

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**DÜNYA, AVRUPA BİRLİĞİ ve TÜRKİYE’NİN TOPLAM ELEKTRİK ve
HİDROELEKTRİK ENERJİ ÜRETİM PROJEKSİYONU**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Adem AKPINAR

ŞUBAT 2007

TRABZON

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**DÜNYA, AVRUPA BİRLİĞİ ve TÜRKİYE’NİN TOPLAM ELEKTRİK ve
HİDROELEKTRİK ENERJİ ÜRETİM PROJEKSİYONU**

İnş. Müh. Adem AKPINAR

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
“İnşaat Yüksek Mühendisi”
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 15.01.2007

Tezin Savunma Tarihi : 02.02.2007

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Hızır ÖNSOY

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Kamil KAYGUSUZ

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Ömer YÜKSEK

Enstitü Müdürü : Prof. Dr. Emin Zeki BAŞKENT

Trabzon 2007

ÖNSÖZ

Türkiye’de, Avrupa Birliği’nde ve dünyada mevcut enerji kaynaklarının incelenmesini ve hem Türkiye ve Avrupa Birliği hem de dünyanın toplam elektrik ve hidroelektrik enerji üretim tahminini konu alan bu çalışma; Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Hidrolik Ana Bilim Dalı’nda hazırlanmıştır.

Yüksek lisans tez danışmanlığımı üstlenerek konu seçimi ve tezimin yürütülmesinde yardımlarını esirgemeyen Sayın Hocam Prof. Dr. Hızır ÖNSOY’a teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

Yapıcı eleştirilerinden yararlandığım Sayın Hocam Prof. Dr. Ömer YÜKSEK’e, tez çalışmam sırasında bilgisinden ve tavsiyelerinden yararlandığım Sayın Hocam Prof. Dr. Kamil KAYGUSUZ’a teşekkür ederim.

Lisans döneminden itibaren her konudaki tavsiyelerini benden esirgemeyen ve her zaman hayatımda çok farklı bir yere sahip olacak olan Sayın Hocam Yrd. Doç. Dr. Murat İhsan KÖMÜRCÜ’ye şükranlarımı sunarım.

Tez esnasındaki yardımlarından dolayı Sayın Hocam Arş. Gör. Enver AKARYALI’ya ve Arş. Gör. Murat KANKAL’a, tez aşamasında kaynak temininde yardımlarını esirgemeyen İnş. Yük. Müh. Mustafa Haluk FİLİZ’e ve İnş. Yük. Müh. Mustafa YILDIZ’a teşekkürü bir borç bilirim.

Tezin hazırlanmasında manevi desteklerini esirgemeyen Hidrolik Laboratuvarı teknisyenleri Yüksel HARDAL ve Osman ŞAHİN’e teşekkür ederim.

Tüm hayatım boyunca hep yanımda olan, bana güven ve sevgi veren, maddi ve manevi desteklerini her zaman hissettiren, bütün zorluklara katlanarak yetişmemde emeği geçen başta annem ve babam olmak üzere tüm aileme ve bugünlere gelmemde emeği geçen tüm hocalarıma minnet ve şükranlarımı sunarım.

Adem AKPINAR

Trabzon 2007

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET.....	VII
SUMMARY.....	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IX
TABLolar DİZİNİ.....	XI
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XIV
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı.....	2
1.3. Literatür Çalışması.....	3
1.4. Enerji Kaynakları.....	7
1.4.1. Petrol.....	7
1.4.1.1. Dünyanın Petrol Rezervleri.....	7
1.4.1.2. Türkiye'nin Petrol Rezervleri.....	8
1.4.1.3. Dünyanın Petrol Üretim-Tüketim Dengesi.....	9
1.4.1.4. Türkiye'nin Petrol Üretim-Tüketim Dengesi.....	10
1.4.2. Doğal Gaz.....	11
1.4.2.1. Dünyanın Doğal Gaz Rezervleri.....	11
1.4.2.2. Türkiye'nin Doğal Gaz Rezervleri.....	12
1.4.2.3. Dünyanın Doğal Gaz Üretim-Tüketim Dengesi.....	13
1.4.2.4. Türkiye'nin Doğal Gaz Üretim-Tüketim Dengesi.....	14
1.4.3. Kömür.....	15
1.4.3.1. Dünyanın Kömür Rezervleri.....	16
1.4.3.2. Türkiye'nin Kömür Rezervleri.....	17
1.4.3.3. Dünyanın Kömür Üretim-Tüketim Dengesi.....	19
1.4.3.4. Türkiye'nin Kömür Üretim-Tüketim Dengesi.....	20
1.4.4. Nükleer Enerji.....	22

1.4.4.1.	Dünyanın Nükleer Enerji Potansiyeli.....	23
1.4.4.2.	Türkiye'nin Nükleer Enerji Potansiyeli.....	23
1.4.4.3.	Dünyada ve Türkiye'de Nükleer Enerjinin Gelişimi.....	24
1.4.5.	Jeotermal Enerji.....	26
1.4.5.1.	Dünyanın Jeotermal Enerji Potansiyeli.....	26
1.4.5.2.	Türkiye'nin Jeotermal Enerji Potansiyeli.....	27
1.4.5.3.	Dünyada ve Türkiye'de Jeotermal Enerjinin Gelişimi.....	28
1.4.6.	Biokütle Enerjisi.....	30
1.4.6.1.	Dünyanın Biokütle Enerjisi Potansiyeli.....	30
1.4.6.2.	Türkiye'nin Biokütle Enerjisi Potansiyeli.....	31
1.4.6.3.	Dünyada ve Türkiye'de Biokütle Enerjisinin Durumu.....	32
1.4.7.	Güneş Enerjisi.....	33
1.4.7.1.	Dünyanın ve Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli.....	34
1.4.7.2.	Dünyada Güneş Enerjisinin Durumu.....	35
1.4.7.3.	Türkiye'de Güneş Enerjisinin Durumu.....	36
1.4.8.	Rüzgâr Enerjisi.....	37
1.4.8.1.	Dünyanın ve Türkiye'nin Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli.....	37
1.4.8.3.	Dünyada Rüzgâr Enerjisinin Mevcut Durumu.....	38
1.4.8.4.	Türkiye'de Rüzgâr Enerjisinin Mevcut Durumu.....	39
1.4.9.	Hidrojen Enerjisi.....	40
1.4.10.	Akıntı Enerjisi.....	41
1.4.11.	Gelgit Enerjisi.....	41
1.4.12.	Dalga Enerjisi.....	42
1.4.13.	Hidroelektrik Enerji.....	42
1.4.13.1.	Dünyanın Hidroelektrik Enerji Potansiyeli.....	43
1.4.13.2.	Türkiye'de Hidroelektrik Enerjinin Tarihsel Gelişimi.....	44
1.4.13.3.	Türkiye'nin Su Kaynakları ve Hidroelektrik Enerji Potansiyeli.....	47
1.4.13.4.	Türkiye'de Küçük Hidroelektrik Santral (HES) Durumu.....	49
1.4.13.5.	Dünyada ve Türkiye'de Hidroelektrik Enerji Tüketimi.....	50
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	52
2.1.	Geleceğe Yönelik Tahminlerde Kullanılan Fonksiyonlar.....	52
2.2.	Dünyanın Toplam Elektrik ve Hidroelektrik Enerji Üretiminin Mevcut Durumu ve Projeksiyonu.....	54

2.2.1.	Mevcut Durum.....	54
2.2.2.	Toplam Elektrik Enerjisi Üretim Projeksiyonu.....	55
2.2.3.	Hidroelektrik Enerji Üretim Projeksiyonu.....	58
2.3.	Türkiye'nin Toplam Elektrik Enerjisi ve Hidroelektrik Enerji Üretiminin Mevcut Durumu ve Projeksiyonu.....	59
2.3.1.	Mevcut Durum.....	59
2.3.2.	Toplam Elektrik Enerjisi Üretim Projeksiyonu.....	61
2.3.3.	Hidroelektrik Enerji Üretim Projeksiyonu.....	63
2.4.	Avrupa Birliği'nin Toplam Elektrik Enerjisi ve Hidroelektrik Enerji Üretiminin Mevcut Durumu ve Projeksiyonu.....	65
2.4.1.	Mevcut Durum.....	65
2.4.2.	Toplam Elektrik Enerjisi Üretim Projeksiyonu.....	66
2.4.3.	Hidroelektrik Enerji Üretim Projeksiyonu.....	68
3.	BULGULAR.....	71
3.1.	Dünya İçin Yapılan Projeksiyondan Elde Edilen Bulgular.....	71
3.1.1.	Toplam Elektrik Enerjisi Üretimi.....	71
3.1.2.	Hidroelektrik Enerji Üretimi.....	72
3.2.	Türkiye İçin Yapılan Projeksiyondan Elde Edilen Bulgular.....	73
3.2.1.	Toplam Elektrik Enerjisi Üretimi.....	73
3.2.2.	Hidroelektrik Enerji Üretimi.....	74
3.3.	Avrupa Birliği İçin Yapılan Projeksiyondan Elde Edilen Bulgular.....	75
3.3.1.	Toplam Elektrik Enerjisi Üretimi.....	75
3.3.2.	Hidroelektrik Enerji Üretimi.....	76
4.	İRDELEME.....	78
4.1.	Dünya, Avrupa Birliği ve Türkiye'nin Hidroelektrik Enerji Üretimlerinin Elektrik Enerji Üretimleri İçerisindeki Yerlerinin İrdelenmesi.....	78
4.2.	Türkiye'nin ve Avrupa Birliği'nin Elektrik ve Hidroelektrik Enerji Üretimlerinin Dünyadaki Yerlerinin İrdelenmesi.....	80
4.3.	Türkiye'nin Hidroelektrik Enerji Potansiyelinin Gelecekteki Üretimini Karşılama Durumunun İrdelenmesi.....	82
5.	SONUÇLAR.....	84
6.	ÖNERİLER.....	86

7.	KAYNAKLAR.....	87
	ÖZGEÇMİŞ	

ÖZET

Türkiye ve dünyada; nüfus artışı, sanayileşme, teknolojik, sosyal ve ekonomik gelişmeler sebebiyle enerji talebi hızla artmaktadır. Artan bu talebi karşılamada, su potansiyeline sahip olan ülkeler ve Türkiye, temiz ve yenilenebilir enerji kaynağı olan hidroelektrik enerji üretimine büyük önem vermekte ve potansiyellerinden maksimum ölçüde yararlanmak istemektedirler.

Bu çalışmada enerji kaynaklarının Dünya, Avrupa Birliği ve Türkiye'deki durumu incelenmiş; dünya ve Avrupa Birliği için 1980-2004 yılları arasındaki, Türkiye için ise 1970-2004 yılları arasındaki veriler kullanılarak yapılan projeksiyon ile toplam elektrik ve hidroelektrik enerji üretimlerinin gelecekteki değerleri tahmin edilmiştir.

Çalışma yedi bölümden oluşmaktadır. Çalışmanın birinci bölümünde; dünya ve Türkiye'de fosil ve yenilenebilir enerji kaynaklarının potansiyelleri ve üretim-tüketim durumları incelenmiştir. İkinci bölümde; dünya, Avrupa Birliği ve Türkiye için toplam elektrik ve hidroelektrik enerji üretim projeksiyonları gerçekleştirilmiştir. Üçüncü bölümde; projeksiyonlardan elde edilen bulgular ve bu bulguların eğilimleri verilmiştir. Dördüncü bölümde; dünya, Avrupa Birliği ve Türkiye için hidroelektrik enerji üretimlerinin toplam elektrik enerji üretimleri içerisindeki payları belirlenmiş ve değerlendirilmiştir. Ayrıca bu bölümde, Avrupa Birliği ve Türkiye'nin toplam elektrik ve hidroelektrik enerji üretimlerinin dünya üretimlerindeki payları irdelenmiş ve Türkiye'nin hidroelektrik enerji potansiyelinin gelecekteki üretimini karşılama durumu incelenmiştir. Beşinci bölümde çalışmadan elde edilen sonuçlar verilmiştir. Altıncı bölümde öneriler, yedinci bölümde ise kaynaklar sunulmuştur.

Çalışmada, Dünya, Avrupa Birliği ve Türkiye'nin toplam elektrik ve hidroelektrik enerji üretimlerinin artacağı, ancak hidroelektrik enerji üretimlerinin toplam elektrik enerji üretimleri içindeki paylarının azalacağı sonucuna varılmıştır. Bunun yanında, Türkiye'nin hidroelektrik enerji üretiminin toplam enerji içindeki payının, dünya ve Avrupa Birliği'ne göre daha önemli olacağı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Enerji Kaynakları, Hidroelektrik Enerji, Elektrik Enerjisi, Üretim Projeksiyonu

SUMMARY

Projections of Total Electricity and Hydropower Energy Production for the World, European Union and Turkey

Energy demand has quickly increased in Turkey and World because of growing of the population, industrialization, technological, social and economical developments. To meet this increasing demand, Turkey and the other countries, which have water potential, give important into generation of hydroelectric energy, as a clean and renewable energy source.

In this study, status of energy resources in the world, European Union, and Turkey is analyzed; production of total electricity and hydroelectric energy are predicted by using the data from 1970 to 2004 for Turkey and from 1980 to 2004 for world and European Union.

The study comprises seven chapters. In the first chapter, potential and status of production and consumption of fossil and renewable energy resources in the world and Turkey are analyzed. In the second chapter, projections of total electricity energy and hydroelectric energy generation for the world, European Union, and Turkey are carried out. In the third chapter, the results obtained from projections and trends of these results are given. In the fourth chapter, the ratios of hydroelectric energy generation for the world, European Union, and Turkey within the total electricity energy generation is determined. In this chapter, probable meeting capacity of Turkey's hydroelectric potential of its future total demand is also studied. In the fifth chapter, conclusions of this study are given. In the sixth and seventh chapters, recommendations and literatures are presented.

In this study, it is concluded that total electricity and hydroelectric energy productions for the world, European Union, and Turkey will increase, but ratio of hydroelectric energy production within total electricity energy generation will decrease. It is also determined that, the ratio of hydroelectric production to total electric energy in Turkey will be larger than that of World and European Union.

Key Words: Energy Resources, Hydroelectric Energy, Electricity, Projection of Generation

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1. Dünyanın petrol rezervinin bölgelere dağılımı.....	8
Şekil 1.2. Dünyanın petrol tüketim ve üretiminin yıllar itibariyle değişimi.....	10
Şekil 1.3. Türkiye'nin ham petrol üretim – tüketim dengesi.....	11
Şekil 1.4. Dünyanın kanıtlanmış doğal gaz rezervinin kıtalara dağılımı.....	12
Şekil 1.5. Dünya doğal gaz üretim-tüketim dengesi.....	14
Şekil 1.6. Türkiye'nin doğal gaz üretim-tüketim dengesi.....	15
Şekil 1.7. Organik olgunluğuna göre kömür tipleri.....	16
Şekil 1.8. Dünya kömür üretim-tüketim dengesi.....	20
Şekil 1.9. Türkiye taş kömürü üretim-tüketim dengesi.....	21
Şekil 1.10. Türkiye linyit üretim-tüketim dengesi.....	21
Şekil 1.11. Türkiye asfaltit üretim-tüketim dengesi.....	22
Şekil 1.12. Türkiye'nin nükleer hammadde kaynakları.....	24
Şekil 1.13. Dünyanın jeotermal enerji kurulu gücünün gelişimi.....	29
Şekil 1.14. Türkiye'nin hedeflenmiş biokütle enerji üretimi.....	33
Şekil 1.15. Dünya'nın ve bazı bölgelerin fotovoltaik üretiminin gelişimi.....	35
Şekil 1.16. Türkiye'de yıllara göre güneş enerjisi üretimi.....	36
Şekil 1.17. Kıtalarla göre dünyanın rüzgâr enerjisi potansiyeli.....	37
Şekil 1.18. Türkiye'de hidroelektrik enerjinin gelişimi.....	46
Şekil 1.19. Kıtalarla göre dünyanın 2004 yılı hidroelektrik enerji tüketimi.....	51
Şekil 2.1. Dünyanın toplam elektrik enerjisi üretimi kübik model grafiği.....	57
Şekil 2.2. Dünyanın hidroelektrik enerji üretimi lineer model grafiği.....	59
Şekil 2.3. Türkiye'nin toplam elektrik enerjisi ve hidroelektrik enerji üretim grafiği.....	61
Şekil 2.4. Türkiye'nin toplam elektrik enerjisi üretimi kuadratik model grafiği....	63
Şekil 2.5. Türkiye'nin hidroelektrik enerji üretimi üs model grafiği.....	65
Şekil 2.6. Avrupa Birliği'nin toplam elektrik enerji üretimi lineer model grafiği...	68
Şekil 2.7. Avrupa Birliği'nin hidroelektrik enerji üretimi lineer model grafiği.....	70
Şekil 3.1. Dünya toplam elektrik enerji üretimi projeksiyon süreci.....	72

Şekil 3.2.	Dünyanın hidroelektrik enerji üretimi projeksiyon süreci.....	73
Şekil 3.3.	Türkiye'nin toplam elektrik enerji üretimi projeksiyon süreci.....	74
Şekil 3.4.	Türkiye'nin hidroelektrik enerji üretimi projeksiyon süreci.....	75
Şekil 3.5.	Avrupa Birliği'nin toplam elektrik enerji üretimi projeksiyon süreci.....	76
Şekil 3.6.	Avrupa Birliği'nin hidroelektrik enerji üretimi projeksiyon süreci.....	77
Şekil 4.1.	Dünyanın toplam elektrik ve hidroelektrik enerji üretim durumu.....	78
Şekil 4.2.	Avrupa Birliği'nin toplam elektrik ve hidroelektrik enerji üretim durumu.....	79
Şekil 4.3.	Türkiye'nin toplam elektrik ve hidroelektrik enerji üretim durumu.....	80
Şekil 4.4.	Türkiye'de, Avrupa Birliği'nde ve dünyada toplam elektrik enerjisi üretim durumu.....	81
Şekil 4.5.	Türkiye'de ve Avrupa Birliği'nde dünyaya göre hidroelektrik enerji üretim durumları.....	82
Şekil 4.6.	Türkiye'nin hidroelektrik enerji potansiyelinin üretimi karşılama durumları.....	83

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1.1. 2003 yılı sonu itibariyle Türkiye'deki ham petrol rezervleri.....	9
Tablo 1.2. 2004 yılı itibariyle dünyanın petrol üretim ve tüketiminin bölgelere dağılımı.....	9
Tablo 1.3. 2003 yılı sonu itibari ile m ³ cinsinden Türkiye'deki doğal gaz rezervleri	13
Tablo 1.4. 2004 yılında bölgelerin doğal gaz üretim-tüketim dengesi (milyar m ³)..	14
Tablo 1.5. Kömür rezervlerinin bölgelere göre dağılımı (2004 yılı)	17
Tablo 1.6. Türkiye'nin taşkömürü rezervleri.....	18
Tablo 1.7. Türkiye'nin linyit rezervleri.....	18
Tablo 1.8. Türkiye'nin asfaltit rezervleri.....	19
Tablo 1.9. 2004 yılında bölgelerin kömür üretim-tüketim dengesi.....	20
Tablo 1.10. Dünya uranyum kaynakları (TonU).....	23
Tablo 1.11. Dünyada nükleer reaktörlerin ve enerji kurulu gücünün mevcut durumu.....	25
Tablo 1.12. Dünyada 2003 yılı itibari ile nükleer enerji durumu.....	25
Tablo 1.13. Referanslara göre dünyanın jeotermal potansiyeli.....	27
Tablo 1.14. Türkiye'nin jeotermal enerji potansiyeli.....	27
Tablo 1.15. Bölgelere göre kurulu jeotermal kapasite.....	28
Tablo 1.16. Türkiye'deki mevcut jeotermal kullanım kategorileri.....	29
Tablo 1.17. Dünyanın farklı bölgelerinde biokütle enerjisi potansiyeli (EJ).....	30
Tablo 1.18. Dünyanın 2003 yılına göre biokütle enerjisi üretimi.....	32
Tablo 1.19. Türkiye'nin aylık ortalama güneş enerjisi potansiyeli.....	35
Tablo 1.20. Türkiye'nin bölgelere göre rüzgâr potansiyeli.....	39
Tablo 1.21. Dünyanın rüzgâr enerjisi kurulu kapasitesi.....	39
Tablo 1.22. Türkiye'de kurulu rüzgâr enerji santralleri.....	40
Tablo 1.23. Dünyanın hidroelektrik enerji potansiyeli.....	43
Tablo 1.24. Türkiye'nin hidroelektrik enerji potansiyelinin Şubat 2006 itibariyle tasarım seviyesine göre dağılımı.....	47
Tablo 1.25. Türkiye'de 2004 yılında küçük HES'lerin durumu.....	49

Tablo 1.26.	Mevcut hidroelektrik santrallerin 2006 yılında kurulu kapasitelerine göre dağılımı	50
Tablo 1.27.	Dünyanın hidroelektrik enerji tüketimi.....	50
Tablo 2.1.	Analizlerde kullanılan fonksiyonlar.....	53
Tablo 2.2.	Dünyanın toplam elektrik enerjisi ve hidroelektrik enerji üretimi.....	54
Tablo 2.3.	Dünyanın toplam elektrik enerjisi üretiminin model özellikleri ve parametre tahminleri.....	55
Tablo 2.4.	Dünyanın toplam elektrik enerjisi üretimi tahmini için uygun görülen kübik modelin katsayıları.....	56
Tablo 2.5.	Dünyanın hidroelektrik enerji üretiminin model özellikleri ve parametre tahminleri.....	57
Tablo 2.6.	Dünyanın hidroelektrik enerji üretimi tahmini için uygun görülen modellerin katsayıları.....	58
Tablo 2.7.	Türkiye'nin toplam elektrik enerjisi ve hidroelektrik enerji üretimi.....	60
Tablo 2.8.	Türkiye'nin toplam elektrik enerjisi üretim tahmininin model özellikleri ve parametre tahminleri.....	62
Tablo 2.9.	Türkiye'nin toplam elektrik enerjisi üretimi tahmini için uygun görülen modellerin katsayıları.....	62
Tablo 2.10.	Türkiye'nin hidroelektrik enerji üretim tahmininin model özellikleri ve parametre tahminleri.....	64
Tablo 2.11.	Türkiye'nin hidroelektrik enerji üretimi tahmini için uygun görülen üs modelin katsayıları.....	64
Tablo 2.12.	Avrupa Birliği'nin toplam elektrik enerjisi ve hidroelektrik enerji üretimi.....	66
Tablo 2.13.	Avrupa Birliği'nin toplam elektrik enerji üretiminin model özellikleri ve parametre tahminleri.....	66
Tablo 2.14.	Avrupa Birliği'nin toplam elektrik enerji üretimi tahmini için uygun görülen modellerin katsayıları.....	67
Tablo 2.15.	Avrupa Birliği'nin hidroelektrik enerji üretim tahmininin model özellikleri ve parametre tahminleri.....	68
Tablo 2.16.	Avrupa Birliği'nin hidroelektrik enerji üretimi tahmini için uygun görülen kübik modelin katsayıları.....	69
Tablo 3.1.	Dünya toplam elektrik enerji üretimi projeksiyon bulguları (milyar kWh).....	71
Tablo 3.2.	Dünya hidroelektrik enerji üretimi projeksiyon bulguları (milyar kWh).....	72
Tablo 3.3.	Türkiye'nin toplam elektrik enerji üretimi projeksiyon bulguları (GWh).....	73

Tablo 3.4.	Türkiye'nin hidroelektrik enerji üretimi projeksiyon bulguları (GWh).....	74
Tablo 3.5.	Avrupa Birliği'nin toplam elektrik enerji üretimi projeksiyon bulguları (milyar kWh).....	75
Tablo 3.6.	Avrupa Birliği'nin hidroelektrik enerji üretimi projeksiyon bulguları (milyar kWh).....	76

SEMBOLLER DİZİNİ

Bin TEP	: Bin ton petrol eşdeğeri
BOTAŞ	: Boru Hatları ile Petrol Taşıma Anonim Şirketi
BP	: British Petroleum
b_0, b_1, b_2, b_3	: Denklem Katsayıları
ÇEAŞ	: Çukurova Elektrik Anonim Şirketi
DMİ	: Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü
DPT	: Devlet Planlama Teşkilatı
DSİ	: Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
EIA	: Energy Information Administration
EİE	: Elektrik İşleri Etüt İdaresi
EPDK	: Enerji Piyasası Değerlendirme Kurulu
ETKB	: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
F	: Varyans oran katsayısı
HES	: Hidroelektrik santral
IAEA	: International Atomic Energy Agency (Uluslararası Atom Enerjisi Kurumu)
MTA	: Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü
Mtep	: Milyon ton petrol eşdeğeri
OECD	: Organisation for Economic Co-operation and Development
OPEC	: Organization of the Petroleum Exporting Countries (Petrol İhracatçısı Ülkeler Teşkilatı)
PİGM	: Petrol İşleri Genel Müdürlüğü
R^2	: Belirlilik katsayısı
t	: Anlamlılık düzeyi katsayısı
TEİAŞ	: Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
TEK	: Türkiye Elektrik Kurumu
TPAO	: Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı
WECTNC	: World Energy Council –Turkish National Committee (Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi)
WWEA	: World Wind Energy Association

y : Bağımlı değişken
YİD : Yap-İşlet-Devret
 β_i : Regresyon denklemleri değişkeninin katsayısı
 ε : Sabit
x : Bağımsız değişken

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Enerji, 1970 öncesi dönemde bol ve ucuz olması nedeniyle ülke ekonomilerine büyük oranda girmiş, 70'li yıllarda gözlenen petrol şokları ekonomilerin ne denli enerjiye bağımlı olduklarını ortaya koymuş, giderek artan fiyatlar ise özellikle talebini ithalatla karşılamak zorunda olan ülkeler için, enerjiyi kritik bir hammadde konumuna sokmuştur (Altaş vd., 1994).

Elektrik enerjisi tüketimi ekonomik gelişmenin ve sosyal refahın en önemli göstergelerinden birisidir. Bir ülkede kişi başına düşen elektrik enerjisi üretimi ve/veya tüketimi o ülkedeki hayat standardını yansıtmaları bakımından büyük önem arz etmektedir (DSİ, 2004). Dünya ülkelerinde kalkınmanın temel girdisi olarak enerji sektörünün gelişmesine her geçen gün daha çok ihtiyaç duyulmaktadır. Dünya ekonomisi ve özellikle gelişmiş ekonomilerle bütünleşme çabası içerisinde olan Türkiye, bu sektörde çok yönlü olarak revizyon çabası içerisinde. Bilindiği üzere, geçmiş yıllarda enerji planlamaları, öngörülen hedeflerle çoğunlukla paralelliği yakalayamamış, enerji sektörü bütünüyle ülke ekonomisinde tahribatlara yol açmış, belirli dönemlerde yaşanan krizlerin ardından ekonomik gelişmeler önemli sayılabilecek boyutta tehlikeye düşmüştür. Enerji gerçeği bugün herkesin üzerinde fazlasıyla kafa yorduğu, çözümler üretmeye çalıştığı ve aynı zamanda da bütün hükümetlerin gündeminde ilk sıraları alan bir konudur. Artan fiyatlar, tükenmeye yüz tutmuş enerji kaynakları ve hala bilinçlenememiş tüketicilerden dolayı enerji konusu önemli bir problem oluşturmaktadır. Bu sorunlar, ekonomik ve çevresel açıdan olduğu kadar, küresel, sosyal ve kurumsal açıdan da ele alınmalıdır. Özellikle insanlar enerjinin bizzat kendisiyle değil enerjiden sağlanan ısıtma, soğutma, aydınlatma, hareket ve elektrikli aletlerin kullanımı gibi hizmetlerle ilgilenmektedir. Bu nedenle, tüm dikkat bu hizmetlerin gelecekte nasıl daha etkili ve verimli sağlanabileceği konusuna odaklanmalıdır. Böylece alışlagelen yöntemlerden farklı projeksiyonlarda yaratılabilir (Ergin, 2001).

Her türlü ekonomik faaliyetin temel girdisi olan elektrik enerjisinin kullanım alanının, günümüzde sürekli olarak gelişen teknolojiye bağlı olarak hızlı bir şekilde artması

neticesi enerji ve buna bağlı olarak elektrik enerjisi, sosyal hayatın kaçınılmaz bir unsuru haline gelmiştir. Ayrıca lke geneline yayılan enterkonnekte sistemin sağladığı güvenilirlik ve süreklilik yanında en küçük yerleşim birimine kadar uzanan dağıtım şebekesinin tüketiciye sağladığı kullanım kolaylığı, elektrik enerjisi tüketiminin toplam enerji tüketimi içindeki payının hızlı bir şekilde artmasına sebep olmaktadır (DSİ, 2004).

Elektrik enerjisi üretiminde tüm birincil enerji kaynakları kullanılabilir. Ülkemizde elektrik enerjisi termik ve hidrolik kaynaklardan elde edilmektedir. Özellikle son yıllarda hidrolik üretiminin toplam elektrik enerjisi üretimi içerisindeki önemi giderek artış eğilimli gerçekleşmiştir. 1950 yılında toplam elektrik enerjisi üretiminin %3.8'i hidrolik kaynaklardan sağlandığı halde, o yıldan sonra sürekli bir artış göstererek 2004 yılında %30.6 değerine kadar ulaşmıştır. Türkiye gibi birçok ülke, 1973 petrol krizi öncesine kadar elektrik enerjisi üretiminde kolay ve bol sağlanan enerji kaynağı olması sebebiyle petrolü tercih etmiştir. 1973 yılı itibariyle üretilen elektriğin %51'i petrolden karşılanmıştır. 1973 ve 1979 petrol krizleri elektrik enerjisi üretimindeki bu seçimin riskli bir yol olduğunu ortaya koyması linyit ve doğal gaz gibi enerji kaynaklarına yönelmeyi gerekli kılmıştır. 2000'li yıllara gelindiğinde ise petrol, doğal gaz, kömür ve linyitten elde edilen enerjinin çevreye karşı olumsuz etkileri nedeniyle yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarına doğru bir ilginin gerçekleşmesi söz konusudur. Günümüzde, Türkiye'de üretilen elektrik enerjisinin %41.3'ü doğal gazdan, %30.6'sı hidrolikten, %22.9'u kömür- linyitten, %5.1'i petrolden ve 0.1'i yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanmaktadır.

1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmanın amacı; dünya, Avrupa Birliği ve Türkiye'de hidroelektrik enerji üretim değerlerinin toplam elektrik enerjisi üretimi içerisindeki, Türkiye ve Avrupa Birliği'nin hidroelektrik enerji ve toplam elektrik enerjisi üretimlerinin dünya üretimleri içerisindeki durumlarının ve ayrıca Türkiye'nin hidroelektrik enerji üretiminin potansiyelini karşılama durumunun tespit edilmesidir.

Bu maksatla, Türkiye'de ve dünyada fosil yakıtlar olarak adlandırılan doğal gaz, petrol, kömür ve nükleer enerjinin, yenilenebilir enerji olarak sınıflandırılan rüzgar, güneş, biokütle, jeotermal, hidrolik, hidrojen, gel-git ve dalga enerjisinin mevcut durumları incelenmiştir. Türkiye için toplam elektrik ve hidroelektrik enerji üretiminin durumu

1970-2004 yılları arasındaki, dünya ve Avrupa Birliği için toplam elektrik ve hidroelektrik enerji üretiminin durumu 1980-2004 yılları arasındaki veriler dikkate alınarak; dünya, Avrupa Birliği ve Türkiye'nin gelecekteki toplam elektrik enerjisi üretimi ve hidroelektrik enerji üretimi tahminleri, Montreal Zirvesi'ndeki kararların hedef alındığı 2030 yılına kadar, basit ve non-lineer regresyon analiz teknikleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Dünya, Avrupa Birliği ve Türkiye'nin gelecekteki toplam elektrik enerjisi üretimi içerisinde hidroelektrik enerji üretimlerinin payları belirlenmiş; Türkiye ve Avrupa Birliği'nin hidroelektrik enerji ve toplam elektrik enerjisi üretimlerinin dünya üretimleri içerisindeki durumları incelenmiş ve son olarak Türkiye'nin hidroelektrik enerji üretiminin potansiyelini karşılama durumu irdelenmiştir.

1.3. Literatür Çalışması

Bu bölümde, elektrik enerjisi ve hidroelektrik enerji üretimi konusunda yapılan araştırma ve çalışmaların özet bilgileri tarih sırasına göre verilmiştir;

Topal (1990), elektrik enerjisi talebini çeşitli tahmin metot ve modelleri kullanarak belirlemeye çalışmıştır. Bu maksatla ilk olarak enerji sektörünü uluslararası ve ulusal düzeyde incelemiş, elektrik enerjisinin enerji sektörü içerisindeki yeri ve önemine değindikten sonra çeşitli gelişmişlik düzeylerindeki ülkelerle Türkiye'nin mukayesesini yapmıştır. Uygulama kısmında ise, zaman serileri analizleri ve regresyon modelleri ile elektrik talep modelleri teşkil ederek ileriye dönük tahminler gerçekleştirmiştir.

Tırıs (1992), Türkiye'nin uzun dönemli (1990-2010) enerji politikasını analiz ederek politikada etkili olması gereken teknik, ekonomik, politik, sosyal ve çevre ile ilgili parametrelerin ışığında, yenilenebilir enerji kaynaklarının yerini tespit etmeye çalışmıştır. Bu maksatla, öncelikli olarak enerji planlamasının gelişimini ve Türkiye'deki enerji durumunu incelemiştir. Daha sonra, enerji planlama ve modellemesi ile enerji politikası analizindeki başlıca yaklaşımları irdelenmiş ve Türkiye enerji sektörünü yapısal yönden analiz etmiştir. Ayrıca, Türkiye'nin uzun dönemli enerji arzı için çok parametrelili bir değerlendirme modeli kurarak analiz yapmıştır. Sonuç olarak, Türkiye'nin uzun dönemli enerji planlamasında yenilenebilir enerji kaynaklarının yerini değerlendirmiş ve bazı öneriler sunmuştur.

Altaş vd. (1994), 1970-1993 yılları arasındaki enerji sektörünün gelişimini incelemiş, enerji kaynaklarının üretim hedeflerini ve genel enerji talebini belirleyerek enerji

kaynaklarına göre üretim ve talep projeksiyonlarının irdelemesini gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada, 2010 yılında Türkiye'nin elektrik enerjisi üretim kapasitesinin 201509 GWh, hidrolik enerji üretim kapasitesinin de 37049 GWh olacağı belirlenmiştir.

Ergin (2001), enerji kaynaklarının (fosil ve yenilenebilir) üretim ve tüketim oranları ile sektörel dağılımları ve geleceğe dönük (2020 yılına kadar) projeksiyonlarını analiz ederek rakamsal sonuçlara ulaşmıştır. Bu çalışmada, Türkiye'nin hidrolik enerji arzının 2010 yılında 5548.34 Bin TEP, 2020 yılında ise 6370.32 Bin TEP olacağı tespit edilmiştir.

Bartle (2002), dünyada hidroelektrik enerjinin bazı yararlarıyla birlikte önemini, kalan potansiyelini ve dünyanın çeşitli bölgelerindeki bazı spesifik gelişme planlarını irdelemiştir. Çok amaçlı su kaynaklarının kullanım planlamalarının bir parçası olarak hidroelektrik enerji avantajlarının vurgulanmasına çalışmıştır. Asya, Latin Amerika ve Afrika'da gelecek yıllarda büyük yeni hidroelektrik enerji gelişmelerinin söz konusu olacağı ve dünya genelinde mevcut hidrolik planlamalarda ek hidro-kapasite için tatmin edici derecede faaliyet alanının oluşacağı sonucuna varmıştır.

Eroğlu (2003), ülkemizin uzun vadeli enerji talebi ve hidroelektrik arzı üzerine çeşitli kurumların yapmış oldukları çalışmaları derlemiştir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB)'nin MAED modelini kullanarak gerçekleştirmiş olduğu 2002 yılındaki çalışmasına göre, Türkiye'nin 2020 yılındaki hidroelektrik enerji arzının 116300 GWh olacağı; Devlet Planlama Teşkilatı'nın 2001 yılındaki çalışmasına göre, Türkiye'nin 2020 yılındaki hidroelektrik enerji arzının 97456 GWh olacağı; Devlet Su İşleri'nin 2003 yılı çalışmasına göre, Türkiye'nin 2020 yılındaki hidroelektrik enerji arzının 117157 GWh, 2030 yılı hidroelektrik enerji arzının 126109 GWh olacağı tahmin edilmiştir.

Bakış ve Demirbaş (2004), Türkiye'deki küçük hidroelektrik güç santrallerini araştırmayı amaçlayan bir çalışma gerçekleştirmiştir. Bu maksatla, Türkiye'nin hidroelektrik enerji potansiyeli ve gelişme durumu, küçük hidroelektrik enerjinin şu anki durumu ve gelecek yönelmeleri, ilave küçük hidroelektrik güç santrallerinin potansiyeli incelenmiş, küçük ve büyük barajların çevresel etkileri irdelenmiştir.

Canyurt vd. (2004), genetik algoritma kavramına dayanarak enerji talep tahmin etkinliğini artırabilmek için enerji talep fonksiyonlarının iki formunu geliştirmiştir. Genetik algoritma enerji talep modeli (GAETM), Türkiye'nin gelecek enerji talebini gayri safi yurtiçi hasıla, nüfus, ithalat ve ihracat durumları dikkate alınarak tahmin etmede kullanılmıştır. Çalışmada önerilmiş olan her iki denklem exponansiyel ve kuadratik olmak üzere doğrusal olmayan fonksiyonlardır. GAETM 'in kuadratik modeli, gözlemlenen

verilere daha uygun bir çözüm sağlamıştır ve Türkiye'nin gelecek enerji tahminleri için yüksek bir korelasyon katsayılı model kullanılabilmiştir. Yazar tarafından bu çalışmanın, enerji politikalarının hızlı bir şekilde gelişen uygulanabilir ve verimli planlamalarında yardımcı olabileceği tahmin edilmektedir.

Ceylan ve Öztürk (2004), zaman serileri yaklaşımıyla genetik algoritmayı kullanarak termal ve hidrolik kaynaklardan elektrik üretim tahmini gerçekleştirmiştir. Çalışmada, birincisi üssel ve ikincisi çokterimli (polinom) olmak üzere iki çeşit matematiksel model geliştirilmiştir. Termal elektrik üretimi için genetik algoritma zaman serileri modelinin üs fonksiyonu, hidrolik kaynaklardan elektrik üretimi için genetik algoritma zaman serileri modelinin çokterimli fonksiyonu kullanılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre, şimdiki eğilimin devam etmesi durumunda termal elektrik üretimi çevresel bakımdan istenilmemesine karşın toplam elektrik üretiminin %75'ini karşılayacaktır.

