**T.C.**
**ERCİYES ÜNİVERSİTESİ**
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**
**BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

# SERADA KULLANILAN CİHAZLARIN ENERJİ İHTİYAÇLARININ GÜNEŞ ENERJİSİ YARDIMI İLE KARŞILANMASI

**Hazırlayan**
**Şener POLAT**

**Danışman**
**Doç. Dr. Sinan GERÇEK**
**Prof. Dr. Halil KIRNAK**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Ağustos 2018**
**KAYSERİ**

**T.C.**
**ERCİYES ÜNİVERSİTESİ**
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**
**BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

# SERADA KULLANILAN CİHAZLARIN ENERJİ İHTİYAÇLARININ GÜNEŞ ENERJİSİ YARDIMI İLE KARŞILANMASI

**(Yüksek Lisans Tezi )**

**Hazırlayan**
**Şener POLAT**

**Danışman**
**Doç.Dr. Sinan GERÇEK**
**Prof. Dr. Halil KIRNAK**

**Bu çalışma; Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi Tarafından FLY-2017-7330 kodlu proje ile desteklenmiştir.**

**Ağustos 2018**
**KAYSERİ**

## BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Adı-Soyadı Şener POLAT

İmza : 

## YÖNERGEYE UYGUNLUK

**"Serada Kullanılan Cihazların Enerji İhtiyaçlarının Güneş Enerjisi Yardımı ile Karşılanması"** adlı Yüksek Lisans tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi' ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Hazırlayan

**Şener POLAT**

Danışman

**Doç. Dr. Sinan GERÇEK**

Biyosistem Mühendisliği ABD Başkanı

Doç. Dr. Ali ÜNLÜKARA

# KABUL ONAY

Doç. Dr. Sinan GERÇEK danışmanlığında **Şener POLAT** tarafından hazırlanan "**Serada Kullanılan Cihazların Enerji İhtiyaçlarının Güneş Enerjisi Yardımı ile Karşılanması**" adlı bu çalışma jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalında **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

16/08/2018

**JÜRİ:**

Danışman : Doç. Dr. Sinan GERÇEK .....

Üye : Doç. Dr. Cevdet SAĞLAM .....

Üye : Prof. Dr. Cafer GENÇOĞLAN .....

ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun 11/09/2018 tarih ve 2018/42-13 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

11 / 09 / 2018

Prof. Dr. Mehmet AKKURT

Enstitü Müdürü

## ÖNSÖZ / TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın yazım ve değerlendirme aşamasında her türlü destek ve katkıyı sağlayan, Danışmanın Doç. Dr. Sinan GERÇEK ve Prof. Dr. Halil KIRNAK'a desteklerinden dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmalarım sırasında hep yanımda olan ve desteklerini esirgemeyen değerli arkadaşlarıma, hayatım boyunca yanımda olan ve ideallerimi gerçekleştirmemi sağlayan annem, babam, kardeşlerim ve eşim Beyza POLAT'a, en özeli ise varlığı ile hayatımı dolduran oğlum Metin'e sonsuz teşekkür ederim.

Bu çalışmaya maddi destek veren Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne teşekkürlerimi sunarım.

Şener POLAT

Kayseri, Ağustos 2018

# SERADA KULLANILAN CİHAZLARIN ENERJİ İHTİYAÇLARININ GÜNEŞ ENERJİSİ YARDIMI İLE KARŞILANMASI

**Şener POLAT**

**Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü**
**Yüksek Lisans Tezi, Ağustos 2018**
**Danışmanlar: Doç. Dr. Sinan GERÇEK, Prof. Dr. Halil KIRNAK**

## ÖZET

Bu çalışmada; serada üretim için en uygun şartların sağlanmasında kullanılan elektriğin, fotovoltaik sistem ile güneşten elde edilmesi ve kullanılması araştırılmış, şebeke elektriği ile karşılaştırılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre fotovoltaik sistem ile günlük ve aylık ortalama elektrik üretimi sırasıyla 6.79 ve 206 kWh tir. Bir yılda metrekareye düşen ortalama günlük ve küresel radyasyon miktarları ise sırasıyla 5.26 ve 160 kWh/$m^2$ olarak bulunmuştur. Elde edilen bulgulara göre yıl boyunca 2.476,00 kWh elektrik enerjisi üretimi gerçekleşmiştir. Bu değerin güncel tutarı 1.138,96 TL dir. Sera içerisinde bulunan elektrikli cihazların yıl boyunca harcadığı elektrik enerjisi tüketim miktarı 2.325,00 kWh, tutarı ise 1.069,62 TL'dir. Buna göre fotovoltaik sistem ile üretilen elektrik enerjisi fiyatı, şebekedeki elektrik enerjisi fiyatına göre daha ekonomiktir.

Güneşten elde edilen elektrik enerjisinin sürekliliği ve fosil yakıtlarına göre oldukça çevreci olması, sera şartlarında bitkisel üretim için oldukça cazip ortam ve imkânlar sunmuştur. Fotovoltaik panellerin verimliliğin artışı yanında, maliyetlerin düşmesine sera tarımının artışına ve daha çok bitki üretimi yapılmasına imkân sağlayabilecektir.

**Anahtar Kelimeler:** Sera, güneş enerjisi, fotovoltaik sistem

# THE ENERGY NEEDS FOR GREEN HOUSE DEVICES SUPPLIYING VIA SOLAR POWER

**Şener POLAT**

**Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences**
**M. Sc. Thesis, August 2018**
**Thesis Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Sinan GERÇEK, Prof. Dr. Halil KIRNAK**

## ABSTRACT

In this study; the usage of electricity was invesitigated for production in the greenhouse that provide from the sun obtaining via photovoltaic system and compared with mains electricity. According to the results, the electricity production has been found as daily and monthly 6.79 ve 206 kWh respectively. Also, average daily sun and global irradiation in average theroughout the year has been reached to be 5.26 ve 160 kWh/$m^2$ respectively. At the same time, the amount of 2,476.00 kWh energy produced throughout the year. The current price of this production is corresponds to 1.138,96 TL. Nevertheless, the amount of 2,325,00 kWh energy consumed to run greenhouse equipments which is about 1,069,62 TL in price. Besides all, it could be commented that according to our results, price of electric energy that produced via photovoltaic system more economical than mains electric energy. As a result of study emhasize that of electricity obtained from the sun would be very environmentally friendly compared to fossil fuels due to the continuity source and also provides a very attractive environment and facilities for plant production in greenhouse conditions. In addition, it can be concluded that to increasing the productivity of photovoltaic panels, reducing their costs will enable the increase of greenhouse cultivation and more plant production.

**Keywords:** Greenhouse, solar energy, photovoltaic system

# İÇİNDEKİLER

**SERADA KULLANILAN CİHAZLARIN ENERJİ İHTİYAÇLARININ GÜNEŞ ENERJİSİ YARDIMI İLE KARŞILANMASI**

**SAYFA**

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK ..... i

YÖNERGEYE UYGUNLUK ..... ii

ONAY ..... iii

ÖNSÖZ / TEŞEKKÜR ..... iv

ÖZET ..... v

ABSTRACT ..... vi

İÇİNDEKİLER ..... vii

KISALTMALAR ve SİMGELER ..... x

TABLOLAR LİSTESİ ..... xi

ŞEKİLLER LİSTESİ ..... xii

GİRİŞ ..... 1

**1. BÖLÜM**

**GENEL BİLGİLER**

**1.1. Literatür Özeti ..... 3**

**2.BÖLÜM**

**GEREÇ VE YÖNTEM**

**2.1. Gereç ..... 9**

**2.1.1. Araştırma Alanı ve Konumu ..... 9**

**2.1.2. Jeomorfolojik ve Topoğrafik Yapı ..... 10**

**2.1.3. İklim ve Bitki Örtüsü ..... 10**

**2.1.4. Toprak Yapısı ..... 11**

**2.1.5. Genel Tarım Yapısı ..... 12**

**2.1.6. Sera Yapısının Özellikleri ..... 14**

**2.1.7. Serada Kullanılan Materyaller ..... 14**

**2.1.8. Güneş Enerjisinden Yararlanmak İçin Kullanılan Materyaller ..... 15**

**2.1.8.1. Güneş Panelleri ..... 15**

**2.1.8.2. İnverterler ..... 17**

**2.1.8.3 Solar Kablolar ..... 18**

**2.1.8.4. Panel Kaidesi ..... 20**

**2.1.8.5. Akü ..... 21**

**2.1.8.6. Regülatör ..... 22**

**2.1.8.7. Konnektör ..... 22**

**2.1.8.8. Veri kayıt sistemi ..... 23**

**2.1.8.9 Topraklama Kablosu ..... 24**

**2.2. Yöntem ..... 24**

**2.2.1.Kullanılan Materyallerin Kurulumu ve Sistem Hali ..... 24**

**2.2.2.Sera Coğrafik Bilgi Sisteminin Belirlenmesi ..... 24**

**2.2.3.Kullanılan Paneller ile Elektrik Dönüşümünün Ölçülmesi ..... 24**

**2.2.4.Dönüştürülen Elektriğin Tutar Hesabı ..... 24**

**2.2.5.Sistemin Amorti Durumu ..... 24**

**3. BÖLÜM**

**BULGULAR VE TARTIŞMA**

**3.1. Sera Fotovoltaik Coğrafi Bilgi Sistemi ..... 25**

**3.2. Fotovoltaik Panelin Performans Değerleri ..... 26**

**3.3 Fotovoltaik Paneller İle Üretilen Enerji Miktarı ..... 28**

**4. BÖLÜM**

**SONUÇ VE ÖNERİLER**

**KAYNAKLAR ..... 36**

**ÖZGEÇMİŞ ..... 38**

## KISALTMALAR ve SİMGELER

| Sembol | Anlamı | Birimi |
|---|---|---|
| ERÜTAM | Erciyes Üniversitesi Araştırma ve Uygulama Merkezi | |
| PC | Polikarbon | |
| PE | Polietilen | |
| PV | Fotovoltaik Panel | |
| Pa | Pascal | |
| NOCT | Nominal Test Koşulları | |
| IEC | International Electrotechnical Commission | |
| DC | Doğru Akım | |
| AC | Alternatif Akım | |
| V | Maksimum Güç Voltajı | |
| TÜV | Technischer Überwachungs-Verein- Teknik Denetim Kurulu | |
| DOD | Depth Of Discharge-Deşarj Derinliği | |
| kWh | Kilowatt Saat | |
| W | Maksimum Güç | |
| kg | Ağırlık | |

# TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 2.1. Kayseri İli uzun yıllar iklim verileri (1928-2017) ..... 11

Tablo 2.2. Kayseri İli arazi tasnifi ..... 12

Tablo 2.3. Kayseri İlçeleri tarımsal üretim ve alanları ..... 13

Tablo 2.4. Serada kullanılan panelin teknik özellikleri ..... 16

Tablo 3.1. Sistemin aylara göre ürettiği elektrik enerjisi ve maliyet hesabı ..... 29

Tablo 3.2. Sera içersindeki cihazların günlük, aylık ve yıllık ..... 29

tükettiği enerji ve tutarı ..... 29

Tablo 3.3. Sistemin 10 yıllık enerji üretimi, üretim bedeli, mahsup edilen tutarı ve toplam kazancı ..... 30

# ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Araştırmanın yürütüldüğü seradan bir görünüş. ..... 9

Şekil 2.2. Kayseri İli genel görünüşü ..... 10

Şekil 2.3. Kurulu sistem de kullanılan güneş panelleri ..... 17

Şekil 2.4. Sistemde kullanılan inverter ..... 18

Şekil 2.5. Sistemde kullanılan solar kablolar ..... 20

Şekil 2.6. Güneş panellerin yerleşimi için yerin hazırlanması ve panel kaidesi ..... 21

Şekil 2.7. Montajı tamamlanmış panellerin görünüşü ..... 21

Şekil 2.8. Sistemde kullanılan aküler ..... 22

Şekil 2.9. Sistemde kullanılan konektör ..... 23

Şekil 2.10. Sistemde kullanılan veri kayıt sistemi ..... 23

Şekil 2.11. Seranın ve materyallerin sistem üzerindeki yerleri ..... 25

Şekil 3.1. Sera için fotovoltaik coğrafi bilgi sistemi ve panel bağlı cihazların özellikleri ..... 25

Şekil 3.2. Panel bağlı sera sistemin yıllık, aylık ve günlük ortalama elektrik üretimi, radyasyon miktarı ve küresel radyasyon miktarını gösteren program hesaplama sonucu ..... 26

Şekil 3.3. Aylara göre ortalama elektrik üretimi ..... 27

Şekil 3.4. Aylara göre ortalama küresel radyasyon miktarları ..... 27

Şekil 3.5. Ekinoks tarihlerinde güneş yüksekliği (mavi parabol; 21 Aralık tarihine ait güneş yüksekliği, kırmızı parabol; 21 Haziran tarihine ait güneş yüksekliği) ..... 28

# GİRİŞ

Seralar, istenilen bitki türünün yetiştirilmesi için gerekli koşulların sağlandığı ve o türün yetişmesi için en uygun olan ortamlardır. Dünya nüfusunun gittikçe artması ve buna bağlı olarak besin ihtiyaçlarının artışının dikkate alınarak mevcut tarım sektörünün daha işlevsel ve sürekli hale getirilmesi gerekmektedir. Bitkilerin gelişebilmeleri ve yaşamlarını sürdürebilmeleri için, besin maddeleri vb. etkenlere olan gereksinimlerinin kontrol altında tutulabilmeleri sera adı verilen yapılarda daha mümkün olmaktadır [1].

