



Araştırma Makalesi/Research Article

Komor adaları'nda parabolik oluk güneş kollektörü ile enerji üretimi

Hassane CHAFIOU^{1*}, İbrahim ÜÇGÜL²

¹Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Yenilenebilir Enerji Bölümü, 32120, Isparta, Türkiye

²Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, 32120, Isparta, Türkiye

Anahtar Kelimeler

Komor Adaları
Güneş Enerjisi Yoğunlaştırılmış
Güneş Enerjisi
Parabolik Oluk Tipi Kollektör
Enerji Üretimi

Makale geçmişi:

Geliş Tarihi: 31.01.2022

Kabul Tarihi: 18.04.2022

Öz: 1973 petrol krizi, varil fiyatının 2,59 dolardan 11,65 dolara çıkmasına neden olmuştur. 1973 den günümüze kadar pek çok petrol krizi yaşanmıştır. Yaşanılan bu krizler, dünyadaki ülkeleri alternatif çözümler aramaya yöneltmişlerdir. Araştırmalar sonucunda yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim bir çözüm olarak ortaya çıkmıştır. Yenilenebilir kaynaklar, tükenmez ve fosil yakıtlara göre daha temiz enerji kaynaklarıdır. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında güneş enerjisi en umut verici bir kaynaktır. Güneş enerjisi, kullanım kolaylığı, her yerde bulunması ve aynı zamanda en ucuz enerji olması ile diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından ayrılmaktadır. Güneş enerjisinden elektrik üretmek için birçok farklı teknoloji ve yöntem mevcuttur. Elektrik enerjisi elde etmek için en verimli ve en yaygın teknoloji, güneş ışınlarını tek bir yerde yoğunlaştırıp yüksek sıcaklıklar elde ederek bir türbinini çalıştırmaktır. Bu yöntem başında da parabolik oluk tipi güneş kollektörleri gelmektedir. Bu yöntemde direkt güneş ışınları bir yansıtıcı yüzey sayesinde parabolik kollektörünün odak noktasında boydan boya yerleştirilen alıcı boruya yansıtılarak yoğunlaştırma yapılmaktadır.

Bu çalışmada enerji teminde dışa ve fosil kökenli yakıtlara bağımlı olan Komor Adalarının enerji sorununa çözüm bulmak amacıyla teorik bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada Komor güneş enerjisi potansiyeli, güneş ışınımı ve güneş ışınların hesaplanması için gereken denklemleri ile yoğunlaştırıcı sistemler hakkında bilgi verilmiştir. Ayrıca parabolik oluk tipi güneş yoğunlaştırıcısının boyutlandırılması, sistemdeki ısı ve optik kayıpların hesaplanması için gereken denklemler detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Ardından parabolik oluk tipi güneş kollektörü ile Komor Adaları'nda elektrik enerjisi üretimin hesaplamaları yapılmıştır. Komor Adaları'nda elektrik enerjisi üretim için kurulu gücü, 400kWe olan parabolik oluk güneş yoğunlaştırıcı sistemi ve ORC türbinli güç üretim sistemi kullanılmıştır. Son olarak yapılan hesaplamalar ve analizler değerlendirilmiş ve bu sistemin Komor Adaları'nda uygunluğu ortaya konmuştur.

Atf için/To Cite:

Chafiou H. Üçgül İ. Komor Adaları'nda Parabolik Oluk Güneş Kollektörü İle Enerji Üretimi. Ulusallararası Teknolojik Bilimler Dergisi, 14(1), 30-39, 2022.

Energy Generation With Parabolic Trough Solar Collector In Comoros Islands

Keywords

Comoros Islands
Solar Energy
Concentrated Solar Energy
Parabolic Trough Type
Collector
Power Generation

Article history:

Received: 31.01.2022

Accepted: 18.04.2022

Abstract: The 1973 oil crisis caused the price of a barrel to rise from \$2.59 to \$11.65. There have been many oil crises since 1973. These crises have led countries around the world to seek alternative solutions. As a result of the researches, orientation towards renewable energy sources has emerged as a solution. Renewable resources are inexhaustible and cleaner energy sources than fossil fuels. Among the renewable energy sources, solar energy is the most promising source. Solar energy is distinguished from other renewable energy sources by its ease of use, ubiquity and being the cheapest energy at the same time. There are many different technologies and methods to generate electricity from solar energy. The most efficient and common technology for generating electrical energy is to run a turbine by concentrating the sun's rays in one place and obtaining high temperatures. Parabolic trough type solar collectors are at the forefront of this method. In this method, direct sunlight is concentrated by reflecting it to the receiver pipe, which is placed across the focal point of the

* İlgili yazar/Corresponding author: chafiouhassane1995@gmail.com

parabolic collector, thanks to a reflective surface.

In this study, a theoretical study was carried out in order to find a solution to the energy problem of the Comoros Islands, which are dependent on foreign and fossil fuels for energy supply. In this study, information about the Comoros solar energy potential, solar radiation and the equations required for the calculation of solar radiation and concentrator systems are given. In addition, the equations required for sizing the parabolic trough type solar concentrator and calculating the thermal and optical losses in the system are explained in detail. Then, calculations of electrical energy production in Comoros were made with a parabolic trough type solar collector. Parabolic trough solar concentrator system with 400kWe installed power and ORC turbine power generation system have been used for electric power generation in Comoros. Finally, the calculations and analyzes were evaluated and the suitability of this system in the Comoros Islands was demonstrated.

1. Giriş

Sanayi devrimi, ekonomik ve endüstriyel gelişmelere bağlı olarak başta enerji sektörü olmak üzere tüm dünyayı sınırsız büyümeye yönlendirmiştir: Fabrika, otomobil ve Aletlerin artması nedeniyle enerji tüketimi önemli ölçüde artmaktadır. Ne yazık ki, enerjideki bu artış genellikle fosil enerji kaynaklarından (petrol, gaz, kömür...) karşılanmaktadır. Fosil yakıtlara olan bu büyük bağımlık ve bu enerji kaynakları kullanımlarında birçok sorun ortaya çıkarmaktadır. Bu sorunların başında çevre kirliliği, küresel ısınma ve yüksek maliyetlerdir. Ancak hepsinden önemlisi bu kaynaklar yenilenebilir olmadıkları için hızla tükenen ortadan kalkacaktır [1],[2].

