

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TÜRKİYE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI
POTANSİYELİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Mak. Müh. Ayşegül YILMAZ

F.B.E. Makina Mühendisliği Anabilim Dalı Enerji Makinaları
Bilim Dalında hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Doç.Dr. Şükrü BEKDEMİR

İSTANBUL, 1995

İÇİNDEKİLER

I.	GİRİŞ	5
II.	Hidrolik Enerji	4
II.1.	Hidrolik Kaynakların Türkiye Potansiyeli	7
II.2.	Türkiye'de H. elk. Potansiyelinin Gelişimi	13
II.3.	Hidroelektrik Santrallerinin Maliyeti	15
II.4.	H. elk. Sant. nin çevresel Etkileri	17
II.5.	Türkiye'de ve Dünyada Hidrolik Enerji	22
III.	GÜNEŞ ENERJİSİ	26
III.1.	Güneş En. nin Kullanım Alanları	26
III.2.	Türkiye'de Güneş En. Potansiyeli	31
III.3.	Türkiye'de Güneş En. Çalışmaları	34
III.4.	Türkiye'de Güneş En. Uygulamaları	37
III.5.	Güneş Enerjisinin Maliyeti	46
III.6.	Güneş Enerjisinin çevresel Etkileri	47
III.7.	Güneş En. nin Dünyada ve Türkiye'de Durumu	48
IV.	RÜZGAR ENERJİSİ	52
IV.1.	Rüzgar Enerjisinden Faydalanma Yöntemleri	53
IV.2.	Türkiye Rüzgar En. si Potansiyeli ve Deg.	57
IV.3.	Türkiye'de Rüzgar Enerjisi Çalışmaları	60
IV.4.	Rüzgar Enerjisinin Maliyeti	63
IV.5.	Rüzgar Enerjisinin çevresel Etkileri	65
IV.6.	Türkiye'de ve Dünyada Rüzgar En. Durumu	66
V.	JEOTERMAL ENERJİ	71
V.1.	Jeotermal Enerjinin Kullanımı	72
V.2.	Türkiye'de Jeotermal En. Potansiyeli	75

V.3.	Türkiye'nin Önemli Jeotermal Alanları	78
V.4.	Türkiye'de Jeo. En. ile Kimyasal Madde Üretimi	82
V.5.	Türkiye'de Sağlık Turizmi	83
V.6.	Jeotermal Enerjinin Maliyeti	84
V.7.	Jeotermal Enerjinin Çevresel Etkileri	86
V.8.	Jeotermal En.nin Dünyada ve Ülkemizde Durumu	88
VI.	BIOKÜTLE ENERJİSİ	91
VI.1.	Biomastan Yararlanma Yöntemleri	92
VI.2.	Biogazdan Yararlanma Yöntemleri	95
VI.3.	Türkiye'de Biomas Potansiyeli ve Değerlendirilmesi	96
VII.	DİĞER YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI	100
VIII.	SONUÇLAR	105

Teşekkür

Bu tezin hazırlanması sırasında yardımlarını esirgemeyen Doç.Dr. Şükrü Bekdemir, Arş. Gör. Muammer Akgün, Makina Mühendisleri Odası İst. Şube Başkanı Mustafa Aral, Arş. Gör. Yücel Erdallı ve Prof.Dr. Mete Şen'e teşekkürü bir borç bilirim.

ÖZET

Milletlerin ekonomik ve sosyal yapılarındaki gelişme ile enerji tüketimi arasında direkt bir ilişkinin varlığı bilinmektedir. Dünya ekonomisinde son yüzyıl içerisindeki ekonomik gelişme yoğun bir enerji sarfı ile gerçekleştirilebilmiştir.

Gerek petrol ve kömür gibi enerji türlerinin tükenmesi ve gerekse tükenen türlerdeki fiyat artışları ülkeleri bir yandan yeni enerji kaynakları bulmaya yönelik araştırmalara yöneltirken, diğer yandan enerjinin her aşamadaki çevrimlerinde verimliliğe dikkat etmeye, tüketimde tasarrufa yönelik araştırmalar yapmaya sevk etmiştir.

1973 ve 1979 petrol krizlerinden sonra yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi daha iyi anlaşılmıştır. Savaşın sebep olduğu 3. petrol krizi ile yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretme teknikleri geliştirildi ve araştırma-geliştirme projelerindeki gelişmeler de tatbik edilen projeler gibi büyük bir artış göstermiştir.

Bu çalışmada Türkiye ve dünya için yenilenebilir enerji kaynaklarının çevresel etkileri örneklerle açıklanmaya çalışıldı. Bu tezde yenilenebilir enerji kaynakları olarak rüzgar, güneş, biomas, jeotermal ve hidroenerji kaynakları ele alındı.

Türkiye'de mevcut olmayan gel-git enerjisi ve halihazırda ticari kullanımı olmayan dalga enerjisi de kısaca açıklandı.

Bu altı bölümlük çalışmanın her bir bölümünde, incelenen yenilenebilir enerji kaynağı ekonomik ve çevresel açılarından incelendi. Bu yenilenebilir enerji kaynaklarının potansiyelleri verildi ve bu enerji kaynaklarının üretimde katkılarının artırılması için bazı önerilerde bulunuldu.



SUMMARY

It is known that there is a direct relationship between developments in the economic and social structures of nations and the consumption of energy. The economic development in the world economy in the last century has been realised with the use of a great deal of energy.

Both the fact that some sorts of energy like petrol and coal are finishing and the price increases in these sorts forces countries to make researches in order to find new energy sources on the one hand and to pay more attention to productivity at all levels of energy transformation and to make researches for more saving in consumption.

After 1973 and 1979 oil crisis, the importance of new and renewable energy sources has been understood thoroughly. With the third oil crisis, which is real reason for the following war, electricity production techniques from new and renewable sources has developed and also transition from research and development projects increased a lot.

In this study it will be tried to present with examples the approach to environmentally sound renewable energy sources for the Turkey and the world. The renewable energy sources taken into consideration in this thesis are existing potential of wind, solar, biomass, geothermal, hydropower sources.

Tidal energy which does not exist in Turkey and wave energy which isn't yet in commercial use have been explained for short.

In every one chapter of this six chapter study, that renewable energy source reviewed from the environmental aspects. The potentials of these renewable energy sources are given and recommendations are made to enhance their contributions.



I.GİRİŞ

1973 enerji krizinden sonra, dünya fosil yakıt rezervlerinin çokta uzak olmayan bir süre sonra tükeneceği gerçeği ile karşı karşıya kalmış ve alternatif yakıt kaynakları aramaya başlamıştır.Yapılan hesaplara göre dünya fosil yakıtlarından petrol rezervleri, 2050 yılında, doğalgaz rezervleri 2070 yılında, kömür rezervleri ise 2150 yılında muhtemelen tükenmiş olacaktır.Dünya enerji rezervlerinin %75'ini oluşturan fosil yakıt rezervlerinin yerini alabileceği düşünülen kaynaklardan biri de yenilenebilir enerji kaynaklarıdır.

Fosil yakıtlar kullanıldıkça var olmaya devam edecek olan asit yağmuru, sera etkisi, hava kirliliği ve ısıl kirlilik dünyanın geleceği açısından tehlike oluşturmaktadır.Bir yandan nüfus artışı ile artan enerji ihtiyacı, diğer yandan fosil yakıtların yarattığı çevre kirliliği gibi problemlerin çözümü yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmek ile mümkündür.

Ulusal kalkınma içindeki önemi 1. petrol krizine kadar gözardı edilen enerji fiyatları, özellikle enerji ithal eden gelişmekte olan ülkelerin yerli enerji kaynaklarını geliştirerek dış bağımlılıklarını en aza indirmeleri için kısa zamanda önlem almalarını zorunlu kılmıştır.

Dünyanın birçok ülkesi gibi Türkiye'de de bir yandan hızla artan nüfus diğer yandan sanayileşme, alternatif enerji kaynaklarına olan gereksinimi arttırmıştır.Ülkemizle birlikte pek çok ülke, elektrik enerjisi üretiminde tüm birincil kaynaklarının kullanım olanağı olmasına rağmen en kolay enerji

kaynağı olan petrole büyük bir yer vermeyi yeğlemiştir.

Gelişmekte olan ülkeler statüsündeki Türkiye'nin 1990 verilerine göre enerji üretimi ve tüketimi dünya enerji üretim ve tüketiminin %0.6'sını teşkil etmektedir. Gelişme düzeyinin bir göstergesi olan kişi başına enerji tüketimi dünya ortalamasının %60'ını, kişi başına elektrik enerjisi tüketimi ise dünya ortalamasının %47'sini teşkil etmektedir.

Dünyada olduğu gibi ülkemizde de enerji alanındaki en büyük pay kömür ve petrol ürünleri gibi fosil yakıtlara aittir. Doğal gaz ve enerji tüketimimizin yarıya yakınına karşılık gelen petrol kaynakları Türkiye'de yeterli düzeyde değildir. Konvansiyonel yakıt rezervlerimiz miktar ve kalite olarak zengin değildir. Bu nedenle ortaya çıkan, enerji kaynaklarında dışa bağımlılıktan yerli enerji kaynakları değerlendirilerek kurtulmaya çalışılmalıdır.

Ülkemiz yenilenebilir enerji kaynakları bakımından oldukça zengin bir görünümdedir. Bu tükenmez enerji kaynakları, pahalı, sınırlı bir rezerve sahip ve çevre kirliliği oluşturan fosil yakıtların uzun vadede alternatifi olabilecektir. Güneş, rüzgar, jeotermal, biomas ve hidrolik enerjilerinin teknik potansiyellerinin toplamı 592 TWh/yıl olup 55Mt petrol eşdeğerine karşılık gelmektedir. Bu değer ülkemizin yıllık petrol dışalımını 19.5Mt'la kıyaslanınca yenilenebilir enerji potansiyelimizin önemi ortaya çıkmaktadır.

Kısa vadede düşünüldüğünde yenilenebilir enerji kaynaklarının yüksek ilk yatırım maliyetleri ile konvansiyonel ve fosil yakıtlarla rekabet edebilmesi mümkün değildir. Ancak

Türkiye'nin enerji geleceğini sadece enerjinin üretim maliyeti ve enerji kaynaklarının fiyatları ile belirlemek yeterli değildir.

Hızla endüstrileşmekte ve nüfusunun büyük bir bölümü şehirleşmekte olan Türkiye'nin bunlara bağlı olarak enerji açığı da gittikçe artmaktadır. Bu enerji açığını kapatabilmek için tükenmeyen, bol miktarlarda bulunan, ve çevre kirliliği yaratmayan yenilenebilir enerji kaynakları değerlendirilmelidir. Enerjisinin yaklaşık %40'ını ithal yoluyla karşılayan ülkemiz için fiyatları gittikçe artan, rezervi kısıtlı, hava kirliliği açısından en sakıncalı yanma ürünlerini bünyesinde barındıran, asit yağmurları, sera etkisi gibi tehlikeli durumlara sebep olan fosil yakıtlardansa yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanma yoluna gidilmelidir.

II.HİDROLİK ENERJİ

Hidrolik enerji diğer yenilenebilir enerji kaynakları gibi güneş enerjisinin indirekt bir fonksiyonudur. Dünyaya gelen güneş enerjisi ile sular buharlaşır ve yağışlar halinde akarsulara karışarak denizlere akar.

Bir akarsuyun kazandığı enerji, yatağındaki dirençler nedeniyle kayba uğrar ve sahip olduğu potansiyel enerji ve dolayısıyla kinetik enerji ısı enerjisine çevrilir. Hidrolik santraller de suyun hidrolik enerjisini önce mekanik daha sonra elektrik enerjisine dönüştüren tesislerdir.

Orta ve yüksek düşülerde (350 m'den yukarı) pelton tipi türbinler kullanılır. Genelde küçük debiler için bu türbinler elverişlidir. Pelton türbinleri yüksek basınçlı suyu atmosfer basıncına püskürterek potansiyel enerjiyi tamamen kinetik enerjiye çevirir. Elde edilen yüksek hızlı su jetinin kinetik enerjisi bir çark vasıtasıyla türbin miline iletilir. Çark kepçelerinin verim üzerinde tesiri büyüktür. Pelton türbinlerinde su, rotorun belirli bir kısmına çarpar.

Orta düşülerde (300 m'ye kadar) Francis türbinleri kullanılır. Bu türbinlerde rotor, dağıtıcı bir tertibatla çevrelenmiştir. Helezon şeklindeki kanaldan geçen su dağıtıcıya gelir. Dağıtıcı üzerine kanatlar yerleştirilmiştir. Bu dağıtıcıda, potansiyel enerjinin bir kısmı kinetik enerjiye çevrilir. Burdan çıkan su rotorun kanatlarına çarpar. Francis türbinlerinde bütün çevre su çarpımına maruz kalır.

300 m'ye kadar olan alçak düşülerde Uskurlu türbinler ve özellikle Kaplan türbinleri kullanılır. Bu türbinlerde dağıtıcı tertibat Francis türbinlerindeki gibidir. Ondan farklı olarak, rotorları az kanatlı bir uskurdan oluşur. Dağıtıcı çark kanatları aynı zamanda döndürülebildiği için çift ayarlama imkanı mevcuttur.

Hidrolik santral tesisleri ise depolamalı ve depolamasız olarak iki türlü inşa edilir.

- 1- Depolamalı: Suni bir su düşüsü sağlanan santrallerdir. Bu suni düşü de ya yapay göllü olarak ya da suyun akışı durdurulup başka bir kanala verilerek yapılır.
- 2- Depolamasız: Nehir veya kanal üzerine inşa edilen hidroelektrik santrallerdir.

Bu göllerin her ikisine de "Baraj Gölü" denir. Bu göllerdeki su mevsimlere göre azalıp çoğaldığı için bir hidroelektrik santralin kurulu gücünü tespit etmeden önce nehir veya doğal göllerin su seviyeleri uzun yıllar gözlenmeli ve incelemeler yapılmalıdır.

Ünitelerin hem pompa hemde türbin olarak kullanıldığı Türbin + Pompa santralleri de vardır. Enerji ihtiyacının az olduğu geceleyin, üniteler pompa olarak çalışarak alt depodan üst depoya su basar. Enerji ihtiyacı fazla olduğunda ise üst su deposundan su çekilerek türbin - jeneratör grubu çalıştırılır. Böylece enerji gereksiniminin fazla olduğu saatlerde ulusal elektrik şebekesinin ilave güç gereksinimi sağlanır. Bu

tür hidroelektrik santrallerin verimi % 70 - 73 arasında de-
ğişir.

Kurulan hidroelektrik santrallerin bir kısmı sulama, e-
nerji üretimi v.b. gibi çok amaçlı kullanılabilir, bir kısmı
ise yalnızca elektrik enerjisi üretir.

Hidroelektrik santraller, sahip oldukları kurulu güce
göre de üçe ayrılırlar.

1- Gücü 0 - 100 kw olan santraller (Mikro)

2- Gücü 101 - 1000 kw olan santraller (Mini)

3- Gücü 1001 - 10000 kw olan santraller (Küçük)

4- Gücü 10001 kw'dan fazla olan santraller (Büyük)

Büyük hidroelektrik santralleri ile tam olarak deęerlen-
dirilemeyen hidroenerji potansiyelinden küçük, mini ve mikro
santraller tesis edilerek maksimum yararlanma söz konusu ola-
bilecektir.

II.1. Hidrolik Kaynakların Türkiye Potansiyeli ve Değerlendirilmesi

Türkiye'de hidroelektrik gücün kullanımı ilk olarak 1902 yılında Tarsus'ta ilk santralin inşa edilmesiyle başladı. 1920'lerde birkaç baraj işletmeye alındı. 1929'da Visera hidroelektrik santrali Trabzon'da tesis edildi. 1930'da hidrolik enerjinin toplam üretimdeki payı sadece % 7 idi. 1951 - 1956 arasında Dinar, Bünyan, Derme, Murgul, Defne-Harbiye, Girlevik, Denizli, Durucasu hidroelektrik santralleri devreye girdi. 1956'da Sarıyer ve Seyhan hidroelektrik santralleri işletmeye açıldı. Bu işletmeleri 1959 yılında Hirfanlı barajı izledi. 1950'li yıllarda üretimimiz termik ağırlıklı iken, hidrolik tesislerin devreye sokulmaları ile sistemimizde termik ve hidrolik dengenin oluşturulması sağlanmıştır.

1955 ile 1960 yılları arasında hidrolik enerji üretimi keskin bir artış göstermiştir. Bu süre esnasında toplam kurulu güç 38.1 MW'dan 445.3 MW'a artmıştır. 1960'lı yıllardan itibaren hidrolik enerji elektrik üretimimizde belli bir ağırlığı muhafaza etmiştir.

1972'ye kadar başlıcaları Doğan kent I, Kadıncık I, Kovada II olmak üzere bir çok hidroelektrik santral daha açıldı. 1972'de o güne kadar açılan hidroelektrik santrallerin en güçlüsü olan Gökçekaya hidroelektrik santrali üretime katıldı.

1973 yılındaki petrol krizi ile birlikte hidroenerjiye verilen önemin artması ile 1975'de Keban, 1981'de Hasan U-

gurlu ve Suat Ugurlu, 1984'de Ceyhan üzerinde Aslantaş ve Manavgat üzerinde Oymapınar, 1987'de Karakaya barajları üretime açıldı. 1992'de şu anda Türkiye'nin en büyük santrali olan Atatürk hidroelektrik santralleri kuruldu.

1930'da % 7 olan hidrolik enerjinin üretime katkı payı 1985'de % 43'e ulaşmıştır. Keban santralının 1975'de devreye girmesiyle hidrolik üretim kapasitesinde 2.7 kat artış sağlanmıştır (Enerji istatistikleri, 1994).

1983 yılında % 53 termik, % 47 hidrolikten oluşan kurulu gücümüzün 1993 yılı verilerine göre % 51.92'u termik, % 48.1'i hidrolik santrallerden oluşmaktadır (En. istatistikleri, 1994) Hidrolik santrallerin üretimdeki payı 2000 yılında %30'a, 2010 yılında %20'ye düşecek ve termik ağırlıklı bir sistem oluşacaktır (Yalçın E., 1994).

Türkiye'nin brüt hidroelektrik potansiyel değeri 440 milyar kwh/yıl, teknik açıdan değerlendirilebilecek potansiyel ise 2.5 milyar kwh/yıl olarak belirlenmiştir ancak ekonomik olarak yararlanılabilir hidrolik potansiyelin 122 milyar kwh/yıl civarında olduğu bulunmuştur (Taşdemiroğlu E., 1988). Kayıplardan dolayı teknik olarak kullanılan hidrolik enerji potansiyeli % 50 oranında azalmaktadır.

Ülkemizin hidroenerji yönünden en zengin yöreleri Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri ile Doğu Karadeniz Bölgesidir. Ülkemizde 26 nehir alanına dağılmış 436 hidroenerji bölgesi vardır. Bu ana bölgelerin toplam brüt potansiyeli ve toplam enerji üretimi kapasitesi 50 GW ve 112 TWh/yıl dır. Bu toplam

brüt potansiyelin ekonomik olarak % 26'sı kullanılabilir
(Taşdemiroğlu E.,1993)

Şu anda hidroelektrik santrallerin toplam kurulu gücü
9681.7 MW'dır (Enerji İstatistikleri,1994)

Tablo II.1. Ülkemizin Su Kaynakları Potansiyeli
(Bilgin F.,1986)

Yıllık Ortalama Yağış	679 mm (528x10 ⁹ m ³)
Akışa Geçen Miktar	245 mm (181x10 ⁹ m ³)
Akış Katsayısı	0.36
Faydalanılabilir Yer Üstü Su Miktarı	95x10 ⁹ m ³ /yıl
Faydalanılabilir Yer Altı Su Miktarı	104.4x10 ⁹ m ³ /yıl
Halen Kullanılan Su Miktarı	11.8x10 ⁹ m ³ /yıl
İçme ve Kullanma	1.6x10 ³ m ³ /yıl
Sulama	9.0x10 ⁹ m ³ /yıl
Endüstri	1.2x10 ⁹ m ³ /yıl

Yukarıda görüldüğü gibi ülkemizde yıllık ortalama yağış
679 mm olup, buna karşı gelen su potansiyeli 528 x 10⁹ m³
ve bunun akışa geçen kısmı ise 181 milyar m³ dür.

Ülkemizde elektrik üretiminde ve hidrolik üretiminde
1940 - 1993 arası yıllık ortalama artış oranları şöyledir.

Tablo II.2. Hidrolik Üretimdeki Yıllık Ortalama Artış

Oranları (Öngün S.,1986;En. İst.,1994)

Dönem	Toplam Üretimde	Hidrolik Üretimde	Termik Üretimde
1940-1955	% 9.6	% 13.2	% 9.5
1955-1973	% 12.1	% 20.6	% 11.1
1973-1985	% 8.7	% 14.9	% 5.9
1985-1993	% 10.1	% 18.1	% 10.9

Yukardaki tabloya bakılarak hidroelektrik üretimin, 1955-1973 arası % 12.1'lik toplam üretime karşılık % 20.6 artmasına rağmen, Keban gibi büyük hidroelektrik santrallerin çalışmaya başladığı 1973 - 1985 arasındaki 12 yıllık dönemde % 9.7'lik toplam üretimde % 16.6'lık bir yıllık artış vardır. Bu da hidrolik üretimin önce hızla arttıktan sonra bu artış hızında bir azalma görüldüğünü açıkça göstermektedir.

Son 10 yıllık dönemde ülkemizin kurulu gücü termik ağırlıklıdır.

Ülkemizin iklim şartları nedeniyle akarsularımızda çok büyük akış düzensizlikleri görülmektedir. Bu durum suların yataklarda bol olduğu mevsimlerde vadilerde tutulup, ihtiyaç duyulan zamanlarda kullanılmalarını yani büyük barajların inşasını gerektirmektedir.

Artan enerji ihtiyacını, güvenilir ve tam olarak karşılamak için ulusal tüm kaynakların kullanımı gerekmektedir. Hidrolik kaynaklardan enerji üretim miktarımız 1993 sonu itibarıyla 33950.9 Gwh civarındadır. Bunun içinde mini, mikro ve küçük hidroelektrik santrallerin payı %4 civarındadır.

Artan enerji talepleri ve yükselen petrol fiyatları, bu ekonomik potansiyelin arttırılmasını gerektirmektedir. Ülkemizde hatırı sayılır düzeydeki hidrolik potansiyelin de verimli olarak kullanılmasının, enerji sorunumuzun çözümünde gerekli ve yararlı olacağı açıktır.

Toplam 122 milyar kwh/yıl olan hidroelektrik potansiyelimizin % 29'u işletmede, % 5'i inşa halinde ve % 37'si ise kurulu gücü 10 MW'ın üzerinde olan 106 adet projedir (Enerji İstatistikleri, 1994)

Yaygın olarak Türkiye'nin hidroenerji kaynakları bakımından zengin olduğu söylenmektedir. Ancak hidroelektrik potansiyeli zengin olan ülkeler ile karşılaştırdığımızda yurdumuzun hidroelektrik kapasite yoğunluğu bakımından çok önemli bir zenginliğe sahip olmadığı görülmektedir. Ancak bugün kapasitemizin sadece % 12.5'luk küçük bir bölümünü kullanmakta olduğumuzdan önümüzdeki yıllarda hidrolik enerji kaynaklarımız özellikle elektrik enerjisi üretiminde önemli bir yer tutabilir. Hidroenerji potansiyelimizin daha büyük bir bölümünü kullanabilmek için küçük hidroelektrik santraller yapılmalıdır. Çünkü ülkemiz küçük çaylar ve nehirler bakımından çok zengindir.

Ülkemizde 10 MW'ın altında üretim yapabilen su potansiyeli yani küçük hidroelektrik santral potansiyeli toplam 729.69 MW'dır. Bu da Türkiyedeki hidroelektrik enerji potansiyelinin % 4'ünü oluşturmaktadır. Bu potansiyelden elde edilebilecek toplam ortalama üretim 3332 GWh, güvenilir üretim

ise 1478 GWh dir. Halen işletmede olan çeşitli safhalardaki 156 adet küçük su santrallerinin 49'u 109.78 MW kurulu güç, 368 GWh toplam ortalama üretim ve 212 GWh toplam güvenilir üretime sahiptir. (Önal ve diğerleri, 1994)

Ülkemizde bulunan hidrolik kaynakların Doğu Anadolu'da yoğunlaşmış olmasına rağmen gelişmiş sanayi tesisleri ve büyük nüfus kitlelerinin batı bölgelerimizde bulunması hidrolik kaynaklardan üretilenlerin batıya aktarılmasını ve büyük yatırımlara girilmesini gerektirir. Küçük hidroelektrik santral projeleri ile bu olay önlenebilir. Küçük endüstride ve köylerin elektrikleştirilmesinde, sulamada, kullanma suyu sağlamada küçük hidroelektrik santraller kullanılabilir.

Küçük hidroelektrik santrallerin temel elektromekanik ekipmanları ülkemizde de yapılabilirdiği için maliyet de düşmektedir. Bu santraller enterkonnekte şebekenin ulaşamadığı ve yakıt temininde güçlük çekilen ücra köşelerde bağımsız elektrik üretme imkanı sağlar. Ayrıyeten bakım ve onarımının kolay olması, işletme masraflarının düşük olması, yakıt masrafının olmaması küçük hidroelektrik santrallerin avantajlarıdır. Ancak birim tesis bedeli dolayısıyla elektrik maliyetinin yüksek olması gibi bir dezavantajı da vardır.

Küçük hidroelektrik santraller sulama ve drenaj işlerinde, taşkın ve erezyon kontrolünde, nehir ve çaylardaki artıkları azaltmada, içme ve endüstri suyunu temin etmede de kullanılabilir.

II.2. Türkiye'de Hidroelektrik Potansiyelinin Gelişimi ve Yapılan Çalışmalar

Türkiye'de hidrolik kaynaklarla altı devlet işletmesi ve bir kaç özel şirket ilgilenmektedir. Elektrik İşleri Etüd idaresi, hidroelektrik santraller için fizibilite çalışmalarını geliştirme ve akarsu akışındaki verilerin toplanması ile ilgili olarak çalışır.

Devlet Su İşleri, enerji üretimi ve sulama işlerini organize eder, incelemeler yapar ve projeler geliştirir. Aynı zamanda baraj konstrüksiyonunu denetler.

Etibank ve Sümerbank, iki devlet bankası enerji ürettikleri santrallerin idare ve yönetimini yapar.

Türkiye Elektrik Kurumu, elektrik üretim santrallerini idare eder ve elektrik fiyatlarını düzenler.

Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, barajlar için uygun alanların jeolojik araştırmalarını yapar.

Bazı özel kampanyalar; arazi haritası çıkarma, proje inşaa ve hükümet tarafından onaylanmış kanunlar gereğince hidroelektrik santrallerin idaresini yaparlar.

Hidroelektrik santralleri, özel sektörün de kurup işletebilmesini sağlayan 3096 sayılı kanun, 19 Aralık 1984 günü ve 18610 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanarak yürürlüğe girmiştir.

Beş yıllık planlama dönemlerinin ilki olan (1963-1967) döneminde ve (1967-1972) 2. Beş Yıllık Plan döneminde hidrolik enerji kapasitesinde istenilen değerlere ulaşılamamış ve

önemli bir artış sağlanamamıştır.

(1973-1977) yıllarını kapsayan 3. Beş Yıllık Kalkınma Planı döneminde, Keban santralının devreye girmesiyle birlikte hidrolik enerjinin üretimdeki payı % 38'den % 42'ye yükselmiş ve üretim kapasitesinde 2.7 kat artış sağlanmıştır.

4. Beş Yıllık Kalkınma Planı (1979-1983) döneminde ise elektrik üretiminde hidrolik kaynakların gelişmesine ağırlık verilmesi öngörülmüştür. Ancak toplam elektrik üretiminde hidrolik enerji payının ara yıllarda yükselmesiyle birlikte 1983'de 1977 yılı seviyesinde (% 41.5) kalmıştır.

5. Beş Yıllık Dönemde (1985-1989) orta ve uzun dönemde hidrolik potansiyelden en yüksek düzeyde yararlanılması hedeflenmiştir.

6. Beş Yıllık Kalkınma Planına (1990-1994) göre birincil enerji kaynaklarının her yıl % 8'lik bir ortalama ile artması amaçlanmıştır.

TEK'in üretim planlama çalışması sonuçlarına göre 1995'de hidrolik santrallerin üretim kapasitelerindeki payı % 37 olacak, 2010'da ise bu pay % 25'e düşecektir. Hidroelektrik potansiyelin 2000 yılına kadar % 34'ünün ve 2010 yılına kadar da yaklaşık % 66'sının değerlendirilmiş olacağı, geriye kalan potansiyelin ise küçük hidroelektrik santral projelerinden karşılanacağı planlanmıştır. Bunun yanısıra inşa halindeki hidroelektrik santrallerin dışında ilk yeni hidroelektrik projesinin 2000 yılında işletmeye girmesine gerek duyulacağı öngörülmüştür.

Ulusal gelişim planına göre ise 2010 yılına kadar tüm hidroelektrik gücün kullanılması amaçlanmaktadır.

II.3. Hidroelektrik Enerji Santrallerinin Maliyeti

Bir hidroelektrik santralin toplam masrafını bulabilmek için;

- 1- Arazi ve su hakları bedeli,
- 2- Baraj inşaatı masrafları,
- 3- Santralin mekanik aksamı,
- 4- Cebri boru derivasyon aksamı,
- 5- Transformator ve taşıma hatları masrafları,

bulunmalıdır.

Hidrolik santraller tesis masrafı yüksek, ilk yatırım masrafı büyük fakat enerji üretim masrafı düşük santrallerdir.

Hidroelektrik santrallerin yatırım masrafı, büyük oranda su toplama barajının büyüklüğüne, inşaatın tipine göre değişmektedir. Hidrolik tesislerin yakıt masrafları olmadığından yıllık masraflar amortisman bedeli, sigorta, vergi gibi masraflarla gerçek işletme masraflarından oluşur.

Hidroelektrik santrallerin en sakıncalı tarafı kurak yıllarda çok az elektrik üretilmesi ve su rejimine bağlı olarak değişken olmasıdır. Yıl içinde yağışların az olması neticesinde, hidroelektrik santrallerin üretimi ve üretim içindeki katkısı önemli miktarlarda düşebilmektedir. Maliyet hesapları güvenilir güce göre yapılmaktadır.

