



**T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**



YÜKSEK LİSANS TEZİ

**AYNI GÜÇTE ve POTANSİYEL OLARAK UYGUN YERLERDE
KURULACAK GÜNEŞ ve RÜZGAR ENERJİ SANTRALLERİNİN
MALİYETLERİNİN ANALİZİ ve KARŞILAŞTIRILMASI**

Tuğba ÜÇÜNCÜ

**DANIŞMAN
Dr. Öğr. Üyesi Ömer Faruk KÜLTÜR**

Mühendislik Bilimleri Anabilim Dalı

Mühendislik Bilimleri Programı

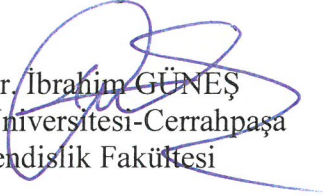
İSTANBUL-2019

Bu çalışma, 4.07.2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Mühendislik Bilimleri Anabilim Dalı, Mühendislik Bilimleri Programında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

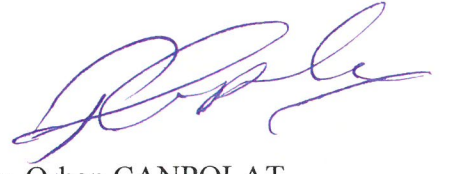
Tez Jürisi



Dr. Öğr. Üyesi Ömer Faruk KÜLTÜR(Danışman)
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Mühendislik Fakültesi



Doç. Dr. İbrahim GÜNEŞ
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Mühendislik Fakültesi



Doç. Dr. Orhan CANPOLAT
Yıldız Teknik Üniversitesi
İnşaat Fakültesi



20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa’nın abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Lisansüstü Eğitim Enstitüsü’nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın her aşamasında beni yönlendiren, özverili bir şekilde yardımlarını sunan hocam Dr. Öğr. Üyesi Ömer Faruk KÜLTÜR' e, çalışmanın şekillendirilmesinde katkıda bulunan Doç. Dr. Evren TUNCA ve Dr. Esra ÜÇÜNCÜ TUNCA' ya teşekkürü bir borç bilirim.

Temmuz 2019

Tuğba ÜÇÜNCÜ



İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ	iv
İÇİNDEKİLER	v
ŞEKİL LİSTESİ	viii
TABLO LİSTESİ	xiv
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ	xvi
ÖZET	xvii
SUMMARY	xviii
1. GİRİŞ	1
1.1. ENERJİ KAVRAMI VE ENERJİ KAYNAKLAR	1
1.1.1. Enerji Kavramı	1
1.1.2. Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması	2
1.1.3. Türkiye'nin Genel Enerji Durumu	3
1.1.4. Dünya'da Genel Enerji Durumu	7
1.2. ENERJİ KAYNAKLARI	8
1.2.1. Konvansiyonel Enerji Kaynakları	8
1.2.1.1. Kömür	9
1.2.1.2. Petrol	14
1.2.1.3. Doğalgaz	16
1.2.1.4. Nükleer Enerji	18
1.2.2. Konvansiyonel Enerji Kaynaklarının Kullanılmasının Çevreye Etkisi	20
1.2.2.1. Sera Etkisi	21
1.2.2.2. Küresel Isınma	23
1.2.3. Yenilenebilir Enerji Kaynakları	25
1.2.3.1. Güneş Enerjisi	26
a) Fotovoltaik Sistemler	27
b) Yoğunlaştırıcı Sistemler	27

1.2.3.2. Rüzgar Enerjisi	32
1.2.3.3. Jeotermal Enerji	36
1.2.3.4. Hidrolik Enerji	40
1.2.3.5. Biyoenerji	42
1.2.3.6. Hidrojen Enerjisi	45
1.2.3.7. Deniz Kökenli Enerji.....	46
2. GENEL KISIMLAR.....	48
3. MALZEME VE YÖNTEM.....	57
4. BULGULAR.....	59
4.1. GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALİ MALİYET ANALİZİ.....	59
4.1.1. Yer Seçimi için Genel Bilgiler	59
4.1.2. Yer Seçimi	62
4.1.2.1. 1. Aşama. Meteorolojik Durum Analizi	63
4.1.2.2. 2. Aşama. Konumsal Durum Analizi	85
4.1.2.3. 3. Aşama. Sahanın Arazi Durumu	89
4.1.3. Mersin İli için Santral Yeri Seçimi.....	94
4.1.4. RETscreen Analiz Programı ile Bu İllerin Güneş Enerjisi Santrali Kurulumuna Uygunluğunun İncelenmesi.....	99
4.2. RÜZGAR ENERJİSİ SANTRALİ KURULUM YERİ SEÇİLMESİ VE SANTRALİN EKONOMİK ANALİZİ.....	107
4.2.1. Yer Seçimi	116
4.2.1.1. 1. Aşama. Rüzgar Hızının İncelenmesi	117
4.2.1.2. 2. Aşama. Yıllık Güç Yoğunluğu Dağılımı.....	118
4.2.1.3. 3. Aşama. İncelenmesi	127
4.2.2. Analiz Sonucu	139
4.2.3. RETScreen Programı ile Analiz	141
4.2.4. Ekonomik Analiz.....	143
4.2.4.1. Genel Bilgiler	143
4.2.4.2. Maliyet Hesabı.....	146

5. TARTIşMA VE SONUÇ	150
KAYNAKLAR.....	152
EKLER	155
ÖZGEÇMİş	156



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1: 2018 Yılı'nın Yatırım Harcamalarının Dağılımı.....	3
Şekil 1.2. Dünya Birincil Enerji Talebinin Bölgeler, Sektörler ve Kaynaklar İçin Ayrı Şekilde Dağılımı.....	8
Şekil 1.3: Dünya Geneline Kömür Rezervleri.....	10
Şekil 1.4: Dünya Geneline İşletilebilir Kömür Rezervleri (Milyar Ton).....	11
Şekil 1.5: Sera Gazlarının Nedenleri.....	21
Şekil 1.6: Sera Etkisinin Şema ile İfadesi.....	22
Şekil 1.7: Küresel Olarak Sıcaklık Artış Miktarı.....	24
Şekil 1.8: Dünya Üzerine Düşen Güneş Işınlarnın Dağılımı.....	26
Şekil 1.9: Fotovoltaik Hücre Tipleri.....	27
Şekil 1.10: Avrupa Güneş Enerjisi Haritası.....	28
Şekil 1.11: Güneş Enerjisinin Toplanma Alternatifleri.....	30
Şekil 1.12: Ülkemizdeki Rüzgar Enerjisi Santrallerinin Kümülatif Kurulumu.....	34
Şekil 1.13: İşletmede Olan RES'lerin Bölge Dağılımı.....	35
Şekil 1.14: İdeal Jeotermal Sistemin Şematik Gösterimi.....	36
Şekil 1.15: Türkiye Jeotermal Enerji Potansiyeli Atlası (JEPA).....	39
Şekil 1.16: Hidroelektrik Enerji Üretimi Akım Şeması.....	40
Şekil 1.17: Ülkemizin Hidrolik Kurulu Gücü ve Elektrik Üretimi Miktarı.....	41
Şekil 1.18: Türkiye Biokütle Enerjisi Potansiyeli Atlası.....	43
Şekil 1.19: Türkiye'deki Biogaz Santralleri Dağılımı.....	43
Şekil 1.20: Hidrojen Enerjisinin Uygulamaya Giden Aşamaları.....	45
Şekil 4.1.1: Türkiye'nin Global Radyasyon Potansiyeli.....	59

Şekil 4.1.2: Türkiye'nin Aylık Ortalama Güneşlenme Süresi.....	60
Şekil 4.1.3: Türkiye'nin Yıllık Ortalama Güneşlenme Süresi.....	60
Şekil 4.1.4: Türkiye ortalama günlük toplam güneşleme süresi dağılımı (1985-2017).....	61
Şekil 4.1.5: Yıllık Ortalama Güneşlenme Süresi Dağılımı (1985-2017).....	61
Şekil 4.1.6: Antalya için Toplam Güneş Radyasyonu.....	64
Şekil 4.1.7: Antalya Global Radyasyon Değerleri.....	64
Şekil 4.1.8: Antalya Güneşlenme Süreleri (Saat)	64
Şekil 4.1.9: Karaman için Toplam Güneş Radyasyonu.....	66
Şekil 4.1.10: Karaman Global Radyasyon Değerleri.....	66
Şekil 4.1.11: Karaman Güneşlenme Süreleri (Saat).....	66
Şekil 4.1.12: Konya için Toplam Güneş Radyasyonu.....	68
Şekil 4.1.13: Konya Global Radyasyon Değerleri.....	68
Şekil 4.1.14: Konya Güneşlenme Süreleri (Saat)	68
Şekil 4.1.15: İçel için Toplam Güneş Radyasyonu.....	70
Şekil 4.1.16: İçel Global Radyasyon Değerleri.....	70
Şekil 4.1.17: İçel Güneşlenme Süreleri (Saat).....	70
Şekil 4.1.18: Muğla için Toplam Güneş Radyasyonu.....	72
Şekil 4.1.19: Muğla Global Radyasyon Değerleri.....	72
Şekil 4.1.20: Muğla Güneşlenme Süreleri (Saat).....	72
Şekil 4.1.21: Niğde için Toplam Güneş Radyasyonu.....	74
Şekil 4.1.22: Niğde Global Radyasyon Değerleri.....	74
Şekil 4.1.23: Niğde Güneşlenme Süreleri (Saat).....	74
Şekil 4.1.24: Van için Toplam Güneş Radyasyonu.....	76
Şekil 4.1.25: Van Global Radyasyon Değerleri.....	76
Şekil 4.1.26: Van Güneşlenme Süreleri (Saat)	76
Şekil 4.1.27: Hakkari için Toplam Güneş Radyasyonu.....	78

Şekil 4.1.28: Hakkari Global Radyasyon Değerleri.....	78
Şekil 4.1.29: Hakkari Güneşlenme Süreleri (Saat).....	78
Şekil 4.1.30: Siirt için Toplam Güneş Radyasyonu.....	80
Şekil 4.1.31: Siirt Global Radyasyon Değerleri.....	80
Şekil 4.1.32: Siirt Güneşlenme Süreleri (Saat).....	80
Şekil 4.1.33: Şırnak için Toplam Güneş Radyasyonu.....	82
Şekil 4.1.34: Şırnak Global Radyasyon Değerleri.....	82
Şekil 4.1.35: Şırnak Güneşlenme Süreleri (Saat).....	82
Şekil 4.1.36: Türkiye Deprem Tehlike Haritası.....	85
Şekil 4.1.37: GES Kurulabilir Alanlar.....	87
Şekil 4.1.38: Karaman İlinde Bulunan Trafo Merkezleri.....	88
Şekil 4.1.39: Mersin İlinde Bulunan Trafo Merkezleri.....	89
Şekil 4.1.40: Karaman İli.....	90
Şekil 4.1.41: Karaman İli DEM Haritası.....	90
Şekil 4.1.42: Karaman İli Eğitim Haritası.....	91
Şekil 4.1.43: Karaman İli Bakı Haritası.....	91
Şekil 4.1.44: Mersin İli.....	92
Şekil 4.1.45: Mersin İli DEM Haritası.....	92
Şekil 4.1.46: Mersin İli Eğitim Haritası.....	93
Şekil 4.1.47: Mersin İli Bakı Haritası.....	93
Şekil 4.1.48: Mersin İlindeki Trafo Merkezinden Biri.....	94
Şekil 4.1.49: Seçilen Arsa Bilgileri.....	95
Şekil 4.1.50: Santralin Kurulacağı Alan.....	96
Şekil 4.1.51: Santral ile Trafo Merkezi Arası Mesafe.....	97
Şekil 4.1.52: Santral ile En Yakın Yerleşim Yeri Arası Mesafe.....	97
Şekil 4.1.53: Santralin Çevresindeki Ulaşım Yolları.....	98
Şekil 4.1.54: Santralin Kurulacağı Bölgenin Toprak Özellikleri.....	98

Şekil 4.1.55: Santralin Kurulacağı Bölgenin İklim Verileri.....	99
Şekil 4.1.56: Santralin Kurulacağı Bölgenin Aylara göre Verileri.....	100
Şekil 4.1.57: Santralin Kurulacağı Bölgenin Aylara göre Hava Sıcaklığı-Günlük Güneş Radyasyonu Grafiği.....	101
Şekil 4.1.58: Santralin Kurulacağı Bölgede Enerji Üretim Maliyetleri.....	101
Şekil 4.1.59: Santralin Ürettiği Enerji Miktarı ve Maliyet Hesabı.....	102
Şekil 4.1.60: Santralin Ürettiği Enerji Miktarı ve Maliyet Hesabı (Basit Gösterim).....	102
Şekil 4.1.61: Finansal Analiz.....	104
Şekil 4.1.62: Maliyetler Genel Gösterim.....	104
Şekil 4.1.63: Geri Ödeme Süresi.....	105
Şekil 4.1.64: Yıllık Nakit Akışları.....	105
Şekil 4.1.65: Nakit Akış Grafiği.....	106
Şekil 4.1.66: Kümülatif Nakit Akış Grafiği.....	106
Şekil 4.2.1: Türkiye’deki Rüzgar Enerjisi Santralleri için Kümülatif Kurulum.....	107
Şekil 4.2.2(a): İşletmedeki RES’lerin Türbin Markalarına Göre Dağılımı.....	112
Şekil 4.2.2(b): İşletmedeki RES’lerin Bölgelere Göre Dağılımı.....	112
Şekil 4.2.3: Türkiye Rüzgar Santralleri Atlası (TÜRSAT 2019).....	113
Şekil 4.2.4: İşletmedeki RES’lerin İllere Göre Dağılımı.....	114
Şekil 4.2.5: İnşa Halindeki Rüzgar Santralleri.....	115
Şekil 4.2.6: İnşa Halindeki Rüzgar Santrallerinin İllere Göre Dağılımı.....	115
Şekil 4.2.7: İnşa Halindeki Rüzgar Santrallerinin Türbin Markalarına Göre Dağılımı.....	116
Şekil 4.2.8: Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyel Atlası.....	118
Şekil 4.2.9: Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyel Atlası-Rüzgar Güç Yoğunluğu Haritası.....	119
Şekil 4.2.10: İzmir ili Rüzgar Hız Dağılımı (50m).....	119
Şekil 4.2.11: İzmir ili Kapasite Faktörü Dağılımı (50m)	119
Şekil 4.2.12: İzmir ili RES Kurulabilir Alanlar	120
Şekil 4.2.13: İzmir ili Trafo Merkezleri ve Enerji Nakil Hatları.....	120

Şekil 4.2.14: Balıkesir ili Rüzgar Hız Dağılımı (50m).....	121
Şekil 4.2.15: Balıkesir ili Kapasite Faktörü Dağılımı (50m).....	121
Şekil 4.2.16: Balıkesir ili RES Kurulabilir Alanlar.....	121
Şekil 4.2.17: Balıkesir ili Trafo Merkezleri ve Enerji Nakil Hatları.....	121
Şekil 4.2.18: Çanakkale ili Rüzgar Hız Dağılımı (50m).....	122
Şekil 4.2.19: Çanakkale ili Kapasite Faktörü Dağılımı (50m).....	122
Şekil 4.2.20: Çanakkale ili RES Kurulabilir Alanlar.....	123
Şekil 4.2.21: Çanakkale ili Trafo Merkezleri ve Enerji Nakil Hatları.....	123
Şekil 4.2.22: Hatay ili Rüzgar Hız Dağılımı (50m).....	124
Şekil 4.2.23: Hatay ili Kapasite Faktörü Dağılımı (50m).....	124
Şekil 4.2.24: Hatay ili RES Kurulabilir Alanlar.....	124
Şekil 4.2.25: Hatay ili Trafo Merkezleri ve Enerji Nakil Hatları.....	124
Şekil 4.2.26: Hatay’ın Rüzgar Atlası.....	126
Şekil 4.2.27: Hatay’da Kurulu Rüzgar Santralleri.....	126
Şekil 4.2.28: Hatay Samandağı ilçesinde 1 Yıllık Rüzgar Hızı Değişimi.....	127
Şekil 4.2.29: Kapasite Faktör Haritası.....	128
Şekil 4.2.30: Pürüzlülük Haritası.....	129
Şekil 4.2.31: Trafo merkezlerine uzaklık haritası.....	130
Şekil 4.2.32: Enerji nakil hatlarına uzaklık haritası.....	130
Şekil 4.2.33: Seçilen yerin Trafo Merkezine kuş uçuşu uzaklık mesafesi.....	131
Şekil 4.2.34: Litoloji Faktörü Haritası.....	131
Şekil 4.2.35: Antakya için deprem fay hattı haritası.....	132
Şekil 4.2.36: Fay Hatlarından Uzaklık Faktörü Haritası.....	133
Şekil 4.2.37: Seçilen Yerin Fay Hattına Uzaklığı.....	133
Şekil 4.2.38: Yer şekilleri haritası.....	134
Şekil 4.2.39: Yükselti basamakları haritası.....	134

Şekil 4.2.40: Eğim Haritası.....	135
Şekil 4.2.41: Bakı haritası.....	135
Şekil 4.2.42: Akarsulara uzaklık haritası.....	136
Şekil 4.2.43: Akarsulara uzaklık Ölçümü.....	136
Şekil 4.2.44: Arazi Kullanımı Haritası.....	137
Şekil 4.2.45: Seçilen Yerin Yola Uzaklık Ölçümü.....	138
Şekil 4.2.46: Seçilen Yerin Çevresindeki Yollar.....	138
Şekil 4.2.47: Seçilen Yerin Öznitelik Bilgisi.....	140
Şekil 4.2.48: Seçilen Yer.....	140
Şekil 4.2.49: Seçilen Yerin Genel Bilgisi.....	141
Şekil 4.2.50: Seçilen Yerin Aylara Göre Verileri.....	141
Şekil 4.2.51: Seçilen Yerin Aylara Göre Hava Sıcaklığı-Rüzgar Hızı Değişimi.....	142
Şekil 4.2.52: Enerji Üretim Maliyeti.....	142
Şekil 4.2.53: Seçilen yerin 50 m yükseklikteki rüzgar hızı.....	144
Şekil 4.2.54: Seçilen yerin 100 m yükseklikteki rüzgar hızı.....	144
Şekil 4.2.55: Seçilen yer için rüzgar gülü.....	145
Şekil 4.2.56: Seçilen Yerin Yola Uzaklığı.....	145
Şekil 4.2.57: Enerji Modeli.....	147
Şekil 4.2.58: Maliyet Hesabı.....	148
Şekil 4.2.59: Kümülatif Nakit Akışı.....	149

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 1.1: Enerji Kaynaklarının Genel Olarak Sınıflandırılması.....	3
Tablo 1.2: 2004-2014 Yılları Arasındaki Birincil Enerji Kaynaklarının Arz Miktarı.....	4
Tablo 1.3: 2004-2014 Yılları Arası Sektörel Olarak Enerji Tüketimi	5
Tablo 1.4: Üretilen Enerjinin Birincil Kaynaklara Dağılımı (2009-2015).....	6
Tablo 1.5: Bazı Ülkelerde Enerji Göstergeleri.....	7
Tablo 1.6: Birincil Enerji Kaynakları Rezervi (2015 Yılı).....	9
Tablo 1.7: Dünya Geneline Kömür Rezervleri (Ülke Bazında).....	10
Tablo 1.8: Bazı Ülkelerde Kömür Üretimi.....	12
Tablo 1.9: Türkiye Linyit Rezervi Bölgeleri.....	13
Tablo 1.10: 2017 Yılı Dünya İspatlanmış Petrol Rezervi.....	15
Tablo 1.11: Türkiye’deki Petrol Rafineri Tesisleri.....	15
Tablo 1.12: 2011-2015 Yılları Arasındaki Petrolün ve Petrol Ürünlerinin Hareketleri	16
Tablo 1.13: Bazı Ülkelerde Doğal Gaz Üretimi.....	17
Tablo 1.14: Türkiye’deki 2011-2015 Yılları Arasındaki Doğal Gaz Hareketleri.....	17
Tablo 1.15: Bazı Ülkelerde Nükleer Güç Üretimi.....	20
Tablo 1.16: Kuzey Yarım Kürede Yaşanan İklim Koşulları.....	23
Tablo 1.17: Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Potansiyeli (2015 Yılı).....	25
Tablo 1.18: Ülkelerce Uygulanan Güneş Elektriği Teşvik Miktarları.....	29
Tablo 1.19: Türkiye Bölgeler Bazında Yıllık Güneş Enerji Potansiyeli.....	30
Tablo 1.20: Dünyada Pazar Paylarına Göre Rüzgar Türbin Üreticileri.....	33
Tablo 1.21: Türkiye Toplam Rüzgar Enerjisi Potansiyeli- 50 metre	34
Tablo 1.22: Jeotermal Enerjinin Sıcaklığına Göre Kullanım Yerleri.....	37

Tablo 1.23: 2002-2015 Yılları Arası Türkiye'nin Jeotermal Alanda Uygulamalarının Karşılaştırılması.....	38
Tablo 1.24: Dünyadaki Jeotermal Enerji Kullanım Alanları.....	39
Tablo 1.25: EÜAŞ Hidrolik Santralleri (2015 Yıl Sonu).....	42
Tablo 4.1.1: Belirlenen İllerin Global Radyasyon Değerlerin, Güneşlenme Sürelerinin Karşılaştırılması.....	84
Tablo 4.1.2: Belirlenen İllerin Ait Oldukları Deprem Kuşakları.....	86
Tablo 4.1.3: Bölge ve Trafo Merkezi Bazında Güneş Enerjisine Dayalı Elektrik Üretim Tesisi Koordinatları.....	87
Tablo 4.1.4: Seçilen Arsanın Koordinat Bilgileri.....	95
Tablo 4.1.5: Türkiye'de Uygulanan Teşvikler.....	103
Tablo 4.1.6: İşletme Giderleri ve Maliyetleri.....	103
Tablo 4.2.1: İşletmedeki Rüzgar Enerjisi Santralleri.....	108
Tablo 4.2.2: İzmir İline Kurulabilecek Rüzgar Enerjisi Santrali Güç Kapasitesi.....	120
Tablo 4.2.3: Balıkesir İline Kurulabilecek Rüzgar Enerjisi Santrali Güç Kapasitesi.....	122
Tablo 4.2.4: Çanakkale İline Kurulabilecek Rüzgar Enerjisi Santrali Güç Kapasitesi.....	123
Tablo 4.2.5: Hatay İline Kurulabilecek Rüzgar Enerjisi Santrali Güç Kapasitesi.....	125
Tablo 4.2.6: Rüzgar Gücü ve Rüzgar Hızları Karşılaştırma.....	125
Tablo 4.2.7: Maliyet Kalemleri ve Maliyetler.....	147

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Kısaltmalar	Açıklama
GES	: Güneş Enerjisi Santrali
RES	: Rüzgar Enerjisi Santrali
GEPA	: Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası
REPA	: Rüzgar Enerjisi Potansiyel Atlası
Ar-ge	: Araştırma- Geliştirme
BOTAŞ	: Boru Hatları ile Petrol Taşıma Anonim Şirketi
COP	: Conference of Parties
IPCC	: Hükûmetler Arası İklim Değişikliği Paneli
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
IEA	: Uluslararası Enerji Ajansı
TUREB	: Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği
EİEİ	: Elektrik İşleri Etüt İdaresi
YEGM	: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü
MCS	: Monte Carlo Simülasyonu
TANAP	: Trans Anadolu Projesi
TMI	: Three Mile Island
MTA	: Maden Tetkik Arama
DSİ	: Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
THEME	: Hidrojen Ekonomisi Miami Enerji Konferansı
IHEA	: Uluslararası Hidrojen Birliği
UNIDO	: Birleşmiş Milletler Sanayi Kalkınma Örgütü
ICHET	: Uluslararası Hidrojen Enerjisi Teknolojileri Merkezi
NASA	: ABD Milli Havacılık ve Uzay Dairesi
DMİ	: Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü
AAS	: Analitik Ağ Süreci
FFMR	: Fayda, Fırsat, Maliyet, Risk

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AYNI GÜÇTE ve POTANSİYEL OLARAK UYGUN YERLERDE KURULACAK GÜNEŞ ve RÜZGAR ENERJİ SANTRALLERİNİN MALİYETLERİNİN ANALİZİ ve KARŞILAŞTIRILMASI

Tuğba ÜÇÜNCÜ

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Mühendislik Bilimleri Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ömer Faruk KÜLTÜR

Nüfusun artması, sanayileşme, teknolojinin gelişmesi, refah seviyesinin yükselmesi ile birlikte artan enerji tüketiminin fosil kaynaklar ile karşılanması, çevreye ciddi zararlar vermektedir. Bunların başında küresel ısınma ve sera etkisi gelmektedir. Konvansiyonel kaynaklarının rezervlerinin sınırlı olması, ülkenin enerjide dışa bağımlı olmasına sebep olup, ülke ekonomisine zarar vermektedir. Konvansiyonel enerji kaynaklarının kullanımının hem ülke ekonomisine, hem ekosisteme verdiği zararları aza indirmek için yenilenebilir, yakıt maliyetinin olmadığı temiz enerji kaynaklarına yönelim olmuştur.

Bu çalışmada, uygun yerlerde kurulacak yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş ve rüzgar enerjisi ile kurulan enerji santrallerinin maliyet analizi yapılarak, hangi enerji santralinin daha ekonomik olacağı belirlenip, bu konuda yatırım yapmak isteyenlere fikir verebilecektir.

Temmuz 2019, 175 sayfa.

Anahtar kelimeler: yenilenebilir enerji, fotovoltaik, rüzgar, maliyet , konvansiyonel enerji, kömür, doğalgaz, petrol, nükleer enerji

SUMMARY

M.Sc. THESIS

ANALYSIS AND COMPARISON OF COSTS OF SOLAR AND WIND POWER PLANTS TO BE INSTALLED AT THE SAME POWER AND POTENTIALLY SUITABLE LOCATIONS

Tuğba ÜÇÜNCÜ

Istanbul University-Cerrahpasa

Institute of Graduate Studies

Department of Engineering Sciences

Supervisor : Assist. Prof. Dr. Ömer Faruk KÜLTÜR

Increasing population, industrialization, development of technology, increasing the level of welfare and increasing the energy consumption with fossil resources, cause serious damage to the environment. These include global warming and greenhouse effect. The limited reserves of conventional resources cause the country to be dependent on foreign energy and harm the economy of the country. In order to minimize the damage caused by the use of conventional energy sources both to the country's economy and to the ecosystem, there has been a tendency towards renewable energy sources and clean energy sources.

In this study, the cost analysis of the power plants built with solar and wind energy from the renewable energy sources to be established in appropriate places will be made, and it will be determined which power plant will be more economical and give ideas to those who want to invest in this subject.

July 2019, 175 pages.

Keywords: renewable, energy, photovoltaic, wind, cost, conventional energy, coal, natural gas, oil, nuclear energy

• GİRİŞ

1.1. ENERJİ KAVRAMI VE ENERJİ KAYNAKLARI

1.1.1. Enerji Kavramı

Enerji, Yunanca bir sözcük olup “Energeia” kelimesinden gelmiştir. Enerji birçok alanda farklı şekillerde tanımlanmıştır. Genel tanım olarak ise farklılıklara sebep olan etken, iş yapabilme kabiliyetidir. (Acaroğlu, 2007; Karatepe, 2011:4; Yalçın, 2017)

Dünyanın mevcut enerji sisteminde%85'i modern yaşamın bir parçası haline gelen kömür, petrol ve diğer fosil yakıtlara dayanmaktadır. (Hordeski, 2010)

Ülkelerin toplumsal gelişimlerini ilerletici öğelerin başında enerjinin sarf edilmesi gelir. (Utku Bozkurt, 2008) Ancak toplumsal olarak gelişmiş ülkeleri incelediğimizde, enerji verimliliğine dikkat ettiklerini görürüz. Enerji verimliliğinin sağlanması için birçok çevresel, ekonomik, jeopolitik neden vardır. (Hordeski, 2010)

Çevresel düzenlemeler gelecekte enerjiyi nasıl elde edeceğimizi ve kullanacağımızı belirleyen bir yoldur. Devletin enerji elde etmedeki baskısı, eski uygulamaları ve kaynakları değiştirmek ve daha temiz ve sürdürülebilir enerji uygulamalarının büyümesi üzerinedir. Bu politikaların devamı, enerji seçeneklerinin enerji yapımızın dönüşümüne yol açması ile bağlantılı yeni problemler ve maliyetler getirebilir. Mesela sera gazlarını sınırlamak için, enerji vergileri teklif edilmektedir. Potansiyel vergi teşvikleri, fosil yakıt emisyonlarını azaltmak için araç olarak kullanılabilir. (Hordeski, 2010)

Türkiye, enerji ihtiyacının çoğunu ithal ederek karşılamaktadır.

Türkiye’de enerji tüketimi çok hızlı bir şekilde artmakta, üretimi ise tüketim miktarına kıyasla daha sınırlı olması, Türkiye’nin dışa bağımlılığını arttırmaktadır. (Peker, 2015)

Çünkü bir ülke eğer enerji girdilerini büyük oranda ithalat ile sağlıyorsa, alım döviz ile yapılacağından, ülkenin ithal-ihraç hacmi ve bunların kompozisyonu önemli olur. Dış ticaret hacmi, GSMH 'ya göre kıyaslandığında küçük olan bir ekonomi, enerji fiyatındaki artışı karşılayabilmek için ihracatını aynı oranda ve kısa sürede arttırmak zorunda kalacağından, enerji fiyatlarının farklılaşmasından büyük ölçüde etkilenecektir. Bunun olmadığı durumda seçenekler enerji tüketimi kısılması, diğer ithalat bedellerinin kısılması ya da borçlanmaktır. İlk ikisinin gerçekleşmesinin zor olduğundan genelde borçlanma yoluna gidilir. Ve bu borç sadece artan ithal girdilerinin bedellerini ödemek için harcanması durumunda, ileriki yılların gelişmesi ipotek edilmesi durumu ile kriz atlatılmış olur. Bu borç, ticaret yapısını değiştirmek için kullanıldığı takdirde ise bu ipotek bedeli daha kolay ödenmiş olacaktır.(Er, 2003)

İthalatın azaltılması, yeterli rezerve sahip olmayan Türkiye için, petrol ve doğal gaz kaynaklarına ihtiyaç duyulmaması ile gerçekleşebilir. Ancak, doğalgaza ihtiyaç duyulmaması için evlerin elektrikle ısıtılması ile mümkün olabilirken petrole çözüm olarak da elektrikle çalışan arabalar önerisi getirilebilir ancak bu sefer elektrik üretimi problemi ortaya çıkmaktadır. Bu problemin çözümü ise, elektrik üretiminde doğalgazın dışında; termik, hidroelektrik santraller ile yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgar ve güneş enerjisi kullanımı amacıyla kurulacak santrallerdir. (Peker, 2015)

Fakat yenilenebilir enerji kaynaklarının ilk yatırım maliyetlerinin yüksek olması, olumlu etkilerinin çok olmasına rağmen yatırımcılarda çekingenlik yaratmaktadır. Teknolojik gelişmelerin bu tarz olumsuzlukları azaltması amaç edinilerek, Ar-Ge faaliyetlerine ağırlık verilmektedir. (Kudak, 2015)

1.1.2. Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması

Elektrik gücü üretimi, enerji kaynaklarına göre iki sınıfta ele alınabilir. Birincisi konvansiyonel ikincisi ise yenilenebilir enerji kaynakları ile yapılan üretimdir. Fosil kaynaklara örnek verecek olursak, antrasit, taş kömürü, bitüm, petrol, doğal gaz; yenilenebilir enerji kaynaklarına örnek verirsek ise güneş, biokütle, dalga, hidrojen enerjisidir.(Utku Bozkurt, 2008)

Enerji kaynaklarını farklı şekillerde sınıflandırmak mümkündür:

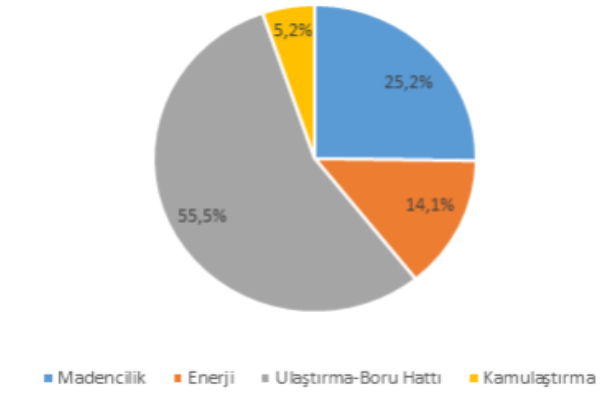
Tablo 1.1. Enerji Kaynaklarının Genel Olarak Sınıflandırılması.

Enerji Kaynakları	
Birincil Enerji Kaynakları	İkincil Enerji Kaynakları
1. Yenilenemeyen Enerji Kaynakları a. Fosil Kaynaklar b. Nükleer Enerji 2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Hidroelektrik, Biokütle, Güneş, Rüzgar, Jeotermal, Dalga)	1. Elektrik Enerjisi 2. Hidrojen Enerjisi

Kaynak: (Yalçın, 2017)

1.1.3. Türkiye'nin Genel Enerji Durumu

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın yayınladığı 2018 Faaliyet raporunda, 2018 yılında yapılan yatırım harcamalarının dağılımının aşağıda verilen Şekil 1.1'deki gibi olduğunu görmekteyiz.

Şekil 1.1. 2018 Yılı'nın Yatırım Harcamalarının Dağılımı.

Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın 2018 Faaliyet Raporu

Dağılımı incelediğimizde 2018 yılı yapılan yatırımların yarısından fazlasının Ulaştırma-Boru Hattı alanında olduğunu, enerjiye yapılan yatırımın %14,1 ile yapılan yatırımların sıralaması içerisinde sondan ikinci sırada olduğunu söyleyebiliriz.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının en son 2017 yılında yayınladığı Mavi Kitap 2016’da Türkiye’deki enerji kaynaklarına ilişkin bazı bilgiler sunulmuştur.

Tablo 1.2. 2004-2014 Yılları Arasındaki Birincil Enerji Kaynaklarının Arz Miktarı (Bin TEP).

YILLAR	TAŞ KÖMÜRÜ	LİNYİT	ASFALTİT	KOK	PETROKOK	ODUN	HAYVANVE BİTKİ ARTIKLARI	PETROL	DOĞAL GAZ	HİDROLİK	JEOTERMAL	BİYOYAKIT	RÜZGAR	ELEKTRİK	JEOTERMAL ISI VE DİĞER ISI	GÜNEŞ	TOPLAM
2004	12 326	9 450	310	240	1 437	4 318	1 214	32 922	18 417	3 963	80	-	5	- 59	811	375	85 809
2005	12 514	9 326	317	305	1 670	4 146	1 179	32 192	22 294	3 402	81	-	5	- 100	926	385	88 642
2006	14 721	11 188	259	305	1 526	4 023	1 146	32 551	26 028	3 886	-	2	11	- 143	898	403	96 802
2007	15 411	13 444	272	337	1 445	3 880	1 116	33 310	30 613	3 217	-	12	31	- 134	914	420	104 287
2008	14 179	15 003	265	149	1 795	3 679	1 134	31 915	30 482	2 861	140	18	73	- 29	1 011	420	103 096
2009	14 768	15 672	450	8	2 015	3 530	1 136	30 565	29 551	3 092	375	9	129	- 63	1 250	429	102 915
2010	15 479	15 385	460	114	2 093	3 392	1 166	29 221	31 474	4 454	575	7	251	- 67	1 391	432	105 827
2011	16 666	16 420	403	389	1 963	2 446	1 091	30 499	36 909	4 501	597	18	406	78	1 463	630	114 480
2012	20 316	15 433	471	275	2 800	2 350	1 115	31 205	37 373	4 976	773	23	504	247	1 463	768	120 093
2013	17 692	13 182	416	273	3 103	2 707	1 616	33 896	37 628	5 110	1 173	51	650	533	1 463	795	120 290
2014	20 220	15 296	376	234	2 923	2 162	1 007	32 428	40 219	3 495	-	77	733	439	3 524*	803	123 937

Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2016 Mavi Kitap (s.27)

Tablo 1.2’yi incelediğimizde 2004 yılından 2014 yılına kadar olan birincil enerji kaynaklarının arz miktarlarını Bin TEP biriminde görmekteyiz. Enerji arz miktarlarının 2004 yılından 2014 yılına kadar artarak 85.809 Bin TEP’ den 123.937 Bin TEP’ e yükseldiği görülmektedir. Rüzgar enerji kaynağının 2004 yılında 5 Bin TEP’ ten 2014 yılında 733 Bin TEP’ e; güneş enerji kaynağının arz miktarının ise 2004 yılında 375 Bin TEP’ ten 2014 yılında 803 Bin TEP’ e yükseldiğini söyleyebiliriz.

Sektörel enerji tüketimini ise aşağıda verilen Tablo 1.3’te verilen bilgiler ışığında değerlendirebiliriz. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’nın yayınlamış olduğu Mavi Kitap 2016 bilgilerine göre, enerjinin tüketiminin sanayi alanında, ulaştırma, konut ve hizmetler,

tarım alanlarında ve enerji dışı kullanım olarak sınıflandırıldığını söyleyebiliriz. Ve 2004 yılında Toplam nihai enerji tüketimi 68.151 Bin TEP’ ten 2014 yılında 87.131 Bin TEP’ e yükselmiştir. 2004 yılında enerji tüketimi en fazla sanayi alanında iken, 2014 yılında konut ve hizmetler alanında olmuştur ve sanayi ikinci sırada yer almaktadır.

Tablo 1.3. 2004-2014 Yılları Arası Sektörel Olarak Enerji Tüketimi (Bin TEP).

Yıllar	Sanayi	Ulaştırma	Konut ve Hizmetler	Tarım	Enerji Dışı Kullanım	Toplam Nihai Enerji Tüketimi	Çevrim Sektörü	Birincil Enerji Arzı
2004	28.348	13.774	20.541	3.314	2.174	68.151	-17.658	85.809
2005	27.562	13.849	22.394	3.359	3.296	70.459	-18.182	88.642
2006	30.317	14.982	22.995	3.610	4.163	76.068	-20.735	96.802
2007	31.685	17.265	23.870	3.945	4.430	81.195	-23.092	104.287
2008	26.266	15.976	27.609	5.174	3.244	78.269	-24.826	103.096
2009	25.424	15.895	28.781	5.073	4.153	79.326	-23.589	102.915
2010	29.982	15.136	28.315	5.095	3.459	81.987	-23.839	105.827
2011	30.929	15.852	29.974	5.755	4.442	86.952	-27.528	114.480
2012	30.411	20.753	31.509	1.944	4.390	89.007	-31.086	120.093
2013	30.137	22.772	31.402	1.633	3.479	89.424	-30.866	120.290
2014	28.115	24.351	29.675	1.896	3.131	87.131	-36.805	123.937

Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2016 Mavi Kitap (s.28)

Bakanlığın yayınladığı bilgiye göre, yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam kurulu gücünün 2009 yılında 15503,6 MW olduğunu, 2015 yılında 31606,1 MW’ a yükseldiğini söyleyebiliriz. Yabancı kaynaklar için kurulu güç toplamı 2009’da 20677,9 MW’ tan 2015 yılında 32122,2 MW’ a yükselmiştir. Yerli kaynakların 2009 yılındaki kurulu gücü ise 24.083,3 MW’ tan 2015 yılında 41024,6 MW’ a yükselmiştir.

Aşağıda verilen Tablo 1.4’ te 2009-2015 yılları arasındaki yıllar için üretilen enerjinin birincil kaynaklara dağılımını görmekteyiz. Burada yenilenebilir enerji kaynaklarının 2009 yılında %19.6’dan 2015 yılında %32.2’ye yükseldiğini; toplam yerli kaynakların kullanımının 2009

yılında %41.6'dan 2015 yılında %46.0'a yükseldiğini; toplam yabancı kaynak kullanımının ise 2009 yılında %50.4'ten 2015 yılında %54.0'a yükseldiğini söyleyebiliriz.

Tablo 1.4. Üretilen Enerjinin Birincil Kaynaklara Dağılımı (2009-2015).

BİRİNCİL KAYNAKLAR			YILLAR						
			2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
FUEL-OİL	Üretim	GWh	4.439,8	2.143,8	933,4	981,3	1.192,5	1.662,9	980,4
	Katı	%	2,3	1,0	0,4	0,4	0,5	0,7	0,4
MOTORİN	Üretim	GWh	345,8	4,2	3,1	657,4	546,3	482,4	1.243,6
	Katı	%	0,2	0,0	0,0	0,3	0,2	0,2	0,5
İTHAL KÖMÜR	Üretim	GWh	12.813,2	14.531,7	22.817,9	29.210,5	29.453,7	35.086,0	39.986,0
	Katı	%	6,6	6,9	9,9	12,2	12,3	13,9	15,3
DOĞALGAZ	Üretim	GWh	96.094,7	98.143,7	104.047,6	104.499,2	105.116,3	120.576,0	99.218,0
	Katı	%	49,3	46,5	45,4	43,6	43,8	47,9	37,9
LNG	Üretim	GWh	-	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7
	Katı	%	-	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
LPG	Üretim	GWh	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Katı	%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
NAFTA	Üretim	GWh	17,6	31,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Katı	%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
YABANCI KAYNAK TOPLAM	Üretim	GWh	113.711,5	114.855,4	127.789,1	135.348,4	136.388,9	157.867,3	141.438,6
	Katı	%	58,4	54,4	55,7	56,5	56,8	62,6	54,0
TAŞKÖMÜR	Üretim	GWh	3.334,8	3.988,3	3.712,7	3.264,2	3.338,6	3.607,1	3.765,4
	Katı	%	1,7	1,7	1,6	1,4	1,4	1,4	1,4
Linyit	Üretim	GWh	39.089,5	35.942,1	38.870,4	34.688,9	30.262,0	36.615,4	31.335,7
	Katı	%	20,1	17,0	16,9	14,5	12,6	14,5	12,0
ASFALTİT	Üretim	GWh	447,6	584,3	816,9	849,5	731,7	854,2	1.078,5
	Katı	%	0,2	0,5	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4
DİĞER+ATIK+PIROLİTİK YAĞ	Üretim	GWh	340,1	457,5	469,2	720,8	1.171,2	1.432,6	1.758,2
	Katı	%	0,2	0,2	0,2	0,3	0,5	0,6	0,7
HİDROLİK TOP.	Üretim	GWh	35.958,4	51.795,5	52.338,6	57.871,7	59.420,5	40.644,7	67.145,8
	Katı	%	18,5	24,5	22,8	24,2	24,7	16,1	25,6
RÜZGAR	Üretim	GWh	1.495,4	2.916,4	4.723,9	5.860,8	7.557,5	8.520,1	11.652,5
	Katı	%	0,8	1,4	2,1	2,4	3,1	3,4	4,5
JEOTERMAL	Üretim	GWh	435,7	668,3	694,4	899,3	1.363,5	2.364,0	3.424,5
	Katı	%	0,2	0,3	0,3	0,4	0,6	0,9	1,3
GÜNEŞ	Üretim	GWh						17,4	194,1
	Katı	%						0,0	0,1
YERLİ KAYNAK TOPLAM	Üretim	GWh	81.181,5	96.352,3	101.626,1	104.148,4	103.845,1	94.155,4	130.354,7
	Katı	%	41,6	45,6	44,3	43,5	43,2	37,4	46,0
TERMİK TOPLAM	Üretim	GWh	156.923,5	155.827,6	171.638,3	174.871,7	171.812,5	200.416,6	179.366,4
	Katı	%	80,6	73,8	74,8	73,9	71,5	39,5	68,5
HİDROLİK TOPLAM	Üretim	GWh	35.958,4	51.795,5	52.338,6	57.871,7	59.420,5	40.644,7	67.145,8
	Katı	%	18,5	24,5	22,8	24,2	24,7	16,1	25,6
RÜZGAR TOPLAM	Üretim	GWh	1.495,4	2.916,4	4.723,9	5.860,8	7.557,5	8.520,1	11.652,5
	Katı	%	0,8	1,4	2,1	2,4	3,1	3,4	4,5
JEOTERMAL TOPLAM	Üretim	GWh	435,7	668,3	694,4	899,3	1.363,5	2.364,0	3.424,5
	Katı	%	0,2	0,3	0,3	0,4	0,6	0,9	1,3
GÜNEŞ TOPLAM	Üretim	GWh						17,4	194,1
	Katı	%						0,0	0,1
TÜRKİYE ÜRETİMİ TOPLAM	Üretim	GWh	194.812,9	211.207,7	229.395,1	239.496,8	240.154,0	251.862,8	261.783,3
	Katı	%	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
YERİLENEBİLİR ENERJİ (HİD+RÜZ+JEO+GÜ+DİĞER+ATIK+PIROLİTİK YAĞ) TOPLAM	Üretim	GWh	38.239,6	55.837,6	58.226,0	65.352,6	69.512,7	52.878,7	84.175,1
	Katı	%	19,6	26,4	25,4	27,3	28,9	21,0	32,2

Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2016 Mavi Kitap

1.1.4. Dünya’da Genel Enerji Durumu

Mavi kitapta verilen bilgilere göre, Tablo 1.5’ de dünyadaki ve bazı ülkelerdeki enerji göstergelerini görebiliriz.

Dünyadaki toplam enerji üretiminin, 13594 MTEP, toplam birincil enerji arzının 13541 MTEP olduğunu söyleyebiliriz. En fazla enerji üretimi yapan ülkenin 2565,67 MTEP birimi ile Çin olduğunu ve onu 1340,21MTEP ile Rusya ve 1881,03 MTEP ile ABD’nin takip ettiğini söyleyebiliriz.

Tablo 1.5. Bazı Ülkelerde Enerji Göstergeleri.

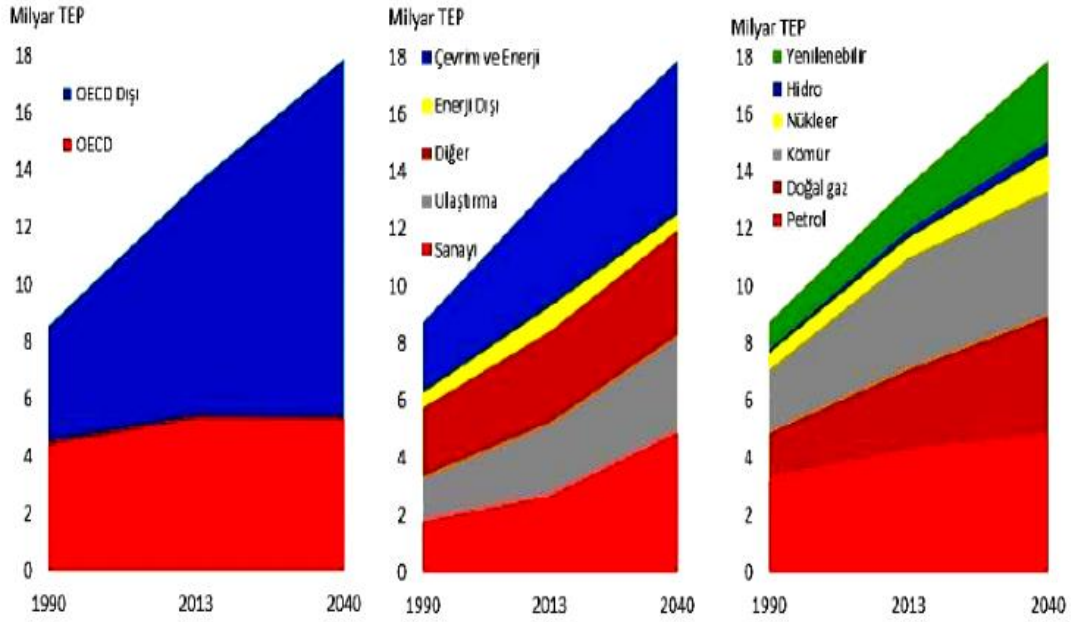
Ülke	Nüfus (milyon)	GSYİH (Milyar Dolar)	Kişi Başına GSYİH (Dolar)	Enerji Üretimi (MTEP)	Toplam Birincil Enerji Arzı (MTEP)
Dünya	7118	56519	7940	13 594	13541
ABD	316,47	14451,51	45665	1881,03	2188,36
Kanada	35,15	1327,40	37764	435,07	253,20
Meksika	118,40	1044,04	8818	216,51	191,27
Arjantin	41,45	331,26	7992	71,43	80,59
Brezilya	200,00	1166,72	5834	252,92	293,68
Şili	17,64	172,01	9751	14,98	38,69
Almanya	82,10	3161,94	38513	120,38	317,66
Belçika	11,11	420,46	37845	14,91	56,35
Danimarka	5,61	285,14	47262	16,84	17,45
Fransa	65,90	2351,95	35690	136,25	253,32
İngiltere	64,11	2577,06	40197	110,08	190,95
İspanya	46,59	1172,45	25165	34,50	116,73
İsviçre	8,09	477,25	58993	12,95	26,73
İtalya	60,65	1754,56	28929	36,76	155,37
Lüksemburg	0,55	43,20	78545	0,14	3,97
Norveç	5,08	337,86	66508	191,62	32,71
TÜRKİYE	75,77	654,07	8632	32,35	116,49
Yunanistan	11,03	199,82	18116	9,31	23,40
Bulgaristan	7,27	34,93	4805	10,63	16,91
Macaristan	9,89	113,12	11438	10,21	22,56
Rusya	143,00	993,52	6948	1340,21	730,89
Ukrayna	45,49	97,27	2138	85,93	116,14
Azerbaycan	9,52	30,63	3217	59,35	13,88
Kazakistan	17,04	92,42	5424	169,07	81,54
B.A.Emirlikleri	9,35	234,97	25130	201,67	69,53
İran	77,45	242,55	3132	298,93	228,40
Mısır	82,06	128,55	1567	82,82	77,54
Suriye	22,85	41,21	1804	7,53	12,91
Etyopya	94,50	27,74	294	45,32	47,94
Kenya	44,35	28,05	632	17,59	21,49
Vietnam	89,71	92,28	1029	69,28	59,93
Japonya	127,33	4784,55	37576	27,96	454,65
Hindistan	1250,00	1489,78	1192	523,34	775,45
Avustralya	23,27	949,05	40784	343,90	129,14
Çin	1360,00	4864,00	3576	2565,67	3009,47

Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2016 Mavi Kitap

Dünyadaki birincil enerji kaynaklarının talebinin bölgeler, sektörler ve kaynaklar için ayrı ayrı dağılımının 1990 ile 2040 yılları arasında Şekil 1.2’de verildiği gibi olacağı tahmin edilmektedir. OECD dışı ülkelerde birincil enerji talebinin daha fazla artacağı, enerji kaynaklarından hepsinin talebinin artacağını fakat en fazla artışın doğal gaz ve yenilenebilir

enerji alanında olacağını, sektörlerden özellikle sanayi, diğer sektörler ve çevrim ve enerji alanında talebin daha fazla olacağını yorumlayabiliriz.

Şekil 1.2. Dünya Birincil Enerji Talebinin Bölgeler, Sektörler ve Kaynaklar İçin Ayrı Şekilde Dağılımı.



Kaynak: Dünya ve Ülkemiz Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü(ETKB,2016)(Yalçın, 2017)

1.2. ENERJİ KAYNAKLARI

1.2.1. Konvansiyonel Enerji Kaynakları

Konvansiyonel enerji kaynakları fosil kaynaklılar ve çekirdek kaynaklılar olarak sınıflandırılır. (Koç ve Şenel, 2013: 33). Bu kaynaklar tüketildiğinde zararlı gaz emisyonuna sebep olur. (Yalçın, 2017)

Tablo 1.6. Birincil Enerji Kaynakları Rezervi (2015 Yılı).

KAYNAKLAR	GÖRÜNÜR	MUHTEMEL	MÜMKÜN	TOPLAM
Taşkömürü (Milyon Ton)	506,5	425	368,4	1.308,5
Linyit (Milyon Ton)				
Elbistan	4.845,5			4.845,5
Diğer	9.146,0	768,9	4,5	9.919,4
Toplam	13.991,5	768,9	4,5	14.764,9
Asfaltit (Milyon Ton)	82			82
Bitümler (Milyon Ton)	1.641,4			1.641,4
Hidrolik				
GWh/Yıl	59.245,8			59.245,8
MW	22.748,9			22.748,9
Ham Petrol (Milyon Varil)	7.167			7.167
Doğalgaz (Milyar m ³)	23,2			23,2
Nükleer Kaynaklar (Ton)				
Uranyum	9.129			9.129
Toryum	380.000			380.000

Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2016 Mavi Kitap

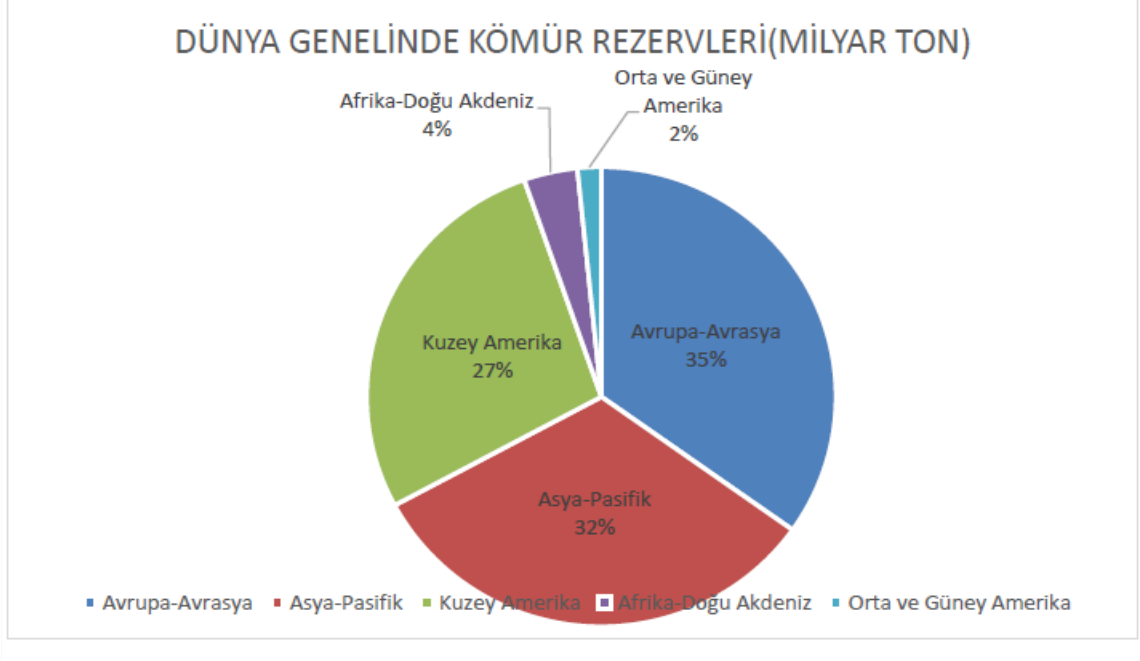
1.2.1.1. Kömür

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın tanımına göre, elementlerin bileşimi sonucu meydana gelir. Bu elementlerden bazıları karbon, hidrojen, oksijendir. Bu elementler kaya tabakalarının aralarında, uzun zaman içerisinde ısının, basıncın, mikro düzeyde biyolojik etkilerin nihayetinde oluşur.

Dünyadaki kesinleşmiş kömür rezervleri, diğer tüm yakıtlar ile kıyaslandığında en yüksek rezerve sahiptir. 122 yıl dünya ihtiyacına yetebilecek düzeydedir. Dünyada rezerv sıralaması, Amerika, Rusya, Çin olarak yapılabilir. (ETKB, 2016:6; Yalçın, 2017)

Dünya, her yıl karbondioksit şeklinde 7 milyar metrik ton karbon üretiyor. Kömür, en az verimli yakıt olduğundan, birim enerji başına en fazla miktarda karbondioksiti üretir. Kömür kullanımındaki herhangi bir artış, karbondioksit seviyelerini önemli ölçüde artıracaktır. Daha fazla doğal gaz, nükleer, güneş, hidro veya rüzgar gücüne geçmek bu seviyeleri azaltacaktır. (Hordiski, 2010)

Şekil 1.3. Dünya Geneline Kömür Rezervleri.



Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı

Bu şekil <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Komur> sayfasındaki bilgilerden yararlanılarak çizilmiştir.

Dünya genelinde kömür rezervi için genel bir inceleme Şekil 1.3'te verilmiştir. Buna göre en fazla rezerv %35'lik oranla Avrupa-Avrasya kıtasında bulunmaktadır. Sonrasında ise %32 oranı ile Asya-Pasifik gelmektedir.

Tablo 1.7. Dünya Geneline Kömür Rezervleri (Ülke Bazında)

ÜLKELER	REZERVLERİ
ABD	237,3 Milyar Ton
Rusya Federasyonu	157 Milyar Ton
Çin	114,5 Milyar Ton
Avustralya	76,4 Milyar Ton
Hindistan	60,6 Milyar Ton
Almanya	40,5 Milyar Ton
Ukrayna	33,9 Milyar Ton
Kazakistan	33,6 Milyar Ton
Güney Afrika Cumhuriyeti	30,2 Milyar Ton

Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı

Bu tablo <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Komur> den yararlanılarak çizilmiştir.

Tablo 1.7’ deki bilgilere bakarak, dünyadaki kömür rezervlerini ülke bazında değerlendirebiliriz. Buna göre, kömür bakımından dünyada en çok rezervi olan ülke ABD olup, onu Rusya ve Çin takip etmektedir.

Dünya genelinde işletilebilir kömür rezervleri Şekil 1.4’te verilmiştir.

Şekil 1.4. Dünya Genelinde İşletilebilir Kömür Rezervleri (Milyar Ton).



Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı

Bu tablo <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Komur> den yararlanılarak çizilmiştir.¹

Şekil 1.4’ teki bilgiye göre en fazla işletilebilir kömür rezervi antrasit ve bitümlü kömürün vardır ve onu alt bitümlü kömür takip etmektedir.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’na göre dünyadaki toplam linyit ve alt bitümlü kömür rezervinin yaklaşık olarak %3,2’si ülkemizdedir. Ülkemizdeki linyit rezervinin ise yaklaşık %46’sı Afşin-

¹ Fotoğraflar Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü sayfasından alınmıştır. (<http://www.mta.gov.tr/v3.0/muze/yeralti-kaynaklari>)

Elbistan havzasındadır. Zonguldak Havzası toplam taşkömürü rezervi ise 1,30 milyar ton, görünür rezerv 506 milyon tondur.

Bazı ülkelerdeki kömür üretimi bilgisi Milyon ton biriminde aşağıda Tablo 1.8’de verilmiştir. Buna göre en fazla kömür üretimi 3650 Milyon Ton ile Çin’de olup, dünya üretiminin yaklaşık yüzde 46,1’lik kısmını kapsamaktadır. Çin’i 916 Milyon Ton üretimle ABD takip etmekte ve bu sayı dünya üretiminin %11,6’lık kısmına karşılık gelmektedir.

Tablo 1.8. Bazı Ülkelerde Kömür Üretimi.

Ölke	Öretim (Milyon Ton)	Dünya Öretimi İçinde Yüzdesi
Çin	3 650	46,1
ABD	916	11,6
Hindistan	668	8,4
Avustralya	491	6,2
Endonezya	471	5,9
Rusya	334	4,2
Güney Afrika	253	3,2
Almanya	187	2,4
Polonya	137	1,7
Kazakistan	115	1,5
Diğer Ülkeler	703	8,8
DÜNYA	7 925	100,0

Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2016 Mavi Kitap

Dünyada en çok üretilen enerji kaynaklarından biri olan kömür ya yakıt olarak doğrudan yakılır ya da ısıtılıp ikincil yakıtlara dönüştürülür. Ülkemizdeki en yaygın kömür çeşidi linyittir. (Sülükçüler, 2018, 5; Dümenli, 2019) Linyitin Türkiye’deki rezerv bölgelerini Tablo 1.9’da verilen bilgilere göre inceleyelim.

Tablo 1.9. Türkiye Linyit Rezervi Bölgeleri (Milyar Ton)

TÜRKİYE LİNYİT REZERVİ BÖLGELERİ	Rezerv
Karapınar (Ayrancı)	1,832
Çerkezköy	0,495
Elbistan	0,515
Malatya (Yazıhan)	0,017
Eskişehir (Alpu)	1,453
Afyon-Dinar	0,9415
Pınarhisar	0,140

Konya (İlgın-Merkez)	0,0305
Amasya (Merzifon)	0,0092
Isparta (Şarkıkaraağaç)	0,3067
Denizli (Çardak)	0,0442
Denizli (Çivril)	0,0075
Elbistan	1,3
Soma	0,205
Çayırhan	0,0833
TOPLAM	7,38

Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı

Verilen bilgilere göre, Türkiye'deki toplam linyit rezervi 7,38 milyar tondur. Bunun 1,832 milyar tonu Karapınar-Ayrancı bölgesinde, 1,453 milyar tonu ise Eskişehir-Alpu bölgesinde olup, en fazla rezervler bu bölgelerdedir.

Enerji Bakanlığı'nın bilgilerine göre 2005 yılından itibaren nüfus artışı ve sanayileşme sonucu artan enerji talebinin karşılanması amacıyla enerji üretiminde dışa bağımlılığı azaltmak için yerli kaynakların kullanımına yönelim olmuştur. Buna yönelik çalışmaların sonucu olarak 2014 yılı sonu itibari ek olarak 7,38 milyar ton linyit rezervi bulunmuştur. Toplam elektrik üretiminde %33,9'luk kısmı kaplayan kömüre dayalı santraller ile üretilen elektrik 92,3TWh'tir.

Türkiye'de 2018 yılının ilk yarısından itibaren yerli kömür ile kurulu güç 10.570 MW (%12,1) ve ithal kömür ile kurulu güç ise 8.794 MW (%10,1)'tir.(Dümenli, 2019)

1.2.1.2. Petrol

Petrol, içerisinde karbon ve hidrojen başta olmak üzere kükürt, oksijen, nitrojen bulunan bileşimdir.(Dümenli, 2019)

Enerji Bakanlığı'nın tanımına göre normal şartlar altında gaz halinde ya da sıvı ve katı halde olabilir. Doğalgaz, gaz halindeki petroldür.

2017 yılındaki Dünyada ispatlanmış petrol rezervi Tablo 1.10'da verilmiştir. Buna göre en fazla petrol rezervi 807,7 milyar varil birimi ile Orta Doğu Ülkelerinde bulunmakta olup, dünya petrol rezervinin yüzde 47,6'sına karşılık gelmektedir. Güney ve Orta Amerika ülkeleri de 330,1 milyar varil rezerv miktarı ile 2. Sırada olup, dünya rezerv miktarının yüzde 19,5'luk kısmına denk gelmektedir.

Tablo 1.10. 2017 Yılı Dünya İspatlanmış Petrol Rezervi

ÜLKELER	REZERV (MİLYAR VARİL)	YÜZDE
Orta Doğu Ülkeleri	807,7	%47,6
Güney ve Orta Amerika Ülkeleri	330,1	%19,5
Kuzey Amerika Ülkeleri	226,1	%13,3
DÜNYA(TOPLAM)	1363,9	

Kaynak: T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı

Tablo 1.10 incelendiğinde dünya petrol rezervinin çoğunun Türkiye çevresindeki coğrafyada olduğunu bu sebeple Türkiye'nin jeopolitik açıdan önemi olduğunu söyleyebiliriz.

Türkiye'de toplamda 4 tane rafineri tesisi vardır. Kapasiteleri Tablo 1.11'de verilmektedir.

Tablo 1.11. Türkiye'deki Petrol Rafineri Tesisleri.

RAFİNERİLERİN BULUNDUĞU İLLER	Rafinaj Kapasitesi Milyon Ton/Yıl	Üretime Başladığı Yıl	Depolama Kapasitesi m^3
İzmit	11	1961	3,0 Milyon
İzmir	11	1972	2,5 Milyon
Kırıkkale	5,0	1986	1,3 Milyon
Batman	1,1	1955	268 Bin

Kaynak: Tüpraş(<https://www.tupras.com.tr/rafineriler> sayfasındaki bilgilerden yararlanılarak çizilmiştir.)

ATAŞ rafinerisi, 30 Nisan 1962’de işletmeye alınmış fakat ATAŞ, 7 Haziran 2004 tarihinden itibaren rafinaj faaliyetine sonlandırmış ve benzin, fuel-oil², motorin gibi ürünleri depolayarak çalışmalarına devam etmiştir.

Tablo 1.12. 2011-2015 Yılları Arasındaki Petrolün ve Petrol Ürünlerinin Hareketleri(Ton)

YILLAR	HAM PETROL ÜRETİMİ	HAM PETROL İTHALATI	TOPLAM	ELDE EDİLEN ÜRÜN	ÜRÜN İTHALATI	ÜRÜN İHRACATI
2011	2.367.251	18.092.206	20.459.457	20.927.446	9.635.017	7.762.732
2012	2.337.527	19.484.875	21.822.402	22.115.614	12.754.932	9.096.388
2013	2.398.454	18.554.588	20.923.043	21.548.327 ⁽¹⁾	16.541.533	8.451.987
2014	2.455.925	17.477.987	19.933.912	20.089.018	18.184.974	9.327.485
2015	2.515.657					

Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2016 Mavi Kitap

1.2.1.3. Doğalgaz

Türkiye’de çok az miktarda üretilen doğalgazın kullanımı 1970’li yılların sonlarında başlamıştır. Doğalgaz tüketimi hızla artarken, ithalatı da hızla artmaktadır. (Atılğan,2000)

Gelişmekte olan ve enerji ihtiyacı sürekli artan Türkiye için doğalgaz, sürdürülebilir ekonomi için önem teşkil etmektedir.³

2014 yılı sonunda dünya kesinleşmiş doğalgaz rezervi 216 trilyon m^3 olarak belirlenmiştir. Bunun 61 yıl dünyadaki üretimi karşılayabileceği söylenebilir. Dünyada rezervi en büyük olan yer Orta Doğu bölgesidir. (Yalçın, 2017)

² <http://www.atasterminal.com/history.htm>, [Ziyaret tarihi: 23 Mart 2019].

³ https://www.botas.gov.tr/docs/raporlar/tur/strplan2015-19_tr.pdf, [23 Mart 2019].

Tablo 1.13. Bazı Ülkelerde Doğal Gaz Üretimi.

Ölke	Öretim (Milyon m ³)	Dünya Öretimi İçinde Yüzdesi
ABD	730	20,7
Rusya	644	18,3
İran	169	4,8
Kanada	162	4,6
Katar	160	4,5
Çin	130	3,7
Norveç	113	3,2
Türkmenistan	87	2,5
Suudi Arabistan	84	2,4
Cezayir	80	2,3
Diğer Ölkeler	1 165	33,0
DÜNYA	3 524	100,0

Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2016 Mavi Kitap

Tablo 1.13'ü incelediğimizde en fazla doğal gaz üretiminin 730 Milyon m³ ile ABD' de olduğu ve 644 Milyon m³ ile onu Rusya'nın takip ettiğini söyleyebiliriz.

Türkiye'de doğal gaz üretim, tüketim ve ithalat bilgileri 2011-2015 yılları için Tablo 1.14'de verilmiştir. Buna göre, en fazla üretim 2011 yılında olmuş ve azalarak 2015 yılında en az üretim gerçekleşmiştir. Üretimin azalması, ithalatın artmasına sebep olmuş ve 2015 yılında, 2011 yılındaki ithalat miktarının yaklaşık 5000 Milyon m³ kadar artış olmuştur. Tüketim ise 2011'den 2015'e kadar artmıştır.

Tablo 1.14. Türkiye'deki 2011-2015 Yılları Arasındaki Doğal Gaz Hareketleri (Milyon m³)

YILLAR	ÜRETİM	İTHALAT	TOPLAM	TÜKETİM
2011	793	43.878	44.671	44.146
2012	664	45.922	46.586	45.242
2013	562	45.270	45.832	45.640
2014	502	48.892	49.494	47.800
2015	399	48.400	48.799	47.549

Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2016 Mavi Kitap

Ülkemizdeki petrol, doğal gaz ile ilgili çalışmaları BOTAŞ yapmaktadır.

2015-2019 yılları stratejik planında verilen BOTAŞ'ın faaliyetlerinin bazıları, petrol, petrol ürünleri, doğal gaz boru hatlarını Türkiye içinde ya da dışında duruma göre inşa etmek veya ettirmek, ham petrolü ve doğal gazı boru hatları ile taşımak, yurt dışında petrol ve doğal gaz bulmak adına arama çalışması, sondaj, imal ve nakliye, depolama, rafine işlemi yapmaktır.⁴

BOTAŞ ülkemizin enerji ihtiyacını karşılamak ve arz güvenliği ve çeşitliliği için Rusya, İran, Azerbaycan, Türkmenistan, Cezayir, Nijerya ile doğal gaz alım satım anlaşmaları imzalamıştır.⁵

Ayrıca Türkiye'nin enerji politikasına katkı sağlamak amacıyla doğal gaza ve ham petrol boru hattına yönelik projeler geliştirilip uygulanmaktadır. Azerbaycan ile aramızda Trans Anadolu Projesi Doğal Gaz Boru Hattı (TANAP) kapsamında 25 Ekim 2011 tarihinde, gaz alımı ve iletimine yönelik anlaşma imzalanmıştır. Bu proje hem Avrupa'nın hem de Türkiye'nin enerji ihtiyacını karşılamaya yöneliktir. TANAP kapsamında Proje BOTAŞ ve SOCAR arasında gerçekleştirilen müzakereler neticesinde, 30 Mayıs 2014 tarihinde İstanbul'da TANAP Projesine ilişkin Gaz Taşıma Anlaşması, Fonlama Anlaşması, Katılım Anlaşması ve Hisse Devir Anlaşması da imzalanmıştır.⁶

1.2.1.4. Nükleer Enerji

Atomların birtakım tepkimeler ile birleşmesi veya parçalara ayrılması sonucu nükleer enerji elde edilir. Nükleer enerji yakıtı ucuzdur, atıkları ise diğer kaynaklara göre daha küçüktür. Bu yakıtlar kolay taşınır, tekrar kullanılabilir.

(Savrul, 2010: 11; Yalçın, 2017)

Enerji Bakanlığı'nın yayınladığı bilgiye göre, 1879 yılında Uranyum keşfedilmiş ve 1934 yılında ilk kez atom parçalanmıştır. Böylece nükleer enerji kavramı ortaya çıkmıştır. Ve pek çok ülke nükleer enerji ile ilgili çalışmalar yapmışlardır. Bu ülkelerin başında ABD ve Rusya vardır. Nükleer santraller, atomun parçalarına ayrılması ile oluşan ısı enerjisini elektrik enerjisine dönüştürürler. 1970 yıllarının başında petrol krizi yaşanmıştır. Bunun sonucu enerji ihtiyacını karşılamaya yönelik alternatif olarak nükleer santraller yayılmıştır. 1979 yılında

⁴ https://www.botas.gov.tr/docs/raporlar/tur/strplan2015-19_tr.pdf [23 Mart 2019]

⁵ https://www.botas.gov.tr/docs/raporlar/tur/strplan2015-19_tr.pdf [23 Mart 2019]

⁶ https://www.botas.gov.tr/docs/raporlar/tur/strplan2015-19_tr.pdf [23 Mart 2019]

Three Mile Island (TMI), 1986 yılında Çernobil faciası sonucunda bu konuda güvenlik artırılmış, denetlemeye ve düzenlemeye yönelik kurumlar oluşturulmuş; daha güvenli sistemlerin oluşturulması ile tüm dünyada kurulmaya devam etmiştir.

Ülkemizde uranyum yatakları çoğunlukla Batı Anadolu'da toplanmıştır. Türkiye'deki en zengin sahayı Yozgat-Sorgun'daki saha oluşturmaktadır. Türkiye'de toplam rezerv, 9129 ton U_3O_8 'e karşılık geldiği belirlenmiştir. (Atılğan,2000)

Dünyanın sayılı toryum rezervlerinin bir kısmı Türkiye'dedir. Eskişehir'de rezervi 380000 ton olan toryum yatağı vardır. Malatya-Hekimhan-Kuluncak'ta yine toryum yatakları bulunmaktadır. (Atılğan,2000)

Türkiye 1962 yılında 1 MW gücünde TR-1 deneme reaktörünün faaliyete girmesi ile nükleer enerji ile tanışmıştır. Günümüzde mevcut elektrik ihtiyacını sağlamak, enerjide dışa olan bağımlılıktan kurtulmak için 2023 yılına kadar 2 nükleer enerji santralini devreye alınması ve 3. santralin de temelini atılması stratejileri vardır.(Yalçın, 2017)

Enerji Bakanlığı'nın yayınladığı bilgiye göre, buna yönelik, 12 Mayıs 2010 tarihinde imzalanan anlaşma ile Akkuyu sahasında nükleer santral kurulması çalışmalarına başlanmıştır. İkinci nükleer santral projesi olan Sinop Nükleer Santrali için Japonya ile nükleer santral yapımı ve iş birliğine ilişkin anlaşma 3 Mayıs 2013 tarihinde imzalanmış olmakla birlikte bu konudaki faaliyetler halen devam etmektedir.

Enerji Bakanlığı'nın yayınladığı bilgiye göre, dünyada 2018 yılının Mart ayından itibaren, toplamda 31 ülkede 450 tane nükleer reaktör işletmededir.17 ülkede ise 56 tane reaktör imalat durumundadır. Bunların bir kısmı Çin, Hindistan, Rusya, ABD, Birleşik Arap Emirlikleri, Güney Kore, Fransa'da ülkemizde ise 1 tanesi inşa durumundadır.

Tablo 1.15. Bazı Ülkelerde Nükleer Güç Üretimi.

Ülkeler	Reaktör Sayısı	Net Elektrik Kapasitesi (MWe)	Toplam Elektrik Üretimi içindeki Yüzdesi (%)
ABD	100	100.350	19.5
Fransa	58	63.130	76.9
Japonya	43	40.290	1.7
Çin	35	30.402	3.5
Rusya	36	26.557	18.6
Güney Kore	25	23.133	30.4
Kanada	19	13.500	16.8
Ukrayna	15	13.107	49.4
Almanya	8	10.799	15.8
İsveç	10	9.648	41.5
İngiltere	15	8.883	17.2
İspanya	7	7.121	20.4
Diğer Ülkeler	77	43.183	-
DÜNYA	448	390.165	11,00

Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2016 Mavi Kitap

Tablo 1.15 'i incelediğimizde en fazla reaktörün olduğu ülkenin ABD olduğunu, toplam elektrik üretimi içerisindeki payının %19,5 olduğunu görmekteyiz. İkinci sırada bulunan Fransa'da ise 58 reaktör bulunmakta fakat elektrik üretiminin çoğunu %76,9'unu nükleer enerjiden yararlanarak sağlamaktadır.

1.2.2. Konvansiyonel Enerji Kaynaklarının Kullanılmasının Çevreye Etkisi

Konvansiyonel enerji kaynaklarının kullanılması ülkemizi dışa bağımlı hale getirdiği için ekonomik açıdan, bu kaynakların kullanımı sonucu açığa çıkan zararlı gazlardan dolayı insan sağlığını olumsuz açıdan etkilemektedir. Bu gazların atmosferde birikmesi ile de küresel ısınma ve sera gazı oluşumu gibi olumsuz çevresel etkilerinin boyutu da tartışılmayacak düzeydedir.

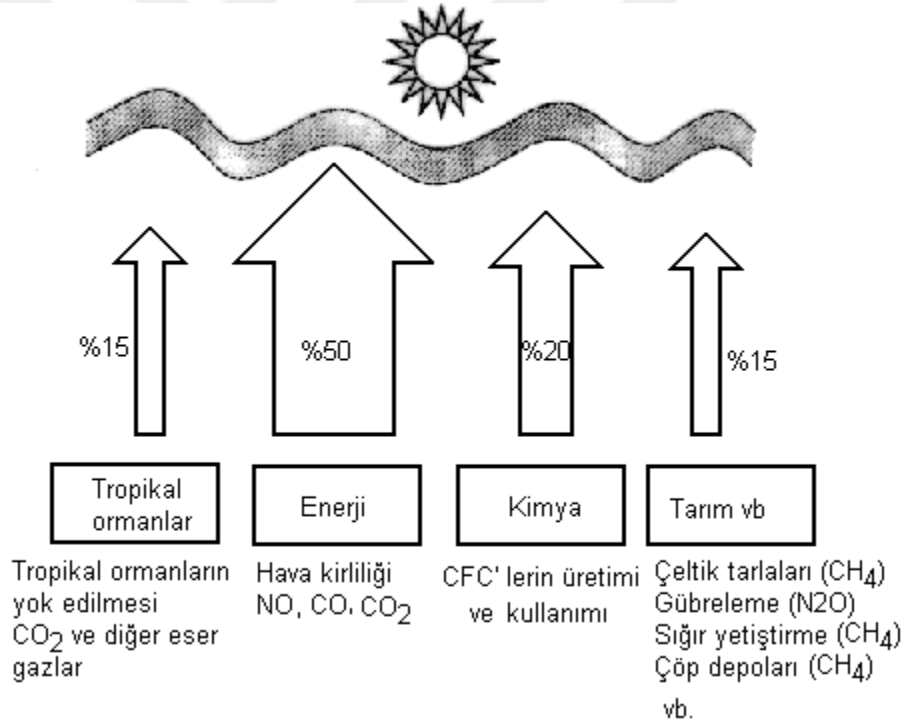
Dünya üzerindeki enerji ihtiyacının %80'i fosil kaynaklardan karşılanmaktadır. Fosil yakıtların yakılması ile ortaya çıkan zararlı gazların ve parçacıkların atmosfere bıraktığı zararlar yüzünden küresel ısınma meydana gelir. Günümüzde küresel ısınmanın etkisi hissedilir bir duruma gelmiştir. (Bozkurt,2008)

Yerküre' nin tarihçesinde iklim sistemi, bütün zaman çizelgesinde başkalaşma meyilinde olmuştur. Fakat 19.asrın ortasından itibaren, tabii değişime ilave, ilk defa insan faaliyetlerinin iklime etkisinin olduğu bir dönem başlamıştır. İklim değişikliği kavramı aslında sera gazını arttıran insan faaliyetleri sonucudur. (Türkeş ve diğ., 2000)

Sera etkisi ve küresel ısınmayı alt başlıklar altında inceleyelim.

1.2.1.1.Sera Etkisi

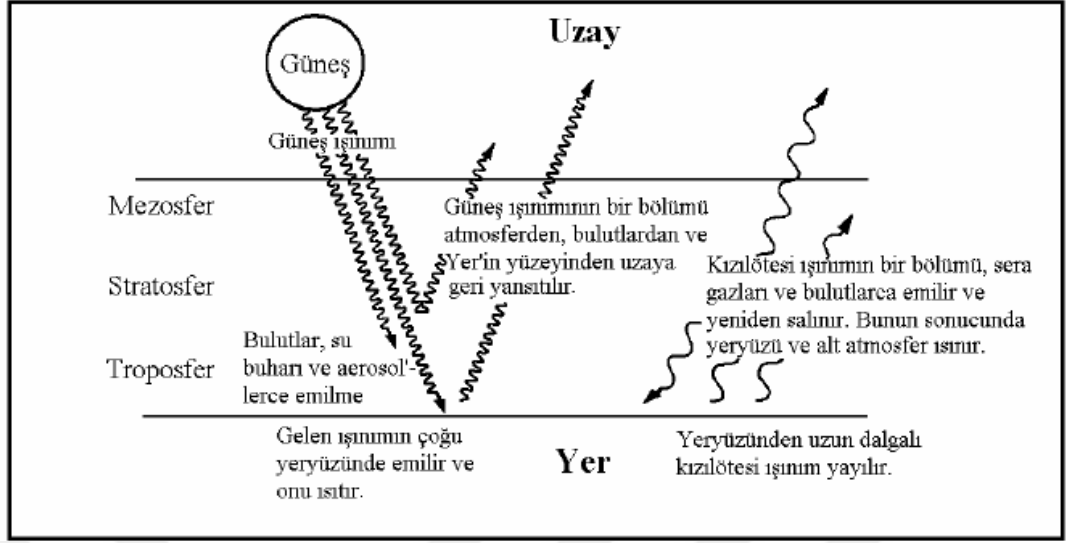
Atmosferi, başlıca azot (%78.08), oksijen (%20.95), karbondioksit (% 0.93) gazları oluşturur. (Türkeş ve diğ., 2000)



Şekil 1.5. Sera Gazlarının Nedenleri.

Kaynak: (Bayar, Behrend 1994'tendeğiştirilerek)(Öztürk, 2002)

Konvansiyonel yakıtlar içerisindeki karbon, havada bulunan oksijen ile tam olarak yandığında CO₂ yarım yandığında ise CO gazını meydana getirir. Bu kaynaklar içindeki diğer elementlerin oksijen ile yanması sonucunda sağlıklı olumsuz etkileyen gazlar oluşur. Bu gazlar birikerek güneş ve zemin arasında tabaka oluşturup *Sera Etkisini* meydana getirir. (Harun Girgin, 2011)



Şekil 1.6. Sera Etkisinin Şema ile İfadesi.

Kaynak: (WHO, 1996'ya göre Türkeş ve arkadaşları, 1999a).(Türkeş ve diğ. , 2000)

Su buharı, karbondioksit, ozon, metan, diazotmonoksit gazları sera etkisi gösteren gazlardır. Ozon gazı, troposfer ve troposferin üzerindeki atmosfer bölümü olan stratosferde bulunur. (Türkeş, 2000)

Bu gazların en önemli kaynağı konvansiyonel enerji kaynaklarının kullanımı, sanayi, ulaşım, çeşitli atıklar ve ziraat etkinlikleridir.(ÖZTÜRK, 2002)

Sera Etkisini yaratan gazların salınımını sınırlamak ve azaltmak amacıyla 1997 tarihinde Japonya'da *Kyoto Protokolü* düzenlenmiştir. Protokoldeki devletler; enerji faaliyetlerini iyileştirme; sera gazlarının oluşumunu sınırlama ve daraltma şeklinde tedbirler düzenlemişlerdir. (Girgin, 2011)

Birleşmiş Milletler, IPCC tarafından belirlenen senaryoda, 2100 yılına kadar dünyadaki sıcaklık ortalaması yaklaşık 1 ilâ 3,5 derece bir artacaktır. Sonuç olarak da deniz düzeyinin yükselmesi ve felaket boyutunda olabilecek yağışsızlık, çoraklaşma, su baskınları, fırtınalar, salgınlar yaşanacaktır.(ÖZTÜRK, 2002)

1.2.2.2. Küresel Isınma

İklim sistemindeki bozulmalara doğal etkenler dışında insanların da etkisinin olduğu da göz önüne alınarak iklim değişikliğini bir dönem içerisinde direkt veya dolaylıca atmosferin oluşumunu bozan beşeri etkinliklerin sonucudur. (ÖZTÜRK, 2002)

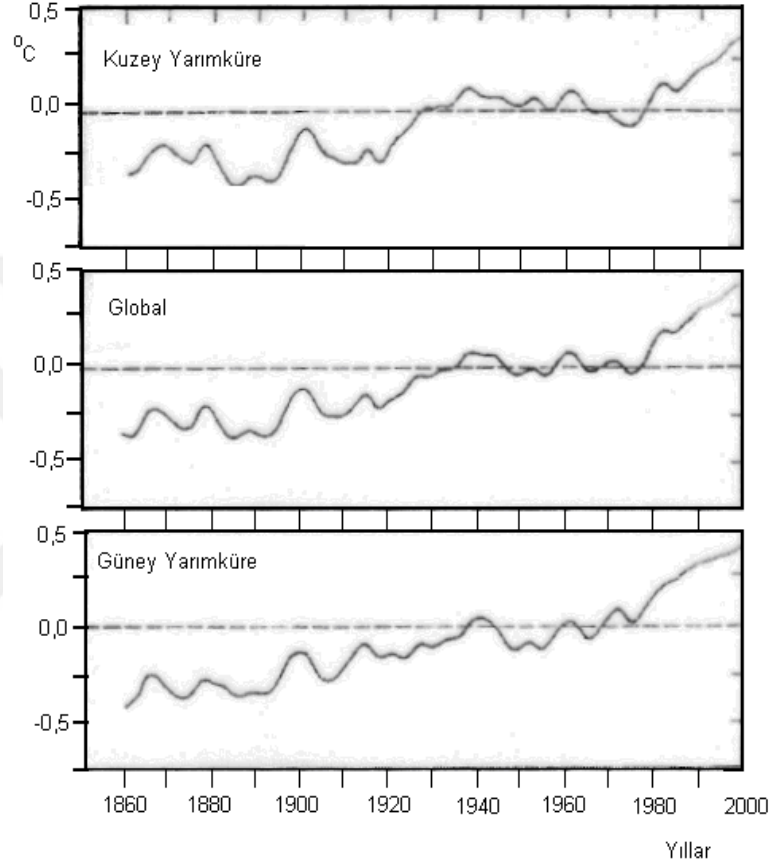
Dünyada bazı dönemlerde, dengenin bozulması ile ilişkili olarak iklimde büyük dönüşümler olmuştur. Son bin yıl içerisindeki, kuzey yarım küre içerisinde olan hava koşulları özetle şunlardır: (ÖZTÜRK, 2002)

Tablo 1.16. Kuzey Yarım Kürede Yaşanan İklim Koşulları.

ZAMAN DİLİMİ	İKLİM TİPİ
1200’lü yıllar	Ilıman, değişken iklim tipi fırtına, su baskını, güçlü yağmurlar ve yağışsızlık birkaç yüzyıl etkili olmuştur.
1400-1550 yılları arası	Kararlı iklim koşulları 1500’lü senelerin ortasından başlayarak 300 yıl süreli “Küçük Buz Çağı” olmuştur.
1816	Anormal iklim koşulları - Avrupa’da kıtlık - ABD’de ve Kanada’da Mayıs ayı ve Eylül ayları arası ciddi soğuklar
1900-1940 yılları arası	Dünyada ortalama sıcaklık 0,5 derece yükselmiştir.
1940-1965 yılları arası	Soğuma devri
1970,1980,1990’lı yıllarda	Dünyada ortalama sıcaklığın artışı eğilimi
1998	Kuzey Yarım Kürede ve Güney Yarım Kürede aletlerle ölçümün başladığı 1860 yılından itibaren olan en yüksek sıcaklığa sahip yıl

Kaynak : Öztürk, K.,2002, ‘Küresel İklim Değişikliği ve Türkiye’ye Olası Etkileri’,G.Ü. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi Cilt 22, Sayı 1 (2002) 47-65,Ankara

Tablo 1.16'ya baktığımızda farklı zaman dilimlerinde farklı iklimlerin yaşadığını görmekteyiz. 2000'li yıllarda da zararlı gazların atmosferde birikimi ile iklim değişikliği yaşanmaktadır. Enerji ihtiyacının yenilenebilir enerji kaynakları ile kullanımı, konvansiyonel enerji kaynaklarının kullanımı azaltıp, dünyaya verdiğimiz zararı aza indirmeye yardım edecektir.



Şekil 1.7. Küresel Olarak Sıcaklıktaki Artış Miktarı.

Kaynak: Öztürk, K., 2002, 'Küresel İklim Değişikliği ve Türkiye'ye Olası Etkileri', G.Ü. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi Cilt 22, Sayı 1 (2002) 47-65, Ankara

Yukarıda Şekil 1.7'de küresel olarak sıcaklıktaki artış miktarı verilmiştir. Uzun dönem küresel ısınmanın devam etmesi durumunda deniz seviyesinin yükselmesi ve sular altında kalma tehlikesi durumu olduğundan 1992 yılında birçok ülke, Rio Çevre Zirvesi'ne yönelik süreç başlatmışlardır. Zirveye katılmış olan ülkeler, sera gazı emisyon miktarını 1990 yılı düzeyinin altına çekip ve çözüm bulmak için kuralların belirlenmesi amacı ile bir dizi konferans (COP – Conference of Parties) düzenlemişlerdir. (Utku Bozkurt, 2008)

Küresel ısınmayı önlemeye yönelik öneriler şunlardır:

- Enerji tasarrufunun ve verimliliğinin tüm sektörlerde artırılmasını;
- Birincil enerji kaynakları içinde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması;
- Fosil olan yakıtları yakma teknolojilerinin iyileştirilmesiyle birleşik güç santrallerinin fazlalaştırılması;
- CO_2 salan yakıtların kullanımının azaltılması;
- Ulaşım ve il içindeki trafik düzenlemesinin, motorlu araçların yakıt sarfını azaltacak şekilde olması;
- Kent içerisinde raylı taşıma sisteminin kullanımı, şehirler arası yolcu ve yük nakliyesinin ise deniz ve demiryolu kullanımına yönelik olacak şekilde yapılmasıdır. (Türkeş ve diğ. , 2000)

1.2.3. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Yenilenebilir enerji; revize edilen, dünya ve güneşin varlığı devam ettiği sürece bitmeyecek enerji demektir. (Girgin, 2011)

Avantajları

- 1) Hayat döngüsü bakımından ekonomiktir.
- 2) Türkiye'nin yenilenebilir alanda santrallere sahip olması
- 3) Bu kaynaklar ile elde edilen enerji, çevre kirliliğini ve zararlı gaz emisyonunu azaltacaktır. (Utku Bozkurt, 2008)

Tablo 1.17. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Potansiyeli. (2015 Yılı)

	HİDROLİK	RÜZGAR	GÜNEŞ	BİYOKÜTLE	JEOTERMAL
Kurulu Güç (MW)	25.867,8	4.503,2	248,8	362,4	623,9
Elektrik Üretimi (GWh)	67.1453,8	11.652,5	194	1.758,2	3.424,0
Isı (Bin TEP)	-	-	795	-	4,99
2023 Hedefi (MW)	36000	20000	5000	1000	1000
Potansiyel	160 TWh/yıl	48000 MW	1500 kWh/m ² -yıl	20 Milyon TEP	31500 MWt 2000 MW

Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2016 Mavi Kitap

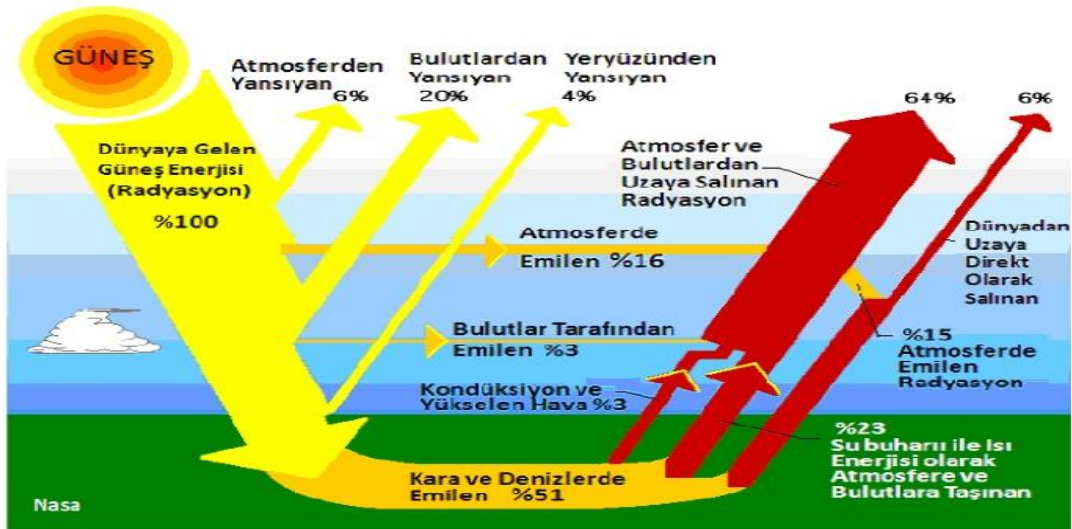
Tablo 1.17’de 2015 yılı için yenilenebilir enerji kaynak potansiyeli verilmiştir. Burada en fazla hidrolik kaynaklardan elektrik üretimi yapıldığını söyleyebiliriz. 2023 hedefleri incelendiğinde en fazla rüzgar ve güneş enerjisinin kurulu gücünü arttırmaya yönelik hedef belirlendiği görülmektedir.

1.2.3.1. Güneş Enerjisi

Güneşte, hidrojen çekirdekleri füzyon ile helyum çekirdekleri ve yüksek enerji meydana getirir. Güneş kütlelerinin yaklaşık %90’ı protondur ve bu sebeple hidrojenin bitmesi için yaklaşık olarak 5 milyar yıl gibi zaman vardır. O halde Güneş, tükenmeyen bir enerji kaynağı olarak sınıflandırılabilir.(Girgin, 2011)

Güneş enerjisi, fiziksel anlamda pek çok olayı etkiler. Rüzgarlar, dalgalar güneşin enerjisinin değişik halidir. (Varınca ve Gönüllü, 2006)

Yaklaşık olarak bir saat içinde gezegenimize gelen güneş enerjisi, senelik dünyadaki enerji ihtiyacını karşılar durumdadır. Ancak dünyaya gelen bu enerjinin hepsi yararlı enerjiye dönüşmez. Buna yönelik şekil 8. aşağıda verilmiştir.(Girgin, 2011)



Şekil 1.8. Dünya Üzerine Düşen Güneş Işımlarının Dağılımı

Kaynak: (Girgin,2011)

Güneş enerjisinden 2 farklı şekilde elektrik elde edilir.

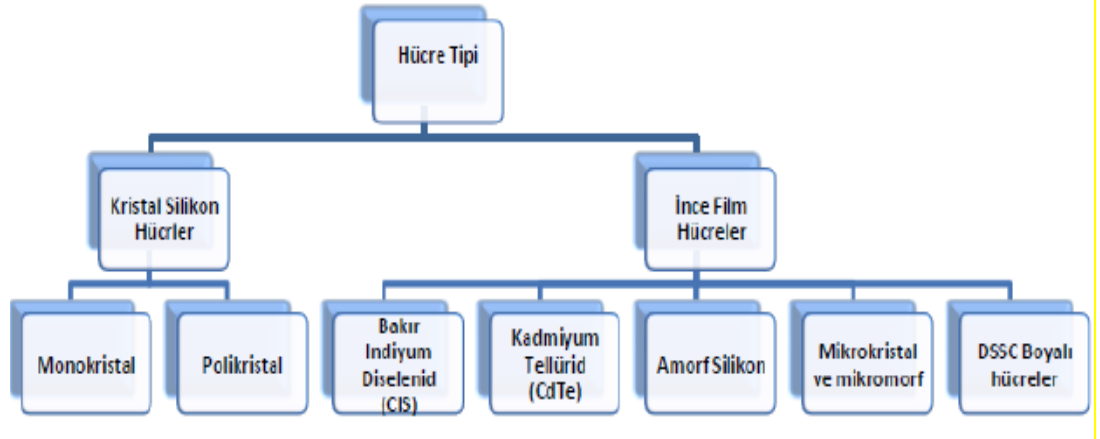
a) *Fotovoltaik sistemler*: Gelen güneş ışığının direkt elektriğe dönüştüren sistemdir.

b) *Yoğunlaştırıcı sistemler*: Yüksek sıcaklık standardı ile çalışır.(Girgin, 2011)

a) *Fotovoltaik Sistemler*

Fotovoltaik piller, yüzeyine düşen güneş ışığı sonucu uçlarında oluşan elektrik gerilimi ilkesi ile ışığı direkt elektrik enerjisine çevirir. Yüzeyleri kare şeklinde, dikdörtgen ve daire biçimlerinde olabilmektedir.(Yalçın, 2017)

Fotovoltaik hücreler iki gruba ayrılır. Bunlar kristal silikon hücreler (C-Si) ve ince film hücrelerdir. En çok kristal silikon hücreler kullanılmaktadır. (Girgin, 2011)



Şekil 1.9. Fotovoltaik Hücre Tipleri

Kaynak. Girgin, Mehmet Harun, “Bir Fotovoltaik Güneş Enerjisi Santralinin Fizibilitesi, Karaman Bölgesinde 5 MW’ lık Güneş Enerjisi Santrali İçin Enerji Üretim Değerlendirmesi ve Ekonomik Analizi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ocak 2011, s.24.

b) *Yoğunlaştırıcı Sistemler:*

Güneş enerjisi toplama sistemleri, ulaşılan sıcaklık değerleri açısından üç grupta toplanır:

- Düşük sıcaklık uygulaması: 100°C’den az
- Orta sıcaklık uygulaması: 100-350°C arası
- Yüksek sıcaklık uygulaması: 350°C’den fazla

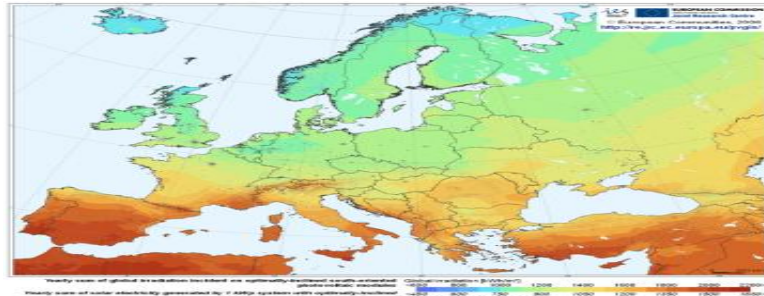
Birincisi için düz toplayıcılar kullanılır ve sera uygulamaları, tarım ürünlerinin kurutulması işlemi, bina ve su ısıtmada kullanılır. Orta sıcaklık uygulamasında odaklı toplayıcı kullanılır ve mevsime göre ayara ihtiyaç duyarlar. Yüksek sıcaklık uygulamasında ise birçok ayna ve güneş kulesi kullanılır ve maden eritmek ve elektrik eldesi amaçlarına hizmet eder. (Utku Bozkurt, 2008)

Yoğunlaştırıcı sistemler için kesinlikle açık hava gerekmektedir bu sebeple fotovoltaik sistemler için Doğu Karadeniz dışında her yer uygun olup, yoğunlaştırıcı düzenekler için Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve Akdeniz Bölgesi dışında diğer yerler pek uygun görünmemektedir. (Varınca ve Gönüllü, 2006)

Yapım aşamasında ise Güneş Enerjisi mekanizmaları için 2 farklı bağlantı şekli vardır. Bunlar beton bloklar ve yer vidası bağlantı şekilleridir. Beton bloklarda zemin türü önemli değildir. Yer vidası bağlantı şeklinde zemin türü önemlidir ancak kullanımı daha kolay bir bağlantı şeklidir. Ayrıca montajı kısa sürede bitmektedir. (Girgin, 2011)

Paneller santralin kurulacağı yer belirlendikten sonra enlem değerine bakılıp, genel olarak 20° ile 45° açı değerleri arasında sabit ya da güneşi tek eksenli veya iki eksenli olacak şekilde izleyen güneş panelleri konumlandırılır. Kullanılacak kablonun güneşten etkilenmeyen Solar Kablo olması gerekir. Diğer donanımlar konektörler, devre kesici, yıldırımdan koruma donanımları, kablo için taşıma araçları, topraklama sistemi ve trafodur. Güneş enerjisi sisteminin yaklaşık 25 yıldan fazla çalışma ömrü vardır. (Girgin, 2011)

Güneş enerjisi için uygun yerleri belirlemek için, Avrupa Güneş Enerjisi haritasını (Şekil 1.10) inceleyelim.



Şekil 1.10. Avrupa Güneş Enerjisi Haritası

Kaynak: (Girgin, 2011)

Haritayı incelediğimizde, Avrupa ile Türkiye'yi kıyasladığımızda, Türkiye'nin güneş enerjisi bakımından ne kadar elverişli olduğunu görürüz.

Güney İspanya ve güney İtalya da yine en güneşli bölgelerden biridir. Türkiye için EK 1'de verilen GEPA' yı incelediğimizde Orta Anadolu Bölgesi, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerinin güneş enerjisi bakımından cazip bölgeler olduğu sonucunu çıkarabiliriz. (Girgin, 2011)

Tablo 1.18'i incelediğimizde ise en fazla teşvik uygulanan ülkenin Çek Cumhuriyeti olduğunu söyleyebiliriz. Sonrasında Almanya ve Yunanistan gelmektedir.

Tablo 1.18. Ülkelerce Uygulanan Güneş Elektriği Teşvik Miktarları

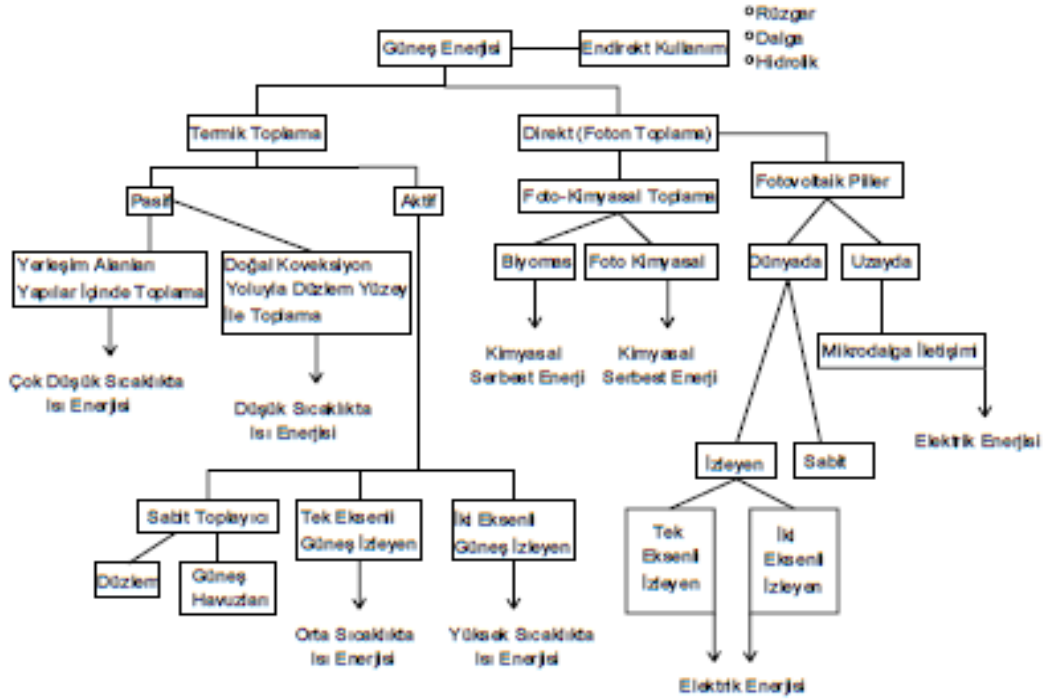
ÜLKE	Çatı Uygulaması Tarife €	Yer Kurulumu Tarife €	Cephe Kaplama Tarife €	Süre
Almanya	0,4	0,3194		20
Avusturya	0,2998	0,2998	0,2998	12
Bulgaristan	0,386	0,386	0,386	25
Çin	0,3619	0,2103		20
Çek Cumhuriyeti	0,4925	0,4925		20
Fransa	0,328	0,328	0,6018	20
Hollanda	0,32	0,32		15
İngiltere	0,35	0,33	0,47	25
İspanya	0,34	0,32		25
İsrail	0,29	0,29		20
İtalya	0,372	0,29		20
Japonya	0,39	0,39	0,39	15
Kore	0,325	0,2476		20
Portekiz	0,32	0,32		20
Slovakya	0,2774	0,2774		12
Yunanistan	0,4	0,4		20

Kaynak: (Girgin, 2011)

Güneş enerjisi sistemleri için Türkiye'de uygulanan teşvik miktarının, diğer ülkelerdeki teşvik miktarları ile kıyaslandığında çok az olduğunu söyleyebiliriz.

Güneş enerjisinin toplanma alternatiflerini Şekil 12'de inceleyelim. Direkt, endirekt ve termik toplama olmak üzere 3 şekilde toplanabilir. Fotovoltaik piller direkt toplama içerisine girmektedir. Fotovoltaik piller de sabit ve izleyen olmak üzere ikiye ayrılır.

Kaynak: U.N. Report of the Technical Panel on Solar Energy – 1980, NAKEN;
TÜRKİYE'NİN YENİ VE TEMİZ ENERJİ KAYNAKLARI, a.g.e., s.55.



Şekil 1.11. Güneş Enerjisinin Toplanma Alternatifleri

Kaynak: (Bozkurt, 2008)

Ülkemizdeki yıllık güneş enerji potansiyeli bölgeler bazında Tablo 1.19’da verilmiştir. Güneşlenme süresi en uzun olan bölgeler Güneydoğu Anadolu ve Akdeniz Bölgeleridir. Toplam güneş enerjisi en yüksek olan bölge ise Güneydoğu Anadolu Bölgesidir

Tablo 1.19. Türkiye Bölgeler Bazında Yıllık Güneş Enerji Potansiyeli

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

Kaynak: **Kaynak:** Yalçın Metin, “Yenilenebilir Enerji Sektöründe Muhasebe Organizasyonu”, Balıkesir Üniversitesi, Sosyal Bilimler Üniversitesi, İşletme Anabilim Dalı, Muhasebe Ve Finansman Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir, 2017, s.25.

Fotovoltaik Sistemlerin avantaj ve dezavantajlarına genel olarak bakacak olursak, ilk yatırım gideri yüksektir ancak yakıt için masraf yoktur. Dolayısıyla işletme masrafları olmayıp çevre ile uyumludur.(Varınca ve Gönüllü, 2006)

Güneş enerjisinin dünyadaki, durumunu inceleyecek olursak, gelişmiş ülkeler normalde fosil yakıtlar ve nükleer santraller ile enerji sağlamaktaydılar. Fakat son on yıl içerisinde güneş enerjisinin zararsız, yenilenebilir ve ekonomik bir enerji kaynağı olduğu fark edilmiş ve bu da politikalarını değiştirmelerini sağlamıştır. Fosil kaynaklı ve nükleer kaynaklı olan santrallerin su kullanımının yüksek miktardaki tüketiminin (%15) etkisi ile bu kararda önemlidir. Her geçen yılda teknolojinin ilerlemesi ile diğer kaynaklara kıyasla daha ucuza elektrik üretimi sağlanabilmektedir. (Yalçın, 2017)

Güneş enerjisi sisteminin *avantajları* şunlardır; (Bayraç, 2018, 66; Dümenli, 2019)

- Ekonomiktir.
- Tüm yenilenebilir enerji kaynakları gibi dışa bağımlı değildir.
- Çevresel açıdan temiz enerji kaynağıdır.
- Teknolojisi kolaydır. (Dümenli, 2019)

Güneş enerjisi sisteminin *dezavantajları* ise şunlardır; (Bayraç, 2018, 66; Dümenli, 2019)

- İlk yatırım maliyeti yüksektir.
- Üretim verimi düşüktür.
- Gölgeleme durumunda verim kaybı yüksektir.
- Depolanması gerektiği durumlarda maliyeti artmaktadır.

1.2.3.2. Rüzgar Enerjisi

Rüzgarlar atmosferdeki hava kütlelerinin hareketleri ile oluşur ve güneş ışınımının dolaylı bir etkisidir. Hava tabakası içindeki sıcaklık farklılıklarından dolayı meydana gelirler. Bu sebeple, rüzgar enerjisi bir güneş enerjisi biçimi ve yenilenebilir bir enerji kaynağı olarak düşünülebilir.⁷

Güneşten bir yerin enlemine göre birim yüzey alanı başına enerji alınır. Bu sebeple dünyanın farklı bölgeleri farklı miktarlarda enerji alır. Bu durum sıcaklık farklılıklarını ve dolayısıyla dünyanın dönmesine bağlı olan Coriolis kuvveti ile birlikte basınç gradyanlarını oluşturur. Rüzgara basınçtaki farklılıklar neden olur. Genellikle, büyük ölçekli rüzgarları hareket ettiren iki ana itici güç vardır ki bunlar ekvator ve kutuplar arasındaki ısınma farklılıkları ve dünyanın dönme hareketinin etkisidir. Rüzgar enerjisi ekonomileri güçlü bir şekilde rüzgar özelliklerine ve büyük ölçüde rüzgar hızının büyüklüğü ve süresine bağlıdır. Bu nedenle, genellikle rüzgar enerjisi kullanımı amacıyla bir yerin uygunluğunun belirlenmesi için düşünülen ilk şey rüzgarın özellikleridir.⁸

Ülkemizin üç tarafı denizlerle çevrili olması sebebiyle yüksek rüzgar enerjisi potansiyeli vardır. Denize açılan vadi girişlerinde çok kanatlı olacak şekilde türbin kurulumu ile yüksek enerji kazanılabilir. (Utku Bozkurt, 2008)

Rüzgardan enerji elde edilmesi şu şekilde olmaktadır. Rüzgarın türbinlerdeki pervaneleri döndürmesi ile hareket enerjisi oluşur. Ve çalışan jeneratör sayesinde, rüzgar enerjisi elektrik enerjisine dönüşmüş olur. Türbinler 3 parçadan meydana gelir. Bunlar pervane, şaft ve jeneratördür. Ömürleri yaklaşık olarak 20 yıldır. 40 yıla kadar da çalışabilir. Boru şekilli kule , 3 kanatın ve jeneratörün oluşturduğu türdeki türbin modellerinin, araştırmalar sonucunda enerji elde edilmesi için en uygun olduğu belirlenmiştir. (Yalçın, 2017)

⁷<https://ebookcentral.proquest.com/lib/bogaziciebooks/reader.action?ppg=757&docID=1517436&tm=1530693529512>

⁸ <https://ebookcentral.proquest.com/lib/bogaziciebooks/reader.action?ppg=757&docID=1517436&tm=1530693529512>

IEA'nın yaptığı çalışmalara göre, dünya rüzgar potansiyeli 53000 TWh/yıl'dır. (Yalçın, 2017)

Avrupa'da rüzgar enerjisinin kullanımı için teşvikler fazlaca faaliyettedir. Almanya ile İspanya bu alandaki kurulu olan güçlerini en çok arttıran ülkelerdir. Türbin yapımı gerçekleştiren rüzgar potansiyeli fazla olan ülkeler olup bunlar Çin, ABD, Almanya, İspanya, Danimarka ve Hindistan'dır. (Yalçın, 2017)

Tablo 1.20. Dünyada Pazar Paylarına Göre Rüzgar Türbin Üreticileri

Üretici Firma	Ülke	Pazar Payı (%)
Vestas	Danimarka	13,1
Goldwind	Çin	11,0
Enercon	Almanya	9,8
Siemens Wind Power	Almanya	7,4
GE Wind Energy	ABD	6,6
Gamesa	İspanya	5,5
Suzlon Group	Hindistan	5,3
United Power	Çin	4,0
Mingyang	Çin	3,5
Diğerleri	-	33,8

Kaynak: (Yalçın, 2017)

Tablo 1.20'de Dünya pazar paylarına göre rüzgar türbin üreticileri verilmiştir. En fazla pazar payına sahip olan firma Danimarka firması olup, yüzde 13,1 ile Vestas'tır. Sonrasında ise Çin firması olan Goldwind yüzde 11 pazar payına sahiptir.

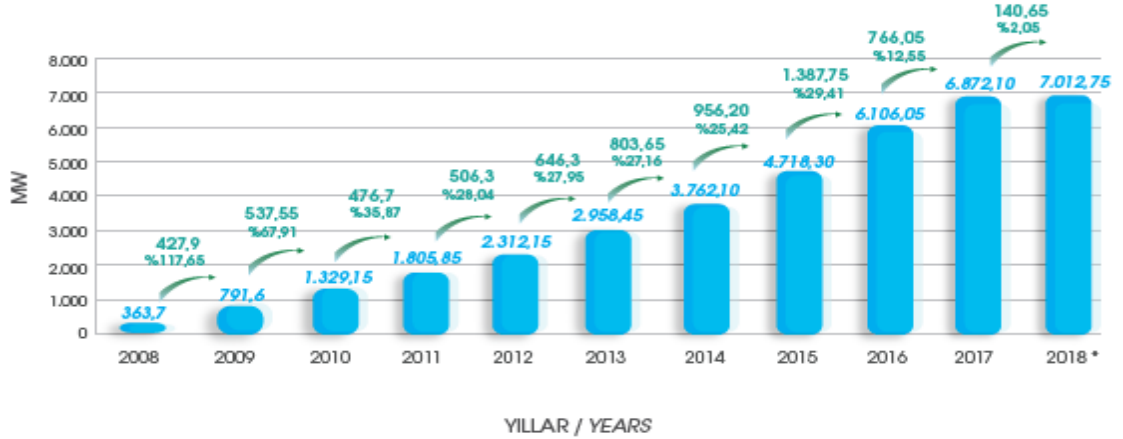
Rüzgardan enerji elde edilmesi için yararlanma düşüncesi, dünyada 1980 yılından sonra, Türkiye'de ise 1990 yılından sonra olmuştur. IEA'nın bu alandaki desteği ile türbinlerde verimlilik artmış, ve rüzgar enerjisine yönelik olarak yapılan yatırımların artışı sağlanmıştır. (Koçaslan, 2010;57; Yalçın, 2017)

Tablo 1.21. Türkiye Toplam Rüzgar 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	0,80	29.259,36
8,0 – 8,5	500 – 600	2.598,86	0,40	12.994,32
8,5 – 9,0	600 – 800	1.079,98	0,10	5.399,92
> 9,0	> 800	39,17	0	195,84
TOPLAM		9.569,89	1,30	47.849,44

Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2016 Mavi Kitap

Tablo 1.21' i incelediğimizde rüzgar hızının 7,5-8,0 m/s olduğu toplam alanın 5.851,87 km² olduğunu görürüz. Rüzgar hızının 8 m/s'den yüksek olduğu alan ise daha azdır. Ve ülkemizdeki 2008 yılından 2018 yılına kadar olan rüzgar enerjisi santrallerinin kümülatif kurulumu aşağıda Şekil 1.12'de gösterilmiştir.

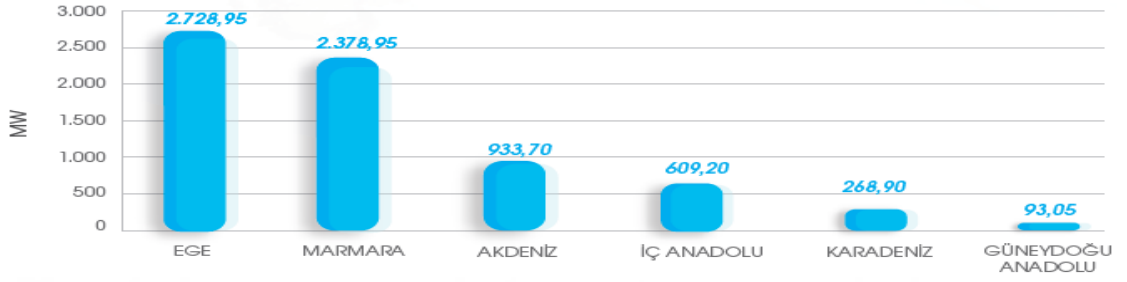
Şekil 1.12. Ülkemizdeki Rüzgar Enerjisi Santrallerinin Kümülatif Kurulumu.

