

# BÜTÜNLEŞİK FORMDA DALGA, GÜNEŞ VE RÜZGAR ENERJİLERİNDEN ELEKTRİK ÜRETİMİNİN ARAŞTIRILMASI

Hüseyin Balta<sup>1</sup>, Zehra Yumurtacı<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Yıldız Teknik Üniversitesi, <sup>2</sup>Yıldız Teknik Üniversitesi  
<sup>1</sup>huseyinbalta01@gmail.com, <sup>2</sup>zyumur@yildiz.edu.tr

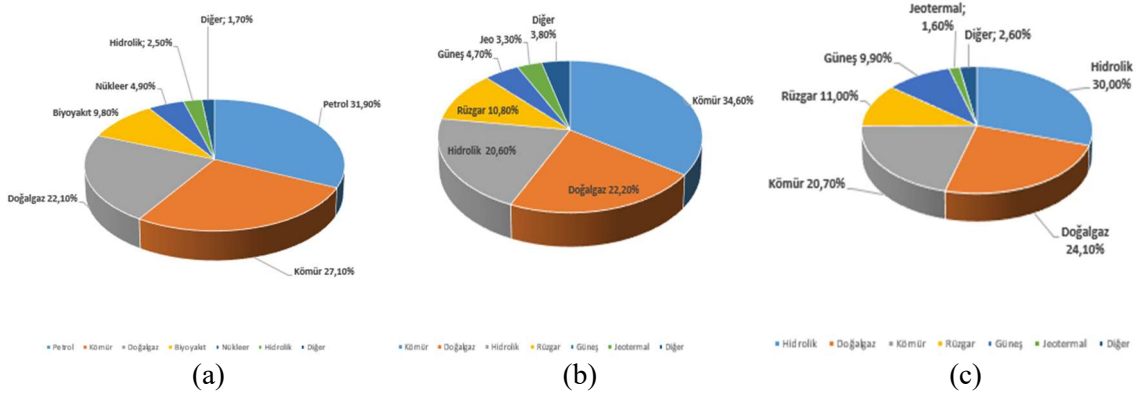
## ÖZET

Bu çalışmada Türkiye'nin farklı bölgelerindeki yedi ilin seçilen ilçelerinde (Antalya, Çanakkale, İstanbul, İzmir, Kastamonu, Kırklareli, Muğla) okyanus (dalga), rüzgar ve güneş potansiyeli; dalga verileri, rüzgar hızları, güneşlenme süreleri ve global radyasyon değerleri açısından belirlenmiştir. Seçilen bölgelerin dalga, rüzgar ve güneş enerjisi verileri; T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün bağlı olduğu Avrupa Orta Vadeli Hava Tahminleri Merkezi hava tahmin modeli olan ERA5 veri tabanından alınmıştır.

Belirlenen bölgelerde hesaba esas alınan kıyı uzunlukları dikkate alınarak; dalga, rüzgar ve güneş enerjisinden üretilebilecek yıllık toplam elektrik gücü hesaplanmıştır. Bu hesaplamalarda kıyı uzunluğu parametresinin değiştirilmesi ile enerji kaynaklarından üretilebilecek elektrik gücü potansiyeli analiz edilmiştir. Bu analizler çerçevesinde seçilen bölgelerde elektrik ihtiyacını karşılayabilecek ev sayıları hesaplanmıştır. Sonuç olarak, seçilen bölgelerde potansiyel elektrik gücü ve buna bağlı ihtiyacı karşılanabilecek ev sayıları karşılaştırılmıştır.

## 1. GİRİŞ

Günümüzde insanoğlu gıda, temiz su, ulaşım, ısıtma/soğutma gibi temel gereksinimleri temin etmek amacıyla enerjiye farklı formlarda ihtiyaç duymaktadır. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) verilerine göre dünya birincil enerji talebi 2016 yılında 13,7 milyar ton eşdeğer petrol (TEP) iken, 2040 yılında %43 artışla 19,6 milyar TEP'e ulaşması öngörülmektedir [1]. Şekil 1'de küresel birincil enerji arzının mevcut dağılımı, 2022 yılında ülkemizdeki elektrik üretimimizin elde edildiği kaynaklar ve 2023 yılı Temmuz ayı sonu itibarıyla kurulu gücümüzün kaynaklara göre dağılımı sunulmaktadır. 2023 yılı Temmuz ayı sonu itibarıyla ülkemiz kurulu gücü 105.135 MW'a ulaşmıştır [2].



Şekil 1. (a) Küresel birincil enerji arzı, (b) Ülkemizdeki elektrik üretimimizin elde edildiği kaynaklar (2022 verileri), (c) Ülkemizdeki kurulu gücün kaynaklara göre dağılımı (2023 verileri)

Nüfus artışı, kentsel büyüme ve sanayileşmeye paralel olarak yıllar içerisinde artan birincil enerji tüketiminin karşılanması noktasında çevreye duyarlı, ekonomik ve sürdürülebilir çözümler öne çıkmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kurulu güçteki paylarının artmasıyla birlikte karbondioksit emisyonunun azalması öngörülmektedir. Özellikle dünyanın %70'inden fazlasını kaplayan okyanuslar, uzun zamandır yenilenebilir enerji kaynakları olarak kabul edilmektedir. Enerji talebi için önemli özellikleri nedeniyle okyanus (dalga), rüzgar ve güneş enerjisinin entegre edilmesi; hem küresel ısınma hem de enerji enerji ekonomisi konuları açısından ciddi önem arz etmektedir.

Sonuç olarak, Türkiye fosil yakıtlar açısından fakir bir ülke olmasına rağmen yenilenebilir enerji kaynakları açısından zengin bir ülkedir. Ülkemizin önümüzdeki yıllarda karşı karşıya kalabileceği ve enerjide dışa bağımlılığı azaltacak enerji darboğazından kurtulmak için yerli ve yenilenebilir enerji yatırımlarına ivedilikle başlanmalı ve yeni enerji kaynaklarına mal olacak yeni üretim teknolojileri geliştirilmelidir. Bu bağlamda etkili, verimli, ucuz, çevreye zararsız ve sürdürülebilir bir şekilde elektrik üretiminin bir yolunu bulmak bu çalışmanın odak noktasıdır.

Makalenin bundan sonraki bölümlerinde ilk olarak sistem tasarımı ve yöntemi anlatılacaktır. Sonra ise bu yöntemi uygulamak için kullanılan temel metodlarla ilgili bilgi verilecek ve yöntemin termodinamik analizi yapılacaktır. Son olarak ise elde edilen sonuçlar sunulacaktır.

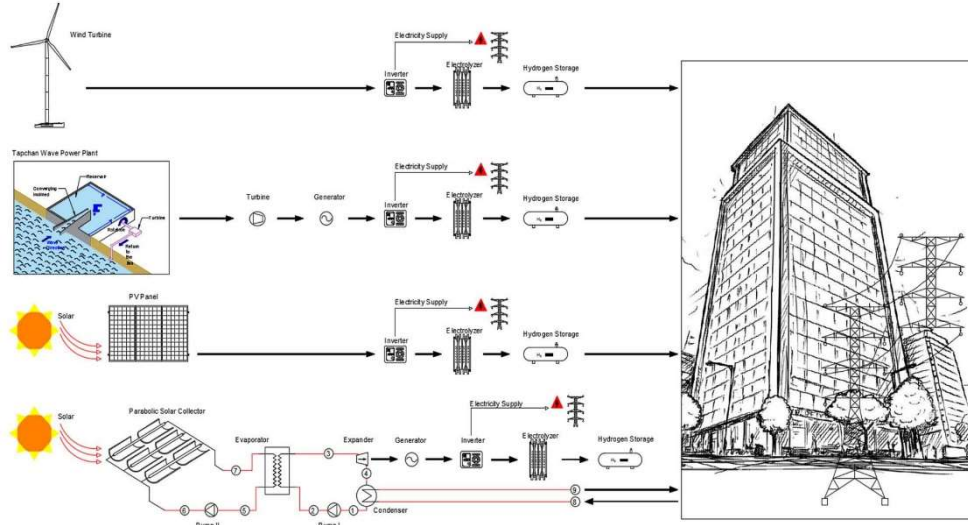
## 2. SİSTEM TASARIMI

Bu çalışmada Türkiye'nin farklı bölgelerindeki yedi ilin seçilen ilçelerinde (Antalya, Çanakkale, İstanbul, İzmir, Kastamonu, Kırklareli, Muğla) dalga, rüzgar ve güneş potansiyeli; dalga verileri, rüzgar hızları, güneşlenme süreleri ve global radyasyon değerleri açısından belirlenmiştir. Şekil 2'de belirlenen yedi ilin seçilen ilçeleri şu şekildedir: Antalya (Kaş), Çanakkale (Ayvacık), İstanbul (Şile), İzmir (Urla), Kastamonu (Doğanyurt), Kırklareli (Demirköy) ve Muğla (Datça).