Hidroelektrik santrallerde gerçi yakıt masrafı yoktur ama tesis ve istimlak bedelleri termik santrallere göre oldukça yüksektir. Bilhassa depolamalı tesislerde baraj havzasının kamulaştırılması için harcanan paralar, o bölgedeki ziraatten yapılan üretimin ortadan kalkmasından dolayı oluşan zarar ile yörede mevcut olan meskenler, fabrikalar, yolların nakli veya yeniden yapılması sosyal ve ekonomik problemler ortaya çıkarmaktadır.

Hidrolik santrallerin diğer yakıtlarla çalışan santrallere göre elektrik maliyetlerinin oldukça düşük olduğu aşağıdaki tablodan açıkça görülmektedir.

Tablo II.3. Hidrolik Santrallerin Karşılaştırmalı Elektrik Maliyeti (Fırat Ü., 1993)

Santral Tipi	Elektrik Maliyeti (TL/kwh)
Taşkömürü ile çalışan T.S.	30 - 40
Linyit ile çalışan T.S.	15
Sıvı yakıt ile çalışan T.S.	40
Motorin ile çalışan T.S.	70
Hidrolik Santraller	1 - 2
Jeotermal Santraller	5

Küçük hidroelektrik santrallerde ise elektrik maliyeti ve birim tesis bedeli fazladır. Ancak işletme masrafları düşüktür, yakıt masrafları yoktur ve elektrik aksamalarının hemen hemen tümü yurt içinde yapılabilirdiği için dövize ihtiyaç göstermez. Bunun yanısıra bakım ve onarımı da kolaydır.

Küçük hidroelektrik santrallerin maliyeti, düşü ile ters orantılı olarak artar. Düşü küçük olduğunda debi büyük olma-

lıdır ve dolayısıyla daha büyük ve pahalı türbinlere gerek duyulur. Küçük hidroelektrik santrallerin maliyetini yatırım masrafları belirler. Bu santrallerin işletme ve bakım maliyetleri hidroelektrik santrallerden daha düşüktür.

Genel olarak hidrolik tesislerin tesis giderleri termik tesis giderlerinin 2-3 katıdır (Söğüt Z.,1986) Termik santraller hidroelektrik santrallere göre daha az yer kaplarlar ve tesis masrafları düşüktür ancak kullanılan yakıtlar açısından termik tesisler ile enerji üretimi dışı bağımlıdır. Hidrolik santrallerde ise yakıt masrafı ve depolama gereksinimi yoktur.Dış piyasa enerji fiyatlarına bağlı değildir.Yakıtı olmadığından elektrik maliyet fiyatı kararlıdır.Hidrolik santrallerde tesis birim maliyeti 1000-1500\$/kwh'dir (Öner ve diğerleri,1994).

1.4. Hidroelektrik Santrallerin Çevresel Etkisi

Ülkemiz için önemi büyük olan hidroelektrik santrallerin çevre etkilerini olumlu ve olumsuz olarak iki şekilde tanımlayabiliriz.

1- Olumlu Yönleri :

- Taşkından Koruma
- Çevre ziraatini geliştirme
- Balıkçılığı destekleme
- Ağaçlandırma
- Çevrenin estetik kalitesini yükseltme

2- Olumsuz Yönleri :

- Hidroelektrik güç santralleri doğal manzarayı bozar
- Balıkları ve yabani hayati etkiler.
- Suyun kalitesini bozar.
- Doğal fay hareketlerini etkileyerek deprem oluşum riskini arttırır.
- Baraj yüzeyi nehre göre daha geniş alan kapladığından buharlaşma artar ve havadaki nem oranı fazlalır. Bu yüzden bölgenin iklimini etkiler ve ekolojik dengenin bozulmasına sebep olur.
- Kurulan barajlar çok büyük alanların sular altında kalmasına sebep olduğundan toprak kaybı da olasıdır.

Tablo II.4. Türkiye Hidrolik Potansiyelinin Havzalara Dağılımı Enerji

Havza Adı	Kurulu Güç (MW)	-----	
		Ortalama (GWh)	Güvenilir (GWh)
Süsurluk	441	1380	1052
Kuzey Ege	16	42	26
Gediz	250	425	202
Küçük Menderes	48	143	62
Büyük Menderes	231	907	126
Batı Akdeniz	738	2752	1046
Antalya	1160	4014	1713
Sakarya	1062	2362	1440
Batı Karadeniz	588	2125	1132
Yeşilırmak	1274	5277	4196
Kızılırmak	2146	6935	4631
Konya Kapalı	32	104	--
Doğu Akdeniz	1384	4769	2905
Seyhan	1935	6880	3140
Asi	50	120	15
Ceyhan	1409	4634	2788
Fırat	9425	37724	29802
Doğu Karadeniz	3464	11416	5650
Çoruh	3227	10614	6275
Aras	609	2256	1772
Van Kapalı	62	257	156
Dicle	5185	17284	10525
TOPLAM POTANSİYEL	34736	122420	78654

Tablo II.5. Türkiye Hidroelektrik Enerji Potansiyelinin Proje Durumlarına Göre Dağılımı (1993 sonu itibarıyla) (DSİ Yıllığı, 1993)

Üretim Projelerinin Durumu	Proje Adedi	Kurulu Gücü MW	Toplam Enerji Üretim Kapasitesi		
			Güvenilir GWh	Ort. GWh	Ort. %
1. İşletmede	98	9774	28108	35826	29
2. İnşaa Halinde	19	1852	2817	5455	33
3. Kesin Projesi Hazır	25	6234	12501	19644	49
4. Kesin Projesi Yapılmakta	5	404	858	1190	50
5. Planlaması Hazır	90	4565	8815	16009	63
6. Planlaması Yapılmakta	23	1642	3118	5305	68
7. Master Planı Hazır	75	4362	8849	15472	81
8. Ön inceleme Hazır	160	5915	13588	23519	100

Tablo II.6.1993 Yılı İtibarıyla İşletmedeki TEK Hidrolik Santralleri (En. İstatistikleri, 1994)

Santralin Adı	Kurulu Güç (MW)	Üretim Kapasitesi (GWh)	
		Ortalama	Güvenilir
BARAJLI SANT.			
Almus	27.0	100.0	30.0
Altınkaya	700.0	1632.0	1236.0
Aslantaş	138.0	569.0	360.0
Atatürk 1-8	2400.0	8900.0	7400.0
Ataköy	5.5	8.0	8.0
Demirköprü	69.0	190.0	78.0
Gökçekaya	278.4	562.0	460.0
H.Üğurlu	500.0	1217.0	820.0
Hirfanlı	128.0	400.0	178.0
Karakaya	1800.0	7354.0	6800.0
Keban	1330.0	6000.0	5820.0
Kemer	48.0	135.0	62.0
Kesikköprü	76.0	250.0	110.0
Menzelet 1-4	124.0	516.0	466.0
Oymapınar	540.0	1620.0	482.0
Sarıyar	160.0	400.0	328.0
S.Üğurlu	46.0	273.0	206.0
Köklüce	90.0	588.0	577.0
Kapulukaya	54.0	190.0	150.0
Zernek	3.5	13.0	6.0
Kılıçkaya	120.0	332.0	277.0
Karacaören	32.0	142.0	84.0
Derbent	56.4	257.0	201.0
Tercan	15.0	51.0	18.0
Koçköprü 1-4	8.8	44.0	16.0
TOPLAM	8749.6	31743.0	26173.0
TABİİ GÖL SANT. (Toplam)	131.2	562.0	275.0
AKARSU SANT.			
Adilcevaz	0.4	2.0	2.0
Akyazı	0.1	0.5	0.5
Akşehir	0.3	1.5	1.5
Anamur	0.6	3.0	3.0
Arpaçay	0.1	0.5	0.5
Besni	0.3	1.5	1.5
Beytüşşebap	0.3	1.5	1.5
Botan	1.6	7.0	7.0
Bozkır	0.1	0.5	0.5
Bozüyük	0.3	1.0	1.0
Bozyazı	0.4	1.0	1.0

Bünyan	1.4	4.0	4.0
Ceyhan	3.6	12.0	10.0
Cumaçay	0.4	2.0	2.0
Çağ-Çağ	14.4	42.0	42.0
Çay	0.1	0.5	0.5
Çukurca	0.1	0.5	0.5
Defne	3.8	19.0	19.0
Denizli	1.2	6.0	6.0
Dere	0.4	2.0	2.0
Dinar	1.1	5.0	5.0
Doğankent A	32.8	314.0	62.0
Doğankent B	38.0	-	-
Dört yol	0.3	1.5	1.5
Durucasu	0.8	4.0	4.0
Engil	4.6	14.0	12.0
Erciş	0.8	2.0	2.0
Ermenek	1.1	2.0	2.0
Girlevik	3.0	15.0	13.0
Göksu	10.5	65.0	58.0
Gülнар	0.3	1.5	1.5
Hakkari	1.3	6.0	6.0
Hendek-Araklı	0.3	1.0	1.0
İkizdere	15.1	100.0	65.0
İnegöl	0.3	1.6	1.6
İznik	0.3	1.0	1.0
Kadirli	0.5	2.5	2.5
Kayaköy	3.8	12.0	8.0
Kernek	0.8	2.5	2.5
Kiti	2.8	6.0	4.0
Ladik	0.1	0.5	0.5
M.Kemalpaşa	0.6	2.5	2.5
Malazgirt	1.2	5.0	5.0
Merkez	0.3	1.5	1.5
Mut	0.9	4.0	4.0
Osmaniye	0.4	2.0	2.0
Silifke	0.4	2.0	2.0
Sızır	6.8	35.0	29.0
Turunçova	0.6	3.0	3.0
Uludere	0.8	2.0	2.0
Varto	0.3	1.5	1.5
Diğer Küçük Sant.	7.4	-	-
TOPLAM	168.2	723.6	411.6
TEK HİDROLİK	9049.0	33028.6	26859.6

Tablo II.7. Diğer Kuruluşlarca İnşa Edilen HES'ler

H. elektrik Santralini Adı	Ünite Adedi Ünite Gücü Adet x MW	Tesisin Kurulu Gücü MW	Ortalama Yıllık Üretim GWh
Ceyhan-Maraş	3x 1.20	3.60	12
Çayköy	2x 7.00	14.00	35
Defne-Harbiye	3x 1.00	3.00	15
Derme	3x 1.50	4.50	10
Hasanlar	3x 3.15	9.35	40
Hazar I	4x 3.28+1x7.00	20.12	128
Hazar II	2x 5.00	10.00	64
İkizdere	3x 5.04	15.12	100
Kadincık I	2x35.00	70.00	345
Kadincık II	1x56.00	56.00	320
Karacaören II	2x23.60	47.20	206
Kayaköy	3x 1.28	3.84	12
Kepez I	3x 8.80	26.40	169
Kepez II	2x 2.91	5.82	21
Kısık	3x 3.20	9.60	32
Kovada I	3x 2.75	8.25	35
Manavgat	2x24.00	48.00	220
Murgul	4x 1.17	4.70	10
Sarıyar H. Polatkan	4x40.00	160.00	400
Seyhan II	1x 7.50	7.50	18
Sır	3x94.50	283.50	725
Sızır	3x 2.25	6.77	35
Tortum	2x 5.60+2x7.40	26.18	85
Yerköprü-Göksu	3x 3.52	10.56	65
36 Adet kurulu gücü 2MW'dan küçük santral		24.54	28
Çalışmayan küçük santraller toplamı		12.30	-

II.5. Türkiye'de ve Dünyada Hidrolik Enerjinin Durumu

Dünyanın teknik kullanılabilir hidrolik potansiyeli 2338 GW veya enerji olarak 9802 TWh/yıl kadar olup halen bu potansiyelin %20 kadarı kullanılmaktadır. Hidroelektrik üretimde A.B.D. dünya üretiminin %39'unu, Batı Avrupa %27'sini, Doğu Avrupa ve Rusya %13'ünü ve Doğu Asya (özellikle Japonya) %9'unu sağlamaktadır.

1990 yılı rakamlarına göre hidroelektrik, birkaç tropikal ülkede (Brezilya'da %80'den fazlası), Alp dağları ülkelerinde (Avusturya'da %65, İsviçre'de %70'den fazla) ve yüksek enlemlerdeki bazı ülkelerde büyük önem taşımaktadır.

Tablo II.8. Bazı Ülkelerin Hidrolik Enerji Kapasiteleri (1990)

Ülkeler	Teorik Kapasite (GWh/yıl)	Üretilebilir Kapasite	
		>2MW (GWh/yıl)	<2MW (GWh/yıl)
Angola	150000	100000	*
Arjantin	535000	390000	38
Avustralya	260000	24000	1248
Avusturya	75000	53700	3100
Brezilya	3020400	1116900	-
Bulgaristan	3710	2240	*
Burma	366000	160000	-
Kanada	1239777	592982	21900
Çin	5922180	1923304	245000
Kolombiya	1290000	418200	-
Kosta Rika	222953	37000	-
Çekoslovakya	28600	9800	1026
Ekvator	818000	180000	-
Etopya	650000	142000	20000
Fransa	266000	100000	1976
Almanya	120000	27000	*
Yunanistan	25000	16000	-
Hindistan	2637800	200000	5000
Endonezya	3388000	709000	-
İtalya	340000	65000	-
Madagaskar	400000	23000	61
Meksika	500000	80000	*
Nepal	729500	144000	*
Norveç	556000	171400	-
Yeni Gine	175000	98000	*
Peru	1839600	412000	-
İspanya	150350	62200	6900
İsveç	130000	70000	-
Türkiye	432986	216000	-
A.B.D.	528500	376000	-

(*) >2MW kolonu içinde yer almaktadır.

Şili ve Japonya'da küçük çaptaki çok sayıda barajlarla yakın çevrenin elektrik ve aynı zamanda sulama ihtiyacı karşılanmaktadır.

AT ülkelerinden İtalya'da hidroelektrik santraller, demonstrasyon, enerji tasarrufu gibi proje ve çalışmaların desteklenmesi amacı ile 1992'de saptanan bütçe 1993 yılında yaklaşık 3 katına çıkarılmıştır. İrlanda Elektrik Üretim Kurumu, 1990'dan beri su gücünden ve diğer yenilenebilir kaynaklardan enerji elde eden otoprodüktörlere karşı teşvik edici bir politika uygulamaktadır.

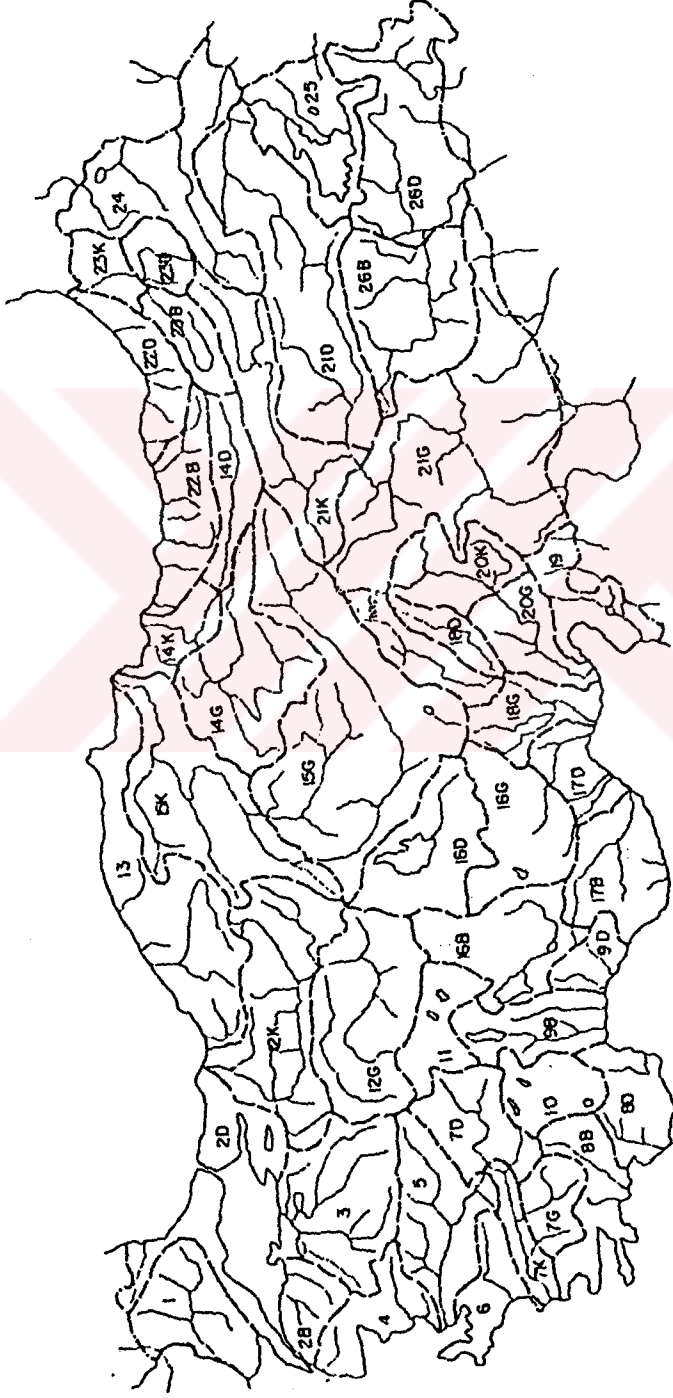
Küçük hidroelektrik santrallerden yararlanan ülkelerin başında ise Hindistan, Japonya, Çin, Finlandiya, Almanya, Fransa ve Latin Amerika gelmektedir.

Almanya'nın Bavyera bölgesinde toplam gücü 50 MW olan 1135 adet küçük hidroelektrik santral vardır. Fransa'da yaklaşık 2200 adet küçük HES olup, toplam üretim kapasiteleri 1800 MW'dır. Küçük hidroelektrik santraller, ülkenin toplam üretim kapasitesinin %4'ünü oluşturmaktadır.

Çin'de güney, güneydoğu ve orta bölgeler, ülkenin hidroelektrik potansiyelinin %70'ini ve büyük barajların hemen hemen tümünü oluşturmaktadır. Küçük hidroelektrik uygulamasının tipik bir örneği olan Çin Halk Cumhuriyeti toplam elektrik üretiminin yaklaşık dörtte birini hidroelektrik santrallerden karşılamaktadır. 1986 yılından itibaren küçük su santrallerinin arttırmak amacı ile 30 milyon dolarlık bir teşvik uygulaması başlatmıştır.

Japonya'da toplam gücü 7000 MW olan 1350 adet küçük HES ülkedeki kurulu gücün %4'ünü oluşturmaktadır.Hindistan'da ise 55 adet akarsu üzerine toplam 110 MW'lık ve ayrıca toplam 100 MW'lık mini su santralleri kurulması hedeflenmektedir.

Ülkemizde ekonomik olarak yararlanılabilir 122 milyar kwh/yıl olarak belirlenen hidrolik potansiyelin ancak %20 kadarı kullanılabilir. Bu potansiyel dünya hidroenerji potansiyelinin yaklaşık %1.2'sine karşılık gelmektedir. 6. Beş Yıllık Kalkınma Planında bu potansiyelden daha fazla yararlanabilmek için gerekli tedbirlerin alınması kararlaştırılmıştır. 1993 yılında %26.7 olan kapasite kullanımı 2010'da %63'e ulaşacaktır. 2010 yılına kadar ekonomik olarak hidrolik potansiyelimizin elektrik enerjisi üretimi için yararlanılacak miktarının tamamının kullanılması hedeflenmektedir (Öner ve diğerleri, 1994)



Türkiye Ana Nehir Kaynakları

III.GÜNEŞ ENERJİSİ

Bilinen en eski enerji kaynaklarından olan güneş enerjisi temiz, bol ve tükenmeyen bir enerji türüdür. Hemen hemen bütün enerji türleri direkt veya endirekt olarak güneş enerjisinden türemişlerdir.

"Workshop on alternative energy strategies" in hazırladığı son rapora göre 2000 yılında, tüm endüstrileşmiş ülkelerde güneş enerjisi günde 1-2 milyon varil petrole eşit bir enerji kaynağı oluşturabilecektir (Güneş En., Shell Bilgi istasyonu)

Bütün bu olumlu yanlarına rağmen uygulamada güneş enerjisinin az kullanılmasının nedenlerinden biri, meteorolojik şartlara bağlı olması ve yoğunluğunun az olmasıdır. Kullanım da geniş yüzeyler gerektirmektedir. Güneş ışınımı sürekli değildir. Enerjiye daha çok ihtiyaç duyulan zamanlarda, güneş ışınımı ya hiç yoktur yada yetersizdir. Bu yüzden bazı güneş enerjisi uygulamaları, enerji depolanmasını ve yedek enerji sistemlerini gerektirir. Güneş enerjisinin kullanılacağı alanlar gölgelenme olmaması ve etrafının açık olmasında gerekir.

III.1.Güneş Enerjisinin Kullanım Alanları

Güneş enerjisinin toplama yöntemleri fotovolttaik ve termal toplamadır. Güneş enerjisinden faydalanılacak enerji türlerine ısıl çevrimle dönüştürüldüğü sistemler genel olarak 3'e ayrılabilir.

1-Düşük Sıcaklık Uygulamaları (20-100°C)

Bu uygulamalarda daha ziyade düz toplayıcılar kullanı-

ılır.Güneş ışınımı düz bir kollektörle bir akışkana aktarılır. Sıcaklığı artan akışkan ya depolanır yada sisteme gönderilir. Düşük sıcaklık uygulamalarından bazıları şunlardır:

- Konutların sıcak su temini
- Konut ısıtma
- Tarım ürünlerinin kurutulması
- Sera ısıtma
- Konut soğutma
- Güneş pompaları
- Tuz üretimi
- Güneş imbikleriyle arı su eldesi
- Yüzme havuzunun ısıtılması
- Güneş ocakları ve fırınları

Bu uygulamalar içinde en ekonomik olanları konutlara sıcak su temini, konut ısıtma ve sera ısıtmadır.

2-Orta Sıcaklık Uygulamaları(100-350°C)

Orta sıcaklık uygulamalarında, güneş ışınımının yansıtılarak veya kırılarak bir noktaya yada bir eksene yoğunlaştırıldığı odaklı kollektörler kullanılır.Güneş ocakları ve buhar üretme sistemleri bunlara bir örnektir.

3-Yüksek Sıcaklık Uygulamaları

Bu uygulama 350°C'den yüksek sıcaklıklar için geçerlidir.Güneş fırınlarında metallerin eritilmesi,kesilmesi ve kalıplanması örnek olarak verilebilir.Elektrikli güç sistemleri de mevcuttur.

4-Fotovoltaik Sistemler:Güneş pilleri ile güneş enerjisi doğrudan elektrik enerjisine dönüştürülür.

5-Fotosentetik işlevler:Güneş enerjisi şeker kamışı,darı gibi bazı bitkilerce depolanır ve bu bitkiler çeşitli yöntemlerle yakıtlara dönüştürülür.Bu yöntemlerle katı,sıvı,gaz yakıtlardan kimyasal hammadde elde edilir.

6-Fotokimyasal ve Termokimyasal işlevler

III.1.1.Sıcak Su Sistemleri

Güneş enerjisinden düşük sıcaklıkta yararlanma imkanlarının başında güneşli su ısıtıcıları gelmektedir.Sıcak su temini için kullanılan düz toplayıcılar;siyaha boyalı bir metal yutucu,akışkanın dolaştığı borular,cam örtü,yalıtım malzemesi ve kasadan ibarettir.

III.1.2.Mekan Isıtılması

Aktif ve pasif sistemlerle mekan ısıtılması yapılmaktadır.Isıtma gerektiren zamanlarda güneş ışınımı az olduğundan ve bu sistemler için gerekli toplayıcı yüzey alanı çok olduğundan şu anda pek ekonomik değildir.

III.1.3.Soğutma Sistemleri

Isıtma sistemlerinin prensip olarak tersi olan soğutma da, aktif ve pasif sistemlerle yapılır.Amonyak-su çözeltisine verilen ısı ,50°C'de amonyakın buharlaşmasıyla;başka bir kapta yoğunlaştırulup,genişletilmektedir.Amonyak buharlaşırken or-

tandan ısı çektiği için ortamı soğutmaktadır.Konutlarda ve soğutma depolarında kullanılmaktadır.

III.1.4.Güneş İmbikleri

İmbiği dolduran tuzlu su,güneş ışınımı tesiriyle buharlaşır ,dipte kalan tuz alttan alınır ve diğer bir kaptaki buhar yoğunlaştırılır.Böylece hem damıtılmış su hem de tuz elde edilebilir.

III.1.5.Yüzme Havuzu Isıtması

Havuz yüzeyinin iki katına eşit kolektör yüzey alanına gerek duyulan bu sistemin uygulamalarına ülkemizde de rastlanmaktadır.İstenilen sıcaklığın düşük olması ve güneşin bol olduğu mevsimlerde kullanılması bu uygulamayı avantajlı hale getirmektedir.Kullanılan toplayıcılar basit olduğundan maliyeti düşüktür.

III.1.6.Güneş Ocakları

Odaklı toplayıcılar kullanılarak,odaklama noktasına konulan kap içindeki yemekler pişirilebilmektedir.

III.1.7.Güneş Fırınları

Düz bir yüzeye konulan çok sayıdaki aynalarla,güneş ışınımı bir noktaya odaklanır.Güneş fırınları ile 5000°C sıcaklığa kadar çıkılabilmektedir.

III.1.8.Güneş Enerjili Buhar Üreteçleri

Yalnızca açık havalarda kullanılabilen bu sistemde 120 ile 320°C arasındaki sıcaklıklarda buhar elde edilir.Kapalı ve bulutlu havalarda bu sistem kullanılamaz.

III.1.9.Güneş Pilleri

Güneş enerjisi,güneş pilleriyle doğrudan elektrik enerjisine dönüştürülür.(n-tipi) yarı iletken ile,(p-tipi) yarı iletken yanyana getirilerek doğru akım oluşturulur.Gürültüsüz çalışması,artıklarının olmaması,uzun ömürlü olması,her yerde ve her güçte elektrik üretebilmesine karşın ,yüksek maliyetli,teknolojisi zor ve verimi düşük olduğundan,kullanımı çok yaygın değildir.

III.1.10.Güneş Pompaları

Pistonlu güneş pompalarıolduğu gibi,freon gazının türbinini çevirdiği türbininde pompayı çalıştırdığı sistemler ve sabit hacimde ısıtılan gazların basınçlarının artması esasına göre çalışan su pompaları da vardır.

III.1.11.Tarımsal Uygulamalar

Havalı toplayıcılar kullanılarak,yaş ürünlerin kurutulma süreleri azaltılmaktadır.Kurutma tarım ürünlerinin saklanması da kullanılan en eski ve en basit metodlardan birisidir. Gelişmiş ülkelerde ürünlerin zarar görmemesi ve kurutma zamanını azaltılması amacıyla fosil yakıtla çalışan kurutma

sistemleri geliştirilmiştir. Ancak fosil yakıtların pahalalanmasıyla güneş enerjisiyle kurutma gündeme gelmiştir. Güneşli kurutma sistemleriyle tarım ve orman ürünlerinin kurutulması yaygın olarak kullanılmaktadır.

III.1.12. Diğer Uygulamalar

H₂ üretimi, su elektrolizi, termokimyasal işlemlerle suyun parçalanması gibi uygulamalar da vardır.

III.2. TÜRKİYE'DE GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİ

Ekvatorun 45° kuzey ve 45° güney enlemleri arasında yer alan bölgeye "Güneş Kemeri" adı verilir. Ülkemiz 36-42° kuzey meridyenleri arasında bulunduğu için dünyanın güneş kuşağı bölgesinde yer almaktadır. Güneş ışınlarını almak açısından orta zenginlikte bir ülkedir. Güneşlenme süresi yılda ortalama 2608 saattir. Ülke genelinde yıllık ortalama enerji 1344.6 kWh/m² dir. Ülke genelinde 7-8 ay müddetle güneş enerjisinden tam bir faydalanma imkanı mevcuttur.

Tablo III.1. Güneş Enerjisi Toplam Potansiyeli

Brüt	Teknik		(milyar TEP)
	Elektrik	Isı	
88	8.8	26.4	

Yukarıdaki tabloda, termal kullanımlarda sistem verimi %30, elektrik üretiminde ise %10 alınarak teknik potansiyel hesaplanmıştır.

Ülkemizin güneş enerjisi potansiyelinin aylar itibarıyla gösterdiği değişiklikler de tablo III.2.de gösterilmiştir.

Tablo III.2.Aylar itibarı ile Güneş Enerjisi Potansiyeli
(Bilgin F.,1986)

Aylar	Güneş Işınları Toplam Enerjisi (kwh/m ²)	Güneşlenme Süresi (saat/ay)
Ocak	54.08	150.01
Şubat	61.55	189.01
Mart	95.63	265.30
Nisan	125.13	358.93
Mayıs	154.13	428.57
Haziran	169.30	485.57
Temmuz	181.40	503.13
Ağustos	164.82	457.16
Eylül	130.93	375.26
Ekim	97.02	269.09
Kasım	62.47	179.06
Aralık	47.60	132.04
Yıllık Toplam	1344.56	2608.8

Ülkemizde 1344.56 (kwh/m²) olan toplam güneş ışınları enerjisinin aylık ortalaması alındığında 112.04 (kwh/m²) değerini vermektedir.

Tabloya bakıldığında en düşük güneş ışınları toplam enerjisi ve en düşük güneşlenme süresi sırasıyla 47.60(kwh/m²) ve 132.04 (saat/ay) değerlerini aralık ayında almaktadır.En yüksek değerleri ise 181.40 (kwh/m²)'lik güneş ışınları toplam enerjisi ve 503.13 (saat/ay)'lık güneşlenme süresi ile temmuz ayında almaktadır.

Güneş enerjisinden yüksek oranda yararlanmaya elverişli coğrafi konuma sahip ülkemizde, güneşten en az yararlanabilecek bölgemiz olan Doğu Karadeniz Bölgesi bile, bir çok Avrupa ülkesine göre, daha şanslı durumdadır.

Ülkemizde güneş enerjisinin yoğunluğunun bölgelere göre değişimi, bu enerjinin uygulanabileceği alanları belirleme açısından önemlidir.