Kaynak: TUREB 2018

Avrupa Rüzgâr Enerjisi Birliği'nin açıkladığı bilgiyi ifade edersek, rüzgardan enerji eldesi için rüzgar hızının 6,5 m/s olduğu durum iyi olmaya yakın olarak belirlenmiş olup; 7,5 m/s iyi; 8,5 m/s hıza sahip rüzgar çok iyi kategorisinde kullanılabilir. REPA bazlı yapılan incelemeye göre Ege Bölgesi ve Marmara ile Batı Karadeniz Bölgeleri ve Akdeniz Bölgesinde özellikle Hatay civarında rüzgâr enerjisinin yüksek ve fazla verimli olacak şekilde kullanılabileceğini yorumlayabiliriz.(Yalçın, 2017)

TUREB 2018 kaynağına göre, işletmede olan RES' lerde en çok tercih edilen türbin markası NORDEX' tir. İkinci sırada VESTAS gelmekte ve onu ENERCON takip etmektedir. İşletmede olan RES' lerin bölge dağılımı ise Şekil 1.13'te verilmiştir.

Şekil 1.13. İşletme Olan RES' lerin Bölge Dağılımı.



Kaynak: TUREB2018

Şekil 1.13'ü incelediğimizde en fazla kurulumun Ege Bölgesinde olduğunu, ikinci ve üçüncü sırada ise Marmara ve Akdeniz Bölgelerinin geldiğini görmekteyiz.

Rüzgar Enerjisinin *avantajları* şunlardır;

- Rüzgar enerjisi boldur.
- Yerlidir. İthal edilmesi gerekmemektedir.
- Tükenmezdir.
- Temizdir. Zararlı gaz oluşmaz.
- Ekonomiktir.(Er, 2003)

Rüzgar enerjisinin *dezavantajları* şunlardır;

- Yatırım maliyeti yüksektir,
- Rüzgar türbinleri için büyük alanlara ihtiyaç vardır,
- Verimleri düşüktür,
- Göçmen kuşlar için tehdit içermektedirler,
- Devrilme ve yanma riskleri vardır. (Dümenli, 2019)

1.2.3.3. Jeotermal Enerji

Jeotermal enerji Dünya'dan gelen ısıdır. Temiz ve sürdürülebilir bir kaynaktır. Kaynağı Dünya yüzeyinin birkaç mil altında magmadır.⁹

Jeotermal enerji teknolojileri şunlardır:

1)Jeotermal Elektrik Üretimi

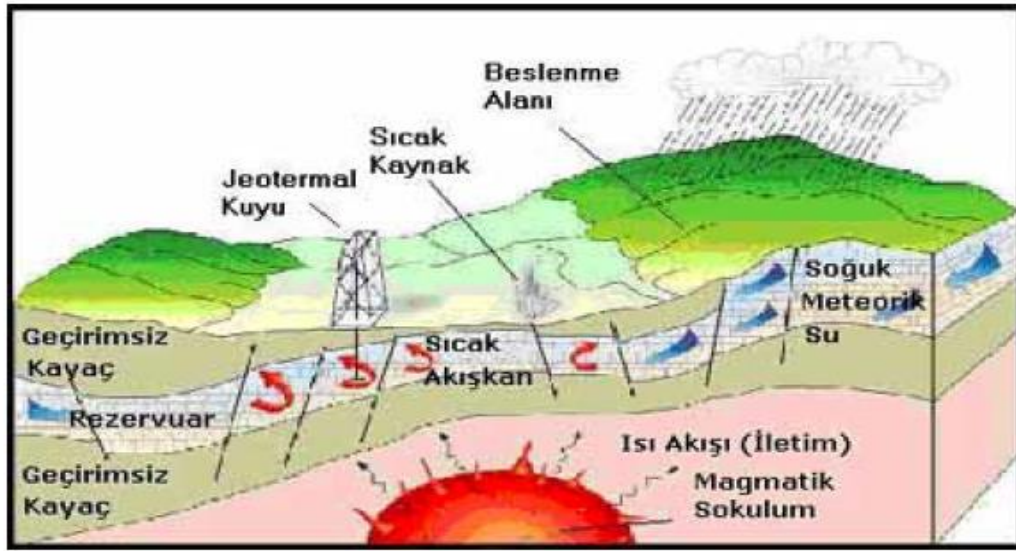
Dünya ısısından direkt elektrik üretilmesidir.

2)Doğrudan Kullanım

Dünyadaki doğal sıcak su kaynaklarından ısı üretilmesidir.

3)Jeotermal Isı Pompaları

Binaların ısıtılması ve soğutulması için sıg zeminlerin kullanılmasıdır.¹⁰



Şekil 1.14. İdeal Jeotermal Sistemin Şematik Gösterimi.

Kaynak: Bozkurt, Anıl Utku; “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Enerji Verimliliği Açısından Değerlendirilmesi” Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir 2008, s.66

⁹ <https://www.renewableenergyworld.com/geothermal-energy/tech.html>

¹⁰ <https://www.renewableenergyworld.com/geothermal-energy/tech.html>

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın en son yayınladığı 2016 yılı Mavi Kitapta verilen bilgilere göre, ülkemizde jeotermal kaynak arama 1962 yılında MTA Genel Müdürlüğü tarafından başlatılmıştır. O yıldan beri yapılan tüm çalışmalar neticesinde toplamda yaklaşık olarak 5000 MWt ısı enerjisi elde edilmiştir.

Tablo 1.22. Jeotermal Enerjinin Sıcaklığına Göre Kullanım Yerleri.

ISI (°C)	KULLANIM ALANI
180	Yüksek Konsantrasyonlu solüsyonun buharlaşması, Amonyum absorpsiyonu ile soğutma
170	Hidrojen sülfid yolu ile ağırsu eldesi, diatomitlerin kurutulması
160	Kereste kurutulması, balık vb. yiyeceklerin kurutulması
150	Bayer's yolu ile alüminyum eldesi
140	Çiftlik ürünlerinin çabuk kurutulması (Konservacilikte)
130	Şeker endüstrisi, tuz eldesi
120	Temiz su eldesi, tuzluluk oranının arttırılması
110	Çimento kurutulması
100	Organik madde kurutma (Yosun, et, sebze vb.), yün yıkama
90	Balık kurutma
80	Ev ve sera ısıtma
70	Soğutma
60	Kümes ve ahır ısıtma
50	Mantar yetiştirme, Balneolojik banyolar (Kaplıca Tedavisi)
40	Toprak ısıtma, kent ısıtması (Alt sınır) sağlık tesisleri
30	Yüzme havuzları, fermentasyon, damıtma, sağlık tesisleri
20	Balık çiftlikleri

Kaynak: (Yalçın,2017)

Ülkemiz, dünyada en fazla jeotermal kaynağa sahip 7. ülkedir. Bu alanda Dünyadaki potansiyelin yaklaşık %8'i Türkiye'dedir. (Utku Bozkurt, 2008)

Tablo 1.23. 2002-2015 Yılları Arası Türkiye'nin Jeotermal Alanda Uygulamalarının Karşılaştırılması.

2002 -2015 Yılları İçin Türkiye'deki Jeotermal Uygulamaların Karşılaştırılması				
Kullanım (Kurulu Kapasite)		2002	2015	Artış (%)
Sera Isıtması (Dönüm)		500	3.931	686
Isıtma (Konut + Termal)KE tesis)		30.000	114.567	281
Termal Kullanım		175	350	100
Elektrik Üretimi	Kurulu Kapasite	15 Mwe	612,83 Mwe	3.985
Görünür Isı Kapasitesi (Jeotermal Sondajlarla Ortaya Çıkarılan + Doğal Çıkışlar)		3000 MWt	5000 MWt	67

Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2016 Mavi Kitap

İlk olarak İtalya'da 1827 yılında, doğal sıcak su kaynağı asit borik meydana getirmek gayesi ile kullanılmıştır. Jeotermal bir kaynaktan çıkan buhar ile ilk olarak 1904 yılında yine İtalya'da elektrik elde edilmiş ve ilk turbo jeneratörü (KWe) 1912'de kullanılmıştır.

1930 yılında ısıtma için İzlanda'da kullanılmıştır. Sonrasında Yeni Zelanda'da sıcak su temininde kullanılmış ve elektrik eldesi son aşama olmuştur. Amerika, Meksika, Japonya gibi ülkelerde santraller kurularak, bu alandaki enerji tüm dünyada kullanılmaya başlanmıştır. (Yalçın, 2017)

Tablo 1.24'te dünyada jeotermal enerji kaynağının nerelerde, hangi alanlarda kullanıldığını görmekteyiz.

- Daha az çevre sorununa yol açar.
- Üretim verimi yüksektir. (Dümenli, 2019)
- Birim maliyetinin diğer santrallere göre çok düşüktür.
- Yenilenebilir bir enerji kaynağıdır.

Jeotermal enerjinin *dezavantajları* şunlardır; (Döner, 2018, 91; Dümenli, 2019)

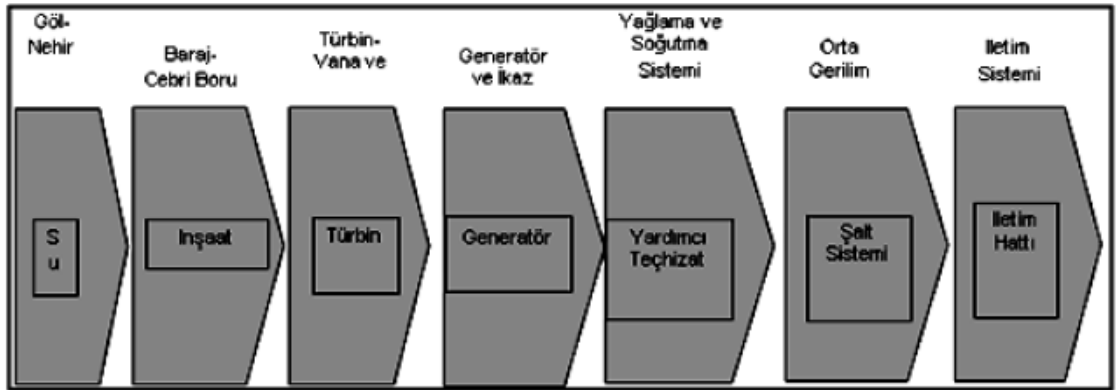
- Sondaj süresinde ekosistemin yapısı bozulabilir,
- Kuyu sondajlarının açılması süresinde su ve toprak jeotermal sıvı ile kirlenebilir.
- Jeotermal sıvı aşındırma ve kirlilik yaratma özelliğine sahip mineraller içermektedirler.

1.2.3.4. Hidrolik Enerji

Teknoloji gelişimi en fazla ilerlemiş olan yenilenebilir enerji kaynağıdır.

Büyük nehirde akan su veya yüksekten düşürülen su büyük enerji potansiyeline sahip olduğundan, bu potansiyele sahip olan suyun kanallar aracılığı ile jeneratörlere bağlı olan türbinlere gönderilmesi ve türbinin dönme hareketi ile jeneratörün çalışması ilkesi ile mekanik enerji elektrik enerjisine dönüştürülür.¹¹

Aşağıdaki Şekil 1.16'da hidroelektrik santralden enerji üretimi şema halinde gösterilmiştir.

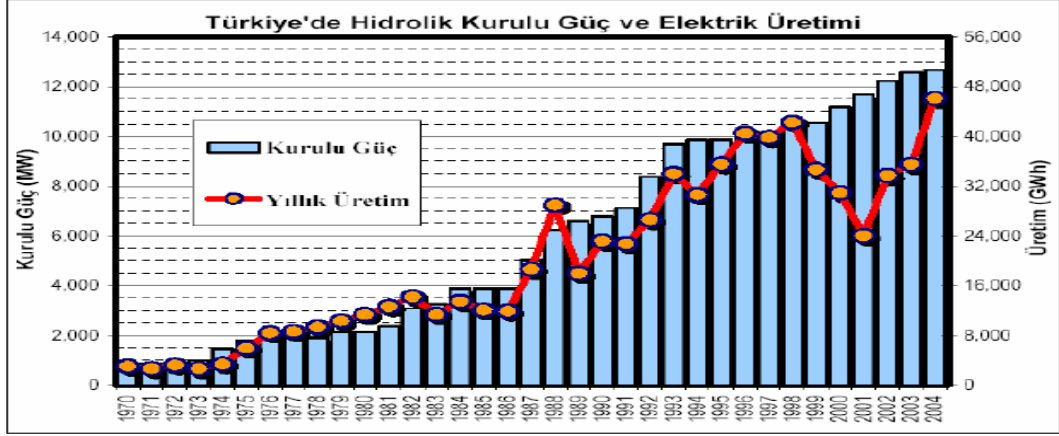


Şekil 1.16. Hidroelektrik Enerji Üretimi Akım Şeması.

Kaynak: (Yalçın,2017)

¹¹ http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/h_hidrolik_nedir.aspx

Ülkemizdeki hidrolik kurulu gücünün ilerlemesi ve elektrik üretimi miktarları aşağıdaki Şekil 1.17’de verilmiştir. Buna göre 1970 yılında 2.000 MW’tan düşük olan kurulu güç artarak 2004 yılında 12.000 MW’ın üzerine çıkmıştır. 1970 yılındaki elektrik üretimi 8.000 GWh’den düşük iken, 2004 yılında 48.000 GWh’yi aşmıştır.



Şekil 1.17. Ülkemizin Hidrolik Kurulu Gücü ve Elektrik Üretimi Miktarı.

Kaynak: (Bozkurt, 2008)

Avantajları şunlardır;

- Termik santraller ve nükleer santrallere kıyasla daha güvenlidir.
- İşletmesi daha kolaydır.
- Elektriksel donanımları yurt içinde üretilmektedir.
- Bakımı ve onarımı kolaydır.
- Bu santrallerden elektrik üretimi yanında sulama amaçlı su, içme suyu da elde edilebilir.
- Ömürleri uzundur.

Bu avantajları yanında hidrolik enerji santralının kuruluş yeri çok önemlidir.(Utku Bozkurt, 2008)

Dezavantajları şunlardır;

- Yatırım maliyetleri diğer santrallere oranla yüksektir.(Utku Bozkurt, 2008)

Tablo 1.25. EÜAŞ Hidrolik Santralleri (2015 Yıl Sonu).

SANTRALIN ADI	TOPLAM KURULU GÜÇ (MW)	PROJE ÜRETİMİ ORTALAMA (GWh)
BARAJLI SANTRALLAR		
Adıgüzel	62,000	150,00
Akköprü	115,000	343,00
Almus	27,000	100,00
Alpaslan-1	160,000	488,00
Altınkaya	702,550	1.632,00
Aslantaş	138,000	569,00
Atatürk	2.405,000	8.100,00
Batman	198,475	483,00
Berke	510,000	1.669,00
Borçka	300,600	1.039,00
Çamlıgöze	32,000	102,00
Çatalan	168,900	596,00
Çine	46,260	118,00

Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2016 Mavi Kitap

Ülkemizdeki 2015 yılı sonu itibariyle hidrolik santraller Tablo 1.25'te verilmiştir. Buna göre ülkemizde 13 tane barajlı santral bulunmaktadır.

1.2.3.5. Biyoenerji

Biyoenerji biyokütle, biyogaz ve biyodizel enerjileridir.

Biyokütle bitkilerin çeşitli işlemlere sokulması ile enerji elde edilmesidir. Güneş tükenmeyen bir enerji kaynağı olduğuna göre güneşin varlığı sayesinde yetişen bitkilerdeki enerji sayesinde biokütle de tükenmeyen enerji kaynağıdır. (Yalçın, 2017) 100 yıldan kısa zamanda yenilenebilen, hayvan artıkları, karada ve suda yetişen bitkiler, orman mahsulleri ve kentsel atıkların dahil olduğu tüm organik maddelerdir. (Bozkurt, 2008)

Biyokütle, çevreye zararı az olup yenilenebilir ve güvenli bir enerji kaynağıdır. Biyokütle çeşitli enerji formlarına dönüştürülebilmektedir. Bunlar hidrojen, etanol, metanol, metan, piroliz yağıdır.(Üçgül ve Akgül, 2010)

Türkiye’de biyodizel çalışmaları ilk olarak 1934 yılında Atatürk’ün komutları ile başlamış, ilk olarak rafine edilmiş zeytinyağı, haşhaşyağı ve pamuk yağının kullanılmıştır. Atatürk’ün 1936 yılında hazırlattığı 2. Beş Yıllık Kalkınma Planında, yakıtların ülkedeki yerli kaynaklardan karşılanması komutlarını içermesine rağmen gelişme kaydedilememiştir. (Acaroğlu, 2003:388; Yalçın, 2017)

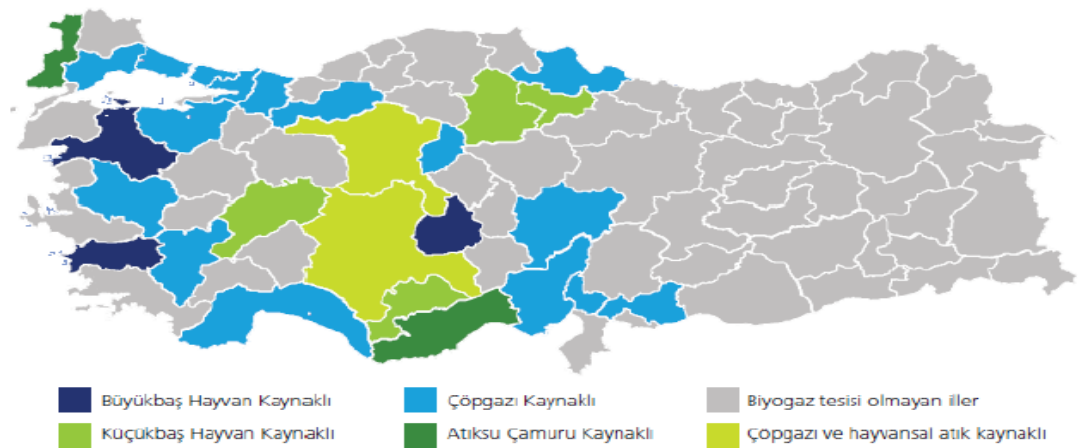


Şekil 1.18.Türkiye Biokütle Enerjisi Potansiyeli Atlası.

Kaynak: (Yalçın,2017;s.43)

Türkiye Biokütle Enerjisi Potansiyel Atlası Şekil 1.18’de verilmiştir. Buna göre, bitkisel atıkların bir yılda verebileceği enerji 15.941.321 TEP’ e karşılık gelmektedir. Hayvansal atıkların bir yıldaki enerji değeri de 1.323.714 TEP’ tir. Ve ülkemizde toplamda 20.307.069 TEP/yıl enerji potansiyeli biokütle için vardır.

Bozunuma uğramış ormanlar “enerji ormancılığı” yapılarak 3 ila 5 yıl arasında 5-7 ton arası biokütle verimi sağlanır ve bu düzey hektar başına 10-15 tona yükseltilebilir. (Yalçın, 2017)



Şekil 1.19. Türkiye’deki Biogaz Santralleri Dağılımı

Kaynak: (Yalçın,2017; s.44)

Türkiye’deki biokütle santralleri içerisinde ne fazla biyogaz üreten santraller vardır. (Yalçın, 2017)

Biokütle kaynaklarının elde edilmesinin, fosil kaynakların elde edilmesinden daha pahalı olduğunu söyleyebiliriz. Ancak biyokütlenin yenilenebilen kaynak olması, sürdürülebilir global enerjinin önemli bir unsuru olduğunu gösterir. (Bozkurt, 2008)

Biyogaz; oksijensiz ortamda organik temelli atık ve artıkların fermentasyonu ile meydana gelir. Havadan hafif, renksiz – kokusuz olan parlak mavi bir alev ile yanan, içerisinde metan, karbondioksit, hidrojen sülfür, azot, hidrojen bulunduran gaz bileşimidir. (Bozkurt, 2008)

Biyodizel, hayvansal yağların veya ayçiçeği, kolza (kanola) gibi yağlı tohum bitkileri ile üretilen yağların katalizatör ile tepkime sonucu meydana gelir ve yakıt olarak kullanılır. (Bozkurt, 2008)

Biokütle enerjinin *avantajları* şunlardır; (Döner, 2018, 101-102; Dümenli,2019)

- Ucuzdur. Çevre dostu bir enerjidir.
- Atıkların değerlendirilmesini sağlar.
- Çevre kirliliği oluşturmaz,
- Diğer enerji kaynaklarına göre sera gazı etkisi oluşumu daha azdır.
- İstihdam yaratır.
- Sosyo-ekonomik gelişmelere katkı sağlar.

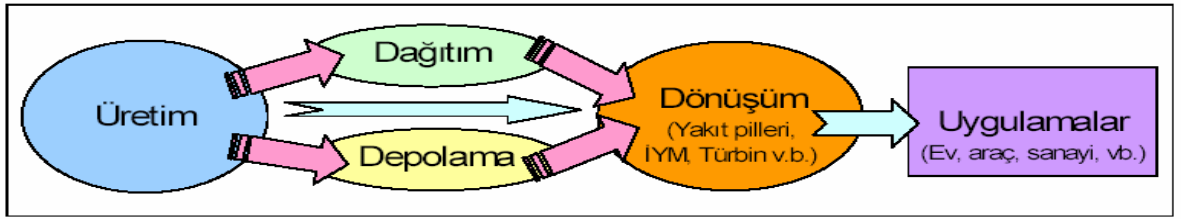
Biokütle enerjinin dezavantajları şunlardır; (Bayraç, 2018, 70; Dümenli,2019)

- Verim bakımından yetersizlerdir,
- Fazla suya ihtiyaç duyarlar
- Ziraat alanları için rekabet oluşturlar,
- Yalnızca geniş olan yerleşim bölgelerinde uygulanabilir.

1.2.3.6. Hidrojen Enerjisi

Hidrojenin keşfi 1500'lü yıllardır. Yanabildiği 1700'lü yıllarda belirlenmiştir. Güneşin ve öbür yıldızların termonükleer reaksiyona verdiği ısıнын yakıtı hidrojendir.(Bozkurt, 2008)

Yakıt olarak kullanılması ile ilgili düşünce önce 1974 yılında THEME ile bilimsel alanda konuşulmuş ve sonrasında IHEA kurulmuştur. Türkiye ile UNIDO arasında 2003 yılında, İstanbul'da ICHET kurulumuna yönelik mutabakat yapılmıştır.(Şenaktaş, 2005)



Şekil 1.20. Hidrojen Enerjisinin Uygulamaya Giden Aşamaları.

Kaynak: “ENERJİ VE ÇEVRE TEKNOLOJİLERİ STRATEJİSİ”, Vizyon 2023 Projesi Enerji ve Çevre Teknolojileri Strateji Grubu, Ankara, Ağustos 2004, s.6.

Hidrojen enerjisinin *avantajları* şunlardır;

- Herhangi bir enerji kaynağı kullanılarak üretilebilir.
- Elektrik kullanılması ile hidrojen elde edilebilir ve hidrojen yüksek verim ile elektriğe dönüştürülebilir.
- Güneş enerjisi kullanılarak doğrudan hidrojen üretilebilir.
- Hidrojen, fosil olan enerji kaynaklarından %39 daha verimlidir.
- Farklı fiziksel formlarda depolanabilir.
- Boru hatları ile ya da tankerler vasıtasıyla uzaklara taşınabilir.
- Güvenilir bir yakıttır.
- Çevreye zararlı herhangi bir etkisi yoktur.
- Az maliyetlidir. (Ün 2003; Şenaktaş, 2005)

Hidrojen enerjisinin *Dezavantajları* şunlardır;

- Enerji üretiminde kullanılan hidrojen gazının saflaştırma işlemi maliyeti artıran süreçtir.

- Hidrojenin kapladığı hacim fazla olduğundan yüksek basınç ve soğutma işlemi ile sıvılaştırılarak depolamak gerekir.
- Petrol istasyonlarında hidrojen bulmak zordur.
- Yakıt hücresi ile uyumlu şekilde çalışacak motorların geliştirilmesi zorunluluğu vardır. (Şenaktaş, 2005)

Dünyada en çok hidrojeni NASA tüketmekte olup Avrupalılar, Ruslar ve Japonlar hidrojeni uzay programlarında yakıt olarak tüketmektedirler. (Şenaktaş, 2005)

1.2.3.7. *Deniz Kökenli Enerji*

Deniz kökenli olan enerjiler; deniz dalga enerjisi, deniz sıcaklık gradyent enerjisi, deniz akıntıları enerjisi ve gel-git enerjisidir. Bunlar içerisinde deniz dalga enerjisi Türkiye'yi ilgilendiren enerji türüdür. (Utku Bozkurt, 2008)

Boğazlardaki akıntı deniz trafiği olmaması durumunda enerji elde etmeye uygun yapıdadır. (Utku Bozkurt, 2008)

Denizin üzerinde kurulacak yüzer santraller ve pelamis adındaki hidrolik tabakalardan meydana gelen duba, deniz kökenli yenilenebilir enerjiden elektrik üretimi konusundaki en gelişmiş düşüncedir.(Utku Bozkurt, 2008)

Dalga enerjisi cihazları çoğunlukla kuruldukları yere göre üç gruba göre tasarlanmıştır. kıyıda, kıyıya yakın ve açık denizde (> 40 m derinlik) (Saglam, Sulukan ve Uyar, 2010)

TU-WAVES Projesi'nde dalga iklimi Türkiye'de dört bölgede incelenmiştir;(Saglam, Sulukan ve Uyar, 2010)

- 1)Karadeniz Kıyı bölgeleri,
- 2)Marmara Denizi kıyı bölgeleri,
- 3)Ege Denizi kıyı bölgeleri,
- 4)Akdeniz kıyı bölgeleri

Veriler potansiyel hesaplamasında kullanılmış ve İstanbul'un kuzeyindeki Karadeniz'in batısındaki bölgeler, Boğazlar ve Ege Bölgesi'nin güneybatı ve batı kıyıları açıklarında dalga enerjisini en iyi şekilde kullanacak yerler olarak önerilmiştir. (Sağlam, Sulukan ve Uyar, 2010)

Dalga enerjisi dönüştürücü teknolojisi halen Ar-Ge aşamasındadır. Sübvansiyonlar olmadan, elektrik üretim maliyeti hala o kadar düşük değildir. Dalga enerjisi literatüründe araştırmanın bulguları ışığında Baltık Denizi ve bu deniz için tasarlanmış cihazlar, Türkiye'deki çalışmalar için örnek olabilir. Düşük dalga iklimleri için cihazlar hala geliştirilmektedir. Açık denizde cihazların geliştirilmesi daha fazlasını gerektirir.(Sağlam, Sulukan ve Uyar, 2010)



• GENEL KISIMLAR

Meltem (2003), Türkiye'nin enerji problemlerine çözüm araştırmış ve buna yönelik rüzgar enerjisi yatırım kararı almanın avantajları incelemiştir. Gökçeada'daki aynı güçteki kömür santrali ile rüzgar santralinin maliyet karşılaştırması yaparak, rüzgar enerjisinin maliyet açısından daha karlı olmasının yanında çevre sorunu da yaratmadığı gerçeğini belirlemiştir.

Varınca ve Gönüllü (2006), güneş enerjisinin Türkiye'deki potansiyeli ve kullanımı açısından rahat olması sebebiyle diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına göre kolay yaygınlaşabilecek fırsata sahip olduğunu belirtmiştir. Ülkemizin konumu itibarıyla güneş enerjisi açısından elverişli yerde olmasına rağmen, potansiyelini yeteri kadar etkin ve yaygın olarak kullanamadığını belirtmiştir. Yaptığı çalışmada diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına kıyasla sahip olduğu potansiyeli, güneşin kaynak olduğu enerji üretim sistemleri ,Türkiye'deki potansiyeli ve bunu ne derece etkin kullandığı ve kullanma yöntemini araştırmıştır. Araştırma sonucunda Türkiye'nin güneş enerjisi açısından iyi bir durumda olduğu ancak potansiyeli yeterince etkin ve yaygın olarak kullanamadığını belirlemiştir.

İbrahim (2000), Türkiye'nin kurulu güç kapasite gelişimini, enerji üretim gelişimini ve yerli birincil enerji üretim hedeflerini 2020 yılına kadar ki süre için incelemiştir. Ayrıca sektörlerin enerji talebini belirlemiştir. Çalışma sonucunda enerji ihtiyacının, verimli, güvenilir bir şekilde, devamlı, az maliyetli ve ekosisteme zarar vermeyen şekilde elde edilmesi asıl hedef olarak belirlenmesi gerektiğini belirlemiştir.

Seyit Ahmet (2008), Çanakkale'deki rüzgar enerjisi potansiyelini, DMİ verilerine göre 2001-2006 yılları arası 10 metre yükseklik için saatlik ortalama rüzgar şiddeti ölçümlerini yapmıştır. ve elde ettiği verileri değerlendirmiştir.

Bozkurt (2008), gelişen ülkelerin ihtiyacı olan büyük ölçüdeki enerjiyi yerel kaynaklardan sağlanmasının önemini vurgulamış, konvansiyonel ve yenilenebilir enerji kaynakları kullanımının Türkiye'nin enerji rotasını belirlemedeki önemi üzerinde durmuştur. Konvansiyonel ve yenilenebilir enerji kaynaklarının toplumsal maliyetleri değerlendirmeye alınmış, işletmelerde üretim için gerekli olan girdinin maliyeti azaltıldığında, verimliliğin artacağını belirtmiştir.

Hakan (2009), yenilenebilir enerji piyasalarındaki son durumu ortaya koyup, o yılda rüzgar, biyoyakıt ve fotovoltaik pil sanayisine ait pazarları inceleyerek, gelişmeleri analiz etmiştir. Sonuç olarak, birincil enerji kaynaklarının tüketiminin, dünyanın doğal kaynaklarına ve ekosisteme verdiği tahribata değinmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelime sebep olarak da nükleer enerjinin pahalı bir enerji olmasını göstermiştir.

Önal ve diğ. (2010), çalışmasında yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına yönelik bilgi vermiş olup, enerji ve çevre sorunlarına yol açması nedeniyle fosil yakıtların kullanımının azaltılması gerektiğini belirtmiştir. Ülkemizde bilimsel araştırma kuruluşlarının sayısının artırılması önerisinde bulunmuş olup, ulusal ekonomiye kazanç olması ve enerji sorunu çözümü için yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji elde etme yöntemlerinin geliştirilmesinin öneminden bahsetmiştir.

Akkuş (2010), Türkiye'nin sahip olduğu enerji kaynaklarını inceleyerek, mevcut durumu ve sahip olunan potansiyeli daha verimli olarak kullanma imkanlarını araştırmıştır. Güneş enerjisinin rüzgar enerjisine göre daha yüksek maliyetli olduğunu belirlemiş, biyokütle, güneş ve rüzgar enerjisinin gelişimi için önerilerde bulunmuştur.

Gökhan (2010), enerjinin, insanoğlunun temel gereksinimlerinden biri olması sebebiyle, rezervler ile sınırlı olan konvansiyonel enerji kaynaklarının giderek artan seviyelerde tüketildiğini bunun yanında küresel iklim değişikliği ve çevresel tahribatlarına yol açtığını belirtmiştir.

Gelişen teknoloji sayesinde yenilenebilir olan enerji kaynaklarından daha verimli, az maliyet ile devamlı üretim yapmanın mümkün olduğunu bunun sonucu olarak da yenilenebilir enerji kaynaklarının ulusal ekonomiye önemli katkı sağlayacağını ifade etmiştir. Bu çalışmada yenilenebilir enerji kaynaklarının potansiyel, maliyet ve ekonomik etki analizlerini yapmış ve "SWOT Analiz" ile ülkemizin genel olarak enerji hali ve yenilenebilir olan enerji kaynaklarının uygulanabilirliğini incelemiştir.

Mehmet Harun (2011), güneş enerjisi santrallerinin yerel olması ve yenilenebilir olması sebebiyle öneminin arttığını belirtmiş ve Karaman'da 5MW güce sahip 36 farklı fotovoltaik düzeneğin enerji üretiminin değerlendirmesini ve maliyet analizini yapmıştır. 36 farklı sistem için hesaplamaları yapıp en uygun sistemi seçmiştir. Güneş Enerjisi santrali (GES) için yaptığı

fizibilite çalışması ve ekonomik analiz sonucunda enerji tüketiminin her yıl artması sebebiyle güneş santrallerinin öneminin artacağını ifade etmiştir.

Darıcı ve diğ. (2011), nüfus artış hızı, üretim ve hizmet faaliyetlerine paralel olarak enerjiye duyulan ihtiyacın arttığını ve bu sebeple enerjiyi oluşturan yer altı ve yer üstü kaynakların verimli şekilde değerlendirilmesi gerektiğini belirtip bu kaynakların tükenme ihtimaline karşı yenilenebilir enerji kaynaklarının globalleşen dünyanın vazgeçilmez aracı ve amacı durumuna geldiğini ifade etmiştir. Bu çalışmada, ülkemizin sahip olduğu yenilenebilir enerji potansiyeli ve bu enerji türlerinin ülke ekonomisine olan etkileri araştırılmıştır. Sonuç olarak, alternatif enerji kaynakları ile elde edilen elektrik enerjisindeki maliyetin konvansiyonel kaynaklar ile elde edilenden daha az olduğunu belirtmiş, bu kaynaklara dayalı tesislerin yapılması amacıyla teşvik edici yasal düzenlemelerin ve mekanizmaların oluşturulmasına ağırlık verilmesi gerektiğini söylemiştir. Ayrıca ithal enerji kaynaklarına bağımlılığın azaltılması gerektiği, alternatif enerji kaynaklarının üretime dahil edilmesi gerektiğini belirtmiştir.

Karaca ve diğ. (2012), yenilenebilir enerji kaynaklarının çevre dostu olduğunu, istihdamın artırılması ve yerli sanayinin güçlendirilmesinde etkili olduğunu, bölgesel ve kırsal kalkınmanın sağlanması açısından da önemli olduğunu belirtmiştir ve rüzgar enerjisi kullanımının istihdam ve çevre kirliliği sorunlarına ne ölçüde çözüm getireceğini araştırmıştır. Sonuç olarak, rüzgar enerjisinin diğer yenilenebilir enerji kaynakları ile karşılaştırıldığında üstün olduğunu ifade etmiş ve elimizdeki teknolojilerle bile bu enerji kaynağından elektrik üretmenin ekonomik olacağını belirtmiştir.

Enerjinin verimli kullanılmasını sağlayacak önlemlerin uygulamaya koyulması, metropol alanlar ve sanayi bölgeleri yanında daha küçük ölçeklerde ve tarım sektöründe de yenilenebilir enerjinin kullanımının yaygınlaştırılması gerektiğini belirtmiş sürdürülebilir kalkınma odaklı politika uygulamak için bazı önerilerde bulunmuştur.

Keleş ve diğ. (2012) çalışmada, rüzgar türbini hesaplamalarını, modellemesini ve imalatını gerçekleştirmiştir. Rüzgar türbinin rüzgardan en verimli şekilde yararlanabilmesi için, rüzgara dik konuma gelmesi gerektiğini ifade etmişlerdir.

Öztürk ve diğ. (2012), çalışmasında şebekeye bağlı olarak ve şebekeden bağımsız olarak ev için kullanılan fotovoltaik enerji sistemlerinin ekonomik analizlerini hesaplamışlardır.

Leman (2012), enerji sarfı ve gelişmişliğin arasında pozitif bağıntı olduğundan bahsetmiş ve kalkınma ve büyüme ile doğru orantılı olarak enerji tüketiminin arttığını bunun da enerji arz sorununu meydana getirdiğini ifade etmiştir. Bu çalışmada, ülkemizdeki mevcut ve planlanan enerji yatırımlarını belirleyip, gelecekte enerji yatırımlarının artmasıyla muhtemel potansiyel yükselişi belirlemiştir. Sonuç olarak, yenilenebilir enerji ve enerji verimliliğine yönelik teknolojilerinin ülkemizde istihdam kaynağı şeklinde görüldüğünü belirtmiştir.

Mutlu (2012), Türkiye'nin şuan ki enerji yapısının %72 oranı ile dış ülkelere bağımlı olduğunu belirtmiş ve bunu düşürmek için fosil enerji kaynakları hammaddesi arama çalışmalarının yanında alternatif enerji kaynaklarının ülkemizdeki durumunun analizi ve kullanımı ile ilgili çalışmalar yapıldığını belirtmiştir. Bu alternatif kaynakların elektrik enerjisi üretimindeki payları ve gelişimini belirlemiştir. Enerji kaynakları içerisinde elektrik üretiminin en fazla hidrolik kaynaklardan sağlandığını ifade etmiş fakat potansiyelimizi tam değerlendiremediğimizi ve bu konudaki çalışmaların artırılması gerektiğini ifade etmiştir. Yenilenebilir enerji potansiyelinin, ilerleyen yıllar için yeterlilik düzeyini araştırmıştır.

Mehmet Rıfat (2012), rüzgar ve güneş enerjilerinin değişken karakter göstermeleri ve enerji yoğunluklarının düşük olması sebebiyle enerji üretiminin sürekliliği açısından yetersiz kaldıklarını bu yüzden enerji depolama sistemlerinin gerekli olduğunu söylemiş; bu iki enerji sistemlerinin beraber kullanıldıkları hibrit sistemlerde ise tek başına kullanıldıkları duruma kıyasla daha fazla süreklilik arz ettiklerinden ve sistemin kurulu gücünde anlamlı bir artış sağlanacağından bahsetmiştir. Ayrıca birbirinden bağımsız, bazı durumlarda da tamamlayıcı olacak şekilde çalışmaları sebebiyle enerji depolama ihtiyacının azaltacağını belirtmiştir.

Yaşar (2013), çalışmasında rüzgar enerjisi ve bu konudaki verimliliği arttırmak için santral kurulumunda yer seçimini, tesis seçiminde öncelikleri dikkate alarak alternatifler içerisinde en iyi yerin belirlenmesini amaçlamıştır. Uygun yerin belirlenmesinde Bulanık TOPSIS ve VIKOR yöntemi kullanmış ve bunun için de gerekli ölçüt ve alt ölçütleri bularak öncelik durumu belirleyip buna göre hiyerarşik sıralama yapmıştır. Bunun sonucunda bu yöntemler sayesinde elde ettiği verilerle değerlendirme yaparak, verimliliği artıracak en uygun yer seçimini yapmıştır.

Beytullah (2013), çalışmasında, rüzgar enerjisinin ülkemizdeki ve Dünya'daki durumu ile alakalı teorik bilgilere ve istatistiklere değinmiştir. Niğde ilinde rüzgar enerji potansiyelini

belirlemiştir. Sonuç olarak REPA'dan yararlanarak, RETScreen yazılımı aracılığı ile kurulacak bir rüzgar santralının hem fiziki hem de maliyet analizini yapmıştır. Rüzgar enerjisi için yapılan yatırımın karlı olacağını, yapılan harcamaların 4-5 yıl gibi zaman zarfında tekrar geri kazanılacağını ifade etmiştir.

Ediz (2013), yerel ve küresel ölçekte genel enerji politikalarından bahsetmiş, yenilenebilir enerji kaynakları açısından ülkemizin potansiyeline değinmiş ve Türkiye'deki yenilenebilir enerji ekonomisinden de bahsederek Ankara ilinde yenilenebilir enerji olanakları üzerinde durmuş ve örnek SWOT analizi yapmıştır.

Bu çalışma sonucunda, Türkiye'nin yenilenebilir enerji vizyonunu tam olarak benimsemesi ve geleceğe taşınacak bu vizyonun devamı ve bu temiz enerji kaynaklarının ekonomik anlamda rekabet gücünün artırılmasının, bu kaynakların eş zamanlı büyümesinin sağlanmasının ve şebekeye bağlanmasındaki idari sürecin kolaylaştırılmasının, elektrik şebekesine olan bağlantıdaki zorlukların kaldırılmasının gerektiğini söylemiştir. Yapılan çalışmaya göre Ankara'nın yenilenebilir enerji kaynakları potansiyelinin, yüksek oranda elektrik üretimi için cazip olmadığını fakat bu sektöre ekipman sağlaması açısından önemli bir potansiyeli olduğundan bahsetmiştir.

Koç ve diğ. (2013), çalışmasında enerji kaynaklarının Türkiye'deki ve Dünyadaki durumunu incelemişlerdir. Bu kaynakların, rezerv durumunu, ülkelerin enerji üretimi ve sarfı, emisyon miktarları ve elektrik enerjisinin ne kadar tüketildiğini inceleyip kişi başına tüketimi enerji ve elektrik enerjisi için hesaplamış ve bazı ülkeler ile karşılaştırmıştır.

Ayrıca ülkemizdeki taşkömürü, linyit, petrol, doğalgaz, uranyum rezervlerinden ve elektrik santrallerinin toplam kapasitesinden bahsetmiş yenilenebilir enerji kaynaklarının ülkemizdeki potansiyeline çalışmasında yer vermiştir.

Özşahin ve diğ. (2013), bu çalışmasında Hatay ilinde rüzgar enerjisi santrali için yer seçiminde CBS metotlarını kullanmış ve buna benzer sahalarda aynı metotların kullanılabileceğini belirtmiştir.

Elibüyük ve diğ. (2014), rüzgâr türbinlerini rüzgâr geliş yönüne, büyüklüklerine, dönme eksenlerine ve kurulum yerlerine göre karşılaştırmış, rüzgâr enerjisinin depolama yöntemlerini, bununla ilgili yeni gelişmeler hakkında bilgi vermiştir.

Tamer (2014), bu çalışmada ülkemizdeki RES etkinlik değerlerinin Veri Zarflama Analizi ile hesaplamıştır. Çalışma sonucunda, RES kapasite örneklerinde kapasitesi, üretim miktarı ve kurulum, bağlantı maliyeti farklı olan santrallerin büyük kısmında etkin kullanım ile ilgili sıkıntı mevcut olduğunu ayrıca kurulu gücü fazla olan veya kapasite kullanım oranı üstün olan santralin daha etkin olduğu sonucuna ulaşamayacağını söylemiştir.

Bülent (2014), çalışmasında rüzgar enerji santrali işleten işletmeler için finansal ve teknik açıdan analiz, yapay sinir ağları kullanarak rüzgar verileri ile modelleme yapmış ve böylelikle ileriye dönük tahminlerin nasıl yapılacağını araştırmış, ülkemizdeki teşvik ve destek mekanizmaları ile ilgili yasal mevzuatları inceleyerek, bu işletmelerin muhasebe yapılarını ulusal ve uluslararası mevzuatlar açısından değerlendirmiştir.

Karaman ve diğ. (2015), çalışmasında Çanakkale ili sınırları içerisinde kurulabilecek 19 MW'lık RES yatırımlarının, ilk yatırım, yıllık işletme ve bakım maliyetlerini, yatırımın geri ödeme süresini ve ortalama verimliliğini paranın zaman değerini dikkate almayan teknikler yöntemi ile teşvik uygulamaları göz önüne alarak incelemiştir. Ve santralin sadece elektriği satma amaçlı yapılması durumunda verimlilik ve geri ödeme süresini, otoprodüktör yatırımcılar açısından geri ödeme süresi ve verimliliğini hesaplamıştır. Sonuç olarak her iki durumda da yatırımın ekonomik olduğunu belirlemiştir.

Hüseyin (2015), çalışmasında Rüzgar Enerjisi Santrali projelerinin sosyal, ekonomik, teknik, yerel, siyasi amaçlar açısından değerlendirilmesini sağlayan Rüzgar Enerjisi Teknoloji Portföyü Analiz Modeli (RETPAM) geliştirmiştir.

Özhan (2015), rüzgar enerjisi, türbinleri ile elektrik üretimi hakkında bilgiler vermiş, rüzgar enerjisinin şebekeye entegre edilmesini ve şebeke üzerindeki olumsuz etkilerini araştırmış ve olumsuz etkiyi azaltmak için uygulanabilecek bir metot olarak hibrit enerji santrali uygulaması, HOMER programı yardımıyla modellemiştir. Sonuç olarak, yükün yenilenebilir enerji

kaynakları tarafından en büyük oranda beslendiğini, en düşük maliyetli sistem olan rüzgar ve güneş enerjisi bileşenlerinden oluşan şebekeye bağlantılı sistemde %56'lık kısım güneş enerjisi, %24'lük kısım rüzgar enerjisi tarafından beslenmekte, diğer %20'lik kısım ise şebeke tarafından karşılanmakta olduğunu belirtmiştir.

Tolga (2015), bulanık mantık kullanarak, risk değerlendirmesi yaklaşımı geliştirmiştir. Sonuç olarak rüzgar enerji santralinde kurulum ve bakım aşamalarını gözleyip, her temel süreç için belirlenen ehemmiyeti yüksek 5 risk için çözüm önerileri sunmuştur.

Sakarya ve diğ. (2016), çalışmada Crystall Ball programı kullanarak RES yatırımlarının analizinde MCS yöntemi kullanmış, bu amaç için bu modelin kullanışlı olduğu sonucuna varmışlardır.

Utkucan (2016), çalışmasında temiz enerji kaynaklarının sürdürülebilirliğinin analizinde AAS yöntemini, FFMR analizi ile kullanmıştır. FFMR analizi sonuçlarına göre Türkiye elektrik enerjisi üretiminde sürdürülebilirlik açısından en iyi yakıt türünün rüzgar enerjisi olduğunu belirtmiştir.

Kezban (2017), çalışmasında alternatif enerji kaynaklarını PESTLE analiz yöntemi ile incelemiştir. Sonuç olarak, fosil kaynaklardan dolayı meydana gelen çevresel olumsuzların alternatif kaynakların üretimi ile giderilebileceğini, fakat bu kaynakların daha fazla kullanımını sağlayacak teknolojik ve hukuksal yapının yeterli olmadığını, ekonomik açıdan incelediğimizde alternatif enerji kaynaklarının kullanımının dış ticaret açığını azaltacağını, fakat kullanılacak tüm alternatif kaynakların hepsinin maliyetini karşılamanın kısa vadede incelendiğinde zor olduğunu belirtmiştir.

Hasan Hüseyin (2017), rüzgar enerjisi santral (RES) yatırımlarının değerlendirilmesinde Crystall Ball programı kullanarak Monte Carlo Simülasyon (MCS) modeli kullanmıştır. Üç değişik durum için simülasyon çalışması yapılmış ve MCS yönteminin rüzgar enerjisi santral yatırımlarının değerlendirilmesi için işe yarar yöntem olduğunu ifade etmiştir.

Özcan ve diğ. (2017), çalışmasında Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynaklarını, verimli, ekonomik, güvenilir, sürekli ve çevreye duyarlı elektrik üretimi gerçekleştirmeyi yatırım öncelikleri bakımından değerlendirmiştir. ANP yöntemi ile 4 ana kriter ve 12 tane alt kriter ile Türkiye'nin sahip olduğu temiz enerji kaynaklarını TOPSİS yöntemi ile sıralayıp, bu kaynaklar ile olan yatırım önceliklerini incelemiştir.

Candan ve diğ. (2017), çalışmalarında aralık tip 2 bulanık topsis yöntemi ile, imalat alanında yatırım yapacak bir firma için yatırım bölgesi için en doğru kararı vermeyi hedeflemiş ve kriterleri de gelecekte karşılaşılabilecek ekonomik, kültürel, teknik ve sosyal tüm faktörler göz önüne alınarak belirlemiştir. Ve değerlendirme sonucunda, bu yöntem ile belirlenen amaç için Marmara bölgesinin en doğru bölge olduğuna karar vermişlerdir.

Güleç ve diğ. (2017), çalışmada Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan verilerle yapay sinir ağları metodu ile aylık toplam güneş ışıınımı şiddetini tahmin etmişlerdir.

Eroğlu ve diğ. (2017), çalışmada rüzgar santrallerinde veri toplama sistemlerinden yararlanıp elde edilen verileri kullanarak türbinlerin performans kıyaslamalarını yapmışlardır. Bir rüzgar santrali içerisindeki türbinlerin 2 yıllık işletme performanslarını kıyaslama amacıyla Veri Zarflama Analizini kullanmış ve performans değişimlerini teferruatlı incelemek için de Malmquist Endeks ile toplam faktör verimliliğini hesaplamışlardır. Çalışma sonucunda performansı düşük olan türbinleri belirlemiş, performansın düşük çıkmasının sebeplerini araştırmış ve performansı arttıracak yolları planlamışlardır.

Varlık ve diğ. (2017), çalışmada yenilenebilir enerji sektöründeki sorunları incelemiş, yenilenebilir enerji yatırımlarının arttırılması için öneri geliştirmeyi hedef olarak görmüşlerdir. Bunun için Dünyada ve Türkiye'deki finansman modelleri, hukuki mevzuat, teşvik mekanizmalarını incelemişler, bu sektördeki projelerin finansmanında en fazla paya sahip olan banka yöneticileri ile mülakatlar yapmışlardır. Bu sektörün birçok sorunla karşı karşıya kaldığını belirtip, gelişebilmesi için çeşitli çözüm önerileri sunmuşlardır.

Metin (2017), çalışmasında Türkiye'nin bulunduğu coğrafyada rüzgar ve güneş enerjisi açısından en yüksek potansiyele sahip olduğunu belirterek, rüzgar enerjisi sektörü için muhasebe organizasyonunu örneklerle anlatmıştır.



• MALZEME VE YÖNTEM

Bu çalışmada öncelikle enerji kavramından bahsedilmiş ve konvansiyonel enerji kaynaklarının ekosisteme, ekonomiye verdikleri zararlar incelenmiştir. Temiz Enerji Kaynaklarının avantajları ve dezavantajları verilerek, genel bir değerlendirme yapılmıştır.

Yer seçimini belirlemek için, Enerji Bakanlığı'nın yayınlamış olduğu haritalardan ve verilerden yararlanılmıştır. ArcGIS Programı ile Mersin ve Karaman illerinin eğim ve bakı haritaları çizilmiştir. Openstreet Map'ten yararlanarak illerin yola yakınlık durumları belirlenmiştir. Srtm verileri için <https://earthexplorer.usgs.gov> uydu görüntüleri indirilmiştir.

Hesaplamalar için RETScreen Analiz Programı kullanılmıştır. RETScreen Temiz Enerji Proje Analiz Yazılımı, Kanada Hükümeti CANMET Enerji Araştırma Laboratuvarı ile takdim edilmiş, endüstri alanından ve ekonomik alandan birçok uzman katılımıyla geliştirilmiş destek aracıdır. Ücretsiz bir yazılım olup, çeşitli fosil ve temiz enerji üretim meblağlarını, emisyon miktarları ile ekosisteme etkilerini değerlendirmek amacı ile kullanılabilir. (Akbulut, Doğan ve Kınca, 2009)

Rüzgar enerjisi santrali kurulumu için ihtiyaç olan parametreler şunlardır.¹²

Genellikle rüzgar enerjisi üretimi için en elverişli alanlar deniz kıyısına yakın alanlar veya deniz üzeri olduğunu söyleyebiliriz. Rüzgar enerjisi ile uğraşırken rüzgar hızının bir kara yüzeyinden yaklaşık olarak 150 m'den yükseğe olan dağılımı ile ilgileniyoruz. Dünya yüzeyinde bulunan pürüzlülük elemanlarının aralıkları ve yüksekliği olmak üzere her ikisinden de etkilenir.

a olarak tanımlanan parametre yüzey pürüzlülük aralığı, z_0 , yüzey pürüzlülük uzunluğudur.

z_0 'ın tipik değerleri şunlardır:

Deniz, buz, kar tabiatında ve okyanuslar için $z_0 = 0.0051m$

Kısa çim, havaalanları ve boş ekin arazilerinde $z_0 = 0.032m$

¹²<https://ebookcentral.proquest.com/lib/bogaziciebooks/reader.action?ppg=759&docID=1517436&tm=1530710616383>

Uzun çim ve kısa bitkili alanlarda $z_0 = 0.103m$

Uzun sıra bitkiler ve kısa ağaçlı alanlar için $z_0 = 0.254m$

Orman alanları için $z_0 = 0.505m$

Yüzey pürüzlülüğü etkileri nedeniyle rüzgar hızı yüzeye yaklaştıkça daha yavaşlar.

O halde, rüzgar hızı aşağıda verilen Güç Yasası formülüne göre yer yüzeyinden yükseldikçe artar. Aşağıda Güç Yasası Formülü verilmiştir.

$$\frac{v_1}{v_2} = \left(\frac{z_1}{z_2}\right)^a \quad (3.1)$$

Burada,

$v_1 = z_1$ yüksekliğinde rüzgar hızı

$v_2 = z_2$ yüksekliğinde rüzgar hızı

a = Hellman üssü

Sabit Hellman üssü (a) yüzeyin niteliğine, havanın kararlılığına, sıcaklığa, günün saatine, mevsim ve yüzey pürüzlülüğüne bağlıdır. Şu formülden elde edilebilir (Lysen, 1983):

$$a = 0.096[\ln(z_0)] + 0.016[\ln(z_0)]^2 + 0.24 \quad (3.2)$$

Denklem (3.1), uygulanan verilere belirli bir yükseklikte kaydedilen verileri düzeltmek için de kullanılabilir ki bu gerekli yükseklikler için uygulanır.

Bu özellikle, rüzgar ölçümü için bir alanın uygunluğunu genellikle 10 m yükseklikte olan hava direkleri kullanarak incelerken uygundur. Oysaki bu rüzgar verileri günümüzde 100 m'den fazla olan rüzgar türbinlerinin göbek yüksekliğinde (hub) gereklidir. Hesaplamak için başka bir yol, Hellman üssü (a), aynı zamanda iki ayrı yükseklikte ölçümler yapmaktır.

Bu çalışmada RETScreen programının bağlı olduğu web siteden santralin kurulacağı yer için 50m ve 100m deki rüzgar verilerine ulaşılmıştır.

• BULGULAR

4.1. GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALİ MALİYET ANALİZİ

Türkiye'nin dünyadaki coğrafi konumu “Güneş Kuşağı” olarak adlandırılan, birçok ülkeye göre güneş enerjisi kullanmaya uygun bir yerdedir. (Sabah, 2016)

4.1.1. Yer Seçimi için Genel Bilgiler

Santralin kurulum yerini belirlemek çalışmanın en önemli kısmını oluşturmaktadır. Güneş Enerjisi santralinin ilk yatırım masrafı yüksek olduğundan dolayı yatırım yapılacak yerin seçimine doğru karar vermek gerekir. Türkiye’de GES kurulumuna uygun yerin belirlenmesi aşamasında, GEPA belli bir fikir verir ancak sadece bu haritayı kullanmak yeterli değildir. (Effat, H.A., 2013; Girgin, 2011) Bu sebeple, Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA) ve RETScreen olacak şekilde 2 farklı veri tabanından yararlanarak sonuca ulaşılabacaktır.

EİE'nin hazırladığı GEPA'dan yararlanarak, güneşten en fazla yararlanan iller belirlenmiş, sonrasında ise GES kurulumu için gerekli diğer faktörler açısından bu iller kıyaslanıp, ekonomiklik de düşünülerek bir il için karar verilmiştir.

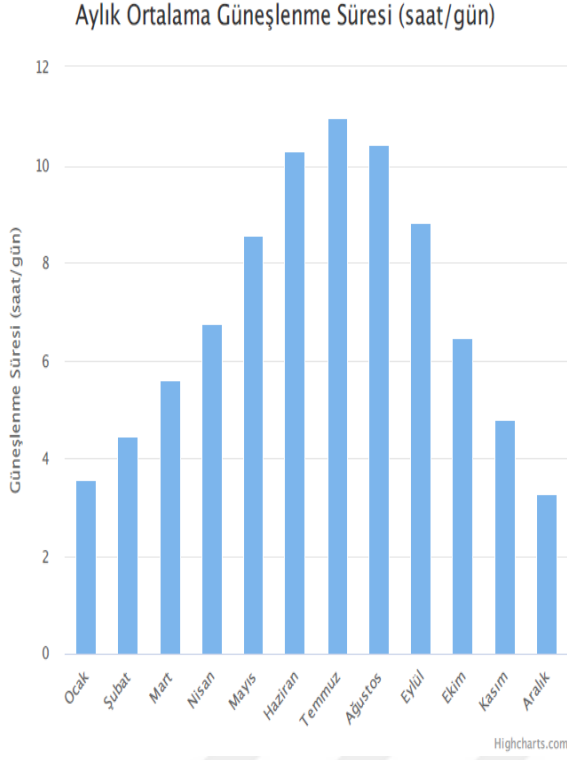
Türkiye'nin 1.400 ile 2.000 kWh/m² aralığında global ışıınım potansiyeli olduğunu haritadan çıkarabiliriz. (Girgin, 2011)



Şekil 4.1.1. Türkiye'nin Global Radyasyon Potansiyeli.

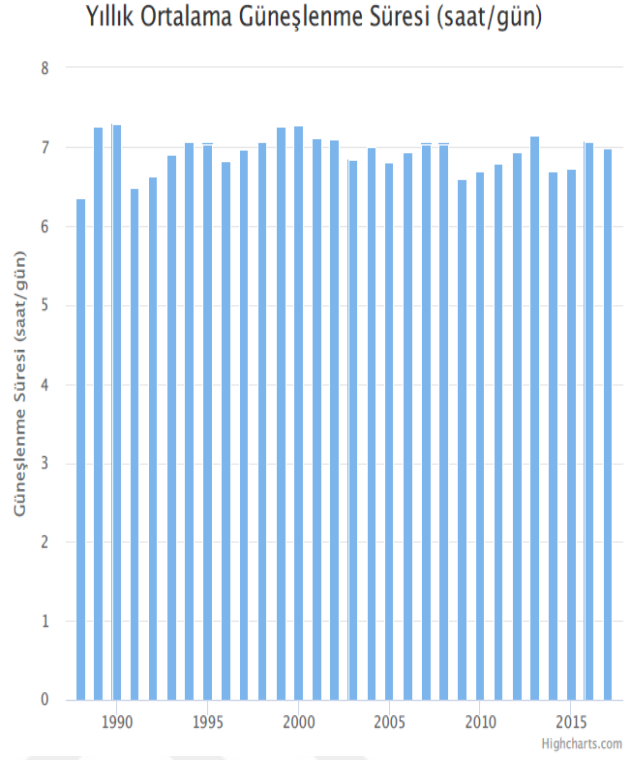
Kaynak: Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü

(<https://www.mgm.gov.tr/kurumici/turkiye-guneslenme-suresi.aspx> , [Ziyaret tarihi: 24 Nisan 2019])



Şekil 4.1.2. Türkiye'nin Aylık Ortalama

Güneşlenme Süresi



Şekil 4.1.3. Türkiye'nin Yıllık Ortalama

Güneşlenme Süresi

Kaynak: <https://www.mgm.gov.tr/kurumici/turkiye-guneslenme-suresi.aspx> [Ziyaret Tarihi: 24 Nisan 2019]

Ülkemizin güneyinin tamamına yakın kısmının ortalama günlük güneşlenme süresinin 7.3-8.1saat olduğu haritadan görülmektedir. Günlük güneşlenme süresi 6.3-7.2saat olan illerin sayısı da oldukça fazladır. En az güneşlenme süresi olan 4.2-5.2saat güneş alan iller sadece 5 tanedir. Bu da ülkemizin GES kurulumu için oldukça elverişli olduğunun bir göstergesidir.

