

**T.C.**  
**ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI**  
**2016-YL-019**

**AYDIN'DAKİ BİR YAPININ ELEKTRİK  
ENERJİSİ GEREKSİNİMİNİN FOTOVOLTAİK  
SİSTEMLER İLE KARŞILANMA OLANAKLARI**

**Kansu Çağlar GÜRGEN**

**Tez Danışmanı**

**Prof. Dr. M. Bülent COŞKUN**

**AYDIN-2016**



**T.C.**  
**ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE**  
**AYDIN**

Tarım Makineleri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programı öğrencisi Kansu Çağlar GÜRGEN tarafından hazırlanan “Aydın'daki Bir Yapının Elektrik Enerjisi Gereksiniminin Fotovoltaik Sistemler ile Karşılama Olanakları” başlıklı tez, 19.02.2016 tarihinde yapılan savunma sonucunda aşağıda isimleri bulunan jüri üyelerince kabul edilmiştir.

Ünvanı, Adı Soyadı	Kurumu	İmzası
Başkan : Prof. Dr. M. Bülent COŞKUN	ADÜ Ziraat Fak.	
Üye : Doç. Dr. Faruk ŞEN	MSKÜ Teknoloji Fak.	
Üye : Doç. Dr. Ahmet KILIÇKAN	ADÜ Ziraat Fak.	

Jüri üyeleri tarafından kabul edilen bu Yüksek Lisans Tezi, Enstitü Yönetim Kurulunun .....Sayılı kararıyla ..... tarihinde onaylanmıştır.

Prof. Dr. Aydın ÜNAY  
Enstitü Müdürü



**T.C.**  
**ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE**  
**AYDIN**

Bu tezde sunulan tüm bilgi ve sonuçların, bilimsel yöntemlerle yürütülen gerçek deney ve gözlemler çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, çalışmada bana ait olmayan tüm veri, düşünce, sonuç ve bilgilere bilimsel etik kuralların gereği olarak eksiksiz şekilde uygun atıf yaptığımı ve kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

...../...../2016

**Kansu Çağlar GÜRGEN**



**ÖZET**  
**AYDIN'DAKİ BİR YAPININ ELEKTRİK ENERJİSİ**  
**GEREKİNİNİN FOTOVOLTAİK SİSTEMLER İLE**  
**KARŞILANMA OLANAKLARI**

Kansu Çağlar GÜRGEN

Yüksek Lisans Tezi, Tarım Makineleri  
Tez Danışmanı: Prof. Dr. M. Bülent COŞKUN

2016, 67 sayfa

Bu çalışmada, kendi elektriğini üretme potansiyeline sahip bölgelerdeki yapıların elektrik enerjisi gereksinimini karşılayacak fotovoltaik bir sistemin tasarımı ve maliyet analizi yapılması hedeflenmiştir. Bu kapsamda Aydın ilindeki bir yapı esas alınarak, yapıda kullanılan elektrikli aletlerin enerji tüketim değerleri, gereksinim duyulan panel alanları, akü kapasiteleri vb. teknik değerler ile tesis kurulum ve işletme maliyetleri dikkate alınarak amortisman süresi hesaplanmıştır. Çalışmada, elektrik tüketim ve üretim değerleri anlık izlenecek şekilde planlandığından gerektiğinde bazı aletlerin kullanım sürelerinin ya da günün hangi saatinde kullanılacağına izin verecek şekilde planlanmıştır. Tüketimin fazla olduğu zaman dilimlerinde çalışan cihazların (çamaşır, bulaşık makinesi gibi.) daha uygun yani tüketimin daha az olduğu zaman diliminde çalıştırılması yönünde senaryo değişikliklerine izin veren program ile yapılan hesaplamalarda kurulması öngörülen fotovoltaik sistemin 11 (on bir) yılda kendini amorti edebileceği bulunmuştur. Şebeke elektriğine göre ucuz olması fotovoltaik sistemin kullanılabilir olduğunu ortaya koymuştur.

**Anahtar Kelimeler;** Enerji, Elektrik enerjisi, Fotovoltaik sistemler, Fotovoltaik, Güneş, Güneş enerjisi.





## ABSTRACT

### SUPPLYING OPPORTUNITIES OF THE ELECTRIC ENERGY REQUIREMENT OF A CONSTRUCTION IN AYDIN WITH PHOTOVOLTAIC SYSTEMS

Kansu Çağlar GÜRGEN

M. Sc. Thesis, Agricultural Machinery

Supervisor: Assist. Prof. Dr. M. Bülent COŞKUN

2016, 67 pages

In this study, the design and cost analysis of a photovoltaic system which will meet the electric energy requirements of the constructions having self-producing electric potential has been aimed. Within this scope, based on a construction in Aydın, period of redemption was calculated by taking into consideration the energy consumption values of the electrical devices in the constructions, needed panel areas, battery capacities and such kind of technical values and plant construction and operating cost. As the study was planned by means of observing electrical consumption and electricity generation values momentarily, it was planned in the way of permitting some devices' usage periods or in the correct usage time in a day. With this program that permits the changes of scenario for operating the devices (washing machine, dishwasher), which run in the time periods in which the electrical consumption is excessive, in more appropriate time periods in which the electrical consumption is less, it was found that anticipated photovoltaic system could redeem itself in 11 years. Its characteristic of being cheaper than the means electricity shows that the photovoltaic system is practicable

**Key words;** Energy, Electric power, Photovoltaic systems, Photovoltaic, Solar, solar energy



## ÖNSÖZ

Bu yüksek lisans çalışmasının her aşamasında yardımlarını esirgemeyen danışmanım Prof. Dr. Bülent Coşkun'a; arkadaşlarım Elif Camcı, Burçak Yavuz ve Ercüment Türkses'e. Ayrıca çalışmamın her aşamasında maddi ve manevi desteğini esirgemeyen her daim yanımda olan aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Kansu Çağlar GÜRGEN



## İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY SAYFASI .....	iii
BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM .....	v
ÖZET .....	vii
ABSTRACT .....	ix
ÖNSÖZ .....	xi
SİMGELER DİZİNİ.....	xv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xix
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xxi
EKLER DİZİNİ.....	xxiii
1. GİRİŞ .....	1
1.1. Güneş Havuzları.....	2
1.2. Güneş Bacaları .....	2
1.3. Parabolik Oluk Kolektörler .....	3
1.4. Parabolik Çanak Sistemler .....	4
1.5. Merkezi Alıcı Sistemler .....	4
1.6. Pv Güneş Panelleri .....	5
2. KAYNAK ÖZETLERİ .....	10
3. MATERYAL VE YÖNTEM .....	14
3.1 Materyal .....	14
3.2. Yöntem.....	17
3.2.1. Güneş Açıları ve Işınımı Hesaplamaları .....	17
3.2.2. Kurulu Güç ve Enerji Tüketim Hesaplamaları.....	22
3.2.3. Güneşten Kazanılan Enerji.....	23
3.2.4. Net Enerji Tüketimi.....	24
3.2.5. Panel ve Akü Hesaplamaları .....	24

3.2.6. Maliyet Hesaplamaları.....	25
3.2.7. Günlük, Aylık ve Yıllık Enerji Maliyetleri .....	25
3.2.8. Amortisman Süresi Hesaplaması.....	27
3.2.9. Hesap Tablosu Algoritması .....	27
4. BULGULAR .....	30
4.1. Güneş Açıları ve Güneş Işınımı.....	33
4.2. Atmosfer Dışında ve Yeryüzüne Gelen Günlük Işınım Değerleri.....	34
4.3. Anlık Güneş Işınımı .....	35
4.4. Kurulu Güç ve Enerji Tüketimi .....	35
4.5. Güneşten Kazanılan Enerji ve Enerji Tüketimi .....	37
4.6. Panel ve Akü Değerleri .....	39
4.7. Panel Sayısı ve Alanı.....	40
4.8. Akü Kapasitesi.....	41
4.9. Enerji Maliyetleri Saatlik Enerji Maliyeti .....	42
4.10. Panel ve akü maliyeti.....	44
4.11. Toplam Maliyet .....	47
4.12 Amortisman Süresi Hesabı .....	48
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	50
KAYNAKLAR.....	53
EKLER .....	57
ÖZGEÇMİŞ.....	67

## SİMGELER DİZİNİ

- $\mu_{inv}$  : İnverter verimi (%)
- $\mu_{kablo}$  : Kabloların verimi (%)
- a : Katsayı
- A : Panel alanı (m<sup>2</sup>)
- Ag : Seçilen akü kapasitesi (Ah)
- b : Katsayı
- B<sub>i</sub> : Türkiye için standart boylam (derece)
- B<sub>y</sub> : Yerel boylam (derece)
- d : Deklinasyon açısı (derece)
- e : Enlem derecesi
- E<sub>Ai</sub> : Elektrikli cihazların aylık enerji tüketimi (Wh)
- E<sub>An</sub> : Aylık net enerji tüketimi (Wh)
- E<sub>gi</sub> : Elektrikli cihazların günlük enerji tüketimi (Wh)
- E<sub>gk</sub> : Güneşten kazanılan enerji (Wh)
- E<sub>gn</sub> : Günlük net enerji tüketimi (Wh)
- E<sub>i</sub> : Elektrikli cihazın saatlik enerji tüketimi (wh)
- E<sub>n</sub> : Saatlik net enerji tüketimi (Wh)
- E<sub>pg</sub> : Panel gücü gereksinimi (W)
- E<sub>ti</sub> : Toplam saatlik enerji tüketimi (Wh)
- E<sub>tn</sub> : Saatlik net enerji tüketimi (Wh)
- E<sub>yi</sub> : Elektrikli cihazların yıllık enerji tüketimi (Wh)
- E<sub>yn</sub> : Yıllık net enerji tüketimi (Wh)
- f : Güneş sabitini günlere göre düzeltme faktörü (katsayı)
- f<sub>A</sub> : Birim akü maliyeti (TL/adet)
- f<sub>e</sub> : Birim enerji maliyeti (TL/Wh)

- $f_p$  : Birim panel maliyeti (TL/adet)
- $g$  : Depolanan enerjinin kaç gün kullanılacağı (adet)
- $G_n$  : Elektrikli cihazın gücü (W)
- GS: Güneş saati (h)
- $h$  : Saat açısı (derece)
- $H_{dre}$  : Gün doğumu ve batımı arasındaki saat açısı (derece)
- $I$  : Anlık güneş ışınlamı ( $W/m^2$ )
- $I_{gs}$  : Güneş sabiti ( $W/m^2$ )
- $k$  : Gün sayısı (1.....31)
- $K_1$  : Panel sayısı (adet)
- $K_2$  : Akü sayısı (adet)
- $K_3$  : İnverter sayısı (adet)
- $l$  : Ay sayısı (1....12)
- $l_1$  : Panel eni (m)
- $l_2$  : Panel boyu (m)
- $M$  : Amortisman süresi (Yıl)
- $m$  : Günün saatleri (1....24)
- $M_A$  : Akü maliyeti (TL)
- $M_{Aei}$  : Yıllık enerji maliyeti (TL)
- $M_e$  : Saatlik enerji maliyeti (TL)
- $M_{inv}$  : Verim (%)
- $M_{kablo}$  : Verim (%)
- $M_p$  : Panel maliyeti (TL)
- MS: Yerel saat (Memleket saati)
- $M_{tei}$  : Günlük enerji maliyeti (TL)
- $M_{gei}$  : Aylık enerji maliyeti (TL)



- N : Panel gücü (W)
- n : 1 ocaktan itibaren gün sayısı (adet)
- $n_n$ : Cihaz sayısı (adet)
- Q: Günlük tüm güneş ışınımı ( $\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{gün}$ )
- $Q_0$ : Atm dışında birim alana bir anda gelen güneş ışınımı ( $\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{gün}$ )
- $Q_A$ : Akü kapasitesi (Ah)
- $r_t$ : Katsayı (gün)
- t : Elektrikli cihazın kullanım süresi (h)
- T: Akülerin izin verilen boşalma sınır katsayısı (%)
- $t_0$ : Aylık ortalama güneşlenme süresi (h)
- $t_{\text{gün}}$ : Gün uzunluğu (h)
- V : DC gerilimi (V)
- z : Deniz seviyesinden yükseklik (metre)
- ZD: Boylama göre zaman düzeltme (katsayı)
- $\mu_{\text{gün}}$  : Toplam verim (katsayı)
- $\tau$  : Katsayı



## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Güneş bacaları.....	3
Şekil 1.2. Parabolik oluk kolektör.....	3
Şekil 1.3. Parabolik çanak sistem.....	4
Şekil 1.4. Merkezi alıcı sistem .....	5
Şekil 1.5. Pv hücre, modül, panel ve solar dizi .....	6
Şekil 1.6. Jel akü .....	7
Şekil 1.7. Şarj denetim birimi .....	8
Şekil 1.8. İnverter.....	8
Şekil 3.1. PV sistemin uygulanacağı yapının planı .....	14
Şekil 3.2. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nün verilerine göre Aydın İli ortalama güneşlenme süreleri .....	15
Şekil 3.4. Zenit açısı.....	18
Şekil 3.5. Hesap tablosu algoritması .....	29
Şekil 4.1. Güneş ışınımı hesaplamalarına ilişkin Excell tablosu.....	30
Şekil 4.2. Kurulu güç hesaplamalarına ilişkin örnek Excell tablosu (Mutfak) .....	31
Şekil 4.3. Kurulu güç hesaplamalarına ilişkin örnek Excell tablosu.....	32
Şekil 4.4. Deklinasyon derecesi .....	33
Şekil 4.5. Gün uzunluğu.....	34
Şekil 4.6. Atmosfer dışında ve yeryüzüne gelen anlık ışınım değerleri.....	34
Şekil 4.7. Aralık ayının 18. Gününe ait kurulu güç ve enerji tüketim değerleri ....	36
Şekil 4.8. Saatlik enerji tüketimi .....	36
Şekil 4.9. Günlük enerji tüketimi .....	37
Şekil 4.10. Toplam enerji kullanımı ve güneşten kazanılan enerji (Aralık).....	37
Şekil 4.11. Toplam enerji kullanımı ve güneşten kazanılan enerji (Temmuz).....	38
Şekil 4.12. Net enerji tüketimi (Aralık).....	38

