

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TÜRKİYE’DE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI
VE ÇEVRESEL ETKİLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Özge TORUNOĞLU GEDİK

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Çevre Bilimleri ve Mühendisliği Programı

HAZİRAN 2015

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TÜRKİYE’DE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI
VE ÇEVRESEL ETKİLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Özge TORUNOĞLU GEDİK
(501071736)**

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Çevre Bilimleri ve Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ali Fuat AYDIN

HAZİRAN 2015

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501071736 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Özge TORUNOĞLU GEDİK**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**TÜRKİYE’DE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI VE ÇEVRESEL ETKİLERİ**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Ali Fuat AYDIN**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Kadir ALP**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Eyüp DEBİK
Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **4 Mayıs 2015**
Savunma Tarihi : **17 Haziran 2015**

Anneme ve babama,

ÖNSÖZ

Tez çalışmam boyunca bilgi ve tecrübeleriyle beni yönlendiren, destekleyen tez danışman hocam Prof. Dr. Ali Fuat AYDIN'a teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca çalışmam süresince desteklerini esirgemeyen eşim Semih GEDİK, arkadaşlarım Sinem KOCATEPE ve Uğur USLUCA'ya teşekkürlerimi sunarım.

Mayıs 2015

Özge Torunoğlu Gedik
Çevre Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY	xix
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı	2
1.2 Literatür Araştırması	2
1.3 Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Potansiyeli Hakkında Genel Bilgi	5
2. ENERJİ KAYNAKLARI	13
2.1 Yenilenemez Enerji Kaynakları	13
2.1.1 Fosil enerji kaynakları.....	13
2.1.1.1 Kömür	16
2.1.1.2 Petrol	18
2.1.1.3 Doğalgaz	22
2.1.2 Nükleer enerji.....	25
2.1.2.1 Türkiye'de nükleer enerji mecburi mi? Alternatifi var mı?	28
2.2 Yenilenebilir Enerji Kaynakları	30
2.2.1 Hidrolik enerji	32
2.2.1.1 Türkiye'de hidrolik enerji potansiyeli.....	34
2.2.1.2 Hidrolik enerjinin çevresel etkileri.....	37
2.2.2 Rüzgar enerjisi	40
2.2.2.1 Türkiye'de rüzgar enerjisi potansiyeli	42
2.2.2.2 Rüzgar enerjisinin çevresel etkileri.....	46
2.2.3 Güneş enerjisi.....	48
2.2.3.1 Türkiye'de güneş enerjisi potansiyeli	51
2.2.3.2 Güneş enerjisinin çevresel etkileri	56
2.2.4 Jeotermal enerji	57
2.2.4.1 Türkiye'de jeotermal enerji potansiyeli	59
2.2.4.2 Jeotermal enerjinin çevresel etkileri.....	61
2.2.5 Biyokütle enerjisi	65
2.2.5.1 Türkiye'de biyokütle enerjisi potansiyeli.....	69
2.2.5.2 Biyokütle enerjisinin çevresel etkileri.....	76
2.2.6 Dalga enerjisi	78
2.2.6.1 Türkiye'de dalga enerjisi potansiyeli	81
2.2.6.2 Dalga enerjisinin çevresel etkileri.....	86
2.2.7 Hidrojen enerjisi.....	87
2.2.7.1 Türkiye'de hidrojen enerjisi potansiyeli	89
2.2.7.2 Hidrojen enerjisinin çevresel etkileri	91

2.3 Enerji Kaynaklarının Karşılaştırılması	93
3. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ ÖNEMİ.....	97
3.1 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına Yöneliş Nedenleri	97
3.2 Enerji Arzının Sürekliliği	99
3.3 Sosyal ve Ekonomik Nedenler	100
3.4 Çevresel Nedenler	101
3.4.1 Enerji-çevre ilişkisi	102
3.4.2 Enerjinin çevre ve insan sağlığına etkileri	102
4. ENERJİ SANTRALLERİ YER SEÇİM KRİTERLERİ	107
4.1 Yer Seçimi Hazırlık Çalışmaları	108
4.2 Hidroelektrik Santraller İçin Yer Seçimi.....	110
4.3 Rüzgar Enerji Santralleri İçin Yer Seçimi.....	112
4.4 Güneş Enerji Santralleri İçin Yer Seçimi	113
4.5 Jeotermal Enerji Santralleri İçin Yer Seçimi.....	115
4.6 Termik Santraller İçin Yer Seçimi	116
4.7 Nükleer Santraller İçin Yer Seçimi	119
5. TÜRKİYE’NİN YENİLENEBİLİR ENERJİ POLİTİKALARI.....	123
5.1 Yenilenebilir Enerji Politikaları İle İlgili Öneriler	129
5.2 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Türkiye Ekonomisine Katkısı	133
5.3 Enerji Santrallerinin Maliyet Analizi	137
5.4 Gelecek Yıllarda Enerji Alanında Olası Gelişmeler	142
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	149
KAYNAKLAR.....	151
ÖZGEÇMİŞ.....	156

KISALTMALAR

AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AC	: Alternatif Akım
AR-GE	: Araştırma-Geliştirme
BEPA	: Biyokütle Enerjisi Potansiyel Atlası
Btep	: Bin Ton Eşdeğer Petrol
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
CSP	: Isıl Güneş Teknolojileri ve Odaklanmış Güneş Enerjisi
ÇED	: Çevresel Etki Değerlendirme
DC	: Doğru Akım
DEPA	: Dalga Enerjisi Potansiyel Atlası
DMİ	: Devlet Meteoroloji İşleri
DSİ	: Devlet Su İşleri
EİE	: Elektrik İşleri Etüt İdaresi
EMO	: Elektrik Mühendisleri Odası
ENH	: Enerji Nakil Hattı
EPDK	: Enerji Piyasası Denetleme Kurumu
EPPAM	: Enerji Politikaları ve Piyasaları Uygulama ve Araştırma Merkezi
ETKB	: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
EÜAŞ	: Enerji Üretim Anonim Şirketi
EÜD	: Elektrik Üreticileri Derneği
GEPA	: Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası
GMKA	: Güney Marmara Kalkınma Ajansı
GES	: Güneş Enerjisi Santrali
GSMH	: Gayri Safi Milli Hasıla
GW	: Gigawatt
HEPA	: Hidroelektrik Enerjisi Potansiyel Atlası
HES	: Hidroelektrik Enerji Santrali
ICHET	: Uluslararası Hidrojen Enerjisi Teknolojileri Merkezi
ISES	: Uluslararası Güneş Enerjisi Topluluğu
JEPA	: Jeotermal Enerjisi Potansiyel Atlası
KHES	: Küçük Hidroelektrik Santraller
kW	: Kilowatt
LNG	: Sıvılaştırılmış Doğalgaz-Liquid Natural Gase
MMO	: Makina Mühendisleri Odası
MTA	: Maden Tetkik Arama
Mtep	: Milyon Ton Eşdeğer Petrol
MW	: Megawatt
MWt	: Megawatt ısı
NEED	: Ulusal Enerji Bilimi Geliştirme Projesi
NES	: Nükleer Enerji Santrali
OECD	: Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı
ÖTV	: Özel Tüketim Vergisi

PHES	: Pompalı Hidroelektrik Enerji Santrali
REPA	: Rüzgar Enerjisi Potansiyel Atlası
RES	: Rüzgar Enerjisi Santrali
RESSİAD	: Rüzgar Enerjisi ve Su Santralleri İş Adamları Derneği
RİTM	: Rüzgar Gücü İzleme ve Tahmin Merkezi
TAEK	: Türkiye Atom Enerjisi Kurumu
TANAP	: Trans Anadolu Doğalgaz Boru Hattı Projesi
TEDAŞ	: Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
TEİAŞ	: Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
TEP	: Ton Eşdeğer Petrol
TETAŞ	: Türkiye Elektrik Ticaret ve Taahhüt Anonim Şirketi
TPAO	: Türkiye Petrol Anonim Ortaklığı
TÜREB	: Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği
TW	: Terawatt
TWh	: Terawatt saat
UNIDO	: Birleşmiş Milletler Endüstriyel Gelişme Örgütü
WWF	: Doğayı Koruma Derneği
YEGM	: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü
YEK	: Yenilenebilir Enerji Kaynakları

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1: 2005-2012 yılları arasında tespit edilen rezervler	17
Çizelge 2.2: Türkiye doğalgaz, linyit ve ithal kömür santrallerinin 2015 yılı üretim ve tüketim değerleri.....	18
Çizelge 2.3: Türkiye’de hidroelektrik enerjisi potansiyeli	35
Çizelge 2.4: Türkiye bölgesel ortalama dalga yoğunluğu	85
Çizelge 2.5: Enerji kaynaklarının avantaj ve dezavantajları	94
Çizelge 2.6: Türkiye’deki enerji kaynaklarının genel durumu.....	96
Çizelge 5.1: Enerji yatırım maliyetleri	138
Çizelge 5.2: Enerji santrallerinin ilk yatırım ve birim enerji maliyetleri	139

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: Türkiye elektrik enerjisi kurulu gücünün değişimi	6
Şekil 1.2: Türkiye geneli izlenebilen RES'lerin toplam güç üretimi ve tahmini.....	8
Şekil 2.1: Türlerine göre fosil yakıt rezervlerinin kalan ömürleri	14
Şekil 2.2: 2013 yılı Ekim ayı sonu itibarı ile kurulu gücün birincil enerji kaynaklarına göre dağılımı.....	15
Şekil 2.3: 28 Mart 2015 itibarıyla Türkiye toplam kurulu güç dağılımı	15
Şekil 2.4: Yıllar itibarıyla Türkiye ham petrol üretimi	21
Şekil 2.5: Dünya birincil enerji tüketiminde doğalgazın payı	22
Şekil 2.6: Yıllar itibarıyla Türkiye doğalgaz üretimi.....	24
Şekil 2.7: Hidrolik enerji üretim şeması	33
Şekil 2.8: Hidrolik enerji kurulu gücünün yıllar içindeki değişimi	36
Şekil 2.9: Türkiye hidroelektrik enerjisi potansiyel atlası (HEPA).....	38
Şekil 2.10: Rüzgar enerjisi üretim şeması	41
Şekil 2.11: Rüzgar enerjisi kurulu gücünün yıllar içindeki değişimi	43
Şekil 2.12: Türkiye rüzgar enerjisi potansiyel atlası (REPA).....	45
Şekil 2.13: Güneş enerjisi üretim şeması.....	48
Şekil 2.14: Türkiye güneşlenme süreleri	52
Şekil 2.15: Türkiye güneş enerjisi potansiyel atlası (GEPA)	55
Şekil 2.16: Jeotermal enerjinin oluşumu	58
Şekil 2.17: Türkiye’de jeotermal kurulu gücün gelişimi	60
Şekil 2.18: Türkiye jeotermal enerjisi potansiyel atlası (JEPA).....	64
Şekil 2.19: Biyogaz üretim prosesi.....	66
Şekil 2.20: Türkiye’de biyokütle enerjisi kurulu gücünün değişimi	70
Şekil 2.21: Türkiye orman kaynaklı biyokütle potansiyeli.....	72
Şekil 2.22: Türkiye tarımsal biyokütle potansiyeli.....	73
Şekil 2.23: Türkiye biyokütle enerjisi potansiyel atlası (BEPA).....	75
Şekil 2.24: Dalga enerjisi için mevcut sistemler ve işlemler.....	81
Şekil 2.25: Türkiye’de denize indirilen ilk dalga enerji santrali	83
Şekil 2.26: Azami dalga enerji seviyeleri	84
Şekil 2.27: Asgari dalga enerji seviyeleri	84
Şekil 2.28: Hidrojen enerjisi sistemi.....	88
Şekil 3.1: 2012-2019 elektrik üretim projeksiyonu	97
Şekil 5.1: Santral tipine göre ilk yatırım ve işletme maliyetleri	139
Şekil 5.2: Santrallerin birim enerji maliyetleri	140
Şekil 5.3: Yıllara göre Türkiye enerji yatırımları	141
Şekil 5.4: Birincil enerji tüketiminin sektörlere göre dağılımı	144
Şekil 5.5: 2023 yılında birincil enerji talebi	144

TÜRKİYE’DE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI VE ÇEVRESEL ETKİLERİ

ÖZET

Günümüzde enerji tüketiminin hızla artmasına paralel olarak alışlagelen enerji kaynaklarının yakın bir gelecekte tükeneceği bilimsel bulgularla ispatlanmış bir gerçektir. Yenilenebilir enerji günümüzde ısıtma, ulaştırma, elektrik üretimi gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları; yerli nitelikli oluşu, yakıt maliyetinin düşük olması, temiz ve çevreci özellikleri ile son yıllarda öne çıkmıştır.

Günümüze kadar enerji üretiminde ağırlıklı olarak fosil kökenli yakıtlar olan kömür, petrol ve doğalgaz kullanılmıştır. Bu kaynakların kullanımı sonucu dünyanın doğal dengesi bozulmaya başlamış ve çevre kirlilikleri oluşmuştur. Özellikle atmosferde meydana gelen değişiklikler sonucu küresel ısınma ve iklim değişikliği kavramları hayatımıza girmiştir. Bu olumsuzlukların ortadan kaldırılabilmesi, dünyanın daha yaşanılabilir bir yer olması için alınacak önlemlerin başında, yaygın olarak kullanılan enerji kaynaklarının yerine çevreye zarar vermeyen yenilenebilir enerji kaynakları kullanımının arttırılması gelmektedir.

Fosil kökenli enerji kaynaklarının rezervleri yakın gelecekte tüenecektir. Bu nedenle, Türkiye gibi ihtiyaç duyduğu enerjinin çoğunu dışarıdan satın alan ülkelerin yenilenebilir enerji kaynaklarını öncelikli olarak değerlendirmesi, ekonomik açıdan faydalı olacağı gibi çevrenin korunması açısından da gereklidir.

Bu çalışmada ilk olarak yenilenemez enerji kaynakları ve nükleer enerji tanıtılmış, Türkiye’de kullanımları ve rezervleri hakkında bilgiler verilmiştir. Temiz ve çevre dostu enerji olarak da adlandırılan yenilenebilir enerji kaynakları ve Türkiye’deki potansiyelleri üzerinde durulmuş ve çevreye olan olumlu-olumsuz etkileri belirtilmiştir. Ayrıca maliyet analizi yapılmış ve yer seçim kriterleri üzerinde durulmuştur.

Son olarak Türkiye’nin yenilenebilir enerji politikaları ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelişin hızla artma nedenlerinden bahsedilmiş, sosyal, ekonomik, çevresel ve toplumsal etkileri açısından değerlendirilmiştir. Türkiye’nin yakın geleceğindeki yeri ve önemi üzerinde durularak sonlandırılmıştır.

Bu araştırma fosil yakıtların kullanımına bağlı olarak ortaya çıkan çevre sorunlarını ortaya koymayı, alternatif enerji kaynaklarına dikkati çekmeyi ve toplumda bu konularla ilgili bilinç oluşturmaya amaçlamaktadır.

Bu bağlamda önce genel bir değerlendirme yapılacak, sonrasında Türkiye’de son dönemde ve gelecekte enerji alanında gerçekleşmesi muhtemel projeler üzerinde durulacaktır.

RENEWABLE ENERGY SOURCES IN TURKEY AND ENVIRONMENTAL EFFECTS

SUMMARY

Nowadays, in parallel with the increasing rate of the energy, it was proven with the scientific facts that the conventional energy resources will be drained away in a near future. Energy has been one of the basic and most important requirement through out the history of mankind. Because of the reasons such as industrialization, increasing population, technological developments; available energy resources is increasingly consumed and these resources are not unlimited so, new energy sources come to the fore. In order to increase the life standarts; sufficient, permanent, better and clean energy provide the countries advantages and recently in some societies in order to increase environmental conciousness, minimalize the damages and harmful side effects of known energy sources, renewable energies started to be used which are causing the least damage to the environment and the human health.

Energy is an indispensable source to sustain the daily life and to continue of the life. Changing of the societies connected to their enhanced and the used energy by them throughout the history. Energy is a notion which has been existing since the beginning of humanity. Initially humans tapped into their own power to do some works then they started to use power of animals to gain more benefit from nature and generate more work. After the discovery of the fire in the first place wood and coal was used as the mean of energy source and then it was followed by the usage of steam power. The large part of these energy resources consist of fossil fuel and nuclear enrgy, especially generated energy efficiency and providing of more energy after the burnt of the source of fossil fuel oil's and their damage to the nature is extensive. In the same manner, extensive and unrestrained usage of nuclear energy creates irreversible damage to nature and its affects can be felt by nature and living being for years.

At the present time, petrol, coal, natural gas and a certain extend of boron are used which are called as unrenewable energy sources. The reason of the widespread usage of the unrenewable energy resources beacuse they can be easily obtainable than the renewable energy resources. However, the extensive usage of these energy resources can be extremely harmful as well. Fossil fuels, which are unrenewable energy sources, form entensive greenhouse gas. For this reason the greenhouse gas which covers the earth unveils greenhouse effect. These elements contain carbon so they give great energy. Besides, because of carbon-monoxide they harm the nature too much.

In the present, the affects of the harmful gasses of the fossil fuels to the nature diverted the scientists and governments to find alternative energy resources. Especially, the contaminating emissions of the transportation devices in big cities created greenhouse effect all over the atmosphere and brought the danger along. Besides, the fossil fuels started to go down dramatically and the energy crisis will be shown up in the near future, this situation has influence on the efforts for using the alternative energy resources as well. For this purpose, in the laboratories a couple of experiments have carried out and alternative fuels to benzine was found out for the vehicles.

The era which we are living in it, is the beginning of the process of the risk factors of the conventional energy sources. These factors are; the depletion of the classical energy sources in the near future, creation of the irreversible damage to the nature and lack of supply the progressing technology. For these reasons, nowadays renewable energy resources are increasing, some parts of them are raising value as means of economical alternativeness and some economic analyses were carrying on the other part.

In our day, energy is one of the most essential thing for progressing of the civilization. One of the most important thing for the developed countries is the consumption of energy and it will be higher and higher in the future as well. The proceed of the technological developments which we have now and for their progress we have to consume energy directly or indirectly. Big portion of the energy that we have to consume is met from fossil fuels and the rest is met from nuclear and renewable energy resources. It will be inevitable in the near future of the harms of the usage of fossil fuels to the nature and health of human beings for the next generation if we can't find a way to prevent them. It is a clear fact which must be accepted that the possibility of usage of fossil fuels for production of energy is no longer valid. In this condition, it seems much more clear to us the harms of the fossil fuels, which were ignored before for the sake of progress and industrialization, so we must start to use renewable energy sources which are the productions of our natural environment as a prevention to damage the nature. After the bare facts of air, water and soil pollutions which affect the people in bad way and created anxiety among the people, so the sensitiveness to protect the nature was getting bigger day by day.

Referring to this situation in Turkey; electricity is mostly generated from fossil fuels and generally investments made to fossil fuel power plants that bring problems and troubles in terms of both in economic and environmental sides. Although Turkey is among the countries with limited reserves of fossil sources, it also amongs the richest countries in terms of alternative (renewable) energy sources with its geological and geographical location.

In this sense, considering Turkey's energy requirements and to reduce foreign source dependency; in order to use and provide uninterrupted, reliable, cheap, clean and efficient energy the more importance should be given to solar, wind, hydroelectric and geothermal renewable (alternative) energy resources and energy strategies should be considered and managed in these directions. Besides, cost analysis were done and dwelled on the criterias of plant locations.

In this regard, first of all a general evaluation will be done, later on possible projects related with energy sector which are taken place in last period or in the future in Turkey will be focused on.

1. GİRİŞ

Enerjinin en basit tanımı, “iş yapabilme gücü”dür. Ancak enerji sadece iş şeklinde değil; ısı, elektrik, kimyasal ve nükleer enerji gibi değişik şekillerde de mevcuttur. Enerji; kinetik, potansiyel, ısı, nükleer enerji, güneş enerjisi vb. türlerde olabilir ve bu türlerin birinden diğerine dönüşebilir.

Günlük hayatın sürdürülebilmesi, yaşamın devamı için enerji vazgeçilmez bir kaynaktır. Toplumların değişimi, tarih boyunca geliştirdikleri ve kullandıkları enerji kaynaklarına bağlı olmuştur. Enerji, insanlığın başlangıcı ile birlikte var olan bir kavramdır. İnsanoğlu ilk başlarda iş yapabilmek için kendi gücünden istifade ederken, daha sonra doğadan daha fazla yararlanmak, daha çok iş üretmek için hayvanların gücünden yararlanmaya başlamıştır. Ateşin bulunmasıyla önceleri odun, daha sonra kömür enerji kaynağı olarak kullanılmış, bunu buhar gücünden yararlanma izlemiştir.

Günümüzde birçok enerji kaynağı bulunmaktadır. Doğadaki temel enerji kaynağı güneştir. Bitkiler doğrudan güneş enerjisini alarak, bunu fotosentez yoluyla kimyasal enerjiye dönüştürürler. Doğada enerji, mekanik, kimyasal, nükleer, elektrik, ısı, ışık enerjileri gibi çok değişik biçimlerde bulunabilmektedir ve her enerji türü, başka bir enerjiye dönüşebilmektedir. “Enerjinin Korunumu Kanunu”na göre, enerji bir şekilden diğer şekle dönüşür, fakat hiçbir zaman yok olmaz veya yeniden yaratılamaz. Genel olarak, evrenin toplam enerjisi korunmakta sadece şekil ve yer değiştirmektedir. Farklı bir ifade ile dengeli bir sistemde tüm enerji girdileri ile çıktıları birbirine eşittir.

İlerleyen teknoloji ve modern hayat tarzı enerjiyi olmazsa olmaz noktasına getirmiştir. Elektrik, petrol ve kömürün olmadığını bir an düşünecek olursak, sıradan olarak yaptığımız birçok işin çıkmaza girdiği, günlük hayatın felç olduğu bir durumla karşı karşıya kalacağımızı görürüz. Bu gereksinimlerden ilk akla gelenleri ise; ulaşım, haberleşme, üretim, nakliye, aydınlanmadır. Enerji olmadan modern toplumların ayakta kalamayacağı çok açık bir şekilde gözükmemektedir (Acar, 2008).

İçinde yaşadığımız dönem konvansiyonel enerji kaynaklarının risk faktörlerinin arttığı sürecin başlangıcıdır. Bu faktörler; klasik enerji kaynaklarının birçoğunun yakın bir gelecekte tükenecek olmaları, çevre için büyük ve geri dönüşümü olmayan tehlikeler yaratmaları ve gelişen teknolojiyi beslemekte yetersiz kalmalarıdır. Bu sebeplerle günümüzde yenilenebilir enerji kaynaklarının çeşitliliği artmakta, bir kısmı ekonomik alternatiflik açısından değer kazanmakta ve bir kısmı üzerinde ekonomik analizler yapılmaktadır. Özellikle 1970 yılındaki enerji krizinden sonra yenilenebilir enerji kaynakları önem kazanmıştır. Bu enerji kaynaklarının tümünün ortak sonucu çevreye kısa ve uzun vadede olumsuz etki oluşturmamalarıdır.

1.1 Tezin Amacı

Bu çalışma, Türkiye'nin gelecekteki sıkıntılarından biri olarak görünen enerji konusunun yenilenebilir enerji kaynakları yardımıyla aşılabileceğini vurgulamaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları tanımlanıp, ülkemizdeki enerji potansiyelleri ve gelecekte doğabilecek kullanım potansiyelleri üzerinde durulmuştur.

Bu çalışmada yenilenebilir enerji kaynakları olan rüzgar, güneş, su, biyokütle, dalga, jeotermal ve hidrojen enerjilerinin Türkiye'deki potansiyelleri ve çevresel etkileri açısından karşılaştırılması esas alınmıştır.

Ayrıca, yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi, ülke ekonomisine olan katkısı konusunda bilgiler paylaşılmıştır. Türkiye'nin enerji politikaları ile ilgili örnekler verilmiş, analizler yapılmış ve gelecek yıllar için enerji alanında olası gelişmeler sunulmuştur.

1.2 Literatür Araştırması

Daha önce yenilenebilir enerji kaynakları hakkında birçok çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar genel olarak bölgesel ve yöresel potansiyel belirleme, kullanım alanları, mali analizleri şeklinde olmuştur. Bu alanda yapılan çeşitli makale ve tez çalışmaları aşağıda verilmiştir.

Özsümbül (1999), “Türkiye’nin enerji potansiyeli, gelişimi ve gelecekteki enerji portresinin çıkarılması” konusunda yüksek lisans tezi yapmış olup, ülkemiz açısından gerekli olan enerjinin en kolay şekilde nasıl sağlanacağını önemini belirterek nükleer santraller üzerinde durmuştur.

Peker (2002), “Rüzgar enerjisinin çevresel etkileri ve bu etkilerin azaltılmasında planlamanın rolü” adlı makalesinde rüzgar enerjisinin bir şekilde desteklenmesindeki temel amacın çevresel kaygılardan çok, enerji gereksinimini karşılamada kaynak çeşitliliğine gitmek ve yerel kaynaklardan yararlanmak olduğunu savunmaktadır.

Özerdem (2003), “Türkiye’de rüzgar enerjisi uygulamalarının gelişimi ve geleceği” adlı makalesinde, “Kendi ulusal kaynaklarını teknolojik olarak daha fazla kullanabilen ülkeler gelecekte daha etkin konumlarda olacaklardır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından, özellikle rüzgar enerjisinden faydalanma konusu da, bu etkin konuma gelmek için gereken parametrelerin başında gelecektir” görüşünü savunmaktadır.

Ültanır (2004), “Rüzgar, su ve Türkiye” adlı makalesinde, “Ülkemizde rüzgar ve su kaynaklarından üretilecek enerjinin Avrupa pazarında yer alabileceğini” vurgulamaktadır.

Yıldız (2006), dünyada ve Türkiye’de alternatif ve fosil enerji kaynaklarının geleceğe yönelik etüdüne yönelik bir yüksek lisans tez çalışması yapmış olup, alternatif enerji tüketiminin, toplam enerji tüketimi içindeki payının Türkiye’de azalacağını, dünyada ise artacağını vurgulamaktadır.

Ablabekova (2008), iktisadi etkinlik açısından yenilenebilir enerji kaynaklarını ele almış, yenilenebilir enerji kaynakları ile fosil yakıtların karşılaştırmasına yer verdiği bir yüksek lisans tez çalışması yapmıştır.

Dikmen (2009), sürdürülebilir kalkınma çerçevesinde yenilenebilir enerjinin rolüne yer verdiği doktora tez çalışmasında yenilenebilir enerji kaynaklarının Türkiye’deki yerine değinmiştir.

Ağaçbiçer (2010), yüksek lisans tez çalışmasında yenilenebilir enerji kaynaklarının Türkiye ekonomisine katkısı üzerinde durmuş ve enerji kaynaklarının potansiyel, maliyet ve ekonomik analizlerini yapmıştır.

Nas (2011), yenilenebilir enerji kaynaklarından hidroelektrik santrallerinin çevreye, kent yaşamına ve kültüre olan olumlu ve olumsuz etkileri üzerinde yaptığı yüksek lisans tezinde Hasankeyf Ilısu Barajı üzerinde çalışma yapmıştır.

Çelik (2012), “Türkiye’nin enerjide dışa bağımlılığının azaltılmasında yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi” konulu yüksek lisans tezinde enerji kaynaklarının tanımını yapmış, kurulu güçleri ve yatırım maliyetleri üzerinde durmuştur.

Adıyaman (2012), Türkiye’nin yenilenebilir enerji politikalarına değindiği yüksek lisans tez çalışmasında yenilenebilir enerji kaynaklarının arttırılması gerektiğini vurgulamış, dünyada ve Türkiye’de yenilenebilir enerji potansiyelinin olumlu, olumsuz etkilerini anlatmıştır.

Seydioğulları (2013), “Sürdürülebilir kalkınma için yenilenebilir enerji” isimli makalesinde ekonomik büyüme ve nüfus artışı ile giderek artan yenilenebilir enerji gereksinimini sürdürülebilir kalkınma perspektifinden ele alarak değerlendirmiştir.

Özcan (2013), Türkiye’de elektrik enerjisi üretiminin genişletme planlamasında yenilenebilir enerji kaynaklarının önemini belirttiği doktora tez çalışması yapmıştır.

Gözler (2013), “Ülkemizin enerji kaynakları” isimli makalesinde fosil ve yenilenebilir enerji kaynaklarının ülkemizdeki potansiyeli üzerinde durmuş ve kullanım alanları üzerinde çalışma yapmıştır.

Kürşat (2013), “Yeşil sürdürülebilirlik için yeşil ekonomi” isimli akademik makalesinde yeşil enerjinin avantaj ve dezavantajları üzerinde durmuş, yeşil ekonomi ile ilgili Türkiye’de yapılan çalışmaları incelemiştir.

Vardar ve Taşkın (2014), “Renewable energy sources and Turkey” isimli akademik makalelerinde Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynaklarının potansiyelleri üzerinde durmuşlardır.

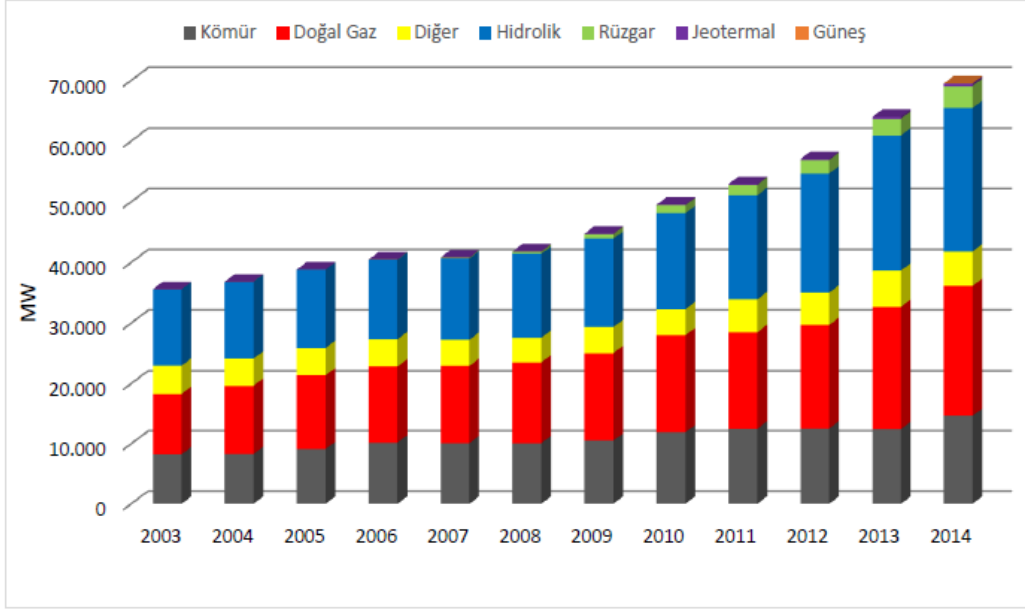
Bayrak ve Esen (2014), “Türkiyenin enerji açığı sorunu ve çözümüne yönelik arayışlar” isimli makalelerinde Türkiye’nin genel enerji dengesini, enerji üretim düzeyi ve enerji tüketim değerleri bağlamında değerlendirmişler, Türkiye’nin enerji açığı sorununu genel hatlarıyla ortaya koymuşlardır.

1.3 Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Potansiyeli Hakkında Genel Bilgi

Ülkemiz coğrafi konumu ve jeolojik yapısı nedeniyle yenilenebilir enerji kaynakları bakımından zengin bir ülkedir. Bu kaynaklardan azami ölçüde yararlanmak hem enerji arz güvenliğine katkı sağlayacak hem de yeni istihdam alanlarının oluşumuna zemin hazırlayacaktır.

Ülkemizin sahip olduğu hidrolik, rüzgar, güneş ve jeotermal enerji potansiyellerinin enerji üretiminde kullanılması için gerekli yasal altyapı oluşturulmuş ve bürokratik engeller azaltılmıştır. Bu sayede son yıllarda yenilenebilir enerji alanında yapılan yatırımlar ivme kazanmıştır. 2014 yılı sonu itibarıyla ülkemiz kurulu gücünün %40,3'ünü 28.004 MW ile yenilenebilir enerji kaynakları oluşturmaktadır.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) tarafından hazırlanan ve 2009 yılında kabul edilen Elektrik Enerjisi Piyasası ve Arz Güvenliği Strateji Belgesi çerçevesinde, 2023 yılına kadar rüzgar enerjisi kurulu gücünün 20.000 MW seviyesine ulaştırılması ve güneş enerjisi potansiyelinin elektrik üretimi amaçlı azami ölçüde değerlendirilmesi hedeflenmiştir. Bu hedef ile ETKB 2015-2019 Stratejik Planında yer alan 2019 yılı sonuna kadar 10.000 MW kurulu güce ulaşma hedefi doğrultusunda, 2014 yıl sonu itibarıyla rüzgar enerjisi santrali için 9563 MW kurulu gücünde lisans ve 102 MW kurulu gücünde önlisans verilmiştir. Türkiye'de yıllar itibarıyla enerji kurulu gücünün kaynak bazında değişimi Şekil 1.1'de görülmektedir. 2014 yıl sonu itibarıyla işletme halinde bulunan rüzgar santrali toplam kurulu gücü 3630 MW'tır. Söz konusu strateji belgesi kapsamında ülkemizin en büyük yenilenebilir enerji kaynağı olan hidrolik enerjiden azami ölçüde faydalanmak için çalışmalar sürdürülmektedir. Bu çalışmalar kapsamında 2014 yıl sonu itibarı ile hidrolik enerji kurulu gücü 23.641 MW'a yaklaşmıştır.



Şekil 1.1: Türkiye elektrik enerjisi kurulu gücünün değişimi (ETKB, 2014).

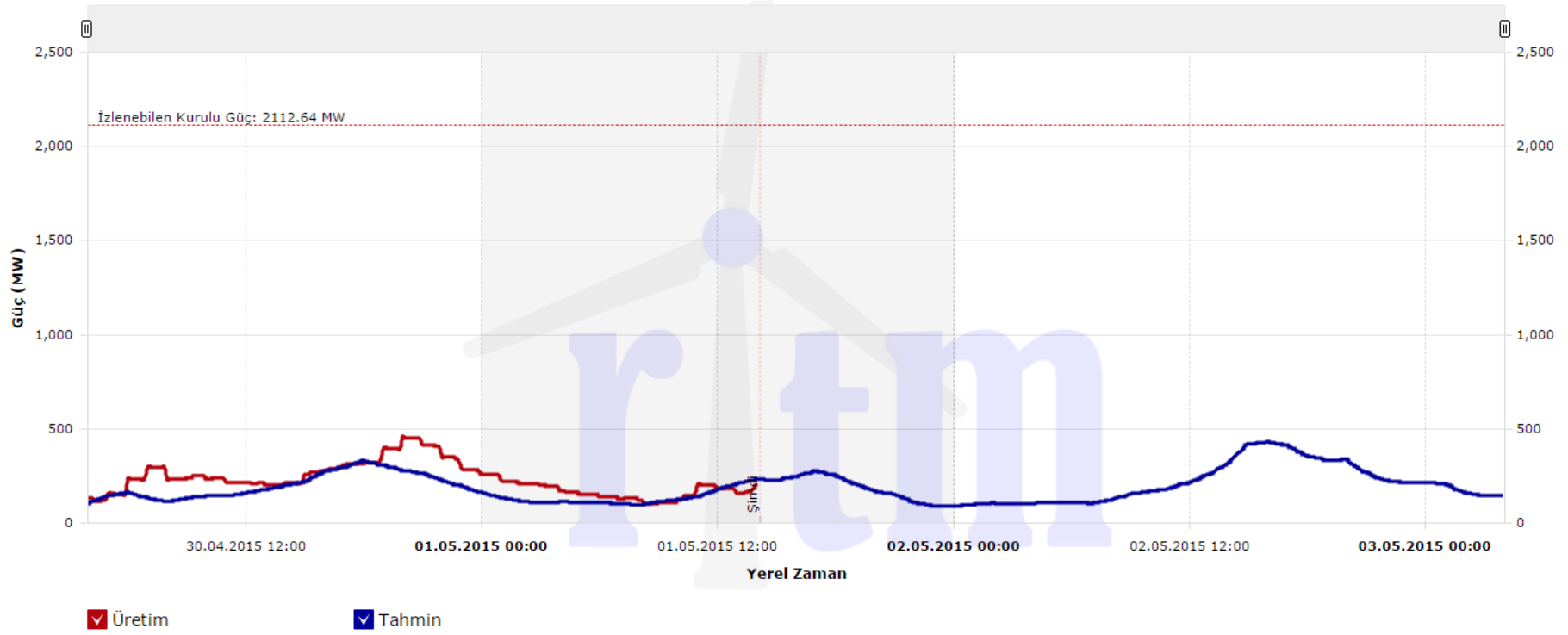
Gerekli mevzuat ve bürokratik düzenlemelerin bir sonucu olarak rüzgar enerjisi kurulu gücünde de ciddi bir artış sağlanmıştır. Güneş enerjisi yatırımları için de yasal altyapı oluşturulmuş olup 10-14 Haziran 2013 tarihleri arasında alınan toplam kurulu gücü 7900 MW'ı aşan 496 adet Güneş Enerjisi Santrali (GES) lisans başvurusunun değerlendirme çalışmaları devam etmektedir. Değerlendirme çalışmaları tamamlanan bölgeler için “Rüzgar ve Güneş Enerjisine Dayalı Üretim Tesisi Kurmak Üzere Yapılan Önlisans Başvurularına İlişkin Yarışma Yönetmeliği” çerçevesinde yarışmalar yapılmaya başlanmıştır. Bu kapsamda, 2014 Aralık ayında Erzurum, Elazığ ve Şırnak bölgelerinde birer adet olmak üzere güneş enerjisi santralleri için ilk önlisanslar verilmiştir. Ayrıca Lisanssız Elektrik Üretimi Yönetmeliği kapsamında 1 MW'ın altında kurulu güce sahip RES ile GES'ler için ve üretimi ve tüketimi aynı noktada olup üretilen enerji, sisteme verilmeyecek şekilde limitsiz güç ile tesis edilebilecek RES/GES'ler için lisans alma muafiyeti getirilmiş olup bu kapsamda TEİAŞ tarafından lisanssız RES/GES'lerin bağlantısı için bugüne kadar yaklaşık 3100 MW kapasite tahsis edilmiştir. Tahsis edilen kapasitenin yaklaşık %95'ini GES'ler oluşturmaktadır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim santrallerinden özellikle güneş ve rüzgar santrallerinin elektrik iletim sistemi üzerindeki olası olumsuz etkilerinin minimize edilerek sistem güvenliğinin artırılmasına katkı sağlaması amacıyla;

- Üretilcek elektriksel gücün önceden tahmin edilmesine yönelik olarak güneş enerjisi izleme ve denetim faaliyeti ile güneş izleme ve tahmin merkezi projesi,
- Pompajlı Hidrolik Enerji Santrali (PHES) destekli Rüzgar Enerji Santrali (RES) projesi ve Rüzgar Gücü İzleme ve Tahmin Merkezi (RİTM) projesi yürütülmektedir.

Rüzgar enerjisi santrallerinin Rüzgar Gücü İzleme ve Tahmin Merkezi'ne bağlanması hakkındaki yönetmelik 25.02.2015 tarihli Resmi Gazetede yayınlanmıştır. RİTM projesi kapsamında 2014 yılı sonu itibarıyla 1800 MW'lık rüzgar enerjisi santralının gerçek zamanlı üretimleri izlenerek, gelecek 48 saat içinde yapacakları üretim tahmin edilmektedir. Şekil 1.2'de Türkiye geneli toplam RES'lerin 01.05.2015 tarihinde anlık toplam güç üretimi ve tahminleri görülmektedir (RİTM, 2015).

2014 yılında toplam 6236 MW kurulu gücündeki özel sektöre ait 172 adet elektrik üretim santralının geçici kabulleri yapılarak işletmeye açma izni verilmiştir. İşletmeye açılan santrallerin 71 adedi (1300 MW) hidroelektrik, 37 adedi (882 MW) rüzgar, 5 adedi jeotermal (94 MW), 16 adedi (38 MW) biyokütle, 40 adedi (3900 MW) termik ve 3 adedi diğer yakıtlı santrallerdir (22 MW) (Enerji Faaliyet Raporu, 2014). Türkiye, coğrafi konumu nedeniyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli açısından birçok ülkeye göre şanslı durumdadır. Güneşten dünyaya saniyede yaklaşık olarak 170 milyon MW enerji gelmektedir. Türkiye'nin yıllık enerji üretiminin 100 milyon MW olduğu düşünülürse bir saniyede dünyaya gelen güneş enerjisi, Türkiye'nine enerji üretiminin 1700 katıdır.



Şekil 1.2: Türkiye geneli izlenilebilen RES'lerin toplam güç üretimi ve tahmini (RİTM, 2015).

Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nde mevcut bulunan güneşlenme süresi ve ışıınım şiddeti verilerinden yararlanarak Elektrik İşleri Etüd İdaresi tarafından yapılan çalışmaya göre Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat, günlük toplam 7,2 saat, ortalama toplam ışıınım şiddeti 1,311 MWh/m²-yıl, günlük toplam 0,0036 MWh/m² olduğu tespit edilmiştir. Türkiye, 110 gün gibi yüksek bir güneş enerjisi potansiyeline sahiptir ve gerekli yatırımların yapılması halinde yılda birim metre karesinden ortalama olarak 1,1 MWh'lik güneş enerjisi üretebilecek kapasiteye sahiptir. Buna göre genel olarak Türkiye'nin en çok ve en az güneş enerjisi üretilecek ayları sırası ile Haziran ve Aralık olmaktadır. Bölgeler arasında ise öncelikle Güneydoğu Anadolu ve Akdeniz sahilleri gelmektedir. Şu an Türkiye'de en çok kullanılan yenilenebilir enerji kaynağı su kaynaklarıdır. Ülkemiz hidrolik kaynakları bakımından incelendiğinde, Türkiye'de teorik hidroelektrik potansiyel 433 milyon MWh, teknik olarak değerlendirilebilir potansiyel 216 milyon MWh'dır. Türkiye'nin teknik hidroelektrik potansiyeli dünya teknik potansiyelinin %1,5'ine, Avrupa teknik potansiyelinin ise %17,6'sına tekabül etmektedir. Avrupa Birliği'nin yeşil enerji için uyguladığı vergi indirimleri ve destekleme politikaları ekonomik olarak potansiyelin artmasını sağlayacaktır (DSİ, 2013 Faaliyet Raporu).

Yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji arzı içindeki payının artırılması kapsamında jeotermal kaynakların üretime kazandırılması önemli bir yer tutmaktadır. Türkiye'nin jeotermal kaynaklardan elektrik üretimi son 2 yılda yaklaşık 2 kat artarak 1,77x10⁶ MWh'a çıktığı belirtiliyor. Türkiye'de halen 15 jeotermal santral, elektrik üretimine katkıda bulunuyor. Jeotermal enerjiden elektrik üretimi için mevcut potansiyel, görünür teknik kapasite olarak 750 MW olup tüm sahaların ilave geliştirme çalışmaları neticesinde 1000 MW a ulaşabileceği öngörülmektedir. Bununla birlikte, ETKB 2010-2014 Stratejik Planındaki 2014 yıl sonuna kadar jeotermal kurulu gücünün 300 MW'a çıkarılması hedefi, 2014 yılsonu itibarıyla aşılmış olup, jeotermal kurulu gücü 404,9 MW'a ulaşmıştır.

Keşfedilen jeotermal kaynakların ekonomiye kazandırılmasına yönelik çalışmalar devam ederken, başta Maden ve Tetkik Arama Genel Müdürlüğü olmak üzere özel sektörün jeotermal alanların tespitine yönelik sondaj çalışmaları yoğun şekilde devam etmektedir.

Giderek artan enerji gereksinimini çevreyi kirletmeden ve sürdürülebilir olarak sağlayabilecek kaynaklardan belki de en önemlisi biyokütle enerjisidir. Bitki yetiştirilmesi, güneş var olduğu sürece devam edeceği için, biyokütle tükenmez bir enerji kaynağıdır.

Biyokütle enerjisi Türkiye'de klasik yöntemle dayanılarak, daha çok ticari olmayan yakıt biçiminde kullanılmakta ve yerli enerji üretiminin dörtte birini karşılamaktadır. Biyokütleye örnek olarak , mısır, buğday gibi özel olarak yetiştirilen bitkileri, otları, yosunları, evlerden atılan meyve ve sebze atığı gibi tüm organik çöpleri, hayvan dışkılarını, gübre ve sanayi atıklarını saymak olanaklıdır.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, odun ile hayvan ve bitki atıklarını kullanan klasik biyokütle enerji üretiminin 2020 yılında 87.348.000 MWh olmasını planlamıştır. Türkiye biyokütle materyal üretimi açısından, güneşlenme ve alan kullanılabilirliği, su kaynakları, iklim koşulları gibi özellikleri uygun olan ülkelerdendir. Türkiye'de biyogaz üretim potansiyeli 1.740.000-23.200.000 MWh; 2,5-4 milyar m³; 25.000 MWh olarak öngörülmektedir. Toplam biyogaz potansiyelinin %85'i gübre gazından kalanı ise katı atık düzenli depolama sahası gazındandır. Gübre gaz potansiyelinin %50'si koyundan, %43'ü tavardan ve %7'si kümes hayvanlarından elde edilmektedir (Arslan, 2008).

Yeni yeni gündeme gelen dalga enerjisinin dünyadaki yıllık potansiyelinin yaklaşık 36 milyar MWh olduğu hesaplanmıştır. Kıyı uzunluğu 8200 kilometreyi bulan Türkiye için de dalga enerjisi önemli bir potansiyeldir. Bu konuda çalışma platformu kurulması planlanırken, özel sektör yatırımları başlamış ve Antalya'da 4,5 MW'lık dalga elektrik santrali için çalışmalar yapılmıştır (EÜD, 2013). Dalga enerjisinin dünyadaki yıllık potansiyelinin 36 milyar MWh olduğu tahmin edilmektedir. Türkiye de bu alandaki araştırmalar gün geçtikçe hızlanmaktadır. Dalga cephesinin gücü, okyanuslar dışında 1,04 MW/m arasında değişmekle birlikte, Akdeniz kıyıları için bu değer yaklaşık 0,013 MW/m olarak veriliyor. 4,5 MW'lık santral Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) kayıtlarına göre henüz inşa halinde bulunuyor. Başka bir enerji firması da Çanakkale Boğazı'ndaki akıntı gücünü kullanarak elektrik enerjisi elde etmeyi amaçlıyor. Deneme çalışmaları 2012 yılında başlayan proje tamamlandığında kentin elektrik enerjisi boğazdaki akıntı gücü kullanılarak karşılanabilecektir.

Yeni enerji teknolojileri arasında gösterilen Hidrojen 1500'lü yıllarda keşfedilmiş, 1700'lü yıllarda yanabilme özelliğinin farkına varılmış, evrenin en basit ve en çok bulunan elementi olup, renksiz, kokusuz, havadan 14,4 kez daha hafif ve tamamen zehirsiz bir gazdır. Güneş ve diğer yıldızların termonükleer tepkimeye vermiş olduğu ısının yakıtı hidrojen olup, evrenin temel enerji kaynağıdır.

Araştırmalar, mevcut koşullarda hidrojenin diğer yakıtlardan yaklaşık üç kat pahalı olduğunu ve yaygın bir enerji kaynağı olarak kullanımının hidrojen üretiminde maaliyet düşürücü teknolojik gelişmelere bağlı olacağını göstermektedir. Bununla birlikte, günlük veya mevsimlik periyotlarda oluşan ihtiyaç fazlası elektrik enerjisinin hidrojen olarak depolanması günümüz için de geçerli bir alternatif olarak değerlendirilebilir. Bu tarzda depolanan enerjinin yaygın olarak kullanılabilmesi örneğin toplu taşıma araçları için yakıt piline dayalı otomotiv teknolojilerinin geliştirilmesine bağlıdır.

Elektriğe 20. yüzyılın enerji taşıyıcısı, hidrojene 21. yüzyılın enerji taşıyıcısı diyen çevreler vardır. Hidrojen yerel olarak üretimi mümkün, kolayca ve güvenli olarak her yere taşınabilen, taşınması sırasında az enerji kaybı olan, ulaşım araçlarından ısınmaya, sanayiden mutfaklarımıza kadar her alanda yararlanılabilecek bir enerji sistemidir.

2. ENERJİ KAYNAKLARI

2.1 Yenilenemez Enerji Kaynakları

Doğadaki hammaddesi tüketildiği zaman yeniden oluşamayan, yandığında zararlı gaz çıkaran kömür, petrol ve doğalgaz gibi fosil enerji kaynaklarıdır. Ayrıca nükleer enerji hammaddeleri olan uranyum ve toryum da birer yenilenemez enerji kaynağıdır.

2.1.1 Fosil enerji kaynakları

Fosil enerji kaynakları bitkisel kökenli doğal kaynakların dönüşümü sonucu oluşmuş olan kömür, petrol, doğalgaz ve bunların işlenmesiyle elde edilen petrol ve çeşitli gaz ürünlerinden oluşmaktadır. Bu bölümde fosil enerji kaynakları içinde en çok kullanılan kömür, doğalgaz ve petrol incelenecektir.

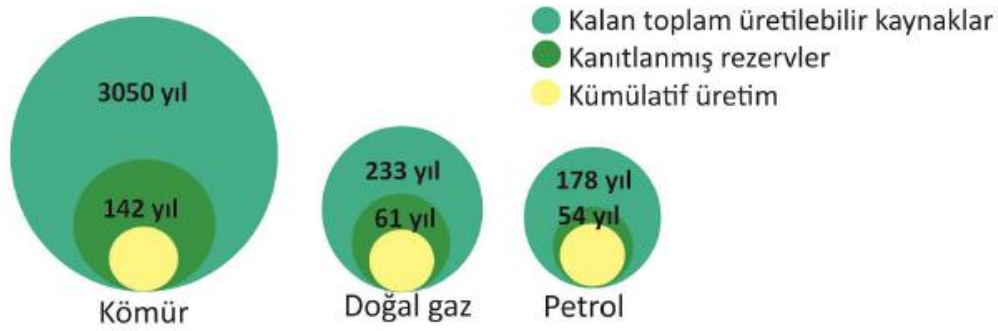
Dünyadaki fosil (tükenebilir) enerji kaynakları, kömür (taş kömürü, linyit kömürü), petrol ve doğalgazdır. Yeryüzünde katı, sıvı ve gaz halinde bulunan fosil kaynaklar, çeşitli reaksiyonlar sonucunda bünyelerinde bulundurdıkları enerjiyi dışarı verirler. Bu tür enerjiler, hayvansal ve bitkisel kökenli kalıntıların milyonlarca yıl toprak altındaki basınca ve yer kürenin içinden gelen yüksek sıcaklıklara maruz kalarak fosilleşmesinden oluşmaktadır. Fosil yakıtların nihai amacı ısıtma, elektrik üretimi ve hareket gücü sağlamaktır.

İnsanoğlu enerji gereksinimini karşılayabilmek için kolay ulaşılabilen ve kolay dönüştürülebilen kaynaklara yönelmiştir. Bu vesile ile fosil kökenli enerji kaynakları her daim tercih sebebi olmuştur (Savrul, 2010).

Fosil kaynakların yakılarak enerji elde edilmesinin ardından tekrar kullanılması söz konusu değildir. Her geçen gün artan tüketim neticesinde mevcut kaynaklar hızla azalmaktadır.

Dünyada olduğu gibi, ülkemizde de en temel enerji kaynağı olan petrol ve doğalgaz, günümüzde stratejik önemini daha da arttırmış, endüstrinin ve ekonominin vazgeçilmez bir girdisi ve itici gücü haline gelmiştir. 2007 yılı itibarıyla küresel enerji ihtiyacının %35,6'sını petrol, %23,8'ini doğalgaz karşılamaktadır. Dünya'da elektrik üretiminin yaklaşık olarak %40'ı kömürden sağlanmaktadır (ETKB, 2014).

Yapılan araştırmalar, 2030 yılı itibarıyla tespit edilen kömür rezervlerinin %25'i, doğalgaz rezervlerinin %65'i ve petrol rezervlerinin %85'inin sona ereceğini göstermektedir. Bir başka deyişle en son istatistiksel değerlendirmeler neticesinde petrolün 54, doğalgazın 61, kömürün ise 142 yıl rezerv kullanım süresi olduğu hesaplanmıştır. ETKB'nin internet sitesinden alınan Şekil 2.1'de dünya fosil yakıt rezervlerinin kalan ömürleri gösterilmiştir.



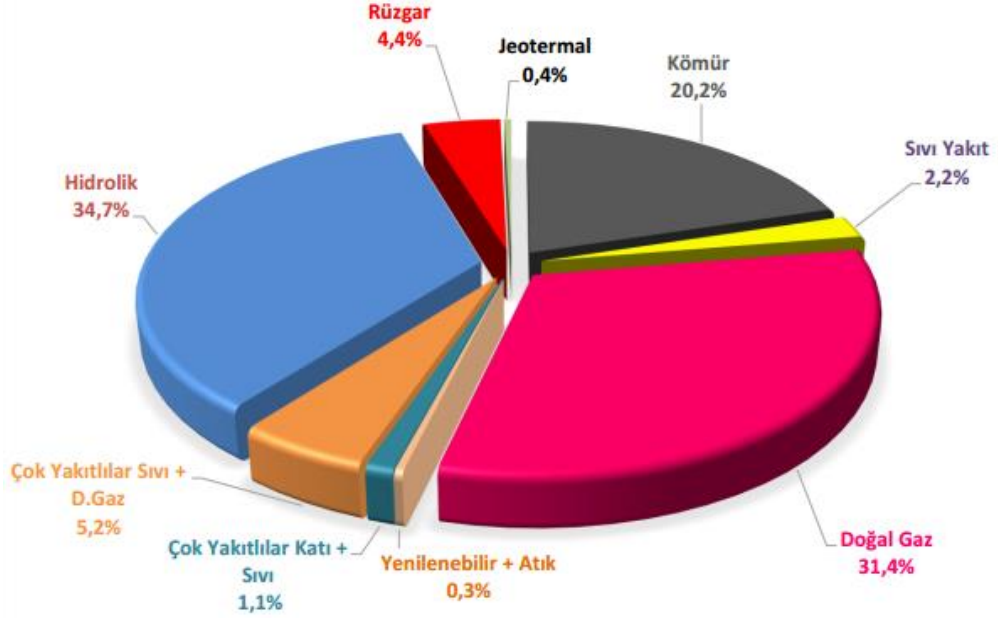
Şekil 2.1: Türlerine göre fosil yakıt rezervlerinin kalan ömürleri (ETKB, 2015).

Son yıllarda büyük oranda artış gösteren doğalgaz talebindeki yükseliş sürerken, kömür tüketiminde de doğalgaza benzer bir artış beklenmekte ancak petrol talebinde dikkat çekici bir artış beklenmemektedir (Güneş, 2009).

Şekil 2.2'de Türkiye'de kurulu gücün birincil enerji kaynaklarına göre dağılımı gösterilmiştir. Şekil 2.3 ise 28.03.2015 tarihi itibarıyla Türkiye toplam kurulu gücü göstermektedir.