Şekil 2. Türkiye'nin farklı bölgelerindeki şehirler (Türkiye Haritası)

Seçilen bölgelerin dalga, rüzgar ve güneş enerjisi verileri; T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün bağlı olduğu Avrupa Orta Vadeli Hava Tahminleri Merkezi (ECMWF) hava tahmin modeli olan ERA5 veri tabanından alınmıştır [2, 3, 4]. Bu verilerin son 5 yıldaki aylık veriler alınarak hesaplamalar yapılmıştır. Modellenen sistem okyanus (dalga), rüzgar ve güneş enerjisinden yararlanarak elektrik üretimi için tasarlanmıştır. Şekil 3'de sistemin modellenmesi Microsoft Visio kullanılarak yapılmıştır.



**Şekil 3. Sistem Modeli**

Şekil 3'te gösterildiği gibi, mevcut sistem rüzgâr türbini, Tapchan dalga üretim yöntemi, fotovoltaik panel (PV) ve parabolik güneş toplayıcı sisteminden oluşmaktadır. Sistem tasarımında entegre sistemin termodinamik modellemesi ve denklemleri, EES mühendislik yazılımı kullanılarak enerji ve ekserji yaklaşımları açısından bir termodinamik analiz yapılmıştır. Ayrıca, PV sistem için PVSOL ve parabolik güneş kolektörü sistemi için ise de System Advisor Model (SAM) programları kullanılmıştır [5, 6]. Belirlenen bölgelerde hesaba esas alınan kıyı uzunlukları dikkate alınarak; dalga, rüzgâr ve güneş enerjisinden üretilebilecek yıllık toplam elektrik gücü hesaplanmıştır.

Bu tasarımda, Türkiye'deki dalga ve rüzgâr enerjisinin potansiyelinin belirlenmesi baz alınarak deniz kıyı şeridinde elektrik üretim tesislerinin kurulması için, belirlenen her lokasyonda farklı kıyı uzunlukları belirlenerek iki ayrı model tasarımı gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan iki ayrı model ile farklı kıyı uzunluklarında enerji kaynaklarından üretilebilecek elektrik gücü potansiyeli özellikle dalga ve rüzgâr enerjisine göre analiz edilmiştir. Sistem tasarımı ve planlama neticesinde kıyı uzunlukları belirlenirken; santralin kurulacağı yerin coğrafik yapısı, rakımı ve çevresel faktörleri dikkate alınarak uzunluklar belirlenmiştir.

### 3. TERMODİNAMİK MODELLEME VE ANALİZ SONUÇLARI

Bu bölümde, tasarlanan entegre sistemin enerji ve ekserji performans analizlerine göre termodinamik modellemesi ve denklemleri verilmektedir. Engineering Equation Solver (EES) yazılımı kullanılarak enerji ve ekserji yaklaşımları açısından bir termodinamik analiz yapılmıştır.

#### 3.1 Termodinamik Modelleme

##### 3.1.1 Rüzgâr Türbini Termodinamik Enerji ve Ekserji Analizi

Rüzgâr türbininden elde edilen güç aşağıdaki ifade ile hesaplanabilir:

$$P_{wt} = \frac{1}{2} \eta_{wt} \rho_{air} A_{wt} C_{p,wt} V^3 \quad (1)$$

Rüzgâr türbini gücü ( $P_{wt}$ ), havanın yoğunluğu ( $\rho_{air}$ -kg/m<sup>3</sup>), verim ( $\eta_{wt}$ ), hız (V-m/s<sup>2</sup>) ve türbin güç katsayısı ( $C_{p,wt}$ ) olarak ifade edilmektedir [7].

Rüzgâr türbininden elde edilen ekserji aşağıdaki ifade ile hesaplanabilir:

$$\dot{E}x_{wt} = \frac{1}{2} \rho_{air} A_{wt} V^3 \quad (2)$$

Ekserji verimliliği aşağıdaki ifade ile hesaplanabilir:

$$\eta_{wt} = \frac{P_{wt}}{\dot{E}x_{wt}} \quad (3)$$

Rüzgar türbininin ekserji yıkımı aşağıdaki ifade ile hesaplanabilir:

$$\dot{E}x_{dest,wt} = \left( \frac{1}{C_{p,wt}} \right) P_{wt} \quad (4)$$

### 3.1.2 Okyanus (Dalga) Enerjisi Sisteminin Termodinamik Analizi

Deniz dalgalarında enerji dalgalanmaları gözlemlenebilir. Dalga enerjisinde, okyanus dalgalarındaki enerji elektriğe dönüştürülür. Dalgalardan elde edilen elektrik gücü, dalgaların genliğine ve periyoduna bağlıdır. Dalgalardan üretilen güç, genliğin karesiyle orantılı olduğundan, dalga genliğinin güç çıkışı üzerinde hareket periyodundan daha fazla etkisi vardır. Dalga boyu ( $\lambda$ /m) ile periyot (s) arasındaki ilişki aşağıdaki ifade ile belirtilmektedir:

$$\lambda = 1.56\tau^2 \quad (5)$$

Hareket eden dalga aşağıdaki ifade ile belirtilmektedir:

$$y = a \sin \left( \frac{2\pi}{\lambda} x - \frac{2\pi}{\tau} t \right) \quad (6)$$

Genlik (a), dalga boyu ( $\lambda$ ), deniz seviyesinden yükseklik (y), zaman (t), yatay koordinat (x), periyot ( $\tau$ ) olarak ifade edilmektedir.

$$w = \frac{2\pi}{\tau}, \tau = \sqrt{\frac{2\pi\lambda}{g}}, w = \sqrt{\frac{2\pi g}{\lambda}} \quad (7)$$

Dalga hızı aşağıdaki ifade ile hesaplanabilir:

$$V = \frac{\lambda}{\tau} \quad (8)$$

Toplam dalga enerjisi, potansiyel ve kinetik enerjilerinin toplamı olarak aşağıdaki ifade ile hesaplanabilir:

$$E_{wave} = E_{KE} + E_{PE} \quad (9)$$

Birim alan başına düşen kinetik ve potansiyel enerji şu şekilde ifade edilebilir:

$$E_{KE} = \frac{1}{4}\rho a^2 g, E_{PE} = \frac{1}{4}\rho a^2 g, E_{wave} = \frac{1}{4}\rho a^2 g + \frac{1}{4}\rho a^2 g = \frac{1}{2}\rho a^2 g \quad \left( \frac{J}{m^2} \right) \quad (10)$$

Son olarak, birim zamandaki dalga enerjisi, frekans ve Denklem (10) ile çarpılarak elde edilebilir.

$$\dot{E}_{wave} = \frac{1}{2}f\rho a^2 g = \frac{1}{2\tau}\rho a^2 g \quad \left( \frac{W}{m^2} \right) \quad (11)$$

Dalga enerjisi potansiyeli aşağıdaki ifade ile hesaplanabilir:

$$w_{available} = \frac{1}{2}\rho a^2 g \quad \left( \frac{J}{m^2} \right) \quad (12)$$

Dalga enerjisi potansiyeli aşağıdaki ifade ile hesaplanabilir:

$$\dot{w}_{available} = \frac{\dot{E}_{TE}}{\tau} = \frac{1}{2\tau}\rho a^2 g \quad \left( \frac{W}{m^2} \right) \quad (13)$$

Bu sistemde dalgadan enerji üretim yöntemi olarak Daralan Kanal Sistemi (Tapchan) tercih edilmiş olup dalga santral verimi aşağıdaki ifade ile hesaplanabilir:

$$\eta = \frac{\lambda}{\lambda + \frac{\pi H}{2}} \quad (14)$$

Dalga boyu ( $P_{wt}$ ), havanın yoğunluğu ( $\rho_{air}$ -kg/m<sup>3</sup>), verim ( $\eta_{wt}$ ), hız (V-m/s<sup>2</sup>) ve türbin güç katsayısı ( $C_{p,wt}$ ) olarak ifade edilmektedir [8].

