



**T.C.
YALOVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MARMARA BÖLGESİNDE HİBRİT ENERJİ
POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ VE HARİTALANMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
SERAP YARALI
175103008**

Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı Adı

Enerji Sistemleri Mühendisliği Programı

**Tez Danışmanı: Doç.Dr. Bayram KILIÇ
İkinci Danışmanı: Doç. Dr. Sunay TÜRKDOĞAN**

HAZİRAN 2020



**T.C.
YALOVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MARMARA BÖLGESİNDE HİBRİT ENERJİ
POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ VE HARİTALANMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
SERAP YARALI
175103008**

Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı Adı

Enerji Sistemleri Mühendisliği Programı

**Tez Danışmanı: Doç.Dr. Bayram KILIÇ
İkinci Danışmanı: Doç. Dr. Sunay TÜRKDOĞAN**

HAZİRAN 2020

YALOVA Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü' nün 175103008 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Serap YARALI**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**MARMARA BÖLGESİNDE HİBRİT ENERJİ POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ VE HARİTALANMASI**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde sunmuş ve oy birliği ile başarılı bulunmuştur.

İmza / Kanaati
(Kabul/Red)

Tez Danışmanı : /

Jüri Üyeleri : /

..... /

Teslim Tarihi : 1 Haziran 2020
Savunma Tarihi : 15 Haziran 2020



ÖNSÖZ

Çalışma hayatımdan dolayı geciktirdiğim yüksek lisans eğitimimde bana destek olan Doç. Dr. Bayram KILIÇ ve Doç. Dr. Sunay TÜRKDOĞAN hocalarıma teşekkür ederim. Ayrıca fiyatlandırma ve uygulamada teknik bilgilerinden dolayı Alpex Power ve Teksan Jeneratör firması çalışanlarına, biyokütle konusundakiengin bilgilerini benimle paylaşan Prof. Dr. Hüseyin TOPAL hocama ve bonkörce benim zamanımı ve ilgimi ayrıca bilgisayarlarını paylaştıkları için oğullarım Tuğra ve Taha' ya da özellikle teşekkür ederim.

Haziran 2020

Serap YARALI
Elektrik Mühendisi



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
	No
KISALTMALAR.....	xi
ÇİZELGE LİSTESİ	xiii
ŞEKİL LİSTESİ	xv
ÖZET	xxi
ABSTRACT	xxiii
1. GİRİŞ	1
1.1 Literatür Taraması.....	3
1.2 Dünyada Enerji ve Yenilenebilir Enerji	7
1.3 Türkiye’ de Enerji ve Yenilenebilir Enerji.....	9
1.4 Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Dünyada ve Türkiye’ deki Durumları	14
1.4.1 Güneş Enerjisi.....	14
1.4.1.1 Dünyadaki PV durumu	16
1.4.1.2 Türkiye’ de PV durumu	16
1.4.1.3 Türkiye geneli güneşlenme haritası.....	16
1.4.2 Rüzgâr Enerjisi.....	17
1.4.2.1 Dünyada rüzgâr enerjisi.....	18
1.4.2.2 Türkiye’ de rüzgâr Enerjisi	19
1.4.3 Biyokütle Enerjisi	20
1.4.3.1 Dünyada biyokütle enerjisi	22
1.4.3.2 Türkiye’ de biyokütle enerjisi	24
1.4.3.3 Marmara Bölgesi il bazında biyokütle dağılımı.....	24



1.4.4 Hidroelektrik Enerji.....	27
1.4.4.1 Dünyada hidroelektrik enerji	27
1.4.4.2 Türkiye’ de hidroelektrik enerji	28
1.4.4.3 Marmara Bölgesi il bazında hidrokinetik verileri	29
1.4.5 Jeotermal Enerji	29
1.4.5.1 Jeotermal enerji ile elektrik enerjisi üretimi	30
1.4.5.2 Dünya’ da ve Türkiye’ de jeotermal enerji.....	31
2. MATERYAL ve METOD.....	33
2.1 HOMER ile Güç Optimizasyonu	33
2.1.1 Elektrik Yüğü Belirleme.....	34
2.1.2 Bağlantı Şeması	38
2.1.2.1 Biojeneratör seçimi	39
2.1.2.2 Dizel jeneratör seçimi.....	42
2.1.2.3 Şebeke seçimi.....	42
2.1.2.4 Şebeke uzatma (grid extension) bedeli hesabı	43
2.1.2.5 Hidrokinetik türbin seçimi	44
2.1.2.6 Rüzgar türbini seçimi	44
2.1.2.7 Güneş paneli (PV) seçimi	45
2.1.2.8 Akü seçimi	45
2.1.2.9 Konverter seçimi	46
2.1.3 Bazı Parametrelerin Tanımları.....	46
2.2 İllere Göre HOMER Çalışmaları ve Simülasyon Sonuçları.....	47
2.2.1 Balıkesir İli Simülasyon Sonuçları	48
2.2.2 Bilecik İli Simülasyon Sonuçları	50
2.2.3 Bursa İli Simülasyon Sonuçları	51



2.2.4 Çanakkale İli Simülasyon Sonuçları	53
2.2.5 Edirne İli Simülasyon Sonuçları	54
2.2.6 İstanbul İli Simülasyon Sonuçları	55
2.2.7 Kırklareli İli Simülasyon Sonuçları	56
2.2.8 Kocaeli İli Simülasyon Sonuçları	57
2.2.9 Sakarya İli Simülasyon Sonuçları	58
2.2.10 Tekirdağ İli Simülasyon Sonuçları.....	59
2.2.11 Yalova İli Simülasyon Sonuçları	61
3. TARTIŞMA ve SONUÇ	65
3.1 Verilerin Değerlendirilmesi	65
3.2 Sonuç.....	73
3.3 Öneriler.....	77
KAYNAKLAR.....	81
EKLER.....	87
ÖZGEÇMİŞ.....	89

KISALTMALAR

BEPA	: Biyokütle Enerjisi Potansiyel Atlası
CC	: Cycle Charging Dispatch (üretilen elektriği hem yüklerin ihtiyacını karşılamada hem de aküleri şarj etmede kullanan strateji)
COE	: Levelized Cost of Energy (üretilen 1 kWh elektriğin, yaşam boyu maliyete göre sistem tarafından hesaplanan ortalama fiyatıdır)
DF	: Derating Factor (ömrünü uzatmak için daha düşük güç altında çalışması)
EİGM	: Enerji İşleri Genel Müdürlüğü
EMO	: Elektrik Mühendisleri Odası
GEPA	: Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası
HOMER	: Hybrid Optimization Model For Electrical Renewable (yenilenebilir elektrik için hibrid optimizasyon modeli)
IEA	: International Energy Agent (Uluslararası Enerji Ajansı)
KTEP	: Kilo Ton Eşdeğer Petrol
LF	: Load Following (üretilen elektriği sadece yüklerin ihtiyacını karşılamada kullanan strateji)
LHV	: Low Heat Value (alt ısı değeri)
MMO	: Makine Mühendisleri Odası
MTEP	: Milyon Ton Eşdeğer Petrol
MTOE	: Million Tonnes of Oil Equivalent (milyon ton eşdeğer petrol)
NPC	: Net Present Cost-Life Cycle Cost-Toplam Net Maliyet-Yaşam Döngü Maliyeti (tesis ömrü boyunca tüm girdi çıktıların, kuruluş ve işletme maliyetlerinin toplamı)
REN FRAC	: Renewable Fraction (yenilenebilir kısım)
REPA	: Rüzgar Enerjisi Potansiyel Atlası
TEİAŞ	: Türkiye Elektrik İletim A.Ş.
TEP	: Ton Eşdeğer Petrol
YEGM	: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü
YEK	: Yenilenebilir Enerji Kaynakları



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa No

Çizelge 1.1 Marmara Bölgesi yıllık biyokütle kapasitesi.....	25
Çizelge 1.2 Marmara Bölgesi günlük biyogaz üretim kapasitesi.....	26
Çizelge 1.3 Jeotermal akışkanın sıcaklığına göre kullanma yerleri.....	30
Çizelge 2.1 Evler enerji tüketimi.....	35
Çizelge 2.2 Mahalle marketi enerji tüketimi.....	35
Çizelge 2.3 Mahalle ilkokulu enerji tüketimi.....	36
Çizelge 2.4 Mahalle camisi enerji tüketimi.....	36
Çizelge 2.5 Köyün toplam enerji tüketimi.....	37
Çizelge 2.6 5 m ³ biyogaz elde etmek için gerekli atık miktarı.....	41
Çizelge 2.7 İller enlem boylam rüzgar ve güneş verileri.....	49
Çizelge 3.1 11 ilin fiyatlandırma özeti.....	69
Çizelge 3.2 11 ilin elektrik üretim kaynakları oranları.....	70
Çizelge 3.3 11 ilin akü-konverter-yıllık elektrik kesintisi ve şebeke uzatma noktası özellikleri.....	71
Çizelge 3.4 11 ilin PV-rüzgar-biojeneratör-hidrokinetik jeneratör özellikleri.....	72
Çizelge 3.5 11 ilin emisyonları.....	73
Çizelge 3.6 Marmara Bölgesinde hibrid enerji simülasyon sonuçları çizelgesi.....	76



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1 Dünyada enerji üretim kaynakları kullanımı.....	7
Şekil 1.2 Dünyada enerji tüketimi ve CO ₂ emisyon oranı.....	8
Şekil 1.3 Avrupa enerji tüketimi ve CO ₂ emisyon oranı.....	8
Şekil 1.4 Türkiye enerji tüketimi ve CO ₂ emisyon oranı.....	9
Şekil 1.5 Türkiye’ de enerji üretim kaynaklarının dağılımı.....	10
Şekil 1.6 Türkiye 2019 yılı elektrik üretimi kaynakları.....	11
Şekil 1.7 Yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üreten tesislerin kurulu güç gelişimi.....	12
Şekil 1.8 Yenilenebilir enerji kurulu güç gelişimi.....	13
Şekil 1.9 Yenilenebilir kaynaklardan üretilen elektrik enerjisi miktarları ve toplam üretime katkısı.....	14
Şekil 1.10 2007 - 2024 yılları PV kapasite artışı.....	16
Şekil 1.11 Türkiye’ de solar PV üretimi.....	16
Şekil 1.12 Türkiye güneşlenme haritası.....	17
Şekil 1.13 Dünyada kara ve açık deniz rüzgâr enerjisi üretimi.....	18
Şekil 1.14 Türkiye’ de rüzgâr enerjisi üretimi.....	19
Şekil 1.15 Yıllık rüzgâr hızı haritası.....	20
Şekil 1.16 Dünyada büyükölçekten enerji üretimi ve gelecek yıllar tahmini.....	23
Şekil 1.17 2019 yılı bazı ülkelerin biyoyakıt üretme kapasiteleri.....	23
Şekil 1.18 Türkiye’ de 1992-2018 yılları arası biyo yakıtlardan elektrik üretimi.....	24
Şekil 1.19 Dünyada hidroelektrik kaynaklardan elektrik üretimi.....	28
Şekil 1.20 Türkiye’ de hidroelektrik kaynaklardan elektrik üretimi.....	28
Şekil 1.21 Türkiye yıllar itibariyle hidrolik enerji kurulu gücü.....	29
Şekil 1.22 Türkiye jeotermal alanlar ve sıcak su noktaları haritası.....	31
Şekil 2.1 Günü 24 saati için güç tüketim profili	37
Şekil 2.2 Market+okul+cami yükü için aylık güç tüketimi.....	38
Şekil 2.3 Bağlantı şeması.....	38



Şekil 2.4 Biyokütleden biyogaz ve elektrik üretimi şeması.....	40
Şekil 2.5 Yenilenebilir enerji simülasyonları yapılan lokasyonlar.....	48
Şekil 2.6 Balıkesir ili simülasyon sonuçları.....	49
Şekil 2.7 Balıkesir ili bileşenler karşılaştırması.....	50
Şekil 2.8 Bilecik ili simülasyon sonuçları.....	51
Şekil 2.9 Bilecik ili bileşenler karşılaştırması.....	52
Şekil 2.10 Bursa ili simülasyon sonuçları.....	52
Şekil 2.11 Bursa ili bileşenler karşılaştırması.....	53
Şekil 2.12 Çanakkale ili simülasyon sonuçları.....	54
Şekil 2.13 Çanakkale ili bileşenler karşılaştırması.....	54
Şekil 2.14 Edirne ili simülasyon sonuçları.....	55
Şekil 2.15 Edirne ili bileşenler karşılaştırması.....	55
Şekil 2.16 İstanbul ili simülasyon sonuçları.....	56
Şekil 2.17 İstanbul ili bileşenler karşılaştırması.....	57
Şekil 2.18 Kırklareli ili simülasyon sonuçları.....	57
Şekil 2.19 Kırklareli ili bileşenler karşılaştırması.....	58
Şekil 2.20 Kocaeli ili simülasyon sonuçları.....	58
Şekil 2.21 Kocaeli ili bileşenler karşılaştırması.....	59
Şekil 2.22 Sakarya ili simülasyon sonuçları.....	59
Şekil 2.23 Sakarya ili bileşenler karşılaştırması.....	60
Şekil 2.24 Tekirdağ ili simülasyon sonuçları.....	61
Şekil 2.25 Tekirdağ ili bileşenler karşılaştırması.....	61
Şekil 2.26 Yalova ili yenilenebilir enerji simülasyonları yapılan lokasyon.....	62
Şekil 2.27 Yalova ili simülasyon sonuçları.....	62
Şekil 2.28 Yalova ili fiyatlandırma özeti.....	63
Şekil 2.29 Yalova ili nakit akışı.....	63
Şekil 2.30 Yalova ili bileşenler karşılaştırması.....	64
Şekil 2.31 Yalova kaynağına göre üretilen elektrik yüzdeleri.....	65



Şekil 2.32 Yalova ili şebeke uzatma eğrisi.....	66
Şekil 2.33 Yalova ili emisyon özellikleri.....	66
Şekil 3.1 Marmara Bölgesi yenilenebilir enerji haritası.....	78





MARMARA BÖLGESİNDE HİBRİT ENERJİ POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ VE HARİTALANMASI

ÖZET

Dünyada yaşamın var olabilmesi için enerji ihtiyacıdır. Özellikle sanayi devriminden sonra kişi başına düşen enerji talebi artmış olup, bu durum fosil yakıtların kullanımını arttırmıştır. Gerek fosil yakıtlar tarafından çevreye verilen zararlar, gerekse dünyadaki fosil yakıt rezervlerinin tükenmekte oluşu yeni kaynak arayışlarına gidilmesine sebep olmuştur.

Bu çalışmada Marmara Bölgesinin Hibrid Enerji Potansiyeli HOMER (Hybrid Optimization Model For Electrical Renewable - yenilenebilir elektrik için hibrid optimizasyon modeli) programı ile simule edilerek elde edilen sonuçlar haritalandırılmıştır. 20 ev, 1 market, 1 okul ve 1 camiden oluşan bir köyün elektrik yükü belirlenerek, yenilenebilir enerji kaynakları için güncel ekonomik veriler ve bölgede mevcut olan rüzgar, güneş, biyokütle ve hidrokinetik kaynak verileri tanımlanarak, hibrid sistemlerin NPC (toplam net maliyet) ve COE (birim enerji maliyeti) maliyeti, şebeke uzatma bedeli ve emisyon bilgileri hesaplanmış olup, Marmara genelinde yenilenebilir enerji haritalaması yapılmıştır.

PV paneller sadece gündüz, rüzgar türbinleri kesintili enerji ürettiği için aküler ile depolama yapılmaktadır. Maliyeti düşürmek için akü sayısı ve PV panel sayısı kullanıcı tercihinin bırakılmamış, HOMER algoritması tarafından belirlenmiştir. Sürekli üretimin sağlandığı biyokütle ve hidrokinetik jeneratörler ile baz ihtiyaç karşılanmış, tüm bileşenler için en uygun çözüm HOMER ile simule edilmiştir.

Hidrokinetik enerjinin kullanılmadığı illerde enerji üretimi birim maliyeti 0.137 \$ - 0.159 \$ aralığında bulunurken, hidrokinetik enerjinin kullanıldığı illerde enerji üretimi birim maliyeti 0.099 \$ - 0.131 \$ aralığında bulunmuştur. Şebeke elektriği 0.11 \$ iken Çanakkale ilinde enerji üretme birim maliyeti 0.099 \$ bulunmuştur. Her bir il için kullanılan bileşenler harita üzerinde gösterilmiştir. İl bazında en uygun maliyetli yenilenebilir enerji üretim yöntemi haritadan net olarak görülmektedir.

Her ne kadar maliyetler genelde şebekeden daha yüksek çıksa da, çevreye olan etkileri ve fosil yakıtların ömrünün tükenmekte olduğu değerlendirildiğinde yapılacak ARGE çalışmalarıyla ve teşviklerle maliyetler düşürülecek ve toplumun bilinçlendirilmesi ile yenilenebilir enerji üretimi ve kullanımı artacaktır.

Anahtar kelimeler: Hibrit Enerji Sistemleri, Sürdürülebilirlik, Yenilenebilir Enerji, HOMER, Marmara



DETERMINATION AND MAPPING OF HYBRID ENERGY POTENTIAL IN MARMARA REGION

ABSTRACT

Energy is needed for life to exist in the world. Energy demand per capita has increased, especially after the industrial revolution, which has increased the use of fossil fuels. Both the environmental damage caused by fossil fuels and the depletion of fossil fuel reserves around the world have led to the search for new resources.

In this study, the results obtained by simulating the Hybrid Energy Potential HOMER (Hybrid Optimization Model For Electrical Renewable - hybrid optimization model for renewable electricity) program of the Marmara Region are mapped. By determining the electrical load of a village consisting of 20 houses, 1 market, 1 school and 1 mosque, current economic data for renewable energy sources and wind, solar, biomass and hydrokinetic source data available in the region are identified, NPC (total net cost) and COE (unit energy cost) cost, network extension cost and emission information of hybrid systems have been calculated and renewable energy mapping has been done across Marmara.

PV panels are stored only in the daytime with batteries, since wind turbines generate intermittent energy. To reduce the cost, the number of batteries and the number of PV panels are not left to the user preference but determined by the HOMER algorithm. With biomass and hydrokinetic generators, where continuous production is provided, the base need was met and the most suitable solution for all components was simulated with HOMER.

In the provinces where hydrokinetic energy is not used, the unit cost of energy production is in the range of \$ 0.137 - \$ 0.159, whereas in the provinces where hydrokinetic energy is used, the unit cost of energy production was in the range of \$ 0.099 - \$ 0.131. While grid electricity was \$ 0.11, the cost of energy generation in Çanakkale was found to be \$ 0.099. The components used for each province are shown on the map. The most cost-effective renewable energy production method on a provincial basis is clearly seen on the map.

Although costs are generally higher than the grid, the costs will be reduced with the R&D studies and incentives, and the production and use of renewable energy will increase with the awareness of the society by considering the effects on the environment and the life of fossil fuels are running out.

Keywords: Hybrid Energy Systems, Sustainability, Renewable Energy, HOMER, Marmara



1. GİRİŞ

Enerji kullanımının tarihi insanlık tarihi ile eşittir. İnsanoğlu var olduğu andan itibaren güneş, su ve rüzgâr enerjisini kullanmıştır. Ateşin bulunmasından sonra ısı enerjisi ile yiyecekleri pişirmiş, geceleri ışık enerjisi ile aydınlanmış, hayvanların enerjisi ile tarlalarını sürmüş, su ve rüzgâr değirmenleri ile hasadını öğütmüştür. Zamanla alet yapma becerisi artmış ve daha çok enerji kullanım alanı ortaya çıkmıştır. Demirden eşyalar, ok, yay, bıçak, kılıç yapmak için odun kömür vs. yakmış, rüzgâr enerjisinden faydalanmıştır. Ama asıl enerji ihtiyacı sanayi devrimi dediğimiz dönemde, 18. yüzyılın ikinci yarısında buharlı makinelerin icadı ile başlamıştır. Sanayi devrimi İngiltere’de başlamış olup, Avrupa’ya oradan da Amerika’ya yayılmıştır. İlk sanayi devriminde kömürle çalışan makineler kullanılırken zamanla nakliye zorluğu, kül, is, duman yayılması gibi sebepler petrol kullanılmasını teşvik etmiştir. Ancak petrol ürünlerinin yanması sonucu da karbon monoksit (CO), karbondioksit (CO₂), hidrokarbon gazı (HC), nitrojen oksitleri (NO_x) ve kükürt dioksit (SO₂) gazları çevreye salınmaktadır [1].

Birinci sanayi dönemi, sanayileşmenin ilk aşaması olup, çelik ve tekstil sektörü ön planda tutulmuş, kömür ve buhar makineleri kullanılmıştır. İkinci sanayi dönemi 19. yüzyılda, bu ilk dönemden hemen sonra buharlı makinelerin yerini, elektrik, petrol ve doğalgaz ile çalışan makinelerin aldığı zamandır. Bu kaynakların kullanılması ile otomobil, uçak gibi araçlar icat edilmiştir. Sanayinin gelişmesi ile ekonomi de gelişmiş, pek çok alanda keşifler yapılmıştır. Üçüncü sanayi dönemi ise 1960’lı yıllardan sonra, bilgisayarların insanların hayatına girmesiyle teknolojinin hızla gelişmesi dönemidir. 4. sanayi dönemi ise içinde bulunduğumuz dönemdir. Yapay zekâ, üç boyutlu yazıcılar, robot teknolojisi, internet, insansız hava aracı gibi cihazların uzaktan kontrol edildiği dönemdir. Her dönem bir önceki döneme göre çevreyi daha fazla önemsemiş olmasına rağmen çevreye yapılan tahribat artmıştır. Bunun en büyük nedeni kişi başına düşen sanayi ürünü sayısının artmış olmasıdır. 1850’li yıllarda dünyada parmakla sayılacak kadar buharlı makine var iken, günümüzde her evde en az 10 adet (araba, çamaşır makinesi, ütü, şarj aleti, vb.) enerji tüketimi gerektiren alet bulunmaktadır [1].

İçinde bulunduğumuz 4. sanayi devriminin en önemli özelliklerinden biri de çevreye daha az zarar verecek enerji kaynaklarının kullanılması için çalışmaların hız kazanmış olmasıdır. Kutuplardaki buzulların erimesine havadaki CO₂ oranının artması, buna da fosil yakıtların kullanılması sebep olarak gösterildiği için çevreye duyarlı üretim yapmak zorunluluk haline gelmiştir [2].

Dünya çapı 12,742 km olan bir küre olarak ve içinin çeyreğinin fosil yakıt dolu olduğu düşünülürse, yerküre içinde var olabilecek fosil yakıt miktarı yaklaşık olarak hesaplanabilir [2].

Kürenin hacmi $V = (4/3) \times \pi \times r^3$ olup, dünyanın hacmi; $(4/3) \times 3.14 \times (6.371)^3 = 1.1 \times 10^{21} \text{ m}^3$ tür. Fosil yakıtların ortalama yoğunluğu 10,000 kWh/m³ alınırsa dünyada mevcut olabilecek en fazla enerji $1.1 \times 10^{25} \text{ kWh}$ hesaplanır. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) verilerine göre 2017 yılında dünyanın tüm enerji kaynaklarından kullandığı enerji miktarı 13,972 MTEP (1 TEP = 11,600 kWh) diğer bir ifade ile $13,972 \times 11,600 = 1.62 \times 10^{14} \text{ kWh}$ değerindedir. IEA verilerine göre 2009 yılında 12,184 MTEP tüketim var iken, 2017 de 13,972 MTEP tüketim olup, fark 1,788 MTEP' dür. 8 yıl baz alındığında yıllık tüketim %14 artmış. Daha iyimser bir hesaplama enerji tüketiminin yılda sadece %7 arttığı düşünülürse 330 yılda tamamı tükenenecektir. Dünyanın hacminin çeyreğinin fosil yakıt ile dolu olduğu varsayılarak, diğer enerji kaynakları kullanılmaksızın yalnız fosil yakıtlar kullanımı durumunda sadece 83 yıllık bir süre içinde kullanılacak fosil yakıt kalmayacağı görülmektedir [2].

Bu çalışmanın amacı; Marmara Bölgesinin hibrid enerji (rüzgâr, güneş, hidro, biyokütle kaynaklardan üretilen enerji) potansiyeli haritasının çıkarılmasıdır. Türkiye' nin sosyoekonomik açıdan en büyük illeri bu coğrafi bölge sınırları içinde yer almaktadır. İstanbul, Tekirdağ, Edirne, Kırklareli, Yalova ve Kocaeli bölge sınırları içerisindeki illerdir. Sakarya ve Bilecik' in Karadeniz Bölgesi' nde toprakları olmakla birlikte, Bursa, Balıkesir ve Çanakkale' nin Ege Bölgesi' nde de toprakları vardır. Marmara Bölgesinin en büyük şehri İstanbul, en küçük şehri ise Yalova' dır.

Asya ve Avrupa' yı bağlayan bölge, yaklaşık 67,000 km² yüzölçümü ile alan olarak Türkiye' nin %8.5' ine karşı gelir. Marmara Denizi de yaklaşık 11,000 km² yüzölçümü ile bu bölgenin bir iç denizdir. Marmara Bölgesi' nin toplam nüfusu 24 milyondan fazla olup, sanayi, ticaret, turizm ve tarım gelişmiştir. Sanayi bakımından en gelişmiş şehirler İstanbul, Bursa ve Kocaeli olmakla birlikte bölgedeki diğer şehirlerde de sanayi gelişmiş durumdadır. Otomotiv, metal, işlenmiş gıda, dokuma, hazır giyim, çimento, kimya, kâğıt, petrokimya ürünleri ve beyaz eşya üretimi bulunmaktadır. Buğday, şekerpancarı, mısır ve ayçiçeği üretimi yaygındır. Bölge, Türkiye' nin ayçiçeği üretiminin yaklaşık %73' ünü, mısır üretiminin ise yaklaşık %30' unu gerçekleştirir. Tekirdağ, Şarköy, Mürefte, Avşa ve Bozcaada üzüm ve üzüm ürünleri ile meşhur olup, bağcılık gelişmiştir. Türkiye' nin bölgeleri arasında yükseltisi en az olan bölgedir. Ekili-dikili arazi oranı %30, ormanlık alan oranı %11.5' dir. Hayvancılıkta kümes hayvancılığı ve ipek böcekçiliği yaygındır. Göç alması nedeniyle nüfusu çok yüksektir [3].

Gerek nüfusu gerekse sanayisi en gelişmiş bölge olması itibari ile “Enerji Tüketimi” en yüksek olan bölgedir. Rüzgâr ve güneş yoğunluğu açısından zengin olan bölgede jeotermal enerji kaynakları da mevcuttur, ancak çıkış sıcaklığı (54-64 °C) elektrik üretmeye uygun değildir. Biyokütle hammaddesi olarak tarım ürünleri, orman ve kanalizasyon atıkları kullanılabilir. Hidrokinetik enerji üretim tesisleri boğaz geçişlerine ve akarsuların üzerine herhangi bir depolama olmaksızın tesis edilebilir.

1.1 Literatür Taraması

HOMER Programı (yenilenebilir elektrik için hibrid optimizasyon modeli), Uluslararası Yenilenebilir Enerji Laboratuvarı (National Renewable Energy Laboratory – NREL) tarafından geliştirilmiş, şebekeden bağımsız ve / veya şebekeye bağlı olarak, bileşen maliyetleri ve teknoloji opsiyonları ile enerji üretim maliyetlerini kıyaslayarak, uygulanabilir sistem kombinasyonlarını gösterebilen bir programdır. HOMER (Hibrit Optimizasyon Modelleme Yazılımı), geleneksel jeneratörler, rüzgâr türbinleri, güneş fotovoltaik piller, hidroelektrik, yakıt hücreleri, biyokütle kojenerasyon ve diğer girdiler ile ister tek tek ve ister bir arada hibrit güç sistemlerinin tasarımı ve analizi için kullanılır. HOMER, en iyi ve en düşük maliyetli

enerji verimliliği için en iyi seçeneği hesaplar. Amaç yenilenebilir enerji kaynakları kullanılarak çevreye zararı ve maliyeti en az olan enerji üretim yöntemini belirlemektir [4]. Bu amaç doğrultusunda pek çok akademik çalışma yapılmıştır.

Shafiullah vd. Avustralya’ da güneş enerjisi beklentileri araştırmış, günümüzde kullanılan enerjinin %80’ inin fosil yakıtlardan elde edildiğine ve bunun da çok ciddi maliyetleri olduğuna değinerek güneş enerjisi araştırması yapmıştır [5]. Mohammad Saad Alem vd. HOMER ile üretim için Rüzgar + PV, depolama için yakıt hücresi ile hibrid sistem analizi ve modellemesini şebekeden uzak yerler için araştırmışlardır [6]. Ahmad Rohani vd. tarafından şebekeden uzak yerler için rüzgâr ve PV panellerle enerji üretilmesi ve hidrojen tankları ile depolanması araştırılmıştır [7].

Majid Alabdul Salam vd. Umman’ da sadece aydınlatma için PV Sistem tasarlamışlardır [8]. Sonali Goel vd. Hindistan’ da şebekeden uzak telekom kulelerinin sayısının 400,000’ i geçtiğini belirtilerek, Rüzgar + PV + Dizel jeneratör için HOMER ile hesaplamalar yapmışlardır [9].

Nurul Arinabte Abdull Razak ve arkadaşları Malezya’ da günde 1,253 kWh/day tüketen bir yerin rüzgar + PV + akü + dizel jeneratör sistemi yatırım ve işletme maliyetlerini çıkararak elektriğin kW/\$ cinsinden üretim maliyetini bulmuş ve emisyonun %57 azaldığını tespit etmişlerdir [10]. K.R. Ajao vd. tarafından Nijerya’ da HOMER kullanarak Rüzgâr + PV Sistemle elektrik üretmenin maliyeti bulunmuş ve kendini 33 yılda amorti ettiği hesaplanmıştır [11].

Tom Lambert vd. HOMER ile şebekeye bağlı ve şebekeden bağımsız elektrik ve termal yüklere hizmet veren küçük güç sistemleri, PV, rüzgâr türbinleri, biyokütle, küçük hidro türbinler, pistonlu motor jeneratörleri, mikro türbinler, hidrojen yakıt hücreleri modellenerek yaklaşık maliyetler çıkarmışlardır [12]. Wencong Su vd. Kanada’ da yenilenebilir enerji ve çevre politikasını incelemek için HOMER kullanılarak optimum mikro şebeke yapılandırılmasını araştırmış ve emisyonları hesaplamışlardır [13].

Sunay Türkdoğan vd. Yalova Erikli Yaylasında bir çiftlik evinde PV + rüzgâr sistemi ile elektrik üretimini incelemiş, iki farklı akü tipi için çalışma yaparak kurşun asit yerine lityum iyon akünün daha verimli olduğunu bulmuşlardır [14].

Md. Nurunnabi vd. Bangladeş Loban bölgesinde kırsal alanda Hibrid Sistem (PV + Rüzgar) ile elektrik üretimi araştırmış, şebekeye bağlı sistemde akü grubu maliyeti olmadığı için daha ucuz olduğunu hesaplamışlardır [15]. Ammari Chouaib vd. tarafından Cezayir Timiaouine bölgesinde 3 farklı enerji kaynağı (PV, rüzgâr, dizel) ve depolama sistemi kullanarak çevreye duyarlı enerji üretimi hesaplanmıştır [16].