Seraların temel kullanım amacı, bitkilerin yetiştirildiği yerde bitkiler için en uygun çevresel koşulların oluşturulması ve geliştirilmesini sağlamaktır. Seralar içerisine yerleştirilmiş olan çevre denetim sistemin en etkin şekilde kullanılmasıyla yetiştirilmesi istenen bitkinin üretim sezonunu uzatmak, birim alandan alınan yıllık ürün miktarı ve karlılığı artırmak için yetiştirme ve üretim periyodunu uzatmakta, seraların amacı içerisindedir [2]. Sera içerisinde üretilen bitkilerin yetişme süreçlerini etkileyen hava sıcaklığı ve bağıl nem gibi birçok parametre mevcuttur. Seraların planlanmasında sera içerisinde optimum koşulların sağlanması ancak, seraların ısıtılması ve sıcaklığa bağlı olarak havalandırılması, yetişen bitki türüne göre seranın aydınlatılması ve bitkinin istediği nem oranının hazırlanması ile mümkündür [3]. Sera sistemi ile bitki yetiştirilmesinin yararlarından biri de çevre koşullarının bütün yönleri ile kontrol edilebilir olmasıdır. Sera üretim için gerekli koşullar arasında en önemli olanları sıcaklık ve bağıl nem oranıdır. Farklı bitki türleri farklı yetişme sıcaklığı ve nem değerlerine gereksinim duymaktadır. Sera içersinde yetiştirilen bitki türüne göre değişen sıcaklık ve neme bağlı olarak seranın diğer optimum koşularının sağlanması için belirli enerjiye gerek vardır. Günümüzde sera işletmeciliğinin temel prensipleri arasında olan az enerji tüketimi ile verimli bitki yetiştirilmesinin sağlanmasında ucuz enerji eldelerinden yararlanılmaktadır. Üretim maliyetinin daha az olması, etkinliğinin daha yüksek olması ve çevre kirlenmesini önlenmesi nedeniyle geleneksel ısıtma

sistemlerinin yerine doğal, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı giderek artmıştır.

Yenilebilir enerji kaynaklarının kullanılması sera işletme giderlerinin içerisinde en büyük paya sahip olan ısıtma maliyetini büyük oranda azalmasını sağlayacaktır. Sera işletmesinde alternatif enerji kaynağı olarak jeotermal enerji ve güneş enerjisinden yaralanılabilmektedir [4].

Sera içerisinde bitkiler için gerekli olan diğer optimum koşulların oluşturulması ve sürdürülebilmesi için uygun hava ve su kombinasyonlarının belirlenmesi güneş ışıması, sıcaklık ve nem gibi çevre koşullarına bağlıdır [5]. Bu nedenle, seraların ısıtılması ve diğer koşulların oluşturulmasında, seraların kurulduğu yerde bulunan en ucuz enerji kaynakları kullanılmalıdır. Seranın bulunduğu bölge ve bu bölgeye bağlı olarak iklim koşullarının derecesi, sera içerisinde yetişen bitki türü, bu bitki türünün yetiştirilme şartları ve ortam koşullarının sağlanmasında geleneksel yakıtlarla yapılan enerji tüketimi, toplam üretim giderlerinin %70'ine ulaşmaktadır [6]. Avrupa'da gerçekleşen sera işletmeciliğinin optimum koşullar arasında optimum sıcaklığın sağlanması için harcanan gider toplam üretim giderlerinin % 30'u kadardır. [7]. Sera sıcaklığının optimum olarak sağlanması için harcanan enerji bedelinin yüksek olması, sıcaklığı istenilen dereceye getirilmesi için doğal ve yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmaya yönlendirmiştir. Seralarda uygulanabilecek doğal enerji kaynağı güneştir [8]. Enerji fiyatlarının yüksek olduğu günümüzde, sera için enerji giderleri yükselmektedir. Seralarda yetiştirilen bitkilerin miktar, kalite, ve hasat zamanı açısından sorun çıkarmadan, bitkinin istenilen miktarda üretimi ve kalitesi üzerinde en etkin optimum koşul olan seranın ısıtılması, ışıklandırılması ve ısıtmaya bağlı olarak seranın havalandırılması sera işletmeciliğinde en önemli işlemlerdir.

Bu çalışmada, sıcaklığın kontrol altında tutulmasını takiben en önemli doğal, ucuz ve yenilenebilir enerji kaynağı olan güneş enerjisinden yararlanılarak sera optimum koşularının sağlanması amacıyla, sera tarımının toplam üretim giderleri içerisinde büyük yer tutan enerji giderlerini azaltmak ve buna bağlı olarak toplam üretim maliyetinin azaltılması için, Kayseri iklimi koşullarında Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma Birimi arazisi üzerine kurulu olan sera optimum koşulları için faydalanılan şebeke elektriğinin yerine tasarım değişkenlerinin elektrik kaynağı olarak güneş enerjisinden yararlanılması amaçlanmıştır.

# 1. BÖLÜM

# GENEL BİLGİLER

## 1.1. Literatür Özeti

Tüm seracılık sistemleri, coğrafik bölge neresi olursa fark etmeksizin, temel iklim kontrol bileşenlerine, bu bileşenlerin tasarım ve kompleksliğine bağlı olarak, iklim kontrolünü daha fazla veya daha az derecede sağlayarak yeterli seviyede ve miktarda bitki büyümesi ve üretimini oluşturacak şekilde tüm sezon süresince ürün alınabilen yapılar olarak tanımlanmaktadır [9]. Seralar, güvenli mahsül üretimi, daha iyi ürün ekimi ve hasatı ile ürünün nakli için daha kontrol edilebilir çevre koşullarını sağlamak için olağanüstü bir şekilde tanımlanmış çiftlik yapılardır [10].

Modern seralarda uygun teknoloji ile ısı pompalama sistemlerinin kullanılması sayesinde seraların ısıtılması, soğutulması, sulanması ve gereksiz nemden arındırılması sağlanabilir. Alternatif yenilenebilir enerji kaynağı olan güneş enerjisinden yaralanarak güneş panellerinin kullanılması ile hem kış mevsimi hem de yaz mevsiminde aynı sistem kullanılarak sistem düzeneği için maliyet azaltılmaktadır. Alternatif yenilebilir enerji kaynaklarının sera enerji ihtiyaçlarının karşılanması konusunda yapılmış olan birçok çalışma mevcuttur.

Bargach et al. [11] tarafından yapılan bir araştırmada seraların ısıtılması için kullanılan güneş sistemlerinin iki farklı modelde deneysel araştırması yapılmıştır. Birinci sistemde, polietilen örtülü bir seranın dışında kurulan solar düz plaka kollektörler bulunmaktadır. Isı transfer akışkanı (metilen mavisi) vasıtasıyla güneş enerjisinin selektif emişi baz alınarak kurulan ikinci sistemde ise, camla kaplı sera içine monte edilen polietilen alveoler şeffaf kolektörler bulunmaktadır. Her iki sistem üzerinde deneyler eş zamanlı olarak birkaç gün boyunca yapılmıştır. Bu çalışmada, ilk sistem tarafından ısıtılan plastik serada elde edilen deney sonuçları ile ikinci sistem tarafından

ısıtılan aynı serada elde edilen sonuçların simülasyonu gerçekleştirilmiş olup her iki sisteminde performansı karşılaştırılmıştır.

Özgener ve Hepbaşlı [12] tarafından yapılan bir araştırmada, jeotermal ısı pompaları (GHPs) olarak bilinen yer üstü kaynağı ısı pompaları (GSHPs), üstün ısıtma, soğutma ve su sistemleri olarak kabul edilmekte olduğu ve Türkiye pazarında 1998 yılından bu yana kullanıldığından bahsedilmiştir. Çalışmada seraların, Türkiye'nin tarım sektöründe önemli bir ekonomik potansiyele sahip olduğundan, güneş enerjisi kazanımına ek olarak, seraların gece ve soğuk günlerde ısıtılmaları gerektiğinden, seralarda, optimum büyüme koşullarını oluşturmak amacıyla, yenilenebilir enerji kaynaklarından mümkün olduğunca yararlanılması gerektiğinden de bahsedilmiştir. Çalışmada, modern seralarda uygun bir teknoloji ile ısı pompalarının etkin kullanımının, gelecekte Türkiye'de öncü bir rol oynamasının beklendiği belirtilmiştir. Bu çalışmada, ekserji analizi kullanarak 50 m dikey ve 1 x ¼ nominal çapta U kıvrımlı zemin eşanjör içinde bir güneş destekli toprak kaynaklı ısı pompalı sera ısıtma sisteminin (SAGSHPGHS) performans özellikleri araştırılmıştır. Bu sistem, SAGSHPGHS bileşenlerinin her birindeki tahribatlar ve bileşenler arasındaki ekserji taşıması deneysel sonuçlardan elde edilmiş olup ortalama ölçüm parametreleri için belirlenmiştir. Sistem bileşenlerinin ekserjetik verimliliği, bireysel performanslarını değerlendirmek için belirlenmiş ve aynı zamanda iyileştirme potansiyelleri de sunulmuştur. Genel sistemin ekserjetik verimliliği % 67,7 bulunmuş olup, toprak kaynaklı ısı pompa ünitesinin ve genel sistemin sistem performanslarının ısıtma katsayısı sırasıyla; 2.64 ve 2.38 olarak elde edilmiştir.

Boulard et al. [13] Fransa'da yaptıkları bir çalışmada sera sistemi içersinde bulunan ısı depolama tasarımı ile sera değişkenlerinin ölçüm sonuçlarını bildirmişlerdir. Faz değişim malzemesi olarak ötektik karışım içeren bir malzeme kullanmışlardır. Bu sistem ile Mart ve Nisan aylarında gece dışarı sıcaklığından 10 ºC daha yüksek sıcaklıkta ısı sağladığını bildirmişlerdir. Ancak bu durumun daha soğuk Ocak ve Şubat aylarında ise bu dereceyi sağlayamadığını belirtmişlerdir.

Benli ve Durmuş [14] tarafından yapılan bir araştırmada, faz değiştiren ısı depolama ünitesinin termal performansı analiz edilmiş ve tartışılmıştır. Depolama birimi alanı bir seranın ısıtma ve PCM şarj için geliştirilen on parçalı güneş hava kolektörleri ısıtma sisteminin bir bileşenidir. $CaCl_26H_2O$, 29 $^oC$'lik bir erime sıcaklığı ile termal enerji deposunda PCM olarak kullanılmıştır. Çalışmada, depolama ünitesini doldurmak için on

parçalı güneş hava toplayıcısı tarafından gönderilen sıcak hava PCM arasından geçmektedir. Depolanan ısı sera için kabul edilmeden önce ortam havasını ısıtmak için kullanılmıştır. Bu çalışma, doldurma ve boşaltma periyotları boyunca depolama ünitesinin geçici termal hareketini analiz etmek için kullanılan PCM deneysel sonuçlarına dayanmaktadır. PCM'in entegre edildiği kolektörlerin önerilen boyutu, geleneksel ısıtma cihazı ile karşılaştırıldığında 3-4 saat boyunca seranın günlük ısı enerji gereksinimlerinin yaklaşık % 18-23 'ünü karşıladığı belirtilmiştir.

Öztürk ve Başçetinçelik. [15] 120 $m^2$ lik tünel sera üzerine enerji araştırmaları yapmışlardır. Bu sera için duyurulur ısı tekniği ile güneş enerjisini depolamışlardır. Bu teknik ile enerji ve ekserji analizlerini yaparak seranın enerji ve ekserji verim ortalamalarının %39 ve % 2 olduğunu bildirmişlerdir. Bu değerlerin serayı ısıtmak için gerekli olan ihtiyacın %18'inin karşılandığını saptamışlardır.

Başçetinçelik et al. [16] 180 $m^2$ lik plastik sera üzerinde enerji araştırmaları yapmışlardır. Bu sera için gizli ısı tekniği ile güneş enerjisini depolamışlardır. Güneş enerjisinin depolanması için parafin kullanmışlardır. Bu teknik ile enerji ve ekseri analizlerini yaparak seranın enerji ve ekserji verim ortalamalarının %41 ve % 3 olduğunu bildirmişlerdir

Sing ve Tiwari [17] sera çevre hava şartları ve bitkilerin istediği optimum sıcaklık değerini belli derecelerde tutulabilmesi için çalışma yapmışlardır. Isıl depolama tekniğinin bitki yetişmesi ve sera üzerinde etkili bir değer gösterdiğini gözlemlemişlerdir

Öztürk [18] 180 $m^2$ lik sera üzerinde gizli ısı depolama sistemi ile enerji araştırmaları yapmıştır. Bu teknik ile enerji ve ekserji analizlerini yaparak seranın enerji ve ekserji verim ortalamalarının %40 ve % 4 olduğunu bildirmişlerdir. Bu sera için faz değişim malzemesi olarak parafin kullanılarak sezonluk ısıl enerji depolanması çalışılmıştır. Isı geçişinin gizli ısı depolama ünitesine giriş ve çıkış sıcaklık farkları hesaplanarak enerji ve ekserji verimleri hesaplanmıştır.

Başçetinçelik et al. [19] 180 $m^2$ lik serayı ısıtmak için faz değişim enerji depolama sistemi kullanmışlardır. Mevsimsel ısı depolama ünitesi için, faz değişim materyali olarak parafin kullanmışlardır. Kurdukları sistem 4 ana üniteden oluşmuştur. Birincisi güneş hava ısıtıcı ikincisi mevsimsel ısı depolama ünitesi, üçüncüsü sera sistemi ve

sonuncusu bilgisayar destekli kontrol mekanizmasıdır. Seranın her 0.15 $m^2$ sine hava ısıtıcıları kurulmuştur. Sera yüzeyinin her metrekaresinde 0.055 $m^3$ depolama tank hacmi bulunmaktadır ve güneş hava ısıtıcıların depo hacmi ise 0.37 $m^3$ tür. Depolama tankı diferansiyel tarama kalorimetre ile ölçülen, erime sıcaklığı 48-60 ºC aralığında olan ergime değeri 190Kj/kg olan 6000 kg civarında parafin içermektedir. Depolama tankının iç ve dışındaki sıcakları belirlemek için her dakika ölçüm yapılmıştır ve 15 dk ortalamalar ile kaydedilmiştir. Veriler incelediklerinde 1994 yılının Ağustos ve Eylül ayı boyunca ortalama hava sıcaklığının sırasıyla 59.6 ve 56.7 ºC, parafinin ulaştığı sıcaklığın ise sırasıyla 46.8 ve 49.3 ºC olduğunu bildirmişlerdir.