### 3.1.3 Fotovoltaik Sistemin (PV) Termodinamik Enerji ve Ekserji Analizi

PV sistemlerin, Termodinamiğin 1. ve 2. Yasasına göre enerji ve ekserji analizleri verilmiştir. PV sistemin enerji dengesi Denklem (15)'deki gibidir [9].

$$En_{PV} = En_{PV,electric} + En_{PV,termal} \quad (15)$$

$En_{PV,electric}$ , ile PV sisteminin elektrik üretimi,  $En_{PV,termal}$ , ile ise sistemin ısı kayıpları temsil edilmiştir.

$$En_{PV,electric} = V_{oc}I_{sc} \quad (16)$$

$V_{oc}$  açık devre voltajını,  $I_{sc}$  kısa devre akımını göstermektedir.

$$En_{PV,termal} = h_{ca}A_c(T_c - T_a) \quad (17)$$

PV sisteminin çevreye olan ısı kayıpları Denklem 17’de verilmiştir.

PV sistemin toplam enerji dengesi aşağıdaki gibi verilir.

$$En_{PV} = V_{oc}I_{sc} + h_{ca}A_c(T_c - T_a) \quad (18)$$

PV sistemin enerji verimliliği de, çıktı enerjisinin yani elektrik ve termal enerjinin toplamının, PV yüzey üzerine ulaşan güneş enerjisine oranı olarak tanımlanabilir ve aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$\eta_{PV} = \frac{En_{PV}}{I_s x A_c} = \frac{V_{oc}I_{sc} + h_{ca}A_c(T_c - T_a)}{I_s x A_c} \quad (19)$$

PV sistemin günlük elektrik verimi aşağıda verilmiştir.

$$\eta_{PV,D} = \frac{E_{PV,E}}{E_s} \quad (20)$$

PV sistem tarafından üretilen elektrik ekserjisi, mevcut enerjinin olabildiğince tamamını faydalı olarak kullanmayı hedefler. Ekserji dengesi Denklem (21)’deki gibidir.

$$x_{PV} = Ex_{PV,electric} - Ex_{PV,termal} - Ex_{PV-d, electric} \quad (21)$$

Burada  $Ex_{PV,electric}$ , PV sisteminin elektrik ekserjisini,  $Ex_{PV-d, electric}$ , ve  $Ex_{PV,termal}$ , sırasıyla iç ve dış ekserji kayıplarını temsil etmektedirler.

$$Ex_{PV,electric} = V_{oc}I_{sc} \quad (22)$$

$$Ex_{PV-d,electric} = V_{oc}I_{sc} - V_m I_m \quad (23)$$

$$Ex_{PV,termal} = (1 - T_a/T_c)x[h_{ca}A_c(T_c - T_a)] \quad (24)$$

PV sistemlerin ekserji verimi, PV sistemin ekserji değerinin PV sistem yüzeyine gelen güneş radyasyonunun ekserji değerine oranı ile hesaplanmaktadır.

$$\psi_{PV} = \frac{Ex_{PV}}{Ex_{solar} x A_c} = \frac{V_m I_m - (1 - T_a/T_c)x[h_{ca}A_c(T_c - T_a)]}{[(1 - T_a/T_s)xI_s]x A_c} \quad (25)$$

Denklem 25’deki  $Ex_{solar}$  kolektöre gelen güneş ışınımının ekserjisidir. En sade haliyle bu değer, Denklem 26’daki gibi hesaplanmaktadır.

$$Ex_{solar} = \left(1 - \frac{T_a}{T_s}\right) x Q_s \quad (26)$$

### 3.1.4 Parabolik Güneş Kolektörü Sisteminin Termodinamik Enerji ve Ekserji Analizi

Parabolik güneş kolektörü sisteminin genel termodinamik denge eşitlikleri olan kütle, enerji, entropi ve ekserji ifadeleri aşağıda sunulmaktadır.

#### **Pompa-I:**

$$\text{Kütle Dengesi Eşitliği: } \dot{m}_1 = \dot{m}_2 \quad (27)$$

$$\text{Enerji Dengesi Eşitliği: } \dot{m}_1 h_1 + \dot{W}_{P,I} = \dot{m}_2 h_2 \quad (28)$$

$$\text{Entropi Dengesi Eşitliği: } \dot{m}_1 s_1 + \dot{S}_{gen,P,I} = \dot{m}_2 s_2 \quad (29)$$

$$\text{Ekserji Dengesi Eşitliği: } \dot{m}_1 ex_1 + \dot{W}_{P,I} = \dot{m}_2 ex_2 + \dot{E}x_{d,P,I} \quad (30)$$

#### **Isı Değiştiricisi (Evaporator):**

$$\text{Kütle Dengesi Eşitliği: } \dot{m}_5 = \dot{m}_7 ; \dot{m}_2 = \dot{m}_3 \quad (31)$$

$$\text{Enerji Dengesi Eşitliği: } \dot{m}_2 h_2 + \dot{m}_7 h_7 = \dot{m}_3 h_3 + \dot{m}_5 h_5 \quad (32)$$

$$\text{Entropi Dengesi Eşitliği: } \dot{m}_2 s_2 + \dot{m}_7 s_7 + \dot{S}_{gen,HEX} = \dot{m}_3 s_3 + \dot{m}_5 s_5 \quad (33)$$

$$\text{Ekserji Dengesi Eşitliği: } \dot{m}_2 ex_2 + \dot{m}_7 ex_7 = \dot{m}_3 ex_3 + \dot{m}_5 ex_5 + \dot{E}x_{d,HEX} \quad (34)$$

#### **Türbin**

$$\text{Kütle Dengesi Eşitliği: } \dot{m}_3 = \dot{m}_4 \quad (35)$$

$$\text{Enerji Dengesi Eşitliği: } \dot{m}_3 h_3 = \dot{m}_4 h_4 + \dot{W}_T \quad (36)$$

$$\text{Entropi Dengesi Eşitliği: } \dot{m}_3 s_3 + \dot{S}_{gen,T} = \dot{m}_4 s_4 \quad (37)$$

$$\text{Ekserji Dengesi Eşitliği: } \dot{m}_3 ex_3 = \dot{m}_4 ex_4 + \dot{W}_T + \dot{E}x_{d,T} \quad (38)$$

**Kondenser**

$$\text{Kütle Dengesi Eşitliği: } \dot{m}_4 = \dot{m}_1 ; \dot{m}_8 = \dot{m}_9 \quad (39)$$

$$\text{Enerji Dengesi Eşitliği: } \dot{m}_4 h_4 + \dot{m}_8 h_8 = \dot{m}_1 h_1 + \dot{m}_9 h_9 \quad (40)$$

$$\text{Entropi Dengesi Eşitliği: } \dot{m}_4 s_4 + \dot{m}_8 s_8 + \dot{S}_{\text{gen,con}} = \dot{m}_1 s_1 + \dot{m}_9 s_9 \quad (41)$$

$$\text{Ekserji Dengesi Eşitliği: } \dot{m}_4 ex_4 + \dot{m}_8 ex_8 = \dot{m}_1 ex_1 + \dot{m}_9 ex_9 + \dot{E}x_{d,\text{con}} \quad (42)$$

**Pompa-II**

$$\text{Kütle Dengesi Eşitliği: } \dot{m}_5 = \dot{m}_6 \quad (43)$$

$$\text{Enerji Dengesi Eşitliği: } \dot{m}_5 h_5 + \dot{W}_{P\_II} = \dot{m}_6 h_6 \quad (44)$$

$$\text{Entropi Dengesi Eşitliği: } \dot{m}_5 s_5 + \dot{S}_{\text{gen,P\_II}} = \dot{m}_6 s_6 \quad (45)$$

$$\text{Ekserji Dengesi Eşitliği: } \dot{m}_5 ex_5 + \dot{W}_{P\_II} = \dot{m}_6 ex_6 + \dot{E}x_{d,P\_II} \quad (46)$$