Fosil yakıtlar dünyanın bazı bölgelerinde bulunur ve hızla tükenmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları ise tükenmez, sınırsız, temiz, ekonomiktir ve fosil yakıtlar gibi çevreyi kirletmez ve tüm dünyada var oldukları için ülkelerin fosil yakıtlara bağımlı hale gelmesini engeller [3].

Kuşkusuz ki fosil yakıtlı kaynakları yok olacaktır. Bu nedenle, gelecekte bir enerji krizinin önlenmesinde yenilenebilir enerji kaynaklarının önemli bir rol oynaması beklenmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarına: güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, hidroelektrik enerji, jeotermal enerji, biyokütle enerjisini örnek olarak verilebilmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında güneş enerjisi en bol, en modern ve en fazla uygulama alanına sahip olanıdır. Dünya atmosferinin dışındaki güneş radyasyonunun yoğunluk sabiti 1367 W/m^2 'dir; ancak yeryüzünde 0 ile 1100 W/m^2 değerleri arasında değişmektedir [4],[5],[6]. Dünyaya ulaşan radyasyonu mümkün olduğunca kullanılabilir enerjiye dönüştürmek için çok çeşitli uygulamalar ve farklı teknolojiler kullanılmaktadır [5]. Su ısıtma, konut ısıtma, pişirme, kurutma, soğutma gibi ısı amaçlarıyla yararlanan farklı uygulamalar vardır. Ayrıca güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştürmek için çeşitli yöntemler önerilmiştir. Bu yöntemler fotovoltaik

sistemler ve ısı sistemleri olarak gruplandırılmaktadır [7]. Güneş enerjisinden elektrik üretiminin kolay yöntemlerinden biri fotovoltaik sistemdir [8]. Ancak fotovoltaik sistemlerin verimleri düşüktür.

Son yıllarda teknolojik gelişmeler ve artan nüfus ile birlikte enerjiye olan talep hızla artmıştır. Bu artan talebi karşılamak için ısı sistemleri ile buhar üretimi, elektrik üretimi de uygulama alanları yaygınlaşmaya başlamıştır. Özellikle güneş enerjisinden yüksek sıcaklıklara buhar elde ederek elektrik üretimi hızlı bir şekilde gelişmeye başlamıştır. Bu uygulamalarda elde edilen buhar kullanarak buhar türbinleri çalıştırarak elektrik enerjisi üretilir [9],[10]. Buhar elde etmek için çok yüksek sıcaklıklara ulaşmak gerekmektedir. Bunun için güneş yoğunlaştırıcı sistemler geliştirilmiştir. Bu yoğunlaştırıcı sistemler güneş ışınlarının belirli bir bölgede odaklayan sistemlerdir [10].

Yoğunlaştırma yapan sistemler ikiye ayrılmıştır; Doğrusal ve noktasal yoğunlaştırıcı sistemlerdir. Noktasal yoğunlaştırıcı sistemler, parabolik çanak ve güneş kulesidir. Doğrusal sistemleri ise Fresnel aynalı ve parabolik oluk güneş yoğunlaştırıcılarıdır [11].

Bu çalışmada silindirik-parabolik güneş yoğunlaştırıcı kullanılmıştır. Parabolik güneş yoğunlaştırıcı, güneş ışınlarını bir eksen boyunca toplayan ya da yoğunlaştıran sistemdir. Ayrıca yoğunlaştırma sistemleri arasında en yaygın ve gelişmiş teknolojilerden biridir [12].

Parabolik oluk güneş yoğunlaştırıcılar, güneşten gelen ışınları ilk önce parabol şeklinde tasarlanmış yansıtıcı aynalara gelmektedir. Yansıyan ışınları parabolün odak noktasında boydan boya yerleştiren emici boruya yönlendirilmektedir. Yansıtıcı aynalardan yansıyan güneş ışınları parabolün odağına yerleştiren soğurucu boruya doğru yönlendirilir.

Burada yoğunlaşan güneş ışınlarının emici boru içindeki bulunan çalışma sıvısına aktararak akışkanın sıcaklığı 300°C 'nin üzerine çıkmaktadır. Yükselen akışkanın

sıcaklığından yararlanılarak dolaylı veya doğrudan buhar ve elektrik üretilebilir [13].

Bu çalışmanın amacı, Komor Adaları'nda silindirik-parabolik bir güneş yoğunlaştırıcı sistemi kullanarak enerji üretmektir. Komor Adaları'nda yenilenebilir enerjilerin üretimdeki payı, konvansiyonel enerjilere kıyasla ihmal edilebilir düzeydedir [14]. Ne yazık ki, bu fosil yakıtların kullanımı elektrik pahalılığına, elektrik kesintilerine ve yük kayıplarına yol açmaktadır. Bu zorlukların üstesinden gelmek, enerji sektöründeki boşlukları doldurmak ve Komor Adaları'ndaki enerji problemlerine çözüm bulma amacıyla bu çalışma yapılmıştır.

