirtilmektedir.

Çizelge 3-8 Beş Yıllık Kalkınma Planı'na Göre Rüzgar Kapasitesi

Yıl	Kurulu Güç (MW)	Üretim (GWh)	Toplam Üretimdeki Payı (%)
2005	1400	3.924	2.0
2010	2100	5.887	2.1
2015	3000	8.410	2.1
2020	5000	14.016	2.5
2030	10000	28.032	2.8

8. Beş Yıllık Kalkınma Planı kabul edildikten sonra, TEAŞ APK Dairesi tarafından 2000 yılında hazırlanan 2001-2005 Dönemi Elektrik Enerjisi Sektörü

Planlama çalışmasında çeşitli alternatiflere göre, rüzgara verilen pay 1600 MW' da kalmıştır.2002 yılı sonuna kadar yapılacak YİD'ler için Devlet Bakanı ve Başbakan Yardımcısı koordinatörlüğünde Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Müsteşarı ve Hazine Müsteşarının katıldığı toplantıda 29 adet proje seçilmiştir. Bu projelerin toplam 495 MW'lık 17 tanesi RES projesidir. İçlerinden 2001 yılında devreye alınması planlandığı halde 2000 yılında tamamlanarak devreye alınan Bozcaada Santrali çıkarıldığında geriye kalan, işlemleri süren ve henüz tesislerine başlanamayan 485 MW'lık 16 tane proje vardır.

Çizelge 3.96. Kurulacak Rüzgar Santralleri

Kurulacak Rüzgar Santralleri			
Proje Adı		Kurulu Güç (MW)	Firma
1	Kocadağ	50	As Makinsan
2	Çanakkale	30	As Makinsan
3	Bozcaada	10	Demirer
4	Mazı 1	39	Demirer
5	İntepe	30	İnterwind
6	Akhisar	30	Enda
7	Mazı 2	90	Demirer
8	Mazı 3	40	Yapısan
9	Kocadağ 2	26	Mage
10	Bandırma	15	Atlantis
11	Datça	29	Demirer
12	Çeşme	12	Prokon
13	Akhisar	12	Aken
14	Yalıkavak	8	Atlantis
15	Gökçeada	5	Simelko
16	Kapıdağı	35	As Makinsan
17	Belen	34	Teknik Ticaret

Bunlardan 335 MW'lık 8 projenin 2001 yılı sonunda, 150 MW'lık 8 projenin de 2002 yılı sonuna dek tamamlanması gerekmekte olup, bu projeler 4628 sayılı EPK'nun geçici 8.maddesi ile 2002 yılı sonuna kadar tamamlanması durumunda Hazine garantisi verilecek projelerdir. Ancak, söz konusu projelerin işlemlerinin tamamlanmasında halen bürokratik engeller sürmektedir [28].

Çizelge 3-7 Santral Tipi ve Maliyetlerin Karşılaştırılması

SANTRAL TİPİ	Yatırım \$ / KW	Üretim Cent /kWh
Hidrolik Santrallar	750-1.200	0,05
Linyite Dayalı Termik	1.600	2,5
İthal Kömüre Dayalı Termik	1.450	3,5
Doğalgaza Dayalı Termik	680	3,0
Rüzgar Santralları	1.000- 1.450	4,0 – 6,0
Foto – Voltaik	-	25.0
Petrole Dayalı Termik	2.000	6,0
Nükleer Santrallar	3.500	7,5

Jeotermal Enerji; Ülkemiz jeolojik konumu ve buna bağlı tektonik yapısı nedeniyle jeotermal enerji açısından büyük öneme sahip olup, kaynak zenginliği yönünden dünyada 5. Sırada gelmektedir.

Yapılan araştırma çalışmaları sonucu (MTA tarafından) Türkiye'de toplam 600'den fazla termal kaynak (sıcak ve mineralli su kaynağı) saptanmıştır. Türkiye'de 90⁰C <T sıcaklığına sahip jeotermal sahaların yer, kapasite ve kullanım alanları,

Çizelge 3-8 Jeotermal sahaların yer, kapasite ve kullanım alanları

Jeotermal Alan Adı ve Yeri	Sıcaklık (°C)	Kapasite (MWt)- (MWe)	Kullanım Alanı	Açıklamalar
Germencik-AYDIN	232	0,1	Sera	Elektrik Üretimine uygun
Kızıldere-DENİZLİ	212	22,8	Elektrik üretimi, sera	1984'te 20.4Mwe, şu an net 15 MWe üretimi var
Tuzla-ÇANAKKALE	174	9	Sera	Elektrik Üretimine uygun
Salavatlı- AYDIN	171	-	-	Elektrik Üretimine uygun
Simav-KÜTAHYA	163	61,6	Isıtma, Balneoloji, Sera	3200 konut ısıtması
Seferhisar-İZMİR	153	1,06	Sera	80.000m ² sera ısıtılması
Dikili- İZMİR	130	2	Sera	
Balçova- İZMİR	124	143,3	Isıtma, Balneoloji, Sera	10.000 konut ısıtılması
Ilıcabaşı- AYDIN	103	-	-	
Hisaralan-BALIKESİR	100	0,49	Sera	
Tekkehamamı-DENİZLİ	100	1,8	Sera	
Ömer Gecek-AFYON	98	2,6	Isıtma, Balneoloji,	35 apart otel binası ve 5000m ² sera ısıtılması
Salihli- MANİSA	98	0,37	Isıtma, Balneoloji,	1989'dan beri otel binasının jeotermal ısıtılması
Çitgöl-KÜTAHYA	97	-	-	
Kozaklı-NEVŞEHİR	93	14,9	Isıtma, Sera	1.000 konut ısıtılması
Çamköy (Alangüllü)-AYDIN	90	0,7	Isıtma, Balneoloji,	
Zilan (Erciş)-VAN	90	-	-	

Türkiye'nin brüt teorik ısı potansiyeli 31500 MW_t'dir. Bilinen jeotermal kaynakların %95'i ısıtmaya uygun sıcaklıkta olup, 40⁰C'nin üzerinde toplam 140 jeotermal alan çoğunlukla batı, kuzeybatı ve orta anadoluda toplanmıştır. Türkiye'nin teknik ısı potansiyeli 7500 MW_t, kullanılabilir potansiyeli ise 2843 MW_t'dir.

Jeotermal enerjiden elde edilen elektrik üretimi yönünden, dünyada ABD, Filipinler, Meksika, İtalya ve Japonya ilk beş sırada yer alırken Türkiye 14. Sıradadır. Ülkemiz jeotermal enerjinin doğrudan kullanımında ise 41 ülke arasında 7.sırada bulunmaktadır.

Yine Türkiye'nin jeotermal elektrik enerjisi potansiyeli 500 MW_e 'dir. Kullanılabilir potansiyel ise 350 MW_e olmaktadır. Geleceğe ilişkin projeksiyonlarda bu değer 2010 yılında 500 MW_e, 2020 yılında 1000 MW_e olarak belirlenmiştir. Kullanılabilir potansiyeli yapılacak elektrik üretimi 1400GWh/yıl düzeyindedir.

Türkiye'nin jeotermal potansiyelinin tümü değerlendirildiğinde, ulusal ekonomiye yılda 20 milyar dolarlık net katma değer sağlayacağı Ekim/2001'de Uluslar arası Jeotermal Kurumu Avrupa masasınca açıklanmıştır.

Ülkemizde jeotermal elektrik santralleri kurulmasına elverişli yüksek entalpili sahalar ise fazla sayıda değildir. Bugün için bilinen;

Denizli- Kızıldere (Sarayköy)

Aydın- Germencik

Aydın- Salavatlı

Çanakkale- Tuzla

Kütahya- Simav

İzmir- Seferhisar'dır.

Denizli- Sarayköy'de Kurulu bulunan, Türkiye'nin 1984 yılında tesis edilen ilk ve şimdilik tek jeotermal santralleri 20,4MW_e kurulu güce sahiptir. Santralin 2000 yılında 75,5 milyon kWh enerji ürettiği ve Türkiye genelinde tüketime sunulan enerji içindeki jeotermal payın % 0.1 olduğu bilinmektedir.

Aydın- Germencik jeotermal sahasında 25 MW Kurulu güçte, YİD kurulması söz konusu jeotermal santralin hazırlık çalışmaları sürdürülmektedir. Bu santral projesi, 2002 yılı sonu itibarıyla işletmeye geçmesi zorunlu bulunan ve buna göre 10 yıl süre ile hazine garantileri sağlanan 29 proje içinde yer almaktadır [28].

Güneş Enerjisi; Güneş enerjisi yönünde zengin olan ülkemizin bölgelere göre güneşlenme potansiyeli ve yıllık elektriği güneş potansiyeli (aşağıda) tabloda belirtilmektedir:

Çizelge 3-9 (EİE Genel müdürlüğü istatistikleri) Bölgelere Göre Güneşlenme potansiyeli

BÖLGE İSMİ	TOPLAM GÜNEŞ ENERJİSİ (kwh/m ² -yıl)	GÜNEŞ ENERJİSİ (saat/yıl)
Güney Doğu Anadolu	1.460	2.993
Akdeniz	1.390	2.956
Doğu Anadolu	1.365	2.664
İç Anadolu	1.314	2.628
Ege	1.304	2.738
Marmara	1.168	2.409
Karadeniz	1.120	1.971

Güneş enerjisi ile çalışan ilk motorun patenti 1861 yılında alınmış olmasına karşın güneş enerjisi daha sonra (1970’li yıllardaki enerji krizine kadar) unutulmuştur. Dünyada güneş enerjisinin 2025 yılına kadar payının %60’a ulaşacağı beklenmektedir. Günümüzde modern güneş enerjisi teknolojileri %20-30 verime ulaşabilmektedir. Ülkemizin Güney ve Ege kıyılarında güneş panelleri halen yoğun olarak su ısıtmak amacıyla kullanılmaktadır.

Bugün fotovoltaik yolla elde edilen elektrik enerjisinin maliyeti 0,1\$/kwh düzeyindedir. Şu an için güneş enerjisi, üretim maliyeti bazında diğer kaynaklara göre daha pahalı görünmekle birlikte, güneş pillerinin verimlerinin artırılması konusunda sürdürülen çalışmalarla maliyetlerin daha aşağılara çekilmesi beklenmektedir.

Güneş pili sistemlerinin işletme özelliklerini incelemek üzere EİE Genel Müdürlüğünce başlatılan proje kapsamında 300 Watt gücünde bir sistem Aydın Yenihisar’da kurulmuştur. Dünyada giderek yaygınlaşan şebekeye bağlı güneş pili sistemleri konusunda bilgi birikimi arttırmak amacıyla 4,70 kwh gücünde şebekeye bağlı bir fotovoltaik sistem Didim’de EİE Genel Müdürlüğünce 1998 yılında kurularak ölçümlere başlamıştır. Bu sistemin 18-19 kwh / gün enerji ürettiği belirlenmiştir. Yine 1,2 kw gücünde benzeri bir sistem EİE Genel Müdürlüğü parkında kurulmuştur.

Enerji üretimi amacına yönelik olarak yürütülen fizibilite çalışmaları sırasında, ülkemizin enerji konusunda mevcut meteorolojik verilerin yeterli olmadığı saptandığından, bu amaca dönük olarak EİE, DMİGM ile ortak bir proje çalışması başlatılmıştır. Bu proje kapsamında; Antalya, İzmir, Ankara, Aydın-Yenihisar, Adana-yumurtalık ’da birer adet bilgisayar destekli güneş enerjisi gözlem istasyonu

tesis edilmiş ve 5 yıl boyunca veri toplanması programlanmıştır. Ölçüm süresini doldurması nedeniyle İzmir'deki istasyon Kayseri'ye ve Didim 'deki istasyon Balıkesir'e taşınmıştır.

Güneş enerjisinin genel enerji tüketimimizdeki payı 2000 yılı itibariyle%0,16'dır. Projeksiyonlar bu payın 2005'de %0,17 ve 2010'da %0,25 olacağını göstermektedir [28].

Biyokütle – Biyogaz Enerjisi; Dünyada ilk olarak 19. Yüzyılda İngiltere'de fosseptiklerde oluşan gazın sokak aydınlatmasında kullanılmasıdır. Türkiye'de 1970'de Toprak Su Araştırma Enstitüsü, 1977'de Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu konuya ilgi göstermişler, daha sonraları Maden Tetkik Arama Enstitüsü, Üniversiteler bu konuda çeşitli araştırma çalışmaları başlatmışlardır.