Şekil 4.13. Net enerji tüketimi (Temmuz).....	39
Şekil 4.14. Panel sayısı ve alanı .....	41
Şekil 4.15. Akü kapasitesi .....	42
Şekil 4.16. Saatlik enerji maliyetleri .....	44
Şekil 4.17. Aralık ve Temmuz aylarına ait panel maliyetleri .....	45
Şekil 4.18. Aralık ve Temmuz ayına ait akü maliyetleri .....	46
Şekil 4.19. Toplam maliyet (Aralık).....	47
Şekil 4.20. Toplam maliyet (Temmuz).....	48
Şekil 4.21. Yapının şebeke elektriği kullanması durumunda oluşacak aylık fatura bedelleri.....	49

## **ÇİZELGELER DİZİNİ**

Çizelge 3.1. Çeşitli Pv modullerin verimleri.....	16
Çizelge 3.2. Farklı monokristal güneş paneli karakteristik özellikleri ve fiyatları.	16
Çizelge 3.3. Çeşitli akülerin kapasite ve fiyatları.....	17
Çizelge 4.1 Her ayın 18. gününe ait güneş ışınım değerleri.....	35
Çizelge 4.2. Aylık toplam panel gücü değerleri.....	40



## **EKLER DİZİNİ**

Ek-1: Özellikleri tanımlı yapının kurulu güç hesaplamalarına ilişkin 18 Aralık Excell tablo örnekleri .....	57
Ek-2: Özellikleri tanımlı yapının kurulu güç hesaplamalarına ilişkin 18 Temmuz Excell tablo örnekleri .....	59
Ek-3: Güneş Işınımı Hesaplamalarına İlişkin 18 Aralık Excell Tablo Örnekleri ..	61
Ek-4: Güneş Işınımı Hesaplamalarına İlişkin 18 Temmuz Excell Tablo Örnekleri .....	63
Ek-5. Gün Doğumu, Gün Batımı ve Anlık Işınım Değerlerine İlişkin 18 Aralık Excell Tablo Örnekleri .....	65
Ek-6. Gün Doğumu, Gün Batımı ve Anlık Işınım Değerlerine İlişkin 18 Temmuz Excell Tablo Örnekleri .....	66





## 1. GİRİŞ

Fotovoltaik sözcüğü Yunanca ışık anlamına gelen “photos” ve elektriğin öncüsü Alessandro Volta’dan gelen “voltaic” sözcüklerinin birleşmesinden gelmektedir. Fotovoltaik güneş pilleri, güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren düzeneklerdir. Fransız fizikçi Becquerel ilk kez 1839 yılında elektrolit içerisine daldırılmış elektrotlar arasındaki gerilimin (voltajin), elektrolit üzerine düşen ışığa bağımlı olduğunu gözlemleyerek bulmuştur (Oktik, 2001).

Enerjinin bir formu olan ışık, bir fotovoltaik hücrenin içine girer ve elektronları harekete geçirmeye yetecek enerjiyi ortaya çıkarır. Bu enerji elektronların bir elektrik akımı oluşturabilecekleri kadar voltaji üretmelerini sağlar (Sick ve Erge, 1996).

İlk önce sıvı içinde fark edilen fotovoltaik etki katı maddeler üzerinde ilk defa 1876 yılında G.W. Adams ve R.E. Day tarafından selenyum kristalleri üzerinde bulunmuştur. Daha sonra ilk olarak %1 verimli piller 1914 yılında üretilmiş fakat bunlardan tam anlamıyla bir elektrik üretimi sağlanamamıştır. Chaplin ve Fuller tarafından %6 verimli piller üretilip elektrik üretimi sağlanmıştır (Oktik, 2001).

1958 yılında ilk defa “Vanguard 1” uydusunda elektrik temini için güneş hücresi kullanılmıştır. 1973’te yaşanan ilk petrol krizi, fotovoltaiklerin yeryüzünde kullanımını tetiklemiştir. Böylelikle, fotovoltaiklerin yeryüzünde kullanımı başlamıştır. 1980’lerden günümüze, fotovoltaikler binalara entegre edilerek kullanılmaya başlanmıştır. 1983’te 300 kW’lık ilk Alman PV santrali Pellworm Ada’sında kurulmuştur. 1985’te ise ilk çatı entegrasyonu gerçekleştirilmiştir. 1989’da, şebekeye aktarılan fazla enerjiye ilk ödeme Burgdorf-İsviçre’de gerçekleştirilmiştir. Almanya’da ise 1990’da 1000 Çatıda Fotovoltaik Modül Uygulama Projesi açıklanmıştır. 1991’de üretilen enerjinin şebekeye aktarılması konusunda yasa hazırlanarak yürürlüğe girmiştir. 1994’te ise şebekeye aktarılan enerjiye ilk defa ödeme yapılmıştır. 1996’da ilk renkli güneş hücreleri piyasaya çıkmıştır. 2002’de ise kanatları tamamen fotovoltaiklerle kaplı Pathfinder isimli insansız bir uçak uçurulmuştur (Göksal, 1998; Stark ve ark., 2002).

Farklı yöntemler ile güneş enerjisinden elektrik üretilebilmektedir. Bu yöntemlerin başlıcaları;

### **1.1. Güneş Havuzları**

Güneş Havuzları yaklaşık 5-6 metre derinlikteki suyla kaplı havuzun siyah renkli zemini güneş ışınımını yakalayarak ortalama 90°C sıcaklıkta sıcak su elde edilmesinde kullanılır. Havuzdaki ısının dağılımı suya eklenen tuz konsantrasyonu ile düzenlenir, tuz konsantrasyonu en üstten alta doğru artar. Böylece en üstte soğuk su yüzeyi bulursa bile havuzun alt kısmında doymuş tuz konsantrasyonu bulunan bölgede sıcaklık yüksek olur. Bu sıcak su bir eşanjöre pompalanarak ısı olarak yararlanılabileceği gibi Rankin çevrimi ile elektrik üretiminde de kullanılabilir (Anonim, 2015a).

**Isı eşanjörü:** Isı eşanjörü, bir akışkandan diğerine ısı transfer etmek için yapılmış bir alettir. Eşanjörde akışkanların birbirine değmemesi gereken durumda akışkanlar katı bir duvarla ayrılırlar ve bu şekilde akışkanlar asla karışmaz. Akışkanların direkt olarak temas ettiği tipler de vardır.

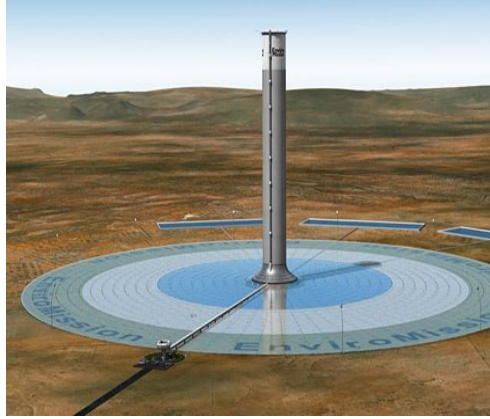
Isı eşanjörleri yaygın olarak, soğutma, iklimlendirme (klimatize etme), ısıtma, güç üretimi ve kimyasal proseslerde kullanılır. Yaygın bir ısı eşanjörü örneği de otomobil radyatörüdür. Burada sıcak radyatörün bir yüzeyine temas eden motor soğutma suyu, diğer yüzeyine temas ederek geçen hava ile soğutulur (Anonim, 2015a).

**Rankin çevrimi:** Bu metot bir akışkanın üzerine aldığı ısı enerjisini çeşitli pompalar ve farklı hacimli boru hatlarından geçirerek enerjisini üzerinden almaya dayanır. Burada güneş havuzunda ısı enerjisi yükseltilecek akışkan yüksek basınç altına alınarak yoğunlaştırılır. Daha sonra farklı hacimli boru hatlarına pompalanarak buhar haline alan akışkan bir türbine yönlendirilir ve türbin boyunca enerjisini kaybeden akışkan tekrar güneş havuzuna gönderilir. Enerjisini kaybeden akışkan tekrar hal değiştirir ve çevrim tekrar eder (Anonim, 2015b).

### **1.2. Güneş Bacaları**

Bu yöntemde güneşin ısı etkisinden dolayı oluşan hava hareketinden yararlanılarak elektrik üretilir. Güneşe maruz bırakılan şeffaf malzemeyle kaplı

bir yapının içindeki toprak ve hava, çevre sıcaklığından daha çok ısınacaktır. Isınan hava yükseleceği için çatı eğimli yapıp hava akışı çok yüksek bir bacaya yönlendirilirse baca içinde ortalama 15 m/sn hızda hava akışı-rüzgar oluşacaktır. Baca girişine yerleştirilecek yatay rüzgar türbini bu rüzgarı elektriğe çevirecektir. Bir tesisin gücü 30-100 MW arasında olabilir. Şekil 1.1'de güneş bacaları gösterilmiştir.



Şekil 1.1. Güneş bacaları (Anonim, 2015c )

### 1.3. Parabolik Oluk Kolektörler

Parabolik güneş kolektörleri diğer termoelektrik teknolojilerine göre en yaygın kullanılan teknolojidir. Kolektörler, kesiti parabolik olan yoğunlaştırıcı dizilerden oluşur. Kolektörün iç kısmındaki yansıtıcı yüzeyler güneş enerjisini kolektörün odağında yer alan ve boydan boya uzanan siyah bir absorban boruya odaklarlar (Şekil 1. 2).



Şekil 1.2. Parabolik oluk kolektör (Anonim, 2015d)

#### 1.4. Parabolik Çanak Sistemler

İki eksende güneşi takip ederek sürekli güneş ışınlarını odak noktasına yoğunlaştırırlar. Termal enerji odaklama bölgesinden uygun bir çalışma sıvısı ile alınarak termodinamik bir dolaşıma gönderilebilir ya da odak bölgesine monte edilen bir Stirling motoru yardımı ile elektrik enerjisine çevrilir. Parabolik çanak sistem Şekil 1.3'te gösterilmiştir. Gaz ısıtıldığında, yalıtılmış bir alan içinde olduğundan basıncı yükselir ve güç pistonunu etkileyerek güç stroku üretir. Gaz soğutulduğunda basınç düşer ve bunun sonucunda piston dönüş strokunda gazı tekrar sıkıştırmak için oluşan işin bir kısmını kullanır (Şekil 1.3). Ortaya çıkan net iş mil üzerinde güç oluşturur. Çalışma gazı sıcak ve soğuk ısı eşanjörleri arasında periyodik olarak akar. Çalışma gazı piston silindirleri içinde yalıtılmıştır. O yüzden burada egzoz gazı yoktur. Diğer tip pistonlu motorlardan farklı olarak valflere ihtiyaç yoktur.



Şekil 1.3. Parabolik çanak sistem (Anonim, 2015e)

**Stirling Motoru:** Yalıtılmış olarak bir miktar çalışma gazının (genellikle hava, helyum, hidrojen vb.) ısıtılma ve soğutulma işleminin tekrar edilmesi ile çalışır.

#### 1.5. Merkezi Alıcı Sistemler

Tek tek odaklama yapan ve heliostat adı verilen ve 100 m<sup>2</sup> den daha büyük yüzeye sahip aynalar güneş enerjisini bir kule üzerine monte edilmiş alıcı denek (Receiver) yüksek ısı absorbe katsayısına sahip ısı eşanjörüne yoğunlaştırarak yansıtır (Şekil 1.4). Alıcıda bulunan ve içinden ısı transfer akışkanı geçen boru

yumağı güneş enerjisini üç boyutta hacimsel olarak absorbe eder. Bu sıvı, Rankine makineye pompalanarak elektrik üretilir.



Şekil 1.4. Merkezi alıcı sistem (Anonim, 2015f)

## 1.6. Pv Güneş Panelleri

Güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştürmede kullanılan bir diğer sistem ise fotovoltaik modüller yardımı ile oluşturulan sistemlerdir. Dünyada birçok kullanım alanı olan bu sistemleri ayrıntılı olarak inceleyecek olursak;

Bir fotovoltaik sistemi oluşturan bileşenler;

-PV modüller

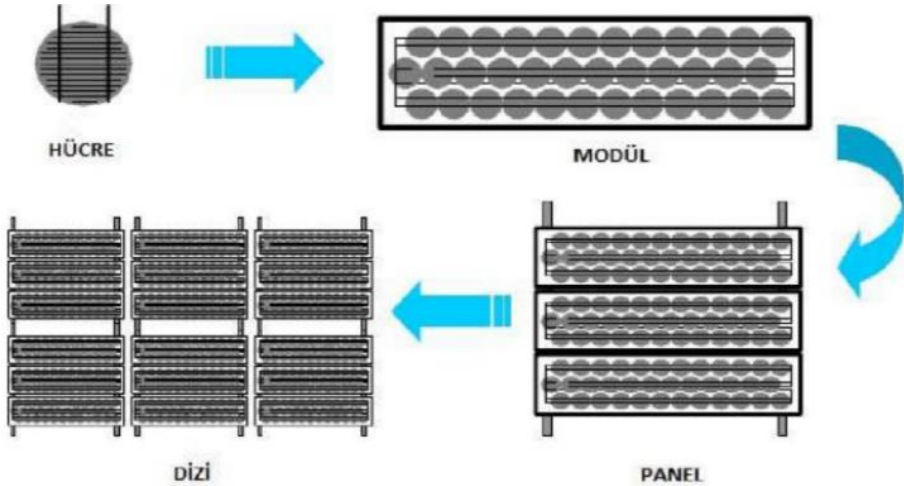
-Aküler

-İnvertörler (Dönüştürücüler)

-Şarj denetim birimleri

-Diğer sistem bileşenlerinden oluşur.