**Güneş Kolektörü:**

$$\text{Kütle Dengesi Eşitliği: } \dot{m}_6 = \dot{m}_7 \quad (47)$$

$$\text{Enerji Dengesi Eşitliği: } \dot{m}_6 h_6 + \dot{Q}_{\text{solar}} = \dot{m}_7 h_7 \quad (48)$$

$$\text{Entropi Dengesi Eşitliği: } \dot{m}_6 s_6 + \dot{S}_{\text{gen,sc}} = \dot{m}_7 s_7 \quad (49)$$

$$\text{Ekserji Dengesi Eşitliği: } \dot{m}_6 ex_6 + \dot{Q}_{\text{solar}} \left(1 - \frac{T_0}{T_{sc}}\right) = \dot{m}_7 ex_7 + \dot{E}x_{d,sc} \quad (50)$$

**3.2 Termodinamik Modelleme Sonuçları**

Bu bölümde, tasarlanan entegre sistemin termodinamik modellenmesi ve denklemleri, EES mühendislik yazılımı kullanılarak enerji ve ekserji yaklaşımları açısından bir termodinamik analiz yapılmıştır. Ayrıca, PV sistem için PVSOL ve parabolik güneş kolektörü sistemi için ise de System Advisor Model (SAM) programları kullanılarak analiz çalışmaları yapılmıştır. Belirlenen bölgelerde hesaba esas alınan kıyı uzunlukları dikkate alınarak; dalga, rüzgar ve güneş enerjisinden üretilebilecek yıllık toplam elektrik gücü hesaplanmıştır. Bu çalışmada, Türkiye'deki dalga ve rüzgar enerjisinin potansiyelinin belirlenmesi baz alınarak deniz kıyı şeridinde elektrik üretim tesislerinin kurulması için, belirlenen her lokasyonda farklı kıyı uzunlukları belirlenerek iki ayrı model tasarımı gerçekleştirilmiştir. Sistem tasarımı ve planlama neticesinde kıyı uzunlukları belirlenirken; santralin kurulacağı yerin coğrafik yapısı, rakımı ve çevresel faktörleri dikkate alınarak uzunluklar belirlenmiştir.

1. Modelde, kıyı uzunluklarına göre %40 oranında dalga enerjisi kurulumu, %20 rüzgar, %20 PV ve %20 parabolik güneş kolektörü tasarlanmıştır. Diğer yandan 2. Modelde ise, %40 oranında rüzgar enerjisi kurulumu, %20 dalga, %20 PV ve %20 parabolik güneş kolektörü tasarlanmıştır. Modellere ait belirlenen farklı illere göre kıyı uzunlukları ve alanlar Tablo 1'de verilmiştir. Her iki modelde de kıyıdan karaya olan mesafe 100 m olarak kabul edilmiştir.

**Tablo 1.** Seçilen lokasyonlara göre belirlenen kıyı uzunlukları ve alanlar (1. ve 2. Model)

Bölgeler	1. Model (km)	1. Model Alan (m <sup>2</sup> )	2. Model (km)	2. Model Alan (m <sup>2</sup> )
<b>Antalya (Kaş)</b>	5,828	582.800	11,656	1.165.600
<b>Çanakkale (Ayvacık)</b>	5,366	536.000	10,732	1.073.200
<b>İstanbul (Şile)</b>	2,68	268.000	5,36	536.000
<b>İzmir (Urla)</b>	9,856	985.600	19,712	1.971.200
<b>Kastamonu (Doğanyurt)</b>	0,476	47.600	0,952	95.200
<b>Kırklareli (Demirköy)</b>	1,08	108.000	2,16	216.000
<b>Muğla (Datça)</b>	13,488	1.348.800	26,976	2.697.600

Bu hesaplamalarda kıyı uzunluğu parametresinin değiştirilmesi ile enerji kaynaklarından üretilebilecek elektrik gücü potansiyeli özellikle dalga ve rüzgâr enerjisine göre analiz edilmiştir. Bu analizler çerçevesinde bir evin günlük elektrik enerjisi ihtiyacının 10 kWh olduğu varsayılarak; seçilen lokasyonlar için hesaplamalar ayrı ayrı yapılmış olup yıllık toplam elektrik gücü ve elektrik ihtiyacını karşılayabilecek ev sayısı hesaplanmıştır. Sonuç olarak, seçilen bölgelerde potansiyel elektrik gücü ve buna bağlı ihtiyacı karşılanabilecek ev sayıları karşılaştırılmıştır.

### 3.2.1 Rüzgâr Enerjisi Sisteminin Termodinamik Sonuçları

Bu bölümde, EES programı kullanılarak rüzgâr enerjisi sistemi için entegre sistemin parametrik analizi yapılmıştır. Sistemde kullanılan rüzgâr türbini modeli olarak V100-2.0 MW IEC IIB (Vestas) tercih edilmiştir [7, 10]. Tablo 2’de görüldüğü üzere seçilen rüzgâr türbini için; tarama alanı 7854 m<sup>2</sup>, rotor yarıçapı 50 m, rüzgâr türbini performans katsayısı (betz limiti: 0,59) belirlenerek EES çözümleri yapılmıştır.

**Tablo 2.** Seçilen rüzgâr türbini modelinin özellikleri ve EES çözümleri

Bölgeler	Antalya (Kaş)	Çanakkale (Ayvacık)	İstanbul (Şile)	İzmir (Urla)	Kastamonu (Doğanyurt)	Kırklareli (Demirköy)	Muğla (Datça)
Veri							
A [m <sup>2</sup> ]	7854*						
r [m]	50*						
C <sub>p</sub>	0,59						
η <sub>wt</sub>	0,9						
ρ [kg/m <sup>3</sup> ]	1,225						
V [m.s <sup>-1</sup> ]	5,2	5,9	5,7	6,9	4,7	6,1	6,4
P <sub>wt</sub> [W]	359.170	524.622	473.059	839.146	265.206	579.802	669.623
Ẃ <sub>wt</sub> [W]	676.404	987.989	890.883	1.580.000	499.447	1.092.000	1.261.000
Ẃ <sub>dest,wt</sub> [W]	608.763	889.190	801.794	1.422.000	449.502	982.716	1.135.000
η <sub>kw</sub>	0,531	0,531	0,531	0,531	0,531	0,531	0,531

\*A [m<sup>2</sup>], r [m]: V100-2.0 MW IEC IIB model rüzgâr türbinine (Vestas) göre kabullerdir.

Tablo 3 ve Tablo 4’de görüldüğü üzere her iki model esas alınarak bir evin günlük elektrik enerjisi ihtiyacının 10 kWh olduğu varsayılarak; seçilen lokasyonlar için hesaplamalar ayrı ayrı yapılmış olup yıllık toplam elektrik gücü ve elektrik ihtiyacını karşılayabilecek ev sayısı hesaplanmıştır.

**Tablo 3.** Seçilen lokasyonlara göre elektrik enerjisi üretimi ve ev sayısı hesabı (1. Model)

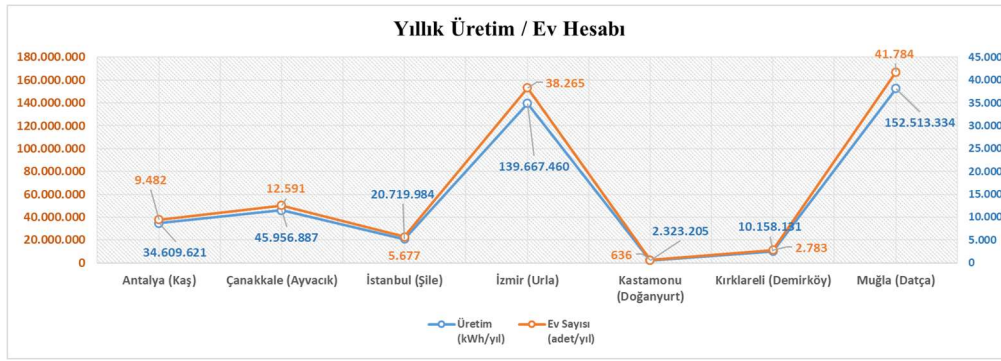
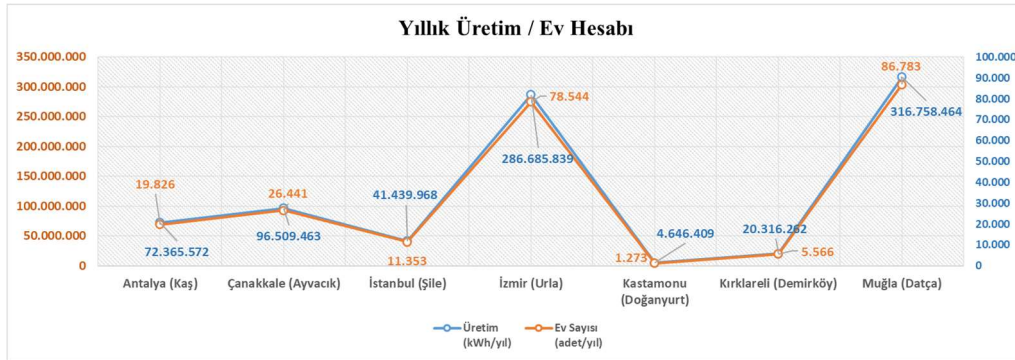
Bölgeler	Üretim (kWh/yıl)	Üretim (kW)	Ev Sayısı (adet/yıl)
Antalya (Kaş)	34.609.621	3.951	9.482
Çanakkale (Ayvacık)	45.956.887	5.246	12.591
İstanbul (Şile)	20.719.984	2.365	5.677
İzmir (Urla)	139.667.460	15.944	38.265
Kastamonu (Doğanyurt)	2.323.205	265	636
Kırklareli (Demirköy)	10.158.131	1.160	2.783
Muğla (Datça)	152.513.334	17.410	41.784



