



# Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

*Araştırma Makalesi*

## Kanatlı Hayvan Çiftliği İçin Güneş Enerji Sisteminin Tasarımı ve Maliyet Hesabı

 Mehmet Onur KARAAĞAÇ<sup>a,\*</sup>,  Hasan OĞUL<sup>b</sup>,  Selahattin BARDAK<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Sinop Üniversitesi, Sinop, TÜRKİYE

<sup>b</sup> Nükleer Enerji Mühendisliği Bölümü, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Sinop Üniversitesi, Sinop, TÜRKİYE

<sup>c</sup> Endüstri Mühendisliği Bölümü, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Sinop Üniversitesi, Sinop, TÜRKİYE

\* Sorumlu yazarın e-posta adresi: okaraagac@sinop.edu.tr

DOI: 10.29130/dubited.490154

### ÖZET

Enerji, sanayileşmenin alt yapısı ve günlük hayatın vazgeçilmez bir unsurudur. Bu nedenle, enerji ihtiyacı ulusal ve uluslararası gündemde oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Enerji ihtiyacının her geçen gün artması ve sanayileşme hedefleri gerçekleştirilirken önemli çevre sorunlarının ortaya çıkmış olması gibi nedenlerle yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına olan ilgiyi artırmıştır. Bunun yanı sıra, kanatlı hayvan yetiştiriciliği Türkiye ve Dünyada hızlı büyüyen sektörlerden biridir. Bununla birlikte son zamanlarda çiftlik kapalı alanlarında iklimlendirme-havalandırma, aydınlatma ve besleme sistemleri kullanılması üretim kalite ve verimlerinin hızla artmasını sağlamaktadır. Buna endekslilik olarak, daha iyi kalite ve yüksek verime ulaşabilmek için kullanılan yöntem ve makinelerden dolayı enerji tüketimi de doğru orantılı olarak artmaktadır. Yapılan bu tesis tasarımıyla tavuk çiftliğinin çatısına yerleştirilen güneş panellerinden elde edilen elektrikle yemleme cihazlarının elektrikli motorları, aydınlatma ve iklimlendirme sisteminin elektriğinin karşılanması amaçlanmıştır. Tavuk çiftliğinin aylık ortalama elektrik tüketimi ise 2.778 kWh bulunmuştur. 1.000 adet tavuğun yetiştirileceği çiftlikte aylık ortalama elektrik tüketim maliyeti 1.290 TL, yıllık toplam maliyeti ise 15.480 TL olarak bulunmuştur. Çatıya kurulacak olan sistemin aylık ortalama üretimi 2.875 kWh olarak hesaplanırken yıllık toplam elektrik üretimi 34.510 kWh bulunmuştur. Çatıya yerleştirilen fotovoltaik panellerin kendini amorti süresi 6 yıl olarak hesaplanmış ve güneş enerjisi ile üretim yapan bu tesis tasarımı sayesinde 32.439,4 kg CO<sub>2</sub> salınımı da engellenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Yenilenebilir enerji sistemleri, Güneş enerjisi sistemleri, Tavuk çiftlikleri

## Design and Cost Analysis of Solar Energy System for Poultry Farm

### ABSTRACT

Energy is the indispensable element of everyday life and the infrastructure of industrialization. For this reason, the energy need is very important in the national and international agenda. As energy needs increase day by day and industrialization targets are being realized, there has been an increased interest in the use of renewable

energy sources, such as the emergence of significant environmental problems. Besides, poultry farming is one of the fastest growing sectors in Turkey and in the world. In addition, techniques such as poultry cooling-ventilation, feeding-irrigation, light-dark applications have recently resulted in a rapid increase in production quality and yield. Due to this, energy consumption is also increasing in direct proportion to the methods and machines used to achieve better quality and higher yield. The purpose of this facility is to meet the electricity of electric motors, lighting and air conditioning system of electric feeding equipment obtained from sun panels placed in the roof of chicken farm. The monthly average electricity consumption of the chicken farm is 2.778 kWh. The monthly average electricity consumption cost is 1.290 TL and the annual total cost is 15.480 TL in the farm where 1.000 chicken will be grown. The monthly average production of the system to be installed on the roof is calculated as 2.875 kWh, while the total annual electricity production is 34.510 kWh. The photovoltaic panels located on the roof itself were calculated as 6 years of amortization time, and 32.439,4 kg CO<sub>2</sub> emission was prevented due to this solar power plant design.

*Keywords: Renewable energy systems, Solar energy systems, Poultry farms*

## **I. GİRİŞ**

Enerji kullanımında hem çevreye duyarlılık hem de küresel ısınma ile mücadele yapabilmek için fosil yakıtlara alternatif olan yenilenebilir enerji sistemlerinin yaygın hale getirilmesi gerekmektedir. Enerji üretiminde en çok kullanılan fosil kaynaklı yakıtların çevreye verdiği zararlar ve fosil yakıtlara alternatif enerji türleri birçok çalışmada incelenmiştir [1-3]. Bu kapsamda sürdürülebilir kalkınma ve yeşil ekonomi terminolojileri adı altında yenilenebilir enerji sistemleri tartışılmaktadır. Bu tartışmaların en büyük sonucu olarak birçok ülke tarafından imzalanan Kyoto ve Montreal protokolleri örnek gösterilebilir. Bu anlaşmaların en büyük amacı temiz bir çevreye sahip olmak ve sahip olduğumuz dünyayı gelecek nesillere yaşanabilir şekilde taşınması gerektiğini vurgulamaktır. Bu protokoller enerji kaynağı olarak fosil yakıtlardan uzaklaşmayı ve yerine yenilenebilir enerji kaynaklarının tesisini sağlamayı hedeflemektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım uygulamaları güneş, rüzgâr, biokütle, hidroelektrik, dalga ve jeotermal enerji sistemleri olarak adlandırılabilir [4,5]. Enerji üretirken doğaya ve insanlara zarar vermeden üretim yaparak ülkenin elektrik ihtiyacının karşılanması ancak yenilenebilir enerji sistemleri sayesinde mümkün olmaktadır. Türkiye'nin coğrafi konumu ve yıllık ortalama güneşlenme süresi dikkate alındığında güneş enerji sistemleri en iyi seçeneklerden bir tanesi olarak düşünülebilir. Bu anlamda güneş enerjisi; yüksek potansiyeli, kullanım kolaylığı ve çevre dostu olması nedenleriyle kullanımı ülkemiz için büyük önem arz etmektedir.