Bugün için biyogaz üretim potansiyeli olan atık maddeler; kırsal atıklar, yüksek kirlilik içeren endüstriyel atıklar, atık su arıtma tesislerinden biyolojik arıtma süreci sonunda elde edilen çamurlar, katı atıkların organik özellik taşıyan bileşenleri ve bu atıklara benzer özellikteki diğer atıklar şeklinde sıralanabilir. Bu atıkların biyogaz üretimi için kullanılmasıyla bir yönüyle atık bertarafı gerçekleştirilirken, diğer yönüyle enerji elde edilmiş olur. Ayrıca, organik bir kaynak niteliğindeki atıklardan gübrenin tezek olarak yakılması ulusal ekonomi için büyük zarardır. Bu bağlamda biyogaz tesislerinin yaygınlaştırılması önemlidir. Biyogaz tesislerinin yanı sıra, şebeke ile bağlantılı çalışan “ çöp termik santralleri” ile elektrik üretimi sağlanabilir. Kuzey Avrupa Ülkelerinde biyomas materyalle ve biyogazla çalışan otoproduktör kojenerasyon tesisleri bulunmaktadır.

Bir tür biyomas materyali olan çöpün, çöp termik santralleriyle enerji üretiminde kullanılması, özellikle kentsel çöpün ortadan kaldırılmasıyla iki tür işleri içerdiğini belirtmiştik. Böylelikle çöp yığınlarında açılan özel sondaj kuyuları ile metan gazı elde edilmektedir. Doğal biçimde, çöplerin fermentasyona uğraması sonucunda oluşan metan gazı, çöp yığınlarından sızmana durumunda patlamalara neden olduğu gibi, atmosfere dağılması durumunda sera etkisine yol açmaktadır.

Metan sondaj kuyuları ile alınan gaz çevre sorunu oluşturmadan, gaz türbinli bir santralde yakıt olarak değerlendirilebilir. Yakın geçmişte kent ortasında yığılan çöplüklerin patlamasıyla otuz küsur insanımızın ölümü olayı, tümümüzün belleklerinde sabitlenen çok acı bir olaydır.

İstanbul Kazlıçeşme’de 135 MW Kurulu gücünde bir çöp santralının “YİD” modeliyle tesisi yönünde değerlendirmeler Bakanlık nezrinde sürdürülmektedir [28].

3 .METERİYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Dünya nüfusunun artması, sanayileşme, şehirleşmenin yoğunluk kazanması, insanın konfor ihtiyacı enerji tüketimini katlanarak arttırmaktadır. Bugün için Dünya, enerji gereksinmelerini fosil yakıtlardan ve hidroelektrik veya nükleer santrallerden karşılamaktadır. Ancak bu yakıtların kullanımında karşımıza iki sorun çıkmaktadır. Birinci sorun bu yakıtların yakın bir gelecekte tükenme olasılığı, diğeri ise sanayileşmenin belirli bölgelerde yoğunlaşması sonucu büyük oranda fosil yakıtların kullanımından kaynaklanan çevre kirliliğinin artmasıdır. Fosil yakıtların yanması sonucu CO₂, NO_x ve SO_x emisyonları önemli değerlere ulaşmıştır. Özellikle CO₂’in neden olduğu sera etkisi sonucu dünya sıcaklığındaki artışın önümüzdeki 40 yıl içinde 1.5°C ile 4.5°C arasında olacağı tahmin edilmektedir. Ayrıca SO_x atmosferik olaylarla asit yağmuru olarak yeryüzüne geri dönerek ekolojik dengeleri tümüyle etkilemektedir.

Dünya genelindeki bu iki soruna ek olarak ülkemiz için bir diğeri sorunda enerji tüketiminin yaklaşık % 60’ının yurtdışından karşılanmasıdır. Enerji tasarrufu konusunda ciddi önlemler alınması halinde genel enerji talebinin %20-30 oranında düşürülmesi mümkün olabilecektir. Ancak alınabilecek tüm önlemler artış eğilimini ancak frenleyebilecektir.

Tüm bu nedenler alternatif enerji kaynaklarının daha verimli kullanılmasına yönelik araştırmaları yoğunlaştırmaktadır. Güneş enerjisinden yararlanma, bu araştırmaların başlangıç noktasını oluşturmaktadır. Güneş kolektörü kullanımı ile parasal tasarrufun yanı sıra, para ile ölçülemeyen bir katkı yapmış oluyoruz. Bu katkı çevreye zararlı, atmosferi kirleten ve böylece ekolojik dengemizi tehdit eden gazların önlenmesi yolu ile olmaktadır. Zira ısı ihtiyacımızın ne kadar çoğunu güneşten sağlayabilirsek, o oranda çevreye zararlı gaz yayılımını önlemiş oluruz.

Dünyaya düşen güneş enerjisinin günümüz enerji ihtiyacının 5000 katı olduğu göz önünde tutulursa, bu enerjiden en yüksek düzeyde yararlanma bugünün ve geleceğin gündemini belirlemektedir. Açık bir günde yeryüzüne düşen faydalı güneş enerjisi 1000 W/m² ‘dir. Resmi ölçüm merkezlerinde günlük toplam ışımaya

değerleri sürekli izlenerek, birim alana düşen günlük toplam ışımaya değeri belirlenir. Doğru ışımaya ve yayılan ışımaya kavramları birleşerek toplam ışımaya değerini oluşturur.

Yıllık esaslar da ele alındığında yayılan ışımaya oranının % 50 - % 70 seviyelerinde gerçekleştiği görülür. Yayılan ışımaya şiddeti, atmosferdeki su buharı zerreciklerinin yoğunluğuna bağlı olarak artar ya da azalır. Buna göre havanın açık, kapalı, puslu, sisli, bulutlu olması ve mevsim faktörleri ışımaya şiddetini etkileyen etmenler olarak ortaya çıkar. Buna rağmen yılın tümü ele alındığında önemli bir enerji kullanım imkanı, buna bağlı olarak fosil enerji ve elektrik enerjisi kullanımından ciddi bir tasarruf sağlanabilmektedir. Dolayısı ile hem ekonomi sağlama hem de çevrenin korunması yönünden göz ardı edilemeyecek bir katkı ortaya çıkmaktadır.

Yayılan ışımaya değeri her ne kadar doğru ışımaya göre düşükse de ısı tekniği bağlamında faydalı enerji olarak kullanılabilir bir kaynaktır. Tabii ki daha düşük ışımaya değerinden daha yüksek düzeyde yararlanabilmek için kullanılan güneş kolektörünün olduğu kadar sistemin diğer elemanlarının da yüksek performans elde etmeye dönük iyi tasarlanmış olması gerekir.

Güneş enerjisinden yararlanmada işin başlangıç noktası, enerji gereksinme değerinin saptanmasıdır. Diğer tamamlayıcı unsur ise ihtiyacın genel olarak hangi aylarda tam olarak karşılanmak istendiğidir. Bu iki faktör yıl boyunca güneş enerjisinden yararlanma oranını da belirler. Kışın alınabilecek randımana göre tasarlanan bir sistem, yazın tam kullanılmayan fazla enerjiyi gündeme getirir. Ancak bu ilk tercih ilk yatırım maliyetini de etkilediğinden öncelikle “ İstenen Fayda Optimizasyonu” yapılmasını gerekli kılar [39].

3.1.1. Güneş Enerjisinden Yararlanmanın Gelişimi

Güneş enerjisi yoğunluğunun, yaz, kış, gece, gündüz ve hatta günün değişik saatlerinde belirli bir bölgede farklı olması nedeniyle güneş enerjisinden başlıca dört farklı şekilde yararlanmak mümkün görünmektedir. Bunlar sırasıyla; güneşin ısı etkisinden (yeryüzünü ısıtma etkisi), güneşin fotoelektrik etkisinden, orbital enerjisi şeklinde ve biyolojik-kimyasal etkisinden yararlanmadır.

Güneş enerjisinden kimyasal ve biyolojik etkiyle yararlanma fotosentez ve güneşte oluşan kimyasal tepkimelerle güneş enerjisini tutma ve depolamaya dayanır.

Güneş enerjisinden orbital enerjisi şeklinde yararlanma, dev bir uydunun dünya çevresine gönderilerek güneş enerjisinin fotoelektrik ve termik olarak

depolanması ve atmosferde emilmeyecek biçimde (mikrodalgaya dönüştürme gibi) dünyaya gönderilmesi prensibine dayanır.

Güneş enerjisinden elektrik üretimi daha çok yüksek yoğunlukta güneş ışığı alan, sahra gibi çöl veya az yağmur alan ekvatorial bölgelerde ekonomik olmaktadır. Fakat enerjinin tüketim alanlarından uzaklığı ve depolanma güçlüğü nedeniyle ancak suyu elektroliz ederek oluşan hidrojeni doğalgaz gibi taşımak şeklinde yararlanma yolları araştırılmaktadır. Toplayıcı özel kolektörlerle Fransa'da 2400°C kadar ulaşmıştır.

Özellikle Fransa, İspanya, ABD ve İsrail basta olmak üzere birçok ülkede güneş enerjisinden elektrik üretimi amaçlı yararlanma yollarını araştırmak için yoğun araştırmalar yapılmaktadır. Günümüzde 60–100 MW'lık deneme güneş elektrik santralleri bulunmaktadır. 2050 yılında dünya enerji tüketiminin %15'inin güneşten karşılanacağı tahmin edilmektedir.

Güneşin fotoelektrik etkisinden yararlanmada güneş enerjisi doğrudan elektrik enerjisine çevrilir ve bu enerji tüketilir. Güneş ışığı ile çalışan birçok gereçler (hesap makinesi, saat, oyuncak, güneş enerjili taşıtlar gibi) ve uzaydaki uydular enerjilerini bu teknikle kazanmaktadırlar. Açık havada 100 m² ev çatısına bir günde 80–100 litre benzin eşdeğeri enerji düşmektedir [26].

3.1.2. Türkiye'de Güneş Enerjisi

Ülkemiz, coğrafi konumu nedeniyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli açısından birçok ülkeye göre şanslı durumdadır. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünde (DMİ) mevcut bulunan 1966-1982 yıllarında ölçülen güneşlenme süresi ve ışınım şiddeti verilerinden yararlanarak EİE tarafından yapılan çalışmaya göre Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat (günlük toplam 7,2 saat), ortalama toplam ışınım 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 Çizelge 4.1.'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Türkiye'nin Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Potansiyeli

AYLAR	AYLIK TOPLAM GÜNEŞ ENERJİSİ		GÜNEŞLENME SÜRESİ
	(Kcal/cm ² -ay)	(k-Wh/m ² -ay)	(Saat/Ay)
OCAK	4,45	51,75	103,0
ŞUBAT	5,44	63,27	115,0
MART	8,31	96,65	165,0
NİSAN	10,51	122,23	197,0
MAYIS	13,23	153,86	273,0
HAZİRAN	14,51	168,75	325,0
TEMMUZ	15,08	175,38	365,0
AĞUSTOS	13,62	158,40	343,0
EYLÜL	10,60	123,28	280,0
EKİM	7,73	89,90	214,0
KASIM	5,23	60,82	157,0
ARALIK	4,03	46,97	103,0
TOPLAM	112,74	1331	2640
ORTALAMA	308,0 cal/cm ² -gün	3,6kWh/m ² -gün	7,2 saat/gün

Türkiye'nin en fazla güneş enerjisi alan bölgesi Güney Doğu Anadolu Bölgesidir.

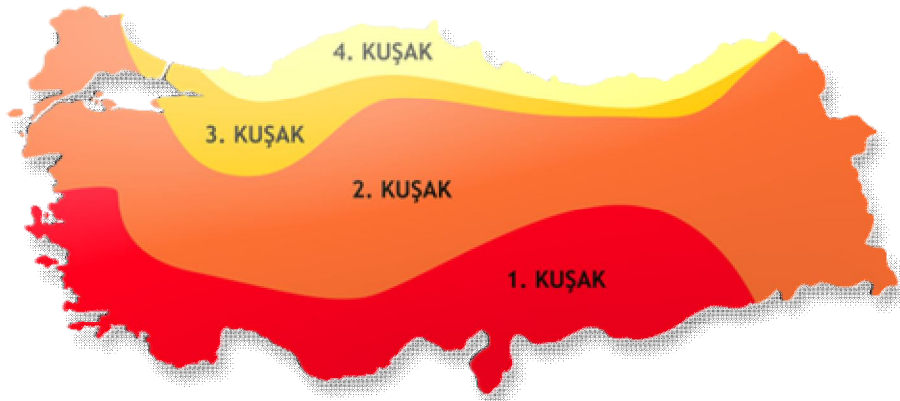
Akdeniz bölgesi ise Güney Doğu Anadolu Bölgesin den sonra en çok güneş alan bölgemizdir. Bölgelere göre güneşlenme süreleri ve toplam güneş enerjileri çizelge [4.2] de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Türkiye'nin Yıllık Toplam Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgelere Göre Dağılımı

BÖLGE	TOPLAM GÜNEŞ ENERJİSİ (kWh/m ² -yıl)	Güneşlenme Süresi (Saat/Yıl)
G.DOĞU ANADOLU	1460	2993
AKDENİZ	1390	2956
DOĞU ANADOLU	1365	2664
İÇ ANADOLU	1314	2628
EGE	1304	2738
MARMARA	1168	2409
KARADENİZ	1120	1971

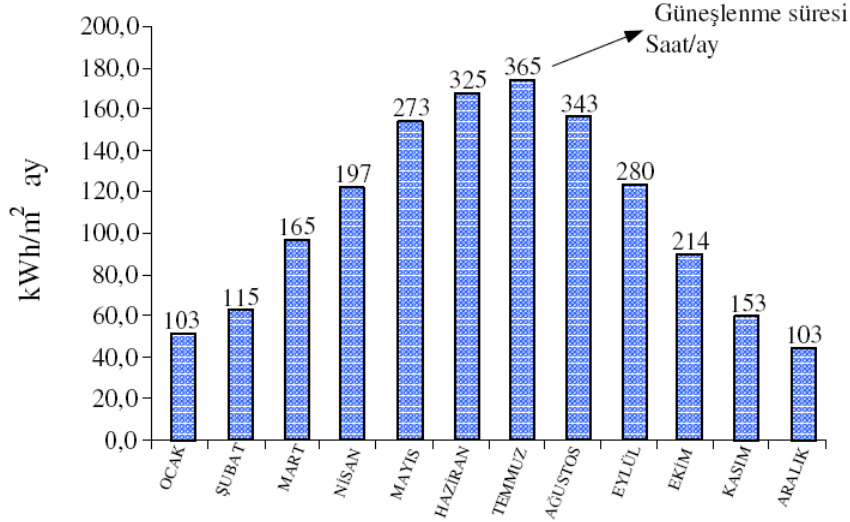
Ancak, bu değerlerin, Türkiye'nin gerçek potansiyelinden daha az olduğu, daha sonra yapılan çalışmalar ile anlaşılmıştır. 1992 yılından bu yana EİE ve DMİ, güneş enerjisi değerlerinin daha sağlıklı olarak ölçülmesi amacıyla enerji amaçlı güneş enerjisi ölçümleri almaktadırlar [29].