**Tablo 4.** Seçilen lokasyonlara göre elektrik enerjisi üretimi ve ev sayısı hesabı (2. Model)

Bölgeler	Üretim (kWh/yıl)	Üretim (kW)	Ev Sayısı (adet/yıl)
Antalya (Kaş)	72.365.572	8.261	19.826
Çanakkale (Ayvacık)	96.509.463	11.017	26.441
İstanbul (Şile)	41.439.968	4.731	11.353
İzmir (Urla)	286.685.839	32.727	78.544
Kastamonu (Doğanyurt)	4.646.409	530	1.273
Kırklareli (Demirköy)	20.316.262	2.319	5.566
Muğla (Datça)	316.758.464	36.160	86.783

Şekil 4 ve Şekil 5’de görüldüğü üzere her iki model esas alınarak seçilen lokasyonlara göre yıllık üretim ve ev sayısı hesabı grafiksel olarak gösterilmiştir.

**Şekil 4.** Seçilen lokasyonlara göre yıllık üretim ve ev hesabı (1. Model)**Şekil 5.** Seçilen lokasyonlara göre yıllık üretim ve ev hesabı (2. Model)

Seçilen lokasyonlar için hesaplamalar yapıldığında yukarıdaki tablo ve grafik sonuçları elde edilmiştir. Bu çalışmanın ana bulguları şu şekilde sıralanmıştır:

\*1. ve 2. modele göre rüzgâr türbininden elde edilen güç diğer lokasyonlara göre Muğla/Datça ilinde en yüksek seviyededir. Muğla'yı İzmir, Çanakkale, Antalya, İstanbul, Kırklareli ve Kastamonu izlemektedir.

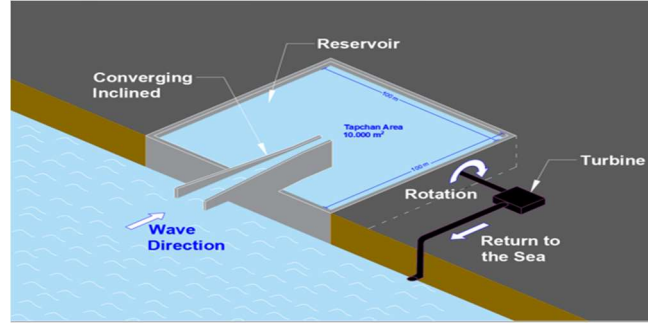
\*Hesaplanan güçlere göre elektrik tüketimi karşılanan ev sayısı açısından değerlendirildiğinde; en fazla Muğla/Datça bölgesinde, en az ise Kastamonu/Doğanyurt bölgesinde karşılandığı tespit edilmiştir.

\*Rüzgâr türbininin enerji ve ekserji verimliliği seçilen tüm lokasyonlar için aynı oranda bulunmuştur.



### 3.2.2 Okyanus (Dalga) Enerjisi Sisteminin Termodinamik Sonuçları

Bu bölümde, EES programı kullanılarak dalga enerjisi (Tapchan) sistemi için entegre sistemin parametrik analizi yapılmıştır [8,11].



Şekil 6. Dalga Enerjisi (Tapchan) sistemi

Tablo 5 ve Tablo 7’de görüldüğü üzere seçilen bölgelerin dalga yükseklikleri, dalga hızları, rüzgâr hızları ve belirlenen modellere göre alanları belirlenerek EES çözümleri yapılmıştır. Tablo 6 ve Tablo 8’de ise görüldüğü üzere her iki model esas alınarak bir evin günlük elektrik enerjisi ihtiyacının 10 kWh olduğu varsayılarak; seçilen lokasyonlar için hesaplamalar ayrı ayrı yapılmış olup yıllık toplam elektrik gücü ve elektrik ihtiyacını karşılayabilecek ev sayısı hesaplanmıştır.

Tablo 5. Seçilen lokasyonların özellikleri ve EES çözümleri (1. Model)

Regions	Antalya (Kaş)	Çanakkale (Ayvacık)	İstanbul (Şile)	İzmir (Urla)	Kastamonu (Doğanyurt)	Kırklareli (Demirköy)	Muğla (Datça)
Data							
H [m]	2,36	2,05	2,81	2,15	2,33	2,89	2,28
a [m]	1,180	1,025	1,405	1,075	1,165	1,45	1,140
V [m.s <sup>-1</sup> ]	6,536	5,772	6,973	5,678	6,88	6,911	6,412
n	0,8808	0,8690	0,8760	0,8596	0,8924	0,8709	0,8804
f [s <sup>-1</sup> ]	0,2387	0,2703	0,2237	0,2747	0,2268	0,2257	0,2433
λ [m]	27,39	21,36	31,17	20,67	30,34	30,61	26,35
ρ [kg/m <sup>3</sup> ]	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
T [s]	4,19	3,7	4,47	3,64	4,41	4,43	4,11
W [kW]	1.900.000	1.495.000	1.161.000	3.070.000	143.700	499.400	4.184.000
W <sub>max</sub> [W/m <sup>2</sup> ]	1.630	1.399	2.166	1.557	1.510	2.312	1.551
W <sub>max</sub> [J/m <sup>2</sup> ]	6.830	5.153	9.683	5.668	6.657	10.242	6.375
g [m/s <sup>2</sup> ]	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81
Tapchan Area (Accepted) [m <sup>2</sup> ]	1.165.600	1.073.200	536.000	1.971.200	95.200	216.000	2.697.600

Tablo 6. Seçilen lokasyonlara göre elektrik enerjisi üretimi ve ev sayısı hesabı (1. Model)

Bölgeler	Üretim (kWh/yıl)	Üretim (kW)	Ev Sayısı (adet/yıl)
Antalya (Kaş)	16.644.000.000	1.900.000	4.560.000
Çanakkale (Ayvacık)	13.096.200.000	1.495.000	3.588.000
İstanbul (Şile)	10.170.360.000	1.161.000	2.786.400
İzmir (Urla)	26.893.200.000	3.070.000	7.368.000
Kastamonu (Doğanyurt)	1.258.812.000	143.700	344.880
Kırklareli (Demirköy)	4.374.744.000	499.400	1.198.560
Muğla (Datça)	36.651.840.000	4.184.000	10.041.600