**Modüller:** PV hücre modüller sistemin en önemli parçasıdır. PV hücreler güneşten aldıkları enerjiyle elektrik üreten yarı iletken malzemelerden üretilmişlerdir. Kalınlıkları mikrometreyle ölçülecek kadar ince olan bu hücrelerin boyutları genelde kare, dikdörtgen veya dairesel olup alanları  $100\text{cm}^2$  civarındadır. Tek bir PV hücreden elde edilen enerji oldukça azdır. Bu nedenle hücreler seri veya paralel bağlanarak modülleri, modüller de birleşerek panelleri oluştururlar. Büyük miktarlarda elektrik üretmek için paneller de birbirine bağlanarak solar PV dizisini meydana getirirler (Şekil 1.5). En çok kullanılan modül tipi alüminyum çerçeveli camlı modüllerdir (Şen, 2004).



Şekil 1.5. PV hücre, modül, panel ve solar dizi (Çelebi, 2002)

**Aküler:** PV hücreler tarafından üretilen elektrik enerjisinin tüketilmediği durumlarda depolanması gereklidir. Güneş ışınımı olduğu sürece üretilen enerji akülerde depolanır. Yapılan hesaplamalar sonucunda sistemin kaç adet aküye ihtiyacı olduğu bulunmaktadır. Günümüzde en çok kurşun-asit ve nikel kadmiyum tipi aküler PV sistemlerde kullanılmaktadır. Şekil 1.6'da akü ve kısımları görülmektedir.



Şekil 1.6. Jel akü (Anonim, 2015g)

**Şarj denetim birimleri:** PV hücreler tarafından üretilen elektriğin direkt olarak aküye gönderilmesi akülere zarar verebilmektedir. Bu nedenle şarj denetim birimleri kullanarak aşırı enerji yüklemesini ve boşalması önlerler. Diğer bir deyişle akülerin şarj ve deşarj olmasını önleyen birimlerdir (Şekil 1.7).





Şekil 1.7. Şarj denetim birimi (Anonim, 2015g)

**İnvertör (Dönüştürücüler):** PV hücreler doğru akım enerjisi üretirler. Bu enerjinin aletlerde kullanılması için alternatif akıma dönüştürülmesi gerekmektedir. Şekil 1.8’de inverter gösterilmiştir. Enerji dönüştürücü görevi yapan inverterler şebekeden bağımsız sistemler için düşük gerilimli (12-48V), şebeke bağlantılı sistemlerde yüksek gerilimli (110V ve üstü) olarak kullanılmalıdır (Öztürk ve ark., 2011).



Şekil 1.8. İnverter (Anonim, 2015h)

**Diğer sistem bileşenleri:** PV sistemler modül, akü vb. bileşenler dışında elektrik üretebilmek için başka bileşenlere de ihtiyaç duyar. Bunlar, diyotlar,



kablolama, bağlantı kesme elemanları, sigortalar, topraklama elemanları, aşırı akımdan koruma elemanları ve montaj parçalarıdır. Fotovoltaik sistemler uygulamada iki farklı tipte uygulanmaktadır. Bunlar, şebekeye bağlı ve şebekeden bağımsız ünitelerdir. Şebekeden bağımsız sistemler var olan elektrik şebekesinden uzakta elektrik ihtiyacının olduğu durumlarda uygulanmaktadır.

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

Atlas (1998), yenilenebilir enerji kaynakları ve ülkemizdeki potansiyel üzerine yapmış olduğu çalışmada alternatif enerji kaynaklarından özellikle rüzgar ve fotovoltaik sistemlerden yararlanılabileceğini belirtmiştir. Atlas çalışmasında, artan enerji ihtiyacına değinerek bu ihtiyacın güneş ve rüzgar enerjilerinin elektrik enerjisine dönüştürülerek ana sisteme katkı sağlayacağını belirtmiştir. Özellikle ana şebekeden uzak kırsal alanlarda uygulanabilirliği ve tarımsal amaçlı su pompalama uygulamalarında güneş enerjisinden yararlanılabileceğini ortaya koymuştur.

Işiker ve diğerleri (2006), fotovoltaik panellerin çıkış gücüne etki eden çeşitli parametreleri araştırdıkları çalışmada eğim, sıcaklık ve direnç parametrelerini incelemiş ve çalışmanın sonucu olarak en uygun eğim açısını optimum direnç değerini ve sıcaklık ölçümlerinin nereden yapılması gerektiğini belirtmişlerdir.

Varınca ve Gönüllü (2006), Türkiye’de güneş enerjisi potansiyeli ve yaygınlığı üzerine yaptıkları çalışmada güneş enerjisinin sahip olduğu potansiyel ve kullanım kolaylığı bakımından diğer alternatif enerji kaynaklarına kıyasla daha hızlı gelişeceğini öngörerek Türkiye’nin sahip olduğu potansiyeli etkin bir biçimde kullanmadığını belirtmiştir. Bu konuda devletin tanıtım ve teşvik eksikliklerinin yanı sıra en önemlisi kanunsal düzenlemelerin yapılmamış olması bu sektörün gelişmesinin önündeki en büyük engel olduğu belirtilmiştir. Güneş enerjisi konusunda birçok kurum kuruluş ve akademisyenlerin uzun süredir araştırma yaptığını ve bu araştırmaların çeşitli devlet kurumlarınca desteklenmesi ile güneş enerjisi sektörünün hızlı bir gelişme göstereceğini belirtmiştir.

Meder ve diğerleri (2007), herhangi bir bölgede binaların çatı yüzeylerine gelen güneş ışımasının değerlendirilmesine ilişkin topografya temelli küresel güneş ışıması değerleri; bulut kapallığı ve iklim temelli küresel güneş ışımasına etki eden gökyüzü geçirgenliği; yayınık ışınmayı belirleyen yansıma ve yer sıçramasını esas alan albedo; belirli zaman ve periyotlarda çekilmiş hava fotoğraflarından sağlanan arazide gölgelenen alanların ölçümüne dayanan gölge katsayısı, yine hava fotoğraflarının analizine göre hazırlanmış toplam çatı yüzey, çatı eğim, tip ve yönelimleri ile derlenen bu verilerden elde edilen toplam bina çatı ışıma potansiyelini kapsayan bir yöntem geliştirmişlerdir.

Grozdev (2010), alternatif enerji kaynaklarından güneş enerjisi ve güneş pilleri üzerine araştırmıştır. Araştırmacı bu çalışmada belirli bir ihtiyacı karşılamak için güneş enerjisi sistem tasarımı yaparak maliyet analizi sonuçlarını ortaya koymuştur. Sistem konusunda teknik bilgilere de yer vererek alternatif montaj şekillerinden bahsetmiştir.

Yalçın (2010), yaptığı çalışmada haymana araştırma ve uygulama çiftliğinin çeşitli programlar ve ölçülen veriler yardımı ile teorik olarak güneş enerjisi potansiyelini belirlemeye çalışmıştır. Bunun yanında bu potansiyele göre kurulu gücü karşılayabilecek sistem tasarımları ve bu sistemlerin ekonomiklik analizlerini yapmıştır. Çalışma sonucunda belirli dönem ve mevsimlerde sistemin hangi açı ile kurulması gerektiğini ve çalışmasını farklı teknolojilerle üretilmiş panellerle çeşitlendirdiğinden en yüksek verimli fotovoltaik panel teknolojisini ortaya koymuştur.

Sayın ve Koç (2011), güneş enerjisinden aktif olarak yararlanma konusunda yapmış oldukları çalışmada; dünya üzerinde kullanılan fosil kaynaklı yakıtların %50'lik bir kısmının yapılarda kullanıldığını belirtmişlerdir. Fotovoltaik sistemlerin yapılarda kullanılarak bu tüketimin azaltılabileceği rapor edilmiştir. Araştırmacılar bu sistemlerin yapılarda kullanım biçimlerini irdeleyerek ortaya koymuşlardır.

Dinçer (2011), yapmış olduğu çalışmada, Türkiye'nin güneş enerji potansiyelinin birçok gelişmiş ülkeye oranla çok fazla olduğunu fakat bu potansiyelden yararlanma oranının diğer ülkelere göre bir o kadar düşük olduğunu belirterek bu konuda devletin enerji politikasının yapılandırılması gerektiğini belirtmiştir. Ayrıca fosil yakıtların oluşturduğu çevresel kirliliğe de değinerek, Türkiye'nin imzaladığı Kyoto anlaşması uyarınca bu kirliliğin sorun oluşturacağını belirtmiştir. Ülkenin enerji ihtiyacının çok hızlı büyüdüğünü belirterek alternatif enerji kaynaklarının önemini vurgulamıştır.

Boz (2011), güneş pilleri üzerine yapmış olduğu çalışmada, güneş pillerini detaylı bir şekilde inceleyerek bilgi vermektedir. Dünya'nın artan enerji ihtiyacına dikkat çekerek fotovoltaik güneş enerjisi sistemlerinin çok daha yaygın kullanılması gerektiğini belirtmektedir.

Akarşlan ve diğeri (2012), yapmış oldukları çalışmada güneş enerjisinden elektrik elde etme konusunda fotovoltaik piller üzerinde çalışmışlardır. Araştırmacılar farklı teknoloji ile üretilmiş fakat aynı çıkış gücüne sahip üç fotovoltaik panel üzerinde çıkış gücünü etkileyen faktörleri incelemişlerdir. Bu çalışmada panel yüzey sıcaklığının çıkış gücüne etkisinin en fazla olduğunu göstermiştir. Ayrıca fotovoltaik panellerin herhangi bir zaman diliminde ne kadar elektrik üretilebileceğinin hesaplanmadığına değinerek çeşitli güneş panellerinin üretimlerini tahmin etmek için farklı deneyler ve ölçümler yapmışlardır.

Yılmaz ve diğeri (2012), yapmış oldukları çalışmada fotovoltaik güneş panelleri ile elektrik üretimine etkili parametreleri Matlap yardımı ile modelleyerek incelemişlerdir. Bu çalışmada ışık şiddeti, sıcaklık, eşdeğer devrenin seri direnci, paralel kol sayısı ve seri bağlı hücre sayısı gibi etkenlerin artma azalma durumlarında fotovoltaik panelin çıkış gücündeki değişiklikler saptanmıştır.

Dereli (2013), güneş enerjisi dönüşüm verimliliğini arttırmak, bu sistemlerinin maliyetlerini azaltmasını sağlamak kullanımını daha da yaygınlaştırmayı amaçlamıştır. Koşulların optimum olmadığı durumlarda yani ağaçlar, binalar vs. unsurların gölgelerinde kalan sistemlerde önemli bir verim kaybı olduğunu söylemişlerdir. Bu çalışmada, verim kayıplarının önüne geçebilmek için fotovoltaik sistemler ile ağaçların yalıtılması konusunda bir coğrafi konum tespiti yapmışlardır. Bu tespit fotovoltaik sistemlerinin performansını en üst düzeye çıkartacaktır. Ayrıca Midwest ABD’de yürütülen bir uygulamada da yazıda bahsedilen ağaç türü için ağacın boyu, taç genişliği ve büyüme oranı gibi ağaç özellikleri incelenmiştir. Fotovoltaik sistem ile çalışmada bahsedilen ağaç türünün birbirlerine uyumu araştırılarak asgari dikim mesafeleri dikim yönü ve genişliği minimum gölgelenme olacak şekilde tasarlanmış ve ölçülmüştür. Bu çalışmada düşük maliyetli PV sistem tasarımının olumsuz etkilerini en aza indirecek teknik tasarımını çatı monteli fotovoltaik sistemleri baz alarak yapmışlardır.

Atmaca ve diğeri (2014), yapmış oldukları çalışmada, Türkiye’nin büyük oranda tarıma dayalı üretim yaptığını belirterek bu sektörde kullanılan elektrik enerjisinin azımsanamayacak boyutlarda olduğunu belirtmişlerdir. Güneş enerjili sulamanın tarım sektörüne uygulaması hakkında çalışmalar

yapmışlardır. Bu çalışmada panel verimleri çalıştırılan pompanın verimleri ve ekonomik açıdan incelemelerde bulunmuşlardır.

Çiftçi ve diğerleri (2014), Burdur'da güneş pili kullanarak bir evin ortalama elektrik ihtiyacının karşılanması üzerine yaptıkları çalışmada, 4 kişilik bir ailenin aylık ortalama elektrik enerjisi tüketimleri ilgili kurumdan temin edilmiş ve bu değer baz alınarak bir sistem tasarımı ve ekonomik analizini yapmışlardır. Kurulan sistem ve ailenin aylık elektrik tüketimi sonucu elektrik firmasına ödediği miktar baz alınarak amortisman hesabı yapmışlardır.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

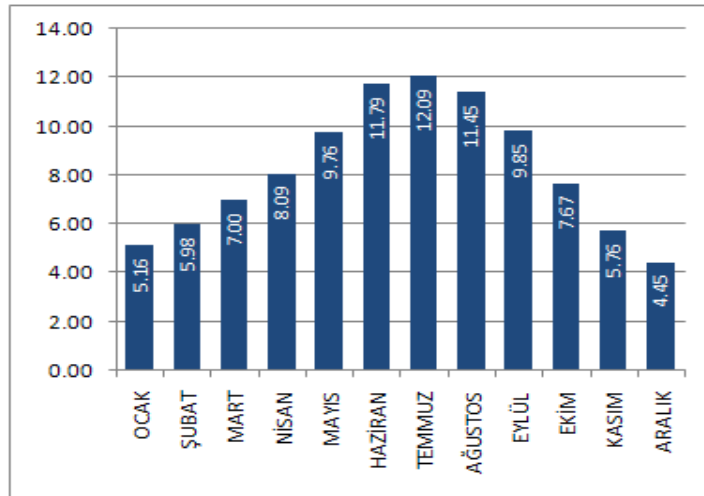
Çalışmanın ana materyalini 37° 35' kuzey enlemi 28° 02' doğu boylamında yer alan Aydın ilindeki bir yapı (çiftlik evi) oluşturmaktadır. Şekil 3.1'de planı verilen yapı üç oda bir salon dış cephe ısı yalıtımlı ve tek katlıdır. Yapıda çekirdek aile yaşamaktadır. Salon 20m<sup>2</sup> mutfak 10 m<sup>2</sup> yatak odası 13 m<sup>2</sup> tuvalet ve banyo 5 m<sup>2</sup> oturma odası 15 m<sup>2</sup> yatak odası 14 m<sup>2</sup> veranda 3 m<sup>2</sup> giriş holü 11m<sup>2</sup> toplam 91 m<sup>2</sup> 'dir.