Attar et al. [20] tarafından yapılan bir araştırmada Tunus koşullarında seralarda kullanılan güneş enerjili su ısıtma sisteminin performansını değerlendirmek için bir geçici sistem simülasyonu yapılmıştır. Güneş enerjili su ısıtma sistemi esas olarak 200 litrelik bir depolama tankı ve seraya entegre kılcal polipropilen bir ısı değiştirici ile bağlantılı 4 $m^2$ lik yüzeye sahip 2 adet güneş kolektöründen oluşmaktadır. Simülasyon sırasında bu 2 güneş kolektörünün (seri ve paralel) olası tüm kombinasyonları incelenmiştir. Giriş debisi, tank hacmi ve kolektör alanı gibi depolama sistemi üzerinde etkisi olan parametreler de incelenmiştir. Simülasyon sonuçlarına bağlı olarak, tank hacminin arttırılması ile kolektör çıkışındaki sıcaklığın düştüğünü belirtmişlerdir. Buna ek olarak, yüksek akış hızının tabakalaşma olgusunu en aza indirdiğini ve sistemin verimliliğini arttırdığını bildirmişlerdir. Bulunan en iyi depolama sistemi, sera ısıtma sistemi olarak kullanılmıştır. Aslında bu parametrik analize göre seçilen ısıtma sistemi, esas olarak bir düz plaka toplayıcı ve 200 litrelik bir tanktan oluştuğunu sera iç hava sıcaklığını 5 $^{\circ}C$ arttırmış, bunun domates tarımı için serayı uygun hale getirdiğini belirtmişlerdir.

Kıyan et al. [21] tarafından yapılan bir çalışmada, melez güneş kolektörü sistemi ile ısıtılan bir seranın ısıl hareketlerinin araştırılması için matematiksel bir model geliştirilmiştir. Bu melez sistem; tahliye borulu güneş ısı kolektör birimi, yardımcı fosil yakıt ısıtma ünitesi, sıcak su depolama ünitesi, kontrol ve boru birimlerinden meydana gelmiştir. Bölgenin, meteorolojik verileri, konumu ve boyutu gibi seranın çeşitli tasarım parametlerinden meydana gelen depolama, su sıcaklığı, sera iç sıcaklık ve yardımcı yakıt miktarını tahmin etmek için yazılım ve Matlab/Simulink modeli geliştirilmiştir.

Şanlıurfa'da bulunan bir sera son meteorolojik verilere ve yukarıda belirtilen hibrit sistemine dayalı olarak simüle edilmiştir. Yıllık bazda gerçekleştirilen simülasyon sonuçları, önerilen hibrit sistemi ile mevcut yakıt sistemi değiştirildiğinde, beklenenden biraz daha uzun geri ödeme süresi gerektirse de, ekonomik olarak daha uygun olduğunu göstermiştir. Öte yandan önemli ölçüde sera gazı emisyonlarını azaltarak, çevreye olan olumlu etkilerinden bahsedilmiştir. Geliştirilen dinamik simülasyon yöntemi, çeşitli güneş enerjili seralarda ısıtma sistemleri tasarımını, güneş kolektörlerini ve ısı depolama boyutlarını optimize etmek için kullanılabilmiştir.

Xu et al. [22] Çin'de mevsimsel termal enerji depolama sistemi ile güneş ısıtmalı 2304 $m^2$ lik seranın performansının, yaygın olarak kullanılan ısı pompası ısıtma sisteminden daha iyi olduğunu bildirmişlerdir.

Alali vd. [23] fotovoltaik (PV) enerji ile üretilen elektrik enerjisinin sera içerisindeki bitkilerin sulanması için gerekli olan enerjiyi karşılayabilme imkanlarını araştırmışlardır. Sonuç olarak elde edilen enerji ile sulama ihtiyacının tam anlamıyla karşılandığını bildirmişlerdir.

Vilela et al. [24] güneş panellerinin sabit ve tek yönde yerleştirildiği sera sistemi içerisinde pompalanan su miktarını belirlemişlerdir. Bu paneller sayesinde ışınım enerjinsin 5000 ve 6000 $Wh/m^2$ ' ye ulaştığında toplanan enerjinin %20 ve %25 daha fazla olduğunu, ve bu kurulan sistem tarafından pompalanan su miktarının %37 ve %40 daha fazla olduğunu bildirmişlerdir. Yine bu çalışmada ışınım enerjisinin farklı olduğu durumlarda pompalanan su hacminin ne kadar arttığı değerlendirilmiştir.

Bione et al. [25] sabit fotovoltaik sistem ile güneş ışınlarına odaklanabilinen fotovoltaik sistemleri karşılaştırmışlardır. Odaklanma özelliği bulunan sistemlerden elde edilen enerji ile daha fazla sulama yapıldığını bildirmişlerdir.

Fiaschi et al. [26] güneş enerjisini kullanarak çalışan kuyu pompalarının veriminin artırma ihtimalini araştırmışlardır. 30 $m^{2'}$ lik bir alan için kullanılan fotovoltaik sistemin daha büyük alanlar için kullanılabilirliğini araştırmışlardır.

Purohit ve Kandpal [27] sulama sistemlerinde yenilenebilir enerji kaynaklardan PV sistemi ile çalışan 4 farklı sulama pompasının sulama maliyetini karşılaştırmışlardır. 1.9kWp kapasiteye sahip SPV pompası, 4 $m^3$ kapasite ile biyogazla çalışan çift yakıtlı

motor pompa, kapasitesi 5 hp olan ikili yakıt motor pompası ve rüzgar pompası karşılaştırıldığında Hindistan' da en yaygın olar kullanılan en düşük maliyetli olan SPW pompası olduğunu bildirmişlerdir.

Ghoneim [28] su pompalama amacıyla kullanılacak olan güç kaynağının en etkili elektrik üreticisinin PV sistemler olduğunu bildirmiştir. Bu sistemlerin sera için en uygun koşulların hazırlanmasında ekonomik ve güvenilir olduğunu belirtmiştir

Gençoğlu vd. [29] güneş enerjisinin potansiyelini Doğu Anadolu Bölgesinde fotovoltaik sistemlerin besleme sürekliliği açısından kullanılmasını incelemişlerdir. Bu sistemlerde besleme sürekliliği açısından problem olması durumunda yedek enerji kaynaklarının PLC yardımı ile kontrol edilmesi amaçlanmıştır. Güneş enerjisi ile çalışan su pompası sisteminin veriminin %30 olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışma sonucunda mevcut güneş enerjisi potansiyelnini elektrik enerjisine dönüştürülerek sistemlerin beslenmesi gerektiğini belirtmişlerdir.

Öztürk [30] fotovoltaik sitemlerin kurulmadan önce konumlarının çok iyi belirlenmesi ve konumunun doğru olarak yerleştirilmesinin güneş ışınımını en fazla alması ve seralar için en uygun koşulların sağlanması açısından önemli olduğunu bildirmiştir.

# 2.BÖLÜM

# GEREÇ VE YÖNTEM

## 2.1. Gereç

### 2.1.1. Araştırma Alanı ve Konumu

Araştırma 2017-2018 yetiştirme döneminde Erciyes Üniversitesi Araştırma ve Uygulama Merkezi (ERÜTAM) arazisinde, 1084m rakımda 38º42´39´´ kuzey, 35º32´26´´ doğu koordinatlarında bulunan serada yürütülmüştür (Şekil 2.1) [31].




Şekil 2.1. Araştırmanın yürütüldüğü seradan bir görünüş.

### 2.1.2. Jeomorfolojik ve Topoğrafik Yapı

Kayseri, güneyden ve kuzeyden yüksek dağların ve tepelerin sınırladığı topoğrafik bir çanak içerisinde yer alır. Şehir; ana eksen Ankara-Sivas karayolu boyunca doğu-batı istikametinde, daha az yerleşmiş olan ikinci eksen Erkilet-Talas olmak üzere kuzey-güney yönünde büyümüştür. Kentin biçimlenmesinde doğal sınırlayıcıların rolü olmuştur. İlk yerleşim bölgesi güneyindeki dağların yamaçlarına doğru olmuş yakın geçmişte kuzeye düzlüklere doğru kaymıştır. Şehrin gelişmesi ile sanayi şehir içinde kalmıştır (Şekil 2.2.) [31].



Şekil 2.2. Kayseri İli genel görünüşü

### 2.1.3. İklim ve Bitki Örtüsü

Kayseri step iklim özelliklerine sahiptir. Kışlar soğuk ve kar yağışlı olup, yazlar sıcak ve kurak geçer. İlin iklimi yükseklik ve konuma bağlı olarak farklılık gösterir. Güneyde kalan bölgeler daha yumuşak iken yükseklikle iklim sertleşir. Uzun yıllar rasat değerlerine göre ortalama hava sıcaklığı, $10,7^{0}$C olup en soğuk sıcaklık değeri Ocak ayında, en sıcak değerler ise Temmuz ayında görülür. Yıllık ortalama yağışı 384.9 mm,

merkezin denizden yüksekliği 1093 m.dir. Hakim rüzgar kuzey batı, en şiddetli rüzgarlar ve fırtınalar Güney ve Güneydoğu rüzgarlarıdır. Nispi nem genel olarak %65 ölçülmüştür. (Tablo 2.1.).[32].

Kayseri'de dağ ve tepe alanları mevcut olup bu bölgelerde bozkır bitki örtüsü görülmektedir. İlin güneyinde yer alan Toros Dağlarında karaçam, kızılçam, köknar, ladin ve meşe türleri bulunmaktadır. İlde bulunan ormanlık alanlar çamlarla kaplı olup yine buralarda da bozkır bitki örtüsü sahiptir [31].

**Tablo 2.1.** Kayseri İli uzun yıllar iklim verileri (1928-2017) [32].

| **Meteorolojik değerler** | **O** | **Ş** | **M** | **N** | **M** | **H** | **T** | **A** | **E** | **E** | **K** | **A** | **Yılık** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Ort. sıcaklık,ºC** | 1.7 | 0.1 | 4.8 | 10.7 | 15.2 | 19.3 | 22.6 | 22.2 | 17.3 | 11.6 | 5.3 | 0.5 | 10.7 |
| **Ort. en yüksek sıcaklık,ºC** | 4.0 | 6.0 | 11.2 | 17.7 | 22.6 | 26.8 | 30.6 | 30.8 | 26.5 | 20.4 | 13.0 | 6.4 | 18.0 |
| **Ort. en düşük sıcaklık,ºC** | -6.9 | -5.3 | -1.6 | 3.2 | 6.8 | 9.7 | 11.9 | 11.4 | 7.3 | 3.5 | -0.9 | -4.5 | 2.90 |
| **Ort. güneşlenme süresi, Saat** | 3.0 | 4.1 | 4.6 | 6.2 | 8.2 | 10.3 | 12.0 | 11.3 | 9.2 | 6.5 | 4.5 | 3.6 | 83.5 |
| **Ort. yağışlı gün sayısı, gün** | 12.6 | 11.7 | 12.8 | 12.6 | 12.9 | 8.4 | 2.2 | 1.8 | 3.7 | 7.4 | 8.9 | 12.2 | 107.2 |
| **Aylık yağış miktarı ortalaması, kg/m$^2$** | 35.2 | 36.5 | 41.8 | 52.1 | 51.8 | 39.5 | 9.5 | 6.8 | 13.9 | 28.0 | 32.4 | 37.4 | 384.9 |

### 2.1.4. Toprak Yapısı

İl toprakları genel olarak %72 ince, %28 ise kaba bünyelidir. Toprak reaksiyonu olarak %37 kalevi, %62 nötr ve %1 ise asit özelliklidir. Kireç yönünden %63 oranında orta ve yüksek durumdadır. Organik madde açısından toprakların %44 orta, %56 ise fakir durumdadır. Yaklaşık 80.932 hektar alanda çoraklık sorunu vardır. Bu miktar arazi, il arazi varlığının %5,33'üne karşılık gelmektedir.

**Tablo 2.2**. Kayseri İli arazi tasnifi [33].

| Arazi sınıfı | Alan, Hektar | Alan, % |
|---|---|---|
| **Tarım** | 677970 | 39.93 |
| **Çayır ve mer'a** | 691028 | 40.76 |
| **Orman-fundalık** | 135827 | 8.02 |
| **Tarım dışı** | 192688 | 11.35 |
| **Toplam** | 1697513 | 100.00 |

### 2.1.5. Genel Tarım Yapısı

Orta Anadolu'nun Yukarı Kızılırmak bölümünde yer alan Kayseri 1.691.750 hektarlık yüzölçümü ile ülke topraklarının %2.2 sini kaplamaktadır. Tarım genellikle kurak alanda yapılmakta olup, bitkisel sahada hububat, (buğday ağırlıklı), hayvancılıkta koyunculuk üretimi ilk sırayı alan tarımsal faaliyetlerdir. İlde tarım işletmeleri genellikle bitkisel ve hayvansal üretimi birlikte yapmakta ve bu işletmelerin oranı da %78'i bulmaktadır. Bu işletmeleri sırasıyla %15'le yalnızca bitkisel üretim yapan işletmeler ve %7'yle yalnızca hayvansal üretim yapan işletmeler izlemektedir. Tarım arazisinin %97'si (652.673 hektar) tarla alanı olarak kullanılmakta tarla alanının ise yaklaşık %58'i ekilmekte %42'si ise nadasa bırakılmakta %3 gibi oldukça düşük bir kısmı sebzelikler, meyvelikler ve bağlık alanlardan oluşmaktadır [31]. Kayseri ili arazi tasnifi Tablo 2.2'de, ilçelere göre ekiliş alanları ise Tablo 2.3'te verilmiştir.