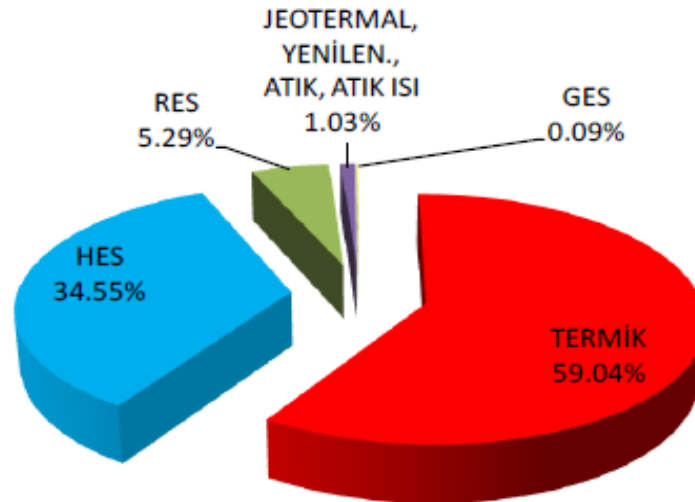
Çevresel etkileri yönünden bakılacak olursa, fosil esaslı enerji kaynakları sera gazlarının (CO_2 , SO_2 ve NO_x) oluşumuna neden oldukları için atmosferdeki CO_2 oranı sanayi çağı öncesine göre şimdiden %25 artmış ve 2050 yılında iki katına çıkacağı tahmin edilebilmektedir. Günümüzde CO_2 emisyonunun yaklaşık 6 milyar ton olduğu söylenmektedir.

Ayrıca, SO₂ ve NO_x gibi asit gazlarının emisyonu kullanılan yakıtın kalitesine ve yakma ile filtreleme sistemine göre değişmekle beraber bölgesel asit yağmurlarına neden olmaktadır.



Şekil 2.2: 2013 yılı Ekim ayı sonu itibarı ile kurulu gücün birincil enerji kaynaklarına göre dağılımı (Mahmutoğlu, 2013).

Fosil esaslı enerji kaynakları birim elektrik enerjisi (MWh) için atmosfere yaklaşık olarak 860 kg. CO₂, 10 kg. SO₂ ve 3 kg. NO_x yaymaktadır. 0,6 MW gücündeki bir rüzgar türbininin %30 kapasite faktörüyle çalışması durumunda yılda yaklaşık olarak 1356 ton CO₂, 16 ton SO₂ ve 5 ton NO_x tasarruf edilmiş olunacaktır.



Şekil 2.3: 28.03.2015 tarihi itibarıyla Türkiye toplam kurulu güç dağılımı (Soydaş ve Üllenoğlu, 2015).

2.1.1.1 Kömür

Kömür, bataklıklarda uygun nem ve sıcaklığın oluşması, ortamın asit miktarının artması, gerekli organik maddelerin ortamda bulunmasıyla bozunmuş, çürüyen bitkilerin su altına inmesi ve bataklığın zamanla üstünün örtülmesi gibi olaylar sonucu oluşur (NEED, 2009). Kömür; ucuz, keşfedilmesi ve çıkarılması nispeten kolay bir kaynak olmasına karşın ağır hava kirliliği yaratması, asit yağmurları ve küresel ısınmada önemli bir rol oynaması, pahalı filtre sistemleri ve kapsamlı bir taşımacılık ağı gerektirmesi gibi olumsuz yönleri de olan bir enerji kaynağıdır. 1990'lı yıllarda üretim miktarı düşen kömürün üretim ve tüketimi son yıllarda artan petrol fiyatlarının da etkisiyle yeniden yükselmeye başlamıştır. Avrupa Birliği'nin 2020 yılı enerji talep projeksiyonlarında; enerji kaynakları paylarındaki en büyük artışın kömürde olacağı görülmektedir.

Enerji kaynağı olan kömür çok eski tarihlerden beri kullanılmaktadır. İlk olarak IX. yüzyılda İngiltere'de konutların ısıtılmasında kullanıldığı sanılmaktadır. Kömür yanabilen sedimanter organik bir kayadır. Kömür başlıca karbon, hidrojen ve oksijen gibi elementlerin bileşiminden oluşmuş olup, diğer kaya tabakalarının arasında damar haline, ısı, basınç ve mikrobiyolojik etkilerin sonucunda uzunca bir sürede (milyonlarca yıl) meydana gelmiştir. Kömür, organik olgunluğuna göre linyit, bitümlü kömür ve antrasit tiplerine ayrılır. Ülkemizde linyit rezervlerinin bol olması sonucu linyit ile çalışan termik santraller kurulu gücün %20'sini oluştururken, taşkömürü ve ithal kömür tüketen diğer termik santraller %7,9 paya sahiptir.

Dünyanın pek çok yerinde bulunan kömür, güvenilir aynı zamanda düşük maliyetlerle elde edilebilen temiz bir fosil yakıt olduğu için enerji üretiminde büyük öneme sahiptir (Güneş, 2009).

Türkiye 515 milyon tonu görünür olmak üzere, yaklaşık 1,3 milyar ton taşkömürü ve 10,8 milyar tonu görünür rezerv niteliğinde toplam 11,8 milyar ton linyit rezervi bulundurmaktadır. Bu miktar dünyada kanıtlanmış işletilebilir kömür rezervlerinin %1,5'ini oluşturmaktadır. Türkiye'de linyit rezervleri ise dünya linyit rezervinin %6'sı kadardır. 2011 yılında 70 milyon ton linyit, 2,6 milyon ton taşkömürü ve yaklaşık 1,2 milyon ton asfaltit olmak üzere yaklaşık 73,8 milyon ton kömür üretilmiştir. Çizelge 2.1'de Türkiye'de linyit rezervlerinin bölgelere göre dağılımı gösterilmiştir.

Çizelge 2.1: 2005-2012 yılları arasında tespit edilen rezervler (Mt: milyon ton) (ETKB, 2015).

TÜRKİYE LİNYİT REZERVİ BÖLGELERİ	REZERV MİKTARI
KonyaKarapınar	1.832
AfşinElbistan	1.300
Eskişehir-Alpu	777
Afyon-Dinar	545
Elbistan	515
Tekirdağ-Çerkezköy	495
Manisa-Soma	205
Pınarhisar-Vize	140
Malatya	17
Toplam	5.826

Bununla birlikte linyitlerimizin büyük kısmının ısı değeri düşük olduğundan termik santrallerde kullanımı ön plana çıkmıştır. Ülkemiz linyit rezervinin yaklaşık %46'sı Afşin-Elbistan havzasında bulunmaktadır. Ülkemizin en önemli taşkömürü rezervleri ise Zonguldak ve civarındadır. Zonguldak Havzası'ndaki toplam taşkömürü rezervi 1322 milyar ton, buna karşılık görünür rezerv ise 519 milyon ton düzeyinde bulunmaktadır. Linyit sahaları ülkemizde bütün bölgelere yayılmış olup bu sahalardaki linyit kömürünün ısı değeri 1000-5000 kcal/kg arasında değişmektedir. Ülkemizdeki toplam linyit rezervinin yaklaşık %68'i düşük kalorili olup %23,5'i 2000-3000 kcal/kg arasında, %5,1'i 3000-4000 kcal/kg arasında, %3,4'ü 4.000 kcal/kg üzerinde ısı değerindedir. 2012 yılında 121 milyon ton eşdeğer petrol (Mtep) olan ülkemizin toplam birincil enerji tüketiminde kömürün payı %31'dir. Ülkemizin 2013 sonu itibariyle kömüre dayalı santral kurulu gücü 12.563 MW olup toplam kurulu gücün %20'sine karşılık gelmektedir. Yerli kömüre dayalı kurulu güç 8515 MW (%13,3) ve ithal kömüre dayalı kurulu güç ise 4048 MW (%6,3) şeklindedir. 2015 yılı başlarından bu yana Türkiye'de doğalgaz, linyit ve ithal kömür santrallerinin üretim ve tüketim değerleri ise Çizelge 2.2'de gösterilmiştir.

2005 yılından itibaren enerji üretiminde yerli kaynaklara önem verilmesi ve dışa bağımlılığın azaltılması hedefleri çerçevesinde sanayileşme ve nüfus artışına paralel olarak artan enerji talebinin karşılanması amacıyla; yeni kömür sahalarının bulunması ve bilinen sahaların geliştirilmesi çalışmalarına hız verilmiştir.

Çizelge 2.2: Türkiye doğalgaz, linyit ve ithal kömür santrallerinin 2015 yılı üretim ve tüketim değerleri (Bilmez ve Çiftçi, 2015).

2015 yılı başından beri:						
- Toplam tüketim,	77,24	TWh	olarak gerçekleşmiştir.			
- Toplam üretim,	76,01	TWh	olarak gerçekleşmiştir.			
- Toplam termik üretim,	52,10	TWh	ile üretimde yaklaşık	69%		
- Doğal gaz	28,96	TWh	ile üretimde yaklaşık	38%		
- Linyit	9,21	TWh	ile üretimde yaklaşık	12%		
- İthal Kömür	11,49	TWh	ile üretimde yaklaşık	15%		
- Diğer termik	2,44	TWh	ile üretimde yaklaşık	3%		pay almıştır.
16 'ıncı haftada:						
- Günlük ort. tüketim,	676,1	GWh	olarak gerçekleşmiştir.			
- Günlük ort. üretim,	670,1	GWh	olarak gerçekleşmiştir.			
- Günlük ort. termik üretim,	362,2	GWh	ile üretimde yaklaşık	54%		
- Günlük ort. doğal gazdan üretim,	213,7	GWh	ile üretimde yaklaşık	32%		
- Günlük ort. linyitten üretim,	51,6	GWh	ile üretimde yaklaşık	8%		
- Günlük ort. ithal kömürden üretim	74,5	GWh	ile üretimde yaklaşık	11%		pay almıştır.

(1 MWh = 10^6 TWh = 10^3 GWh)

Kömür aramalarında sondaj miktarı son 5 yılda 5 kat artmış, aramaların sonucunda 8,3 milyar ton olan mevcut rezerve ilave olarak; 2008 Mayıs ayı itibarı ile 4,1 milyar ton yeni linyit rezervi tespit edilmiştir. 2013 yılında kömüre dayalı santrallerden toplam 61,5 TWh brüt elektrik üretilmiş olup toplam brüt elektrik üretimi içerisindeki payı %25,7 düzeyindedir. 2005-2012 yılları arasında yaklaşık 5,8 milyar ton rezerv artışı sağlanmıştır. 2005 yılında 8,3 milyar ton olan linyit rezervleri 2012 yılı sonu itibarıyla 14 milyar tonu aşmıştır.

Mevcut gelişmeler, ithal kömür santral yatırımlarının önümüzdeki yıllarda da artarak süreceğini göstermektedir. Kurulu santrallere ithal kaynaklı ek kurulumların artma eğilimi Türkiye'nin daha fazla dışa bağımlı olmasına da neden olmaktadır (Çelik, 2012).

2.1.1.2 Petrol

Petrol, başlıca hidrojen ve karbondan oluşan ve içerisinde az miktarda nitrojen, oksijen ve kükürt bulunduran çok karmaşık bir bileşimdir. Normal şartlarda gaz, sıvı ve katı halde bulunabilir. Gaz halindeki petrol, imal edilmiş gazdan ayırt etmek için genelde doğalgaz olarak adlandırılır. Ham petrol ve doğalgazın ana bileşenleri hidrojen ve karbon olduğu için bunlar "Hidrokarbon" olarak da isimlendirilirler.

2012 yılı dünya ispatlanmış petrol rezervi %7,7 artışla 1520 milyar varilden 1637 milyar varile yükselmiştir. Dünya petrol rezerv miktarında 2011 yılına oranla %7,7'lik bir artış gerçekleşmiş, aynı oranda artmayan petrol üretiminin de etkisi ile 2011 yılında 44,8 yıl olan dünya petrol rezerv ömrü 2012 yılında 48,8 yıla 2015 yılında ise 54 yıla yükselmiştir. Birincil enerji kaynakları arasında stratejik konuma sahip olan ham petrol 2012 yılı başı itibarıyla dünya enerji talebinin %33,1'ini karşılamıştır.

2008-2010 döneminde daralan dünya petrol ticareti, 2010 yılından itibaren artış trendi göstermektedir. 2012 yılında dünya petrol üretimi 90,9 milyon varil/gün'e ulaşırken 2030 yılında dünyanın en büyük petrol ithalatçılarından Çin ve Avrupa olması öngörülmektedir. Halen dünyanın en büyük petrol ithalatçısı olan Amerika'nın 2017 yılında liderliği Çin'e bırakması beklenmekte, Çin'in ekonomik büyümeyle desteklenen petrol ithalatının, ülkeyi Avrupa'ya göre daha az petrol bağımlısı yapacağı beklenmektedir.

Dünya üretilebilir petrol ve doğalgaz rezervlerinin yaklaşık %72'lik bölümü, ülkemizin yakın coğrafyasında yer almaktadır. Türkiye, jeopolitik konumu itibarıyla dünya ispatlanmış petrol ve doğalgaz rezervlerinin dörtte üçüne sahip bölge ülkeleriyle komşu olup enerji zengini Hazar, Orta Asya, Orta Doğu ülkeleri ile Avrupa'daki tüketici pazarları arasında doğal bir "Enerji Koridoru" olmak üzere pek çok önemli projede yer almakta ve söz konusu projelere destek vermektedir. 2030 yılına kadar %40 oranında artması beklenen dünya birincil enerji talebinin önemli bir bölümünün içinde bulunduğumuz bölgenin kaynaklarından karşılanması öngörülmektedir (Çelik, 2012).

Türkiye'nin sahip olduğu en eski boru hattı Kuzey Irak'ta yer alan Kerkük petrollerini batıya ulaştıran, Irak-Türkiye Ham Petrol Boru Hattı'dır. Hattın taşıdığı ham petrol miktarı 1999 yılında 305 milyon varile ulaşmış, yapılan sabotajlar ve Kerkük'te yaşanan sorunlar nedeniyle hattın taşıdığı ham petrol miktarı 2006 yılında 10,9 milyon varile düşmüştür. 2009 yılında bu hattın 23,3 milyon ton (165 milyon varil) ham petrol taşıdığı görülmüştür. Petrol taşıyan bir diğer boru hattı 28 Mayıs 2006 tarihinde faaliyete geçen Bakü-Tiflis-Ceyhan Ham Petrol Boru hattıdır.

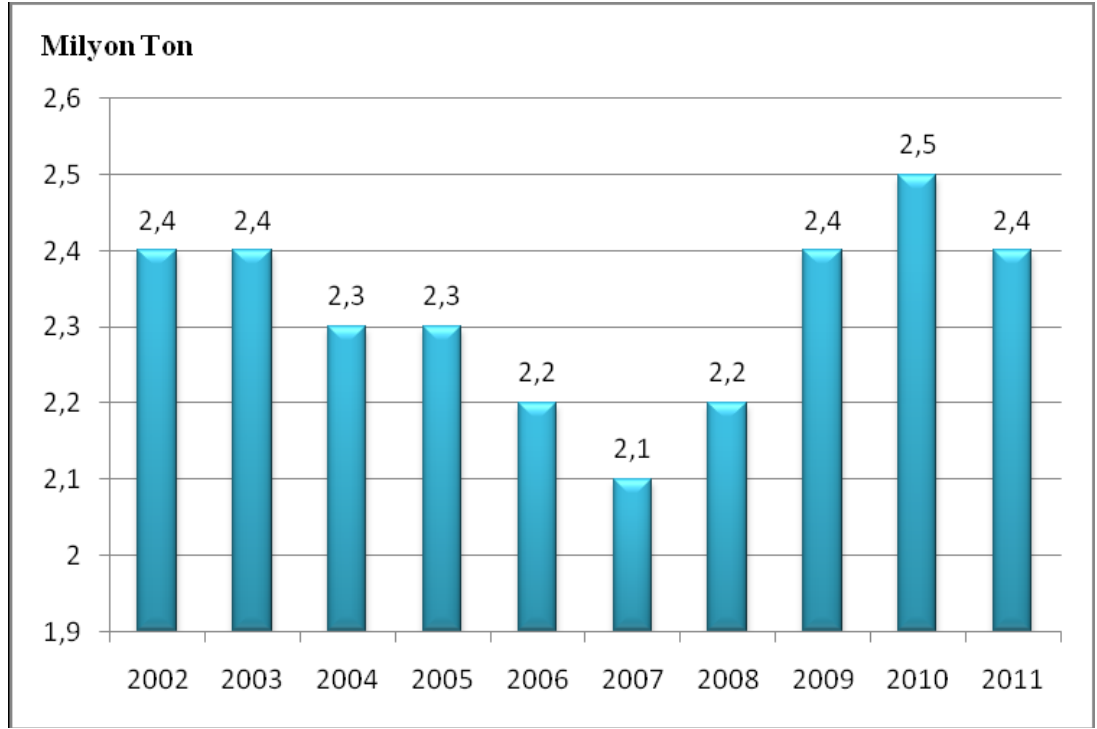
22 Haziran 2008 tarihinde hattın taşıma kapasitesi günlük 1 milyon varile ulaştırılmış olup, hattan daha fazla petrol taşınmasının sağlanması amacıyla yürütülen çalışmalar neticesinde kapasite 2009 yılında günlük 1,2 milyon varile çıkartılmıştır. 2012 yılında toplam 2,3 milyon ton petrol üretilmiş olup, günümüze kadar toplam 140,2 milyon ton petrol üretimi gerçekleştirilmiştir. 2012 yılında ham petrol talebinin %9'u yerli üretimle karşılanmış, doğalgazda ise bu oran %1,6 olarak gerçekleşmiştir.

Petrol ve doğalgaz fiyatlarındaki artış ve gelişen teknolojiye paralel olarak azalan üretim maliyetleri, Karadeniz Havzasını petrol şirketlerinin ilgi odağı haline getirmiştir. Bu kapsamda Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO)'nın denizlerde son 8 yılda gerçekleştirdiği sismik program miktarı, 58 yıllık tarihinde denizlerde gerçekleştirilen sismik çalışmaların toplamından fazladır (ETKB, 2014).

Her geçen gün artan petrol ve doğalgaz ihtiyacının yurtiçi kaynaklardan karşılanması yönündeki faaliyetler kapsamında, ülkemizin yeterince aranmamış bölgelerinde ve özellikle Karadeniz ve Akdeniz'deki deniz alanlarında yapılan çalışmalar büyük bir ivme kazanmıştır. Son yıllarda deniz sondaj teknolojisindeki gelişmelerin, su derinliklerinin fazla (1000-2000 m) olduğu alanlarda arama ve üretim imkanlarını ortaya çıkarması ile denizlerimizde hidrokarbon aramacılığının yapısı hızla oluşturulmuştur. Özellikle TPAO tarafından 2004'den 2011'e kadar Karadeniz'de yaklaşık 64.000 km² 2B ve 14.000 km² 3B sismik saha çalışmaları yapılmış, bölgenin hidrokarbon potansiyeli hakkında önemli bulgular elde edilmiş, Akdeniz'de (İskenderun, Kıbrıs, Mersin, Antalya açıkları) 2005-2011 yılları arasında yapılan yaklaşık 20.000 km² 2B ve 2500 km² 3B sismik ve jeolojik çalışmalarla ise bölgenin hidrokarbon potansiyelini ortaya çıkartmak adına önemli adımlar atılmıştır.

Diğer taraftan, tüm dünyada doğalgaz piyasası dinamiklerini yeniden şekillendiren kaya gazının (shale gas) Türkiye'de aranmasına ve üretimine yönelik çalışmaların Güneydoğu Anadolu bölgesinde gerçekleştirilmesi planlanmaktadır. Güneydoğu Anadolu Bölgesi haricinde, işletme anlaşması kapsamına alınmamış ancak önümüzdeki dönemde çıkarılması gündeme gelebilecek, Trakya Havzasının Hamitabat ve Mezdere bölgelerinde de önemli miktarlarda çıkarılabilir kaya gazının bulunduğu tahmin edilmektedir.

2011 yılında toplam 2,4 milyon ton petrol üretilmiş olup, günümüze kadar toplam 137,9 milyon ton petrol üretimi gerçekleştirilmiştir. Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO) verilerinden alınan Şekil 2.4’de Türkiye ham petrol üretiminin yıllara göre değişimi gösterilmiştir. Türkiye’de yeni petrol sahalarının bulunmasıyla ve ikincil üretim yöntemlerinin geliştirilmesi sayesinde üretim düşüşünün önüne geçilmiştir. Fakat 2010 yılında yükselmiş olan üretim, 2011 yılına gelindiğinde 2010 yılına kıyasla %5,1 düşmüştür.



Şekil 2.4: Yıllar itibarıyla Türkiye ham petrol üretimi (TPAO, 2015).

Ülkemizde petrole bağımlılığı artıran unsurları şu şekilde sıralamak mümkündür:

- Petrol arama faaliyetlerinin sınırlı olması nedeniyle yerli üretimin yetersiz olması,
- Çarpık kentleşme nedeniyle plansız büyüyen şehirlerde toplu ulaşım zorlaşması ve bu nedenle kamusal hizmet statüsünde olan verimli çalışması gereken toplu taşıma araçları (hafif raylı sistem, otobüs ağı) yerine minibüslerin yoğun ve verimsiz hizmet vermesi,
- Ulaşımında karayoluna aşırı bağımlılık petrol gereksinimini artırırken alternatif olarak yük taşımacılığında demiryolu ve denizyoluna gereken önem verilmemiştir.

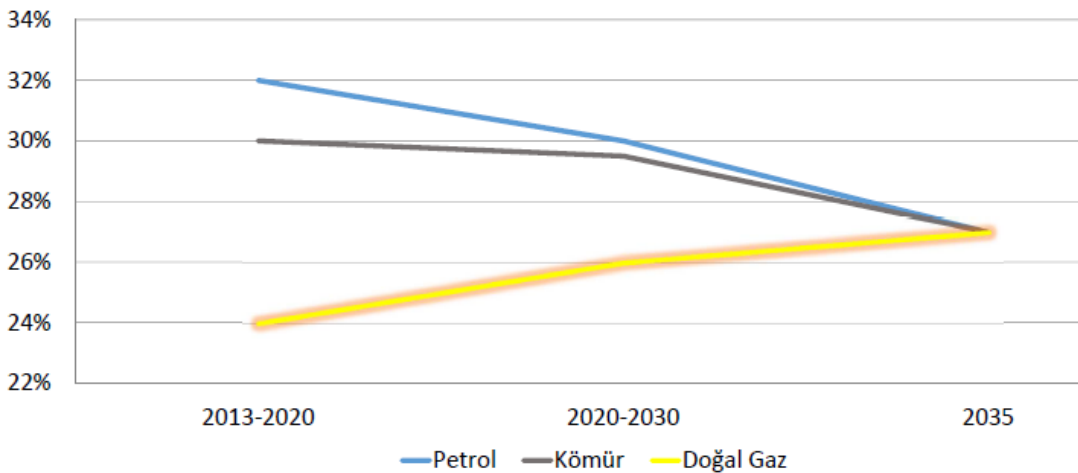
Karayolu bu şekilde yoğun kullanılmasına rağmen araç kullanımındaki bilinçsizlik ve araç bakımlarının ihmal edilmesi enerji tüketimini de arttırmaktadır. Bu konuda bilgilendirme yapılmadığı gibi sadece araç muayenelerinde inceleme söz konusudur.

- Enerji yoğun sektörler artarken; teknoloji ve emek faktörünün etkin kullanılamaması enerji tüketimini artıran sebeplerdendir.
- Petrol alternatifinde yer alan yerli ve yenilenebilir kaynaklara gereken önemin verilmemesi petrole bağımlılığı arttıran nedenler arasında sayılabilir (Güneş, 2009).

2.1.1.3 Doğalgaz

Dünya genelinde ve ülkemizde petrolden sonra ikinci sırada önem arz eden enerji kaynağı doğalgaz olmuştur. Doğalgaz; havadan hafif, renksiz ve kokusuz bir gazdır. Yer altında, petrolün yakınında bulunur. Yeryüzüne çıkarılışı petrole aynıdır, daha sonra büyük boru hatları ile taşınır (Güneş, 2009).

Doğalgaz rezervlerinin 76 trilyon metreküpü (%41) Orta Doğu ülkelerinde, 59 trilyon metreküpü (%33) Rusya ve Bağımsız Devletler Topluluğu ülkelerinde, 31 trilyon metreküpü (%17) Afrika/Asya Pasifik ülkelerinde bulunmaktadır. British Petrol 2014 Haziran ayında yayınladığı “BP Energy Outlook 2035” raporunda doğalgazın 2030’lu yıllarda zirveye ortak olacağını belirtmiştir. Şekil 2.5’de doğalgazın dünya birincil enerji tüketiminde payının yükseldiği gösterilmiştir.



Şekil 2.5: Dünya birincil enerji tüketiminde doğalgazın payı (Akbal, 2014).

2012 yılı sonu itibari ile kalan üretilebilir doğalgaz rezervimiz 6,8 milyar m³ tür. Elektrik enerjisi üretiminde doğalgaza dayalı kurulu gücümüz 2013 sonu itibarıyla 20.268 MW olup bu değer toplam kurulu gücümüzün %31,6'sını karşılamaktadır. Doğalgaz arz-talep dengesine ilişkin çalışmalara göre yıllık gaz talebini karşılamakta sorun bulunmamaktadır. Ancak, talebin yoğun olduğu kış aylarında gerek mevsim normallerinin altında seyreden hava sıcaklığına bağlı olarak günlük tüketiminin maksimum seviyeye ulaşması ve gerekse aynı dönemde kaynak ülkelerdeki veya güzergâh ülkelerindeki aksamalar, dönemsel arz-talep dengesizliklerine yol açabilmektedir. Bu kapsamda, toplam kapasitesi 2,6 milyar m³ olan Silivri doğal gaz depolama tesisinin devreye alınması mevsimsel arz/talep dengesi ve arz güvenliğinin sağlanması açısından oldukça yararlı olmuştur. Ayrıca yapımı devam eden Tuz Gölü Doğalgaz Yeraltı Depolama Projesi kapsamında birinci aşamanın 2016 yılında tamamlanarak yaklaşık 500 milyon m³ çalışma gazı kapasitesine, ikinci aşamanın ise 2019 yılında tamamlanarak toplamda 1 milyar m³ çalışma gazı kapasitesine ulaşılması planlanmaktadır. Projenin tamamlanmasıyla günlük maksimum 40 milyon m³ doğalgaz, Türkiye doğalgaz şebekesine verilebilecektir.

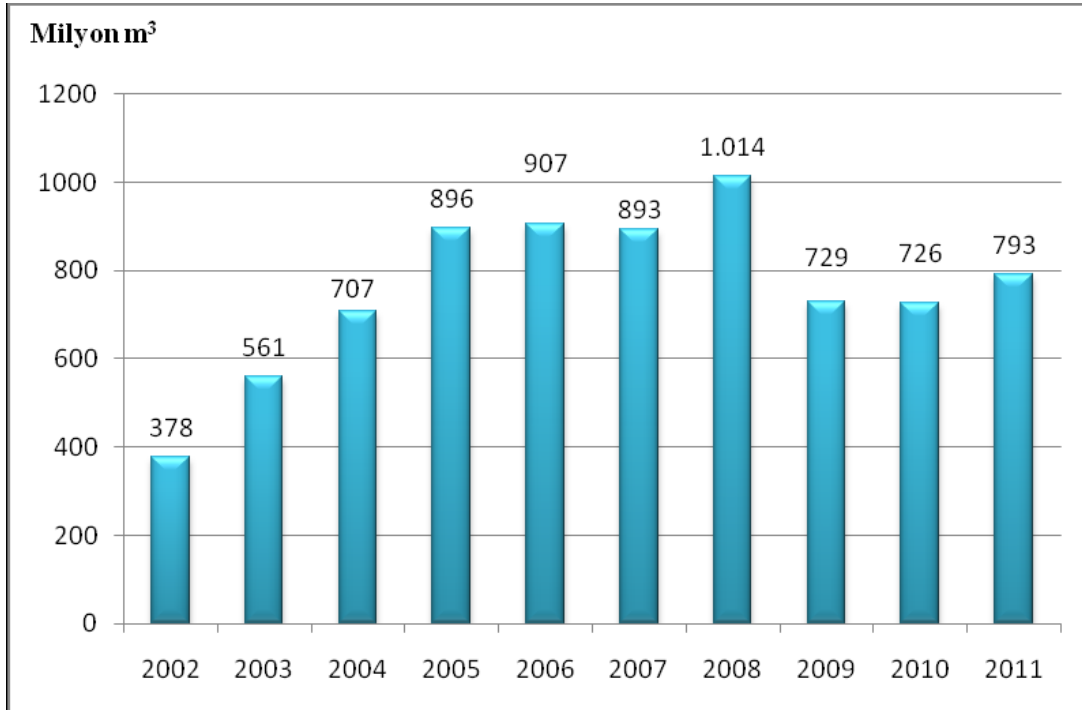
Hazar bölgesi gaz kaynaklarının ülkemize ve Avrupa pazarlarına taşınmasını amaçlayan Bakü-Tiflis-Erzurum (BTE) Doğalgaz Boru Hattı (Şah Deniz Projesi) faaliyete geçmiş ve 2007 yılı Temmuz ayından itibaren doğalgaz sevk edebilmeye başlanmıştır. 2007 yılı Kasım ayında işletmeye alınan Türkiye-Yunanistan Doğalgaz Boru Hattı ile ülkemiz doğalgaz iletim şebekesinin komşu ülkelerin altyapısıyla enterkonneksiyonu gerçekleştirilmiş ve ülkemiz doğalgazda köprü tedarikçi konumuna gelmiştir. Diğer taraftan, Hazar doğalgazını Avrupa pazarına taşıyacak olan TANAP projesine katılım konusunda ortaklık anlaşması imzalanarak, çalışmalara başlanmıştır.

Önemli bir doğalgaz rezervine sahip olan Irak'ın bu potansiyeli, gerek ülkemizin artan ihtiyacının farklı bir kaynaktan karşılanması, gerekse uluslararası projelerimiz açısından önemini korumaktadır. Bu kapsamda Irak'taki gelişmeler takip edilmektedir.

Doğalgaz rezervlerinin yoğunlaştığı bölgelerde ve boru hattı geçiş bölgelerindeki stratejik önem artmıştır. Bu konuda Türkiye'nin stratejik konumu değer kazanırken artan doğalgaz bağımlılığı da mevsimsel sorunlara yol açmaktadır.

Elektrik enerjisi üretiminde etkin kapasitede çalışan doğalgaz dönüşüm santrallerinin hızlı kurulabilmesi, diğer fosil yakıtlara göre daha az sülfür dioksit ve karbon dioksit atıkları açığa çıkarması nedenleriyle doğalgaz talebi sürekli artmaktadır. Kış aylarında evsel kullanımda ve elektrik enerjisinin yoğun kullanıldığı dönemde artan elektrik ihtiyacı nedeniyle doğalgaz talebinde mevsimsel artışlar söz konusudur. Doğalgaza giderek artan talep, özellikle de enerji üretimi dikkate alındığında, yeni jeopolitik gelişmelere ve uluslararası planda yeni bağımlılık ve saflaşmalara yol açabilecektir (Ağaçbiçer, 2010).

2002 yılından itibaren TPAO tarafından kurulan ortaklıklarla Trakya’da yeni doğalgaz keşifleri gerçekleştirilmiştir. Yeni keşifler ve eski sahalarda açılan yeni üretim kuyularının devreye girmesi ile birlikte 2001 yılında düşen doğalgaz üretimi tekrar yükselişe geçmiş ve 2008 yılında 1014 milyon m³ üretim ile tarihin en yüksek seviyesine ulaşmıştır. 2011 yılında ise toplam 793 milyon m³ doğalgaz üretilmiş ve günümüze kadar toplam 12,8 milyar m³ doğalgaz üretimi gerçekleştirilmiştir (Çelik, 2012). TPAO verilerinde alınan Şekil 2.6’da Türkiye doğalgaz üretiminin yıllar itibarıyla değişimi görülmektedir.



Şekil 2.6: Yıllar itibarıyla Türkiye doğalgaz üretimi (TPAO, 2015).

2.1.2 Nükleer enerji

Nükleer enerji, atomik parçaların çeşitli reaksiyonlarla birleşmesi veya parçalanması yoluyla elde edilen bir enerji türüdür. Nükleer reaktörler vasıtasıyla nükleer enerji elektrik enerjisine dönüştürülür. Temel olarak füzyon sonucu açığa çıkan nükleer enerji nükleer yakıt ve diğer malzemeler içerisinde ısı enerjisine, bu ısı enerjisi de kinetik enerjiye ve daha sonra jeneratör sisteminde elektrik enerjisine dönüştürülür.

Nükleer yakıtların taşınması kolaydır, tekrar kullanılmaları mümkündür. Öte yandan ilkyardım, atık yönetimi ve radyo aktivite kontrolü gibi konulardan dolayı yüksek ilkyatırım maliyetleri vardır ve uzun vadeli plan ve yatırımları gerektirmektedir. Nükleer enerji kaynaklarının amaç dışı kullanılabilme olanağı dünya barışı için tehdit oluşturabilmektedir. Bu durum ise nükleer enerjinin yoğun bir denetim sistemi altında ve uluslararası anlaşmalar doğrultusunda kullanılmasını gerektirmekte, bu da nükleer enerji kullanımını sınırlamaktadır (Savrul, 2010).

Nükleer santrallerde kullanılan yakıtlar, 10-20 yıl süre ile santral sahasında saklanacaklardır. Bu dönemde aktivitelerinin %98'inden fazlasını kaybedeceklerdir. Asıl sorunu oluşturan uzun ömürlü radyoaktif maddeler de camlaştırılacak, camlaştırılan bu maddeler de kademeli koruma mantığı çerçevesinde kurşun, beton ve korozyona dayanıklı kaplar içine konulacak, bu kaplarda jeolojik olarak kararlı bölgelerde yerin yaklaşık 1000 m altında hazırlanacak beton zırhlı galerilerde saklanacaktır. 1000 MWe gücündeki bir nükleer reaktör, yılda yaklaşık olarak 27 ton ($7m^3$) kullanılmış yakıt üretmektedir. Dünya genelinde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaştırılmasına yönelik gelişmelerin yanı sıra, nükleer enerji yatırımlarına yönelik projeler küresel ölçekte ivme kazanmaya başlamıştır. Nükleer enerji kapasitesinin 2025 yılında bugünküyle kıyaslandığında %17 artarak $4,33 \times 10^5$ MW'a çıkması tahmini nükleerin gündemden düşmeyeceğini göstermektedir (Güneş, 2009).

Normal işletme koşulları altında çalışan nükleer reaktörlerin, dışarıya verebilecekleri en fazla radyoaktivite, normal doğal radyasyon seviyesinin %0,1-1'i ile sınırlandırılmış olup pratikteki durum ise bu sınırların da altındadır.

Elektrik üretiminin sürekliliği yönünden, nükleer santraller, termik ve hidrolik santrallere göre daha güvenli ve emre amadedir.

Mayıs 2013 itibariyle, 31 ülkede 436 nükleer santral işletmede olup, 15 ülkede $6,55 \times 10^4$ MW kurulu güce sahip olacak 68 adet nükleer santral da inşa halindedir. Nükleer enerjiden elektrik üretiminin ise 2010'da gerçekleşen $2,756 \times 10^9$ MWh değerinden 2035 yılında $3,908 \times 10^9$ MWh değerine yükseleceği, ancak nükleer enerjinin toplam enerji üretimindeki payının %12,9'dan %9,7'ye düşeceği hesaplanmaktadır. Dünyadaki nükleer santral kurulu gücünün ise 2010 yılındaki $3,94 \times 10^5$ MW değerinden, 2035'de $5,24 \times 10^5$ MW'a çıkması beklenirken, nükleer kapasitede Avrupa Birliği'nde %32'lik bir düşüş öngörülmektedir. Avrupa Birliği'nde 2010 itibariyle $1,38 \times 10^5$ MW olan nükleer kurulu gücün 2035'de $9,4 \times 10^4$ MW'a inmesi beklenmektedir. 2035'e kadar Çin ($1,05 \times 10^5$ MW) başta olmak üzere OECD dışı Asya ülkelerinde $1,27 \times 10^5$ MW'lık artış tahmin edilmektedir. Rusya'nın ilave ünitelerle nükleer kapasitesini 2035 yılına kadar %50 ($1,2 \times 10^4$ MW) artıracığı düşünülmektedir. ABD'de de 5000 MW'lık bir artışla 2035 yılında $1,11 \times 10^5$ MW'a ulaşılması beklenmektedir.

Akkuyu ve Sinop'ta kurulacak Nükleer Santraller dikkate alındığında, yılda yaklaşık 80 milyon MWh elektrik üretilmesi öngörülmektedir. Bu miktarda bir elektriği doğalgaz santralinden elde etmek için yaklaşık 16 milyar m^3 doğalgaz ithaline karşılık yıllık 7,2 milyar ABD Doları (yaklaşık 13 milyar TL) ödenmesi gerekmektedir. Dolayısıyla, 3 senede sadece doğalgaz ithaline ödenecek para ile Mersin-Akkuyu'da 4 ünite nükleer santral kurulabilmektedir. Nükleer güç santrallerini, sadece elektrik üretim tesisleri olarak değerlendirmemek gerekir. Ülkemizin yarım asırlık nükleer güç santrali kurma ideali, T.C. Hükümeti ile Rusya Federasyonu Arasında Akkuyu Sahasında Bir Nükleer Güç Santralinin Tesisine ve İşletimine Dair İşbirliğine İlişkin Anlaşma'nın 12 Mayıs 2010 tarihinde imzalanmasıyla gerçekleşmeye başlamıştır.

Hızla artan elektrik talebini karşılamak ve ithalat bağımlılığından kaynaklı riskleri azaltmak üzere 2023 yılına kadar 2 nükleer güç santralının devreye alınması ve 3. santralin inşasına başlanması planlanmaktadır. Bu amaçla Türkiye Cumhuriyeti ile Rusya Federasyonu Hükümeti arasında Mersin-Akkuyu sahasında bir nükleer güç santralinin tesisine dair 27 Aralık 2010 tarihi itibariyle yürürlüğe giren anlaşma çerçevesinde kurulan, tamamı Rus sermayeli Akkuyu Nükleer Güç Santrali Elektrik Üretim A.Ş tarafından hazırlanan "Güncellenmiş Yer Raporu" 22 Mayıs 2012 tarihinde Türkiye Atom Enerjisi Kurumunun (TAEK) değerlendirmesine sunulmuş,

TAEK de 08 Haziran 2012 tarihinde raporun ayrıntılı incelenmesine geçildiğini proje şirketine bildirmiştir. Bu anlaşma ile toplam 4800 MW gücünde VVER-1200 tipinde 4 ünitelik bir nükleer santralin kurulması öngörülmektedir. Akkuyu Nükleer Enerji Santrali'nin temelleri 2015 Nisan ayında atılmış ve önümüzdeki 7 yıl içerisinde de devreye alınması planlanmaktadır. Diğer taraftan Sinop'ta da nükleer santral tesisi kurulmasına yönelik çalışmalar sürmektedir.

Ülkemizde elektrik enerjisi arz ve talep projeksiyonlarına bağlı olarak 2020 yılına kadar, nükleer enerji santrallerinin, elektrik enerjisi üretimi içerisindeki payının en az %5 seviyesine ulaşması hedeflenmektedir. Bu amaçla 5710 sayılı Nükleer Güç Santrallerinin Kurulması ve İşletilmesi ile Enerji Satışına İlişkin Kanun 2007 yılı içerisinde çıkartılmıştır.

Türkiye nükleer enerjiyle, Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi'nce 1MW gücünde TR-1 deneme reaktörünün faaliyete girdiği 1962 yılında tanışmıştır. Günümüzde Türkiye'de faaliyet gösteren araştırma amaçlı bir nükleer yakıt tesisi birimi ve biri 5 MW, diğeri 0,25 MW gücünde iki deneme nükleer reaktörü faaliyet göstermektedir.

Nükleer çalışmalardan ekonomik anlamda en büyük katkı, enerji sektöründen sağlanmaktadır. Nitekim gelişen küresel ticaret ile birlikte pek çok gelişmiş ülke, fosil enerji kaynaklarına sahip olsa dahi, nükleer enerji üretimi ile iç taleplerini karşılarken fosil kökenli enerjileri ihraç etme yoluna gitmektedirler. Bu durumun başlıca sebebi ise, aynı miktar enerjinin nükleer yolla daha ucuza üretilmesidir.

Nükleer teknolojiye sahip olan ülkeler genellikle askeri ve diğer sivil alanlarda da geniş çaplı araştırmalar yürütmektedirler. Bu durum yeni endüstriyel ve bilimsel sektörlerin ortaya çıkmasına yol açtığından, dolaylı olarak yeni yatırımların finanse edilmesine ve çeşitli nitelikteki işgücünün istihdam edilerek ulusal ekonomiye getireceği katkıya imkan tanımaktadır (Ağaçbiçer, 2010).

Nükleer santraller halkı ikiye bölen enerji santrallerinin en başındadır. Bir kısım nükleer santralleri, hem çevre etkisi bakımından tercih edilmesi gereken hem de ürettiği enerji miktarı ile mutlaka olması gerektiğini savunan kesimdir. Diğer kısım da geçmişte teknolojik bakımdan önde olan ülkelerde yaşanan nükleer kazaların çevre ve insan sağlığına etkilerini unutmayan kesimdir. Nükleer enerji santralleri hata kabul etmeyen sistemlerden oluşur.

Riskli, uygun olmayan arazilere inşa edildiği takdirde olası bir depremde büyük patlamalara dolayısıyla büyük can kayıplarına ve yıllarca sürecektir hastalıklara neden olur. Arazi temini yapılırken ÇED süreci boyunca gereken tüm araştırmalar eksiksiz yapılmalıdır. Bu yüzden nükleer enerji teknolojik açıdan çok gelişmiş, tam donanımlı ülkelerin kullanmasının uygun olduğu bir enerji kaynağıdır.

2.1.2.1 Türkiye’de nükleer enerji mecburi mi? Nükleerin alternatifi var mı?

Nükleer reaktörün en önemli “eksi”si radyoaktivitedir. Radyoaktivite doğal bir olgudur ve her yerde vardır; ancak nükleer enerji üretimi sırasında reaktör kalbinde oluşan parçalanma (filyon) ürünlerinin radyoaktivitesi çok yüksek düzeydedir. Normal çalışma koşullarında reaktör kalbinde tutulan bu radyoaktivite, bir kaza sırasında en önemli sorunu oluşturur.

Nükleer enerjinin 50-60 yıllık geçmişinde 7 önemli kaza olmuş ve bunların ikisi insan ve çevre üzerinde ciddi etkilere yol açmıştır. Çernobil (1986, Ukrayna) sırasında ve sonraki kısa süreçte 60 civarı can kaybı olmuştur. 9.0 şiddetindeki deprem ve peşinden gelen tsunaminin yol açtığı, 2011 Mart’ından yıl sonuna kadar süren Fukushima (Japonya) kazasında ise 3 kişi hayatını kaybetmiştir. Ancak mesele kısa vadedeki yaşam kayıpları ile sınırlı değildir. Nükleer kazalarla ilgili bir başka endişe kaynağı kaza sırasında etrafa yayılan radyoaktif maddelerin neden olabileceği uzun vadeli risklerdir.

Türkiye’de hidroelektrik potansiyelinin sadece üçte biri kullanılmaktadır. Rüzgarda ise 20.000 MW’lık potansiyel olmasına rağmen kurulu güç 3630 MW civarındadır. Sadece Boğaz’ın altındaki akıntıdan 5000 MW’lık güç elde edilebileceği de belirtilmektedir. Türkiye’nin güneş potansiyeli de çok fazladır. Bu değerlendirme sonucu olarak nükleere alternatif yenilenebilir temiz enerji kaynaklarına yönelim olabilmektedir. Sinop rüzgar, Mersin güneş enerjisi santralleri için uygun bölgeler olarak görülmektedir

Bu konu üzerine bazı uzmanların farklı görüşleri olmuştur. Örneğin, Nükleer Enerji Uzmanı Prof. Dr. Hayrettin Kılıç, nükleer enerjinin günümüz dünyasında mecburi olmadığını, atığına çare bulunmadığını, kurulumunun çok pahalı ve çok riskli olduğunu belirtmiştir. Hacettepe Üniversitesi Nükleer Enerji Bölüm Başkanı Prof. Dr. Okan Zabunoğlu ise nükleer enerjinin ülkemiz için mecburi olduğunu, çağımız ancak nükleerle yakalayabileceğimizi belirtmiştir.

Nükleer enerji ile rüzgar enerji santrali arasında bir karşılaştırma yaparsak; nükleer santralde 1000 MW kurulum gücü için gerekli olan maliyet en az 3 milyar euro olarak ölçülüyor. Oysa rüzgarda aynı gücü yakalamak için 1.2 milyar euro'luk yatırım hesabı çıkıyor. Ancak rüzgarla nükleer santralde aynı kurulu güçten aynı miktarda elektrik üretilmiyor. Üretilen elektriğe göre maliyet nükleerde 7,4 euro/cent, rüzgarda ise 7-9 euro/cent olarak hesaplanıyor. Ancak burada hesaba katılmayan rüzgar santrallerinin kurulduktan sonra bakım-onarım maliyetlerinin çok az olduğu ve yakıt giderinin olmadığıdır. Nükleer santraller ise yakıtta dışa bağımlıdır ve herhangi bir kaza ya da teknik arıza durumunda ciddi mali faturalar çıkarır. Çalışmayan bir türbini birkaç teknisyenle tamir edersiniz ama arıza yapan santralin tamiri bazen haftalar hatta aylar sürer. Rüzgar santrallerinin kaza riski, atık sorunu gibi toplumsal maliyeti yoktur. Bunlar hesaba katıldığında rüzgar dururken nükleere yatırım yapmak sadece ekonomik açıdan değerlendirildiğinde bile ciddi bir hata olarak kabul edilebilir. Ayrıca tercihin istihdama yönelik farkına da dikkat çekiliyor. 4800 MW'lık Akkuyu Santrali'nde en çok 200-300 kişi istihdam edilecek. Oysa 4800 MW'lık rüzgar santrali kurulduğunda en az 72.000 kişiye de iş imkanı yaratılmış oluyor (EPPAM, 2015).

Türkiye, nükleer enerji konusunda bilgi birikimini arttırmalı, orta ve uzun vadede yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik ihtiyacını karşılamakta yetersiz kalma olasılığına karşı, enerji planlamasında; risklerin ortadan kalktığı, yeni teknolojilerin geliştiği ve atık sorununun çözüldüğü koşulların oluşması halinde; nükleer enerjiden de yararlanma imkanlarını öngörmelidir. İlgili tüm kesimlerin katılımıyla, katılımcı ve şeffaf bir anlayışla Ulusal Nükleer Enerji Strateji Belgesi ve Eylem Planı hazırlanmalı ve uygulanmalıdır. NES kazalarının ülkemiz ve insanlarımıza olumsuz etkilerine karşı, Acil Eylem Planları kamuoyunun bilgisine sunulmalı ve ilgili tüm kesimlerin görüşleri alınarak dünya standartları düzeyine kavuşturulmalıdır (Türkyılmaz, 2015).

Halka rağmen değil, halkın desteği ile bu işi yapmak da bir başka önemli husustur. Halkla ilişkiler konusunda ciddi ve kapsamlı çalışmalar yapılmalıdır. Kamuoyunun güvenini kazanmak ve desteğini sağlamak noktasında “şeffaflık” çok belirleyici bir unsurdur. Nükleer enerji ve/veya teknoloji edinme uğruna belli standartlardan taviz verilmemelidir.

Her şeyin uluslararası standartlara göre yapılmasının; işlerin uygun tahsile ve vasıflara sahip elemanlara teslim edilmesinin ve her aşamada şeffaflığın ve kararlılığın korunması çok önemlidir. Tüm bunların sağlanmasında, güçlü ve bağımsız bir denetim kurumu en önemli rolü üstlenecektir (Zabunoğlu, 2012).

Nükleer enerji; ekonomik, sosyal ve ekolojik maliyeti yüksek, etik anlamda tartışmalı bir seçenektir. 2050 yılına kadar %100 yenilenebilir enerjiye geçişin mümkün olduğunu ortaya koyan bilimsel çalışmaların yayınlandığı günümüzde, atıkları 10.000 yıl boyunca tehlike oluşturan nükleer enerji, sürdürülebilir bir çözüm olarak öne sürülmemelidir. Düşük karbon emisyonları nedeniyle enerji krizinin çözümünde bir seçenek olarak gösterilen nükleer enerjinin, yalnızca atık sorunu düşünüldüğünde bile, girilmemesi gereken bir yol olduğu düşünülmektedir.

2.2 Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Temiz enerji kaynakları ve yeşil enerji olarak da tanımlanan yenilenebilir enerji kaynakları dünyamızın geleceği için hayati önem taşımaktadır. Enerji üretiminde yaygın olarak kullanılan fosil yakıtların yakın gelecekte tükenecek olması, daha da önemlisi fosil yakıt kullanımı sonucu oluşan çevre sorunlarının her geçen gün artarak dünyadaki canlı yaşamını tehdit eder boyutlara ulaşması, yenilenebilir enerji kullanımının artırılmasını zorunlu hale getirmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları, yeryüzünde çoğunlukla herhangi bir üretim sürecine ihtiyaç duymadan temin edilebilen, fosil kaynaklı olmayan, çevreye zararı ve etkisi geleneksel enerji kaynaklarına göre çok daha düşük olan, sürekli bir devinimle yenilenen ve kullanılmaya hazır olarak doğada var olan enerji kaynaklarını ifade eder.

Dünyada var olan ve gerçekleşen doğal olaylar sonucunda elde edilebilen bu enerjiler; hidroelektrik enerjisi, rüzgar enerjisi, güneş enerjisi, jeotermal enerji, biyokütle enerjisi, okyanus kaynaklı dalga ve gel-git enerjisidir. Bu kaynaklar kullanıldıkça tükenmez, kısa süre içerisinde yenilenir (Adıyaman, 2012).

Dünyanın 21. yüzyılda karşı karşıya bulunduğu en büyük sorunlardan biri güvenli enerji tedarikidir. Günümüzde, ülkelerin enerjiyi üretme ve kullanma biçimi sürdürülebilir değildir. Bunun en açık kanıtı insan kaynaklı iklim değişikliğidir. Enerji tüketiminin 1990-2008 yılları arasında %40 arttığı dünyada, enerjinin %80'i fosil kaynaklıdır.

Fosil yakıtlara bağımlılık ekonomiye yük oluşturma yanısıra iklim değişikliğine neden olan sera gazlarının atmosferde birikmesine de yol açmaktadır. İklim değişikliğinin hem insanlık, hem de gezegenimiz için geri dönelemez sonuçlara yol açmasını önlemek için küresel ısınmayı 1,5 derecenin altında tutmamız gerekmektedir. Başka bir deyişle, atmosferdeki sera gazı seviyesini ppm ile sabitlemek zorundayız. Bunun tek yolu fosil yakıtların enerji üretimindeki payını azaltmak ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmektir (Mutlu, 2013).

WWF tarafından yayınlanan “Enerji Raporu, 2050’de %100 Yenilenebilir Enerji” 2050 yılına kadar küresel enerji arzının tamamının yenilenebilir enerjiden karşılanabileceğini ortaya koymaktadır. Teknik, yasal, toplumsal ve ekonomik anlamda gerçekleştirilecek küresel dönüşümlerle önümüzdeki 40 yıl içerisinde artan enerji gereksiniminin tamamının yenilenebilir enerjiden karşılanması mümkündür. Bunun için yalnız hükümetlerin değil, özel sektörün ve hatta bireylerin üstlenmesi gereken çok önemli roller bulunmaktadır.

Yenilenebilir enerji tükenmeyen enerji kaynağıdır ve bu kaynaklar doğada mevcut olup, enerji üretimi sırasında doğaya herhangi bir zararları da yoktur. Yenilenebilir enerjinin tanımı çeşitli şekillerde yapılmıştır. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu’nun 04/08/2002 tarih ve 24836 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği’ne göre; rüzgar, güneş, jeotermal, dalga, gel-git, biyokütle, biyogaz ve hidrojen enerjisine dayalı üretim tesisleri ile rezervuarsız nehir ve kanal tipi hidroelektrik üretim tesisleri ve kurulu gücü 20 megavat (MW) ve altında olan rezervuarlı hidroelektrik üretim tesisleri yenilenebilir enerji sınıfında değerlendirilmektedir (Savrul, 2010).

Ülkemiz yenilenebilir enerji kaynakları bakımından oldukça zengin bir yatağa sahiptir. Buna rağmen kullanım oranı kaynak yoğunluğuna oranla düşüktür.

Türkiye’de yenilenebilir enerji kullanımının artırılması amacıyla çeşitli teşvikler yapılmaktadır. 6446 sayılı Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliğine göre yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması durumunda lisans bedelinin yalnızca %1’i ödenecek ve yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanan üretim tesisleri, lisans sözleşmesinde belirtilen tamamlanma süresini takip eden ilk sekiz yıl lisans ücreti ödemeyeceklerdir.

Ayrıca Türkiye Elektrik Dağıtım Kurumu (TEDAŞ) yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanıldığı üretim tesislerinin şebekeye bağlantısı için öncelik sağlayacaktır. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımına İlişkin Kanuna göre de; yenilenebilir enerji kaynaklı üretim yapan kurumlara 7 yıl süre ile enerjiyi Kwh'i 5 cent USD dan az olmamak ve 6 cent USD i geçmemek üzere % 20 fazlasıyla alım garantisi verilmektedir (Güneş, 2009).

En genel anlatımla, yenilenebilir enerji kaynağı, enerji kaynağından alınan enerjiye eşit oranda veya kaynağın tükenme hızından daha çabuk bir şekilde kendini yenileyebilmesi ile tanımlanır.

Yenilenebilir enerji kaynakları, genel olarak yedi gruba ayrılmaktadır;

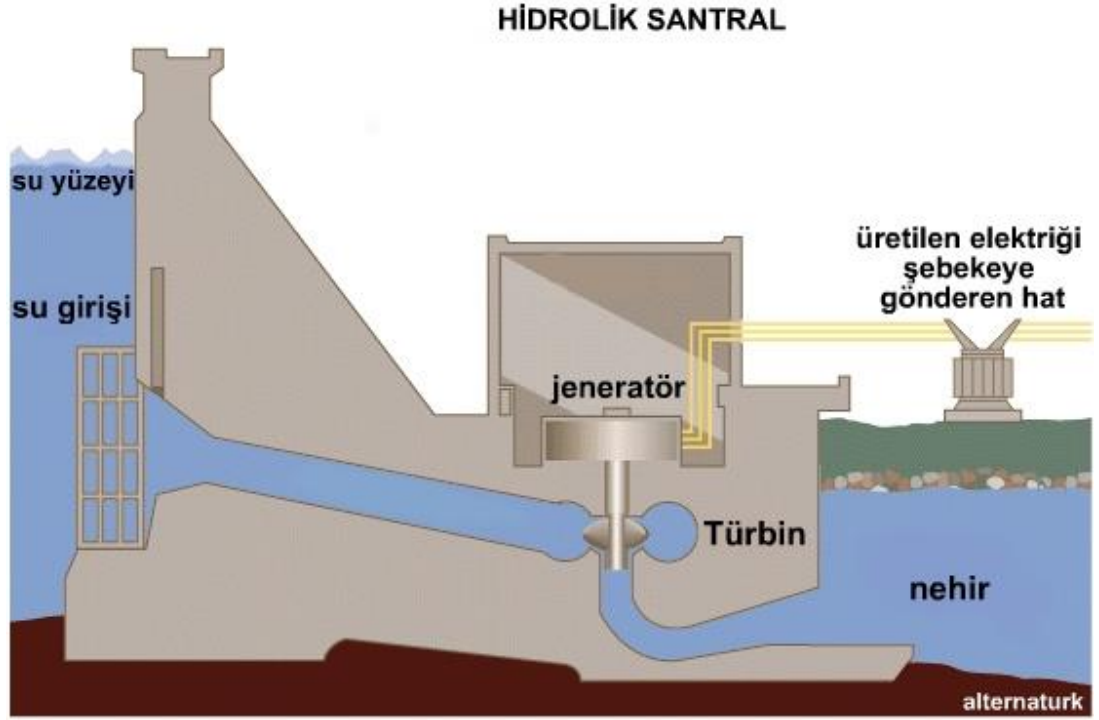
- 1) Hidroelektrik Enerjisi
- 2) Rüzgar Enerjisi
- 3) Güneş Enerjisi
- 4) Jeotermal Enerji
- 5) Biyokütle Enerjisi
- 6) Dalga Enerjisi
- 7) Hidrojen Enerjisi

Bundan sonraki aşamalarda sırasıyla hidrolik, rüzgar, güneş, jeotermal, biyokütle, dalga ve hidrojen enerji kaynaklarının Türkiye potansiyellerinden ve çevresel etkileri üzerinde durulmuştur.