İpek Çetinbaş ve arkadaşları Eskişehir Osmangazi Üniversitesi içinde bulunan hastanenin bir yıllık elektrik tüketimleri referans alınarak akülü PV sistem tasarlamış, 5 farklı senaryo için HOMER ile simülasyon yapmış ve fiyatlandırmışlardır [17]. Uğur Yılmaz vd. tarafından HOMER ile PV + rüzgâr + akü sisteminin elektrik enerjisi üretimi için kullanımı ve yıl boyunca değişiklikler olması durumunda elde edilebilecek sonuçlar irdelenmiştir [18].

Ayesha Khan vd. Pakistan’ da Gujranwala bölgesinde tüm yükleri DC alarak, PV ve Yakıt hücresi ile elektrik üretimi maliyetlerini HOMER ile hesaplamışlardır [19]. Pragya Nema vd. güneş enerjisi + rüzgâr enerjisi + dizel jeneratörden oluşan elektrik üretme sisteminde, maliyeti en düşük olan seçeneğin devreye girmesi için “Hibrid Controller” kullanmış olup, buna rağmen şebeke elektriğinden daha pahalıya geldiğini belirtmişlerdir [20].

Pietro Elia Campana ve arkadaşları Tayland’ da su kültürü ve karides üretmek için gerekli elektrik enerjisinin su yüzeyine konan güneş panelleri ile elde edilmesini çalışmıştır. Hem su üstünde sabit duran hem de güneşe göre hareket eden paneller için hesaplar yapılmış, su yüzeyine konan panellerin buharlaşmayı azalttığı hesaplarla gösterilmiş ve şebeke elektriğinin daha ekonomik olduğu ispatlanmıştır [21].

Shiroidi Rashisi vd. PV panel, rüzgâr türbini, akü ve inverter’ den oluşan bir sistem tasarlamış ve maliyetleri hesaplamıştır [22].

Belgin Emre Türkay vd. İstanbul Üniversitesi Ayazağa Kampüsü içinde rüzgâr ve güneş panellerinden elektrik üreten, elektriğin fazlasını hidrojen tanklarına gönderen ve buradan da rüzgârla güneşin yetersiz kaldığı durumlarda besleme yapan bir sistem tasarlamıştır [23]. Getachev Bekele vd. tarafından bir köy için PV, rüzgâr türbini,

dizel jeneratör ve akü beslemeli bir sistem kurulum ve enerji üretim maliyeti hesaplanmıştır [24].

Mustafa Engin Bornova' da bir evin elektriğinin hibrid kaynaklardan üretilmesini hesaplamıştır [25]. E. Akyüz ve arkadaşları şebekeden bağımsız tavuk çiftliği için PV + rüzgâr + jeneratör + akü' den oluşan sistem için elektrik üretim maliyetini hesaplamış, şebeke elektriğinin daha ucuz olduğunu göstermiştir [26]. Çağrı Çakmak vd. Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesinin enerji üretimi maliyetlerini şebeke, rüzgâr + şebeke, PV + şebeke ve rüzgâr + PV + şebeke durumları için hesaplamıştır [27].

M.J. Khan vd. şebekeden bağımsız, PV panel, rüzgâr türbini, yakıt hücresi, akü ve generatörden oluşan sistemi HOMER ile simule etmişlerdir [28].

Jose L. Bernal vd. farklı programlarla (Homer, Hybrid2, İnsel, Hybrids, Rapsim, Simes, Ares, Solsim ve Hybrid Designer, Hoga, Hydogems, Trnsys) hibrid enerji simülasyonları yapmışlardır [29]. Erasmus Muh vd. tarafından Afrika Kamerun' da günde 100 kWh enerji ihtiyacı için PV + rüzgâr + hidro + jeneratör + akü sistemi ile elektrik üretiminin maliyeti araştırılmıştır [30].

Hoarcă Cristian vd. Romanya' da sadece PV panel, sadece rüzgâr türbini ve hem PV panel hem rüzgâr türbini için simülasyonlar yapmış olup, kurulum ve elektriğin üretim maliyeti açısından en uygun seçeneğin her ikisinin birden yapılması olduğunu bulmuşlardır [31]. Lamyae Mellouk vd. tarafından rüzgar türbinleri, PV paneller, konsantre paneller, parabolik oluklu toplayıcılar, generatörler, kurşun asit aküler ve şebekeye bağlantı ile bir sistem kurulmuş, bunların boyutlarının seçimi ve şebekeyle entegre çalışmasını sağlayacak bir beyin programı oluşturulmuştur [32].

Abhishek Tiwary vd. Sofya ve Gateshead şehirlerinde evsel katı atıklar kullanılarak hem bu atıklardan kurtulmak hem de biyokütleden elektrik üretmek üzerine çalışma yapmışlardır [33].

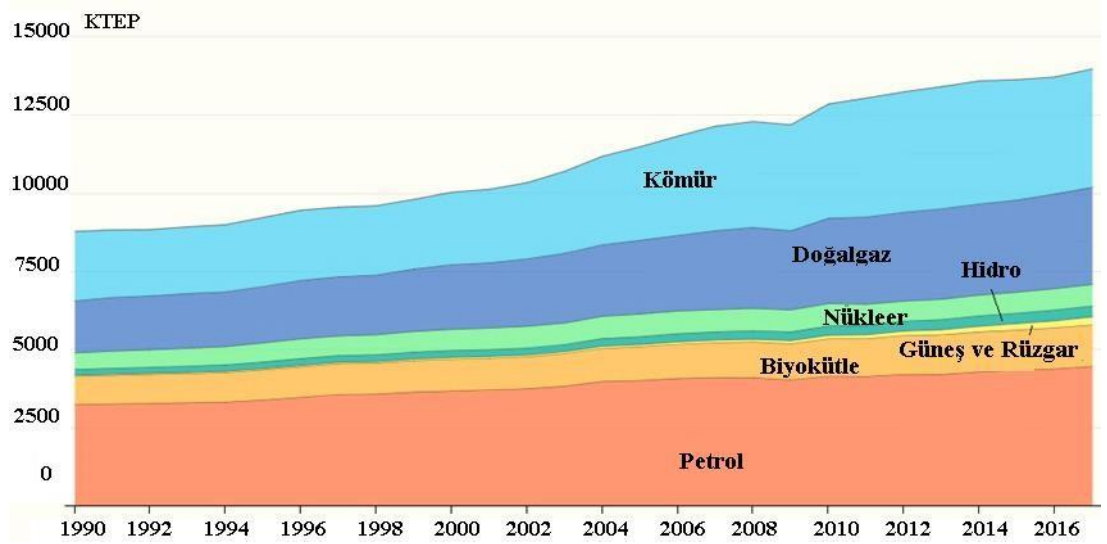
Sunanda Sinha ve S. S. Chandel tarafından dünyanın farklı bölgelerinden örneklemeler ile 19 farklı yazılımın (Homer, Hybrid 2, Retscreen, İhoga, İnsel, Trnsys, İgrhyso, Hybrids, Rapsim, Simes, Solstor, Hysim, Hybsim, İpsys, Hysys, Dymola/Modelica, Ares, Solsim ve Hybrid Designer) bir araştırmacı için

yapabilirlikleri incelenmiştir [34]. Orhan Ekren ve Banu Ekren programa verileri girerek rüzgar ve güneş kaynaklarından enerji üretimi için PV/rüzgar sistemi boyutlandırmasını çalışmışlardır [35]. Mert Temiz ve Nader Javani Türkiye Mumcular barajında yüzen PV sistemler ile buharlaşmanın azaltılması ile güç kazanımı ve hidrojen tankları ile enerjinin depolanmasını çalışmışlardır [36]. Sunay Türkdoğan vd. Manisa’ da 40 haneli bir topluluğun elektrik ve termal ihtiyacının hibrid enerji ile karşılanması için HOMER programı ile çalışma yapmışlardır [37].

Çalışmalar noktasal bazda olup, bir bölgedeki enerji ihtiyacının hibrid kaynaklarla karşılanması doğrultusundadır. Geniş bir alanda, bir bölgede bulunan illerin genel potansiyelini inceleyen bir çalışma mevcut olmadığı için, bu tezde Marmara Bölgesi özelinde bu tür bir çalışma yapmak amaçlanmıştır.

1.2 Dünyada Enerji ve Yenilenebilir Enerji

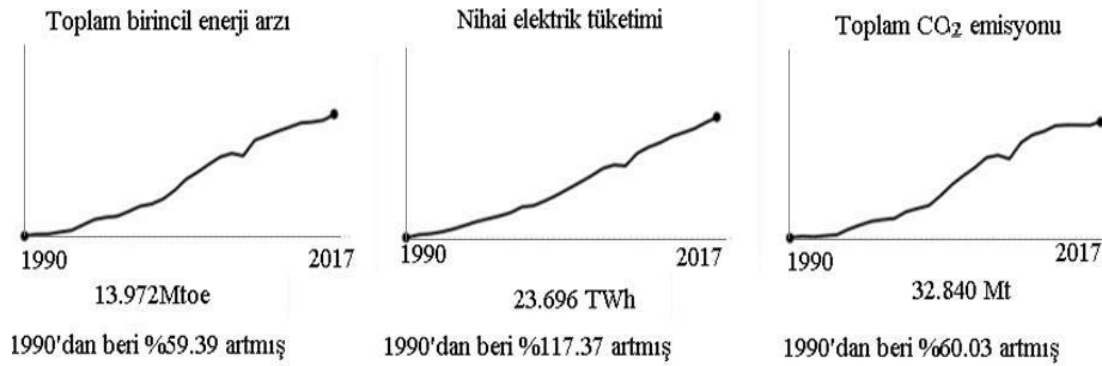
Türkiye 1974 yılından itibaren Uluslararası Enerji Ajansı’na üyedir. Uluslararası Enerji Ajansı dünyadaki enerji verilerini raporlamakta ve güncel tutmaktadır. Şekil 1.1’ de dünyada enerji üretim kaynakları kullanımının yıllara göre KTEP (kilo ton eşdeğer petrol) karşılıkları verilmiştir



Şekil 1.1 Dünyada enerji üretim kaynakları kullanımı [38]

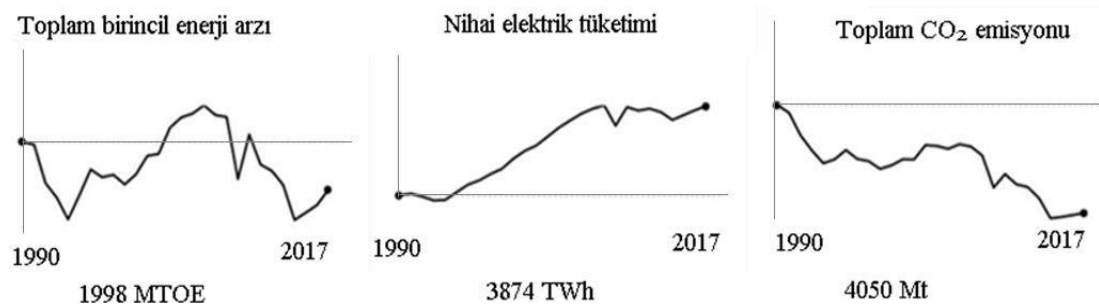
Dünyada en büyük enerji üretim kaynağı 1990 yılında 3,232,737 KTEP (kilo ton eşdeğer petrol) iken, 2017 yılında 4,449,499 KTEP olan petroldür. En küçük enerji

üretim kaynağı güneş ve rüzgâr olup, 1990 yılında 36,560 KTEP iken 2017 yılında 256,830 KTEP olmuştur [38]. Şekil 1.2’ de toplam dünyada tüketilen enerji (MTEP-milyon ton eşdeğer petrol) ve salınan CO₂ (MT-milyon ton) oranları verilmiştir.



Şekil 1.2 Dünyada enerji tüketimi ve CO₂ emisyon oranı [38]

Dünyada enerji tüketimi 1990 yılında 8,766 MTEP (milyon ton eşdeğer petrol) iken, 2017 yılı itibari ile 13,972 MTEP enerji tüketilmekte olup, Şekil 1.2’ de görüleceği üzere 2009 yılında düşüş yaşanmıştır. Bunun sebebi 2009 yılı ekonomik krizidir. Enerji tüketim eğrisi ile CO₂ emisyon eğrisi paralel olarak yükselmektedir. Bununla birlikte teknoloji açısından gelişmiş olan Kuzey Amerika ve Avrupa ülkelerinde enerji tüketimi artarken CO₂ emisyon oranı düşmektedir. Bu durum gelişmiş ülkelerin yenilenebilir enerji kaynakları kullanımını uyguladığını göstermektedir [38]. Şekil 1.3’ te Avrupa’ nın toplam birincil enerji arzı, enerji tüketimi miktarı ve CO₂ emisyonu verilmiştir.



Şekil 1.3 Avrupa enerji tüketimi ve CO₂ emisyon oranı [38]

Avrupa’ da 2017 yılında 1,998 MTEP enerji kullanılmış olup, 2009 yılında düşüş burada da görünmektedir. Şekil 1.3’ te CO₂ emisyon oranındaki düşüş dikkat

çekicidir. Avrupa' nın yenilenebilir enerji kaynaklarını değerlendirdiği, CO₂ miktarındaki düşüşten net olarak görülmektedir [38].

Uluslararası Enerji Ajansı “Renewables 2019” raporunda 2019' dan 2024' e kadar yenilenebilir enerji ve teknolojiler üzerine pazar analizi ve tahmini yapılmıştır. Elektrik, ısı ve ulaşım sektörlerinde yenilenebilir enerji için küresel eğilimler ve gelişmeler değerlendirilmiş olup, PV kapasitesinin önümüzdeki beş yıl içinde iki kattan fazla kapasiteye ulaşacağı tahmin edilmiştir. Dünya çapında 1,100 GW' lık PV potansiyelindeki bu artış ABD kurulu gücüne eşdeğerdir. Rüzgâr pazarının ise 2024 sonuna kadar üçe katlanacağı tahmin edilmiştir. Biyoenerji kapasitesinin, Çin, Hindistan ve Avrupa Birliği' ndeki büyük genişlemeyle rüzgâr kadar artacağı tahmin edilmiştir. Ayrıca raporda hidroelektrik büyümesi yavaşlasa da, yenilenebilir kapasitedeki toplam artışın onda birini oluşturduğu belirtilmiştir [38].

“IEA Renewable 2019” raporunda solar PV 697 GW, kara rüzgârı 309 GW, hydropower 121 GW, deniz rüzgârı 43 GW, biyoenerji 41 GW, diğer kaynaklar 9 GW olarak gösterilmiştir [38]. Aynı raporda 2018-2024 yenilenebilir enerji büyüme tahminleri Çin 438 GW, USA 116 GW, Avrupa 124 GW, Hindistan 107 GW, Latin Amerika 50 GW, Japonya 29 GW olarak yapılmıştır [38].

1.3 Türkiye' de Enerji ve Yenilenebilir Enerji

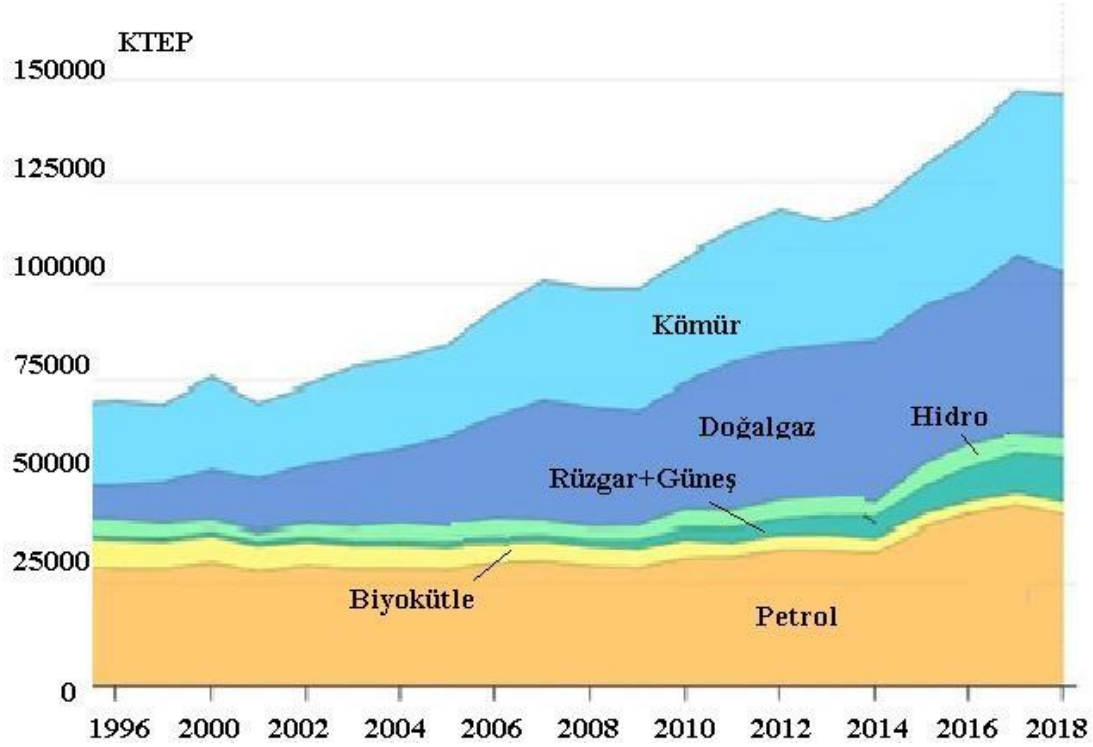
Türkiye' de enerji tüketimi hızla artmış olup, buna paralel olarak CO₂ emisyon oranı da artmıştır. Son yıllarda CO₂ emisyonunu düşürmek için yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı arttırılmaya başlamıştır. Şekil 1.4' te Türkiye' de toplam birincil enerji arzı, tüketilen enerji ve salınan CO₂ oranları verilmiştir.



Şekil 1.4 Türkiye enerji tüketimi ve CO₂ emisyon oranı [38]

Türkiye’ de enerji üretimi 1990 yılında 25 MTEP iken, 2018 yılında 41 MTEP’ dür. Toplam birincil enerji arzı 1990 yılından 2017 yılına %186 artmıştır [38].

Şekil 1.5’ te Türkiye’ de enerji üretim kaynaklarının 1996-2018 yılları arasındaki dağılımı KTEP (kilo ton eşdeğer petrol) biriminde verilmiştir.

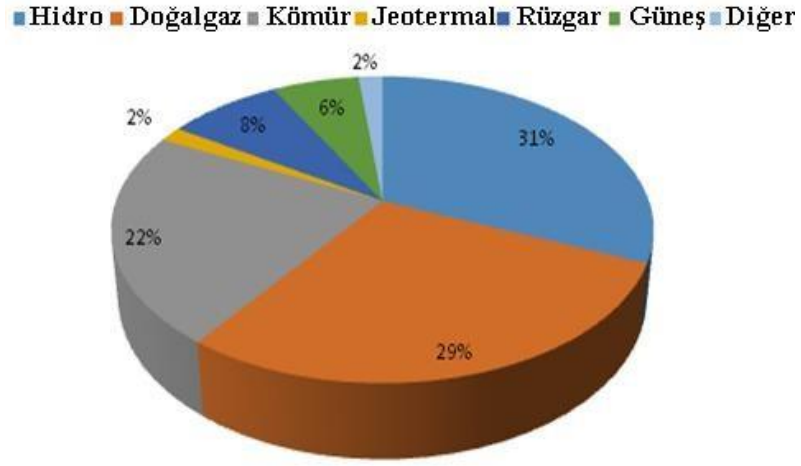


Şekil 1.5 Türkiye’ de enerji üretim kaynaklarının dağılımı [38]

Türkiye’ de en büyük enerji üretim kaynağı 1996 yılında 29,831 KTEP iken 2018 yılında 42,003 KTEP olan petroldür. Güneş ve rüzgâr kaynakları kullanımı 1996 yılında 702 KTEP ve 2018 yılında 11,399 KTEP ile artarken, biyokütle ve atık kullanımı 1996 yılında 7,044 KTEP’ den 2018 yılında 3,040 KTEP’ e düşmüştür. Hidro kaynak kullanımı 1996 yılında 3,480 KTEP iken 2018 yılında 5,138 KTEP olmuştur [38].

Türkiye’ de 2019 yılı Aralık sonu itibariyle elektrik üretimi 304.3 TWh iken elektrik tüketimi 303.7 TWh değerindedir [39].

Şekil 1.6’ da Türkiye 2019 yılı elektrik üretimi kaynaklarına göre oranları yüzdelik olarak verilmiştir.

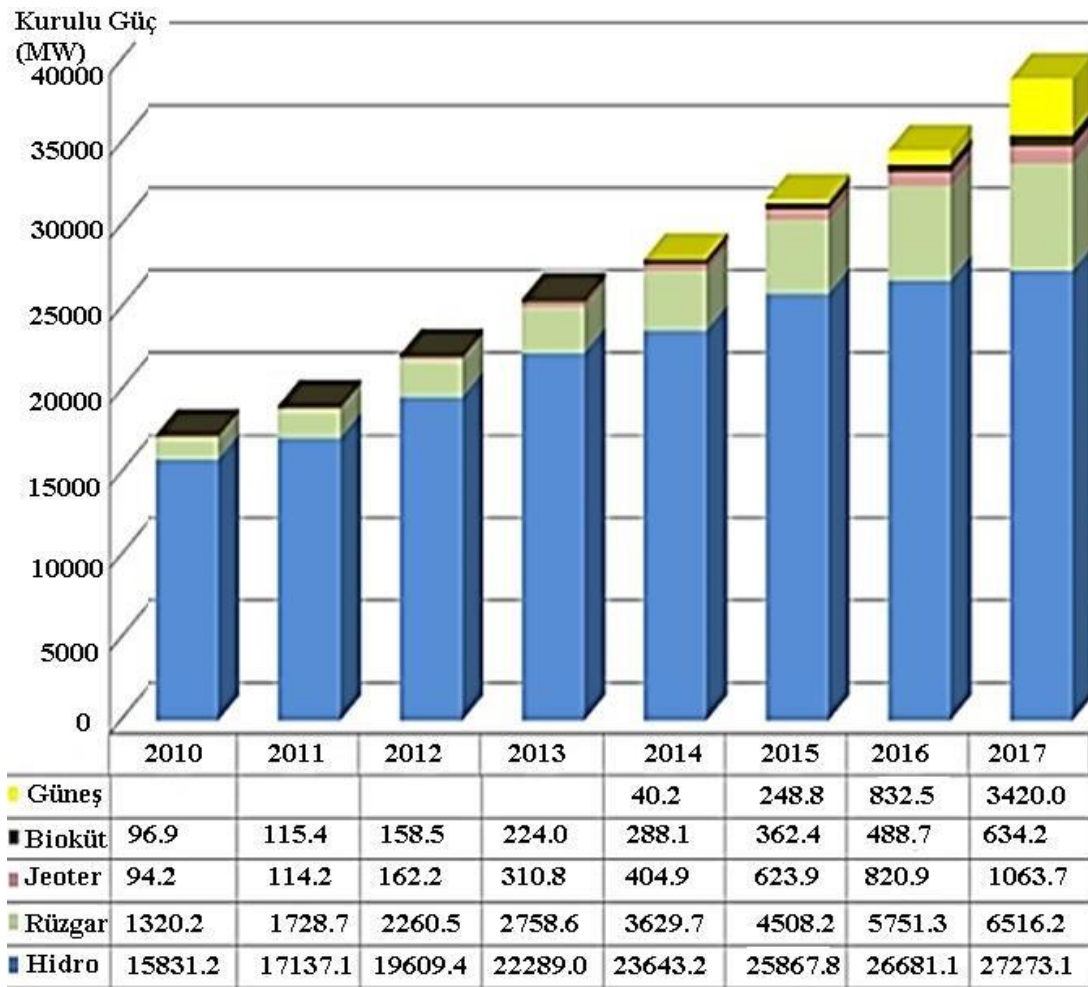


Şekil 1.6 Türkiye 2019 yılı elektrik üretimi kaynakları [40]

Türkiye' nin 2019 yılı kurulu gücü kaynaklara göre dağılımı; %31' i hidrolik enerji, %29' u doğalgaz, %22' si kömür, %8' i rüzgâr, %6' sı güneş, %2' sı jeotermal ve %2' si ise diğer kaynaklar şeklindedir [40].

Ülkemizde yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimi çalışmaları hız kazanmış olup, 2007 yılında 13,500 MW civarı iken 2017 yılında 38,000 MW' a yükselmiştir. Yenilenebilir enerji kaynakları içindeki en büyük payı hidrolik enerji almaktadır. Rüzgâr, güneş, jeotermal, biyokütle enerji kaynaklarından da elektrik üretilmekte ise de miktar çok düşüktür. Bu kaynaklardan kW başına elektrik üretme maliyeti çok düşük ama yatırım maliyeti yüksektir. Kurulacak bir sistemin ortalama ömrü 25 yıl iken yatırım maliyetini karşılaması 13 yıldır. Bu durum ticari kaygılardan dolayı yatırım yapılması safhasında tekrar düşünülmesine sebep olmaktadır. İşletme maliyetlerinin düşük olması enerji üretiminde hibrid kaynakları teşvik etmektedir. Yeni teknolojik gelişmelerle yatırım maliyetlerinin de düşürülmesi amaçlanmaktadır [41].

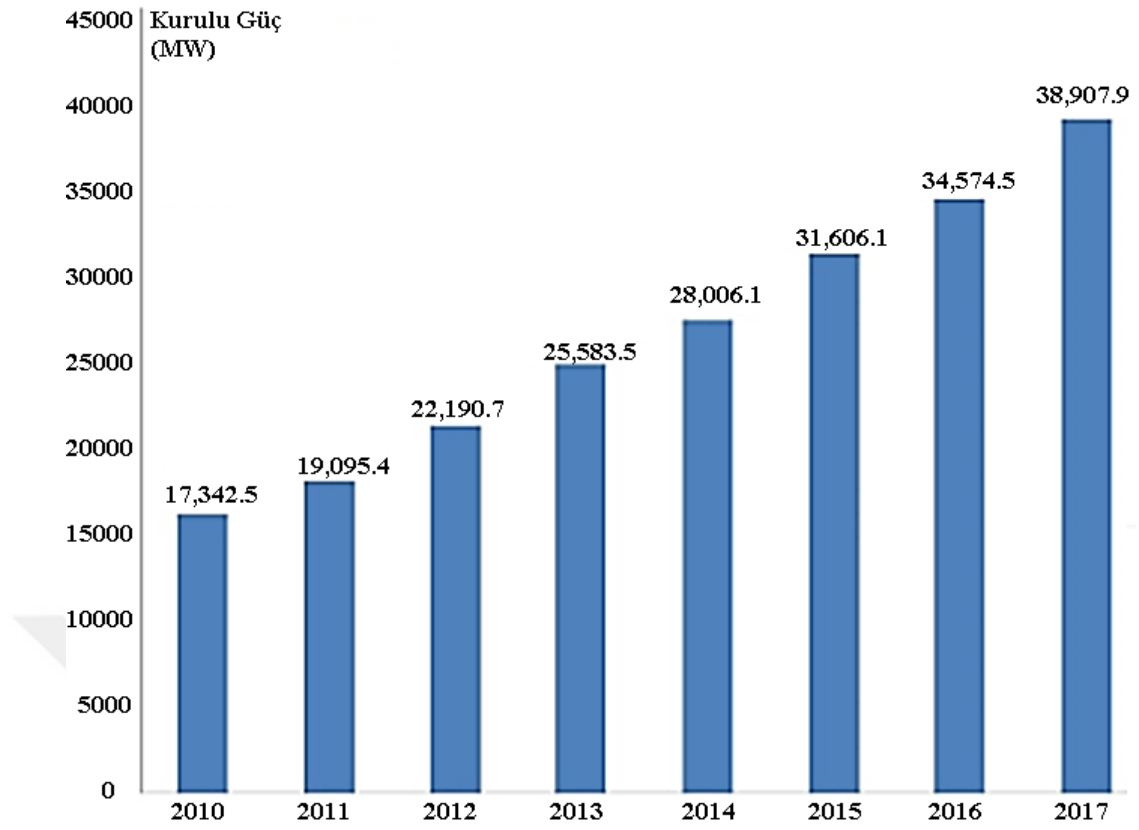
Şekil 1.7'de Türkiye' de yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üreten tesislerin 2010 ile 2017 yılları arasındaki kurulu güç gelişimi MW (megawatt) karşılığı verilmiştir.



Şekil 1.7 Yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üreten tesislerin kurulu güç gelişimi [41]

Yenilenebilir enerji kaynakları içindeki en büyük payı hidro enerji almaktadır. Rüzgâr, güneş, jeotermal, biyokütle enerji kaynaklarından da elektrik üretimi çok düşüktür. 2017 yılında en yüksek elektrik üretimi 27,273.1 MW ile hidro kaynaklar iken en düşük elektrik üretim kaynağı 634.2 MW ile biyokütledir. Güneş enerjisindeki artış dikkat çekicidir.

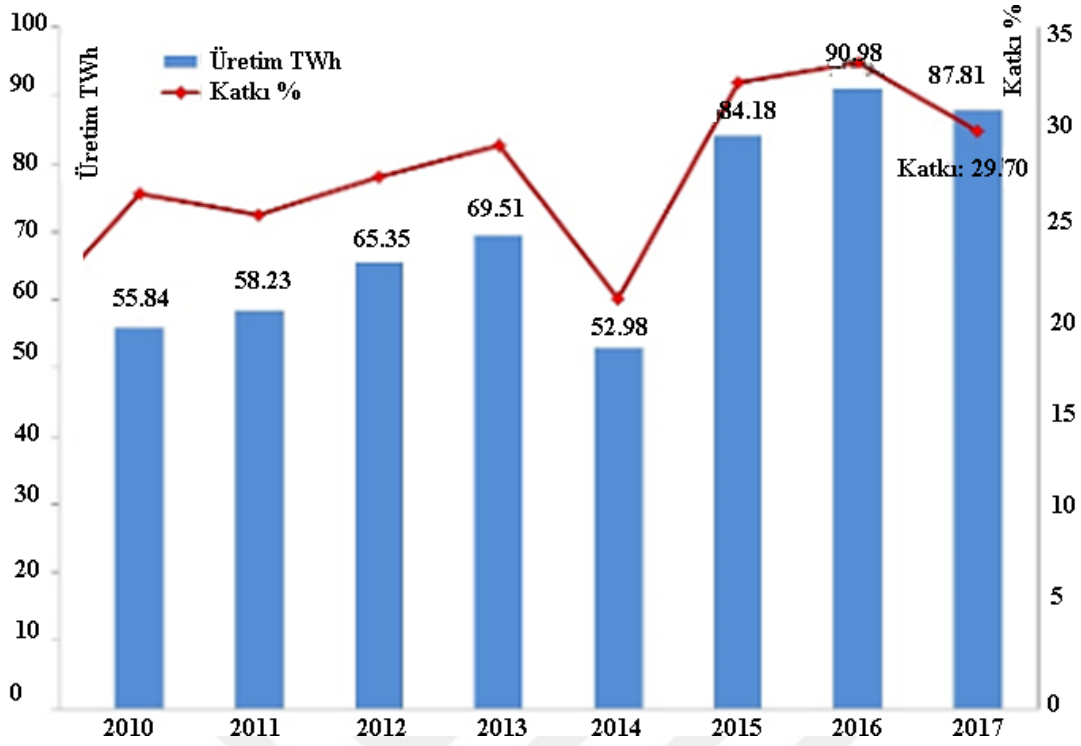
Şekil 1.8’ de Türkiye’ nin 2010-2017 yılları arasındaki yenilenebilir enerji kurulu güç gelişimi MW (megawatt) karşılığı verilmiştir.



Şekil 1.8 Yenilenebilir enerji kurulu güç gelişimi [41].