Devam etmekte olan ölçüm çalışmalarının sonucunda, Türkiye güneş enerjisi potansiyelinin eski değerlerden %20-25 daha fazla çıkması beklenmektedir. Türkiye'nin güneş ışınlarını alma potansiyeli Şekil.4.1.'de gösterilmiştir [30].



Şekil 4-1 Türkiye'nin Güneş Enerjisi Haritası

Bu haritaya bakarak kuzey bölgelerimizin güney bölgelerimizden daha az güneş aldığını görmek mümkündür. Haritada belirtilen 1. kuşak en fazla güneş alma açısına sahip bölge olup sırayla 2,3 ve 4. kuşak ise en az güneş alma açısına sahip olan bölgedir [26].



Şekil 4-2 Türkiye'nin aylık ortalama güneş enerjisi potansiyeli ve güneşlenme süresi

3.1.3. Elektrik Üretiminde Güneş Enerjisi

Artan sanayileşme ve konfor gereksinimleri, elektrik enerjisine olan talebi arttırmıştır. Artan talep sonucu, aranan alternatif elektrik üretim yöntemlerinden biride güneş pillerinden yararlanmaktır. Güneş pilleri veya daha yaygın isimleriyle fotovoltaik piller, üzerlerine düşen güneş ışınımını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren düzeneklerdir. İlk güneş pili, 1954 yılında, ABD'de Bell laboratuvarlarında geliştirilmiştir. İlk yıllarda, daha çok uzay çalışmalarında, uyduların güç gereksinimlerini karşılamak için kullanılmışlardır. Uzay programlarının gelişimiyle birlikte, yarı iletken sınıfı silisyumdan üretilen güneş pilleri hızlı bir gelişim göstermişlerdir. Hareketli parçası olmadığı için güvenilir bir sistem olmasına karşılık pahalı olması uzun yıllar güneş pillerinin laboratuvar çalışması olarak kalmasına neden olmuştur. Güneş pillerinin alternatif ve güvenilir bir enerji üretim sistemi olarak görülmeye başlanması, 1970'li yılların başında ortaya çıkan petrol krizi güvenilirliklerinin artması seçenек olarak öne çıkmalarını sağlamıştır.

Güneş pilleri, güneş ışığını doğru akım olarak elektrik enerjisine çevirirler. Elde edilen elektrik, doğru akım olarak kullanılabilirdiği gibi, alternatif akıma dönüştürülerek de kullanılabilir veya daha sonra kullanılmak amacıyla depolanılabilir. Temel olarak güneş pili; yakıtı güneş ışığı olan, hareketli parçaları olmayan çevreye zararlı atıklar içermeyen bir elektrik üretim düzeneğidir. Güneş ışığından her yerde yararlanmak olasıdır. Ayrıca bu sistemler kolay taşınıp, monte edilebilme özelliğine sahiptir. Elektrik çıkış güçlerine göre, kol saati, hesap makinesi, gibi küçük güçlü yerlerden, elektrik üretim santralleri gibi büyük güçlü yerlere kadar, elektrik enerjisinin her yerde kullanılabilir [37].

3.1.4. Fotovoltaikler

Fotovoltaik (photovoltaic) terimi, ışıktan gerilim üretilmesi anlamına gelir ve genellikle “PV” ile gösterilir. Fotovoltaik piller için kullanılan ortak terim “Güneş Pilleri” olmakla birlikte, piller her tür ışık altında elektrik üretebilirler. Güneş pilleri, enerjinin korunumu yasasına uygun olarak, ışık enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren cihazlardır; ancak enerjiyi depolayamazlar. Işık kaynağı (örneğin güneş) ortadan kalktığında, pilin ürettiği elektrik de kesilir. Eğer elektrik gece boyunca da kullanılmak isteniyorsa, devreye bir elektrik depolayıcı (akü) eklenmelidir.

Güneş pillerinin imal edildiği pek çok materyal vardır. Fakat en sık kullanılan silisyumdur. Silisyum, dünyada oksijenden sonra en çok bulunan elementtir ve oksijenle birlikte kuartz veya daha bilinen haliyle kumu oluştururlar. Zehirsiz ve güvenilir olduğu kadar da bol bulunabilen bir malzemedir. Güneş pillerinin imal edildiği silisyum, aynı zamanda bilgisayar ciplerinin yapımında da kullanılmaktadır. Piller, enerji dönüştürme sırasında herhangi bir yakıt kullanmazlar, yakıtları gün ışığıdır. Üzerlerine düşen ışık ne kadar fazlaysa üretilen enerji de o kadar fazla olacaktır. Yakıtları olan güneş ışığı, dünya üzerinde bol oranda ve bedava bulunan belki de tek yakıttır. Üstelik rüzgâr ve hidrolik enerjiye nazaran, dünya üzerinde dağılımı daha uniformdur [37].

3.1.4.1. Güneş Pillerinin Yapısı

Tek kristalli silisyum güneş pilinin rengi koyu mavi olup, ağırlığı 10 gram’dan azdır. Pilin üst yüzeyinde, pil tarafından üretilen akımı toplayacak ve malzemesi genellikle bakır olan ön kontaklar vardır. Bunlar negatif kontaklardır.

Kontakların altında 150 mm kalınlığında, yansıtıcı özelliği olmayan bir kaplama tabakası vardır. Bu tabaka olmazsa, silisyum, üzerine düşen ışınımın üçte birine yakın kısmını yansıtacaktır. Bu kaplama tabakası, pil yüzeyinden olan yansımayı önler. Pilin ön yüzeyi, normal olarak yansıyan ışığın bir kısmını daha yakalayabilmek amacıyla, piramitler ve konikler şeklinde dizayn edilmiştir. Yansıtıcı olmayan kaplamanın altında, pilin elektrik akımının ortaya çıktığı yapı bulunur. Bu yapı, iki farklı katman halindedir. N-katmanı, fosfor atomları eklenmiş silisyumdan oluşan ve pilin negatif tarafını oluşturan katmandır. P-katmanı ise, bor atomları eklenmiş silisyumdan oluşmuş, pilin pozitif tarafıdır. İki katman arasında, p-n kavşağı denilen, pozitif ve negatif yüklü elektronların karşılaştığı bir bölge bulunur. Pilin arka yüzeyinde, elektronların girdiği pozitif kontak görevi gören arka kontak yer alır. Üretilen piller, standart test koşullarında test edildikten sonra, tüketiciye sunulmaktadır.

Tipik bir silisyum güneş pili, 0,5 volt kadar elektrik üretebilir. Pilleri birbirine seri bağlayarak üretilen gerilim değerini arttırmak olasıdır. Genellikle, 30-36 adet güneş pili, 15-17 voltluk bir çıkış gücü vermek için birlikte bağlanabilir; ki bu voltaj değeri de, 12 voltluk bir aküyü şarj etmek için yeterlidir. Farklı çıkış güçleri verecek şekilde imal edilmiş, farklı büyüklüklerde güneş pilleri bulmak olasıdır. Silisyum pillerinin seri bağlanması ile modüller, modüllerin birbirine bağlanması ile örgüler oluşur. Her modül, paralel veya seri bağlanabilmesine olanak verecek şekilde, bağlantı kutusuyla birlikte dizayn edilir.

Güneş pilinin kolayca kırılabilmesi ve ürettiği gerilimin çok düşük olması gibi, sakıncalarının giderilmesi gerekir. Pillerin birbirlerine bağlanması ile oluşan modüller, koruyucu bir çerçeve içine alınmışlardır ve kullanılacak düzeyde gerilim üretirler. Modülde bulunan pil sayısı, çıkış gücünü belirler. Genellikle, 12 voltluk aküleri şarj etmek için 30-36 adet silisyum güneş pilinin bağlanması ile bir modül oluşsa bile, daha yüksek çıkış güçleri için daha büyük modüller yapılabilir. En basit sistem, bir modül ve buna bağlı bir akü veya elektrik motorundan oluşmuş bir sistemdir.

Modüllerin fiziksel ve elektriksel olarak bir araya getirilmesi ile oluşan yapıya panel adı verilir. Bir modülden elde edilen gücü arttırmak için başvuru bir yapılanma biçimidir. Bu şekilde, çıkış gücü, 12, 24, 48 V veya daha yüksek olabilir. Birden fazla panelin kullanıldığı bir sistemde, paneller, kontrol cihazına veya akü

grubuna, birlikte bağlanabilecekleri gibi, her panel tek olarak da bağlanabilir. Bu durumda, bakım kolaylığı olacaktır.

Sistemde kullanılan, fotovoltaik üreteçlerin tümünün oluşturduğu yapıya ise örgü denilmektedir. Örgünün çok büyük olduğu uygulamalarda, daha kolay yerleştirme ve çıkış kontrolü için sistem, alt-örgü gruplarına ayrılabilir. Örgü, bir modülden oluşabileceği gibi 100 000 veya daha fazla modülden de ulaşabilir [38].

3.1.4.2. Güneş Pillerinin Kullanımı

Fotovoltaik sistemlerin çoğunda, güneş ışığından alınan enerji, modüller aracılığıyla toplanarak, gece veya bulutlu günlerde kullanılabilmek için kimyasal enerjiye dönüştürülerek akülerde depolanır. Ayrıca, eğer pillerden alınan güç, istenen miktarda değilse, aradaki fark akülerden karşılanabilir. Depolanan enerjinin, günün her saati ve her hava koşulunda kullanılıyor olmasına karşılık, piller harcanan enerjiyi, ancak gün ışığında ve genellikle de birkaç saat içinde yerine koymaya çalışmaktadırlar. Sistem dizayn edilirken, çözülmesi gereken en önemli sorun, bu dengeyi sağlamaktır [37].

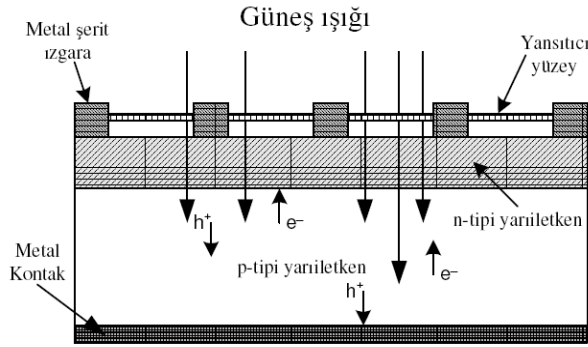
3.1.4.3. Güneş Pillerinin Çalışma İlkeleri

Başka malzemeler kullanılıyor olsa bile, günümüzde, pek çok güneş pili silisyumdan yapılmaktadır. Güneş pilinin üzerine güneş ışığı düştüğünde, silisyum atomunun son yörüngesindeki valans elektronunu negatif yükler. Işık foton denilen enerji partiküllerinden oluşmuştur. Fotonları, saf enerjiden oluşmuş bilardo toplarına benzetmek olasıdır ve bunlar bir atoma çarptıklarında tüm atom enerjileşir ve en kolay kopabilecek durumda olan son yörüngedeki valans elektronu kopar. Serbest kalan bu elektronda, voltaj veya elektriksel basınç olarak isimlendirebileceğimiz potansiyel enerji ortaya çıkar. Bu enerji, bir aküyü şarj etmek veya bir elektrik motorunu çalıştırmak için kullanılabilir. Önemli olan nokta, bu serbest elektronları pil dışına alabilmektir. Üretim sırasında, pilin ön yüzeyine yakın yerde bir iç elektrostatik bölge oluşturularak, bu elektronun serbest duruma geçmesi sağlanır. Silisyum kristali içine diğer elementler yerleştirilmiştir. Bu elementlerin kristal içinde bulunması, kristalin elektriksel olarak dengede olmasını önler. Işıkla karşılaşan malzemede, bu atomlar dengeyi bozar ve serbest elektronları diğer pile veya yüke gitmeleri için pilin yüzeyine doğru süpürürler. Milyonlarca foton pilin içine akarken,

enerji kazanıp bir üst seviyeye çıkan elektronlar da, pil içindeki elektro-statik bölgeye ve oradan da pil dışına akarlar. İşte bu oluşan akış elektrik akımıdır [40].