**Tablo 2.3**. Kayseri İlçeleri tarımsal üretim ve alanları [33].

| İlçe Adı | Toplam alan, Hektar | Tahıllar ve diğer bitkisel ürünler, Hektar | Nadas alanı, Hektar | Sebze, Hektar | Meyve ve baharatlar, Hektar |
|---|---|---|---|---|---|
| **Kocasinan** | 100580,1 | 46673,5 | 52519,2 | 679 | 707,5 |
| **Melikgazi** | 16674,9 | 5952,6 | 10247,8 | 65,8 | 407,4 |
| **Akkışla** | 9558,7 | 6492,3 | 2972,2 | 16 | 78,2 |
| **Bünyan** | 54067,5 | 34035,7 | 19675,5 | 86,4 | 269,9 |
| **Develi** | 66951,4 | 46568,2 | 10573,8 | 9238,9 | 570,5 |
| **Felahiye** | 17826,7 | 9448,3 | 8199,3 | 3,4 | 175,7 |
| **Hacılar** | 2712,2 | 1235,5 | 1229,9 | 63,7 | 183,1 |
| **İncesu** | 28159,8 | 13217,2 | 10761,5 | 480,6 | 3700,5 |
| **Özvatan** | 13922,3 | 7612,6 | 5534,5 | 6,3 | 768,9 |
| **Pınarbaşı** | 98508,6 | 47064,7 | 51245,4 | 101,7 | 96,8 |
| **Sarıoğlan** | 40861,8 | 21232,4 | 19575,8 | 30,7 | 22,9 |
| **Sarız** | 16391,5 | 12503,2 | 3816,8 | 3,5 | 68 |
| **Talas** | 22725,2 | 11403,6 | 4612,1 | 5382,5 | 1327 |
| **Tomarza** | 49667,9 | 37168,8 | 1434,9 | 11025 | 39,2 |
| **Yahyalı** | 26230,1 | 19617,5 | 2488,1 | 150 | 3974,5 |
| **Yeşilhisar** | 35421,5 | 25053,8 | 5551,9 | 1695,1 | 3120,7 |
| **Toplam** | 600260,3 | 345279,9 | 210438,7 | 29028,6 | 15510,8 |

### 2.1.6. Sera Yapısının Özellikleri

Araştırmaya konu olan sera Erciyes Üniversitesi Araştırma ve Uygulama Merkezi (ERÜTAM) arazisi üzerindedir. Taban alanı 72 (6x12) $m^2$, kenar yüksekliği 4 m, mahya yüksekliği ise 5 m dir. Çelik profil konstrüksiyonlu, 4 mm kalınlığında %80-85 ışık geçirgenliği olan -40 ile 120°C sıcaklığa dayanımlı polikarbon (PC) örtülü, otomatik açılır yan pencere tipi havalandırma vardır. Sera, tek çatılı olup kuzey-güney doğrultusunda kurulmuştur. İklim elemanları (sıcaklık, nem vb.) kontrol paneliyle, önceden hazırlanmış senaryolarla kontrol edilebilecek duruma getirilmiştir.

Sera içerisine galvanizli sacdan yapılmış 4x1x0.9 m ölçülere sahip 6 adet yetiştirme masası yerleştirilmiştir. Bu şekilde saksı denemeleri ve besin kültürü sistemi ile bitki yetiştirilebilecek şekilde konumlandırılmıştır. Sera kenarına 1m genişliğinde ve etrafını tamamen çevreleyen 36m uzunluğunda kilitli taşlar ve bordür taşları yerleştirilmiştir. İçme suyu 4 atm PE (polietilen) korege boruyla ve enerji hattı 5x4 NYY tipi kabloyla muhafaza borusu içerisinde Seyrani Ziraat Fakültesinden (yaklaşık 120 m) seraya ulaştırılmıştır. Besin kültürü sistemi için gerekli olan saksı, tank, hava ve su pompası, bağlantı boruları ve parçalarını içeren sistem seraya yerleştirilmiş olup ortam bitki yetiştirmeye uygun hale getirilmiştir.

### 2.1.7. Serada Kullanılan Materyaller

Mevcut seranın yapımında kullanılan materyallerin özellikleri ve işlevleri aşağıda verilmiştir;

Bağıl-nem ve sıcaklık transmitteri olarak, 16…36V DC, -20…+80 °C sıcaklık aralığı, 0…100 %RH bağıl nem, 58x89x35mm (en, boy, yükseklik) özelliklere sahip Tekon HT13 modeli, Rüzgar sensösörü olarak, 40…65°C çalışma sıcaklığı (± 3° doğruluk payı) 0,5…89 m/s rüzgar hızı aralığına sahip anemotor for vantage modeli, 24V DC, AC500-eCo PM554 özelliklerine sahip CP-405 kontrol paneli, 200-220W güç, 220V elektrik, 1400 d/d, 4550-5300 $m^3$/h debi, 0,54-0,62 akım, 408-455 mm pervane çapı, 9,1-9,6 kg ağırlığında olan 40 ve 45 cm uzunluğunda olan monofaze sanayi aspiratörü, 400V, 1380 Rpm, 50 Hz, 0,37Kw, 1,2 mm 6 adet kanat, 7500$m^3$/h debi, 0,80 A akım sağlayan GF450 trifaze sanayi tip sirkülasyon fanı, 30 kw, AC 220V, 1900-2200 $m^3$/h, 1400 d/d, ısıtma kapasitesi 300-350 $m^2$, 380 V, 3 kademeli olan tekmika sanayi tipi fanlı ısıtıcı, 12V DC, 250 V olan wago röle soketleri, 190-255A DC, 50-60 Hz, CdS foto

direnç (fotosel göz), 1-10 lux ışık şiddeti, min: %5 max: %30 histerisis değeri olan 4 adet fotosel röleler, AC 220-240V, 50/60 Hz, 60 W, 70L/min output (1 adet için 4200lt/h), 0,0337 Mpa basınç gösteren 2 adet resun lp-60 gürültülü hava pompası, 24 lt, PD =PS 6 bar, EPDM (Se-Fa) membran, 1.5 bar gaz işletme basıncı olan cruwa hidrofor, 0.5 hP (0,37 kw), 220V/50Hz/1 faz, 40L/min debi, 2850 r/min, H max: 40m, S.Head: 9m olan baean ıdb40 su pompası, 0,18 kw, 1385/min, 50 Hz, 230 V, 1,64 A, Cos $\varphi$ : 0,93 güç katsayısına sahip olan miksan 63 4c trifaze motor, çapraz 4 nodül, 5,5 lt/sa açık yeşil, 3-5 bar basınç aralığı, press fit bağlantı, köprüsüz sızdırmazlık, damlacık boyutu 65 micron olacak şekilde mistleme sistemi için netafilm coolnet pro sisteminden 15 adet kullanılmıştır. Sera içersinde 126 adet 5lt'lik, 126 adet 8lt'lik, 60 adet 11,6lt'lik ve 135 adet 8 lt'lik saksı su kültürü bulunmaktadır. Seranın sulama sitemi için 50 m uzunluğunda 10 atm kimyasal dirençli damlama borusu, 150m spagetti hortum, 150 adet spagetti ucu, 150 adet damlatıcı ucu, 50lt'lik çözelti tankı, bağlantı kelepçeleri, ultraviyole stabilizanlı 2 adet 1000 lt PE su tankı, sera içi ve sera dışında 2 adet musluk bulunmaktadır. Sistem için abb pm 554 eth plc yazlımı kullanılmaktadır.

### 2.1.8. Güneş Enerjisinden Yararlanmak İçin Kullanılan Materyaller

Mevcut sera için gereken optimum koşulların sağlanmasında elektrik enerjisi yerine güneş enerjisinin kullanıldığı bu projede farklı cihazlar ve materyaller kullanılmıştır. Bu malzemeler ve görevleri aşağıda verilmiştir.

#### 2.1.8.1. Güneş Panelleri

Sistemde kullanılan fotovoltaik (PV) paneller, yüksek verimli polikristal özellikte olup 250Wp gücündedir (Şekil 2.3). Seçilen güneş paneli; %15,7 panel verimliliği olan 250 Wp en yüksek çıkış gücüne sahiptir. Paneller zayıf ışık koşullarında da iyi performans veren, rüzgâr (2400 Pa) ve kar yüküne (5400 Pa) dayanıklı, tuz sisi korozyon testi ve amonyak korozyon testinden başarıyla geçmiş olan materyaldir. Ayrıca PV paneller monokristal yapıda hücreler kullanılarak üretilmiştir. Her bir fotovoltaik panel verimi en az %18-19 aralığındadır. Panellerin açık devre gerilimi sıcaklık katsayısı -0.36%/K veya sıfıra daha yakın bir değerdedir. Panellerin maksimum sistem gerilimi 1000 V'tur. Panellerin ters akım dayanımı en az 15 A'dir. Panellerin NOCT (Nominal test koşulları) değeri en fazla 45°C'dir. Paneller IP 67 (dişi-erkek konektör bağlantısı yapılmış

vaziyette) koruma sınıfında entegre konektörlere sahiptir. Bu konektörlerin kabloları, pozitif (+) ve negatif (-) kutupların görsel ayrımını sağlayacak şekilde farklı boylardadır. Panellerin IP67 koruma sınıfına haiz bağlantı kutuları mevcuttur. Bu bağlantı kutularında en az üç adet bypass diyotu bulunmaktadır. PV panellerin, üzerlerine etki edebilecek rüzgar, kar ve buz taşıma ile emme dayanımları için mutlaka IEC 61701 standardına uygunluk göstermektedir. Fotovoltaik panellerin pozitif güç toleransı en az %+5 (beş) ve negatif güç toleransı bulunmamaktadır. Güneş Paneli çerçevesi korozyona dayanıklı malzemeden imal edilmiş ve paslanmaz yapıdadır. Çerçeve herhangi bir delme vb. işleme gerek kalmaksızın montaj yapılabilir biçimde tasarlanmıştır. Panellerin maksimum güç değerleri: Pmax= 270 – 280 Wp (Maksimum Güç) ve hücre yapısı 156x156, 4BB'dir. Enerji sisteminde kullanılan panellerin her birinin, ebatları en çok 1700mm x 1000mm x 40mm ağırlığı en çok 19 kg şeklindedir. Güneş Paneli (FV): - 40°C / +95 °C sıcaklık aralığında 0– 1200 m. yükseklikte kurulu bulunduğu bölgede, % 0- 85 Bağıl nem oranında sorunsuz çalışacak tasarımdadır. Enerji üretim sisteminde kullanılan güneş panellerinde kullanılan modüller CE, IEC 61215, IEC 61730 modülleridir. Serada kullanılan panelin teknik özellikleri Tablo 2.4'te verilmiştir.

**Tablo 2.4.** Serada kullanılan panelin teknik özellikleri

| **Model Polikristal** | **OSP 125** | **OSP150** | **OSP250** | **OSP260** | **OSP270** |
|---|---|---|---|---|---|
| **Maksimum Güç, Pmax (W)** | 125 | 150 | 250 | 260 | 270 |
| **Açık devre voltajı, Voc (V)** | 18.58 | 22.3 | 37.8 | 38 | 38.39 |
| **Maksimum Güç Voltajı, Vmpp (V)** | 15.48 | 18.6 | 30.5 | 30.8 | 30.85 |
| **Kısa devre akımı,Isc (A)** | 8.4 | 8.5 | 8.7 | 8.96 | 9.19 |
| **Maksimum güç akımı, Impp (A)** | 8 | 8.1 | 8.2 | 8.45 | 8.77 |
| **Panel verimlilikleri, n (%)** | 15.4 | 15.4 | 15.7 | 16 | 16.7 |
| **Ağırlık, (kg)** | 8 | 10 | 18 | 18 | 18 |
| **Hücre sayısı** | 30 | 36 | 60 | 60 | 60 |
| **Panel boyutları, En/Boy/Kalınlık** | 994*854*40 | 994*1014*40 | 1640*992*35 | 1640*992*35 | 1640*992*35 |
| **Standart test koşulları, (STC)** | E(Işınım)= 1000W/$m^2$ ,AM(Hava Kütlesi)=1.5 , T(Modül Sıcaklığı)=25 ° C | | | | |
| **Güç toleransı, ΔPmax (W)** | 0□+3% | | | | |
| **Verim garantisi** | 25 yıl %80 | | | | |



Şekil 2.3. Kurulu sistem de kullanılan güneş panelleri

### 2.1.8.2. İnverterler

İnverter, frekans değiştirici anlamına gelen ve doğru akımı (DC), alternatif akım (AC) mono faz biçimine dönüştürebilen, frekansı ve gerilimi ayarlanabilen bir cihazdır (Şekil 2. 4). Tasarlanan güneş santrali için seçilen inverterler yüksek verimli off-grid inverterler olup iki adet saha için toplamda bir adet kullanılmıştır. Ayrıca; Invertör gücü toplamda en az 5 kW durumdadır. Akıllı inverterler (on grid ve off grid olarak çalışan) halindedir. Güneş panellerinden üretilen DC gerilim, şebekeye entegre inverterler ile AC gerilime çevrilerek, direkt olarak alçak gerilim panosuna bağlanmaktadır. Her bir inverter, trafosuz ve 50 Hz. Frekansında, sinüs dalgası formunda 3 faz 400 V/230 V (3/N/PE) AC çıkışı, sürekli olarak verecek yapıdadır. Bu fazların her biri, ihtiyaç durumunda devreye girebilme özelliğine (DC'den gelen güce göre fazların devreye alınıp çıkarılması) sahiptir. İnverterlere giriş gücünden yüksek miktarda DC güç yüklenmeyecek olup, AC çıkış gücü çağrı mektubu güç değerine uygun ve DC gücü taşıyabilecek kapasitededir. İnverter çıkış gücü 10 ile 30 kW aralığındadır. Maksimum giriş gerilimi 1000 V DC'dir. Her bir inverter en az 3 adet bağımsız MPPT(maksimum güç noktası izleme) modülüne sahiptir ve MPPT gerilim aralığı 200 – 850 V aralığındadır. Verimi en az %97,8 veya Avr. verimi en az %97,6'dır. İnverterler, güç faktörünü 0,80'den daha büyük bir değere ayarlayabilme özelliğine sahiptir. THD < %3 durumdadır. Şebeke frekansı çalışma aralığı 46 – 65

Hz'i kapsamaktadır. Şebeke gerilimi çalışma aralığı (Faz–Nötr) 180–280V aralığını kapsamaktadır. İşletme sırasında stand–by tüketimi en fazla 20 watt, gece tüketimi en fazla 1,5 watt gücündedir. Çalışma sıcaklığı aralığı -20 ile +60 derece arasını kapsamaktadır. İnverterlerde tüm kutuplara duyarlı Artık Akım İzleme Ünitesi bulunmaktadır. İnverterlerde DC Ters Polarite ve AC Kısa Devre korumaları bulunmaktadır. İnverterler IEC 61727 standartlarına uygun üretilmiştir. İnverter ön yüzünde bulunacak grafik ekranda anlık güç üretimi, günlük enerji üretimi, kurulumdan itibaren üretilen enerji, panel seri gerilimi, şebeke gerilimi gibi verileri sürekli olarak göstermektedir.