Tablo III.3. Bölgelere Göre Güneş Enerjisi Potansiyeli (Enerji İstatistikleri, 1994 ; Bilgin F., 1986)

Bölge	Güneş Işınları Toplam Enerjisi		
	Yıllık Top. Güneş Enerjisi (kwh/m ² yıl)	Yıllık Top. Güneşlenme Süresi (saat/yıl)	Yıllık Ort. Güneşlenme Süresi (saat/gün)
G. Doğu Akdeniz	1460	2993	8.2
Ege	1390	2956	8.1
İç Anadolu	1304	2738	7.5
Doğu Anadolu	1314	2628	7.2
Marmara	1365	2664	7.3
Karadeniz	1168	2409	6.6
Türkiye Ort.	1120	1971	5.4
	1311	2640	7.23

Güneşlenme süresi yıllık ortalamalarına göre, güneşlenme süreleri kuzeyden güneye doğru 5.4 saat ile 8.2 saat arasında değişmektedir. Maksimum güneşlenme süresi Güneydoğu Anadolu Bölgesi ile Akdeniz Bölgesinde olurken, minimum güneşlenme süresi Karadeniz Bölgesinde olmaktadır. Yıllık güneş alma 1971 saat ile 2993 saat arasında değişmektedir. Günde 7.2 ile 8.2 saat arasında güneş alabilen 572 bin km² alan vardır. Yani yılda 2628 saat ile 2993 saat arasında güneş alabilen alan, toplam yüzölçümünün yaklaşık % 74'ü demektir.

Ülkemizde ışınım şiddeti 1966'dan beri aktinograflarla ölçülmektedir. Bu ölçümlerde % 50'ye varan hatalar saptanmıştır. Güneşleme zamanı ise "Heliyograf" adı verilen "Campbell Stokes" marka bir araçla ölçülmektedir. Fakat bu ölçümlere hassas değildir, havadaki nem miktarı sonuçları etkilemektedir.

Devlet Meteoroloji İşletmeleri tarafından ülke genelinde kurulan 81 gözlem istasyonunda uzun yıllar yapılan ölçümler ile Türkiye'de yıllık ortalama güneşlenme süresi 7.23 saat/gün, ortalama güneş radyasyon şiddeti $208 \text{ cal/m}^2 \cdot \text{gün}$ olarak belirlenmiştir. Türkiye'nin alan olarak $2/3$ 'ünün günde 7 saat-den fazla güneş aldığı ve radyasyon şiddetinin de $12,58 \text{ (MJ/m}^2 \cdot \text{gün)}$ 'den büyük olduğu da E.I.E.I. tarafından çıkarılan yıllık ışınım şiddeti ve güneşlenme süresi haritalarından anlaşılmaktadır.

Elektrik İşleri Etüd İdaresi Genel Müdürlüğü ile D.M.İ. işbirliği kapsamında, güneş enerjisini potansiyelini sağlıklı tespit etmek amacıyla, Antalya, İzmir, Ankara, Yenihisar ve Yumurtalık'a bilgisayar destekli güneş enerjisi gözlem istasyonları kurmuş ve en az 5 yıl süreyle veri toplanması hedeflenmiştir.

III.3. TÜRKİYE'DE GÜNEŞ ENERJİSİ ÇALIŞMALARI

Ülkemizde 1960 yılında başlayan güneş enerjisi çalışmaları, ancak 1973'de belirginleşen enerji krizi ile dünya ile birlikte ülkemizde de büyük önem kazanmıştır. Türkiye geliş-

mekte olan ülkeler statüsündedir. Ve enerji bunalımı, gelişmekte olan ülkeleri daha çok etkilemektedir. Çünkü gelişmekte olan ülkeler, gittikçe artan miktarlarda enerjiye ihtiyaç duymaktadırlar. Enerji krizi ile birlikte ülkemizde Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı güneş enerjisi koordinasyon kurulunu kurmuştur. Bu kurulun faaliyetlerine, yetersiz kalması sebebiyle 1976'da son verilmiştir.

M.T.A. Enstitüsü Marmaris'te ve Ege Üniversitesi'nde bir güneş enerjisi enstitüsü kurmuştur. Güneş ve rüzgar enerjisi araştırma merkezi de kurmuş ve bursla yurt dışına bu konuda yetiştirilmek üzere elemanlar göndermiştir. Bundan bir müddet sonra güneş enerjisi araştırması, Elektrik İşleri Etüd idaresine verilmiştir.

Günümüzde yapılan güneş enerjisi ile ilgili araştırmalar 3 ana başlık altında toplanabilir.

1- Kamu kuruluşları tarafından yapılan çalışmalar:

- Teorik incelemeler,
- Uygulamalı araştırmalar,
- Radyasyon ölçümleri,
- Kollektör standardizasyonu vb.

2- Üniversiteler tarafından yapılan çalışmalar:

Bunlar daha ziyade teorik çalışmalar olup, bir kaç pratik uygulama da vardır.

3- Özel sektör tarafından yapılan çalışmalar:

Bu çalışmalar Hemen hemen tümü ile düşük sıcaklıkta su üretimini sağlayan düz güneş kollektörlerinde ve

bunlar ile ilgili sistemlerin kurulmasında yoğunlaştırılmıştır.

Bir kamu kuruluşu olan E.i.E.i. bünyesinde yapılan güneş enerjisi ile ilgili çalışmalar, genel olarak ikiye ayrılmaktadır.

1-Düzlensel Güneş Kolektörleri ile ilgili AR-GE çalışmaları:

Bu konuda E.i.E. idaresince, düzlensel güneş kolektörü testleri, optimum güneş kolektör tasarımı, sıcak su sistemi tasarımı, güneş kolektörleri standardı revizyonu ve anket çalışmaları yapılmaktadır.

2-Güneş Pilleri ile ilgili AR-GE çalışmaları:

Güneş pili projesi, güneş pillerinin zirai sulamada kullanılması projesi, güneş pilleri aydınlatma projesi bu çalışmaların kapsamına girmektedir.

Güneş enerjisi ile ilgili standardizasyon çalışmaları T.S.E. tarafından yürütülmekte olup,

-T.S. 3680 (Güneş Enerjisi Toplayıcılarını Kapsayan Mamul Standardı),

-T.S. 3817 (Güneşli Su Isıtıcıları Sisteminin Çalışma Kuralları) ve

-T.S. 4801 (Güneş Enerjisi Toplayıcıları-Isıl performans Deney Metodları)

standartlarının revizyon çalışmalarına, E.i.E.i. işbirliği ile başlanmıştır.

III.4. Türkiye'de Güneş Enerjisi Uygulamaları

Güneş enerjisi potansiyelinin Türkiye de değerlendirilmeye başlanması henüz yeni olmakla beraber konutlarda, fabrikalarda, turistik tesislerde sıcak su ihtiyacını karşılayan sistemler halinde kullanılması giderek yaygınlaşmaktadır. Ege ve Akdeniz sahillerinde, yazlık tesisler ve konutların sıcak su ihtiyaçlarının büyük bir bölümü güneş enerjisiyle karşılanmaktadır.

Tablo III.3.deki veriler baz alınarak yapılan bir çalışmada Güneydoğu ve Akdeniz Bölgelerini kapsayan bölümde güneşli su ısıtıcılarının yıl boyunca tam kapasite ile çalışabileceği sonucuna varılmıştır. Bu bölümlerde ülkemizin %17'sine tekabül etmektedir. Türkiye'nin %63'ünü kapsayan bölümde güneşli su ısıtıcılarının yıl boyunca çalışma oranı %90, %94'lük bir kısımdaki çalışma oranı ise %80'dir. Özet olarak güneşli su ısıtıcılarının yılın %70'i kadar bir süre boyunca tam kapasite ile çalışabilecekleri sonucuna varılmıştır. (Bilgin F., 1986).

Güneşli su ısıtıcıları üretimde Türkiye'de 150000 m²/yıl lık bir kapasite vardır. Ancak 1982' de bunun % 15'i, 1984'de %27'de, 1990'da %47'si kullanılabilmiştir.

Sıcak su temini için gereken teknoloji basit olduğundan kullanılan düz kollektörlerin küçük atölyelerde bile yapılması mümkündür. Ülkemizde özellikle Akdeniz ve Ege bölgelerinde güneş enerjili sıcak su sistemleri yaygın olarak kullanılmaktadır.

Güneş enerjili sıcak su sistemlerinin seçimi, sistem verimliliği ve işletmesi açısından önemlidir. Bir sistem seçilirken, meteorolojik koşullara, suyun özelliklerine, binanın konumuna ve yapının kullanım şekline uygun sistem seçilmelidir. Konutlarda kullanılan sıcak su ihtiyaçları için tüketilen su sıcaklığı düşük (40-60°C) olduğundan ve günlük sıcak su ihtiyacı yıl boyunca homojen değiştiğinden, güneş enerjisinden yararlanılan en ekonomik ve en yaygın sistem, güneş enerjili sıcak su sistemleridir.

Türkiye'de güneş enerjisi ile mekan ısıtma sistemleri güneşli su ısıtıcıları gibi ekonomik değildir. Avrupa'nın büyük bir bölümünde olduğu gibi sıcak sulu sistemlerle yapılmaktadır. Sıcak sulu sistemlerde güneş enerjisinden yararlanmak çok zordur. Çünkü kazana dönen suyun sıcaklığı 70°C olmaktadır ve güneş enerjisinden ısıtma sistemlerinden yararlanabilmek için çalışma sıcaklıklarının düşürülmesi gerekir. Bunun için de radyatör yüzeyi arttırılmalıdır. Bu da konutun faydalı hacmini ve maliyetini arttırır. Bu yüzden Türkiye de Amerika Birleşik Devletlerinde olduğu gibi yeni gelişmekte olan havalı ısıtma sistemleri veya sıcak sulu panel ısıtma sistemleri kullanılmalıdır. Güneş enerjisi ile ısıtma sistemlerinin yüksek ilk yatırım maliyeti ve 20 sene gibi uzun bir geri ödeme süresi olması da yaygın kullanımını engellemektedir. Bunun yanı sıra kış aylarında sıcaklık gereksinimi arttığı ve elde edilebilen güneş enerjisi azaldığından, güneş sistemlerini destek ısıtma sistemleri ile birleştirmek veya

depolama tesisatı eklemek zorunluluğu vardır. Güneş enerjisinden mekan ısıtmada yararlanmak için önce binanın enerji optimizasyonunun yapılması gereklidir. Ülkemizde ısıtma sistemleri için güneş enerjisi kullanımı henüz yaygın ve ekonomik değildir.

Güneş enerjisinden kolektörler yardımı ile sıcak su üretiminde en önemli faktör sistemin kurulacağı yerin güneş enerjisi potansiyelidir. Ancak sadece güneş ışınımı değerlerine bakmak yeterli değildir. Çünkü kolektör yardımı ile toplanan enerji üzerinde, güneş ışınımı dışındaki meteorolojik verilerinde etkisi bulunur. Kolektör sistemlerinin toplayabileceği enerji miktarını zamana ve yere bağlı olarak bilmemiz gerekir. ABD'de 1976'da bulunan F-chart metodu sistem performansını belirlemek açısından kolaylık sağlamıştır.

Ülkemizde kullanımı ekonomik olan güneş enerjisi ile sıcak su üretiminin, özellikle turistik bölgelerde devlet teşviki ile yaygınlaştırılması ulusal enerji üretimine katkısı açısından yararlı olacaktır.

-Ankara Yenilenebilir Enerji Programında Güneş Enerjisi

Ankara Belediyesinde güneş enerjisinden pasif yararlanma çalışmaları 1990'dan itibaren başlamıştır. Geliştirilen yöntemde, çift cephe kavramından yararlanılmakta ve bir dairenin güney cephesinde oluşturulan serada elde edilen enerji, kuzey cephede oluşturulan cepheye borular vasıtasıyla transfer edilmekte, böylece soğuk kuzey cephesi de ısıtılabilir. Binanın her yönü için geçerli olan bu uygulama çok katlı bi-

nalar içinde geçerlidir.Yapılan hesaplamalarda öngörülen %70 enerji tasarrufu oranına, ölçüm çalışmalarında büyük ölçüde ulaşılabilmektedir (Tan M.,1994).

1993 ocak ayında tamamlanan Ankara Güneş Evinde bu yöntemin kuzey-güney işleyişi uygulanmış ve çok başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Sistemin doğu-batı işleyişi ise Belkonun Güvercinlik deposundaki idare binasında uygulanmış ve bu binanın inşaatı 1994 başında tamamlanmıştır.Böylece hem enerji tasarrufu sağlanmış hemde personelin ve binanın kömür tozlarından korunması gibi ek avantajlar elde edilmiştir.Ankara'da yapılan bu tür çalışmalardan, 2005 yılında Ankara'nın enerji talebinin % 10'luk bölümünün yenilenebilir enerji kaynakları ile karşılanması hedef alınmaktadır (Tan M.,1994).

Bir başka deneme ise tek katlı bir binanın her yönden ikinci bir saydam tabaka ile sarılması şeklinde olacaktır.Bu saydam çeper binanın ısı yalıtım özelliğininide arttırmaktadır. Böylece istenildiği takdirde birinci çeperde cam yüzeyler arttırılabilecektir. Bu sistemde güneş alan cephelere gelen enerji pasif yollar diğer cephelere dağıtılmaktadır. Güneş enerjisi iki çeper arasında kalan kısıtlı hava miktarına bindirilmek suretiyle sıcaklığı yükseltilmekte ve iç mekanlarda kayıplar azaltılmaktadır. Bu sistemlerin sayesinde bina ne tarafa yönelmiş olursa olsun, güneşin geldiği cephede toplanan güneş enerjisi diğer cephelere transfer edilebilmektedir.

Aktif yüzey ısıtma yöntemleri ülkemizde Orta ve Doğu Anadolu'da çok uygundur. Soğutma sistemleri ise ülkemizde he-

nüz teoriden kurtulamamıştır. Yüzme havuzu sistemleri için bir kaç uygulama başlatılmış olup, ülkemizde bazı tipteki güneş ocakları da yapılmıştır. Bu güneş ocakları ile yaz günlerinde öğle saatlerinde bir kaç çaydanlık su bir saatte kaynatılabilmektedir (Kılıç A.,1993).

Türkiye'de yarı iletken teknolojisine paralel olarak güneş teknolojisi de gelişmemiştir. Ancak Ankara ve İstanbul'daki bazı üniversitelerde çalışmalar yapılmakta ve laboratuvarlarda deney amacıyla küçük güçte güneş pilleri üretilmektedir.

Güneş pilleri üzerine Tübitak Marmara Araştırma Merkezinde Amorf Silisyum Güneş Pillerinin yapımı ile ilgili çalışmalar sürmektedir. Noktasal güneşlenme süresi ve güneş ışınlarını toplama enerjisi gibi değerlerin saptanması amacı ile Elektrik İşleri Etüd idaresi ve DMI tarafından potansiyel belirleme çalışmalarına devam edilmektedir. Çeşitli üniversite AR-GE kuruluşlarında yürütülen güneş pili uygulamalarına Tübitak, Odtü, AEAGE tarafından tesis edilen otopark aydınlatması (Ankara) ve Dokuzoluk mevkii Esenbel Tiftik Keçisi Ağılı aydınlatması (Eskişehir) örnek gösterilebilir (Şenocak G.,1994).

Konuyla ilgili potansiyel belirleme ve Ar-Ge çalışmaları Elektrik İşleri Etüd idaresi,Devlet Meteoroloji İşleri, Türkiye Bilim ve Teknik Araştırma Kurumu Marmara Araştırma Merkezi (TÜBİTAK MAM),TÜBİTAK ODTÜ Ankara Elektronik Araştırma Geliştirme Enstitüsü (AEAGE),Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi

Enstitüsü (EÜGEE) ve diğer bazı üniversiteler ile ilgili kuruluşlarca sürdürülmektedir (Şenocak G.,1994).

Ülkemizde kurutmada güneş enerjisinden yararlanma, diğer faydalanma yöntemlerine göre daha uygulanabilir görülmektedir. Çünkü bu alanda enerji çoğunlukla küçük sıcaklıklarda tüketilmektedir. Çoğu zaman hava ihtiyaç duyulan sıcaklıklara kadar ısıtılabilir.

Güneş enerjisinden, endüstriyel ürünlerin kurutulmasında -özellikle yıl boyu, gece gündüz kurutma yapılıyorsa- ön ısıtma anlayışı ile yapılmalıdır.

Tarımsal ürünlerin kurutulmasında güneş enerjisinden yararlanma, hasat döneminde güneş enerjisinin bol bulunması nedeni ile çoğunlukla ekonomik ve uygulanabilir bulunmaktadır. Özellikle seracılığın, güneş enerjisinden faydalanılarak kurutma yapılabilecek şekilde yönlendirilmesi, bu enerji kaynağının kullanımını daha çekici kılmaktadır.

Güneş enerjisinden yararlanılacak diğer bir alanda kurutulan ürünün depolanarak saklanması sırasında olabilir. Kurutulmuş ürünün, yeniden nemlenerek zarar görmesini, güneş enerjisi ile önlemek çok kolay uygulanabilir bir yöntem olmasının yanı sıra oldukça da ekonomiktir.

1992'de Türk yabancı ihracat gelirinin yaklaşık %18'ini kurutulmuş tarımsal ürünler oluşturmuştur. Türkiye ekonomisi büyük oranda tarıma dayalı, gelişmekte olan bir ülke olduğundan kurutmanın kırsal alanlarda özel bir önemi vardır.

Ülkemizde kullanılması uygun bir diğer uygulamada, güneş havuzu olabilir. 1 m²'lik bir güneş havuzunun maliyeti, güneş kolletörlerinin maliyetinin yaklaşık 3'de 1'dir.

Güneş enerjisinden elektrik üretimi ise konvansiyonel enerji üretimi ile karşılaştırıldığında şu anda pek ekonomik değildir. Ülkemizde elektrik eldesine yönelik rezerv çalışmaları halen sürdürülmektedir. Bu çalışmalar tamamlanıncaya kadar en yüksek güneşlenme süresi (yıllık ortalama: 2993 saat/yıl) ve en yüksek güneş ışını toplama enerjisine (yıllık ortalama: 1491.20 kwh m²ay) sahip olan Güneydoğu Anadolu Bölgemizden başlamak üzere; enterkonnekte sistemden uzakta günlük talebin 10 kwh'in altında olduğu alanlarda, fotovoltaik uygulamaların yaygınlaştırılması için destek verilmelidir.

Radyo ve TV ara istasyonları, haberleşme istasyonları, yangın gözetleme kuleleri, boru hatlarının katodik koruması, çiftlikler, deniz fenerleri, sınır bölgelerin aydınlatmaları, deniz ve dağ evlerinin elektrik enerjisi gereksinimlerinin karşılanması için, rüzgar, güneş veya genellikle gece yoğun olan rüzgar ile gündüz yoğun olan güneşin ortaklaşa kullanıldığı hybrid sistemlerin kurulması sağlanmalıdır.

Güneş enerjisi kaynaklı ısı pompaları ile konut ısıtması yapılan çalışmalara göre Türkiye şartlarında ekonomik olmadığı sonucuna varılmıştır. Eğer güneş enerjisi kaynaklı ısı pompaları hem ısıtma hem de klima amaçlı kullanılırsa, klasik ısıtma ve klima tesisleri ile rekabet edebilecektir. Bu tip sistemlerin Türkiye koşullarında uygulamada kullanılabilmesi

için devlet desteğine ihtiyaç vardır.

Türkiye'de Güneş Enerjisi Uygulamaları için Öneriler

-Ülkemizde güneş enerjisini de kapsayan kombine sistemler kullanılarak, turistik tesislerin ısıtılmasının yanısıra sıcak su temin edilmesinde de yararlanılabilir.

-Devlet tarafından güneş enerjisi kullanımında teşvik edici sübvansiyon, düşük faizli uzun vadeli kredi ve vergi indirimi gibi finansal teşvikler verilmeli

-Türkiye için kısa, orta ve uzun vadede güneş enerjisi politikaları oluşturulmalı, bu konuda yapılan araştırmalar desteklenmeli, güneş enerjisi uygulamalarına müsait olan alanlar belirlenmeli.

-Maliyeti ucuz, uzun ömürlü toplayıcılar geliştirilmeli ve devlet kuruluşlarına ait tesislerde güneş enerjili sıcak su sistemlerinin kullanımı yaygınlaştırılarak, özel sektördeki kuruluşlara örnek olunmalı.

-Özellikle Akdeniz, Ege ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerimizde güneş enerjili sıcak su sistemlerinden yararlanılması için müteşebbisler ve halk teşvik edilmeli ve sıcak su sistemleri alıcılarına devlet kredisi verilerek güneş enerjili sıcak su sistemleri yaygınlaştırılmaya çalışılmalı.

-Buhar ihtiyacı aylara göre süreklilik göstermemektedir. Bu nedenle buhar üretme sistemlerinin bazı uygulamaları sanayinin buhar ihtiyacını karşılamak için ekonomik olabilir.

-Ülkemizde henüz gelişmemiş olan toplayıcı teknolojisinin geliştirilmesi için teşvik tedbirleri alınmalıdır.

-Güneş enerjisi ile elektrik üretimi uygulamaları için henüz erkendir.Türkiye'de potansiyeli fazla olan termik ve hidrolik kaynaklar ile elektrik üretimi şu anda daha ekonomiktir.Gelişmekte olan ülkeler kapsamına giren yurdumuz için güneş pilleriyle ve güneş enerjili buharlı sistemlerle elektrik üretimi oldukça pahalıdır.

-Konut ısıtmada güneş enerjisinden faydalanabilmek için öncelikle ısıtma yapılacak binanın enerji optimizasyonu yapılmalıdır.

Radyatörlü sistemler ile mekan ısıtmada güneş enerjisinden yararlanma pek ekonomik değildir.Gelecek yıllarda havalı veya döşemeden ısıtma sistemlerinin yapılması,pencere oranlarının ve yönlendirmenin optimizasyonu,yeterli yalıtımın yapılması durumunda bazı bölgeler için ekonomik olabilir.Şimdilik daha ekonomik olan ısı pompası gibi sistemlerden yararlanılmalıdır.Ülkemizde güneş enerjisi tekniği,pompalı güneş enerjisi sistemlerinin kullanılması suretiyle büyük projelerde de uygulanabilecek ve daha da gelişecektir. Bu teknik sorunsuz olarak Türkiye'de daha büyük projelerde kullanılacaktır. Pompalı güneş enerjisi sistemleri ile,güneş kolektörlerinin kış aylarında temin ettikleri ısı enerjisini,değişik mekanların ısıtılması amacı ile değerlendirmek mümkün olacaktır.Böylece kış aylarında tūristik tesislerde genellikle gereksinim duyulmayan sıcak su değerlendirilecektir.

-Gelecekte güneş pilleri ve güneşsel güç sistemlerinden enerji ihtiyacının büyük bir kısmının karşılayacağı söylene-

bilir.Gün geçtikçe artan konvansiyonel yakıt fiyatları ve teknolojinin gelişmesi ile güneş enerjisi maliyetlerinin azaltılacağı düşünülürse ilerde güneş enerjisi ile elektrik üretiminin ekonomik açıdan da avantajlı olacağı görülür.

III.5.Güneş Enerjisinin Maliyeti

Konvansiyonel enerji kaynaklarına göre enerji maliyetleri daha yüksek olan güneş enerjisi, diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına oranla daha düşük bir maliyete sahiptir.Uzun vadede düşünüldüğünde ekonomiktir.Yakıt masrafı yoktur ve işletme maliyetleri düşüktür.

Bir güneş elektrik santralinde tesis masrafının oranları aşağıdaki gibidir.

Tablo III.4. 100 kw Gücündeki Kule Tipi Bir Güneş Santralinde Direkt Tesis Masraflarının Dökümü (Aybers N.,Ders Notları)

Parça	% Masraf
Kazan	14
Türbin Tesisi	22
Kondansatör	13
Pompa	3
Jeneratör ve devre kesicileri	7
Eşanjörler	11
Kontrol Cihazları	8
Santralin Geri Kalan Kısımları	22

Güneş enerji santrallerinde de diğer enerji türlerinde olduğu gibi birim tesis bedeli tesisin kurulu gücüne bağlı olarak değişir.Kule tipi güneş santralleri heliostat parkı için büyük alanlara ihtiyaç gösterir ve pahalıdır.

Güneş enerji santrallerinin ilk yatırım maliyetleri çok yüksektir. Kurulu kw başına maliyet; fotovolttaik dönüşümlü santraller için 16.000-20.000 \$, termik dönüşümlü santraller için ise 3.000 \$'dır (Özemre A.Y.,1994). Bu da nükleer santral maliyetinin 8 katına eşittir. Üretilen elektrik, kwh'i 0.07 ile 0.1 \$ gibi yüksek bir maliyet getirmektedir.

Güneş enerjisi ile yüzey ısıtma sistemleri ve sıcak su temini ise oldukça düşük maliyetlidir. Güneşle yüzey ısıtma sistemlerinin geri ödeme süresi 7-10 yıldır. Güneş enerjisi sadece su ısıtma için kullanılırsa geri ödeme süresi bunun 2/3'üne kadar düşebilir. Yüzey ısıtmada güneş enerjisi maliyeti aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

sistemin ömrü boyunca maliyeti

$$\text{Gün.En.Maliyeti} = \frac{\text{ömrü boyunca toplam üretim} \times \text{güneşle ısıtma oranı}}{\text{ömrü boyu}} \text{-----}$$

III.6. Güneş Enerjisinin Çevresel Etkileri

Diğer enerji türlerine karşılaştırıldığında yarattığı çevre sorunları önemsizdir. Düzlemsel güneş kolektörler sistemlerini çevreye zararı yok denecek kadar azdır. Kolektör sistemleri için büyük alanlar gerekebilmektedir.

Pasif güneş sistemleri ve güneş pillerinden enerji üretiminde çevreye zararlı emisyon çıkışı olmamaktadır. Ancak güneş pilinin imal edilmesi esnasında zehirli madde çıkışı olabilmektedir ve işçilerin bu madde ile devamlı temas halin-

de olması sorun yaratabilmektedir.

Güneş enerjisi ile çalışan buhar türbünlü elektrik enerjisi üretiminde termal kirlenme olasıdır. Ancak santral yakınında yapılacak bir soğutma kulesi veya havuzu ile termal kirlenme olayı önlenabilir.

Büyük solar enerji toplama sistemlerinin bulunduğu bölgelerde çok fazla güneş enerjisi absorbe edileceğinden iklim değişikliği de olabilir.

III.7. Güneş Enerjisinin Dünyada ve Türkiye'deki Durumu

Güneşin dünyaya aktardığı güç 178 bin TW olup, bu gücü sadece 62 bin TW'lık bölümü dünya yüzeyinden geri yansıyıp 40 bin TW'lık kısmı suların buharlaşmasına sebep olur ve 76 bin TW'lık kısmı ise ısınan dünyanın yaydığı ısı olarak uzaya dağılmaktadır.

2030 yılında güneş enerjisinden elektrik üreten santrallerin kurulu gücünün 3 TW düzeyini aşamayacağı ve çok uzak bir gelecekte en çok toplam 100 TW'lık bir kurulu güce sahip olabileceği hesaplanmıştır.

Güneş santrali ile elektrik enerjisi üretiminde en büyük örnek 680 MW'lık güçle Kaliforniya'dadır.

Üretilen Güneş pillerine ilişkin pazar, dünya çapında her yıl ortalama %20 oranında büyümekte, kırsal kesimlerde ise bu oran % 35'lere varmaktadır. Güneş pillerinin 25 \$/w olan birim maliyeti 1980-1990 arası 4-5 \$/w'a düşürülmüştür (Şenocak G., 1994). Güneş pili konusunda Pakistan 1 MW kapasiteli

bir tesis planlamıştır. Almanya ise 1995'e kadar 20 MW'lık bir kapasite hedeflemektedir. Meksika, Suudi Arabistan, İsrail, Brezilya, Marshall Adaları, Birleşik Arap Emirlikleri ve diğer bazı ülkelerde güneş pilleri uygulama örnekleri bulunmaktadır.

Güneş enerjisi ile elektrik üretiminin dışında daha yaygın olarak kullanılan sıcak su eldesi ve mekan ısıtmadır. Dünyada da ülkemizde olduğu gibi uygulamalar daha çok evlerde ve otellerde sıcak su eldesine yöneliktir.

Bazı ülkelerin güneş enerjisi kurulu gücü ve yıllık üretimi 1990 verilerine göre Tablo III.4. de gösterilmiştir.

Tablo III.4. deki verilere bakıldığında fotovoltaik ve termoelektrik uygulamalarda Amerika'nın en iyi durumda olduğu görülmektedir. Termo elektrik uygulamaların dünyada pek yaygın olarak kullanılmadığı da aşikardır. Sadece Amerika Birleşik Devletleri, Rusya ve Bağımsız Devletler Topluluğunda termoelektrik uygulamaları vardır. Ülkemizde ise güneş enerjisinin elektriksel kullanımı mevcut olmamasına rağmen güneş pilleri ile ilgili çalışmalar vardır.

