

**T.C.
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
KAMU YÖNETİMİ ANABİLİM DALI
KAMU YÖNETİMİ PROGRAMI**

**SÜRDÜRÜLEBİLİR ÇEVRE VİZYONU AÇISINDAN
TÜRKİYE’NİN ENERJİ POLİTİKALARINDA GÜNEŞ
ENERJİSİNİN GELECEĞİ**

Murat ÇEÇEN

**Danışman
Doç. Dr. Ahmet UÇAR**

MANİSA-2018

**T.C.
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**


**YÜKSEK LİSANS TEZİ
KAMU YÖNETİMİ ANABİLİM DALI
KAMU YÖNETİMİ PROGRAMI**

**SÜRDÜRÜLEBİLİR ÇEVRE VİZYONU AÇISINDAN
TÜRKİYE’NİN ENERJİ POLİTİKALARINDA GÜNEŞ
ENERJİSİNİN GELECEĞİ**

Murat ÇEÇEN

**Danışman
Doç. Dr. Ahmet UÇAR**

MANİSA-2018

	T.C. MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ	Doküman Kodu	FRYL-031
	YÜKSEK LİSANS EĞİTİMİ FORMLARI Tez Savunma Sınavı Tutanağı	Yayınlanma Tarihi	26/03/2018
		Revizyon No/Tarih	2/23/03/2018
		Sayfa	1/1

TEZ SAVUNMA SINAV TUTANAĞI

Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü 25.05.2018 tarih ve 20/Ek3 sayılı toplantısında oluşturulan jürimiz tarafından Manisa Celal Bayar Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin 9. Maddesi gereğince Enstitümüz Kamu Yönetimi Yüksek Lisans Programı öğrencisi Murat ÇEÇEN : Sürdürülebilir Çevre Vizyonu Açısından Türkiye'nin Enerji Politikalarında Güneş Enerjisinin Geleceği Konulu tezi incelenmiş ve aday 25.06.2018 tarihinde saat 11:00'da jüri önünde tez savunmasına alınmıştır.

Adayın kişisel çalışmaya dayanan tezini savunmasından sonra 70. dakikalık süre içinde gerek tez konusu, gerekse tezin dayanağı olan anabilim dallarından jüri üyelerine sorulan sorulara verdiği cevaplar değerlendirilerek tezin,

BAŞARILI olduğuna OY BİRLİĞİ
DÜZELTME yapılmasına * OY ÇOKLUĞU
RED edilmesine ** ile karar verilmiştir.

ÜYE

Doç. Dr. Nazım AKYILMAZ

BAŞKAN
Doç. Dr. Ahmet UĞUR

A

ÜYE

Doç. Dr. İbrahim CİNEY
YONER

Evet

Hayır

Tez, burs, ödül veya Teşvik programına (Tüba, Fullbright vb.) aday olabilir.

Tez, mutlaka basılmalıdır.

Tez, mevcut haliyle basılmalıdır.

Tez, gözden geçirildikten sonra basılmalıdır.

Tez, basımı gereksizdir.

* Bu halde adaya 3 ay süre verilir. İkinci tez savunma sınavında da başarısız olan öğrencinin Enstitü ile ilişkisi kesilir.

** Bu halde adayın Enstitü ile ilişkisi kesilir.

Hazırlayan
Enstitü Sekreteri

Onaylayan
Enstitü Müdürü

YEMİN METNİ

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum “**Sürdürülebilir Çevre Vizyonu Açısından Türkiye’nin Enerji Politikalarında Güneş Enerjisinin Geleceği**” adlı çalışmanın, tarafımdan bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin bibliyografyada gösterilen eserlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanmış olduğumu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

25/06/2018

Murat ÇEÇEN

İmza

ÖZET

SÜRDÜRÜLEBİLİR ÇEVRE VİZYONU AÇISINDAN TÜRKİYE’NİN ENERJİ POLİTİKALARINDA GÜNEŞ ENERJİSİNİN GELECEĞİ

Enerji, kalkınmanın en temel sürükleyicilerinden biridir. Sürdürülebilir kalkınma için enerjinin ve diğer girdilerin sürdürülebilir özellikte olması gerekmektedir. Enerji tarafı iyi yönetilemeyen bir kalkınma, çevresel sürdürülebilirlik için risk oluşturmaktadır. Fosil yakıtlar tükenmektedir ve yerine yenisinin oluşması çok uzun zaman gerektirmektedir. Bu nedenle sürdürülebilir kalkınma için bol, ucuz, temiz ve erişilebilir özellikte alternatif enerji kaynaklarına ihtiyaç vardır. Güneş enerjisi maliyetleri giderek düşen, bol, temiz ve erişilebilir bir kaynaktır. Türkiye coğrafi konumu itibarıyla güneş enerjisi bakımından avantajlı bir durumdadır.

Ülkenin her tarafına yayılmış, evsel ve endüstriyel uygulamalar için yeterli olan güneş enerjisi, Türkiye için önemli bir kaynaktır. Enerjide dışa bağımlı olan ve bu bağımlılığın risklerine karşı Türkiye’nin, güneş enerjisi potansiyelini değerlendirmeye ve enerji arzındaki payını artırmaya yönelik politika ve stratejiler geliştirmesi daha kapsayıcı, daha çeşitlendirilmiş, daha güvenli ve daha temiz bir enerji arzı için gerekli görülmektedir.

Bu tez çalışması, sürdürülebilir kalkınma yaklaşımı ile Türkiye’nin enerji ihtiyacını karşılamada ve dışa bağımlılığını azaltmada, güneş enerjisi ile ilgili karşılaşılan sorunları ortaya koyarak güneş enerjisine dayalı ve çevre eksenli temiz enerji arzı için yol gösterici öneriler sunmak amacıyla hazırlanmıştır.

Çalışma üç bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde çevre, çevre sorunları ve nedenleri ele alınmıştır. İkinci bölümde, konvansiyonel ve yenilenebilir enerji kaynaklarının avantaj ve dezavantajları incelenmiştir. Üçüncü bölümde, Türkiye’nin güneş enerjisi potansiyelini değerlendirmesinin önündeki sorunlar irdelenmiş ve çözüm önerileri getirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Çevre sorunları, fosil yakıtlar, güneş enerjisi, sürdürülebilir kalkınma, yenilenebilir enerji

ABSTRACT

IN TERMS OF SUSTAINABLE ENVIRONMENT VISION, THE FUTURE OF SOLAR ENERGY IN THE POLITICALS OF TURKEY

Energy is the most fundamental drifters of climate. For sustainable development, energy and other inputs must be sustainable. A development that is not well managed in terms of energy has been a risk for environmental sustainability. Fossil fuels are running out and it takes a long time to replace them. Therefore, for sustainable development, there is a need for alternative energy sources in abundance, cheap, clean and accessible. Solar energy whose costs are decreasing steadily is an abundant, clean and accessible resource. Turkey has an advantageous position for utilizing solar energy due to its geographical location.

Solar energy which is commonly utilized all over the country and sufficient for residential and industrial applications is an important source for Turkey. It is required that Turkey should make some policies and strategies for more inclusive, more diversified, safer and cleaner energy supply than ever before, by increasing its share in supplying energy and by evaluating its solar energy potential against external energy dependency and its risks.

In this thesis, it is aimed to present some suggestions guiding for clean energy supply based on solar energy and environmentally oriented clean energy, by determining the problems on solar energy in reducing external energy dependency and providing Turkey's energy with the sustainable development approach.

This thesis study consists of 3 chapters. The first chapter deals with the environment, environmental issues and the reasons. In the second chapter the advantages and disadvantages of conventional and renewable energy sources are examined. In the third chapter, Turkey 's problems related with the solar energy potential assessment have been discussed and some solutions are suggested.

Key Word: Environmental problems, fossil fuels, renewable energy, solar energy, sustainable development

ÖNSÖZ/TEŞEKKÜR

İnsanlık olarak gelecek nesillere bırakabileceğimiz önemli iki mirasımız, şu anda sahip olduğumuz bilimsel birikim ve gelecek nesillerden ödünç aldığımız ekolojik sermayedir. Her iki mirasın da korunarak ve geliştirilerek gelecek nesillere aktarılması gerekmektedir. Bu çalışmada, ekolojik mirasın korunmasına yönelik olarak çevre ve sürdürülebilir kalkınma için temiz, bol ve kolay erişilebilir bir enerji kaynağı olduğu değerlendirilen güneş enerjisi konusu incelenecektir.

Gıda ve enerji sorununun çözülememesi ve bu iki kaynağın paylaşımındaki adaletsizlik, dünyadaki yoksulluğun ve eşitsizliğin en önemli nedenlerindedir. Özellikle sanayi devriminden sonra enerji, stratejik bir kaynak olmuştur. Gelişmiş devletler, enerji kaynaklarına sahip olmak ya da bu kaynakları kontrol etmek amacıyla Makyavelist politikalar geliştirmekte ve diğer ülkeler üzerinde baskı oluşturmaktadır. Yaşanan I. ve II. Dünya Savaşları, günümüzde devam eden çatışmalar ve terör olayları bunun en somut örneğidir. Bu durum dünya barışını tehdit etmektedir.

Ayrıca enerjinin özellikle fosil yakıtlardan temin edilmesi, küresel boyutlarda etkili birçok çevresel sorunu beraberinde getirmiştir. Bugün birçok çevresel kirlilik, dünyanın kendini yenileme kapasitesinin üzerindedir ve birçok ülke ekolojik bakımdan borçlu durumdadır. Bu şu demektir ki “kendimizi tüketerek semiriyoruz.” ve geleceğin ekolojik sermayesini şimdiden tüketiyoruz. Böyle bir kalkınma anlayışının ve tüketim çılgınlığının olumsuz birçok sonuçları olmaktadır ve gelecekte de olacaktır. Sonuçta, dünya ekosistemi mevcut şartlara göre yeni bir denge ya da dengesizlik hali geliştirecektir. Eğer tedbir alınmazsa oluşacak bu yeni denge ya da dengesizlik hali, insan varlığının aleyhine olacak gibi görünmektedir. L. Vaughan-Lee'nin dediği gibi dünya; depremler, tsunamiler, seller, fırtınalar, kuraklıklar vb. yollarla ekolojik dengesizliklerin işaretini vermektedir ve aslında bu sorunlar, insanlığı daha dikkatli olmaya ve uyanmaya çağırılmaktadır. Dünya ekosisteminin sağlıklı işleyişi ve gelecek nesiller adına korunabilmesi bakımından, mevcut kaynakların sürdürülebilirliğini sağlayacak önlemlerin şimdiden alınması gerekmektedir.

Sağlıktan eğitime, tarımdan endüstriye kadar hemen her sektörün en temel girdilerinden biri de enerjidir. Sürdürülebilir kalkınma için ihtiyaç duyulan enerji de sürdürülebilir olmalıdır. Enerjinin sürdürülebilir olabilmesi için ekonomik boyutta bol, ucuz ve yenilenebilir; çevresel boyutta temiz; sosyal boyutta herkes için kolay erişilebilir olması gerekmektedir. Bu anlamda, bir enerji kaynağını sosyal, ekonomik ve çevresel açıdan sürdürülebilir kılan özelliklere, güneş enerjisinin sahip olduğu değerlendirilmektedir. Güneş'ten enerji elde etmek henüz maliyetli olsa da hızla düşen maliyetler, gelişen yeni teknolojiler ve insanlığı tehdit eden çevre sorunları göz önünde bulundurulduğunda bu maliyet, günümüz şartlarında bile vazgeçilebilir görünmektedir. Her bir bireyi enerji üreticisine dönüştürecek ve hemen her yerde üretilebilecek kolaylıkta ve bollukta olan ve herkes için erişilebilir ve temiz bir kaynak olan güneş enerjisi, ekosistemin devamlılığı için önemli görülmektedir.

National Bureau of Economic Research için yapılan bir araştırmada, Latin Amerika'dan Avrupa'ya getirilen patates bitkisinin, üretkenliği artırarak gıdayı bollaştırdığı ve tarım maliyetlerini azalttığı, köylülerden başlayıp egemen sınıflara kadar kazançlarını yükselttiği ve çatışmalara yol açabilecek ekonomik ve toplumsal baskıları azalttığı belirtilmektedir. Patates tarımının yaygınlaşması ve üretkenlik artışı sayesinde hem devletler arasındaki hem de devletlerin kendi içlerindeki çatışmaların

azaldığı dile getirilmektedir. Araştırmaya göre uğruna savaşılan nesnenin değeri düşünce, çatışmalar azalmıştır ve patates sayesinde hem üreten hem tüketen hem de bu işin ticaretini yapan ve vergisini alan... kısaca herkes kazançlı çıkmıştır. Bol ve ucuz olan bir gıda kaynağı, Avrupa kıtasının barışına katkı sağlamıştır. Benzeri bir durum güneş enerjisi için de söz konusu olabilir. Kömür haricindeki fosil yakıtlar, yeryüzüne dengeli ve eşit bir şekilde dağılmamıştır. Nükleer enerji ise yüksek teknoloji gerektirmektedir. Her iki kaynak türü de çevre için büyük riskler taşımaktadır ve bu kaynaklar herkes için erişilebilir değildir. Ancak güneş enerjisi, dünyanın hemen her yerinde, farklı ışınım değerlerine ve güneşlenme sürelerine rağmen kullanılabilir özellikte, bol, temiz ve maliyetleri düşen bir enerji kaynağıdır. Günümüzde, bireysel yatırımlarla bile bu kaynaktan enerji elde etmek mümkündür. Bireyler evinin çatısına, bahçesine ya da tarlasına kuracağı sistemle enerji üretebilmektedir. Evsel ve endüstriyel uygulamalar için gerekli olan enerji, kaynağında karşılanmış olmaktadır.

Güneşten yeryüzüne ulaşan ışınımın enerjisi, küresel enerji ihtiyacının kat kat fazlasıdır. Bu kaynağın, gelişen yeni teknolojilerle verimli bir şekilde değerlendirilebildiği bir dünyada, enerjiden kaynaklı çevre sorunları en aza inecektir ve dünya, çevre için temiz ve herkes için erişilebilir bir enerjiye kavuşmuş olacaktır. Güneş enerjisi sayesinde, dünyanın hemen her yerinde, bol ve ucuz enerjiye erişimin bir sonucu ve etkisi olarak enerjiden kaynaklı anlaşmazlıkların ve hatta çatışmaların biteceği umulmaktadır. Çevre için temiz, yoksullukla ve eşitsizlikle mücadelede herkes için erişilebilir olan bir enerji kaynağına, dünyanın ihtiyacı var ve bu kaynak, “-Neden güneş enerjisi olmasın?”

Çalışmanın her aşamasında bilgi ve tecrübesi ile bana destek olan danışman hocam Sayın Doç. Dr. Ahmet UÇAR’a, görüşmeler için kıymetli vakitlerini ayırarak fikirlerini paylaşan Manisa Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Öğretim Üyesi Sayın Prof. Dr. Sezai TAŞKIN’a, Manisa Spil Enerji A.Ş. Proje ve Uygulama Mühendisi Sayın Ramazan ZEYBEK’e ve Manisa Büyükşehir Belediyesi İmar ve Şehircilik Dairesi Başkanlığı Planlama Şube Müdür V. Sayın Zeynep ALICIOĞLU’na, tez süresince desteğini esirgemeyen kardeşim Şahin ÇEÇEN’e, dostların zor günlerde belli olduğunu ispatlayan, en zor zamanlarda bir telefon kadar yakımda hissettiğim ve yıllarca beraber çalıştığım mesai arkadaşım Reyhan SARIÇALI’ya, İngilizce çevirilerdeki yardımlarından dolayı Pınar ÖZVEREN’e, “Küçük teker önde gider.” misali önümü-arkamı toplayan kardeşim Serkan ALTINTOP’a, temsil kabiliyeti, bilgi birikimi ve kişiliği ile örnek aldığım Sayın Müdürüm Mustafa ERGÜVEN’e, umudum, eşim, her şeyim Serap ÇEÇEN’e ve sevgili çocuklarıma, okuma azmini hiç kaybetmemiş ve halen öğrenimine devam eden, kırk yıldan fazla süre inşaat emekçisi olarak geçimini temin etmiş, olur ki hak geçer düşüncesiyle şantiyede beslediği kediye verdiği yiyeceğin bedelini işçinin kumanya masrafından düşen, hakkını ödeyemeyeceğim babama, ekme kırıntılarını biriktirip pencerenin önüne konan kuşlara veren ve onları da buna alıştıran, patates ve soğan kabuklarını ayrı bir çöp kabında biriktirerek evimizin bahçesinde gübre olarak değerlendiren, ekolojikleştirilmiş bir yaşamın timsali, varlık vesilem canım anneme, kibritçi kızın elindeki son kibritin son ışığıdır: umut, bu coğrafyada yaşamın bedelini her zaman ödemiş ve ödemeye de hazır Perşembe günü sevgililerine -bazen bir kişidir onlar, bazen on, bazen seksen milyon tek yürek- teşekkür ederim.

Murat ÇEÇEN
Manisa, 2018

SÜRDÜRÜLEBİLİR ÇEVRE VİZYONU AÇISINDAN TÜRKİYE’NİN ENERJİ POLİTİKALARINDA GÜNEŞ ENERJİSİNİN GELECEĞİ

İÇİNDEKİLER

TEZ SAVUNMA SINAV TUTANAĞI	iii
YEMİN METNİ.....	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT	vi
ÖNSÖZ/TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiii
TABLolar LİSTESİ.....	xvi
ŞEKİLLER LİSTESİ	xvi
EKLER LİSTESİ	xvii
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

EKOLOJİ VE SÜRDÜRÜLEBİLİR ÇEVRE

1.1. EKOLOJİ VE TARİHÇESİ	6
1.2. EKOLOJİK HAREKETLERİN GELİŞİMİ	7
1.3. ÇEVRE SORUNLARI VE NEDENLERİ	9
1.3.1. Doğal Kaynak Kullanımına Bağlı Sorunlar	9
1.3.2. Nüfus Artışına Bağlı Sorunlar	10
1.3.3. Kentleşmeye Bağlı Sorunlar.....	11
1.3.4. Sanayileşmeye Bağlı Sorunlar.....	12
1.4. ÇEVRE KİRLİLİĞİ	14
1.4.1. Hava Kirliliği.....	15
1.4.2. Su Kirliliği.....	16
1.4.3. Toprak Kirliliği.....	17
1.4.4. Radyoaktif Kirlilik	18
1.4.5. Gürültü Kirliliği.....	19
1.4.6. Görüntü Kirliliği / Görsel Kirlilik	20

1.4.7. Işık Kirliliği	21
1.4.8. Elektromanyetik Kirlilik.....	22
1.5. ÇEVRE KİRLİLİĞİNİN KÜRESEL BOYUTLARI.....	24
1.5.1. Küresel Isınma ve İklim Değişikliği	24
1.5.2. Asit Yağmurları	28
1.5.3. Ozon Tabakasının İncelmesi	30
1.5.4. Biyolojik Çeşitliliğin Azalması	31
1.5.5. Tropikal Orman Alanlarının Azalması.....	35
1.6. ORTAK GELECEĞİMİZ VE SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA	36
1.6.1. Sürdürülebilir Kalkınmanın Tarihçesi.....	39
1.6.2. Sürdürülebilir Kalkınma.....	40
1.7. DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE SÜRDÜRÜLEBİLİR ÇEVRE	43
1.7.1. Dünya'da Sürdürülebilir Çevre Gündemi	43
1.7.2. Türkiye'de Sürdürülebilir Çevre Gündemi	49
1.7.2.1. Beş Yıllık Kalkınma Planlarında Sürdürülebilir Çevre	49
1.7.2.2. AB İlerleme Raporlarında Türkiye'de Sürdürülebilir Çevre.....	51
1.7.2.3. Ulusal Çevre Stratejisi ve Eylem Planı.....	53
1.8. TÜRKİYE'DE ÇEVRE İLE İLGİLİ YASAL MEVZUAT.....	54
1.9. TÜRKİYE'NİN SÜRDÜRÜLEBİLİR ÇEVRE PERFORMANSI	57

İKİNCİ BÖLÜM

ENERJİ KAYNAKLARI VE SÜRDÜRÜLEBİLİR ÇEVREYE ETKİLERİ

2.1. FOSİL YAKITLAR	60
2.1.1. Fosil Yakıt Çeşitleri.....	60
2.1.1.1. Kömür	61
2.1.1.2. Petrol ve Türevleri	62
2.1.1.3. Doğal Gaz	64
2.1.2. Fosil Yakıtların Çevresel Etkileri.....	66
2.2. NÜKLEER ENERJİ.....	68
2.2.1. Nükleer Yakıtlar	70
2.2.2. Nükleer Santraller.....	70
2.2.3. Türkiye'de Nükleer Santrallerin Geleceği.....	72
2.2.4. Nükleer Santrallerin Çevresel Etkileri	73

2.3. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI	74
2.3.1. Jeotermal Enerji.....	75
2.3.2. Rüzgâr Enerjisi	77
2.3.3. Hidrolik Enerji.....	80
2.3.4. Biyokütle Enerjisi.....	82
2.3.5. Hidrojen Enerjisi	84
2.3.6. Dalga, Gel-Git ve Akıntı Enerjisi.....	85
2.4. GÜNEŞ VE GÜNEŞ ENERJİSİ.....	87
2.4.1. Güneş Enerjisinin Tarihçesi	89
2.4.2. Güneş Enerjisinin Kullanım Alanları	91
2.4.3. Güneş Enerjisi Uygulamaları	92
2.4.3.1. Güneş Enerjisi Isıl Teknolojisi	93
2.4.3.2. Güneş Enerjisi Fotovoltaik Teknolojisi	98
2.4.3.3. Güneş Enerjisi Uygulamalarında Karşılaşılan Sorunlar	102
2.5. GÜNEŞ ENERJİSİNE DAYALI ELEKTRİK ÜRETİM TESİSLERİNİN (GES) MALİYET ANALİZİ.....	103
2.6. GÜNEŞ ENERJİLİ SİSTEMLERİNİN ÇEVRESEL ETKİLERİ.....	109
2.6.1. Toprak Alanlar Üzerine Etkisi.....	109
2.6.2. Su Kaynakları ve Sucul Alanlar Üzerine Etkisi	110
2.6.3. Hava Kirliliği, Küresel Isınma ve İklim Değişikliği Üzerine Etkisi	111
2.6.4. Doğal Kaynak Kullanımı Üzerine Etkisi.....	112
2.6.5. Ekosistem ve Biyoçeşitlilik Üzerine Etkisi	112
2.6.6. Gürültü Kirliliği Üzerine Etkisi.....	113
2.6.7. Görsel Kirlilik/Görüntü Kirliliği Üzerine Etkisi	113
2.6.8. Elektromanyetik Kirlilik Üzerine Etkisi.....	114
2.6.9. Atık Kirliliği Üzerine Etkisi	114
2.7. TÜRKİYE’DE GÜNEŞ ENERJİSİ	115
2.7.1. Türkiye’de Güneş Enerjisi Çalışmaları	115
2.7.2. Türkiye’de Güneş Enerjisi Potansiyeli.....	116
2.7.3. Güneş Enerjisi Yatırım ve Uygulamaları	119
2.7.4. Güneş Enerjisi Yasal Mevzuatı	122
2.7.5. Güneş Enerjisi Yatırım Teşvikleri.....	124
2.7.6. Güneş Enerjisi ile İlgili Kurum ve Kuruluşlar	130

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM
SÜRDÜRÜLEBİLİR ÇEVRE VİZYONUNDA TÜRKİYE’DE GÜNEŞ
ENERJİSİNİN GELECEĞİ

3.1. TÜRKİYE’NİN ENERJİ PROJEKSİYONU.....	136
3.2. TÜRKİYE’DE GÜNEŞ ENERJİSİ SORUNLARI	141
3.2.1. Kamu Politikaları Belirleme ve Uygulama Sorunları	141
3.2.2. Mevzuat Sorunları	143
3.2.3. Yerli İmalat, Aksam ve Teknoloji Sorunları	143
3.2.4. Altyapı ve Şebeke Sorunları.....	144
3.2.5. Arazi Sorunları	145
3.2.6. Teşvik Sorunları	146
3.2.7. Yatırım ve Maliyet Sorunları	147
3.2.8. İmar Sorunları.....	148
3.3. TÜRKİYE’NİN ENERJİ STRATEJİK PLANI’NDA (2015-2019) GÜNEŞ ENERJİSİ HEDEFLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	149
3.4. YENİLENEBİLİR ENERJİ YATIRIMLARININ GELECEĞİNDE GÜNEŞ ENERJİSİNİN YERİ	152
3.5. TÜRKİYE’DE ENERJİ YÖNETİMİ VE SÜRDÜRÜLEBİLİR ÇEVRE İLE İLGİLİ GELİŞMELER	161
3.6. SÜRDÜRÜLEBİLİR ÇEVRE İÇİN TÜRKİYE’DE GÜNEŞ ENERJİSİNİN GELECEĞİ ÜZERİNE ÖNERİLER	164
3.6.1. Kojenerasyon, Mikrokojenerasyon ve Trijenerasyon Uygulamaları.....	164
3.6.2. Enerji Kooperatifleri.....	167
3.6.3. Enerji İhtisas Endüstri Bölgeleri	171
3.6.4. Kalkınma Ajansları.....	173
3.6.5. GES Projeleri için Avrupa Birliği Fonları.....	174
3.6.6. Kolay ve Uygulanabilir Mevzuat	176
3.6.7. Çatı ve Cephe Uygulamalarının Yaygınlaştırılması.....	177
3.6.8. Yerli İmalat ve Yerli Teknolojinin Desteklenmesi	179
SONUÇ	182
KAYNAKÇA	187
EKLER	

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AR-GE	Araştırma geliştirme
A.Ş.	Anonim Şirketi
Avro (€)	AB Ortak Para Birimi (Euro)
Bkz.	Bakınız
BM	Birleşmiş Milletler (United Nations-UN)
°C	derece Celsius (selsiyus)
CFC	Chlorofluorocarbon (Kloroflorokarbon)
cm²	Santimetrekare
CO₂	Karbondioksit
ÇED	Çevresel Etki Değerlendirmesi
Dolar (\$)	ABD Para Birimi
DPT	Devlet Planlama Teşkilatı
EIA	U.S. Energy Information Administration (ABD Enerji Bilgi Yönetim İdaresi)
EİE	Elektrik İşleri Etüt İdaresi
EİGM	Enerji İşleri Genel Müdürlüğü
ENAR	Enerji Sektörü Araştırma-Geliştirme Projeleri Destekleme Programı
EPDK	Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
EPI	Environmental Performance Index (Çevresel Performans Endeksi)
ETKB	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
GEPA	Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası
GES	Güneş Enerjisine Dayalı Elektrik Üretim Tesisi
GSYH	Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
GW	Gigawatt
Ha	hektar
HES	Hidroelektrik Santrali
IEA	International Energy Agency (Uluslararası Enerji Ajansı-UEA)
IPA	Instrument for Pre-Accession (AB Katılım Öncesi Yardım Aracı)
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli)

İDÇS	Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
İDEP	İklim Değişikliği Ulusal Eylem Planı
°K	derece Kelvin
KDV	Katma Değer Vergisi
kg	kilogram
km²	kilometrekare
km³	kilometreküp
Ktoe	Bin Ton Petrol Eşdeğeri
kW	kilowatt
kWh	kilowatt-saat
kWh/m²	kilowatt-saat/metrekare
kWp	kilowatt peak
LCOE	Levelized Cost of Energy (Seviyelendirilmiş Enerji Maliyeti)
LÜY	Elektrik Piyasasında Lisansız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik
m	metre
m²	metrekare
m³	metreküp
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
MİLGES	Milli Güneş Enerjisi Santrali Geliştirilmesi
mm	milimetre
M.Ö.	Milattan Önce
m/s	metre/saniye
MTEP(Mtoe)	Milyon Ton Petrol Eşdeğeri
MW	Megawatt
MWe	Megawatt Elektrik
MWt(MWth)	Megawatt Termal
N/A	Not Applicable (Uygulanamaz)
nm	nanometre
NO_x	Azot oksit
O₃	Ozon
ODTÜ	Orta Doğu Teknik Üniversitesi
OECD	Organisation for Economic Cooperation and Development (Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü)
pH	Power of Hydrogen

PM	Partiküler Madde
ppb	Parts per billion (Milyarda bir birim)
ppm	Parts per million (Milyonda bir birim)
PV	Photovoltaics (fotovoltaik)
REPA	Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası
RES	Rüzgâr Enerjisine Dayalı Elektrik Üretim Santrali
SO_x	Kükürt oksit
STK	Sivil Toplum Kuruluşu
tCO_{2e}	tonnes of Carbon Dioxide Equivalent (ton karbondioksit eşdeğeri)
TEİAŞ	Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
TEP (toe)	Ton Petrol Eşdeğeri ya da Ton Eşdeğer Petrol
TET	Ton Eşdeğer Taş Kömürü
TL	Türk Lirası
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
TWh	Terawatt saat
t.y.	Tarih yok
UÇEP	Ulusal Çevre Stratejisi ve Eylem Planı
UMSHAK	Uzun Menzilli Sınırlar Ötesi Hava Kirliliği Sözleşmesi
UNEP	United Nations Environment Programme (Birleşmiş Milletler Çevre Programı)
UV	Ultraviyole
UYEEP	Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı
vb.	ve benzeri
v/g	varil/gün
W/m²	Watt/metrekaire
YEGM	Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü
YEK	Yenilenebilir Enerji Kaynağı
YEKA	Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları
YEKDEM	Yenilenebilir Enerji Kaynaklarını Destekleme Mekanizması

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1: Türkiye'nin 2007-2016 Arası Çevresel Performans Endeksi.....	59
Tablo 2: Türkiye Toplam Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli (50 metre).....	79
Tablo 3: Güneş Enerjisinin Avantaj ve Dezavantajları.....	92
Tablo 4: PV Teknolojisinin Enerji Üretimindeki Avantaj ve Dezavantajları.....	101
Tablo 5: Tiplerine ve Özelliklerine göre Enerji Tesislerinin Seviyelendirilmiş Enerji Maliyetleri (Kamu Teşviklerinden Arındırılmış).....	106
Tablo 6: 2009-2017 Arası Rüzgâr ve Güneş Enerjisi Tesisleri LCOE Değişimi (Kamusal Teşvikler Hariç).....	107
Tablo 7: Santral Yatırım ve İşletme Giderleri (2016).....	108
Tablo 8: Enerji Üretim Tesisleri ve Yeni Nesil Kaynaklar için 2022 ve 2040'a yönelik Tahmini LCOE.....	108
Tablo 9: Türkiye Geneli Aylara Göre Güneş Işınımı ve Güneşlenme Süresi.....	117
Tablo 10: İllere Göre Radyasyon (Işınım) Değerleri ve Güneşlenme Süreleri.....	118
Tablo 11: 2016 Yılı Lisanslı Enerji Yatırımları.....	121
Tablo 12: 2016 Yılı Lisanslı Enerji Yatırımları İcmali.....	121
Tablo 13: YEK Belgeli Üretim Tesisleri İçin Uygulanacak Teşvik Miktarları.....	125
Tablo 14: GES İçin Yerli Aksam İmalatına Yönelik Verilen Teşvik Miktarları.....	126
Tablo 15: Türkiye Elektrik Enerjisi Talep Projeksiyonu.....	137
Tablo 16: Türkiye'nin Elektrik Kurulu Gücü İçinde YEK Paylarının Yıllar İtibariyle Gelişimi.....	153
Tablo 17: 2006 ve 2016 Yılları için Birincil Enerji Kaynaklarına Göre Türkiye'nin Elektrik Kurulu Gücü.....	154
Tablo 18: Türkiye'nin Değerlendirilebilir Yenilenebilir Enerji Potansiyeli.....	154
Tablo 19: Dünya'daki Fotovoltaik Teknolojili GES'lerin Toplam Kurulu Gücü....	156
Tablo 20: Türkiye'nin 2010 Yılı İtibariyle GES Kurulabilir Alanı Toplam Saha Büyüklüğü.....	157

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA).....	117
Şekil 2: Türkiye Geneli Aylara göre Güneş Işınımı ve Güneşlenme Süresi.....	117

EKLER LİSTESİ

EK 1: 25.04.2018 Tarihinde Manisa Spil Enerji A.Ş. Proje ve Uygulama Mühendisi
Ramazan ZEYBEK ile Yapılan Görüşme

EK 2: 26.04.2018 Tarihinde Manisa Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik
Fakültesi'nden Öğretim Üyesi Prof. Dr. Sezai TAŞKIN ile Yapılan Görüşme

EK 3: 04.05.2018 Tarihinde Manisa Büyükşehir Belediyesi İmar ve Şehircilik
Dairesi Başkanlığı'ndan Planlama Şube Müdür V. Zeynep ALICIOĞLU ile
Yapılan Görüşme



GİRİŞ

Canlılar ve çevresi arasında çoğu zaman bir denge ve uyum hali söz konusudur. Jeolojik geçiş dönemleri hariç, bu denge ve uyum hali pek bozulmadan devam etmiştir, geçiş dönemlerinde ise değişen şartlara göre yeniden kurulmuştur. Ancak bilinçsiz insan müdahaleleri, bu denge ve uyum halini bozmuş ve günümüz çevre sorunlarının ortaya çıkmasına neden olmuştur. Günümüzde sıkça gündem olan çevre sorunları, özellikle küresel boyutlara ulaşmasından sonra dünya ekosistemi ve insan geleceği açısından daha önem verilir hale gelmiştir.

İnsanın çevresiyle birlikte var olduğu göz önünde bulundurulduğunda insan-çevre ilişkisi insanlık tarihi kadar eskidir. Tarihten günümüze çevre ilişkileri genellikle tek taraflı olmuştur. İnsan, eylem ve etkinliklerinde çevreyi göz ardı etmiştir. İçinde yaşamasına ve hatta yaşamsal faaliyetlerinde birinci derecede bağımlı olmasına rağmen çevreye gereken önemi göstermemiştir. Bununla birlikte sanayi devrimine kadar insanın çevreye gelişi güzel müdahaleleri ve bıraktığı ekolojik ayak izi, dünyanın koruyucu mekanizmaları sayesinde ekosistemin taşıma kapasitesi sınırları içinde kalmıştır ve ekolojik limit aşılmamıştır. Bu nedenle yapılan müdahaleler çevre sorunu olarak insanlığın karşısına çıkmamıştır ve çevre sorunlarının gündeme gelmesi gecikmiştir. Ancak sanayi devrimi ile birlikte hızlı endüstrileşme ve salt büyüme endeksli ekonomik kalkınma modellerinin oluşturduğu sorunlar, çevre için bölgesel kirlilik boyutunda bir tehdit olma sınırını çoktan aşmış, tüm dünya ekosisteminde toptan bir yıkım meydana getirebilecek şekilde küresel boyutlara ulaşarak insanlığın karşısına çıkmıştır. Kendini yiyerek semiren bir büyüme anlayışından kaynaklanan ve giderek kendisini daha güçlü bir şekilde hissettiren çevre sorunları özellikle 1960'lı yıllardan sonra insanlığın dikkatini çekmiştir ve bu tarihten sonra çevrenin önemi giderek artmıştır. Günümüzde birçok ülke, biyolojik kapasitelerini aşan bir büyüme nedeniyle bıraktıkları ekolojik ayak izi bakımından ekolojik olarak borçlu durumdadır.

2872 sayılı Çevre Kanunu'na göre sürdürülebilir çevre, "Gelecek kuşakların ihtiyaç duyacağı kaynakların varlığını ve kalitesini tehlikeye atmadan hem bugünün hem de gelecek kuşakların çevresini oluşturan tüm çevresel değerlerin her alanda (sosyal, ekonomik, fizikî vb.) ıslahı, korunması ve geliştirilmesi sürecini" ifade etmektedir. Doğru yapılandırılmış bir kalkınma modelinde çevrenin şimdiki nesiller ve gelecek nesiller için korunması ve geliştirilmesi gerekmektedir. Bu anlamda doğal kaynakların ve çevrenin sınırlılığını göz ardı eden ve sürekli büyümeyi temel alan bir

kalkınma yaklaşımı, sürdürülebilir görünmemektedir. Sonuçta dünya, bu boyuttaki bir kalkınmayı karşılayabilecek ekolojik limite sahip değildir. Doğa kaynaklarının belirlediği bir ekolojik limit vardır ve bu durum kalkınmayı sınırlayan en önemli faktörlerden biridir. Kalkınma hedefleri belirlenirken ve planlama yapılırken doğa kaynaklarının korunarak gelecek nesillere aktarılması hususu göz önünde bulundurulmalıdır. Oysa günümüz sürekli kalkınma yaklaşımında, geleceğin ekolojik sermayesinden tüketerek büyüme vardır. Bu büyümenin temel itici gücü de enerjidir.

Günümüzdeki en önemli çevre sorunlarının birçoğu, artan nüfusla birlikte sürekli büyüyen üretim ve tüketim hacminin ve dijitalleşmenin ihtiyaç duyduğu enerjinin temininden kaynaklanmaktadır. Doğa kaynakları, enerji talebini ve hammadde ihtiyacını karşılamak için sınırsızca tüketilmektedir. Enerji ihtiyacını karşılamak için kullanılan petrol, doğal gaz türü fosil yakıtlar toprak, hava ve su kirliliğine sebep olmaktadır. Enerji sektörünün çevresel etkisi, atmosfere salınan karbondioksit miktarıyla ölçülmektedir. Atmosferdeki karbondioksit (CO₂) yoğunluğunun artmasının en önemli çevresel etkisi, küresel ısınma ve iklim değişikliği ile asit yağmurlarının oluşumudur. Büyümeye bağlı olarak fosil yakıtlara dayalı enerji tüketimi arttıkça atmosfere salınan CO₂ miktarı da artmaktadır. Günümüzde, küresel ölçekte kendisini gösteren bu kirlilik, sürdürülemez boyutlara ulaşmıştır.

Tarımdan sanayiye, ulaşımdan ticarete kadar tüm sektörlerin her türlü mal ve hizmet üretiminin temel güç kaynağı olan enerji, tüm insan faaliyetleri ve sosyoekonomik gelişme için kritik önem taşımaktadır. Enerji eksikliği bireyler, topluluklar, bölgeler ve milletler için sürekli yoksulluğa neden olabilecek önemli bir faktördür. Buna karşılık enerjiye erişim, sosyal ve ekonomik yönden birçok avantaj sağlamaktadır. Birleşmiş Milletler Binyıl Kalkınma Hedefleri'nin gerçekleştirilebilmesi, uygun maliyetli ve temiz enerji girdisine bağlıdır. Sürdürülebilir bir enerji sistemi, genellikle enerjinin üretilmesinden kullanılmasına kadarki süreçte, şimdiki ve gelecek nesillerin yaşam kalitesini tehlikeye atmayan ve ekosistemlerin taşıma kapasitesini aşmayan bir enerji sistemi olarak tanımlanmaktadır. Bu anlamda, enerjinin çevre boyutu düzgün bir şekilde yönetilemezse enerjiden sağlanan sosyal ve ekonomik faydalar tehlikeye düşebilecektir (IAEA, t.y., s. 2,5). Ayrıca enerji, stratejik bir kaynak konumundadır. Geçtiğimiz yüzyılda ve şimdiki yüzyılda yapılan savaşların, enerji yoğun bölgelerdeki istikrarsızlıkların ve çatışmaların en önemli nedeni, bu kaynaklara sahip olma ve bu kaynakları kontrol etme düşüncesidir. Bu durum dünya barışını da tehdit etmektedir.

Sürdürülebilir kalkınmanın ekonomik, sosyal ve çevresel boyutlarına yönelik hedeflere ulaşılabilmesi için sürdürülebilir özellikte girdilere ihtiyaç vardır. Kalkınmanın en önemli girdilerinden biri de enerjidir. Enerji ihtiyacını karşılamada kullanılan fosil yakıtların, tükenecek olması ve çevrede meydana getirdiği tahribat göz önünde bulundurulduğunda bu kaynakların sürdürülebilir özellikte olduğu söylenemez. Türkiye'nin ekonomik, sosyal ve çevresel boyutlu bir sürdürülebilir kalkınma gerçekleştirebilmesi için ucuz, her yerde bulunabilen, erişilebilir, bol ve temiz enerji girdisine ihtiyacı vardır. Rüzgâr, güneş, jeotermal gibi yenilenebilir enerji kaynakları tükenmez ve çevre dostu olmaları yönüyle sürdürülebilir özelliktedir ve bu kaynaklar sürdürülebilir enerji arzı için gereklidir.

Yenilenebilir enerji kaynakları binlerce yıldır insanlar tarafından kullanılmaktadır. Besinleri ve çamaşırları kurutmak için güneşten yararlanılmıştır. Bir biyokütle enerjisi kaynağı olan odun ve tezek, ısınma ve ısıtma amaçlı kullanılmıştır. Yel değirmenlerinde tahıl öğütmek ya da denizlerde yelkenli gemileri yüzdürmek için gerekli olan enerji, rüzgârdan karşılanmıştır. Nehir yataklarındaki suyun, sahip olduğu hareket enerjisi ile yük taşımacılığı yapılmıştır. Jeotermal kaynaklar ısınma, besin kurutma ve tedavi amaçlı kullanılmıştır. Bununla birlikte insan nüfusunun ve faaliyetlerinin giderek artması, teknolojik ilerlemeye bağlı olarak insanın yaşam tarzının değişmesi, kentleşme ve endüstriyel gelişim karşısında bu kaynaklar, kullanışlı olma özelliğini kaybetmiştir ve de ihtiyacı karşılayamaz hale gelmiştir. Kömür, petrol ve türevlerinin bol, ucuz ve kullanışlı olmasına bağlı olarak yaygınlaşmasıyla birlikte yenilenebilir kaynakların kullanım alanı sınırlı kalmıştır.

Günümüzde, çevresel kaygılarla bu kaynakların kullanımı yeniden gündeme gelmiştir. Ayrıca yenilenebilir kaynakların, enerji üretim maliyetlerinin düşmesi ve yeni teknolojiler sayesinde daha verimli ve daha kullanışlı hale gelmesi de bu kaynaklara yönelimde etkili olmuştur. Dünya genelinde bu kaynakların kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır ve yeni yapılan enerji yatırımlarının çoğu yenilenebilir kaynaklara yöneliktir. Düşen maliyetleri ile birlikte küresel ölçekte, yenilenebilir kaynaklara yapılan yeni enerji yatırımlarının yarıya yakını ise güneş enerjisi yatırımları oluşturmaktadır.

Türkiye'nin enerji ve doğal kaynaklara olan ithalat bağımlılığı dikkate alındığında küresel ve bölgesel eğilimlerin etkisinde değişen piyasaların getirmiş olduğu riskler, Türkiye için büyük önem arz etmektedir. Türkiye'nin enerji alanındaki stratejileri pek çok dış faktörden etkilenmektedir. Bu faktörler, küresel ve bölgesel

jeopolitik ve jeostratejik gelişmeler, enerji ve doğal kaynak piyasalarındaki gelişmeler, yeni teknolojiler, yeni enerji kaynakları, çevresel duyarlılıklardaki değişim, ticaretin değişen yönü, küresel ve yerel makroekonomik gelişmeler, üretim ve tüketim yaklaşımlarında değişen tercih ve değerler olarak özetlenebilir (ETKB, 2015, s. 16).

Türkiye, enerji ihtiyacının büyük bir bölümünü fosil yakıtlardan karşılamaktadır. Bu durum ülkenin hem dışa bağımlılığını artırmakta hem de sürdürülebilir çevre için tehdit oluşturmaktadır. Oysa Türkiye, özellikle yenilenebilir enerji arzı için öz kaynakları yeterli bir ülkedir. Bu kaynaklardan biri olan güneş enerjisi, Türkiye'nin enerji ihtiyacını karşılamada önemli bir potansiyeldir. Coğrafik konumu dikkate alındığında Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli ülkenin her tarafına yayılmış, bol, temiz ve sürdürülebilir özellikte bir enerji girdisi olarak evsel, endüstriyel ve şebeke uygulamaları için yeterli görülmektedir. Bununla birlikte bu potansiyel, yeterli bir şekilde değerlendirilememektedir. Bunun sonucunda, Türkiye'nin enerjide dışa bağımlılığı ve enerji maliyetleri artmakta, fosil yakıt kullanımından kaynaklanan çevre sorunları artmakta ve çevresel sürdürülebilirlik tehlikeye girmektedir.

Bu tez çalışması, ekonomik ve sosyal kalkınmayı destekleyen ve çevreyi öncelleyen sürdürülebilir kalkınma eksenli bir yaklaşımla, Türkiye'nin enerji ihtiyacını karşılamada ve dışa bağımlılığını azaltmada yenilenebilir enerji kaynağı olan güneş enerjisi potansiyelini göz önünde bulundurarak ve uygulamada karşılaşılan sorunları ortaya koyarak Türkiye için çevre eksenli bir enerji stratejisi oluşturulmasında yol gösterici öneriler sunmak amacıyla hazırlanmıştır. Bu çalışmada getirilecek önerilerle her bir yerel unsurun, her bir işletmenin ve her bir bireysel tüketicinin aynı zamanda temiz birer enerji üreticisine dönüştürülmesi ve enerji üretiminin tabana kadar yaygınlaştırılarak ve yerel düzeydeki bir kalkınmanın ulusal ve küresel boyutta bir kalkınmaya dönüştürülmesi ve sürdürülebilir kalkınmanın ekonomik, toplumsal ve çevresel hedefleri ile birlikte gerçekleştirilmesine katkı sağlanması amaçlanmaktadır. Çevresel sürdürülebilirlik dikkate alınarak belirlenecek politikalarla birlikte güneş enerjisine dayalı enerji arzının Türkiye'nin enerji maliyetlerini orta ve uzun vadede düşüreceği, enerjide dışa bağımlılığını azaltacağı, çevrenin korunmasına ve geliştirilmesine katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir.

Yapılacak bu çalışmada Dünya'daki ve ülkemizdeki çevre sorunları üzerinde durulacak, ülkemizin enerji ihtiyacını karşılamada güneş enerjisi potansiyeli araştırılacak, sürdürülebilir bir yaşam ve çevre için belirlenecek kamu politikalarında güneş enerjisinin geleceği ele alınacaktır. Sürdürülebilir kalkınma anlayışı ile çevreyi

geliştirmede ve enerji politikalarını belirlemede, uygulamada karşılaşılabilecek sorunlarla birlikte yol gösterici öneriler sunulmaya çalışılacaktır.

Bu tezde, nitel bir araştırma yöntemi olan yarı yapılandırılmış görüşme tekniği kullanılarak betimsel bir çalışma yapılmıştır. Kamu kesiminden, özel sektörden ve üniversiteden alanında yetkin kişilerle yarı yapılandırılmış görüşmeler yapılmıştır. Ayrıca kaynak ve literatür taraması yapılmış, Türkiye'nin enerji ve çevre ile ilgili hazır istatistik verileri incelenmiş, Uluslararası/Kamu/Özel Kurum ve Kuruluşların yayınladığı rapor ve istatistiklerden, bilimsel yayın ve makalelerden, internet ve veri tabanlarından, sesli ve görüntülü kaynaklardan yararlanılmıştır.

Çalışmanın birinci bölümünde ekolojinin tarihsel gelişimi üzerinde durulmuştur. İnsanlığın karşı karşıya olduğu ve dünya ekosistemini tehdit eden çevresel sorunlar ele alınmıştır. Çevre sorunlarının nedenleri ve bu çevresel sorunların küresel sonuçları irdelenmiştir. Bu çalışmanın enerji arzına bakış açısını ortaya koyan sürdürülebilir kalkınma yaklaşımı üzerinde durulmuş, dünyanın karşı karşıya olduğu sorunlara yönelik geliştirilen küresel eylem çabaları açıklanmıştır. Dünyada ve Türkiye'de sürdürülebilir çevre gündemini belirleyen süreçler hakkında bilgi verilmiş ve Türkiye'nin çevre ile ilgili yasal mevzuatı incelenmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde konvansiyonel, nükleer ve yenilenebilir enerji kaynaklarının avantaj ve dezavantajları, potansiyel durumları, kaynak türüne göre üretim maliyetleri, kullanım alanları, uygulama örnekleri ve çevresel etkileri hakkında bilgi verilmiştir. Son yıllarda, dünyada giderek önemi artan ve maliyetleri hızla düşen güneş enerjisi ile ilgili olarak güneş enerjisinin tarihçesi, kullanım alanları, güneş enerjisi teknolojileri ve uygulamaları, yatırım maliyetleri ve güneş enerjisinin çevresel etkileri açıklanmıştır. Ayrıca güneş enerjisinin Türkiye'deki durumu ile ilgili olarak Türkiye'deki güneş enerjisi çalışmalarının tarihsel gelişimi, Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli, Türkiye'de güneş enerjisi yatırımları ve uygulama çeşitleri, Türkiye'deki güneş enerjisi mevzuatı, güneş enerjisi ile ilgili kurum ve kuruluşlar ele alınmıştır.

Üçüncü bölümde, Türkiye'deki güneş enerjisi sorunları üzerinde durulmuş ve güneş enerjisinin Türkiye'nin enerji stratejilerindeki yeri irdelenmiştir. Türkiye'nin enerji ihtiyacını karşılamada enerji arz güvenliği, enerjide dışa bağımlılık ve çevrenin korunması bakımından güneş enerjisinin geleceği değerlendirilmiş ve sürdürülebilirlik yaklaşımıyla Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyelinin değerlendirilmesine ve enerji üretiminin tabana kadar yaygınlaştırılmasına yönelik politik, ekonomik ve teknolojik öneriler getirilmiştir.

BİRİNCİ BÖLÜM

EKOLOJİ VE SÜRDÜRÜLEBİLİR ÇEVRE

1.1. EKOLOJİ VE TARİHÇESİ

Çevre denildiğinde biyotik ve abiyotik faktörlerin bir arada bulunduğu ortam akla gelmektedir. Bu ortamda canlı ve cansız varlıklar bir arada yaşamaktadır. Bu birlikte yaşam içerisinde karşılıklı, kompleks ve girift ilişkiler vardır ve bu ilişkiler ekosistemin devamlılığı için çok önemlidir. Canlılar ve cansız çevresi arasındaki ilişkilerin bir kısmı, bilimsel çalışmalarla ortaya konmuştur. Ancak halen ortaya çıkarılmamış birçok ilişki mevcuttur. Bu ilişkilerin ortaya çıkarılması ve tanımlanması ekolojinin çalışma alanına girmekle birlikte disiplinler arası bir yaklaşımı da gerektirmektedir.

Aslında ekolojik bilgi binlerce yıldır insanlar tarafından pratik hayatta kullanılmıştır. Tarih öncesi dönemde, insanların iyi mahsul alabilmek için mısır ve buğday gibi bitkilerin ekolojisi hakkında bilgi sahibi olmaları gerekirdi. Ancak bu bilgilerin belli bir sistematığe bağlı olduğu söylenemez. “Ekoloji”, 1800 yılların sonundan itibaren daha sistematik olarak ele alınmaya başlanmıştır. Bu yıllarda, gündüz uzunluğunun kuşların göçleri ve rutubetin böceklerin gelişimi üzerine etkileri incelenmiştir. 1900’lü yıllarda bir bölgedeki bütün bitki ve hayvan gruplarının bir çeşit toplum meydana getirdiği ve her bir canlı türünün belirli bir ekolojik nişe sahip olduğu anlaşılmıştır (Muslu, 2000, s. 1).

Ekoloji terimini, 1858’de, bir mektupta, herhangi bir tanım getirmeden ilk olarak Henry Thoreau kullanmıştır. Daha sonra Ernst Haeckel, 1869 yılında Yunanca “Oikos (ev-mekan)” ve “Logos (bilim)” kelimelerinden yararlanarak “Oekoloji” terimini kullanmıştır. Ernst Haeckel bu terimi “doğanın ekonomisi ile ilgili tüm bilgileri belirtmek ve bu bilgilerin de hayvanların organik ve inorganik çevreleriyle tüm ilişkileri” kapsadığını vurgulamak amacıyla kullanmıştır. Bu terim, 1895 yılında J. Eugenius Warming tarafından gerçek anlamına kavuşturulmuştur (Kocabaş, 1996, s. 1). Önceleri genellikle bitki ve hayvan ekolojisi olarak gelişen ekoloji, günümüzde çevre ve insanı da içine alacak şekilde genişlemiştir (Görmez, 2015, s. 3).

Günümüzde, ekoloji kavramını en basit haliyle tanımlamak gerekirse “Canlıların birbirleriyle ve çevreleriyle olan ilişkilerini inceleyen bilim dalı” şeklinde tanımlanabilir. Bunun yanında modern ekolojinin konusu ve uğraş alanı dikkate

alındığında ekoloji, “Doğal varlıkların yapı ve özellikleri ile aralarındaki karşılıklı ilişkileri araştıran bilim dalı” olarak tanımlanmaktadır. Bugünkü modern ekolojinin konusunu doğal sistemleri oluşturan ögeler arasındaki ilişkiler ile ekosferdeki enerji akışı, madde döngüsü ve bunların kaynakları oluşturur (Kocabaş, 1996, s. 2-3). Ekoloji, canlıların, çeşitli tür ve organizmaların buldukları ekosistemdeki yaşam döngülerini ve birbirleri ile olan ilişkilerini inceler. Çevre sorunlarının ortaya çıkması ile birlikte ekoloji biliminin kapsamı da genişlemiştir ve insan ekolojisi, toplumsal ekoloji gibi birçok yeni dalları ortaya çıkmıştır (Torunoğlu, 2012, s. 6).

Plansız kentleşme, kontrolsüz nüfus artışı, aşırı doğal kaynak kullanımı, enerji sorunu, besin sorunu, kirlilik vb. sorunlar ekolojik dengeyi bozmuş olup bu sorunlar birdenbire ortaya çıkmamıştır. Zaman içinde birikerek görünür hale gelmiştir. Çevre sorunlarının dünya kamuoyu tarafından kabul görmesi, birçok çevresel tahribin görünür hale gelmesinden sonra gerçekleşmiştir (Torunoğlu, 2012, s. 7). Doğanın çalışma mekanizmasını düzenleyen unsurlar, enerji akışı ve madde devirleri ile fiziksel ve biyolojik faktörlerdir. Bunların dışında, organizmaların sayısını ve çeşitliliğini kontrol altında tutan ekolojik silsile de önemlidir (Muslu, 2000, s. 131). Doğanın çalışma mekanizmasını düzenleyen bu prensipleri ortaya çıkararak silsilesini bozabilecek etkilerden kaçınmak, doğa yaşamının kendi varlığını tüm ilişkileri ile sağlıklı bir şekilde devam ettirebildiği sürdürülebilir çevre bakımından önemli görülmektedir.

1.2. EKOLOJİK HAREKETLERİN GELİŞİMİ

Batılı endüstri toplumlarının insanı üstün gören dünya görüşü doğal çevrenin kontrol altına alınmasını, yönlendirilmesini ve doğa kaynaklarının sömürülmesini temele alan ve hedefi insan refahı ve mutluluğu olan bir tüketim kültürü yaratmıştır (Tuna, 2007, s. 188). Bu görüş, sanayi devriminden günümüze etkisini giderek güçlendirmiştir ve sadece batılı toplumlarla sınırlı kalmamış, diğer toplumları da etkisi altına almıştır. Bugün, küresel boyutta yaşanan çevresel sorunlar, bu durumun bir göstergesidir. İnsanın sınırsız ihtiyaçlarının karşılanmasını, refah ve mutluluğa ulaşma çabasını önceleyen ve sürekli büyümeyi hedefleyen salt ekonomi eksenli kalkınma modelleri, doğayı sınırsız ve tükenmez bir kaynak olarak görmüştür. Ancak bu yaklaşım, bugün dünyanın karşı karşıya olduğu küresel boyuttaki çevre sorunlarını doğurmuştur ve bu durum çevreci hareketlerin ortaya çıkmasında etkili olmuştur.

Çevreci hareketlerin ortaya çıkış süreci üç aşamalı yaklaşımla ele alınmaktadır. Birinci aşaması bilimsel çevrecilik hareketidir. Bu dönemin en önemli ismi E. Heackle'dır. Heackle, ekoloji alanında yaptığı çalışmalarla ekolojinin bir bilim dalı olarak gelişmesini sağlamıştır. Ekolojinin bilimsel bir disiplin haline gelmesi ile birlikte doğal dengenin ve onun uzantısı olan doğal varlıkların korunmasının gerekliliği dünya gündeminde önemli bir yer tutmaya başlamıştır. İkinci aşamada, 68 olaylarıyla birlikte çevrecilik düşüncesi, toplumsal bir harekete dönüşmüştür. Üçüncü ve son aşama ise 1979'lardan itibaren siyasi bir yapıya dönüşen çevreci hareketlerin görüldüğü ve çevre örgütlerinin ortaya çıktığı dönemdir (Ceritli, 2001, s. 214). İlerleyen süreçte siyasi bir güç haline dönüşen çevreci hareketler, siyasi partileri ve resmi/özel çevre örgütleri ile uluslar üstü bir güce ulaşmış, ülke kamu politikalarının belirlenmesinde ve hayata geçirilmesinde uluslararası boyutta etkili hale gelmiştir.

Çevresel duyarlılığın siyasi bir akıma dönüşmeye başlaması ile birlikte ekolojik sorunlara bakışta ve bu sorunların çözümünde genel bir ayrışma da belirmiştir. Bir taraftan doğaya dönüşü savunacak kadar radikal akımlar ortaya atılırken diğer taraftan mevcut teknolojik gelişmelerle sorunların üstesinden gelinebileceğini savunan görüşler ortaya çıkmıştır. Bu görüşlerden biri olan, son yıllarda en çok kabul gören ve Birleşmiş Milletler (BM) tarafından da desteklenen "Sürdürülebilir Kalkınma" bir politika olarak birçok ülkenin çevre politikası haline gelmiştir (Görmez, 2015, s. iii-iv). Bu görüşün yanında çevrecilik fikrinde, derin ekoloji, sosyal ekoloji, ekofeminizm gibi radikal bazı akımlar da gelişmiştir. Bu radikal çevreci görüşlerin gelişmesinde endüstriyel toplumun, doğaya karşı insanı merkeze alan yaklaşımlarının etkisi olduğu söylenebilir.

Çevre sorunlarının giderek büyümesi ve kriz boyutuna ulaşması, insanları yeni arayışlara ve yeni çözüm yollarına yöneltmiştir. Yaşanan sorunların çeşitliliği, sorunların çözümünde pek çok farklı yaklaşımı beraberinde getirmiştir. Bu sorunlara yönelik öne sürülen çözümlerin bazıları insanmerkezli, bazıları ise biyomerkezli yaklaşımlara dayanmaktadır. Yaklaşımlarla ortaya atılan çözüm yolları hangi yaklaşımlara dayanırsa dayansın, hepsinin ortak bulunduğu nokta, güçlü belirtileri ile dünya, şu anda ciddi bir ekolojik krizle karşı karşıyadır ve tüm bu ekolojik sorunların ve çözümünün odağında insan bulunmaktadır. Gerek insanmerkezli gerekse de biyomerkezli yaklaşımlara dayansın, bu çözümleri hayata geçirecek olan yine insanlığın kendisidir. Bu sorunlar için küresel boyutta acil önlemler alınmazsa kriz giderek daha da büyüyecek ve insanlığı ekolojik çöküşle karşı karşıya bırakabilecektir.

1.3. ÇEVRE SORUNLARI VE NEDENLERİ

Günümüzde dünya insan nüfusu giderek çoğalmaktadır. Buna bağlı olarak insanların besin ve barınma ihtiyaçları her geçen gün artmaktadır. İhtiyaçları karşılamak için kullanılan doğal kaynaklar ise giderek azalmaktadır. İnsan nüfusundaki çoğalma ve salt büyüme temelli kalkınma anlayışıyla endüstriyel üretim artmaktadır. Endüstriyel üretim ve modern yaşam tarzının bir sonucu olarak insanlar artık daha ziyade kent yaşamını tercih etmektedir. Her geçen gün insanlar, refahtan daha fazla pay almak istemektedir. Tüm bu etkiler sonucunda doğal kaynaklar hızla azalmakta ve aşırı kaynak kullanımına bağlı olarak ortaya çıkan kirlilik, ekosistem üzerindeki baskıyı artırmaktadır.

Bunun yanında çevrede meydana gelen kirlilik ve bozulma, belli şartlar altında ve belli limitler dahilinde dünyanın kendi kendini temizleme düzenekleri yardımıyla tolere edilebilmektedir. Ayrıca tüketilen doğal kaynaklar fotosentez, kemosentez, madde döngüleri vb. mekanizmalarla yeniden revize edilebilmektedir. Bu mekanizmaların tolere edebildiği limitlerin üzerinde meydana gelen kirlilik ve aşırı kaynak kullanımı ise çevresel sorunlara neden olmaktadır.

Günümüzün kalkınma anlayışı, henüz salt büyüme temelli olmaktan kurtarılamamıştır. Her ne kadar sürdürülebilir kalkınma ile ilgili çalışmalar, ulusal ve uluslararası boyutta yürütülmeye çalışılsa da henüz istenen düzeyde bir başarı elde edilememiştir. Bu nedenle dünyanın ekolojik sermayesi her geçen gün azalmaktadır. Bu durum, şimdiki nesiller ve gelecek nesiller için ciddi bir tehdit oluşturmaktadır.

1.3.1. Doğal Kaynak Kullanımına Bağlı Sorunlar

Yeryüzündeki doğal yaşamın ekolojik denge içinde devamı için çok çeşitli kaynaklara ihtiyaç vardır. Bu kaynaklar genel olarak doğada var olan kaynaklardır ve doğal kaynak olarak adlandırılır. Doğal kaynaklar, “var olması, değişmesi ve gelişmesi insanların bilinçli eylemlerini gerektirmeyen canlı ve cansız çevreyi belirleyen varlık ve nesnelere”, şeklinde tanımlanmaktadır (Ün, 2012, s. 46). Doğal Kaynaklar ekolojik ilkelere göre daimî, yenilenebilir ve yenilenemez özelliklerine göre üç sınıfta gruplanmaktadır. Güneş enerjisi, rüzgâr, gel-git, akar su gibi kaynaklar daimî kaynaklardır. Belli bir kullanımdan sonra tükenen petrol, kömür, doğal gaz, bakır,

uranyum vb. kaynaklar yenilenemez kaynaklar olarak sınıflandırılır. Doğada belli sınırlar içinde kendini yenileyebilen hava, su, toprak, bitki ve hayvanlar ise yenilenebilir doğal kaynaklar olarak kabul edilir. Bu kaynaklar belli koşullarda ve periyotlarda kendilerini sürekli yenilemektedir (Kocabaş, 1996, s. 397).

Ekolojik sorunların başında doğal kaynakların yok edilmesi ve tüketilmesi sorunu gelmektedir. Canlı ve cansız kaynakların çoğunlukla kullanıcısı konumunda bulunan insan, bu kaynakların yok olmaya yüz tuttuğunu ve ekolojik dengenin bozulmakta olduğunu yeni yeni anlamaya başlamıştır. Bunun yanında, özellikle biyolojik çeşitliliğin azalmasının ortaya çıkaracağı sonuçlar ise henüz kestirilememektedir. Dünya ekosisteminde her biri ayrı bir öneme sahip orman, bitki, dağ, ova, atmosfer, deniz, hayvan ve insan gibi doğa unsurları bir bütünlük ve uyum içinde varlıklarını sürdürmektedir. Bu varlıklardan birinin yok olmasıyla sonuçlanacak bir durum, tüm genel dengeyi etkileyecektir (Görmez, 2015, s. 22-23).

Dünyada yenilenemez enerji kaynaklarından olan petrol ve türevleri, doğal gaz ve kömür rezervleri, enerji ihtiyacına bağlı olarak sürekli azalmaktadır. Hidrokarbon kökenli bu kaynaklar doğada sınırlı miktarda bulunmaktadır ve bu kaynakların doğal şartlarda oluşma süreci milyonlarca yıl sürmektedir. Petrol, doğal gaz gibi fosil yakıtların yanında, birçok maden de aynı şekilde aşırı kullanım sonucunda tükenmektedir. Toprak, su, hava gibi yaşamın temel unsurlarından olan doğal kaynaklar, evsel ve endüstriyel atık, yapay gübre, tarımsal ilaç, fosil yakıt vb. kaynaklı kirlilik nedeniyle tehdit altındadır. Ayrıca canlı-canlı ve canlı-ortamı arasındaki ekolojik ilişkiler ağı henüz tam olarak ortaya çıkarılamamışken biyolojik çeşitliliğin giderek azalması doğal yaşam için ciddi bir tehdit oluşturmaktadır.

1.3.2. Nüfus Artışına Bağlı Sorunlar

Beslenme ve barınma tüm canlılar için olduğu gibi insan içinde temel bir gereksinimdir. İnsan, temel ihtiyaçlarını sınırlı doğa kaynaklarından karşılamaktadır ve bu kaynaklar belli sayıda insanı besleyebilecek ve barındırabilecek miktardadır. Her ne kadar çevreye karşı bilinç ve duyarlılık düzeyi artmış, yapı ve tarım teknolojileri gelişmiş olsa da artan tüketimi karşılama çabası sonucunda insanın ekolojik ilişkiler ağına bilinçli ya da bilinçsiz müdahaleleri birçok çevre sorununa neden olmuştur.

İnsan nüfusu 18. yüzyıla kadar kıtlık, savaşlar ve salgın hastalıklar nedeniyle büyük kayıplara uğramıştır. Bununla birlikte birtakım olumsuzluklara rağmen insan

nüfusu, ilk zamandan günümüze kadar artmaya devam etmiştir. Özellikle 18. yüzyıldan itibaren toprağın azotça zenginleştirilmesi, hayvan ırklarının ıslahı gibi tarım teknolojilerindeki gelişmeler ve birçok hastalığa çare bulunması ile birlikte insan nüfusunda sürekli bir artış görülmüştür (Akman, Düzenli, & Geven, 1996, s. 55-56). Tarih boyunca dünya insan nüfusu J eğrisi çizerek artmıştır. Günümüzde ise bu eğrinin dönüm noktası geçilmiş, Hz. İsa'nın doğumunda 250 milyon olduğu tahmin edilen insan nüfusu 1850'li yıllarda 1 milyara ulaşmıştır. Ancak bundan sonra katlanma zamanları 80 yıldan 15 yıla düşmüştür. 1850'de 1 milyar olan dünya insan nüfusu, 1930'da 2 milyara, 1960'ta 3 milyara, 1975'te ise 4 milyara ulaşmıştır (Muslu, 2000, s. 151). 2018 yılında dünya insan nüfusunun 7,6 milyarı geçtiği tahmin edilmektedir.

Dünya nüfusunun hızla artmasına karşılık doğal kaynaklar sınırlı kalmakta hatta giderek azalmaktadır. Bilim ve teknolojiye meydana gelen gelişmeler bazı yeni kaynakların üretilmesine katkı sağlamıştır. Ancak bu durum nüfus artışının neden olduğu sorunları gidermek için yeterli olmamıştır. Doğal kaynakların azalmasının yanında kalabalık nüfusun neden olduğu atıkların çevrenin taşıma kapasitesinin çok üzerinde olması ve doğa tarafından zararsız hale getirilememesi diğer bir çevre sorunudur (Görmez, 2015, s. 6-7). Nüfus kaynaklı çevre sorunları, niceliksel artıştan ziyade üretim ve tüketim alışkanlıklarının niteliğinden kaynaklanmaktadır. Nüfus artış hızının yüksek olduğu az gelişmiş bölgelerde yaşayan insanlara nazaran nüfus artış hızının daha düşük olduğu gelişmiş bölgelerde yaşayan insanlar daha fazla tüketmekte ve çevreye daha fazla zarar vermektedir (Bozkurt, 2016, s. 11). İnsan nüfusunun artmasına bağlı olarak besin ve yaşam alanı ile enerji ihtiyacı artmaktadır. Artan besin, yaşam alanı ve enerji ihtiyacını karşılamak amacıyla kontrolsüz tarım arazilerinin açılması, atıkların çevreye kontrolsüz bir şekilde verilmesi ve endüstriyel üretimin artması nedeniyle doğal çevre zarar görmektedir (Eren Y. , 2016, s. 104).

1.3.3. Kentleşmeye Bağlı Sorunlar

Çevre sorunlarının temelinde zihniyetten nüfus artışına, sanayileşmeden kentleşmeye ve turizme kadar pek çok sebep vardır. Ancak, sanayileşme ve sanayi toplumu olma süreciyle birlikte nitelikleri belirginleşen kentleşmenin, bu konuda ağırlıklı bir etkisinin olduğu söylenebilir (Ökmen, 2010, s. 19).

Kentleşme genel anlamda “İşleyişmeye ve ekonomik gelişmeye koşut olarak kent sayısının artması ve kentlerin büyümesi sonucunu doğuran, toplumda artan

oranda örgütlemeye, uzmanlaşmaya ve insanlararası ilişkilerde kentlere özgü değişikliklere yol açan nüfus birikimi süreci” olarak tanımlanmaktadır (Keleş, 1980). Yönetim ve denetim eksikliğinin neden olduğu kaçak ve plansız yapılaşma, ulaşım araçlarından ve sanayi kuruluşlarından salınan gazların neden olduğu hava kirliliği, evsel ve endüstriyel faaliyetler sonucunda oluşan katı ve sıvı atıklar ve bunların neden olduğu kirlilik, üst ve alt yapı sorunları, gürültü ve görüntü kirliliği, konut ve sanayi tesis alanları açmak için yeşil alanların yok edilmesi plansız kentleşmenin beraberinde getirdiği çevre sorunları olarak karşımızda durmaktadır.

Plansız kentleşmenin neden olduğu bazı çevre sorunlarına karşılık kentleşmenin, vatandaşların çevreye ve çevre sorunlarına karşı daha duyarlı olmalarına, çevre üzerine değerler sistemi geliştirmelerine ve çevre bilinci oluşturmalarına olumlu yönde etki yapabileceği değerlendirilmektedir (Keleş, 1991, s. 193). Kentleşme, eğitim ve kitle iletişim araçlarının da yardımıyla insan davranışlarına etki etmekte ve kentlileştikçe insanları, kent ve çevre değerlerine daha fazla sahip çıkmaya yöneltmektedir (Keleş, 1994, s. 276).

Nüfus artışı ve kentleşme aslında tek başlarına bir çevre sorunu olarak görülmeyebilir. Ancak insan nüfusundaki aşırı çoğalmaya bağlı olarak beslenme, barınma ve enerji ihtiyacındaki artışı karşılamak için yapılan yanlış uygulamaların çevre sorunlarını beraberinde getirdiği söylenebilir. Günümüzde sürdürülebilir bir çevre için üretim ve tüketim ilişkilerinin dayandığı dinamikler ile kentleşme dinamiklerinin yeniden belirlenmesi, üretim-tüketim ilişkilerinin sürdürülebilir kalkınma ilkelerine göre yeniden düzenlenmesi, hızlı nüfus artışı ve plansız kentleşme kaynaklı çevre sorunlarının çözümüne katkı sağlayabilir. Ayrıca kentleşmede giderek sürdürülebilir çevre anlayışının hâkim olması ve kentlerin kendi kendine yetebilen, akıllı kentler şeklinde tasarlanmasına yönelik çalışmalar, kentleşmenin beraberinde getirdiği çevre sorunlarının çözümünde önemli bir adım sayılabilir.

1.3.4. Sanayileşmeye Bağlı Sorunlar

Çevre sorunlarının ana nedenlerinden biri de sanayileşmedir. Sanayileşmenin özellikle 18. yüzyılın sonlarında başlayan yoğun aşaması, atmosfere bırakılan kirleticilerin miktarında, yoğunluğunda ve çeşitliliğinde devrim yaratmıştır. 1800 yılında dünya genelindeki kömür üretimi yaklaşık 10 milyon ton iken bu miktar 1900 yılında yetmiş altı kat birden artarak 760 milyon tonun biraz üzerine çıkmıştır. Dünya

demir üretimi ise 19. yüzyılın ortalarında 12 milyon tona ulaşmıştır. Bu miktar, 1700 yılındaki düzeyden kırk kat daha fazladır. Bunun yanında, bu yoğun üretim ve tüketim faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan kirliliği kontrol altına almak için ciddi hiçbir tedbir de alınmamıştır. Sonuç olarak kirlilik düzeyinde büyük bir artış meydana gelmiştir ve ilk sanayi devrimi ile birlikte yoğun kirliliğin ve çevresel bozulmaların yaşandığı bölgeler ortaya çıkmıştır (Ponting, 2012, s. 341, 392, 432).

Sanayi devriminden günümüze insanlığın yaşam kalitesi salt ekonomik ve fiziksel işlemlerle ölçülmüştür. Toplumların refahının kişi başına düşen milli gelir, üretim-tüketimdeki artış, teknolojik ilerleme, kaynak ve enerji kullanımı gibi iktisadi kalkınma ve sanayileşme hedeflerinin gerçekleşmesine bağımlı olduğu inancı yaygınlık kazanmıştır. Bu inanç doğrultusunda artan üretim ve tüketim faaliyetleri dünyanın var olan sınırlı kaynaklarının hızlı bir şekilde tükenmesine sebep olurken diğer taraftan çevre sorunlarının ortaya çıkmasına neden olmuştur (Bozkurt, 2016, s. 14-15). Bunun yanında çevre koruma fikrinin gelişimi de sanayi devrimi sonrasında belirginleşmiştir. Önceleri çevreyi korumanın gerektiği yönünde ortaya çıkan cılız sesler, sonradan çevreci akımların oluşmasına zemin hazırlamıştır. Bu akımlar, ilerleyen süreçte devletleri ve diğer toplumsal aktörleri etkileyerek çevre ile ilgili politikalar oluşturulmasına etki etmiştir (Ökmen, 2010, s. 22).

Sosyoekonomik gelişmenin önkoşullarından biri de sanayileşmedir. Sanayileşme ile arzu edilen gelişmiş yapay bir çevre oluşturulabilir. Bu yapay çevrenin oluşturulması sırasında plansız ve düzensiz sanayileşme, çevre sorunlarının ortaya çıkmasına ortam hazırlamaktadır. Sanayileşme, çevrenin doğal enerji akışını ve madde döngülerini bozmakta ve doğal ortamda biyolojik süreç içinde ayrılmayan ve yeniden değerlendirilemeyen atıkların çoğalması yoluyla kirliliğe neden olmaktadır. Sanayileşmenin neden olduğu önemli çevre sorunlarından biri de doğal kaynakların gereksiz ve aşırı kullanılarak hızlı bir şekilde tüketilmesidir. Bunun yanında uzun vadeli ve çevreyi önceleyen bir sanayileşme politikası yerine kısa vadeli kalkınma amacı taşıyan sanayileşme politikalarının uygulanması, çevre sorunlarının artmasına neden olmaktadır (Koparal, 2012, s. 27).

Tarım toplumundan sanayi toplumuna geçiş ve makineleşme ile birlikte kitle üretim metotlarının işlerlik kazanması ve bunun sonucunda doğal kaynakların giderek daha yoğun kullanılması çevre sorunlarının ilk aşamasıdır. Üretim sırasında çevreye arz edilen atıklar ise ikinci aşamayı oluşturmaktadır (Deniz, 2009, s. 96). Bunun yanında sanayileşme süreci ile birlikte öncelikle tarım toprakları hızla yok olmuştur.

Daha sonra sanayi ürünlerinin atıkları ve fabrika atıkları su ve toprak kirliliğine neden olmuş, karasal ve sucul ekosistemlere büyük zararlar vermiştir. Ulaşım araçlarının çoğalması ve sanayileşmeyle birlikte özellikle büyük kentlerde hava kirliliği atmosferin taşıma kapasitesinin çok üzerine çıkmıştır (Görmez, 2015, s. 9).

Günümüzde sanayi kuruluşları ve işletmeler ürünlerinin çevreye etkilerini azaltmak için çevreye dost ürünler üretme yoluna gitmekte ve çevre ile ilgili yeni çözümler bulabilmek için daha yaratıcı çalışanlara ihtiyaç duymaktadır. Bu bağlamda ekonomik ve sosyal kalkınma faaliyetleri ile birlikte ortaya çıkan çevre ve insan sağlığını tehdit edici etkileri niteliksel ve niceliksel olarak en aza indiren ve doğal kaynakları en verimli şekilde kullanarak sürdürülebilir kılan çevre dostu teknolojiler ortaya çıkmaya başlamıştır (Bozkurt, 2016, s. 16). Ayrıca çevreyi en az kirleten ve en az doğal kaynak tüketen ekolojik üretim süreçlerinin tasarlanmasına yönelik çalışmalar da devam etmektedir. Buna rağmen bilim ve teknolojiye ilerlemelerin desteğinde, salt büyüme temelli iktisadi kalkınma ve sanayileşme anlayışı ile üretim artırılmakta, bunun yanında en son teknolojiye sahip olma, kullan-at, bireyci yaşam, moda gibi toplumda öne çıkarılan yeni eğilimlerle tüketim teşvik edilmekte ve sonuçta çevre tahribatının önüne geçilememektedir.

1.4. ÇEVRE KİRLİLİĞİ

Günümüzde çevre kirliliği çok yönlülüğü ile küresel boyutta kendini hissettirmektedir. Hava, su ve toprak kirliliği, radyoaktif kirlilik, gürültü ve görüntü kirliliği, elektromanyetik kirlilik çevre kirlenmesinin başlıca çeşitlerini oluşturmaktadır. Toprak, su ve hava kirliliği küresel boyutlara ulaşmıştır. Atmosferdeki karbondioksit, metan ve nitröz oksit gaz konsantrasyonlarının artmasına bağlı olarak ortaya çıkan sera etkisi nedeniyle dünyanın ortalama sıcaklığı artmıştır. Bu artış, buzulların erimesi, verimli tarım arazilerinin sular altında kalması, ekosistemdeki senkronizasyonun bozulması, makro boyutta iklim değişikliği gibi birçok çevre sorununu beraberinde getirmektedir. Kloroflorokarbon türü gazlar nedeniyle ozon tabakası incelmekte ve güneşin zararlı ışınları insan ve çevreyi olumsuz etkilemektedir. Atmosfere salınan NO_x ve SO_x gazları nedeniyle oluşan asit yağmurları karasal ve sucul ekosistemlere, tarihi yapılara ve araçlara zarar vermektedir. Tarım arazileri; evsel ve endüstriyel atıklar, aşırı yapay gübre ve tarım ilacı kullanımı, bilinçsiz sulama ve erozyon nedeniyle kullanılamaz hale gelmektedir.

Arıtılmadan çevreye salınan atık sular; deniz, göl ve akarsu gibi alıcı ortamları kirleterek biyolojik zenginliklerin yok olmasına neden olmaktadır. Nüfus artışı, sanayileşme ve turizm faaliyetlerine bağlı olarak özellikle kentlerde ve turistik bölgelerde gürültü ve görüntü kirliliği ortaya çıkmaktadır. Nükleer santrallerde yaşanan kazalar, nükleer atıklar ve nükleer denemelerinin neden olduğu radyoaktif kirlilik, insan neslinin geleceğini ve çevreyi tehdit etmektedir. Gece hayatını gündüz hayatı gibi yaşamamanın bedeli olarak ortaya çıkan ışık kirliliği, çevre sorunu olarak yeni yeni gündeme gelmektedir. Bilgi ve iletişim çağı ile birlikte hayatımıza giren ve modern çağ insanının artık vazgeçilmez haline gelen iletişim araçları ve elektromanyetik cihazlar, gözle göremediğimiz ve hissedemediğimiz, ekolojik sisteme ilişkin sonuçlarını henüz tam anlamı ile ortaya çıkaramadığımız, yeni bir kirlilik türü olan, elektromanyetik kirlilik oluşturmaktadır. Tüm bu kirlilik türleri insan yaşamının geleceğini ve ekosistemi tehdit etmektedir.

1.4.1. Hava Kirliliği

Atmosfer, yeryüzünü saran, kalınlığı yerden itibaren 560 km'ye kadar uzanan ve çeşitli gazların karışımından oluşan hava kütesidir. Hava kütesinin %99'u atmosferin ilk 32 km'sinin altındadır. Atmosferi meydana getiren hava: azot (%78,08), oksijen (%20,95), argon (%0,93), karbondioksit (%0,037), çok düşük oranlarda diğer gazlardan ve su buharından (%0-%4) oluşur (MGM, t.y.). Atmosferde bulunan normal miktardaki havanın canlılara ve doğal çevreye zarar verici hale gelmesi, kloroflorokarbon (Chlorofluorocarbon-CFC), NO_x, SO_x ve aerosol gibi kirleticilerin artması ve havanın bileşiminde bulunan gazların konsantrasyonundaki değişime bağlı olarak ortaya çıkar. Buna göre hava kirliliği, "Atmosferde toz, gaz, duman, koku, su buharı şeklinde bulunabilecek kirleticilerin insan ve diğer canlılarla, eşyaya zarar verecek düzeye yükselmesi" şeklinde tanımlanabilir (Kocabaş, 1996, s. 425). Hava kirliliği, doğal kaynaklı olabileceği gibi çoğunlukla insan kaynaklıdır. Atmosfer normal şartlarda bitkiler, yağışlar, degradasyon, oksidasyon ve absorpsiyon gibi doğal mekanizmalarla temizlenir. Ancak insan faaliyetlerinin yoğun olduğu bölgelerde atmosfere salınan zararlı gazların miktarı, atmosferin taşıma ve kendini temizleme kapasitesinin çok üzerinde olmakta ve tolere edilememektedir.

Nüfus artışı ve beraberinde ortaya çıkan plansız kentleşme, ulaşım ve sanayi faaliyetleri hava kirliliğinin başlıca nedenlerindedir. Hava kirliliği genel olarak

kentleşmenin ve sanayileşmenin yoğun olduğu bölgelerde görülmektedir ve bölgenin iklim ve coğrafik yapısına göre etkisini göstermektedir. Bunun yanında kirlilik sadece bulunduğu bölge ile sınırlı kalmamakta, hava olaylarına ve dünyanın dönüş hareketlerine bağlı olarak farklı bölgelere yayılmakta ve küresel boyutta etkili olmaktadır. İtici güç oluşturma ve soğutma amaçlı kullanılan gazlar, ulaşım araçlarından salınan egzoz gazları, fosil yakıtların kullanımı, endüstriyel üretim, orman yangınları ve yanardağların volkanik faaliyetleri sonucunda açığa çıkan gazlar ve partiküller hava kirliliğinin kaynağını oluşturmaktadır. Atmosferde biriken bu gazlar küresel ve bölgesel ekolojik sorunlar doğurduğu gibi bu zararlı gazların insanlar tarafından solunması, çeşitli solunum yolu rahatsızlıklarına neden olmaktadır.

Küresel ısınma ve iklim değişikliği, ozon tabakasının incilmesi gibi sorunların uluslararası boyutlarda gündemde olmadığı bir dönemde hava kirliliği için alınan önlemler, sorunun küreselden daha ziyade bölgesel niteliği üzerine odaklanmıştır (Orhan, 2012, s. 127). Ancak bu bakış açısı ile bölgesel düzeyde alınan tedbirler, küresel boyutları olan bir çevre sorununu önlemeye yetmemiştir. Her ne kadar uluslararası boyutlarda sorunun çözümüne yönelik bazı kararlar alınmış olsa da bu kararlar henüz tüm ülkeler tarafından tam anlamıyla uygulanmamaktadır. Bu nedenle hava kirliliği sorunu dünya için küresel boyutta bir tehdit olmaya devam etmektedir.

1.4.2. Su Kirliliği

İnsan medeniyeti, tarih öncesi dönemden günümüze kadar hep su kenarlarına yakın yerlerde gelişmiştir. İnsanlar yerleşim yeri olarak su kenarlarını tercih etmişlerdir. Su gerek geçmişte gerekse de günümüzde stratejik açıdan hep önemli olmuştur. Su kaynaklarına sahip olmak için birçok savaşlar yapılmıştır. Su sadece insanlar için değil tüm canlılar için yaşamsal öneme sahiptir ve canlılar için temel biyolojik ihtiyaçtır. Canlı yapılarının önemli bir oranını su oluşturur. Çoğu organizmanın canlılığını devam ettirebilmesi suya bağlıdır. Ancak insan faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan su kirliliği, dünya ekosistemini tehdit eden en önemli kirliliklerden biri haline gelmiştir. Her geçen gün temiz su kaynakları azalmaktadır ve temiz suya sahip olmak giderek zorlaşmaktadır. Özellikle az gelişmiş ülkelerde bu durum daha ciddi boyutlardadır.

Su, yeryüzünde güneş yardımı ile devamlı bir döngü halindedir ve bu döngü sayesinde canlıların su ihtiyaçları sürekli olarak karşılanabilmektedir. Yaşamsal

faaliyetlerde kullanılan su daha sonra tekrar döngüye iade edilmektedir. Bu süreçte özellikle insan faaliyetleri sonucunda suyun yapısı fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak değişmektedir ve su kirliliği meydana gelmektedir (Kocabaş, 1996, s. 435).

Su kirliliği, “su kaynağının kimyasal, fiziksel, biyolojik, radyoaktif ve ekolojik özelliklerinin olumsuz yönde değişmesi şeklinde gözlenen ve doğrudan veya dolaylı yoldan biyolojik kaynaklarda, insan sağlığında, su ürünlerinde, su kalitesinde ve suyun diğer amaçlarla kullanılmasında engelleyici bozulmalar yaratacak madde veya enerji atıklarının boşaltılmasını ifade etmektedir.” (Bozkurt, 2016, s. 33-34). Evsel ve endüstriyel atıkların fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtma yapılmadan alıcı ortamlara verilmesi, endüstride soğutma amaçlı kullanılan suların oluşturduğu termal kirlilik, tarımda kullanılan yapay gübreler ve tarım ilaçları, nükleer santrallerde soğutma amaçlı kullanılan suyun meydana getirdiği radyoaktif kirlilik, petrol çıkarma ve nakliyesi sırasında yaşanan kazalar, suların kirlenmesine neden olmaktadır. Günümüzde su ve su kaynaklarını tehdit eden bir diğer kirlilik, asit yağmurlarıdır. Hava kirliliği sonucu oluşan asit bileşikleri yağışlarla birlikte yeryüzüne ulaşarak yer üstü ve yer altı sularının kirlenmesine neden olmaktadır. Asit yağmurları nedeniyle asiditesi artan deniz, göl ve akarsu ekosistemlerinde tür çeşitliliği azalmaktadır.

1.4.3. Toprak Kirliliği

Toprak hiç şüphesiz yerleşme, besin ihtiyacı ve yaşam ortamı olarak biyosferin en önemli unsurlarından birini oluşturur. Toprak kirliliği canlılar açısından son derece önemli problemleri de beraberinde getirmektedir. Toprağın kirlenmesi, su ve hava kirliliğine göre daha kompleks olduğu için düzeltilmesi de o oranda zor ve maliyetli olmaktadır (Akman, Düzenli, & Geven, 1996, s. 151). Ormanlar, otlaklar, tarım alanları ve doğal hayat, toprak sayesinde gelişmektedir. Oluşumu on binlerce yıl süren toprak, dünyada hızla azalmaktadır. Aşırı tuzlanma, amaç dışı kullanım ve kirlilik nedeniyle toprak verimsizleşmekte, çoraklaşmakta ve büyük bir kısmı da erozyon nedeniyle kaybedilmektedir. BM tarafından yapılan tahminlere göre dünya topraklarının %35'i tehlike altındadır. Her yıl yaklaşık 6 milyon hektar toprak verimsizleşmekte ve çoraklaşmaktadır (Ünal, Mançuhan, & Sayar, 2001, s. 198).

En genel haliyle toprak, “yeryüzünün dışını kaplayan, kayaların ve organik maddelerin türlü ayrışma ürünlerinin karışımından meydana gelen içerisinde ve üzerinde sayısız canlıyı barındıran ve onları besleyen bir maddedir.” Toprak, canlıların

yaşamında önemli rol oynayan fiziksel, kimyasal ve biyolojik bir sistemdir. Toprağın oluşumunda ana kaya, iklim, topoğrafik yapı, biyolojik faktörler ve zaman etkilidir (Güler & Çobanoğlu, 1997, s. 12,16). Toprağın yapısında kireç taşı, granit, kum, sist gibi inorganik maddeler, canlı artıklarının ayrışması ile oluşan organik maddeler ile su ve hava bulunur (Kocabaş, 1996, s. 144).

Toprak kirliliği genellikle kötü hijyen alışkanlıkları, çeşitli tarım uygulamaları, katı ve sıvı atıkların yok edilmesiyle ilgili yetersizlikler ve hava kirliliği serpintileri gibi nedenlerle ortaya çıkmaktadır. Toprak kirliliği “İnsanın sürdürdüğü çeşitli ilişkiler sonucu toprağın, fiziksel, kimyasal, biyolojik ve jeolojik yapısındaki değişme, bozulma, yıpranma ve tükenmeler” olarak tanımlanır (Güler & Çobanoğlu, 1997, s. 18). Fosil yakıt atıkları, asitli atıklar, petrokimyasal maddeler, sentetik polimerler, pestisitler, sızıntılar, zirai atıklar, radyoaktif atıklar ve ağır metaller en önemli toprak kirleticilerindendir (Ünal, Mançuhan, & Sayar, 2001, s. 207-208). Bunun yanında erozyon, tarımda hatalı sulama, yanlış yapılaşma ve kentsel atıklar toprağı tehdit eden diğer etmenlerdir (Kocabaş, 1996, s. 450).

Tarımsal üretimde, mahsule zarar veren bitkisel ve hayvansal organizmalara karşı verimi artırmak amacıyla herbisit ve pestisit türü tarım ilaçları kullanılmaktadır. Ancak bu ilaçlar yüksek miktarlarda ve bilinçsiz bir şekilde kullanıldıkları zaman toprak kirliliğine neden olmaktadır. Ayrıca bu maddeler toprakta uzun süre parçalanmadan kalmaktadır ve besin zinciri yoluyla canlılara geçmektedir. Toprak kirliliğine neden olan bir diğer kimyasal madde de verimi artırmak amacıyla tarımda kullanılan yapay gübrelerdir. Artan insan nüfusunu beslemek her geçen gün daha da zorlaşmaktadır. Besin ihtiyacını karşılamaya yönelik olarak gıda üretimini artırmak amacıyla tarımsal üretimde azot, fosfat vb. bileşikli yapay gübreler kullanılmaktadır. Bu gübrelerin aşırı miktarda kullanılması kirlilik oluşturmaktadır. Bunun yanında tarımsal üretimde aşırı sulama da toprak kirliliğine neden olmaktadır. Aşırı sulama sonucunda toprakta biriken tuz miktarı, buharlaşma hızına bağlı olarak zaman içinde artmakta ve toprağı çoraklaştırmaktadır.

1.4.4. Radyoaktif Kirlilik

İnsanlar ve diğer canlılar yaşamları boyunca sürekli olarak uzay ve güneşten gelen kozmik ışınlar, yer kabuğunda bulunan radyoizotoplar, ısı ve ışık enerjisi kaynaklarından yayılan radyasyonlar ile toprakta ve havada bulunan radyoaktif

maddelerden yayılan radyasyona maruz kalmaktadır (Bozkurt, 2016, s. 70-71). Doğal ya da yapay radyoaktif çekirdekler, kararlı yapıya geçebilmek için dışarıya hızlı parçacıklar ve elektromanyetik dalga şeklinde enerji yayarlar. Dünyanın oluşumuyla birlikte tabiatta var olan radyoaktif maddeler yaşadığımız çevrede normal ve kaçınılmaz olarak kabul edilen doğal bir radyasyon düzeyi oluşturmuştur. Günümüzde bu doğal düzey, nükleer santraller ve atıkları, nükleer denemeler ve bazı teknolojik ürünlerin kullanımı ile artış göstermiştir. Bunlara ilave olarak tıp, endüstri, araştırma, tarım, hayvancılık gibi pek çok alanda kullanılan cihazlar da çevremizdeki radyasyon düzeyinin artmasında etkili olmaktadır (MEB, 2001, s. 3). Radyasyon, radyoaktif element adı verilen bazı maddelerin yaydıkları ve duyu organları ile algılanamayan ışın ve parçacıklara verilen addır (Eren Y. , 2016, s. 96).

Radyoaktif kirliliğe, doğal ve yapay radyoaktif maddelerin yaydığı radyasyon neden olmaktadır. Deniz dibine çökelmiş sedimentlerin ve kozmik ışınların neden olduğu doğal radyasyon genellikle radyoaktif kirlilik açısından kabul edilebilir sınır düzeyinden bile düşüktür. Buna göre radyoaktif kirliliğe asıl insanların yapay radyoaktiviteye dayalı faaliyetlerinden kaynaklanan radyasyon neden olmaktadır. Nükleer santrallerde yaşanan kazalar, nükleer atıklar, nükleer denemeler, nükleer silahlar ve pek çok radyoaktif cihazın kullanımı sonucunda ortaya çıkan radyasyon, alıcı ortamları, etkisi ve temizlenmesi çok uzun zaman alacak biçimde kirletmektedir.

Radyoaktivitenin alıcı ortam üzerine etkisi radyasyonun şiddetine, etki süresine ve ışınların türüne bağlı olarak değişmektedir. Doğal radyoaktivitenin düzeyi ve şiddeti, radyoaktif kirlilik açısından coğrafik dağılışa bağlı olarak oldukça bölgesel düzeyde etkili olmaktadır. Ancak nükleer santral kazaları ve nükleer denemeler gibi yapay radyoaktivitenin neden olduğu radyoaktif kirlilik, su, kara ve hava ortamlarının tümünü birden etkileyerek tüm dünya ekosistemini tehdit etmekte ve canlılarda kronik ve kalıtsal sorunlara neden olmaktadır (Kocabaş, 1996, s. 453-458).

1.4.5. Gürültü Kirliliği

İnsan nüfusunun giderek artması ve yerleşim yeri olarak şehir merkezlerinin tercih edilmesi, ulaşım ağlarının belli merkezlerden geçmesi ve endüstriyel yatırımların kent merkezlerine yakın yerlere toplanması sonucunda meydana gelen ses karmaşası çevre üzerinde olumsuz etki yapmaktadır. Bunun yanında şantiyeler, tamirhaneler, evlerde kullanılan aletler, iş makineleri vb. etraftaki daha birçok

kaynaktan çıkan sesler bir araya gelerek canlılar ve çevresi için farklı boyutta bir sorun oluşturmaktadır. Kirlenmenin bu boyutu gürültü kirliliği olarak tanımlanmaktadır.

Gürültünün kaynağı, sestir. Ses kaynağının titreşmesiyle birlikte hava moleküllerinde dalgalanma meydana gelir. Gürültü ise istenmeyen ve rahatsız edici sesler olarak tanımlanır (Görmez, 2015, s. 46). Gürültü, son çeyrek yüzyılda insanları ve çevreyi olumsuz etkileyen bir kirlilik türüdür. Teknolojinin ilerlemesi ve yaşam düzeyinin hızlı bir şekilde yükselmesiyle gürültü kaynakları ve etki dereceleri giderek artmıştır. Toplu ulaşım araçları, sayıları her gün çoğalan taşıtlar, elektrikli araçlar, imalâthane ve fabrikalar doğal yaşamın dinginliğini bozan gürültü kaynakları haline gelmiş olup gürültü artık çevre kirlenme faktörlerinden biridir (Çepel, t.y., s. 2).

Çevresel gürültüye maruz kalınması, insanların fizyolojik ve ruhsal sağlığını olumsuz yönde etkilemekte ve iş başarımını ve verimini düşürmektedir. Bunun yanında gürültü kirliliğinin özellikle hayvanları strese soktuğu, üreme ve göç davranışlarını olumsuz yönde etkilediği yönündeki araştırmalar devam etmektedir. Ayrıca deniz biyologlarının, uluslararası ticari taşımacılık faaliyetlerinde kullanılan gemilerin motorlarından veya pervanelerinden çıkan seslerin, petrol ve doğalgaz aramalarında kullanılan sondaj makinelerinden yayılan seslerin, askeri tatbikatlar sonucunda oluşan seslerin, sonar cihazlarının yaydığı ses dalgalarının, okyanus yaşamına olumsuz etkileri ile ilgili araştırmaları devam etmektedir. Uzmanlar, yunus ve balina gibi sonar iletişimle haberleşen balıkların okyanuslardaki gürültü kaynaklarından yayılan ses dalgalarından etkilendiğini, yunus ve balinalarda görülen toplu ölümlere ve göç eden balıkların yönlerini şaşırmasına gürültü kirliliğinin neden olduğunu savunmaktadır (Eren S. , 2014).

1.4.6. Görüntü Kirliliği / Görsel Kirlilik

Tarihsel süreç içerisinde insan ile yaşadığı yer arasında güçlü bir etkileşim meydana gelmiştir. Bu etkileşim sürecinde değişim ve gelişimin bir sonucu olarak çevresini yeniden dizayn etme ihtiyacı duyan insanlar çevrelerini, yaşadıkları yerleri ve mekânları biçimlendirmiş ve kendilerine göre bir kimlik kazandırmıştır. Kentleşmenin hızlanmasından sonra şehirler, insanların doğayı en çok değiştirdiği yerler olmaya başlamıştır. Ancak bunun karşılığında doğaya verilen zarar, doğanın taşıma kapasitesinin çok üzerine çıkmıştır. Çevre sorunları deyince akla toprak, su, hava ve gürültü kirliliği gelirken son zamanlarda bu sorunlara, diğer sorunları doğuran

nedenlere benzer sebeplerle ortaya çıkan görsel kirlilik de eklenmiştir. Monoton ve sıkışık yapılaşma, reklam panoları, afişler, dış cephe görünümündeki karmaşa, renk uyumsuzluğu, etrafa gelişigüzel atılmış atıklar, doğallıktan uzaklaşmış mekanlar, yeşil alan azlığı vb. durumlar insanları ve çevre yaşamını rahatsız eder hale gelmiştir (Önder & Nurgül Konaklı, 2002, s. 28).

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından Mayıs 2013'te yayımlanan Görüntü Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Taslağına göre görüntü kirliliği, “Çevre ve şehir estetiğini olumsuz yönde etkileyen unsurlar neticesinde ortaya çıkan görsel kirlilik” olarak tanımlanmaktadır. Görüntü kirliliğinin temelinde nüfus artışı, çarpık kentleşme ve sanayileşme vardır. Düzensiz imar alanları, elektrik, su, doğalgaz hattı kazıları, yol onarım çalışmaları, çevreye bırakılan molozlar ve atıklar, klimalar, iletişim ve enerji nakil hatları, televizyon antenleri, reklam levhaları kentlerdeki görsel kirliliğin nedenlerindedir (Önder R. , 2016, s. 129-130). Görsel kirlilik çevrenin fiziksel yapısını olumsuz yönde etkilemekte ve bazı işlevlerin yerine getirilmesini engellemektedir (Bölükoğlu, 2003, s. 105).

Şehirleşme ve kent estetiği hedeflerinin gözetilerek belirlenen hukuki ve teknik esaslara uyulması, yeni kent projelerinde akıllı ve sürdürülebilir kent projelerine ağırlık verilmesi, görüntü kirliliğinden uzak, düzenli, işlevsel ve sağlıklı bir çevrenin oluşturulmasına katkı sağlayacaktır.

1.4.7. Işık Kirliliği

Günümüzdeki modern yaşam tarzının, gece ve gündüz vakitlerindeki insan yaşamının alışkanlıklarını ve hareketliliğini birbirine yaklaştırdığı söylenebilir. Bu tip bir yaşamın alışkanlıkları ve hareketliliği için gece vakitlerinde var olan mevcut doğal ışık kaynakları yeterli olmamaktadır. Bu nedenle bireysel, sosyal ve ekonomik yaşantının gündüz olduğu gibi gece vakitlerinde de aynen devam ettirilebilmesi için yapay ışık kaynaklarına ihtiyaç duyulmaktadır. Yapay ışık kaynaklarının yaygınlaşmasıyla artık gündüz yapılabilen birçok bireysel, sosyal ve ekonomik aktiviteye gece de aynen devam edilebilmektedir. Güvenlik, iş yaşamı, estetik anlayışı, eğlence, trafik düzeni ve ulaşım araçları, görünürlük, reklam ve tanıtım gibi daha birçok sebepten ötürü gece vakitlerinin yapay ışık kaynakları ile aydınlatılması gerekmektedir. Ancak bu aydınlatmanın doğru yapılamaması çevrede farklı bir kirlilik türü olan ışık kirliliğine neden olmaktadır. Gelişi güzel yapılan aydınlatma hem enerji

ihtiyacını gereksiz yere artırarak enerji israfına neden olmakta hem de insan ve çevre yaşamı için bazı sakıncalar doğurmaktadır.