Şekil 2.4. Sistemde kullanılan inverter

### 2.1.8.3 Solar Kablolar

Solar kablolar, solar sistemlerde elde edilen elektrik akımını iletme görevi yaparlar (Şekil 2.5.). Açık alanda kullanılan kabloların izolasyonu oldukça önemlidir. Ayrıca insan gözü ile görülemeyen mor ötesi ve ultraviyole ışınlarına dahi mutlaka dayanıklı olması gerekmektedir. Verim kaybı ve deformasyon, sistemin bütününü de olumsuz etkileyebilir. Kabloların, nominal kablo kesiti TÜV (Technischer Überwachungs-Verein- Teknik Denetim Kurulu) tarafından onaylanmıştır. Ayrıca; paneller arası, panel dizisi-inverter arası DC tüm kablolamalar TÜV sertifikasıyla tip onayı yapılmış yüksek

sıcaklık ve ısıya dayanıklı, UV dirençli, çift izoleli, halojensiz, kurşunsuz, IEC 60228 ve IEC 60287 standardına uygun "class 5" bükülebilir yapıda iletkenlere sahip olarak üretilmiştir. Sistemde kullanılacak solar kablolar 1800V anma gerilimine göre üretilmiştir. Solar kabloların kesiti en az 6 mm²'dir. Solar kablolar $100^0$C çalışma sıcaklığındadır. PV panelleri ile inverterler arasında çekilecek kablolar, maksimum akımda en fazla % 1 gerilim düşümüne izin verecek kesittedir. Bu kablolar için akım taşıma kapasiteleri tablosu IEC 60364, IEC 60287 DKE/VDE AK 411.2.3 ya da ilgili teknik mevzuata göre oluşturulmuş, çevresel faktörlere bağlı düzeltme katsayıları da uygulanarak gerekli kablo kesitleri seçilmiştir. PV–solar kablo ve solar kablo–inverter bağlantılarında MC4 tipi erkek ve dişi tip konnektörler kullanılmıştır. Konnektörler, özel bağlantı elemanları ve soketler -40°C ile 100°C arası işletme sıcaklığına uygun, IP 67 koruma sınıfına haiz, yüksek akıma uygun, TÜV onaylıdır. AC kablolamada halojensiz, alev iletmeyen, XLPE izoleli, bakır iletkenli kablolar kullanılmıştır. Bu kablolar TS HD 604 S1 standardına uygun olacak en az 300/500 V anma gerilimine sahiptir. AC kabloların çalışma sıcaklığı 70 $^0$C'den az değildir. PV sistem kurulumunda kullanılan bütün kablo yolları, tavalar ve kondüitler ilgili teknik mevzuata uygundur. Yeraltına AC kablo yerleştirildiği için halojensiz, alev iletmeyen, XLPE izoleli, bakır iletkenli ve çelik tel zırhlı kablo kullanılmıştır. Bu kablolar TS HD 604 S1 standardına uygun olup en az 300/500 V anma gerilimine sahiptir. AC kablolamada akım taşıma kapasiteleri IEC 60287, IEC 60364 ve ilgili teknik mevzuata uygun olarak belirlenmiştir. Kablo kesitleri kapasiteleri aşmayacak şekilde seçilmiştir. Kullanılan tüm kablolar silinmez özellikte etiketle her iki uçlarda etiketlenmiştir.



Şekil 2.5. Sistemde kullanılan solar kablolar

### 2.1.8.4. Panel Kaidesi

Panellerin kaidesi, rüzgâr ve kar yüküne dayanımı, sağlamlığı açısından önemli bir faktör olup, ayrıca güneş panelleri ile olan tasarım uyumuna dikkat edilmiştir. Kurulu güç için, çakma sistemli konstrüksiyon tercih edilmiştir (Şekil 2.6 ve 2.7.). Çakma sistemli konstrüksiyon uygulamasında alüminyum konstrüksiyon gereken şartlara uygun biçimde galvaniz çelik profillere sabitlenmiştir ve bakım gerektirmeden PV sistemin ömrü boyunca kullanılması sağlanmıştır. Galvaniz çelik profiller arazide zemine çakma işlemi ile sabitlenmiştir. Güneş panellerinin üzerine kurulacağı konstrüksiyon, üzerindeki panellerle bir bütün olarak en az 130km/h hızındaki fırtınalara dayanabilecek özelliktedir. Güneş panelleri arasında rüzgâra karşı direnç oluşturmaması amacıyla uygun boşluklar bırakılmıştır. Konstrüksiyon paneller tam güneye bakacak şekilde tasarlanmıştır. Konstrüksiyon, paneller yılın 12 ayı birbirlerini gölgelemeyecek şekilde yapılmıştır ve gölge analizi sonucuna göre tasarlanmıştır. Tüm bağlantılar su geçirmez ve darbeye dayanıklıdır. Güneş panelleri, uygun bağlantı aparatları (clamp) ile konstrüksiyon profillerine monte edilmiştir. Kullanılacak alüminyum profillerin tamamı AA 6063 (AlMg Si0, 5) alaşımdan üretilmiştir.



Şekil 2.6. Güneş panellerin yerleşimi için yerin hazırlanması ve panel kaidesi



Şekil 2.7. Montajı tamamlanmış panellerin görünüşü

### 2.1.8.5. Akü

Akü, panellerden elde edilen ve invertör ile elektrik haline getirilen enerjiyi depolayan yapılar olup, batarya grubu jel akülerden oluşmuştur (Şekil 2.8.). Akü içerisindeki her bir ünitenin depolama gücü 12 volt, bu ünitelerin toplam gücü 400kW'tır. Akü gruplarında şarj kontrol sıcaklığı sensöre bağlanmıştır. Akünün optimum çalışması için %50 DOD (Depth of discharge-deşarj derinliği) seviyesinde deşarj edilmiştir. Çalışma

sıcaklık aralığı -20 ila +55 ºC arasındadır. Akü üretiminde kullanılan jel, katmanlaşmayı önleyecek yapıda olup separatörler ise negatif plakaları koruyacak şekilde imal edilmiştir.



Şekil 2.8. Sistemde kullanılan aküler

### 2.1.8.6. Regülatör

Fotovoltaik panelden gelen akımı düzenleyerek aküye iletilmesini sağlamaktadır. Akünün tam dolmasını ve aşırı kullanımlarda deşarj (boşalmasını) olmasını engellemektedir.

### 2.1.8.7. Konnektör

Solar kabloların toplu olarak bir arada bağlantılı olması için kablolar arasındaki bağlantıyı sağlamak amacıyla kullanılmaktadır (Şekil 2.9.).



Şekil 2.9. Sistemde kullanılan konektör

### 2.1.8.8. Veri kayıt sistemi

Veri kayıt sistemi; günlük üretim ve tüketim değerleri aktarımını almak için kullanılmaktadır (Şekil 2.10).




Şekil 2.10. Sistemde kullanılan veri kayıt sistemi

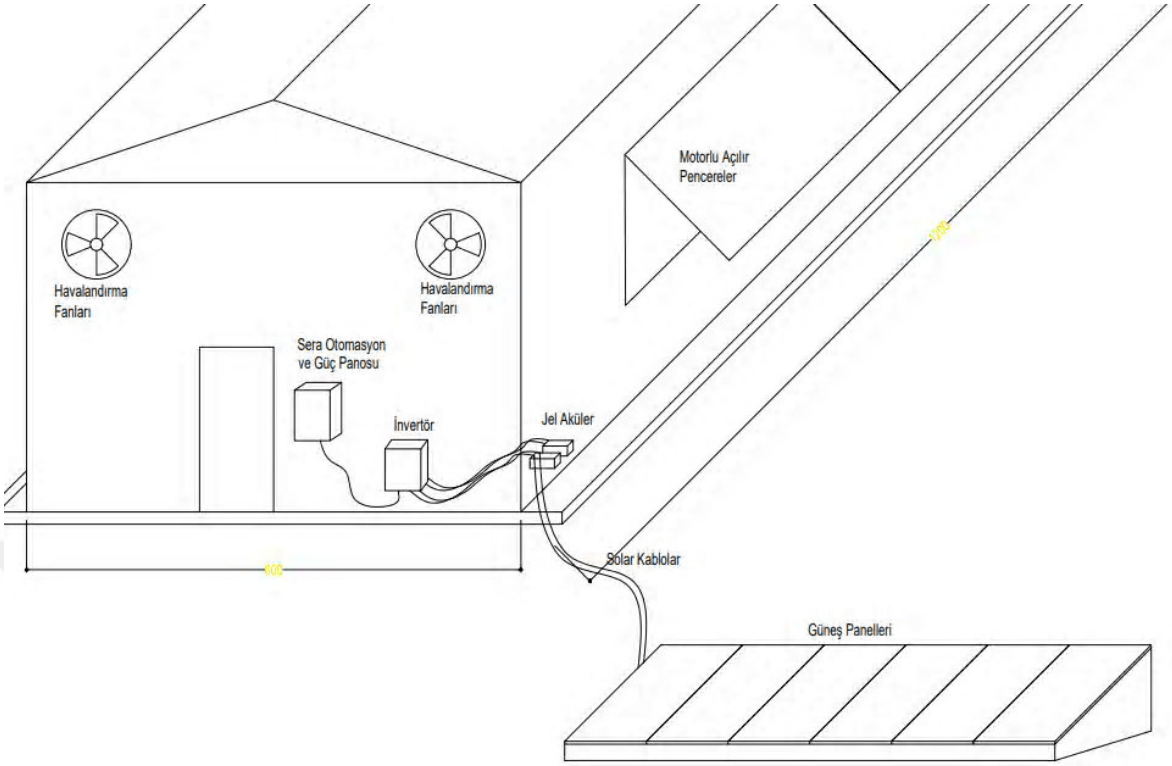
#### 2.1.8.9 Topraklama Kablosu

Kurulmuş güneş enerjisi sistemine ait tüm elektrikli ve elektronik cihazlarla, bunların içine konulmuş olan kabinler, tüm taşıyıcı konstrüksiyon metal aksamlar ile yardımcı metal montaj malzemeleri topraklanmıştır. Topraklama için gerekli tüm hesaplamalar yapılarak topraklama sistemi boyutlandırılmıştır. PV sistemin toprak direnci ilgili hesaplamalarda bulunan değeri için, bu değer yakalanıncaya kadar gerekli miktarda topraklama çubuğu ilave edilmiştir. Bütün topraklama sistemi birbirine bağlanmış ve eş potansiyelde olması sağlanmıştır.

## 2.2. Yöntem

### 2.2.1.Kullanılan Materyallerin Kurulumu ve Sistem Hali

Üretimde kullanılmış olan akü, güneş panellerinden gelen doğru akımla şarj edilerek akülerden gelen enerji doğru akımı alternatif akıma çevirecek olan invertörlere bağlanmıştır. Daha sonraki aşamada ise gerilimi istenilen gerilim değerine düşüren şarj regülatörleri devreye girmiştir. Bu regülatörler sayesinde güneş panelinden gelen akım düzenlenerek bataryaya iletilmesi sağlanmıştır (Şekil 2.11).




Şekil 2.11. Seranın ve materyallerin sistem üzerindeki yerleri

### 2.2.2. Sera Coğrafik Bilgi Sisteminin Belirlenmesi

Mevcut seranın bulunduğu bölge ve sera için kullanılan panellerin özellikleri PVGIS( Photovoltaic Geographical Information System) programına girilerek seranın tam koordinatları belirlenmiştir.

### 2.2.3.Kullanılan Paneller ile Elektrik Dönüşümünün Ölçülmesi

Serada kullanılan materyallerin özellikleri; panellerin nominal gücü, yerel ortam sıcaklığı PVGIS programına kaydedilerek, açısal yansıma etkilerinden dolayı tahmini kayıp, kombine PV sistem kayıpları ve diğer kayıplar program ile ölçülmüştür. Ortaya çıkan bu sonuçlar ve yine panellerin özellikleri kullanılarak bu programa girilmesi ile ortalama günlük ($E_d$) ve aylık ($E_m$) elektrik üretimi kilovat saat (kWh) olarak, paneller tarafından alınan metrekare başına ortalama günlük radyasyon miktarı ($H_d$) ve yine metrekare başına ortalama küresel radyasyon miktarları ($H_m$) da kwh/$m^2$ olarak ölçülmüştür. Sistem için kurulmuş olan veri kayıt cihazı günlük 3 saatlik süreleri kayıt altına alabilmiştir. Kayseri için güneşlenme saatlerinin en uzun olduğu bilinen bu 3 saat

süre için sera içerisinde bulunan cihazların tükettiği enerji ve yine bu süre için dönüştürülen enerji bu program ile ölçülerek karşılaştırılmıştır.

### 2.2.4.Dönüştürülen Elektriğin Tutar Hesabı

Sistemin dönüştürdüğü enerjinin brüt değerleri hesaplanırken, üniversite elektrik tüketim bedeli 0,46 TL üzerinden gerekli hesaplamalar yapılmıştır. Günlük, aylık ve yıllık olarak güneş enerjisi kullanılarak dönüştürülen enerji miktarını gösteren PVGIS programınından alınan ölçümler elektrik tüketim bedeli ile çarpılarak belirlenen zamanlara ait maddi tutar hesaplanmıştır.