Dünyada ve Türkiye'de güneş enerji sistemleri birçok alanda kullanılabilir. En basit örnek olarak hesap makineleri ve kol saatlerinin bazılarında bulunan küçük güneş hücreleri verilebilir. Bu güneş hücreleri güneşten gelen ışınlar yardımıyla elektrik enerjisi üreterek kullanıldıkları cihazların gücünü karşılayabilirler. İleri teknolojide kullanımına örnek olarak uzaya gönderilen uydu sistemleri için gerekli olan elektrik enerjisinin fotovoltaiik panellerden üretilmesi gösterilebilir. Günümüzde elektrik şebekesinin olmadığı yerleşim yerlerinden uzak bölgelerde ekonomik yönden uygun bir çözüm olarak fotovoltaiik panel kullanılması güneş enerji sistemlerinin diğer bir örneğidir. Ülkemizde Telekom istasyonlarında, deniz fenerlerinde, bahçe aydınlatmasında, sıcak su elde edilmesinde, güneş fırınlarında, Orman Genel Müdürlüğü yangın gözetleme istasyonlarında ve otoyol aydınlatmalarında güneş enerji sistemleri tercih edilmektedir [6-8].

Elektrik enerjisi üretiminin dışında güneş enerjisi meyve ve sebze kurutmada da kullanılmaktadır. Günümüzde geliştirilen solar kurutucular, hem mevcut olumsuzlukları azaltmış hem de enerji etkinliğini arttırmıştır [9]. Literatürde ayrıca sera ısıtılması amacıyla, fosil yakıtlar yerine güneş enerjisinin kullanımının gittikçe arttığı belirtilmiştir [10]. Güneş enerji sistemlerinin sanayide kullanımına örnek olarak deniz suyunun arıtılarak içme suyu elde edilmesi gösterilebilir. Maliyeti yüksek olmasından dolayı dezavantajları bulunmasına rağmen içme suyu sorunu yaşanan bölgelerin ihtiyacını karşılayabilmek için iyi bir çözüm olabilir [11]. Atay ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada güneş enerji sistemlerinin sulama sisteminde kullanımı incelenmiştir. PV destekli sulama sisteminin gerçek arazi koşullarında sulama ve ürün performanslarını deneysel olarak çalışmışlardır [12]. Enerji tüketimi ve maliyeti hızlı bir şekilde arttığı için hali hazırda uygulaması olan güneş enerji sistemlerinin uygulama alanlarının genişletilmesi gerekmektedir.

Literatüre bakıldığında tavuk çiftliklerinde ilk çalışma, Byrne ve ark. tarafından Nisan 2005’de Delaware da bulunan bir tavuk çiftliğinde güneş enerji sistemleri kullanılarak elektrik üretimi ve fizibilite çalışmasıdır [13]. Yapmış oldukları bu çalışmada PV panellerinin kullanımının tavuk üreticileri için daha ekonomik olduğu belirtmişlerdir. Amerika’da yapılan bu çalışmaya ek olarak 2009 yılında Akyüz ve ark. Balıkesir ilinde bulunan tavuk çiftliği için off-grid (şebekeden ayrık) rüzgar-güneş hidrid sisteminin uygulanabilirliği üzerine bir çalışma yapmışlardır. Ele aldıkları tavuk çiftliğinde enerji giderlerini yakıt tasarrufu açısından incelemişlerdir. Tavuk çiftliklerinde elektrik enerjisi ihtiyacını karşılamak için farklı kaynaklar kullanmışlardır. Dizel jeneratör yıllık 26.467 kWh elektrik enerjisi üretiminde çevreye 35,8 ton CO<sub>2</sub>, 668 kg PM, 790 kg NO<sub>x</sub> gazlarının salındığı bulunmuştur. Fotovoltaik sistemin kullanılması durumunda 7,4 ton CO<sub>2</sub> gazı salınımının düştüğünü bulmuşlardır [14]. Bu çalışmada ise Aydın ilindeki bir tavuk çiftliğinin elektrik ihtiyacını karşılamak için on-grid (şebekeye paralel) güneş enerji sisteminin tasarımı, toplam sistem maliyeti ve ekonomik analizi yapılmıştır.