Yumurtacı ve Asmaz (2004), 1980-2050 periyodu için nüfus artışı ve kişi başına düşen enerji tüketim artışı baz alınarak Türkiye'nin enerji tüketim projeksiyonlarını gerçekleştirmiştir. Çalışma aynı zamanda tüm hidrolik enerji potansiyelinin kullanımı durumunda 2050 yılındaki enerji ihtiyacının değerlendirilmesini de içermektedir. Hesaplamaların sonuçlarına göre, Türkiye'nin 2050 yılındaki elektrik enerji ihtiyacı yaklaşık 1.173 milyar kWh'dır ve toplam enerji üretiminin %58'i termal güç santrallerinde gerçekleştirilecekken %10'u hidrolik güç santrallerinde ve geri kalanı diğer enerji kaynaklarından gerçekleştirilecektir. Bu değerler, Türkiye'nin enerji ihtiyacının her yıl artacağını göstermektedir.

Akdoğan (2006), enerji kaynaklarının tanımlarını vererek, potansiyellerini, avantaj ve dezavantajları ile elektrik üretimindeki maliyetlerini araştırmıştır. Çalışmada, Doğu Karadeniz Bölgesi'nin su potansiyelinden üretilebilecek brüt elektrik enerjisi miktarı hesaplanmış ve hesaplanan mevcut brüt elektrik enerjisi potansiyelinin belirli oranlarda gelecek yıllardaki tüketim potansiyeli ile karşılaştırması yapılmıştır.

Tunç vd. (2006), Türkiye'nin enerji kaynaklarını, kurulu elektrik güç kapasitesini, elektrik enerjisi üretimi ve tüketimini araştırmış ve Fransa, Almanya ve İsviçre'nin elektrik enerjisi üretimi ve tüketimleri ile kıyaslamıştır. Türkiye'nin elektrik enerjisi tüketim değerleri 2010 ve 2020 yılları için regresyon analizleriyle tahmin edilmiş ve sonuç olarak Türkiye'deki gelecek elektrik güç kaynak yatırımlarının dağılımını tahmin etmek için lineer matematiksel optimizasyon modeli geliştirilmiştir. Çalışmanın sonucuna göre, hidroelektrik enerji günümüzde dünyanın elektrik üretimindeki %15'lik ve dünya enerji

kaynağının %2.3'ünü temsil eden dünyanın en büyük yenilenebilir enerji kaynağıdır. 2020 yılında ise hidroelektrik enerjinin dünya enerji üretiminin %3'ünden daha az bir paya sahip olacağı tahmin edilmiştir. Türkiye'de ise, hidroelektrik, nükleer ve rüzgar enerjisi, Türkiye'nin elektrik enerji üretiminde önemli bir rol alacaktır.

Yıldız (2006), enerji kaynaklarının dünya ve Türkiye'deki tüketim durumunu inceleyerek 1970-2003 yılları arasındaki verileri kullanarak dünya ve Türkiye'deki fosil ve alternatif enerji kaynaklarının gelecekteki değerlerini tahmin etmiştir. Çalışmada, tahmin sonuçlarına göre gelecekteki oluşacak enerji tüketiminin dünyadaki ve Türkiye'deki durumu değerlendirilmiştir. Çalışma sonuçları alternatif enerji tüketiminin toplam enerji tüketimi içindeki payının Türkiye'de azalacağını dünyada ise artacağını göstermiştir.

Yüksek vd. (2006), Türkiye'nin uzun vadeli elektrik enerji talebini tahmin etmek için gerçekleştirilen bir çalışmanın sonuçlarını vermiş ve bu talebi hidroelektrik enerji potansiyelinin karşılama ihtimalini araştırmıştır. Uygulanan senaryolara göre, Türkiye'nin elektrik enerji talebi 2010 yılında 217-270 TWh, 2015 yılında 294-410 TWh ve 2020 yılında ise 407-571 TWh arasında değişmektedir. Elektrik enerji talebi tahminleri ve hidroelektrik enerji potansiyeli göz önüne alındığında Türkiye'nin hidroelektrik enerji potansiyeli 2020 yılında elektrik enerji talebinin yaklaşık %33-%46'sını karşılayabilecektir.

Ediger ve Akar (2007), Türkiye'nin gelecekteki kaynaklar itibariyle birincil enerji talebini 2005-2020 yılları arasında tahmin etmiştir. Çalışmada, ileriye dönük tahminlerin gerçekleştirilmesinde Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) ve seasenal ARIMA (SARIMA) metodlarını kullanılmıştır. Negatif artış oranına sahip olacak olan biomass enerjisi (ağaç ve hayvan artıkları) hariç bütün bireysel enerji kaynaklarının ortalama yıllık artış oranlarının ve toplam birincil enerjinin ortalama yıllık artış oranının azalış göstereceği sonucuna varılmıştır. Çalışma bulgularından yola çıkılarak bazı politik tavsiyelerde bulunulmuştur.

Hamzaçebi (2007), Türkiye'nin net elektrik enerji tüketiminin 2020 yılına kadarki tahminini sektörel bazda incelemiştir. Çalışmada tahmin aracı olarak Yapay Sinir Ağları tercih edilmiştir. Yapay sinir ağları yöntemiyle bulunmuş olan tahmin sonuçları resmi tahminlerle kıyaslanmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre, 2020 yılında net elektrik tüketimi sanayi sektöründe 219210 GWh; konut sektöründe 257010 GWh; tarım sektöründe 19591 GWh; ulaştırma sektöründe 3777.2 GWh ve toplamda 499588.2 GWh olarak bulunmuştur.

1.4. Enerji Kaynakları

Enerji kaynakları, niteliklerinin değiştirilip değiştirilmemesi açısından “birincil” ve “ikincil” enerji kaynakları olarak ikiye ayrılmaktadır. Birincil enerji kaynakları, doğada buldukları biçimde değiştirilmeden kullanılabilen kaynaklardır. İkincil enerji kaynakları ise, birincil kaynakların belli işlemlerden geçirilmesi ile elde edilen enerji türleridir.

Birincil enerji kaynakları “yenilenebilir enerji kaynakları” ve “fosil kaynaklar” olmak üzere iki ana grupta sınıflandırılmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları sınıfına güneş, rüzgâr, biokütle, su gücü, dalga gücü, okyanus akıntıları enerjisi ve jeotermal enerji girmektedir. Fosil kaynaklar ise kömür, petrol, doğal gaz ve uranyumdan oluşmaktadır. Fosil kaynaklardan elde edilen enerji, maddenin tekrar kullanılamayacağı bir enerji şekli olarak tanımlanmaktadır.

1.4.1 Petrol

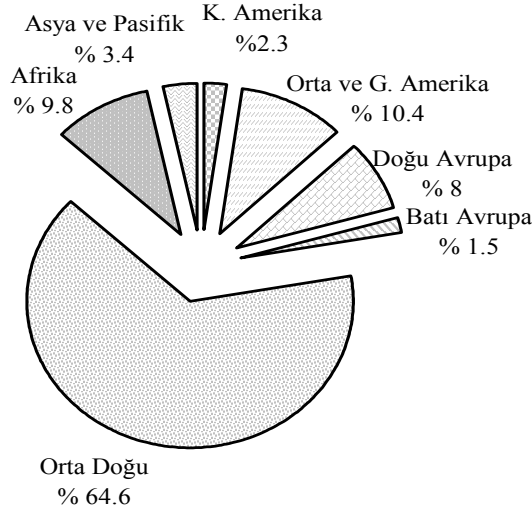
Yerküre içerisinde organik materyalin başkalaşımı ile oluşmuş ve gözenekli kayalar içerisinde depolanmış sıvı haldeki hidrokarbonlara “ham petrol” adı verilmektedir. Petrolün başındaki “ham” terimi bir hammadde olduğunu ve henüz işlenmediğini göstermektedir. Ham petrolden, rafinerilerde bileşenlerine ayrıştırılarak (damıtılarak) günlük yaşamımızda kullandığımız pek çok ara madde ve akaryakıt ürünleri elde edilmektedir.

1.4.1.1. Dünyanın Petrol Rezervleri

1980 yılından bu yana, net petrol rezervleri %76.6 artmıştır. Bu artışın büyük kısmı, 1980’li yıllarda OPEC (Petrol İhracatçısı Ülkeler Teşkilatı- Organization of the Petroleum Exporting Countries) üyesi ülkelerde gerçekleşen keşiflerden gelmektedir. 1.1 trilyon varilin üzerinde olan dünya üzerindeki petrol rezervlerinin yaklaşık %78.4’ü OPEC ülkelerinde, %21.6’sı ise OPEC üyesi olmayan ülkelerde yer almaktadır.

Dünya petrol rezervlerinin bölgelere göre dağılımı ve bu bölgelerin petrol rezervi payları Şekil 1.1’de verilmektedir. Bu şekilden de görüleceği gibi Orta Doğu’dan sonra rezervlerdeki en büyük paya sahip olan bölge %10.4 ile Orta ve Güney Amerika

Bölgesidir. Bu bölgenin petrol rezervleri bakımından bu kadar önemli bir yere sahip olmasının en büyük etkeni 1981 yılından 2001 yılına gelindiğinde Venezüella'nın petrol rezervlerinin neredeyse 4 katına ulaşmasıdır.



Şekil 1.1. Dünyanın petrol rezervinin bölgelere dağılımı (OPEC, 2004)

1.4.1.2. Türkiye'nin Petrol Rezervleri

Türkiye, petrol varlığı açısından zengin bir ülke değildir. Ülkemizin jeolojik yapısı ve tektonizması nedeniyle üretim sahaları küçük boyutlu ve genellikle faylarla bölünmüştür. Türkiye'de petrol varlığının ispatlandığı Güneydoğu Anadolu'da yaklaşık üçte ikilik alan henüz aranmamıştır. Denizsel alanlarımızda da yeterli arama faaliyetleri gerçekleştirilememiştir. Yerli kaynakların değerlendirilmesi çerçevesinde, eksik olan Türkiye'nin petrol rezervinin belirlenebilmesi için gerekli aramalar yapılmalı ve gelişen teknoloji paralelinde bu rezerv sürekli artırılmalıdır. Petrol İşleri Genel Müdürlüğü (PİGM) verilerine göre, 2003 yılı sonu itibariyle Türkiye'de 1.14 milyar varil üretilebilir ham petrol rezervi ve bu üretilebilir petrol rezervinden kümülatif üretimin düşülmesi ile 294.5 milyon varil kalan üretilebilir ham petrol rezervi bulunmaktadır (Tablo 1.1). Bu rezervlerin büyük bölümü (%71.06) doğrudan Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı'na (TPAO), %2.75'i ise TPAO'nun ortak olduğu iki şirkete, %19.65'i N.V. Turkse Perenco'ya, %4.26'sı Petroleum E.M.I.-Dorchester şirketlerine ait bulunmaktadır.

Tablo 1.1. 2003 yılı sonu itibariyle Türkiye'deki ham petrol rezervleri (URL 1)

Şirketler	Rezervardaki Petrol (Milyon varil)	Üretilebilir Petrol (Milyon varil)	Kümülatif Üretim (Milyon varil)	Kalan Üretilebilir Petrol (Milyon varil)
T.P.A.O.	4 420.38	641.36	439.72	201.64
N.V. Turkse Perenco	1 293.99	353.84	290.09	63.75
Petroleum E.M.I. + Dorchester	539.00	94.00	80.57	13.43
Madison Oil Turkey Inc. + T.P.A.O.	49.61	17.17	15.41	1.76
N.V. Turkse Perenco + T.P.A.O.	32.68	17.44	10.30	7.13
Ersan + Aladdin + Trans Med.	39.00	5.85	4.63	1.22
Ersan + Aladdin M.E.	18.20	3.20	2.73	0.47
Aladdin + Madison (Turkey) Inc.	23.52	6.09	1.57	4.52
Aladdin + Trans Med.	2.60	0.53	0.02	0.5
Amity Oil + T.P.A.O.	0.13	0.09	0.05	0.04
Toplam	6 419.11	1 139.57	845.09	294.46

1.4.1.3. Dünyanın Petrol Üretim-Tüketim Dengesi

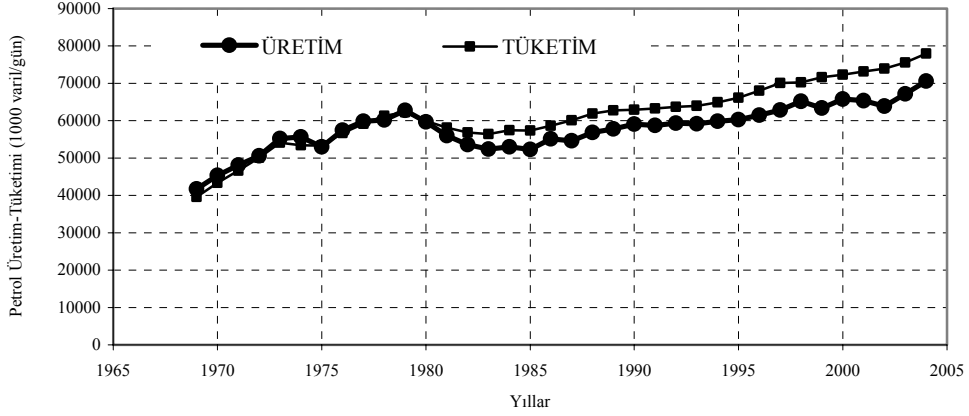
Dünya toplam petrol üretimi genel olarak artış eğiliminde olup 2004 yılında bir önceki yıla göre %5.1'lik bir artış gözlenmiş ve günlük 70.6 milyon varil'lik bir üretim gerçekleşmiştir. Dünya petrol rezervi bakımından önemli bir yere sahip olan Orta Doğu Bölgesi dünya petrol üretiminde de 22 milyar varil ile %31.2'lik payla birinci sırada bulunmaktadır. Orta Doğu Bölgesini %15.2 ile Doğu Avrupa ve %14.1 ile Orta ve Güney Amerika izlemektedir. Dünyanın ham petrol üretim ve rezerv değerleri incelendiğinde, Dünyanın bugünkü mevcut rezervinin yaklaşık 45 yıl daha yeterli olacağı anlaşılmaktadır (Tablo 1.2).

Tablo 1.2. 2004 yılı itibariyle dünyanın petrol üretim ve tüketiminin bölgelere dağılımı (OPEC, 2004)

Bölge	Petrol Tüketimi (Bin varil/gün)	Pay (%)	Petrol üretimi (Bin varil/gün)	Pay (%)	Rezerv / Üretim (yıl)
Kuzey Amerika	22857.8	29.3	6835.5	9.7	10.5
Orta ve G. Amerika	6452.4	8.3	9928.9	14.1	32.8
Doğu Avrupa	4932.3	6.3	10736.0	15.2	23.3
Batı Avrupa	14189.8	18.2	5367.4	7.6	8.9
Orta Doğu	4603.6	5.9	22015.3	31.2	92.0
Afrika	2506.1	3.2	8385.5	11.9	36.5
Asya ve Pasifik	22400	28.7	7306.9	10.4	1.5
Toplam	77942.1	100.0	70575.4	100.0	44.4

Dünya petrol üretim ve tüketiminin yıllara göre değişimi incelendiğinde, 1980 yılına kadar üretimin daima tüketimden fazla olduğu, bu tarihten sonra ise üretimin tüketimi karşılayamadığı Şekil 1.2'den açıkça görülebilmektedir. 1970–2004 yılları arasında %79.6

oranında artan günlük ham petrol tüketimi, 2004 yılında günlük 77.9 milyon varil düzeyinde gerçekleşmiştir. Üretimin bu yıllar arasındaki artışı ise %55.5'te kalmıştır.



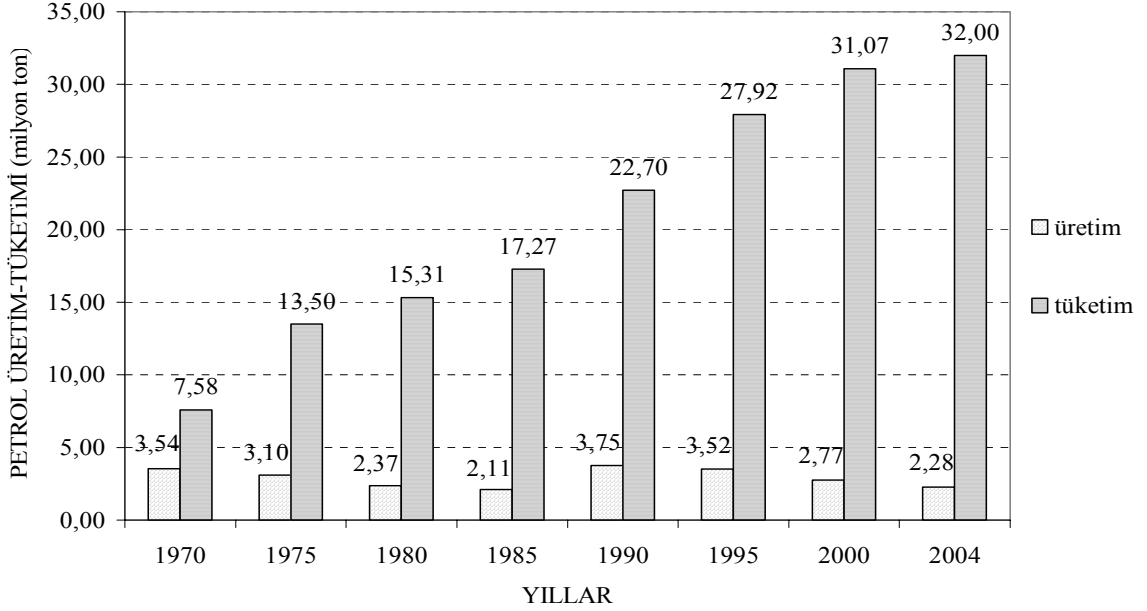
Şekil 1.2. Dünya'nın petrol tüketim ve üretiminin yıllar itibariyle değişimi (OPEC, 2004)

1.4.1.4. Türkiye'nin Petrol Üretim-Tüketim Dengesi

Türkiye, dünyanın petrol ve doğal gaz yönünden en zengin ülkeleriyle çevrili olduğu halde, bugüne kadar gerek TPAO'nun gerekse yabancı şirketlerin araştırmalarıyla ihtiyacını karşılamaktan çok uzakta olan miktarlarda petrol kaynaklarını değerlendirebilmiştir. Türkiye'nin 2004 yılı ham petrol üretimi yaklaşık 2.28 milyon ton'dur. Bunun %63.3'ünü oluşturan 1.44 milyon ton'unu TPAO gerçekleştirmiştir. Buna göre, yerli üretimin tüketimi karşılama yüzdesi %7.1'dir. Diğer bir deyişle, ülkemizin tükettiği petrolün %92.9'u ithal edilmektedir. Türkiye, 6.122 milyon ton'u (%32) Rusya, 5.333 milyon ton'u (%28) İran, 3.752 milyon ton'u Libya, 2.962 milyon ton'u S. Arabistan ve geri kalan 0.987 milyon ton'u Irak'tan olmak üzere toplam 19.748 milyon ton'luk ham petrol ithal etmektedir.

Türkiye'nin ham petrol tüketimi 1970–2004 yılları arasında %322.2 ve 1990–2004 yılları arasında %41 oranında artmıştır. 2004 yılında ham petrol tüketimi 32 milyon ton ve günde 688 bin varile ulaşmış, 2003 yılına göre petrol tüketiminde %4.3'lük bir artış meydana gelmiştir. Türkiye çok zengin petrol yataklarına sahip olmadığından dolayı kısıtlı miktarda üretim gerçekleştirmektedir. Yapılan bu üretim de hiçbir zaman Türkiye'nin petrol ihtiyacını karşılayacak düzeyde olmamıştır. 1970–2004 yılları arasında Türkiye'nin

ham petrol üretimi 3.75–2.11 milyon ton arasında değişirken Türkiye'nin ham petrol tüketimi 7.58–32.0 milyon ton arasında değişmiştir. Buradan da üretim ile tüketimin arasında bir uçurum olduğu rahatlıkla gözlenmektedir (Şekil 1.3).



Şekil 1.3. Türkiye'nin ham petrol üretim – tüketim dengesi (URL 2; BP, 2005; Altaş vd., 1994)

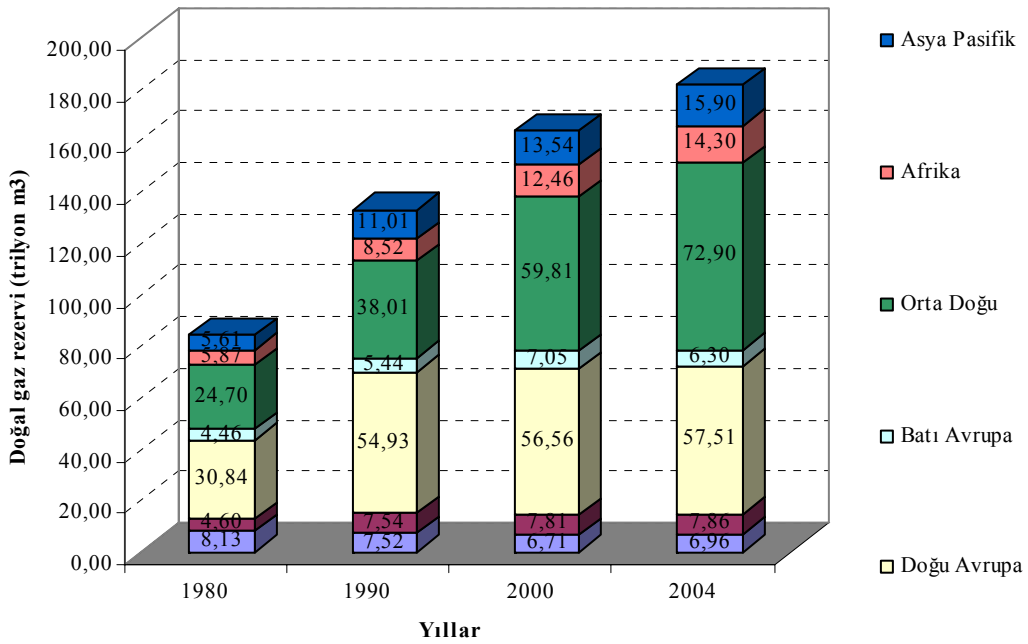
1.4.2. Doğal Gaz

Doğal gaz; metan, etan, propan gibi hafif moleküler ağırlıklı hidrokarbonlardan oluşan renksiz, kokusuz ve havadan hafif bir gazdır. En önemli özelliği temiz bir yakıt olması ve çevreyi kirletmemesidir. Gaz halinde olması nedeniyle hava ile daha iyi bir karışım oluşturarak kolay yanmakta, tam yandığında mavi bir alev oluşturmaktadır. Gaz halinde olması nedeniyle daha hassas kontrol edilebilme imkânı bulunmaktadır. Ucuzluk sıralamasında yıllardır en ucuz yakıtlardan biri olarak kalmıştır (URL 3).

1.4.2.1. Dünyanın Doğal Gaz Rezervleri

Dünya doğal gaz rezervinin on yıllık evrelerdeki artışları incelendiğinde 1980 yılında, 1970 yılına göre Doğu Avrupa ve Orta Doğu'da önemli derecede artışlar olduğu gözlemlenmektedir. Bu yıllar arasında Orta Doğu'daki artışın kaynağı 1970–1980 yılları

arasında İran doğal gaz rezervinin iki kattan fazla artış göstermesidir. 1980 yılı verilerine göre dünya doğal gaz rezervinin en büyük pay sahibi %36.6 ile Doğu Avrupa bölgesi, ikinci büyük pay sahibi ise %29.3 ile Orta Doğu bölgesidir. Diğer bölgeler ise tek başlarına %10'luk paya bile sahip olamamaktadır. 1990 yılına göre Doğu Avrupa ve Orta Doğu bölgeleri sahip oldukları doğal gaz rezerv paylarını artırmıştır. 2004 yıl sonuna gelindiğinde ise Katar'da tespit edilen ek doğal gaz rezervi nedeniyle Orta Doğu bölgesi payını artırarak Doğu Avrupa'yı geçmiştir (Şekil 1.4).



Şekil 1.4. Dünyanın kanıtlanmış doğal gaz rezervinin kıtalara dağılımı (OPEC, 2004)

1.4.2.2. Türkiye'nin Doğal Gaz Rezervleri

Ülkemizde en son belirlemelere göre tespit edilen doğal gaz rezervi şirketler itibariyle Tablo 1.3'te verilmektedir. Halen çeşitli şirketlere ait toplam üretilebilir doğal gaz rezervi 7.95 milyar metreküp'tür. Bugünkü üretim seviyesi ile ve ilave rezerv tespiti olmaması halinde yaklaşık 14 yıl doğal gaz üretimi yapılabilecektir.

Tablo 1.3. 2003 yılı sonu itibari ile m³ cinsinden Türkiye'deki doğal gaz rezervleri (URL 4)

Şirketler	Rezervardaki gaz (*)	Üretilabilir gaz	Kümülatif üretim	Kalan üretilabilir gaz
T.P.A.O.	13 736 545 317	9 675 345 317	5 643 775 383	4 031 569 934
N.V.Turkse Perenco	4 657 976 055	3 261 672 349	87 590 807	3 174 081 542
Amity Oil İnt. + T.P.A.O	820 000 000	627 500 000	198 779 330	428 720 670
Thrace Basin + Pinnacle Turkey	142 000 000	85 300 000	12 467 122	72 832 878
Thrace Basin Nat.Gas Corp.+ Enron	762 000 000	458 800 000	214 267 483	244 532 517
Toplam	20 118 521 372	14 108 617 666	6 156 880 125	7 951 737 541

(*) İspatlanmış, muhtemel ve mümkün rezervler toplamıdır.

PİGM verilerine göre, 2003 yılı sonu itibariyle Türkiye'de yaklaşık 14.1 milyar m³ üretilabilir doğal gaz rezervi ve bu üretilabilir rezervinden kümülatif üretimin düşülmesi ile yaklaşık 8 milyar m³ kalan üretilabilir doğal gaz rezervi bulunmaktadır. Bu rezervlerin önemli bir kısmı (%50.7) doğrudan Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı'na (TPAO), %5.39'u ise TPAO'nun ortak olduğu bir şirkete, %39.92'si N.V. Turkse Perenco'ya, %3.99'u Thrace Basin-Pinnacle Turkey ve Thrace Basin Nat.Gas Corp-Enron şirketlerine ait bulunmaktadır.

Bugüne kadar keşfedilen doğalgaz sahaları Güney Doğu Anadolu ve Trakya bölgelerindedir. Ülkemizde bugüne kadar yapılan deniz aramalarındaki tek keşif olan K. Marmara Doğal Gaz sahası ise 1997 yılında üretime alınmıştır. Trakya bölgesinde yer alan diğer doğal gaz sahalarından üretilen gaz mevcut dağıtım şebekesi ile bölgede bulunan sanayi kuruluşlarına ve BOTAS'a verilmektedir.

1.4.2.3. Dünyanın Doğal Gaz Üretim-Tüketim Dengesi

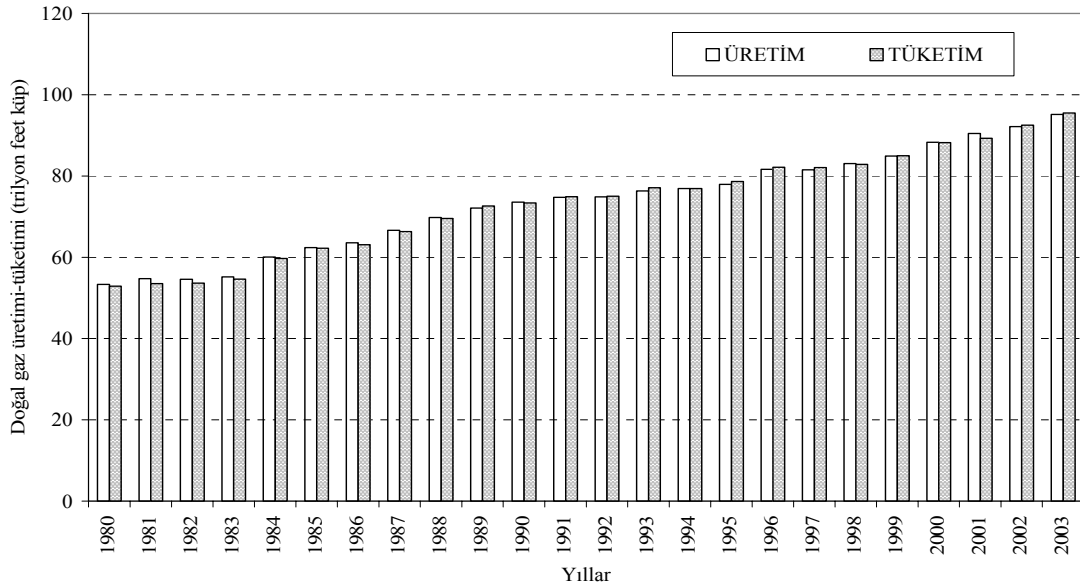
Orta Doğu bölgesi sahip olduğu rezervi az ürettiği için gözükmeye karşın üretimin 2004 yılı seviyelerinde gerçekleşmesi durumunda en uzun doğal gaz ömrüne sahip olan bölge yaklaşık 260 yıl ile yine burasıdır. Dünya rezervinin %35.1'ine sahip olan Avrupa ve Avrasya bölgesinin üretiminin 2004 yılı seviyelerinde devam etmesi durumunda ise bu bölgenin rezerv ömrü yaklaşık 60 yıl olacaktır. Bölgelerin doğal gaz üretim ve tüketim değerleri kıyaslandığında gelişmiş ülkelerin enerjiye olan ihtiyaçlarından dolayı üretimlerini enerji ihtiyaçlarını karşılamak için kullanmaktadırlar. Orta Doğu, Afrika ve Avrasya bölgelerinde bulunan, önemli doğal gaz yataklarına sahip olan ve gelişmekte olan veya gelişmemiş ülkelerin enerji ihtiyaçlarının düşük olmasından dolayı tüketimleri de düşük seviyede olmakta ve böylece sahip oldukları doğal gazı ihraç edebilmektedirler (Tablo 1.4).

Tablo 1.4. 2004 yılında bölgelerin doğal gaz üretim-tüketim dengesi (milyar m³) (BP, 2005)

Bölgeler	Üretim		Rezerv/Üretim (yıl) *	Tüketim		Üretim/Tüketim
	(mil. m ³)	(%)		(mil. m ³)	(%)	
Kuzey Amerika	762.8	28.3	9.1	784.3	29.2	1.0
G. ve Orta Amerika	129.1	4.8	60.9	117.9	4.4	1.1
Avrupa ve Avrasya	1051.5	39.1	60.7	1108.5	41.2	0.9
Orta Doğu	279.9	10.4	260.5	242.2	9.0	1.2
Afrika	145.1	5.4	98.6	68.6	2.6	2.1
Asya Pasifik	323.2	12.0	49.2	367.7	13.7	0.9
Dünya	2691.6	100.0	67.5	2689.3	100.0	1.0

*: Üretimin 2004 yılı seviyesinde olması halinde rezervin ömrünü göstermektedir.

Dünyanın toplam doğal gaz üretimi genel olarak artış eğiliminde olup 2004 yılında bir önceki yıla göre %2.9'luk bir artış gözlenmiş ve yılda 2691.6 milyar m³ 'lük bir üretim gerçekleşmiştir. Şekil 1.5'ten açıkça görüleceği gibi toplam dünya doğal gaz tüketimi de yıllar itibariyle artan enerji ihtiyacına paralel olarak sürekli bir artış eğilimi göstermiştir.

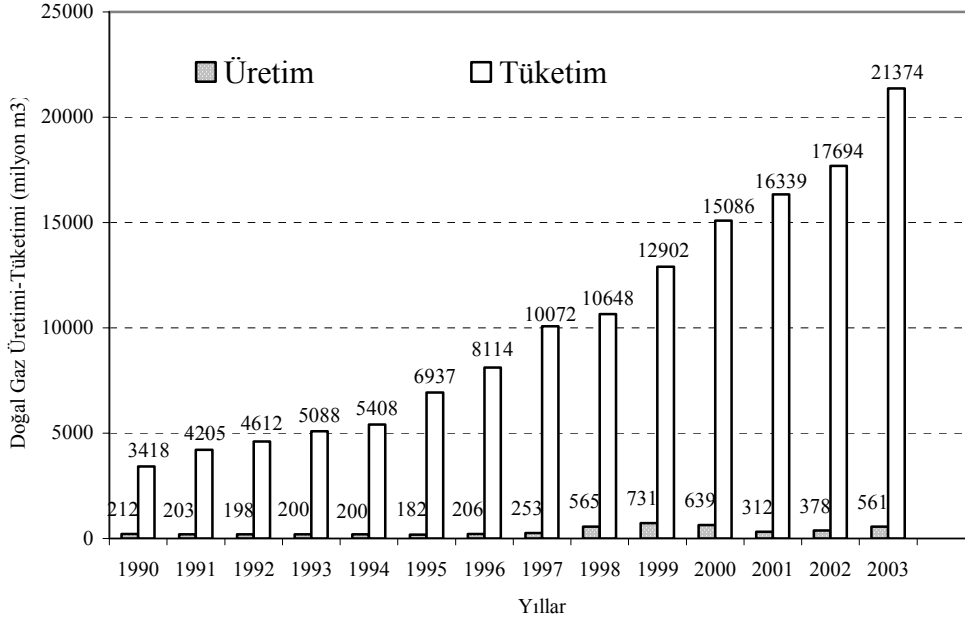


Şekil 1.5. Dünya doğal gaz üretim-tüketim dengesi (EIA, 2006)

1.4.2.4. Türkiye'nin Doğal Gaz Üretim-Tüketim Dengesi

Türkiye, 1970 yılında keşfedilen doğal gaz sahalarından doğal gaz üretimine 1976 yılında başlamıştır. 1980'li yıllarda başka sahaların bulunmasıyla 1986'da rekor bir üretim gerçekleşmiştir. Son yıllardaki ekonomik küçülme ve gerçekçi olmayan talep öngörüsüne dayalı ithalat bağlantıları nedeniyle, 1999 yılında 731 milyon m³'e ulaşan yerli doğal gaz

üretimi azaltılarak 2003 yılında 561 milyon m³'e düşürülmüştür. Alternatif birçok yakıtta göre ucuzluğu, kullanım kolaylığı, stoklama sorununun olmayışı vb. üstünlükleri doğal gaza talebi hızla artırmıştır. Doğal gazın ilk kullanıma başlandığı 1980 yılında 23 milyon metreküp düzeyinde olan doğal gaz tüketimi, yirmi dört yıl içinde yaklaşık 961 kat artışla 2004 yılında 22.1 milyar metreküp 'e ulaşmıştır.



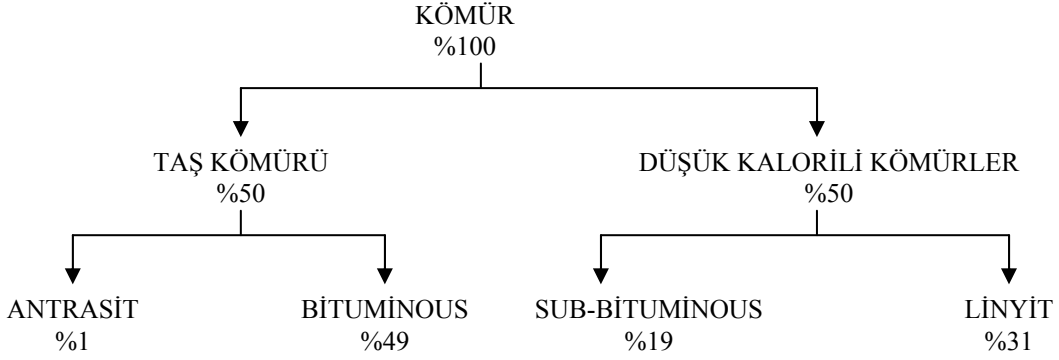
Şekil 1.6. Türkiye'nin doğal gaz üretim-tüketim dengesi (URL 2)

Türkiye çok zengin doğal gaz yataklarına sahip olmadığından dolayı yapılan üretim de hiçbir zaman Türkiye'nin doğal gaz ihtiyacını karşılayacak düzeyde olmamıştır. Başlangıçta üretimin tüketimi karşıladığı görülse de daha sonrasında doğal gaz tüketiminin ciddi bir şekilde arttığı ve üretimin tüketimi karşılamasının imkânsız olduğu bir durumla karşılaşmaktadır (Şekil 1.6). Bu durum, enerji ihtiyacını büyük ölçüde doğal gazdan karşılayan Türkiye'nin enerji konusunda tamamen dışa bağımlı kalmasına neden olmaktadır.

1.4.3. Kömür

Kömür; bitkisel kökenli organik maddeler ve inorganik bileşenlerden oluşan tortul bir "kayaç"tır. Başlıca karbon, hidrojen ve oksijen gibi elementlerin bileşiminden oluşmuş

olup, diğer kaya tabakalarının arasında damar haline uzunca bir süre (milyonlarca yıl) ısı, basınç ve mikrobiyolojik etkilerin sonucunda meydana gelmiştir. Kömür, organik olgunluğuna göre tiplere ayrılmaktadır (Şekil 1.7).



Şekil 1.7. Organik olgunluğuna göre kömür tipleri (URL 5)

Dünyanın kömür çeşitlerinden en düşük kalorili olanını temsil eden yumuşak, kahverengimsi siyah renkli bir kömür olan linyittir. Linyitten sonraki düşük kalorili kömür ise sönük siyah renkli sub-bitümdür. Sub-bitüm yandığı zaman linyitten birazcık daha fazla enerji (ısı) açığa çıkarır. Dünya kömür rezervlerinin en büyük kısmına sahip olan, bazen yumuşak maden kömürü olarak adlandırılan kömür çeşidi de bitümdür. Antrasit ise en sert yapıda olan ve yandığı zaman en büyük miktarda ısı açığa çıkaran kömür türüdür.

1.4.3.1. Dünyanın Kömür Rezervleri

Bütün fosil yakıtlar arasında dünyada en çok bulunan, kömürdür. 2005 yıl sonu verilerine göre, mevcut maden teknolojisi ile ekonomik olarak üretilebilecek, toplam bir trilyon tonun üzerinde kömür rezervi vardır. Kömür rezervleri, coğrafi olarak yaygın olup, bütün kıtalarda toplam 100 ülkede bulunmaktadır (URL 6). Orta ve G. Amerika, antrasit ve bitüm rezervinin %1.6'sı, sub-bitüm ve linyit rezervinin %2.9'u ve toplam kömür rezervinin %2.2'si ile dünya kömür rezervinin çok azı ile sınırlı bir kıtadır. Afrika, toplam rezervinin yaklaşık %97.2'sinin Güney Afrika tarafından hâkim olduğu ve antrasit ve bitüm kategorisinde yoğunlaştığı rezervleri ile toplam dünya rezervinin %6'sından daha az bir paya sahiptir. Güney Afrika dışında yalnızca Botswana ve Zimbabve önemli rezervlere sahiptir. Kuzey Amerika ve Asya (Okyanusya dâhil) kıtalarından her ikisi de ayrı ayrı

toplam rezervin %25'nin üzerinde bir paya sahiptir. K. Amerika'daki rezervler hemen hemen antrasit-bitüm ve sub-bitüm-linyit arasında eşit olacak şekilde bölünmüştür. Asya ve Okyanusya, dünya antrasit-bitüm sınıflandırmasında %40 gibi bir orandan sorumlu olarak önemli derecede yüksek bir miktara sahip olmaktadır (Tablo 1.5).

Tablo 1.5. Kömür rezervlerinin bölgelere göre dağılımı (2004 yılı) (EIA, 2006).