2.2.1 Hidrolik Enerji

Yenilenebilir enerji kaynaklarından hidrolik enerji, yenilenebilir enerji kaynakları içinde teknoloji gelişimi en ileri düzeyde olan enerji kaynağıdır. Kullanılmakta olan en eski enerji kaynaklarından biri olan hidrolik enerjinin kaynağı sudur. Bu nedenle hidroelektrik santraller bir su kaynağı üzerinde olmak zorundadır. Elektriği uzun mesafelere ileten teknoloji bulunduktan sonra, hidrolik enerji daha da çok kullanılır olmuştur. Hidroelektrik santraller akan suyun gücünü elektriğe dönüştürürler. Akan su içindeki enerji miktarını, suyun akış ya da düşüş hızı belirler. Büyük bir nehirde akan su büyük miktarda enerji taşımaktadır. Ya da su çok yüksek bir noktadan düşürüldüğünde de yine yüksek miktarda enerji elde edilmektedir.

Her iki yolla da kanal ya da borular içine alınan su, türbinlere doğru akar, elektrik üretimi için pervane biçiminde kolları olan türbinlerin dönmesini sağlar. Türbinler jeneratörlere bağlıdır ve mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürürler (Özcan, 2013). Şekil 2.7’de hidrolik enerji üretim şemasında üretim aşamaları gösterilmektedir.



Şekil 2.7: Hidrolik enerji üretim şeması.

Hidroelektrik santraller en önemli ve enerji üretiminde en büyük paya sahip yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Yağmur ve karla yükseklerle taşınan suların potansiyel enerjisi türbin ve jeneratörler vasıtasıyla elektrik enerjisine dönüştürülür. Hidroelektrik her yıl yağışlar tekrarlandığı için yenilenebilir olarak nitelenen enerji kaynağı grubundandır. 1 MW kurulu güçten düşük olan hidroelektrik yapılara küçük hidroelektrik santraller (KHES) adı verilir. Bunlar büyük düşü (suyun yüksekten düşürülmesi ilkesi ile elektrik üreten) barajları gerektirmeden küçük akarsulara kurulabilen, küçük yerleşim yerlerine elektrik enerjisi sağlayan türbin düzenekleridir.

Elektrik enerjisi üretiminde fosil ve nükleer yakıtlı termik, jeotermal ve doğalgazlı santraller yanında hidroelektrik santrallerin (HES) yenilenebilir ve puant çalışma gibi iki önemli özelliği vardır. HES ilk yatırım maliyeti yönünden de doğalgaz santrali dışında diğer termik ve nükleer santrallerle rekabet edecek konumdadır.

İşletilmesi ekonomiktir ve çevrecidir. Hidrolik potansiyelin ulusal ve yenilenebilir bir kaynak olması, HES'lerin ekonomiye faydaları ve yerli yapım oranının diğer santrallere oranla daha yüksek olması gibi sebepler dikkate alınarak, hidroelektrik potansiyelini değerlendirme oranının önümüzdeki 20 yıl içerisinde asgari %90 düzeyine getirilmesi ülkemizin yararına olacaktır (Çelik, 2012). Ülkemizin başlıca ulusal ve yenilenebilir enerji kaynağı olan hidroelektrik potansiyelinin değerlendirilebilmesi için; yakıt masrafı olmayan, dolayısıyla işletme maliyeti çok düşük olan, yük taleplerine kolaylıkla uyum gösteren ve alternatif enerji kaynaklarına göre çevresel etkileri az olan büyük HES'lerin öncelikle inşa edilerek işletmeye alınmalarının gerekliliği kadar, yapımı daha kısa süren ve enterkonnekte sisteme bağlanma zorunluluğu olmayan küçük HES'lerin de çoğaltılması büyük önem taşımaktadır. Küçük suların değerlendirilmesi, bulundukları yöreye enterkonnekte şebekenin ulaşma zorunluluğunu da ortadan kaldıracığından, iletim şebekelerindeki kayıplarda önemli bir azalma meydana getirecektir. Ülkemizin her köşesine yayılmış olan akarsular üzerinde kurulacak küçük HES'ler, hem enterkonnekte şebekenin yükünü hafifletecek, hem de iletim ve dağıtım kayıplarını azaltıcı ve ulusal şebekenin stabilitesini arttırıcı bir rol oynayacaktır (Mutlu, 2013).

2.2.1.1 Türkiye’de hidrolik enerji potansiyeli

Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü verilerine göre ülkemizde 1487 adet Hidroelektrik Santral Projesi bulunmaktadır. Bunlardan 503 adedi işletmede olan, 143 adedi inşaatı devam eden projelerdir. Böylece ülkemiz toplam 47.857 MW kurulu gücünde, 163.890 GWh/yıl enerji üretebilecek bir hidroelektrik kapasiteye sahiptir (DSİ, 2014 Faaliyet Raporu). Çizelge 2.3’de Devlet Su İşleri 2014 Faaliyet Raporu verileri kullanılarak Türkiye’deki hidroelektrik enerji potansiyelleri belirtilmiştir.

Ekonomik olarak yararlanılabilir hidroelektrik potansiyeli ifade eden “ekonomik potansiyel”, bir akarsu havzasının hidroelektrik enerji üretiminin ekonomik optimizasyonunun sınır değerini gösteren, gerek teknik açıdan geliştirilebilmesi mümkün, gerekse ekonomik yönden tutarlı olan tüm hidroelektrik projelerin toplam üretimi olarak tanımlanabilir.

Çizelge 2.3: Türkiye’de hidroelektrik enerji potansiyeli (DSİ, 2015).

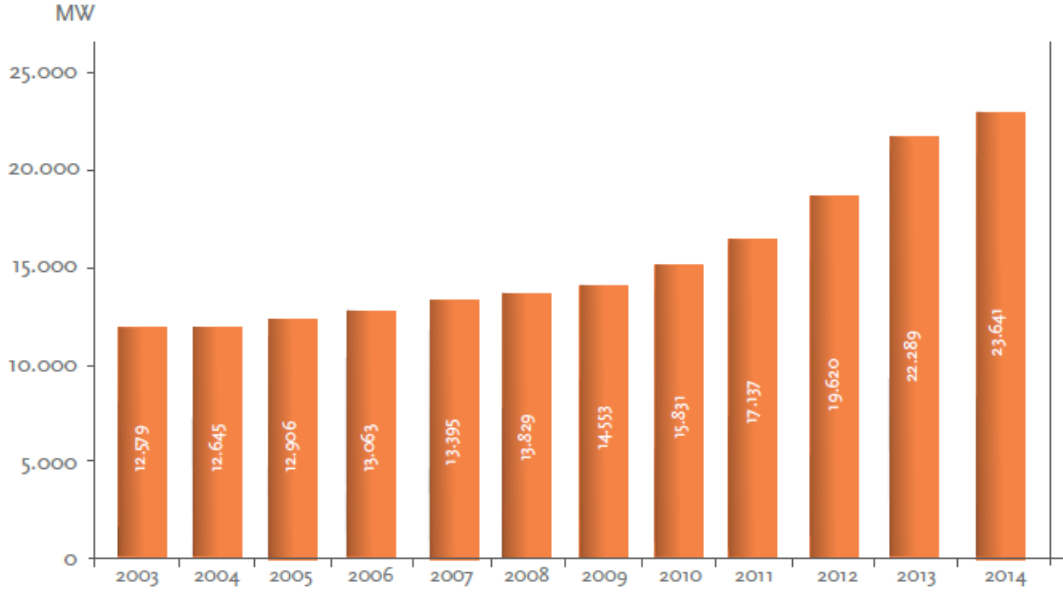
Potansiyel	HES Adedi	Toplam Kurulu Kapasite (MW)	Ortalama Yıllık Üretim (GWh/yıl)	Oran (%)
İşletmede	503	23.694	83.046	51
İnşaat Halinde	143	8.137	24.779	15
İnşaatına Henüz Başlanmayan	841	16.026	56.065	34
Toplam	1.487	47.857	163.890	100

6446 SAYILI ELEKTRİK PİYASASI KANUNU ÇERÇEVESİNDE ÖZEL SEKTÖRCE GELİŞTİRİLECEK PROJELER (Ülke Geneli)						
Faaliyet	Ortalama Yıllık Üretim (GWh/yıl)	Oran (%)	Toplam Kurulu Kapasite (MW)	Devlet (MW)	Özel Sektör (MW)	HES (Adet)
İşletmede	31.225	29	23.694		8.994	362
İnşaat Halinde	18.618	20	8.137		6.197	139
Planlama ve Proje	50.642	51	16.026		14.444	759
Toplam	100.485	100	47.857		29.635	1.260

6446 SAYILI ELEKTRİK PİYASASI KANUNU ÇERÇEVESİNDE ÖZEL SEKTÖRCE GELİŞTİRİLECEK PROJELER (GAP)						
Faaliyet	Ortalama Yıllık Üretim (GWh/yıl)	Oran (%)	Toplam Kurulu Kapasite (MW)	Devlet (MW)	Özel Sektör (MW)	HES (Adet)
İşletmede	22.752	68	6.151	4.849	1.281	31
İnşaat Halinde	7.543	22	2.565	1.230	612	11
Planlama ve Proje	3.336	10	1.834			44
Toplam	33.631	100	10.550	6.079	1.893	86

(1 GWh/yıl = 1000 MWh/yıl)

Bir başka deyişle ekonomik olarak yararlanılabilir hidroelektrik potansiyel, beklenen faydaları (gelirleri), masraflarından (giderlerinden) fazla olan su kuvveti projelerinin hidroelektrik enerji üretimini göstermektedir (EİE, 2014). Ülkemizdeki brüt hidroelektrik potansiyel $4,33 \times 10^8$ MWh/yıl, teknik potansiyel $2,16 \times 10^8$ MWh/yıl ve ekonomik potansiyel ise $1,4 \times 10^8$ MWh/yıl dır. Türkiye’nin $4,33 \times 10^8$ MWh/yıl olan brüt potansiyeli Dünya’nın toplam potansiyelinin %1’i, Avrupa’nın toplam potansiyelinin %16’sı civarındadır. Ülkemizdeki elektrik tüketimi ise her yıl %6-8 arasında artış göstermektedir (DSİ, 2014). Türkiye’nin bugün itibarıyla ekonomik olduğu belirlenen yıllık 140 milyon MWh hidrolik enerji potansiyelinin %44’lük kısmı işletiliyor. Türkiye, sudan elektrik üretme potansiyelinin yaklaşık olarak yarısını kullanıyor. ETKB’nin 2014 Enerji Faaliyeti Raporu’ndan uyarlanan Şekil 2.8’de Türkiye’de yıllar itibarıyla hidrolik enerji kurulu gücünün değişimi görülmektedir.



Şekil 2.8: Hidrolik enerji kurulu gücünün yıllar içindeki değişimi (ETKB, 2014).

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı verilerine göre, yerli ve yenilenebilir enerji potansiyelinin daha fazla kullanılmasına yönelik projeler arasında birçok su kaynaklı yatırım bulunuyor. Devreye alınan su kaynaklı enerji üretim tesisleriyle Türkiye'nin 2002'de 12.241 MW olan hidrolik kurulu gücü, 2014 yılı Eylül ayı itibarıyla 23.455 MW'a ulaşmıştır. Hidrolik kurulu gücünde söz konusu dönemde %78'lik artış görülmüştür. 2014 yılının Eylül ayı itibarıyla 190 milyon MWh'lik elektrik üretiminin %47,8'i doğalgazdan, %17,2'si hidrolikten, %29'u kömürden sağlanmıştır. Aynı dönemde 68.230 MW olan elektrik üretimindeki kurulu gücün %34,4'ünü hidrolik, %31,1'ni doğalgaz, %20,6'sını kömür tesisleri oluşturmuştur. Ayrıca Türkiye'de Eylül sonu itibarıyla 504 hidrolik elektrik üretim tesisi bulunmaktadır.

Türkiye, enerji sektöründe rekabete dayalı yatırım ortamının geliştirilmesi ve şeffaf bir piyasa yapısının oluşturulması yönünde adımlar atmaya devam etmekte olup özel sektöre açılan elektrik üretim sektöründe özellikle yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik yürürlüğe konulan yasal düzenlemelerin de etkisiyle, hidroelektrik santral (HES) yapmak üzere Ocak 2013 itibarıyla 12.515 MW'lık 560 santral lisans almış durumdadır. 2013 yılı sonu itibarıyla, işletmede bulunan 458 adet HES ile 22.289 MW'lık kurulu güce ve toplam potansiyelin yaklaşık %34,8'sına karşılık gelmektedir. 2013 yılında elektrik üretimimizin, %24,8'i hidrolikten elde edilmiştir.

Son yıllarda yaşanan kuraklıklar hidroelektrik santrallerinden beklenen katkının sağlanamamasına neden olmaktadır. Ancak hidroelektrik üretimi 2013 yılında 2012 yılına göre %2,4 oranında artarak 59.245 MW olarak gerçekleşmiştir. Teknik ve ekonomik olarak değerlendirilebilecek tüm hidroelektrik potansiyelin 2023 yılına kadar elektrik enerjisi üretiminde kullanılması, 2023 yılına kadar 36.000 MW olan hidroelektrik potansiyelinin tamamının kullanılması hedeflenmiştir (ETKB, 2014).

Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü'nce Türkiye'de hidrolik kapasiteyi, hidroelektrik santral projelerinin takibinin yapılabildiği HEPA (Hidroelektrik Enerjisi Potansiyel Atlası) Şekil 2.9'da verilmiştir.

2.2.1.2 Hidrolik enerjinin çevresel etkileri

Hidroelektrik enerji üreten santraller geleneksel fosil kaynaklarla çalışan termik santraller gibi hava kirliliğine ve sera etkisine sebep olan emisyonları oluşturmazlar. Ayrıca reaksiyon çıktısı gibi atık ürünler ve partiküler maddeler ortaya çıkmadığı için çevreye duyarlı temiz enerji çeşidi olarak kabul edilmektedirler. Hidroelektrik santraller enerji üretimine yönelik olarak kullanıldığı gibi aynı zamanda sulama amacıyla çevre ziraatini geliştirmede, aşırı yağışlı geçen yıllarda sel taşkınlarını önlemede, ağaçlandırmayla estetik açıdan görünüm kazandırmakta ve su kalitesini yükseltmekte yararlanılmaktadır. Ayrıca yerleşim birimlerinin ihtiyacı olan suyu depolarlar. Hidroelektrik kaynakların olumsuz bazı yönleri günümüzde bilim adamları ve mühendisler tarafından keşfedilmiş durumdadır. Enerji üretmek amacıyla inşa edilen büyük barajlar ve diğer ekipmanların bir araya gelmesiyle geniş sistemler ortaya çıkmakta ve bu durum çevre üzerinde olumsuz etkilere sebep olmaktadır (Mutlu, 2013).

Santrallerin kurulacağı bölgede yer alan ağaçların ve diğer doğal çevrenin tahrip edilmesi kaçınılmazdır. Büyük miktarlarda suyu depolayan santraller, bölgenin mikroklimatik sisteminde bozulmalara yol açarak ekolojik dengeyi ve canlı yaşamlarını olumsuz yönde etkiler. Ekolojik dengenin bozulması ise, doğada çevrim halinde bulunan mevcut su kaynaklarının tahrip olarak enerji üretim verimliliğinin düşmesine ve uzun vadede alternatif kaynaklar arasında payı büyük olan hidrolik gücün yenilenebilirlik özelliğini kaybetmesine yol açabilir.

Hes Adı
AĞAÇALAN
AĞAÇHİSAR
AĞKOLU
AĞTAŞ
AHLAR
AKARCA
AKÇAY
AKÇAY-1
AKÇAY-2
AKGEDİK
AKHİSAR
AKKÖY
AKÖREN
AKSU (ANAKOL)
AKSU (DÜZCE)
AKSU (YANKOL)
AKŞAR
AKTAŞ
ALADAĞ
ALAKIR-1
ALAKIR-2
ALAKÖPRÜ
ALARA
ALATA
ALKUMRU
ALMUS
ALTINKAYA
ALTIPARMAK
AMBARCILI
ANGUTLU
ARAN

Havza	Proje Seviyesi	İl Adı	Tipi	Durumu
---Hepsi---	---Hepsi---	---Hepsi---	---Hepsi---	---Hepsi---

YEGM Tarafından Mühendislik Hizmetleri Yürütülen Hidroelektrik Santral Projeleri

(Son Güncelleme Tarihi : 12.12.2011)

Toplam Proje Sayısı	382	adet
Toplam Kurulu Güç	22071	MW
Toplam Enerji	78063	GWh

(Listeden HES adını seçerek ayrıntılı bilgilere ulaşabilirsiniz...)



Şekil 2.9: Türkiye hidroelektrik enerjisi potansiyel atlası (HEPA).

Besleyici özelliğe sahip nehir ve akarsuların tutulması tarım alanlarının verimliliğini düşürür ve nehir kıyılarında erozyonlara sebep olur (Acar, 2008).

Baraj gölleri doğal su kanallarının akışını engellediği için balıkların yaşam alanlarını daraltarak sayılarının azalmasına ve balıkçılık endüstrilerinin zarar görmesine neden olurlar. Bazı hidroelektrik santraller geniş su yüzeyine sahip olduğundan suda üreyen bulaşıcı hastalıkların yaygınlaşmasına vesile olurlar. Benzer çevresel etkiler kamuoyunun hidroelektrik santrallere olan tepkisini her geçen gün arttırmaktadır. Bu nedenle Dünya Bankası hidroelektrik santraller için yaptığı yardımları azaltma kararı almıştır (Ağaçbiçer, 2010).

Ancak çeşitli enerji kaynaklarına göre hidroelektrik enerji santralleri çevre dostu olmaları ve düşük potansiyel risk taşımaları sebebiyle tercih edilmektedir. Hidroelektrik santraller; çevreye uyumlu, temiz, yenilenebilir, yüksek verimli, yakıt gideri olmayan, enerji fiyatlarında sigorta rolü üstlenen, uzun ömürlü, işletme gideri çok düşük dışa bağımlı olmayan yerli bir kaynaktır.

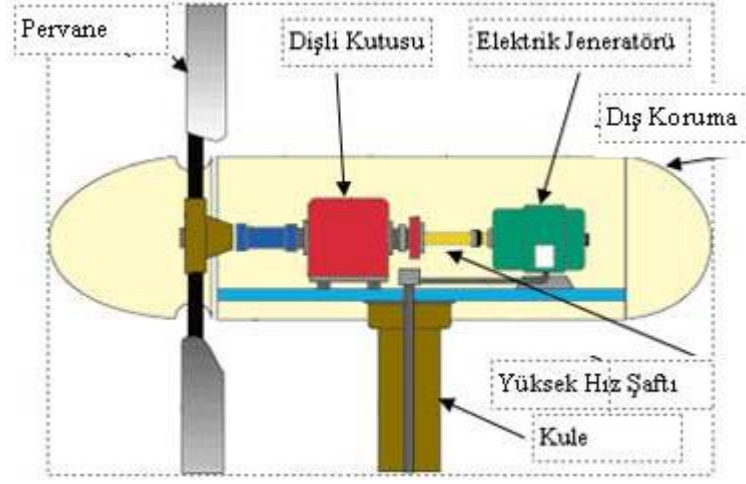
Rezervuarlı ve nehir tipi olarak yapılan hidrolik santraller, elektrik enerjisi üretimi aşamasında atmosfere hiç sera gazı emisyonu vermemektedir. Ayrıca, öteki azaltıcı ve önleyici (enerji tasarrufu, karasal karbon yutakları, taşkın önleme, su ve toprak kaynaklarının geliştirilmesi ve korunması, vb.) sektörlere yaptığı doğrudan ya da dolaylı katkı ile küresel ısınmaya neden olan emisyonlarının sınırlandırılmasında ve azaltılmasında çok yönlü katkı sağlamaktadır.

Hidroelektrik santrallerin çevre ile etkileşimi incelenecek olursa, hidro projeler, sera gazları, SO₂ ve partikül (parçacık) emisyonlarının olmaması avantajına sahiptirler. Barajların, arazi kullanımında yarattığı değişiklikler, insanların topraklarını boşaltması, flora ve fauna üzerine etkileri, dibe çökme ile baraj alanının dolması ve su kullanım kalitesi üzerinde etkileri vardır. Büyük su rezervuarlarının oluşması nedeniyle ortaya çıkan toprak kaybı sonucu doğal ve jeolojik dengenin bozulabilmesi olasılığı vardır. Bu rezervuarlarda oluşan bataklıklar, metan gazı oluşumu için uygun bir ortam oluştururlar.

2.2.2 Rüzgar enerjisi

Bir hava kütlesi mevcut durumundan daha fazla ısınırsa atmosferin yukarısına doğru yükselir ve bu hava kütlelerinin yükselmesiyle boşalan yere, aynı hacimdeki soğuk hava kütlesi yerleşir. Bu hava kütlelerinin yer değiştirmelerine rüzgar adı verilmektedir. Diğer bir ifadeyle rüzgar; birbirine komşu bulunan iki basınç bölgesi arasındaki basınç farklarından dolayı meydana gelen ve yüksek basınç merkezinden alçak basınç merkezine doğru hareket eden hava akımıdır. Rüzgarlar yüksek basınç alanlarından alçak basınç alanlarına akarken; dünyanın kendi eksenini etrafında dönmesi, yüzey sürtünmeleri, yerel ısı yayılımı, rüzgar önündeki farklı atmosferik olaylar ve arazinin topografik yapısı gibi nedenlerden dolayı şekillenir. Rüzgarın özellikleri, yerel coğrafi farklılıklar ve yeryüzünün homojen olmayan ısınmasına bağlı olarak, zamansal ve yöresel değişiklik gösterir. Rüzgar hız ve yön olmak üzere iki parametre ile ifade edilir. Rüzgar hızı yükseklikle artar ve teorik gücü de hızının küpü ile orantılı olarak değişir (Adıyaman, 2012).

Rüzgardan elektrik enerjisi yüksek kulelerin üzerine monte edilen rüzgar türbinleri yardımıyla üretilmektedir. Gelen hava türbinleri döndürmekte, türbin kanatlarının bağlı olduğu mil de jeneratörü çalıştırmaktadır. Üretilen elektrik enerjisi kablolar ile rüzgar türbini kulesindeki enerji panosuna alınır. Rüzgar türbinleri gelen rüzgarın yönüne göre konum alabilmekte ve mekanik veya güç elektroniği devreleri ile otomatik olarak kontrol edilmektedir. Kanatlar kendi ekseninde hareket edebilmekte ve yüksek hızlardaki rüzgarlarda oluşabilecek zararları önlemek için frenleme yapılabilmektedir. Rüzgar enerji santrallerinden en yüksek verimi elde edebilmek için rüzgar hızının yıllık olarak belirli bir ortalamanın üstünde ve sürekli olduğu alanlarda türbinlerin kurulması gerekmektedir. Şekil 2.10'da rüzgar enerjisi üretimi şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.10: Rüzgar enerjisi üretim şeması.

Rüzgar enerjisi; doğal, yenilenebilir, temiz ve sonsuz bir güç olup kaynağı güneştir. Güneşin dünyaya gönderdiği enerjinin %1-2 gibi küçük bir miktarı rüzgar enerjisine dönüşmektedir. Güneşin, yer yüzeyini ve atmosferi homojen ısıtmamasının bir sonucu olarak ortaya çıkan sıcaklık ve basınç farkından dolayı hava akımı oluşur. Rüzgar enerjisi uygulamalarının ilk yatırım maliyetinin yüksek, kapasite faktörlerinin düşük oluşu ve değişken enerji üretimi gibi dezavantajları yanında üstünlükleri genel olarak şöyle sıralanabilir;

- Atmosferde bol ve serbest olarak bulunur.
- Yenilenebilir ve temiz bir enerji kaynağıdır, çevre dostudur.
- Kaynağı güvenilir, tükenme ve zamanla fiyatının artma riski yoktur.
- Maliyeti günümüz güç santralleriyle rekabet edebilecek düzeye gelmiştir.
- Bakım ve işletme maliyetleri düşüktür.
- İstihdam yaratır.
- Hammaddesi tamamıyla yerlidir, dışa bağımlılık yaratmaz.
- Teknolojisinin tesisi ve işletilmesi göreceli olarak basittir.
- İşletmeye alınması kısa bir sürede gerçekleştirilebilir (YEGM, 2014).

Günümüzde dünyanın birçok yerinde çok sayıda modern yapıda rüzgar türbinleri üretilmektedir. Rüzgar türbinleri uzun süre enerji üretebilmektedir. Kesin olmamakla birlikte 20-40 yıl ömürleri bulunmaktadır. Rüzgar türbinleri ile ilgili birçok araştırma, deneme yapılmış ve günümüz şartları için en uygun türbinlerin, boru şeklinde bir kule, üç kanat ve jeneratörden oluşan modeller olduğu belirtilmiştir.

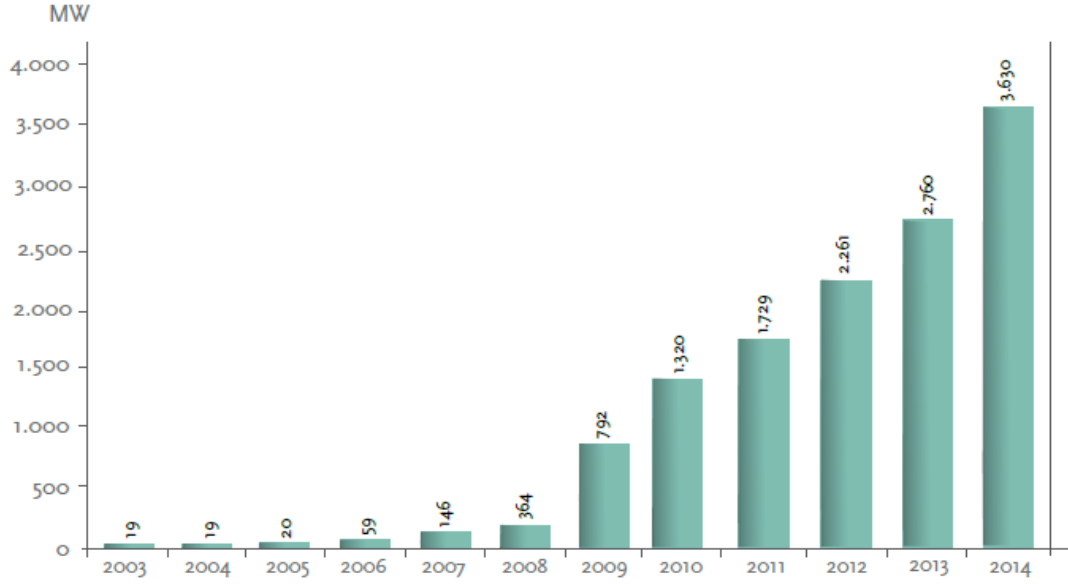
Rüzgar türbinleri uygulamaları üç grupta incelenmektedir. Bunlardan ilki, rüzgar türbinlerinde üretilen enerjinin tamamı veya kullanımdan artan kısmı ulusal elektrik şebekesine aktarılan, şebeke bağlantılı alternatif akım (AC) uygulamalarıdır. İkinci uygulama, ulusal elektrik şebekesinden bağımsız olarak, bulunan yerin enerjisini doğrudan rüzgar türbinlerinden sağlanması ile gerçekleştirilen, doğru akım (DC) uygulamalarıdır. Üçüncü uygulama ise, meteoroloji istasyonları, demiryolu sinyalizasyonu, deniz fenerleri, yangın gözetleme kuleleri gibi yerlerin elektrik enerjisi ihtiyacını karşılamak için kullanılan, uzak DC sistem uygulamalarıdır.

Rüzgar enerjisinden elektrik üretimi her geçen gün artmaktadır. Dünya genelinde rüzgar enerjisi kurulu gücü 1990 yılında 2160 MW iken, 2000’de 18.000 MW, 2007 yılında da 93.000 MW’a yükselerek büyük bir ilerleme kaydetmiştir.

Bilinen enerji kaynakları içerisinde gelişme oranı en fazla olanı yıllık ortalama %25-30 artış oranı ile rüzgar enerjisidir. Genel enerji tüketimi içerisindeki payı günümüzde yeterli düzeyde olmasa da giderek artmaktadır (Adıyaman, 2012).

2.2.2.1 Türkiye’de rüzgar enerjisi potansiyeli

Türkiye rüzgar bakımından zengin yöreleri olan bir ülkedir. 10 m yükseklikteki yıllık ortalama rüzgar hızı ve güç yoğunluğu açısından en yüksek değer 3,29 m/sn ve 51,91 W/m² ile Marmara Bölgesi’nde saptanmıştır. En düşük değer ise, 2,12 m/sn hız ve 13,19 W/m² güç yoğunluğu ile Doğu Anadolu Bölgesi’ndedir. Türkiye’nin %64,5’inde rüzgar enerjisi güç yoğunluğu 20 W/m²’yi aşmazken, %16,11’inde 30-40 W/m² arasında, %5,9’unda 50 W/m²’nin ve %0,08’inde de 100 W/m²’nin üzerindedir. Türkiye Rüzgar Santralleri Atlasına göre Marmara Bölgesinde; Balıkesir, İstanbul, Çanakkale, Ege Bölgesinde; İzmir, Manisa, Doğu Akdeniz çevresinde Hatay Rüzgar Santrallerinin yoğun olarak yer aldığı illerdir. Yer seviyesinden 50 m yükseklikteki rüzgar potansiyelleri incelendiğinde Ege, Marmara ve Doğu Akdeniz bölgelerinin yüksek potansiyele sahip olduğu görülmektedir. 7 m/s’den büyük rüzgar hızları göz önüne alınarak Türkiye rüzgar enerjisi potansiyeli 48.000 MW olarak belirlenmiştir. ETKB’nin 2014 Enerji Faaliyeti Raporu’ndan uyarlanan Şekil 2.11’de Türkiye’de yıllar itibarıyla rüzgar enerjisi kurulu gücü gösterilmiştir.



Şekil 2.11: Rüzgar enerjisi kurulu gücünün yıllar içindeki değişimi (ETKB, 2014).

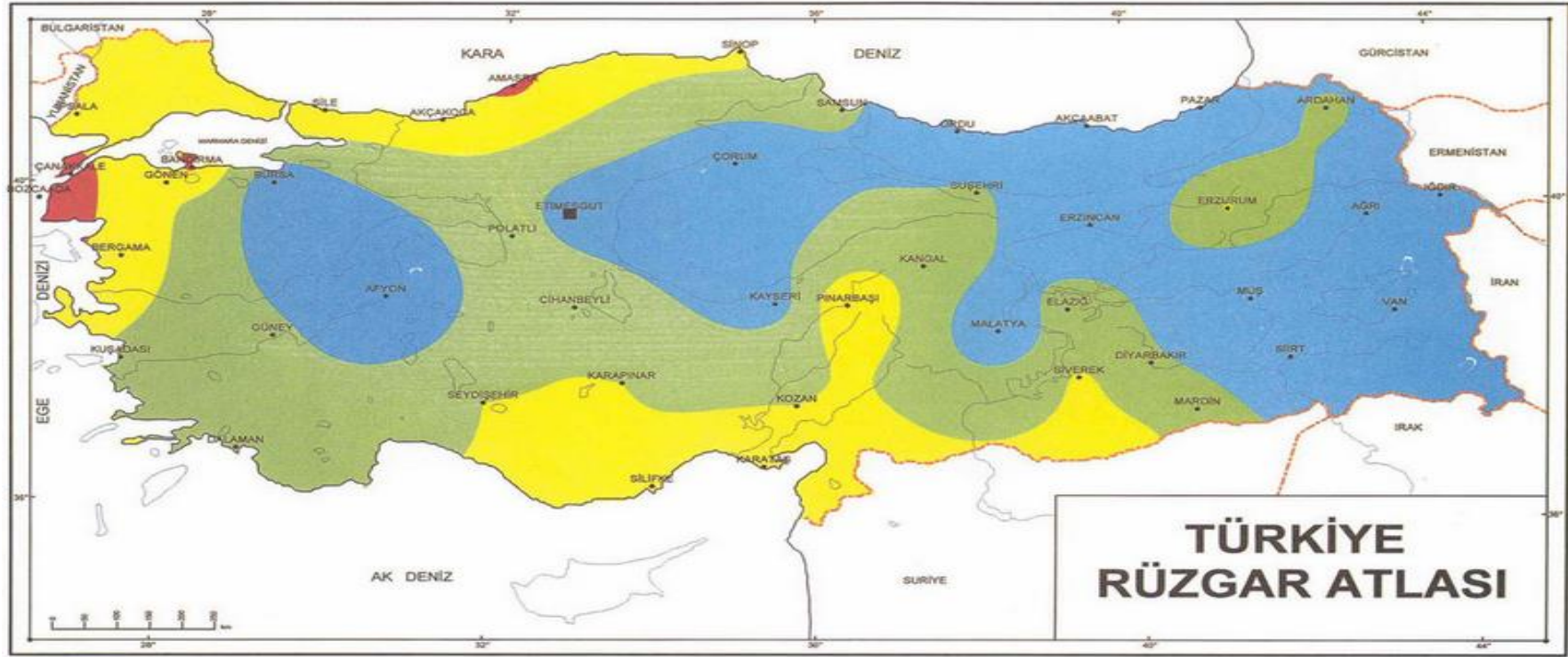
Rüzgar gücünden elektrik üretimi, yaşanan teknolojik gelişmelere bağlı olarak ekonomik değer kazanması sadece enerji sektörüne değil aynı zamanda ekolojik dengenin de bozulmadan korunmasına olumlu katkı sağlamaktadır.

Türkiye'nin 48.000 MW'lık rüzgara dayalı elektrik üretim kapasitesinin, TÜREB verilerine göre işletmede olan bölümü 803,55 MW, ETBK verilerine göre inşa halindeki bölümü ise 1000 MW'dır. Lisans verilen bütün projelerin toplamının 3.386,4 MW, başvurusu uygun bulunan projelerin ise 850,90 MW olduğu göz önüne alındığında, 48.000 MW'lık kapasitenin %88,8'inin de değerlendirmeyi beklediği görülmektedir (Mutlu, 2013).

Türkiye'de yer seviyesinden 50 metre yükseklikte ve 7,5 m/s üzeri rüzgar hızlarına sahip alanlarda kilometrekare başına 5 MW gücünde rüzgar santrali kurulabileceği kabul edilmiştir. Bu kabuller ışığında, orta ölçekli sayısal hava tahmin modeli ve mikro ölçekli rüzgar akış modeli kullanılarak üretilen rüzgar kaynak bilgilerinin verildiği Rüzgar Enerjisi Potansiyel Atlası (REPA) Türkiye rüzgar kaynaklarının karakteristiklerini ve dağılımını belirlemek amacıyla EİE tarafından 2006 yılında üretilmiş olup Şekil 2.12'de görülmektedir. Bu atlasta verilen detaylı rüzgar kaynağı haritaları ve diğer bilgiler rüzgar enerjisinden elektrik üretimine aday bölgelerin belirlenmesinde kullanılabilecek bir alt yapı sağlamaktadır (Çelik, 2012). Türkiye rüzgar enerjisi potansiyeli 48.000 MW olarak belirlenmiştir.

Bu potansiyele karşılık gelen toplam alan Türkiye yüz ölçümünün %1,30'una denk gelmektedir. Türkiye'de, 2014 yılı sonu yıllık rüzgar enerjisi üretim miktarı $8,367 \times 10^6$ MWh'dır. 2014 yılı sonu itibarıyla işletmede olan rüzgar enerji santrallerinin kurulu gücü ise 3630 MW'dır. World Energy tarafından yayınlanmış çalışmaya göre; 5,1 m/s üzeri rüzgar hızlarına sahip bölgelerin uygulamaya dönük ve toplumsal kısıtlar nedeni ile %4'nün kullanılacağı kabul edilerek, dünya rüzgar enerjisi teknik potansiyeli 53×10^9 MWh/yıl olarak hesaplanmıştır. Dünya'da 2012 yılı sonu yıllık rüzgar enerjisi üretimi $5,57 \times 10^8$ MWh/yıl olup enerji üretimi içerisindeki payı %2,6'dır. Aralık 2013 yılı sonu itibarıyla işletmede olan rüzgar enerji santrallerinin kurulu gücü ise yaklaşık olarak 3×10^5 MW 'dır.

Türkiye, Avrupa'da rüzgar enerjisi potansiyeli bakımından en zengin ülkelerden birisidir. Üç tarafı denizlerle çevrili olan ve yaklaşık 3500 km kıyı şeridi olan Türkiye'de özellikle Marmara kıyı şeridi ve Ege kıyı şeridi ile sürekli ve düzenli rüzgar almaktadır. Bu bölgelerden başlamak üzere hızla rüzgar enerjisi yatırımlarına başlanmalıdır. Türkiye'de rüzgar enerjisi başta olmak üzere yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üretimi; 6446 Sayılı Elektrik Piyasası Kanunu, 5346 Sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun ve ikincil mevzuat kapsamında teşvik edilmektedir.



	Kapalı Araziler ²		Açık Araziler ³		Kıyılar ⁴		Açık Deniz ⁵		Tepe ve Bayır ⁶	
	ms ⁻¹	Wm ²	ms ⁻¹	Wm ²	ms ⁻¹	Wm ²	ms ⁻¹	Wm ²	ms ⁻¹	Wm ²
	> 6.0	> 250	> 7.5	> 500	> 8.5	> 700	> 9.0	> 800	> 11.5	> 1800
	5.0-6.0	150-250	6.5-7.5	300-500	7.0-8.5	400-700	8.0-9.0	600-800	10.0-11.5	1200-1800
	4.5-5.0	100-150	5.5-6.5	200-300	6.0-7.0	250-400	7.0-8.0	400-600	8.5-10.0	700-1200
	3.5-4.5	50-100	4.5-5.5	100-200	5.0-6.0	150-250	5.5-7.0	200-400	7.0-8.5	400-700
	< 3.5	< 50	< 4.5	< 100	< 5.0	< 150	< 5.5	< 200	< 7.0	< 400

1. Rüzgar potansiyeli, rüzgarın gücünü temsil etmektedir. Rüzgar türbini halihazırdaki potansiyelin % 20 ile % 30 luk bölümünü kullanabilir. Potansiyel hesaplamaları; deniz seviyesinde 1 Atm lik standart basınç ve 15 °C sıcaklığa karşılık gelen 1.23 kg/m³ hava yoğunluğuna göre yapılmıştır.
2. Yerleşim alanları, ormanlar ve rüzgar kırıcıların yoğun olduğu tarım alanları (pürüzlülük sınıfı 3).
3. Az sayıda rüzgar kırıcının olduğu açık araziler (pürüzlülük sınıfı 1). İç bölgelerde en fazla tercih edilen alanlar genellikle bu sınıfta bulunmaktadır.
4. Düzgün kıyı alanları ve çok az sayıda rüzgar kırıcı içeren kara yüzeyleri (pürüzlülük sınıfı 1). Eğer hakim rüzgar yönü deniz tarafından ve sürekli ise, potansiyel daha fazla olabilir. Tam tersi durumda ise potansiyel daha az olabilir.
5. Kıyılardan en az 10 km uzaklıktaki açık denizler (pürüzlülük sınıfı 0).
6. Bütün sınıflarda % 50 ye varan bir hız artışı görülmektedir ve bu sonuç 400 m yüksekliğinde ve 4 km çapındaki simetrik bir tepede yapılan hesaplamalarda elde edilmiştir. Rüzgar hızındaki artış; tepenin yüksekliğine, uzunluğuna ve yapısına bağlıdır.

Şekil 2.12: Türkiye rüzgar enerjisi potansiyel atlası (REPA).

Temiz, yerli ve tükenmez bir enerji kaynağı olan rüzgar enerjisinde ya bileşenlerin yerli olarak üretimi ya da Türkiye'ye özgü türbin teknolojisinin geliştirilmesi için uygun politikalar oluşturulmalıdır. Bu amaçla rüzgar teknolojisi ayrıntılı bir şekilde analiz edilerek dünya rüzgar teknolojisindeki mevcut durum, gelişmeler ile mevcut yerel kabiliyetler ayrıntılı olarak değerlendirilmeli, temel hedefler saptanmalı, yerli rüzgar türbin üretiminin yaratacağı ekonomi istihdam, maliyet azaltma etkileri kapsamlı olarak belirlenmelidir. Dünya Ticaret Örgütü kurallarının, belirlenecek destek mekanizmaları üzerinde oluşturabileceği sınırlamalar gözden geçirilerek 5346 sayılı Kanun'da buna uygun düzenlemeler yapılmalıdır (Mutlu, 2013).

YEGM tarafından yapılan çalışmalarda, rüzgar enerjisi açısından Bandırma, Antakya, Kumköy, Mardin, Sinop, Gökçeada, Çorlu ve Çanakkale zengin bölgeler olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, Bandırma, Bozcaada, Çeşme, Gökçeada, Çanakkale, Karadeniz Ereğlisi, Florya ve Siverek gibi yöresel rüzgar potansiyeli belirleme çalışmaları da yapılmıştır (Adıyaman, 2012).

2.2.2.2 Rüzgar enerjisinin çevresel etkileri

Rüzgar tarlalarının geniş alan istemesi sorun gibi görülebilmektedir. Ancak, rüzgar santralinde türbinlerin kapladığı gerçek alan santral toplam alanının %1-1,2'si kadardır. Türbinlerin aralarında tarım ve hayvancılık yapılabildiğinden arazi kaybı olmamaktadır. Tarım alanlarında çiftçilik faaliyetlerine engel olmamaktadır. Rüzgar enerjisinde üretimde kullanılan doğaya hiçbir zararı olmayan rüzgar türbinleri hem fazla alan kaplamamakta, hem de kuruldukları alanda yaşayan insanlar için iş alanı yaratmaktadır. Rüzgar türbinleri kurulum bölgesinde arazi yapısına zarar vermezler. Diğer bir önemli özelliği de rüzgar türbinlerinin denizde de kurulabilir olmasıdır. Rüzgar çiftlikleri kolayca sökülebilmekte ve bulundukları arazi kolayca eski haline getirilebilmektedir.

Olumlu yönlerinin yanında olumsuz yönleri ise göreceli olsa da rüzgar santrallerinin görsel ve estetik kirliliği, gürültü yapması, kuş ölümlerine neden olması, kuşların göç yollarını değiştirmelerine neden olması, gerek radyo ve gerekse televizyon alıcılarında parazitler oluşturması (2-3 km'lik alan içinde) sayılabilir. Bu yüzden rüzgar enerjisi sistemleri inşa edilirken uygun coğrafi bölgeler dikkatli seçilmelidir (Ağaçbiçer, 2010).

Rüzgar türbinlerinden yayılan gürültüler yakın noktalarda insan kulağını az da olsa etkiler. Bu gürültülerden biri aerodinamik ya da geniş bant gürültüsü olup, bu gürültü makinenin kanatları üzerinden hava geçerken oluşur diğeri ise tonal ya da tek frekans gürültüsüdür; dişli kutusu ve jeneratör gibi dönen mekanik ve elektriksel elemanlar tarafından ortaya çıkar. Nitekim günümüzde gelişen teknoloji sayesinde mevcut sistemin ses problemi önemli ölçüde giderilebilmiştir.

Ayrıca rüzgar santralleri kırsal alanlara kurulduğundan arkeolojik açıdan önemli alanlara zarar verme riski taşımaktadır. Bu nedenle, santralin yapılacağı arazi üzerinde ayrıntılı arkeolojik araştırma yapılması gerektiğinden inşaata başlama süresi uzamakta ya da hiç yapılamamaktadır.

Rüzgar enerjisinin temiz ve yenilenebilir bir kaynak olarak yakın gelecekte popülaritesini arttırması beklenirken çevre üzerinde neden olduğu olumsuz etkilerin de önüne geçilmeye çalışılmaktadır. Termik santrallerin aksine zararlı sera gazları üretmeyip yeni gaz oluşumlarını engellerler. Dünya genelinde kullanılan rüzgar enerjisinin, karbon dioksit, sülfür dioksit ve nitrojenoksit gazı oluşumunu önlediğini, hatta Birleşik Devletleri meydana getiren ülkelerden rüzgar açısından zengin 10 tanesinin toplam rüzgar potansiyelinin %10'u oranında yararlanabildiği takdirde bile, mevcut karbondioksit emisyonunun üçte biri seviyesine indirebileceğini göstermiştir. Büyük ölçekli elektrik üretimi amacıyla kurulan rüzgar çiftlikleri görsel anlamda olumsuz etki yaratabilmektedirler. Sık aralıklarla yerleştirilen çok sayıdaki türbinin uygun bir kompozisyon oluşturacak şekilde hizalanması bu açıdan önem taşımaktadır (Gözler, 2013).

Rüzgar enerjisindeki hızlı gelişimin en önemli nedenlerinden biri de bu kaynağın çevreye yönelik olumsuz etkilerinin düşük seviyede olmasıdır. Elektrik enerjisi üretimi sırasında doğaya salınan karbon miktarının oldukça düşük seviyelerde oluşu, hava ve su kaynaklarının daha temiz ve daha sağlıklı kalmasını sağlamakla birlikte, küresel iklim değışikliklerinin yaşanmamasına da olumlu etki yapacaktır.

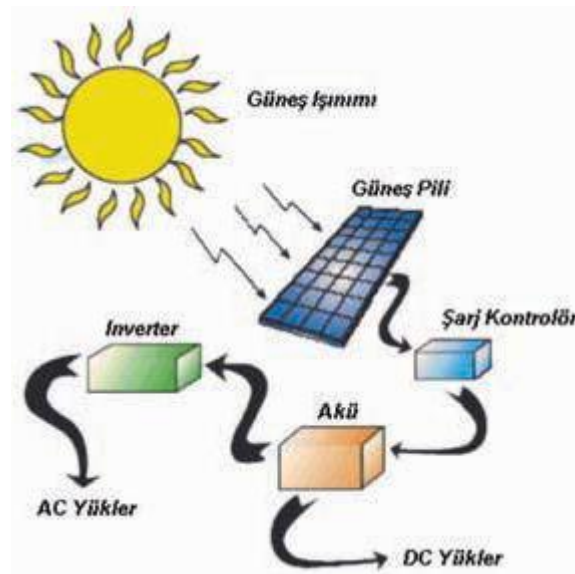
Rüzgar ile üretilen enerji, Kyoto Protokolü'ne göre yeşil enerji grubuna dahil olduğundan, enerji ihracına ortam oluşturarak yabancı sermaye girişini arttırmada önemli rol oynayabilecektir (Kuşat, 2013).

Rüzgar türbinlerinin kullanım sonrasında tasfiye edilmeleri diğeri enerji sistemlerine göre çok daha kolaydır.

Rüzgar yerli bir kaynak olduğu için dünya enerji pazarlarından büyük ölçüde bağımsız olma özelliğine sahiptir. Teknolojinin tesisi ve işletilmesi göreceli olarak basittir. Rüzgar türbinleri modüler (parçalı-değişebilir) olup, herhangi bir büyüklükte imal edilebilmekte ve tek olarak ya da gruplar halinde kullanılabilir. Rüzgar türbinlerinin işletmeye alınması, inşaatın başlamasından ticari üretime geçişine kadar, yaklaşık üç ay gibi kısa bir sürede gerçekleştirilebilir (Adıyaman, 2012).

2.2.3 Güneş enerjisi

Başlıca yenilenebilir enerji kaynağı, fosil ve hidrolik enerjinin de asıl kaynağı olan ve dünyamızı ısıtan "güneş enerjisi"dir. Güneşin enerjisi, hidrojenin helyuma dönüşmesi sırasında ortaya çıkan enerjinin ışıyım biçiminde uzaya yayılmasıdır. Güneş daha milyonlarca yıl ışımasını sürdüreceğinden, dünyamız için sonsuz bir enerji kaynağıdır. Güneş, dünyadaki tüm enerji kaynaklarına dolaylı ya da dolaysız olarak temel oluşturmaktadır. Güneş ışınları ile dünyaya 170 milyar MW güçte enerji gelmektedir. Bu değer, dünyada insanoğlunun bugün için kullandığı toplam enerjinin 15.000-16.000 katıdır. Günümüzde dünyaya ulaşan güneş enerjisinin değerlendirilmesinde iki yol izlenmektedir. Bunlar; ısıya dönüştürme ve elektrik enerjisine çevirmedir. Güneş enerjisini ısı enerjisine dönüştürmede "toplaçlar"; doğrudan elektriğe dönüştürmede de "güneş hücreleri-güneş pilleri" kullanılmaktadır. Şekil 2.13'de güneş enerjisi üretim aşamaları gösterilmiştir. Elektrik enerjisine dönüştürmede güneş pilleri kullanılmıştır.



Şekil 2.13: Güneş enerjisi üretim şeması.

Günümüzün teknolojik ve ekonomik koşullarında güneş enerjisinden özellikle ısı kullanımı önem kazanmıştır. Dünyanın küresel olarak pek kullanmadığı, ancak geleceğin en çok kullanılabilecek enerji kaynağı olan güneş enerjisinden elektrik üretimi, doğrudan dönüşüm ve dolaylı dönüşüm olmak üzere iki ayrı yöntem ile gerçekleştirilir. Bu enerji ile ısıtmadan soğutmaya çok farklı ısı etkisinin kullanıldığı uygulamaların yanı sıra değişik teknolojiler ile elektrik enerjisi üretimi de gerçekleştirilmektedir.

Fotovoltaik hücreler (PV hücreler-güneş hücreleri) gürültüsüz, çevreyi kirletmeden, herhangi bir hareket eden mekanizmaya gereksinim duymadan güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine çeviren sistemlerdir.

İnsanlar, insanlık tarihinin başlangıcından bugüne kadar güneş enerjisinin önemini fark etmiş ve bir şekilde güneş enerjisinden yararlanma yoluna gitmiştir. Güneşten teknik olarak yararlanma ısı enerjisine dönüştürme şeklinde olmuştur. Bu yönüyle güneş-ısı dönüştürümleri güneş enerjisinin teknik kullanımının en eski yoludur ve bugün de önemini korumaktadır.

Bugün için güneş enerjisinin kullanılmasının artırılması fosil yakıtların ölçülü kullanımına ve giderek azaltılmasına yardımcı olmaktadır. Güneşin kullanıldığı üç temel alan karşımıza çıkmaktadır. Bunlar:

- Yapıların ısıtılmasında güneş enerjisinin kullanılması,
- Güneş enerjisinin elektriğe dönüştürülerek kullanılması ve güneş kaynaklı elektrik santrallerinin geliştirilmesi, (çok geniş bir alana yayılmış iç bükey yüzeylerle bir noktaya odaklanmış güneş ışığından elde edilen çok büyük ısıyı kullanan termik düzeneklerin ısıttığı akışkan buhar ile dönen jeneratörlerle ya da güneş pillerinin kullanılması yoluyla güneş ışığından doğrudan doğruya fotovoltaik hücreler elektrik elde edilir)
- Geleceğin yakıtı olan hidrojenin, elektroliz yöntemi ile güneş enerjisinden hidrojen gazının sudan elde edilmesi ve elektrik üretilmesinde kullanılması.

Güneş enerjisinin kullanıldığı elektrik santralleri; güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren güneş hücreleri (solar cells) giderek yaygınlık kazanmaktadır. Başlangıçta kol saatleri, hesap makineleri gibi küçük ölçeklerde kullanılan güneş hücreleri, giderek daha geniş kullanım alanlarına yayılmışlardır.

İlk büyük ölçekli kullanım alanı olan uzay çalışmalarında, uzay araçlarına enerji sağlamada güneş gözeleri en önemli gereç olmuştur. Kullanımın yaygınlaşması ile fiyatlar da düşmüştür. Günümüzde bu gözelerle çalışan otomobiller, güneş uçağı, elektrik santralleri mevcuttur.

Fotovoltaik güç sistemleri diğer elektrik enerjisi üretim sistemleri ile karşılaştırıldığında günümüzde çok pahalı olarak görünseler de, yakın gelecekte güç üretimine önemli katkısı olabilecek sistemler olarak değerlendirilmekte ve konu üzerinde tüm dünyada yoğun araştırma ve çalışmalar sürdürülmektedir (Çelik, 2012).

Güneş enerjisi kullanımının birçok avantajlı yönü olmasına karşı bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Kullanımı sıvı ve gaz yakıtlara göre kolay değildir. Örneğin; otomobillerde kullanılan güneş pillerinin oluşturduğu güç, fosil yakıt kullanılan araçlara oranla çok düşük durumdadır. Güneşin olmadığı durumlarda güneş enerjisi ile çalışan araçların çalışmaması da diğer bir sorundur. Güneş enerjisinden yararlanmanın önündeki engellerden biri de güneş enerjisinin yaynık olmasıdır. Bu enerjinin toplanması için geniş yüzeylere ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca gece ve bulutlu günlerde bu kaynaktan enerji üretmek mümkün olmadığından kesintili bir enerji kaynağı olmaktadır. Bu durum elde edilen güneş enerjisinin depo edilmesi zorunluluğunu ortaya koymaktadır. Akümülatörler ile bu sorun çözülmeye çalışılmaktadır. Fakat akümülatör maliyetlerinin yüksekliği enerji maliyetini arttırdığından bu konuda fazla ilerleme kaydedilememektedir (Adıyaman, 2012).

Güneş pilleri; uzun ömürlü, dayanıklı, kayda değer bir çevre kirliliğı oluşturmeyen yarı iletken aygıtlardır. Çalışmaları sırasında hiçbir elektrikselle sorun çıkarmazlar ve çok az bakım gerektirirler. Modüler yapıda olan güneş pilleri birbirlerine seri ve paralel bağlanabilirler. Çok küçük güç gereksinimlerini karşılayabildikleri gibi, kendi başına bir güç santrali gibi de çalışabilirler. Verimlerinin düşük ve ilk yatırım maliyetlerinin yüksek olması güneş pili sistemlerinin en büyük dezavantajıdır. Ancak 20 yıl içerisinde maliyetinin şebeke elektriğı ile yarışabilecek düzeye geleceğı umulmaktadır.

Güneş enerjisinin diğer enerji türlerine göre avantajları aşağıdaki gibi açıklanabilir:

- Tükenmeyen bir enerji kaynağıdır,
- Temiz enerji türüdür,
- Doğabilecek ekonomik bunalımdan etkilenmez,

- Karmaşık teknolojiye ihtiyaç duymaz,
- İşletme masrafları çok azdır,
- Gaz, duman, kükürt veya radyasyon gibi zararlı atıkları yoktur.