TÜRKİYE GÜNLÜK GÜNEŞLENME SÜRELERİ

Üzerinde çalışılan istasyon sayısı : 102

1985-2017 Yılları Arasında En Fazla Günlük Güneşlenme Süresi Yılı : 1990 7,2 Saat

1985-2017 Yılları Arasında En Az Günlük Güneşlenme Süresi Yılı : 1988 6,3 Saat

1985-2017 Yılları Arasında Türkiye Ortalama Günlük Güneşlenme Süresi : 6,8 Saat

1985-2017 YILLARININ DÖRT EŞİT PERİYOTTA DEĞERLENDİRMESİ:

1985-1993 Yılları Arasında Türkiye Ortalama Günlük Güneşlenme Süresi: 6,8 Saat

1994-2001 Yılları Arasında Türkiye Ortalama Günlük Güneşlenme Süresi: 7,0 Saat

2002-2009 Yılları Arasında Türkiye Ortalama Günlük Güneşlenme Süresi: 6,9 Saat

2010-2017 Yılları Arasında Türkiye Ortalama Günlük Güneşlenme Süresi: 6,6 Saat

1985-2017 YILLARI AYLIK ORTALAMA GÜNLÜK GÜNEŞLENME SÜRESİ:

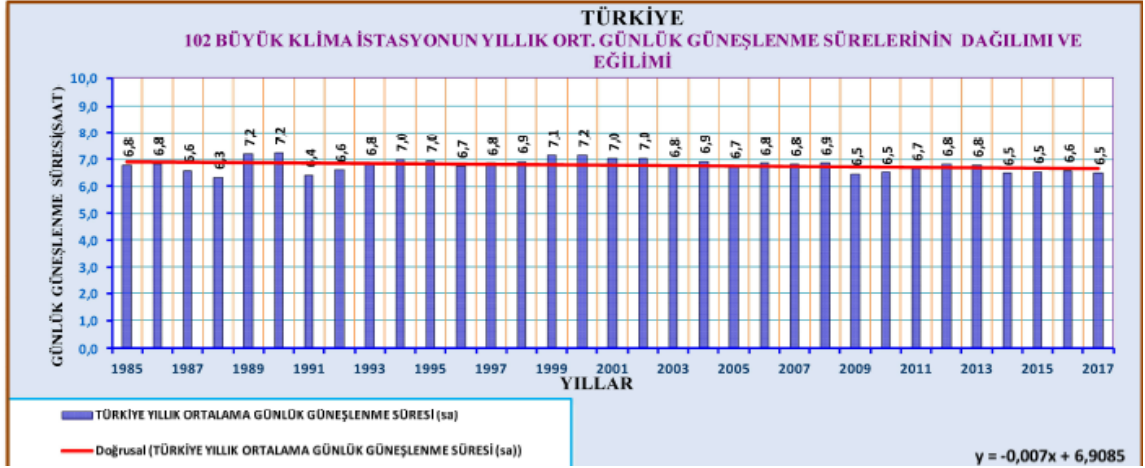
AYLAR	OCAK	ŞUBAT	MART	NSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK
SAAT	3,3	4,2	5,4	6,7	8,3	10,1	10,8	10,2	8,6	6,3	4,6	3,1

Şekil 4.1.4. Türkiye ortalama günlük toplam güneşleme süresi dağılımı (1985-2017).

Kaynak: Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü

GÜNLÜK GÜNEŞLENME SÜRESİ VERİSİNİN İSTATİSTİKSEL ANALİZİ:

a)-Yıllık Ort. Günlük Güneşlenme Süresi 1985-2017 Yılları Arasında Dağılımı ve Eğilimi:



Şekil 4.1.5. Yıllık Ortalama Güneşlenme Süresi Dağılımı (1985-2017).

Kaynak: Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü

Tabloyu incelediğimizde, 1987,1988,1991,1992,2009,2010,2014,2015,2016,2017 yıllarında Türkiye yıllık ortalama günlük güneşlenme süresinin 6,7 saatin altına düştüğünü gözlemlemekteyiz. Son yıllarda, önceki yıllara göre güneşlenme süresinin azaldığını söyleyebiliriz.

Güneş santrali kurulurken dikkat edilecek en önemli değişkenlerden biri, yıllık güneşlenme süresidir. Ancak tek değişken bu olmadığı için seçilen şehirler içerisinde diğer değişkenler de dikkate alınarak uygun bir seçim yapılacaktır.

Diğer değişkenler:

- 1) Fay hatlarından uzak olması,
- 2) Arazinin Eğimi ve Bakı Durumu,
- 3) Dağıtım şebekelerine yakınlığı,
- 4) Arazinin santral kurulumuna uygun olması yani arazinin özelliği, toprak durumu ve jeolojisi,
- 5) İletim-Dağıtım esnasında meydana gelen kayıpları azaltmak için tüketiminin yoğun olduğu bölge olmalıdır. (Sabah, 2016)

4.1.2. Yer Seçimi

Bu çalışma 3 aşamaya bölünerek incelenecektir.

4.1.2.1. 1. aşama: Meteorolojik Durum Analizi

- I. Global Radyasyon Değerleri ve Güneşlenme Süreleri

4.1.2.2. 2. Aşama: Konumsal Durum Analizi

- I. Fay hatlarından uzak olması
- II. Dağıtım şebekelerine yakınlığı gibi etkenler
- III. İletim-Dağıtım esnasında meydana gelen kayıpları azaltmak için tüketiminin yoğun olduğu bölge olması

4.1.2.3. 3. Aşama: Sahanın Arazi Durumu

- I. Arazinin Eğimi ve Bakı Durumu
- II. Arazinin santral kurulumuna uygun olması: arazinin özellikleri, arazinin toprak durumu ve jeolojisi, incelenecektir. (Sabah, 2016)

4.1.2.1. 1.aşama: Meteorolojik Durum Analizi

I. Global Radyasyon Değerleri ve Güneşlenme Süreleri

(*) *Santral kurulacak bölgenin seçiminde;*

- 1) Bir yıl için en az 2000 saat güneşlenme süresine
- 2) Metrekare başına 1500 KWh'lık bir güneş enerjisi değerine
- 3) 4 saatlik güneşlenme süresi olan gün sayısının 150'den az olmaması hususlarına dikkat edilmesi gerekir. (EİE, 2012) (Sabah, 2016)

Türkiye Güneş Enerjisi Atlasını incelediğimizde¹³, güneş radyasyonunu en fazla alan bölgeler, ekvatora yakınlığı sebebiyle Güney Anadolu, Güneydoğu Anadolu Bölgesi iken, en az alan bölgeler ise Kuzey Anadolu ve Marmara Bölgesidir.

Türkiye'de en yüksek global radyasyon değeri Haziran ayında $6.57 \text{ kWh/m}^2 - \text{gün}$, ikinci olarak da Temmuz ayında $6.50 \text{ kWh/m}^2 - \text{gün}$ 'dür.

Güneşlenme süresinin ise, 11.31 saat ile en fazla Temmuz ayında, 10.81 saat ile de Haziran ayında olduğunu görmekteyiz.

Yılda gelen toplam radyasyonun $1800\text{-}2000 \text{ kWh/m}^2$ aralığında olduğu illerin GEPA'ya bakarak, Antalya, Karaman, Konya, İçel, Muğla, Niğde, Van, Hakkari, Siirt ve Şırnak olduğunu söyleyebiliriz.

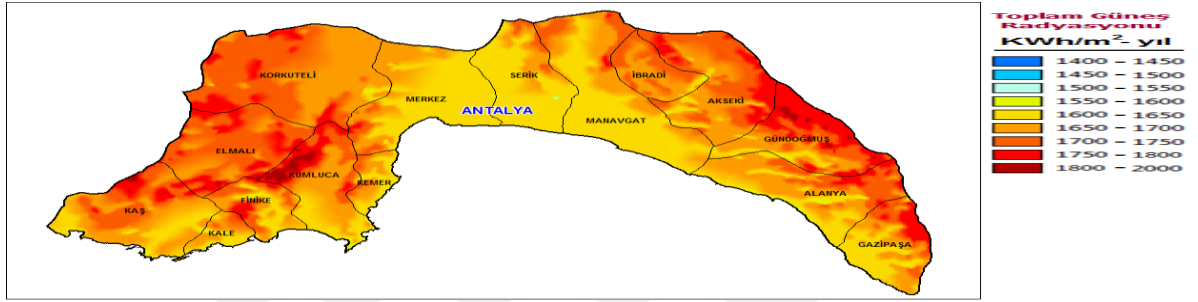
Bunlar içerisinde, Antalya, Konya, Karaman ve İçel ile Van, Hakkari, Şırnak kesişimindeki bölgede güneş radyasyonunun yılda 2000 kWh/m^2 seviyelerine çıktığı göze çarpmaktadır.

¹³ Türkiye Güneş Enerjisi Atlası EK 1' dir.

Buna göre, Antalya, Karaman, Konya, İçel, Muğla, Niğde, Van, Hakkari, Siirt ve Şırnak illerinin GEPA dan güneşlenme süreleri (Saat), Global Radyasyon Değerleri incelenecektir.

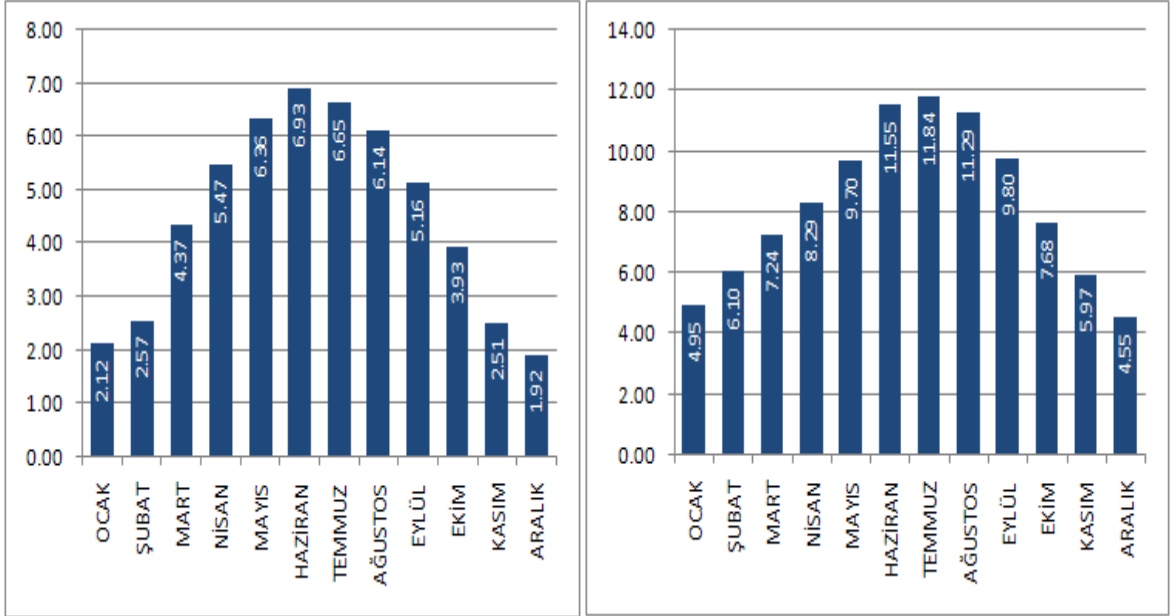
GEPA' dan yararlanarak seçtiğimiz Antalya, Karaman, Konya, İçel, Muğla, Niğde, Van, Hakkari, Siirt ve Şırnak illerinin Global Radyasyon Değerleri ve Güneşlilik Sürelerini sırayla inceleyelim.

❖ Antalya için;



Şekil 4.1.6. Antalya için Toplam Güneş Radyasyonu

Kaynak: <http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/pages/7.aspx> , [Ziyaret Tarihi: 24 Nisan 2019]



Şekil 4.1.7. Antalya Global Radyasyon Değerleri

Şekil 4.1.8. Antalya Güneşlenme Süreleri

(kWh/m² - gün)

(Saat)

Kaynak: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü

Antalya için şekilde görüldüğü gibi en yüksek global radyasyon değeri Haziran ayında $6.93 \text{ kWh/m}^2 - \text{gün}$, ikinci olarak da Temmuz ayında $6.65 \text{ kWh/m}^2 - \text{gün}$ 'dür. En düşük ise Aralık ayında $1.92 \text{ kWh/m}^2 - \text{gün}$ 'dür.

Güneşlenme süresinin ise, 11.84 saat ile en fazla Temmuz ayında, 11.55 saat ile de Haziran ayında olduğunu görmekteyiz. En düşük ise, Aralık ayında, 4.55 saattir

(*) da verilen 3 koşulu Antalya ili için incelersek;

1) Bir yıldaki güneşlenme süresi

ANTALYA													
Birim	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
saat	4,95	6,10	7,24	8,29	9,70	11,55	11,84	11,29	9,80	7,68	5,97	4,55	
saat(**)	148,5	183	217,2	248,7	291	346,5	355,2	338,7	294	230,4	179,1	136,5	2968,8 saat

(**) Ortalama değer hesabı için bir ay 30 gün olarak alınmıştır.

Çıkan sonuca bakıldığında 2968,8 saat ile ortalama olarak yılda en az 2000 saat güneşlenme süresine sahip olduğunu söyleyebiliriz.

2) Metrekare başına 1500 kWh'lık güneş enerjisi olması durumunu inceleyelim.

Bir yıl 365 gün 6 saat olduğuna göre, bunun 365,25 gün yaptığını söyleyebiliriz.

1500kWh'i bir yıldaki gün sayısı olan 365,25' e böldüğümüzde, bir günde metrekare başına yaklaşık olarak

$$\frac{1500 \text{ kWh}}{365,25 \text{ gün}} = 4,10677618 \sim 4,11 \text{ kWh'lık güneş enerjisi sağlanmalıdır.}$$

O halde, şekilde verilen global radyasyon değerlerinin ortalamasını aldığımızda yaklaşık olarak 4,11 veya bundan büyük bir değerle karşılaşmalıyız.

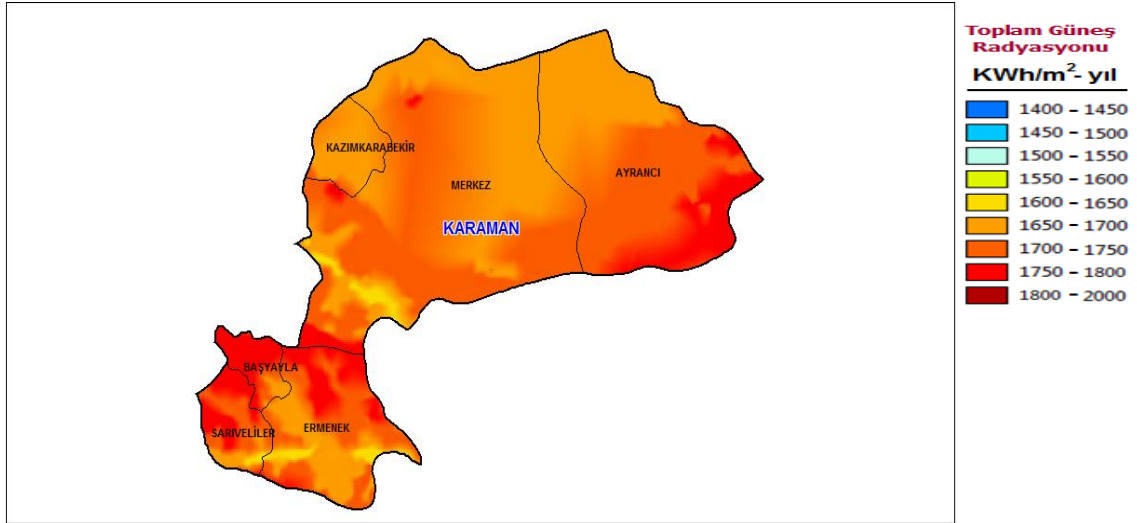
$$\frac{2,12 + 2,57 + 4,37 + 5,47 + 6,36 + 6,93 + 6,65 + 6,14 + 5,16 + 3,93 + 2,51 + 1,92}{12} = 4,51083333 \sim 4,51$$

olduğundan sağlamaktadır.

3) En düşük güneşlenme süresi 4,55 olup, istenilen güneşlenme süresinden daha fazla süreye sahiptir.

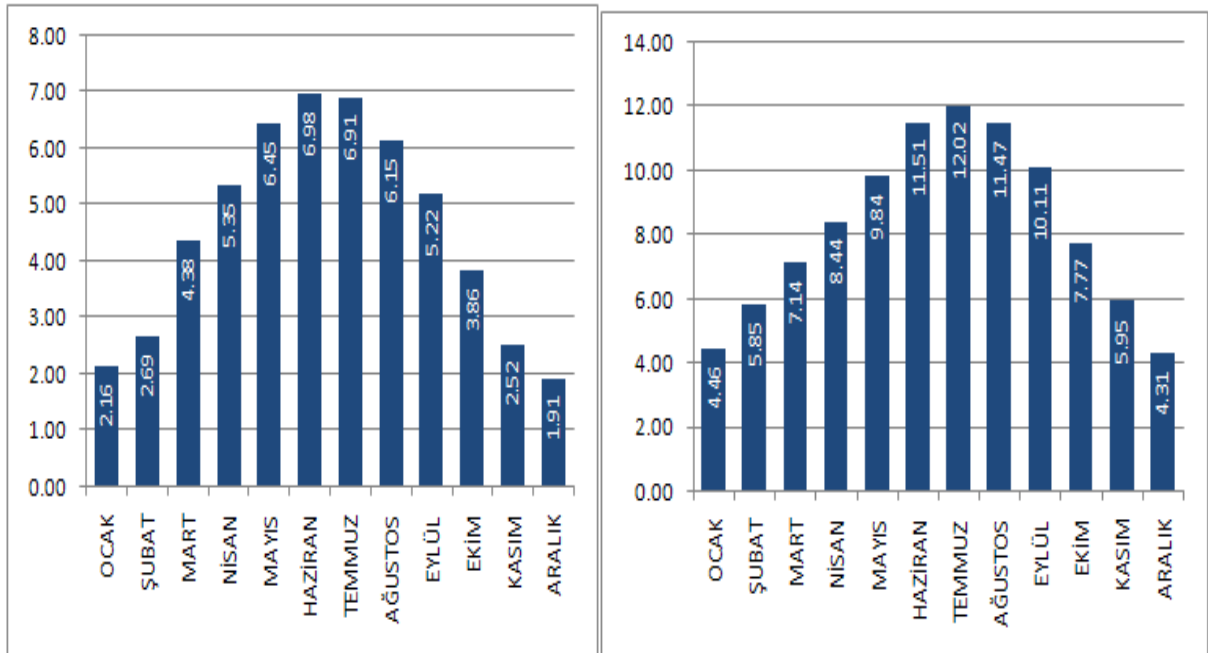
4)

❖ Karaman için incelersek;



Şekil 4.1.9. Karaman için Toplam Güneş Radyasyonu

Kaynak: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü



Şekil 4.1.10. Karaman Global Radyasyon Değerleri

(kWh/m² - gün)

Şekil 4.1.11. Karaman Güneşlenme

Süreleri (Saat)

Kaynak: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü

Karaman için şekilde görüldüğü gibi en yüksek global radyasyon değeri Haziran ayında $6.98 \text{ kWh/m}^2 - \text{gün}$, ikinci olarak da Temmuz ayında $6.91 \text{ kWh/m}^2 - \text{gün}$ 'dür. En düşük ise Aralık ayında $1.91 \text{ kWh/m}^2 - \text{gün}$ 'dür.

Güneşlenme süresinin ise, 12.02 saat ile en fazla Temmuz ayında, 11.51 saat ile de Haziran ayında olduğunu görmekteyiz. En düşük ise, Aralık ayında, 4.31 saattir.

(*) da verilen 3 koşulu Karaman ili için incelersek;

1) Bir yıldaki güneşlenme süresi;

KARAMAN													
Birim	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
saat	4,46	5,85	7,14	8,44	9,84	11,51	12,02	11,47	10,11	7,77	5,95	4,31	
Saat(**)	133,8	175,5	214,2	253,2	295,2	345,3	360,6	344,1	303,3	233,1	178,5	129,3	2966,1

(**) Ortalama değer hesabı için bir ay 30 gün olarak alınmıştır.

Çıkan sonuca bakıldığında 2966,1 saat ile ortalama olarak yılda en az 2000 saat güneşlenme süresine sahip olduğunu söyleyebiliriz.

2) Bir günde metrekare başına yaklaşık olarak $4,11 \text{ kWh}$ 'lık güneş enerjisine sahip olmalıydı.

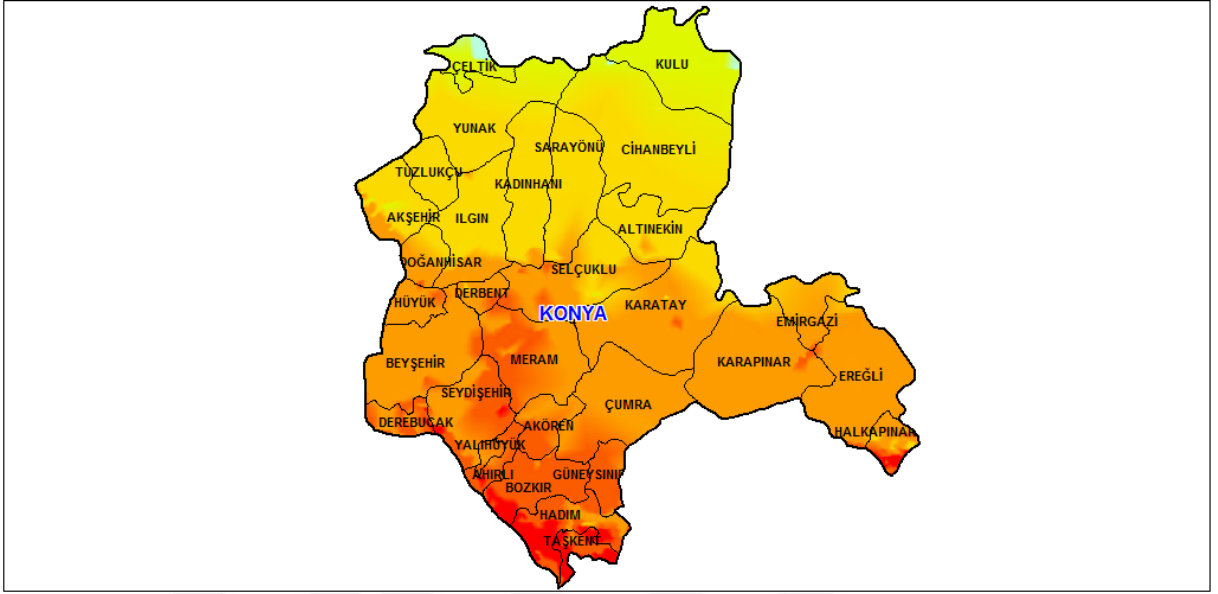
O halde, şekilde verilen global radyasyon değerlerinin ortalamasını aldığımızda yaklaşık olarak $4,11$ veya bundan büyük bir değerle karşılaşmalıyız.

$$\frac{2,16 + 2,69 + 4,38 + 5,35 + 6,45 + 6,98 + 6,91 + 6,15 + 5,22 + 3,86 + 2,52 + 1,91}{12} = 4,54833333 \sim 4,55$$

olduğundan sağlamaktadır.

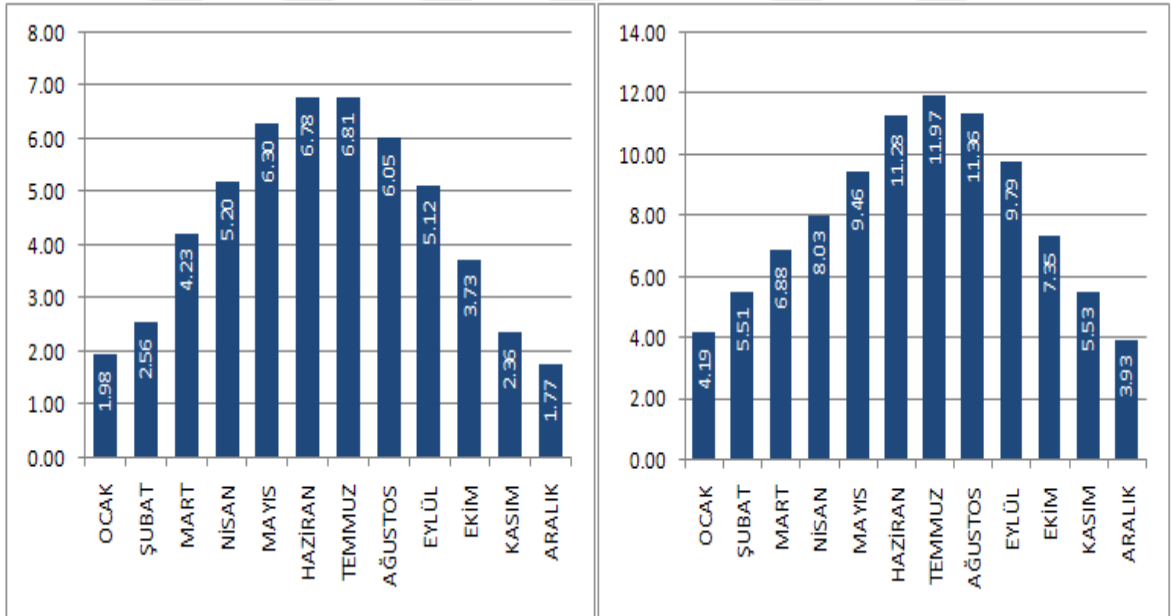
3) En düşük güneşlenme süresi 4,31 olup, bütün aylarda 4 saatten fazla güneşlenme süresine sahiptir.

❖ Konya için incelersek;



Şekil 4.1.12. Konya için Toplam Güneş Radyasyonu

Kaynak: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü



Şekil 4.1.13. Konya Global Radyasyon Değerleri
(kWh/m² - gün)

Şekil 4.1.14. Konya Güneşlenme
Süreleri (Saat)

Kaynak: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü

Konya için şekilde görüldüğü gibi en yüksek global radyasyon değeri Temmuz ayında $6.81 \text{ kWh/m}^2 - \text{gün}$, ikinci olarak da Haziran ayında $6.78 \text{ kWh/m}^2 - \text{gün}$ 'dür. En düşük ise Aralık ayında $1.77 \text{ kWh/m}^2 - \text{gün}$ 'dür.

Güneşlenme süresinin ise, 11.97 saat ile en fazla Temmuz ayında, 11.36 saat ile de Ağustos ayında olduğunu görmekteyiz. En düşük ise, Aralık ayında, 3.93 saattir.

(*) da verilen 3 koşulu Konya ili için incelersek;

1) Bir yıldaki güneşlenme süresi

KONYA													
Birim	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
Saat	4,19	5,51	6,88	8,03	9,46	11,28	11,97	11,36	9,79	7,36	5,53	3,93	
Saat(**)	125,7	165,3	206,4	240,9	283,8	338,4	359,1	340,8	293,7	220,8	165,9	117,9	2858,7

(**) Ortalama değer hesabı için bir ay 30 gün olarak alınmıştır.

Çıkan sonuca bakıldığında 2858,7 saat ile ortalama olarak yılda en az 2000 saat güneşlenme süresine sahip olduğunu söyleyebiliriz.

2) Bir günde metrekare başına yaklaşık olarak 4,11 kWh'lık güneş enerjisine sahip olmalıdır.

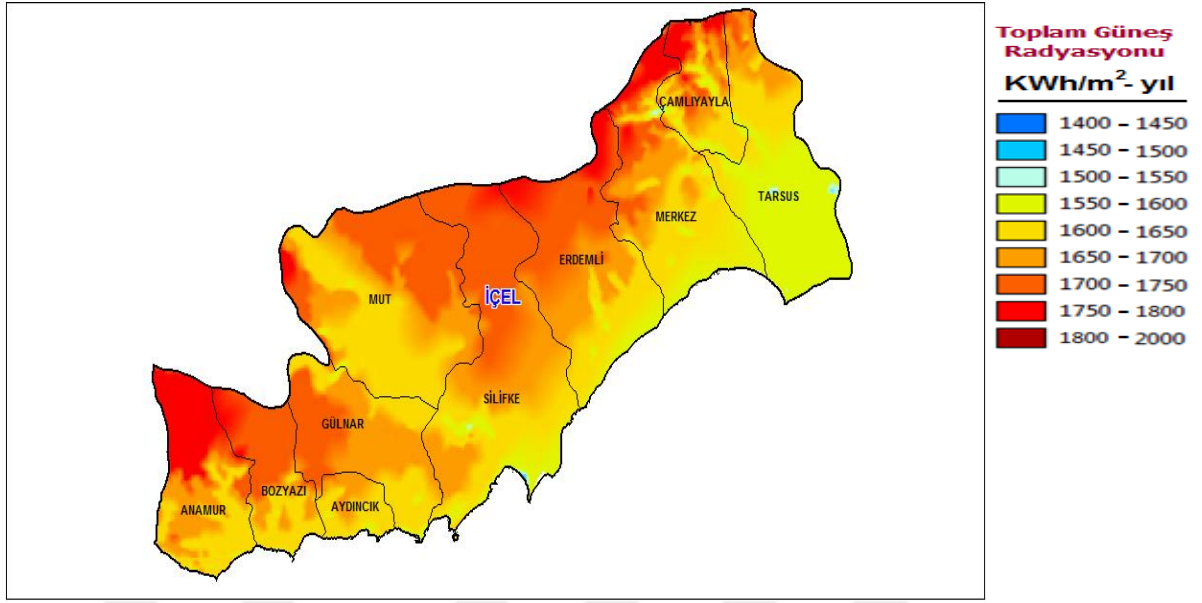
O halde, şekilde verilen global radyasyon değerlerinin ortalamasını aldığımızda yaklaşık olarak 4,11 veya bundan büyük bir değerle karşılaşmalıyız.

$$\frac{1,98 + 2,56 + 4,23 + 5,20 + 6,30 + 6,78 + 6,81 + 6,05 + 5,12 + 3,73 + 2,36 + 1,77}{12} = 4,4075 \sim 4,41$$

olduğundan sağlamaktadır.

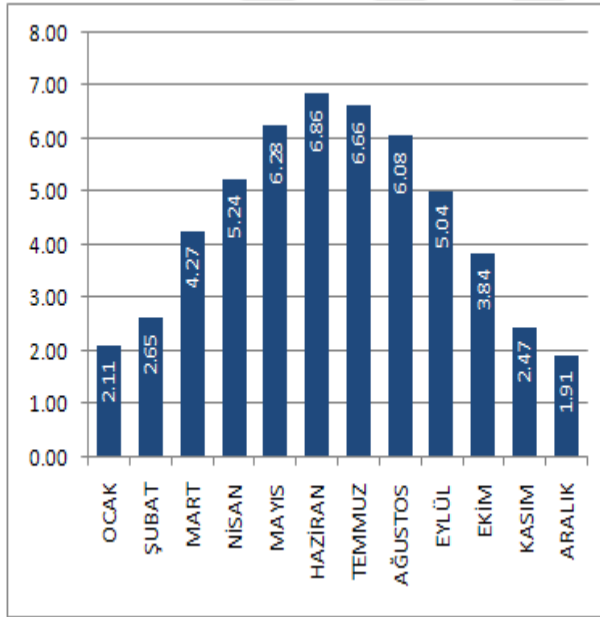
3) Sadece Aralık ayında 3,93 saat güneşlenme süresi olup diğer aylarda 4'ün üzerinde olduğundan ,4 saatlik güneşlenme süresine sahip gün sayısı 150 günü geçmemektedir.

❖ İçel ili için incelersek;

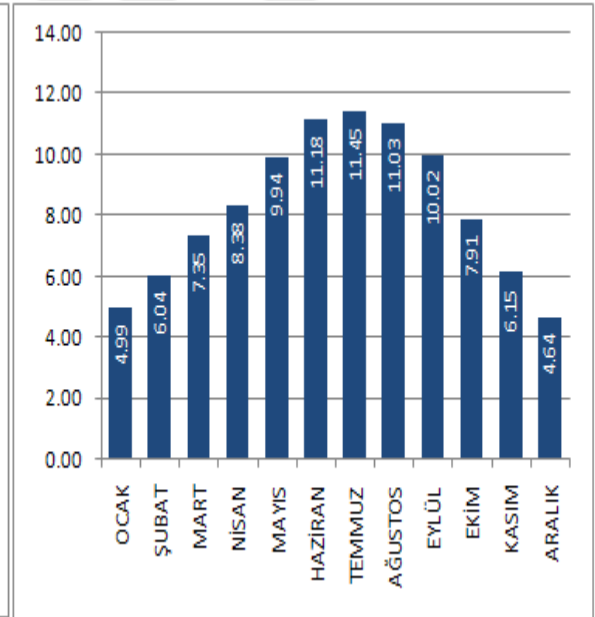


Şekil 4.1.15. İçel için Toplam Güneş Radyasyonu

Kaynak: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü



Şekil 4.1.16. İçel Global Radyasyon Değerleri



Şekil 4.1.17. İçel Güneşlenme Süreleri

(kWh/m² - gün)

(Saat)

Kaynak: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü

İçel için şekilde görüldüğü gibi en yüksek global radyasyon değeri Haziran ayında $6.86 \text{ kWh/m}^2 - \text{gün}$, ikinci olarak da Temmuz ayında $6.66 \text{ kWh/m}^2 - \text{gün}$ 'dür. En düşük ise Aralık ayında $1.91 \text{ kWh/m}^2 - \text{gün}$ 'dür.

Güneşlenme süresinin ise , 11.45 saat ile en fazla Temmuz ayında, 11.18 saat ile de Haziran ayında olduğunu görmekteyiz. En düşük ise, Aralık ayında, 4.64 saattir.

(*) da verilen 3 koşulu İçel (Mersin) ili için incelersek;

1) Bir yıldaki güneşlenme süresi

İÇEL													
Birim	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
Saat	4,99	6,04	7,36	8,38	9,94	11,18	11,45	11,03	10,02	7,91	6,15	4,64	
Saat(**)	149,7	181,2	220,8	251,4	298,2	335,4	343,5	330,9	300,6	237,3	184,5	139,2	2972,7

(**) Ortalama değer hesabı için bir ay 30 gün olarak alınmıştır.

Çıkan sonuca bakıldığında 2972,7saat ile ortalama olarak yılda en az 2000 saat güneşlenme süresine sahip olduğunu söyleyebiliriz.

2)Bir günde metrekare başına yaklaşık olarak 4,11 kWh'lık güneş enerjisine sahip olmalıydı.

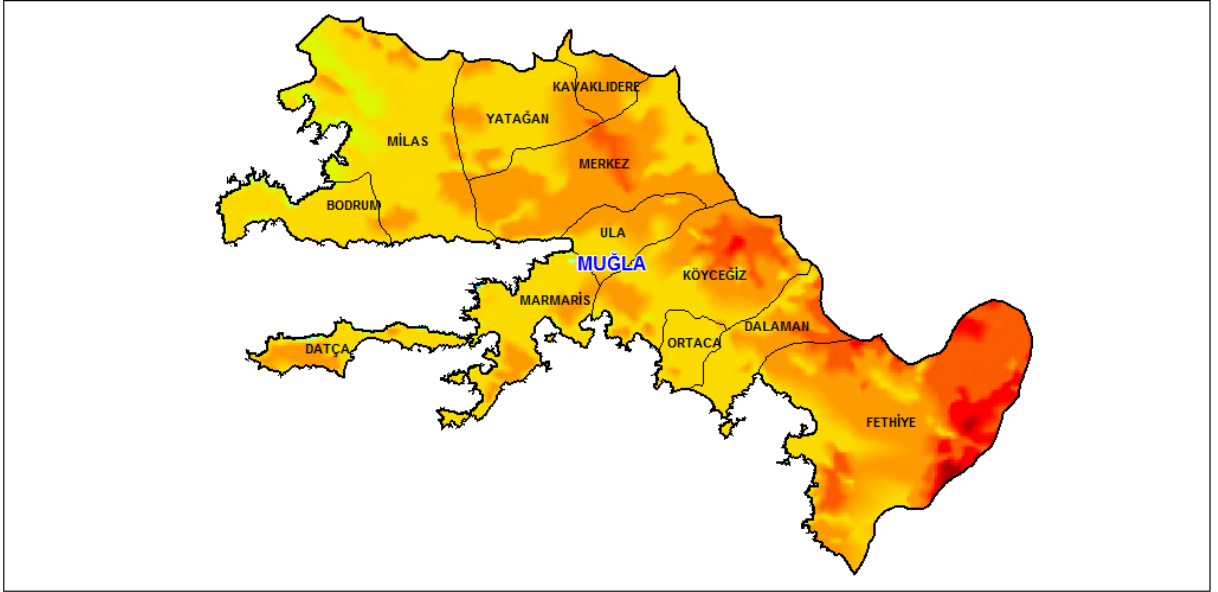
O halde, şekilde verilen global radyasyon değerlerinin ortalamasını aldığımızda yaklaşık olarak 4,11 veya bundan büyük bir değerle karşılaşmalıyız.

$$\frac{2,11 + 2,65 + 4,27 + 5,24 + 6,28 + 6,86 + 6,66 + 6,08 + 5,04 + 3,84 + 2,47 + 1,91}{12} = 4,45083333 \sim 4,45$$

olduğundan sağlamaktadır.

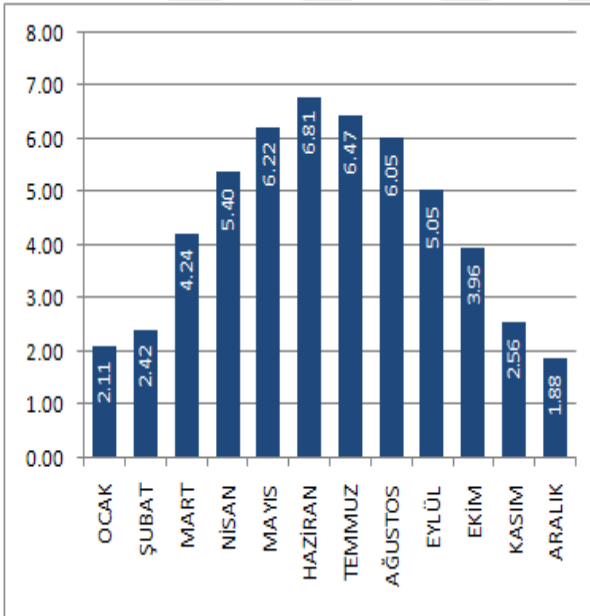
3) En düşük güneşlenme süresi 4,64 olup, bütün aylarda 4 saatten fazla güneşlenme süresine sahiptir.

❖ Muğla ili için incelersek;



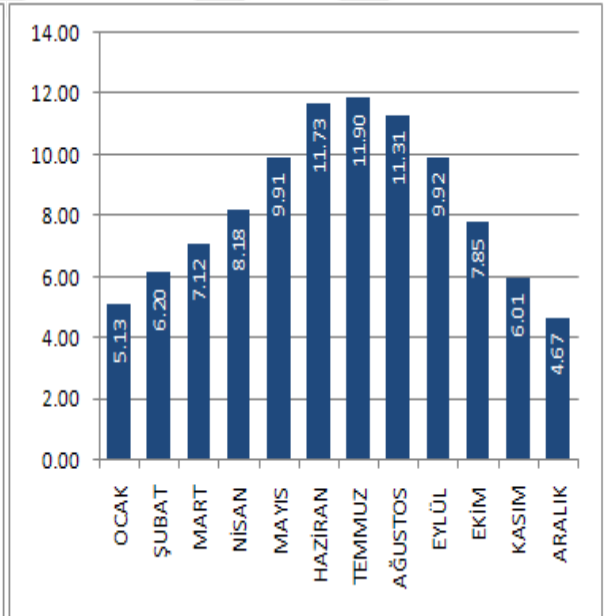
Şekil 4.1.18. Muğla için Toplam Güneş Radyasyonu

Kaynak: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü



Şekil 4.1.19. Muğla Global Radyasyon Değerleri

(kWh/m² - gün)



Şekil 4.1.20. Muğla Güneşlenme Süreleri

(Saat)

Kaynak: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü

Muğla için şekilde görüldüğü gibi en yüksek global radyasyon değeri Haziran ayında $6.81 \text{ kWh/m}^2 - \text{gün}$, ikinci olarak da Temmuz ayında $6.47 \text{ kWh/m}^2 - \text{gün}$ 'dür. En düşük ise Aralık ayında $1.88 \text{ kWh/m}^2 - \text{gün}$ 'dür.

Güneşlenme süresinin ise, 11.90 saat ile en fazla Temmuz ayında, 11.73 saat ile de Haziran ayında olduğunu görmekteyiz. En düşük ise, Aralık ayında, 4.67 saattir.

(*) da verilen 3 koşulu Muğla ili için incelersek;

1) Bir yıldaki güneşlenme süresi

MUĞLA													
Birim	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
saat	5,13	6,2	7,12	8,18	9,91	11,73	11,9	11,31	9,92	7,85	6,01	4,67	
Saat(**)	153,9	186	213,6	245,4	297,3	351,9	357	339,3	297,6	235,5	180,3	140,1	2997,9

(**) Ortalama değer hesabı için bir ay 30 gün olarak alınmıştır.

Çıkan sonuca bakıldığında 2997,9 saat ile ortalama olarak yılda en az 2000 saat güneşlenme süresine sahip olduğunu söyleyebiliriz.

2) Bir günde metrekare başına yaklaşık olarak $4,11 \text{ kWh}$ 'lık güneş enerjisine sahip olmalıydı.

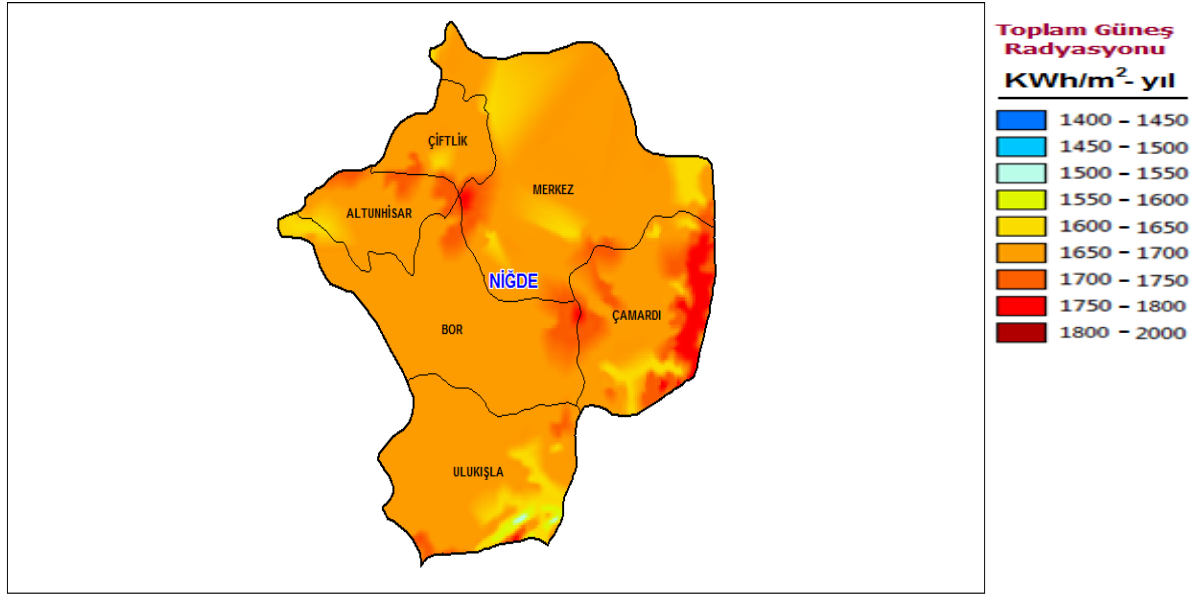
O halde, şekilde verilen global radyasyon değerlerinin ortalamasını aldığımızda yaklaşık olarak $4,11$ veya bundan büyük bir değerle karşılaşmalıyız.

$$\frac{2,11 + 2,42 + 4,24 + 5,40 + 6,22 + 6,81 + 6,47 + 6,05 + 5,05 + 3,96 + 2,56 + 1,88}{12} = 4,43083333 \sim 4,43$$

olduğundan sağlamaktadır.

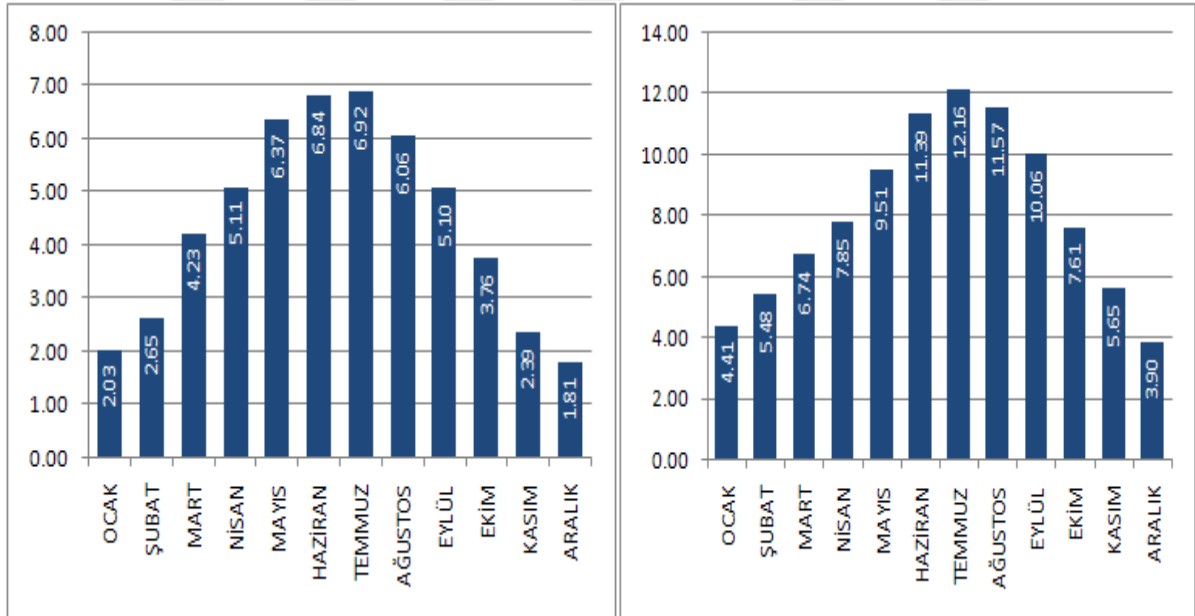
3) En düşük güneşlenme süresi 4,67 olup, bütün aylarda 4 saatten fazla güneşlenme süresine sahiptir.

❖ Niğde ili için incelersek;



Şekil 4.1.21. Niğde için Toplam Güneş Radyasyonu

Kaynak: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü



Şekil 4.1.22. Niğde Global Radyasyon Değerleri

(kWh/m² - gün)

Şekil 4.1.23. Niğde Güneşlenme

Süreleri (Saat)

Kaynak: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü

Niğde için şekilde görüldüğü gibi en yüksek global radyasyon değeri Temmuz ayında $6.92 \text{ kWh/m}^2 - \text{gün}$, ikinci olarak da Haziran ayında $6.84 \text{ kWh/m}^2 - \text{gün}$ 'dür. En düşük ise Aralık ayında $1.81 \text{ kWh/m}^2 - \text{gün}$ 'dür.

Güneşlenme süresinin ise, 12.16 saat ile en fazla Temmuz ayında, 11.57 saat ile de Ağustos ayında olduğunu görmekteyiz. En düşük ise, Aralık ayında, 3.90 saattir.

(*) da verilen 3 koşulu Niğde ili için incelersek;

1) Bir yıldaki güneşlenme süresi

NİĞDE													
Birim	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
saat	4,41	5,48	6,74	7,85	9,51	11,39	12,16	11,57	10,06	7,61	5,65	3,9	
Saat(**)	132,3	164,4	202,2	235,5	285,3	341,7	364,8	347,1	301,8	228,3	169,5	117	2889,9

(**) Ortalama değer hesabı için bir ay 30 gün olarak alınmıştır.

Çıkan sonuca bakıldığında 2889,9 saat ile ortalama olarak yılda en az 2000 saat güneşlenme süresine sahip olduğunu söyleyebiliriz.

2) Bir günde metrekare başına yaklaşık olarak $4,11 \text{ kWh}$ 'lık güneş enerjisine sahip olmalıydı.

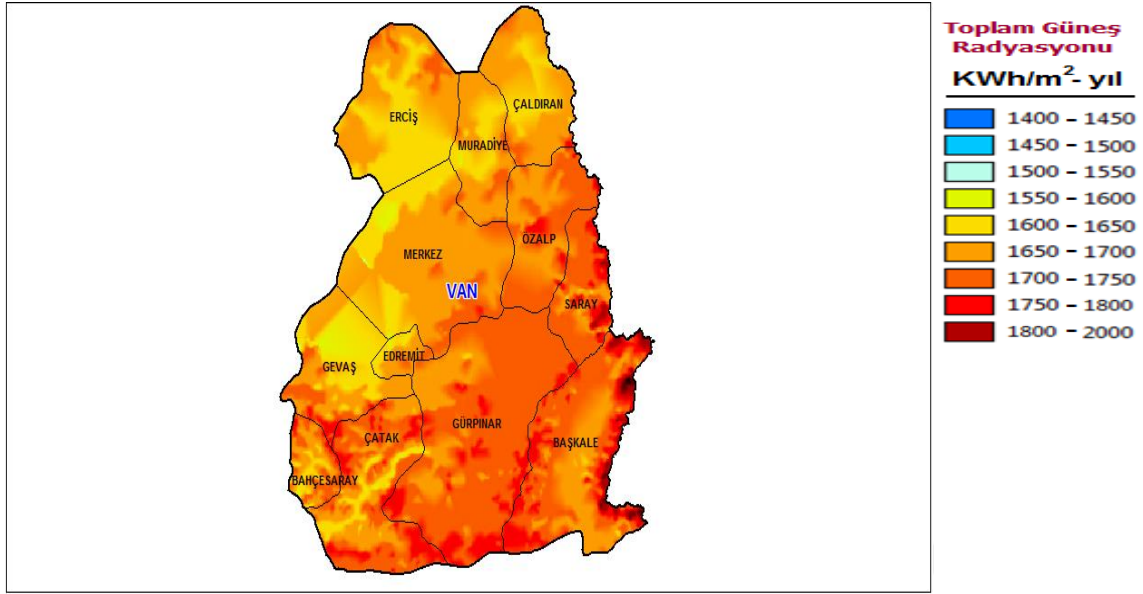
O halde, şekilde verilen global radyasyon değerlerinin ortalamasını aldığımızda yaklaşık olarak $4,11$ veya bundan büyük bir değerle karşılaşmalıyız.

$$\frac{2,03 + 2,65 + 4,23 + 5,11 + 6,37 + 6,84 + 6,92 + 6,06 + 5,10 + 3,76 + 2,39 + 1,81}{12} = 4,43916667 \sim 4,44$$

olduğundan sağlamaktadır.

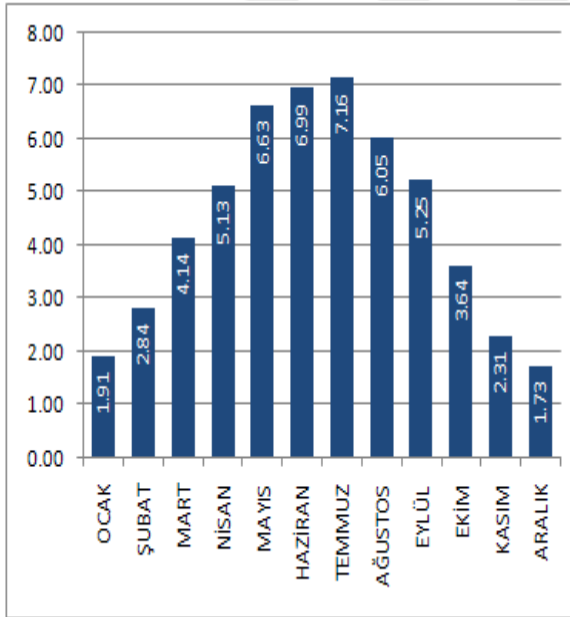
3) Sadece Aralık ayında 4'ten düşük değer olan $3,90$ saat güneşlenme süresine sahip olup diğer aylarda 4'ün üzerindedir. 4 saatlik güneşlenme sayısı 150'den fazladır.

❖ Van ili için incelersek;



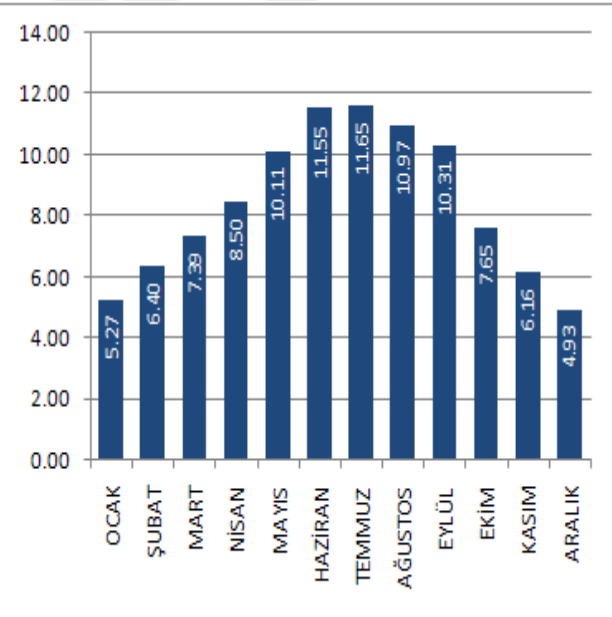
Şekil 4.1.24. Van için Toplam Güneş Radyasyonu

Kaynak: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü



Şekil 4.1.25. Van Global Radyasyon Değerleri

(kWh/m² - gün)



Şekil 4.1.26. Van Güneşlenme Süreleri

(Saat)

Kaynak: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü

Van için şekilde görüldüğü gibi en yüksek global radyasyon değeri Temmuz ayında $7.16 \text{ kWh/m}^2 - \text{gün}$, ikinci olarak da Haziran ayında $6.99 \text{ kWh/m}^2 - \text{gün}$ 'dür. En düşük ise Aralık ayında $1.73 \text{ kWh/m}^2 - \text{gün}$ 'dür.

Güneşlenme süresinin ise , 11.65 saat ile en fazla Temmuz ayında, 11.55 saat ile de Haziran ayında olduğunu görmekteyiz. En düşük ise, Aralık ayında, 4.93 saattir.

(*) da verilen 3 koşulu Van ili için incelersek;

1) Bir yıldaki güneşlenme süresi

VAN													
Birim	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
saat	5,27	6,4	7,39	8,5	10,11	11,55	11,65	10,97	10,31	7,65	6,16	4,93	
Saat(**)	158,1	192	221,7	255	303,3	346,5	349,5	329,1	309,3	229,5	184,8	147,9	3026,7

(**) Ortalama değer hesabı için bir ay 30 gün olarak alınmıştır.

Çıkan sonuca bakıldığında 3026,7 saat ile ortalama olarak yılda en az 2000 saat güneşlenme süresine sahip olduğunu söyleyebiliriz.

2) Bir günde metrekare başına yaklaşık olarak $4,11 \text{ kWh}$ 'lık güneş enerjisine sahip olmalıydı.