2. Komor Adaları'nda Güneş Enerjisi Potansiyeli

Komor Adaları'nın coğrafi konumu, güneş enerjisinin geliştirilmesini ve kullanılmasını desteklemektedir. Birkaç ay boyunca günde 8 saati aşan güneşlenme süresi ve alınan radyasyonun yoğunluğu göz önüne alındığında, Komor Adaları'nda enerji ihtiyacının bir kısmı güneş enerjisinden yararlanarak karşılanabilir. Komor Adaları'nda Moroni (başkent) bölgesi yağmurlu bir bölge olduğu için günlük ortalama güneşlenme süresi 7 saattir. Güneşli zamanlarında kuzey ve güney bölgeleri için günde ortalama 8 saate ve 7 kWh/m²'e ulaşmaktadır. Ancak güneş, fotovoltaik ve termal ekipman için coğrafi konuma ve en uygun hava koşullarına rağmen, güneş enerjisinin bir enerji kaynağı olarak kullanımı çok marjinal kalmaktadır[15]. Moroni ili için 1961'den 1990'a kadar olan güneş enerjisi ile ilgili meteorolojik veriler Çizelge 2.1'de verilmiştir [16].

Çizelge 2.1. Komor Adalarında Moroni ili için günlük ortalama güneşlenme süresi ve günde m² başına düşen toplam güneş radyasyonu değerleri [16].

Aylar	Günde ortalama güneşlenme süresi (saat/gün)	Günde ortalama güneş ışınım değerleri (kWh/m ² -gün)
Ocak	6,8	5,7
Şubat	6,3	6,3
Mart	6,3	6,4
Nisan	6,5	6,5
Mayıs	6,7	7,7
Haziran	7,1	7,4
Temmuz	7,5	7,1
Ağustos	7,7	7,4
Eylül	7,4	6,8
Ekim	7,4	6,9
Kasım	7,6	7,9
Aralık	7,3	6,8
Ortalama	7,05	6,9

Çizelge 2.1'de görüldüğü gibi günde ortalama düşen güneş radyasyon miktarı görülmektedir. Moroni ili için günde ortalama güneş radyasyonu miktarı 6,9 kWh/m²-gün olarak olup günde ortalama güneşlenme süresi ise 7,05 saat/gün olarak hesaplanmıştır. Genel olarak gördüğü gibi, Komorlar, ay veya mevsim ne olursa olsun çok etkili güneş ışığından yararlanmaktadır.

3. Güneş Işınımı

Güneş ışınımı, dünya yüzeyine ulaşmadan önce atmosferik olaylar tarafından zayıflatılan, atmosferden yayılan elektromanyetik dalgalar biçimindeki termal bir radyasyondur [17]. Dünya ve güneş arasındaki mesafesi mevsimlere ve coğrafya konumuna göre değişmektedir. Bundan dolayı atmosfer dışına gelen güneş ışınımı da farklılık göstermektedir. Bu farklılıkları ortadan kaldırmak için atmosfer dışındaki güneş ışınımına dik birim alan başına düşen güneş ışınımının ortalama dünya-güneş mesafesindeki değeri kullanılmaktadır ve bu değer, güneş ışınım sabiti olarak adlandırılmıştır. Bu sabit kaynaklarda 1367 W/m² olarak verilmiştir [13].

Dünyaya ulaşan güneş ışınımını direkt ve yayılı güneş ışınımı olarak ayrılmaktadır. Direkt güneş ışınımı, atmosferde hiçbir kırılma, saçılma veya dağılmaya uğramadan doğrudan, yani atmosferden geçerek yeryüzüne gelen ışınımdır. Atmosferde dağılarak yeryüzüne gelen ışınlar ise yayılı güneş ışınımıdır [18]. Herhangi bir yüzey üzerinde toplanan güneş ışınımının hesaplanması için direkt ve yayılı radyasyonun belirlenmesini gerekmektedir.

3.1. Direkt güneş ışınımı (I_d) hesaplanması

Belirli bir günde belirli bir yere açıkta kalan bir yüzeyin üzerine düşen anlık toplam direkt güneş radyasyon miktarının hesaplanması için aşağıdaki eşitlikleri kullanılmaktadır [19].

$$I_d = I_{DN} * \cos \theta \quad [W/m^2] \quad (1)$$

θ : Güneş geliş açısı (°)
ve

$$I_{DN} = A1 * \exp\left(-\frac{P_L}{P_0} * \frac{B}{\sin \alpha_s}\right) \quad (2)$$

α_s : Güneş yükseklik açısı (°)

A1: Dünya dışı güneş yoğunluğu değeridir. Bu değer aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır [19].

$$A1 = 1158 * \left[1 + 0,066 * \cos\left(\frac{360 * n}{370}\right) \right] \quad (3)$$

n: Gün sayısı

B: Atmosferik yutma katsayısıdır.

$$B = 0,175 * [1 - 0,2 * \cos(0,93 * n) - 0,0045 * [1 - \cos(1,86 * n)]] \quad (4)$$

P_L/P_0 : Söz konusu yerdeki basıncın normal atmosfer basıncına oranı ve aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır

$$\frac{P_L}{P_0} = \exp(-0,0001184 * H_{alt}) \quad (5)$$

H_{alt} : Deniz seviyesi metre cinsinden yüksekliği (rakım) ifade edilmektedir.

4. Kollektör Seçimi

Parabolik oluk güneş kolektörüne düşen güneş ışınları alıcı yüzeye (yansıtıcı yüzey) doğru yansıtılır. Yüzeye düşen güneş ışınlarından en iyi şekilde yani maksimum düzeyde yararlanmak seçilen kolektörünün yapım malzemesine bağlıdır [7]. Enerji üretim prosesinde, SİRENG-GÜNPOT 2500 parabolik oluk kolektörler seçilmiştir. SİRENG-GÜNPOT 2500 parabolik oluk kolektörünün geometrik özellikleri çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Sireng Günpot 2500 geometrik ve performans özellikleri [11].