Bölge	Antrasit ve Bitüm (Milyon ton)	Sub-bitüm ve Linyit (Milyon ton)	Toplam Kömür	
			(Milyon ton)	(%)
Kuzey Amerika	130186.2	149319.5	279505.7	27.9
Orta ve G. Amerika	8488.9	13439.4	21928.3	2.2
Batı Avrupa	1570.8	34917.9	36488.7	3.6
Doğu Avrupa ve Rusya	122170.3	157607.4	279777.6	28.0
Orta Doğu	461.9	0.0	461.9	0.0
Afrika	55294.1	191.8	55485.9	5.5
Asya ve Okyanusya	212265.5	114998.6	327264.1	32.7
Dünya	530437.7	470474.6	1000912.3	100.0

Bireysel kategoriler Avrupa'nın dünya sub-bitüm- linyit rezervinin yüksek bir payına ve antrasit-bitüm rezervinin düşük bir payına sahip olduğunu gösteriyorken, mevcut toplam kömür rezervi dünya toplamının %31'inden biraz fazladır. Avrupa rezervlerine %54.7'lik payla Rusya hâkimdir. Antrasit-bitüm rezervi itibariyle, Rusya, Polonya ve Ukrayna, Avrupa toplamının %70'inden daha fazla bir payı kapsamaktadırlar. En büyük kömür rezervine sahip altı ülke ABD, Rusya, Çin, Hindistan, Avustralya ve Güney Afrika'dır. Bu ülkeler toplam kömür rezervinin %44.3'üne eşit olan bitüm kömürü rezervinin %83.7'ine sahiptir. Aynı zamanda bu ülkeler %78'inden fazlasını kapsamaktadır. Sonuçta bu dokuz ülke 2005 yıl sonunda rapor edilmiş toplam kömür rezervinin %81.1'ini bünyesinde barındırmaktadır.

Yaklaşık bir trilyon ton'luk dünya kömür rezervinin, doğal gaz ve petrolce zengin olan OPEC ülkeleri %0.67'sine, G8 ülkeleri %45.9'una, Avrupa Birliği'nin 25 üye ülkesi %3.9'una ve OECD ülkeleri %37.3'üne sahiptir.

1.4.3.2. Türkiye'nin Kömür Rezervleri

Türkiye'nin en zengin taşkömürü yatakları Zonguldak havzasındadır. Bu havzada Armutçuk, Kozlu, Üzülmüş, Karadon ve Amasra havzaları mevcut olup bu sahaların

toplam rezervi 528.8 milyon ton'u görünür olmak üzere 1.34 milyar ton'dur. Karadon sahası %31.3 pay ile rezervin en büyük pay sahibidir (Tablo 1.6).

Tablo 1.6. Türkiye'nin taşkömürü rezervleri (URL 7)

Müessese	İşletme	Hazır (Bin ton)	Görünür (Bin ton)	Muhtemel (Bin ton)	Mümkün (Bin ton)	Toplam (Bin ton)
Armutçuk	Armutçuk	1853.1	10677.4	15859.6	7883.2	36273.3
Kozlu	Kozlu	4507.5	69260.9	40539.0	47975.0	162282.4
Üzülmez	Asma-Dilaver	3418.0	137602.6	32060.0		173080.5
	Bağlık-İnağzı			62282.0	74020.0	136302.0
Karadon	Gelik	771.6	55661.8	65983.0	53900.0	176316.4
	Kilimli	2928.3	82993.7	93179.0	63134.0	242235.1
Amasra	Amasra	223.5	172571.7	115052.0	121535.0	409382.2
TTK Toplamı		13702.0	528768.1	424954.6	368447.2	1335871.9

Linyit kömürü, Trakya ve Anadolu'nun hemen hemen her yerine dağılmıştır. Tablo 1.7, Türkiye'nin linyit rezervlerini göstermektedir.

Tablo 1.7. Türkiye'nin linyit rezervleri (URL 8; Altaş, vd., 2003)

Müesseseler	Rezerv (Bin Ton)					
	Mümkün	Muhtemel	Görünür	Hazır	Toplam	
Ege linyitleri işletmesi (ELİ)	22439	77500	554367	6647	660953	
Güney Ege linyitleri işletmesi (GELİ)	0	0	425872	5717	431589	
Garp linyitleri işletmesi (GLİ)	0	591	318941	2551	322083	
Seyitömer linyitleri işletmesi (SLİ)	1560	19945	243467	8183	273155	
Diğer Sahalar	Adana-Tufanbeyli		23684	190476		214160
	Konya-Beyşehir			81011	71	81082
	Çorum-Dodurga		2465	13850		16315
	Çankırı-Orta			50710		50710
	Tekirdağ-Saray		105570	23581		129151
	Bolu-Göynük		1000	37737		38737
	Bingöl-Karlıova			88221	441	88662
	Diğer Küçük Sahalar	5308	22098	55085	56	82547
Toplam	5308	154817	540671	568	701364	
TKİ Toplamı	36607	282323	2125660	23666	2468256	
Özel Sektör	Beypazarı (Ankara)			391479		391479
	Gediz-Ayçatı (Kütahya)	11500	12300	145		23945
	Elbistan (K. Maraş)			3357340		3357340
	Kangal-Kal.-Hamal (Sivas)			202607		202607
	Diğer sahalılar	43224	238405	718561		1299566
Toplam	91331	533028	6795792	23666	7743193	

Mevcut belirlemelere göre en önemli linyit sahaları Soma, Seyitömer, Tufanbeyli, Beyşehir, Elbistan, Beypazarı, Tunçbilek ve Muğla havzalarıdır. Türkiye, linyit varlığı yönünden zengin olmasına karşın sahip olduğu kömürün ısıl değeri yönünden kalite olarak düşük bir kömür rezervine sahiptir. Türkiye linyit rezervinin %43.4 gibi önemli bir kısmı Elbistan bölgesinde bulunmaktadır. Rezervin %8.54'ü Ege linyitleri işletmesine (ELİ), %5.6'sı Güney Ege linyitleri işletmesine (GELİ), %4.2'si Garp linyitleri işletmesine (GLİ), %3.5'i ise Seyitömer linyitleri işletmesine (SLİ) ait bulunmaktadır.

Türkiye'nin asfaltit rezervleri ise Güneydoğu Anadolu bölgesindedir. Silopi ve Şırnak yatakları önemli asfaltit sahalarıdır. Bu sahaların toplam rezervi 42.3 milyon ton'u görünür olmak üzere 79.1 milyon ton'dur (Tablo 1.8).

Tablo 1.8. Türkiye'nin asfaltit rezervleri (URL 8)

Müesseseler		Rezerv (Bin Ton)				
		Mümkün	Muhtemel	Görünür	Hazır	Toplam
Silopi Kontrol Müd.	Silopi	1000	16210	32029		49239
	Şırnak	6300	13260	10313		29873
	Toplam	7300	29470	42342	0	79112

1.4.3.3. Dünyanın Kömür Üretim-Tüketim Dengesi

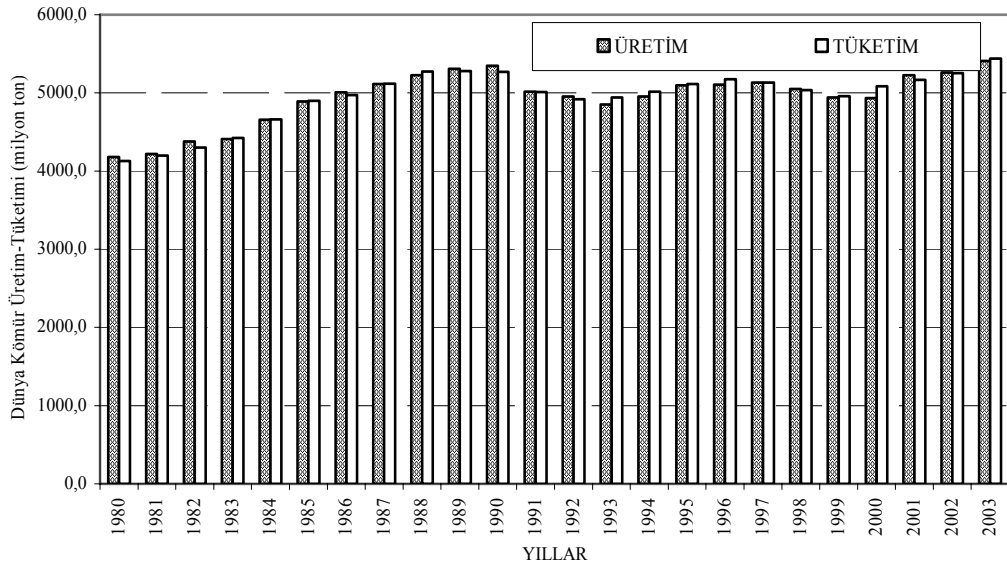
Orta Doğu bölgesi her ne kadar kömür rezervinin 2004 yılı seviyelerinde üretilmesi durumunda kömür rezervi ömrünün en uzun olduğu bölge gözükse bile bu durum söz konusu bölgenin sahip olduğu rezervin düşük olmasından dolayı üretimdeki ilgisizlikten kaynaklanmakta ve yaklaşık 470 yıllık rezerv ömrünün büyütülmemesi gerekmektedir. Dünya rezervinin %32.7'si ile en büyük paya sahip olan Asya ve Pasifik bölgesinin üretiminin 2004 yılı seviyelerinde devam etmesi durumunda ise bu bölgenin rezerv ömrü yaklaşık 105 yıl olacaktır. Dünyanın üretimi 2004 yılı seviyelerinde seyretmesi durumunda dünyanın rezerv ömrü ise yaklaşık 161 yıl olacaktır. Bölgelerin kömür üretim ve tüketim değerleri kıyaslandığında, yalnızca Güney ve Orta Amerika bölgesinin üretiminin tüketiminin üzerinde olduğu (en önemli kömür ihraç bölgesi) Tablo 1.9'dan açıkça görülmektedir.

Tablo 1.9. 2004 yılında bölgelerin kömür üretim-tüketim dengesi (BP, 2005)

Bölgeler	Üretim		Rezerv/Tüketim (yıl) *	Tüketim		Üretim/Tüketim
	(milyon TEP)	(%)		(milyon TEP)	(%)	
Kuzey Amerika	606.3	22.2	192.6	603.8	21.7	27.9
G. ve Orta Amerika	44.1	1.6	193.6	18.7	0.7	65.5
Avrupa ve Avrasya	434.4	15.9	284.6	537.2	19.3	22.5
Orta Doğu	0.6	0.1	469.6	9.1	0.3	1.8
Afrika	140.3	5.1	240.8	102.8	3.7	37.9
Asya Pasifik	1506.3	55.1	105.0	1506.6	54.2	27.8
Dünya	2732.1	100.0	161.5	2778.2	100.0	27.3

*: Üretimin 2004 yılı seviyesinde olması halinde rezervin ömrünü göstermektedir.

Şekil 1.8'den açıkça görüleceği gibi, yıllar itibariyle toplam dünya kömür üretimi ve tüketimi, enerji ihtiyacının artmasından, kömürün çevreye verdiği zararlı etkilerden ve temiz enerjiye doğru yönelimden kaynaklanan inişli çıkışlı bir süreç izlemiştir.

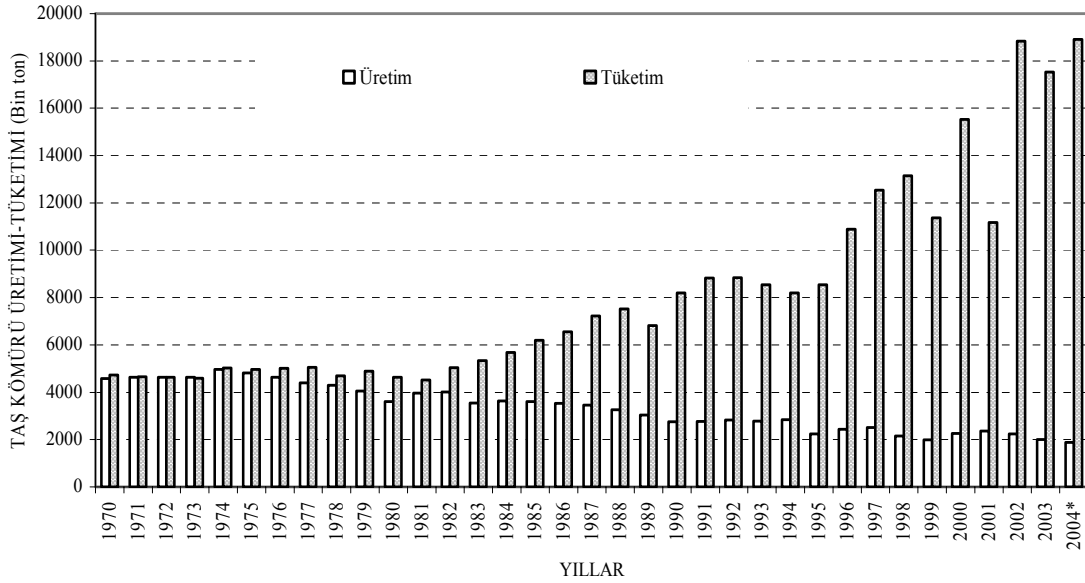


Şekil 1.8. Dünya kömür üretim-tüketim dengesi (EIA, 2006)

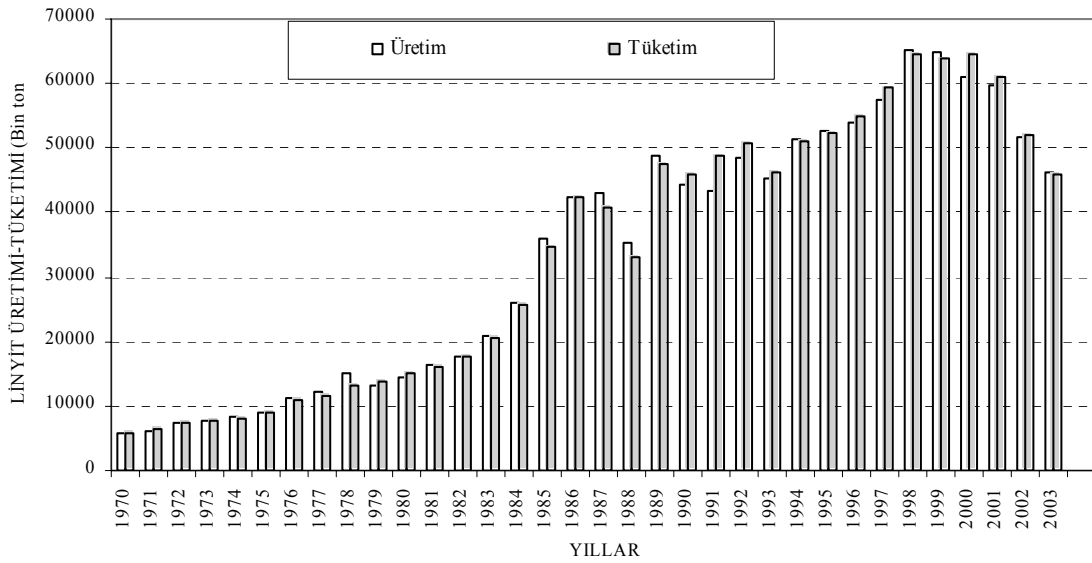
1.4.3.4. Türkiye'nin Kömür Üretim-Tüketim Dengesi

1970–2003 yılları arasında Türkiye'nin taş kömürü üretiminde yıllık ortalama %56 oranında düşüş meydana gelmiştir. Bu düşüşün nedeninin özellikle Zonguldak ve çevresinde kümelenmiş olan taş kömürü üretiminde çeşitli teknik ve ekonomik zorluklar olduğu gözlemlense de asıl neden, kömürün kirletici etkisinden kurtulmak amacıyla

enerji ihtiyacının karşılanmasında temiz enerji kaynaklarına olan yönelimdir. Taş kömürü tüketiminde ise yıllar itibariyle genel bir eğilim olarak artış olduğu söylenebilir. Ancak yetmişli yıllardan sonra hiçbir zaman taş kömürü üretimi tüketimi karşılayacak düzeyde olmamıştır ve 2003 yılına göre tüketilen taş kömürünün %88.5'i ithal edilmiştir (Şekil 1.9). Hemen hemen ülke topraklarına homojen olarak yayılmış olan linyit üretiminde ise 2000 yılına kadar genelde bir artış söz konusudur. Linyit rezervi bakımından zengin olan Türkiye'nin yıllar itibariyle üretimi tüketimi karşılayacak düzeyde gerçekleşmiştir (Şekil 1.10).

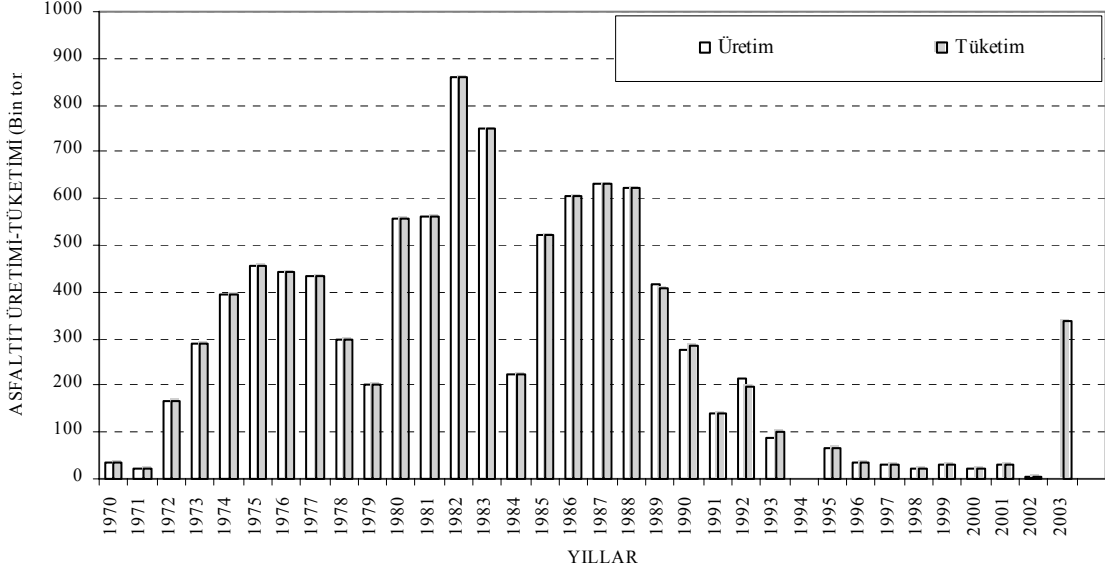


Şekil 1.9. Türkiye taş kömürü üretim-tüketim dengesi (URL 2; URL 9; URL 10)



Şekil 1.10. Türkiye linyit üretim-tüketim dengesi (URL 2; URL 9)

1970–1990 yılları arasında gerçekleşen asfaltit üretimi, tüketimi karşılayacak düzeyde olmuştur. Ancak özellikle son yıllarda bölgenin durumu nedeniyle üretim çok düşük düzeyde gerçekleşmiştir. Son iki yılda asfaltit üretimi sıfırlanmışken önemli derecede asfaltit tüketimi olmuştur (Şekil 1.11).



Şekil 1.11. Türkiye asfaltit üretim-tüketim dengesi (URL 2; URL 9)

1.4.4. Nükleer Enerji

Atom çekirdeklerinin parçalanması sonucunda büyük bir enerji açığa çıkmaktadır. Ağır atom çekirdeklerinin nötronlarla bombardımanı sonucunda bu çekirdeklerin parçalanması sağlanabilir; bu tepkimeye “filyon” adı verilmektedir. Her bir parçalanma tepkimesi sonucunda açığa filyon ürünleri, enerji ve 2–3 adet de nötron çıkmaktadır. Uygun şekilde tasarlanan bir sistemde tepkime sonucu açığa çıkan nötronlar da kullanılarak parçalanma tepkimesinin sürekliliği sağlanabilir (zincirleme tepkime). Bunun haricinde hafif atom çekirdeklerinin birleşme tepkimeleri de büyük bir enerjinin açığa çıkmasına sebep olmaktadır. Bu birleşme tepkimesine “füzyon” adı verilmektedir. Bu tepkimenin sağlanabilmesi için atom çekirdeğinde bulunan artı yüklerin birbirini itmesinden kaynaklanan kuvvetin yenilmesi gereklidir. Bu nedenle çok yüksek sıcaklığa çıkılan sistemler kullanılmaktadır. Çok yüksek sıcaklıkta yüksek enerjiye ulaşan atom çekirdeklerinin çarpışması ile füzyon tepkimesi sağlanabilmektedir. Filyon ve füzyon tepkimeleri ile elde edilen enerjiye “çekirdek enerjisi” veya “nükleer enerji” adı verilmektedir (URL 11).

1.4.4.1. Dünyanın Nükleer Enerji Potansiyeli

Nükleer enerji hammaddeleri Uranyum ve Toryum'dur. Uranyum, temel nükleer yakıt hammaddesidir. Günümüzde nükleer güç santrallerinde yakıt olarak kullanılmaktadır. Toryum ise tek başına nükleer yakıt olarak kullanılamaz. Toryumun nükleer yakıt olarak kullanılması ile ilgili çalışmalar yapılmaktadır, ancak günümüzde toryumla çalışan ticari ölçekli bir nükleer reaktör bulunmamaktadır.

Uranyum kaynakları görünür ve muhtemel olarak, üretim maliyetleri dikkate alınarak sınıflandırılmaktadır. Dünyada Kg'ı 80 ABD dolarına kadar mal edilebilen 2.46 milyon ton görünür, 1.08 milyon ton muhtemel; 80–130 ABD doları arasında mal edilebilen 0.66 milyon ton görünür, 0.32 milyon ton muhtemel uranyum rezervi mevcuttur (Tablo 1.10).

Tablo 1.10. Dünya uranyum kaynakları (TonU) (Zararsız, 2005)

Ülkeler	Görünür Kaynaklar			Muhtemel Kaynaklar I		
	80 \$/kgU altında -rezerv-	80–130 \$/kgU arasında -rezerv-	130\$/kgU altında Toplam	80 \$/kgU altında	80–130 \$/kgU arası	130\$/kgU altında Toplam
Avustralya	702 000	33000	735000	287000	36000	323000
Kazakistan	384625	145835	530460	237780	79380	317160
ABD	102000	243000	345000	-	-	-
Kanada	333834	0	333834	104710	0	104710
G. Afrika Cum.	231664	83666	315330	0	2550	2550
Türkiye	9130	-	9130	-	-	-
Dünya	2458152	661941	3169238	1078762	320868	1419450

Toryuma dayalı nükleer santrallerin henüz ticari olmayıp, deneme safhasında olması ve bu sektörün dışındaki kullanımının sınırlılığı nedeniyle, dünyada bu güne kadar, doğrudan toryum aramalarına fazla önem verilmemiştir. Enerji hammaddesi olarak kullanımı dışında, değişik kullanım alanlarında tüketilen toryum miktarının fazla olmaması nedeniyle, halen, sadece toryum için işletilen yatak bulunmamaktadır. Dünyanın görünür toryum rezervi 1.2 milyon ton'dur. Bu rezervde en önemli paya Avustralya (%25) sahiptir.

1.4.4.2. Türkiye'nin Nükleer Enerji Potansiyeli

Türkiye'de aramalar sonucunda 9129 ton uranyum bulunmuştur. Bulunan uranyum yataklarının yerleri Şekil 1.12'de verilmiştir. Türkiye'nin uranyum sahalarının ortalama

tenör ve rezervleri, aranıp buldukları yıllarda dünyaca kabul edilen ekonomik sınırlarda olmasına rağmen, bugün için bu sınırların (min. 2000 ppm) oldukça altında kalmaları, rezervlerin oldukça küçük miktarlarda olması nedeniyle, gerekli olan küçük kapasiteli tesislerin ekonomik olarak çalıştırılmasının güçlüğü ve Dünya uranyum fiyatlarının, özellikle son yıllardaki düşüklüğü ve bu düşüşün devam etmesi, gibi nedenlerle ekonomik olarak değerlendirilmelerinin mümkün olmadığı tespit edilmiştir.



Şekil 1.12. Türkiye'nin nükleer hammadde kaynakları (URL 12)

1.4.4.3. Dünyada ve Türkiye'de Nükleer Enerjinin Gelişimi

Dünya üzerinde toplam 31 ülkede 443 adet nükleer reaktör çalışır durumda bulunmaktadır. Uluslararası Atom Enerjisi Kurumu (IAEA)'nın 2006 yılında yayınladığı "Dünyada nükleer güç reaktörleri" adlı raporuna göre, en fazla nükleer reaktör bulunan dört ülke ABD (104 tesis), Fransa (59 tesis), Japonya (56 tesis) ve Rusya (31 tesis)'dir. Dünyada şu anda 26 reaktörün inşasına devam edilmektedir. İnşa halindeki reaktör durumuna göre ise Hindistan 8 reaktörle en önde gelmektedir (IAEA, 2006). Ülkelerin nükleer santrallerinin sayısı ve kurulu güç değerleri Tablo 1.11'de verilmektedir.

Nükleer enerji dünyanın sınırlı sayıda ülkesinde sınırlı kalmıştır. Yarı nükleer silaha da sahip ülkeler olan altı büyük ülke; ABD, Fransa, Japonya, Almanya, Rusya, Güney Kore, dünyadaki toplam nükleer enerjinin dörtte üçünü üretmektedirler. Dünyada nükleer

enerji üreten ülkelerin yarısı Batı ve Orta Avrupa'da bulunmakta ve dünya nükleer enerjisinin üçte birini üretmektedirler (Tablo 1.12).

Tablo 1.11. Dünyada nükleer reaktörlerin ve enerji kurulu gücünün mevcut durumu (URL 13)

Ülke/Ortaklık/Bölge	İşletmede		İnşa Halinde		Kapalı	
	Ünite Sayısı	Toplam (MWe)	Ünite Sayısı	Toplam (MWe)	Ünite Sayısı	Toplam (MWe)
1. ABD	104	99210	0	0	23	9590
2. Fransa	59	63363	0	0	11	3951
3. Japonya	56	47839	1	866	3	320
4. Rusya	31	21743	4	3775	5	786
Afrika	2	1800	0	0	0	0
Latin Amerika	4	2836	1	692	1	376
K. Amerika	124	113119	0	0	30	12636
Avrupa ve Avrasya	205	172207	9	8883	75	21925
Asya ve Pasifik	108	79590	15	10368	3	320
Orta Doğu	0	0	1	915	0	0
Dünya	443	369552	26	20858	110	35309

Tablo 1.12. Dünyada 2003 yılı itibari ile nükleer enerji durumu (OECD/IEA, 2005a; BP, 2005)

Ülke/Bölge	Nükleer Enerjiden Elektrik Üretimi		Nükleer Enerji Tüketimi	
	GWh	%	Mtoe	%
ABD	787818	29.9	181.9	30.4
Fransa	441070	16.7	99.8	16.7
Japonya	240013	9.1	52.1	8.7
Almanya	165060	6.3	37.3	6.2
Afrika	12663	0.5	3	0.5
Latin Amerika	20924	0.8	4.7	0.8
K. Amerika	873212	33.1	201.2	33.6
Avrupa ve Avrasya	1257093	47.7	284.5	47.6
Asya ve Pasifik	471457	17.9	104.8	17.5
Orta Doğu	-	-	-	-
Dünya	2635349	100.0	598.2	100.0

Türkiye'de henüz işletmede, yapım aşamasında ve kapalı halde nükleer güç santrali bulunmamaktadır. Ancak, nükleer seçenek güç üretiminde çeşitliliği sağlamak ve ithal yakıtların etkinliği nedeniyle sebep olunmuş kaynak riskinin güvenliğini azaltmak için gelecek alternatif enerji kaynakları içinde düşünülmektedir. Bu maksatla yapılacak olan ilk ünitenin devreye sokulması için hedef yıl 2012 yılıdır. Toplamda nükleer kapasitenin 2020 yılına kadar yaklaşık 5000 MW'a ulaşması planlanmaktadır.

1.4.5. Jeotermal Enerji

Jeotermal Kaynak, “yerkabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş ısının oluşturduğu, sıcaklığı sürekli 20°C’den fazla olan ve çevresindeki normal yeraltı ve yerüstü sularına oranla daha fazla erimiş mineral, çeşitli tuzlar ve gazlar içerebilen sıcak su ve buhar” olarak tanımlanabilir. Jeotermal enerji ise bunlardan dolayı veya doğrudan her türlü faydalanmayı içermektedir. Düşük (20–70°C), orta (70–150°C) ve yüksek (150°C’den yüksek) entalpili (sıcaklıklı) olmak üzere genelde üç gruba ayrılmaktadır. Düşük ve orta sıcaklıklı sahalar bugünkü teknolojik ve ekonomik koşullar altında, başta ısıtmacılık olmak üzere (sera, bina, zirai kullanımlar), endüstriden (yiyecek kurutulması, kerestecilik, kâğıt ve dokuma sanayinde, dericilikte, soğutma tesislerinde), kimyasal madde üretiminde (borik asit, amonyum bikarbonat, ağır su, akışkandaki CO₂’den kuru buz eldesinde) kullanılmaktadır. Ancak, bugünkü gelişen teknolojilerle orta entalpili sahalardan elektrik de üretilebilmektedir. Yüksek entalpili sahalardan elde edilen akışkan ise elektrik üretiminin yanı sıra entegre olarak diğer alanlarda da kullanılabilir (DPT, 2001).

1.4.5.1. Dünyanın Jeotermal Enerji Potansiyeli

Dünyanın jeotermal enerji potansiyeli hakkında farklı bilim adamları tarafından hem elektrik üretimi hem de doğrudan kullanımı üzerine farklı tahminler yapılmıştır (Tablo 1.13). Bu bilim adamlarından Fridleifsson’a göre, jeotermal enerjiden elektrik üretim potansiyeli 12000 TWh/yıl’dır. Bu değer, 2000 yılında 49.3 TWh/yıl olan yıllık üretim ile ve şimdiki artış oranı ile 58 GWe kapasiteli 318 TWh/yıl’lık 2020 yılı tahmini ve iki senaryoya göre tespit edilen sırasıyla 20.7 GWe kapasiteli 128 TWh/yıl ve 32 GWe kapasiteli 199 TWh/yıl’lık 2010 yılı tahminleri ile kıyaslandığında önemli bir potansiyelin değerlendirilmeyi beklediği açıkça görülmektedir. Jeotermal’in doğrudan kullanım potansiyeli yine bu bilim adamına göre, 600000 EJ/yıl’dır. 2000 yılındaki değeri 53.2 TWh/yıl, 37 GWth termal kapasiteli 2020 tahmini ise 141 TWh/yıl’dır.

Tablo 1.13. Referanslara göre dünyanın jeotermal potansiyeli (URL 14).

	Elektrik			Doğrudan Kullanım		
	GW	TWh/yıl	EJ/yıl	GW	TWh/yıl	EJ/yıl
Dünya Enerji Tüketimi (1996 Tahmini)		12000	43		112000	400
WGC 2000	8	49	0.18	15	53	0.19
2020'e kadar ekstrapolasyon	42	300	1.1	40	140	0.50
Fridleifsson, 1999'a göre potansiyel	1700	12000	43	48000000	170000000	600000
Gawell, 1999'a göre potansiyel	140	1000	3.6			
Stefansson, 2000'e göre potansiyel	3100	22000	79	160000	>560000	>2000
Stefansson, 2002'e göre potansiyel	5900	42000	150	28000	98000	350
Cataldi, 1999'a göre potansiyel	46	330	1.2	190	670	2.4

1.4.5.2. Türkiye'nin Jeotermal Enerji Potansiyeli

Türkiye, jeotermal enerji potansiyeli açısından dünyadaki zengin ülkeler arasında yer almaktadır. Türkiye'de toplam 1000 dolayında sıcak ve mineralli su kaynağı bulunmaktadır. Bilinen jeotermal alanların %95'i ısıtmaya ve kaplıca kullanımına uygundur. Türkiye'de az sayıda da olsa yüksek entalpili jeotermal alanlar da keşfedilmiştir. Ancak, ülkemizde jeotermala dayalı elektrik üretimi düşük seviyede kalmıştır. Halen 20.4 MWe brüt kurulu güce sahip Denizli-Kızıldere santrali günümüzde net 12 MWe elektrik üretmektedir. Aydın-Germencik'te (232 °C) ise aşamalı olarak yaklaşık 150 MWe gücüne ulaşacak taşınabilir üniteler için Yap-İşlet-Devret modeline göre işlemler sürdürülmektedir. Balneolojik amaçlı kullanımlar için, sıcaklık alt sınırı 20 °C olarak kabul edilmekte olup 600 kaynak grubuyla Türkiye, Avrupa'da birinci sırada yer almaktadır. Sadece kaynakların boşalımları değerlendirildiğinde potansiyel 600 MWt civarındadır. MTA Genel Müdürlüğü'nün 35 yıllık süre içerisinde açtığı 305 adet jeotermal amaçlı sondaj ile bu potansiyele yaklaşık 2000 MWt katkı sağlanmıştır. Böylelikle, Türkiye'nin ispatlanmış termal kapasitesi (kuyu+kaynak) 2600 MWt civarına ulaşmıştır. Türkiye'nin muhtemel jeotermal potansiyeli ise 31100 MWt'dir. Bu da, Türkiye'deki konutların en az % 30'unun jeotermal kaynaklarla ısıtılabilceği anlamına gelmektedir (Tablo 1.14).

Tablo 1.14. Türkiye'nin jeotermal enerji potansiyeli (Altaş, vd., 2003).

	Kanıtlanmış potansiyel (MW)	Mümkün ve muhtemel potansiyel (MW)
Isı (<473 K, düşük entalpili alanlar)	2250 MWt	31100 MWt
Elektrik (>473 K, yüksek entalpili alanlar)	200 MWe	4500 MWe

1.4.5.3. Dünyada ve Türkiye’de Jeotermal Enerjinin Gelişimi

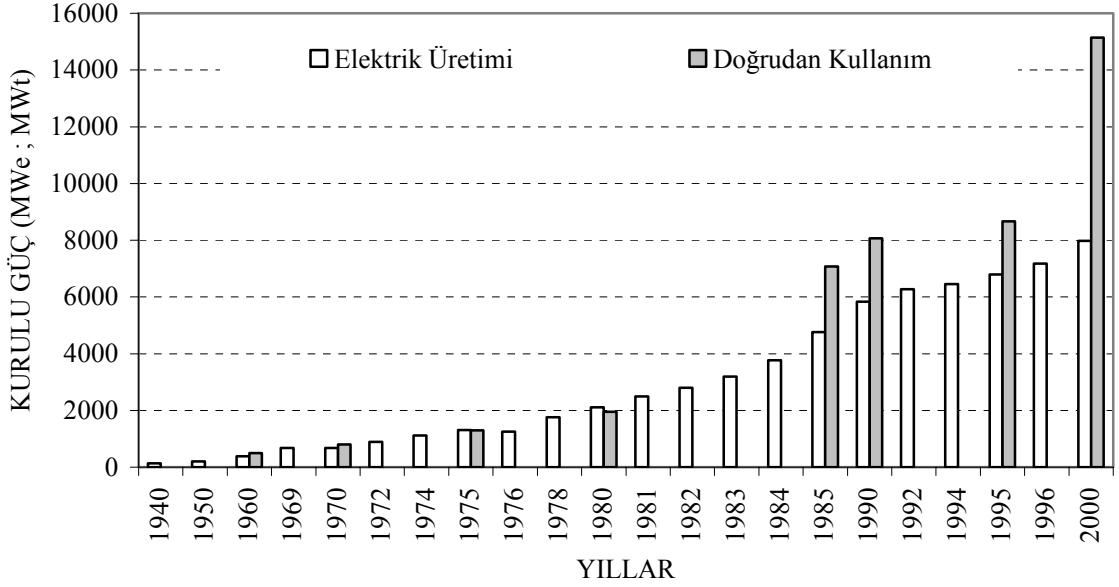
Bütün dünyada, jeotermal enerjinin kullanımı, elektrik üretimi için yaklaşık 49 TWh/yıl ve doğrudan kullanım için 76 TWh/yıl olarak belirlenmiştir (Tablo 1.15). Jeotermal enerjinin günümüzdeki kullanımı, kanıtlanmış jeotermal potansiyelin çok küçük bir bölümünü teşkil etmektedir. Jeotermal enerjiden elektrik üretimini, dünyada bütün kıtalara yayılmış 21 ülke gerçekleştirmektedir. Elektrik üretiminde %44’lük kurulu güç ile Asya ve Okyanusya bölgesi söz sahibidir. Ancak, bu bölge en büyük kurulu güce sahip olmasına karşın, üretim bakımından K. Amerika’dan sonra ikinci sırada yer almaktadır. Bu durum büyük ihtimalle bu iki bölgenin sahip oldukları potansiyellerin sıcaklık (entalpi) farklılıklarından veya altyapı eksikliklerinden kaynaklanmaktadır. Jeotermal enerjinin doğrudan kullanımında ise en etkin bölge kurulu güç bakımından %47, üretim bakımından %54 pay ile Avrupa ve Rusya’dır.

Tablo 1.15. Bölgelere göre kurulu jeotermal kapasite (Fridleifsson, 2001; Lund vd., 2005)

Bölge	Elektrik Üretimi				Doğrudan kullanım			
	Kurulu Güç		Üretim		Kurulu Güç		Üretim	
	MWe	%	GWh/yıl	%	MWt	%	GWh/yıl	%
K. Amerika	2983.00	37.41	21151.00	42.94	8443	29.87	9922	13.07
Orta ve G. Amerika	406.90	5.10	2190.90	4.45	545	1.93	2197	2.89
Avrupa ve Rusya	1018.60	12.77	5864.33	11.90	13377	47.32	41160	54.20
Orta Doğu	-	-	-	-	266	0.94	1246	1.64
Afrika	53.52	0.67	396.52	0.80	47	0.17	94	0.12
Asya ve Okyanusya	3512.04	44.04	19658.70	39.91	5447	19.27	20656	27.20
Dünya	7974.06	100.00	49261.45	100.00	28268	100.00	75943	100.00

Jeotermaldan elektrik üretimi için kurulu güç artış oranı, II. Dünya Savaşı ve savaşın sonunda İtalyan topraklarının zarar görmesi nedeniyle 1940 yılından 1960 yılına kadar yavaş bir seviyede yıllık %5.59 artış göstermiştir. 1960’dan 1970 yılına kadar oran yine yavaş seviyede yıllık %5.8 artmış, daha sonra, çarpıcı bir şekilde 1970 yılından 1980 yılına kadar yıllık %12 ve 1980 yılından 1990 yılına kadar yıllık %10.7 yükselmiştir. 1990 yılından sonra, oran, ucuz fosil yakıtların elde edilebilirliğinden ve dünya ekonomisindeki, özellikle Güney Doğu Asya’daki düşüşten etkilendiğinden dolayı her yıl %3.17 artış gösterebilmiştir. Son otuz yıldaki artış oranı ise yıllık ortalama %8.56 ve son yirmi yıldaki artış oranı da yıllık ortalama %6.87 olmuştur. Doğrudan kullanım için yıllık artış ise, 1970 yılından 1980’e kadar yaklaşık %9, 1980’den 1990 yılına kadar yaklaşık %15 (Japonya ve

Çin'deki veri artışından etkilenmiş), 1990 yılından 2000 yılına kadar yaklaşık %6.5 gerçekleşmiştir. Toplamda son otuz yıldaki artış ortalama yıllık %10.3 olmuştur (Şekil 1.13).