Tanım olarak ışık kirliliği, “yanlış yerde, yanlış miktarda, yanlış yönde ve yanlış zamanda ışık kullanılmasıdır.” Yol, cadde ve sokak aydınlatmaları, evlerden ve binalardan taşan ışıklar, park, bahçe ve spor alanı aydınlatmaları, reklam ve tanıtım panoları, güvenlik amacıyla yapılan aydınlatmalar, ışık kirliliğinin başlıca nedenleridir. Aydınlatmanın yanlış yapılması, bu aydınlatmalarda ışık tecavüzü, göz kamaşması, dikine ışık ve aşırı miktarda ışık oluşmasına neden olmaktadır. Işık kirliliği her çeşit etkisiz aydınlatmayı kapsamaktadır (TÜBİTAK, t.y.).

Işık kirliliği, doğal yaşamı ve ekolojik ilişkileri olumsuz etkilemektedir. Bu kirlenme türü doğada birçok önemli ekolojik görevi yerine getiren göçmen kuşlar için ciddi bir tehdit haline gelmiştir. Gökdelenler ve deniz fenerleri gibi yüksek yapılardan yayılan ışıklar, kuşların göç hareketlerini etkileyerek yönlerini kaybetmelerine, yorulmalarına ya da doğrudan binaya çarparak ölmelerine neden olabilmektedir. Deniz kaplumbağaları tarafından üreme amaçlı sahile bırakılan binlerce kaplumbağa yumurtasından çıkan yavrulardan çok azı denize ulaşabilmektedir. Denize ulaşmak için deniz ile kara arasındaki aydınlık farkını kullanan yavru kaplumbağalar, sahile yakın yerlerdeki yapay ışıklandırmalar nedeniyle deniz yerine karaya yönelerek ölebilmektedir. Avustralya’da yapılan bir araştırmaya göre mercanların, üzerlerine düşen aşırı ışık yüzünden kendilerine renklerini veren mikroskobik bitkileri reddettikleri, beyazlaştıkları ve strese girdikleri tespit edilmiştir (TÜBİTAK, t.y.).

Yaban hayatı da ışık kirliliğinden olumsuz etkilenmektedir. Taşıtlar, reklam panoları, eğlence merkezleri, spor tesisleri, park, bahçe ve yol aydınlatmalarının neden olduğu ışık kirliliğinin verdiği rahatsızlık nedeniyle yaban hayvanları, doğal yaşam alanlarını terk etmektedir. Bunun sonucunda yaban hayvanlarının doğal yaşam alanları giderek daralmaktadır. Geceleyin yolda seyir halindeki taşıtların farlarından yayılan ışıklar nedeniyle kaçamayan yaban hayvanları yollarda ezilmektedir. Işık kirliliği henüz diğer kirlilik türleri kadar tehlikeli boyutlara ulaşmamış olsa da önlem alınmaması durumunda bu kirlilik türünün olumsuz etkisi giderek artacaktır.

1.4.8. Elektromanyetik Kirlilik

Taş, Bakır ve Tunç çağlarını yaşayıp sanayi devrimini de geride bırakan insanoğlu, doğaya hâkim olma ve onu değiştirme evrimsel gücüne sahip olmasının bir

sonucu olarak bugün artık bilgi ve iletişim çağını yaşamaktadır. Bu çağ kablolu kablosuz birçok bilgi ve iletişim teknolojisini beraberinde getirmiştir. Cep telefonları, tabletler, bilgisayarlar, mobil cihazlar bu çağın en önemli araçları haline gelmiştir. Bilgi ve iletişimin temelini oluşturan ve bugün sayıları milyarlarca olan bu teknolojik araçlar birbirlerine kablolu veya kablosuz olarak bağlı durumdadır. Bilgi ve iletişim araçlarını birbirine bağlayan bu ağlar tüm dünyayı sarmış bir vaziyettedir. Bunun yanında insanın bugünkü yaşam düzenini devam ettirebilmesi için gerekli olan enerjinin üretildiği yerden ihtiyaç duyulan yere taşınması için de yer altı ve yer üstü elektrik nakil hatları oluşturulmuştur. Tüm bu bilgi ve iletişim hattının kablolu ve kablosuz ağları, iletişim ve enformasyon araçları ve elektrik enerji nakil hatlarının neden olduğu manyetik alan, çevrede yoğun bir elektromanyetik kirlilik meydana getirmektedir. Özellikle 1990'lı yıllardan itibaren cep telefonu kullanımının giderek yaygınlaşması ve buna bağlı olarak servis sağlayıcı baz istasyonları sayısının artması, elektromanyetik kirliliğin kamuoyu gündeminde tartışılmasında etkili olmuştur.

Günümüz bilgi ve iletişim çağının bir atığı olan Elektromanyetik kirlilik, “çevre ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilere sahip elektrik ve manyetik alan bileşen dalgalarının oluşturduğu alanın limit değerlerinin üzerinde olması” şeklinde tanımlanmaktadır (MEB, 2011, s. 3). Tüm canlı veya cansız maddelerin zayıf ya da güçlü manyetik alanları vardır. Güneş, yıldızlar ve yıldırımlar doğal elektromanyetik alan kaynaklarıdır. Doğal olmayan elektromanyetik alan kaynakları: kablosuz cihazlar, radyo ve televizyon vericileri, elektrik akımı taşıyan kablolar, cep telefonu baz istasyonları, mikrodalga yayan ev aletleri, trafolar vb. kaynaklardan oluşmaktadır. Doğrudan gözle görülmeyen veya hissedilmeyen manyetik alanın ancak sonuçları görülebilir ve hissedilebilir. Manyetik alan kirliliği, sonuçlarının uzun zaman sonra ortaya çıkması nedeniyle yeterince önemsenmemektedir (Ün, 2012, s. 56).

İletişim, elektrik iletimi, sağlık ve güvenlik gibi yaygın kullanım alanlı sistemlerin ürettiği elektromanyetik kirliliğin canlı organizmalar üzerine etkisi geçen asırda tespit edilmiştir. Günümüzde ise en önemli çevre sorunlarından biri olarak kabul edilmektedir (MEB, 2011, s. 3). Elektromanyetik kirliliğin en temel özelliği sürekli olarak yaşam ortamında bulunmasıdır. Yapılan araştırmalarda yüksek gerilim elektrik nakil hatlarının oluşturduğu elektromanyetik kirliliğin, insanlarda akciğer hastalıklarına neden olduğu tespit edilmiştir. Baz istasyonu vericilerinin ve televizyon/radyo vericilerinin insan sağlığı üzerindeki etkileri konusundaki bilimsel araştırmalar devam etmekle birlikte henüz kesin sonuçlar elde edilememiştir.

Elektromanyetik kirliliğin canlılar üzerindeki termal ve biyolojik etkileri hakkında çok sayıda bilimsel çalışmalar yapılmaktadır. Günümüzde, elektromanyetik dalgaların olumsuz etkileri konusunda ciddi kuşku bulunmektedir (Gerçek, 2009, s. 26).

Yaşam için vazgeçilmez hale gelen ve günlük hayatta sürekli iç içe olduğumuz iletişim araçlarının, elektrikli aletlerin, tıbbi cihazların ve tüm bu aletleri besleyen elektrik nakil hatlarının yaydığı elektromanyetik dalgaların, insan ve çevre için oluşturduğu risklerin kısa vadede görülebilir ve hissedilebilir olmamasına bağlı olarak fazla önemsenmemesi, tehlikenin boyutlarını daha da artırmaktadır.

1.5. ÇEVRE KİRLİLİĞİNİN KÜRESEL BOYUTLARI

Canlı ve cansız çevresi arasındaki ekolojik ilişkilerin gerçekleştiği ekosferde, ulusal sınırlar yoktur. Ekosferin herhangi bir bölgesinde başlayan ekolojik çöküş, zincirleme bir etkiyle sınırlar aşarak diğer bölgeleri de etkileyen küresel çevre sorunlarına dönüşebilmektedir (Kence, 1991, s. 238). Sınır aşan bu çevre sorunları, çevre kirliliğinin uluslararası boyutunun ve çözümünü için ülkelerin birlikte hareket etmesi gerektiğinin anlaşılmasına neden olan sorunlardır. Kirliliğin sınır tanımadığı ve dünyanın en ücra köşelerini etkilediği, kutuplarda yaşayan yaban hayvanlarının yağ tabakalarında tarımsal zararlılarla mücadelede kullanılan DDT'nin (dikloro difenil trikloroethan) tespit edilmesiyle ortaya çıkmıştır. 1960'larda sanayileşmiş ülkelere kaynaklanan hava kirliliğinin, atmosferik olaylarla taşınarak diğer ülkeleri olumsuz etkilemesi küresel kirlenmenin boyutlarını gözler önüne sermeye başlamıştır. Orta Avrupa ve Britanya kaynaklı hava kirliliğinin sınır aşarak İskandinav ülkelerinin karasal ve sucul ekosistemlerinde asitlenmeye yol açtığı yönündeki varsayım, çevre sorunlarının uluslararası alanda tartışılmasına ve sorunun çözümü için uluslararası ortak girişimlerin hayata geçirilmesine katkıda bulunmuştur (Orhan, 2012, s. 126).

1.5.1. Küresel Isınma ve İklim Değişikliği

Dünya atmosferindeki karbondioksit, metan ve diazotmonoksit oranları 1750 yılından itibaren insan faaliyetleri sonucunda, belirgin bir şekilde artmış ve günümüzde bu oranlar, sanayi devrimi öncesindeki değerlerini fazlasıyla aşmıştır. Karbondioksit konsantrasyonunun artışı, temel olarak fosil yakıtların kullanılmasından ve yeryüzü kullanım değişikliklerinden kaynaklanırken metan ve

diazotmonoksitteki artışlar genelde tarımdan kaynaklanmaktadır. Karbondioksit, en önemli antropojenik sera gazı olup karbondioksitin dünya atmosferindeki yoğunluğu, sanayileşme devri öncesindeki değeri 280 ppm'den 2005 yılında 379 ppm'e, metan gazının küresel atmosfer yoğunluğu, sanayi öncesi dönemdeki değeri olan 715 ppb'den 2005'te 1774 ppb'ye, diazotmonoksitin küresel atmosferdeki oranı sanayileşme öncesi devirdeki 270 ppb'den 2005 yılında 319 ppb'ye yükselmiştir (IPCC, 2007). İnsan faaliyetleri nedeniyle atmosfere salınan bu gazların sera etkisi yapması sonucunda, yeryüzü ortalama sıcaklığının artması, "küresel ısınma" olarak tanımlanmaktadır. Normal şartlarda, güneşten yeryüzüne ulaşan ışınların bir kısmı karalar ve sular tarafından soğurulmakta, bir kısmı ise uzaya geri yansımaktadır. Ancak karbondioksit, metan, ozon, azot oksit gibi gazlar ve su buharı, bu ışınların tutulmasını ve böylelikle dünyanın daha fazla ısınmasını sağlamaktadır.

Güneşten yeryüzüne ulaşan ışınımın %72'lik kısmı karbondioksit, %18'i metan, %9'luk kısmı ise azot oksitler tarafından tutulmaktadır. Bu gazlar temelde yeryüzünün yaşanabilir olması için gereklidir. Bu gazların atmosferde bulunmaması durumunda, yeryüzü ortalama sıcaklığının mevcut sıcaklığına göre yaklaşık 30°C daha düşük olacağı hesaplanmıştır. Bununla birlikte özellikle insan faaliyetleri sonucunda sera gazlarının atmosferdeki konsantrasyonunun artması, tutulan güneş ışınım miktarını artırmakta ve yeryüzünün normalden daha fazla ısınmasına neden olarak ortalama sıcaklığını yükseltmektedir (Göncü, 2012, s. 68). Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin (Intergovernmental Panel on Climate Change-IPCC) 2014 yılı raporu verilerine göre 1880'den 2012'ye kadar geçen sürede, küresel boyutta kara ve okyanus yüzey sıcaklığı, ortalama 0,85 [0,65 ila 1,06 arası] °C'lik bir artış göstermiştir (IPCC, 2014). Bunun yanında çeşitli olaylar tam tersi etki yaparak küresel soğumaya neden olabilmektedir. Yanardağ faaliyetleri sonucu ortaya çıkan kül bulutları ya da atmosferdeki sülfat parçacıkları gibi aerosoller küresel boyutta soğutucu etki gösterebilmektedir. 1991 yılında Filipinler'deki Pinatubo yanardağının aktifleşmesi sonucunda atmosfere yayılan yoğun gaz ve dumanın etkisiyle dünyanın ortalama sıcaklığı 1°C kadar düşmüştür (Göncü, 2012, s. 69).

Küresel boyutta meydana gelen sıcaklık artışının en önemli belirtisi iklimlerde meydana gelen değişimlerdir (Bozkurt, 2016, s. 23). Küresel iklim değişikliği, yerkürenin tarihi boyunca yaşanan iklimin doğal değişkenliğinin haricinde buna ek olarak insan etkinliklerinin neden olduğu bir değişikliktir. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nde (İDÇS) iklim değişikliği, "karşılaştırılabilir bir

zaman döneminde gözlenen doğal iklim değişikliğine ek olarak, doğrudan ya da dolaylı olarak küresel atmosferin bileşimini bozan insan etkinlikleri sonucunda iklimde oluşan bir değişiklik” olarak tanımlanmaktadır. Bu değişikliğin en büyük nedeni ise insan kaynaklı sera gazı emisyonlarındaki artıştır (MGM, t.y.).

İklimde meydana gelen değişimler; besin zinciri ve enerji transferi, toprak ve su döngüsü, eşzamanlılık gibi ekosistemde var olan birçok kompleks ilişkiyi etkilemektedir. Değişen iklim nedeniyle bu döngülere bağlı ekolojik ilişkiler bozulabilmektedir. Değişen iklim ve yönü değişen rüzgârlar nedeniyle göçmen hayvanların göç yollarının değişmesi, bazı canlı türlerinin farklı ekosistemlere girerek ekosistemin yapısının değişmesine ve istilacı türlerin ortaya çıkmasına neden olabilmektedir. Canlıların yaşam döngülerinde görülen çiçek açma, çiftleşme, yavrulama, göç etme, kış uykusundan uyanma gibi dönemlerin bazıları sıcaklık, gün ışığı veya kar örtüsü gibi farklı faktörlere bağlıdır. İklimdeki değişiklikler bu faktörleri değiştirerek birbiri ile eş zamanlı gerçekleşmesi gereken çok önemli bazı ekolojik ilişkileri bozabilmektedir. Sağlıklı bir ekosistemin geleceği, örneğin çiçekler açtığında arıların onları dölleyebilmesi, yavru kuşların yumurtadan çıktığında karnını doyuracak tohum, böcek vb. gıda bulabilmesi gibi ekolojik ilişkilerin eşzamanlı olarak gerçekleşmesine bağlıdır. Bu eşzamanlılığın bozulması, ekosistemdeki biyolojik çeşitliliğin azalmasına neden olabilmektedir. Kuzey denizinde ısınmaya bağlı olarak planktonlar ile zooplanktonlar arasındaki, zooplanktonlar ile balıklar arasındaki, balıklar ile su kuşları arasındaki eşzamanlılığın bozulduğu tespit edilmiştir. Bu tip değişimler canlılar arasındaki besin zinciri ve enerji transferini bozarak önemli ekolojik sorunlara yol açabilmektedir (Barlas, 2013, s. 68-69). İklim kaymaları nedeniyle ekosistemdeki senkronizasyonun bozulması, ekosistemdeki türlerin çeşitliliğini, ağırlık-boy gibi fiziksel özelliklerini, yayılma alanlarını, ortamdaki yoğunluklarını ve ekosistemin toplam biyokütlesini değiştirebilmektedir.

1961 yılından beri yapılan gözlemler, ortalama küresel okyanus ısısının en azından 3000 m derinliklere kadar artış gösterdiğini ve okyanusların, dünya atmosfer sistemine ilave olan ısının %80’inden fazlasını emdiğini ortaya koymuştur. Böylesi bir ısınma, deniz suyunun genişlemesine sebep olmaktadır ve dolayısıyla deniz sularının seviyesi yükselmektedir. Deniz seviyesindeki yükselme, termal genişleme ile buz tabakalarındaki ve buzullardaki erimeden kaynaklanmaktadır (IPCC, 2007). IPCC’nin 2014 yılı raporuna göre ise 1901 ile 2010 yılları arasında küresel deniz seviyesindeki yıllık ortalama yükselme 1,7 [1,5 ila 1,9] mm/yıl’dır. 1901-2010 döneminde, küresel

ortalama deniz seviyesi 0,19 [0,17 ila 0,21] m yükselmiştir (IPCC, 2014). Kuzey kutup bölgesindeki buzulların çoğunun deniz yüzeyinde olması nedeniyle erimesi durumunda deniz seviyesinin yükselmesine etkisinin olmayacağı hesaplanmakla birlikte Grönland üzerindeki buzulların erimesi durumunda denizlerin yedi metreye, güney kutbundaki buzulların erimesi durumunda ise altmış metreye kadar yükselebileceği hesaplanmaktadır (Barlas, 2013, s. 75,119-120).

Küresel ısınmanın etkileri sadece buzulların erimesi, deniz seviyesi yükselmesi ve iklim kuşaklarının kayması gibi değişikliklerle sınırlı kalmamaktadır. Isınmanın küresel boyutlarda devam etmesi durumunda, şiddetli fırtınalar, kuvvetli yağışlar ve kasırgalar gibi aşırı hava olayları ve bu olaylara bağlı olarak oluşan taşkınlar ve seller, uzun süreli kuraklıklar ve çölleşme gibi doğal afetler beklenmektedir. Ayrıca bu meteorolojik olayların şiddetinde, sıklığında ve etkinlik alanında önemli artışların olabileceği öngörülmektedir (Çetiner, Türkeş, & Sümer, 2000, s. 10).

Atmosferdeki sera gazı birikimlerini ve insanın iklim sistemi üzerindeki tehlikeli etkilerini önleyecek bir düzeyde durdurmaya yönelik eylemsel stratejiler ve yükümlülükler, uluslararası bir belge olan İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (İDÇS) ile düzenlenmiştir. Bu belge Mart 1994'te yürürlüğe girmiş ve İDÇS'ye, bugüne kadar yaklaşık 185 ülke ve Avrupa Topluluğu taraf olmuştur. Sözleşme'de, ülkelerin ortak fakat farklı sorumlulukları, ulusal ve bölgesel kalkınma öncelikleri, amaçları ve özel koşulları dikkate alınarak tüm Taraflara insan kaynaklı sera gazı sahralarının azaltılması, iklim değişikliğinin önlenmesi ve etkilerinin azaltılması gibi alanlarda ortak yükümlülükler getirilmiştir (Türkeş, 2001, s. 16).

Uluslararası alanda sera gazlarının salımının kontrolü ve emisyonların azaltılması konusunda bağlayıcı hedefler ortaya koyan en önemli yasal düzenleme ise eksiklerine rağmen Kyoto Protokolüdür (Türkeş, Sümer, & Çetiner, 2000, s. 3). Bu protokol 1997 yılında Kyoto'da benimsenerek 16 Mart 1998 tarihinde New York'ta imzaya açılmış, ancak 18 Kasım 2004 tarihinde Rusya Federasyonu'nun da onaylamasıyla 16 Şubat 2005 tarihinde fiilen yürürlüğe girebilmiştir. Bunun yanında Bush yönetimi haksız rekabete neden olduğu gerekçesi ile ABD'yi bu anlaşmadan çekmiştir (Barlas, 2013, s. 127,131). Kyoto Protokolü, yasal bağlayıcılığının yanında, gelişmiş ülkelerin 2000 yılındaki sera gazı emisyonlarını 1990 yılı seviyesinde tutmak için İDÇS'nin yetersiz kaldığı gerekçesiyle, yükümlülüklerin daha sıkı hale getirilmesi amacıyla hazırlanmıştır. Kyoto Protokolü ile ilk etapta karbondioksit (CO₂), metan (CH₄), nitrozoksit (N₂O), kükürthekzaflorid (SF₆), perflorokarbonlar (PFCs),

hidroflorokarbonlar (HFCs) olmak üzere altı sera gazının toplam emisyonuna sınırlama getirilmiştir (Kökçam & Bahadır, 2001, s. 80-81).

Kyoto Protokolü, çevre sorunlarının çok yönlü olarak ele alınmasına ve çözüm için ortak iradeye de katkı sağlamıştır. Bunun yanında bu protokol, çevre sorunlarına karşı birlikte hareket etmenin gücünü de ispatlamış bulunmaktadır. Sera gazı salımının azaltılması konusunda yakalanan bu başarının, diğer çevre sorunlarının çözümü için küresel düzeydeki farkındalığı artırdığı ve bu sorunların çözümü ile ilgili eylemsel adımların atılmasına katkı sağladığı söylenebilir. Anlaşmaya taraf ülkelerin ve ülke toplumlarının çevre sorunlarının çözümüne yönelik ortaya koyduğu bu ortak irade nedeniyle Kyoto Protokolü, küresel çevre dayanışmasının başarılı örneklerinden biri olarak kabul edilebilir.

1.5.2. Asit Yağmurları

Günümüzde dünyayı küresel boyutta tehdit eden çevresel sorunlardan biri de asit yağmurlarıdır. Asit yağmurları endüstrileşme ile birlikte hayatımıza giren hava kirliliğinin farklı bir sonucudur. Asit yağmuru sorunları özellikle Kuzey Amerika ve Kuzey Avrupa'daki İskandinav ülkelerinde kendini göstermiştir. Bu bölgelerdeki birçok sucul ekosistem asit yağmurlarından olumsuz etkilenmiştir ve bu kirlenmenin kökeninin de ulusal sınırlar olmadığı anlaşılmıştır.

Isınma, endüstriyel üretim, ulaşım, enerji elde etme vb. amaçlarla hidrokarbon kökenli fosil yakıtların kullanılması sonucunda kükürt oksit (SO_x) ve azot oksit (NO_x) gazları açığa çıkmaktadır. Açığa çıkan bu gazlar atmosferde su buharı, oksijen ve diğer kimyasallarla reaksiyona girerek sülfürik asit ve nitrik asit türevlerini oluşturmaktadır. Oluşan bu asitli bileşikler, yağmur, dolu, kar vb. yağışlarla birlikte ıslak ya da partiküler madde (PM) halinde çökerek kuru bir şekilde yeryüzüne ulaşmaktadır.

Yağmur, doğal olarak hafif asidik özelliktedir ve pH'si 5,5-5,6 arasındadır. Bu karakterdeki asidik yağmurlar, mineral maddelerin yerkabuğuna dağılmasına ve bitki ve hayvan yaşamına uygun hale getirilmesine yardımcı olur. Bununla birlikte insan kaynaklı SO_x ve NO_x içeren gazların atmosfere fazladan ilavesi, yağmur suyunun asit dengesini bozarak asit yağmuruna dönüştürür ve bu asit yağmurları önemli çevresel etkilere sahiptir (UNEP, 2017a). pH'si 5,6'nın altındaki yağmurlar, asit yağmuru olarak kabul edilmektedir (Bozkurt, 2016, s. 33). Asit yağmuruna neden olan SO_x ve NO_x gazlarının küçük bir miktarı yanardağların volkanik faaliyetleri sonucunda doğal

kaynaklı olsa da çoğunluğu fosil yakıtların kullanılmasından kaynaklanmaktadır (EPA, 2017a). Asit yağmurlarının oluşumunda ulaşımdan kaynaklanan kirliliğin payı %5'in altındadır. Kirliliğin asıl kaynağını ise kükürt bakımından zengin kömür kullanan sanayi tesisleri ve enerji santralleri oluşturmaktadır (UNEP, 2017a).

Asit yağmurları toprağın mineral madde dengesini bozarak toprağı çoraklaştırmakta ve bitkilerin büyümesini engelleyebilmektedir. Ayrıca bu yağmurlar, toprağı mineral madde yönünden zenginleştiren bazı mikroorganizmaların yaşamasını ve çoğalmasını engelleyerek tarımsal üretim verimini düşürebilmektedir. Bunun yanında genç bitkilerin kök ve yaprak kısımlarına doğrudan etki ederek gelişimlerini yavaşlatabilmektedir. Asit yağmurlarının etkisi ile toprakta bulunan alüminyum gibi ağır metaller çözünerek akıntılarla sucul ortamlara taşınabilmektedir. Bazı bitki türleri ve hayvanlar, asitli suları ve eser miktardaki ağır metalleri tolere edebilir. Aside ve ağır metallere duyarlı türler ise ortamın pH'si düştükçe ya da ortamdaki ağır metal oranı yükseldikçe ortamdaki kaybolacaktır. Genel olarak çoğu türün genç bireyleri çevre koşullarına karşı yetişkin bireylere göre daha duyarlıdır. pH değeri 5 olan sularda, çoğu balık yumurtası kuluçkadan çıkamaz. Düşük pH'de bazı yetişkin balık türleri ölmektedir. Bunun yanında bazı balık veya hayvan türleri orta derecede asitli suyu tolere edebilirse de bu canlıların besini olan diğer canlılar bu pH değerinde yaşayamayabilir. Örneğin, kurbağaların yaşamını sürdürebilmesi için ortamın kritik pH değeri 4 civarında olmasına karşın, kurbağaların yediğı mayıs sinekleri pH'ye karşı daha hassastır ve pH değerinin 5,5'in altında olduğı ortamlarda yaşayabilmektedir. Bu durum ekosistemin besin zincirini ve enerji akışını bozarak ekosistemin mevcut unsurlarının değişmesine ya da yok olmasına neden olmaktadır (EPA, 2017a).

Asit yağmurları veya bunların kuru partikülleri nesnelere metal kısımlarını korozyona uğratmakta, mermeri aşındırmakta, boyaları ise matlaştırarak soldurmaktadır. Bu şekilde tarihi yapılara, heykellere, taşıtların yüzey kısımlarına zarar vermektedir. Ayrıca atmosferdeki SO_x ve NO_x gazlarının bir kısmı sülfat ve nitrat parçacıklarına dönüşürken bir kısım NO_x gazı da diğer kirleticilerle reaksiyona girerek ozon gazı oluşturabilir. Bu parçacıklar ve ozon, havayı puslu ve bulanık hale getirerek doğal manzaraların görünürlüğünü zorlaştırır (EPA, 2017a).

Asit yağmurlarının zararlı etkilerine karşı Uzun Menzilli Sınırlar Ötesi Hava Kirliliğı Sözleşmesi (UMSHAK) 1979'da imzalanmış ve 1983'te yürürlüğe girmiştir. İlk bölgesel çevre konvansiyonu olan UMSHAK, Avrupa ve Kuzey Amerika'daki zararlı kirleticilerin azaltılmasında etkili olmuştur (UNECE, 2017).

1.5.3. Ozon Tabakasının İncelmesi

Yeryüzünde yaşamın devam etmesinde doğrudan ve dolaylı etkisi olan atmosferin önemli bir bileşeni de ozon gazıdır. Ozon moleküllerinin stratosferde oluşturduğu kalkan sayesinde yeryüzündeki yaşam, güneş ışığının zararlı etkilerinden korunmaktadır. Ozon gazının stratosferde oluşturduğu bu katman, antropojenik etkiler nedeniyle giderek incelmektedir. 1970'li yıllardan itibaren yapılan ölçümlerden elde edilen bulgular, ozon tabakasının doğal süreçlerin çok ötesinde incelmekte olduğunu göstermektedir (EPA, 2017b). Küresel atmosferik ozon miktarında 1964-1980 ve 2002-2005'e ait değerleri arasında ortalama %3,5'lik bir düşüşün olduğu ve 1970'lerden 1990'lara dek bu düşüşün devam ettiği tespit edilmiştir (WMO, 2010, s. xviii).

Ozon üç oksijen atomunun birleşiminden meydana gelir ve kimyasal formülü O_3 'tür. Atmosfer tabakasındaki ozon oranı çok düşük olup ortalaması yaklaşık 0,02 ila 0,2 ppm arasındadır (Bozkurt, 2016, s. 21). Ozon, Ekvator kuşağı üzerindeki stratosfer tabakasında üretilmektedir ve hava hareketleri ile buralardan kutuplara doğru taşınmaktadır (MGM, 2017). Yoğunluğu düşük olmakla birlikte ozon, atmosferde hayati öneme sahiptir. Ozonun yaklaşık %90'lık bir kısmı stratosfer tabakasında, yer yüzeyinden itibaren atmosferin yaklaşık 10 ile 50. kilometreleri arasında bulunur ve genel olarak 15 ile 30. kilometreler arasında yoğunlaşmıştır (EPA, 2017b). Bu stratosferik ozon genelde "ozon tabakası" olarak bilinir. Geri kalan %10'luk ozon ise atmosferin daha alt bölgelerinde, yer yüzeyinden itibaren yaklaşık 10 kilometreye kadar uzanan troposfer tabakasında bulunur. Bu iki tabakadaki ozon moleküllerinin yapısı kimyasal olarak aynıdır. Bununla birlikte insanlar ve diğer canlılar üzerindeki etkileri farklı olmaktadır. Stratosferik ozon, biyolojik olarak zararlı ultraviyole-B (UV-B) ışınlarının çoğunu stratosfer tabakasında emerek yeryüzüne çok az bir miktarının ulaşmasına izin verir. Bitki, hayvan ve insanlar üzerinde yapılan birçok deneysel klinik çalışma, UV-B radyasyonuna aşırı maruz kalmanın zararlı etkilerini göstermiştir (NOAA, 2006). Ayrıca güneş ışınlarının stratosfer tabakasında ozon molekülleri tarafından tutulması atmosferin sıcaklık yapısını da dengelemektedir. Böylelikle stratosferik ozon hem iklimi etkilemekte hem de canlıların korunmasında önemli rol oynamaktadır (MGM, 2017). Ozon tabakasının incilmesiyle yeryüzüne ulaşan UV-B ışınlarındaki artış insanın bağışıklık sistemini zayıflatmakta, cilt kanseri ve katarakt

riskini artırmaktadır. UV-B ışınları, özellikle bu ışınlarla karşı hassas olan balık larvası, deniz kestanesi, karides gibi deniz canlılarına zarar vermektedir. Ayrıca okyanuslardaki besin zincirinin alt basamağında yer alan fitoplanktonların çoğalmasını engellemektedir (EPA, 2016). Dolayısıyla tüm ekosistem, besin zinciri ve enerji akışı bu durumdan etkilenmektedir.

Uluslararası araştırmalar sonucunda elde edilen bilimsel bulgular, insanlar tarafından üretilen kimyasalların, ozon tabakasının incelmelerinden sorumlu olduğunu göstermiştir. Ozon tüketen bileşikler; klor, flor, brom, karbon ve hidrojen gibi elementlerin çeşitli kombinasyonlarını içerir ve genelde “halokarbonlar” olarak tanımlanmaktadır. Sadece klor, florür ve karbon içeren bileşikler ise “kloroflorokarbonlar (CFC)” olarak adlandırılır. CFC’ler, halonlar, karbon tetraklorür ve metil kloroform gibi bileşikler ozon tüketen gazlardandır (NOAA, 2006). Bu tür bileşikler genel olarak yalıtım, temizleme, soğutma ya da itici güç oluşturma amaçlı, klima ve buzdolaplarında, yangın söndürücülerde, temizleyici sprelerde, köpüklerde vb. kullanılmaktadır. Bu bileşikler atmosferde 65 ila 110 yıl arası gibi çok uzun süre bozunmadan kalabilmektedir ve katalitik etkiye sahip olduklarından, bir tanesi bile binlerce ozon molekülünü parçalayabilmektedir.

Ozon tabakasını korumak amacıyla uluslararası alandaki en önemli anlaşma, 1987 tarihinde imzalanan “Ozon Tabakasını İncelten Maddelere İlişkin Montreal Protokolü”dür. Montreal Protokolü ile ozon tabakasına zarar veren kimyasalların kullanımının giderek azaltılması, üretim ve tüketiminin tamamen ortadan kaldırılması amaçlanmıştır. Bu protokolle yapılan düzenlemeler sonuç vermiş, protokolün yürürlüğe girdiği tarihten günümüze kadar geçen sürede ozon tabakasına zarar veren kimyasalların üretiminde ve kullanımında %98 oranında bir azalma sağlanmıştır ve ozon tabakasında iyileşmeler görülmeye başlanmıştır (UNEP, 2017b). Ancak, son verilere göre tüm önlemlerin eksiksiz yerine getirilmesi durumunda bile ozon tabakası 2060 ile 2075 yıllarında normal seviyesine dönebilecektir (Doğan, 2010, s. 5).

1.5.4. Biyolojik Çeşitliliğin Azalması

Dünya ekosistemi insana gıda, temiz su, kereste ve lif, yakıt vb. temini gibi tedarik hizmetleri; iklim düzenlemesi, hastalıkların kontrol altında tutulması, afetlerin önlenmesi, suyun arıtılması, atık ayrıştırma gibi düzenleyici hizmetler; estetiksel, rekreasyonel, ilham kaynağı olma gibi kültürel hizmetler; toprak oluşumu, besin

döngüsü, birincil üretim gibi destekleyici hizmetler sunmaktadır (MEA, 2005). Ekolog R. Costanza ve arkadaşları tarafından dünyanın insanlığa sunduğu doğal ekosistem hizmetlerinin maliyeti 1997 yılına göre yıllık 33 trilyon \$ olarak hesaplanmıştır. Bu miktar, dünyadaki tüm ülkelerin o zamanki gayri milli hasılları toplamının (18 trilyon \$) yaklaşık iki katıdır (Reece, ve diğerleri, 2013, s. 1241). Birçok hastalığın tedavisinde kullanılan ilaçların içeriğindeki kimyasal maddelere doğadaki canlı türleri kaynaklık etmektedir. Sürdürülebilir gıda güvenliği biyoçeşitlilik ile mümkün olmaktadır. Verimliliği artırmak, değişen habitat şartlarına ve zararlılara karşı direnci artırmak amacıyla ıslah edilen tohumlar için bu tohumların yabani türleri gen havuzu olarak kullanılmaktadır. İnsan, dünya ekosisteminin sunduğu ve biyoçeşitlilik sayesinde var olan ve sürdürülebilir olan bu hizmetlerden neredeyse hiçbir bedel ödmeden yararlanmaktadır.

Rio Sözleşmesi'nin 2. maddesine göre biyoçeşitlilik, "diğerlerinin yanı sıra kara, deniz ve diğer su ekosistemleri ile bu ekosistemlerin bir parçası olduğu ekolojik kompleksler de dahil olmak üzere tüm kaynaklardan canlı organizmalar arasındaki farklılaşma" olarak tanımlanmaktadır. Ayrıca türlerin kendi içindeki ve türler arasındaki çeşitlilik ve ekosistem çeşitliliği de buna dahildir. Biyolojik çeşitlilik, ekosistemdeki tüm canlı organizmaların çeşitli biyotik ve abiyotik faktörler bakımından gösterdiği farklılıkları, ekosistemlerde yaşayan canlıların kendi aralarında, canlılar ile cansızlar arasında, yere ve zamana göre değişen farklılıkları ile genler, türler, ekosistemler ve işlevlerin tamamını ifade etmektedir (ÇOB, 2007).

Ekosistemdeki tür çeşitliliği, türlerin sahip olduğu genler tarafından sağlanmaktadır. Her tür, kendine özgü genlere sahiptir ve türler arası farklılığın kaynağı bu genlerdir. Bu genler, türün ekosistemdeki tüm biyolojik süreçlerini düzenlemekte ve türlere, ortaya çıkan yeni ekolojik streslere karşı başa çıkma yeteneği kazandırmaktadır. Biyoteknoloji ve gen mühendisliği ile türlerin sahip olduğu bu genler kullanılarak hastalıkların tedavisi için ilaç, enzim, hormon vb. üretilmekte, gıda üretimi için tohumlar ıslah edilmekte, organizmaların doğal olarak ürettiği lif, ipek vb. maddeler yapay olarak elde edilebilmektedir. Genlerin çoğaltılması, izole edilmesi, farklı canlıların genleriyle birleştirilmesi ya da bir canlıdan başka bir canlıya transferi ile canlıların genetik yapıları değiştirilerek onlara yeni yetenekler kazandırılmaktadır. Tüm bunların kaynağını türlerin taşıdığı genler oluşturmaktadır. Biyoçeşitliliğin korunması sayesinde genetik çeşitlilikte korunabilmektedir. Biyoçeşitliliğin azalması, genetik çeşitliliğin azalmasına neden

olarak hem türlerin yeni gelişen streslere karşı baş etme yeteneğini ve potansiyelini azaltmakta hem de ekolojik ilişkilerin bozulmasına neden olmaktadır.

Genel olarak bir ülkedeki tüm bitki ve hayvan türleri özellikle de tarım, ormancılık, balıkçılık, hayvancılık, tıp-eczacılık ve sanayi alanlarında kullanılan türler hem o ülkenin hem dünyanın biyolojik zenginliklerinden sayılmaktadır. Bu türlerin değişik çeşitleri ve yabani akrabaları da çok önemlidir. Çünkü yerel çeşitler ve yabani türler, ekonomik değeri olan bitki ve hayvanların gen rezervleri durumundadır. İslah çalışmalarında elde edilmek istenen özellikler, ancak başka mevcut genlerin aktarılması ile ortaya çıkmaktadır. Böyle genlerin nesilden nesile taşınabilmesi için biyoçeşitliliğin korunması önem kazanmaktadır (Kışlalıoğlu & Berkes, 1992, s. 13). Bir türün, alt tür, ırk ya da varyeteleri değişen ortam şartlarına veya hastalıklara karşı farklı dirençler gösterebilmektedir. Aynı türün bazı tür içi toplulukları değişen ortam koşullarına daha kolay uyum sağlayıp yaşamını devam ettirebilirken bazı tür içi toplulukları ise değişen şartlara ya da yeni hastalıklara direnç gösteremeyip yok olabilmektedir. Tür içi topluluklar arasındaki gen alışverişi, değişen şartlara karşı türün, ekosistemdeki yaşama şansını artırmaktadır. Bu nedenle bir türün, tür içi topluluklarının sahip olduğu gen havuzu, doğal yollarla gerçekleşen gen aktarımları için önemli olduğu gibi insanlar eliyle yapılan tür ıslah çalışmaları gibi yapay aktarımlar bakımından da önemlidir. Bir türün ortadan kalkması, o türe ait gen havuzunun bir daha geriye getirilemeyecek şekilde yok olması demektir ve bu durum ekosistem için telafisi mümkün olmayan bir zarar oluşturmaktadır.

Bitkiler, hayvanlar ve mikroorganizmalar, karmaşık ve birbirine bağlı ekosistem ağları oluşturarak tüm yaşamın dayanağını oluşturan sayısız ekosistem hizmetini sunmaktadır. Teknoloji bu hizmetlerin bazılarını yerine getirebilse de birçoğunun yerine konulabilecek hiçbir şey yoktur. Ekolojik ilişkiler ve ekosistemin varlığı biyolojik çeşitlilik sayesinde devam etmektedir (WWF, 2010, s. 10-12). Bitkiler fotosentez yaparak besin ve oksijen üretmekte, kuşlar tohumların bir yerden başka bir yere taşınmasına aracılık etmekte, arılar ve böcek türleri polenlemeye yardımcı olmakta, solucanlar toprağı havalandırmakta, birbiri ile av-avcı ilişkisi olan canlılar tür sayılarını dengelemektedir. Tüm bu ve bunun gibi birçok ekolojik ilişkiler doğrudan ya da dolaylı olarak insana hizmet etmektedir. Ancak insanın bu hizmetlerden yararlanırken bıraktığı ekolojik ayak izi, biyolojik çeşitlilik üzerinde baskı oluşturmaktadır. Diğer doğal kaynaklarda olduğu gibi ekosistemin biyolojik çeşitliliği de kapasitesinin üzerinde kullanılarak ekolojik limit aşılmaktadır.

Endüstrileşme, hızlı şehirleşme ve yapılaşmaya bağlı doğal yaşam alanlarının daralması veya işlevsel olarak çölleşmesi, taşımacılıktaki artış nedeniyle ekosistemleri birbirinden ayıran kıtalararası engellerin ortadan kalkmış olmasına bağlı olarak yabancı türlerin okyanus aşırı yeni ekosistemlere taşınması ve buraları istila etmesi, küresel ısınmaya bağlı iklimlerdeki değişme, tüm çevre kirliliği çeşitleri, aşırı avlanma, ormanların yok edilmesi, genetiği değiştirilmiş organizmalar vb. insan etkileri biyolojik çeşitliliği tehdit etmektedir (Barlas, 2013, s. 197-209).

Biyοçeşitlilikteki kayıplarla ilgili olarak uzmanlar tarafından yapılan bilimsel analizlere göre günümüzde türlerin hızlı bir şekilde yok olması, doğal yok olma oranından tahminen 1.000 ila 10.000 kat daha fazladır (WWF, 2017a). 1700 yılına göre ortalama tür zenginliğinin, 2000 yılı itibariyle yaklaşık %30 azaldığı ve bu azalmanın 2050 yılına kadar %40'ı bulacağı tahmin edilmektedir. Normal şartlarda doğada bir türün yok olması için en az 300 yıl gerekliyken antropojenik etkilerle bu sürenin kısaldığı söylenebilir (Eren Y. , 2016, s. 79).

Biyolojik çeşitlilik ve korunması konusu, Rio Konferansı ile birlikte uluslararası çevre gündemine dahil olmuştur. Konferans'ta kabul edilen "Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi"nde, biyoçeşitliliğin, belirli insan faaliyetleri sonucunda önemli ölçüde azalmakta olduğu yönündeki kaygılar dile getirilmiştir. Konferans'ta, tür çeşitliliğinin, ekosistem çeşitliliğinin ve genetik çeşitliliğin karşı karşıya olduğu tehlikeler üzerinde durulmuştur. Rio Konferansı'nda, "Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi" imzalanmıştır. Bu Sözleşme, biyoçeşitliliğin korunmasını, unsurlarının sürdürülebilir kullanımını, genetik kaynakların kullanımından doğan yararların adil ve hakkaniyete uygun paylaşımına yönelik uluslararası düzenlemeleri içermektedir.

Ekosistemin sağlıklı bir şekilde işleyişi ve değişen çevre şartlarına dayanıklılığı biyoçeşitlilik sayesinde (Barlas, 2013, s. 198). Habitat kaybı, değişimi ve parçalanması, yabani tür popülasyonlarının aşırı avlanması, istilacı türler, kirlilik, iklim değişikliği vb. biyolojik çeşitliliği tehdit etmektedir (WWF, 2010, s. 10-12). Dünya ekosisteminin geleceği açısından önemli birçok ekolojik ilişkinin devam edebilmesi, doğada biyolojik çeşitliliği oluşturan tüm tür ve çeşitlerinin bir bütün olarak düşünülmesi ve habitatıyla birlikte korunması ile mümkün olabilecektir (Kışlalıoğlu & Berkes, 1992, s. 16, 93-97).

Türkiye'nin en önemli çevre sorunlarının başında doğal yaşam alanlarının yok olması ve biyoçeşitliliğin azalması gelmektedir. İklimsel ve coğrafik özellikleri ile Türkiye, çok çeşitli doğal yaşam alanlarına ve zengin bir biyoçeşitliliğe sahiptir.

Türkiye, neredeyse Avrupa kıtasındaki tüm açık ve kapalı tohumlu bitki türlerinin sayısı kadar bitki türüne ev sahipliği yapmaktadır. Ayrıca bu bitki türlerinin üçte biri Türkiye'ye özgü endemik türlerden oluşmaktadır. Ancak bu çeşitliliğin korunması için geliştirilen politikalar ve uygulama araçları yetersiz kalmaktadır. Biyoçeşitliliğin azalmasında, çevre kirliliği ve yapılaşma nedeniyle doğal yaşam alanlarının yok olması etkili olmaktadır. Ayrıca bu konuda toplumda yeterli düzeyde bir duyarlılığın olmaması da önemli bir sorundur. Hızla yok olan doğal yaşam alanlarına ve azalan biyoçeşitliliğe bakıldığında sahip olunan bu biyolojik zenginliği koruma bilincinin, toplumda henüz yeterince gelişmediği söylenebilir.

1.5.5. Tropikal Orman Alanlarının Azalması

Günümüzün en önemli çevre sorunlarından biri de ekosistemin en temel görevlerini yerine getiren ve yaşam zenginliklerinin bir arada görülebildiği ormanlık alanların, yapılaşma, hammadde temini, tarıma alan açma, yangınlar vb. nedenlerle yok olmasıdır. Ormanlar, yerkürenin yaklaşık olarak %30'unu kaplayan, karasal biyolojik çeşitliliğin dörtte üçünü barındıran ve karasal karbon havuzlarının yaklaşık yarısını oluşturan alanlardır (Göncü, 2012, s. 82). Dünyadaki toplam orman alanı 4 milyar hektar kadardır (FAO, 2010, s. xiii). Ormansızlaşma ve orman kaybı birçok ülke için endişe verici boyutlardadır. Özellikle tropik yağmur ormanlarındaki ormansızlaşma, insanların geçim koşullarını tehlikeye atan, türleri tehdit eden ve küresel ısınmayı artıran acil bir çevre sorunudur (WWF, 2017b).

Yağmur ormanlarının büyük bir bölümü, Güney Amerika'daki Aşağı Amazon Bölgesi'nde bulunmaktadır. Orta Afrika'daki Kongo Havzasında da geniş tropikal alanlar vardır. Geri kalan az bir bölüm ise Güneydoğu Asya'da ve özellikle Endonezya'da bulunmaktadır (Göncü, 2012, s. 82). Ekvator çevresinde olması sebebiyle güneş ışınları bu kuşağa yıl boyunca dik gelmektedir. Bu bölgeler, yıl boyunca en çok yağışı almaktadır ve canlıların gelişimi açısından elverişli sıcaklık ve nem koşullarına sahiptir. Bu nedenle tropik yağmur ormanları, karasal ekosistemin hem biyoçeşitlilik hem de biyokütle bakımından en zengin alanlarıdır. Bu bölgelerde ortalama sıcaklığın aylara göre değişimi 3°C'yi geçmediğinden bu kuşaktaki bitkiler yıl boyunca fotosentez yaparak dünyadaki besin ve oksijen üretiminin önemli bir kısmını gerçekleştirmektedir (Uzun, 2016, s. 55). Ayrıca bitki ve hayvan türlerinin %50 ile %80'lik kısmı bu ormanlardadır (Göncü, 2012, s. 82).

Tropikal yağmur ormanları biyoçeşitlilik, hidrolik döngü ve karbon döngüsü bakımından dünyanın en önemli biyomlarından biridir. Ancak bu ormanların toprak tabanı, bilindiğinin aksine, aşırı yağışlar nedeniyle mineral madde yönünden fakir olup tarım açısından verimli değildir. Buna rağmen yeni tarım alanları açmak ve ahşap ürünleri elde etmek için her yıl yaklaşık 140.000 km²'lik yağmur ormanı, şirketler ve insanlar tarafından tahrip edilmektedir (WWF, 2017c).

1988 yılında Toronto'da yapılan "7'ler Zirvesi"nde yağmur ormanlarının korunmasının gerekliliği tartışılmıştır. Ardından 1992 yılında yapılan Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı'nda ormanlık alanların korunması üzerinde durulmuştur (Göncü, 2012, s. 82). Yine 1997 yılında imzalanan Kyoto Protokolü'nde, sürdürülebilir orman yönetimi uygulamaları ile ağaçlandırma ve yeniden ormanlaştırmanın teşvik edilmesi kararlaştırılmıştır. 2015 yılında Paris'te gerçekleştirilen 21. Taraflar Konferansında, ormanların korunması, teşvikler, sürdürülebilir orman yönetimi için alternatif politik yaklaşımlar ve gelişmekte olan ülkelerin orman karbon stoklarının iyileştirilmesine yönelik konular ele alınmıştır.

Günümüzde tropikal ormanları tehdit altındadır. Dünyanın karşı karşıya olduğu küresel ısınma ve iklim değişikliği sorunu ile yağmur ormanlarının azalması arasında yakın bir ilişki vardır. Dünyada yaşanan kuraklıklar, biyoçeşitliliğin azalması, karbon emisyonlarının artması, hidrolik döngünün bozulması, sel ve kasırga gibi afetler tropikal ormanların azalmasından kaynaklanmaktadır (Göncü, 2012, s. 82).

1.6. ORTAK GELECEĞİMİZ VE SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA

Çevre-insan arası ilişkilerde, şimdiki kuşakların gelecek kuşaklar için göz önünde bulundurması gereken günümüzdeki sorumlulukları da içeren sürdürülebilir kalkınma anlayışı, yaşam kalitesini düşürmeden düşünce tarzında dönüşüm gerektiren bir yaklaşım öne sürmektedir. Bu dönüşümün özünde tüketim toplumu olmaktan sıyrılıp evrensel açıdan dayanışma içinde olan, çevresel yönetim, toplumsal sorumluluklar ve ekonomik çözümleri içeren bir kalkınma hedeflenmektedir (Ozmehmet, 2008, s. 3).

Sürdürülebilir kalkınma ile ilgili olarak BM bünyesinde, Norveç Başbakanı G.H. Brundtland başkanlığında, çeşitli ülke temsilcilerinin katılımıyla "Ortak Geleceğimiz" isimli Brundtland Raporu hazırlanmıştır. Bu Rapor'da insanlığın karşı karşıya olduğu küresel sorunlara dikkat çekilmiştir ve çözüm önerileri getirilmiştir.

Rapor'da yoksulluk, nüfus kontrolü, doğal kaynak kullanımı, çevre vb. konular sürdürülebilir kalkınma perspektifinde ele alınmıştır. Sürdürülebilir kalkınmanın gerçekleştirilebilmesi için çevreci kuruluşlar, uluslararası kurumlar ve ulusal hükümetlerce yapılması gerekenler ve tespit edilen sorunlar, Rapor'da şu başlıklar halinde özetlenmektedir (TÇSV, 1987, s. 165-180):

Nüfus ve İnsan Kaynağı: Dünyanın birçok yerinde nüfus, eldeki kaynaklarla sürdürülemez oranda artmaktadır. Sürdürülebilir kalkınma için nüfus hacmi ile büyümenin, ekosistemin üretim potansiyeli ile uyumlu olması gerekmektedir. Ancak nüfustaki artış, sağlık ve bakımda, besin güvenliğinde, konutta ve enerji arzında iyileşme beklentilerini olumsuz kılmaktadır. Nüfus sorunu toplu yoksulluğu ortadan kaldırma ile birlikte ele alınmalı ve kaynaklara ulaşmada daha hakkaniyetli ve adil yollar bulunmalıdır. İnsanlara imkân tanınarak aile planlaması eğitimi verilerek ve hizmetler sunularak nüfus artış hızı düşürülmelidir. Hızla değişen sosyal, çevresel ve gelişmeye dayalı gerçeklerle başa çıkabilmek için yeni değerler geliştirebilen insan kaynağı yetiştirilmelidir.

Besin Güvenliği ve Potansiyelini Sürdürebilmek: Küresel besin potansiyeli yeterli olmakla birlikte besinin istenilen zamanda istenilen yerde hazır bulundurulamaması ve dağılımı sorunu vardır. Sanayileşmiş ülkelerde yüksek üretime verilen destek nedeniyle toprak ve kimyasal maddelerin aşırı kullanımı, kırsal alanların, gıdaların ve suların kirlenmesine neden olmaktadır. Gelişmekte olan bazı ülkelerde ise küçük çiftçiler tek başına bırakılmış, verimliliği düşük topraklara itilmiş, gelişmiş teknoloji ve ekonomik destekten yoksun kalmışlardır. Bu nedenle ormanlar yok edilmekte ve tarım alanları da çoraklaştırılmaktadır. Üretimi teşvik etmek amacıyla gelişmekte olan ülkelerdeki çiftçiler özendirici hizmetlerle desteklenmeli, gelişmiş ülkelerdeki üretim fazlasını azaltmak için haksız rekabeti önleyecek tedbirler alınmalı ve ekolojik açıdan ekosisteme zarar vermeyen tarım uygulamaları teşvik edilmelidir.

Türler ve Ekosistemler: Gezegende yaşayan türler baskı altındadır. Günümüzde, geçmişte olmadığı kadar hızlı bir tür ve tür çeşitliliğinde yok oluş vardır. Yok olan türler ve ekosistem, siyasi gündemin başta gelen ekonomik kaynak sorunları arasında görülmelidir. Tropik ormanların ve biyolojik rezervlerin yok olmasına karşı hükümetler, bu kaynakları ekonomik olarak geliştirmelidir. Uluslararası kalkınma kuruluşlarının türlerin korunması ile ilgili sorunlara sistematik olarak yönelmesi gerekmektedir. Hükümetler, uluslararası koruma ilkelerini içeren "Türlerin

Konvansiyonu” üzerinde anlaşmaya varmalı ve bu konvansiyonu desteklemek için finansman sağlamalıdır.

Enerji: Güvenli ve sürdürülebilir bir enerji, sürdürülebilir kalkınma için esastır. Sürdürülebilir kalkınma için ulusal enerji stratejilerindeki en önemli konulardan birini de enerji tasarrufundaki politikalar oluşturmaktadır. Enerji tasarrufu kapsamında az enerji tüketen teknolojilere geçiş yapılmalıdır. Yenilenebilir enerji kaynaklarını geliştirmek için de fonlar gerekmektedir. Gelişmekte olan ülkelerin kendi enerji kullanımlarını bu yönde değiştirebilmeleri için finansman ihtiyacı olacaktır. Enerji tasarrufunu teşvik için “koruma fiyatları” ilkesi benimsenebilir. Uluslararası enerji politikasında önemli bir yeri olan petrol için üretici ve tüketici arasında yeni mekanizmalar araştırılmalıdır.

Sanayi: İnsanların pek çok temel gereksinimi, sanayinin sunduğu mal ve hizmetlerle karşılanmaktadır. Sürdürülebilir kalkınma anlayışında sanayi, daha az girdi ile çevreyi kirletmeden daha fazla üretme anlayışına dayanmaktadır. Kirlilik önleyici teknolojilere yapılan yatırımın maliyetinden vazgeçilebilirlik, sağlık, mal güvenliği ve çevreye zararının azaltılması yönüyle kazanç sağlayarak daha kârlı olmaktadır. Bununla birlikte yeni zehirli kimyasal maddeler ve atıklar, ekosistemin taşıma kapasitesinin üzerinde bir baskı ve tehdit oluşturmaktadır.

Kentsel ve Yönetimsel Sorunlar: Mal ve hizmet üreten merkezi ekonomik ve sektörel bakanlıkların sorumluluk alanları sınırlıdır. Bu bakanlıkların faaliyet alanları farklıdır ve daha ziyade büyüme ve üretimle ilgilidir. Ancak neden oldukları çevre sorunlarının çözümü çevre bakanlığına bırakılmıştır. Oysa merkezi ekonomik ve sektörel bakanlıklara kendi kararlarından etkilenen çevre kalitesinin sorumluluğu verilmelidir. Ayrıca çevresel kuruluşlara da sürdürülebilir olmayan kalkınmanın etkileriyle başa çıkabilmeleri için daha fazla güç ve yetki tanınmalıdır. Hükümetler, bugünkü kentleşme sürecini yönetebilmek için yeni iskân stratejileri belirlemeli, baskıyı azaltarak kentleşmeyi, büyük kent merkezlerinden daha küçük yerleşim birimlerine ve küçük kentlere doğru yönlendiren politikalar geliştirmelidir. Kent yönetimleri, yerinden yönetim anlayışıyla ademi merkezîyetçi bir yapıda olmalıdır.

Rapor’a göre insanlık, kendi yaptıklarını doğaya uyduramaması nedeniyle tehdit altındadır. İnsanın karşı karşıya olduğu ortak tehdiye karşı umutlu olabilmek, ancak gelecekle ilgili olarak kararlı siyasal eylemlerin derhal başlatılmasına, çevresel kaynakların hem insanlığın sürekli ilerlemesine hem de geleceğine dönük olarak yönetilmesine bağlıdır (TÇSV, 1987, s. 166-167).

1.6.1. Sürdürülebilir Kalkınmanın Tarihiçesi

Sürdürülebilir kalkınma paradigması 1970’li yıllardan itibaren tartışılmaya başlanmış olmakla birlikte bu paradigmanın ilk kez 18. yüzyılın sonu ve 19. yüzyılın başında, Almanya’nın Baden Bölgesi’ndeki Kara Ormanların yok oluşunu önlemek amacıyla çıkarılan yasalarda yer aldığı öne sürülmüştür (Kılıçoğlu, 2005’den aktaran Aksu, 2011, s. 5). Özellikle 2. Dünya Savaşı’ndan sonra ortaya çıkan plansız kentleşme ve çarpık yapılaşma, kontrolsüz nüfus artışı, salt büyüme temelli ve tüketim endeksli iktisadi anlayış ve endüstriyel gelişme, ekosistemin göz ardı edildiği kontrolsüz bir kalkınma sürecini ortaya çıkarmıştır. Ancak, 1960’lı yılların sonunda ekolojik ilişkilerin bozulmakta olduğunun görülmesi ve küresel çevre sorunlarının kendini hissettirmesi ile birlikte çevre ve kalkınma arasındaki ilişkide, sorunların, ekosistemin göz ardı edilmesinden kaynaklandığı fark edilmeye başlanmıştır ve bu fark ediş sürdürülebilirlik fikrinin gelişmesinde etkili olmuştur (Ozmehmet, 2008, s. 2). Bunun yanında sürdürülebilir kalkınma kavramının ortaya çıkmasında, tarımsal uygulamalara yenilikler getiren 1940’lı yıllardaki Meksika’daki “Yeşil Devrim”in etkili olduğu da öne sürülmektedir (Teksöz, 2014, s. 74). Yeşil Devrim’in getirdiği yeni uygulamalar sonucunda tarımsal üretimde artış sağlanmış ve bu uygulamalar, Meksika’dan sonra 1950’li ve 60’lı yıllarda Filipinler, Hindistan, Pakistan, Çin, ABD gibi ülkeler için de model oluşturmuştur. Yeşil Devrim’le 1960’lardan 1990’lı yıllara kadar, Asya’daki çeltik ve buğday verimliliği ikiye katlanmıştır. Kıta nüfusu %60 artmasına rağmen tahıl fiyatları yine de düşmüştür ve yoksulluk oranı yarı yarıya azalmıştır (Folger, 2014). Ancak artan nüfusu besleme ve tarım maliyetlerindeki artışa karşın Yeşil Devrim’le önerilen tarımda makineleşme, pestisit, herbisit, kimyasal gübre ve ıslah edilmiş tohum kullanımı gibi uygulamaların birçoğu, bugün için ekosistemin ve ekolojik ilişkilerin sürdürülebilirliği açısından ciddi tartışmalı konulardır. Bununla birlikte Yeşil Devrim’in sürdürülebilir kalkınma paradigmasının ortaya çıkmasındaki katkısı için Devrim’in olumlu sonuçlarından daha ziyade, ekolojik açıdan ortaya çıkardığı olumsuz sonuçlarının bir etkisi olduğu söylenebilir.

1972 yılında Roma Kulübü tarafından hazırlanan ve nüfus artışı, beslenme, sanayileşme, doğal kaynakların tüketimi, enerji ve çevre kirlenmesi konularında yaklaşan tehlikeye dikkat çeken “Büyümenin Sınırları” raporunun yayınlanması, süreci etkileyen bir diğer gelişmedir. Rapor’da, gelişme hızının yavaşlatılması hatta

gelişmenin durdurulması istenmiştir. İş çevreleri tarafından hazırlanan bu rapor, geniş tepkilere yol açmıştır. “Sıfır Büyüme” öngören Rapor, gelişmiş sanayi ülkelerinden yoğun eleştiri alırken az gelişmiş ülkeler tarafından ise kendi ülkelerinin kalkınma girişimlerini engellemeye yönelik gelişmiş ülkelerin bir komplosu olarak değerlendirilmiştir (Torunoğlu, 2012, s. 8). Bazı çevreler Rapor’u ciddi bulurken bazı çevreler ise abartılı bulmuşlardır. Bununla birlikte bu Rapor’un meydana getirdiği olumlu ve olumsuz tepkilerin gelecekle ilgili çevresel kaygıların tartışılmasına ve sürdürülebilirlik düşüncesinin gelişmesine katkı sağladığı ve uluslararası aktörlerin “sürdürülebilirlik” düşüncesine yönelmesinde etkili olduğu söylenebilir.

Bu gelişmeler sonucu, “Sürdürülebilir Kalkınma” kavramı ilk kez 1980 yılında, Uluslararası Doğa Koruma Birliği (International Union for Conservation of Nature-IUCN) tarafından Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) için hazırlanan Dünya Koruma Stratejisi’nde “Biyolojik çevrenin insan tarafından kullanımının şu anki nesillere en sürdürülebilir faydayı sağlarken gelecek nesillerin ihtiyaç ve isteklerini karşılama potansiyelini de koruyacak biçimde yönetimi” olarak tanımlanmıştır (Yıkılmaz, 2011, s. 12). Ancak bu kavram, günümüzdeki tanımıyla resmî olarak 1987 yılında Norveç Başbakanı Gro H. Brundtland’in başkanlığında Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu (World Commission on Environment and Development-WCED) tarafından yayımlanan ve Brundtland Raporu olarak da bilinen “Ortak Geleceğimiz” adlı raporda kullanılmıştır. Bu Rapor’a göre sürdürülebilir kalkınma, “Bugünün ihtiyaçlarını gelecek nesillerin de kendi ihtiyaçlarını karşılamalarından ödün vermeden karşılamak” olarak tanımlanmıştır. Rapor’un tüm ülkeler için öngördüğü kalkınma modeli, uzun vadeli ve kalıcı bir ekonomik büyüme, kalkınma ile doğa arasındaki dengeyi koruyan bir ekonomi, doğayı tüketmeden kullanan uygulamalara dayanan ve dolayısıyla uzun vadede sürdürülebilir bir ekonomik gelişme olarak özetlenebilir (Ozmehmet, 2008, s. 5,7).

1.6.2. Sürdürülebilir Kalkınma

Ülkelerin ekonomik ve endüstriyel büyüme seviyesini ifade etmek için daha çok kalkınma sözcüğü kullanılmaktadır. Kalkınma, yalnızca üretim ve kişi başına düşen gelirin artışı olmayıp sosyal, kültürel ve ekonomik yapının değişimi, üretim faktörlerinin etkinliğinin ve miktarlarının değişimi, sanayi kesiminin milli gelir ve ihracat içindeki payının artması gibi öğeleri de içermektedir. Kalkınmanın bir diğer

özelliği de toplumdan topluma farklılıklar göstermesidir. Kalkınma, az gelişmiş ülkeler için sosyal, kültürel ve ekonomik yapıdaki dönüşümlerle gelişmiş ülkeler seviyesine ulaşmak iken gelişmiş ülkeler için ise mevcut sosyal, kültürel ve ekonomik seviyeyi bulunduğu durumdan daha ileri bir seviyeye taşımaktır. Bu yaklaşımla değerlendirildiğinde kalkınma gibi birçok parametresi olan bir kavrama tam bir çerçeve çizmek zordur (Han & Kaya, 2008'den aktaran, Aksu, 2011, s. 5). Kalkınma sadece ekonomi ve sanayi boyutlu bir büyüme değildir. Kalkınma, “bir ekonomide halkın değer yargıları, dünya görüşü ile tüketim ve davranış kalıplarındaki değişimleri içerecek biçimde toplumsal ve kurumsal yapıda dönüşüme yol açan büyüme” şeklini ifade etmektedir (TDK, 2011).

A. Smith'ten bu yana toplumların refah göstergesi olarak en üst seviyede üretim ve tüketim yeterli sayılmaktadır. Bu anlayışta, toplumların mal ve hizmet ürettikleri ve tükettikleri zaman daha fazla mutlu olacakları varsayılmaktadır ve insanların refah ve mutluluğunu temin etme, kalkınmanın nihai amacı olarak ele alınmaktadır. Böylece refah için sürdürülebilir bir çevrenin gerekli olduğu göz ardı edilmektedir. Oysa nihai anlamda insanın refah ve mutluluğu için asgari düzeyde de olsa tamamlayıcı bir unsur olarak kaliteli bir çevreye ihtiyaç vardır (Dura, 1991, s. 69).

Bu amaçla, Birleşmiş Milletler Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu tarafından yayınlanan “Ortak Geleceğimiz” raporunda gelecek kuşakların kendi gereksinimlerini karşılayabilme olanağından yoksun bırakılmadan bugünün ihtiyaçlarını karşılayabilecek çevre eksenli bir kalkınma modeli üzerinde durulmuştur. Bu yeni yaklaşım uluslararası kamuoyunda büyük bir yankı uyandırmıştır.

Bu Rapor'da bahsedilen yeni kalkınma paradigması Birleşmiş Milletler, Dünya Bankası ve diğer uluslararası kuruluşlar tarafından enerji-tarım-sanayi gibi sektörel boyutlarına indirgenerek ele alınmıştır. Bu paradigma ve kalkınma modelinin gerçekleştirilebilirliği konusunda gelişmiş ülkeler ile gelişmekte olan ülkelere farklı tepkiler gelmiştir (Torunoğlu, 2003, s. 1). Yaşam kalitesinde eşitlik ve hakkaniyet, gelecek kuşakların ekolojik sermayesini koruma ve mümkün olduğunca insan refahından ödün vermeden kendi kendine yetebilen bir sistem öneren sürdürülebilir kalkınmanın, bugüne kadar genel olarak kabul gören üç boyutu vardır (Holmberg ve Sandbrook, 1992' den aktaran Harris, 2011, s. 5-6):

Ekonomik: Ekonomik olarak sürdürülebilir bir sistem, mal ve hizmetleri süregelen esaslara dayanarak üretebilmeli; hükümet ve dış borçların

yönetilebilirliğini sürdürebilmeli, tarımsal ve endüstriyel üretime zarar veren sektörel dengesizliklerden sakınmalıdır.

Çevresel: *Çevresel olarak sürdürülebilir bir sistem, kaynak temelini sabit tutmalı, yenilenebilir kaynak sistemlerinin ya da çevresel yatırım fonksiyonlarının istismarından kaçınmalı ve yenilenemeyen kaynaklardan yalnızca yatırımlarla yerine yeterince konulmuş olanları tüketmelidir. Bu süreç, ekonomik kaynak olarak sınıflandırılmayan, biyolojik çeşitlilik, atmosferik denge ve diğer ekosistem işlevlerinin korunmasını da içermelidir.*

Sosyal: *Sosyal olarak sürdürülebilir bir sistem, eşitlik dağılımını; sağlık ve eğitim, cinsiyet eşitliği, politik sorumluluk ile katılımı içeren sosyal hizmetlerin yeterli düzeyde gerçekleştirilmesini sağlamalıdır.*

Rapor'da çevre sorunları, yoksulluk-eşitsizlik ekseninde değerlendirilmiş, dünyadaki yoksulluk ve eşitsizliğin ekolojik ve diğer krizlere eğilimi artıracığı vurgulanmıştır (Torunoğlu, 2003, s. 1). Sürdürülebilir kalkınma yaklaşımında yoksulluk ve eşitsizlik ile çevresel sürdürülebilirlik birbirinden ayrılamaz durumdadır. Yoksulluğun artmasının kırdaki geçimi zorlaştırması sonucu yaşadıkları yerleri değiştirmek zorunda kalan insanlar, geçimlerini sağlamak amacıyla doğa kaynaklarına yönelerek çevresel tahribatı hızlandırmaktadır (Harris, 2011, s. 15). Bu anlamda ülkeler arasında eşitsizlik devam ettiği sürece çevresel sorunlar da var olmaya devam edecektir. Ekonomik ve sosyal eşitliği yakalamak isteyen yoksul ülkeler kalkınmak için doğa kaynaklarına yönelerek, tropikal kuşaktaki yağmur ormanlarının tahribatında olduğu üzere, yine çevresel sorunlara neden olacaktır. Ayrıca az gelişmiş ülkeler, gelişmiş ülkelerin refah düzeyine ulaşmayı ve dünya nimetlerinden yararlanmayı kendileri için eşit bir hak olarak görecektir. Bu yaklaşımın öncelik sıralamasında, doğa kaynaklarının korunması daha gerilerde olacaktır. Kalkınma yaklaşımında öncelik doğa kaynaklarının sürdürülebilirliğinden daha ziyade, refah devleti olma yolunda doğa kaynaklarını sınırsız kullanma ve sürekli kalkınma amaç olacaktır. Bu nedenle çevre sorunlarının çözümü ve sürdürülebilir kalkınmanın gerçekleştirilebilir kılınması için dünya çapında yoksullukla ve eşitsizlikle mücadelede alınacak önlemler, sürdürülebilir kalkınmanın da ilkelerini belirleyecektir. Ancak sürdürülebilir kalkınmanın sadece yoksulluk ve eşitsizlik ekseninde ele alınması ve bunların ortadan kalkması ile çevre sorunlarının ortadan kalkabileceğinin kabulü, sorunun çözümünde tek başına yeterli olmayacağı değerlendirilmektedir. Bu yaklaşımın yeterli olduğunu kabul etmek, çevre sorunlarından tamamen gelişmemiş ülkelerin sorumlu olduğunu iddia etmekten farksız olmaktadır. Oysa günümüzde çevre sorunlarına neden olan ülkeler sıralamasına bakıldığında gelişmiş olan ülkelerin çevresel tahribattaki payının daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu nedenle tüm ülkeler bazında eşitliğin

sağlanması ve yoksulluğun giderilmesi yine sorunları çözmeyecektir. Örneğin nüfusları toplamı neredeyse üç milyara yaklaşan Çin, Hindistan ve Pakistan'ın kalkınmasının, nüfusu 324 milyon olan ABD'nin refah düzeyi boyutundaki bir kalkınmaya ulaşmasının, doğa kaynakları üzerindeki etkisinin ve çevresel tahribatının ne boyutlarda olabileceği göz önünde bulundurulduğunda sürdürülebilir kalkınmanın sadece yoksulluk ve eşitsizlik ekseninde ele alınması, sürdürülebilirlik açısından yeterli gelmeyecek ve gerçekçi olmayacaktır. Üretim-tüketim ilişkisi ile şekillenen günümüz refah toplumu anlayışının, ekosistem kaynaklarının sınırlılığı göz önünde bulundurularak yeniden temellendirilmesi gerekmektedir. Dünyanın biyolojik kapasitesi ve ekolojik limitlerinin göz önünde bulundurulduğu, yoksullukla mücadele için önlemler alınırken aynı zamanda paylaşım eşitliğinde bu kapasite ve limitlerin referans alındığı bir kalkınma, ancak sürdürülebilir olabilir ve gelecek nesiller için çevre korunmuş olabilir.

1.7. DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE SÜRDÜRÜLEBİLİR ÇEVRE

Geçmişten günümüze birikerek gelen birçok insan faaliyeti, etkisi daha da artan oranda doğal çevre, türler ve ekosistem için zarar verici boyutlara ulaşmıştır. Bu faaliyetlerin bir sonucu olarak ortaya çıkan çevresel sorunlar, insan sağlığı ve doğal yaşam için birçok tehdit oluşturmuştur. Ayrıca son yıllarda, bu sorunların coğrafi ve sosyal etkileri de artmıştır (Aygün, 2007, s. 225). Sera etkisi ve iklim değişikliği, ozon tabakasının incilmesi, biyolojik çeşitliliğin azalması, tropikal yağmur ormanlarının tahribi gibi küresel çevre sorunları dünya çapında gündem oluşturmuştur. Bu sorunların çözümü de uluslararası boyutta eylem birliğini gerekli kılmıştır. Bu sorunların çözümüne yönelik yerel, ulusal ve uluslararası bir çok adım atılmıştır.

1.7.1. Dünya'da Sürdürülebilir Çevre Gündemi

Çevre sorunlarının küresel boyutta kendini göstermesi ile birlikte bu sorunların çözümünde uluslararası iş birliğinin zorunlu olduğu görülmüştür. Dünyanın karşı karşıya olduğu çevre sorunlarının sadece bir duyarlılık ve çevreyi koruma refleksi ile çözülemeyeceği, karşı karşıya kalınan tehdidin büyüklüğü, demokratikleşmeden yerleşmeye, kalkınma paradigmasından refah anlayışına kadar her şeyin ekolojik bir bakış açısıyla yeniden ele alınması gerektiğini gözler önüne sermiştir. Ekolojik

limitlerin aşılmadan ve ekosistemin taşıma kapasitesi dahilinde yaşamın sürdürülebilmesi ve ekolojik sermayenin korunarak gelecek nesillere aktarılabilmesi için uluslararası boyutta atılan önemli adımlardan bazıları şunlardır:

Birleşmiş Milletler İnsan ve Çevre Konferansı-1972: Çevre sorunlarının yoğun olarak tartışıldığı 1970’li yıllarda, sonuçları açısından pek çok ülkeyi etkileyen ve en önemli uluslararası girişimlerden olan Stockholm Konferansı 1972 yılında BM’nin önderliğinde, 100’den fazla ülkenin katılımı ile düzenlenmiştir (Görmez, 2015, s. 60). Konferans’ta ilk kez çevre hakkı ve ortak sorumluluk kavramları gündeme gelmiştir. Ekonomik ve toplumsal gelişmenin, çevrenin korunması için önemli olduğu, çevrenin geliştirilmesi ile ekonomik ve toplumsal gelişmenin uyum içinde yürütülmesinin gerekliliği vurgulanmıştır. Konferans sonrası yayımlanan deklarasyonda, çevre koşullarının değerlendirilmesi ve destekleyici mekanizmalar olarak eğitim, örgütlenme, teknik iş birliği gibi temel konular ele alınmıştır. Bu Konferans’ta, Birleşmiş Milletler Çevre Programı Örgütü’nün (UNEP) kurulması, 5 Haziran tarihinin “Dünya Çevre Günü” olarak belirlenmesi ve çevre fonunun oluşturulması kararlaştırılmıştır. Bu ilk çevre konferansından sonra dünyada çevre sorunlarına çok daha fazla önem verilmeye başlanmış, toplumsal çevre bilinci geliştirme çabaları artmış, çevrenin korunmasına yönelik sivil toplum örgütlerinin sayısı artmaya başlamış ve hükümetler çevre kavramını hükümet programlarına almaya başlamışlardır (Erdoğan M. , 2016, s. 27-28).

Brundtland Raporu ve Sürdürülebilir Kalkınma-Ortak Geleceğimiz-1987: Stockholm Konferansı’ndan sonra çevre sorunları ve çevrenin korunması konusunda uluslararası düzeyde gerçekleştirilen çalışmalardan biri de BM koordinatörlüğünde, Norveç Başbakanı G.H. Brundtland başkanlığında ve bazı ülke temsilcilerinden oluşan bir grubun hazırladığı “Ortak Geleceğimiz” isimli Brundtland Raporu’dur. Rapor genel olarak yoksulluğun ortadan kaldırılmasını, doğal kaynaklardan elde edilen faydanın eşit olarak dağıtılmasını, nüfus kontrolünü ve çevre dostu teknolojilerin geliştirilmesini sürdürülebilir kalkınma ile doğrudan ilişkilendirmektedir. Rapor’da, ekonomik büyümenin, çevre dostu bir perspektifle gerçekleştirilebileceği varsayımından yola çıkılarak dünyadaki çevre sorunlarının üstesinden gelebilmek ve yoksulluğu önleyebilmek için gelişmekte olan ülkelerin önemli rol oynayacağı yaklaşımıyla, yeniden yapılanmayı gerçekleştirecek uzun dönemli bir büyüme çağına girilmesi gerektiği öne sürülmüştür (Ağca, 2002).

Rapor, çevresel felaketler hakkında ayrıntılı bilgiler verirken bu felaketlerin ortadan kaldırılabilmesi için insanlığın ortak çabalar üretmesi gerektiğini öne sürmekte ve sürdürülebilir bir kalkınma anlayışı önermektedir. Rapor'da, ayrıca önemli sayılabilecek bir çevre hukuku önerisi de geliştirilmiştir. Ancak bu Rapor'da öne sürülen sürdürülebilir kalkınma yaklaşımının günümüz çevre ve ekosistem sorunlarına çözüm getirebileceği tartışmalıdır. Mevcut iktisadi, siyasi ve toplumsal paradigmada köklü bir değişiklik gerçekleştirilemediği ve teknolojik gelişmelerdeki bakış açısı değiştirilmediği sürece, sorunların artarak devam edeceği değerlendirilmektedir (Görmez, 2015, s. 62-63).

Rio Konferansı ve Gündem 21 Eylem Planı-1992: 1987 yılında yayımlanan “Ortak Geleceğimiz” raporundan sonra bu raporda önerilen tedbirlerin hayata geçirilmesini ve sonuçlarını değerlendirmek amacıyla 1992’de 179 ülkenin devlet ve hükümet başkanlarının katılımıyla Brezilya’da Rio Konferansı düzenlenmiştir. “Yeryüzü Zirvesi” olarak adlandırılan yüksek katımlı bu Konferans’a birçok resmi kurum ve özel kuruluş temsilcisi katılmıştır. Rio Konferansı, BM’nin en yüksek katımlı toplantılarından biridir.

Rio Konferansı’nda, küresel ölçekte bağlayıcı kararlar içeren “Gündem 21” eylem planı, “İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi” ve “Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi” imzaya açılmıştır. Bağlayıcılığı bulunmayan “Ormanların Sürdürülebilir Yönetimi Konusundaki İlkeler Bildirimi” benimsenmiştir. Ayrıca Konferans’ın genel çerçevesini çizen “Çevre ve Gelişme Üzerine Rio Bildirgesi” kabul edilmiştir.

Rio Konferansı’nda kabul edilen “Gündem 21” temel yaklaşımı, tüm program alanlarına yönelik finansman politikalarının belirlenmesi, yeni kaynakların yaratılması, uygulanabilir teknik ve ekonomik araçların belirlenmesi, merkezi yönetim-yerel yönetim ilişkilerinin “yerinden yönetim” anlayışı doğrultusunda güçlendirilmesi, hükümetler ve hükümet-dışı kuruluşlar arasında iş birliğinin geliştirilmesi ve halkın etkin katılımının sağlanması gibi öncelikler üzerine bina edilmiştir (Emrealp, 2005). Ayrıca “Gündem 21” eylem planında, amacın vazgeçilmez bir yöntemi olarak “küresel ortaklık” kavramı üzerinde durulmuştur. Bu kavramla birlikte tüm dünyada geleneksel yönetim anlayışı, yerini, “yönetişim (governance)” olarak ifade edilen, katılımcılığa ve ortaklıklara dayalı yeni bir yaklaşıma bırakmaya başlamıştır. Bu yeni yaklaşım kapsamında, yerel yönetimler, sivil toplum kuruluşları, diğer yerel aktörler, merkezi yönetimlerle uluslararası topluluğun ortakları olarak nitelendirilmeye başlanmıştır (Arar, 2002).

Rio konferansı ile birlikte sürdürülebilir kalkınmanın gerçekleştirilebilmesine yönelik olarak karar alma ve planlama süreçlerinin belirlenmesinde ve eylemlerin hayata geçirilmesinde “merkezden yönetim” anlayışından “yerinden yönetim” anlayışına doğru bir yönelme vardır. Bu yaklaşım, merkezi yönetimin yanında, yerli halklar ve topluluklar, çocuklar, gençler, kadınlar, çiftçiler, işçi ve işçi sendikaları, iş ve sanayi çevreleri, bilimsel ve teknolojik toplulukların vb. temel grupların rollerinin güçlendirilmesi bakımından önemlidir. Bu şekilde yerel yönetimlerin ve yerel aktörlerin güçlendirilmesi ve etkililiğinin artırılması amaçlanmıştır.

BM Binyıl Zirvesi, Binyıl Bildirisi ve Binyıl Kalkınma Hedefleri-2000: 6-8 Eylül 2000 tarihleri arasında ABD'nin New York şehrinde 147 ülkenin devlet ve hükümet başkanları dahil olmak üzere 189 ulusun temsilcilerinin katılımıyla BM Bin Yıl Zirvesi düzenlenmiştir. Zirve'de 2015 yılına kadar gerçekleştirilmesi gereken 8 temel hedef belirlenmiştir. Bu hedefler, aşırı yoksulluğun ve açlığın ortadan kaldırılması, herkesin temel eğitimden faydalanmasının sağlanması, toplumsal cinsiyet eşitliğini geliştirerek kadına yönelik her türlü ayrımcılığın ortadan kaldırılması ve konumunun güçlendirilmesi, çocuk ölümlerinin azaltılması, anne sağlığının iyileştirilmesi, AIDS, sıtma ve diğer salgın hastalıklarla mücadele edilmesi, çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması ve kalkınma için küresel ortaklıkların geliştirilmesidir (DPT, 2010, s. 9).

Bildirge'de, insanoğlunun faaliyetleri nedeniyle onarılmaz ölçüde bozulmuş ve kaynakları artık ihtiyaçları karşılayamayacak hale gelmiş bir gezegende yaşama tehdidine karşı gelecek nesiller ve tüm insanlık adına hiçbir çabadan kaçınılmaması gerektiği ve sürdürülebilir kalkınma ilkeleri doğrultusunda, çevresel etkinliklerin tümünde yeni bir korumacılık ve ev sahipliği ahlakının benimsenmesi gerektiği dile getirilmiştir. Bunun için ormanların korunması ve sürdürülebilir biçimde geliştirilmesi, biyolojik çeşitliliğin korunması, çölleşme ile mücadele, su kaynaklarının sürdürülemez biçimde kullanımının önlenmesi, insanın neden olduğu doğal afetlerin sayısının ve etkilerinin azaltılması kararlaştırılmıştır.

Dünya Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi (Rio+10)-2002: 1992 yılında düzenlenen Rio Konferansı'ndan on yıl sonra sürdürülebilir kalkınma konusunda değerlendirmeler yapmak, alınan kararların hayata geçirilmesi konusunda tespit edilen sorunların çözüme kavuşturulabilmesi, yeni hedeflerin belirlenmesi ve daha ileri düzeylerde hayata geçirilmesine ilişkin bir program ortaya koymak amacıyla 26

Ağustos-4 Eylül 2002 tarihleri arasında Güney Afrika'nın Johannesburg kentinde Dünya Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi düzenlenmiştir.

Kabul edilen Uygulama Planı'nda, toprak, su ve diğer doğal kaynakların korunmasında ve yönetiminde bütüncül bir bakış açısı öneren ekosistem yaklaşımı ön plana çıkarılmıştır. Uygulama Planı'ndaki kararların hayata geçirilmesine yönelik siyasi iradenin yansıtıldığı Siyasi Bildirge'de ise eşitlikçi ve insancıl bir toplum oluşturulması için ortak taahhütler dile getirilmiştir. Sürdürülemez nitelikteki üretim ve tüketim kalıplarının değiştirilmesi, yoksulluğun ortadan kaldırılması, ekonomik ve sosyal kalkınmanın doğal kaynak temelini korunması ve yönetilmesi konularında ortak vaatlerde bulunulmuştur (Kavas & Sezer, 2002, s. 25).

Sürdürülebilir Kalkınma Konferansı (Rio+20),“İstedığımız Gelecek”-2012: 1992 tarihli Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı'ndan 20 yıl sonra “Yeşil Ekonomi” ve sürdürülebilir kalkınmanın kurumsal çerçevesini tartışmak, sürdürülebilir kalkınma konusundaki politik kararlılığı tekrarlamak, yeni fırsat ve tehditleri ortaya koyarak bu güne kadar düzenlenen başlıca zirvelerdeki alınan kararların uygulanma düzeyini tespit etmek ve eksikliklerini belirlemek amacıyla 20-22 Haziran 2012 tarihleri arasında Brezilya'nın Rio de Janerio kentinde Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi (Rio+20) düzenlenmiştir. Zirve sonunda “İstedığımız Gelecek (The Future We Want)” adlı sonuç belgesi kabul edilmiştir.

Konferans'ın önemli iki ana konusundan biri “Yeşil Ekonomi”dir. Sonuç belgesine göre yeşil ekonomi, yoksulluğu ortadan kaldırmanın ve sürdürülebilir kalkınmayı gerçekleştirmenin en önemli araçlarından biri olarak katı kurallar bütünü olmaktan ziyade politikalar oluşturmak için bir seçenektir. Yeşil ekonomi, “Yoksulluğun ortadan kaldırılmasının yanı sıra istikrarlı ekonomik büyümenin sağlanması, sosyal içermenin güçlendirilmesi, insan refahının iyileştirilmesi ve herkes için istihdam ve saygın iş fırsatları yaratılmasına katkıda bulunurken Dünya'nın ekosistemlerinin sağlıklı işleyişinin devamlılığının sağlanmasına katkıda bulunması gerektiğini” öne süren bir yaklaşımdır (UN, 2012, s. 15).

Konferans'ın bir diğer önemli ana konusu da sürdürülebilir kalkınmayı, kurumsal çerçeveye kavuşturmadır. Bu bağlamda kurumsal çerçeve, sürdürülebilir kalkınmanın üç boyutunu dengeli bir şekilde bütünleştirmeli, tutarlılığı ve koordinasyonu sağlamalı, bunun yanında kapsayıcı, şeffaf, etkin, küresel düzeyde karşılaşılan zorluklara ortak çözümler getirebilecek bir esneklik taşımalıdır. Ayrıca kurumsal çerçeve, yönetim ilkesine uygun olarak yerel, alt-ulusal, ulusal, bölgesel

ve küresel düzeyde kamu ya da özel tüm paydaşların seslerini duyurabildiği, çıkarlarını temsil edebildiği ve karar alma süreçlerine etkin olarak katılabildiği bir yapıda olmalıdır (UN, 2012, s. 21-22).

BM Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi-2015 “Dünyamızı dönüştürüyoruz: Sürdürülebilir Kalkınma İçin 2030 Gündemi”: 25-27 Eylül 2015 tarihleri arasında ABD'nin New York kentinde, Binyıl Kalkınma Hedefleri'nin devamı niteliğinde, sürdürülebilir kalkınma ile ilgili tüm BM konferanslarının ve zirvelerinin sonuçlarının teyit edildiği “Dünyamızı Dönüştürüyoruz: Sürdürülebilir Kalkınma İçin 2030 Gündemi” adını taşıyan bildiri kabul edilmiştir. Bildiri “insan”, “gezegen”, “refah”, “barış” ve “ortaklık” alanlarında 17 nihai hedeften oluşmaktadır. Buna göre 2030 yılına kadar dünyanın her yerinde yoksulluğun ve açlığın sona erdirilmesi, ülkelerin kendi içindeki ve ülkeler arasındaki eşitsizliklerle mücadele edilmesi, gezegenin doğal kaynaklarının kalıcı korunmasının sağlanması, insan haklarına saygılı, barışçıl, adil ve kapsayıcı toplumlar meydana getirilmesi, kadınların ve kız çocuklarının toplumsal yapıdaki durumunun güçlenmesine yönelik toplumsal cinsiyet eşitliğinin sağlanması ve bu konudaki yasal, sosyal ve ekonomik engellerin ortadan kaldırılması amaçlanmıştır. Ayrıca yeni bir küresel kalkınma çerçevesi çizilmiştir. Toprağın korunması, gıda güvenliği ve sürdürülebilir tarım, iklim değişikliği ve etkileri ile mücadele, karasal ve sucul ekosistemlerin korunması ve sürdürülebilir kullanımı, biyolojik çeşitliliğin korunması gibi çevre konuları gündeme alınmıştır.

Sonuç olarak bugüne kadar uluslararası düzeyde yapılan tüm konferanslar, zirveler, bu uluslararası toplantılarda alınan kararlar ve yayımlanan bildirelerle sürdürülebilir kalkınma ve çevreyi koruma konusunda kısmen başarı sağlanmış olmakla birlikte beklenen düzeyde bir sonuç elde edilememiş olduğu söylenebilir. Ulaşılmak istenen hedefler ve atılmak istenen adımlar; devletlerin öncelikleri, ekonomik durumları, kalkınmışlık seviyeleri, çıkar çatışmaları vb. nedenlerle ortak küresel eylem birliğine dönüştürülemediği. Ayrıca alınan kararlar, tabana yayılamamış ve istenen düzeyde toplumsal taban oluşturulamamıştır. Sürdürülebilir kalkınmayı gerçekleştirmede ve çevreyi korumada küresel çalışmalar kadar yerel düzeyde yapılan çalışmalar da oldukça önemlidir. Küresel politikaların başarısı için yerel yönetimlerden, sivil toplum kuruluşlarına kadar tüm yerel paydaşların, merkezi yönetimlerle eylem birliği içinde olması gerekmektedir. Merkezi yönetimlerin yanında yerel yönetimlerin güçlendirilmesi, kamu-kamu dışı tüm kurum ve kuruluşlar arasında iş birliğinin geliştirilmesi ve vatandaşların etkin katılımının sağlanması, kararların

hayata geçirilmesinde başarıyı artıracaktır. Oysa bu konuda yerel ve yerli aktörler yeteri kadar bilgilendirilememiş, karar alma süreçlerine tam anlamıyla dahil edilememiş ve etkili bir şekilde harekete geçirilememiştir. Ayrıca yerel ve yerli aktörlerle merkezi birimler arasında koordinasyon ve iş birliği sağlanamamıştır.

1.7.2. Türkiye’de Sürdürülebilir Çevre Gündemi

Türkiye’de, çevre konusu anayasal boyutta ele alınmıştır. Anayasa’ya göre çevreyi geliştirmek, korumak ve çevrenin kirlenmesini önlemek, devletin ve vatandaşın sorumluluğuna verilmiştir. Özellikle 1982 Anayasası ile birlikte Türkiye’nin çevre politikalarının daha geniş bir perspektifle geliştirilmeye başlandığı söylenebilir. 1980 öncesi çevre politikaları ve bu politikaları yansıtan uygulamalar, ekonomik ve sağlık kaygıları dar kapsamlılığı içerisinde ele alınmıştır. 1980 sonrasında ise bu politikalar, uluslararası gelişmeler ve AB politikalarının da etkisiyle sürdürülebilir çevre anlayışına doğru evrilmiştir. Bu süreçte çevre, bugünkü ve gelecek kuşaklar için korunması ve geliştirilmesi gereken bir değer olarak görülmeye başlanmıştır. Bununla birlikte günümüz çevre politikalarında ve uygulamalarında, çevrenin, kalkınmanın önünde bir engel oluşturmaması gerektiği yaklaşımı öncelenmekte ve çevre, kalkınmanın gerisinde ele alınmaktadır.

Türkiye’nin son dönem çevre politikalarına yön veren ve çevre vizyonunu belirleyen, uluslararası anlaşmaların yanında AB ve kendi iç hukukundan kaynaklı belgeler vardır. Bu belgelerden en önemlileri: Kalkınma Planları, Ulusal Çevre Stratejisi ve Eylem Planı (UÇEP) ve AB İlerleme Raporlarıdır.

1.7.2.1. Beş Yıllık Kalkınma Planlarında Sürdürülebilir Çevre

Türkiye’nin 1960’lı yıllardan itibaren giderek artan ekonomik ve sosyal sorunlar yaşaması, planlı bir ekonomiye ve istikrarlı, devamlı, hızlı ve dengeli bir kalkınma modeline geçişini zorunlu kılmıştır. Bu bağlamda 1961 Anayasası kalkınmayı bir plana bağlamış olup bu amaçla Devlet Planlama Teşkilatı (DPT) kurulmuştur ve her beş yılda bir kalkınma planları hazırlanmaya başlanmıştır. Bu planlar, Türkiye’nin kalkınma önceliklerinin ele alındığı, ülke kaynaklarının hangi alanlara yönlendirileceğinin belirlendiği ve kalkınmanın ana çerçevesinin çizildiği en önemli resmî belgelerdendir. Bugüne kadar, içinde bulunulan dönemin şartlarına ve

ülkenin önceliklerine göre politika, ihtiyaç ve yaklaşımların ortaya konulduğu, hedef ve stratejilerin belirlendiği, her biri belli bir dönemi kapsayan on kalkınma planı hazırlanmıştır. Bu planlardan ilk ikisinde, çevre sorunları ve çözümleri ile ilgili politikaları içeren bağımsız bir bölüm bulunmamaktadır.

Kalkınma planlarında çevre politikalarının gelişimi incelendiğinde önceki planlar daha çok ortaya çıkan kirliliği gidermeye yönelik politikalar içermektedir. Daha sonraki dönemde hazırlanan kalkınma planlarındaki politikaların, önleyici nitelikte tedbirlerden ibaret olduğu söylenebilir. Son dönemlere ait planlarda ise sürdürülebilir kalkınma yaklaşımına uygun, çevre ve ekonominin entegrasyonuna öncelik veren, çevreyi koruyan ve geliştiren politika ve stratejilerin benimsendiği görülmektedir (Yıldız, 2005, s. 172). Birinci Beş Yıllık Kalkınma Planı ve İkinci Beş Yıllık Kalkınma Planı'nda öngörülen politikalarda ve hedeflerde, çevreyi koruma ve sürdürülebilir kalkınmayı gerçekleştirme yaklaşımının benimsendiği söylenemez. Plan'da bahsedilen konular ve önerilen politikalar, çevresel sürdürülebilirlik yaklaşımından ziyade, daha çok sağlık ve ekonomik kaygılar nedeniyle kirliliğin önlenmesine, toprak, su ve orman yapısının korunmasına yönelik, oldukça sınırlı tedbirlerden ibarettir. Üçüncü Beş Yıllık Kalkınma Planı'nda çevrenin, sosyal ve ekonomik kalkınma ile birlikte düşünülmesinin önemine vurgu yapılmaktadır. Bu yaklaşım, sürdürülebilir kalkınmanın ekonomik, sosyal ve çevre olmak üzere üç önemli boyutuna dikkat çekmektedir. Ancak bu Plan, çevre ile ilgili alınacak tedbirlerin sanayileşerek kalkınmanın önünde bir engel oluşturmaması gerektiğini öne sürerek sürdürülebilir kalkınma yaklaşımından uzaklaşmaktadır. Beşinci Beş Yıllık Kalkınma Planı'nda çevresel sürdürülebilirlik yaklaşımı ile çevrenin gelecek nesiller için korunmasının önemine değinilmiştir. Beşinci Beş Yıllık Kalkınma Planı'ndan itibaren Türkiye'nin ekonomik, sosyal ve çevre politikalarında, sürdürülebilir kalkınma yaklaşımının giderek önem kazandığı söylenebilir. Özellikle X. Kalkınma Planı'nın sürdürülebilir kalkınma ve çevre sorunlarının tespitine ve çözümüne yönelik daha kapsayıcı ve bütüncül bir yaklaşım ortaya koyduğu, şimdiki hedeflerle gelecekteki hedeflerin birbirini tamamlayacak şekilde uyumlu olduğu söylenebilir. Bununla birlikte çizilen vizyonun ve gerçekleştirilmek istenen amaçların gerçekçi politikalarla daha somut hale getirilmesi gerekmektedir.

Türkiye'nin 1960'lı yıllardan itibaren planlı kalkınma modeline geçmesiyle birlikte çevre politikalarında yaşanan dönüşümle ilgili olarak ilk dönem planlarına yansıyan politikaların toplum tabanından gelen talepleri yansıttığı ve ayrıca toplumun

çevre politikalarının önemli bir belirleyicisi olduğu söylenemez. Bu dönemin çevre politikalarının belirlenmesinde etkili olan, daha ziyade o döneme ait dünyadaki uluslararası gelişmeler ve o dönemde karşılaşılan ülke içi çevre sorunlarıdır. Bununla birlikte ilerleyen süreçte özellikle Bergama’da altın madenciliğine karşı bölge halkının gösterdiği tepki, ulusal ve uluslararası çevre örgütlerinin ülke içi eylemleri, toplum genelinde çevre ve diğer alanlarda sivil inisiyatiflerin güçlenmesi, halkın ekolojik okur yazarlık seviyesinin yükselmesi, çevre sorunlarının oluşturduğu tehdide karşı toplum genelinde oluşan duyarlılık ve farkındalıkla birlikte gelişen çevreyi koruma bilinci ve sorumluluk alma düşüncesi, halkın çevre politikalarının belirlenmesindeki etkinliğini ve etkililiğini artırdığı söylenebilir.

1.7.2.2. AB İlerleme Raporlarında Türkiye’de Sürdürülebilir Çevre

Çevre ve iklim değişikliği, yaşam kalitesi doğrudan ilişkili olduğu için AB’nin en önemli politika alanları arasında yer almaktadır. Sürdürülebilirlik, gelecek nesillerin doğal kaynakları kullanabilmeleri ve bunlardan yararlanabilmelerini sağlamak açısından önem arz etmektedir. Her geçen gün, kaynaklara olan talebin artması birçok çevresel sorunu beraberinde getirmektedir ve buna bağlı olarak biyolojik bozulma artmakta, biyoçeşitlilik azalmakta, su kaynakları kirlenmekte ve tükenmektedir. Su kaynaklarının tükenmesi ve kirlenmesine bağlı olarak ortaya çıkan ve ciddi bir problem olan su kıtlığı, 2025 yılına kadar dünya nüfusunun üçte birini etkileyecek duruma gelebilecektir. Su, enerji, toprak ve orman gibi ekonominin temelini oluşturan kaynaklar tükenmekte ya da kirlenmektedir. Bazıları daha acil ve önemli olan birçok çevresel sorun halen çözümlenmeyi beklemektedir (ABTD, t.y.).

Türkiye, iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine en çok maruz kalan coğrafi bir konumda bulunmaktadır. Bu yüzden, diğer bölgelerle karşılaştırıldığında Türkiye için yerinde ve iddialı iklim eylemi, rekabetçi, kaynaklarını verimli kullanan ve düşük karbonlu bir ekonomi ve dirençli bir toplum oluşturmak açısından gereklilik arz etmektedir. Türkiye’nin Çevre konulu 27. Fasıla ilişkin müzakereleri Aralık 2009’dan bu yana devam etmektedir. Çevre konusu, AB’ye uyum sürecinin belki de en kompleks ve maliyetli alanlarından biridir. Bu konuda 200’ü aşkın mevzuatın tamamının hayata geçirilebilmesi için yaklaşık 70 milyar avroluk yatırım yapılması gerekmektedir. Çevre, AB mevzuatının sürekli gelişen bir alanıdır. Bununla birlikte Türkiye, çevre ile ilgili AB müktesebatına uyum konusunda önemli bir mesafe almıştır (ABTD, t.y.).

AB Komisyonu tarafından 1998'den günümüze her yıl, Ortaklık Anlaşması çerçevesinde, Türkiye'yi her alanda AB'ye katılım için hazırlamaya yönelik olarak mevcut durum tespitinin yapıldığı ve önerilerin sunulduğu ilerleme raporları yayımlanmaktadır. Bu Raporlarda, Türkiye ve AB arasındaki ilişkiler ele alınmakta, demokrasi, hukukun üstünlüğü, insan hakları vb. konularda AB'ye uyum bakımından Türkiye'nin durumu değerlendirilmekte, Türkiye'nin, üyelik yükümlülüklerini üstlenme yeteneği incelenmekte ve AB'ye uyum konusunda ortak bir strateji oluşturulmaya çalışılmaktadır. Uyum için ele alınan konulardan biri de yirmi yedinci fasıl olan çevre ve iklim değişikliği politikalarıdır. AB İlerleme Raporlarında çevre alanında, iklim değişikliği, su ve hava kalitesi, atık yönetimi, doğa koruma, endüstriyel kirlenme, kimyasallar, gürültü ve sivil koruma konularına ilişkin başlıklar yer almaktadır. Türkiye'nin, AB çevre müktesebatına uyumu bu başlıklar altında değerlendirilmektedir.

1998-2016 yılları arası AB İlerleme Raporları incelendiğinde Türkiye'nin çevre ve iklim değişikliği faslında, AB müktesebatına uyumu noktasında, çevre alanına daha fazla yatırım yapılması, idari kapasitenin güçlendirilmesi, çevre ile ilgili tüm birimler arasında koordinasyon ve iş birliğinin sağlanması, biyolojik zenginliklerin korunması, yerel yönetimlerin ve halkın katılımının sağlanması, endüstriyel kirlenme ve risk yönetimi konusunda mevzuat, denetim ve uygulama yetersizliklerinin giderilmesi konusundaki eksiklikler dile getirilmiştir. Bu anlamda daha etkili ve iyi koordine edilmiş çevre ve iklim politikalarının oluşturulması, özellikle yüksek tabiat değeri olan alanlardaki yatırımların çevre mevzuatına uygun yapılması, ÇED mevzuatının doğru bir şekilde uygulanması, halkın katılımı ve halkın çevresel bilgiye erişim hakkı ile sera gazı emisyonlarının izlenmesi istenmiştir.