Kollektör uzunluğu (L)	12 m
Kollektör genişliği (Wa)	2,5 m
Alıcı boru çapı	25-50 mm
Kollektör açıklık alanı	30 m ²
Elektriksel kapasite	5 kW
Termal kapasite	20 kW
Çalışma sıcaklığı	150-300 °C
Optik verim	% 75
Termal verim	% 67

5. Termal Verimliliğin Hesaplanması

Isı transfer akışkanına aktarılan faydalı ısı (\dot{q}_u) ile mevcut güneş enerjisi (Q_s) bölünerek kolektörün ısı verimi (η_{th}) hesaplanabilmektedir [20]. Bu çalışmada seçilen kolektörün alıcı borusunun dış çap aralığı

dikkate alınarak emici borunun dış çapı 50 mm ve et kalınlığı 2 mm olarak alınmıştır. Cam örtünün dış çapı değeri emici borunun dış çapını 2 katı bir değer alınarak hesaplamalar devam edilmiştir. Yani cam örtünün dış çapı 100 mm ve et kalınlığında da 2 mm alınmıştır.

$$\eta_{th} = \frac{\dot{q}_u}{Q_s} \quad (6)$$

Kararlı koşullar altında kolektör emici boru yüzeyinden ısı transfer akışkanına aktarılan ısı (\dot{q}_u) aşağıdaki eşitlikle bulunabilmektedir [10],[11].

$$\dot{q}_u = F_{IK} * A_{kga} \left[I_d \eta_o - \frac{A_{ebd}}{A_{kga}} U_L (T_i - T_o) \right] [W] \quad (7)$$

F_{IK} : Kollektör ısı kazanç faktörü

A_{kga} : Kollektörün gölgelenmeyen yansıtıcı yüzey alanı (m²)

η_o : Optik verimi

A_{ebd} : Emici boru dış yüzey alanı (m²)

U_L : Toplam ısı kayıp katsayısı (W/m²K)

T_i : Isı transfer giriş sıcaklığı (°)

T_o : Dış ortam sıcaklığı (°)

$$A_{kga} = L (W_a - D_{cöd}) \quad (8)$$

$$A_{ebd} = \pi D_{cöd} L \quad (9)$$

W_a : Kollektör genişliği (m)

$D_{cöd}$: Cam örtü dış çapı (m)

L : Kollektör uzunluğu (m)

Kollektör ısı kazanç faktörü F_{IK} [10],[11].

$$F_{IK} = \frac{\dot{m}_a C_{pa}}{A_{ebd} U_L} \left[1 - \exp\left(-\frac{A_{ebd} U_L F_V}{\dot{m}_a C_{pa}}\right) \right] \quad (10)$$

\dot{m}_a : Kollektörde kullanılan akışkanın kütleli debisi (kg/s)

C_{pa} : Akışkanın özgül ısı (kJ/kg °C)

F_V : Kollektör verimlilik faktörü [10],[11].

$$F_V = \frac{1}{\frac{1}{U_L} + \frac{D_{ebd}}{h_a D_{ebi}} + \ln\left(\frac{D_{ebd}}{D_{ebi}}\right) * \frac{D_{ebd}}{2k_{eb}}} \quad (11)$$

D_{ebd} : Emici boru dış çapı (m)

D_{ebi} : Emici boru iç çapı (m)

h_a : Isı transfer akışkanın ısı taşınım katsayısı (W/m²K)

k_{eb} : Emici boru ısı iletim katsayısı (W/m K)

Toplam ısı kayıp katsayısı U_L aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmaktadır [10],[11],[21].

$$U_L = \left[\frac{A_{ebd}}{(h_w + h_{(c\ddot{o},o)_l})A_{c\ddot{o}d}} + \frac{1}{h_{(eb,c\ddot{o})_l}} \right]^{-1} \quad [W/m^2 K] \quad (12)$$

$A_{c\ddot{o}d}$: Cam örtü dış yüzey alanı (m²)

$h_{(c\ddot{o}, o)_l}$: Cam örtü yüzeyi ile ortam arasındaki ışınlam transferi katsayısını hesaplamak için aşağıdaki eşitlikle kullanılmaktadır [10],[11],[21],[22].

$$h_{(c\ddot{o},o)_l} = \frac{\varepsilon_{c\ddot{o}}\sigma(T_{c\ddot{o}d}^4 - T_o^4)}{(T_{c\ddot{o}d} - T_o)} \quad [W/m^2 K] \quad (13)$$

$T_{c\ddot{o}d}$: Cam örtü dış yüzey sıcaklığı (°)

$\varepsilon_{c\ddot{o}}$: Cam örtü ısı yayıcılık katsayısı

$h_{(eb, c\ddot{o})_l}$: Emici boru yüzeyi ile cam örtü arasındaki ışınlama eşdeğer ısı taşınım katsayısını bulmak için aşağıdaki eşitlikle kullanılmaktadır [21].

$$h_{(eb,c\ddot{o})_l} = \frac{C_{(eb,c\ddot{o})}\sigma(T_{ebd}^4 - T_{c\ddot{o}i}^4)}{(T_{ebd} - T_{c\ddot{o}i})} \quad [W/m^2 K] \quad (14)$$

ve

$$C_{(eb,c\ddot{o})} = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_{eb}} + \frac{A_{ebd}}{A_{c\ddot{o}i}} \left(\frac{1}{\varepsilon_{c\ddot{o}}} - 1 \right)} \quad (15)$$

$A_{c\ddot{o}i}$: Cam örtü iç yüzey alanı (m²)

h_w ; Rüzgâr için ısı transfer katsayısı ve aşağıdaki denklemlerden hesaplanabilir [10],[11],[21],[22].

$$h_w = \frac{k_o Nu_o}{D_{c\ddot{o}d}} \quad [W/m^2 K] \quad (16)$$

k_o : Dış ortam sıcaklığa bağlı ısı iletim katsayısı (W/m K)

Nusselt sayısı (Nu):

$$0,1 < Re_o < 1000 \rightarrow Nu_o = 0,04 + 0,54 Re_o^{0,52} \quad (17)$$

$$1000 < Re_o < 50000 \rightarrow Nu_o = 0,04 + 0,3 Re_o^{0,6} \quad (18)$$

Reynolds sayısı (Re_o) [10],[11],[21],[22].