Şekil 1.13. Dünya'nın jeotermal enerji kurulu gücünün gelişimi (URL 14; Altaş vd., 2003)

Türkiye son yıllarda jeotermal enerjiden doğrudan kullanımda listenin en üstlerine doğru hızlı bir şekilde yükselmiştir. Şu anda, doğrudan kullanımda kurulu güce göre %5.29 payla ve üretime göre de %9.09 payla 5. sırada yer almaktadır. Türkiye'de jeotermal enerji, elektrik üretiminde, ısıtmacılıkta, kimyasal madde üretimi (sıvı karbondioksit) ve deri işlemesine kadar birçok alanda kullanılmaktadır. 2005 yılına göre Türkiye'deki jeotermal kullanım kategorileri Tablo 1.16'da verilmektedir.

Tablo 1.16. Türkiye'deki mevcut jeotermal kullanım kategorileri (URL 15).

Kategori	Kapasite
Merkezi Isıtma Sistemleri (şehir, konut, termal tesis, sera vb.)	103000 konut eşdeğeri (827 MWt)
Kaplıca	215 kaplıca (402 MWt)
Toplam Doğrudan Kullanım	1229 MWt
Karbondioksit Üretimi	120000 ton/yıl
Elektrik Üretimi	* 20 MWe (Denizli – Kızıldere) (işletmede), * 25 MWe kapasiteli Germencik jeotermal elektrik santrali BOT yatırımının çalışmaları devam etmektedir. Hedef 100 MWe'dir. * Aydın Salavathı da 167 °C ile yaklaşık 10 MWe Binary Cycle santrali kurulmaktadır.

1.4.6. Biokütle Enerjisi

Biokütle enerjisi, uygun bitkilerin yetiştiriciliğine bağlı olduğundan dolayı yenilenebilir, çevre dostu ve yerli kaynak olarak değer kazanan önemli bir enerji kaynağıdır. Bu enerji kaynağı klasik ve modern enerji kaynağı olarak iki grupta incelenmektedir. Klasik biokütle enerjisi, ormanlardan elde edilen odun, yakacak olarak kullanılan bitki ve hayvan artıklarından oluşmaktadır. Bitkisel ve hayvansal kökenli bütün maddeler biokütle enerji kaynağıdır ve bu kaynaklardan üretilen enerji de biokütle enerjisi olarak adlandırılmaktadır. Modern biokütle kaynakları; enerji ormancılığı ürünleri, orman ve ağaç endüstrisi artıkları, enerji tarımı ürünleri, kentsel atıklar, tarım kesiminin bitkisel ve hayvansal atıkları, tarımsal endüstri atıklarıdır.

1.4.6.1. Dünyanın Biokütle Enerjisi Potansiyeli

Biokütle artan enerji ihtiyacını karşılamada en iyi seçeneklerden biri olarak düşünülmektedir. Biokütle enerjisi, gelecekteki yakıt stokunu sigorta edebilen ve bu gereksinimi karşılayabilen en büyük potansiyele sahiptir. Dünya nüfusunun beslenme biçimine göre yapılan çalışmalara göre 2050 yılında dünya nüfusunun proteince zengin beslenmeyi tercih etmesi durumunda biyoenerji potansiyelinin 50 EJ, vejetaryen beslenme biçiminin seçilmesi durumunda ise bu potansiyelin 1100 EJ olacağı tahmin edilmektedir. Ortalama biokütle enerjisi potansiyelinin ise 200 EJ–700 EJ arasında değişeceği düşünülmektedir (Lysen, 2003). Tablo 1.17, dünyanın çeşitli bölgelerinin biokütle enerji potansiyelini göstermektedir. Kuzey Amerika, L. Amerika, Afrika ve Avrupa kıtaları önemli potansiyellere sahiptirler.

Tablo 1.17. Dünyanın farklı bölgelerinde biokütle enerjisi potansiyeli (EJ) (Parikka, 2004)

Biokütle potansiyeli	K. Amerika	L. Amerika	Asya	Afrika	Avrupa	Orta Doğu	Eski SSCB	Dünya
Odunsu biokütle	12.8	5.9	7.7	5.4	4.0	0.4	5.4	41.6
Tahıl	4.1	12.1	1.1	13.9	2.6	0.0	3.6	37.4
Kamış	2.2	1.7	9.9	0.9	1.6	0.2	0.7	17.2
Diğer	0.8	1.8	2.9	1.2	0.7	0.1	0.3	7.6
Toplam	19.9	21.5	21.4	21.4	8.9	0.7	10.0	103.8

K. Amerika ve Kuzey Avrupa'daki ülkelerin karasal alanlarının büyük bir bölümünün ormanlarla kaplı olmasından dolayı özellikle bu ülkeler odunsu biokütle enerjisi potansiyeli bakımından zengindirler. Tarımsal biokütle potansiyelinde ise büyük tarımsal alanlara sahip olan Avrupa ve K. Amerika söz sahibidir.

1.4.6.2. Türkiye'nin Biokütle Enerjisi Potansiyeli

Türkiye biokütle materyal üretimi açısından, güneşlenme ve alan kullanılabilirliği, su kaynakları, iklim koşulları gibi özellikleri uygun olan ülkedir. Türkiye'de kültürel yetiştiriciliğe ve gıda üretimi dışında fotosentezle kazanılabilecek enerjiye bağlı olarak biokütle enerji brüt potansiyeli teorik olarak 135–150 Mtep/yıl kadar hesaplanmakla birlikte, kayıplar düşüldükten sonra net değer 90 Mtep/yıl olacağı varsayılmaktadır. Ancak, ülkenin tüm yetiştiricilik alanlarının yıl boyu yalnızca biokütle yakıt üretim amacıyla kullanılması olanaklı değildir. Olabilecek en üst düzeydeki yetiştiriciliğe göre teknik potansiyel 40 Mtep/yıl düzeyinde bulunmaktadır. Ekonomik sınırlamalarla 25 Mtep/yıl değeri, Türkiye'nin ekonomik biokütle enerji potansiyeli alınabilir (WECTNC, 2003).

Türkiye'de toplam elde edilebilir biokütle enerjisi potansiyelinin yaklaşık 16.92 Mtep olacağı tahmin edilmektedir. Bu potansiyelin 4.56 Mtep'i kuru tarımsal artıklardan, 4.3 Mtep'i ormanlardan, 4.16 Mtep'i yakacak odundan, 2.35 Mtep'i hayvansal atıklardan, 0.25 Mtep'i nemli tarımsal atıklardan ve 1.3 Mtep'i diğer atıklardan temin edilmektedir (Kaygusuz ve Kaygusuz, 2002).

Türkiye sahip olduğu meteorolojik ve coğrafik şartlar nedeniyle tarım ve ormancılık için çok uygun bir ülkedir. Tarımsal alanların, otlak ve ormanlık alanların toplamı Türkiye'nin toplam yüzey alanının %93.6'sını oluşturmaktadır. Ormanların yıllık biokütle verimliliğinin 188 milyon ton, tarımsal alanların 180 milyon ton ve otlakların 174 milyon ton olacağı tahmin edilmektedir. Bu yıllık toplam 542 milyon ton kuru biokütle miktarına tekabül etmektedir.

Türkiye'nin biyogaz potansiyeli ise 2.2 ve 3.9 milyar m³ civarındadır. Biyogaz üretimi için 1–2 Mtep'lik enerji hayvanların gübresinden temin edilmektedir. Toplam biyogaz potansiyelinin yaklaşık %85'i hayvan gübresinden elde edilen gazdan oluşurken geri kalanı organik maddelerin ayrışımı sonucu oluşan gazdan ibarettir. Hayvansal gübreden üretilen gazın %50'si koyun, %43'ü sığır ve %7'si kümes hayvanlarının gübresinden elde edilmektedir (Hepbaşlı ve Ozgener, 2004).

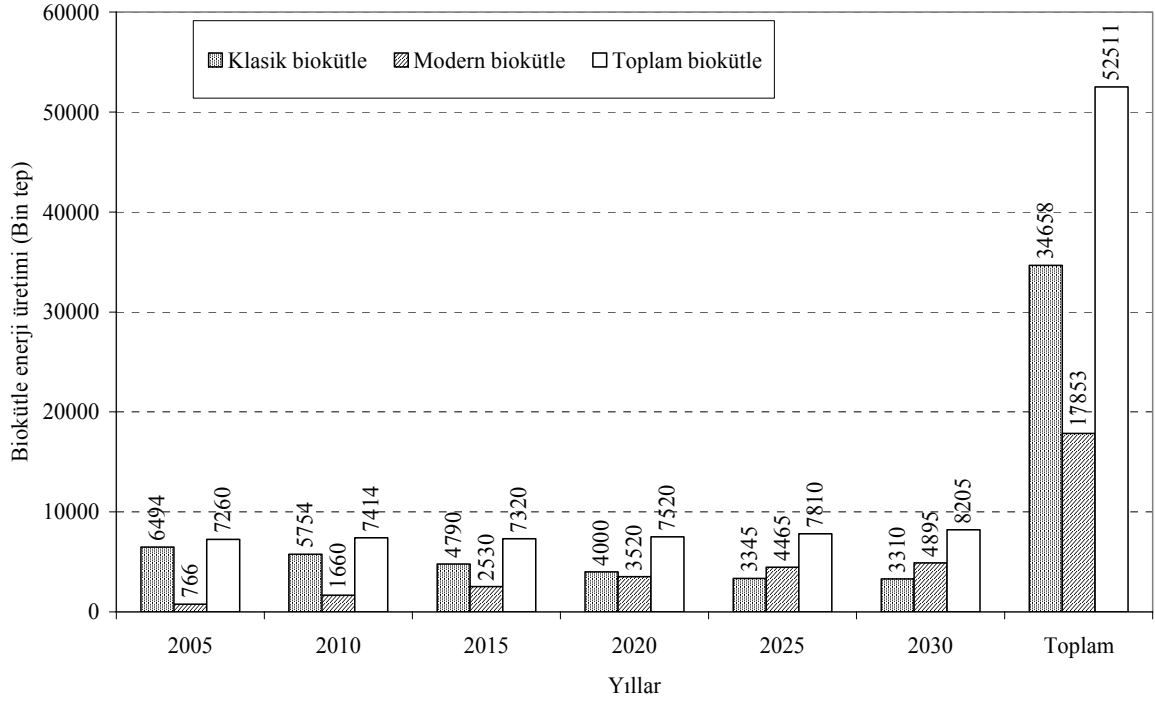
1.4.6.3. Dünyada ve Türkiye’de Biokütle Enerjisinin Durumu

Biokütle enerjisi insanoğlunun ilk enerji kaynaklarından biridir. Elektrik üretimi, evlerin ısıtılması, araçlara yakıt temini ve endüstriyel tesisler için ısı temini maksatlı çok çeşitli kullanımı mevcuttur. Dünyanın farklı bölgelerindeki biokütle enerjisi üretimi, biokütleden elektrik üretimi ve ısı üretimi değerleri Tablo 1.18’de verilmiştir. Bu tablodan da görüleceği gibi biokütle üretimi bölgeden bölgeye çeşitlilik arz etmektedir. Avrupa (%7.8), K. Amerika (%7.7), L. Amerika (%7.8) ve Orta Doğu (%0.1)’da biokütle enerjisinden yararlanma düşük seviyelerde olmasına karşın Afrika (%23.8) ve Asya (%52.7)’da oldukça zengin miktarlarda yararlanma söz konusu olmaktadır.

Tablo 1.18. Dünyanın 2003 yılına göre biokütle enerjisi üretimi (OECD/IEA, 2005a)

Ülke/Ortaklık/Bölge	Birincil üretim		Elektrik üretimi		Isı Üretimi	
	GWh	%	GWh	%	GWh	%
Çin	2547797	19.1	2472	1.2	2545325	19.4
Hindistan	2456940	18.5	1877	0.9	2455063	18.7
Tayland	170598	1.3	2648	1.3	167950	1.3
Nijerya	903472	6.8	-		903472	6.9
ABD	793696	6.0	70673	35.2	723023	5.5
Afrika	3165433	23.8	290	0.1	3165143	24.1
Latin Amerika	1003573	7.5	18792	9.4	984781	7.5
K. Amerika	1024636	7.7	82281	41.0	942355	7.2
Asya Pasifik	7013959	52.7	31719	15.8	6982240	53.2
Avrupa ve Rusya	1034076	7.8	67618	33.7	966458	7.4
Orta Doğu	11949	0.1	-		11949	0.1
Dünya	13314083	100.0	200700	100.0	13113383	100.0

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında biokütle enerjisi, toplam enerji tüketimindeki payının yüksek olmasından dolayı Türkiye için önemli bir enerji kaynağıdır. 1980 yılından beri toplam enerji tüketimine biokütle kaynaklarının katkısı 2003 yılında %20’den %9’a düşmüştür. Türkiye’de biokütleden önemli derecede ısınma maksatlı yararlanılmaktadır. Türkiye’deki hedeflenmiş biokütle enerjisi üretimi Şekil 1.14’te verilmektedir. Bu şekilden de anlaşılacağı gibi klasik biokütle enerjisi azalırken, modern biokütle enerjisinin 2005 ve 2030 yılları arasında artacağı tahmin edilmektedir.



Şekil 1.14. Türkiye'nin hedeflenmiş biokütle enerji üretimi (Kaygusuz ve Türker, 2002)

1.4.7. Güneş Enerjisi

Güneşin çekirdeğinde yer alan füzyon süreci ile açığa çıkan ışıma enerjisi olarak tanımlanan güneş enerjisi, güneşteki hidrojen gazının helyuma dönüşmesi şeklindeki füzyon sürecinden kaynaklanmaktadır. Dünya atmosferinin dışında güneş enerjisinin şiddeti, aşağı yukarı sabit ve 1370 W/m^2 değerindedir, ancak yeryüzünde $0-1100 \text{ W/m}^2$ değerleri arasında değişim gösterir. Bu enerjinin dünyaya gelen küçük bir bölümü dahi, insanlığın mevcut enerji tüketiminden kat kat fazladır. Dünya'ya güneşten gelen enerji, Dünya'da bir yılda kullanılan enerjinin 20 bin katıdır, bu da güneş enerjisinin 5 milyar yıllık ömrünün olduğunu göstermektedir. Güneş enerjisi teknolojileri yöntem, malzeme ve teknolojik düzey açısından çok çeşitlilik göstermekle birlikte iki ana gruba ayrılmaktadır;

* Isıl Güneş Teknolojileri: Bu sistemlerde öncelikle güneş enerjisinden ısı elde edilir. Bu ısı doğrudan kullanılabilir gibi elektrik üretiminde de kullanılabilir.

* Güneş Pilleri: Fotovoltaik (PV) piller de denen bu yarı-iletken malzemeler, güneş ışığını doğrudan elektrığe çevirmektedirler (URL 16).

1.4.7.1. Dünyanın ve Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli

Dünyada, güneş enerjisi güç sistemleri için muazzam miktardaki artan talebi karşılamak için, gerekli olan güneş ışınımından dünya yüzeyinde çok daha fazla ışınım elde etmek mümkündür. Dünya yüzeyine ulaşan güneş ışınlarının miktarı, dünya çapında enerji tüketimini 10000 kat daha fazla karşılama potansiyeline sahiptir. Yer yüzeyinin her metre karesi, her yıl 1700 kWh güç üretebilecek yeterince güneş ışığına maruz kalmaktadır. Belli bir bölgede ne kadar çok güneş ışığı elde edilebiliyorsa, orada o kadar çok elektrik üretimi gerçekleştirilebilir demektir. Tropikal bölgeler güneş ışınımından elektrik üretimi için iyi bir kaynaktır. Örneğin, Avrupa'da ortalama güneşlenme yaklaşık her metre kareye 1000 kWh enerji denk getirirken Orta Doğu'da 1800 kWh'lık enerji üretme imkânı vardır.

Türkiye, coğrafi konumu nedeniyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli açısından birçok ülkeye göre şanslı durumdadır. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nde (DMİ) mevcut bulunan 1966–1982 yıllarında ölçülen güneşlenme süresi ve ışınım şiddeti verilerinden yararlanarak Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) tarafından yapılan çalışmaya göre Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat (günlük toplam 7.2 saat), ortalama toplam ışınım şiddeti 1311 kWh/m²-yıl (günlük toplam 3.6 kWh/m²) olduğu tespit edilmiştir. Aylara göre Türkiye güneş enerji potansiyeli ve güneşlenme süresi değerleri ise Tablo 1.19'da verilmiştir.

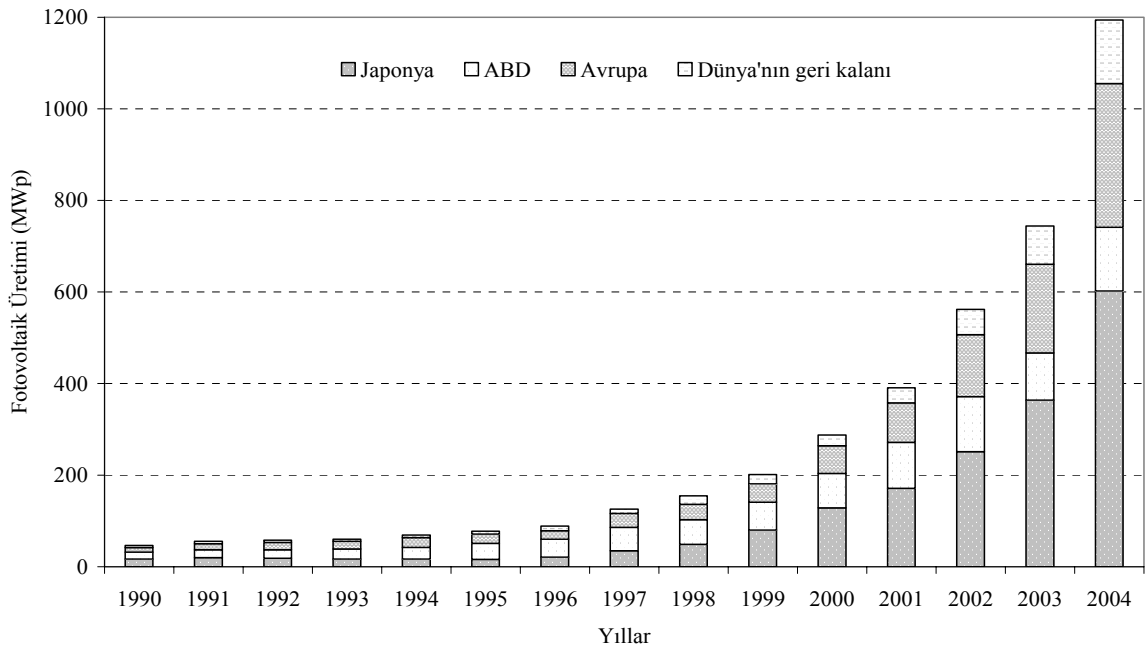
Tablo 1.19. Türkiye'nin aylık ortalama güneş enerjisi potansiyeli (URL 16)

Aylar	Aylık Toplam Güneş Enerjisi		Güneşlenme Süresi (Saat/Ay)
	(Kcal/cm ² -ay)	(kWh/m ² -ay)	
Ocak	4.45	51.75	103.0
Şubat	5.44	63.27	115.0
Mart	8.31	96.65	165.0
Nisan	10.51	122.23	197.0
Mayıs	13.23	153.86	273.0
Haziran	14.51	168.75	325.0
Temmuz	15.08	175.38	365.0
Ağustos	13.62	158.40	343.0
Eylül	10.60	123.28	280.0
Ekim	7.73	89.90	214.0
Kasım	5.23	60.82	157.0
Aralık	4.03	46.87	103.0
Toplam	112.74 Kcal/cm ² -yıl	1311 kWh/m ² -yıl	2640 saat/yıl
Ortalama	308.0 cal/cm ² -gün	3.6 kWh/m ² -gün	7.2 saat/gün

1.4.7.2. Dünyada Güneş Enerjisinin Durumu

Dünya’da yenilenebilir enerji kaynaklarına olan talepten dolayı güneş enerjisinden yararlanmada da son yıllarda hızlı bir artış gözlenmektedir. 2003 yılı sonuna kadar dünyanın bütün fotovoltaik sistemlerinin kümülatif kurulu gücü 2400 MWp sınırına ulaşmıştır. Bu değer, 2000 yılı sonundaki 1200 MWp’lik kurulu güç ile kıyaslandığında, son üç yılda toplam kurulu kapasitenin iki katına çıktığı görülmektedir. Dünya üzerindeki fotovoltaik güç, 1998 yılından beri %35’ten daha fazla bir ortalama yıllık artışta yükselmeye devam etmektedir.

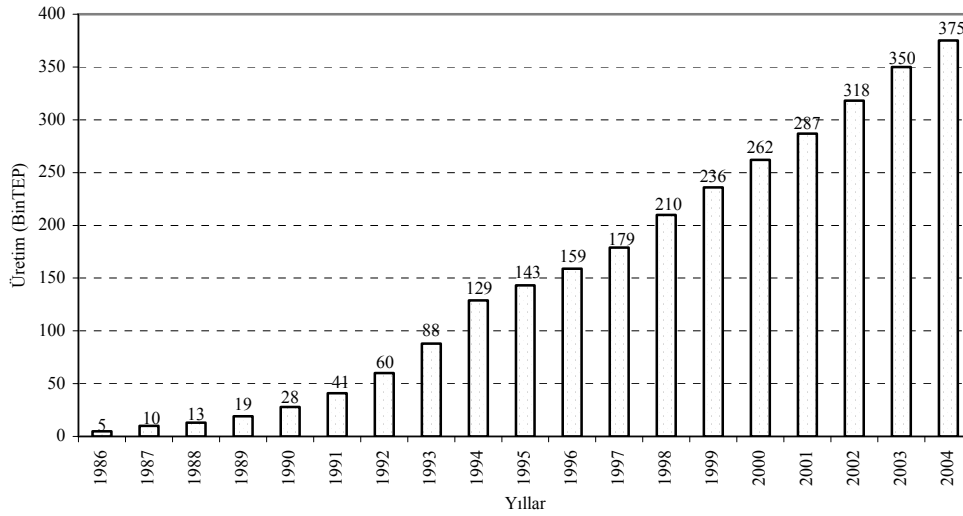
Dünya’da güneş enerjisinden elektrik üretimi son on yılda büyük artışlar göstermiştir. 1990–2000 yılları arasındaki dönem boyunca PV üretiminde %20’lik bir ortalama yıllık artış gelişimi olmasına karşın, son dört yıldaki gözlenmiş olan artış iki kat (%43) daha etkileyici olmuştur. Güneş ışığını doğrudan elektrığe dönüştüren fotovoltaik sanayinde, 2004 yılında dünya genelindeki fotovoltaik üreticileri 1195 MWp’lik bir üretim ve 5.8 milyar dolarlık bir iş gerçekleştirmiştir. Son beş yılda ortalama yıllık dünya artış miktarı %40’ın üzerindedir. Şekil 1.15’deki grafik dilimlerinin gelişimi incelendiğinde dünya fotovoltaik elektrik üretim pazarında exporansiyel bir artışın söz konusu olduğu görülmektedir.



Şekil 1.15. Dünya’nın ve bazı bölgelerin fotovoltaik üretiminin gelişimi (Jager-Waldau, 2005)

1.4.7.3. Türkiye’de Güneş Enerjisinin Durumu

Türkiye’de güneş enerjisinin en yaygın kullanımı sıcak su ısıtma sistemleridir. Halen ülkemizde kurulu olan güneş kolektörü miktarı 2001 yılı için 7.5 milyon m² civarındadır. Çoğu, Akdeniz ve Ege Bölgelerinde kullanılmakta olan bu sistemlerden yılda yaklaşık 290 bin TEP ısı enerjisi üretilmektedir. Sektörde, 100’den fazla üretici firmanın bulunduğu ve 2000 kişinin istihdam edildiği tahmin edilmektedir. Yıllık üretim hacmi 750 bin m² olup bu üretimin %20–25 kadarı da ihraç edilmektedir. Bu haliyle ülkemiz dünyada kayda değer bir güneş kolektörü üreticisi ve kullanıcısı durumundadır (URL 16). Güneş enerjisi üretiminin birincil enerji tüketimine katkısı Şekil 1.16’da yer almaktadır. 2004 yılına göre Türkiye’nin güneş enerjisinden yararlanma miktarı 375 Bin TEP (4.36 TWh/yıl)’dır. Bu değer, Türkiye’nin 1311 kWh/m² (1068 TWh/yıl) olan güneş enerjisi potansiyelinin yanında çok küçük kalmaktadır. Buradan, Türkiye’nin önemli potansiyele sahip olmasına rağmen güneş enerjisinden yararlanmadığını söylemek mümkündür.



Şekil 1.16. Türkiye’de yıllara göre güneş enerjisi üretimi (URL 2)

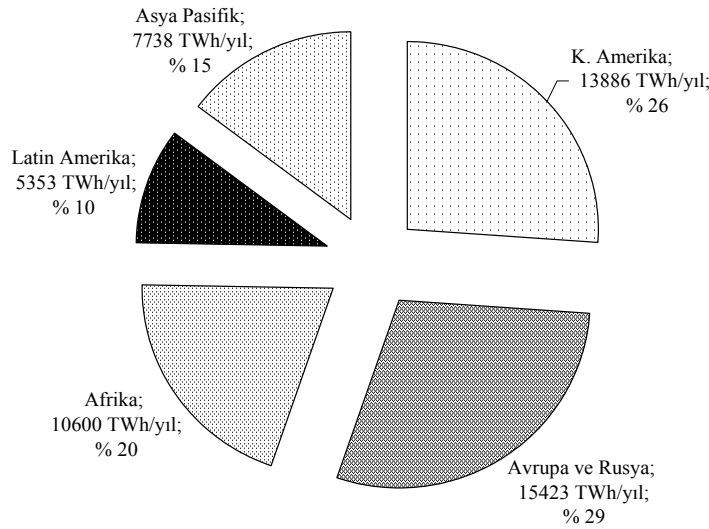
Güneş pillerinden elektrik üretimi ise, elektrik şebekesinin olmadığı, yerleşim yerlerinden uzak bölgelerde ekonomik yönden uygun olarak kullanılabilir. Bu nedenle ve istenen güçte kurulabilmeleri nedeniyle genellikle sinyalizasyon, kırsal elektrik ihtiyacının karşılanması vb. gibi uygulamalarda kullanılmaktadır. Türkiye’de, Telekom istasyonları, Orman Genel Müdürlüğü yangın gözetleme istasyonları, deniz fenerleri ve otoyol aydınlatmasında kullanılan güneş pili kurulu gücü 300 kW civarındadır.

1.4.8. Rüzgâr Enerjisi

Rüzgâr enerjisi, rüzgârı oluşturan hava akımının sahip olduğu hareket (kinetik) enerjisidir. Bu enerjinin bir bölümü rüzgâr enerji sistemleri sayesinde yararlı olan mekanik veya elektrik enerjisine dönüştürülebilmektedir. Temiz, bol miktarda ve yenilenebilir olmasının yanı sıra hemen hemen tüm dünya genelinde faydalanma imkânı olan bir kaynaktır. Rüzgâr türbini adı verilen çok büyük pervaneli, yüksek kuleler aracılığıyla rüzgâr enerjisi elektriğe dönüştürülmektedir.

1.4.8.1. Dünyanın ve Türkiye'nin Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli

Dünyanın toplam 53000 TWh/yıl'lık teorik rüzgâr enerjisi potansiyeli bulunduğu tahmin edilmektedir. Uygun rüzgâr şartları ve dolayısıyla enerji potansiyeli çoğunlukla kıyısal bölgelerde ve düz veya dağlık bazı alanlarda bulunmaktadır. Kıtaların rüzgâr enerjisi potansiyelleri incelendiğinde %29 payla ilk sırada Avrupa ve Rusya yer almakta, K. Amerika ise %26 ile Avrupa ve Rusya'yı takip etmektedir (Şekil 1.17).



Şekil 1.17. Kıtalarla ilgili dünyanın rüzgâr enerjisi potansiyeli (Aydın, 2006)

Türkiye Rüzgâr Atlası'na göre, Türkiye'nin teknik rüzgâr enerjisi potansiyeli 88000 MW, ekonomik rüzgâr enerjisi potansiyeli ise 10000 MW'dır. Ege kıyıları, Marmara ve Doğu Akdeniz Bölgeleri rüzgârdan güç üretimi için çok elverişli alanlardır.

Son yıllarda, rüzgâr enerjisine olan ilgi, rüzgâr güç santrallerinde özel sektör yatırımları sayesinde fazlasıyla artmıştır. Şu anda, İzmir’de iki adet, Çanakkale ve İstanbul’da birer adet olmak üzere dört santralin toplam kurulu rüzgâr güç kapasitesi 20.1 MW değerindedir (OECD/IEA, 2005b). Türkiye, teorik olarak yıllık 160 TWh’lık rüzgâr potansiyeline sahiptir. Bu potansiyel ile Avrupa’daki teknik rüzgâr enerji potansiyelinin en yüksek payına sahiptir. Türkiye’nin değişik bölgelerinin yıllık ortalama rüzgâr hız ve potansiyel değerleri Tablo 1.20’de verilmiştir. Yıllık ortalama rüzgâr hızları en düşük 2.1 m/s ile Doğu Anadolu Bölgesi, en yüksek 3.3 m/s ile Marmara Bölgesi’ndedir (Oğulata, 2003).

Tablo 1.20. Türkiye’nin bölgelere göre rüzgâr potansiyeli (Ediger ve Kentel, 1999)

Bölge	Yıllık ortalama rüzgâr yoğunluğu (W/m ²)	Yıllık ortalama rüzgâr hızı (m/s)
Marmara Bölgesi	51.9	3.3
Güneydoğu Anadolu B.	29.3	2.7
Ege B.	23.5	2.6
Akdeniz B.	21.4	2.5
Karadeniz B.	21.3	2.4
İç Anadolu B.	20.1	2.5
Doğu Anadolu B.	13.2	2.1
Ortalama	24.0	2.5

1.4.8.3. Dünyada Rüzgâr Enerjisinin Mevcut Durumu

2005 yılı sonuna kadar küresel rüzgâr gücü kurulu kapasitesi hemen hemen 58982 MW seviyesine ulaşmıştır. Avrupa kıtası toplam kurulu kapasitenin %70’inden, 2005 yılı ek kapasitesinin ise %55’inden sorumludur. Ancak, diğer bölgeler rüzgâr sanayisini önemli bir pazar olarak kabul etmeye başlamışlardır. Almanya, bu sektörün lideri konumundadır. 2005 yılı boyunca Almanya’nın rüzgâr kapasitesi 1799 MW’lık bir kapasite artırımını gerçekleştirerek toplam ülke kapasitesini 18428 MW değerine çıkarmıştır. İspanya, 2005 yılında gerçekleştirdiği 1764 MW’lık artış ile Almanya’dan sonra ikinci olarak genişlemesini sürdürmüştür. Şu anki duruma göre, İspanya’nın rüzgâr sanayisi Avrupa’nın bu sektördeki bir numarası olabilmek için Almanya’yı takibini sürdürmektedir. Bu arada, Danimarka elektrik talebinin %16’sını rüzgâr enerjisinden karşılayabilmeyi başarmıştır. Bununla, dünyanın herhangi bir ülkesinin elektrik talebinde rüzgâr enerjisinin payının en büyük olduğu ülke konumundadır (Tablo 1.21).

Tablo 1.21. Dünyanın rüzgâr enerjisi kurulu kapasitesi (WWEA, 2006)

Ülke/Ortaklık/Bölge	2005'de ek kapasite		2005 sonu toplam kapasite	
	MW	%	MW	%
1. Almanya	1798.8	15.9	18427.5	31.2
2. İspanya	1764.0	15.6	10027.0	17.0
3. ABD	2424.0	21.4	9149.0	15.5
4. Hindistan	1430.0	12.6	4430.0	7.5
5. Danimarka	4.0	0.0	3128.0	5.3
39. Türkiye	0.0	0.0	20.6	0.0
AB-25	6159.8	54.5	40521.1	68.7
OECD	9231.8	81.6	52492.7	89.0
IEA	9221.8	81.5	52412.5	88.9
AB-15	5597.1	49.5	40334.0	68.4
G8	5897.4	52.1	33141.1	56.2
Afrika	12.0	0.1	252.0	0.4
Latin Amerika	6.0	0.1	201.6	0.3
K. Amerika	2663.0	23.5	9834.2	16.7
Asya Pasifik	2456.0	21.7	7762.0	13.2
Avrupa	6174.0	54.6	40932.0	69.4
Dünya	11310.3	100.0	58981.6	100.0

Tablo 1.21'den de görüleceği gibi, 2005 yılının rüzgâr enerjisi sanayinde lider ülkesi ABD'dir. ABD, 2005 yılındaki 2424 MW'lık artışı ile toplam rüzgâr enerjisi kurulu kapasitesini 9149 MW değerine çıkararak bu sektörde %15.5'lik payla üçüncü sırada yer almayı başarmıştır. Diğer kıtalarda da yeni pazarlar açılmaya başlanmıştır. Hindistan'ın 1990'lı yılların sonlarındaki sessizliğinden sonra pazarını yeniden canlandırması ve böylece dördüncü büyük ülke konumuna gelmesi sayesinde Asya Pasifik Bölgesi toplamda kurulu kapasite payını %13'e çıkarmıştır. Fakat şimdiki küresel rüzgâr enerjisi pazarı, bugün itibariyle birkaç ülke ile sınırlı kalmaktadır. 2005 yılında bu pazarın %60'ından fazlasını yalnızca dört ülke paylaşmaktadır. Bu dört ülkeden Almanya, İspanya, ABD ve Hindistan sırasıyla dünyanın kurulu rüzgâr enerjisi kapasitesinin %31, %17, %16 ve %8'ine sahiptirler.

1.4.8.4. Türkiye'de Rüzgâr Enerjisinin Mevcut Durumu

Türkiye'nin rüzgâr enerjisi kurulu gücü 20.1 MW'dir. Bu santrallerde yılda yaklaşık 61.4 milyon KWh elektrik enerjisi üretilmektedir. Çeşme-Germiyan'da güçleri 500 KW, Çeşme-Alaçatı'da güçleri 600 KW, Çanakkale-Bozcaada'da güçleri 600 KW ve İstanbul-

Hadimköy’de güçleri 600 KW olmak üzere toplam dört yerde rüzgâr gücü santrali bulunmaktadır (Tablo 1.22).

Tablo 1.22. Türkiye’de kurulu rüzgâr enerji santralleri (Yenici, 2006)

Santralin yeri	Kuruluş tarihi	Türbin sayısı	Kurulu gücü (MW)
İzmir-Çeşme-Germiyan	1998	3	1.5
İzmir-Çeşme-Alaçatı	1998	12	7.2
Çanakkale-Bozcaada	2000	17	10.2
İstanbul-Hadimköy	2003	2	1.2
Toplam		34	20.1

İşletmedeki bu santrallerin dışında rüzgâr enerjisi üretmek maksatlı pek çok proje bulunmaktadır. Toplam 1460 MW’lık 39 proje için lisans alınmış, 2750 MW’lık başvuru ise Enerji Piyasası Değerlendirme Kurulu (EPDK)’nda değerlendirme aşamasındadır. Rüzgâr enerjisinde beklenen patlama görülmesi de yeni yatırımlar dikkat çekmektedir. İki yıl içerisinde yaklaşık 200 MW’lık rüzgâr santralının kurulması planlanmaktadır. Bilgin Enerji tarafından Bandırma’da 30 MW’lık 20 rüzgâr türbini inşa edilmektedir. Elektrik üretimi için gün sayan tesisin dışında, Demirer Grubu’nun 2006 yılı için Çeşme (39.2 MW) ve Çanakkale’de (30.4 MW); 2007 yılında da Çanakkale (15 MW), Manisa (30.4 MW) ve Datça’da (28.8 MW) rüzgâr santrali projeleri bulunmaktadır (Aydın, 2006).

1.4.9. Hidrojen Enerjisi

Aslında tam olarak yenilenebilir bir enerji kaynağı olamayan hidrojen, bir başka enerji tüketilerek elde edilen sentetik yakıt durumundaki enerji taşıyıcısıdır. Elektrik 20. yüzyıla damgasını vuran bir enerji taşıyıcısıdır. Hidrojen ise 21. yüzyıla damgasını vuracak bir diğer enerji taşıyıcısıdır. Giderek ağırlaşan çevre sorunu ve küresel ısınma, tükenen hidrokarbon kaynakları hidrojen gibi sentetik yakıtları cazip duruma getirmektedir. Hidrojen motor yakıtı olarak kullanılabilirdiği gibi, sanayide, elektrik üretiminde, konutlarda güvenle kullanılabilir durumdadır. Hidrojen çağına ekonomik koşullara göre 10-15 yılda girilmesi beklenmektedir.

Türkiye’nin hidrojen üretimi açısından bir şansı, uzun bir kıyı şeridi olan Karadeniz’in tabanında kimyasal biçimde depolanmış hidrojen bulunmasıdır. Karadeniz’in suyunun %90’ı anaerobiktir ve hidrojen sülfür (H₂S) içermektedir. 1000 m derinlikte 8 ml/l

olan H₂S konsantrasyonu, tabanda 13.5 ml/l düzeyine ulaşmaktadır. Elektroliz reaktörü ve oksidasyon reaktörü gibi iki reaktör kullanılarak, H₂S'den hidrojen üretimi konusunda çalışmalar sürdürülmelidir.

1.4.10. Akıntı Enerjisi

Büyük oranda gelgit etkisiyle oluşan akıntı enerjisine ender de olsa termal farklılıklar ve yoğunluk farklılıkları da kaynaklık edebilmektedir. Akıntı gücü, dünyanın güneşe ve aya göre pozisyonuna, deniz yatağının şekline ve de kıyıların şekline bağlı olarak değişmektedir. Okyanusların derin bölgelerinde ve düz kıyılarda akıntı gücü düşüktür. En güçlü akıntılar ayın yeni ay veya dolunay olarak gözlemlendiği sıralarda meydana gelmektedir. Ayın ¼'ü veya ¾'ü gözlemlendiği zamanlarda ise akıntı gücü minimum değerlerini almaktadır. Akıntı enerjisi kaynak potansiyeli yüksek olan ülkeler İngiltere, İrlanda, İtalya, Filipinler, Japonya ve ABD'nin bir bölümüdür (Yıldız, 2006).

1.4.11. Gelgit Enerjisi

Gelgit, ay ve güneşin manyetik çekim kuvvetleriyle kendi eksenini etrafında dönen dünya üzerindeki okyanuslarda oluşan alçalma ve yükselmelerdir. Gelgitten elde edilecek enerji zamana ve yere göre değişim göstermektedir. Ayrıca gelgittaki alçalma ve yükselmeler ve döngü periyotları da gelgitten kazanılacak enerjiyi etkilemektedir. Gelgitten enerji üretimi için santral kurulumuna uygun olan yerler Fransa, Şili, Meksika, Çin, Kore, Rusya'nın Pasifik kıyısı, Kanada'nın batısı, İngiltere, Avustralya'nın batısı, Arjantin'in Patagonya sahili ve Batı Hindistan'dır (URL 17).