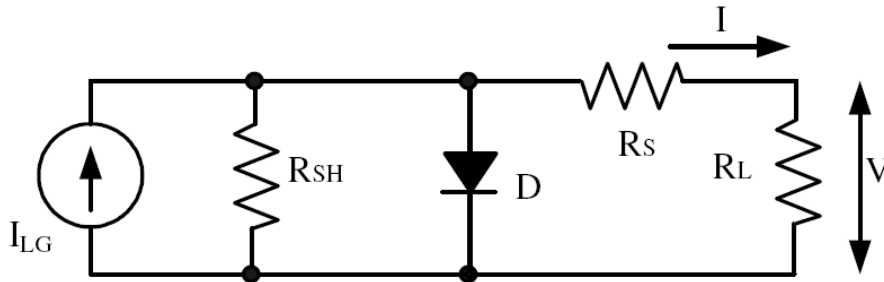
3.1.4.4. Fotovoltaik Pillerin Matematiksel Modeli

Fotovoltaik hücreler, güneş ışığının yarıiletkenler üzerindeki etkisi sonucunda elektrik üretirler. Fotovoltaik panellerin yapımında en çok kullanılan yarı iletken malzemeler, silisyum ve silisyum alaşımlarıdır. Şekil 4.5’de güneş panelinde kullanılan hücrelerin iç yapısına ait görüntü verilmiştir [26].



Şekil 4.3. Solar Hücresinin İç Yapısı

Güneş panelinden elde edilen elektrik enerjisini matematiksel olarak ifade edebilmek için öncelikle güneş paneli eşdeğer devresi çıkarılmalıdır. Bu devredeki değerlere bağlı olarak elde edilen formüller incelenirse, panelin enerji üretimi ve verimi ile ilgili daha fazla bilgi sahibi olunabilir. Şekil 4.6’de güneş paneli elektriksel eşdeğer devresi verilmiştir.



Şekil 4-4 Güneş paneli elektriksel eşdeğer devresi

Eşdeğer devre üzerindeki R_{SH} akım kaynağına paralel direnci, D ise kaynak üzerinden geçebilecek ters akımları önleyen diyotu ifade etmektedir. R_L ise yük

direnci olarak kullanılmaktadır. Güneş panelinde üretilen elektrik enerjisine, panel sıcaklığının, panelin güneş alma açısının ve ısınım değerinin direk olarak etkisi vardır. Güneş panelinde elde edilen elektrik enerjisi matematiksel olarak Es. 4.1 ile,

$$I := I_{LG} - I_{OS} \cdot \left[\exp \cdot \left[\frac{q}{AkT} \cdot (V + IR_s) \right] - 1 \right] - \frac{V + IR}{R_{SH}} \quad (4.1)$$

ters doyum akımı Es. 4.2 ile,

$$I_{OS} := I_{OR} \left(\frac{T}{T_R} \right)^3 \cdot \exp \left[\frac{qE_{GO}}{Bk} \left(\frac{1}{T_R} - \frac{1}{T} \right) \right] \quad (4.2)$$

ışık tarafından üretilen akım ise Es. 4.3 ile ifade edilir.

$$I_{LG} := \left[I_{SCR} + K_1(T - 25) \right] \frac{\lambda^1}{100} \quad (4.3)$$

Formüllerdeki değişkenler;

I ve V = Panel çıkış akım ve gerilimi

IOS = Panel ters doyum akımı

T = Panel sıcaklığı °C

k = Boltzmann sabiti

q = Elektronik şarj

KI = 0,0017 = ISCR için kısa devre sıcaklık katsayısı A/°C

λ = W/m² 'deki solar aydınlanma

ISCR = 25°C ve 1000 W/m²'deki kısa devre akımı

ILG = Işık tarafından üretilen akım

EGO = Silikon için bant genişliği

B = A = 1,92 = deallestirme faktörü

TR = 301,18°K = Referans sıcaklık

IOR = TR referans sıcaklığında panel doyum akımı

RSH = Şönt direnç

RS = Seri direnç

3.2. Yöntem

3.2.1. Genel Tanım

Rüzgar enerjisi, rüzgarı oluşturan hava akımının sahip olduğu hareket enerjisidir. Bu enerjinin belli bir bölümü yararlı olan enerjiye (elektrik, pompalama, v.s.) dönüştürülebilir. Havanın özgül kütlesi az olduğundan, rüzgardan sağlanacak enerjinin miktarı, yine rüzgarın hızına bağlıdır. Rüzgarın hızı yükseklikle, gücü ise, hızın küpü ile orantılı olarak artar. Sağlayacağı enerji; gücüne ve estiği sürece bağlıdır. Özgül rüzgar gücü, hava debisine dik olarak, birim yüzeye düşen güçtür. Topoğrafik koşullara bağlı olarak, rüzgarın yerden 50 metre yükseklikteki özgül gücü, rüzgarın hızı 3,5 m/s' den küçük iken 50 W/m²' den az, 11,5 m/s' den büyük iken 1800 W/m²' den çok olabilir. Dünya yüzeyinin % 27' sinde yıllık ortalama rüzgar hızının, yerden 10m Yükseklikteki 5,1 m/s' den büyük olduğu saptanmıştır. Bu alan rüzgar enerjisi bakımından zengin olan bölgelerin toplamıdır [31].

3.2.2 Rüzgar Enerjisinden Yararlanma Gelişimi

İnsanoğlunun, rüzgarın gücünü keşfedip onun gücünden yararlanmaya başlaması çok eski dönemlere dayanır. Rüzgar gücünden ilk yararlanma şekli olarak yelkenli gemilerin hareket ettirilmesi ve yel değirmenlerinin çalıştırılması gösterilebilir. İlk kez M.Ö. 2800 yıllarında Mısırlıların kürek mahkumlarının gücüne ek olarak rüzgar enerjisini kullandıkları biliniyor. Mısırlılar metrelerce uzunluktaki yelkenleri şişirip tonlarca ağırlıktaki gemileri üzdürmek için rüzgarın gücünden yararlanmışlardır. Buharlı gemilerin icadına kadar yelkenliler, kıtalararası ulaşım ve ticarete büyük rol oynamıştır. Kıtalar arası ulaşımın gelişmesinde en önemli katkıyı Fenikeliler yapmıştır. Hatta bu yüzden İngilizler, Batı rüzgarlarına Ticaret rüzgarları (Trade winds) adını vermişlerdir. Yel değirmenlerinin M.Ö. 2000 yıllarında eski Mısır, Çin ve Japonya'da icat edildikleri ve tahıl öğütme işleminde başarıyla kullanıldıkları kabul edilir. Yel değirmenlerinin merkezi olarak Hollanda kabul edilmektedir. Yel değirmenlerinin icadı batıya, Haçlı Seferleri (1096-1270) sırasında Türkler yoluyla geçmiştir. Zamanla Fransa, Almanya,

İngiltere inşa edilmeye başlanan değirmenler, 18. yüzyıl sonlarına doğru Avrupa'da giderek yaygınlaşmıştır.

Rüzgar enerjisi tür olarak, endüstriyel devrimde yararlı bir enerji kaynağı olarak benimsenmemiştir. Ancak, 1973-1974 yıllarında ortaya çıkan petrol krizleri, uzak bölgelerin beslenmesi amacıyla elektrik üretimi ve suyun pompalanması için bu teknolojiye gösterilen ilgiyi yeniden canlandırmıştır. 1987'de Kaliforniya'da uygulamaya konulan bir vergi indirimi sistemi, rüzgar endüstrisine yönelik bir atılımın öncüsü olmuştur. Halen dünyada, otuz kadar ciddi rüzgar türbini yapımcısı mevcuttur. Bunların çoğu Avrupa Birliğine üye ülkelerde bulunmaktadır. Yel değirmenlerinin en modern şekli olarak kabul edilen ve onun prensiplerine göre çalışan ilk rüzgar türbini 1890'da Danimarka'da üretilmiştir. Rüzgar enerjisinden en yoğun yararlanan ülke olan ABD'de ilk kez rüzgar enerjisinden yararlanma çalışmaları 1944 yılında gerçekleşmiştir. Elektrik enerjisi üreten ilk rüzgar santrali ise, ABD'de Vermont eyaletinin Montpelier kenti yakınlarında 1940 yılında General Elektrik firması tarafından inşa edilmiştir. ABD'de de başlayan bu rüzgar enerjisinden yararlanma durumunu zamanla Danimarka, Hollanda, İsveç, Almanya izlemiştir. Rusya federasyonunda ilk deneme rüzgar türbinleri istasyonu 1952'de Yalta'da kurulmuştur. Kule yüksekliği 50 m. olan rüzgar türbinlerinin kurulu gücü 1000 Kw civarındadır. İngiltere'de ülkenin sahip olduğu rüzgar enerjisi potansiyeli etüt edilmiş ve kurulu gücü 2000 kW - 3000 kW dolayında olabilecek çok sayıda santral kurulabileceğini ortaya koymuştur. Bu ülkelerden başka Arjantin, Mısır, İspanya, Hollanda, Danimarka, İsveç, Avustralya da bu konuda çalışmalar yapmaktadırlar [32].

Milattan önceki yıllarda kullanılmaya başlanılan rüzgar enerjisi, denizlerde yelkenli gemilere, karalarda ise, yel değirmenlerine ve rüzgar millerine ana güç kaynağı olmuştur. Özellikle buğday, mısır öğütme ve su pompalama gibi gereksinimler uzun yıllar bu yolla çözülmüştür.

Rüzgar enerjisi kullanımı, M.Ö. 2800'lü yıllarda Orta Doğu'da başlamıştır. M.Ö. 17. yüzyılda Babil Kralı Hammurabi döneminde Mezopotamya'da sulama amacıyla kullanılan rüzgar enerjisinin, aynı dönemde Çin'de de kullanıldığı belirtilmektedir. Yel değirmenleri ilk olarak İskenderiye yakınlarında kurulmuştur. Türklerin ve İranlıların ilk yel değirmenlerini M.S. 7. yüzyılda kullanmaya başlamalarına karşın, Avrupalılar yel değirmenlerini ilk olarak haclı seferleri sırasında görmüşlerdir. Fransa ve İngiltere'de yel değirmenlerinin kullanılmaya başlaması ise, 12. yüzyılda olmuştur [33].

Avrupa, haçlı seferlerinde kazandığı bu teknoloji ile, Roma İmparatorluğu'nun kaçırdığı bir serveti yakalamıştır. Roma İmparatorluğu gücünün zirvesinde iken, para basmak için gereken altın ve gümüşü Avrupa dışındaki eyaletlerinden sağlamaktaydı. Bu eyaletleri kaybettikten sonra, Avrupa'daki fakir madenlerin işletilmesi denenmiş, fakat bu madenlerin yüzeysel kapasiteleri hızla tükenip, derinlere inildikten sonra galerilerden su çıktığından, madenler terk edilmişti. Altın ve gümüş bulunamayınca paralara bakır katılmaya başlandı. Giderek artan parasal ve ekonomik bunalımla birlikte, o dönemin yüksek hızlı enflasyonu Roma İmparatorluğu'nun sonunu getirmişti. Avrupa'nın Orta Çağ karanlığından sıyrılmasında önemli etmenlerinden birinin, Romalıların terk ettikleri madenlerin yeniden işletmeye açılması olduğu söylenir. Avrupalılar bunu yel değirmenleri yardımıyla, galeri diplerindeki suları dışarı pompalayarak, yani rüzgar enerjisini kullanarak başarmışlardır.

Tarımsal ürünleri öğütme, su pompalamak, hızar çalıştırmak gibi amaçlarla geliştirilen yel değirmenleri; Avrupa'da Endüstri Devrimi'ne kadar hızla yayılmışlardır. 18. yüzyılın sonunda yalnızca Hollanda'da 10000 yel değirmeni bulunuyordu. Buhar makinesinin yapılması ve odun, kömür gibi yakıtlardan kesintisiz enerji üretimine başlanması ile rüzgar enerjisi önemini yitirmeye başlamıştır. Bununla beraber, rüzgar türbini denilen ve elektrik üretiminde kullanılan ilk makineler, 1890'ların başlarında Danimarka'da yapılmıştır. Aynı dönemde, bu makinelerin geliştirilmesi için Almanya'da önemli çalışmalar yapıldığı bilinmektedir. Rüzgar kuvvet makineleri yerlerini yakıtlı kuvvet makinelerine bırakırken, rüzgar enerjisinin kullanımının sürmesi için yeni bir teknoloji de başlamıştır. Ancak, 19. yüzyılda geliştirilen ilk rüzgar türbinlerinin verimi düşüktü.