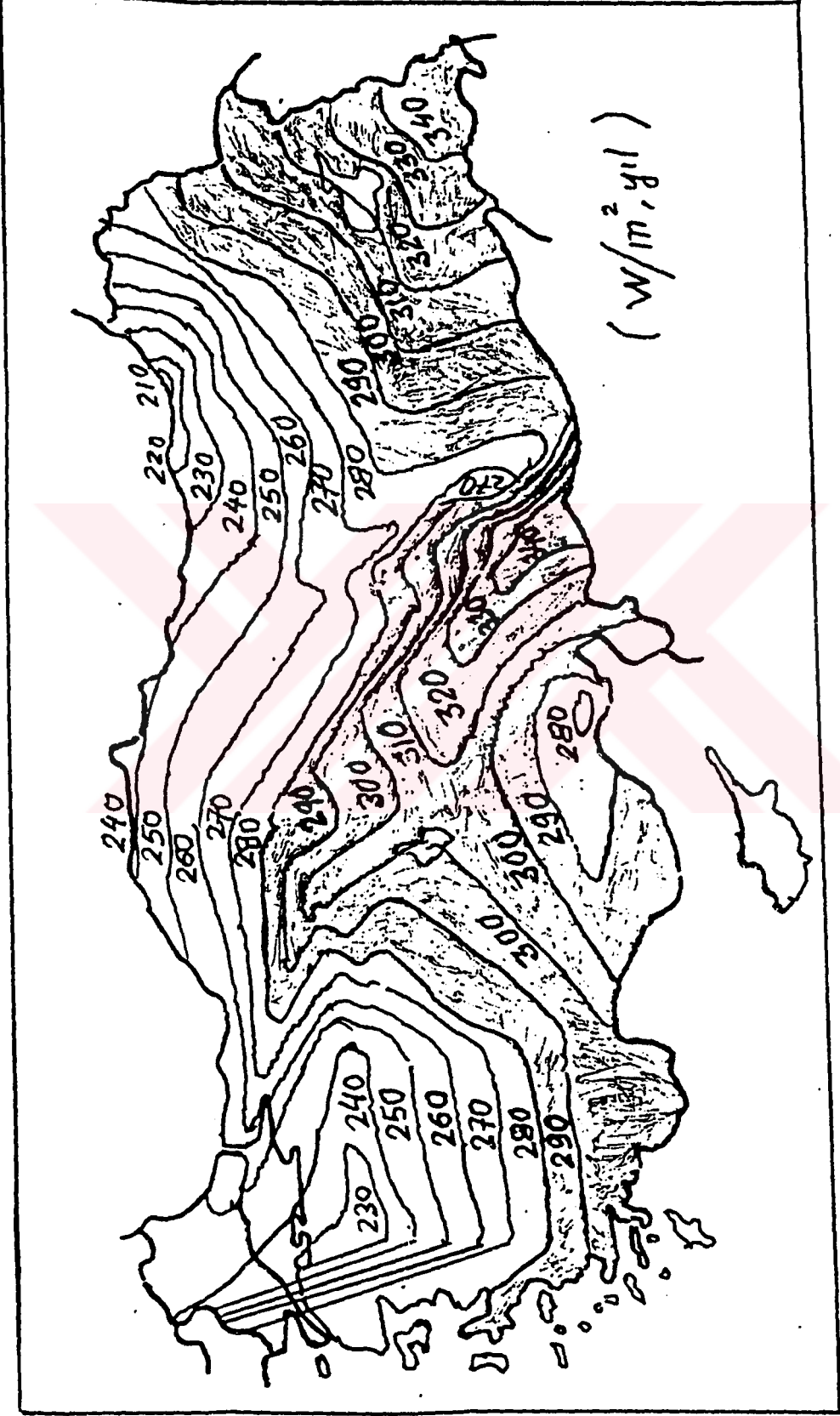
Tablo III.4. Güneş Enerjisi Kurulu Güç ve Üretimi
(Enerji İstatistikleri, 1994)

Ülkeler	Fotovoltaik		Termoelektrik		Yıllık Direkt Alınan (TJ)
	Kurulu Güç (kW)	Yıllık Üretim (MWh)	Kurulu Güç (kW)	Yıllık Üretim (MWh)	
Avustralya	2000	-	25	-	3060
Belçika	15	-	-	-	-
Brundi	4124	18	-	-	-
Kanada	800	900	-	-	620
Etopya	55	330	-	-	-
Fransa	1000	1000	-	-	-
Almanya	1346	434	-	-	212
Gana	5982	39	-	-	-
İsrail	80	200	-	-	6790
İtalya	700	-	-	-	520
Japonya	1811	-	-	-	-
Ürdün	40	73	-	-	432
G.Kore	769	927	-	-	95
Malezya	16	23	-	-	-
Meksika	2000	4418	-	-	687
Hollanda	400	450	-	-	150
Y.Zelanda	5	-	-	-	-
Norveç	1600	2000	-	-	1.5
Pakistan	266	326	-	-	-
Portekiz	-	-	-	-	32
G.Afrika C.	1220	-	-	-	-
İspanya	3160	6320	-	-	1663
İsveç	10	8	-	-	30
Tayvan, Çin	10	-	-	-	715
İngiltere	32	-	-	-	361.2
A.B.D.	12000	-	279000	700000	-
Rusya ve BDT	100	20	5000	15	1500
Venezüella	1	9	-	-	-
Çin	1000	960	-	-	-
Danimarka	-	-	-	-	115
Finlandiya	200	100	-	-	30
Filipinler	43	0.2	-	-	1.2
Senegal	45	34	-	-	-
Sri Lanka	80	86	-	-	-
Tayland	158	127	-	-	8
Türkiye	-	-	-	-	377
Uruguay	50	-	-	-	-

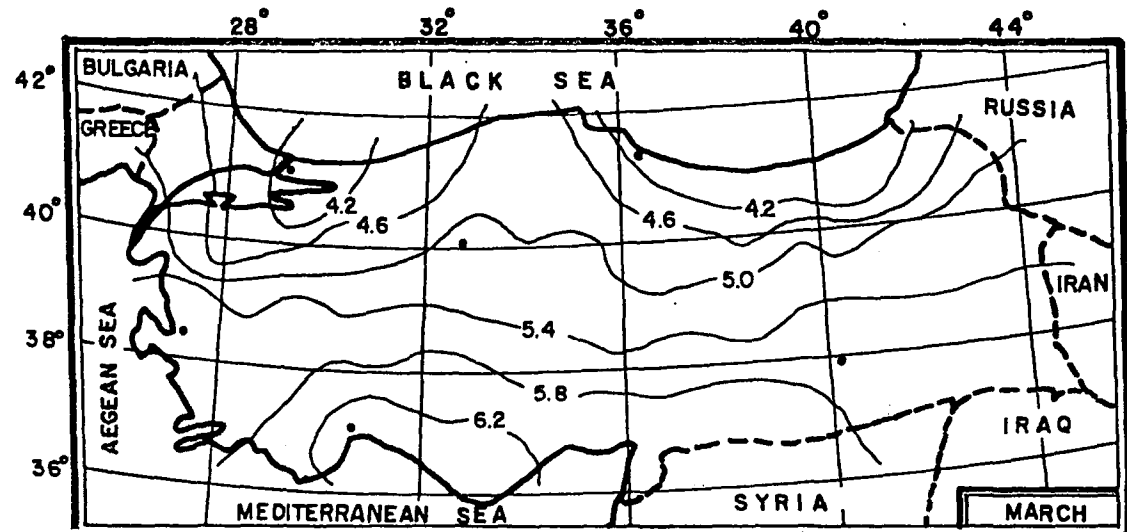
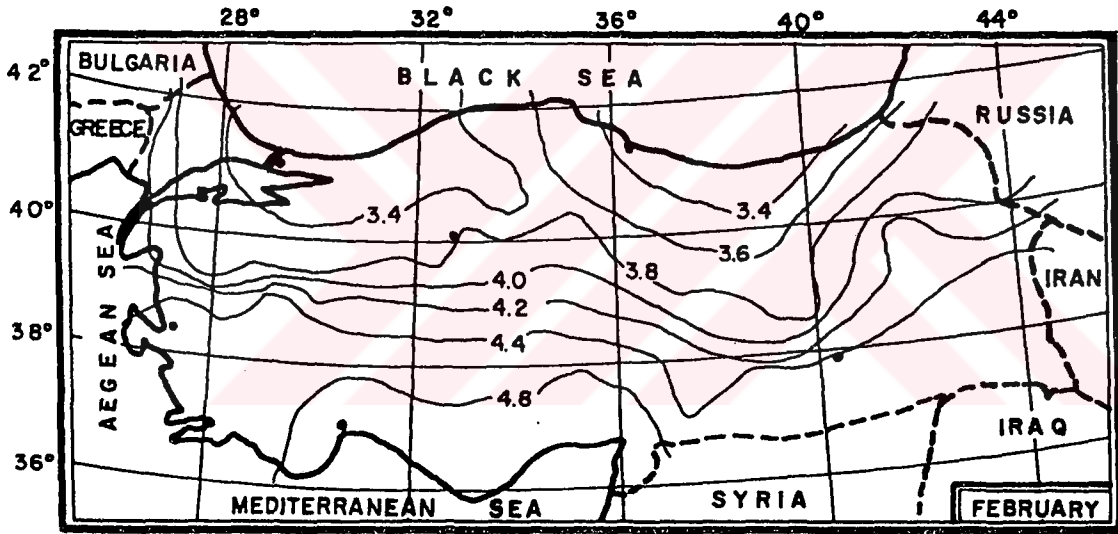
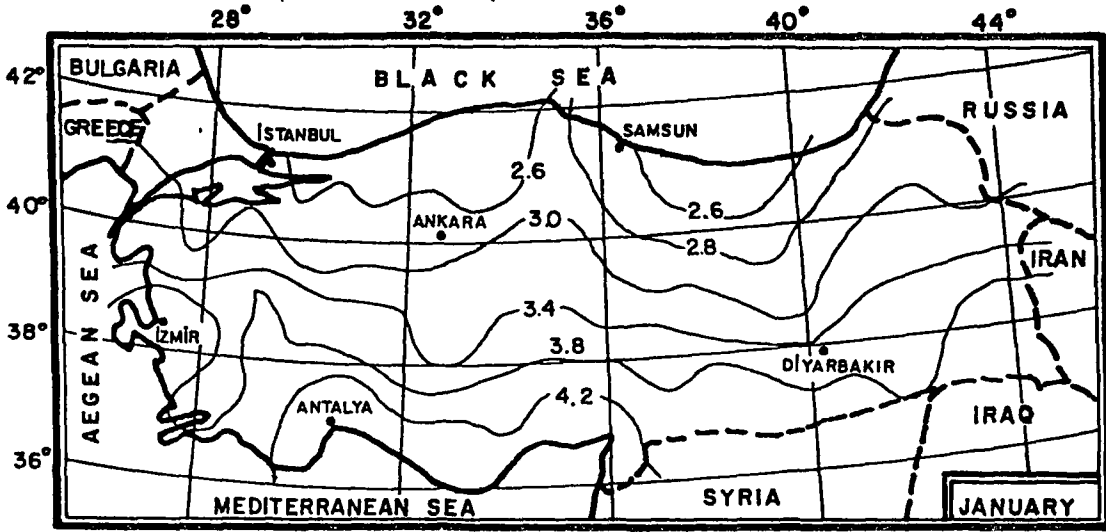
Ülkemizde sadece güneş enerjisi ile sıcak su temini gibi basit teknoloji gerektiren uygulamalar yapılmasına rağmen bu enerjiden elektrik üretimine yönelik çalışmalar da sürdürül-

mektedir.Ülkemizle aynı kuşak içinde bulunan İspanya'da tablo III.4'den de görüldüğü gibi fotovoltaik kurulu güç ve yıllık üretimde dünya ortalamasında iyi bir yer tutmaktadır.Güneşin termoelektrik elektrik üretiminde ise bir varlık göstermemektedir.



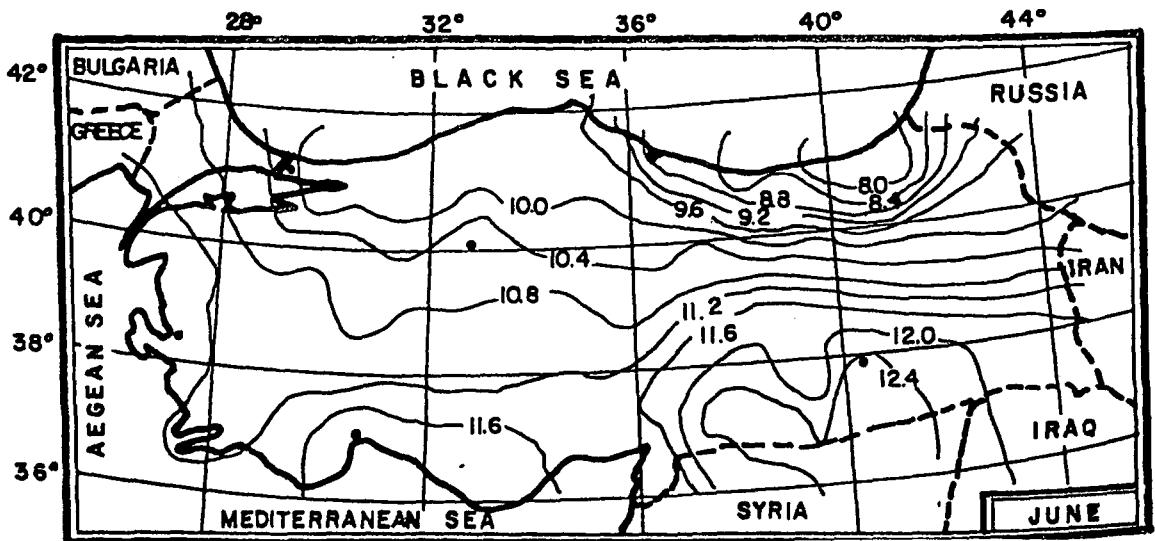
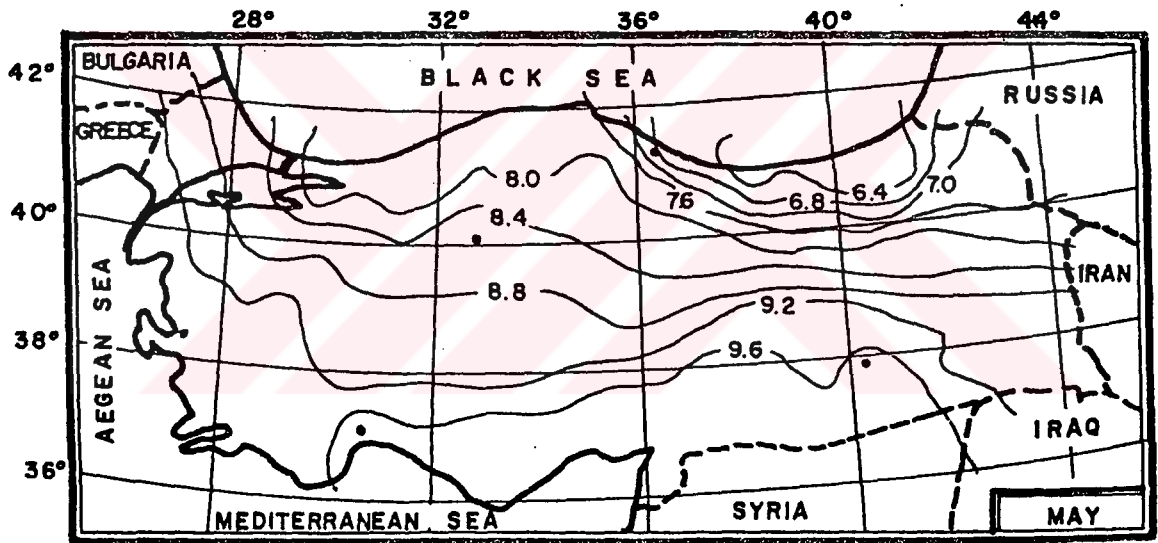
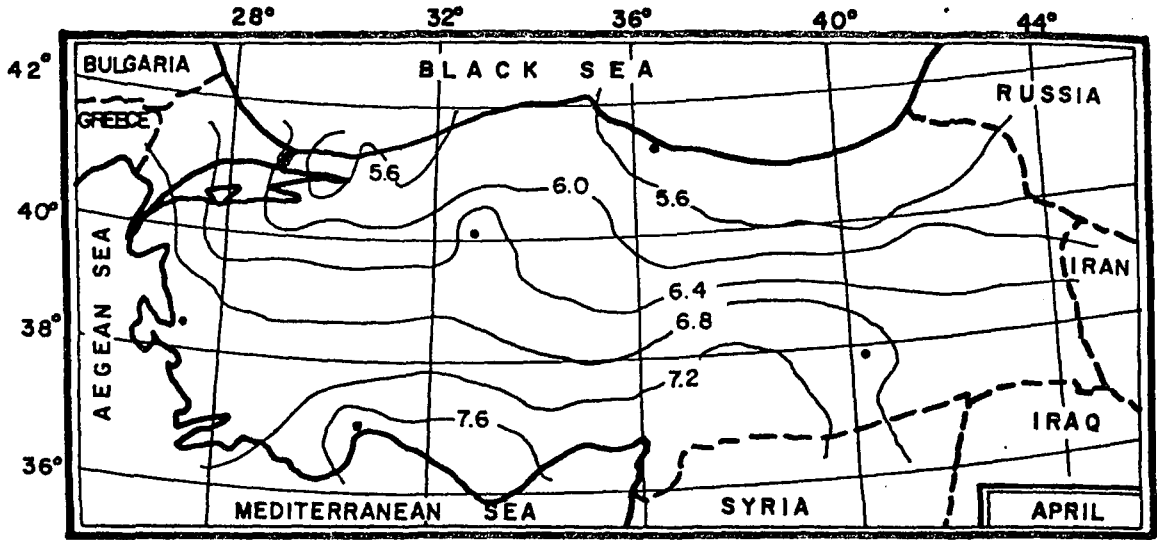


Türkiye Yıllık Güneş Işınımı Haritası

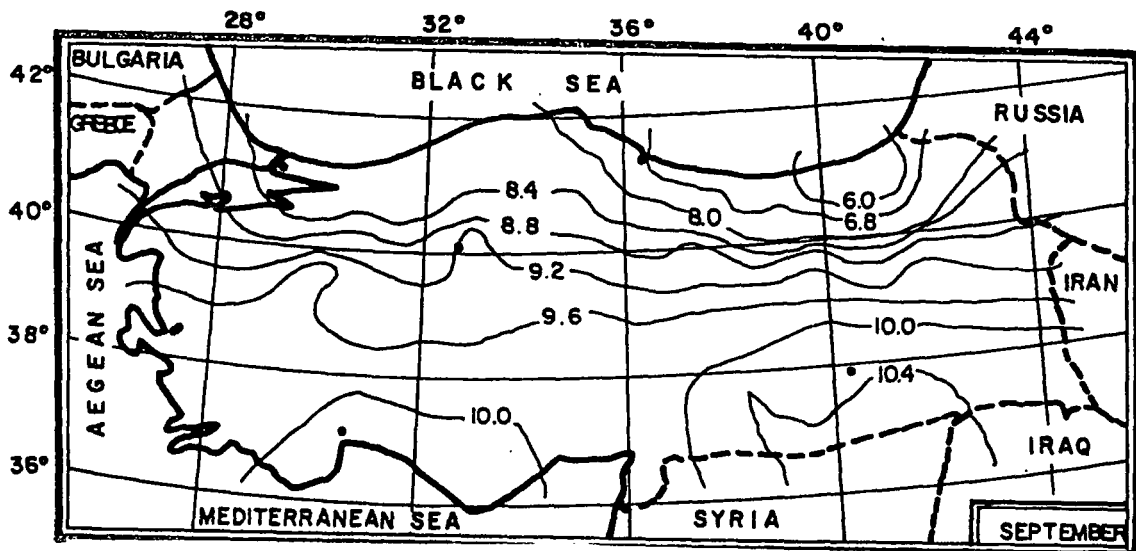
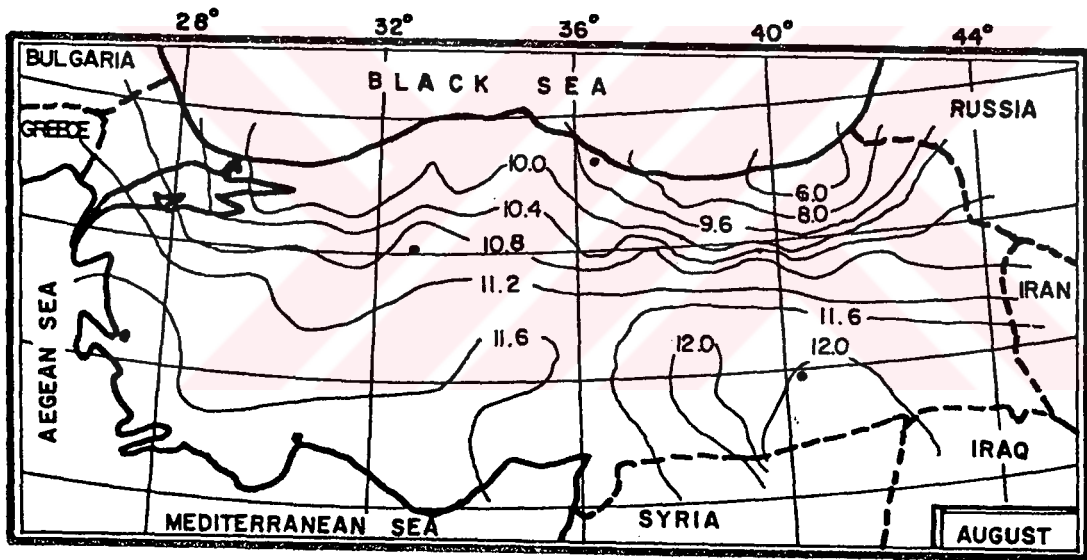
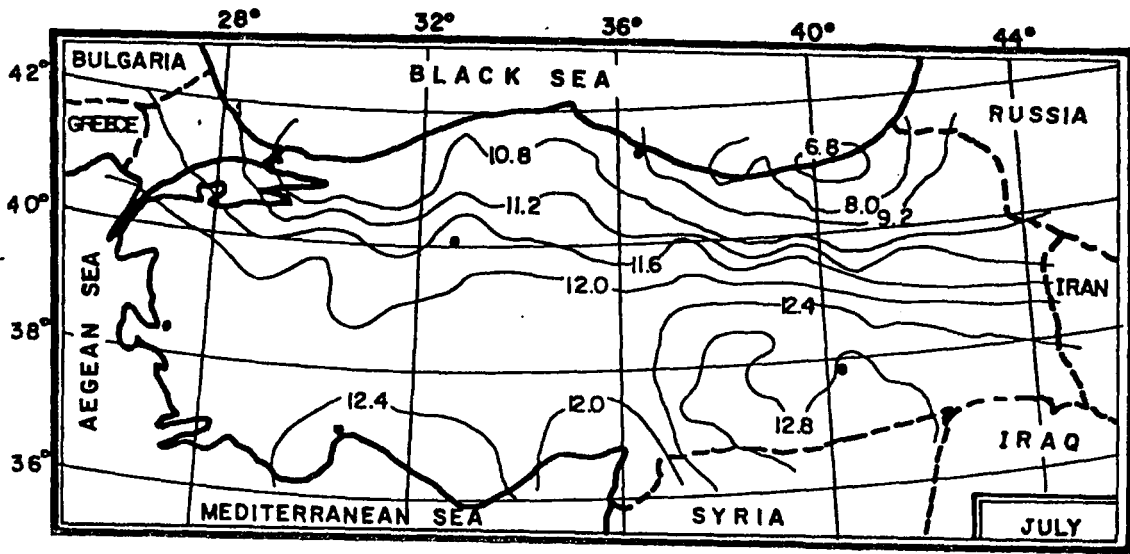


Türkiye Üzerinde Ocak, Şubat ve Mart Ayları İçin Günlük BSH Değerlerinin Aylık Ortalaması

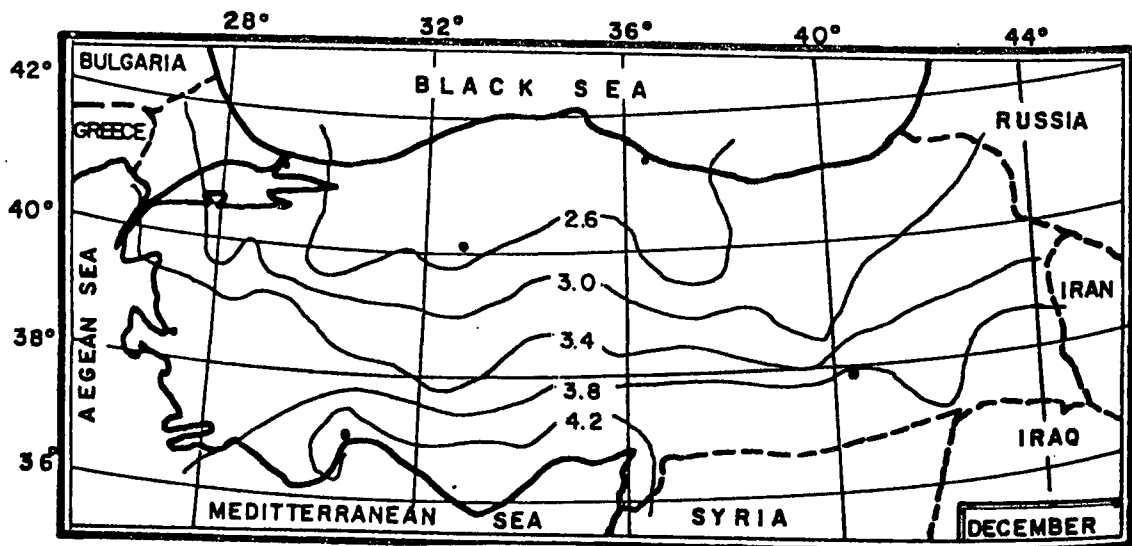
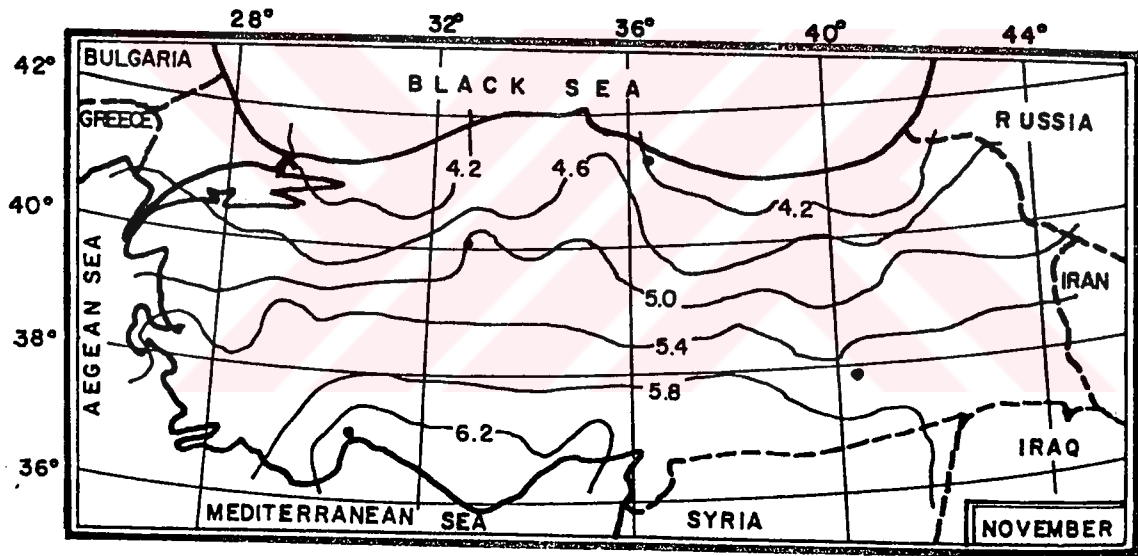
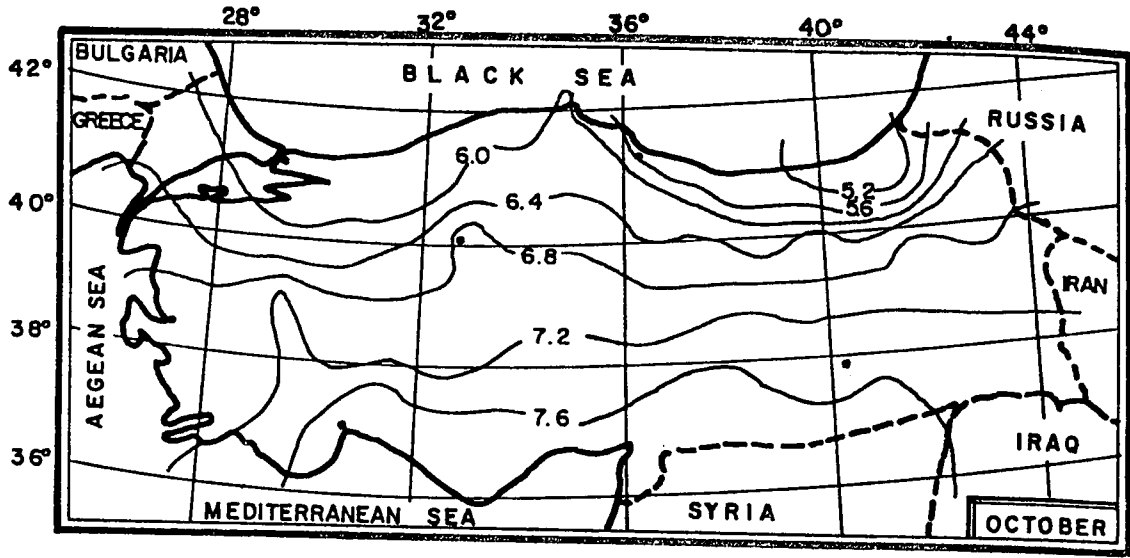
BSH: Parlak Dışışığı $^{\circ}$ ti



Türkiye Üzerinde Nisan, Mayıs ve Haziran Ayları İçin
Günlük BSH Değerlerinin Aylık Ortalaması



Türkiye Üzerinde Temmuz, Ağustos ve Eylül Ayları İçin
Günlük BSH Değerlerinin Aylık Ortalama Değerleri



Türkiye Üzerinde Ekim, Kasım ve Aralık Ayları İçin
Günlük BSH Değerlerinin Aylık Ortalaması 1

IV. RÜZGAR ENERJİSİ

Rüzgar enerjisi güneş enerjisinin indirekt bir formudur. Güneş enerjisinin dünya kabuğunda oluşturduğu düzensiz, homojen olmayan ısınma ve soğumalar, büyük hava kütlelerini harekete geçirerek rüzgarı oluşturur. Rüzgar enerjisi, bir çok bölgelerde ortalama güneş enerjisi yoğunluğuna eşit veya fazla olabilecek bir yoğunlukta doğal olarak oluşabilir.

Çok eski zamanlardan beri bilinen bu enerji türü atmosferde bol ve serbest olarak bulunur ve çevresel açıdan sorun yaratmaz. Rüzgar enerjisi geçmişte rüzgar değirmenlerinde, su pompalama sistemlerinde ve yelkenli gemilerde kullanılmıştır.

Rüzgar enerjisi topografik yapı ve hava koşullarından önemli ölçüde etkilenmektedir. Yoğunluk olarak mevsimsel, günlük ve saatlik değişimler göstermektedir. Topografyanın rüzgar enerjisi yönünden önemli bir etken olması, rüzgar enerjisi açısından bir dezavantaj olduğu kadar avantajdır. Rüzgar enerjisinin yoğun olduğu bölgelerde birden fazla rüzgar enerjisi sistemi kurularak enerji üretim merkezlerinin oluşturulması mümkündür.

Rüzgar enerjisi kaynaklarının çoğu kıyı bölgelerde ve dağlık bölgelerde bulunmaktadır. Ayrıca ova ve düzlüklerde de önemli potansiyelle rastlanmaktadır. Rüzgar enerjisinin olumlu yönlerine rağmen yaygın kullanılmamasının sebepleri arasında;

- Görsel kirlilik yaratması,
- Gürültü,
- Yöre özelliklerine aşırı bağımlı olması,
- Haberleşme ortamlarına müdahalesi,
- Kaynağı bedava olmasına rağmen sistem maliyetinin yüksek olması,

- Rüzgar hızının sürekli olmaması,
- Kuş ölümlerine sebep olması,

sayılabilir.