## A. TÜRKİYE’NİN GÜNEŞ ENERJİ POTANSİYELİ

Türkiye’nin yıllık ortalama güneş ışınım şiddeti 1.598 kWh/m<sup>2</sup>yıl, yıllık ortalama güneşlenme süresi ise 2.623 saattir, günde yaklaşık 7,2 saat güneşlenme süresine denk gelirken toplamda ise 110 günlük bir güneşlenme süresine denk gelmektedir. Başka bir ifadeyle günlük 3,6 kWh/m<sup>2</sup> enerji üretilebileceği anlamına gelmektedir. Birçok çalışmada belirtildiği üzere ülkemizin fotovoltaik paneller kullanarak elektrik üretim potansiyeli çok yüksektir. Bazı referanslara göre bu seviyenin 600 bin MW olarak hesaplandığı söylenebilir [15,16]. Ayrıca, diğer yenilenebilir enerji kaynaklarıyla karşılaştırıldığında güneş, Türkiye’de en fazla potansiyele sahip enerji kaynağıdır. 2018 yılı itibarıyla elektrik enerjisi toplam kurulu gücünün yaklaşık 83 bin MW olduğu göz önüne alındığında güneş enerjisindeki potansiyelin üretime dönüştürülmesinin önemi anlaşılmaktadır. Türkiye global radyasyon değerlerine ele alındığında 6.570 Wk/m<sup>2</sup>-gün ile en fazla güneş ışınımının haziran ayında geldiğini, Türkiye güneşlenme süreleri dikkate alındığında ise temmuz ayında 11,31 saat ile en yüksek güneşlenmenin gerçekleştiğini görülebilmektedir [17].

Şekil 1’de Türkiye’nin güneş enerji potansiyel haritası verilmiştir. Haritaya bakıldığında Türkiye’nin güneyine doğru gidildikçe 1 m<sup>2</sup> alana gelen yıllık ortalama güneş radyasyon miktarının arttığı görülmektedir. Türkiye’nin hem enlem değeri büyük hem de rutubetli olması nedeniyle en az ışınım alan bölgesi Orta ve Doğu Karadeniz bölgesidir. Atmosferdeki yüksek oranda su buharı, güneş ışınımının geçmesine engel olmaktadır. Güney Ege ve Orta Anadolu Bölgeleri orta derecede ışınım

almaktadır. Doğu Akdeniz ve Doğu Anadolu bölgeleri ışınım değerleri iyi olan bölgelerimizken, Batı Akdeniz ve Güney Doğu bölgesinin sağ en alt ucu ise ışınım değerleri en iyi olan bölgemizdir. Sert ve soğuk iklime sahip bu yer kışın en fazla ışınım alan yerdir ve rakımı yüksektir. Havadaki su buharı, yağmur ve kar şeklinde yoğunlaşmakta ve atmosfer daha berrak olup güneş ışınımının engellenmesi en az seviyededir [16].



*Şekil 1. Türkiye güneş enerji potansiyel haritası.*

Yenilenebilir enerji daha temiz bir çevre ve küresel ısınmayı önlemek için yapılan çalışmalara destek olmasının yanı sıra, Tablo 1’de görüldüğü gibi tüm yenilenebilir enerji kaynakları yerli kategorisinde sınıflandırıldığı için ülkelerin dışa bağımlılığını azaltmakta da çok önemli bir rol oynamaktadır.

**Tablo 1. Elektrik Üretiminde Yerlilik Oranı (19.04.2018).**

Yerli kaynaktan üretim	366.216.990	%52,13
İthal kaynaktan üretim	336.347.070	%47,87

## B. KANATLI HAYVAN ÇİFTLİKLERİ

Bıldırcın, sülün, keklik, devekuşu, ördek, kaz, hindi ve tavuk kanatlı hayvan grubunda sınıflandırılabilir. Bu türler içerisinde dünyada ekonomik değeri diğerlerine göre iyi olan tavuk eti ve yumurtası yaygınca tüketilmekte ve yetiştirilmektedir. Bu çalışmada Türkiye için finansal açıdan değeri olan kümes hayvanları işletmeciliği ortaya konmuştur. Üretim aşamasında az işçilik ve sermaye gerektirmeleri ve beyaz etin kırmızı ete oranla daha ucuz olması nedenleriyle gelişmekte olan bu sektör ülkemizin kırsal alanlarında yapılmakta ve buralardan elde edilen ürünler insanların protein ihtiyaçlarını karşılamakta ve bütçelerine katkıda bulunmaktadır [18]. Türkiye’de kişi başına tüketilen et miktarı 1990 yılından 2016 yılına kadar 6,39 kat artmıştır. Hızlı bir yükseliş gözlemlenmesine rağmen, belirtilen rakamlar Avrupa Birliği üye ülkelerinin altındadır [19].

Kanatlı hayvan yetiştiriciliği Türkiye ve Dünyada hızlı büyüyen sektörlerden biri olmasının yanı sıra son zamanlarda çiftlik kapalı alanlarında iklimlendirme-havalandırma, aydınlatma ve besleme sistemleri kullanılması üretim kalite ve verimlerinin hızla artmasını sağlamaktadır [20]. Buna endeksli olarak, daha iyi kalite ve yüksek verime ulaşabilmek için kullanılan makinelerde enerji tüketimi de doğru orantılı olarak artmaktadır. Bu da üretim maliyetlerine direk etki etmektedir. Bu çalışmada, artan bu elektrik ihtiyacımızı karşılamak hem de küresel anlamda iklim değişikliğinin önlenmesine

yardımcı olabilecek enerji üretirken doğaya ve insanlara zarar vermeyen ülkemizin büyük bir potansiyele sahip olduğu güneş enerjisinin kullanıldığı yeni bir tasarım olan tavuk çiftliklerinin aydınlatma, besleme ve iklimlendirme sistemleriyle entegre bir tesis tasarım yapılması amaçlanmıştır.