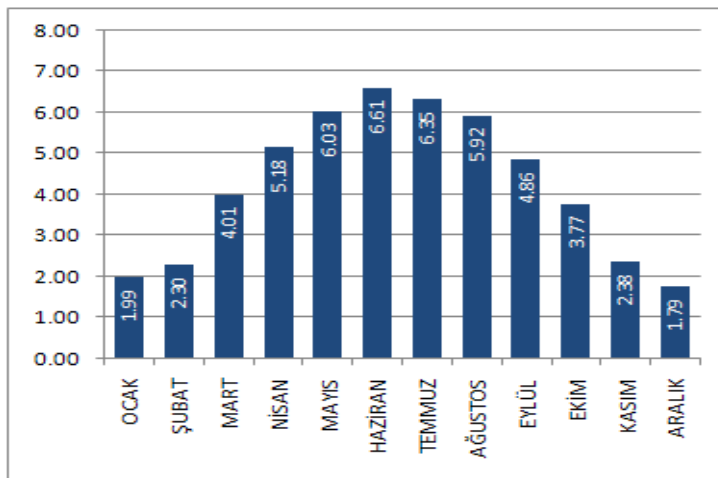
Şekil 3.1. PV sistemin uygulanacağı yapının planı (Anonim, 2015ı)

Yapının bulunduğu bölgenin iklimi PV modüllerin performansını etkileyecek en önemli kriterdir. Yıllık toplam güneşlenme süresi, ortalama bulutlu gün sayısı, rüzgar yükleri, yağış miktarı ve sismik koşullar gibi veriler ışığında PV sistemin tasarımı gerçekleştirilecektir. Kurulu gücü hesaplanacak çiftlik evinin bulunduğu bölgenin güneşlenme süreleri Şekil 3.2, radyasyon değeri ise Şekil

3.3’de verilmiştir. Bu tablolardaki veriler panel alan hesaplaması ve elektrik üretim kapasitesi hesaplamalarında kullanılacaktır.



Şekil 3.2. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünün verilerine göre Aydın ili ortalama güneşlenme süreleri (h) (Anonim, 2015i)



Şekil 3.3. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünün verilerine göre Aydın ili radyasyon değerleri (kwh/m<sup>2</sup>·gün) (Anonim, 2015j)

Kurulacak sistemde farklı güçlerde tek ve çok kristal silisyum güneş panelleri ile ince film güneş panelleri seçenekleri olup, panellere ilişkin sistem verimleri esas alınarak tek kristal silisyum panellere ait verim değeri hesaplamalarda

kullanılmıştır. Farklı teknolojiler ile üretilmiş fotovoltaik panellerin verimleri Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Çeşitli PV modüllerin verimleri (Oktik, 2001)

TEKNOLOJİ TÜRÜ	% VERİMİ
Tek Kristal Silisyum	12
Çok Kristal Silisyum	10
Tek İnce Film	4
Çoklu İnce Film	7

Fotovoltaik panellere ilişkin bazı karakteristik özellikler ve fiyatları Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Farklı monokristal güneş paneli karakteristik özellikleri ve fiyatları (Anonim, 2015k)

Hücre tipi	156 x 156 Monokristal güneş pili										
	500	600	675	700	725	800	825	900	925	950	1000
Fiyat (TL)	500	600	675	700	725	800	825	900	925	950	1000
Güç	200	255	260	265	270	275	280	285	290	295	300
Maksimum güç (wp)	204.9	259.9	264.9	269.9	274.9	279.9	284.9	289.9	294.9	299.9	304.9
Açık devre gerilimi (VOC)	42.7	43.0	43.2	43.5	43.8	44.3	44.6	44.8	45.0	45.3	45.5
Kısa devre akımı (ISC)	7.70	7.85	7.95	8.050	8.20	8.35	8.50	8.60	8.75	8.85	8.95
Maksimum güç gerilimi (vm)	35.0	35.2	35.3	35.5	35.6	35.8	36.0	36.2	36.3	36.5	36.6
Maksimum güç akımı (IM)	7.14	7.25	7.37	7.46	7.58	7.68	7.78	7.87	7.99	8.08	8.20
10 yıl imalat garantisi											
12 yıl %90 minimum çıkış gücü garantisi											
25 yıl %80 minimum çıkış gücü garantisi											

Tasarımı yapılan sistemde kullanılacak bazı akü ve birim maliyetleri çizelge 3.1’ de verilmiştir. Çizelge 3.2’de verilen akülerin kullanım ömürleri 10 yıldır.



Çizelge 3.3. Çeşitli akülerin kapasite ve fiyatları (Anonim 2015)

MODEL	VOLTAJ (V)	BOYUT (mm)	KAPASİTE (Ah)	FİYAT(TL)
LFB12200G	12	522x238x218	200	1.267,00
LFP12134G	12	342x172x280	135	998,00
EG12150	12	483x172x241	150	845,00
TRNOVA-B9	12	425x176x233	150	950,00

### 3.2. Yöntem

Çalışma, özellikleri tanımlı yapının fotovoltaik sistemler kullanılarak elektrik enerjisi gereksiniminin belirlenmesi, bu gereksinimi karşılayacak fotovoltaik panellerin kapasitelerinin belirlenmesi ve şebeke maliyetleri ile üretim maliyetlerinin karşılaştırmasına yönelik hesaplamaları içeren teorik bir çalışmadır. Bu kapsamda yapıda bulunan ve elektrik gereksinimi duyan bütün ekipmanların güçleri dikkate alınarak enerji tüketim değerleri, panel alan değerleri, akü kapasitesi, panelden üretilen enerji değeri ve güneş ışınlarından elde edilecek enerji değerleri saatlik, günlük, aylık ve yıllık olarak belirlenecektir. Belirlenen değerler veri olarak kayıt altına alınarak ekonomik analizi yapılacaktır. Bu çalışmada kurulu gücü karşılamak üzere fotovoltaik sistemin tasarımı için bazı teorik hesaplamalar kullanılmıştır. Bu hesaplamalar;

#### 3.2.1. Güneş Açıları ve Işınımı Hesaplamaları

##### Deklinasyon açısı hesabı

Deklinasyon açısı güneş ışınlarının aylar ve mevsimlere göre dünyaya geliş açısı olup ayrıca diğer bir tanımlama ile güneş ışınlarının dünyaya geliş açısıdır. Deklinasyon açısı günlere göre farklılık gösterdiğinden çalışmanın daha ayrıntılı olabilmesi adına günlük deklinasyon açısı (1)'nolu denklem yardımı ile hesaplanmıştır. Hesaplamada çalışmanın yapıldığı 2015 yılının günleri baz alınarak günlük deklinasyon açıları hesaplanarak elde edilen veriler Excel programında kaydedilmiştir. Deklinasyon açısı (n); 1 Ocaktan itibaren gün sayısı olmak üzere,



hesaplanması için güneş doğuş ve batış zamanlarının bilinmesi gerekir. (3)'nolu formül yardımı ile hesaplanan gün doğum ve batım anındaki saat açıları (4)'nolu formülde yerine konarak gün uzunluğu hesaplanmıştır. Bu çalışmada 2015 yılının her günü için ayrı ayrı gün uzunluğu hesaplanıp kaydedilmiştir. Günün herhangi bir saatindeki saat açısını hesaplamak için ise (5)'nolu denklemden faydalanılmıştır.

$$H = \arccos \left( -\frac{\sin(d) \cdot \sin(e)}{\cos(e) \cdot \cos(d)} \right) = \arccos[-\tan(e) * \tan(d)] \quad (3)$$

$$t_{gün} = \frac{2}{15} * (H) \quad (4)$$

$$h_{arc} = 15 * (12 - GS) \quad (5)$$

### **Zaman düzeltmesi ve güneş saati hesabı**

Fotovoltaik sistemlerin tasarımında en önemli etkenlerden birisi güneş ışınımıdır. Güneş ışınımı hesaplamalarında güneş saati dikkate alınır. Güneş saati (6)'nolu denklem yardımı ile hesaplanmıştır. Türkiye standart saat boylamı ile sistemin kurulacağı yerin boylamı arasındaki farktan dolayı zaman düzeltmesi yerel saati güneş saatine dönüştürürken dikkate alınmıştır. Ayrıca zaman düzeltmesi dünyanın yörüngesindeki düzensizlikten ve dönme hızındaki ufak farklılıklardan dolayı günden güne değişkenlik gösterir (Kılıç ve Öztürk, 1984). Bu düzeltme; n, 1 Ocaktan itibaren gün sayısı ve Türkiye için standart boylam 30<sup>0</sup> olmak üzere (8) numaralı denklem yardımı ile hesaplanmıştır.

$$GS = MS - \frac{30 - B_y}{15} + ZD \quad (6)$$

$$x = 360 * \frac{n-1}{365 * 242} \quad (7)$$

$$ZD = 0,0043 \cos x - 0,1216 \sin x - 0,0608 \cos 2x - 0,1538 \sin 2x \quad (8)$$

### **Atmosfer dışında yatay düzleme gelen güneş ışınımı**

Deklinasyon açısı, gün uzunluğu, saat açıları ve sistemin kurulacağı yerin boylamı belirlendikten sonra atmosfer dışında yatay düzlemin birim alanına bir gün boyunca gelen güneş ışınımı hesabı (13)'nolu denklemden hesaplanmıştır. Atmosfer dışında birim alana gelen güneş ışınımı sabit değerdir fakat teorik

hesaplamalarda kolaylık sağlayacağından ortalama dünya-güneş mesafesi dikkate alınarak bir ışınım değeri belirlenmiştir. Bu değere güneş sabiti denir ve  $I_{gs}=1353W/m^2$  alınır (Kılıç ve Öztürk, 1984). Ayrıca güneş sabiti günlere göre farklılık göstereceğinden günlere göre düzeltme faktörü (9)'nolu denklem ile belirtilmiştir. Burada n, 1 Ocaktan itibaren gün sayısı olmak üzere güneş sabitinin günlere göre düzeltme faktörü;

$$f = 1 + 0,033 + \cos(360 \frac{n}{365}) \quad (9)$$

Atmosfer dışında eğik düzlemin birim alanına bir gün boyunca gelen güneş ışınımı ise (10) ve (11)'numaralı denklemlerin devamı olan (12) numaralı denklemin gün boyunca integre edilmesiyle bulunarak (13)'nolu denklemde verilmiştir.

$$I_0 = I_{gs} + \cos(z) \quad (10)$$

Buna göre dt zamanında gelen ışınım;

$$dQ_0 = I_{gs} * f * \cos(z) dt \quad (11)$$

ve saat açısı cinsinden, dt yerine  $(12/\pi)dh$  konularak;

$$dQ_0 = \frac{12}{\pi} * I_{gs} * f * \cos(z) dh \quad (12)$$

(9) numaralı denklemde zenit açısı yerine konarak gün boyu integre edilmesi ile;

$$Q_0 = \frac{24}{\pi} * (I_{gs} * 10^6 * 3600) * f * \left( \cos d * \cos e * \sin H + \frac{H}{180} * H * \sin d * \sin e \right) (13)$$

### **Günlük tüm güneş ışınımı hesabı**

Yatay düzleme gelen tüm güneş ışınımı bağıntıları daha ziyade güneşlenme süresi, izafi nem, atmosferik basınç, sıcaklık ve bulutluluk oranı gibi meteoroloji verilerinden birine veya birkaçına bağlı olarak verilmektedir. En yaygın olanı güneşlenme süresinin fonksiyonu olan bağıntılardır (Kılıç ve Öztürk, 1984). Günlük tüm güneş ışınımı (14) numaralı denklem yardımı ile hesaplanır. Ayrıca bu denklem Angström denklemi olarak da bilinmektedir.

$$Q = Q_0 * [a + b * \left(\frac{t_0}{t_{gün}}\right)] \quad (14)$$

Burada a ve b katsayıları tüm güneş ışınımı ve güneşlenme süresi ölçümlerine dayanarak istatistik metotlarla bulunmaktadır. Kılıç ve Öztürk (1984) bu katsayıları (15) ve (16) numaralı denklemlerde verildiği şekilde tanımlamışlardır. Bu çalışmada a ve b katsayıları olarak kabul edilen denklemler, z deniz seviyesinden yükseklik olmak üzere;

$$a = 0,103 + 0,000017Z + 0,198 * \cos(e - d) \quad (15)$$

$$b = 0,533 - 0,165 * \cos(e - d) \quad (16)$$

Bu sabitler; bölgenin bitki örtüsüne, iklimine ve coğrafi yapıya bağlı olarak belirli değerler arasında değişmektedir.