Şekil 1.8’ de görüldüğü üzere yenilenebilir kaynaklardan 2007 yılında 13,606.8 MW elektrik üretilirken 2017 yılında 38,907.9 MW elektrik üretilmiş olup 10 yılda neredeyse 3 katına çıkmıştır [41].

Şekil 1.9’ da 2010-2017 yılları arasında yenilenebilir kaynaklardan üretilen elektrik enerjisi miktarları TWh (terawattsaat) ve toplam üretime katkısı yüzdelik olarak verilmiştir.



Şekil 1.9 Yenilenebilir kaynaklardan üretilen elektrik enerjisi miktarları ve toplam üretime katkısı [41]

2007 yılında yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretimi 36,8 TWh iken 2017 yılında 87,81 TWh' e, toplam elektrik üretimine katkı oranlarına bakıldığında ise 2007 yılındaki katkı oranı %19 iken 2017 yılındaki katkı oranı %29' a yükselmiştir. Diğer bir ifade ile son on yılda toplam elektrik üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının katkı oranı %10 artmıştır [41].

1.4 Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Dünyada ve Türkiye' deki Durumları

1.4.1 Güneş Enerjisi

Dünyada yaşamın kaynağı güneş enerjisidir. Güneş enerjisi, füzyon (hidrojen gazının helyuma dönüşmesi) sonucu oluşan ışıma enerjisidir. Güneş enerjisinin şiddeti, dünya atmosferinin dışında yaklaşık olarak $1,370 \text{ W/m}^2$ dir. Güneş ışıınının %20' si atmosferde emilir ve yüzeye değen %15' lik ışıınım yaşamın var oluşunu sağlar [42].

Atmosferde ve yeryüzeyinde kalan bu enerji ile ısınma oluşur, bu ısınma rüzgâra ve okyanuslarda dalgalanmalara neden olur. Diğer bir ifade ile rüzgâr enerjisinin kaynağı da güneştir [42].

Bitkilerin var olması da güneş ışınımının fotosentezde kullanılması (ışınımın yüzde biri kadar) sayesinde olur. Yani biyokütle enerjisinin kaynağı da güneştir [42].

Güneş enerjisinden daha fazla faydalanabilmek için teknolojiler geliştirilmiş olup, malzeme ve kullanım amacına göre iki ana gruba ayrılabilir:

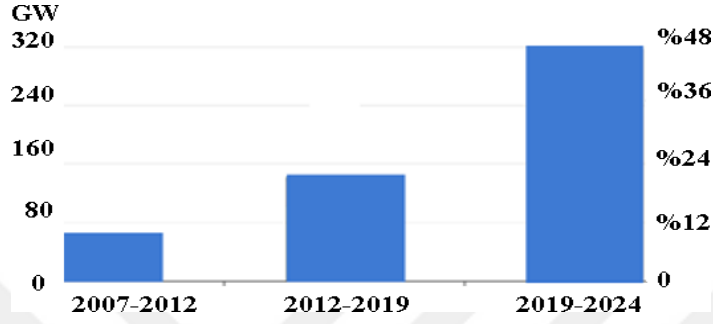
a) Isıl Güneş Teknolojileri: Bu sistemlerde güneş enerjisinin ısıtma özelliğinden faydalanılarak, doğrudan su ısıtmak, yemek pişirmek gibi maksatlarla ya da elektrik üretmek için de kullanılır. Düşük ve yüksek (yoğunlaştırıcılarla) sıcaklık teknoloji sistemleri vardır. Düzlemsel-vakumlu güneş kolektörleri, güneş havuzları, güneş bacaları, su arıtma sistemleri, ürün kurutma ve seralar, güneş ocakları, parabolik oluk kolektörler, parabolik çanak sistemler ve fresnel oluk teknolojisi olarak özetlenebilir [42].

b) Fotovoltaik Güneş Teknolojisi: Yarı iletken malzemelerin güneş ışınımını görmesi ile iletken hale gelmesi prensibi ile çalışan fotovoltaik hücrelerin güneş ışığını doğrudan elektriğe çevirdiği sistemlerdir. Teknolojinin kalbi olan yarıiletken malzemeler fotovoltaik hücrelerin de temelini oluşturmaktadır. Güneş hücreleri alanları genellikle 100 cm² civarında, kalınlıkları ise 0.1-0.4 mm arasındadır. Seri ve paralel bağlanılarak fotovoltaik paneller elde edilir, bunların seri ve paralel bağlanması ile de istenen güçte sistemler oluşturulur. Kullanılan yarı iletken malzemeler Kristal Silisyum, Galyum Arsenit (GaAs), Amorf Silisyum, Kadmiyum Tellürid (CdTe) ve Bakır İndiyum Diselenid (CuInSe₂) gibi malzemeler olup verimleri değişkendir [42].

Şebekeye bağlı fotovoltaik sistemler hem yüksek güçte santrallerde hem de tek bir evin çatısında kurulabilir. Ev için kullanıldığında üretilen fazla elektrik şebekeye verilir, havanın bulutlu olduğu zamanlarda da şebekeden enerji alınır [42].

1.4.1.1 Dünyadaki PV durumu

Hindistan’ da Gujarat Solar Park’ ta 239 MW, Golmud Solar Park’ ta 200 MW, ayrıca Çin’ de 2000 MW’ lık bir PV santral projesi bulunmaktadır. Fas’ ta bulunan 580 MW kapasiteli güneş enerjisi tesisi dünyanın en büyük tesisidir. Şekil 1.10’ da dünyadaki 2007-2024 yılları arasındaki kapasite artışı hem GW (gigawatt) hem de yüzdelik olarak verilmiştir.

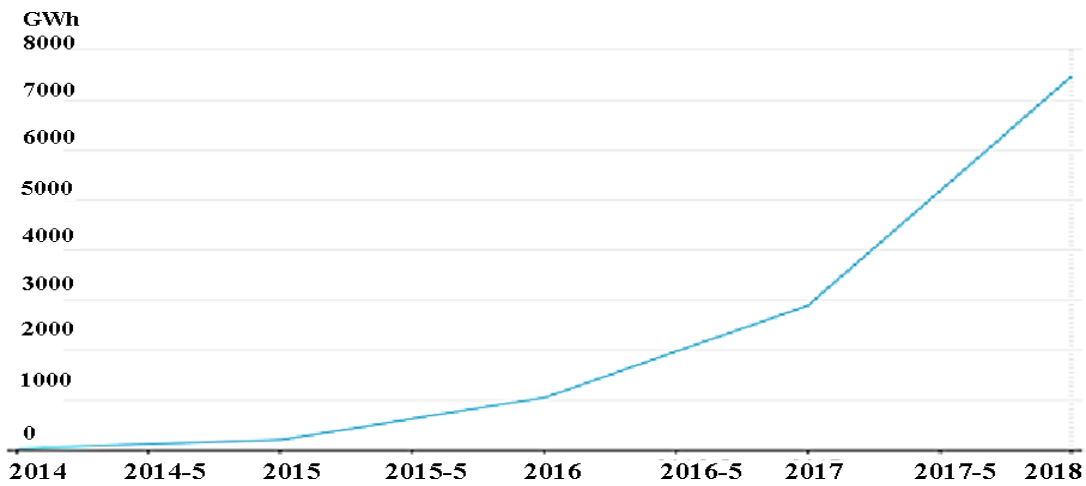


Şekil 1.10 2007-2024 PV kapasite artışı [38]

Dünya genelinde PV’ den elektrik üretimi 2007 yılında 64 GW iken, 2019-2024 tahminlerinde 317 GW’ tır [38].

1.4.1.2 Türkiye’ de PV durumu

Türkiye’ de PV kaynaklardan elektrik üretimi son 5 yılda gelişim göstermiştir. Bu gelişimde uygulanan devlet destekleri etkilidir. Şekil 1.11’ de Türkiye’ de solar PV üretimi 6 aylık dilimler halinde verilmiştir.

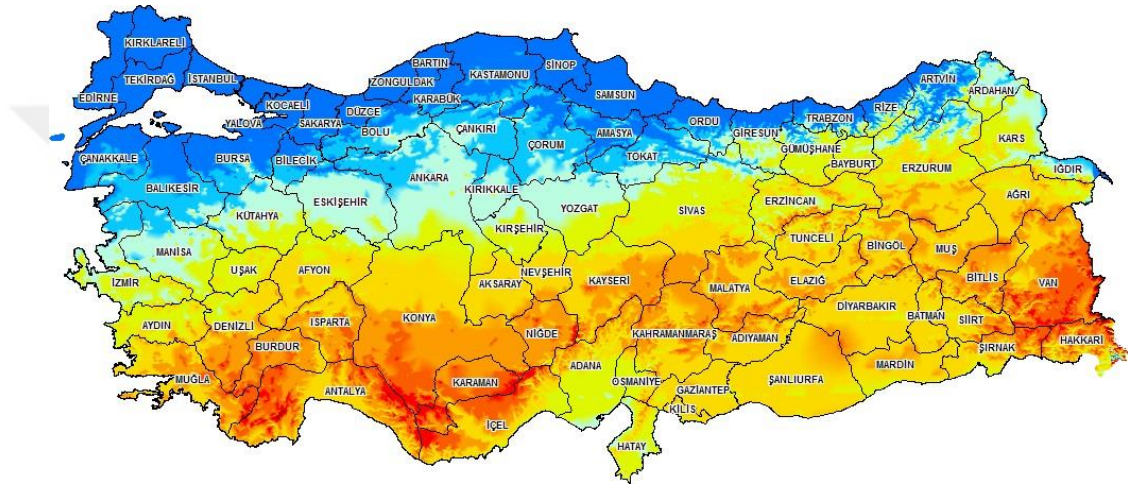


Şekil 1.11 Türkiye’ de solar PV üretimi [38]

2014 yılında PV elektrik üretimi sıfıra yakın iken 2018 yılında 7,477 GWh' e çıkmıştır. Konya' da 18 MW ve 10 MW, Nevşehir' de 17 MW, Şanlıurfa' da 8.97 MW, Kayseri' de 8.4 MW ve 8 MW kapasiteli PV tesisleri Türkiye' nin başlıca yatırımlarıdır [38].

1.4.1.3 Türkiye geneli güneşlenme haritası

Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü tarafından Türkiye' nin rüzgar haritası yayınlanmış olup, gerek ülke geneli gerekse il bazında ayrıntılı rüzgar verileri alınabilmektedir. Şekil 1.12' de Türkiye' nin güneşlenme haritası sunulmuştur.



Şekil 1.12 Türkiye güneşlenme haritası [43]

Kırmızı bölge 1800-2000 kWh/m²-yıl ile en yoğun güneş radyasyonu alır iken, mavi bölge 1400-1450 kWh/m²-yıl ile en düşük güneş radyasyonu alan bölgedir. Marmara Bölgesi daha az güneş radyasyonuna maruz kalmasına rağmen güneş paneli koyarak elektrik üretimi yapılabilmektedir. En büyük yatırımların Konya, Nevşehir, Şanlıurfa ve Kayseri' de yapılmasının nedeni bu bölgelerdeki güneş radyasyonu miktarlarının fazla olmasıdır.

1.4.2 Rüzgâr Enerjisi

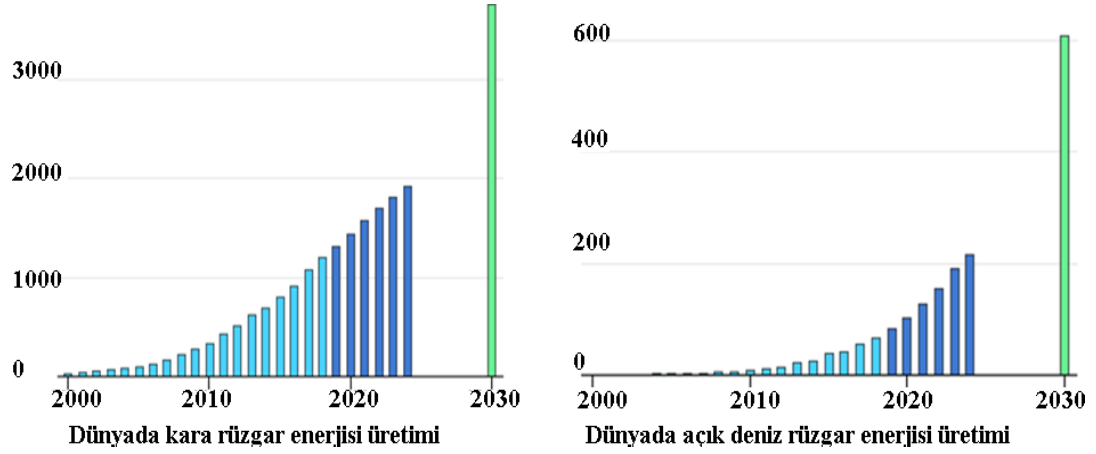
Rüzgâr enerjisinin kaynağı güneş olup, güneşten gelen enerjinin %1 - %2' si rüzgar enerjisine dönüşmektedir. Yer yüzeyinin her tarafının eşit ısınmaması sonucu ortaya çıkar ve basınç farkı ile oluşur. Tarihin ilk dönemlerinden itibaren rüzgar enerjisinden faydalanılmıştır. Yüksek basınçtan alçak basınca doğru akan hava

akımı, dünyanın kendi eksenini etrafında dönmesi, yüzey sürtünmeleri, yerel ısı yayılımı, rüzgâr önündeki farklı atmosferik olaylar ve arazinin topografik yapısı gibi nedenlerden dolayı şekillenir. Rüzgâr yön ve hız olmak üzere iki parametre ile ifade edilir. Rüzgâr hızı yükseklikle artar ve teorik gücü hızının küpü ile orantılı olarak değişir [44].

Rüzgar enerjisinden elektrik üretimi rüzgar türbinleri ile yapılır. Rüzgâr türbinleri, rüzgardaki hareketin kinetik enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren ekipmanlardır. Türbin kurulacak yerin rüzgar hızının ve kapasite faktörünün (rüzgarın enerjiye dönüşebilme oranı diğer bir ifade ile kesintili ters yönlü olmaması) yüksek olması etrafında hava akışını engelleyecek yükselti olmaması gerekir. Rüzgâr değişken olduğundan dolayı üretilen elektrik de değişken olacağı için direkt yüke bağlanmaz ve DC' ye dönüştürülerek depolanır. Türbinin kanatlarına çarpan hava, kanatları ve onlara bağlı olan mili döndürür. Türbinin mili doğrudan ya da dişli kutusu ile jeneratöre bağlanır. Jeneratör hareket enerjisini elektrik enerjisine çevirir ancak rüzgar sabit olmadığı için çıkan elektriğin frekansı da sabit olamaz. Bunun için elektrik doğrultucularla DC' ye çevrilir. Dönüş yönüne göre yatay ve dikey eksenli olarak tanımlanırlar. Elektrik üretim amaçlı şebeke bağlantılı modern rüzgâr türbinleri çoğunlukla 3 kanatlı, yatay eksenli ve up-wind türü rüzgâr türbinleridir [44].

1.4.2.1 Dünyada rüzgâr enerjisi

Dünyada rüzgârdan elektrik enerjisi üretimi karada ve açık denizlerde yerleştirilmiş rüzgâr türbinleri ile yapılmaktadır [38]. Açık denizlerde rüzgar enerjisi kullanımına son yıllarda ağırlık verilmeye başlanmıştır. Şekil 1.13' te dünyada kara ve açık deniz rüzgâr enerjisi üretimi TWh (terawattsaat) olarak verilmiştir.

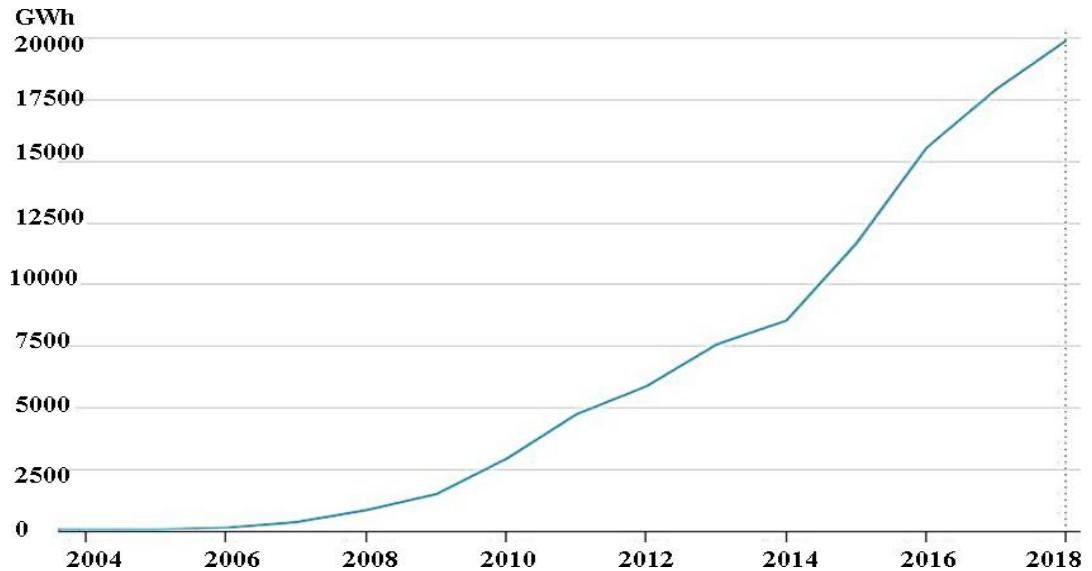


Şekil 1.13 Dünyada kara ve açık deniz rüzgâr enerjisi üretimi [38]

Dünyada 2010 yılında kara rüzgârından enerji üretimi 334 TWh iken 2019 yılında 1,307 TWh olmuştur. Mavi sütun yakın dönem ve yeşil sütun uzak dönem tahmin verileri olup, 2030 yılında rüzgâr enerjisi üretiminin 3,749 TWh olması beklenmektedir. Açık denizde rüzgâr üretimi 2010 yılında 8 TWh iken 2019 yılında 82 TWh' e yükselmiştir. 2030 yılında 606 TWh' e yükselmesi tahmin edilmektedir [38].

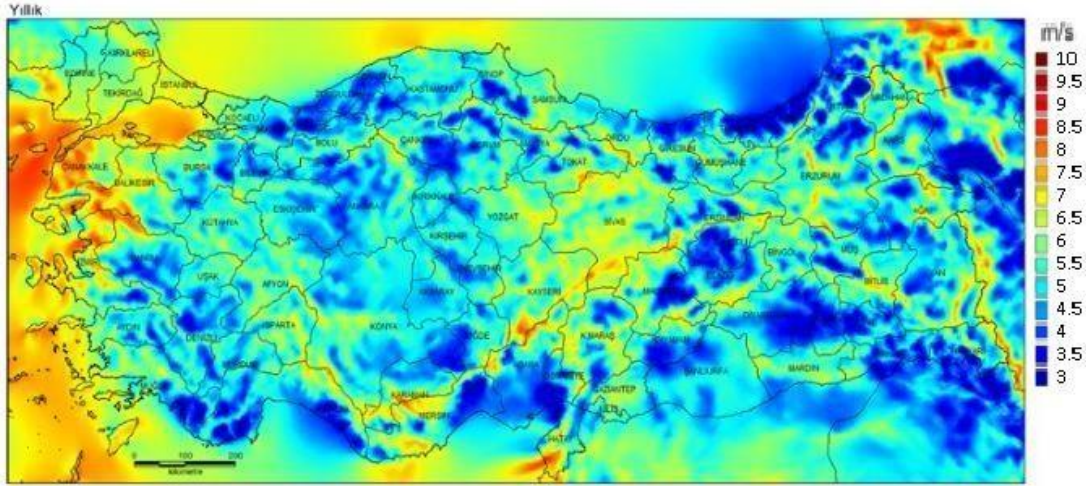
1.4.2.2 Türkiye' de rüzgâr enerjisi

Türkiye' de rüzgar enerjisinden elektrik üretimi son 10 yılda, ivmelenme göstermiş olup, Şekil 1.14' te Türkiye' de rüzgâr enerjisi üretimi GWh biriminde verilmiştir.



Şekil 1.14 Türkiye' de rüzgâr enerjisi üretimi [45]

Türkiye’ de rüzgâr enerjisi üretimi 2004 yılında 58 GWh iken 2018 yılında 9,882 GWh’ e yükselmiştir [45]. Türkiye’ de rüzgar yoğunluğu genelde batıda olmakla birlikte iç bölgelerde de santral kurmaya müsait bölgeler bulunmaktadır [45]. Şekii 1.15’ te Türkiye’ nin yıllık rüzgâr hızı haritası sunulmuştur.



Şekil 1.15 Yıllık rüzgâr hızı haritası [45]

Rüzgâr enerjisinden elektrik üretebilmek için rüzgâr hızının minimum 7 m/s olması gerekir. Bununla birlikte dönüş hızının rüzgâr hızına oranı olan pervanelerin yıpranmadan elektrik üretmesini sağlayan kapasite faktörünün %35 üzeri olması aranmaktadır [45].

1.4.3 Biyokütle Enerjisi

Biyokütleden elektrik enerjisi üretilbileceği gibi, biyoyakıtlar taşıtlarda yakıt olarak kullanılabilir. Biyokütle kaynağı olarak mısır, buğday gibi özel olarak yetiştirilen bitkiler, otlar, yosunlar, denizdeki algler, hayvan dışkıları, gübre ve sanayi atıkları, evlerden atılan tüm organik çöpler (meyve ve sebze artıkları) kullanılabilir. Fosil yakıtlar da esasen biyokütle olmakla birlikte yer altındaki sıcaklık ve basınçla değişime uğradıklarından, yakıldıklarında havaya birçok zararlı madde atarlar. Milyonlarca yılda oluşan bu bozulma yakıldığı taktirde havadaki karbondioksit dengesinin bozulmasına yol açar ve bu da küresel ısınmaya neden olur. Biyokütle, yaşayan organizmaların belirli bir zamanda sahip olduğu toplam kütle olarak da tanımlanabilir [46].

Bitkiler yalnız besin kaynağı değil, aynı zamanda çevre dostu enerji kaynaklarıdır. Ancak bitkilerin enerji için kullanılması besin olarak bulunamayacağı veya fiyatının artacağı korkusunu getirmektedir [46].

Biyokütle hammadresi biyokütle çevrim teknikleri ile işlenerek katı, sıvı ve gaz yakıtlara dönüştürülür. Çevrim sonunda biyodizel, biyogaz, biyoetanol, pirolitik gaz gibi ana ürün olan yakıtların yanı sıra, gübre, hidrojen gibi yan ürünler de elde edilir. Biyokütleden enerjinin yanı sıra, mobilya, kâğıt, yalıtım malzemesi yapımı alanlarında da yararlanılmakta olup, hem enerji hem de yan ürün de elde edilebilir. Biyokütle çevrim teknikleri doğrudan yakma, havasız çürütme, fermentasyon, piroliz, gazlaştırma, biyofotolizdir [46].

Biyokütle hammaddeleri, işleme yöntemleri ve ürünleri:

- Orman atıkları havasız çürütme yöntemi ile biyogaz üretiminde, elektrik ve ısınmada kullanılmaktadır.
- Tarım atıkları piroliz yöntemi ile etanol üretiminde, ısınma ve ulaşım araçlarında kullanılmaktadır.
- Enerji bitkileri (Panicum, Pennsitum, şeker kamışı, mısır, şeker pancarı, tatlı darı gibi enerji üretmek için yetiştirilen bitkiler) doğrudan yakma yöntemi ile hidrojen üretiminde, ısınmada kullanılmaktadır.
- Hayvansal atıklar fermentasyon ve havasız çürütme yöntemi ile metan üretiminde ve ulaşım araçlarında ısınmada kullanılmaktadır.
- Organik çöpler gazlaştırma yöntemi ile metanol üretmede ve uçaklarda kullanılmaktadır.
- Algler hidroliz yöntemi ile sentetik yağ ve roketlerde kullanılmaktadır.
- Enerji ormanları (karakavak, balzam kavakları, titre kavraklar, söğüt, okalıptus ve yarı kurak alan bitkisi olarak da cynara gibi hızlı büyüyen ağaclar) biyofotoliz yöntemi ile motorin üretmede ürün kurutmada kullanılmaktadır
- Bitkisel ve hayvansal yağlar esterleşme reaksiyonu ile motorin üretmede ulaşım araçlarında ısınmada ve seracılıkta kullanılmaktadır [47].

Biyodizel: Bitkisel yağların veya hayvansal yağların bir katalizör eşliğinde kısa zincirli bir alkol ile (metanol veya etanol) reaksiyonu ile üretilen, yakıt olarak

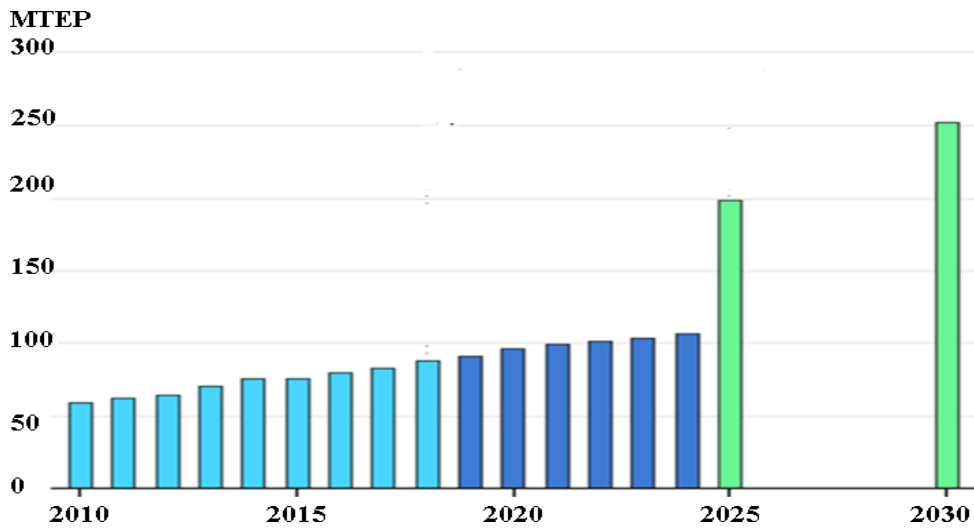
kullanılan bir üründür. Evlerde kullanılan kızartma yağları atıkları ve hayvansal yağ atıkları da biyodizel hammaddesi olarak kullanılabilir [48].

Biyometanol: Benzinle karıştırılarak kullanılan alternatif bir yakıt olup, hammaddesi şeker pancarı, mısır, buğday ve odunsular gibi şeker, nişasta veya selüloz özlü tarımsal ürünlerdir. Benzinle karışım oranına göre 2-3 puanlık bir oktan artışı sağlayarak motorun performansını yükseltir, donmayı engeller, motorun daha serin ve enjektörlerin daha temiz kalmasını sağlar ve doğaya zarar vermeden çözünür [48].

Biyogaz: Organik bazlı artıkların oksijensiz ortamda (anaerobik) fermentasyonu sonucu ortaya çıkan renksiz-kokusuz, havadan hafif, parlak mavi bir alevle yanan bir gazdır. Hammadde olarak sığır, at, koyun, tavuk gibi hayvanların dışkıları, mezbahane atıkları, ince kıyılmış sap, saman, anız ve mısır artıkları, şeker pancarı yaprakları ve çimen artıkları gibi bitkilerin işlenmeyen kısımları, kanalizasyon ve dip çamurları, kâğıt, sanayi ve gıda sanayi atıkları, çözünmüş organik madde derişimi yüksek endüstriyel ve evsel atık sular kullanılabilir. Biyogaz, benzinli motorlarda direkt, dizel motorlarda dizel ile karıştırılarak kullanılabilir [48].

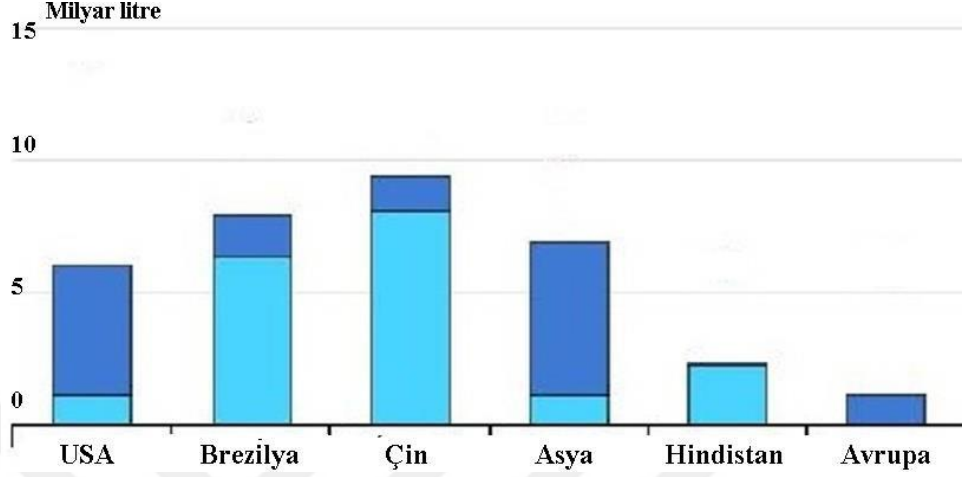
1.4.3.1 Dünyada biyokütle enerjisi

Dünyada biyokütleden enerji üretimi son 10 yılda yaklaşık %50 oranında artmış olup, en büyük pay Çin' dedir [38]. Şekil 1.16' da dünyada biyokütleden enerji üretimi ve gelecek yıllar tahmini MTEP karşılığı verilmiştir.



Şekil 1.16 Dünyada biyokütleden enerji üretimi ve gelecek yıllar tahmini [38]

Uluslararası Enerji Ajansı verilerine göre, dünyada biyokütle kaynaklarından enerji üretimi 2010 yılında 59 MTEP iken 2018 yılında 88 MTEP olmuş, 2020 yılında 97 MTEP, 2025 yılında 198 MTEP, 2030 yılında 252 MTEP olacağı tahmin edilmiştir [38]. Şekil 1.17’ de 2019 yılı bazı ülkelerin biyoyakıt üretme kapasiteleri verilmiştir.



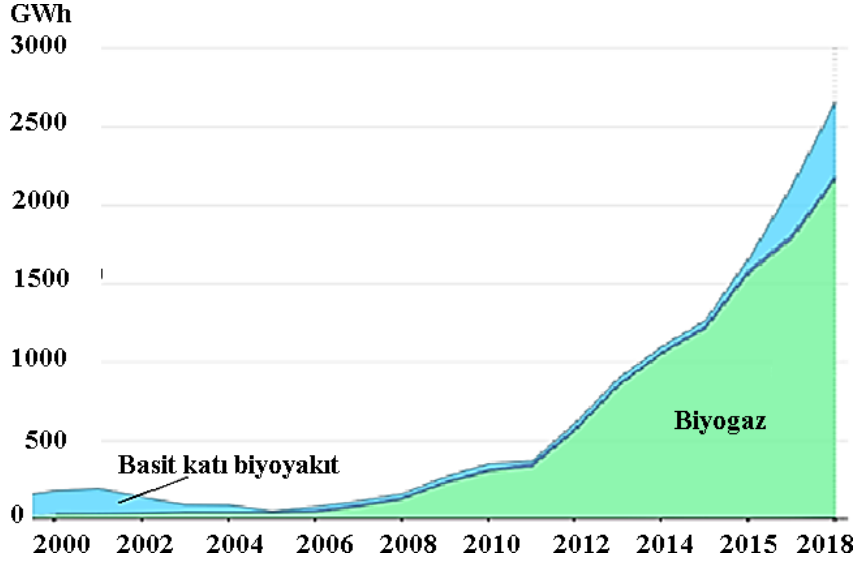
Şekil 1.17 2019 yılı bazı ülkelerin biyoyakıt üretme kapasiteleri [38]

2019 yılında USA, Brezilya, Çin, Asya ülkeleri, Hindistan ve Avrupa ülkelerinin koyu mavi renkte biyodizel ve açık mavi renkte etanol yenilenebilir enerji üretimleri verilmiştir [38].