## **II. SİSTEM TANITIMI**

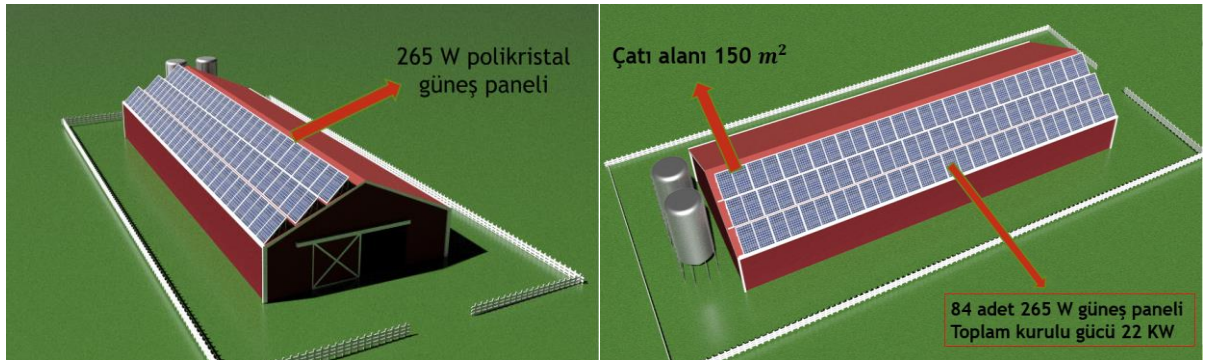
Tavuk çiftliğinin çatısının üzerine kurulacak olan güneş enerji sistemi şebekeye paralel (on-grid) sistemdir. Bu seçim çift taraflı sayaç kullanma zorunluluğu yaratırken elektrik depolama maliyetleri ortadan kaldırılacak fazla üretilen elektrik satışı yapılacaktır. Çatısına yerleştirilen güneş panellerinden yemleme cihazlarının motorlarının, aydınlatma ve iklimlendirme sisteminin çalışması için gereken elektriğinin elde edilebilecek şekilde sistemimiz tasarlanmıştır. Tavuk çiftliği için gerekli olan elektrik enerjisini güneşten karşılamaktaki amaç sistemin otomatik olarak çalışması, bakım ve onarım maliyetlerinin düşük ve herhangi bir manuel komuta ihtiyaç duyulmamasıdır. Bunların yanı sıra çiftlikte gündüz ihtiyaç duyulan elektriğin tamamı sistem tarafından karşılanıp yalnızca gece şebekeden satın alma yapılacağı için tavuk üretim maliyetlerinin düşürülmesi planlanmaktadır.

Yapılacak olan çiftliğin özellikleri aşağıda belirtilmiştir:

- Referans il olarak Aydın seçilmiştir. Hali hazırda Aydın ilinde 29 tane tavuk çiftliği bulunmakta ve yıllık güneş radyasyon miktarı bu il için Türkiye ortalaması değerlerindedir.
- Standartlara göre 1 m<sup>2</sup> alanda 13-14 adet tavuk yetiştirilebilir [18]. Yapılacak olan endüstriyel tasarım için 1000 adet tavuk 150 m<sup>2</sup> kapalı alan bulunmaktadır.
- Tavuk çiftliğinin aydınlatma sisteminin günlük ortalama 20 saat çalıştığı varsayılmıştır [21].
- İklimlendirme sistemin ortam sıcaklığını 18-30 °C ve nem oranını ise %50-70 arasında tuttuğu kabul edilmiştir [21].

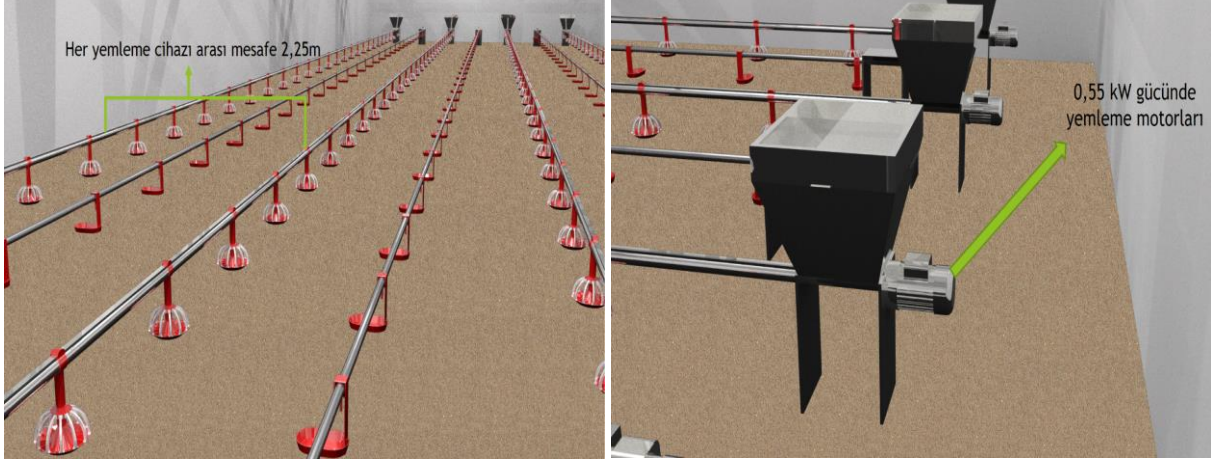
### **A. ÜÇ BOYUTLU TAVUK ÇİFTLİĞİ ÇİZİMLERİ**

Yaz-kış elektrik ihtiyacının güneş panellerinden elde edilecek olmasından dolayı 7,5x20 m boyutlarında tavuk çiftliğinin çatısının güney cephesine referans il için seçilen Aydın ilinin enlem derecesine (37°) göre güneş panellerinin montajı yapılmıştır. Şekil 2’te tavuk çiftliği çatısına fotovoltaik güneş panellerinin monte edilmiş hali gösterilmiştir. Tavuk çiftliğinin çatı alanı 150 m<sup>2</sup> olarak ele alınmış 84 adet 265 W polikristal fotovoltaik (1,6 m<sup>2</sup>) panel yerleştirilmiştir. Kurulan çatı üstü güneş enerji sisteminin (GES) toplam gücü 22 kW olarak belirlenmiştir.