$$Re_o = \frac{\rho_o * V_o * D_{c\ddot{o}d}}{\mu_o} \quad (19)$$

V_o : Dış ortam rüzgâr hızı (m/s)

μ_o : Dış ortam sıcaklığa bağlı dinamik viskozitesi (Pa s)

ρ_o : Dış ortam yoğunluğu (kg/m³)

Silindirik parabolik güneş yoğunlaştırıcıda optik verimliliği (η_o), emici borunun yutması gereken enerji (Q_{abs}), mevcut güneş enerjisi (Q_s) bölünmesiyle hesaplanır [19].

$$\eta_o = \frac{Q_{abs}}{Q_s} \quad (20)$$

Ve

$$Q_s = I_d * A_{kga} \quad [W] \quad (21)$$

Emici borunun yutması gereken enerji (Q_{abs}) iki ana kısma ayrılır; faydalı enerji (Q_u) ve ısı kayıpları (Q_{loss}) olarak tanımlanabilir ve kollektörde enerji dengesi kavramı aşağıdaki gibidir [20].

$$Q_{abs} = Q_u + Q_{loss} \quad [W] \quad (22)$$

Termal kayıpları (Q_{loss}) [10],[11],[21],[22].

$$Q_{loss} = U_L * A_{ebd} (T_{eb,ort} - T_o) \quad [W] \quad (23)$$

$T_{eb,ort}$: Emici boru ortalama yüzey sıcaklığı (°)

6. Direkt Güneş Işınımı Hesaplanması

Direkt güneş ışınımı hesaplanması için söz konusu yerin coğrafi konumunun belirlenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada eşitlik (1), (2), (3), (4) ve (5) kullanarak Komor Adaları'nda aylara göre direkt güneş ışınımı değerleri hesaplanmıştır.

Çizelge 6.1. Aylara göre direkt güneş ışınım değerleri

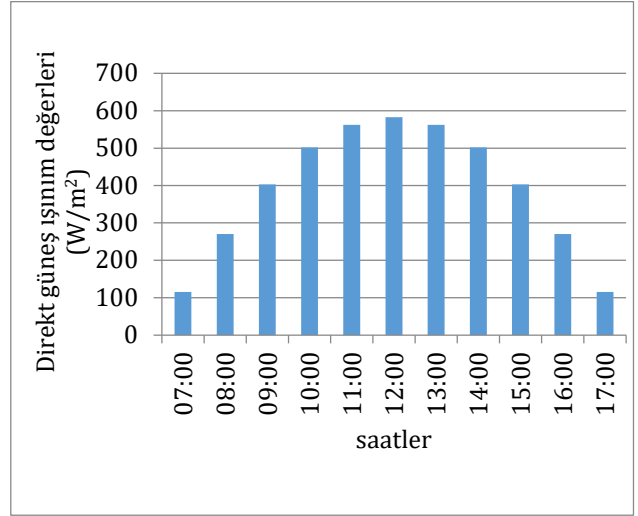
Aylar	Direkt ışınım I_d (W/m ²)
Ocak	143622,61
Şubat	151979,86
Mart	193193,66
Nisan	197245,27
Mayıs	197546,23
Haziran	187267,94
Temmuz	186580,38
Ağustos	190467,36
Eylül	180528,35
Ekim	168535,49
Kasım	140794,57
Aralık	133882,96

Enerji üretimi, direkt güneş ışınımının en düşük olduğu ay, baz alınarak hesaplanmıştır. En düşük direkt güneş ışınım değerleri Aralık ayıdır. 15 Aralık günü saat 07:00'den 17:00'a kadar elde edilen direkt güneş ışınım miktarları aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

Çizelge 6.2. 15 Aralık günü elde edilen direkt güneş ışınım değerleri

Saatler	Direkt ışınım I_d (W/m ²)
07:00	115,15
08:00	270,28
09:00	403,09
10:00	501,97
11:00	562,54
12:00	582,9
13:00	562,54
14:00	501,97
15:00	403,09
16:00	270,28
17:00	115,15

Görüldüğü gibi, 15 Aralık gün içerisinde elde edilen maksimum direkt ışınım 582,9 W/m² ve minimum direkt ışınım 115,15 W/m² olarak hesaplanmıştır.

Şekil 6.2. 15 Aralık günü elde edilen direkt güneş ışınım değerlerinin (W/m²) saatlik gösterimi

7. Optik ve Isıl verimlerinin Hesaplanması

Hesaplamalar bir kolektör için yapılmıştır. 15 Aralık saat 12:00'deki ortalama rüzgâr hızı ve ortalama dış hava sıcaklığı sırasıyla 3,6 m/s ve 27,6 °C olarak alınmıştır. Kolektör için kullanılan emici boru vakumlu olup, boru içerisinde dolaşan ısı transfer akışkanı sudur. Akışkanın giriş ve çıkış sıcaklıkları sırasıyla 40 °C ve 60 °C ve ısı transfer akışkanının debisi 0,1 kg/s olarak alınmıştır.

Çizelge 7.1. Seçilen kolektörün performans analizi

Parametre	Değeri
Re	4918,86
U_L (W/m ² K)	0,9936
h_a (W/m ² K)	483,816
Q_{loss} (W)	60,82
Q_u (W)	8362
Q_{abs} (W)	18159,25
Q_s (W)	23296,89
\dot{q}_{tu} (W)	18098,43
F_v	0,999
F_{IK}	0,997
η_{th}	% 77,68
η_o	% 78,04

Bir dizi için: Seçilen kolektör başına üretilen ortalama elektrik enerjisi 5 kWe olarak dikkate alındığında, sistemin 400 kWe kurulu güce sahip olması için alanın 2 bölgeden, her bölgede 54 kolektörden oluşacağı ve toplamda 108 kolektör oluşacağı düşünülmektedir. Her bölge 9 dizi ve dizi başına 6 kolektörden oluşmaktadır. Akışkanın giriş, çıkış sıcaklıkları ve

kütleli debisi sırasıyla 40 °C, 160 °C ve 1,3 kg/s alınmıştır. Pompa ve Türbin izantropik verimleri sırasıyla %90 ve %90 olarak kabul edilmiştir [23]. Bu verilerden yola çıkarak sistem için saat başı üretilen ısı ve elektrik enerjisi aşağıdaki Çizelgelerde verilmiştir.