1918 yılında Danimarka'da başlatılan bir çalışma ile, 120 kırsal merkezde elektrik üretimi 20-30 kW'lık rüzgar türbinlerinin kullanımı ile sağlanmıştı. Rusya'da 1931 yılında 100 kW'lık rüzgar türbini yapılmıştı. 1941 yılında ABD'de Vermont yakınlarında Granpa's Knop'da kurulan Putnam rüzgar türbini, 1250 kW gücü ile dönemin en büyük rüzgar kuvvet makinesi olmuştur. İki kanatlı rotorun çapı 53 m. idi. Putnam türbini, modern rüzgar makinelerinin ilkidir. Toplam ağırlığı 250 ton olan bu rüzgar santraline, bir milyon dolar yatırım yapılmıştı. Ancak titreşim ve malzeme yorgunluğundan dolayı, 26 Mart 1945 sabahı olan bir kazada kanatlarından biri kopmuş, yaklaşık 8 tonluk kanat 230 m. uzağa fırlamıştır. İkinci Dünya

Savaşı'nın ardından 1945'de İngiltere'de başlatılan deneysel çalışmalar sonucunda, Enfeld'da 10 kW gücündeki Andreu makinesi kurulmuştur. Bu rüzgar türbininin rotoru üç kanatlı olup, çapı 15 metreydi. 1947 yılında Danimarka'da başlatılan ve modern yaklaşımlar içeren elektrik üretim amaçlı bir başka çalışmanın son ürünü ise, 1959 yılında işletmeye sokulan 200 kW'lık Gedser türbini olmuştu. Bu makinenin 24 metre çaplı rotoru üç kanatlı idi. Aynı dönemde Fransa'da yapılan makinelerden Noeget Le Roi'deki rüzgar türbini 300kW gücündedir. Bu yıllardaki ilgi artışının sebepleri su şekilde sıralanabilir.

- Hızla artan elektrik enerjisi talebi karşısında, ekonomik olarak geliştirilebilen hidroelektrik kaynakların yakıt tedarikinin yetersiz kalması,

- Hidroelektrik santrallerinin ve buhar türbinlerinin oluşturulmasında, hem ilk yatırım sırasında, hem de enerjinin iletilmesi esnasında hızla artan yüksek maliyetler,

- Savaş sonrasındaki zor ekonomik ve politik koşullar nedeniyle, ülkelerin enerji üretiminde ithal yakıtlar yerine kendi öz kaynaklarına yönelmesi,

- Kömür ve petrol türevli kaynakların yakıt olarak kullanımının yüksek hızla artması ve dolayısıyla rezervlerin azalmaya başlaması,

- Savaş sırasındaki araştırma–geliştirme çalışmalarının sonucunda uçak konstrüksiyonlarında uygulanan aerodinamik bilgi birikiminin büyük bir oranda artması ve bu bilginin büyük rüzgar türbinlerinin konstrüksiyonu yolunda kullanılabilirliği,

- Yaygın enerji ağına farklı kaynaklardan enerji ve güç bağlanabilmesinin avantajlarının değerlendirilmesi,

- Rüzgar türbinleri ile ilgili denemelerin yapılması ve bu tip uygulamaların ekonomik bir tesis olarak başarılı olmamasına karşın, rüzgar enerjisinden faydalanarak elektrik üreten büyük tesislerin pratik olarak iyi bir performansla çalışabileceğinin kanıtlanması.[34]

1961 yılında Roma'da Birleşmiş Milletler tarafından düzenlenen Enerjinin Yeni Kaynakları Konferansı'nda ele alınan üç kaynaktan biri rüzgar enerjisi idi. Böylece, çok eskiden buyana tanınan rüzgar enerjisi, teknolojik gelişmelerle ele alınıyor yeni ve yenilenebilir kaynaklar arasına sokuluyordu. Ucuz petrol döneminde güncellik kazanmayan rüzgar enerjisi, 1974-1978 yılları arasındaki yapay petrol bunalımları ardından gündeme daha çok girmiştir. Rüzgar enerjisinin gelişimine,

1980'li yıllarda Uluslararası Enerji Ajansı eşgüdümünde yürütülen araştırma geliştirme çalışmalarının büyük etkisi olmuştur.

Artık eski tip rüzgar jeneratörleri yerine, modern ve çağdaş rüzgar enerjisi çevrim sistemleri (WECS) kurulmaktadır. Ayrıca rüzgar türbinleriyle beraber dizel motor ve güneş fotovoltaik jeneratörü içeren rüzgar-dizel-PV hibrid sistemler de geliştirilmiştir. Bir tüketiciyi besleyecek tek makine yerine, birden çok türbin içeren rüzgar çiftlikleri ile elektrik şebekeleri için üretim yapılır olmuştur. ABD, Danimarka, Hollanda, İngiltere ve İsveç'in katkıları sonucunda, deniz üstünde, kıyıdan uzakta rüzgar santralleri kurulmuştur [33].

3.2.3. Türkiye'de Rüzgar Enerjisi

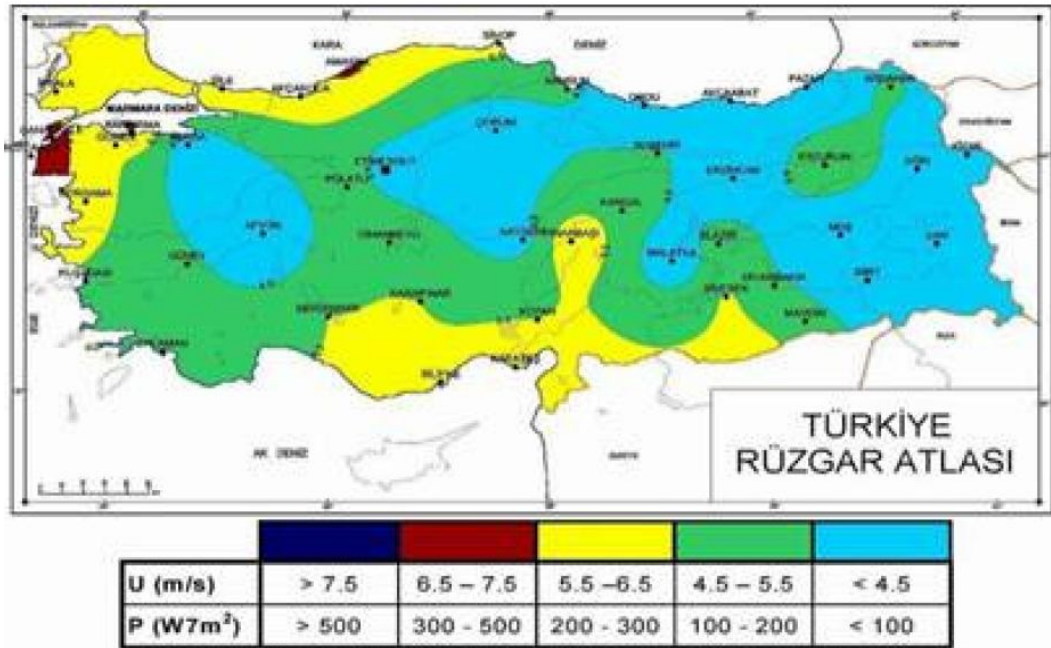
Anadolu; kışın Sibiryaya yüksek basıncının etkisinde bir yüksek basınç alanı, Karadeniz ve Akdeniz ise bir alçak basınç alanıdır. Bu nedenle kışın rüzgarların karalardan denizlere doğru esmesi beklenir. Yazın ise Anadolu, güneyden gelen tropikal hava kütlelerinin etkisindedir. Yani yazın; eteziyen adı verilen kuzey batıdan esen rüzgarlar Marmara ve Ege'yi etkilerler. Türkiye'deki rüzgarların bu genel beklentiye tam olarak uymadığı görülmektedir. Nedeni ise meltem ve föhn rüzgarlarını da oluşturan yerel etmenler ve Sibiryaya yüksek basınç alanının yıllara göre zayıf veya güçlü olmasıdır.

Türkiye, Avrupa'da Rüzgar enerjisi potansiyeli en iyi olan ülkelerden biridir. Türkiye'de Rüzgar enerjisi kaynakları teorik olarak Türkiye'nin elektrik enerjisinin tamamını karşılayabilecek düzeydedir. Türkiye'nin teknik potansiyeli ise 83 000 MW dur. Bu bile Türkiye'nin şu anda kurulu gücünün üç katına eşittir. Dolayısıyla Türkiye biran önce kullanması gereken önemli bir rüzgar enerjisi gücüne sahiptir. Üç tarafı denizlerle çevrili olan ve yaklaşık 3500 km kıyı şeridi olan Türkiye'nin özellikle Marmara, Ege kıyı şeritleri sürekli ve düzenli olan bölgelerdir.

Ülkemizde Rüzgar enerjisi ile ilgili çalışmalar 1996 yılında başlamıştır. Üç rüzgar türbininden oluşan ve 1,7 MW Kurulu güce sahip olan ilk santral daha kurulmuştur. Aynı yıl 7,2 MW güce sahip bir santral daha kurulmuştur. Enerji Bakanlığının 1999 yılı Eylül ayında açtığı yap işlet devret modeli Rüzgar güç santrali ihalesi sonrası 717 proje için ölçüm izni verilmiştir.

Çizelge 5-1 Türkiye’de 2005 yılı kurulu rüzgar gücü değerleri.

ProjeninAdı	Yer	Bölge	İşletmeye Başlangıç	Kapasitesi(KW)	Türbin Sayısı (Adet)	Kurulu Güç(MW)	Rotor Çapı (Metre)
Çeşme Germiyan	İzmir Çeşme	Ege	Şubat 1998	500	3	1,5	40,3
Çeşme Alaçatı	İzmir Alaçatı	Ege	Kasım 1998	600	12	7,2	44
Bozcaada	Çanakkale Bozcaada	Marmara	Temmuz 2000	600	17	10,2	44
İstanbul	İstanbul Hadımköy	Marmara	Kasım 2000	600	2	1,2	44



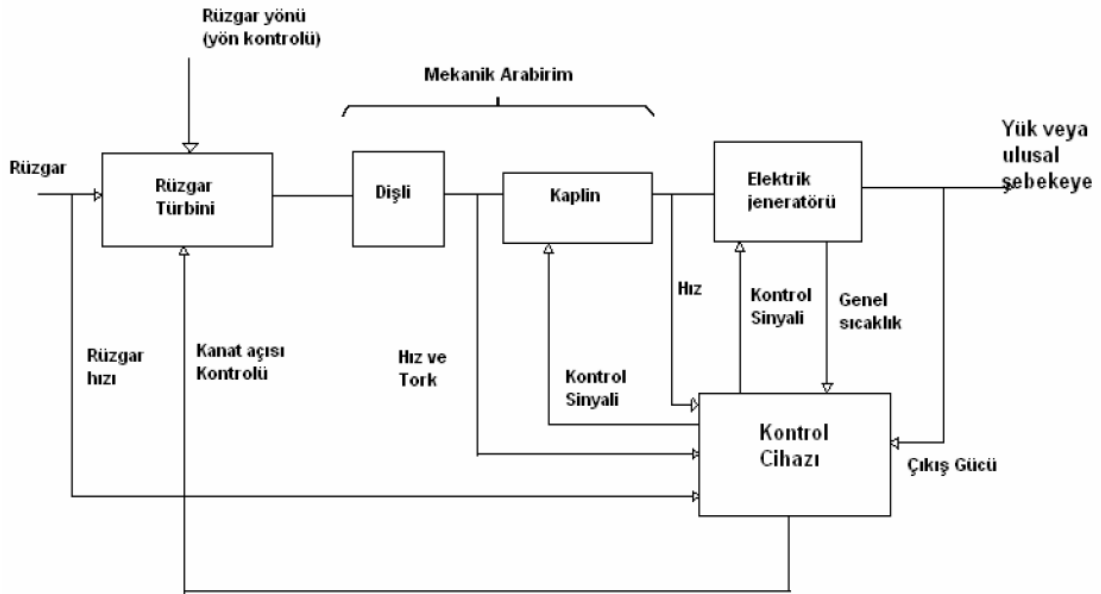
Şekil 5.1. Türkiye rüzgar atlası [23]

3.2.4. Elektrik Üretiminde Rüzgar Enerjisi

Rüzgar türbinleri hareket halindeki havanın enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren makinelerdir. Bu nedenle rüzgardan elektrik üretimi rüzgar enerjisi

uygulamalarının temel yöntemlerinden biridir. Rüzgar-elektrik sisteminin temel bileşenleri Şekil 5.2’de gösterilmiştir. Hareketli havadan mekanik enerji şeklinde elde edilen enerji, uygun bir bağlantı ve dişli kutusu içeren mekanik aktarıcı yoluyla elektrik jeneratörüne aktarılır. Jeneratörden elektrik çıkışı, uygulamaya göre bir yüke yada güç şebekesine bağlanır.