*Şekil 2. Tavuk çiftliğinin çatısına fotovoltaik güneş paneli uygulaması.*

Şekil 3'te ise planlanan tavuk çiftliğinin iç kısmı gösterilmektedir. Kapalı alan içerisinde 4 sıra besleme ve 3 sıra sulama sistemi bulunmaktadır. Her bir besleme sisteminin arası 2,25 m'dir. Besleme ve sulama sistemleri toplam 7 adet 0,55 kW gücündeki motorlar ile sağlanmaktadır.



Şekil 3. Tavuk çiftliği iç görünümü.

### **III. MATARYEL VE YÖNTEM**

#### **A. AYDINLATMA**

Tavuk çiftliklerinde aydınlatma sistemi yataklık seviyesinden minimum 2 metre yukarıda olması ve 1 m<sup>2</sup> alana 2– 2,5 W ışık şiddeti olacak şekilde yapılması tavsiye edilmektedir [21].

$$\text{Aydınlatma gücü } (W_A): \quad A(m^2) * W_L (\text{watt}/m^2) \quad (1)$$

$$\text{Aylık aydınlatma enerji tüketimi } (W_{TA}): \quad W_A(W) * GCS (\text{h}/\text{gün}) * \text{İG} \left( \frac{\text{gün}}{\text{ay}} \right) * 1\text{kW}/1000\text{W} \quad (2)$$

$$\text{Aylık Aydınlatma maliyeti } (Z_A): \quad W_T * EBF (\text{TL}/\text{kWh}) \quad (3)$$

Burada  $W_A$  aydınlatma gücü, A aydınlatılacak ortamın alanını,  $W_L$  1 m<sup>2</sup> aydınlatma için gerekli güç 2,25 W alınmıştır,  $W_{TA}$  aylık aydınlatma enerjisi, GCS günlük çalışma süresi 20 saat alınmıştır, İG aydınlatmanın bir ayda çalıştığı gün sayısı 30 gün alınmıştır,  $Z_A$  aylık aydınlatma maliyetini, EBF elektrik birim fiyatı 0,47 (TL/ kWh) alınmıştır.

#### **B. İKLİMLENDİRME**

Çiftliklerde yetiştirilecek olan tavukların sağlıklı olarak yaşayabilmeleri ve gelişebilmeleri için ortamın belli bir standartta olması şarttır. Bu şartları sağlayabilmek ve daha hızlı bir büyüme hızı için iklimlendirme santrali kullanılması uygundur. İklimlendirme santrali ısıtma-soğutma, havalandırma ve nemlendirme yapabilen sistemlerdir. Kümes tipine ve yaşa bağımlı olarak takip edilmesi gereken sıcaklık aralıkları Tablo 2'da gösterilmiştir.

**Tablo 2.** Kümes tipi ve yaşa bağımlı olarak tavsiye edilen sıcaklık değerleri [21].

Yaş (Hafta)	Kümes içi sıcaklık (°C)	
	Pencereli-perdeli kümes	Çevre denetimli kümes
1	32,2	29,4-31
2	29,4	26,7-28,3
3	26,7	23,9-25,5
4	26,7	23,9
5	23,9	21,1
6	21,1	21,1

$$\text{Mahal hacmi}(V) : E (m) * B (m) * Y(m) \quad (4)$$

$$\text{Isı kaybı (IK): } V (m^3) * BHK (kcal/m^3) \quad (5)$$

$$\text{İklimlendirme enerjisi tüketimi } (W_{IK}) : IK(kcal) * 0,001163 (kWh/kcal) \quad (6)$$

$$\text{İklimlendirme enerji } (W_{iG}) : W_{IK} (kWh) * \dot{I}G \left( \frac{\text{gün}}{\text{ay}} \right) \quad (7)$$

$$\text{Aylık iklimlendirme maliyeti } (Z_i) : W_{iG} \left( \frac{kWh}{ay} \right) * EBF (TL/kWh) \quad (8)$$

Burada V İklimlendirilecek ortamın hacmini, E eni, B boy, Y yüksekliği ifade eder ve sırasıyla bu değerler 7,5 m, 20 m, 9 m alınmıştır, IK ısı kaybını, BHK birim hacimden kaybolan ısı miktarını,  $W_{IK}$  iklimlendirme enerjisini,  $W_{iG}$  iklimlendirme enerjisini,  $Z_i$  aylık iklimlendirme maliyetini ifade etmektedir. BHK 49,8 kcal / m<sup>3</sup> alınmıştır [22]. BHK değerini çiftliğin bulunduğu bölge ve binanın yalıtım parametreleri kullanarak bulunmuştur.

### C. BESLEME VE SULAMA SİSTEMİ

Su, insanlarda da olduğu gibi kanatlı hayvanlar için hayati öneme sahiptir. Hayvanların yem tüketim miktarına da direk katkıda bulunmaktadır. Hem yem hem su tüketim miktarına ise kümes sıcaklığının etkisi bulunmaktadır. Bundan dolayı doğru bir şekilde besleme ve sulama sistemi çalıştırılmalıdır. Tablo 3'de seçilen kümes sıcaklığının hayvanların su ve yem kullanımına etkisi ifade edilmiştir.