Gelgit enerjisi her ne kadar temiz ve avantajlı bir enerji kaynağı da olsa Türkiye için kullanılması ve yatırım yapılması neredeyse olanaksız bir kaynaktır. Türkiye'nin okyanusa açık kıyısının olmaması, etrafındaki denizlerin genelde iç deniz tipinde olması dolayısıyla büyük gelgitlerin Türkiye kıyılarında görülmemesi, gelgit enerjisinin Türkiye açısından kullanılabilir özelliklere sahip olmadığını gösterir (Yıldız, 2006).

1.4.12. Dalga Enerjisi

Dalga enerjisinin de temeli dolaylı da olsa güneş ışınım enerjisidir. Bilindiği üzere güneş ışınimleri rüzgar oluşumuna neden olmaktadır. Okyanus ve deniz yüzeylerindeki rüzgarlar da dalgaları oluşturmaktadır. Su yüzeyine sürtünen rüzgarlar tamamen gelişigüzel olan inişli çıkışlı dalgaları oluşturmaktadır. Çevreye zarar vermeyen, yenilenebilir ve kaynak maliyeti olmayan bu enerji kaynağı, üç tarafı denizlerle çevrili olan Türkiye için de önemli bir enerji kaynağıdır (Yıldız, 2006).

Hava hareketlerinin ve ısı değişimlerinin, su kütlelerinde meydana getirmiş olduğu dalga hareketleri, bitmez tükenmez enerji kaynağıdır. Dalga enerjisi, Archimedes prensibi ve yer çekimi arasında oluşan gücün alınması prensibine dayanmakta ve pek çok avantaja sahip bulunmaktadır. Öncelikle birincil enerjiye hiçbir bedel ödenmeyecektir. Temiz, sınırsız ve ucuz enerji üretmekte ve ilk yatırımından başka hiçbir girdisi bulunmamaktadır. Enerji, üretilen yerde tüketileceğinden uzun iletim hattına gerek olmayacaktır. Dalyan görevi görerek, denizlerdeki balık neslinin çoğalmasına yardım etmekte, ekolojik dengeye katkıda bulunmaktadır. Deniz üzerinde kurulduğu için, tarım arazilerini yok etmemektedir. İleri teknoloji gerektiren, politik baskı ve ambargo malzemesi olabilecek hiçbir girdisi bulunmamakta, tamamen yerli teknoloji ve yerli imalattan oluşmaktadır. Her zaman kesintisiz ve kaliteli enerji üretmektedir. Dalgalardan elde edilen ucuz elektrik enerjisi, yoğun nüfuslu büyük şehirlerde ısınma amaçlı kullanılacağından, solunan havanın kalitesini yükseltecektir. Dalga Elektrik Santrallerinin üzeri otel, sosyal tesis, disko, restaurant olarak, turizm amaçlı kullanılabilir. Sistemde hiçbir gürültü kirliliği oluşmamaktadır. Dalga Elektrik Santralleri kurmak için gerekli altyapı Türkiye’de fazlası ile mevcuttur (URL 18).

1.4.13. Hidroelektrik Enerji

Hidrolik enerji, suyun potansiyel enerjisinin kinetik enerjiye dönüştürülmesiyle sağlanan bir enerji türüdür. Suyun üst seviyelerden alt seviyelere düşmesi sonucu açığa çıkan enerji, türbinlerin dönmesini sağlamak ve elektrik enerjisi elde edilmektedir. Hidrolik potansiyel, yağış rejimine bağlıdır. Elektrik üretimi maksatlı inşa edilen hidroelektrik santraller bu işlevlerinin yanında birçok amaca (taşkın ve baskınları önleme, sulama işlerini düzenleme, balıkçılığı geliştirme, ağaçlandırmayı sağlama, turizmi

geliştirme, ulaşımı kolaylaştırma vb.) hizmet etmektedirler. Hidroelektrik santraller diğer üretim tipleri ile kıyaslandığında en düşük işletme maliyetine, en uzun işletme ömrüne ve en yüksek verime haizdirler. Türkiye'nin diğer enerji alternatifleri karşısında milli kaynak olan suyu kullanan hidroelektrik santrallere öncelik vermesi ve teşvik etmesi için ekonomik, çevresel ve stratejik birçok sebep vardır. Her şeyden önce, hidroelektrik enerji yenilenebilir bir enerji kaynağıdır ve dünyadaki su döngüsünün devam ettiği sürece tükenmeyecek stratejik bir enerji kaynağıdır.

1.4.13.1. Dünyanın Hidroelektrik Enerji Potansiyeli

Dünyada yeni hidroelektrik santraller için muazzam büyüklükte keşfedilmemiş potansiyel bulunmaktadır. Avrupa ve Kuzey Amerika'da uygun hidroelektrik alanların çoğunun geliştirilmesine rağmen, özellikle gelişmekte olan ülkelerin bulunduğu Asya, Latin Amerika ve Afrika kıtalarında keşfedilmemiş önemli hidroelektrik potansiyel mevcuttur (Tablo 1.23).

Tablo 1.23. Dünyanın hidroelektrik enerji potansiyeli (DSİ, 2004)

Bölge	Brüt Hidroelektrik Enerji Potansiyeli (GWh/yıl)	Teknik Hidroelektrik Enerji Potansiyeli (GWh/yıl)	Teknik ve Ekonomik Hidroelektrik Enerji Potansiyeli (GWh/yıl)
Afrika	4000000	1665000	1000000
Asya	19000000	6800000	3600000
Avustralya/ Okyanusya	600000	270000	105000
Avrupa	3150000	1225000	800000
K. ve Orta Amerika	6000000	1500000	1100000
Güney Amerika	7400000	2600000	2300000
Dünya	40150000	14060000	8905000
Türkiye	433000	216000	127820
Türkiye/Dünya (%)	1.07	1.54	1.84

Tablo 1.23'ten de görüleceği gibi, dünyanın brüt teorik hidroelektrik potansiyeli yaklaşık 40150 TWh/yıl iken teknik olarak uygulanabilir potansiyeli 14060 TWh/yıl ve günümüzde ekonomik olarak uygulanabilir hidroelektrik enerji potansiyeli 8905 TWh/yıl'dır. Türkiye sahip olduğu potansiyelle dünya brüt potansiyelinin %1.07'sini, teknik potansiyelin %1.54'ünü ve ekonomik potansiyelinin %1.84'ünü karşılamaktadır.

1.4.13.2. Türkiye’de Hidroelektrik Enerjinin Tarihsel Gelişimi

Anadolu’da ilk baraj, Hititler tarafından MÖ. 1300 yılında inşa edilmiştir. Urartular MÖ. 1000 yılında Van ilinde iki önemli hidrolik yapı tertip etmiştir. Bu sistemin bazı bölümleri hala kullanılmaktadır. Dara Barajı Anadolu’da Mardin ili yakınlarında altıncı yüzyılda kurulmuştur ve bu baraj dünyadaki ilk ince kemer tipli baraj olarak kaydedilmiştir. Osmanlılar zamanında İstanbul’da inşa edilen su taşıma sistemlerinin ve barajların bazıları hala kullanımdadır. 1923 yılında Türkiye Cumhuriyeti’nin kuruluşundan sonraki ilk baraj Çubuk-1 Barajıdır. Bu baraj, Türkiye’nin başkenti Ankara için içme suyu temini maksatlı 1930 ve 1936 yılları arasında yapılmıştır. II. Dünya Savaşı’nın sonuna kadar baraj yapımında sulama maksatlı inşa edilen bazı düşük barajların haricinde hiçbir ciddi bir aktivite gözlemlenmemiştir.

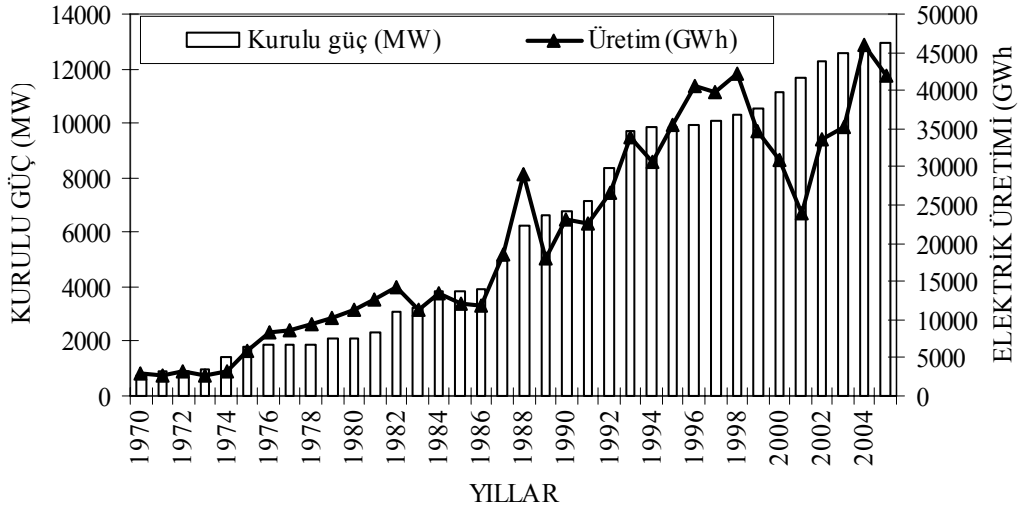
İlk hidroelektrik üretim 1902 yılında Tarsus’ta 60 MW’lık bir küçük ölçekli hidroelektrik santral ile başlamıştır. Büyük ölçekli ilk güç santrali ise 1913 yılında İstanbul’da inşa edilmiştir. 1935 yılında elektrik üretimi ile ilgili birkaç devlet kuruluşu tesis edilmiştir. Türkiye Cumhuriyeti kurulduğu zamanki toplam kurulu kapasitesi 29.664 kW ve bu yıllardaki yıllık üretimi 45 GWh idi. Elektrik yalnızca İstanbul, Adapazarı ve Tarsus’ta elde edilebilmekteydi. Modern Türkiye için baraj yapım programı yalnızca sulama ve hidroelektrik üretimi için değil aynı zamanda büyük şehirlerdeki nüfusun içme suyu temini için de gerekli idi. Toplam nüfusun üçte birinden fazlası rezervlerden doğrudan taze ve yüksek kaliteli su almaktadır (Öztürk, 2004).

1932 yılında Türkiye’nin enerji talebini belirlemek ve su kaynaklarının hidrolik potansiyellerini ve diğer enerji kaynaklarının potansiyellerini geliştirmek için araştırma ve incelemeler yapmak maksadıyla Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) kurulmuştur. Bunu takriben ki süreçteki önemli projeler; Seyhan, Sarıyer, Hirfanlı, Kesikköprü, Demirköprü ve Kemer Barajları ve Hidroelektrik Santralleri’dir. 1940 yılı itibariyle toplam enerji üretiminin %3.2’sine sahip olan 28 hidroelektrik santral mevcuttur. Etibank ve İller Bankası küçük hidroelektrik santrallerinin inşasını ve köy ve kasabaların elektrikleştirilmesini amaçlamıştır.

1950 yılında toplam kurulu kapasitenin 408 MW’a ulaştığı zamanki toplam 18 MW kurulu kapasiteli hidroelektrik santrallerin payı yalnızca %4.4 idi. Ancak, 1954 yılında Devlet Su İşleri (DSİ)’nin kurulmasından sonra hidroelektrik kapasitesi 10 yıl içinde

toplam enerji üretiminin %44'ünden sorumlu olan 412 MW (toplam kurulu kapasitenin %34'üne eşdeğer) değerine ulaşmıştır (Özgöbek, 2002).

1950-1969 dönemi hidroelektrik santrallerin DSİ, İller Bankası, Etibank ve Sümerbank tarafından inşa edildiği süreçtir. Bu dönemin özelliği, DSİ ve devlet kuruluşlarının beraberce çalışması, enterkonnekte sisteme geçilmemiş olması, İller Bankasınınca Belediyelere yönelik öncelikle aydınlatma amaçlı, imkan var ise küçük hidroelektrik, yok ise dizelli veya kömürlü termik santrallerin kurulduğu bir dönem olmasıdır. 1970 yılında Türkiye Elektrik Kurumu'nun (TEK) kurulmasıyla İller Bankası, Etibank ve belediyeler gibi resmi kuruluşların elektrik santralleri inşası dönemi kapanmıştır. DSİ ise kuruluş yasasının verdiği görev ve imkan ile hidroelektrik santral inşaatını sürdürmüş ve sürdürmektedir. TEK Genel Müdürlüğünce 1970-1990 döneminde enterkonnekte sistem yurdun tamamına yayılmış ve tüm köyler elektriğe kavuşturulmuştur. Bu süreçte hidroelektrik santraller DSİ ve İmtiyazlı Şirketlerce inşa edilmiştir. Kısaca YİD diye adlandırılan Yap-İşlet-Devret modeli ile özel sektöre elektrik üretimi imkanı sağlayan 3096 sayılı yasa 1984 yılında çıkartılmış ve YİD modeli HES'ler dönemi 1991 yılında işletmeye alınan Hasanlar HES ile başlamıştır. 1991-2003 yılları arasında kapsayan süreçte Hükümetlerarası İkili İşbirliği Çerçevesinde Kredili olarak DSİ'ce baraj ve HES inşa ettirilmesine başlanılmış ve Karkamış Barajı ve HES 1999 yılında devreye alınmıştır. 2001 yılı başında "Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu" kurulmuş ve ülkemizde hidroelektrik de dahil olmak üzere elektrik üretimi, iletimi ve dağıtımı için yeni bir dönem başlamıştır. İmtiyazlı HES'ler dönemi, Uzanlar yönetimindeki ÇEAŞ ve KEPEZ'e devletçe el konulmasıyla son bulmuştur (Kayseri ve civarı Elektrik A. Ş. hariç). Yıllar itibariyle hidroelektrik enerjinin gelişimi Şekil 1.18'de verilmiştir (Basmacı, 2004).



Şekil 1.18. Türkiye’de hidroelektrik enerjinin gelişimi (TEİAŞ, 2004)

Son yıllarda toplam kurulu kapasitede termal kaynakların payı hızla artmıştır. Doğal gaz santrallerindeki bu hızlı artışın bir sonucu olarak hidroelektrik santrallerin payı 1993’te %47.8’den 2005 yılında %32.6’ya azalırken hidroelektrik üretiminin payı 1980 yılında %49’dan 2005 yılında %26 değerine gerilemiştir.

Türkiye’de 2006 yılına kadar 142 hidroelektrik santral işletmede, 40 santral yapım aşamasında, 565 adet santral ise çeşitli planlama safhalarında (Tablo 1.24). 2006 yılı itibariyle işletmedeki hidroelektrik santrallerinin kurulu kapasitesi ve yıllık ortalama enerji üretim kapasitesi 12788 MW ve 45.9 TWh değerine ulaşmıştır. Böylece, teknik ve ekonomik olarak yararlanılabilir hidroelektrik potansiyelin yalnızca %35.4’ü geliştirilmiştir. Toplam potansiyelin %9’una tekabül eden inşa halindeki hidroelektrik santrallerin toplam kurulu kapasitesi 3197 MW, yıllık üretim kapasitesi 10518 GWh’dır. Gelecekte inşa edilmesi planlanan 73459 GWh potansiyelli 565 hidroelektrik santralin 14 tanesinin kesin projesi hazır, 175 tanesinin fizibilite raporu hazır, 96 adetinin master planı hazır ve 280 adetinin ön inceleme raporu hazırdır.

Tablo 1.24. Türkiye'nin hidroelektrik enerji potansiyelinin Şubat 2006 itibariyle tasarım seviyesine göre dağılımı (EİE, 2006)

Hidroelektrik santral projelerinin durumu	Proje sayısı	Kurulu kapasite (MW)	Toplam yıllık hidroelektrik enerji üretimi				
			Güvenilir enerji (GWh)	Toplam enerji (GWh)	Oran (%)	Kümülatif enerji (GWh)	Oran (%)
İşletmede	142	12788	33560	45930	35.4	45930	35.4
Yapım aşamasında	40	3197	6358	10518	8.1	56448	43.5
Planlanmış	565	20667	40006	73459	56.5		
Kesin projesi hazır	14	3556	7089	10752	8.3	67200	51.8
Fizibilite raporu hazır	175	7306	13305	26562	20.4	93762	72.2
Master planı hazır	96	5120	10582	17819	13.7	111581	85.9
Ön inceleme raporu hazır	280	4685	9030	18326	14.1	129907	100.0
Toplam potansiyel	747	36652	79924	129907	100.0	129907	100.0

1.4.13.3. Türkiye'nin Su Kaynakları ve Hidroelektrik Enerji Potansiyeli

a) Su Kaynakları Potansiyeli

Türkiye'nin yağış rejimi mevsimlere ve bölgelere göre büyük farklılıklar göstermektedir. Türkiye'de yıllık ortalama yağış 643mm olup, bu miktar yılda ortalama 501 milyar m³ suya tekabül etmektedir. Bu suyun 274 milyar m³'ü toprak ve su yüzeyleri ile bitkilerden olan buharlaşmalar yoluyla atmosfere geri dönmekte, 69 milyar m³'lük kısmı sızmalarla yer altı suyunu beslemekte, 158 milyar m³'lük kısmı ise akışa geçerek çeşitli büyüklükteki akarsular vasıtasıyla denizlere ve kapalı havzalardaki göllere boşalmaktadır. Yer altı suyunu besleyen 69 milyar m³'lük suyun 28 milyar m³'ü pınarlar vasıtasıyla yerüstü suyuna tekrar katılmaktadır. Ayrıca komşu ülkelerden ülkemize gelen yılda ortalama 7 milyar m³ su bulunmaktadır. Böylece ülkemizin brüt yerüstü suyu potansiyeli 193 milyar m³ olmaktadır. Sızmalarla yer altı suyunu besleyen 41 milyar m³ su dikkate alındığında, ülkemizin toplam yenilenebilir su potansiyeli brüt 234 milyar m³ olarak hesaplanmış bulunmaktadır. Teknik ve ekonomik manada tüketilebilecek yüzey ve yer altı suyu miktarının 110 milyar m³ olduğu belirlenmiştir. Bu miktarın 95 milyar m³'ünün yurt içinden doğan akarsulardan, 3 milyar m³'ünün yurt dışından ülkemize ulaşan akarsulardan, 12 milyar m³'ünün ise yer altı suyundan sağlanabileceği kabul edilmiştir (DSİ, 2004).

Ülkelerin su potansiyeli genellikle kişi başına düşen su potansiyeline dayandırılarak değerlendirilmektedir. Uluslar arası kritere göre, yıllık kişi başına 10000 m³ 'ten daha büyük su potansiyeli düşen ülkeler su zengini olarak kabul edilmekte; 10000 m³ -3000 m³ arasında potansiyele sahip ülkeler kendi kendine yeten olarak kabul edilmekte; 1000 m³ –

3000 m³ arasında potansiyele sahip ülkeler su kıtlığına sahip ülkeler olarak kabul edilmekte; ve yıllık kişi başına 1000 m³'ten daha düşük potansiyelli ülkeler su fakiri ülkeler olarak düşünülmektedir. Türkiye'de 1997 yılı başlangıcında kişi başına düşen brüt su potansiyeli 3700 m³ iken, 2000 yılı başlangıcında 3000 m³ 'e düşmüştür ve nüfus artışının bir sonucu olarak 2010 yılında 2000 m³ 'e düşeceği tahmin edilmektedir. Böylece, Türkiye gelecekte su kıtlığı çeken bir ülke olma tehlikesiyle karşı karşıya kalabilecektir. (Özgöbek, 2002).

b) Hidroelektrik Enerji Potansiyeli

Ülkemizdeki 26 adet hidrolojik havzasında bulunan irili ufaklı çok sayıdaki nehrin yıllık ortalama akımları toplamı olan 193 (186 + 7) milyar m³ yüzey suyunun hidroelektrik enerji potansiyelinin belirlenmesinde “teorik potansiyel”, “teknik yapılabilir potansiyel” ve “ekonomik yapılabilir potansiyel” olmak üzere üç farklı şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir (DSİ, 2004).

Mevcut hidroelektrik kaynakların üretim potansiyelinin, teknik ve ekonomik yapılabilirlik koşulları göz önüne alınmadan, teorik olarak mevcut tüm düşü ve ortalama debi kullanılarak hesaplanan potansiyel “Brüt Potansiyel” olarak tanımlanmaktadır. Türkiye'nin brüt hidroelektrik enerji potansiyeli 433 milyar kWh civarındadır. Bu değer dünya hidroelektrik potansiyelinin %1'ine, Avrupa hidroelektrik enerji potansiyelinin %14'üne eşittir. Ekonomik yapılabilir olması koşulu göz önüne alınmadan, ülkenin hidroelektrik kaynaklarından teknik olanlarının tümünün değerlendirilmesi durumunda oluşabilecek üretim miktarı “Teknik Potansiyel” olarak tanımlanmaktadır. Ülkemizin teknik hidroelektrik enerji potansiyeli 215 milyar kWh mertebesindedir. Ülkenin brüt hidroelektrik potansiyelinin hem teknik hem de ekonomik olarak değerlendirilebilir bölümüne ise “Teknik ve Ekonomik Potansiyel” denilmektedir. Yıllan yıla küçük farklılıklar göstermekle birlikte bugün için Türkiye'nin teknik ve ekonomik hidroelektrik potansiyeli 129.9 milyar kWh'dır. Bu potansiyelin %35'i işletmede, %8'i inşa halinde ve geri kalan %57'si çeşitli proje seviyelerinden oluşmaktadır.

1.4.13.4. Türkiye’de Küçük Hidroelektrik Santral (HES) Durumu

Ülkemizin topografik ve hidrojeolojik yapısı ve bazı yörelerdeki yağış yoğunluğu büyük su gücü potansiyeli yanında, küçük hidroelektrik güç potansiyelinin de yaygın olarak bulunmasına olanak sağlamıştır. Elektrik İşleri Etüt İdaresi tarafından yapılan bir araştırmaya göre küçük HES’lerden 13.9 TWh/yıl enerji üretilebileceği saptanmıştır. Detaylı araştırmalarla bu miktarın daha da artırılabilceği tahmin edilmektedir. Bu miktarın dahi toplam ekonomik hidroelektrik potansiyelimizin %12’sini oluşturmaktadır (Avşar, 1994).

Türkiye’de küçük hidroelektrik santrallerin gelişimi 1902 yılında başlamıştır. Bu tarihten itibaren, ülkenin pek çok bölgesinde hükümet birimleri, özel sektör ve yerel belediyeler tarafından çok sayıda küçük HES inşa edilmiştir (Hepbaşlı vd., 2001; Kaygusuz, 2002; Bakış ve Demirbaş, 2004; Yüksek ve Kaygusuz, 2006). Ancak, günümüze kadar enerji tüketimi alanındaki hızlı artışın bir sonucu olarak, Türkiye ekonomisine maksimum enerji temin etmek ve artan enerji talebini karşılamak maksadıyla öncelik büyük ölçekli HES projelerinin gelişimine verilmiştir. Son otuz yıl süresince küçük HES kapasitesindeki ortalama yıllık artış %5-%10 civarındadır. 2004 yılı başlangıcında ülkenin genelinde işletmedeki toplam 62 küçük HES’in toplam kurulu kapasitesi 190MW değerindeydi. Bu değer Türkiye’nin toplam hidroelektrik enerji potansiyelinin %1.5’ine tekabül etmektedir (DSİ, 2004). Tablo 1.25 Türkiye’de küçük HES gelişiminin toplam durumunun özetini göstermektedir. Diğer bir deyişle, 10MW’tan daha düşük kurulu kapasiteli 205 adet küçük HES projesi değişik safhalarda geliştirilmektedir. Bu projelerin hepsinin tamamlanması durumunda yıllık 3540 GWh enerji üretilecektir (Yüksek ve Kaygusuz, 2006).

Tablo 1.25. Türkiye’de 2004 yılında küçük HES’lerin durumu (EIE, 2004)

HES Durumu	Küçük HES sayısı (adet)	Kurulu kapasite (MW)	Enerji üretimi (GWh)
İşletmede	70	175.4	654
Yapım aşamasında	6	21.7	130
Son tasarımda	7	38.8	168
Fizibilitesi olmayan ve ön fizibilitesi olan	120	613.2	2671
Toplam	203	849.1	3623

Kurulu kapasitelerine göre mevcut hidroelektrik enerji santrallerinin dağılımı Tablo 1.26’da verilmiştir. Bu tablodan da görüleceği gibi, küçük HES’lerden üretilen enerji

toplamda üretilen enerjinin %1.47'sini karşılamakta iken, sayı bakımından kıyaslandığında, 72 adet santral ile %50.7'sine tekabül etmektedir.

Tablo 1.26. Mevcut hidroelektrik santrallerin 2006 yılında kurulu kapasitelerine göre dağılımı (DSİ, 2006)

Sınıflandırma	Santral sayısı	Toplam kapasite (MW)	Toplam güvenilir enerji (GWh/yıl)	Ortalama yıllık enerji (TWh/yıl)	Toplam enerji yüzdesi
< 10 MW	72	172.95	277.00	675.28	1.47
10-50 MW	32	734.86	1259.80	2758.00	6.00
> 50 MW	38	11880.40	32023.00	42497.00	92.53
Toplam	142	12788.21	33559.80	45930.28	100.00

1.4.13.5. Dünyada ve Türkiye'de Hidroelektrik Enerji Tüketimi

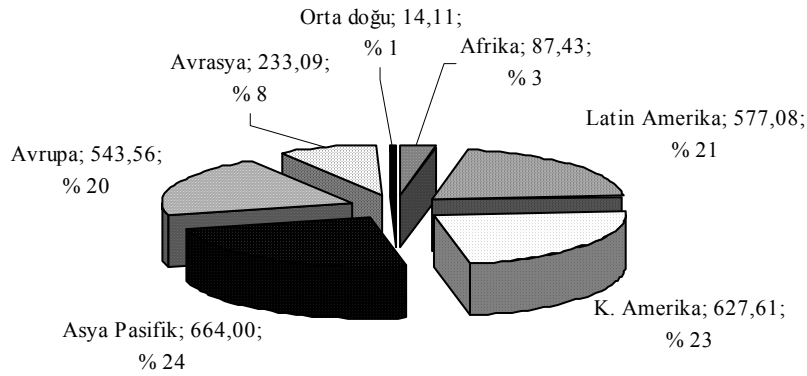
Büyük ve küçük hidroelektrik enerji, dünyadaki elektrik üretiminde en önemli yenilenebilir enerji kaynağı olma özelliğini günümüze kadar sürdürmüştür. Pek çok ülkenin elektrik tüketiminde hidroelektrik enerji üretimi önemli bir yere sahip olmuştur. Günümüzde dünyadaki hidroelektrik enerji üretimi elektrik tüketiminin yaklaşık olarak %19'unu karşılamaktadır. Dünyanın, bazı ortak organizasyonların ve hidroelektrik enerji üretiminde önde olan ülkelerin hidroelektrik enerji üretim-tüketim değerleri Tablo 1.27'de verilmiştir.

Tablo 1.27. Dünyanın net hidroelektrik enerji tüketimi (EIA, 2006)

Sıra	Ülke/Ortaklık/Bölge	1990 yılı tüketimi (milyar kWh)	2000 yılı tüketimi (milyar kWh)	2003 yılı tüketimi		2004 yılı tüketimi	
				Milyar kWh	%	Milyar kWh	%
1	Kanada	293.86	354.92	334.18	12.75	334.25	12.17
2	Çin	125.14	240.70	278.52	10.63	327.68	11.93
3	Brezilya	204.64	301.36	302.56	11.55	317.59	11.56
4	Amerika	292.87	275.57	275.81	10.53	268.42	9.77
13	Türkiye	22.92	30.57	34.98	1.34	45.59	1.66
	Afrika	54.91	74.26	82.65	3.15	87.43	3.18
	Latin Amerika	365.13	546.58	560.29	21.38	577.08	21.01
	K. Amerika	609.97	663.30	629.67	24.03	627.61	22.85
	Asya Pasifik	404.14	542.21	601.65	22.96	664.00	24.17
	Avrupa	474.47	585.53	508.09	19.39	543.56	19.79
	Avrasya	230.67	227.69	222.76	8.50	233.09	8.49
	Orta doğu	9.65	7.93	15.09	0.58	14.11	0.51
	Dünya	2148.92	2647.51	2620.19	100.00	2746.88	100.00

Tablo 1.27'den de görüleceği gibi, hidroelektrik enerji üretiminde birinci sıradaki ülke 2004 yılına göre %12.17 payla Kanada'dır. Onu son yıllarda hidroelektrik enerjide önemli atılımlar gerçekleştiren Çin gelmektedir. Dünyanın gelişmiş ülkelerinin bulunduğu G8 ülkeleri, 986.85 milyar kWh'lık hidroelektrik enerji üretimi ile dünya hidroelektrik üretiminde yaklaşık %36 paya sahiptir. Türkiye ise, 2004 yılı üretimiyle dünya hidroelektrik üretiminin %1.66'sına sahip bulunmakta ve bu miktarla da ülkeler arasında 13. sırada yer almaktadır.

Kıtalar bazında hidroelektrik enerji üretimi incelendiğinde, %24 payla Çin pazarını bünyesinde barındıran Asya Pasifik ilk sırada yer almaktadır. Günümüzde, enerji piyasasının can damarı olan Orta Doğu Bölgesi ise, hidroelektrik enerji üretiminde çok az bir paya sahip bulunmaktadır. Şekil 1.19, bölgelere göre hidroelektrik enerji tüketiminin paylarını göstermektedir.



Şekil 1.19. Kıtalara göre dünyanın 2004 yılı net hidroelektrik enerji tüketimi (EIA, 2006)

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada, geçmiş yıllarda mevcut olan verilerden yararlanılarak, Dünya, Avrupa Birliği (AB-25 üye Ülkeleri) ve Türkiye'deki toplam elektrik ve hidroelektrik enerji üretim değerlerinin geleceğe yönelik tahminleri yapılmıştır. Aynı zamanda, Türkiye'nin hidroelektrik enerji potansiyelinin geleceğe yönelik üretimini karşılama durumu incelenmiştir. Çalışma kapsamında, Montreal Zirvesi'ndeki kararların hedef alındığı 2030 yılına kadarki tahminler regresyon analizlerinden yararlanılarak gerçekleştirilmiştir.

Geleceğe yönelik tahminlerde basit ve non-lineer regresyon analiz teknikleri kullanılmıştır. Bu analizlerde bağımlı değişken olarak enerji üretimi, bağımsız değişken olarak ise zaman aralığı (yıllar) seçilmiştir. Fonksiyonların anlamlılık değerlendirmesinde, F Testi (regresyon denklemi için) ve t Testi'nden (regresyon denklemindeki değişkenler için) yararlanılmıştır. F ve t Testi'nde anlamlılık düzeyi %5 seçilmiştir.

Çalışmada, Türkiye'nin geçmişteki toplam elektrik ve hidroelektrik enerji üretimi değerleri olarak, Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ)'nden temin edilen ve 1940–2004 yılları arasını temsil eden veriler, Avrupa Birliği ve Dünyanın geçmişteki toplam elektrik enerjisi üretimi ve hidroelektrik enerji üretimi değerleri olarak ise Energy Information Administration (EIA)'nın "International Energy Annual 2004" isimli yayınından temin edilen ve 1980–2004 yılları arasını temsil eden veriler kullanılmıştır.

2.1. Geleceğe Yönelik Tahminlerde Kullanılan Fonksiyonlar

Geleceğe yönelik tahminlerde basit doğrusal ve doğrusal olmayan regresyon analiz teknikleri kullanılmıştır. Basit doğrusal regresyon analizinde, bir bağımlı ve bağımsız değişken arasındaki ilişki doğrusal kabul edilmektedir. Doğrusal olmayan regresyon analizinde ise, bağımlı değişkenle bağımsız değişken arasındaki ilişki doğrusal olmayıp parabolik, üstel, geometrik, hiperbolik vb. şekildedir. Bu çalışmada kullanılan basit doğrusal ve doğrusal olmayan regresyon denklemleri Tablo 2.1'de verilmiştir.

Tablo 2.1. Analizlerde kullanılan fonksiyonlar

Lineer Fonksiyon	$y=\beta_0+\beta_1*x+\varepsilon$	Üs Fonk.	$y=\beta_0*x^{\beta_1}+\varepsilon$
Logaritmik Fonksiyon	$y=\beta_0+\beta_1*\ln x+\varepsilon$	Bileşik Fonk.	$y=\beta_0+\beta_1*x^{\varepsilon}+\varepsilon$
Ters Fonksiyon	$y=\beta_0+\beta_1/x+\varepsilon$	S Fonk.	$y=e^{(\beta_0+\beta_1/x)}+\varepsilon$
İkinci Dereceden Fonk.	$y=\beta_0+\beta_1*x+\beta_2*x^2+\varepsilon$	Büyüme Fonk.	$y=e^{(\beta_0+\beta_1*x)}+\varepsilon$
Kübik Fonk.	$y=\beta_0+\beta_1*x+\beta_2*x^2+\beta_3*x^3+\varepsilon$	Üstel Fonk.	$y=\beta_0*e^{\beta_1*x}+\varepsilon$

Tabloda verilen fonksiyonlarda; y bağımlı değişken olarak enerji üretimini, x bağımsız değişken olarak yılları, β_0 , β_1 , β_2 , β_3 regresyon katsayılarını ve ε sabiti temsil etmektedir.

Dünya, Avrupa Birliği ve Türkiye'nin toplam elektrik ve hidroelektrik enerjisi üretim projeksiyonlarının her biri için öncelikli olarak Tablo 2.1'de verilen fonksiyonların model özellikleri ve parametre tahminleri belirlenmiştir. Bütün bu fonksiyonlar F testine tabi tutulmuş, F testine ve %5 anlamlılık düzeyine göre anlamlı bulunan fonksiyonlardan belirlilik katsayısı en büyük olan fonksiyon t testine tabii tutularak fonksiyonun katsayılarının anlamlılıkları incelenmiş, %5 anlamlılık düzeyine göre fonksiyon katsayılarının anlamlı çıkması durumunda bu fonksiyon ile projeksiyonlar gerçekleştirilmiştir. Bu fonksiyonun t testine ve %5 anlamlılık düzeyine göre uygun çıkmaması durumunda ise F testine tabi tutulan fonksiyonlardan %5 anlamlılık düzeyine göre anlamlı olan ve belirlilik katsayısı büyük olan ikinci fonksiyon t testine tabii tutulmuştur. Bu döngüye anlamlı fonksiyon bulunana kadar devam edilmiştir. F ve t testlerine ve %5 anlamlılık düzeyine göre anlamlı bulunan fonksiyon dikkate alınarak dünya, Avrupa Birliği ve Türkiye'nin toplam elektrik ve hidroelektrik enerji üretiminin ileriye dönük tahminleri gerçekleştirilmiştir. Dünya ve Avrupa Birliği için gerçekleştirilen projeksiyonlarda; $x = 1, 2, \dots, 50, 51$ (1980-2030 yılları arası) değerlerini alırken, Türkiye için gerçekleştirilen projeksiyonda; $x = 1, 2, \dots, 60, 61$ (1970-2030 yılları arası) değerlerini almış ve böylelikle elde edilen fonksiyonlarda x değişkenlerine karşılık gelen y değişkenleri x değişkeninin temsil ettiği yıla ait üretim değerine karşılık gelmiştir.

2.2. Dünyanın Toplam Elektrik ve Hidroelektrik Enerji Üretiminin Mevcut Durumu ve Projeksiyonu

2.2.1. Mevcut Durum

Elektrik üretimi maksadıyla kullanılan birincil yakıtların kullanımı son otuz yılda sürekli değişikliğe uğramıştır. Nükleer enerjiden elektrik üretiminin 1970'lerden 1980'lerin ortalarına doğru hızlı bir artış göstermesine karşın, kömür bu süreçte baskın yakıt olarak kalmış, doğal gaz yakıtlı üretim ise 1980 ve 1990'lı yıllarda hızlı bir şekilde artmıştır. Doğal gaz artışının tersine, 1973-1974 OPEC petrol ambargosu ve 1979 İran Devrimi nedeniyle elektrik üretimi için petrolün yakıt olarak kullanılması 1970'li yılların ortalarından itibaren yavaşlamıştır.

Dünyada elektrik üretimi maksadıyla kullanılan doğal gazda sürekli olarak bir artışın olacağı düşünülmektedir. Kömürün elektrik üretiminde en büyük pazar olarak kalmayı sürdüreceği, ancak öneminin doğal gaz kullanımındaki artış nedeniyle biraz azalacağı tahmin edilmektedir. Dünyanın elektrik pazarında nükleer enerjinin rolünün, sanayileşmiş uluslardaki reaktörlerin ömürlerinin sonuna ulaşmasından ve çok az yeni reaktörün bunların yerine inşa edildiğinden dolayı azalacağı beklenmektedir. Büyük ve küçük hidroelektrik enerjinin ise, dünyadaki elektrik üretiminde en önemli yenilenebilir enerji kaynağı olma özelliğini sürdüreceği sanılmaktadır. Dünyanın 1980-2004 yılları itibariyle gerçekleşen toplam elektrik enerjisi üretimi ve hidroelektrik enerji üretimi değerleri Tablo 2.2'de verilmiştir.

Tablo 2.2. Dünyanın toplam elektrik enerjisi ve hidroelektrik enerji üretimi (EIA, 2006)

Yıllar	Hidroelektrik Enerji Üretimi (milyar kWh)	Toplam Elektrik Enerjisi Üretimi (milyar kWh)	Hidroelektrik Enerjinin Payı (%)	Yıllar	Hidroelektrik Enerji Üretimi (milyar kWh)	Toplam Elektrik Enerjisi Üretimi (milyar kWh)	Hidroelektrik Enerjinin Payı (%)
1980	1722.88	7404.59	23.27	1993	2322.12	11069.09	20.98
1981	1746.76	7494.54	23.31	1994	2341.15	11338.76	20.65
1982	1790.20	7654.44	23.39	1995	2457.29	11742.25	20.93
1983	1871.97	7964.87	23.50	1996	2494.38	12109.40	20.60
1984	1933.89	8454.79	22.87	1997	2552.35	12426.60	20.54
1985	1954.91	8794.16	22.23	1998	2555.62	12751.28	20.04
1986	1999.90	9018.61	22.18	1999	2597.49	13047.95	19.91
1987	2005.90	9430.57	21.27	2000	2647.51	13592.08	19.48
1988	2080.95	9844.02	21.14	2001	2553.86	13802.43	18.50
1989	2064.07	10287.58	20.06	2002	2599.49	14285.58	18.20
1990	2148.92	10536.45	20.40	2003	2620.19	14802.94	17.70
1991	2188.08	10749.62	20.35	2004	2746.88	15441.26	17.79
1992	2196.15	10827.05	20.28				

Tablo 2.2’ den de görüleceği gibi, dünyanın toplam elektrik enerji üretimi sürekli bir artış eğiliminde olup 1980 yılında yaklaşık 7405 milyar kWh olurken 2004 yılında yıllık %12.45 artışla 15441 milyar kWh değerine ulaşmıştır.