Güneş enerjisinin diğer enerji türlerine göre dezavantajları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Birim yüzeye gelen güneş ışınları devamlı olmadığından depolama gerektirir,
- Enerji ihtiyacının fazla olduğu kış aylarında, güneş ışınları az ve geceleri ise hiç yoktur,
- Güneş enerjisinden faydalanan birçok tesisin ilk yatırım masrafları fazladır (Mutlu, 2013).

2.2.3.1 Türkiye’de güneş enerjisi potansiyeli

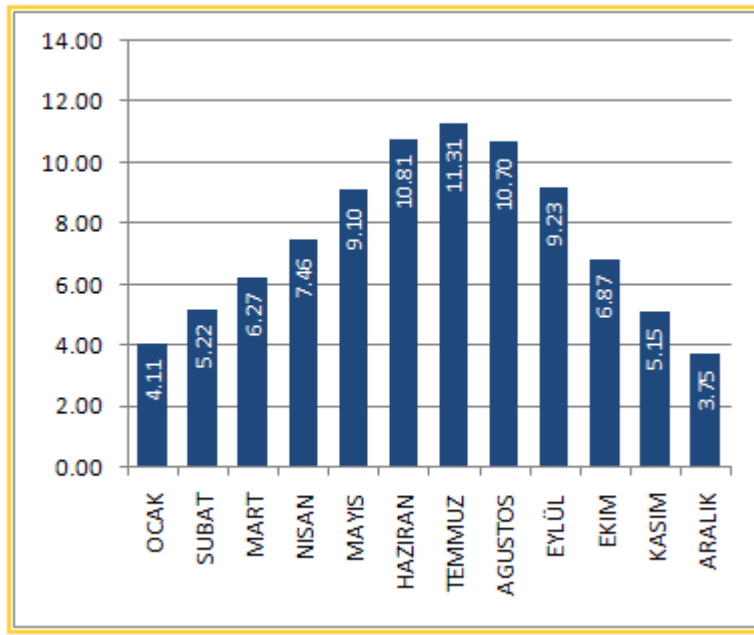
Güneş enerjisi yaşam boyu var olan, güvenilir ve ucuz enerji kaynağıdır. Güneş enerjisi potansiyeli bakımından Türkiye oldukça zengin bir coğrafi kuşaktadır. Bu sonsuz enerjiyi en iyi şekilde değerlendirmek ülkenin önceliklerine bağlıdır. Geliştirilen teknolojiler sadece güneşten en iyi şekilde yararlanmayı değil aynı zamanda en ucuz şekilde yararlanmayı da kapsamalıdır. Yeryüzüne ulaşan güneş enerjisi, mevsimler arasında ve gün boyunca aynı derecede değildir. Enerjinin daha düşük değerlerde olduğu dönem ve saatlerde de faydalanabilmek için enerjinin depolanması gerekmektedir. Depolama ihtiyacı doğrultusunda geliştirilen depolama sistemleri, enerjinin düşük değerlerde olduğu ve hiç olmadığı zamanlarda da güneş enerjisinden faydalanabilme imkanını doğurmaktadır (Mutlu, 2013). Güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren fotovoltaik sistemler kurulumu için geniş bir alana ihtiyaç duymaktadır. Fotovoltaik teknoloji ile çalışan güneş enerjisi santralleri (GES) kendi içerisindeki teknoloji türlerine göre 1 MW kurulu güç başına 10-30 dönüm (1 dönüm=1000 m²) araziye yerleştirilmektedir. GES’lerin kurulumu için ayrılacak alanların verimli alanlar olmamasına dikkat edilmelidir. Çünkü hem tarım arazileri hem de GES’lerin kurulumu için önemli ortak özellik, ikisinin de eğimi az ve güneş alan yerlere ihtiyacı duymasıdır.

Ülkemiz, coğrafi konumu nedeniyle yüksek güneş enerjisi potansiyeline sahip olması bakımından çok şanslıdır. Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü'nce hazırlanan, Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlasına (GEPA) göre, yıllık toplam güneşlenme süresi 2737 saat (günlük toplam 7,5 saat), yıllık toplam gelen güneş enerjisi 1,527 MWh/m²yıl (günlük toplam 0,0042 MWh/m²) olduğu tespit edilmiştir. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası'ndan alınan Şekil 2.14'de Türkiye güneşlenme süreleri aylara göre günlük saat bazında gösterilmiştir. Güneş enerjisi teknolojileri yöntem, malzeme ve teknolojik düzey açısından çok çeşitlilik göstermekle birlikte iki ana gruba ayrılabilir:

Isıl Güneş Teknolojileri ve Odaklanmış Güneş Enerjisi (CSP): Güneş enerjisinden ısı elde edilen bu sistemlerde, ısı doğrudan kullanılabilceği gibi elektrik üretiminde de kullanılabilir.

Güneş Hücreleri: Fotovoltaik güneş elektrliği sistemleri de denilen yarı iletken malzemeler güneş ışığını doğrudan elektrliğe çevirirler.

TÜRKİYE Güneşlenme Süreleri (Saat)



Şekil 2.14: Türkiye güneşlenme süreleri (YEGM,2015).

Ülkemizde 2012 yılı itibari ile toplam kurulu güneş kolektör alanı yaklaşık 18.640.000 m² olarak hesaplanmıştır. Yıllık düzlemsel güneş kolektörü üretimi 1.164.000 m², vakum tüplü kolektör ise 57.600 m² olarak hesap edilmiştir. Üretilen düzlemsel kolektörlerin %50'si, vakum tüplü kolektörlerin tamamı ülke içerisinde kullanıldığı bilinmektedir.

2012 yılında güneş kolektörleri ile yaklaşık olarak 8.908.800 MWh ısı enerjisi üretilmiştir. Üretilen ısı enerjisinin, 2012 yılı için konutlarda kullanım miktarı 5.800.000 MWh, endüstriyel amaçlı kullanım miktarı 3.108.800 MWh olarak hesaplanmıştır.

Fotovoltaik sistemlerin kullanımının yaygınlaşması için gerekli olan 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kanunu, 29/12/2010 yılında revize edilmiş ve 2013 de mevzuat çalışmaları tamamlanmıştır. 2013 yılı lisanslı elektrik üretimi için EPDK'ya yapılan başvuruların teknik değerlendirme çalışmaları devam etmekte olup, bu ilk safhada 600 MW kurulu güce fotovoltaik santral lisansı verilecektir. Önümüzdeki yıllarda kademeli olarak kapasite arttırılacak ve Enerji Bakanlığı'nın 2023 hedefine göre; en az 3000 MW lisanslı PV santral kurulu gücüne ulaşılacaktır. Ülkemizde halihazırda kurulmuş olan, çoğu kamu kuruluşlarında olmak üzere küçük güçlerin karşılanması ve araştırma amaçlı kullanılan fotovoltaik güneş elektriği sistemleri 3,5 MW kurulu güce ulaşmıştır (ETKB, 2014).

YEGM'nin resmi internet sayfasında belirtildiğine göre; 1992 yılından bu yana YEGM ve Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (DMI), güneş enerjisi değerlerinin daha sağlıklı olarak ölçülmesi amacıyla enerji amaçlı güneş enerjisi ölçümleri almaktadır. Devam etmekte olan ölçüm çalışmalarının sonucunda, Türkiye güneş enerjisi potansiyelinin eski değerlerden %20-25 daha fazla çıkmasının beklendiği belirtilmiştir. Türkiye ile ilgili güneşlenme süreleri vb. bilgilere ulaşılabilinen Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA) Şekil 2.15'de gösterilmiştir.

Türkiye'de özellikle Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinin güneş alma kapasitesi hayli yüksektir. Buralarda yılın tamamında su ısıtıcıları tam kapasite ile su ısıtmada kullanılmaktadır. Diğer bölgelerde ise su ısıtıcıları yılın %70'i kadar bir sürede tam kapasite çalışabilmektedir. Güneş enerjisinden su ısıtmada gösterilen başarıların elektrik elde edilmesinde de gösterilmesi için yapılan yasal düzenlemelerle birlikte çalışmalar artmıştır (Adıyaman, 2012).

Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM) yayınladığı çalışmalara göre Türkiye'nin tam ortasından güneye bir çizgi çekilirse, güney yarısında yaklaşık 12.000 km² niteliksiz arazi bulunmaktadır.

Bugünkü teknolojilerle, şebeke kısıtları gözardı edilirse bu miktar yaklaşık 500.000 MW kurulu güçte santral kapasitesine karşılık gelmektedir.

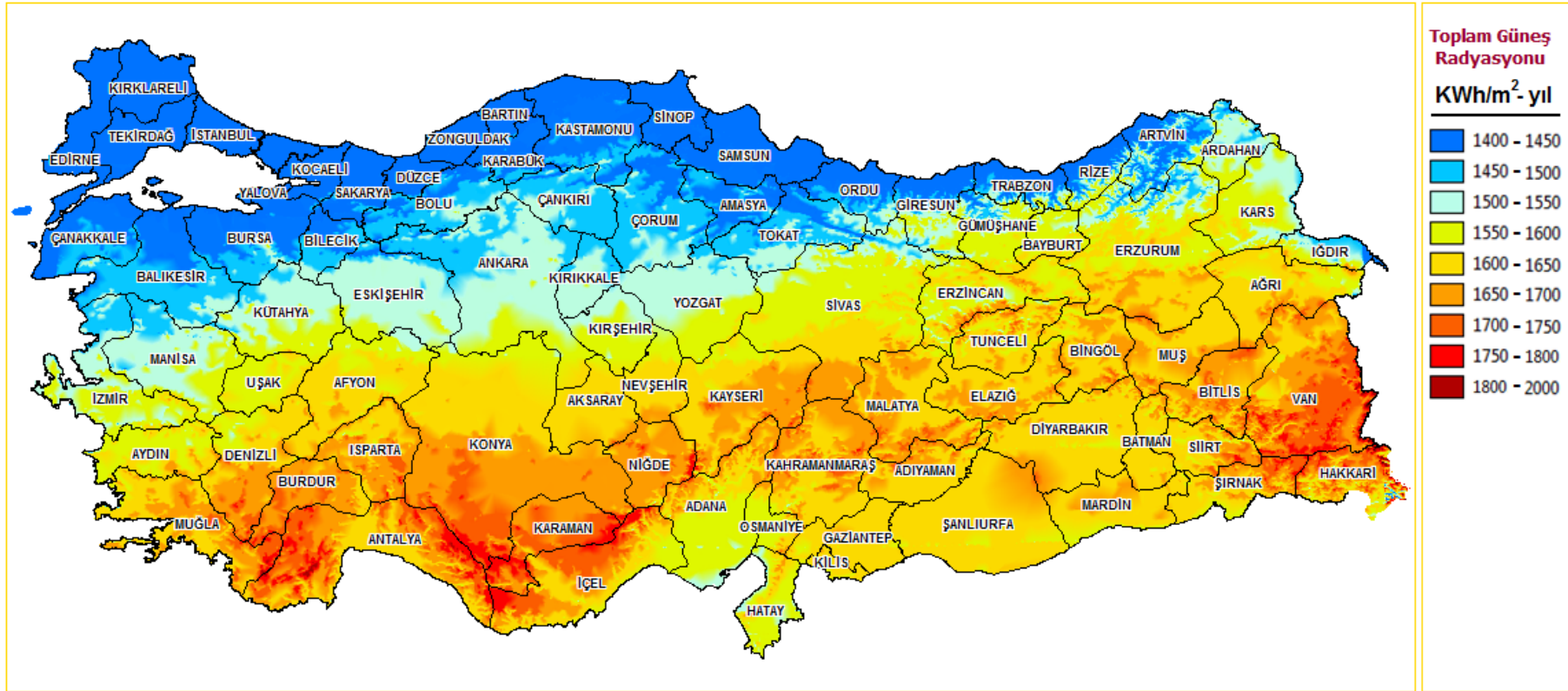
Türkiye’de tarım sektöründe israf edilen ve doğru değeriendirilememiş kaynaklar mevcuttur. Tarım arazisi olarak kullanılmaması gereken niteliksiz alanlar tarım arazisi olarak kullanıma açılmıştır. Bu çerçevede değeriendirildiğinde Türkiye nitelikli alanları tarım sektöründe kullanmak üzere değeriendirir ve niteliksiz alanları da GES’ler için kullanıma açarsa, var olan mevcut alanı en avantajlı şekilde değeriendirmiş olacaktır (Çelik, 2012).



Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü

GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYEL ATLASI (GEPA)

Acıklamalar



Şekil 2.15: Türkiye güneş enerjisi potansiyel atlası (GEPA).

2.2.3.2 Güneş enerjisinin çevresel etkileri

Alternatif enerji kaynakları arasında büyük bir potansiyele sahip olan güneş enerjisinin elektrik üretimine yönelik olarak kullanılması durumunda yüksek sıcaklıklar elde edilebilmesi için ışın toplayıcı kollektörlere gereksinim duyulur. Bu kollektörler yapısında çok sayıda odaklayıcı ayna bulundurduğu için kurulumu geniş ve açık alanlarda mümkün olmaktadır. Verimli toprakların elektrik üretimi amacıyla ayrılması sorun yaratacağından santraller için genellikle çöller tercih edilir. Aynı zamanda çöller diğer coğrafi bölgelere oranla daha fazla güneş enerjisi tutulabilmesi açısından uygundur. Hidroelektrik santrallerle karşılaştırıldığında güneş santralleri kapladıkları alan bakımından daha düşük değerlere sahiptirler. Barajlı hidrolik santraller MW başına 1 km² alan işgal ederken güneş santralleri ise sadece 0,025 km² alan işgal ederler. Bu bakımdan değerlendirildiğinde dünyanın toplam kurulu kapasitesi olan 3,2 TW için 80.000 km² bölge (Türkiye'nin yüz ölçümünün onda biri) yeterli olmaktadır. Ayrıca çöllere santral kurulmasının doğal yapıya herhangi bir zararı bulunmamaktadır.

Türkiye'nin sahip olduğu coğrafi yapısı dikkate alındığında güneş enerjisi üretimine olan uygunluğu öne çıkmaktadır. Güneş ışınlarının yoğun olarak düştüğü doğu ve güney kesimlerindeki mevcut tarıma ayrılmış elverişli toprakların çevresinde kalan yüksek kesimler ekonomik anlamda güneş enerjisi üretimi için ideal sayılan bölgelerdir.

Türkiye'nin tarıma uygun olmayan kurak ve verimsiz topraklarının toplam yüzölçümüne oranı %6 civarlarında olup güneş enerjisi üretimi için önemli miktarlarda potansiyel teşkil etmektedir. Güneş enerjisi temiz bir kaynak olup konvansiyonel fosil kaynaklar gibi sera etkisi yaratan gaz emisyonlarına sebep olmazlar. Aksine kullanımının yaygınlaşması halinde CO₂ yoğunluğunun azalmasında etkin rol oynayabilir. Nükleer enerji gibi bir takım atıklar ve havaya karışan partiküler maddeler oluşturmazlar. Ayrıca güneş enerji sistemleri sessiz çalışmakta olup gürültü kirliliği yaratmazlar.

Gücünü güneşten alan bir enerji türü olduğu için mevcut kaynak yenilenebilir özelliğe sahiptir ve sınırsız yararlanma imkanı sunar. Maliyetlerin düşürülmesi ile birlikte kullanımının yaygınlaşması ve ulusal ekonomilerin fosil kaynaklara bağımlılığının azalarak çevre tahribatının kısıtlanması amaçlanmaktadır.

Sosyo-ekonomik açıdan analiz edildiğinde güneş enerjisi, iş olanakları sağlamasının yanında enerji çeşitliliğinin arttırılmasında da önemli rol oynamaktadır. Görsel anlamda büyük güneş santralleri doğal güzelliklerin veya şehirlerin yakınına kuruldukları takdirde olumsuz etkilere neden olurken son zamanlarda konutların çatılarına sıcak su amacıyla yerleştirilen paneller mimari açıdan estetik kazandırmaktadırlar (Ağaçbiçer, 2010).

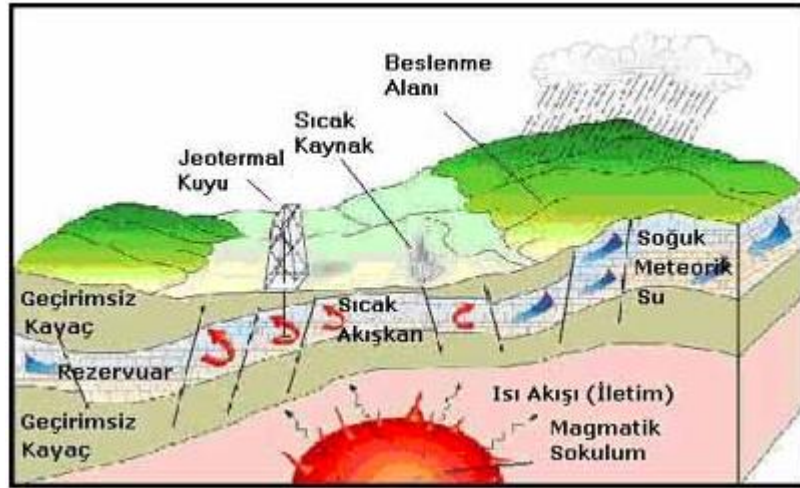
2.2.4 Jeotermal Enerji

Jeotermal kelimesi Yunanca geo (yeryüzü) ve therme (ısı) kelimelerinden gelmekte olup yer ısısı ya da yeryüzü ısısı anlamına gelmektedir. Yaklaşık 4 milyar yıl önce yüksek sıcaklıkta bir araya gelmiş toz ve gazlardan kaynaklanan yeryüzünün iç ısısı, bütün yeryüzü kayaçları içerisinde bulunan radyoaktif elementlerin bozulması sonucunda sürekli olarak yenilenmektedir. Jeotermal kaynak; jeolojik yapıya bağlı olarak yerkabuğu ısısının etkisiyle sıcaklığı sürekli olarak bölgesel atmosferik yıllık ortalama sıcaklığın üzerinde olan, çevresindeki sulara göre daha fazla miktarda erimiş madde ve gaz içerebilen doğal olarak çıkan ya da çıkarılan su, buhar ve gazlar ile yeraltına insan düzenlemeleri vasıtasıyla gönderilerek yerkabuğu ya da kızgın kuru kayaların ısısı ile ısıtılarak su, buhar ve gazların elde edildiği yerleri, ifade eder. Yani jeotermal enerji, yer kabuğunun derinliklerindeki sıcak kaya ve akışkanların ısısının zayıf katmanları geçerek yeryüzüne ulaşmasıyla elde edilen enerjidir (MEB, 2012).

Jeotermal akışkanı oluşturan sular meteorik kökenli olduklarından yeraltındaki hazneler sürekli beslenmekte ve kaynak yenilenebilmektedir. Bu nedenle pratikte, beslenmenin üzerinde kullanım olmadıkça jeotermal kaynakların tükenmesi söz konusu değildir. Yağmur, kar, deniz ve magmatik suların yeraltındaki gözenekli ve çatlaklı kayaç kütlelerini besleyerek oluşturdıkları jeotermal rezervuarlar, jeolojik koşulların devam ettiği, reenjeksiyon işleminin yapıldığı ve beslenme-üretim değerlerine uyulduğu takdirde yenilenebilir ve sürdürülebilir özelliklerini korurlar. Diğer bir anlatımla, yeraltına inen yağmur suları ya da diğer su kaynakları uygun yerlerdeki sıcak kaya ve magma tabakasına yakın yerlerden geçerken ısınarak tekrar yeryüzüne çıkar. Bu döngü jeotermal enerjiyi yenilenebilir yapar. Şekil 2.16'da jeotermal enerjinin oluşumu ile ilgili şemada bu döngü görülmektedir.

20. yüzyıl başına kadar sağlık ve yiyecekleri pişirme amacı ile yararlanılan jeotermal kaynakların kullanım alanları gelişen teknolojiye bağlı olarak günümüzde çok yaygınlaşmış ve çeşitlenmiştir. Bunların başında elektrik üretimi, ısıtmacılık ve endüstrideki çeşitli kullanımlar gelmektedir.

Doğal yeraltı ısı kaynaklarından gelen enerjinin kullanımı hızla artmaktadır. Sıcaklığın uygun olduğu şartlarda jeotermal enerjiden elektrik üretilmektedir (Mutlu, 2013).



Şekil 2.16: Jeotermal enerjinin oluşumu.

Jeotermal enerji; kaynak suyunun sıcaklığına göre elektrik üretimi, ısıtma (bölgesel, konut, sera vb.), kimyasal madde üretimi, kurutmacılık, bitki ve kültür balıkçılığı, tarım, seracılık, karların eritilmesi, termal turizm gibi alanlarda kullanılmaktadır. Dünyada jeotermal enerji kapasitesinin çok azından yararlanılmaktadır. Dünyada jeotermal enerji ile ısınan konutlara her yıl yenileri eklenmektedir (Adıyaman, 2012).

Jeotermal enerji yerinde kullanılabilen bir enerji kaynağıdır ve uzun mesafelere nakli sınırlı kalmaktadır (En fazla 100 km civarında). Ancak bu durumun şöyle bir faydası vardır: sıcaklık ve gürültü açısından bakıldığında jeotermal alanların genellikle yerleşim alanlarından uzakta olması bu konularda sorun yaşanmamasını sağlamaktadır. Ayrıca santraller az yer kapladığından görüntüyü de bozmamaktadır. Jeotermal enerjinin sürekli güç üretebilmesi (kesintisiz), hava değişimlerinden etkilenmemesi (güvenilir bir kaynak olduğunun göstergesi) diğer avantajlarıdır.

Jeotermal enerji yerin derinliklerindeki kayalar içinde birikmiş olan ısınn akışkanlarca taşınarak rezervuarlarda depolanması ile oluşmuş sıcak su, buhar ve kuru buhar ile kızgın kuru kayalardan yapay yollarla elde edilen ısı enerjisidir. Jeotermal kaynaklar yoğun olarak aktif kırık sistemleri ile volkanik ve magmatik birimlerin etrafında oluşmaktadır. Jeotermal enerji yeni, yenilenebilir, sürdürülebilir, tükenmez, ucuz, güvenilir, çevre dostu bir enerji türüdür. Bu enerjiden yeryüzüne çıkan sıcak sular aracılığıyla yararlanılır. Jeotermal enerjiye dayalı modern jeotermal elektrik santrallerinde CO₂, NO_x, SO_x gazlarının salınımı çok düşük olduğundan temiz bir enerji kaynağı olarak değerlendirilmektedir.

Yerkabuğundaki jeotermal enerjinin %1'lik kısmı enerjiye çevrildiğinde, şu anda toplam mevcut petrol ve gaz yataklarının rezervlerinin vereceği enerjinin 500 katı enerji elde edileceği hesaplanmaktadır. Jeotermal kaynaklar, enerji üretiminde, yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde hidroelektrik ve biyokütle enerjisinden sonra 3. sırada gelmektedir.

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

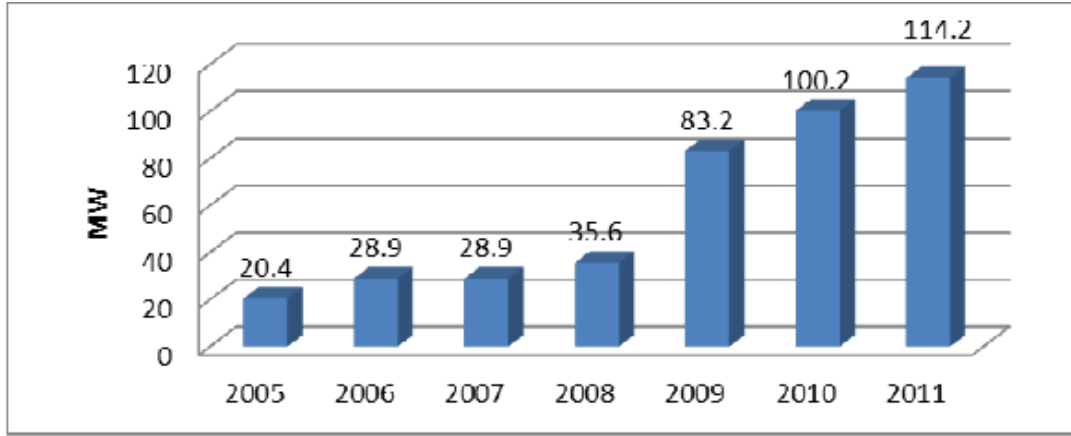
- Düşük Sıcaklıklı Sahalar (20-70 °C)
- Orta Sıcaklıklı Sahalar (70-150 °C)
- Yüksek Sıcaklıklı Sahalar (150 °C'den yüksek)

Düşük ve orta sıcaklıklı sahalar, bugünkü teknolojik ve ekonomik koşullar altında başta ısıtma olmak üzere (sera, bina, zirai kullanımlar) endüstride (yiyecek kurutulması, kerestecilik, kağıt ve dokuma sanayisinde, dericilikte, soğutma tesislerinde), kimyasal madde üretiminde (borik asit, amonyum bikarbonat, ağır su, akışkandaki CO₂'den kuru buz elde edilmesinde) kullanılmaktadır. Ancak, orta entalpili sahalarındaki akışkanlardan da elektrik üretimi için teknolojiler geliştirilmiş ve kullanıma sunulmuştur. Yüksek entalpili sahalarından elde edilen akışkan ise, elektrik üretiminin yanı sıra entegre olarak diğer alanlarda da kullanılabilir.

2.2.4.1 Türkiye'de jeotermal enerji potansiyeli

Jeotermal enerji yerin derinliklerindeki kayalar içinde birikmiş olan ısınn akışkanlarca taşınarak rezervuarlarda depolanması ile oluşmuş sıcak su, buhar ve kuru buhar ile kızgın kuru kayalardan yapay yollarla elde edilen ısı enerjisidir.

Jeotermal kaynaklar yoğun olarak aktif kırık sistemleri ile volkanik ve magmatik birimlerin etrafında oluşmaktadır. Jeotermal enerjiye dayalı modern jeotermal elektrik santrallerinde CO₂, NO_x, SO_x gazlarının salınımı çok düşük olduğundan temiz bir enerji kaynağı olarak değerlendirilmektedir. Jeotermal enerji, jeotermal kaynaklardan doğrudan veya dolaylı her türlü faydalanmayı kapsamaktadır. Düşük (20-70°C) sıcaklıklı sahalar başta ısıtmacılık olmak üzere, endüstride, kimyasal madde üretiminde kullanılmaktadır. Orta sıcaklıklı (70-150°C) ve yüksek sıcaklıklı (150°C'den yüksek) sahalar ise elektrik üretiminin yanı sıra reenjeksiyon koşullarına bağlı olarak entegre şekilde ısıtma uygulamalarında da kullanılabilir (Çelik, 2012). Şekil 2.17'de Türkiye'de jeotermal kurulu gücün yıllara göre gelişimi gösterilmiştir.



Şekil 2.17: Türkiye’de jeotermal kurulu gücün gelişimi (Mahmutoğlu, 2013).

Dünyada jeotermal enerji kurulu gücü 2013 yılı Ağustos ayı itibarıyla 11.766 MW'dır. Yıllık elektrik üretim miktarı yaklaşık 68,6 milyon MWh olup, jeotermal enerjiden elektrik üretiminde olan ilk 5 ülke; ABD, Filipinler, Endonezya, Meksika ve İtalya şeklindedir. Elektrik dışı kullanım ise 50.000 MW'tır. Dünyada jeotermal ısı ve kaplıca uygulamalarındaki ilk 5 ülke ise Çin, ABD, İsveç, Türkiye ve Japonya'dır.

Türkiye, Alp-Himalaya kuşağı üzerinde yer aldığından oldukça yüksek jeotermal potansiyele sahip olan bir ülkedir. Ülkemizin jeotermal potansiyeli teorik olarak 31.500 MW'tır. Ülkemizde potansiyel oluşturan alanların %79'u Batı Anadolu'da, %8,5'i Orta Anadolu'da, %7,5'i Marmara Bölgesinde, %4,5'i Doğu Anadolu'da ve %0,5'i diğer bölgelerde yer almaktadır. Şekil 2.18'de Türkiye'nin jeotermal potansiyeline ilişkin bilgiler gösterilmiştir.

Jeotermal kaynaklarımızın %94'ü düşük ve orta sıcaklıklı olup, doğrudan uygulamalar (ısıtma, termal turizm, mineral eldesi v.s.) için uygun olup, %6'sı ise dolaylı uygulamalar (elektrik enerjisi üretimi) için uygundur. Jeotermal enerji arama çalışmaları son yıllarda canlandırılmış, 2013 yılı sonu itibarı ile bakanlığımız kuruluşu olan Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) tarafından bugüne kadar 576 adet, 328.711 m sondajlı arama yapılarak 227 adet saha keşfedilmiş ve doğal çıkışlar hariç, açılan kuyularda 4900 MWt ısı enerjisi elde edilmiştir. Ülkemizde, son yıllardaki artışla turizm ve sağlık amaçlı termal tesis sayımız bugün 350'ye ulaşmıştır. Ayrıca 2002 yılında 500 dönüm olan sera ısıtması, 2013 yılı sonu itibarıyla 2924 dönüme; 2002 yılında 30.000 olan konut ısıtması, 2013 yılı sonu itibarıyla 89.443 konuta yükselmiştir.

Jeotermal enerjiyle üretilebilecek elektrik potansiyelimiz ise teorik olarak yaklaşık 2000 MWe olarak tahmin edilmektedir. 2013 yılı sonu itibarıyla, EPDK'dan üretim lisansı almış olanlarla birlikte ülkemizin jeotermal elektrik üretim potansiyeli 706,4 MWe'e ulaşmıştır (ETKB, 2015). Bu rakamın 2023 yılı sonuna kadar 1000 MWe'e ulaşması beklenmektedir. Ülkemizde bugün 15 adet jeotermal enerji santralimiz mevcut olup, kurulu gücümüz 427,42 MWe düzeyine ulaşmıştır. 2014 yılında Jeotermal Enerji Santralleri ile 2.251,794 MWh elektrik üretimi yapılmıştır.

2.2.4.2 Jeotermal enerjinin çevresel etkileri

Jeotermal enerji temiz ve çevreci bir kaynak olarak bilinmesine rağmen kısıtlı da olsa olumsuz etkileri mevcuttur. Fosil kaynak kullanan enerji santrallerine göre jeotermal santraller çok daha düşük oranlarda karbondioksit gazı salınımı gerçekleştirirler. Hatta bazı direkt ısıtma sistemlerinde sıfıra yakındır. Karbondioksitin haricinde jeotermal sıvılar çevre için zararlı sayılan bazı kimyasal gazları da içermektedirler. Santrallerin işletim aşamasında ortaya çıkan bu ürünler, hidrojen sülfür (H_2S), amonyak (NH_3), metan (CH_4) ve nispeten daha az miktarlarda kimyasallar olan sodyum klorür ($NaCl$), bor (B), arsenik (As) ve civa (Hg)'dır (Mutlu, 2013).

Son yıllarda geliştirilen geri enjeksiyon (reinjection) sistemi ile zararlı kimyasallar enerji çevrim işleminin ardından jeotermal kaynağa geri pompalanarak yüzeye çıkması engellenmektedir.

Jeotermal enerji sistemleri inşaa aşamasında kaçınılmaz olarak doğal çevreye birtakım zararlar vermektedir. Bu zararlar geçici olup santralin büyüklüğüne ve akışkanı taşıyacak olan boru hatlarının uzunluğuna bağılı olarak geniş bir alana yaygınlık gösterebilirler. Özellikle vahşi yaşam alanları ve canlı organizma popülasyonunun yoğun olduğı ortamlarda bulunan jeotermal kaynaklar risk unsuru teşkil etmektedir. Jeotermal enerji üreten tesisler ayrıca yakıt gerektirmediğinden atık maddeler de oluşturmazlar. Partiküler veya toksik maddeler üretmemekle birlikte yüzeye çıkan düşük miktardaki radyoaktif materyal yer yüzeyinin altına geri enjekte edilerek olası çevre tahribatı da önlenmiş olur. Jeotermal kaynaklara ulaşmak için kuyuların açılması esnasında genellikle doğalgaz gibi fosil kaynaklı enerjilere ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca bu işlem sırasında inilecek derinliğe bağılı olarak gürültü kirliliğı de ortaya çıkmaktadır (Ağaçbiçer, 2010).

Jeotermal kaynağın verimi çok yüksektir ve doğrudan elde edilebildiğı için maliyeti düşük, iyi, yenilenebilir, kesintisiz, çevreyle dost, yerli bir güç kaynağıdır. Jeotermal enerjiden elde edilen birim gücün maliyeti, hidroelektrik dışında termik ve diğler santrallerden elde edilene göre çok daha ucuzdur. Termik santrallere göre çok daha az çevre sorununa yol açmaktadır. Reenjeksiyon (geri basım) uygulamalarının giderek gelişmesiyle çevre sorunu hemen hemen hiç kalmamıştır (MEB, 2012).

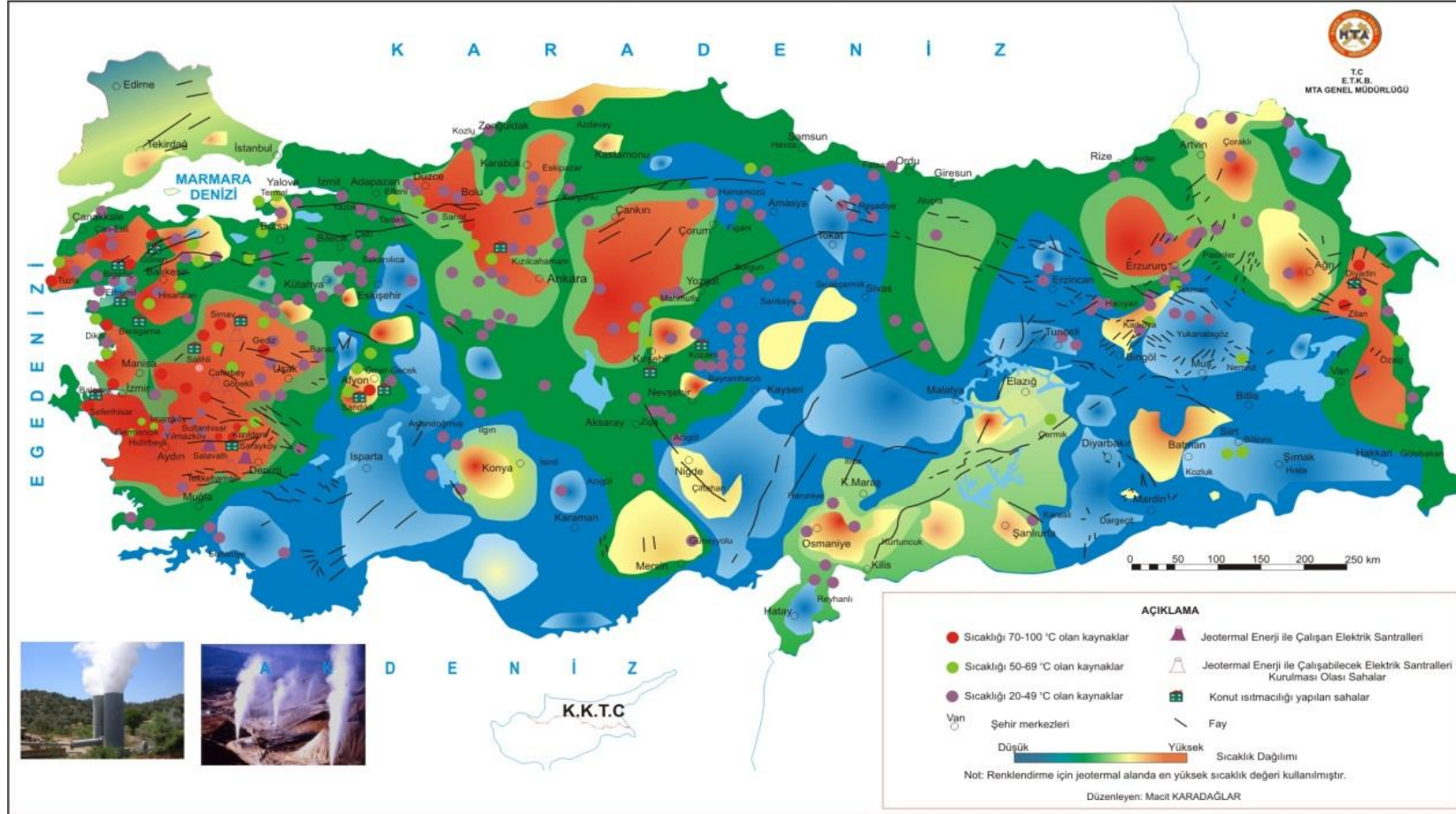
Jeotermal enerji kullanımı sonucunda, dünyada fosil yakıtların tüketimi ve bunların kullanımından doğan sera etkisi ve asit yağmuru gazlarının atmosfere atımı nedeniyle meydana gelen zararlı etkiler azaltılmıştır. Ayrıca doğalgazın patlama, yangın, zehirlenme gibi risklerine karşı jeotermalde bu tip risklerin hiçbirisi yoktur. Bu karşılaştırma ışığında jeotermal enerjinin avantajı ortaya çıkmaktadır.

Jeotermal enerji çevre dostu bir kaynak olarak tanınmakla birlikte, akışkanın paslanmaya, çürümeye, kireçlenmeye (kabuklaşmaya) neden olması, içerdigi bor yüzünden atılacağı yüzey sularını kirlilemesi, bünyesinde CO₂, H₂S ve bor gibi maddeler bulunması, uygulamada bazı teknolojik önlemlerin alınmasını gerektirir.

Kullanılan jeotermal akışkanın çevre sorunu yaratmaması için yeraltına geri verme (reenjeksiyon) uygulaması çeşitli ülkelerde yasal olarak zorunlu duruma getirilmiştir. Bugün Türkiye’de de uygulamaların çoğunda reenjeksiyon yapılmaktadır. Bu durumda jeotermal enerji, çevreyi kirlilemediğı gibi petrol, doğalgaz ve kömür yerine kullanıldığı için döviz tasarrufu da sağlamaktadır (Adıyaman, 2012).

Su ve buharın çözdüğü minerallerden geçen iyon ve gazların çevre kirliliğine neden olmaması için bu sular ısı değiştiriciden geçirilir ve içerdikleri kükürtdioksit, hidrojen sülfür, karbondioksit ve azotoksitleri ise enerjisinden yararlanılan artık su ile tekrar yeraltına gönderilir (reenjeksiyon). Jeotermal enerjinin üretimi sırasında çıkan su tekrar yeraltına pompalanırsa (reenjeksiyon) yerüstü sularına oranla daha fazla erimiş mineral, çeşitli tuzlar ve gazlar nedeniyle kirli kabul edilen hali ortadan kalkar; temiz ve yenilenebilir hale gelir. Böylece çevreye karşı olumsuz etkisi de önlenir.

Jeotermal Kaynaklar ve Uygulama Haritası



Şekil 2.18: Türkiye jeotermal enerjisi potansiyel atlası (JEPA).

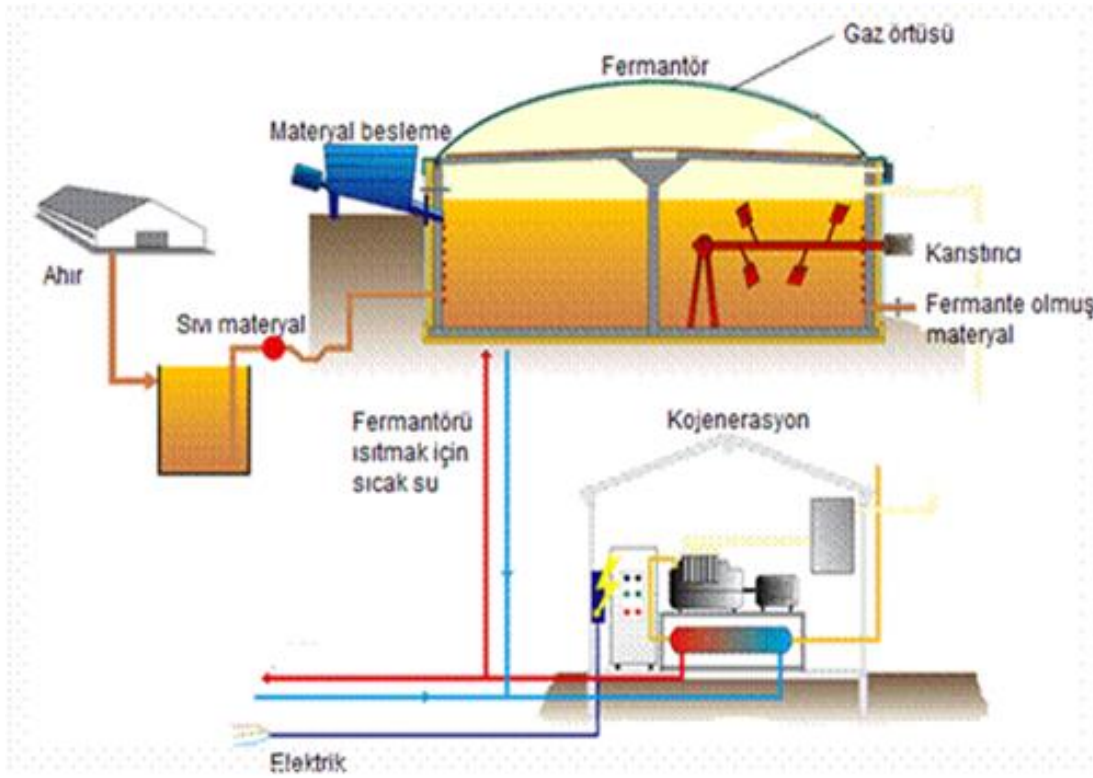
2.2.5 Biyokütle enerjisi

Odun, odun kömürü, hayvan dışkısı; tarım ürünleri ve orman sektörü organik atıkları, alkol ve metan mayalanması; çeşitli su bitkileri gibi canlı (biyolojik) kaynaklar yolu ile elde edilen enerji türüne biyokütle (biomass) enerjisi denilmektedir. Kısaca organik maddelerden çeşitli yollarla elde edilen enerji, biyokütle enerjisidir.

Daha çok ısınma amaçlı kullanılan bu enerjinin en eski bilinen hammaddesi; yakacak odun, odun kömürü ve hayvan gübresidir. Klasik yakma işlemi ile elde edilen bu tip biyokütle enerjisinin yanında; enerji tarımı ürünlerinden, kentsel atıklardan, tarımsal endüstri atıklarından yakma işlemi ya da farklı teknikler kullanılarak katı, gaz ve sıvı yakıtlara çevrilerek biyokütle yakıt elde edilmesi, ısı ve elektrik üretilmesi mümkün olmaktadır. Diğer bir anlatımla, ana bileşenleri karbon-hidrat bileşikleri olan bitkisel ve hayvansal kökenli tüm maddeler "Biyokütle Enerji Kaynağı", bu kaynaklardan üretilen enerji ise "Biyokütle Enerjisi" olarak tanımlanmaktadır (MEB, 2012).

Bitkilerin fotosentezi sırasında kimyasal olarak özellikle selüloz şeklinde depo edilen ve daha sonra çeşitli şekillerde kullanılabilen enerjinin kaynağı güneştir. Güneş enerjisinin biyokütle biçimindeki depolanmış enerjiye dönüşümü, insan yaşamı için esastır. Fotosentez yoluyla enerji kaynağı olan organik maddeler sentezlenirken tüm canlıların solunumu için gerekli olan oksijen de atmosfere verilir. Üretilen organik maddelerin yakılması sonucu ortaya çıkan karbondioksit ise, daha önce bu maddelerin oluşması sırasında atmosferden alınmış olduğundan, biyokütleden enerji elde edilmesi sırasında çevre, karbondioksit salınımı açısından korunmuş olacaktır.

Biyokütle ya Türkiye’de olduğu gibi doğrudan yakılmaktadır ya da çeşitli süreçlerde (havasız çürütme, piroliz, fermentasyon, gazlaştırma, hidroliz, biyofotoliz, esterleşme reaksiyonu) biyokütlenin yakıt kalitesi artırılıp alternatif biyoyakıtlar (biyogaz, çöpgazı, biyodizel, biyoetanol, sentetik yağ) üretilmektedir. Biyogaz, organik bazlı atık/artıkların oksijensiz ortamda (anaerobik) fermentasyonu sonucu ortaya çıkan renksiz-kokusuz, havadan hafif, parlak mavi bir alevle yanan ve bileşiminde organik maddelerin bileşimine bağlı olarak yaklaşık; %40-70 metan, %30-60 karbondioksit, %0-3 hidrojen sülfür ile çok az miktarda azot ve hidrojen bulunan bir gaz karışımdır. Şekil 2.19’da bir biyogaz üretim prosesi şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.19: Biyogaz üretim prosesi.

Biyokütle enerjisini, klasik ve modern anlamda olmak üzere iki grupta ele almak mümkündür. Birincisi; geleneksel ormanlardan elde edilen yakacak odun ve yine yakacak olarak kullanılan bitki ve hayvan atıkları (tezek gibi)'dır. İkincisi, yani modern biyokütle enerjisi ise; enerji ormancılığı ve orman-ağaç endüstrisi atıkları, tarım kesimindeki bitkisel atıklar, kentsel atıklar, tarıma dayalı endüstri atıkları olarak sıralanır.

Bitkisel biyokütle, yeşil bitkilerin güneş enerjisini fotosentez yoluyla doğrudan kimyasal enerjiye dönüştürerek depolanması sonucu oluşmaktadır. Odun (enerji ormanları, çeşitli ağaçlar), yağlı tohum bitkileri (kolza, ayçiçek, soya v.b.), karbonhidrat bitkileri (patates, buğday, mısır, pancar, enginar, v.b.), elyaf bitkileri (keten, kenaf, kenevir, sorgum, miskantus, v.b.), protein bitkileri (bezelye, fasulye, buğday v.b.), bitkisel atıklar (dal, sap, saman, kök, kabuk, v.b.), hayvansal atıklar ile kentsel ve endüstriyel atıklar biyokütle enerji teknolojileri kapsamında değerlendirilmekte ve mevcut yakıtlara alternatif çok sayıda katı, sıvı ve gaz yakıtlara dönüştürülmektedir.

Biyogaz ise; tarımsal üretim sonucunda ortaya çıkan çeşitli bitkisel atıkların, hayvan ve insan dışkısının, organik yükü yüksek atık suların sabit bir ısıda hava almayacak biçimde tasarlanmış tanklar içinde anaerobik (oksijensiz) bakteriler tarafından parçalanması sonucunda oluşan ısı değeri yüksek yanıcı bir gazdır. Diğer bir ifade ile, biyogaz, bitki ve hayvan atıkları gibi organik maddelerin havasız (oksijensiz) ortamlarda fermentasyonu sonucu oluşan ve bileşiminde %60-70 metan, %30-40 karbondioksit ve az miktarda hidrojen sülfür, hidrojen, su buharı, amonyak, karbonmonoksit ve azot bulunan renksiz ve yanıcı bir gaz karışımıdır. Biyogazın ısı değeri, bileşimindeki metan oranına bağlı olarak değişmekle birlikte genellikle 4700-6000 kcal/m³ kadardır. Bu nedenle ısınma, aydınlatma ve su ısıtılması gibi amaçlarla kolaylıkla kullanılabilen temel enerji kaynaklarına alternatif olabilecek bir enerji kaynağıdır (Mutlu, 2013).

Biyokütlenin elektrik enerjisi üretiminde kullanılması termik santrallere benzer bir sistemle organik maddelerin doğrudan yakılarak oluşturulan ısıdan buhar elde edilerek türbinleri döndürmesi ve jeneratörlerden elektrik üretilmesi şeklinde olabilmektedir. Ayrıca, değişik tekniklerle biyokütleden elde edilen biyogazın kullanımı ile kombine çevrim gaz santrallerine benzer bir sistemle elektrik üretilmektedir. Kentsel atıklardan, çöplerin çürümesi ve anaerobik fermentasyonu (oksijensiz ortamda değişimi-oksijensiz solunum-mayalanma) sonucu ortaya çıkan yanıcı biyogaz olan metan gazının kullanımı ile çöp termik santralleri çalıştırılmaktadır. Böylece hem kentsel atıkların enerji üretiminde kullanılması mümkün olmakta hem de atıkların depolanması sorununa çözüm getirilmektedir.

Şehir katı atıkları iyi bir biyokütle enerji kaynağıdır, ama doğası gereği şehir çöplerinde organik ve inorganik maddelerin karışık olması nedeniyle ayırma işlemi yapılmalıdır (Ağaçbiçer, 2010).

Biyokütle kaynaklı, çevre dostu en önemli yakıt alternatiflerinden bazıları biyodizel ya da biyomotorin denen yakıtlardır. Biyomotorin, ticari başarısını kanıtlamış en popüler dizel motor yakıtı alternatifidir, dizel motorlarında sorunsuz olarak rahatlıkla kullanılabilir. Biyomotorin ilk dizel motorda bitkisel yağ kullanmasına dayanmaktadır. Günümüzde birçok ülke biyomotorin için standartları tamamlamış olup, biyomotorin akaryakıt istasyonlarında ticari bir yakıt olarak satışa sunulmaktadır.

Biyodizel, kolza (kanola), ayçiçek, soya, aspir gibi yağlı tohum bitkilerinden elde edilen yağların ya da hayvansal yağların bir katalizör (kimyevi değişikliği sağlayan yardımcı madde) eşliğinde kısa zincirli bir alkol ile (metanol yada etanol) reaksiyonu sonucunda açığa çıkan ve yakıt olarak kullanılan bir üründür. Evsel kızartma yağları ve hayvansal yağlar da biyodizel hammaddesi olarak kullanılabilir. Enerji içeriğinin büyük bir bölümü tohumunda gizli olan, yağlı tohumlu bitkilerden elde edilen biyodizel, petrol içermez; dizele eşdeğer ve petrol kökenli dizel ile her oranda karıştırılarak yada saf olarak dizelin kullanıldığı her yerde (özellikle taşımacılıkta) kullanılabilen bir biyoyakıttır. Biyodizel, bitkisel kaynaklı yağ ve atık yağların değerlendirilmesi yolu ile elde edilen yenilenebilir enerji çeşidi olarak bilinmektedir. Dizel yakıt olarak kullanılabilen biyodizel, ekonomik bakımdan uygunluğu, atıklardan kurtulma ve olumlu çevresel etkisi bakımından kullanılabilirliği ile öne çıkmaktadır. Bitkisel ve bitkisel kaynaklı atık kızartma yağının motor yakıtı olarak kullanımı ile ilgili çok sayıda araştırma yapılmıştır. Motor yakıtı olarak kullanılabilecek bitkisel yağların başlıcaları; soya yağı, ayçiçek yağı, aspir yağı, kolza yağı, yerfıstığı yağı, keten tohumu, fındık yağı, pamuk tohumu ve atık kızartma yağlarıdır. Biyodizelin, dizel yakıtından daha çok çevre dostu olduğu, emisyon değerlerinin dizel yakıtına benzer, hatta bazı değerlerinin daha iyi olduğu yapılan araştırmalarda belirlenmiştir.

Biyokütle enerjisi alternatif enerji kaynakları içerisinde büyük bir potansiyele sahip olup, rüzgar ve güneş gibi kesikli değil, sürekli enerji sağlayabilen bir kaynaktır. Biyokütle enerjisinin kolay depolanabilir olması diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına göre avantaj sağlar. Biyokütle, yerli kaynaktır. Yerel üretimi ve istihdamı artırır. Böylece kırsal kesimde göçü önler, atmosferde CO₂ artışına yol açmaz. Biyokütle, yanması halinde atmosferden aldığı kadar karbonu, karbondioksit halinde saldıdığı için orman ve bitki varlığının yenilenmesi durumunda kuramsal olarak sera etkisine katkısı olmayan bir yakıttır.

Biyokütle yakıtlarının güncel kullanım yerlerinden birisi de fosil yakıtlarla %2-25 gibi çeşitli oranlarda karışık yakılmalarıdır. Fosil yakıtlar, biyokütle yakıtlarla karışık yakıldıklarında hava kirliliği üzerindeki baskıyı azaltırlar. Örneğin bir kömürlü termik santralde kömür, %33-37 oranında biyokütle ile yakıldığında kükürtdioksit ve azotoksit emisyonlarında %30 oranında bir azalma olduğu saptanmıştır (MEB, 2012).

Dünya’da biyoyakıt kullanımı hızla artmaktadır. Biyoyakıt kullanımının faydaları şöyledir:

- Petrol ithalatının azalmasını sağlar,
- Sürdürülebilir enerjiye destek olur,
- Enerji tarımının gelişmesini sağlar,
- Kırsal kesimin sosyo-ekonomik yapısının iyileşmesini sağlar,
- Yerel iş imkanı yaratır ve imalat sanayinin gelişmesine katkıda bulunur,
- Doğal enerji kaynaklarının ve çevrenin korunmasını sağlar,
- Biyodizel yağlayıcı özelliğinden dolayı motoru korur,
- Yüksek parlama noktası sıcaklığına sahip olduğu için kullanımı, taşınımı ve depolanması güvenli bir yakıt olup, dizelin depolanma koşullarında depolanabilir ve dizele göre daha temiz yanar,
- Biyokütlenin bölgesel ve modern işletilmesi ile özellikle enerji hatlarından uzak bölgelerde, kendi kendine yeterli enerji sağlayan bölgeler yaratmak olanaklıdır. Özellikle de tarım işçiliğine gereksinim doğurduğundan biyokütleden enerji üretimi kırsal kesimde istihdam olanakları da yaratabilecektir.

2.2.5.1 Türkiye’de biyokütle enerjisi potansiyeli

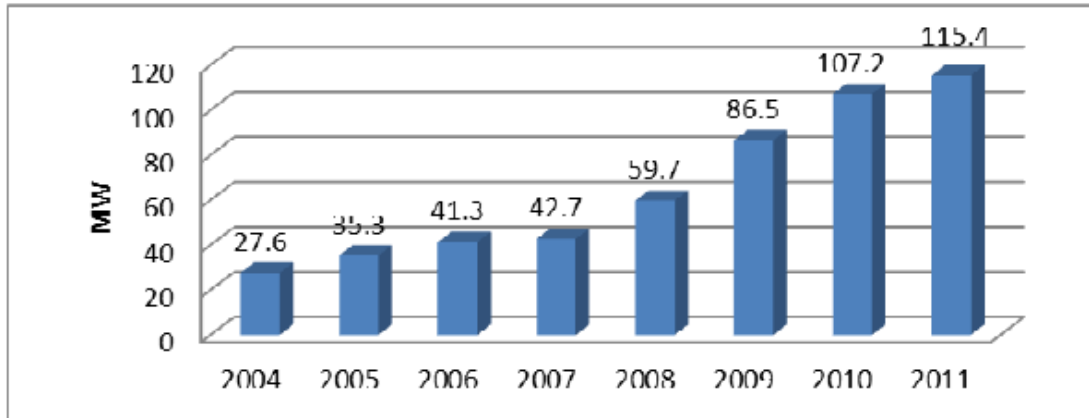
Ülkemizde de biyodizel çok soğuk bölgelerimizin dışında dizelin kullanıldığı her alanda kullanılabilecek bir yakıttır. Biyodizel ulaştırma sektöründe dizel yakıtı yerine kullanıldığı gibi, konut ve sanayi sektörlerinde de fuel oil yerine kullanılabilecek bir yakıttır. Biyodizel, tarımsal bitkilerden elde edilmesi nedeniyle, fotosentez yolu ile CO₂’i dönüştürüp karbon döngüsünü sağladığı için, sera etkisini artırıcı yönde etki göstermez.