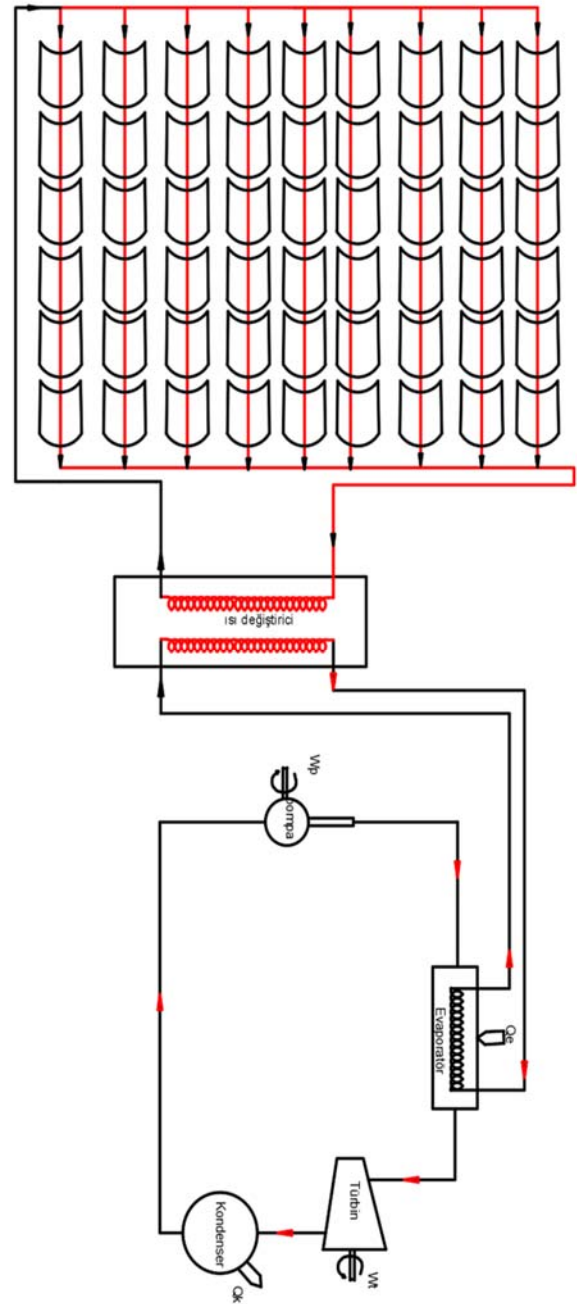
Çizelge 7.2. 15 Aralık günü bir dizi (6 kolektör) için saat 7'den 17'ye kadar elde edilen değerler

Saatler	Q_u (kW)	Q_s (kW)	Q_{abs} (kW)	η_{th}	η_o
07:00	11,35	16,5	12,4	0,685	0,738
08:00	29,31	38,9	30,4	0,753	0,776
09:00	44,83	58,0	45,9	0,772	0,788
10:00	56,43	72,2	57,5	0,781	0,793
11:00	63,55	81,0	64,6	0,785	0,796
12:00	65,95	83,9	67,0	0,786	0,797
13:00	63,55	81,0	64,6	0,785	0,796
14:00	56,43	72,2	57,5	0,781	0,793
15:00	44,83	58,0	45,9	0,772	0,788
16:00	29,31	38,9	30,4	0,753	0,776
17:00	11,35	16,5	12,4	0,685	0,738

Görüldüğü gibi, 15 Aralık günü bir dizi için saat 7'den 17'ye kadar ısı transfer akışkanına aktarılan faydalı ısı, emici borudan yutulması gereken enerji, mevcut güneş enerjisi, optik ve termal kayıp hesaplanmıştır.

8. 400 kWe Kapasiteli ORC Türbinli Elektrik Enerjisi Üretimi Tesisi

Sistemimizin çıkış sıcaklığına göre organik Rankine çevriminde, organik akışkan olarak R123 seçilmiştir. R123 özellikleri Solkane bilgisayar programı kullanarak alınmıştır. Sistemimizin 15 Aralık günü bir dizi (6 kolektör) için saat 7'den 17'ye kadar ısı transfer akışkanına aktarılan faydalı ısı kullanarak ORC türbinli sistem için elde edilen elektrik enerjisi hesaplanmıştır.

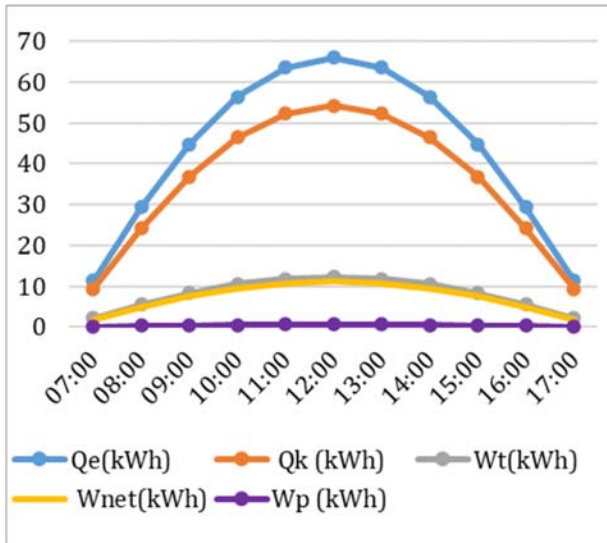


Şekil 8.1. ORC ile Yoğunlaştırıcı güneş kolektörü enerji üretim şeması.