Son dönem AB İlerleme Raporlarında kaygı olarak dile getirilen ve yurt içinde de bazı siyasi partilerin, sivil toplum kuruluşlarının ve yerel halkın tepkisine neden olan konular ise özellikle Mersin ve Sinop'a yapılan nükleer santraller ile mikro ölçekli hidroelektrik santral projelerinin yanı sıra İstanbul'daki üçüncü köprü ve yeni havaalanı da dahil olmak üzere birçok büyük çaplı altyapı projesinin ÇED kapsamı dışına çıkarılması ve sık yapılan çevre mevzuatı değişiklikleridir. Bu anlamda AB Raporlarından yansıyan sonuç, kalkınma ile çevre arasında bir tercihte bulunma karşısında Türkiye'nin tercihini kalkınmadan yana kullandığı, çevresel kaygıların ötelendiği ve önceliğin çevreden ziyade kalkınmaya verildiği yönündedir.

1.7.2.3. Ulusal Çevre Stratejisi ve Eylem Planı

Kalkınma planlarının haricinde, ekonomik ve sosyal politikaların yanında bunlarla uyumlu çevresel politika ve stratejilerin geliştirilmesi, çevreye ilişkin öncelikler sıralamasının belirlenmesi ve yatırım kararlarına yönelik etkin çevre politikalarının oluşturulması amacıyla Ulusal Çevre Stratejisi ve Eylem Planı (UÇEP) hazırlanmıştır (Toros, Ulusoy, & Ergöçmen, 1997, s. i). Yedinci Beş Yıllık Kalkınma Planı (1996-2000) döneminde, Dünya Bankası'nın desteği ile Devlet Planlama Teşkilatı tarafından hazırlanan UÇEP, çevre politikalarının oluşturulması ve çözüm önerilerine yönelik Türkiye'deki en kapsamlı ve en önemli politika dokümanlarından biridir (Torunoğlu, 2012, s. 118). Türkiye için çevreye yönelik somut politika ve stratejiler öneren UÇEP, beş ana hedefi gerçekleştirmek üzere hazırlanmıştır. Bunlar (Akdur, 2005, s. 138):

- *Kirliliğin önlenmesi ve azaltılması,*
- *Tüm yurttaşların çevre altyapı ve hizmetlerine erişiminin kolaylaştırılması,*
- *Yenilenebilir kaynakların sürdürülebilir kullanımının teşvik edilmesi,*
- *Çevre ile ekonomiyi birlikte sürdürülebilir kılacak politika, proje, program ve önerilerin geliştirilmesi,*
- *Gerek insanların gerek çevrenin doğal ve insanların neden olduğu risklere maruz kalma oranının mümkün olduğu ölçüde azaltılması.*

UÇEP ile çevre yönetim sisteminin ve enformasyon-duyarlılık düzeyinin geliştirilmesine ve çevre yatırımlarına yönelik eylemler belirlenmiştir. Ayrıca bu eylemlerin gerçekleştirilebilmesi amacıyla kısa (1 yıllık), orta (5-10 yıllık) ve uzun (15-20 yıllık) vade olmak üzere 20 yıllık bir perspektif geliştirilmiştir. Belirlenen bu eylemleri gerçekleştirmeye dönük olarak çevrenin kalkınma planlarına entegre edilmesi, demokratik ve katılımcı mekanizmaların kullanımı, bilginin yaygınlaştırılması, halkın bilinçlilik ve duyarlılık düzeyinin artırılması, UÇEP'in temel uygulama stratejilerini oluşturmaktadır (Kayapınar, 2006).

Çevre ile ilgili politikaları hayata geçirmede karşılaşılan en önemli sorunlardan biri de finansman sorunlarıdır. UÇEP'te çevre yönetiminin iyileştirilmesine yönelik olarak gereksinim duyulan yeni yatırımların finansman ihtiyacı için bütçe kaynakları, yerel yönetim kaynakları, bazı kamu hizmetlerinden alınacak ücretler, çevre ödentileri ve vergilerden kaynak sağlanması öngörülmüştür. Bunun yanında Plan'a göre endüstri kuruluşlarının kendi kirlilik harcamalarının kendilerince karşılanması, çevre altyapısı

ve hizmetlerinin ise kamu-özel sektör ortaklığı ile gerçekleştirilmesi, gerekli finansman ihtiyacı için diğer bir kaynak çeşidini oluşturacaktır. Ayrıca dış bankalara dövizle borçlanma, uluslararası sivil toplum kuruluşlarından ve kalkınma kuruluşlarından sağlanacak kredi ve hibeler de kullanılabilir finansman kaynakları olarak sayılmaktadır (Akdur, 2005, s. 138-139).

Ekonomik ve sosyal politikalar ile çevre politikaları arasında uyumu gerçekleştirerek sürdürülebilir kalkınmayı öngören ve bunun için de birçok alanda somut eylemler içeren UÇEP, yasal bağlayıcılığının olmaması nedeniyle hukuksal yaptırımlardan yoksundur. Bununla birlikte UÇEP, AB uyum sürecinde hazırlanan dokümanlardan biri olduğu için AB müktesebatıyla uyumu sağlamada ve bu alandaki program ve stratejilere koşut yaklaşımlar geliştirmede temel oluşturmuştur (Torunoğlu, 2012, s. 118). Ayrıca UÇEP'in, çevre ile kalkınmayı birbiriyle bütünleştirecek somut eylemleri belirlemek, kalkınma planları için girdi sağlamak, Türkiye'nin Ulusal Gündem 21'i için temel taşlardan birini oluşturmak, bölgesel ve daha kapsamlı uluslararası ilişkilerde Türkiye'nin çevreye ilişkin durumunun yansıtılmasına katkıda bulunmak yönünde ulusal politikaya katkı sağladığı söylenebilir (Kayapınar, 2006).

1.8. TÜRKİYE'DE ÇEVRE İLE İLGİLİ YASAL MEVZUAT

Türkiye'de doğrudan çevreyle ilgili yasal düzenlemeler 1983'ten sonra yapılmıştır. 1983'ten önceki düzenlemeler doğrudan çevre ile ilgili olmayıp dolaylı olarak çevrenin korunmasına yönelik düzenlemelerdir (Görmez, 2015, s. 147). Bu zamana kadar yapılan yasal düzenlemeler daha çok kirliliğin önlenmesine yönelik tedbirlerden ibarettir. 1983 yılına kadar çevre hususu mevzuat bakımından, belli bir kanundan ziyade diğer kanunların içinde dağınık vaziyette yer almıştır. İlk dönem kalkınma planları incelendiğinde görüleceği üzere çevre, daha ziyade ekonomi ve halk sağlığı boyutuyla ele alınmıştır. Çevrenin bir bütün olarak korunması ve geliştirilmesi fikrinin yasal metinlere yansımaları, dünyadaki gelişmeler ve AB'ye uyum süreci ile birlikte hız kazanmıştır. Türkiye'de çevresel mevzuat; uluslararası sözleşmeler, AB müktesebatı, T.C. Anayasası, yasa, kanun hükmünde kararname, yönetmelik, tebliğ ve genelge türü hukuksal metinlerle şekillenmiştir.

T.C. Anayasası: Türkiye'nin çevre ile ilgili en üst yasal mevzuatı anayasal boyuttadır. Çevre konusunun anayasal boyutu 7 Kasım 1982 tarihli T.C. Anayasası'nın

56. maddesi ile düzenlenmiştir. T.C. Anayasası'nın 56. maddesine göre çevrenin korunması, geliştirilmesi ve kirliliğin önlenmesi ile ilgili olarak "Herkes, sağlıklı ve dengeli bir çevrede yaşama hakkına sahiptir. Çevreyi geliştirmek, çevre sağlığını korumak ve çevre kirlenmesini önlemek devletin ve vatandaşların ödevidir." denilmektedir. T.C. Anayasası, çevrenin korunması ve geliştirilmesi ile ilgili olarak devletin ve vatandaşların ortak sorumlu olduğunu bildirmektedir. Bu yönüyle çevre ile ilgili anayasal düzenlemenin, katılımcı bir özellik taşıdığı söylenebilir.

Çevre Kanunu: Çevre konusundaki ikinci düzenleme, Anayasa'ya dayanılarak çıkarılan ve 11.08.1983 tarih ve 18132 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Çevre Kanunu'dur. Çevre ile ilgili kapsamlı düzenlemelerin yer aldığı bu Kanun, Anayasa'dan sonra Türkiye'nin en önemli çevre mevzuatıdır. Bu Kanun, bütün canlıların ortak varlığı olan çevrenin, sürdürülebilir çevre ve sürdürülebilir kalkınma ilkeleri doğrultusunda korunmasını sağlamak amacıyla çıkarılmıştır. Kanuna göre çevre, tüm canlıların ortak malı olarak sayılmıştır. Kanun'da, kirliliğin ve atıkların önlenmesi, çevrenin korunması, bazı projeler için ÇED yapılması, izin alma, arıtma ve bertaraf etme yükümlülüğü, denetim, bilgi verme ve bildirim yükümlülüğü vb. yükümlülükler getirilmiştir. Kanun'da, çevre politikalarının oluşturulmasında bakanlık, yerel yönetimler, meslek odaları, birlikler, sivil toplum kuruluşları ve vatandaşlar olmak üzere tüm paydaşların iş birliğini öngören "katılım ilkesi" esastır. Çevre bozulmasının ve kirliliğinin giderilmesinde kirleten öder prensibi benimsenmiştir. Bunun yanında Kanun'da, çevrenin korunmasına yönelik olarak belli standartlara uyma zorunluluğu, vergi, harç, katılma payı, yenilenebilir enerji kaynaklarının ve temiz teknolojilerin teşviki, emisyon ücreti ve kirlenme bedeli alınması, karbon ticareti gibi piyasa temelli araçların kullanımına yer verilmiştir.

Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu: Anayasa'nın 63. maddesine dayanılarak çıkarılan bir diğer kanun ise Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu'dur. Bu Kanun, "korunması gerekli taşınır ve taşınmaz kültür ve tabiat varlıkları ile ilgili tanımları belirlemek, yapılacak işlem ve faaliyetleri düzenlemek, bu konuda gerekli ilke ve uygulama kararlarını alacak teşkilatın kuruluş ve görevlerini tespit etmek" amacıyla çıkarılmıştır. Kanun'da, kültür ve tabiat varlıklarına zarar verebilecek faaliyetlerle ilgili çeşitli idari ve mali düzenlemelere yer verilmiştir. Kültür ve tabiat varlıklarını korumak amacıyla imar uygulamalarına çeşitli düzenlemeler getirilmiş, kazı ve restorasyon çalışmaları belli izinlere ve sürelerle

bağlanmış, korunma alanları oluşturulmuş, sokak sağlıklaştırma proje ve uygulamaları ile çevre düzenleme projeleri geliştirilmiştir.

Milli Parklar Kanunu: Çevrenin korunması ile ilgili çıkarılan kanunlardan biri de Milli Parklar Kanunu'dur. Bu Kanun'un amacı ülkedeki milli ve milletlerarası düzeyde değerlere sahip milli park, tabiat parkı, tabiat anıtı ve tabiatı koruma alanlarının belirlenmesi, özellik ve karakterleri bozulmadan korunması, geliştirilmesi ve yönetilmesidir. Bu Kanun'la yaban hayatının tahribi, tabii ve ekolojik denge ve tabii ekosistem değerini bozucu faaliyetler, bu sahaların özelliklerinin kaybolmasına veya değiştirilmesine sebep olan veya olabilecek her türlü müdahaleler ile toprak, su ve hava kirlenmesi ve benzeri çevre sorunları yaratacak iş ve işlemler, tabii dengeyi bozacak her türlü orman ürünleri üretimi, avlanma ve otlatma, kamu yararı açısından vazgeçilmez ve kesin bir zorunluluk bulunmadıkça her ne suretle olursa olsun yapı ve tesis kurulması ve işletilmesi veya bu alanlarda var olan yerleşim sahaları dışında iskan yapılması yasaklanmıştır.

Orman Kanunu: Kanun'a göre tabii olarak yetişen ve emekle yetiştirilen ağaç ve ağaççık toplulukları yerleriyle birlikte orman sayılmaktadır. Kamu yararının gerekli olduğu durumlarda ormanlık alanlara yapılacak savunma, ulaşım, enerji, haberleşme, su, atık su, petrol, doğalgaz, altyapı, katı atık bertaraf ve depolama amaçlı tesisler ve gölet, baraj, mezarlık vb. yapımı veya üzerinde bulunması ile ilgili izinler Çevre ve Orman Bakanlığı'nın inisiyatifindedir. Türkiye'de ormanlar çok sıkı hukuk normları ile koruma altına alınmıştır. Kanun'a göre orman varlığına zarar verenler hakkında mala el koyma, hapis ya da para cezası gibi ağır yaptırımlar uygulanmaktadır. Anayasa'ya göre ormanla ilgili işlenen suçlar genel ve özel af kapsamından çıkarılmıştır. Buna rağmen yangınlar, tarım arazisi açma ve kaçak yapılaşma orman varlığı için büyük tehdit oluşturmaktadır.

Kıyı Kanunu: Bu Kanun, ülkenin deniz, tabii ve suni göl ve akarsu kıyıları ile bu yerlerin etkisinde olan ve devamı niteliğinde bulunan sahil şeritlerinin doğal ve kültürel özelliklerini gözeterek koruma ve toplum yararlanmasına açık, kamu yararına kullanma esaslarını tespit etmek amacıyla düzenlenmiştir. Kanun, deniz, tabii ve suni göller ve akarsu kıyıları ile deniz ve göllerin kıyılarını çevreleyen sahil şeritlerine ait düzenlemeleri ve bu yerlerden kamu yararına yönelik yararlanma imkân ve şartlarına ait esasları kapsamaktadır. Kanun'a göre kıyılarla ilgili hüküm ve tasarruf devlete aittir. Kıyıları, kamu yararının izin verdiği ölçüde, herkesin eşit ve serbest olarak

yararlanmasına açıktır. Kıyılarda yapılaşma belli izinlere bağlanmış olup bu izinler dışında yapılaşma yasaklanmıştır.

Yukarıda açıklanan kanunların haricinde çevre ile doğrudan ya da dolaylı olarak ilgili olan kanun, tüzük, yönetmelik, genelge ve tebliğ türü birçok yasal düzenleme mevcuttur. İmar Kanunu, Boğaziçi Kanunu, Gecekondu Kanunu, Belediye Kanunu, Umumi Hıfzıssıhha Kanunu, Su Ürünleri Kanunu, Nükleer Tesislere Lisans Verilmesine İlişkin Tüzük, Radyasyon Güvenliği Tüzüğü, ÇED Yönetmeliği, Gürültü Kontrol Yönetmeliği, Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği, Özel Koruma Bölgelerinin Yönetimi, Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmeliğe İlişkin Genelge, Katı Atık Genelgesi, Bazı Tehlikesiz Atıkların Geri Kazanımı Tebliği, vb. bu düzenlemelere örnek olarak verilebilir.

1.9. TÜRKİYE’NİN SÜRDÜRÜLEBİLİR ÇEVRE PERFORMANSI

Türkiye, sanayileşme ve sanayileşmenin getirdiği çevre sorunları ile geç tanışmış bir ülkedir. Türkiye, sanayileşme sürecine 1950’li yıllardan sonra girmiş olup kentleşme de aynı yıllarda hız kazanmıştır. Bu bakımdan kentleşme ve sanayileşmenin neden olduğu çevre sorunları konusunda henüz şanslı durumdadır. Bunun yanında kırsal kesim çevre sorunları sanayileşme dışı faktörlerle geçmişten bu yana devam etmektedir. Tarım toprakları erozyondan etkilenmektedir. Ormanlık arazilerin tarım arazisi açmak için tahrip edilmesi, pek çok bölgede çok uzun yıllardan bu yana devam eden bir sorundur. Günümüzde ise Türkiye’de çevre sorunlarının hemen her çeşidi farklı oranlarda ve etkilerde de olsa kendini göstermektedir (Görmez, 2015, s. v, 29).

Türkiye’de çevreyi koruma ve geliştirme çabaları giderek artmakla birlikte büyümeye bağlı olarak karşı karşıya kalınan çevre sorunları da artmaktadır. Türkiye’nin son yıllardaki çevre performansına bakıldığında genel olarak performansında iyileşme görülmele birlikte bazı alanlarda ilerleme sağladığı, bazı alanlarda ise birçok ülkenin gerisinde kaldığı görülmektedir. Bu anlamda “Çevresel Performans Endeksi (Environmental Performance Index-EPI)”, Türkiye hakkında ve diğer ülkeler hakkında çevresel performans ile ilgili küresel bir görüntü sunmaktadır.

EPI verilerine göre Türkiye’nin çevre performansı 2007-2016 yılları arasında %10,83 puanlık bir artış göstermiştir. 2016 yılı EPI puanına göre 99. sırada olan Türkiye, son on yıllık performans artış yüzdesine göre yapılacak sıralamada ise ilk 13 ülke arasındadır (Yale University, 2016). Türkiye’nin özellikle hava kalitesindeki son

on yıllık performansı oldukça yüksektir. 2016 yılı verilerine göre ülkeler genel sıralamasında 98. sırada olmakla birlikte son on yıllık değişim oranı %48,68 ile iyileşme yönündedir. Türkiye'nin hava kalitesindeki EPI puanı 2007 yılında 40,7 iken 2016 yılındaki puanı 79,3'tür (Yale University, 2017). Türkiye'nin hava kalitesinin iyileşmesinde özellikle konut ısıtmasında kömür türevi yakıtların kullanımının giderek azalması ve bunun yerine doğal gaz kullanımının yaygınlaşması, termik santrallerde elektrik üretimi için kömür yerine doğal gaz kullanılması ve yeni yakma teknolojilerinin geliştirilmesi, hidroelektrik santrallerin yaygınlaşması, hava kirliliğine etkisi daha az olan rüzgâr , güneş gibi temiz enerji kaynaklarına yönelme, CFC türü gazların kullanımının yasaklanması ve hava kirliliği ile ilgili yasal tedbirlerin etkili olduğu söylenebilir.

Bununla birlikte birçok endemik türe ev sahipliği yapan Türkiye'nin, yaşam alanlarının ve biyoçeşitliliğin korunması alandaki EPI puanının oldukça düşük olduğu görülmektedir. Türkiye, iklimsel ve coğrafik özelliklerinin sağladığı avantaj nedeniyle çok çeşitli yaşam alanları ile zengin bir biyolojik çeşitliliğe sahiptir. Omurgasız hayvan türü sayısı yaklaşık 19.000'dir ve bunlardan yaklaşık 4.000 tür/alttür endemiktir. Bugüne kadar tespit edilen toplam omurgalı hayvan türü sayısı ise 1.500 civarındadır. Bitki çeşitliliği bakımından Avrupa kıtası ile karşılaştırıldığında tüm Avrupa kıtasında 12.500 civarında açık ve kapalı tohumlu bitki türü bulunmasına karşılık sadece Anadolu'da bu sayıya yakın (11.000 üzerinde) tür olduğu bilinmektedir. Ayrıca bu bitki türlerinin yaklaşık üçte biri Türkiye'ye özgü endemik türlerdir (Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2012, s. 7-8).

Ancak Türkiye'nin özellikle biyoçeşitlilik ve habitat yaşamının korunması ile ilgili EPI verileri göz önünde bulundurulduğunda son on yıllık performansı oldukça düşüktür. Türkiye'nin bu alandaki performansı negatif düzeyde olup %-25,21'dir. Bu performans ile Türkiye, dünya sıralamasında 180 ülke arasında 177. sıradadır (Yale University, 2017). Bu bakımdan Türkiye'de, biyoçeşitliliğin korunması için geliştirilen politikaların ve uygulama araçlarının yetersiz olduğu söylenebilir. Ayrıca biyoçeşitliliğin azalmasında çevre kirliliği ve doğal yaşam alanlarının azalması da etkili olmaktadır. Bunun yanında biyolojik zenginliklerin korunması ile ilgili toplumda yeterli düzeyde bir duyarlılığın olmaması da önemli bir sorundur. Sahip olunan biyolojik zenginliğin korunması gerektiği bilincinin toplumda geliştirilmesi gerekmektedir.

Tablo 1: Türkiye'nin 2007-2016 Arası Çevresel Performans Endeksi

Ana Hedefler	Konu Alanları- Gösterge Adları	2016			2015		2014		2013		2012		2011		2010		2009		2008		2007	
		PUAN	SIRA	10 Yıllık Değişim	PUAN	SIRA	PUAN	SIRA	PUAN	SIRA	PUAN	SIRA	PUAN	SIRA	PUAN	SIRA	PUAN	SIRA	PUAN	SIRA	PUAN	SIRA
Çevre Sağlığı (%50)	Sağlıksal Etkiler	74,43	81	0,64%	74,65	81	74,65	81	73,28	78	73,28	78	73,28	78	73,28	78	73,95	74	73,95	74	73,95	74
	Hava kalitesi	79,3	98	48,68%	72,83	108	69,83	118	67,4	128	72,62	112	71,29	118	70,23	121	40,09	172	38,07	173	40,7	171
	Su ve Sanitasyon	85,06	71	8,36%	84,8	71	84,75	70	81,96	72	81,77	74	80,82	74	80,73	74	79,43	76	78,27	77	77,95	75
Ekosistem Yaşamı (%50)	Su kaynakları	78,99	53	0%	78,99	53	78,99	53	78,99	53	78,99	53	78,99	53	78,99	53	78,99	53	78,99	53	78,99	53
	Tarım	87,04	86	1,49%	86,79	88	84,72	91	85,58	89	85,51	91	86,57	87	86,28	86	86,66	90	86,59	89	85,74	88
	Orman	68,48	40	0%	68,48	40	68,48	40	68,48	40	68,48	40	68,48	40	68,48	40	68,48	40	68,48	40	68,48	40
	Balıkçılık	57,82	35	19,01%	57,08	49	45,82	83	39	95	51,69	74	49,13	81	43,75	92	36,64	98	41,73	103	46,83	89
	Biyolojik çeşitlilik ve yaşam alanı	22,53	177	-25,21%	19,98	178	22,83	176	22,87	177	22,83	177	23,14	177	23,79	176	26,52	172	27,08	173	28,21	171
	İklim ve Enerji	47,77	101	0%	47,77	101	47,77	101	47,77	101	47,77	101	47,77	101	47,77	101	47,77	101	47,77	101	47,77	101

Kaynak: (Yale University, 2017)

İKİNCİ BÖLÜM

ENERJİ KAYNAKLARI VE SÜRDÜRÜLEBİLİR ÇEVREYE ETKİLERİ

Sanayileşme, bir ülkenin büyümesinde ve kalkınmasında en önemli koşullardan biri olarak görülmektedir. Enerji ise sanayi sektörünün en önemli stratejik ve en temel girdilerinden biri olma niteliğindedir. Özellikle gelişmekte olan ülke ekonomilerinde enerjinin, tüketim miktarı ve kullanım alanları her geçen gün artmaktadır. Karar alıcıların, ülke ekonomisinin gelişimi için toplumun talep ettiği enerjiyi kesintisiz, güvenilir, temiz ve uygun maliyetle temin edilmesini sağlayacak politikalar geliştirmesi gerekmektedir (Mahmutoğlu, 2013, s. 10).

Ekonomik kalkınmanın temel girdilerinden biri olan enerjinin elde edilmesi, taşınması ve tüketimi sırasında karşılaşılan en önemli sorunların başında çevrede oluşan tahribat gelmektedir. Enerji kaynakları, özelliklerine göre çeşitli şekillerde çevre sorunlarına neden olmaktadır. Bu kaynakların bazıları çevre üzerinde daha az baskı oluştururken bazı kaynaklar sürdürülemez boyutta ekosistem üzerinde kirlilik oluşturmaktadır.

2.1. FOSİL YAKITLAR

Fosil yakıtlar, organik kalıntıların, çok uzun yıllar yüksek basınç ve sıcaklığın etkisiyle kömür, petrol ya da doğal gaz vb. hidrokarbon türevlerine dönüşmesiyle oluşmaktadır. Sanayi devriminden sonra bu yakıtlar, bol ve kullanışlı olmaları, yoğun enerji içermeleri, üretim maliyetlerinin düşük olması nedeniyle en çok tercih edilen enerji kaynağı olmuştur. Ancak bu kaynaklar doğada sınırlı miktarda bulunduğundan giderek tükenmektedir ve bu kaynakların tekrar oluşumu için çok uzun süreye ihtiyaç vardır. Bu nedenle fosil yakıtlar, enerji arzında, sürdürülebilir özellikte değildir. İlerleyen yıllarda, bu yakıtların, çevresel kaygılar ve maliyetlerinin giderek artması nedeniyle kullanımının azalacağı öngörülse de alternatif enerji kaynakları yaygınlaşana dek önemini korumaya devam edecektir.

2.1.1. Fosil Yakıt Çeşitleri

Fosil yakıtlar, katı, sıvı, gaz oluşuna göre ya da içeriğindeki hidrokarbon yapısına ve yoğunluğuna göre çeşitli şekillerde sınıflandırılmaktadır. Kömür, petrol ve

türevleri ve doğal gaz en çok kullanılan fosil yakıtlardır. Bu yakıtlar, miktar ve çeşit olarak yeryüzünde eşit bir şekilde dağılmamıştır. Kömür, genel olarak dünyanın birçok bölgesinde çıkarılırken petrol ve doğal gaz belli bölgelerde daha yoğun miktarda bulunmaktadır.

2.1.1.1. Kömür

Kömür, çok eski çağlardan bu yana insanlar tarafından çeşitli amaçlarla kullanıla gelmiştir. Özellikle buhar makinesinin icadıyla birlikte lokomotif ve gemilerde güç üretme amaçlı enerji kaynağı olarak kullanılmaya başlanmıştır. Yeryüzünün birçok bölgesinde yaygın olarak bulunmakta olan kömür, petrol ve türevlerinin yaygınlaşmasıyla birlikte daha ziyade ısınma ve elektrik üretme amaçlı kullanılmaktadır. Bunun haricinde ayrıca demir-çelik ve çimento sanayisinde ve endüstriyel amaçlı kullanılmaktadır. Günümüzde de en çok kullanılan enerji kaynaklarından biri olma özelliğini devam ettirmektedir.

Kömür, sedimanter kökenli, içerisinde hidrokarbon türevlerini barındıran ve yanıcı özelliğe sahip organik bir kaya türü olup homojen olmayan, kompakt, çoğunlukla lignoselülozik bitki parçalarından meydana gelen, tabakalaşma gösteren ve diğer kaya tabakalarının arasında damar halinde bulunan, içerisinde çoğunlukla karbon, az miktarda hidrojen-oksijen-kükürt ve azot elementlerinin bulunduğu, bunun yanında kil ve silt türü inorganik maddelerin olabildiği, kahverengi ve siyah renk tonlarında, katı fosil organik kütlelerdir. Genellikle bitki kalıntılarının oluşturduğu sedimanter birikinti, jeolojik hareketler sonucunda yerkürenin derinliklerine gömülür. Burada milyonlarca yıllık bir sürede ısı, basınç ve mikrobiyolojik vb. fiziksel ve kimyasal etkilerin sonucunda çeşitli kalori değerlerine sahip kömüre dönüşür. Kömür, yakıt hammaddesi olarak kullanılabilirdiği gibi kok yapımı, kimyasal madde üretimi gibi değişik alanlarda ve değişik amaçlarla da kullanılmaktadır (ETKB, t.y.). Kimyasal içeriğini oluşturan elementlerin değişik oranlarda bir araya gelmesi sonucunda kömürün farklı cinsleri ortaya çıkmaktadır ve bunlar turba, linyit, antrasit ve grafit olarak sınıflandırılmaktadır.

Dünya Enerji Konseyi'nin araştırmalarına göre dünya kanıtlanmış işletilebilir kömür rezervi toplam 892 milyar ton kadardır. Bu rezervin 403 milyar tonu antrasit ve bitümlü kömür, 287 milyar tonu alt bitümlü kömür ve 201 milyar tonu ise linyit kategorisindedir. Dünya Enerji Konseyi tarafından 80 civarında ülkede bulunduğu

raporlanan dünya kömür rezervlerinin en büyük kısmı 237,3 milyar ton ile ABD’de bulunmaktadır. ABD’yi 157 milyar ton ile Rusya Federasyonu ve 114,5 milyar ton ile Çin izlemektedir. Dünya 2015 yılı toplam kömür üretimi dikkate alındığında küresel kömür rezervlerinin yaklaşık 114 yıl ömrü bulunduğu hesaplanmaktadır (ETKB, t.y.). Bunun yanında küresel kömür talebindeki artış önceki yıllara oranla keskin bir şekilde yavaşlamaktadır. Bu yavaşlama özellikle küresel kömür tüketimi çok yüksek olan Çin’in kömürden ziyade daha temiz, daha düşük karbon emisyonuna sahip yakıtları tercih etmesinden ve daha sürdürülebilir bir ekonomik büyüme modeline uyum sağlamaya yönelik politikalara yönelmesinden kaynaklanmaktadır (BP, 2017a, s. 37).

Türkiye’de, 2005 yılından itibaren enerji üretiminde yerli kaynakların payının artırılması ve dışa bağımlılığın azaltılması hedefleri çerçevesinde artan enerji taleplerinin karşılanması amacıyla yeni kömür sahalarının araştırılması ve mevcut sahaların geliştirilmesi çalışmalarına ağırlık verilmiştir. Bu aramalar sonucunda 8,3 milyar ton olan mevcut rezerve ilave olarak 2014 yılı sonu itibarı ile 7,38 milyar ton yeni linyit rezervi tespit edilmiştir. Türkiye, rezerv ve üretim miktarları bakımından linyitte dünya ölçeğinde orta düzeyde, taşkömüründe ise alt düzeyde değerlendirilebilir. Türkiye, toplam dünya linyit/alt bitümlü kömür rezervinin yaklaşık %3,2’sine sahiptir. Bununla birlikte bu linyitlerin büyük kısmının ısı değeri düşük olduğundan, bu linyitler daha ziyade termik santrallerde kullanılmaktadır. Türkiye’de yıllık kömür üretimi, 2005 yılında yaklaşık toplam 86 milyon ton iken 2015 yılında ise yaklaşık toplam 62 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. 2015 yılı sonu itibarıyla 126,9 MTEP olan Türkiye’nin toplam birincil enerji tüketiminde, kömürün payı %27,3’dür. Türkiye’nin 2016 sonu itibarıyla kömüre dayalı santral kurulu gücü ise 17.316 MW olup toplam kurulu gücün %22,1’ine karşılık gelmektedir. Yerli kömüre dayalı kurulu güç 9.437 MW iken ithal kömüre dayalı kurulu güç ise 7.879 MW’dır (ETKB, t.y.).

2.1.1.2. Petrol ve Türevleri

Petrol sözcüğü Latince taş anlamına gelen “petra” ile yağ anlamına gelen “oleum” sözcüklerinden türemiştir. Mezopotamya dillerinde petrol sözcüğü yerine taş yağı ve birden alev alan anlamında “naptu” kelimesi kullanılmıştır, daha sonra bu kelime “nafta” kelimesine dönüşmüştür. Günümüzde ise “petrol” sözcüğü ham petrol, benzin, motorin, gazyağı gibi hidrokarbon türevlerini tanımlamak için kullanılmaktadır (Özsoy, 2016, s. 185). Ham petrolden benzin, motorin, fuel oil türü

yakıt elde edilmektedir. Bu petrol türevi yakıtlar çoğunlukla çevrim, sanayi ve ulaşım sektöründe birincil enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır. Bunun yanında petrol, boya sanayiinde, deterjan sanayiinde, ilaç, gübre, plastik vb. kimyasal madde sanayiinde ham madde olarak da kullanılmaktadır.

Petrol ve gazın yer altında nasıl oluştuğuna ilişkin inorganik ve organik teoriler mevcuttur. Bu teorilerden en çok kabul göreni tüm hidrokarbonların, yaşamını yitirmiş canlı organizmaların ve artıklarının deniz ve göl tabanında birikmesiyle oluşmaya başladığını öne süren görüştür. Buna göre deniz, göl veya akarsularda yaşamını yitirmiş olan bitkisel ve hayvansal organizmalar, akarsuların bu ortamlara taşıdığı kum, kil ve mineral tanecikleri ile birlikte dibe çökerek yığılırlar. Birkaç milyon yıl sonra bu hammadde yüksek sıcaklık ve basınç altında, karbon-hidrojen karışımına dönüşür. Bu karışımın sıvı hali petrolü oluştururken gaz hali doğal gazı meydana getirir. Milyonlarca yıl süren yer tabakalarının hareketi, petrolün, oluştuğu deniz kayaçlarından dışarı çıkmasına yol açar. Yerküre hareketleri sonucunda komşu kayaçlara sızan petrolün bir kısmı yeryüzüne ve deniz diplerine ulaşarak bitüm örtüleri oluşturur. Ancak daha çok kapan adı verilen geçirimsiz sert katmanlarla karşılaşarak kayaçların çatlaklarında ve gözeneklerinde biriken petrol, kararlı bir hâl alır ve yoğunluk sırasına göre katmanlaşarak petrol yataklarını oluşturur (MEB, 2012, s. 5).

Ham petrolün içeriğinde bulunan bileşiklerin çoğu yapısında karbon ve hidrojen atomu içeren hidrokarbon türevlerinden oluşmakla birlikte eser miktarda kükürt, oksijen ve azot içermektedir. Hidrokarbonlar içerdikleri karbon ve hidrojen sayılarına göre küçük ve büyük moleküllerin karışımından oluşmaktadır. Küçük moleküller büyük moleküllere göre daha az sayıda karbon içerir ve daha hafiftir. Moleküller küçüldükçe kaynama noktaları azalır, uçuculukları, yanıcılıkları ve akışkanlıkları da artar. Ham petrolde yer alan hidrokarbonların fiziksel özelliklerindeki bu farklılıklar kullanılarak distilasyon yöntemiyle, farklı sıcaklıklarda farklı ürünleri elde etmek mümkündür. Ham petrol, distilasyon, dönüşüm, işleme, harmanlama vb. süreçlerden geçirilerek rafinerize edilmektedir. Ham petrolün içerisinde hidrokarbonlar çoğunlukta olduğundan, rafinerizasyon yönteminde kullanılan buharlaştırma, fraksiyonlama ve soğutma gibi temel fiziksel işlemler, büyük oranda, bu hidrokarbonların fiziksel özelliklerine göre uygulanmaktadır. Bunun sonucunda benzin, motorin, asfalt türü ürünler elde edilmektedir. Ancak saf ürün elde etmek, sadece distilasyonla mümkün olmadığından yıllar içerisinde yeni teknolojiler

ve metotlar geliştirilmiştir. Bunun yanında ham petrolden, farklı dönüşüm süreçleri uygulanarak petrokimyasal ürünler elde edilmektedir (ÇŞB, 2016, s. 12).

2016 yılı dünya ispatlanmış petrol rezervi 1.706 milyar varil olarak açıklanmıştır. Dünya petrol rezerv ömrü 2016 yılı itibariyle 50,6 yıl olarak hesaplanmaktadır. Birincil enerji kaynakları arasında stratejik konuma sahip olan ham petrol, 2016 yılında dünya enerji talebinin %33,3'ünü karşılamıştır. Petrol rezervinin 110,1 milyar tonu (%47,7) Orta Doğu ülkelerinde, 20,1 milyar tonu (%8,7) Rusya ve Bağımsız Devletler Topluluğu (BDT) ülkelerinde, 16,9 milyar tonu Afrika'da (%7,5) bulunmaktadır. Türkiye, jeopolitik konumu itibariyle dünya ispatlanmış petrol ve doğal gaz rezervlerinin %72'lik bölümüne sahip bölge ülkeleriyle komşu olup enerji zengini Hazar, Orta Asya, Orta Doğu ülkeleri ile Avrupa pazarları arasında doğal bir "Enerji Merkezi"dir. 2030 yılına kadar %40 oranında artması beklenen dünya birincil enerji talebinin önemli bir bölümü Türkiye'nin de içinde bulunduğu bölgenin kaynaklarından karşılanacağı öngörülmektedir (ETKB, t.y.).

Türkiye'nin 2016 yılı üretilebilir petrol rezervi 341,6 milyon varil olarak kaydedilmiştir. Mevcut üretim miktarı dikkate alındığı ve yeni keşifler yapılmadığı takdirde, kalan üretilebilir ham petrol rezervinin yaklaşık 18,8 yıllık ömrü bulunmaktadır. Türkiye'deki petrol sahalarının %7'lik kısmı, 25 milyon varil rezervden daha büyük olup geriye kalan %93'lük rezerv 25 milyon varilden azdır. Türkiye'de keşfedilmiş petrol sahaları küçük saha ve orta saha sınıfında olup büyük saha sınıfına giren 500 milyon varilden büyük saha bulunmamaktadır. Mevcut sahaların büyük çoğunluğu ise yaşlı sahalar olup bu sahaların kuyu verimliliği giderek düşmektedir. 2016 yılında, Türkiye'de günlük ortalama 49 bin varil/gün (v/g) ham petrol üretimi yapılmış olup buna karşılık 550 bin v/g ham petrol tüketilmiştir. 501 bin v/g düzeyinde ham petrol ithalatı, 303 bin v/g düzeyinde ise işlenmiş ürün ithalatı gerçekleştirilmiştir. 2016 yılında, yerli ham petrol üretiminin, toplam tüketime oranı %5,8 olarak gerçekleşmiştir. Buna göre 2016 yılı itibariyle Türkiye'nin petrolde ithalata bağımlılık oranı %93,6'dır (TPAO, 2017, s. 32, 34).

2.1.1.3. Doğal Gaz

Yer altından çıkarak yanan doğal gaz, ne olduğu anlaşılana kadar insanlar için gizemini korumuştur. Gaz sızıntılarının, şimşek çakması vb. nedenlerle yanmaya başlaması insanlar tarafından hayret ve şaşkınlıkla karşılanmış ve bu olaylar, pek çok

batıl inancın kökenini oluşturmuştur. Çinliler, M.Ö. 500 yıllarında doğal gazdan yararlanmaya başlamışlardır. Gaz sızıntılarının bulunduğu alanları belirleyerek bambulardan yaptıkları boru hatlarıyla gazı çeşitli bölgelere taşımışlardır ve deniz suyunu ısıtarak tuzundan arındırıp içme suyu elde etmişlerdir. 1891'den itibaren doğal gaz, boru hatlarıyla taşınmaya başlanmıştır (Beşergil, 2007, s. 133).

Petrol sondajı sırasında açığa çıkan doğal gaz, 20. yüzyılın ikinci yarısına kadar ekonomik olarak değerlendirilmemiş ve daha ziyade kuyularda yakılarak imha edilmiştir. Ancak bu uygulama hem enerji kaybına hem de sera gazı emisyonlarının artmasına ve dolayısıyla hava kirliliğine neden olmuştur. 1970'li yıllarda dünya petrol krizinin yaşanması ve çevre sorunlarının gündeme gelmesi ile birlikte krizi aşmak ve daha temiz enerji kaynaklarına yönelmek amacıyla doğal gaz kullanımı giderek yaygınlaşmıştır. Günümüzde doğal gaz, evlerde, iş yerlerinde, sanayide, elektrik üretiminde, vb. alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Erdoğan S. , 2016, s. 55).

Doğal gaz, genelde yer altında ham petrol yataklarına yakın yerlerde bulunmakla birlikte petrol yataklarından bağımsız olarak da bulunabilmektedir. Doğal gazın oluşumu da ham petrolün oluşumuna benzer süreçlerden geçerek gerçekleşmektedir. Doğal gaz, ham petrolün oluşumunda olduğu gibi biriken organik yapıların uzun yıllar boyunca çamur ve diğer sedimentler tarafından kaplanmasıyla oluşur. Biriken organik partiküllerdeki karbon-karbon bağları, maruz kalınan yüksek basınç ve çok yüksek sıcaklıklar nedeniyle zamanla koparak metan (CH₄), etan (C₂H₆), propan (C₃H₈) türü daha küçük molekül yapıları hidrokarbonlara dönüşür. Doğal gazın sahip olduğu enerji, içerdiği hidrokarbonların tür ve miktarlarına göre değişir. Hidrokarbon türü gazların yapısında ne kadar çok karbon atomu varsa yandığında elde edilen enerji miktarı da o kadar yüksek olmaktadır. Doğal gaz, havadan hafif, yanıcı, renksiz, kokusuz ve tatsız özelliktedir. Genelde kaynağından çıkarıldığı haliyle herhangi bir işleme tabii tutulmadan kullanılabilen doğal gaz, boru hatları ile veya sıvılaştırılmış doğal gaz (Liquified Natural Gas-LNG) şeklinde tankerlerle taşınır. Doğal gaz; kömür, petrol ve diğer fosil yakıtlara göre daha temiz bir yakıt türü olup kolay ve kalıntı bırakmadan yanar. Bu nedenle doğal gazın, hava kirliliğine neden olabilecek zararlı gaz emisyonları çok düşüktür (Beşergil, 2007, s. 134-135).

Dünya doğal gaz rezervleri, 2016 yılında 186,6 trilyon m³ olarak kaydedilmiştir. Küresel doğal gaz üretimi, 2016 yılında, 3,55 trilyon m³ olarak gerçekleşmiştir. 2016 yılı için küresel rezerv ömrünün 52,5 yıl olduğu hesaplanmaktadır. 2016 yılında küresel doğal gaz talebi, bir önceki yıla göre %1,5

artarak 3,5 trilyon m³ olarak gerçekleşmiştir. Türkiye’de ise 2015 yılında 48,8 milyar m³ doğal gaz tüketilmiş ve bu miktarın ancak %0,8’i (399 milyon m³) ülke içi üretimle karşılanmıştır. Tüketilen doğal gazın yaklaşık %50’si ise elektrik üretiminde kullanılmıştır. Türkiye’nin 2008 yılında 1 milyar m³’e kadar çıkan doğal gaz üretimi, 2016 yılında, 367 milyon m³’e düşmüştür ve bu yılda yerli doğal gaz üretiminin tüketime oranı %0,8 olarak gerçekleşmiştir. Buna göre Türkiye’nin, doğal gazda ithalata bağımlılık oranı %99,2’dir (TPAO, 2017, s. 18-22, 32-33).

2016 yılı sonu itibarı ile Türkiye’nin kalan üretilebilir doğal gaz rezervi 18,7 milyar m³’tür. Elektrik enerjisi üretiminde doğal gaza dayalı kurulu güç 2016 yılı sonu itibarıyla 22.217 MW olup bu miktar toplam kurulu gücün %28,3’ünü karşılamaktadır. Türkiye’nin doğal gaz arz-talep dengesine ilişkin olarak özellikle gaz talebinin yoğun olduğu kış aylarında gerek mevsim normallerinin altında seyreden hava sıcaklıkları nedeniyle gaz tüketiminin en yüksek seviyeye ulaşması gerekse aynı dönemde kaynak ülkelerdeki veya güzergâh ülkelerindeki aksamalar, dönemsel arz-talep dengesizliklerine yol açabilmektedir (ETKB, t.y.).

Türkiye, gelişen ekonomisi ile dünyanın önemli enerji tüketicileri arasındadır. 2015 yılında, Türkiye’nin 129,2 MTEP olan birincil enerji talebinin %31’i doğal gazdan, %30’u petrolden, %27’si ise kömürden karşılanmıştır. Türkiye’nin birincil enerji talebinin sektörlere göre dağılımı incelendiğinde tüketimin %23’ü çevrim sektöründe (elektrik üretiminde), %25’i konut ve hizmet sektöründe, %25’i sanayide ve %19’u ulaştırma sektöründe kullanılmıştır. Türkiye’nin enerjide dışa bağımlılığı son on yılın en yüksek düzeyi olan %76 seviyesindedir, birincil enerji talebinin yerli üretimle karşılanma oranı ise 2015 yılı için %24 olarak gerçekleşmiştir. Dışa bağımlılık oranı özellikle 1990’lı yıllardan itibaren ısınma ve elektrik üretiminde doğal gaza yönelimle birlikte önemli bir artış göstermiştir ve 2000’li yılların başından itibaren %70’ler civarında seyretmeye başlamıştır (TPAO, 2017, s. 30-31).

2.1.2. Fosil Yakıtların Çevresel Etkileri

İnsanlar tarafından enerji üretimi için kullanılan hidrokarbon kökenli fosil yakıtların çevre açısından birçok zararları bulunmaktadır. Fosil yakıtların elde edilmesi, kullanılması, taşınması, işlenmesi esnasında yerel, bölgesel, ulusal ve küresel boyutta çevre sorunları ortaya çıkmaktadır. Kömür, petrol ve doğal gazın enerji kaynağı olarak kullanılması sonucunda oluşan atık maddeler çevrede birikerek hava,

toprak ve su kirliliğine neden olmaktadır. Oluşan kirlilik, insan sağlığı, ekosistemler ve küresel iklim üzerinde ciddi ve uzun süreli olumsuz etkiler doğurmaktadır.

Fosil yakıtlardan biri olan kömür, bilinen en eski yakıt türlerindedir. Kömür, en fazla sera gazı salım değerine sahip fosil yakıt türüdür. Günümüzde daha düşük sera gazı emisyonuna sahip yakıtların tercih edilmesine ve sürdürülebilir kalkınma politikalarına bağlı olarak küresel kömür talebindeki artış yavaşlasa da kömür halen önemli bir enerji kaynağı olma özelliğini devam ettirmektedir. Kömürün çıkarılmasından, işlenmesinden ve kullanımından kaynaklı birçok çevre sorunu meydana gelmektedir. Kömürün çıkarılması ve işlenmesi aşamalarında uygulanan yöntemler doğal çevreyi tahrip etmektedir. Bunun yanında kömürün ısınmada ve elektrik üretiminde enerji kaynağı olarak kullanılması sonucunda açığa çıkan karbondioksit, kükürt ve azot oksit türü gazlar, partiküler madde ve diğer katı yanma atıkları kirlilik, küresel ısınma ve asit yağmurları gibi çevre sorunlarına neden olmaktadır. Katı yanma artıklarının uygun şartlarda depolanmaması durumunda bu atıklar, toprağı ve suyu kirletebilmektedir. Kömür, diğer fosil yakıtlara kıyasla daha fazla miktarda toksik ağır metaller ve diğer kimyasal maddeler içermektedir. Kömürün yapısında bulunan selenyum, arsenik, kurşun, demir ve hidrojen sülfid gibi toksik maddeler ile uranyum, toryum gibi radyoaktif maddeler gerekli tedbirler alınmadığı takdirde alıcı ortamlara karışarak su ve toprak ekosistemlerine zarar vermektedir.

Doğal gaz, diğer fosil yakıtlara göre yaklaşık yarı yarıya düşük karbon emisyonu üretmektedir. Buna rağmen, kolay kullanılabilir olması ve diğer yakıtların yerine tercih edilmesi, doğal gaz tüketimini artırmakta ve bu artan tüketime bağlı olarak yine emisyon artışı söz konusu olmaktadır. Bunun yanında diğer bir sera gazı olan metan gazı, doğal gazın çıkarılması ya da taşınması sırasında atmosfere sızarak atmosferdeki sera gazı emisyonlarını yükseltmektedir. Bu durum, doğal gazın avantajlı durumunu olumsuz etkilemektedir.

Petrol ve türevleri, elektrik üretiminde, ısınmada, ulaşımda, işlenmiş ya da işlenmemiş şekliyle hammadde olarak endüstride yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Benzin, motorin, fuel oil gibi petrol türevleri yakıt olarak kullanıldığında ortaya çıkan sera gazları küresel ısınmaya, NO_x ve SO_x gazları ise asit yağmurlarına neden olmaktadır. Bu yakıtların sondajı sırasında meydana gelen sızıntılar toprak ve deniz ekosistemine zarar vermektedir. Ayrıca bu yakıtların yapısındaki ağır metaller toprağı, suyu ve havayı kirletmektedir.

Ekonomik büyüme ve nüfus artışı ile birlikte artan enerji ihtiyacına bağlı olarak artan fosil yakıt kullanımı ve endüstriyel prosesler sonucunda meydana gelen CO₂ emisyonu, 1970 yılından 2010 yılına kadarki dönemde, dünya toplam sera gazı emisyonunun yaklaşık %78'ini oluşturmuştur (IPCC, 2014, s. 5). Türkiye'nin 2014 yılındaki toplam sera gazı emisyonu CO₂ eşdeğeri olarak 467,6 milyon ton hesaplanmıştır. 2014 yılı emisyonlarında CO₂ eşdeğeri olarak en büyük payı, %72,5 ile enerji kaynaklı emisyonlar oluşturmuştur. CO₂ eşdeğeri olarak 2014 yılı toplam sera gazı emisyonu 1990 yılına göre %125 artış göstermiştir. 1990 yılında kişi başı CO₂ eşdeğer emisyonu 3,77 ton/kişi olarak hesaplanırken bu değer 2014 yılında 6,08 ton/kişi olarak gerçekleşmiştir (TÜİK, 2016). Dünya toplam birincil enerji ihtiyacının %80'inden fazlası fosil yakıtlardan karşılanmaktadır (IEA, 2017, s. 6). Bu yakıtların enerji üretim maliyetleri diğer yakıtlara göre düşük olmakla birlikte bu yakıtların enerji kaynağı olarak kullanılmasının çevreye verdiği zararın oluşturduğu negatif dışsal maliyet yüksektir. Bu zararlardan bazıları ekosistem üzerinde kalıcı hasarlar bırakabilmektedir. Fosil yakıtların kullanımından kaynaklanan sera gazlarının neden olduğu küresel ısınma ve iklim değişikliği, öngörülemeyen sonuçlarıyla, dünyanın karşı karşıya olduğu en önemli çevre sorunlarından biri olarak görülmektedir. Fosil yakıtlar, yoğun miktarda enerji içeriyor olsalar da doğada genellikle saf halde bulunmamaktadır. Bu yakıtlar, kullanım öncesinde çeşitli işlemlere tabi tutularak rafine edilmektedir. Rafinerizasyon sonucunda oluşan atıkların bertaraf edilmesi ekonomik açıdan maliyetli olmakta, çevre ve insan sağlığı için tehdit oluşturmaktadır. Ayrıca bu yakıt rezervleri sınırlı olup tükenebilir kaynaklardır ve doğal yollarla yeniden oluşmaları milyonlarca yıllık bir süreci gerektirmektedir.

2.2. NÜKLEER ENERJİ

1879 yılında uranyumun keşfi ile başlayan ve 1934 yılında atomun kontrollü bir şekilde parçalanması ile devam eden süreçte, günümüzdeki nükleer teknolojinin temelleri atılmıştır. Nükleer çalışmalar önce askeri savunma alanında başlamıştır. İlerleyen yıllarda ABD ve Rusya başta olmak üzere birçok ülke, nükleer enerjiden fisyon yoluyla açığa çıkan ısı enerjisini elektrik enerjisine dönüştürecek sistemler geliştirmiştir (ETKB, t.y.). 1950'li yıllardan itibaren ABD, İngiltere, Rusya, Fransa, Almanya gibi ülkelerde nükleer enerjiden elektrik enerjisi üretilmeye başlanmıştır. Günümüzde dünya toplam birincil enerji ihtiyacının karşılanmasında nükleer enerjinin

payı yaklaşık %5'tir (IEA, 2017, s. 6). Nükleer enerji, santrallerde elektrik enerjisine dönüştürülerek kullanılmaktadır. 2015 yılı itibariyle dünya toplam elektrik enerjisi arzının yaklaşık %11'i nükleer enerjiden karşılanmıştır (WEC, 2016).

Nükleer enerji uranyum, plütonyum gibi ağır radyoaktif atomların parçalanması (filyon) ya da hidrojen gibi hafif atomların birleşmesi (füzyon) sonucunda açığa çıkan bir enerji türüdür. Filyon reaksiyonlarında, atom çekirdeği ağır ve kararsız olan uranyum ve plütonyum gibi atomlar, nötron adı verilen atom parçacıkları ile bombardıman edilir. Bu bombardıman sonucunda büyük atomlar; baryum, sezyum, kripton gibi daha küçük atomlara parçalanırken aynı zamanda yoğun bir enerji açığa çıkar. Günümüzdeki nükleer santral teknolojisi, filyon temellidir. Füzyon reaksiyonlarında ise hidrojen atomu veya izotopları olan döteryum, trityum gibi hafif radyoaktif atom çekirdekleri birleşerek helyum gibi daha ağır atom çekirdeklerine dönüşür. Bu reaksiyonlar sonucunda, filyon reaksiyonlarına göre çok daha yoğun enerji elde edilir.

Füzyon reaktörleri ile ilgili çalışmalar devam etmektedir. Bu çalışmalarda, nispi teknik kolaylığı nedeniyle döteryum-trityum füzyonu öncelikli hedef alınmaktadır. Döteryum dünya denizlerinde bol miktarda bulunmaktadır, trityum ise doğada bulunmamaktadır. Denemeler devam etmekle birlikte füzyon enerjisinin barışçıl amaçlarla kullanımı teknik olarak henüz denetim altına alınamamıştır ve yakın bir gelecekte de mümkün görünmemektedir (Yarman, 2012, s. 69-70). Füzyon reaksiyonları, güneşte devamlı olarak ve doğal yollarla meydana gelmektedir. Güneşten gelen ısı ve ışığın kaynağı, güneşin yapısındaki hidrojen atomlarının yüksek sıcaklığın etkisiyle birleşerek helyum atomunu oluşturması ile açığa çıkan enerjidir. Güneş enerjisi aynı zamanda dünyadaki birçok enerjinin de kaynağını oluşturmaktadır.

Günümüzde nükleer enerji, fosil yakıtlara göre daha düşük sera gazı salımı yapması, rezerv yaygınlığı ve çokluğu, taşınmasının ve depolanmasının kolay olması, enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi, sürekli ve kesintisiz olması, rekabet edilebilir enerji üretim maliyetleri ve enerji arz güvenliği bakımından önemli avantajlara sahiptir. Bununla birlikte nükleer santrallerde yaşanan kazaların etkilerinin yıkıcı olması ve geniş alana yayılması, santral kurulumunun maliyetli oluşu ve yüksek teknoloji gerektirmesi, nükleer yakıt artıklarının taşıdığı riskler, nükleer santrallere yönelik sabotaj ihtimali ve güvenlik sorunları, nükleer enerjinin dezavantajlı yönlerini oluşturmaktadır.

2.2.1. Nükleer Yakıtlar

Uranyum elementi temel nükleer yakıt hammaddesi olup nükleer güç santrallerinde termonükleer enerji elde etmek amacıyla yakıt olarak kullanılmaktadır. Uranyum, doğada hiçbir zaman serbest halde bulunmayıp çeşitli elementlerle birleşmiş olarak uranyum mineralleri şeklinde bulunur. Bu haliyle doğadaki uranyumun %0,71'i, bölünebilme yeteneğine sahip (fisil) uranyum-235 izotopu içermektedir. Doğal uranyumlu yakıt, ağır su (döteryum-hidrojenin bir izotopu) ile soğutulan reaktörlerde kullanılmaktadır. Hafif su ile soğutulan reaktörlerde ise zenginleştirilmiş uranyum yakıtı kullanılmaktadır. Zenginleştirilmiş uranyum, doğal uranyum içindeki uranyum-238'in çeşitli işlemlerden geçirilerek Uranyum-235 izotopuna dönüştürülmesi ve doğal uranyum içerisindeki uranyum-235 oranının artırılmasıyla elde edilir (TAEK, 2009). Uranyum, dünyada bol miktarda ve yaygın olarak bulunan, kolayca ve ucuzca taşınabilen konsantre bir enerji kaynağıdır. Bir kg uranyum, bir kg taş kömürüne göre yaklaşık 20.000 kat daha fazla enerji vermektedir (DEK-TMK, 2014, s. 273). Günümüzde genellikle 80 dolar/kg'ye mal edilen görünür rezervlerden uranyum üretilmektedir. Dünyada bu şekilde hesaplanan 2,60 milyon ton görünür uranyum rezervi vardır. Türkiye'de 5 yatakta toplam 9.129 ton görünür uranyum rezervi tespit edilmiştir. Ancak bu rezervler, dünyaca kabul edilen tenör değeri ve üretim maliyeti bakımından ekonomik görülmemektedir (ETKB, t.y.).

Nükleer yakıtlardan biri de toryumdur. Toryum, fisil bir madde olmadığı için tek başına nükleer yakıt olarak kullanılamamaktadır. Nükleer yakıt olarak kullanılabilmesi için fisil izotoplar olan uranyum-235 veya plutonyum-239 ile birlikte kullanılmalıdır. Toryumun nükleer yakıt olarak kullanılması ile ilgili çalışmalar devam etmekte olup günümüzde toryumla çalışan ticari ölçekli nükleer reaktör bulunmamaktadır (TAEK, 2009). Türkiye toryum rezervleri bakımından zengin olup Eskişehir-Sivrihisar-Kızılcaören yöresinde ortalama 380.000 ton görünür toryum rezervi tespit edilmiştir. Ancak, bu sahadaki toryumun zenginleştirilmesiyle ilgili teknolojik sorunlar henüz tam olarak çözülememiştir (ETKB, t.y.).

2.2.2. Nükleer Santraller

Nükleer santraller, fisyon reaksiyonları ile elde edilen termonükleer enerjiyi, elektrik enerjisine çeviren sistemlerdir. Bu santrallerde, diğer konvansiyonel enerji

santrallerindekine benzer proseslerle elektrik enerjisi üretilmektedir. Diğer tür santrallerden farkı, bu santrallerde birincil enerji kaynağı olarak nükleer yakıt kullanılmaktadır. Uranyum gibi nükleer yakıtların fisyon reaksiyonları ile santral reaktöründe parçalanması ile çok yoğun ısı enerjisi açığa çıkar. Açığa çıkan yüksek ısı, çeşitli dönüşümlerden geçirilerek suyun buharlaştırılmasında kullanılır. Oluşan basınçlı buhardan türbin-jeneratör yardımıyla elektrik üretilir.

Nükleer santraller genel olarak kullandıkları yakıtta, moderatöre, soğutucuya ve nötron kaynaklarına göre sınıflandırılmaktadır. Nükleer Santraller ile fosil yakıt kullanılan termik santraller arasındaki en büyük fark, ısı kaynağıdır. Isı kaynağı, nükleer santrallerde reaktördeki fisyon enerjisi iken konvansiyonel termik santrallerde petrol ve türevleri, kömür veya doğal gazdır. Kurulu gücü 1000 MWe olan bir konvansiyonel termik santral için yakıt cinsine göre yıllık 2.200.000 ton kömür, 1.400.000 ton petrol, 1.000.000 ton doğal gaz gerekirken aynı kurulu güçteki bir nükleer santral için yıllık sadece 30 ton yakıt yeterlidir (Sarıcı, t.y., s. 3). 2015 yılı itibariyle dünya genelinde işletilen 441 nükleer santralin toplam kurulu gücü 382,9 GW'dir, yapımı devam eden nükleer santral sayısı 67 olup 7 nükleer santral ise kalıcı olarak kapatılmıştır (IAEA, 2015, s. 144).

Nükleer santraller baz yük santrallerdir ve günün 24 saati çalışabilir. Rüzgâr, güneş ve hidroelektrik gibi yenilenebilir enerji kaynakları ile çalışan santrallerin çalışma süresi iklim ve meteorolojik koşullara bağlıdır. Baz yük olan nükleer santraller, yılın 8766 saatinin 8000 saati çalışabilir. Buna karşın hidroelektrik santraller 4000 saat, rüzgâr türbinleri 3000 saat, güneş enerjili sistemler 2500-3000 saat çalışmaktadır. Nükleer santrallerin kapasite faktörü %90 iken yenilenebilir enerji kaynaklarında ise %30-40 civarındadır. Nükleer santrallerin işletme ömrü 60 yıl iken rüzgâr ve güneş sistemlerinin ömrü 20-25 yıl arasındadır (ETKB, 2016a, s. 5).

Nükleer güç reaktörleri, yeniden işleme, atık işleme tesisleri veya kullanılmış yakıt depolama tesisleri gibi nükleer tesisler, radyoaktif kirlilik oluşturabilecek, çevreye ve insan sağlığına zarar verebilecek miktarlarda yüksek radyoaktivite içerirler. Özellikle nükleer güç reaktörleri, fisyon işlemi sonucunda yüksek miktarlarda radyoaktivite ortaya çıkardığı için meydana gelebilecek herhangi bir kaza durumunda, insan ve çevre üzerinde büyük ve kalıcı hasarlar oluşturabilecek potansiyele sahiptir (TAEK, 2010a). İngiltere'deki Windscale (1957), ABD'deki Three Mile Island (1979), Rusya'daki Chernobly'de (1986) yaşanan nükleer santral kazaları bunlardan bazılarıdır. Nükleer kazaların ortaya çıkardığı radyoaktif kirlilik, bölgesel düzeyde

etkili olabildiği gibi kazanın büyüklüğüne göre daha geniş çaplı ve yıkıcı olabilmektedir. Chernobly'deki nükleer kaza, Türkiye'nin de içinde bulunduğu etraftaki birçok ülkeyi etkilemiştir. En son, deprem sonrası meydana gelen tsunami nedeniyle Japonya'daki Fukuşima (2011) nükleer santralinde yaşanan kaza, nükleer enerjiye karşı güvenlik kaygılarını yeniden gündeme getirmiştir. Nükleer güvenlik açısından tüm radyoaktif faaliyetler sırasında insan ve çevrenin, radyasyonun zararlı etkilerine karşı korunması gerekmektedir.

2.2.3. Türkiye'de Nükleer Santrallerin Geleceği

Türkiye enerji ihtiyacında dışa bağımlı bir ülkedir. Mevcut doğalgaz ve petrol rezervleri, ihtiyacının çok altındadır. Kömür rezervleri ise daha çok kalorisi düşük linyit yataklarından oluşmaktadır ve ihtiyaç duyulan enerji miktarını karşılamaktan uzaktır. Türkiye'nin birincil enerji ihtiyacında dışa bağımlılık oranı %75'in üzerindedir ve bu ihtiyacın yerli kaynaklardan karşılanma oranı 2015 yılı için %24 olarak gerçekleşmiştir. Bu durum enerji arz güvenliği açısından sürdürülebilir olarak değerlendirilmemektedir. Enerji arz güvenliğinin yanında ayrıca cari açığın önlenmesi, enerjide fiyat istikrarı, istihdamı artırma, nükleer teknoloji transferi, dış politikada daha etkin olma, daha güçlü bir milli savunma ve çevrenin korunması gibi gerekçeler, Türkiye'yi nükleer enerji seçeneğine yöneltmiştir.

Türkiye'nin gerçekleşen ekonomik büyümesine paralel olarak elektrik talebinde hızlı bir artış gerçekleşmiştir. Bu artış sonucunda, Türkiye'nin elektrik talebi 2015 yılı sonu itibariyle yaklaşık 268,8 milyar kWh'ye ulaşmıştır ve toplam birincil enerji talebinin %42'si elektrik üretimi için kullanılmıştır. Önümüzdeki 10 yıl boyunca da ekonomik büyümeye paralel olarak enerji talebinin artacağı öngörülmekte olup enerji talebinin, 2022 yılında düşük tahminde yaklaşık 425 milyar kWh'ye, yüksek tahminde ise yaklaşık 470 milyar kWh'ye ulaşması beklenmektedir (ETKB, 2016a, s. 2; TEİAŞ, 2014, s. 2; TPAO, 2017, s. 7).

Türkiye'nin elektrik enerjisi talebine yönelik, 12 Mayıs 2010 tarihinde, Türkiye ile Rusya arasında Mersin-Akkuyu Sahası'nda nükleer santral kurulmasına ve işletimine ilişkin anlaşma imzalanmıştır. Anlaşma çerçevesinde Mersin-Akkuyu nükleer santralının ilk ünitesinin 2022 yılında ticari olarak işletilmeye başlanması hedeflenmektedir. Diğer üniteler ise birer yıl arayla işletilmeye başlanacaktır. Bu proje kapsamında her biri 1.200 MWe'lik toplam dört adet reaktör inşa edilecek olup proje

tamamlandığında tesisin toplam kurulu gücü 4.800 MWe olacaktır. Santralden yılda yaklaşık 35 milyar kWh elektrik üretilmesi planlanmaktadır ve bu santralin 60 yıl süreyle hizmet vereceği hesaplanmaktadır. Türkiye'nin bir diğer nükleer santral projesi ise 03 Mart 2013 tarihinde Japonya ile imzalanan anlaşma uyarınca Sinop'a toplam 4.500 MWe gücünde 4 adet nükleer reaktör kurulması ile ilgilidir. Bu proje ile ilgili fizibilite çalışmaları 01 Temmuz 2015 tarihinde başlamış olup 18 ay sürecektir. Sinop nükleer santrali için proje şirketi kurulması ile ilgili çalışmalar devam etmektedir. Bu santralin ünitelerinin ise sırasıyla 2023, 2024, 2027 ve 2028 yıllarında işletilmeye başlanması planlanmaktadır (ETKB, 2016a, s. 14-15, 18).

Hızla artan elektrik talebini karşılamak ve ithalat bağımlılığından kaynaklı riskleri azaltmak amacıyla Türkiye'de, 2023 yılına kadar 2 nükleer güç santralının devreye alınması ve 3. santralin inşasına başlanması planlanmaktadır. Akkuyu'da ve Sinop'ta kurulacak nükleer santraller dikkate alındığında bu santrallerden yılda yaklaşık 80 milyar kWh elektrik üretilmesi hesaplanmaktadır. Türkiye'nin elektrik enerjisi arz ve talep projeksiyonlarına bağlı olarak 2025 yılına kadar, nükleer enerji santrallerinin, elektrik enerjisi üretimi içerisindeki payının en az %5 seviyesine ulaşması hedeflenmektedir (ETKB, 2016a, s. 24-25).

2.2.4. Nükleer Santrallerin Çevresel Etkileri

Çevre ve insan sağlığı açısından güvenilir, ekonomik bakımdan düşük maliyetli enerji elde etme, sürdürülebilir kalkınmanın önemli bir yönünü oluşturmaktadır. Enerji kaynaklarının çevresel etkilerine, bu etkilere yönelik çevreci politikalara ve gelişen kamuoyu duyarlılığına rağmen, dünya enerji talebinin hızla artması beklenmektedir. Ancak, fosil kaynakların tükenbilir oluşu ve bunların çevre için olumsuz etkileri dikkate alındığında enerji talebini karşılamada, enerji kaynaklarının devamlılığını sağlamak ve bu alanda sürdürülebilir kalkınmayı gerçekleştirmek daha fazla önem arz etmektedir. Bu bağlamda, başta çevre ve sağlık etkileri olmak üzere değişik yönlerden fosil enerji kaynakları ile karşılaştırıldığında nükleer enerjinin elektrik ve ısı üretimi için kullanımının önemli avantajları bulunmaktadır (TAEK, 2010b, s. 70-72).

Nükleer enerji, havayı kirletmeyen ve sera gazı salımı yapmayan bir enerji türüdür. Cevher madenciliği ve nükleer santral inşası da dahil olmak üzere nükleer yakıt çevriminin tüm aşamalarında, üretilen kWh elektrik enerjisi başına, 2,5-5 gram

arası karbon salındığı öngörülmektedir. Bu miktar, yenilenebilir enerji kaynakları tarafından salınan miktarlara yaklaşık olarak eşit olup mevcut fosil yakıtlar arasında en temizi olarak değerlendirilebilecek doğal gaz santrallerine oranla 20 ila 75 kat arası daha düşüktür. Nükleer enerjinin kullanımı ile fosil yakıtlı santrallerden kaynaklanan, asit yağmurları ve solunum yolu hastalıkları ile ilişkilendirilen NO_x ve SO_x gibi hava kirletici gaz ve partiküler madde salınması engellenmektedir. Fosil yakıt kaynaklarıyla karşılaştırıldığında birim elektrik üretimi başına ortaya çıkan katı atık miktarı nükleer yakıt kaynakları için çok daha düşük olup bu miktar, güneş enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarındakine denktir (TAEK, 2010b, s. 74-75). Bunun yanında nükleer santrallerin çevresel maliyeti yüksek olabilmektedir. Mevcut teknoloji ile uranyum madeninin çıkarılması, işlenmesi ve zenginleştirilmesi sırasında yüksek miktarda atık madde ve sera gazı meydana gelmektedir. Harcanan enerjiye karşılık elde edilen net enerji düşük olmaktadır (Barlas, 2013, s. 148). Nükleer enerjide çevre açısından en riskli durumları, reaktör kazaları, nükleer yakıt artıkları ve soğutma amaçlı kullanılan atık sular oluşturmaktadır. Kaza ya da sabotaj durumunda ortaya çıkan radyoaktif kirlilik, geniş bir alanda, kalıcı ve yıkıcı bir etki oluşturabilmektedir. Bunun yanında oluşan nükleer yakıt artıkları az miktarda olmakla birlikte yüksek seviyede radyasyon içermekte ve uzun süre bozunmadan kalabilmektedir. Bu durum, insan sağlığı ve çevre açısından yüksek risk oluşturmaktadır. Bu atıkların bir kısmı işlenerek geri kazanılabilmekte ve yakıt olarak tekrar kullanılabilir. Geriye kalan atıklar ise 8-10 yıl süre ile su havuzlarında bekletilmekte, daha sonra kalıcı depolama tesislerine aktarılmaktadır. Ancak deprem, tsunami gibi jeolojik veya atmosferik olaylar radyoaktif atıkların hava, toprak, yer altı ve yer üstü sularına karışmasına neden olabilmektedir. Bu atıkların kalıcı olarak güvenli bir şekilde saklanabileceği jeolojik depolama tesisleri ile ilgili çalışmalarda henüz devam etmektedir. Nükleer santrallerin neden olduğu bir diğer kirlenme de nükleer reaktörleri ve radyoaktif atıkları soğutma ya da yakıt zenginleştirme amaçlı kullanılan suyun, çeşitli nedenlerle alıcı ortamlara karışması durumunda oluşan radyoaktif kirlilik ve termal kirliliktir.

2.3. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI

Enerjiye olan talep, ülkeden ülkeye değişmekle birlikte her geçen gün artmaktadır. Buna bağlı olarak enerji talebini karşılamak amacıyla ülkelerin enerji yatırımları da giderek artmaktadır. Artan enerji talebinin hidrokarbon kökenli ve

nükleer kökenli enerji kaynaklarından karşılanması çevresel sürdürülebilirlik açısından ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Ayrıca hidrokarbon kökenli yakıt kaynakları sınırlıdır ve yeniden oluşumları çok uzun zaman istemektedir. Küresel ısınma ve iklim değişikliği, asit yağmurları, hava, toprak ve su kirliliği gibi çevre sorunlarına yönelik geliştirilen politikalar, çevre için daha az tehdit oluşturan alternatif enerji kaynaklarına yönelimi gündeme getirmiştir. 1970'lerdeki petrol krizi ile birlikte enerji arz güvenliğine yönelik ortaya çıkan endişeler de bu yönelimi hızlandırmıştır. Bu anlamda çevreye ve enerji arz güvenliğine yönelik kaygıları gidermede yenilenebilir enerji kaynakları önemli bir alternatif oluşturmaktadır. Bu kaynaklar hem çevreye daha az zarar vermekte hem de ülkelerin kendi öz kaynaklarından elde edilebilmektedir.

Dünyada, rüzgâr, jeotermal, güneş, biyokütle ve atıklar dahil olmak üzere yenilenebilir kaynaklardan elde edilen enerji miktarı, bir önceki yıla göre 2016 yılında %14,1 oranında artarak 419,6 MTEP'e ulaşmıştır. Türkiye'de ise 2016 yılında yenilenebilir kaynaklardan elde edilen enerji miktarı %33,8 oranında artmış olup bu kaynaklardan 5,2 MTEP'lik enerji elde edilmiştir (BP, 2017b, s. 44). Yüksek büyüme oranlarına rağmen yenilenebilir enerji, günümüzde halen küresel enerji ihtiyacının yalnızca küçük bir bölümünü karşılamaktadır (BP, 2017c). Dünyada, özellikle elektrik enerjisi üretiminde, yenilenebilir kaynaklara yöneliş vardır. Bu kaynaklardan elde edilen elektriğin (hidro hariç), küresel elektrik üretiminin yaklaşık %8'ini oluşturduğu tahmin edilmektedir. Bu kaynaklar, bazı ülkeler için enerji ihtiyacını karşılamada önemli rol oynamaktadır. Danimarka, Almanya, İspanya, İtalya ve İngiltere'de elektrik üretiminde yenilenebilir kaynakların payı yüksektir (BP, 2017c).

2.3.1. Jeotermal Enerji

Jeotermal enerji, yerkürenin derinliklerindeki rezervuarlarda ya da çeşitli bölgelerinde birikmiş olan ısının aktarımı ile oluşan sıcak su ya da buhar, sıcak gaz veya kızgın kuru kayalardan elde edilen ısı enerjisidir. Jeotermal enerjinin oluşumunda yerkürenin magmatik yapısı, minerallerin radyoaktif bozunumu ve tektonik hareketlilikler etkilidir. Jeotermal kaynaklar, genellikle deprem fay hatlarının ve volkanik yapıların bulunduğu ana tektonik plaka sınırları boyunca bulunur ve bu kaynakların taşıdığı enerji, volkanlar ve fümeroller, gayzerler ya da kaplıcalar yoluyla yeryüzüne taşınır (EIA, 2016a). Jeotermal kaynaklar yaygın bir kullanım alanına sahip

olup elektrik üretiminin yanı sıra, ısıtma, kurutma, sağlık ve tarım uygulamaları vb. amaçlarla kullanılmaktadır.

Yerkürede depolanan ısı enerjisinin jeotermal tesislerde elektrik üretimi amacıyla kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Jeotermal enerji santrallerinde elektrik üretimi için su, buhar, kuru ısı içeren kayalar gibi yüksek sıcaklıklı termal kaynaklar gerekmektedir. Yüksek sıcaklıklı termal kaynaklar, kuyular açılarak buhar veya sıcak suyun boru hattı ile yer yüzeyine çıkarılması yoluyla kullanılır. Çıkarılan sıcak su ya da buhar, türbin-jeneratör sistemi yardımıyla elektrik enerjisine dönüştürülür.

Jeotermal enerji, rüzgâr veya güneş enerjisinden daha yüksek bir yük faktöründe çalıştığı için daha fazla elektrik enerjisi üretmektedir. 2016 yılında dünyada jeotermal kapasite %3,4 artarak 13,4 GW'ye ulaşmıştır. Kapasite artışındaki en büyük paylar, 190 MW ile Endonezya'ya ve 150 MW ile Türkiye'ye aittir. Bununla birlikte genel olarak küresel enerji üretiminde jeotermal kaynakların payı çok düşük olup %0,3'tür. Ancak Kenya, İzlanda, El Salvador ve Yeni Zelanda gibi bazı ülkelerde bu enerji, önemli bir kaynak oluşturmaktadır (BP, 2016a). Jeotermal enerjiden elektrik üretiminde ilk beş ülke: ABD, Filipinler, Endonezya, Meksika ve Yeni Zelanda'dır. Elektrik dışı kullanım ise 70.329 MWt olup Dünya'da doğrudan kullanım uygulamalarındaki ilk beş ülke ise Çin, ABD, İsveç, Türkiye ve İzlanda'dır. Türkiye coğrafi konumundan dolayı zengin jeotermal kaynaklara sahiptir. Türkiye'nin jeotermal potansiyeli teorik olarak 31.500 MWt olup potansiyel oluşturan alanların %78'i Batı Anadolu'da, %9'u İç Anadolu'da, %7 si Marmara Bölgesinde, %5'i Doğu Anadolu'da ve %1'i diğer bölgelerde yer almaktadır. Türkiye'nin jeotermal kaynaklarının %90'ı düşük ve orta sıcaklıklılıdır. Bu kaynaklar daha ziyade ısıtma, termal turizm, mineral eldesi gibi doğrudan uygulamalar için uygundur. Ayrıca %10'luk kısmı dolaylı uygulamalar (elektrik üretimi) için elverişlidir. Türkiye'de jeotermal uygulamalar ile elektrik üretimine ilk kez 1975'te, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) tarafından kurulan ve 0,5 MWe güce sahip Denizli ilinin Sarayköy ilçesindeki Kızıldere Santrali'nde başlanmıştır. 2017 yılı itibariyle Türkiye'nin toplam jeotermal ısı kapasitesi 15.500 MWt'ye ulaşmıştır (ETKB, t.y.).

Jeotermal enerji; güneş, rüzgâr, hidrolik gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından olup diğer enerji türlerine göre daha az maliyetlidir. İlk saha araştırması, sondajlar, üretime geçiş ve tesislerin kurulma süresi, diğer enerji türü yatırımlarına oranla daha kısadır. Jeotermal enerji, diğer enerjilere kolaylıkla dönüştürülebilir. Fosil ve nükleer kaynaklı enerji üretimlerine oranla çevreye verdiği

zarar ve sera gazı emisyonları oldukça düşüktür. Bununla birlikte bazı jeotermal akışkanlar, bileşimlerinden ve asiditelerinden kaynaklı olarak kabuklaşma ve korozyona neden olabilmektedir (Canik, Çelik, & Arıgün, 2000, s. 8, 53-55).

Jeotermal enerji santralleri, benzer kapasitedeki fosil yakıt santrallerine göre asit yağmuruna neden olan sülfür bileşiklerini %97 daha az, karbondioksiti ise yaklaşık %99 daha az salmaktadır (EIA, 2016b). Bununla birlikte jeotermal ısı kaynağının yer yüzeyine çıkarılması için yapılan sondaj çalışmalarında veya taşınması amacıyla iletim borularının döşenmesi sırasında ya da santral kurulum inşaatında fiziki çevre zarar görebilmektedir ve bu durum o bölgedeki bitki ve yaban hayatını olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Akışkan sıvıların içerisindeki tortular fiziksel kirlilik oluşturabilmektedir. Bunun yanında açığa çıkan akışkan sıvıların ya da tortuların içerisinde bulunabilen cıva, bor, tuz, florür veya arsenik gibi maddeler toprak, yer altı veya yer üstü sularına karışarak kimyasal kirliliğe neden olabilmektedir. Bunu önlemek amacıyla kullanılan akışkanın re-enjeksiyon yöntemiyle tekrar jeotermal kaynağa gönderilmesi hem kaynağın sürdürülebilir kullanımı hem de çevre kirliliğinin önlenmesi bakımından önemlidir. Ayrıca çıkan jeotermal kaynak sularının soğutulmadan alıcı ortamlara verilmesi termal kirlilik oluşturmaktadır. Jeotermal kaynakların sondajı ya da iletimi sırasında, kaynağın yapısında bulunabilen hidrojen sülfür, karbondioksit ve metan gibi gazlar atmosfere karışarak hava kirliliğine ve karbon emisyonlarının artmasına neden olabilmektedir.

2.3.2. Rüzgâr Enerjisi

Güneş'ten dünyaya saatlik olarak 100 milyar MW'lik bir enerji ulaşmaktadır ve bu enerjinin yaklaşık %2'lik kısmı rüzgâr enerjisine dönüşmektedir (Öztürk, 2013, s. 175). Rüzgâr, havanın atmosferdeki doğal hareketleridir ve yeryüzünün güneş tarafından düzensiz olarak ısıtılmasından kaynaklanmaktadır. Dünya yüzeyi toprak ve su ile kaplıdır, bu yüzeylerin ışığı soğurma ve yansıtma katsayıları birbirinden farklı olup güneşten gelen ışınları farklı miktarlarda soğururlar. Bunun sonucunda bölgeler arasında sıcaklık farkları meydana gelir. Bölgeler arasındaki bu sıcaklık farkına bağlı olarak oluşan alçak ve yüksek basınç bölgeleri arasında hava hareketleri meydana gelir. Yüksek basınç bölgelerinden alçak basınç bölgelerine doğru hareket eden birbirine komşu hava kütleleri, rüzgârı meydana getirir. Basınç merkezleri arasındaki basınç farkı büyüdükçe rüzgârın esiş hızı artar. Enerji elde etmede rüzgârın hızı kadar

esiş yönü de önemlidir. Basınç merkezlerinin yeri, yeryüzü şekilleri ve dünyanın kendi etrafındaki dönüş hareketleri rüzgârın esiş yönünü etkiler.

Rüzgâr enerjisinin kullanımı milattan önceki yıllara dayanmaktadır. Bu dönemlerde su pompalama, sıkıştırma, yağ çıkarma ya da tahıl öğütme amacıyla rüzgâr enerjisinden yararlanılmıştır. Rüzgâr enerjisinden elektrik üretimi ilk olarak 1891 yılında Danimarkalı bilim insanı Profesör Paul La Cour tarafından gerçekleştirilmiştir. 1970’li yıllara kadar petrol ve türevlerinden elde edilen enerjinin ucuz olması nedeniyle diğer yenilenebilir enerji kaynaklarında olduğu gibi rüzgâr enerjisi alanındaki teknolojik ilerlemeler de yavaş olmuştur. 1970’li yıllarda yaşanan petrol krizi ile birlikte enerji arzında çeşitliliği ve güvenliği sağlamak amacıyla yeniden yenilenebilir enerji kaynaklarına dönüş olmuştur ve 1980’li yıllardan itibaren rüzgâr enerjisine yapılan yatırımlar giderek hız kazanmıştır. Türkiye’de ise genel kullanıma yönelik ilk rüzgâr elektriği üretimi, 1996 yılında İzmir-Çeşme Altinyunus tesislerinde kurulan 55kW’lik rüzgâr santrali ile başlamıştır. Türkiye’de uluslararası standartlardaki ilk rüzgâr elektriği, 21 Şubat 1998 tarihinde Çeşme Germiyan Köyü’nde kurulan ve her biri 500kW’lik nominal güce sahip rüzgâr türbinlerinde üretilmiştir (Acaroğlu, 2013, s. 237-238).

Rüzgâr enerjisinden, rüzgâr türbinleri yardımı ile elektrik üretilmektedir. Rüzgâr türbinleri, rüzgâr enerji santrallerinin ana yapı elemanıdır. Rüzgâr türbinleri, hareket halindeki havanın kinetik enerjisini öncelikle mekanik enerjiye ve sonrasında jeneratör yardımı ile elektrik enerjisine dönüştürür. Belli rüzgâr hızının altında ya da üzerinde türbin sistemi çalışmamaktadır (YEGM, t.y.). Günümüzde, teknolojik gelişmelere bağlı olarak yüksek kapasiteli rüzgâr enerjine dayalı elektrik üretim santrallerinde (RES) 1,0-7,5 MW gücünde yatay eksenli rüzgâr türbinleri kullanılmaktadır (ETKB, t.y.).

Tüm dünyada giderek gelişen RES’lerin, dünya enerji arzındaki payı sürekli artmaktadır. 2016 yılında rüzgâr enerjisi üretim kapasitesi %12 oranında artarak 469 GW seviyesinde gerçekleşmiştir ve rüzgâr enerjisinden üretilen elektrik enerjisinin, dünya elektrik üretimindeki toplam payı %4’e ulaşmıştır (BP, 2017b, s. A7).

Ekonomik RES yatırımı için 7 m/s veya üzerinde rüzgâr hızı ve %35 veya üzerinde kapasite faktörü gerekmektedir. Türkiye’de yer seviyesinden 50 metre yükseklikte ve 7,5 m/s üzeri rüzgâr hızlarına sahip alanlarda kilometrekare başına 5 MW gücünde RES kurulabileceği kabul edilmiştir. Buna göre 2006 yılında, Türkiye’nin Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası (REPA) hazırlanmıştır. REPA’ya göre

Türkiye'nin rüzgâr enerjisi kurulu güç potansiyeli 47.849 MW olarak hesaplanmıştır. Türkiye'nin yer seviyesinden 50 m yükseklikteki rüzgâr potansiyeli incelendiğinde Marmara, Ege ve Doğu Akdeniz Bölgelerinin yüksek bir potansiyele sahip olduğu görülmektedir (Üçgül & Elibüyük, 2016, s. 242). Bu potansiyele karşılık gelen toplam alan Türkiye yüz ölçümünün %1,30'una denk gelmektedir. Türkiye'de RES yatırımları son yıllarda giderek hız kazanmıştır. 2012 yılında işletmede olan lisanslı RES sayısı 47 ve bu santrallerin kurulu gücü 1.729 MW iken 2017 yılı itibariyle işletmede olan santral sayısı 148'e ve bu santrallerin kurulu gücü ise 5.738 MW'ye ulaşmıştır (EE, 2017).

Tablo 2: Türkiye Toplam Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli (50 metre)

RÜZGÂR HIZI (m/s)	RÜZGÂR GÜCÜ (W/m ²)	TOPLAM ALAN (km ²)	RÜZGÂRLI ARAZİ YÜZDESİ	TOPLAM KURULU GÜÇ (MW)
7,5 – 8,0	400 – 500	5.851,87	0,8	29.259,36
8,0 – 8,5	500 – 600	2.598,86	0,4	12.994,32
8,5 – 9,0	600 – 800	1.079,98	0,1	5.399,92
> 9,0	> 800	39,17	0	195,84
TOPLAM		9.569,89	1,3	47.849,44

Kaynak: (ETKB, 2016b, s. 56)

Rüzgâr türbinlerinin kurulum maliyetleri yüksek olmakla birlikte geliştirme çalışmalarına bağlı olarak santral kurulum maliyetleri giderek düşmektedir. Bunun yanında bu santrallerin işletme ve bakım maliyetleri düşüktür ve bu santraller rüzgâr gücünü verimli bir şekilde elektrik enerjisine dönüştürebilmektedir. RES projeleri basittir, kurulumu kolay ve hızlıdır. Bir RES'in kurulup işletmeye alınması kısa bir zaman diliminde gerçekleştirilebilmektedir. Ayrıca kaynağının yerli ve tükenmez oluşu, enerji arz güvenliği ve çeşitliliği ile fiyat istikrarı bakımından avantaj sağlamaktadır (Öztürk, 2013, s. 203).

Rüzgâr enerjisi, yenilenebilir bir kaynak olup diğer birçok enerji kaynağından daha az çevresel risk taşımaktadır. Diğer elektrik üretim yöntemlerine göre rüzgâr enerjisinin en önemli çevresel avantajı, havayı kirletecek ya da sera etkisi yapacak gaz salımının olmamasıdır. Bununla birlikte RES'ler, kuş ve yarası popülasyonlarını olumsuz etkilemektedir. Bu santrallerin kuşların göç yollarının üzerine kurulması, kuşların bu santrallere çarparak ölmesine neden olmaktadır. Modern rüzgâr

türbinlerinin büyük oluşu görüntü kirliliği oluşturarak doğal manzarayı bozabilmektedir. Bu türbinlerin dönerken çıkardığı mekanik ve aerodinamik sesler, yakınındaki yerleşim yerlerinde bulunan insanları ve doğadaki varlıkları rahatsız ederek gürültü kirliliğine neden olmaktadır. RES'ler genel olarak yerleşim alanları dışına ya da ormanlık alanlara kurulmaktadır. Bu kurulumla birlikte oluşan yapılaşma ve açılan bağlantı yolları, çevre üzerindeki fiziksel etkileri artırarak doğal çevreyi ve yaban hayatını olumsuz etkilemektedir. Ayrıca türbin jeneratörleri, elektrik üretimi sırasında çevreye elektromanyetik dalgalar yayarak radyo ve televizyon sinyallerine zarar vermek suretiyle elektromanyetik kirlilik oluşturabilmektedir. Bunun yanında elektromanyetik kirliliğin canlılar ve çevre üzerine etkileri ile ilgili araştırmalar devam etmektedir. Nadir olarak görülmekle birlikte zaman zaman çıkan türbin yangınları da çevreye zarar verebilmektedir.

2.3.3. Hidrolik Enerji

Su, milyonlarca yıldır güneşin ve yerçekiminin etkisiyle atmosfer ile yeryüzü arasında döngü halindedir. Güneş ışınlarının etkisiyle yeryüzünden buharlaşan su, atmosfere doğru yükselir, daha sonra yağmur, kar ya da dolu şeklinde yoğunlaşarak yer çekiminin etkisiyle tekrar yeryüzüne döner. Doğadaki bu su döngüsü hidrolik enerjinin kaynağını oluşturur. Hidrolik enerji, su döngüsünün etkisiyle yer yüzeyinde yükseklik kazanan suyun sahip olduğu potansiyel enerjisinin, kinetik enerjiye dönüştürülmesiyle ortaya çıkmaktadır. Hidrolik enerji, kurulan hidroelektrik santrallerinde elektrik enerjisine dönüştürülür. Barajlardaki suyun, kanallar ya da borular yardımıyla aşağıya doğru bırakılmasıyla kazandığı kinetik enerji türbini döndürür. Döner türbinden jeneratör yardımıyla elektrik enerjisi üretilir.

Dünyada hidroelektrik enerji üretimi 2016 yılı itibariyle 4.022,9 TWh olarak gerçekleşmiştir. Böylelikle hidroelektrik enerjinin küresel birincil enerji üretimindeki payı %6,8'e yükselmiştir (BP, 2017b, s. 42). Türkiye'nin yenilenebilir enerji potansiyeli içinde en önemli yeri tutan hidrolik kaynakların, teorik hidroelektrik potansiyeli 433 milyar kWh olup teknik olarak değerlendirilebilir potansiyel 216 milyar kWh ve ekonomik hidroelektrik enerji potansiyel 140 milyar kWh/yıl'dır. 2016 yılı sonu itibariyle, işletmede bulunan lisanslı ve lisanssız 597 adet HES ile 26.681 MW'lik kurulu güce ulaşılmıştır. Bu değer, toplam kurulu gücün yaklaşık %34'üne karşılık gelmektedir. 2016 yılında elektrik üretiminin, %24,7'si hidrolikten elde

edilmiş olup toplam 67,3 milyar kWh olarak gerçekleşmiştir. Türkiye'nin teorik hidroelektrik potansiyeli dünya teorik potansiyelinin %1'ini oluşturmaktadır (ETKB, t.y.).

Hidroelektrik santraller, çevreye uyumlu, temiz, yenilenebilir, kaybı çok az ve yüksek verimli, yakıt gideri olmayan, yapısı sağlam ve uzun ömürlü, işletme ve bakım giderleri düşük, kaynağı yerli, enerji iletim ve depolama işlemleri kolay, yük değişmelerine hızlı uyum gösteren bir enerji kaynağı olarak değerlendirilmektedir (Öztürk, 2013, s. 257). HES'ler diğer üretim tipleri ile karşılaştırıldığında en düşük işletme maliyetine, en uzun işletme ömrüne ve en yüksek verimliliğe sahiptir (Üçgül & Elibüyük, 2016, s. 249). Bununla birlikte hidroelektrik santraller ihtiyaç duyulan her yere kurulamamaktadır. Bu santraller ancak akarsu kaynaklarının olduğu bölgelere kurulabilmektedir. Ayrıca bu santrallerin kurulum maliyetleri yüksektir ve yapımı uzun sürdüğünden işletmeye geç alınmaktadır (Erdoğan S. , 2016, s. 70). Bunun yanında baraj haznelerinde suların yükselmesi ile birlikte tarihi yapı ve binalar, tarıma elverişli araziler ve doğal güzellikler sular altında kalabilmektedir.

HES'ler inşaat ve kurulum, su tutulması ve işletilmesi aşamalarında çevre üzerinde olumsuz etkiler oluşturabilmektedir. Bu santrallerin inşaatı aşamasında doğal çevrede fiziki tahribat meydana gelebilmekte ve bu bölgede yaşayan bitki ve hayvan toplulukları zarar görebilmektedir. Özellikle hafriyatların gelişigüzel dere yataklarına boşaltılması, su kotu altındaki çalışmaların uzun süreli bulanıklık yaratması ve atık suların dinlendirilmeden dere yatağına verilmesi bitki ve hayvan toplulukları için en büyük tehlikelerden biridir. Su tutulması aşamasında baraj gölünün kurulduğu bölgede su ve akarsu rejimi değişmektedir. Akarsudan baraj gölüne geçişte ortamın su hızı, difüzyon ve oksijen alma kapasitesinin düşmesine bağlı olarak suyun doğal temizleme kapasitesi azalmakta ve göl, ötrofikasyon sürecine girebilmektedir. Gölün su kalitesinde meydana gelen bu değişimler su ekosistemini olumsuz etkilemektedir. Artan su miktarı ile birlikte baraj suyunun tarımsal sulamada aşırı kullanımı, toprağın mineral dengesini bozabilmektedir. Ayrıca baraj gölünün kapladığı alanın büyüklüğüne bağlı olarak bölgenin mikro iklim şartları değişebilmektedir. Değişen su rejimi ve mikro iklim şartları ile birlikte bölgedeki yerli bazı bitki ve hayvan türleri ortadan kalkarken yeni bazı türler ortaya çıkabilmektedir. Barajın işletilmesi sırasında sucül yaşamının devamını sağlayacak su miktarının ayarlanamaması durumunda yüksekten düşen sular nedeniyle hava azotunun aşırı doygunluk düzeyinde çözünmesi balıklar için öldürücü olabilmektedir. Ayrıca bu barajların balıkların geçişlerini ve göç

yollarını engellemesi, ortaya çıkan diğerk bir çevresel risktir (ÇŞB, t.y.). Bununla birlikte HES'lerin çevreye olumlu katkıları ile ilgili olarak yer altı ve yer üstü sularını beslediğı, kurak dönemlerde bölge ekosisteminin su ihtiyacını karşıladığı ve değışen ekolojik şartlara bağılı olarak bölgenin tür çeşitliliğini artırdığı öne sürülmektedir.

2.3.4. Biyokütle Enerjisi

Dünya'da kullanımı giderek yaygınlaşan yenilenebilir bir enerji türü de organik kaynaklardan üretilen biyokütle enerjisidir. Biyokütle enerjisi kaynağı olan odun, binlerce yıldır insanlar tarafından ısınma ve ısıtma amaçlı kullanılmaktadır.

Canlı organizmaların kütlelerini karbon yapılı karbonhidrat, protein ve yağ türevi organik bileşikler ile su ve inorganik maddeler oluşturmaktadır. Bir türün, popülasyonun veya biyotopta bulunan canlı organizmaların toplam organik miktarının ağırlık cinsinden ifadesi, biyokütle olarak tanımlanmaktadır. Biyokütle, fotosentez yeteneğine sahip canlıların güneş enerjisini kullanarak inorganik maddelerden organik madde sentezlemesi ile oluşur. Bu şekilde güneş enerjisi, fotokimyasal ve biyokimyasal reaksiyonlar sonucunda, organik maddelerde, kimyasal bağ enerjisi olarak depolanmış olur. Bu sentezi bitkiler, bazı bakteriler ve bazı bir hücreli canlılar yapabilmekte olup sentezlenen organik bileşikler ve dolayısıyla enerji, besin zinciri yoluyla diğerk canlılara aktarılmaktadır.

Ana bileşenleri karbonhidrat bileşikleri olan bitkisel veya hayvansal kökenli tüm doğal maddelerden elde edilen enerji, biyokütle enerjisi olarak adlandırılır (Acaroğlu, 2013, s. 91). Bitkisel kaynaklar (kanola ve ayçiçek türü yağlı tohumlar, şeker ve nişasta bitkileri, keten ve kenevir türü elyaf bitkileri vb.), orman ve orman ürünleri, hayvansal kaynaklar (hayvan dışkıları, mezbaha atıkları vb.), kentsel ve endüstriyel organik atıklar (kanalizasyon ve dip çamuru, organik çöpler vb.) biyokütle enerjisinin kaynağını oluşturur. Günümüzde biyokütle enerjisi elde etmek amacıyla organik kaynak olarak daha ziyade fotosentez hızı yüksek, su kıtlığına ve mevsimsel kuraklığa karşı dayanıklı, tarım dışı arazilerde yetiştirilebilen, stres oluşturan durumlara (hastalık, zararlılar vb.) direnci yüksek, düşük CO₂ ve yüksek O₂ konsantrasyonundan daha az etkilenen C₄ (karbon) türü bitkiler (miscanthus, sorgum, aspir, switchgrass vb.) tercih edilmektedir.

Biyokütle kaynakları doğrudan yakıt olarak kullanılabilirdiğı gibi çeşitli çevrim yöntemleriyle yan ürünlere dönüştürülebilmektedir. Biyokütleden, doğrudan yakma,

piroliz, fermantasyon, havasız çürütme, gazlaştırma, biyofotoliz, karbonlaştırma vb. biyokimyasal ve termokimyasal yöntemler kullanılarak biyodizel, biyoetanol, biyogaz, hidrojen, sentetik yağ vb. yakıt ve türevleri elde edilmektedir. Elde edilen bu türevler, elektrik üretimi, ısınma ve ısıtma, ürün kurutma, roket, uçak ve otomobillerde yakıt olarak kullanılmaktadır. Biyokütle enerjisinin, üretim ve çevrim teknolojilerinin gelişmiş olması, kentsel ve endüstriyel organik atıkların değerlendirilmesi, biyokütle kaynağı olan deniz ve kara bitkilerinin hemen her yerde yetiştirilebilmesi, tükenebilir bir kaynak olan ve doğada sınırlı miktarda bulunan fosil yakıtların kullanımını azaltması, enerji arzında kaynak çeşitliliği sağlama, enerji ihtiyacında dışa bağımlılığın azaltılması, organik atıkların kontrollü koşullarda depolanmasını sağlama gibi avantajları vardır. Ancak biyokütleden elde edilen yakıtların su içeriği fazladır ve düşük çevrim verimliliğine sahiptir (Üçgül & Elibüyük, 2016, s. 281).

Biyokütle enerjisi, dünyada daha çok biyoyakıt olarak kullanılmaktadır. 2016 yılında küresel etanol üretimi %0,7 oranında artarken biyodizel üretimi %6,5 oranında artış göstermiştir. 2016 yılında biyoyakıt üretimi, bir önceki yıla göre 2.282 Ktoe artarak toplam üretim 82.306 Ktoe'ye yükselmiş olup yıllık artış %2,6 olarak gerçekleşmiştir (BP, 2017b, s. 45). Türkiye biyokütle enerjisi üretimi için elverişli tarım alanlarına sahiptir. Türkiye'nin teorik potansiyel biyokütle enerjisi 135-250 MTEP olarak hesaplanmaktadır. Olası kayıplar düşüldükten ve tüm alanların yıl boyunca sadece biyokütle üretimi için kullanılamayacağı durumu dikkate alındığında ise Türkiye'nin yıllık yaklaşık olarak 40 MTEP'lik üretim potansiyeli bulunmaktadır (Üçgül & Elibüyük, 2016, s. 282). Türkiye'de 2016 yılında toplam rafineri petrol ürünleri üretimi 28.731.203 ton olarak gerçekleşmiştir. Bununla birlikte 2016 yılında 64.105 ton biyodizel ve 73.330 ton biyoetanol olmak üzere toplam 137.435 ton biyoyakıt, rafinericiye ya da dağıtıcıya teslim edilmiştir (EPDK, 2017a, s. V, 55).

Biyokütle enerjisi, yenilenebilir hammadde kaynaklarından elde edildiği için sürdürülebilir bir enerji kaynağı olup çevre dostu olarak kabul edilmektedir. Ozon tabakasının incelmeye, hava kirliliğine, asit yağmurlarına ve küresel ısınmaya neden olan gaz ve partiküler madde salımı düşüktür. Biyoyakıtlar doğada, diğer petrol türevi yakıtlara göre daha hızlı ve kolay bozularak toksik etki yaratmamaktadır. Ayrıca biyokütle kaynağı olan kentsel ve endüstriyel organik atıkların yakıt üretiminde kullanılması atık kirliliğini azaltır. Bununla birlikte biyodizelin, asit yağmurlarına neden olan NO_x gazı salımı geleneksel dizel yakıtına göre daha fazladır (Öztürk, 2013, s. 373-374). Bunun yanında enerji için ihtiyaç duyulan biyokütlenin üretimi nedeniyle

tarım için ayrılan toprakların azaldığı ve aynı zamanda verimsizleştiği, gelişmekte olan ülkelerde ormansızlaşmaya neden olduğu öne sürülmektedir (Barlas, 2013, s. 152).

2.3.5. Hidrojen Enerjisi

Hidrojen, sadece bir proton ve elektron içeren en basit yapıya ve en çok bulunan elementtir, Güneş ve diğer yıldızların temel enerji kaynağıdır. Hidrojen doğada tek başına elementel halde bulunmaz, diğer elementlerle birlikte bileşik formunda bulunur. Hidrojen; oksijen ile birleşerek suyu, karbon ile birleşerek metan ve diğer hidrokarbon türevlerini oluşturmaktadır. Hidrojen, bilinen tüm yakıtlar içerisinde birim kütle başına en yüksek enerji içeriğine sahip olup 1 kg hidrojen 2,1 kg doğal gazın veya 2,8 kg petrolün taşıdığı enerjiye sahiptir. Bununla birlikte araştırmalar, günümüz şartlarında hidrojenin diğer yakıtlardan yaklaşık üç kat pahalı olduğunu ve yaygın bir enerji kaynağı olarak kullanımının maliyet düşürücü teknolojik gelişmelere bağlı olacağını göstermektedir (ETKB, t.y.). Hidrojenin maliyeti, üretim şekillerine göre değişmekle birlikte ekonomik bir yakıt olarak değerlendirilebilmesi için dağıtım ve teslimat giderleri de dahil olmak üzere tüm maliyetinin 4 Dolar/kg'den düşük olması gerektiği hesaplanmaktadır (DOE, t.y.).