Biyoetanol, hammaddesi şeker pancarı, mısır, buğday ve odunsular gibi şeker, nişasta veya selüloz özlü tarımsal ürünlerin fermantasyonu ile elde edilen ve benzinle belirli oranlarda harmanlanarak kullanılan alternatif bir yakıttır. Ulaştırma sektöründe benzin ile karıştırılarak, küçük ev aletlerinde, kimyasal ürün sektöründe kullanılan biyoetanol, yakıtın oksijen seviyesini artırarak, yakıtın daha verimli yanmasını sağlar, egzoz çıkışındaki zararlı gazları azaltır, kanserojen maddelerin çevreci alternatifidir ve egzoz emisyonlarını azaltır. 3 milyon tonu benzin tüketimi olmak üzere toplam 22 milyon ton akaryakıt tüketimi olan ülkemizde 160 bin ton biyoetanol kurulu kapasitesi bulunmaktadır.

Gıda tarımına elverişli alanların biyodizel ve biyoetanol üretimine ayrılması ve bu şekilde gıda güvenliği açısından küresel bir risk oluşturmaması hususu biyoyakıt tarımının en çok eleştirilen yönü olmaktadır.

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

Türkiye'nin hayvansal atık potansiyeline karşılık gelen üretilebilecek biyogaz miktarının 1.740.000-23.200.000 MWh olduğu tahmin edilmektedir. Biyokütle kaynaklarımız; tarım, orman, hayvan, organik şehir atıkları vb.'den oluşmaktadır. Atık potansiyelimiz yaklaşık 99.760.000 MWh olup bunun 69.600.000 MWh'ı ısınma amaçlı kullanılmaktadır (EİE, 2014). Şekil 2.20'de Türkiye'de biyokütle enerjisine dayalı kurulu gücün yıllara göre değişimi görülmektedir.



Şekil 2.20: Türkiye’de biyokütle enerjisi kurulu gücünün gelişimi
(Mahmutoğlu, 2013).

Biyokütle enerjisi Türkiye’de klasik yöntemle dayanılarak, daha çok ticari olmayan yakıt biçiminde kullanılmakta ve yerli enerji üretiminin dörtte birini karşılamaktadır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, odun ile hayvan ve bitki atıklarını kullanan klasik biyokütle enerji üretiminin 2020 yılında 87.348.000 MWh olmasını planlamıştır. 2000 yılında 197.200 MWh ile başlayan modern biyokütle üretimi ise hiç öngörülmemiştir. Oysa ticari olmayan klasik biyokütle enerji üretiminin giderek azaltılması ve modern biyokütle enerji üretimine başlanarak bu üretimin artırılması gerekir.

Modern biyokütle enerjisi kullanımına geçilmesi ülke ekonomisi ve çevre kirliliği açısından önem taşımaktadır.

Birçok ülke bugün kendi ekolojik koşullarına göre en uygun ve en ekonomik tarımsal ürünlerden alternatif enerji kaynağı sağlamaktadır. Türkiye de bu potansiyele, ekolojik yapıya sahip ülkeler arasındadır.

Türkiye biyokütle materyal üretimi açısından, güneşlenme ve alan kullanılabilirliği, su kaynakları, iklim koşulları gibi özellikleri uygun olan ülkelerdendir. Modern biyokütle teknikleri kapsamında, enerji ormancılığı ve enerji bitkileri tarımından yararlanılması gerekmektedir. Biyokütle enerji kapsamında, çöp termik santralleri da yaygınlaştırılmalıdır (Ağaçbiçer, 2010).

Türkiye’de enerji ormancılığı yönünden ekonomik değeri yüksek ve hızlı büyüyen yerli ağaç türleri arasında, akkavak, titrek kavak, kızılbaş, kızılçam, meşe, dişbudak, fıstık çamı, karaçam, sedir ve servi ağaçlarını saymak olanaklıdır. Türkiye ortamında yetişecek yabancı kökenli ağaçlar arasında ise okaliptüs, papulus euramericana, pinus pinaster, acacia cynophilla gibi türleri saymak olanaklıdır. Burada kavak, söğüt gibi oldukça fazla su isteyen ağaçların yanı sıra, oldukça kurak alanlarda yetişebilecek ağaçlara da önem verilmesi gerekmektedir.

Türkiye’de enerji ormancılığı için uygun alanın %15’i değerlendirilmiş olup, geri kalan %85 alan uygulama beklemektedir. Modern biyokütle için enerji bitkileri tarımı, enerji planlaması ve tarımsal üretim planlaması kapsamında birlikte ele alınmalıdır. YEGM internet sitesinden uyarlanan Şekil 2.21’de Türkiye orman kaynaklı biyokütle potansiyeli görülmektedir.

Türkiye’de kültürel yetiştiriciliğe ve gıda üretimi dışında fotosentezle kazanılabilecek enerjiye bağlı olarak biyokütle enerji brüt potansiyeli teorik olarak 195.750-217.500 MW olarak hesaplanmakla birlikte, kayıplar düşüldükten sonra net değerin 130.500 MW olacağı varsayılmaktadır. Ancak, ülkenin tüm yetiştiricilik alanlarının yıl boyu yalnızca biyokütle yakıt üretim amacıyla kullanılması olanaklı değildir. Olabilecek en üst düzeydeki yetiştiriciliğe göre teknik potansiyel 58.000 MW düzeyinde bulunmaktadır. Ekonomik sınırlamalarla 36.250 MW değeri, Türkiye’nin ekonomik biyokütle enerji potansiyeli alınabilir.



Orman Kaynaklı Toplam Atık Miktarı 4.800.000 TON (1,5 MTEP)
Kurulabilecek Gazlaştırma Tesisi Kapasitesi: 600 MW

Şekil 2.21: Türkiye orman kaynaklı biyokütle potansiyeli (YEGM, 2015).
 (1,5 MTEP = 1.740.000 MWh)

Türkiye’de başarılı motor biyoyakıtı uygulaması için gerekli olan, eşdeğer başarıdaki enerji tarımıdır. Şeker pancarı tarımının yakıt alkolü üretimi, biyodizel üreticilerinin de, yağlı tohum bitkileri tarımının arttırılması yönünden desteklenmesi önemli olacaktır. YEGM internet sitesinden uyarlanan Şekil 2.22’de Türkiye’nin tarımsal biyokütle potansiyeli gösterilmiştir. Pankobirlik rakamlarına göre, ülkemizde biyoetanol üretimine yönelik şeker pancarı yapılabilecek alan 4,5 milyon dekar (2-2,5 milyon ton alkol) olup, bu güç iyi bir planlama ile ihracat gücüne dönüşebilecek düzeydedir.



TÜRKİYE TOPLAMI	Toplam Kullanılabilir Atık Miktarı (Ton)	Toplam Isıl Değer
Tarla Ürünleri	11 766 995	228,4 PJ
Bahçe Ürünleri	3 569 040	74,8 PJ
TOPLAM	15 336 035	303,2 PJ

Şekil 2.22: Türkiye tarımsal biyokütle potansiyeli (YEGM, 2015).

Türkiye'nin ilk ticari motor biyoyakıtı uygulaması 2005 yılında başlamıştır. Yerli kaynaklardan üretilen biyoetanol kurşunsuz benzine %2 oranında katılarak piyasaya sunulmuştur.

Ülkemizin bitkisel yağ dengesinde ciddi bir açık ve ekonomiyi zorlama söz konusudur. 2004-2005 döneminde, bitkisel yağ üretimimizin ancak %30'a yakın kısmı yurtiçi üretim ile karşılanabilmiştir. Türkiye'de küçük ve orta kapasiteli fabrikalarda biyodizel üretimi yapılmakta ve büyük kapasiteli tesis kurma çalışmaları da sürdürülmektedir.

Bir tarım ülkesi olan Türkiye tarımsal atıkların ve ürün atıklarının bol kaynaklarına sahiptir. OECD ülkeleri arasında Türkiye, ürün atıklarından hesaplanan toplam enerji potansiyelinde 110.200.000 MWh ile baştan dördüncü sırada yer almaktadır. Şekil 2.23'de Türkiye biyokütle potansiyel atlası görülmektedir. Türkiye biyogaz potansiyeli ile ilgili bilgilere bu atlastan ulaşılabilmektedir.

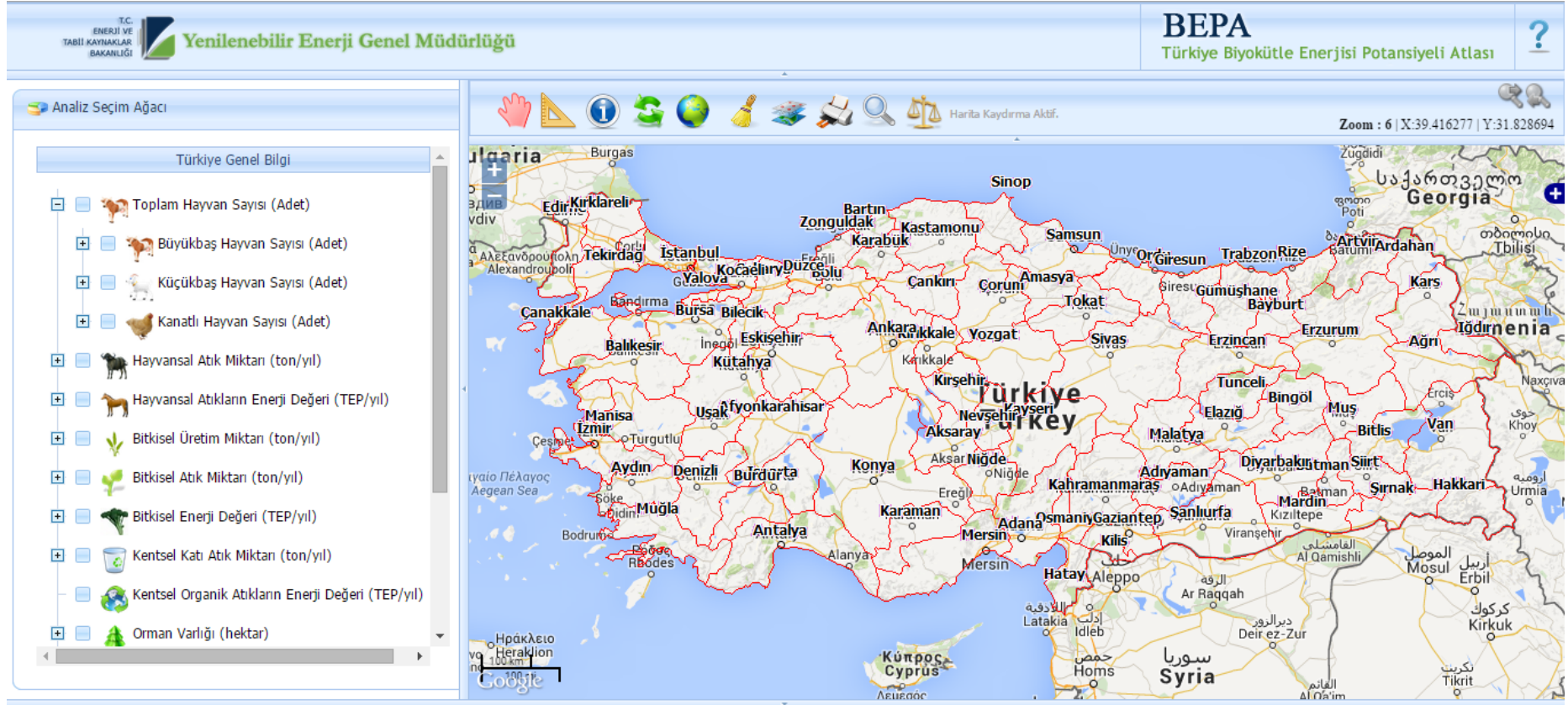
Türkiye'de hububat bitkilerinin katı atık miktarı 39,2-52,3 milyon ton, mısır için 3,8-4,8 milyon ton, şeker pancarı için 1,3-1,5 milyon ton ve patates için de 522-617 bin ton kadardır.

Bu atıklar çeşitli biçimlerde işlenerek biyokütle yakıt olarak kullanılabilir. Ayrıca, yağlı tohum bitkileri ve zeytincilik atıkları da önemli biyokütle hammaddeleridir. İlkel biçimde kullanılmakta iseler de, biyokütle yakıt üretimine gidilmemektedir.

Biyoetanol üretiminde, üretim fazlası buğday, nişasta ve selülozik atıkların da kullanımı gereklidir. Toplam biyogaz potansiyelinin %85'i gübre gazından kalanı ise katı atık düzenli depolama sahası gazındandır. Yenilenebilir enerji kaynakları bölümünde daha önce de bahsedildiği gibi gübre gaz potansiyelinin %50'si koyundan, %43'ü tavardan ve %7'si kümes hayvanlarından elde edilmektedir. Türkiye biyogaz potansiyelinin değerlendirilmesinin, yeşil elektrik eldesi, organik gübre üretimi, atık kaynaklı çevre kirliliğini azaltma ve AB uyum süreci açısından ulusal yararları ortadadır.

Hayvan gübrelerinden ve çöpten biyogaz eldesi konusuna dikkate değer bir ilgi yerel yönetimlerde, özel sektörde ve çiftçilerde görülmektedir. Çöplerin düzenli depolama ile elektrik eldesinde (deponi gazı üretimi ve yakma ile) değerlendirilmesi de göz ardı edilmemelidir. Organik kökenli bitkisel ve hayvansal atıkların doğrudan, verimsiz yakılması veya tarım topraklarına gübre olarak verilmesi yerine anaerobik fermentasyon ile %40-%70 metan içerikli biyogaz üretimi için Tarım Bakanlığı'nın da iştirakiyle halkın yönlendirilmesi, tesisler için teşvik uygulanması yararlı olacaktır (Mutlu, 2013).

Şehirler için yok edilmesi büyük sorun olan çöplerden enerji kaynağı olarak yararlanmak mümkündür. Bu amaçla özellikle gelişmiş ülkelerde ve Avrupa Birliği'ne üye ülkelerde, çöpten elektrik enerjisi üreten termik santraller kurulmuştur. Ankara'da 40 MW, İstanbul'da 125 MW ve İzmir'de 30 MW'lık çöp santrallerinin kurulması Yedinci Beş Yıllık Kalkınma Plan'ında istenmiştir. Ayrıca 45 MW güçte ve net enerji üretimi $3,02 \times 10^5$ MWh/yıl olacak Adana çöp santralinin sözleşmesi imzalanmıştır. Yine Ankara Mamak, Mersin, Bursa ve Tarsus'ta çöp santralleri ile ilgili çalışmalar devam etmektedir (Adıyaman, 2012).



Şekil 2.23: Türkiye biyokütle enerjisi potansiyel atlası (BEPA).

2.2.5.2 Biyokütle enerjisinin çevresel etkileri

Hızlı bir artış gösteren nüfus ve sanayileşme, enerji ihtiyacını da beraberinde getirmiştir. Enerjinin çevresel kirliliğe yol açmadan sürdürülebilir olarak sağlanabilmesi için kullanılacak kaynakların başında ise biyokütle enerjisi gelmektedir. Biyokütle enerjisi tükenmez bir kaynak olması, her yerde elde edilebilmesi, özellikle kırsal alanlar için sosyo-ekonomik gelişmelere yardımcı olması nedeniyle uygun ve önemli bir enerji kaynağı olarak görülmektedir (YEGM, 2014).

Yenilenebilir enerji teknolojileri vasıtası ile her geçen gün gelişme gösteren biyokütlesel kaynaklar XXI. yüzyılda karşı karşıya olduğumuz problemlerin de çözümüne katkı sağlamaktadır. Spesifik özelliklere sahip biyokütle enerjisi küresel iklim değişikliği ve sera gazı salınımlarının azaltılmasında etkili olmaktadır. Yanma reaksiyonu sonucu ortaya çıkan karbondioksit gazı yenilenen bitki örtüsü tarafından geri emildiğinden doğada mevcut olan karbon döngüsü sistemi dengede kalabilmektedir. Bu açıdan biyokütle enerjisi alternatif ve temiz bir enerji kaynağı sayılmaktadır.

Kyoto Protokolü'nün getirdiği yükümlülükler çerçevesinde Avrupa Birliği karbondioksit ve diğer sera gazlarının emisyon değerini %8 oranında azaltarak 1990'lı yıllardaki seviyelere indirmeyi taahhüt etmiştir. Bunu gerçekleştirebilmek amacıyla uygulamış olduğu politikalardan biri de süreklilik arz eden ve kirliliğe sebep olmayan biyokütle kaynaklarının özellikle Batı Avrupa'da yaygınlaştırılması ve enerji ormancılığına dönüştürülmesidir.

Enerji ormancılığının yüksek düzeydeki hedefleri, orman ekosisteminin kendini kısa vadede yenileyemeyerek önemli ölçüde tahrip olmasına sebebiyet verebilir. Çok sayıda ağacın kesimi ve yerine enerji üretimine uygun ağaçların dikimi, ekosistemdeki canlı kütle çeşitliliğinin azalmasına ve tabiatın doğal dengesinin bozulmasına yol açabilir (Mutlu, 2013).

Sıvı biyoyakıtların büyük miktarlarda üretilmesi halinde ortaya çıkan alkol, sıvı atıklar ve bazı gaz emisyonlarından oluşan reaksiyon ürünleri su kaynaklarının ve havanın kirlenmesine yol açarak çevresel ve insan sağlığını etkileyen olumsuz sonuçlar doğurabilir.

Sıvı atıkların bünyesinde bulunan yüksek oranlı asit, alkali, fenol ürünleri ve çeşitli enzimler doğal su rezervlerinin kalitesinde düşmeye sebep olurlar. Aynı şekilde biyoenerji kaynakları soluduğumuz kent havasında bulunan formaldehitleri arttırırken, kirli sisin oluşumunda etkili olan nitrojenoksit yayarlar. İnsanlarda solunum hastalıklarına yol açan bu durum ağırlıklı olarak küçük çocuklar üzerinde etkilidir.

Biyoenjerinin kullanımına olan talebin artması beraberinde üretim için yeni sahaların açılması ihtiyacını da getirecektir. Bu durum enerji üretimine ayrılan verimli tarımsal alanların artmasına, gıda amaçlı üretime ayrılan tarımsal alanların ise azalmasına sebep olabilir. Ayrıca üretimin geniş bir sahaya yayılması, vahşi yaşam alanlarının ve mikroorganizmaların doğal ortamlarının bozulmasında etkin rol oynamaktadır. Biyoyakıtların üretimi ve motorlarda kullanılması aşamalarında meydana gelebilecek olası riskler açısından değerlendirildiğinde petrol türevi kaynaklara nazaran daha güvenlidirler. Yapılarında patlayıcı özelliğe sahip gazlar bulundurmalarına rağmen tutuşma sıcaklıkları biyoyakıtlarda 128 °C'dir. Petrolden üretilen dizel yakıtların ise 58 °C olup daha yüksek tehlike unsuru içerirler.

Modern çevrim teknolojileri ile üretim yapılırken yan ürün olarak gübre, hidrojen gazı (H₂) ve bazı toprak katkıları ortaya çıkar. Bu yan ürünler çevre tahribatına neden olmadığı gibi başta tarımsal alanlar olmak üzere farklı amaçlarla değerlendirilebilir. Örneğin, oluşan hidrojen gazından enerji sektöründe ekonomik olarak yararlanabilmek mümkündür (Adıyaman, 2012).

Biyokütle enerjisi, genel anlamda çevreye uyumlu bir enerji kaynağı olmakla birlikte, kullanılan biyokütle türüne göre bazı çevresel etkiler yaratabilmektedir. Örneğin, çöp ve benzeri bazı atıkların yakılması sonucu ortaya çıkan atıklar bazı çevresel önlemlerin alınmasını gerektirmektedir. Diğer taraftan, depolanması ile geçici görsel çevre kirliliği yaratabilen bu tür kaynaklar, enerji kaynağı olarak kullanılması sonucunda, bertaraf edilmektedir.

Biyokütle için mısır, buğday gibi özel olarak yetiştirilen bitkiler, otlar, yosunlar, denizdeki algler, hayvan dışkıları, gübre ve sanayi atıkları, evlerden atılan tüm organik çöpler (meyve ve sebze artıkları) kaynak oluşturmaktadır.

Petrol, kömür, doğalgaz gibi tükenmekte olan enerji kaynaklarının kısıtlı olması, ayrıca bunların çevre kirliliği oluşturması nedeni ile, biyokütle kullanımı enerji sorununu çözmek için giderek önem kazanmaktadır.

Bitkilerin ve canlı organizmaların kökeni olarak ortaya çıkan biyokütle, genelde güneş enerjisinin fotosentez yardımıyla depolayan bitkisel organizmalar olarak adlandırılır. Biyokütle, bir türe veya çeşitli türlerden oluşan bir topluma ait yaşayan organizmaların belirli bir zamanda sahip olduğu toplamkütle olarak da tanımlanabilir.

Fotosentez yoluyla enerji kaynağı olan organik maddeler sentezleşirken tüm canlıların solunumu için gerekli olan oksijeni de atmosfere verir. Üretilen organik maddelerin yakılması sonucu ortaya çıkan karbondioksit ise, daha önce bu maddelerin oluşması sırasında atmosferden alınmış olduğundan, biyokütleden enerji elde edilmesi sırasında çevre, CO₂ salınımı açısından korunmuş olacaktır (Çelik, 2012).

Bitkiler yalnız besin kaynağı değil, aynı zamanda çevre dostu tükenmez enerji kaynaklarıdır. Bitkilerin toprak altında milyonlarca yıl kalmasıyla oluşan fosil yakıtlar, aslında yukarıda tanımlanan biyokütle ile aynı özellikleri taşımalarına karşın yer altındaki sıcaklık ve basınçla değişime uğradıklarından, yakıldıklarında havaya bir çok zararlı madde atarlar.

Ayrıca, milyonlarca yılda oluşan bu birikimin kısa süre içinde yakılması havadaki karbondioksit dengesinin bozulmasına yol açar ve bu da küresel ısınmaya neden olur.

2.2.6 Dalga Enerjisi

Okyanuslardan enerji elde etmenin yolu dalgaları kullanmaktır. Dalgaların sahip olduğu potansiyel enerji su damlacıklarının çembersel hareketi ile kinetik enerjiye dönüşmektedir. Deniz ve okyanuslarda dalga oluşumuna sebep olan faktörler rüzgarlar, gel-git olayı ve deniz diplerinde yaşanan çökmeler ile depremler olup teknik olarak enerji üretimine imkan veren rüzgarların sebep olduğu dalgalardır.

Rüzgarların sebep olduğu dalgaların esas kaynağı güneştir. Bu durumda dalga enerjisi, güneş enerjisinin farklı bir boyutu olarak ele alınabilir.

Periyodik dalga hareketlerinden yararlanılarak enerji üretilmesi fikri yeni olmayıp yaklaşık 200 yıl kadar öncesine dayanmaktadır. 1799 yılından beri pek çok mekanik üreteç patenti alınmış olmakla birlikte direkt elektrik enerjisi üretimine yönelik çalışmalar XX. yüzyılda Amerika'nın California ve San Francisco eyaletlerinde sürdürülmüştür (Mutlu, 2013).

Dalga enerjisi direk olarak dalga yüzeyinden veya yüzey altındaki dalga basınçlarından elde edilir. Dalgalar deniz veya okyanusların yüzeyinde esen rüzgarlar tarafından üretilir. Dünyanın birçok yerinde rüzgar sürekli dalgalar oluşturacak kadar düzenli ve sürekli eser. Deniz ve okyanus dalgalarında çok büyük enerji vardır. Dalga enerjisi makineleri dalgaların yüzey hareketlerinden veya dalga basınçlarından direk olarak enerji üretir.

Dalga enerjisini kullanmak için birçok farklı teknoloji projelendirilmiştir. En elverişli tasarımlardan birkaçının ticari kullanım için uygulama testleri yapılmaktadır. Dalga enerji teknolojileri kıyıda, kıyıdan biraz uzakta ve açık denizde kurulmak için tasarlanmıştır. Denizden biraz uzakta kurulacak sistemler suyun 40 metreden fazla derinine yerleştirilir (Adıyaman, 2012).

Bütün dalga enerji teknolojileri su yüzeyinde veya su yüzeyinin yakınında kurulmak için tasarlanmış olsa da, etkileştikleri, uyum sağladıkları dalgaya ve dalga enerjisini çevirdikleri enerjiye göre farklılık gösterirler.

Sonlandırıcı makineler dalgaların hareketi yönünde dikey olarak uzanır ve dalga enerjisini yansıtır veya yakalar. Bu tür makinelerin son sürümleri denize yakın yerlere kurulmak için tasarlanmış olsa da, genelde sahilde veya sahile yakın yerlerde kurulmak için düşünülmüştür. Titreşen su sütunu, sonlandırıcı makinenin başka bir çeşididir. Bu makinede su, yüzey altında bulunan yukarısında sıkışmış hava bulunan bir bölme girer. Dalga hareketi giren suyun yukarıya ve aşağıya bir piston gibi hareket etmesini sağlar ve havayı bağlı bulunan türbine doğru iter.

Noktasal soğurucu dalga hareketiyle birbirlerine bağlı olarak hareket eden bileşenleri bulunan yüzeysel bir yapıdır. Bağlantılı hareket elektromekanik veya hidrolik enerji çeviricilerinin sürülmesi için kullanılır. Azaltıcılar dalgaların yönüne paralel olarak yönelmiş uzun ve çok parçalı yüzer yapılardır. Makine boyunca dalgaların yükseklik farkı parçaların birleştiği noktalardan bükülmeye neden olur ve bu bükülme hidrolik pompalara veya diğer çeviricilere bağlıdır.

Yükseğe çıkan makinelerin makineyi çevreleyen deniz veya okyanusun ortalamasını aşan seviyede dalgalar tarafından gelen suyla dolan rezervuarları vardır. Su yükseldikten sonra yer çekimi deniz yüzeyine doğru geri çekilmesine neden olur. İçeriye dolan suyun enerjisi su türbinlerini döndürmek için kullanılır. Özel olarak üretilen açık deniz tekneleri kıyının biraz açığındaki dalgaların enerjisini depolarlar. Bu yüzer platformlar dalgaları dahili bir türbinden geçirerek ve tekrar denize dönmesini sağlayarak elektrik üretirler.

Yapısal bazı problemler okyanus ve deniz dalgalarından ekonomik olarak enerji elde edilmesine imkan tanımamasına rağmen dalga enerjisinin avantajlı olduğu durumlar da mevcuttur. Fosil kaynaklar yakıt veya ısı enerjisi olarak tüketildiklerinde, elektrik enerjisine dönüşümlerine oranla daha az teknik gerektirirler ve daha az çevrim kaybı söz konusudur. Dolayısıyla fosil kaynaklardan elektrik enerjisi üretimi dalga enerjisinden direkt dönüşüm sistemi kadar verimli olamamaktadır. Bugün için elektrik enerjisi ihtiyacının artmakta olması dalga kaynaklarının avantajlı pozisyonlarını korumalarına neden olmaktadır (Ağaçbiçer, 2010).

Güneş ve rüzgardan sonra üçüncül enerji kaynağı olan deniz dalgasının yüksekliği dolayısıyla taşıdığı enerji, deniz yüzey alanıyla doğrudan bağlantılıdır. Deniz dalga enerjisi, dalga yüksekliğinin karesi ile doğru, dalga periyodu ile ters orantılıdır. Yeryüzünün %75'inden fazlasını kaplayan okyanuslar özellikle son yıllarda enerji arayışlarına giren dünyamız için enerji kaynağı olma potansiyeli taşımaktadır. Yapılan araştırmalara göre, dünyanın tüm sahillerinde oluşan dalga enerjisi toplandığında, 2 ila 3 milyon megavat enerji açığa çıkmaktadır. Okyanus enerjisi hiçbir çevre kirliliğine yol açmayan, tükenmeyecek bir kaynaktır. 0,1 MW-100 MW kadar ihtiyaç duyulan her güçte santral kurulabilir.

Dalga enerjisi, güçlü rüzgarların estiği bölgelerde daha çok bulunmaktadır. Güney Afrika, Avustralya ve Amerika'nın kuzeydoğu ve güneydoğu kıyılarının yanı sıra, California ve İngiltere kıyıları da oldukça büyük enerji potansiyeli taşımaktadır. Dalga enerjisinin toplam enerji potansiyeli, toplam enerji büyüklüğü 2,5 terawat olarak hesaplanan gel-git enerjisinden çok daha fazladır.

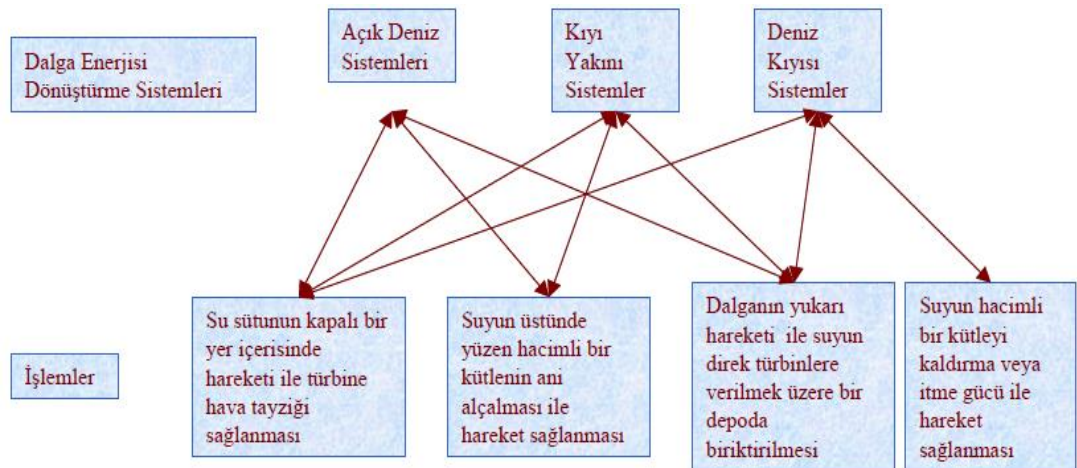
Sahilleri güçlü rüzgarlara maruz kalan ülkeler, enerji ihtiyaçlarının %5 veya daha fazlasını dalga enerjisinden karşılayabilirler (Adıyaman, 2012).

Sualtı dalgalarından enerji elde edebilmek için geliştirilen makinelerin suyun 40 metre altında kurulması gerekmektedir. Bu yöntem için geliştirilmiş makinalar, dalgaların düzensiz ve hızlı bir şekilde hareket etmelerinden yararlanarak elektrik üreten tulumbaları çalıştırır. Diğer bir yöntemde ise suda yüzen bidonların hareketlerinden yararlanılmaktadır. Dalgaların etkisiyle bidonlar hareket ettikçe, bidonlarla makinalar arasında bulunan hortumlar gerilip gevşemektedir. Hortumlar gerilip gevşedikçe de makinalar dönmekte, böylelikle dalgaların hareketindeki enerji elektrik enerjisine çevrilmiş olmaktadır.

Okyanusun yüzey dalgalarındaki enerjinin kıyılara kurulan dalga enerjisi tesisleri vasıtasıyla çıkarılması planlanmaktadır. Hindistan’da kıyı dalgalarından elektrik üreten bir makine Pico adalarına kurulmuş olup denenmektedir. Yakın zamanda bu makinenin adadaki evlerin çoğuna yeterli elektrik sağlayabilmesi beklenmektedir (Mutlu, 2013).

2.2.6.1 Türkiye’de dalga enerjisi potansiyeli

Ülkemizde Arşimet Prensibi ve yer çekimi arasında oluşan ve diğer enerji kaynakları ile alışverişinde ortaya çıkan dalga enerjisinden yararlanılmamaktadır. Kısaca; Arşimet Prensibi esas alınır, potansiyel enerji olarak stoklanır, ve dalgalardan devamlı alınan enerji, stoktaki potansiyel enerji ile dengelenerek lineer elektrik enerjisi elde edilir. Şekil 2.24’de dalga enerjisi dönüştürücülerinde kullanılan mevcut sistemler ve işlemler özetlenmiştir.



Şekil 2.24: Dalga enerjisi için mevcut sistemler ve işlemler (Sağlam ve Uyar, t.y).

Üretim maliyetinin yüksek olduğu gerekçesiyle ihmal edilmek istenen dalga enerjisinden elektrik üretmenin maliyeti teknolojinin gelişmesiyle daha da aşağıya düşecektir. Nitekim dalga enerjisini geliştirmek için çalışan ve bu alanda yatırım yapanlar dalga enerjisinin bugünkü noktada rüzgarın 10 yıl önceki konumunda olduğunu iddia etmekte ve umutlarını kaybetmemektedirler. Bu konuda itiraz edenlere maliyet sorununun daha önce rüzgarda da yaşandığı, ancak rüzgar enerjisi maliyetlerinin son 20 yılda 10 kat azaldığı ve rüzgarın bugün 2 milyar dolara yaklaşan bir endüstri haline geldiği hatırlatılmaktadır (Ağaçbiçer, 2010).

Üç tarafı denizlerle çevrili olan ülkemizde, ilk yatırımından ve bakım giderlerinden başka gideri olmayan, primer enerjiye bedel ödenmeyen, doğaya her hangi bir kirlletici bırakmayan, ucuz, temiz, çevreci ve çok büyük bir enerji kaynağının değerlendirilmesi için araştırma çalışmaları yapılmalıdır. 1 m'nin hemen üzerinde ortalama dalga yüksekliğine sahip olan deniz dalga enerjisi bile fosil yakıtlara alternatif olabilecek enerji yoğunluğuna sahiptir.

Türkiye'nin Marmara Denizi dışında açık deniz kıyıları 8210 km'yi bulmaktadır. Tüm kıyılarda bu tür tesislerin kurulması deniz trafiği, turizm, balıkçılık, kıyı tesisleri vb. nedenlerle olanaklı değildir. Türkiye kıyılarının beşte birinden yararlanılarak sağlanabilecek dalga enerjisi teknik potansiyeli 18,5 TWh/yıl düzeyindedir (Avcı ve diğ., t.y).

Hidroelektrik santrallerinde her 3 saniyede bir 10 ton suyu 30 metreden aşağıya düşürerek elde edilecek enerjiyi, 1 metre dalga yüksekliğine sahip deniz yüzeyinde 1 dönümden daha az alanda elde etmek mümkündür. Yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının içerisinde büyük potansiyele sahip ve ekonomik olan deniz dalga enerjisi potansiyeli değerlendirilmeyi beklemektedir (Demirtaş, 2010).

Türkiye'nin nüfus olarak en yoğun alanları genellikle kıyı şeridini oluşturmaktadır. Ayrıca dalga enerjisinin ilk yatırım maliyeti dışında başka hiçbir girdisinin olmaması büyük avantaj içermektedir. Tek dezavantajı yüksek bir ilk yatırım maliyetinin olmasıdır. Net bir maliyet ancak bölgenin konumuna ve coğrafi yapısına bağlıdır. ETKB, dalga elektrik santralleri, ulusal elektrik sistemine bağlanılarak, üretiminin üst sınırlarda olduğu zamanlarda, mevcut hidrolik santrallerimizi devreden çıkararak rezerv olarak kalmasını sağlayacak ve temiz, sınırsız, ucuz enerji üretileceğini ifade etmektedir.

Bunun yanında dünyada çok sayıda ada ülkesi bulunduğundan eğer Türkiye dalga enerjisi santralleri üretip bu ülkelere ihraç ederse çok ciddi kazançlar da elde edebilecektir.

Türkiye’de ilk çalışma 2004 yılında başlamış ilk parça denize 2005 yılında indirilmiştir. Ancak verilen desteğin yeterli olmaması ve prototipin de ebat olarak bir dalga boyunu geçememesi sebebi ile küçük kalan model, dalga üzerinde sallandığı için üretimi ölçmek ve ARGE çalışması yapmak mümkün olmamıştır. Şekil 2.25’de denize indirilen ilk çalışmaya ait fotoğraf görülmektedir.



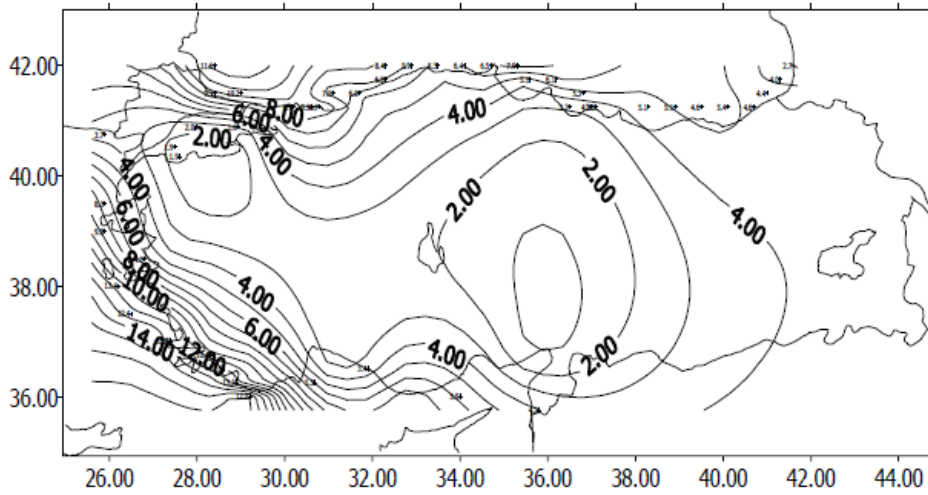
Şekil 2.25: Türkiye’de denize indirilen ilk dalga enerji santrali.

Deniz kökenli enerji kaynaklarından gelgit enerjisi potansiyeli Türkiye’de yoktur. Çanakkale ve İstanbul Boğazları’nda deniz akıntıları varsa da deniz trafiği bu enerjinin kullanılma olanağını sınırlandırmaktadır. Türkiye için söz konusu enerji grubu içerisindeki en önemlisi deniz dalga enerjisidir.

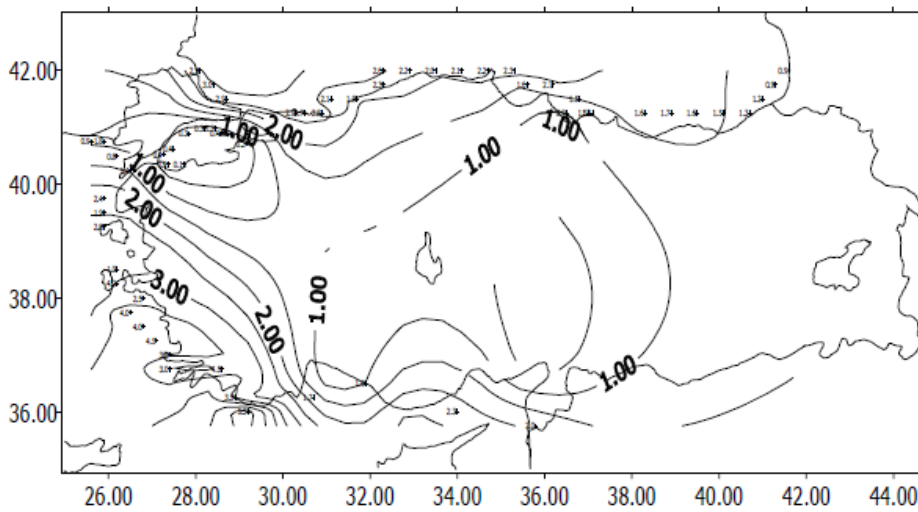
Türkiye’de Ege, Akdeniz ve Karadeniz kıyılarında yapılan ölçümler sonucunda, dalga enerjisi teknik potansiyelimiz; 5×10^7 MWh/yıl olarak hesaplanmıştır.

Kullanılabilir kıyı uzunluğumuzun 2600 kilometresinin toplam brüt dalga gücü potansiyeli, Marmara Bölgesi hariç $2,8 \times 10^4$ MW'dir. Güvenilir enerji üretimi ise 9×10^6 MWh/yıldır. Bu da Türkiye'de önemli bir dalga enerjisi potansiyeli var demektir.

Türk Kıyı Rüzgarları ve Derin Dalga Atlası verilerinden yararlanarak yaklaşık belirgin dalga yüksekliği (H) ve dalga periyodu (T) değerleri ile minimum enerji akışı için aylık ortalama, maksimum enerji akışı için aylık ortalamaların matematik ortalaması ve en büyük değerlerin en düşük olan değerleri kullanılarak hesaplanan Türk sularının kullanıma hazır yaklaşık azami ve asgari dalga enerji seviyeleri Şekil 2.26 ve Şekil 2.27'de gösterilmiştir.



Şekil 2.26: Azami dalga enerji seviyeleri (Sağlam ve Uyar, t.y).



Şekil 2.27: Asgari dalga enerji seviyeleri (Sağlam ve Uyar, t.y).

Karadeniz'in diğer denizlere göre daha dalgalı olduğu iddialarının aksine, Güneybatı Anadolu yönünde hakim olan Ege Denizi ve Akdeniz üzerindeki rüzgar potansiyeli 4-17 kW/m²'lik yıllık ortalama dalga gücünde bir yoğunlaşmaya neden olur. Dalga enerjisinden yararlanmak, daha doğrusu çalışmalara başlamak için en uygun yer İzmir-Antalya arası veya tam olarak belirtmek gerekirse Dalaman-Finike arasına tekabül eden denizlerdir. Bölgesel ortalama dalga yoğunlukları Çizelge 2.4'de belirtilmiştir.

Çizelge 2.4: Türkiye bölgesel ortalama dalga yoğunluğu (Sağlam ve Uyar, t.y).

BÖLGE	GÜÇ
Karadeniz	$1,96 \times 10^{-3} - 4,22 \times 10^{-3}$ MWh/m
Marmara Denizi	$0,31 \times 10^{-3} - 0,69 \times 10^{-3}$ MWh/m
Ege Denizi	$2,86 \times 10^{-3} - 8,75 \times 10^{-3}$ MWh/m
Akdeniz	$2,59 \times 10^{-3} - 8,26 \times 10^{-3}$ MWh/m
İzmir-Antalya	$3,91 \times 10^{-3} - 12,05 \times 10^{-3}$ MWh/m

Uygun tekniklerle, dalga enerjisinden elektrik üretimi sağlanarak Türkiye için ek bir enerji sağlanabilir. Türkiye'nin en yoğun dalga potansiyeline sahip bölgesi Akdeniz ve Ege bölgeleridir. İzmir-Antalya arasında bu değerler en yüksek düzeydedir. Bu nedenle dalga enerjisinden elektrik üretim çalışmalarına başlamak için en uygun yer özellikle de Dalaman-Finike arasında bulunan denizlerdir. Türkiye'de toplumun genel olarak deniz kıyılarında yaşama eğilimi göstermesi kıyılarda nüfus yoğunlaşmasına neden olduğundan, özellikle bu bölgeler için dalga enerjisi, değerlendirilmesi gereken önemli bir enerji potansiyelidir. Bu aynı zamanda ulusal elektrik hatlarının yükünü azaltarak milli ekonomiye büyük katkı sağlayacaktır. Deniz dalga enerjisinin kullanılması, Türkiye'nin gündemine profesyonel olarak henüz girmemiştir. Fakat öncül deneme santralleri kurulmuş bulunmaktadır (Mutlu, 2013).

Dalga enerjisi alanında Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2007 yılından itibaren bir çalışma başlatmış, örnek küçük bir sistem kurulmuştur. Bu sistem, denize yerleştirilen dubalar ve jeneratörden oluşmakta, deniz dalgalarının dikey olarak hareketini elektrik enerjisine çevirmektedir. Üretilen elektrik 0,005 MWh gücünde ve iki eve yetecek miktardadır.

Dalga enerjisinden üretilen elektriğe devlet on yıllık bir alım garantisi vermesine rağmen, bu sistem henüz ekonomik getiri sağlayacak kapasitede olmadığından, yeterli ilgi görmemektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji kullanımındaki payının artırılması için Türkiye’de yeterince bulunan deniz kökenli enerjilerin de değerlendirilmesi gerekmektedir (Adıyaman, 2012).

2.2.6.2 Dalga enerjisinin çevresel etkileri

Deniz kökenli enerji kaynakları, çevre üzerinde hemen hemen hiçbir olumsuz etkisi olmayan tükenmez ve temiz enerji kaynaklarıdır. Dalgalar, rüzgar estiği sürece, gelgit, dünya ile ay arasındaki kütle çekim kuvveti var olduğu sürece devam edecek olan yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Yakıt maliyetleri yoktur ve ömürleri uzundur. Gelgit barajı dalgakıran görevini de görerek bulunduğu bölgeyi sel baskınlarına karşı korur. Bu enerjinin, fosil yakıtlara bağımlılığı, küresel ısınmayı, asit yağmurlarını, her türlü kirliliği dolaylı olarak azaltıcı etkisi vardır. Elektrik şebekesinin olmadığı kıyı bölgelerine ve özellikle adalarda elektrik sağlaması gibi olumlu yönleri bulunmaktadır (Ağaçbiçer, 2010).

Denize bıraktığı hiçbir fiziksel, kimyasal ve organik kirleticisi yoktur. İlk yatırımından başka önemli bir gideri yoktur. Öngörülen enerji ihtiyacına göre büyük yada küçük olarak yapılabilirler. Büyük dalga boyutu maliyeti düşürür. Deniz üzerinde kurulduğu için, tarım arazilerini yok etmez. Her zaman kaliteli enerji üretir. Dalgalardan elde edilebilecek ucuz elektrik enerjisi, yoğun nüfuslu büyük şehirlerde ısınma amaçlı kullanıldığı zaman, hava kirliliğini önlemede önemli katkısı olacaktır.

Deniz kökenli enerji kaynaklarının sağladığı faydaları aşağıdaki gibisıralayabiliriz:

- Deniz üzerinde kurulduğu için tarım alanlarının korunmasını sağlar.
- Yerel bir kaynak olduğu için dışa bağımlılığı yoktur. Olası krizlerden etkilenmez.
- Santral üzerine oteller, sosyal mekanlar vb. tesisler kurularak turizm amaçlı kullanılabilir.
- Dalyan görevi sayesinde balık neslinin çoğalmasını sağlar.
- Dalga elektrik santralleri ulusal elektrik sistemine bağlanılarak kullanılabilir. Ayrıca dalgaların enerji ihtiyacının çok olduğu kış aylarında daha çok elektrik üretecek olması da diğer bir olumlu yönüdür.

Deniz kökenli enerji kaynakları kullanmanın bazı olumsuz yönleri bulunmaktadır. Kesintili bir enerji kaynağıdır. Günün her saatinde dalga oluşmadığı gibi gelgit olayı da belli aralıklarla gerçekleşmektedir. Bu nedenle bu santrallerden sürekli enerji sağlamak günümüz teknolojisi ile zordur. Denizlerde kurulacak santrallerin ilk yatırım maliyeti diğer alternatif enerji kaynaklarına göre oldukça yüksektir.

Her ne kadar çevresel olumsuz etkileri olmasa da meydana gelen değişim, buralarda yaşayan canlı türleri olumsuz etkileyecektir. Kıyıya çok yakın kurulan santrallerde gürültü kirliliği ve estetik açıdan görüntü kirliliği oluşabilmektedir. Kıyılardan uzaklara kurulan santraller deniz taşımacılığı ve balıkçılığı olumsuz etkileyebilmektedir. Su yüzeyinin büyük bir kısmının dalga enerji sistemleri ile kaplanması deniz yaşamına zarar verebilmektedir (Çelik, 2012).

Dalga enerjisi yine de temiz enerjiler arasında sıralayabileceğimiz bir enerji çeşididir. Birincil enerji kaynağı güneş olan rüzgar; dünya yüzeyinin %80'ini kaplayan milyonlarca km²'lik deniz yüzeyinde eserek okyanuslarda 40-50 metrelik dev dalgalar oluşturmaktadır. Her saniye yüzbinlerce ton su dalga halinde bir noktadan başka bir noktaya doğru hareket etmektedir (Adıyaman, 2012).

2.2.7 Hidrojen enerjisi

Hidrojen, yeryüzünde en fazla bulunan, basit, renksiz, kokusuz ve zehirsiz bir elementtir. Birim başına düşen enerji hacmi oldukça yüksektir. Bileşikler halinde bulunan bu enerjinin yeryüzünde en çok bulunan bileşiği sudur. Doğal ortamda fazlasıyla bulunan bu enerji, hidrojenin serbest bir şekilde bulunamamasından dolayı doğal bir enerji kaynağı değildir. Ancak bu element enerji kaynakları ile değişik hammaddelerden üretilmekte ve üretiminde dönüştürme işlemleri kullanılmaktadır. Hidrojen, petrol yakıtlarına göreceli olarak yaklaşık 1,33 misli daha verimlidir. Ayrıca, bu enerji doğayı kirletici hiçbir negatif özelliğe sahip değildir. Hidrojen gazı çeşitli yöntemler aracılığı ile (su, güneş, rüzgar, dalga, biyokütle vb.) elde edilebilmektedir. Şekil 2.28'de Hidrojen enerjisi üretim aşamaları gösterilmiştir. Hidrojen üretimi çok maliyetli olması sebebiyle üretimi çok rahat sağlanamamaktadır. Bugün bu alanda sürdürülen çalışmalar ile bu enerji maliyeti düşürülmeye çalışılmaktadır (Çelik, 2012).

Hidrojen enerjisinin avantajlarını aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

- Hidrojen bir doğal yakıt olmayıp, birincil enerji kaynaklarından yararlanılarak su, fosilyakıtlar ve biyokütle gibi değişik hammaddelerden üretilen sentetik bir yakıttır.



Şekil 2.28: Hidrojen enerjisi sistemi (Veziroğlu, t.y).

- Hidrojen yenilenebilir enerji kaynakları da dahil olmak üzere herhangi bir enerji kaynağı kullanılarak üretilir.
- Hidrojen elektrik kullanılarak üretilir ve nispeten yüksek verimle de elektriğe çevrilebilir. Hidrojenin solar enerjiden doğrudan üretim süreçleri de geliştirilmiştir.
- Fosil yakıtlar, son kullanımda sadece bir süreç ile dönüştürülürken, hidrojen kullanılacak enerji şekline beş farklı süreç ile dönüştürülmektedir. Son kullanımda hidrojen kullanılacak enerji şekline dönüşürken en yüksek verime sahiptir. Hidrojen fosil yakıtlardan %39 daha verimlidir. Kısaca hidrojen birincil enerji kaynaklarını korur.
- Hidrojen gaz şeklinde (büyük ölçekli depolamada), sıvı şeklinde (hava ve uzay ulaşımında) veya metal hidrit şeklinde (araçlar ve diğer küçük ölçekli depolamada) depolanabilir.
- Hidrojen boru hatları veya tankerler ile büyük mesafelere taşınabilir (birçok durumda elektrikten daha ekonomik ve verimlidir).

- Hidrojen diğer yakıtlardan farklı güvenlik donanımı ve prosedürü gerektirse de onlardan daha fazla tehlikeli değildir. Hidrojen güvenlik sıralamasında propan ve metanın (doğalgaz) arasındadır. Yangın tehlikesi ve zehirlilik dikkate alındığında hidrojen en güvenilir yakıttır.
- Hidrojen elektrikten veya solar enerjiden üretilirken, taşınırken veya depolanırken ve son kullanımda herhangi bir kirletici üretmez veya çevreye zararlı herhangi bir etkisi yoktur, kullanımı çok temiz bir yakıttır. Hidrojenin yanması veya yakıt hücresinde tüketilmesi sonucu son ürün olarak sadece su üretilir. Yanma yüksek sıcaklıkta olursa havadaki azot ve oksijenden NO_x oluşabilir. Ancak bu sorun diğer yakıtlarla aynıdır ve kontrol edilebilir. Diğer yakıtların aksine, hidrojen elementlerden üretilen kirletici içermez. Bu nedenle de SO_2 , CO, CO_2 , uçucu organik kimyasallar oluşmaz.
- Çevresel hasarlar ve yüksek kullanma verimi dikkate alındığında solar hidrojen enerji sistemleri en düşük etkin maliyete sahiptir.
- Hidrojen enerjisinin sera gazı emisyon oranı sıfırdır. Bundan dolayı küresel ısınmaya neden olan sera gazlarının azaltımında önemli katkısı vardır.

Hidrojen enerjisinin dezavantajları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Hava ile karıştığında düşük konsantrasyonlarda kolayca yanabilir. Bu durum güvenlik önlemlerini arttırmayı gerektirir.
- Hidrojenin sıvı formda depo edilmesi zordur. Çok düşük sıcaklıklar gerektirir (Mutlu, 2013).

2.2.7.1 Türkiye’de hidrojen enerjisi potansiyeli

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

Isı ve patlama enerjisi gerektiren her alanda kullanımı temiz ve kolay olan hidrojenin yakıt olarak kullanıldığı enerji sistemlerinde, atmosfere atılan ürün sadece su ve/veya su buharı olmaktadır. Hidrojen petrol yakıtlarına göre ortalama %33 daha verimli bir yakıttır.

Hidrojenden enerji elde edilmesi esnasında su buharı dışında çevreyi kirletici ve sera etkisini artırıcı hiçbir gaz ve zararlı kimyasal madde üretimi söz konusu değildir. Araştırmalar, mevcut koşullarda hidrojenin diğer yakıtlardan yaklaşık üç kat pahalı olduğunu ve yaygın bir enerji kaynağı olarak kullanımının hidrojen üretiminde maliyet düşürücü teknolojik gelişmelere bağlı olacağını göstermektedir. Bununla birlikte, günlük veya mevsimlik periyotlarda oluşan ihtiyaç fazlası elektrik enerjisinin hidrojen olarak depolanması günümüz için de geçerli bir alternatif olarak değerlendirilebilir. Bu tarzda depolanan enerjinin yaygın olarak kullanılabilmesi toplu taşıma araçları için yakıt piline dayalı otomotiv teknolojilerinin geliştirilmesine bağlıdır.

Hidrojenin ısı ve patlama enerjisi yakıtı olarak kullanıldığı alanlarda temiz ve kolay olan bu enerjinin atmosfere bıraktığı ürün sadece su veya su buharıdır.

Türkiye'nin uzun kıyı şeridinde sahip olan Karadeniz'in tabanında kimyasal biçimde depolanmış olarak hidrojen bulunmaktadır. Karadeniz'in suyunun %90'ı oksijensizdir ve H_2S içermektedir. H_2S 'den hidrojen üretimi konusunda yapılmış çalışmalar mevcuttur. Ayrıca güneş ve rüzgar enerjisinden faydalanılarak, Karadeniz'in H_2S içeren suyundan hidrojen üretimi için çalışmalar yapılmıştır.

Birleşmiş Milletler Uluslararası Hidrojen Enerjisi Teknolojileri Merkezi'nin (ICHET) kurulmasına ilişkin anlaşma, Türkiye Cumhuriyeti Hükümeti ile Birleşmiş Milletler Sınai Kalkınma Örgütü (UNIDO) arasında, 21 Ekim 2003 tarihinde Viyana'da imzalanmıştır (Çelik, 2012).

Merkez tarafından Türkiye için hidrojen enerjisinin değişik kaynaklardan temin edilmesi öngörülmüştür. Buna göre hidrojenin Kuzey Anadolu'da Karadeniz'deki hidrojen sülfür'den, Batı Anadolu'da (Çanakkale-İzmir hattında) rüzgar enerjisinden, Doğu Anadolu'da hidroelektrik potansiyelinden, Güneydoğu Anadolu'da güneş enerjisinden ve linyit kömürü rezervi olan Yatağan ile Afşin Elbistan bölgelerinde kömürden elde edilmesi hedeflenmektedir. Bu kaynaklardan üretilen hidrojenin de yakıt olarak mevcut doğalgaz ağı kullanımı ile hem ülke içinde hem de Avrupa'ya dağıtımının yapılması öngörülmüştür. Türkiye'de hidrojen enerjisine yönelik pratikte uygulamalara geçilmiş olmasına rağmen halen araştırma ve geliştirme aşamasındadır.