### 2.2.5. Sistemin Amorti Durumu

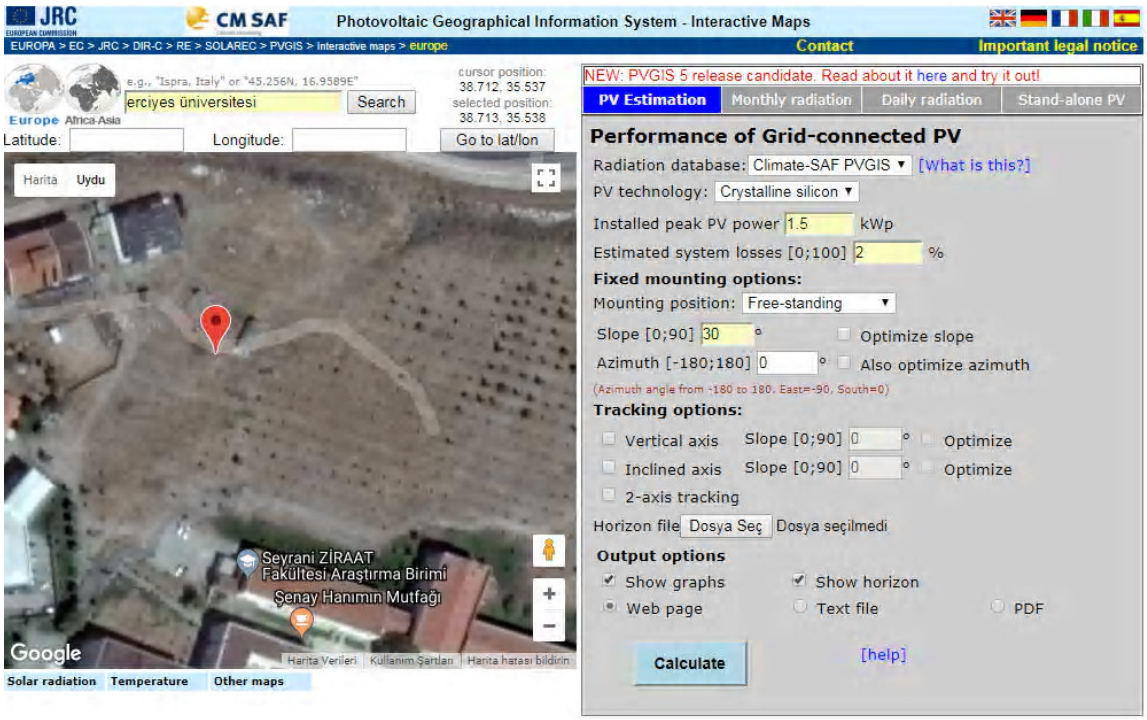
Sistem ile dönüştürülen enerji miktarı bir yıl boyunca veri kayıt cihazı ile kaydedilmiş ve veriler programa girilerek ölçümler yapılmıştır. Ölçüm sonucunda bir yıllık dönüştürülen elektrik enerjisi (kWa) ölçülmüş ve bu enerjinin üretim bedeli hesaplanmıştır. Sera içerisinde bulunun cihazlar tarafından tüketilen enerji miktarı da ölçülerek bir yıl boyunca mahsup edilen enerji miktarı da ölçülmüştür. Bir yıllık sistem ölçümleri, panellerin özellikleri, seranın bulunduğu bölge ve iklim koşulları ve firma tarafından tespit edilmiş panellerin yıllık performans kaybı göz önüne alınarak önümüzdeki 10 yıl süre için tahmini dönüştürülen enerji miktarı, bu enerjinin bedeli, cihazlar tarafından tüketilen enerji miktarı hesaplanmıştır. Sistemin kurulum maliyeti dikkate alınarak ve her yıl mahsup edilen enerji hesaplanması sistem maliyetine ulaştığında, sistemin kaçıncı yıl sonunda kendini amorti edebildiği hesaplanmıştır.

# 3. BÖLÜM

# BULGULAR VE TARTIŞMA

## 3.1. Sera Fotovoltaik Coğrafi Bilgi Sistemi

Kayseri Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma Birimi arazisi üzerine kurulu olan sera optimum koşulları için faydalanılan şebeke elektriğinin yerine tasarım değişkenlerinin elektrik kaynağı olarak güneş enerjisinden yararlanılması sağlanmıştır. Fotovoltaik coğrafik bilgi sistemi kullanılarak fotovoltaik panellerin performansı hesaplanmıştır. Şekil 3.1'de sera sisteminde kullanılan cihazların özellikleri ve seranın coğrafik konumu program üzerine girilerek gerekli veriler hesaplanmıştır.




**Şekil 3.1.** Sera için fotovoltaik coğrafi bilgi sistemi ve panel bağlı cihazların özellikleri

### 3.2. Fotovoltaik Panelin Hesaplama Sonucu

Serada kullanılan cihazların özellikleri programa girilerek sera sisteminin; ortalama günlük ($E_d$) ve aylık ($E_m$) elektrik üretimi kilovat saat (kWh) olarak, paneller tarafından alınan metrekare başına ortalama günlük radyasyon miktarı ($H_d$) ve yine metrekare başına ortalama küresel radyasyon miktarları ($H_m$) da kwh/$m^2$ olarak hesaplanmıştır (Şekil 3.2.). Programa bağlı bu hesaplama sonucunda; PV sisteminin nominal gücü: 1.5 kW (kristalin silikon), sıcaklık ve düşük ışınlanma nedeniyle tahmini kayıplar yerel ortam sıcaklığı kullanılarak % 9.5, açısal yansıma etkilerinden dolayı tahmini kayıp: % 2.7, diğer kayıplar (kablolar, invertör vb.), % 2.0, kombine PV sistem kayıpları: % 13.8 olarak hesaplanmıştır. Program sonucunda aylara göre verilere bakıldığında yıllık ortalama günlük elektrik üretimi 6.79 kWh, yıllık ortalama aylık 206 kWh, paneller tarafından alınan metrekare başına yıllık ortalama günlük ortalama radyasyon miktarı 5.26 kWh/$m^2$, yine paneller tarafından alınan metrekare başına yıllık ortalama günlük ortalama küresel radyasyon miktarı 160 kWh/$m^2$ olarak hesaplanmıştır.

PV sisteminin nominal gücü: 1.5 kW (kristalin silikon)
Sıcaklık ve düşük ışınlanma nedeniyle tahmini kayıplar:% 9.5 (yerel ortam sıcaklığı kullanılarak)
Açısal yansıma etkilerinden dolayı tahmini kayıp:% 2.7
Diğer kayıplar (kablolar, invertör vb.):% 2,0
Kombine PV sistem kayıpları:% 13,8

| **Sabit sistem: eğim = 30 °, yönlendirme = 0 °** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Ay** | $E_d$ | $E_m$ | $H_d$ | $H_m$ |
| Ocak | 3.75 | 116 | 2.71 | 84.0 |
| Şubat | 4.77 | 134 | 3.48 | 97.5 |
| Mar | 6.16 | 191 | 4,65 | 144 |
| Nisan | 7.08 | 212 | 5.40 | 162 |
| Mayıs ayı | 7.89 | 244 | 6.19 | 192 |
| Haziran | 8.71 | 261 | 6.90 | 207 |
| Temmuz | 9.21 | 285 | 7.43 | 230 |
| Ağustos | 9.26 | 287 | 7.47 | 232 |
| Eylül | 8.49 | 255 | 6.78 | 204 |
| Ekim | 6,88 | 213 | 5.28 | 164 |
| Kasım | 5.33 | 160 | 3.97 | 119 |
| Aralık | 3,82 | 118 | 2.78 | 86.3 |
| **Yıllık ortalama** | **6,79** | **206** | **5.26** | **160** |
| **Yıl için toplam** | | **2480** | | **1920** |

$E_d$ : Verilen sistemden ortalama günlük elektrik üretimi (kWh)

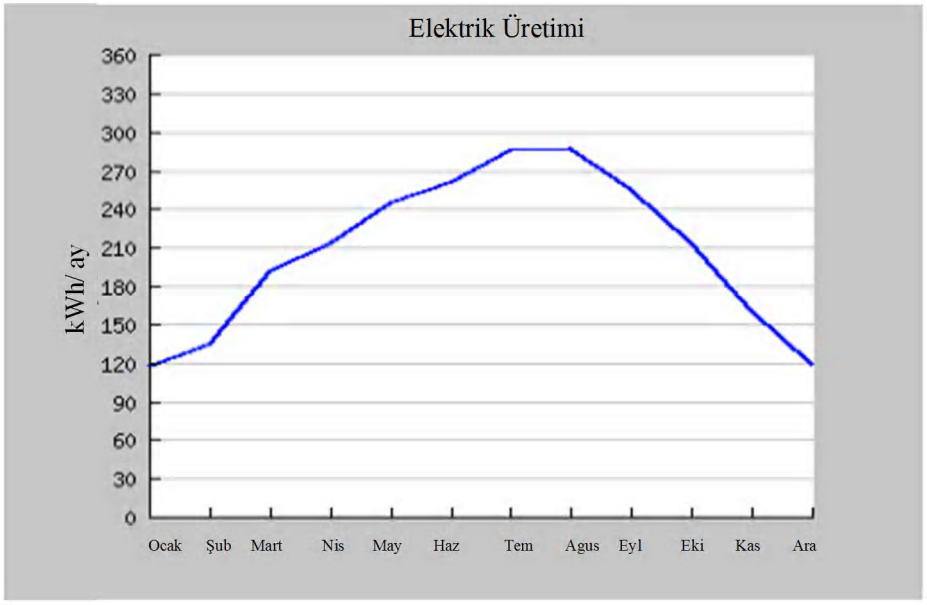
$E_m$ : Verilen sistemden ortalama aylık elektrik üretimi (kWh)

$H_d$ : Verilen sistemin modülleri tarafından alınan metrekare başına ortalama günlük ortalama radyasyon miktarı (kWh) / $m^2$)

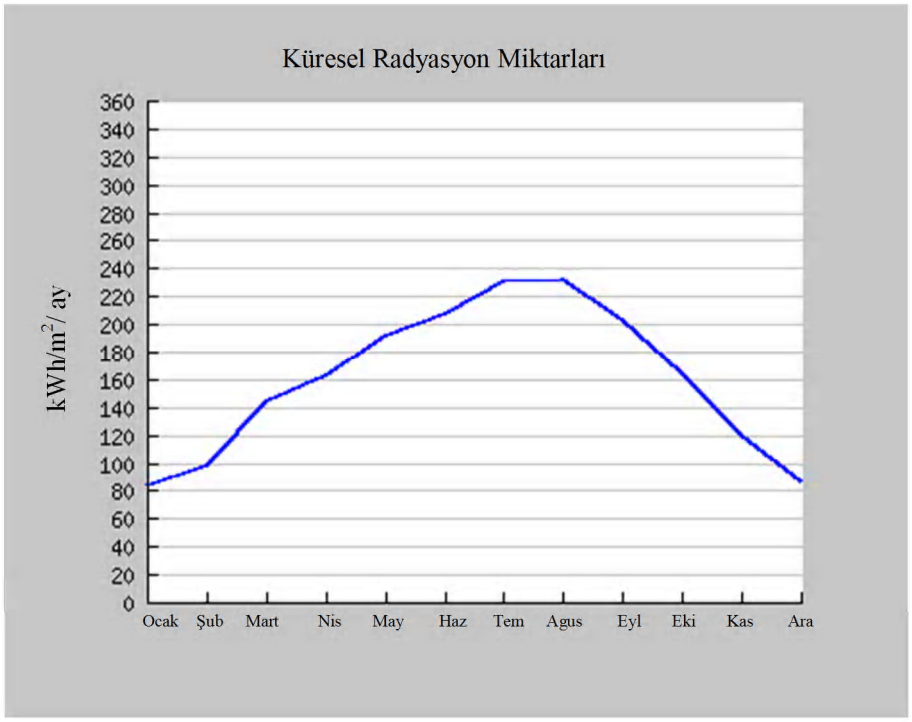
$H_m$ : Verilen sistemin modülleri tarafından alınan metrekare başına ortalama küresel radyasyon miktarı (kWh / $m^2$)

**Şekil 3.2.** Panel bağlı sera sistemin yıllık, aylık ve günlük ortalama elektrik üretimi, radyasyon miktarı ve küresel radyasyon miktarını gösteren program hesaplama sonucu

Ayrıca PVGIS programı ile bu hesap sonuçlarının grafiksel gösterimi de Şekil 3.3'de verilmiştir. Ortalama aylık elektrik üretimi kWh gösterilmiştir. Grafiğe göre ağustos ayında üretilen elektriğin en fazla olduğu görülmektedir. Şekil 3.4'te metrekare başına ortalama küresel radyasyon miktarları kWh/ $m^2$ verilmiştir.




Şekil 3.3. Aylara göre ortalama elektrik üretimi

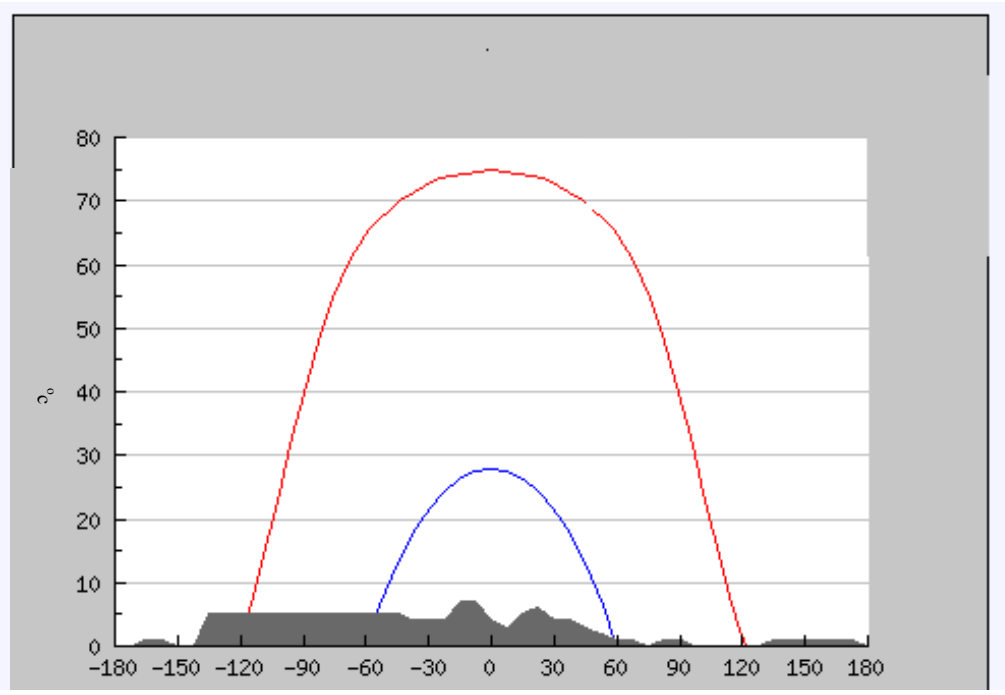



Şekil 3.4. Aylara göre ortalama küresel radyasyon miktarları

Seranın coğrafik konum bilgileri dikkate alınarak gün dönümleri tarihlerinde güneş yüksekliğinin grafik gösterimi Şekil 3.5'te gösterilmiştir.