Hidrojen kendi başına bir enerji kaynağı olmayıp bir enerji taşıyıcısıdır. Hidrojen, kullanılabilir enerjiyi saklayabilir ve iletebilir; kendisi doğada serbest halde bulunmadığından, sadece onu içeren bileşiklerden üretilebilir. Bu nedenle hidrojenin enerji kaynağı olarak kullanılabilmesi için yapısında bulunduğu bileşiklerden ayrılması gerekmektedir. Hidrojen atomları; su, hidrokarbonlar ve biyokütleden çeşitli yöntemlerle ayrılabilir. Hidrojen üretimi için yaygın olarak buhar reformasyonu ve elektroliz yöntemi kullanılmaktadır. Buhar reformasyonunda hidrojen, yüksek sıcaklık ve düşük basınç altında buhara tabi tutulan metan gazındaki karbon atomlarından ayrılmasıyla elde edilir. Elektroliz yönteminde ise hidrojen, elektrik akımı yardımıyla sudaki oksijenden ayrılır. Elektrolizde kullanılan elektrik; su, biyokütle, rüzgâr veya güneş enerjisi gibi yenilenebilir kaynaklardan elde edilebilir. Hidrojen eldesi sırasında kullanılan yöntemlerden buhar reformasyonu karbondioksit emisyonuna neden olurken elektroliz yönteminde herhangi bir sera gazı emisyonu üretilmez (EIA, 2017a).

Hidrojen, ulaşımda, elektrik üretiminde, endüstri alanında ve evlerde kullanılmaktadır. Özellikle, hafif ve enerji veriminin yüksek olmasından dolayı uzay

mekiği ve roketlerin ana yakıtını hidrojen oluşturmaktadır. Hidrojenle çalışan taşıtlar mevcut olmakla birlikte bunlar henüz geliştirme aşamasındadır. Günümüzde kullanılan piller yerine, ana enerji kaynağını hidrojenin oluşturduğu ve enerji depolamak amacıyla tasarlanan yakıt hücreleri ile ilgili çalışmalar devam etmektedir. Hidrojenle çalışan yakıt hücreleri ile ilgili teknolojik çalışmalar tamamlandığında günümüz enerji depolama teknolojileri yerine, bilgisayarlardan otomobillere yedek enerjiye ihtiyaç duyulan tüm alanlarda bu teknoloji kullanılabilir.

Hidrojen, petrol ve türevlerine göre ortalama %33 daha verimli bir yakıttır ve fosil enerji kaynaklarının kullanıldığı her alanda kullanılabilir. Temiz ve verimli bir enerji kaynağı olan hidrojenin yakıt olarak kullanıldığı enerji sistemlerinde, atmosfere salınan atık ürün sadece su ve/veya su buharı olmaktadır. Hidrojenden enerji elde edilmesi esnasında su buharı dışında çevreyi kirletici ve sera etkisini artırıcı hiçbir gaz ya da zararlı atık madde üretilmemektedir (YEGM, t.y.). Çevre için temiz bir enerji kaynağı olan ve bol miktarda bulunan hidrojenin fosil yakıtların yerine kullanımı ile ilgili bilimsel çalışmalar devam etmektedir. Hidrojen enerjisinin kullanımına yönelik günümüzdeki en önemli engel, diğer enerji kaynaklarına göre maliyetli oluşudur. Ayrıca kullanılması, depolanması ve taşınması ile ilgili teknik sorunlar henüz tam olarak aşılanmamıştır. Bu nedenle enerji bağımsızlığı ve ucuz enerji için önemli bir kaynak olabilecek hidrojenin, konvansiyonel enerji kaynaklarıyla rekabet edebilmesi, maliyetlerinin düşürülmesine ve ayrıca taşınması, depolanması ve kullanılması ile ilgili teknik sorunların giderilmesine bağlıdır.

2.3.6. Dalga, Gel-Git ve Akıntı Enerjisi

Dünya'nın yaklaşık %71'i su kütlesi kaplıdır ve bu su kütleleri yüzey dalgaları, gelgitler ya da yüzey altı akıntılar yoluyla sürekli hareket halindedir. Bütün bu hareketler yoğun miktarda kinetik enerji üretmektedir. Dünyanın büyük bir bölümünün sularla kaplı olduğu göz önünde bulundurulduğunda bu hareketli su kütleleri yenilenebilir enerji elde etmede önemli bir potansiyele sahiptir (DOE, 2015). Dalga enerjisi doğrudan yüzey dalgalarından veya yüzeyin altındaki basınç dalgalanmalarından elde edilmektedir. Dalgaları, okyanus yüzeyinde esen rüzgâr oluşturur. Dünyanın birçok yerinde rüzgâr, kıyı boyunca sürekli dalgalar oluşturacak şekilde yeterli tutarlılıkta ve kuvvette esmektedir. Dalga enerjisi, dünyanın farklı yerlerinde önemli ölçüde değişiklik gösterir. Dünyada, İskoçya'nın batı kıyıları,

Kuzey Kanada, Güney Afrika, Avustralya, ABD'nin kuzeybatı kıyıları ve özellikle Alaska dalga enerjisi kaynağının yoğun olduğu bölgelerdir (BOEM, t.y.).

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte günümüzde, dalga enerjisi konusunda birçok araştırma yapılmakta ve prototipler geliştirilmekte olup okyanuslardan ve denizlerden enerji eldesi için birçok sistem geliştirilmektedir. Başlıcaları, dalga, gel-git ve akıntı enerjisi sistemleri ile okyanusların derin ve sığ suları arasındaki sıcaklık farkından yararlanarak enerji elde eden sistemlerdir. Bu sistemlerden çoğu prototip aşamasındadır. Ancak ticari ünitelerin kurulması, faaliyete geçirilmesi, geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması ile ilgili çalışmalar devam etmektedir (Gülsaç, 2009, s. 58-59).

Dalga enerjisi cihazları, okyanus dalgalarının yüzey hareketinden veya yüzeyin altındaki basınç dalgalanmalarından enerji üretebilmektedir. Günümüzde, dalgadan enerjiyi yakalamak için geliştirilen ve test edilen dalga enerjisi cihazları çok çeşitlidir. Tasarımlardan bazıları ticari ölçekte test edilmektedir. Bu cihazlar, kıyıda, denizde ve uzak deniz bölgelerinde kurulabilecek biçimde tasarlanmaktadır. Dalga enerjisi cihaz teknolojilerinin teknik konsept ve tasarımları, kıyıya kurulum, yüzeye kurulum ya da yüzey altı kurulum gibi kullanım yeri ve özelliklerine göre büyük farklılıklar gösterebilmektedir (BOEM, t.y.).

Dalga enerjisinin, kaynağının kesintisiz ve bol olması, fosil yakıtlara bağımlılığı azaltması, küresel ısınmayı, asit yağmurlarını, her türlü kirliliği dolaylı olarak önlemesi, elektrik şebekesinin olmadığı uzak alanlarda elektrik ihtiyacını karşılaması gibi avantajları vardır (Sağlam & Uyar, 2005, s. 2). Ancak gelgit, dalga ve akıntı hareketlerinden yararlanarak elektrik elde etmede bazı zorluklarla karşılaşmaktadır. Tuzlu su, tesislerde kullanılan ekipman ve cihazların metal bileşenlerinde korozyona neden olabilmektedir. Bazı deniz canlıları, cihaz ve ekipmanların yüzeyine tutunarak akış hareketliliğini engelleyebilmekte ya da cihaz ve ekipmanlar üzerinde ağırlık oluşturabilmektedir. Fırtınalar ve kuvvetli dalgalar güç ya da bağlantı sistemlerine zarar verebilmektedir. Ayrıca, güçlü dalgaların veya akıntıların olduğu en uygun yerlerin tespit edilmesi, tesislerin bağlantı ve nakliye sorunları, tesis kurulumu yapılan alanların balıkçılık alanları ya da askeri tatbikat alanları ile kesişmesi gibi bazı lojistik sorunlar da vardır (DOE, 2015).

Türkiye'de dalga enerjisinden elektrik elde etme çalışmaları son yıllarda hız kazanmıştır. Ulusal Bor Araştırma Enstitüsü (BOREN) ve Türkiye Elektromekanik Sanayi A.Ş. (TEMSAN) iş birliğinde 15.02.2008 tarihinde başlatılan "Dalga Enerjisinden Elektrik Üretimi" konulu proje kapsamında, denizdeki dalgaların dikey

hareketini elektrik enerjisine çeviren bir sistem tasarımı gerçekleştirilmiştir. Sakarya Karasu’da 2009 yılında kurulan prototip sistemde günde ortalama 5 kWh enerji elde edilmiştir (Gülsaç, 2009, s. 60). Bunun yanında Zonguldak’ta Karakum mevkiinde dalga enerjisinden elektrik üretilmesi için 50 kW’lık Pilot Dalga Enerji Santrali kurulması planlanmaktadır (Gündoğan, 2017). Türkiye’nin dalga enerjisi potansiyeli yıllık 4 ile 17 kW/m dalga gücü arasındadır. Teknik olarak emre amade kaynak miktarı yaklaşık 10 TWh/yıl tahmin edilmektedir. Bu potansiyel, mevcut Türk hidroelektrik enerji potansiyelinin ekonomik olarak %7,8’ine karşılık gelmektedir. İstanbul Boğazı kuzeyi, Batı Karadeniz Bölgesi ve Ege Denizi’nin güneybatı kıyılarında Marmaris ve Finike arasındaki bölgeler, dalga enerjisinden yararlanmak için en iyi mevkiler olarak değerlendirilmektedir (Sağlam, Sulukan, & Uyar, 2010, s. 35).

Dalga enerjisi temiz bir yenilenebilir enerji kaynağı olup denize bırakılan ve dolayısıyla çevreye zarar veren fiziksel, kimyasal ve organik kirletici yoktur. Ancak sistemlerin inşası sırasında bir miktar emisyon açığa çıkmaktadır. Bunun yanında dalga enerji sistemleri çeşitli deniz canlıları için yapay bir habitat oluşturmakta ve deniz içinde değişik türdeki canlı popülasyonlarının gelişmesini destekleyebilmektedir. Ayrıca fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltarak çevrenin korunmasına katkı sağlamaktadır. Deniz üzerinde kurulduğu için tarım alanları korunmuş olmaktadır. Bununla birlikte dalga enerjisi sistemlerinin hidrodinamik çevre üzerinde bazı olumsuz etkileri söz konusudur. Sedimentlerin akış yollarının değişmesine neden olabilmektedir. Dalga ve akıntılardaki değişim, yüzeye yakın yaşayan türleri doğrudan etkilemektedir. Kıyı şeridi ve kıyıya yakın uygulamalarda bazı türbin çeşitleri için gürültü kirliliği söz konusudur. Yine bu uygulamalara ait cihaz ve ekipmanlar görüntü kirliliği oluşturabilmektedir. Su yüzeyinin, dalga enerjisi cihaz ve ekipmanları ile kaplanması, hava sirkülasyonunu, güneş ışınımını ve canlıların yüzeyle ve atmosferle olan temasını olumsuz etkilemektedir. Ayrıca bu cihaz ve ekipmanlar, yüzey ile alt katmanlar arasındaki su sirkülasyonunu yavaşlatarak deniz yaşamını olumsuz yönde etkileyebilmektedir (Tezcan Ün, 2003, s. 7).

2.4. GÜNEŞ VE GÜNEŞ ENERJİSİ

Güneş, güneş sisteminin en büyük kozmik kütlesi olup bu sistemin en yoğun ve en temel enerji kaynağıdır. Güneşin çapı 1.39×10^6 km’dir ve Dünya’ya olan uzaklığı yaklaşık 150 milyon km’dir. Kütle olarak Dünya’dan 333.000 kat daha büyük

olup 3×10^{30} kg'dir (Acaroğlu, 2013, s. 39). Güneş'in kütesinin %78,5'i hidrojen, %19,7'si helyum, %0,86'sı oksijen, %0,4'ü karbon, %0,14'ü demir ve %0,54'ünü de diğer elementler oluşturmaktadır. Çekirdek, Güneş kütesinin en içteki %10'luk kısmını oluşturmaktadır; çok sıcak ve çok yoğun bir yapıya sahiptir ve nükleer füzyon enerjisinin oluştuğu yerdir. Oluşan füzyon enerjisi, fotonlarla ve konveksiyon yoluyla güneş yüzeyine doğru taşınır. Güneş yüzeyi "ışık küre" anlamında "fotosfer" olarak adlandırılır. Fotosferin kalınlığı 500 km olup yaklaşık $5.840 \text{ }^\circ\text{K}$ sıcaklığa sahiptir. İç bölgelerindeki sıcaklığın merkeze doğru $4 \times 10^6 \text{ }^\circ\text{K}$ ile $8 \times 10^6 \text{ }^\circ\text{K}$ arasında değiştiği hesaplanmaktadır (MGM, t.y., s. 2-4).

Güneş enerjisi, güneşteki hidrojenin 1 milyon $^\circ\text{C}$ 'nin üzerindeki bir sıcaklıkta termonükleer reaksiyon sonucunda helyuma dönüşmesi ile açığa çıkan ışıyım enerjisidir. Füzyon tepkimesi olarak da adlandırılan reaksiyonlarla her bir saniyede 564 milyon ton hidrojen, 560 milyon ton helyuma dönüşmektedir. Bu dönüşüm sırasında kaybolan 4 milyon ton kütlede 38×10^{22} kJ enerji açığa çıkmaktadır (Öztürk, 2013, s. 22). Güneşten dünyaya gelen güneş enerjisinin atmosfer dışındaki ışıyım değeri yaklaşık 1.370 W/m^2 'dir. Güneş enerjisinin yeryüzündeki dağılımı dünyanın şekli nedeniyle büyük farklılıklar göstermekte olup atmosferin de etkisiyle, dünyaya gelen ortalama güneş enerjisi $0-1.100 \text{ W/m}^2$ değerleri arasındadır. Güneşin bütün yüzeyinden yayılan enerjinin sadece iki milyarda biri yeryüzüne gelmektedir (DEK-TMK, 2009, s. 2). Dünyanın tüm yüzeyine bir yılda düşen güneş enerjisi 1.22×10^{14} TET (Ton Eşdeğer Taş Kömür) kadardır. Yılda gelen güneş enerjisi miktarı, kömür rezervinin 50 katı, petrol rezervinin ise 800 katıdır (Akçalı, 2001, s. 2). Güneş ışıyımının %30 kadarı dünya atmosferinden yansyarak ve saçılarak uzaya geri döner, %20'si atmosfer ve bulutlar tarafından tutulur, ancak %50'si atmosferi geçerek yer yüzüne ulaşır (Acaroğlu, 2013, s. 42-45).

Yeryüzüne gelen güneş ışıyımını, direkt güneş ışıyımı ya da difüz (yayılı) güneş ışıyımı şeklinde ayırmak mümkündür. Atmosferde herhangi bir dağılmaya uğramadan doğrudan güneşten gelen direkt ışıyımdır. Güneşli bir günde bir noktaya gelen ışınların %80'i direkt güneş ışıyımıdır. Difüz güneş ışıyımı ise atmosferdeki molekül ve partiküller, su buharı ve bulutlar tarafından yansıtılan ve her yönden gelen ışıyım şeklidir. Açık bir günde güneş ışıyımının %15-20'sini difüz güneş ışıyımı oluşturur. Kapalı havalarda güneş ışıyımının tamamı difüz güneş ışıyımıdır. Direkt ve difüz güneş ışıyımının yanında yansıtılmış güneş ışıyımı söz konusudur. Yansıtılmış güneş ışıyımı, yer yüzeyindeki kar, ağaç, yapı ve binalar vb. elemanlar tarafından

yansıtılan güneş ışınımıdır (Ceylan & Gürel, 2017, s. 14-16). Yer yüzeyine ulaşan direkt, difüz ve yansıtılmış ışınım güneş enerjisinin kaynağını oluşturur. Bu enerji dünyanın temel enerji kaynağıdır. Dünyanın ısınması, su döngüsü, fotosentez, okyanus hareketleri, rüzgâr gibi atmosferik olayların tümü bu enerji sayesinde gerçekleşir.

2.4.1. Güneş Enerjisinin Tarihçesi

İnsanların güneş enerjisinden bilinçli bir şekilde yararlanması oldukça eski tarihlerde başlamıştır. Yunan tarihçi Xenophon ‘Hatıra’larında, evlerin yaz aylarında serin ve kış aylarında ılık olabilmesi için doğru yönlendirilmesiyle ilgili Sokrates’in (M.Ö. 470-399) bazı öğretilerini nakleder. Arşimet’in (M.Ö. 212) yüzlerce iç bükey metal aynalar yardımıyla güneş ışınımını odaklayarak Sirakuza’yı kuşatan Roma gemilerini yaktığı kaydedilmiştir (Kalogirou, 2004, s. 235, 238). Lavoisier, merkeze doğru çevrilmiş 1,30 metre çapında bir yakınsak mercekle güneş fırınına benzer bir düzenek geliştirmiş ve bu düzenekle 1750 °C sıcaklık elde ederek fırının içine yerleştirdiği demir parçasını eritmeyi başarmıştır (Akçalı, 2001, s. 4). İlk defa, 1725’te Belidor tarafından güneş enerjisi ile çalışan bir su pompası geliştirilmiştir. Fransız bilim insanı Mouchout, 1860’da parabolik aynalar yardımıyla güneş ışınımını odaklayarak küçük bir buhar makinesini çalıştırmış, güneş pompaları ve güneş ocakları üzerine deneyler yapmıştır. 1878’de güneş enerjili soğutma cihazı geliştirerek buz üretmeyi başarmıştır. 1868’de Ericson tarafından güneş enerjisi ile çalışan ve iş yapan akışkanın hava olduğu bir makine geliştirilmiştir. Bu yıllarda güneş enerjisi konusundaki araştırmalar yoğunlaşmış, tatlı su elde edilmesi ve güneş ocakları konusunda çok sayıda çalışma yapılmıştır (Kılıç A. , 1993, s. 8).

Güneş enerjisi ile ilgili modern anlamda ilk gelişmeler 18. ve 19. yüzyıllarda olmuştur. İskoç bilim insanı Robert Stirling 1816’da icat ettiği bir makine için patent başvurusu yapmıştır. Bu makine sonraları “Stirling Sistemi” adı verilen ve güneşin ısı enerjisini elektrik üretmek için yoğunlaştıran, güneş ısı elektrik teknolojisinde kullanılmıştır (DEK-TMK, 2009, s. 9). Fransız fizikçi A. E. Becquerel, özellikle bazı maddelerin ışığa maruz bırakılması ile ilgili kimyasal reaksiyonlarla ilgilenmiştir. Bu reaksiyonların hem sıvılarda hem de metallerde bir elektrik akımı oluşturabileceğini tespit etmiştir. Becquerel, 1839 yılında, elektrolit içerisine daldırılmış elektrotlar arasındaki gerilimin elektrolit üzerine düşen ışıkla ilgili olduğunu gözlemleyerek fotovoltajik etkiyi ortaya koymuştur (Karamanav, 2007, s. 6). 1873’te W. Smith,

selenyumun içindeki fotoiletkenliği keşfetmiş ve ilk basit fotovoltaiik düzeneği oluşturmuştur. 1877'de W. G. Adams ve R. Day selenyumun ışığa maruz kaldığında elektrik ürettiğini keşfetmişlerdir ve yaptıkları çalışmalarla katı maddelerin de fotovoltaiik etki oluşturabildiğini kanıtlamışlardır. Selenyum hücreleri, verimli olmamakla birlikte ışığı, ısı ya da hareketli parçalar olmadan elektriğe dönüştürebilmesi bakımından önemlidir. 1884'te C. Fritts, selenyumu çok ince bir altın tabakasıyla kaplayarak ilk fonksiyonel %1 verimli fotovoltaiik hücreyi geliştirmiştir. 1912'de, Mısır-Maadi'de 45 kW'lik bir güneş makinesi inşa edilmiştir. I. Dünya Savaşı ve düşen fosil yakıt fiyatları nedeniyle alternatif enerjiye olan ilginin azalması bu santralin kapanmasına yol açmıştır. Ancak santralin kapanması parabolik oluk teknolojisini sona erdirmemiştir. Günümüzde bu teknoloji, modernize edilmiş haliyle giderek yaygınlaşmaktadır (DEK-TMK, 2009, s. 9-12).

Güneş enerjisinin ticari uygulamaları ilk olarak ABD'de başlamıştır. A. Eneas, 1892'de güneş makinesi deneylerine başlamış, 1900 yılında dünyanın ilk güneş enerjisi şirketini (The Solar Motor Co.) kurmuş ve çalışmalarını 1905'e kadar sürdürmüştür. Mouchot'un tasarımını geliştiren Eneas'in bu makinesi, suyu kaynatarak oluşturduğu buhar gücü ile kuyudan dakikada 1.400 galon su çekmeyi başarmıştır. Bir başka ABD'li girişimci H. E. Willsie, gündüz topladığı ısıyla gece çalışabilen dünyanın ilk güneş makinesini yapmıştır. Willsie, güneş enerjisi ile sürekli üretimi sağlamanın yanında güneş makinesinin ayrıntılı maliyet analizlerini de yapmıştır. F. Shuman, 1911'de Sun Power Co. Şirketini kurmuş, geliştirdiği güneş makinesi ile 55 beygirlik gücün üzerine çıkmıştır, güneş yoluyla sulamanın geri ödeme süresini önemli ölçüde azaltarak maliyetleri beygir gücü başına 150\$'a kadar düşürmüştür. Bu maliyet, o gün için güneş enerjisinin petrol ve kömür ile rekabet edebilmesi bakımından önemlidir. Ayrıca Shuman ve arkadaşlarının ortaya koyduğu çalışmalar, 50-60 yıl öncesinden, pek çok modern güneş enerjisi sisteminde kullanılan standartları belirlemiştir (DEK-TMK, 2009, s. 14-15).

Fotovoltaiik sistemlerle ilgili özellikle A. Einstein'ın 1905 yılında yayımlanan fotoelektrik etki ile ilgili makalesi bu konudaki önemli çalışmalardandır. 1900'lü yıllarda fotovoltaiik diyotların verimliliği %1 düzeylerinde iken ilk kez, 1954 yılında D. Chapin, C. Fuller ve G. Pearson tarafından güneş ışınımını %6 verimlilikle elektrik enerjisine dönüştüren silikon kristalli fotovoltaiik diyotlar geliştirilmiştir. Bu gelişme, fotovoltaiik sistem teknolojisi için bir dönüm noktası olmuştur (Karamanay, 2007, s. 6). Bu ilk fotovoltaiik sistemlerin maliyetleri 286 dolar/watt düzeyindeydi ve

verimlilikleri %4,5-6 civarına kadar ulaşmıştır. Yüksek maliyetleri nedeniyle bu ilk fotovoltaik sistemler daha çok uzay araştırmalarında kullanılmış ve maliyetlerinin kabul edilebilir seviyelere düştüğü 1970'lere kadar deneysel çalışmalar dışında çok sınırlı uygulama alanları bulabilmiştir (DEK-TMK, 2009, s. 15). Ancak tüm bu gelişmeler, güneş enerjisinin günlük elektrik ihtiyacını karşılama yeteneğine sahip olduğunu göstermesi bakımından önemli olmuştur.

İlk endüstriyel tipte enerji üretimi 1984 yılında Los Angeles'ta Luz Co. tarafından gerçekleştirilmiştir. Kurulan parabolik aynalı sistem ile 354 MW bir güç üretimi sağlanmıştır. 1990'lı yıllarda, biri 10 MW'lık Kaliforniya'da, diğeri de 30 MW'lık Ürdün'de olmak üzere iki adet güneş kulesi sistemi kurulmuştur. Daha sonraki yıllarda güneş enerjisi konusundaki çalışmalar ve yatırımlar artarak devam etmiştir. 2000'li yıllardan itibaren özellikle fotovoltaik teknolojisine dayalı elektrik enerjisi üretimi büyük bir gelişme göstermiştir (DEK-TMK, 2009, s. 16).

Sanayi devriminden sonraki süreçte, 1970'li yıllara kadar güneş enerjisi ile ilgili çalışmalar devam etmekle birlikte sınırlı kalmış ve istenen seviyede gelişme sağlanamamıştır. Bunun en önemli nedeni ise güneş ışınımına dayalı sistemlerden elde edilen enerjinin, kömür ve petrole dayalı olarak üretilen enerjiden daha maliyetli olmasının yanında daha az yoğun ve daha az verimli oluşudur. Ancak 1970'lerde yaşanan petrol krizi ile birlikte enerji maliyetlerinin yükselmesi, enerji arz güvenliğinde oluşun riskler ve baş gösteren küresel çevre sorunları, güneş enerjisine ve diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelişi hızlandırmıştır.

2.4.2. Güneş Enerjisinin Kullanım Alanları

Güneşten dünyaya ulaşun ışınımın kimyasal, ısı ve elektrik enerjisine dönüştürölmektedir. Bitkiler, bazı bakteriler ve bir hücreli canlılar fotosentez mekanizmasıyla güneş enerjisini kimyasal enerjiye dönüştürür. Bunun yanında güneş enerjisinden, doğal veya yapay yollarla ısı ve elektrik elde etmek suretiyle aktif ya da pasif olarak yararlanılabilmektedir. Pasif kullanım, özel ekipmana gerek duyulmaksızın güneş enerjisinin dolaylı olarak kullanılmasıdır. Doğal yollarla gerçekteşun suyun buharlaşması, yağışların oluşumu, atmosferik hareketler, okyanusların ısınması ve okyanus akıntıları, karların erimesi, biyokütle oluşumu, atmosfer ve dünya yüzeyinin ısınması vb. olaylar güneş enerjisinin pasif kullanım alanlarıdır. Bunun yanında seraların ısıtılması, yaş sebze ve meyvelerin kurutulması

vb. tarımsal uygulamalarda güneş enerjisinden yararlanılır. Bina konumu, tasarım şekli ile bina yapımında kullanılan malzemelerin özelliklerine göre güneş enerjisi ile pasif olarak binaların ısıtılması ve aydınlatılması gerçekleştirilir. Günlük yaşantıda, çamaşır kurutmak, sebze ve meyve kurutmak, dezenfeksiyon vb. amaçlarla yine güneşten yararlanılır. Tüm bu uygulamalarda güneş enerjisi pasif olarak doğal transfer mekanizmalarıyla toplanır, depolanır veya dönüştürülür.

Güneş ışınımından enerji üretmek amacıyla kullanılan ve gelen ışınımı absorbe eden ya da yansıtan yapay sistemler vardır. Bu yapay sistemlerle güneş enerjisi toplanır, depolanır ya da dönüştürülür. Güneş enerjili güç santralleri, parabolik oluklu güç santralleri, kuleli güç santralleri, güneş bacalı güç santralleri, su ve havayı ısıtan güneş kolektörleri, elektrik üreten fotovoltaik paneller güneş enerjisinin aktif olarak kullanıldığı yapay sistemlerdir (Ceylan & Gürel, 2017, s. 24-26).

Doğal veya yapay olarak ısıtma, soğutma, damıtma, elektrik üretimi gibi aktif ve pasif uygulamalarda kullanılan güneş enerjisinin teknoloji, maliyet ve çevresel etkiler bakımından bazı avantaj ve dezavantajları şunlardır (Öztürk, 2013, s. 45):

Tablo 3: Güneş Enerjisinin Avantaj ve Dezavantajları

Güneş Enerjisinin Avantajları	Güneş Enerjisinin Dezavantajları
<ul style="list-style-type: none"> Bol ve tükenmeyen bir enerji kaynağıdır. Temiz bir enerji türüdür. Partiküler madde, sera gazı, CFC, karbondioksit gibi çevreye zararlı maddeler oluşturmaz. Güneş, tüm dünya ülkelerinin yararlanabileceği bir enerji kaynağıdır. Bu sayede, ülkelerin enerji bağımsızlığına ve enerji arz güvenliğine katkı sağlar. Güneş enerjisi, taşıma ve ulaştırma giderleri olmaksızın hemen her yerde elde edilebilir. Bu nedenle lokal ve bölgesel uygulamalar için elverişlidir. Birçok uygulama için basit teknolojilerle enerji elde edilebilir. Kurulu sistemlerin bakım, onarım ve işletme maliyetleri oldukça düşüktür. 	<ul style="list-style-type: none"> Güneş ışınımının enerji yoğunluğu düşüktür ve ışınım sürekli değildir. Yatırım maliyetleri diğer enerji kaynaklarına göre daha yüksektir. Işınım miktarı, kozmik, atmosferik ve jeolojik durumlara bağlı olarak değişiklik gösterdiğinden belli bir standartta enerji arzı zordur. Enerji arzı ile talebi arasındaki zaman farklılığına bağlı olarak enerjinin ihtiyaç duyulan zaman diliminde kullanılması amacıyla depolanması hem enerji üretim maliyetlerini yükseltmekte hem de enerji verimini düşürmektedir.

Kaynak: (Öztürk, 2013, s. 45)

2.4.3. Güneş Enerjisi Uygulamaları

Güneş enerjisi temiz, tükenmez ve bol bir enerji kaynağı olması yönüyle birçok şekilde aktif uygulamalarla değerlendirilmektedir. Güneş enerjisi, ısı ve elektrik üretimi olmak üzere iki ana amaç için kullanılmaktadır. Güneş enerjisini, ısıtma,

soğutma, kurutma, damıtma, elektrik üretme, vb. kullanımlar için ısı enerjisine dönüştüren ısı teknolojileri ile fotovoltaik özelliğe sahip maddeler yardımıyla doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren teknolojiler geliştirilmiştir. Kullanım alanı ve teknolojisi dikkate alındığında güneş enerjisi sistemleri, ısı uygulamaları ve fotovoltaik uygulamalar olmak üzere iki başlık altında incelenmektedir.

2.4.3.1. Güneş Enerjisi Isıl Teknolojisi

Güneş enerjisi ısı uygulamalarında güneş ışınımından ısı elde edilir. Elde edilen bu ısıyı çeşitli kullanım alanları için dönüştüren teknolojiler geliştirilmiştir. Üretilen ısı enerjisi, evsel, tarımsal ve endüstriyel faaliyetlerde kullanılmaktadır. Bu ısıdan elektrik üretilmekte, sular arıtılmakta, evler ve seralar ısıtılmakta, madenler eritilmekte, tarımsal sulama yapılmakta, sıcak hava ve buhar gücü elde edilmektedir. Günümüzde bu dönüşüm işlemi gerçekleştiren birçok ısı teknolojisi mevcuttur.

Güneş Kolektörleri: Güneş enerjisini ısı olarak toplayan ve bu ısıyı bir sıvı akışkana ya da gaza aktaran sistemlerdir. Bu kolektörler, soğurdukları direkt ya da difüz güneş ışınımının %95'ini ısıya dönüştürür. Kolektörlerin tasarımında farklılıklar olmakla birlikte genel olarak dış yüzey, güneş ışınımını absorbe eden bir örtü (absorban) ile kaplanmıştır. Dış yüzey, güneş ışınımını soğurarak ısıya dönüştürür ve bu ısıyı alt tabakadaki akışkan sıvıya ya da gaza aktarır. Bu ısı, bina, sera, yüzme havuzu ve kullanma suyunun ısıtılmasında kullanılabilir gibi elektrik enerjisi üretimi için gerekli suyun ısıtılmasında da kullanılmaktadır. Kolektörlerin ışınım geçirgenliği %75 ile %95 arasında değişmektedir. Bu durum kolektör verimliliğini etkilemektedir. Kolektör verimliliği, absorber yüzeyini örten camın kalitesine ve temizliğine, kullanılan absorbanın kalitesine ve güneş ışınımının geliş açısına göre ve kolektörün konumuna bağlı olarak değişmektedir. Güneş kolektörlerinin ısı borulu, düzlemsel ve vakumlu tipleri bulunmaktadır. Bu sistemlerde, elde edilen su sıcaklıkları genelde düşüktür. Düzlemsel kolektörlerde akışkan sıcaklığı 70°C civarında iken vakumlu kolektörlerde ise 100-120°C arasındadır (Ceylan & Gürel, 2017, s. 26-27).

Güneş Ocakları/Fırınları: Genellikle çanak şeklinde, parabolik yüzeyi yansıtıcı maddelerle kaplanmıştır. Güneş ocakları, yansıtıcı parabolik yüzey sayesinde güneş ışınımını odaklayarak yoğunlaştıran ve bu şekilde ısı üreten oldukça basit sistemlerdir. Bu ocaklarda, gelen güneş ışınımı yansıtıcı yüzey tarafından ısı hazinesine

odaklanır. Bu şekilde oluşan yoğun ışınlama, ocak haznesinin iç ısısı yükselir. Üretilen ısı ile yemek pişirilebilir, su ısıtılabilir ya da maden eritilebilir. Bu ocaklar, katlanabilir, parabolik ya da kutu şeklinde tasarlanabilmektedir. Ayrıca bu ocakların güneş ışınımını odaklayıp yoğunlaştırarak ısı üreten tasarımları olduğu gibi gelen güneş ışınımını soğurarak ısı üreten tasarımları da bulunmaktadır. Daha çok bu ocaklar, yemek pişirmek ve su ısıtmak gibi gündelik kullanımlara yöneliktir. Bazı ülkelerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Herhangi bir yakıt gerektirmemesi, ekonomik oluşu ve çevreye zarar vermemesi bakımından önemlidir.

Güneş Enerjili Damıtma Sistemleri: Bu sistem, suyun, ısının etkisi ile buharlaştırılması ve ardından yoğunlaştırılması esasına dayalıdır. Güneş enerjisi, damıtma yöntemiyle arıtılacak suyun buharlaştırılmasında, sistemin ihtiyaç duyduğu ısıyı üretmek için gereklidir. Kapalı olarak tasarlanan bir sistemle su, güneş ışınımının etkisi ile buharlaştırılır. Buharlaştıran su, soğuk bir tabakadan geçirilerek yoğunlaştırılır ve bu şekilde temiz su elde edilmiş olur. Bu tip sistemlerin, ısı üretici olarak kolektör ya da mercekle türü ışınım toplayıcıların kullanıldığı birçok tasarım şekli bulunmaktadır. Ancak tasarımda esas olan ise sistemin verimliliğidir. Yapılan çalışmalar genel olarak sistem verimliliğini artırmaya ve maliyetleri düşürmeye yöneliktir. Bu tür sistemler, temiz su kaynağının bulunmadığı ya da kıt olduğu bölgelerde kullanılmaktadır.

Güneş Enerjili Isıl Soğutma Sistemleri: Güneş enerjisi yardımıyla soğutma sistemlerinin tarihçesi 1872 yılına kadar gitmektedir. Bu tarihte Paris'te güneş enerjisi kullanılarak buz üreten bir sistem geliştirilmiştir (Acaroğlu, 2013, s. 81). Son yıllarda, güneş enerjisi ile soğutma uygulamaları, araştırması yapılan güneş enerjili sistemler içerisinde önemli bir yer tutmaktadır. Soğutma işlemleri için güneş enerjisi, Rankine çevrimli mekanik buhar türbinli sistemlerde, absorpsiyonlu sistemlerde, termoelektrikli sistemlerde ve diğer bazı sistemlerde enerji kaynağı olarak kullanılabilir (DEK-TMK, 2009, s. 24). Güneş enerjisi ile soğutma için birçok soğutma tekniği mevcut olmakla birlikte günümüzde sadece birkaçı uygulanabilir durumdadır. Bunlardan ısıl mekanik sistemlerde, güneş enerjisi yardımı ile elde edilen ısıl enerji bir güç çevrimine (Rankin çevrimi) aktarılarak buhar sıkıştırımlı soğutma çevrimi çalıştırılmaktadır. Isıl dönüşümlü sistemlerde ise ısı, doğrudan bir soğutma çevrimini çalıştırmada kullanılmaktadır (Acaroğlu, 2013, s. 81,84).

Parabolik Oluklu Doğrusal Yoğunlaştırıcı Sistemler: Bu sistem, doğrusal yoğunlaştırma yapan ve kesiti parabolik olan oluklu kolektörlerin kullanıldığı dizilerden oluşur ve en yaygın güneş enerjili termoelektrik sistemlerden biridir. Bu

sistemde parabolik oluğun iç kısmındaki yansıtıcı yüzeyler, güneş ışınımını, kolektörün odak hizasında bulunan ve kolektör boyunca yüzeye paralel olarak uzanan siyah bir absorber boruya odaklar. Bu sistemde güneş ışınımı soğurucu boru üzerine doğrusal olarak yoğunlaştırılacağından, doğudan batıya doğru tek eksenli bir hareketle güneşi izlemek yeterlidir (Ceylan & Gürel, 2017, s. 130). Bu sistemde boru üzerine yoğunlaştırılan ışınlarla boru içerisindeki akışkan sıvısı ısıtılır. Daha sonra ısınan bu sıvının enerjisi ile üretilen buhar, bir buhar türbin-jeneratör sisteminden geçirilerek elektrik enerjisi üretilir. Bu sistemler yüksek yoğunlaştırma kapasitesine sahip olup bu sistemlerde 350°C-400°C'lik sıcaklıklara ulaşabilmektedir. Bu teknoloji elektrik üretiminin yanında ayrıca evlerde, restoranlarda, okullarda, küçük üretim atölyelerinde, çamaşırhanelerde kullanılmaktadır. Parabolik oluklardan oluşan bir kolektör tarlası sistemi ile ticari olarak toplam kapasitesi 350 MW'den daha büyük sistemler kurmak mümkündür. Bu sistemlerde gece boyunca ve güneş ışınımının olmadığı saatlerde düzenli bir şekilde elektrik üretilebilmesi için ayrıca bir termal enerji depolama sistemine ihtiyaç duyulmaktadır. Genelde parabolik oluk sistemleri hibrit sistemler olup kapalı havalarda ve geceleyin kesintisiz enerji üretimini sağlamak için doğal gaz veya kömür türü fosil yakıt kullanan sistemlerle birlikte tasarlanmaktadır (DEK-TMK, 2009, s. 29-30). Doğrusal yoğunlaştırıcı termal sistemler ticari olarak faaliyete geçmiş olup MW başına maliyeti yaklaşık olarak 5 milyon avrodur ve 35.000m²/MW alan gereklidir. Bu sistemlerden Kaliforniya'daki Kramer&Junction santrali 354 MW'lik güce sahiptir (YEGM, t.y.).

Fresnel Oluk Teknolojisi: Parabolik oluk teknolojisinde olduğu gibi doğrusal fresnel oluk teknolojisinde de doğrusal yoğunlaştırma yapılır. Parabolik oluk teknolojisinden farklı olarak doğrusal alıcı (receiver) sabit bir yükseklikte olup yansıtma işlemi güneşi takip edebilen sıralar halinde dizilmiş düz aynalarla gerçekleştirilir. Sistemde bulunan alıcı, yansıtıcı aynalardan yaklaşık 10 m yüksekte konumlanmıştır. Bu yükseklik, optik verimin parabolik oluk kolektörlere göre düşük olmasına neden olmaktadır. Çünkü ışınımın dağılması nedeniyle yansıma kayıpları çok fazla olmaktadır. Buna bağlı olarak termik verim de düşmektedir. Parabolik oluk teknolojisine göre daha düşük maliyetli olan bu sistemde, alıcı yüksekliğini düşürmek suretiyle verim artırılabilir, ancak bu durumda da güneş ışınımı toplama alanı küçüleceğinden çok daha fazla panel kullanmak gerekecektir. Bu durumda da maliyetler yükselecektir. Dünyada fresnel teknolojisi ile kurulan en büyük tesis İspanya'daki 31,4 MW gücündeki Puerto Errad 1+2 santralidir (YEGM, t.y.).

Noktasal Yoğunlaştırıcı Sistemler: Bu sistemler, toplaçların şekline göre parabolik çanak sistemi ve merkezi alıcı sistemi olmak üzere ikiye ayrılır. Parabolik sistemde, çanaklar her iki ekseninde hareket ederek güneşi izler ve güneş ışınımını noktasal olarak yoğunlaştırır. Bunun için parabolik çanakların iç bükümlü yüzeyleri yansıtıcı aynalarla kaplanmıştır. Gelen güneş ışınımı yansıtıcı yüzey yardımıyla çanağın odağındaki Stirling motoru üzerine yoğunlaştırır. Stirling motoru ısı enerjisini elektrik jeneratörü için gerekli olan mekanik enerjiye dönüştürür. Parabolik çanak sistemi elektrik üretiminin haricinde buhar ve sıcak hava elde etmede kullanılır. Yine noktasal yoğunlaştırma yapan merkezi alıcı sistemde, tek tek odaklama yapan ve “heliostat” adı verilen düzlemsel aynalardan oluşan bir alan, güneş ışınımını bir kule üzerine yerleştirilmiş ısı değiştiriciye yansıtır. Ayrıca heliostat, bilgisayar sistemi ile kontrol edilerek güneş ışınımının sürekli ve en verimli olacak şekilde ısı değiştiriciye doğru yoğunlaştırılması sağlanır (Öztürk, 2013, s. 84).

Parabolik Çanak Sistemi: İki ekseninde güneşi takip ederek sürekli olarak güneş ışınımını odak noktasına yoğunlaştıran sistemlerdir. Termal enerji, odaklama bölgesinden uygun bir ısı transfer sıvısı ile alınarak termodinamik bir dolaşıma gönderilir ya da odak bölgesine yerleştirilen bir Stirling motoru yardımı ile elektrik enerjisine çevrilir. Çanak-Stirling bileşimiyle güneş enerjisinin elektriğe dönüştürülmesinde yaklaşık %30'luk verime ulaşabilmektedir. Noktasal yoğunlaştırma yapan bu teknolojide termik kayıp yoktur ve güneş ışınımı yoğunlaştırma oranları diğer sistemlerle karşılaştırıldığında yoğunlaştırma oranı yaklaşık olarak parabolik olukta 80 ve kule teknolojisinde 1.000 iken bu sistemde 15.000'dir. Ancak bu sistem, 10 kW'lık bir güç üretmek için 1 milyon avro yatırım maliyeti gerektiren oldukça pahalı bir teknolojidir (YEGM, t.y.).

Güneş Kulesi Güç Santralleri: Bu tip santrallerde noktasal yoğunlaştırıcı sistemler kullanılır. Güneş ışınımını heliostat adı verilen geniş bir alana yayılmış düzlemsel aynalar sistemi ile içerisinde tuz eriyiği bulunan bir kuleye yansıtılır ve böylelikle ışınım enerjisi yoğun hale getirilir. Güneş ışınımını yoğunlaştırmada noktasal yoğunlaştırıcılar kullanılmaktadır. Ayrıca bu noktasal yoğunlaştırıcılar güneş ışınımını sürekli ve verimli bir şekilde yansıtabilmesi için bilgisayar sistemi tarafından kontrol edilmektedir (Öztürk, 2013, s. 90). Bu şekilde yansıtılan yoğun miktardaki güneş ışınımı kuledeki alıcı tarafından soğurulur. Soğurmanın etkisiyle alıcı içerisindeki tuz eriyiği yüksek sıcaklıklara ulaşır. Isınan bu eriyikten türbin-jeneratör yardımıyla elektrik üretilir. Güneş kulesi sistemlerinde ısı transfer akışkanı olarak

su/buhar, eriyik nitrat tuzu, sıvı metaller veya hava kullanılır. Aynalar yardımıyla yoğunlaştırılmış güneş ışınımı ile 700°C'nin üzerinde ısıtılan tuz eriyiği izolasyonlu bir kapta uzun süre tutularak ihtiyaç duyulduğu anda suyu buharlaştırmak için hazır bekletilir. Bu yöntemle enerji depolamada verimlilik yaklaşık %99 civarındadır. %1'lik kayıp ise izolasyondan kaynaklanmaktadır. Güneş kulesi sistemlerinde sıcaklık 550°C'den 1.500°C'ye kadar çıkabilmekte ve 10 MW ile 400 MW arası bir güç elde edilebilmektedir. Bu teknolojinin kullanılmasındaki önemli sorun, geniş bir yüzey alanına ve çok miktarda suya ihtiyaç duyulmasıdır. Çöllerde yeterli güneş enerjisi ve alan olmasına karşılık buralarda su temini zordur. Bununla birlikte enerjinin depolanmadığı diğer güneş teknolojilerinde yıllık kapasite faktörü %25 civarında iken güneş kulesi sisteminde yıllık kapasite faktörü %65 civarındadır. Bunun anlamı, bu sistemler yılın %65'inde ilave bir enerji kaynağına ihtiyaç duymadan çalışabilirler. Güneş kulesi sistemi bu özelliği ile diğer yenilenebilir kaynaklara dayalı enerji üretim tesislerinden farklılık gösterir (DEK-TMK, 2009, s. 32-35). Bu sistemle çalışan en büyük santral İspanya'daki 20MW gücündeki PS20 santralidir (Öztürk, 2013, s. 92).

Bazı kule tipi sistemlerde ısı transfer akışkanı olarak sıvı yerine hava kullanılır. Bu sistemlerde hava basıncı bir kompresör yardımıyla 15 bar basıncına kadar artırılır. Alıcının yüzeyi, geçirgen özellikteki cam kubbe ile örtülerek absorban yüzey dış ortamdan yalıtılır. Basınçlı alıcının içerisindeki havanın sıcaklığı 1.100 °C'ye ulaşınca kadar ısıtılır. Isınan hava gaz türbinini çalıştırır. Gaz türbininden, bağlı olduğu jeneratör yardımı ile elektrik üretilir. Bunun yanında açığa çıkan atık ısı, kazan ünitesine gönderilir ve ayrıca buhar çevrim işlemi de kullanılır. Basit bir buhar türbininin verimi sadece %35 düzeyinde iken kombine durumda gaz ve buhar türbini işlemi ile verimlilik %50 düzeylerine kadar ulaşabilmektedir. Ayrıca bu tip santrallerde %20 sistem verimine ulaşmak mümkün olmaktadır (Öztürk, 2013, s. 93).

Güneş Bacalı Güç Santralleri: Bu santrallerde, güneşin ısı etkisi ile oluşan hava hareketinden yararlanılarak elektrik üretilir. Güneşe maruz bırakılan şeffaf malzemeyle kaplı bir yapının içindeki toprak ve hava, çevreye göre daha fazla ısınır. Isınan hava yükselerek eğimli yapılan çatıdan geçerek hava akışının çok yüksek olduğu bir bacaya yönlendirilir ve baca içinde 15 m/s hızla esen hava akımı-rüzgâr oluşturulur. Baca girişine yerleştirilen rüzgâr türbini yardımıyla elektrik üretilir. Bu şekilde kurulan bir tesisin gücü 30-100 MW arasında olabilir. Bununla birlikte deneysel kullanım dışında güneş bacalarının uygulaması yoktur (YEGM, t.y.). Bu sistem, diğer yöntemlerle elektrik üreten santralleri desteklemek amacıyla ya da maden

ocakları, radar istasyonları veya uzak yerleşim birimlerinin elektrik ihtiyacını karşılamak için kurulabilmektedir. Ayrıca bu teknoloji, endüstride buhar üretimi, yer altı enjeksiyonu ve petrol çıkarma gibi işlemler için kullanılır (Öztürk, 2013, s. 89).

2.4.3.2. Güneş Enerjisi Fotovoltaik Teknolojisi

Elektrik ihtiyacını karşılamada güneş ışınımını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren fotovoltaik (PV) teknolojisinin enerji üretimindeki payı, maliyetlerinin de düşmesi ile birlikte giderek artmaktadır. Fotovoltaik etki, ilk olarak 1839 yılında Becquerel tarafından, güneş ışınımının elektrolitik hücrelerde gerilim meydana getirdiğinin keşfedilmesiyle gündeme gelmiştir. PV uygulamalarının yaygınlık kazanması uzun AR-GE çalışmaları sonucunda ortaya çıkmıştır. Konvansiyonel enerji kaynaklarının bol miktarda ve ucuz oluşu nedeniyle PV teknolojisi 1950'li yıllara kadar yavaş ilerlemiştir. Özellikle, 1950'li yıllarda başlayan uzay araştırmaları, bu teknolojinin gelişmesinde etkili olmuştur. 1970'li yıllardaki petrol krizinden sonra enerji ihtiyacını karşılamaya yönelik yeni kaynak arayışları ile birlikte PV teknolojisindeki ilerleme daha da hız kazanmıştır. PV sistemleri, elektrik üretiminde, iç ve dış aydınlatmalarda, trafik işaret ve levhalarında, hesap makinesi ve saat gibi teknolojik cihazlarda, evlerin elektrik ve su ihtiyaçlarını karşılamada, deprem ve hava gözlem istasyonlarında, güneş arabalarında, şarj gerektiren işlemlerde, iletişim ve haberleşme istasyonlarında ve yapay uydularda kullanılmaktadır.

PV hücreleri, gelen güneş ışınımını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren yarı iletken özellikteki maddelerden üretilmektedir. Yarı iletken madde olarak silisyum, germanyum ya da galyum kullanılmaktadır. Bununla birlikte yapısal özelliklerinin yanında ekonomik olması yönüyle daha ziyade silisyum tercih edilmektedir. Silisyumun yarı iletken olarak kullanılabilmesi için öncelikle saflaştırılması ve kristalize edilmesi gerekmektedir ve bu işlem yüksek teknoloji gerektirir. Daha sonra silisyum kristalleri işlenerek ince levhalar haline getirilir. Bu levhaların elektrik gerilimi oluşturabilmesi için bir yüzeyinde elektron fazlalığının diğer yüzeyinde ise elektron noksanlığının sağlanması gerekir. Bunun için ince levhanın bir yüzeyi fosforla diğer yüzeyi borla kaplanır. PV hücrelerinin yüzeyleri kare, dikdörtgen veya daire şeklinde olabilir, alanları genellikle 100 cm² civarındadır, kalınlıkları ise 0,2-0,4 mm arasındadır. Bu hücreler, fotovoltaik etkiye dayalı olarak çalışmaktadır. PV hücrelerinin üzerine güneş ışınımı düştüğü zaman, ışınım enerjisinin

etkisiyle serbest hale gelen elektronlar, diyot uçları arasında 0,5 volt'luk bir elektrik gerilimi oluşturur. Bu elektronlar, PV hücresinin ürettiği elektrik enerjisinin kaynağını oluşturur (Neptun, 2011).

Fotovoltaik hücreler pek çok farklı maddeden yararlanılarak üretilmektedir. Günümüzde PV hücrelerinin üretiminde çoğunlukla kristal silisyum, galyum arsenit, amorf silisyum, kadmiyum tellürid, bakır indiyum diselenid gibi maddeler kullanılmaktadır. Yapısına bağlı olarak PV hücreleri, güneş ışınımını %5 ile %30 arasında bir verimle elektrik enerjisine dönüştürebilmektedir. Verimi %10'un altında olan PV hücreleri, uygulamada verimli ve ekonomik olarak kabul edilmemektedir. Ayrıca PV hücrelerinin verimi, laboratuvar ortamında %10-30 arasında iken uygulamada %5-20 arasındadır. Uygulamada %15'lik verimin üstünde olan PV hücreleri iyi olarak kabul edilmektedir (Şahin, t.y., s. 29).

Fotovoltaik sistemin ana elemanını PV paneller oluşturmaktadır. Günümüzde PV panellerinin, farklı malzemelerin ve teknolojilerin kullanıldığı birçok çeşidi bulunmaktadır. Bu farklılıklara rağmen fotovoltaik panel üretiminde verimlilik ve maliyet esas olup PV panelden en az maliyetle en yüksek verimin elde edilebilmesine yönelik AR-GE çalışmaları devam etmektedir. Üretim şekillerine göre ve kullanılan hücre çeşidine göre birçok PV panel çeşidi bulunmaktadır. Bunlar:

Monokristal Hücreli Güneş Paneli: Bu paneller yüksek verimli monokristal hücrelerden yapılmaktadır. Genelde yarı iletken madde olarak silisyum kullanılmaktadır. Panel yapısında sadece yüksek saflıktaki tek kristal hücre kullanılır. Yüksek saflıktaki tek kristal hücre üretimi yüksek teknoloji gerektiren maliyetli bir süreçtir. Bu paneller polikristal hücreli panellere göre daha verimli çalışmaktadır. Bu nedenle birim alan başına daha fazla elektrik üretebilmektedir. Bununla birlikte üretimi, yüksek teknoloji gerektirdiğinden hem üretim aşaması daha uzun sürmekte hem de polikristal hücreli PV teknolojisine göre daha maliyetli olmaktadır. Bu panel tipleri uzun ömürlü olup verimlilikleri %15-%23 arasında değişmektedir.

Polikristal Hücreli Güneş Paneli: Bu panellerin üretimi monokristal panellere göre daha kolaydır ve maliyeti çok daha düşüktür. Bu panelde kullanılan kristaller monokristal saflığında üretilmediğinden, panelin kristal yapısı heterojen olup belli değerdedir. Bu nedenle polikristal hücrelerin üretimi, monokristal hücrelere göre daha kolaydır. Ancak bu durum, polikristal hücrelerin enerji verimliliğini düşürmektedir ve aynı miktarda güç üretimi için çok daha fazla panel kullanılması ve daha fazla alan gerekmektedir. Bu panel tipleri de monokristal tipler gibi dış ortam

şartlarına karşı dayanıklıdır. Polikristal panellerin verimliliği %12-15 arasındadır. Silikon yapısı nedeniyle enerji verimliliği monokristal hücreye göre daha düşüktür. Ancak maliyetlerinin düşük olması nedeniyle çoğunlukla tercih edilmektedir.

Amorf Hücreli İnce Film (Esnek) Güneş Paneli: Bu tip paneller esnek yapıda ve hafif olarak üretildiğinden kolaylıkla taşınabilir ve uygulanabilir özelliktedir. Bu tip panellerde kullanılan yarı iletken kristal yapıda olmayıp amorf yapıdadır. Ticari amaçlı üretimi yapılan ince film hücreli güneş panellerinin bakır indiyum galyum diselenid (CIGS), amorf-silisyum (a-Si) ve kadmiyum tellürid (CdTe) türü yarı iletkenlerin kullanıldığı birkaç çeşidi vardır. Bununla birlikte ince film hücreli panellerde çoğunlukla amorf silisyum kullanılmaktadır. Bu panellerin uygulanması için düz bir yüzeye ihtiyaç bulunmadığından bina çatıları, otobüs durakları, otopark gölgelikleri, eğri yüzeyler vb. hemen her yere uygulanabilmektedir. Ayrıca panel kurulumu için cam, metal profil vb. herhangi bir aparata da ihtiyaç bulunmamaktadır. Bu avantajlarına rağmen ince film panellerin verimliliği kristal panellere göre daha düşüktür ve %5 ile %12 arasında değişmektedir. Bu nedenle aynı miktarda güç üretimi için daha fazla panel ve alan gereklidir. Bununla birlikte kristal hücrelere göre çok az miktarda yarı iletken malzeme kullanıldığından üretim maliyetleri oldukça düşüktür. Bu paneller güç gereksiniminin az olduğu uygulamalarda kullanılmaktadır. Ayrıca esnek yapısı nedeniyle dayanıklıdır, kırılmaz ve kolaylıkla deforme olmaz.

Saydam Güneş Paneli: Saydam güneş panel teknolojisi henüz gelişme aşamasında olup şimdilik düşük enerjiye ihtiyaç duyulan sistemler için geliştirilmektedir. Bu teknolojide, güneş ışınımını elektrik enerjisine dönüştürmede organik moleküller kullanılmaktadır ve şeffaf yüzeyler organik moleküllerle kaplanarak yüzeye fotovoltaik özellik kazandırılmaktadır. Bu teknolojiyen yararlanılarak binaların şeffaf yüzeylerinden elektrik enerjisi üretilmesinin yanında akıllı telefon, tablet bilgisayar vb. şeffaf yüzey içeren cihazların kendi ihtiyacı olan enerjiyi üretmesi düşünülmektedir. Diğer PV sistemlerinde kullanılan yarı iletken kristal hücrelerin aksine bu teknolojide kullanılan organik hücrelerin sadece belirli bir spektrum aralığındaki güneş ışınımını soğurabilmesi verimliliği düşürmektedir. Bu nedenle günümüzde, bu teknolojiye sahip panellerin verimliliği henüz %1 civarlarında olup verimliliği artırmaya yönelik çalışmalar devam etmektedir.

PV sistemlerinde, güç çıkışını artırmak amacıyla çok sayıda güneş hücresi birbirine paralel ya da seri bağlanarak yüzey üzerine monte edilir, bu yapıya güneş

hücresi modülü ya da fotovoltaik modül adı verilir. PV hücreleri birleşerek modülleri, modüller birleşerek PV dizilerini oluşturur. Güç ihtiyacına bağlı olarak modüller birbirlerine seri ya da paralel bağlanarak birkaç watt ile megawatt arası PV sistemi kurulabilir (YEGM, t.y.). PV sistemlerinde, uygulama alanına göre PV modülü veya dizisi, akümülatör, dönüştürücü, dolun kontrol ünitesi, elektronik destek devreleri, bağlantı elemanları gibi cihaz ve ekipmanlar kullanılır. PV sisteminin seçimi ve uygun olarak konumlandırılması, sistemin güvenilirliğini, kullanım süresini ve yatırım maliyetini doğrudan etkiler (Öztürk, 2013, s. 139,142,152).

PV sistemlerinin çoğunda güneş ışınımından kazanılan enerji, modüller aracılığıyla toplanır. Bu enerji doğrudan kullanılabilirdiği gibi daha sonra kullanılmak üzere kimyasal enerjiye dönüştürülerek akülerde depolanabilir. PV uygulamalarında, kullanım alanına ve istenilen enerji miktarına göre modül tipi ve sayısı, bağlantı şekilleri, akü sayısı vb. belirlenir. PV paneller, ilk olarak açık alanlarda kurulan güneş santrallerinde elektrik üretmek amacıyla kullanılmıştır. Daha sonraları, binalarda kullanılmaya başlanmıştır. PV sistemleri şebekeden bağımsız ve şebeke bağlantılı sistemler olarak tasarlanır. PV sistem ile enerji üretiminin avantaj ve dezavantajları şunlardır (Şahin, t.y., s. 31):

Tablo 4: PV Teknolojisinin Enerji Üretimindeki Avantaj ve Dezavantajları

Avantajları	Dezavantajları
<ul style="list-style-type: none"> • Herhangi bir fosil yakıt tüketilmeden bağımsız olarak enerji üretilir. • Kullanılan enerji için bedel ödenmez. • Kurulumu kolay olup kurulumdan sonra, uzun yıllar sorunsuz olarak çalışabilir. • Sistemin hareketli parçaları az olduğundan bakım ve onarım gereksinimleri azdır. • Sistemler, iklim etmenlerine ve doğal olaylara karşı dayanıklıdır. • Enerjiye gereksinim duyulan yerde enerji üretmeleri nedeniyle, enerji kaybı ve enerji iletim maliyeti yoktur. • Modüler yapıda olduklarından, artan enerji gereksinimine bağlı olarak sistem elemanları kolay bir şekilde artırılabilir. 	<ul style="list-style-type: none"> • Kullanılabilir düzeyde enerji üretebilmek için geniş alıcı yüzeylere gereksinim vardır. • Enerji üretimi, yaz aylarında yeterli olup kış aylarında ise daha düşük seviyededir. Ayrıca gece vakitlerinde enerji üretimi hiç yoktur. • Güneş ışınımından sürekli olarak yararlanabilmek için, sistemin çevresi açık olmalı ve gölge oluşmamalıdır. • Güneş ışınımı sabit ve sürekli olmadığından, depolama için alan gereklidir. • İlk yatırım maliyeti yüksektir. Bu nedenle başlangıçta ekonomik bir uygulama olarak görülmeyebilir.

Kaynak: (Şahin, t.y., s. 31)

Fotovoltaik sistemler tasarım ve yerleşimlerine bağlı olarak bağımsız sistemler, karma sistemler ve şebekeye bağlı sistemler olarak gruplandırılır (Öztürk, 2013, s. 139). Bağımsız sistemlerde, uygulamaların ihtiyaç duyduğu enerji sadece PV teknolojisinden yararlanılarak üretilir. Bu sistemlerin şebeke ile bağlantısı yoktur. Deniz fenerleri, trafik işaret ve levhaları, ilkyardım, alarm ve güvenlik sistemleri, uzay istasyonları ve uydu sistemleri, tarımsal sulama amaçlı su pompaları, deprem ve hava gözlem istasyonları vb. PV sistemlerinin bağımsız olarak kullanıldığı uygulama alanlarıdır. Karma sistemler, PV teknolojisi ile birlikte diğer enerji türlerinin bir ya da birkaçının birlikte kullanıldığı hibrit sistemlerdir. Bu sistemler, genellikle enerji arzına yönelik süreklilik gerektiren durumlar için mevsimsel, coğrafik ya da teknolojik nedenlerle yaşanabilecek dalgalanmaları önlemek amacıyla yedek ya da ek enerji ihtiyacının karşılanmasına yönelik uygulamalarda kullanılır. Özellikle enerji üretim santrallerinde, enerji arzında kesinti yaşanmaması için hibrit sistemlerden yararlanır. Şebeke bağlantılı sistemler ise PV teknoloji ile elektrik üretim sistemlerinin mevcut elektrik şebekesine bağlanması ile kurulan sistemlerdir. Bu sistemin en büyük uygulama alanı, PV teknoloji ile elektrik üretim tesisleridir. Bu sistemlerin genel şebeke ile bağlantısı vardır ve üretilen elektrik enerjisi, şebekeye verilir.

2.4.3.3. Güneş Enerjisi Uygulamalarında Karşılaşılan Sorunlar

Güneş enerjisi uygulamalarında karşılaşılan sorunların başında, üretilen elektriğin depolanması sorunu gelmektedir. Güneş enerjisine dayalı elektrik üretimi güneş ışınımının olduğu zamanlarda gerçekleşir. Bu nedenle ışınımın olmadığı durumlarda elektrik üretilmemektedir ve elektrik ihtiyacının karşılanabilmesi için depolama sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Günümüz şartlarında enerji depolama cihaz ve ekipmanları pahalıdır. Güneş enerjisine dayalı elektrik üretim tesislerinin (GES) depolama sistemleri ile birlikte tasarlanması durumunda enerji üretim maliyetleri yükselmektedir.

Bir enerji santralının belirli bir zaman aralığında ürettiği toplam enerjinin, santralin toplam kurulu gücüne oranının bir ölçüsü olan kapasite faktörü, GES'lerde düşüktür. Diğer hidrokarbon kökenli yakıtlarla çalışan santrallerde ve nükleer santrallerde kapasite faktörü %85-90 arasındadır. PV teknoloji ile GES'lerde kapasite faktörü %25'ler civarındadır, ısıl GES'lerde ise kapasite faktörü %65'e kadar çıkmaktadır. Nükleer santraller yılda 8000 saat, hidroelektrik santraller yılda 4000 saat

elektrik üretebilirken PV teknoloji GES'ler yılda 2500-3000 saat elektrik üretebilmektedir. Bunun yanında PV teknoloji GES'lerin uygulamalardaki panel verimlilikleri, panel türüne göre değişmekle birlikte henüz %5 ila %20 arasındadır.

Atmosferik ya da kozmik olaylar nedeniyle güneş ışınımının azalması, gece ışınımının olmaması, yansıma olayları, panellerdeki gölgelenme, tozlanma ve sıcaklık artışı gibi nedenler güneş enerjisinden elektrik üretimini etkilemektedir. Bu durumlarda elektrik üretimi ya tamamen durmakta ya da kesintili olmaktadır ve elektrik şebekelerinde, güç kaybı ve gerilim dengesizlikleri oluşmaktadır.

Elektrik enerjisi ihtiyacı, evsel ve endüstriyel faaliyetlerin belli saatlerdeki yoğunluğuna ya da mevsimsel şartlara bağlı olarak artmakta ya da azalmaktadır. Enerji ihtiyacının arttığı durumlarda, artan enerji talebinin karşılanmasına ve elektrik şebekesinin değişken güç ihtiyacının dengelenmesine yönelik olarak santrallerin, bu talebi yeterli ve hızlı bir şekilde karşılaması gerekmektedir. Hidrokarbon kökenli yakıt santralleri, nükleer santraller ve hidroelektrik santraller bu tür durumlarda hemen devreye alınabilmekte ve artan talep hızlı bir şekilde karşılanabilmektedir. Ancak GES'ler, ani olarak artan bu enerji taleplerini, hızlı bir şekilde ve ihtiyaç duyulan miktarda karşılamakta yetersiz kalabilmektedir.

Baz yük-pik yük, kapasite faktörü ve verimlilik göz önünde bulundurulduğunda güneş enerjili sistemler özellikle yüksek enerji yoğunluğu gerektiren uygulamalarda yetersiz kalabilmektedir. Bu nedenle GES'lerin özellikle endüstriyel uygulamalarda kesintisiz bir şekilde ve istenen güçte enerji sağlayabilmesi için hibrit sistemlerle birlikte tasarlanması gerekmektedir.

2.5. GÜNEŞ ENERJİSİNE DAYALI ELEKTRİK ÜRETİM TESİSLERİNİN (GES) MALİYET ANALİZİ

Enerji santrallerinin maliyet hesabında, genellikle santralin ilk yatırım maliyeti ve birim enerji üretim maliyeti dikkate alınmaktadır. Santralin birim enerji üretim maliyeti, santralin kullanım ömrü boyunca yapılan bütün harcamaları (yatırım, işletme, bakım vb. maliyetleri) kapsayan, santralden birim enerji elde edilmesi için gerekli olan maliyeti ifade eden ekonomik bir değerlendirme kriteridir. Enerji santrallerine yönelik harcamalar, santralin ilk yatırım maliyeti ve işletme/bakım maliyeti olmak üzere ikiye ayrılır. İlk yatırım maliyeti, santralin işletmeye başlamadan önce enerji üretimine hazır hale getirilmesi amacıyla makine-teçhizat, bina, arazi vb.

temel elemanlar için yapılan harcamalardır. Santral maliyetlerinin en büyük kısmını ilk yatırım maliyetleri oluşturur. İşletme ve bakım maliyetleri ise santral kurulumu sonrasında santralden enerji üretmeye yönelik yapılan harcamalardır. İşletme maliyetleri, sabit işletme maliyeti ve değişken işletme maliyeti olmak üzere ikiye ayrılır. Sabit işletme maliyeti; çalışanların maaşları ve primleri, santralin genel ve idari harcamaları, santral destek ekipmanları, planlanmış bakımlar vb. maliyetlerdir. Değişken işletme maliyetleri ise üretime bağlı olarak santralde kullanılan yakıtlar, enerji, su, kimyasallar, katalizörler, gazlar, yağlayıcılar, tükenebilir malzeme ve kaynaklar ile atıkların neden olduğu maliyetlerdir (Kaya & Koç, 2015, s. 64).

Enerji yatırımlarında üretim maliyetleri, ülkelerin ya da bölgelerin coğrafi konumu, sahip olunan enerji kaynaklarının türü ve miktarı/yoğunluğu, teknolojik imkanlar, sermaye birikimi vb. faktörlere bağlıdır. Bu faktörlerin ülkeden ülkeye ya da bölgeden bölgeye farklılık göstermesi, enerji maliyetlerinde farklılıklara neden olmakta, mevcut enerji yatırımlarını ve geleceğe yönelik enerji maliyet projeksiyonlarını etkilemektedir. Bu faktörlerdeki farklılıklar nedeniyle enerji kaynağından elde edilen enerjinin birim üretim maliyetleri artmakta ya da azalmaktadır. Ülkeye ya da bölgeye göre bazı yerlerde güneş enerjisi yatırımları avantajlı olurken bazı yerlerde rüzgâr enerjisi yatırımları ya da farklı kaynak türündeki enerji yatırımları daha avantajlı olabilmektedir.

Ayrıca bu faktörlere göre enerji yatırımlarına yönelik değişik senaryolar oluşturulmakta ve bu senaryolara göre enerji yatırım maliyetleri ile ilgili raporlar hazırlanmaktadır. Oluşturulan senaryo, yatırım hesaplamalarındaki maliyet miktarlarını ve kalemlerini etkilemektedir. Bu nedenle ülkelerin ya da çeşitli kuruluşların hazırladığı raporlarda enerji maliyetlerine ait değerler, aynı tür kaynaklar için farklılık gösterebilmektedir. Bununla birlikte bu raporlar, günümüzdeki enerji yatırımlarını belirlemede ve geleceğe dönük enerji yatırım projeksiyonları oluşturmada, kamu otoritelerine ve yatırımcılara yol gösterici olmaktadır.

Enerji üretim maliyetlerinin hesaplanmasına yönelik değişik hesaplama yöntemleri bulunmaktadır. Günümüzde, enerji yatırımlarının maliyet hesaplamalarında ve geleceğe yönelik enerji maliyet projeksiyonlarında “Seviyelendirilmiş Enerji Maliyeti (Levelized Cost of Energy-LCOE)” standardı genel kabul görmektedir. LCOE değeri, santrallerin, beklenen hizmet ömrü boyunca ortaya çıkan tüm maliyetlerinin, bu sürede ürettiği toplam enerji miktarına bölünmesi ile elde edilen maliyettir. Genellikle LCOE, farklı üretim teknolojilerinin toplam rekabet

gücünün uygun bir özet ölçüsü olarak kabul edilmektedir. LCOE hesaplamasına yönelik temel girdiler; sermaye maliyetleri, yakıt maliyetleri, sabit ve değişken işletme ve bakım maliyetleri, finansman maliyetleri ve her bir tesis türü için varsayılan bir kullanım ömrüne ait değerleri içerir. Bu faktörlerin önemi, teknolojilere göre değişir. Teknolojiler geliştikçe ve yakıt fiyatları değiştikçe maliyetler, bölgesel ve zamansal olarak değişebilir. Ayrıca varsayılan projeksiyona göre bu faktörlerin hepsiyle ilgili bir belirsizlik de söz konusudur (EIA, 2017b, s. 1). Enerji maliyet hesabında LCOE standardından başka, LCOE'nin temel girdilerinin yanında, bunlara ilave olarak jeopolitik risklerin, çevresel ve sosyal maliyetlerin dikkate alındığı, toplumsal maliyet kapsamlı hesaplama yöntemleri de bulunmaktadır.

2017 yılında şebeke uygulamalarına yönelik 30 MW'lik kristal PV teknolojiye güneş enerjisi santralının kamu teşviklerinden arındırılmış seviyelendirilmiş enerji maliyeti (LCOE) MWh başına 46\$ ile 53\$ arasında hesaplanmaktadır. Aynı kapasitedeki güneş enerjisi santralının kurulumunda ince film kristal teknolojisinin kullanılması durumunda MWh başına LCOE 43\$-48\$ arasında hesaplanmaktadır. Bu maliyet 1 MW'lik ticari ve endüstriyel çatı uygulamaları için ise 85\$-194\$ arasındadır (LAZARD, 2017, s. 18-20).

Tablo 5: Tiplerine ve Özelliklerine göre Enerji Tesislerinin Seviyelendirilmiş Enerji Maliyetleri (Kamu Teşviklerinden Arındırılmış)

Tesis Özellikleri	Birimler	Tesis Türü																							
		Güneş Enerjisi						Rüzgâr Enerjisi				Jeotermal		Biyokütle		Nükleer		Kömür (%90 Karbon İçerikli-Nakliye ve Depolama Hariç)		Doğal Gaz (Kombine Çevrim)					
		Çatı Uygulamaları PV (Evsel)	Çatı Uygulamaları PV (Ticari ve Endüstriyel)	Şebeke Uygulamaları (Kristal PV)	Şebeke Uygulamaları (İnce Film PV)	Solar Termal Kule (Depolama dahil)	Kara Üstü Kurulum	Deniz Üstü Kurulum																	
Net Tesis Çıkışı	MW	0,005	0,002	1	30	30	110	135	100	210	385	20	50	10	2.200	600	550								
Mühendislik, Tedarik ve İnşaat Maliyeti	\$/kW	\$3.125	\$3.560	\$2.000	\$3.750	\$1.375	\$1.100	\$1.375	\$1.100	\$3.344	\$8.750	\$900	\$1.050	\$2.360	\$4.500	\$3.500	\$5.600	\$1.500	\$3.500	\$4.900	\$8.900	\$2.000	\$6.100	\$400	\$1.000
İnşaat Sırasındaki Yatırım Maliyeti	\$/kW	-	-	-	-	-	\$500	\$1.250	\$300	\$600		\$500	\$800	\$200	\$500	\$1.300	\$2.400	\$500	\$1.600	\$0	\$100				
Diğer Maliyetler	\$/kW	Dahil	Dahil	Dahil	Dahil	Dahil	Dahil	Dahil	Dahil	Dahil	Dahil	Dahil	Dahil	Dahil	Dahil	Dahil	Dahil	\$292	\$501	\$500	\$700	\$200	\$200		
Toplam Yatırım Maliyeti	\$/kW	\$3.125	\$3.560	\$2.000	\$3.750	\$1.375	\$1.100	\$1.375	\$1.100	\$3.800	\$10.000	\$1.200	\$1.650	\$2.360	\$4.500	\$4.000	\$6.400	\$1.700	\$4.000	\$6.500	\$11.800	\$3.000	\$8.400	\$700	\$1.300
İşletme ve Bakım Maliyeti (Sabit)	\$/kW-yr	\$20	\$25	\$15	\$20	\$12	\$9	\$12	\$9	\$75	\$80	\$30	\$40	\$80	\$110	-	\$50	\$135	\$40	\$80	\$6,20	\$5,50			
İşletme ve Bakım Maliyeti (Değişken)	\$/MWh	-	-	-	-	-	-	-	-	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$30	\$40	\$10	\$0,75	\$2	\$5	\$3,50	\$2,00		
Isı Oranı	Btu/kWh	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14.500	10.450	8.750	12.000	6.133	6.900				
Kapasite Faktörü	%	18%	13%	25%	20%	30%	21%	32%	23%	43%	52%	55%	38%	50%	40%	90%	85%	85%	80%	90%	93%	80%	40%		
Yakıt Fiyatı	\$/MMBtu	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	\$1	\$2	\$0,85	\$1,47	\$3,45						
Kurulum Süresi	ay	3	3	9	9	36	12	12	36	36	36	69	66	24											
Kullanım Ömrü	yıl	20	25	30	30	35	20	20	25	25	40	40	20												
Karbondioksit Emisyonu	lb/MMBtu	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	211	117						
LCOE (Seviyelendirilmiş Enerji Maliyeti)	\$/MWh	\$187	\$319	\$85	\$194	\$46	\$53	\$43	\$48	\$98	\$181	\$30	\$60	\$71	\$155	\$77	\$117	\$55	\$114	\$112	\$183	\$60	\$143	\$42	\$78

Kaynak: (LAZARD, 2017, s. 18-20)

Karasal kurulumlu RES'ler ile şebeke uygulamalarına yönelik PV teknoloji GES'lerin 2009-2017 yılları arası kamu teşviklerinden arındırılmış seviyelendirilmiş enerji maliyetleri karşılaştırıldığında karasal kurulumlu RES'lerin MWh başına 2009 yılı LCOE'si en az 101\$, en fazla 169\$ iken 2017 yılında en az 30\$ en fazla 60\$ arasında hesaplanmaktadır. Şebeke uygulamalarına yönelik PV teknoloji güneş enerjisi tesislerinin MWh başına 2009 yılı LCOE'si en az 323\$, en fazla 394\$ iken 2017 yılında en az 46\$, en fazla 53\$ olarak hesaplanmaktadır. Buna göre rüzgâr enerjisinin sekiz yıllık LCOE alt ve üst değer aralıklarının ortalama olarak yüzdelik düşüşü %67 iken güneş enerjisindeki düşüş %86'dır. Buna göre GES'lerin seviyelendirilmiş enerji maliyeti yıllar itibariyle daha fazla düşmüştür. Ayrıca karasal kurulumlu RES'lerin yapım süresi 1 yıl ve faaliyet ömrü 20 yıl olarak hesaplanmaktadır. Şebeke uygulamalarına yönelik PV teknoloji GES'lerde ise yapım süresi 9 ay ve faaliyet ömrü 30 yıl olarak hesaplanmaktadır (LAZARD, 2017, s. 10, 18-19).

Tablo 6: 2009-2017 Arası Rüzgâr ve Güneş Enerjisi Tesisleri LCOE Değişimi (Kamusal Teşvikler Hariç)

Tesis Tipi	Tesis Teknolojisi	LCOE (\$/MWh)																	
		2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017	
		Min.	Mak.	Min.	Mak.	Min.	Mak.	Min.	Mak.	Min.	Mak.	Min.	Mak.	Min.	Mak.	Min.	Mak.	Min.	Mak.
Rüzgâr Enerjisi	Karasal	101	169	99	148	50	92	48	95	45	95	37	81	32	77	32	62	30	60
Güneş Enerjisi (PV)	Ticari ve Endüstriyel Çatı Uygulamaları	-	-	266	342	186	261	149	204	149	204	126	177	109	193	88	193	85	194
	Şebeke Uygulamaları	323	394	226	270	148	166	101	149	91	104	72	86	58	70	49	61	46	53

Kaynak: (LAZARD, 2017, s. 10)

20 MW'lik bir PV teknoloji GES'in faaliyete geçecek şekilde anında inşa edildiği kabulü ile zamansal ve finansal giderlerden arındırılmış yatırım maliyeti "Overnight Capital Cost (OCC)" kW başına, tahmini olarak 2013 yılında 4.450\$ hesaplanırken 2016 yılında bu maliyet %67 oranında azalarak 2.671\$ olarak hesaplanmıştır. Bunun yanında karasal kurulumlu RES'lerde ise OCC tahmini olarak kW başına, 2013 yılında 2.354\$ hesaplanırken 2016 yılında bu maliyet %25 oranında azalarak 1.877\$ olarak hesaplanmıştır. Buna göre karasal kurulumlu RES'lere göre GES'lerin OCC'sinde daha fazla düşüş olduğu görülmektedir (EIA, 2016c, s. 7-9).

Tablo 7: Santral Yatırım ve İşletme Giderleri (2016)

Tesis Teknolojisi	Tesis Özellikleri		Tesis Maliyetleri (2016-\$/kW)				Karşılaştırma	
	Nominal Kapasite (MW)	Isıl Katsayı (Btu/kWh)	İşletme ve Bakım Maliyeti (\$/kW-yıl)		Yatırım Maliyeti (OCC) (\$/kW) 2016	Yatırım Maliyeti (OCC) (\$/kW) 2013	%Fark 2013-16	
			(Sabit)	(Değişken)				
Kömür (Ultra Süperkritik)	650	8.800	42,1	4,6	3.636	N/A	5	
Doğal Gaz (Birleşik Çevrim)	702	6.600	11	3,5	978	976	0,3	
Gelişmiş Nükleer (Uranyum)	2.234	N/A	100,28	2,3	5.945	5.883	1	
Biyokütle	50	13.500	110	4,2	4.985	4.377	12	
Rüzgâr (Karasal)	100	N/A	39,7	0	1.877	2.354	-25	
Güneş Enerjisi (PV)	20	N/A	23,4	0	2.671	4.450	-67	

Kaynak: (EIA, 2016c, s. 7-9)

ABD Enerji Bilgi Yönetim İdaresi (U.S. Energy Information Administration-EIA) tarafından LCOE standardı dikkate alınarak kaynak çeşidine göre santral tiplerinin 2022 ve 2040 yıllarındaki enerji üretim maliyetleri hesaplanmıştır. Buna göre PV teknolojiye sahip GES'lerin kamusal teşvikler hariç MWh başına tahmini seviyelendirilmiş enerji maliyeti 2022 için 85\$, 2040 için ise 69\$ olarak hesaplanmıştır (EIA, 2017b, s. 7-9). Bu miktar, biyokütle santralleri hariç olmak üzere diğer yenilenebilir enerji santrallerine göre yüksektir. Bunun yanında GES'lerin enerji üretim maliyetlerinin giderek düşeceği öngörülmektedir.

Tablo 8: Enerji Üretim Tesisleri ve Yeni Nesil Kaynaklar için 2022 ve 2040'a yönelik Tahmini LCOE

Hizmete Girecek Tesisler için Ortalama LCOE (2016 \$(USD)/MWh) (Bölgesel Değerlerin Basit Ortalaması)																
Tesis Tipi	Kapasite Faktörü (%)		Seviyelendirilmiş Sermaye Maliyeti		Sabit İşletme ve Bakım Maliyeti		Değişken İşletme ve Bakım Maliyeti (Yakıt dahil)		İletim Yatırımları		Toplam Sistem LCOE		Vergi İndirimi		Toplam Sistem LCOE (Vergi İndirimi Dahil)	
	2022	2040	2022	2040	2022	2040	2022	2040	2022	2040	2022	2040	2022	2040	2022	2040
Kömür (%30 karbonlu)	85	85	94,9	77,7	9,3	9,3	34,6	34,6	1,2	1,2	140	122,8	-	-	140	122,8
Kömür (%90 karbonlu)	85	85	78	63,9	10,8	10,8	33,1	34,4	1,2	1,2	123,2	110,3	-	-	123,2	110,3
Doğalgaz (Konvansiyonel Birleşik Çevrim)	87	87	13,9	11,8	1,4	1,4	40,8	45,6	1,2	1,2	57,3	60,0	-	-	57,3	60,0
Doğalgaz (İleri Yakıt Türbini)	30	30	25,9	19,6	2,6	2,6	62,7	67,7	3,5	3,5	94,7	93,4	-	-	94,7	93,4
Gelişmiş Nükleer	90	90	73,6	59,4	12,6	12,6	11,7	16,5	1,1	1,1	99,1	89,6	-	-	99,1	89,6
Jeotermal	91	92	32,2	35,6	12,8	20,3	0	0	1,5	1,5	46,5	57,4	-3,2	-3,6	43,3	53,8
Biyokütle	83	83	44,7	37,1	15,2	15,2	41,2	37,5	1,3	1,3	102,4	91	-	-	102,4	91
Rüzgâr (Kara)	39	41	47,2	41,7	13,7	13,1	0	0	2,8	2,7	63,7	57,6	-11,6	-	52,2	57,6
Rüzgâr (Deniz)	45	45	133	104,4	19,6	19,6	0	0	4,8	4,9	157,4	128,8	-11,6	-	145,9	128,8
Güneş Enerjisi (PV)	24	24	70,2	54,5	10,5	10,5	0	0	4,4	4,4	85	69,4	-18,2	-5,4	66,8	63,9
Güneş Enerjisi (Isıl)	20	20	191,9	154,2	44	44	0	0	6,1	6,1	242	204,3	-57,6	-15,4	184,4	188,9
Hidroelektrik	59	57	56,2	52,5	3,4	3,5	4,8	4,6	1,8	1,8	66,2	62,4	-	-	66,2	62,4

Kaynak: (EIA, 2017b, s. 8, 17)

2.6. GÜNEŞ ENERJİLİ SİSTEMLERİNİN ÇEVRESEL ETKİLERİ

Hemen her enerji kaynağı gerek kullanım yöntemi gerekse üretim ya da iletim yöntemi yoluyla çevreyi etkilemektedir. Özellikle konvansiyonel enerji kaynaklarının kullanımını negatif dışsal maliyet olarak hava, su ve toprağı kirletmekte ve ekosistemi tehdit etmektedir. Çevrede meydana gelen tahribatın görünür hale gelmesinden sonra üretim maliyetlerinin düşüklüğü, enerji yoğunluğunun yüksekliği ve kolay kullanım avantajlarına rağmen bu kaynakların kullanımını tüm dünyada tartışılır durumdadır. Bu kaynakların kullanımını kontrol altına almaya ve alternatif enerji kaynakları arayışlarına yönelik ulusal ya da uluslararası çeşitli girişimlerde bulunmaktadır.

Günümüzde yeni yeni gelişen yenilenebilir enerji uygulamaları, fosil ve nükleer yakıtlara göre birçok çevresel ve sosyal soruna daha sağlıklı ve güvenilir çözümler sunabilmektedir. Güneş enerjisi özellikle bolluğu, sürekliliği, yakıt masrafının olmayışı ve tüm yeryüzüne yayılmışlığı ile geleneksel enerji kaynaklarına kıyasla belirgin çevresel, sosyal ve ekonomik avantajlar sağlamakta ve böylece insan faaliyetlerinin sürdürülebilir gelişimine katkıda bulunmaktadır. Doğal kaynakların korunmasındaki katkısının dışında güneş enerjisi, sera gazı, PM ve diğer zehirli gaz emisyonlarının önlenmesine, su ve toprak kalitesinin artırılmasına katkı sağlamaktadır. Ayrıca sosyoekonomik yönden bölgesel/ulusal enerji bağımsızlığının artırılması, iş olanaklarının oluşturulması, enerji arz güvenliğinin sağlanması ve enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi, gelişmekte olan ülkelerde kırsal alan elektrifikasyonunun hızlandırılması ve enerji piyasalarının serbestleştirilmesi gibi avantajları vardır (Tsoutsos, Frantzeskaki, & Gekas, 2005, s. 289).

2.6.1. Toprak Alanlar Üzerine Etkisi

Gerek ısı teknolojili GES'lerin gerekse PV teknolojili GES'lerin en önemli çevresel etkisi kapladıkları alan itibariyle ortaya çıkmaktadır. Güneş enerjisinin, alan başına üretilen birim enerji miktarının düşük olması enerji üretiminde daha fazla alan kullanımını gerektirmektedir. GES'lerin sadece faaliyet gösterdikleri santral alanları dikkate alındığında hem PV hem de ısı teknolojili GES'ler, baraj tipi hidroelektrik santralleri (HES) hariç olmak üzere diğer tüm enerji üretim tesislerinden daha fazla alan kaplamaktadır. Birim miktar enerji üretimi için PV teknolojili GES'lerin alan kullanımını konvansiyonel yakıtlı santrallerle karşılaştırıldığında petrol yakıtlı

santrallerin ortalamasının yaklaşık 15 katı, doğalgaz yakıtlı santrallerin ortalamasının yaklaşık 20 katı, kömür santrallerinin yaklaşık 40 katı, nükleer santrallerin ise yaklaşık 190 katı bir alana ihtiyaç vardır (Saner, 2015, s. 55). Birim enerji üretimi için gerekli alan diğer yenilenebilir enerji kaynakları ile karşılaştırıldığında fotovoltaik teknolojili GES'lerde, RES'lerin yaklaşık 16 katı, jeotermal santrallerin yaklaşık 13 katı alana gereksinim duyulmaktadır. Birim miktar enerji üretiminde baraj tipi hidroelektrik santraller, PV teknolojili GES'lerin 5 katından fazla alan kaplamaktadır (Applied Energy Studies Foundation, 2010'dan aktaran Saner, 2005, s. 55).

Evsel kullanıma yönelik ısı uygulamalarda kullanılan güneş kolektörleri, çoğunlukla bina çatılarına kurulduğundan dolayı bunların toprak alanlar üzerinde olumsuz bir etkisi olmamaktadır. GES'ler ise çatılara ya da toprak alanlar üzerine kurulabilmektedir. Günümüzde GES'ler çoğunlukla karasal alanlara kurulmaktadır. Kurulum maliyetlerini azaltmak için %5 eğimin altındaki araziler tercih edilmektedir. Bu şartlara haiz araziler aynı zamanda tarıma elverişli olabilmektedir. Arazi kurulumlu GES'ler için geniş alanlara ihtiyaç duyulmaktadır. 1 MW kurulu güce sahip bir GES için yaklaşık 20 dönümlük düz bir alan gerekmektedir. Tarım arazisi olarak kullanılan alanlara GES kurulması, tarım topraklarının azalmasına neden olmaktadır.

Büyük ölçekli GES'lerin kurulumu sırasında zemini kurulumu uygun hale getirmek amacıyla toprak sıkıştırma işlemi uygulanmakta ve su drenaj kanalları bozulmaktadır ve toprağın topoğrafik yapısı ve su akış rejimi değişmektedir. Bunun sonucunda seller ve toprak erozyonu meydana gelebilmektedir (Solar PEIS, t.y.).

GES'lerde kullanılan PV panellerin ve diğer ekipmanların zamanla korozyona uğraması, panel temizliği sırasında kullanılan kimyasal maddeler, depolama cihaz ve ekipmanlarındaki toksik maddelerin herhangi bir şekilde toprağa karışması durumunda sızan toksik maddeler toprak kirliliğine neden olabilmektedir.

2.6.2. Su Kaynakları ve Sucul Alanlar Üzerine Etkisi

PV teknolojili GES'lerin elektrik üretim aşamasında yer üstü ve yer altı sularının kirlenmesine yönelik olarak doğrudan bir etkisi olmamaktadır. Ancak PV teknolojisinin ana bileşenini oluşturan PV hücrelerinin üretim aşamasında fazla miktarda su ve kimyasal madde kullanılmaktadır. Kullanılan bu suların arıtılmadan alıcı ortamlara drenajı su kirliliğine neden olmaktadır. Isıl teknolojili GES'lerde ise kullanılan atık sıcak suyun alıcı ortamlara verilmesi termal kirlilik oluşturmaktadır.

Parabolik oluk ve merkezi kule tipi GES'lerde, elektrik üretimde buhar türbinleri kullanılmaktadır ve soğutma işlemleri için su tüketilmektedir. Bunun yanında bazı GES'lerde, güneş kolektörleri ve yoğunlaştırıcıları temizlemek veya türbin jeneratörlerini soğutmak için yine suya ihtiyaç duyulmaktadır. Kurak yerlerde büyük miktarda yer altı sularının veya yüzey sularının kullanılması nedeniyle oluşabilecek su kıtlığı, bu su kaynaklarına dayalı ekosistemleri olumsuz etkileyebilmektedir (EIA, 2017c).

GES'lerde meydana gelen kaza ya da korozyon sonucunda oluşabilecek kimyasal madde sızıntısı, sucul ekosistemlerde tahribat yapabilmektedir. GES'lerde kullanılan dielektrik sıvılar ve ağır metal eriyikleri, toz önleyiciler veya herbisit türü tarım ilaçları yer üstü ve yer altı sularının kirlenmesine neden olabilmektedir (Solar PEIS, t.y.). Bunun yanında günümüzde artık PV teknolojili GES'ler sadece karasal alanlara kurulmamakta deniz yüzeylerine de kurulabilmektedir. Bu durumun deniz ekosisteminde, su tarafından soğurulan güneş ışınım miktarının azalmasına neden olacağı ve fotosentez yapan su canlılarını olumsuz etkileyeceği ve lokal boyutta bölge ekosistemini değiştirebileceği değerlendirilmektedir. Ayrıca GES'lerde kullanılan depolama cihazlarından sızabilecek ağır metaller ve diğer kimyasallar, sucul ortamlarda kirlilik oluşturabilecektir.

2.6.3. Hava Kirliliği, Küresel Isınma ve İklim Değişikliği Üzerine Etkisi

Günümüzde yaşanan en temel çevre sorunlarının başında hava kirliliğinden kaynaklı küresel ısınma ve iklim değişikliği gelmektedir. Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin en önemli etkeni ise enerji ihtiyacını karşılamada kullanılan hidrokarbon kökenli yakıtlardır. Fosil yakıtlı enerji santrallerinde elektrik üretimi sırasında yoğun miktarda sera gazı ve diğer hava kirletici gaz salımları olmaktadır. Buna karşın gerek ısıl güneş enerjisi uygulamalarında gerekse de PV teknolojili güneş enerjili sistemlerde, enerji üretimi için güneş ışınımı yeterli olduğundan, bu sistemlerde fosil kökenli herhangi bir yakıtı ihtiyaç duyulmamaktadır.

GES'lerde, fosil yakıtlı enerji tesislerinin aksine karbonmonoksit, karbondioksit, kükürtdioksit, azot oksitler, metan, uçucu organik bileşik türü gaz salımı olmamaktadır. Bu nedenle GES'lerde küresel ısınma ve iklim değişikliği riski bulunmamaktadır. Ayrıca GES'lerde NO_x ve SO_x türü gazlar ile PM salımı olmadığından, bunlardan kaynaklı asit yağmurları ya da hava kirliliği riski de söz

konusu değildir. Bunun yanında GES'lerin, ozon tabakasına zarar veren CFC türü kimyasal gaz salımı da yoktur. Bu nedenle GES'ler, küresel ısınma ve iklim değişikliği, hava kirliliği ve ozon tabakasının incelmeye gibi olumsuz çevresel etkilerin azaltılmasında etkilidir. Bu yönüyle GES'ler, en temiz enerji üretim tesislerinden biri olarak değerlendirilmektedir.

Bununla birlikte PV hücrelerinin üretimi sırasında yüksek sıcaklık ve basınç oluşturmak amacıyla çok fazla enerji tüketilmektedir. PV hücrelerinin üretim maliyetlerinin çoğunluğunu enerji maliyeti oluşturmaktadır. PV hücre üretimi sırasında ihtiyaç duyulan enerjinin fosil yakıtlardan karşılanması çevresel açıdan risk oluşturabilecektir (Zeybek, 2018, Bkz. Ek 1). Bu nedenle PV hücresi üretimi için ihtiyaç duyulan enerjinin, güneş enerjisi ya da diğer yenilenebilir kaynaklardan karşılanması, PV hücre üretimi aşamasındaki çevresel riskleri azaltacaktır.

2.6.4. Doğal Kaynak Kullanımı Üzerine Etkisi

GES'lerde enerji üretimi için güneş ışınımı yeterli olmaktadır. Ayrıca bir doğal kaynağa ya da yakıtla ihtiyaç duyulmamaktadır. Bu bakımdan GES'ler, enerji üretimi sırasında doğal kaynakların tükenmesi ile ilgili bir risk oluşturmamaktadır. Bunun yanında GES kurulumu için gerekli olan cihaz ve ekipmanların imalatında kullanılan ham maddelerin geneli doğada bol miktarda bulunmaktadır. PV teknolojisinde kullanılan ve yarı iletkenin ana unsurunu oluşturan silisyum doğada en fazla bulunan maddelerden birisidir. Diğer metal aksamlar için de aynı durum söz konusudur. Kullanılan malzemelerin bir kısmı tekrar geri kazanılabilir ya da geri dönüştürülebilir özelliktedir. Ayrıca PV teknoloji GES'lerde hareketli aksamın bulunmaması ve kullanılan malzemelerinin çoğunluğunun dayanıklı yapıda olması nedeniyle, işletme sırasında deforme olan ya da bozulan malzeme pek olmamaktadır. Bununla birlikte PV panel üretiminde az miktarda da olsa doğada kaynağı kısıtlı olan maddeler kullanılmaktadır (Tsoutsos, Frantzeskaki, & Gekas, 2005, s. 293).

2.6.5. Ekosistem ve Biyoçeşitlilik Üzerine Etkisi

GES'lerin bitki ve hayvan yaşamı üzerinde, kirlilik oluşturarak doğrudan olumsuz bir etkisi bulunmamaktadır. Ancak bu tesislerin, çevre koruma, milli parklar, orman, göl, nehir, baraj gölü gibi alanlara yakın bölgelere kurulması durumunda ortaya

çıkacak yapılaşmanın ve açılan bağlantı yollarının çevre üzerindeki fiziksel baskıyı artırarak doğal yaşamı ve yaban hayatını olumsuz etkileyeceği değerlendirilmektedir. Bu anlamda GES'lerin doğal ekosistemler ve biyoçeşitlilik üzerindeki etkisi, GES'in kurulacağı alanın topoğrafyası, arazinin türü ve büyüklüğü, hassas ekosistemlere uzaklığı ve bölgenin biyoçeşitliliği vb. spesifik faktörlere bağlı olarak değişebilmektedir (Tsoutsos, Frantzeskaki, & Gekas, 2005, s. 292).

Özellikle büyük ölçekli GES'lerde alan kullanımından kaynaklı habitat kaybı ve ekosistemin değişmesi söz konusu olabilmektedir (ÇŞB, t.y., s. 1). Her tür enerji santralinde olduğu gibi büyük GES'ler de kuruldukları yere yakın çevreyi etkileyebilmektedir. Santral inşaatı sırasındaki arazi temizleme ve santral kurulum çalışmaları, bölgedeki bitki ve hayvan yaşam alanları üzerinde uzun vadeli baskı oluşturabilmektedir. Buna ek olarak kule tipi ısı teknolojili GES'lerin oluşturduğu yoğun güneş ışınımı, kuşlara ve böceklerle zarar verebilmektedir (EIA, 2017c).

2.6.6. Gürültü Kirliliği Üzerine Etkisi

Isıl teknolojili GES'lerde hareketli aksam olarak türbin-jeneratör sistemi bulunduğu bir miktar ses oluşmaktadır. PV teknolojili GES'ler ise hareketli aksam içermediğinden tamamen sessiz çalışmaktadırlar. PV teknolojili GES'ler, tesis kurulumu sırasında meydana gelen sesler ile tesisin işletilmesinden kaynaklanan yapılaşmanın ve bağlantı yollarının getirdiği hareketliliğin oluşturduğu sesler haricinde, çevre için tehdit olabilecek boyutta gürültü kirliliğine neden olmamaktadır.

2.6.7. Görsel Kirlilik/Görüntü Kirliliği Üzerine Etkisi

GES'lerin görsel etkileri tesisin tipine ve çevrenin özelliklerine göre değişmektedir. PV teknolojili GES'lerin görsel etkileri, doğal yaşam alanlarına yakın olma durumuna göre önemli ölçüde değişebilmektedir. Bu alanların yanına ya da yakınına kurulan GES'lerin oluşturduğu görsel etki daha fazla olacaktır (Tsoutsos, Frantzeskaki, & Gekas, 2005, s. 293). GES kurulumu için geniş alanlar gereklidir. Kurulumda, ayna, PV panel vb. ekipmanlar fazla alan kaplamaktadır. Bu tesislerin doğal yaşam alanlarına yakın yerlere kurulması, manzarayı ve doğal yaşamın estetiğini bozabilmektedir. Bu nedenle GES'ler, görsel kirlilik bakımından görece olumsuz olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca arazi kurulumlu GES'lerle ilgili olarak yerdeki

güneş panelleri nedeniyle meydana gelen yansımanın, iniş ve kalkışlarda, pilotlar için görmeyi zorlaştırdığı ve uçuş güvenliğini riske attığı rapor edilmiştir (Zeybek, 2018, Bkz. Ek 1). Bu nedenle havaalanları ile 3 km emniyet şeridi içindeki alanlara GES kurulumu yapılamamaktadır.

2.6.8. Elektromanyetik Kirlilik Üzerine Etkisi

Çatı ve cephe uygulamalarına yönelik düşük kurulu güçteki GES'lerde, üretilen elektrik daha çok kaynağında tüketildiğinden ve başka bir yere iletilmediğinden elektromanyetik kirlilik söz konusu olmamaktadır. Ancak ticari amaçlı kurulan şebeke bağlantılı GES'lerde, üretilen elektrik, enerji nakil hatları ile genel şebekeye aktarılmaktadır. Bu durumda, diğer santrallerde olduğu gibi GES'lerde de üretilen elektriğin iletimi sırasında telden geçen elektrik akımının oluşturduğu manyetik alan, elektromanyetik kirliliğe neden olabilmektedir.

2.6.9. Atık Kirliliği Üzerine Etkisi

Hibrit sistemler hariç olmak üzere GES'lerin tümünde elektrik enerjisi üretimi için yakıtı ihtiyaç bulunmamaktadır. Normal çalışma koşullarında GES'lerin işletilmesi sırasında çevre kirliliğine neden olabilecek herhangi bir atık oluşmamaktadır. PV sistemli GES'lerde, kullanılan bazı modül türleri hariç olmak üzere toksik atık türleri pek söz konusu değildir. Ancak GES'lerde pil teknolojili elektrik depolama cihazlarının kullanılması, kaza gibi bazı olağandışı durumlarda, bu cihazların yapısında bulunan ağır metaller ve diğer kimyasal maddeler çevre için tehdit oluşturabilmektedir. Isıl teknolojili GES'lerde kullanılan soğutma sıvıları, pas oluşumunu ve donmayı önleyici maddeler, ısı transfer maddeleri toksik bakımdan alıcı ortamlar için risk oluşturmaktadır. Büyük ölçekli ısıl ya da PV teknolojili GES'lerin işletilmesi sırasında yaşanabilecek kazalara ve bakım işlemleri sırasındaki dikkatsizliklere bağlı olarak bazı toksik atıklar serbest kalabilmekte ve alıcı ortamları kirletebilmektedir (Tsoutsos, Frantzeskaki, & Gekas, 2005, s. 292).