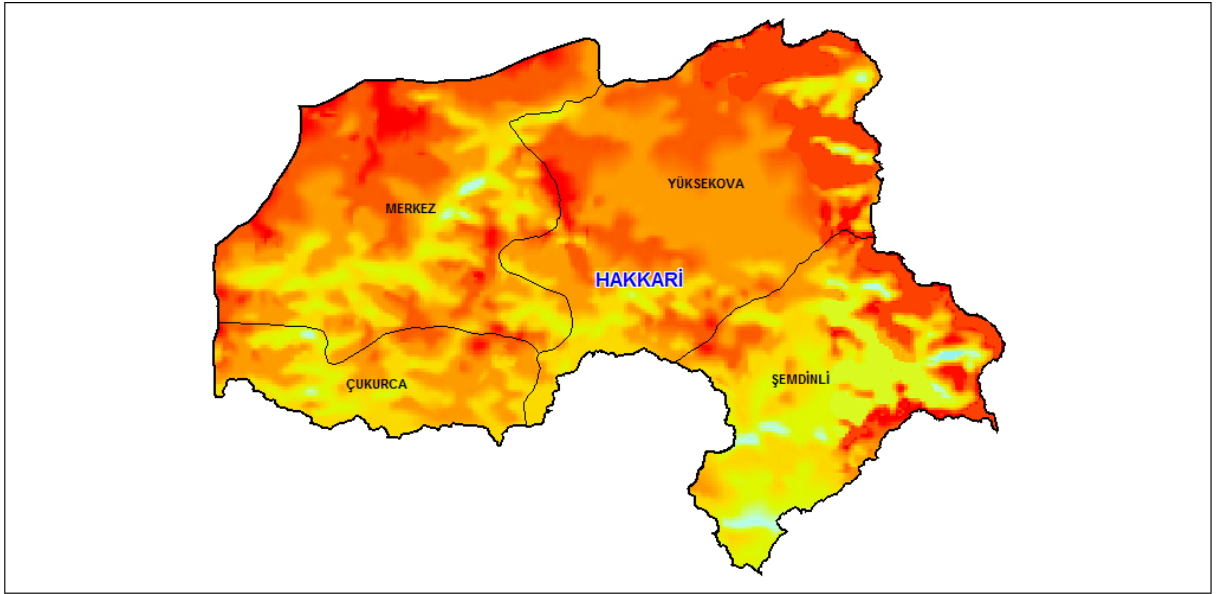
O halde, şekilde verilen global radyasyon değerlerinin ortalamasını aldığımızda yaklaşık olarak $4,11$ veya bundan büyük bir değerle karşılaşmalıyız.

$$\frac{1,91 + 2,84 + 4,14 + 5,13 + 6,63 + 6,99 + 7,16 + 6,05 + 5,25 + 3,64 + 2,31 + 1,73}{12} = 4,48166667 \sim 4,48$$

olduğundan sağlamaktadır.

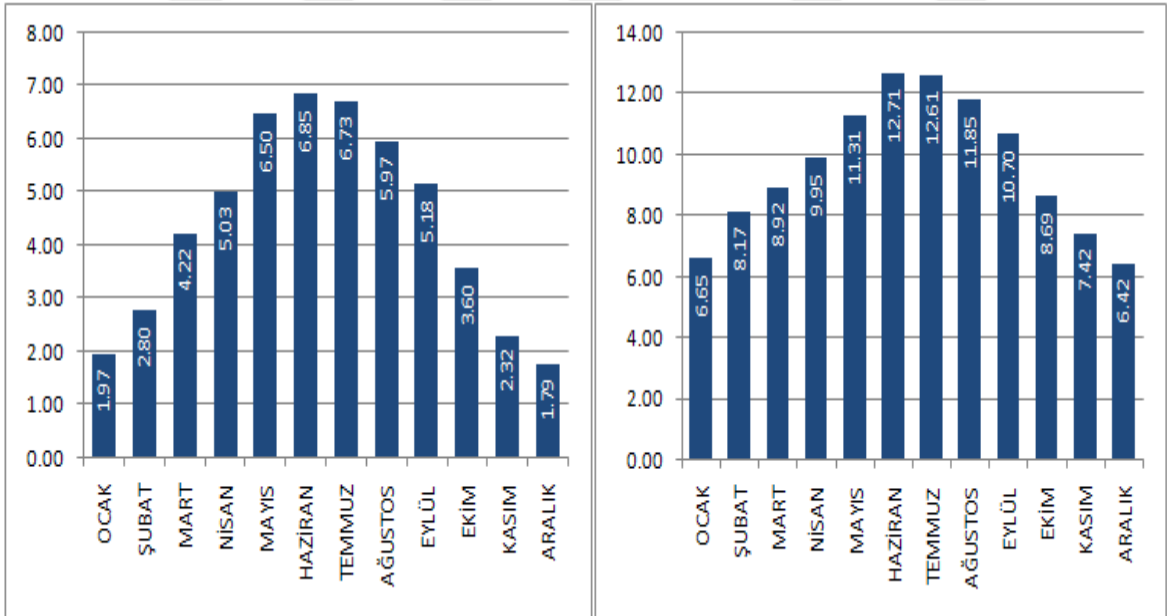
3) En düşük güneşlenme süresi 4,93 olup, bütün aylarda 4 saatten fazla güneşlenme süresine sahiptir.

❖ Hakkari ili için incelersek;



Şekil 4.1.27. Hakkari için Toplam Güneş Radyasyonu

Kaynak: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü



Şekil 4.1.28. Hakkari Global Radyasyon Değerleri (kWh/m² – gün)

Şekil 4.1.29. Hakkari Güneşlenme Süreleri(Saat)

Kaynak: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü

Hakkari için şekilde görüldüğü gibi en yüksek global radyasyon değeri Haziran ayında $6.85 \text{ kWh/m}^2 - \text{gün}$, ikinci olarak da Temmuz ayında $6.73 \text{ kWh/m}^2 - \text{gün}$ 'dür. En düşük ise Aralık ayında $1.79 \text{ kWh/m}^2 - \text{gün}$ 'dür.

Güneşlenme süresinin ise, 12.71 saat ile en fazla Haziran ayında, 12.61 saat ile de Temmuz ayında olduğunu görmekteyiz. En düşük ise, Aralık ayında, 6.42 saattir.

(*) da verilen 3 koşulu Hakkari ili için incelersek;

1) Bir yıldaki güneşlenme süresi

HAKKARI													
Birim	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
saat	6,65	8,17	8,92	9,95	11,31	12,71	12,61	11,85	10,7	8,69	7,42	6,42	
Saat(**)	199,5	245,1	267,6	298,5	339,3	381,3	378,3	355,5	321	260,7	222,6	192,6	3462

(**) Ortalama değer hesabı için bir ay 30 gün olarak alınmıştır.

Çıkan sonuca bakıldığında 3462 saat ile ortalama olarak yılda en az 2000 saat güneşlenme süresine sahip olduğunu söyleyebiliriz.

2) Bir günde metrekaşe başına yaklaşık olarak $4,11 \text{ kWh}$ 'lık güneş enerjisine sahip olmalıydı.

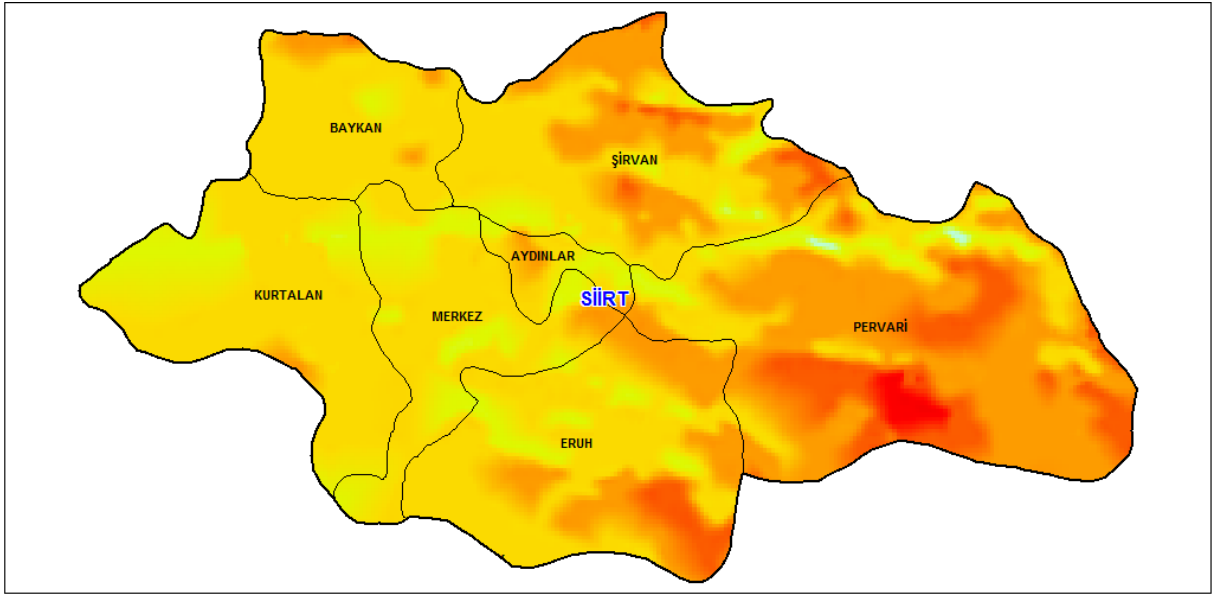
O halde, şekilde verilen global radyasyon değerlerinin ortalamasını aldığımızda yaklaşık olarak $4,11$ veya bundan büyük bir değerle karşılaşmalıyız.

$$\frac{1,97 + 2,80 + 4,22 + 5,03 + 6,50 + 6,85 + 6,73 + 5,97 + 5,18 + 3,60 + 2,32 + 1,79}{12} = 4,41333333 \sim 4,41$$

olduğundan sağlamaktadır.

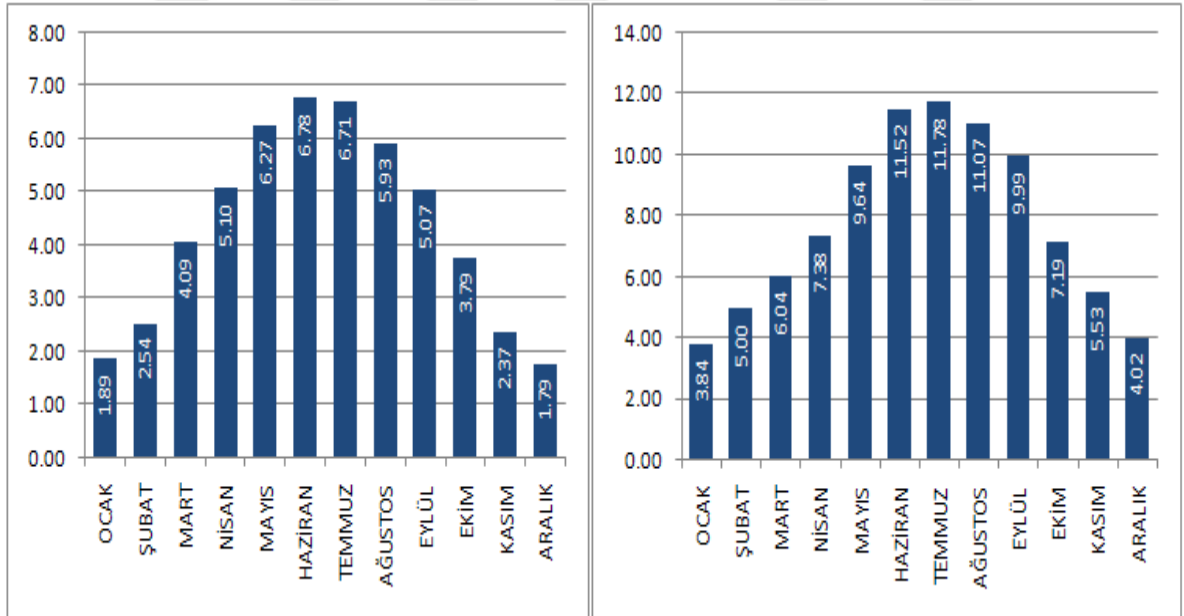
3) En düşük güneşlenme süresi 6,42 saat olup, bütün aylarda 4 saatten fazla güneşlenme süresine sahiptir.

❖ Siirt ili için incelersek;



Şekil 4.1.30. Siirt için Toplam Güneş Radyasyonu

Kaynak: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü



Şekil 4.1.31. Siirt Global Radyasyon Değerleri

Şekil 4.1.32. Siirt Güneşlenme Süreleri

(kWh/m² - gün)

(Saat)

Kaynak: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü

Siirt için şekilde görüldüğü gibi en yüksek global radyasyon değeri Haziran ayında $6.78 \text{ kWh/m}^2 - \text{gün}$, ikinci olarak da Temmuz ayında $6.71 \text{ kWh/m}^2 - \text{gün}$ 'dür. En düşük ise Aralık ayında $1.79 \text{ kWh/m}^2 - \text{gün}$ 'dür.

Güneşlenme süresinin ise, 11.78 saat ile en fazla Temmuz ayında, 11.52 saat ile de Haziran ayında olduğunu görmekteyiz. En düşük ise, Ocak ayında, 3.84 saattir.

Güneşlenme süresinin ise, 12.71 saat ile en fazla Haziran ayında, 12.61 saat ile de Temmuz ayında olduğunu görmekteyiz. En düşük ise, Aralık ayında, 6.42 saattir.

(*) da verilen 3 koşulu Siirt ili için incelersek;

1) Bir yıldaki güneşlenme süresi

SİİRT													
Birim	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
saat	3,84	5,00	6,04	7,38	9,64	11,52	11,78	11,07	9,99	7,19	5,53	4,02	
Saat(**)	115,2	150	181,2	221,4	289,2	345,6	353,4	332,1	299,7	215,7	165,9	120,6	2790

(**) Ortalama değer hesabı için bir ay 30 gün olarak alınmıştır.

Çıkan sonuca bakıldığında 2790 saat ile ortalama olarak yılda en az 2000 saat güneşlenme süresine sahip olduğunu söyleyebiliriz.

2) Bir günde metrekare başına yaklaşık olarak $4,11 \text{ kWh}$ 'lık güneş enerjisine sahip olmalıydı.

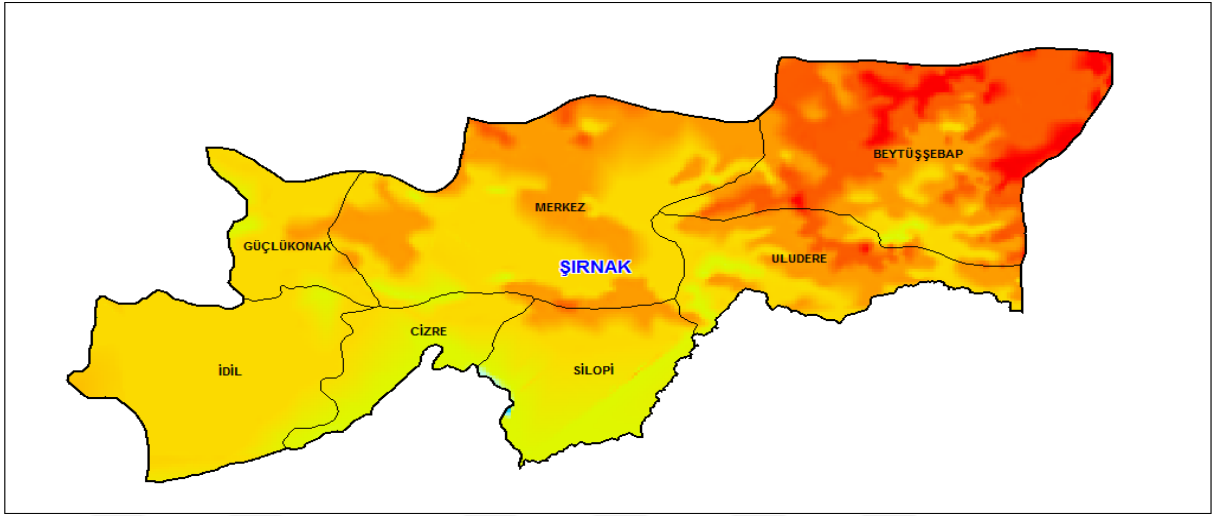
O halde, şekilde verilen global radyasyon değerlerinin ortalamasını aldığımızda yaklaşık olarak $4,11$ veya bundan büyük bir değerle karşılaşmalıyız.

$$\frac{1,89 + 2,54 + 4,09 + 5,10 + 6,27 + 6,78 + 6,71 + 5,93 + 5,07 + 3,79 + 2,37 + 1,79}{12} = 4,36083333 \sim 4,36$$

olduğundan sağlamaktadır.

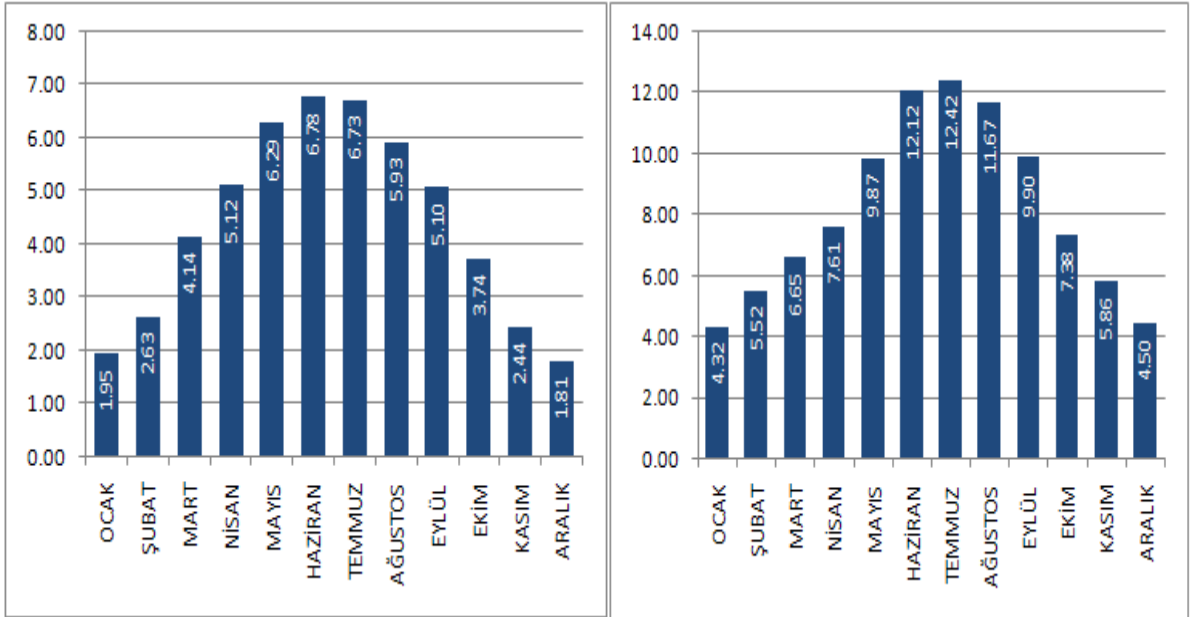
3) Sadece Ocak ayında 3,84 saat güneşlenme süresine sahip olup diğer aylarda 4 saatten fazla olduğundan, 4 saatlik güneşlenme süresine sahip gün sayısı 150'den az değildir.

❖ Şırnak ili için incelersek;



Şekil 4.1.33. Şırnak için Toplam Güneş Radyasyonu

Kaynak: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü



Şekil 4.1.34. Şırnak Global Radyasyon Değerleri (kWh/m² – gün)

Şekil 4.1.35 Şırnak Güneşlenme Süreleri (Saat)

Kaynak: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü

Şırnak için şekilde görüldüğü gibi en yüksek global radyasyon değeri Haziran ayında 6.78 kWh/m² – gün, ikinci olarak da Temmuz ayında 6.73 kWh/m² – gün'dür. En düşük ise Aralık ayında 1.81 kWh/m² – gün'dür.

Güneşlenme süresinin ise, 12.42 saat ile en fazla Temmuz ayında, 12.12 saat ile de Haziran ayında olduğunu görmekteyiz. En düşük ise, Ocak ayında, 4.32 saattir.

(*) da verilen 3 koşulu Şırnak ili için incelersek;

1) Bir yıldaki güneşlenme süresi

ŞIRNAK													
Birim	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
saat	4,32	5,52	6,65	7,61	9,87	12,12	12,42	11,67	9,9	7,38	5,86	4,5	
Saat(**)	129,6	165,6	199,5	228,3	296,1	363,6	372,6	350,1	297	221,4	175,8	135	2934,6

(**) Ortalama değer hesabı için bir ay 30 gün olarak alınmıştır.

Çıkan sonuca bakıldığında 2934,6 saat ile ortalama olarak yılda en az 2000 saat güneşlenme süresine sahip olduğunu söyleyebiliriz.

2) Bir günde metrekare başına yaklaşık olarak 4,11 kWh'lık güneş enerjisine sahip olmalıydı.

O halde, şekilde verilen global radyasyon değerlerinin ortalamasını aldığımızda yaklaşık olarak 4,11 veya bundan büyük bir değerle karşılaşmalıyız.

$$\frac{1,95 + 2,63 + 4,14 + 5,12 + 6,29 + 6,78 + 6,73 + 5,93 + 5,10 + 3,74 + 2,44 + 1,81}{12} = 4,38833333 \sim 4,39$$

olduğundan sağlamaktadır.

3) En düşük güneşlenme süresi 4,32 olup, bütün aylarda 4 saatten fazla güneşlenme süresine sahiptir.

Genel bir değerlendirme yapalım.

Tablo 4.1.1. Belirlenen İllerin Global Radyasyon Değerlerin, Güneşlenme Sürelerinin Karşılaştırılması

		Aylara Göre				
	En Yüksek Global Radyasyon Değeri (KWh/m ² – gün)	En Düşük Global Radyasyon Değeri (KWh/m ² – gün)	En Yüksek Güneşlenme Süresi (Saat)	En Düşük Güneşlenme Süresi (Saat)	Bir Yıldaki Güneşlenme Süresi (Saat)	Bir Günde Metrekare Başına Alınan Güneş Enerjisi (kWh)
Antalya	6.93	1.92	11.84	4.55	2968,8	4,51
Karaman	6.98	1.91	12.02	4.31	2966,1	4,55
Konya	6.81	1.77	11.97	3.93	2858,7	4,41
İçel	6.86	1.91	11.45	4.64	2972,7	4,45

Muğla	6.81	1.88	11.90	4.67	2997,9	4,43
Niğde	6.92	1.81	12.16	3.90	2889,9	4,44
Van	7.16	1.73	11.65	4.93	3026,7	4,48
Hakkari	6.85	1.79	12.71	6.42	3462	4,41
Siirt	6.78	1.79	11.78	3.84	2790	4,36
Şırnak	6.78	1.81	12.42	4.32	2934,6	4,32

Değerleri incelediğimizde bir yıldaki güneşlenme süresi en fazla 3462 saat ile Hakkari olup, onu Van, Muğla, İçel, Antalya, Karaman, Şırnak, Niğde, Konya ve Siirt izlemektedir. 2790 saat ile Siirt bu iller içerisinde en az güneşlenme süresine sahip ildir. Bir Günde Metrekare Başına

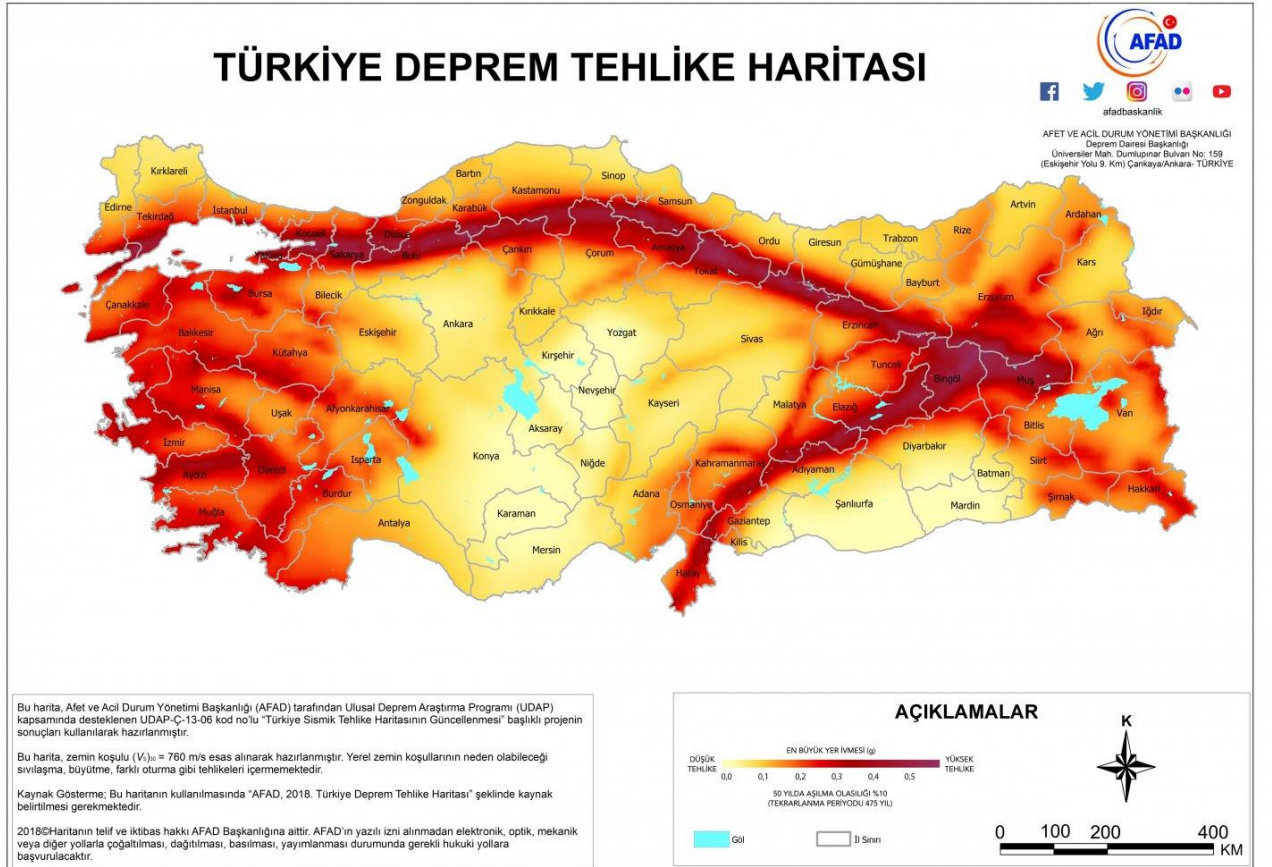
Alınan Güneş Enerjisini kıyasladığımızda ise, 4,55 kWh ile Karaman birinci sırada olup onu Antalya, Van, İçel, Niğde, Muğla, Hakkari ve Hakkari ile eşit kWh değer ile Konya, Siirt, Şırnak izlemektedir.

Global Radyasyon Değerleri ile güneşlenme süresi ile ilgili değerleri incelediğimizde Van, Karaman, Antalya, Hakkari, İçel, Muğla illeri değerlendirilebilecek iller arasındadır.

4.1.2.2. 2.Aşama: Konumsal Durum Analizi

I. Fay hatlarından uzak olması

Belirlenen illerin hangi deprem kuşaklarında yer aldığı, kurulacak bölgede olası deprem riskinin, santrali ne kadar etkileyeceği diğer önemli bir konudur.



Şekil 4.1.36. Türkiye Deprem Tehlike Haritası

Kaynak: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı

<https://www.afad.gov.tr/tr/26539/Yeni-Deprem-Tehlike-Haritasi-Yayimlandi>, [Ziyaret Tarihi: 24 Nisan 2019]

Van, Karaman, Antalya, Hakkari, İçel illerini Deprem Bölgeleri haritasına bakarak, deprem riskini incelersek, aşağıdaki tabloyu elde ederiz.

Tablo 4.1.2. Belirlenen İllerin Ait Oldukları Deprem Kuşakları

İller	Deprem Kuşağı
Van	1. ve 2. Derece
Karaman	5. derece
Antalya	Batıdan Doğuya,1.,2.,3, ve 4. Derece
Hakkari	1. Derece

İçel	3.,4. ve 5. Derece
Muğla	1. Derece

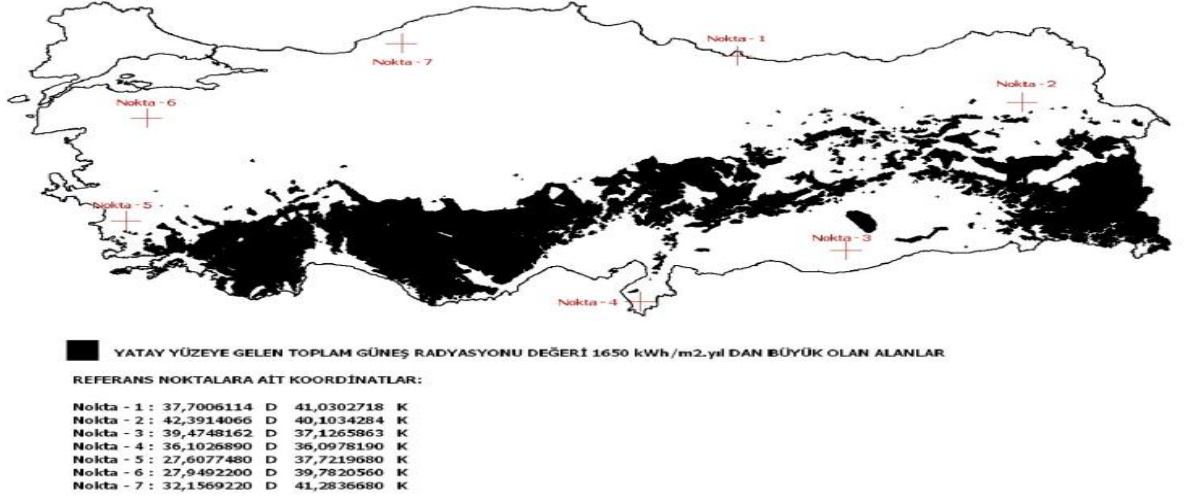
Tabloya bakarak, fay hatlarına uzak yani deprem riskinin en az olduğu ilin Karaman olduğunu söyleyebiliriz. İçel'in batı kısmı yine 5. Derece deprem kuşağında olduğundan, güneş enerjisi santrali için tercih edilebilirlik durumu vardır.

Çalışılacak bölge olarak İçel ve Karaman tercih edilebilir.

II. Dağıtım şebekelerine yakınlığı gibi etkenler

GES kurulum yeri enerji nakil hatlarına, trafolara ve yerleşim yerlerine yakın olmalıdır. (Sabah, 2016) Bu çalışmada yollara yakınlık Open Street Map' den yararlanılarak incelenmiştir.

Ayrıca; Resmi Gazete 'de yayınlanarak yürürlüğe giren, 1-8 Ocak 2011 tarih ve 27809 sayılı 6094 sayılı “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun'un 4'üncü Maddesi gereği, GES elektrik üretim tesisi kurmak için yapılacak lisans başvuruları kapsamında belirlenecek olan santral sahası alanı, aşağıda verilen ve siyah renk koduyla gösterilen alan içerisinde kalmalıdır.



Şekil 4.1.37. GES Kurulabilir Alanlar

Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı

Enerji Bakanlığı'nın yayınladığı bilgiye göre, Güneş enerjisine dayalı elektrik üretim tesisi koordinatları UTM 6 derece koordinat olarak aşağıda verilmiştir.

Tablo 4.1.3. Bölge ve Trafo Merkezi Bazında Güneş Enerjisine Dayalı Elektrik Üretim Tesisi Koordinatları

BÖLGE VE TRAFİ MERKEZİ BAZINDA GÜNEŞ ENERJİSİNE DAYALI ELEKTRİK ÜRETİM TESİSİ KOORDİNATLARI						
BÖLGE NO	UTM 6 DERECE KOORDİNATLAR				COĞRAFİ KOORDİNATLAR	
	TRAFİ MERKEZLERİ	SAĞA DEĞER	YUKARI DEĞER	DİLİM	ENLEM	BOYLAM
KARAMAN	ERMENEK	497480,00	4046971,00	36	36.5681774151	32.9718362404
	KARAMAN	517251,94	4115608,13	36	37.1867586657	33.1943704751
	KARAMAN OSB	528638,87	4118954,31	36	37.2166411466	33.3227892364
MERSİN	AKBELEN	642238,91	4076734,87	36	36.8257999007	34.5949301449
	ANAMUR	488029,38	3994216,37	36	36.0925004735	32.8670260266
	ERDEMLİ	623476,36	4061385,66	36	36.690106128	34.3821204213

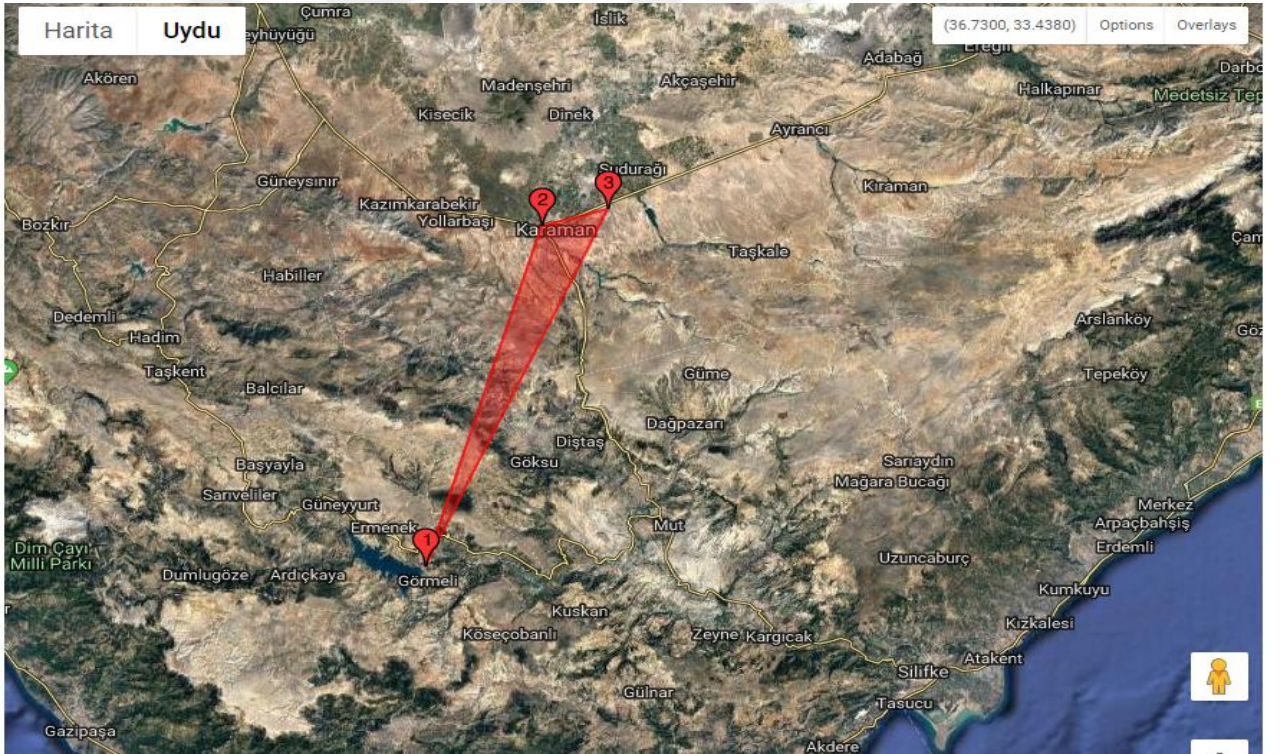
GEZENDE HES	524430,00	4046223,00	36	36.5611248964	33.273006885
MERSİN 2	638211,30	4074606,00	36	36.807212943	34.5493968192
MERSİN 380	651630,00	4086526,00	36	36.9125654078	34.702148634
TAŞ UCU	580282,55	4021214,33	36	36.3326300018	33.8945258949

Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı

Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı

Burada, UTM Converter programı indirilerek, verilen UTM 6 derece verileri coğrafi koordinatlara dönüştürülmüştür.

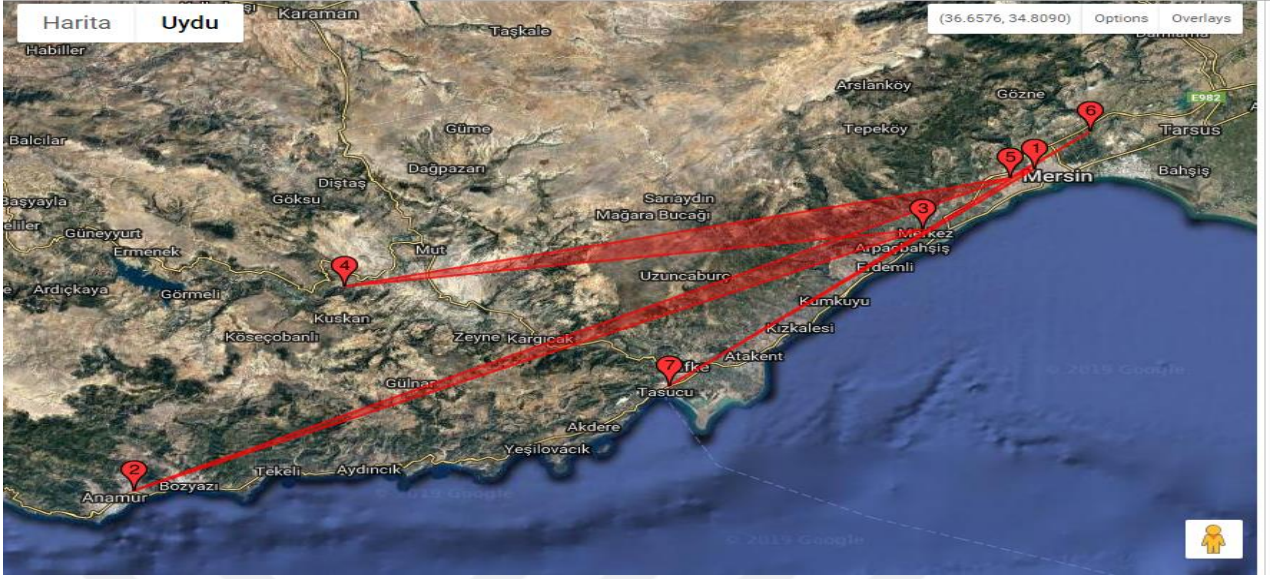
Karaman ilinde bulunan Trafo Merkezlerinin uydudan yerlerine bakarsak; Şekil.4.1.38'deki gibi olduğunu görürüz.



Şekil 4.1.38. Karaman İlinde Bulunan Trafo Merkezleri

Kaynak: <https://earthexplorer.usgs.gov/> adresinden yararlanarak yer belirleme yapılmıştır.

Mersin ili için trafo merkezleri ise Şekil 4.1.39'da görülmektedir.



Şekil 4.1.39. Mersin İlinde Bulunan Trafo Merkezleri

Kaynak: <https://earthexplorer.usgs.gov/> adresinden yararlanarak yer belirleme yapılmıştır.

III. İletim-Dağıtım esnasında meydana gelen kayıpları azaltmak için tüketiminin yoğun olduğu bölge olması

Seçilecek bölgenin köy, belde gibi merkezlere, tüketimin yoğun olduğu bölgeye yakın olmasına özen gösterilecektir. İl seçimi yapıldıktan sonra ayrıntılı incelenecektir.

4.1.2.3. 3.Aşama: Sahanın Arazi Durumu

I. Arazinin Eğimi ve Bakı Durumu

Belirlenen İçel ve Karaman illeri için gerekli verilerin elde edilmesi pahalı olduğundan ücretsiz yazılımlardan yararlanarak en uygun şekilde veri elde edilmesi sağlanmıştır.

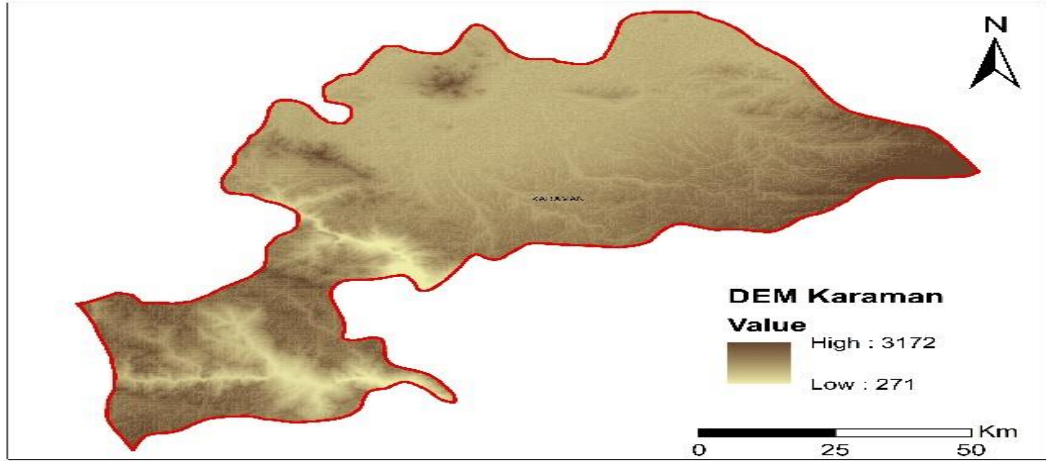
Bu çalışmada GES kurulumu için en uygun yerin seçimi için gerekli olan eğim ve bakı haritaları için ArcGIS programı kullanılmıştır.

Ve belirlenen iller olan Mersin (İçel) ve Karaman illerinin eğim haritaları (Şekil 4.1.46, Şekil 4.1.42) ve bakı haritaları (Şekil 4.1.47, Şekil 4.1.43) elde edilmiştir.

GES için uygun yer seçiminde eğim değerinin $\leq 10^0$ olması gerekmektedir. Yine GES için Türkiye'nin güneye bakan yamaçlarıdır. Buna göre uygun yer belirlenirken topografik yüzeylere dik vektörlerin kuzey ile yaptığı açı değerlerinin 135^0 ile 225^0 arasında olması gerekmektedir. ARCGis programı ile çizilen haritalar aşağıda verilmiştir.



Şekil 4.1.40. Karaman İli

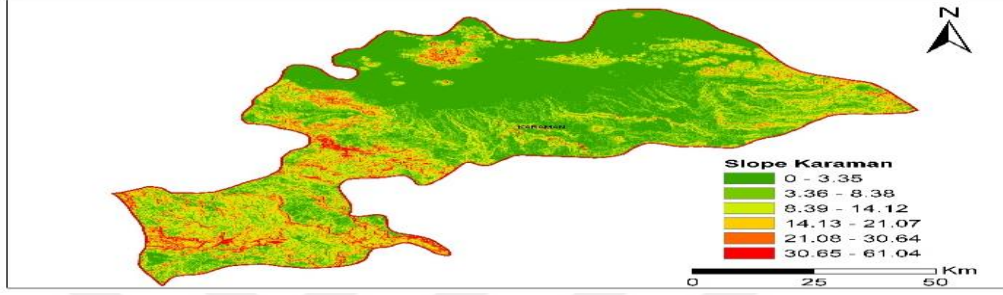


Şekil 4.1.41. Karaman İli DEM Haritası

23 Eylül 2014 tarihinde, Beyaz Saray, NASA'nın Mekik Radar Topoğrafya Görevi (SRTM) 2000 yılında oluşturulan en yüksek çözünürlüklü topoğrafik verilerin ,2015 yılının sonlarına kadar küresel olarak yayınlanacağını açıklayarak, Newyork'daki Birleşmiş Milletler Devlet İklim Zirvesi Başkanlıklarında duyurusu yapıldı ve tüm küresel SRTM verileri yayınlandı. Önceden Amerika Birleşik Devletleri dışındaki bölgeler için SRTM verileri yaklaşık 90 metre

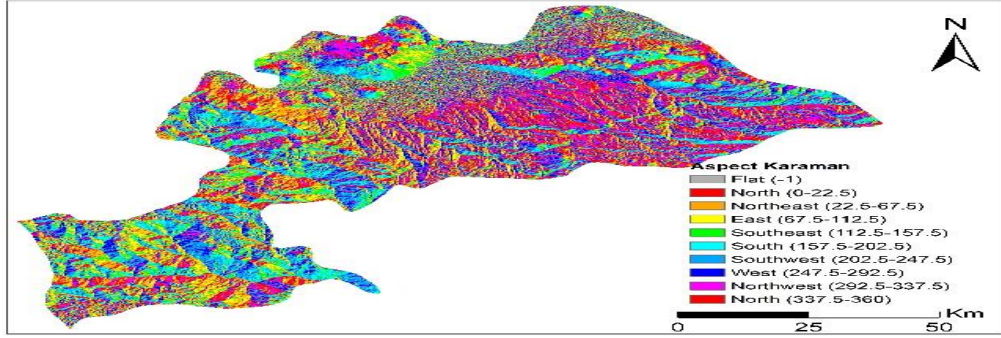
(295feet) olarak yayınlanmışken, yeni veriler yaklaşık 30 metre (98 fit), olarak orijinal ölçümlerin tam çözünürlüğünü ortaya çıkaran örnekleme ile yayınlandı. (www2.jpl.nasa.gov)

SRTM, uzay mekiği ile elde edilen radar görüntüleri ile yeryuvarının yüksek çözünürlüklü, topoğrafik haritasını oluşturmak amacıyla, NASA tarafından yürütülen uluslararası bir iş birliği programıdır. (tsym3.selcuk.edu.tr)



Şekil 4.1.42. Karaman İli Eğim Haritası¹⁴

Eğim değeri 10° den küçük olmalıdır. O halde burada, koyu yeşil ve açık yeşil olan alanlar bizim için uygundur.



Şekil 4.1.43. Karaman İli Bakı Haritası¹⁵

Bakı değeri ise $135^\circ - 225^\circ$ olmalıdır. O halde burada turkuaz renk ile belirtilen yerler bizi ilgilendiren yerlerdir.

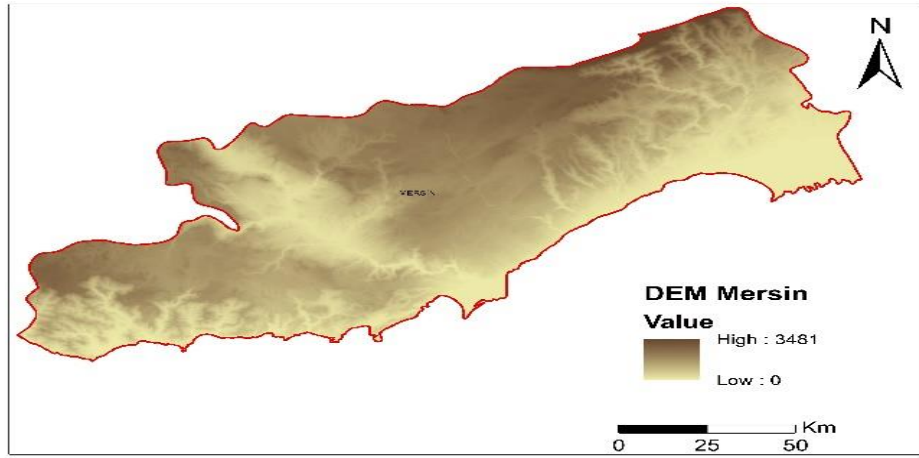
¹⁴ ARCGis programından yararlanarak çizilmiştir.

¹⁵ ARCGis programından yararlanarak çizilmiştir.

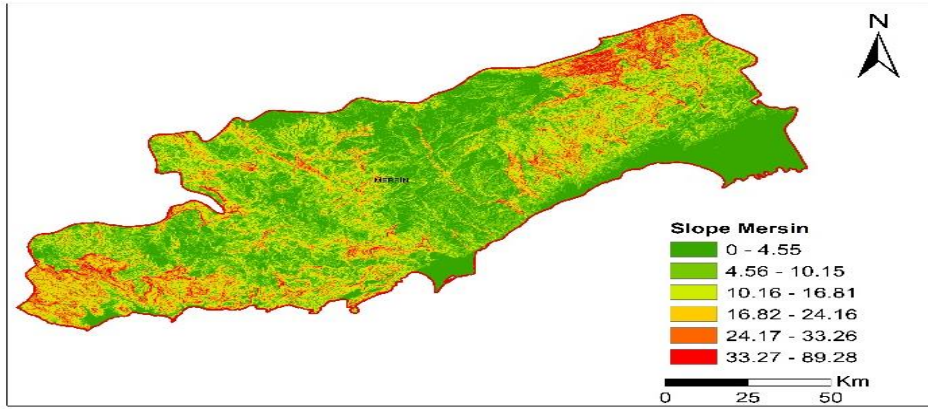
İncelemeyi Mersin ili için yapacak olursak;



Şekil 4.1.44. Mersin İli

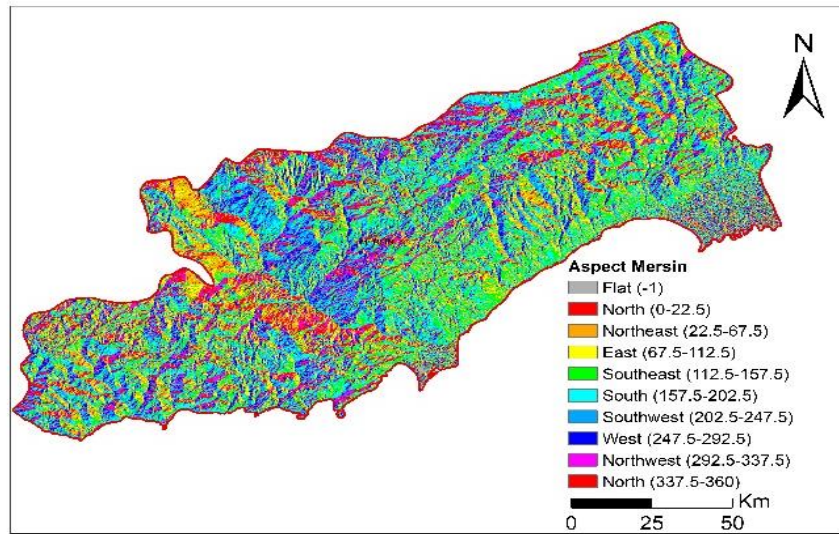


Şekil 4.1.45. Mersin İli DEM Haritası



Şekil 4.1.46. Mersin İli Eğim Haritası¹⁶

Eğim değeri 10° den küçük olmalıdır. O halde burada, Koyu yeşil ve açık yeşil olan alanlar bizim için uygundur.



Şekil 4.1.47. Mersin İli Bakı Haritası¹⁷

Bakı değeri ise $135^\circ - 225^\circ$ olmalıdır. O halde burada turkuaz renk ile belirtilen yerler bizi ilgilendiren yerlerdir.

¹⁶ ARCGis programından yararlanarak çizilmiştir.

¹⁷ ARCGis programından yararlanarak çizilmiştir.

I. Arazinin santral kurulumuna uygun olması: arazinin özellikleri, arazinin toprak durumu ve jeolojisi

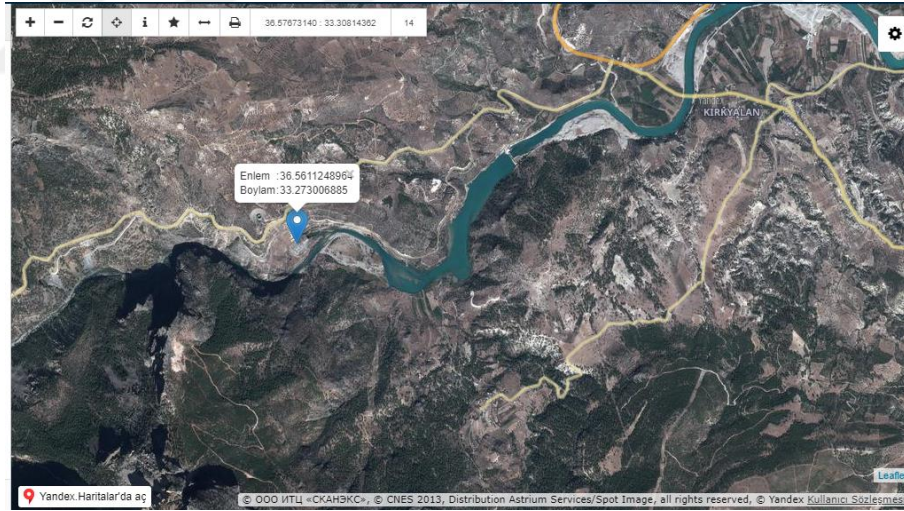
İl seçimi yapıldıktan sonra il içerisinde yer seçimi yapılırken bu koşul incelenecektir.

Sonuç olarak;

Buna göre, Open Street Map’ den ve Earthexplorer’ dan yararlanarak enerji nakil hatlarına, trafo ve yerleşim yerlerine yakınlığı gözetilerek, ekonomiklik açısından santralin kurulacağı bölge Mersin ili seçilmiştir.

4.1.3. Mersin İli için Santral Yeri Seçimi

Mersin ili için Şekil 4.1.46 ve Şekil 4.1.47’ de verilenler incelendiğinde kıyı kesimlerinin santral kurulum için çok uygun olmadığı görülür. Aşağıda belirlenen trafo merkezine yakın alanlar incelendiğinde, genelde verimli tarım arazileri olduğu görülür.



Şekil 4.1.48. Mersin İlindeki Trafo Merkezinden Biri

Kaynak: <https://parselsorgu.tkgm.gov.tr/>

Seçilen trafo merkezine yakın olan, verimsiz ama düz arazi aranmıştır. Buna uygun olarak aşağıdaki arazi seçilmiştir. 1 MW GES için 20 dönüm araziye ihtiyacımız vardır. Bu arazi yaklaşık 23 dönüm olup, ihtiyacımızı karşılayacaktır. Mersin’de verimli arazilerin çokluğu arazi seçimini zorlaştırmaktadır.

Öznitelik Bilgisi	
Taşınmaz No	8795743
İl	Mersin
İlçe	Silifke
Mahalle/Köy	Nuru
Ada	
Parsel	643
Tapu Alanı	23.440,00
Nitelik	Susuz tarla
Mevkii	Karaltı
Pafta	11-12

Şekil 4.1.49. Seçilen Arsa Bilgileri

Kaynak: Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü Parsel Sorgulama

Seçilen yer susuz tarla niteliğinde olup verimli tarım arazisi değildir.

Seçilen yerin Koordinat Listesi aşağıda Tablo 4.1.4' te verilmiştir.

Tablo 4.1.4. Seçilen Arsanın Koordinat Bilgileri

1	36.40667000	33.57913000
2	36.40800000	33.57846000
3	36.40837000	33.57845000
4	36.40834000	33.57883000
5	36.40835000	33.57894000
6	36.40857000	33.57894000
7	36.40902000	33.57904000
8	36.40937000	33.57939000
9	36.40930000	33.57966000
10	36.40875000	33.57999000

11	36.40849000	33.58012000
12	36.40769000	33.57973000
13	36.40723000	33.57950000
14	36.40667000	33.57913000

Kaynak: <https://parselsorgu.tkgm.gov.tr/#ara/id/8795743/0/0/1557063653439>, [Ziyaret Tarihi:24 Nisan 2019]

		TAPU VE KADASTRO GENEL MÜDÜRLÜĞÜ					
		PARSEL SORGULAMA BİLGİLERİ					
İl	İlçe					Mehalle	
Merkez	Söğüt					Nuru	
Ada	Parsel	Tapu Alanı (m2)	İhtilal	Mevki	Pafta		
	543	23,440.00	Susuz Tarla	Karlı	11-12		



Google

Map data ©2019 Google, Imagery ©2019 CNES / Airbus, DigitalGlobe

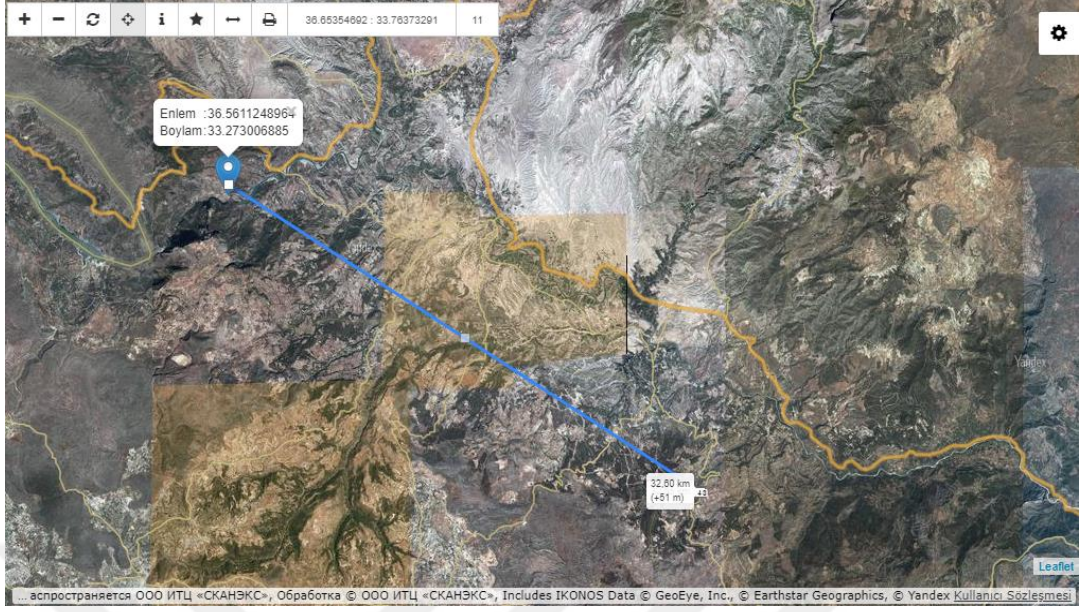
BİLGİLENDİRME

- Tüm hakları Tapu Ve Kadastro Genel Müdürlüğüne Aittir.
- Sorgulama sonucu sunulan veriler bilgilendirme amaçlı olup, ticari amaçla kullanılması yasaktır.
- Arama dışında kullanılması halinde doğabilecek her türlü hukukî, cezai ve mali sorumluluk kullanıcıya aittir.
- Gözrönümdeki kayıtlar ile elinizde bulunan bilgiler arasında uyumsuzluk olması halinde ilgili tapu ve/veya kadastro müdürlüğüne müracaat ediniz.