Hidroelektrik enerji, elektrik üretiminin en ucuz olarak gerçekleştirildiği enerji kaynağıdır. Diğer bir deyişle, hidroelektrik enerji üretimi için elde edilebilir su kaynaklarına bünyesinde barındıran ülkeler düşük üretim maliyeti ile elektrik talebini karşılama avantajına sahiptirler. Kanada, 333 TWh ile hidroelektrik üretimde lider ülke konumundadır. 1980 yılında yaklaşık 1723 milyar kWh gerçekleşen dünya hidroelektrik enerji üretimi yıllık %11.55 artışla 2004 yılında 2747 milyar kWh değerine ulaşmıştır. Tablo 2.2’den de görüleceği gibi, dünyanın toplam elektrik enerji ve hidroelektrik enerji üretimi yıllar itibariyle artarken, hidroelektrik enerjinin elektrik enerji içindeki payı düşüş eğilimindedir.

2.2.2. Toplam Elektrik Enerjisi Üretim Projeksiyonu

Tablo 2.2’de verilen, 1980–2004 yılları arasındaki üretim verileri kullanılarak dünyanın toplam elektrik enerji üretimi ve hidroelektrik enerji üretimi projeksiyonları gerçekleştirilmiştir. Bu maksatla, öncelikli olarak dünyanın toplam elektrik enerjisi üretim projeksiyonu için Tablo 2.1’de verilen fonksiyonların model özellikleri ve parametre tahminleri belirlenmiştir (Tablo 2.3).

Tablo 2.3. Dünyanın toplam elektrik enerjisi üretiminin model özellikleri ve parametre tahminleri

Fonksiyon	Model Özellikleri				Parametre Değerleri			
	R ²	F	Anlamlık düzeyi	% 5’e göre	Sabit	b ₁	b ₂	b ₃
Lineer	0.992	3029.77	0.000	Anlamlı	6802.01	322.525		
Logaritmik	0.828	110.82	0.000	Anlamlı	4964.70	2599.04		
Ters	0.424	16.95	0.000	Anlamlı	12142.2	-7516.7		
Kuadratik	0.994	1986.34	0.000	Anlamlı	7067.04	263.629	2.2652	
Kübik	0.997	2117.96	0.000	Anlamlı	6697.36	419.205	-12.4050	0.3762
Bileşik	0.991	2454.68	0.000	Anlamlı	7280.24	1.0304		
Üs	0.889	183.96	0.000	Anlamlı	6013.29	0.2501		
S	0.493	22.33	0.000	Anlamlı	9.3969	-0.7523		
Büyüme	0.991	2454.68	0.000	Anlamlı	8.8929	0.0299		
Üstel	0.991	2454.68	0.000	Anlamlı	7280.24	0.0299		

Dünyanın toplam elektrik enerjisi üretimi projeksiyonu için kullanılan fonksiyonların tümünün F testine ve %5 anlamlılık düzeyine göre anlamlı olduğu Tablo 2.3'ten açıkça görülmektedir. Geleceğe yönelik tahminler için anlamlı fonksiyonlar içinden en büyük belirlilik katsayısına ($R^2=0.997$) sahip olan kübik modelin uygulanmasına karar verilmiştir (Tablo 2.4).

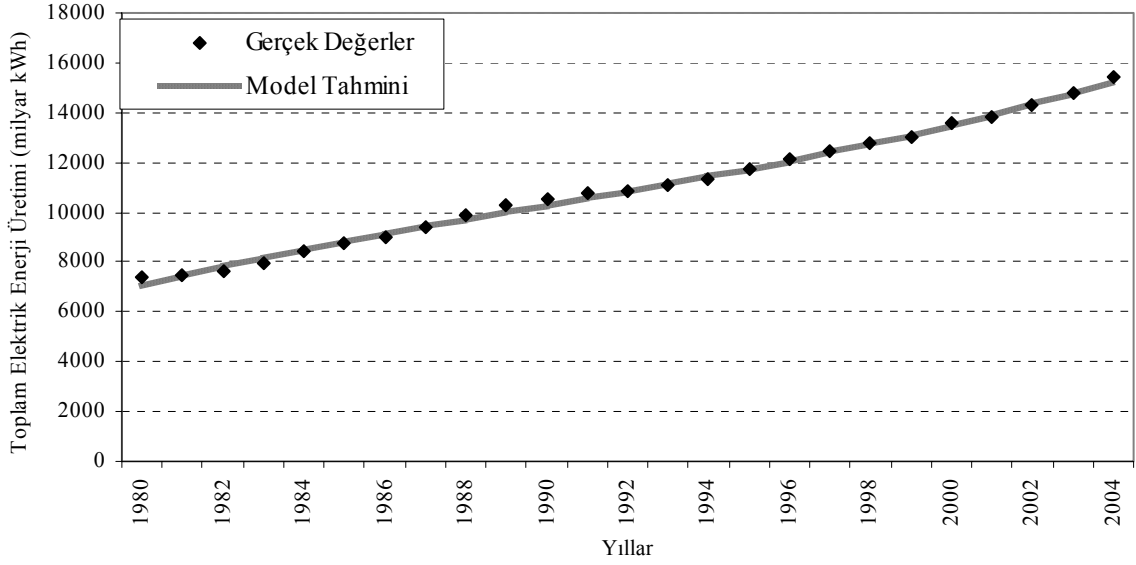
Tablo 2.4. Dünyanın toplam elektrik enerjisi üretimi tahmini için uygun görülen kübik modelin katsayıları

Kübik Model ($R^2 = 0.997$)					
Değişken	Standardize edilmemiş		Standardize edilmiş	t	Anlamlılık düzeyi
	β_1	Standart hata	β_1		
Zaman	419.205383	44.726553	1.294855	9.373	0.0000
Zaman ²	-12.404683	3.956107	-1.026268	-3.136	0.0050
Zaman ³	0.376152	0.100143	0.757525	3.756	0.0012
Sabit	6697.361088	136.954879		48.902	0.0000

Dünyanın toplam elektrik enerjisi üretimi tahmini için uygun görülen kübik modelin katsayılarının tabii tutulduğu t testi sonucuna göre, kübik fonksiyonun katsayıları %5 anlamlılık düzeyine göre anlamlı bulunmuştur (Tablo 2.4). Böylece, dünyanın toplam elektrik enerjisi üretim projeksiyonunda aşağıda katsayılarıyla verilen kübik modelin kullanılması uygun görülmüştür.

$$y = 6697,36 + 419,21 \cdot x - 12,405 \cdot x^2 + 0,376 \cdot x^3 \quad (1)$$

Şekil 2.1'de yıllar itibariyle dünyanın mevcut durumdaki toplam elektrik enerjisi üretim değerleri ile kübik modelden elde edilen sonuçlar grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Dünyanın toplam elektrik enerjisi üretimi kübik model grafiği

2.2.3. Hidroelektrik Enerji Üretim Projeksiyonu

Dünyanın toplam elektrik enerji üretim projeksiyonundan sonra hidroelektrik enerji üretim projeksiyonu yapılmıştır. Bu analiz için de, Tablo 2.2'deki hidroelektrik enerji üretim sütunundaki 1980–2004 yılları arasındaki veriler kullanılmıştır. Analizde dünyanın hidroelektrik enerji üretim projeksiyonu için Tablo 2.1'de verilen fonksiyonların model özellikleri ve parametre değerleri belirlenmiştir (Tablo 2.5).

Tablo 2.5. Dünyanın hidroelektrik enerji üretiminin model özellikleri ve parametre tahminleri

Fonksiyon	Model Özellikleri				Parametre Değerleri			
	R ²	F	Anlamlık düzeyi	% 5'e göre	Sabit	b ₁	b ₂	b ₃
Lineer	0.975	889.67	0.000	Anlamlı	1690.21	42.8855		
Logaritmik	0.858	138.97	0.000	Anlamlı	1424.21	354.939		
Ters	0.465	19.99	0.000	Anlamlı	2408.86	-1055.7		
Kuadratik	0.978	499.21	0.000	Anlamlı	1642.55	53.4765	-0.4073	
Kübik	0.983	406.93	0.000	Anlamlı	1714.43	23.2241	2.4453	-0.0731
Bileşik	0.970	739.35	0.000	Anlamlı	1729.01	1.0196		
Üs	0.891	188.56	0.000	Anlamlı	1520.42	0.1642		
S	0.509	23.82	0.000	Anlamlı	7.7842	-0.5012		
Büyüme	0.970	739.35	0.000	Anlamlı	7.4553	0.0194		
Üstel	0.970	739.35	0.000	Anlamlı	1729.01	0.0194		

Tablo 2.5'te çeşitli özellikleri verilen ve analize tabii tutulan modellerin hepsi F testine ve %5 anlamlılık düzeyine göre anlamlıdır. Dünyanın hidroelektrik enerji üretim projeksiyonu için tüm modeller anlamlı çıktığından dolayı belirlilik katsayısı ($R^2 = 0.983$) en büyük olan kübik modelin kullanılmasına karar verilmiştir. Kübik modelin sabit ve zaman³ katsayılarının anlamlı olduğu, ancak zaman ve zaman² katsayılarının t testine göre %5 anlamlılık düzeyinin üstünde olduğu anlaşılmaktadır (Tablo 2.6). Kübik model katsayılarının anlamsız çıkmasından dolayı, bu modelin uygulanmasından vazgeçilip belirlilik katsayısı ikinci en büyük olan ($R^2 = 0.978$) kuadratik modelin kullanılması uygun görülmüştür.

Tablo 2.6'dan da görüleceği gibi, kuadratik modelde, modelin zaman ve sabit katsayılarının anlamlı olduğu, zaman² katsayısının ise t testine ve %5 anlamlılık düzeyine göre anlamlı olmadığı tespit edilmiştir. Kuadratik modelin de anlamsız çıkmasından dolayı belirlilik katsayısı ($R^2 = 0.975$) bu modelden sonra en büyük olan lineer fonksiyonun kullanılmasına karar verilmiştir.

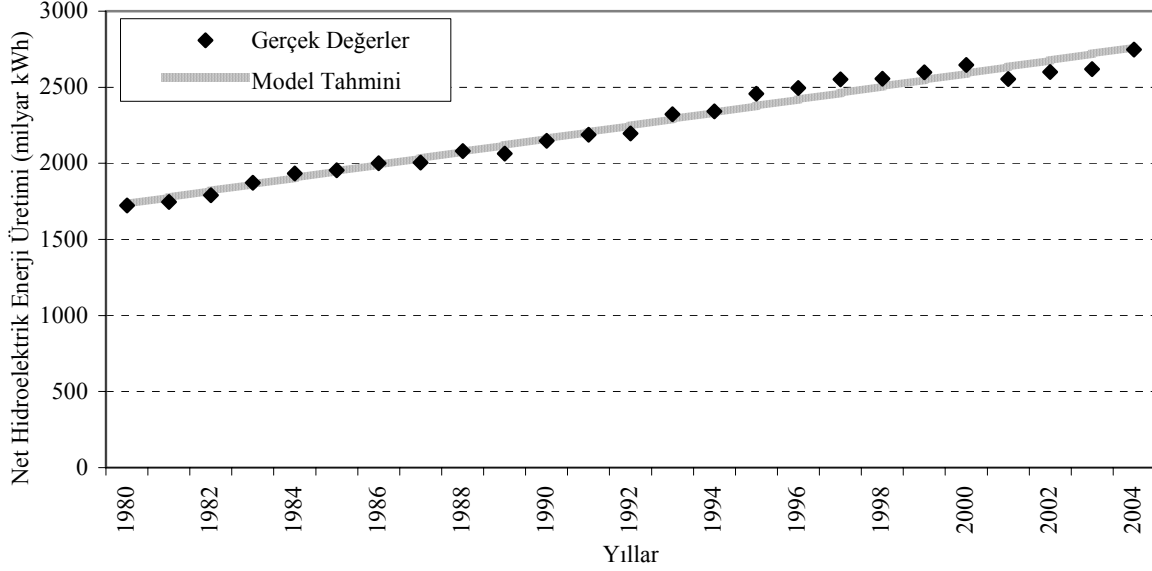
Tablo 2.6. Dünyanın hidroelektrik enerji üretimi tahmini için uygun görülen modellerin katsayıları

Kübik Model ($R^2 = 0.983$)					
Değişken	Standardize edilmemiş		Standardize edilmiş	t	Anlamlılık düzeyi
	β_1	Standart hata	β_1		
Zaman	23.224133	13.596327	0.534671	1.708	0.1024
Zaman ²	2.445272	1.202608	1.507840	2.033	0.0549
Zaman ³	-0.073144	0.030442	-1.097910	-2.403	0.0256
Sabit	1714.431507	41.632616		41.180	0.0000
Kuadratik Model ($R^2 = 0.978$)					
Değişken	Standardize edilmemiş		Standardize edilmiş	t	Anlamlılık düzeyi
	β_1	Standart hata	β_1		
Zaman	53.476547	5.660359	1.231149	9.448	0.0000
Zaman ²	-0.407349	0.211331	-0.251186	-1.928	0.0669
Sabit	1642.545452	31.937148		51.431	0.0000
Lineer Model ($R^2 = 0.975$)					
Değişken	Standardize edilmemiş		Standardize edilmiş	t	Anlamlılık düzeyi
	β_1	Standart hata	β_1		
Zaman	42.885469	1.437793	0.987319	29.827	0.0000
Sabit	1690.205300	21.374326		79.076	0.0000

Dünyanın hidroelektrik enerji üretimi tahmini için kullanılan lineer modelin katsayılarının, t testine ve %5 anlamlılık düzeyine göre anlamlı çıktığı belirlenmiştir (Tablo 2.6). Böylece, dünyanın hidroelektrik enerji üretim projeksiyonunda aşağıda katsayılarıyla verilen lineer modelin kullanılmasına karar verilmiştir.

$$y=1690,21+42,885.x \quad (2)$$

Dünyanın mevcut durumdaki hidroelektrik enerji üretim değerleri ile lineer modellerden elde edilen sonuçlar Şekil 2.2’de gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Dünyanın hidroelektrik enerji üretimi lineer model grafiği

2.3. Türkiye'nin Toplam Elektrik Enerjisi ve Hidroelektrik Enerji Üretiminin Mevcut Durumu ve Projeksiyonu

2.3.1. Mevcut Durum

Türkiye’de elektrik enerjisi üretiminde son on yıl dikkate alındığında iki kattan daha fazla bir artışın olduğu görülmektedir. 1994 yılındaki elektrik enerji üretimi 78321.7 GWh iken 2004 yılında 150698.3 GWh olarak gerçekleşmiştir. Türkiye, hidroelektrik enerji ve rüzgar enerjisinden elektrik enerjisi üretim sektöründe önemli potansiyele sahiptir. Bu potansiyellerini uygun bir şekilde değerlendirmeli ve elektrik enerjisi talebini karşılayabilmesi maksadıyla nükleer enerjiden de yararlanmalıdır.

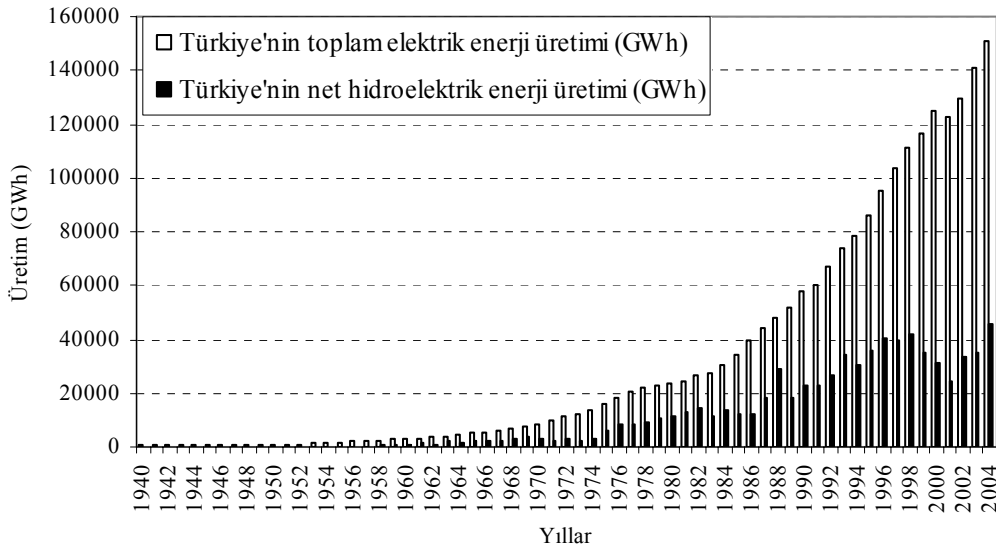
Türkiye’nin yıllar itibariyle toplam elektrik enerjisi üretimi ve hidroelektrik enerji üretimi değerleri ile toplam elektrik enerjisi içindeki hidroelektrik enerjinin payı Tablo 2.7’de verilmiştir.

Tablo 2.7. Türkiye'nin toplam elektrik enerjisi ve hidroelektrik enerji üretimi (TEİAŞ, 2004)

Yıllar	Toplam Elektrik Enerjisi Üretimi (GWh)	Hidroelektrik Enerji Üretimi (GWh)	Hidroelektrik Enerjinin Payı (%)	Yıllar	Toplam Elektrik Enerjisi Üretimi (GWh)	Hidroelektrik Enerji Üretimi (GWh)	Hidroelektrik Enerjinin Payı (%)
1940	396.8	13.8	3.48	1973	12425.2	2603.4	20.95
1941	436.2	20.7	4.75	1974	13477.0	3355.8	24.90
1942	426.1	22.7	5.33	1975	15622.8	5903.6	37.79
1943	478.0	23.8	4.98	1976	18282.8	8374.8	45.81
1944	520.1	26.1	5.02	1977	20564.6	8572.3	41.68
1945	551.0	23.8	4.32	1978	21726.1	9334.8	42.97
1946	590.5	27.1	4.59	1979	22521.9	10288.9	45.68
1947	660.2	26.6	4.03	1980	23275.4	11348.2	48.76
1948	715.3	30.4	4.25	1981	24672.8	12616.1	51.13
1949	784.5	29.3	3.73	1982	26551.5	14166.7	53.36
1950	849.3	30.1	3.54	1983	27346.8	11342.7	41.48
1951	963.1	44.5	4.62	1984	30613.5	13426.3	43.86
1952	1109.6	58.6	5.28	1985	34218.9	12044.9	35.20
1953	1307.4	67.5	5.16	1986	39694.8	11872.6	29.91
1954	1539.8	82.9	5.38	1987	44352.9	18617.8	41.98
1955	1738.2	89.1	5.13	1988	48048.8	28949.6	60.25
1956	2005.6	162.9	8.12	1989	52043.2	17939.6	34.47
1957	2232.4	311.3	13.94	1990	57543.0	23147.6	40.23
1958	2501.9	657.4	26.28	1991	60246.3	22683.3	37.65
1959	2812.5	691.0	24.57	1992	67342.2	26568.0	39.45
1960	2815.1	1001.4	35.57	1993	73807.5	33950.9	46.00
1961	3011.1	1265.2	42.02	1994	78321.7	30585.9	39.05
1962	3559.6	1123.7	31.57	1995	86247.4	35540.9	41.21
1963	3983.4	2104.4	52.83	1996	94861.7	40475.2	42.67
1964	4450.9	1648.1	37.03	1997	103295.8	39816.1	38.55
1965	4952.7	2179.0	44.00	1998	111022.4	42229.0	38.04
1966	5550.9	2338.1	42.12	1999	116439.9	34677.5	29.78
1967	6211.8	2381.8	38.34	2000	124921.6	30878.5	24.72
1968	6935.8	3174.8	45.77	2001	122724.7	24009.9	19.56
1969	7838.0	3444.9	43.95	2002	129399.5	33683.8	26.03
1970	8623.0	3032.8	35.17	2003	140580.5	35329.5	25.13
1971	9781.1	2610.2	26.69	2004	150698.3	46083.7	30.58
1972	11241.9	3204.2	28.50				

Türkiye’de, hidroelektrik enerji 1940’lı yıllarda toplam elektrik enerjisi içerisinde düşük bir paya sahip olmasına karşın, 1988 yılında %60 gibi önemli bir paya sahip olmayı başarmıştır. Ancak, son yıllarda doğal gazla olan ilgi nedeniyle ithal enerjinin payı artarken hidroelektrik enerjinin toplam elektrik enerji üretimindeki payı azalmıştır. Doğal gaz santrallerindeki bu hızlı artışın bir sonucu olarak hidroelektrik enerji üretiminin payı 1980 yılında %49’dan 2005 yılında %26 değerine gerilemiştir. 2006 yılı itibariyle işletmedeki hidroelektrik santrallerinin kurulu kapasitesi ve yıllık ortalama enerji üretim kapasitesi 12788 MW ve 45.9 TWh değerine ulaşmıştır. Böylece, teknik ve ekonomik olarak yararlanılabilir hidroelektrik potansiyelin yalnızca %35.4’ü değerlendirilmiştir.

Türkiye'nin toplam elektrik enerji üretimi ve hidroelektrik enerji üretimi projeksiyonlarının gerçekleştirilmesinde Tablo 2.7'deki değerlerin veri olarak kullanılması planlanmıştır. Öncelikli olarak Türkiye'nin toplam elektrik enerji tahminlerinin analizi, 1940–2004 yılları arasındaki veriler baz alınarak gerçekleştirilmiş ve sonrasında Türkiye'nin bu yıllar arasındaki hidroelektrik enerji üretim projeksiyonları yapılmıştır. Ancak, yapılan projeksiyonlar sonucunda toplam elektrik enerjisinde Şekil 2.3'te de görüldüğü gibi gözle görülebilir bir eğilime sahip ve anlamlı bir grafik elde edilmesine karşın, hidroelektrik enerji üretiminde 1940–1970 yılları arasında çok az gerçekleşen üretimin etkisi nedeniyle beklenen değerlerin çok altında çıktığı gözlemlenmiştir. 1940–2004 yılları arasındaki veriler baz alındığında elde edilen eğrinin 1970–2004 yılları arasındaki eğilimi vermediği sonucuna varılmıştır. Bundan dolayı, Türkiye'nin toplam elektrik enerjisi ve hidroelektrik enerji üretim projeksiyonlarının, 1970–2004 yılları arasındaki verilerle yapılmasına karar verilmiştir.



Şekil 2.3. Türkiye'nin toplam elektrik enerjisi ve hidroelektrik enerji üretim grafiği

2.3.2. Toplam Elektrik Enerjisi Üretim Projeksiyonu

Türkiye için yapılan tahminlerde, Tablo 2.7'de sunulan 1970–2004 yılları arası veriler kullanılarak öncelikli toplam elektrik enerjisi üretim projeksiyonu gerçekleştirilmiştir. Bu maksatla yapılan analizde, Türkiye'nin toplam elektrik enerjisi üretim projeksiyonu için Tablo 2.1'de verilen fonksiyonların model özellikleri ve parametre tahminleri gerçekleştirilmiştir (Tablo 2.8).

Tablo 2.8. Türkiye'nin toplam elektrik enerjisi üretim tahmininin model özellikleri ve parametre tahminleri

Model Özellikleri					Parametre Değerleri			
Fonksiyon	R ²	F	Anlamlık düzeyi	% 5'e göre	Sabit	b ₁	b ₂	b ₃
Lineer	0.924	403.28	0.000	Anlamlı	-16024	4100.60		
Logaritmik	0.630	56.25	0.000	Anlamlı	-48034	40198.6		
Ters	0.227	9.68	0.004	Anlamlı	71342.3	-114422		
Kuadratik	0.996	3777.37	0.000	Anlamlı	12022.6	-447.50	126.336	
Kübik	0.996	2439.85	0.000	Anlamlı	12118.9	-477.52	128.392	-0.0381
Bileşik	0.992	4168.84	0.000	Anlamlı	9260.76	1.0873		
Üs	0.874	228.67	0.000	Anlamlı	3586.92	0.9327		
S	0.436	25.52	0.000	Anlamlı	11.0106	-3.1256		
Büyüme	0.992	4168.84	0.000	Anlamlı	9.1335	0.0837		
Üstel	0.992	4168.84	0.000	Anlamlı	9260.76	0.0837		

Tablo 2.8'den de görüleceği gibi, uygulanabilecek tüm modeller F testine ve %5 anlamlılık düzeyine göre anlamlıdır. %5 anlamlılığa göre bütün fonksiyonların anlamlı olmasından dolayı fonksiyonların belirlilik katsayısı ($R^2 = 0.996$) en büyük olan kübik ve kuadratik fonksiyonların parametrelerinin anlamlı olup olmadığının anlaşılabilmesi maksadıyla bu fonksiyonların t testine tabii tutulması uygun görülmüştür (Tablo 2.9).

Tablo 2.9. Türkiye'nin toplam elektrik enerjisi üretimi tahmini için uygun görülen modellerin katsayıları

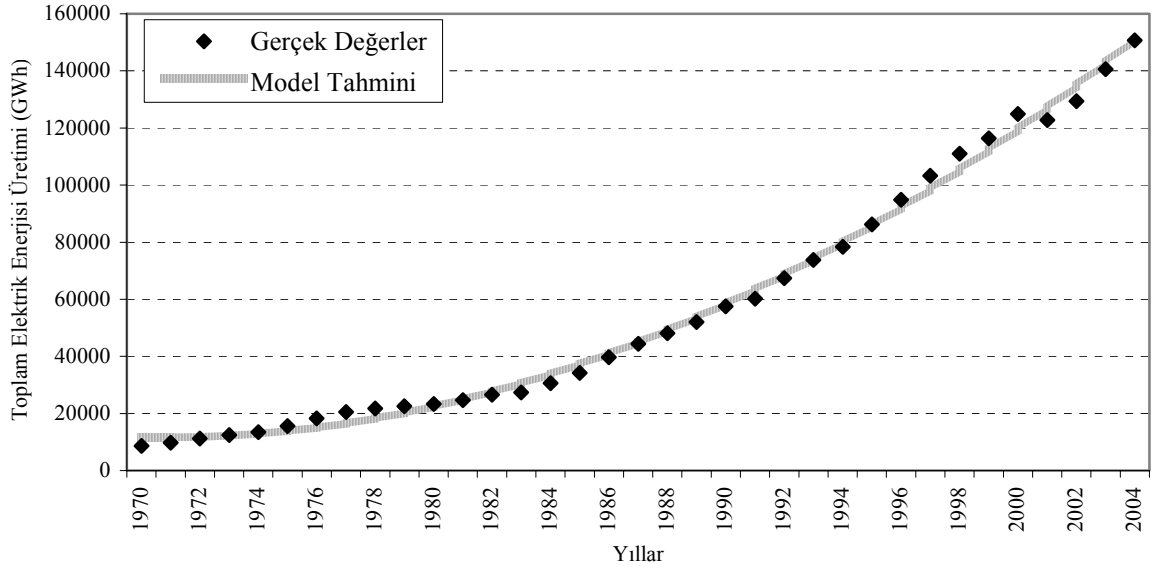
Kübik Model ($R^2 = 0.996$)					
Değişkenler	Standardize edilmemiş		Standardize edilmiş	t	Anlamlılık düzeyi
	β_1	Standart hata	β_1		
Zaman	-477.522354	532.675706	-0.111961	-0.896	0.3769
Zaman ²	128.391925	34.124770	1.117225	3.762	0.0007
Zaman ³	-0.038067	0.623636	-0.011214	-0.061	0.9517
Sabit	12118.902492	2245.805510		5.396	0.0000
Kuadratik Model ($R^2 = 0.996$)					
Değişkenler	Standardize edilmemiş		Standardize edilmiş	t	Anlamlılık düzeyi
	β_1	Standart hata	β_1		
Zaman	-447.503077	201.426879	-0.104923	-2.222	0.0335
Zaman ²	126.336332	5.427344	1.099338	23.278	0.0000
Sabit	12022.563682	1572.623037		7.645	0.0000

Tablo 2.9'dan görüleceği gibi, kübik fonksiyon F testine göre anlamlı çıkmasına karşın, bu fonksiyonun model katsayıları %5 anlamlılık düzeyine göre anlamlı bulunmamıştır. Kuadratik fonksiyon ise, F ve t testlerine ve %5 anlamlılık düzeyine göre anlamlı bulunmuştur. Teorik olarak hem modelin kendisinin anlamlı çıkması hem de katsayılarının anlamlı çıkması kuadratik modeli seçmemizi uygun kılmaktadır. Aynı

zamanda, yüksek bir belirlilik katsayısının ($R^2=0.996$) elde edilmesi modelin kullanılabilirliğini artırmaktadır. Böylelikle, Türkiye'nin toplam elektrik enerjisi üretim projeksiyonunda aşağıda katsayılarıyla verilen kuadratik modelin kullanılmasına karar verilmiştir.

$$y=12022,56-447,5.x+126,34.x^2 \quad (3)$$

Türkiye'nin mevcut durumdaki toplam elektrik enerjisi üretim değerleri ile kuadratik modelden elde edilen sonuçların yıllara göre değişimi Şekil 2.4'de gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Türkiye'nin toplam elektrik enerjisi üretimi kuadratik model grafiği

2.3.3. Hidroelektrik Enerji Üretim Projeksiyonu

Türkiye'de hidroelektrik enerjinin gelecekte elektrik enerjisi içindeki payının belirlenebilmesi amacıyla toplam elektrik enerjisi üretim analizinden sonra hidroelektrik enerji üretim tahmini gerçekleştirilmiştir. Tablo 2.7'de sunulan 1970–2004 yılları arasındaki veriler kullanılarak gerçekleştirilen hidroelektrik enerji üretim projeksiyonu için Tablo 2.1'deki fonksiyonların model özellikleri ve parametre tahminleri Tablo 2.10'da verilmiştir.

Tablo 2.10. Türkiye'nin hidroelektrik enerji üretim tahmininin model özellikleri ve parametre tahminleri

Model Özellikleri					Parametre Değerleri			
Fonksiyon	R ²	F	Anlamlık düzeyi	% 5'e göre	Sabit	b ₁	b ₂	b ₃
Lineer	0.869	219.76	0.000	Anlamlı	-1469	1207.43		
Logaritmik	0.696	75.55	0.000	Anlamlı	-13498	12825.4		
Ters	0.291	13.52	0.001	Anlamlı	24923.4	-39321		
Kuadratik	0.870	106.65	0.000	Anlamlı	-1147.4	1155.28	1.4487	
Kübik	0.886	80.41	0.000	Anlamlı	4142.56	-493.09	114.322	-2.0902
Bileşik	0.871	223.43	0.000	Anlamlı	3631.72	1.0824		
Üs	0.893	274.95	0.000	Anlamlı	1232.94	0.9521		
S	0.495	32.31	0.000	Anlamlı	10.0218	-3.362		
Büyüme	0.871	223.43	0.000	Anlamlı	8.1975	0.0792		
Üstel	0.871	223.43	0.000	Anlamlı	3631.72	0.0792		

Tablo 2.10'dan da görüleceği gibi, analizde kullanılan bütün fonksiyonlar F testine tabii tutulmuş ve bütün fonksiyonların %5 anlamlılık düzeyine göre anlamlı oldukları sonucuna varılmıştır. Bütün fonksiyonlar anlamlı olduğundan dolayı ilk olarak belirlilik katsayısı yüksek olan ($R^2 = 0.893$) üs fonksiyonu incelenmiştir (Tablo 2.11).

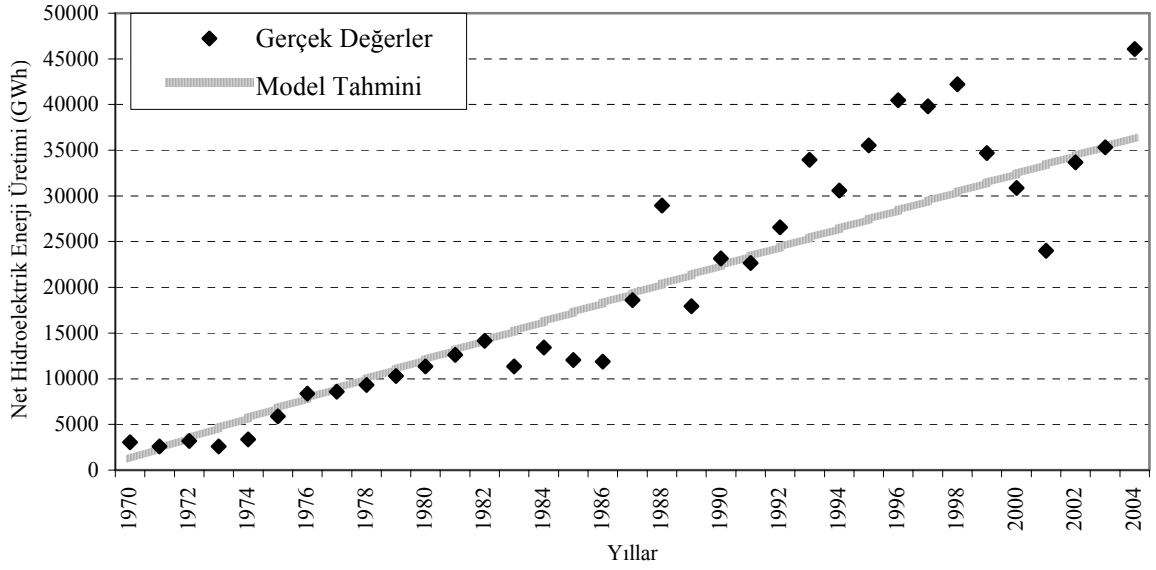
Tablo 2.11. Türkiye'nin hidroelektrik enerji üretimi tahmini için uygun görülen üs modelin katsayıları

Üs Model ($R^2 = 0.893$)					
Değişken	Standardize edilmemiş		Standardize edilmiş	t	Anlamlılık düzeyi
	β_1	Standart hata	β_1		
Zaman	0.952076	0.057418	0.944901	16.582	0.0000
Sabit	1232.935924	195.847814		6.295	0.0000

Tablo 2.11'den anlaşılacağı gibi, üs fonksiyon modeli katsayıları t testine ve %5 anlamlılık düzeyine göre anlamlı bulunmuştur. Hem modelin kendisinin anlamlı çıkması hem de katsayılarının anlamlı çıkmasının yanında teorik beklentiye uygun olması nedeniyle üs fonksiyon modelinin kullanılması uygun görülmüştür. Böylelikle, Türkiye'nin hidroelektrik enerji üretim projeksiyonunda aşağıda katsayılarıyla verilen üs modelin kullanılmasına karar verilmiştir.

$$y = 1232,94 \cdot x^{0,9521} \quad (4)$$

Türkiye'nin mevcut durumdaki hidroelektrik enerji üretim değerleri ile üs modelden elde edilen sonuçlar Şekil 2.5'te gösterilmiştir.



Şekil 2.5. Türkiye'nin hidroelektrik enerji üretimi üs model grafiği

2.4. Avrupa Birliği'nin Toplam Elektrik Enerjisi ve Hidroelektrik Enerji Üretiminin Mevcut Durumu ve Projeksiyonu

2.4.1. Mevcut Durum

Avrupa Birliği'ni oluşturan 25 üye ülkenin her birinin ayrı ayrı toplam elektrik enerji ve hidroelektrik enerji üretim değerleri bulunarak Avrupa Birliği'nin yıllar itibariyle toplamdaki elektrik enerji ve hidroelektrik enerji üretim değerleri belirlenmiştir (Tablo 2.12). Bu tablodan da görüleceği gibi, Avrupa Birliği'nin toplamdaki elektrik enerji üretimlerinin yıllar itibariyle arttığı, hidroelektrik enerji üretiminde ise inişli çıkışlı bir eğilimin olduğu, hidroelektrik enerjinin toplam elektrik enerji üretimi içindeki payının ise azalış gösterdiği anlaşılmaktadır.

Tablo 2.12. Avrupa Birliği'nin toplam elektrik enerjisi ve hidroelektrik enerji üretimi (EIA, 2006)

Yıllar	Toplam Elektrik Enerjisi Üretimi (GWh)	Hidroelektrik Enerji Üretimi (GWh)	Hidroelektrik Enerjinin Payı (%)	Yıllar	Toplam Elektrik Enerjisi Üretimi (GWh)	Hidroelektrik Enerji Üretimi (GWh)	Hidroelektrik Enerjinin Payı (%)
1980	1644.60	273.40	16.62	1993	2169.45	294.01	13.55
1981	1637.71	269.86	16.48	1994	2203.42	303.50	13.77
1982	1642.17	266.75	16.24	1995	2256.33	297.28	13.18
1983	1693.46	274.87	16.23	1996	2322.23	294.97	12.70
1984	1774.69	280.13	15.78	1997	2345.76	301.35	12.85
1985	1854.28	279.25	15.06	1998	2402.32	309.85	12.90
1986	1898.47	265.06	13.96	1999	2435.67	308.51	12.67
1987	1956.39	280.96	14.36	2000	2513.89	324.93	12.93
1988	1991.08	306.40	15.39	2001	2570.05	346.83	13.50
1989	2035.13	248.24	12.20	2002	2581.61	287.97	11.15
1990	2046.95	257.06	12.56	2003	2645.93	279.21	10.55
1991	2074.31	262.87	12.67	2004	2690.31	295.21	10.97
1992	2089.48	285.39	13.66				

2.4.2. Toplam Elektrik Enerjisi Üretim Projeksiyonu

Avrupa Birliği'nin toplam elektrik enerji üretim projeksiyonu Tablo 2.12'deki toplam elektrik enerji üretim sütunundaki 1980–2004 yılları arası veriler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Analizlerde Avrupa Birliği'nin toplam elektrik enerji üretim projeksiyonu için Tablo 2.1'deki fonksiyonların model özellikleri ve parametre değerleri Tablo 2.13'de verilmektedir.

Tablo 2.13. Avrupa Birliği'nin toplam elektrik enerji üretiminin model özellikleri ve parametre tahminleri

Fonksiyon	Model Özellikleri				Parametre Değerleri			
	R ²	F	Anlamlık düzeyi	% 5'e göre	Sabit	b ₁	b ₂	b ₃
Lineer	0.993	3435.74	0.000	Anlamlı	1556.31	44.8248		
Logaritmik	0.841	121.86	0.000	Anlamlı	1294.73	363.900		
Ters	0.433	17.57	0.000	Anlamlı	2300.04	-1054.9		
Kuadratik	0.994	1697.58	0.000	Anlamlı	1568.21	42.1803	0.1017	
Kübik	0.994	1156.71	0.000	Anlamlı	1545.76	51.6273	-0.7891	0.0228
Bileşik	0.989	1996.44	0.000	Anlamlı	1604.33	1.0215		
Üs	0.880	168.36	0.000	Anlamlı	1403.26	0.1766		
S	0.477	20.97	0.000	Anlamlı	7.7366	-0.5255		
Büyüme	0.989	1996.44	0.000	Anlamlı	7.3805	0.0212		
Üstel	0.989	1996.44	0.000	Anlamlı	1604.33	0.0212		

Tablo 2.13’de çeşitli özellikleri verilen ve F testine tabii tutulan modellerin hepsi %5 anlamlılık düzeyine göre anlamlı çıkmıştır. Avrupa Birliği’nin toplam elektrik enerji üretim projeksiyonu için tüm modeller anlamlı çıktığından dolayı belirlilik katsayısı ($R^2=0.994$) en büyük olan kübik ve kuadratik modellerin kullanılması uygun görülmüştür. Tablo 2.14 incelendiğinde, kübik modelin sabit ve zaman katsayılarının t testine ve %5 anlamlılık düzeyine göre anlamlı olduğu, ancak zaman³ ve zaman² katsayılarının %5 anlamlılık düzeyinin üstünde olduğu açıkça görülmektedir. Kuadratik modelde ise, modelin zaman ve sabit katsayılarının t testine ve %5 anlamlılık düzeyine göre anlamlı olduğu, zaman² katsayısının ise %5 anlamlılık düzeyine göre anlamlı olmadığı açıkça görülmektedir. Hem kübik hem de kuadratik modelin anlamlı çıkmamasından dolayı belirlilik katsayısı ($R^2=0.993$) bu modellerden sonra en büyük olan lineer fonksiyonun kullanılmasına karar verilmiştir.