#### **Anlık tüm güneş ışınımı hesabı**

Fotovoltaik sistem kurulumu ve tasarım hesaplamaları için en önemli veri parametresi anlık tüm güneş ışınımıdır. Anlık tüm güneş ışınımı günlük tüm güneş ışınımına bağlı olarak hesaplanmaktadır. Anlık tüm güneş ışınımını bulabilmek için günlük tüm güneş ışınımının  $r_t$  gibi bir katsayı ile çarpılarak gerekli birim dönüşümleri yapılmalıdır. İlgili denklem (17) numaralı eşitlikte verilmiştir (Kılıç ve Öztürk, 1984).

$$I = \frac{r_t * Q * 10^6}{3600} \quad (17)$$

Eşitlikte  $r_t$  değeri için;

$$r_t = \frac{I}{Q} = \frac{\pi}{4t_{gün}} * \left[ \cos\left(90 * \frac{h}{H_{drc}}\right) + \frac{2}{\sqrt{\pi}} * (1 - \tau) \right] \quad (18)$$

Yukarıdaki eşitlikte  $r_t$  değerini bulabilmek için  $\tau$  katsayısı (19) numaralı denklemden faydalanarak hesaplanır.

$$\tau = e^{[-4\left(1 - \frac{[h]}{H}\right)^2]} \quad (19)$$

### 3.2.2. Kurulu Güç ve Enerji Tüketim Hesaplamaları

Anlık tüm güneş ışınım değeri  $h$  güneş saatinin fonksiyonu olarak gün doğumundan batımına kadar her saat için hesaplanarak kayıt altına alınmıştır. Kayıt edilen bu değerler daha önce ortalama bir yapıda (Çiftlik evi) bulunması öngörülen elektrikli ev aletleri, bu aletlerin enerji tüketim değerleri, ortalama kaç saat çalışacağı ve günün hangi saatlerinde çalışacağı, 2015 yılının 365 günü 24 saat dilimine ayrılan tabloya gerçeğe en yakın şekilde senaryolaştırılarak aktarılmıştır. Bu tablo yapının her odasındaki enerji tüketimleri ile hangi aletlerin ne kadar süre kullanıldığı bilgisinin bulunduğu veri bankası olarak kullanılmıştır. Veri bankasında saatlik olarak toplam enerji tüketimi ve evdeki bütün aletlerin ilgili saat diliminde ne kadar süre ile çalıştığı bilgisi de bulunmaktadır. Bu sayede yapıdaki anlık enerji tüketimi öngörülmüştür. Sistem tasarımı yapılırken bazı değerler seçilerek tabloya eklenmiştir. Bu veriler;

-Bir adet panelin gücü (Çizelge 2) ve buna bağlı panel eni, boyu.

-Sistemde kullanılacak olan birim akü kapasitesi.

-Kurulu güç ve enerji tüketimi saatlik, günlük, aylık ve yıllık olarak hesaplanmıştır.

#### Saatlik enerji tüketimi

Saatlik enerji tüketimi hesabında (20) ve (21) numaralı denklemler kullanılmıştır. Burada elektrikli cihazların güçleri, kullanım süreleri ve kaç adet cihazın çalıştığı dikkate alınmıştır.

$$E_i = G_n * t * n_n \quad (20)$$

E: Anlık enerji tüketimi (Wh)

$$E_{ti} = \sum_{i=1}^{n_n} (E) \quad (21)$$

$E_{ti}$ : Elektrikli cihazların saatlik enerji tüketimi (Wh)

### **Günlük enerji tüketimi**

Hesaplamada (22) numaralı denklem kullanılmıştır. Denklemde; m, 24 saati göstermek üzere saatlik enerji tüketim değerlerinin toplamı olarak hesaplanmıştır.

$$E_{gi} = \sum_{i=1}^m (E_{ti}) \quad (22)$$

$E_{gi}$ : elektrikli cihazların günlük enerji tüketimleri (Wh)

### **Aylık enerji tüketimi**

Aylık enerji tüketim hesabında (23) numaralı denklem kullanılmıştır. Denklemde k, 31 günü göstermek üzere günlük enerji tüketim değerlerinin toplamı olarak hesaplanmıştır.

$$E_A = \sum_{i=1}^k (E_{gi}) \quad (23)$$

$E_{Ai}$ : elektrikli cihazların aylık enerji tüketimleri (Wh)

### **Yıllık enerji tüketimi**

Hesaplamada (24) numaralı denklem kullanılmıştır. Bu denklemde l, 12 ay sayısını göstermek üzere aylık enerji tüketim değerlerinin toplamı olarak hesaplanmıştır.

$$E_{yi} = \sum_{i=1}^l E_{Ai} \quad (24)$$

$E_{yi}$ : Elektrikli cihazların yıllık enerji tüketimleri (Wh)

### **3.2.3. Güneşten Kazanılan Enerji**

Hesaplamada (25) numaralı denklem kullanılmıştır. Anlık tüm güneş ışınımı değeri ve panel alanının çarpımından güneşten kazanılan enerji değeri hesaplanmıştır.

$$E_{gk} = I * A \quad (25)$$

### 3.2.4. Net Enerji Tüketimi

Net enerji tüketim değeri (26) numaralı denklem ile hesaplanmıştır. Elektrikli cihazların saatlik enerji tüketimi ve güneşten kazanılan enerji farkından net enerji tüketimi hesaplanmıştır.

$$E_n = E_i - E_{gk} \quad (26)$$

### 3.2.5. Panel ve Akü Hesaplamaları

#### Panelin sağladığı toplam güç

Toplam panel gücü gereksinimi; panel gücü, gün uzunluğu ve toplam verime göre (27) numaralı denklem yardımı ile hesaplanmıştır. Burada toplam verim;

Güneş verimi, panel verimi ve meteorolojik şartlar dikkate alınarak hesaplanmıştır.

$$E_{pg} = N * t_{gün} * \mu_{güneş} \quad (27)$$

#### Panel sayısı hesabı

Panel sayısı için (28) numaralı denklemden yararlanılmıştır. Panel sayısı toplam net enerji tüketim değeri toplam panel gücü gereksinimine bölünerek hesaplanmıştır. Sistemde kullanılması gereken panel sayısı belirlenirken saatlik, günlük ve aylık verilerden maksimum değere sahip olan gün dikkate alınmıştır.

$$K_1 = \frac{E_n}{E_{pg}} \quad (28)$$

#### Panel alan hesabı

Panel alanı (29) numaralı denklemden yararlanılarak bulunmuştur. Panellerin toplam alanı hesaplanırken N gücünde seçilen panelin eni ve boyu ile panel sayısı çarpılmıştır. Hesaplanan aylık, günlük ve saatlik verilerden maksimum değer dikkate alınmıştır.



$$A = K_1 * l_1 * l_2 \quad (29)$$

### **Akü kapasitesi hesabı**

Akü kapasitesi, net enerji tüketimi, enerjinin depolanması istenilen gün sayısı ve kurulan sistemin çeşitli parçalarında oluşacak kayıplar da göz önünde alınarak (30) numaralı denklem yardımı ile hesaplanmıştır. Burada kayıplar kablolardaki ısınma, doğru akım olarak üretilen elektriğin alternatif akıma cevrimi sırasında oluşmaktadır.

$$Q_A = \frac{E_n * g}{V * T * \mu_{inv} * \mu_{kablo}} \quad (30)$$

### **Akü sayısı hesabı**

Akü sayısı hesaplanırken, (30) numaralı denklem ile hesaplanan akü kapasitesi değeri seçilen akü kapasitesine (Çizelge 3) bölünerek bulunmuştur. Hesaplama (31) numaralı denklem kullanılmıştır.

$$K_2 = \frac{Q_A}{A_g} \quad (31)$$

### **3.2.6. Maliyet Hesaplamaları**

Hesaplamalarda (32) numaralı eşitlik kullanılmıştır. Oluşturulan hesap tablosunda anlık olarak hangi saatte ne kadar enerji tüketildiği ve bu enerjinin maliyetinin ne olduğu bulabilmek olanaklıdır.

$$M_{ei} = E_n * f_e \quad (32)$$

### **3.2.7. Günlük, Aylık ve Yıllık Enerji Maliyetleri**

Enerji maliyeti oluşturulan hesap tablosu yardımı ile saatlik, günlük, aylık ve yıllık olarak hesaplanarak kaydedilmiştir.

#### **Günlük enerji maliyeti**

Günlük enerji maliyeti m, 24 saati göstermek üzere (33) numaralı eşitlik ile hesaplanmıştır.

$$M_{tei} = \sum_{i=1}^m (M_{ei}) \quad (33)$$

### Aylık enerji maliyeti

Aylık enerji maliyeti  $k$ , 31 günü göstermek üzere (34) numaralı denklem ile hesaplanmıştır.

$$M_{gei} = \sum_{i=1}^k M_{tei} \quad (34)$$

### Yıllık enerji maliyeti

Yıllık enerji maliyeti  $l$ , 12 ay sayısını göstermek üzere (35)'nolu eşitlik ile hesaplanmıştır.

$$M_{Ae} = \sum_{i=1}^l M_{gei} \quad (35)$$

### Akü maliyeti hesabı

Hesaplanan akü sayısı ve birim akü maliyetini çarpımı ile hesaplanmıştır.  $f_A$  birim akü maliyeti olmak üzere (36)'nolu denklem ile hesaplanmıştır.

$$M_A = K_2 * f_A \quad (36)$$

### Panel maliyeti

Kullanılan panel sayısı ve  $N$  gücünde seçilmiş olan panele ait birim maliyetin çarpımı ile hesaplanan değer (37)'nolu denklem ile hesaplanmıştır.

$$M_p = K_1 * f_p \quad (37)$$

### İnverter maliyeti

Kurulumu yapılan sistemin kapasitesine göre bir veya daha fazla inverter kullanılabilir. İnverter maliyeti ve inverter adeti dikkate alınarak (38)'nolu eşitlik ile bulunmuştur.

$$M_{inv} = K_3 * f_{inv} \quad (38)$$

Bağlantı aparatları ve şarj regülatörü maliyeti  $M_{kablo}$  olarak simgelendirilmiş olup amortisman hesabında dikkate alınmıştır.

### 3.2.8. Amortisman Süresi Hesaplaması

Sistemin kurulumunda gerekli olan bütün harcamalar ve sistem elemanlarının maliyetleri (39) numaralı eşitlikte yerine konularak amortisman süresi belirlenmiştir.

$$M = \frac{M_A + M_p + M_{inv} + M_{kablo}}{M_{Ae}} \quad (39)$$

### 3.2.9. Hesap Tablosu Algoritması

(1) ile (39) arası tanımlanan eşitlikler kullanılarak excell programında Şekil 3.5'de verilen algoritma kullanılarak hesap tablosu oluşturulmuştur. Algoritmada giriş verilerini:

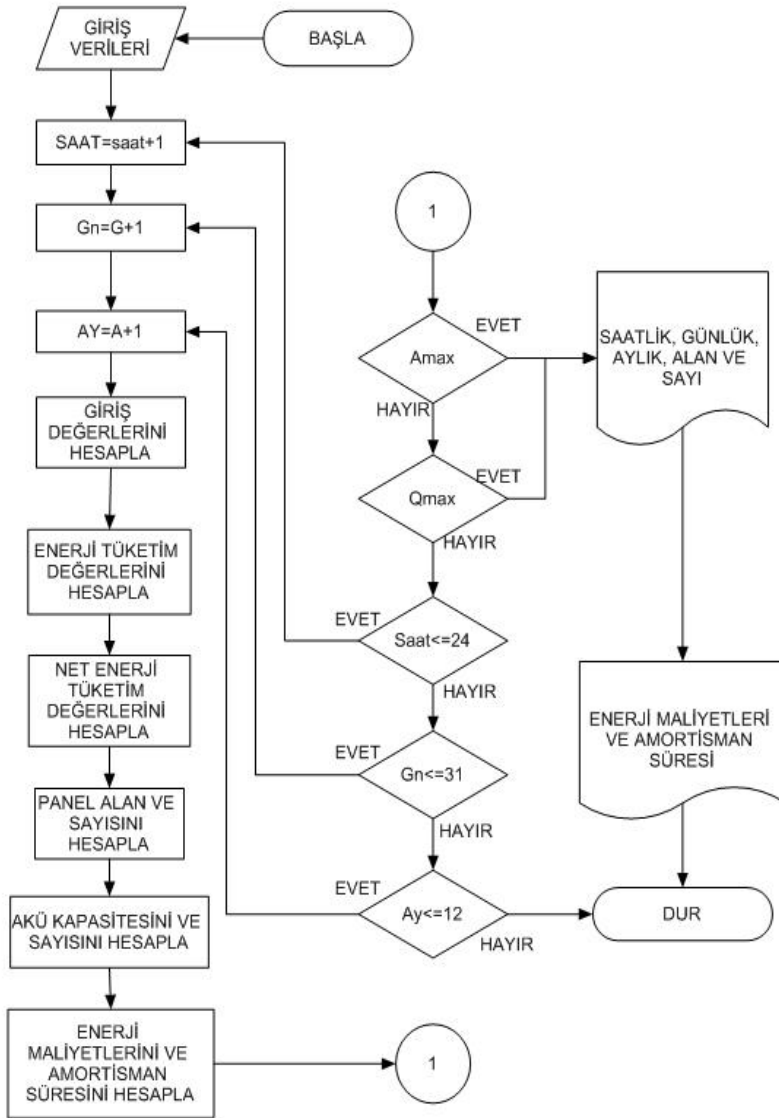
Fotovoltaik sistemin kurulacağı bölgenin enlem derecesi, boylam derecesi, bitki örtüsü, deklinasyon derecesi, yağmurlu gün sayısı, bulutlu ve sisli gün sayısı, sıcaklık verileri gibi meteorolojik ve coğrafi veriler oluşturmaktadır.