127.0.0.1	MEGİS (Mekansal Geyimsizlik Sistemi)	5 Mayıs 2019 Pazartesi 15:43:11
-----------	--------------------------------------	---------------------------------

Şekil 4.1.50. Santralin Kurulacağı Alan

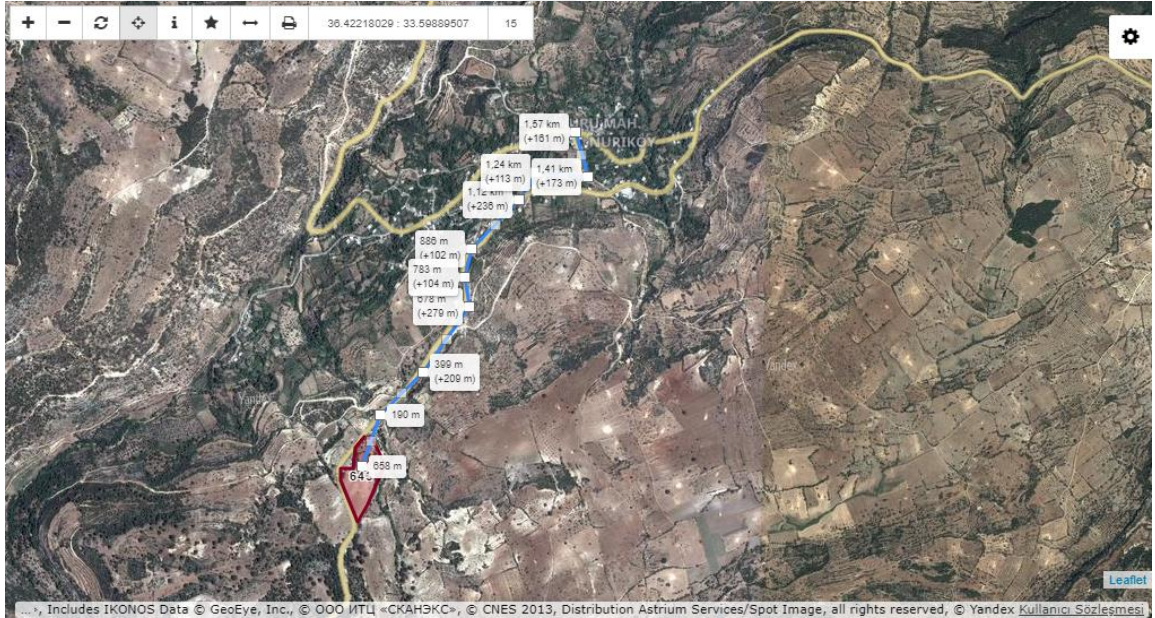
Kaynak: Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü Parsel Sorgulama Uygulaması



Şekil 4.1.51. Santral ile Trafo Merkezi Arası Mesafe

Kaynak: Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü Parsel Sorgulama Uygulaması

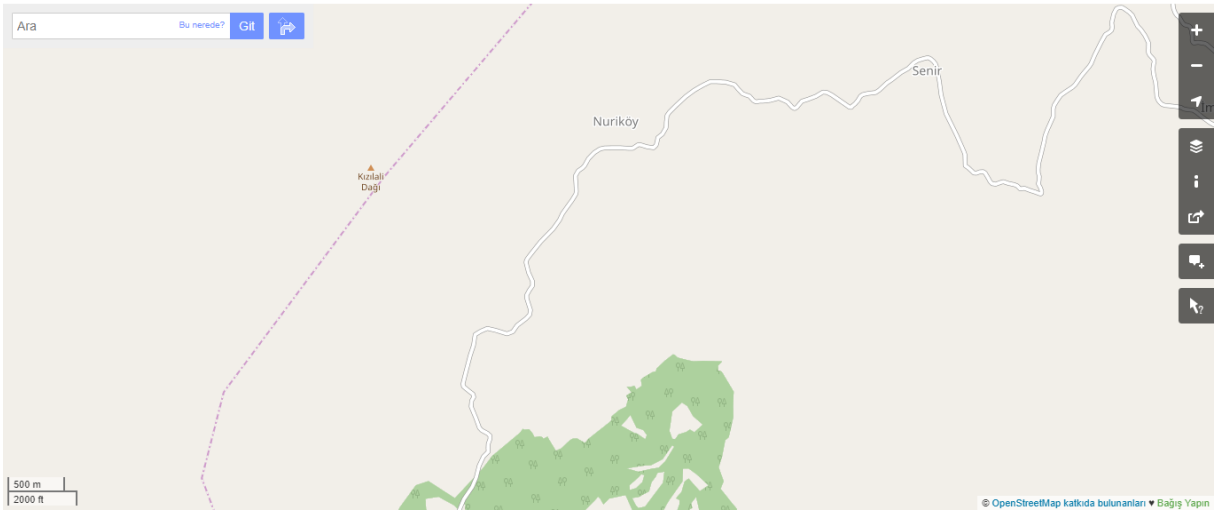
Trafo merkezi ile arasındaki mesafe yaklaşık olarak 32 km'dir.



Şekil 4.1.52. Santral ile En Yakın Yerleşim Yeri Arası Mesafe

Kaynak: Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü Parsel Sorgulama Uygulaması

En yakın yerleşim yeri Nuriköy, Nuru Mahallesi olup uzaklığı yaklaşık olarak 1,57 km'dir.



Şekil 4.1.53. Santralin Çevresindeki Ulaşım Yolları

Kaynak: <https://www.openstreetmap.org/#map=14/36.4086/33.5863>

OpenStreet Map’ den yararlanarak arazinin çevresindeki yapıları görebiliriz. Yol dışında başka bir yapı bulunmamaktadır. Ve yolun hemen yanındaki arazinin seçilmiş olması ile maliyet düşecektir.

Arazi susuz tarım arazisidir.

Seçilen Yer



Şekil 4.1.54. Santralin Kurulacağı Bölgenin Toprak Özellikleri

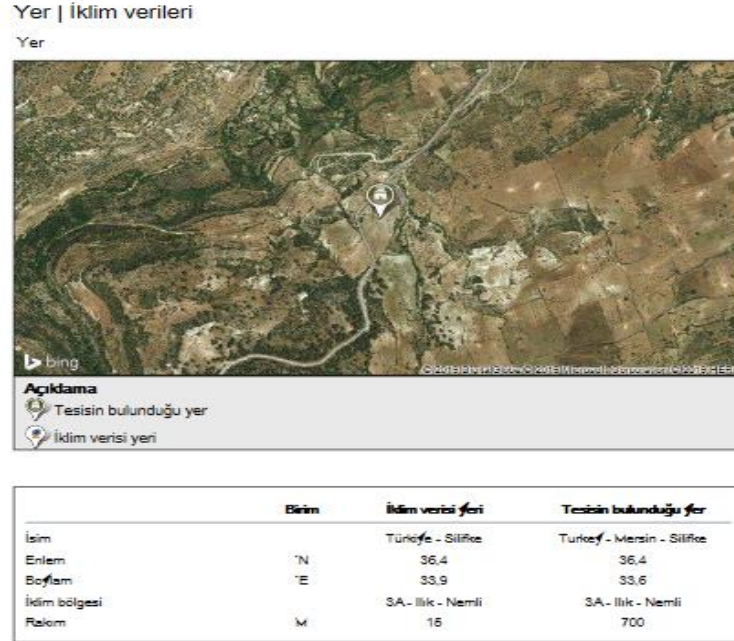
Kaynak: (Sarıbaş, 2009)

Haritayı incelediğimizde, seçilen yerdeki toprağın kahverengi orman toprak tipinde olduğunu söyleyebiliriz.

İletim-Dağıtım esnasında meydana gelen kayıplardan dolayı elektrik tüketiminin yoğun olduğu bölge seçilerek, o bölgenin enerji ihtiyacının bir kısmının oradan karşılanması koşuluna uygun olarak, GES için yer tayininde bölgede üretilen elektriği uygun şekilde dağıtmak önemlidir. (Özşahin,2013) Bu sebeple yerleşim yerine yakın olan bölge santral kurulumu için seçilmiştir.

4.1.4. RETScreen Analiz Programı ile Bu İllerin Güneş Enerjisi Santrali Kurulumuna Uygunluğunun İncelenmesi

RETScreen Programı ile seçilen arazide kurulacak 1000kW GES için sonuçlar aşağıdaki gibidir.



Şekil 4.1.55. Santralin Kurulacağı Bölgenin İklim Verileri

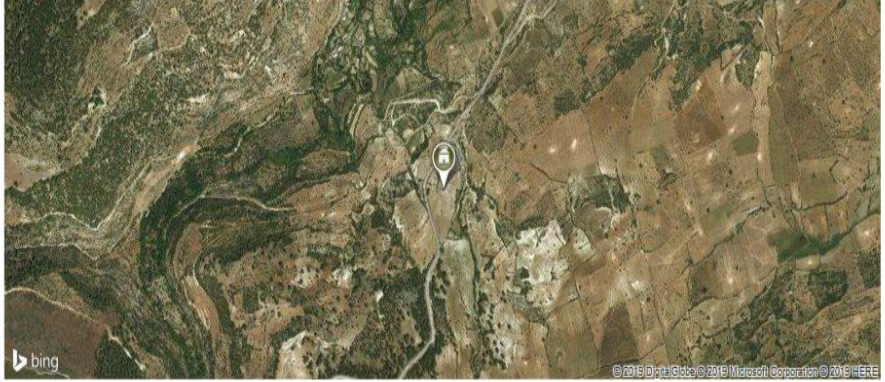
Saha referans koşulları

İklim verisi yeri: Türkiye - Silişkçe

Tesisin bulunduğu yer: Turkey - Mersin - Silişkçe

Açıklama

- Tesisin bulunduğu yer
- İklim verisi yeri



Birim

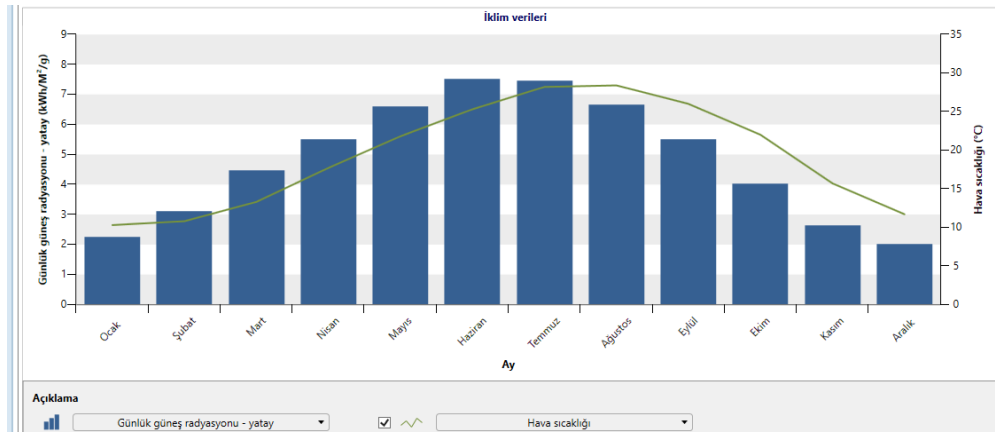
	İklim verisi yeri	Tesisin bulunduğu yer	Kaynak
Enlem	36,4	36,4	Yer+NASA
Boylam	33,9	33,6	Yer - Harita
İklim bölgesi	3A - Ilık - Nemli		Yer
Rakım	M	15	700
Isıtma tasarım sıcaklığı	°C	4,0	Yer
Soğutma tasarım sıcaklığı	°C	33,1	Yer
Yer sıcaklığı amplitüdü	°C	14,1	NASA

Ay	Hava sıcaklığı	Bağıl nem	Yağış	Günlük güneş radyasyonu - yatay	Atmosferik basınç	Rüzgar hızı	Yer sıcaklığı	Isıtma derece-gün	Soğutma derece-gün
	°C	%	mm	kWh/M ² /g	kPa	M/s	°C	°C-g	°C-g
Ocak	10,3	59,9%	87,40	2,25	94,1	2,9	10,0	239	9
Şubat	10,8	58,0%	73,62	3,11	93,9	3,0	10,0	202	22
Mart	13,3	59,8%	50,67	4,46	93,8	2,6	12,0	146	102
Nisan	17,7	64,8%	48,47	5,51	93,7	2,0	16,1	9	231
Mayıs	21,8	65,6%	34,71	6,59	93,7	1,9	20,8	0	366
Haziran	25,3	66,8%	13,84	7,52	93,5	1,9	25,2	0	459
Temmuz	28,2	66,2%	5,43	7,47	93,3	2,0	28,6	0	564
Ağustos	28,4	65,3%	5,89	6,65	93,4	2,0	28,4	0	570
Eylül	26,0	60,5%	18,67	5,52	93,7	2,0	25,7	0	480
Ekim	22,0	55,9%	50,46	4,03	94,0	2,4	21,0	0	372
Kasım	15,7	59,5%	88,02	2,64	94,1	2,6	15,3	69	171
Aralık	11,7	60,5%	101,11	2,01	94,1	2,7	11,4	195	53
Yıllık	19,3	61,9%	578,29	4,82	93,8	2,3	18,8	859	3.400
Kaynak	Yer	Yer	NASA	NASA	NASA	Yer	NASA	Yer	Yer
Ölçüm yeri:	M	10	0						

Şekil 4.1.56. Santralin Kurulacağı Bölgenin Aylara göre Verileri

Seçilen yerin hava sıcaklığını aylara göre incelediğimizde en düşük 10,3°C ve en yüksek de 28,2 °C ,yıllık ortalama sıcaklığın ise 19,3 °C olduğunu görmekteyiz. m^2 başına düşen günlük güneş radyasyonunun ise yıllık 4,82 kWh olduğunu söyleyebiliriz.

Aylara göre, hava sıcaklığı ve günlük güneş radyasyonu değişimini inceleyelim.



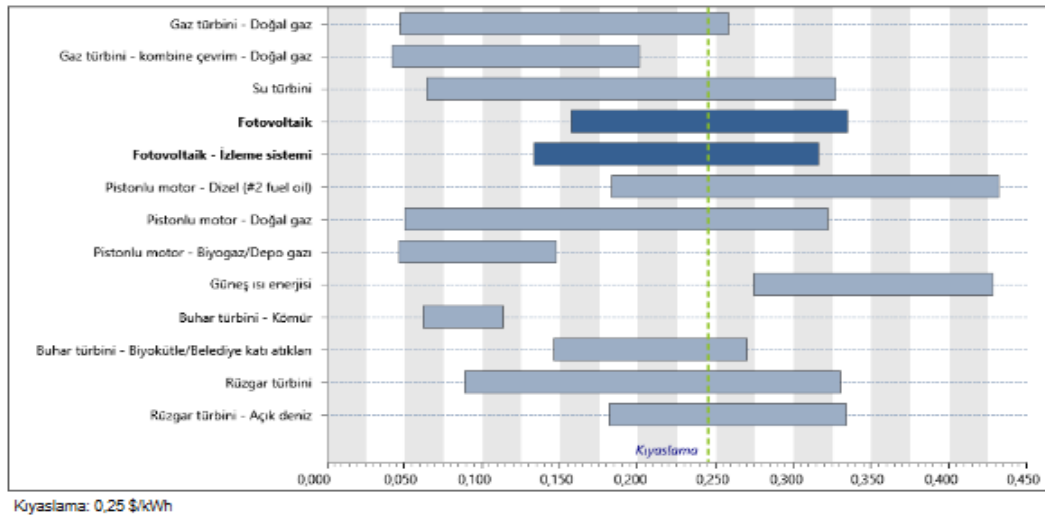
Şekil 4.1.57. Santralin Kurulacağı Bölgenin Aylara göre Hava Sıcaklığı-Günlük Güneş Radyasyonu Grafiği

Sıcaklığın en fazla Haziran, Temmuz aylarında arttığını , m^2 başına düşen günlük güneş radyasyonunun ise Temmuz ve Ağustos aylarında maksimum değerini aldığını söyleyebiliriz.

Seçilen yerde olası kurulacak diğer santrallerin enerji maliyetlerini kıyaslayalım.

Kıyaslama

Enerji üretim maliyeti - Merkezi Şebeke - Aralık (\$/kWh)



Şekil 4.1.58. Santralin Kurulacağı Bölgede Enerji Üretim Maliyetleri

Seçilen yere kurulacak bir fotovoltaik güneş santralinin kW başına maliyeti yaklaşık 0,325-0,350 \$ olduğunu söyleyebiliriz. Programda 2 farklı tür analiz verilmiştir.

Fotovoltaik - Seviye 2

Kaynak değerlendirilmesi

Güneş izleme modu: Sabit

Eğim: 36

Azimut: 0

Verileri göster

Fotovoltaik

Tip: poly-Si

Güç kapasitesi: kW 1.000

İmalatçı: jinkosolar

Model: JKM250P

Ünite sayısı: 5.000

Verimlilik: % 15.75%

Nominal çalışma hücresi sıcaklığı: °C 45

Sıcaklık katsayısı: % / °C 0.4%

Güneş kollektörü alanı: M² 6.349

Çeşitli kayıplar: % 15%

Inverter

Verimlilik: % 95%

Kapasite: kW 900

Çeşitli kayıplar: % 1%

Özet

Kapasite faktörü: % 16.3%

İlk maliyetler: \$/kW 3.000

İşletme ve Bakım maliyetleri (tasarrufları): \$/kW-yl 40

Elektrik ihracat fiyatı: \$/kWh 0.10

Şebekeye verilen elektrik: MWh 1.425

Elektrik ihracat geliri: \$ 142.456

Şekil 4.1.59. Santralin Ürettiği Enerji Miktarı ve Maliyet Hesabı

Fotovoltaik - Seviye 1

Açıklama: Fotovoltaik - 1000 kW

Not: MERSİN

Seviye: Seviye 1 Seviye 2

Fotovoltaik - Seviye 1

Güç kapasitesi: kW 1.000

İmalatçı: jinko solar

Model: JKM250P

Ünite sayısı: 5.000

Kapasite faktörü: % 16.26%

İlk maliyetler: \$/kW 3.000

İşletme ve Bakım maliyetleri (tasarrufları): \$/kW-yl 40

Elektrik ihracat fiyatı: \$/kWh 0.10

Şebekeye verilen elektrik: MWh 1.424

Elektrik ihracat geliri: \$ 142.438

Şekil 4.1.60. Santralin Ürettiği Enerji Miktarı ve Maliyet Hesabı (Basit Gösterim)

Seçilen yer için 1 MW 'lık kurulu güce sahip enerji santrali için saatte 1.425 MW elektrik şebekeye verilebilir. Bu durumda Türkiye'de uygulanan destekleri aşağıda verilen tabloda inceleyelim.

Tablo 4.1.5. Türkiye’de Uygulanan Teşvikler

DESTEK (TEŞVİK)	ABD Dolar Cent/kwh
Güneş Enerjisine Dayalı Üretim Tesisinde Üretilen Enerji	13.3
Konstrüksiyon (Yerli Olması Halinde)	0.8
PV Modülleri (Yerli Olması Halinde)	1.3
PV Modülünü Oluşturan Hücreler (Yerli Olması Halinde)	3.5
İnvertör (Yerli Olması Halinde)	0.6
PV Modülü üzerine güneş ışınını odaklama cihazı (Yerli Olması Halinde)	0.5

Sonuç olarak;

RETSscreen Programına verilerin girilmesi sonucu, bankadan alınacak kredi ile kurulacak bir santralin finansal analizi ve parametreler aşağıdaki gibidir. Burada elektrik satış fiyatı olan 0,133~0,10 \$ /kWh olarak alınmıştır.

Tablo 4.1.6. İşletme Giderleri ve Maliyetleri

İşletme Giderleri	Maliyet
Nakliye Maliyetleri	2.500 \$
Personel Giderleri,Yemek,Konaklama Maliyetleri	15.000 \$
SSK prim Maliyeti	5.000 \$
Su ,Yakıt Giderleri	5.000 \$
Tesis Onarım Maliyetleri	1.500 \$
Gözden Kaçan Giderler	10.000 \$

Kaynak : (Dümenli, 2019)

Toplamda yaklaşık olarak yıllık 40.000 \$ işletme maliyeti olacaktır. Buna göre verileri programa girdiğimizde aşağıdaki sonuçları elde etmiş oluruz.

RETSscreen - Finansal Analiz

Finansal parametreler		
Genel		
Enflasyon oranı	%	2%
İskonto oranı	%	9%
Yeniden yatırım oranı	%	9%
Proje ömrü	yıl	20
Finansman		
Teşvikler ve hibeler	\$	
Borç oranı	%	70%
Borç	\$	671.152
Öz varlık	\$	287.637
Borç faiz oranı	%	7%
Borç vadesi	yıl	15
Borç ödemeleri	\$/yıl	73.689
Gelir vergisi analizi ☐		

Şekil 4.1.61. Finansal Analiz

Maliyetler Tasarruflar Hasılat			
İlk maliyetler			
İlk maliyet	0%	\$	0
Güneş Paneli	41,1%	\$	394.440
Invertörler	9,4%	\$	89.663
Konstrüksiyon	10,4%	\$	100.000
Tel Çit Sistemleri	0,71%	\$	6.800
Aydınlatma	0,45%	\$	4.300
Kamera Sistemleri	0,39%	\$	3.750
İzleme Sistemleri	0,21%	\$	1.982
İdari Bina	0,52%	\$	5.000
Kulübe	0,07%	\$	652
Konteyner	0,26%	\$	2.500
Kablolama	6,9%	\$	65.862
Topraklama	2%	\$	19.256
Paratoner	0,14%	\$	1.302
Pano	2,8%	\$	26.650
Şantiye Gideri	1,1%	\$	11.000
Zemin Düzenleme	0,52%	\$	5.000
Çakma Delme-Kazı Dolgu	0,89%	\$	8.500
Makine Kiralama	1,3%	\$	12.500
İSG	0,9%	\$	8.632
Mühendislik ve Müşavirlik	5,2%	\$	50.000
Testler ve Devreye Alma	1,4%	\$	13.500
Enerji Nakil Hatları	9,1%	\$	87.500
Yol, Alt Yapı ve Güç Kaynakları	2,1%	\$	20.000
Görünmeyen Giderler	2,1%	\$	20.000
Toplam ilk maliyetler	100%	\$	958.789
Yıllık maliyetler ve borç ödemeleri			
İşletme ve Bakım maliyetleri (tasarrufları)		\$	40.000
Borç ödemeleri - 15 yıl		\$	73.689
Toplam yıllık maliyetler		\$	113.689
Yıllık tasarruflar ve gelir			
Elektrik ihraç geliri		\$	142.455
Toplam yıllık tasarruflar ve gelir		\$	142.455

Şekil 4.1.62. Maliyetler Genel Gösterim

Finansal sürdürülebilirlik		
Vergi öncesi İGO - özsermaye	%	15,6%
Vergi öncesi DDGO - özsermaye	%	12,1%
Vergi öncesi İGO - varlıklar	%	3,1%
Vergi öncesi DDGO - varlıklar	%	5,5%
Basit geri ödeme	yıl	9,4
Özsermaye geri ödeme	yıl	7,6
Net Şimdiki Değer (NPV)	\$	215.467
Yıllık yaşam döngüsü tasarrufları	\$/yıl	23.604
Maliyet-Fayda oranı		1,7
Borç çevrilebilirliği		1,4
Seragazı azaltma maliyeti	\$/tCO ₂	-35
Enerji üretim maliyeti	\$/kWh ▼	0,101

Şekil 4.1.63. Geri Ödeme Süresi

Sonucu incelediğimizde geri ödeme süresinin yaklaşık 7,5 yıl olduğunu görmekteyiz. Bu da seçilen yerde santral kurulumunun uygun olduğunu gösterir.

Yıllık nakit akışları		
Yıl #	Vergi öncesi \$	Kümülatif \$
0	-287.637	-287.637
1	30.815	-256.821
2	32.905	-223.916
3	35.037	-188.879
4	37.212	-151.667
5	39.430	-112.237
6	41.692	-70.545
7	44.000	-26.545
8	46.354	19.809
9	48.755	68.563
10	51.203	119.767
11	53.701	173.468
12	56.249	229.717
13	58.848	288.565
14	61.499	350.063
15	64.202	414.266
16	140.649	554.915
17	143.462	698.377
18	146.331	844.708
19	149.258	993.966
20	152.243	1.146.209

Şekil 4.1.64. Yıllık Nakit Akışları

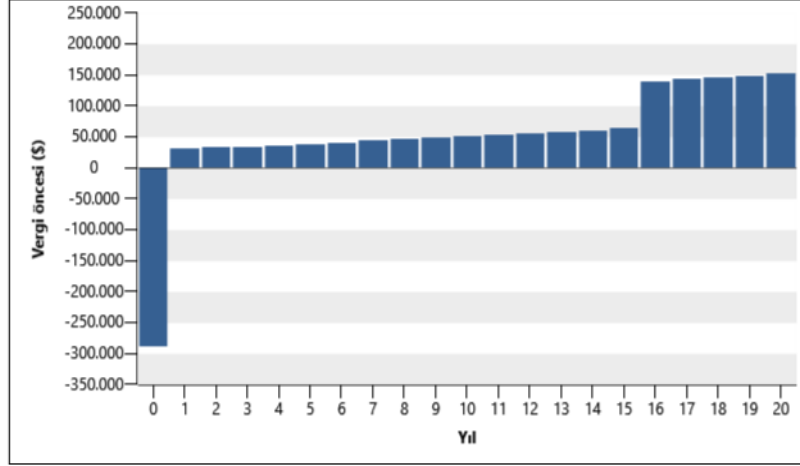
20 yıl sonunda 1.146.209 \$ kazanılacağını görmekteyiz.

Yıllık veriler de yukarıdaki gibidir.

Sonuç olarak, seçilen yerde kurulacak bir güneş enerji santralinin kredi alınarak kurulumu için 958.789\$ gerekli olup, kazanç kredili kurulumda 142.455 \$'dır ve 7,6 yılda kendini amorti etmektedir. Kredisiz ise yaklaşık 6 yılda, kendini amorti etmektedir.

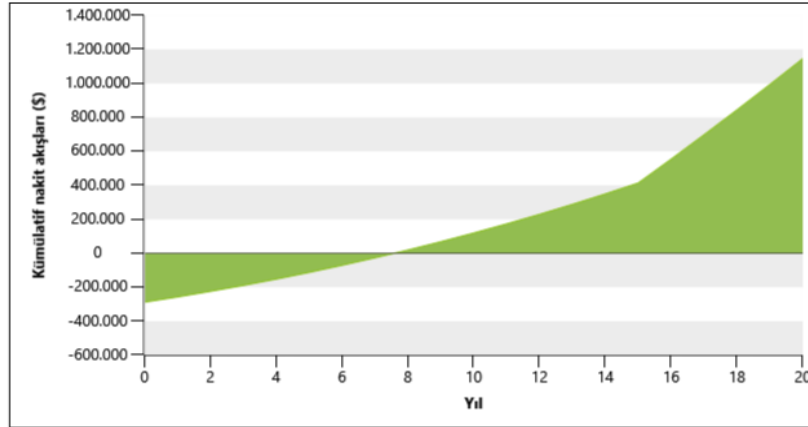
Nakit akışı

Yıllık



Şekil 4.1.65. Nakit Akış Grafiği

Kümülatif



Şekil 4.1.66. Kümülatif Nakit Akış Grafiği

Kredisiz Hesaplanırsa;

TOPLAM MALİYET (Yaklaşık) = 958.789 \$

TOPLAM YILLIK GELİR (Yaklaşık)= 1.425.000 KW × 0,133=189.525 \$ /kWh

YATIRIMIN GERİ ÖDEME SÜRESİ(YIL)=958.789/189.525=5,06 olduğundan yaklaşık 6 yıl içerisinde geri ödemesi yapılabilecektir. Bu da kurulum için uygun yerin seçildiğinin göstergesidir.

4.2. RÜZGAR ENERJİSİ SANTRALİ KURULUM YERİ SEÇİLMESİ VE SANTRALİN EKONOMİK ANALİZİ

Öncelikle ülkemizin rüzgar enerjisinden yararlanma durumunu, mevcut santralleri ve ülkemizdeki ilerleyişini inceleyelim.

❖ Ülkemizde Rüzgar Enerjisinin Kullanım Durumu

1998 yılında İzmir’de ilk rüzgar türbini kurulmuştur. Sonrasında türbin maliyetlerinin azalmasının etkisiyle ülkemizde rüzgar enerjisinin kullanımı, kurulum artış miktarları bazı yıllarda azalmış olsa da, türbin sayılarının artışı ile birlikte artmaktadır.

2008-2018 yılları arasındaki durumu incelersek:



Şekil 4.2.1. Türkiye’deki Rüzgar Enerjisi Santralleri için Kümülatif Kurulum

Kaynak: Türkiye Rüzgar Enerjisi İstatistik Raporu 2019

Grafikte görüldüğü gibi 2008 yılında 363,7 MW’lık kurulu güç varken, bazı yıllarda artış miktarı azalsa da 2018 yılında bu kurulu güç 7369,35 MW’ a yükselmiştir. En fazla artış 2015-2016 yılları arasında olmuş, en az artış ise 2008-2009 yılları arasında gerçekleşmiştir.

2016 yılında kurulum sayısı maksimum seviyeye ulaşmış, 2008 yılında ise en az kurulumun gerçekleştiğini görmekteyiz.

❖ İşletmedeki Rüzgar Enerjisi Santralleri

2019 yılı Türkiye Rüzgar Enerjisi İstatistik Raporuna göre ülkemizde işletmedeki rüzgar enerji santralleri 180 tanedir. Bunlardan 8 tanesi Hatay'da kurulmuştur. Toplam kurulu güç 7369,36 MW' tır. Ülkemizdeki mevcut rüzgar enerji santralleri Tablo 4.2.1' de verilmiştir.

Tablo 4.2.1. İşletmedeki Rüzgar Enerjisi Santralleri

ŞİRKET ADI COMPANY NAME	PROJE ADI PROJECT NAME	KURULU GÜÇ (MW) INSTALLED CAPACITY (MW)	İL CITY	Türbin Üreticisi TURBINE MANUFACTURER	Türbin Modeli TURBINE MODEL	Kurulu Güç (MW) TURBINE POWER	İşletmeye girdi tarihi COMMISSIONING DATE
1	Esti Enerji A.Ş.	Ada 2 RES	4,60	Balıkesir	ENERCON	5-70	2015
2	YGT Elektrik Üretim A.Ş.	Ada RES	10,00	İzmir	SIEMENS GAMESA	G97	2015
3	Almas Elektrik Üretim ve Tic. A.Ş.	Almas RES-4	60,60	Kütahya	SIEMENS GAMESA	SWT-3.2-113	2017
4	Ayten Enerji A.Ş.	Akbük II RES	21,00	Muğla	SUZLON	S95	2016
5	Suay Enerji San. ve Tic. A.Ş.	Akbük RES	21,60	Aydın	NORDEX	N117	2015/2016
6	Ayten Enerji A.Ş.	Akbük RES	31,60	Aydın	SUZLON	S88	2009
7	Alman Enerji Üretim Ticareti ve Sanayi A.Ş.	Akdağ RES	20,00	Konya	SIEMENS GAMESA	SC 126	2016
8	Akhisar Rüz. En. El. Ü. San. Ltd. Şti.	AKRES	55,00	Manisa	NORDEX	N90 / N100	2009/2016
9	Akku Tarih En. El. Ü. San. ve Tic. A.Ş.	Akku RES	72,00	Kayseri	VESTAS	V100-2.0	2012
10	ADO Enerji Üretim San. ve Tic. A.Ş.	Akyurt RES	14,70	Tokat	SIEMENS GAMESA	G114	2016
11	Eğirdir Ego Enerji Üretim A.Ş.	Aloçak RES	16,00	İzmir	ENERCON	S-82	2016
12	Elektrik Üretim A.Ş.	Aloçak RES	7,20	İzmir	VESTAS	V44-600	1998
13	Tan Elektrik Ü. A.Ş.	Alpağ RES	19,20	İzmir	NORDEX	N117	2014/2016
14	Alibey Rüzgar Enerji Üretim A.Ş.	Alibey RES	30,00	Balıkesir	NORDEX	N117 / 3.6(5) + N117 / 3(4)	2016
15	Balıkesir En. A.Ş.	Amasya RES	82,00	Amasya	NORDEX	N100 / N117	2006 / 2017
16	Şehzade Enerji Üretim Ticareti San. A.Ş.	Amasya RES	46,20	Amasya	VESTAS	V126-3.3	2016
17	Eysal Elektrik Üretim A.Ş.	Ardıç RES	52,60	Konya	SIEMENS GAMESA	G132	2016
18	Heka Rüzgar Enerji Santrali A.Ş.	Azuz RES	3,60	Amasya	VESTAS	V136-3.45/3.6	2016
19	Güngör İnş. Müh. A.Ş.	Arik RES	18,00	Hatay	SIEMENS GAMESA	G90	2014
20	Ayres Ayvazlı El. Ü. San. Ltd. Şti.	Ayres RES	5,40	Çanakkale	VESTAS	V90-1.8	2011
21	AKEN. B. Ü. A.Ş.	Ayyıldız RES	28,20	Balıkesir	VESTAS	V90-3.0 / V112-3.3	2009/2017
22	Köle Enerji Yat. Ü. ve Tic. A.Ş.	Bağcı RES	48,00	İzmir	NORDEX	N117	2015
23	Bağcı Elektrik Üretim A.Ş.	Bağcı RES	62,70	Konya	SIEMENS GAMESA	G132	2016
24	Boussan ENBW	Balıbanlı RES	61,40	Toklat	SIEMENS GAMESA	SWT-2.3-106 / SWT-3.6-130	2014/2016
25	Başı El. Ü. A.Ş.	Balıkesir RES	143,00	Balıkesir	GE	GE2.7-5-103	2012
26	Yapı San. El. Ü. A.Ş.	Bandırma RES	30,00	Balıkesir	GE	GE1.5-90	2006
27	Boracık En. Yat. Ü. San. Tic. A.Ş.	Bandırma RES	89,70	Balıkesir	VESTAS	V90-3.0 / V112-3.3	2009/2014
28	Yapı San. El. Ü. A.Ş.	Bandırma RES Ext.	21,50	Balıkesir	NORDEX	N90	2012
29	As Makina San. El. Ü. San. Tic. A.Ş.	Bandırma-3 RES	41,60	Balıkesir	NORDEX	N90 / N117	2006 / 2016
30	Ventim En. Yat. Ü. ve Tic. A.Ş.	Bağcı RES	12,45	Toklat	GE	GE2.85-103/GE3.2-103	2016-2017
31	Babın El. Ü. A.Ş.	Babın RES	48,00	Hatay	VESTAS	V90-3.0	2009/2017/2012
32	Kınas Enerji A.Ş.	Balıkesir RES	32,00	Tokat	SIEMENS GAMESA	SWT-3.2-113	2016
33	Bağcı RES En. Ü. A.Ş.	Bağcı RES	120,00	İzmir	NORDEX	N90 / N117	2007/2016
34	Ventim Elektrik Üretim A.Ş.	Bağcı RES	25,20	İzmir	NORDEX	N131/3600	2016
35	Bağcı Elektrik Üretim A.Ş.	Bağcı RES	69,95	İzmir	GE	GE3.2-103/GE2.7-103	2017
36	KODAS Çelik En. Yat. ve Ü. San. A.Ş.	Bilgi RES	60,60	Çanakkale	GE	GE3.2-103	2015
37	Başı Barçınada Rüz. En. San. Tic. A.Ş.	Barçınada RES	10,20	Çanakkale	ENERCON	S-40	2000

www.tureb.com.tr

Kaynak: Türkiye Rüzgar Enerjisi İstatistik Raporu 2019

TWEA STATISTIC REPORT

9

TÜREB İSTATİSTİK RAPORU

İŞLETMEDEKİ RÜZGAR ENERJİSİ SANTRALLERİ / WIND POWER PLANTS UNDER OPERATION

ŞİRKET ADI COMPANY NAME	PROJE ADI PROJECT NAME	KURULU GÜÇ (MW) INSTALLED CAPACITY (MW)	İL CITY	TÜRBİN ÜRETİCİSİ TURBINE MANUFACTURER	TÜRBİN MODELİ TURBINE MODEL	TÜRBİN GÜCÜ TURBINE POWER	İŞLETMEYE GİRİŞ YILI COMMISSIONING OF OPERATION
38 Kardemir Haddacılık San. Tic. Ltd. Şti.	Baryaka RES	19,70	İzmir	NORDEX	N100 / N117	2,5 MW / 2,4 MW	2012 / 2016
39 Doğal En. El. Ü. A.Ş.	Bugaz RES	14,90	Çanakkale	ENERCON	E-48/E-44	0,8MW/0,9MW	2007
40 Polimer Enerji Üretim San. Ve Tic. A.Ş.	Çeşit RES	57,60	Kırmanç	NORDEX	N131/3600	3,6 MW	2018
41 Altın En. El. Ü. A.Ş.	Çoraklı RES	20,80	Çanakkale	ENERCON	E-82/E-46	2MW/0,8MW	2009
42 Altın En. El. Ü. A.Ş.	Çoraklı RES	42,30	Çanakkale	ENERCON	E-92	2,35	2018
43 Boydak Enerji Üretim ve Tic. A.Ş.	Çorba RES	47,50	İstanbul	NORDEX	N100	2,5 MW	2013/2014
44 Sarıkaya Rüz. En. San. ve Tic. A.Ş.	Çatalca RES	99,00	İstanbul	VESTAS	V90-3.0 / V117-3.3	3 MW / 3,3 MW	2008 / 2016
45 Altın En. El. Ü. A.Ş.	Çataltepe RES	16,00	Balıkesir	ENERCON	E-82	2 MW	2010
46 Siper Enerji Üretim A.Ş.	Çataltepe RES	12,00	İstanbul	NORDEX	N117	3 MW	2016
47 ZT Enerji A.Ş.	Çeşitli RES	57,00	Hatay	ACCIONA	AW125	3 MW	2015
48 Altın En. El. Ü. A.Ş.	Çeyme RES	10,70	İzmir	ENERCON	E-40/E-82	0,5 MW/2,3MW	1998/2017
49 ABK Çeyme Enerji	Çeyme RES	18,00	İzmir	NORDEX	N117	3 MW	2015
50 Enerji En. Ü. A.Ş.	Dağpazarı RES	39,00	Menşin	SIEMENS GAMESA	SWT-3.0-101	3,0 MW	2011
51 Dases Dalga Rüz. En. San. ve Tic. A.Ş.	Dases Dalga RES	41,60	Muğla	ENERCON	E-48/E-44/E-115	0,8MW/0,9MW/3MW	2008/2017
52 Dalga Rüzgar Enerji Elektrik Üretim A.Ş.	Dalga RES	12,50	Muğla	SIEMENS GAMESA	SG 114	2,5 MW	2018
53 Zorlu Rüzgar En. El. Ü. A.Ş.	Damirler RES	23,30	Osmaniye	GE	GE1.7-100/GE2.85-103	1,7 MW/2,85 MW	2016
54 Çalık Rüzgar Enerji Elektrik Ü. Ltd. Şti.	Damirli RES	40,00	İzmir	NORDEX	N90(3)+N100(13)	2,5 MW	2016
55 Kala Enerji Üretim Tic. ve San. A.Ş.	Dilek RES	28,80	Kırmanç	NORDEX	N117	2,4 MW	2015/2018
56 Olgun En. Ü. Tic. A.Ş.	Dinar RES	115,00	Afyon	SIEMENS GAMESA	SWT-2.3-106	2,3 MW	2013
57 Olgun En. Yat. Ü. ve Tic. A.Ş.	Dinar RES Ert	85,25	Afyon	GE	GE2.75-120	2,75 MW	2016
58 Ölüya En. Ü. San. Tic. A.Ş.	Düzova RES	51,50	İzmir	GE	GE2.5-100/GE2.75-100	2,5 MW / 2,75 MW	2009/2012/2013/2014
59 Eber Enerji Üretim A.Ş.	Eber RES	39,00	A. Karahisar	NORDEX	N131/3900	3,9 MW	2018
60 Edirne Enerji El. Ü. A.Ş.	Edirne RES	77,40	Balıkesir	NORDEX	N100/N117	2,5 MW/2,4 MW/3 MW	2013/2015/2016
61 Mollam En. El. Ü. A.Ş.	Ege RES	9,20	İzmir	ENERCON	E-70	2 MW	2015
62 Hancı Enerji Üretim A.Ş.	Elmalı RES	30,00	Menşin	VESTAS	V100-2.0	2,0 MW	2016
63 Elmalı Enerji Üretim A.Ş.	Elmalı RES	9,90	Menşin	VESTAS	V112-3.3	3,3 MW	2017
64 Bozars En. Ü. San. ve Tic. Ltd. Şti.	Enez RES	21,60	Edirne	NORDEX	N90/N100	2,5 MW/3,3 MW	2008/2016
65 Marmarosa Enerji Üretim A.Ş.	Esenköy	32,40	Yalova	NORDEX	N117	3,6 MW	2017
66 Dene En. Ü. Tic. A.Ş.	Fatma RES	80,00	Muğla	SIEMENS GAMESA	SWT-3.2-113	3,2 MW	2016/2017
67 Ruat RES Enerji Üretim A.Ş.	Fuat RES	38,00	İzmir	VESTAS	V112-3.3	3,3 MW	2015/2016
68 An En Enerji Üretim A.Ş.	Gazi RES	6,90	İstanbul	VESTAS	V126-3,45	3,45 MW	2018
69 Gires Enerji Ü. Tic. A.Ş.	GERES	30,00	Manisa	NORDEX	N90	2,5 MW	2014/2015
70 Rüzgar Enerji Üretim A.Ş.	Geliş RES	12,00	Muğla	NORDEX	N117	3 MW	2017
71 Ege Enerji Ege Enerji Üretim A.Ş.	Gemlikan RES	12,00	İzmir	ENERCON	E-82	2 MW	2016
72 Alın En. El. Ü. A.Ş.	Geyik RES	168,00	Kırşehir	ENERCON	E-82	2MW/3MW	2013/2014
73 Rotor El. Ü. A.Ş.	Gölpazarı RES	135,00	Osmaniye	GE	GE2.5-100	2,5 MW	2009
74 İrtis En Enerji Yat. Ü. Ve Tic. A.Ş.	Gölcük RES	10,20	Kocaeli	GE	GE1.7-103	1,7 MW	2017/2018
75 Gazi En. Ü. ve Tic. A.Ş.	Gök RES	35,75	Manisa	GE	GE2.75-103	2,75 MW	2014
76 Manis El. Ü. A.Ş.	Göneyin RES	20,75	Balıkesir	GE	GE2.5-100/GE2.75-100	2,5 MW / 2,75 MW	2012 / 2014
77 Tülay Albino Enerji Üretim Enerji Ü. A.Ş.	Göndöğdu RES	9,60	Bursa	NORDEX	N117	2,4 MW	2016
78 Etiler Enerji Ü. Paz. İn. İn. A.Ş.	Harmanlı RES	52,80	Bursa	VESTAS	V112-3.3	3,3 MW	2015
79 Etiler Enerji Ü. A.Ş.	Hazanbeyli RES	50,00	Osmaniye	NORDEX	N100	2,5 MW	2014
80 Hibiş Enerji Üretim San. ve Tic. A.Ş.	Hilal RES	9,90	Menşin	VESTAS	V112-3.3	3,3 MW	2015
81 Tarmak Enerji Üretim A.Ş.	İncosu RES	29,20	Afyon	VESTAS	V112-3.3 V100-2.0	3,3 MW / 2,0 MW	2014/2016
82 Anam En. El. Ü. A.Ş.	İneps RES	55,70	Çanakkale	ENERCON	E-48/E-82	0,8MW/2MW	2007 / 2014/2016
83 Koca Enerji Yat. Ü. Ve Tic. A.Ş.	Kahtaklı RES	10,20	Balıkesir	GE	GE1.7-103	1,7 MW	2018
84 Kangal Enerji Üretim A.Ş.	Kangal RES	78,00	Şivas	VESTAS	V100-2.0 / V110-2.0	2 MW	2014/2015
85 Kangal Enerji Üretim A.Ş.	Kangal RES Ert	50,00	Şivas	SIEMENS GAMESA	G114	2,0 MW/2,1 MW	2017

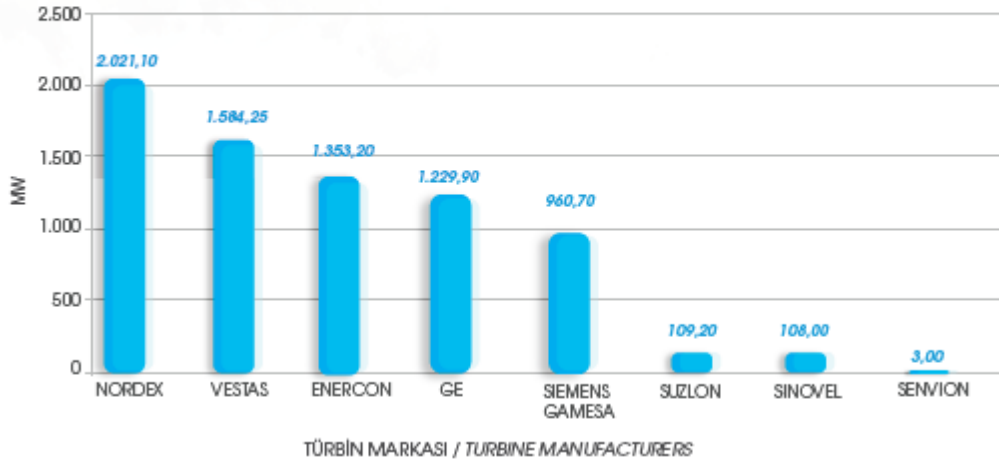
İŞLETMEDEKİ RÜZGAR ENERJİSİ SANTRALLERİ / WIND POWER PLANTS UNDER OPERATION								
ŞİRKET ADI COMPANY NAME	PROJE ADI PROJECT NAME	KURULU GÜÇ (MW) (INSTALLED CAPACITY (MW))	İL QTY	Türbin Üreticisi TURBINE MANUFACTURER	Türbin Modeli TURBINE MODEL	Türbin Gücü TURBINE POWER	İşletmeye başlama tarihi COMMISSIONING OF OPERATION	
86	Deme En. Üt. Tic. A.Ş.	Karlıca RES	64,00	Edirne	SIEMENS GAMESA	SWT-3.2-113	3,2 MW	2016
87	Kapıdağ Rüz. En. San. B. Üt. San. ve Tic. A.Ş.	Kapıdağ RES	28,00	Balıkesir	VESTAS	V80-2.0	2 MW	2013/2014
88	Eğeneçli En. Üt. ve Mak. San. ve Tic. A.Ş.	Karabul RES	3,00	İzmir	SEMYON	3.4M104	3,4 MW	2016
89	Lozbe En. Üt. A.Ş.	Karaburun RES	120,00	İzmir	ENERCON	E-82	2MW/3MW	2013
90	Yalova Rüzgar Enerji Üretim ve Tic. A.Ş.	Karacabey RES	30,00	Bursa	NORDEX	N100	2,5 MW	2016
91	MURSALENERJİ Üretim San. Ve Tic. A.Ş.	Karacaören RES	12,60	Sivas	SIEMENS GAMESA	G114	2,1 MW	2016
92	Gazit En. Üt. ve Tic. A.Ş.	Karadağ RES	10,00	İzmir	GE	GE2.5-100	2,5 MW	2012
93	Okman Enerji Elektrik Üretim ve Yat. A.Ş.	Karadağ RES	18,00	İzmir	NORDEX	N117	3 MW	2016
94	Ayvalı En. San. ve Tic. A.Ş.	Karadere RES	19,20	Kırıkkale	GE	GE1.6-100	1,6 MW	2014/2016
95	Demir En. Üt. Ltd. Şti.	Karabul RES	12,00	Manisa	VESTAS	V90-2.0	2 MW	2007
96	Barak Enerji Elektrik Üretim A.Ş.	Karova RES	30,15	Muş	GE	GE1.7-103/GE2.85-103	1,7 MW/2,85 MW	2017
97	Etil Enerji Üretim ve Tic. A.Ş.	Karadağ RES	66,55	Gaziantep	VESTAS	V126-3,45	3,45 MW	2017
98	Bilecik En. Üt. A.Ş.	Kavaklı RES	52,80	Balıkesir	VESTAS	V112-3.3	3,3 MW	2014
99	Alba En. El. Üt. A.Ş.	Kelleç RES	29,90	Balıkesir	ENERCON	E-44/E-70	0,9 MW/2 MW	2009/2014/2016
100	Lozbe En. Üt. A.Ş.	Kemerburgaz RES	24,00	İstanbul	ENERCON	E-82	2 MW	2008
101	Etil En. Üt. Tic. A.Ş.	Kirik RES	54,00	İzmir	SIEMENS GAMESA	SWT-3.2-108	3,2 MW	2016
102	Gazit En. Üt. ve Tic. A.Ş.	Kızıldağ RES	46,60	Manisa	GE	GE2.85-103	2,85 MW	2016
103	Beykoz Enerji Elektrik Üretim ve Tic. A.Ş.	Kızıldağ RES	46,00	Tekirdağ	NORDEX	N117	3 MW	2015
104	Alınca Enerji Üt. ve Yat. Ltd. Şti.	Kızıldağ RES	28,00	Kırıkkale	SIEMENS GAMESA	G97/G97	2 MW	2014
105	ADO Enerji Üretim San. Ve Tic. A.Ş.	Konaklıyan RES	14,70	Sivas	SIEMENS GAMESA	G114	2,1 MW	2016
106	Kocaeli Kocadağ Rüz. En. San. Üt. A.Ş.	KÖRES	25,00	İzmir	NORDEX	N90/N100	2,5 MW	2012/2015
107	Ayvalı En. A.Ş.	Kokmaz RES	25,20	İzmir	SULZON	S 88	2,5 MW	2014
108	Eskişehir Enerji Üt. Paz. İht. İht. A.Ş.	Koru RES	52,80	Çankırı	VESTAS	V112-3.3	3,3 MW	2015
109	Dağal En. El. Üt. A.Ş.	Karabeyli RES	34,55	İzmir	ENERCON	E-70/E-92	2 MW/2,35 MW	2012/2013/2017
110	Deniz Enerji Elektrik San. Tic. A.Ş.	Kurum RES	14,40	Gölnar, Mersin	NORDEX	N117	3,6 MW	2018
111	Ara Enerji Elektrik Üt. ve San. A.Ş.	Kurum RES	46,60	Kayseri	NORDEX	N117	2,4 MW	2016
112	Alba En. El. Üt. A.Ş.	Kuyucak RES	50,30	Manisa	ENERCON	E-44/E-70/E-82/E-92	0,9 MW / 2 MW / 2,35 MW	2010 / 2015/2017
113	Bakır Enerji Elektrik Üt. A.Ş.	Kuşdağ RES	36,00	Bursa	NORDEX	N117	3,6 MW	2017
114	Kırıbağ En. Üt. A.Ş.	Madenbaba RES	20,00	Aydın	SIEMENS GAMESA	G90	2 MW	2013
115	Enayit En. Üt. A.Ş.	Mahmutlu RES	29,90	Çankırı	SIEMENS GAMESA	SWT-2.3-101	2,3 MW	2010
116	Mazı Manastır Rüz. En. San. Tic. A.Ş.	Mazı Manastır RES	56,20	İzmir	ENERCON	E-48/E-44/E-82 E2	0,8 MW/0,9 MW/2,3 MW	2006/2007/2016
117	Mazı Rüz. En. San. El. Üt. A.Ş.	Mazı-3 RES	30,00	İzmir	NORDEX	N90	2,5 MW	2011
118	Akdeniz En. Üt. A.Ş.	Mersin Mut RES	62,70	Mersin	VESTAS	V90-3.0/ V112-3,45	3 MW/3,45 MW	2010/2013/2017
119	Can Enerji Elektrik Üt. A.Ş.	Mehmetpaşa RES	40,00	Bilecik	NORDEX	N100	2,5 MW	2011
120	Eğeneçli Enerji Elektrik Üt. A.Ş.	Mordahan RES	15,00	İzmir	ENERCON	E-82	3 MW	2016
121	Ayvalı En. A.Ş.	Mordahan RES	31,50	İzmir	SULZON	S 88	2,1 MW	2014
122	Göney Rüzgar El. Üt. Tic. A.Ş.	Mut RES	52,80	Mersin	VESTAS	V112-3.3	3,3 MW	2015
123	Sahin En. El. Üt. A.Ş.	Ortamandı RES	11,20	Balıkesir	GE	GE1.6-100	1,6 MW	2015
124	Ayvalı Enerji Elektrik Üt. A.Ş.	Övde RES	18,00	Aydın	SIEMENS GAMESA	G97	2 MW	2016
125	Tayr Enerji Elektrik Üt. A.Ş.	Ödemiş RES	42,00	İzmir	NORDEX	N117	3 MW	2015/2016
126	RJK RES El. Üt. San. ve Tic. Ltd. Şti.	Papallı RES	0,80	Balıkesir	ENERCON	E-53	0,8 MW	2013
127	Pekim Petrolimya Holding A.Ş.	Pekim RES	51,00	İzmir	ALSTOM	ECC110	3 MW	2016
128	Pilane Elektrik Üt. Ltd. Şti.	Pilane RES	4,80	İzmir	NORDEX	N117	2,4 MW	2014
129	Poyraz En. El. Üt. A.Ş.	Poyraz RES	72,10	Balıkesir	ENERCON	E-82/E-44/E-92	2 MW / 0,9 MW / 2,35 MW	2012/2013/2016
130	NİM Enerji Üt. Tic. A.Ş.	Poyraz RES	32,00	Balıkesir	SIEMENS GAMESA	SWT-3.2-108	3,2 MW	2016
131	Unik En. El. Üt. A.Ş.	Poyrazören RES	48,50	Balıkesir	ENERCON	E-70/E-82/E-92	2/2,35 MW	2015/2018
132	Ara Enerji Elektrik Üt. A.Ş.	Sakarcı RES	3,45	İstanbul	VESTAS	V126-3,45	3,45 MW	2018
133	Öce En. Üt. A.Ş.	Sahman RES	27,50	İzmir	GE	GE2.75-100	2,75 MW	2014
134	Dağal En. El. Üt. A.Ş.	Sarısu RES	43,90	İzmir	ENERCON	E-70/E-92	2 MW/2,35 MW	2012/2013/2017