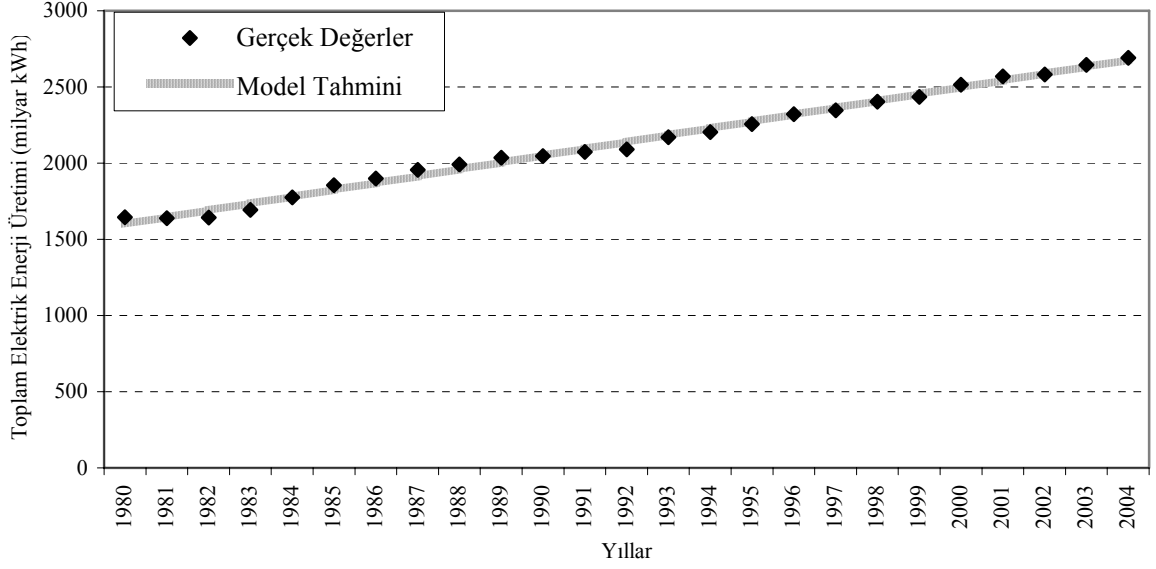
Tablo 2.14. AB- 25 ülkelerinin toplam elektrik enerji üretimi tahmini için uygun görülen modellerin katsayıları

Kübik Model ($R^2 = 0.994$)					
Değişken	Standardize edilmemiş		Standardize edilmiş	t	Anlamlılık düzeyi
	β_1	Standart hata	β_1		
Zaman	51.627304	8.396125	1.147922	6.149	0.0000
Zaman ²	-0.789086	0.742646	-0.469935	-1.063	0.3001
Zaman ³	0.022841	0.018799	0.331122	1.215	0.2378
Sabit	1545.757636	25.709344		60.124	0.0000
Kuadratik Model ($R^2 = 0.994$)					
Değişken	Standardize edilmemiş		Standardize edilmiş	t	Anlamlılık düzeyi
	β_1	Standart hata	β_1		
Zaman	42.180279	3.202687	0.937870	13.170	0.0000
Zaman ²	0.101711	0.119573	0.060574	0.851	0.4041
Sabit	1568.205739	18.070356		86.783	0.0000
Lineer Model ($R^2 = 0.993$)					
Değişken	Standardize edilmemiş		Standardize edilmiş	t	Anlamlılık düzeyi
	β_1	Standart hata	β_1		
Zaman	44.824777	0.764730	0.996670	58.615	0.0000
Sabit	1556.305500	11.368532		136.896	0.0000

Avrupa Birliği’nin toplam elektrik enerji üretimi tahmini için kullanılan lineer modelin katsayıları t testine ve %5 anlamlılık düzeyine göre anlamlı çıkmıştır. Böylelikle, Avrupa Birliği’nin toplam elektrik enerjisi üretim projeksiyonunda aşağıda katsayılarıyla verilen lineer modelin kullanılmasına karar verilmiştir.

$$y=1556,306+44,825.x \quad (5)$$

Avrupa Birliği'nin mevcut durumdaki toplam elektrik enerjisi üretim değerleri ile lineer modelden elde edilen sonuçlar Şekil 2.6'da gösterilmiştir.



Şekil 2.6. Avrupa Birliği'nin toplam elektrik enerji üretimi lineer model grafiği

2.4.3. Hidroelektrik Enerji Üretim Projeksiyonu

Avrupa Birliği'nin toplam elektrik enerjisi üretim tahmininden sonra, Tablo 2.12'deki hidroelektrik enerji üretim sütunundaki veriler kullanılarak hidroelektrik enerji üretim projeksiyonu gerçekleştirilmiştir. Tablo 2.15'te, Avrupa Birliği'nin hidroelektrik enerji üretim tahmini için Tablo 2.1'de verilen fonksiyonların model özellikleri ve parametre tahminleri özetlenmiştir.

Tablo 2.15. Avrupa Birliği'nin hidroelektrik enerji üretim tahmininin model özellikleri ve parametre tahminleri

Fonksiyon	Model Özellikleri				Parametre Değerleri			
	R ²	F	Anlamlık düzeyi	% 5'e göre	Sabit	b ₁	b ₂	b ₃
Lineer	0.369	13.47	0.001	Anlamlı	263.917	1.8336		
Logaritmik	0.280	8.93	0.007	Anlamlı	255.088	14.0794		
Ters	0.117	3.04	0.095	Anlamlı değil	293.364	-36.749		
Kuadratik	0.369	6.44	0.006	Anlamlı	264.299	1.7488	0.0033	
Kübik	0.479	6.44	0.003	Anlamlı	288.572	-8.4662	0.9665	-0.0247
Bileşik	0.369	13.46	0.001	Anlamlı	264.469	1.0063		
Üs	0.279	8.88	0.007	Anlamlı	256.652	0.0481		
S	0.116	3.00	0.096	Anlamlı değil	5.6784	-0.1251		
Büyüme	0.369	13.46	0.001	Anlamlı	5.5777	0.0063		
Üstel	0.369	13.46	0.001	Anlamlı	264.469	0.0063		

Tablo 2.15’den de görüleceği gibi, uygulanabilecek tüm modeller F testine ve %5 anlamlılık düzeyine göre anlamlıdır. Bütün fonksiyonların anlamlı olmasından dolayı fonksiyonların belirlilik katsayısı ($R^2=0.479$) en büyük olan kübik fonksiyonun parametrelerinin anlamlı olup olmadığının anlaşılabilmesi maksadıyla bu fonksiyonun t testine tabii tutulması uygun görülmüştür. Tablo 2.16 incelendiğinde, kübik modelin sabit, zaman² ve zaman³ katsayılarının t testine ve %5 anlamlılık düzeyine göre anlamlı olduğu, ancak zaman katsayısının %5 anlamlılık düzeyinin üstünde olduğu açıkça görülmektedir. Bundan dolayı, belirlilik katsayısı 0.369 olan lineer modelin kullanılması uygun görülmüştür.

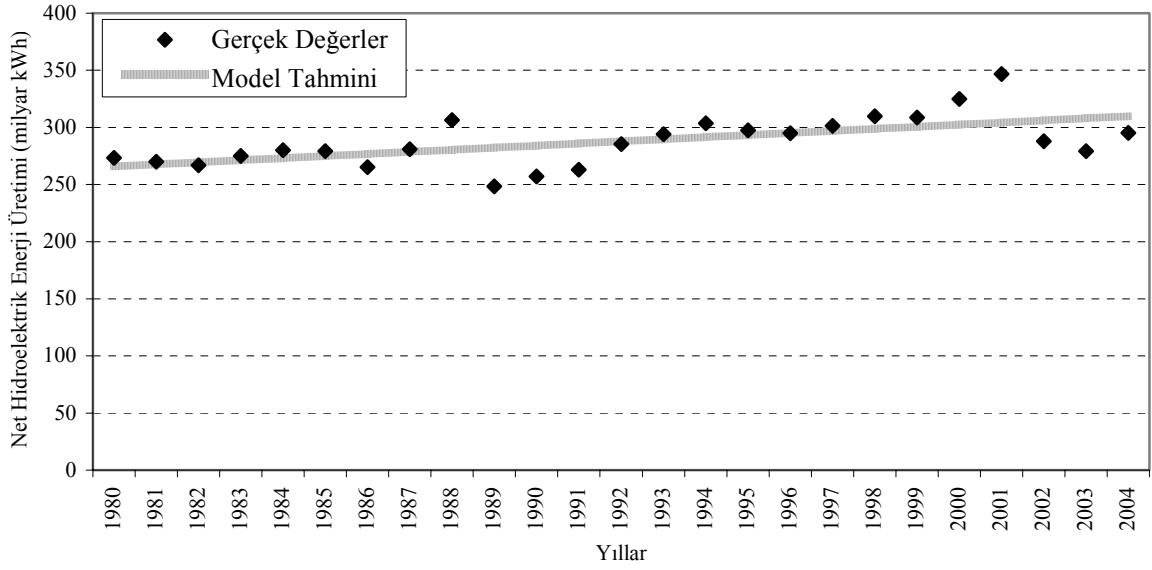
Tablo 2.16. Avrupa Birliği’nin hidroelektrik enerji üretimi tahmini için uygun görülen kübik modelin katsayıları

Kübik Model ($R^2 = 0.479$)					
Değişkenler	Standardize edilmemiş		Standardize edilmiş	t	Anlamlılık düzeyi
	β_1	Standart hata	β_1		
Zaman	-8.466161	5.241329	-2.805862	-1.615	0.1212
Zaman ²	0.966474	0.463601	8.579274	2.085	0.0495
Zaman ³	-0.024698	0.011735	-5.336746	-2.105	0.0475
Sabit	288.571657	16.049203		17.980	0.0000
Lineer Model ($R^2 = 0.369$)					
Değişkenler	Standardize edilmemiş		Standardize edilmiş	t	Anlamlılık düzeyi
	β_1	Standart hata	β_1		
Zaman	1.833646	0.499648	0.607709	3.670	0.0013
Sabit	263.917000	7.427806		35.531	0.0000

Avrupa Birliği’nin hidroelektrik enerji üretimi tahmini için kullanılan lineer modelin katsayıları t testine ve %5 anlamlılık düzeyine göre anlamlı çıkmıştır. Böylelikle, Avrupa Birliği’nin hidroelektrik enerji üretim projeksiyonunda aşağıda katsayılarıyla verilen lineer modelin kullanılmasına karar verilmiştir.

$$y = 263,917 + 1,834 \cdot x \quad (6)$$

Avrupa Birliği’nin gerçekteki hidroelektrik enerji üretim değerleri ile lineer modelden elde edilen sonuçlar Şekil 2.7’de gösterilmiştir.



Şekil 2.7. Avrupa Birliği'nin hidroelektrik enerji üretimi lineer model grafiği

Burada, belirlilik katsayısının düşük çıkması bu fonksiyonun kullanılabilir olup olmadığını araştırma gereğini doğurmuştur. 24 adet verinin kullanılması sonucu gerçekleştirilen tahminlerde korelasyon katsayısının minimum %5 anlamlılık düzeyine göre 0.381 olması gerekmektedir. Analizler sonucunda anlamlı çıkan lineer modelin korelasyon katsayısının (0.608) bu minimum değerden büyük olması bu fonksiyonun kullanılabilir olduğunu göstermektedir.

3. BULGULAR

Bu bölümde, geçmiş yıllarda mevcut olan verilerden yararlanılarak, Dünya, Avrupa Birliği ve Türkiye'deki toplam elektrik ve hidroelektrik enerji üretim değerlerinin geleceğe yönelik projeksiyonundan elde edilen bulguları verilmiştir. Dünya, Avrupa Birliği ve Türkiye'nin hidroelektrik ve toplam elektrik enerji üretimlerinin her birinin artış eğilimleri incelenmiştir.

3.1. Dünya İçin Yapılan Projeksiyondan Elde Edilen Bulgular

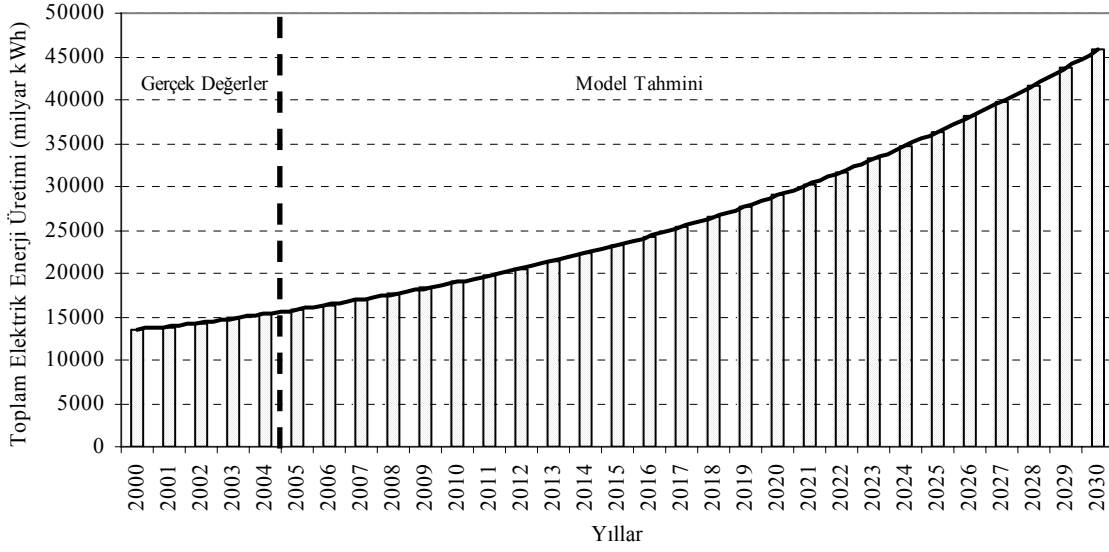
3.1.1. Toplam Elektrik Enerjisi Üretimi

Dünyanın toplam elektrik enerjisi için yapılan projeksiyon sonucunda kübik modelden elde edilen değerlerin anlamlı olduğu ve gerçekte oluşacak üretimlerin bu değerlere yakın çıkacağı sonucuna varılmıştır. Kübik model projeksiyonundan 2030 yılına kadar elde edilen bulgular; Tablo 3.1'de, bu tablo değerleri kullanılarak elde edilen değişim süreci ise Şekil 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.1. Dünya toplam elektrik enerji üretimi projeksiyon bulguları (milyar kWh)

Yıllar	Model Tahmini	Yıllar	Model Tahmini	Yıllar	Model Tahmini	Yıllar	Model Tahmini
2005	15822.375	2012	20540.197	2019	27691.783	2026	38051.253
2006	16376.684	2013	21394.791	2020	28957.251	2027	39838.183
2007	16967.119	2014	22301.311	2021	30290.443	2028	41708.636
2008	17595.939	2015	23262.013	2022	31693.616	2029	43664.868
2009	18265.400	2016	24279.154	2023	33169.026	2030	45709.136
2010	18977.759	2017	25354.992	2024	34718.931		
2011	19735.272	2018	26491.782	2025	36345.588		

Tablo 3.1'den de görüleceği gibi, yapılan projeksiyon sonucu dünyanın toplam elektrik enerji üretiminin 2005 yılında 15822 milyar kWh, 2010 yılında 18978 milyar kWh, 2020 yılında 28957 milyar kWh ve 2030 yılında ise 45709 milyar kWh olacağı tahmin edilmiştir.



Şekil 3.1. Dünya toplam elektrik enerji üretimi projeksiyon süreci

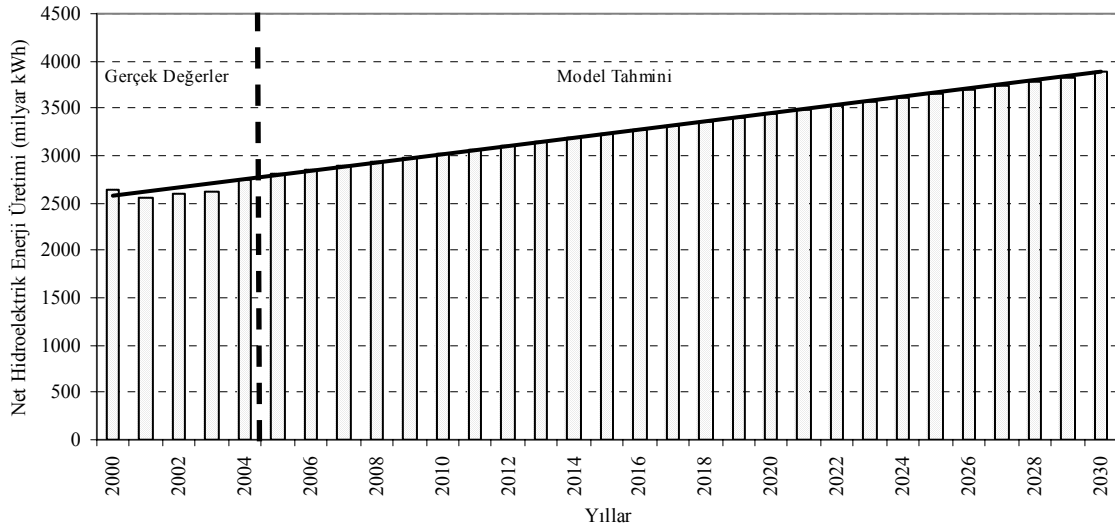
3.1.2. Hidroelektrik Enerji Üretimi

Dünyanın hidroelektrik enerji üretimi için yapılan projeksiyon analizlerinde, kübik ve kuadratik modelin anlamlı çıkmadığı, lineer modelin ise anlamlı çıktığı belirlenmiştir. Lineer model projeksiyonundan 2030 yılına kadar elde edilen bulgular; Tablo 3.2’de, bu tablo değerleri kullanılarak elde edilen değişim süreci ise Şekil 3.2’de verilmiştir.

Tablo 3.2. Dünya hidroelektrik enerji üretimi projeksiyon bulguları (milyar kWh)

Yıllar	Model Tahmini	Yıllar	Model Tahmini	Yıllar	Model Tahmini	Yıllar	Model Tahmini
2005	2805.22750	2012	3105.42578	2019	3405.62407	2026	3705.82235
2006	2848.11297	2013	3148.31125	2020	3448.50954	2027	3748.70782
2007	2890.99844	2014	3191.19672	2021	3491.39501	2028	3791.59329
2008	2933.88391	2015	3234.08219	2022	3534.28048	2029	3834.47876
2009	2976.76938	2016	3276.96766	2023	3577.16595	2030	3877.36423
2010	3019.65485	2017	3319.85313	2024	3620.05142		
2011	3062.54032	2018	3362.73860	2025	3662.93688		

Yapılan projeksiyon sonucunda, dünyanın hidroelektrik üretim tahmini için anlamlı bulunan lineer model sonuçlarına göre, dünyanın 2005 yılında hidroelektrik enerji üretimi 2805 milyar kWh, 2010 yılında 3019.7 milyar kWh, 2020 yılında 3448.5 milyar kWh ve 2030 yılında 3877 milyar kWh olacaktır.



Şekil 3.2. Dünyanın hidroelektrik enerji üretimi projeksiyon süreci

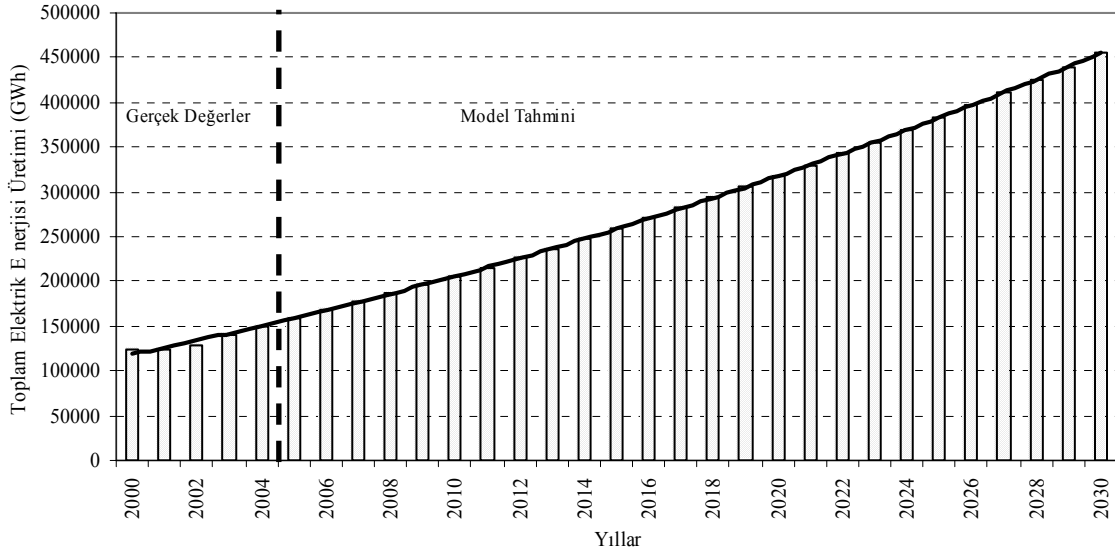
3.2. Türkiye İçin Yapılan Projeksiyondan Elde Edilen Bulgular

3.2.1. Toplam Elektrik Enerjisi Üretimi

Türkiye'nin toplam elektrik enerjisi için yapılan projeksiyon sonucunda kübik modelden elde edilen değerlerin anlamlı çıkmadığı, kuadratik modelden elde edilen değerlerin anlamlı çıktığı sonucuna varılmıştır. Kuadratik model projeksiyonundan 2030 yılına kadar elde edilen bulgular; Tablo 3.3'te, bu tablo değerleri kullanılarak elde edilen değişim süreci ise Şekil 3.3'te verilmiştir. Türkiye'nin toplam elektrik enerji üretim tahmini için yapılan analizler sonucunda anlamlı bulunan kuadratik model sonuçlarına göre, Türkiye'nin 2005 yılında toplam elektrik enerji üretimi 159.6 milyar kWh, 2010 yılında 206 milyar kWh, 2020 yılında 317.8 milyar kWh ve 2030 yılında 454.8 milyar kWh olacaktır.

Tablo 3.3. Türkiye'nin toplam elektrik enerji üretimi projeksiyon bulguları (GWh)

Yıllar	Model Tahmini	Yıllar	Model Tahmini	Yıllar	Model Tahmini	Yıllar	Model Tahmini
2005	159644.339	2012	226375.8	2019	305488.2	2026	396981.631
2006	168419.388	2013	236919.6	2020	317800.7	2027	411062.806
2007	177447.110	2014	247716.0	2021	330365.8	2028	425396.654
2008	186727.505	2015	258765.1	2022	343183.7	2029	439983.174
2009	196260.572	2016	270066.9	2023	356254.1	2030	454822.367
2010	206046.312	2017	281621.3	2024	369577.3		
2011	216084.724	2018	293428.4	2025	383153.1		



Şekil 3.3. Türkiye'nin toplam elektrik enerji üretimi projeksiyon süreci

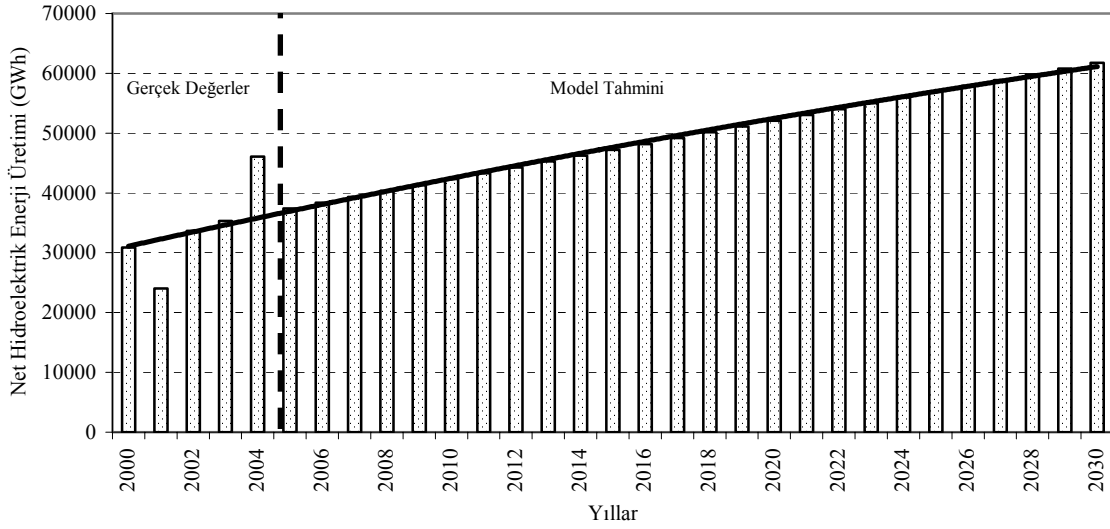
3.2.2. Hidroelektrik Enerji Üretimi

Türkiye'nin hidroelektrik enerji üretimi için yapılan projeksiyon sonucunda üs fonksiyon modelinden elde edilen değerlerin anlamlı olduğu sonucuna varılmıştır. Üs fonksiyon model projeksiyonundan 2030 yılına kadar elde edilen bulgular; Tablo 3.4'te, bu tablo değerleri kullanılarak elde edilen değişim süreci ise Şekil 3.4'te verilmiştir.

Tablo 3.4. Türkiye'nin hidroelektrik enerji üretimi projeksiyon bulguları (GWh)

Yıllar	Model Tahmini	Yıllar	Model Tahmini	Yıllar	Model Tahmini	Yıllar	Model Tahmini
2005	37381.63	2012	44271.68	2019	51107.95	2026	57898.35
2006	38369.59	2013	45251.37	2020	52080.66	2027	58865.03
2007	39356.28	2014	46230.00	2021	53052.46	2028	59830.90
2008	40341.72	2015	47207.58	2022	54023.36	2029	60796.00
2009	41325.95	2016	48184.14	2023	54993.38	2030	61760.32
2010	42309.00	2017	49159.71	2024	55962.54		
2011	43290.90	2018	50134.31	2025	56930.86		

Tablo 3.4'ten de görüleceği gibi, yapılan analizler sonucu Türkiye'nin hidroelektrik enerji üretiminin 2005 yılında 37.38 milyar kWh, 2010 yılında 42.3 milyar kWh, 2020 yılında 52.08 milyar kWh ve 2030 yılında ise 61.76 milyar kWh olacağı tahmin edilmiştir.



Şekil 3.4. Türkiye'nin hidroelektrik enerji üretimi projeksiyon süreci

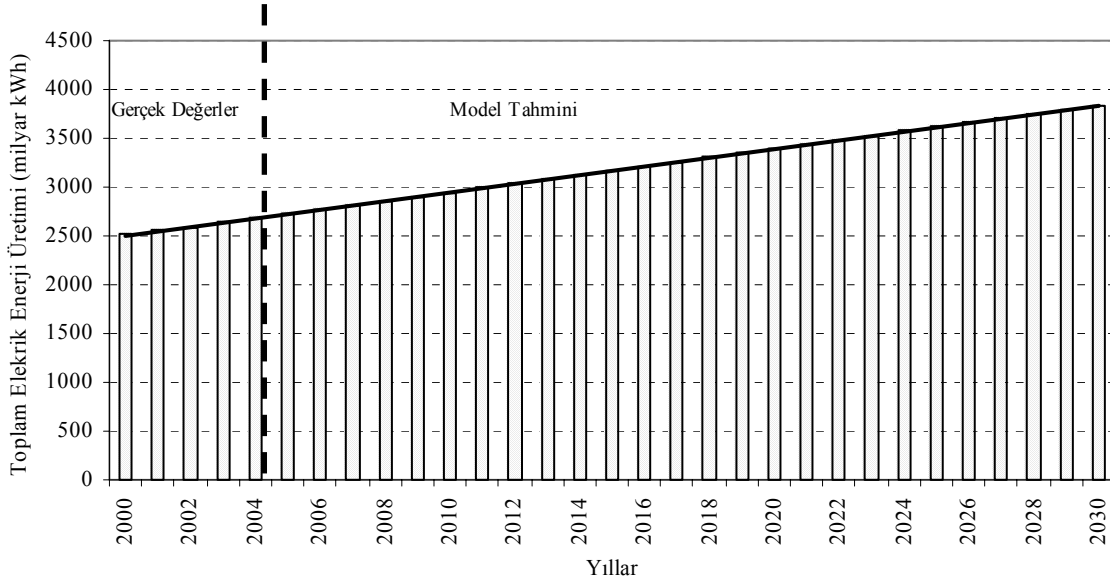
3.3. Avrupa Birliği İçin Yapılan Projeksiyondan Elde Edilen Bulgular

3.3.1. Toplam Elektrik Enerjisi Üretimi

Avrupa Birliği'nin toplam elektrik enerjisi tahmini için yapılan projeksiyon sonucunda lineer modelden elde edilen değerlerin anlamlı olduğu ve gerçekte oluşacak üretimlerin bu değerlere yakın çıkacağı sonucuna varılmıştır. Lineer model projeksiyonundan 2030 yılına kadar elde edilen bulgular; Tablo 3.5'te, bu tablo değerleri kullanılarak elde edilen değişim süreci ise Şekil 3.5'te verilmiştir. Tablo 3.5'ten de görüleceği gibi, yapılan analizler sonucu Avrupa Birliği'nin toplam elektrik enerji üretiminin 2005 yılında 2722 milyar kWh, 2010 yılında 2946 milyar kWh, 2020 yılında 3394 milyar kWh ve 2030 yılında ise 3842 milyar kWh olacağı tahmin edilmiştir.

Tablo 3.5. Avrupa Birliği'nin toplam elektrik enerji üretimi projeksiyon bulguları (milyar kWh)

Yıllar	Model Tahmini	Yıllar	Model Tahmini	Yıllar	Model Tahmini	Yıllar	Model Tahmini
2005	2721.7497	2012	3035.52314	2019	3349.29658	2026	3663.07002
2006	2766.57448	2013	3080.34792	2020	3394.12135	2027	3707.89479
2007	2811.39925	2014	3125.17269	2021	3438.94613	2028	3752.71957
2008	2856.22403	2015	3169.99747	2022	3483.77091	2029	3797.54435
2009	2901.04881	2016	3214.82225	2023	3528.59568	2030	3842.36912
2010	2945.87358	2017	3259.64702	2024	3573.42046		
2011	2990.69836	2018	3304.4718	2025	3618.24524		



Şekil 3.5. Avrupa Birliği'nin toplam elektrik enerji üretimi projeksiyon süreci

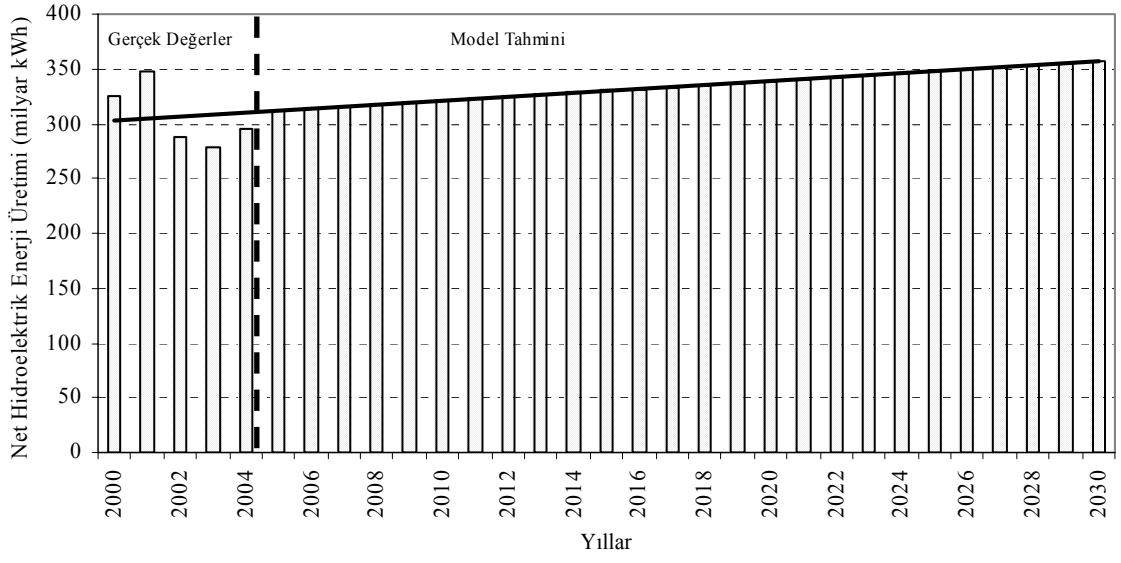
3.3.2. Hidroelektrik Enerji Üretimi

Avrupa Birliği'nin hidroelektrik enerji üretimi için yapılan projeksiyon sonucunda lineer fonksiyon modelinden elde edilen değerlerin anlamlı olduğu sonucuna varılmıştır. Lineer model projeksiyonundan 2030 yılına kadar elde edilen bulgular; Tablo 3.6'da, bu tablo değerleri kullanılarak elde edilen değişim süreci ise Şekil 3.6'da verilmiştir.

Tablo 3.6. Avrupa Birliği'nin hidroelektrik enerji üretimi projeksiyon bulguları (milyar kWh)

Yıllar	Model Tahmini	Yıllar	Model Tahmini	Yıllar	Model Tahmini	Yıllar	Model Tahmini
2005	311.59180	2012	324.42732	2019	337.26285	2026	350.09837
2006	313.42545	2013	326.26097	2020	339.09649	2027	351.93202
2007	315.25909	2014	328.09462	2021	340.93014	2028	353.76566
2008	317.09274	2015	329.92826	2022	342.76378	2029	355.59931
2009	318.92638	2016	331.76191	2023	344.59743	2030	357.43295
2010	320.76003	2017	333.59555	2024	346.43108		
2011	322.59368	2018	335.42920	2025	348.26472		

Tablo 3.6'dan da görüleceği gibi, yapılan analizler sonucu Avrupa Birliği'nin hidroelektrik enerji üretiminin 2005 yılında 311.6 milyar kWh, 2010 yılında 320.8 milyar kWh, 2020 yılında 339.1 milyar kWh ve 2030 yılında ise 357.4 milyar kWh olacağı tahmin edilmiştir.



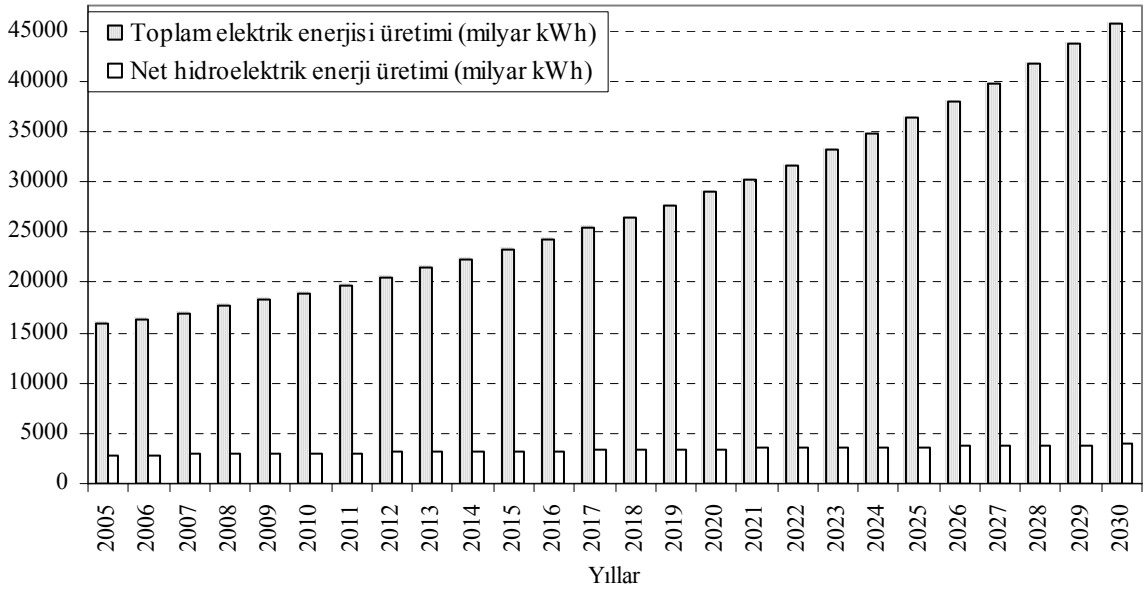
Şekil 3.6. Avrupa Birliği'nin hidroelektrik enerji üretimi projeksiyon süreci

4. İRDELEME

Bu çalışmada, dünya, Türkiye ve Avrupa Birliği'nde hidroelektrik enerji üretim değerlerinin toplam elektrik enerjisi üretimi içerisindeki, Türkiye ve Avrupa Birliği'nin hidroelektrik enerji ve toplam elektrik enerjisi üretimlerinin dünya üretimleri içerisindeki durumları irdelenmiş ve ayrıca Türkiye'nin hidroelektrik enerji üretiminin potansiyelini karşılama durumu değerlendirilmiştir.

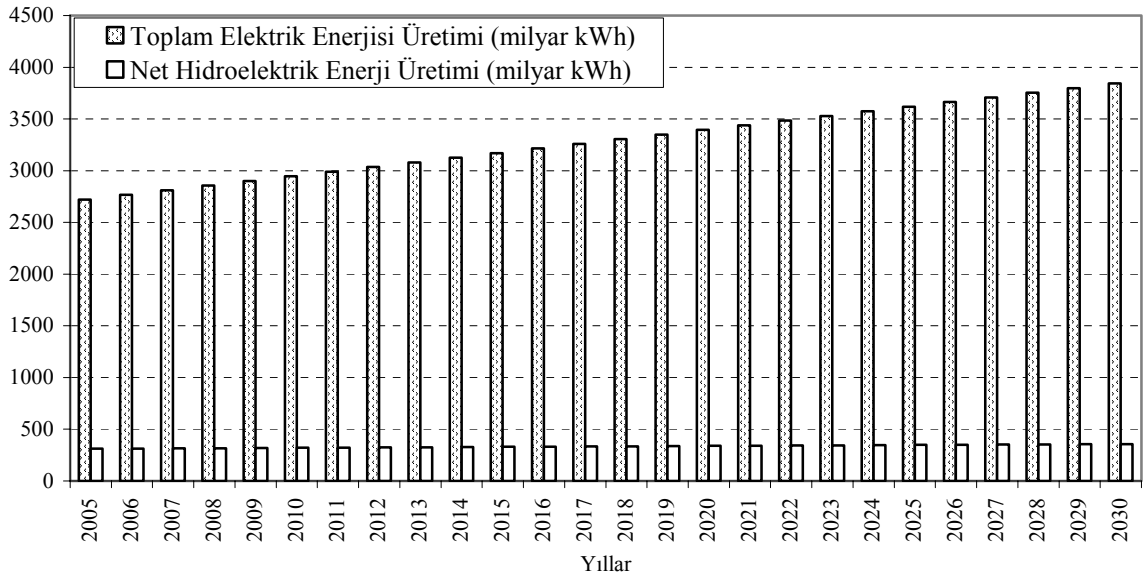
4.1. Dünya, Avrupa Birliği ve Türkiye'nin Hidroelektrik Enerji Üretimlerinin Elektrik Enerji Üretimleri İçerisindeki Yerlerinin İrdelenmesi

Yapılan çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, dünyanın toplam elektrik enerjisi üretim projeksiyonu için kübik modelin, hidroelektrik enerji üretim projeksiyonu için ise lineer modelin uygun olduğu tespit edilmiştir. Aynı zamanda, dünyanın hidroelektrik enerji üretiminin toplam elektrik enerji üretimindeki payının azalacağı belirlenmiştir (Şekil 4.1). Dünya için gerçekleştirilen tahmin sonuçlarına göre, dünyanın toplam elektrik enerjisi üretimi içerisinde hidroelektrik enerji üretim payının 2005 yılında %17.73, 2010 yılında %15.91, 2020 yılında %11.91 ve 2030 yılında %8.48 olacağı saptanmıştır.