Bir senaryoya göre özellikleri tanımlı çiftlik evinde kullanılan aletlerin belirlenmesi bu aletlerin güçleri ve gün içerisinde ne kadar saat çalışacakları da belirlenerek girdi olarak kaydedilmiştir (Ek-1, Ek-2).

Diğer bir basamak ise giriş verilerinin hesaplanmasıdır. Bu adımda senaryoya göre saatlik olarak Excell programında kayıt altına alınan giriş verileri ile kullanım süresi ve çalışan aletlerin güçleri çarpılarak yapının anlık kurulu gücü hesaplanmaktadır. Anlık olarak hesaplanan bu veri günlük, aylık ve yıllık olarak da kolayca hesaplanmıştır (Ek-1, Ek-2). Bölgenin güneş ışınım değerleri 1-19 numaralı formül setlerinden faydalanılarak hesaplanmış ve Excell programında kaydedilmiştir (Ek-3, Ek-4).

Sistemin kurulacağı bölgenin meteorolojik ve coğrafi verileri kullanılarak anlık ışınım değerleri, enlem ve boylam derecelerine bağlı olarak gün doğumu ve gün

batımı saatleri de hesaplanarak Excell programında kayıt edilmiştir (Ek-5, Ek-6). Anlık enerji tüketimi ve fotovoltaik sistemden anlık olarak üretilecek enerji değerleri hesaplandıktan sonra net enerji tüketimi ve net enerji maliyetleri de hesaplanabilmiştir. Fotovoltaik sistemden elektrik enerjisi üretimi varken (gün doğumundan gün batımına) üretilen ve kullanılan enerji değerleri farkı da Excell paket programında kayıt edilmiştir. Bu veriler şebeke elektriğinin birim watt maliyeti ile çarpılarak net enerji maliyeti hesaplanmıştır. Son olarak amortisman hesaplaması için özellikleri tanımlı çiftlik evinin kurulu gücünü şebeke elektriğinden karşılaması halinde oluşacak maliyet saatlik, günlük ve aylık olarak hesaplanarak kayıt edilmiştir. Aylık değerlerden yola çıkılarak yıllık enerji maliyeti hesaplanmıştır. Fotovoltaik sistemin toplam maliyeti yıllık enerji maliyetine bölünerek amortisman süresi hesaplanmıştır. Hesap tablosundan elde edilen değerler bulgular kısmında sunulmuştur.



Şekil 3.5. Hesap tablosu algoritması

## 4. BULGULAR

Bu çalışmada ortalama bir çiftlik evinin fotovoltaik sistemler ile elektrik enerjisinin karşılanması hedeflenmiştir. Sistemin kurulacağı bölgenin bütün güneş ışınım değerleri hesaplanmıştır. Anlık ışınım değerleri günlük olarak hesaplanmış ve Excell paket programında kayıt edilmiştir. Şekil 4. 1’de güneş ışınımı hesaplamalarını içeren Excel tablosu örneği verilmiştir.

EY	EZ	FA	FB	FC	FD	FE	FF	FG
18 Ocak 2015 Pazar								
güneş saati	Gün doğumu	Gün batımı	h	H	psi değeri	rt değeri	Saatlere göre I değeri	
0,81	7,118994142	16,88100586	167,9004871	73,20969515	0,001241136	0,018601783	33,86208416	0
1,81	7,118994142	16,88100586	152,9004871	73,20969515	0,008742391	0,010308973	18,76612071	0
2,81	7,118994142	16,88100586	137,9004871	73,20969515	0,04401358	0,007676416	13,9738999	0
3,81	7,118994142	16,88100586	122,9004871	73,20969515	0,15837576	0,00598655	10,8977227	0
4,81	7,118994142	16,88100586	107,9004871	73,20969515	0,40732053	-0,00069082	-1,25755296	0
5,81	7,118994142	16,88100586	92,90048713	73,20969515	0,748737288	-0,01016764	-18,50885093	0
6,81	7,118994142	16,88100586	77,90048713	73,20969515	0,983712512	-0,0065953	-12,00586305	0
7,81	7,118994142	16,88100586	62,90048713	73,20969515	0,923745849	0,024581829	44,74796693	44,74796693
8,81	7,118994142	16,88100586	47,90048713	73,20969515	0,619986704	0,07607804	138,4900045	138,4900045
9,81	7,118994142	16,88100586	32,90048713	73,20969515	0,297411546	0,125013235	227,5700532	227,5700532
10,81	7,118994142	16,88100586	17,90048713	73,20969515	0,101971508	0,156119834	284,1955	284,1955
11,81	7,118994142	16,88100586	2,900487129	73,20969515	0,024988802	0,168813477	307,3025979	307,3025979
12,81	7,118994142	16,88100586	-12,0995129	73,20969515	0,061600621	0,162949868	296,6286741	296,6286741
13,81	7,118994142	16,88100586	-27,0995129	73,20969515	0,204583494	0,139445562	253,842194	253,842194
14,81	7,118994142	16,88100586	-42,0995129	73,20969515	0,4856257	0,096504343	175,6733866	175,6733866
15,81	7,118994142	16,88100586	-57,0995129	73,20969515	0,823907213	0,043252682	78,73578512	78,73578512
16,81	7,118994142	16,88100586	-72,0995129	73,20969515	0,999080585	0,002008895	3,656927365	3,656927365
17,81	7,118994142	16,88100586	-87,0995129	73,20969515	0,865901128	-0,01143932	-20,82377431	0
18,81	7,118994142	16,88100586	-102,099513	73,20969515	0,536391223	-0,00463951	-8,445617014	0
19,81	7,118994142	16,88100586	-117,099513	73,20969515	0,23748741	0,004179572	7,608357283	0
20,81	7,118994142	16,88100586	-132,099513	73,20969515	0,075152787	0,007278909	13,25029157	0
21,81	7,118994142	16,88100586	-147,099513	73,20969515	0,016997896	0,008793858	16,00805579	0
22,81	7,118994142	16,88100586	-162,099513	73,20969515	0,002747836	0,014582897	26,54623475	0
23,81	7,118994142	16,88100586	-177,099513	73,20969515	0,000317491	0,027097248	49,3269552	0

Şekil 4.1. Güneş ışınımı hesaplamalarına ilişkin Excell tablosu

Bu hesaplamalar sonucu bölgenin güneş ışınım değerleri belirlenmiş ve bu ışınım ile karşılanması amaçlanan yapının kurulu gücü belirlenmiştir. Bu kapsamda yapıda bulunan ve elektrik tüketen bütün cihazlar öngörülmüş ve bu aletlerin güçleri tek tek dikkate alınarak elektrik tüketimleri hesaplanmıştır. Hangi cihazın gün içerisinde ne zaman çalışacağı ve ne kadar süre ile çalışacağı da öngörülmüştür. Bu sayede özellikleri tanımlı çiftlik evinin günlük hatta gün içerisinde hangi saatte ne kadar elektrik tükettiği mikro boyutta tahmin edilmiştir. Şekil 4.2 ve Şekil 4.3’te kurulu güç hesaplamalarını içeren Excel tablosu örneği verilmiştir.

AYLAR		ARALIK																								
GÜNLER		18																								
SAAT		h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Elektrikli cihazlar		Güç(W)	Eg(Wh)																							
Mutfak (10m2)	Kalorifer	2000	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
		Eg=G.t	2000	0	2000	0	2000	0	0	2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2000	0	0	0	0	2000	0
	Buzdolabı	50	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
		Eg=G.t	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	Fırın	1500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
		Eg=G.t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1500	0	0	0	0	0	0	0
	Su kaynatıcısı	2000	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Eg=G.t	0	0	0	0	0	0	0	1000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bulaşık makinası	1200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
		Eg=G.t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1200	0	0
	Tost makinası	2000	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Eg=G.t	0	0	0	0	0	0	0	1000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mikrodalga	1000	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0
		Eg=G.t	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0
	Mikser	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0
		Eg=G.t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0
	Aspiratör/Davlumbaz	150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
		Eg=G.t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150	0	0	0	0	0	150	0	0	0	0
	Lamba Ekonomik	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
		Eg=G.t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	20	0	0	0	0	0

Şekil 4.2. Kurulu güç hesaplamalarına ilişkin örnek Excell tablosu (Mutfak)



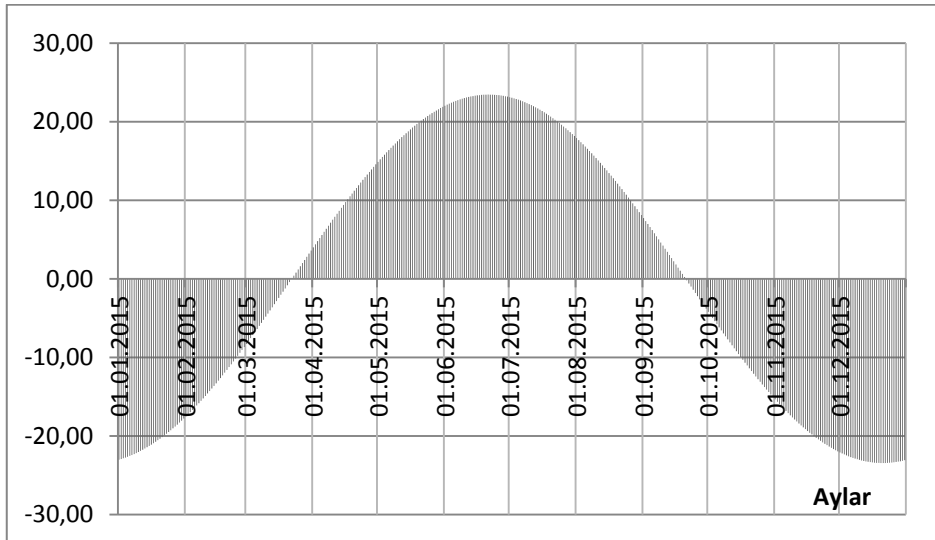


Bu veriler yardımı ile günlük, aylık ve yıllık enerji tüketim miktarları teorik olarak hesaplanmıştır. Daha önce hesaplanmış olan güneş ışınım değerleri ile N gücünde seçilen panelden kaç adet kullanılacağı yapının kurulu gücü dikkate alınarak belirlenmiştir. Diğer sistem bileşenleri de sistemin kapasitesine göre seçilmiştir. Bu veriler ışığında enerji maliyetleri ve kullanılan ekipmanların maliyetleri hesaplanarak bir amortisman süresi belirlenmiştir. Tüm hesaplamaları içeren tablolar EK 2’de verilmiştir.

#### 4.1. Güneş Açıları ve Güneş Işınımı

##### Deklinasyon derecesi

Güneş ışınlarının dünyaya geliş açısı her mevsimde hatta her günde farklılık göstermektedir. Bu çalışmada güneş ışınlarının dünyaya geliş açıları günlük olarak hesaplanarak şekil 4.4’de gösterilmiştir. Deklinasyon derecesi dünyamızın kuzey güney eksenindeki eğimden dolayı  $-23^{\circ} 45$  ile  $23^{\circ} 45$  arasında değişmektedir.

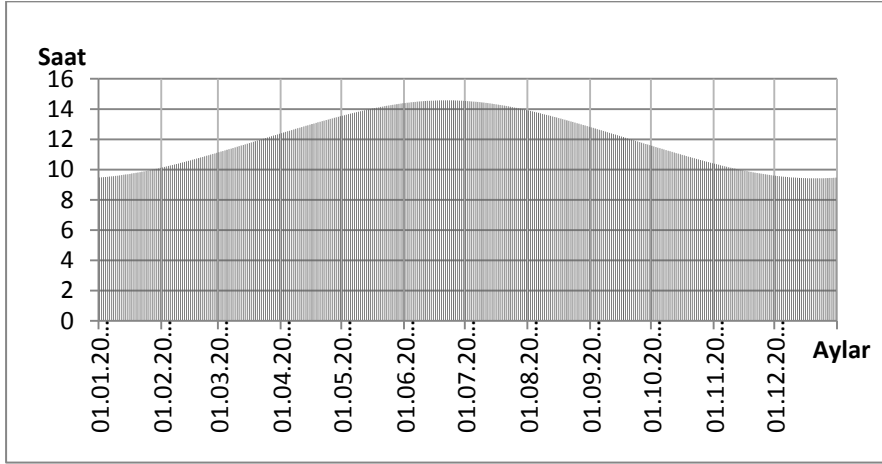


Şekil 4.4. Deklinasyon derecesi (°)

##### Gün uzunluğu

2015 yılına ait her gün için gün uzunluğu hesabı yapılmış olup değerler grafik halinde Şekil 4.5’de gösterilmiştir. Aydın iline ilişkin yapılan teorik

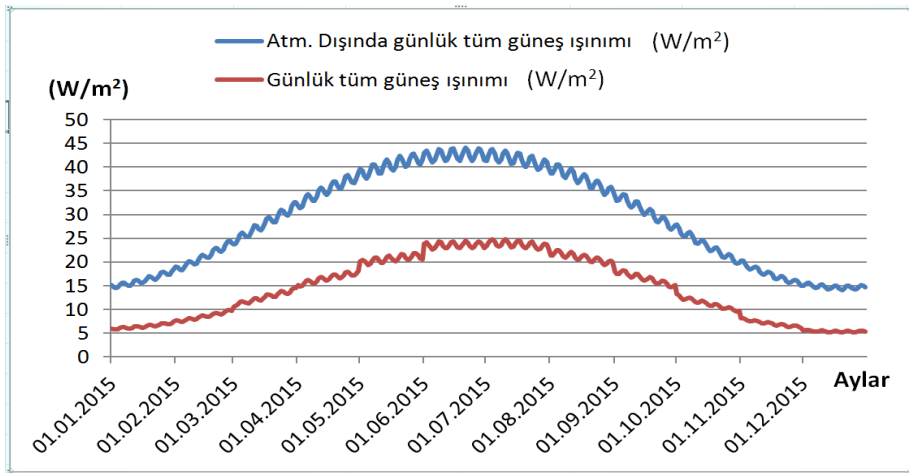
hesaplamalar sonucunda haziran – temmuz aylarında gün uzunluğu yaklaşık 15 saat iken aralık ve ocak aylarında 9 saate düşmektedir.