Bunun yanında PV panellerin yapısında yarı iletken, cam, alüminyum, eva film gibi malzemeler bulunmaktadır. Teknolojisinin değişmesi, kullanım ömürlerinin dolması, deformasyon, kırılma, hatalı üretim vb. nedenlerle PV panellerin geri dönüştürülmesi gündeme gelmektedir. Panel üretiminde kullanılan malzemelerin,

doğal kaynak kullanımı ve evre için bir risk oluşturmaması bakımından uygun yöntemlerle geri dönüştürülmesi gerekmektedir. PV panelde kullanılan bu malzemeleri geri dönüştürmek mümkün olmakla birlikte bu malzemeler laminasyonla birleştirildiğinden kolaylıkla ayrıştırılamamaktadır. Güneş enerjisi kullanımının yaygınlaşması ile birlikte ortaya çıkacak atık sorununa ilişkin olarak uygun geri dönüşüm ve geri kazanım yöntemlerinin geliştirilmesi, geri dönüştürme süreçlerinin planlanması ve buna uygun geri dönüştürme tesislerinin yapılması gerekmektedir (Taşkın, 2018, Bkz. Ek 2).

2.7. TÜRKİYE’DE GüNEş ENERJİSİ

2.7.1. Türkiye’de Güneş Enerjisi alışmaları

Türkiye’de, 1960’ların başlarından itibaren güneş enerjisi konusunda çalışmalara başlanmıştır. Dünyadaki güneş enerjisi teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak Türkiye’de de özellikle güneş enerjisinin ısıl uygulamaları ile ilgili çalışmalar 1970’li yıllardan itibaren gelişmiştir. Güneş enerjisi konusundaki ilk ulusal kongre 1975 yılında İzmir’de gerçekleştirilmiştir. İlk pasif güneş enerjisi uygulaması 1975 yılında Orta Doğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ) bünyesinde kurulmuştur. Türkiye’deki tek Güneş Enerjisi Enstitüsü 1978 yılında Ege niversitesi bünyesinde kurulmuştur. 1977-1985 yılları arasında ağırlıklı olarak TÜBİTAK bünyesindeki Marmara Bilimsel ve Endüstriyel Araştırma Enstitüsü tarafından güneş enerjisi düşük sıcaklık uygulamaları ve endüstriyel ısıl enerji ihtiyacının modellenmesi konusunda projeler gerçekleştirilmiştir. 1986 yılında kurulan Ankara Elektronik Araştırma ve Geliştirme Enstitüsü’nce, güneş pillerinin tasarımı ve üretimi konusundaki çalışmalar desteklenmektedir. 1988’de Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü’nde fotovoltaik güç sistemi destekli su pompası sistemi kurulmuştur. Bu uygulama, alanında, Türkiye’de bir ilk olmuştur. Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü (EİE) tarafından güneş enerjisi ile su ısıtma, aktif ve pasif mahal ısıtması, yoğuşturan toplayıcılar ve güneş pilleri konusunda çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. Makine Kimya Enstitüsü ise düzlemsel ve silindirik parabolik toplayıcıların üretimi, testleri ve pazarlanmasına yönelik çalışmaları gerçekleştirmiştir. EİE tarafından, ülkemizdeki ilk şebeke bağlantılı 4,8 kWp’lik fotovoltaik güç sistemi Didim’de kurulmuştur. Günümüzde bu alandaki AR-GE ve yatırım faaliyetleri bazı firmalar, araştırma

kuruluşları ve üniversiteler tarafından yürütülmektedir (DEK-TMK, 2009, s. 124; Kapluhan, 2014, s. 88).

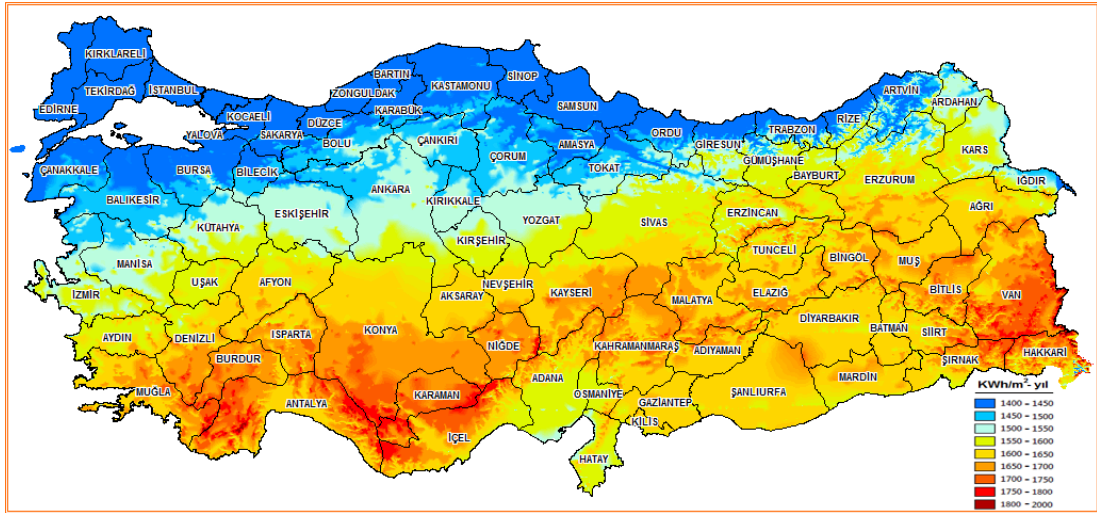
Türkiye’de güneş enerjisi ile ilgili çalışmalar, 2011 yılına kadar EİE tarafından yürütülmüştür. 02 Kasım 2011 tarihinden itibaren ise bu çalışmalar ETKB’ye bağlı olarak Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM) tarafından yürütülmektedir. YEGM’in çalışmaları arasında teknoloji takibi ve değerlendirilmesi, AR-GE ve demonstrasyon çalışmaları, kaynak ve potansiyel belirleme, kullanım alanlarının tespit edilmesi gibi faaliyetler yer almaktadır.

2.7.2. Türkiye’de Güneş Enerjisi Potansiyeli

Türkiye, Kuzey Yarım Küre’de, 36°-42° kuzey enlemleriyle 26°-45° doğu boylamları arasında, Ekvator’a yakın bir konumda yer almaktadır. Türkiye, konumuna göre iklim olarak ılıman kuşaktadır. Türkiye’nin dünya üzerindeki bu konumu güneş enerjisi potansiyeli bakımından önemli bir avantaj sağlamaktadır. Türkiye’ye güneş ışınları hiçbir zaman dik açı ile gelmemekte olup geliş açısı güneyden kuzeye doğru azalmaktadır. Ayrıca güneyden kuzeye doğru gidildikçe gece-gündüz süreleri arasındaki fark artmaktadır ve kuzeye göre güneyde gündüz süreleri daha uzundur. Güneş enerjisi potansiyeli hesaplanırken rakım, gökyüzü açıklığı, güneşlenme süresi ve toplam güneş radyasyonu miktarı gibi faktörler göz önünde bulundurulur.

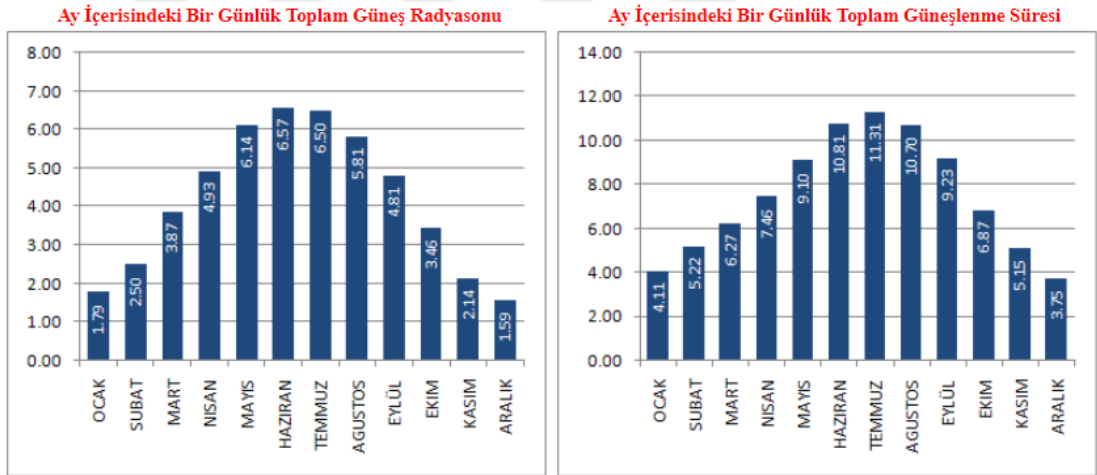
Türkiye’nin Güneş enerjisi potansiyeli ile ilgili mülga EİE Genel Müdürlüğü tarafından 2008 yılında güneş enerjisi kaynaklarının karakteristiklerini ve dağılımını belirlemek amacıyla Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA) hazırlanmıştır. Türkiye’nin, eğimi üç dereceden düşük ve yıllık güneşlenme süresi metrekarede 1.650 kWh’den yüksek ve santral kurulabilmeye uygun alanları (4.600 km²) göz önüne alınarak termik güneş enerjisi potansiyeli EİE tarafından yılda 380 milyar kWh olarak hesaplanmıştır (TMMOB, 2016, s. 256). GEPA verileri, “ESRI Güneş Radyasyon Modeli” kullanılarak hesaplanmış ve elde edilen veriler Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknikleri yardımıyla haritalandırılmıştır. Ayrıca bu veriler, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü’nün ve EİE’nin 1985-2006 yılları arası güneş ölçüm verileriyle kalibre edilmiştir (DEK-TMK, 2009, s. 166). GEPA’da tüm Türkiye’nin güneş enerjisi potansiyeli gösterilmiş, iller ve ilçeler bazında global radyasyon değerleri ve güneşlenme süreleri verilmiş, kullanılan PV modül türüne göre m² başına kaç kWh’lik güç üretilbileceği tespit edilmiştir.

Şekil 1: Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA)



Kaynak: (YEGM, 2008)

Şekil 2: Türkiye Geneli Aylara göre Güneş Işınımı ve Güneşlenme Süresi



Kaynak: (YEGM, 2008)

Tablo 9: Türkiye Geneli Aylara Göre Güneş Işınımı ve Güneşlenme Süresi

Bölge	Toplam Güneş Enerjisi (kWh/m²-yıl)	Güneşlenme Süresi (saat/yıl)
GÜNEYDOĞU ANADOLU	1460	2993
AKDENİZ	1390	2956
DOĞU ANADOLU	1365	2664
İÇ ANADOLU	1314	2628
EGE	1304	2738
MARMARA	1168	2409
KARADENİZ	1120	1971

Kaynak: (EİE Genel Müdürlüğü, aktaran DEK-TMK, 2009, s. 122)

Tablo 10: İllere Göre Radyasyon (Işınım) Değerleri ve Güneşlenme Süreleri

İL	Güneşlenme Süresi (saat-yıl)	Güneşlenme Süresi (saat-gün)	Radyasyon Değeri (KWh/m ² -yıl)	İL	Güneşlenme Süresi (saat-yıl)	Güneşlenme Süresi (saat-gün)	Radyasyon Değeri (KWh/m ² -yıl)
Adana	2.953	8,09	1564	İzmir	2.986	8,18	1496
Adıyaman	2.961	8,11	1595	Karabük	2.402	6,58	1369
Afyonkarahisar	2.705	7,41	1557	Karaman	3.007	8,24	1660
Ağrı	2.778	7,61	1570	Kars	2.537	6,95	1472
Aksaray	2.886	7,91	1578	Kastamonu	2.394	6,56	1364
Amasya	2.427	6,65	1392	Kayseri	2.842	7,79	1588
Ankara	2.611	7,15	1473	Kırıkkale	2.648	7,25	1460
Antalya	3.011	8,25	1646	Kırklareli	2.628	7,20	1321
Ardahan	2.310	6,33	1472	Kırşehir	2.769	7,59	1509
Artvin	2.124	5,82	1409	Kilis	2.975	8,15	1575
Aydın	3.011	8,25	1557	Kocaeli	2.373	6,50	1329
Balıkesir	2.686	7,36	1418	Konya	2.898	7,94	1608
Bartın	2.376	6,51	1307	Kütahya	2.559	7,01	1490
Batman	2.873	7,87	1576	Malatya	2.873	7,87	1599
Bayburt	2.398	6,57	1529	Manisa	2.840	7,78	1486
Bilecik	2.424	6,64	1412	Kahramanmaraş	2.913	7,98	1610
Bingöl	2.719	7,45	1592	Mardin	3.033	8,31	1588
Bitlis	2.690	7,37	1604	Muğla	3.040	8,33	1587
Bolu	2.402	6,58	1416	Muş	2.686	7,36	1591
Burdur	2.944	8,07	1631	Nevşehir	2.834	7,76	1537
Bursa	2.515	6,89	1393	Niğde	2.930	8,03	1620
Çanakkale	2.807	7,69	1375	Ordu	2.263	6,20	1303
Çankırı	2.514	6,89	1432	Osmaniye	2.954	8,09	1555
Çorum	2.511	6,88	1419	Rize	2.124	5,82	1403
Denizli	2.931	8,03	1591	Sakarya	2.358	6,46	1342
Diyarbakır	2.613	7,16	1473	Samsun	2.314	6,34	1335
Düzce	2.362	6,47	1344	Sirt	2.828	7,75	1591
Edirne	2.697	7,39	1319	Sinop	2.347	6,43	1328
Elazığ	2.829	7,75	1588	Sivas	2.653	7,27	1538
Erzincan	2.595	7,11	1555	Tekirdağ	2.606	7,14	1337
Erzurum	2.504	6,86	1393	Tokat	2.464	6,75	1431
Eskişehir	2.479	6,79	1472	Trabzon	2.132	5,84	1394
Gaziantep	2.978	8,16	1582	Tunceli	2.716	7,44	1579
Giresun	2.285	6,26	1435	Şanlıurfa	3.033	8,31	1586
Gümüşhane	2.349	6,44	1500	Şırnak	2.975	8,15	1601
Hakkari	3.508	9,61	1610	Uşak	2.789	7,64	1540
Hatay	2.997	8,21	1536	Van	3.070	8,41	1652
Isparta	2.858	7,83	1612	Yalova	2.424	6,64	1342
Iğdır	3.340	9,15	1487	Yozgat	2.683	7,35	1494
İçel	3.015	8,26	1614	Zonguldak	2.380	6,52	1313
İstanbul	2.446	6,70	1612				

Kaynak: (Power Enerji, 2016)

GEPA'ya göre Türkiye'nin yıllık ortalama güneş ışınımı 1.527 kWh/m²-yıl olup bu miktarlık ışınım, günlük 4,2 kWh/m²'ye eşittir. Türkiye'nin ortalama yıllık güneşlenme süresi ise 2.737 saattir. Bu miktar, günde ortalama 7,5 saate, yıllık toplamda ise 114 günlük bir güneşlenme süresine eşittir (ETKB, t.y.). Türkiye'nin brüt güneş enerjisi potansiyeli 87,5 MTEP'tir. Bunun 26,5 MTEP'i ısı üretimine 8,75 MTEP'i ise elektrik enerji üretimine elverişlidir (Üçgül & Elibüyük, 2016, s. 226). Ayrıca düşük sıcaklıkta ısı olarak kullanılacak yıllık güneş enerjisi potansiyeli 36 MTEP olup söz konusu potansiyel, bölgelere göre her türlü uygulamaya uygun bir şekilde dağılmıştır (Aras, 2009, s. 5). Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli, elektrik gücü cinsinden doğal kapasitesi 977.000 milyar kWh, teknik kapasitesi 6.105 milyar kWh, ekonomik kapasitesi ise 305 milyar kWh olarak hesaplanmaktadır (Kılıç F. Ç., 2011, s. 104). Yılın 10 ayı boyunca teknik ve ekonomik olarak ülke yüzölçümünün %63'ünde ve tüm yıl boyunca %17'sinde güneş enerjisinden yararlanılabilir. Bu önemli potansiyele ve uygun şartlara rağmen, toplam enerji üretimi içinde güneş enerjisinin payı çok düşüktür (Eskin, 2006, s. 76). GEPA'ya göre güneş ışınımı ve güneşlenme süresi bakımından Türkiye'nin en avantajlı bölgesi, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'dir; ardından Akdeniz Bölgesi gelmektedir (DEK-TMK, 2009, s. 121). Marmara Bölgesi ve Karadeniz Bölgesi ise son sıralarda yer almaktadır.

2.7.3. Güneş Enerjisi Yatırım ve Uygulamaları

Türkiye'de güneş enerjisi yatırımları, evsel, endüstriyel ve şebeke uygulamalarına yönelik olup teknoloji, lokasyon, büyüklük ve uygulama çeşitliliklerine göre değişiklik göstermektedir. Evsel ihtiyaçlara yönelik uygulamalar, gündelik enerji gereksinimlerini karşılamaya yöneliktir ve güneş enerjisi daha çok ısıtma amaçlı kullanılmaktadır. Bunun haricinde, şebeke bağlantısı olmayan tarla, bahçe, konut, kırsal alan vb. yerlerde elektrik enerji ihtiyacını karşılamaya yönelik PV teknoloji sistemleri kurulmaktadır. Bu tip uygulamalar, bireysel kullanıma yönelik olup mali kaynak miktarı düşük yatırımlardır. Endüstriyel yatırımlar ise daha çok şebekeden bağımsız ve işletmelerin kendi enerji ihtiyaçlarını karşılamaya yöneliktir. Bu yatırımlar genellikle orta ölçekli ve PV teknolojidir. Aynı zamanda bu tür yatırımlarda, üretilen elektriğin artan miktarı, karşılıklı anlaşma şartlarına bağlı olarak ücret karşılığında genel şebekeye aktarılabilir. Şebeke uygulamalarına yönelik yatırımlar ise genel elektrik ihtiyacını karşılamak amacıyla yapılan ticari yatırımlardır.

Bu tip GES yatırımlarında üretilen elektrik enerjisi doğrudan ülkenin genel şebeke sistemine verilir. Bu tür GES yatırımları genellikle büyük ölçekli olup ısı ya da PV teknolojilidir. Bu GES'lerin maliyeti ise santralin kurulu gücüne ve teknolojisine göre değişmektedir. Isıl teknolojili GES yatırımlarının birim maliyeti, PV teknolojili GES'lere göre daha yüksektir. Türkiye'deki GES'lerin çoğunluğu PV teknolojilidir. Bunun haricinde Mersin'de Greenway Güneş Sistemleri Enerji Üretim Sanayi ve Ticaret A.Ş.'ye bağlı olarak faaliyet gösteren ve yoğunlaştırılmış güneş enerjisi (CSP) ile elektrik üreten 5 MWth'lik ısı teknolojili GES bulunmaktadır.

Türkiye'de elektrik enerjisi üretmeye yönelik güneş enerjisi yatırımları, evsel uygulamaların haricinde kurulu gücü 1 MW'den düşük ve lisans gerektirmeyen yatırımlar ile kurulu gücü 1 MW'nin üstünde olup lisans gerektiren şebeke bağlantılı GES yatırımlarından oluşur. 1 MW altı lisanssız güneş enerjisi yatırımları işletmelerin kendi öztüketimlerine yönelik olarak yapılmaktadır. Bunun yanında işletmeler, kendi öztüketimlerinden artan elektrik enerjisini belirli bir fiyat karşılığında genel şebekeye aktarabilmektedir. Bu şekilde işletmeler hem kendi elektrik enerjisi ihtiyaçlarını karşılamakta hem de ihtiyaç fazlası elektriği dağıtım şirketlerine satarak gelir elde etmektedir. Bu nedenle Türkiye'de, işletmelerin, kendi elektrik ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik 1 MW altı lisans gerektirmeyen güneş enerjisi yatırımları giderek artmaktadır. Bu tip yatırımlar, işletmelerin çatılarına ya da uygun boş bir arazisine PV teknolojili GES'lerin kurulması şeklinde gerçekleştirilmektedir. 1 MW üstü lisanslı GES yatırımları ise bu pazarın henüz yeni olması ve lisans almadaki zorlukları nedeniyle oldukça düşük seviyelerdedir. Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli göz önünde bulundurulduğunda yapılan yatırımlar henüz düşük seviyelerde kalmaktadır.

Türkiye'de enerji üretim yatırımlarının gerçekleştirilmesi süreci Elektrik Piyasası Kanunu'na göre EPDK tarafından yönetilmektedir. Enerji üretim yatırımı yapmak isteyen bir girişimci, EPDK'ye ilk başvurusunu yaptıktan sonra elektrik iletim sistemine bağlantı izni için Türkiye Elektrik İletim A.Ş.'nin (TEİAŞ) görüşü alınmaktadır. İletim sistemine bağlantı görüşü alındıktan sonra başvuru sahibi yatırımcıya EPDK tarafından lisans verilmektedir. Enerji üretim projelerinin hayata geçirilmesi, yatırımın türüne göre 3 ila 6 yıl arasında bir süreyi gerektirmektedir (TMMOB, 2016, s. 11, 52). Tablo 11 ve Tablo 12'de Türkiye'nin kaynaklara göre 2016 yılı lisanslı enerji yatırımlarına ait özet bilgiler verilmiştir (EİGM, 2016):

Tablo 11: 2016 Yılı Lisanslı Enerji Yatırımları

YAKIT TÜRÜ	KURULU GÜCÜ (MW)	YATIRIM KABUL ADEDİ
ATIK ISI	39,600	2
DOĞAL GAZ	1.656,439	25
DOĞAL GAZ/FUEL OİL	35,000	1
BİYOKÜTLE (ÇÖP GAZI)	28,745	11
BİYOKÜTLE (HAYVANSAL ATIK)	1,200	1
BİYOKÜTLE (ORMAN ATIĞI)	30,000	1
BİYOKÜTLE	23,136	6
GES	12,900	2
HES	809,720	57
İTHAL KÖMÜR	9,700	1
JEOTERMAL	196,980	14
LİNYİT	430,000	3
RES	1.245,678	114
YERLİ/İTHAL TAŞ KÖMÜRÜ/LİNYİT	1.400,000	2
TOPLAM:	5.919,10	240

Kaynak: (EİGM, 2016)

Tablo 12: 2016 Yılı Lisanslı Enerji Yatırımları İcmali

YAKIT TÜRÜ	KURULU GÜCÜ (MW)	%'lik Pay
TERMİK	3.531,139	%59,66
HES	809,720	%13,68
RES	1.245,678	%21,05
BİYOKÜTLE, ATIK ISI, JEOTERMAL	319,661	%5,40
GES	12,900	%0,22
TOPLAM:	5.919	%100

Kaynak: (EİGM, 2016)

Türkiye'nin 2016 yılı lisanslı enerji yatırımları incelendiğinde yatırımların çoğunluğu %59,66 ile termik santrallere yöneliktir. Yenilenebilir kaynaklara yönelik olarak RES yatırımları %21,05 iken GES yatırımları %0,22 seviyesindedir. Buna göre konvansiyonel kaynaklara ve yenilenebilir kaynaklara yönelik lisanslı enerji yatırımları içerisinde en az yatırım GES'lere yapılmıştır. Lisanslı GES yatırımları düşük olmakla birlikte 2 Ekim 2013 tarih ve 28783 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren "Elektrik Piyasasında Lisansız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik" (LÜY) kapsamında işletmelerin kendi öztüketim ihtiyaçlarını

karşılamaya yönelik, yenilenebilir kaynaklardan lisanssız elektrik üretim sınırınının 500 kW'den 1 MW'ye çıkarılması lisanssız GES'lere yönelik yatırımları artırmıştır.

Elektrik enerjisi üretmeye yönelik GES yatırımlarının çoğunluğu, işletmelerin kendi öztüketimlerini karşılamaya yönelik yapılan 1 MW'nin altındaki lisanssız GES yatırımlarından oluşmaktadır. 1 MW üstü lisanslı GES yatırımları ise tesis sayısı ve kurulu güç bakımından oldukça düşüktür. 2016 yılında Erzurum ve Elazığ'da toplam 12,9 MW'lik kurulu güce sahip yalnızca 2 lisanslı GES faaliyete geçmiştir. 2016 yılsonu itibariyle devrede olan lisanssız GES kurulu gücü 819,6 MW ve lisanslı GES kurulu gücü 12,9 MW olarak gerçekleşmiştir (ETKB, 2017a, s. 174). Ayrıca projesi onaylanan toplam 4.222 MW'lik, 4.966 adet güneş enerjisi yatırım projesi bulunmaktadır. TEİAŞ tarafından kapasite tahsisi yapılan GES kurulu gücü ise yaklaşık 7.000 MW'dir. Bunun yanında 09.09.2015 tarih ve 29470 sayılı Resmî Gazete'de "Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanı" olarak belirlenen toplam 27,19 km² büyüklüğündeki alanın 19,19 km²'lik kısmına 1.000 MWe kapasiteli GES kurulacaktır. Bu tesisin işletmeye girmesiyle birlikte her yıl yaklaşık 1,7 milyar kWh elektrik enerjisi üretilecek ve 30 yıl boyunca yaklaşık 600.000 adet evin yıllık elektrik ihtiyacı karşılanıyor olacaktır (ETKB, 2016c, s. 28).

2.7.4. Güneş Enerjisi Yasal Mevzuatı

Türkiye'de güneş enerjisi mevzuatı genel olarak diğer yenilenebilir enerji kaynakları ile birlikte ele alınmaktadır. Ayrıca genel enerji mevzuatı içerisinde de güneş enerjisine yönelik yasal düzenlemeler yer almaktadır. 6446 Sayılı Elektrik Piyasası Kanunu, 5346 Sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun, Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği, Rüzgâr ve Güneş Enerjisine Dayalı Üretim Tesisi Kurmak Üzere Yapılan Önlisans Başvurularına İlişkin Yarışma Yönetmeliği, Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik, ETKB ve EPDK Kararları ve Tebliğler güneş enerjisi yasal mevzuatını oluşturan en önemli düzenlemelerdir. Güneş enerjisi ile ilgili genel ve özel mevzuat aşağıda listelenmiştir. Bunlar:

- 6446 Sayılı Elektrik Piyasası Kanunu,
- 5346 Sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun,
- Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği,

- Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik,
- Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Belgelendirilmesi ve Desteklenmesine İlişkin Yönetmelik,
- Güneş Enerjisine Dayalı Elektrik Üretimi Başvurularının Teknik Değerlendirmesi Hakkında Yönetmelik,
- Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları Yönetmeliği,
- Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Elektrik Enerjisi Üreten Tesislerde Kullanılan Yerli Aksamın Desteklenmesi Hakkında Yönetmelik,
- Rüzgâr veya Güneş Enerjisine Dayalı Üretim Tesisi Kurmak Üzere Yapılan Önlisans Başvurularına İlişkin Yarışma Yönetmeliği,
- Enerji Sektörü Araştırma-Geliştirme Projeleri Destekleme Programına (Enar) Dair Yönetmelik,
- Rüzgâr ve Güneş Enerjisine Dayalı Önlisans Başvuruları İçin Yapılacak Rüzgâr ve Güneş Ölçümleri Uygulamalarına Dair Tebliğ,
- Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmeliğin Uygulanmasına Dair Tebliğ.

Elektrik Piyasası Kanunu: Bu kanun, elektrik enerjisinin yeterli, kaliteli, sürekli, düşük maliyetli ve çevreyle uyumlu bir şekilde tüketicilerin kullanımına sunulmasına yönelik olarak 30/03/2013 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Elektrikğin üretimi, iletimi, dağıtımı, toptan veya perakende satışı, ithalat ve ihracatı, vb. ile ilgili hususları kapsamaktadır. Kanun'da, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik olarak yatırım esasları, YEK alanlarının kullanımı, YEK ile ilgili lisanslı ve lisanssız yürütülebilecek enerji üretim faaliyetleri ve bunlara ilişkin esaslar düzenlenmiştir. Ayrıca Kanun'da, rüzgâr veya güneş enerjisine dayalı elektrik üretim tesisi kurulması için yapılan ön lisans başvurularının değerlendirilmesi ilişkin esaslar belirlenmiştir.

Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun: Bu Kanun, elektrik enerjisi üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaştırılması, bu kaynakların güvenilir, ekonomik ve kaliteli biçimde ekonomiye kazandırılması, kaynak çeşitliliğinin artırılması, sera gazı emisyonlarının azaltılması, atıkların değerlendirilmesi, çevrenin korunması ve YEK alanında ihtiyaç duyulan imalat sektörünün geliştirilmesi amacına yöneliktir. Bu Kanun'la YEK alanlarının belirlenmesi, korunması ve kullanılması,

YEK'ten üretilen elektrik enerjisinin belgelendirilmesi ve bu kaynakların kullanımına ilişkin usul ve esaslar düzenlenmiştir. Bu Kanun'da, rüzgâr, güneş, jeotermal, biyokütle, biyokütleden elde edilen gaz (çöp gazı dâhil), dalga, akıntı enerjisi ve gelgit ile kanal veya nehir tipi veya rezervuar alanı 15 km²'nin altında olan hidroelektrik üretim tesisleri YEK kapsamında değerlendirilmiştir. Bu kaynaklardan elektrik üretimini yaygınlaştırmak ve YEK enerji üretim tesislerinde yerli malzeme kullanımını teşvik etmek amacıyla belirli miktar, fiyat ve sürelerle mukayyet YEK destekleme mekanizması getirilmiştir.

Enerji Verimliliği Kanunu: Bu Kanun'la enerjinin etkin kullanılması, israfının önlenmesi, enerji maliyetlerinin düşürülmesi ve çevrenin korunması için enerji kaynaklarının ve enerjinin kullanımında verimliliğin artırılması amaçlanmıştır. Bu Kanun, enerjinin üretim, iletim, dağıtım ve tüketim aşamalarında, endüstriyel işletmelerde, binalarda, elektrik enerjisi üretim tesislerinde, iletim ve dağıtım şebekeleri ile ulaşımda enerji verimliliğinin artırılması ve yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılmasına yönelik usul ve esasları içermektedir. Ayrıca Kanun'da, enerji verimliliğini artırmaya ve toplumda enerji bilincini geliştirmeye yönelik eğitim ve bilinçlendirme faaliyetleri ile ilgili esaslara yer verilmiştir.

2.7.5. Güneş Enerjisi Yatırım Teşvikleri

YEK yatırımlarının yaygınlaştırılması ve ekonomiye kazandırılması, çevrenin korunması, atıkların değerlendirilmesi, enerjide kaynak çeşitliliğinin artırılması ve dışa bağımlılığın azaltılması amacıyla bu kaynaklardan üretilen enerjiye yönelik dünyada ve Türkiye'de çeşitli teşvik mekanizmaları geliştirilmiştir. Buna göre yenilenebilir enerji kaynağının türü, maliyeti, ülkedeki/bölgedeki miktarı/yoğunluk durumu, çevresel etkiler, mevcut enerji politikaları, geleceğe dönük enerji öngörülleri ve projeksiyonları vb. hususlar göz önünde bulundurularak yenilenebilir enerji kaynağından üretilen enerji için finansal ya da yasal destekler verilmektedir. YEK teşviklerinin bir kısmı doğrudan bu kaynaklara yönelik olarak uygulanırken bir kısmı da ülkenin çevreye ve genel yatırım politikalarına yönelik vergi indirimi, vergi muafiyeti, sübvansiyon veya diğer finansal ve yasal desteklemelerinden kaynaklanan teşviklerinin bir sonucu olarak dolaylı bir şekilde uygulanmaktadır. Türkiye'de güneş enerjisi ve diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik uygulanan finansal ve yasal teşvik mekanizmaları aşağıda açıklanmaktadır.

Sabit Fiyat Garantisi: YEK'e yönelik en yaygın olarak kullanılan teşvik mekanizmalarından biri sabit fiyat garantisi desteğidir. Buna göre YEK'ten üretilen ve şebekeye aktarılan kWh birim elektrik enerjisi başına belirlenen miktarda sabit fiyat desteği sağlanır. Verilen sabit fiyat garantisi desteği ve bu desteğin ne kadar süre ile verileceği YEK'in türüne göre değişiklik gösterebilir. 6094 sayılı Kanun'la 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun'da yapılan değişiklik kapsamında yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim faaliyetlerine uygulanacak sabit fiyat desteği, uygulanma süresi ve yapılacak ödemelere ilişkin usul ve esaslara yönelik düzenleme yapılmıştır. Bu anlamda Türkiye'de güneş enerjisine ve diğer yenilenebilir enerji türlerine yapılan yatırımlar için Yenilenebilir Enerji Kaynaklarını Destekleme Mekanizması (YEKDEM) kapsamında, belirlenen miktarlarda ve on yıl süre için sabit fiyat garantisi desteği verilmektedir. 18/5/2005 tarihinden 31/12/2015 tarihine kadar işletmeye girmiş veya girecek YEKDEM'e tabi üretim lisansı sahipleri için YEK'e dayalı üretimde, tesis tiplerine göre hidroelektrik üretim tesisi ve rüzgâr enerjisine dayalı üretim tesisi için 7,3 dolar cent/kWh, jeotermal enerjiye dayalı üretim tesisi için 10,5 dolar cent/kWh, biyokütleyle dayalı üretim tesisi (çöp gazı dahil) ve güneş enerjisine dayalı üretim tesisi için 13,3 dolar cent/kWh olmak üzere on yıl süreyle sabit fiyat garantisi desteği sağlanmıştır. 31/12/2015'ten sonra işletmeye alınan tesisler için uygulanacak teşvik miktarı, fiyatı ve süresi Bakanlar Kurulu kararına bırakılmıştır. Bununla ilgili olarak 05 Aralık 2013 tarih ve 28842 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan 2013/5625 sayılı Bakanlar Kurulu kararı ile 1/1/2016 tarihinden 31/12/2020 tarihine kadar işletmeye girecek YEK belgeli üretim tesisleri için uygulanacak fiyat ve sürelerle yönelik teşvik mekanizması, yürürlükteki şartlarla aynı olacak şekilde on yıl süreyle uzatılmıştır.

Tablo 13: YEK Belgeli Üretim Tesisleri İçin Uygulanacak Teşvik Miktarları

Yenilenebilir Enerji Kaynağına Dayalı Üretim Tesis Tipi	Uygulanacak Fiyatlar (ABD Doları cent/kWh)
a. Hidroelektrik üretim tesisi	7,3
b. Rüzgâr enerjisine dayalı üretim tesisi	7,3
c. Jeotermal enerjisine dayalı üretim tesisi	10,5
d. Biyokütleyle dayalı üretim tesisi (çöp gazı dahil)	13,3
e. Güneş enerjisine dayalı üretim tesisi	13,3

Kaynak: (5346 Sayılı Kanun)

Yerli Katkı İlavesi: Yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesislerinde yurt içinde imal edilen yerli aksamın kullanımını teşvik etmek ve bu alandaki yerli teknolojinin gelişimini desteklemek amacıyla uygulanan teşvik mekanizmasıdır. Bu kapsamda Türkiye’de, 6094 sayılı Kanun’la yapılan değişiklikle, yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesislerinde yurt içi imalat ve yerli aksamın kullanımını desteklenmektedir. Buna göre lisans sahibi tüzel kişilerin bu Kanun kapsamındaki yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı ve 31/12/2015 tarihinden önce işletmeye giren üretim tesislerinde kullanılan mekanik ve/veya elektro-mekanik aksamın yurt içinde imal edilmiş olması halinde bu tesislerde üretilerek iletim veya dağıtım sistemine verilen elektrik enerjisi için verilen teşviklere ilaveten, üretim tesisinin işletmeye giriş tarihinden itibaren beş yıl süreyle bu Kanun’da belirtilen miktarda, ilave fiyat desteği verilmektedir. Ayrıca bu teşvikler 2013/5625 sayılı Bakanlar Kurulu kararı ile 1/1/2016 tarihinden 31/12/2020 tarihine kadar işletmeye girecek olan YEK belgeli üretim tesislerinde kullanılacak ve yurt içinde imal edilmiş aksama yönelik yerli katkı ilavesi için de beş yıl süreyle uzatılmıştır. GES’ler için yurt içindeki yerli aksam imalatına yönelik verilen teşvik miktarları şu şekildedir:

Tablo 14: GES İçin Yerli Aksam İmalatına Yönelik Verilen Teşvik Miktarları

Tesis Tipi	Yurt İçinde Gerçekleşen İmalat	Yerli Katkı İlavesi (ABD Doları cent/kWh)
Fotovoltaik güneş enerjisine dayalı üretim tesisi	1- PV panel entegrasyonu ve güneş yapısal mekaniği imalatı	0,8
	2- PV modülleri	1,3
	3- PV modülünü oluşturan hücreler	3,5
	4- İnvörtör	0,6
	5- PV modülü üzerine güneş ışınımı odaklayan malzeme	0,5
Yoğunlaştırılmış güneş enerjisine dayalı üretim tesisi	1- Radyasyon toplama tüpü	2,4
	2- Yansıtıcı yüzey levhası	0,6
	3- Güneş takip sistemi	0,6
	4- Isı enerjisi depolama sisteminin mekanik aksamı	1,3
	5- Kulede güneş ışınımı toplayarak buhar üretim sisteminin mekanik aksamı	2,4
	6- Stirling motoru	1,3
	7- Panel entegrasyonu ve güneş paneli yapısal mekaniği	0,6

Kaynak: (5346 Sayılı Kanun)

Yine aynı Kanun kapsamında, “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Elektrik Enerjisi Üreten Tesislerde Kullanılan Yerli Aksamın Desteklenmesi Hakkında Yönetmelik” 24 Haziran 2016 tarihli ve 29752 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Bu Yönetmelik’le, 5346 sayılı Kanun’a göre Türkiye’de imal edilecek aksamlar ve bütünleştirici parçaları için yerli ilave katkı fiyatının belirlenmesi, belgelendirilmesi ve denetlenmesi ile ilgili usul ve esaslar yeniden düzenlenmiştir. YEK’ten elektrik üreten tesislerde yurt içinde üretilmiş aksam ve ekipman kullanılması durumunda 2,3 ile 9,2 dolar cent/kWh arasında ilave fiyat desteği verilmektedir. GES’ler için ünitelerin tamamen yerli olması durumunda, Kanun’da 13,3 dolar cent/kWh olan fiyat desteği fotovoltaik GES’ler için 20 dolar cent/kWh’e, yoğunlaştırılmış GES’ler için 22,5 dolar cent/kWh’e kadar çıkmaktadır. Bu düzenlemenin Türkiye’de, YEK’e dayalı enerji üretimi yapan tesislerde kullanılan aksam ve bütünleştirici parçaların üretildiği fabrikaların açılmasına ve bu fabrikaların sayısının artmasına olumlu katkı sağladığı söylenebilir (ETKB, 2016c, s. 87).

Lisanssız Üretim Hakkı: Lisanssız Üretim Hakkı, Elektrik Piyasası Kanunu’nun 14.maddesine istinaden 02.10.2013 tarih ve 28783 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik (LÜY) kapsamında uygulanmaktadır. Küçük ölçekli üretim tesislerinin ülke ekonomisine kazandırılması ve etkin kullanımının sağlanması, elektrik şebekesinde meydana gelen kayıp miktarlarının azaltılması, lisanslandırma süreçlerindeki gecikmelerin önlenmesi ve YEK yatırımlarını hızlandırılması amacıyla gerçek veya tüzel kişilere lisanssız üretim hakkı verilmektedir. Buna göre kurulu gücü 1 MW’ye kadar olan yenilenebilir kaynaklara dayalı enerji üretim tesisleri için gerçek veya tüzel kişilerden lisans izni alması ya da şirket kurması istenmemektedir. Ayrıca LÜY kapsamında yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üreten gerçek veya tüzel kişiler, ürettikleri elektrik enerjisinin kendi öztüketimlerinden artan ve 1 MW’ye kadar olan muafiyetli üretim miktarını, tesislerinin işletmeye girdiği tarihten itibaren 10 yıl süreyle, iletim veya dağıtım sistemine vererek bölgesinde buldukları perakende satış lisansı sahibi dağıtım şirketleri aracılığıyla sabit fiyat garantisine yönelik YEKDEM’den yararlanabilmektedir. Bunun yanında üretilen enerjiyi dağıtım veya iletim sistemine vermeyip tamamen öztüketime yönelik olarak kurulan YEK’e dayalı üretim tesisleri için 1 MW sınırı aranmamaktadır. Ancak bu üretim tesisleri ya da işletmeler, ürettikleri ihtiyaç fazlası elektriği dağıtım sistemine verememekte ve dolayısıyla sabit fiyat garantisine yönelik teşviklerden yararlanamamaktadır.

Türkiye’de, 2013 yılından önce, kurulu gücü 500 kW’ye kadar olan enerji üretim tesisleri için lisans alma zorunluluğu aranmazken 2013 yılında yapılan yasal düzenleme ile bu miktar 1 MW’ye çıkarılmıştır. Ayrıca 6446 sayılı Kanun’la Bakanlar Kurulu’na lisanssız faaliyet yapabilecek YEK’e dayalı üretim tesislerinin kurulu güç üst sınırını kaynak bazında beş katına kadar artırma yetkisi verilmiştir. Türkiye’de lisanslı ve lisanssız GES yatırımları karşılaştırıldığında lisanssız GES yatırımlarının lisanslı GES yatırımlarına göre hem üretim tesisi sayısı bakımından hem de kurulu güç bakımından oldukça fazla olduğu görülmektedir. 2016 yılı sonu itibariyle Türkiye’de 12,9 MW’lik toplam kurulu güce sahip 2 adet lisanslı GES mevcutken aynı yıl için devrede olan ve toplam kurulu güçleri 819,6 MW’ye ulaşan 1.043 adet lisanssız GES bulunmaktadır (ETKB, t.y.).

Araştırma-Geliştirme Projeleri Desteği: Bu teşvik türü, Enerji Sektörü Araştırma-Geliştirme Projeleri Destekleme Programı (ENAR) kapsamında ETKB tarafından yerli enerji teknolojilerini ve endüstrisini desteklemek amacıyla teknoloji geliştirme ve yenilik odaklı araştırma, geliştirme, iyileştirme içeren proje çalışmalarına destek sağlanması şeklinde uygulanmaktadır. Desteklenecek projelerin, yerli enerji kaynakları kullanımının geliştirilmesi, yenilenebilir enerji teknolojileri, temiz enerji teknolojileri, enerji elektromekanik teçhizatı imalat teknolojileri, enerji verimliliği teknolojileri, zararlı emisyonları azaltma teknolojileri, çevrim teknolojileri, enerji iletim ve dağıtım sistemlerinde akıllı şebeke uygulamalarının kullanımına ait konulardan en az birini içermelidir. Bu kapsamda üniversite-firma ortaklığında veya üniversite ortağı daha sonra belirlenmek üzere firmalar tarafından hazırlanan projeler Bakanlar Kurulu kararı ile desteklenmektedir. Buna göre desteklenmesine karar verilen ENAR proje bütçesinin azami %80’i Bakanlıkça, en az %20’si ise firma tarafından nakdi olarak karşılanmaktadır. Destekleme süresi en çok iki yıldır. Ancak projenin süresinde tamamlanamaması durumunda ve YEGM’ce uygun görülmesi şartıyla tamamlanamayan projeler için en fazla 6 şar aylık iki dönem ek süre verilebilir.

Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları (YEKA) Kullanım Hakkı: 09 Ekim 2016 tarih ve 29852 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları Yönetmeliği’ne göre kamu ve hazine taşınmazları ile özel mülkiyete konu taşınmazlarda büyük ölçekli yenilenebilir enerji kaynak alanları (YEKA) oluşturularak yenilenebilir enerji kaynaklarının etkin ve verimli kullanılması, yatırımların hızlı bir şekilde gerçekleştirilmesi amacıyla yönelik olarak tüzel kişiliğe haiz yatırımcılara belli şartlarda YEKA kullanım hakkı tanınmaktadır.

Buna göre kamu ve hazine taşınmazları ile özel mülkiyete konu taşınmazlardan geliştirilebilir yenilenebilir enerji kaynaklarından en az birinin yüksek yoğunlukta bulunduğu alan veya alanlar için gerekli teknik ve ekonomik analizler yapılarak yatırım yapılabilir olarak değerlendirilenler, YEGM tarafından YEKA olarak belirlenir. Öncesinde ayrıca bu alanların bağlantı kapasitesi de tespit edilir. YEGM tarafından belirlenen YEKA'lar, ETKB'nin hedef ve politikaları, kaynak türü, belirlenen kaynak potansiyeli ile tahmini birim elektrik enerjisi üretim maliyeti dikkate alınarak derecelendirilir. Yatırıma açılacak YEKA ve önceliği, ETKB tarafından belirlenir. Buna göre yatırıma karar verilen YEKA'lara yönelik ilan edilen bağlantı bölgeleri ve bağlantı kapasiteleri için ETKB tarafından kaynak türü bazında YEKA amaçlı bağlantı kapasite tahsisi yarışması düzenlenir. Bu yarışmaya ETKB tarafından ilan edilen şartnamede yer alan şartları haiz ve belirtilen aksamı yurt içinde imal edecek ve/veya yerli malı kullanmayı taahhüt eden tüzel kişiler başvuruda bulunabilir. Yapılan yarışmayı kazanan yatırımcılara, bu alanlar ve bağlantı kapasitesi, YEKA Kullanım Hakkı Sözleşmesi şartlarına göre tahsis edilir. Sözleşme kapsamında tahsis edilen kapasitenin en az %70'inin YEKA olarak değerlendirilmesi esastır. Ayrıca sözleşme imzalanan tüzel kişinin, YEKA'da elektrik üretim faaliyetinde bulunabilmesi için ön lisans ve üretim lisansı alması zorunludur. YEKA'larda alınacak üretim lisanslarının süresi 30 (otuz) yıldır.

Kırsal Kalkınma Destekleri: 07 Aralık 2017 tarih ve 30263 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Kırsal Kalkınma Destekleri Kapsamında Bireysel Sulama Sistemlerinin Desteklenmesi Hakkında Tebliğ'e göre kırsal kesim üreticilerinin bireysel sulama sistemi kurulumu yatırımları desteklenmektedir. Güneş enerjisine dayalı sulama sistemleri yatırımları da bu kapsama dahildir. Tebliğ kapsamında kabul edilen projelerin, 1.000.000 TL'ye kadar olan hibeye esas mal alım tutarının KDV hariç %50'si hibe yoluyla desteklenmektedir. Mal alım bedellerinin 1.000.000 TL'yi aşması durumunda, aşan kısım yatırımcı tarafından karşılanmaktadır.

Güneş enerjisi yatırımları için YEK kapsamında doğrudan uygulanan bu tür teşviklerin yanında ülkenin genel politikalarını hayata geçirmeye yönelik destek uygulamalarından kaynaklanan bazı teşvikler de söz konusudur. Bu kapsamda, çevreyi korumak, kalkınma planlarını hayata geçirmek, rekabet gücünü geliştirmek, bölgeler arasındaki gelişmişlik farklarını ortadan kaldırmak, yeni istihdam alanları oluşturmak ve istihdamı artırmak amacıyla çeşitli teşvik mekanizmaları geliştirilmiştir. Türkiye'de Yatırım Teşvik Sistemi: bölgesel teşvik uygulamaları, büyük ölçekli yatırımların

teşviki, stratejik yatırımların teşviki ve genel teşvik uygulamaları olmak üzere dört ana bileşenden oluşmaktadır. Bu teşviklerle yatırımcılara, KDV istisnası, KDV iadesi, gümrük vergisi muafiyeti, sigorta primi işveren hissesi desteği, sigorta primi işçi hissesi desteği, gelir vergisi stopajı desteği, faiz desteği, yatırım yeri tahsis gibi destek unsurları sunulmaktadır. Yatırımcılar, yatırımlarının büyüklüğüne, sektörüne, yerine ve üretecekleri mal veya hizmete göre uygun olan destek uygulaması kapsamında bu teşviklerden yararlanabilmektedir (AKİB, 2015, s. 2-3). Ülkenin genel politikalarına yönelik olarak uygulanan bu genel kapsamlı teşvikler, dolaylı bir şekilde güneş enerjisi yatırımlarına ve diğer YEK yatırımlarına katkı sağlamaktadır.

2.7.6. Güneş Enerjisi ile İlgili Kurum ve Kuruluşlar

Türkiye’de güneş enerjisi alanındaki yatırımlar son yıllarda büyük bir ivme kazanmıştır ve bu yatırımlar her yıl daha da artmaktadır. Güneş enerjisi alanında, kamu kurumları, özel sektör, yerel yönetimler, teknik ve mali destek sağlayan kurum ve kuruluşlar, üniversiteler ve sivil toplum kuruluşları faaliyet göstermektedir. Kamu kurum ve kuruluşları, güneş enerjisine yönelik strateji ve politika belirlemede, teşvik mekanizmaları ile güneş enerjisi yatırımlarını desteklemektedir. Üniversiteler ve bağlı kuruluşları tarafından bilimsel ve yeni teknolojilere yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Özel sektör bu alandaki yatırımların öncüsü durumundadır. Sivil toplum kuruluşları ise çevre ve YEK alanında toplumsal farkındalık oluşturmaya yönelik etkinlikler düzenlemektedir. Güneş enerjisi alanında faaliyet gösteren kurum ve kuruluşların görev ve sorumlulukları şu şekildedir:

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB): ETKB, enerji kaynaklarının ve doğal kaynakların verimli ve çevreye duyarlı şekilde değerlendirilerek ülke ekonomisine katkı sağlamasına yönelik bu alandaki çalışmalarını yürüten en üst kurumdur. Türkiye’nin enerji stratejileri ve politikaları ETKB tarafından belirlenmekte ve uygulanmaktadır. Yerli kaynaklara öncelik vermek suretiyle kaynak çeşitliliğini sağlamak, enerji ve doğal kaynak alanlarındaki faaliyetlerin çevreye duyarlı halde yürütülmesini sağlamak ve yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji arzı içindeki payını arttırmak, ETKB’nin görevleri arasındadır.

Enerji İşleri Genel Müdürlüğü (EİGM): EİGM, enerji kaynaklarının araştırılması, geliştirilmesi, işletilmesi, değerlendirilmesi, kontrolü, korunması ve enerji tasarrufu ile ilgili çalışmaların teşvik ve koordine edilmesinden sorumludur.

Enerji konusunda teknolojik araştırma geliştirme faaliyetlerinin takip edilmesi ve enerji kaynaklarının neden olduğu çevresel sorunlarla ilgili ulusal ve uluslararası boyutlardaki çalışmalar EİGM tarafından yürütülmektedir (ETKB, 2016b, s. 18).

Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM): Ülkenin hidrolik, rüzgâr, jeotermal, güneş, biyokütle ve diğer yenilenebilir enerji kaynaklarının tespiti ve değerlendirilmesine yönelik çalışmalar YEGM tarafından yürütülmektedir. Ayrıca yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesine ve enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik projeksiyonlar ve öneriler YEGM tarafından geliştirilmektedir. 02 Kasım 2011 tarihinden itibaren güneş enerjisi konusunda araştırma, geliştirme, teknoloji takibi, değerlendirilmesi, kaynak ve potansiyelin belirlenmesi, kullanım alanlarının araştırılması, bilgilendirme ve demonstrasyon çalışmaları YEGM'nin sorumluluğundadır. Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli ile ilgili olarak mülga EİE Genel Müdürlüğü tarafından 2008 yılında güneş enerjisi kaynaklarının karakteristiklerini ve dağılımını belirlemek amacıyla GEPA hazırlanmıştır. Hazırlanan bu atlasla Türkiye'nin, güneş enerjisine yönelik ısı ve elektrik uygulamaları bakımından verimli alanları ve üretim kapasiteleri tespit edilmiştir. Ayrıca bu harita YEGM'nin internet sitesinde yayınlanarak kullanıcıların ve yatırımcıların hizmetine sunulmuştur (ETKB, 2016b, s. 57).

Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK): Bu kurum çalışmalarını 4628 sayılı Enerji Piyasası Düzenleme Kurumunun Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun kapsamında yürütmektedir. Kanun'a göre enerji piyasasında faaliyet gösteren tüzel kişilere lisans verilmesi, enerji piyasasının performansının izlenmesi, performans standartlarının belirlenmesi ve uygulamalarının denetlenmesi, enerji piyasasında uygulanacak fiyatlandırma esaslarının tespit edilmesi ve bunların denetlenmesi EPDK'nin sorumluluğundadır. Tüketicilere güvenilir, kaliteli, kesintisiz ve düşük maliyetli elektrik enerjisi hizmeti verilmesini teminen gerekli düzenlemeleri yapmak, enerjinin üretimine, iletimine ve dağıtımına yönelik güvenlik standartlarının tespit edilmesini ve uygulanmasını sağlamak, elektrik enerjisi üretiminde çevresel etkiler nedeniyle yenilenebilir enerji kaynaklarının ve yerli enerji kaynaklarının kullanımının özendirilmesine yönelik tedbirleri almak ve bu konudaki teşvik uygulamaları için gerekli girişimlerde bulunmak, bu kurumun görevleri arasındadır.

Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (MGM): Enerji, sağlık, çevre, silahlı kuvvetler ve gerekli görülen kurum ve kuruluşlar için meteorolojik destek sağlamak, çevre ve yenilenebilir enerji konularında araştırma çalışmaları yapmak veya

yaptırmak, MGM'nin sorumluluk alanlarındandır. Türkiye'nin güneşlenme süresi ve ışıyım şiddetine ait verileri uzun yıllar boyunca MGM tarafından derlenmiştir. 1966-1982 arası toplanan bu veriler, EİE tarafından yürütölen güneş enerjisi potansiyeli belirleme çalışmalarına kaynaklık etmiştir. Bu veriler ışığında Türkiye'nin GEPA'sı hazırlanmıştır. Günümüzde de MGM'nin bu yöndeki çalışmaları devam etmektedir.

2/11/2013 tarihli ve 28809 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği kapsamında Rüzgâr ve Güneş Enerjisine Dayalı Önlisans Başvuruları İçin Yapılacak Rüzgar ve Güneş Ölçümleri Uygulamalarına Dair Tebliğ'e göre MGM, rüzgâr enerjisine ve güneş enerjisine dayalı elektrik üretim tesisi kurulumu için yapılacak ölçümlerle ilgili iş ve işlemleri yürütmektedir. Buna göre RES veya GES kurulumu için gerekli olan ölçüm başvurusu, ölçüm istasyonu kontrolü ve verilerin güvenilirliği MGM'nin denetiminde ve koordinatörlüğünde gerçekleştirilmektedir.

Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK): Güneş enerjisi alanında araştırma geliştirme çalışmaları, çeşitli ulusal ve uluslararası projeler TÜBİTAK tarafından yürütölmekte ya da desteklenmektedir. TÜBİTAK'ın "1511-TÜBİTAK Öncelikli Alanlar Araştırma Teknoloji Geliştirme ve Yenilik Projeleri Destekleme Programı" enerji sektöründe, güneş enerjisi, fosil yakıtlardan kömür, konut ve ticari binalar ile sanayide enerji verimliliği, güç ve depolama teknolojileri ile ilgili konulara ait projelerin desteklenmesine yönelik olarak geliştirilmiştir. Bu destekleme programında güneş enerjisi ile ilgili olarak yüksek verimli, maliyet etkin, uzun ömürlü yeni nesil PV hücrelerin tasarlanması ve binalara entegrasyonunun sağlanması, güneş enerjisinin depolanmasına yönelik yenilikçi malzemelerin üretilmesi, güneş enerjili yenilenebilir ısı depolama sistemlerinin geliştirilmesi, silikon tabanlı güneş hücrelerinin enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik Ürün Geliştirme (Ür-Ge) çalışmaları gibi konularda proje çağrıları yapılmıştır. Bu çağrı kapsamında bugüne kadar birçok proje TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir. 2018 yılı için yeni nesil fotovoltaik teknolojilerin ve güneş enerjisi sistem elemanlarının bina entegre PV ve/veya sanayi bazlı demonstrasyonunun yapılmasına yönelik projelerin desteklenmesi planlanmaktadır.

TÜBİTAK'a bağlı olarak güneş enerjisi konularında çalışma yürüten bir diğer kurum da TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi'dir. Bu kurum, TÜBİTAK'ın araştırma geliştirme birimlerinden biridir ve Milli Güneş Enerjisi Santrali Geliştirilmesi (MİLGES) Projesi bu birimin yöneticiliğinde yürütölmektedir. Proje

yürütücü kuruluşları arasında ayrıca ODTÜ Güneş Enerjisi Araştırma ve Uygulama Merkezi (GÜNAM) ve Bereket A.Ş. bulunmaktadır. Proje kapsamında, fotovoltaik (PV) hücre geliştirilmesi, PV panel tasarımı, invertör geliştirilmesi, GES izleme ve kontrol sistemi tasarımı (GES SCADA) ve 10 MW gücünde komple GES kurulumunun gerçekleştirilmesi hedeflenmektedir. MİLGES projesi ile kurulacak olan 10 MW kapasiteli GES'te yerli olarak üretilen PV hücreleri ve paneller kullanılacaktır.

Üniversiteler ve Bağlı Kuruluşlar: Birçok üniversite bünyesinde güneş enerjisi alanında araştırma ve geliştirme faaliyetleri yürütülmektedir. Bunlardan ilki ve en önemlilerinden biri 1978 yılında kurulan Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü'dür. Bu enstitü, güneş, biyokütle, rüzgâr ve jeotermal enerji gibi yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili uygulamaya yönelik lisansüstü öğrenim veren, araştırma çalışmaları yürüten ve Türkiye'de bu alanda kurulmuş olan ilk ve tek enstitüdür. Enstitüde, güneş ışınımlı fotokimya, optoelektronik, yeni nesil fotovoltaik hücre üretimi, güneş, biyokütle, rüzgâr ve jeotermal gibi yenilenebilir enerji kaynakları, enerji yönetimi ve enerji verimliliği konularında uygulamaya yönelik araştırma ve projeler yürütülmektedir (EÜ-GEE, t.y.).

Bunun yanında birçok üniversite, güneş enerjisine ve diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik AR-GE ve uygulama faaliyetleri yürütmektedir. Üniversiteler bünyesinde araştırma ve uygulama merkezleri kurulmakta, yenilenebilir kaynaklarla enerji ihtiyacının karşılandığı kampus uygulamaları yapılmakta, yeşil binalar ve yüksek performanslı binalar tasarlanmaktadır. Güneş enerjisi alanındaki teknolojilerin gelişimini teşvik etmek ve farkındalık oluşturmak amacıyla çeşitli yarışmalar yapılmaktadır. Ayrıca bu konularda kamu kesimine, özel sektöre, sivil toplum kuruluşlarına ve diğer ilgililere yönelik eğitim programları, panel, konferans türü etkinlikler düzenlenmektedir.

Belediyeler: Çevre ve enerji konusunda toplumda ve karar alıcılardaki farkındalık düzeyi arttıkça ve enerji üretim maliyetleri düştükçe yenilenebilir kaynaklara yönelik yatırımlar sürekli artmaktadır. Merkezi yönetimlerin yanında yerel yönetimler de sürece dahil olmakta ve yerel düzeyde kendi bölgelerine yönelik proje ve faaliyetler geliştirmekte ve enerji yatırımlarına destek vermektedir. Yerel yönetimlerce bölgenin özelliğine göre yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırım yapılmakta ve bölgenin enerji ihtiyacı yerli ve yenilenebilir kaynaklarla karşılanmaya çalışılmaktadır. Belediyelerin, HES, RES ve GES yatırımları, katı atık depolama tesislerinden biyogaz elde edilmesi, cadde ve parklar ile pazar yeri ve su depoları gibi

alanların güneş enerjili sistemlerle aydınlatılması vb. uygulamaları giderek yaygınlaşmaktadır. Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik kapsamında belediyeler, RES ve GES yatırımları yaparak kendi ihtiyacı olan elektriği üretebilmekte ve fazlasını da dağıtım şirketlerine satarak gelir elde edebilmektedir. Bunun yanında Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği'ne göre belediyeler, katı atık tesisleri ile arıtma tesisi çamurlarının bertarafına yönelik elektrik üretim tesisi kurabilmektedir ya da sermayesinin yarısından fazlası doğrudan veya dolaylı olarak belediyeye ait olan tüzel kişilerce hidroelektrik enerji tesisi kuruluşu işletilebilmektedir. Ayrıca bu kapsamda kurulan enerji üretim tesislerinde yapılan üretim faaliyetleri, ön lisans ile lisans alma ve şirket kurma yükümlülüğünden muaf tutulmaktadır. Bunun yanında belediyelerin güneş enerjisi ve diğer yenilenebilir kaynaklara yönelik yatırımları, İller Bankası A.Ş. tarafından teknik ve finansal olarak desteklenmektedir.

Kalkınma Ajansları: Kalkınma ajansları; kamu kurumları, özel kesim ve sivil toplum kuruluşları arasındaki iş birliğini geliştirmek, kaynakların etkin kullanımını sağlamak ve yerel potansiyeli kullanmak suretiyle, ulusal kalkınma planı ve programları ile uyumlu olarak bölgesel kalkınmayı hızlandırmak ve sürdürülebilirliğini sağlamak amacıyla Bakanlar Kurulu kararıyla kurulmaktadır. Bu kapsamda yerel idarelerin, üniversitelerin, diğer kamu kurum ve kuruluşlarının, sivil toplum kuruluşlarının, kâr amacı güden işletmelerin, kooperatiflerin ve diğer gerçek ve tüzel kişilerin, bölgenin kırsal ve yerel kalkınmasına katkı sağlayan proje ve faaliyetleri bu ajanslar tarafından desteklenmektedir. Türkiye'de, Kalkınma Bakanlığına bağlı olarak faaliyet gösteren ve her biri belli bir bölgenin kalkınmasını gerçekleştirmeye yönelik olarak kurulmuş 26 adet bölgesel kalkınma ajansı bulunmaktadır. Türkiye'nin kalkınma hedefleri ile uyumlu olacak şekilde yararlanıcılara verilecek destekler, Kalkınma Bakanlığı tarafından bu ajanslar yoluyla gerçekleştirilmektedir. Proje destek konuları, verilecek destek türü ve miktarı kalkınma ajansları tarafından, dönemsel olarak yapılan proje teklif çağruları ile yararlanıcılara duyurulmaktadır.

Kalkınma ajansları, güneş enerjisi sektöründeki uygulanabilir projeler için yararlanıcılara, mali destek ya da teknik destek sağlamaktadır. Bu anlamda Türkiye'de güneş enerjisi ve diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik yürütülen birçok yatırım ve AR-GE projesi kalkınma ajansları tarafından desteklenmektedir. Ayrıca bu alanda, kalkınma ajansları tarafından toplumsal faaliyetler de desteklenmektedir.

Verilen destekle, halka yönelik kurs, seminer vb. etkinlikler düzenlenmekte, çocukları bilinçlendirmek amacıyla tiyatro oyunları sergilenmekte, fuar alanlarına yenilenebilir enerji atölyeleri kurulmaktadır.

Özel Sektör: Türkiye’de Güneş enerjisi sektöründe hizmet veren birçok firma bulunmaktadır. Bu firmalar genellikle distribütör, sistem kurucu veya perakende satış yapan kurumlar olarak faaliyet göstermektedir (DEK-TMK, 2009, s. 148). Güneş enerjisindeki üretim maliyetlerinin düşmesi, enerji piyasasına yönelik serbestleşme politikaları ve uygulanan teşvik mekanizmaları ile birlikte bu alana yatırım yapan girişimci sayısı, yatırım sayısı ve yatırım miktarı sürekli artış göstermektedir. Bu alandaki özel sektör yatırımlarını, ısınma-ısıtma ve elektrik üretim amaçlı yatırımlar ile bu sistemlerin kurulumu için gerekli aksamın üretimine yönelik yatırımlar oluşturmaktadır. Özel sektörün enerji üretim yatırımları çoğunlukla 1 MW altı lisanssız GES’lere yöneliktir. Firmalar kendi öztüketimlerini karşılamak için bu alana yatırım yapabildiği gibi çoğunlukla ticari amaçla yatırım yapmaktadır. Bu alanda lisanslı üretim yatırımı yapan firma sayısı ise çok azdır. Günümüzde firmalar, güneş enerjisinden ısı ve elektrik üretimine yönelik ticari yatırımların yanında, bu alanda, AR-GE birimleri kurarak üretim maliyetlerinin düşürülmesine, çevrenin korunmasına ve yeni teknolojilerin geliştirilmesine katkı sağlamaktadır.

Sivil Toplum Kuruluşları: Günümüzde, enerji, güneş enerjisi ve diğer yenilenebilir enerji kaynakları alanında bölgesel, ulusal ya da uluslararası düzeyde faaliyet gösteren çok sayıda dernek ya da vakıf türü sivil toplum kuruluşu bulunmaktadır. Bu alandaki STK’ler; kamu kesimi, özel sektör, üniversiteler ya da gönüllü kişiler tarafından desteklenmektedir. Daha ziyade STK’ler çevre, enerji, güneş enerjisi vb. konularında sektör temsilcilerinin ve meraklılarının katıldığı seminer, kurs, panel türü eğitim etkinlikleri düzenlemektedir. Düzenlenen bu etkinliklerle güneş enerjisi ile ilgili konularda, yeni teknolojiler tanıtılmakta, mevzuat değişiklikleri konusunda bilgilendirme yapılmakta, sektör sorunları tartışılmakta ve çözüm önerileri geliştirilmekte, güneş enerjisi kullanımı teşvik edilmekte, kamu kesimi ve özel sektör arasında bilgi paylaşımı gerçekleştirilmektedir. Bazı ulusal ve uluslararası sivil toplum kuruluşları tarafından güneş enerjisinin durumu ve gelecek projeksiyonları hakkında dönemsel raporlar yayımlanmaktadır. Ayrıca STK’ler tarafından çevresel duyarlılık, enerji israfı ve verimliliği, güneş enerjisi ve diğer YEK kullanımı vb. konularında toplumda farkındalık oluşturmaya yönelik açık oturum, panel, konferans türü etkinlikler düzenlenmektedir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

SÜRDÜRÜLEBİLİR ÇEVRE VİZYONUNDA TÜRKİYE’DE GÜNEŞ ENERJİSİNİN GELECEĞİ

3.1. TÜRKİYE’NİN ENERJİ PROJEKSİYONU

Enerji talebi, her ülke için farklı olmakla birlikte küresel ölçekte sürekli artmaktadır. Bu talebi karşılamak için gereken enerji yatırımları da her yıl artış göstermektedir. 2015 yılında enerji sektörüne küresel ölçekte 1,8 trilyon dolar yatırım yapılmıştır (BOTAŞ, 2016, s. 11). Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) verilerine göre enerji sektörüne 2016 ile 2040 yılları arasında küresel ölçekte toplam 66,5 trilyon dolar yatırım yapılacağı tahmin edilmektedir. Dünya birincil enerji tüketiminin artmasına neden olan temel etkenlerin başında nüfus ve gelir artışı gelmektedir. Nüfus artışının, artan sanayi üretimi ve kentleşmeye bağlı olarak küresel enerji talep artışını önemli oranda etkileyeceği öngörülmektedir. Hazırlanan senaryolara göre enerji projeksiyonunda, 2040 yılına kadar olan dönemde fosil yakıtlar, paylarının nispeten azalmasına rağmen hâkim kaynaklar olmaya devam edecektir. Nükleer enerjinin birincil enerji kaynakları içindeki payının artacağı öngörülmekte, yenilenebilir enerji kaynaklarının 2040 yılındaki payının %16,1 olacağı beklenmektedir. Buna göre yenilenebilir kaynaklar yıllık ortalama %9,8 büyüme payları ile en hızlı büyüme oranına sahip enerji kaynakları olarak görünmektedir. Nükleer enerji yıllık ortalama %2,3 ve hidroelektrik enerji yıllık ortalama %1,8 büyüme oranına sahip olacaktır (ETKB, 2017b, s. 3-5).

Dünya birincil enerji tüketimi 2015 yılında toplam 13.147,3 MTEP olarak gerçekleşmiştir. Türkiye’nin ise 2015 yılı itibariyle birincil enerji tüketimi toplam 126,9 MTEP olup dünya toplamındaki payı %1’dir ve bu tüketim miktarı ile Türkiye, dünya sıralamasında 19. sıradadır. Bu miktarın 30,93 MTEP’i yerli üretimle karşılanmıştır (ETKB, 2017b, s. 6; EİGM, 2015). Türkiye’nin 2015 yılı birincil enerji talebinin %31’i doğal gazdan, %30’si petrolden, %27’si kömürden, %4,5’i hidrolik kaynaklardan, %7,5’i da diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanmıştır. Birincil enerji arzının sektörlere göre dağılımı incelendiğinde %25,1’i konut ve hizmet sektöründe, %24,7’si sanayi sektöründe, %23,4’ü çevrim sektöründe, %19,1’i ulaştırma sektöründe ve %7,7’si diğer sektörlerde kullanılmıştır (ETKB, 2016c, s. 17). Türkiye’nin 2015 yılındaki enerji ithalatı 37,84 milyar dolardır. Enerji tüketim

miktardaki artışa rağmen enerji ithalat maliyeti azalmıştır. Bunun birincil etkeni petrol fiyatlarında yaşanan düşüştür. Türkiye'nin birincil enerji talebinin 2023 yılı itibarıyla 218 MTEP'e ulaşması beklenmektedir (BOTAŞ, 2016, s. 13,17).

Enerjinin alt bir türü olan elektrik enerjisi ile ilgili olarak Türkiye'nin elektrik enerjisi tüketimi her geçen gün artmaktadır. Artan ihtiyaç çoğunlukla hidroelektrik, doğal gaz ve kömür santrallerinden karşılanmaktadır. Bununla birlikte yenilenebilir kaynakların elektrik üretimindeki payını artırmaya yönelik yatırımlar devam etmektedir. ETKB tarafından hazırlanan elektrik enerjisi talep projeksiyonuna göre Türkiye'nin 2030 yılı elektrik enerjisi referans talep projeksiyonu 580,67 TWh olarak hesaplanmaktadır (ETKB, 2016b, s. 35).

Tablo 15: Türkiye Elektrik Enerjisi Talep Projeksiyonu

Yıllar	Yüksek Talep (TWh)	Yüksek Talep Artışı %	Referans Talep (TWh)	Referans Talep Artışı %	Düşük Talep (TWh)	Düşük Talep Artışı %
2016	297,01	8,0	284,56	5,9	278,16	5,2
2017	320,47	7,9	301,16	5,8	293,15	5,4
2018	340,58	6,3	318,43	5,7	307,72	5,0
2019	361,81	6,2	336,73	5,7	322,62	4,8
2020	384,22	6,2	355,88	5,7	338,06	4,8
2021	404,92	5,4	374,57	5,3	352,95	4,4
2022	426,61	5,4	393,91	5,2	368,20	4,3
2023	449,32	5,3	413,98	5,1	383,94	4,3
2024	473,10	5,3	435,01	5,1	400,65	4,4
2025	498,01	5,3	456,88	5,0	417,96	4,3
2026	524,08	5,2	479,66	5,0	435,91	4,3
2027	551,37	5,2	503,39	4,9	454,51	4,3
2028	579,93	5,2	528,11	4,9	473,79	4,2
2029	609,81	5,2	553,85	4,9	493,78	4,2
2030	641,08	5,1	580,67	4,8	514,50	4,2
2031	669,11	4,4	606,74	4,5	534,98	4,0
2032	698,23	4,4	633,58	4,4	555,90	3,9
2033	728,48	4,3	661,28	4,4	577,45	3,9
2034	763,98	4,9	689,91	4,3	599,70	3,9
2035	802,18	5,0	719,54	4,3	622,68	3,8

Kaynak: (ETKB, 2016b, s. 35)

Bir ülkenin gelişmişliğinin enerji açısından göstergeleri, enerji yoğunluğu ve kişi başı enerji tüketimidir. Gelişmiş ülkelerdeki kişi başı enerji tüketimi gelişmekte olan ülkelere göre daha yüksektir. Gelişmişlik bakımından kişi başı enerji tüketiminin yüksek, enerji yoğunluğunun ise düşük olması esastır. Enerji yoğunluğu, birim hasıla başına tüketilen enerji miktarını ifade etmektedir (Erdoğan S. , 2016, s. 26). Türkiye'deki ekonomik büyüme ile birlikte enerji kullanımı artmıştır ve son on yıl içinde bu artışlar özellikle sanayi, ulaşım ve inşaat sektöründe yaşanmıştır. Ancak Türkiye'nin enerji yoğunluğu azalmak yerine giderek artmaktadır. 2005-2015 yılları arasında IEA üyesi ülkelerinin enerji yoğunluğu ortalama %16,3 oranında azalırken aynı dönemde Türkiye'nin enerji yoğunluğu %7,1 oranında artmıştır. Bununla birlikte Türkiye'nin enerji yoğunluğu IEA ortalamasından biraz daha iyi durumdadır. 2015 yılında Türkiye'de 1.000 dolar değerinde GSYH üretmek için 0,09 TEP enerji tüketimine ihtiyaç duyulmuş olup IEA Avrupa ortalaması olan 0,09 TEP ile aynı seviyede gerçekleşmiştir. IEA ülkelerinin tamamının 2015 yılı enerji yoğunluğu ortalaması ise 0,11 TEP'tir. Enerji yoğunluğu, ülkelerin ekonomik yapısına da bağlıdır. Ülke ekonomisinin, tarım, sanayi ya da hizmet sektörüne dayalı olması enerji tüketimini dolayısıyla enerji yoğunluğunu etkilemektedir. Enerji yoğunluğu, birim enerji başına üretilen katma değer ve enerji verimliliği için önemli bir gösterge olarak kabul edilmektedir. Enerji yönetiminde uluslararası karşılaştırmalar için kullanılan bir diğer ortak gösterge de kişi başına tüketilen enerji miktarıdır. 2015 yılı verilerine göre Türkiye'de kişi başı enerji tüketimi 1,7 TEP olarak gerçekleşmiş iken IEA ülkeleri ortalaması 4,5 TEP'tir. Bu tüketim miktarı ile Türkiye, IEA ülkeleri arasında en düşük kişi başı enerji tüketim oranına sahiptir. İlk sırada olan Kanada'nın kişi başı enerji tüketimi 7,8 TEP'tir (IEA, 2016, s. 15,21,47-48).

Türkiye'nin enerji politika ve stratejileri, jeopolitik konumunun sağladığı avantajların kullanılarak ülke gerçekleri ile küresel ölçekli dinamikler çerçevesinde, enerji arz güvenliği, alternatif enerji kaynakları, kaynak çeşitliliği, yerli ve yenilenebilir kaynakların ekonomiye kazandırılması, sürdürülebilirlik, enerji piyasalarında serbestleşme ve enerji verimliliği temellerine dayanmaktadır. Bu kapsamda, Türkiye'nin enerji arzındaki temel strateji ve politikaları şu şekilde özetlenebilir (ETKB, 2016c, s. 5-6):

- Yerli kaynaklara öncelik vermek suretiyle kaynak çeşitliliğini sağlamak,
- Yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji arzı içindeki payını artırmak,

- *Serbest piyasa koşullarına tam işlerlik kazandırmak ve yatırım ortamının iyileşmesini sağlamak,*
- *Enerji verimliliğini artırmak,*
- *Petrol ve doğal gaz alanlarında kaynak çeşitliliğini sağlamak ve ithalattan kaynaklanan riskleri azaltacak tedbirleri almak,*
- *Jeopolitik konumun etkin kullanılarak enerji alanında bölgesel iş birliği süreçleri çerçevesinde ülkeyi enerji üssü ve terminali haline getirmek,*
- *Enerji ve doğal kaynaklar alanlarındaki faaliyetlerin çevreye duyarlı halde yürütülmesini sağlamak,*
- *Maliyet, zaman ve miktar yönünden enerjiyi tüketiciler için erişilebilir kılmak.*

Kalkınma Planları incelendiğinde enerjide dışa bağımlılığın azaltılması ve enerji arz güvenliğinin sağlanması, enerji birim maliyetlerinin düşürülmesi, yerli kaynak potansiyelini geliştirme ve kullanımını artırma, enerji verimliliği ve tasarrufu, yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji arzındaki payının artırılması, enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi, çevrenin korunması, Türkiye'nin jeostratejik konumundan kaynaklanan avantajlarının kullanılarak enerji koridoru ve terminali haline getirilmesi, enerji alanında serbestleşme ve özel sektörün etkin kılınması ile birlikte rekabetçi bir yapı oluşturulması, Türkiye'nin enerji politikaları ve stratejilerindeki ana hedeflerdir.

Yenilenebilir kaynaklardan enerji kullanımının teşviki ile ilgili Avrupa Konseyi'nin 2009/28/EC sayılı Direktifi ile tüm üye ülkeler için 2020 yılı itibariyle AB'nin yenilenebilir kaynaklardan üretilmiş enerji payının %20'ye ulaşması hedeflenmiştir. Bu Direktif'ten hareketle ETKB tarafından 2011-2023 dönemi için Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı (UYEEP) hazırlanmıştır. UYEPP'nin amacı, yenilenebilir enerji kaynaklarının genel enerji tüketimindeki payının 2023 yılında en az %20'ye yükseltilmesidir. Bu miktar, 107 MTEP'lik beklenen toplam enerji tüketimi göz önüne alındığında yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji ihtiyacının yaklaşık 21,7 MTEP'lik bölümünü karşılaması anlamına gelmektedir. Bu Plan'da, mevcut tahminlere göre 2011-2023 döneminde Türkiye'nin birincil enerji talebinde %91,2'lik bir artışın yaşanacağı ve talebin 218 MTEP'e ulaşacağı belirtilmiştir. Enerji verimliliği hedeflerine ulaşıldığında ise birincil enerji arzının, 2023 yılında, 158 MTEP olacağı tahmin edilmektedir. Buna göre Türkiye'nin 2023 yılına kadar toplam elektrik enerjisi talebinin en az %30'u ile ulaştırma sektörünün enerji ihtiyacının %10'unun yenilenebilir kaynaklardan karşılanması, 2011 yılı referans alınarak enerji yoğunluğunun en az %20 düşürülmesi, YEK'e dayalı dağıtık üretimin yaygınlaştırılması, biyoyakıt sektörünün geliştirilmesi, binalarda yenilenebilir

enerjinin kullanımını teşvik edecek uygun bir çerçevenin geliştirilmesi hedeflenmektedir. Bu hedeflere ulaşılması durumunda 47 milyon tondan fazla CO₂ emisyonunun önleneceği hesaplanmaktadır. UYEEP’de, 2023 yılı projeksiyonuna göre yenilenebilir enerji kaynaklarından hidroelektrik için 34.000 MW, rüzgâr için 20.000 MW, jeotermal için 1.000 MW, güneş için 5.000 MW, biyokütle için 1.000 MW olmak üzere toplamda 61.000 MW kurulu güç kapasitesine ulaşılması hedeflenmektedir. Plan’da bu hedeflere ulaşmak için yapılacak yasal, finansal, yaklaşımsal ve teknik adımlar/önlemler belirlenmiş ve yapılacak çalışmaların beklenen sonuçları ortaya konulmuştur.

Türkiye’nin enerji ve çevre ile ilgili ulusal stratejik hedeflerine ulaşmasında, enerji verimliliği alanındaki yol haritasını ortaya koyan, 2012-2023 arası dönemi kapsayan ve ETKB’nin koordinatörlüğünde kamu, özel sektör ve SKT’lerin katılımı ile hazırlanan bir diğer önemli belgede Enerji Verimliliği Strateji Belgesi’dir. Bu Belge, enerjinin ve enerji kaynaklarının üretimden tüketimine kadar her safhada verimli kullanılmasına yönelik tedbirleri içermektedir. Belge ile 2023 yılında Türkiye’nin enerji yoğunluğunun 2011 yılı değerine göre en az %20 azaltılması hedeflenmektedir. Bunun için sanayi ve hizmet sektöründeki enerji yoğunluğunu ve enerji kayıplarını azaltmak, binaların enerji taleplerini ve karbon emisyonlarını azaltmak, yenilenebilir enerji kaynakları kullanan sürdürülebilir çevre dostu binaları yaygınlaştırmak, enerji verimli ürünlerin piyasa dönüşümünü sağlamak, elektrik üretim, iletim ve dağıtımında verimliliği artırmak, enerji kayıplarını ve zararlı çevre emisyonlarını azaltmak, motorlu taşıtların birim fosil yakıt tüketimini azaltmak, kara, deniz ve demir yollarında toplu taşıma payını artırmak ve şehir içi ulaşımda gereksiz yakıt sarfiyatını önlemek, kamu kesiminde enerjiyi etkin ve verimli kullanmak, kurumsal yapıları, kapasiteleri ve işbirliklerini güçlendirmek, ileri teknoloji kullanımını ve bilinçlendirme etkinliklerini artırmak, kamu dışında finansman ortamları oluşturmak şeklinde stratejik amaç ve eylemler belirlenmiştir.

Türkiye’de, kalkınma ve nüfus artışına bağlı olarak evsel kullanımda, sanayi ve ulaşım sektöründe enerjiye olan talep artarak devam etmektedir. Bu enerji ihtiyacı çoğunlukla hidrokarbon kökenli kaynaklardan karşılanmaktadır. Son yıllarda özellikle doğalgaza dayalı tesislerin toplam kapasitelerinin Türkiye’nin toplam kurulu güç kapasitesi içerisindeki payı hızla artmaktadır. Buna karşı, hidrolik kaynakların da içinde bulunduğu YEK’in toplam kurulu güç içindeki payının giderek düştüğü görülmektedir. Yenilenebilirler enerji olarak bilinen hidrolik, güneş, jeotermal, rüzgâr

ve biyokütle santrallerinin sayısının hızla artmasına rağmen, bunların, Türkiye'nin toplam kurulu gücü içindeki payları hala çok düşük miktarlardadır (EVSB, 2012). Enerji arz güvenliğinin sağlanması, enerji maliyetlerinin düşürülmesi, dışa bağımlılıktan kaynaklanan risklerin azaltılması, iklim değişikliği ile daha etkin mücadele edilebilmesi ve çevrenin korunarak geliştirilebilmesi gibi ulusal stratejik hedefleri gerçekleştirebilmek bakımından yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji arzı içerisindeki payının artırılması oldukça önemlidir.

3.2. TÜRKİYE'DE GÜNEŞ ENERJİSİ SORUNLARI

Türkiye'nin enerji ihtiyacı çoğunlukla konvansiyonel kaynaklardan karşılanmaktadır. HES'ler haricinde, diğer YEK yatırımlarının Türkiye için henüz yeni bir sektör olduğu söylenebilir. Bununla birlikte son yıllarda yenilenebilir enerji yatırımları artmaktadır. Özellikle GES yatırımları son birkaç yılda büyük bir ivme kazanmıştır. Güneş enerjisi yatırımları, 2014 yılına kadar çoğunlukla ısı uygulamalara yönelik iken 2014'ten sonra elektrik üretimine doğru gelişmeye başlamıştır. Güneş enerjisi yatırımlarının çoğunluğu lisanssız GES'lerden oluşmaktadır. Ancak önümüzdeki birkaç yıl içinde lisanslı GES yatırımlarının artacağı öngörülmektedir.

GES sektörünün, Türkiye'de henüz yeni gelişen ve aynı zamanda hızla büyüyen bir sektör olması bazı sorunları da beraberinde getirmektedir. Politika belirlemedeki ve mevzuat geliştirmedeki yetersizlikler, kurumlar arası koordinasyon eksikliği ve yetki karmaşası, teşvik sorunları, altyapı ve şebeke sorunları, teknolojisindeki dışa bağımlılık ve tesis kurulum maliyetlerinin yüksek oluşu vb. Türkiye'nin GES sektöründe yaşadığı önemli sorunlardır. Bununla birlikte teknolojik gelişmelere bağlı olarak Dünya'da ve Türkiye'de GES sektör maliyetleri hızla düşmektedir. GES yatırımları, orta ve uzun vadede daha kârlı hale gelmektedir.

3.2.1. Kamu Politikaları Belirleme ve Uygulama Sorunları

Enerji, modern yaşamın vazgeçilmezi durumundadır. Enerji arzında yaşanacak bir aksaklık doğrudan ya da dolaylı olarak tüm sektörleri olumsuz yönde etkileyecektir. Bu anlamda enerji politikaları; eğitim, sağlık, tarım, savunma vb. diğer tüm politikalarla iç içe geçmiş durumdadır. Bununla birlikte gerek tarım politikalarının gerek turizm politikalarının gerek çevre politikalarının ve diğer alanlardaki

politikaların kendi önceliklerinin olduğu da bir gerçektir. Bu anlamda enerji alanında geliştirilen politikalar, bazı durumlarda çevre, tarım, turizm ya da ülkenin diğer alanlardaki politikaları ile çelişebilmektedir. Kamu politikalarındaki farklı öncelikler, enerji politikalarının hayata geçirilmesinde aksamalara neden olabilmektedir.

Mersin-Akkuyu Nükleer Santrali, enerjide dışa bağımlılığın azaltılması ve kaynak çeşitliliğine yönelik enerji politikaları bakımından yatırım yapılabilir olarak değerlendirilebilirken çevre politikaları ve turizm politikaları bakımından sakıncalı görülebilmektedir. Türkiye'nin linyit kömürü rezervleri yeterli olmakla birlikte çoğunluğunun kalorisi düşüktür. Bununla birlikte linyit kömürü enerjide dışa bağımlılığın azaltılması bakımından elektrik üretiminde kullanılmak üzere termik santrallerde değerlendirilmektedir. Bu yakıtların kullanımı sonucunda açığa çıkan bazı gazlar ve partiküler madde, atmosferde hava kirliliğine ve CO₂ konsantrasyonlarının artmasına neden olmaktadır ve dolayısıyla atmosferdeki sera gazı emisyonları yükselmektedir. Bu durumda Türkiye'nin uluslararası sözleşmelerle taahhüt ettiği sera gazı emisyon hedeflerinin gerçekleştirilememesi söz konusu olmaktadır. Dolayısıyla enerji politikaları hayata geçirilirken çevre politikaları ile çelişilebilmektedir.

Enerji politikalarının yatırımlara dönüşerek hayata geçirilmesinde ETKB'nin yanında birçok bakanlık sürece müdahil olmaktadır ve bu yatırımların gerçekleştirilebilmesi için birçok bakanlığın koordineli bir şekilde çalışması gerekmektedir. Güneş enerjisine dayalı elektrik üretim tesislerinin kurulumu için geniş bir araziye ihtiyaç duyulmaktadır. Yatırımın henüz planlama ve izin aşamasında, kurulum yapılacak arazinin durumu değerlendirilirken Orman Bakanlığı, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Millî Savunma Bakanlığı, Turizm Bakanlığı gibi birçok bakanlık devreye girmektedir. Bu durumda bakanlıklar arasında yaşanan koordinasyon eksikliği, enerji politikalarının yatırıma dönüşmesini geciktirmektedir.

Bunun yanında Türkiye'nin petrol ve doğal gaz kaynakları yeterli değildir. Türkiye 2016 yılı itibariyle petrolde %93,6 ve doğal gazda ise %99 oranında dışa bağımlıdır. Nükleer enerji yatırımları kurulum aşamasında olup henüz devreye alınmış nükleer santral bulunmamaktadır. Ayrıca nükleer santral kurulumu yüksek teknoloji gerektirmektedir ve Türkiye henüz bu teknolojiye sahip değildir. Bu nedenle enerji ihtiyacının büyük bir bölümü, ithalat yoluyla dış kaynaklardan karşılanmaktadır. Türkiye'nin, enerjide %75'in üzerinde dışa bağımlı olması ve enerji ihtiyacının sürekli artması, enerjide maliyet etkin bir politika tercih etmesine neden olmaktadır. Enerji ihtiyacını karşılamada üretim maliyetleri düşük olan kaynaklar tercih edilmektedir.

Ülkenin enerji politikalarında, bu kaynaklara yönelik yatırımlar öncelikli ve ağırlıklı olmaktadır. Her ne kadar maliyetleri düşmüş olsa da güneş enerjisi yatırımları henüz yüksek maliyetlidir. Bu durum, özellikle güneş enerjisi yatırımlarını olumsuz etkilemektedir. Türkiye'nin enerji sektöründe izlediği maliyet etkin politikalar nedeniyle güneş enerjisi yatırımları yetersiz düzeyde gerçekleşmektedir. Ayrıca maliyet etkin politikalar nedeniyle çevreye yönelik kaygılar da ötelenebilmektedir.

3.2.2. Mevzuat Sorunları

Politika önceliklerinden ve koordinasyon eksikliğinden kaynaklanan sorunların yanında, mevzuattan kaynaklanan sorunlar da GES yatırımlarını geciktiren bir diğer sebeptir. GES yatırımlarında, orman mevzuatı, tarım mevzuatı, çevre mevzuatı, turizm mevzuatı vb. devreye girmektedir ve yatırımın yapılabilmesi için tüm ilgili idari birimlerden kurum onayı alınması gerekmektedir. Bu durumda, bakanlıkların ve bağlı birimlerinin görev tanımları içerisindeki ortak konularda, mevzuat kaynaklı yetki karmaşası, enerji yatırımlarının aksamasına neden olabilmektedir. Bu sorunun bir diğer nedeni ise mevzuatın parçalı yapıda olması ve bir bütünlük taşınamamasıdır. Ayrıca GES yatırımlarının yeni bir alan olması ve henüz bu alandaki mevzuat boşluklarının giderilememiş olması da yatırım sürecini olumsuz etkileyebilmektedir.

Lisanslı ve lisanssız yatırımların gerçekleştirilebilmesi için bağlantı izinleri, imar planı ve yapı ruhsatı izinleri, duyarlı yöre kapsam dışılık izni, marjinal tarım arazi incelemesi, saha seçimi ve uygunluk değerlendirmesi, çevre izinleri gibi benzer bürokratik işlemlerin yapılması gerekmektedir. Lisanssız GES yatırımlarının, işletmelerin kendi öztüketimlerine yönelik yapıldığı göz önünde bulundurulduğunda mevzuattan kaynaklı olarak sürecin uzaması ya da gerekli izinlerin alınamaması bu yatırımları aksatabilmektedir.

3.2.3. Yerli İmalat, Aksam ve Teknoloji Sorunları

Güneş enerjisine dayalı elektrik üretim tesislerinin ana aksamını genellikle yüksek teknoloji gerektiren malzeme ve ekipmanlar oluşturmaktadır. Bu tesislerde ana malzeme olarak silikon, ingot, hücre, modül, cam, eva, backsheet, invertör, ribbon (şerit tel) ve bağlantı kutusu kullanılmaktadır. Tamamlayıcı malzemeler ise montaj

setleri, kablo, regülatör, batarya vb. aksamardan oluşmaktadır. Türkiye’de güneş enerjisi teknolojisinde kullanılan yarı iletken, direnç, diyot, kondansatör gibi elektronik parçalar ithal edilmektedir. Daha çok, alüminyum çerçeve, cam ve kablo türü malzemeler Türkiye’de üretilmektedir. Üretilen güneş panellerindeki yerli katkı oranı ise henüz %50’lerin üzerine çıkamamıştır (Yılmaz, 2016, s. 13-14). Bu anlamda, Türkiye’de GES’e yönelik yerli imalat ve teknoloji yeterince gelişmemiştir. Daha ziyade, panel üretimi ile ilgili montaj işlemleri yurt içinde yapılmaktadır. Özellikle PV sistemlerinde kullanılan ve ana malzemelerden olan yarı iletken silikon hücrelerin üretimi yüksek teknoloji gerektirmektedir. PV hücresi üretim teknolojisinde ve hücre hammaddesinde dışa bağımlılık devam etmektedir. Bunun yanında doğru akımı (DC), alternatif akıma (AC) çeviren invertör, yurt dışından ithal edilmektedir (Zeybek, 2018, Bkz. Ek 1). İmalat ve teknolojideki bu bağımlılık, GES’lerin kurulum maliyetlerini artırmaktadır ve dolayısıyla güneş enerjisine dayalı elektrik üretiminin birim maliyetleri yüksektir.

GES kurulumlarında yurt içinde imal edilen yerli aksamın kullanımını teşvik etmek ve bu alandaki yerli teknolojiyi geliştirmek amacıyla çeşitli destekleme mekanizmaları geliştirilmiştir. Ayrıca Türkiye’de yerli imalata yönelik kurulan ve yerli üretim yapan fabrikaların sayısı artmaktadır. Bununla birlikte yerli aksam ve teknolojideki dışa bağımlılık devam etmektedir. Bu alandaki zorluğu aşmak için yabancı ortaklı yerli imalat fabrikaları kurulmaktadır. Yabancı ortaklı olarak kurulan bu fabrikalar, maliyetlerin düşürülmesi ve teknoloji transferi bakımından olumlu gibi görülse de yıllardır Türkiye’de üretim yapan yabancı şirketlere ait otomotiv fabrikaları bulunmasına rağmen henüz kendi otomobilini üretemeyen bir ülke gerçeği göz önünde bulundurulduğunda AR-GE yatırımları ile desteklenmediği sürece bu tür ortaklıkların yerli imalat ve teknolojinin gelişimine katkısının az olacağı değerlendirilmektedir. Yerli imalat ve teknolojinin geliştirilmesi ve güneş enerjisine dayalı elektrik üretim maliyetlerinin düşürülmesi bakımından üniversite-özel sektör iş birliğinde AR-GE yatırımları desteklenmelidir.

3.2.4. Altyapı ve Şebeke Sorunları

Güneş enerjisine dayalı lisanslı ya da lisanssız elektrik üretim tesislerinin ürettikleri elektriği genel şebekeye aktarabilmesi için TEİAŞ’tan bağlantı izni alması gerekmektedir. TEİAŞ ise bağlantı iznini bölgenin elektrik ihtiyacını ve alt yapı

kapasitesini dikkate alarak vermektedir. Bölgede elektrik ihtiyacının olmaması ya da bölge altyapısının yetersiz olması durumunda şebeke bağlantı izni verilmemektedir. Lisanslı GES yatırımları bölgenin elektrik ihtiyacına göre belli bir planlama dahilinde yapıldığından ve doğrudan şebeke bağlantısına yönelik olarak kurulduğundan genel şebeke bağlantısı yönünden herhangi bir sorun oluşturmamaktadır. Lisanssız GES'ler ise işletmelerin kendi elektrik ihtiyacını karşılamaya yönelik olarak kurulmaktadır. İşletmeler, ürettikleri elektriğin, öztüketimlerinden artan miktarını belli bir fiyat karşılığında genel şebekeye aktararak gelir elde edebilmektedir. Ancak lisanssız GES'in bulunduğu bölgede elektrik ihtiyacı yoksa ya da bölgenin alt yapı kapasitesi yeterli değilse üretilen ihtiyaç fazlası elektrik genel şebekeye aktarılamamaktadır. Bölgenin şebeke alt yapısının yeterli olduğu durumlarda ise ihtiyaç fazlası elektrik bedelsiz olarak genel şebekeye aktarılabilir. Ayrıca bu durumda, işletmeler, YEKDEM'den de yararlanamamaktadır. Bu duruma karşı işletmeler, GES yatırımlarını, kendi öztüketimini karşılayacak kapasitede yapmak durumunda kalmakta ve dolayısıyla GES yatırımları kısıtlanmaktadır. Bu nedenle şebeke bağlantı alt yapısını güçlendirmek için ilgili idareler tarafından trafo kapasitesini artıracak ve iletim hatlarını iyileştirecek tedbirlerin alınması gerekmektedir.

3.2.5. Arazi Sorunları

Arazi tipi uygulamalara yönelik GES yatırımlarının en önemli aşamalarından biri, tesis kurulumu yapılacak arazinin seçimidir. GES'lerin yer seçim kriterleri, tesislerin kurulum aşamasından işletme aşamasına kadar olan süreçleri ve elektrik üretim maliyetlerini doğrudan etkilemektedir. Arazi seçimi verimlilik, yasal düzenlemeler ve ÇED kriterlerine göre belirlenmektedir (Şenlik, 2017, s. 95). GES'lerin hem teknik hem ekonomik olarak fizibil olabilmesi için global güneş ışınımı 1650 kWh/m²-yıldan daha büyük alanlara kurulması gerekmektedir. Türkiye'de, GES'lerin, arazi eğimi III. dereceden büyük olan alanlara, yerleşim bölgeleri ile 500 metre emniyet şeridi içindeki alanlara, kara ve demir yolları ile 100 metre emniyet şeridi içindeki alanlara, havaalanları ile 3 km emniyet şeridi içindeki alanlara, çevre koruma, milli parklar ve tabiat alanları ile 500 metre emniyet şeridi içindeki alanlara, göl, nehir, baraj gölü ile sulak alanlara, koru ormanları, ağaçlandırma alanları, özel ormanlar, fidanlıklar, sazlık ve bataklıklar, muhafaza ormanları gibi alanlara kurulması uygundur (ÇŞB, t.y., s. 1).

Tarım alanları ve GES kurulumu için ihtiyaç duyulan arazilerin ortak özelliği her ikisinde de geniş, eğimi az ve güneş gören arazilere ihtiyaç duyulmasıdır. Güneş enerjisine dayalı elektrik üretim maliyetlerinde yaşanan hızlı düşüşler nedeniyle bu tesisler başta ABD, Avrupa ve Çin olmak üzere son yıllarda giderek yaygınlaşmaktadır. Benzer bir büyümenin ülkemizde de yaşanması durumunda tarım alanları hızla tehdit altında kalabilecektir. Bu nedenle bu tesislerin planlanması konusunda gereken önem gösterilmelidir. Yatırım yapılacak GES alanları belirlenirken tarım arazilerini tehdit etmeyecek bir planlamanın yapılması gerekmektedir (MMO, 2012, s. 186).

Bunun haricinde yatırım maliyetleri ve tesis verimliliği bakımından yer tespitinde, arazinin, güneş ışınım oranı ve güneşlenme süresi, konumu ve fiziki özellikleri, çevresel şartları, ulaşım durumu ve yasal statüsü dikkate alınmaktadır. GES tesisi kurulacak arazinin %5'in üzerinde eğimli olması kurulum maliyetlerini artırmaktadır. Arazinin ya da çevresinin tozlu olması PV panel verimliliğini düşürmektedir. Dolayısıyla işletmenin bakım maliyetleri artmaktadır.

Bunun yanında GES kurulumlarında ekosistemin ve tarım arazilerinin korunması amacıyla arazi uygunluk durumunun ilgili idarelerce denetlenmesi gerekmektedir. Çevre koruma bölgelerine, milli parklar ve tabiat alanlarına, ormanlık alanlara, sulak alanlara kurulacak GES'ler ekosistem açısından risk oluşturmaktadır. Ayrıca tarıma elverişli arazilere GES kurulumu yapılması, Türkiye'nin tarımsal üretimine zarar verebilecek bir durumdur. 1 MW'lik GES kurulumu için yaklaşık 20 dönümlük arazi gerekmektedir ve kurulum öncesinde arazi üzerinde yapılan ilaçlama, sıkıştırma, çakıl dökme, betonlama vb. işlemler nedeniyle toprak kullanılamaz hale gelmektedir. Bu nedenle GES'lerin, tarım arazilerine kurulumunu önlemek amacıyla ilgili idareler tarafından denetiminin yapılması bu konudaki suiistimallerin önlenmesi gerekmektedir (Zeybek, 2018, Bkz. Ek 1).

3.2.6. Teşvik Sorunları

Yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı olarak elektrik üretimi yapan tesislere YEKDEM kapsamında sabit fiyat garantisi desteği ve yerli katkı ilavesi desteği verilmektedir. Buna göre 2016 yılında, YEKDEM kapsamında 556 katılımcı desteklenmiş olup bu katılımcıların kurulu gücü 15.083 MW'dir. 2016 yılında YEKDEM katılımcılarının üretimleri, 2015 yılına kıyasla %250 artarak 44,69 TWh

olarak gerçekleşmiştir. Bu miktar, hidroelektrikten, rüzgârdan, jeotermalden ve biyokütleden elde edilmiştir (EPDK, 2017b, s. 42-43). 5346 sayılı Kanun ile YEKDEM kapsamında en fazla sabit fiyat garantisi desteği güneş enerjisi ve jeotermal enerjiye verilmekle birlikte 2016 yılında bu teşvikten yararlanan lisanslı GES bulunmamaktadır. 2017 yılında ise YEKDEM listesinde sabit fiyat desteğinden yararlanan sadece iki lisanslı GES bulunmaktadır.

Lisanslı GES kurulumunda kullanılan yerli ekipmana, YEKDEM kapsamında yerli katkı ilavesi desteği verilmektedir. Ancak kurulumda yerli aksam kullanımı için istenen yerli katkı oranına ulaşabilen lisanslı GES tesisi bulunmadığından, bu destekten yararlanan lisanslı GES bulunmamaktadır. Lisanssız GES'ler ise yapılan yönetmelik değişikliği ile yerli katkı ilavesi destek mekanizmasından çıkarılmıştır. Bu değişikliğin lisanssız GES kurulumlarındaki yerli imalat ve yerli aksam kullanımını olumsuz yönde etkileyeceği değerlendirilmektedir.