Mevcut olan teknolojiler itibariyle hidrojenin üretimi ve kullanılan araçların maliyeti diğer geleneksel sistemlere göre daha yüksektir (Ağaçbiçer, 2010).

2.2.7.2 Hidrojen enerjisinin çevresel etkileri

Hidrojen enerjisi kullanımının sağladığı en önemli fayda, kullanımı sırasında çevreye herhangi bir zarar vermeyen su ve su buharı üretmesidir. Hidrojen karbon içermediği için fosil yakıtların neden olduğu çevresel sorunlara neden olmaz. Sera etkisine neden olan gazları yaymaz. Kirli hava oluşturmaz ve asit yağmurları oluşturan kimyasal maddeler üretilmesine neden olmaz. Diğer yakıtlara göre daha güvenlidir. Havadan daha hafif olduğu için herhangi bir kaçak durumunda hızla yükselerek atmosfere karışır. Yine bir yanma durumunda hidrojen hemen yanar ve yukarı çıkar. Hidrojen eğer alevli yanma işlemiyle kullanılmak istenirse, az miktarda NO_x meydana gelmektedir. Hatırlanacağı gibi NO_x sera etkisi oluşturarak küresel ısınmaya neden olan gazlardan biridir. Hidrojenin yanması sonucu, yanma ürünü olarak ısı ve su buharı açığa çıkmaktadır. Birçok kaynakta oluşan su buharı ve ısıнын çevreye hiçbir zararının bulunmadığı belirtilirken, bazı görüşlere göre de oluşan su buharının, iklim değişikliğine neden olan gazların arasında yer aldığı belirtilmektedir.

Hidrojen elde edilmesinde su dışında bir kaynak kullanıldığında, çevreye zarar veren gazlar oluşabilmektedir. Bütün biyolojik temelli ve fosil kaynaklardan hidrojen üretildiğinde serbest kalan çok sayıda farklı gaz bulunmaktadır. Açığa çıkan bu gazlardan biri de sera etkisi oluşumuna en çok etkisi olan karbondioksittir (Adıyaman, 2012).

1970’li yıllarda yaşanan enerji darboğazları ve küresel ısınma tehdidinin artış göstermesi enerji sektörünü hidrojen ağırlıklı kaynaklara yöneltmiştir. Çevre üzerindeki olumlu etkisiyle bilinen hidrojen enerjisi, fosil kaynaklardan daha pahalı olmasına rağmen sera etkisinin önlenmesi konusunda ideal bir yaklaşım olarak görülmüştür. Enerji taşıyıcı olan hidrojen, yakıt pilleri ve içten yanmalı motorlarda girdiği termokimyasal reaksiyon sonucu su oluşturduğu için temiz bir enerji kaynağıdır.

Atmofere karbondioksit, azotdioksit ve kükürtdioksit gibi zararlı emisyonlar salgılamadığı gibi alternatif bir kaynak olarak yaygınlaşması sera gazlarının azalmasına da yardımcı olur.

Hidrojen gazının çeşitli tekniklerle üretimi sırasında kullanılan kömür veya doğalgaz gibi kaynaklar yanma işlemi sonunda tahribat verici nitelik kazanırlar. Bu yüzden yenilenebilir çevreci kaynaklardan imal edilmesi önem taşımaktadır. Tam hidrojen ekonomisinin de dayanağı, yenilenebilir kaynaklardan karşılanan güvenilir ve minimum zararlı üretimdir. Hidrojen doğalgaza nazaran hacimsel açıdan daha düşük kapasiteli enerji içermektedir. Bu yüzden mevcut boru hatlarında hidrojen gazı nakletmek, kamyonlarla taşımaktan daha güvenli ve düşük maliyetli olmaktadır. Boru hatlarını endüstriyel veya evsel kullanımın yoğun olduğu bölgelerde yaygınlaştırılmasının çevresel açıdan olumsuz etkilerinin olabileceği gibi estetik rahatsızlıklara da sebebiyet verebilir (Mutlu, 2013).

Bilim insanlarının üzerinde düşündükleri bir diğer nokta da hidrojen kullanımının fazlaca yaygınlaşması durumunda hidrojen gazının atmosfere yerleşerek ozon tabakası üzerinde hasar meydana getirebileceği ve bulutların yeryüzüne alçalmasıyla mikrobik hastalıkların artarak ekolojik dengeyi bozabileceği ihtimalidir. Ayrıca iklimlerin hidrojen teknolojileri üzerindeki etkileri incelenen bir başka konudur. Yakıt hücrelerinde hidrojen gazı üretimi için kullanılacak olan saf suyun 0 °C'nin altındaki soğuk iklimlerde donarak sistemi çalışmaz hale getirebilmesi söz konusudur. Dünya çapında enerji tüketiminin 2025 yılına gelindiğinde 139.200 milyon MWh ile 185.600 milyon MWh civarlarında olacağı ve bu miktarın 17.400-30.160 milyon MWh'lık kısmının hidrojen enerjisi kullanılarak karşılanacağı düşünülmektedir. Bu durumda mevcut konvansiyonel kaynakların %10-15'lik bölümünün hidrojen enerjisi ile değiştirilmiş olacağından çevresel tahribatının büyük ölçüde önüne geçilebilecektir (Ağaçbiçer, 2010).

2.3 Enerji Kaynaklarının Karşılaştırılması

Dünya nüfusu sürekli arttığından ve ülkelerin şu andaki Batı Avrupa, Japonya, Kuzey Amerika yaşam standartlarına ulaşma çabasından dolayı fazla elektrik enerjisine ihtiyaç duyulmaktadır. Dünyada şu anda en geçerli olan enerji kaynakları kömür, nükleer, hidroelektrik, doğalgaz, rüzgar, güneş ve biyokütledir. Çizelge 2.5’de bundan önceki bölümlerde de avantaj ve dezavantajlarından bahsedilen bazı enerji kaynaklarının olumlu ve olumsuz yönleri özetlenmiştir. Her enerji kaynağının olumlu yönlerinin yanında olumsuz özellikleri de vardır.

Ancak yenilenebilir enerji kaynaklarının dünyamızın geleceği, sürdürülebilir bir yaşam için olumlu özellikleri daha fazladır. Çevre ve insan sağlığı bakımından incelendiğinde de yenilenebilir temiz enerjiler olumlu yönleriyle dikkat çekmektedir. Ayrıca Çizelge 2.6’da Türkiye’deki enerji kaynaklarının genel bir değerlendirilmesi yapılmıştır.

Çizelge 2.5: Enerji kaynaklarının avantaj ve dezavantajları.

KAYNAK	AVANTAJLARI	DEZAVANTAJLARI
Kömür	- Ekonomik - Eldesi kolay (bölgelere göre değişken)	- Pahalı hava kirliliği kontrol ünitelerine ihtiyaç duyar (civa,sülfür dioksit) - Asit yağmurlarına ve küresel ısınmaya sebep olur - Büyük taşıma sistemine ihtiyaç duyar
Doğalgaz Petrol	- Şu anki kullanım seviyeleri için iyi bir dağıtım sistemidir - Eldesi kolaydır - Yer ısıtma amaçlı kullanıldığında iyi bir enerji kaynağıdır	- Sınırlı geçerliliğe sahiptir (kesintiler) - Küresel ısınmaya neden olur - Stok ve talebe bağlı fiyat artışları olur - Pahalı bir yöntemdir
Nükleer	- Yakıt ekonomiktir ve taşınması kolaydır - Enerji üretimi açısından en yoğun kaynaktır - Atıkları kolay sıkıştırılabilir, az yer kaplar - Çevrim için oldukça geniş bir alana hitap eden bilimsel temellere ihtiyaç duyar - Sera etkisi ve asit yağmuru etkisi yoktur	- Emniyet, güvenlik, radyoaktif atık ve depolama sistemlerinden dolayı temel giderleri fazladır - Hızlı nükleer güç üretiminden dolayı tehlike barındırır - Yüksek seviyeli atıkların uzun dönem depolanma problem oluşturur
Hidroelektrik	- Baraj bir kez inşaa edildikten sonra oldukça ekonomiktir - Hükümet barajlar inşa ederek büyük karlar elde etmiştir - Enerji üretiminin ana kaynağı su olduğundan üretim maliyeti çok düşüktür - Hava ve çevre kirliliğine yol açmaz - İklimde yumuşamaya sebep olur - Tarım arazilerinin sulanmasını sağlar - Sel ve taşkınları önler	- Su yüksekliğine bağlı olduğundan kaynak son derece sınırlıdır - Muhtemel birçok barajın potansiyelleri bilindiğinden kaynak açısından geleceğin yakıtı olarak bahsedilemez - Barajların çökmesi ölümlerle sonuçlanabilir - Balık yaşamını etkiler - Nehir boyunca su altında kalan bölgelerde çevresel tahribata yol açar
Rüzgar	- Rüzgar sürdürülebilir bir enerji kaynağıdır - Projelerin tesis edilmesi kolay olup, bakımı da ucuzdur - Temiz enerjidir, çevre kirliliğine neden olmaz - Dış ülkelere bağımlılık yoktur - Az yer kaplar	- Kesintisiz veya dengeli bir enerji kaynağı değildir - Rüzgar çok kuvvetli estiği zamanlarda türbinlere zarar verebilir - Görüş açısına göre değişmekle birlikte görünüşü bozdukları söylenmektedir - İlk yatırım maliyetleri yüksektir - Göçmen kuşların uçuş yollarını değiştirmesinde rol oynayabilir
Güneş	- Temiz ve yenilenebilir bir enerji kaynağıdır - Güneş enerjisi ile çalışan sistemler kolayca taşınıp kurulabilir - Enerji ihtiyacına bağlı olarak gerektiğinde kolayca değiştirilen sistemlerdir - Yakıt sorunu yoktur ve işletmesi kolaydır - Solar paneller dayanıklı, güvenilir ve uzun ömürlüdür	- Enerji miktarı bizim isteğimize bağlı değildir, kontrol edilemez - Kesintili bir kaynak olan güneş enerjisinin depolanma imkanları sınırlıdır - Enerji kazanımları kış aylarında düşük seviyede, gece hiç yoktur - Yapılması gereken düzeneklerin yatırım giderleri bugünkü teknolojik aşamada yüksektir
Biyokütle	- Hemen her yerde yetiştirilebilmesi - Üretim ve çevrim teknolojilerinin iyi bilinmesi - Her ölçekte enerji verimi için uygun olması - Çevre kirliliği oluşturmaması - Asit yağmurlarına yol açmaması	- Düşük çevrim verimine sahip olması - Tarım alanları için rekabet oluşturmaması - Su içeriğinin fazla olması

Çizelge 2.5 (devam): Enerji kaynaklarının avantaj ve dezavantajları.

Jeotermal	• Yenilenebilir ve kesintisizdir • Maliyeti düşüktür • Dışa bağımlı değildir • Doğal kaynaklar kullanılır • Patlama, yangın, zehirlenme riskleri yoktur • Hava değişimlerinden etkilenmez • Az yer kaplar	• Bünyesinde Hidrojensülfür, karbondioksit ve bor gibi maddeler bulunması • Reenjeksiyona gerek duyması • Bor yüzünden atılacağı yüzey sularını kirlilemesi
Hidrojen	• Rezerv açısından sorunsuzdur • Küresel iklim değişikliklerine etkisi yoktur • Alevli yanma, katalitik yanmaya, direkt buhar üretimine, hidritleşme ile kimyasal dönüşüme ve yakıt hücresi ile elektrik dönüşümüne uygun bir yakıttır	• Oldukça pahalıdır • Depolanma problemi vardır
Dalga	• Temiz, sınırsız ve ucuz bir enerji kaynağıdır • İlk yatırımından başka girdisi yoktur • Uzun iletim hatlarına gerek yoktur • Dalıyan görevi görerek denizlerdeki balık neslinin çoğalmasına yardım eder • Ekolojik dengeye katkıda bulunur • Tarım arazilerini yok etmez	• Kesintili bir enerji kaynağıdır • İlk yatırım maliyeti yüksektir • Kıyıya yakın kurulan santrallerde görüntü ve gürültü kirliliği yaratabilir • Deniz yaşamına az da olsa zarar verebilir

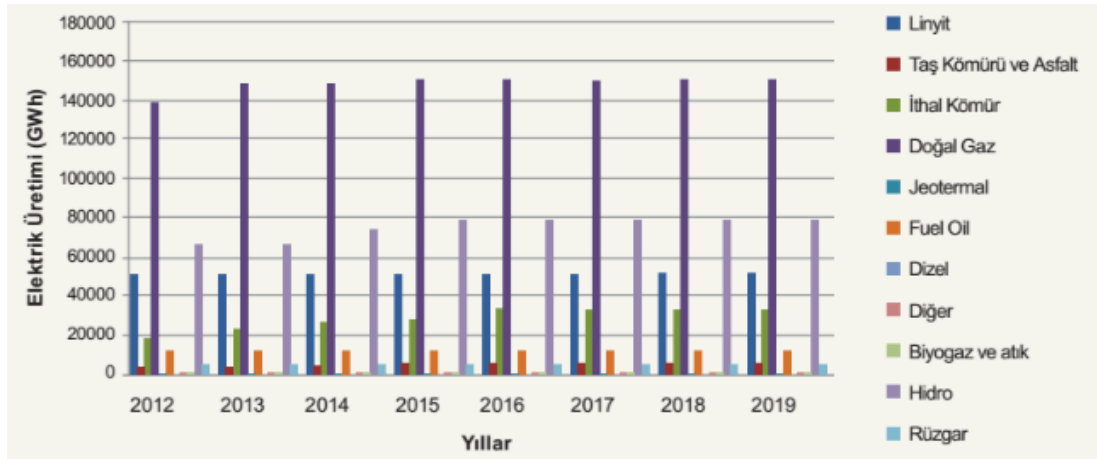
Çizelge 2.6: Türkiye’deki enerji kaynaklarının genel durumu.

Enerji Kaynakları	Kaynak Potansiyeli	Kurulu Güç (MW)	Kurulu Güç Payı (%)	Üretim (MWh)	Üretim İçindeki Payı (%)	Toplam Proje Sayısı (Adet)	Toplam Proje Kurulu Gücü (MWe)	Aktif Santral Sayısı (Adet)	İlk Yatırım Maliyeti (\$/kW)
Hidrolik	36.000 MW	23.690,9	34,0	40.401,80	16,1	433	27032,46	1.487	2936
Rüzgar	48.000 MW	3.629,7	5,2	8.366,8	3,3	32	1664,65	98	2213
Güneş	1.527 kWh/m ² -yıl	90,00	0,13	14,60	0,05	495	7860,38	181	3873
Jeotermal	2.000 MW	404,9	0,6	2.251,8	0,9	22	402,87	15	4362
Biokütle	2.030,7 Milyon TEP	291,0	0,41	145,90	0,501	24	131,11	58	4114
Taşkömürü	1.310,5 Milyon Ton	335,0	0,5	36.637,70	14,6	31	25917	33	3246
Doğalgaz	24,4 Milyar m ³	21.476,1	30,9	121.843,80	48,7	54	20469,93	226	917

3. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ ÖNEMİ

3.1 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına Yöneliş Nedenleri

Enerji, çağımızda en önemli tüketim maddelerinden biri ve vazgeçilmez bir uygarlık aracıdır. Gelişmişlik düzeyi yüksek ülkelerin en önemli ihtiyaçlarının başında gelen enerji tüketimi, sürekli artmakta ve bu artış hiç şüphesiz ki gelecekte de devam edecektir. Bugün sahip olduğumuz teknolojik gelişmelerin devam etmesi ve sunduğu imkanların yaşamımızda sürmesi için doğrudan ve dolaylı olarak enerji tüketmek zorundayız. Tüketmek zorunda olduğumuz enerjinin bugün büyük bir çoğunluğu fosil yakıtlarından, geri kalanı ise nükleer ve yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanmaktadır. Fosil yakıt kullanımının çevre ve insan sağlığına verdiği zararlara karşı yeterli önlem alınmazsa bu zararların telafisi için gelecekte yaşayacak insanların ödeyeceği bedelin çok büyük boyutlara erişeceği kaçınılmaz olacaktır. Enerji üretiminde fosil kaynak kullanımının devam edebilme olanağının kalmadığı, kabul edilmesi gereken bir gerçektir. Bu durumda, sanayinin gelişmeye başlaması ile kullanımı giderek artan, kalkınma ve sanayileşme yolunda verdiği zararlar önceleri göz ardı edilen bu enerji kaynaklarının yerine çevremizin kendi doğal ürünü olan yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasının arttırılması gerçeği her geçen gün daha iyi anlaşılmaktadır. Şekil 3.1’de elektrik üretim projeksiyonu görülmektedir.



Şekil 3.1: 2012-2019 Türkiye elektrik üretim projeksiyonu (GMKA, 2014).

Yeryüzünde fosil yakıtların neden olduğu sera gazlarının küresel ısınma ve iklim değişikliklerine yol açması, diğer yandan nükleer enerji kaynaklarının toplumsal, çevresel ve ekonomik açıdan yüksek maliyetli olması ve Japonya'daki son kazanın gösterdiği gibi, henüz risk sorununun çözülmediği gerçeği, ülkelerin yerli ve yenilenebilir kaynaklara yönelmesine ve öz kaynaklarını daha etkin biçimde kullanımının önemini artırmıştır. Özellikle teknolojik gelişmeye bağlı olarak ortaya çıkan çağdaş gereksinimlerden dolayı, enerji üretimiyle ilgili bilimsel araştırmalar, alternatif ve daha kullanışlı enerji kaynaklarına yönelmiştir. Günümüzde sürdürülebilirliğin sağlanması ve doğal dengenin korunması için yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının işlenmesi ve kullanılmasının önemi giderek artmaktadır (Ağaçbiçer, 2010). Hava, su, toprak kirliliğinden bitki örtüsünün ve hayvanların yok olmasına kadar uzanan çevre sorunları, bu sorunlardan etkilenen insanlarda gelecek kaygısı uyandırmış, bu kaygı ile beraber, çevrenin korunmasına karşı hassasiyet de giderek artmaya başlamıştır.

Enerjiyi kesintisiz, güvenilir, ucuz, temiz ve çeşitlendirilmiş kaynaklardan sağlayabilmek ve verimli kullanmak önemlidir. Ne var ki bu güne kadar kullandığımız birçok enerji dönüştürme yönteminin çevreye ve insanlara verdiği zarar artık ciddi boyutlara ulaşmıştır. Özellikle yirminci yüzyılın acımasız ve neye mal olursa olsun daha fazla üretim, daha fazla kar güdüsünün, gerek çevreye, gerekse canlılara onarılamaz derecede zarar vermesi, enerji gereksiniminin insana daha yakışır biçimde nasıl karşılanabileceği sorusunu ve araştırmasını beraberinde getirmiştir (Dikmen, 2009).

Ülkelerin, kendi yurttaşlarına ve dünya halklarına daha güzel bir dünya sunabilmek için, yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarından daha fazla enerji üretmeye yönelmeleri kaçınılmazdır. Bu noktada doğanın dünya ölçeğinde dağılımında daha adil ve eşitlikçi davrandığı rüzgar, güneş gibi yenilenebilir enerji kaynakları da, tüm insanlığın hizmetinde olacaktır. Sürdürülebilir bir gelecek için yeni fikirlerle ve eylem programlarına ihtiyaç vardır. Enerjiye ucuz, güvenilir, kaliteli, yeterli ve sürdürülebilir şekilde erişim temel bir insan hakkıdır (Mutlu, 2013).

3.2 Enerji Arzının Sürekliliği

Fosil yakıtlar kullanılarak elde edilen enerji, dışa bağımlılık, yüksek ithalat giderleri, küresel ısınma gibi önemli çevre sorunlarını ve canlı yaşamı için sağlık problemlerini de beraberinde getirir. Bilinen bir diğer olumsuzluk da fosil kaynakların yakın gelecekte tükenecek olmasıyla ortaya çıkacak enerji sorunudur.

Hammadde ve enerji kaynakları kapasitelerinin sınırlı olmasına karşın, hammadde ve enerji ihtiyacının hayatımıza her geçen gün giren yeni teknolojik ürünlerin kullanımı ile sürekli ve hızlı bir biçimde artış göstermesi, insanlığı yeni kaynaklar bulmaya zorlamaktadır. Var olan petrol, doğalgaz, kömür vb. fosil kaynakların gelecekteki nüfus artışı ve günlük yaşamda kullanılan cihazların artması nedeniyle hızlı bir şekilde azalması beklenmektedir. Bu nedenle, yerel ve yenilenebilir doğal zenginlikler konumunda olan yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, hem ülkemizde hem de diğer dünya ülkelerinde enerji ihtiyacının karşılanması bakımından büyük önem taşımaktadır. Bu yüzden tüm dünyada yenilenebilir enerji kaynaklarına hem teknolojik araştırmalar açısından hem de bu kaynaklardan üretilen enerjileri kullanmaya yönelme baş göstermiştir. Bu bağlamda, enerji çeşitlendirilmesi, enerji güvenliği ve sürekliliğini sağlamak açısından vazgeçilmez hale gelmiştir. Geleneksel anlamıyla enerji güvenliği, enerji kaynaklarının çeşitliliği ve bu kaynaklara ulaşılabilme kolaylığıdır. Ancak enerji üretimi ile yaşadığımız çevre arasındaki etkileşimin neden olduğu olumsuz sonuçların önlenmesi zorunluluğu günümüzde, enerjinin temiz ve güvenli olması kavramını içerecek biçimde yeniden tanımlanmasını ve benimsenmesini gerektirmiştir (Ağaçbiçer, 2010).

Enerjide dış kaynaklara bağımlılığın önüne geçilmesi ve herhangi bir kaynaktan ileri gelebilecek bir azalma, tükenme, kesilme gibi aksaklıkların ortaya çıkmasına karşı önlemlerin alınması, enerji çeşitlerinin arttırılması ile mümkün olabilmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasıyla:

- İthal edilen yakıtlara olan bağımlılık azalacak,
- Yerli öz kaynaklara öncelik verilmesi sağlanacak,
- Yerli üretim sonucu istihdam artacak,

- Sürdürülebilir ekonomik büyüme ve gelişmeye imkan sağlayacak,
- Enerji arz güvenliğini artacak,
- Enerji talebini karşılamada sağlanan güvenlik ile enerjiyi kullanan sektörleri olumlu yönde etkileyecek ve yatırım yapmalarını teşvik edecek,
- Üretimde ve tüketimde sağlanan güven ortamı ile istikrar artacak,
- Sosyal ve ekonomik hayatta refah, istikrar da artacaktır.

3.3 Sosyal ve Ekonomik Nedenler

Enerji üretmek amacıyla kurulacak her santral tipi için, maliyetler hesaplanırken bütün detaylar dikkate alınmalıdır. Örneğin işletme, üretim, atıkların yok edilmesi bu detayların başlıcalarıdır. Tüm bu maliyetler dikkate alındığında yenilenebilir kaynakların ekonomik açıdan da avantajlı olduğu görülecektir. Şebekeye bağlanmadan üretildiği yerde tüketilme imkanına sahip yenilenebilir kaynaklar, özellikle iletim ya da dağıtım hatlarının erişiminin zor olduğu ya da küçük ölçekli enerji ihtiyacı nedeniyle hat yapımının ekonomik olmadığı bölgelerdeki enerji üretimi için rahatlıkla kullanılabilir. Örneğin, güneş ve rüzgar gücü, evlerin dağınık olduğu kırsal bölgeler için çok uygun olmaktadır. Devletin enerji kablolarının taşıyacağı maliyetler düşünüldüğünde ilk yatırımda bu tip enerji yatırımları teşvik edici olmaktadır (Arslan, 2008).

Güneş ve rüzgar gücüne dayalı yatırımlar, büyük ölçekli tesislere ayıracak yüksek mali kaynaklar yerine daha uygundur. Böylelikle güç ithalatı yapmak yerine rüzgar, güneş ve diğer yenilenebilir enerji türlerinin yaygınlaştırılması, yerel iş alanları da yaratılacağından işsizlik ve göçe de çare olabilecektir. Yenilenebilir kaynaklar ülke ekonomisine yeni bir dinamizm kazandıracak, petrol ve doğalgaz ithalatı için harcanan giderlerin azaltılması için katkıda bulunacaktır. Enerjide yenilenebilir kaynakların kullanımının artması, gerek doğrudan gerekse dolaylı istihdam da yaratacaktır. Yenilenebilir enerji kaynakları ile üretim yapan santrallerin inşasında, kurulmasında, üretiminde, ayrıca bu santrallerin bakım ve onarımlarının yapılmasında işgücü gereksinimi doğacaktır. Böylece yerel işgücü istihdamının artmasıyla o bölgedeki işsizlik oranı da azalmış olacaktır (Savrul, 2010). Örneğin, rüzgar enerjisi projelerinin tesis edilmesi için kullanılması gereken arazinin sahibi

olan çiftçilere ödenen kira ya da satın alma bedelleri kırsal alanlarda önemli bir ek gelir sağlamaktadır.

İnşaat çalışmaları çoğu kez yöredeki işgücünü seferber eden yerel şirketlerce gerçekleştirilmesi ve bakım işleri için uzun dönemli iş olanakları yaratılmaktadır.

Yenilenebilir enerji kaynakları ülkenin çeşitli bölgelerinde dağınık bir biçimde bulunduğundan, ekonomik ve sosyal açıdan gelişmemiş, sanayinin geri kaldığı coğrafi bölgelerde uygulanma potansiyeline sahiptir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması sonucu üretimi teşvik edilmiş olan ekonomik uygulamalardaki artış, örneğin uzak tarım sektörünün geliştiği bölgelerde biyoenerji ürünlerinin ekimi (enerji tarımı), güneş ya da rüzgar potansiyeli yüksek olan bölgelerde bu enerji kaynaklarının kullanılması sonucu artan kalkınma düzeyi ile beraber önceden az gelişmiş olan bölgelerin rağbet görmesine ve gelişmesine neden olabilir. Böylece bölgeler arası gelişmişlik farkının giderilmesinde, ekonomik ve sosyal dengesizliğin azalmasında yenilenebilir enerji kaynakları etkili olabilir.

Üzerinde durulması gereken çok önemli bir konu da yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaşması için toplumsal destek sağlanmasıdır. Her şeyden önce, bu kaynaklardan üretilen enerjinin özelliklerinin insanlar tarafından bilinmesi, yararlarına inanılması kısaca yenilenebilir kaynaklar lehine bir kamuoyu bilincinin ve duyarlılığının oluşturulması gerekmektedir.

3.4 Çevresel Nedenler

Enerjinin elde edilmesi sırasında ortaya çıkan asit yağmurları sonucu ormanların kaybedilmesi, CO₂ emisyonunun fazlalığına bağlı sera etkisi ya da canlıları koruyan ozon tabakasının incilmesi veya delinmesi gibi doğal çevremizin bozulması ve bunların yol açtığı sonuçlar olan ormansızlaşma ve meraların kaybı, seller ve yeraltı su kaynaklarının azalması, iklim değişikliği sonucu oluşan sel, su baskını, kuraklık ve iklim kuşaklarının değişmesine bağlı bitki ve hayvan türlerindeki değişim ve ürün azalması, bitki ve hayvanlardaki olası kalıtsal değişim vb. hava kirliliğinin sağlığa etkileri, iş hastalıkları ve kazaları gibi zararlar genellikle çevreye ve dolayısıyla topluma yüklenmektedir. Bu bağlamda çevre ve enerjinin ilişkilerini doğru bir şekilde sürdürmeleri gerekmektedir.

3.4.1 Enerji – çevre ilişkisi

Yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelişin çevresel nedenlerinin daha iyi açıklanabilmesi için öncelikle enerji ile çevre arasındaki ilişkinin ortaya konulması gerekmektedir. Enerji-çevre ilişkisinin doğru bir biçimde anlaşılabilmesi için öncelikle çevrenin tanımının yapılması gerekmektedir. Çevre, “insan faaliyetleri ve canlı varlıklar üzerinde hemen yada belirli bir süre içinde dolaylı ya da dolaysız bir etkide bulunabilecek fiziksel, kimyasal, biyolojik ve toplumsal etkenlerin belirli bir zamandaki toplamıdır.” Bu toplamı etkileyen en önemli öğelerden biri enerjidir. Ülkelerin sanayileşmesinde, sosyal ve ekonomik kalkınmasında, önemli ve vazgeçilmez bir öğedir. Enerjiye yönelik etkinlikler birçok çevre sorununu da beraberinde getirmektedir (Mutlu, 2013).

Üretiminden tüketimine kadar her safhası ayrı ayrı çevre sorunlarına neden olabilen enerjinin ekonomik, çevreci, güvenli kaynaklardan sağlanması, artan enerji talebini en güvenli ve doğru biçimde karşılayacak bir anlayış çerçevesinde, enerji-çevre ilişkisinde iyi bir denge kurularak oluşturulması için yaşamsal bir gerekliliktir.

Yaşadığımız dünyanın hızla yok olduğu ve bu yok oluşu durdurmak, en azından azaltmak için bir an önce bir şeyler yapılması gerektiği kabul edilen bir gerçektir.

Enerji ile çevre arasındaki ilişkiye bakıldığında iki konunun bir bütün olduğu ve birlikte değerlendirilmeleri gerektiği görülmektedir. Yenilenemeyen, fosil kaynakların kullanımından doğan çevresel sorunların çözümü, yenilenebilen, çevre dostu enerji kaynaklarının tercih edilmesinden geçmektedir.

3.4.2 Enerjinin çevre ve insan sağlığına etkileri

Doğal çevreyi, tüm insan faaliyetleri etkilemektedir. Bu faaliyetlerin en etkilileri enerji alanında gerçekleşenlerdir. İnsan etkinliklerinin doğrudan etkilediği bir olgu haline gelmiş; iklim değişikliği, başta enerji üretimi olmak üzere çeşitli insan etkinlikleri ile tanımlanır hale gelmiştir. Fosil yakıtların kullanımı ile ortaya çıkan olumsuz sonuçlar gerek bitki ve hayvan yaşamını gerekse insanların sağlıklarını tehdit etmektedir (Bayındır, 2010).

Küresel ısınma ve iklim değışikliğı konusunda mücadeleyi sağlamaya yönelik uluslararası tek çerçeve olan Kyoto Protokolü, yoğun petrol tüketimi yüzünden yüksek karbon emisyonları açığa çıkaran ülkeleri çeşitli çözüm yolları üretmeye yöneltmiştir. Küresel iklim değışimi, Türkiye'nin AB ile olan ilişkileri ve Kyoto Protokolü, karbon emisyon indirimini zorunlu kılmaktadır. Türkiye Kyoto Protokolü'nü 2009 yılında imzalamıştır. 2012 yılına kadar olan dönemde, ülke içinde faaliyet gösteren işletmelerin karbon ticaretinde alıcı olarak yer almaları söz konusu olmayacaktır. Dolayısıyla, bu dönemde sadece ülke içinde bulunan işletmelerin yurtdışı gönüllü karbon piyasalarında yaptıkları satışlarla ilgili işlemler ve bu satışlardan elde edilecek gelirlerin vergilendirilmesi söz konusu olacaktır. Ancak, 2012 yılından itibaren ülke içindeki işletmelerin karbon piyasalarında hem alıcı ve hem de satıcı olarak yer almaları durumu ortaya çıkabilecektir. Bu da, anılan işletmelerin karbon ticareti sebebiyle ortaya çıkacak vergisel yükümlölüklerinde önemli değışiklikler yaratacaktır (Korkusuz, 2012).

Bu sayede, yenilenebilir enerji yatırımları için dış kaynak ve finansman temini daha kolay hale gelmiş bulunmaktadır. Enerji kaynakları çevreye verdikleri zarar açısından değerlendirildiğinde yenilenebilir enerji kaynaklarının fosil yakıtlara karşı olan avantajları ön plana çıkmaktadır. Enerji kaynaklarının çevresel etkileri değerlendirildiğinde fosil kaynakların çevreye her alanda zarar verdikleri, yenilenebilir kaynakların ise emisyonlar, hava kirliliğı ve iklim değışikliğine hemen hemen hiç zarar vermedikleri, diğer çevresel etkilerinin ise en alt düzeyde seyrettiğı görölmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları çevreye verdikleri zarar bakımından kendi aralarında sıralandığında ise en az zarar veren kaynaklar hidrojen ve güneş enerjisidir. Bunları rüzgar, jeotermal, deniz-dalga ve biyokütle enerjisi takip etmektedir (Savrul, 2010).

Kyoto Protokolü, Türkiye'deki fosil kaynaklı enerji kaynaklarının kullanımında birtakım güçlüklerle neden olmasına karşın yenilenebilir enerji kaynakları için bazı teşvik olanakları yaratacaktır. Hızla tükenmekte olan fosil yakıtların maliyetlerinin gelecekte daha da artacağını da göz önünde bulundurursak gelecekte fosil kaynaklı santrallerin daha pahalı enerji üretmeleri kaçınılmazdır (Çelik, 2012).

Enerji kaynaklarının çevresel etkilerinde baz alınan en önemli faktör santrallerin yarattığı CO₂ emisyonlarıdır. 1200 MW kapasitede ve yılda 3200 saat çalışarak 3 milyon 840 bin MWh elektrik üretecek bir hidroelektrik santrale kıyasla, aynı miktar elektrik üretecek bir linyit santrali 5 milyon ton, bir taşkömür santrali 4 milyon ton, bir petrol santrali 3 milyon ton, bir doğalgaz santrali 2 milyon ton CO₂ emisyonuna neden olacaktır (MMO Web Sitesi, 2015).

Türkiye'nin sahip olduğu önemli kaynaklardan kömür, MWs başına 1,041 tonluk karbondioksit üretimiyle doğalgazdan yaklaşık iki kat, hidroelektrik enerjiden ise 60 kat daha zararlıdır. Son dönemde çevreye karşı duyarlılığın artması ve uluslararası örgütlerin çalışmaları sonucu enerji üretim tesislerinin sera gazı salımı konusunda birtakım yaptırımlar söz konusu olmuştur.

Otomobillerin ve fabrikaların çıkardıkları CO₂'nin hava kürede birikerek dünyaya büyük zararlar verdiği bilinmektedir. Karbon içeren yakıtların kullanımı sonucu, hava küredeki CO₂ oranları artmaktadır. Bu artışın çevresel zararlara yol açığının bilinmesine karşın, yakıt ve enerji sistemlerimiz doludizgin kullanılmaya devam etmektedir. Son yıllarda bu zararların giderilmesi için enerjinin yenilenebilir kaynaklardan verimli biçimde kullanımı gibi önlemler alınmaktadır. Karbon içeren yakıtları yakmakla yalnız hava küreye ve sağlığınıza zarar vermekle kalmaz, aynı zamanda ağaçlara da zarar veririz. Hava küredeki kirleticiler, ağaçları öldürüp büyük ormanlık alanlara zarar vermektedir. Ayrıca bu kirleticiler yaprakların üzerinde bulunan ve fotosentez olayının gerçekleşmesine ya da soluk almalarına yarayan küçük delikleri tıkayarak (bitkilerin besinleri parçalayarak enerjiye dönüştürme yöntemi), onların canlı kalmalarını engellemektedir.

Kirli hava kürenin diğer bir etkisi ise asit yağmurlarıdır. Asit yağmurları, bitki ve ağaç yapraklarını yakmakta, topraktaki minerallerin erimesine yol açmaktadır. Bitkiler ise eriyen bu minerallerden kendilerine zararlı olanlarını süzüp eleme yapamazlar. İşin en kötü yanı ise toprağın çok asit barındırıp değişik ürün ve büyük miktarlarda üretim yapmaya elverişsiz hale gelmesidir.

Öncelikle CO₂ (Karbondioksit), CO (Karbonmonoksit), SO₂ (Kükürtdioksit), NO_x (Azotoksitler), tozlar ve CH (Hidrokarbonlar) gibi gazlar sera etkisi yaparak yer kürenin ısınmasına, çevre ve özellikle atmosfer kirliliğine neden olmaktadır. Tozlar ve hidrokarbon gazlar kirliliğin en önemli öğeleridir.

Asit yağmurlarının oluşmasında SO₂ ve zehirleyici olan NO_x'ler etkili olmaktadır. Küresel ısınmaya neden olan sera gazlarının en önemlisi CO₂ gazıdır ve toplam sera gazı miktarı içindeki payı %80 civarındadır.

Kısaca, fosil yakıtların yoğun bir biçimde yakılmasıyla başta karbondioksit olmak üzere, atmosferde sera gazlarının giderek artması ve buna bağlı olarak enerjinin dünyamızın yüzeyinden ve atmosferden kaçışının engellenmesi sonucu dünyamızın ısınması, sera etkisi olarak tanımlanmaktadır.

Güneş, doğal dengenin devamı için, gün içerisinde atmosferin içine ısı ve ışığını vermekte ve bu ısının ise belli ölçüdeki miktarı tekrar uzaya dönmesi gerekirken, sera etkisi bu dönüşü engellemekte ve dünyanın gerekenden daha fazla ısınmasına - yani küresel ısınmaya yol açmaktadır. Bu da iklimin değişmesine ve bozulmasına neden olmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı bütün bu iklim değişikliğine neden olan etmenlerin ortadan kalkmasına olanak sağlamaktadır.

İklim değişikliğinin, insan sağlığı üzerinde çoğunlukla ölümlere de neden olabilecek düzeyde olumsuz ve geniş bir etkiye sahip olabileceği bilinmektedir. Bu etkiler doğrudan olabileceği gibi dolaylı yollardan da ortaya çıkabilir. Kalp-damar ve solunum hastalıklarından kaynaklanan ölümler ve sıcak hava dalgalarının şiddetindeki ve süresindeki artışlar nedeniyle oluşan hastalıklar, dolaylı etkilerin başında gelmektedir. Taşkınlar ve fırtınalar gibi aşırı hava olaylarındaki artışlar, ölüm, yaralanma ve psikolojik hastalıkların ortaya çıkma oranlarında bir yükselme ve tatlı su varlığında bir kirlenme oluşturabilecektir. İklim değişikliğinin dolaylı etkileri, malya (sıtma), bazı virüs kökenli beyin iltihapları gibi enfeksiyon salgınlarının taşınma potansiyelindeki artışları içermektedir. Enfeksiyon hastalıklarındaki olası artışlar, esas olarak taşıyıcı organizmaların etkin olduğu coğrafi alanların sınırlarındaki ve mevsimlerdeki genişlemeden kaynaklanmaktadır (Ağaçbiçer, 2010).

Radyoaktif atıklar söz konusu olduğunda ilk akla gelen enerji kaynağı nükleer enerji olmaktadır. Ancak birçok durumda diğer fosil kaynaklı enerji santralleri de nükleer santraller kadar, hatta kat kat fazla radyoaktif atık üretebilmektedirler. Avrupa Birliği'nde 1000 MWe gücündeki modern bir nükleer reaktörün bir yıllık atık üretimi 30 ton civarındadır. Aynı güçteki bir kömür santrali ise yılda 600 bin ton kül açığa çıkarmaktadır.

Kömür santrallerinin ürettikleri bu küllerin yaydığı toksik ve radyoaktif madde oranı, nükleer santral atıklarından 100 kata kadar fazla olabilmektedir. Ancak nükleer santrallerde meydana gelen bir kaza felakate, yıllar boyu süren kalıtsal hastalıklara neden olabilmektedir (Adıyaman, 2012).

4. ENERJİ SANTRALLERİ YER SEÇİM KRİTERLERİ

Enerji projelerinin Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu'nca verilen lisanslar kapsamında belirlenen tamamlanma süreleri içerisinde gerçekleştirilebilmesinde, arazi teminiyle ilgili hususlar önem taşımaktadır.

Bu kapsamda, özel mülkiyete ait olan taşınmaz mallarda kamulaştırma; hazineye ait veya devletin hüküm ve tasarrufu altında bulunan taşınmaz mallarda kullanma izni, irtifak hakkı tesisi veya kiralama; diğer kamu tüzel kişileri ve kurumlarına ait taşınmaz mallarda devir; ormanlık alanlarda ön izin ve kesin izin, orta malı nitelikli taşınmaz mallarda tahsis amacı değişikliği gündeme gelmektedir.

Sürecin planlanması ve izlenmesinde, gerek lisans sahibi özel hukuk tüzel kişileri gerekse EPDK tarafından uzman ve deneyimli kadronun görevlendirilmesi, proje alanının lisans öncesi etüdüne önem verilmesi, risk analizi ile uygun yerleşilebilir alanların belirlenmesi ve risk yönetiminin yürütülmesi, arazinin mevcut durum ve kullanım fonksiyonları yönünden ilgili yasal düzenlemeler kapsamında değerlendirilmesi önerilmektedir.

Özellikle büyük alanları kapsayan ve etkilenen kişi sayısının fazla olduğu projeler için, sosyal etki değerlendirmesi ve yeniden yerleşim planlamasını içeren kapsamlı çalışmaların yapılması, Avrupa ve Amerika'daki örneklerinde olduğu gibi etkilenen bölge halkının projenin getirisini belli bir oranda paylaşabilmelerine olanak sağlayacak düzenlemeler üzerinde durulması ve lisans sahibi özel hukuk tüzel kişilerin yürütülen doğrudan satın alma sürecinin iyi yönetilmesi gerekmektedir (Leblebici, 2011).

Hazırlanan rapor, harita ve planlar ile belirlenen mevcut duruma göre, söz konusu alanın, tesislerin inşa edilebilmesi için kullanımına olanak verecek hususlarda düzenlenir.

Bu kapsamda, çevresel etki değerlendirmesi yapılması, imar planlarının onaylanması, malzeme teminine ilişkin ruhsatların alınması, hafriyat taşıma ve depolama işlemleri için gerekli izinlerin alınması, orman arazileri için kesin izin alınması vb. işlemler yürütülür. Çevresel Etki Değerlendirmesi raporu özet olarak aşağıdaki formatta olmalıdır.

- Projenin Tanımı ve Amacı
- Proje için Seçilen Yerin Konumu
- Projenin Ekonomik ve Sosyal Boyutları
- Projeden Etkilenecek Alanın Belirlenmesi ve Bu Alan İçerisindeki Çevresel Özelliklerin İncelenmesi
- Proje Alanı Üzerindeki Etkiler ve Alınacak Önlemler
- İşletme Faaliyete Kapandıktan Sonra Olabilecek ve Sürebilecek Etkiler ve Alınacak Önlemler
- Projenin Alternatifleri
- İzleme Programı ve Acil Eylem Planı (Kadioğlu, 2012).

Projenin çevreye olabilecek olumlu ve olumsuz etkilerinin belirlenmesinde, olumsuz yöndeki etkilerin önlenmesi ya da çevreye zarar vermeyecek ölçüde en aza indirilmesi için alınacak önlemlerin, seçilen yer ile teknoloji alternatiflerinin belirlenerek değerlendirilmesinde ve projenin uygulanmasının izlenmesi ve kontrolünde sürdürülecek çalışmalar çevresel etki değerlendirmesi ile belirlenir.

4.1 Yer Seçimi Hazırlık Çalışmaları

Yer seçimi aşamasında ilk önce arazinin hangi tür taşınmaz mallara girdiği, korunan alan mı, hassas alan mı olduğu belirlenmelidir. Mevcut çevresel durumun belirlenmesi gereklidir. Masabaşı çalışmalar yapılması ve geçmişte saha ile ilgili toplanmış bilgiler var ise üzerinde bir çalışma yapılmalı ve daha sonra saha çalışması yapılmalıdır. Fizibilite ve dizayn aşamasından sonra ÇED Yönetmeliği dışındaki çevre mevzuatı da göz önünde bulundurulmalıdır. Varsa başka alternatifler de değerlendirmeye alınmalı, çevresel faktörlerin raporlandırılması yapılmalıdır. Entegre projeler de var ise projenin tüm bileşenleri için tek bir ÇED raporu hazırlanmalıdır (Kadioğlu, 2012).

Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliğine göre eşik değer ve üzeri projeler; kurulu gücü 0,5 MW ve üzeri olan nehir tipi santraller, 10 MW ve üzeri rüzgar enerji santralleri, ısı kapasitesi 5 MWt ve üzeri jeotermal enerji kullanan tesisler, elektrik elde edilmesi için kurulan 10 MW ve üzeri endüstriyel tesisler olarak belirlenerek seçme ve eleme kriterleri uygulanmakta, kurulu gücü 25 MW ve üzeri olan nehir tipi santraller, ham petrol rafinerileri, toplam ısı gücü 300 MWt ve daha fazla olan termik güç santralleri ile diğer yakma sistemleri, 50.000 m³ ve üzeri kapasitede olan petrol, doğalgaz, petrokimya ve kimyasal madde depolama tesisleri, petrol ve doğalgazın 40 km uzunlukta 600 mm ve üzeri çaplı borularla taşınması ise çevresel etki değerlendirilmesine tabi olmaktadır. Ayrıca, “Kum Çakıl ve Benzeri Maddelerin Alınması, İşletilmesi ve Kontrolü Yönetmeliği” ile “Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği” kapsamında malzeme alım sahaları ve hafriyat depolama alanları ile ilgili izinlerin alınması bu amaçla, çevresel etki değerlendirmesi raporunun eki olarak doğaya yeniden kazandırma ve çevre yönetim planlarının hazırlanması söz konusu olmaktadır. Çevresel Etki Değerlendirme raporu hazırlarken gerekli mevzuatlar aşağıdakilerdir:

- Sulak Alanların Kontrolü Yönetmeliği
- Yaban Hayatı Koruma ve Yaban Hayatı Geliştirme Sahaları İle İlgili Yönetmelik
- Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği
- Ağaçlandırma Yönetmeliği
- Mesire Yerleri Yönetmeliği
- Milli Parklar Yönetmeliği
- Sanayi Tesislerinden Kaynaklı Hava Kirliliği’nin Kontrolü Yönetmeliği

“Orman Sayılan Alanlarda Verilecek İzinler Hakkında Yönetmelik” in 11. bölümünde enerji tesisleri ve bunlarla ilgili her türlü yer ve binanın devlet ormanları üzerinde bulunması veya yapılmasında kamu yararı ve zaruret olması halinde, gerçek ve tüzel kişilere Çevre ve Orman Bakanlığı’nca izin verilmesinde uygulanacak usul ve esaslar belirtilmektedir. Lisans sahibi özel hukuk tüzel kişilerince doğrudan yapılacak müracaatlar Çevre ve Orman Bakanlığı’nca değerlendirilerek, izne konu edilecek alan üzerinde yer alması planlanan bina ve tesislere ilişkin planların hazırlanması ve arazi üzerinde belirtilmesini takiben bedeli karşılığında ön izin ve kesin izin verilmektedir.

Ağaçlandırma bedeli, alan üzerinden ağaç türüne göre her yıl Orman Genel Müdürlüğü'nce tespit edilen birim bedele göre, arazi izin bedeli ise yapılacak olan tesislerin ormanlık alana düşen toplam proje maliyet bedeline göre belirlenmektedir. Yenilenebilir enerji projeleri için söz konusu olan ve hazine arazilerine ilişkin bölümde açıklanan indirimler orman arazilerini de kapsamakta olup; bir defaya mahsus olmak üzere ağaçlandırma bedeli ile teminat bedeli alınmakta ve her yıl için olmak üzere proje maliyet bedelinin %0,005 oranında hesaplanan arazi tahsis bedeli üzerinden %85 indirim uygulanmakta, “Orman Köylüleri Kalkındırma Geliri” ile “Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Geliri” ise alınmamaktadır.

Böylece, hazırlık çalışmaları kapsamında ilgili kurum görüşlerinin alınması ile şekillenen işleyiş çerçevesinde, proje alanında bulunan taşınmaz malların mülkiyet ve kullanım durumlarına göre ve yürürlükteki yasal düzenlemeler çerçevesinde değişiklik gösteren işlemler, alınacak izin, onay, ruhsat, karar, tescil vb. adımların gerçekleştirilmesi öngörülmektedir.

4.2 Hidroelektrik Santraller İçin Yer Seçimi

Hidroelektrik enerji üretiminin doğal, tarihi ve kültürel varlıklar ve sosyoekonomik çevre üzerinde boyutları projeden projeye değişen etkileri mevcuttur. Barajlı projelerde etki çoğunlukla su altında kalan taşınmazlar ve yöre halkının yeniden iskanı, orman varlığının taşınması, nadir ve nesli tehlikedeki bitki ve hayvan türleri konularında ortaya çıkmaktadır. Buna ek olarak, tesislerin yer seçiminde titiz davranılmaması çevresel açıdan hassas yörelerde bir çok projenin iptalini gündeme getirebilmektedir. Ayrıca karşılaşılan en büyük sorunlardan biri de uzun tünel alternatifleri ve baraj yapısından santrale kadar olan nehir kesitine yeterli miktarda su bırakılmamasıdır.

Çevresel Etki Değerlendirme çalışması önerilen tesisin ve formülasyonun proje yöresindeki çevre ve sosyal yapı üzerindeki etkilerini ortaya koyan ve etkileri minimuma indirmeyi hedefleyen teknik bir çalışmadır. Mevcut çevresel ve sosyoekonomik özelliklerin proje alanındaki verileri içeren literatür çalışmaları, anketler, sahaya ait örnekleme ve analiz çalışmaları, sahada yapılan gözlemler ve sahaya ait görsel materyalle desteklenerek ÇED Bölümü içinde yer alması gerekmektedir.

Bu çalışmada proje formülasyonun oluşturulurken proje yöresindeki doğal ve sosyal çevre unsurlarının doğru tanımlanması, çevresel etkilerin azaltılması için önlem alınması esastır. Bu baz çalışmayı müteakip alınan önlemlerin maliyetleri çevresel fayda maliyet hesabında kullanılmak üzere hesaplanabilir ya da kabul edilebilir maktu değerler olarak alınabilir.

Yer seçiminde dikkat edilmesi gereken kriterler:

- Tesisin inşaatı kolay, işletmeye açılması çabuk olmalıdır.
- Arazinin mülkiyeti kimde araştırılmalıdır.
- Sit veya diğer kapsamda olup olmadığı bilinmelidir.
- Tarıma elverişli topraklar seçilmemelidir.
- Yerleşim yerlerine yakın olmamalıdır.
- Bitki ve hayvan türleri iyi araştırılmalıdır.
- Canlı yaşamını etkilememesi gereklidir.
- Doğal yaşamı tahrip etmemelidir.
- Arazideki endemik bitki türleri araştırılmalıdır.
- Yaban hayatını etkilememelidir.
- Balıkların geçişleri için cansuyu yapılmalıdır.
- Ormanlık alanlarda yapılmamalı, ağaçlar kesilmemelidir.
- Hava, su ve toprak kirliliği üzerine olabilecek etkiler dikkate alınmalıdır.
- Arazinin büyüklüğü, bitki örtüsü, eğimi araştırılmalıdır.
- Ulaşım kolay olmalıdır.

HES projeleri, gerekli bilimsel altyapı oluşturulmadan uygunluk ve yeterlilik kriterlerine bakılmadan, tek yanlı anlayışla, elektrik enerjisi ihtiyacının arkasına sığınarak hayata geçirilmeye çalışılmaktadır. Türkiye genelinde yapılması planlanan 2000'e yakın nehir tipi HES'ler alternatif bir enerji kaynağı olsa da bu projelerin inşaatı ve işletmesi sırasında uyulması gereken kurallar, yasal düzenlemeler vardır. Bu kuralların, projelerden etkilenecek yerel halkın ve STK'lerin görüşlerine başvurulmadan belirlenmiş olması, telafisi güç maddi manevi sorun ve sıkıntılara, zaman kaybına yol açmaktadır. Ayrıca HES projelerinin hayata geçirildiği bölgelerdeki halkın, flora ve faunanın proje nedeniyle ortaya çıkan su mağduriyetleri de net olarak değerlendirilememekte, göz ardı edilmektedir.

HES projelerinin başarıyla uygulanabilmesi için bu projeler, yerel yönetimler, sivil toplum örgütleri ve sektörel temsilcilerin görüş ve onayı alınarak oluşturulmalıdır.

4.3 Rüzgar Enerji Santralleri İçin Yer Seçimi

Rüzgar enerji endüstrisinin gelişmesi ile ortaya çıkan rüzgar çiftlikleri, gittikçe gelişerek düz ve engebeli arazilerde kurulmaktadır. Rüzgar çiftliklerinde, rüzgar enerjisinden en ideal verimin alınması ve türbinlerin işletilmesi için mevcut olan rüzgar şartlarının ve alanın coğrafi karakteristiklerinin incelenmesi gerekmektedir.

Kırklareli, Antakya-İskenderun, Kütahya, Akhisar, Bozcaada, Mardin, Sinop, Gökçeada, Çorlu, Çeşme, Bandırma, Karadeniz Ereğlisi ve Çanakkale’de yöresel rüzgar potansiyeli belirleme çalışmaları yapılmış ve rüzgar potansiyeli bakımından zengin bölgeler oldukları tespit edilmiştir. Unutulmamalıdır ki deniz kıyısına sahip kara parçalarında, sıcaklık farkı yüksek olduğundan rüzgar potansiyelleri daha fazladır.

Rüzgar hızı, yakınındaki engelden, çevre arazisinin pürüzlülüğünden ve arazi eğiminden şiddetle etkilenmektedir. Yapılan meteorolojik ölçümleri, yerel koşulları göz önüne alarak değerlendirilmedikçe, rüzgar çiftliği için rüzgar koşullarını belirlemek son derece zor olmaktadır (Kılıçaslan ve Özön, 2009). Yer seçiminde dikkat edilmesi gereken kriterler aşağıda sıralanmıştır.

- Önemli kuş göç yolları rüzgar santrali kurulumunda dikkate alınmalıdır.
- Yerleşim yerlerine gürültü kirliliği yaratmayacak kadar uzak kurulmalıdır.
- Televizyon vericileri ve baz istasyonlarının yoğun olduğu yerlere türbin kurulmamalıdır.
- Türbin temel inşaatı ve türbin yerine ulaşımı sağlayacak yol yapımı için, ağır iş arabalarının gerekliliği dikkate alınmalıdır. Bu nedenle ulaşım ve taşıma faaliyetlerine uygun olmalıdır. Ya da en kötü ihtimalle alanın elverişli hale getirilmesi gerekmektedir.
- Havaalanına yakın yerlerde kurulmamalıdır.
- Arazinin büyüklüğü, eğimi ve bitki örtüsü araştırılmalıdır.
- Ulusal şebekeye bağlanması kolay olmalıdır.
- Arazinin yol ve diğer çalışmalar için işlenmesi kolay olmalıdır.

Araziye ait bazı unsurlar rüzgar enerjisinden yararlanmayı önleyebilir. Bunlar ;

- Yerleşim birimlerine olan yakınlık,
- Arazinin mülkiyeti,
- Sit veya diğer kapsamda olup olmadığı,
- Gelecekteki kullanılma biçimi,
- Milli park veya doğal yaşam etkinlikleri kapsamında olup olmadığı,
- Turizm bölgeleri ile olan etkileşimi, olarak sayılabilir.

Rüzgar santralleri her ne kadar geniş alanlar kaplasalar da tüm yüzeyi işgal etmezler. Rüzgar çiftliklerinin kurulduğu alanlarda tarım yapılabilen hayvanlar otlatılabilmektedir. Görüntü açısından ise estetik bulanlar olduğu kadar estetik bulmayanlar da vardır.