### 3.3 Fotovoltaik Paneller İle Üretilen Enerji Miktarı

Fotovoltaik sistemler güneş enerjisini direk olarak elektrik enerjisine dönüştüren sistemlerdir. Bir yıl boyunca güneş panellerin dönüştürdüğü elektrik miktarı, bu elektrik miktarının brüt gelir değerleri Tablo 3.1'de gösterilmiştir. Sistemimizin ürettiği elektrik enerjisinin brüt değerleri hesaplanırken, üniversite elektrik tüketim bedeli 0.46 TL üzerinden gerekli hesaplamalar yapılarak yine bu tabloda gösterilmiştir. Ocak ayı içerisinde güneş enerjisinin elektrik enerjisine dönüşümünü gösteren PVGIS programı tarafından ölçülen116.00 kWh enerji, elektrik tüketim bedeli ile çarpılarak bu aya ait 53.36 TL brüt gelir olarak hesaplanmıştır. Bu ölçüm ve hesap yöntemi diğer aylar için de uygulanmıştır. Bu tabloya bakıldığında güneş enerjisinin elektrik enerjisine dönüşümünde en yüksek elektrik üretiminin Ağustos ayında dönüştürüldüğü bunu takiben Temmuz ayında olduğu görülmektedir. En düşük elektrik dönüşümü ise Ocak ayında görülmüştür. Bu enerji dönüşüm durumu Kayseri ilimizin güneşlenme süresine göre değişmiştir.




Şekil 3.5. Ekinoks tarihlerinde güneş yüksekliği (mavi parabol; 21 Aralık tarihine ait güneş yüksekliği, kırmızı parabol; 21 Haziran tarihine ait güneş yüksekliği)

Tablo 3.1. Sistemin aylara göre ürettiği elektrik enerjisi ve maliyet hesabı

| Aylar | Üretim (kWa) | Tarife Bedeli (TL) | Brüt Gelir (TL) |
|---|---|---|---|
| **Ocak** | 116.00 | 0.46 | 53.36 |
| **Şubat** | 134.00 | 0.46 | 61.64 |
| **Mart** | 191.00 | 0.46 | 8786 |
| **Nisan** | 212.00 | 0.46 | 97.52 |
| **Mayıs** | 244.00 | 0.46 | 112.24 |
| **Haziran** | 261.00 | 0.46 | 120.06 |
| **Temmuz** | 285.00 | 0.46 | 131.10 |
| **Ağustos** | 287.00 | 0.46 | 132.02 |
| **Eylül** | 255.00 | 0.46 | 117.30 |
| **Ekim** | 213.00 | 0.46 | 97.98 |
| **Kasım** | 160.00 | 0.46 | 73.60 |
| **Aralık** | 118.00 | 0.46 | 54.28 |
| **TOPLAM** | 2.476,00 | 0.46 | 1.138,96 |

Daha önce kurulmuş olan sera içerisinde aspiratör, aydınlatma, su pompası, fan, pencere motoru, hava pompası cihazları şebekeye bağlı bir şekilde bulunmaktaydı. Kurulan fotovoltaik sistem ile bu cihazlar, güneş panelleri ile güneş enerjisinin elektrik enerjisine dönüşmesiyle çalışmaya başlamışlardır. Bu cihazların yıllık enerji tüketimleri ve tutarları yine PVGIS programının verileri kullanılarak hesaplanmış ve Tablo 3.2'de gösterilmiştir.

Tablo 3.2. Sera içersindeki cihazların günlük, aylık ve yıllık tükettiği enerji ve tutarı

| Yıllık Gider | Tüketim (kWa) | Tutar (TL) |
|---|---|---|
| **Aspiratör** | 0,44 | 0,20 |
| **Aydınlatma** | 0,072 | 0,03 |
| **Su pompası** | 0,85 | 0,39 |
| **Fan** | 0,37 | 0,17 |
| **Pencere motoru** | 0,36 | 0,17 |
| **Hava pompası** | 0,12 | 0,06 |
| **Toplam saatlik** | 2,212 | 1,02 |
| **Günlük** | 6,46 | 2,97 |
| **Aylık** | 193,77 | 89,13 |
| **Yıllık** | 2.325,25 | 1.069,62 |

Tablo 3.2'ye göre bütün cihazların tükettiği enerji miktarı günlük, aylık ve yıllık olarak toplam miktarı ve tutarı yine üniversitemiz elektrik tarife bedeli olan 0.46 TL

kullanılarak hesaplanmıştır. Bu sistemde bütün cihazlar günlük olarak 6.46 kWa, aylık olarak 193.77 kWa, yıllık ise 2.325,25 kWa enerji tüketmektedir. Bu enerji tüketimine göre sistem cihazlarının yıllık olarak 1.069,62 TL'lik tüketim yaptığı hesaplanmıştır.

Kurulan bu sistem, yukarıda bahsedilen bütün değerler ve bir yıllık ölçüm değerleri dikkate alınarak sistemin ileride ki 10 yıllık süre içerisinde dönüştürdüğü elektrik enerjisi, yine üniversitemiz elektrik tüketim bedeli dikkate alınarak sistemimizin üretim bedeli, bu enerjinin mahsup edilen miktarı ve toplam kazanç hesapları yapılarak Tablo 3.3'de gösterilmiştir. Sistem bir yıl içerisinde 2.476,00 kWa değerinde enerji dönüştürmüş olup bu enerjinin fiyatlandırması elektrik tarife bedeli 0.46 TL ile çarpıldığında 1.138,96 olarak bulunmuştur. Dönüştürülen elektrik enerjinin Tablo 3.2'de gösterildiği gibi yıllık 1.069,62 TL'lik kısmı sera içersinde bulunan cihazlar tarafından tüketilmiştir.

Tablo 3.3. Sistemin 10 yıllık enerji üretimi, üretim bedeli, mahsup edilen tutarı ve toplam kazancı

| **Yıllar** | **Üretim (kWa)** | **Üretim bedeli (TL)** | **Mahsup edilen (TL)** | **Toplam kazanç (TL)** |
|---|---|---|---|---|
| **1** | 2.476,00 | 1.138,96 | 1.069,62 | -69,34 |
| **2** | 2.463,62 | 1.189,93 | 1.123,10 | -66,83 |
| **3** | 2.451,30 | 1.183,98 | 1.179,26 | -4,72 |
| **4** | 2.439,05 | 1.178,06 | 1.238,22 | 60,16 |
| **5** | 2.426,85 | 1.172,17 | 1.300,13 | 127,96 |
| **6** | 2.414,72 | 1.166,31 | 1.365,14 | 198,83 |
| **7** | 2.402,64 | 1.160,48 | 1.433,39 | 272,92 |
| **8** | 2.390,63 | 1.154,67 | 1.505,06 | 350,39 |
| **9** | 2.378,68 | 1.148,90 | 1.580,32 | 431,42 |
| **10** | 2.366,78 | 1.143,16 | 1.659,33 | 516,18 |
| **TOPLAM** | 24.210,26 | 11.636,61 | 13.453,57 | 1.816,96 |

Her yıl cihazlar tarafından tüketilen enerji tutarı bir önceki yıla göre ortalama 1.05 TL oranında artırılarak tüketilen enerji tutarı hesabı yapılmıştır. Bir yıl içerisinde ki toplam kazanç ise sera cihazlarının harcadığı enerji tutarından ( mahsup edilen ) üretim bedeli çıkartılarak hesaplanmıştır. Bu sistem ile 10 yıl sonunda 24.210,26 kWh enerji üretimi, üretilen enerjinin üretim bedeli 11.636,61 TL, sera cihazları tarafından ihtiyaç duyulan enerji tutarı 13.453,57 TL ve bu durumda toplam kazanç 1.816,84 TL olarak hesaplanmıştır (Tablo 3.3)

Çalışmamız bulgularına bakıldığında yıl boyunca 2.476,00 kWa enerji üretimi gerçekleşmiştir. Bu üretim şebeke elektriği oranında hesaplandığında üretilen enerji tutarı 1.138,96 TL olup sera içerisinde bulunan ekipmanların birlikte harcadığı enerji tüketimi 2.325,00 kWh ve bu enerji tutarı ise 1.069,62 TL'dir. Sonuçlar fotovoltaik sistemlerin güneş panelleri ile enerji dönüşümü sağlanmasında üretilen ve tüketilen enerji miktarı ve fiyatı açısından daha ekonomik olduğunu göstermiştir.

Kurulan sistem maliyeti KDV dahil fiyatı 8.236,00 Tl olup sistemin enerji üretimi ve tutarına bakılarak 7. Yıl sonunda kendi maliyetini amorti edebildiği görülmüştür.

Literatür çalışmalarına bakıldığı zaman güneş enerjisi ile ilgili birçok çalışma hala devam etmektedir. Güneş enerjisinden üretilen elektrik enerjisi ve bu elektrik enerjisinin uygun alanlarda kullanılması tüketiciye kar sağlamıştır. Birçok araştırmacı güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretmek için kurulan sistem maliyetinin düşük olduğunu belirtmişlerdir. Panel sisteminin kurulması için gerekli olan güneş panelleri, aküler ve sensörleri içeren sistemin kurulmasının ve işleyişinin güvenilir, pratik, portatip, ve ekonomik olduğunu bildirmişlerdir. Bu proje ile de güneş enerjisinin elektrik üretiminde şebekeye bağlı üretime göre daha avantajlı olduğu görülmüştür [34].

Araştırmalara bakıldığında sera enerji ihtiyacı dışında farklı yöntemlerde kullanılmak üzere güneş enerjisinden yararlanılmıştır.

Fıratoğlu ve Yeşilata [35] Sulama sistemleri ile ilgili çalışmalarında güneş enerjisinden yararlanarak tasarım yaparak güneş enerjisinin kullanıldığı uygulamaların son derece önem taşıdığını belirtmişlerdir.

Hraysat and Al-soud. [36] Güneş enerjisinin potansiyeline bağlı olarak 10 farklı bölgede şebekeye bağlı sulama oranına göre güneş enerjisi ile pompalanan su miktarının arttığını bildirmişlerdir

Başka bir araştırmada şebekeye bağlı olmadan güneş enerji sistemi ile hem sulama hem de elektrik giderini araştırmışlardır. 610 W gücündeki güneş enerjili su pompalama tasarımı ile uzak bölgelerde bulunan yerleşim birimlerinin günde en fazla 2 kWh elektrik ve saatte 400 litre su ihtiyacının güneş enerjisi ile karşılanabildiğini belirtmişlerdir [37].

Yine güneş panellerinin kullanıldığı başka bir çalışmada güneş enerjisinin sera enerji ihtiyaçlarından olan ısıtılması ve aydınlatılması, ayrıca tarla sulanmasındaki performansı incelenmiştir. Bu çalışma için gerekli sistemin kurulacak olan bölgeye uygulanabilirliği değerlendirilmiştir. Bu çalışma sonucunda solar dalgıç tipi pompalar ortalama 2.8 kWp gücündeki fotovoltaik panellerle 140 metreden yaklaşık olarak günde 130 $m^3$ su basabildiği bildirilmiştir. Bu çalışmanın kurulması ve işleyişi sonucunda araştırmacılar tarımsal sanayi üretiminin sağlanması ve alternatif gerlir kaynaklarının oluşturulmasına katkı sağladığını belirtmişlerdir [38].

Düzenli [39] 'nin yaptığı bir çalışmada güneşli su pompalama ve güneş destekli fotovoltaik sistemlerin çalışma sistemi üzerine durmuştur. Ekonomik analiz sonuçlarını değerlendirme kısmında jeneratörlü bir sistemin kullanılmasındansa fotovoltaik sistem kullanımının daha ekonomik olduğunu bildirmiştir. Bununla beraber daha detaylı inceleme ile kurulan bu sistemde birim elektriğe düşen fiyat şebeke elektriğinden çok fazla olduğu sonucunu da bildirmiştir.

# 4. BÖLÜM

# SONUÇ VE ÖNERİLER

Kayseri iklimi koşullarında Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma Birimi arazisi üzerine kurulu olan sera optimum koşulları için faydalanılan şebeke elektriğinin yerine tasarım değişkenlerinin elektrik kaynağı olarak güneş enerjisinden yararlanılması sonucunda bir yıl boyunca sistemden elde edilen enerji miktarı hesaplanmış ve veriler kaydedilmiştir.

Bu program ile günlük ve aylık ortalama elektrik üretimi sırasıyla 6.79 ve 206 kWh olarak hesaplanmıştır. Paneller tarafından alınan yıllık ortalama günlük radyasyon miktarı 5,26 kWh/$m^2$, yıllık ortalama günlük küresel radyasyon miktarı ise 160 kWh/$m^2$ olarak bulunmuştur.

Fotovoltaik paneller ile sistemden bir yıl boyunca 2.476,00 kWh enerji üretilmiştir. Bir yıl süresince en düşük enerji üretimi güneşlenme süresine bağlı olarak Ocak ayında 116,00 kWa, en yüksek ise Ağustos ayında 287,00 kWh elde edilmiştir.

Fotovoltaik panel sistemin enerji dönüşümü maliyetlendirilmesinde üniversite elektrik tarife bedeli olan 0.46 TL baz alınarak hesaplandığında en yüksek enerji dönüşümü olan Ağustos ayında enerji dönüşüm tutarı 132,00 TL olarak bulunmuştur. Sistem şebeke elektriği ile çalıştırıldığında bir yıl boyunca enerji dönüşüm tutarı 1.138,00 TL olarak bulunmuştur.