Lisanslı ve lisanssız GES'ler ile diğer YEK'e dayalı elektrik üretim tesisleri için verilen sabit fiyat garantisi desteği ve yerli katkı ilavesi desteği 31 Aralık 2020 tarihinde sona erecektir. İlgili mevzuatta 31 Aralık 2020 tarihi sonrasında bu desteklerin devam edip etmeyeceği ya da nasıl devam edeceği konusunda herhangi bir açık hüküm bulunmamaktadır. 2020'den sonra devreye alınacak YEK'e dayalı enerji üretim tesisleri için YEKDEM'deki belirsizlik, bu alandaki yatırımların öngörülebilirliğini olumsuz etkileyebilecektir. Orta ve uzun vadede GES yatırım maliyetlerinin düşeceği öngörülmekle birlikte kısa vadede ancak yapılan teşviklerle maliyetleri makul seviyelere inen ve yatırımlarının önü açılan GES'lerin, bu belirsizlikten, diğer YEK yatırımlarına göre daha fazla etkileneceği değerlendirilmektedir.

3.2.7. Yatırım ve Maliyet Sorunları

Günümüzde, enerji üretim maliyetlerinin hesaplanmasında daha ziyade LCOE standardı genel kabul görmektedir. LCOE standardına göre güneş enerjisinden elektrik üretim maliyeti, günümüz koşullarında, konvansiyonel kaynaklara ve diğer yenilenebilir kaynaklara göre daha maliyetlidir. Kârlılık yaklaşımı dikkate alındığında GES yatırım maliyetlerinin yüksek olması, kısa vadede kâr elde etmek isteyen yatırımcıları daha az maliyetli enerji yatırımlarına yöneltmektedir. Bunun yanında Türkiye, enerjide dışa bağımlı ve kısıtlı mali kaynaklara sahip bir ülkedir. Ayrıca

enerjide dışa bağımlı olması dolayısıyla enerji ithalatının beslediği cari açık, ülke ekonomisi için risk oluşturmaktadır. Bu durum göz önünde bulundurulduğunda Türkiye için gerek yenilenebilir enerji yatırımlarında gerekse de konvansiyonel enerji yatırımlarında tercihen daha az maliyetli seçenekler ön plana çıkmaktadır ve dolayısıyla güneş enerjisine daha kısıtlı yatırım yapılmaktadır.

Türkiye, rüzgâr enerjisi ve güneş enerjisi potansiyeli bakımından karşılaştırıldığında her iki YEK türü potansiyeli de yatırım yapılabilir seviyesindedir. Her iki YEK türü için günümüz birim enerji üretim maliyetleri dikkate alındığında RES yatırımlarının GES yatırımlarına göre daha az maliyetli olduğu hesaplanmaktadır. Bu durumda, kısıtlı mali kaynaklar ve yatırımın geri dönüş süresi göz önünde bulundurulduğunda Türkiye için YEK'e dayalı enerji yatırımları, tercihen RES ağırlıklı olmaktadır. Bu yaklaşımın 2023 hedeflerine de yansıdığı görülmektedir. Türkiye'nin yıllık güneş enerjisi potansiyeli, rüzgâr enerjisi potansiyelinden 3 ila 4 kat arası fazla olmasına rağmen 2023 yılı YEK'e dayalı kurulu güç hedefleri karşılaştırıldığında RES kurulu güç hedefi 20.000 MW iken GES kurulu güç hedefinin 5.000 MW olması, bu yaklaşımın bir sonucu olarak değerlendirilmektedir.

3.2.8. İmar Sorunları

GES yatırımları konusunda yaşanan en önemli sorunların başında imar planı ve yapı ruhsat izni onay süreci gelmektedir. 03 Temmuz 2017 tarih ve 30113 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği'ne göre bina uygulamalarına yönelik ve binanın kendi ihtiyacı için yapılacak güneş kaynaklı yenilenebilir enerji sistemleri, binanın taşıyıcı sistemlerini etkilememek kaydıyla, ruhsata tabi olmaktan çıkarılmıştır. Böylelikle imar mevzuatında yapılan değişiklikle bina uygulamalarına yönelik GES kurulumlarındaki izin onay süreci hem kolaylaşmış hem de onay süreleri kısalmıştır.

Bununla birlikte arazi kurulumlu GES'ler için bağlantı izinlerinin dışında ilgili idarelerden kurum görüşü, imar planı, yapı ruhsatı vb. onaylarının alınması gerekmektedir. Bu durumda GES yatırımları, diğer imar ve yapı uygulamaları gibi değerlendirilmekte ve bu konudaki genel mevzuat hükümlerine tabi olmaktadır. Yapılacak GES yatırımının lisanslı ya da lisanssız olması, kurulacak tesisin büyüklüğü gibi hususlar imar mevzuatı işleyiş süreci bakımından farklılık göstermemektedir. İmar izin ve onay işlemlerine yönelik olarak genel mevzuatta, GES yatırımlarına

herhangi bir kolaylık getirilmemiştir. Ayrıca imar izin onay sürecinde kurulacak GES'in türüne ve arazisinin özelliğine göre birçok kurumdan görüş ve rapor istenmektedir (Alıcıoğlu, 2018, Bkz. Ek 3). Bu durum onay sürecinin uzamasına ve dolayısıyla GES yatırımlarının gecikmesine neden olmaktadır. Bunun haricinde, her ne kadar GES yatırımları da diğer imar ve yapı uygulamaları gibi bu konuda yürürlükteki genel mevzuata tabi olsa da mevzuat uygulamalarında idareden idareye farklılıklar görülebilmektedir. Uygulamadaki bu farklılıklar, mevzuattaki yasal boşluklardan ya da ilgili idarelerin görüş farklılıklarından kaynaklanabilmektedir. Bu anlamda, ülke genelinde imar planı ve yapı ruhsatı izin onay sürecinde birliğin sağlanamaması yatırım sürecinin uzamasına ya da yatırımdan tamamen vazgeçilmesine neden olmaktadır.

GES yatırımlarında karşılaşılan bir diğer sorun ise alınan plan onama ücretlerinin yüksekliği ve bu ücret miktarlarının ilden ile, bölgeden bölgeye farklılıklar gösterebilmesidir. Plan onama ücretlerinin ne miktarda ve neye göre alınacağı ilgili belediye tarafından tespit edilmektedir. Plan onama ücretleri bazı bölgelerde, kurulacak tesisin m² olarak kapladığı alan üzerinden hesaplanırken bazı bölgelerde tesisin kurulu güç kapasitesi üzerinden hesaplanmaktadır. Bu durumda plan onama ücretlerinde ilden ile, bölgeden bölgeye büyük farklılıklar ortaya çıkmaktadır. Kurulacak tesisin kapladığı alan dikkate alındığında 1 MW'lık bir RES'in kurulumu için 500-1.000 m²'lik bir alan yeterli olurken aynı kurulu güçteki bir GES'in kurulumu için bu alan 20.000 m²'ye kadar çıkabilmektedir. Bu durumda GES'lerin plan onama maliyetleri oldukça yüksek olmaktadır.

3.3. TÜRKİYE'NİN ENERJİ STRATEJİK PLANI'NDA (2015-2019) GÜNEŞ ENERJİSİ HEDEFLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Türkiye'nin enerji stratejisini ve projeksiyonunu ortaya koyan ve 2015-2019 yılları arasını kapsayan önemli enerji referans belgelerinden biri de ETKB Stratejik Planı'dır. Enerji Stratejik Planı, enerjinin nihai tüketiciye, sürekli, sürdürülebilir, çevre ile uyumlu, kaliteli, güvenli ve asgari maliyetlerle arzı ile enerji temininde kaynak çeşitlendirmesini esas alarak yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarını mümkün olan en üst düzeyde değerlendirme, enerji yoğunluğunu azaltmayı destekleme, nükleer teknolojiyi elektrik üretiminde kullanma, israfı ve enerjinin çevresel etkilerini asgariye indirme, Türkiye'nin uluslararası enerji ticaretinde stratejik konumunu güçlendiren

rekabetçi bir enerji sistemine ulaşma amaçlarına yönelik hazırlanmıştır. Enerji Stratejik Planı'nda, rekabetçi, şeffaf, tüketicinin korunduğu, çevresel sürdürülebilirliği de dikkate alan bir enerji sektörü önceliğinden bahsedilmektedir. Plan'daki hedeflerin, ekonomik, sosyal ve çevresel sürdürülebilirlik perspektifinde ele alındığı dile getirilmektedir (ETKB, 2015, s. 9).

Enerji Stratejik Planı'nda, petrol ve doğal gazda önemli bir dışa bağımlılığın söz konusu olduğu, doğal gaza bağımlı elektrik enerjisi üretim yapısının önemli riskler taşıdığı, bu nedenle doğal gazın elektrik enerjisi üretimindeki payının azaltılmasına ve ithalatta kaynak ülkelerin çeşitlendirilmesine ihtiyaç duyulduğu belirtilmiştir. Stratejik Plan'da, enerji ve doğal kaynaklar alanında 8 tema, 16 amaç ve 62 hedef belirlenmiştir.

Plan'ın enerji tarafında daha çok enerji arz güvenliği, enerji verimliliği ve enerji tasarrufu üzerinde durulmuştur. Birincil enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi, sahip olunan kaynakların rasyonel bir şekilde kullanılması ve sürekliliğinin sağlanması, düşük maliyetli enerji arzının gerçekleştirilebilmesi amacıyla yenilenebilir enerji kaynaklarının ekonomiye kazandırılması hedeflenmiştir. Yenilenebilir kaynakların, kaynak çeşitliliği bakımından stratejik önemi vurgulanmıştır ve bu kaynakların elektrik üretimindeki payının artırılması ve ayrıca ısı enerjisi kaynağı olarak da kullanımının sağlanması gerektiği belirtilmiştir. Yenilenebilir kaynakların hem elektrik enerjisi hem de ısı üretmek amacıyla tam olarak değerlendirilebilmesi için finansman imkanlarının geliştirilmesi, mevzuatın güncellenmesi, iletim altyapısının güçlendirilmesi ve yatırımcı farkındalığının artırılması gerektiği vurgulanmıştır.

Nükleer enerji ile ilgili olarak Plan'da, nükleer enerjinin elektrik enerjisi üretim portföyüne dahil edilmesi ile ilgili 2019 yılı sonuna kadar yürütülecek çalışmalar ortaya konulmuştur. Ucuz doğal gaz kaynaklarının daha etkin değerlendirilebilmesi, mevsimsel talep dalgalanmaları ve kaynak ülkeye bağlı arıza durumlarına karşı doğal gaz talebinin kesintisiz karşılanmasını teminen doğal gaz depolama kapasitesinin yıllık tüketim miktarının %10'unu karşılayabilecek düzeye getirilmesi ve iletim hattı kısıtlarının giderilmesi hedeflenmekte, ayrıca uzun vadede depolama kapasitesinin yıllık tüketimin %20'sini karşılayacak düzeye getirilmesini sağlayacak yatırımların başlatılmasının önemi vurgulanmaktadır. Stratejik Plan'a göre kaya petrolü, kaya gazı, metan hidrat vb. geleneksel olmayan kaynakların üretilebilir olduğu değerlendirilmiş ve bu potansiyelin ortaya çıkarılması hedeflenmiştir. Stratejik Plan'da, plan dönemi sonuna kadar yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik enerjisi üretim

tesislerinde yerli ekipman kullanım oranının, imalat kabiliyeti olarak %45'e çıkarılması hedeflenmiştir. Ayrıca Plan'ın 2019 yılı projeksiyonuna göre yenilenebilir kaynaklarda, hidrolik enerji için 32.000 MW, rüzgâr enerjisi için 10.000 MW, jeotermal enerji için 700 MW, güneş enerjisi için 3.000 MW, biyokütle enerjisi için 700 MW kurulu güce ulaşılması hesaplanmaktadır.

Güneş enerjisi ile ilgili olarak Stratejik Plan'da, uygun olan bölgelerdeki termik santrallerde besleme suyunun güneş enerjisiyle ön ısıtmaya tabi tutulduğu hibrit sistemlerin kullanımının artırılması, Karapınar Enerji İhtisas Endüstri Bölgesi'nin güneş enerjisine dayalı elektrik üretim tesislerinin MW bazında tahsis edilmesi, GES'lerin ve RES'lerin şebekeye entegrasyonuna yönelik gereken altyapı güçlendirmelerinin gerçekleştirilmesi ve tarımsal sulamada güneş ve rüzgâr enerjisine dayalı sulama sistemlerinin hayata geçirilmesi hedeflenmektedir.

Enerji ihtiyacını karşılarken ortaya çıkan negatif dışsal maliyetleri azaltmak amacıyla doğada yenilenebilir özellikteki güneş enerjisine olan talep ve bu kaynağın enerji ihtiyacını karşılamadaki payı küresel ölçekte her geçen gün artmaktadır. Yapılan çalışmalarla güneş enerjisinden elde edilen birim enerji miktarı artarken maliyetleri de giderek düşmektedir. Ayrıca güneş enerjisinin taşıdığı çevresel riskler, fosil ve nükleer enerji kaynaklarına göre oldukça düşüktür. Bunun yanında güneş enerjisinden yüksek yoğunlukta ve kesintisiz enerji elde etmeye ve birim maliyetlerini düşürmeye yönelik çalışmalar devam etmektedir. Ancak ETKB'nin 2015-2019 yılları arasında kapsayan Stratejik Planı'nda güneş enerjisi kurulu gücü 2015 yılı için 300 MW, 2017 yılı için 1.800 MW ve 2019 yılı projeksiyonu için 3.000 MW, yine ETKB'nin hazırladığı UYEEP'ye göre 2023 yılı projeksiyonu için 5.000 MW olarak belirlendiği ve 2016 yılı sonu itibarıyla lisanslı ve lisanssız elektrik üretiminde toplam 832,5 MW'lık güneş enerjisi kurulu gücüne ulaşıldığı dikkate alındığında ülkenin var olan güneş enerjisi potansiyelinin henüz yeterince değerlendirilemediği söylenebilir.

Bunun yanında Plan'da, güneş enerjisi potansiyelinin değerlendirilmesine yönelik olarak alınacak mali, idari ve hukuki önlemler ve atılacak yasal, finansal, yaklaşımsal ve teknik adımlar açıkça belirtilmemiştir. Bu anlamda 2015-2019 yılları arasında kapsayan Enerji Stratejik Planı'nın, belirlenen hedefler, bu hedefleri gerçekleştirmek için ortaya konan stratejiler, öngörülen kurumsal kapasite, alınacak önlemler ve atılacak adımlar bakımından, Türkiye'nin günümüzdeki ve gelecekteki enerji ihtiyacının önemli bir kısmını güneş enerjisinden karşılamasında yetersiz kalacağı değerlendirilmektedir. Bu nedenle gelecek dönemlere ait güneş enerjisi ile

ilgili hedef ve stratejilerin, Türkiye'nin enerji ihtiyacını karşılayacak ve bu potansiyelini en üst seviyede değerlendirecek şekilde revize edilmesi gerekmektedir. Özellikle enerji projeksiyonlarında, güneş enerjisine dayalı kojenerasyon, mikrokojenerasyon ve trijenerasyon uygulamaları ile enerji ihtiyacını kaynağında karşılayacak, yerli imalat ve teknolojiyi geliştirecek, yerel unsurları ve bireysel tüketicileri birer enerji üreticisi haline getirecek hedef ve stratejilerin somut olarak ortaya konması gerekmektedir.

3.4. YENİLENEBİLİR ENERJİ YATIRIMLARININ GELECEĞİNDE GÜNEŞ ENERJİSİNİN YERİ

Fosil yakıtlarda olduğu gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının kökenini de çoğunlukla güneş enerjisi oluşturmaktadır. Güneş enerjisinin doğrudan ya da dolaylı etkisi ile gerçekleşen hava hareketleri, hidrolik döngü, fotosentez vb. olaylar çeşitli şekillerde enerji üretiminde değerlendirilmektedir. Hidroelektrik, rüzgâr ve dalga/akıntı/gel-git enerjisi, güneş ve jeotermal enerji ile biyokütle ve biyoyakıtlar yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik politikalar geliştiren ve bunları hayata geçiren ülkelerde, bu kaynakların kullanımı istikrarlı bir şekilde artmaktadır. Ayrıca gelişen yeni teknolojilerle ve yeni üretim yöntemleriyle birlikte yenilenebilir kaynaklardan elde edilen enerjinin, maliyetler, yoğunluk ve süreklilik bakımından makul değerlere ulaştığını söylemek mümkündür. Ancak, yatırımlarındaki yüksek büyüme oranlarına rağmen yenilenebilir enerji kaynakları, halen, günümüzdeki küresel enerji arzının yalnızca küçük bir miktarını oluşturmaktadır.

IEA verilerine göre enerji sektörüne, 2015 ile 2040 yılları arasında, küresel ölçekte, üçte ikisi OECD dışı ülkelerde olmak üzere toplam 68,2 trilyon dolar yatırım yapılacağı tahmin edilmektedir (ETKB, 2016c, s. 14-15). Son yıllardaki enerji yatırımlarına bakıldığında YEK'e yönelik yatırımların arttığı görülmektedir. Bu artışın geleceğe yönelik enerji yatırımlarında da devam edeceği söylenebilir.

Yeni teknolojiler ve yeni üretim yöntemleri ile birlikte yenilenebilir kaynaklardan birim miktar başına daha yoğun enerji üretilebilmektedir. Önceki yıllara oranla daha az yatırımla daha fazla enerji elde edilebilmektedir. Bu durum yenilenebilir enerji kaynaklarını, maliyet ve enerji yoğunluğu bakımından fosil yakıtlarla rekabet edebilir duruma getirmiştir. Bu gelişmelerin yanında çevresel

kaygılar ve ülkelerin kendi öz kaynaklarını değerlendirerek enerjide dışa bağımlılığı azaltma çabaları enerji yatırımlarının, hidrokarbon kökenli kaynaklardan yenilenebilir kaynaklara doğru yönelmesinde etkili olmuştur. Günümüzde özellikle de yeni yapılan enerji yatırımlarında YEK'e dayalı yatırımlar çok daha fazla tercih edilmektedir.

2016 yılında yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılan toplam yeni yatırım miktarı en az 264,8 milyar dolar olmuştur. Böylelikle 2010'dan bu yana son yedi yıldır YEK'e yapılan yeni yatırım miktarı yıllık 200 milyar doların üzerindedir. Son beş yılda, yenilenebilir enerji kapasitesine yapılan yeni yatırımlar, fosil kaynak üretim kapasitesinin kabaca iki katına çıkmıştır. YEK'e yönelik yatırımlarda güneş enerjisi, enerji yatırımlarının odağında olmaya devam etmiştir. Güneş enerjisini, rüzgâr enerjisine yapılan yatırımlar takip etmiştir. 2016 yılında güneş enerjisine küresel ölçekte 113,7 milyar dolar yatırım yapılmıştır (REN21, 2017, s. 111,114).

Türkiye'de yenilenebilir kaynakların elektrik üretimindeki payı giderek artmaktadır. 2000 yılında yenilenebilir kaynaklara dayalı elektrik enerjisi kurulu gücü 11.235,4 MW iken günümüze kadar üç kattan fazla artarak 2016 yılında 34.582,2 MW olarak gerçekleşmiştir. Yenilenebilir kaynaklara dayalı elektrik enerjisi kurulu gücü, toplam kurulu güç içinde %44,1'lik paya ulaşmıştır (TEİAŞ, 2016a).

Tablo 16: Türkiye'nin Elektrik Kurulu Gücü İçinde YEK Paylarının Yıllar İtibariyle Gelişimi

YILLAR	HİDROLİK (MW)	JEOTERMAL (MW)	RÜZGAR (MW)	GÜNEŞ (MW)	YENİLENEBİLİR ATIK+ATIK ISI (MW)	YENİLENEBİLİR KURULU GÜCÜ (MW)	TOPLAM KURULU GÜÇ (MW)	YENİLENEBİLİR ENERJİNİN PAYI %
2000	11.175,2	17,5	18,9		23,8	11.235,4	27.264,1	41,2
2001	11.672,9	17,5	18,9		23,6	11.732,9	28.332,4	41,4
2002	12.240,9	17,5	18,9		27,6	12.304,9	31.845,8	38,6
2003	12.578,7	15,0	18,9		27,6	12.640,2	35.587,0	35,5
2004	12.645,4	15,0	18,9		27,6	12.706,9	36.824,0	34,5
2005	12.906,1	15,0	20,1		35,3	12.976,5	38.843,5	33,4
2006	13.062,7	23,0	59,0		41,3	13.185,9	40.564,8	32,5
2007	13.394,9	23,0	147,5		42,7	13.608,1	40.835,7	33,3
2008	13.828,7	29,8	363,7		59,7	14.281,9	41.817,2	34,2
2009	14.553,3	77,2	791,6		86,5	15.508,6	44.761,2	34,6
2010	15.831,2	94,2	1.320,2		107,2	17.352,8	49.524,1	35,0
2011	17.137,1	114,2	1.728,7		125,7	19.105,7	52.911,1	36,1
2012	19.609,4	162,2	2.260,6		168,8	22.201,0	57.059,4	38,9
2013	22.289,0	310,8	2.759,7		235,0	25.594,5	64.007,5	40,0
2014	23.643,2	404,9	3.629,7	40,2	299,1	28.017,1	69.519,8	40,3
2015	25.867,8	623,9	4.503,2	248,8	370,1	31.613,8	73.146,7	43,2
2016	26.681,1	820,9	5.751,3	832,5	496,4	34.582,2	78.497,4	44,1

Kaynak: (TEİAŞ, 2016a)

Tablo 17: 2006 ve 2016 Yılları için Birincil Enerji Kaynaklarına Göre Türkiye'nin Elektrik Kurulu Gücü

	Kömür	Sıvı Yakıtlar	Doğal Gaz	Yenilenebilir +Atık+Atık Isı	Çok Yakıtlı	Hidrolik	Jeotermal	Rüzgâr	Güneş	Toplam
2006	10.196,8	2.396,5	11.462,2	41,3	3.323,4	13.062,7	23,0	59,0	-	40.564,8
%	25,14	5,91	28,26	0,10	8,19	32,20	0,06	0,15	-	100,00
2016	17.355,3	445,3	19.563,6	496,4	6.551,0	26.681,1	820,9	5.751,3	832,5	78.497,4
%	22,11	0,57	24,92	0,63	8,35	33,99	1,05	7,33	1,06	100,00

Kaynak: (TEİAŞ, 2016b)

Türkiye, coğrafi konumu ve jeolojik yapısı nedeniyle yenilenebilir enerji kaynakları bakımından avantajlı bir ülkedir. Son yıllarda, sahip olunan yenilenebilir kaynak potansiyelinin enerji üretiminde değerlendirilmesine yönelik yapılan yasal ve bürokratik düzenlemeler sayesinde yenilenebilir enerji alanındaki yatırımlar ivme kazanmıştır. 2009 yılından itibaren bu potansiyelin değerlendirilmesine yönelik elektrik üretme amaçlı santral yatırımları artmıştır. 2016 yılında devreye giren santrallerin kaynak bazında dağılımı (lisanssız üretim dahil) %9 güneş enerjisi, %5 biyokütle enerjisi ve jeotermal enerji (çöp ve atık ısı dahil), %19,3 rüzgâr enerjisi, %12,2 hidroelektrik enerjisi şeklindedir (ETKB, 2017a, s. 167). ETKB'nin enerji projeksiyonuna göre Türkiye'nin elektrik enerjisi talebi, baz senaryoya göre 2023 yılına kadar her yıl %5 civarında bir artışla yaklaşık 400 milyar kWh seviyelerine ulaşması beklenmektedir. 2030 yılında ise elektrik talebinin 500 milyar kWh'yi aşacağı öngörülmektedir (ETKB, 2016c, s. 20).

Türkiye'nin yerli ve yenilenebilir enerji kaynakları dikkate alındığında halen değerlendirilmeyi bekleyen büyük bir yenilenebilir enerji kaynak potansiyelinin olduğu söylenebilir. Türkiye'nin henüz devreye alınmamış, yerli ve yenilenebilir enerji üretim potansiyeli incelendiğinde toplam potansiyel ve bu potansiyelin kaynaklara göre dağılımı şu şekildedir (TMMOB&OTDÜ MD, 2017, s. 115):

Tablo 18: Türkiye'nin Değerlendirilebilir Yenilenebilir Enerji Potansiyeli

Hidroelektrik 3.400 saat/yıl (14.137 MW)	49 milyar kWh
Rüzgâr 3.000 saat/yıl (42.563 MW)	128 milyar kWh
Jeotermal 7.120 saat/yıl (1.224,90 MW)	9 milyar kWh
Güneş	400 milyar kWh
Yerli Linyit 6.220 saat/yıl (17.000 MW)	106 milyar kWh
Biyogaz	35 milyar kWh
TOPLAM	727 milyar kWh

Kaynak: (TMMOB&OTDÜ MD, 2017, s. 115)

Bu 727 milyar kWh'lik potansiyele, mevcut santrallerin rehabilite edilerek daha etkin ve verimli kullanımı ile elde edilebilecek 72-126 milyar kWh ilave edildiğinde toplam 799 milyar kWh ile 853 milyar kWh arasında enerji üretimi mümkün görünmektedir. Ayrıca enerji verimliliğine yönelik alınacak tedbirlerle bu miktarda %25 oranında ek artış sağlanabileceği hesaplanmaktadır (TMMOB&OTDÜ MD, 2017, s. 115).

Dünyada güneş enerjisine yönelik yatırımlar, maliyetlerinin de düşmesinin etkisiyle özellikle son yıllarda artmıştır. Gerek konvansiyonel enerji kaynaklarına gerekse de diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik yatırımlarla karşılaştırıldığında küresel ölçekte, enerji yatırımlarındaki en büyük payı güneş enerjisi yatırımları oluşturmaktadır. GES sektörünün yatırım maliyetleri henüz yüksek olmakla birlikte maliyetleri en çok düşen sektörlerden biridir. Türkiye'de lisanssız GES yatırımları başta olmak üzere özellikle 2014 yılından sonra GES yatırımlarında hızlı bir artış görülmektedir. Bu artışta, enerji arz güvenliğine ve çevreye yönelik kaygıların yanı sıra, daha ziyade yatırım maliyetlerindeki düşüşlerin etkili olduğu söylenebilir.

2016 yılında, dünyadaki toplam güneş enerjisi kurulu gücü, yeni kurulan tesislerle 75 GW'den fazla artarak 2015 yılı sonuna kıyasla %33,2 artışla 301 GW'lik kapasiteye ulaşmıştır. Buna göre son dört yılda güneş enerjisi kurulu güç kapasitesi üç kat artmıştır. 2016'daki en büyük artışlar, 34,5 GW ile Çin'de ve 14,7 GW'lik artışla ABD'de kaydedilmiştir. Bu iki ülkenin artan kurulu güç kapasitesi toplamı, küresel güneş enerjisi kurulu güç kapasitesindeki artışın üçte ikisini oluşturmuştur. Japonya 8,6 GW'lik artışla sıralamada üçüncü olmuştur. Toplam kurulu güneş enerjisi gücü 78,1 GW olan ve küresel güneş enerjisi kurulu güç toplamının dörtte birinden fazlasına sahip olan Çin, güneş enerjisinde lider durumdadır. Japonya, 42,8 GW'lik kurulu gücüyle ikinci; Almanya, 41,3 GW'lik kurulu gücüyle üçüncü sıradadır. Almanya'yı, 40,3 GW'lik kurulu gücü ile ABD takip etmektedir. İtalya'nın kurulu gücü 19.279 MW, İspanya'nın ise 5.490 MW'dir. Türkiye'nin 2015 yılı güneş enerjisi kurulu gücü 248 MW iken 2016 yılında %232,5 oranında artarak 832 MW'ye ulaşmıştır. 2016 yılında dünya güneş enerjisi üretiminde hızlı bir büyüme gerçekleşmiştir ve güneş enerjisinin küresel enerji üretimindeki toplam payı üç yılda iki katına çıkmıştır. Ancak bu enerjinin, küresel enerji üretimindeki toplam payı henüz düşük olup bu oran %1,3'tür (BP, 2016b).

Tablo 19: Dünya'daki Fotovoltaik Teknolojili GES'lerin Toplam Kurulu Gücü

Ülke/Yıl Megawatt (MW)	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Yıllık Artış Oranı	
												2016	2016 Payı
ABD	295	455	753	1.188	2.040	3.959	7.328	12.079	18.317	25.570	40.300	57,60%	13,40%
Kanada	21	26	33	95	281	558	827	1.272	1.904	2.515	2.715	8,00%	0,90%
Meksika	18	19	20	25	29	30	35	66	114	170	320	88,20%	0,10%
Şili	-	-	-	-	-	-	2	15	218	848	1.603	89,00%	0,50%
Honduras	-	3	3	4	4	4	5	5	5	393	414	5,30%	0,10%
Diğer G. & Orta Amerika	10	20	27	49	100	147	295	397	531	787	970	23,30%	0,30%
Avusturya	26	29	32	53	96	187	263	626	785	923	1.077	16,70%	0,40%
Belçika	4	24	109	648	1.066	2.105	2.800	3.058	3.153	3.252	3.422	5,20%	1,10%
Bulgaristan	-	-	1	7	32	167	1.010	1.020	1.026	1.029	1.032	0,30%	0,30%
Çek Cum.	-	4	40	465	1.727	1.913	2.022	2.064	2.068	2.075	2.073	-0,10%	0,70%
Danimarka	3	3	3	5	7	17	408	563	606	830	900	8,40%	0,30%
Finlandiya	2	2	3	5	7	8	8	8	11	15	20	33,30%	-
Fransa	38	76	180	371	1.209	2.973	4.094	4.748	5.702	6.571	7.130	8,50%	2,40%
Almanya	2.899	4.170	6.120	10.566	17.944	25.429	33.033	36.337	38.343	39.799	41.275	3,70%	13,70%
Yunanistan	7	9	20	56	206	624	1.536	2.579	2.596	2.604	2.611	0,30%	0,90%
Macaristan	-	-	1	1	2	4	12	35	77	168	225	33,90%	0,10%
İtalya	50	120	458	1.182	3.504	12.808	16.456	18.202	18.606	18.906	19.279	2,00%	6,40%
Hollanda	48	49	53	64	85	143	363	723	1.123	1.575	2.100	33,30%	0,70%
Norveç	8	8	8	9	9	10	10	11	13	16	27	70,10%	0,00%
Portekiz	4	15	56	99	134	175	244	299	416	455	513	12,70%	0,20%
Romanya	-	-	-	-	-	1	41	761	1.293	1.326	1.372	3,50%	0,50%
Slovakya	-	-	-	-	19	496	513	533	533	533	540	1,30%	0,20%
İspanya	167	778	3.829	3.848	4.330	4.792	5.104	5.354	5.376	5.435	5.490	1,00%	1,80%
İsveç	5	6	8	9	12	16	24	43	79	115	175	52,20%	0,10%
İsviçre	30	36	48	74	111	211	437	756	1.061	1.390	1.640	18,00%	0,50%
Türkiye	3	3	4	5	6	7	12	18	58	248	832	235,50%	0,30%
Ukrayna	-	-	-	-	3	188	371	748	819	839	938	11,80%	0,30%
Birleşik Krallık	14	18	24	31	96	996	1.771	2.897	5.493	9.688	11.727	21,00%	3,90%
Diğer Avrupa ve Avrasya	25	27	30	37	52	120	271	453	627	839	974	16,10%	0,30%
İsrail	1	2	3	25	70	190	237	481	681	780	910	16,70%	0,30%
Diğer Orta Doğu	-	-	2	11	13	14	39	75	115	173	510	194,80%	0,20%
Güney Afrika	17	17	18	20	23	67	72	280	1.034	1.039	1.544	48,60%	0,50%
Diğer Afrika Ülkeleri	37	61	77	118	200	264	337	409	484	614	947	54,20%	0,30%
Avustralya	70	82	105	188	571	1.377	2.415	3.226	4.028	4.735	5.488	15,90%	1,80%
Çin	130	150	190	350	850	3.550	6.750	17.740	28.380	43.530	78.070	79,30%	25,90%
Hindistan	30	31	71	136	177	481	1.176	2.320	3.062	5.040	9.010	78,80%	3,00%
Japonya	1.709	1.919	2.144	2.627	3.618	4.914	6.632	13.599	23.339	34.151	42.750	25,20%	14,20%
Malezya	6	7	9	11	13	14	32	139	204	232	286	23,30%	0,10%
Pakistan	-	-	-	-	-	-	-	46	119	778	978	25,70%	0,30%
Filipinler	1	1	1	1	12	14	16	21	22	144	900	525,00%	0,30%
Güney Kore	36	81	357	524	650	729	1.024	1.555	2.481	3.500	4.350	24,30%	1,40%
Tayvan	-	2	6	10	22	118	223	392	620	842	1.210	43,70%	0,40%
Tayland	30	32	33	43	49	242	388	824	1.299	1.424	2.150	51,00%	0,70%
Diğer Asya Pasifik Ülkeleri	22	38	49	61	53	119	168	229	326	485	677	39,60%	0,20%
Dünya Toplam	5.762	8.323	14.927	23.018	39.430	70.182	98.803	137.005	177.147	226.380	301.473	33,20%	100,00%

Kaynak: (BP, 2017d, s. A.5)

Tüm Türkiye’de 38,5° paralel ve altı, yaklaşık 35.000 saha ve 11.000 km²’lik alan GES kurulumuna uygun potansiyel arazi olarak dikkate alındığında ve 1 MWe GES için 20 dönüm arazi gereksinimi varsayıldığında Türkiye’nin güney alt yarısında 567.000 MW kurulu güçte GES kapasitesi bulunmaktadır. Bunun yanında en düşük beklentili varsayımlara göre bu arazilerin sadece yarısının kullanıldığı, bu arazi yüzeylerinin sadece %40’ına yere paralel PV paneller yerleştirildiği, PV panel

yüzeylerine gelen güneş enerjisinin %10'luk verimle elektrik enerjisine dönüştürüldüğü, yıllık global güneş ışınım girdisinin 1.600 kWh/m²-yıl olduğu esas alındığında bu sahalara toplam 287.500 MW'lik GES kurulabilir ve yılda en az 363 TWh'lik elektrik enerjisi üretilebilir (TMMOB, 2016, s. 261).

Tablo 20: Türkiye'nin 2010 Yılı İtibariyle GES Kurulabilir Alanı Toplam Saha Büyüklüğü

1 MW için 20 dönüm Kurulu Güç (MW)	Dönüm (1 dönüm=1.000 m ²)	Saha Adedi	Toplam Saha Büyüklüğü (Dönüm)
<10	<150	28.467	1.281.128
10-50	150-750	5.077	1.606.095
50-100	750-1.500	847	883.769
100-200	1.500-3.000	445	937.045
>200	>3.000	493	6.643.312
TOPLAM		35.329	11.351.349 (11.351 km ²)
<i>2.000'den fazla yerinde mülkiyet ve fiziksel koşul incelemesinde \pm 1/3'e kadar yanılma payı gözlenmiştir.</i>			

Kaynak: (TMMOB, 2016, s. 260)

Bu kapasiteye ek olarak çatı, pazar yeri, sera, bahçe, vb. yerlere kurulabilecek lisanssız uygulamaların, yaklaşık %10'luk ek üretim potansiyeli de dikkate alındığında güneş enerjisinden yıllık 400 milyar kWh'lik elektrik enerjisi üretilmesi mümkün görünmektedir. Bu miktar, Türkiye'nin 2016 yılı toplam elektrik tüketimi olan 278 milyar kWh'nin 1,44 katıdır (Pamir, 2017, s. 513). Türkiye'nin, birincil enerji kaynaklarına göre 2016 yılı elektrik enerjisi kurulu gücü 78.497,4 MW'dir ve toplam kurulu güç içerisinde güneş enerjisinin oranı sadece %1,06'dır (TEİAŞ, 2016b).

Günümüz koşullarında güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretim maliyeti, konvansiyonel kaynaklara ve diğer yenilenebilir kaynaklara göre daha maliyetlidir. Ülkelerin enerjide dışa bağımlılığını azaltma çabaları ve CO₂ salım miktarlarını düşürmek istemeleri ve bunun yanında en önemlisi de teknolojiye gelişmeler, güneşten elektrik enerjisi üretim maliyetlerini hızlı ve sürekli bir şekilde düşürmektedir (DEK-TMK, 2009, s. 105). Konvansiyonel enerji kaynakları ve diğer yenilenebilir kaynaklarla karşılaştırıldığında güneş enerjisinin, kurulum, işletme, bakım, finansman vb. maliyetlerindeki düşüşler dikkate alındığında enerji arz güvenliği, enerjide dışa bağımlılığın azaltılması ve çevresel sürdürülebilirlik yönünden yatırım yapılabilecek seviyelerde olduğu söylenebilir. Ayrıca güneş enerjisi ile diğer enerji kaynakları arasındaki maliyet farkı, toplumsal ve çevresel maliyetler göz önünde bulundurulduğunda vazgeçilebilir görünmektedir.

Türkiye'nin sahip olduğu yenilenebilir kaynak potansiyelinin değerlendirilmesinde, yüksek üretim maliyeti, çevresel risk ya da teknolojik yetersizlikten kaynaklanan engeller bulunmaktadır. Hidrojen enerjisi ve dalga/akıntı/gelgit enerjisi uygulamalarına yönelik teknolojik çalışmalar dünya çapında devam etmekte olup her iki kaynak türünün teknolojik altyapısı henüz ticari boyutta bir üretim için yeterli değildir. Bu nedenle hidrojen enerjisi ve dalga/akıntı/gelgit enerjisi potansiyeli değerlendirilememektedir.

Türkiye, biyokütleden yakıt üretmek için kullanılan bitki türlerini yetiştirmeye elverişli tarım alanlarına sahiptir. Ancak bu alandaki yatırımlar henüz yeterli olmadığından, biyoyakıt üretimi düşük kalmaktadır. Biyokütle enerjisi yenilenebilir kaynak olmakla birlikte hidrokarbon kökenlidir. Bu yakıtlar, çevresel sürdürülebilirlik açısından, daha az oranda da olsa fosil yakıtların neden olduğu çevresel kirlilik risklerini taşımaktadır.

Jeotermal kaynaklar dikkate alındığında Türkiye'nin mevcut jeotermal kaynakları içerisinde elektrik üretimine uygun olanları sınırlıdır. Yeni kaynak arayışları devam etmekle birlikte günümüz mevcut potansiyeli sınırlı olan jeotermal kaynaklar, bol ve ucuz enerji arzı için yeterli değildir. Mevcut potansiyeliyle bu kaynak daha çok, ısı uygulamalar, bölgesel ihtiyacın karşılanması ve enerji çeşitliliğini sağlamak bakımından değerlendirilebilir. Çevresel sürdürülebilirlik açısından jeotermal kaynağın, termal kirlilik oluşturma riski vardır. Ayrıca jeotermal kaynaktan çıkan sıvıların yapısındaki çözünmüş ağır metallerin toprak ya da suya karışması durumunda, bu ortamlarda kirlilik meydana gelmektedir.

Türkiye, hidroelektrik santrali kurulum alanları bakımından önemli bir potansiyele sahiptir. Bu potansiyeli değerlendirmeye yönelik yatırımlar hızla devam etmektedir. Türkiye için HES'ler, su potansiyeli ile hem yaşam ve hem de enerji açısından stratejik özelliğindedir. HES kurulumu için dere yatakları ya da akarsu kaynaklarına gerek olduğundan, bu santraller enerji ihtiyacı olan her yere kurulamamaktadır. Bu nedenle üretilen elektriğin, üretim yerinden ihtiyaç duyulan yere nakli gerektiğinden, birim enerji maliyetleri yükselmektedir ve nakil sırasında enerjide kayıplar yaşanmaktadır. Ayrıca HES'ler yenilenebilir bir kaynak olmakla birlikte çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli riskler taşımaktadır. Çevresel kaygılar nedeniyle bu kaynak, ülke gündeminde çokça tartışılmakta ve sivil eylemlere konu olmaktadır.

Rüzgâr enerjisi, güneş enerjisi ile birlikte yenilenebilir kaynaklar içerisinde çevresel sürdürülebilirlik ve enerji arz güvenliği açısından Türkiye için önem verilmesi gereken yenilenebilir kaynaklardandır. Türkiye'nin rüzgâr enerji potansiyeli, teknik ve ekonomik olarak yatırım yapılabilir seviyesindedir. Günümüzde, RES'lerin yatırım maliyeti GES'lere oranla daha düşüktür. Türkiye'nin enerjide dışa bağımlı olması, GES maliyetleri ve eldeki kısıtlı mali kaynaklar göz önünde bulundurulduğunda yenilenebilir enerji yatırımlarında, önceliğin rüzgâr enerjisi yatırımlarına verilmesi, daha getirimli görünmektedir. 2023 hedeflerine bakıldığında ETKB'nin öngörüsü de bu yöndedir. Bununla birlikte ekonomik RES yatırımları için belli bir rüzgâr hızı ve kapasite faktörü gerekmektedir. Bu anlamda RES yatırımları için daha ziyade Türkiye'nin kıyı kesimleri uygun iken GES yatırımları için Türkiye'nin hemen her yeri uygundur. Ayrıca doğal hayatın dinginliğini bozması, kuş migrasyonunu etkilemesi, gürültü ve elektromanyetik kirlilik yönüyle RES'ler çevresel sürdürülebilirlik açısından daha risklidir.

RES'lerde elektrik, mekaniksel olarak türbin-jeneratör sistemiyle üretilmektedir. Türbin-jeneratör sistemleri hareketli parçalar içermektedir ve sistemin sağlıklı bir şekilde çalışabilmesi için düzenli aralıklarla santral bakımlarının yapılması ve aşınan parçaların değiştirilmesi gerekmektedir (Zeybek, 2018, Bkz. Ek 1). Bu durumda RES'lerde, santral bakım maliyetleri gündeme gelmektedir. RES'lerle PV teknolojili GES'ler bakım maliyetleri açısından karşılaştırıldığında RES'lerin işletme ve bakım maliyeti daha yüksektir. PV teknolojili GES'lerde ise hareketli parça bulunmadığından ve elektrik, fotovoltaik hücreler yardımı ile üretildiğinden, sistemin çalışması için herhangi bir bakım masrafı gerekmemektedir. Bununla birlikte panel verimliliğini artırmak amacıyla panel cam temizliğinin düzenli aralıklarla yapılması gerekmektedir. Ancak bunun da maliyeti düşüktür.

Bunun yanında bireysel tüketicilere yönelik uygulamalarda, RES'lere göre GES'ler, hızlı ve kolay kurulum, bakım gerektirmeme ve hemen her yere kurulabilme özellikleri ile avantaj sağlamaktadır. Bireysel tüketicilerin enerji ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik olarak RES'ler, şehir merkezi, site, apartman, cephe vb. türü yerlere kurulum için uygun görünmemektedir ve daha çok yerleşim yeri dışındaki alanlara kurulum yapılabilmektedir. Oysa güneş enerjisi uygulamaları için bu tür kısıtlılıklar bulunmamaktadır. Güneş enerjisi uygulamaları, yasal zorunluluklar nedeniyle belli alanlar ve bölgeler dışında alışveriş merkezi, pazar yeri, bina çatısı ve cephesi, arsa, tarla vb. hemen her yere kolaylıkla kurulabilmektedir. Kurulum

kolaylıklarının sağladığı avantajlar dikkate alındığında güneş enerjisi uygulamalarını bireysel kullanıcılara kadar yaygınlaştırmak ve bireyleri birer enerji üreticisi haline getirmek daha mümkün görünmektedir.

Güneş enerjisi, günümüz şartlarında, mevcut yenilenebilir kaynaklar içerisinde yatırım maliyeti yüksek enerji kaynaklarından biridir ve üretilen enerjinin birim maliyeti yüksektir. Türkiye'nin kısıtlı mali kaynakları göz önünde bulundurulduğunda GES yatırımları sınırlı kalmaktadır. Ancak GES yatırım maliyetleri her geçen gün düşmektedir. Geçen 20-30 yıllık süre göz önünde bulundurulduğunda yatırım maliyetleri yarı yarıya düşmüştür ve düşmeye devam etmektedir. Güneş enerjisi potansiyeli, evsel, endüstriyel ve şebeke uygulamaları için elverişli olan Türkiye'nin, 2019 hedefinin 3.000 MW, 2023 hedefinin 5.000 MW olarak belirlenmesi ve 2016 yılı itibariyle güneş enerjisinin birincil enerji arzındaki toplam payının yaklaşık %1 olarak gerçekleşmesi yeterli görülmemektedir. ABD, Almanya, Çin, İtalya ve İspanya gibi ülkelerle karşılaştırıldığında Türkiye'nin GES'e dayalı elektrik üretimi düşük kalmaktadır. Güneş ışınımı ve güneşlenme süresi bakımından avantajlı bir konumda olan Türkiye'nin, bu potansiyelini değerlendirmek ve birincil enerji arzındaki payını artırmak için GES'lere daha fazla yatırım yapılması gerekmektedir.

GES'ler, elektrik üretmek amacıyla doğrudan şebeke bağlantılı olarak kurulabildiği gibi kırsal alan elektrifikasyonu için şebekeden bağımsız olarak kurulabilir ve elektrik ihtiyacı kaynağında karşılanabilir. GEPA'ya göre Türkiye'nin GES yatırımı yapılabilecek alan büyüklüğü 4.600 km² kadardır. Yatırımların kârlılığı, mali kaynakların etkin kullanımı ve verimlilik açısından GES yatırımlarının, öncelikle, Türkiye'nin 38,5° paralel ve altında kalan bölgelerden başlamak üzere Ege, İç Anadolu, Güneydoğu Anadolu ve Akdeniz Bölgelerine yapılması gerektiği değerlendirilmektedir. Bu bölgelere yapılacak yatırımlarla GES'ten elde edilen enerjinin birim maliyeti diğer bölgelere göre daha düşük olacaktır. Bu bölgelerdeki güneşlenme süresinin ve güneş ışınımının fazla olmasına binaen daha az yatırımla daha fazla enerji üretilebilecektir ve yatırımların geri dönüş süresi daha kısa olacaktır. Bunun yanında, enerji arz güvenliği açısından enerji sürekliliğinin sağlanması, kaynakların çeşitlendirilmesi ve erişilebilirlik göz önünde bulundurulduğunda diğer tüm bölgelere de GES yatırımları yapılması gerektiği değerlendirilmektedir.

Çevresel sürdürülebilirlik açısından GES'lerin sera gazı emisyonu, gürültü kirliliği riski yoktur. Görüntü kirliliği, görece olarak değerlendirilebilir. GES'lerin, tarımsal arazilerin üzerine kurulması, yasal düzenlemelerde sınırlandırılabilir ya da

tamamen engellenebilir. Yatırım için tarımsal arazilerden ziyade, kırsal araziler YEKA olarak değerlendirilebilir. GES'lerin, işletme ömrü 25-30 yıla kadar çıkabilmektedir ve bu yatırımların geri dönüş süresi 5-7 yıl arasındadır, işletme ve bakım maliyetleri düşüktür. GES yatırımlarındaki en önemli sorunlardan biri teknolojisindeki dışa bağımlılıktır. Her ne kadar yerli imalat, devlet tarafından çeşitli teşviklerle desteklense de bu alanda teknoloji üreten bir konuma ulaşmak için devlet-özel sektör ve üniversite iş birliği şarttır. Yerli teknoloji ve AR-GE yatırımları teşvik edilmelidir.

Fosil yakıtların günümüz için birim enerji üretim maliyetlerinin düşük olması nedeniyle, kısa vadede bu yakıtlar, mevcut ekonomik kaynakların etkin kullanımı açısından önemli görülse bile çevresel sürdürülebilirlik için tehdit oluşturmaktadır. Ayrıca bu kaynaklarda, petrolde %93, doğal gazda %99 oranında dışa bağımlılık Türkiye'nin enerji arz güvenliği ve ekonomisi açısından ciddi risk oluşturmaktadır. Bu bağımlılık, bağımsız dış politika geliştirme ve ülke çıkarlarını koruma açısından sınırlayıcı bir durumdur. Enerjide dışa bağımlılık azaldıkça ülke yararına bağımsız politikalar geliştirmek ve bağımsız hareket etmek daha kolay olacaktır. Bu bakımdan yerli teknoloji ve yerli imalatla desteklenmiş GES yatırımları, ülkenin mali kaynaklarının yine ülke içinde kalmasına katkı sağlayacaktır. Ülke içinde kalan mali kaynak sayesinde üreticisinden, tedarikçisine kadar ülke içi tüm aktörler kazançlı çıkacaktır. Günümüz şartlarında, enerji üretim maliyetleri yüksek olsa da güneş enerjisi potansiyelinin, yaşamsal açıdan önemli bir sermaye olan çevrenin korunması ve geliştirilmesi adına değerlendirilmesi gerekmektedir.

3.5. TÜRKİYE'DE ENERJİ YÖNETİMİ VE SÜRDÜRÜLEBİLİR ÇEVRE İLE İLGİLİ GELİŞMELER

Sürdürülebilir kalkınmanın en önemli girdilerinden biri de enerjidir ve dünyanın enerji talebi; nüfus artışı, sanayileşme ve dijitalleşme ile birlikte her geçen gün daha da artmaktadır. Artan taleple birlikte gelişen enerji sektörüne bağlı olarak dünya sera gazı salımının %70'ten fazlası bu sektörden kaynaklanmaktadır. Bu nedenle enerji sektörü, çevre politikalarının başarıya ulaşmasında başat konumdadır (ETKB, t.y., s. 4). Dünyada birincil enerji tüketimi 2015 yılına göre 2016 yılında %1 oranında artış göstererek 13.276,3 MTEP olarak gerçekleşmiştir. Bunun yanında enerji tüketiminden kaynaklı CO₂ emisyonu ise 2016 yılında sadece %0,1 oranında artmıştır. 2015 yılında 33.303,9 milyon ton olan enerji kaynaklı küresel CO₂ emisyonu 2016'da

33.432 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. 2014-2016 dönemindeki ortalama emisyon artışı, bu miktarla, 1981-1983'ten bu yana üç yıllık dönemde en düşük seviyesindedir. Buna göre son yıllarda sera gazı emisyonlarının neredeyse hiç artmadığı ve emisyon değerlerinin yatay bir seyir izlediği söylenebilir. Buna rağmen, Türkiye'nin 2015 yılındaki enerji kaynaklı CO₂ emisyonu 343 milyon ton iken 2016 yılında %5,2 oranında artarak 361,8 milyon tona yükselmiştir (BP, 2017b, s. 2, 47). Buna göre dünya CO₂ emisyon ortalamasının %0,1 oranında arttığı dikkate alındığında Türkiye için %5,2'lik artış oranının yüksek olduğu söylenebilir.

Bunun yanında Türkiye'de PV teknolojili GES'lerden elektrik üretiminin, 2014-2030 yılları arasında, enerji kaynaklı toplam 67,4 milyon tCO₂e ile 128,5 milyon tCO₂e arasındaki miktarda CO₂ emisyonunu azaltmaya katkı sağlayacağı beklenmektedir (Cebeci, 2017, s. 132).

Yaşanan çevre sorunlarının önemli bir kısmının, enerji arz ve talebinin karşılanmasına yönelik faaliyetlerden kaynaklandığı göz önünde bulundurulduğunda artan enerji arz ve talebi ile birlikte çevrede meydana gelen tahribatın da arttığı söylenebilir. Gerek hidrokarbon kökenli kaynaklar ve nükleer kaynaklar olsun gerekse de rüzgâr, jeotermal, güneş, biyokütle gibi yenilenebilir kaynaklar olsun, her bir enerji kaynağı farklı oranlarda ve türlerde çevresel tahribat yaparak ekosistem üzerinde baskı oluşturmaktadır. Bunun yanında enerji kaynağının çeşidi kadar elde etme, kullanma, taşıma ve depolama yöntemleri de bu baskıyı artırabilmekte ya da azaltabilmektedir. Bu kapsamda, enerji arz ve talebinden kaynaklanan çevresel riskler, çevre ile uyumlu enerji politikalarının geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Tüm faaliyetlerde enerjinin verimli kullanılması, atık oluşumunun azaltılması, atıkların geri kazanılması ve çevre ile uyumlu teknolojilerin kullanılması ile ilgili uygulamalar ve temiz üretim yöntemlerine ihtiyaç vardır. Diğer yandan, yenilenebilir enerji kaynaklarının, hidrokarbon kökenli yakıtlara göre oldukça düşük miktarlarda sera gazı salımı yapması, tükenmez olması, atıklarının daha zararsız oluşu ve atık miktarlarının daha düşük olması gibi avantajları, bu kaynakları, enerji arzına yönelik politika tercihlerinde, çevresel sürdürülebilirlik bakımından daha önemli hale getirmektedir.

Son yıllarda Türkiye'de çevrenin korunmasına ve geliştirilmesine yönelik bazı adımlar atılmaktadır. Bu anlamda çevresel sürdürülebilirliği sağlamak adına Türkiye'nin enerji politikalarında, belirlenen standartlara uygun temiz ve kaliteli yakıtların, verimi yüksek enerji teknolojilerinin ve temiz üretim yöntemlerinin kullanımına yönelik özendirici, düzenleyici ve denetleyici yasal düzenlemelere yer

verilmektedir. Enerji arzında, giderek çevreye daha az zarar veren yakıtlar ve teknolojiler tercih edilmektedir. Çevre dostu teknolojilerin endüstriyel faaliyetlerde kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Bu tür girişimler yerel, ulusal ve uluslararası politikalarla desteklenmekte, enerji ihtiyacı karşılanırken çevresel sürdürülebilirliğin sağlanmasına yönelik cezai, idari ve mali araçlar geliştirilmektedir. Diğer projelerde olduğu gibi çevresel risk taşıyan enerji projelerinde de planlanma, yapım ve işletme aşamalarında, çevresel risk değerlendirme çalışmasının yapılması ve faaliyet izninin bu değerlendirme sonucuna göre verilmesi istenmektedir. Çevreye daha az zarar veren yakıtların ve teknolojilerin kullanımı teşvik edilmektedir. Evsel enerji ihtiyacının karşılanmasına yönelik ısınma amaçlı kullanılan yakıtlarda, daha düşük karbon salımı yapan yakıtların kullanımı ile ilgili yasal düzenlemeler yapılmaktadır. Yine evlerde kullanılan elektrikli aletlerin enerji verimliliği yüksek olanlarla değiştirilmesini teşvik amacıyla çeşitli vergisel indirimler uygulanmaktadır. Enerji tüketiminin, yoğun olduğu saatlerden daha az yoğun olduğu saatlere doğru kaydırılmasına yönelik olarak elektrik tüketimi, kullanım saatlerine göre ücretlendirilmektedir. Binalarda enerji israfını önlemeye yönelik “Bina Enerji Sertifikası” uygulamaları ile ilgili yasal düzenlemeler hayata geçirilmektedir. Bu sertifika kriterlerine göre tasarlanan binaların enerji verimliliği artarken binalardan kaynaklı karbondioksit salımları da azalmaktadır. Yine, eski binalar renovasyonla “Yeşil Bina”lara dönüştürülerek bu binaların da enerji verimliliği artırılmaktadır. Bunun yanında, enerji verimliliğini esas alan “Akıllı Şehir” uygulamaları giderek yaygınlaşmaktadır. Ulaşımında, toplu taşıma teşvik edilmekte, ekonomik ve teknolojik ömrünü tamamlamış ve enerji verimliliği düşük araçların trafikten çekilmesine yönelik idari ve mali düzenlemeler yapılmaktadır. Eğitim politikaları açısından enerji israfı ve çevresel duyarlılık konusunda toplumsal bilinç oluşturmak amacıyla formal ve informal eğitim faaliyetlerine önem verilmektedir. Öğretim programları yeniden düzenlenerek bireylerde, enerjinin verimli kullanımı ve israfının önlenmesi ile çevrenin korunması yönünde duyarlılık oluşturulmaya çalışılmaktadır.

Günümüzde, enerji arzına yönelik geliştirilen politikalar çoğunlukla maliyetlerin düşürülmesi, arz güvenliğinin sağlanması, kaynak çeşitliliği ve verimliliğin artırılması gibi hususlara dayanmaktadır. Ayrıca bu politikalarda, enerji ve çevre arasındaki ilişkinin dengeli bir şekilde sürdürülmesi ve ihtiyaç duyulan enerji arzı devam ettirilirken aynı zamanda çevrenin de korunması önemli bir husustur. Enerjinin tüm üretim ve tüketim süreçlerinin verimlilik esasına göre tasarlanmasını, çevre

bakımından temiz üretim ve tüketim yöntemlerinin tercih edilmesini, çevre dostu teknolojilerin kullanılmasını, atıkların zararlı etkisinin ve atık miktarının azaltılmasını sağlayacak politikaların geliştirilmesi, enerjiden kaynaklanan çevresel tahribatın azaltılmasında etkili olacaktır.

3.6. SÜRDÜRÜLEBİLİR ÇEVRE İÇİN TÜRKİYE’DE GÜNEŞ ENERJİSİNİN GELECEĞİ ÜZERİNE ÖNERİLER

3.6.1. Kojenerasyon, Mikrokojenerasyon ve Trijenerasyon Uygulamaları

Türkiye’nin geleceğe yönelik enerji projeksiyonlarında, güneş enerjisi potansiyelinin değerlendirilmesinde kojenerasyon, mikrokojenerasyon ve trijenerasyon uygulamaları önemli görülmektedir. Kojenerasyon, enerjinin hem elektrik hem de ısı formu ile birlikte aynı sistem üzerinden beraberce üretilmesidir. Bu birliktelik, her iki enerji formunun kendi başına ve ayrı ayrı yerlerde üretilmesinden daha verimli olmaktadır. Bu şekilde ısı ve elektriğin aynı ortamda ve birlikte üretildiği kojenerasyon uygulamalarında enerji verimi artmaktadır. Basit çevrimde çalışan ve sadece elektrik üreten bir gaz türbininde kullanılan toplam primer enerjinin %30-40 kadarı elektrik enerjisine çevrilebilirken bu sistemin kojenerasyon şeklinde tasarlanması durumunda, sistemden dışarıya atılacak olan ısının büyük bir bölümü de kullanılabilir enerjiye dönüştürülerek toplam primer enerji girişinin %70 ila %90 arasında değerlendirilmesi mümkün olmaktadır. Mikrokojenerasyon uygulamaları ise elektrik enerjisine dayalı, kurulu gücü 50 kW ve altı olan, ısı enerjisinin ve elektrik enerjisinin aynı cihazla tek seferde üretilmesine olanak sağlayan sistemlerdir. Trijenerasyon uygulamaları ise enerjinin, elektrik, ısıtma ve soğutma formlarında aynı sistemden beraberce üretildiği sistemlerdir. Isıtma ve sıcak su sağlayan mikrokojenerasyon uygulamaları ilave bir cihazla soğutma sağlayacak şekilde kolayca trijenerasyona dönüştürülebilmektedir. Trijenerasyon uygulamalarının en avantajlı kullanım alanları, soğutmaya olan ihtiyacın önemli olduğu hastaneler, oteller, alışveriş merkezleri ve üniversite kampüsleridir (Filoğlu, 2011, s. 1).

Kojenerasyon ve mikrokojenerasyon sistemlerinin basit çevrim sistemlerine göre enerji verimliliği, enerji üretim maliyetleri ve sürdürülebilir çevre açısından birçok avantajı bulunmaktadır. Bu sistemler sayesinde enerji maliyetleri azaltılabildiği gibi basit çevrim sistemlerine oranla aynı miktarda yakıtla daha yoğun enerji elde

edilebilmektedir. Basit çevrim sistemlerine kıyasla bu sistemlerdeki enerji verimliliği %35'lerden %90'lara kadar çıkmaktadır ve çevresel sürdürülebilirlik açısından ise gaz emisyon miktarları %40 oranında azalmaktadır. Ayrıca su kullanımı ile ilgili kayıplar minimum seviyede gerçekleşmektedir (GSD, 2015, s. 11). Bu sistemler, biyokütle, güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi gibi yenilenebilir kaynaklardan birine dayalı olarak kurulabildiği gibi konvansiyonel ya da yenilenebilir enerji kaynaklarından birkaçı ile birlikte hibrit olarak da kurulabilmektedir. Kojenerasyon ve mikrokojenerasyon türü sistemlerin biyogaz türü yakıtlarla çalışan türevleri gıda işleme, geri kazanım ve işleme, atık arıtma, hayvancılık uygulamalarına yönelik olarak kullanılmaktadır.

Kojenerasyon uygulamaları daha çok sanayi sektöründe, ısı ve elektrik enerjisinin birlikte gerekli olduğu sistemlerde tercih edilmektedir. Türkiye'de kojenerasyon uygulamaları daha çok tekstil, kâğıt ve seramik sektöründe kullanılmaktadır ve bu sistemler daha çok ithal kaynaklı bir yakıt olan doğal gazla çalışmaktadır. Bunun yerine güneş enerjisine dayalı sistemlerin tercih edilmesi, enerji maliyetlerini ve enerjide dışa bağımlılığı azaltacağı gibi fosil yakıtlardan kaynaklanan zararlı gaz salımlarını ve diğer kirlilik çeşitlerini azaltarak sürdürülebilir çevre için katkı sağlayacaktır.

Türkiye coğrafi konum itibarıyla güneş enerjisine dayalı kojenerasyon, mikrokojenerasyon ve trikojenerasyon uygulamaları için elverişli durumdadır. Bu tür uygulamalar Türkiye'nin hemen her yerine kurulabilir. Güneş enerjisi kullanımının sadece ısıtma amaçlı olmaktan çıkarılıp ısıtma, soğutma ve elektrik üretim amaçlı kullanılması, bu potansiyelinin değerlendirilmesi bakımından önemli görülmektedir. Bu kaynağın özellikle evsel ve endüstriyel kullanımı yaygınlaştırılmalıdır.

Türkiye'nin özellikle 38,5° paralel ve altı alanlarında kurulacak sanayi tesislerinin ve diğer işletmelerin enerji ihtiyacını karşılamada güneş enerjisine dayalı kojenerasyon uygulamaları teşvik edilmelidir. Bu sistemler, hastaneler, oteller, alışveriş merkezleri, üniversite kampüsleri, kamu binaları vb. yerlerin ısıtma, soğutma ve elektrik ihtiyaçlarını karşılamada kullanılabilir. Ancak bu sistemlerin kullanımı, kurulum maliyetlerinin yüksek oluşu nedeniyle, henüz yeterince yaygınlaşmamıştır. Ayrıca bu sistemlerin varlığı konusunda ilgililerinin yeterince bilgi sahibi olmaması da yaygınlaşmasının önündeki bir diğer engeldir.

Türkiye'nin enerji mevzuatında, Elektrik Piyasası Kanunu'na göre kojenerasyon uygulamaları, ısı ve elektrik ve/veya mekanik enerjinin aynı tesiste eş zamanlı olarak üretildiği sistemleri ifade etmektedir. Elektrik enerjisine dayalı kurulu

gücü 100 kW ve altındaki kojenerasyon tesisleri ise mikrokojenerasyon tesisi olarak kabul edilmektedir. Kanun'a göre EPDK tarafından belirlenecek verimlilik değerini sağlayan kojenerasyon tesisleri ile mikrokojenerasyon tesislerine lisans alma ve şirket kurma muafiyeti getirilerek lisanssız elektrik üretim hakkı tanınmıştır. Böylelikle küçük ve orta ölçekli işletmelerin, vakıf-dernek türü tüzel kişiliklerin, kamu kurum ve kuruluşlarının kojenerasyon ve mikrokojenerasyon sistemi kurmaları kolaylaştırılmıştır. Bununla birlikte bir gerçek veya tüzel kişiye, uhdesindeki her bir tüketim tesisi için sadece bir adet mikrokojenerasyon tesisi kurma hakkı tanınmıştır. Böylelikle mikrokojenerasyon tesisi kurmaya sınırlama getirilmiştir.

Mikrokojenerasyon sistemlerinin ülkemizde uygulanabilmesi, yaygınlaştırılabilmesi ve üretiminin yapılabilmesi için AR-GE çalışmalarının hızlandırılması ve pilot bir bölgede yatırım maliyeti, geri ödeme süresi, kârlılığı, enerji verimliliği ve sürdürülebilirliği ile ilgili konularda tespitlerde bulunulması, Türkiye'deki mikrokojenerasyona uygun yerleşim yerlerinin belirlenmesi ve uygulanabilirliğinin saptanması, mikrokojenerasyon teknolojisini kullanan ülkelerin tecrübelerinden faydalanılarak Türkiye için bir yol haritasının belirlenmesi, ünite üreticilerinin Türkiye pazarına dahil edilebilmesi için gerekli teşviklerin verilmesi, ünitenin kurulum ve ticari prosedürler konusunda yasal mevzuatların oluşturulması gerekmektedir (Filoğlu, 2011, s. 6). Oluşturulacak yasal mevzuatın kojenerasyon, mikrokojenerasyon ve trijenerasyon uygulamalarının hızlı bir şekilde yaygınlaşmasına katkı sağlayabilecek esneklikte basit ve kolay uygulanabilir olması gerekmektedir.

Kırsal kesim üreticilerinin güneş enerjisine dayalı bireysel sulama sistemi kurulumuna yönelik 1.000.000 TL ye kadar olan projelerinin, hibeye esas mal alım tutarının KDV hariç %50'sine hibe yoluyla destek verilmektedir. Bu tür hibe desteklerinin sadece kırsal kesim ve tarım sektörü ile sınırlı tutulmaması diğer sektörlerin enerji ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik kojenerasyon, mikrokojenerasyon ve trijenerasyon uygulamaları için de verilmesi, Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyelinin değerlendirilmesine ve yaygınlaştırılmasına katkı sağlayacaktır.

Günümüz şartlarında, diğer enerji kaynakları ile karşılaştırıldığında GES'lerin kurulum maliyetlerinin yüksek oluşu, özellikle küçük ve orta boy işletmelerin kendi öztüketimlerini karşılamaya yönelik kojenerasyon tesisi kurulum yatırımlarını zorlaştırmaktadır. Bu nedenle küçük ve orta boy işletmelerin güneş enerjisine dayalı kojenerasyon tesisi kurulum maliyetlerinin belli bir miktarlık kısmının hibelerle ya da uzun vadeli düşük faizli/faizsiz kredilerle desteklenmesi, küçük ve orta boy

işletmeleri, kendi öztüketimlerinden kaynaklanan enerji ihtiyaçlarını güneş enerjisinden karşılamaya teşvik edeceği ve güneş enerjisi kullanımının yaygınlaşmasını sağlayacağı değerlendirilmektedir.

Bu tip uygulamaların varlığı ve yararları konusunda bireylerin, kamu kesiminin ve özel sektörun bilgilendirilmesi gerekmektedir. Bu uygulamalar konusunda oluşturulacak farkındalık ve duyarlılık, bu sistemlerin kullanımının yaygınlaştırılması bakımından önemli görölmektedir. Ev, site, otel, hastane, pazar yeri, alışveriş merkezi, otopark, petrol istasyonu, kampüs gibi uygun alanlara sahip tüm yerlerin elektrik, ısıtma ve soğutma için gerekli olan enerji ihtiyacı mikrokojenerasyon ve trijenerasyon sistemleri ile öz kaynaklarla ve çevreye zarar vermeden karşılanabilecektir.

Kojenerasyon, mikrokojenerasyon ve trijenerasyon uygulamalarının yaygınlaştırmasına yönelik politika ve stratejilerin geliştirilmesi gerekmektedir. Özellikle evsel kullanıma ve küçük ve orta boy işletmelere yönelik olan mikrokojenerasyon ve trijenerasyon uygulamaları Türkiye'nin geleceğe yönelik enerji arzı bakımından önemli görölmektedir. Bu alanlara yapılacak yatırımların teknik, hukuki ve mali araçlarla desteklenmesi, her bir tüketiciyi üretici konumuna getirerek güneş enerjisi potansiyelinin değerlendirilmesine, enerjiden kaynaklı cari açığın düşürülmesine, enerjide dışa bağımlılığın azaltılmasına, çevrenin korunmasına ve geliştirilmesine önemli katkı sağlayacaktır. Bunun yanında kojenerasyon ve mikrokojenerasyon sistemlerinin kurulumu için gereken alanı en aza indirecek, maliyetlerini düşürecek ve verimliliğini artıracak teknolojik çalışmalara ağırlık verilmesi ve bu alandaki AR-GE yatırımlarının desteklenmesi gerekmektedir. Bu amaçla geliştirilen yeni teknolojiler hem enerji maliyetlerinden tasarruf edilmesinde hem de düşük sera gazı emisyonu hedeflerine ulaşılmasında etkili olacaktır.

3.6.2. Enerji Kooperatifleri

Günümüzde, dünyanın çeşitli ölkelerinde kamu kesimi ve özel sektörün haricinde, enerji alanında faaliyet gösteren ve daha ziyade yerel enerji ihtiyacını karşılamaya yönelik olarak sosyoekonomik örgütlenme biçiminde kurulan kooperatifler bulunmaktadır. Kooperatifler genellikle yerel halkın ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik ekonomik-toplumsal dayanışma örgütleri olarak turizm, tarım ve hayvancılık, konut, sigorta, taşımacılık vb. alanlarda faaliyet göstermektedir. Yenilenebilir kaynaklara yönelik teknolojilerin gelişmesi ve yatırım maliyetlerinin

düşmesi ile birlikte YEK alanında faaliyet gösteren enerji üretim kooperatifleri ortaya çıkmıştır. Bu kooperatifler çok çeşitli olmakla birlikte daha çok enerji üretim, enerji tüketim ya da enerji hizmet kooperatifleri şeklinde yapılanmaktadır ve bu kooperatifler dünyada giderek yaygınlaşmaktadır.

Enerji politikalarında yaşanan değişimler, insan varlığını tehdit eden çevre sorunları ve artan enerji fiyatları, çevreye duyarlı kişileri gönüllü olarak bir araya getirmiş ve yenilenebilir enerji alanında kooperatifleşmelerini sağlamıştır. Teşvik mekanizmalarının da etkisi ile bu kooperatifler, Almanya, İngiltere ve Danimarka başta olmak üzere Kanada, ABD, Avustralya gibi gelişmiş ülkelerde temiz enerji üretimine katkı sağlamaktadır. Günümüzde, Almanya ve Danimarka'da yenilenebilir enerji tesislerinin yarıdan fazlası kooperatif şeklinde kurulmaktadır (GTB, 2013). Almanya'da, güneş enerjisi kooperatifleri yerel anlamda en çok karşılaşılan kooperatif türüdür (ILO, 2014, s. 23). 2015 yılında Almanya'da, kooperatiflerin ve bireylerin elektrik üretimi %47 olarak gerçekleşmiştir (Kaya O. , 2017, s. 15).

Enerji üretim kooperatifleri, enerjinin tüketileceği yerde üretilmesine, yerel kaynakların yöre halkı tarafından değerlendirilerek bölgesel kalkınmanın gerçekleştirilmesine, kişilerin ekonomiye katılımına ve enerji konusunda söz sahibi olabilmesine, kırsal alanların elektrik ihtiyacının karşılanmasına, enerjide tekelleşmeyi önleyerek enerji fiyatlarının düşürülmesine ve fiyat istikrarına, çevrenin korunmasına ve enerji bağımsızlığına katkı sağlamaktadır (GTB, 2013). Kooperatifler, sürdürülebilir kalkınmayı teşvik etmek ve Rio+20 zirvesinde kabul edilen yeşil ekonomiyi geliştirmek için pratik bir araç olarak kabul edilmektedir (ILO, 2014, s. vi).

Enerji kooperatifleri sürdürülebilir enerji üretim potansiyelini bütünüyle açığa çıkarmada önemli bir yere sahiptir. Kooperatiflerin enerji üretimindeki payını artırmak amacıyla bu tür girişimlerin doğrudan ya da dolaylı teşviklerle desteklenmesi gerekmektedir. Kooperatifleri geliştirmek için esnek, elverişli ve düzenleyici mekanizmalara ihtiyaç vardır. Kalkınma hedefleri doğrultusunda yenilenebilir enerji üretimine yönelik oluşturulacak bir programa göre bütçeden kaynak ayrılmalı ve bu kaynaktan kooperatiflere hibe ya da uzun vadeli ve düşük oranlı sübvansiyonlu kredi şeklinde doğrudan mali destek sağlanmalıdır. Ayrıca tarife garantisi, vergi indirimi, bedelsiz arazi tahsisi, mevzuat kolaylıkları ve bürokratik işlemlerin azaltılması gibi mali ve hukuki destek sistemleri geliştirilmelidir (ILO, 2014, s. 24-27).

Bu tür kooperatiflerin kurulmasını teşvik ederek yaygınlaştırmak amacıyla enerji kooperatiflerinin nasıl kurulacağına dair broşürler ve kılavuzlar hazırlanmalıdır.

Yeni kurulan ya da kurulacak olan enerji kooperatiflerine, özel uzmanlık gerektiren bu alanda iş kurmak ve kurulan işte devamlılığını sağlamak için bilgi ve iş planlarının hazırlanması konusunda danışmanlık hizmeti verilmelidir. Bilgi, tecrübe ve kaynak paylaşımı, iyi uygulama örneklerini teşvik, sorunlara ortak çözüm geliştirme, daha etkili kurumsal kimlik ve daha güçlü ekonomik bir yapı için benzer alanda faaliyet gösteren enerji kooperatiflerine yönelik daha üst bir çatı ya da federasyon türü birlikler kurulmalıdır. Bu tür ulusal örgütlenmeler, alanla ilgili girişimleri desteklemenin ve geliştirmenin yanında kamu politikalarını belirlemede, yasama faaliyetlerini etkilemede ve kamuoyunu bilinçlendirmede önemli role sahiptir (ILO, 2014, s. 27-28).

Kooperatif hareketi ile sürdürülebilir kalkınmanın ortak noktası, ekonomide uzlaşa sağlamak, sosyal ve çevresel ihtiyaçlar ile yerel topluluğun ya da tüm dünyanın ihtiyaçlarını karşılamaktır. Kısa vadeli ekonomik yaklaşımlar genellikle çevre sorunlarının ana sebebi olarak görülürken kooperatiflerin uzun vadeli faydalar sunarak yeşil ekonominin uzun vadeli çıktılarında yararlanmak için en uygun ortamı oluşturabileceği düşünülmektedir. Genel olarak enerji kooperatifleri ve özellikle yenilenebilir enerji kooperatifleri yoksulluğun azaltılmasında ve sürdürülebilir kalkınmayı gerçekleştirmede önemli bir potansiyele sahiptir. Çünkü yenilenebilir enerji kooperatifleri, enerjiye erişilebilirliği ve ekonomik anlamda karşılanabilirliği kolaylaştırarak verimliliği ve yaşam koşullarını iyileştirmekte ve özellikle kırsal alanlarda yeşil işler dahil olmak üzere iş ve istihdam alanları oluşturmaktadır (ILO, 2014, s. 6, 28). Böylelikle bu tip kooperatifler, tropikal yağmur ormanlarının yok edilmesi örneğinde olduğu üzere yoksulluğun neden olabileceği küresel çevre sorunlarına karşı yerel bir çözüm olabilecektir.

Ülkemizde yenilenebilir enerji kooperatiflerinin kurulması ise çok yeni bir girişimdir. Bu kooperatif türünden, ilk kez, 2012 yılında hazırlanan Ulusal Kooperatifçilik Eylem Planı'nda söz edilmektedir. 2014 yılında yayınlanan Türkiye Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı'nda, Türkiye'de özellikle yenilenebilir kaynaklardan enerji üretimini sağlayabilmek için enerji kooperatiflerinin kurulması önerilmiştir. 2 Ekim 2013 tarihli ve 28783 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik'le birlikte bireysel tüketicilerin birleşerek elektrik üretmelerine imkân sağlanmıştır. Bu kapsamda Türkiye'de ilk yenilenebilir enerji kooperatifi Denizli ilinin Tavas ilçesinde 2014 yılında kurulmuştur. 2016 yılında aynı Yönetmelik'te yapılan değişiklikle ilk kez yenilenebilir enerji kooperatifleri yasal mevzuatta yer almıştır. Bu değişiklikle birlikte 2016 yılında

10 tane enerji kooperatifi kurulmuştur. Ancak bu kooperatifler henüz faaliyetlerine başlamamışlardır (Kaya O. , 2017, s. 10, 15).

LÜY'e 23 Mart 2016 tarihinde yapılan ekleme ve 22 Ekim 2016'da yapılan değişiklikle, 24/4/1969 tarihli ve 1163 sayılı Kooperatifler Kanunu kapsamında yenilenebilir enerji üretim kooperatifleri vasıtasıyla kurulan tesisler için ortak sayıları ve tüketim ihtiyaçları ile orantılı olacak ve her bir tüketim tesisi ile ilişkilendirilen üretim tesisinin kurulu gücü 1 MW'yi geçmeyecek şekilde 100'e kadar ortağı bulunanlar için 1 MW'ye kadar, 100'den fazla 500'e kadar ortaklı olanlar için 2 MW'ye kadar, 500'den fazla 1000'e kadar ortaklı olanlar için 3 MW'ye kadar, 1000'den fazla ortağı olanlar için 5 MW'ye kadar tahsis yapılabileceği belirtilmiştir. Bu Yönetmelik'le birlikte yenilenebilir enerji üretim kooperatiflerine lisans alma ile şirket kurma yükümlülüğü olmaksızın elektrik üretme yetkisi verilmiştir.

Yenilenebilir enerji kooperatifleri, Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyelinin bölgesel bazda değerlendirilmesinde, öztüketime yönelik enerji ihtiyacının karşılanmasında ve hatta fazlasını üretmede köy, mahalle, esnaf türü yerel veya lokal toplulukların etkin kılınmasında önemli görülmektedir. Mahalle, köy, tarım ve hayvancılık birlikleri, sulama birlikleri, çiftlikler, site yönetimleri gibi yerel ve lokal toplulukların kuracağı GES kooperatifleri, güneş enerjisi potansiyelinin değerlendirilmesine ve sürdürülebilir kalkınmanın yerel boyutta gerçekleştirilmesine katkı sağlayacaktır. Ayrıca çevrenin korunması için bireysel ve toplumsal boyutta bir duyarlılık ve eylem oluşturacaktır. GES kooperatifleri, güneş enerjisi uygulamalarının yerel ve lokal topluluklara ve bireysel kullanıcılara kadar yaygınlaştırılma sürecini de hızlandıracaktır.

Gündelik ihtiyaçlara ve evsel kullanıma yönelik güneş enerjisine dayalı mikrokojenerasyon uygulamalarının kurulumu ve kullanılabilir hale getirilmesi diğer yenilenebilir kaynaklara dayalı mikrokojenerasyon uygulamalarına göre daha hızlı ve daha kolay olmaktadır. Ayrıca bu tür uygulamalar, bireysel kullanıcıların/yerel unsurların/lokal birlikteliklerin mali kaynak gücünü aşmayacak şekilde ve kabul edilebilir bir maliyetle çatı ve cephe türü alanlara kurulabilmektedir. Cephesi ya da çatısı uygun olan site ve apartman sakinleri, sanayi sitesi dükkân sahipleri, mahalle/pazar/çarşı esnafı gibi lokal topluluklar, bir araya gelerek kuracakları enerji kooperatifleri ile hem kendi öztüketimleri için gerekli olan elektriği üretebilecek hem de tüketim fazlası elektriği genel şebekeye aktararak gelir elde edebileceklerdir.

Enerji üretim tesislerinde oluşan kirli atık miktarı, tesis tipine, tesis üretim kapasitesinin büyüklüğüne ve enerji üretimi için kullanılan kaynak türüne göre değişiklik göstermektedir. Belli merkezde, dar bir alanda toplanmış ve konvansiyonel kaynaklara dayalı olarak yoğun enerji üreten yüksek kapasiteli enerji üretim tesislerinden salınan kirletici miktarı, tesisin kurulduğu bölgenin biyolojik kapasitesinin çok üzerinde olabilmektedir. Tesisin üretim kapasitesi ve ürettiği enerji yoğunluğu dikkate alındığında bu tesislerin ürettiği aşırı miktardaki kirliliği ortadan kaldırmada dünyanın koruyucu mekanizmaları yetersiz kalmakta, biyolojik kapasite aşılmakta ve kirlilik, bölge ekosistemi tarafından tolere edilememektedir. Buna karşın kooperatifler yoluyla kurulacak enerji tesislerinin yenilenebilir kaynaklara dayalı olarak daha küçük ölçekte kurulabileceği ve bölgenin geneline dağılmış bir şekilde yayılabilecek olması durumu dikkate alındığında lokal düzeyde ve daha az yoğunlukta oluşabilecek kirli atıklar, çevre üzerinde tahribat oluşturmadan ve biyolojik kapasite aşılmadan çok daha hızlı bir şekilde ekosistem tarafından tolere edilecektir. Bir başka ifade ile ihtiyaç duyulan aynı miktardaki enerjinin, yenilenebilir kaynaklardan elde edilmesinin yanında, daha küçük ölçekli tesislerde ve daha geniş bir bölgede üretilecek olması, kirliliğin belli bir merkezde yoğunlaşmasını önleyeceği gibi ekosistem tarafından tolere edilmesini de kolaylaştıracaktır. Kooperatifler aracılığıyla, enerji ihtiyacı kaynağında karşılanırken enerji üretim tesislerinin dağınık bir biçimde, her bölgeye yayılması sayesinde çevrenin korunması mümkün olabilecektir.

Türkiye'nin artan enerji ihtiyacını kaynağında karşılamak amacıyla güneş enerjisi potansiyelinin yerel boyuttaki yatırımlarla değerlendirilmesi gerekmektedir. Evsel ve endüstriyel kullanım için ihtiyaç duyulan enerji, GES kooperatifleri ile kaynağında karşılanabilir. Bu anlamda, Türkiye'nin geleceğe yönelik enerji stratejilerinde, GES kooperatifleri, yerel boyuttaki enerji yatırımlarının sürükleyici bir aracı olarak değerlendirilmelidir. Bu kooperatifler, güneş enerjisi potansiyelinin yerel ve lokal topluluklar yoluyla değerlendirilerek ve her bir tüketiciyi aynı zamanda temiz enerji üreticisine dönüştürerek yerel boyuttaki kalkınmanın ulusal ve küresel boyutta bir kalkınmaya dönüşmesinde önemli rol oynayacaktır.

3.6.3. Enerji İhtisas Endüstri Bölgeleri

19/01/2002 tarih ve 24645 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan 4737 sayılı Endüstri Bölgeleri Kanunu'na göre yatırımları teşvik etmek, yurt dışı kaynaklı

sermaye girişini artırmak amacıyla endüstri bölgeleri kurulmaktadır. Bu Kanun'a göre endüstri bölgesi, "Ülke ekonomisini uluslararası rekabet edebilir bir yapıya kavuşturmak, teknoloji transferini sağlamak, üretim ve istihdamı artırmak, yabancı sermaye girişini hızlandırmak ve özellikle üretim maliyetleri açısından büyük ölçekli yatırımlar için uygun sanayi alanı oluşturmak üzere bu Kanun uyarınca kurulacak üretim bölgelerini" ifade etmektedir. Endüstri Bölgeleri Koordinasyon Kurulu'na ya da resen Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'nın önerisi ve Bakanlar Kurulu'nun izni ile endüstri bölgeleri kurulacak alanlar belirlenmektedir. Endüstri bölgesi olarak ilan edilen alanlardaki araziler kamulaştırılarak Hazine adına tescil edilmektedir ve bu alanların başka bir amaçla kullanılmasına izin verilmemektedir. Bu bölgelere kurulacak sanayi tesislerinin endüstriyel eko parklar şeklinde tasarlanması ve bu tesislerde çevre dostu teknolojilerin ve eko üretim yöntemlerinin tercih edilmesi enerji ve kaynak verimliliği, su ve atık yönetimi ve çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli görülmektedir. Bunun yanında bu bölgelerin enerji ihtiyacının güneş enerjisinden karşılanması hem bu potansiyelin değerlendirilmesine hem de çevrenin korunmasına katkı sağlayacaktır.

Ayrıca bu Kanun'a göre ileri teknoloji kullanılması ve araştırma geliştirmeye imkân tanınması şartıyla, bilişim teknolojisi, tıp teknolojisi ve tarımsal endüstri de dahil olmak üzere çeşitli alanlarda, ihtisas endüstri bölgeleri kurulabilmektedir. Bu amaçla Türkiye'de bu güne kadar enerji alanında dört adet enerji ihtisas endüstri bölgesi ilan edilmiştir. Bu kapsamda 08/09/2012 tarihli ve 28405 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan 2012/3574 sayılı Bakanlar Kurulu kararıyla Konya ili Karapınar ilçesindeki toplam 5.958,7 hektarlık alan, 19/11/2015 tarihli ve 29537 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan 2015/8241 sayılı Bakanlar Kurulu kararıyla Niğde ili Bor ilçesindeki 2.539 hektarlık alan, 18/08/2017 tarihli ve 30158 mükerrer sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan 2017/10548 sayılı Bakanlar Kurulu kararıyla Karaman ili merkez ilçesindeki 1.628 hektarlık alan enerji ihtisas endüstri bölgesi olarak ilan edilmiştir. Bu üç alana yönelik enerji yatırımları çoğunlukla GES ağırlıklı olarak devam etmektedir. Adana-Ceyhan Enerji İhtisas Endüstri Bölgesi'ne yapılacak yatırımların ise rafineri ve petrokimya ağırlıklı olması planlanmaktadır.

Bu alanlara kurulacak büyük ölçekli GES'lerle ülkenin elektrik ihtiyacı, enerji ihtisas endüstri bölgeleri aracılığıyla güneş enerjisinden karşılanmış olacaktır. Enerji ihtisas endüstri bölgeleri şeklinde kurulacak GES'ler, bu alandaki yerli aksam ve teknolojinin gelişmesine, AR-GE faaliyetlerinin artmasına ve güneş enerjisine dayalı

elektrik üretim maliyetlerinin düşmesine katkı sağlayacaktır. GES'e dayalı enerji ihtisas endüstri bölgeleri, GES kooperatiflerinde olduğu üzere enerji üretiminin tabana kadar yaygınlaştırılmasında, daha büyük ölçekli enerji yatırımlarının sürükleyici bir aracı olarak değerlendirilmelidir. Bununla birlikte bu alanların yatırımcılara hazır hale getirilme süreçlerinin yavaş ilerlemesi eleştiri konusudur. Bu anlamda Türkiye'deki güneş enerjisi potansiyelinin değerlendirilebilmesi bakımından enerji ihtisas bölgesi ilan edilebilecek marjinal tarım arazisi özelliğindeki fizibil alanların tespit edilmesi, bu alanlarla ilgili altyapı çalışmalarının hızlı bir şekilde tamamlanması ve yatırımcılara hazır hale getirilmesi gerekmektedir.

3.6.4. Kalkınma Ajansları

Günümüzde, kalkınma ajansları tarafından kamu kesimi ve özel sektör yararlanıcılarına, geliştirdikleri özgün enerji projeleri için mali ve teknik destek verilmektedir. Santral kurulumu, fotovoltaik panel üretimi, güneş enerjisi ekipman üretimi ve güneş teknolojili çeşitli uygulamalara yönelik projeler, kalkınma ajansları tarafından desteklenmektedir. Bu tür yenilenebilir enerji yatırımları, proje teklif çağrılarında, desteklenecek öncelikli projeler arasında yer almaktadır. 2015 yılında kalkınma ajansları tarafından değerlendirmesi tamamlanan ve destek almaya hak kazanan toplam 1300 projeye 594,5 milyon TL kaynak ayrılmıştır ve bu kaynağın yaklaşık 472 milyon TL'si kullanılmıştır (Kalkınma Bakanlığı, 2015, s. 48). Bu kapsamda, 2015 yılı için güneş enerjisi uygulamalarına yönelik 90 civarındaki projeye yaklaşık 40 milyon TL'lik mali destek sağlanmıştır. Desteklenen projelerin çoğunluğu kamu kesimine aittir, bir kısmı ise organize sanayi bölgesi müdürlüklerinin enerji yatırımlarına yöneliktir. Desteklenen projeler içerisinde özel sektör yararlanıcılarının payı gerek proje sayısı gerekse de destek miktarı bakımından düşük kalmıştır.

Türkiye'nin yenilenebilir kaynakları ve güneş enerjisi potansiyeli göz önünde bulundurulduğunda kalkınma ajansları tarafından özel sektör yararlanıcılarına yapılan mali ve teknik desteğin artırılması gerekmektedir. Özellikle özel sektörün kendi enerji ihtiyacını karşılamak amacıyla geliştirdikleri kojenerasyon uygulamalarına yönelik projelere, kalkınma ajansları tarafından daha fazla mali ve teknik destek sağlanmalıdır. Güneş enerjisine dayalı kojenerasyon uygulamaları için daha fazla sayıda özel sektör yararlanıcısının desteklenmesi, bu yatırımların tabana yayılması bakımından önemli görülmektedir. Ayrıca kalkınma ajanslarına, bu tür projeler için daha fazla kaynak

ayrılması gerekmektedir. Böylelikle Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyelinin ve mevcut kaynaklarının etkin kullanımına katkı sağlanacağı gibi yerel potansiyelin değerlendirilerek bölgenin sosyal ve ekonomik dönüşümü hızlandırılacaktır ve bölgeler arasındaki kalkınmışlık farkları giderilerek bölgelerin kalkınmışlık seviyeleri birbirine yaklaştırılmış olacaktır.

3.6.5. GES Projeleri için Avrupa Birliği Fonları

AB'nin enerji politikası sürdürülebilirlik, rekabet edebilirlik, arz güvenliği ve ekonominin karbondan arındırılması gibi temel enerji hedeflerini içermektedir. AB, enerji arzında özellikle sera gazı emisyonlarının azaltılması, enerji tüketiminde yenilenebilir kaynakların payının artırılması ve enerji verimliliği ile ilgili politika ve stratejiler üzerinde durmaktadır. AB'nin enerji politikalarının nihai amacı, Birlik içerisinde, çevre eksenli dayanıklı bir enerji birliği oluşturmaktır (ABTD, t.y.).

Enerji ile ilgili hedeflerini sistematik bir şekilde izleyebilmek için AB, 2020, 2030 ve 2050 yılları için hedefler belirlemiştir. 2020 Enerji Stratejisi, AB'nin 2010 ile 2020 yılları arasındaki "20-20-20 hedefleri" olarak bilinen önceliklerini tanımlamaktadır. Buna göre 2020 yılına kadar sera gazlarının en az %20 oranında azaltılması, yenilenebilir enerjinin AB'nin enerji tüketimi içerisindeki payının en az %20'ye çıkarılması, enerji verimliliğinin en az %20 oranında artırılması hedeflenmektedir. 2030 hedefleri, 1990 yılı seviyelerine kıyasla sera gazı emisyonlarını %40 oranında azaltmak, AB tarafından tüketilen enerjinin %27'sinin yenilenebilir kaynaklardan elde edilmesini sağlamak ve enerji verimliliğini en az %27 oranında artırmaktır. 2050 itibarıyla ise sera gazlarında 1990 yılına kıyasla %80 ila %90 arasında bir azalma hedeflenmektedir (ABTD, t.y.).

AB'ye üye ya da aday ülkelerinin yenilenebilir enerji yatırımları, Birlik içerisinde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını yaygınlaştırmak ve temiz enerjiye geçişi kolaylaştırmak, uluslararası anlaşmalardaki taahhütleri yerine getirmek amacıyla AB tarafından çeşitli fonlarla desteklenmektedir. AB'nin hibe ve fon desteklerinden yararlanabilmek için enerji tasarrufu, alternatif yenilenebilir kaynaklar, bitkisel ve hayvansal atıkların enerjiye dönüştürülmesi, tarım ve ticaret gibi alanlarda AB standartlarında enerji verimliliği ve geri kazanımı, akıllı şebeke uygulamaları, eko teknolojiler vb. konularda yapılabilir ve sürdürülebilir projelerin geliştirilmesi gerekmektedir. AB tarafından sağlanan bu fonlardan projenin özelliğine göre merkezi

ve yerel kamu idareleri, kalkınma kuruluşları, STK'ler, araştırma merkezleri, uluslararası örgütler, küçük ve orta büyüklükteki işletmeler, üniversiteler vb. kurum ve kuruluşlar yararlanabilmektedir.

Buna göre aday ve potansiyel aday ülkelere yapılan mali yardımlar Katılım Öncesi Yardım Aracı (IPA) adı altında sunulmaktadır. Beş bölüm halinde yapılandırılan IPA, geçiş dönemi ve kurumsal yapılanma desteğinin yanı sıra çevre, ulaştırma, bölgesel rekabet, insan kaynakları kalkınması ve kırsal kalkınma olarak belirlenen alanlarda katılım öncesi mali destek sağlamaktadır. Ayrıca aday ülkeler, katkı payları kısmen IPA altında finanse edilmekte olan Birlik programlarına katılmaya devam etmektedir. IPA kapsamında 2007-2013 yılları itibarıyla ülkelere tahsis edilen fon yaklaşık 9,9 milyar avro tutarındadır. Bu dönemde toplam tutarın yaklaşık yarısını oluşturan 4,8 milyar avroluk miktarla en fazla fon, nüfus ve yüzölçümü dikkate alınarak Türkiye için tahsis edilmiştir (ABB, 2016). 2002 yılından bu yana AB tarafından Türkiye'ye, 6 milyar avro değerinde katılım öncesi mali yardım ödeneği ayrılmıştır. Bu ödeneğin %15'i (yaklaşık olarak 1 milyar avro) çevre sektörüne ayrılmıştır (ABTD, t.y.).

AB tarafından IPA 2014-2020 kapsamında Türkiye için gösterge olarak 4.453,9 milyon avro tahsis edilmiştir. Buna göre demokrasi ve yönetim, hukukun üstünlüğü ve temel haklar, çevre ve iklim, ulaşım, enerji, rekabet edebilirlik ve inovasyon, eğitim, istihdam ve sosyal politikalar, tarımsal ve kırsal kalkınma ile bölgesel ve sınır ötesi iş birliği öncelikle desteklenecektir. Yeni dönem için 9 öncelikli sektörden ikisi çevre ve iklim ile enerji sektörleridir. Bu kapsamda Türkiye'ye enerji projeleri için 93,5 milyon avro, çevre ve iklim projeleri için 644,6 milyon avro fon ayrılmıştır (ABB, 2016). Enerji sektörü projelerinde, Türkiye'nin Avrupa'daki elektrik ve gaz pazarlarıyla olan bütünleşmesini ve entegrasyonunu iyileştirmek, AB kaynak verimliliği ve iklim hedefleri doğrultusunda enerji verimliliği ve yenilenebilir enerjilerin teşvik edilmesi, nükleer düzenlemelerin AB standartlarıyla uyumlu hale getirilmesi amaçlanmaktadır. Çevre ve iklim değişikliği projeleri ile ise çevrenin korunması, iklim değişikliğiyle mücadele edilmesi, AB çevre ve iklim müktesebatı ile daha fazla uyum sağlanması amaçlanmaktadır (European Commission, 2016).

AB'nin aday ülkesi olan Türkiye'nin, AB ile bütünleşmesinin ve Birlik'in 2020, 2030 ve 2050 enerji projeksiyonunu gerçekleştirmeye yönelik ortak enerji politikalarının bir gereği olarak enerji ihtiyacını karşılamada, zengin bir potansiyele sahip olduğu güneş enerjisinin ve diğer yenilenebilir kaynakların payını artırması

gerekmektedir. AB tarafından çevre ve enerji uygulamalarına yönelik sağlanan bu hibe ve fonlarla yenilenebilir kaynaklara ve GES'e yönelik yapılabilir ve sürdürülebilir projelerin geliştirilmesi, Türkiye'nin AB ile bütünleşme ve çevre dostu enerjiye geçiş sürecini hızlandıracaktır. Ayrıca bu fonlar, enerji sektöründe faaliyet gösteren kamu ve özel teşebbüs yararlanıcılarına enerji yatırımları için ek finansman sağlayacaktır.

3.6.6. Kolay ve Uygulanabilir Mevzuat

Enerji arz ve talep yönetiminde çevresel sürdürülebilirlikle beraber enerji ihtiyacının karşılanmasında güneş enerjisinin yaygınlaştırılması için çevre mevzuatında ve enerji mevzuatında, güneş enerjisine yönelik kolay ve uygulanabilir bir mevzuat yapısının oluşturulması gerekmektedir.

Türkiye'nin yürürlükteki çevre mevzuatının, çevrenin korunmasına ve geliştirilmesine yönelik yeterli düzenlemeleri içerdiği söylenebilir. Bu anlamda Türkiye, uluslararası sözleşmelere ve AB müktesebatına uyum konusunda özellikle yatay mevzuat alanında ilerleme kaydetmiştir. Ancak mevzuatın uygulanması ile ilgili halen devam eden önemli sorunlar mevcuttur. Çevre mevzuatının en önemli sorunlarından biri uygulama ve denetimde karşılaşılan sorunlardır. Bazı konularda uygulama ve denetleme görevinin aynı birime verilmesi ya da birimler arasında yaşanan yetki karmaşası, uygulama ve denetimin etkililiğini azaltmaktadır. Bu nedenle çevre konusunda uygulama ve denetlemede birliğin ve iyi bir koordinasyonun sağlanması gerekmektedir. Çevre mevzuatı ile ilgili yapılan eleştirilerden biri de sık sık yapılan mevzuat değişiklikleridir. Her değişiklik yeni bir oluşumu ve maliyeti gerekli kılmakta ve bu durum uygulayıcıları zora sokmaktadır (Görmez, 2015, s. 155). Ayrıca mevzuatta sık yapılan değişiklikler güven sorununu gündeme getirmektedir. Özellikle ÇED Yönetmeliği'nde sık yapılan değişiklikler ve bazı projelerin ÇED kapsamı dışına çıkarılması, son dönem AB İlerleme Raporlarında eleştiri konusu olmuştur. Ayrıca bu Raporlarda üzerinde durulan hususlardan biri de mevzuatın uygulanmasına yönelik idari kapasitenin güçlendirilmesinin ve birimler arası koordinasyon ve iş birliğinin sağlanmasının gerekliliğidir. Bu anlamda idari kapasiteyi güçlendiren, ilgili birimlerin görev alanlarını ve sorumluluklarını açık bir şekilde tanımlayarak yetki karmaşasını ve ilgili birimler arasındaki koordinasyon eksikliğini gideren, icracı birimler ile denetleyen birimleri birbirinden ayıran ve sürekli değişiklik gerektirmeyen uygulanabilir bir çevre mevzuatına ihtiyaç vardır. Ayrıca yatırımları

engellemeyecek ve aynı zamanda doğru bir çevre fizibilitesi ortaya koyacak şekilde ÇED mevzuatının geliştirilmesi gerekmektedir.

Enerji mevzuatı ile ilgili olarak Türkiye'nin enerji mevzuatı parçalı ve karmaşık yapıdadır. Bu durum diğer enerji yatırımlarının yanında GES yatırımlarını zorlaştırmaktadır. GES yatırımlarında, yatırımın özelliğine göre orman mevzuatı, tarım mevzuatı, çevre mevzuatı, kültür ve turizm mevzuatı gibi birçok mevzuat devreye girmekte ve ilgili tüm bakanlıklardan veya bu bakanlıkların bağlı birimlerinden onay alınması yatırım sürecini geciktirmektedir. GES alanında yapılan yatırımların hızlı bir şekilde hayata geçirilebilmesi için mevzuatın parçalı ve karmaşık yapıdan kurtarılması, bu yatırımlarla ilgili iş ve işlemlerin tek elden yürütülebileceği bir mevzuat sisteminin oluşturulması gerekmektedir. Bunun yanında Tüm YEK sektörü, çoğunlukla aynı mevzuat içerisinde değerlendirilmektedir. YEK sektöründe kaynak türüne göre ayrı ayrı düzenlenmiş bir mevzuat henüz bulunmamaktadır. Oysa her YEK sektörü için farklı ihtiyaçlar ve öncelikler söz konusu olabilmektedir. Özellikle güneş enerjisi sektöründe bireysel kullanıcıların, enerji kooperatiflerinin, işletmelerinin ya da yatırımcıların, öztüketimlerini karşılamak ya da ticaretini yapmak amacıyla kuracakları kojenerasyon, mikrokojenerasyon ve trijenerasyon uygulamalarını kolaylıkla hayata geçirebileceği uygulanabilir bir mevzuata ihtiyaç vardır. Ayrıca teşvik mevzuatındaki süre sınırlaması ile ilgili belirsizliklerin giderilmesi gerekmektedir. GES yatırımlarını hızlandıracak bir mevzuatın oluşturulması, bu yatırımların yaygınlaşmasına ve enerji üretiminde her bir bireysel tüketicinin ve yerel unsurun üretici konumuna geçmesine katkı sağlayacaktır.