Çizelge 7.3. Bir diziden, ORC sistem ile 15 Aralık'ta elde edilen değerler

Saatler	Q_e (kWh)	\dot{q}_k (kWh)	\dot{W}_T (kWh)	\dot{W}_{net} (kWh)	\dot{W}_p (kWh)	η_{th}
07:00	11,35	9,33	2,12	1,90	0,10	0,16
08:00	29,31	24,08	5,46	4,92	0,27	0,16
09:00	44,83	36,83	8,35	7,52	0,41	0,16
10:00	56,43	46,37	10,52	9,46	0,52	0,16
11:00	63,55	52,2	11,8	10,7	0,6	0,16
12:00	65,95	54,2	12,3	11,1	0,6	0,16
13:00	63,55	52,2	11,8	10,7	0,6	0,16
14:00	56,43	46,37	10,52	9,46	0,52	0,16
15:00	44,83	36,83	8,35	7,52	0,41	0,16
16:00	29,31	24,08	5,46	4,92	0,27	0,16
17:00	11,35	9,33	2,12	1,90	0,10	0,16

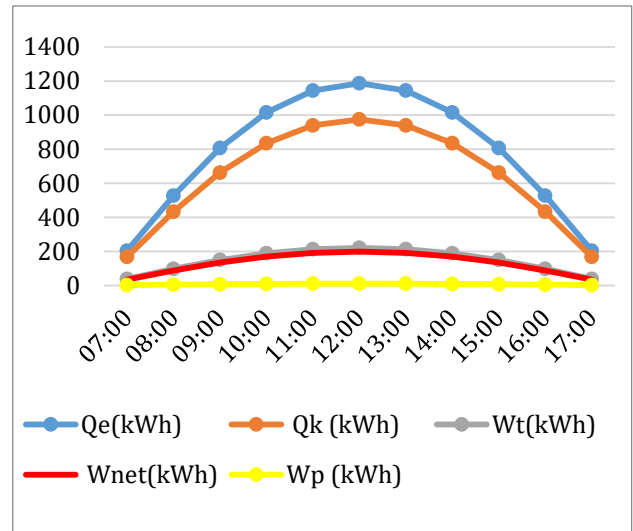
15 Aralık günü bir dizi (6 kolektör) için saat 7'den 17'ye kadar ORC türbinli sistemden elde edilen elektrik enerjisi çizelge 7.3'te verilmiştir. Burada, Q_e : evaporatöre giren enerji miktarı (kWh), \dot{W}_p : Pompayı çalıştırmak için verilmesi gereken enerji miktarı (kWh), \dot{q}_k : kondenslerden çekilen enerji miktarı (kWh), \dot{W}_T : Türbinde elde edilen enerji miktarı (kWh), \dot{W}_{net} : Sistemin net elektrik enerjisi (kWh).



Şekil 8.1. bir dizi için ORC sistem ile 15 Aralık'ta elde edilen değerlerinin saatlik gösterimi

Saatler	Q_e (kWh)	\dot{q}_k (kWh)	\dot{W}_T (kWh)	\dot{W}_{net} (kWh)	\dot{W}_p (kWh)	η_{th}
07:00	204,3	167,9	38,1	34,3	1,9	0,16
08:00	527,58	433,5	98,3	88,5	4,9	0,16
09:00	806,94	663	150	135	7	0,16
10:00	1015,74	835	189	170	9	0,16
11:00	1143,9	940	213	192	11	0,16
12:00	1187,1	975	221	199	11	0,16
13:00	1143,9	940	213	192	11	0,16
14:00	1015,74	835	189	170	9	0,16
15:00	806,94	663	150	135	7	0,16
16:00	527,58	433,5	98,3	88,5	4,9	0,16
17:00	204,3	167,9	38,1	34,3	1,9	0,16

ORC sistem ile elde edilen sonuçlara göre en düşük ay için saatte minimum elektrik enerjisi 34,3 kWh olup bu değer saat 07:00 ve 17:00'de üretilmiştir.



Şekil 8.2. Tüm sistem için ORC sistem ile 15 Aralık'ta elde edilen değerlerinin saatlik gösterimi

15 Aralık için yapılan hesaplamalara göre saatte elde edilen maksimum elektrik enerjisi 199 kWh ve bu değer saat 12:00'dedir. Bu sayede, tercih edilen 5 kWe elektrik güce sahip olan kolektör en kötü ayda ORC sistem ile saat 12:00'de 400 kWh üretilmesi için 108 adet kolektör kullanmak yerine 216 kolektör kullanılmalıdır. Bundan dolayı, sistemimizin sürekli olarak 400 kWh üretim yapabilmesi için, elektrik enerjisinin 400 kWh'yi aştığı aylarda, fazla ısı depolanıp 400 kWh değerine ulaşmayan saatlerde kullanılmalıdır.

9. Sonuç

Çizelge 7.4. Tüm sistem için ORC sistem ile 15 Aralık'ta elde edilen değerler

Komor Adaları'nda elektrik enerjisi üretmek için parabolik oluk sistemi kullanılmıştır. 108 kolektörden oluşan ve her kolektörün elektrik kapasitesi 5 kW'e olan bu sistem, ORC türbinli sistemi ile Komor Adaları'nda elektrik enerjisi üretiminin teorik incelemesi yapılmıştır. Elektrik üretiminin aşamasında çevrimde ısı transfer akışkanı olarak Solkane programından alınan organik akışkan R123 kullanılmıştır. Hesaplamalara göre en düşük güneş ışıması olan ayda saatte elde edilen maksimum elektrik enerjisi 199 kWh olarak bulunmuştur ve bu değer saat 12:00'de üretilmiştir. Ayrıca sistemin termal verimi % 16 olarak hesaplanmıştır. Bu sistemde Komor Adalarına düşen güneş ışınlarının en düşük ayına göre yapılan hesaplamalarda saatte 400 kWh üretmek için 108 kolektör yerine 216 kolektör kullanılması gerektiği anlaşılmıştır.