Bu tür bir sistemde kullanılan kontrol cihazı, bir yada daha fazla noktada rüzgar hızı ve yönü, mil hızları ve döndürme momenti (torque), çıkış gücü ve gerekliyse jeneratör sıcaklığını algılayarak kanat açısı kontrolü, yön kontrolü (sadece yatay eksenli makinelerde) yapmak ve rüzgar enerji girişi ile elektrik çıkışını eşlemek amacıyla jeneratör kontrolü için uygun sinyalleri üretir. Ayrıca kuvvetli rüzgar sonucunda oluşan aşırı koşullardan, elektriksel arızalardan, jeneratörün aşırı yüklenmesi gibi koşullardan sistemi korur [42].



Şekil 5-2 Rüzgar-elektrik sistemi

Rüzgar-Enerji Dönüşüm (RED) aşağıdaki üç temel faktöre bağlı olarak sınıflandırılabilir [42]:

1-Çıkış türü;

- Doğru akım,
- Değişken frekans, değişken veya sabit gerilim, alternatif akım,
- Sabit frekans, değişken veya sabit gerilim, alternatif akım.

2-Rüzgar türbininin dönme hızı;

- Değişken kanat açısı ile sabit hız,

- Basit açı değiştirici mekanizmaları ile yaklaşık sabit hız,
- Sabit kanat açısı ile değişken hız.

3-Elektrik enerji çıkışından yararlanma şekli;

- Akü gurubunda depolama,
- Diğer şekillerde depolama,
- Konvansiyonel şebeke sistemine bağlantı.

Sabit hızlı sistemlerde, sadece rotor hızının küçük değişikliklerine müsaade edilir. Bu sistemin yapı ve performansı kanat eğim kontrolü gibi mekanizmaların mekaniksel karakteristiğine bağlıdır. Ayrıca türbülans ve kule şekli, güçteki değişimler olarak görülen dalgalanma yüklerini hızlı bir şekilde etkiler. Bu değişimler, şebekeye bağlı rüzgar türbinleri için istenmeyen bir özelliktir. Güçteki bu değişimler, rüzgar türbininin ömrünü kısaltan mekaniksel baskılara neden olur ve güç kalitesini azaltır. Bu nedenle rüzgar türbinleri optimum performansında çalıştırılmazlar ve genellikle rüzgardan maksimum güç elde edilemez [26].

Sabit hızlı sistemlere alternatif olan değişken hızlı sistemlerde ise, rotor hızı kontrol edilmeye uygundur. Bu özellik, rüzgar türbin sisteminin sürekli olarak optimum hız oranına yakın çalışmasına imkan sağlamaktadır. Değişken hızlı sistemlerin, sabit hızlı sistemlere göre bazı önemli avantajları aşağıda verilmiştir;

- Türbin hızı, çıkış gücünü en üst düzeye çıkarabilecek şekilde rüzgar hızının bir fonksiyonu olarak ayarlanabildiği için yıllık enerji üretimi artar. Türbin aerodinamiğine ve rüzgar rejimine bağlı olarak, yıllık enerjiye ortalama %10 oranında bir katkı sağlanır.

Sistem, gücün en uygun şekilde düzenlenmesine imkan sağladığı için mekaniksel baskılar azalır.

Rüzgar ve mekaniksel sistemlerden kaynaklanan ve çıkış gücünde değişime sebep olan anlık durumlar önemli ölçüde azalır. Türbin ani ve çok kuvvetli rüzgara maruz kaldığında, mekaniksel sistemin eylemsizliği rotor hızını artırıp artık enerjiyi emerek, elektriksel sistemin şebekeye sabit güç aktarmasına engel olmaz.

Güç kalitesi, güçteki dalgalanmalar azaltılarak iyileştirilebilir. Güçteki dalgalanmaların azalması, gerilimin nominal değerinden uzaklaşmasını da önleyecektir. Bu da rüzgar gücünün şebekedeki etkisini arttıracaktır.

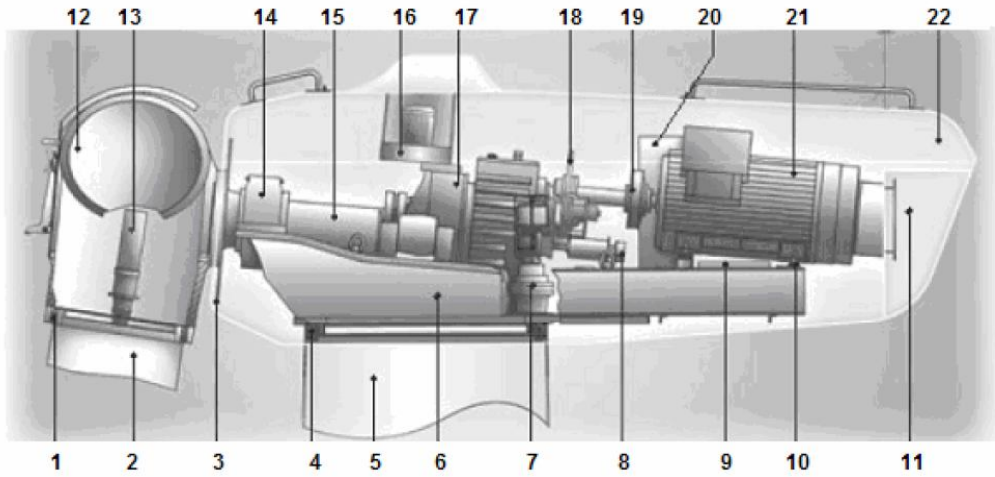
Kanat eğim açısının kontrol zaman sabiti, daha yüksek olabileceğinden, kanat eğim mekanizmasının karmaşık kontrol sistemi daha basit bir şekilde yapılabilmektedir.

Akustik gürültü azalacaktır. Yerleşim bölgelerinin yakınlarına kurulan rüzgar çiftliklerinde gürültü önemli bir problem olmaktadır.

Değişken hızlı sistemlerin dezavantajları ise; generatör ve şebeke arasındaki bağlantı için gerekli güç çeviricilerinin (convertor) karmaşıklığı ve maliyetin yüksek olmasıdır. Fakat son yıllarda gerek güç elektroniğinde kaydedilen ilerlemeler, gerekse yarı iletken teknolojisinin maliyetinin her geçen gün azalması, rüzgar güç sistemlerinde bu yapının kullanımını oldukça cazip hale getirmiştir [18].

3.2.5. Rüzgar Türbinleri

3.2.5.1. Rüzgar Türbinlerinin İç Yapısı



Şekil 5-3 Rüzgar Türbini İç Yapısı

1- Kanat Yatağı	12- Rotor Göbeği
2- Kanat	13- Kanat Açısı (pitch) Sürücüsü
3- Rotor Kilidi	14- Yatak Engelleyicisi
4- Sapma Yatağı	15- Rotor Şaftı
5- Kule	16- Yağ Soğutucusu
6- Ana Gövde	17- Dişli Sistemi
7- Sapma Sürücüsü	18- Fren
8- Transmitter	19- Kuplaj Sistemi
9- Akü	20- Kontrol Panel
10- Ses Yalıtım	21- Generator
11- Havalandırma	22-DışYüzey

Rüzgar türbinleri dikey ve yatay olmak üzere ikiye ayrılır. Dikey rüzgar türbinleri daha çok deneysel olup, ticari amaçlı uygulamaları azdır. Günümüzde enerji üretiminde büyük oranda kullanılan sistemler yatay türbin sistemlerdir. Böyle bir türbin sistemi şekil 5.3'de görülmektedir. Şekil 5.3deki sistemler;

Kanatlar; esen rüzgarın uçak kanatlarında yarattığı kaldırma kuvveti prensibine göre çalışırlar. Bu şekilde dönen sistemler rüzgar enerjisini rotora aktarırlar. Modern megawatt boyutlu sistemlerde bu kanat boyutları 35 metreden büyük olabilir.

Rotor; Kanatlar ve kanatları birleştiren merkez, rotor olarak adlandırılır. Geçmişte farklı sayıda kanatlı sistemler denenmişse de günümüzde 2 kanatlı veya 3 kanatlı sistemler kullanılmaktadır. Sistemin merkezi rotor şaftına bağlıdır.

Kanat açısı sürücüsü; Rüzgar hızının elektrik üretmek için çok düşük veya çok yüksek olduğu zamanlarda veya rüzgar hızı değiştiğinde, rotorun dönmesini engellemek için, rotor kanatlarının rüzgara karşı gelen açıları değiştirilerek rüzgarın oluşturduğu kaldırma kuvvetinin değiştirilmesiyle bir hız kontrolü yapılmış olur.

Sapma sürücüsü; Sapma sürücüsü, rüzgarın yönü değiştikçe rotoru döndürerek, sistemin rüzgara karşı durmasını sağlar. Sapma motoru tarafından hareket ettirilir. Dönüş yönü ve miktarı, rüzgar kanatçığında alınan bilgiler ile kontrol sistemi tarafından hesaplanır.

Rotor Şaftı; Bu şaft rotoru dişli sisteme veya doğrudan tahrikli sistemlerde generatöre bağlar.

Fren; Acil durumlarda rotoru durdurmaya yarar.

Dişli Sistemi; Dönüş hızı yüksek generatörler için geçerlidir. Pahalı ve ağır bir sistemdir.

Generatör; Asenkron ve eşzaman generatör olabilir [36].

4.ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Problemin Tanımlanması

Hatay'ın İskenderun ilçesinde bir hektar(10000m²) ekilebilir tarım arazisinin, güneş enerjisi ve rüzgar enerjisi kullanılarak elde edilen elektrik enerjisiyle çalıştırılan su pompası ile sulanması.

4.2. Problemin Bağımsız Değişkenlerinin Tanımlanması

4.2.1. Suyun Pompalanacağı Toplam Yükseklik

Toplam yükseklik, pompanın kuyu içerisindeki derinliğine, su yüzeyinin derinliğine ve deponun yüksekliğine bağlıdır. Su yüzeyinin derinliği genellikle mevsime göre ve kuyudan su çekildikçe düşer. Su derinliğinde büyük değişiklik olması bekleniyorsa ortalama yüksekliği almak gerekir.

Toplam yükseklik aşağıdaki formülden hesaplanabilir:

$$H := H_d + H_y + H_p \quad (6.1)$$

Burada H toplam yükseklik, H_d deponun yerden olan yüksekliği, H_y su yüzeyinin derinliği ve H_p pompanın su içerisindeki derinliğidir. Su yüzeyinin derinliği H_y ise,

$$H_y := H_s + H_k \quad (6.2)$$

olarak gösterilebilir. H_s suyun mevsime bağlı olarak değiştiği statik derinliği ve H_k kuyudan su çekildikçe su derinliğidir. Kuyudan su çekmek için gerekli olan hidrolik enerji aşağıda gösterildiği gibi hesaplanabilir.

$$E := \rho \cdot g \cdot V \cdot H \quad (6.3)$$

Burada, E gerekli olan hidrolik enerji (Watt-saat/gün), ρ su yoğunluğu (1001 kg/m³, 20°C sıcaklıkta), g yerçekimi (9.80665 m/s²), V pompalamak istediğimiz toplam su hacmi (m³/gün) ve H suyu pompaladığımız toplam yüksekliktir (m).

Denklem 3 'e sabit değerler yerleştirilerek;

$$E := 9816.56V \cdot H \quad (6.4)$$

bulunur. Enerji normal olarak kW/gün olarak hesaplanır. Denklem 4 'ü aşağıdaki gibi

$$E := 0.02726V \cdot H \quad (6.5)$$

yazabiliriz.