Yüksek rüzgar hızlarında sistemin kendi kendini tahrip etmemesi için önlem alınması gereklidir. Bu da kesim hızlarında ($V_k=15-25$ m/sn) sistemin enerji üremi kesmesi ile gerçekleştirilebilir. Rüzgar hızının değişim aralığının büyük olması rüzgar enerjisi sistemlerinin dizaynını güçleştirmektedir.

IV.1 Rüzgar Enerjisinden Faydalanma Yöntemleri

Rüzgar enerjisinden dönüştürücüler vasıtasıyla aşağıdaki şekillerde yararlanmak mümkündür.

- Suyun pompalanması
- ısı enerjisi eldesi
- Elektrik enerjisi eldesi

IV.1.1. Pompalama Sistemleri :

Tarımsal alanlarda sulama ve su temini için pompalama sistemleri yaygın olarak kullanılmaktadır.

Uygulama iki konuda yoğunlaşmaktadır;

- Rüzgar makinasının doğrudan pompaya bağlı olduğu sistemler
- Bir ara kademe ile, elde edilen elektrik enerjisi vasıtasıyla pompayı tahrik eden sistemler

Rüzgar türbinli pompa ile suyun pompalanması halinde, değişik rüzgar hızlarında basılan su miktarları aşağıdaki gibidir.

Tablo IV.1. Değişik Rüzgar Hızlarında Basılan Su Miktarları
(Çöten A., 1989)

Rüzgar Hızı (m/sn)	Rotor Devri (1/sn)	Su Miktarı (Ton/h)
1	0	0
2	6	0.036
3	37	0.335
4	54	0.612
5	84	0.875
6	104	1.008
7	116	1.170
8	0	0

IV.1.2. Isıl Enerji Uygulamaları :

Rüzgar enerjisinden elde edilen mekanik enerjinin ısı enerjisiye dönüştürüldüğü sistemlerdir. Ancak tüketim alanlarının çok yakın olmaları halinde kullanılabilirler. Tankta suyun ısıtılmasıyla enerji depolayan bu sistemler, yerel ısıtma, kurutma, sıcak su hazırlama amaçlarına yönelik olarak kullanılabilirler.

IV.1.3. Elektrik Enerjisi Üretimi :

En çok kullanılan yöntem elektrik enerjisi üretimidir. Rüzgar enerjisi, bir kulenin üzerine yerleştirilen rüzgar makinası ya da rüzgar türbini vasıtasıyla toplanarak elektrik enerjisine çevrilir. Bu amaca yönelik rüzgar makinaları genellikle iki veya üç kanatlı olarak yapılırlar.

Enterkonnekte sistemin ulaşamadığı uzak yerleşim merkezlerinde, kırsal alanlarda, adalarda, ormanlık ve dağlık bölgelerde kurulmuş iletişim birimlerinde, yangın gözetleme ku-

lelerinde ve çiftliklerde, dağ evlerinde ve deniz fenerleri gibi elektrik enerjisini ihtiyaç duyulan yerlerde rüzgar enerjisinden yararlanılmaktadır.

Rüzgar enerjisinden elektrik üretimi iki şekilde yapılır.

- Enterkonnekte sistemle paralel çalışan sistemler
 - Bağımsız (kısmi) elektrik üretimine yönelik sistemler
- Asenkron jeneratörlerle donatılmış rüzgar makinaları için her yerde uygulama imkanı vardır.

Diğer bir uygulama ise rüzgar enerjisinin elektrik enerjisine akümülatörlerle dönüştürülerek, depo edilip istenilen miktarlarda kullanılmasıdır. Rüzgar makinasının doğru akım jeneratörleri bağlanır. Üretilen enerji akümülatör bataryasında depolanır.

-Rüzgar Enerjisi Sistemlerinin Sınıflandırılması

Rüzgar Enerjisi sistemleri genelde üç ana grupta toplanabilir.

1- Küçük güçlü sistemler:

Genellikle 0-10 kw gücündeki sistemlerdir.

2- Orta güçlü sistemler:

Güçleri 10-100 kw arasında olan sistemlerdir.

3- Büyük güçlü sistemler:

100 kw'dan daha büyük gücü olan sistemlerdir.

Elektrik enerjisi üretimine yönelik uygulamalardan bazıları şunlardır.

1- Rüzgar çiftlikleri:

Küçük ve orta büyüklükteki rüzgar makinalarının gruplar halinde enterkonnekte şebekeye bağlı olarak elektrik ürettiği sistemlerdir. İlk uygulamaları Amerika'da gerçekleştirilmiştir.

2- Büyük rüzgar enerjisi santralleri:

Bu uygulamalar henüz deneme safhasındadır.

3- Rüzgar makinası - Dizel jeneratör sistemleri:

Bu sistemlerin üç çalışma seçeneği vardır.

- Rüzgar çalışması: Eğer rüzgar makinalarından elde edilen enerji talepten fazla ise dizel jeneratör devreden çıkarılır.
- Rüzgar - Dizel çalışması: Eğer elde edilen güç talepten az ise dizel çalıştırılarak ek güç sağlar.
- Dizel çalışması: Rüzgar makinası enerji üretmiyor ise dizel jeneratör gerekli tüm gücü sağlar.

Teorik olarak rüzgardan elde edilecek enerji, rüzgar hızının kübü ve kanat yarı çapının karesi ile orantılıdır. Rüzgardan elde edilen güç;

$$P = 1/2 \times \rho \times A \times V^3 \times \eta \quad (\text{Karadeli S., 1994})$$

Bu bağıntıda;

ρ = Hava yoğunluğu (kg/m^3)

(Deniz seviyesinde 1.2'ye eşittir.)

A = Rotor süpürme alanı (m^2)

$A = \pi \cdot R^2$ $R =$ Kanal yarıçapı

$V =$ Rüzgar hızı (m/sn)

$\rho =$ Rüzgar gücü yoğunluğu (watt/m²)

$\Omega =$ Verim

Rüzgar enerjisini değerlendirmede, rüzgarın yönü, frekansı ve hızı önemli kriterlerdir.

IV.2. Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyeli ve Değerlendirilmesi

Rüzgar, kinetik enerjisi nedeniyle doğal bir potansiyele sahiptir. Buna "Rüzgar Enerjisi Doğal Potansiyeli" denir (Güney İ. ve diğerleri, 1994). Bunun bilinen fiziksel kanunlar ve eldeki teknolojik imkanlar dahilinde enerjiye çevrilebilen miktarına "Rüzgar Enerjisi Teknik Potansiyeli" ve bu potansiyelin diğer enerji kaynaklarına göre ekonomik olarak kullanılabilen kısmına ise "Rüzgar Enerjisi Ekonomik Potansiyeli" adı verilir.

Tüm ülke geneline yayılmış D.M.i. anemograf verilerinin (1970-1980) dönemi değerlendirme sonuçlarına göre Türkiye'de yıllık ortalama rüzgar hızı 10 m yükseklikte 2.54 (m/sn) ve rüzgar gücü yoğunluğu 24 (w/m²) olduğu belirlenmiştir (Ural G., 1994). Rüzgar ölçümlerinin 10 m'de yapıldığı ancak rüzgar enerjisi dönüştürücülerinin 25-50 m yüksekte çalışmakta olduğu gözönüne alınırsa rüzgar enerjisi potansiyelimizin daha yüksek değerlere ulaştığı görülecektir.

E.i.E. idaresi Genel Müdürlüğü tarafından yapılan araştırmaların sonucunda Türkiye rüzgar enerjisi potansiyelinin bölgesel dağılımı tablo IV.2.'de verilmiştir.

Tablo IV.2. Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyelinin Bölgesel Dağılımı (En. İstatistikleri, 1994)

Bölge Adı	Yıllık Ort. Rüzgar Gücü Yoğunluğu (W/m ²)	Yıllık Ort. Rüzgar Hızı (m/sn)
Akdeniz	21.36	2.45
İç Anadolu	20.14	2.46
Ege	23.47	2.65
Karadeniz	21.31	2.38
Doğu Anadolu	13.19	2.12
G.Doğu Anadolu	29.33	2.69
Marmara	51.91	3.29

Türkiye'de rüzgar enerjisi doğal brüt potansiyeli 400 milyar kwh'in üzerinde, teknik potansiyeli 124 milyar kwh civarında ve uygun yöreler için net ekonomik potansiyel 14 milyar kwh olarak kestirilmektedir. Ancak bugüne kadar rüzgar enerjisi potansiyelimiz ayrıntıları ile belirlenememiştir. (Güney i.ve diğerleri, 1994)

Ülkemizdeki en yüksek rüzgar enerjisi potansiyeli değerlerini Marmara Bölgesi ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin aldığı tablodan açıkça görülmektedir.

Türkiye dünyanın etkin ve kuvvetli rüzgarlar bölgesinde yer almaktadır. Marmara, Ege ve Akdeniz kıyıları, dünya üzerinde rüzgar gücü potansiyeli en yüksek olan ilk % 30 alana girmektedir (Güneş i.ve diğerleri, 1994).

E.I.E.I. tarafından yapılan ve D.M.I. meteoroloji istasyonlarını temel alan potansiyel değerlendirme çalışmalarına göre, ülke genelindeki rüzgar enerjisi potansiyeli açısından (süreklilik ve yoğunluk) ümit vaadeden yörelerin aşağıda belirtilen bölgeler olduğu tespit edilmiştir.

Tablo IV.3. Rüzgar Potansiyelince Zengin Yöreler
(Ural G.,1994)

İstasyon Adı	Rüzgar Gücü Yoğunluğu (W/m ²)	Ortalama Rüzgar Hızı (m/sn)
Bandırma	152.6	5.1
Antakya	108.9	4.5
Kumköy	82.0	4.1
Mardin	81.4	4.1
Sinop	77.9	4.1
Gökçeada	74.5	4.0
Çorlu	72.3	4.0
Çanakkale	71.2	3.9

Rüzgar gücünden yararlanmak için rüzgar hızının 3 m/sn den büyük olması gerektiği gözönüne alınırsa ülkemizin %20-lik bölümünde rüzgar enerjisinden yararlanmanın mümkün olduğu görülür. Elektrik üretimi açısından bakıldığında ise % 2'lik bölümünden faydalanılabilir (Güney Ü. ve diğerleri,1994)

Ülkemizde rüzgar enerjisinden yararlanmak amacıyla dönüştürme sistemlerine oldukça az rastlanmaktadır. Rüzgar enerjisi yoğun bölgelerimiz olan Marmara Bölgesi ve diğer kıyı şeritlerinde klasik yel değirmenleri ve bir iki elektrik enerjisine dönüştürme sistemi vardır. Ancak bunlar küçük güç-

teki uygulamalardır ve seri halde imalatları yoktur. Rüzgar enerjisi ile ilgili teorik çalışmalar yapılmakta ise de yurdumuzda bu enerjiden uygulamada pek yararlanılmamaktadır.

IV.3. Türkiye'de Rüzgar Enerjisi Çalışmaları

Türkiye'de rüzgar ölçümlerini E.i.E. idaresi ve Devlet Meteoroloji İşleri (D.M.i.) yapmaktadır. 1930'lardan beri rüzgar hızı, yönü ve frekansı D.M.i. tarafından ülkenin her yerinde ölçülmüştür. D.M.i.'de jüriet ve anemometre ile yapılan ölçümler ise WMO'nun belirlediği yükseklik olan 10 m'de yapılarak rüzgar hızı ve yönü ölçülmektedir.

E.i.E.i.'de ise ölçümler çeşitli tip ve modeldeki logger cihazları ile yapılmaktadır.

Türkiye rüzgar atlası çalışmaları halen Elektrik İşleri Etüd idaresi (E.i.E.i.), Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, TÜBİTAK, Marmara Araştırma Merkezi (TÜBİTAK MAM), ODTÜ Ankara Elektronik Araştırma Geliştirme Enstitüsü (ODTÜ AEAGE) diğer bazı üniversiteler ve kuruluşlarca sürdürülmektedir.

TÜBİTAK tarafından, 20 ölçüm istasyonunun verileri alınarak Türkiye'nin bir bölümünün rüzgar atlası yapılmıştır.

Ankara Yenilenebilir enerji programı içinde de rüzgar enerjisi ile ilgili çalışmalar da yer almaktadır. Ancak bu çalışmalar büyük rüzgar santrallerinden ziyade küçük rüzgar hızlarında da çalışabilecek küçük tip sistemlerin geliştirilmesine yöneliktir. İçinde bulunduğumuz 1994 yılı içinde böyle

bir sistem deneme amacıyla kurulacaktır.

Türkiye ölçeğinde rüzgar hızının en fazla olduğu yerde, enterkonnekte sisteme bağlı rüzgar projesinin ön fizibilite çalışması sürdürülmektedir. 55 kw kurulu güç ve 100.000 kwh üretim ile, Çeşme'de (İzmir) bir turistik tesisin elektrik enerjisi gereksiniminin % 5'ini karşılayan bir rüzgar turbo jeneratörü bulunmaktadır.

Prof. Nejat Aybers'in yapmış olduğu bir çalışmaya göre Ankara'nın ihtiyacı olan elektriği rüzgar santrallerinden sağlamaya kalkışacak olursak, bunun için 20 m pervane çapı olan 40 m yükseklikte 40.000 adet rüzgar değirmenine gerek vardır. Bu rüzgar değirmenlerinin gürültüleri gözönüne alınmasa bile kaplayacakları alan Ankara'nın en az 20 misli daha geniş bir alan olacaktı. Bunun yanısıra büyük bir uğultu ve kötü bir görüntü de oluşacaktır (Özemre A.Y., 1994)

Ülkemizde son yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarına kalkınma planlarında da yer verilmektedir. 6. Beş Yıllık Kalkınma Planında bu enerji kaynaklarına hiç yer verilmemiştir. 7. Beş Yıllık Kalkınma Planı Genel Enerji Özel İhtisas Komisyonu Raporuna göre ise rüzgar enerjisi kullanımına 1995 yılında 1 MW'lık rüzgar (tarlası) enerjisi çevrim sistemleri oluşturmakla başlanması ve bunun 2000 yılında 10 MW'a, 2005 yılında 20 MW'a ve 2010 yılında 50 MW'a çıkarılması için planlar yapılmıştır. Bu sistemlerle oluşacak elektrik enerjisi, 1995'te 3.7 GWh, 2000 yılında 36.7 GWh, 2005 yılında 73.3 GWh ve 2010 yılında 183.3 GWh kadardır. Rüzgar enerjisi çev-

rim sistemleri için aynı plan kapsamında 2000 \$/kw'lık yatırım öngörülmüştür (Özcan M.,1994)

Devlet tarafından tesis edilmiş tek jeneratörümüz de TÜBİTAK'a bağlı Marmara Araştırma Merkezindeki jeneratördür. Bu jeneratörden önce E.i.E. tarafından Bandırma'da kurulan araştırma amaçlı bir jeneratör istenilen amaca ulaşamadığından kapatılmıştır.

Türkiye'nin rüzgar enerjisi doğal potansiyeli 400 TWh/yıl kadardır. Bu miktarda Türkiye'nin elektrik üretimini 5.9 katıdır. Rüzgar enerjisi teknik potansiyelimiz ise 120 TWh/yıl olarak tahmin edilmektedir.

Ülkemizde rüzgar enerjisini küçük yerleşim birimlerinde enterkonnekte şebekeden bağımsız olarak elektrik eldesi için kullanmak daha ekonomik olacaktır. Yüksek rüzgar enerjisi potansiyeline sahip Bozcaada, Bandırma ve Antakya gibi yerlerde, şehir dışında tercihen tepe üzerinde en uygun rüzgar makinesi yerini saptamak ve uygun modellerin seçimi yapılarak fizibilite çalışmalarına başlamak gerekmektedir.Önce pilot olarak bölgenin küçük bir bölümünde uygulamalar başlatılmalıdır. Kırsal alanlarda su pompalamak ve küçük güçte elektrik üretmek için örnek projeler hazırlanmalıdır.

Türkiye'de rüzgar enerjisi uygulamaları, rüzgar enerjisi çiftlikleri şeklinde yapılabilir. İlk yatırım maliyetinin fazla olmasına rağmen kısa sürede sunabileceği düşük maliyetli elektrik ile ulusal ekonomiye olan maliyetini amorte edebilir.

Rüzgar türbininin kurulacağı saha ile ilgili inşaat işlemleri ve rüzgar çiftliklerinin tüm işlemleri Türkiye'de daha düşük maliyetle gerçekleştirilebilir. Ayrıca yüksek voltaj trafolarının, her güçteki rüzgar çiftliklerinin ihtiyacını karşılayabilecek şekilde tamamen yerli olarak yapılması da mümkündür. Kontrol sistemleri, elektronik devre elemanları ve bazı ince elektro mekanik aksam hariç Türkiye'de gelişmiş bulunan elektronik ve elektromekanik sanayilerinin imkanları ile rahatlıkla imal edilebilir. Böylece yabancı sanayilere bağımlı kalmaktan ve döviz ödemektense kendi imkanlarımızla bu sistemlerin büyük bir bölümünü tamamen yerli olarak yapmamız mümkün olur.

Enterkonnekte sistemden bağımsız, özellikle adalarda rüzgar türbinlerinin kurulmasında ve Ar-Ge çalışmalarının birlikte yürütülmesinde yarar vardır. Ayrıca elde edilen elektrik enerjisi çevrime tabi tutularak evsel ısıtmada ya da küçük endüstri kuruluşlarında da kullanılabilir. Rüzgar enerjisi süreklilik arzetmediğinden küçük uygulamalarda yedek dizel jeneratörleri veya benzeri uygulamalarla devamlılık sağlanabilir. İlk bakışta maliyetli gözükse bile pilot bölgelerde denemeler yapılarak, sonuçlar olumlu ise makinaların üretimine geçerek maliyet azaltılabilir.

IV.4. Rüzgar Enerjisinin Maliyeti

Rüzgar enerjisi santrallerinin şebeke yük sayısı oldukça düşük olup, maliyetini önemli oranda etkilemektedir. Bir rüz-

gar santral grubu tarafından üretilen elektriğin maliyeti;

$$g = (CR/E) + O$$

formülü ile hesaplanabilir. Burada,

g= Elde edilen elektriğin birim maliyeti

C= Taranan birim alan başına rüzgar santral grubunun yatırım maliyeti

R= Kapital geri ödeme faktörü

$$R = r / [1 - (1+r)^n]$$

r= Geri dönüş oranı

n= Amortisman süresi

E= Taranan rotor alanı başına yıllık enerji çıktısı

O= Birim enerji çıktısı başına rüzgar santral grubunun işletme ve bakım maliyetidir.

Rüzgar türbinlerinin ömrü ortalama 20 yıl olarak tahmin edilmektedir. Bir yıldan kısa bir sürede imalatı için harcanan enerjiyi üretebilmektedir.

Tablo IV.4. Elektrik Üretimi Maliyetinin Karşılaştırılması
(cent/kwh) (Türksoy F.,1994)

Güç Kaynağı	Minimum Maliyet	Maksimum Maliyet	Ortalama Maliyet
Solar Termal Hibrid	6.0	7.8	6.9
Nükleer	5.3	9.3	7.3
Doğal Gaz (Kombine)	4.4	5.0	4.7
Hidrolik	5.2	18.9	12.1
Rüzgar	4.7	7.2	6.0
Kömür	4.5	7.0	5.8
Jeotermal	4.3	6.8	5.6
Biyomas	4.2	7.9	6.1

Tablodan da görüldüğü gibi rüzgar enerjisinden elektrik maliyetleri, nükleer ve hidrolik kaynaklardan daha ucuzdur ve diğer enerji türleri ile de karşılaştırılabilecek düzeydedir. Rüzgardan elde edilen enerji maliyeti her geçen gün azalmakta buna karşın konvansiyonel enerji kaynaklarının ise maliyeti gittikçe artmaktadır. 1980'de rüzgardan elde edilen 1 kw/h enerjinin maliyeti 30 cent iken 1991'de bu değer 6 cente kadar düşmüştür.

Avrupa Komitesi 100-400 kw arasındaki türbinler için rüzgar enerjisi toplam yatırım maliyetini 1000-1300 \$/kw olarak tahmin etmiştir (Ural G.,1994).Konvansiyonel enerji kaynaklarına göre ilk yatırım maliyetinin daha fazla olması ve birim elektriğin pahalı olması, rüzgar enerjisinden elektrik üretimini kısıtlamaktadır.Ancak son on yıl içinde bu durum değişmiştir ve gelecekte de rüzgar enerjisinin maliyeti gittikçe azalacaktır Gelecek on yıl içinde rüzgar enerji maliyetinin %20 veya %25 oranında azalacağı beklenmektedir.

IV.4.Rüzgar Enerjisinin Çevresel Etkileri

Rüzgar enerjisi çevresel açıdan sorun teşkil etmeyen bir enerji türüdür.Rüzgar enerjisi çevreyi kirletmeden elektrik üretmede önemli bir kaynaktır.Sera gazı içermez ve asit yağmuruna sebep olmaz.iyonize radyasyon veredyoaktif atıklar içermez.

Rüzgar enerjisi tesisleri gürültü ve görüntü kirliliği oluşturabilirler ancak rüzgar türbinleri yerleşim bölgelerine

uzak inşa edildiklerinden büyük bir sorun oluşturmaz. Gürültü sorunu uygun kanat tasarımı veya dönme hızının değiştirilmesi ile çözümlenebilir. Bu tesisler 100-200 m. den uzak olan bölgelerde önemli bir gürültü etkisi oluşturmamaktadır.

Bu sistemler haberleşme ve görüntü sinyallerini elektromanyetik dalgalar yayarak etkileyebilir. Rüzgar türbinlerinde kanatlar metal yerine fiberglas malzeme ile yapılırsa bu etki ortadan kaldırılabilir.

Karşılaşılan sorunlar, tesisatların sağlam yapılması ve uygun tasarım ile önlenir.

IV.5. Türkiye'de ve Dünyada Rüzgar Enerjisinin Durumu

Dünya rüzgar enerjisi teknik potansiyeli NASA tarafından 26.000 TWh/yıl olarak tahmin edilmiştir. Bu potansiyelin ancak 1/3'ünü (9000 TWh/yıl) gerçekleştirebileceği hesaplanmıştır. Bugün dünyada kurulmuş olan rüzgar türbinlerinin toplam gücü 4 GW'dır.

Dünyanın en büyük rüzgar gücüne sahip olan Kaliforniya'da 225 kw'lık 15.114 rüzgar turbo jeneratörü ile elde edilen 1398 MW'lık güce, 1991 yılında 1175 adet rüzgar turbo jeneratörü ile 190 MW'lık güç ilave edilmiştir. Bu yüzyılın sonunda 4800 MW'lık rüzgar turbo jeneratörü gücüne ulaşılması hedeflenen Avrupa Topluluğu ülkelerindeki kurulu güç 1991 değerlerine göre aşağıdaki gibidir.

Tablo IV.5.AT Ülkelerinde Kurulu Güç Kapasiteleri (MW)
(Türksoy F.,1994)

Ülke	Kurulu Güç
Hollanda	55
Almanya	55
İngiltere	10
İtalya	5
Belçika	2
Danimarka	360
Portekiz	2
Yunanistan	5
Toplam:	494 MW

AT ülkelerinden Hollanda'nın rüzgar enerjisine uygun bölgeleri ve yeterli alanı olması sebebiyle bu kaynağa çok önem verilmektedir. Devlet, yüzyılın sonunda rüzgar enerjisi kurulu gücünü 1000 MW'a ulaştırmayı hedeflemektedir. Hollanda da rüzgar türbinlerinin maliyetini düşürmek ve güvenilirliğini sağlamak için Ar-Ge çalışmaları yapılmaktadır.

Almanya rüzgar enerjisi kullanımına yönelik olarak vergi indirimi, düşük faizli krediler, Ar-Ge çalışmaları destekleme fonları gibi teşvik tedbirleri alarak bu enerji türü ile ilgili uygulamalara destek vermektedir.

Avrupa'nın en yüksek rüzgar potansiyeline Danimarka ve İngiltere sahiptir. İngiltere'nin Ar-Ge bütçesinin % 0.5'i rüzgar enerjisine ayrılmıştır. Aynı zamanda yenilenebilir enerji kaynakları ile üretimi teşvik etmek için 1998'e kadar geçerli olacak % 11'lik fosil yakıt vergisi konulmuştur. Bu ülke şu anda elektrik ihtiyacının % 2'sini rüzgar türbinlerinden sağlamaktadır. İngiltere'de 25 adet rüzgar gücü türbini vardır.

Belçika'da devlet rüzgar enerjisi sistemleri imal edenlere parasal teşvik ve vergi indirimi uygulamaktadır.

Danimarka'da rüzgar çiftliklerinde üretilen elektriği satın alan tüketiciler birim tarife fiyatlarından daha düşük bir fiyat ödemektedirler. İngiltere'de olduğu gibi Danimarka'da elektrik ihtiyacının % 2'sini rüzgar enerjisinden karşılamaktadır. Avrupadaki kurulu gücün % 75 kadarı bu ülkededir.

İspanya'da rüzgar enerjisi programlarına düşük faizli kredilerle devlet desteği sağlanmaktadır.

Yunanistan 5 MW olan kapasitesini 1992'de 10.4 MW'a çıkarmıştır. 1994 sonuna kadar 16.2 MW'lık kurulu gücü işleme açmayı planlamakta olup, 2000 yılına kadar 150 MW'lık güç kapasitesine ulaşmak hedeflenmektedir.

Avrupa'da rüzgar enerjisi teknolojisi son 10 yıl içinde önemli gelişmeler kaydetmiştir. Rüzgar enerjisi Kuzeybatı Avrupa'nın kıyılarında daha yoğundur. (Ortalama rüzgar hızları 7 m/sn'den fazla)

Güney Avrupa'da da dağlık bölgelerde rüzgar yoğunluğunun uygun olduğu bölgelerde vardır.

Avrupa'da ilk deneysel rüzgar santral grubu, Danimarka'nın Baltık Denizi'nde (11 adet 450 kw'lık türbinden oluşan) tesis edilmiştir.

Avrupa'da rüzgar enerjisi teknolojisinde son 10 yıldaki gelişmeler aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo IV.6. Bazı Avrupa Ülkelerinde Son 10 Yılda Rüzgar Potansiyelindeki Gelişmeler

	1983	1993
Avrupa'da Kurulu Rüzgar Gücü	30 MW	1000 MW
Ticari Türbin	55 MW	500 MW
Yıllık Enerji Çıktısı	621 kwh/m ²	1115 kwh/m ²
Özgül Ağırlık	68 kg/m ²	40 kg/m ²
Elektrik Maliyeti	0.07 ECU/kwh	0.035 ECU/kwh

Tablo IV.7. Avrupa Ülkelerinde Öngörülen Rüzgar Potansiyeli ve Rüzgar Enerjisi ile Güç Üretimi (Ural G., 1994)

Ülke	Öngörülen Potansiyel	Hedef (Kurulu Kapasite)	
Danimarka	-	1993 yılı	200 MW
		2000 yılı	1000 MW
		2010 yılı	2000 MW
Almanya	2.7 GW (Ekonomik potansiyel)	1995 yılı	250 MW
Yunanistan	6.4 TWh/yıl	2000 yılı	150 MW
İtalya	-	2000 yılı	300 MW
Hollanda	-	1995 yılı	150 MW
		2000 yılı	1000 MW
		2010 yılı	2000 MW
İngiltere	45 TWh/yıl karada 230 TWh/yıl deniz üstünde	-	-
Norveç	14 TWh/yıl	-	-

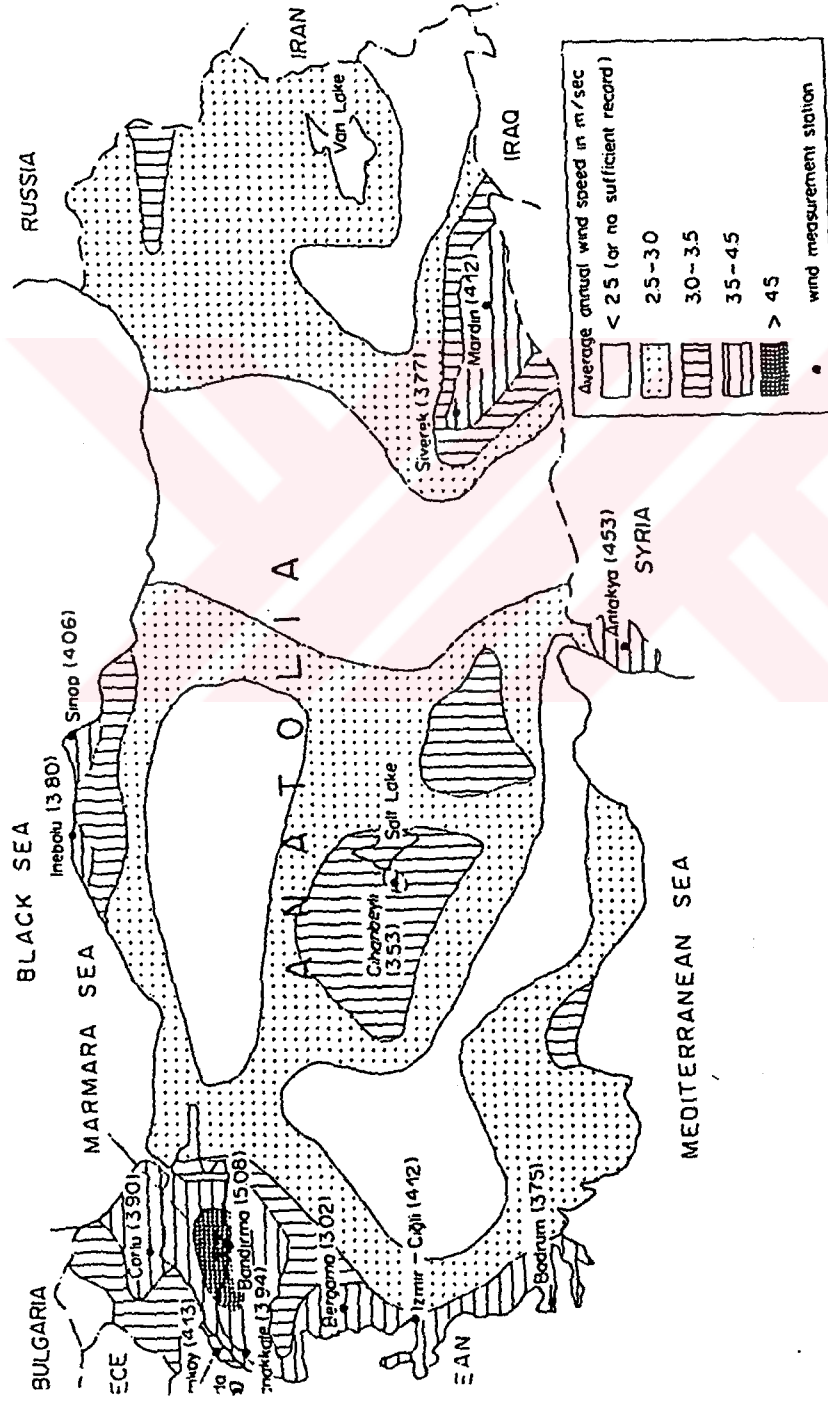
Türkiye'de ise bazı kamu ve araştırma kurumları ile üniversiteler araştırma geliştirme çalışmaları yapmaktadır. Devlet Meteoroloji İşleri yerleşim merkezleri yakınında bulunan meteoroloji istasyonlarında rüzgar ölçümleri yapmaktadır. Elektrik İşleri Etüd İdaresi 1990'da, rüzgar enerjisi gözlem istasyonu projesini başlatmış ve rüzgar ile ilgili verilerin toplandığı gözlem istasyonları tesis etmiştir.