Bu değerler, diğer çalışmalar ile karşılaştırıldığında fotovoltaik panel sistemlerinin şebeke elektriğine göre daha karlı olduğunu bildiren çalışmalarla örtüşmektedir.

Sera sistemi için optimum koşulların sağlanmasında kullanılan cihazların her biri için tüketilen enerji miktarı ve tutarları da hesaplanmıştır. Cihazlar günlük 6,46 kWa, aylık 193,77 kWh ve bir yıl boyunca 2.325,25 kWa enerji tüketerek toplam 1,069,62 TL'lik

maliyete sebep olmuştur. Fotovoltaik panel sistemi sayesinde yıllık belirtilen bu miktar kadar enerji tüketilmiştir ve bu oranda kar elde edilmiştir.

Sera sistemi için kurulan fotovoltaik panellerin 10 yıllık enerji dönüşümü, enerjinin üretim bedeli, bu üretilen enerjinin kullanılan kısmı dikkate alınarak şebeke elektriği tutarı ile karşılaştığında sistem, 7. Yıl sonunda kullanılan cihazların maliyeti dahil kendini amorti edebileceği hesaplanmıştır. Fotovoltaik teknolojisi ile ilgili çalışmalara bakıldığında sistemin, belli bir süre zarfında kurulma maliyetini amorti edebildiği, ayrıca kurulumun kolay olması, demonte olması yani portatif olması da üreticiler için maddi ve manevi kolaylık sağlayacaktır.

Sera değişkenlerinin optimum koşullarının sağlanmasında doğal yenilebilir enerji kaynaklarından olan güneş enerjisinin kullanılması toplam maliyeti azaltmaktadır. Sera içerisinde yetişen ve yetişecek olan tür için gider masraflarının azaltılması ile daha fazla üretim yapılması mümkün olacaktır. Güneş enerjisini kullanarak önemli ölçüde enerji tasarrufu yapılmaktadır. Güneş enerjisinin kullanımı ile seralarda fosil yakıt tüketimi de azalarak çevre kirlenmesinin de önemli ölçüde azalacağı beklenmektedir. Fotovoltaik paneller sayesinde sera ve yetiştirilen ürün için maliyetinin azalmasına bağlı olarak tüketicilerin sera bitkilerini alabilmeleri de kolaylaşacaktır.

Bu çalışma ile tarımsal sera ürünlerin üretilmesinde, en fazla maliyetin enerji olduğu görülmüştür. Fotovoltaik panel sisteminin ucuz ve sürdürülebilir olması da yine bu çalışma ile anlaşılmıştır. Bu nedenle üreticiler için olumsuz çevre koşulları, fosil yakıt kaynaklarının sınırlı olması, enerji ve gıdanın yüksek tüketimi, yeşil ve sürdürülebilir seçim olarak güneş enerjisine olan talebi artıracaktır.

Sera üretim faaliyetlerinin Kayseri ilinde başlangıç aşamasında olduğu ve geliştirilmeye değer bir potansiyele sahip olduğu açıktır. Bölgedeki sera işletmelerinde, teknik bakımdan yapılması gereken düzenlemeler işletme sahiplerine aktarılarak, sera işletmecilerinin teknoloji kullanımına olan ilgileri özendirilecek ve gereksinim duyulması halinde bilgi akışı sağlanacaktır. Bu tür sistemlerin ülkemizde de uygulanabilirliği, binlerce sera üreticisinin bu sistemleri satın alabilecek duruma gelmesini sağlayacaktır. Böylece üretici hem istediği ürünü yetiştirebilecek hem de yaşam standardı ve bilgi birikimini arttıracaktır. Ülkemizde de gelişmiş ülkelerdeki gibi daha modern bir seracılık anlayışı oluşacaktır.

Yapılan bu çalışmanın ilerletilmesi, sera üretim faaliyetlerinin geliştirilmesine öncü, eğitimi ileri derecede destekleyici ve popülaritesini arttırabilecek nitelikte olmuştur. Öğrenci eğitim ve uygulaması, bölgesel, ülkesel ve tüm dünya çapında tarımla uğraşanlara bilgi üretebilecektir.

Proje yapısı tamamlanmış olup konusunda deneyimli öğretim üyeleri tarafından bu bölgede yapılacak tarımsal çalışmalar ile önemli gelişmeleri sağlayabilecektir. Ayrıca sera enerji ihtiyacının güneş enerjisinden yararlanılarak yapılmasında enerji tasarrufu ile ülke ekonomisine, insan ve çevre sağlığına ve sera üreticilerine yararlı etkileri gösterilmiştir. Ayrıca güneş enerjisinin günlük hayatımız içerisindeki kullanımının yaygınlaştırılmasının önemi diğer yapılan çalışmalarla birlikte desteklenmiştir.

## KAYNAKLAR


**1-** Zaimoğlu, K.Z., 1999. Plastik Seralarda Isıtmanın Bitki Gelişimine Etkisi ve Isıtma Ekonomisinin Belirlenmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi, Adana, 72 s.

**2-** Tüzel,Y., Gül, A., Daşgan, H.Y., Öztekin, G.B., Engindeniz, S., Boyacı, H.F., Ersoy, A., Tepe, A., Uğur, A. 2010. Örtüaltı yetiştiriciliğinin gelişimi, ss 559-576. *TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi*, 11-15 Ocak 2010, Ankara.

**3-** Öneş, A., 1986. Sera yapım tekniği. **Ankara Üniv. Zir. Fak. Yayınları, 970**: 123.

**4-** Öztürk, H.H., 2004. Antalya iklimi koşullarında sera ısıtma amacıyla güneş enerjisinin duyulur ısı olarak depolanması için tasarım değişkenlerinin belirlenmesi.**www.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/a1dfc4176d3ee05_ek.pdf?tipi,** (Aralık 2017).

**5-** Öztürk, H.H., 2004. Venlo tip cam serada fan-ped serinletme sisteminin etkinliği ile duyulur ve gizli ısı transferi. **Tarım Bilimleri Dergisi, 10** (4): 381-388.

**6-** Öztürk, A.H., 2012. Antalya iklimi koşullarında sera ısıtma amacıyla güneş enerjisinin duyulur ısı olarak depolanması için tasarım değişkenlerinin belirlenmesi. **Tesisat Mühendisliği, 129**: 38-50.

**7-** Santamouris, M.I. 1993. Active solar agricultural greenhouses, the state of art. **Solar Energy 14**: 19-32.

**8-** Öztürk H. H., Başçetinçelik A. 2003. Güneş enerjisiyle sera ısıtma. **Türkiye Ziraat Odaları Birliği, 240**:39.

**9-** Kittas, C., Katsoulas, N., BartzanaS, T., 2012. Greenhouse climate control in mediterranean greenhouses. **Cuadernos De Estudıos Agroalımentarıos, 2173**(7568): 89-114.

**10-** Alam, M., 2015. An Automatıc Monıtorıng And Control System Insıde Greenhouse. Department of Electrical and Electronic Engineering Brac University, Project Banglades, pp 8.

**11-** Bargach, M. N., Tadili R., Dahman, A. S., Moukaalouch, M., 2004. Comparison of the performance of two solar heating systems used to improve the

microclimate of agricultural greenhouses in Morocco. **Renewable Energy, 29** (7): 1073-1083.

**12-** Özgener, O., Hepbaşlı, A., 2005. Experimental performance analysis of a solar assited ground-source heat pump: Waste-to-energy based greenhouse heating system**. Energy and Buildings, 37** (1):101-110.

**13-** Boulard, T., Razafinjohany, E., Baille, A., Jaffrin, A., and Fabre, B., 1990. Performance of a greenhouse heating system with a phase change material, **Agricultural and Forest Meteorology, 52**(3-4):303-318.

**14-** Benli, H., Durmuş, A., 2006. Cam seraların havalı güneş kollektörleri yardımıyla ısıtılması. **e-journal of New World Sciences Academy. 1**(4).

**15-** Öztürk, H.H., ve Başçetinçelik, A., 2003. Energy and exergy efficiency of a packed-bed heat storage unit for greenhouse heating, **Biosystems Engineering, 86**(2):231-245.

**16-** Başçetinçelik, A., Öztürk, H.H., Paksoy, H.O., and Demirel, Y., 1999. Energetic and exergetic efficiency of latent heat storage system for greenhouse heating. **Renewable Energy, 16**(1-4):691-694.

**17-** Singh, R.D., and Tiwari, G.N., 2000. Thermal heating of controlled environment greenhouse: a transient analysis, **Energy Conversion and Management, 41**(5):505-522.

**18-** Öztürk, H.H., 2005. Experimental evaluation of energy and exergy efficiency of a seasonal latent heat storage system for greenhouse heating. **Energy Conversion and Management, 46**(9-10):1523:1542.

**19-** Başçetinçelik, A., Öztürk, H.H., Paksoy, H.O., 1997. Greenhouse heating with solar energy and phase change energy storage. **Acta Horticulturae, 443**:7.

**20-** Attar, I., Naili, N., Khalifa, N., Hazami, M., Farhat, A., 2013. Parametric and numerical study of a solar system for hetaing a greenhouse equipped with a buried exchanger. **Energy Conversion and Management, 70**:163-173.

**21-** Kıyan, M., Bingöl, E., Melikeoğlu, M., Albostan, A., 2013. Modelling and simulation of a hybrid solar heating system for greenhouse applications using Matlab/Simulink. **Energy Conversion and Management, 72**:147-155.

**22-** Xu, J., Li ,Y., Wang, R.Z., Liu, W., 2014. Performance investigation of a solar heating system with underground seasonal energy storage for greenhouse application. **Energy,67**:63–73.

**23-** Al-Alı, A.R., Rehman, S., Al-Agılı, S., Al-Omarı, M.H., Al-Fayezı, M. 2001. Usage of photovoltaics in an automated irrigation system**.** **Renewable Energy 23**: 17–26.

**24-** Vilela, O.C., Bione, J., Fraidenraich, N., 2004. Simulat i on of grape culture irri gation with photovoltaic V-trough pumping systems. **Renewable Energy 29**(10): 1697–170.

**25-** Bıone, J., Vılela, O.C., Fraıdenraıch, N., 2004. Comparison of the performance of PV water pumping systems driven by fixed, tracking and V-trough generators. **Solar Energy, 76**(6): 703–711.

**26-** Fıaschı, D., Granıglıa, R., Manfrıda, G., 2005. Improving the effect iveness of solar pumping systems by using modular centrifugal pumps with variable rotational speed. **Solar Energy 79**: 234–244

**27-** Purohit, P., Kandpal, T.C., 2005. Renewable energy technol ogies for irrigation water pumping in India: projected levels of dissemination, energy delivery and investment requirements using available diffusion models. **Renewable and Sustainable Energy Reviews, 9**(6): 592–607.

**28-** Ghoneım, A. A., 2006. Design optimizat i on of photovol tai c powered water pumping systems. **Energy Conversion and Management, 47**(11–12): 1449–1463.

**29-** Gençoğlu, M.T., Cebeci, M., Güneş, M., 2010. Güneş enerjisi ile çalışan PLC kontrollü su pompası sistem tasarımı. **http://www.solar-academy.com/menuis/Gunes-Enerjisi-ile-Calisan-PLC-Kontrollu-Su-Pompasi.162956.pdf,** (Aralık 2017).

**30-** Öztürk, H.H., 2010. Güneş pili ile çalışan tarımsal sulama sistemleri için tasarım ölçütlerinin belirlenmesi, ss. 58–73, *4.Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu ve Sergisi,* 6-7 Kasım 2009, Mersin.

**31-** Orman ve Su İşleri Bakanlığı Genel Müdürlüğü, 2017.Türkiye aylık ortalama günlük güneşlenme süreleri. **https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler istatistik.aspx?m=KAYSERI 2017,** (Haziran 2018).

**32-** Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2018. Kayseri'ye ait genel istatistik verileri. **https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k= A&m =KAYSERI, (Haziran 2018).**

**33-** Kayseri İl Tarım Müdürlüğü, 2018. İl arazisinin genel dağılımı. **https://kayseri.tarim.gov.tr/Menu/79/Arazi-Durumu**, (Haziran 2018).

**34-** Al-Alı, A.R., Rehman, S., Al-Ağılı, S., Al-Omarı, M.H., Al-Fayezı, M., 2001. Usage of photovoltaics in an automated irrigation system. **Renewable Energy 23:** 17-26.

**35-** Fıratoğlu, Z.A., Yeşilata, B., 2004. New approaches on the optimization of coupled PV pumping systems, **Solar Energy 29:** 81-93.

**36-** Hrayshat, E.S., Al-Soud, M.S., 2004. Potential of solar energy development for water pumping in Jordan. **Renewable Energy 29:** 1393-1399.

**37-** Kaldelıs, J.K., Spyropoulos, G.C., Kavadias, K.A., Koronaki, I.P., 2009. Experimemtal validation of autonomous PV-based water pumping system optimum sizing. **Renewable Energy 34**(4):1106-1113.

**38-** Aktacır, M.A., Işıker, Y., Yeşilata, B., Hilali, İ., 2010. Tarımsal uygulamalarda yenilenebilir enerjinin kullanılması. Ss.- *1. Uluslarası Katılımlı Kamu-Üniversite- Sanayi Işbirliği Sempozyumu ve Mermercilik Şurası,* 24-26 Mayıs, 2010, Diyarbakır.

**39-** Düzenli, A., 2010. Güneş enerjili su pompalama sistemleri. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 214s.

# ÖZ GEÇMİŞ

## KİŞİSEL BİLGİLER

Adı, Soyadı: Şener POLAT
Uyruğu: Türkiye (TC)
Doğum Tarihi ve Yeri: 1985/KAYSERİ
Medeni Durumu: Evli
Tel: 05052127972
email: senerpolat@erciyes.edu.tr
Yazışma Adresi: Erciyes Üniversitesi Genom ve Kök Hüvre Merkezi Talas/ Kayseri P.K 38039

## EĞİTİM

| Derece | Kurum | Mezuniyet Tarihi |
|---|---|---|
| Üniversite | Erciyes Üniversitesi | 2008 |
| Lise | Fevziçakmak Lisesi | 2003 |

## YABANCI DİL

İngilizce