Kaynak: Türkiye Rüzgar Enerjisi İstatistik Raporu 2019

İŞLETMEDEKİ RÜZGAR ENERJİSİ SANTRALLERİ / WIND POWER PLANTS UNDER OPERATION

ŞİRKET ADI COMPANY NAME	PROJE ADI PROJECT NAME	KURULU GÜÇ (MW) INSTALLED CAPACITY (MW)	İL CITY	Türbin Üreticisi TURBINE MANUFACTURER	Türbin Modeli TURBINE MODEL	Türbin Gücü TURBINE POWER	İşletmeye Giriş Tarihi COMMISSIONING OF OPERATION	
135	Saray Dök. Mad. Ak. San. Tic. A.Ş.	Saray RES	6,95	Tekirdağ	ENERCON	E-82/E-92	2,3 MW/2,35 MW	2012/2016
136	Gazik En. Öl. ve Tic. A.Ş.	SaİRES	27,50	Çanakkale	GE	GE2.75-100	27,5 MW	2010/2011
137	Altın En. El. Öl. A.Ş.	Sarıyer RES	30,00	Tekirdağ	ENERCON	E-82/E-70/E-48	2MW/0,8MW	2009
138	Zorlu Rüzgar En. El. Öl. A.Ş.	Sarıyer RES	57,00	Osmaniye	GE	GE2.85-100	2,85 MW	2016
139	Çalık Rüzgar Enerji Elektrik Öl. Ltd. Şti.	Sarıyer RES	32,50	İzmir	NORDEX	N92/N100	2,5 MW	2017
140	Doğal En. El. Öl. A.Ş.	Sarıyer RES	57,20	Manisa	ENERCON	E-82/E-70/E-44	2MW/0,9MW	2008/2013
141	Deniz El. Öl. Ltd. Şti.	Sarıyer RES	63,70	Hatay	VESTAS	V80-2.0 / V112-3.0	2 MW / 3 MW	2008/2015
142	Sarıyer Enerji A.Ş.	Sarıyer RES	21,00	İzmir	NORDEX	N117	3 MW	2017
143	Üçgen Sarıyer Rüzgar En. El. Öl. A.Ş.	Sarıyer RES	21,00	İzmir	NORDEX	N117	3 MW	2016
144	Edas Rüz. En. Öl. A.Ş.	Sarıyer RES	36,00	Hatay	ALSTOM	ECO100	3 MW	2012/2014
145	Ayvaçık El. Öl. San. Ltd. Şti.	Sarıyer RES	4,00	Çanakkale	VESTAS	V100-2.0	2 MW	2018
146	Doğal En. Öl. San. Tic. A.Ş.	Sarıyer RES	41,50	İzmir	ENERCON	E-70/E-92	2,3MW/2,35MW	2011/2015/2016
147	Sarıyer Enerji Öl. A.Ş.	Sarıyer RES	63,00	İstanbul	NORDEX	N100/N131	2,5 MW/3,6 MW	2014/2018
148	Sarıyer Rüz. El. Öl. A.Ş.	Sarıyer RES	27,50	Adıyaman	NORDEX	N100	2,5 MW	2013
149	Sarıyer En. El. Öl. A.Ş.	Sarıyer RES	264,10	Manisa	ENERCON	E-70/E-44	2MW/0,9MW	2011/2012/2013/2015
150	Bilgin Rüz. San. En. Öl. A.Ş.	Sarıyer RES	120,00	Manisa	NORDEX	N92/N117	2,5 MW/3 MW	2007/2016
151	ABK En. Öl. San. ve Tic. A.Ş.	Sarıyer RES	30,00	Aydın	SIEMENS GAMESA	G90	2 MW	2010
152	Bakırçay Enerji	Sarıyer RES	49,50	Aydın	VESTAS	V112-3.3	3,3 MW	2015
153	Sarıyer Suni Öl. San. Tic. A.Ş.	Sarıyer RES	1,20	İstanbul	ENERCON	E-40	0,6 MW	2006
154	Abant En. A.Ş.	Sarıyer RES	75,00	Balıkesir	NORDEX	N100/N92/N117	2,5 MW/3 MW	2012/2017
155	STAG Rüzgar Güçlüğü Enerji Öl. ve Tic. A.Ş.	Sarıyer RES	66,00	Kırıkkale	VESTAS	V126-3.3	3,3 MW	2015
156	Çanakkale El. Öl. A.Ş.	Sarıyer RES	38,50	Çanakkale	GE	GE2.75-100	27,5 MW	2014
157	Gazik Wind En. Ltd. Şti.	Sarıyer RES	105,00	Balıkesir	VESTAS	V90-3.0	3 MW	2011/2013
158	Bakır El. Öl. Ltd. Şti.	Sarıyer RES	113,40	Balıkesir	VESTAS	V90-3.0 / V90-1.8	3 MW / 1,8 MW	2008/2010
159	Yeni Bakır Enerji Elektrik Üretim	Sarıyer RES	27,70	Hatay	VESTAS	V112-3.0	3 MW	2013
160	Bakır Enerji Elektrik Öl. ve Tic. A.Ş.	Sarıyer RES	38,10	Hatay	VESTAS	V90-3.0/V112-3.3	3 MW/3,3 MW	2010/2014
161	Tepesiz El. Öl. A.Ş.	Tepesiz RES	0,85	İstanbul	VESTAS	V82-850	0,85 MW	2006
162	Tepesiz Elektrik Üretim A.Ş.	Tepesiz RES	5,00	İstanbul	NORDEX	N90	2,5 MW	2016
163	Düzhan Enerji Yat. Öl. ve Tic. A.Ş.	Tile RES	50,90	İzmir	GE	GE1.7-100/GE3.2-100	1,7MW/3,2MW	2016/2017/2018
164	Rim En. A.Ş.	Tokat RES	94,00	Tokat	NORDEX	N100/N117	2,5 MW/3 MW	2010/2011/2017
165	Sarıyer El. Öl. A.Ş.	Turgutlu RES	24,00	Aydın	VESTAS	V90-2.0	2 MW	2010
166	Narman Enerji Yatırım Öl. ve Tic. A.Ş.	Ulubat RES	61,20	İsparta	GE	GE1.7-100	1,7 MW	2016
167	Ela Elektrik Üretim A.Ş.	Umutlar RES	36,40	Balıkesir	VESTAS	V100-2.0/V126-3.3	2 MW/3,3 MW	2014/2017
168	Eğirdir Ege Enerji Üretim A.Ş.	Uşak RES	15,00	İzmir	ENERCON	E-82	3 MW	2016
169	Hacılar Elektrik Enerji El. Öl. San. Tic. A.Ş.	Uşak RES	18,00	İzmir	NORDEX	N117	3 MW	2016
170	Amar RES Rüzgar En. El. Öl.	Uşak RES	54,00	Uşak	SINOVEL	SL1500/90	1,5 MW	2013
171	SE Santral Elektrik Öl. San. ve Tic. A.Ş.	Yahyalı RES	52,80	Kayseri	NORDEX	N117	2,4 MW	2015
172	Bakır Enerji Üretim A.Ş.	Yahyalı RES	82,50	Kayseri	VESTAS	V126-3.3	3,3 MW	2016/2017
173	Arava RES Elektrik Öl.	Yalova RES	54,00	Yalova	SINOVEL	SL1500/90 SL1500/82	1,5 MW	2016
174	Yaylaköy Rüzgar Elektrik Öl. A.Ş.	Yaylaköy RES	15,00	İzmir	ENERCON	E-82	3 MW	2016
175	Yeni Enerji Üretim A.Ş.	Yarhisar RES	21,60	Aydın	NORDEX	N117	2,4MW	2018
176	İncir El. Öl. A.Ş.	Yazır RES	60,00	İzmir	NORDEX	N90	2,5 MW	2011/2014
177	Doğan En. Öl. Tic. A.Ş.	Zaferan RES	25,60	Kırıkkale	SIEMENS GAMESA	SWT-3.2-113	3,2 MW	2016
178	Zeytinol RES El. Öl. A.Ş.	Zeytinol RES	50,00	İzmir	NORDEX	N100/N90	2,5 MW	2013
179	Rosa Elektrik Öl. Tic. Ve San. Ltd.Şti.	Zincirli RES	12,00	Kayseri	NORDEX	N117	2,4 MW	2016
180	Ziyaçay RES El. Öl. San. Tic. A.Ş.	Ziyaçay RES	7,600	Hatay	GE	GE2.5-100/GE2.75-100	2,5 MW/2,75 MW	2010/2011/2014
	TOPLAM	7.369,35						

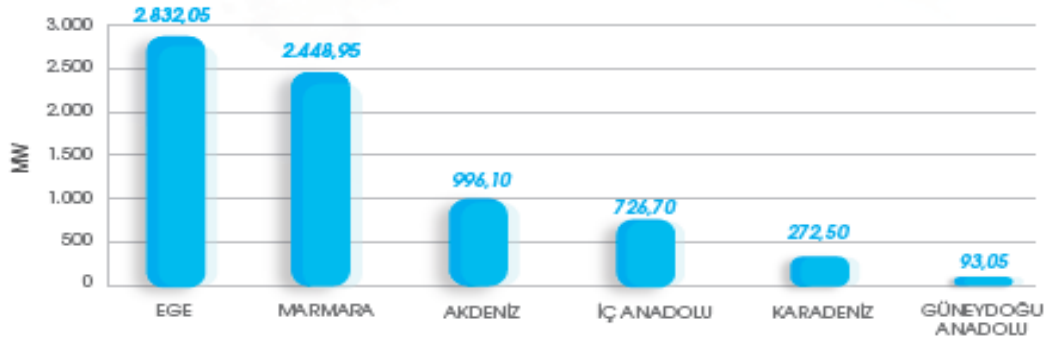
Kaynak: Türkiye Rüzgar Enerjisi İstatistik Raporu 2019



Şekil 4.2.2(a) İşletmedeki RES'lerin Türbin Markalarına Göre Dağılımı

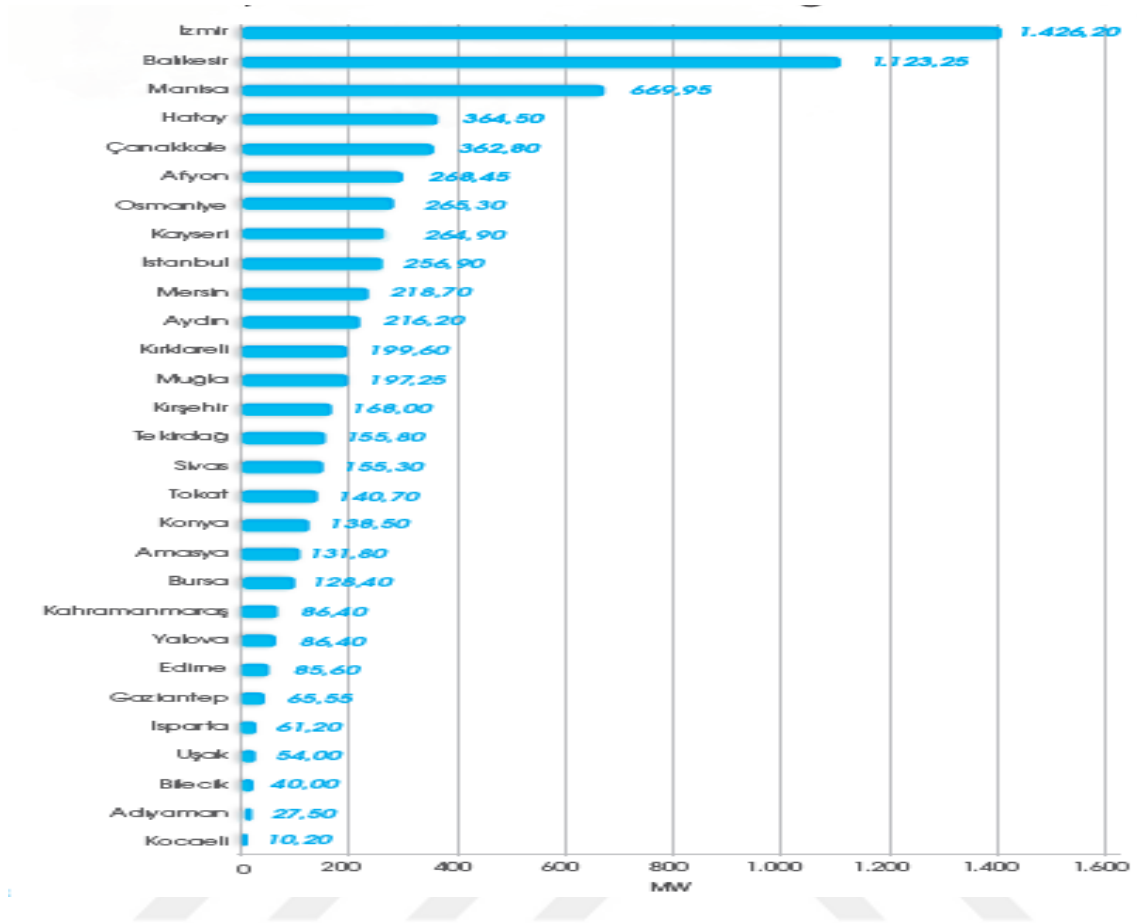
Kaynak: Türkiye Rüzgar Enerjisi İstatistik Raporu 2019

Grafiği incelediğimizde 7369,36 MW kurulu gücünün, 2021,10MW üretimi için tercih edilen marka NORDEX olup, onu VESTAS, ENERCON, GE ve SIEMENS takip etmiştir. Ülkemizde en çok kullanılan türbin markaları bunlardır.



Şekil 4.2.2(b) İşletmedeki RES'lerin Bölgelere Göre Dağılımı

Kaynak: Türkiye Rüzgar Enerjisi İstatistik Raporu 2019



Şekil 4.2.4: İşletmedeki RES' lerin İllere Göre Dağılımı

Kaynak: Türkiye Rüzgar Enerjisi İstatistik Raporu 2019

https://www.tureb.com.tr/files/yayinlar/atlas_2019.pdf

❖ İnşa Halindeki Rüzgar Santralleri

Grafîği incelediğimizde, rüzgar santrallerinin inşasındaki en fazla azalış Temmuz 2017 ile Ocak 2018 arasında olmuştur. Temmuz 2018 ile Ocak 2019 arasında yine ciddi bir düşüş vardır. 2012,2015 ve 2016 yıllarında yine düşüş gözlenmektedir.

İNŞA HALİNDEKİ RÜZGAR ENERJİSİ SANTRALLERİ / WIND POWER PLANTS UNDER CONSTRUCTION							
	RİSMA ADI COMPANY NAME	PROJE ADI PROJECT NAME	GÜÇ (MW) CAPACITY (MW)	İL CITY	TÜRBİN MARKASI COM RNNY NAME	TÜRBİN MODELİ TURBINE MODEL	TÜRBİN GÜCÜ TURBINE POWER
1	Tan Elektrik Üretim A.Ş.	Akça RES	22,50	İzmir	NORDEK	N149	4,5 MW
2	Aksu Temiz En. El. Öl. San. Tic. A.Ş.	Aksu RES Ext.	10,20	Kayseri	GOLDWIND	GW140 - 3(5)	3,4 MW
3	Bey Enerji Üretim A.Ş.	Anaplık RES	11,70	Malatya	NORDEK	N131	3,9 MW
4	Hirka Rüzgar Enerji Santrali A.Ş.	Arzu RES	7,20	Amasya	VESTAS	V136-3.45/3.6	3,6 MW
5	Bağlar Elektrik Üretim A.Ş.	Bağlar RES	39,60	Konya	SIEMENS GAMESA	G132	3,3 MW
6	Borusan ENBW	Balıbanlı RES-İzaz	25,20	Tekirdağ	SIEMENS GAMESA	SWT-3.6-130	3,6 MW
7	Boyalık Enerji Üretim San. Tic. A.Ş.	Çanta RES Ext.	7,20	İstanbul	NORDEK	N131	3,6 MW
8	Konda Elektrik Üretim A.Ş.	Denizli RES	66,00	Denizli	SIEMENS GAMESA	SG DD 108	3,4 MW
9	İzmir Kandıra RES El. Öl. A.Ş.	DİMLİ RES	6,00	Kocaeli	SENVION	3.6M140	3,6 MW
10	Başak Kılma Rüzgar En. El. Öl. Ltd. Şti.	Göztepe RES	3,00	Çanakkale	SENVION	3.4M114	3,4 MW
11	Kovana Elektrik Üretim A.Ş.	Hasanoba RES	61,00	Çanakkale	SIEMENS GAMESA	SG DD 108	3,4 MW
12	Isider Elektrik Üretim A.Ş.	Kocalar RES	27,00	Çanakkale	SIEMENS GAMESA	SG DD 108	3,4 MW
13	Eni Enerji İnş. Taah. Tic. ve San. A.Ş.	Maslaklıtepe RES	23,40	Çanakkale	NORDEK	N131	3,9 MW
14	Çeşme Enerji A.Ş.	Ovacık RES	28,80	İzmir	NORDEK	N131	3,6 MW
15	Tatlıpınar Enerji Üretim A.Ş.	Tatlıpınar RES	124,80	Balıkesir	NORDEK	N131	3,9 MW
16	Deberent Elektrik Üretim A.Ş.	Öçpınar RES	99,00	Çanakkale	SIEMENS GAMESA	SG DD 108	3,4 MW
17	Töres Elektrik Üretim A.Ş.	Yahşeli RES	21,60	İzmir	NORDEK	N131	3,6 MW
18	Sancak Enerji Üretim A.Ş.	Yamaçlıtepe RES	33,00	İstanbul	SIEMENS GAMESA	G132	3,3 MW
		TOPLAM	606,20				

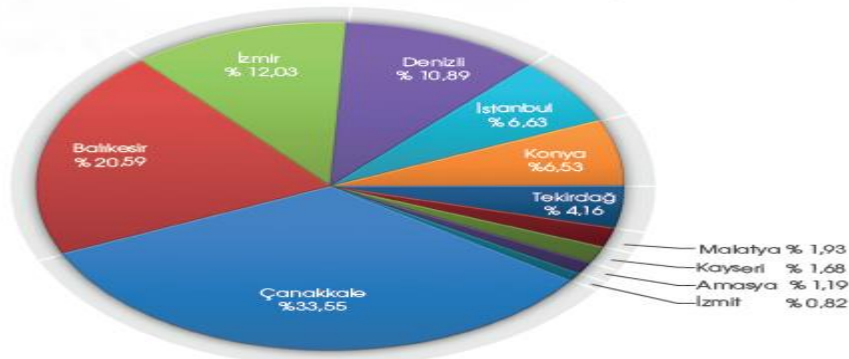
Şekil 4.2.5. İnşa Halindeki Rüzgar Santralleri

Kaynak: Türkiye Rüzgar Enerjisi İstatistik Raporu 2019

18 tane inşa halinde rüzgar türbini olup, toplam kurulu güç 606,20 MW' tır.

❖ İnşa Halindeki RES'lerin illere göre Dağılımı

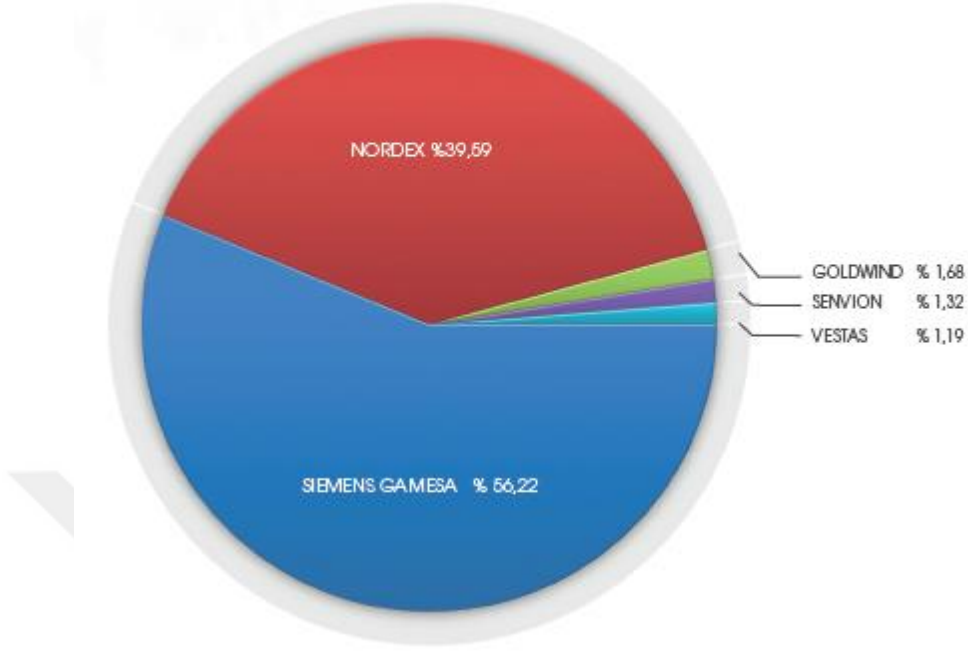
18 inşa halindeki santralin 5 tanesi Çanakkale ilinde kurulmaktadır. İnşa halindeki rüzgar santrallerinin illere göre dağılımında Balıkesir ve İzmir illeri sırasıyla ikinci ve üçüncüdür.



Şekil 4.2.6. İnşa Halindeki Rüzgar Santrallerinin İllere Göre Dağılımı

Kaynak: Türkiye Rüzgar Enerjisi İstatistik Raporu 2019

➤ İnşa Halindeki RES'lerin Türbin Markalarına Göre Dağılımı



Şekil 4.2.7. İnşa Halindeki Rüzgar Santrallerinin Türbin Markalarına Göre Dağılımı

Kaynak: Türkiye Rüzgar Enerjisi İstatistik Raporu 2019

Siemens Gamesa yapılan ihalelerle aldığı yüksek MW' lık türbin anlaşmaları ile 1. Sırada kullanılan türbin markası olup, onu Nordex izlemektedir.

4.2.1. Yer Seçimi

Rüzgar santralinin kurulum yeri için, öncelikle anemometre ve rüzgar yön belirleme cihazından yararlanarak, 1 yıl boyunca belli yükseklikteki rüzgar hızı ve yön ölçümü yapılır. Bölgenin rüzgar enerji potansiyelinin uygunluğu belirlendikten sonra standart veya daha yüksek konumdan ölçümler yapılmaya başlanır. Ve sıcaklık, basınç, nem ölçümleri de yapılarak çalışmaya başlanılır. (Varınca ve Talha Gönüllü, 2006) (Ağçay, 2007)

Biz genel bir değerlendirme ve ekonomik analiz ile uğraşacağımız için RETScreen programından yararlanarak NASA'dan alınan rüzgar hızı verilerini kullanarak yer seçimi yapacağız.

Uygun RES seçimi için dikkat edilmesi gereken faktörler:

- 1) Yıllık rüzgar hız dağılımı
- 2) Yıllık güç yoğunluğu dağılımı

- 3) Yıllık kapasite faktörü dağılımı
- 4) Pürüzlülük haritası
- 5) Trafo merkezleri ve Enerji nakil hatları haritası
- 6) Çevredeki enerji santralleri bilgisi
- 7) Arazi örtüsü bilgisi
- 8) Fay hatlarına göre konum, ulaşım durumu
- 9) Ulaşım durumu
- 10) Orman varlığı, alan içindeki korunan alanlar ve sulak alanlar yükseklik
- 11) Litoloji, jeomorfoloji, eğim, bakı

Yer seçimi yapılırken yapılacak işleri aşamalara ayırırsak bu aşamalar:

1.Aşama: Rüzgar hızının incelenmesi

2.Aşama: Rüzgar güç yoğunluğu incelenmesi

3.Aşama: Gerekli çevresel ve ekonomik analizlerin yapılması (ÖZŞAHİN, E., 2013)

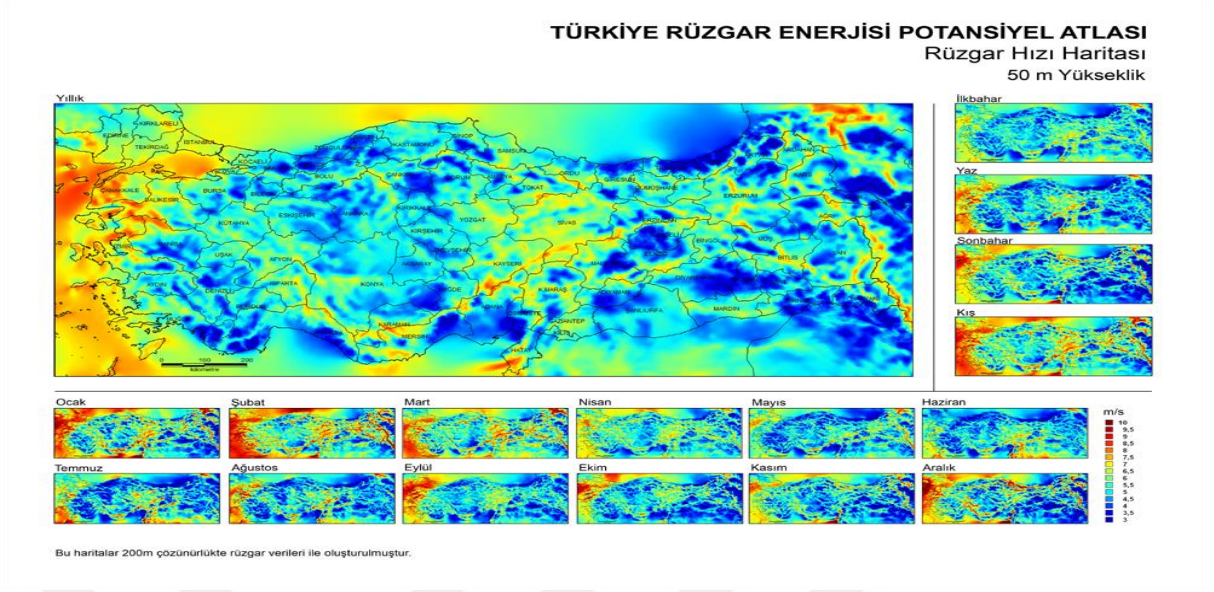
Bu aşamalardan ilk ikisi incelendikten sonra uygun il seçilecek sonrasında seçilen il için 3. aşamaya geçilip, uygun yer belirlenecektir.

Bu faktörler incelenip, bunlarla ilişkili olan eğim, bakı, litoloji, jeomorfoloji durumları da değerlendirilerek yer seçimi yapılacaktır.

4.2.1.1. 1. Aşama. Rüzgar Hızının İncelenmesi

Bir yerin RES kurulumu için uygun olup olmadığının analizinde ilk bakılacak olan kriter, rüzgar hızı dağılımı, sonrasında rüzgar güç yoğunluğudur. Bunların uygunluğu belirlendikten sonra ise diğer çevresel ve ekonomik analizler yapılabilir. (ÖZŞAHİN, E., 2013)

Bu çalışmada Türkiye Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü tarafından yayınlanan REPA'dan yararlanarak 50 metredeki rüzgar hızı dağılımına bakılarak, Türkiye'de rüzgar hızının en yüksek olduğu iller belirlenecektir. Seçilen yer için ortalama rüzgar hızları, RETScreen programında verilen NASA verilerinden alınacaktır.



Şekil 4.2.8. Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyel Atlası

Kaynak: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (http://www.yegm.gov.tr/YEKrepa/REPA-duyuru_01.html)

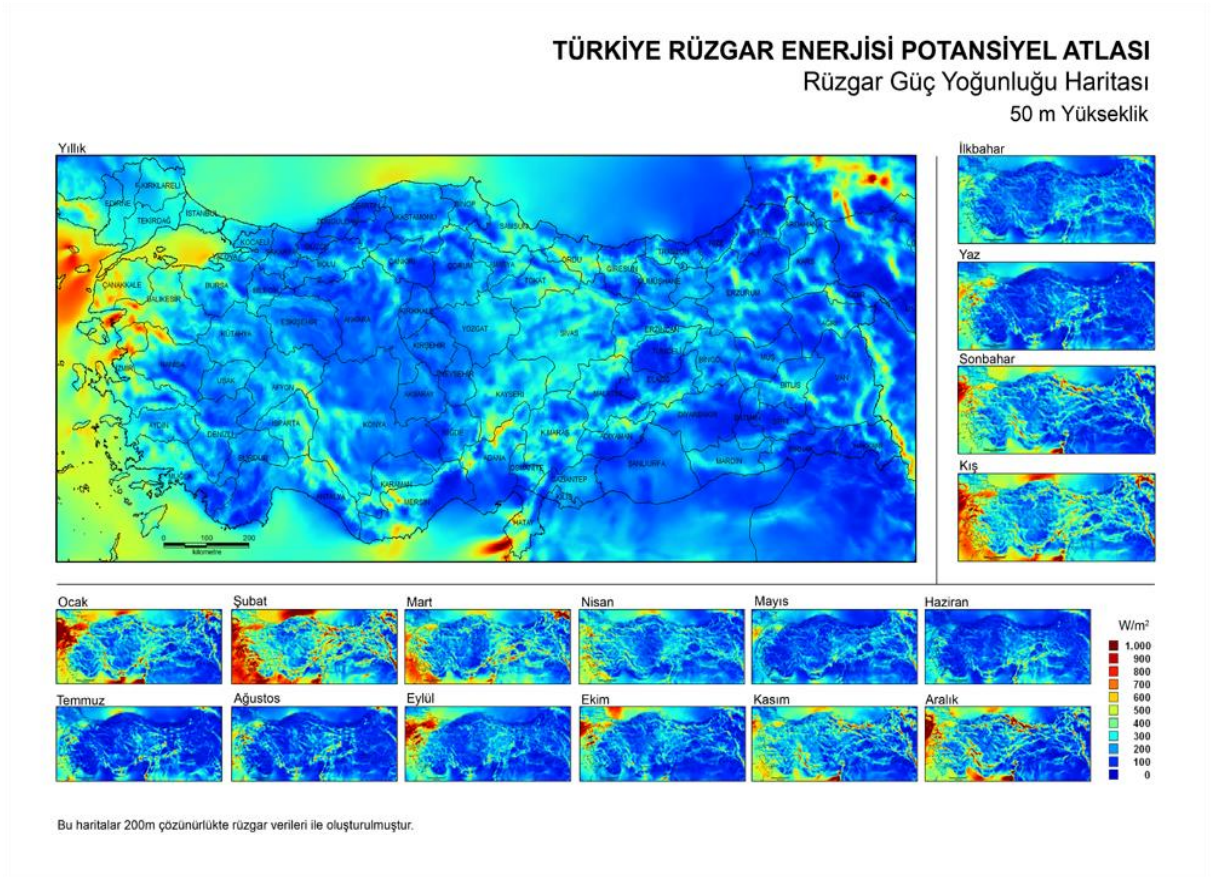
Türkiye rüzgar enerjisi potansiyel atlasına bakıldığında rüzgar hızının haritası için, kırmızı renkle gösterilen bölgelerde rüzgar hızının yüksek olduğunu söyleyebiliriz.

Buna göre, rüzgar hızının yüksek olduğu şehirler Çanakkale, Balıkesir, İzmir'in kuzeyi, Karaman-Mersin arasında küçük bir bölge, Hatay, Kayseri, Sivas, Tokat güneyi olup, Erzurum, Ağrı, Iğdır, Van, Erzincan gibi illerde çok küçük bölgelerde rüzgar hızı yüksektir.

4.2.1.2. 2. Aşama. Yıllık Güç Yoğunluğu Dağılımı

Aşağıda verilen Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyel Atlasına bakıldığında rüzgar güç yoğunluğu haritası için, kırmızı renkle gösterilen bölgelerde rüzgar güç yoğunluğu yüksektir. Buralar İzmir'in kuzeyi, Balıkesir, Çanakkale, Hatay'ın küçük bir bölgesidir. İki haritayı karşılaştırdığımızda kesişimde kalan şehirler, İzmir, Balıkesir, Çanakkale, Hatay'dır.

En önemli iki kriteri sağlayan iller bu 4 il olduğundan bu dört il içerisinde seçilen il için diğer kriterleri inceleyeceğiz.



Şekil 4.2.9. Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyel Atlası-Rüzgar Güç Yoğunluğu Haritası

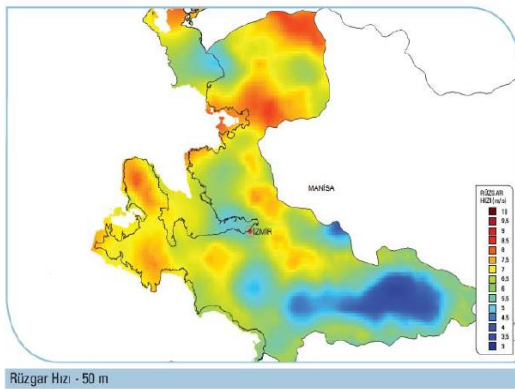
Kaynak: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (http://www.yegm.gov.tr/YEKrepa/REPA-duyuru_01.html)

❖ İllerin Karşılaştırılması

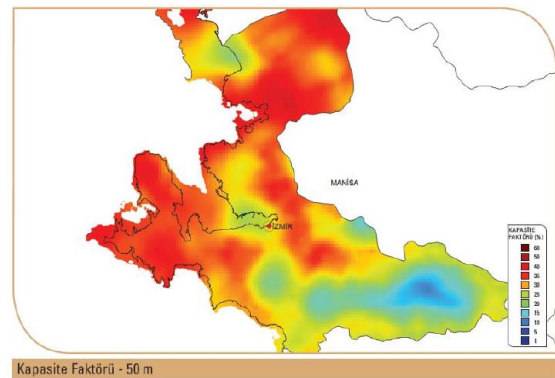
Yukarıda belirlediğimiz dört ili karşıştıralım.

❖ İzmir İli

RÜZGAR HIZ DAĞILIMI – 50 metre



KAPASİTE FAKTÖRÜ DAĞILIMI – 50 metre



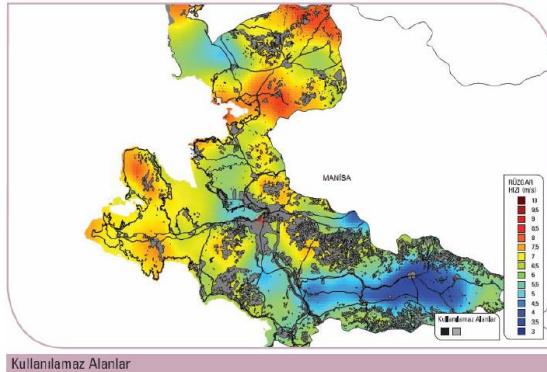
Şekil 4.2.10. İzmir ili Rüzgar Hız Dağılımı

Şekil 4.2.11.İzmir ili Kapasite Faktörü Dağılımı

Kaynak: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (http://www.yegm.gov.tr/YEKrepa/REPA-duyuru_01.html)

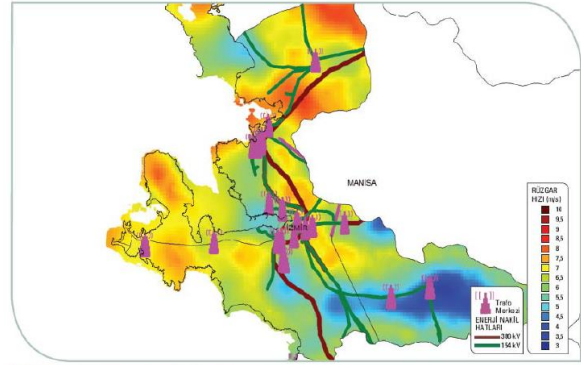
İzmir ilinin 50 m yüksekliğindeki rüzgar hızı dağılımı ve kapasite faktörü dağılımı Şekil 4.2.10 ve Şekil 4.2.11’de verilmiştir. Kırmızı renkle gösterilen yerler, rüzgar hızının ve kapasite faktörünün en yüksek olduğu yerlerdir.

RÜZGAR ENERJİSİ SANTRALİ KURULABİLİR ALANLAR



Kullanılmaz Alanlar
GRI RENKLİ ALANLARA RÜZGAR SANTRALİ KURULAMAYACAĞI KABUL EDİLMİŞTİR.

TRAFO MERKEZLERİ VE ENERJİ NAKİL HATLARI



Enerji Nakil Hatları ve Trafo Merkezleri

Şekil 4.2.12: İzmir ili RES Kurulabilir Alanlar **Şekil 4.2.13:** İzmir ili Trafo Merkezleri ve Enerji Nakil Hatları

Kaynak: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (http://www.yegm.gov.tr/YEKrepa/REPA-duyuru_01.html)

Yenilenebilir Enerji Müdürlüğünün yayınladığı atlasa göre rüzgar türbini kurulacak bölgeler sınırlandırılmıştır. Şekil 4.2.12’de verilen gri alanların türbin kurulumu için uygun olmadığını söyleyebiliriz. İzmir ilindeki trafo merkezleri ve enerji nakil hatları da Şekil 4.2.13’de verilmiştir.

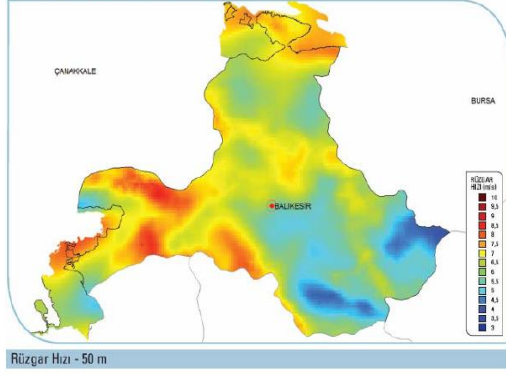
Tablo 4.2.2. İzmir İline Kurulabilecek Rüzgar Enerjisi Santrali Güç Kapasitesi

50 m’de Rüzgar Gücü (W/m²)	50 m’de Rüzgar Hızı (m/s)	Toplam Alan (km²)	Toplam Kurulu Güç (MW)
300 – 400	6.8 – 7.5	933,09	4.665,44
400 – 500	7.5 – 8.1	868,30	4.341,52
500 – 600	8.1 – 8.6	317,68	1.588,40
600 – 800	8.6 – 9.5	251,78	1.258,88
> 800	> 9.5	0,02	0,08
		2.370,86	11.854,32

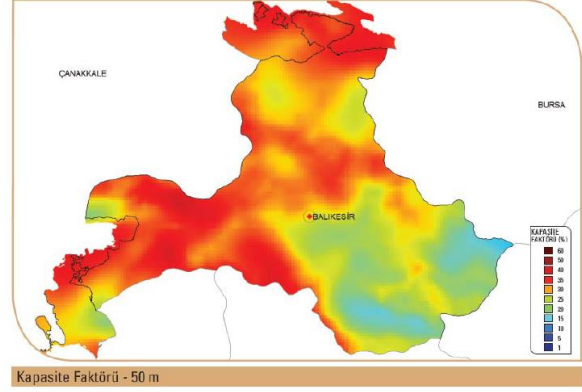
Kaynak: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (http://www.yegm.gov.tr/YEKrepa/REPA-duyuru_01.html)

❖ Balıkesir İli

RÜZGAR HIZ DAĞILIMI – 50 metre

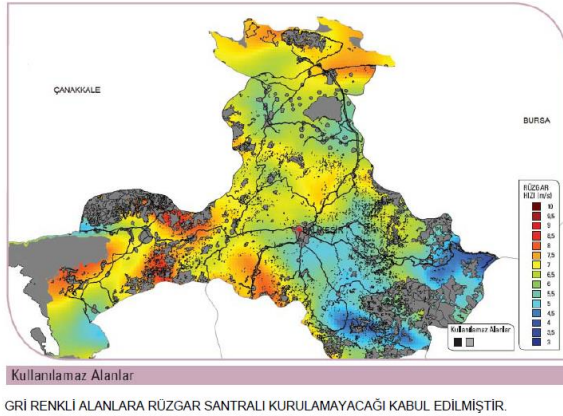


KAPASİTE FAKTÖRÜ DAĞILIMI – 50 metre

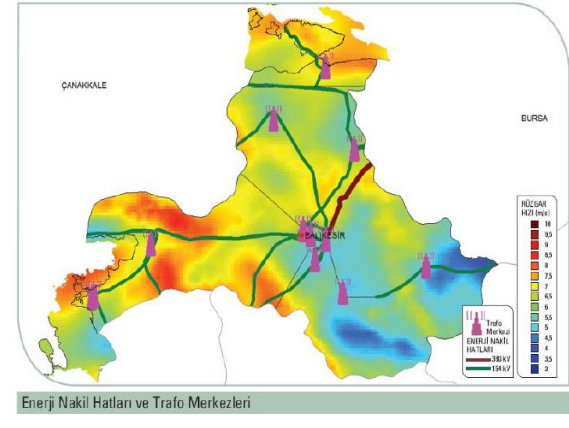


Şekil 4.2.14. Balıkesir ili Rüzgar Hız Dağılımı Şekil 4.2.15. İzmir ili Kapasite Faktörü Dağılımı

RÜZGAR ENERJİSİ SANTRALİ KURULABİLİR ALANLAR



TRAFO MERKEZLERİ VE ENERJİ NAKİL HATLARI



Şekil 4.2.16. Balıkesir ili RES Kurulabilir Alanlar Şekil 4.2.17. Balıkesir ili Trafo Merkezleri

ve Enerji Nakil Hatları

Kaynak: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (http://www.yegm.gov.tr/YEKrepa/REPA-duyuru_01.html)

Tablo 4.2.3. Balıkesir İline Kurulabilecek Rüzgar Enerjisi Santrali Güç Kapasitesi

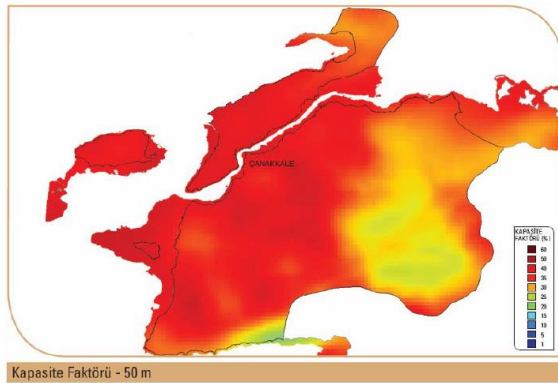
50 m'de Rüzgar Gücü (W/m ²)	50 m'de Rüzgar Hızı (m/s)	Toplam Alan (km ²)	Toplam Kurulu Güç (MW)
300 – 400	6.8 – 7.5	1.511,42	7.557,12
400 – 500	7.5 – 8.1	850,96	4.254,80
500 – 600	8.1 – 8.6	284,51	1.422,56
600 – 800	8.6 - 9.5	115,23	576,16
> 800	> 9.5	3,34	16,72
		2.765,47	13.827,36

Kaynak: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (http://www.yegm.gov.tr/YEKrepa/REPA-duyuru_01.html)

Balıkesir ilinin kurulu gücünün İzmir iline göre daha fazla olduğunu söyleyebiliriz.

❖ Çanakkale ili

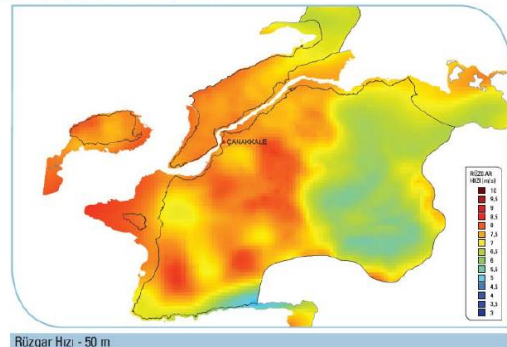
KAPASİTE FAKTÖRÜ DAĞILIMI – 50 metre



Kapasite Faktörü - 50 m

Ekonomik RES yatırımı için %35 veya üzerinde kapasite faktörü gerekmektedir.

RÜZGAR HIZ DAĞILIMI – 50 metre



Rüzgar Hızı - 50 m

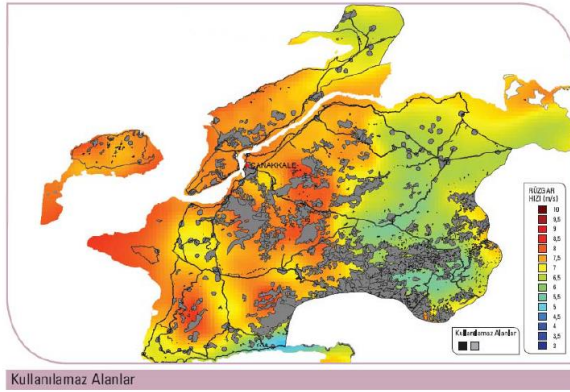
Ekonomik RES yatırımı için 7 m/s veya üzerinde rüzgar hızı gerekmektedir.

Şekil 4.2.18. Çanakkale ili Rüzgar Hız Dağılımı**Şekil 4.2.19.** Çanakkale ili Kapasite Faktörü

Dağılımı

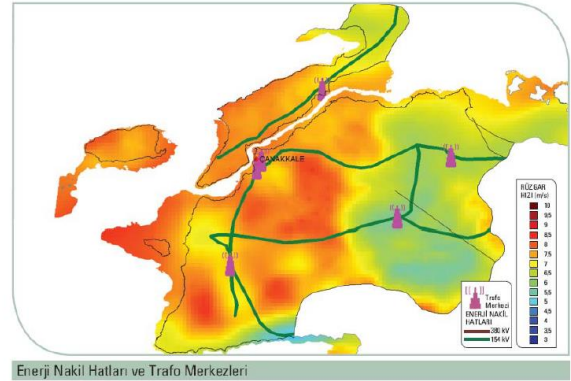
Kaynak: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (http://www.yegm.gov.tr/YEKrepa/REPA-duyuru_01.html)

RÜZGAR ENERJİSİ SANTRALİ KURULABİLİR ALANLAR



GRI RENKLİ ALANLARA RÜZGAR SANTRALİ KURULAMAYACAĞI KABUL EDİLMİŞTİR.

TRAFO MERKEZLERİ VE ENERJİ NAKİL HATLARI



Şekil 4.2.20. Çanakkale ili RES Kurulabilir Alanlar

Şekil 4.2.21. Çanakkale ili Trafo

Merkezleri ve Enerji Nakil Hatları

Kaynak: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (http://www.yegm.gov.tr/YEKrepa/REPA-duyuru_01.html)

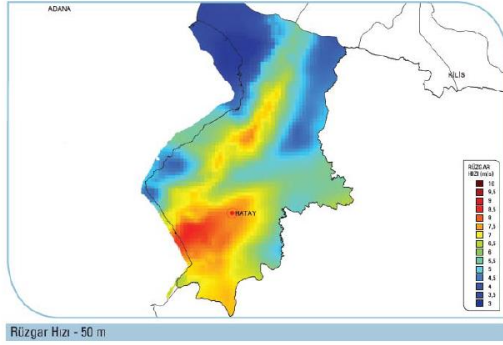
Tablo 4.2.4. Çanakkale İline Kurulabilecek Rüzgar Enerjisi Santrali Güç Kapasitesi

50 m'de Rüzgar Gücü (W/m ²)	50 m'de Rüzgar Hızı (m/s)	Toplam Alan (km ²)	Toplam Kurulu Güç (MW)
300 – 400	6.8 – 7.5	863,70	4.318,48
400 – 500	7.5 – 8.1	802,99	4.014,96
500 – 600	8.1 – 8.6	761,09	3.805,44
600 – 800	8.6 - 9.5	174,74	873,68
> 800	> 9.5	0,00	0,00
		2.602,51	13.012,56

Kaynak: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (http://www.yegm.gov.tr/YEKrepa/REPA-duyuru_01.html)

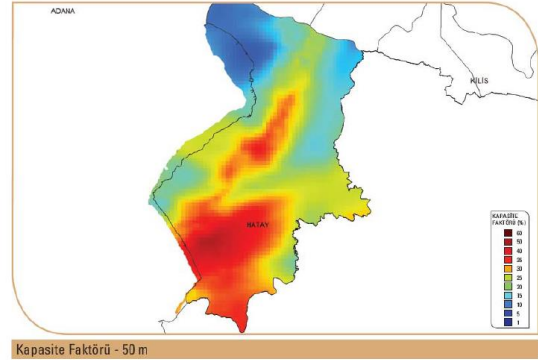
❖ Hatay İli

RÜZGAR HIZ DAĞILIMI – 50 metre



Ekonomik RES yatırımı için 7 m/s veya üzerinde rüzgar hızı gerekmektedir.

KAPASİTE FAKTÖRÜ DAĞILIMI – 50 metre

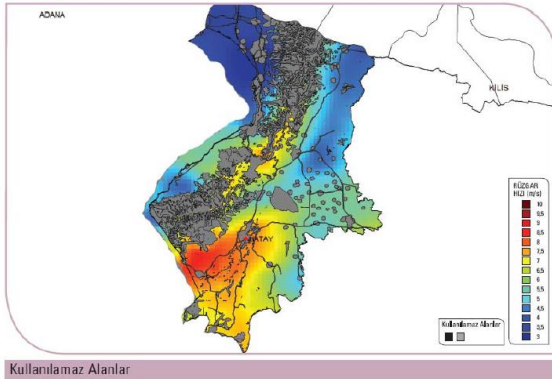


Ekonomik RES yatırımı için %35 veya üzerinde kapasite faktörü gerekmektedir.

Şekil 4.2.22. Hatay ili Rüzgar Hız Dağılımı

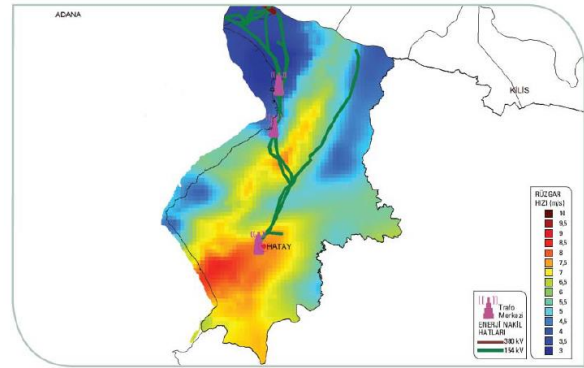
Şekil 4.2.23. Hatay ili Kapasite Faktörü Dağılımı

RÜZGAR ENERJİSİ SANTRALİ KURULABİLİR ALANLAR



GRI RENKLI ALANLARA RÜZGAR SANTRALİ KURULAMAYACAĞI KABUL EDİLMİŞTİR.

TRAFO MERKEZLERİ VE ENERJİ NAKİL HATLARI



Şekil 4.2.24. Hatay ili RES Kurulabilir Alanlar

Şekil 4.2.25. Hatay ili Trafo Merkezleri ve

Enerji Nakil Hatları

Kaynak: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (http://www.yegm.gov.tr/YEKrepa/REPA-duyuru_01.html)

Tablo 4.2.5. Hatay İline Kurulabilecek Rüzgar Enerjisi Santrali Güç Kapasitesi

50 m'de Rüzgar Gücü (W/m ²)	50 m'de Rüzgar Hızı (m/s)	Toplam Alan (km ²)	Toplam Kurulu Güç (MW)
300 – 400	6.8 – 7.5	265,95	1.329,76
400 – 500	7.5 – 8.1	261,33	1.306,64
500 – 600	8.1 – 8.6	99,63	498,16
600 – 800	8.6 – 9.5	48,62	243,12
> 800	> 9.5	7,26	36,32
		682,80	3.414,00

Kaynak: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (http://www.yegm.gov.tr/YEKrepa/REPA-duyuru_01.html)

❖ Karşılaştırma

Tabloları incelediğimizde; en yüksek kapasiteli RES için 50 m'de Rüzgar Gücü m^2 başına 800 W ve yukarısı olan en fazla alana sahip illerin Balıkesir ve Hatay olduğu görülmektedir.

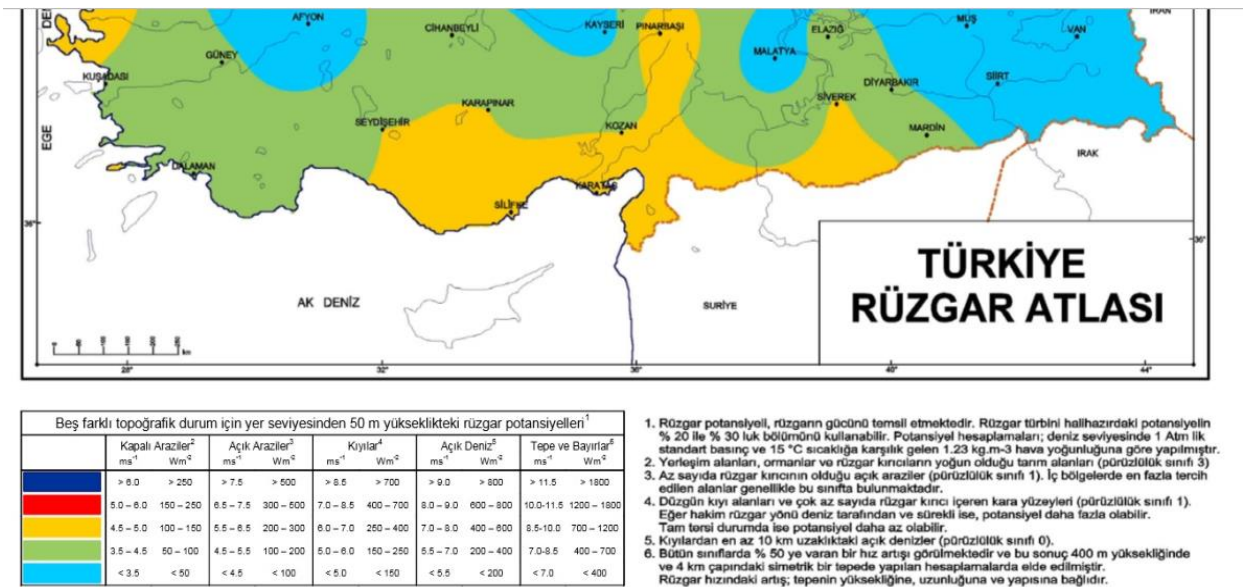
Bu iller arasında karşılaştırma yapalım.

Tablo 4.2.6. Rüzgar Gücü ve Rüzgar Hızları Karşılaştırma

İller	50 m'de Rüzgar Gücü (W/m ²)	50 m'de Rüzgar Hızı (m/s)	Toplam Alan (km ²)	Toplam Kurulu Güç (MW)
Hatay	> 800	> 9.5	7,26	36,32
Balıkesir	> 800	> 9.5	3,34	16,72

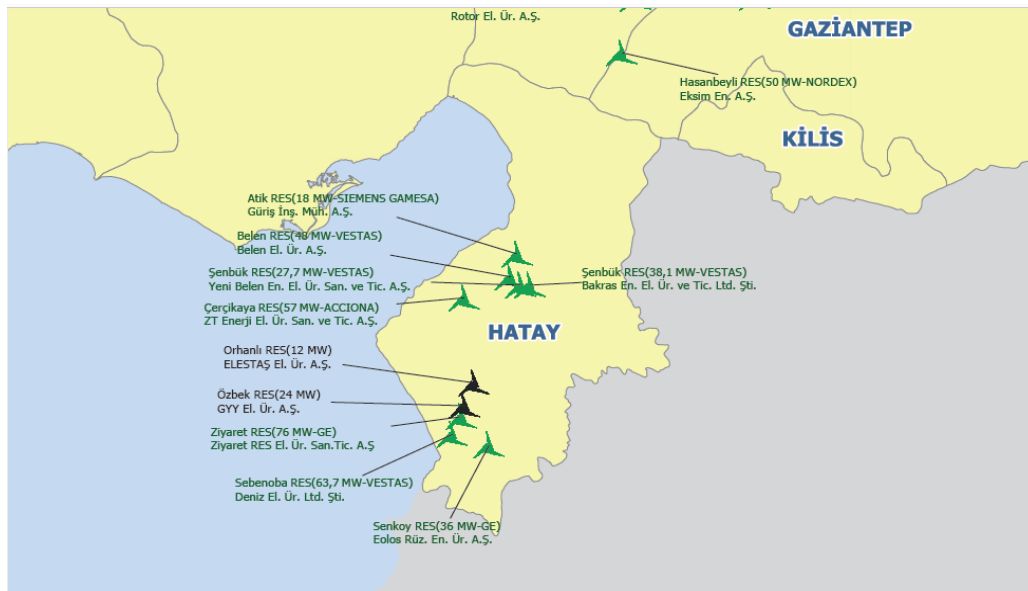
Amacımız en yüksek rüzgar gücü ile maksimum bir elektrik üretimi için santralin maliyetinin en düşük olacak şekilde ne olabileceğini belirlemek olduğu için, iki ili karşılaştırdığımızda santralin kurulumunun yapılabileceği alanları incelediğimizde, iki ilin aynı deprem kuşağında olması durumundan dolayı rüzgar gücünün aynı olduğu alanın büyük olması ve arazi fiyatının uygunluğu sebebi ile Hatay'ın seçilmesi daha mantıklı olacaktır. Hatay ili RES kurulumu için seçilmiştir.

Hatay'ın Rüzgar atlası Şekil 4.2.26'da verilmiştir. Buna göre, kapalı arazilerde 4.5-5.0 m/s, açık arazilerde 5.5-6.5 m/s, kıyılarda 6.0-7.0 m/s, açık denizlerde 7.0-8.0 m/s, tepe ve bayırlarda 8.5-10.0 m/s rüzgar hızına sahip olduğunu söyleyebiliriz.



Şekil 4.2.26. Hatay'ın Rüzgar Atlası

Kaynak: Meteoroloji Genel Müdürlüğü (<https://mgm.gov.tr/genel/ruzgar-atlasi.aspx>)



Şekil 4.2.27. Hatay’da Kurulu Rüzgar Santralleri

Kaynak: http://tureb.com.tr/files/yayinlar/atlas_2019.pdf

Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliğinin 2019 yayınındaki bilgiye göre Hatay'da kurulu santraller Şekil 4.2.27'de verilmiştir. Toplamda 10 tanedir.

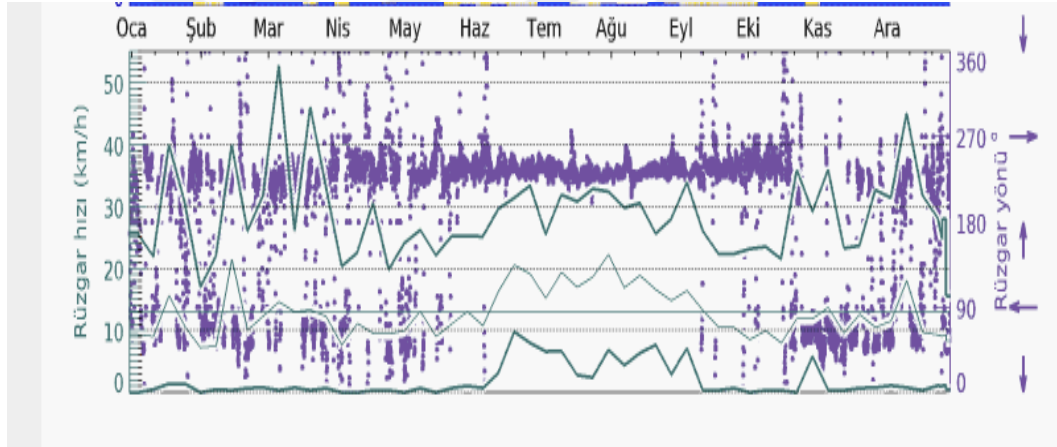
4.2.1.3. 3. Aşama. İncelenmesi

RES yeri seçimi için gerekli iki kriteri inceledik.

1.Aşama: Rüzgâr hız dağılımı (m/s)

2.Aşama: Güç yoğunluğu dağılımı

Genel olarak Samandağ ilçesi için Rüzgar hızı değişiminin 2018 yılında aşağıdaki gibi olduğunu söyleyebiliriz.



Şekil 4.2.28. Hatay Samandağ ilçesinde 1 Yıllık Rüzgar Hızı Değişimi

Kaynak:https://www.meteoblue.com/tr/hava/tahmin/archive/samanda%C4%9F%C4%B1_t%C3%BCrkiye_301975?fcstlength=1y&year=2018&month=4

RES yeri seçimi için gerekli olan 3. aşamadaki kriterleri inceleyelim:

- 1) **Kapasite faktörü dağılımı (%)**
- 2) **Pürüzlülük (pürüzsüz olması daha iyi)**

- 3) Enerji nakil hatlarına uzaklık (m)
- 4) Trafo merkezlerine uzaklık (m)
- 5) Litoloji
- 6) Fay hatlarına uzaklık (m)
- 7) Yerçekilleri (ova olması daha iyi)
- 8) Yükseklik (m) (750m üzeri en iyi)
- 9) Eğim (Derece)
- 10) Bakı (güney-batı en iyi)
- 11) Akarsulara uzaklık (m)
- 12) Arazi kullanımı (açık alanlar en iyi)
- 13) Yollara Uzaklık (m) (yollara yakın olması en iyi)

Şimdi sırayla bu kriterleri inceleyerek bir yer seçilmiştir. Bu seçilen yerin kriterlere ne koşulda uyduğuna bakalım.

1)Kapasite Faktörü Dağılımı



Seçilen yer

Şekil 4.2.29. Kapasite Faktör Haritası

Kaynak: Rüzgar Enerji Santrallerinin (RES) Yapım Yeri Seçimi Üzerine Bir CBS Analizi: Hatay Örneği(ÖZŞAHİN, E., 2013)

Seçilen yerin kapasite faktörünün kırmızı bölgede kaldığını yani 50.01-60 arasında olduğunu söyleyebiliriz.

2) Pürüzlülük

Fiziksel çevre koşulları ile alakalı olan pürüzlülük parametresi için, orman ve çalılık açısından yoğun alanlar pürüzlü olarak sınıflandırılırken, yerleşim alanları çok pürüzlü olarak belirlenir. (ÖZŞAHİN, E., 2013)

Seçilen yer az pürüzlü alana girmektedir.