Şekil 4.5. Gün uzunluğu

## 4.2. Atmosfer Dışında ve Yeryüzüne Gelen Günlük Işınım Değerleri

Atmosfer dışında eğik düzlemin birim alanına bir gün boyunca gelen güneş ışınımı ve günlük tüm güneş ışınımı değerleri teorik olarak her gün için hesaplanarak hesap tablosunda kaydedilmiştir. Bu veriler Şekil 4.6'da gösterilmiştir. Veriler arasındaki farklılığın sebebi olarak güneş ışınlarının atmosferden geçerken belli bir miktarının yansımaya uğrayabileceği gösterilebilir.



Şekil 4.6. Atmosfer dışında ve yeryüzüne gelen anlık ışınım değerleri (W/m<sup>2</sup>)

### 4.3. Anlık Güneş Işınımı

Anlık tüm güneş ışınımı değerleri hesap tablosundan her ayın 18. gününe ait değerler alınarak Çizelge 4’de gösterilmiştir. Panel alanı ve panel sayısının maksimum çıktığı değerler hesap tablosundan belirlenmiştir. Hesap tablosuna ilişkin bazı örnekler ekler kısmında verilmiştir.

Çizelge 4.1. Her ayın 18. gününe ait güneş ışınım değerleri ( $W/m^2$ )

Saatler	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	6,23	5,81	0	0	0	0	0
6	0	0	3,7	34,3	60,4	111	119	44,8	0	0	0	0
7	0	30	99	152	186	255	276	186	100	43,7	0	0
8	44,7	125	230	296	330	408	441	356	256	160	65,3	21,3
9	138	230	354	429	461	539	581	514	414	287	160	97
10	227	312	444	527	560	634	681	631	534	384	242	178
11	284	357	493	585	622	692	739	702	606	438	291	232
12	307	371	508	609	652	718	764	734	636	455	308	256
13	296	350	483	593	647	706	744	720	618	431	291	249
14	253	297	423	545	609	662	691	666	559	368	242	214
15	175	209	322	457	537	583	596	568	452	264	160	147
16	78,7	102	192	331	427	465	461	426	302	135	64,8	63,6
17	3,66	15	67,9	187	290	319	298	256	141	25,8	0	0,37
18	0	0	0	59,4	147	167	138	97,8	16,4	0	0	0
19	0	0	0	0	32,6	43,1	17,5	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

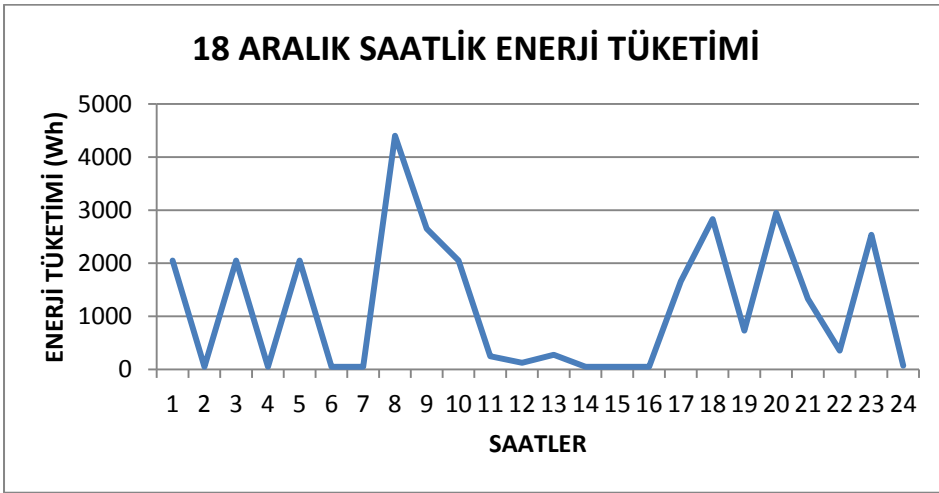
### 4.4. Kurulu Güç ve Enerji Tüketimi

Yapıda bulunan elektrikli cihazlar ve bu cihazların güçleri hesap tablosuna kaydedilmiştir. Bu cihazların günün hangi saatinde ve kaç saat çalışacağı öngörülerek hesap tablosuna kaydedilmiştir. Daha sonra bu veriler kullanılarak yapının günlük enerji ihtiyacı belirlenmiş hatta günün herhangi bir saatinde ihtiyaç duyulan enerji miktarı da hesaplanmıştır. Hesaplanan bu değerlere örnek olarak Aralık ayınının 18. gününe ait veriler Şekil 4.7’de gösterilmiştir. Bu çalışmada hazırlanan hesap tablosu sayesinde yapıda saatlik, günlük, aylık ve yıllık olarak enerji ihtiyacı belirlenmiştir. Daha önceden verilen güneş ışınım değerleri de kullanılarak toplam panel gücü, panel sayısı ve buna bağlı panel alan hesaplamaları yapılmıştır.

Toplam süre (h)		2	1	1	5,3	2,6	1	1	1	5	6	8	2
Toplam enerji kullanımı (Wh)		2050	50	50	4400	2650	50	50	50	1330	355	2535	70
	Aylık tüm güneş ışınımı (Wh/m <sup>2</sup> )	0	0	0	21,3036	97,8282	178,532	147,564	63,6291	0,37195	0	0	0
	Güncellenen toplam enerji	W	0	0	5,53425	2236,42	2458,09	38,3343	16,5296	0,09662	0	0	0
	Günlük net enerji tüketimi	W	-2050	-50	-44,466	-2163,6	-191,91	-11,666	-33,47	-49,903	-1330	-355	-2535
TL		-0,82	-0,02	-0,0178	-0,8654	-0,0768	-0,0047	-0,0134	-0,02	-0,532	-0,142	-1,014	-0,028

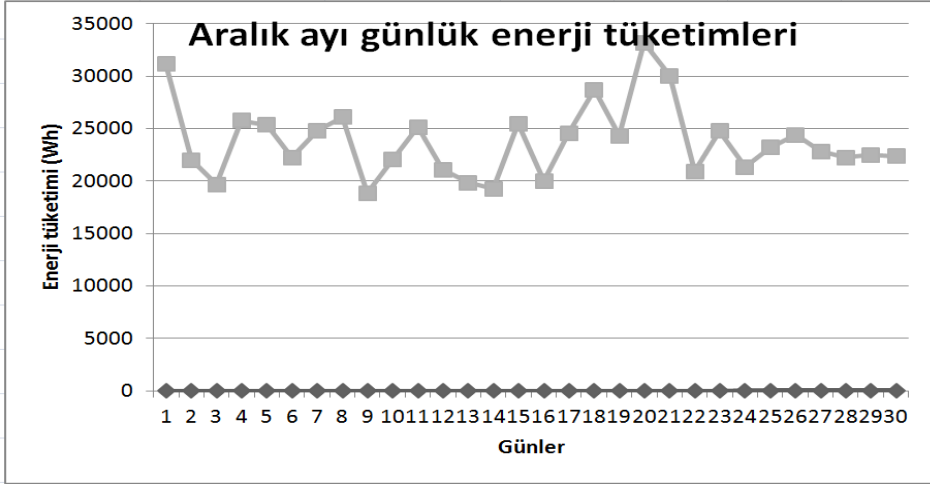
Şekil 4.7. Aralık ayının 18. gününe ait kurulu güç ve enerji tüketim değerleri (Wh)

**Saatlik enerji tüketimi:** 20 ve 21 numaralı denklemler kullanılarak hesaplanan saatlik enerji tüketimi; elektrikli cihazların güçleri, kullanım süreleri ve kaç adet cihazın çalıştığı dikkate alınmıştır. Yapıda bulunan elektrikli cihazların kullanım sıklığına ve süresine bağlı olarak günden güne farklılık gösteren saatlik enerji tüketim grafiği 18 Aralık günü için Şekil 4.8’de verilmiştir.



Şekil 4.8. Saatlik enerji tüketimi

**Günlük enerji tüketimi:** Saatlik enerji tüketim değerlerinin toplamı olarak 22 numaralı denklem yardımı ile hesaplanmıştır. Hesaplanan değerler 18 Aralık için Şekil 4.9’da günlük enerji tüketimi olarak gösterilmiştir.

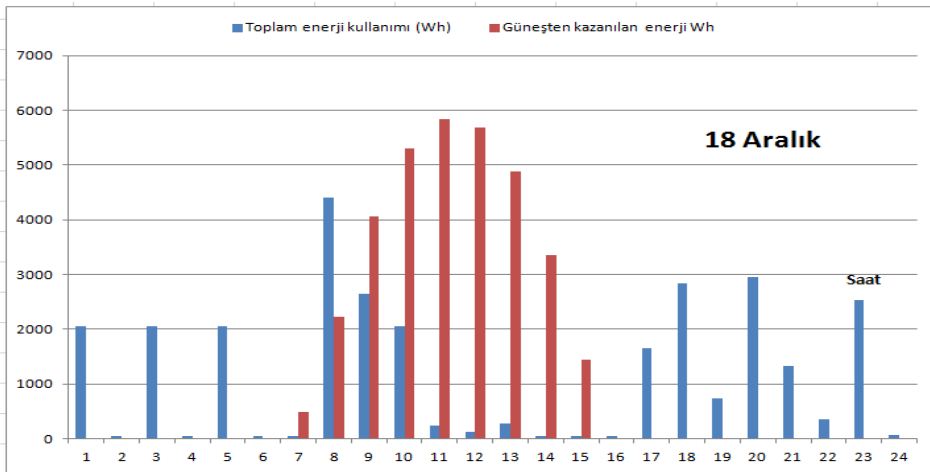


Şekil 4.9. Günlük enerji tüketimi

Bu şekilde veriler birbirleri ile toplanarak aylık enerji tüketim değerleri daha sonra da yıllık enerji tüketim değeri hesaplanmıştır.

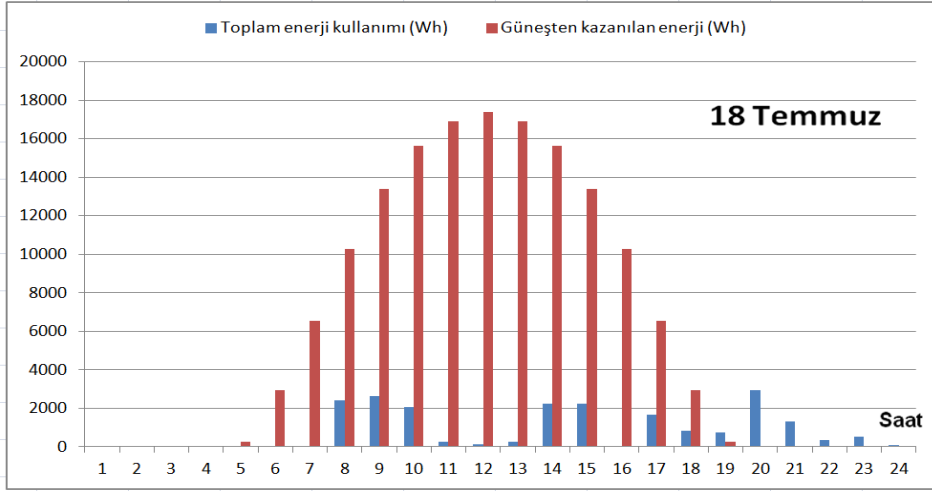
#### 4.5. Güneşten Kazanılan Enerji ve Enerji Tüketimi

Güneş doğum ve batım zamanları arasında fotovoltaik panellerden üretilen elektrik enerjisi ve yapının tükettiği enerji Şekil 4.10'da verilmiştir. Şekildeki veriler aralık ayının 18. gününe aittir.



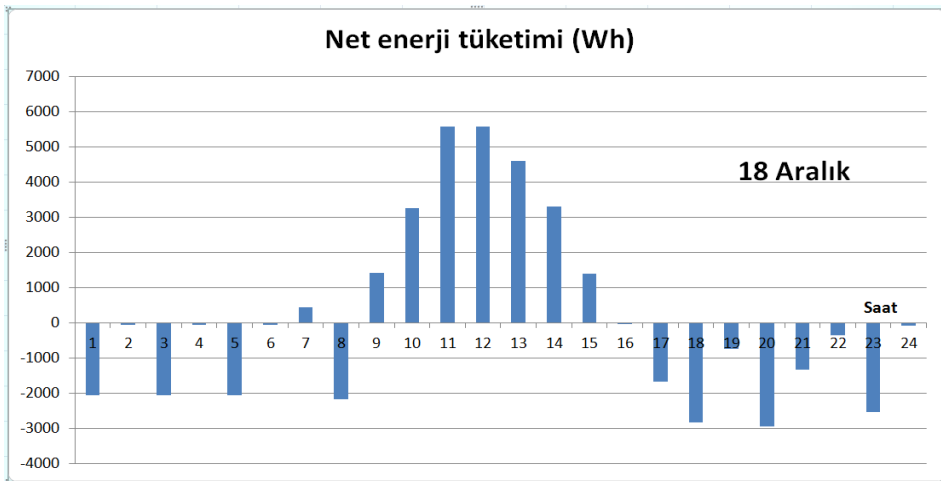
Şekil 4.10. Toplam enerji kullanımı ve güneşten kazanılan enerji (Aralık)

Karşılaştırma yapabilmek adına Temmuz ayına ait veriler de şekil 4.11’de verilmiştir. Grafiklerde güneşten kazanılan enerjinin Aralık ayında az, Temmuz ayında ise fazla olduğu görülmektedir. Bunun sebebi Aralık ayında meteorolojik faktörlerin çok yoğun olması güneş ışınlarının geliş açısının az olması ve özellikle gün uzunluğunun çok kısa olmasıdır.