**Tablo 3.** Kümes sıcaklığının su ve yem kullanımına etkisi [21].

Kümes sıcaklığı (°C)	Yem/su kullanımı
4	1,7
10	1,7
16	1,8
21	2,0
27	2,8
38	4,5

$$\text{Toplam motor gücü}(W_{TM}): MA (adet) * W_{MG} (kW) \quad (9)$$

$$\text{Aylık motor enerji tüketimi } (W_M): W_{TM} (kW) * GCS (h/gün) * İG (gün/ay) \quad (10)$$

$$\text{Aylık motor maliyeti } (Z_M): W_M (kWh/ay) * EBF (TL/kwh) \quad (11)$$

$$\text{Toplam Sistem Tüketimi } (W_T): W_{TA} \left(\frac{kWh}{ay}\right) + W_{İG} \left(\frac{kWh}{ay}\right) + W_M \left(\frac{kWh}{ay}\right) \quad (12)$$

$$\text{Toplam Aylık Tüketim Maliyeti } (Z_T): Z_A (TL) + Z_i(TL) + Z_M (TL) \quad (13)$$

Burada  $W_{TM}$  toplam motor gücü, MA kullanılan motor adetini,  $W_{MG}$  motor gücünü,  $W_M$  aylık motor enerjisi,  $Z_M$  motorların aylık elektrik tüketim maliyetlerini,  $W_T$  tavuk çiftliğinin aylık toplam elektrik enerji,  $Z_T$  tavuk çiftliğinin aylık elektrik tüketim maliyetini ifade etmektedir. Motorların günlük 2 saat çalıştığı kabul edilmiştir. Tablo 4’de tüm hesaplama sonuçları verilmiştir.

**Tablo 4. Hesaplama sonuçları.**

Aydınlatma	İklimlendirme	Besleme ve sulama sistemi	Sistem toplam enerji tüketimi
$W_A=337,5 W$	$W_{İK}=78,15 kWh$	$W_{TM}=3,85 kW$	
$W_{TA}=202,5 kWh/ay$	$W_{İG}=2.344,5 kWh/ay$	$W_M=231 kWh/ay$	$W_T=2.778 kWh / Aylık$
$Z_A=95 TL$	$Z_i=1.088 TL/ay$	$Z_M=107 TL/ay$	$Z_T=1.290 TL / Aylık$

#### D. GÜNEŞ PANELLERİ UYGULANMASI

Tablo 5’de tavuk çiftliği çatısına kurulacak olan güneş enerji santralinin Mart 2018 kur bilgilerine göre her ekipmanın birim ve toplam maliyetleri verilmiştir. Tablodan da görüldüğü gibi güneş santralinin en yüksek maliyetli ekipmanı 68.000 TL ile fotovoltaik paneller ve 24.000 TL ile invertördür.

**Tablo 5. Güneş santrali kurulum maliyeti [23].**

Ges santral ekipmanları	1 watt birim fiyatı (TL)	22 kW maliyeti (TL)
Güneş Paneli	3,4	68.000
İnvertör	1,2	24.000
Konstrüksiyon	0,5	10.000
Kablolama	0,385	7.700
Koruma Ekipmanları	0,35	7.000
Trafo	0,33	6.600
Diğer (işçilik, ulaşım vb.)	0,4	8.000
	TOPLAM	112.700

Aşağıdaki Tablo 6’da aydın ilinin aylara göre güneş ışınım şiddeti ve ortalama güneşlenme süreleri verilmiştir. Tabloya göre Aydın ilinin en fazla aylık ortalama güneş ışınımı sırasıyla haziran, temmuz, mayıs ve ağustos aylarında gelirken, en yüksek güneşlenme süreleri sırasıyla temmuz, haziran ve ağustos aylarında olduğu görülmektedir.

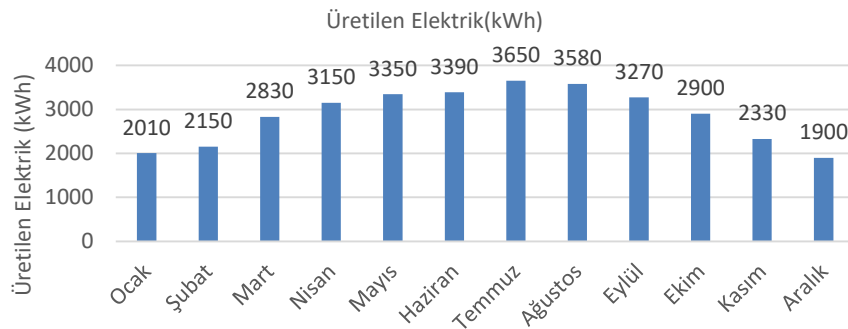


**Tablo 6.** Aydın ili için global radyasyon değerleri ve ortalama güneşlenme süreleri [24].

Aylar	Global radyasyon değerleri (kWh/m <sup>2</sup> -gün)	Güneşlenme Süreleri (saat)
Ocak	1,99	5,16
Şubat	2,30	5,98
Mart	4,01	7,00
Nisan	5,18	8,09
Mayıs	6,03	9,76
Haziran	6,61	11,79
Temmuz	6,35	12,09
Ağustos	5,92	11,45
Eylül	4,86	9,85
Ekim	3,77	7,67
Kasım	2,38	5,76
Aralık	1,79	4,45

## E. GÜNEŞTEN ELDE EDİLEN ENERJİ

Tavuk çiftliği çatısına kurulan güneş enerji santralinden aylara göre üretilen elektrik miktarları şekil 4’de verilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere sistemden en fazla enerji 3.650 kWh ile temmuz ayında üretilmiştir. Kurulacak olan güneş enerji santralinden 1 yıl boyunca ortalama aylık 2.875 kWh enerji üretilirken yıllık toplam elektrik üretiminin ise 34.510 kWh olması beklenmektedir. Aydın ilinde yapılacak olan bu işletme için elde edilebilecek elektrik enerjisi hesaplamaları European Commission tarafından hazırlanan photovoltaic geographical information system üzerinden yapılmıştır.