Burada, E, V kadar hacimde suyu günde H kadar toplam bir yüksekliğe pompalamak için gerekli olan hidroelektrik enerjinin kWs/gün olarak değeridir. [41]

4.2.2. Günlük Su İhtiyacı

Tarımsal sulamada günlük su ihtiyacı; ekili alanın büyüklüğü, ekinin günlük su ihtiyacı, mevsim ve hava durumu (yağmur, sıcaklık ve güneşlenme miktarı), toprağın özellikleri gibi faktörlere bağlıdır. [41]

4.2.3. Fotovoltaik Pil İhtiyacı

Gerekli olan fotovoltaik pil ihtiyacını hesaplamak için, sistemi kuracağımız bölgedeki ortalama güneş enerjisi dağılımını bilmek veya tahmin etmek gerekir. Genellikle gerekli olan bu bilgi bölgeye en yakın olan meteoroloji istasyonundan elde edilebilir. Günlük ortalama güneş enerjisi miktarını I (kWs/m²/gün) ile gösterirsek, gerekli olan fotovoltaik enerji kW olarak aşağıdaki formül ile hesaplanabilir.

$$P := \frac{0.002726}{I} \cdot V \cdot H \quad (6.6)$$

Güneş enerjisi ile çalışan su pompası sistemlerinin verimleri %30 civarındadır. Sistem verimini η ile gösterirsek, denklem (6) aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$P := \frac{0.002726}{\eta \cdot I} \cdot V \cdot H \quad (6.7)$$

Gerekli olan fotovoltaik enerji miktarını aylık değerler olarak hesaplamak daha uygundur. Bu durumda, i ayı için gerekli günlük enerji şu şekilde hesaplanabilir.

$$P_i := \frac{0.002726}{\eta \cdot I_i} \cdot V_i \cdot H_i \quad (6.8)$$

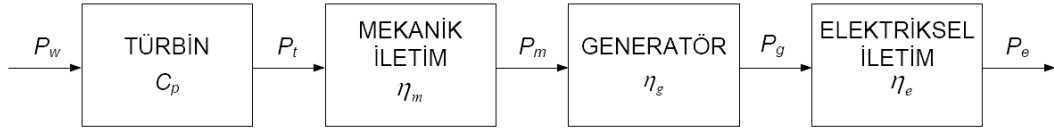
Toplam yıllık fotovoltaik elektrik enerjisi ihtiyacı ise,

$$P := \frac{0.002726}{\eta \cdot I_i} \cdot \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{V_i \cdot H_i \cdot N_i}{I_i} \right) \quad (6.9)$$

olarak hesaplanabilir. Burada N_i , i ayı içerisindeki gün sayısıdır [41].

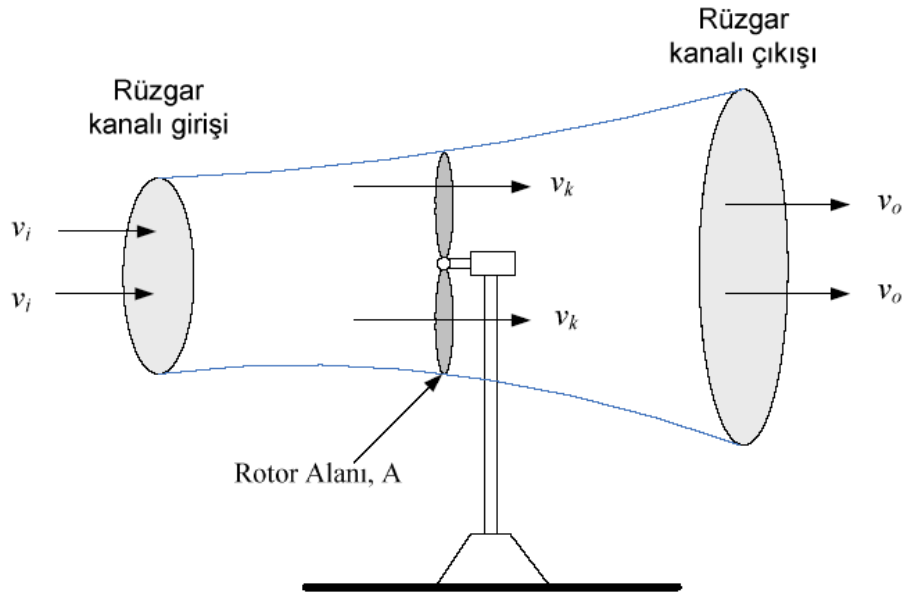
4.2.4. Türbin İhtiyacı

Rotor, dişli, generatör, elektriksel dönüştürücüler, kule ve kontrol sisteminin karakteristik büyüklükleri, bölgenin topolojisi, yüzey pürüzlülüğü, rüzgar hızı, rüzgar potansiyeli, atmosferik şartlar vb. faktörleri tam anlamıyla belirlenip dikkate alınarak, rüzgar enerjisinden yararlanılabilir elektrik enerjisi dönüşüm hesapları yapılabilir.



Rüzgar türbinin rotoru hava akımındaki enerjiyi absorbe eder ve bu da rüzgarın hızına bir etkide bulunur. Bir rüzgar türbini tesis etmeden önce seçilen yörenin rüzgar enerjisi potansiyelinin ve buna ait teorik hesapların yapılması gerekir. Şekil 6.1'de havanın rotor çevresindeki akışı verilmiştir. Rotoru terk eden havanın hızı azalır ve teğetsel olarak da yönünde bir sapma olur.

Rüzgar gücünün hesabında kinetik enerji formülü temel alınır. Türbine giren rüzgarın enerjisi ile çıkan rüzgarın enerjisi arasındaki fark elde edilen enerjiyi verir [36].



Şekil 6-4 Havanın Rotor Çevresindeki Akışı

$$W_w := V_a \frac{\rho}{2} \left[(V_1)^2 - (V_3)^2 \right] \quad (6.10)$$

ρ : Birim hacim için havanın yoğunluğu

V_1 : Türbine giren rüzgarın hızı

V_3 : Türbinden çıkan rüzgarın hızı

V_a : Hava hacmi elemanı

Rüzgar türbininin gücü şu şekilde ifade edilir:

$$P_w := \frac{dW_w}{dt} = \frac{d}{dt} \left[V_a \frac{\rho}{2} \left[(V_1)^2 - (V_3)^2 \right] \right] \quad (6.11)$$

Türbinin rotorundan geçen hava hacminin akışı ise:

$$\frac{dV_a}{dt} := A_R \cdot V_2 \quad (6.12)$$

şeklinde ifade edilir.

Yarı kararlı halde güç:

$$P_w := A_R \frac{\rho}{2} \left[(V_1)^2 - (V_3)^2 \right] \cdot V_2 \quad (6.13)$$

Güç absorpsiyonu ve türbinin işletme koşullarını efektif alan A_R , rüzgar hızı ve bu değerlerde oluşan değişiklikler belirler. Rüzgar türbininden elde edilecek maksimum güç Betz tarafından aşağıda verildiği gibi ifade edilmiştir.

$$P_{(w_{\max})} := \frac{16}{27} A_R \frac{\rho}{2} (V_1)^3 \quad (6.14)$$

Rotordan geçen havanın ortalama hızının, türbine giren rüzgarın hızı ile türbinden çıkan rüzgarın hızının ortalaması olduğunu varsayalım. Bu durumda rotordan geçen havanın kütlesi:

$$m := \rho \cdot A \left(\frac{V_1 + V_3}{2} \right) \quad (6.15)$$

olarak elde edilir.

Newton'un ikinci kanununa göre rotor tarafından elde edilen güç:

$$P := \frac{1}{2} \rho \left[(V_1)^2 - (V_3)^2 \right] \quad (6.16)$$

$$P := \frac{\rho}{4} \left[(V_1)^2 - (V_3)^2 \right] \cdot (V_1 + V_3) \cdot A \quad (6.17)$$

Rotorun rüzgarı engellemediği varsayarak aynı alandan geçen havanın gücü;

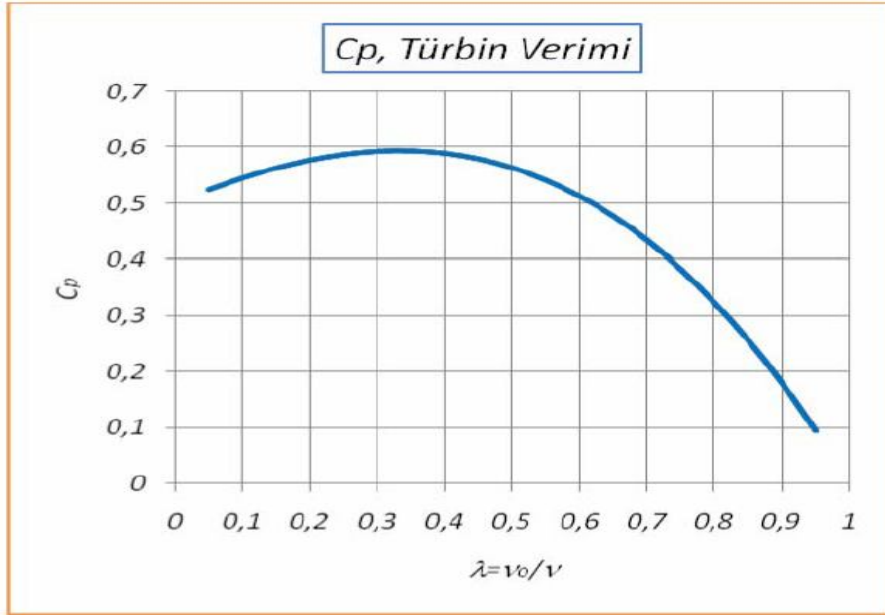
$$P_0 := \frac{\rho}{2} (V_1)^3 \cdot A \quad (6.18)$$

P ile P_0 arasındaki oranına verim katsayısı denir.

$$C_P := \frac{P}{P_0} = \frac{\frac{\rho}{4} \left[(V_1)^2 - (V_3)^2 \right] \cdot (V_1 + V_3) \cdot A}{\frac{\rho}{2} \cdot (V_1)^3 \cdot A} \quad (6.19)$$

$$C_P := \frac{1}{2} \left[1 - \left(\frac{V_3}{V_1} \right)^2 \right] \cdot \left(1 + \frac{V_3}{V_1} \right) \quad (6.20)$$

C_p 'nin V_3/V_1 in fonksiyonu olarak çizilmiş eğrisi şekil 5.5'de verilmiştir. Eğriden de görülebileceği gibi fonksiyon maksimuma $V_3/V_1=1/3$ değerinde ulaşmaktadır. Elde edilecek maksimum güç ise toplam rüzgar gücünün 0.593'ü veya $16/27$ 'sidir. Yani bir rüzgar türbininde verim katsayısının alabileceği maksimum değer 0.593'tür. Verim katsayısının pratikte alabileceği değerler ise 0.10 ile 0.45 arasında değişir.[36]



Şekil 6.5. Cp'nin λ ile değişimi

V rüzgar hızında elde edilecek elektriksel güç;

$$P_e := C_p \cdot \eta_m \cdot \eta_g \cdot \eta_e \cdot P_w \quad (21)$$

$$P_e := \frac{1}{2} \cdot C_p \cdot \eta_g \cdot \eta_e \cdot \rho \cdot A \cdot V^3 \quad (22)$$

Sistemin geneline ilişkin bir verim tanımlanırsa;

$$\eta_t := C_p \cdot \eta_m \cdot \eta_g \cdot \eta_e \quad (23)$$

Görüldüğü üzere bu kadar faktörü dikkate almanın zorluğu oldukça güçtür. Bu nedenle yıllık enerji miktarının hesaplanmasında rüzgâr türbinine ilişkin ortalama verim kullanılabilir. Ortalama rüzgâr türbini verimleri aşağıdaki gibi tahmin edilebilir:

Rüzgâr türbinine ilişkin en yüksek verim %59,3 ~ %60 olarak hesaplanmıştır. Optimum şartlarda modern rüzgâr türbinleri bu verimin ancak 3/4 ünü enerjiye çevirir.

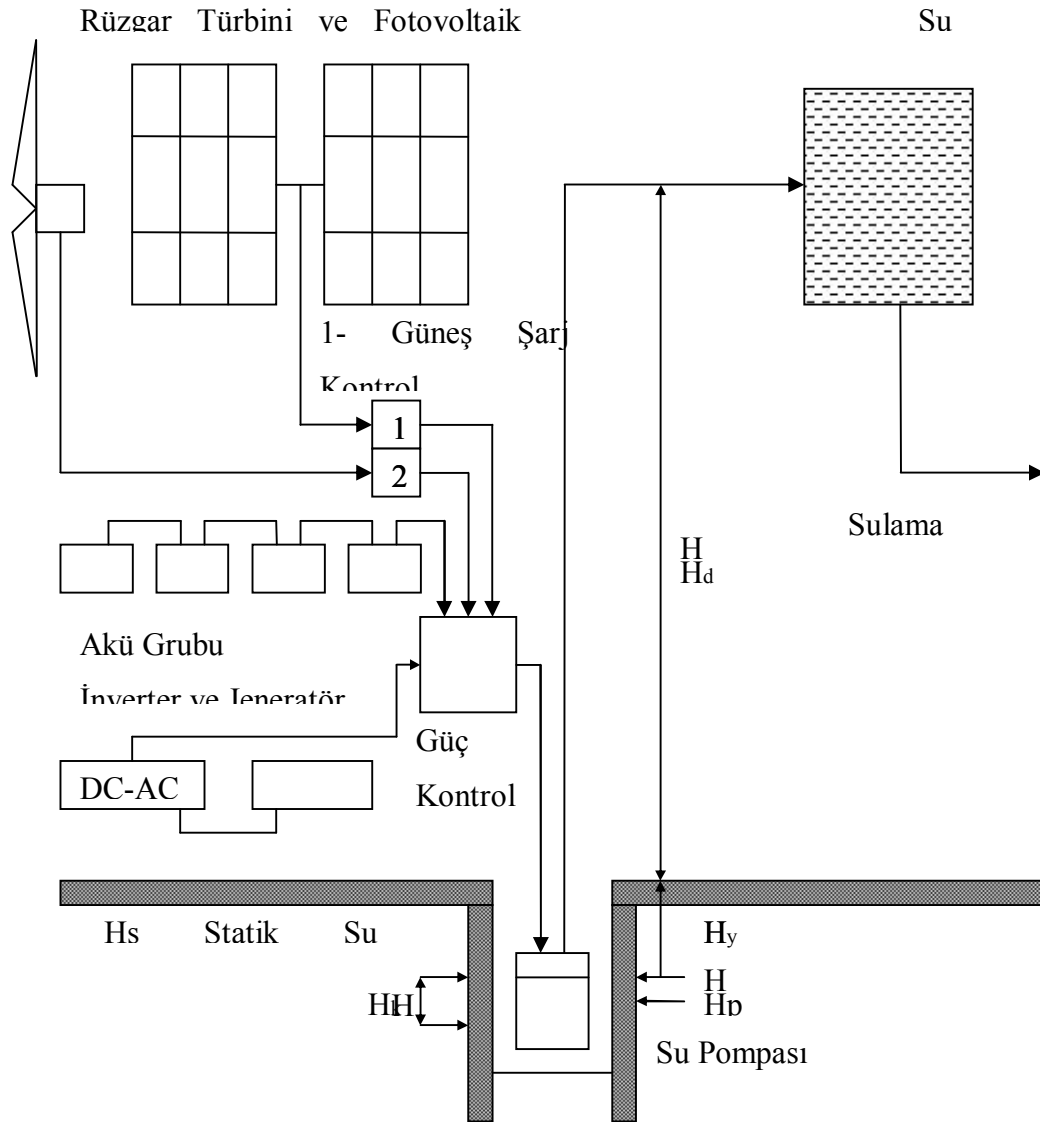
Generatör ve dişli kutusu ise miktarı bu enerjinin yaklaşık 2/3 ünü elektrik enerjisine çevirir.