Rüzgar çiftliği için yer seçiminde olmazsa olmazların başında rüzgar jeneratörünün kurulacağı alanın rüzgar rejimi bakımından verimli ölçütlerde olması gerekliliğidir. Bunu bilmek için bilimsel verilere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu veriler “Elektrik İşleri Etüt İdaresi” tarafından sağlanan "Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyel Atlası"ndan yararlanarak takip edilebilmektedir.

Rüzgar enerjisi kurulumu esnasında arazinin rüzgarının bol olmasına, eğimli ve engebeli olmamasına dikkat edilmelidir. Arazinin eğimi ve engebeli oluşu istikrarlı rüzgar rejimine engel olmaktadır.

RES projelerinin başarıyla uygulanabilmesi için bu projeler, yerel yönetimler, sivil toplum örgütleri ve sektörel temsilcilerin görüş ve onayı alınarak oluşturulmalıdır. Halk bilgilendirilmelidir, çevreye olan etkileri anlatılmalı, anketler yapılmalıdır. Bu bilgilendirmelere ait dökümanlara ÇED kapsamında yer verilmelidir.

Rüzgar enerjisi istasyonu kurmak için gerekli izinler alınmalı, lisans işlemleri için EPDK’ya başvurulmalıdır.

4.4 Güneş Enerji Santralleri İçin Yer Seçimi

Güneş enerjisi santrali (GES) kurulumu yapılacak alanın çeşitli açıdan uygun olması gerekir. GES kurulacak alanın güneşlenme oranı yüksek olmalıdır. Güneş enerjisi santralının hem teknik hem ekonomik olarak uygun olabilmesi için global radyasyonu 1,65 MWh/m²-yıldan daha büyük alanlara kurulması gerekmektedir. Ülkemizin güney bölgeleri en iyi yerlerdir.

Santralin kurulacağı alan neredeyse düz olmalı, çevrede güneşi engelleyebilecek dağlar olmamalıdır. Üretilen elektriğin devlete satılabilmesi için santralin şebekeye yakın alanlarda kurulması daha uygun olacaktır.

Herhangi bir enerji tüketiminin olmadığı ve güneşten üretilen elektriğin tamamının satılacağı lisanssız elektrik üretimi yönetmeliği kapsamındaki boş bir araziye kurulacak santraller için temel olarak aşağıdaki kıstaslar önemli olacaktır.

- Santral kurulacak alanın tarım arazisi olmaması,
- DSİ sulama programı kapsamının dışında olması,
- En yakın EDAŞ/TEİAŞ bağlantı noktasına maksimum 1000 metre uzakta olması,
- Bağlantı noktası ile santral arasında hat çekmeye uygun arazi olması (kamulaştırma mümkün değil),
- Arazi eğiminin 3-5 derece civarında olması, tercihen güneye cepheli olması,
- Toprak zeminin çakmalı montaj sistemlerine uyumlu olması (kayalık zeminler maliyet arttırır),
- En az 18-20 dönüm alana sahip olması,
- Proje alanına yürüme mesafesinde bir köy olması (avantajlıdır).

Bunlarla birlikte;

- Bölgedeki toz, kirlilik, yerel sis, pus vs. araştırılmalı,
- Bölgedeki yağmur-kar istatistikleri incelenmeli,
- Güvenlik faktörü gözönünde bulundurulmalı,
- Dağıtım şirketi ile önceden bağlantıya geçilerek ön görüş alınmalı,
- Çok tapulu arazilerden mümkün olduğunca uzak durulmalı,
- Dönüm başına 3-4 bin TL ödenecek maksimum miktar olmalı (satın almalarda),
- Bölgede lisanslı-lisanssız başka RES-GES başvuruları olup olmadığı incelenmeli,
- Maden arazi statüsü irdelenmeli,
- Yüksek rakımlar tercih edilmeli,
- Bölgedeki elektrik kesintisi sıklığı, uzunluğu incelenmeli,
- Arazide gölge yaratacak doğal ve yapay unsurlara dikkat edilmelidir.

Arazi kullanımı çevrim verimlerinin düşüklüğü nedeniyle büyük alan gerektirmektedirler. Güneş santrallerinin şebekeye uzaklığı önemlidir.

Yüksek sıcaklıklı sistemler için, işletme ısını sağlayacak toplayıcıların ihtiyaç duyduğu alan kullanımı oldukça büyük bir sorundur. Yerleşim yerlerine uzaklık, korunan alanların mesafesi, kuş göç yolları, radyo ve TV alıcılarına uzaklık, görüntü kirliliği, habitat kaybı ve ekosistemin değişmesi büyük ölçekli sistemlerde alan kullanımından kaynaklıdır. Bu yüzden izole ve boş alanların kullanıldığına dikkat edilmesi gerekmektedir. Ekilebilir tarım alanları, ekolojik ve arkeolojik olarak hassas alanlardan kaçınılmalıdır.

Ayrıca Türkiye’de kurulacak güneş enerjisi santrallerinin;

- Arazi eğimi üçüncü dereceden büyük olan alanlarda,
- Yerleşim bölgeleri ile 500 metre emniyet şeridi içindeki alanlarda,
- Kara ve demir yolları ile 100 metre emniyet şeridi içindeki alanlarda,
- Havaalanları ile 3 km emniyet şeridi içindeki alanlarda,
- Çevre koruma, milli parklar ve tabiat alanları ile 500 metre emniyet şeridi içindeki alanlarda,
- Göl, nehir, baraj gölü ile sulak alanlarda,
- Koru ormanları, ağaçlandırma alanları, özel ormanlar, fidanlıklar, sazlık ve bataklıklar, muhafaza ormanları gibi alanlarda kurulması uygun değildir.

Yer seçiminde söz konusu alanların değerlendirilmesi ile ilgili hususlar değerlendirme sürecinde sorgulanmalı ve gerekli önlemlerin alınması sağlanmalıdır.

4.5 Jeotermal Santraller İçin Yer Seçimi

Jeotermal sahalarda santral yeri seçimi jeoloji, makine, elektrik, inşaat ve mimar meslek bilgilerinin sentezi ile olmalıdır. Jeotermal sahanın işletme modellemesi kesinleştiğinde üretim ve geribasım kuyu yerleri belirlenir, kuyular delinir. Kuyu testleri başarılı sonuçlandığında üretilecek enerji miktarı ve santral tipi kesinleşir. Bu aşamada, seçilecek santral yerine bağlı olarak değişecek yardımcı servis güçleri hesaplanabilir.

Yer seçiminde aşağıdaki parametreler etkilidir;

- Üretim kuyularına yakın olmalıdır.
- Yerleşim yerlerine uzak olmalıdır.
- Santral yeri/üretim kuyuları kot farkı ve akışkan basınçları uygun olmalıdır.
- Arazinin uygunluğu araştırılmalıdır.

- Bölgenin iklimi ve bitki örtüsü bilinmelidir.
- Santralin kurulacağı alan tarıma elverişli olmamalı, endemik canlı türleri barındırmamalıdır.
- Santral alanında, varsa yaşamını sürdüren canlı türleri araştırılmalıdır.
- Etki alanı içindeki su kaynaklarına etkisi araştırılmalı, içme suyu kaynağı olup olmadığı tespit edilmelidir.
- Olası çökme durumlarına karşı fay hattında bulunmamalıdır.
- Geribasım kuyusuna yakın olmalıdır.
- Ulusal elektrik sistemine yakın olmalıdır.
- Arazinin yapısı, ulaşım durumu ve bedeli araştırılmalıdır.

Yer seçimini etkileyebilecek parametreler yukarıda örneklenmiştir. O halde jeotermal santral yer seçiminde yardımcı servis güçlerinin minimize edilmesi, jeotermal akışkan ve geribasım hatlarının ilk yatırım bedelleri ile ulusal elektrik sisteme yakınlık, arazinin konumu ve istimlak bedelinin optimizasyonu ile kararlaştırılmalıdır. Bağlantı noktası seçiminde bağlantı yapılacak hattın yıllık arıza istatistiği mutlaka incelenmelidir. Kırsalalanda dal-budak şebeke tipinde giden bir elektrik nakil hattına (ENH) bağlantı yapılacak ise hattın bütünü önceden incelenmelidir. Branşman noktalarındaki uygun olmayan korumalar düzeltilmeli, hattın izolasyon seviyesi arttırılmalıdır. İyi etüd edilmiş kısa devre incelemesine dayalı bir role koordinasyonu yaptırılmalı, koruma röleleri uygun seçilmeli ve ayarlanmalıdır. Bu çalışma her işletme konfigürasyonunda yenilenmelidir.

4.6 Termik Santraller İçin Yer Seçimi

ÇED çalışması kapsamında proje kaynaklı etkiler proje özelliklerinin yanı sıra mevcut çevre özelliklerine bağlı olarak da ele alınmalı ve önemleri belirlenmelidir. Dolayısıyla, mevcut çevre özellikleri ile ilgili çalışmalar ÇED sürecinin başlaması için hazırlanacak “Proje Tanıtım” ve “ÇED Başvuru Dosyası” çalışmaları ile birlikte başlamalıdır. Proje ve etki alanındaki mevcut özelliklerin belirlenmesi için masa başı ve arazi çalışmalarının gerçekleştirilmesi gerekecektir. Bu kapsamda, mevcut biyolojik ve fiziksel özellikler, sahaya özgü ve mevsimsel farklılıkları, mevcut antropojenik etkileri yansıtabilecek şekilde çalışılmalı ve mevcut durum etki değerlendirmesine esas teşkil edecek şekilde ortaya konmalıdır.

Ayrıca, yörenin sosyoekonomik özellikleri de incelenmeli ve proje öncesindeki durum tespit edilmelidir. Mevcut şartların belirlenmesi çerçevesinde, su kaynaklarının incelenmesi için seçilen çalışma alanı yeraltı ve yüzey suyu sistemini ve yakın çevrede mevcut olan kuyular ve akarsuları içine alacak şekilde seçilmeli, alan ve çevresine ait jeolojik, hidrojeolojik ve hidrolojik özellikler, toprak özellikleri, biyolojik ve meteorolojik özellikleri kapsayan, ayrıntılı fiziksel ve biyolojik durum belirlenmelidir. Sosyoekonomik özellikler proje ölçeği ve kapladığı alandaki mevcut arazi kullanımı ve doğal kaynakların sosyoekonomik değerine paralel olarak yerel, bölgesel ve ulusal düzeyde incelenmelidir. Arazi çalışmalarının programlanması, metodolojilerin ve çalışma alanının sınırlarının belirlenmesi yerel halk, paydaşlar ve uzmanlara danışılarak gerçekleştirilmelidir. Mevcut durum özellikleri, çevresel ve sosyoekonomik hassasiyet ve risk durumunun belirlenmesi amacıyla mevcut veriler Coğrafi Bilgi Sistemlerine (CBS) aktararak hassas özelliklerin (hassas ekosistemler, benzersiz ve yüksek peyzaj değeri taşıyan alanlar, yüksek erozyon etkileri, su kaynakları, hassas jeolojik yapılar, arkeolojik ve kültürel varlıklar, vb.) konumsal analizleri yapılmalıdır. Proje ile ilgili planlamalar ve çevresel yönetim CBS analizleriyle paralel olarak gerçekleştirilmelidir. ÇED Raporunun içeriği, ÇED süreci içindeki aşamalardan biri olan ve Bakanlık tarafından verilen, projeye özel rapor formatta daha detaylı olarak ortaya çıkacaktır. Bu formatta mevcut çevre özellikleri ve etki alanının tanımlanması ve ilgili detayları sunulması gereken ana bir bölüm mevcuttur (Özsayın ve Şallı, 2009).

Projenin yeri ile ilgili alternatifler değerlendirilirken çevresel ve sosyal unsur ve hassasiyetlerin göz önüne alınması sadece ekonomik ve teknik değil, çevresel açıdan da en sürdürülebilir ve tüm taraflarca kabul edilebilir yerin seçilmesini sağlayacaktır. ÇED sürecinin projenin hazırlanma (ön fizibilite veya fizibilite) aşamasında başlamış olması çevresel hususların ve halkın görüşlerinin göz önüne alınarak en kabul edilebilir çözümün oluşturulmasını sağlayacaktır. Projenin uygulama aşamasında bahse konu hususların göz önüne alınmamasından kaynaklanabilecek sorunlar ve maliyetler de böylece engellenebilecektir. Çevresel, sosyal ve ekonomik açıdan en uygun yer seçimi için önerilen adımlar aşağıda sıralanmaktadır:

- Potansiyel alanların kısa bir listesinin hazırlanması (hem tercih edilen hem de alternatif alanları içerecek şekilde),
- Her alanın ekolojik ve sosyo-kültürel anlamda tanımlanması,

- Doğal ve sosyo-kültürel kaynakların bozulması anlamında her alanın etkileri kaldırma kapasitesinin analiz edilmesi,
- Ciddi çevresel sınırlamaları olan alanların elimine edilmesi,
- Etkilenen halkla görüşülmesi,
- Alternatiflerin uygunluğa göre sıralanmasını ve sebepler ortaya konarak yerin seçilmesi gerekmektedir.

Aşağıda verilen hususlar da termik enerji santralleri için yer seçimi sürecinde göz önünde bulundurulmalıdır:

- Su kaynağı olarak kullanılan besleme alanları veya halkın kullanımında olan baraj gölleri,
- Alıcı ortama deşarj edilmeden önce atık suların arıtılması gerekliliği,
- Mevcut hava kalitesi,
- Nesli tükenme tehlikesi altında olan türlerin yaşam alanları,
- Yerleşim merkezlerine yakınlık,
- Alanın veya geçiş yollarının sağlık kuruluşları, okullar ve konutlar gibi alanlara uzaklığı,
- Deprem ve göçük riski olan alanlar,
- Jeolojik açıdan sakıncalı alanlar,
- Çeşitli nedenlerle koruma altındaki alanlar ve askeri bölgeler.

Termik santrallerin hizmet verebilecekleri sanayi bölgelerinde kurulması planlandığında, muhtemel bazı çevresel etkilerin o bölgede yer alan diğer sanayi tesisleri de göz önünde bulundurularak kümülatif bir şekilde değerlendirilmesi gerekebileceği göz önünde tutulmalıdır. Örneğin, seçilmesi planlanan proje yeri civarında hava emisyonlarının yoğun olması, projeden kaynaklanacak hava emisyonlarının daha önemli etkiler yaratmasına sebep olabilir.

4.7 Nükleer Santraller İçin Yer Seçimi

Nükleer enerji, yenilebilir enerji kaynaklarına göre tehlike arz eden bir konumda bulunmaktadır. Yatırım maliyeti, yüksek teknoloji gerektirmesi, nitelikli insan gücü ve eğitimi yanında, özellikle nükleer yakıt çevriminde ortaya çıkan atıkların çevre ve insanlar üzerinde kalıcı etkiler bırakması (Çernobil ile Karadeniz Bölgesinde patlayan kanser vakaları yaşanmış bir örnek) ve çalışır durumdaki bir nükleer santralde meydana gelebilecek kazalar yer seçimine ilişkin önemli bileşenleri oluşturmaktadır. Bu nedenle, yer seçimi ile ilgili kriterler, kanun, tüzük ve yönetmeliklerle ilgili kurum ve kuruluşlar (Türkiye Atom Enerjisi Kurumu) tarafından belirlenmiştir.

Nükleer santral yer seçimi probleminde dikkate alınması gereken kriterlerin karmaşık ve çok sayıda olması nedeniyle bu kriterlerin tamamını, ülke gibi büyük bir coğrafi alana yayılan toprak parçasında bir sistematik oluşturmada göz önüne almak olanaksızdır. Bu nedenle rasyonel bir çözüm için böyle bir araştırma bölgesel, yöresel ve noktasal olarak üç ana bölümde toplanabilir.

Bölgesel çalışmada; ilk olarak bölgenin temel özellikleri belirlenir. Bu aşamada yapılacak işlemler sadece nükleer reaktör seçimi için değil tüm yer seçimi çalışmalarında kullanılabilecek genel kriterlerdir. Bu aşamada kesin sınırlamalar ele alınmaktadır. Örneğin, askeri amaçla kullanım, nüfus yoğunluğu veya ulaşım gibi kısıtlayıcı koşullar gibi. Sonuçlar ışığında incelenen bölgeler arasında seçim yapılır. Bölgesel incelemenin bu bölümünde yoğun matematiksel modeller kullanılmakta, bu modellerin geliştirilmesi ve çözümü zaman almaktadır.

Yöresel çalışmalar; bölgesel çalışmaların sonuçlanmasının ardından ülkenin hangi bölgesinin istenen durum için uygun olduğuna karar verildikten sonra, bu bölge içinde yapılan çalışmalardır.

Noktasal ya da yersel çalışmalarda ise teknik çalışmalar yapılmakta, karakteristiklerin kesin tespiti ve seçilen yerin saha çalışmalarına başlama aşamasından oluşmaktadır. Bu kısımda herhangi bir seçim aşaması söz konusu olmadığından bu çalışmanın konusu dışında kalmaktadır (Türk, 2009).

Nükleer santrallerin yer seçiminde dikkat edilmesi gereken hususlar vardır. Bunlar;

- Radyasyon tehlikesi nedeniyle çevredeki nüfus yoğunluğunun az olması gereklidir.

- Bakir ve bakir kalması muhtemel yerler seçilmelidir.
- Sıfır yoğunluklu bölge denilen, santral binası ve ek binaları çevreleyecek olan bölgelerde yerleşim merkezi olmamasına dikkat edilmelidir.
- Santral sahasının deprem özellikleri tespit edilmelidir. Mevcut faylara yakınlık, bölgenin sismik katsayıları ve deprem geçmişi araştırılmalıdır.
- Bölgenin toprak yapısı ve özellikleri incelenmelidir.
- Hem güvenlik hem de ekipmanların taşınması açısından en güvenli ulaşım yolu seçilmelidir (Ekipmanların karayolu ile taşınması imkansız olduğundan deniz yolu taşımacılığı zorunludur).
- Radyasyon yayılımını minimize etmek için bölgenin senelik sıcaklık değişimleri, rüzgar yönü ve hızı, yağmur durumu ve soğutma suyu olanakları gibi meteorolojik özellikleri bilinmelidir.
- Alternatif bölgeler, askeri bölgelerin, sanayi bölgelerinin dışında kalmalı, bölgede maden yatakları olmamasına dikkat edilmelidir.

Japonya’da meydana gelen 9 MW (11 Mart 2011) büyüklüğündeki depremin ardından oluşan tsunaminin kıyı morfolojisine bağlı olarak çok yıkıcı olabildiği görülmüştür. Bu depremin ardından oluşan hasarlar arasında kıyı yakını sanayi tesisleri, rafineriler ve nükleer santrallerin oluşturduğu maliyet yanında, oluşan çevre kirliliği ve özellikle Daiichi (Fukushima) Nükleer Santrali’nde meydana gelen hasarın yarattığı sızıntının ölümcül bir seviyeye ulaşması, en az deprem ve tsunami felaketi kadar tahrip edici olmuştur.

Japonya depreminden sonra Türk kamuoyunda deprem ve nükleer santral yapımları ile ilgili bağ, daha kolay kurulmuştur. Sinop ve Akkuyu santrallerinin yer seçimleri ile ilgili sorular tartışılmış ve halen tartışmalar sürmektedir. Bir ülkede yapılacak nükleer santral çevre ülkeleri de ilgilendirmektedir. Nükleer santrallerde oluşabilecek felaketlerin çevre ülkelere etkisi, ülke yönetimlerini yapım ve kapatma aşamasında karşı karşıya getirmektedir.

Çernobil’den yıllar sonra halen Türkiye’de Karadeniz Bölgesi’nde artan kanser vakalarının nedenleri araştırıldığında da ortaya çıkan sonuç nükleer felaketin sonucu olmuştur.

Japonya’da tüm çevre yönetmeliklerine harfiyen uyulmasına rağmen, Sendai’de deprem ve tsunaminin sanayi tesislerinde yarattığı etki karşısında Japon yönetimi, geçmişin bilimsel araştırma metodlarının, bu felaketlerin etkilerini engelleyecek araştırma yeterliliğinde olmadığını itiraf etmiştir.

Türkiye’de yerbilimcilerin daha önce İzmit bölgesindeki sanayileşmede yapılaşma önerilerinin dikkate alınmadığı, bilimsel çalışmalara değer verilmediği 1999 depremlerinde açıkça görülmüştür. Bu bağlamda Akkuyu Santrali’nin yapılmasına karşı olmak veya yapılmasını sağlamak için söz söylemek yerine, en doğrusu, bilimsel araştırmaların yapılması sağlanmalı, çıkacak sonuçları kamuoyu ile paylaşıp toplumla ortak bir karar verilmelidir. Aynı zamanda burada kesin tehlike vardır demek de söz konusu araştırmalar yapılmadan spekülatif olacaktır (Yaltırak, 2011).

5. TÜRKİYE’NİN YENİLENEBİLİR ENERJİ POLİTİKALARI

Yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili, 2005 yılı öncesi dönemde, 1984 yılında yürürlüğe konulan Beşinci Beş Yıllık Kalkınma Planı’nda, yeni ve yenilenebilir kaynaklardan kısa sürede yararlanmak için gerekli girişimlerin desteklenmesi gerektiği belirtilmiştir. Altıncı Beş Yıllık Kalkınma Planı’nda başta hidrolik olmak üzere jeotermal ve güneş enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından daha büyük oranda yararlanılması; Yedinci Beş Yıllık Kalkınma Planı’nda ise, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaştırılması gerektiği belirtilmiştir. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı’nda da yenilenebilir enerji kaynaklarından ayrıntılı bir şekilde bahsedilmiş, dünya’da ve Avrupa’da bu kaynakların kullanım durumları, verilen teşvikler, çevre üzerine etkileri vb. özelliklerinden ayrıntılı olarak bahsedilmiştir. Dokuzuncu Kalkınma Planı’nda, arz güvenliğinin artırılması amacıyla birincil enerji kaynakları bazında dengeli bir kaynak çeşitlendirmesine ve orijin ülke farklılaştırmasına gidilerek, üretim sistemi içinde yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının payının azami ölçüde yükseltilmesi hedeflenmiştir. Onuncu Kalkınma Planı’nda ise yerli kaynakların daha fazla değerlendirilmesi, nükleer enerjinin elektrik üretimi amacıyla kullanılması ve yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji üretimindeki payının yükseltilmesine önem taşım verilmiştir. Hükümet programlarında da yenilenebilir kaynakların yerli olmaları, çevreye zarar vermemeleri, fosil kökenli yakıtların arz güvenliği olmaması gibi nedenlerle kullanımının gereklilikleri belirtilmiştir. Fakat ciddi anlamda yatırımlar yapılmamış, teşvikler verilmemiştir (Adıyaman, 2012).

Türkiye’de yıllardır dile getirilen, kalkınma planlarına konulan, hükümet programlarında belirtilen ve pek bir şey yapılmayan yenilenebilir enerji ile ilgili en önemli gelişmenin 10.05.2005 tarih ve 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretim Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun’un (YEK) çıkarılması olduğu söylenebilir. Bu kanun ile yenilenebilir enerji kaynaklarının neler olduğu tanımlanmış ve bu kaynaklara bazı teşvikler getirilmiştir.

Zaman içerisinde değişen şartlar nedeniyle YEK kanununda 29.12.2010 tarihinde bazı dñzenlemelere gidilmiş ve yenilenebilir enerji konusunda Tñrkiye’de yeni bir dñnem başlamıştır. Yapılan bu değişiklikle devlet teşvikleri kaynak bazında çeşitlendirilmiştir. Kaynak kullanımında yerli teknolojinin gelişmesini desteklemek için ayrıca teşvikler verilmiştir.

Tñrkiye’nin yenilenebilir enerji potansiyeli oldukça yñksektir. Ėnñmñzdeki yıllarda yenilenebilir kaynakların kullanımının artması, bu kaynakların kullanımını sağlayan teknolojinin Ėnemli bir pazar olması beklenmektedir. Ėzellikle son dñnemde başta ABD olmak ùzere gelişmiş ùlkelerin bu teknolojilere Ėnemli miktarda yatırım yaptığı bilinmektedir. Yenilenebilir enerji teknolojileri alanında yatırım yapan ve bu konuda Ėncñ olan ùlkelerin Ėnemli avantajlar elde edecekleri aşıkardır. Tñrkiye’de bu konuda teşviklerin verilmesi Ėnemli bir gelişmedir. Ayrıca çeşitli kuruluşlarca yapılacak araştırma geliştirme projelerinin de teşvik kapsamına alınması Ėnemlidir. Yenilenebilir enerji sektñrñnde Tñrkiye, dñnya genelinde iyi bir pazar olarak gñrñlmektedir. Bu nedenle uluslararası finans kuruluşlarının cazip tekliflerle gelerek, gelişmiş ùlkelerde ùretilen teknolojileri satarak, Tñrkiye’yi bir teknoloji pazarı haline getirmek istemekte olduklarına dair gñrñřler bulunmaktadır. Eğer Tñrkiye yenilenebilir enerjide kendi ùrettięi teknolojileri oluşturamaz ise, şu an petrol ve doğalgaza Ėdedięi maliyetleri 15-20 yıl sonra yenilenebilir teknolojilere Ėdemek zorunda kalabilecektir.

YEK Kanun’unda 2011 yılında yapılan değişiklikle yerli ùretim konusunda sağlanan teşvikler, yenilenebilir enerjiden elektrik ùretiminin yaygınlaştırılmasını sağlamaya yñnelik dolaylı teşvik niteliğindedir. Bu konuda daha etkin desteklerin yapılması gerekmektedir. Daha doğrudan ve etkin teşviklere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu konuda yapılacak Ar-Ge alışmaları ve teknoloji ùretimi yapacak yerli firmaların, gerek vergi indirimleri gerekse uygun finansman kaynaklarıyla desteklenmesi gerekmektedir. Tñrkiye’de yerli teknolojiyi geliştirmek ancak doğru devlet politikasıyla gerçekleşebilir. Politikadaki hedefler doğrultusunda araştırmalar için belirli merkezlerin yapılandırılması, ùniversitelerdeki enstitñ tñrñ birimlerinin, enerji politikasında belirlenen hedeflere gñre desteklenmesi gerekmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasında en Ėnemli yñntemlerden biri de fiyat teşvikleridir.

YEK kanununa göre Türkiye, teşvik yöntemi olarak sabit fiyat garantisini uygulamaktadır. Bu teşvik ile 2005-2015 yılları arasını kapsayan onyıllık bir dönem için belirlenmiştir. Bu yöntem, firmalarının ürettiği elektriği belirlenen asgari fiyatlar üzerinden satın almayı zorunlu kılan bir sistemdir. Bu fiyatlar genellikle piyasa fiyatının üzerinde olması gerekmektedir. Fiyat teşviklerinde verilen süre iyi hesaplanmalıdır. Çünkü gereğinden az verilen süre yatırımcı sayısının düşmesine, rekabetin azalmaya başlamasına yol açabileceği gibi, gereğinden fazla verilen süre de yatırımcıların aşırı kazancına, dolayısıyla devlet bütçesinin olumsuz etkilenmesine neden olmaktadır (Ağaçbiçer, 2010).

Genel olarak değerlendirmelere bakıldığında, kanunda verilen teşvik fiyatlarının Türkiye şartlarında iyi olduğu ve bu fiyatların önümüzdeki yıllarda teknolojiye yaşanacak gelişmeler ile daha da iyileşeceği düşünülebilir. Buna karşın YEK Kanunu ile verilen teşvik fiyatları ile ilgili farklı değerlendirmeler de yapılmaktadır. En çok tartışılan konulardan biri de güneş enerjisine verilen teşviklerle ilgilidir. Bazı yatırımcılar verilen teşviklerin yeterli olmadığını, özellikle güneş enerjisi konusunda açıklanan fiyatlarla bu teknolojilerin gelişmesinin çok zor olduğunu belirtmektedir. Güneş enerjisi ile ilgili Avrupa ülkelerinde verilen teşviklerinden biri olan destekleme fiyatlarının Almanya’da 24 euro cent ve İspanya’da 34 euro cent seviyelerinde olduğu bilinmektedir. Bu durum da Türkiye’deki güneş enerjisi için verilen 13,3 dolar/cent seviyesinin Avrupa ülkelerinde verilen teşviklere göre oldukça düşük kaldığı görülmektedir. Rüzgar Enerjisi ve Su Santralleri İşadamları Derneği (RESSİAD) Yönetim Kurulu Başkanı Tolga Bilgin, güneş enerjisi teknolojilerinin çok hızlı ilerlediğini ve maliyetlerin hızla aşağılara düştüğünü, bir iki sene önce KW başına 5000 Euro olan maliyetlerin şu anda 2000 Euro seviyesinde olduğunu belirtmektedir. Ayrıca, yerli ekipman katkılarıyla birlikte 20 dolar/cent seviyelerine ulaşan fiyatların mevcut koşullarda iyi olduğunu belirtmiştir. RESSİAD Başkanı, hidroelektrik santralleri için verilen fiyatların diğer enerjilere verilen fiyatlara oranla düşük kaldığını belirtmektedir.

Biyokütle kaynaklardan üretilecek elektriğe 13,3 dolar/cent olarak verilen teşvik fiyatı beklentilerin oldukça altında kaldığından Türkiye’de büyük potansiyele sahip bu kaynaklarının değerlendirilmesi konusunda engel oluşturmaktadır.

Rüzgar, su, güneş gibi yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının ekonomiye kazandırılması için yapılan bu düzenlemenin büyük ilgi gördüğü EPDK tarafından belirtilmiştir (Mutlu, 2013).

YEK kanunu ile işletmeci lehine bazı düzenlemeler yapılmış; yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesislerine, TEİAŞ veya dağıtım lisansı sahibi tüzel kişiler tarafından, sisteme bağlantı yapılmasında öncelik verilmiştir. Başka bir düzenleme ise, elektrik enerjisi alımlarında yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektrik fiyatı TETAŞ'ın fiyatından düşük veya eşit olduğu ve daha ucuz bir başka tedarik kaynağı bulunmadığı takdirde öncelikli olarak yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektrik enerjisini satın alma yükümlülüğü getirilmesidir. Diğer bir düzenleme ise, tesis tamamlanma tarihini izleyen ilk 8 yıl süresince yıllık lisans bedelinden muafiyet getirilmesidir. Düzenlemenin yürürlüğe girdiği tarih itibarıyla işletmede olanlar dahil, 31 Aralık 2015 yılına kadar devreye alınacak üretim tesislerine, yatırım ve işletme dönemlerinin ilk 10 yılında, enerji nakil hatlarından izin, kira, irtifak hakkı ve kullanma izni bedelleri için %85 indirim uygulanacaktır. Orman ve hazine arazileri hatta milli park, tabiat parkı, yaban hayatı geliştirme sahalarında, yetkili kurumlardan izin alınarak bedeli karşılığında, kiralama yapılması, irtifak hakkı tesis edilmesi veya kullanma izni verilmesi mümkün hale getirilmiştir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim yapan santraller, piyasa kurallarının ticari çerçevesini çizen en detaylı yasal düzenlemelerden biri olan Elektrik Piyasası Dengeleme ve Uzlaştırma Yönetmeliği kapsamında ayrı bir şekilde konumlandırılmış durumdadır.

YEK kanununda çevre ile ilgili, ÇED raporu zorunlu, kurulu gücü 25 MW ve üzeri olan nehir tipi santraller için ÇED raporunu hazırlamak; ÇED raporu düzenlemesi değerlendirmeye tabi olan tesisler için proje tanıtım dosyası hazırlanarak Çevre ve Orman Bakanlığı'na sunmak, yükümlülükleri de getirilmiştir.

Biyokütle kaynaklardan yararlanmanın artırılması amacıyla yapılan düzenlemelerden biri; benzin ve dizel yakıtlara yapılacak %2'lik biyoyakıt katkı oranında, yerli üretim olması şartıyla Özel Tüketim Vergisi (ÖTV) muafiyeti getirilmesidir. 2013 yılından itibaren ise biyodizel ve biyoetanol için benzin ve dizel yakıtlara katkı zorunluluğu getirilmiştir.

Benzin’de 2013 yılında %2, 2014 yılında %3 biyoetanol; dizel yakıtlarda ise 2013 yılında %1, 2014 yılında %2, 2015 yılında %3 oranında biyodizel kullanım zorunluluğu getirilmiştir (Adıyaman, 2012).

Türkiye’nin Enerji Politikası; Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’nca; enerjinin, ekonomik büyümeyi gerçekleştirecek ve sosyal gelişmeyi destekleyecek şekilde; zamanında, yeterli, güvenilir, rekabet edilebilir fiyatlardan, çevresel etkileri de göz önünde tutularak tüketiciye sağlanması olarak tanımlanmaktadır.

Bu bağlamda, ülkemizin ana enerji politika ve stratejileri:

- Stratejik petrol ve doğalgaz depolama kapasitesinin artırılması,
- Kaynak ve ülke çeşitlendirilmesi,
- Yerli kaynakların kullanımı ve geliştirilmesine öncelik verilmesi,
- Farklı teknolojilerin kullanımı, geliştirilmesi ve yerli üretimin artırılması,
- Ülkemizin enerji ticaret merkezi olma potansiyelinden en iyi şekilde yararlanılması,
- Talep yönetiminin etkinleştirilmesi ve verimliliğin artırılması,
- Yakıt esnekliğinin artırılması (üretimde alternatif enerji kaynağı kullanımına olanak sağlanması),
- Orta Doğu ve Hazar petrol ve doğalgazının piyasalara ulaştırılması sürecine her aşamada katılım sağlanması,
- Enerji sektörünün, işleyen bir piyasa olarak şeffaflığı ve rekabeti esas alacak şekilde yapılandırılması,
- Bölgesel işbirliği projelerine katılım ve entegrasyon,
- Her aşamada çevresel etkileri göz önünde bulundurmak, şeklinde özetlenebilmektedir.

Bu ilkeler çerçevesinde, Avrupa Birliği’ne uyum ve enerji sektöründe piyasa mekanizmasının oluşturulmasına yönelik politikalara öncelik verilmiş; elektrik, doğalgaz, petrol, LPG piyasalarına ilişkin kanunlar (piyasa kanunları) yayımlanmış ve çok sayıda yasal düzenleme yapılmıştır.

08.10.2013 tarihli Resmi Gazete’de yayınlanan ve 2014–2016 dönemini içeren “Orta Vadeli Program” da, enerji sorunun çözümü için:

- Özelleştirme politikasının, yurt içinde üretken alanlara yeni yatırımlar yapılması politikasıyla eşgüdüm içerisinde uygulanması,
- Elektrik üretiminde yerli kömür ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasına ağırlık verilmesi,
- Nükleer güç santrali yatırımları aksatılmadan sürdürülmesi,
- Santral rehabilitasyonları gerçekleştirilmesi, yerli kaynaklara dayalı enerji üretiminin artırılması,
- Yurt içi ve yurt dışında petrol ve doğalgaz arama faaliyetleri hızlandırılması, linyit kömürü ve jeotermal gibi yerli kaynakların arama ve üretim faaliyetlerinin azami seviyeye çıkarılması. Kaya gazı ve diğer yeni teknolojilere yönelik kapsamlı araştırma faaliyetlerinin yürütülmesi gibi hedefler bulunmaktadır.

Yüksek Planlama Kurulu'nun 18.05.2009 tarih ve 2009/11 sayılı kararı ile yürürlüğe giren "Elektrik Enerjisi Piyasası ve Arz Güvenliği Stratejisi Belgesi"nde ana hedef enerji sektörünün serbestleştirme adı altında tamamıyla özelleştirilmesidir. Strateji Belgesinde yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesiyle ilgili olarak;

- Bütün linyit ve taşkömürü kaynaklarının 2023 yılına kadar elektrik enerjisi üretimi amacıyla değerlendirilmesi,
- 2023 yılına kadar teknik ve ekonomik olarak değerlendirilebilecek hidroelektrik potansiyelin tamamının elektrik enerjisi üretiminde kullanımının sağlanması,
- Rüzgar enerjisi kurulu gücünün 2023 yılına kadar 20.000 MW'ye çıkarılması,
- Güneş enerjisinin elektrik üretimi için de kullanılmasının yaygınlaştırılması hedefleri yer almaktadır (Mutlu, 2013).

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

Türkiye, başta AB normları olmak üzere, küresel ekonomi ile bütünleşme ve ekonomik gelişmesini bu çerçevede sürdürmek üzere, enerji sektöründe rekabeti öngören düzenlenmiş işleyen piyasa yapılanmasına gitmektedir. Piyasa düzenlemeleri ile yaratılacak rekabet ortamında, sektör verimliliğinin artırılması, maliyetlerin düşürülmesi, dolayısıyla enerji sektörünün ülke kalkınması ve refah artışını sürükleyici bir yapıya kavuşturulması hedeflenmektedir. Rekabetçi enerji piyasalarında arz güvenliğinin temin edilmesinin yanı sıra, tüketici haklarının korunması ve serbestleştirme sürecinin sosyoekonomik etkilerinin asgari düzeyde tutulabilmesine ilişkin hususlar söz konusu politik açılımda dikkatle değerlendirilmektedir (Çelik, 2012).

Bütün bunların yanında, yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanan ve bu kaynaklardan doğrudan yararlanan kişi veya kuruluşları yeterince teşvik edici hükümlerin bulunmaması, Türkiye’de hissedilen önemli eksikliklerden birisidir. Önümüzdeki dönemde bu eksikliklerin değerlendirilerek gerekli önemlerin alınması Türkiye’nin gelecekte enerji alanında karşılaştacağı enerji sorununu azaltabilecek en önemli hususlardandır (Savrul, 2010).

5.1 Yenilenebilir Enerji Politikaları İle İlgili Öneriler

Önümüzdeki yıllarda, enerji ihtiyacının büyük çoğunluğunun karşılandığı petrol ve doğalgaz fiyatlarındaki artışın devam etmesi beklenmektedir. Fosil kökenli enerji kaynaklarının kullanım ömürlerinin her geçen gün azalmasına karşın enerji ihtiyacı, artan nüfus ve teknoloji ile birlikte doğru orantılı bir şekilde hızla artmaktadır. Fosil kökenli enerji kullanımı sonucu oluşan iklim değişikliği gibi çevresel olumsuzluklar da yaşam şartlarını zorlaştırmaktadır (Çelik, 2012). Türkiye gibi gelişmekte olan bir ülkenin, enerji ihtiyacının yaklaşık %70’ini dışarıdan karşılaması gelişmenin önündeki en büyük engel olarak karşımızda durmaktadır. Bu engelin kaldırılması için enerji ihtiyacının karşılanmasında temiz, yerli, güvenli çevre ile dost enerji kaynakları olan yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı zorunlu hale gelmektedir. Türkiye’nin gelişmiş bir ülke olması her şeyden önce doğru planlanmış yenilenebilir enerji politikalarının belirlenip uygulanması ile gerçekleştirilebilir. Bu politikalar oluşturulurken şu temel değerler göz önünde tutulmalıdır:

- Her şeyden önce hazırlanacak ve uygulanacak politikalarda birlik sağlanmalı, sorunların tek elden çözüldüğü, planlamaların merkezi yapıldığı resmi bir yapı oluşturulmalıdır.
- Günümüz politikalarının merkezinde yer alan petrol ve doğalgazın yerini bir an önce yenilenebilir enerji kaynakları almalıdır.
- Yenilenebilir enerji uygulamaları ülkelerde değişiklikler göstermektedir. Bir ülkede başarılı olan bir uygulama başka bir ülkede başarı gösteremeyebilir. Bu nedenle Türkiye kendine özgü yenilenebilir enerji politikasını oluşturmalıdır.
- Yenilenebilir teknoloji alanındaki yeniliklerin yakından takip edilip geliştirilmesi için Ar-Ge çalışmalarının teşvik edilmesi; bu amaçla, kamu ve özel kuruluşlar ile üniversitelerce yürütülmekte olan çalışmaların desteklenmesi gerekmektedir. Özellikle yeni gelişen bir sektör olan güneş ve rüzgar enerji santrallerinde kullanılacak teknolojik malzemelerin mutlaka yerli sermaye ile üretiminin gerçekleştirilmesi gerekir. Böylece dışa bağımlılık azalacaktır.
- Yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili faaliyet gösteren kuruluşlar, yatırımcılar, üniversiteler, bilimsel araştırma merkezleri, uzmanlar arasında işbirliğinin artırılmasına yönelik çalışmalar yapılması gerekmektedir.
- Elektrik üretiminde ihtiyaç duyulan yıllık kapasite büyüklüğünün, eldeki kaynakların ve gelecek yıllarda işletmeye girmesi gereken enerji üretim tesislerinin çalışmaya başlayacağı tarihlerin belirlendiği planlar hazırlanarak yatırımların gerçekleştirilmesi gereklidir. Çünkü elektrik üretildiği zaman tüketilmesi gereken bir üründür. Fazla üretim yapılması milli kaynakların boşa kullanılmasına neden olduğu gibi az üretim de enerji sıkıntılarına neden olacaktır.
- Yenilenebilir enerji teknolojileri alanında çalışacak mühendis ve teknik elemanların yetiştirilmesi için, üniversitelerde genel yenilenebilir enerji mühendislik bölümleri, özel olarak güneş, rüzgar, jeotermal mühendislikleri gibi bölümler açılmalıdır. Yine meslek liselerinde acilen yenilenebilir enerji bölümlerinin açılması gerekmektedir. Bu konuda geç bile kalındığı düşüncesi genel olarak kabul görmektedir.

Elektrik dağıtım şirketlerinin denetim hizmetlerini özel şirketlere devretmesini öngören yönetmeliğin, EMO'nun başvurusu üzerine danıştay tarafından iptal edildiği bilinmektedir. Burada, enerji konusunda devletin yapması gereken denetim görevini özel kuruluşlara vermek istemesi istenmeyen sorunları beraberinde getirecektir.

Bu sorunların bazıları; zamanında yapılması gereken yatırımların yapılmaması, denetim şirketlerinin zamanla dağıtım veya üretim şirketlerinin kontrolüne girmesi sonucu enerji kullanıcılarının zarar görmesi olabilecektir (Adıyaman, 2012).

Yenilenebilir enerji sistemlerinin üretilmesinde kullanılan malzemelerin fiyatlarının düşük tutulması, bu ürünlerden alınan vergi oranlarının düşürülmesi gerekmektedir. Kyoto Protokolü gereği karbon emisyonlarının düşürülmesi gerekmektedir. Yenilenebilir enerji üreticilerine bu konuda teşvikler verilebilir. Ayrıca yatırımcıların karbon emisyonu satışı yapabilmeleri için karbon piyasası oluşturulması ve ek gelir sağlamaları açısından faydalı olacaktır.

Türkiye'nin 2023 yılı hedefleri doğrultusunda, önemli, temiz ve yenilenebilir enerji kaynağı olan KHES yapımına destek verilmesi, teşvik edilmesi yararlı olacaktır. Fakat bu konuda, suyun hayatın devamı için vazgeçilmez bir kaynak olduğu, bölge halkının su kullanımında sorun yaşamaması gerektiği, su kullanım haklarının tamamen özel şirketlerin yönetimine verilmemesi gibi dikkat edilmesi gereken hususlar vardır. KHES projeleri yapılırken tüm canlıların, insanların ve doğal çevrenin korunmasına özel önem verilmesi gerekmektedir. HES'lerin çevreye zararlı yapılar haline gelmelerinin önlenmesi için havza yönetimi esas alınarak tüm HES projelerinden ÇED raporları istenmeli ve bu raporlar ciddiye alınarak değerlendirilmelidir. Küçük hidroelektrik santral inşaatı için yerli teknoloji yeterli durumdadır. Bu teknolojilerin desteklenmesi KHES projelerin gerçekleştirilmesine büyük katkı sağlayacaktır. Yerli elektromekanik teknolojinin, dünyada yaşanan teknolojik gelişmelerle desteklenmesi ve üretilecek yeni ürünlerin dışarıya satılması ülke ekonomisine katkı sağladığı gibi yeni iş alanları oluşumuna da yarayacaktır (Çelik, 2012).

Güneş enerjisinden sıcak su elde edilmesindeki başarının, elektrik elde edilmesi alanında da yakalanması için elektrik üretimi ve su ısıtma işini aynı anda gerçekleştiren sistemlerin yaygınlaştırılmasının sağlanması gerekmektedir. Bu sistemlerin yaygın kullanımı için çift taraflı sayaç sistemlerinin teşvik edilmesi ve uygun kredilerin verilmesi güneş enerjisinin kullanımını artıracaktır. Kırsal alanlarda pişirme ve sıcak su elde etmek için kullanılan güneş ocaklarının yaygınlaştırılması için çalışmalar yapılmalıdır. Güneş enerjisi teknolojileri kullanımı arttıkça bu ürünlerin fiyatları düşecektir. Bu teknolojileri halka tanıtmak ve kullanımının öğretilmesi için bilinçlendirme çalışmaları yapılması gerekmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen elektriğin ulusal şebekeye bağlanma ve sistem dengesi konusundaki sorunlar bir an önce çözülmelidir (Savrul, 2010). Jeotermal enerji kullanımında çok ciddi kontrollerin yapılması zorunludur. Çünkü jeotermal tesislerin birçoğunda reenjeksiyon uygulamasının yapılmaması sonucu, bu sistemler yenilenebilir özelliklerini kaybedebilmektedirler. Yeni kaynak olmalarına rağmen, şimdiden sıcaklık değeri düşen, kaynağı azalan sahalar bulunmaktadır. Ayrıca jeotermal sahalarla ilgili çok sayıda lisans verilmiştir. Hatta aynı sahada lisansı olan üç dört şirket olabilmektedir. Örneğin; Aydın ili Germencik jeotermal sistemi en az üç ayrı ruhsat sınırları içinde kalmaktadır. Manisa ili Caferbeyli sahası en az üç ruhsata bölünmüş durumdadır. Bu durum kaynağın yenilenebilir kalmasını güçleştirecektir. Bu nedenle jeotermal sahaların bütüncül bir anlayışla yönetilmesine imkan veren düzenlemeler yapılmalıdır.

Rüzgar enerji santrali yapımı son yıllarda hız kazanmış durumdadır. Santrallerin çoğu, daha çok rüzgar alan sahil kesimlerine yapılmaktadır. Nüfus yoğunluğunun buralarda fazla olması enerji tüketimini de artırmaktadır. Sahil kesimlerine yapılan santral sayıları artırılmaya devam etmelidir. Bunun yanında rüzgar potansiyeli yüksek olan iç bölgelerde de rüzgar santrali yapımının teşvik edilerek artırılması gerekmektedir. Ayrıca bireysel kullanıma yönelik daha küçük ölçekli enerji üretecek rüzgar gücü ile çalışan türbinler üretilerek kullanıma sunulmalıdır. Özellikle kırsal kesimde köy ve kasabalarda, tıpkı güneş enerjisinden sıcak su üretimi için kullanılan paneller gibi evlerin çatısında veya bahçelerinde küçük rüzgar türbinleri kurmak için çalışmalar yapılmalıdır.

Toplum yenilenebilir enerji kaynakları konusunda bilinçlendirilmelidir. Bu bilinçlendirme okullarda bazı derslerin müfredatına konularak yapılabileceği gibi seçmeli dersler olarak da yapılabilir. Belediyeler tarafından oluşturulacak projeler ve bu projelerin örnek uygulamaları da bilinçlendirmeye katkı sağlayacaktır. Basın ve yayın kuruluşlarınca örnek yenilenebilir enerji uygulamaları daha geniş kitlelere duyurulabilmelidir. Bu şekilde tüm toplum yenilenebilir enerji konusunda bilgi sahibi olabilecektir (Adıyaman, 2012).

5.2 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Türkiye Ekonomisine Katkısı

Dünyada olduğu gibi Türkiye’de de 1970’li yıllarda baş gösteren petrol krizlerine bağlı olarak enerji darboğazı ortaya çıkmış ve o günden bu yana sürekli artan enerji talebinin hangi kaynaklarla karşılanabileceği sorunu gündemdeki yerini korumuştur. 1990’lı yıllarda elektrik üretiminde doğalgaz kullanımının başlamasıyla tartışmalar doğalgaz, nükleer ve yenilenebilir enerji kaynakları çerçevesinde yoğunlaşmıştır. Tartışmaların merkezinde yer alan başlıklarsa; enerji kaynaklarının maliyetleri, ekonomik getirileri ve çevreye verdikleri zararlar olmuştur (Savrul, 2010).

Sanayileşme ile birlikte önemli hammadde girdileri arasında yerini alan enerji, ülkelerin gelişmişlik düzeylerinin belirlenmesinde kullanılan ölçüt halini almış durumdadır. Günümüzde gelişmiş olarak nitelendirilen endüstrileşmiş ülkelerin, ulusal ekonomilerinin büyüklüğüne göre kategorize ediliyor olması, bu ülkelerin enerji girdisini gerek sanayi ve gerekse de hizmetler sektöründe aktif olarak değerlendirebildiğinin bir göstergesidir. Ekonomik kalkınmışlık düzeyi ve enerji tüketimi arasında kurulan bu orantılı ilişki, pek çok defa ampirik gözlemler ve ekonometrik hesaplamalarla ortaya konulmuş durumdadır.

Kalkınmış OECD ülkeleri günümüzde enerji tasarrufu ve verimliliği üzerine odaklanmış durumdadır. Birim ürün çıktısı elde edebilmek amacıyla harcanması gereken enerji düzeyini ifade etmekte kullanılan enerji yoğunluğu, maliyet unsurlarını doğrudan belirleyen faktörlerden bir tanesidir. Pahalı bir girdi olan enerjinin mümkün olduğunca az kullanılarak optimum üretimi gerçekleştirmek anlayışını belirleyen endüstrileşmiş toplumlardaki bu tutum, enerji tüketimini azaltıcı etki yapmaktadır.

Teknolojik üstünlük ise, enerji yoğunluğu ve tüketim verimliliği kavramlarına benzer şekilde, gelişmişlik düzeyleri ve enerji tüketimi arasında fark yaratan bir diğer unsurdur. Eski teknolojiye sahip toplumların sanayi üretimi ile modern tekniklere sahip toplumların sanayi üretimleri arasında ciddi ölçüde maliyet unsurları bulunmaktadır. Bu durum da, ekonominin gelişim sürecini ve dolayısı ile Gayri Safi Milli Hasıla artısını yavaşlatıcı etki yaratmaktadır (Adıyaman, 2012).

Küresel rekabet alanında sahip olduğu payı arttırmak isteyen Türkiye, sanayiye dayalı ihracat programını benimsemiş olup, politikalarını bu doğrultuda belirleme sürecine girmiştir.

Ağır sanayi üretiminin de önemli girdilerinin basında gelen enerji, bu nedenle önemini korumaktadır. Türkiye'nin enerji tüketimi ve GSMH gelişim sürecine bakıldığında birbirine paralel doğrusal orantılı bir artış olduğu gözlemlenmektedir.

İstisnai olarak 1970'li yıllarda yaşanan iki petrol krizi, enerji tüketimini doğrudan etkilemiştir. Türkiye'nin 1970-2000 yıllarını kapsayan dönemde senelik ortalama % 45 dolaylarında artış gösteren enerji tüketimi, 1979 petrol krizinin ardından %16 seviyesine kadar düşmüş ve bu düşüş dolaylı olarak ulusal ekonomiye olumsuz bir şekilde yansımıştır. 1985 yılına dek süren beş senelik dönemde enerji girdisinin düşük arzla birlikte yükselen fiyatı, ekonomide yavaşlamaya sebep olmuş ve aynı dönemde GSMH 69,7 milyar dolar düzeyinden 68,1 milyar dolar seviyesine kadar gerilemiştir. Nitekim Türkiye'de Şubat 2001 tarihinde meydana gelen finansal kriz, enerji tüketimini düşürücü sonuçlara yol açmıştır.

Krizin yaşandığı 2001 yılında GSMH değerindeki beklenen artış 1970-2005 yılları arasındaki dönemde ilk defa hissedilir derecede azalma göstermiştir. Bu durum enerji piyasasını da etkilemiş ve tüketim miktarı ekonomiye paralel olarak 78,8 milyon TEP düzeyinden 73,9 milyon TEP seviyesine düşmüştür. Cari fiyatlarla hesaplanan GSMH içerisinde enerji sektörünün payı 1970 yılından günümüze kadar düzenli olarak artış göstermiştir. Türkiye'nin yüksek katma değer artışı sağlayan sanayi sektörüne yönelmesiyle birlikte, enerji talebi ve ulusal ekonomiye yaptığı katkı da önemli derecede yükselmiştir. Türkiye bugün itibarıyla enerjide yoğun üretim yapan ülkeler arasında yer almakta olup, mevcut fosil enerji kaynaklarının kısıtlı olması, üretimde kullanacağı enerjiyi ithal etmesine sebep olmaktadır. İmalat sektörünün gereksinimi olan enerji, Türkiye'nin ödemek zorunda olduğu ithalat faturasını arttırmakta ve bu durum önemli ölçüde döviz kaybı anlamına gelmektedir (Ağaçbiçer, 2010).

2000 yılı ve sonrasındaki dönemde enerji tüketiminde yaşanan ivmelenme, net enerji ithalat faturasının da aynı şekilde yükselmesine sebep olmuştur. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı verilerine göre, Türkiye, 2009-2013 yılları arasında toplam 87 milyon 192 bin 557 ton ham petrol ithal etmiştir. Türkiye'nin belirtilen bu son 5 yılda ham petrol için ödediği tutar 61 milyar 231 milyon 542 bin 96 dolara ulaşmıştır.

Petrol ve petrol türevlerine benzer şekilde Türkiye'nin, petrolgazı ve doğalgaz ürünlerine ödediği döviz miktarı da her geçen gün artmaktadır.

Çevresel faktörlerin ve Karbon Ticareti sürecinin de etkisiyle Türkiye, elektrik enerjisi üretiminde yerli kömür kaynaklarının yerine rezervlerine sahip olamadığı ve ithalatla karşılamak durumunda olduğu doğalgaza yönelmiş durumdadır

Enerji talebinin yaklaşık dörtte birini oluşturan konut sektörünün ihtiyaç duyduğu ısınma ve elektrik enerjisinin yerli jeotermal kaynaklardan karşılanması halinde Türkiye ekonomisine önemli katkı sağlayabilir. Beş milyon adet konutu ısıtmaya yetecek kadar jeotermal kaynaklarımız olmasına rağmen henüz verimli bir şekilde ekonomiye kazandırılabilmiş değildir (Özcan, 2013).

Mevcut veriler Türkiye'nin yakalamış olduğu hızlı kalkınma evresini sağlıklı bir şekilde sürdürebilmek için sektörel yatırımlara ağırlık vermesi gerektiği yönündedir. Ticari hayatta önemli bir girdi olan enerjinin alternatif enerji kaynakları gibi daha ekonomik yöntemlerle elde edilmesi, Türkiye ekonomisine sağlayacağı katkı açısından önem taşımaktadır.

Gerekli enerji talebini mümkün olduğunca düşük maliyetli kaynaklardan sağlamak, Türk sanayisinin rekabetçi olabilmesi açısından üzerinde hassasiyetle durulması gereken konular arasında yer almaktadır. Mevcut yapısal sorunun önüne geçilebilmesi, ithal enerji girdisinin yerli imkanlarla ikame edilmesini gerektirmektedir. Fakat rezervlerin sınırlı olması imalat sektörünü yeni arayışlara itmektedir. Bu noktada devreye giren hidroelektrik, rüzgar gücü ve güneş enerjisi gibi alternatif kaynaklar önemli ölçüde enerji talebinin karşılanması konusunda çözüme yakın kaynaklar olarak öne çıkmaktadırlar.