1.4.3.2 Türkiye’ de biyokütle enerjisi

Türkiye’ de biyokütleden enerji üretebilmek için orman kaynaklı toplam atık miktarı 4,800,000 ton, kurulabilecek gazlaştırma tesisi kapasitesi 600 MW, toplam kullanılabilir atık miktarı tarla ürünleri için 11,766,995 ton, bahçe ürünleri için 3,569,040 ton’ dur [41].

Şekil 1.18’de Türkiye’ de 2000-2018 yılları arası biyoyakıtlardan elektrik üretimi GWh biriminde verilmiştir.



Şekil 1.18 Türkiye’ de 2000-2018 yılları arası biyoyakıtlardan elektrik üretimi [38]

Türkiye’ de birincil katı biyoyakıtlardan elektrik üretimi 2000’ de 294 GWh iken 2006’ da 22 GWh, 2018’ de 474 GWh olmuştur. Biyogazdan elektrik üretimi 2000 yılında 21 GWh iken 2018 yılında 2,158 GWh’ e yükselmiş olup, biogaz tüketimindeki artış odun gibi birincil katı yakıtların tüketimine göre çok fazladır [38].

1.4.3.3 Marmara Bölgesi il bazında biyokütle dağılımı

Enerji İşleri Genel Müdürlüğü bünyesine bağlı olan “Yenilenebilir Enerji Biyokütle Potansiyel Atlası” ile Türkiye’ deki her bir il için tek tek büyükbaş, küçükbaş, kanatlı vs. hayvan sayıları, bitkisel üretim miktarı, atık miktarları, orman atıkları, kanalizasyon atıkları, biyodizel-biyoetanol verilerine ulaşılabilmektedir [49].

Yenilenebilir Enerji Biyokütle Potansiyel Atlası <https://bepa.enerji.gov.tr/> internet sitesinden Marmara Bölgesindeki 11 il için biyokütle potansiyeli alınmış olup çizelge haline getirilmiştir. Bu verilere göre Marmara Bölgesinde bulunan 11 ilde toplam yıllık 44,261,217.97 ton biyokütle hammadde kapasitesi bulunmaktadır [49]. Çizelge 1.1’ de Marmara Bölgesi yıllık biyokütle kapasitesi sunulmuştur.

Çizelge 1.1 Marmara Bölgesi yıllık biyokütle kapasitesi (ton/yıl) [49]

İller	Büyükbaş	Küçükbaş	Kanatlı	Kanalizasyon	Bitkisel atık	Orman ve Tarım
Balıkesir	4,536,374.76	1,235,809.70	1,090,995.81	519,331.86	1,096,113.83	171,996.00
Bilecik	336,623.08	154,287.69	123,013.61	94,607.88	205,588.10	Bursa Bölge
Bursa	1,967,577.40	542,751.72	472,810.16	1,355,320.20	1,512,406.29	165,364.00
Çanakkale	1,862,783.71	691,690.70	176,306.14	228,916.29	972,829.15	Balıkesir Bölge
Edirne	1,330,100.15	361,624.48	15,991.35	169,631.82	1,755,665.87	İst. Bölge
İstanbul	772,827.64	142,847.50	78,518.65	7,039,640.65	345,642.47	186,999.00
Kırklareli	1,300,852.34	371,328.74	31,865.28	152,788.12	1,067,270.30	İst. Bölge
Kocaeli	853,941.59	99,535.50	175,533.93	862,832.57	149,094.91	Sakarya Bölge
Sakarya	1,302,524.77	65,820.45	859,031.64	457,442.82	643,708.91	22,466.00
Tekirdağ	1,329,730.04	311,442.82	39,857.84	466,144.96	1,706,775.31	İst. Bölge
Yalova	105,415.29	29,475.21	4,154.70	111,029.88	28,166.39	Bursa Bölge
Toplam	15,698,750.77	4,006,614.51	3,068,079.11	11,457,687.05	9,483,261.53	546,825.00
Genel Toplam					44,261,217.97	

(Ster/yıl bir yılda bir m³ lük alanda depolanabilen bitkisel-orman atığı miktarıdır)

Çizelge 1.2’ de her bir biyokütle hammaddesinin biyogaz verimi ile çarpılması sonucu elde edilebilecek biyogaz miktarları hesaplanarak, Marmara Bölgesinin toplam günlük biyogaz üretme kapasitesi sunulmuştur [49].

Çizelge 1.2 Marmara Bölgesi günlük biyogaz üretim kapasitesi (m³/gün) [49]

İller	Büyükbaş	Küçükbaş	Kanathı	Kanali zasyon	Bitkisel atık	Orman ve tarım	Toplam
Verim (m ³ /ton)	45.00	60.00	400.00	350.00	25.00	20.00	Biyogaz
Balıkesir	559,279.08	203,146.80	1,195,611.85	497,989.45	75,076.29	9,424.44	2,540,527.91
Bilecik	41,501.48	25,362.36	134,809.44	90,719.88	14,081.38	Bursa Bölgeye dahil	
Bursa	242,578.04	89,219.46	518,148.12	1,299,622.11	103,589.47	9,061.04	2,262,218.24
Çanakkale	229,658.27	113,702.58	193,212.21	219,508.77	66,632.13	Balıkesir Bölgeye dahil	
Edirne	163,984.95	59,445.12	17,524.77	162,660.65	120,251.09	İstanbul Bölgeye dahil	
İstanbul	95,280.12	23,481.78	86,047.84	6,750,340.35	23,674.14	10,246.52	6,989,070.75
Kırklareli	160,379.06	61,040.34	34,920.85	146,509.16	73,100.71	İstanbul Bölgeye dahil	
Kocaeli	105,280.47	16,362.00	192,365.95	827,373.70	10,211.98	Sakarya Bölgeye dahil	
Sakarya	160,585.25	10,819.80	941,404.54	438,643.80	44,089.65	1,231.01	1,596,774.05
Tekirdağ	163,939.32	51,196.08	43,679.82	446,988.32	116,902.42	İstanbul Bölgeye dahil	
Yalova	12,996.41	4,845.24	4,553.10	106,467.01	1,929.20	Bursa Bölgeye dahil	
Toplam 11 ilin biyogaz üretim kapasitesi (m ³ /gün)							13,388,591

1.4.4 Hidroelektrik Enerji

Hidroelektrik santraller (HES) tıpkı rüzgâr türbini gibi akışkan içindeki kinetik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürürler ancak rüzgâr kesintili-belirsiz iken akan su sürekli. Suyun hızı arttıkça elde edilecek elektrik de artar. Kanatlara çarpan su kanatları dolayısıyla mili döndürür, mile bağlı olan jeneratör mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürür [50].

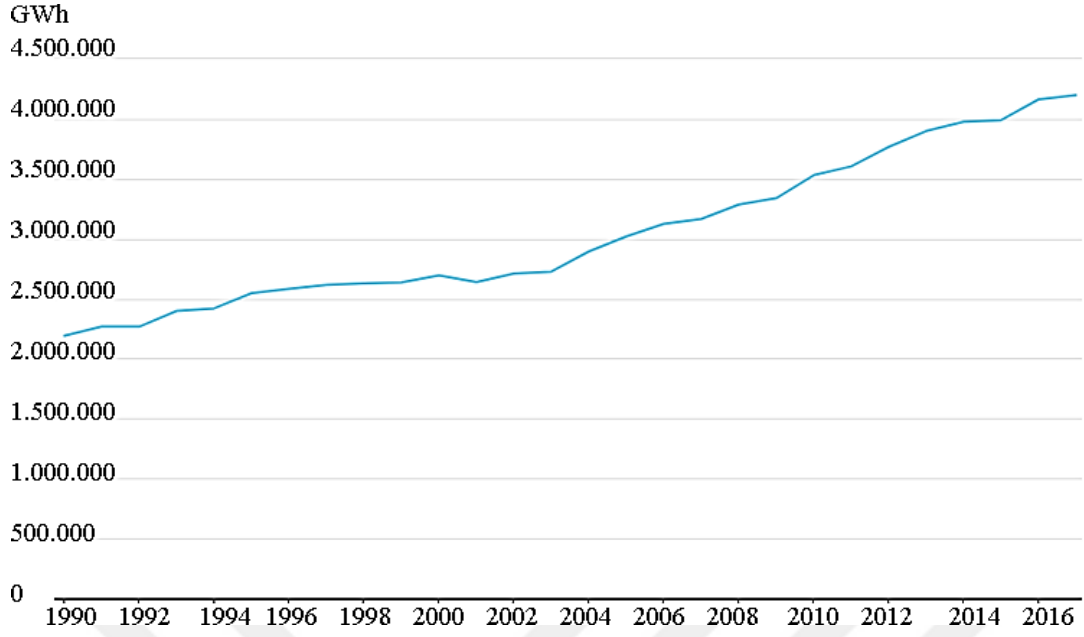
Hidrostatik elektrik üretim sistemlerinde su barajda depolanır ve istendiğinde salınarak türbinler üzerinden geçirilir. Hidro kinetik enerjide ise akan su üzerine tesis kurulur ve türbinlerin dönmesi sağlanır. Hidrokinetik yöntemde mevsimsel değişkenlikler yaşandığı için verim daha düşüktür [50].

Hidrokinetik enerji üretimi, nehir tipi (regülatörlü) tesisler suyun akış enerjisini kullanan sistemler olup, akım enerji dönüştürücüler ve dalga enerji dönüştürücüler olarak ikiye ayrılır. Akım enerjisi dönüştürücü sistemlerde mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren bir türbin pervanesi bulunmaktadır. Dalga dönüştürücü sistemlerde temel olarak sudaki dalganın hareket enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren bir mekanizma mevcuttur. Her ikisinde de türbin olarak yatay eksenli, dikey eksenli, sarmal ve kanal tipi türbinler kullanılır [50].

1.4.4.1 Dünyada hidroelektrik

Dünyada hidroelektrik kaynaklardan elektrik üretimi son 20 yılda neredeyse 2 katına çıkmıştır [38].

Şekil 1.19’ da dünyada hidroelektrik kaynaklardan elektrik üretimi GWh karşılığı verilmiştir.

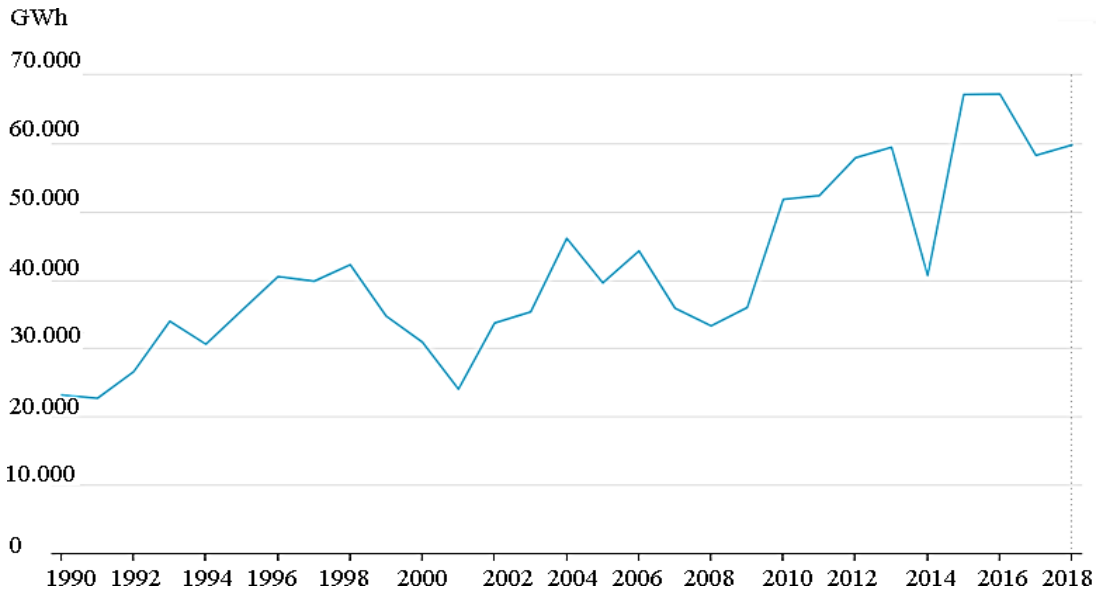


Şekil 1.19 Dünyada hidroelektrik kaynaklardan elektrik üretimi [38]

Dünyada hidroelektrik kaynaklardan elektrik üretimi 1990 yılında 2,191,675 GWh iken 2017 yılında 4,197,299 GWh' e yükselmiştir [38].

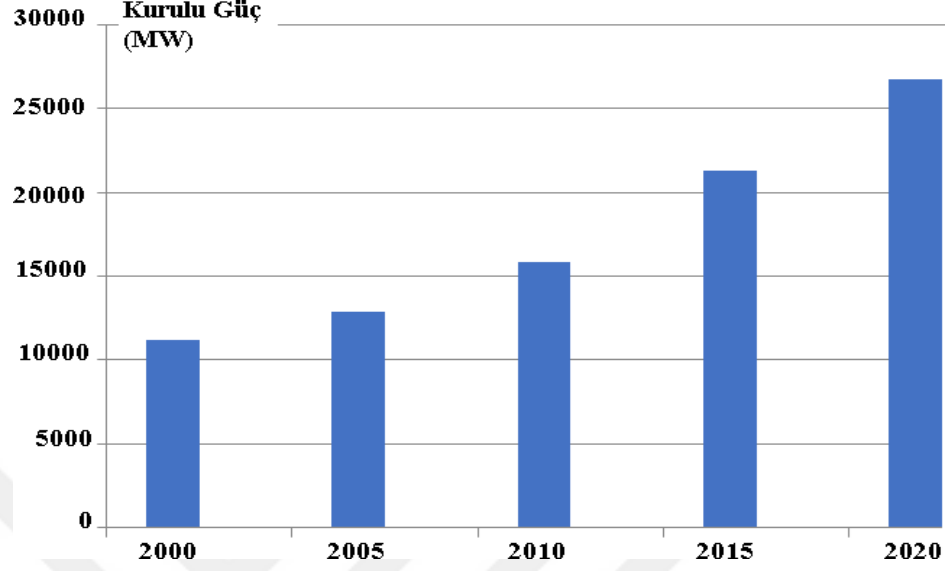
1.4.4.2 Türkiye' de hidroelektrik

Türkiye' de hidroelektrik üretimi son 20 yılda 2,5 katına çıkmıştır. Şekil 1.20' de Türkiye' de hidroelektrik kaynaklardan elektrik üretimi sunulmuştur.



Şekil 1.20 Türkiye' de hidroelektrik kaynaklardan elektrik üretimi [38]

Türkiye’ de 1990 yılında hidroelektrik kaynaklardan elektrik üretimi 23,148 GWh iken 2018 yılında 59,755 GWh olmuştur [38]. Şekil 1.21’ de Türkiye’ nin yıllar itibariyle hidrolik enerji kurulu güç değişimi verilmiştir.



Şekil 1.21 Türkiye yıllar itibariyle hidrolik enerji kurulu gücü [39]

2000 yılında Türkiye hidrolik enerji kurulu gücü 11,175.2 MW iken, 2019 yılı itibari ile Türkiye’ de bulunan tamamlanmış ve inşaat halindeki toplam 641 hidroelektrik santralinin toplam kurulu gücü 26,694.92 MW’ dır [39].

1.4.4.3 Marmara Bölgesi il bazında hidrokinetik verileri

Hidrokinetik enerji üretimi için en az 3 metre derinlik ve genişlik gerekmektedir olup, HOMER programında “Marmara Bölgesi Hidrokinetik Enerji Kaynakları”olarak İstanbul Boğazı, Çanakkale Boğazı ve Sakarya Nehri verileri kullanılmıştır. İstanbul Boğazı yerin şekline göre 1-2.8 m/s akış hızına sahiptir [51]. Çanakkale Boğazı Kilitbahir bölgesi 2.2-2.5 m/s akış hızına sahiptir [52]. Sakarya Nehri ortalama 124 m³/s akıma sahip olup, yerin şekline göre 1-4 m/s akış hızına sahiptir [53].

1.4.5 Jeotermal Enerjisi

Jeotermal enerji yerkürenin iç ısı enerjisi olup, merkezdeki sıcak bölgeden yeryüzüne doğru yayılır. Jeotermal kaynaklar insanlığın varoluşundan beri gerek doğrudan ısıtmada, tarımda seralarda, gerek başka enerji türlerine dönüştürülerek, gerekse

sağlık alanında kullanılmaktadır. Çizelge 1.3’ te jeotermal akışkanın sıcaklığına göre kullanım yerleri verilmiştir [41].

Çizelge 1.3 Jeotermal akışkanın sıcaklığına göre kullanma yerleri [41]

Sıcaklık	Kullanım alanı
20 °C	Balık çiftlikleri
30 °C	Yüzme havuzları, fermentasyon, damıtma, sağlık tesisleri
40 °C	Toprak ısıtma, kent ısıtması (alt sınır) sağlık tesisleri
50 °C	mantar yetiştirme, balneolojik banyolar (kaplıca tedavisi)
60 °C	Kümes ve ahır ısıtma
70 °C	Soğutma
80 °C	Ev ve sera ısıtma
90 °C	Balık kurutma
100 °C	Organik madde kurutma (yosun, et, sebze vb.), yün yıkama
110 °C	Çimento kurutulması
120 °C	Temiz su eldesi, tuzluluk oranının arttırılması
130 °C	Şeker endüstrisi, tuz eldesi
140 °C	Çiftlik ürünlerinin çabuk kurutulması (konservecilikte)
150 °C	Bayer’ s yolu ile alüminyum eldesi
160 °C	Kereste kurutulması, balık vb. yiyeceklerin kurutulması
170 °C	Hidrojen sülfid yolu ile ağır su eldesi, diatomitlerin kurutulması
180 °C	Yüksek konsantrasyonlu solüsyonun buharlaşması, amonyum absorpsiyonu ile soğutma

1.4.5.1 Jeotermal Enerji ile elektrik enerjisi üretimi

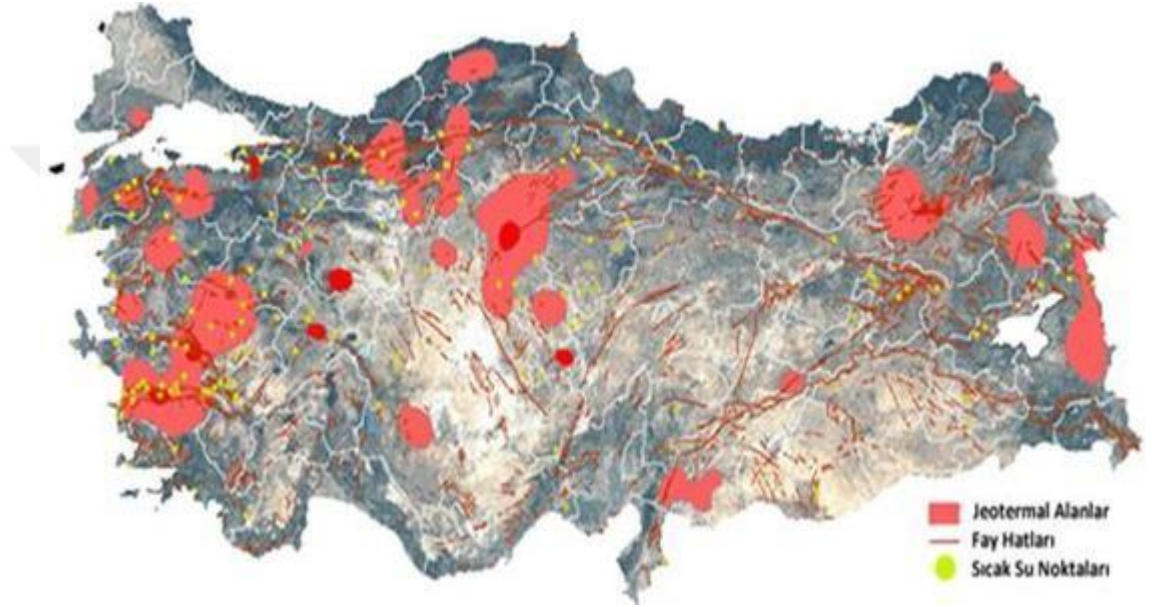
Elektrik üretimi için çıkış hazne sıcaklığının en az 200 °C olması gerekir. Ancak yeni teknolojilerle enerji üretimi için alt sınır 150 °C’ ye kadar düşürülmüştür. Son yıllarda geliştirilen ve ikili (binary) çevrim olarak adlandırılan yeni bir sistemle, buharlaşma noktaları düşük gazlar (freon, izobütan vb.) kullanılarak alt sınır 80 °C’ ye kadar düşürülmüştür [41].

1.4.5.2 Dünya’ da ve Türkiye’ de jeotermal enerji

Dünyada 2011 yılı jeotermal enerjiden elektrik üretimi toplam 11.2 GW iken, Çin, Hindistan ve Almanya’ da sıfıra yakın, ABD’ de 3.1GW ve Avrupa Birliğinde 0.9 GW’ tır [41].

Türkiye’ de 2007 yılında jeotermal enerjiden elektrik üretimi 23 MW iken, 2017 yılında 1,063.7 MW’ tır [41].

Şekil 1.22’ de Türkiye jeotermal alanlar ve sıcak su noktaları haritası sunulmuştur.



Şekil 1.22 Türkiye jeotermal alanlar ve sıcak su noktaları haritası [41]

Türkiye Jeotermal Enerji Potansiyeli 31,500 MW, direk ısı enerjisi olarak kullanım potansiyeli 2,084 MWt, elektrik üretimine uygun jeotermal potansiyel 1,500 MW’ tır [41].

Marmara Bölgesinde jeotermal kaynaktan elektrik üretimi için gerekli olan minimum sıcaklıkta (80-150 °C aralığında) bir kaynak olmadığı için HOMER’ da yapılan çalışmalarda jeotermal enerjiye yer verilmemiştir.



2. MATERYAL ve METOD

2.1. HOMER ile Güç Optimizasyonu

Bu çalışmada HOMER programı ile simülasyonlar yorumlanarak, Marmara Bölgesinin Hibrid Enerji Potansiyeli değerlendirilmiş ve il bazında haritalandırma yapılmıştır. HOMER Programı şebekeden bağımsız ve/veya şebekeye bağlı olarak, bileşen maliyetleri ve teknoloji opsiyonları ile enerji üretim maliyetlerini kıyaslayarak, farklı sistem konfigürasyonları için, uygulanabilir sistem kombinasyonlarını gösterebilen bir program, tasarımlarını değerlendirmeyi basitleştiren bir mikro güç optimizasyon modelidir. HOMER (Hibrit Optimizasyon Modelleme Yazılımı), geleneksel jeneratörler, rüzgâr türbinleri, güneş fotovoltaik piller, hidroelektrik, yakıt hücreleri, biyokütle kojenerasyon ve diğer girdiler ile ister tek tek ve ister bir arada hibrit güç sistemlerinin tasarımı ve analizi için kullanılır. HOMER, en iyi ve en düşük maliyetli enerji verimliliği için en iyi seçeneği hesaplayabilir [4].

HOMER programında bir modelleme yapmak için öncelikle elektrik yükü belirlenmelidir. Bu çalışmada 20 ev, 1 market, 1 cami ve bir okuldan oluşan elektrik yükü hesaplanmıştır. Ev yükleri Load1, market, cami ve okul Load2 olarak tanımlanmıştır. Her biri için aylık ve saatlik yükler HOMER programına girilmiş, pik yükün ve yükleme faktörünün hesaplanması sağlanmıştır.

HOMER ile modelleme için ikinci gereksinim lokasyondur. HOMER Programı güneş ve rüzgar bilgilerini NASA' nın belirli aralıklarla yerleştirdiği sensörlerle elde ettiği verilerden almaktadır. Marmara bölgesindeki 11 şehir için il bazında seçilen bölgeye en yakın sensör verileri alınarak hesaplamalar ve simülasyonlar yapılmıştır.

HOMER ile modellemenin bundan sonraki basamakları ise hangi kaynakların kullanılacağını seçilmesi, şebekeye bağlı olup olmayacağı, alternatif akım-doğru akım üzerinden bağlanılacağı, konverter kullanılıp kullanılmayacağı, akü kullanılıp kullanılmayacağı gibi bileşenlerin seçilmesidir. Bileşenler sisteme girildikten sonra hem maliyet hem de verimlilik için en uygun bileşenin hangileri olacağını HOMER programı analiz sonucunda göstermiştir.

Bu çalışmada kullanılan enerji üretim kaynakları biyokütle, hidrokinetik, güneş ve rüzgar olup, biyokütle ve hidrokinetik enerji kaynakları 1. Bölümde hesaplanmıştır. Güneş ve rüzgar enerjisi verileri NASA verilerinden HOMER programı tarafından çekilmektedir. Global ışıınım verileri için bölgesel bazda yerleştirilen sensörlerden (1983-2005 yılları arasında) 22 yıllık verilerin ortalaması alınmıştır. Rüzgar verileri için bölgesel bazda yerleştirilen sensörlerden (1883-1993 yılları arasında) 10 yıllık, yerden 50 metre yükseklikte rüzgar hızı verilerinin ortalaması alınmıştır.

Tüm hesaplamalar US Dolar üzerinden yapılmış olup, bir il için HOMER programına yaptırılan hesaplamalarda onlarca sonuç çıkmıştır. HOMER programı başlangıç ve işletme maliyetlerini sistemin ömrüyle birleştirerek elektriğin birim fiyatını hesaplayabilmekte ve onlarca sonuç çıkarmaktadır. Her bir il için en düşük ve en yüksek maliyetler karşılaştırılmıştır. Bazı optimizasyon sonucu PV panel-rüzgar türbini-biojeneratör-akü kombinasyonu çıkarken, bazı optimizasyon sonuçlarında sadece hidrokinetik türbin ve akü çıkabilmektedir. Dolayısıyla başlangıç maliyetleri de ona göre değişebilmektedir. Bu sonuçlardan elektriğin birim fiyatı en az olanı seçilebileceği gibi yatırım maliyeti düşük olup, enerji birim fiyatı daha fazla olanı da seçmek mümkündür. HOMER programı dizel jeneratör ile kesintisiz enerji alternatifi de sunmaktadır ama bu çalışmada sürdürülebilir bir çevre için dizel jeneratörlü çözümler devre dışı bırakılmıştır.

2.1.1 Elektrik Yüğü Belirleme

Bu çalışma için 20 ev, 1 okul, 1 market ve 1 camiden oluşan bir köyün elektrik yüğü kullanılan cihazlar ve kullanım saatlerine göre hesaplanmıştır. HOMER programında tüm uygulamalarda bu yük değerleri baz alınmıştır. Bu köyün elektrik ihtiyacının karşılanması için hibrid enerji kaynaklarından en uygun elektrik üretme yöntemi irdelenmiştir.

Çizelge 2.1' de 1 evin günlük kullandığı elektrikli cihazların kullanım saatlerine göre ihtiyaç duyulan enerji hesaplanarak 20 ev için toplam enerji ihtiyacı sunulmuştur.

Çizelge 2.1 Evler yükü (3 oda 1 salon 4 kişilik ev için) enerji tüketimi

Elektrikli Ekipman	Adet	Enerji (W)	Süre (saat)	Toplam (W)
Lamba	10	23	5	1,150
Bulaşık mak. (1 yıkama 3 saat, 2 güne bir kullanım)	1	920	1.5	1,380
Çamaşır mak. (1 yıkama 3 saat, 3 güne bir kullanım)	1	536	1	536
Buzdolabı	1	43	24	1,032
Elektrik süpürgesi	1	900	0.3	270
Ütü	1	2800	0.3	840
TV	1	100	5	500
Bilgisayar	1	100	2	200
Telefon şarj aleti	4	10	0.5	20
Elektrikli şofben	1	3000	0.5	1,500
Fırın	1	1650	0.2	330
Saç kurutma makinesi	1	2000	0.2	400
Toplam				8,158
20 Müstakil Ev için Toplam				163,160

Çizelge 2.2’ de mahalle marketi cihazların kullanım saatlerine göre ihtiyaç duyulan enerji tüketimi sunulmuştur.

Çizelge 2.2 Mahalle marketi enerji tüketimi

Elektrikli Ekipman	Adet	Enerji (W)	Süre (saat)	Toplam (W)
Market lamba	2	23	5	230
Market içecek buzdolabı	1	40	24	960
Market yatay buzdolabı	1	50	24	1,200
TV	1	100	5	500
Bilgisayar	1	100	5	500
Yazarkasa	1	30	10	300
Toplam				3,690

Çizelge 2.3’ te mahalle ilkokulu, cihazların kullanım saatlerine göre ihtiyaç duyulan enerji tüketimi sunulmuştur.

Çizelge 2.3 Mahalle ilkokulu enerji tüketimi

Elektrikli Ekipman	Adet	Enerji (W)	Süre (saat)	Toplam(W)
Lamba (4 deslik)	12	23	1	276
Akıllı tahta	4	74	8	2,368
Projeksiyon	4	190	1	760
Elektrikli süpürge	1	900	1	900
Telefon şarj aleti	6	10	1	60
Buzdolabı	1	43	24	1,032
Çay kazanı	1	2000	2	4,000
Tost makinesi	1	1800	2	3,600
Toplam				12,996

Çizelge 2.4’ te mahalle camisi cihazların kullanım saatlerine göre ihtiyaç duyulan enerji tüketimi sunulmuştur.

Çizelge 2.4 Mahalle camisi enerji tüketimi

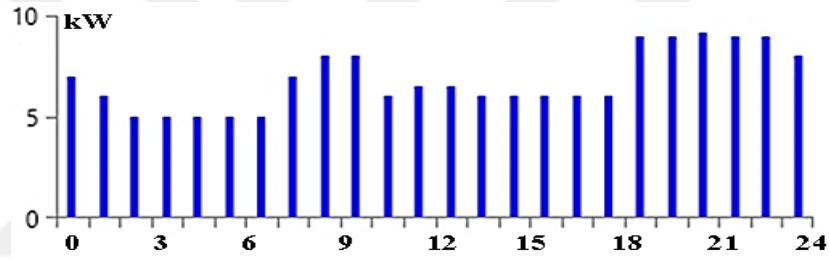
Elektrikli Ekipman	Adet	Enerji (W)	Süre (saat)	Toplam(W)
Lamba	10	23	2	460
Elektrikli süpürge	1	900	1	900
Telefon şarj aleti	6	10	1	60
Elektrikli şofben (abdest için)	1	3000	0.5	1,500
Elektrikli el kurutucu	3	2000	1	6,000
Toplam				8,920

Çizelge 2.5’ te köyün toplam enerji ihtiyacı gösterilmiştir.

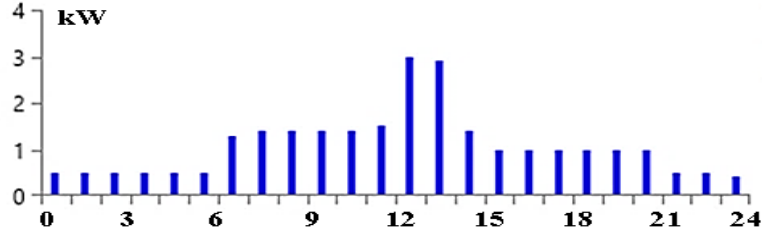
Çizelge 2.5 Köyün toplam enerji tüketimi (W)

Evler	163,160
Market	3,690
Okul	12,996
Cami	8,920
Toplam	188,766

Köyün toplam enerji ihtiyacı 188,766 W olup, evler sabah-akşam, market+okul+camii gündüz daha çok yük çektiği için ayrı profiller oluşturulmuştur. HOMER uygulamasında evler “Load1=163,160 kW”, Market, Camii ve Okul “Load2 = 3,690+8,920+12,996=25,606 W” olarak tanımlanmıştır. Şekil 2.1’ de HOMER Programı günün 24 saati için güç tüketim profilleri sunulmuştur.