**Şekil 4.** Fotovoltaik panellerden aylara göre üretilen elektrik.

## F. SİSTEMİN ÇEVRESEL ETKİSİ

Kömür ile çalışan termik santrallerde 1 kWh elektrik üretebilmek için salınan CO<sub>2</sub> miktarı Carbon Neutral Charitable Fund (CNCF) online hesaplama programı ile belirlenmiştir. Bu programa göre 1 kWh elektrik enerjisi elde edebilmek için atmosfere 0,94 kg CO<sub>2</sub> gazı salınmaktadır [25]. Bu değer göz önüne alındığında tamamen temiz enerji ile üretim yapan bu tesis tasarımı sayesinde yıllık engellenen CO<sub>2</sub> miktarı:

$$(CO_2)_{engellenen} = \text{Yıllık üretilen toplam elektrik (kWh/yıl)} * 0,94 \left( \frac{kg}{kWh} \right) \quad (14)$$

Denklem 14 kullanılarak toplam engellenen CO<sub>2</sub> miktarı değeri 32.439,4 kg olarak hesaplanmıştır.

## G. YATIRIMIN GERİ ÖDEME SÜRESİ

Yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanımına ilişkin kanunda güneş enerjisine dayalı üretim tesisinde, devlet 10 yıl boyunca sabit fiyattan alıp garantisi yapacağını bildirmiş ve 0,133 dolar / kWh olarak belirlemiştir.

$$\text{Satılan elektrikten elde edilen gelir} = \text{Yıllık üretilen toplam elektrik (kWh/yıl)} * \text{Elektrik birim satış fiyatı} \left( \frac{TL}{kWh} \right) \quad (15)$$

$$\text{Yatırım geri ödeme süresi} = \frac{\text{Toplam yatırım tutarı}}{\text{Satılan elektrikten elde edilen gelir}} \quad (16)$$

Güneş santrali kurulum maliyeti Mart 2018 değerlerine göre hesaplandığı için elektrik birim satış fiyatı Mart 2018 dolar kuru (1 dolar = 3,90 TL) olarak alınmış ve denklem 15 çözüldüğünde 17.900 TL yıllık elektrik satışından gelir elde edildiği görülebilmektedir. Bulunan bu değer toplam yatırım tutarı olan 112.700 TL rakamına bölüldüğünde yatırımın geri ödeme süresi 6,2 yıl olarak bulunmaktadır.

## IV. SONUC

Son yıllarda enerji tüketiminin artmasıyla birlikte kullanımı artan fosil yakıtların çevreye verdiği zararları ve dışa bağımlılığı azaltmak için yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgiyi artırmıştır. Bu bağlamda büyük bir yenilenebilir enerji potansiyeline sahip olan ülkemizde bu sistemlerin kullanımının yaygın hale getirilmesi gerekmektedir. Diğer yenilenebilir enerji kaynaklarıyla karşılaştırıldığında güneş, Türkiye’de en fazla potansiyele sahip enerji kaynağıdır. Kanatlı hayvan çiftlikleri de her geçen gün hızla büyüyen ve güneş enerji sistemlerinin uygulanabileceği tesislerdendir. Bu çalışmada tavuk çiftliğinin çatısına yerleştirilen güneş panellerinden elde edilen elektrikle yemleme cihazlarının motorlarının enerjisinin yanı sıra aydınlatma ve iklimlendirme sistemlerinin elektriği de karşılanmıştır.

Tavuk çiftliğinin çatısına kurulan 22 kW gücündeki çatı üstü güneş enerji sisteminin toplam maliyeti 112.700 TL olarak hesaplanmıştır. Tavuk çiftliğinin aylık ortalama elektrik tüketimi ise 2.778 kWh bulunmuştur. 1.000 adet tavuğun yetiştirileceği çiftlikte aylık ortalama elektrik tüketim maliyeti 1.290 TL, yıllık toplam maliyeti ise 15.480 TL olarak bulunmuştur. Çatıya kurulacak olan sistemin aylık ortalama üretimi 2.875 kWh olarak hesaplanırken yıllık toplam elektrik üretimi 34.510 kWh bulunmuştur. Batarya sisteminden ziyade gündüz üret, fazlasını sat, akşam ise daha düşük birim fiyattan satın alma tercih edildiği için batarya ücreti ve yenilenmesi gibi sorunların ortadan kaldırılması planlanmıştır. Böylece gündüz fazla üretilen ortalama 1.100 kWh elektrik yerli üretim teşvikinden yararlanılarak daha yüksek birim fiyattan satılırken gece daha düşük birim fiyattan elektrik

alımı yapılması durumunda sistemin kendisini amorti süresi yaklaşık 6 yıl olarak hesaplanmıştır. Güneş enerji sistemlerinin ortalama ömrü 25 yıl olduğu düşünülürse yaklaşık 19 yıl boyunca üreticinin maliyetlerinde önemli ölçüde azalma olacağı tahmin edilmektedir. Maliyetlerdeki düşüşe ek olarak, tasarlanan güneş sisteminin çevreye etkisi de incelenmiştir. Günlük hayatımızda ve sanayi alanında kullanılan elektriğin üretimi için 1 kWh başına doğaya 0,94 kg karbon dioksit salınımı yapıldığı kabul edildiğinde tamamen temiz enerji ile üretim yapan bu tesis tasarımı sayesinde termik santrale kıyasla 32.439,4 kg CO<sub>2</sub> salınımı engellenmiştir.