Şekil 4.1. Dünyanın toplam elektrik ve hidroelektrik enerji üretim durumu

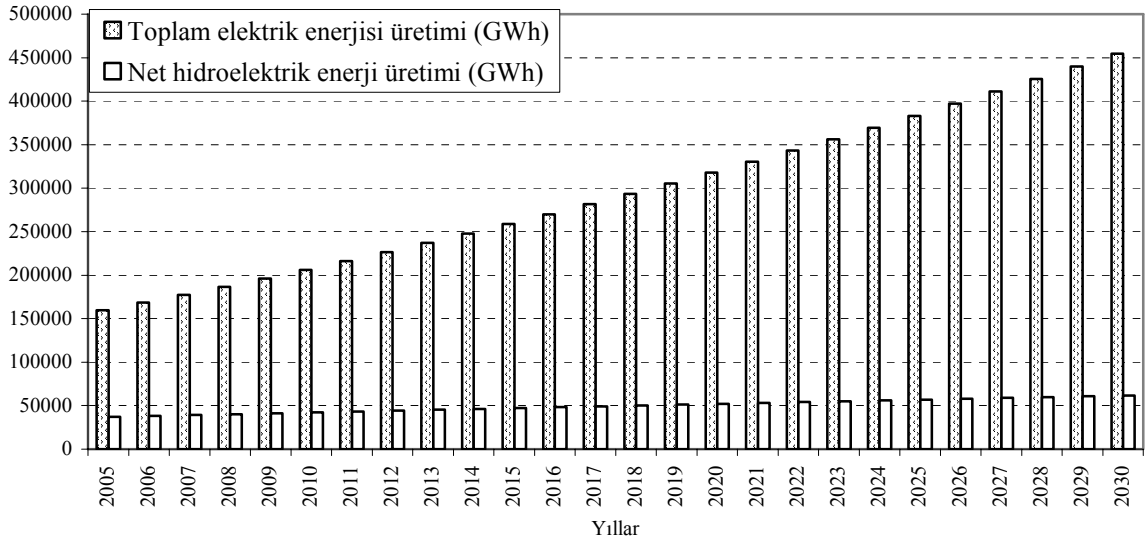
Avrupa Birliği'nin oluşturduğu topluluğuun toplam elektrik ve hidroelektrik enerji projeksiyonu sonucuna göre her iki tahminde de lineer modelin en uygun model olduğu belirlenmiştir. Bu modelden elde edilen veriler incelendiğinde Avrupa Birliği'nin toplam elektrik enerji ve hidroelektrik enerji üretimlerinde sürekli bir artış olmasına karşın dünyada olduğu gibi Avrupa Birliği'nde de hidroelektrik enerji üretiminin toplam elektrik enerji üretimi içindeki payında yıllar itibariyle azalış meydana geleceği tespit edilmiştir (şekil 4.2).



şekil 4.2. Avrupa Birliği'nin toplam elektrik ve hidroelektrik enerji üretim durumu

Avrupa Birliği için gerçekleştirilen tahminler sonucunda, Avrupa Birliği'nin hidroelektrik enerji üretiminin 2005 yılında toplam elektrik enerjisi üretimi içerisinde %11.45, 2010 yılında %10.89, 2020 yılında %9.99, 2030 yılında ise %9.30 paya sahip olduğu belirlenmiştir.

Türkiye için gerçekleştirilen analizlerin sonuçlarına göre, Türkiye'nin toplam elektrik enerjisi üretim projeksiyonu için kuadratik modelin, hidroelektrik enerji üretim projeksiyonu için ise s modelin uygun olduğu anlaşılmıştır. Aynı zamanda, Türkiye'nin toplam elektrik enerjisi ve hidroelektrik enerji üretimlerinin artış eğiliminde olacağı, ancak dünya ve Avrupa Birliği'nde olduğu gibi, Türkiye'de de hidroelektrik enerji üretiminin toplam elektrik enerji üretimindeki payının azalacağı sonucuna varılmıştır (şekil 4.3).

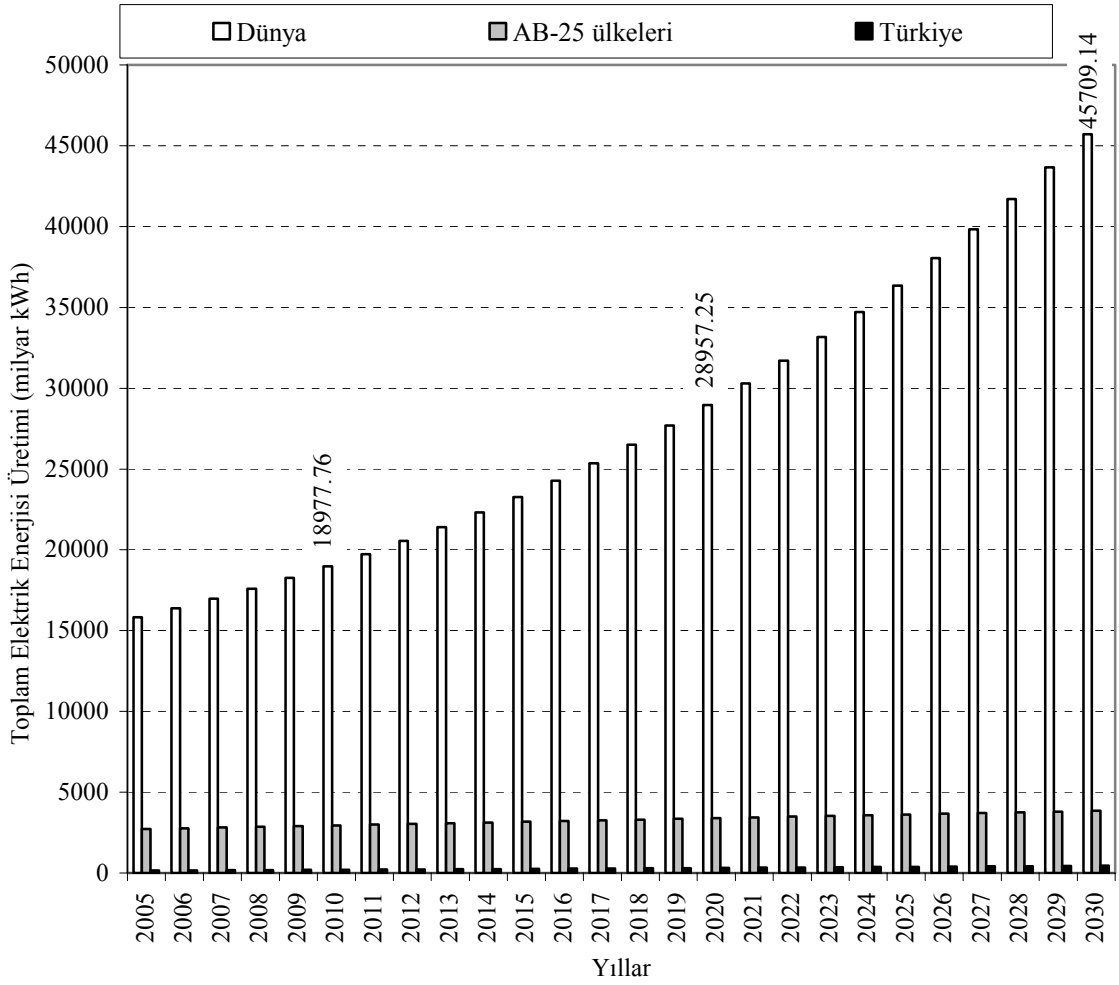


Şekil 4.3. Türkiye'nin toplam elektrik ve hidroelektrik enerji üretim durumu

Türkiye'nin toplam elektrik enerjisi üretimi içerisinde hidroelektrik enerji üretim payının 2005 yılında %23.42, 2010 yılında %20.53, 2020 yılında %16.39 ve 2030 yılında %13.58 olacağı belirlenmiştir. Buradan da, Türkiye'nin hidroelektrik enerji üretiminin dünyaya göre toplam elektrik enerjisi üretiminde daha önemli bir yere sahip olduğu anlaşılmaktadır.

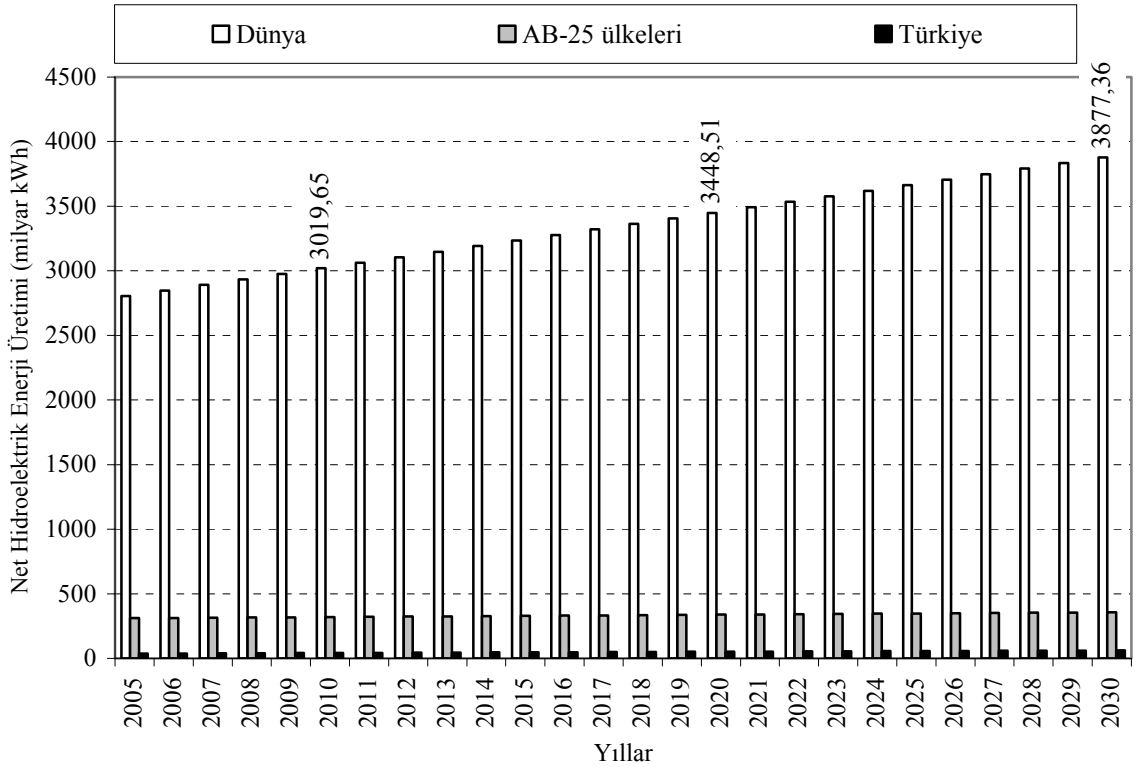
4.2. Türkiye'nin ve Avrupa Birliği'nin Elektrik ve Hidroelektrik Enerji Üretimlerinin Dünyadaki Yerlerinin İrdelenmesi

Türkiye'nin ve Avrupa Birliği'nin dünya toplam elektrik enerjisi üretim eğilimleri içinde sahip oldukları payları Şekil 4.4'te gösterilmiştir. Türkiye'nin 2005 yılındaki 159.65 milyar kWh'lık üretimiyle dünyanın toplam elektrik enerji üretiminde %1.01'lik paya, 2010 yılında %1.09'luk paya, 2020 yılında %1.10'luk paya ve 2030 yılında ise, dünya toplam elektrik enerjisi üretiminde %0.995'lik paya sahip olacağı belirlenmiştir. Avrupa Birliği'nin ise, 2005 yılında 2721.75 milyar kWh'lık üretimleriyle dünyanın toplam elektrik enerji üretiminde %17.2'lik paya, 2010 yılında %15.52'lik paya, 2020 yılında %11.72 paya ve 2030 yılındaki 3842.37'lik üretimleriyle dünya toplam elektrik enerji üretiminde %8.41'lik paya sahip olacakları tahmin edilmiştir.



Şekil 4.4. Türkiye’de, Avrupa Birliği’nde ve dünyada toplam elektrik enerjisi üretim durumu

Şekil 4.5’te Türkiye’nin ve Avrupa Birliği’nin dünya hidroelektrik enerji üretim eğilimleri içinde sahip oldukları payları verilmiştir. Türkiye’nin, 2005 yılındaki 37.38 milyar kWh’lık üretimiyle dünyanın hidroelektrik enerji üretiminde %1.33’lük paya, 2010 yılında %1.40’lık paya, 2020 yılında %1.51’lik paya ve 2030 yılında ise, dünya hidroelektrik enerji üretiminde %1.59’luk paya sahip olacağı belirlenmiştir. Avrupa Birliği’nin de, 2005 yılındaki 311.6 milyar kWh’lık üretimleriyle dünyanın hidroelektrik enerji üretiminde %11.11’lik paya, 2010 yılında %10.62’lik paya, 2020 yılında %9.83’lük paya ve 2030 yılındaki 357.4’lük üretimleriyle dünya hidroelektrik enerji üretiminde %9.22’lik paya sahip olacakları tespit edilmiştir.



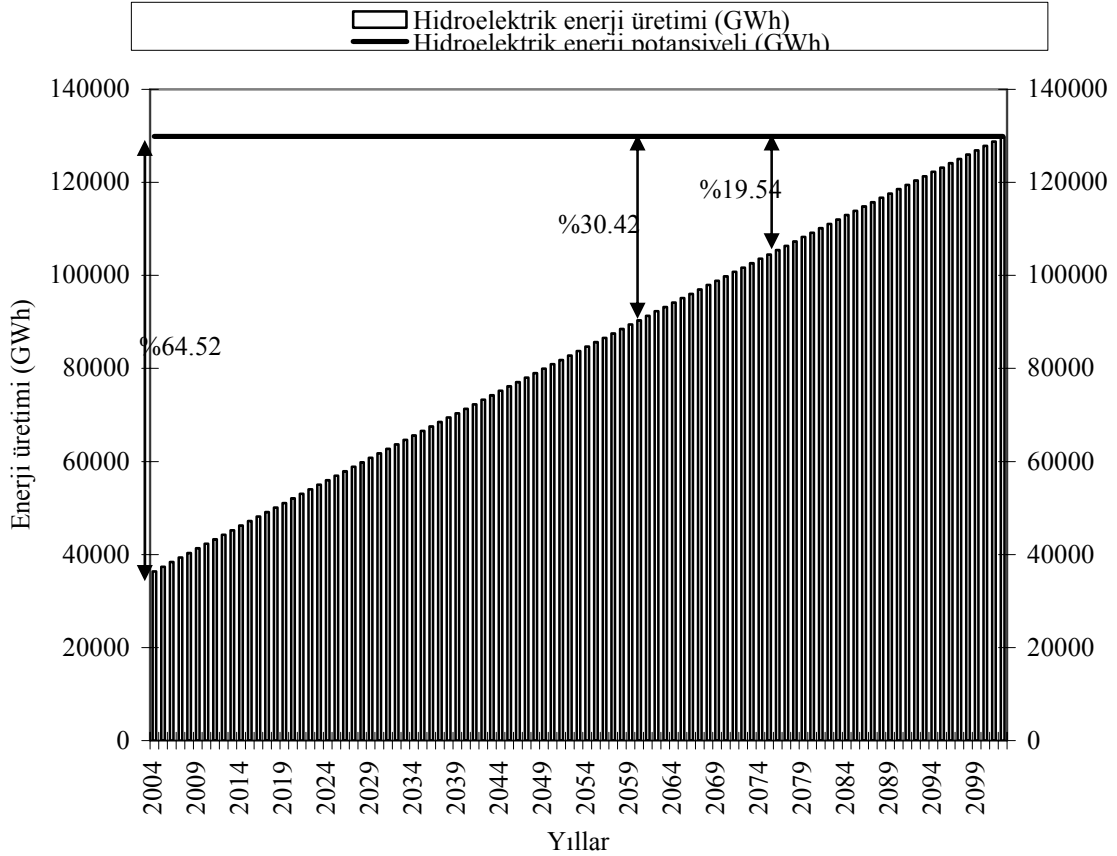
Şekil 4.5. Türkiye’de ve Avrupa Birliği’nde dünyaya göre hidroelektrik enerji üretim durumları

4.3. Türkiye’nin Hidroelektrik Enerji Potansiyelinin Gelecekteki Üretimini Karşılama Durumunun İrdelenmesi

Mevcut hidroelektrik kaynakların üretim potansiyelinin, teknik ve ekonomik yapılabilirlik koşulları göz önüne alınmadan, teorik olarak mevcut tüm düşü ve ortalama debi kullanılarak hesaplanan potansiyel “Brüt Potansiyel” olarak tanımlanmaktadır. Türkiye’nin brüt hidroelektrik enerji potansiyeli 433 milyar kWh civarındadır. Bu değer dünya hidroelektrik potansiyelinin %1’ine, Avrupa hidroelektrik enerji potansiyelinin ise %14’üne eşittir. Ekonomik yapılabilir olması koşulu göz önüne alınmadan, ülkenin hidroelektrik kaynaklarından teknik olanlarının değerlendirilmesi durumunda oluşabilecek üretim miktarı “Teknik Potansiyel” olarak tanımlanmaktadır. Ülkemizin teknik hidroelektrik enerji potansiyeli 215 milyar kWh mertebesindedir. Ülkenin brüt hidroelektrik potansiyelinin hem teknik hem de ekonomik olarak değerlendirilebilir bölümüne ise “Teknik ve Ekonomik Potansiyel” denilmektedir. Yılda küçük farklılıklar göstermekle birlikte bugün için Türkiye’nin teknik ve ekonomik hidroelektrik

potansiyeli 129.9 milyar kWh'dır. Bu potansiyelin %35'i işletme, %8'i inşaa ve geri kalan %57'si ise proje (kesin projesi, fizibilitesi hazır vb.) seviyesindedir.

Türkiye'de, 2004 yılında gerçekleştirilen hidroelektrik enerji üretimi ile mevcut potansiyelin %35.48'i karşılanabilmektedir. Türkiye'nin hidroelektrik enerji potansiyelinin gelecekteki üretimlerini karşılama durumları Şekil 4.6'da grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.6. Türkiye'nin hidroelektrik enerji potansiyelinin üretimi karşılama durumları

Şekil 4.6'dan da görüleceği gibi, Türkiye'nin hidroelektrik enerji üretimi için gerçekleştirilen projeksiyon sonucunda, teknik ve ekonomik hidroelektrik enerji potansiyelinin tamamının 2103 yılında kullanılabilir durumda olacağı belirlenmiştir. Yapılan projeksiyon sonuçlarına göre, Türkiye'nin bu potansiyelin yaklaşık %80'i (%19.54'ü değerlendirilmemekte) 2075 yılında, %70'i (%30.42'si değerlendirilmemekte) ise 2060 yılında kullanılabilir duruma geçecektir.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, Türkiye için 1970-2004 yılları, dünya ve Avrupa Birliği için 1980-2004 yılları arasındaki veriler dikkate alınarak toplam elektrik ve hidroelektrik enerji üretimlerinin ileriye dönük tahminleri yapılmıştır. Ayrıca, Türkiye'nin teknik ve ekonomik hidroelektrik enerji potansiyelinin gelecekteki değerlendirme durumu incelenmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

Yapılan analizler sonucunda, dünyanın toplam elektrik enerjisi üretimi tahmininde kübik modelin, hidroelektrik enerji üretimi tahmininde lineer modelin; Türkiye'nin toplam elektrik enerjisi üretimi tahmininde kuadratik modelin, hidroelektrik enerji üretimi tahmininde üs modelin; Avrupa Birliği'nin toplam elektrik ve hidroelektrik enerji üretim tahminlerinde ise lineer modelin anlamlı olduğu belirlenmiştir.

Dünyanın toplam elektrik enerji üretiminin 2010 yılında 18978 milyar kWh, 2020 yılında 28957 milyar kWh ve 2030 yılında 45709 milyar kWh; Türkiye'nin toplam elektrik enerjisi üretiminin, 2010 yılında 206 milyar kWh, 2020 yılında 317.8 milyar kWh ve 2030 yılında 454.8 milyar kWh; Avrupa Birliği'nin toplam elektrik enerji üretiminin 2010 yılında 2946 milyar kWh, 2020 yılında 3394 milyar kWh ve 2030 yılında 3842 milyar kWh olacağı anlaşılmıştır.

Dünyanın hidroelektrik enerji üretiminin 2010 yılında 3019.7 milyar kWh, 2020 yılında 3448.5 milyar kWh ve 2030 yılında 3877.4 milyar kWh; Türkiye'nin hidroelektrik enerjisi üretiminin, 2010 yılında 42.3 milyar kWh, 2020 yılında 52.1 milyar kWh ve 2030 yılında 61.76 milyar kWh; Avrupa Birliği'nin hidroelektrik enerji üretiminin 2010 yılında 320.76 milyar kWh, 2020 yılında 339.1 milyar kWh ve 2030 yılında 357.4 milyar kWh olacağı tespit edilmiştir.

Hidroelektrik enerjinin toplam elektrik enerji içindeki payının dünyada, 2005 yılından 2030 yılına kadar %17.73'ten %8.48'e; Avrupa Birliği'nde %11.45'ten %9.30'a; Türkiye'de ise %23.42'ten %13.58'e düşeceği belirlenmiştir.

Türkiye'nin ve Avrupa Birliği'nin dünya toplam elektrik enerjisi üretim değerleri içinde sahip oldukları payların, 2005 yılından 2030 yılına kadar; Avrupa Birliği için %17.2'den %8.41'e, Türkiye için %1.01'den %0.995'e düşeceği tespit edilmiştir.

Türkiye'nin ve Avrupa Birliği'nin dünya hidroelektrik enerji üretim değerleri içinde sahip oldukları paylar, 2005 yılından 2030 yılına kadar; Avrupa Birliği için %11.11'den %9.22'ye düşeceği, Türkiye için %1.33'ten %1.59'a yükseleceği belirlenmiştir.

Türkiye'nin hidroelektrik enerji üretiminin, dünya ve Avrupa Birliği'ne göre toplam elektrik enerjisi üretiminde daha önemli bir yere sahip olduğu tespit edilmiştir.

Dünya, Türkiye ve Avrupa Birliği'nin toplam elektrik ve hidroelektrik enerji üretimlerinin artacağı, ancak hidroelektrik enerji üretimlerinin toplam elektrik enerji üretimleri içindeki paylarının azalacağı anlaşılmıştır.

Türkiye'nin hidroelektrik enerji üretimi için gerçekleştirilen projeksiyon sonucunda, teknik ve ekonomik hidroelektrik enerji potansiyelinin tamamının 2102 yılında, %80'inin 2075 yılında, %70'inin ise 2060 yılında kullanılabileceği tespit edilmiştir.

6. ÖNERİLER

Türkiye'nin sahip olduğu teknoloji ve alt yapısı dikkate alındığında alternatif enerji kaynaklarından yakın bir gelecekte yararlanabilmesinin zor olduğu, toplam elektrik enerji üretimindeki hidroelektrik enerjinin düşen payını, fosil enerji olarak adlandırılan kömür, petrol ve özellikle son yıllarda çeşitli ülkelerle yaptığı doğal gaz anlaşmalarından karşılayacağı görülmektedir. Bu durum neticesinde de, Türkiye'nin gelecekteki enerji temini ve çevre etkileri açısından çok zor bir durumla (dışa bağımlılık, çevre kirliliği vb.) yüzleşeceği açıkça anlaşılmaktadır. Hidroelektrik enerji üretiminde 127.8 milyar kWh'lık potansiyelinin yalnızca %35.7'sini kullanan Türkiye, gerekli tedbirleri alarak bu potansiyelinden daha fazla yararlanmalıdır. Ayrıca, hidrolik enerjinin yanında güneş, rüzgar, jeotermal, biokütle ve hidrojen gibi alternatif enerji kaynaklarının kullanımını (gerek altyapı gerekse teknolojik sorunların giderilerek) artırıcı destekler verilmelidir.

Bu çalışma kapsamında kullanılan modeller dışında farklı açıklayıcı değişkenlerin kullanılmasıyla farklı modeller oluşturularak gelecekteki elektrik enerjisi ve kaynaklar itibarıyla elektrik enerji üretimleri tahmin edilebilir. Elektrik enerjisi üretimini etkileyen farklı modeller belirlenerek bunların kullanılmasıyla yeni modeller oluşturulabilir ve yeni model sonuçlarıyla yapılan bu çalışma sonuçları kıyaslanabilir. Ayrıca çeşitli kuruluşlar tarafından yapılan tahminlerle ilgili literatür taraması yapılarak bulunan tahminler kıyaslanabilir ve mevcut duruma göre planlamanın nasıl yapılacağına karar verilebilir. Bu analizler farklı bir çalışma olarak uygulanabilir.

Yapılan analizler sonucunda elde edilen bulgulara göre Türkiye, Avrupa Birliği ve dünyada hidroelektrik enerji üretimleri artmasına karşın toplam elektrik enerji üretiminde hidroelektrik enerji üretiminin payı azalış göstermektedir. Bu durumun nedeni detaylı bir şekilde araştırılabilir. Bu durumun, fosil yakıtlardan doğal gaz, kömür ve özellikle nükleer enerjiye doğru oluşabilecek veya oluşmakta olan eğilimden; fosil yakıtların çevreye verdikleri olumsuz etkiler göz önünde bulundurularak dünya ülkelerinin politikalarını alternatif enerji kaynaklarına göre planlamalarından; önemli hidroelektrik potansiyele sahip olan ülkelerin potansiyellerinin kullanılabilir kısmının değerlendirilmesi sonucunda hidroelektrik enerji üretiminin artırılmamasından vb. kaynaklanıp kaynaklanmadığı irdelenebilir.

7. KAYNAKLAR

- Akdoğan, M., 2006. Enerji Kaynakları ve Doğu Karadeniz'in Hidroelektrik Potansiyel Dengesi Etüdü, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Altaş, M., Fikret, H., ve Çelebi, E., 1994. Türkiye Enerji Sektörünün Gelişimi ve Arz Talep Projeksiyonları (1970-2010), Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi Türkiye 6. Enerji Kongresi, İzmir, Türkiye.
- Altaş, M., Özkan, H. F. ve Çelebi, E., 2003. Enerji İstatistikleri, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi Türkiye 9. Enerji Kongresi, İstanbul, Türkiye.
- Avşar, E., 1994. Küçük Hidroelektrik Santrallerin Türkiye'deki Yeri, Önemi Ve Hesaplama Esasları, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Aydın, O.Ç., 2006. Yenilenebilir Enerjide Son Durum (Kapak yazısı), Global Enerji, 21, 16-21.
- Bakış, R. ve Demirbaş, A., 2004. Sustainable Development of Small Hydropower Plants (SHPs), Energy Sources, 26, 1105-1118.
- Bartle, A., 2002. Hydropower Potential and Development Activities, Energy Policy, 30, 1231-1239.
- Basmacı, E., 2004. Enerji Darboğazı ve Hidroelektrik santrallerimiz, Devlet Su İşleri Vakfı, Ankara, 90 s.
- BP, 2005. The BP Statistical Review of World Energy 2005, British Petroleum, London, United Kingdom, 44 s. (www.bp.com/statisticalreview)
- Canyurt, O. E., Ceylan, H., Ozturk, H. K. ve Hepbaşlı, A., 2004. Energy Demand Estimation Based on Two-Different Genetic Algorithm Approaches, Energy Sources, 26, 1313-1320.
- Ceylan, H. ve Ozturk, H. K., 2004. Modeling Hydraulic and Thermal Electricity Production Based on Genetic Algorithm-Time Series (GATS), International Journal of Green Energy, 1, 393-406.
- DSİ, 2004. Dünden Bugüne DSİ 1954-2004, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Etüt Plan Şube Müdürlüğü, Ankara, Türkiye.
- DSİ, 2006. Hidroelektrik Santral Projeleri Listesi, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye. (<http://www.dsi.gov.tr/skatablo/Tablo1.htm>)

- DPT, 2001. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Devlet Planlama Teşkilatı, MADENCİLİK Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Enerji Hammaddeleri Alt Komisyonu Jeotermal Enerji Çalışma Grubu, Ankara, Türkiye, 77 s. (<http://ekutup.dpt.gov.tr/madencil/enerjiha/oik620.pdf>)
- Ediger, V. Ş. ve Kentel, E., 1999. Renewable energy potential as an alternative to fossil fuels in Turkey, Energy Conversion and Management, 40, 743-755.
- Ediger, V. Ş. ve Akar, S., 2007. ARIMA Forecasting of Primary Energy Demand by Fuel in Turkey, Energy Policy, 35, 1701-1708.
- EIA, 2006. International Energy Annual 2004, Energy Information Administration, Official Energy Statistics from the U.S. Government, Washington, USA.
- EİE, 2004. EİE Tarafından Mühendislik Hizmetleri Yürütülen Hidroelektrik Santral Projeleri, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, Proje Dairesi Başkanlığı İstikşaf Şube Müdürlüğü, Ankara, Türkiye.
- EİE, 2006. EİE Tarafından Mühendislik Hizmetleri Yürütülen Hidroelektrik Santral Projeleri, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, Proje Dairesi Başkanlığı İstikşaf Şube Müdürlüğü, Ankara, Türkiye, 36 s. (http://www.eie.gov.tr/turkce/HESProje/EIE_HES_PROJE_LISTESI_2006.pdf)
- Ergin, E., 2001. Türkiye'nin Enerji Kaynaklarının İncelenmesi ve Geleceğe Yönelik (2020 Yılına Kadar) Projeksiyonlar, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Eroğlu, V., 2003. Ülkemizin Hidroelektrik Üretim Potansiyeli ve Yakın Gelecekteki Önemi, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi Türkiye 9. Enerji Kongresi, İstanbul, Türkiye.
- Fridleifsson, I. B., 2001. Geothermal Energy for The Benefit of the People, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 5, 299-312.
- Hamzaçebi, C., 2007. Forecasting of Turkey's net electricity energy consumption on sectoral bases, Energy Policy, 35, 2009-2016.
- Hepbaşlı, A., Ozdamar, A., ve Ozalp, N., 2001. Present Status and Potential of Renewable Energy Sources in Turkey, Energy Sources, 23, 631-648.
- Hepbaşlı, A. ve Ozgener, O., 2004. Turkey's Renewable Energy Sources: Part 2. Potential and Utilization, Energy Sources, 26, 971-982.
- IAEA, 2006. Nuclear Power Reactors in the World, International Atomic Energy Agency, Reference data series No. 2, Vienna, Austria.

- Jager-Waldau, A., 2005. Research, Solar Cell Production and Market Implementation of Photovoltaics, PV Status Report 2005, European Commission, DG JRC, Institute for Environment and Sustainability, Renewable Energies Unit, Italy, 103 s.
- Kaygusuz, K., 2002. Sustainable Development of Hydropower and Biomass Energy in Turkey. Energy Conversion and Management, 43, 1099-1120.
- Kaygusuz, K. ve Kaygusuz, A., 2002. Renewable Energy and Sustainable Development in Turkey, Renewable Energy, 25, 431-453.
- Kaygusuz, K. ve Türker, M. F., 2002. Review of Biomass Energy in Turkey, Energy Sources, 24, 383-401.
- Lund, J.W., Freeston, D.H. and Boyd, T.L., 2005. Direct Application of Geothermal Energy: 2005 Worldwide Review, Geothermics, 34, 691-727.
- Lysen, E. H., 2003. The Status and Potential of Renewable Energy Technologies. <http://www.copernicus.uu.nl/uce-uu/downloads/Presentaties/Sonderborg%2017Sep03%20EL.pdf> 20 Eylül 2006.
- OECD/IEA, 2005a. Energy Statistics of OECD and Non-OECD Countries 2002–2003 (two reports), Organization for Economic Co-operation and Development/International Energy Agency, Paris, France, 1166 s.
- OECD/IEA, 2005b. Energy Policies of IEA Countries: Turkey 2005 Review, Organization for Economic Co-operation and Development/International Energy Agency, Paris, France, 183 s.
- Oğulata, R.T., 2003. Energy Sector and Wind Energy Potential in Turkey, Renewable & Sustainable Energy Reviews, 7, 469-484.
- OPEC, 2004. Annual Statistical Bulletin 2004, Organization of the Petroleum Exporting Countries, Vienna, Austria, 148 s.
- Özgöbek, H., 2002. Hydropower Information, Country Report, Turkey, <http://www.hydropower.org/downloads/Country%20Reports/Turkey.pdf> 20 Eylül 2006.
- Öztürk, H.K., 2004. Present Status and Future Prospects of Hydroelectric Energy in Turkey, Energy Sources, 26, 829-840.
- Parikka, M., 2004. Global biomass fuel resources, Biomass & Bioenergy, 27, 613-620.
- TEİAŞ, 2004. Türkiye Elektrik Üretim ve İletim İstatistikleri 2004, Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi Genel Müdürlüğü, APK Dairesi Başkanlığı, Ankara, Türkiye. (<http://www.teias.gov.tr/istat2004/index.htm>)

Tırıs, M., 1992. Türkiye Uzun Dönemli Enerji Planlamasında Alternatif Kaynakların Yerinin Çok Parametrelili Değerlendirme Modeli ile Belirlenmesi, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Güneş Enerjisi Enstitüsü, İzmir.

Topal, B., 1990. Türkiye Elektrik Enerjisi Talebi İstatistik Analizi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Fak., Sayısal Yöntemler Bilim Dalı, İstanbul.

Tunç, M., Çamdali, Ü., ve Parmaksızoğlu, C., 2006. Comparison of Turkey's Electrical Energy Consumption and Production with Some European Countries and Optimization of Future Electrical Power Supply Investments in Turkey, Energy Policy, 34, 50-59.

URL 1, <http://www.pigm.gov.tr/istatistik/hampetrolrezerv.htm> 15 Ağustos 2006.

URL 2, <http://www.enerji.gov.tr/enerjiuretimi.htm> 10 Ağustos 2006.

URL 3, http://www.vaillant.com.tr/article.php?folder_where_from=default&folder_default_netfolderID=10361&article_default_id=10239 28 Ağustos 2006.

URL 4, <http://www.pigm.gov.tr/istatistik/dogazrezerv2003.htm> 15 Ağustos 2006.

URL 5, http://www.tki.gov.tr/TKI_HAKKINDA/komur_nedir.htm 15 Ağustos 2006.

URL 6, <http://web.bitek-o.org/2003projeler/eskiler/B94F8DBJ50/rezervler.htm> 16 Ağustos 2006.

URL 7, <http://www.taskomuru.gov.tr/rezerv.htm> 15 Ağustos 2006.

URL 8, <http://www.tki.gov.tr/rezerv.htm> 15 Ağustos 2006.

URL 9, <http://www.enerji.gov.tr/enerjituketimi.htm> 15 Ağustos 2006.

URL 10, <http://www.taskomuru.gov.tr/uretimmiktar.htm> 15 Ağustos 2006.

URL 11, http://www.taek.gov.tr/bilgi/bilgi_maddeler/nukleerenerji.html 5 Eylül 2006.

URL 12, http://www.taek.gov.tr/bilgi/bilgi_maddeler/hammadde.html 5 Eylül 2006.

URL 13, <http://www.taek.gov.tr/bilgi/sss/durum.html> 5 Eylül 2006.

URL 14, <http://iga.igg.cnr.it/documenti/IGA/potential.pdf> 8 Eylül 2006.

URL 15, <http://www.jeotermaldernegi.org.tr/> 8 Eylül 2006.

URL 16, <http://www.eie.gov.tr/turkce/gunes/gunes.html> 8 Eylül 2006.

URL 17, <http://www.worldenergy.org/wec-geis/publications/reports/ser/tide/tide.asp> 13 Eylül 2006.

URL 18, <http://www.dalgaenerjisi.com/ana.asp> 13 Eylül 2006.

- WECTNC, 2003. 2002 Türkiye Enerji Raporu, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, Ankara, Türkiye.
- WWEA, 2006. Worldwide wind energy boom in 2005: 58982 MW capacity installed, World Wind Energy Association, Bonn, Germany, 5 s.
- Yenici, E., 2006. Bozcaada Rüzgar Enerji Santrali, VI. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu (UTES'2006), Isparta, Türkiye, 735-744.
- Yıldız, M., 2006. Dünyada ve Türkiye'de Alternatif ve Fosil Enerji Kaynaklarının Geleceğe Yönelik Etüdü, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Yumurtacı, Z. ve Asmaz, E., 2004. Electric Energy Demand of Turkey for the Year 2050, Energy Sources, 26, 1157-1164.
- Yüksek, Ö. ve Kaygusuz, K., 2006. Small Hydropower Plants as a New and Renewable Energy Source, Energy Sources, Part B: Energy, Economics, and Planning, 1, 279-290.
- Yüksek, O., Komurcu, M.I., Yuksel, I. ve Kaygusuz, K., 2006. The Role of Hydropower in Meeting Turkey's Electric Energy Demand, Energy Policy, 34, 3093-3103.
- Zararsız, S., 2005. Uranyum. <http://www.taek.gov.tr/bilgi/pdf/uranyum.pdf> 15 Eylül 2006.

ÖZGEÇMİŞ

1982 yılında Trabzon'da doğdu. İlkokula Hüseyin Hüsnü Aker İlköğretim Okulu'nda başladı; Yomra Merkez İlköğretim Okulu'nda tamamladı. Ortaokulu Yomra Ortaokulu'nda, liseyi Yomra Lisesi'nde bitirdi. 2000 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde lisans öğrenimine başladı. Bu bölümde öğrenimini 2004 yılı bahar döneminde tamamladı ve aynı yıl güz döneminde Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde yüksek lisans eğitimine başladı. Halen Trabzon Teknoloji Geliştirme Bölgesi Kuluçka Merkezi İdari Bina İnşaatı'nda şantiye şefi olarak görev yapmaktadır. Yabancı dil olarak İngilizce bilmektedir.