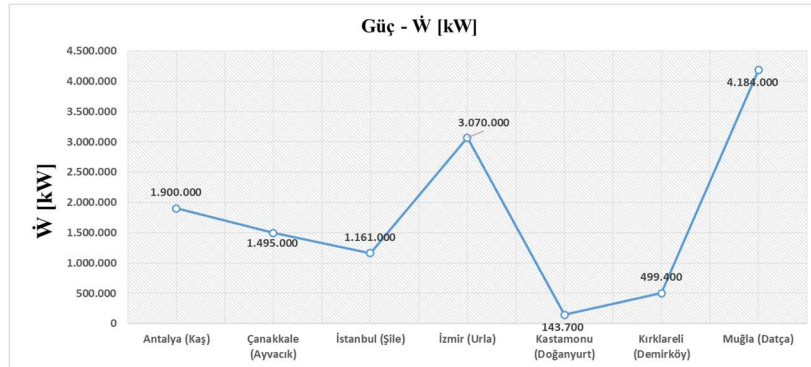
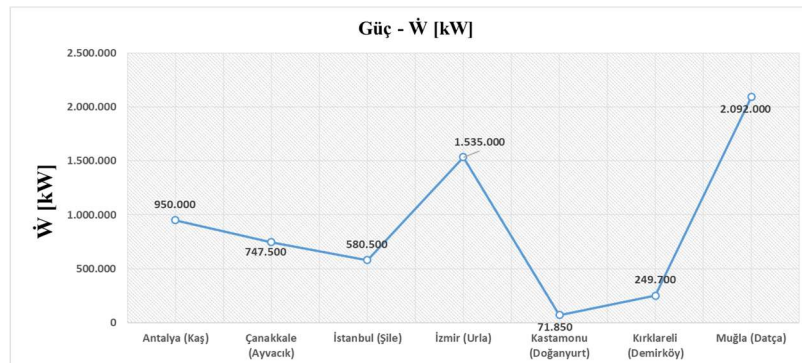
**Tablo 7.** Seçilen lokasyonların özellikleri ve EES çözümleri (2. Model)

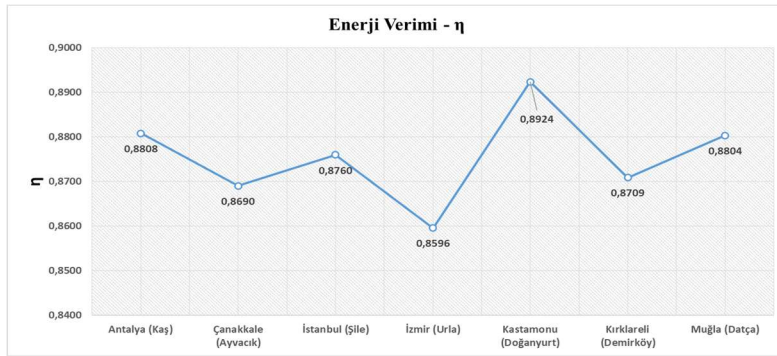
Regions	Antalya (Kaş)	Çanakkale (Ayvacık)	İstanbul (Şile)	İzmir (Urla)	Kastamonu (Doğanyurt)	Kırklareli (Demirköy)	Muğla (Datça)
Data							
H [m]	2,36	2,05	2,81	2,15	2,33	2,89	2,28
a [m]	1,180	1,025	1,405	1,075	1,165	1,45	1,140
V [m.s <sup>-1</sup> ]	6,536	5,772	6,973	5,678	6,88	6,911	6,412
n	0,8808	0,8690	0,8760	0,8596	0,8924	0,8709	0,8804
f [s <sup>-1</sup> ]	0,2387	0,2703	0,2237	0,2747	0,2268	0,2257	0,2433
λ [m]	27,39	21,36	31,17	20,67	30,34	30,61	26,35
ρ [kg/m <sup>3</sup> ]	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
T [s]	4,19	3,7	4,47	3,64	4,41	4,43	4,11
W [kW]	950.000	747.500	580.500	1.535.000	71.850	249.700	2.092.000
W <sub>avg</sub> [W/m <sup>2</sup> ]	1.630	1.393	2.166	1.557	1.510	2.312	1.551
W <sub>avg</sub> [l/m <sup>2</sup> ]	6.830	5.153	9.683	5.668	6.657	10.242	6.375
g [m/s <sup>2</sup> ]	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81
Tapchan Area (Accepted) [m <sup>2</sup> ]	582.800	536.600	268.000	985.600	47.600	108.000	1.348.800

**Tablo 8.** Seçilen lokasyonlara göre elektrik enerjisi üretimi ve ev sayısı hesabı (2. Model)

Bölgeler	Üretim (kWh/yıl)	Üretim (kW)	Ev Sayısı (adet/yıl)
<b>Antalya (Kaş)</b>	8.322.000.000	950.000	2.280.000
<b>Çanakkale (Ayvacık)</b>	6.548.100.000	747.500	1.794.000
<b>İstanbul (Şile)</b>	5.085.180.000	580.500	1.393.200
<b>İzmir (Urla)</b>	13.446.600.000	1.535.000	3.684.000
<b>Kastamonu (Doğanyurt)</b>	629.406.000	71.850	172.440
<b>Kırklareli (Demirköy)</b>	2.187.372.000	249.700	599.280
<b>Muğla (Datça)</b>	18.325.920.000	2.092.000	5.020.800

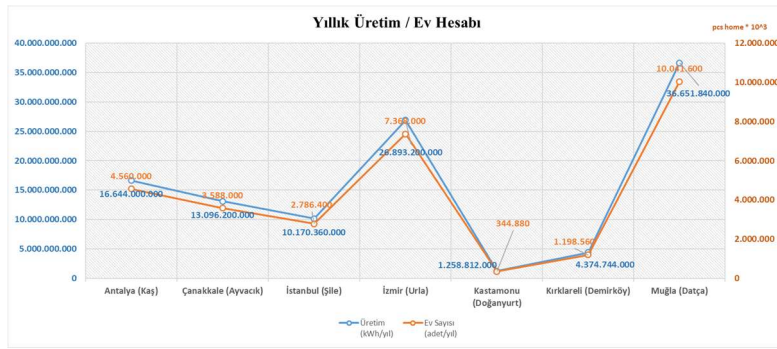
Şekil 7 ve Şekil 8’de görüldüğü üzere her iki model esas alınarak seçilen lokasyonlara göre dalga gücü hesabı, Şekil 9’da ise enerji verimliliği ifadesi grafiksel olarak gösterilmiştir.

**Şekil 7.** Seçilen lokasyonlara göre üretilen dalga gücü (1. Model)**Şekil 8.** Seçilen lokasyonlara göre üretilen dalga gücü (2. Model)

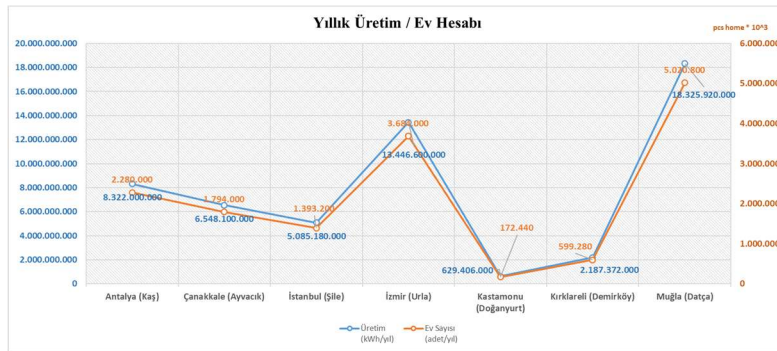


Şekil 9. Seçilen lokasyonlara göre enerji verimi

Şekil 10 ve Şekil 11'de görüldüğü üzere her iki model esas alınarak seçilen lokasyonlara göre yıllık üretim ve ev sayısı hesabı grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 10. Seçilen lokasyonlara göre yıllık üretim ve ev hesabı (1. Model)



Şekil 11. Seçilen lokasyonlara göre yıllık üretim ve ev hesabı (2. Model)

Seçilen lokasyonlar için hesaplamalar yapıldığında yukarıdaki tablo ve grafik sonuçları elde edilmiştir. Bu çalışmanın ana bulguları şu şekilde sıralanmıştır:

\*1. ve 2. modele göre dalga enerji sisteminden (Tapchan) elde edilen güç diğer lokasyonlara göre Muğla/Datça ilinde en yüksek seviyededir. Muğla'yı İzmir, Antalya, Çanakkale, İstanbul, Kırklareli ve Kastamonu izlemektedir.

\*Hesaplanan güçlere göre elektrik tüketimi karşılanan ev sayısı açısından değerlendirildiğinde; en fazla Muğla/Datça bölgesinde, en az ise Kastamonu/Doğanyurt bölgesinde karşılandığı tespit edilmiştir.

\*Dalga enerjisi sisteminin (Tapchan) verimi en çok Kırklareli/Demirköy bölgesinde, en az ise İzmir/Urla bölgesinde bulunmuştur.