Evler yükü günün 24 saati için güç tüketim profili



Market+okul+camii yükü günün 24 saati için güç tüketim profili

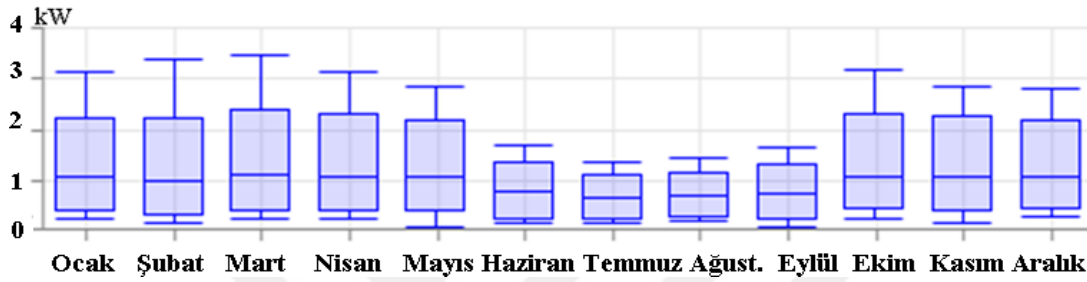
Şekil 2.1 Günün 24 saati için güç tüketim profilleri

Evlerden yüksek güç tüketimi saatleri sabah ve akşam saatleridir. Gece en düşük, gündüz ortalama bir değerde güç tüketimi mevcuttur. Evler yükü için en yüksek tüketim sabah 2 saatlik akşam/gece 4 saatlik periyotta gerçekleşmektedir.

HOMER Programı “Evler” yükü için saatlik verilere dayanarak ortalama yükü 163.16 kWh/gün, ortalama saatlik yükü 6.8 kW, anlık pik yükü 16.64 hesaplamıştır.

Pik Yük toplamda anlık olarak çekilebilecek maksimum yük olup, Yükleme Faktörü (diversite faktörü) aynı anda tüm cihazların çalışabilme oranıdır.

Market+Okul+Cami yükleri gece çok düşük, sabah 6 ile 12 arasında artmış, 12-13 saatlerinde maksimum olmuştur. Bunun nedeni öğle yemeği saatinde okul kantinindeki tüketimdir. HOMER Programı Market+Okul+Cami yükü için saatlik verilere dayanarak ortalama yükü 25.61 kWh/gün, ortalama saatlik yükü 1.07 kW, anlık pik yükü 4.32 kW hesaplamıştır. Şekil 2.2’ de HOMER Programı market+okul+camii yükü için aylık güç tüketimi verilmiştir.



Şekil 2.2 Market+okul+camii yükü için aylık güç tüketimi.

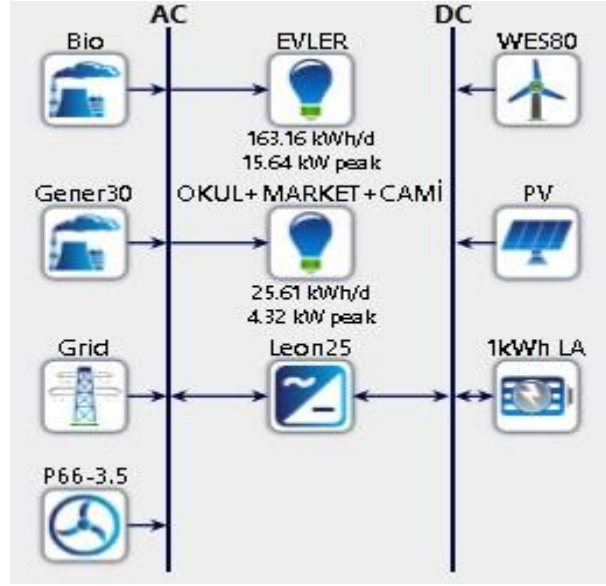
Enerji tüketimi yazın 4 ay süreyle düşüktür. Bunun nedeni Haziran’ ın yarısından sonra ve Eylül’ ün yarısına kadar okulların kapalı olmasıdır.

Sistemin ömrü 25 yıl ve yıllık elektrik kesintisi (capacity shortage) miktarı %2 alınmıştır. Amerikan Doları için 27.02.2020 tarihli Commercial Banks verilerine göre indirim oranı (discount rate) %2.25, enflasyon oranı %2.5 alınmıştır. 1 Amerikan Doları 6 TL alınarak hesaplamalar yapılmıştır.

2.1.2 Bağlantı Şeması

HOMER programında kullanılacak komponentler bağlantı şemasında belirtilmelidir. Bu çalışmada hibrid enerji kaynakları olarak, biojeneratör, hidrokinetik jeneratör, rüzgar türbini ve PV panel kullanılmıştır.

Şekil 2.3’ te HOMER programına girilen bağlantı şeması sunulmuştur.



Şekil 2.3 HOMER programı bağlantı şeması

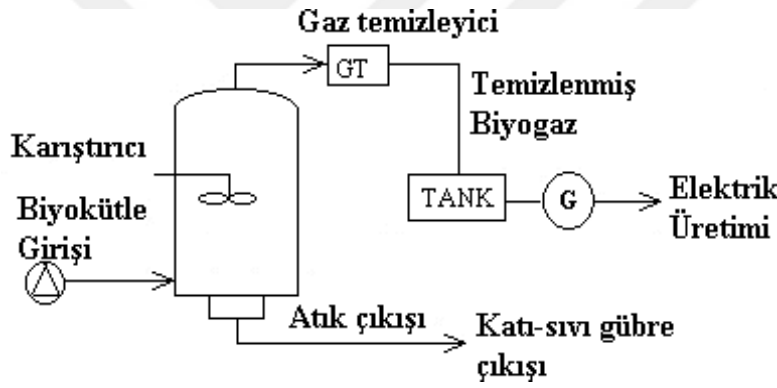
Load1 = Evler ve Load2 = Okul+Market+Cami olarak adlandırılan 2 çeşit yük AC bara üzerinden bağlanmıştır. AC bara üzerinden biojeneratör, dizel jeneratör, hidrokinetik jeneratör ve şebekeye (sadece gridextension-şebekeye uzatma bedeli girilmiştir) bağlantı yapılmıştır. DC bara üzerinden ise rüzgâr türbini, güneş panelleri ve akü gurubu bağlanmıştır. Aradaki bir konverter ile baralar arasında çevrim yapılmıştır.

2.1.2.1 Biojeneratör seçimi

Biojeneratör olarak ilk önce doğrudan yakma teknolojisi ile odun yakan bir jeneratör düşünülmüştür. Ancak odun yakan jeneratörler enerji üretim maliyetini karşılayabilmesi için çok yüksek güçte santrallerde kullanılır. Küçük güçte uygulama için ticari maksatlı olarak üretilen katı yakıtlı jeneratör yoktur. Bu yüksek güçlü santrallerde genelde akışkan yataklı kazan kullanılır, öncelikle kazan içindeki kumun 650 °C' ye kadar ısıtılması için motorin yakılması gerekir, bu işlem en az 8 saat sürer, içindeki kum kızdırıldıktan sonra odun cipsleri püskürtülür, yanan odun cipsleri saflaştırılmış suyu ısıtır ve oluşan su buharı jeneratörden geçirilerek elektrik üretilir. 13 MW gücündeki bir santral için 8 saat brülör yakılır ve 2800 litre mazot kullanılır, sadece kazan ısıtma maliyeti 17,000 TL civarında olduğu için kazan bir kez yandıktan sonra kapatılmaz, bakımı bile otomatik olarak kapatılmadan

gerçekleştirilir [54]. Bu yöntem yüksek güçte üretim yapıp şebekeye satılan santraller için uygun olup, küçük güçlerde uygun değildir. Dolayısıyla günde 188,766 kW gücünde elektrik üretimi için, biyogaz yakan içten yanmalı bir motor daha uygulanabilir.

Biyogaz yakarak elektrik üretilmesinde öncelikle biyogaz elde edilmesi gerekir. Çünkü biyogaz yakılacağı yerin yakınlarında üretilmelidir ve atıklardan kolaylıkla üretilir. Bunun için 1 adet anaerobik reaktör (karıştırıcılı fermantasyon tankı) ve bir jeneratörden oluşan sistem kurmak yeterlidir. Reaktöre ilk gübre konduktan sonra 35 günde biyogaz oluşur, bundan sonra reaktöre biyokütle ilave edilerek sürekli olarak biyogaz üretimi sağlanır. Üstten biyogaz alınır, alttan yapılacak bir tesis ile fermantasyona uğramış biyokütle atığı dışarı atılır. Reaktörden çıkan atık, gübre olarak kullanılır [55]. Şekil 2.4’ te biyogaz üretimi ve üretilen biyogazdan elektrik üretimi şeması verilmiştir.



Şekil 19 Biyokütleden biyogaz ve elektrik üretimi şeması

Biyogaz jeneratörü sürekli olarak devrede kalır ve bakımları yapılmak şartı ile 60,000 saat ömrü vardır. Fiyatı 10 kW için (parça parça alınıp birleştirilerek), aneorobik reaktör (fermantasyon tankı), temizleyici, biogaz deposu, sıcaklık sabitleyiciler, karıştırıcı, boşaltma motoru ve jeneratör set olarak 30,000 \$ olarak hesaplanmıştır [56]. Alttaaki artık maddenin sürekli alınması gerektiği için işletme ve bakım maliyeti saatlik 0.5 \$ ve 200 saatte bir de bakım için 10 \$ belirlenmiştir. Biojeneratör ömrünü uzatmak için tam yükte çalıştırmamak gerekir. Ancak simülasyonlarda daha yüksek güçte seçmek maliyeti arttırdığı için 10 kW güç seçilmiştir, maliyet ise aynıdır.

1 m³ biogaz 4.7 kW güce eşdeğerdir. 5 m³ biogaz ile 23.5 kW güç elde edilir. Jeneratöre giriş 23.5 kW iken %40 verimle jeneratör 9.4 kW elektrik üretir. 24 saatte 225.6 kW üretim kapasitesine sahip olup, ihtiyaç olmadığına jeneratör motoru kontrol devresi ile otomatik olarak kapanır. Jeneratör önce biogaz enerjisini mekanik enerjiye (verim %35 - %40) sonra mekanik enerjiyi elektrik enerjisine (verim %98) çevirir [55].

Çizelge 2.6' da fermantasyon işlemi sonrasında elde edilebilecek biyogaz miktarı ve 5 m³ biyogaz için kullanılması gereken biyokütle hammaddesi miktarı verilmiştir:

Çizelge 2.6 5 m³ biyogaz elde etmek için gerekli atık miktarı

Atık Cinsi	1 ton atıktan elde edilebilecek biogaz miktarı	5 m ³ İçin Gerekli Atık Miktarı	
		saatlik	24 saatlik
Büyükbaş Hayvan Atığı	45 m ³	111.11 kg	2667 kg
Küçükbaş Hayvan Atığı	60 m ³	83.33 kg	2000 kg
Kanatlı Hayvan Atığı	400 m ³	12.5 kg	300 kg
Kanalizasyon Atığı	350 m ³	14.5 kg	348 kg
Bitkisel Atık	25 m ³	200 kg	4800 kg
Orman Atığı	20 m ³	250 kg	6000 kg

10 kW' lık küçük bir biojeneratör için 5 m³ biogaz yeterlidir. (1 m³ biogaz 4.7 kW olup, jeneratör girişinde 5 m³ biogaz 23.5 kW güce tekabül eder, jeneratör çıkışında %40 verimden ötürü 9.4 kW üretir) Fermantasyon tankına farklı biyokütle hammaddeleri karıştırılabilir ancak çıkacak biogazın miktarını hesaplayarak hareket edilmelidir. HOMER programına **5 m³ biyogaz için saatte 83.33 kg**, günde 2 ton küçükbaş hayvan atığı girilmiştir. 111.11 kg girilerek büyükbaş hayvan atığı kullanılabilir. Bu atıklar karıştırılabilir, ancak neticede elde edilecek biyogaz miktarının hesaplanarak hareket edilmesi gerekir.

Hayvansal atık olduğu, elektrikten yararlanılacağı ve fermantasyon sonucu atık olarak elde edilen gübre, tekrar çiftçiye yönlendirileceği için biyokütle hammadde bedeli ton başına 1 \$ fiyatlandırılmıştır.

Fiyatı 30,000 \$, işletme bakım maliyeti saatte 0.5 \$ ve ömrü 60,000 saat olarak alınmıştır [56]. Yakıt olarak tesis içinde üretilen biogaz kullanılmış olup, biyogaz üretmek için biyokütle olarak küçükbaş hayvan atığı günde 2 ton girilmiştir. Besleme boşaltma tankı, fermentasyon tankı, gazı temizleme odası, gaz depolama tankı, fazla gelen gazı yakmak için meşale, karıştırıcı motoru, vakumlu boşaltma motoru, sıcaklığı sürekli aynı seviyede tutacak ısıtıcı ve soğutucular vb. teçhizat paket halinde fiyata dahil edilmiştir.

Biogaz jeneratörünün ömrünü uzatmak için her 200 saatte bir bakım gerekmekte olup, 1 saat kapalı kalır. Biyogazın fiyatı atık olduğu için ton başına sadece 1 \$ alınmıştır.

Homer programına girilen biyogaz özellikleri şu şekildedir:

- LHV (Alt Isıl Değer) :5.6 Mj/kg,
- Karbon içeriği : %35
- Gazlaştırma oranı :0.7
- Yoğunluk : 0.7 kg/m³
- Sülfür içeriği : %0
- Karbonmonoksit miktarı :0.25 g/kg
- Yanmamış hidrokarbonlar :0
- Atık partikül :0
- Nitrojen Oksit miktarı :1.25 g/kg

2.1.2.2 Dizel jeneratör seçimi

Dizel jeneratörlerin çalışma maksadı elektrik kesintisi durumunda acil ihtiyacı karşılamak olduğu için çalışma süresi kısadır. Yıllık 500-700 saat çalıştırılması uygundur, bakım ile yağ ve kayış değişimi ile bu süre arttırılabilir, sonrasında motoru revize etmek gerekir. Dizel jeneratör olarak pik yüklerin toplamını karşılayacak kadar (21 kW) güç seçmek gerekmekte olup, çalışırken kapasitesinin %70 - %80' ini geçmemesi makuldür. Bu nedenle 30 kW' lık bir jeneratör seçilmiştir. AC baraya bağlanmıştır. Yakıt fiyatı 1.2 \$, satın alma maliyeti 7,000 \$ belirlenmiştir [56].

Seçilen dizel jeneratörün çalışabilmesi için minimum yükleme oranı %25 olup, ısı geri kazanım ünitesi olmadığı için bu oran sıfır alınmıştır. Seçilen jeneratörün ömrü 10,000 saattir. Dizel jeneratörlerde her 250 saatte bir yağ değiştirmek, her 1000 saatte bir ise kayış değiştirmek gereklidir [56].

2.1.2.3 şebeke seçimi

şebeke elektriği AC olduğu için AC baraya bağlanmıştır. Bu çalışmadaki amaç sürdürülebilir bir dünya olduğu için, şebekeden alım satım yapılmadan sadece “grid extension” girilerek hesap yapılmaktadır. şebeke uzatma maliyeti ile Net Present Cost eğrilerinin çakışma noktasının solunda kalan bölge için (diğer bir ifade ile grid extension maliyeti NPC’ tan daha düşük) şebekeden elektrik almak daha mantıklıdır.

Yenilenebilir enerjiyi kesişme noktasının sağında kalan (diğer bir ifade ile grid extension bedeli NPC’ maliyetinden daha yüksek) bölgelerde uygulamak mantıklıdır. Elektriğin üretilmesi maliyeti şebekeden satın alma maliyetinden düşük ise yenilenebilir enerji sistemi tesis etmek uygundur. (Bu çalışmada Çanakkale ilinde elektrik üretilme maliyeti şebekeden satın alma maliyetinden daha düşük hesaplanmıştır.)

2.1.2.4 şebeke uzatma (grid extension) bedeli hesabı

Elektrik tesisi kurulumunda alçak gerilim mi orta gerilim mi kurulacağı önemlidir. Saatte çekilecek güç ve kullanım yerinin trafodan uzaklığı (gerilim düşümü) belirleyici etkindir. Bu alışmada “Alçak Gerilim şebekesi” tesis bedeli hesaplanmıştır. Sadece şebeke uzatma bedeli düşünöldüğü için trafo tesisi, hücre binası, ölçüm ve kontrol cihazları bedelleri vb. hesaplanmamıştır. Orta gerilimdeki hatta direk aralığı maksimum 50 metre, alçak gerilimde maksimum 40 metre seçilmelidir. Aıya gelen yerlerde, yüzey koşullarında ve yol atlamalarında bu sayı daha da artar. 1 km için 25 (40 m’ de bir) + 3 (ilave) = 28 adet direk hesaplanmış olup, 2019 yılı TEDAş birim fiyat kitabındaki fiyatları 2020 yeniden değerlendirme katsayısı (1.2258) ile çarpılarak travers+izolatör+nakliye ile birlikte 12 metre yüksekliğinde ortalama bir beton direğin fiyatı 3,297 TL olarak bulunmaktadır. Toplam beton direk bedeli:

$28 \times 3,297 = 92,316$ TL' dir.

Elektriğin taşınacağı hat alçak gerilim için 4 adet Pansy (3 faz 1 nötr) ve 1 adet Rose (sokak fazı) olarak tesis edilir. Birim fiyat kitabında kg üzerinden fiyatlandırıldığı için 1 km uzunluğundaki hattın ağırlığı hesaplanmalıdır. Pansy iletken ağırlığı 1 km de 116 kg [57] dolayısıyla 4 faz için 464 kg olup, 1 kg pansy hattın montaj dâhil fiyatı 48.33 TL olduğu için,

Pansy iletken bedeli: $48.33 \times 464 = 22,425$ TL' dir.

1 km de Rose iletken ağırlığı 58 kg [57] olup,

Rose iletken bedeli: $58 \times 39.63 = 2,299$ TL' dir.

Tesis edilecek alçak gerilim hattı beton direk ve iletken bedeli:

$92,316 + 22,425 + 2,299 = 117,040$ TL' dir.

1 Amerikan Doları 6 TL alınarak, 1 km hat tesis etme maliyeti TEDAŞ 2020 Birim Fiyat Kitabına göre **19,506 \$** olarak hesaplanmıştır. Şebekeden elektrik satın alma bedeli Şubat 2020 itibari ile 0.11 \$ alınmıştır. Kilometre başına şebeke bakım maliyeti yıllık 50 \$ alınmıştır.

2.1.2.5 Hidrokinetik türbin seçimi

Hidrokinetik enerji kaynağı olarak İstanbul Boğazı (akış hızı: 1-2.8 m/s), Çanakkale Boğazı (akış hızı: 2.2-2.5 m/s) ve Sakarya Nehri (akış hızı: 1-4 m/s) (Sakarya ve Bilecik şehirlerinden geçer) verileri kullanılmıştır. Marmara Bölgesinde yer alan diğer illerde hidrokinetik jeneratör çalıştıracak kadar derinlik/genişlik ve/veya akış hızı bulunmamaktadır.

Pik yüklerin toplamı yaklaşık 21 kW olmasına rağmen akü ile depolanması mümkün olduğu ve 2,5 m/s hızda 2 kW üretebildiği için 3.5 kW üretim kapasitesine sahip 5 adet hidrokinetik jeneratör (2,5 m/s hız için 1 saatte $2 \times 5 = 10$ kW olup, 19 saatte ihtiyacın tamamı karşılanmaktadır) AC baraya bağlanarak kullanılmıştır. Anapara olarak 30,000 \$ yer değiştirme maliyeti olarak 25,000 \$ ve işletme ve bakım giderleri için 2,500 \$ belirlenmiştir [58]. İstanbul ve Çanakkale Boğazlarında 20 kW' lık 3 metre çapında bir türbin yerleştirilmiş olup maliyeti aynıdır.

Sakarya Nehri Marmara Bölgesinde Bilecik ve Sakarya’ dan geçtiği için, bu illerde hidrokinetik türbinler bağlantı şemasına eklenmiştir. İstanbul ve Çanakkale illerinde Marmara Denizinin akış enerjisinden faydalanmak için hidrokinetik türbinler bağlantı şemasına eklenmiştir. Suyun akış hızı aylara göre değişkenlik göstermekle birlikte yıllık 2.5 m/s sabit alınmıştır.

2.1.2.6 Rüzgar türbini seçimi

Pik yüklerin toplamı yaklaşık 21 kW olmasına rağmen rüzgâr enerjisi kesintili olduğu için 80 kW üretim kapasitesine sahip bir hidrokinetik jeneratör DC baraya bağlanarak (AC üretmesine rağmen kesintili enerjiyi sabitlemek için DC’ ye çevrilir) kullanılmıştır. Rüzgâr hızı 7 m/sn iken 18 kW enerji üretebilmektedir. Anapara olarak 25,000 \$, yer değiştirme bedeli olarak 20,000 \$ ve yıllık bakım masrafı olarak 500 \$ belirlenmiştir [59].

2.1.2.7 Güneş paneli (PV) seçimi

Güneş panelleri DC ürettikleri için DC baraya bağlanmıştır. Toplam güç yaklaşık 189 kW ve PV paneller gündüz ısınım olduğu için ortalama 6-7 saat enerji üretebilecektir. Bu nedenle saatte 40 kW üretim yapacak bir sistem düşünülmüştür. Bununla birlikte HOMER programı özelliği olarak “search space” başlığı altından aşamalı olarak 40 kW seçilebileceği gibi “Optimizer” özelliği kullanılarak en uygun seçim HOMER programına bırakılabilir. Bu çalışmada 10-20-30-40 kW’ lık search space yapılmıştır. 1 kW PV panel fiyatı kontrüksiyonu ile birlikte 600 \$ alınmıştır [59].

2.1.2.8 Akü seçimi

Günlük enerji tüketimi yaklaşık 189 kW olup 220 V bir yük = $189,000/220=860A$ akım çeker. Ancak DC’ de aynı gücü sağlamak için 12V’ a bölünmelidir. $=189,000/12=15,750 A$ akım çekilir (Enerji dağıtımında gerilim 220 yapılarak kablo kesiti vb. masraflar azaltılır.) 1 kW’ lık bir jel akü 83 amper çektiği için $15,750/83=190$ adet aküye ihtiyaç vardır. HOMER programı özelliği olarak “search space” başlığı altından aşamalı olarak istenildiği kadar akü seçilebileceği gibi “Optimizer” özelliği kullanılarak en uygun seçim HOMER programına bırakılabilir.

Bu çalışmada 190 adet akü girilmemiş, maliyeti düşürmek için akü sayısı kullanıcı tercihinin bırakılmamış, HOMER algoritması tarafından belirlenmiştir. Sonuçlara bakıldığında algoritmanın maliyeti düşürdüğü görülmüştür. Genelde ihtiyaç olduğunda PV paneller ve rüzgâr türbinleri kullanılmış, bunlar yoksa biyogeneratör kullanılmıştır.

Kullanılan akü, kurşun asit akünün içine silika karıştırılarak jel kıvamı oluşturulan Jel Akü olup, ömrü (throughput) 450' dir, yani akünün %80' ini deşarj etmek koşuluyla 450 kere deşarj ve şarj edilebilir. (Bu oran eski tip akülerde sadece 100' dür) 1 kWh bir jel akü fiyatı 250 \$ alınmıştır [59].

2.1.2.9 Konverter seçimi

Elektriği tüketen güçlerin tamamı AC baradan bağlanmıştır. Ancak elektrik üretimi bazen DC bazen de AC bara üzerinden gerçekleşmektedir. Bu durumda AC üzerinden üretilen elektriğin bir kısmını akülerde depolayabilmek için DC' ye çevirmek gerekmektedir. Keza DC üzerinden üretilen elektriği evlerde kullanabilmek için AC' ye çevirmek gerekir. Bu maksatla kullanılan cihaz konverterdir.

Bu çalışmada 25 kW değerinde bir konverter kullanılmıştır. Verimi DC' den AC' ye %94 iken AC' den DC' ye %85' tir. 1 kW değerinde bir konverterin fiyatı 200 \$ alınmıştır [59].

2.1.3 Bazı Parametrelerin Tanımları:

Dispatch Strategy: Üretilen elektriğin sadece çekilen yüklerde veya hem yüklerde hem de aküleri şarj etmede kullanılacağını belirleyen stratejidir.

CC (Cycle Charging Dispatch): Üretilen elektriğin hem yüklerin ihtiyacını karşılamada hem de aküleri şarj etmede kullanılmasıdır.

LF (Load Following Dispatch): Üretilen elektriğin sadece yüklerin ihtiyacını karşılamada kullanılmasıdır.

COE (Levelized Cost of Energy): Sistem tarafından üretilen 1 kWh birim enerjinin fiyatıdır.

NPC (Net Present Cost / Toplam Net Maliyet): Tesisin ömrü boyunca tüm girdi çıktılarının, tesisin kuruluş ve işletme maliyetlerinin toplamıdır.

Operating Cost (İşletme Maliyeti): Çalışan bir sistemin yatırım maliyeti haricinde çalışmaya devam edilebilmesi için gerekli olan işletme ve yakıt maliyetidir.

Initial Capital (Yatırım / Başlangıç Maliyeti): Tesisi kurmak için gerekli anaparadır.

Ren Frac (%) – Renewable Fraction (Yenilenebilir Kısım): Enerjinin tamamen yenilenebilir kaynaklardan üretilme oranıdır.

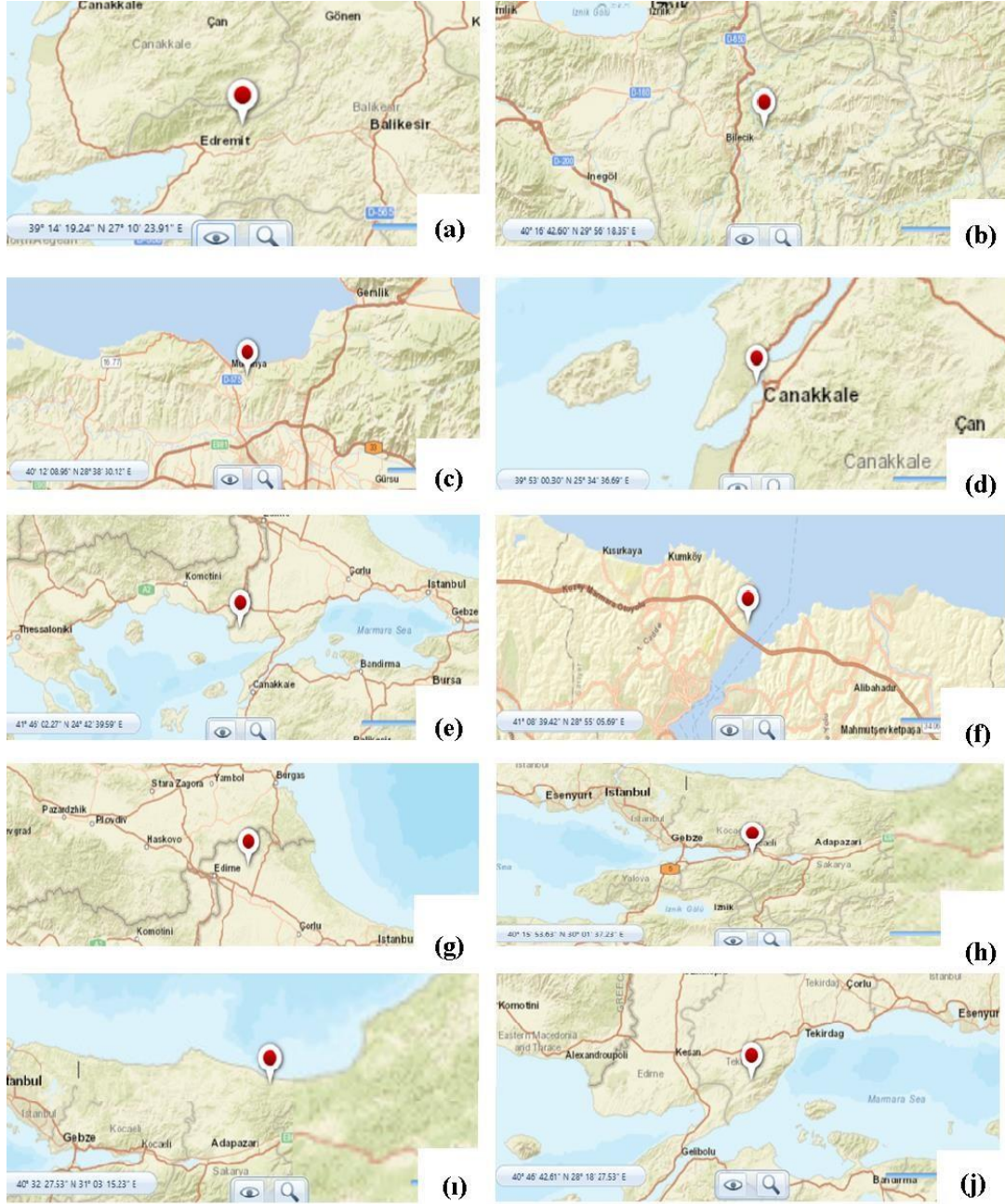
Capacity shortage: Yıllık elektrik kesintisi miktarı yüzdesidir. Kapasite eksikliğine izin verilmez ise program işletme süresinin çoğunda kullanılmayacak pahalı bileşenleri sisteme dahil edecek ve maliyetler artacaktır. Küçük bir orana izin verilerek ekonomik performansı yükseltilir.

Akü throughput: Akünün %80' ini deşarj etmek koşuluyla deşarj ve şarj edilebilme sayısıdır.

2.2 İllere Göre HOMER Çalışmaları ve Simülasyon Sonuçları

HOMER programında bir analiz yaptırmak için lokasyon belirtmek zorunluluğu bulunmakta olup, bu lokasyon bilgileri ile NASA' nın o bölgeye en yakın noktadaki sensörlerinden elde edilen veriler program tarafından internet bağlantısından çekilmektedir. Rüzgar verileri yerden 50 metre yükseklikteki 10 yıllık (1983-1993) rüzgar hızı ortalamasıdır. Güneş verileri ise 1983-2005 tarihleri arasındaki 22 yıllık radyasyon ışıınım değerleri ortalamasıdır.

Şekil 2.5' de Yalova hariç HOMER programından alınan illerde çalışma yapılan noktalar harita üzerinde gösterilmiştir



Şekil 2.5 Yenilenebilir enerji simülasyonları yapılan lokasyonlar

Simülasyon yapılan lokasyonlar Şekil 2.5' te harita üzerinde belirtilmiştir. (a) Balıkesir, (b) Bilecik, (c) Bursa, (d) Çanakkale, (e) Edirne, (f) İstanbul, (g) Kırıkkale, (h) Kocaeli, (i) Sakarya, (j) Tekirdağ

Çizelge 2.7' de HOMER programından alınan çalışma yapılan noktaların enlem, boylam, rüzgar hızı ve güneş ışınlımı değerleri sunulmuştur.