3.6.7. Çatı ve Cephe Uygulamalarının Yaygınlaştırılması

Güneş enerjisi uygulamalarında, endüstriyel kullanım önemli olduğu kadar gündelik ihtiyaca yönelik evsel kullanım ve bunun yaygınlaştırılması da güneş enerjisi potansiyelinin değerlendirilmesi bakımından önemlidir. Türkiye'nin hemen her yerindeki güneş ışınımı, evsel kullanıma yönelik güneş enerjisi uygulamaları için yeterli düzeydedir. Evsel ihtiyaçlara yönelik güneş enerjisi uygulamaları sayesinde konutların elektrik, ısınma-ısıtma ve soğutma ihtiyaçları karşılanabilmektedir.

18/01/2018 tarih ve 30305 tarihli Resmî Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren Elektrik Piyasasında Tüketim Tesisi İle Aynı Ölçüm Noktasından Bağlı ve Güneş Enerjisine Dayalı Üretim Tesisleri İçin Lisanssız Üretim Başvurularına ve

İhtiyaç Fazlası Enerjinin Değerlendirilmesine İlişkin Usul ve Esaslar'a göre kurulu gücü 10kW (10 kW dahil) olan, üretimi ve tüketimi aynı noktadan bağlı çatı ve cephe uygulamalı GES'lerde üretilen fazla elektrik, genel şebekeye aktarılabilecektir. Böylelikle bireysel tüketiciler aynı zamanda üretici konumuna geçmektedir. Bu düzenleme ile birlikte ev, apartman, bina vb. yapılarda, çatısı veya cephesi uygun olan bireysel aboneler, evsel kullanıma yönelik elektrik ihtiyaçlarını güneş enerjisinden karşılayabilecektir ve üretilen elektriğin artan miktarından gelir elde edebilecektir.

Bu düzenleme, evsel kullanıma yönelik güneş enerjisi uygulamalarının teşvik edilmesine katkı sağlaması ve güneş enerjisi uygulamalarının tabana yayılmasına yardımcı olması bakımından önemli görülmektedir. Ancak bu düzenlemede, çatı ve cephe dışındaki alanlar kapsam dışında tutulmuştur. Ayrıca başka bir lisanssız üretim tesisi ile ilişkilendirilen tüketim abonelikleri bu uygulamadan yararlanamamaktadır. Çatı ve cephe uygulamalarının yaygınlaştırılabilmesi için mevzuattaki yer ve tek abonelik sınırlamasının kaldırılması ve çatısı, cephesi, bahçesi vb. alanı müsait olan ev, bina, apartman vb. sakini bireysel kullanıcıların bu tip güneş enerjisi uygulamaları için teşvik edilmesi gerekmektedir.

Bunun yanında çatı ve cephe uygulamalarına yönelik GES kurulumları, bireysel tüketiciler bakımından henüz yüksek maliyetli yatırımlar olarak değerlendirilmektedir. Bu tür kurulumlarla ilgili olarak mevzuatta yapılan değişikliklerle izin ve onay süreçleri kolaylaştırılmış ve süreler kısaltılmış olsa da yatırım maliyetlerinin yüksek oluşu, enerji üretiminde tabana yayılmayı engellemektedir. Bireysel tüketicinin bu tür bir kurulum için yapacağı yatırımın geri dönüş süresi 10-12 yılı bulmaktadır (Zeybek, 2018, Bkz. Ek 1). Bu durumda çevresel kaygılardan ziyade mali kaygılar ön plana çıkmaktadır. Bu nedenle çatı ve cephe uygulamalarının yaygınlaşabilmesi, GES maliyetlerinin düşmesine bağlıdır (Taşkın, 2018, Bkz. Ek 2). Bu anlamda, kırsal kesim üreticilerinin bireysel sulama sistemi kurulumu yatırımlarında desteklendiği üzere, çatı ve cephe uygulamalarına yönelik GES'lere yatırım yapmak isteyen bireysel tüketicilerin hibe yoluyla ya da esnek veya düşük faizli kredilerle desteklenmesi, bu alandaki yatırımları hızlandıracağı değerlendirilmektedir.

2015 yılındaki birincil enerji arzının sektörler bazında dağılımı incelendiğinde %24,7'si sanayi sektöründe, %25,1'i konut ve hizmet sektöründe, %23,4'ü çevrim sektöründe kullanıldığı ve 2015 yılındaki enerji ithalatının Türkiye'ye maliyetinin 37,84 milyar dolar olduğu göz önünde bulundurulduğunda bireysel tüketicilerin

teknik/teknolojik, mali ve hukuki araçlarla desteklenerek birer enerji üreticisine dönüşmesi, güneş enerjisi potansiyelinin değerlendirilmesine, enerji ithalatından kaynaklanan cari açığın düşürülmesine ve çevrenin korunmasına katkı sağlayacaktır.

3.6.8. Yerli İmalat ve Yerli Teknolojinin Desteklenmesi

Türkiye’de, evsel ve endüstriyel uygulamalara yönelik GES’lerin yaygınlaşmasını engelleyen sorunların başında, yatırım maliyetlerinin yüksek oluşu gelmektedir. GES yatırım maliyetlerinin yüksek oluşundaki en önemli etken ise teknolojisindeki dışa bağımlılıktır. Türkiye’de güneş enerjisi teknolojilerinde, yerli aksam ve teknoloji henüz yeterince gelişmemiştir. PV panel üretiminde kullanılan aksamdaki yerlilik oranı henüz %50’leri geçememiştir. GES kurulumlarında kullanılan ana bileşenler, yüksek teknoloji gerektirmektedir. Bu anlamda Türkiye’de, GES’lerde kullanılan aksamaya yönelik yerli üretim daha ziyade montaj işlemi şeklindedir (Zeybek, 2018, Bkz. Ek 1). Bu tip bir üretim şeklinin, yatırım maliyetlerinin düşürülmesine etkisi, az olmaktadır.

GES’lerde kullanılan aksamda yerli imalatın ve yerli teknolojilerin teşvik edilmesi; enerji maliyetlerinin düşürülmesi, tesis kurulumu için ihtiyaç duyulan aksamda dışa bağımlılığın azaltılması ve istihdamın artırılması bakımından önemlidir. Bu kapsamda Türkiye’de, GES yatırımlarına yönelik yerli teknolojiyi ve yerli imalatı geliştirmek amacıyla yerli aksam kullanımı teşvik edilmektedir. 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun kapsamında güneş enerjisinden üretilen elektriğe, GES tesisinin tipine ve tesiste kullanılan aksamaya göre yerli katkı ilavesi yapılmaktadır. Ayrıca yatırımcıların, kuracağı tesislerde, belirtilen aksamı yurt içinde imal etmesi ve/veya yerli malı kullanmayı taahhüt etmesi durumunda YEKA kullanım hakkından yararlanabilmektedir. Yapılan bu teşviklerin yerli imalatın ve yerli teknolojinin gelişimine olumlu katkı sağlayacağı söylenebilir.

Türkiye’de lisanssız elektrik üretim istatistikleri incelendiğinde 2016 yılında lisanssız kurulu gücün 2015 yılına oranla %191,95 artarak 1.048 MW’ye ulaştığı görülmektedir. Bu miktarın %89,81’i PV teknolojili güneş enerjisinden elde edilmiştir (EPDK, 2017b, s. V, 13). Bununla birlikte Haziran 2017’deki yönetmelik değişikliği ile LÜY kapsamındaki YEK’e dayalı lisanssız enerji üretim tesislerinin, yerli katkı ilavesi desteğinden çıkarılmış olmasının yerli teknolojiyi ve yerli imalatı olumsuz

etkileyeceği değerlendirilmektedir. Her ne kadar yönetmelik değişikliğinin, yatırımcıları lisanslı elektrik üretimine teşvik etmek ve lisanslı üretimi artırmak amacıyla yapıldığı değerlendirilse de Türkiye'deki GES yatırımlarının büyük bir çoğunluğunun lisanssız GES yatırımlarından oluştuğu göz önünde bulundurulduğunda bu değişikliğin, GES sektörünü ve enerji üretiminin tabana kadar yaygınlaştırılmasını olumsuz etkileyeceği değerlendirilmektedir. LÜY'deki bu değişiklikle, lisanssız GES kurmak isteyen yatırımcıları, yerli teknolojiyi ve yerli imalatı tercih etmeye yöneltecek önemli bir saik ortadan kalkmış bulunmaktadır. Bu nedenle lisanssız GES yatırımlarının yeniden yerli katkı ilavesi teşviki kapsamına alınması gerektiği değerlendirilmektedir. Ayrıca ilgili mevzuata göre 31 Aralık 2020 tarihine kadar kurulacak olan GES'ler yerli katkı ilavesi desteğinden yararlanabilecektir. Bu tarihten sonra kurulacak GES'ler için bu desteğin devam edip etmeyeceği ya da nasıl devam edeceği konusunda ilgili mevzuatta herhangi bir açık hüküm bulunmamaktadır. 31 Aralık 2020 sonrası GES kurulumları için bu sürenin uzatılması yerli imalat ve teknolojinin gelişmesine katkı sağlayacaktır.

GES'lerde yurt içinde imal edilmiş aksam ve ekipman kullanılması ve ünitelerin tamamen yerli olması durumunda, 13,3 dolar cent/kWh olan fiyat desteği fotovoltaik GES'ler için 20 dolar cent/kWh'e, yoğunlaştırılmış GES'ler için 22,5 dolar cent/kWh'e kadar çıkmaktadır (ETKB, 2016c, s. 87). GES yatırım maliyetlerinin henüz yüksek oluşu ve bu maliyet yüksekliğinin teknolojiye dışı bağımlılıktan kaynaklandığı hususu göz önünde bulundurulduğunda, yerli imalat ve yerli teknolojinin gelişmesi bakımından tesislerde kullanılan yerli malzeme ve ekipmanlar için yapılan bu yerli katkı ilavesi destek miktarlarının artırılması gerekmektedir.

Bunun yanında kullanılan yerli aksam için GES'lerde üretilen elektriğe beş yıl süreyle yerli katkı ilavesi verilmesi ve süre sonunda, bu desteğin ödenmesine ilişkin belirsizlik durumu da yatırımcıları kararsızlığa itebilecektir. Bu teşvik mekanizmasına ilişkin süreler her ne kadar Bakanlar Kurulu kararıyla belli dönemlerle uzatılabilir de sürenin uzatılmasına yönelik olarak teşvik mevzuatında herhangi bir bağlayıcı düzenlemenin bulunmaması, yatırım sonrası için belirsizliğe neden olmaktadır. Türkiye'nin mevcut güneş enerjisi potansiyelinin yıllık 400 milyar kWh olarak hesaplandığı ve 2030 yılındaki elektrik enerjisi talebinin 500 milyar kWh'yi aşacağı öngörülen bir projeksiyonda, tesis kurulumu için gereken cihaz ve ekipman ihtiyacı göz önünde bulundurulduğunda yerli aksam ve yerli imalattaki bu teşvik belirsizliğinin giderilmesi gerekmektedir. Ayrıca GES yatırımlarının mevcut ilerleme hızı ve

yatırımın geri dönüş süresi dikkate alındığında, beş yıllık olan yerli katkı ilavesi teşvik süresi yeterli görülmemektedir. Şebeke uygulamalarına yönelik bir GES'te yapılan yatırımın geriye dönebilmesi ve kâra dönüşebilmesi için yaklaşık 5-7 yıllık bir süre gerekmektedir. GES'in işletme ömrünün yaklaşık 25 yıl olduğu göz önünde bulundurulduğunda YEK'e dayalı enerji arzı hedeflerine ulaşılan kadar yerli katkı ilavesi teşvikinin on yıla çıkarılması, yerli imalat kullanımını teşvik ederek aksam ihtiyacının yerli kaynaklardan karşılanmasına katkı sağlayacağı ve yerli teknolojinin gelişimine yönelik AR-GE faaliyetlerini hızlandıracağı değerlendirilmektedir.



SONUÇ

Günümüz küresel enerji arzında birincil kaynak olarak kömür, petrol, doğal gaz türü hidrokarbon kökenli fosil yakıtlar ön plana çıkmaktadır. Bunun yanında elektrik enerjisi üretiminde nükleer yakıtlar kullanılmaktadır. Ancak fosil yakıtlar ve nükleer enerji sürdürülebilir bir çevre için ciddi birer tehdit oluşturmaktadır. Küresel ısınma ve iklim değişikliğine neden olan CO₂ türü sera gazlarının, asit yağmurlarına neden olan NO_x ve SO_x türü gazların, hava kirliliği oluşturan partiküler maddenin kaynağı büyük oranda fosil yakıtlardır. Buna karşın güneş, rüzgâr, biyokütle, jeotermal gibi yenilenebilir kaynaklar daha temiz ve çevre dostu enerji kaynakları olup bu kaynakların enerji arzındaki payı giderek artmaktadır. Dünya genelinde, yapılan yeni enerji yatırımları daha ziyade yenilenebilir kaynaklara yönelik olmaktadır.

Çevre sorunlarının görünür hale gelmesinden ve 1972’de Roma Kulübü tarafından hazırlanan ve sürekli kalkınmanın çevre üzerindeki tahribatına dikkat çeken “Büyümenin Sınırları” adlı rapordan sonra kalkınma anlayışında köklü değişikliklerin gerekli olduğu dile getirilmiştir. Çevreyi göz ardı eden sürekli kalkınma anlayışı yerine sürdürülebilir kalkınma anlayışı ön plana çıkmaya başlamıştır. Buna göre kalkınırken doğal kaynakların ve çevrenin şimdiki nesiller ve gelecek nesiller için korunması gerektiği fikri önem kazanmıştır. Sürdürülebilir kalkınmayı gerçekleştirmek için küresel eylem birliğine yönelik uluslararası çalışmalar da bu dönemlerde başlamıştır. Bu anlamda sürdürülebilir kalkınma yaklaşımı ekonomik, sosyal ve çevresel açıdan üç boyutta ele alınmıştır.

Sürdürülebilir kalkınmanın ekonomik boyutu, kalkınırken sınırlı kaynaklarla sınırsız ihtiyaçların karşılanması için mal ve hizmet üretiminde ekosistemin taşıma ve kendini yenileme kapasitesinin göz önünde bulundurulduğu bir model öngörmektedir. Ekonomik açıdan sürdürülebilirliği gerçekleştirmede mal ve hizmet üretimi için gerekli olan doğal kaynakların ve enerjinin, çevreye zarar vermeden düşük maliyetle ve yerine yenisi konulabilecek şekilde karşılanması gerekmektedir. Bununla birlikte hidrokarbon kökenli fosil kaynaklar giderek tükenmektedir. Fosil yakıtlardan olan petrolün maliyeti küresel, ekonomik ve sosyal etkilere bağlı olarak dalgalı bir seyir izlemekle birlikte yıllar itibarıyla giderek artmaktadır. Artan maliyetleri, tükenecek olması ve çevreye verdiği zararlar göz önünde bulundurulduğunda enerji girdisi çoğunlukla fosil yakıtlara dayalı bir kalkınma stratejisi, sürdürülebilir kalkınmanın ekonomik boyutunu gerçekleştirmede yetersiz kalacaktır.

Sürdürülebilir kalkınma anlayışına göre günümüz küresel çevre sorunlarının ortaya çıkmasında yoksulluk ve eşitsizlik önemli bir faktördür. Sürdürülebilir kalkınmanın sosyal boyutu herkes için sağlık, eğitim, gıda vb. mal ve hizmetlere erişimde eşitliğin olduğu, yoksulluğun ortadan kaldırıldığı bir kalkınmışlık öngörmektedir. Çevre sorunlarının ortadan kaldırılabilmesi için yoksullukla ve eşitsizlikle mücadelede başarılı olunması gerekmektedir. Enerji maliyetlerinin yüksek ve tedarikinin güç oluşu, sunulan mal ve hizmetlerin maliyetini artıracaktır ve herkese eşit sunumunu zorlaştıracaktır. Bu durum özellikle enerji kaynakları yetersiz olan yoksul ülkelerin sosyal kalkınması için daha büyük risk oluşturacaktır. Sağlıktan eğitime, tarımdan barınmaya kadar tüm mal ve hizmetlerin aksatılmadan yürütülebilmesi ve bu hizmetlerin herkese eşit olarak düşük maliyetle sunulabilmesi ve yoksullukla mücadele edilebilmesi, ucuz enerji girdisi ile mümkündür. Ülkeler için temiz, ucuz, bol ve kolay erişilebilir enerji girdisinin sağlanması sosyal kalkınma için önemli bir avantaj sağlayacaktır. Bununla birlikte kömür haricindeki diğer hidrokarbon kökenli fosil yakıt kaynakları dünyanın her yerine dengeli bir şekilde dağılmamıştır, bu kaynaklar dünyanın bazı bölgelerinde daha bol miktarda bulunurken bazı bölgelerinde daha kıt bulunmaktadır. Bu kaynakların kıt, maliyetli ve yeryüzüne eşit bir şekilde dağılmamış oluşu yoksullukla ve eşitsizlikle mücadeleyi güçleştirmektedir.

Sürdürülebilir kalkınma anlayışının üçüncü boyutunu çevre oluşturmaktadır. Sürdürülebilirlik fikrinin ortaya çıkmasının en önemli nedenlerinden biri, sanayi devrimi ile birlikte birçok kirlilik türünün ekolojik sermayeyi oluşturan doğa kaynaklarını ve bu kaynaklar arasındaki yaşamsal ilişkileri küresel boyutta tehdit etmesidir. Kalkınmanın çevresel boyutunda ekolojik sermayeyi oluşturan toprak, hava, su, biyoçeşitlilik gibi unsurların korunması esastır. Bunun için kalkınmanın, ekolojik boyutu ile birlikte temellendirilmesi gerekmektedir. Çevrenin şimdiki nesiller ve gelecek nesiller için korunması, kalkınmanın ekolojik limitler dahilinde ele alınması ile mümkündür. Ekolojik limitlerin üzerinde üretim-tüketim öngören bir kalkınma anlayışı çevreye zarar verecektir.

Bu nedenle çevrenin, insan yaşamının olmazsa olmaz bir parçası olarak görülmesi ve kalkınmanın çevreyi koruma ve geliştirme ekseninde ele alınması gerekmektedir. Bu noktadan hareketle ekonomi eksenli sürekli kalkınma anlayışından, kalkınırken dünyanın yenilenebilir ve yenilenemez kaynaklarını, biyolojik kapasitesini

ve ekolojik limitlerini dikkate alarak gelecek nesillerin ekolojik sermayesini korumayı amaçlayan, çevre eksenli bir kalkınma vizyonuna ihtiyaç vardır.

Bu anlamda sürdürülebilir kalkınmanın üç boyutu ile birlikte gerçekleştirilebilmesi, ucuz, kesintisiz ve temiz enerji girdisine bağlıdır. Sadece fosil yakıtlara dayalı bir enerji girdisi, çevre için tehdit oluşturacağı gibi bu kaynaklar bakımından dışa bağımlı ülkeler için sosyal ve ekonomik boyutta olumsuz etki yaratacaktır. Bu nedenle enerji girdisinin ekonomik, sosyal ve çevresel kalkınmayı olumsuz etkilemeyecek kaynaklardan sağlanması önemli görülmektedir. Bununla birlikte yaşanan küresel boyuttaki ekonomik, sosyal ve çevresel sorunlara bakıldığında enerji arzının, sürdürülebilir kalkınma vizyonuna uygun yönetildiği söylenemez.

Kalkınmanın en önemli lokomotifleri olan ve tüm insanlık için vazgeçilemez olan enerjinin çevreyi tehdit etmeyecek şekilde üretilmesi ve kullanılması gerekmektedir. Bu nedenle ihtiyaç duyulan enerjinin hidrokarbon kökenli fosil yakıtlardan karşılanması gerek dünya için gerekse de Türkiye için sürdürülebilir olarak değerlendirilmemektedir. Bu anlamda güneş, rüzgâr, hidrolik, jeotermal gibi yenilenebilir enerji kaynakları çevresel risklerin azaltılmasında ve ekolojik sermayenin korunmasında önemli bir seçenek olarak değerlendirilmelidir.

Özellikle güneş enerjisi, dünyanın hemen her yerine dağılmış, bol ve çevre dostu bir enerji kaynağı olarak öne çıkmaktadır. Sürdürülebilir kalkınmanın ekonomik, sosyal ve çevre boyutunu gerçekleştirmede bu kaynak, önemli avantajlara sahiptir. Güneş enerjisine dayalı üretim tesislerinin kurulum maliyetleri günümüz için henüz yüksek olsa da maliyetleri hızla düşmektedir. Enerji üretim maliyetleri en hızlı düşen enerji kaynaklarından biri de güneş enerjisidir. Ayrıca güneş enerjisine dayalı üretim tesislerinin işletme ve bakım maliyetleri oldukça düşüktür ve güneş enerjisi yenilenebilir bir kaynak olduğundan yakıt maliyeti söz konusu değildir. Enerjinin kaynağı, güneşten yeryüzüne ulaşan ışıdır. Bu nedenle ülkelerin sahip olduğu mali kaynakların yine ülke içinde kalmasına ve başka alanlarda değerlendirilmesine katkı sağlamaktadır. Bu özellikleri ile güneş enerjisi sürdürülebilir kalkınmanın ekonomik boyutuna yönelik hedefleri içermektedir. Bunun yanında güneş enerjisi yeryüzünün hemen her yerine eşit olmasa bile yeterli miktarda dağılmış durumdadır. Bol ve ucuz enerjiye erişim, yoksullukla ve eşitsizlikle mücadelenin önemli adımlarından biridir. Sosyal kalkınmanın sağlık, eğitim, gıda, toplumsal katılım gibi hedeflerinin gerçekleştirilmesine yönelik olarak güneş enerjisi, yer yüzünün hemen her yerine

dağılmış olması, bol olması ve düşük maliyetleriyle yoksullukla ve eşitsizlikle mücadelede değerlendirilmesi gereken potansiyel bir kaynak olarak görünmektedir.

Güneş enerjisi, konvansiyonel enerji kaynakları ve diğer yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde çevresel riskleri en düşük olan kaynaklardan biridir ve çevresel sürdürülebilirlik açısından ekolojik sermayenin korunarak gelecek nesillere aktarılmasında hem günümüz hem de gelecek için önemli bir kaynaktır. Güneş enerjisi kullanımının yaygınlaşması ile yerel ve ülkesel boyutta enerji ihtiyacı karşılanırken sürdürülebilir kalkınmanın ekonomik, sosyal ve çevresel hedefleri küresel boyutta gerçekleştirilebilecek ve ekolojik miras da korunmuş olacaktır.

Türkiye'nin ekonomik büyümesine bağlı olarak enerjiye olan ihtiyacı artıka enerjiye yaşadığı arz talep dengesizliği ve dışa bağımlılığı giderek artmaktadır. Türkiye, enerji ihtiyacını çoğunlukla dışa bağımlı olduğu fosil yakıtlardan karşılamaktadır ve yakıt temininde Rusya, İran ve Irak gibi belli başlı birkaç ülkeye bağımlı durumdadır. Bu bağımlılık, Türkiye'nin jeopolitik konumu da dikkate alındığında enerji arz güvenliği, dış politika ve ülke savunması bakımından önemli riskler taşımaktadır. Ayrıca enerji ithalatının maliyeti ve ithalatın neden olduğu cari açık, diğer faktörlerle birlikte değerlendirildiğinde ülkeyi ekonomik bakımdan daha kırılgan hale getirmektedir. Enerji bağımlılığının taşıdığı bu risklerin ortadan kaldırılabilmesi için yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu anlamda Türkiye, coğrafi konumu itibariyle güneş enerjisi potansiyeli bakımından birçok ülkeden avantajlı durumdadır. Güneş enerjisinin, Türkiye'nin günümüzdeki ve gelecekteki enerji ihtiyacını karşılamada, enerji ithalatından kaynaklı cari açığı azaltmada, enerji kaynaklarını çeşitlendirmede, enerji arz güvenliğini sağlamada, enerjide dışa bağımlılığını azaltmada, sera gazı emisyonlarını düşürmede ve çevre kirliliğini önlemede önemli bir yenilenebilir kaynak olduğu değerlendirilmektedir.

Ülkenin her tarafına yayılmış bir enerji kaynağı olarak evsel, endüstriyel ve şebeke uygulamaları için yeterli olan güneş enerjisi, düşük maliyetleri ile Türkiye için bol ve temiz bir enerji girdisidir. Enerji ihtiyacının büyük çoğunluğunu dış kaynaklardan karşılamak zorunda kalan ve bu bağımlılığın risklerine karşı Türkiye'nin, güneş enerjisi potansiyelini değerlendirmeye ve enerji arzındaki payını artırmaya yönelik politika ve stratejiler geliştirmesi daha kapsayıcı, daha çeşitlendirilmiş, daha güvenli ve daha temiz bir enerji arzı için gerekli görülmektedir.

Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyelini doğru bir şekilde değerlendirebilmesi için GES teknolojilerine dayalı kojenerasyon, mikrokojenerasyon ve trijenerasyon uygulamalarının yaygınlaştırılması ve bu uygulamaların çeşitli fonlarla finansal olarak desteklenmesi, enerji üretim kooperatiflerinin yaygınlaştırılarak enerji ihtiyacının bol, temiz ve ucuz bir şekilde kaynağında karşılanması ve her bir enerji tüketicisinin aynı zamanda birer enerji üreticisine dönüştürülmesinin sağlanması, GES'e dayalı enerji ihtisas endüstri bölgelerinin yaygınlaştırılması, kolay ve uygulanabilir bir mevzuatın geliştirilmesi, güneş enerjisi uygulamalarında yerli teknolojinin geliştirilmesi için AR-GE çalışmalarına ağırlık verilmesi ve bu konuda üniversitelerle iş birliği yapılması ve GES maliyetlerinin yüksek oluşuna karşın yatırımcıları bu alanda yatırım yapmaya yöneltecek cazip teşvik mekanizmalarının oluşturulması gerekmektedir. Bu anlamda, Türkiye'nin mevcut güneş enerjisi potansiyelinin değerlendirilmesinde karar alıcılara önemli görevler düşmektedir.

Sonuç olarak büyüyen ve dijitalleşen Türkiye'nin ihtiyaç duyduğu enerjinin, yerli üretim teknolojilerinin de geliştirilmesiyle birlikte önemli bir kısmının ülkenin hemen her yerinde var olan güneş enerjisinden yararlanılarak üretilmesi sayesinde enerji ihtiyacı, bol, temiz, orta ve uzun vadede ucuz bir şekilde, kaynağında karşılanmış olacaktır. Her bir yerel unsur, her bir işletme ve her bir bireysel tüketici aynı zamanda temiz enerji üreticisine dönüşerek enerji üretiminin tabana kadar yaygınlaştırılmasına ve yerel düzeydeki bir kalkınmanın ulusal ve küresel boyutta bir kalkınmaya dönüştürülmesine ve sürdürülebilir kalkınmanın tüm hedefleri ile gerçekleştirilmesine katkı sağlanacaktır.

KAYNAKÇA

- ABB. (2016, Nisan 22). *Türkiye-AB Mali İşbirliği*. Şubat 12, 2018 tarihinde Avrupa Birliği Bakanlığı: <https://www.ab.gov.tr/5.html> adresinden alındı
- ABTD. (t.y.). *Çevre ve İklim Değişikliği: AB'nin En Önemli ve Zorlu Politika Alanları*. Şubat 12, 2018 tarihinde Avrupa Birliği Türkiye Delegasyonu: <https://www.avrupa.info.tr/tr/cevre-ve-iklim-degisikligi-abnin-en-onemli-ve-zorlu-politika-alanlari-259> adresinden alındı
- ABTD. (t.y.). *Enerji*. Şubat 12, 2018 tarihinde Avrupa Birliği Türkiye Delegasyonu: <https://www.avrupa.info.tr/tr/enerji-57> adresinden alındı
- ABTD. (t.y.). *Enerji - AB'nin Hedefleri*. Şubat 12, 2018 tarihinde Avrupa Birliği Türkiye Delegasyonu: <https://www.avrupa.info.tr/tr/enerji-abnin-hedefleri-58> adresinden alındı
- Acaroğlu, M. (2013). *Alternatif Enerji Kaynakları* (3. b.). Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Ağca, B. (2002, Kasım). Dünya Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi (Johannesburg, 26 Ağustos - 4 Eylül 2002). *Dışişleri Bakanlığı Uluslararası Ekonomik Sorunlar Dergisi*(7). Temmuz 29, 2017 tarihinde http://www.mfa.gov.tr/dunya-surdurulebilir-kalkinma-zirvesi_johannesburg_-26-agustos---4-eylul-2002_.tr.mfa adresinden alındı
- Akçalı, İ. (2001). *Güneş Enerjisi Sistemleri*. İstanbul: İstanbul Ticaret Odası. Ekim 23, 2017 tarihinde <http://www.ito.org.tr/itoyayin/0003043.pdf> adresinden alındı
- Akdur, R. (2005). *Avrupa Birliği ve Türkiye'de Çevre Koruma Politikaları "Türkiye'nin Avrupa Birliğine Uyumu"*. Ankara: Ankara Üniversitesi.
- AKİB. (2015). *Yeni Teşvik Sistemi ve Yatırımlarda Devlet Yardımı*. Aralık 04, 2017 tarihinde Akdeniz İhracatçı Birlikleri: http://www.akib.org.tr/files/downloads/Ekler/Yeni_Tesvik_Sistemi.pdf adresinden alındı
- Akman, Y., Düzenli, A., & Geven, F. (1996). *Çevre Kirliliği ve Ekolojik Etkileri*. Ankara: Ankara Üniversitesi Kaynak Kitap.
- Aksu, C. (2011). Sürdürülebilir Kalkınma ve Çevre. Güney Ege Kalkınma Ajansı. Haziran 15, 2017 tarihinde http://geka.gov.tr/Dosyalar/o_19v5e00u1ru61bbncf2qmlcpv8.pdf adresinden alındı
- Arar, A. (2002, Ağustos). Yerel Gündem 21. *Dışişleri Bakanlığı Uluslararası Ekonomik Sorunlar Dergisi*(6). Temmuz 31, 2017 tarihinde <http://www.mfa.gov.tr/yerel-gundem-21.tr.mfa> adresinden alındı
- Aras, N. K. (2009, Mayıs). Alternatif Enerji Kaynaklarında Nükleer Enerjinin Yeri. *Günce*(39), 4-11.

- Aygün, B. (2007). Küresel ve Yerel Çevre Sorunlarının Risk Olarak Algılanması Üzerine Bir Araştırma. A. Mengi (Dü.) içinde, *Çevre ve Politika: Başka Bir Dünya Özlemi* (s. 223-238). Ankara: İmge Kitabevi.
- Barlas, N. (2013). *Küresel Krizlerden Sürdürülebilir Topluma Çağımızın Çevre Sorunları*. İstanbul: Boğaziçi Üniversitesi Yayınevi.
- Beşergil, B. (2007). *Hampetrolden Petrokimyasallara El Kitabı*. Eylül 15, 2017 tarihinde Manisa Celal Bayar Üniversitesi:
http://www.bayar.edu.tr/besergil/dogal_gaz.pdf adresinden alındı
- BOEM. (t.y.). *Ocean Wave Energy*. Ocak 03, 2018 tarihinde Bureau of Ocean Energy Management: <https://www.boem.gov/Ocean-Wave-Energy/> adresinden alındı
- BOTAŞ. (2016). *2016 Sektör Raporu*. Ankara: Boru Hatları İle Petrol Taşıma A.Ş.
- Bozkurt, Y. (2016). *Çevre Sorunları ve Politikaları*. Bursa: Ekin Basım Yayın Dağıtım.
- Bölükoğlu, H. İ. (2003). Görsel Kirlilik ve Sanat Eğitimi. *Atatürk Üniversitesi KKEF Dergisi*, 101-112.
- BP. (2016a). *Geothermal power*. Eylül 27, 2017 tarihinde BP:
<http://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/renewable-energy/geothermal-power.html> adresinden alındı
- BP. (2016b). *Solar Energy*. Kasım 09, 2017 tarihinde BP:
<https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/renewable-energy/solar-energy.html> adresinden alındı
- BP. (2017a). *BP Energy Outlook 2017 edition*. BP.
- BP. (2017b). *BP Statistical Review of World Energy 2017*. BP. Eylül 28, 2017 tarihinde <http://www.bp.com/content/dam/bp/en/corporate/pdf/energy-economics/statistical-review-2017/bp-statistical-review-of-world-energy-2017-renewable-energy.pdf> adresinden alındı
- BP. (2017c). *Renewable Energy*. Kasım 10, 2017 tarihinde BP:
<https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/renewable-energy.html> adresinden alındı
- BP. (2017d). *BP Statistical Review of World Energy 2017:Renewable Energy*. BP. Eylül 28, 2017 tarihinde
<https://www.bp.com/content/dam/bp/en/corporate/pdf/energy-economics/statistical-review-2017/bp-statistical-review-of-world-energy-2017-renewable-energy.pdf> adresinden alındı
- Canik, B., Çelik, M., & Arıgün, Z. (2000). *Jeotermal Enerji*. Ankara: Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi.
- Cebeci, S. (2017). *Türkiye'de Güneş Enerjisinden Elektrik Üretim Potansiyelinin Değerlendirilmesi*. Ankara: Kalkınma Bakanlığı. Şubat 05, 2018 tarihinde

<http://www.kalkinma.gov.tr/Lists/Uzmanlk%20Tezleri/Attachments/418/T%C3%BCrkiyede%20G%C3%BCne%20Enerjisinden%20Elektrik%20C3%9Cretim%20Potansiyelinin%20De%20C4%9Ferlendirilmesi.pdf> adresinden alındı

- Ceritli, İ. (2001). Çevreci Hareketin Siyasallaşma Süreci. *C.Ü. Sosyal Bilimler Dergisi*, 25(2), 214.
- Ceylan, İ., & Gürel, E. A. (2017). *Güneş Enerjisi Sistemleri ve Tasarımı*. Bursa: Dora Basım-Yayın.
- Çepel, N. (t.y.). *Gürültü Kirliliği*. Mayıs 09, 2017 tarihinde <http://haliccevre.com/images/PDF/07062010b.pdf> adresinden alındı
- Çetiner, G., Türkeş, M., & Sümer, U. M. (2000). Küresel İklim Değişikliği ve Olası Etkileri. *Çevre Bakanlığı, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Seminer Notları* (s. 7-24). İstanbul: Çevre Kirliliğini Önleme Kurumu Genel Müdürlüğü.
- ÇOB. (2007). *Ulusal Biyolojik Çeşitlilik Stratejisi ve Eylem Planı*. Ankara: T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı.
- ÇŞB. (2016). *Petrol Rafinasyonu*. Ankara: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. Eylül 12, 2017 tarihinde https://www.csb.gov.tr/db/cygm/editordosya/Petrol_Rafinasyonu_Kilavuzu.pdf adresinden alındı
- ÇŞB. (t.y.). *Güneş Enerjisine Dayalı Santraller*. Aralık 21, 2017 tarihinde Çevre ve Şehircilik Bakanlığı: http://www.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/G%C3%83%C5%93NE%C3%85_%20ENERJ%C3%84%C2%B0S%C3%84%C2%B0NE%20DAYALI%20SANTRALLER.pdf adresinden alındı
- ÇŞB. (t.y.). *Hidroelektrik Santraller*. Eylül 29, 2017 tarihinde Çevre ve Şehircilik Bakanlığı: <http://www.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/H%C3%84%C2%B0DROL%C3%84%C2%B0K%20SANTRALLER.pdf> adresinden alındı
- DEK-TMK. (2009). *Dünya'da ve Türkiye'de Güneş Enerjisi*. Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi.
- DEK-TMK. (2014). *Enerji Raporu 2013*. Ankara: Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi. Eylül 20, 2017 tarihinde <http://www.dektmk.org.tr/upresimler/Enerji-Raporu-2013.pdf> adresinden alındı
- Deniz, M. H. (2009). Sanayileşme Perspektifinde Kentleşme ve Çevre İlişkisi. *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Dergisi*(19), 95-105. Nisan 25, 2017 tarihinde <http://journals.istanbul.edu.tr/iucografya/article/view/1023010294> adresinden alındı
- DOE. (2015, Temmuz 06). *Capturing the Motion of the Ocean: Wave Energy Explained*. Ocak 03, 2018 tarihinde U.S. Department of Energy:

<https://www.energy.gov/articles/capturing-motion-ocean-wave-energy-explained> adresinden alındı

DOE. (t.y.). *Hydrogen Production*. Ekim 03, 2017 tarihinde U.S. Department of Energy: <https://energy.gov/eere/fuelcells/hydrogen-production> adresinden alındı

Doğan, P. (2010). Ozon Tabakasını İncelten Maddelerle İlgili Ulusal ve Uluslararası Çalışmalar. Ankara: Çevre ve Orman Bakanlığı. Mayıs 30, 2017 tarihinde <http://iklim.cob.gov.tr/iklim/Files/Sunumlar/OZON%20TABAKASINI%20C4%BONCELTEN%20MADDELERLE%20C4%BOLG%20C4%BOL%20C4%B0%20ULUSAL%20VE%20ULUSLAR%20ARASI%20C3%87ALI%20C5%9EMALAR.pdf> adresinden alındı

DPT. (2010). *Binyıl Kalkınma Raporu Türkiye 2010*. Ankara: Devlet Planlama Teşkilatı. Temmuz 2017, 31 tarihinde http://www.surdurulebilirlikalkinma.gov.tr/wp-content/uploads/2016/07/UNDP-TR-TR-2010-MDG-Report_TR.pdf adresinden alındı

Dura, C. (1991). Çevre Sorunları ve Ekonomi. *Çevre Üzerine* (s. 68-90). içinde Ankara: Türkiye Çevre Sorunları Vakfı.

EE. (2017). *Türkiye'nin Yakıt Cinslerine Göre Kurulu Elektrik Gücü*. Eylül 28, 2017 tarihinde Enerji Enstitüsü: <http://enerjiensitüsü.com/turkiye-kurulu-elektrik-enerji-gucu-mw/> adresinden alındı

EIA. (2016a, Kasım 2). *Where Geothermal Energy Is Found*. Eylül 27, 2017 tarihinde Energy Information Administration: https://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page=geothermal_where adresinden alındı

EIA. (2016b, Kasım 21). *Geothermal Energy and the Environment*. Eylül 27, 2017 tarihinde Energy Information Administration: https://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page=geothermal_environment adresinden alındı

EIA. (2016c). *Capital Cost Estimates for Utility Scale Electricity Generating Plants*. Washington: U.S. Department of Energy. Kasım 15, 2017 tarihinde https://www.eia.gov/analysis/studies/powerplants/capitalcost/pdf/capcost_assumption.pdf adresinden alındı

EIA. (2017a, Ocak 11). *Production of Hydrogen*. Ekim 03, 2017 tarihinde Energy Information Administration: https://www.eia.gov/Energyexplained/index.cfm?page=hydrogen_production adresinden alındı

EIA. (2017b). *Levelized Cost and Levelized Avoided Cost of New Generation Resources in the Annual Energy Outlook 2017*. Washington: U.S. Energy Information Administration. Kasım 14, 2017 tarihinde https://www.eia.gov/outlooks/aeo/pdf/electricity_generation.pdf adresinden alındı

- EIA. (2017c, Ağustos 31). *Solar Energy and the Environment – Basics*. Aralık 28, 2017 tarihinde U.S. Energy Information Administration: https://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page=solar_environment adresinden alındı
- EİGM. (2015). 2015 Genel Enerji Denge Tablosu. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. Ekim 10, 2017 tarihinde http://www.eigm.gov.tr/File/?path=ROOT%2f4%2fDocuments%2fDenge+Tablosu%2f2015_Y%2fc4%b1%2fc4%b1_Ulusal_Enerji_Denge_Tablolar%2fc4%b1-REV001.xlsx adresinden alındı
- EİGM. (2016). *2016 Yılı Enerji Yatırımları*. Ankara: Enerji İşleri Genel Müdürlüğü. Kasım 27, 2017 tarihinde <http://www.eigm.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Enerji-Yatirimlari> adresinden alındı
- Emrealp, S. (2005). *Yerel Gündem 21 Uygulamalarına Yönelik Kolaylaştırıcı Bilgiler El Kitabı*. İstanbul: Uluslararası Yerel Yönetimler Birliği, Doğu Akdeniz ve Ortadoğu Bölge Teşkilatı. Temmuz 31, 2017 tarihinde <http://habitatdernegi.org/tr/dl/YG21ElKitabi.pdf> adresinden alındı
- EPA. (2016, Aralık 28). *Health and Environmental Effects of Ozone Layer Depletion*. Mart 28, 2018 tarihinde United States Environmental Protection Agency: <https://www.epa.gov/ozone-layer-protection/health-and-environmental-effects-ozone-layer-depletion> adresinden alındı
- EPA. (2017a). *Effects of Acid Rain*. Mayıs 26, 2017 tarihinde United States Environmental Protection Agency: <https://www.epa.gov/acidrain/effects-acid-rain> adresinden alındı
- EPA. (2017b). *Basic Ozone Layer Science*. Mayıs 30, 2017 tarihinde United States Environmental Protection Agency: <https://www.epa.gov/ozone-layer-protection/basic-ozone-layer-science> adresinden alındı
- EPDK. (2017a). *Petrol Piyasası 2016 Yılı Sektör Raporu*. Ankara: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu. Eylül 30, 2017 tarihinde <http://www.epdk.org.tr/TR/Dokuman/8079> adresinden alındı
- EPDK. (2017b). *Elektrik Piyasası 2016 Yılı Piyasa Gelişim Raporu*. Ankara: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu. Aralık 13, 2017 tarihinde <http://www.epdk.org.tr/TR/Dokuman/7952> adresinden alındı
- Erdoğan, M. (2016). Çevre Eğitiminin Doğuşu ve Gelişimine Kaynaklık Eden Hareketler ve Çalışmalar. A. A. Kocaeren (Dü.) içinde, *Çevre ve Enerji* (s. 21-39). İstanbul: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Erdoğan, S. (2016). *Arz Güvenliği Bakış Açısı ile Türkiye'de Enerji Politikaları*. Ankara: Orion Kitabevi.
- Eren, S. (2014, Mart 30). *Balıklar Sessizlik İstiyor*. Mayıs 2017, 09 tarihinde Sabah Gazetesi: <http://www.sabah.com.tr/pazar/2014/03/30/baliklar-sessizlik-istiyor> adresinden alındı
- Eren, Y. (2016). Biyolojik Çeşitlilik ve Türkiye'deki Durum. A. A. Kocaeren (Dü.) içinde, *Çevre ve Enerji* (s. 61-112). İstanbul: Nobel Akademik Yayıncılık.

- Eskin, N. (2006). Türkiye'de Güneş Enerjisi Araştırma ve Geliştirme. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 74-82. Kasım 07, 2017 tarihinde http://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/e230522657ecdc5_ek.pdf?dergi=221 adresinden alındı
- ETKB. (2015). ETKB 2015-2019 Stratejik Plan. Ankara: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı.
- ETKB. (2016a). *Türkiye'nin Nükleer Santral Projeleri: Soru-Cevap*. Ankara: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı.
- ETKB. (2016b). *Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ile Bağlı,İlgili ve İlişkili Kuruluşların Amaç ve Faaliyetleri*. Ankara: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı.
- ETKB. (2016c). *2017 Yılı Bütçe Sunumu*. Ankara: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. Kasım 21, 2017 tarihinde [http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2f1%2fDocuments%2fB%C3%BCt%C3%A7e%20Konu%C5%9Fmas%C4%B1%2f2017%20B%C3%BCt%C3%A7e%20Sunu%C5%9F%20Kitab%C4%B1%20\(TBMM%20Genel%20Kurul\).pdf](http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2f1%2fDocuments%2fB%C3%BCt%C3%A7e%20Konu%C5%9Fmas%C4%B1%2f2017%20B%C3%BCt%C3%A7e%20Sunu%C5%9F%20Kitab%C4%B1%20(TBMM%20Genel%20Kurul).pdf) adresinden alındı
- ETKB. (2017a). *2016 Faaliyet Raporu*. Ankara: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. Kasım 21, 2017 tarihinde http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2F1%2FDocuments%2FFaaliyet%20Raporu%2Fetkb_fr_ds_225x300mm_bask%C3%B0_d.pdf adresinden alındı
- ETKB. (2017b, Ocak 01). Dünya Enerji Görünümü. *Dünya ve Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü*(15), s. 3-11. Ekim 09, 2017 tarihinde http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2f1%2fDocuments%2fEnerji%20ve%20Tabii%20Kaynaklar%20G%C3%B6r%C3%BCn%C3%BCm%C3%BC%2fSayi_15.pdf adresinden alındı
- ETKB. (t.y.). *Doğal Gaz*. Eylül 16, 2017 tarihinde Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı: <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Dogal-Gaz> adresinden alındı
- ETKB. (t.y.). *Enerji-Çevre ve İklim Değişikliği*. Ekim 19, 2017 tarihinde Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı: <http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2F1%2FDocuments%2FSayfalar%2FEnerji+-+%C3%87evre+ve+%C4%B0klim+De%C4%9Fi%C5%9Fikli%C4%9Fi.pdf> adresinden alındı
- ETKB. (t.y.). *Güneş*. Aralık 03, 2017 tarihinde Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı: <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Gunes> adresinden alındı
- ETKB. (t.y.). *Hidrojen Enerjisi*. Ekim 03, 2017 tarihinde Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı: <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Hidrojen-Enerjisi> adresinden alındı

- ETKB. (t.y.). *Hidrolik*. Eylül 29, 2017 tarihinde Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı: <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Hidrolik> adresinden alındı
- ETKB. (t.y.). *Jeotermal*. Eylül 26, 2017 tarihinde Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı: <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Jeotermal> adresinden alındı
- ETKB. (t.y.). *Kömür*. Eylül 13, 2017 tarihinde Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı: <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Komur> adresinden alındı
- ETKB. (t.y.). *Kömür Nedir?* Eylül 13, 2017 tarihinde Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı: <http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2f1%2fDocuments%2fSayfalar%2fK%C3%B6mür%2fNedir-.pdf> adresinden alındı
- ETKB. (t.y.). *Nükleer Enerji*. Eylül 20, 2017 tarihinde Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı: <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Nukleer-Enerji> adresinden alındı
- ETKB. (t.y.). *Petrol*. Eylül 14, 2017 tarihinde Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı: <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Petrol> adresinden alındı
- ETKB. (t.y.). *Rüzgar*. Eylül 27, 2017 tarihinde Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı: <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Ruzgar> adresinden alındı
- ETKB. (t.y.). *Uranyum ve Toryum*. Eylül 21, 2017 tarihinde Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı: <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Uranyum-ve-Toryum> adresinden alındı
- European Commission. (2016, Aralık 06). *Turkey - financial assistance under IPA II*. Şubat 12, 2018 tarihinde European Commission: https://ec.europa.eu/neighbourhood-enlargement/instruments/funding-by-country/turkey_en adresinden alındı
- EÜ-GEE. (t.y.). *Enstitü Hakkında*. Aralık 10, 2017 tarihinde Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü: <http://eusolar.ege.edu.tr/hakkinda/> adresinden alındı
- EVSİB. (2012). Enerji Verimliliği Strateji Belgesi (2012-2023). Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı.
- FAO. (2010). *Global Forest Resources Assessment 2010 (Main Report)*. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization.
- Filoğlu, E. (2011). Türkiye'de Mikro Kojenerasyon. *II. Elektrik Tesisat Ulusal Kongresi* (s. 1-6). İzmir: TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası. Şubat 01, 2018 tarihinde http://www.emo.org.tr/ekler/1d7156ffb1bc9a4_ek.pdf adresinden alındı
- Folger, T. (2014, Eylül 29). Yeni Yeşil Devrim. *National Geographic Türkiye*. Haziran 10, 2017 tarihinde http://www.nationalgeographic.com.tr/makale/ekim_2014/yeni-yesil-devrim/1233 adresinden alındı

- Gerçek, N. (2009, Aralık). İletişim Teknolojisinin Atığı: Elektromanyetik Kirlilik. *Elektrik Mühendisliği Dergisi*(437), 25-27.
- Göncü, S. (2012). Küresel Çevre Sorunları. Ü. B. Öğütveren (Dü.) içinde, *Çevre Sorunları ve Politikaları* (s. 66-89). Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayınları.
- Görmez, K. (2015). *Çevre Sorunları* (3. b.). Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- GSD. (2015, Mayıs). Endüstriyel Kojenerasyon Uygulamaları. İstanbul: General System Desing Inc. Şubat 02, 2018 tarihinde http://turkoted.org/admin/belgelerim/dosyalar/295_endustri.pdf adresinden alındı
- GTB. (2013, Temmuz 31). *Yenilenebilir Enerji Kooperatifleri*. Şubat 07, 2018 tarihinde Gümrük ve Ticaret Bakanlığı Kooperatifçilik Genel Müdürlüğü: <https://koop.gtb.gov.tr/kooperatifler-hakkinda/yenilenebilir-enerji-kooperatifleri> adresinden alındı
- Güler, Ç., & Çobanoğlu, Z. (1997). *Toprak Kirliliği*. Ankara: Sağlık Bakanlığı.
- Gülsaç, I. I. (2009, 05). Okyanuslardan Gelen Enerji Dalga Enerjisi. *Bilim ve Teknik*, 58-61.
- Gündoğan, G. (2017, Mart 25). Zonguldak'ta Dalga Enerjisinden Elektrik Üretilecek. *Hürriyet Gazetesi*. Ocak 04, 2018 tarihinde <http://www.hurriyet.com.tr/zonguldakta-dalga-enerjisinden-elektrik-uretil-40406689> adresinden alındı
- Harris, J. M. (2011, Mart 03). Basic Principles of Sustainable Development (Sürdürülebilir Kalkınmanın Temel Prensipleri). (E. Özmete, Dü.) *Hacettepe Üniversitesi Sosyolojik Araştırmalar E-Dergisi*, 00-04. Haziran 13, 2017 tarihinde <http://www.sdergi.hacettepe.edu.tr/makaleler/EmineOzmet2eviri.pdf> adresinden alındı
- IAEA. (2015). *Annual Report 2015*. Vienna, Austria: International Atomic Energy Agency. Eylül 23, 2017 tarihinde <https://www.iaea.org/sites/default/files/gc60-9.pdf> adresinden alındı
- IAEA. (t.y.). *Integrated Energy Planning for Sustainable Development*. Ocak 05, 2018 tarihinde International Atomic Energy Agency: <https://www.iaea.org/OurWork/ST/NE/Pess/assets/IEPSD%20Brochure%20WEB.pdf> adresinden alındı
- IEA. (2016). *Energy Policies of IEA Countries: Turkey*. Paris, France: International Energy Agency.
- IEA. (2017). *Key world energy statistics*. Paris/France: International Energy Agency. Eylül 19, 2017 tarihinde <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2017.pdf> adresinden alındı

- ILO. (2014). *Temiz Enerji ve Enerjiye Erişimde Kooperatifler*. Gümrük ve Ticaret Bakanlığı. Cenova: Uluslararası Çalışma Örgütü. Şubat 08, 2018 tarihinde <http://koop.gtb.gov.tr/data/55cdd6621a79f525043b717a/ILO%20ENERJ%C4%B0%20KOOPERAT%C4%B0FLER%C4%B0%20RAPORU.pdf> adresinden alındı
- IPCC. (2007). *İklim Değişikliği 2007: Doğa Bilimleri Temelinde Politika Belirleyiciler İçin Özet*. Cenevre,İsviçre: Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IPCC. (2014). *Climate Change 2014 Synthesis Report*. Geneva, Switzerland: Intergovernmental Panel on Climate Change. Mayıs 18, 2017 tarihinde http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full_wcover.pdf adresinden alındı
- Kalkınma Bakanlığı. (2015). *Kalkınma Ajansları 2015 Yılı Genel Faaliyet Raporu*. Ankara: Kalkınma Bakanlığı.
- Kalogirou, S. A. (2004). Solar thermal collectors and applications. *Progress in Energy and Combustion Science*, 231-295.
- Kapluhan, E. (2014). Enerji Coğrafyası Açısından Bir İnceleme:Güneş Enerjisinin Dünya'daki ve Türkiye'deki Kullanım Durumu. *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Dergisi*(29), 70-98.
- Karamanav, M. (2007). *Güneş Enerjisi ve Güneş Pilleri*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Sakarya Üniversitesi.
- Kavas, K., & Sezer, S. (2002). “Johannesburg Dünya Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi”nin Ardından. *Türk İdare Dergisi*(437), 1-25. Ağustos 01, 2017 tarihinde http://www.tid.gov.tr/_layouts/download.aspx?SourceUrl=http://www.tid.gov.tr/Makaleler/KKAVAS.DOC adresinden alındı
- Kaya, K., & Koç, E. (2015, Ocak). Enerji Üretim Santralleri Maliyet Analizi. *Mühendis ve Makina*, 56(660), 61-68. Kasım 11, 2017 tarihinde https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/14c4511b3c98f14_ek.pdf adresinden alındı
- Kaya, O. (2017). *Enerji Kooperatifleri El Kitabı*. Çanakkale: Yeşil Düşünce Derneği. Şubat 07, 2018 tarihinde <http://yesildusunce.org/dl/uploads/ENERJIKOOPERATIFLERI.pdf> adresinden alındı
- Kayapınar, Y. E. (2006). Ulusal Çevre Stratejisi Eylem Planı. Ankara: Çevre ve Orman Bakanlığı. Ağustos 18, 2017 tarihinde www.undp.org/content/dam/turkey/docs/pressreleases/1A-UCEPSUNU1.ppt adresinden alındı
- Keleş, R. (1980). Kentbilim Terimleri Sözlüğü. Ankara: Türk Dil Kurumu Yayınları. Nisan 14, 2017 tarihinde http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=com_bilimsanat&arama=kelime&guid=TDK.GTS.5aba5fedea86.23900258 adresinden alındı

- Keleş, R. (1991). Kentleşme Nüfus ve Çevre. *Çevre Üzerine* (s. 180-199). içinde Ankara: Türkiye Çevre Sorunları Vakfı.
- Keleş, R. (1994). Kent ve Çevre Haklarının Korunması Üzerine Gözlemler. *Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi*, 49(3), 275-281. Nisan 24, 2017 tarihinde <http://dergiler.ankara.edu.tr/dergiler/42/465/5332.pdf> adresinden alındı
- Kence, A. (1991). Biyolojik Çeşitlilik. *Çevre Üzerine* (s. 234-248). içinde Ankara: Türkiye Çevre Sorunları Vakfı.
- Kılıç, A. (1993). Güneş Enerjisi ve Uygulamaları. *TMMOB Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 6-14.
- Kılıç, F. Ç. (2011, Mart). Türkiye'nin Yenilenebilir Enerjilerde Mevcut Durum ve Teşviklerinde Son Gelişmeler. *Mühendis ve Makina*, 52(614), 103-115. Kasım 7, 2017 tarihinde http://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/5cb77bf15dd651f_ek.pdf?dergi=1121 adresinden alındı
- Kışlalıoğlu, M., & Berkes, F. (1992). *Biyolojik Çeşitlilik*. Ankara: Türkiye Çevre Vakfı.
- Kocabaş, A. (1996). *Ekoloji ve Çevre Biyolojisi*. İzmir: Ege Üniversitesi Su ürünleri Yayınları.
- Koparal, A. (2012). Çevre Sorunlarının Nedenleri. Ü. B. Öğütveren (Dü.) içinde, *Çevre Sorunları ve Politikaları* (s. 24-43). Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayınları.
- Kökçam, Z., & Bahadır, A. E. (2001). İklim Değişikliği, Kyoto Protokolü ve Türkiye. *II. Çevre ve Enerji Kongresi Bildiriler Kitabı (15-17 Kasım 2001)* (s. 77-85). İstanbul: TMMOB Makina Mühendisleri Odası.
- LAZARD. (2017). *Lazard's Levelized Cost of Energy Analysis-Version 11.0*. New York: LAZARD. Kasım 15, 2017 tarihinde <https://www.lazard.com/media/450337/lazard-levelized-cost-of-energy-version-110.pdf> adresinden alındı
- Mahmutoğlu, M. (2013). Türkiye'nin Enerjide Dışa Bağımlılığı ve Buna İlişkin Çözüm Önerileri. *Kalkınma*(67), 10-22. Eylül 19, 2017 tarihinde http://www.kalkinma.com.tr/data/file/kalkinma_dergisi/67_dergi_2013.pdf adresinden alındı
- MEA. (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Desertification Synthesis*. Washington,USA: Millennium Ecosystem Assessment. Mayıs 31, 2017 tarihinde <http://www.millenniumassessment.org/documents/document.355.aspx.pdf> adresinden alındı
- MEB. (2001). *Radyasyon Kirliliği*. Ankara: Milli Eğitim Bakanlığı.
- MEB. (2011). *Çevre Sağlığı: Elektromanyetik Kirlilik*. Ankara: Milli Eğitim Bakanlığı.

- MEB. (2012). *Ham Petrolün Destilasyonu*. Ankara: Milli Eğitim Bakanlığı.
- MGM. (2017). *Ozon ve Ozon Tabakası*. Mayıs 29, 2017 tarihinde Meteoroloji Genel Müdürlüğü:
<https://mgm.gov.tr/FILES/arastirma/ozonuv/ozonveozontabakasi.pdf>
adresinden alındı
- MGM. (t.y.). *Atmosfer*. Nisan 29, 2017 tarihinde Meteoroloji Genel Müdürlüğü İnternet Sitesi: <https://www.mgm.gov.tr/genel/sss.aspx?s=atmosfer>
adresinden alındı
- MGM. (t.y.). *Güneş*. Ocak 04, 2018 tarihinde Meteoroloji Genel Müdürlüğü:
<https://www.mgm.gov.tr/FILES/arastirma/ozonuv/gunes.pdf> adresinden
alındı
- MGM. (t.y.). *İklim Değişikliği*. Mayıs 22, 2017 tarihinde Meteoroloji Genel Müdürlüğü: <https://www.mgm.gov.tr/iklim/iklim-degisikligi.aspx> adresinden
alındı
- MMO. (2012). *Türkiye'nin Enerji Görünümü*. Ankara: TMMOB Makina Mühendisleri Odası.
- Muslu, Y. (2000). *Ekoloji ve Çevre Sorunları*. İstanbul: Aktif Yayınevi.
- Neptun, M. (2011). *Nasıl Çalışır-Güneş Panelleri*. TRT1. Mart 14, 2017 tarihinde
<https://www.dailymotion.com/video/xkat62> adresinden alındı
- NOAA. (2006, Ağustos 29). *Frequently Asked Questions About Ozone*. Mayıs 29, 2017 tarihinde National Oceanic and Atmospheric Administration:
<http://www.ndsc.ncep.noaa.gov/faq/#faq5> adresinden alındı
- Orhan, G. (2012). Hava Kirliliği ve Asit Yağmurları: Uzun Menzilli Sınırlar Ötesi Hava Kirliliği Sözleşmesi ve Protokolleri Karşısında Türkiye'nin Konumu. *Marmara Avrupa Araştırmaları Dergisi*, 20(1), 123-150. Nisan 28, 2017 tarihinde <http://e-dergi-marmara.dergipark.gov.tr/maruaad/issue/326/1584>
adresinden alındı
- Orman ve Su İşleri Bakanlığı. (2012). *Biyolojik Çeşitliliği İzleme ve Değerlendirme Raporu 2012*. Ankara: T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı.
- Ozmehmet, E. (2008, Ekim). Dünyada ve Türkiye'de Sürdürülebilir Kalkınma Yaklaşımları. *E-Journal of Yaşar Universty*, 3(12), 1853-1876. Haziran 10, 2017 tarihinde <http://journal.yasar.edu.tr/arsiv/vol3/no12-vol3/> adresinden
alındı
- Ökmen, M. (2010). Mekan-Ekosistem-Çevre-Ekoloji-Çevrebilim:Kavramsal Tartışma. U. Yıldırım içinde, *Çevre Sorunları Üzerine Güncel Yazılar* (s. 11-43). İstanbul: Lisans Yayıncılık.
- Önder, R. (2016). Çevre Sorunlar. A. A. Kocaeren (Dü.) içinde, *Çevre ve Enerji* (s. 113-155). İstanbul: Nobel Akademik Yayıncılık.

- Önder, S., & Nurgül Konaklı. (2002). Görsel Kirlilik ve Konya Kent Örneğinde İncelenmesi Üzerine Bir Araştırma. *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(30), 28-37.
- Özsoy, A. (2016). Geleneksel Enerji Kaynakları. A. A. Kocaeren (Dü.) içinde, *Çevre ve Enerji* (s. 157-220). İstanbul: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Öztürk, H. H. (2013). *Yenilenebilir Enerji Kaynakları*. İstanbul: Birsen Yayınevi.
- Pamir, N. (2017). *Enerjinin İktidarı* (3. b.). İstanbul: Hayykitap.
- Ponting, C. (2012). *Dünyanın Yeşil Tarihi Çevre ve Büyük Uygarlıkları Çöküşü* (3. b.). İstanbul: Sabancı Üniversitesi Yayınları.
- Power Enerji. (2016, Haziran 30). *Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Haritası Bölge İl Güneşlenme Süreleri*. Kasım 09, 2017 tarihinde Power Enerji: <http://www.powerenerji.com/turkiye-gunes-enerjisi-potansiyel-haritasi-bolge-il-guneslenme-sureleri.html> adresinden alındı
- Reece, J. B., Urry, L. A., Cain, M. L., Wasserman, S. A., Minorsky, P. V., & Jackson, R. B. (2013). *Campbell Biyoloji*. Ankara: Palme Yayıncılık.
- REN21. (2017). *Renewables 2017 Global Status Report*. Paris: Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. Kasım 22, 2017 tarihinde http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2017/06/17-8399_GSR_2017_Full_Report_0621_Opt.pdf adresinden alındı
- Sağlam, M., & Uyar, T. S. (2005). Dalga Enerjisi ve Türkiye'nin Dalga Enerjisi Teknik Potansiyeli. *III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi* (s. 1-5). Mersin: TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası. Ocak 04, 2018 tarihinde http://www.emo.org.tr/ekler/20bb2d9a50d5ac1_ek.pdf adresinden alındı
- Sağlam, M., Sulukan, E., & Uyar, T. S. (2010). Wave Energy and Technical Potential of Turkey. *Journal of Naval Science and Engineering*, 6(2), 34-50.
- Saner, H. S. (2015). *Türkiye'de Güneş Enerjisi Santrallerinin Yer Seçimi ve Çevresel Etkileri: Karapınar ve Karaman Enerji İhtisas Endüstri Bölgeleri Örneklerinin Değerlendirilmesi*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Ankara Üniversitesi, Ankara.
- Sarıcı, E. (t.y.). *Nükleer Santral Nasıl Çalışır*. Eylül 22, 2017 tarihinde http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/29/026/29026786.pdf adresinden alındı
- Solar PEIS. (t.y.). *Solar Energy Development Environmental Considerations*. Aralık 28, 2017 tarihinde Solar Energy Development Programmatic EIS: <http://solareis.anl.gov/guide/environment/> adresinden alındı
- Şahin, B. (t.y.). *Güneş Enerjisinin Isı ve Elektrik Enerjisine Dönüşümü*. Ekim 21, 2017 tarihinde Erzurum Üniversitesi: http://www.erkurum.edu.tr/Content/Yuklemeler/Personel/Bayram_SAHIN/5._bolum_gunes_enerjisi7866.pdf adresinden alındı

- Şenlik, İ. (2017, Ekim). Güneş Enerjisi Santrallerinin Yer Seçimi. *Elektrik Mühendisliği*(462), 94-98. Aralık 15, 2017 tarihinde http://www.emo.org.tr/ekler/38bcc4b92d0ddf_ek.pdf?dergi=1114 adresinden alındı
- TAEK. (2009, Ağustos 10). *Nükleer Hammadde: Uranyum, Toryum*. Eylül 21, 2017 tarihinde Türkiye Atom Enerjisi Kurumu: <http://www.taek.gov.tr/nukleer-guvenlik/nukleer-enerji-ve-reaktorler/172-nukleer-yakit-cevrimi/472-nuekleer-hammadde-uranyum-toryum.html> adresinden alındı
- TAEK. (2010a, Ağustos 24). *Nükleer Güvenlik*. Eylül 22, 2017 tarihinde Türkiye Atom Enerjisi Kurumu: <http://www.taek.gov.tr/nukleer-guvenlik/nukleer-enerji-ve-reaktorler/166-gunumuzde-nukleer-enerji-rapor/439-bolum-05-nukleer-guvenlik.html> adresinden alındı
- TAEK. (2010b). *Günümüzde Nükleer Enerji*. Ankara: Türkiye Atom Enerjisi Kurumu.
- TÇSV. (1987). Ortak Geleceğimiz. *Çevre Üzerine* (s. 165-180). içinde Ankara: Türkiye Çevre Sorunları Vakfı.
- TDK. (2011). İktisat Terimleri Sözlüğü. Ankara: Türk Dil Kurumu Yayınları. Haziran 15, 2017 tarihinde http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=com_bts&arama=kelime&guid=TDK.GTS.5aba607110e349.33893248 adresinden alındı
- TEİAŞ. (2014). *2014 Yılı Türkiye Elektrik İletimi Sektör Raporu*. Ankara: Türkiye Elektrik İletim A.Ş. Eylül 23, 2017 tarihinde <http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2F1%2FDocuments%2FSekt%C3%B6r%20Raporu%2FTE%20C4%B0A%20C5%9E%20Sekt%C3%B6r%20Raporu%202014.pdf> adresinden alındı
- TEİAŞ. (2016a). *Türkiye'nin Yenilenebilir Kaynaklarına Ait Kurulu Gücünün Toplam Kurulu Güç İçindeki Payının Yıllar İtibariyle Gelişimi (2000-2016)*. Ankara. Kasım 10, 2017 tarihinde <http://www.teias.gov.tr/sites/default/files/2017-10/15.xlsx> adresinden alındı
- TEİAŞ. (2016b). *2006 ve 2016 Yılları İçin Birincil Enerji Kaynaklarına Göre Türkiye Kurulu Gücü*. Ankara: Türkiye Elektrik İletim A.Ş. Kasım 09, 2017 tarihinde <http://www.teias.gov.tr/sites/default/files/2017-10/1.docx> adresinden alındı
- Teksöz, G. (2014). Geçmişten Ders Almak: Sürdürülebilir Kalkınma İçin Eğitim. *Boğaziçi Üniversitesi Eğitim Dergisi*, 31(2), 73-97.
- Tezcan Ün, Ü. (2003). Dalga Enerjisi Teknolojisi, Ekonomisi, Çevresel Etkisi ve Dünyadaki Durumu. *II.Yenilenebilir Enerji Sempozyumu* (s. 1-9). İzmir: TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası. Ocak 05, 2018 tarihinde http://www.emo.org.tr/etkinlikler/yeksem/etkinlik_bildirileri_detay.php?etkinlikkod=127&bilkod=3524 adresinden alındı
- TMMOB. (2016). *Türkiye'nin Enerji Görünümü 2016*. Ankara: TMMOB Makina Mühendisleri Odası. Kasım 08, 2017 tarihinde

http://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/5a810b69dea7107_ek.pdf
adresinden alındı

- TMMOB&OTDÜ MD. (2017, Mart). Türkiye'nin Enerji Görünümü. Ankara: TMMOB Türkiye Makina Mühendisleri Odası&ODTÜ Mezunlar Derneği. Kasım 20, 2017 tarihinde http://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/54a0872d81aa413_ek.pdf?tipi=2&turu=X&sube=10 adresinden alındı
- Toros, A., Ulusoy, M., & Ergöçmen, B. (1997). *Ulusal Çevre Eylem Planı: Nüfus ve Çevre*. Devlet Planlama Teşkilatı.
- Torunoğlu, E. (2003). *Tübitak Vizyon 2023 Paneli: Sürdürülebilir Kalkınma Paradigması Üzerine Ön Notlar*. Ankara: TÜBİTAK.
- Torunoğlu, E. (2012). Çevre, Ekosistem ve Temel Kavramlar. Ü. B. Öğütveren (Dü.) içinde, *Çevre Sorunları ve Politikaları* (s. 2-22). Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayınları.
- Torunoğlu, E. (2012). Ulusal Çevre Koruma Politikaları. Ü. B. Öğütveren içinde, *Çevre Sorunları ve Politikaları* (s. 110-127). Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayınları.
- TPAO. (2017). *2016 Yılı Ham Petrol ve Doğal Gaz Sektör Raporu*. Ankara: Türkiye Petrolleri Strateji Geliştirme Daire Başkanlığı. Eylül 14, 2017 tarihinde http://www.tpao.gov.tr/tp5/docs/rapor/sektorrapor_2806.pdf adresinden alındı
- Tsoutsos, T., Frantzeskaki, N., & Gekas, V. (2005). Environmental Impacts From The Solar Energy Technologies. *Energy Policy*(33), 289-296.
- Tuna, M. (2007). Çevrecilik: Tarihsel, Teorik, Felsefi Temelleri ve Küreselleşmesi. A. Mengi (Dü.) içinde, *Çevre ve Politika Başka Bir Dünya Özlemi* (s. 187). Ankara: İmge Kitabevi Yayınları.
- TÜBİTAK. (t.y.). Mayıs 12, 2018 tarihinde TÜBİTAK İnternet Sitesi: http://www.tug.tubitak.gov.tr/dokumanlar/isik_kirliligi/kirlilik.html adresinden alındı
- TÜİK. (2016, Nisan 18). *Seragazi Emisyon Envanteri, 2014*. Eylül 19, 2017 tarihinde Türkiye İstatistik Kurumu Haber Bülteni Sayı:21582: <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=21582> adresinden alındı
- Türkeş, M. (2001). Küresel İklimin Korunması, İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Türkiye. *TMMOB Makina Mühendisleri Odası Tesisat Mühendisliği Süreli Teknik Yayın*(61), 14-29. Mayıs 24, 2017 tarihinde https://www.mgm.gov.tr/FILES/genel/makale/3_idcs.pdf adresinden alındı
- Türkeş, M., Sümer, U. M., & Çetiner, G. (2000). Kyoto Protokolü Esneklik Mekanizmaları. *Tesisat Dergisi*(52), 84-100. Mayıs 24, 2017 tarihinde <https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/KPEsneklik.pdf> adresinden alındı
- UN. (2012). *The Future We Want*. Rio de Janeiro, Brazil: United Nations. Ağustos 03, 2017 tarihinde

http://www.tr.undp.org/content/turkey/tr/home/library/environment_energy/the_future_we_want_june_2012.html adresinden alındı

- UNECE. (2017). *United Nations Economic Commission for Europe*. Mayıs 27, 2017 tarihinde Convention on Long-range Transboundary Air Pollution: <http://www.unece.org/env/lrtap/30anniversary.html> adresinden alındı
- UNEP. (2017a). *Facts on Pollutants: Acid Rain*. Mayıs 27, 2017 tarihinde United Nations Environment Programme: <http://staging.unep.org/tnt-unep/toolkit/pollutants/Acidrain.html> adresinden alındı
- UNEP. (2017b). *Ozone and Climate – Restored by a World United*. Mayıs 30, 2017 tarihinde United Nations Environment Programme: <http://www.unep.org/stories/story/ozone-and-climate-%E2%80%93-restored-world-united> adresinden alındı
- Uzun, N. (2016). Çevre Ögeleri ve Sistemler. A. A. Kocaeren içinde, *Çevre ve Enerji* (s. 41-59). İstanbul: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Üçgül, İ., & Elibüyük, U. (2016). Yenilenebilir ve Alternatif Enerji Çeşitleri. A. A. Kocaeren (Dü.) içinde, *Çevre ve Enerji* (s. 221-307). İstanbul: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Ün, Ü. T. (2012). Doğal Kaynaklar ve Çevre Kirliliği. Ü. B. Ögütveren (Dü.) içinde, *Çevre Sorunları ve Politikaları* (s. 44-65). Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayınları.
- Ünal, S., Mançuhan, E., & Sayar, A. A. (2001). *Çevre Bilinci, Bilgisi ve Eğitimi*. İstanbul: Marmara Üniversitesi Yayınları.
- WEC. (2016). *World Energy Resources Uranium & Nuclear | 2016*. London: World Energy Council.
- WMO. (2010). *Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2010*. Switzerland: World Meteorological Organization. Mayıs 30, 2017 tarihinde <https://www.esrl.noaa.gov/csd/assessments/ozone/2010/chapters/prefaceprologue.pdf> adresinden alındı
- WWF. (2010). *Yaşayan Gezegen Raporu*. Gland, Switzerland: World Wildlife Fund. Mayıs 31, 2017 tarihinde <http://d2hawiim0tjbd8.cloudfront.net/downloads/yasayangezegenraporu2010.pdf> adresinden alındı
- WWF. (2017a). *How many species are we losing?* Haziran 01, 2017 tarihinde World Wildlife Fund: http://wwf.panda.org/about_our_earth/biodiversity/biodiversity/ adresinden alındı
- WWF. (2017b). *Deforestation*. Haziran 07, 2017 tarihinde World Wildlife Fund: http://wwf.panda.org/about_our_earth/deforestation/ adresinden alındı
- WWF. (2017c). *Tropical Rainforests*. Haziran 07, 2017 tarihinde World Wildlife Fund:

http://wwf.panda.org/about_our_earth/deforestation/importance_forests/tropical_rainforest/ adresinden alındı

Yale University. (2016). *Environmental Performance Index 2016 Report*. New Haven/ABD: Yale University. Temmuz 2017, 2017 tarihinde <http://epi.yale.edu/country-rankings> adresinden alındı

Yale University. (2017). *Environmental Performance Index*. New Haven ABD: Yale University. Temmuz 05, 2017 tarihinde http://epi.yale.edu/sites/default/files/2016EPI_Backcasted_Scores.xls adresinden alındı

Yarman, T. (2012). *Enerji Kaynakları* (2. b.). İstanbul: Okan Üniversitesi.

YEGM. (2008). *Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA)*. Kasım 11, 2017 tarihinde Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü: <http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx> adresinden alındı

YEGM. (t.y.). *Güneş Enerjisi ve Teknolojileri*. Ekim 27, 2017 tarihinde Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü: http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx adresinden alındı

YEGM. (t.y.). *Hidrojen Enerjisi*. Ekim 03, 2017 tarihinde Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü: http://www.eie.gov.tr/teknoloji/h_enerjisi.aspx adresinden alındı

YEGM. (t.y.). *Rüzgar Enerjisi*. Eylül 27, 2017 tarihinde Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü: http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/ruzgar-ruzgar_enerjisi.aspx adresinden alındı

Yıkılmaz, R. F. (2011). *Sürdürülebilir Kalkınmanın Ölçülmesi ve Türkiye İçin Yöntem Geliştirilmesi*. Ankara: Başbakanlık ve Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı.

Yıldız, N. (2005). Türkiye'nin Avrupa Birliği'ne Uyum Sürecinde Çevre Politikalarının Karşılaştırmalı Analizi. *Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 1(6), 164-173. Ağustos 12, 2017 tarihinde <http://bys.trakya.edu.tr/file/open/89646229> adresinden alındı

Yılmaz, Ş. (2016). Türkiye için Enerji Ekipmanlarının Yerli İmalat Politikası. *Mühendis ve Makina*, 57(679), 10-17. Aralık 13, 2017 tarihinde https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/600e44471689148_ek.pdf adresinden alındı



EKLER

**EK 1: 25.04.2018 Tarihinde Manisa Spil Enerji A.Ş.'den Proje ve Uygulama
Mühendisi Ramazan ZEYBEK'le Yapılan Görüşme**

GÖRÜŞME FORMU

GÖRÜŞME BİLGİLERİ

GÖRÜŞME TARİHİ VE SAATİ : 25/04/2018-14:30
GÖRÜŞME YERİ/SÜRESİ : Manisa Spil Enerji A.Ş. / 75 dakika
GÖRÜŞME KAYIT İZİN TÜRÜ : () Yazılı Kayıt (X) Ses Kaydı () Video Kaydı () Kayıt yok
GÖRÜŞMENİN AMACI : Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyelinin değerlendirilmesinde karşılaşılan sorunları tespit etmek ve güneş enerjisine dayalı temiz enerji arzı için yol gösterici önerileri belirlemek amacıyla alanında yetkin kişilerden bilgi toplamak.
ARAŞTIRMANIN AMACI : Sürdürülebilir kalkınma yaklaşımı ile Türkiye'nin enerji ihtiyacını karşılamada güneş enerjisi ile ilgili karşılaşılan sorunları ortaya koyarak güneş enerjisine dayalı temiz enerji arzı için yol gösterici öneriler sunmak.
ARAŞTIRMANIN KONUSU : Sürdürülebilir Çevre Vizyonu Açısından Türkiye'nin Enerji Politikalarında ve Stratejilerinde Güneş Enerjisinin Geleceği

GÖRÜŞME YAPILACAK KİŞİNİN

ADI SOYADI : Ramazan ZEYBEK
ÇALIŞTIĞI KURUM/KURULUŞ : Spil Enerji A.Ş. Manisa
UNVAN/GÖREVİ : Elektronik Mühendisi/Proje ve Uygulama Mühendisi
CİNSİYETİ : (X) Erkek () Kadın
EĞİTİM DURUMU : Lisans/Elektronik Mühendisi

GÖRÜŞME KAYDININ DEŞİFRESİ

GÖRÜŞMECİ: Öncelikle bana bu imkânı tanıdığınız için teşekkür ediyorum. Güneş enerjisinin Türkiye'deki potansiyeli, önündeki engeller ve gelecekteki durumu ile ilgili olarak sizinle görüşmek istedim. Bazı sorular hazırladım. Sizin de katkınızla konu daha da genişleyecek, yeni sorular ekleyebiliriz. Sorularla mı gidelim?

R.ZEYBEK: Öncelikle kendimi tanıtayım. Ben Ramazan ZEYBEK, 1985 Denizli doğumluyum. 2012 yılından beri Spil Enerji A.Ş. firmasında görev yapmaktayım. Elektronik mühendisiyim. 2012 yılından beri şirket olarak yenilenebilir enerji üzerine çalışmalar yapıyoruz. Öncelikli olarak fotovoltaik sistemler üzerine yoğunlaştık. Bunun üzerine gerekli çalışmaları, araştırmaları yaptım, yurt dışı firmaları ziyaret ettim. Almanya'ya, Kazakistan'a ziyarete gittim, yerlerinde gördük. Daha sonra kendi ilk yerli panel üretimini yapma konusunda birçok araştırmalarımız oldu, sene 2012'lerde. Şu anda 30 adet firma var; yerli panel üreten, Türkiye'de. Geçen ay 31. si faaliyete başladı. Biz bunu 2012'de düşündüğümüzde, bu firmalar yoktu. Sonrasında, Türkiye'de pazarın olmadığını düşünerek yatırım kararından vazgeçtik. Bunun yerine distribütör modeli ile yurt dışından panel getirip satmak ve sistem kurulumları üzerine devam ettik. Bu amaçla ayrıca TÜBİTAK projeleri de hazırladık. Çift eksenli güneş takip sistemi yapıldı, 2014 yılında, yüzde 75 devreye alındı. Şu anda işletmemizde 6 adet, toplamda 33 kW'lık çift eksen güneş takip sistemi çalışmaktadır. Tamamen yerli ve milli imkanlarla yapılmıştır. Bunun yerine Celal Bayar Üniversitesi'nde bazı lisans öğrencilerine, bitirme tezlerinde sanayi danışmanlığı yaptım. Celal Bayar Üniversitesi bünyesinde seminer ve konferanslar verdik; 2 sene öncesinde, Sezai TAŞKIN hocamızın talebi üzerine. Manisa Esnaf ve Sanatkarlar Odaları Birliği Teknik ve Endüstri Meslek Lisesi'nde enerji verimliliği haftasında seminerler verdik, öğrencilere sunum yaptık. Elimizden geldiğince çevre ve enerji konuları üzerine yaptığımız çalışmalarını ve birikimleri yeni nesillere aktarma çabasıdayız. Bu konuda yurt içi ve yurt dışı fuarlara da halen katılıyoruz. Şu anda yeni yeni yönetmelikler çıkıyor. Bu kanun, ilk çıktığında 2005 yılıydı. İlk önce kanun çıktı, sonra 2013 yılında yönetmelik çıktı, sonrasında yönetmelikler güncellendi. En son 10 kW çatı üstü sistemlerle ilgili yeni bir yönetmelik yayınlandı. Buradaki amaç, vatandaşların yenilenebilir enerjiye olan katkısını olabildiğince artırmak için bürokratik engelleri azaltmaktır. Çünkü öncesinde, vatandaş bayağı bir mağdur oluyordu. Neden mağdur oluyordu? Başvuru süreciyle başlayıp sonrasında çağrı mektuplarının alınması, Ankara'ya TEDAŞ dosyalarının hazırlanması, TEDAŞ onayından gelmesi, sonra sistem ve kullanım anlaşmasının imzalanması, tesisin kurulması, devreye alınması, tekrar TEDAŞ'ın geçici kabulü, derken bu süreler yaklaşık bir yılı buluyordu; en kısa süreyle. Bu sırada, eğer kurulum yapılacak yer araziye imar dönüşüm süreçleri yapılıyordu. İmar dönüşümü içinde büyükşehirler ve normal şehirler olmak üzere iki ayrı yol var. Büyükşehirlerde büyükşehirin kapsamında, kırsal kesimde il özel idarelerinde yapılıyor bu imar değişikliği, diğer yerlerde belediyeler bakıyor. Şu anda Manisa'da büyükşehir olduğu için Manisa Büyükşehir Belediyesi de imar dönüşümünde yetkilidir. Bundan dolayı imar dönüşüm süreleri minimum altı ay sürmekte, üç ayı zaten askıda kalmakta. Bunlar olabildiğince yatırımların önünde engeldi. TEDAŞ ve Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü bu prosedürü azaltmak için ilk önce 100 kW'nin üstü projeler, Ankara'ya TEDAŞ onayına gönderildi. 100 kW'nin altındaki kurulumlara TEDAŞ bölge müdürlükleri tarafından izin verilmesi kararlaştırıldı. Ancak bu çok etkili olmadı. Çünkü 100 kW altındaki projeler genellikle çatı uygulamalarına yönelik oluyordu. İlk olarak 500 kW çıkan lisansız üretim izni, sonrasında 1 MW'ye çıkarıldı.

Hatta Bakanlar Kurulu kararıyla 5 MW'ye kadar da artırılabilmekte. Böyle olunca 100 kW, bir sınır teşkil etmedi. Çünkü 100 kW'nin üstünü yapan zaten 150 kW yapmadı, 1 MW yaptı. 100 kW'nin altında yapılanlarda genellikle küçük kuruluşlar olduğu için bunlarda 3 kW, 4 kW, 10 kW seviyelerinde kaldı. Böyle olunca vatandaşa inme konusunda yine sorunlar oldu biraz. Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü yeniden bir çalışma yaptı. Bu konuda derneklerden GÜNDER olsun GENSED olsun bunların da çok katkıları var. Ankara'da bürokratlarla görüşülerek 10 kW ve altı çatı üstü uygulamalar için yeni bir yönetmelik yayımlandı. Bu yeni yönetmelik ne getirdi bize? Bu yönetmelik sadece çatı uygulamalarını kapsamakta. Arazi kurulumlarını kapsamıyor. Çatı üzerine kurulacak 10 kW'nin altındaki, 5 kW olur 7 kW olur; bu tip uygulamaları kapsıyor. Ama bu da abonenin TEDAŞ'la olan sözleşme kapasitesinin gücüne bağlı, aboneliği eğer 6 kW ise maksimum 6 kW için başvuru yapılabilir, üst sınır 10 kW'dir. Bunun anlamı, abone doğrudan bölgesel elektrik dağıtım şirketine başvurur, TEDAŞ'a değil. Manisa'dayız şu an; yine Manisa'dan örnek vermek gerekirse Gediz Elektrik'e başvurusunu yapıyor. Hemen bir ay sonrasında sonuç açıklanıyor. Ondan sonra kurulumu yapıp tekrar Gediz Elektrik tarafından kontrolleri yapılarak devreye alınabiliyor. Böylelikle süre, iki-üç ayda biten bir süre oldu ve ruhsat dönüşümü, plan proje işleri ortadan kalktı. Daha hızlı, daha etkin bir çözüm oldu. Bu konuda amaç neydi, yenilenebilir enerjinin halka yayılarak tabandan güçlenmesiydi. Bu düzenlemenin yapılma amacı da buydu zaten. Herkes kendi elektriğini kendisi üretsin, olabildiğince enerjide dışa bağımlılık azalsın. Çünkü şu anda elektrik, ithalatını fazla yaptığımız bir kaynak. Bunu olabildiğince azaltmamız gerekir. Çünkü cari açığa çok fazla etkisi var.

GÖRÜŞMECİ: Bildiğim kadarıyla 2016 yılı itibariyle enerji ithalatının yaklaşık maliyeti 40 milyar dolar kadar, Türkiye'nin birincil enerji arzı için harcadığı rakam.

R.ZEYBEK: Şu anda Bulgaristan'dan bile elektrik alıyoruz, Yunanistan'dan, İran'dan elektrik alıyoruz. O nedenle yapıldı bu düzenleme. Ama ne oldu? İnsanlar bunu 1 MW kurarak elektrik satma yoluna gittiler; olayı ticarileştirdiler. Devletin istediği bu değil; devletin istediği, vatandaşın kendi ihtiyacını karşılayıp enerji üretiminin tabana yayılmasıydı. Böyle olunca, devlet tekrar önlem aldı. Bir kişi birden fazla santral kurabiliyordu, şimdi onu kaldırdılar, bir kişi en fazla bir tane santral kurabiliyor. Daha sonra 10 kW çatı altı kurulumlarının üretim izinlerinin kolaylaştırılması, daha hızlı onay alınması ve sistemin devreye alınması gündeme geldi. Ama bunda da yaşanan birtakım sorunlar var. "Bunlar nedir?" dersiniz, şimdi şehirlerde nüfusun geneli, yüzde 70'i şehirlerde yaşıyor. Şehirde yaşadığımız evler genelde müstakilden ziyade apartman tarzı evler, apartman tarzı evlerde de çatı üstü uygulamalarda, 10 dairelik bir apartman için çatının metrekaresi belli, oraya en fazla bir tane sistem kurulabilir. Bu sistemi de bu 10 kişiden hangisi kuracak? Şimdi böyle sorun ortaya çıkıyor, burada ne gerekiyor? Apartman yönetimi tarafından karar defterine oradaki "X şahsının çatımızda güneş enerjisi yapmasına izin veriyoruz." şeklinde karar alınıp bu kararın notere onaylatılması ve bu karar defteri ile birlikte elektrik dağıtım şirketine başvurulması gerekiyor. Ama burada da "Ben kurayım, sen kurdun, ben mi kuracağım, sen mi kuracaksın vb." durumlar ortaya çıkabilir. Bunları geçtik; apartmanın ortak giderlerinde kullanılmak amacıyla tek bir abonelik üzerinden apartmana sistem kurulup ortak gelirlerden yapıp apartmana gelir olarak kaydedilebilir. Ama burada da şahıstan ziyade apartmanın ortak tüzel kişiliğine katkı sağlanmış olur ve 10 dairelik apartmanda sadece ortak gider için güneş enerjisi sistemi kurulmuş olur. Bu da tabana yayılmayı yine engeller. 300-350 bin nüfusu olan bir Manisa'da, şehirde yaşayanları düşündüğünüzde o zaman bu sınır nüfusla/aile sayısı ile orantılı değil, binalardaki konut sayısı ile orantılı olur. Konuttan ziyade de apartmanların çatı üstü metrekaresi ile. Bizim buraya kurabileceğimiz maksimum yine budur. Bunun için tabana yayılma şansı, benim kanaatimce yine düşüktür.

GÖRÜŞMECİ: Bu yönetmelik tabana yayılmayı gerçekleştiremeyecek gibi mi görünüyor?

R.ZEYBEK: Gerçekleştiremeyecek gibi görünüyor ama müstakil evler için sıkıntı değil. Bahçeli, çatılı müstakil evi olanlar için sıkıntı yok, onlar çok rahat yapabilir. Ama şehirde, nüfusun yüzde kaçını müstakil evde yaşıyor?

GÖRÜŞMECİ: Neredeyse yüzde 70-80'i insanların kentlerde ve apartmanlarda yaşıyor.

R.ZEYBEK: Böyle değerlendirdiğimizde o çatıların sadece üzerlerini düşünebiliriz ve hangi kişiye onay verilirse binada bir tek o kişi bu haktan yararlanabilir. Apartmanda 10 aile varsa 1 ailesi yararlanabilir. Ne oldu? Onda bire düşer. İkincisi ne kadar yerli üretici de olsa panellerde olsun alüminyum montaj malzemelerinde olsun kablolarda olsun invertör konusunda olsun yerli üretici yok. Bu invertör olmadan da DC olan elektrik akımını AC'ye çevirip şebekeye veremezsiniz. Şimdi panellerde de yerli diyoruz ama bütün satış fiyatları dolarla. Neden? Yüzde yüz yerli değil. Hala biz hücreleri, üzerindeki eva filmleri, arkadaki eva filmleri, ondan sonra üzerindeki cama kadar birçok hammaddeyi yurt dışından alıyoruz. Böyle olunca yine bizim panellerimiz dolara bağlı oluyor.

GÖRÜŞMECİ: Yüzde yüz yerli üretim deniyor, ancak bu konuda yaptığım araştırmaya göre özellikle güneş hücrelerini yapamıyoruz.

R.ZEYBEK: Yüzde yüz yerli üretim yok. Aksamın %50'si şu an dışarıdan alınıyor. Hücre olarak dışarıdan alınıp Türkiye'de lamine edilip, dizilip, cam ve eva filmleri ile kaplanıp daha sonra dışı çerçevelenip panel haline getiriliyor.

GÖRÜŞMECİ: Daha çok montaj işlemi diyebilir miyiz?

R.ZEYBEK: Evet. Bunu da şöyle düşünürsek, 0,37-0,40 dolar-watt olan bir panelin 0,20 doları yani yarısı hücre fiyatıdır zaten. Hücreyi dışarıdan aldıktan sonra zaten %50'si yurt dışından gelmiş oluyor. Bunun haricinde eva filmleri de dışarıdan geliyor. Dışarıdan gelme bile bizim vatandaşımız da yerli üretimde, "TL'yi baz alalım." demiyor. Çünkü diğer paneller dolarla olduğu için kendisi de dolardan verme taraftarı oluyor. Bu da vatandaşın belini büküyor. Dolar ve avronun yükselmesinden dolayı maliyetler yükseldi. 2012-2013 yılında verdiğimiz tekliflerde 3 kW'lık bir sistem için yaklaşık 3.100 dolar fiyat veriyorduk. O zamanki kur ile hesapladığımızda yaklaşık 6.000-6.500 TL arası idi. Şimdi hesapladığımızda ise aynı 12.000 TL'ye geliyor, yani şu son beş senede iki katı artmış durumda. Vatandaşın her zaman isteği var aslında, vatandaş istekli, fuarlara gittiğimizde herkesin merakını görüyorum. Vatandaşın güneş paneli ile "Elektriğimi kendim üreteyim." sevdası var. Ama sonra işin aslı paraya geldiğinde "Çok pahalı, nasıl yaptıracağız? Biz zaten elektriğe aylık 60-80 TL para veriyoruz, benim buna verdiğimiz paranın geri dönüş süresi çok uzun; 14 yıl çıkıyor. Böyle bir parayı vermeye gerek yok." deyip vazgeçiyor, neden? Maliyet çok yüksek.

GÖRÜŞMECİ: Daha önce bireysel tüketiciler için yatırımın geri dönüş süresi 6-7 yıl iken şimdi bu süre 12-13-14 yıla çıktı diyebilir miyiz?

R.ZEYBEK: Bireysel tüketiciler için bu süre hep aynıydı. Bireysel tüketiciler için geri dönüş süresi hep 11-12-13 yıldır, neden? Kurulan sistem düşük olduğu için watt başına maliyet yüksek oluyor. Ama santral olarak 1 MW santrallerde yatırımın geri dönüş süresi 7-7,5 senedir. Ancak watt düşüğe maliyet aynı oranda düşmediği için yatırımın geri dönüş süresi uzar. 2016 yılına kadar Çin'den, Tayvan'dan, yurt dışından gelen paneller piyasada oldukça yaygındı, ancak devlet yerli üreticileri destekleme amaçlı anti dumping uygulaması başlattı, gözetim uygulaması başlattı. Bu gözetim uygulaması ile yurt dışından,

Çin'den, Uzak Doğu'dan gelen panellerin ithalatını kısıtladı. İlave kilogram başına gümrük vergisi koydu. Panel-watt fiyatları kadar yaklaşık aynı miktarda artı vergi geldi, böyle olunca kimse yurt dışından panel ithal etmedi. Amacı, dediğim gibi yerli üreticileri desteklemektir. Onları, bu Çin malı panellere karşı ezdirmemek için yapılmıştı. Ancak durum böyle olunca, yerli üreticiler de "Nasıl olsa Çin'den getiren yok." yaklaşımıyla daha önce mesela 0,48'den veren yerli üretici, baktı Çin'den getiren olmayınca kendine pay biçti, 0,55'e yükseltti mesela. Bizim üreticilerimizde böyle durumlar da var.

GÖRÜŞMECİ: Bir nevi tekelleşme gibi bir şey mi oldu?

R.ZEYBEK: "Çin'den nasıl olsa gelmiyor." deyip soranlara da önceden 0,47 dediği panele 0,52-0,55 deyip yükseltmeye başladı.

GÖRÜŞMECİ: Bu 0,55 dediğiniz, dolar-watt fiyatı değil mi?

R.ZEYBEK: Dolar-watt fiyatı. Mesela bu da bir ara maliyetlerin artmasına sebep oldu. Üretici sayısı şimdi çoğaldı. Üretici firma sayısı 30-31 olunca, tekrar rekabet başladı bunların içinde, şimdi fiyatlar tekrar makul seviyelere indi. Ama ne kadar makul seviyeye de inse yatırımın zaten %50-55'lik kısmı güneş panelidir ve hala dolar üzerinden. Güneş enerjisi sistemlerinde yatırımın yüzde 50-55 arası güneş panelidir, yüzde 11-12'lik kısmı invertördür, geri kalanları ise konstrüksiyon, kurulum, işçilik, elektrik malzemeleri, inşaat malzemeleri ve diğer bedelleridir; bunlar arasında dağılmaktadır. Gördüğümüz gibi yüzde 50-55'i güneş paneli olan bir sistemde, panel fiyatları çok önemli, bunların öncelikle ucuzlatılması gerekir. Bunun için gerekli önlemlerin alınması lazım, eğer vatandaşa yayılmak isteniyorsa. İş adamı santral yapıyorsa o zaten bunu göze alıyor, kredisini çekiyor, başka şeyler buluyor, öz sermayesi ile bir şekilde yapıyor, çünkü ona ticari gözle bakıyor. Ama vatandaş, ticaretten ziyade kendi elektriğini üretme çabasında olduğu için olabildiğince fiyatların ucuz olmasını bekliyor. Genel durum bu şekilde, şu anda fotovoltaik sektöründe. Sorulardan devam edelim.

GÖRÜŞMECİ: Güneş enerjisinin konvansiyonel kaynaklara ve diğer yenilenebilir kaynaklara göre avantaj ve dezavantajları nelerdir?

R.ZEYBEK: Yenilenebilir kaynaklara göre dediğimizde diğer kaynaklar nedir? İlk önce kıyasladıklarımıza bakalım. Rüzgâr, hidroelektrik, jeotermal, kojenerasyon, biyogaz, biokütle. Bunlara göre kıyasladığımızda şu avantajı sayabiliriz, bir kere hammaddesi güneştir, güneşin olduğu her yerde elektrik üretme şansınız vardır.

GÖRÜŞMECİ: Yakıt diye bir derdimiz yok?

R.ZEYBEK: Yok; yakıtı güneştir. RES yatırımları için kıyı bölgeleri tercih edilir. Her bölgemizde rüzgâr aynı esmemektedir. Bundan dolayı genellikle kıyı kesimlerde yoğunlaşmıştır. HES'ler için de akarsular gerekmektedir. Jeotermal için yeraltı sıcak su kaynağı bulunması lazım ama güneş için öyle bir şey yok. Güneş için şöyle diyorum ben, kıyametin son gününe kadar enerji üretebilirsin. Kıyamet günü de üretirsin, o gün güneş tersten doğacak ama yine de doğacak. Yine de güneş var yani. Onun için ben şunu da söylerim örnek olarak garanti kaynağıdır. Ben size mesela bu yıl, 2018 yılının Temmuz'un 12'sinde 8 saat güneş göreceğim garantisini yüzde 90 garantiyle verebilirim. Ama ben size Temmuz'un 12'sinde aynı gün için rüzgârın esip esmeyeceğini söyleyemem.

GÖRÜŞMECİ: Öngörülebilir bir özelliği de var diyebilir miyiz?

R.ZEYBEK: Gün belli, günler belli, dünyanın dönüşü belli, kış ayı belli, yaz ayı belli. Buna göre veriler de var zaten, güneşlenme süreleri de çıkarılmış ortaya. Kışın minimum 1-2 saat, yazın 10-12 saate kadar güneşlenme var, bu garanti, ama ben en azından söylüyorum "Haziran'ın 20'sinde güneş olacak.", yüzde 90; yüzde 10 olmayabilir. Ama ben "Haziran'ın 10'unda rüzgâr çıkar." diyemem, bilemem. Neden? Bu da bize garantisini gösteriyor, güneş hep var. Güneş de dünyamızı ısıttığı sürece insanlık var, insanlık olduğu sürece de enerji üretebiliriz, avantajlarından biri bu. Diğer avantajlarından birisi, bakımı kolaydır. Mesela rüzgâr santrallerinin 6 ayda bir ve yılda bir mekanik olarak bakımları vardır. Çünkü rüzgâr santralleri bildiğiniz gibi hareketle çalışan mekanik sistemlerdir. Mekanik sistemlerde aşınmalar olur, yağlama gerektirir, kontrol gerektirir, periyodik bakım gerektirir. GES'lerde ise bakım konusu olabildiğince düşüktür. Bunlarda hareketli aksam olmadığı için yağlanacak, gevşeyecek parça yoktur. Yılda bir kontrol yapılabilir.

GÖRÜŞMECİ: Bildiğim kadarıyla bir tek panellerin tozunun temizliği var.

R.ZEYBEK: Bu da kendi çıkarımız için aslında, daha fazla elektrik üretilsin diye. RES'lerde daha fazla rüzgâr essin diye bakım yapmıyorsunuz. GES'lerde ise verimliliği daha fazla artırmak için temizlik yapıyorsunuz; RES'lerde ise sistem çalışsın diye. Çünkü yağlamazsanız, aşınan dişli parçaları değiştirmesiniz, santral bozulur. Fren balatasını değiştirmesiniz bir süre sonra santral kendini parçalar, ama GES'lerde öyle bir şey yok. Etraf koşulları düzgün yapıldıktan sonra zemindeki otlama engellenip, çakılı yayılıp, santral kurulumu düzgün yapılmışsa yılda bir, sadece göz kontrolü ve civatalarda gevşeme var mı diye elle yoklama bile yapılırsa olay biter.

GÖRÜŞMECİ: Konu güneş ve rüzgâr enerjisine gelmişken şöyle bir şey diyebilir miyiz? Az önce konuştuğumuz konu üzerinden gidelim. Mesela, bireysel kullanıcılar güneş enerjisi ile elektrik üretebilirler, buna yönelik kolay ve uygulanabilir teknolojiler var, ancak bireysel bir tüketici ya da müstakil ev sahibi rüzgârdan kendi elektriğini üretebilir mi? Böyle bir teknoloji var mı?

R.ZEYBEK: Üretebilir, bir sıkıntı yok, 1 MW'ye kadar lisanssız elektrik üretimi rüzgâr ve güneş enerjisi olmak üzere hepsini kapsıyor. 500 kW ya da 200 kW'lık, 100 kW'lık, 10 kW'lık rüzgâr türbini alıp onunla ilgili de başvuruyu yapıp elektrik üretebilir. Ama dediğimiz gibi rüzgârdan elektrik üretmek için çatıya rüzgâr türbini bağlamanın çok doğru olmayacağını düşünüyorum ben. Çatı üzerinde çok sağlam olmaz, bakımı da zor olur. Ama arazide olabilir, yapanlar var. Ama rüzgârın konumu önemli, şehir içlerinde rüzgâr çok olmaz, neden? Binalar engeller, rüzgârı keser. Genelde rüzgâr kıyı kesimlerde olur, meltemler ve imbatlar, denizden gelen rüzgarlar. Ama iç kesimlere gittikçe Konya'da, Afyon'da rüzgâr santralini çok göremezsin. Dinar taraflarında var. Dediğim gibi onlar da rüzgâr esen yerlerde. Rüzgâr santralleri için önce bir ölçüm yapmanız lazım. Bir yıllık ölçümleri kaydedersiniz. Ona göre hangi metreye kuracağınızı belirlersiniz; 3 metrede hiç rüzgâr esmeyebilir, 10 metrede, 20 metrede, 30 metrede, 50 metrede. Ölçüm için 50 metrelik direk dikilir; onar metrelik mesafeye anemometre konarak hangi metrajda rüzgârın var verimli, düzgün estiği ölçülür, o yükseklikte santraller kurulur. Birazcık daha teferruatlı bir sistem. Güneş enerjisi daha garantilidir, kışın güneş ne kadar az gibi de olsa panel sayısını artırarak elektrik üretmek mümkün. Ama rüzgâr esmeyince neyi de büyütse rüzgâr esmez.