Konvansiyonel enerji kaynakları ile alternatif enerji kaynaklarının maliyet analizleri yapıldığında, ilk yatırım maliyetleri açısından birbirlerine yakın değerler çıksa da, özellikle hidrolik ve rüzgar enerjileri üretim maliyetleri fosil kaynakların yerine ikame edilebilecek seviyelerdedir. Ayrıca alternatif kaynaklardan üretim gerçekleştirilmesi yerel girdi ve kaynak kullanımını gerekli kıldığından dışa bağımlılık söz konusu olmamakta ve döviz kaybına sebebiyet vermemektedir. Güneş enerjisi üretimi ileri teknoloji gerektirdiğinden gerek ilk yatırım maliyetleri ve gerekse de üretim maliyetleri açısından diğer alternatif enerji kaynaklarına oranla daha yüksek maliyetlidir. Jeotermal kaynaklardan enerji üretimi ise düşük maliyetli olmasına karşın bölgesel rezervlerle sınırlı oluşu, rüzgar gücünden yararlanılarak üretilen enerji türünü ön plana çıkartmaktadır.

Rüzgar enerjisine yapılması öngörülen yatırımların Türkiye açısından sağlayacağı bir diğer fayda da, Kyoto Protokolü çerçevesinde oluşturulan Karbon Ticareti piyasasında Türk firmalarının göstermiş olduğu iştiraklerdir.

Dünya genelinde yaşanan enerji dönüşümü ve kendi enerji problemlerine çözüm bulabilme adına Türkiye’de rüzgar enerjisi başta olmak üzere yenilenebilir enerji kaynaklarına yoğun ilgi olmasına rağmen üç tarafı denizlerle çevrili ve rüzgar zengini bir ülke olan Türkiye’nin enerji üretimindeki rüzgar enerjisi katkısı %4,5 civarındadır ve bu rakam oldukça yetersizdir. Rüzgar enerjisine olan talebin yakın gelecekte de artarak devam edeceği beklentisi ve ülkenin değerlendirilmeyi bekleyen büyük rüzgar enerjisi potansiyeli olduğu düşünülürse sektöre ilişkin gecikmeden stratejik adımlar atılması gerekmektedir. Ancak bu şekilde maksimum düzeyde katkı elde edilmesi mümkün olacaktır. Dünya genelinde kendini ispatlayan rüzgar enerjisi, enerji problemlerine karşı Türkiye’nin elindeki en önemli kozlardan biridir (Geyik, 2014).

Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Devlet Su İşleri (DSİ) Genel Müdürlüğü ve özel sektör tarafından Türkiye’de işletmeye açılan hidroelektrik santrallerinin (HES) ürettiği elektriğin 2013’ün ilk 6 ayı itibariyle ülke ekonomisine katkısı 6,1 milyar TL olarak gerçekleşmiştir. 2013 yılının ilk 6 ayında Türkiye’de üretilen 116 milyar 288 milyon kWh elektrik enerjisinin %29,2’si HES’lerden sağlanmıştır. Bu dönemde üretilen enerjide en büyük pay %41,3 ile doğalgaz ve LNG yakıtlarından üretilen elektrik enerjisinin olurken, kömürün payı %24,2, fuel-oil, motorin, asfaltit, LPG ve naftanın payı %1,7, rüzgarın payı %2,8, jeotermalin payı ise %0,5 olarak gerçekleşmiştir.

Netice olarak bu dönem elektrik üretiminde termik yakıtların payı %67,5 olurken yenilenebilir enerji kaynaklarının payı %32,5 olmuştur.

2012 yılında 84 milyar dolar cari açığı olan Türkiye, aynı yıl içinde 60 milyar dolar enerji hammaddesi ithal etmiş, cari açığı kapatmasında HES’lerin rolünün büyük olduğu görülmüştür. Aynı zamanda bugüne kadar işletmeye alınan HES’lerin ürettiği enerjiyle yılda yaklaşık 40 milyon ton karbondioksit salınımı engellenmiştir.

Bu noktada sınırlı olan yerli fosil kaynak rezervleri yerine ikame edilebilmesi muhtemel alternatif enerji kaynaklarıdır.

Fosil kaynaklara uygun enerji sistemlerinin yerine alternatif enerji kaynaklarına uygun sistemlerin üretilmesi Türkiye'nin yerli sanayinin gelişimine ve dolayısıyla ekonomisine katkı sağlayacaktır (Ağaçbiçer, 2010).

5.3 Enerji Santrallerinin Maliyet Analizi

Enerji santrallerinde maliyet unsurlarının değerlendirilmesinde, genellikle santralin ilk yatırım maliyeti ve birim enerji üretim maliyeti dikkate alınmaktadır. Santralin birim enerji üretim maliyeti, santralin kullanım ömrü boyunca yapılan bütün harcamaları (ilk yatırım maliyeti, işletme/bakım maliyetleri) kapsayan, santralden birim enerji elde edilmesi için gerekli olan maliyeti ifade eden ekonomik bir değerlendirme kriteridir. Enerji santrallerinde elektrik enerjisi üretimine etki eden faktörler, santralin ilk yatırım maliyeti ve işletme/bakım maliyetidir.

İlk yatırım maliyeti, santralin işletmeye başlamadan önce enerji üretimine hazır hale getirilmesi amacıyla, makina-teçhizat, bina, arazi vb. temel elemanlar için yapılan harcamalardır. Enerji santral maliyetlerinin en büyük kısmı ilk yatırım maliyetleridir.

İşletme/bakım maliyetleri ise santral kurulumu sonrası santralden enerji üretmek için yapılması gereken harcamalardır. İşletme maliyetleri, sabit işletme maliyeti ve değişken işletme maliyeti olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Sabit işletme maliyeti çalışanların maaşları ve primler, santral genel ve idari harcamaları, santral destek ekipmanları, planlanmış bakımlar gibi maliyetlerdir. Değişken işletme maliyetleri ise santralde kullanılan yakıtlar, enerji, su, kimyasallar, katalizörler, gazlar, yağlayıcılar, tükenebilir malzeme ve kaynaklar ile atıkların neden olduğu maliyetlerdir.

Kömür ve doğalgaz yakıtlı termik santral, nükleer santral, hidroelektrik santral, rüzgar enerji santralleri (kara ve deniz üstü), güneş enerji santrali, jeotermal enerji santrali ve biyokütle enerji santrali için \$/kW cinsinden ilk yatırım maliyetleri, \$/kW-yıl cinsinden sabit işletme maliyetleri ile \$/MWh cinsinden değişken işletme maliyetleri Çizelge 5.1'de verilmiştir. Çizelge, ilk yatırım maliyeti; bir birim güç elde edilmesi için ödenmesi gereken maliyet, sabit işletme maliyeti; bir yılda santralden birim güç elde edilmesi için ödenmesi gereken maliyet ve değişken işletme maliyeti; bir birim enerji elde edilmesi için ödenmesi gereken maliyet olarak değerlendirilmiştir.

Çizelge 5.1: Enerji yatırım maliyetleri (Kaya ve Koç, 2015).

Santral Tipi	İlk Yatırım Maliyeti (\$/kW)	Sabit İşletme Maliyeti (\$/kW-yıl)	Değişken İşletme Maliyeti (\$/MWh)
Rüzgar Santrali (Deniz Üstü)	6230	74	-
Nükleer Santral	5530	93,28	2,14
Jeotermal Enerji Santrali	4362	100	-
Biyokütle Enerji Santrali	4114	105,63	5,26
Güneş Enerji Santrali	3873	24,69	-
Kömür Yakıtlı Linyit Santral	3246	37,8	4,47
Hidroelektrik Santral	2936	14,13	-
Rüzgar Santrali (Kara)	2213	39,55	-
Doğalgaz Yakıtlı Linyit Santral	917	13,17	3,6

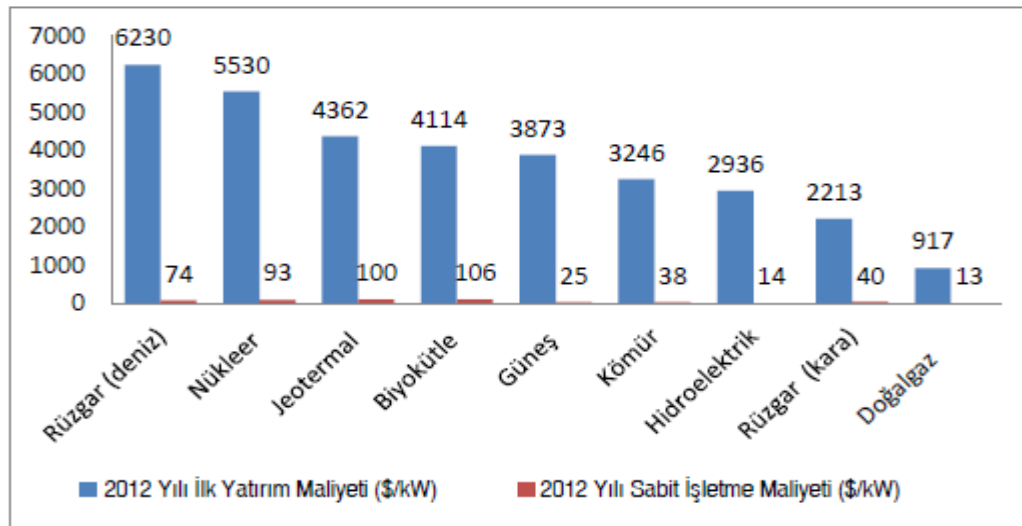
Tablo değerlendirildiğinde, rüzgar santralleri, jeotermal enerji santraller, güneş enerji santralleri ve hidroelektrik santraller gibi yenilenebilir enerji santrallerinin değişken işletme maliyetlerinin olmadığı görülmektedir.

Tablodan, ilk yatırım maliyetleri yüksek olan santraller sırasıyla, deniz üstü rüzgar enerji santrali, nükleer santral ve jeotermal enerji santrali iken; ilk yatırım maliyetleri düşük olan santraller ise doğalgaz yakıtlı linyit santral, karada kullanılan rüzgar santrali ve hidroelektrik santral olduğu görülmektedir.

Sabit işletme maliyeti en yüksek olan santraller sırasıyla, biyokütle enerji santrali, jeotermal enerji santrali ve nükleer santral; düşük olan santraller ise sırasıyla, doğalgaz yakıtlı termik santral, hidroelektrik santral ve güneş enerji santralidir.

Değişken işletme maliyeti yüksek olan santraller, biyokütle enerji santrali ile kömür yakıtlı linyit santral; düşük olan santraller ise nükleer santral ile doğalgaz yakıtlı linyit santral şeklindedir.

Hidroelektrik santral, rüzgar enerji santrali (kara ve deniz), güneş enerji santrali ve jeotermal enerji santralin herhangi bir yakıt gideri olmadığı için değişken işletme maliyeti sıfırdır. Belirlenen santrallerin ilk yatırım ve işletme maliyetleri karşılaştırma amacıyla Şekil 5.1’de yeniden verilmiştir. Belirlenen enerji santrallerinin 2012 ve 2014 yıllarındaki ilk yatırım ve birim enerji üretim maliyetleri karşılaştırmalı olarak Çizelge 5.2’de verilmiştir (Kaya ve Koç, 2015). Çizelgede, maliyet unsurları belli bir aralıkta verilmiş olup, bu aralık maliyet unsurlarının bölgesel olarak farklılık göstermesinden kaynaklanmaktadır.



Şekil 5.1: Santral tipine göre ilk yatırım ve işletme maliyetleri (Kaya ve Koç, 2015).

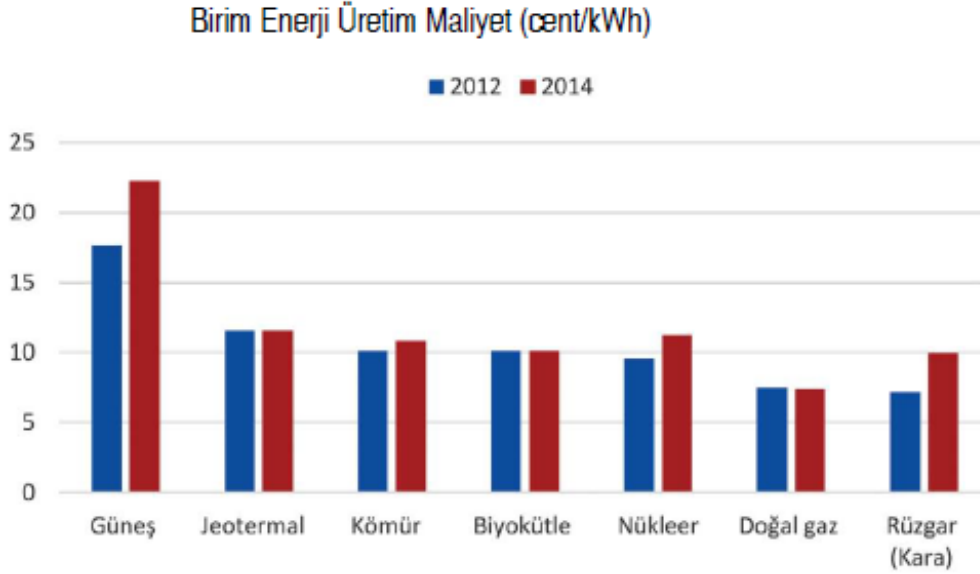
Çizelgedeki değişim miktarları, belirlenen yıldaki değerlerin ortalaması alınarak belirlenmiştir. Belirlenen santrallerin ilk yatırım maliyetleri değerlendirildiğinde nükleer santralin en yüksek ilk yatırım maliyetine, doğalgaz yakıtlı termik santralin ise en düşük ilk yatırım maliyetine sahip olduğu görülmektedir.

Çizelge 5.2: Enerji santrallerinin ilk yatırım ve birim enerji üretim maliyetleri.

Santral Tipi	İlk Yatırım Maliyeti (\$/kW)			Birim Enerji Üretim Maliyeti (cent/kWh)		
	2012 Yılı	2014 Yılı	Değişim (%)	2012 Yılı	2014 Yılı	Değişim (%)
Nükleer Santral	5385-8199	5385-8053	-1,08	7,7-11,4	9,2-13,2	17,3
Güneş Enerji Santrali	3000-3500	3500-4500	23,08	14,9-20,4	18,0-26,5	26,1
Jeotermal Enerji Santrali	4600-7250	4600-7250	0	8,9-14,2	8,9-14,2	0,0
Biyokütle Enerji Santrali	3000-4000	3000-4000	0	8,7-11,6	8,7-11,6	0,0
Kömür Yakıtlı Termik Santral	3000-8400	3000-8400	0	6,2-14,1	6,6-15,1	6,9
Rüzgar Enerji Santrali (Kara)	1500-2000	1400-1800	-8,58	4,8-9,5	3,7-16,2	39,2
Doğalgaz Yakıtlı Termik Santral	1006-1318	1006-1318	0	6,1-8,9	6,1-8,7	-1,3

Belirlenen santrallerin 2012 ve 2014 yıllarındaki ilk yatırım maliyetleri değerlendirildiğinde, nükleer santral ve rüzgar enerji santralinin ilk yatırım maliyetlerinin azaldığı, güneş enerji santralinin ilk yatırım maliyetinin arttığı, diğer santrallerin ilk yatırım maliyetlerinin ise değişmediği gözlemlenmiştir.

Santrallerin birim enerji üretim maliyetlerindeki değişimin daha iyi görülebilmesi için, belirlenen santrallerin 2012 ve 2014 yıllarındaki birim enerji üretim maliyetleri Şekil 5.2’de verilmiştir.



Şekil 5.2: Santrallerin birim enerji maliyetleri (Kaya ve Koç, 2015).
(1kWh = 0,001 MWh)

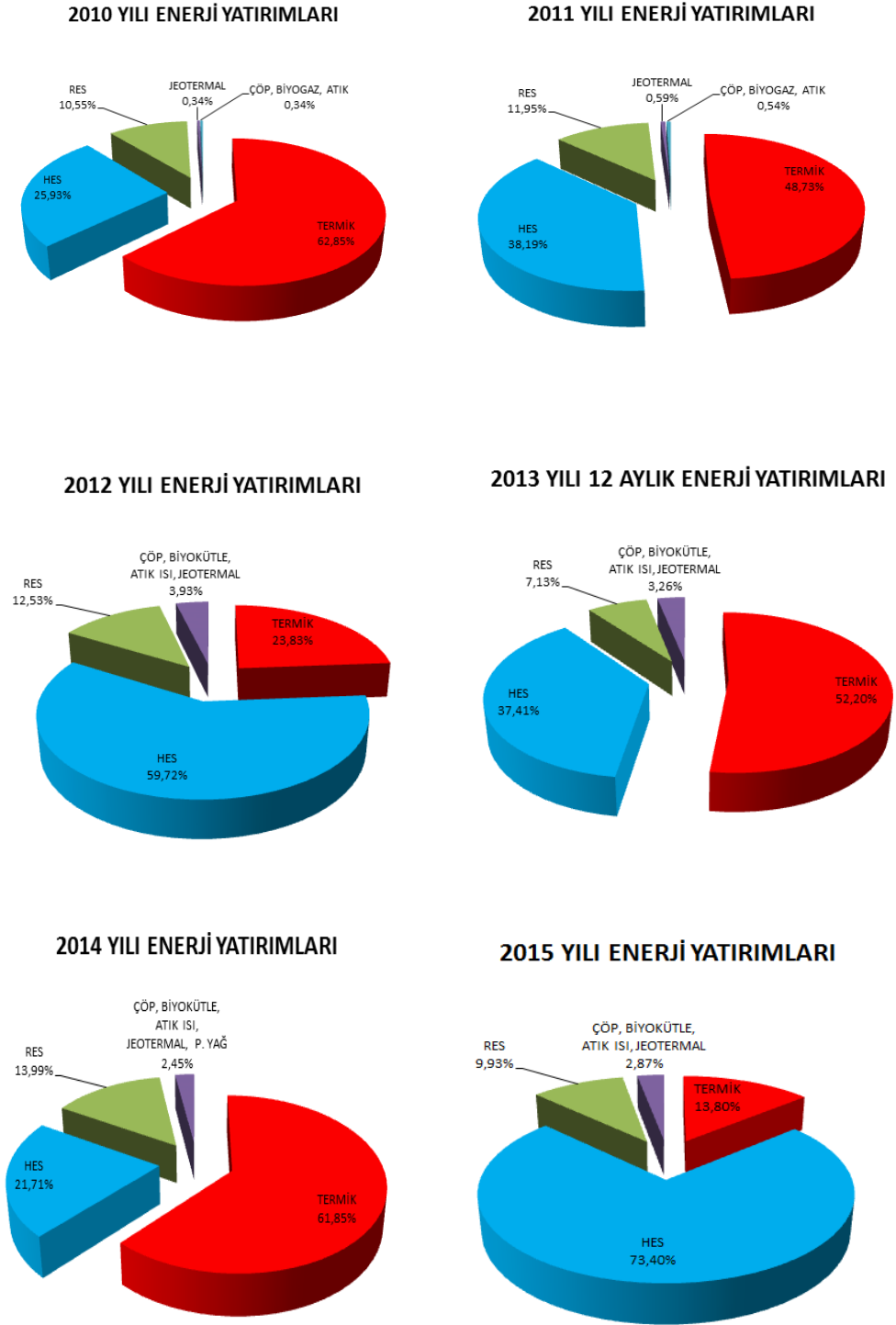
Burada, birim enerji maliyet değerlerinde verilen aralıkların ortalamaları dikkate alınmış olup, 2012 yılı esas alınarak birim enerji maliyeti büyükten küçüğe göre sıralanmıştır. Şekilde, en yüksek birim enerji üretim maliyetine sahip olan santralin güneş enerji santrali, en düşük birim enerji üretim maliyetine sahip olan santralin ise rüzgar enerji santrali olduğu gözlemlenmiştir. Belirlenen santrallerin birim enerji üretim maliyetlerindeki değişim değerlendirildiğinde; rüzgar (kara), güneş, nükleer ve kömür yakıtlı termik santrallerin birim enerji üretim maliyetlerinin arttığı, jeotermal ve biyokütle enerji santrallerinde birim enerji üretim maliyetlerinin değişmediği, doğalgaz yakıtlı termik santrallerinde ise birim enerji üretim maliyetinin azaldığı görülmektedir (Kaya ve Koç, 2015).

Aşağıdaki Şekil 5.3’de verilen, yıllara göre Türkiye enerji yatırımlarında da görüldüğü gibi, termik santrallere yapılan yatırım 2010-2012 yılları arasında düşmüş, 2013-2014 yıllarında büyük bir artış göstermiş ancak 2015 yılında hızlı bir düşüş yaşamıştır.

Hidroelektrik santral yatırımları ise değişken bir ivme göstermiş ancak 2012 ve 2015 yıllarında en yüksek çıkışı yapmıştır.

Rüzgar enerji santralleri 2010-2012 yılları arasında yatırımda istikrarlı bir artış göstermiş ancak 2013 ve 2015 yıllarında düşüş yaşamıştır.

Diğer yenilenebilir enerji kaynakları olan jeotermal ve biyokütle enerjisine yapılan yatırımlar ise 2010-2013 yılları arasında küçük çapta artış göstermiş, yine 2014-2015 yılları arasında hafif bir düşüş yaşamıştır.



Şekil 5.3: Yıllara göre Türkiye enerji yatırımları (ETKB, 2015).

5.4 Gelecek Yıllarda Enerji Alanında Olası Gelişmeler

Türkiye ekonomisinde son 10 yılda önemli atılımlar gerçekleştirilmiş olup ekonomik olarak önemli büyümelere şahitlik edilmiştir. 2014 yılının başı itibarıyla dünyanın 16. ve Avrupa'nın 6. büyük ekonomisi olan Türkiye, en güçlü ekonomilerin temsil edildiği G-20'nin faal bir üyesidir. Küresel mali kriz nedeniyle birçok ülke ekonomisinin daralma gösterdiği bir dönemde Türkiye ekonomisi 2008 yılındaki ekonomik yavaşlamanın ve 2009 yılındaki küçülmenin ardından 2010 ve 2011 yıllarında sırasıyla %9,2 ve %8,5 oranında büyüme hızını yakalamış ve ekonomisi 2003-2013 döneminde ortalama %5 büyümüştür. Sahip olunan bu ekonomik büyümenin sağlanmasında enerji sektörü hayati bir rol oynamıştır. 2003-2013 arasında birincil enerji talebinin yılda ortalama %5 ile büyümüş olması enerji tüketiminin ekonomiyle beraber büyüdüğünü göstermektedir.

Gerçekleşen ekonomik gelişme ve artan refah seviyesinin sonucu olarak enerji sektörünün her alanında hızlı bir talep artışı olmaktadır. Türkiye, İktisadi İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı (OECD) ülkeleri içerisinde geçtiğimiz 10 yıllık dönemde enerji talep artışının en hızlı gerçekleştiği ülke durumundadır. Önümüzdeki 10 yılda da enerji talebinin iki katına çıkmasını beklenmektedir.

Büyük enerji ithalatçısı ülkeler ihracatçı konumuna geçmekte, büyük enerji ihracatçısı ülkeler ise talep büyümesinin merkezi haline gelmektedir. Ekonomik büyüme, enerji talebi ve çevre ilişkisi her zamankinden önemli bir hale gelmiş olup en zengin kaynaklara sahip ülkeler için bile enerji verimliliği ve çevresel etki uyumu ana gündemi oluşturmaktadır. Dünyada dengelerin değiştiği, enerji sektörünün son derece dinamik olduğu bu dönemde, enerji talebi artmaya devam eden Türkiye'nin belirleyeceği enerji stratejisi çok kritik ve uzun dönemli etkileri olacak bir konudur. Dışa bağımlılığı azaltmak, iki katına çıkacak olan enerji talep artışını sorunsuz karşılamak ve arz güvenliğini sağlamak için çalışmalar sürmektedir. Enerji arz güvenliği için kritik bir unsur olarak görünen, son yıllarda hızlanarak enerji sektörünün çehresini ciddi şekilde değiştiren serbestleşme çabaları ile kurulmaya çalışılan rekabetçi piyasa yapısı, enerji politikalarının en önemli odak noktalarıdır. Bu bağlamda rekabetçi, şeffaf, tüketicinin korunduğu, çevresel sürdürülebilirliği de dikkate alan bir enerji sektörü önceliği oluşmuştur.

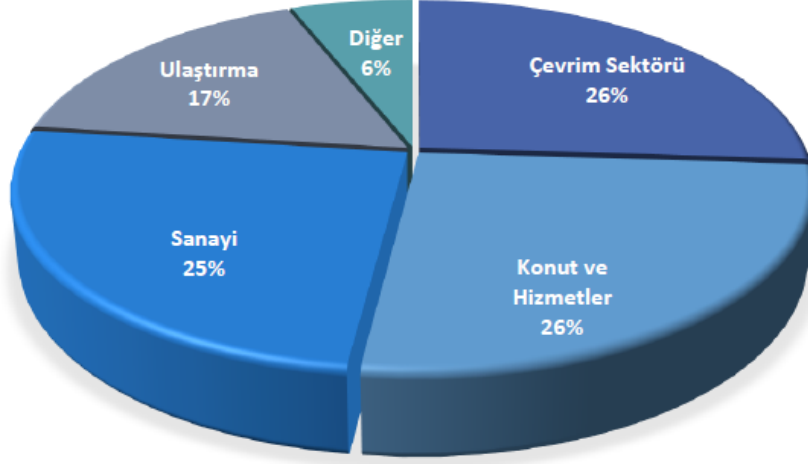
Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) gelecek 15 yıldaki yatırım ihtiyacını 100 milyar dolar olarak öngörürken, Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu (EPDK) 2010–2030 dönemi için gerekli yatırım ihtiyacını 225–280 milyar dolar olarak tahmin etmektedir (Mutlu, 2013). Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) “2014 Dünya Enerji Görünümü” raporundan derlenen bilgilere göre, yenilenebilirde dünya genelinde $4,81 \times 10^9$ MWh olan elektrik üretimi, 2040’a kadar $13,23 \times 10^9$ MWh bulacaktır. Dünyada üretilen elektriğin 2012 sonu itibarıyla %21’i yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanırken, bu rakam 2040 yılında %33’e yükselecek, küresel elektrik talebi de 2040’a kadar her yıl %2,1 artacaktır.

Dünyada 2013 sonu itibarıyla $5,952 \times 10^6$ MW olan elektrik kurulu gücü ise 2040’a kadar $1,07 \times 10^7$ MW’ı bulacaktır. Elektrik üretiminde toplam kapasitenin yarısı yenilenebilir kaynaklardan sağlanarak yeşil enerjide kapasite $4,55 \times 10^6$ MW’a çıkacaktır. Yenilenebilir enerji kaynakları 2040’ta elektrik üretiminde %41’lik payla birinci sırada bulunan kömürü geride bırakacaktır. Rapora göre, dünyada üretilen elektriğin %68’i fosil kaynaklardan karşılanıyor. Bu oranın 2040’ta %55’ler seviyesine inmesi beklenmektedir. Dünya elektrik üretiminde yenilikçi politikalar sayesinde 2040’ta yenilenebilir enerjinin elektrik üretimindeki payının yüzde 33’e çıkacağı, buna karşın kömürün % 31 seviyelerine ineceği ifade edilmektedir.

Türkiye’nin enerji ihtiyaçları değerlendirildiğinde, bu ihtiyaçlara karşı üretilecek enerjilerin kaynağı, miktarı ve çevreye olan etkilerinin çok iyi araştırılması gerekmektedir. Ülkemizde elektrik enerjisi elde etmek amacıyla birçok santral kurulmuştur. Bu santraller de kaynaklarına göre sınıflandırılmaktadır. Bu sınıflandırma; rüzgar, hidrolik, termik, jeotermal, doğalgaz, kömür, fuel-oil ve LPG dir. Bütün bu kaynaklar ile enerji üreten tesisler ülkemizde mevcuttur (ETKB, 2014).

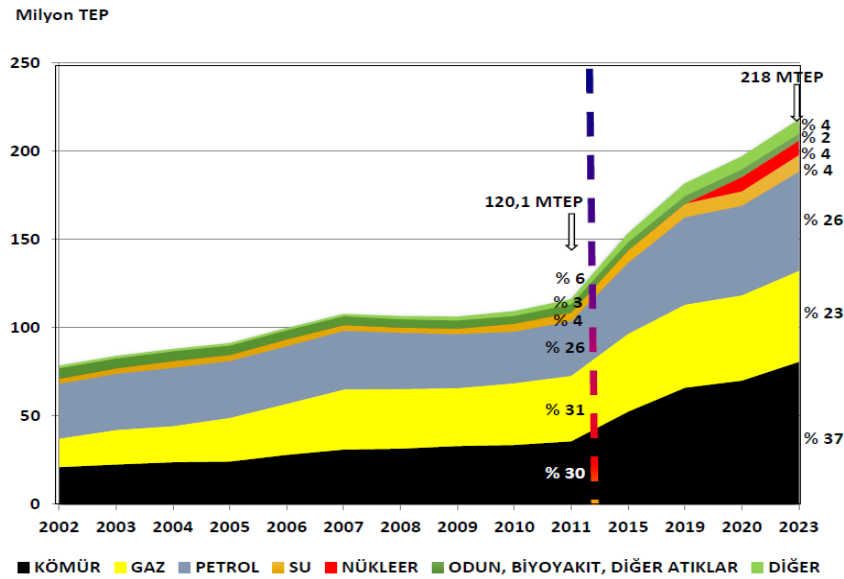
2015-2023 yıllarında arasında, 2023 yılı için gereksinim duyulacak enerji değerleri ve projeksiyonun planlanmasında; 2023 yılında gereksinim duyulacak elektrik enerjisi miktarı $5,1 \times 10^8$ MWh olarak kabul edilmiş, 2023 yılında gereksinimi tahmin edilen elektrik enerjisini karşılamak adına kurulacak ilave güç istasyonlarının bu tarihte 90.000 MW seviyesine ulaşacağı kabul edilmiştir. Ülkemiz birincil enerji talebi 2012 yılında 120,1 milyon TEP olarak gerçekleşmiştir. Birincil enerji talebi içerisinde doğalgazın payı %31, kömürün payı %30, petrolün payı %26, hidrolik enerjinin payı %4, diğer yenilenebilir enerji kaynaklarının payı %3 ve diğer kaynakların payı ise de %6’dır.

Şekil 5.4’de gösterilen birincil enerji talebinin sektörlere göre dağılımı incelendiğinde; %25’i sanayi, %26’sı konut ve hizmet sektörü, %17’si ulaştırma ve %26’sı çevrim sektöründe kullanılmış olduğu görülmektedir.



Şekil 5.4: Birincil enerji tüketiminin sektörlere göre dağılımı (ETKB, 2015).

ETKB’nin 2015 Yılı Bütçe Sunumu kaynaklı Şekil 5.5’de görüldüğü üzere 2023 yılında birincil enerji talebinin %90 oranında artarak 218 milyon TEP’e ulaşması beklenmektedir. Kömürün %37, doğalgazın %23, petrolün %26, hidrolik enerjinin%4, nükleer enerjinin %4, yenilenebilir ve diğer enerji kaynaklarının payının %6 olması öngörülmektedir (1MTEP = 11.600.000 MWh).



Şekil 5.5: 2023 yılında birincil enerji talebi (ETKB, 2015).

Günümüzde bir çok ulusal ve uluslararası kuruluş gelecekte enerji alanlarındaki gelişmeleri belirli varsayımlarla öngörmeye çalışmakta, bunun için araştırmalar yapmakta ve birbirleri ile sonuçları paylaşmaktadır. Dünya enerji ajansının yayınladığı "World Energy Outlook, 2014" raporunda ana senaryo; “son on yıllık dönemde küresel enerji talebindeki yıllık büyüme % 2'nin üzerinde gerçekleşmiş iken, fiyat ve politika uygulamalarının yanı sıra küresel ekonomide hizmet ve hafif sanayi sektörlerine kayış sayesinde bu oran 2025 sonrasında % 1'e geriliyor. Enerji talebinin küresel dağılımında ise daha çarpıcı bir dönüşüm gözlemlenmekte, zira enerji kullanımı Avrupa, Japonya, Kore ve Kuzey Amerika'da aynı seviyelerde seyrederken, tüketim artışı küresel enerji tüketiminin %60'ının gerçekleştiği Asya'nın geri kalanı ile Afrika, Orta Doğu ve Latin Amerika coğrafyalarında yoğunlaşıyor. 2030'ların başlarında Çin'in en fazla petrol tüketen ülke konumunu ABD'den devralmasıyla birlikte yeni bir dönüm noktasına giriliyor. Bu süreçte ABD'de petrol kullanımı uzun yıllardan beri en düşük seviyesine gerilerken, Hindistan, Güneydoğu Asya, Orta Doğu ve Sahra altı Afrika küresel enerji talebindeki büyümenin lokomotifleri olarak beliriyorlar”.

Küresel boyutta bir ekonomik kriz olmadığı takdirde, dünya genel enerji talebinde %62 artma beklenmektedir. Yıllık %2 artış ile genel enerji tüketiminin 2030'da 628×10^{15} kJ (15 milyar TEP=174 milyar MWh) olacağı tahmin edilmektedir. Dünya birincil enerji talebinde, önümüzdeki 20 yıllık dönemde OECD ülkelerinin paylarının diğer ülkeler karşısında %10 oranında azalma beklenmektedir. OECD'nin talebindeki mevcut %54'lük payının 2025'de %44 olacağı hesaplanmıştır. Öngörülen enerji talep artışı, ağırlıklı olarak gelişmekte olan ülkelerin taleplerinden (%68), kaynaklanırken Çin'in mevcut %11'lik payının 2025 'de %15 yükseleceği beklenmektedir.

Nükleer enerji, gerek miktar gerekse toplam yüzde içerisinde düşüş gösterecektir. Başta hidroelektrik olmak üzere yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları kullanımında miktar olarak artış olsa da toplam yüzde içerisinde kayda değer bir artış olmayacaktır. Hidroelektrik kaynaklarındaki payın artış gösterememesinin temel nedeni ABD, Kanada ve özellikle AB ülkeleri bu kaynaklarının tamamına yakınına devreye almış olması etkindir.

Doğalgaza giderek artan talep uluslararası alanda yeni oluşumlara ve bağımlılıklara hatta saflaşmalara yol açacaktır. Özellikle Avrupa'nın Rus gazına artacak olan bağımlılığı, gaz fiyatlarını arttırıp ve ona bağlı olarak yeni stratejilerin oluşumuna neden olacaktır.

Sektörel açıdan bakıldığında, enerji talebi açısından, elektrik üretim sektörü en hızlı büyüyen sektör olacaktır. Bu alanda Asya ve Güney Amerika'nın, en fazla tüketim artışı gösteren bölgeler olacakları öngörülmektedir.

Teknolojik gelişmeler ve değişiklikler enerjinin etkin kullanımı açısından önemli katkılar sağlamakta olup arz-talep dengelerini değiştirecek potansiyele sahiptir. Bu gelişmeler özenle takip edilip gerektiğinde dengeye müdahale yapılmalıdır (Kunt, 2008).

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nca yapılan arz planlamalarında, 2023'e kadar yerli linyit ve taşkömürü kaynaklarının tamamının elektrik üretim amaçlı değerlendirilmesi hedeflenmiştir. Aynı şekilde teknik ve ekonomik olarak yapılabilir hidroelektrik potansiyelinin tamamının elektrik üretim amaçlı kullanılması, rüzgar kurulu güç kapasitesinin 20.000 MW'a çıkarılması ve jeotermalde 1000 MW kurulu güce ulaşılması hedeflenmektedir. Bu kapsamda;

- 2023 yılında elektrik enerjisi kurulu güç kapasitesinin 110.000 MW'ın üzerine, toplam elektrik enerjisi üretiminin ise 416 milyon MWh seviyelerine yükseltilmesi;
- 2023 yılına kadar iki nükleer güç santralin işletmeye alınması ve üçüncü nükleer güç santralin ise inşasına başlanması,
- Bilinen linyit ve taşkömürü kaynaklarının 2023 yılına kadar elektrik enerjisi üretimi amacıyla değerlendirilmiş olması,
- 2019 yılı sonuna kadar yerli kömürden üretilen elektrik enerjisi miktarının yıllık 60 milyon MWh'a çıkarılması,
- 2023 yılına kadar yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi içindeki payının %30'a çıkarılması,
- 2019 yılı sonuna kadar yenilenebilir enerji kaynaklı elektrik üretim santrallerinin toplam kurulu gücünün 46.400 MW'a çıkarılması,
- 2023 yılı kadar teknik ve ekonomik olarak değerlendirilebilecek hidroelektrik potansiyelimizin tamamının elektrik enerjisi üretiminde kullanılması,

- Rüzgar enerjisi kurulu gücünün 2023 yılına kadar 20.000 MW'a çıkarılması,
- Jeotermal enerjisinden elektrik üretimi açısından kurulu gücün 2023 yılına kadar 1000 MW'a çıkarılması,
- Enerji verimliliği ile ilgili düzenleyici çerçevenin geliştirilmesi ve teşviklerin etkinliğinin artırılması,
- Enerji verimliliği ve tasarrufuna yönelik kamuoyu farkındalığı geliştirilmesi,
- Yerli ve yenilenebilir enerji kaynakların enerji sepeti içinde payının artırılması,
- Elektrik üretim santrallerinin çevre ile uyum içinde işletilmesi adına çalışmaların devam ettirilmesi hedeflenmektedir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Doğa, tüm insanların çevreye zarar vermeden dengeli yaşamını sürdürmesine, uygarlaşmasına, hatta sanayileşerek konforlu yaşam düzeyini yükseltmesine yetecek kaynaklara ve olanaklara sahiptir. Doğadan aldığımız kadar, yine doğaya kazandırmak koşulu ile, tek yönlü yani dönüşümsüz dengeyi bozmazsak, çevreden aldığımızı yarandıktan sonra yine aynı özellikte geri verirse, doğal dengenin kurulmasına imkan ve zaman bırakırsak, doğa kendi kendini yenileyebilir ve eksilen bileşenini telafi edebilir.

Yenilenebilir enerji kullanımı; enerji kaynaklarında çeşitliliği artıran, azalmakta olan fosil kaynakların yerini alabilecek, yerli olduğu için fosil yakıtlardaki dışa bağımlılığı azaltan, kırsal alanda elektrik temininde önemli, fosil yakıtların yerine kullanılarak hava kirliliği, sera gazı sorunlarına çözüm getirecek bir seçenektir. Bu nedenle yenilenebilir enerji alanında dünyadaki teknolojik gelişmelerin statüsünün analiz edilmesi ve ülkemiz şartlarında teknik ve ekonomik açıdan uygulanabilir olmasının belirlenmesi gereklidir. Uygulanabilme potansiyeline sahip teknoloji yatırımlarına yönelik çalışma ve gereksinim duyulan yasal düzenlemeler uygun bir yaklaşım olarak benimsenmelidir.

Cinsi ne olursa olsun, enerji üretim sistemlerinin çevre üzerinde etkisi vardır. Çevreye hiçbir olumsuz etkisi olmayan temiz enerji kaynaklarından güneş ve rüzgarın uzun dönemde ekonomik olarak elektrik enerjisi üretiminde kullanılabileceği ümit edilmektedir.

Verimli tarım arazilerinin sular altında kalmasının dışında olumsuz çevresel etkisi olmayan hidroelektrik enerji potansiyeli gerçekçi bir şekilde yeni teknolojiler göz önünde bulundurularak yeniden belirlenmelidir. Ayrıca Türkiye'nin çok zengin küçük su kaynakları potansiyelinin doğru bir şekilde tespit edilerek, küçük hidroelektrik santrallerin değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır. Düşük debili akarsularda küçük hidroelektrik santrallerinin yapımı, rüzgar enerjisi yatırımları,

jeotermal kaynaklardan yararlanma, güneş ve biyogaz enerjisinin kullanımı teşvikle özendirilmelidir. Türkiye'nin dünya ölçüsünde rekabet gücüne kavuşabilmesi için, her alanda araştırma ve teknoloji üretimine yönelmesi gereklidir. Jeotermal alanların çevresel ve sosyal etkilerinin giderilmesi ya da en aza indirgenebilmesi açısından izleme çalışmaları gerçekleştirilmelidir. İzleme çalışmalarında süreç, işletmeye alınmadan önce başlamalı, projenin faaliyeti süresince devam etmelidir. Ülkemizde var olan dalga enerjisi potansiyelinden ve dünyada yaygın olarak kullanılmaya başlanan hidrojen enerjisinden etkin olarak faydalanma olanakları belirlenmelidir.

Petrol savaşlarının artarak sürdüğü günümüzde iç kaynakların en uygun koşullarda kullanılmasına, bu kaynakların doğaya en az zarar vermesine ve ekonomiye maksimum katkı sağlamasına dayalı yeni bir enerji politikasının belirlenmesi, Türkiye için bir zorunluluk haline gelmiştir. Bu nedenle yenilenebilir ve çevresel zararları en az olan ve ülke içinde bol olarak bulunan enerji kaynaklarına yönelmek, Türkiye'yi hem enerji darboğazından kurtaracak hem de dışa bağımlılığı azaltacaktır. Türkiye'de büyük bir güneş enerjisi potansiyeli mevcuttur. Geniş çaplı bir araştırma yapılmalı ve uygulamaya geçilmelidir. Güneş pili teknolojisinde yerli üretim imkanları organize edilmelidir. Ülkemizde son yıllarda rüzgar gücünden elektrik enerjisi üretim çabaları artmıştır. Tümüyle yerli kaynaklarla tasarlanıp kurulabilecek rüzgar santrallerinin ithalata dayalı biçimde kurulması, konu ile ilgili teknolojik birikimin oluşmasına ciddi katkı sağlamadığı gibi, ülke kaynaklarının da dışa akmasına neden olmaktadır. Rüzgar gücünden elektrik enerjisi üretimini tümüyle desteklemenin yanında teknolojik birikim ve üretimin yerli kaynaklara dayandırılması gerekmektedir. Ayrıca dünyanın jeotermal kaynaklar açısından en zengin ülkelerinden biri olan Türkiye jeotermal enerjiyi öncelikli enerji dalları arasına koymak zorundadır. Doğal olarak bu kaynakların en uygun koşullarda aranması, işletilmesi ve kullanılabilmesi için bir jeotermal yasası oluşturulmalıdır. Biyokütle enerjisi Türkiye için önemli bir enerji potansiyelidir. Birçok ülkede olduğu gibi, anaerobik arıtım yöntemlerinin ülkemizde de yaygınlaştırılması, çevresel değerlerin yanı sıra ülke ekonomisine de enerji üretimi bazında çok önemli katkılar sağlayacak ve ülkemiz gerçeklerine uygun, sürdürülebilir bir enerji politikasının önemli bir ayağını oluşturacaktır.

Çevrenin korunması ile ilgili getirilen ulusal ve uluslararası yükümlülükler, yenilenebilir kaynaklardan elektrik enerjisi üretiminin artırılmasını gerektirmektedir.

KAYNAKLAR

- Acar, E.** (2008). Türkiye'deki rüzgar ve hidroelektrik enerji potansiyellerinin karşılaştırılması ve çevresel etkilerinin değerlendirilmesi, *yüksek lisans tezi*. Adres: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- Adıyaman Ç.** (2012). Türkiye'nin yenilenebilir enerji politikaları, *yüksek lisans tezi*. Adres: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- Ağaçbiçer G.** (2010). Yenilenebilir enerji kaynaklarının Türkiye ekonomisine katkısı ve yapılan swot analizler, *yüksek lisans tezi*. Adres: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- Akbal İ.** (2014). Birincil kaynaklar açısından Türkiye enerji stratejileri. 5. *Türkiye Enerji zirvesi*, Gaziantep. Adres: http://docs.petform.org.tr/docs/enerji_zirvesi_ibrahim_akbal_tobb_dogalgaz_meclisi.pdf
- Arslan, M. L.** (2008). Yenilenebilir enerji sistemlerinin simülasyonu ve optimizasyonu, *yüksek lisans tezi*. Adres: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- Avcı E. D., Kumbur, H., Özer, Z., Özsoy, H.D.** (t.y.). Türkiye'de geleneksel ve yenilenebilir enerji kaynaklarının potansiyeli ve çevresel etkilerinin karşılaştırılması, *akademik makale*.
- Bayındır, M. S.** (2010). Yenilenebilir enerji kaynakları AB ve Türkiye uygulamaları, *yüksek lisans tezi*. Adres: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- Bilmez, A. ve Çiftçi, M.** (2015). Termik Santraller Raporu, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Ankara.
- BP Energy Outlook 2035.** 2014. British Petrol. Adres: http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/Energy-economics/Energy-Outlook/Energy_Outlook_2035_booklet.pdf
- Çelik, S. N.** (2012). Türkiye'nin enerjide dışa bağımlılığının azaltılmasında yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi, *yüksek lisans tezi*. Adres: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- Demirtaş, S.** (2010). Avrupa birliği ve Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynakları ve bunlardan biyokütlenin önemi, 46. *dönem AB temel eğitim kursu*, Ankara. Adres: <http://www.solar-academy.com/menus/Yenilenebilir-Enerji-Kaynaklari-2010.005408.pdf>
- Dikmen, A. Ç.** (2009). Sürdürülebilir kalkınma çerçevesinde yenilenebilir enerji kaynaklarının Türkiye'nin geleceğindeki yeri, *doktora tezi*. Adres: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- Dokuzuncu Kalkınma Planı.** 2006. *T.C. Resmi Gazete*, 26215, 1 Temmuz 2006.

- DSİ 2013 Yılı Faaliyet Raporu.** 2014. Devlet ve Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara. Adres: <http://www.dsi.gov.tr/docs/stratejik-plan/dsi-2013-faaliyet-raporu.pdf?sfvrsn=2>
- DSİ 2014 Yılı Faaliyet Raporu.** 2015. Devlet ve Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara. Adres: <http://www.dsi.gov.tr/docs/stratejik-plan/dsi-2014-faaliyet-raporu.pdf?sfvrsn=2>
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı.** 2014. *2015 Yılı Bütçe Sunumu*, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Ankara.
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı.** 2014. *Dünya ve Ülkemiz Tabii Kaynaklar Görünümü*, Strateji Geliştirme Başkanlığı, Ankara. Adres: http://enerji.gov.tr/Resources/Sites/1/Pages/Sayi_06/Sayi_06.html#p=29
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı.** 2015. *2014 Enerji Faaliyet Raporu*. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Ankara. Adres: http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2f1%2fDocuments%2fFaaliyet+Raporu%2f-SON-2014_faaliyet_raporu_21nisan_sunum.pdf
- Geyik, Y.** (2014). Türkiye’de rüzgar enerjisi ve ülke ekonomisine etkileri, Adres: <http://www.muhasabedr.com/turkiyede-ruzgar-enerjisi-ve-ulke-ekonomisine-etkileri/>
- Gözler, M. Z.** (2013). Ülkemizin enerji kaynakları, *Enerji ve Enerji Güvenliği Araştırmaları Merkezi*. Adres: <http://21yyte.org.tr/>
- Güneş, M. A.** (2009). Türkiye’nin enerji sorunu için alternative çözüm önerileri ve rüzgar enerjisinin önemi, *yüksek lisans tezi*. Adres: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- Güney Marmara Kalkınma Ajansı.** (2014). *Yenilenebilir Enerji Araştırması Sonuç Raporu*, Güney Marmara Kalkınma Ajansı, Balıkesir. Adres: http://gmka.org.tr/uploads/downloads/dosya/bolgesel_raporlar/yenilenebilir/yenilenebilir2014/assets/basic-html/page2.html
- Kadioğlu, H. B.** (2012). Enerji yatırımlarının çevresel ve sosyal etkilerinin değerlendirilmesi, *Enerji Yatırımları Fizibilite Raporu Hazırlanması Semineri*, Ankara. Adres: <http://www.dektmk.org.tr/upresimler/BKADIOGLU.pdf>
- Karakış, E.** (t.y). Türkiye 2013 yıllık enerji istatistikleri raporu, *Enerji İstatistikleri Daire başkanlığı*, Ankara.
- Kaya, K.ve Koç, E.** (2015). Enerji üretim santralleri maliyet analizi, *Mühendislik ve Makina*, cilt 56 sayı 660, s.61-68.
- Kılıçaslan, İ. ve Özön Nurbay N.** (2009). *Kocaeli ilinde rüzgar çiftliği için yer seçimi*, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli. Adres: www.emo.org.tr/ekler/97dfe4d6bab44f3_ek.doc
- Koç E. ve Şenel, M. C.** (2013). Dünya ve Türkiye’de enerji durumu: genel değerlendirme, *Mühendis ve Makina*, cilt 54 sayı 639 s.32-44.

- Korkusuz, M.** (2012). Türk vergi kanunları ve diğer ilgili mevzuat hükümleri kapsamında karbon ticaretinin vergilendirilmesi, *Preparing Turkey for the post 2012 projesi*, Editörler: ÇOB İklim Değişikliği Dairesi Başkanlığı Proje ekibi, Ankara. Adres: <http://iklim.cob.gov.tr/iklim/Files/karbon%20ticaretinin%20vergilendirilmesi.pdf>
- Kunt, S. S.** (2008). Türkiye'nin 2008-2023 yılları arasındaki enerji gereksinimini karşılamak için üç farklı senaryo, yüksek lisans tezi. Adres: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- Kuşat, N.** (2013). Yeşil sürdürülebilirlik için yeşil ekonomi: avantaj ve dezavantajları-Türkiye incelemesi, *E-Journal of Yaşar University*, cilt 8 sayı 29. Adres: <http://journal.yasar.edu.tr>
- Leblebici, N.** (2011). Enerji projeleri için arazi temini, Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu. Adres: http://www.dektmk.org.tr/pdf/enerji_kongresi_11/125.pdf
- Mahmutoğlu, M.** (2013). Türkiye elektrik sektöründe yenilenebilir enerjinin rolü, *yüksek lisans tezi*. Adres: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- Milli Eğitim Bakanlığı,** (2012). *Yenilenebilir Enerji Teknolojileri, Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Önemi*, Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara. Adres: <http://www.solar-academy.com/menus/Yenilenebilir-Enerji-Teknolojileri-Kaynaklari-Onemi.164622.pdf>
- Mutlu, E.** (2013). Türkiye’de yenilenebilir enerji ekonomisi ve Ankara iline ait swot analizler, *yüksek lisans tezi*. Adres: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- Onuncu Kalkınma Planı.** (2013). *T.C. Resmi Gazete*, 28699, 6 Temmuz 2013.
- Orta Vadeli Program.** (2013). *T.C. Resmi Gazete*, 28789, 4 Ekim 2013.
- Özcan, M.** (2013). Türkiye elektrik enerjisi üretim genişletme planlamasında yenilenebilir enerji kaynaklarının etkileri, *doktora tezi*. Adres: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- Özsayın, S., ve Şallı, E.** (2009). *Termik enerji santralleri-çevresel etki değerlendirmesi sektörel rehberleri*, Çevre ve Orman Bakanlığı, Adres: www.csb.gov.tr/gm/dosyalar/belgeler/.../Sektorel_rehber_termik.pdf
- Sağlam M. ve Uyar T. S.** (t.y). *Dalga enerjisi ve Türkiye’nin dalga enerjisi teknik potansiyeli*, Marmara Üniversitesi Makine Mühendisliği Enerji Anabilim Dalı.
- Savrul, M.** (2010). AB ilişkileri çerçevesinde Türkiye’nin yenilenebilir enerji kaynaklarının iktisadi açıdan değerlendirilmesi, *yüksek lisans tezi*. Adres: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- Soydaş, O. ve Üllenoğlu C.** (2015). *Türkiye Elektrik Yatırımları 2015 Mart Ayı Özet Raporu*, Enerji Yatırımları Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Türk, O.** (2009). Nükleer Enerji ve Türkiye’de Nükleer enerji, *yüksek lisans tezi*. Adres: <http://w3.gazi.edu.tr/~mkaradag/tezler/osmanturk.pdf>

- Türkyılmaz, O.** (2015). *Ocak 2015 itibarıyla Türkiye'nin Enerji Görünümü Raporu*, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Ankara. Adres: <http://esiad.org.tr/wp-content/uploads/2014/02/O%C4%9FuzT%C3%BCrky%C4%B1lmaz-T%C3%BCrkiyenin-EnerjiG%C3%B6r%C3%BCn%C3%BCm%C3%BC-veGelece%C4%9Fi.pdf>
- Veziroğlu T. N.** (t.y). *Report: National energy independence road map for Turkey*. Adres: <http://www.tassausa.org/Newsroom/item/2125/Report>
- Yaltırak, C.** (2011). Deprem, tsunami ve Akkuyu Santrali'nin yer seçimi, *Bilim ve Teknoloji*, sayı 1255 s.17-18.
- Zabunoğlu, H. O.** (2012). Nükleer enerji nedir? Nasıl üretilir? İlgili meseleler, Hacettepe Üniversitesi nükleer enerji mühendisliği bölümü, Ankara.
- Url-1**<<http://www.eie.gov.tr/>>, alındığı tarih: 25.12.2014.
- Url-2**<<http://www.tpao.gov.tr/>>, alındığı tarih: 13.01.2015.
- Url-3**<<http://www.need.org/>>, alındığı tarih: 29.03.2015.
- Url-4**<<http://www.yegm.gov.tr/>>, alındığı tarih: 29.03.2015.
- Url-5**<<http://www.enerjiensstitüsü.com/>>, alındığı tarih: 29.03.2015.
- Url-6**<<http://www.etkb.gov.tr/>>, alındığı tarih: 30.04.2015.
- Url-7**<http://www.yapi.com.tr/haberler/36-trilyon-kwlik-enerjidenizi_110202.html>, alındığı tarih: 12.04.2015.
- Url-8**<<http://www.aa.com.tr/tr/haberler/432186--jeotermal-den-elektrik-uretimi-ikiye-katlandi>>, alındığı tarih: 12.04.2015.
- Url-9**<<http://www.kuark.org/2012/08/hidrojen-enerjisi-gercekten-bir-alternatif-mi/>>, alındığı tarih: 20.04.2015.
- Url-10**<<http://www.power.gen.tr/Makaleler/icerik.asp?id=207>>, alındığı tarih: 20.04.2015.
- Url-11**<http://www.ritm.gov.tr/guc/ritm_tr.html>, alındığı tarih: 01.05.2015.
- Url-12**<<http://www.eud.org.tr/TR/Genel/BelgeGoster.aspx?F6E10F8892433CFF7A2395174CFB32E19A5396E766B8DCE5>>, alındığı tarih: 25.04.2015.
- Url-13**<<http://www.enerjiatlası.com/jeotermal/>>: alındığı tarih: 28.02.2015.
- Url-14**<<http://enerjiensstitusu.com/turkiye-kurulu-elektrik-enerji-gucu-mw/>>, alındığı tarih: 01.05.2015.
- Url-15**<<http://www.dalgaenerjisi.com/tr/>>, alındığı tarih: 24.04.2015.
- Url-16**<<http://www.enerjiensiklopedisi.com/ruzgar-santrali-icin-uygun-yer-secimi/>>, alındığı tarih: 25.02.2015.
- Url-17**<<http://www.akkunpp.com/proje-asamaları>>, alındığı tarih: 10.03.2015.
- Url-18**<http://www.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/df07ecf4cea616e_ek.pdf>, alındığı tarih: 02.03.2015.
- Url-19**<<http://eppamtr.weebly.com/enerj304-guumlndem304.html>>, alındığı tarih: 02.03.2015.

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad : Özge Torunoğlu Gedik
Doğum Yeri ve Tarihi : Antalya 23.02.1984
Adres : Sarıyer/İSTANBUL
E-Posta : ozgetorunoglu@gmail.com
Lisans : Çevre Mühendisliği