Aylara göre elde edilen güneş ışımlarına bakıldığında, Komor Adalarının güneş enerjisi açısından yüksek potansiyelli bir ülke olduğunu görülmektedir. Parabolik oluk güneş kolektörlü, güneş enerjisi santrali tasarımından elde edilen sonuçlara göre, bu sistemin elektrik üretiminde ekonomik ve finansal olarak Komor Adaları için faydalı olacağı düşünülmektedir. Komor Adalarında elektrik üretiminde %95 oranında fosil yakıtlar kullanılmaktadır. Dolayısıyla fosil yakıtlara bağımlı olarak üretilen elektriğin fiyatı, 0,28 \$/kWh gibi yüksek bir değerdedir. Ayrıca yaşanan sürekli elektrik kesintileri Komor Adalarının ekonomisine ciddi bir şekilde zarar vermektedir. Bu duruma bir çözüm olarak yenilenebilir enerji kaynakları ve özellikle güneş enerjisi (parabolik oluk güneş kolektörü teknolojisi) ile enerji üretimine yönelmek önerilebilir.

Kaynaklar

- [1]Dinçer, F. (2011). Türkiye'de Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi Potansiyeli - Ekonomik Analizi ve AB Ülkeleri ile Karşılaştırmalı Değerlendirme. Kahraman Maraş Sütçü İmam Üniversitesi, Mühendislik Dergisi, 14(1), 8-17.
- [2]Saber, B., & Aboura, O. (2019). Prédiction des performances d'un capteur cylindro-parabolique.
- [3]Kepekçi, H. İ. (2014). Yoğunlaştırılmış Güneş Enerjisi Bileşenlerinin Analizi ve Tasarımı. Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 93s, Bursa.
- [4]Kahraman, M. Ü. (2018). Kütahya Bölgesi Güneş ve Rüzgâr Enerji Potansiyellerinin Tekno- ekonomik Analizi. Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 90s, Kütahya.
- [5]Kılıç, F. Ç. (2015). Güneş Enerjisi, Türkiye'deki Son Durumu Ve Üretim Teknolojileri. Mühendis ve Makina Dergisi, 56(671), 28-40.
- [6]Kocakuşak, R. (2018). Yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisinin, Türkiye'deki önemi ve ges kurulum araştırması. Maltepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 84s, İstanbul.
- [7]Yalçınkaya, Ç. (2019). Silindirik Parabolik Güneş Toplayıcılarının Takip Sistemlerinin İyileştirilmesi. Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 118s, Isparta.
- [8]Güngül, M., Bayraç, H. N., & Güllü, M. (2018). Türkiye'de Konutlarda Güneş Enerjisinden Elektrik Üretiminin TOPSIS Yöntemiyle Analizi. Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi, 1(3), 133-144.
- [9]Doğan, M. (2019). Güneş enerjisi santrallerinin incelenmesi ve verimlilik analizi. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 75s, Sakarya.
- [10]Şanlı, G. (2010). Parabolik oluk tipi güneş kolektörlerinin teorik olarak incelenmesi. Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 127s, Denizli.
- [11]Arslan, Ö. (2019). Yerleşkeler İçin Odaklamalı Güneş Enerji Sistemlerinden Enerji İhtiyacının Karşılanması. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 81s, İSPARTA.
- [12]Ly, E. H. (2017). Analyse et Modélisation d'un Capteur Cylindro-Parabolique. Université MOULOUD MAMMERI de Tizi-Ouzou, Faculté du Génie de la Construction, Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de Master, 52p, Algérie.
- [13]Şentürk, A. E. (2013). Bir entegre güneş kombine çevrim santrali fizibilite çalışması. İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 127s, İstanbul.
- [14]UDC. (2018). Développement des statistiques du bilan énergétique et d'un modèle de système énergétique pour l'Union des Comores. https://Archive.Uneca.Org/Sites/Default/Files/Images/SROs/EA/French/Developpement_des_statistiques_du_bilan_energetique_et_dun_modele_de_systeme_energetique_pour_lunion_des_comores.Pdf (21/11/2021), 1-56. www.uneca.org
- [15]MweziNet. (2009). L' Energie aux Comores. [Http://Www.Comores-Online.Com/Mwezinet/Energie/Cee.Htm](http://Www.Comores-Online.Com/Mwezinet/Energie/Cee.Htm), Erişim Tarihi: 14.07.2021.
- [16]Moindze, A. M., Kassim, M. A., & El-ganaoui, M. (2014). Etude sur la Vulnérabilité des Systèmes Photovoltaïques Utilisés aux Comores. Colloque International Francophone d'Energétique et Mécanique, CIFEM 2014, Moroni, Comores, 1-6.
- [17]Mehellou, S. (2018). Pompage optique des lasers par faisceau solaire. Université Kasdi Merbah

Ouargla, Faculté des Mathématiques et des Sciences de la Matière, Thèse de Doctorat, 171p, Algérie.

- [18] Kılıç, A., & Öztürk, A. (1983). Güneş Enerjisi. İstanbul Teknik Üniversitesi Makina Fakültesi, Türkçe, 1-331s, İstanbul.
- [19] Yassen, T. A. (2012). Experimental and Theoretical Study of a Parabolic Trough Solar Collector. *Anbar Journal for Engineering Sciences*, 5(1), 109–125.
- [20] Abed, N., & Afgan, I. (2020). An extensive review of various technologies for enhancing the thermal and optical performances of parabolic trough collectors. *International Journal of Energy Research*, 44(7), 5117–5164.
- [21] Cıçibıyık, C. (2012). Parabolik Oluk Tipi Güneş Kolektörü ile Enerji Üretimi. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 137s, ANKARA.
- [22] Duffie, J. A., & Beckman, W. A. (2013). Solar engineering of thermal processes. In *Design Studies* (Fourth Edi, Vol. 3, Issue 3). [https://doi.org/10.1016/0142-694x\(82\)90016-3](https://doi.org/10.1016/0142-694x(82)90016-3)