Tüm bu faktörler birleşir ise;

$$\text{Ortalama Türbin Verimi} = \%60 \times 2/3 \times 3/4 = \%30$$

olur [43] .

4.3. Problemin Çözümü



Şekil 6-6 Hibrit Sistem Tasarımı

Güneş enerjisi ve Rüzgar enerjisi ile çalışan su pompalama sistemlerinin diğer pompalama sistemlerine göre, bakım istemeden kendi başına çalışmaları, yakıt gerektirmemeleri ve uzun ömürlü olmaları gibi önemli üstünlükleri vardır. Bu sistemlerin kötü yanları ise, sistem kuruluş fiyatının yüksek oluşu ve pompalanan su miktarının güneşe bağlı oluşudur [43]. Şekil 6.3 'de güneş enerjisi ve rüzgar enerjisi ile çalışan tipik bir su pompalama sistemi gösterilmiştir.

Çizelge 6.2. İskenderun – Aylara Göre Sistem Girdileri

Aylar	Gerekli Su Miktarı (m ³ /gün/hektar)	Günlük Güneş Enerjisi Miktarı (kWh/m ² /gün)	Günlük Rüzgar Hızı(m/s)
Ocak	30	2.27	4.5
Şubat	30	2.92	4.49
Mart	40	4.09	4.84
Nisan	60	5.29	4.72
Mayıs	60	6.18	5.92
Haziran	60	7.37	6.66
Temmuz	60	7.61	7.92
Ağustos	60	6.99	7.1
Eylül	50	5.79	5.73
Ekim	40	3.89	5.03
Kasım	40	2.53	3.49
Aralık	30	2.02	3.62
Ortalama		4.74	5.34

Tasarım gereği kurulacak sistem 0-40 metreden saatte 7500lt su çekmektedir. Bunun için 2.5Kw gücünde bir motora ihtiyaç duyulmaktadır. Motorun ihtiyaç duyduğu enerji hibrit sistemden, 14 Kw güneş paneli ile, Rüzgar türbininden ise 7.5 Kw enerji sağlanır. 21,5 Kw günlük enerji alınır. Alınan bu enerji de motoru günlük ortalama 8,5 saat kesintisiz çalıştırmaktadır. Yani günde 63.75m³ su çekmektedir. Bu da 1 hektar ekili tarım arazisinin sulanması için yeterlidir.

Bu sistemde kullanılan elemanlar;

40 adet 125 wp güneş paneli

16 adet 12 V 200 Ah solar akü

1 Adet Studer 6000-48 6000VA İnverter

1 Adet 1,5 KW Türbin(9 metre)

1 Adet 48V 200 Ah Akü

1 Adet 5KVA evirici

220/380 VAC 50 Hz jeneratör

Sistem oluşturulduğunda toplam maliyet 90000 TL civarındadır.[44]

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde enerji ihtiyacının artması, kullanılan enerji kaynaklarının çevreyi kirletmesi ve kısıtlı olması yenilenebilir enerji ihtiyacını doğurmuştur. Temiz enerji kaynağı olarak kullanılan güneş ve bu enerjiyi üretmek için kullanılan güneş pillerinin yapısı ve ayrıca yine yenilenebilir enerji olan rüzgara ve rüzgar türbinlerinin yapısına bu çalışmada yer verilmiştir

Hibrid sistemler, ilgili tesis veya bölge için enerji gereksiniminin karşılanması amacıyla birden dizi elektrik üretim ve depolama birimini bir araya getirir. Enerji taleplerinin yerel coğrafi ve geçici karakteristiklere göre düzenlenerek karşılanması için PV'ye ilaveten, jeneratörler, rüzgar jeneratörleri, küçük hidroplantlar ve diğer elektrik enerjisi kaynakları da eklenebilir. Bu sistemler iletişim istasyonları, askeri tesisler ve kırsal yerleşim birimleri gibi ücra bölgeler için idealdir. Bir hibrid elektrik sisteminin geliştirilmesi için mevcut kaynakları ve enerji ihtiyacını iyi bilmek temel unsurdur. Dolayısıyla enerji planlamacılarının, planlanan enerji kullanımına ilaveten ilgili bölgedeki güneş enerjisi, rüzgar ve diğer potansiyel enerji kaynaklarını araştırmaları gerekmektedir. Bu yaklaşım, ilgili tesis veya yerleşim birimlerinin enerji taleplerini en iyi şekilde karşılayacak bir hibrid sistem tasarlama olanağı sağlayacaktır. Elektrik üretiminde yeni ve temiz enerji kaynaklarının kullanılması dünyayı ve ülkemizi önümüzdeki çağlarda daha da ileriye taşıyacaktır.

KAYNAKLAR

- İlbaş, m. , 2004. ” **Enerji Yönetimi**”, Ders Notları , Yayınlanmamış, Erciyes üniversitesi, Kayseri
- Sarikayalar,o. , 1998. “**Rüzgar Enerjisi ve Rüzgar Enerjisinin Türkiye Potansiyeli**”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- İnan, d., 1996, **Tükenmez enerjiler Bilim Teknik Dergisi**
- Demirtaş. , m.,2008, “**Güneş Ve Rüzgar Enerjisi Kullanılarak Şebeke İle Paralel Çalışabilen Hibrit Enerji Santrali Tasarımı ve Uygulaması**” Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara
- ÖZDAMAR, A., 2000 “ **Dünya ve Türkiye’de Rüzgar Enerjisinden Yararlanılması**” Üzerine Bir Araştırma”,Pamukkale Üniversitesi Müh. Fak., Mühendislik Bilimleri Dergisi, Sayı: B.30.2.PAU.0.45.00.00./600-2000-58, Denizli.
- <http://www.tki.gov.tr>
- Sencer , A., 2001. “**Alternatif Enerji Kaynakları**”, Ders Notları Yayınlanmamış, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- <http://www.pmo.org.tr>
- <http://www.pal.metu.edu.tr>
- www.taek.gov.tr/bilgi/bilgi_maddeler/nukleerenerji.html.
- [http:// www.ntvmsnbc.com/news/363511.asp](http://www.ntvmsnbc.com/news/363511.asp)
- <http://www.nukleer.web.tr>.
- http://tr.wikipedia.org/wiki/Enerji_kaynakları.
- <http://www.botas.gov.tr/projeler/ihale>.
- <http://www.tpao.gov.tr>.
- Çakır, a. , k. , 2007, ”**İskenderun-Belen Bölgesi Rüzgar Enerjisi Ve Elektrik Üretim Potansiyeli**”,Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi, Antakya.
- Özdamar, a., 2000. “**Alman Yenilenebilir Enerjiler Yasası ve Ülkemiz Rüzgar Enerjisi Açısından Değerlendirilmesi**”, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi, Sayı: B.30. 2.EGE.0.96.00.00/SD00034, İzmir.
- Sencer, a. , 2001 “**Alternatif Enerji Kaynakları** “, Ders Notları, Yayınlanmamış, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Uyar,m., Gebçoğlu m.,t., Yıldırım,s., (2005) 173-174 **Değişken Hızlı Rüzgar**

Türbinleri için Generatör Sistemleri, 3.Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi, Mersin,

<http://www.dsi.gov.tr>.

http://www.tubitak.gov.tr/btpd/btspd/platform/enerji/bolum6_2.html.

<http://www.eie.gov.tr>.

http://www.obitet.gazi.edu.tr/obitet/alternatif_enerji/biogaz.htm.

<http://www.meteor.gov.tr/2005/arastirma/yenienerji/ruzgarhiz.pdf>.

http://www.wikipedia.org.tr/wiki/Enerji_kaynakları

Özgür, a., 2002. **Kütahya’da Seçilen Bir Konumda Rüzgar Verileriyle Elektrik**

Enerjisi Üretim Potansiyelinin Bulunması, Yüksek Lisans Tezi,

Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 74 s, Kütahya.

Yıldız Teknik Üniversitesi **Rüzgar Ve Güneş Enerjili Güç Sistemleri Ders**

Notları, 2.bölüm(1-3),4.bölüm (7-8)

Harb-iş dergisi,2006 sayı: 219

Enerji Ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı <http://www.enerji.gov.tr>

International Enerji Agency <http://www.iea.org>

World Energy Council <http://www.worldenergy.org>

<http://www.eie.gov.tr/turkce/gunes/veri.html>

<http://www.sunpowerltd.com/pages/tr/activities/solar.aps>

Sen, ç., 2003. **Gökçeada’nın Elektrik Enerjisi İhtiyacının Rüzgar Enerjisi ile**

Karşılanması, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri

Enstitüsü, 128 s, İzmir.

<http://www.gyte.edu.tr/enerji/Ruzgarenerji/d2.html>.

<http://www.odevsitesi.com>

Goldng, e.w., 1955. **The Generation of Elektriciry by Wind Power**,

Pitman Press, 318 p, London.

<http://www.wwindea.org>

Ergür,ö.,2006. **Rüzgar Türbinleri İle Enerji Üretimi** ,Yüksek Lisans Tezi,Sakarya

Üniversitesi,Fen Bilimleri Enstitüsü, 50s,Sakarya

Akansu, o., 2009. **“Güneş Enerjisi”** , Ders Notları, Yayınlanmamış, Erciyes

Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri

<http://www.ezincmetal.com/tr/urunler-gunes-pilleri.php>

Göcen,e., **Güneş Enerjisi İle Sıcak Su Temini**,Proje-2, Trakya Üniversitesi,Fen

Bilimleri Enstitüsü, 62s,Trakya

Karamanav,m.,2007. **Güneş Enerjisi Ve Güneş Pilleri**,Yüksek Lisans Tezi,Sakarya Üniversitesi,Fen Bilimleri Enstitüsü, 76s,Sakarya

Güneş ,m .,1999. **Fotovoltaik Sistemin Sağladığı Elektrik Enerjisiyle Çalışan Bir Uygulama Sisteminin Tasarımı**,Yüksek Lisans Tezi,Fırat Üniversitesi,Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.

Elektrik İşleri Etüd İdaresi Genel Müdürlüğü,**Rüzgar-Elektrik Dönüşüm Sistemleri**, EİE, ,Ankara.

Koner, P.K., vol.6, p.53-62, 1995 “**Optimization Techniques for A Photovoltaic Water Pumping System**”, Renewable Energy,.

TEŞEKKÜR

Tez çalıőmamın her safhasında özveriyle bana destek olup yol gösteren bütün bilgi ve tecrübelerini esirgemeyen danışman hocam Sn.Yrd.Doç.Dr. N.Adil ÖZTÜRK teőekkürlerimi sunarım.

Çalıőmalarım sırasında desteklerini esirgemeyen değerli görüő, tecrübe ve katkılarını esirgemeyen diğer bütün hocalarıma teőekkürlerimi sunarım.

ÖZGEÇMİŞ

1979 Yılında Kilis'te doğdum. İlk, orta ve lise öğrenimimi aynı ilde tamamladım 1997 yılında girdiğim Selçuk üniversitesi Müh.Mim.Fak.Makina Mühendisi bölümünden mezun oldum.Şu anda Tamsan Mühendislik şirketinde genel müdür olarak çalışmaktayım.