### 3.2.3 Fotovoltaik (PV) Güneş Enerjisi Sisteminin Termodinamik Sonuçları

Bu bölümde, EES programı kullanılarak PV güneş enerjisi sistemi için entegre sistemin parametrik analizi yapılmış olup PV\*SOL programı kullanılarak tasarım ve simülasyondan güç üretimi bulunmuştur. Tablo 8’de sistemde kullanılan PV modeli, panel gücü, alanı, adet ve kurulu güçleri bölgelere göre verilmiştir [5, 9, 12].

**Tablo 8.** Seçilen fotovoltaik modelin özellikleri ve PV\*SOL çözümleri

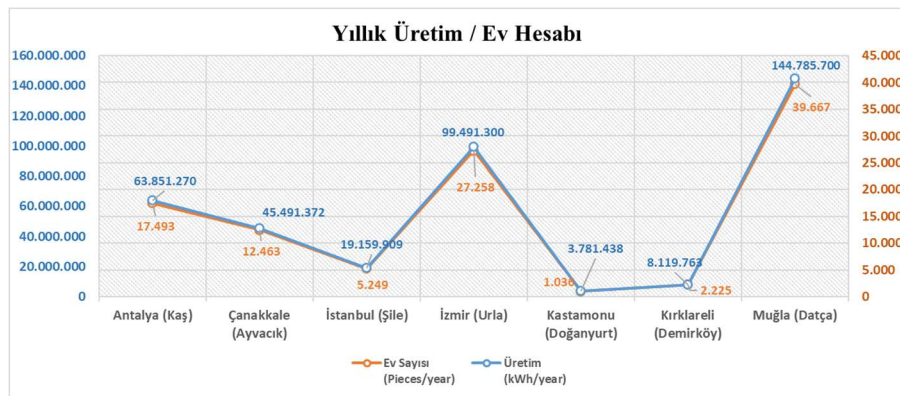
PV Özellikleri / Bölgeler	Seçilen PV Model / Gücü	PV Alanı [m <sup>2</sup> ]	PV Panel Adeti	Kurulu Güç
<b>Antalya (Kaş)</b>	CWT 455 (455 W <sub>p</sub> )	582.800	80.055	36.425 kW <sub>p</sub>
<b>Çanakkale (Ayvacık)</b>	CWT 455 (455 W <sub>p</sub> )	536.600	73.708	32.800 kW <sub>p</sub>
<b>İstanbul (Şile)</b>	CWT 455 (455 W <sub>p</sub> )	268.000	36.813	16.382 kW <sub>p</sub>
<b>İzmir (Urla)</b>	CWT 455 (455 W <sub>p</sub> )	985.600	135.380	61.598 kW <sub>p</sub>
<b>Kastamonu (Doğanyurt)</b>	CWT 455 (455 W <sub>p</sub> )	47.600	6.538	2.975 kW <sub>p</sub>
<b>Kırklareli (Demirköy)</b>	CWT 455 (455 W <sub>p</sub> )	108.000	6.750	6.750 kW <sub>p</sub>
<b>Muğla (Datça)</b>	CWT 455 (455 W <sub>p</sub> )	1.348.000	185.270	84.298 kW <sub>p</sub>

Tablo 9’da ise görüldüğü üzere her iki model esas alınarak bir evin günlük elektrik enerjisi ihtiyacının 10 kWh olduğu varsayılarak; seçilen lokasyonlar için hesaplamalar ayrı ayrı yapılmış olup yıllık toplam elektrik gücü ve elektrik ihtiyacını karşılayabilecek ev sayısı hesaplanmıştır.

**Tablo 9.** Seçilen lokasyonlara göre elektrik enerjisi üretimi ve ev sayısı hesabı

Bölgeler	Üretim (kWh/yıl)	Üretim (kW)	Ev Sayısı (adet/yıl)
<b>Antalya (Kaş)</b>	63.851.270	7.289	17.493
<b>Çanakkale (Ayvacık)</b>	45.491.372	5.193	12.463
<b>İstanbul (Şile)</b>	19.159.909	2.187	5.249
<b>İzmir (Urla)</b>	99.491.300	11.357	27.258
<b>Kastamonu (Doğanyurt)</b>	3.781.438	432	1.036
<b>Kırklareli (Demirköy)</b>	8.119.763	927	2.225
<b>Muğla (Datça)</b>	144.785.700	16.528	39.667

Şekil 12’de görüldüğü üzere her iki model esas alınarak seçilen lokasyonlara göre yıllık üretim ve ev sayısı hesabı grafiksel olarak gösterilmiştir.



**Şekil 12.** Seçilen lokasyonlara göre yıllık üretim ve ev sayısı hesabı



Seçilen lokasyonlar için hesaplamalar yapıldığında yukarıdaki tablo ve grafik sonuçları elde edilmiştir. Bu çalışmanın ana bulguları şu şekilde sıralanmıştır:

\*Fotovoltaik (PV) güneş enerji sisteminden elde edilen güç diğer lokasyonlara göre Muğla/Datça ilinde en yüksek seviyededir. Muğla'yı İzmir, Antalya, Çanakkale, İstanbul, Kırklareli ve Kastamonu izlemektedir.

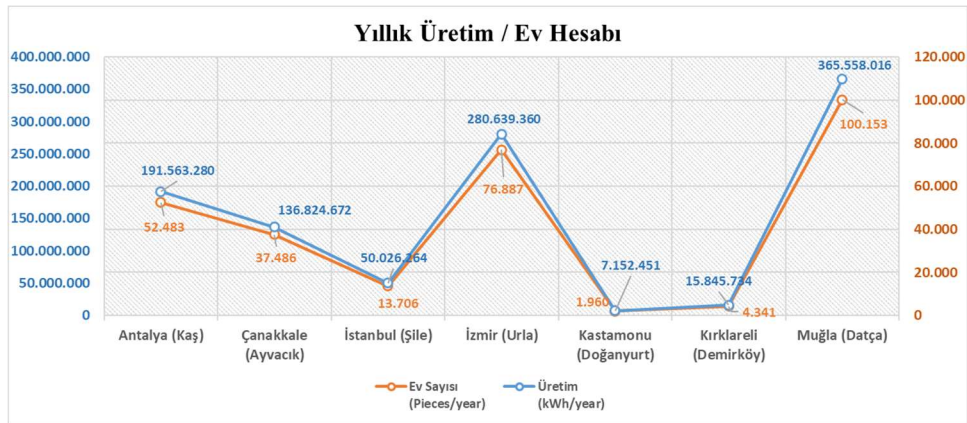
\* Hesaplanan güçlere göre ev hesabı yapılmış olup, elektrik tüketimi açısından en fazla tüketimi Muğla/Datça bölgesinde, en az ise Kastamonu/Doğanyurt bölgesinde karşılanabilmektedir.

### 3.2.4 Parabolik Güneş Kolektörü Enerji Sisteminin Termodinamik Sonuçları

Bu bölümde, parabolik güneş kolektörü enerji sistemi için entegre sistemin parametrik analizi, System Advisor Model (SAM) programı kullanılarak tasarım ve simülasyondan güç üretimi bulunmuştur [6]. Sistemde Therminol VP1 akışkanı seçilmiştir. Tablo 10'da her iki model esas alınarak bir evin günlük elektrik enerjisi ihtiyacının 10 kWh olduğu varsayılarak; seçilen lokasyonlar için hesaplamalar ayrı ayrı yapılmış olup yıllık toplam elektrik gücü ve elektrik ihtiyacını karşılayabilecek ev sayısı hesaplanmıştır.

**Tablo 10.** Seçilen lokasyonlara göre elektrik enerjisi üretimi ve ev sayısı hesabı

Bölgeler	Üretim (kWh/yıl)	Üretim (kW)	Ev Sayısı (adet/yıl)
<b>Antalya (Kaş)</b>	191.563.280	21.868	52.483
<b>Çanakkale (Ayvacık)</b>	136.824.672	15.619	37.486
<b>İstanbul (Şile)</b>	50.026.264	5.711	13.706
<b>İzmir (Urla)</b>	280.639.360	32.036	76.887
<b>Kastamonu (Doğanyurt)</b>	7.152.451	816	1.960
<b>Kırklareli (Demirköy)</b>	15.845.734	1.809	4.341
<b>Muğla (Datça)</b>	365.558.016	41.730	100.153



**Şekil 13.** Seçilen lokasyonlara göre yıllık üretim ve ev hesabı

Seçilen lokasyonlar için hesaplamalar yapıldığında yukarıdaki tablo ve grafik sonuçları elde edilmiştir. Bu çalışmanın ana bulguları şu şekilde sıralanmıştır:

\*Muğla/Datça lokasyonunda bulunan parabolik güneş kolektörü enerji sisteminden elde edilen güç diğer lokasyonlara göre en yüksektir. Muğla'yı İzmir, Çanakkale, Antalya, İstanbul, Kırklareli ve Kastamonu izlemektedir.