Çizelge 2.7 İller enlem boylam rüzgâr ve güneş verileri

İller	Enlem	Boylam	Rüzgar Hızı (m/s)	Güneş Işınımı (kWh/m ² /gün)
Balıkesir	39.5	27.5	5.46	4.19
Bilecik	40.5	30.5	5.07	3.96
Bursa	40.5	28.5	5.4	4.27
Çanakkale	40.5	26.5	5.66	4.2
Edirne	40.5	26.5	5.66	4.2
İstanbul	41.5	29.5	5.99	4.18
Kırklareli	41.5	27.5	5.53	3.93
Kocaeli	40.5	29.5	5.24	4.02
Sakarya	41.5	30.5	6.04	4.23
Tekirdağ	40.5	27.5	5.56	4.17
Yalova	40.5	28.5	5.4	4.27

2.2.1 Balıkesir İli Simülasyon Sonuçları

Balıkesir ilinde rüzgar, güneş, biyokütle için simülasyonlar yapılmış, enerji kaynağı bulunmamasından dolayı hidrokinetik enerji hesaplanmamıştır. Bileşenler: Rüzgar türbini, PV panel, biojeneratör, akü, konverterdir. Şekil 2.6’ da Balıkesir ilinin simülasyon sonuçları verilmiştir.

Optimizasyon Sonuçları										
Tasarım							Fiyatlandırma			
PV	Rüzgar	Biojen	Diz.jen	Akü	Konvr.	Dispat	COE (\$)	NPC(\$)	İş.Mal.(\$)	Baş.Mal(\$)
30.0	1	10.0		42	15.4	CC	0.139	246,535	6,197	86,584
30.0	1	10.0	30.0	57	16.7	LF	0.148	262,896	6,405	97,588
	1	10.0		25	14.9	CC	0.162	287,273	8,642	64,227
	1	10.0	30.0	95	14.9	LF	0.178	316,300	8,817	88,730
40.0		10.0		50	15.0	CC	0.187	332,183	10,177	69,500
40.0		10.0	30.0	98	15.4	LF	0.196	349,335	10,102	88,588

Şekil 2.6 Balıkesir ili simülasyon sonuçları

Balıkesir ilinde en iyi sonuç PV panel (30 kW), rüzgar türbini (80 kW), biojeneratör (10 kW), 42 adet akü ve konvertör kombinasyonu ile hesaplanmış olup, COE (Cost of Energy / enerji birim fiyatı) 0.139 \$ bulunmuştur. NPC (Net Present Cost / toplam net maliyet) 246,535 \$, Operating Cost (işletme maliyeti) 6,197 \$/yıl, Initial Capital (başlangıç maliyeti) 86,584 \$ hesaplanmıştır. Tamamen yenilenebilir kaynaklar kullanılmıştır. Dispatch strategy (sevk stratejisi), CC (cycle charging), hem ihtiyacı karşılama hem de aküleri şarj etme stratejisidir.

Biojeneratörün ömrü 60,000 saat olduğu günde 20 saat çalıştığı düşünülürse 3000 günde yenilenmesi gerekmektedir. Bakımları tam ve zamanında yapılmazsa bu değer daha da azalabilmektedir. Bu nedenle en yüksek maliyet biyokütle jeneratörü çıkmıştır. Buna rağmen hammaddeye ücret ödenmediği için en uygun çözümün bir parçası olarak görülmüştür. Şekil 2.7’ de Balıkesir ilinde en ucuz ve en maliyetli sistemlerin karşılaştırması HOMER programında yapılmıştır.

Sistem	Tasarım					Fiyatlandırma	
Karşılaştırma	PV	Rüzgar	Biojen	Akü	Konvert	NPC(\$)	BaşMal(\$)
Sistem-1	10	1	10	26	14	407,510	45,300
Sistem-2	30	1	10	42	15.4	246,535	86,584

Şekil 2.7 Balıkesir ili bileşenler karşılaştırması.

PV, rüzgar türbini ve biojeneratör’ den oluşan sistem sadece rüzgar türbini ve biojeneratörden oluşan sistemden başlangıç maliyeti olarak 41,284 \$ daha pahalı ancak NPC maliyeti 160,975 \$ daha düşüktür. Bunun nedeni işletme maliyetleridir.

Biojeneratör öğle saatlerinde neredeyse hiç çalışmamıştır. Çünkü bu saatlerde PV panel ve rüzgar jeneratörü çalıştırılmıştır. 42 adet akü kullanılmış olup, aküler yılın 365 günü yüzde yüze yakın şarjda kalmıştır. PV paneller gündüz, rüzgar türbini gece-gündüz enerji üretmiştir. Konverter kullanımı (PV paneller gündüz enerji ürettiği için) gündüz saatlerinde gece saatlerinden fazladır. Biyokütle jeneratöründe çevreye salınan bir miktar gaz vardır ancak dizel jeneratöre göre çok azdır. Şebeke uzatma mesafesi ile NPC eğrilerinin kesiştiği nokta 3.3 km olup bu noktadan önce şebekeden elektrik almak, bu noktadan sonra yenilenebilir enerji tesisi kurmak mantıklıdır.

2.2.2 Bilecik İli Simülasyon Sonuçları

Rüzgar, güneş, biyokütle ve hidrokinetik enerji için simülasyonlar yapılmış ve en uygun yenilenebilir enerji tesisi maliyetleri hesaplanmıştır. Bileşenler: Rüzgar türbini, PV panel, hidrokinetik jeneratör, akü, konverterdir. Şekil 2.8’ da Bilecik ilinin simülasyon sonuçları verilmiştir.

Optimizasyon Sonuçları											
Tasarım								Fiyatlandırma			
PV	Rüzgar	Biojen	D. jen	Akü	HKjen	Konvert	Dispat	COE(\$)	NPC(\$)	İş.Mal(\$)	Baş.Mal(\$)
10.0	1			28	5	7.50	CC	\$0.131	\$230,825	\$6,250	\$69,500
	1	10.0	30.0	24	5	10.1	LF	\$0.130	\$231,155	\$5,081	\$100,025
10.0	1	10.0	30.0	20	5	10.0	LF	\$0.130	\$231,414	\$4,898	\$105,000
20.0		10.0	30.0	32	5	8.65	LF	\$0.131	\$232,098	\$5,555	\$88,731
10.0	1	10.0		20	5	10.2	LF	\$0.131	\$232,317	\$5,203	\$98,031
	1	10.0		26	5	10.1	LF	\$0.131	\$232,327	\$5,378	\$93,525

Şekil 2. 8 Bilecik ili simülasyon sonuçları

Bilecik ilinde en iyi sonuç PV panel (10 kW), rüzgar türbini (80 kW), 28 adet akü, 5 adet hidrokinetik türbin ve konvertör kombinasyonu ile hesaplanmış olup, COE (Cost of Energy-enerji birim fiyatı) 0.131 \$ bulunmuştur. NPC (Net Present Cost) 230,825 \$, Operating Cost 6,250 \$/yıl, Initial Capital 69,500 \$ hesaplanmıştır. Tamamen yenilenebilir kaynaklar kullanılmıştır. Aküden sadece 28 tane kullanılması güneş ve rüzgar varken bunları yokken hidrokinetik enerjiyi, hidrokinetik az geldiğinde akü grubunu devreye aldığını göstermektedir. Dispatch strategy (sevk stratejisi) olarak CC (cycle charging) yani hem ihtiyacı karşılama hem de aküleri şarj etme stratejisi maliyeti hesaplanmıştır. İkinci satır daha düşük maliyetlidir, ancak dizel jeneratör kullanıldığı için tercih edilmemiştir.

Hidrokinetik jeneratörden 5 adet Sakarya Nehri üzerine yerleştirilmiş olup, ömrü 20 yıldır. İşletme maliyetleri yüksek olduğu için en yüksek maliyet hidrokinetik jeneratörde çıkmıştır.

Şekil 2.9’ da Bilecik ilinde en ucuz ve en maliyetli sistemlerin karşılaştırması HOMER programında yapılmıştır.

Sistem	Tasarım							Fiyatlandırma	
Karşılaştırma	PV	Rüzgar	Biojen	D.Jen	Akü	HK.jen	Konvert	NPC(\$)	Baş.Mal(\$)
Sistem-1	-	-	-	30.0	73	5	8.17	394,858	56,883
Sistem-2	10.0	1	-	-	28	5	7.5	230,825	69,500

Şekil 2.9 Bilecik ili bileşenler karşılaştırması.

Sadece hidrokinetik jeneratör ve dizel jeneratör sistemi başlangıç maliyeti 56,883 \$ iken PV panel – rüzgar türbini – hidrokinetik jeneratör sistemi 69,500 \$ hesaplanmıştır (üçlü sistemin başlangıç maliyeti ikili sistemin başlangıç maliyetinden fazladır). Ama NPC maliyeti kıyaslandığında üçlü sistem maliyeti ikili sistem maliyetinden düşüktür.

NPC eğrilerinin kesiştiği nokta 2.55 km olup bu noktadan önce şebekeden elektrik almak, bu noktadan sonra yenilenebilir enerji tesisi kurmak mantıklıdır.

2.2.3 Bursa İli Simülasyon Sonuçları

Rüzgar, güneş, biyokütle için simülasyonlar yapılmış, enerji kaynağı bulunmamasından dolayı hidrokinetik enerji hesaplanmamıştır. Bileşenler: Rüzgar türbini, PV panel, biojeneratör, akü, konverterdir. Şekil 2.10’ da Bursa ilinin HOMER programı simülasyon sonuçları verilmiştir.

Optimizasyon Sonuçları										
Tasarım							Fiyatlandırma			
PV	Rüzgar	Biojen	Diz.jen	Akü	Konvr.	Dispat	COE (\$)	NPC(\$)	İş.Mal.(\$)	Baş.Mal(\$)
30.0	1	10.0		46	15.7	LF	\$0.139	\$247,725	\$6,202	\$87,639
	1	10.0		32	15.0	LF	\$0.163	\$290,363	\$8,693	\$66,000
	1	10.0	30.0	53	16.8	LF	\$0.164	\$291,494	\$8,248	\$78,618
40.0		10.0		54	15.6	CC	\$0.186	\$330,892	\$10,084	\$70,625
40.0		10.0	30.0	98	14.7	LF	\$0.196	\$348,223	\$10,065	\$88,450
40.0	1			315	16.9	CC	\$0.256	\$449,310	\$12,328	\$131,125

Şekil 2.10 Bursa ili simülasyon sonuçları

Bursa ilinde en iyi sonuç PV panel (30 kW), rüzgar türbini (80 kW), biojeneratör (10 kW’lık), 46 adet akü ve konvertör kombinasyonu ile hesaplanmış olup, COE 0.139 \$ bulunmuştur. NPC 247,725 \$, Operating Cost 6,202 \$/yıl, Initial Capital 87,639 \$

hesaplanmıştır. Tamamen yenilenebilir kaynaklar kullanılmıştır. Dispatch strategy (sevk stratejisi) olarak LF (Load Following) yani öncelikle yük ihtiyacını karşılama stratejisi kullanılmıştır. İkinci satırda elektriğin birim fiyatı 24 Cent fazladır. (0.163 \$) Ancak başlangıç maliyeti 21,639 \$ daha düşüktür (66,000 \$).

Şekil 2.11’ de Bursa ilinde en ucuz ve en maliyetli sistemlerin karşılaştırması HOMER programında yapılmıştır.

Sistem	Tasarım					Fiyatlandırma	
Karşılaştırma	PV	Rüzgar	Biojen	Akü	Konvert	NPC(\$)	BaşMal(\$)
Sistem-1	20.0		10.0	39	11.0	364,088	53,950
Sistem-2	30.0	1	10.0	46	15.7	247,725	87,639

Şekil 2.11 Bursa ili bileşenler karşılaştırması

Sadece biojeneratör ve PV panel sisteminin başlangıç maliyeti 53,950 \$ iken PV panel-rüzgar türbini-biojeneratör sistemi 87,639 \$ hesaplanmıştır. Ama NPC maliyeti kıyaslandığında üçlü sistem maliyeti ikili sistem maliyetinden daha düşüktür.

Şebeke uzatma mesafesi ile NPC eğrilerinin kesiştiği nokta 3.36 km olup bu noktadan önce şebekeden elektrik almak, bu noktadan sonra yenilenebilir enerji tesisi kurmak mantıklıdır.

2.2.4 Çanakkale İli Simülasyon Sonuçları

Rüzgar, güneş, biyokütle ve hidrokinetik enerji için simülasyonlar yapılmış ve en uygun yenilenebilir enerji tesisi maliyetleri hesaplanmıştır. Bileşenler: PV panel, biojeneratör, hidrokinetik jeneratör, akü, konverterdir. Şekil 2.12’ de Çanakkale ilinin HOMER programı simülasyon sonuçları verilmiştir.

Optimizasyon Sonuçları											
Tasarım								Fiyatlandırma			
PV	Rüzgar	Biojen	D. jen	Akü	HK.jen	Konvert	Dispat	COE(\$)	NPC(\$)	İş.Mal(\$)	Baş.Mal(\$)
10.0		10.0		21	1	6.25	LF	\$0.0998	\$177,516	\$4,069	\$72,500
	1	10.0	30.0	16	1	9.50	LF	\$0.107	\$189,393	\$3,545	\$97,900
	1	10.0		13	1	9.47	LF	\$0.107	\$190,038	\$3,870	\$90,145
10.0	1			20	1	6.87	CC	\$0.109	\$191,353	\$4,803	\$67,373
		10.0		15	1	2.75	LF	\$0.108	\$191,622	\$4,933	\$64,300
		10.0	30.0	23	1	4.81	LF	\$0.108	\$191,658	\$4,570	\$73,713

Şekil 2.12 Çanakkale ili simülasyon sonuçları

Çanakkale ilinde en iyi sonuç PV panel (10 kW' lık), biojeneratör (10 kW), 21 adet akü, hidrokinetik türbin (20 kW) ve konvertör kombinasyonu ile hesaplanmış olup, COE 0.0998 \$ bulunmuştur. NPC 177,516 \$, Operating Cost 4,069 \$/yıl, Initial Capital 72,500 \$ hesaplanmıştır. Dispatch strategy (sevk stratejisi), LF (Load Following) öncelikle tüketimi karşılama stratejisidir. Burada dikkat çeken nokta, Çanakkale ili rüzgarları ile ünlü olmasına rağmen hidrokinetik enerjinin maliyet açısından daha öne çıkmış olmasıdır. İkinci satırda rüzgar türbini var olup elektrik birim fiyatı 0.007 \$ daha yüksektir. Çanakkale ilinde en yüksek maliyet hidrokinetik jeneratörde çıkmış olup, satınalma maliyeti sadece 30,000 \$ olmasına rağmen işletme maliyetinden dolayı hidrokinetik jeneratöre ait NPC 115,000 \$ değerini geçmiştir.

Şekil 2.13' de Çanakkale ilinde en ucuz ve en maliyetli sistemlerin karşılaştırması HOMER programında yapılmıştır.

Sistem	Tasarım							Fiyatlandırma	
Karşılaştırma	PV	Rüzgar	Biojen	D.Jen	Akü	HK.jen	Konvert	NPC(\$)	Baş.Mal(\$)
Sistem-1	-	-	-	30.0	29	1	5.75	338,885	45,400
Sistem-2	10.0	1	-	-	21	1	6.25	177,516	72,500

Şekil 2.13 Çanakkale ili bileşenler karşılaştırması

Rüzgar jeneratörü, PV panel ve hidrokinetik jeneratör sistemi için NPC maliyeti 177,516 \$ olup, dizel jeneratör ve hidrokinetik jeneratör sistemi NPC maliyeti 338,885 \$ hesaplanmıştır. Oysa dizel jeneratörlü sistemin başlangıç maliyeti üçlü sistemden daha azdır.

Enerji üretim bedeli (COE) elektrik üretim bedelinin altında kaldığı için şebekeden elektrik satın almak mantıklı değildir. Kırılma noktası -0.02 km' dir.

2.2.5 Edirne İli Simülasyon Sonuçları

Rüzgar, güneş, biyokütle kaynakları için simülasyonlar yapılmış, enerji kaynağı bulunmamasından dolayı hidrokinetik enerji hesaplanmamıştır. Bileşenler: Rüzgar türbini, PV panel, biojeneratör, akü, konverterdir. Şekil 2.14' de Edirne ilinin simülasyon sonuçları verilmiştir.

Optimizasyon Sonuçları										
Tasarım							Fiyatlandırma			
PV	Rüzgar	Biojen	Diz.jen	Akü	Konvr.	Dispat	COE (\$)	NPC(\$)	İş.Mal.(\$)	Baş.Mal(\$)
40.0	1	10.0		46	17.3	CC	\$0.137	\$243,793	\$5,805	\$93,957
30.0	1	10.0	30.0	30	14.7	LF	\$0.139	\$247,622	\$6,090	\$90,441
	1	10.0		35	15.5	LF	\$0.155	\$276,066	\$8,106	\$66,859
	1	10.0	30.0	112	16.5	LF	\$0.180	\$319,213	\$8,753	\$93,300
40.0		10.0		52	15.5	CC	\$0.185	\$329,495	\$10,050	\$70,105
40.0		10.0	30.0	98	15.5	LF	\$0.195	\$346,885	\$10,007	\$88,600

Şekil 2.14 Edirne ili simülasyon sonuçları

Edirne ilinde en iyi sonuç PV panel (40 kW), rüzgar türbini (80 kW), biojeneratör (10 kW) 46 adet akü ve konvertör kombinasyonu ile hesaplanmış olup, COE 0.137 \$ bulunmuştur. NPC 243,793 \$, Operating Cost 5,805 \$/yıl, Initial Capital 93,957 \$ hesaplanmıştır. Dispatch strategy (sevk stratejisi), CC (cycle charging) yani hem ihtiyacı karşılama hem de aküleri şarj etme stratejisidir.

Şekil 2.15' de Edirne ilinde en ucuz ve en maliyetli sistemlerin karşılaştırması HOMER programında yapılmıştır.

Sistem	Tasarım					Fiyatlandırma	
Karşılaştırma	PV	Rüzgar	Biojen	Akü	Konvert	NPC(\$)	BaşMal(\$)
Sistem-1	20.0	-	10.0	54	13.9	357,426	58,285
Sistem-2	40.0	1	10.0	46	17.3	243,793	93,957

Şekil 2.15 HOMER programında Edirne ili bileşenler karşılaştırması

PV panel ve biojeneratör sisteminin başlangıç maliyeti 58,285 \$ ile PV panel, rüzgar jeneratörü ve biojeneratör sisteminden (93,957 \$) düşük iken NPC maliyeti açısından üçlü sistem NPC maliyeti ikili sistem maliyetinden düşüktür. Aradaki fark işletme maliyetleridir.

Şebeke uzatma mesafesi ile NPC eğrilerinin kesiştiği nokta 3.17 km olup bu noktadan önce şebekeden elektrik almak, bu noktadan sonra yenilenebilir enerji tesisi kurmak mantıklıdır.

2.2.6 İstanbul İli Simülasyon Sonuçları

Rüzgar, güneş, biyokütle ve hidrokinetik enerji için simülasyonlar yapılmış ve en uygun yenilenebilir enerji tesisi maliyetleri hesaplanmıştır. Bileşenler: Rüzgar türbini, PV panel, biojeneratör, hidrokinetik jeneratör, akü, konverterdir. Şekil 2.16' da İstanbul ilinin simülasyon sonuçları verilmiştir.

Optimizasyon Sonuçları											
Tasarım								Fiyatlandırma			
PV	Rüzgar	Biojen	D. jen	Akü	HKjen	Konvert	Dispat	COE(\$)	NPC(\$)	İş.Mal(\$)	Baş.Mal(\$)
	1			19	1	7.96	CC	\$0.106	\$186,507	\$4,849	\$61,343
10.0	1			16	1	6.94	CC	\$0.106	\$187,217	\$4,681	\$66,388
	1	10.0	30.0	19	1	9.61	LF	\$0.106	\$188,607	\$3,484	\$98,672
	1	10.0		19	1	9.67	LF	\$0.107	\$189,809	\$3,802	\$91,684
10.0		10.0	30.0	40	1	7.27	LF	\$0.109	\$193,410	\$4,221	\$84,454
10.0	1	10.0	30.0	19	1	9.46	LF	\$0.109	\$193,533	\$3,444	\$104,642

Şekil 20.16 İstanbul ili simülasyon sonuçları

İstanbul ilinde en iyi sonuç rüzgar türbini (80 kW), hidrokinetik jeneratör (20 kW), 19 adet akü ve konvertör kombinasyonu ile hesaplanmış olup, COE 0.106 \$ bulunmuştur. NPC 186,507 \$, Operating Cost 4,849 \$/yıl, Initial Capital 61,343 \$ hesaplanmıştır. Tamamen yenilenebilir kaynaklar kullanılmıştır. Aküden sadece 19 tane kullanılması rüzgar varken bu kaynağı, yokken hidrokinetik enerjiyi, hidrokinetik az geldiğinde akü grubunu devreye aldığını göstermektedir. Dispatch strategy (sevk stratejisi), CC (cycle charging) yani hem ihtiyacı karşılama hem de aküleri şarj etme stratejisidir.

Ek yüksek NPC maliyeti 115,000 \$ ile hidrokinetik türbinedir. Oysa satınalma bedeli sadece 30,000 \$ değerindedir. Aradaki fark işletme ve bakım maliyetleridir.

Şekil 2.17’ de İstanbul ilinde en ucuz ve en maliyetli sistemlerin karşılaştırması yapılmıştır.

Sistem	Tasarım							Fiyatlandırma	
Karşılaştırma	PV	Rüzgar	Biojen	D.Jen	Akü	HK,jen	Konvert	NPC(\$)	Baş.Mal(\$)
Sistem-1	-	-	-	30.0	29	1	5.75	338,855	45,400
Sistem-2	1	-	-	-	19	1	7.96	186,507	61,343

Şekil 2.17 İstanbul ili bileşenler karşılaştırması

Hidrokinetik jeneratör ve dizel jeneratör sisteminin başlangıç maliyeti 45,400 \$ ile PV panel ve hidrokinetik türbini ikilisinin başlangıç maliyetinden (61,343 \$) düşük iken NPC maliyeti tam tersi olup, aradaki fark 152,348 \$ değerindedir.

Şebeke uzatma mesafesi ile NPC eğrilerinin kesiştiği nokta 0.42 km olup bu noktadan önce şebekeden elektrik almak, bu noktadan sonra yenilenebilir enerji tesisi kurmak mantıklıdır.

2.2.7 Kırklareli İli Simülasyon Sonuçları

Rüzgar, güneş, biyokütle için simülasyonlar yapılmış, enerji kaynağı bulunmamasından dolayı hidrokinetik enerji hesaplanmamıştır. Bileşenler: Rüzgar türbini, PV panel, biojeneratör, akü, konverterdir. Şekil 2.18’ de Kırklareli ilinin simülasyon sonuçları verilmiştir.

Optimizasyon Sonuçları										
Tasarım							Fiyatlandırma			
PV	Rüzgar	Biojen	Diz.jen	Akü	Konvr.	Dispat	COE (\$)	NPC(\$)	İş.Mal.(\$)	Baş.Mal(\$)
30.0	1	10.0		45	15.6	LF	\$0.138	\$246,286	\$6,157	\$87,365
	1	10.0		36	15.5	LF	\$0.163	\$290,119	\$8,641	\$67,090
	1	10.0	30.0	55	15.7	LF	\$0.164	\$291,765	\$8,247	\$78,898
40.0		10.0		47	15.4	CC	\$0.189	\$335,622	\$10,337	\$68,828
40.0		10.0	30.0	98	15.5	LF	\$0.198	\$352,744	\$10,234	\$88,600
40.0	1			394	16.8	CC	\$0.252	\$443,003	\$11,319	\$150,856

Şekil 2.18 HOMER programında Kırklareli ili simülasyon sonuçları

Kırklareli ilinde en iyi sonuç PV panel (30 kW), rüzgar jeneratörü (80 kW), biojeneratör (10 kW), 45 adet akü ve konvertör kombinasyonu ile hesaplanmış olup, COE 0.138 \$ bulunmuştur. NPC 246,286 \$, Operating Cost 6,157 \$/yıl, Initial Capital 87,365 \$ değerindedir. Tamamen yenilenebilir kaynaklar kullanılmıştır. Dispatch strategy (sevk stratejisi), LF (Load Following) yani öncelikle yük ihtiyacını karşılama stratejisidir. Şekil 2.19’ de Kırklareli ilinde en ucuz ve en maliyetli sistemlerin karşılaştırması yapılmıştır.

Sistem	Tasarım					Fiyatlandırma	
Karşılaştırma	PV	Rüzgar	Biojen	Akü	Konvert	NPC(\$)	BaşMal(\$)
Sistem-1	10.0	-	10.0	26	14.0	425,985	45,300
Sistem-2	30.0	1	10.0	45	15.6	246,286	87,365

Şekil 2.19 HOMER programında Kırklareli ili bileşenler karşılaştırması

Biojeneratör ve PV panel sisteminin NPC maliyeti 425,985 \$ iken, rüzgar türbini, biojeneratör ve PV panel sisteminin NPC maliyeti 246,286 \$ bulunmuştur. Arada 179,699 \$ fark mevcuttur. Başlangıç maliyeti ise tam tersi olarak ilk sistemde daha düşüktür.

Şebeke uzatma mesafesi ile NPC eğrilerinin kesiştiği nokta 3.29 km olup bu noktadan önce şebekeden elektrik almak, bu noktadan sonra yenilenebilir enerji tesisi kurmak mantıklıdır.

2.2.8 Kocaeli İli Simülasyon Sonuçları

Rüzgar, güneş, biyokütle için simülasyonlar yapılmış, enerji kaynağı bulunmamasından dolayı hidrokinetik enerji hesaplanmamıştır. Bileşenler: Rüzgar türbini, PV panel, biojeneratör, akü, konverterdir. Şekil 2.20’ de Kocaeli ilinin simülasyon sonuçları verilmiştir.

Optimizasyon Sonuçları										
Tasarım							Fiyatlandırma			
PV	Rüzgar	Biojen	Diz.jen	Akü	Konvr.	Dispat	COE (\$)	NPC(\$)	İş.Mal.(\$)	Baş.Mal(\$)
30.0	1	10.0		32	16.8	LF	\$0.147	\$261,311	\$6,856	\$84,356
10.0	1	10.0	30.0	52	15.2	LF	\$0.153	\$272,322	\$7,295	\$84,046
	1	10.0		33	15.5	LF	\$0.167	\$296,589	\$8,921	\$66,342
	1	10.0	30.0	52	15.2	LF	\$0.167	\$296,961	\$8,482	\$78,036
40.0		10.0		49	15.5	CC	\$0.188	\$334,962	\$10,291	\$69,358
40.0		10.0	30.0	102	14.9	LF	\$0.198	\$352,287	\$10,182	\$89,480

Şekil 2.20 HOMER programında Kocaeli ili simülasyon sonuçları

Kocaeli ilinde en iyi sonuç PV panel (30 kW), rüzgar jeneratörü (80 kW), biojeneratör (10 kW), 32 adet akü ve konvertör kombinasyonu ile hesaplanmış olup, COE 0.147 \$ bulunmuştur. NPC 261,311 \$, Operating Cost 6,856 \$/yıl, Initial Capital 84,356 \$ hesaplanmıştır. Tamamen yenilenebilir kaynaklar kullanılmıştır. Dispatch strategy (sevk stratejisi), LF (Load Following) yani öncelikle yük ihtiyacını karşılama stratejisidir. Şekil 2.21’ de Kocaeli ilinde en ucuz ve en maliyetli sistemlerin karşılaştırması yapılmıştır.

Sistem	Tasarım					Fiyatlandırma	
Karşılaştırma	PV	Rüzgar	Biojen	Akü	Konvert	NPC(\$)	BaşMal(\$)
Sistem-1	10.0	-	10.0	26	7.00	407,671	43,900
Sistem-2	30.0	1	10.0	32	16.8	261,311	84,356

Şekil 2.21 HOMER programında Kocaeli ili bileşenler karşılaştırması

Biojeneratör ve PV panel sisteminin NPC maliyeti 407,671 \$ iken, rüzgar türbini, biojeneratör ve PV panel sistemi NPC maliyeti 261,311 \$ hesaplanmıştır. Başlangıç maliyeti tam tersi olarak PV panel-biojeneratör sistemininki daha düşüktür.

Şebeke uzatma mesafesi ile NPC eğrilerinin kesiştiği nokta 4.01 km olup bu noktadan önce şebekeden elektrik almak, bu noktadan sonra yenilenebilir enerji tesisi kurmak mantıklıdır.

2.2.9 Sakarya İli Simülasyon Sonuçları

Rüzgar, güneş, biyokütle ve hidrokinetik enerji için simülasyonlar yapılmış ve en uygun yenilenebilir enerji tesisi maliyetleri hesaplanmıştır. Bileşenler: Hidrokinetik jeneratör, rüzgar türbini, akü ve konverterdir.

Sakarya ilinde en yüksek maliyet hidrokinetik türbinlerdir. Satın alma maliyeti 30,000 \$ olmasına rağmen işletme maliyetlerinden dolayı NPC 113,000 \$ değerini geçmiştir. Şekil 2.22’ de Sakarya ilinin simülasyon sonuçları verilmiştir.

Optimizasyon Sonuçları											
Tasarım								Fiyatlandırma			
PV	Rüzgar	Biojen	D. jen	Akü	HKjen	Konvert	Dispat	COE(\$)	NPC(\$)	İş.Mal(\$)	Baş.Mal(\$)
	1			24	5	8.25	CC	\$0.108	\$188,970	\$4,894	\$62,650
10.0	1			20	5	7.26	CC	\$0.107	\$189,002	\$4,709	\$67,453
	1	10.0	30.0	21	5	10.2	LF	\$0.107	\$190,225	\$3,523	\$99,289
	1	10.0		20	5	10.2	LF	\$0.108	\$191,216	\$3,843	\$92,031
10.0	1	10.0	30.0	20	5	10.0	LF	\$0.109	\$194,565	\$3,470	\$105,000
10.0	1	10.0		20	5	10.2	LF	\$0.110	\$195,491	\$3,776	\$98,031

Şekil 2.22 HOMER programında Sakarya ili simülasyon sonuçları

Sakarya ilinde en iyi sonuç rüzgar jeneratörü (80 kW), 24 adet akü, 5 adet hidrokinetik türbin ve konvertör kombinasyonu ile hesaplanmış olup, COE 0.108 \$ bulunmuştur. NPC 188,970 \$, Operating Cost 4,894 \$/yıl, Initial Capital 62,650 \$ değerindedir. Dispatch strategy (sevk stratejisi), CC (cycle charging) yani hem ihtiyacı karşılama hem de aküleri şarj etme stratejisidir. Şekil 2.23’ de Sakarya ilinde en ucuz ve en maliyetli sistemlerin karşılaştırması yapılmıştır.

Sistem	Tasarım							Fiyatlandırma	
Karşılaştırma	PV	Rüzgar	Biojen	D.Jen	Akü	HK.jen	Konvert	NPC(\$)	Baş.Mal(\$)
Sistem-1				30.0	72	5	8.21	\$362,560	\$56,643
Sistem-2		1			24	5	8.25	\$188,970	\$62,650

Şekil 2.23 HOMER programında Sakarya ili bileşenler karşılaştırması

Hidrokinetik jeneratör ve dizel jeneratör NPC maliyeti rüzgar türbini ve hidrokinetik türbin NPC maliyetinden yüksek olup, aradaki fark 173,590 \$ değerindedir.

Başlangıç maliyeti açısından ise tam tersi olarak dizel jeneratör-hidrokinetik jeneratör sistemi maliyeti daha düşüktür.