## **V. KAYNAKLAR**

- [1] T. Jia, Y. Dai and R. Wang, “Refining energy sources in winemaking industry by using solar energy as alternatives for fossil fuels: A review and perspective”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 88, pp. 278-296, 2018.
- [2] S. V. Vassilev, C. G. Vassileva and V. S. Vassilev, “Advantages and disadvantages of composition and properties of biomass in comparison with coal: An overview”, *Fuel*, vol. 158, pp. 330-350, 2015.
- [3] A. C. Marques José, J. A. Fuinhas and D. A. Pereira, “Have fossil fuels been substituted by renewables? An empirical assessment for 10 European countries”, *Energy Policy*, c. 116, ss. 257-265, 2018.
- [4] A. Özen, M. Ü. Şaşmaz ve E. Bahriyar, “Türkiye’de Yeşil Ekonomi Açısından Yenilenebilir Bir Enerji Kaynağı: Rüzgar Enerjisi”, *KMÜ Sosyal Ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, c. 17 s. 28, ss. 85-93, 2015.
- [5] F. Taktak ve M. İlı, “Güneş Enerji Santrali (GES) Geliştirme: Uşak Örneği”, *Geomatik Dergisi*, c. 3 s. 1, ss.1-21, 2018.
- [6] K. M. Varınca ve M. T. Gönüllü, “Türkiye’de Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Bu Potansiyelin Kullanım Derecesi, Yöntemi ve Yaygınlığı Üzerine Bir Araştırma”, I. Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi, Eskişehir, Türkiye, 2006, ss. 270-275.
- [7] S. Indora and T. C. Kandpal, “Institutional cooking with solar energy: A review”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 84, pp. 131-154, 2018.
- [8] E. Warman, F. S. Nasution and F. Fahmi, “Energy cost unit of street and park lighting system with solar technology for a more friendly city”, IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci., Medan, Indonesia, pp. 126, 2018.
- [9] K. Al-Juamily, A. Khalifa and T. Yassen, “Testing of the Performance of a Fruit and Vegetable Solar Drying System in Iraq”, *Desalination*, vol. 209, pp. 163–170, 2007.
- [10] B. Kendirli ve B. Çakmak, “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Sera Isıtmasında Kullanımı”, *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, c. 2, s. 1, ss. 95-103, 2010.

- [11] Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (2018, 19 Kasım). [Online], Erişim: <http://www.eie.gov.tr/>.
- [12] Ü. Atay, Y. Işıker ve B. Yeşilata, “Güneş Enerjili Damla Sulama Sistemi Arazi Performansının Deneysel Değerlendirilmesi”, *Mühendislik ve Makine*, c. 53, s. 634 ss. 15-20, 2012.
- [13] J. Byrne, L. Glover, S. Hegedus and G. Van Wicklen, “The Potential Of Solar Electric Applications For Delaware’s Poultry Farms”, Center for Energy and Environmental Policy, University of Delaware, 2005.
- [14] E. Akyüz, M. Bayraktar ve Z. Oktay, “Hibrid Yenilenebilir Enerji Sistemlerinin Endüstriyel Tavukçuluk Sektörü İçin Ekonomik Açından Değerlendirilmesi: Bir Uygulama”, *Balıkesir Üniversitesi FBE Dergisi*, c. 11, s.2, ss. 44-54, 2009.
- [15] Yenilenebilir Genel Enerji Müdürlüğü. (2018, 29 Mayıs). *Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası* [Online]. Erişim: <http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx>
- [16] K. M. Aksungur, M. Kurban ve F. Ü. Başaran, “Türkiye’nin Farklı Bölgelerindeki Güneş Işınım Verilerinin Analizi ve Değerlendirilmesi”, 5. Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu, Kocaeli, Türkiye, 2013.
- [17] Enerji Verimliliği Portalı. (2018, 02.Haziran) *Türkiyenin Güneş Enerji Potansiyeli* [Online] Erişim: <https://enverportal.yegm.gov.tr/?q=content/bilgi-bankas%C4%B1>
- [18] Etlik Piliç Yetiştirme Klavuzu, V. Hayvancılık Tavukçuluk Alt Projesi Teknik Destekleme Hizm. Merkezi Eğitim Koordinatörlüğü
- [19] BESD-BİR. (2018, 20 Nisan). *Türkiye kanatlı eti üretimi 1990-2016* [Online] Erişim: <http://www.besd-bir.org/istatistikler>
- [20] BESD-BİR (2018, 20 Nisan). *Türkiye kişi başı kanatlı eti tüketimi 1990-2016* [Online] Erişim: <http://www.besd-bir.org/istatistikler>
- [21] T.C. Millî Eğitim Bakanlığı, *Hayvan Yetiştiriciliği Etlik Piliç Yetiştiriciliği*, Ankara, 2013.
- [22] A. Saraloğlu. (2018, 09 Haziran). *Pratik Isı Kaybı Hesabı* [Online]. Erişim: <http://atilasaraloglu.com/IsiKaybi.aspx>
- [23] Solar İnvento. (2019, 20 Eylül). *Güneş Enerji Santrali* [Online]. Erişim: <http://solar.inventoturkiye.com/1-mw-lisanssiz-ges/>
- [24] European Commission. (2018, 01 Haziran). *Photovoltaic Geographical Information System* [Online]. Erişim: [http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/tools.html](http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html)
- [25] Carbon Neutral Charitable Fund. (2018, 05 Eylül). Carbon Calculator Erişim: <https://cnf.com.au/carbon-calculator/>