\*Parabolik güneş kolektörü sistem kapasite faktörü seçilen tüm lokasyonlar için farklı oranlarda bulunmuştur.

#### 4. SONUÇ

Bu çalışmada Türkiye'nin farklı bölgelerindeki yedi ilin seçilen ilçelerinde (Antalya (Kaş), Çanakkale (Ayvacık), İstanbul (Şile), İzmir (Urla), Kastamonu (Doğanyurt), Kırklareli (Demirköy) ve Muğla (Datça)) belirlenen bölgelerde hesaba esas alınan kıyı uzunlukları dikkate alınarak; dalga, rüzgar ve güneş enerjisinden üretilebilecek yıllık toplam elektrik gücü hesaplanmıştır. Bu hesaplamalarda kıyı uzunluğu parametresinin değiştirilmesi ile enerji kaynaklarından üretilebilecek elektrik gücü potansiyeli özellikle dalga ve rüzgar enerjisine göre analiz edilmiştir. Bu analizler çerçevesinde seçilen bölgelerde elektrik ihtiyacını karşılayabilecek ev sayıları hesaplanmış olup Tablo 11 ve Tablo 12'deki sonuçlar elde edilmiştir.

**Tablo 11.** Seçilen lokasyonlara göre elektrik enerjisi üretimi ve ev sayısı hesabı (1. Model)

Bölgeler	Üretim (kWh/yıl)	Üretim (kW)	Ev Sayısı (adet/yıl)
Antalya (Kaş)	16.934.024.171	1.933.108	4.639.459
Çanakkale (Ayvacık)	13.324.472.931	1.521.059	3.650.541
İstanbul (Şile)	10.260.266.157	1.171.263	2.811.032
İzmir (Urla)	27.412.998.120	3.129.338	7.510.410
Kastamonu (Doğanyurt)	1.272.069.094	145.213	348.512
Kırklareli (Demirköy)	4.408.867.628	503.295	1.207.909
Muğla (Datça)	37.314.697.050	4.259.669	10.223.205

**Tablo 12.** Seçilen lokasyonlara göre elektrik enerjisi üretimi ve ev sayısı hesabı (2. Model)

Bölgeler	Üretim (kWh/yıl)	Üretim (kW)	Ev Sayısı (adet/yıl)
Antalya (Kaş)	8.649.780.122	987.418	2.369.803
Çanakkale (Ayvacık)	6.826.925.507	779.329	1.870.391
İstanbul (Şile)	5.195.806.141	593.129	1.423.509
İzmir (Urla)	14.113.416.499	1.611.121	3.866.689
Kastamonu (Doğanyurt)	644.986.298	73.629	176.709
Kırklareli (Demirköy)	2.231.653.759	254.755	611.412
Muğla (Datça)	19.153.022.180	2.186.418	5.247.403

- Yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilebilecek enerji miktarı, seçilen bölgelerin dalga boyu, dalga yüksekliği, rüzgar hızı gibi karakteristik özelliklerinin yanı sıra uygulanabilir kıyı uzunluğu ile de doğrudan ilişkili olduğu tespit edilmiştir.
- Dalga enerjisi ile elde edilen güç belirlenen kıyı uzunlukları da dikkate alındığında diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına göre daha fazladır. Dalga enerjisini parabolik güneş kolektörü, rüzgar ve fotovoltaik güneş enerji sistemi izlemektedir.
- 1. ve 2. modele göre yenilenebilir enerji sistemlerinden elde edilen güç belirlenen kıyı uzunlukları da dikkate alındığında diğer lokasyonlara göre Muğla/Datça ilinde en yüksek seviyededir. Muğla şehrini İzmir, Antalya, Çanakkale, İstanbul, Kırklareli ve Kastamonu izlemektedir.
- Hesaplanan güçlere göre elektrik tüketimi karşılanan ev sayısı açısından değerlendirildiğinde; en fazla Muğla/Datça bölgesinde, en az ise Kastamonu/Doğanyurt bölgesinde karşılandığı tespit edilmiştir.
- 1. modele göre Muğla/Datça bölgesinde entegre sistemden elektrik tüketiminin karşılanması açısından; 10.223.205 adet evin elektrik ihtiyacı karşılanabiliyorken, 2. modele göre ise 5.247.403 adet evin elektrik ihtiyacının karşılanabildiği hesaplanmıştır.



- 1. modele göre Kastamonu/Doğanyurt bölgesinde entegre sistemden elektrik tüketiminin karşılanması açısından; 348.512 adet evin elektrik ihtiyacı karşılanabiliyorken, 2. modele göre ise 176.709 adet evin elektrik ihtiyacının karşılanabildiği hesaplanmıştır.
- Elde edilen sonuçlar doğrultusunda uygulanabilir kıyı uzunluğu da dikkate alınarak entegre sistemin Muğla/Dağcı bölgesinde kurulması, bölgenin önemli oranda elektrik ihtiyacının karşılanabileceği düşünülmektedir.

Sonuç olarak; ülkemizin sınırlı olan enerji kaynakları, gelişen teknoloji ve artan nüfusla paralel olarak önümüzdeki yıllarda karşı karşıya kalabileceği enerji darboğazından kurtulmak için yerli ve yenilenebilir enerji yatırımlarına ivedilikle başlanmalı ve yeni enerji kaynaklarına mal olacak yeni üretim teknolojileri olan rüzgar, güneş ve özellikle dalga enerjisi geliştirilmelidir. Bu çalışma ile etkili, verimli, ucuz, çevreye zararsız ve sürdürülebilir bir şekilde elektrik üretmek; hem enerji verimliliği, enerji ekonomisi hem de iklim değişikliği ile mücadele açısından ülkemize ciddi katkılar sağlayacaktır.

## KAYNAKLAR

- [1] **Dincer, İ., Ezan, M.A.**, 2020. Tüba-Enerji Depolama Teknolojileri Raporu, Türkiye Bilimler Akademisi Yayınları, TÜBA Raporları No:35, ISBN: 978-605-2249-45-1, Ankara.
- [2] “<https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-elektrik>”, T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2023.
- [3] “<https://pirireis.mgm.gov.tr/swan/6>,” Piri Reis Denizlik Sayfaları, Deniz Meteorolojisi, T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2023.
- [4] “<https://www.ecmwf.int/en/forecasts/datasets/reanalysis-datasets/era5>,” ERA5 (fifth generation reanalysis data), European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, 2021.
- [5] “<https://pvsol.software/en/>,”.
- [6] “<https://sam.nrel.gov/>,”.
- [7] **Dincer, İ., Ishaq, H. Natarer, G.F.**, 2018. Performance Investigation of An Integrated Wind Energy System for Co-Generation of Power and Hydrogen,” International Journal of Hydrogen Energy, Vol.43, Issue 19, s. 9153-9164.
- [8] **Kanoglu, M., Cengel, Y., Cimbala, J.M.**, 2018. Fundamentals and Applications of Renewable Energy, ISBN: 9781260455304, McGraw-Hill Education.
- [9] **Celik, Z., Celik, H.S.**, 2018. PV/T Sistemlerin Ekserjik Verimliliğini Etkileyen Parametreler ve Şofben ile Hibrit Sistem Dizayını,” EJONS International Journal On Mathematics, Engineering and Natural Sciences 023105, Vol.3.
- [10] “<https://nozebra.ipapercms.dk/Vestas/Communication/Productbrochure/2MWTurbineBrochure/2mw-platform-brochure/?page=12>”.
- [11] **Örer, G., Gürsel, T., Özdamar, A., Özbalta, N.**, 2003. Dalga Enerjisi Tesislerine Genel Bakış, II. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu Bildiriler Kitabı, s.126-140, İzmir.
- [12] “<https://cw-enerji.com/tr/urunler/gunes-panelleri-1.html>”.