Şebeke uzatma mesafesi ile NPC eğrilerinin kesiştiği nokta 0.54 km olup bu noktadan önce şebekeden elektrik almak, bu noktadan sonra yenilenebilir enerji tesisi kurmak mantıklıdır.

2.2.10 Tekirdağ İli Simülasyon Sonuçları

Rüzgar, güneş, biyokütle için simülasyonlar yapılmış, enerji kaynağı bulunmamasından dolayı hidrokinetik enerji hesaplanmamıştır. Bileşenler: Rüzgar türbini, PV panel, biojeneratör, akü ve konverterdir. Şekil 2.24’ de Tekirdağ ilinin simülasyon sonuçları verilmiştir.

Optimizasyon Sonuçları										
Tasarım							Fiyatlandırma			
PV	Rüzgar	Biojen	Diz.jen	Akü	Konvr.	Dispat	COE (\$)	NPC(\$)	İş.Mal.(\$)	Baş.Mal(\$)
40.0	1	10.0		55	16.3	LF	\$0.159	\$283,199	\$7,253	\$96,009
	1	10.0		43	17.3	LF	\$0.195	\$346,445	\$10,741	\$69,213
	1	10.0	30.0	85	16.0	LF	\$0.195	\$346,665	\$10,082	\$86,450
40.0		10.0		52	15.5	CC	\$0.233	\$414,524	\$13,345	\$70,095
40.0	1			315	16.0	CC	\$0.244	\$428,236	\$11,518	\$130,950
40.0		10.0	30.0	120	14.6	LF	\$0.244	\$434,088	\$13,179	\$93,925

Şekil 2.24 HOMER programında Tekirdağ ili simülasyon sonuçları

Tekirdağ ilinde en iyi sonuç PV panel (40 kW), rüzgar türbini (80 kW), biojeneratör (10 kW), 55 adet akü ve konvertör kombinasyonu ile hesaplanmış olup, COE 0,159 \$ bulunmuştur. NPC 283,199 \$, Operating Cost 7,253 \$/yıl, Initial Capital 96,009 \$ değerindedir. 55 Adet akü ile en fazla akü kullanan il olup, öncelikle güneş ve rüzgardan faydalanılmakta, bunlar yoksa biojeneratör enerjisi kullanılmakta, bu da yetersiz kalırsa akü kullanılmaktadır. Dispatch strategy (sevk stratejisi), LF (Load Following) yani öncelikle ihtiyacı karşılama stratejisidir.

Şekil 2.25’ de Tekirdağ ilinde en ucuz ve en maliyetli sistemlerin karşılaştırması yapılmıştır.

Sistem	Tasarım					Fiyatlandırma	
Karşılaştırma	PV	Rüzgar	Biojen	Akü	Konvert	NPC(\$)	BaşMal(\$)
Sistem-1	20.0	-	10.0	53	14.0	453,639	58,050
Sistem-2	40.0	1	10.0	55	16.3	283,199	96,009

Şekil 2.25 HOMER programında Tekirdağ ili bileşenler karşılaştırması

Biojeneratör ve PV panel sisteminin başlangıç maliyeti 58,050 \$ ile rüzgar türbini, PV Panel ve biojeneratör sisteminden (96,009 \$) düşük iken, NPC maliyeti tam tersi olarak yüksektir. Aradaki fark 170,440 \$ değerindedir.

Şebeke uzatma mesafesi ile NPC eğrilerinin kesiştiği nokta 5.07 km olup bu noktadan önce şebekeden elektrik almak, bu noktadan sonra yenilenebilir enerji tesisi kurmak mantıklıdır.

2.2.11 Yalova İli Simülasyon Sonuçları

Rüzgar, güneş, biyokütle için simülasyonlar yapılmış, enerji kaynağı bulunmamasından dolayı hidrokinetik enerji hesaplanmamıştır. Bileşenler: Rüzgar türbini, PV panel, biojeneratör, akü, konverterdir. Şekil 2.26’ da Yalova ilinde simülasyon yapılan noktanın harita görüntüsü verilmiştir.



Şekil 2.26 Yalova İli yenilenebilir enerji simülasyonları yapılan lokasyon

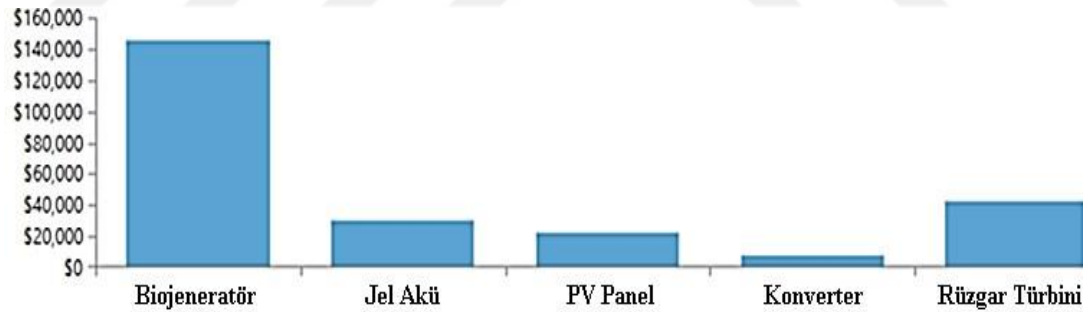
Şekil 2.27’ de Yalova ilinin simülasyon sonuçları verilmiştir.

Optimizasyon Sonuçları										
Tasarım							Fiyatlandırma			
PV	Rüzgar	Biojen	D. jen	Akü	Konvert	Dispat	COE(\$)	NPC(\$)	İş.Mal(\$)	Baş.Mal(\$)
30.0	1	10.0		43	15.5	LF	0.139	247,876	6,239	86,841
	1	10.0		32	15.0	LF	0.163	290,363	8,693	66,000
	1	10.0	30.0	53	16.8	LF	0.164	291,494	8,248	78,618
40.0		10.0		50	15.0	CC	0.186	330,485	10,112	69,500
40.0		10.0	30.0	100	14.9	LF	0.195	347,586	10,019	88,981
40.0	1			315	16.5	CC	0.256	449,108	12,323	131,050

Şekil 2.27 HOMER programında Yalova ili simülasyon sonuçları

Yalova ilinde en iyi sonuç PV panel (30 kW), rüzgar türbini (80 kW), biojeneratör (10 kW), 43 adet akü ve konvertör kombinasyonu ile hesaplanmış olup, COE 0.139 \$ bulunmuştur. NPC 247,876 \$, Operating Cost 6,239 \$/yıl, Initial Capital 86,841 \$ değerindedir. Dispatch strategy (sevk stratejisi), LF (Load Following) yani öncelikle ihtiyacı karşılama stratejisidir.

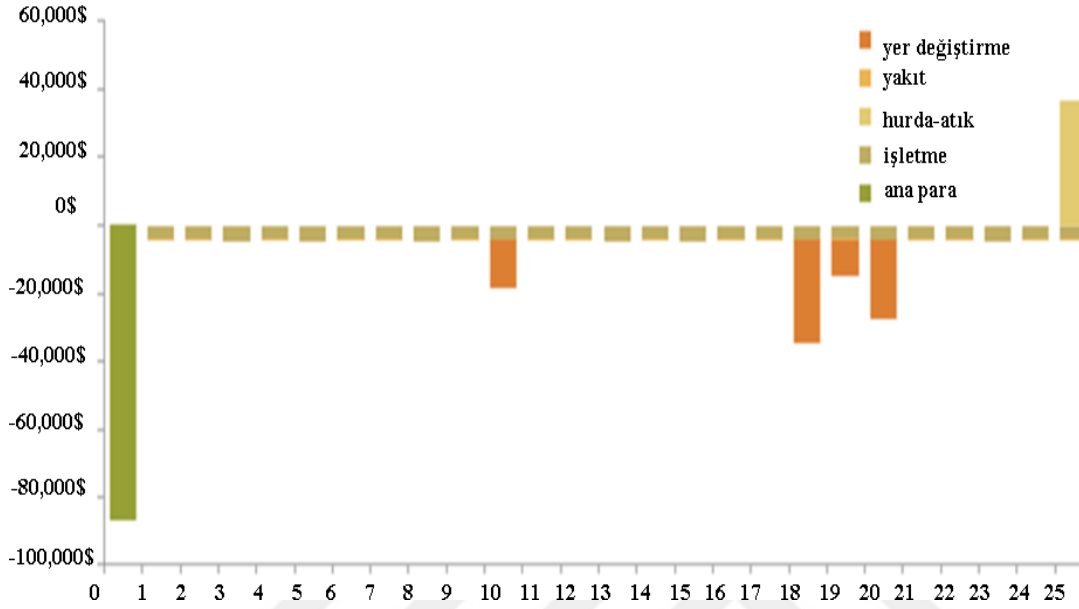
Şekil 2.28’ de HOMER programı Yalova ili fiyatlandırma özeti görüntüsü verilmiştir.



Şekil 2.28 Yalova ili fiyatlandırma özeti

Biojeneratörün ömrü 60,000 saat olduğu günde 20 saat çalıştığı düşünülürse 3000 günde yenilenmesi gerekmektedir. Bakımları tam ve zamanında yapılmazsa bu değer daha da azalabilmektedir. Bu nedenle en yüksek maliyet biogeneratörde çıkmıştır. Buna rağmen hammaddeye ücret ödenmediği için en uygun çözümün bir parçası olarak görülmüştür.

Şekil 2.29’ da Yalova ili HOMER programı nakit akışı görüntüsü verilmiştir.



Şekil 2.29 HOMER programı Yalova ili nakit akışı görüntüsü

Anapara, yenileme, işletme maliyeti negatif olup hurda bedeli (salvage) pozitifdir. Şekil 2.30’ da Yalova ilinde en ucuz ve en maliyetli sistemlerin karşılaştırması yapılmıştır.

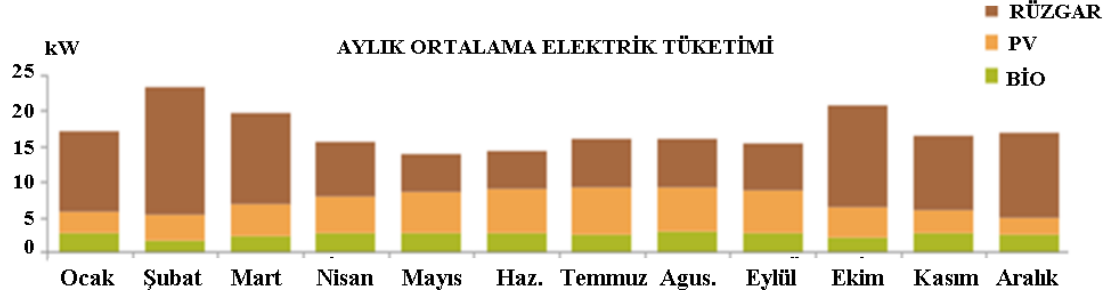
Sistem	Tasarım					Fiyatlandırma	
Karşılaştırma	PV	Rüzgar	Biojen	Akü	Konvert	NPC(\$)	BaşMal(\$)
Sistem-1	10.0	-	10.0	19	7.82	415,410	42,315
Sistem-2	30.0	1	10.0	43	15.5	247,876	86,841

Şekil 2.30 HOMER programında Yalova ili bileşenler karşılaştırması

Biojeneratör ve PV panel sisteminin başlangıç maliyeti 42,315 \$ ile rüzgar türbini, PV panel ve biojeneratör sisteminin 86,841 \$ olan başlangıç maliyetinden düşük iken, NPC maliyeti tam tersidir. Aradaki fark 167,534 \$ değerindedir.

Şekil 2.31’ de HOMER programında Yalova ilinde kaynağına göre üretilen elektrik yüzdeleri verilmiştir.

ÜRETİM	kWh/y	%	TÜKETİM	kWh/y	%	MİKTAR	kWh/y	%
Güneş paneli	41,468	27.7	AC yük	68,889	100	Aşırı elektrik	77,594	51.8
Biojeneratör	22,865	15.3	DC yük	0	0	Karşılanmamış		
Rüz. türbini	85,580	57.1	Toplam	68,889	100	elektrik yükü	1.07	0.00150
Toplam	149,913	100				kapasite		
						yetersizliği	3.28	0.00480

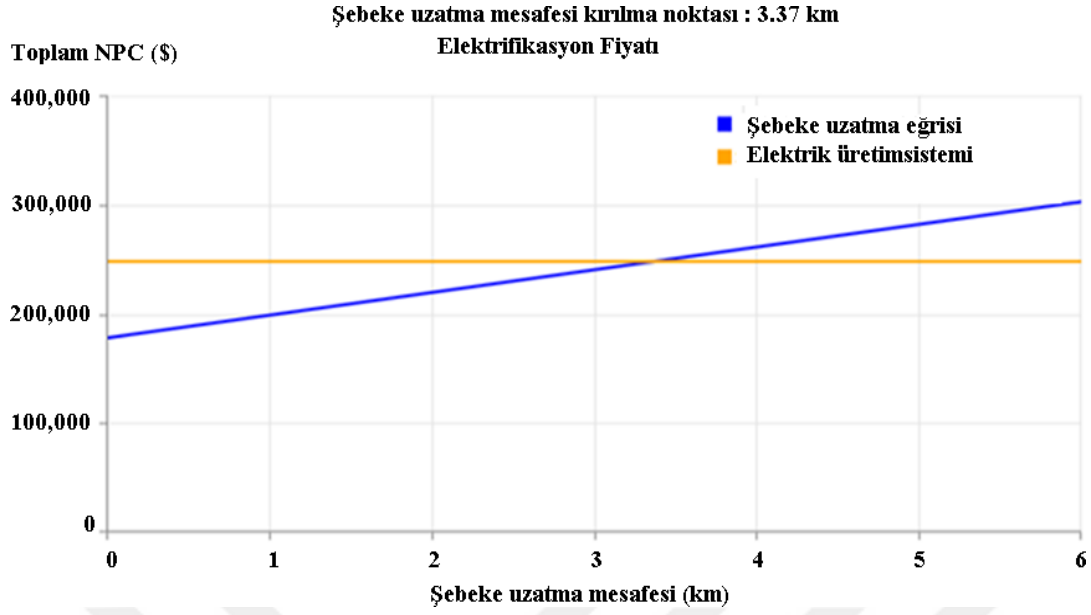


Şekil 2.31 Yalova ili kaynağına göre üretilen elektrik yüzdeleri

Elektrik üretimindeki en yüksek pay rüzgar türbinine aittir. 41,468 kW PV kaynaklardan, 22,865 kW biojeneratörden, 85,580 kW rüzgar türbininden üretilmektedir.

Öğle saatlerinde PV panel çalıştığı için biojeneratör öğle saatlerinde kullanılmamıştır. Rüzgar türbinine ve PV panellere öncelik verilmiştir. Konverter rüzgar türbinin ve PV panellerin ürettiği DC elektriği AC kullanıma çevirmiştir. AC üretilen elektrik DC' ye çevirilerek depolanmamış, öncelikle anlık kullanım amaçlanmıştır.

Şekil 2.32' de Yalova ili HOMER programı şebeke uzatma eğrisi verilmiştir.



Şekil 2.32 Yalova ili şebeke uzatma eğrisi

Şebeke uzatma mesafesi ile NPC eğrilerinin kesiştiği nokta 3.37 km olup bu noktadan önce şebekeden elektrik almak, bu noktadan sonra yenilenebilir enerji tesisi kurmak mantıklıdır.

Şekil 2.33’ de Yalova ili HOMER programı emisyon özellikleri verilmiştir.

Miktar	Değer	Birim
Karbondiyoksit	335	kg/yr
Karbonmonoksit	0.0653	kg/yr
Yanmamış hidrokarbon	0	kg/yr
Partikül madde	0	kg/yr
Sülfür dioksit	0	kg/yr
Nitrojen Oksitler	0.327	kg/yr

Şekil 2.33 Yalova ili emisyon özellikleri

Biyokütle jeneratöründe çevreye salınan bir miktar gaz vardır ancak dizel jeneratöre göre çok azdır. Biyokütleden enerji üretimi, küresel ısınmaya destek olmadan, tükenmeyen, doğada kendiliğinden bulunan kaynaklarla sürdürülebilir enerji için çözümün bir parçası olarak kullanılabilir.

3. TARTIŞMA ve SONUÇ

3.1. Verilerin Değerlendirilmesi

Bu çalışmada Marmara Bölgesinde yer alan bir köy için güç talebi belirlenmiş ve senaryo bazlı olarak yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretilmesi için maliyetler ve uygulanabilirlikler hesaplatılmıştır. Bu şekilde tüm hibrid güç üretim sistemlerinin detaylı olarak birbirleri ile kıyaslanması sağlanmıştır.

Çalışmada aşağıdaki hususlar doğrultusunda hareket edilmiştir.

- Tüm hesaplamalar Amerikan Doları üzerinden yapılmıştır. 1 Amerikan Doları 6 Türk lirası olarak alınmıştır. Amerikan Doları için indirim oranı (discount rate) %2.25, enflasyon oranı %2,5 alınmıştır.
- Sistemin ömrü 25 yıl alınmıştır. NPC maliyetinin belirlenmesinde kullanılan bileşenlerin hurda bedelleri ve yenilenme giderleri önemli olup, tüm bileşenlerin kullanım süreleri ve ömürleri HOMER programına girilmiştir.
- Yıl boyunca oluşan arz eksikliği olarak da tanımlanan capacity shortage miktarı sıfır alınırsa, program hibrid sistemin işleyişi boyunca çok az kullanılacak ekipmanları dahil ederek maliyeti yükselteceğinden dolayı, sistemin ekonomik performansını arttırmak için capacity shortage %2 alınmıştır.
- Enerji ihtiyacı olduğunda hangi kaynak müsaitse ondan faydalanılmış, üreticilerden hiçbiri müsait değilse akülerden yararlanılmıştır. Bunlarda da bir sorun olursa dizel jeneratör devreye alınacak şekilde tasarlanmıştır.
- Enerji ihtiyacı gündüzleri güneşin müsait olduğu durumlarda PV panellerden, rüzgar var iken rüzgâr türbinlerinden karşılanmış, her ikisi de yoksa biojeneratör (yakınlarda hidrokinetik kaynak varsa hidrokinetik jeneratör) kullanılmıştır.
- Köy yükü 20 ev+okul+camii+ market olarak belirlenmiş olup, 188,766 kW' tır. Enerji talebi belirlemede kullanılacak elektrikli ekipmanın kaç günde bir kullanıldığına bakılarak kullanım saati günlük girilmiştir.

- Biojeneratör gece-gündüz asgari ihtiyacın kesintisiz sağlanması için 10 kW belirlenmiştir. Biyogaz üretilmesine rağmen kullanılmazsa bir meşale ile yakılarak havaya verilecektir.
- BEPA atlasından alınan veriler ihtiyaç duyulan biyokütle miktarından çok fazla olduğu için biyokütle kaynağının yeterli olduğu değerlendirilmiştir.
- Şebeke bağlantısı için mesafe TEDAŞ birim fiyatına göre hesaplanmış olup, “Şebeke Uzantısı Maliyeti” NPC maliyetinden çok olursa yenilenebilir enerji tesis edilmelidir.
- Nehirlerde 3.5 kW’ lık 5 adet, Boğazlarda 20 kW’ lık 1 adet hidrokinetik jeneratör kullanılmış olup 2.5 m/s sabit hızla 10 kW gece gündüz kesintisiz üretim yapılmıştır. Anlık ihtiyaçlarda bu gücün yetersiz kalması durumunda diğer kaynaklar devreye alınmıştır.
- Rüzgar türbini düşük rüzgar hızlarında bile (6m/s için 11 kW, 7m/s için 18 kW) enerji üretebildiği için 80 kW’ lık seçilmiştir.
- PV paneller günde 6 saat ışınlama çalışacağı hesaplanarak 40 kW (10-20-30-40 kW’ lık search space) belirlenmiştir.
- 1 günlük kurulu gücü sağlamak için 190 adet aküye ihtiyaç vardır. HOMER programı maliyeti en aza düşürmek için diğer komponentlerin günlük çalışma sürelerine bakarak akü sayısını düşürebildiği için, akü sayısı seçimi HOMER algoritması tarafından yapılmıştır. HOMER programı en uygun seçenekleri değerlendirerek kesintisiz ve kaliteli enerji için, simülasyonlarda 40-50 adet akü kullanarak maliyeti minimumda tutmuştur.
- Marmara Bölgesinde bulunan 11 il için tek tek simülasyonlar yaptırılmış, NPC ve COE maliyetinin en düşük hesaplandığı sistem bileşenleri esas alınmıştır.

HOMER programının sunduğu analizler özetlenerek aşağıdaki çizelelerde sunulmuştur:

Çizelge 3.1’ de HOMER programı çıktıları özetlenerek simule edilen en iyi sonuç için her bir ildeki bileşenlerin sistemin çalışma ömrü boyunca yatırım ve işletme maliyetlerinin toplamı belirtilerek, illerin kıyaslaması sunulmuştur.

Çizelge 3.1 11 ilin fiyatlandırma özeti (\$)

Bileşenler	Balıkesir	Bilecik	Bursa	Çanakkale	Edirne	İstanbul	Kırklareli	Kocaeli	Sakarya	Tekirdağ	Yalova
Bio jeneratör	146,115.13	0.00	144,477.90	37,658.99	132,313.43	0.00	143,845.74	159,971.40	0.00	160,786.13	145,223.58
Akü	27,833.08	30,724.76	30,435.19	14,354.99	30,648.75	24,458.06	29,773.56	28,058.79	28,038.33	42,103.40	30,050.15
Hidrokin.jen.	0.00	146,013.58	0.00	115,016.30	0.00	115,016.30	0.00	0.00	113,752.11	0.00	0.00
PV panel	21,871.56	7,290.52	21,871.56	7,290.52	29,162.08	0.00	21,871.56	21,871.56	0.00	29,162.08	21,871.56
Konverter	7,884.45	3,834.30	8,024.58	3,195.25	8,837.55	4,070.92	7,963.82	8,577.88	4,217.73	8,330.12	7,900.02
Rüzgar Türbini	42,961.96	42,961.96	42,961.96	0.00	42,961.96	42,961.96	42,961.96	42,961.96	42,961.96	42,961.96	42,961.96
Toplam	246,666.18	230,825.12	247,856.26	177,516.06	243,923.76	186,507.24	246,416.64	261,441.59	188,970.13	283,343.68	248,007.25

Çizelge 3.2’ de HOMER programı çıktıları özetlenerek simule edilen en iyi sonuç için kullanılan ana bileşenlerin enerji üretim miktarları ve toplam enerji üretimindeki yüzdelik payları sunulmuştur.

Çizelge 3.2 11 ilin elektrik üretim kaynakları oranları

Bileşenler	Balıkesir	Bilecik	Bursa	Çanakkale	Edirne	İstanbul	Kırklareli	Kocaeli	Sakarya	Tekirdağ	Yalova
PV (kWh/yıl)	40,349	12,795	41,348	13,615	54,919	0	38,699	39,116	0	54,135	41,468
PV (%)	26.40	8.13	27.60	14.20	31.60	0.00	25.50	27.50	0.00	32.70	27.70
Biojen (kWh/y)	23,993	0	22,791	7,450	21,829	0	22,477	24,906	0	19,347	22,865
Biojen (%)	15.70	0.00	15.20	7.77	12.50	0.00	14.80	17.50	0.00	11.70	15.30
Rüzgar (kWh/y)	88,214	71,174	85,580	0	97,215	74,764	90,695	77,972	113,928	92,196	85,580
Rüzgar (%)	57.80	45.20	57.20	0.00	55.90	60.00	59.70	54.90	60.80	55.60	57.10
Hidro (kWh/y)	0	73,489	0	74,764	0	74,764	0	0	73,489	0	0
Hidro (%)	0	46.70	0	78.00	0	40.00	0	0	39.20	0	0
TOPLAM (kWh/y)	152,556	157,457	149,719	95,829	173,963	186,904	151,871	141,994	187,417	165,678	149,913

Çizelge 3.3’ de HOMER programı çıktıları özetlenerek simule edilen en iyi sonuç için kullanılan yardımcı bileşenlerin özellikleri sunulmuştur.

Çizelge 3.3 11 ilin akü-konverter-yıllık elektrik kesintisi ve şebeke uzatma noktası özellikleri

Bileşenler	Balıkesir	Bilecik	Bursa	Çanakkale	Edirne	İstanbul	Kırklareli	Kocaeli	Sakarya	Tekirdağ	Yalova
Akü sayısı	42	28	46	21	46	19	45	32	24	55	43
Akü throughput	18,900	12,600	20,652	9,450	20,700	8,550	20,225	14,400	10,800	24,750	20.250
Akü ömrü (YIL)	9.98	5.97	10.00	9.67	9.93	5.08	10.00	7.50	5.60	8.62	9.46
İnverter kapasitesi (kW)	15.40	7.50	15.70	6.25	17.30	7.96	15.60	16.80	8.25	16.30	15.50
Rectifier kapasitesi (kW)	12.30	6.00	12.60	5.00	13.80	6.37	12.50	13.40	6.60	13.00	12.40
İnverter kayıp (kWh/yıl)	2,924	571	2,959	197	3,067	500	2,977	2,824	567	3,172	2,955
Rectifier kayıp (kWh/yıl)	42.60	27.50	8.72	47.10	49.40	25.00	8.39	9.37	22.50	6.93	8.82
Elektrik kesintisi (kWh/y)	10.60	1,437.00	0.00	1.01	2.14	1,443.00	5.60	29.40	1,426.00	0.04	3.28
Elektrik kesintisi. (%)	0.0154	2.0900	0.0000	0.0015	0.0031	2.0900	0.0081	0.0427	2.0700	0.0001	0.0004
Şebeke uzatma NPC kesişim noktası (km)	3.30	2.55	3.36	-0.02	3.17	0.42	3.29	4.01	0.54	5.07	3.37

Çizelge 3.4’ te HOMER programı çıktıları özetlenerek simule edilen en iyi sonuç için kullanılan ana bileşenlerin özellikleri sunulmuştur

Çizelge 3.4 11 ilin PV panel-rüzgar türbini-biojeneratör-hidrokinetik jeneratör özellikleri

Bileşenler	Balık esir	Bilecik	Bursa	Çanakkale	Edirne	İstan bul	Kırklar eli	Koca eli	Saka rya	Tekir dağ	Yalova
PV kapasite (kW)	30	10	30	10	40	0	30	30	0	40	30
PV yıllık üretim (kWh/y)	40,349	12,795	41,348	13,615	54,919	0	38,699	39,116	0	54,135	41,468
Rüzgâr kapasite (kW)	80	80	80	0	80	80	80	80	80	80	80
Rüzgâr yıllık üretim (kWh/y)	88,214	71,174	85,580	0	97,215	112,140	90,695	77,972	113,928	92,196	85,580
Rüzgâr çalışma saati (h/ y)	6,719	6,479	6,687	0	6,837	7,046	6,834	6,606	7,094	6,826	6,687
Tüketilen biyokütle (ton)	274	0	260	85	249	0	257	285	0	221	261
Günlük biyokütle (ton/gün)	0.751	0.000	0.714	0.233	0.683	0.000	0.704	0.780	0.000	0.606	0.716
Biojen yıllık çalışma saati (h/y)	3512	0	3482	1426	3182	0	3466	3852	0	2898	3498
Biojen ömrü (yıl)	17.10	0.00	17.20	42.10	18.90	0.00	17.30	15.60	0.00	20.70	17.20
Hidrokinetik jen kapasitesi (kW)	0	17.5	0	20	0	20	0	0	17.5	0	0
Hidrokinetik Jen yıllık üretim (kWh/y)	0	73489	0	74764	0	74764	0	0	73489	0	0

Çizelge 3.5’ te HOMER programı çıktıları özetlenerek Marmara Bölgesindeki her bir il için simule edilen en iyi sonuç için elde edilen emisyon değerleri sunulmuştur

Çizelge 3.5 11 ilin emisyonları (kg/yıl)

Emisyonlar	Balıkesir	Bilecik	Bursa	Çanakkale	Edirne	İstanbul	Kırklareli	Kocaeli	Sakarya	Tekirdağ	Yalova
Karbondioksit (kg/yıl)	352	0	334	109	320	0	330	365	0	284	335
Karbonmonoksit (kg/yıl)	0.0686	0	0.0651	0.0213	0.0624	0	0.0642	0.0712	0	0.0553	0.0653
Yanmamış hidrokarbonlar (kg/yıl)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Partikül atık (kg/yıl)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sülfür dioksit (kg/yıl)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nitrojen oksit (kg/yıl)	0.343	0	0.326	0.106	0.312	0	0.321	0.356	0	0.276	0.327

Çizelge 3.1’ de 11 ilin fiyatlandırma özeti biojeneratör, hidrokinetik jeneratör, rüzgar türbini, PV panel, akü ve konverter bileşenlerinin maliyetleri ve toplam NPC maliyeti verilmiştir. Tüm bileşenlerin toplamında en düşük NPC 177,516.06 \$ ile Çanakkale’ de, en büyük NPC 283,343.68 \$ ile Tekirdağ’ da hesaplanmıştır. Rüzgar türbini maliyeti 42,961.96 \$ ile sabit olup, diğer bileşenlerin maliyetleri her ilde değişiklik göstermektedir. Biojeneratör Bilecik, İstanbul ve Sakarya’ da hiç kullanılmamıştır. Hidrokinetik jeneratör kullanılan illerden sadece Çanakkale’ de biyokütle jeneratörü kullanılmış olup 37,658.99 \$ hesaplanmıştır. Diğer illerdeki biojeneratörler 132,313.43 \$ ile 160,786.13 \$ arasında değişmektedir. Tekirdağ ilinde toplam NPC maliyetinin en yüksek çıkmasının nedeni burada kullanılan biyokütle jeneratörüdür. En düşük maliyet konverterde olup, bunu PV ve akü maliyetleri takip etmektedir. Hidrokinetik jeneratör maliyeti biyokütle jeneratöründen sonra en yüksek ikinci maliyet kalemidir.

Çizelge 3.2’ de 11 ilde her bir bileşenin ürettiği elektriğin miktar ve yüzde olarak yıllık toplam üretimdeki payları gösterilmiştir. Toplam elektrik üretiminde en büyük pay rüzgar jeneratöründe olup, toplam üretimin % 45.2 - %60.8’ i rüzgar türbininden karşılanmaktadır. Hidrokinetik jeneratör kullanılan 4 ilde toplam üretime oran %39.2 - %78 arasındadır. En düşük oran ise %11.7 - %17.5 ile biyokütle jeneratöründedir.

Çizelge 3.3’ de akü, konverter, yıllık elektrik kesintisi ve şebeke uzatma noktası özellikleri verilmiştir. Kullanılan akü sayısı 24-55 arasında olup, akü ömürleri 5.6-10 yıl arasında değişmektedir. Akünün toplam kaç kez şarj edildiğini gösteren throughput sayısı 8,550-24,750 arasında değişmektedir. İnverter kapasitesi ortalama 15 kW iken rectifier kapasitesi 13 kW bulunmuştur. Rektifier kayıpları inverter kayıplarından çok daha fazladır. Yıllık elektrik kesintisi oranı sisteme %2 olarak girilmişken Sakarya, Bilecik ve İstanbul harici illerde bu değerin çok daha altındadır. NPC eğrisi ile şebeke maliyetinin kesişim noktası olan şebeke uzatma noktası Çanakkale’ de negatif bulunmuş (şebeke fiyatının altında), hidrokinetik enerjinin kullanıldığı İstanbul, Sakarya, Bilecik illerinde diğer illerden daha düşük hesaplanmıştır.