Seçilen yer

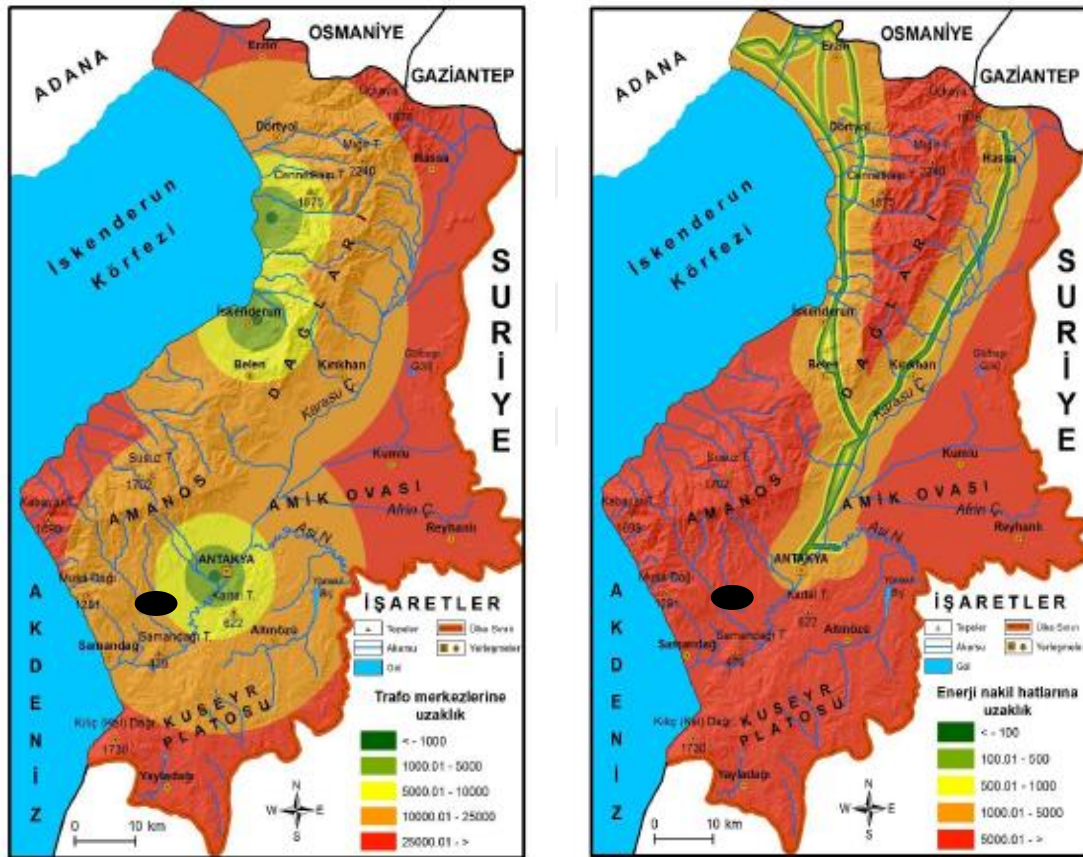
Şekil 4.2.30. Pürüzlülük Haritası

Kaynak: Rüzgar Enerji Santrallerinin (RES) Yapım Yeri Seçimi Üzerine Bir CBS Analizi:Hatay Örneği(ÖZŞAHİN, E., 2013)

3) Enerji nakil hatlarına uzaklık (m) ve Trafo merkezlerine uzaklık (m)

Enerji iletim bağlantılarına ve trafoya yakınlık kriteri için, Yenilenebilir Enerji Müdürlüğü tarafından yayınlanan haritadan yararlanarak, Erzin ve Hassa arasındaki alanların enerji iletim hatlarına ve trafoya yakın olduğunu, güneye gidildikçe uzaklığın arttığını ve ekonomiklikten uzaklaşıldığını söyleyebiliriz. (ÖZŞAHİN, E., 2013)

Seçilen yer harita üzerinde siyah nokta ile gösterilmiştir.

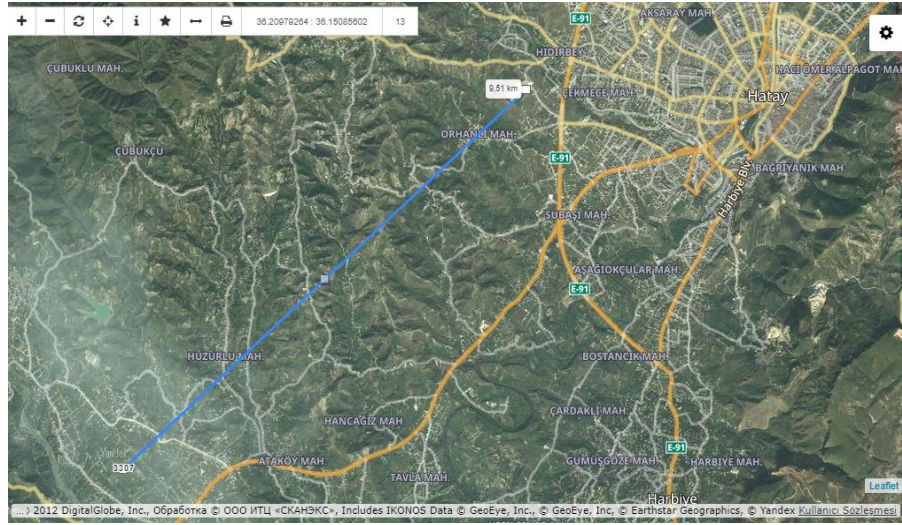


Şekil 4.2.31. Trafo merkezlerine uzaklık haritası Şekil 4.2.32. Enerji nakil hatlarına

uzaklık haritası

Kaynak: Rüzgar Enerji Santrallerinin (RES) Yapım Yeri Seçimi Üzerine Bir CBS Analizi: Hatay Örneği (ÖZŞAHİN, E., 2013)

Şekil 4.2.31 ve Şekil 4.2.32’de trafo merkezlerine uzaklık ve enerji nakil hatlarına uzaklık haritası verilmiştir. Siyah nokta ile gösterilen kısım seçilen yerdir.



Şekil 4.2.33. Seçilen yerin Trafo Merkezine kuş uçuşu uzaklık mesafesi

Kaynak: <https://parselsorgu.tkgm.gov.tr/#ara/cografi/36.10050402420313/36.088371276855476>

Trafo Merkezi haritaya göre, Antakya merkezde görünmektedir. Seçilen arsadan, trafo merkezine kuş uçuşu uzaklık yaklaşık olarak 9,51 km' dir.

4) Litoloji

Seçilen yerin, litoloji ve stratigrafi karakteri de yine önemli bir faktördür. Zemindeki kayaçların olası bir deprem ya da türbinlerin sebep olduğu sarsıntıdan etkilenmeyecek ya da az etkilenecek dayanıklılıkta olması gerekir. (ÖZŞAHİN, E., 2013)



Şekil 4.2.34. Litoloji Faktörü Haritası

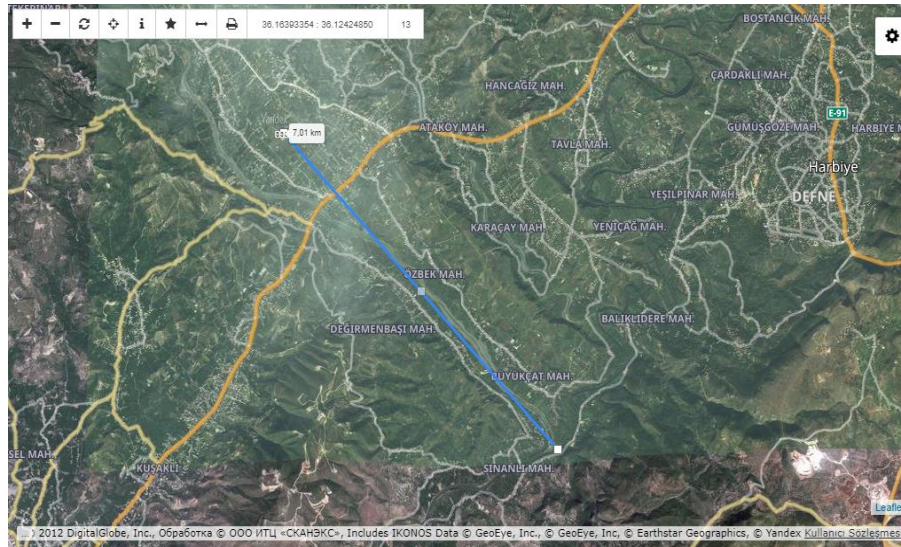
Kaynak: <http://www.mta.gov.tr/v3.0/hizmetler/yenilenmis-diri-fay-haritalari>



Şekil 4.2.36. Fay Hatlarından Uzaklık Faktörü Haritası

Kaynak: Rüzgar Enerji Santrallerinin (RES) Yapım Yeri Seçimi Üzerine Bir CBS Analizi:Hatay Örneği(ÖZŞAHİN, E., 2013)

Şekil 4.2.36’de seçilen alan siyah nokta ile gösterilmiştir. Sarı çizgilerle gösterilen fay hatlarına olan uzaklığı kuş uçuşu uzaklık olarak yaklaşık değerini inceleyelim.



Şekil 4.2.37. Seçilen Yerin Fay Hattına Uzaklığı

Kaynak: <https://parselsorgu.tkgm.gov.tr/#ara/cografi/36.10050402420313/36.088371276855476>

Fay hattından 7.01 km uzaklıkta olduğu görülmektedir.

6) Yer şekilleri ve Yükseklik

Yer şekilleri de incelenecek faktörlerden birisidir. Türbin taşınması için yol yapımı aşamasında engebeli yer şekilleri olması durumunda, doğaya ve orman örtüsüne zarar verilebileceğinden istenilmeyen bir durumdur. RES için uygun olan yer şekilleri; tepeler, vadiler, yüksek ovalar, platolar, termal gradyan oluşturan sahil bölgeleri, yüksek tepeler ve dağ zirveleridir. (ÖZŞAHİN, E., 2013)

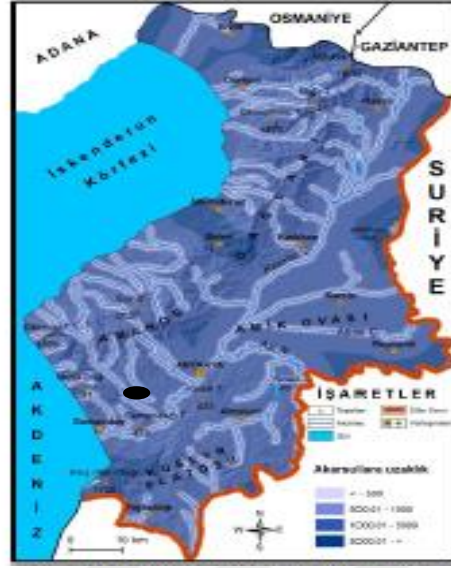
Şekil 4.2.38 ve Şekil 4.2.39’da yer şekilleri ve yükseklik haritaları verilmiştir. Yer şekilleri haritasını incelediğimizde seçilen yerin haritada ova ve vadi tabanı olarak verildiğini ve yükseklik olarak 150-300 m arasında olacağını söyleyebiliriz.



Şekil 4.2.38. Yer şekilleri haritası

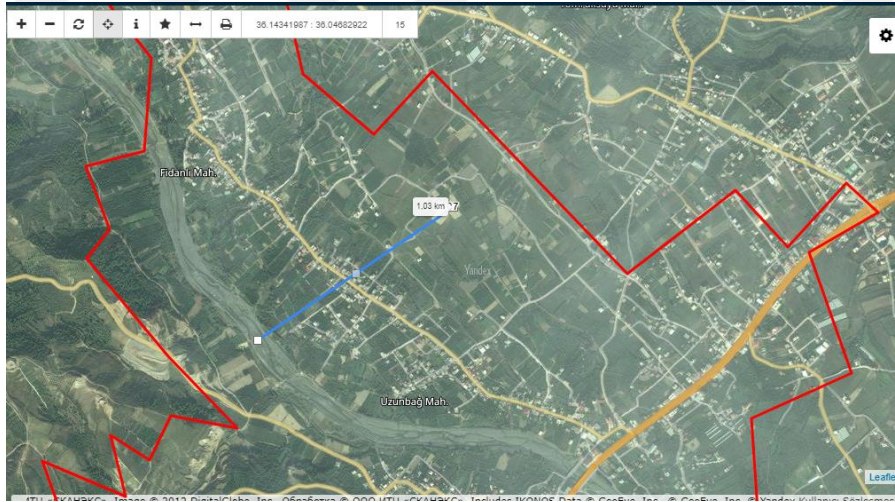


Şekil 4.2.39.Yükselti basamakları haritası



Şekil 4.2.42. Akarsulara uzaklık haritası

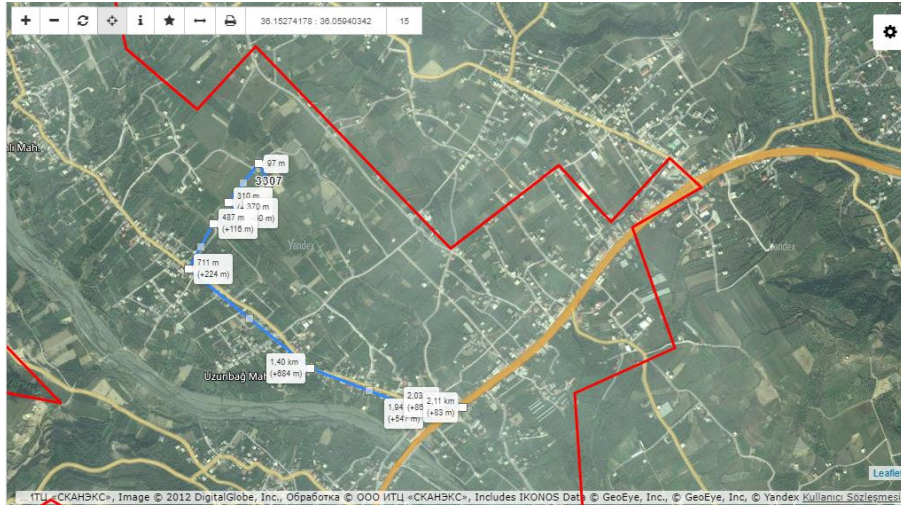
Kaynak: Rüzgar Enerji Santrallerinin (RES) Yapım Yeri Seçimi Üzerine Bir CBS Analizi:Hatay Örneği(ÖZŞAHİN, E., 2013)



Şekil 4.2.43. Akarsulara uzaklık Ölçümü

Kaynak: <https://parselsorgu.tkgm.gov.tr/#ara/idari/29832/0/3307/1556984346449>

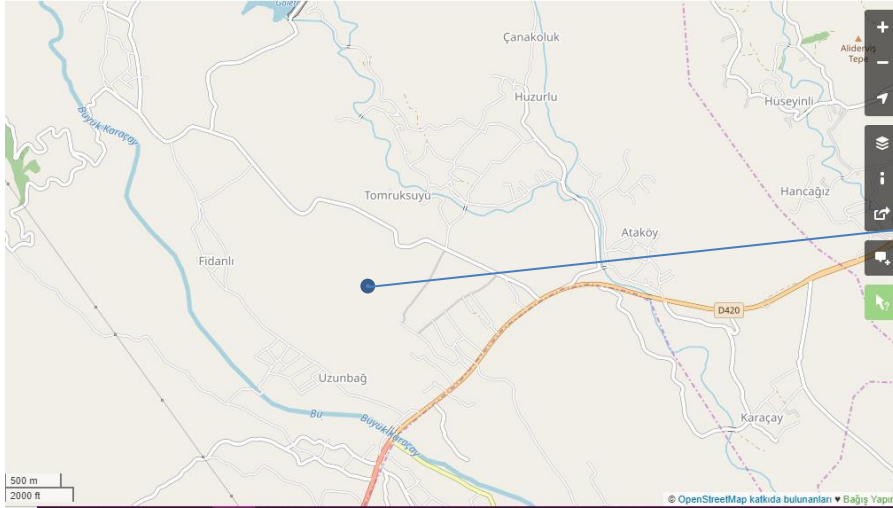
Yaklaşık 1,03 km uzaklıktadır.



Şekil 4.2.45. Seçilen Yerin Yola Uzaklık Ölçümü

Kaynak: <https://parselsorgu.tkgm.gov.tr/>

Yaklaşık 2 km uzaklıktadır. Ve seçilen arsaya giden yollar bulunmakta olup, sadece güçlendirme çalışması yapılabilir. Open Street Map ile seçilen yerin yola uzaklık durumu görünmektedir.



Şekil 4.2.46. Seçilen Yerin Çevresindeki Yollar

Kaynak: <https://www.openstreetmap.org/query?lat=36.1384&lon=36.0464>

4.2.2. Analiz Sonucu

Tüm aşamalara uyan yer seçimi yapılmıştır. Öncelikle rüzgar hızı ve rüzgar güç yoğunluğu haritaları incelendiğinde, kırmızı bölgelerin kesiştiği ilçenin Samandağ olduğu görülür. Mızraklı, Tomruksuyu, Çekmece, Değirmenbaşı daha uygun olduğu görülmektedir.

Bu ilçeler içerisinde Trafo merkezine en yakın olan yerler içerisinde, yerleşim yere yakınlığı, fay hattından uzaklığı ve diğer kriterler baz alınacak şekilde uygun olan arsalar incelendiğinde, aşağıda belirlenen yere rüzgar santrali kurulabileceği öngörülmüştür.

Haritaları incelediğimizde bu yerin;

Kapasite Faktörü: 50.01-60 arasında

Pürüzlülük: Az pürüzlü

Trafo Merkezi: 1000.01-5000m (açık yeşil)

Enerji Nakil Hatlarına Uzaklık: Kırmızı bölgededir(>5000.01 m).Ancak Turuncu bölgeye yakındır.

Litoloji: Turuncu bölgede yani yüksek sınıfındadır.

Fay Hattı: 450m'den uzaktır.

Yer Şekli: Ova ve vadi tabanı

Yükselti: 150-300m

Eğim: 16-32 Derece

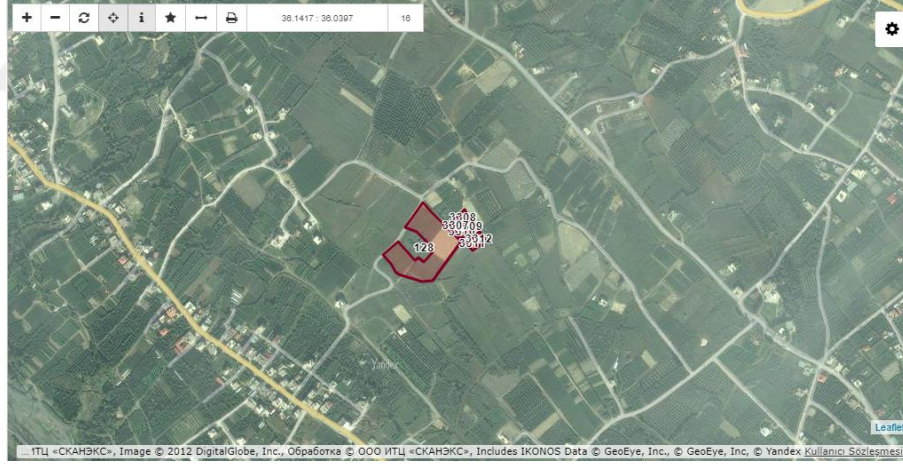
Bakı: Güneydoğu kısmına denk gelmektedir.

Akarsulara Uzaklık:1000m den uzakta kalmaktadır. Yaklaşık olarak 1,03 km uzaklıktadır.

Yollara Uzaklık: Yaklaşık 2km uzaklıktadır.

Öznitelik Bilgisi	
Taşınmaz No	76282366
İl	Hatay
İlçe	Samandağı
Mahalle/Köy	Uzunbağ
Ada	
Parsel	128
Tapu Alanı	12.607,00
Nitelik	Tarla
Mevkii	Boladiye
Zemin Tip	Ana Taşınmaz

Şekil 4.2.47. Seçilen Yerin Öznitelik Bilgisi



Şekil 4.2.48. Seçilen Yer

Kaynak: <https://parselsorgu.tkgm.gov.tr/#ara/cografi/36.146218294568165/36.03530108928681>

Seçilen arsalar Samandağ ilçesinin Uzunbağ mahallesinde, Boladiye mevkiinde bulunmaktadır.

4.2.3. RETScreen Programı ile Analiz

Az maliyetli RES yatırımı için türbin göbek yüksekliğinde rüzgarın hızının 7 m/s'den, rüzgar güç yoğunluğunun 400 W/m^2 'den fazla olan yerler tercih edilmelidir. RETScreen' in sunduğu NASA' nın belirlemiş olduğu 10 m yükseklikteki rüzgar hızları, EİEİ' nin sunmuş olduğu Rüzgar Enerjisi Atlası ile tam uyuşmamaktadır. (Akbulut, Doğan ve Kıncay, 2009)

Seçilen yer, RETScreen Programı ile incelersek,

Saha referans koşulları

İklim verisi yeri: Türkiye - Iskenderun Tesisin bulunduğu yer: Turkey - Hatay - Samandağ

Açıklama

- Tesisin bulunduğu yer
- İklim verisi yeri

Birim

	İklim verisi yeri	Tesisin bulunduğu yer	Kaynak
Enlem	36,6	36,2	Yer-NASA
Boylam	36,2	36,0	Yer - Harita
İklim bölgesi	2A - Sıcak - Nemli		Yer
Rakım	4	155	Yer
Isıtma tasarım sıcaklığı	6,1		NASA
Soğutma tasarım sıcaklığı	31,4		
Yer sıcaklığı amplitüdü	24,9		

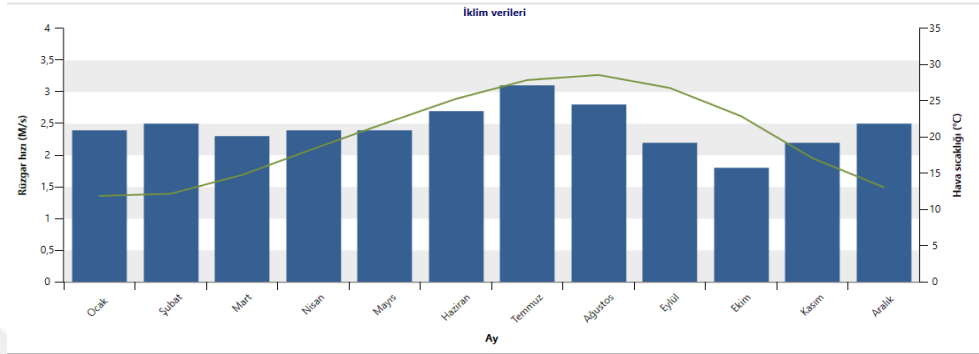
Şekil 4.2.49. Seçilen Yerin Genel Bilgisi

Seçilen yerin enlemi 36,2; boylamı 36,0 olup, rakımı ise 155 m'dir.

Ay	Hava sıcaklığı °C	Bağıl nem %	Yağış mm	Günlük güneş radyasyonu - yatay kWh/M ² /g	Atmosferik basınç kPa	Rüzgar hızı M/s	Yer sıcaklığı °C	Isıtma derece-gün 18 °C	Soğutma derece-gün 10 °C
Ocak	11,9	61,3%	93,79	2,29	96,0	2,4	6,0	189	59
Şubat	12,2	62,1%	88,54	3,17	95,8	2,5	7,4	162	62
Mart	14,8	65,3%	71,94	4,35	95,7	2,3	12,2	99	149
Nisan	18,4	69,0%	67,70	5,32	95,5	2,4	19,0	0	252
Mayıs	21,9	71,2%	38,03	6,46	95,4	2,4	24,7	0	369
Haziran	25,3	72,4%	8,72	7,47	95,2	2,7	30,1	0	459
Temmuz	27,9	73,6%	3,04	7,24	94,9	3,1	34,8	0	555
Ağustos	28,6	72,9%	3,97	6,40	95,0	2,8	34,3	0	577
Eylül	26,8	67,2%	27,04	5,36	95,4	2,2	29,3	0	504
Ekim	22,9	63,2%	56,69	3,94	95,8	1,8	22,1	0	400
Kasım	17,1	60,3%	80,40	2,60	96,0	2,2	13,4	27	213
Aralık	13,1	61,4%	103,74	2,01	96,1	2,5	7,5	152	96
Yıllık	20,1	66,7%	643,60	4,73	95,6	2,4	20,1	630	3.694
Kaynak	Yer	Yer	NASA	NASA	NASA	Yer	NASA	Yer	Yer
Ölçüm yeri:	M	10	0						

Şekil 4.2.50. Seçilen Yerin Aylara Göre Verileri

10 m'deki en yüksek rüzgar hızının Temmuz, Ağustos ve Haziran aylarında olduğunu görmekteyiz.

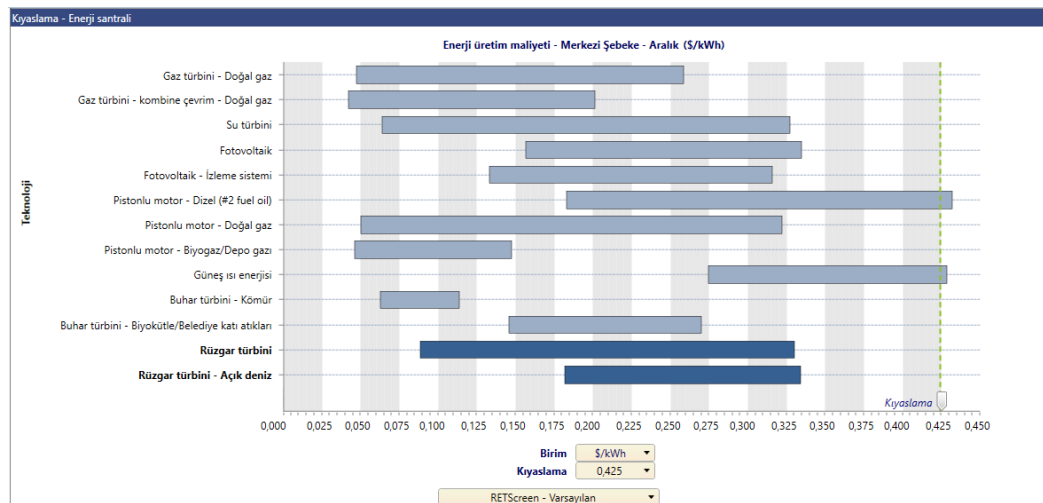


Şekil 4.2.51. Seçilen Yerin Aylara Göre Hava Sıcaklığı-Rüzgar Hızı Değişimi

Seçilen yerin aylara göre, rüzgar hızı ve sıcaklık grafiği verilmiştir.

Bu yerin NASA'dan alınan verileri yukarıda verildiği gibidir. Yıllık Sıcaklık ortalaması 20,1 °C olup, 10m'deki rüzgar hızı ortalama 2,4 m/s'dir.

Enerji üretim maliyetini, kWh başına kaç dolar olduğunu aşağıdaki Şekil 4.2.52'de görmekteyiz. kWh başına 0,325-0,350 dolar arasında bir maliyeti olacağını söyleyebiliriz.



Şekil 4.2.52. Enerji Üretim Maliyeti

4.2.4. Ekonomik Analiz

4.2.4.1. Genel Bilgiler

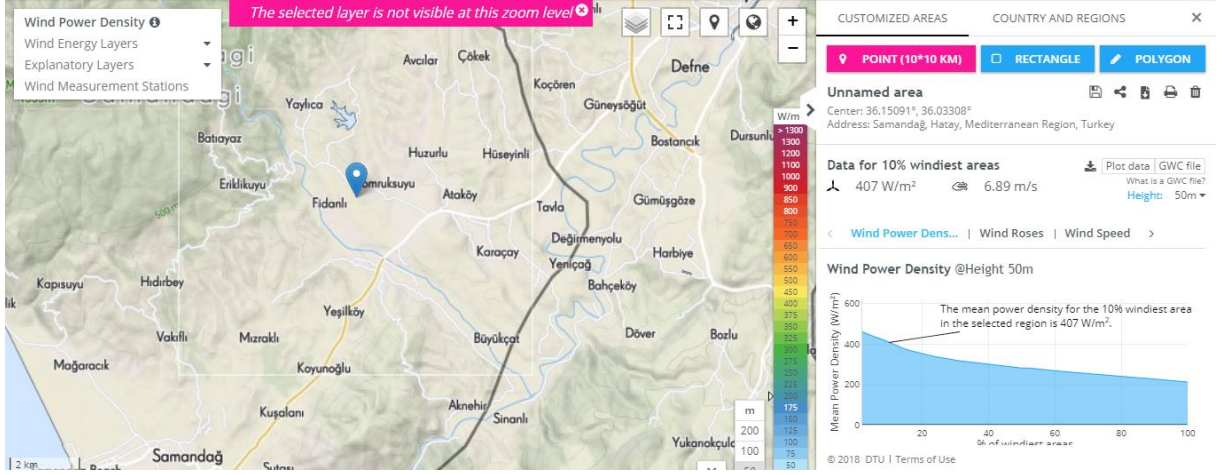
YEGM'ye baēlanan EİEİ tarafından yayınlanan ,10m ve 50 m deki rüzgar hızı ölçümleri ile elde edilen REPA' dan yararlanarak Rüzgar Santrali için uygun olabilecek yerler belirlenmiştir. Bu yerler içerisinde de diēer kriterler göz önüne alınarak, yukarıda gösterilen yer seçilmiştir.

Bilinmesi gerekenler, türbin büyüklüēü ve kule yüksekliēi seçilmesi için Kapasite Faktörü, yani türbinden mevcut verilerle bir senede elde edilebilecek elektrik enerjisinin, türbinin tam güç çalışması ile elde edilecek enerjiye oranı; senelik enerji eldesinin hesabı için türbin için seçilen yerin rakımı, havanın yoğunluk değerleri; rüzgar hızı hesabı için pürüzlülük sınıfı ve yüksekliēi değerleridir. (Köse, 2005)

RETScreen programından yararlanarak belirlediēimiz bölgenin aylık rüzgar verilerini değerlendirebiliriz.

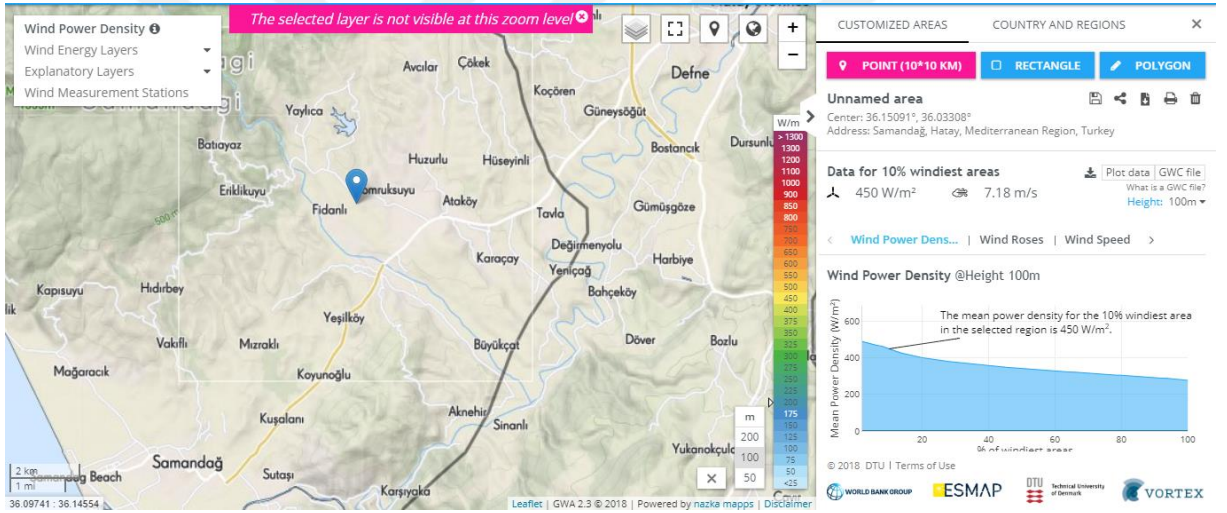
10 m'de olan ortalama rüzgar hızı 2,4 m/s, sıcaklık ortalaması 20,1 °C, olarak verilmektedir. Fakat rüzgar hızı verileri 10 m yükseklikteki veriler olup, bu verilerin türbin hub yüksekliēinde hesaplanıp, yorumlanması gerekmektedir.1000 kW rüzgar santrali için uygun hub yüksekliēi 80 m'dir. Rotor çapı 54 m'dir.

Seçilen yerin 50 m yükseklikteki rüzgar hızını Küresel Rüzgar Atlasına bakarak değerlendirelim.



Şekil 4.2.53. Seçilen yerin 50 m yükseklikteki rüzgar hızı

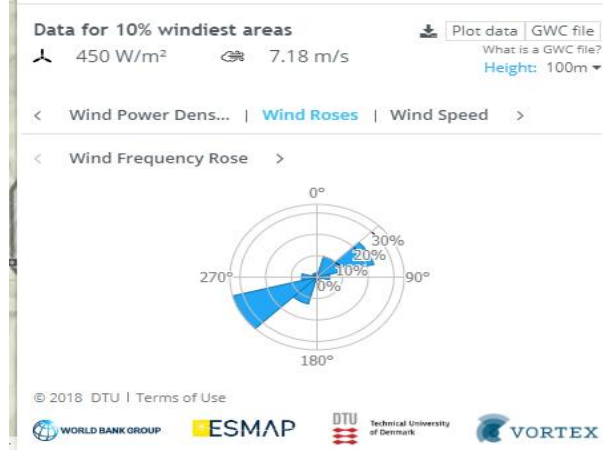
Kaynak: <https://globalwindatlas.info/>



Şekil 4.2.54. Seçilen yerin 100 m yükseklikteki rüzgar hızı

Kaynak: <https://globalwindatlas.info/>

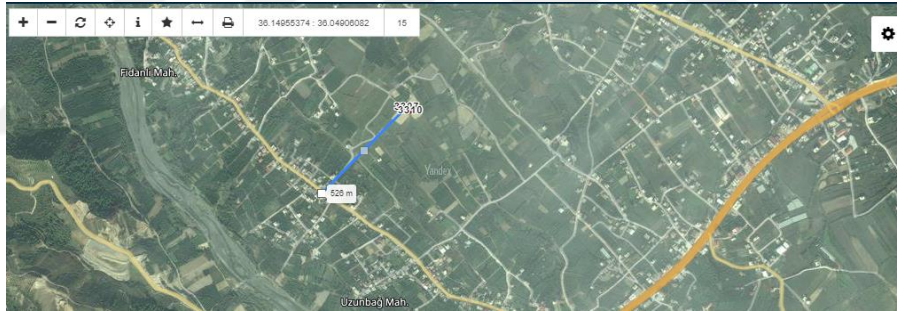
Hub yüksekliği 80 m olduğuna göre, 80 metredeki rüzgar hızı seçilen yer için ortalama 6.89-7.18 m/s olduğunu söyleyebiliriz. Bu da türbin kurulumu için uygun değer aralığıdır. Ve rüzgar yönünün de Şekil 4.2.55'te verildiği gibi olduğunu söyleyebiliriz.



Şekil 4.2.55. Seçilen yer için rüzgar gülü

Kaynak: <https://globalwindatlas.info/>

Seçilen bölgenin 2 km yakınında asfalt yol olması, santralin kurulumu için kolaylık sağlayacak olup, maliyeti düşürecektir.



Şekil 4.2.56. Seçilen Yerin Yola Uzaklığı

Bir nesnenin ölçüm yapılan direğe olan mesafesi, eğer yüksekliğinin 10 katı olan aralık içerisinde kalıyorsa, buna yakın çevresel engel denir. Buradan daha uzaktaki nesneler, arazi pürüzlülüğü olarak değerlendirilir. (Köse, 2005)

Seçilen yerin, yerleşim merkezine uzaklığı, 520 m'dir. Rakım değeri 155 m'dir.

Bu çalışmada göbek yüksekliği 80 m, kule tipi olarak konik boru tipi kullanıldığı düşünülmüştür.

Santralde üretilen elektrik şebekeye verileceği için, herhangi bir depolama sistemine gerek yoktur.

Belirli bir aralıkta üretilen ve tüketilen enerji miktarının ölçülmesi ile tesisin ekonomikliğı belirlenir. Santralin kurulumu için 1 yıl standart ölçümler yapılır, 3 ay inşa süresi ve 3 ay da işletmeye alınma süresidir. Yani yaklaşık 18 ay sonrasında santral üretime hazır olmuş olur.

4.2.4.2. Maliyet Hesabı

Elektrik enerjisi üretim tesislerinin maliyetleri,

- 1) Yatırım Maliyetleri : Santral inşası ve şebekeye olan bağlantı maliyeti
- 2) İşletme Maliyetleri: Tesisin çalıştırılması, yakıtı ve bakım maliyetleri
- 3) Amortisman-Finansman: Yatırımcı ve bankalara geri ödenecek miktar olmak üzere 3 sınıfta toplanabilir.

RES Kurulum Maliyetlerinin Temel Bileşenleri şunlardır: (Ağçay, 2007)

- 1) Betonarme Temel
- 2) Yol Yapımı
- 3) Transformator,
- 4) İletişim Bağlantıları
- 5) Kablo Maliyetleri

Toplam maliyetin % 75-90'ı rüzgar türbininin yatırım maliyetini oluşturmaktadır. (Köse, 2005)

İşletme masrafı: Üretilen elektriğin %1-2 si kadardır.

Rüzgar santrali kurulu gücünün birim maliyeti: 1000 € /kW

1MW için yaklaşık 1×10^6 € gereklidir.

Türbin gücü büyüdükçe birim fiyat azalır. (Köse, 2005)

❖ Yatırım Maliyetleri:

İletim hattı maliyeti km başına birim maliyet 75.000 dolardır. Elektrik bağlantı maliyeti ise sabittir ve türbin başına 1 milyon dolardır. (Erdem, 2015)

Tablo 4.2.7. Maliyet Kalemleri ve Maliyetler

	Maliyet Kalemleri	Maliyet (\$)
1	Betonarme Temel Maliyeti	3000
2	Yol Yapımı Maliyeti	198
3	Trafo Merkezi Maliyeti	200000
4	İletişim Bağlantıları Maliyeti	75000
5	Kablo Maliyetleri	1000000
6	Türbin Maliyeti	1400

Kaynak: (Köse, 2005)

Güç tesisi - Rüzgar türbini - 1.000 kW

Yakıtlar ve çizelgeler

Elektrik ve yakıtlar

Teknoloji

Güç

Rüzgar türbini - 1000 kW (1,4M/s @10M)

Rüzgar türbini - 1000 kW (2,4M/s @10M)

Rüzgar türbini - 1000 kW (3,4M/s @10M)

Rüzgar türbini - 1000 kW (4,4M/s @10M)

Rüzgar türbini - 1000 kW (5,4M/s @10M)

Özet

Sistem dahil?

Yakıtlar

Rüzgar

Açıklama: Rüzgar türbini - 1000 kW (2,4M/s @10M)

Not:

Seviye

Seviye 1 Seviye 2 Seviye 3

Rüzgar - Seviye 2

Kaynak değerlendirmesi

Kaynak yöntemi

Rüzgar hızı - yıllık

Ölçüm yeri:

Rüzgar kesmesi kuvveti

Hava sıcaklığı - yıllık

Atmosferik basınç - yıllık

Rüzgar hızı

M/s

M

°C

kPa

2,4419

10

0,14

20,1197

95,5709

İklim verileri

Türkiye - Iskenderun

2,4

10

20,1

95,6

Rüzgar türbini

Türbin başına güç kapasitesi

İmalatçı

Model

Türbin sayısı

Güç kapasitesi

Bağlantı noktası yüksekliği

Türbin başına rotor çapı

Türbin başına taranan alan

Enerji eğrisi verileri

Şekil faktörü

kW

M

M

M²

1.000

70

54

2.290

Standart

2

3,2 M/s

Şekil 4.2.57. Enerji Modeli

Buradaki değerler program tarafından otomatik oluşturulmaktadır.

❖ İşletme ve Bakım Masrafları (O&M)

Rüzgar türbinleri yaklaşık 20 yıllık ömre ve 120000 saatlik işletme süresi temel alınarak tasarlanır. Fakat türbin ömrü hem türbinin niteliğine ve hem de bölgenin iklim koşullarına göre değişir.

Rüzgar santrallerinin işletme maliyetleri çok azdır. Senelik giderleri, elde edilen (kWh) elektrik fiyatının yaklaşık olarak yüzde 1-2' si kadardır. Bunlar da arazi kirası, bakım ve sigorta primlerini içerir.

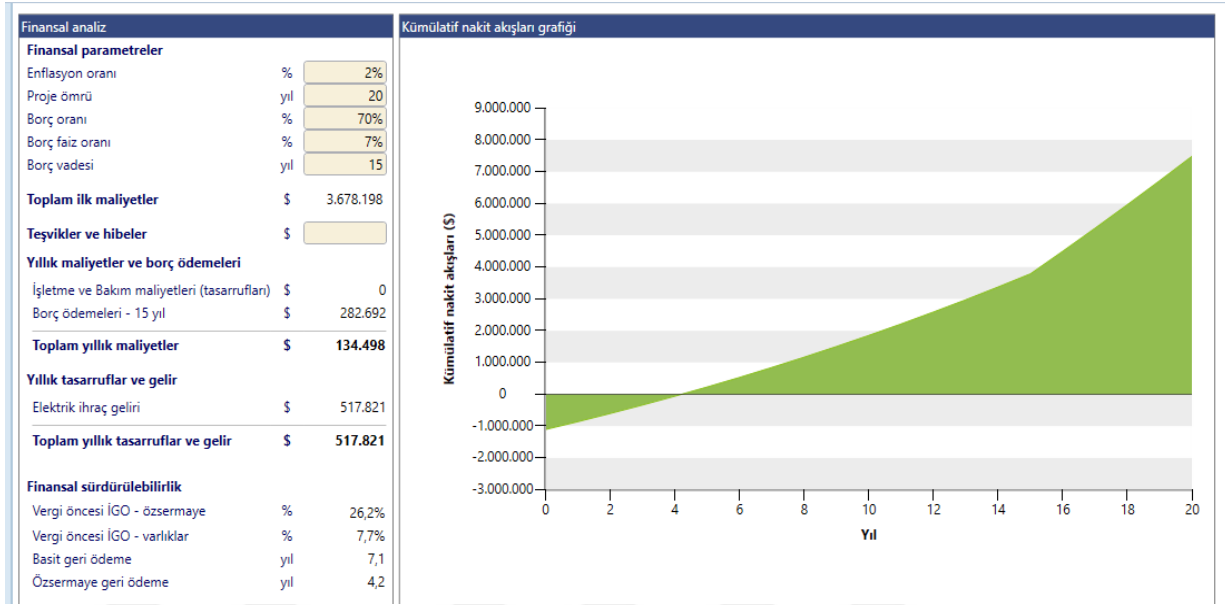
❖ Amortisman-Finansman

Rüzgar türbini - 1000 kW (5,4M/s @10M)			\$	3.000.000	Maliyeti güncelle		\$	-
Betonarme Maliyeti	maliyet	1	\$	3.000	\$	3.000	100%	\$ 3.000
Yol Yapımı Maliyeti	maliyet	1	\$	198	\$	198	100%	\$ 198
Trafo Merkezi Maliyeti	maliyet	1	\$	200.000	\$	200.000	100%	\$ 200.000
İletişim Bağlantıları Maliyeti	maliyet	1	\$	75.000	\$	75.000	100%	\$ 75.000
Kablo Maliyetleri	maliyet	1	\$	1.000.000	\$	1.000.000	100%	\$ 1.000.000
Türbin Maliyeti	maliyet	1	\$	896.476	\$	896.476	100%	\$ 896.476
Toplam ilk maliyetler			\$	17.174.674			12,7%	\$ 2.174.674

Yıllık maliyetler (krediler)	Birim	Miktar	Birim maliyet	Miktar
İşletme ve Bakım maliyetleri (tasarrufları)	proje		\$	84.000
Verileri göster				
Elektrik sistemi				
Rüzgar türbini - 1000 kW (1,4M/s @10M)			\$	0
Rüzgar türbini - 1000 kW (2,4M/s @10M)			\$	84.000
Rüzgar türbini - 1000 kW (3,4M/s @10M)			\$	0
Rüzgar türbini - 1000 kW (4,4M/s @10M)			\$	0
Rüzgar türbini - 1000 kW (5,4M/s @10M)			\$	0
Kullanıcı tanımlı	maliyet		\$	-
Toplam yıllık maliyetler			\$	84.000

Şekil 4.2.58. Maliyet Hesabı

Veriler programa Şekil 4.2.58'deki gibi girildiğinde, Şekil 4.2.59'daki kümülatif nakit akış grafiği elde edilmektedir.



Şekil 4.2.59. Kümülatif Nakit Akışı

Sonuçlar incelendiğinde basit geri ödeme süresinin yaklaşık 7 yıl olduğunu, öz sermaye geri ödemesinin ise yaklaşık 4 yılda tamamlanacağını söyleyebiliriz.

• TARTIŞMA VE SONUÇ

Türkiye'nin elektrik enerjisi talebi sürekli artmaktadır. Ülkenin ortalama yıllık enflasyon oranının sürekli artması, ülkenin enerji ihtiyacının karşılamasında dışa bağımlı bir ülke olması sebepleri ile yenilenebilir enerji kaynakları ile enerji üretimi için yapılacak yatırımlar önem arz etmektedir.

Ülkemizin güneş enerjisi açısından Avrupa ülkelerine göre kıyasladığımızda potansiyel olarak daha uygun olmasına rağmen, diğer ülkelerin hem malzeme üretimi hem de enerji üretiminin yenilenebilir kaynaklardan sağlanması açısından Türkiye'den daha ileride olduğunu görmekteyiz.

Rüzgar enerjisi, güneş enerjisinin bir formudur ve bu enerjiden yararlanma konusunda eski yıllara kıyasla daha iyi olmamızda rağmen, diğer ülkelerin gerisinde kalmaya devam ediyoruz.

Bu çalışmada uygun yer seçimi GEPA ve REPA'dan yararlanarak ve RETScreen programı kullanılarak belirlenmiş ve bu yerlere kurulacak santrallerin maliyet analizi ve geri ödeme süreleri hesaplanmıştır.

Güneş santrali için GEPA'dan yararlanarak en fazla güneşlenme süresi ve radyasyon değeri olan iller belirlenmiş, bu iller diğer kriterler de göz önüne alınarak incelenmiştir. Ve Karaman ve Mersin illerinin güneş santrali için uygun olduğu belirlenmiştir. Bu iki ilden de Mersin ili seçilerek bu ilde güneş santrali kurulumunda ne kadar bir maliyet gerektiği ve ne kadar sürede bu maliyetin geri ödeneceği RETScreen programı ile belirlenmiştir.

Aynı şekilde REPA' dan yararlanarak rüzgar santrali için uygun iller birkaç ile düşürülüp, bunlardan rüzgar hızı en fazla olan iki il Balıkesir ve Hatay ilinden, Hatay ili seçilmiş ve rüzgar santralinin Hatay ilinde kurulumu ile maliyetin ne olacağı ve ne kadar sürede bu maliyetin geri ödeneceği RETScreen Programı ile incelenmiştir.

Mersin'de kurulacak güneş enerjisi santralinin maliyeti yaklaşık olarak 958.789\$ olup, öz sermaye geri ödemesi 7,6 yıl, basit geri ödemesi ise 9.4 yıldır. Toplam yıllık maliyetler 113.689 \$, toplam yıllık gelir 142.455 \$ dir. 20 yıl sonunda 1.146.209 \$ kazanç sağlanmaktadır.

Hatay’da kurulacak rüzgar enerjisi santrali için bulgular ise şöyledir. Toplam ilk maliyet 2.174.674 \$ dır. Toplam yıllık maliyetler 84.000 \$ olarak kabul edilmiştir ve buna göre öz sermaye geri ödemesinin 4.2 yılda tamamlandığını, basit geri ödemesinin ise 7.1 yıl olduğunu, toplam yıllık tasarrufların 517.821 \$ ve 20 yıl sonunda 7.000.000 \$’ dan fazla kazanç elde edileceğini söyleyebiliriz.

Aynı güçteki güneş enerjisi ve rüzgar enerjisi santralinin maliyet ve geri ödeme sürelerine baktığımızda rüzgar enerjisinin daha kısa sürede geri ödemesinin tamamlandığını, daha fazla kazanç sağladığını ve bu sebeple daha ekonomik olduğunu söyleyebiliriz. Rüzgar enerjisi santrali hesaplamalarında 1 MW’ lık bir türbin kullanılmıştır.

Yenilenebilir enerji yatırımlarının desteklenmesi ile hem ülke ekonomisine katkı sağlanacak hem de ekosistem fosil yakıtların zararlı etkilerinden korunmuş olacaktır.

KAYNAKLAR

- Ağçay, M. (2007) *Türkiye'nin Elektrik Enerjisi Arz Talep Dengesinin Tespiti, Üretim Projeksiyonuna Yönelik Rüzgar Elektrik Santrali Tasarımı RES'in Kurulum Maliyetlerinin ve Üretim Parametrelerinin Analizinin Matlab&Simulink İle Yazılan Programda Yapılması*. Yıldız Teknik Üniversitesi.
- Akbulut, U., Doğan, B. T. ve Kıncay, O. (2009) “RetScreen Programı Kullanılarak Türkiye Şartlarına Uygun RES Projelerinin Ekonomik Analizi”, *TTMD Dergisi*, 59, ss. 27–32.
- Doğan, B. T., Çolakoğlu, A. ve Kıncay, O. (2012) “RETScreen Analiz Programı ile Hatay ’ da Rüzgar Enerji Santrali Key Words :”, ss. 22–27.
- Dümenli, Ş. (2019) *Rüzgar ve Güneş Enerjisi Santrali Yatırımlarının ve İşletme Faaliyetlerinin TMS/TFRS Çerçevesinde Muhasebeleştirilmesi*, Denizli. Pamukkale Üniversitesi. doi: .1037//0033-2909.I26.1.78.
- Er, M. (2003) *Rüzgar Enerjisi ve Ülkemizde Bu Konudaki Çalışmalar*. Yıldız Teknik Üniversitesi.
- Erdem, O. ve diğ. (2015) “Bozcaada ’ da Kurulacak Olan Bir Rüzgâr Enerjisi Santralinin Ekonomik Analizi Abs tract :”, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 148, ss. 22–27.
- Girgin, M. H. (2011) *Bir Fotovoltaik Güneş Enerjisi Santralinin Fizibilitesi,Karaman Bölgesinde 5 MW’lık Güneş Enerjisi Santrali İçin Enerji Üretim Değerlendirmesi ve Ekonomik Analizi*. İstanbul Teknik Üniversitesi. doi: 10.3969/j.issn.1006-8082.2011.06.013.
- Harun Girgin, M. (2011) *Bir Fotovoltaik Güneş Enerjisi Santralinin Fizibilitesi, Karaman Bölgesinde 5 MW’lık Güneş Enerjisi Santrali İçin Enerji Üretim Değerlendirmesi ve Ekonomik Analizi*. İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Hordeski, Michael F. (2010) *Megatrends for Energy Efficiency and Renewable Energy*, The Fairmont Press, Inc., 2010. ProQuest Ebook Central.
- Köse, F. ve diğ. (2005) “Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli Ölçümü ve Rüzgar Türbini Seçimi”, ss. 20–30.
- ÖZŞAHİN, E., Ç. K. K. (2013) “Rüzgar Enerji Santrallerinin (RES) Yapım Yeri Seçimi Üzerine Bir CBS Analizi:Hatay Örneği”, *TÜBAV Bilim Dergisi*, 6(2), ss. 1–18.
- ÖZTÜRK, K. (2002) “Küresel İklim Değişikliği ve Türkiye’ye Olası Etkileri”, *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 22(1), ss. 47–65. Available at: <http://dergipark.gov.tr/download/article-file/77436>.
- Sabah, L. (2016) “Güneş enerj i santral i yer seç i m i nde açık kaynak kodlu cbs kullanımı-esk iş eh i r i l örne ğ i , site selection of solar power plant by using open source gis for esk iş eh i r province”, (October).

- Saglam, M., Sulukan, E. ve Uyar, T. S. (2010) “Wave Energy and Technical potential of Turkey”, *Journal of Naval Science and Engineering*, 6(2), ss. 34–50.
- Sarıbaş, M. (2009) *Silifke(Mersin) İlçesinin Beşeri ve Ekonomik Coğrafyası*. Selçuk Üniversitesi.
- Şenaktaş, B. (2005) “Hidrojen enerjisi, üretimi ve uygulamaları”, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi*.
- Sencer Peker, H. (2015) “Türkiyenin Enerji Arz Güvenliği Ve Ölçülmesi: Türkiyenin Enerji Arz Güvenliği Endeksine Yönelik Bir Uygulama”, *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 5(2015–2), ss. 1–1. doi: 10.18074/cnuiibf.230.
- Türkeş, M. ve diğ. (2000) “Küresel iklim değişikliği ve olası etkileri”, *Çevre Bakanlığı, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Seminer Notları (13 Nisan 2000, İstanbul Sanayi Odası), 7-24, ÇKÖK Gn. Md., Ankara*.
- Üçgül, İ. ve Akgül, G. (2010) “Biyokütle Teknolojisi”, *YekarumDergi*, 1(1), ss. 3–11.
- Utku Bozkurt, A. (2008) *Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Enerji Verimliliği Açısından Değerlendirilmesi*. Dokuz Eylül Üniversitesi.
- Varınca, K. B. ve Talha Gönüllü, M. (2006) “Türkiye ’ de Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Bu Potansiyelin Kullanım Derecesi , Yöntemi ve Yaygınlığı Üzerine Bir Araştırma”, ss. 270–275.
- Yalçın, M. (2017) *Yenilenebilir Enerji Sektöründe Muhasebe Organizasyonu*. Balıkesir Üniversitesi.
- <http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2f1%2fDocuments%2fSayfalar%2fK%C3%B6m%C3%BCr+Nedir-.pdf>, [Ziyaret tarihi: 14 Mart 2019].
- <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Kömür>, [Ziyaret tarihi: 23 Mart 2019].
- <http://www.atasterminal.com/history.htm>, [Ziyaret tarihi: 10 Mart 2019].
- https://www.botas.gov.tr/docs/raporlar/tur/strplan2015-19_tr.pdf, [Ziyaret tarihi: 14 Mart 2019].
- <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Nukleer-Enerji>, [Ziyaret tarihi: 14 Mart 2019].
- <https://ebookcentral.proquest.com/lib/bogaziciebooks/reader.action?ppg=757&docID=1517436&tm=1530693529512>
- <https://www.renewableenergyworld.com/geothermal-energy/tech.html>
- http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/h_hidrolik_nedir.aspx

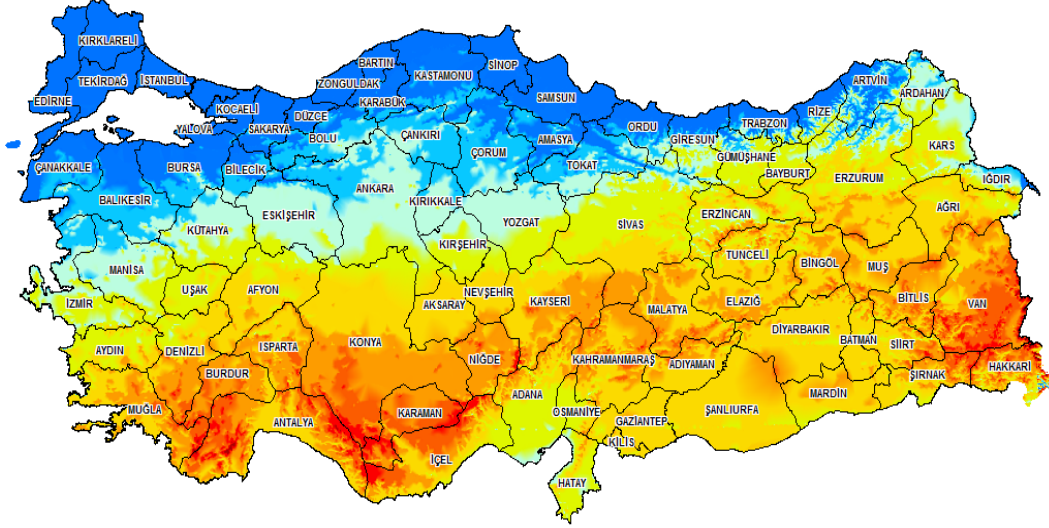
<https://ebookcentral.proquest.com/lib/bogaziciebooks/reader.action?ppg=759&docID=1517436&tm=1530710616383>

<http://ebookcentral.proquest.com/lib/bogazici-ebooks/detail.action?docID=3239037>.
Created from bogazici-ebooks on 2018-06-27 02:19:07.



EKLER

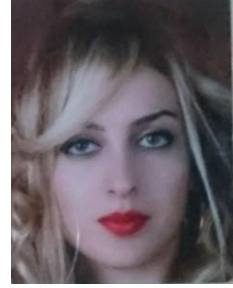
EK 1. Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı Tuğba ÜÇÜNCÜ
 Doğum Yeri Trabzon
 Doğum Tarihi 02.11.1986
 Uyruğu ☒ T.C. ☐ Diğer:
 Telefon 05462789732
 E-Posta Adresi tugba.ucuncu.mat@gmail.com
 Web Adresi



Eğitim Bilgileri

Lisans

Üniversite Uludağ Üniversitesi
 Fakülte Fen-Edebiyat Fakültesi
 Bölümü Matematik
 Mezuniyet Yılı 08.06.2009

Yüksek Lisans

Üniversite İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
 Enstitü Adı Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
 Anabilim Dalı Mühendislik Bilimleri Anabilim Dalı
 Programı Mühendislik Bilimleri

Makale ve Bildiriler