E.İ.E ile ODTÜ'nün ortaklaşa başlattığı proje kapsamında ülkemizde ilk kez bir rüzgar türbin jeneratör sistemi E.İ.E.İ tesislerine kurulmuştur.

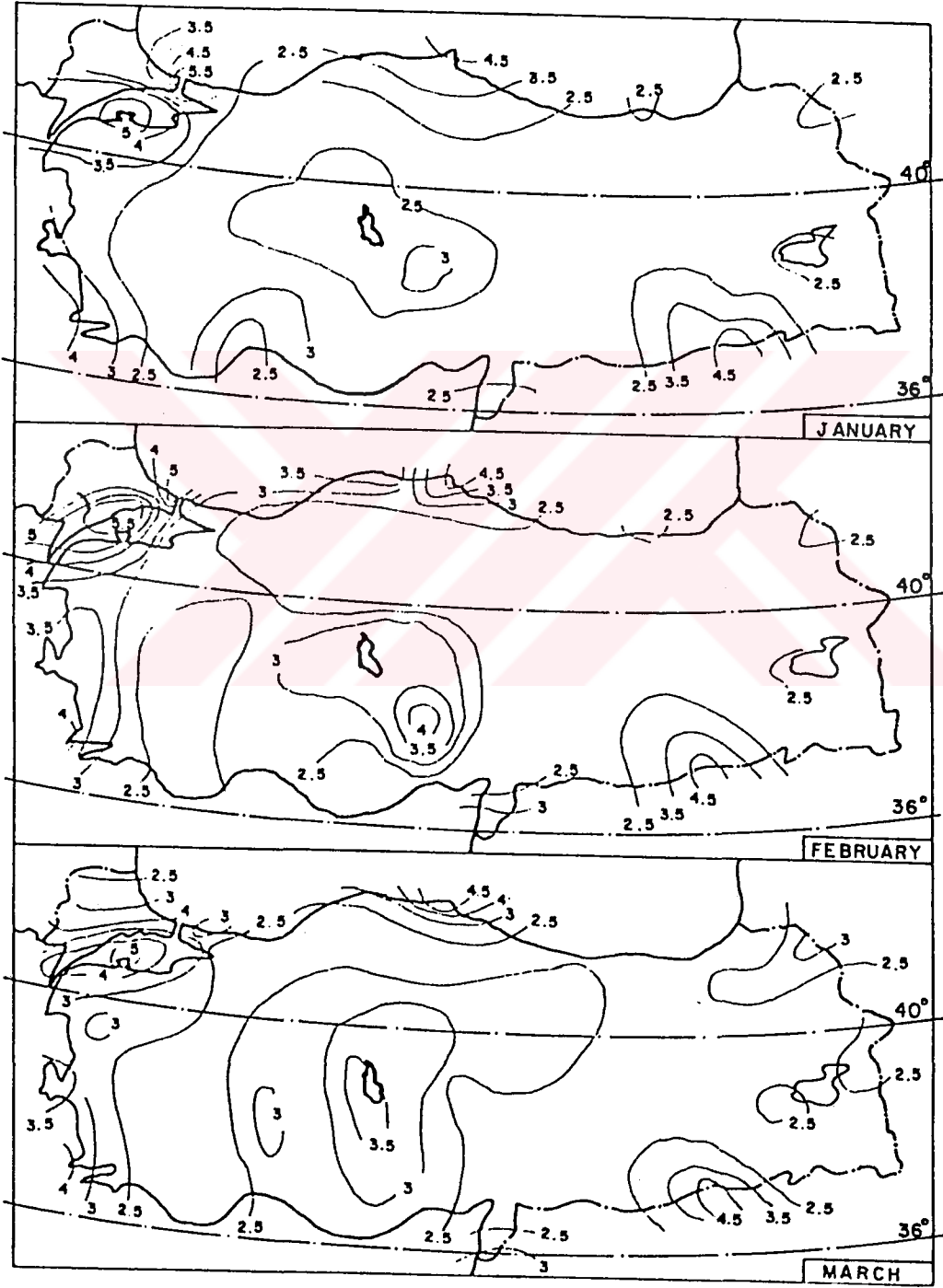
E.İ.E.İ. aynı zamanda rüzgar enerjisinden mekanik olarak faydalanma konusunda da bir proje başlatmıştır. Bu proje kapsamında yurt dışından ithal edilen bir rüzgar su pompalama sistemi E.İ.E.İ tesislerine kurulmuştur.

6. Beş Yıllık Kalkınma Planında hiç yer verilmeyen rüzgar enerjisi için 7. Beş Yıllık Kalkınma Planında 2000 \$/kwh'lik yatırım öngörülmüştür. 1995 yılında 1 MW'lık rüzgar enerjisi çevrim sistemleri oluşturularak, bunun 2000 yılında 10 MW'a çıkarılması planlanmıştır.

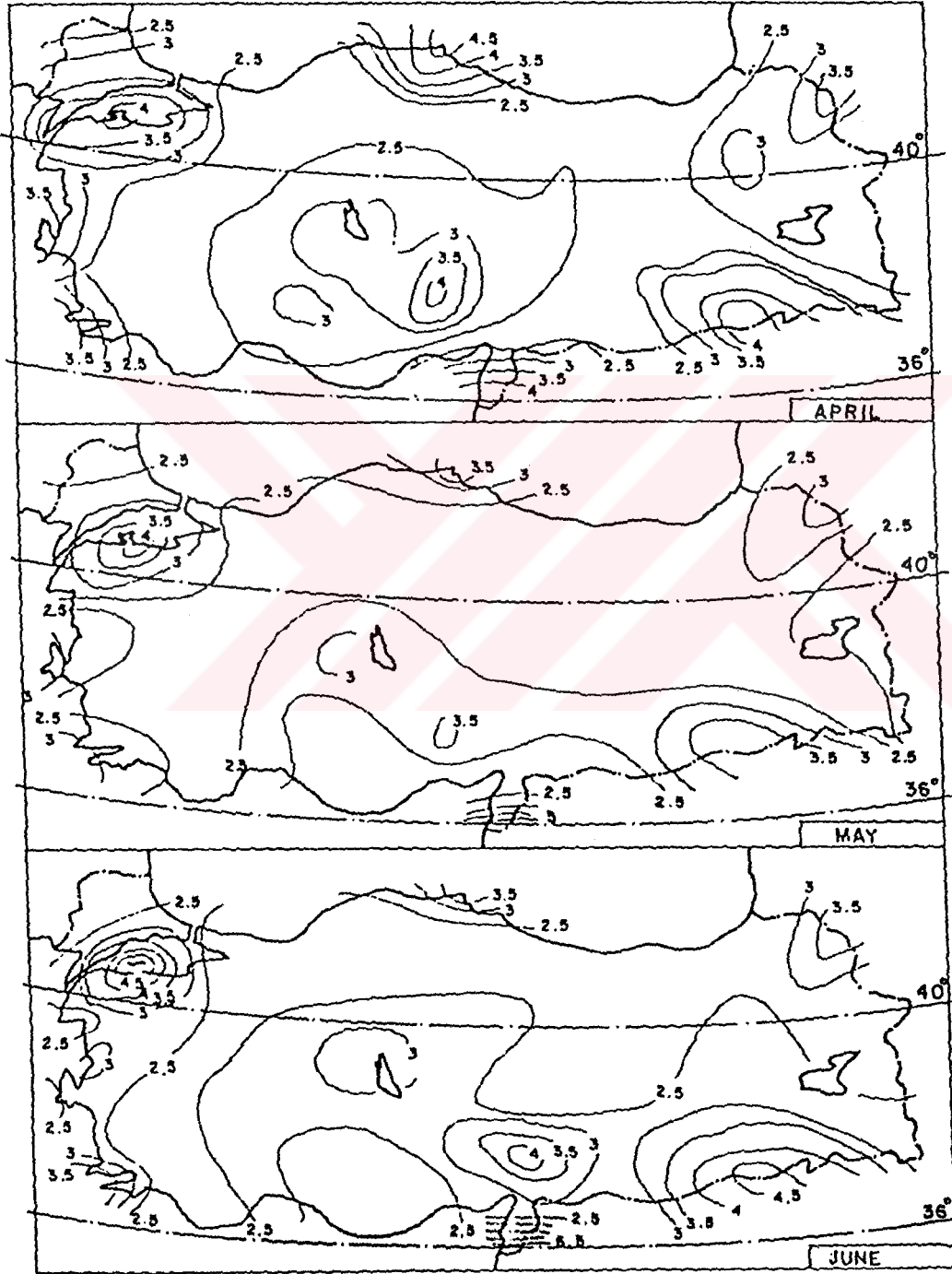
Ülkemizde rüzgar enerjisi elektrik üretim sistemleri çok azdır. Çeşme'de Yaşar Holding'e bağlı Altın Yunus Turistik Tesislerinin elektrik ihtiyacının % 5'ini karşılayan 55 MW'lık bir rüzgar turbo jeneratörü bulunmaktadır. Çeşitli atölyelerde rüzgar su pompajı ve elektrik üreten küçük sistemler imal edilmektedir.



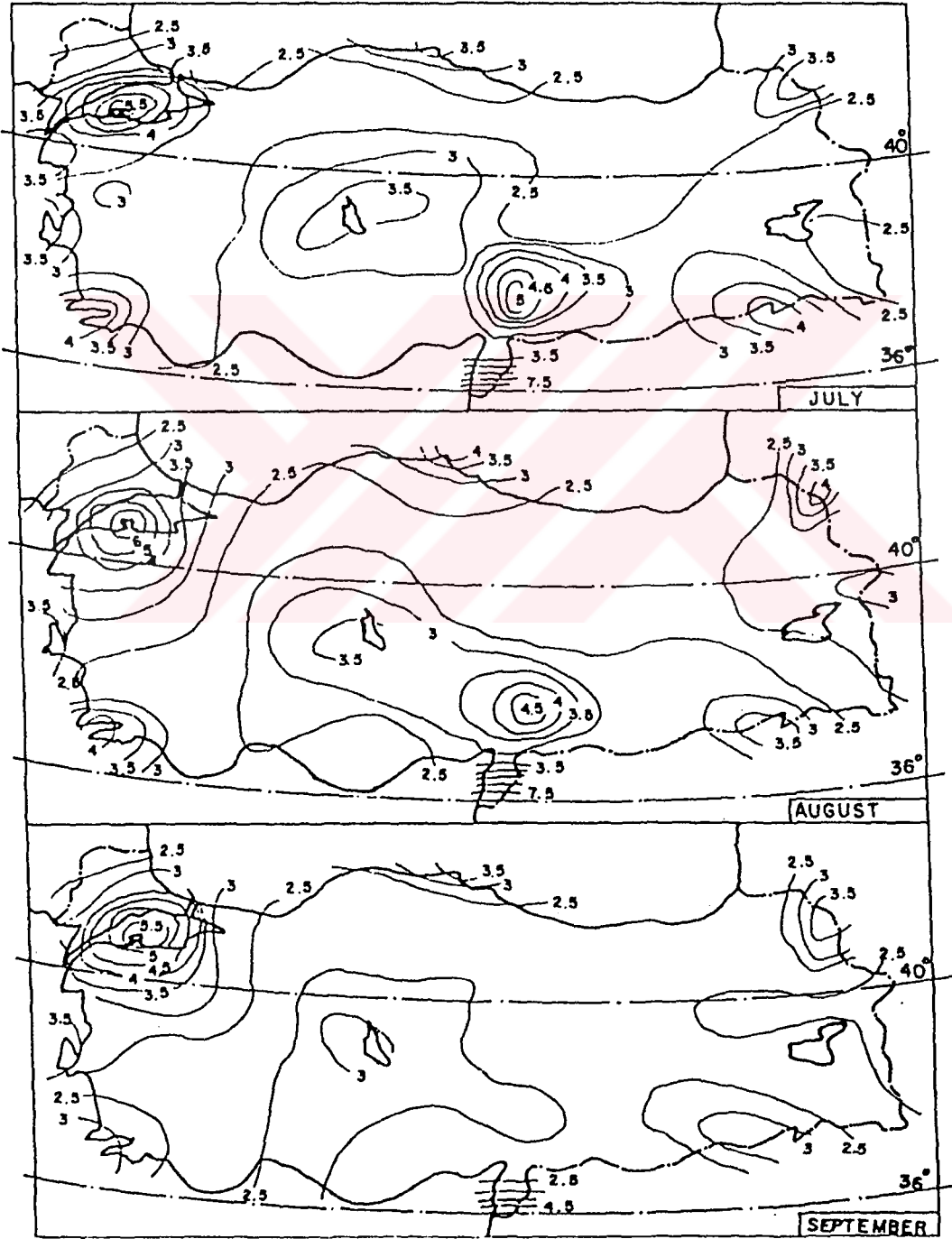
Türkiye Yıllık Ortalama Rüzgar Hızı Yoğunlukları



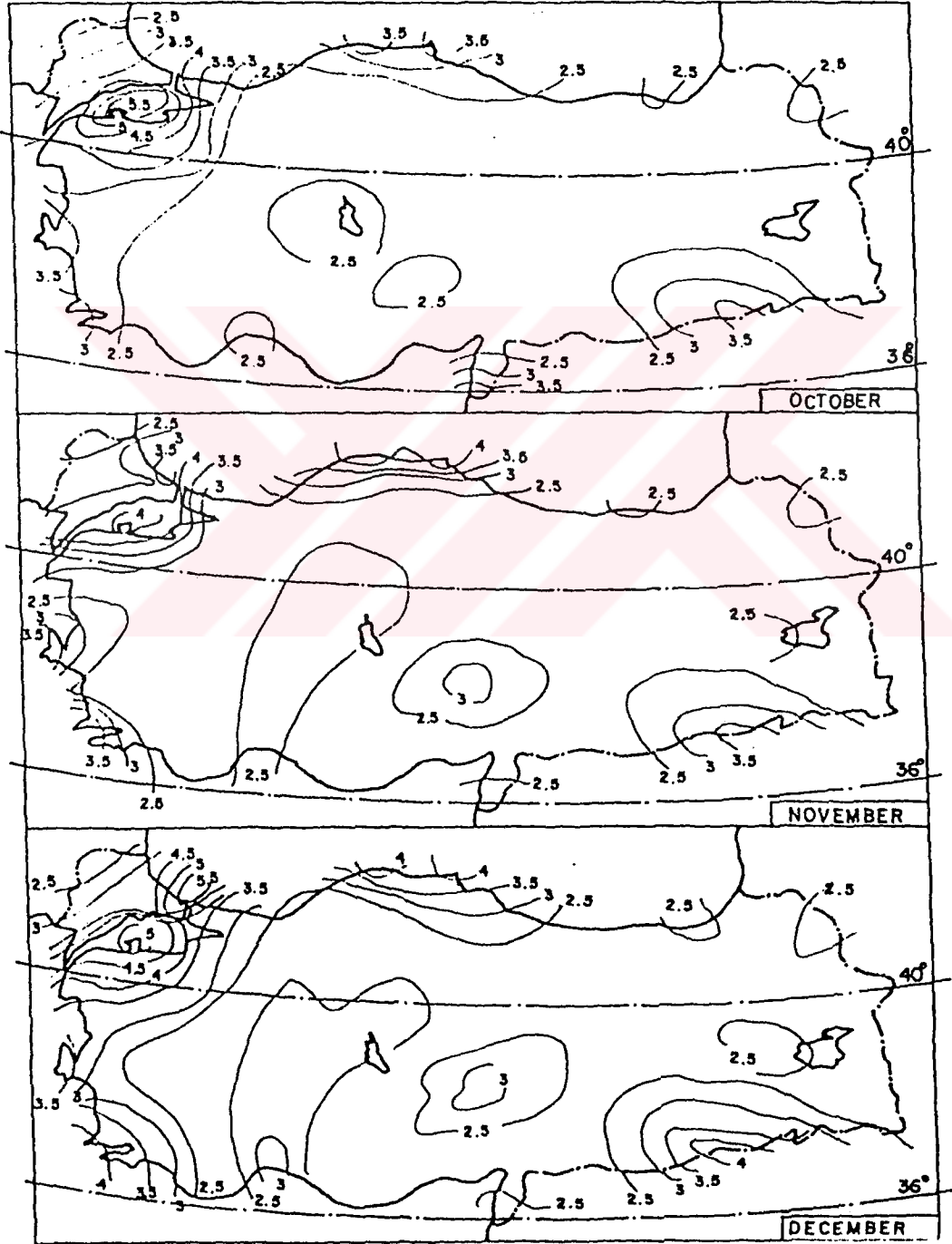
Ocak, Şubat ve Mart Ayları İçin Rüzgar Hızı (m/sn)
Aylık Ortalamalarının İzoplet Haritaları



Nisan, Mayıs ve Haziran Ayları için Rüzgar Hızı (m/sn)
Aylık Ortalamalarının İzoplet Haritaları



Temmuz, Ağustos ve Eylül Ayları İçin Rüzgar Hızı (m/sn)
Aylık Ortalamalarının İzoplet Haritaları



Ekim, Kasım ve Aralık Ayları için Rüzgar Hızı (m/sn)
Aylık Ortalamalarının İzoplet Haritaları

V. JEOTERMAL ENERJİ

Jeotermal enerji,yerkabuğunun derinliklerindeki yüksek basınca sahip sıcak magmanın depoladığı ısı enerjisidir.Bu ısı,yeryüzüne doğal olarak sıcak su kaynakları ve buhar şeklinde veya sondajlarla çıkarılan sıcak su,sıcak su-buhar karışımı ve buhar şeklinde ulaşmaktadır.Yeraltına sızan meteorik sular burda hazne kayalarda toplanır.Hazne kayalar üzerinde geçirimsiz örtü kaya vardır.İsı bu şekilde,yerkabuğunun kırık ve çatlakları boyunca dolaşan sularla yeryüzüne aktarılabildiğinde,hidrotermal sistemler sözkonusudur.

Isı birikimi olmasına rağmen doğal su dolaşımına uygun kırık ve çatlaklar yoksa kuyu içinde akışkanlar dolaştırılarak enerji elde edilir.Bu da HOT DRY ROCK (Kızgın Kuru Kaya) sistemini oluşturur.

Jeotermal enerjiden ısıtmada veya başka enerji türlerine dönüştürülerek yararlanılır.

Tarihsel çağlarda yalnız sağlık amacı ile kullanılan jeotermal enerjinin elektrik üretimine yönelik ilk kullanımı 1904 yılında İtalya'da gerçekleştirilmiştir.

Tablo V.1. Jeotermal Enerjinin Doğrudan Kullanım Alanlarındaki Yaklaşık Sıcaklık Değerleri (Pariaktuna M., 1986)

- 200 C°
- 190 C°
- 180 C° Kağıt hamuru yumuşatması, Yüksek konsantrasyon so-
lüksyonunun buharlaşması, Amonyum absorpsiyonu ile soğutma
- 170 C° Hidrojen sülfid yöntemi ile ağır su eldesi, Dia-
tomit kurutma
- 160 C° Balık v.b. yiyecek kurutma, Kereste kurutma
- 248 C° Bayer yöntemleri ile alüminyum eldesi
- 140 C° Tarla ürünlerinin hızla kurutulması, Konservecilik
- 130 C° Şeker saflaştırılmasında buharlaştırma, Tuz eldesi
- 120 C° Damıtma ile tatlı su eldesi, Tuzluluk oranının
arttırılması
- 110 C° Çimento kurutulması
- 100 C° Yün yıkama ve kurutma, Organik maddeleri (yosun,
et, sebze v.b.) kurutma
- 90 C° Balık kurutma
- 80 C° Ey ve sera ısıtma
- 70 C° Soğutma (alt sıcaklık limiti)
- 60 C° Kütles ve ahır ısıtma, seraların toprak ve alan
ısıtması
- 50 C° Mantar yetiştirme, balneolojik banyolar
- 40 C° Toprak ısıtma, Kent ısıtması (alt sınır), sağlık
tesisleri
- 30 C° Yüzme havuzları, Fermentasyon, Buz çözme, Damıtma,
sağlık tesisleri
- 20 C° Balık güftlükleri ve toprak ısıtma

80 C° ile 180 C° arasındaki sıcaklıklarda elektrik ener-
jisi üretilebilmekte , 30 C°den 150 C°ye kadar olan sıcaklık-
larda ise ısıtma yapılabilmektedir. Ayrıca son yıllarda geliş-
tirilen buharlaşma noktaları düşük gazlar (Freon, izobüton
v.b.) kullanılarak 60-90 C° sıcaklıktaki sulardan da elektrik
üretiminde yararlanılmaktadır.

V.1. Jeotermal Enerjinin Kullanımı

V.1.1. Isıtma: (30-150 C°) arasındaki sıcaklıklarda, dü-
řük entalpili hidrotermal sistemlerden elde edilen sular,

doğrudan ısıtmada kullanılır.Yeni geliştirilen ısı pompaları yardımı ile jeotermal akışkandan, sıcaklığı 5°C'ye düşünceye kadar yararlanılabilmektedir.

Jeotermal enerji ile ısıtmanın yapıldığı bazı uygulama alanları şunlardır:

-Konut ısıtma ve kullanma suyunun ısıtılması

-Sera ısıtılması ile turfanda sebze,meyve ve çiçek yetiştirilmesi

-Yüzme havuzu,fizik tedavi merkezleri ve diğer turistik tesislerde

-Toprak,cadde ısıtılmasında

V.1.2.Elektrik Üretimi:Hazine sıcaklığı 80°C'den fazla olan jeotermal akışkandan elektrik üretimi gerçekleştirilmektedir.Başlıca elektrik üretme teknikleri şunlardır:

-Tek Buharlaştırmalı Sistem:Jeotermal akışkanın mevcut düşük sıcaklıktaki su miktarı fazla ise bu sistem kullanılır.

-Çift Buharlaştırmalı Sistem:Yüksek basınçta ıslak buhar üreten santraller için uygulanan bu sistemde; I.seperatör yüksek basınçtaki buharı yüksek basınç türbinine, II.seperatör ise alçak basınçtaki buharı alçak basınç türbinine sevk etmekte kullanılır.

-Kuru Buhar Sistemi:Bu sistemde buhar yüzdesi çok fazla olduğundan elektrik üretimi daha basit ve ucuz olmaktadır.An-cak kuru buharın filitreden geçirilip arındırılması ve tuzluluk derecesinin kontrol edilmesi gerekir.

-Toplam Akış Sistemi:Bu sistemde bileşik türbine, buhar ve sıcak sudan oluşan akışkan direkt olarak gönderilir.

-Çift Çevrimli Sistem:150°C'den yüksek sıcaklıktaki akışkan sahalarına uygun olan bu sistemde birini jeotermal akışkanın, diğerini ise çalışma maddesinin (freon, izobütan v.b.) oluşturduğu 2 ayrı çevrim vardır.

-Isı Borulu Sistem:Bu sistemler hem elektrik hem de ısı üretilebilen sistemlerdir.Evaporatörde oluşan saf buhar türbinde iş gördükten sonra kondensere geçerek hem elektrik hem de ısı üretebilmektedir.

V.1.3.Çeşitli Endüstrilerde Kullanım:Jeotermal enerjiden çeşitli endüstrilerde yararlanma yöntemlerinden bazıları şunlardır:

- Diyatomitlerin kurutulması
- Derilerin kurutulması ve işlenmesi
- Yiyeceklerin kurutulması ve işlenmesi
- Kerestecilik ve ağaç kaplama sanayinde
- Kağıt ve dokuma endüstrisinde ağrtıcı olarak
- Endüstride mayalama ve damıtmada
- Soğutma tesislerinde

V.1.4.Kimyasal Kullanım

- Deniz suyundan tuz üretmede
- Borik asit, Amonyum Bikarbonat,Ağır su (D₂O) v.b kimyasal maddelerin elde edilmesinde

-Jeotermal akışkan içindeki CO₂'den kuru buz elde edilmesinde kullanılmaktadır.

Jeotermal enerji çok yönlü kullanım ve yararlanma olanaklarına sahip bir enerji türü olup, kullanıldığı ülkelerde ekonomiye katkısı büyüktür.

Bu enerji türü sürekliliği, maliyetinin düşük oluşu, gerekli teknoloji düzeyinin çok karmaşık olmaması ve konvansiyonel enerji türlerine göre temiz oluşu ile önemli bir enerji kaynağı olmaya devam edecektir.

Yerin derinliklerindeki yüksek ısının devamlılığı ve yeraltındaki suların meteorik sularla devamlı yenilenmesi nedeni ile , jeotermal enerji yenilenebilir ve tükenmez bir enerjidir.

V.2.Türkiye'de Jeotermal Enerji Potansiyeli

Alp Tektonik Kuşağında yer alan ülkemiz, önemli bir jeotermal potansiyele sahiptir. Türkiye'de genç tektoniğe bağlı grabenler, yaygın asidik volkanizma, hidrotermal alterasyon, fümeroller ve 100°C'yi aşan çok sayıda sıcak su kaynakları bulunmaktadır.

Ülkemizde tektonik etkinlikler sonucu oluşmuş graben ve fay sistemleri ile genç volkanizmanın bir sonucu olarak jeotermal yeryüzüne çıkabilmekte ve sayıları 600'ü aşan jeotermal doğal kaynak bulunmaktadır.

Türkiye'de 1962 yılından bu yana M.T.A Enstitüsü ülkenin enerji ihtiyacını karşılamada yardımcı olmak amacı ile jeotermal enerji arama çalışmalarını sürdürmektedir.

İlk doğal buhar, 1963 yılındaki sondajlar ile İzmir Balçova'da bulunmuş ancak 124°C sıcaklıktaki akışkanın kuyularda hızlı kabuklaşmaya sebep olması nedeni ile kuyularda kendi kendine tıkanma oluşmuştur. O tarihte bu olay çözümlenemediğinden bu kaynaktan ancak 1982'de kuyu içi eşanjör sisteminin uygulanmasından sonra yararlanılabilmektedir.

1968 yılında keşfedilen 20.4 MW gücündeki Denizli Kızılderne Jeotermik santrali Türkiye'deki ilk ve tek elektrik enerjisi uygulamasıdır.

Ülkemizde şu anda jeotermal enerji tüketiminin % 87'si ısıtma amaçlı olarak kullanılmaktadır. Bunun dışında elektrik üretimi, karbondioksit üretimi ve sağlık turizmi amaçlı olarak kaplıcalar v.b. jeotermal uygulamaları da vardır.

Türkiye'de jeotermal enerji potansiyeli aşağıdaki gibidir.

Tablo V.1. Türkiye jeotermal enerji potansiyeli
(Enerji İstatistikleri, 1994)

	(mw/yıl) Teorik Potansiyel	Belirlenen Potansiyel
Elk. Enerjisi (MWe)	4500	200
Isı Enerjisi (MWt)	31100	1000

Ülkemizin sahip olduğu 31100 MWt'lık potansiyelin, yaklaşık 5.000.000 evin ısınmasını karşılayabilecek düzeyde olmasına rağmen şu anda sadece 20.000 konut eşdeğeri ısıtma yapılabilmektedir ve 120.000 konut ısıtılması da proje safhasındadır. Ülkemiz için önemli bir kaynak olan jeotermal enerjinin

yıllara göre gelişimi ve sektörel dağılımı aşağıda gösterilmiştir.

Tablo V.2. Jeotermal Enerjinin Üretim-Tüketimi ve Sektörel Tüketimi (BİN TEP)
(Enerji İstatistikleri,1994)

Yıllar	Jeotermal (ısı)	Jeotermal Isı Konut
1986	-	-
1987	-	-
1988	-	-
1989	5	5
1990	16	16
1991	16	16
1992	30	30
1993	30	30

Tablo V.2.'den de açıkça görülebileceği gibi, ülkemizde üretilen jeotermal ısı enerjisinin tümü konut sektöründe kullanılmaktadır. Enerji açığı gittikçe artan ve tükettiği enerjinin yarısına yakın kısmını ithal yakıtlardan karşılayan Türkiye için jeotermal enerji potansiyeli büyük önem taşımaktadır.

Tablo V.3. Potansiyelin Bölgelere Dağılımı
(En. İstatistikleri,1994)

Marmara Bölgesi	133.60
Kuzey Anadolu B.	20.11
Ege Bölgesi	697.27
İç Anadolu B.	159.20
Doğu Anadolu B.	26.60
G.Doğu Anadolu B.	1.95
Akdeniz Bölgesi	7.00

Tablo V.3.'den görüldüğü gibi jeotermal enerji potansiyeli Batı Anadolu Bölgesinde yoğunluk kazanmıştır. Türkiye'nin batısı, yüksek sıcaklıklı jeotermal akışkanlar içermektedir. Orta ve Doğu Anadolu ile Kuzey Anadolu ise düşük ve orta sıcaklıklı jeotermal akışkanlar içeren bölgelerdir. Elektrik enerjisi üretimi için Batı Anadolu Bölgesi en uygun bölgemizdir.

V.3. Türkiye'nin Önemli Jeotermal Alanları

Türkiye'nin 40°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda jeotermal akışkan içeren 140 jeotermal sahası vardır. Bu sahaların %95'i düşük ve orta entalpili sahalar, geri kalanlar ise yüksek entalpili sahalarlardır. En son yapılan uygulamalarda dikkate alındığında, ülkemizde işletmeye alınmış merkezi ısıtma sistemleri ve termal tesislerin toplam kapasitesi 159.30 MWt, inşaat halinde olan sistemler 121.10 MWt, fizibilite çalışması tamamlanmış olan projeler 552.56 MWt ve mevcut kaynak ve kuyuların kapasitesi ise 1420 MWt'dir. Türkiye'nin görülebilir mevcut kapasitesi 2253 MWt'dir (Mertoğlu O. ve diğerleri, 1994)

Ülkemizin en önemli jeotermal sahalarımız aşağıda belirtilmiştir.