Çizelge 3.4’ de PV panel, rüzgar jeneratörü, biojeneratör ve hidrokinetik jeneratör özellikleri verilmiştir. İstanbul ve Sakarya’ da PV kullanılmamış olup, PV yıllık

üretimde en düşük il 12,795 kWh/y ile Bilecik, en yüksek il 54,919 ile Edirne' dir. Rüzgar türbini sadece Çanakkale' de kullanılmamış olup, en yüksek üretim 112,140 kWh ile İstanbul ilindedir. 8 ilde biyokütle jeneratörü kullanılmış, Çanakkale' de yıllık 85 ton biyokütle tüketilirken, Kocaeli' de 285 ton tüketilmiştir. Biyogeneratör ömrü en düşük 15.6 yıl iken en yüksek değer Çanakkale' de 42.1 yıl hesaplanmıştır. Hidrokinetik jeneratör boğazlarda tam kapasite çalışırken Sakarya nehri üzerinde 17.5 kW çalıştırılmıştır. Seviyelendirilmiş fiyatlarda en düşük fiyat hidrokinetik jeneratörde en yüksek fiyat ise PV panellerde bulunmuştur.

Çizelge 3.5' de tüm illerdeki emisyon hesaplamaları gösterilmiştir. 3 ilde biyokütle jeneratörü kullanılmadığı için tüm emisyonlar sıfırdır. Çanakkale ilinde biyokütleden enerji üretimi çok düşük olduğu için kullanılan yakt ve çevreye salınan emisyonlar da düşüktür. Diğer illerde karbondioksit 284-365 kg/yıl, karbonmonoksit 0.0553-0.0712 kg/yıl, nitrojen oksit 0.276-0.356 kg/yıl aralığındadır.

3.2 Sonuç

Bu çalışmada Marmara Bölgesinde yer alan bir köy için güç talebi hesaplanmış ve yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretilmesi için maliyetler ve uygulanabilirlikler analiz edilmiştir. 11 il için rüzgar, PV panel, hidrokinetik ve biyokütle hibrid güç üretim sistemlerinin detaylı olarak birbirleri ile kıyaslanması sağlanmıştır.

HOMER programı biyokütle ve hidrokinetik jeneratörün kesintisiz enerjisini hesaplayarak sisteme fazla maliyeti olan akü sayısını düşürmüştür. Lokasyonun güneş radyasyonu verilerine göre fazladan maliyet olmaması için en uygun panel sayısı HOMER programı tarafından hesaplanmıştır.

Marmara Bölgesinde bulunan 11 il için, güneş, rüzgar, hidrokinetik ve biyokütle kaynaklarından enerji üretim maliyetleri çıkarılmış olup, su akışı bulunan, hidrokinetik jeneratör kullanılan illerde enerji üretim maliyeti daha düşük çıkmıştır. COE (enerjinin birim maliyeti) Sakarya' da 0.108 \$/kWh, Bilecik' te 0.131 \$/kWh, İstanbul' da 0.106 \$/kWh, Çanakkale' de 0.099 \$/kWh hesaplanmıştır. Hidrokinetik jeneratörün kullanılmadığı illerde biyogeneratör kullanılması HOMER tarafından daha düşük maliyet için uygun bulunmuştur. Balıkesir' de 0.139 \$/kWh, Bursa' da 0.139 \$/kWh, Edirne' de 0.137 \$/kWh, Kırklareli 0.138 \$/kWh, Kocaeli 0.147 \$/kWh, Tekirdağ 0.159 \$/kWh ve Yalova 0.139 \$/kWh hesaplanmıştır.

1 ilde birim elektrik üretim maliyeti şebekeden satın alma maliyetinden düşük çıkmıştır. Şebeke elektriği 0.11 \$ iken Çanakkale ilinde enerji üretim birim maliyeti 0.099 \$ bulunmuştur.

Çizelge 3.6’ da Marmara Bölgesinde hibrid enerji simülasyon sonuçları verilmiştir.

Çizelge 3.6 Marmara Bölgesinde hibrid enerji simülasyon sonuçları çizelgesi

İller	Enerji Üretim Metodu							Maliyetler			
	PV Pan	Rüz. Tür.	Bio jen.	Diz jen.	Hid kin.	Akü	İnv	COE (\$)	NPC (\$)	Op.Cost (\$)	İnitial Cap.(\$)
Balıkesir	var	var	var	yok	yok	var	var	0.139	246,535	6,197	86,584
Bilecik	var	var	yok	yok	var	var	var	0.131	230,825	6,250	69,500
Bursa	var	var	var	yok	yok	var	var	0.139	247,725	6,202	87,639
Çanakkale	var	yok	var	yok	var	var	var	0.099	177,516	4,069	72,500
Edirne	var	var	var	yok	yok	var	var	0.137	243,793	5,805	93,957
İstanbul	yok	var	yok	yok	var	var	var	0.106	186,507	4,849	61,343
Kırklareli	var	var	var	yok	yok	var	var	0.138	246,286	6,157	87,365
Kocaeli	var	var	var	yok	yok	var	var	0.147	261,311	6,856	84,356
Sakarya	yok	var	yok	yok	var	var	var	0.108	188,970	4,894	62,650
Tekirdağ	var	var	var	yok	yok	var	var	0.159	283,199	7,253	96,009
Yalova	var	var	var	yok	yok	var	var	0.139	247,876	6,239	86,841

Tüm iller için kullanılan sistemler ve maliyetler Çizelge 3.6’ da sunulmuştur. Kullanılan sistemlerin ayrıntılı bilgileri verilmiş olduğu için, burada sadece var-yok olarak gösterilmiştir.

Çizelge 3.6’ da hidrokinetik enerji kullanılan illerde (Bilecik, Çanakkale, İstanbul ve Sakarya) elektriğin üretim maliyetinin (COE) düşük olduğu görülmektedir. Marmara Bölgesindeki 11 ilden hidrokinetik enerjinin kullanıldığı 4 ilde enerji birim maliyeti 0.099 \$ - 0.131 \$ ile şebekeden satın alma maliyetine yakın iken, diğer illerde ise 0.137 \$ – 0.159 \$ aralığında hesaplanmıştır.

Türkiye’ de rüzgar enerjisi sistemine en çok yatırım yapılan illerden biri Çanakkale olmasına rağmen bu çalışmada Çanakkale’ de rüzgar türbini ilk seçenek olarak sunulmamıştır. Bir sonraki satırda rüzgâr türbini kullanılmış ve rüzgar türbinsiz COE: 0.099 \$ iken rüzgar türbinli sistemin COE: 0.107 \$ hesaplanmıştır. Arada 0.007 \$ fark vardır. Rüzgâr haritalarına bakıldığında akışın en hızlı olduğu Kilitbahir Bölgesinin lokasyonunda rüzgâr hızı 8 m/s, kapasite faktörü %40’ tır. Bununla birlikte hidrokinetik enerji ile birlikte biyokütle enerjisinin de kullanıldığı tek il Çanakkale’ dir. Hidrokinetik enerji günün 24 saati ve her mevsim kesintisiz enerji üretir, biyogaz jeneratörü de kesintisiz enerji üretmektedir ancak biyokütle ekleme boşaltma gibi işçilik ücretleri maliyeti arttırmaktadır.

Çanakkale ili gerek güneş, gerek rüzgâr gerekse hidrokinetik kaynaklar bakımından en avantajlı ildir.

NASA verilerine göre Edirne ile Çanakkale aynı enlem ve boylama konumlandırılmış sensörlere denk gelmektedir. Ancak Edirne’ de hidrokinetik kaynak bulunmadığı için sonuçlar farklı çıkmıştır.

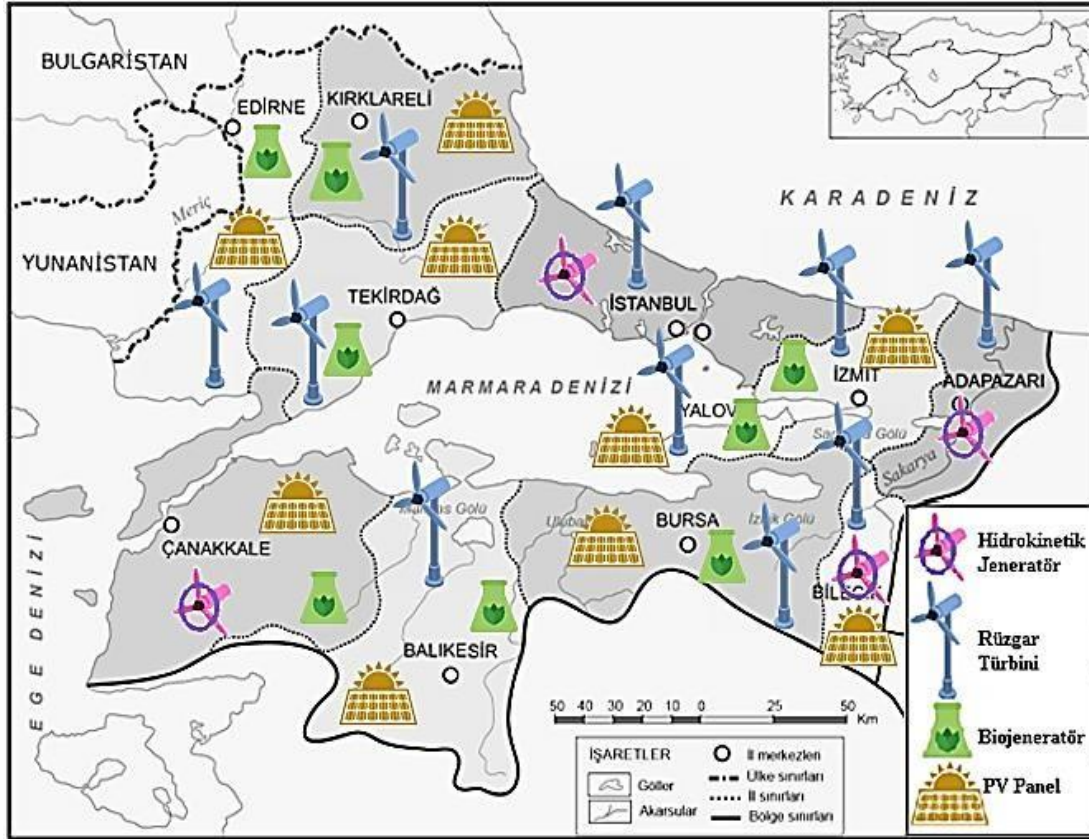
Hidrokinetik enerjinin olmadığı şehirlerde PV+Rüzgar+Biojen grubu kullanılmış olup, maliyetler birbirine yakındır.

Hidrokinetik enerjinin bulunduğu 4 şehrin her biri için ayrı çözümler bulunmuştur. Aynı nehir üzerinde bulunan Bilecik şehrinde PV+Rüzgar+Hidrokinetik sistem tesis edilirken, Sakarya ilinde sadece rüzgar ve hidrokinetik sistem kurulmuştur. Boğazlardan suyun akış enerjisinin kullanıldığı İstanbul’ da rüzgâr ve hidrokinetik sistem tesis edilirken, Çanakkale’ de PV+Biokütle+Hidrokinetik sistem kullanılmıştır.

Başlangıç için daha az maliyetin düşünülmesi durumunda, ikinci satır değerlendirilerek birkaç yıl sonra diğer bileşenler eklenilebilir.

Başlangıç maliyeti en düşük il İstanbul’ dur (61,343 \$). Sadece 1 rüzgar türbini 1 hidrokinetik jeneratör kullanılmıştır. Çanakkale ilinde de sadece iki bileşen ile başlangıç maliyetinin küçük tutulduğu seçenek vardır. (COE: 0.108 \$, başlangıç maliyeti 64,300 \$) Sakarya ilinde de iki bileşenle başlangıç maliyeti düşük tutulmuştur (birim enerji maliyeti 0.108 \$, başlangıç maliyeti 62,650 \$).

Şekil 3.1’ de elde edilen simülasyon sonuçlarına göre hazırlanan Marmara Bölgesi yenilenebilir enerji haritası verilmiştir.



Şekil 3.1 Marmara Bölgesi yenilenebilir enerji haritası

Şekil 3.1’ de en düşük maliyetli hibrid bileşenlerin illere göre dağılımı haritalandırılmıştır. Maalesef sadece Çanakkale’ de elektriğin birim fiyatı şebeke fiyatından düşük çıkmıştır.

TEİAŞ verilerine göre elektrik iletim hatlarındaki kayıplar %3, dağıtım hatlarındaki kayıplar ise %9 seviyelerindedir [39]. Şebekeden uzak lokasyonlarda şebeke hattı kullanımı yerine hibrid enerji üretim sistemlerinin kullanılması ile elektrik iletim ve dağıtım hatlarındaki kayıp ve kaçaklar azaltılmış olacaktır. Ayrıca şebeke hatlarında arıza nedenlerinden biri olan mesafe sorununun da önüne geçilmiş ve arıza alanı da küçültülmüş olacaktır.

Fosil yakıtların çevreye verdiği zararlar kanıtlanmış olmakla birlikte her geçen gün artmaktadır. Ayrıca fosil yakıtların 100 yıldan az ömrü kaldığı düşünülmektedir. Maalesef yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretmenin maliyeti şebeke elektriğinin kullanımından daha yüksektir. Ancak özellikle son 10 yılda yapılan

teknolojik gelişmelerle maliyetler aşağıya çekilmiştir. Hibrid enerji sistemlerinin yatırım maliyetleri yüksek olmasına rağmen, işletme maliyetleri düşüktür. Bu durum bu sektör üzerinde yapılacak araştırmaları teşvik etmektedir. Yenilenebilir enerji alanındaki komponentler üzerinde yapılacak ARGE çalışmalarıyla maliyetler daha da düşürülecektir.

3.3 Öneriler

Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı yatırım maliyetlerinin yüksek olması nedeni ile yaygın olmayıp, fosil yakıtlarla rekabet edilebilmesi için yatırım maliyetlerinin uygun değerlere düşmesi gerekmektedir. Yakın gelecekte fosil yakıtlarla enerji üretiminin fosil yakıtların azalması ve çevreye verilen zararlarından dolayı zorlaşacağı ve bu tür hibrit sistemlerin daha cazip hale geleceği beklenmektedir [37]. Günümüzde başta Avrupa ve Kuzey Amerika olmak üzere birçok ülke enerji politikalarına yenilenebilir enerji kaynaklarını ekleyerek enerji sistemlerinin verimliliklerini arttırmaktadır [38]. Pek çok bilim insanının yakın geleceğe dair muhtemel senaryosuna göre, geleneksel enerji üretiminde kullanılan ham madde ve kaynakların tükenmesi, bu enerji üretim yöntemlerinin çevreye yaptıkları olumsuz etkilerden dolayı yaptırım ve emisyon cezalarının uygulanması ve enerji üretim maliyetlerinin artması kuvvetle muhtemeldir [38]. Netice itibari ile yenilenebilir enerji kaynaklarına dair Ar-Ge çalışmalarının ve teşviklerin artması ülkelerin enerji politikası olmalıdır. Zaman içinde çalışmamızda kullanılan bileşenlerin maliyetlerinin düşmesi ve geleneksel elektrik üretim maliyetlerinin yükselmesiyle yenilenebilir enerji kaynakları aktif olarak kullanılacaktır.

Şebekeden uzak lokasyonlarda hibrid enerji tesis edilmesi yaygındır. Şebeke elektriğinin ulaşılabilir olduğu lokasyonlarda maliyetlerin fazla olmasından dolayı hibrid sistemler tercih edilmemektedir. Ancak sürdürülebilirlik düşünüldüğünde hibrid enerji kullanımının attırılması gerekmektedir. Bu maksatla yapılacak çalışmalar ile yatırım ve işletme maliyetlerinin düşürülmesi sonucunda hibrid sistem teknolojileri gelişim gösterecektir. Maliyetlerin düşmesi ile fosil yakıtların yerine “Hibrid Sistemler” tercih edilecektir.

Ülkemizde enerji talebi hızla artmakta ve yerli kaynaklar yeterli olmamaktadır. Bu kapsamda önümüzdeki yıllarda enerji talebini karşılayabilmek için yenilenebilir enerji kaynaklarının çeşitliliğini arttırmak ve optimum kullanımını sağlamak enerji

politikası olmalıdır. Türkiye’ de dışa bağımlılığın azaltılması ve enerji arzının güvenli bir şekilde sağlanması için yenilenebilir kaynaklar enerji politikasına dahil edilmiştir. Ülkenin bu anlamda yenilenebilir enerji kaynakları açısından büyük potansiyeli mevcuttur. Türkiye güneş ve rüzgar enerjisi açısından oldukça zengindir. Coğrafi konumu itibarıyla güneş kuşağı üzerinde yer almaktadır (36-42 °N enlemleri arasında).

Hibrid enerji kaynaklarının maliyetlerinin düşürülmesi ile öncelikle yerel olarak pilot projelerle kullanılmaya başlanılıp ve daha sonra genele yayılabilir. Bu şekilde yenilenebilir enerji teknolojileri geliştirilerek hem sahip olunan potansiyelden faydalanmış hem de ülkelerin gelişmesinin en önemli unsurlarından biri olan enerji alanında önemli gelişmeler kaydedilmiş olacaktır.

Hibrid enerji kaynaklarından enerji üretimi devlet teşviğine alınmalıdır. Hibrid enerji teknolojileri değerlendirilirken maliyetin yanı sıra çevresel ve toplumsal faktörler değerlendirme kapsamına alınmalıdır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı özendirilmelidir. Reklam, seminer, eğitim vb. kanallarla yenilenebilir enerji kaynaklarının avantajları gösterilmelidir.

Çevreyi kirleten, ürettiği enerji başına yüksek kaynak tüketen teknolojilerin olumsuzluklarını ortadan kaldırmaya yönelik çalışmalar ve ARGE yatırımlarına devlet tarafından fon oluşturulmalıdır. Üniversite ve sanayi işbirliğinden uluslararası fonlardan destek alacak proje üretilmesi ile uluslararası fonlardan destek sağlanabilir.

Üniversiteler, çevre örgütleri, meslek odaları ve devlet tarafından toplumda yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ve çevreyi kirleten fosil yakıt kullanan teknolojilerin terk edilmesi için bilgilendirme faaliyetleri yapılmalıdır.

Ekonomik fizibilite çalışmaları yapılırken fosil ve nükleer yakıtların toplumsal ve çevresel maliyetleri ayrıntılı olarak analiz edilmeli ve halka duyurulmalıdır.

Yenilenebilir enerji sektöründe yapılacak çalışmalar yeni meslek dallarının gelişmesine yol açacak, ekonomiye canlılık kazandıracak ve katma değeri yüksek ürünlerin üretilmesine sebebiyet verecektir.

Çevreyle ilgili uluslar arası protokollere dahil olunmalı, hibrid enerji üretimi ile ilgili ulusal politika ve sivil toplum örgütleri oluşturulmasının önü açılmalıdır.

Maliyete bakılmaksızın küçük de olsa hibrid uygulamalara geçilebilmesi için, her üniversitede bir uygulama laboratuvarı kurulmalıdır.

İlgili kuruluşlar, mühendislik odaları ve üniversiteler bir araya gelerek hibrid enerji konusunda resmi kuruluşlara gerekli danışmanlık hizmetinde bulunmalıdır.





KAYNAKLAR

- [1] A. Aksoy , Sanayi devrimi ve kamu yönetimi düşüncesinde değişim, Uluslararası Politik Araştırmalar Dergisi, (2016) 31-37.
- [2] S. Türkdoğan, Hibrid enerji sistemleri ders notu, <https://sunayturkdogan.wordpress.com/lectures/> , 2020.
- [3] F. İnce, Marmara Gezgin, Zinde yayıncılık, İstanbul, 2015.
- [4] Homer programı özellikleri, <http://www.homerenergy.com>, 2020.
- [5] S. Amanullah, D. Jarvis, A. Shawkat, P. Wolfs, Prospects of solar energy in Australia, 6th Int. Conference on Electrical and Computer Engineering, 18-20 December 2010, Dhakka, Bangladesh.
- [6] M. S. Alem, D. W.Gao, Modelling and analysis of a wind/PV/fuel cell hybrid power system in HOMER, Second IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications, 23-25 May 2007, Harbin, China.
- [7] A. Rohani, K. Mazlumi, H. Kord, Modeling of a hybrid power system for economic analysis and environmental impact in HOMER, Proceedings of ICEE, 11-13 May 2010, Isfahan, Iran.
- [8] M. A. Salam, A. Aziz, A. H. A. Alwaeli, H. A. Kazem, Optimal sizing of photovoltaic systems using HOMER for Sohar, Oman International Journal Of Renewable Energy Research 3 (2013) 470-475.
- [9] S. Goel, S. M. Ali, Cost analysis of solar/wind/diesel hybrid energy systems for telecom tower by using HOMER, International Journal Of Renewable Energy Research (2014) 305-311.
- [10] N. Arina, A. Razak, M. M. Othman, I. Musirin, Optimal sizing and operational strategy of hybrid renewable energy system using HOMER, The 4th International Power Engineering and Optimization Conf.,23-24 June 2010, Shah Alam, Selangor, Malaysia.
- [11] K.R. Ajao, O.A.Oladosu ve O.T. Popoola, Using homer power optimization software for cost benefit analysis of hybrid-solar power generation relative to utility cost in Nigeria, Arpapress – IJRRAS vol7 (2011) 96-102.

- [12] T. Lambert, P. Gilman, P. Lilienthal, “HOMER ile mikrogüç sistemi modellenmesi,” Alternatif Enerji Kaynaklarının Entegrasyonu , John Wiley & Sons, Farret FA, Simões MG, Aralık 2005.
- [13] W. Su, Z. Yuan, M.Y. Chow, Microgrid planning and operation: solar energy and wind energy, IEE 978 (2010) 1-7.
- [14] S. Türkdogan, S. Dilber, B. Cam, Hibrid enerji sistemlerinin şebekeden bağımsız bir çiftlik evinde uygulanabilirliğinin ekonomik ve teknik açıdan irdelenmesi, Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi (2018) 52-65.
- [15] Md. Nurunnabi, N. K. Roy, Grid connected hybrid power system design using HOMER, 3rd International Conference on Advances in Electrical Engineering, 17-19 December 2015, Dhakka, Bangladesh.
- [16] A. Chouaib, H. Messaoud and M. Salim, Sizing and optimization for hybrid central in South Algeria based on three different generators, Int. Journal of Renewable Energy Development 6 (2017) 263-272.
- [17] İ. Çetinbaş, B. Tamyürek, M. Demirtaş, Design, analysis and optimization of a hybrid microgrid system using HOMER software: Eskişehir Osmangazi University example, International Journal of Renewable Energy Development, 8 (2019) 65-79.
- [18] U. Yılmaz, A. Demirören, H. L. Zeynelgil, Gökçeada’ da yenilenebilir enerji kaynakları ile elektrik enerjisi üretim potansiyelinin araştırılması, Politeknik Dergisi 13 (2010) 215-223.
- [19] A. Khan, R. Khan, Cost optimization of hybrid microgrid using solar PV, fuel cell and diesel generator in HOMER, International Conference on Energy Conservation and Efficiency, 10-12 December 2018, Xi’ an, China.
- [20] P. Nema, R.K. Nema, S. Rangnekar, A current and future state of art development of hybrid energy system using wind/PV, Renewable And Sustainable Energy Reviews 13 (2009) 2096-2103.
- [21] P. E. Campana, L. Wasthage, W. Nookue, Y. Tan, J. Yan, Optimization and assessment of floating and floating-tracking PV systems integrated in on- and off-grid hybrid energy systems, Solar Energy 177 (2019) 782-795.

- [22] A. Shiroidi, R. Rashidi, G.B. Gharehpetian, S.A. Mausavifar, A. Foroud, Simulation and optimization of photovoltaic-wind-battery hybrid energy system in Telegshan-İran, *Journal of Renewable and Sustainable Energy* 4 (2012) 1-11
- [23] B. E. Türkay, A. Y. Telli, Economic analysis of standalone and grid connected hbrid energy systems, *Renewable Energy* 36 (2011) 1931-1943.
- [24] G. BEKELE, B. PALM, Feasibility study for a standalone solar-wind based hybrid energy system for application in Ethiopia, *Applied Energy* 87 (2010) 487-495.
- [25] M. ENGİN, Bornova için rüzgâr-güneş hibrid enerji üretim sistemi tasarımı, *CBÜ Soma Meslek Yüksek Okulu Teknik Bilimler Dergisi* 2 (2010) 11-20.
- [26] E. Akyüz, M. Bayraktar, Z. Oktay, Hibrid yenilenebilir enerji sistemlerinin endüstriyel tavukçuluk sektörü için ekonomik açıdan değerlendirilmesi, *BAÜ FBE Dergisi* (2009) 44-54.
- [27] Ç. Çakmak, M. Kurban, E. Dokur, Hibrit yenilenebilir enerji sistemlerinin ekonomik analizi, *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi* (2015) 87-99.
- [28] M.J. Khan, M.T. Iqbal, Pre-feasibility study of stand alone hybrid energy systems for applications in Newfoundland, *Renewable Energy* 30 (2005) 835-854.
- [29] J. L. B. Austin, R. D. Lopez, Similation and optimization of standalone hybrid renewable energy systems, *Renewable and Sustainable Energy Rewiews* 13 (2009) 2111-2118.
- [30] E. Muh, F. Tabet, Comparative analysis of hybrid renewable energy systems for off-grid applications in Southern Cameroons, *Renewable Energy* 135 (2019) 41-54.
- [31] H. Cristian, N. Bizon, B. Alexandru, Design of hybrid power systems using HOMER simulator for different renewable energy sources, 9th International Conference, 29 June - 1July 2017, Targoviste, România.
- [32] L. Mellouk, M. Ghazi, A. Aaroud, M. Boulmalf, D. Benhaddou, K. Zine-Dine Morocco, Design and energy management optimization for hybrid renewable

- energy system- case study: Laayoune region, Renewable Energy 139 (2019) 621-634.
- [33] A. Tiwary, S. Spasova, I. D. Williams, A community-scale hybrid energy system integrating biomass for localised solid waste and renewable energy solution: Evaluations in UK and Bulgaria, Renewable Energy 139 (2019) 960-967.
- [34] S. Sinha, S.S. Chandel, Review of software tools for hybrid renewable energy systems, Renewable and Sustainable Energy Reviews 32 (2014) 192-205.
- [35] O. Ekren, B. Y. Ekren, Size optimization of PV/wind hybrid energy conversion system with battery storage using simulated annealing, Applied Energy 87 (2010) 592-598
- [36] M. Temiz, N. Javani, Design and analysis of a combined floating photovoltaic system for electricity and hydrogen production, International Journal of Hydrogen Energy 45 (2020) 3457-3469.
- [37] S. Türkdoğan, M. T. Mercan, T. Çatal, Şebekeden bağımsız hibrit enerji sistemleri kullanılarak 40 hanelik bir topluluğun elektrik ve termal yük ihtiyacının karşılanması teknik ve ekonomik analizleri, Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi 18 (2020) 476-485.
- [38] Uluslararası Enerji Ajansı istatistikleri verileri, www.iea.org/data-and-statistics, Nisan 2020.
- [39] Türkiye enerji üretimi ve tüketimi verileri, www.teias.gov.tr/tr-TR/rakamlarla-elektrik-iletimi, Nisan 2020.
- [40] Elektrik üretim kaynakları verileri, www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Elektrik, Nisan 2020.
- [41] Yenilenebilir enerji kaynakları bilgileri, www.yegm.gov.tr/genel_istatistikler.aspx, Nisan 2020.
- [42] Prof. Dr. Doğan İbrahim, Güneş Enerjisi Uygulamaları, TMMOB Yayınları, Ankara, 2011.

- [43] Güneşlenme haritası verileri, www.yegm.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx, Nisan 2020.
- [44] Rüzgâr türbin uygulamaları, www.emo.org.tr/ekler/6c86b75e0580378_ek.pdf, Nisan. 2020.
- [45] Türkiye rüzgâr haritası, www.yegm.gov.tr/YEKrepa/REPA-duyuru_01.html, Nisan, 2020.
- [46] S. Kocabey, Balıkesir ili için hayvansal atık kaynaklı biyogaz potansiyelinin belirlenmesi, Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi (2019) 234-243.
- [47] H. Şenol, E. A. Elibol, Ü. Açıklı, M. Şenol, Biyogaz üretimi için Ankara' nın başlıca organik atık kaynakları, BEÜ Fen Bilimleri Dergisi (2017) 15-28.
- [48] N. N. Koçer, C. Öner, İ. Sugözü, Türkiye' de hayvancılık potansiyeli ve biyogaz üretimi, Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları (2006) 17-20.
- [49] Biyokütle potansiyel atlası verileri, <https://bepa.enerji.gov.tr/>, Nisan 2020.
- [50] A. Muratoğlu, M. İ. Yüce, Alternatif bir enerji üretim yöntemi olarak hidrokinetik enerji türbinleri, 4. Su Yapıları Sempozyumu, 19-20 Kasım 2015, Antalya, Türkiye.
- [51] S. Beji, A.C. Dikili, B. Barlas, İstanbul Boğazı' nda iki tabakalı akışın sayısal incelenmesi, Gemi İnşaatı ve Deniz Teknolojisi Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı (2008) 118-128.
- [52] M. YÜCEL, İ. TARHAN, Çanakkale Boğazı akıntı türbin modellenmesi, Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi (2019) 59-74.
- [53] N. Özel, S. Kalaycı, M. F. Sevimli, M. Büyükyıldız, Sakarya Nehri havzası aylık akım verilerinin parametrik olmayan yöntemlerle trend analizi, S.Ü. Müh.-Mim. Fak. Dergisi (2004) 11-22.
- [54] L. Gardes (Akare Biyokütle – Düzce) ile kişisel görüşmeler, Şubat, 2020.
- [55] Prof. Dr. H. TOPAL (Gazi Üniversitesi) ile kişisel görüşme, Şubat, 2020.
- [56] M. Atik, (Teksan Jeneratör) ile ikili görüşme, Şubat 2020.
- [57] EMO ajandası, Ankara, 2020.

- [58] Hidrokinetik türbin fiyatlandırması, www.xindaenergy.com, Şubat, 2020.
- [59] Emine Şenbaş (Alpex Power – Düzce) ile kişisel görüşme, Şubat, 2020.



EKLER

Ek-1: TEDAŞ birim fiyatları poz numaraları

AG Beton Direk Şebeke Tesisi TEDAŞ Birim Fiyat Kitabı Poz Numaraları

Beton direk poz no	:5.6.1
Travers poz no	:5.7.1
İzolatör poz no	:11.4
İzolatör demiri poz no	:11.5
Nakliye poz no	:5.6.a
Montaj poz no	:5.6.2
Pansy iletken poz no	:9.2/004
Rose iletken poz no	:9.2/001



ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Serap Yaralı

Doğum Yeri ve Tarihi: Ankara 1976

E-Posta: serapyarali@hotmail.com

Lisans: Kocaeli Üniversitesi Elektrik Mühendisliği

Yüksek Lisans (Varsa):

Mesleki Deneyim ve Ödüller:

- 1996 HB Elektrik Proje- İstanbul
- 1999 ENKA Teknik – İstanbul
- 2000 TEDAŞ – Ankara
- 2010 Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Yalova İl Müdürlüğü – Yalova
- 2019 Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Düzce İl Müdürlüğü – Düzce

TEZDEN TÜRETİLEN YAYINLAR/SUNUMLAR

S. Yaralı, S.Türkdoğan, B. Kılıç, Marmara Bölgesinde Hibrid Enerji Potansiyelinin Haritalandırılması, 3. Uluslararası Mühendislik ve Teknoloji Yönetimi Kongresi, 16-17 Nisan 2020, İstanbul, Türkiye.