GÖRÜŞMECİ: Bir de şu var, 2023 hedeflerine baktığımızda Türkiye, enerji yatırımlarında sanki rüzgâr enerjisine yönelik bir politika izliyor gibi görünüyor. Güneş enerjisi için 5000 MW'lık bir öngörü var. Rüzgâr enerjisi için bunun 4 katı, 20.000 MW.

Neden böyle bir politika izliyor devlet? Maliyeti daha düşük olduğu için mi? Maliyet etkin politikaların bir sonucu olarak en az maliyetle daha fazla enerji üretme düşüncesi mi? Yoksa farklı bir amaç mı var?

R.ZEYBEK: Devletin bunun için cebinden para çıkmıyor zaten. Devlet santral kurmuyor, bunları kuran özel sektör. Buradaki politika sadece özel sektöre yer açılması, lisans verilmesi konusunda teşvikleri oluyor, yatırımı yine vatandaş yapıyor, şirketler yapıyor. Zaten şu an mevcutta rüzgâr enerjisi kurulu gücü güneş enerjisi kurulu gücünden yüksek. Şu anda Türkiye’de güneş enerjisi kurulu gücü 2,4 GW seviyelerinde. 2023 yılında bu hedefin toplam 7 GW’ye ulaşacağı öngörülüyor şu anda.

GÖRÜŞMECİ: Hedefin revize edilmesi de gerekiyor.

R.ZEYBEK: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumunun aralık ayında yayımladığı rapora istinaden konuşuyorum. Artış öngörülerinde kendilerinin 2017–2023 vizyonu var, beş yıllık öngörü planı var. Bu plandaki verilere baktığımızda 7 GW’lere kadar çıkacağı gözüküyor. Bu da 5 GW’lik hedefi geçiyor zaten. Güneş enerjisinde bu normal, çünkü Avrupa’da da böyle. Almanya’da da başladığında ilk önce hızlı kurulum yaşandı, şu anda Almanya’da kurulumlar olabildiğince durdu, bitme noktasına geldi, teşvikler bitti, azaldı. Almanya’nın teşvikleri bizden daha yüksekti. Bizim 13,3 dolar-sent, değişmedi aynı. Almanya’da 0,40 avro ile başlayıp sonrasında düştü, şimdi bayağı bir düştü, ne kadarlara indi en son bilmiyorum ama teşvik oranları azaldı. Büyük santraller kuruldu ilk başlarda, çok kuruldu bizdeki gibi bu sistem çıktığında herkes nasıl yük santrali kurdu, orada da kuruldu. Ondan sonra halka yayılması için birtakım çalışmalar yapıldı, şu an bizim yaptığımız gibi. Daha sonra evlerin çatılarına hep yapıldı, herkes kendi öztüketimine yönelik santraller kurdu. Şimdi onlar da yavaşladı artık. Hatta durma noktasına bile geldi diyebilirim. Bizde hızlanıyor, ama halka yayılması biraz daha zaman alacaktır diye düşünüyorum.

GÖRÜŞMECİ: Güneş enerjisinin diğer yenilenebilir kaynaklara göre avantajları ve dezavantajları konusunda neler söylenebilir?

R.ZEYBEK: Dezavantajları konusunda dediğim gibi yatırım maliyeti. Eğer vatandaş gözüyle bakarsak vatandaş zaten jeotermal yapmaz. Vatandaş, katı atıklı biyogaz santrali kurmaz. Genelde ya rüzgâr enerjisi ya da güneş enerjisi kurulumu yapar. Bunları da kıyasladığımızda, yatırım maliyeti rüzgâr santrallerinin daha düşüktür ancak bakım maliyetleriyle o da neredeyse güneş enerjisine yaklaşıyor. Güneş enerjisi için dezavantaj dediğimizde, şu aşamada tek dezavantajı maliyetlerinin yüksek olması.

GÖRÜŞMECİ: Orta ve uzun vadede GES maliyetlerinin düşmesi ile ilgili neler söyleyebiliriz? Çünkü rüzgâr enerjisine göre güneş enerjisinin maliyetleri daha hızlı düşüyor.

R.ZEYBEK: Evet şu anda 0,52 dolardan 0,37 dolara kadar düştü, watt fiyatı. Ancak bu politika politika değişiyor, Çin’de bir olay oluyor, silika hammaddesinin fiyatları artıyor, maliyetler bir anda artıyor ya da bir anda azalıyor. Ülkenin biri ambargo koyuyor, Çin’in elindeki panel çok artıyor, hücre çok artıyor. Hücreler hala dışarıdan geliyor ya o zaman hücre fiyatları düşüyor. Düşünce burada da düşüyor, ondan sonra arz talep meselesi. Ne kadar çok talep olursa fiyat da o kadar yükseliyor. Ama dediğim gibi bu değişiyor. Ama şu anda fiyatları giderek azalıyor. Ben daha da azalacağı düşüncesindeyim. Hatta teknolojinin değişeceği öngörüsündeyim. Şu anki panellerden ziyade daha yeni teknolojiye başka panellerin çıkıp bunları yerinden edebileceğini düşünüyorum.

GÖRÜŞMECİ: Bildiğim kadarıyla bir organik panel çalışması var. Şimdiki kristal teknolojiye PV hücre yerine organik moleküller kullanılıyor. Gerçi şu an için verimlilikleri düşük; yüzde 1 civarında, saydam özellikte olup cam yüzeylerde kullanılıyor.

R.ZEYBEK: Onlar şu anda ARGE aşamasında. Onlardan ticari amaçlı üretim beklenemez. Hücre yapılarındaki teknoloji değişecek öngörüsündeyim ben. Hücre teknolojisinde yapılacak geliştirmelerle verimliliğin yüzde 25-30’lara çıkacağını öngörüyorum. Şu anda verim yüzde 17-18’lerde, polikristal hücrelerde. Monokristal hücrelerde %20-21’e kadar çıkabiliyor. Ben bunların verimliliğini %30-40’lara çıkaracak yeni bir teknolojinin çıkacağını düşünüyorum. Çünkü önünde bir engel yok, hücrenin üzerindeki busbar sayısını artırmak bile verimi artırıyor. Önceden paneller 2 busbarlı olurdu, sonradan 3 busbara çıktı, şimdi 4 busbarlı yaptılar, hatta 5 olanlar var. Busbar sayısını ne kadar artırırsanız verimi de ona göre artıyor zaten. Bu, hücrede bir şey yapmadan sadece busbar sayısını artırmakla yapılan bir şey. Şimdi öyle bir teknoloji olacak ki üzerindeki busbar yerine, hücre yüzeyinin iletken ve saydam bir malzeme ile komple kaplanarak verimin inanılmaz artırılacağını düşünüyorum ben. Bu kendi düşüncem. Böyle bir şey yapılabilir ve aynı metrekareden yüzde 10-15 daha fazla enerji üretmenin mümkün olabileceğini düşünüyorum, bu öngörü.

GÖRÜŞMECİ: Türkiye’de, güneş enerjisi yatırımlarının önündeki finansal, teknik/teknolojik, yasal, bürokratik engeller nelerdir?

R.ZEYBEK: Türkiye’de güneş enerjisinin önündeki engeller, finansal olarak maliyetlerin yüksek olması. Bu sistemler dolar ve avroya bağlı olduğu için yatırım maliyetleri yüksek; bu engel. Teknik teknolojik olarak düşündüğümüzde, bunların teknolojilerinin tamamen yurt dışına bağımlı olması. Burada kullanılan tüm makineler yurt dışından geliyor, makinesini biz yapmıyoruz. Hücrelerine kadar dışarıdan alıp burada sadece birleştirilmesini, kaynağını ve işçiliğini yapıyoruz.

GÖRÜŞMECİ: Araştırdığım kadarıyla güneş enerjisi teknolojisi yüzde yüz Türkiye’de üretilecek deniyor ama şu anda bu mümkün değil her halde?

R.ZEYBEK: Yüzde yüz Türkiye’de üretilecek denen şey, hücrelerinin de Türkiye’de üretilmesidir. CSUN gibi firmalar var Tuzla’da, Van’da üretileceği söylendi. Bunların silika kumları Türkiye’de yok zaten, hammaddesi Kazakistan’da. Oradan hammaddeyi getireceksin, yine yüzde yüz hiçbir şeyi yerli olmayacak.

GÖRÜŞMECİ: Yabancı ortaklıkla mı kuracaklar bu panel üretim tesislerini?

R.ZEYBEK: CSUN zaten Çin. China Sun Enerji. Burada şirket kurup burada üretecek.

GÖRÜŞMECİ: Yabancı şirket Türkiye’ye geliyor, burada fabrikayı kuruyor, parçaları ya da hammaddesini yurt dışından ihraç edip üretimini burada yapıyor. Ama yine yüzde yüz Türk, yerli olmuyor?

R.ZEYBEK: Olamaz. Bereket Enerji var Denizli’de mesela. Onların hücre üretmek gibi planları var, yatırım kararını yeni almışlardı, bayağı yüksek. Onlar da aynı şekilde, hücreyi yurt dışından getirtmeyip hücreyi üretme çabasındalar. Ama dediğim gibi fabrika kuruyorlar ve hücre üretmek için yeni yatırım kararı almışlar. Bu silisyum, silika kumu bu hammadde Türkiye’de yok; olmayan bir şey. O nedenle Türkiye’de yerli yapamazsın. Yerli yapman için tamamen Türkiye’den çıkan ve her şeyini Türkiye’de kendi makinende işleyip ve işletip ancak böyle bir ürüne yerli malı diyebilirsin. Şimdi sadece fabrikaya Türk ismi

verip arkasına da "Made in Turkey" yazmakla Türk malı olmaz. Baktığında yine az önce dediğim gibi panelin watt'ı 0,40 dolarsa 0,20'si hücre. Dışarıdan alacağın kumu bu sefer de %10 daha düşer ama illaki yine hammaddede dışa bağımlısın. Bu şekilde %20 olan hücre maliyeti %10'a düşer ama yine dışa bağımlı olursun. Sadece ne olur? Hücre maliyetini birazcık düşürür, hücre olarak almayı sadece kumunu alıp oradaki işçiliği Türkiye'de yaptığın için silisyumu burada işlemeyle kendi işçiliğiyle -kendi makinenle diyemeyeceğim yine yurt dışından gelecek makineler kullanılacak- bunları yaparak hücreni kendin üretmiş olursun. Bu arada, verdiğin parayı da yurt dışına aktarmamış olursun.

GÖRÜŞMECİ: Bu şekilde, yurt dışı ortaklı fabrikaların Türkiye'de kurulması yerli teknolojiye katkı sağlar mı?

R.ZEYBEK: Sağlar tabii ki sonuçta bu makineler yurt dışından geliyor, onları çalıştıran insanlar yine Türk. Bu makineyi görüp ilham alıp yerli makine üretimleri de yapılabilir. Otomasyon firmalarımız var birçok, gelişmiş otomasyona sahip. PNC teknik altyapısı iyi olan firmalarımız var. Makine imalatçılarımız var, o makineleri görüp daha gelişmişini bile yapabilirler. O nedenle yerleştirme olabilir. O makineden ilham alarak daha iyisini yapabiliriz.

GÖRÜŞMECİ: ARGE yatırımları ile desteklendiği zaman?

R.ZEYBEK: Tabii. Yurt dışından gelen o makinenin daha iyisini Türk firma yapabilir. X makine firması belki daha gelişmişini yapabilir, bu da bizim için önemlidir. Önümüzde çalışan bir makineyi görmeden yenisini yapmak, sıfırdan bir makineyi tasarlamak zordur, genellikle yapamıyoruz. Genelde var olan bir makineyi görerek; geliştirmek ve daha iyisini yapmak mümkün. Ama var olan makine üzerinden yürüyor. Bu da bizim için tabii ki iyi olur. Sonuçta o makinelerin hepsi yurt dışından geliyor, bunları da yerleştirirsek işte o zaman üretimdeki yerlilik payını artırmış oluruz. Çünkü esas bu makinelere çok para veriyoruz, yatırım bedelleri nereden baksanız 500 milyon avroları buluyor.

GÖRÜŞMECİ: Türkiye'de, güneş enerjisi potansiyelinin değerlendirilmesinin öndeki yasal ve bürokratik engeller nelerdir?

R.ZEYBEK: Söylediğim gibi yasal ve bürokratik olarak bir engel yok. Devlet bunun için 10 yıl alım garantisi veriyor, "Üretilen elektrik enerjisini on yıl boyunca alırım." diyor. Bununla ilgili değerler belli, ödenecek paralar belli, 13,3 dolar-sent kW başına. Bürokratik olarak engel diyebileceğimiz, süreler uzun. MW santral tarzında baktığımızda Ankara'ya giden onaylar 2 aydan 3 aydan önce gelmiyor.

GÖRÜŞMECİ: Bu süreleri hiç yurt dışı ile karşılaştırma şansımız oldu mu? Mesela "Yurt dışında 6 ayda sonuçlanıyor, bizde 2 yılda sonuçlanıyor." diyebileceğimiz bir durum var mı?

R.ZEYBEK: Yurt dışında bu süreler 2-3 ay. Almanya'da 2-3 aylık sürede bütün izinler bitiyor, kurulumu yapılabiliyorsun. Ama bizim burada başvurunun alınıp ilk sonucun açıklanması için aradan geçen süre 40 gün, şu an başvuru yapsan sonraki ayın 20'sine kadar. Bu sadece sonuç açıklanması için geçen süre. Sonuç açıklandıktan sonra TEDAŞ dosyalarının hazırlanması: çağrı mektubuna yönelik, eğer eksiğin varsa yeniden düzeltme yapıyor, onlara hiç girmiyorum. Her şey düzgün olduğunda TEDAŞ'a sunulacak dosyanın hazırlanma süresi 2-3 ay, dosyanın onaydan gelme süresi 3 ay, imar dönüşüm süreleri nereden baksanız 5-6 ay, hatta daha da uzayabiliyor, 1 yılı bile geçebiliyor, çünkü arazi kurulumu ile ilgili jeofizik-jeoteknik etüt de isteniyor. Arazinin alt yapısı ve toprak altı durumu ile ilgili olarak kayaç mı, killi mi, ne var? Ona göre deprem yönetmeliğine uygun konstrüksiyon ve zemin etüdü yaptırmak gerekiyor. Haritacı çağırıp kurulum arazisinin 1/20.000-1/10.000-1/5.000'lik haritalarını çizdiriyorsun. Daha sonra birçok kamu kurum ve kuruluşundan yazı isteniyor, yaklaşık 14-15 ayrı kurumdan "Şu arazideki şu adaya şu parselde güneş enerjisi santrali yapılacaktır; burayla ilgili görüşünüz nedir?" diye Devlet Su İşlerine, Karayollarına, rüzgâr için MİT'e, Devlet Hava Meydanları İşletmesine, Halk Sağlığı Müdürlüğüne, Tarım İl Müdürlüğüne, Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğüne tüm bu kurumların hepsine yazı yazılıp onaylar isteniyor; "Bizim için sakıncası yoktur." diye. Bunların hepsinden olumlu sonuç geldikten sonra ancak imar dönüşümleri yapılabilir. Bu süreler, her kuruma yazının gitmesi oradan tekrar üst yazıyla müdürlüğe bildirilmesi, taşradaysa ilçe il müdürlüğüne gönderiliyor, il müdürlüğü onay verecek, tekrar ilçe müdürlüğüne gönderecek...

GÖRÜŞMECİ: Hem süreler çok uzun hem de çok fazla kurumla muhatap oluyorsunuz?

R.ZEYBEK: Evet bürokrasi var. Bu durum, imar dönüşüm sürecinde bir engeldir.

GÖRÜŞMECİ: GES yatırımları açısından imar mevzuatında bir ilerleme oldu mu?

R.ZEYBEK: Dediğim gibi 10 kW çatı altı bölümlerinde ruhsat ve proje onayları basitleştirildi.

GÖRÜŞMECİ: Endüstriyel uygulamalar ve büyük santral kurulumları için bir değişiklik var mı? Yenilenebilir enerji yatırımları için imar mevzuatında bir kolaylık ya da farklılık var mı?

R.ZEYBEK: Mevcut imar mevzuatı aynen devam ediyor. Onlarla ilgili ayrıca kolaylık da yok.

GÖRÜŞMECİ: Güneş enerjisine dayalı enerji üretim tesisi kurulumu için çok geniş bir araziye ihtiyaç var. Aynı kurulu güçte RES için 500-1000 m² alan yeterli iken GES için bu alan 20.000 m²'ye kadar çıkabiliyor ve plan onama harcının m² üzerinden hesaplanması durumunda GES'lerden alınan plan onama ücret miktarı RES'e göre 20-30 kat daha fazla olabiliyor ve bu durumda GES'lerin yatırım maliyetleri yükseliyor. Bunda bir değişiklik yapıldı mı?

R.ZEYBEK: Yok, aynı. Aynı emlak vergisi gibi arsa vergisi gibi buna da vergi ödeniyor. Hatta iletim-dağıtım bedeli artırıldı, önceden aylık 1.500 TL olan iletim-dağıtım bedelleri 2018 yılı ile birlikte 7.000-7.500 TL'ye çıktı. Aylık ortalama 30.000 TL getirisi olan bir santralin 7.000 TL'sini iletim bedeli olarak verince geriye 23.000 TL kalıyor. Bunu da hesapladığımızda yatırımın geri dönüş süresi yaklaşık 1 yıl daha ötelemiş oluyor. Yatırımın geri dönüş süresi 6,5 yıldan 7,5-8 yıla çıkmıştır. Daha önce bu bedel 1.200-1.500 TL kadardı. Burada da bir artışa gitti devlet. Tabii bu artış, sıkıntı yarattı.

GÖRÜŞMECİ: Bir yere enerji santrali ya da enerji üretim tesisi kurulabilmesi için TEDAŞ'tan bağlantı izni alınması gerekiyor. Eğer altyapı müsait değilse bağlantı izni vermiyordu. Şebeke altyapısından kaynaklı sorunlar aşılabilir mi?

R.ZEYBEK: Bu durum trafo merkezlerinin kapasiteleri ile ilgili. İlk çıktığında yenilenebilir enerji için trafo bağlantı izni %30'du. Örneğin bağlantı yapılacak trafonun kapasitesi 100 MW'lık ise %30'una yani 30 MW'ye kadar YEK'e dayalı enerji üretim tesisine bağlantı izni veriliyordu, bu kapasiteye hem RES hem GES hepsi dahil. O bölgeden 30 kişi, 1 MW kurulu güçte santral için başvurduğunda zaten yenilenebilir enerji bağlantı izin kapasitesi doluyordu. Bunun üzerine artışa gidildi ve yenilenebilir enerji bağlantı izni kapasitesi geçen yıl %50'ye çıktı. Çıktığı gibi de doldu. Mesela şu an Manisa'da boş kapasite yok. Olan yerler ise GES kurulumunun yapılamayacağı yerler.

GÖRÜŞMECİ: Bu konuda bir çalışma yapılması gerekiyor TEDAŞ tarafından?

R.ZEYBEK: Güneş enerjisinden üretilen elektriğin devreye alınması sırasında hatlarda harmonikler, dalgalanmalar, fliker etkisi dediğimiz etkiler meydana geliyor. Bunlar da TEDAŞ'ın hattını bozan şeyler. Bu durumda TEDAŞ da elektrik hattının güvenliği için %50'ye kadar YEK'e dayalı enerji üretim tesisine bağlantı izni veriyor. TEİAŞ de öyle; nakil hattında, %100'e izin vermiyor. Çünkü %100'e izin verdiğinde o santrallerin anlık 100 MW ile devreye girip çıktığını düşünün; tüm hatlarda dalgalanma yaratıp şebekeye zarar verilebileceği düşünülüyor. Bu nedenle %50'sine kadar izin veriliyor. Esas ana sağlayıcılar olan TEDAŞ ve TEİAŞ, halkın güvenli elektriği alabilmesi için bunu yapıyor; "Enerji arzı yenilenebilir olsun." diye şebekeyi tehlikeye atmak istemiyor. Çünkü sistem altyapısı biraz eski. Altyapı yenileniyor gerçi ancak tüm sistemin alt yapısını bir anda yenilemek mümkün değil. Şu an bağlantı kapasitesi izni %50 olmasına rağmen çoğu yer yine dolu.

GÖRÜŞMECİ: Güneş enerjisinin avantajları nelerdir?

R.ZEYBEK: Finansal avantaj olarak düşündüğümüzde şu anda kredileri var. Her ne kadar dezavantaj tarafında yatırım maliyeti yüksekse de avantaj tarafına baktığımızda gerek kamu bankalarının gerekse özel bankaların yenilenebilir enerji yatırımları için oluşturduğu özel kredi programları var. Bu yatırımları teşvik amaçlı uygun oranlarla ve daha uzun vadeli kredi imkânı sağlıyorlar. Tarımsal amaçlı GES projeleri için TKDK ve Avrupa Birliği tarafından yine aynı şekilde kredi desteği veriliyor.

GÖRÜŞMECİ: Bildiğim kadarıyla kırsal kesimi destekleme kapsamında YEK'e dayalı enerji üretimi yatırımlarına %50 hibe desteği de var? Mesela tarlanıza güneş enerjisi ile çalışan sulama sistemi kurmak istiyorsunuz, projelendirdiğiniz zaman bunun %50'sini devlet karşılıyor, değil mi?

R.ZEYBEK: Evet, evet. %50 hibe desteği de var. Bu da TKDK'nin, devletin verdiği bir destek.

R.ZEYBEK: Güneş enerjisinde teknik ve teknolojik kolaylıklar nedir dersek, bu sistemler giderek yaygınlaştıkça bu sistemlerin montajını kolaylaştırıcı ekipmanlar da yapılıyor. Daha önce yer delinip içine beton atılıp montaj ayakları yapılırken şimdi delik delme makineleri ve çakma makineleri çıktı. Uygun teknoloji de bunun paralelinde gelişmekte, kendi teknolojisini geliştirmekte. Mesela önceden bir kablo firması normal elektrik kablosu üretirken Türkiye'de güneş enerjisi işleri arttıkça aynı firmalar solar kablo üretimine de geçmiş olup kendi teknolojisini de böylelikle o yöne kanalize etmiş oluyor, kendine yeni bir kanal açmış oluyor. Böylelikle ihracata yönelik üretimler yapabiliyor. Bu güzel bir gelişme. Yasal kolaylıklar, dediğim gibi yeni çıkan yönetmelikler. 10 kW ve altı çatı ve cephe uygulamaları olsun geri alım garantisi olsun devlet yasal olarak elinden geldiğince halka yayılması için gerekli çalışmaları yapıyor.

GÖRÜŞMECİ: Özellikle Almanya'da yenilenebilir enerjinin yüzde 50'si bireysel ve yenilenebilir enerji kooperatifleri yoluyla üretiliyor? Türkiye'de böyle bir çalışma var mı?

R.ZEYBEK: Şimdi sulama birliklerinde böyle bir şey var. Geçen Niğde'de görüştük. 7-8 köyün sulama sistemlerinin ortak kooperatif kurulumu bu kooperatifler üzerinden elektrik üretilip bu 7-8 köyün enerjisinin karşılanması düşünülüyor. Devlet, sulama kooperatiflerine imkân tanıyor. Devlet; köy birliği olsun, kooperatifler olsun, tüzel kişiler olsun belediyeler olsun daha fazla kişinin faydalanabileceği ortak projelerin yolunu açtı, bu konuda sıkıntı yok. Bizde de olabilir. Ama Avrupa'da şu var, yeşil enerji üretince bu yeşil enerji pahalıya satılabilir. Şu anda enerji tedarikini, aylık belli bir tüketimi olan örneğin tüketimi 150 TL'nin üzerinde olan vatandaşlar kendi elektrik dağıtım perakende satış firmasını seçme özgürlüğü var, serbest tüketici olabiliyorsun, istediğin yerden alabiliyorsun. Avrupa'da şu şekilde; yeşil enerji diye geçen elektriği, güneş ya da rüzgârdan üreten birlikler, firmalar ya da şahıslar, normalde elektriğin kW fiyatı 0,10 avro ise bu yeşil enerjiyi örneğin 0,14 avrodan satıyor. Vatandaş da bunu bilerek isteyerek tercih ediyor. Çünkü vatandaş "Benim kullandığım elektrik, yeşil enerji ile üretilmiş; ben bunu kullanırken gönül rahatlığı ile kullanıyorum; çevreye zarar vermiyorum." diyor. Böyle bir bilinç var. Ama bizde, serbest tüketime geçme amacımız bile elektrik faturamızı düşürmek yönünde. Şimdi böyle bir durumda "Ben güneş paneliyle elektrik üretip sana çevreci bir enerji veriyorum ama fiyatı TEDAŞ'a göre örneğin 40 kuruşken bu 50 kuruş." desen, bizde kimse almaz.

GÖRÜŞMECİ: Yurt dışında böyle bir bilinç de var?

R. ZEYBEK: Var. Bu bilincin de yaygınlaşması lazım. Gerek lise öğrencilerine olsun gerek üniversitede olsun çevre konuları ve yenilenebilir enerji konularında verdiğimiz seminerlerde ve konferanslarda bu bilinci aşlamaya çalışıyoruz. İlk önce halka yeşil enerjinin ne kadar gerekli olduğunu ve bizim için ne kadar önemli olduğunu, neden yeşil enerjiyi tercih etmemiz gerektiğini açıklıyoruz ki ondan sonra vatandaş zaten kendisi bir şekilde enerjinin yeşil olanını tercih etme yoluna gidiyor. Ayrıca enerji tasarrufu bile yeşil enerjidir. En temiz enerji kullanmadığım enerjidir, kullanmadığım enerji en temiz. Ben ilk önce onu derim. İlk önce tasarruf yöntemlerini öğrenin, konforunuzu rahatınızı bozmadan daha az enerji ile aynı işi yapabilmeyi yollarını araştırın, ilk önce harcadığınız enerjiyi minimumda tutun. Ondan sonra o enerjiyi nasıl ben daha çevreci elde ederim ona bakın. Ama öncelikle gideri, kaybı, kaçağı engellemeden çevreci enerjiye geçersen, çevreci enerjiyi israf etmiş olursun.

GÖRÜŞMECİ: Öncelikle enerji verimliliğini ve enerji tasarrufunu artırmak da mı gerekiyor?

R.ZEYBEK: Artırmak gerekiyor. Zaten bu bilinç varsa enerjinin çevre boyutu gerçekleşmiş oluyor.

GÖRÜŞMECİ: Güneş enerjisinin, çevresel sürdürülebilirlik açısından avantajlarını; ekosistem, toprak, su, biyoçeşitlilik, doğal kaynak kullanımı, görüntü ve gürültü kirliliği yönüyle değerlendirir misiniz?

R.ZEYBEK: RES'lerin kuşların göç yollarını bozduğu ve değiştirdiği, onların psikolojilerini bozduğu ve bu şekilde ekosisteme zarar verdiği tespit edildi, kanıtlandı. Bu duruma göre GES'lerin, ekosisteme böyle bir zarar verecek yönü yok. Ancak şu şartla, yapıldığı yerin tarım arazisi olmaması gerekiyor. Bunun için de öncesinde tarım il müdürlüğüne yazı yazılıp oranın marjinal tarım arazisi olduğuna dair onay isteniyor. Tarım arazisi olan yerlere devlet izin vermiyor. Ama bunun kontrolü ile ilgili olarak benim gördüğüm ve tespit ettiğim kadarıyla çok ince eleyip sık dokumuyoruz. Yani çok rahat tarım yapılabileceği yerlerde de santrallerin kurulduğunu gördüm. Yani ve dört çevresinde buğday ekili, pancar ekili olan bir yerin ortasında güneş paneli varken dört yanı tarım arazisi iken ortada güneş paneli olan bölgenin tarım arazisi olmaması mümkün değil. Bir şekilde, Türkiye'de bunun yolunu açıyorlar. Tarım arazisi olan bir yer için marjinal tarım arazisi raporunu alıp GES kurulabiliyor. İşte bu durum, ekosisteme zarar verebilir. Çünkü toprak değerlidir. Giderek azalan şey topraktır. Tarım üretimi konusunda zaten artık dışa bağımlı olmaya başladık. Önceden buğdayını, pamuğunu, şekerini kendimiz üretirken şu an hepsini, samanıma kadar ithal eder duruma geldik. Böyle bir durumda eldeki mevcut arazileri de "Güneş enerjisi üreteceğiz." diye tarımsal üretimden GES arazisine çevirdiğinizde bu durum çevremize ve ekosisteme zarar verir. Çünkü GES kurulan yerlerde, toprakta nebat çıkmasını diye tarım ilaçları da atılıyor; alttan çıkan otların kuruyup yangına sebebiyet vermemesi için. Ayrıca beton atılıyor, çakıl dökülüyor, ilaç dökülüyor, derken oradaki toprağı da öldürmüş oluyoruz ve aslında 20 dönüm arazinin tarımını engellemiş oluyoruz.

GÖRÜŞMECİ: GES'lerde görüntü kirliliği/görsel kirlilik sorunu var mıdır? Veya bu görece midir?

R.ZEYBEK: Arazi kurulumlu GES'lerde görsel kirlilik pek düşünemeyiz. Çünkü çok yüksek yapılar değil, yerden en fazla 2-2,5 metreye kadar ulaşabilen yapılar bunlar. Hatta çoğu yerde estetik kurulumlar yapıp arazinin taş görünümünden ziyade güneş panelli görünümü daha da hoş oluyor.

GÖRÜŞMECİ: Estetik kurulumla bu durum giderilebiliyor mu?

R.ZEYBEK: Giderilebiliyor. Ama dediğim gibi Devlet Hava Meydanlarından da izin alınıyor bu durumda. Bazen uçuş sırasında, yerdeki güneş panellerinden yansıyan güneş ışınlarının pilotların gözlerine aldığı rapor edilmiş, güneş panelli arazinin üzerinde uçarken. Bundan dolayı hava alanları yakınlarına güneş paneli kurulumları yapılmıyor, inişlerde ve kalkışlarda pilotlara rahatsızlık vermesin diye. Böyle de bir dezavantajı var ama bunlar lokal yerlerde. Çatı kurulumlarında ise çatı ile aynı eğimde yapılıyor. Bunun faydası oluyor hatta. Şu faydası oluyor, binanın üzerine ilave bir örtü olduğu için kışın bina altının daha sıcak kalmasını, yazın reflektör gibi güneş ışınlarını yansıtıp binanın daha serin kalmasını sağlıyor, buda bir nevi enerji tüketimine katkı sağlıyor, çünkü yazın soğutmak için kışın da ısıtmak için harcanan enerjiyi bu şekilde bir miktar azaltabiliyorsun. Bu durum, ekosisteme, çevreye ve enerji tasarrufuna yönelik olumlu yanlardır. Gürültü gibi bir şeyi yok, dediğim gibi atığı yok.

GÖRÜŞMECİ: Güneş paneli üretim aşamasındaki çevresel risklerden bahsedebilir misiniz?

R.ZEYBEK: Panel üretimi, olayın tıfak kısmı. Çünkü biz panelleri elimize aldığımızda paletle gelen 26-27 tane güneş panelini görüyoruz. Ama bu panelin nasıl üretildiğine baktığımızda, silisyum cevherinin kaç bin santigrat derecede ve kaç bar basınç altında sıkıştırılıp kimyasal tepkimeye sokulması ve sonrasında bunların lazerle kesilmesi ve bu sırada oluşan atıklar, bu basınç ve ısıyı oluşturmak için harcadığımız enerji gibi konular aslında panel üretmek için harcadığımız maliyet... Hücre maliyetinin çoğunluğu enerjidir. Aslında biz yeşil enerji üretelim derken çok yoğun enerji tüketiyoruz. Panel üretmek için yeşil olmayan enerjiyi kullanıyoruz.

GÖRÜŞMECİ: Çevresel açıdan özellikle panel üretimi aşamasında çevresel sorunlar oluyor. Su kullanıyoruz, aşırı enerji kullanıyoruz. Kullandığımız enerji, yenilenebilir olmuyor belki, konvansiyonel kaynaklara yöneliyoruz. Bunlar da ister istemez çevresel açıdan risk oluşturuyor. GES kurulumu aşamasında sorun yok ama panel üretimi aşamasında yoğun enerji kullanımı ve atıklar bakımından çevresel risk ortaya çıkıyor.

R.ZEYBEK: Panel üretiminde harcadığımız enerji çok yüksek ve atığı var. Bu riskler panel üretim aşamasında. Sonrasında vatandaş için paneli aldıktan sonra o onun için artık çevreci. Hücre üretim maliyetinin çoğunluğu enerji, bu arada. Watt'ı 0,18-0,20 dolar dediğimiz hücrenin, yarı kısmı enerji maliyetidir. Diğer kalan kısmı, kumu ve kimyasal maddesidir.

GÖRÜŞMECİ: Kristal hücre üretiminin enerji maliyeti neredeyse yüzde elli?

R.ZEYBEK: Evet. Harcadığımız enerjiyle tekrar enerji üretmeye çalışıyoruz.

GÖRÜŞMECİ: Türkiye'de güneş enerjisi potansiyelinin yaygınlaştırılması için neler önerirsiniz, yapılması gerekenler nelerdir?

R.ZEYBEK: Türkiye'deki güneş enerjisi potansiyeli değerlendirilebilir. Potansiyelimiz yüksek, ilk önce onu diyelim. Potansiyelimiz ne kadar? Bizim en kötü dediğimiz yerler; Karadeniz, Marmara ve Doğu Anadolu'nun kuzey kısımları, Karadeniz kıyıları Almanya'nın en iyi yeri ile aynı. Böyle düşündüğümüzde aslında çok şanslı yerlerde yaşıyoruz. Akdeniz'den Orta Anadolu kuşağı ve Kuzey Anadolu olan bölgenin tamamında üretim yapılabilir. Ancak genellikle ağırlık, güney kısımlarda ve orta kuşakta. Yaygınlaştırılması için bu potansiyeli kullanmak gerekiyor, potansiyel yüksek. Öncelikle büyük firmaların santral kurması ile yaygınlaşma olmaz. Yaygınlaşma dediğimiz tüm vatandaşlarımızın bunu sahiplenip kullanmasıdır. Bunun için de yatırım maliyetlerinin düşürülmesi gerekir, kurulum sırasındaki bürokratik engellerin olabildiğince minimuma indirilmesi gerekir, şu an azaltıldı diyebiliriz. Yerli imalat ve teknoloji ilerletilmeli. Bu kapsamda yerli makineler, belki yerli invertör, şu an yok mesela. Desteklenecek yerli aksam cetvelinde yerli invertöre de teşvik var ama yerli invertör üreticisi yok. Yerli invertör üretimi de yapılmalı. Böyle şeyler de olmalı. Bence öncelikle maliyetleri olabildiğince düşürmemiz gerekir, öncelikle maliyet.

GÖRÜŞMECİ: Türkiye'nin enerji stratejisinde rüzgâr enerjisi ve güneş enerjisi potansiyelini ekonomik, çevresel sürdürülebilirlik ve diğer yönlerden karşılaştırabilir misiniz? Rüzgâr enerjisi ile güneş enerjisi yatırımlarını karşılaştırdığımızda bunlara ilaveten söyleyeceğiniz başka şeyler var mı?

R.ZEYBEK: Şimdi dediğim gibi az önce siz de söylediniz, 1 MW GES kurulumu için 20 dönüm yer gerekir ama aynı güçte 1 MW'lık RES kurulumu için gerekli alan 60 m çapındaki bir yerdir, πr^2 den gittiğimizde 10 dönümlü aynı enerjiyi üretebilirsiniz. Bundan dolayı alan bakımından ve yatırım maliyeti bakımında RES'ler her zaman GES'lerin altında olmuştur, maliyeti düşüktür, gerektirdiği alan da düşüktür. Özellikle tribün teknolojisinin de gelişmesiyle 2,5-3 MW'lık tek bir tribünle enerji üretimi mümkün. Bu ne demek oluyor, 10.000 m²'lik alanda aslında 2,5 MW'lık rüzgâr tribünü kurulabilir. Ama aynı kurulu güçteki GES için yaklaşık 50 dönüm arazi gerekir. Arazi de değerli bir şey. Dediğim gibi baştan, arazi önemli. Genellikle zaten RES'ler de tarımın olmadığı dağlara, kırsal yerlere kurulmakta. Bu da kıymetli olmayan, değersiz olan araziye değerlendirmek anlamına geliyor. GES'lerde ise olabildiğince yere yakın, arazisi düz ve hatta güneşe bakan araziler tercih ediliyor. Bu da kullanılabilir tarım arazilerinin zamanla yok edilebileceği anlamına geliyor. Bu nedenle RES yatırımları da önemli. RES'ler için politika olarak devletin teşvikleri var. Türkiye'de ilk yenilenebilir rüzgâr santrali 1980'li 90'lı yıllarda Çanakkale'de kuruldu, İzmir'de kuruldu. Rüzgâr da temiz enerji. Sadece bakım konularında daha özen istiyor, o kadar. Onun haricinde rüzgâr da gayet güzel bir enerji çeşidi.

GÖRÜŞMECİ: Bireysel kullanıcılar için güneş enerjisi uygulamaları daha kullanışlı görünüyor, çatıya kurulabilir, evin bahçesine kurulabilir. Ancak rüzgâr santralini şehir merkezindeki apartmanımıza kuramazsınız.

R.ZEYBEK: Kuramazsınız, aynen.

GÖRÜŞMECİ: Türkiye'nin enerji projeksiyonunda güneş enerjisinin geleceği üzerine görüş ve önerileriniz nelerdir?

R.ZEYBEK: Güneş enerjisinin geleceği üzerine şunu söyleyebilirim. Az önce dediğim gibi teknolojinin gelişeceğini düşünüyorum. Güneş panelinin üzerini kaplayan camın geçirgenliği konusunda yapılan yeni çalışmalar var. Şu anda güneş panelinin 25 yıl sonundaki verimliliğinin %80'e düşmesinin sebebi camının geçirgenliğinin azalmasıdır. Aslında üzerindeki camın geçirgenliği azalmasa güneş paneli hala %100'lük verimle üretimini sürdürebilir. Çünkü silisyumun içindeki maddenin

bozulması gibi bir olay yok. Yeter ki havaya ve suya maruz kalmasın. Bu alanda NASA'nın çalışmaları var hatta yaptığı bir prototip var. Kendi öngörülerine göre 20 yıl sonunda panel verimliliğinin %99'a düştüğünü, %1'lik bir kayıp olduğunu, böyle bir geçirgen madde bulduklarını ve geçirgenliğin zamanla azalmadığını söylüyorlar. Panellerin uzay şartlarında da çalışabilmesi için yapılan bir çalışmaydı bu. Zamanla camın sararmasından ve kimyasının bozulmasından dolayı ışık geçirgenliği azalmakta ve verim düşmekte. Geçirgenliği zamanla azalmayan malzeme üzerinde çalışılıyor şu an. Hücre teknolojisi gelişecek, üzerinde bulunan geçirgen cam malzemenin teknolojisi gelişecek. Ben, panel verimliliklerinin yüzde 40'lara kadar çıkacağını düşünüyorum. Ayrıca bir süre sonra GES kurulumu için yeterli alan kalmayınca bu alanlarda, daha fazla enerji üretmek için de "tracker" denen güneş takip sistemlerinin yaygınlaşacağı öngörüsündeyim. Çünkü 10-20 dönümlük mevcut aynı araziden, "Neden ben %17 verimle enerji üretyim, bunun yerine "tracker" kurayım %35-40 daha fazla elektrik üretyim." derdine düşecek vatandaşa, çünkü arazi kalmayacak.

GÖRÜŞMECİ: Arazi sorunu böylelikle aşılmış olacak aslında. Mevcut alanda, daha fazla elektrik üretebileceğiz veya enerji üretebileceğiz.

R.ZEYBEK: Aynen.

GÖRÜŞMECİ: Güneş enerjisinin elektrik üretimi ve ısı uygulamalarda kullanımının yaygınlaştırılması üzerine görüş ve önerileriniz nelerdir? Çatı ve cephe uygulamaları, bireysel kullanıcıların mikrokojenasyon sistemi kurması gibi. Şimdi üniversite kampüslerine kendi elektriğini üretebilecek kojenasyon sistemleri kuruluyor, hastaneler hem ısı hem elektrik hem de soğutma ihtiyaçlarını karşılayacak sistemler kurabiliyorlar. Bunlarla ilgili görüş ve önerileriniz?

R.ZEYBEK: Şimdi bizim Spil Teknoloji A.Ş. diye şirketimiz var, Celal Bayar teknokentte faaliyet gösteren. Biz aynı zamanda teknokentin yüzde 5 hissedarı olan bir firmayız. Orada da 5 tane ofisten oluşan bir yerimiz var. Orada yaptığımız çalışmalardan biri de ORC sistemleri. ORC sistemleri nedir? "Organic Rankine Cycle" diye geçer, organik atıkların çevrimi ile enerji üretimidir bu, atık ısıdan enerji üretmektir. Kimlerin atık ısı çok? Mesela çimento fabrikalarının, cam fabrikalarının, tuğla fabrikalarının atık ısıları fazladır. Bu firmaların atık ısısından tekrar elektrik üretmek için oluşturulan sistemler vardır, ORC sistemler. Biz de bununla ilgili bir çalışma yapıyoruz. Tamamen kendi tasarımı, kendi mühendisliğimizle ve tamamen bize ait çizimlerle. Eşanjörleri olsun, soğutma sistemleri ve enerji üretim türbinleri de dahil tamamen bize ait bir çalışma üzerinde yoğunlaştık şu anda. Böyle sistemler de geliştiriyoruz. Yenilenebilir enerji deyince akla sadece bir tek güneş enerjisi gelmesin, jeotermal de var güneş de var, biyogaz, biyokütle santralleri de var. Bunların üzerine birtakım çalışmalar yapıyoruz. Önerim ne olur? Önerim, aslında harcamaktan ziyade tasarruf etmenin yolunu bulmak. Daha sonra enerji üretimi konusunda en uygun yol bulunacaktır. Birçok tavuk çiftliği var mesela Manisa'da. Tavukların atık gübreleri kullanılarak enerji üretiminde değerlendirilebilir. Şimdi işletmeler tavuk gübrelerini ellerinden çıkarmak için bin bir türlü yola gidiyorlar. Halbuki bu tavuk çiftliklerine konsept modüler bir yapıyla elektrik üretebilecek bir sistem inşa edilerek kendi enerjisini üreten bir sistem yapılabilir. Hatta tavuk çiftlikleri ısıtmaya da ihtiyaç duyan bir yer; kışın ısıtma yapılıyor, yazın serinletme yapılıyor. Bu gübrelerle çiftliklerin yıl boyu soğutması yapılabilir. Yeri geldiğinde bu gübreden elektrik üretilerek kümes içi fan sistemlerini çalıştırmada, üretilen bu elektrik kullanılabilir. Aynı zamanda gübreden elde edilen biyogazla, ısıtmalı boyler sistemi kullanılarak da kümes için ısıtma sistemleri tasarlanabilir. Şu an olağanüstü bir kömür kullanılıyor.

GÖRÜŞMECİ: Konuştuğumuz konularla ilgili son olarak önerileriniz sorunlarla ilgili eklemek istediğiniz herhangi bir şey var mı?

R.ZEYBEK: Enerjinizi kaybetmeyin diyoruz, hepimiz, bizim sloganımız bu. Her zaman kullandığımız enerjinin nasıl üretildiğini düşünüp ona göre harcayalım. Üretmek mesele değil her türlü elektrik üretilebilir, ama önemli olan üretileni makul değerlendirebilmektir; kıymetini bilmek lazım. Bir şeyi üretmek kolay tüketmek daha da kolay. Tüketim de giderek arttı, onun için bence tasarruf yöntemlerini daha çok araştırmak lazım. En yeşil ve temiz enerji, tasarruf edilen enerji.

GÖRÜŞMECİ: Çok teşekkür ediyorum. Söylemek istediğiniz bir şey var mı?

R.ZEYBEK: Yok. Ben teşekkür ediyorum. Çalışmalarınızda başarılar diliyorum. Umarım hepimiz için iyi olacak bir çalışma olur. Sizin de böyle güzel bir konu üzerinde çalışma yapmanıza sevindim.

GÖRÜŞMECİ: Sağ olun.

EK 2: 26.04.2018 Tarihinde Manisa Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi'nden Öğretim Üyesi Prof. Dr. Sezai TAŞKIN ile Yapılan Görüşme

GÖRÜŞME FORMU

GÖRÜŞME BİLGİLERİ

GÖRÜŞME TARİHİ VE SAATİ : 26/04/2018-15:30
GÖRÜŞME YERİ/SÜRESİ : Manisa Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi / 45 dakika
GÖRÜŞME KAYIT İZİN TÜRÜ : () Yazılı Kayıt (X) Ses Kaydı () Video Kaydı () Kayıt yok
GÖRÜŞMENİN AMACI : Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyelinin değerlendirilmesinde karşılaşılan teknik ve teknolojik sorunları tespit etmek ve güneş enerjisine dayalı temiz enerji arzı için yol gösterici önerileri belirlemek amacıyla alanında yetkin kişilerden bilgi toplamak.
ARAŞTIRMANIN AMACI : Sürdürülebilir kalkınma yaklaşımı ile Türkiye'nin enerji ihtiyacını karşılamada güneş enerjisi ile ilgili karşılaşılan sorunları ortaya koyarak güneş enerjisine dayalı temiz enerji arzı için yol gösterici öneriler sunmak.
ARAŞTIRMANIN KONUSU : Sürdürülebilir Çevre Vizyonu Açısından Türkiye'nin Enerji Politikalarında ve Stratejilerinde Güneş Enerjisinin Geleceği

GÖRÜŞME YAPILACAK KİŞİNİN

ADI SOYADI : Sezai TAŞKIN
ÇALIŞTIĞI KURUM/KURULUŞ : Manisa Celal Bayar Üniv. Mühendislik Fk. Elektrik Elektronik Müh. Bölümü
UNVAN/GÖREVİ : Prof. Dr./Öğretim Üyesi
CİNSİYETİ : (X) Erkek () Kadın
EĞİTİM DURUMU : Lisansüstü (Doktora)

GÖRÜŞME KAYDININ DEŞİFRESİ

GÖRÜŞMECİ: Öncelikle bana vakit ayırdığınız için çok teşekkür ediyorum. Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Kamu Yönetimi Bölümü yüksek lisans öğrencisiyim. Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyelinin değerlendirilmesinin önündeki engeller ve Türkiye'nin enerji projeksiyonunda güneş enerjisinin geleceği üzerine tez hazırlıyorum. Bu çalışmaya yönelik bazı sorular hazırladım. Dilerseniz bu sorular üzerinden gidelim.

S.TAŞKIN: Ben de teşekkür ederim. Evet, tabii.

GÖRÜŞMECİ: Güneş enerjisinin konvansiyonel kaynaklara ve diğer yenilenebilir kaynaklara göre avantaj ve dezavantajları nelerdir?

S.TAŞKIN: Konvansiyonel dediğimiz kaynaklar, fosil dediğimiz kaynaklar yani yenilenemez sınıftaki kaynaklardır bunlar. Bunlara yenilenemez denmesindeki esprî şu, bütün kaynaklar aslında yenilenebilir kaynaktır. Termik santrallerden örnek veriyorum; kömürle çalışan termik santraller, kömür aslında yenilenemez dediğimiz fosil tabanlı yakıt kaynağıdır. Yenilenemez denmesinin sebebi şu, insanlığın bunu tüketme hızıyla kömürün oluşum hızı birbiriyle uyumlu değil. Milyonlarca yıl geçmesi gerekiyor; kömürün yeniden oluşabilmesi için. Ama insanın bunu tüketme hızı daha hızlı. Dolayısıyla bu yüzden yenilenemez diyoruz. Güneş enerjisi ise güneş her gün doğduğundan doğal olarak yenilenebilir oluyor. Bu enerji, kullanıldığında bir atık bırakmıyor; yani çevreye bir zararı yok. Yenilenebilir enerji kaynakları, sadece güneş enerjisinden ibaret değil; rüzgâr, hidroelektrik santraller yani nehir üzerine kurulan santraller baraj göllü santraller, bunlar yenilenebilir enerji kaynağı sınıfında olan diğer santraller. Şu anda hem dünyada hem de ülkemizde en popüler olan yenilenebilir enerji kaynakları arasında rüzgâr enerji santralleri var, güneş enerji santralleri var, Jeotermal enerji santralleri var. Mesela Manisa bölgesine baktığımız zaman Akhisar lokasyonunda, ondan sonra Bergama tarafına baktığımızda orada İzmir tarafında olmak üzere birçok RES görülebilir. Çünkü rüzgâr potansiyeli oldukça iyi olan bölgeler bunlar. Güneş enerjisi yönü itibarıyla de baktığımızda şu anda Türkiye'deki en büyük proje, Konya Karapınar tarafında uygulanıyor. Bizim bölgemizde de gücü çok büyük olmayan güneş enerji santralleri var. Biz zaten 1 MW sınırına kadar olan enerji santrallerine lisanssız enerji santralleri diyoruz. 1 MW üzerindeki enerji santralleri lisanslı güneş santrali diye geçiyor. Hemen kısa bilgi vereyim, 1 MW'lık GES kurmak için gerekli fiziki alan kabataslak olarak 18.000-20.000 m² civarındadır. Yani dönüm olarak 18-20 dönüm, geniş bir alanı kapsıyor. Halbuki rüzgâr enerji türbinlerinin, şu anda Türkiye'de kullanılanlar için söylüyorum, 1 tanesinin gücü 2,5 MW civarındadır. Yani 2,5 MW'lık bir rüzgâr türbini tam kapasite de çalıştığında tek başına, 50 dönüm üzerine kurulan güneş enerjisi santralini üretebileceği enerjiyi üretebilir; böyle bir avantajı var. Burada sormuşsunuz, diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına göre avantajları ve dezavantajları nelerdir. Güneş enerji santrallerinde hareketli parça yoktur. Hareketli parça olmadığı için bakım giderleri düşüktür. Güneş panelleri sabit bir açıda konumlandırılır ve o şekilde durur. Bakım olarak uzun süre yağmur yağmadığı zamanlarda, güneş panellerinin üzerlerinin düzenli olarak kireçsiz su ile yıkanması ve temizlenmesi gerekir; bu bir bakım gideridir. Bir de havanın bulutlu olduğu zamanda güneş ışınım miktarı düşeceği için bunların enerji üretme değerleri düşer, bu bir dezavantajdır. Üretim konusu sıcaklıkla doğrudan orantılıdır. Panel sıcaklığı çok aşırı arttığında yine verimlilik bir miktar

düŖer. BaŖka bir dezavantajı da hatta en önemli dezavantaj Ŗu, güneŖ panellerinin verimlilikleri halen düŖük seviyelerde. Ticari olarak kullanılan güneŖ panellerinin verimliliği %16-17 seviyesindedir. Bu Ŗu demek, birim alanda üzerine düŖen güneŖ iŖnım miktarının ancak %16-17'sini elektrik enerjisine dönüŖtörebiliyor. Ama bununla ilgili yeni nesil güneŖ hücreleri geliŖtiriliyor. Amerikan Yenilenebilir Enerji Laboratuvarı'nda yapılan çalıŖmalarda %46'ya varan oranda verimlerle ilgili raporlar Ŗu anda açıklanmıŖ durumda. Fakat hala bunlar ticari olarak büyük santrallerde kullanılmıyor. Çünkü bir Ŗeyin ticarileŖmesi için fiyatlarının makul seviyelerde olması ve uygulanabilir olması gerekiyor. GüneŖ enerjisinin avantajlarını bu Ŗekilde özetleyebiliriz.

GÖRÜŖMECİ: Türkiye'de güneŖ enerjisi yatırımlarının öndeki finansal, teknik/teknolojik, yasal, bürokratik ve diğer engeller nelerdir?

S.TAŖKIN: Bununla ilgili olarak mevzuatta düzenli olarak gerekli iyileŖtirmeler yapılıyor. Türkiye'de özellikle 2014 yılından sonra güneŖ enerjisi yatırımlarında büyük bir ivmelenme kaydedildi. Dolayısıyla bunların ivmelenmesinin sebebi mevzuattaki iyileŖtirmeler, kolaylıklar ve aynı zamanda devletin verdiği alım garantileridir. Devlet Ŗu anda güneŖ enerjisi yatırımı yapan yatırımcılara 10 yıl süreyle ürettikleri elektriğin kWh'sini 13,3 dolar-centten almayı taahhüt ediyor. Dolayısıyla bu tip politikalar, bu yatırımların popülaritesini artırmıŖ durumda. Teknolojik olarak baktığımızda ise Türkiye'de güneŖ paneli üreten firmalar var, farklı illerde; Ankara'da, EskiŖehir'de Konya'da Gaziantep'te vs. farklı firmalar var. Fakat burada esas olan, teknolojik kısım; güneŖ panelinin elektrik enerjisi üretmesini sağlayan hücre dediğimiz fotovoltaik hücrenin üretilmesi. Türkiye'de bir birleŖtirme iŖlemi gerçekleştiriliyor. Yani onun bir panel haline getirilmesi için üzerindeki camın oturtulması, alüminyum framenin oluŖturulması vs. gibi iŖlemler fabrikasyon olarak yapılıyor. Fakat hücre dediğimiz teknoloji, yine dıŖardan almak zorunda kaldığımız bir teknoloji.

GÖRÜŖMECİ: Türkiye'de, güneŖ panelinde, yüzde yüz yerli üretim söz konusu mu? Bildiğim kadarıyla yarı iletken yüksek teknoloji gerektiriyor, invertör yüksek teknoloji gerektiriyor. Bu konuda bilgi verir misiniz?

S.TAŖKIN: Türkiye'de Ŗu anda ticari anlamda söylüyorum, güneŖ hücresi üretimi yok. Fakat bununla ilgili olarak Konya Karapınar'da kurulması planlanan bir 1 GW'lik güneŖ enerji yatırımı için Enerji Bakanlığı'nın teŖviki ile Ankara'da bununla ilgili giriŖimler var, yani güneŖ hücre teknolojilerinin de artık Türkiye'de üretilmesi ilgili bir giriŖim mevcut. Çünkü bunu üretemediğiniz sürece, bu alanda oldukça iyi bir potansiyele sahip olmanıza rağmen, hem teknolojik bilgi birikiminiz ticarileŖmemiŖ oluyor hem de bunu ilelebet satın alma durumunuz bir çözüm olarak gözüküyor.

GÖRÜŖMECİ: Bir Ŗey daha sormak istiyorum. Bu yerli üretimde özellikle yabancı Ŗirketlerle ortaklıklar kurularak yüzde yüz yerli üretim yapılmaya çalıŖılıyor. Bununla ilgili de bilgi verir misiniz? ARGE çalıŖmalarına, teknoloji transferine ve teknolojinin geliŖmesine ne ölçüde katkı sağlayabilir? Bunun bize faydası var mıdır?

S.TAŖKIN: Burada bilimsel anlamda akademisyenlerde ve bilim çevrelerinde yeterli bilimsel bilgi birikimi var. Fakat bir ürünün ticari potansiyele üretilebilmesi için üretim teknolojisinde de bilgi birikiminin olması gerekiyor. Bu anlamda, dediğimiz yabancı ortaklık, süreci biraz daha hızlandırabilir. Yani en azından bu süreci kısaltmıŖ olur, diye düşünüyorum. Bu konuda yeterli teknolojik alt yapısı ve bilgi birikimi olan ortaklıklar kurulabilir. Aynı zamanda yerli bir bilgi birikimi de elde edilmiŖ olur; hiç başlamamaktansa bir yerden başlamak, mutlaka önemlidir. Her teknolojide, bu iŖ böyle. Çünkü siz diğer anlamda o bilgi birikimini sağlayacağız derken dünyada, bu anlamda önde olan firmalar verimliliği daha yüksek panel üretmeye çalıŖacaklardır. Siz Ŗu anda onların seviyesini yakalamaya çalıŖırken belki de üç beş sene sonra verimliliği %20-25'lere çıkan paneller artık kullanılmaya başlanacak. Ŗu anda 300 watt'lık dediğimiz paneller yaygın olarak kullanılıyor. Yani önceden aynı paneli 200 watt üretirken 250 watt oldu, 270 oldu, Ŗu anda 300 watt hatta daha fazla olanlar da var. Yani aynı alanda daha fazla güç üreten paneller ticarileŖmiŖ oldu. Verimlilik aynı iken ve o büyüklükteki panelin ürettiği güç 270 watt iken Ŗu anda değer olarak 300 watt oldu.

GÖRÜŖMECİ: Ŗebeke altyapısı noktasında Türkiye'de TEDAŖ'ın ya da TEİAŖ'ın bağlantı izni, iletim hattı, trafo gücü vb. konulardaki yeterlilikleri ne durumda?

S.TAŖKIN: Bu konuda her trafoya bağlanabilecek bir kapasite var ve müsaadesinin alınması gerekiyor. Bununla ilgili olarak elektrik dağıtım Ŗirketinden, güneŖ enerjisi santrali hangi bölgeye kurulacaksa o bölgede yeterli boş kapasitenin olması gerekiyor. Buna da izin verecek olan o bölgenin elektrik dağıtım Ŗirketi. Mesela Manisa'da, bu bölge için soracak olursanız, bu bölgede Gediz Elektrik bunun müsaadesini veriyor. Bu Ŗu demek, her müracaat eden, "çağrı mektubu" deniyor, çağrı mektubunu alamayabilir. Burada öncelikli olan, eğer siz kendiniz asıl tüketicisi iseniz, sisteme enerji verme miktarınız düŖükse çağrı mektubu alma Ŗansınız biraz daha artabilir. Mesela bu üniversite kampüsü için bakacak olursanız, üniversitenin kampüsü büyük bir enerji tüketicisidir. Sizin buraya kuracağınız bir sistemle öncelikli olarak kendi ürettiğiniz enerjiyi tüketeceğiniz için ve Gediz Elektrik'in enerji sistemine elektrik verme olasılığınız düŖük olduğu için çağrı mektubu alma opsiyonu biraz daha fazla oluyor.

GÖRÜŖMECİ: Satmaktan ziyade öztüketime yönelik üretime, daha fazla kolaylık sağlıyor.

S.TAŖKIN: Tabii, o zaman çağrı mektubu almak daha kolay.

GÖRÜŖMECİ: GüneŖ enerjisi yatırımlarında imar mevzuatı ile ilgili bilgi verebilir misiniz? Alanda yaŖanan sorunlar nelerdir?

S.TAŖKIN: Çatı projesi olarak bu gerçekleştirilecekse Ŗunun yapılması gerekiyor, bina daha inşa edilmeden önce çatısına bir güneŖ enerjisi santrali kurulacağı öngörölüyorsa statik projesinin buna göre çizilmesi ve yapılması gerekiyor. Eğer bina yapılmıŖ bitmiŖ ve sonradan üzerine bir güneŖ paneli koyulması gerekiyorsa ilave yük demektir bu çatıda; bu ilave yük ile ilgili olarak yapı ruhsatı deęiŖikliğine gidilmesi gerekiyor, TEİAŖ'ın kurulumu izin vermesi için. Burada da amaç Ŗu; bina, güçlendirme gerektiriyor olabilir. Ve yahut da binanın mevcut kapasitesi bu güneŖ enerjisi sisteminin ağırlığını taşıyacak durumda değildir. Bununla ilgili yapı ruhsatı deęiŖikliğinin yapılması veya "Yapı ruhsatı deęiŖikliğine gerek yoktur." belgesinin alınması gerekiyor. Eğer bir güneŖ enerji santrali bir araziye kurulacaksa bununla ilgili olarak ÇED dediğimiz çevresel etki değerlendirme muafiyetinin alınması gerekiyor. Bu Ŗu demek, tarıma elveriŖli arazide, güneŖ enerjisi santrali kurulumu uygun değil. Çünkü siz o santrali kurduğunuz zaman orada ekme biçme bir Ŗey yapamazsınız. O arazinin kullanılmayan ve tarıma elveriŖli olmayan bir arazi olması gerekiyor. Bununla ilgili olarak çevre ve Ŗehircilik il müdürlüklerinden ÇED muafiyeti raporu alınması gerekiyor. Bu anlamda, eğer bir çatı projesi kurulacaksa bir fabrika çatısı projesi olabilir, bir büyük bina çatısı olabilir. Çatı projeleri bu anlamda çok daha avantajlı olmuŖ oluyor.

GÖRÜŖMECİ: GüneŖ enerjisinin çevresel sürdürülebilirlik açısından avantaj ve dezavantajları nelerdir? (Toprak/ Hava/ Su/ Ekosistem ve BiyoçeŖitlilik/ Doğal Kaynak Kullanımı/ Gürültü/ Görsel/ Atık/ Elektromanyetik/ Diğer)

S.TAŞKIN: Bu saydıklarımıza göre dezavantaj olarak şunu söyleyebilirsiniz sadece. Sonuçta GES'in veya herhangi bir sistemin kurulduğu yer, doğal olarak o alanı işgal eder, ama diğer saydığımız şeylerle ilgili olarak kurulum yapılan alan kullanılabilir bir arazi değilse o zaman herhangi bir zarardan bahsetmek söz konusu değil. Hava, su, vs., ekosistem ve biyoçeşitliliği etkileyen bir durum söz konusu değil. Doğal kaynak kullanımını demişsiniz, zaten güneş nerede doğuyorsa orada kullanıyorsunuz. Gürültü kirliliği söz konusu değil, kesinlikle sıfır gürültü diyebilirsiniz. Atık sadece şurada var, güneş panelleri ömrünü doldurduktan sonra bunların geri dönüşüm ile ilgili planlamaların da ona göre yapılması gerekiyor. Çünkü güneş paneli ömrünü doldurduğunda laminasyonla yapıştırıldığı için onun içerisindeki maddeleri ayrıştırıyorsunuz. Dolayısıyla panel geri dönüşümünün uygun biçimde planlanması gerekiyor. Yarı iletken malzeme var, onun ayrıştırılması işlemleri vs. gündeme gelmiş oluyor. Hücreler çok ince ve kırıldır.

GÖRÜŞMECİ: Görsel kirlilik açısından herhangi bir sakıncası var mı?

S.TAŞKIN: Şimdi bu görsel kirlilik dediğiniz şey bana göre göreceli bir şey. Bazısı, o bölgede yeşili görmek isteyebilir; sonuçta o alanın güneş panelleri ile donatılmış halini görmek istemeyebilir. Bana sorarsanız "Bir kirlilik oluşturuyor mu?" diye, görsel bir kirlilik değil; başka bir ahenk oluşturduğunu söyleyebilirim, renk olarak. Bana göre göreceli.

GÖRÜŞMECİ: Denizel kurulumlar başladı. Bu konuda bilginiz var mı?

S.TAŞKIN: Bu konuda bir bilgim yok. Herhangi bir uygulamasını açıkçası görmedim. Rüzgâr tribünlerinde oldukça yaygın, "offshore" dediğimiz kurulumlar. Ama güneş panelleri konusunda bir bilgim yok.

GÖRÜŞMECİ: Genel olarak çevresel avantaj ve dezavantajları bunlar.

S.TAŞKIN: Bir diğer çevresel avantaj şöyle, GES'lerde CO₂ emisyonu diye bir şey söz konusu değil. Güneş paneli çalışırken çevreye CO₂ salımı yapmıyor. Siz bu GES'in ürettiği kadar lazım olan enerjiyi normalde fosil kaynaklardan üretmeye kalkarsanız, onun karşılığı kadar bir CO₂ salımını da azaltmış oluyorsunuz. Şimdi diyelim ki sizin sisteminiz günlük olarak 10 MWh enerji üretsin. Siz bu 10 MWh'lik enerjiyi alıp kullanıyorsunuz. Bu enerjiyi GES'ten üretmiyor olsanız nereden üreteceksiniz? Örnek veriyorum, primer enerji kaynağı olarak kömür kullanan bir termik santralden elde edeceksiniz. "Bu 10 MWh enerjiyi elde etmek için ne kadar kömür yakması gerekiyor ve bu kömür yakıldıktan sonra ne kadar zehirli gaz havaya salınıyor." diye düşündüğünüz zaman, GES'lerin çevresel faydası ortaya çıkıyor.

GÖRÜŞMECİ: Türkiye'de, güneş enerjisi potansiyelinin değerlendirilebilmesi ve yaygınlaştırılabilmesi için finansal, hukuki ve teknik/teknolojik olarak neler yapılmalıdır?

S.TAŞKIN: Şimdi Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli zaten oldukça iyi, Türkiye güneş atlası oluşturulmuş durumda. Yaygınlaştırılması ile ilgili olarak şunlar mümkün. Mevzuatta, sektörün de etkisiyle zaten yeterince gerekli kolaylaştırmalar yapıyor ve düzenli olarak bunlar tartışılıyor. Ülkede GES yatırımlarına yönelim var. Burada aslında yapılması gereken şey, bence şu; teknolojinin yerleştirilerek fiyatların daha da ucuzlaştırılmasıdır. Çünkü bizim tüm alımlarımız ve yatırımlarımız hem invertörler hem de paneller bazında baktığımızda döviz kuruyla hesaplanıyor. Yaklaşık olarak bir watt'lık bir panel, tüm altyapısıyla birlikte 1 dolar; kablo, işçilik, invertör gibi hesapladığımız zaman 1 watt 1 dolar demek. Bu şu demek, siz 1 MW güce sahip bir güneş enerjisi santrali kurarsanız, arazi bedeli hariç olmak üzere söylüyorum, çünkü o göreceli bir şey ve kaç paraya aldığımızla ilgili, 1 MW'lik bir santralin parasal eşdeğeri 1 milyon dolardır. Yaklaşık olarak bu da bir günlük TL karşılığıyla KDV hariç olmak üzere 4 milyon TL'ye gelir, KDV ile birlikte yaklaşık olarak 4,5-5 milyon TL arasındadır.

GÖRÜŞMECİ: Diğer yenilenebilir enerji kaynakları ile karşılaştığımızda GES maliyetleri için neler söyleyebiliriz?

S.TAŞKIN: Diğer yenilenebilir enerjiler ile ilgili olarak jeotermal enerjinin yatırım maliyetlerini şu an bilemiyorum. Rüzgâr türbinleri daha uygulanabilir durumda. Şimdi 2,5 MW'lik güce sahip bir rüzgâr türbininin yaklaşık olarak 1,2 milyon dolara denk gelen bir maliyetinin olması lazım. Maliyeti etkileyen bazı parametreler var; yurt dışına bağımlılık. Teknoloji olarak aldığımız şey bellidir ana kalemlerde değişiklik yapamazsınız. Neyi satın alıyorsunuz? Örnek veriyorum; fotovoltaik paneli satın alıyorsunuz, invertörü satın alıyorsunuz, kabloyu yerli temin ediyorsunuz kablunun konulacağı kanallar vs. işçilik de yerli, ama ana parçalar yabancı olunca fiyatlar da ister istemez yükseliyor. Yabancı olmasının dezavantajı şurada, TL ile döviz kurları arasındaki rakamın büyüklüğünden kaynaklanıyor. 1 dolar 1 TL olsa o zaman gayet iyi.

GÖRÜŞMECİ: En büyük sıkıntı burada o zaman, bizim için geleceğe dönük olarak yapılması gereken teknolojiyi yerleştirmek, anladığım kadarıyla.

S.TAŞKIN: Evet. Yerli teknoloji ile yerli güneş hücresi üretme kabiliyetine sahip olmak.

GÖRÜŞMECİ: Türkiye'nin enerji stratejisinde rüzgâr enerjisi ve güneş enerjisi potansiyelini ekonomik, çevresel sürdürülebilirlik ve diğer yönlerden karşılaştırabilir misiniz? Şundan dolayı soruyorum; baktığımız zaman Türkiye'nin enerji projeksiyonunda RES yatırımlarına yönelim varmış gibi. Mesela 2023 hedeflerine baktığımız zaman GES kurulu güç hedefi 5.000 MW, RES kurulu güç hedefi 20.000 MW, yani 4 kat. Halbuki RES'ler daha çok kıyı kesimlerine, rüzgârın olduğu yerlere kurulabilirken Türkiye'nin güneş haritasına baktığımızda güneş enerjisi potansiyelinin özellikle 38,5 paralel ve altının, endüstriyel uygulamalar için tamamının da evsel uygulamalar için uygun olduğunu görüyoruz. Öncelik RES'e mi veriliyor? Maliyetler mi etkili bunda?

S.TAŞKIN: Şimdi orada benim kanaatim şöyle, rüzgâr enerjisi yatırımları çok daha önceden başladı. Dolayısı ile oradaki teknoloji, verimlilik vs. belli. Daha öngörülebilir durumlar söz konusu. Dolayısıyla yatırımcı daha kısa sürede daha hızlı geri dönüşün olabileceği yatırımlara yöneliyor doğal olarak. Güneş enerjisi ile ilgi trend 2014 yılı itibarıyla Türkiye'de başladı. Bundan sonra devam ediyor.

GÖRÜŞMECİ: Bir de şu var; 2019 hedefi 3000 MW olmasına rağmen biz 2018'de 3000 MW'yi yakaladık. Bu yatırımlarda özel sektör daha mı etkili? Veya lisanslı ve lisanssız yatırımlar?

S.TAŞKIN: Aşağı yukarı o rakamı yakaladık. Lisanssız yatırım sayısı lisanslı yatırım sayısından çok fazla. Yatırımın bu kadar hızlı olmasının sebebinin size söyleyeyim. 2017 yılı sonuna kadar bağlantı anlaşmasını yapmış olan tüm lisanssız GES'ler için üreteceği enerjideki kar payları daha yüksek. Kabataslak söylüyorum, vergileri ile beraber 1 Ocak 2018'den sonra devreye giren GES'ler için 10 dolar-cent civarında bir satış söz konusu oluyor; ama daha öncesindekiler için 13,3 dolar-cent idi, 2017 yılında. O yüzden özellikle Aralık 2017'deki istatistiksel rakamlara bakarsanız görülür; herkes canla başla çalışıp prosedürleri o tarihe kadar yetiştirmeye çalıştılar. Ki bizim kampüs uygulamamız da o şekilde oldu. Aralık 2017'de biz de sistemi devreye almış olduk.

GÖRÜŞMECİ: Türkiye'nin enerji projeksiyonunda güneş enerjisinin geleceği üzerine görüş ve önerileriniz nelerdir? Özellikle evsel ve endüstriyel uygulamalar bakımından güneş enerjisinin yaygınlaştırılması adına bir değerlendirme yapar mısınız?

S.TAŞKIN: Şimdi Türkiye'de eğer bireysel bir kullanım söz konusu ise yani bu genelde de böyle, sadece ülkemize yönelik değil, elektrik enerjisinin götürülmesinin maliyetli olduğu yerler için bir zorunluluk arz ettiğinden, güneş enerjisi ile oranın enerji potansiyelini sağlamak avantajlı olarak görülebilir. Fakat normal tüketiciler için diyelim ki sizin elektrik tüketiminiz en fazla 10 kW, pik değeriniz. Bunun için 10kW'lık bir güneş paneli kurmanız gerekiyor. 10 kW için de her biri 0,3 kW gücünde olan aşağı yukarı 30-35 tane panel kullanmanız demek. Bir panelin büyüklüğü aşağı yukarı 1,6 m² civarındadır. 35x1,6 yaptığınız zamanda 50 m²'yi buluyor, aslında bir şey değil, alan olarak eğer çatınızda buna müsaitse. Fakat 10 kW'lık sistem kurmak için 10.000 dolar para harcaması lazım, bireysel tüketicinin. Bu da tek başına yeterli değil. Akşam vaktinde enerjiyi nasıl kullanacak? Gündüz ürettiği enerjiyi depolaması lazım. Depolama için de akü teknolojisi gerekiyor. Akü ilave bir maliyet demektir, sistem için. Aküler de şarj ve deşarjdan dolayı çok uzun olmayan bir sürede deforme olduğundan, sürekli olarak bir maliyet söz konusu. Yani şunu demek istiyorum, zaruri sebepler haricinde güneş enerjisi yatırımları halen çok ucuz değil. Siz 10.000 dolarlık bir yatırımı kaç senede amorti edebilirsiniz? Buna bakmanız lazım.

GÖRÜŞMECİ: Yani bireysel tüketici açısından maliyetleri çok yüksek olduğu için yaptığı yatırımın geri dönüş süresi çok uzun oluyor. Bu nedenle enerji üretiminin tabana yaygınlaştırılması mümkün olmuyor.

S.TAŞKIN: Onun için gelir düzeyinin yüksek ve bu maliyetlerin biraz daha düşük olması lazım. Yani bir şeyin kolay satın alınabilir olması lazım.

GÖRÜŞMECİ: Peki vatandaşta çevre bilinci gelişmiş olsa bu yatırıma yönelebilirler mi? Avrupa'daki gibi.

S.TAŞKIN: Ben size sorayım, çevre bilinci hepimizde var. Gelir düzeyiniz bununla orantılı değilse örnek veriyorum, şimdi siz ayda 100 TL elektrik faturası ödüyorsunuz; şu anki mevcut sistemde, yılda 1.200 TL'ye karşılık gelir. 10.000 doları 4'le çarparsanız 40.000 TL yapar, kaç yılda amorti edeceğinize bir bakın. Ki 10.000 dolar aküsüz sistem. Nereden baksanız bunun %30-40'ı kadar daha akü parası vermeniz lazım, akülerin bakımları var, aküler bitecek, onların tekrar geri dönüşüme gitmesi lazım, değiştireceksiniz, belki 2 senede bir kere. Bunlar hep ilave masraf demek. Dolayısıyla bir şeyin normal bir vatandaş tarafından satın alınabilir seviyede olması gerekiyor.

GÖRÜŞMECİ: Çevresel kaygılar bile bu noktada mali kaygıların önünde olamıyor. Şu an için maliyetleri yüksek olduğu için güneş enerjisi kullanımının tabana yayılmasında, maliyet, ister istemez engel oluşturuyor.

S.TAŞKIN: Tüm sistemin kurulumu için aşağı yukarı 1 watt'a 1 dolar denk geliyor. 1 watt'a 1 dolar değil de 10 watt'a 1 dolar denk gelse o zaman daha fazla tabana yayılır.

GÖRÜŞMECİ: Türkiye için güneş enerjisi ile ilgili olarak başka görüş ve önerileriniz nelerdir?

S.TAŞKIN: Enerji Bakanlığımız zaten gerekli adımları atıyor. Basında da bunlar yer alıyor. Bu teknolojinin yerleştirilmesinden bahsediyorum, üretim teknolojisinin yerleştirilmesi ve daha yüksek verimli güneş hücrelerinin üretilmesi ile ilgili çalışmaların yapılması gerekiyor. Bu aynı zamanda TÜBİTAK'ın öncelikli alanlarında "Yeni Nesil Güneş Enerji Teknolojileri" başlığı ile düzenli olarak proje çağrılarında çıkıyor. "Yeni Nesil Güneş Hücre Teknolojileri" diye geçiyor; 3 jonksiyonlu olanlar var, 5 jonksiyonlu olanlar var, bunlarda verimlilik daha yüksek. Ben şuna inanıyorum; bu güneş enerji teknolojilerinin verimliliği arttıkça 2030'larda bu rakamın daha yükselmesi öngörülmüyor, bu şu demek, buna olan talep sürekli olarak artacak. Teknoloji geliştikçe ülkenin de gelişmişlik seviyesi arttıkça enerji ihtiyacı daha da artıyor. Dolayısıyla enerji üretimini çeşitlendirmemiz gerekiyor. Sadece tek tip enerji kaynaklarına bağımlı kalmadan bunların çeşitlendirilmesi gerekir. Çünkü enerji politikası aynı zamanda güvenlik politikası olmuş oluyor. Bu konuda da zaten Enerji Bakanlığı gerekli çalışmaları yapıyor. Özellikle yerli ve milli enerji ile ilgili gerekli aksiyonları alıyorlar. Şu anda yerli kömür kullanılarak termik santraller, daha fazla sayıda yeni hidroelektrik santral kurulumu gerçekleşiyor. Bizim şu anki toplam kurulu gücümüz 86 GW civarında olması lazım, Türkiye'deki bütün enerji santrallerini topladığımızda elde edeceğimiz güç miktarıdır bu 86 GW. Bunun çeşitlendirilmesi gerekiyor ki maalesef bunun hala büyük kısmı ithal enerji girdileri ile karşılanıyor. Bizim en büyük bütçe gider kalemimiz enerji, çok büyük bir rakam. Enerjide dışa bağımlı olmak, ülke güvenliği için de ciddi bir sorun demek. O yüzden Bakanlık'ın bu konudaki çalışmaları önemli. Enerji Bakanı da zaten bu konunun uzmanı. Bununla ilgili iyi politikalar yapıyor, ümit ederim ki bunlar hayata geçirilir, geçirilsin. Mesela Konya Karapınar'da kurulacak olan 1.000 MW'lık santralde kullanılacak olan fotovoltaik panellerin yerli teknoloji ile üretilmiş olması öngörülmüyor.

GÖRÜŞMECİ: Çatı ve cephe uygulamaları, 10 kW'ye kadar uygulamalarla ilgili yeni bir yönetmelik çıktı; bunu nasıl değerlendiriyorsunuz?

S.TAŞKIN: Bunlar daha küçük üreticilere yönelik mevzuattaki kolaylaştırıcı iyileştirmeler. İhtiyaçlar şöyle gündeme geliyor; insanlar 10 kW için de 1 MW için de aynı prosedürlere maruz kalıyor. Bu durumda daha küçük üreticiyi demoralize ediyorsunuz. Yasal prosedürlere uğraştırmamak ve onları teşvik etmek için yapılan bir uygulama olarak düşünüyorum. Bu da 10 kW'ye kadar biliyorsunuz, 10 kW dediğimiz miktar da bir bireysel tüketicinin yani bir ev tüketicisinin ihtiyacını görebilecek seviyedeki güç değeridir. "Kendi enerjini kendin üret." gibisinden.

GÖRÜŞMECİ: Güneş enerjisinin elektrik üretimi ve ısıtma uygulamalarda kullanımının yaygınlaştırılması üzerine görüş ve önerileriniz nelerdir? Atık ısının elektrik enerjisine dönüştürülmesi ile ilgili birlikte tasarlanan sistemler; ısıtma, soğutma ve elektrik üretiminin tek bir sistem üzerinden gerçekleştirilmesi. Ev, bina, üniversite kampüsleri, hastane gibi alanlarda kullanım ile ilgili neler söyleyebilirsiniz?

S.TAŞKIN: Bununla ilgili olarak sadece ben şunu söyleyebilirim, şu anda ticari olarak piyasada bulunan PV-T dediğimiz fotovoltaik termal paneller var. Konuşmamın ilk başında söylemiştim, güneş panellerinin sıcaklığı ne kadar düşüğe verimlilikleri o kadar yüksek oluyor. Dolayısıyla sıcaklıkla verimlilik ters orantılı. Sıcaklık arttıkça verimlilik düşüyor panellerde, bu dezavantaj. Bu şu anlama geliyor, güneş ısınımı en iyi olsun ama sıcaklık da en düşük olsun. Bu maksatla ısınan güneş panelini soğutmak için güneş panelinin altından su boruları dolaştırılmış, bir petek gibi düşünün; o güneş panelindeki ısıyı absorbe eden su, ısınmış olarak dışarı çıkıyor, ısınan bu suyun ev için kullanımına yönelik uygulamaları var. Ev içinde sıcak su olarak kullanılıyor. Fakat, bu suyun sürekli devir daim yapılarak panelden geçmeden önce soğutulması gerekiyor. Aksi durumda panelin verimliliğine negatif etki yapar. Ama şu anda o kadar yaygın değil. Türkiye'de biz güneş enerjisi dediğimiz zaman, güneş enerjili su ısıtma aklımıza geliyor, evlerin çatılarında kullanılan. Onun da büyük bir potansiyeli var. Ama ileriki süreçte hem elektrik hem güneşle su ısıtma şeklinde olabilir mi? Olabilir, her zaman söylediğim gibi bir şeyin kolay satın alınabilir olması gerekiyor. Şimdi güneş enerjili su ısıtma sisteminin bir ev için maliyeti ne kadardır? Örnek veriyorum, firma

geliyor, 1.000-1.500 TL'ye sistemi kurup gidiyor, değil mi? Bu maliyetlere düşen bir sistemle, elektriği de böyle çevirdiğiniz zaman, örneğin 3.000 TL'ye kurdunuz böyle bir sistemi hem elektrik ihtiyacımı göreceğim hem sıcak su ihtiyacımı göreceğim, mükemmel bir sistem, hızlı bir şekilde yayılır. Ancak maliyetler şu anda o seviyede değil.

GÖRÜŞMECİ: Bunların dışında, Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyelinin değerlendirilmesinde karşılaşılan sorunlara ve güneş enerjisine dayalı temiz enerji arzı için yol gösterici önerilere yönelik başka neler söylemek istersiniz?

S.TAŞKIN: Aslında bu sorunlar, az önce konuştuğumuz konular içerisinde düzenli olarak geçiyor idi. Benim öngörüm şu hem dünyada hem de Türkiye'de bu alana ilgi daha da artacak. Çünkü öngörüler böyle. Bununla ilgili olarak gerekli aksiyonların hızlı bir şekilde alınması gerekiyor. Aksiyondan kasıt hem bilimsel hem teknolojik anlamda üretimle ilgili olarak bahsediyorum. Çünkü ürüne dönüştüremediğiniz bilgi, maalesef kullanılmayan bilgi gibi kalıyor; inovasyon sağlayamıyorsunuz. O bilginin bir şekilde bir değere bir katma değere dönüştürülmesi, ülkenin gelişimine de çok önemli katkılar sağlayacaktır ve güneş enerjisi potansiyelinin bu şekilde değerlendirilmesi de yerli ve milli enerji teknolojilerine katkı sağlayacaktır; diye düşünüyorum.

GÖRÜŞMECİ: 2016 yılında, dünya genelinde yaklaşık 250 milyar dolarlık yatırım yapılmış yenilenebilir enerjiye ve bunun yarıya yakını güneş enerjisi. Dünyada böyle bir trend var, Türkiye'ye bunun yansımaları var mı?

S.TAŞKIN: Var. O trendin oluşmasının sebebi, şu anda fotovoltaik panel maliyetlerinin çok düşmesi. Kıyasladığımız zaman son 4 yıl, 5 yıl, 10 yıl daha geri gittiğiniz zaman o eğri ters olarak aşağı doğru iniyor.

GÖRÜŞMECİ: Bu düşüşe baktığımızda, rüzgâr enerjisi maliyetlerinden bile daha hızlı bir düşüş söz konusu.

S.TAŞKIN: Tabii tabii. İlgilin alakanın sebebi bu. Özel sektör neye ilgi ve alaka gösterir; hızlı para geri döndürecek ve yatırım maliyeti daha makul seviyede olana.

GÖRÜŞMECİ: Hocam çok teşekkür ediyorum, benim soracaklarım bunlar, çok sağ olun, vaktinizi ayırdınız.

S.TAŞKIN: Ben teşekkür ediyorum, siz sağ olun.

EK 3: 04.05.2018 Tarihinde Manisa Büyükşehir Belediyesi İmar ve Şehircilik Dairesi Başkanlığı'ndan Planlama Şube Müdür V. Zeynep ALICIOĞLU ile Yapılan Görüşme

GÖRÜŞME FORMU

GÖRÜŞME BİLGİLERİ

GÖRÜŞME TARİHİ VE SAATİ : 04/05/2018-14:00
GÖRÜŞME YERİ/SÜRESİ : Manisa Büyükşehir Belediyesi / 30 dakika
GÖRÜŞME KAYIT İZİN TÜRÜ : () Yazılı Kayıt (X) Ses Kaydı () Video Kaydı () Kayıt yok
GÖRÜŞMENİN AMACI : Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyelinin değerlendirilmesine yönelik imar mevzuatında karşılaşılan sorunları tespit etmek ve bu konuda yol gösterici önerileri belirlemek amacıyla alanında yetkin kişilerden bilgi toplamak.
ARAŞTIRMANIN AMACI : Sürdürülebilir kalkınma yaklaşımı ile Türkiye'nin enerji ihtiyacını karşılamada güneş enerjisi ile ilgili karşılaşılan sorunları ortaya koyarak güneş enerjisine dayalı temiz enerji arzı için yol gösterici öneriler sunmak.
ARAŞTIRMANIN KONUSU : Sürdürülebilir Çevre Vizyonu Açısından Türkiye'nin Enerji Politikalarında ve Stratejilerinde Güneş Enerjisinin Geleceği

GÖRÜŞME YAPILACAK KİŞİNİN

ADI SOYADI : Zeynep ALICIOĞLU
ÇALIŞTIĞI KURUM/KURULUŞ : Manisa Büyükşehir Belediyesi İmar ve Şehircilik Dairesi Başkanlığı
UNVAN/GÖREVİ : Şehir Plancısı/Planlama Şube Müdür V.
CİNSİYETİ : () Erkek (X) Kadın
EĞİTİM DURUMU : Lisans/Şehir ve Bölge Planlama

GÖRÜŞME KAYDININ DEŞİFRESİ

GÖRÜŞMECİ: Öncelikle bana bu imkânı verdiğiniz için çok teşekkür ediyorum. Manisa Celal Bayar Üniversitesi Kamu Yönetimi Bölümü yüksek lisans öğrencisiyim. Türkiye'de güneş enerjisinin önündeki sorunlar, çözüm önerileri ve güneş enerjisinin geleceği üzerine bir tez hazırlıyorum. Nasıl yapalım, sorularla mı gidelim? Yoksa siz ön bir bilgi verir misiniz?

Z.ALICIOĞLU: Sorularla gidelim. Zaten açıklıyor çoğu şeyi.

GÖRÜŞMECİ: Türkiye'de, GES ve diğer enerji üretim tesisi yatırımlarına yönelik imar mevzuatı hakkında genel bir bilgi verir misiniz?

Z.ALICIOĞLU: Enerji üretim tesisleri ile alakalı özel bir mevzuat bulunmamaktadır. Tüm yatırımlar genel mevzuat kapsamında değerlendirilmektedir. Zaten imar mevzuatında, tüm planlama aşamaları için kullandığımız mevzuatı kullanıyoruz. Bunun içinde Mekânsal Planlar Yapım Yönetmeliği, İmar Kanunu vs. gibi mevzuatlar geçerli. Özellikle mekânsal planların yapımına esas ana mevzuat olan Mekânsal Planlar Yapım Yönetmeliği kapsamında enerji üretim alanları ve yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesisi alanı fonksiyonları altında enerji üretim tesislerini planlıyoruz. Onun dışında ruhsatlandırma kısmı, o farklı bir bölüm.

GÖRÜŞMECİ: İmar mevzuatı açısından genel olarak aynı mevzuata tabii. İster enerji yatırımı olsun ister bir yapı olsun. Herhangi bir fark yok yani?

Z.ALICIOĞLU: Evet yok. Yok derken süreç açısından bir fark yok, ama burada enerji yatırımlarının çevre düzeni planındaki yeri ile ilgili olarak mesela bizim kullandığımız İzmir Manisa planlama bölgesi 1/100.000 ölçekli çevre düzeni planında enerji yatırımlarının yapılabilmesine izin veren koşullar farklı, diğer yerlerde farklı olabilir bunlar. Bunun haricinde imar mevzuatı açısından her imar planlama süreci nasıl işliyorsa enerji yatırımları için de öyle bir süreç işliyor.

GÖRÜŞMECİ: Güneş enerjisine dayalı enerji üretim tesislerinin imar izin onay süreci nasıl gerçekleşmektedir?

Z.ALICIOĞLU: Bizim açımızdan süreç şu şekilde gerçekleşiyor. Yapılacak alanı tanımlayıcı bilgiler ve belgelerle bize başvuruluyor ya da Bakanlık da plan onama yetkisine sahip olduğu için oraya başvuruluyor. Biz de alana ilişkin kurum görüşleri, hangi kurumdan alınması gerektiği, hangi izinlerin alınması gerektiği ve gerekli prosedürler hakkında ilgililere bilgi veriyoruz. Bu arada her alan için kurum görüşleri farklılık gösterebilir. Orman alanında bu farklıdır, tarım alanında farklıdır. Kurumlar, yerine göre belirleniyor. Ondan sonra diğer planlama süreçlerinde olduğu gibi hazırlanan imar plan dosyası, tamamlanan kurum görüşleriyle birlikte onay için meclise sunuluyor. Meclisçe onaylanırsa askıya çıkıyor, 1 aylık askı süresi

içinde itiraz gelmezse planlar kesinleşiyor. Bu şekilde yürürlüğe giriyor ve Bakanlık veri tabanına işleniyor. Sürecin normal imar planından bir farkı yok.

GÖRÜŞMECİ: Tesisin kurulu gücüne ya da lisanslı olup olmaması durumuna göre imar mevzuatı işleyişi bakımından herhangi bir fark var mıdır? Varsa nasıldır? Tesisin büyük olması, küçük olması, lisanslı olması ya da lisanssız olması imar mevzuatı işleyiş sürecini etkiliyor mu?

Z.ALICIOĞLU: Lisanslı olup olmaması durumuna göre kurumlardan alınacak görüşler, ÇED veya EPDK izinlerinde farklılık olmaktadır. Kurumlarla alakalı şu şekilde etkiliyor. Lisanslı olduğunda farklı görüşler isteniyor. Mesela yatırım lisanslı ise EPDK'nin görüşünü mutlaka istiyoruz, lisans belgeleri ile alakalı. ÇED ile ilgili farklılıklar oluşabiliyor. Onun dışında, planlama sürecinde bir farklılık yok.

GÖRÜŞMECİ: Genel olarak imar onay sürecinde süre ne kadar oluyor? Lisanslı ya da lisanssız olması, küçük ya da büyük tesis olmasının süreye etkisi var mı?

Z.ALICIOĞLU: Kurumlardaki süreyi uzatıyor olabilir, onu bilemiyorum, lisans alma kısmını. Bizim dışımızdaki kurumlarda ne kadar süre geçiyor, o kısmı bilemiyorum. Bize plan dosyası olarak geldiği için bizdeki sürede bir fark olmuyor.

GÖRÜŞMECİ: Dosya size teslim edildikten sonra süre bakımından herhangi bir fark olmuyor. Peki onay için dosya sizin önünüze geldiğinde evraklarda herhangi bir eksiklik yoksa onaylanması aşağı yukarı ne kadar sürüyor?

Z.ALICIOĞLU: Eksiklik yoksa biz dosyayı önce meclise sunuyoruz. Meclis genelde ilk ay karar vermez, komisyona havale eder. Bir sonraki ay karar veriliyor, ama ondan sonra bir aylık askı süreci oluyor. Dediğim gibi itiraz olursa bir sonraki meclis toplantısında itirazlar değerlendiriliyor. İtiraz olmazsa kesinleşiyor o ay. İmar mevzuatında, alt ölçekli mekânsal planlar; 5000 ölçekli nazım imar planı ve 1000 ölçekli uygulama imar planı olarak ikiye ayrılıyor. Bu enerji yatırımlarında da aynı şekilde. 5000 ölçekli planın onaylama yetkisi büyükşehir belediyesindedir, 1000 ölçekli planın onaylama yetkisi ilçe belediyelerindedir. Bakanlık ikisini birden onaylayabilir, onlar da eş zamanlı onaylayabiliyorlar. Bizde de şöyle bir şey oluyor; ilçeler, ilçe belediyeleri yetki verdiği zaman ikisi aynı anda burada da girebiliyor. Öyle farklılıklar oluyor. Bizde onaylandıktan sonra diyelim ki birlikte girmedim. Uygulama imar planı için de ilçede aynı süreç geçiyor, ondan sonra biz de değerlendiriyoruz; büyükşehir belediye meclisi olarak. Ondan sonra kesinleşiyor. Plan onaylama süreci böyle.

GÖRÜŞMECİ: Tahmini bir süre verebilir miyiz? Örneğin 2 ayla 5 ay arası gibi.

Z.ALICIOĞLU: Mesela aynı anda girdiği takdirde ve de itiraz gelmezse kesinleşmesi 3 ayı bulur. İtiraz gelirse 1 ay daha atar, hatta askıya da çıkar, muhtemelen fazladan 2 ayı bulur.

GÖRÜŞMECİ: Mevcut imar mevzuatı ile ilgili olarak genelde enerji yatırımlarında, özeldense GES yatırımlarında karşılaşılan sorunlar nelerdir? İmar onay süreci ve plan onama harçları hakkında bilgi verir misiniz? GES yatırımları, diğer imar ve yapı uygulamalarında olduğu gibi bu konudaki genel mevzuat hükümlerine mi tabi olmaktadır?

Z.ALICIOĞLU: İmar onay süreci tüm mekânsal planların onay süreciyle aynıdır. Sorunlar konusunda, bizden kaynaklı değil de daha çok kurumlarda uzayan süreçlerle alakalı herhalde bir problem var. Kurumlarda geçen onay süreleri uzun olabilir. Bir de normal süreç öyle olmasına rağmen imar onay süreçlerinin uzun olduğu düşünülüyor ama mevzuat gereği zaten o şekilde olması gerekiyor. Daha çok, kurumlarda süre çok uzadığı için sorunlar oluyor. Çünkü çok sayıda kurumdan görüş alınması gerekiyor. Bu süre belki daha kısaltılabilir, bilemiyoruz; ama tabii kurumlara alakalı.

GÖRÜŞMECİ: Onay sürecinde, sürenin kısaltılmasını gerektiren bir durumdan söz edebilir miyiz? Onay süresinin uzunluğu en önemli sorunlardan bir tanesi olarak görülüyor.

Z.ALICIOĞLU: Onay süreci değil de uygun görüşlerin alınması kısmında süre kısaltılabilir. Mesela normalde kurumların görüş verme yetkisi 1 aydır. Bir aydan sonra olumlu görüş verilmiş gibi olur, ama bunlar araştırma gerektiriyor, o araziye gidilmesi gerekiyor. O yüzden kurumların uygun görüş vermeleri daha uzun sürebiliyor. Bu süreler kısaltılabilir belki.

GÖRÜŞMECİ: Plan onama harçları ile ilgili bilgi verebilir misiniz?

Z.ALICIOĞLU: Plan onama harçları, harç değil de biz ücret alıyoruz. Harç kısmı muhtemelen daha çok ruhsat aşamasında oluyor. Plan onama ücretleri meclisçe belirlenir, her idarede farklılıklar olabilir. Biz meclisimizin belirlediği ücretler üzerinden alıyoruz.

GÖRÜŞMECİ: Enerji yatırımlarında bu ücret m² üzerinden mi yoksa kurulu güç üzerinden mi hesaplanıyor?

Z.ALICIOĞLU: Her kurumda farklı olabilir. Bizde metrekaare üzerinden alıyoruz. Artı birde meclis giriş ücreti oluyor. Daha önce biz MW üzerinden alıyorduk. Bu sene meclis kararıyla m² üzerinden almaya başladık.

GÖRÜŞMECİ: Çatı ve cephe uygulamalarına yönelik GES'ler için imar mevzuatı işleyiş süreci hakkında bilgi verir misiniz? 10 kW'ye kadar vatandaş çatısına güneş enerjisi sistemi kurabiliyor, bunun imar onay süreci nasıl gerçekleşiyor?

Z.ALICIOĞLU: Bu çatı cephe uygulamaları ile ilgili bir planlama süreci olmuyor, imar planına tabii değil. Ama biz şöyle bir şey belirledik. Bu konuda mevzuatta bir sıkıntı var. Kendi elektriğini üretmek, bahçesine bir panel ya da türbin kurmak isteyen vatandaşlar oluyor. Onunla ilgili bir sıkıntı vardı. Biz geçen sene bununla ilgili usul ve esaslar belirledik, meclis onayıyla. Kendi enerjisini kendi parselinde üretmek isteyenlerin neler yapması gerektiği, hangi kurumlardan görüş alması gerektiği ve hangi koşullarda yapabileceğine dair usul ve esaslar belirlendi. Mesela parselden ne kadar çekeceği, yan parselden gibi.

GÖRÜŞMECİ: Bireysel tüketicilerin kendi öztüketimine yönelik yatırımlarında mevzuattan kaynaklanan bu boşluğu/belirsizliği gidermek için meclis kararıyla mı usul ve esaslar belirlendi?

Z.ALICIOĞLU: Bununla ilgili bir takım usul ve esaslar belirlenip nasıl yapacaklarına dair bir karar verildi.

GÖRÜŞMECİ: Enerji yatırımlarında, imar mevzuatı bakımından ilden ile, bölgeden bölgeye ya da idareden idareye uygulamada karşılaşılan farklılıklar var mıdır? Varsa neden kaynaklanmaktadır?

Z.ALICIOĞLU: Yönetmelikten, mevzuattan kaynaklanan imar planlama sürecinde bir farklılık yoktur da mesela şöyle bir şey düşünüyorum, çevre düzeni planı bahsettiğim. Bizim çevre düzeni planımız, üst ölçekli bir planda değişiklik yapılmadan alt ölçekte enerji yatırımlarına izin veriyor. Ama öyle olmayan bölgeler olabilir, çünkü çevre düzeni planları değişiyor.

GÖRÜŞMECİ: Mesela 10 kW çatı uygulaması ile ilgili sizin meclisin belirlediği usul ve esaslar farklı olabilir, Aydın'ın farklı olabilir. Mesela mevzuatta bir belirsizlik/boşluk var, siz bu belirsizlikte örneğin çevreyi önceleyerek bir karar alıyorsunuz, Aydın ise yatırımı önceleyerek bir karar alıyor, bu durumda mevzuattaki bu boşluk/belirsizlik nedeniyle önceliğe göre uygulamada farklılıklar olabilir mi?

Z.ALICIOĞLU: Planlama süreci olarak olmaz da ücretler konusunda belki. Mekânsal planlar aynı şekilde işliyor. Ama meclisin takdirinde olan durumlar için farklı bir değerlendirme olabilir, onu bilemiyorum. Ancak imar planı, meclise girince ya onaylanır ya da onaylanmaz.

GÖRÜŞMECİ: Güneş enerjisi yatırımlarının hızlandırılması ve GES uygulamalarının bireysel tüketicilere kadar tabana yaygınlaştırılabilmesi için mevcut imar mevzuatı yeterli düzenlemeler içermekte midir?

Z.ALICIOĞLU: Yeterli düzenleme içermiyor. Yatırımların tabana yayılması ile ilgili olarak biraz önce bahsettiğimiz gibi kendi elektriğini üretmek isteyen vatandaşlarla ilgili nasıl izin alınacağına ilişkin bir düzenleme yoktu. Ruhsata tabi midir değil midir hep ikilemede kalıyor. Bizim usul esas belirleme nedenimiz de oydu. Onun dışında da büyük plan gerektiren uygulamalar için kurumlarda geçen sürelerle alakalı, izinlerle alakalı, bu süreler ve süreçler kısaltılabilir. GES yapılacak alanların, belki nerelerin fizibil olduğu daha kapsamlı araştırılırsa daha iyi olur diye düşünüyorum. Hani vatandaş kendisi belirliyor muhtemelen onu, o aşamayı bilemiyorum ama, neresi uygundur neresi değildir, bildiğim kadarıyla bölgesel bir çalışma yok.

GÖRÜŞMECİ: Türkiye'de güneş enerjisinin geleceği adına yatırımların hızlandırılması ve GES uygulamalarının tabana yayılabilmesi için imar mevzuatında ne gibi değişikliklere ihtiyaç vardır? Bu konudaki önerileriniz nelerdir?

Z.ALICIOĞLU: Bu konuda dediğimiz gibi fizibil alanların tespiti, işi hızlandırabilir. Kurumlarda geçen sürelerin kısaltılması adına değişiklikler olabilir. Mevzuat düzenlemeleri açısından, her mekânsal planda aynı süreç işlediği için o konuda bir şey diyemiyorum.

GÖRÜŞMECİ: Enerji yatırımlarında özelde de GES yatırımlarında süreci kısaltmak için ayrı bir mevzuat düzenlemesine ihtiyaç var mı?

Z.ALICIOĞLU: Bizce var. Bazı cevapsız sorularımız oluyor, her proje detayında.

GÖRÜŞMECİ: Bunların dışında süreçle alakalı, mevzuatla alakalı, imar planları ile alakalı eklemek istediğiniz bir şey var mı?

Z.ALICIOĞLU: Hayır yok.

GÖRÜŞMECİ: Çok teşekkür ederim.

Z.ALICIOĞLU: Rica ederim.