V.3.1. DENİZLİ-KIZILDERE: Büyük Menderes grabeninin doğusunda Kızıldere alanında, 1968'de başlayan çalışmalarla, derinliği 370 m ve 1241 m arasında değişen 200 kuyuya sondaj yapıldıktan sonra 1984'de 20.4 MWe kapasiteli ilk jeotermal santral işletmeye açıldı (Bilgin F., 1986). 198-212°C sıcak-

lıkta akışkan mevcut olup 150 MW elektrik enerjisi, 50 MW termal enerjisi elde edilmesinin mümkün olduğu belirlenmiştir.

1986'da bu bölgede karbondioksit üretimine de başlanmıştır. Buna ilaveten sera ısıtması uygulaması da yapılmaktadır.

V.3.2. AYDIN-GERMENCİK: 1982 yılında M.T.A. Enstitüsü tarafından keşfedilmiştir. Kuyularda kabuklaşma yapmayan bu saha, önemli bir potansiyele sahip olabileceğini göstermektedir.

Kızıldere'den sonra en büyük jeotermal potansiyele sahip 2. alanımız olup 232°C'lik akışkan sıcaklığı ile elektrik üretimine uygun 4 ana bölgeden biridir.

Bu sahada (285-2338 m) derinliklerdeki 9 kuyuya sondaj yapılmıştır. İlk ve ikinci rezervuarların sıcaklığı sırası ile (203-217°C) ve (216-232°C) olarak bulunmuştur.

Uzaklaştırılan sıcak sular, elektrik üretiminde, ıstamda, endüstride ve sağlık turizmi amaçlı kullanılabilir.

V.3.3. İZMİR-SEFERİHİSAR: 1986-1987 arasında 5 kuyuya sondaj yapılan bu yörede jeotermal akışkan sıcaklığı 153°C'dir.

Kimyasal ürün elde edilebilecek alanlardan biri olan bu sahada kuyu dibi eşanjör sistemi ile elde edilen 9.7 MWt'lik ısı ile 3600 m²'lik seranın ısıtılacağı tahmin edilmektedir.

V.3.4. AYDIN-SALAVATLI: 1987-1988 döneminde bu bölgede 5 kuyuya sondaj yapıldı. Jeotermal akışkan sıcaklığı 161-171°C olan bu sahada elektrik üretimine uygun olup gerekli ön fizi-

bilite çalışmaları halen devam etmektedir.

V.3.5.BİTLİS-NEMRUT:1980-1987 yılları arasında M.T.A. tarafından yapılan jeolojik,jeofiziksel ve jeokimyasal araştırmalara göre bu alan kuru buhar üretimi için uygun görülmektedir.

V.3.6.ÇANAKKALE-TUZLA:Elektrik üretimine uygun olan bu bölgede 173°C sıcaklıkta jeotermal akışkan bulunmaktadır.Daha derinde yüksek sıcaklıkta akışkan olduğu umulmaktadır.Bu akışkanın tarımsal amaçlı olarak da kullanılabileceği düşünülmektedir.

Elektrik üretimine de uygun olan bu saha aynı zamanda kimyasal ürün elde edilebilecek muhtemel alnlardan biridir.

Temeli metamorfik kayalardan oluşan Tuzla jeotermal sahası yapılan çalışmalara göre NaCl, KCl, CaCl₂, SrO, LiCl, saf su,elektrik üretimi yönünden her türlü imkana sahiptir.Çanakkale-Tuzla jeotermal sahasında yapılmış olan sondaj verileri gözden geçirildiğinde çok sığ rezervuar olup yüksek üretim potansiyeline sahip olduğu görülür.

V.3.7.İZMİR-BALÇOVA:İlk Jeotermal akışkan 1963'te çıkartılmıştır.1989'da Balçova Termal Tesislerine ait olan kaplıca tedavi merkezinde ısıtma sistemi devreye girmiştir.250 odalı kaplıca ve otel jeotermal kaynak ile ısıtılmaktadır.

Türkiye'nin en büyük yüzme havuzu 1.600.000 kcal/h'lik kapasite ile 1987'den beri işletilmektedir.9 Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Kampüsü, hastane ve fakülte binaları 1983'ten itibaren bu jeotermal enerji kullanılarak ısıtılmaktadır.

V.3.8.AFYON-ÖMER-GÖCEK:150-250m.'de 90-100°C sıcaklıkta jeotermal akışkan mevcut olup Afyon-Ömer Termal Tesislerinde 35 adet apart-otel,restorant,kaplıca ve 5000m²'lik seraya jeotermal ısıtma uygulanmıştır.Kabuklaşmayı %100 önleyen özel bir sistemin uygulandığı tesis 1989'da işletmeye alınmıştır.

Türkiye'de şu anda uygulanmakta olan jeotermal ısıtma sistemleri şunlardır (Mertoğlu O.ve diğerleri,1994):

-66 MWt kapasiteli Simav'da 3600/6500 konut ısıtma ve sıcak su eldesi

-18.25 MWt kapasite ile Kırşehir'de 1800 konut jeotermal merkezi ısıtma sistemi ve sıcak su sistemleri

-17.80 MWt kapasite ile İzmir Balçova'da termik tesislerinin ve 9 Eylül Üniversitesi Kampüsünün ısıtılması

-16.20 MWt kapasite ile Balıkesir Gönen'de 1400 konut eşdeğeri ısıtma,200m² sera, 60 adet tabakhane

-2.73 MWt kapasiteli Afyon-Oruçoğlu otel ve kür merkezi jeotermal ısıtma sistemi

-2.60 MWt kapasiteli Afyon-Ömer sera ısıtma, 35 apart otel,restorant, kaplıca

-2.20 MWt kapasiteli Simav-Eynal kaplıca, termal tesis, otel ve sera jeotermal ısıtma

-1.05 MWt kapasiteli Afyon-Bolvadin kaplıca ve otel ısıtma

-0.76 MWt kapasiteli Kızılcabamam kaplıca otelinin ısıtılması

-0.64 MWt kapasiteli Afyon-Gazlıgöl'de kaplıca tesislerinin ısıtılması

-0.61 MWt kapasite ile Gediz kaplıcalarının ısıtılması

-0.26 MWt kapasiteli Salihli'de 50 apart otelin jeotermal ısıtma sistemi

-0.24 MWt kapasiteli Rize-Ayder'de kür merkezi ısıtma sistemi

-0.07 MWt kapasiteli Havza Türk hamamı ve kaplıca ısıtma sistemi

Bu uygulamaların dışında toplam 30.000 MWt'lık bir kapasiteye sahip bazı sera ve küçük kaplıca (Havran, Hisaralan v.b.) ısıtma sistemleri de vardır.

17300 konut eşdeğeri 121.10 MWt kapasiteli bazı seraların ısıtma sistemleri de inşa halindedir. Bunun yanısıra fizibilite çalışmaları ve projeleri tamamlanmış, 79200 konut eşdeğeri (global 80.000 m²sera) toplam 552.56 MWt kapasiteli ısıtma sistemleri de ileride faaliyete geçecektir.

V.4. Türkiye'de Jeotermal Enerjiyle Kimyasal Madde

Üretimi

Denizli-Kızıldere Jeotermal sahasında 40.000 ton/yıl kapasiteli bir CO₂ fabrikası bulunmaktadır. Aynı zamanda Sarayköy dokuma fabrikalarında da Kızıldere'deki sular kullanılarak daha beyaz ve parlak ürünler elde edilmektedir.

Çanakkale-Tuzla, İzmir-Seferihisar v.b. bölgeler de kimyasal madde üretimine uygun alanlardır.

V.5.Türkiye'de Sağlık Turizmi

Ülkemizde M.T.A. tarafından yapılan incelemeler sonucu, ülkemizde 310 sıcak su kaynağı, 85 içmece ve 15 diğer kaynaklar olmak üzere 625 şifalı su kaynağı grupları bulunmaktadır. (Şimşek Ş.ve diğerleri,1986)Son yıllarda yapılan etüd ve sondajlar sonucu sıcak su çıkışlarının sayı ve miktarında önemli artışlar sağlanmıştır.

M.T.A. Genel Müdürlüğü çeşitli etüd ve sondajlar yaparak mevcut sıcak suyun potansiyelini arttırmak için çalışmalarda bulunmaktadır.

Ülkemizde sıcak su temin edilen başlıca kaplıca alanları şunlardır;Afyon-Ömer, Gecek, Heybeli, Çay,Amasya- Terziköy, Gözlek, Hamamözü, Ankara-Kızılcahamam, Haymana, Ayaş,Melikşah, Aydın-Alangüllü, Balıkesir-Gönen, Kepekler, Pamukçu, Bolu-Büyükkaplıca, Bursa-Armutlu, Çankırı-Çavundur, Çorum-Beke, Diyarbakır-Çermik, Erzincan-İlica, Eskişehir-Merkez,Sakarya-İlica, İzmir-Çeşme, Balçova, Kahramanmaraş-Süleymanlı,Kırşehir-Terme, Kaman, Konya-İlgin, Beyşehir-Köşk, Kütahya-Simav, Eynal, Çitgöl, Nevşehir-Kozaklı, Rize-Ayder, Sakarya-Kuzuluk, Samsun-Havza, Ladik, Tokat-Sulusaray, Yozgat-Boğazlıyan, Sorgun.

Son yıllarda bu kaynakları geliştirmek için, özellikle il özel idareleri ve Belediyeler kendi bölgelerinde çalışmalar yapmaktadır.Çok sayıda kaplıcaya sahip olmamıza rağmen Türkiye'de termal turizm yeterince gelişmemiştir.Mevcut olan kaynakların üzerinde kurulu olan ve kaplıca hizmeti veren Pa-

mukkale, Yalova, Balçova gibi bir kaç tesis oldukça moderndir ve diğer tesislerimize göre hizmet, kapasite ve sağlık açısından yeterli seviyededir.

V.6. Jeotermal Enerjinin Maliyeti

Türkiye'de jeotermal enerjinin ısıtma kaynaklı olarak kullanımının maliyeti oldukça düşüktür. Ancak jeotermal enerjinin maliyet değeri; akışkanın niteliğine, yatırımın özelliğine ve rezervuar derinliğine bağlı olarak da değişebilmektedir.

1989 değerlerine göre Türkiye genelinde toplam 142 kaynak ve 71 sondajdan elde edilen enerjinin yılda 4000 saat kullanımı ile 278.813 ton fuel oil veya 398.119 ton taşkömürü veya 929.162 ton linyit tasarrufu söz konusudur. Bu da yine 1989 değerlerine göre 201×10^9 TL. fuel oil, 119×10^9 TL. taşkömürü veya 139×10^9 TL. linyit tasarrufuna eşittir.

Jeotermal enerjinin ilk yatırım maliyetleri sonraki aşamalarda giderlerin çok düşük olması sebebiyle, üretilen enerji diğer enerjilerden elde edilenlere göre %50-80 oranında daha ucuz olmaktadır. Aşağıdaki tabloda çeşitli yakıtlara göre üretilen enerjinin maliyetini göstermektedir.

Tablo V.4. Yakıt Türlerine Göre Tahmini Kwh Maliyeti
(U.S.A. Cent) (Koçak A., 1994)

Petrol	4.80
Kömür	5.80
Nükleer	5.16
Küçük Hidro	7.00
Jeotermal	4.00
Rüzgar	12.00
Güneş	24.00

Son yıllarda 5° C'ye kadar olan jeotermal akışkan sıcaklıklarında bile ısı pompaları vasıtası ile ısıtma mümkün olmaktadır. Bu da ülkemizde yoğun olan düşük sıcaklıktaki jeotermal akışkanların kullanılabilmesine olanak sağlamaktadır.

Jeotermal enerji ile ısıtma maliyetleri diğer maliyetleri konvansiyonel yakıt maliyetleri ile kıyaslanamayacak kadar düşüktür.

Tablo V.5. Bazı Enerji Kaynaklarının Maliyetleri
(Mart 1994 Rakamlarına Göre)
(Mertoğlu O. ve diğerleri, 1994)

Isıtma Bazı	Isıtma Maliyeti (TL/kwh)
Elektrik	1790
Fuel Oil	840
Doğal Gaz	716.7
Kömür	580
Jeotermal	17.6 - 84.4

Jeotermal elektrik santrallerinde toplam maliyetin % 70'i ni santral kurma maliyeti, %30'unu ise kuyu maliyeti oluşturmaktadır.

Jeotermal ısıtmanın maliyeti, doğal gaz ile ısıtma maliyetininin 1/8 ila 1/47'sine mal olmaktadır. Fuel oil ile ısıtma maliyetininin yaklaşık 1/10'una, kömür bazlı ısıtmanın ise 1/7'sine eşit olmaktadır. Tablo III.5.'den jeotermal enerjinin ısıtmada kullanılma maliyetinin, diğer ısıtma bazlarının maliyetlerine göre çok düşük olduğu açıkça görülmektedir.

Ülkemizdeki ısıtma maliyetlerine bir örnek verecek olursak Simav merkezi ısıtma sistemlerinde, konutlar ısınma ve

sıcak su için ayda 150.000 TL.,Gönen'deki konutlar ise yine ısıtma ve sıcak su için ayda 350.000 TL.ödemektedirler. Halen jeotermal enerjiden yararlanılarak ısıtılan izmir-Dalçova, Afyon-Ömer, Balıkesir-Havran gibi alanlarda da benzer ekonomik durum görülmektedir.Bu yüzden jeotermal kaynaklarının bulunduğu alanlarda ısıtma amaçlı kullanım amacı ile talepler gittikçe artmaktadır.

Bir jeotermal merkezi ısıtma sisteminin konut başına toplam yatırımı 1994 Mart ayı rakamlarına göre 13 Milyon TL. olmaktadır.İsıtma sistemlerinin konut başına dönüşüm gideri ise 1.300.000 ile 1.900.000 TL. arasında değişmektedir (Mertoglu O.ve diğrleri,1994)

Ülkemizde jeotermal enerji üretiminin %87'si ısıtma amaçlı olarak kullanılmaktadır.Kabuklaşma ve ve korozyon gibi uygulamaları güçleştiren kısıtlayıcı faktörler,inhibitör ve korozyona dayanıklı borular kullanılarak çözümlendiğinden jeotermal enerjiden yararlanmak kolaylaşmıştır.

Elektrik dışı jeotermal enerji kullanımında yüksek düzeyli teknoloji gerektirmeyen ısıtma sistemleri çevresel açıdan da sorun oluşturmadığı için yaygın kullanım olanaklarına sahiptir.

V.7. Jeotermal Enerjinin Çevresel Etkileri

Jeotermal enerji genel olarak çevre yönünden temiz bir enerjidir.Çevre kirliliğine sebep olan en önemli faktörlerden biri karbondioksittir. CO₂ çıkışının en az olduğu enerji türü

jeotermal enerjidir.Eski tip jeotermal enerji santralleri bile fosil yakıtlarla çalışan santrallerin sadece %1'i kadar kükürt atmaktadır.Yeni tip jeotermal santrallerde sistem tarafından dışarıya atık çıktısı olmamaktadır.

Yeni tip jeotermal santrallerde yoğunlaşmayan gazları buharın içinden alıp, kullanılmış jeotermal akışkan ile birlikte yer altına geri veren reenjeksiyon sistemleri vardır. Modern termal santrallerde CO₂, NO_x, SO_x atımı çok daha düşüktür.Merkezi ısıtma sistemlerinde ise sıfır denecek kadar az bir miktardır.

Ancak jeotermal akışkanın bünyesindeki bor, atık akışkanın tarım sulama sularına karışması ile tarım için tehlike oluşturmaktadır. Göl, nehir gibi doğal su kaynaklarına boşaltılan bu sular önemli ölçüde kirliliğe sebep olmaktadır.

Jeotermal enerji kaynağının yakınında kullanıldığından olumsuz etkilerinin çoğu yereldir. Jeotermal kuyular büyük alanlar kaplamaktadır ve jeotermal kuyuların açılması, boru hatlarının yapımı v.b. doğal yapının bozulmasına sebep olmaktadır. Yer altından jeotermal akışkanın çıkması sırasında bölgedeki bitki örtüsünde kötü yönde etkilenmesi mümkündür.

Atık jeotermal suların tekrar yer altına reenjeksiyonu hem çevre açısından hem de rezervuar açısından önem taşımaktadır.

Sonuç olarak jeotermal enerjinin çevresel etkisi yok denecek kadar azdır. Çevreye verebileceği zararlarında reenjeksiyonla önlenmesi mümkündür.

V.8. Jeotermal Enerjinin Dünyadaki ve Ülkemizdeki Durumu

Jeotermal enerjinin ısıtmacılıkta kullanıldığı ülkelerin başında İzlanda ve Fransa gelmektedir. İzlandanın Reykjavik şehrinin % 90'ı yerel jeotermal merkezi ısıtma sistemi ile ısınmaktadır.

Aşağıdaki tablonun verilerine göre dünyadaki elektrik kurulu güç kapasitesi 5989 MWe ve direkt kullanım ise 13990 MWt'dır. Bu gün için jeotermal enerji dünya enerji tüketim sektöründe sadece % 0.2'lik bir yer işgal etmektedir. 1983 yılında 10080 MWt olan direkt kullanım kurulu gücü 1994 verilerine göre 13990 MWt'a ulaşmıştır.

Tablo V.6. Dünya Jeotermal Enerji Durumu
(1990) (En. İstatistikleri, 1994)

Ülkeler	Kurulu Güç (Pik)		Enerji Eşdeğeri		
	Elektrik (MWe)	Direk (MWt)	Elektrik (BTEP/Yıl)	Direk (BTEP/Yıl)	Toplam (BTEP/Yıl)
A.B.D.	2837	1776	3999	642	4641
Japonya	270	4764	381	1675	2056
Filipinler	894	-	1260	-	1260
İtalya	548	631	772	240	1012
Meksika	700	-	987	-	987
İzlanda	45	1306	63	650	711
Macaristan	-	1580	-	630	630
Rusya ve BDT	11	1404	16	640	656
Y. Zelandiya	264	176	372	111	483
Fransa	4	676	6	266	272
Çin	25	395	35	216	251
El Salvador	95	-	134	-	134
Endonezya	143	-	202	-	202
Nikaragua	70	-	99	-	99
Türkiye	20	200	28	75	103
Romanya	1	273	1	95	96
Kenya	45	1	63	0	64
Bulgaristan	-	135	-	50	50
Yugoslavya	-	127	-	46	-
Diğer	18	546	25	208	233
TOPLAM	5989	13990	8443	5544	13987

Dünyada yirmiden fazla ülkede jeotermal enerjisi ile elektrik enerjisi üretimi yapılmaktadır. A.B.D., Filipinler, Meksika, İtalya, Japonya, Yeni Zelanda, El Salvador ve Endonezya bu konuda önder ülkelerdir.

Isıtma amaçlı jeotermal enerji kullanımında İzlanda, Türkiye, Fransa, Japonya v.b. ülkeler, seraların ısıtılmasında ise Macaristan, İtalya, Türkiye, A.B.D., Japonya v.b. ülkeler liderlik etmektedir.

AT ülkelerinden bazılarının jeotermal enerji konusundaki hedefleri ve çalışmaları aşağıdaki gibidir.

Portekiz: Topluluğun programı ile bağlantılı olarak jeotermal enerji ve diğer yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmak üzere başlatılan araştırma ve üretim teknolojisine destek olacak projeler başlatılmıştır.

Lüksemburg: Hükümet, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını teşvik etmek için çeşitli düzenlemeler getirmiş ve 1991 yılında teşvik amacıyla Enerji Ajansını kurmuştur.

İtalya: 1905'de ilk defa jeotermal buhardan elektrik üreten ülkedir. Jeotermal enerjiden üretilen elektrik enerjisi için elverişli fiyatlandırmalar yapmaktadır. Bu ülke halen soğutma tesislerinde, kimyasal maddelerin elde edilmesinde, seraların ısıtılmasında, doğrudan ısıtmada ve yüzme havuzu, termal tedavi tesislerinde jeotermal enerjiyi kullanmaktadır.

Fransa: Kentleri merkezi sistemle ısıtmada ve de sıcak kullanma suyu olarak jeotermal enerjiden yararlanmakta ve yenilenebilir enerji kaynaklarını desteklemektedir.

Almanya ve Yunanistan'da yenilenebilir enerji kaynakları uygulamalarını arttırmak amacıyla teşvik edici nitelikte kanun düzenlemeleri yapmaktadır.

Ülkemizde ise elektrik üretimine yönelik tek uygulama Denizli - Kızıldere'de bulunan 20.4 MWe'lik santraldir. Konut ısıtma, kimyasal madde üretimi ve sağlık turizminde de jeotermal enerjiden faydalanılmaktadır. Jeotermal enerjinin doğrudan kullanımında ülkemizde yıllara göre giderek artan bir gelişme görülmektedir. Şu anda üretimimizin % 87'si konutlarda ısıtmaya ve sıcak su kullanımına yöneliktir.

7. Beş Yıllık Kalkınma Planına göre 20.4 MWe olan kurulu gücün, 1999'da 125 MWe'ye çıkarılması hedeflenmektedir.

VI.BİOKÜTLE ENERJİSİ

Biyomas enerjisi, genel anlamda değişken organik maddeler içeren bir küttedir.Genelde karbon içeren her türlü bitkisel ve hayvansal organik maddeye, atıklara BİOMAS denir.

Biyomas kaynaklarını bitkisel atıklar, hayvansal atıklar ile şehir ve endüstri atıkları olarak 3 ana grupta toplayabiliriz.Dunlardan bazıları; ağaç, tahıl sapı, insan ve hayvan dışkı, su yosunu, çöpler, kanalizasyon ve mezbaha sularının süzölmeleri ile elde edilen posalar v.b. olarak sayılabilir.

Bitkilerden oluşan kömür, linyit, turba ve bataklık gazı ve ilkel canlılardan meydana gelmiş olan ham petrol, doğal gazve benzeri fosil yakıtlarda bir biomas ürünüdür.

Dünyada faydalanılan ilk biomas kaynakları tahta ve kuru ottu ve uzun bir süre bu kaynaklar pişirme ve ısınmada kullanıldı.Biomaslardan şu anda, O_2 , H_2 , CO_2 , metan, amonyak gibi gazlar, etanol, metanol gibi alkoller, esterler, kimyasal maddeler ile taşıtlarda da kullanılabilecek sentetik yağlar elde edilmekte ve kalan posalardan da gübre elde üretilmektedir.

Kolayca elde edilebilen biomas, güneş enerjisinin bir fonksiyonu olduğu için yenilenebilir ve tükenmez bir kaynaktır.Aynı zamanda çöp ve atıkların ortadan kalkmasına ve değerlendirilmesine sebep olduğundan çevreye direkt olarak yarar sağlayacaktır.

Güneş enerjisinin bir yan ögesi olarak farzedilen biomas her yerde yetiştirilmesi, özellikle kırsal alanlardaki sosyal ve ekonomik gelişmelere yardımcı olması sebebi ile önemli bir

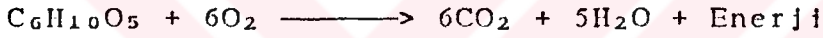
kaynaktır.

VI.1.Biomastan Yararlanma Yöntemleri

Biomastan mevcut bulunan enerjiden iki yöntemle yararlanmak mümkündür.

1- Termokimyasal Dönüşümler: Bu dönüşümler; direkt yanma, gazifikasyon, pirolis ve sıvılaştırma olmak üzere 4 sisteme ayrılır.

a) Direkt Yanma: Büyük bir kısmını bitkisel ve hayvansal atıkların oluşturduğu biomas, oksijenle yakılarak, ısı enerjisi ve buhar-elektrik enerjisi üretilir.



Bu denklem gereğince biomas yakılır. Eğer bu olay bir buhar kazanında veya sıcak su kazanında yapılırsa üretilen ısı enerjisi çeşitli amaçlarla kullanılabilir.

Bu biomas eğer şehir çöplerinden oluşuyorsa, oluşan ısı enerjisi merkezi ısıtmada kullanılabilir. Eğer yüksek basınç ve sıcaklıkta buhar oluşuyorsa bir karşı basınç türbininde genişletilerek elektrik enerjisi de elde edilebilir.

Şehir çöplerinin içinde genelde yaş bitki artıkları fazla bulunduğundan, bunların yakılabilmeleri için yardımcı bir yakıt kullanılmalıdır. Böylece hem biomasdan faydalanılır, hem şehir çöpleri ortadan kaldırılır hem de kül halinde zengin tuzlara sahip bahçe toprağı elde edilir.

b) Gazifikasyon: Çöpler sınırlı miktarda hava veya oksijen olan ortamda ısıtılarak amonyak, sentetik doğal gaz, hidrojen, karbonmonoksit ve metanol elde edilmektedir.

c) Pirolisizasyon: Havaya kapalı bir ortamda, oksijensiz ve gazifikasyona gerekenden daha düşük sıcaklıkta parçalanması ile mangal kömürü, çeşitli yağlar ve başta metan olmak üzere çeşitli gazlar elde edilebilir. Bu dönüşümün ilk aşamasında artık malzemeler kapalı ortama taşınır ve burada gazifikasyon oluşur. Odadaki yanıcı gazlar termal bir reaktöre giderek tamamen yanar. Reaktörde oluşan duman gazları da bir atık ısı kazanından (Boiler) geçirilerek sıcak su veya buhar üretilir.

d) Sıvılaştırma: Yüksek basınç ve sıcaklık altında katalitik bir işlemle biomasdan sentetik yağ ve su elde edilir. Bu işlemin yapılabilmesi için biomasa H_2 veya $H_2 + CO$ 'dan oluşan bir karışım eklenmelidir.

basınç



151

Elde edilen sentetik yağın içindeki O_2 miktarı, ham petrole göre daha düşük, ham yağa göre daha yüksektir. Bu yağ, ocaklarda direkt yakılabilir veya yoğun bir rafineriden sonra motorlarda da yakıt olarak kullanılabilir.

2- Biyolojik Dönüşümler

Biomassadan biyolojik olarak yararlanılması enzim, mantar ve bakteri cinsinden mikroorganizmalar ile parçalanması esasına dayanır.

a) Anaerobik Sistem: Biomassası oluşturan organik maddeler oksijensiz ortamda çürütülür. Kompostlama adı verilen bu sistemde, yaklaşık %60 metan ve önemli miktarda karbondioksit

içeren bir gaz karışımı elde edilir.

b) Fermentasyon: Melas, şeker kamışı suyu gibi karbonhidratlar, mayalandırılarak Etanol elde edilir. Olay sonunda kalan şeker kamışı posaları da buhar kazanlarında yakılarak merkezi ısıtmada ve elektrik üretiminde kullanılabilir.

BİOGAZ

Volümetrik olarak % 55-70 Metan, % 30-45 CO₂, % 0-1 Hidrojenli Sülfür içeren biogaz; bataklık gazı, marş gazı gibi adlarla da bilinir. Biogaz kalorifik değeri yüksek, renksiz ve kokusuz bir yanıcı gazdır. Parlak mavi bir alevle yanar.

Biogaz her çeşit biomastan elde edilebilir ama özellikle bitki sapları, şehir çöpleri, kanalizasyon suları ve hayvan gübrelerinden üretime daha yaygındır.

Biomastan biogaz eldesinde geriye kalan atıkların gübre değeri çok yüksektir ve çevreye zararlı bir etkisi yoktur.

Biogaz tüpgazlarda kullanılmak istenirse, önce sıvılaştırılır sonra da içindeki CO₂'den arındırılır. CO₂'den arındırmak için başta kireçli su olmak üzere çeşitli maddeler içinden geçirilir.

Sıvılaştırılmış durumdayken biogaz, içten yanmalı motorlarda alternatif yakıt olarak da kullanılabilir.

Biogazın bitki saplarından yararlanılarak üretilmesi halinde, en uygun olanlar sırası ile yulaf, mısır, pirinç, buğday ve keten saplarıdır.

VI.2.Biogazdan Yararlanma Yöntemleri

Biogazın tahıl sapları ve gübreden elde edilmesini sağlayan tesislerin en önemli kısmını fermentasyonun olduğu reaktör kısmı teşkil eder.Bu reaktörler tek veya çift hazneli yapılabileceği gibi haznelerde sabit veya değişken hacimli olarak da yapılabilir.Bir reaktörün maksimum biogaz üretebilmesi için fermentasyon 25-30°C arasındaki sıcaklıklarda yapılmalıdır.

Fermentasyon reaktörü, küçük tesislerde çelik sac veya plastik malzemelerden, büyük tesislerde ise betondan yapılır.

Tesis maliyeti tek haznelilerin iki katı olan çift hazneli reaktörler, soğuk bölgeler için daha uygundur.

Bir biogaz ve gübre üretme tesisi, plastik boru (PVC), valf, pompa, termometre, civata, conta, sac levha gibi malzemelerden oluşur.Eğer reaktörün içinde karıştırıcı olursa fermentasyon hızı artar.

Ortam sıcaklığı biogaz üretimini sınırlayan bir faktördür.Soğukta fermentasyon hızı yavaşlar ve gaz çıkışı azalır. Bu sorun, çift hazneli reaktörler kullanılarak, izolasyon yapılarak veya üretilen gazın bir kısmını ısıtmada kullanarak ortadan kaldırılır.

Biogaz, ev aletlerinde ısıtma, aydınlatma ve benzeri işlerde ve dizel motorlarında yakıt olarak kullanılabilir.Kalorifik değeri yüksek olan biogaz, temizdir ve gübre değeri yüksektir.Bunun yanısıra zararlı asalakların, bakterilerin üremesini önleyerek çevreyi korur.Organik artıkların bozunma sonucunda biyolojik oksijen isteği azaldığından çevreyi kir-

letme ihtimali çok düşüktür. Fermentasyon sonucu, hayvansal artıklarla insanlara bulaşan parazitler yok olmaktadır. Gübrenin gazı alındığından kokusu da kaybolur.

Bir biogaz tesisinin verimli çalışabilmesi için tesisin yıllık faydası F'in, yıllık masrafların tutarını belirleyen M değerinden daha yüksek olması gerekir.

$$F = A + B = \frac{2}{3} \times V \times a + Y \times b \times c \text{ (TL) (Eyice S.,1988)}$$

denklemleri ile bulunur. Burada;

- A = Yılda üretilen biogaz miktarının piyasa değeri
- B = Yılda üretilen gübrenin piyasa değeri
- V = Yılda üretilen biogazın miktarı (Nm³)
- a = Biogazın beher Nm³ 'ünün fiyatı
- Y = Yılda üretilen gübre miktarı
- b = Biogaz gübresinin verim arttırma faktörü (%8-20)
- c = Biogaz gübresinin satış fiyatıdır.

Denklemdaki 2/3 değeri ise ısıtma gerekmesi halinde biogaz miktarının 1/3'ünün kullanılması haline göredir. Isıtma olmadığına bu faktör ortadan kalkar.

VI.3. Türkiye Biomas Potansiyeli ve Değerlendirilmesi

Ülkemizde biomasla ilgili araştırma ve uygulama çalışmaları, 1957'de Topraksu Genel Müdürlüğü tarafından başlatılmıştır. Genelde kamu kuruluşlarında yoğunlaşan bu çalışmalarda, 70 civarında biogaz üretici yerleştirilmiştir.

Ülkemizde hayvan gübrelerinden elde edilebilecek toplam üretim miktarı 3-5 milyar m³/ton yıldır (3.5 milyon ton taşkömürüne eşdeğer). Bu da toplam tüketimin % 6' sına eşdeğerdir. Biogaz kullanımı tezeğin bir alternatifi olarak önerilmektedir.

WECTC, 1992'de ülkemizde tarımsal ve hayvansal atıklar-
dan elde edilebilecek biogaz potansiyelinin 2.8-3.9 trilyon
m³ dolayında olduğunu tahmin etmiştir. Biogaz kırsal alanlar-
da geleksel yakıtların yerini alabilir ve ülkemiz için teknik
ve ekonomik olarak uygundur.

1993 yılı değerlendirmelerine göre ülkemizde gübreye
zarar vermeden elde edilecek biogaz, yılda 3 trilyon TL'lık
enerji üretebileceği bilimsel kongre ve yayınlarda yer almış-
tır.

Biomass ise hala kırsal alanların ana yakıtıdır. Toplam
enerji tüketiminde biomassın katkısı, 1973'de %26'dan 1990'da
%15'e düşse de, sayısal olarak hayvan atıkların tüketimi ile
tarımsal ve yakacak odunun her ikisinde de bir hayli artmış-
tır.

Ekonomisi tarıma dayalı ülkeler için biomass ve biogazın
kolay bulunabilir ve ekonomik oluşuna bağlı olarak önemi a-
çıktır. Ancak tarım ve hayvancılık ülkesi olmasına rağmen Tür-
kiye'nin, biomass kapasitesini değerlendirme ve biomassan e-
nerji üretmeye yönelik yerleşmiş bir teknolojisi yoktur.

1984 yılı istatistiklerine göre ülkemizde, kuru tarımsal
atıklar, yaş tarımsal atıklar, hayvansal atıklar, orman ürün-
leri, odun atıkları ve şehir çöpleri gibi atıklardan elde e-
dilebilecek enerjinin 17.2 megaton petrole eşdeğer olduğu he-
saplanmıştır. Uzun bir süre Türkiye'de ilk biomass kaynakları
olan tahta ve kuru ot, direkt enerji kaynağı olarak, yiyecek
pişirmede ve ısınmada kullanıldı.

1980 yılı itibarı ile 80 milyon civarında bulunan büyük ve küçük baş hayvandan yılda 60 milyon ton gübre üretildiği hesaplanmıştır. Burdan yaş gübrenin 4'ünde 1'ini katı maddelerin oluşturduğu gözönüne alınırsa yıllık kuru gübre miktarı 15 milyon ton civarındadır. 1980 yılı itibarı ile çeşitli hububat ürünlerinden yılda yaklaşık 60 milyon ton hububat sapı üretildiği hesaplanmıştır. Bir ton saptan 400 Nm³ biogaz üretilmektedir ve yıllık miktar 24 milyon Nm³ olarak çıkmaktadır. Bu da yaklaşık 19.2 milyon ton taşkömürüne veya 12 milyon ton ham petrole eşdeğerdir.

Ülkemizde yalnız hayvan gübrelereinden ve hububat saplarından yılda üretilmekte olan biyogaz miktarı 27 milyon Nm³ olarak bulunmaktadır. 1993 yılı enerji istatistiklerine göre ülkemizin yıllık taşkömürü üretimi 2.79 milyon ton, tüketimi 8.54 milyon ton; ham petrol üretimi 3.89 milyon ton ve tüketim 27,074 milyon tondur. Bu duruma göre sadece gübre ve hububat saplarından elde edilen biogazın kalorifik değeri ülkemizde üretilen taşkömürünün 6 katı, tüketiminin 3 katı, ham petrol üretiminin ise 5.6 katı ve tüketimininde % 70'i olarak ortaya çıkarak önem arz etmektedir.

Ülkemizde halen pek az sayıda biogaz tesisi faaliyette-
dir. Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü (MTA), Türkiye Şeker Fabrikaları Şirketinin Etimesgut tesisleri için 54 m³ hacimli, çift hazneli bir biogaz tesisi projesi yapmıştır. Bu projeye göre günde üretilebilen biogaz miktarı 50 ila 100 Nm³, reaktörlerin toplam hacmi ise 54 m³ olarak bulunmaktadır.

1980 yılı başında Zonguldak Mühendislik Akademisi ile Ereğli Kömürleri İşletmesini İşbirliği ile buğday sapları ile çalışan pilot bir biogaz tesisi kurulmuştur. Bu tesisin normal bir köy evinin; mutfak ısıtma, aydınlatma gibi ihtiyaçlarını karşılayabildiği tespit edilmiştir. Yine Zonguldak Mühendislik Akademisi ile Ereğli Kömürleri İşletmesi İşbirliği ile altı gözlü bir tesis projesi yapılmış ancak Akademinin Hacettepe Üniversitesine bağlanması ile bu proje gerçekleştirilememiştir.

Türkiye'de 1978-1988 yılları arasında TEK Genel Müdürlüğü yatırım programlarında yer alan İstanbul, İzmir, Ankara için çöp santrali etüd - fizibilite çalışması 1988 yılında tamamen yatırım programından çıkarılmıştır.

1990-1991 yılları arasında Türkiye'de çöp santralleri konusunda yapılan kayda değer ilk ve tek çalışma 250 milyon TL. toplam bedelle Çukurova Üniversitesine yaptırılan Adana Çöp Santralidir.

7.Beş Yıllık Kalkınma Planı Genel Enerji Özel İhtisas Komisyonu Raporunda biomas enerjisi hakkında, odun ve tezeğe dayalı geleneksel biomas yerine, alçak ve yüksek modern biomas tekniklerinden yararlanılması istenerek hedefler gösterilmiştir. Buna göre 1995'de 4.28 TWh, 2000'de 24.4 TWh, 2005 yılında 27.5 TWh ve 2010'da 30.6 TWh modern biomas enerji üretimi hedeflenmiştir.

Biogaz üretiminde 3 ayrı tip üzerinde çalışılması ülkemiz için uygundur. Bunlardan ilk tip olan çiftçi evlerinde, bir çiftçi kendi evinin ihtiyacı için gerekli biogazı ve tar-

lasına gerekli gübreyi üretebilmektedir.

İkinci tip olan çiftlikler daha büyük miktarlarda biogaz ve gübre üretebilecek kapasitede olmalıdır.

Üçüncü tip ise tarım ve hayvancılık merkezleri için bunlara ilaveten biogaz ile elektrik enerjisi üretebilmeli veya bu gazı yerleşim merkezlerine dağıtabilmelidir. Hatta taşıtlar için yakıt bile yapabilmesi gerekir.

Türkiye'de toplam enerji tüketiminin % 22'sini içeren biomas, yeni enerji kaynaklarının en çok ümit vaad edenlerinden biridir. Ülkemizde yaygın olarak büyüyen sülleçen ve yabani safran, tatlı sorgum gibi bitkiler motorlu araçlarda alternatif yakıt olarak kullanılabilir.

Ülkemizde şu anda biokütle enerjisi büyük bir potansiyele sahip olmasına karşın yeterince değerlendirilememektedir.

VI.4. Türkiye'de ve Dünyada Biokütle Enerjisi

Dünya yüzeyine gelen enerjinin yaklaşık % 0.1'i biokütleyle dönüştürülerek depolanmaktadır. Biokütle enerjisi dünyada uzun yıllardır yaygın olarak değerlendirilmektedir. Gerek hayvansal ve bitkisel atıklar gerekse şehir çöplerinden yararlanarak biokütle enerjisi elektrik üretiminde de kullanılmaktadır.

Biomasdan alternatif yakıt olarak yararlanmak konusunda Brezilya öncülük etmektedir. Bu ülkede şeker kamışı posasından üretilen etanol, yalnız başına veya benzin ile karıştırılarak bir milyondan fazla aracın yakıt ihtiyacını karşılamaktadır. Ayrıca Brezilya şeker kamışı atıklarını elektrik üretiminde

kullanabilmek için çalışmalar yapmaktadır.

Kuzey ülkelerinin pek çoğunda ve Pakistan, Kuala Lumpur, Singapur ve Tayland gibi bazı güney ülkelerinde çöp santralleri mevcuttur ve bunlara yenileri eklenmektedir. Hollanda'da bir çöp santralinin inşasına başlanmıştır.

Almanya Münih'te 25 yıldır işletmede olan 3 üniteli çöp yakma santrali daha fazla güç üretecek şekilde yeniden dizayn edilmiştir. Bu ülkede yapılan çalışmalar hem artık biomasları, hem kanalizasyon sularını hem de şehir çöplerini kapsamaktadır.

Gerek A.B.D., Almanya, İngiltere, Fransa ve Japonya gibi gelişmiş ülkelerde gerekse Çin, Hindistan, Filipin ve Cezayir gibi gelişmekte olan ülkelerde biogaza olan ilgi gün geçtikçe artmaktadır.

Amerika'da çok sayıda tesis halen faaliyet halindedir. Kaliforniya'daki 1300 kw kapasiteli küçük bir santralde elektrik enerjisi üretilmektedir.

Hindistan'da ise 35 bin adet biogaz tesisi vardır. Bu tesislerin çoğunluğunda reaktör değişken hacimlidir.

Ülkemizde ise çöp santralleri konusunda kaydadeğer tek çalışma Çukurova Üniversitesi'ne yaptırılan "Katı Atıkların Dönüşüm Mekanizmaları" konulu çalışmadan sonra ön sözleşmesi imzalanan Adana Çöp Santralidir.

Şehir çöplerinin sağlıklı bir şekilde yok edilmesini sağlayan çöp santralleri ile elektrik ve ısı üretimi ülkemizde özendirilmelidir. Belediyeler ve TEK'in işbirliği ile, en fazla nüfusa dolayısıyla en yüksek çöp üretimine sahip üç büyük

ilimizden başlanarak, çöpün elektrik enerjisi üretiminde değerlendirilmesi sağlanmalı gerekli etüd-proje çalışmaları yapılmalıdır.



VII. Diğer Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Denizlerdeki faydalanılabilir hidrolik enerji iki şekilde kendisini gösterir. Bunlardan birincisi, güneş ve ayın çekimi ile oluşan gel-git enerjisidir. Diğeri ise rüzgarların etkisi ile oluşan dalga enerjisidir (Ergin M., 1994)

Dalga enerjisi rüzgar enerjisi ve büyük su kütlelerinin yüzeye gelen güneş enerjisini absorbe etmesi ile oluşur. Bu açıdan dalga enerjisi rüzgar enerjisinin indirek bir formu sayılabilir. Dalga enerjisinden yararlanmak amacı ile yapılan sistemler kıyılara veya açık denizlere kurulabildikleri gibi deniz tabanına da tespit edilebilmektedir.

Çevresel sorun yaratmayan, tükenmez ve temiz bir enerji türü olan dalga enerjisi ile; H₂ üretimi, su pompası çalıştırılması, hava depolama, batarya şarjı gibi depolama işlemleri yapılarak bu enerji türünden kesintisiz yararlanılabilir. Enerji ihtiyacının fazla olduğu kış aylarında yoğun olması dalga enerjisinin avantajlarındanıdır.

Bu mekanik gücü toplamak ve elektriksel güce dönüştürmek için kullanılan birçok dönüştürücü sistem vardır. Bunlar; kıyısal rampa, şamandıra, kanat, hava çanı, dalga pompası, cockerel dubası ve şalter ördeği sistemleridir.

Ülkemizin, Ege, Akdeniz ve Karadeniz kıyılarında yapılan ölçümler sonucu deniz-dalga enerjisi teknik potansiyelimiz 50TWh/yıl olarak bulunmuştur. Kullanılabilir kıyı uzunluğumuzun 2600 km. sinin toplam brüt dalga gücü potansiyeli 28 GW'dır (Marmara Denizi hariç). Güvenilir enerji üretimi ise

9 TWh/yıl'dır (Taşdemiroğlu E.).Ülkemiz önemli bir dalga enerjisi potansiyeline sahiptir.

Türkiye'nin batı Akdeniz kıyıları, metre kıyı uzunluğu başına 129 MWsa/yıl değeri ile en yüksek enerji potansiyeline sahiptir.Onu Ege kıyıları izlemektedir (Ergin M.,1994).

7. Beş Yıllık Kalkınma Planı Genel Enerji Özel Komisyonu Raporunda, deniz-dalga enerjisinin kullanımı için herhangi bir hedef belirlenmemişse de, dalga enerjisi konvertörleri ile oluşturulacak santrallerin fizibilite çalışmalarının ele alınması istenmiştir.

Gel-git enerjisi ile çalıştırılan santrallerde, gel-git olayının olduğu koyalara baraj konulur ve gel-gitden dolayı oluşan iki taraflı akıntı, barajda çift yönlü çalışan özel su türbinlerini çevirmektedir.

Türkiye'nin okyanuslara kıyısı olmadığından önemli bir gel-git potansiyeli bulunması mümkün değildir.Üç tarafımızı çeviren denizlerimizde de gel-git olayına belirgin olarak rastlanmamaktadır.Ülkemizde gel-git enerjisi konusunda önemli bir çalışma yapılmamıştır.

VIII.SONUÇLAR

- Ülkemizde güneş enerjisi uygulamalarından öncelikle ucuz ve karmaşık teknoloji gerektirmeyen sıcak su üretimi başta olmak üzere sera ve konut ısıtmanın yaygınlaştırılmasına çalışılmalıdır.Özellikle Ege, Akdeniz Bölgelerinde sıcak su üretimi desteklenmelidir.

Kullanım alanları gün geçtikçe artan güneş enerjisinden elektrik üretiminde ve diğer alanlarda faydalanmak için Ar-Ge çalışmaları yapılmalı.

-Ülkemizde öncelikle gerçekçi bir rüzgar atlası hazırlanmalıdır.Elektrik şebekesinin ulaşamadığı yerlerde,küçük yerleşim birimlerinde elektrik üretiminde rüzgar enerjisinden yararlanılmalıdır.Belirlenecek uygun yerlere rüzgar çiftlikleri kurulmalıdır.

Uygun kırsal bölgelerde, sulama pompaları v.b. elektrik dışı rüzgar enerjisi uygulamalarına gidilmeli, prototip rüzgar santralleri tesis edilmelidir.

Gece yoğun olan rüzgar enerjisi ve gündüz yoğunlaşan güneş enerjisi ile hibrid sistemler kurulmalıdır.

-Deprem kuşağında olan ülkemiz jeotermal açıdan büyük bir potansiyele sahiptir.Jeotermal akışkanların bulunduğu yörelerde bu enerji kaynağı ile konutların ısıtılması yaygınlaştırılmalıdır.Jeotermal enerjinin sağlık turizmine katkısının da önemli olduğu gözönüne alınmalı ve kimyasal madde üretimi ve endüstride diğer uygulama alanları geliştirilmelidir.

Sadece Denizli-Kızıldere'de bulunan jeotermal enerji santrali, Aydın-Germencik, Çanakkale-Tuzla ve Aydın-Salavat-

lı gibi elektrik üretimine uygun yörelerde de tesis edilmedi-
dir.

-Dünyada hidrolik enerji potansiyelinin ekonomik olarak %70'inden yararlanılabilirken Türkiye'de düzensiz akarsu rejimleri yüzünden bu oran %50'ye düşmektedir. Ülkemizde şu anda bu potansiyelin yaklaşık %20'sinden yararlanılmaktadır. Hidrolik enerji potansiyelimizden daha fazla yararlanabilmek için ıslah çalışmaları gibi akarsu rejimlerini düzenleyici tedbirler alınmalıdır.

Hidrolik enerji potansiyelimizi daha fazla kullanabilmek için ülkemizde yoğun olarak bulunan küçük çay ve derelerin üzerlerine küçük hidroelektrik santraller kurulmalıdır.

-Ekonomisi tarıma dayalı olan ülkemizde biokütle enerjisinin önemi açıktır. Hayvan artıklarının en verimsiz değerlendirilmesi olan tezek kırsal kesimde yakacak ihtiyacını karşılamak için kullanılmaktadır. Ülkemiz için tezeğin bir alternatifi olarak biogaz önerilebilir.

Odun ve tezek kullanımına dayalı klasik biomas enerji teknolojisi yerine modern biomas enerji teknolojisine yönelmeli ve biomas üretimi için tarımsal enerji yetiştiriciliğine gidilmelidir.

Üç büyük kentimizden başlamak üzere çöp santralleri kurularak hem çöpler sağlıklı bir şekilde yok edilip hem de elektrik ve ısı üretimi sağlanabilir.

Ülkemiz için uygun olan biogaz tesisleri kurularak elde edilen biogaz; ev aletlerinde ısıtma, aydınlatma ve benzeri işlerde kullanılabilir.

Biomastan alternatif yakıt olarak yararlanmak için ülkemizde yaygın olarak yetişen bitkileri yakıt üretiminde kullanabilmek amacı ile çalışmalar yapılmalıdır.

-Türkiye artık yenilebilir enerji kaynaklarına gereken önemi vermeli ve geniş uygulama alanları olan bu enerjilerden mümkün olduğunca yararlanma yoluna gidilmelidir.

-Yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili olarak, devlet yapılan araştırma ve çalışmaları desteklemeli, bu kaynakların kullanımını arttırmak için teşvik tedbirleri uygulamalıdır.

Ekonomimizi dışa bağımlı kılan fosil yakıtların kullanımına sınır getirilmeli ve olabildiğince yerli kaynaklardan faydalanılmalıdır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılarak yapılacak uygulamalarda müteğabbislere devlet tarafından finansal teşviklerde bulunulmalıdır.

KAYNAKLAR

- 1-Akkoyunlu A., 1994, Enerji üretiminden kaynaklanan çevre sorunları, Türkiye 6. Enerji Kongresi Teknik Oturum Tebliğleri 2, İzmir: 212-223.
- 2-Alıcılar A., Gürü M., 1994, Enerji Politikamız, Türkiye 6. Enerji Kongresi Teknik Oturum Tebliğleri 4, İzmir :10-24.
- 3-Alıbağ K., Baycık H., 1987, Güneş Enerjisi ve Güneş Enerjisinden Yararlanma Olanakları, Mühendis ve Makina, 29,
- 4-Apaydın C.O., 1994, Türkiye Enerji Kongrelerinde Ortaya Çıkan Sonuç ve Önerilerle İlgili Gelişmeler, Türkiye 6. Enerji Kongresi T.O.Tebliğleri 6, İzmir: 81-96.
- 5-Atagündüz G., 1994, Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Verimli Kullanılabilmesi İçin Yerel ve Merkezi Politikalar, Türkiye 6. Enerji Kongresi T.O.Tebliğleri 4, İzmir: 152-167.
- 6-Aybars N., Enerji Maliyeti Ders Notları.
- 8-Aytaçoğlu M., 1988, Solar Assisted Biogaz Plant, International Mediterranean Congress on Solar and Other New-Renewable Energy Resources, Antalya, 703-718.
- 9-Babadagli T., Alkan H., 1994, Türkiye'deki Potansiyel Jeotermal ve Rüzgar Enerjisinin Bölgesel Kullanım Olanaklarının İncelenmesi, Türkiye 6. En. Kongresi T.O.Tebliğleri 1, İzmir: 182-197.
- 10-Bilgin F., 1989, Türkiye'nin Enerji Kaynakları, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- 12-Can M., Kırbıyık M., Yamankaradeniz R., 1994, Fosil ve Nükleer Yakıtlı Bileşik Isı-Güç Sist. En. Ekonomisi ve Çevre Kirliliği Açısından İncelenmesi, Türkiye 6. Enerji Kongresi T.O.Tebliğleri 2, İzmir: 238-253.
- 13-Çöten A., 1989, Rüzgar Enerjisi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- 14-Dağsöz A.K., Temmuz 1993, Güneş En.den Yararlanılarak Binaların Isıtılması, Tesisat Mühendisliği, İstanbul: 58-63.
- 15-Enerji İstatistikleri, 1994, Türkiye 6. Enerji Kongresi, İzmir.
- 16-Eralp Ö., Arıkoğlu M., Özdoğan S., 1993, En. Kaynaklarının Mukayeseli Değerlendirilmesi, Tesisat Mühendisliği Dergisi, İstanbul: 24-29.
- 17-Ergin M., 1994, Dalga Enerjisinden Faydalanma, 21. Yüzyılda Tüm Yönleriyle Enerji, İstanbul: 399-409.
- 18-Erişen B., 1994, Jeotermal Kaynakların Elektrik Dışı Kullanımında Gelişmeler ve Jeo. En. Yasası Gereksinimi Üzerine Düşünceler, Türkiye 6. Enerji Kongresi T.O. Tebliğleri 2, İzmir: 271-287.
- 19-Erke H., Şenaylı N., 1986, Türkiye'nin Hidroenerji Kaynakları, Türkiye 4. Enerji Kongresi, İzmir: 77-85.
- 20-Eyice S., Külünk H., 1986, Yeni Enerji Kaynakları, İstanbul.
- 21-Eyice S., Külünk H., 1988, Biomas and Benefit Possibilities of it in Turkey, int. Mediterranean Congress on Solar and Other New-Renewable En. Resources, Antalya: 703-718.

- 22-Fırat Ü., 1993, H. elk. ve Termik Santrallerin En. Üretimi, Sulama, Enerji Maliyeti ve Çevre Bakımından incelenmesi Bitirme Tezi, İstanbul.
- 23-Gençyılmaz N., Varol G., 1994, Türkiye Elektrik Sisteminin Üretim, Yatırım ve Planlama Çalışması, Türkiye 6. En. Kongresi T.O. Tebliğleri 2, İzmir: 175-190.
- 24-Güleryüz S., 1986, Güneş Enerjisi, Y. Lisans Tezi, İst.
- 25-Güney İ., Terzi Ü.K., 1994, Rüzgar Enerjisi Teknolojileri ve Kullanımının Türkiye'deki Gelişimi, Türkiye 6. En. Kongresi T.O. Tebliğleri 1, İzmir: 382-394.
- 26-Güneş Enerjisi, Shell Bilgi Servisi.
- 27-Jeotermal Enerji, Shell Bilgi Servisi.
- 28-Jeotermal Enerji, 1993, M.T.A. Genel Müdürlüğü, Ankara
- 29-Karadeli S., 1994, Türkiye'de Rüzgar Enerjisi Potansiyeli, 21. Y.Y.'da Tüm Yönleriyle Enerji, İstanbul: 389-399.
- 30-Karaman T., 1987, Türkiye'de Elektrik Enerjisi Sorunu, İstanbul.
- 31-Keskin T., 1994, En. Verimliliğinin Genel En. ihtiyacımız ve Çevre Kirliliği Üzerine Etkileri, 21. Y.Y'da Tüm Yönleriyle Enerji, İstanbul: 914-922.
- 32-Kılıç A., Güneş En. ve Uygulamaları, Temmuz 1993, Te-sisat Mühendisliği, İstanbul: 6-14.
- 33-Kılıç A., Öztürk A., 1981, Türkiye'de Gün. En. Potansiyeli, 6. Tarımsal Mekanizasyon Semineri, İst.
- 34-Koçak A., 1994, Türkiye 6. En. Kong. T.O. Tebliğleri 1 Türkiye'de Jeotermal En. Potansiyeli ve Kullanımı, İzmir: 69-83.
- 35-Külünk H., 1993, Wind Energy Potential in Turkey, Applied Energy 45, Britain: 181-190.
- 36-Mertoğlu M., Mertoğlu O., Başarır N., 1994, Jeotermalin Geçmişte ve Gelecekte Türkiye'deki Önemi ve Uygulamaları Türkiye 6. Enerji Kongresi T.O. Tebliğleri 1, İzmir: 131-145.
- 37-Mertoğlu O., Mertoğlu M., Başarır N., 1994, Yenilenebilir Bir Enerji Kaynağı Olan Jeotermalin Verimliliği ve Çevre ile Olan ilişkisi, 21. Y.Y.'da Tüm Yönleriyle Enerji, İstanbul: 28-30.
- 38-Önal S., Şenocak G., 1994, Yeni ve Yenilenebilir En. Kaynaklarının Türkiye Elk. En. Politikalarındaki Yeri, Türkiye 6. En. Kongresi T.O. Tebliğleri 4, İzmir: 10-24.
- 39-Öngün K., 1986, Türkiye'nin Hidroenerji Kaynakları, 4. Enerji Kongresi, İzmir: 63-71.
- 40-Özdemir A.Y., 1994, Konvansiyonel ve Alternatif En. Kaynakları Açısından Dünyanın Geleceği, 21. Y.Y.'da Tüm Yönleriyle Enerji, İst: 435-448.
- 41-Parlaktuna M., 1986, Düşük Sıcaklıklı Jeotermal Kaynakların Kullanım Alanları, 4. Enerji Kongresi, İzmir: 161-169
- 42-Sergen Ü., Alkan H., Gülgör A., Salman A., 1994, Türkiye'deki Yüksek Entalpili Jeotermal Sahaların Genel Değerlendirilmesi, Türkiye 6. Enerji Kongresi T.O. Tebliğleri 1 İzmir: 238-250.

43-Söğüt Z., 1986, Hidrolik Türbinlerde Kullanılan Hız-Ayar Elemanlarının Optimum Kullanım Şartlarının Araştırılması, İstanbul.

44-Şenocak G., 1994, III. Petrol Krizi Sürecinde Dünyada ve Türkiye'de Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Elk. En. Üretimine Yönelik Gelişmeler, 21. Y.Y.'da Tüm Yönleriyle En., İstanbul: 212-223.

45-Şimşek Ş., 1988, Importance of Geothermal Energy in Turkey, International Medit. Congress on Solar and Other New-Renewable En. Resources, Antalya: 623-636.

46-Şimşek Ş., Demir A., 1990, Türkiye'de Jeotermal Enerjinin Elk. Dağı Kullanım Potansiyeli, 5. Enerji Kongresi, İzmir: 191-205.

47-Tan M., 1994, Ankara Yenilenebilir Enerji Programı, 21. Y.Y.'da Tüm Yönleriyle Enerji, İstanbul: 684-692.

48-Taşdemiroğlu E., 1987, Wind Energy Assesment in Turkey Energy Vol. 12, Great Britain: 1-9.

49-Taşdemiroğlu E., 1988, Hydroelectric Power Potential and it's Use in Turkey, Energy Vol.13., Britain: 549-556.

50-Taşdemiroğlu E., 1988, Geothermal Energy Potential and Utilization in Turkey, Energy Vol.13, Britain: 245-251.

51-Taşdemiroğlu E., 1988, Sustainability of Fossil Fuels and Alternative Energies for Turkey, Energy Vol.13, Britain: 761-765

52-Taşdemiroğlu E., 1990, Solar Energy R&D, Technology and Economics in Turkey, Energy Vol.15, Britain: 67-72.

53-Taşdemiroğlu E., Awad M., 1990, Technical and Economic Aspects of Solar Space Heating in Turkey, Energy Vol.15, G. Britain: 1035-1050.

54-Taşdemiroğlu E., Sever R., 1991, Maps for Average Bright Sunshine Hours in Turkey, Energy Convers. Mgmt Vol.31, Britain: 545-552.

55-Taşdemiroğlu E., 1991, Wave Power Potential Along the Coast of Turkey, Energy Vol. 16, Britain: 779-782.

56-Taşdemiroğlu E., 1993, Energy Portrait of Turkey, Energy Sources, Vol. 15, U.K.: 561-585.

57-Taşdemiroğlu E., 1993, Development of Small Hydropower in Turkey, Energy Vol. 18, G. Britain: 699-702.

58-Turfan M., Bozkuş Z., 1992, Hidropower Potential in Turkey, Water Power & Dam Construction December, 11-13.

59-Türe S., Özdoğan S., Saygın Ö., 1994, Blokütleden Enerji Üretimi, Türkiye 6. En. Kong. T.O. Tebliğleri 1, İzmir: 486-494.

60-Türksoy F., 1994, Rüzgar Enerjisi, Dünyadaki Yeri ve Türkiye için Önemi, Türkiye 6. Enerji Kongresi T.O. Tebliğleri 1, İzmir: 433-445.

61-Ural G., 1994, Rüzgar En.nin Dünyadaki ve Türkiye'deki Durumu, Türkiye 6. En. Kongresi T.O. Tebliğleri 1, İzmir: 366-382.

62-Uyar T.S., 1994, Türkiye'de ve Dünyada Rüzgar Enerjisinden Elektrik Üretimine İlişkin Gelişmeler, Elektrik Enerjisi ve Teknolojileri Sempozyumu, İstanbul.

63-Öltanır M.O., 1994, Türkiye'nin Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Planlanması, 21. Y.Y.'da Tüm Yönleriyle Enerji, İstanbul: 223-230.

64-Yıldırım E., 1993, Küçük H.cik. Santraller, İstanbul.

65-Yıldırım M., Akalın M., 1994, En. Üretimi ve Tüketiminde Çevre, 21. Y.Y.'da Tüm Yönleriyle Enerji, İstanbul: 942-955.

66-Yılmaz O., 1994, H.cik. En.nin Çevresel Açidan Diğer Enerji Sistemleri ile Karşılaştırılması ve Olumsuz Etkilerinin Giderilmesi Yöntemleri, Türkiye 6. En. Kongresi T.O. Tebliği 2, İzmir: 346-360.

67-Yigit V., 1988, The Use of Geothermal Energy in Greenhouse Heating, Int. Medit. C. S.olar and New-Renewable En. Resources, Antalya: 623-636.



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Ayşegül YILMAZ

Doğum Yılı : 15 Kasım 1970

Doğum Yeri : İstanbul

Tabiiyeti : T.C.

ÖĞRENİM DURUMU

İlkokul : Fikret Yüzatlı İlkokulu

Ortaokul : Bahçelievler Lisesi

Lise : Bahçelievler Lisesi

Üniversite : Yıldız Üniversitesi 1992