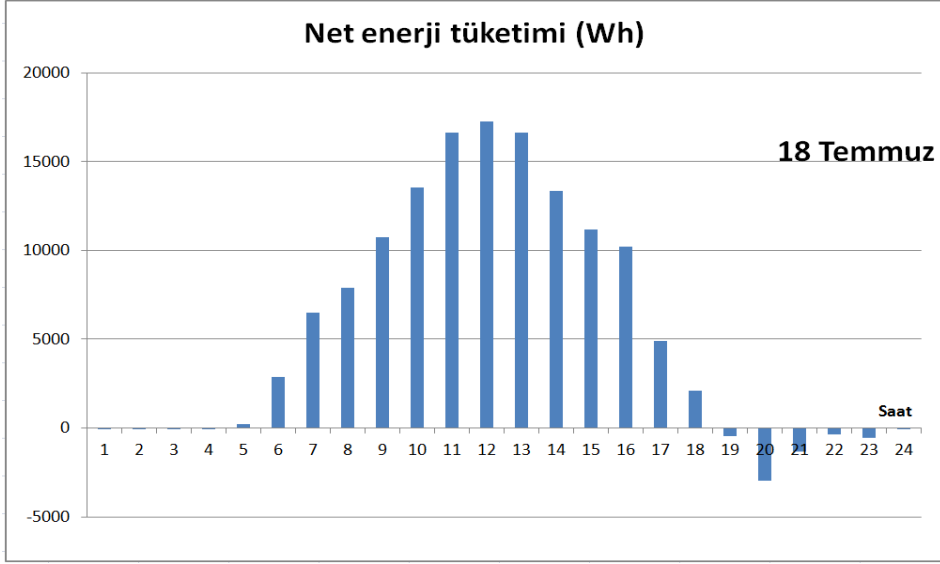


Şekil 4.11. Toplam enerji kullanımı ve güneşten kazanılan enerji (Temmuz)

Bu verilerin farkı bize günlük net enerji tüketim grafiklerini verecektir. Şekil 4.12 ve 4.13’de yine karşılaştırma amacı ile Aralık ve Temmuz aylarına ilişkin net enerji tüketim grafikleri verilmiştir.



4.12. Net enerji tüketimi (Aralık)



4.13. Net enerji tüketimi (Temmuz)

Burada net enerji tüketimi 31 numaralı denklem yardımı ile elektrikli cihazların saatlik enerji tüketimlerinden güneşten kazanılan saatlik enerji değerinin çıkartılması ile elde edilmiştir. Grafiğin üzerinde kalan kısım tüketimi karşıladıktan sonra fazla enerjiyi, grafiğin altındaki kısım ise üretimin tüketimden az olduğunu göstermektedir. Üretimin tüketimi karşılamadığı saat aralıklarına dikkat edildiğinde;

- Sabah ve akşam saatlerinde güneş ışınlarının geliş açılarının az olmasından dolayı panellerin tam kapasitede üretim gerçekleşmediği,
- Gün doğumundan önce ve gün batımından sonraki zaman dilimlerini

görmekteyiz. Dolayısı ile güneş ışımının olduğu zaman aralıklarında tasarlanan fotovoltaik sistemin ihtiyacı karşıladığı hatta üzerine çıktığı saptanmıştır. Kış aylarında ihtiyaç duyulan elektrik enerjisi gereksinimini karşılayacak sistemin tasarımı yapıldığından 18 Aralık gününe ait toplam enerji ve güneşten kazanılan enerji grafiğinde sistemin yeterli olduğu görülmektedir.

#### 4.6. Panel ve Akü Değerleri

N gücünde seçilen panel, gün uzunluğu ve toplam verim değerleri hesap tablosunda ilişkilendirilerek hesaplanmıştır. Maksimum değer temmuz ayında

elde edilmiş olup Çizelge 5'te her ay için toplam panel gücü değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.2. Aylık toplam panel gücü değerleri

Aylar	$E_{pg}$ toplam panel gücü değerleri(W)
Ocak	265,4
Şubat	284
Mart	356,7
Nisan	421,9
Mayıs	569,6
Haziran	691,2
Temmuz	726,82
Ağustos	695,3
Eylül	614,1
Ekim	462,9
Kasım	311,7
Aralık	249,4

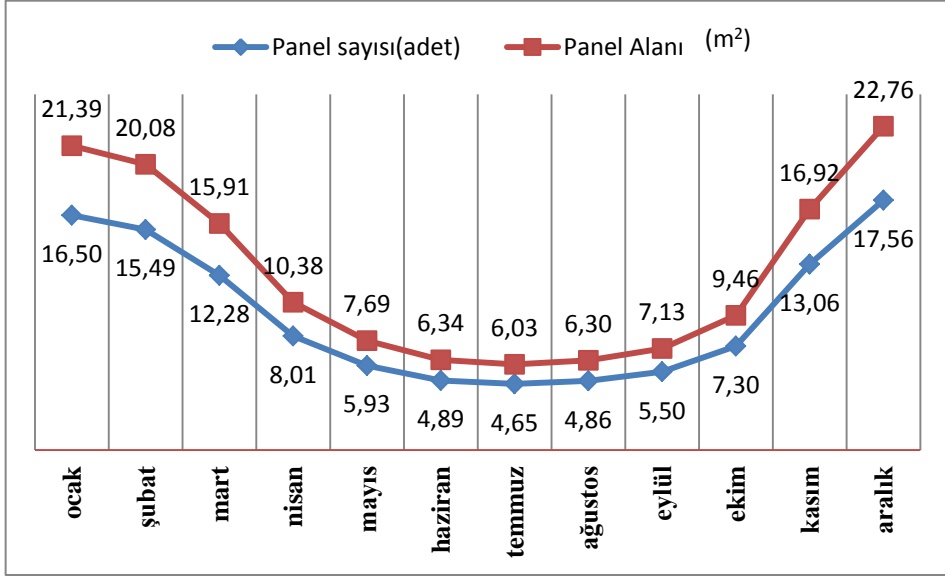
Çizelge 5'de görünen değerler sistemin tasarımı için bütün hesaplamaların yapıldığı, yöntem kısmında koordinatları verilen bölgenin ışınım değerleri dikkate alınarak hesaplanan N gücünde seçilen panelden alınacak maksimum değerlerdir.

#### 4.7. Panel Sayısı ve Alanı

Sistemin kurulacağı bölgenin gün uzunluğu, güneş ışınım değeri ve meteorolojik faktörler dikkate alınarak yapılmış hesaplamalar sonucu elde edilen veriler panel sayısı ve alanı Şekil 4.14'de verilmiştir. Grafikte kış aylarında adet ve buna bağlı panel alanı yaz aylarına göre fazla çıktığı görülmektedir. Bunun sebebi kış aylarında yeryüzüne gelen anlık ışınım miktarının yaz aylarına göre oldukça az olmasıdır. Ayrıca kış aylarında yağmur, sis, bulutlu gün sayısı ve bunun gibi fotovoltaik sistemlerin verimliliğini azaltacak birçok meteorolojik faktör bulunmaktadır. Güneş ışınlarının geliş açısı da mevsimlere göre değişmektedir. Bütün bu değişimler ve meteorolojik faktörler nedeni ile aylara göre panel sayısı ve alanında parabolik bir eğri



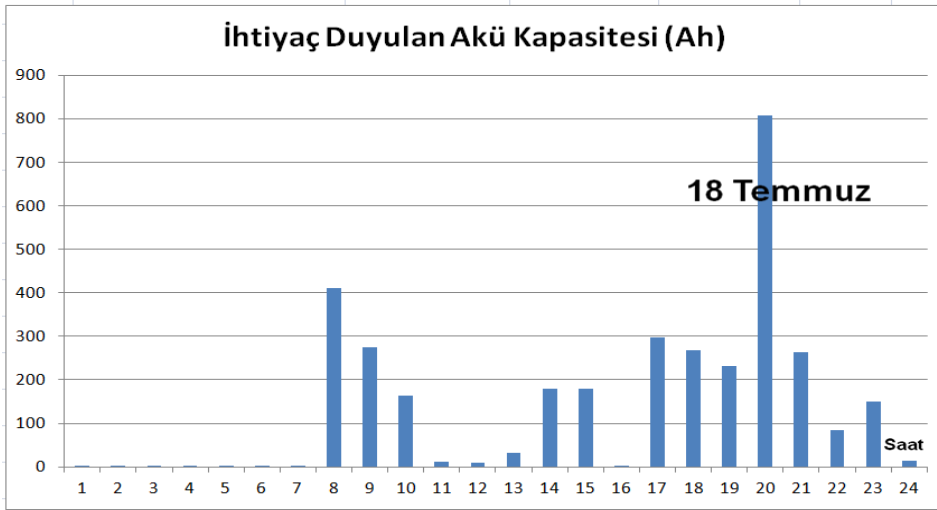
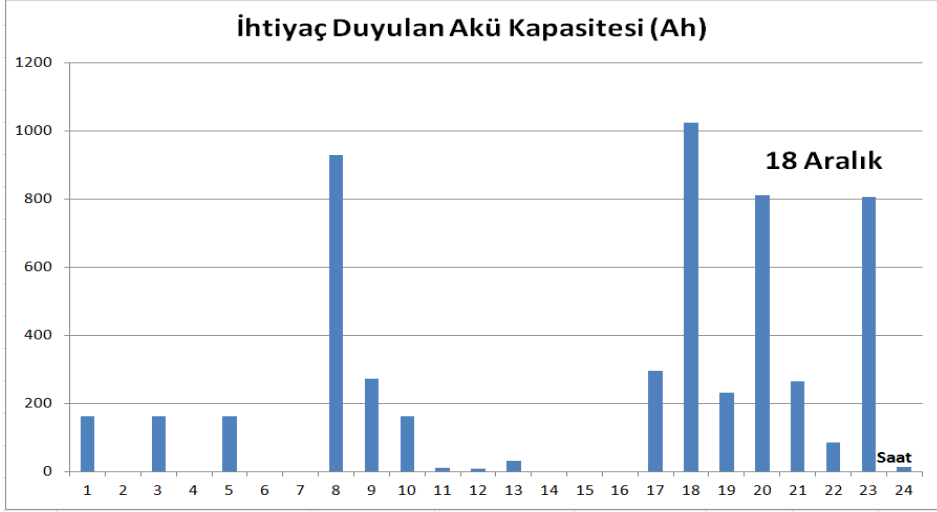
gözlenmiştir. Şekil 4.14’de en yüksek panel alanı 22,76 ile aralık ayına aittir. Panel sayısı da 17,56 ile yine Aralık ayında olduğu görülmektedir. Çalışmada kullanılan bütün maliyet ve amortisman hesaplamaları bu değerler üzerinden yapılmıştır.



Şekil 4.14. Panel sayısı ve alanı

#### 4.8. Akü Kapasitesi

Akü kapasitesi hesaplanırken sistemin gün batımından doğumuna kadar geçen sürede ihtiyacı olan elektrik enerjisi esas alınmıştır. Bunun yanında akülerin boşalma sınırları doğru akım-alternatif akım dönüşümü sırasındaki kayıplar ve bağlantı kabloları ile sıcaklıktan dolayı oluşacak verim kayıpları dikkate alınmıştır. Aralık ve Temmuz aylarının 18. gününe ait değerler şekil 4.15’de verilmiştir. Bu değerlere göre Aralık ayında 1024 Ah akü kapasitesi görülmektedir. Bu değer dikkate alınarak belirlenen özelliklerdeki aküden kaç adet kullanılacağı hesaplanmış ve toplam maliyete dahil edilmiştir.



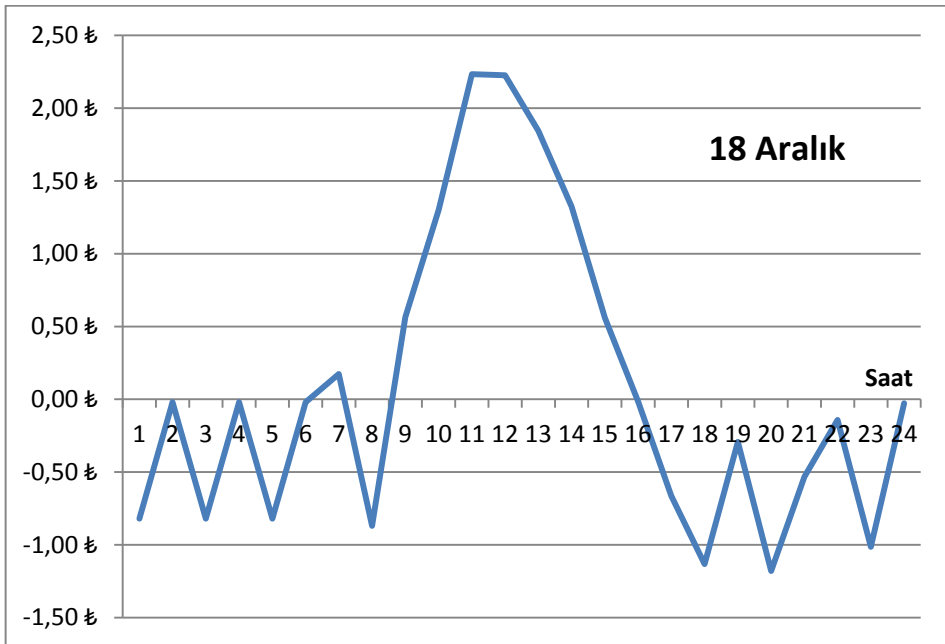
Şekil 4.15. Akü kapasitesi

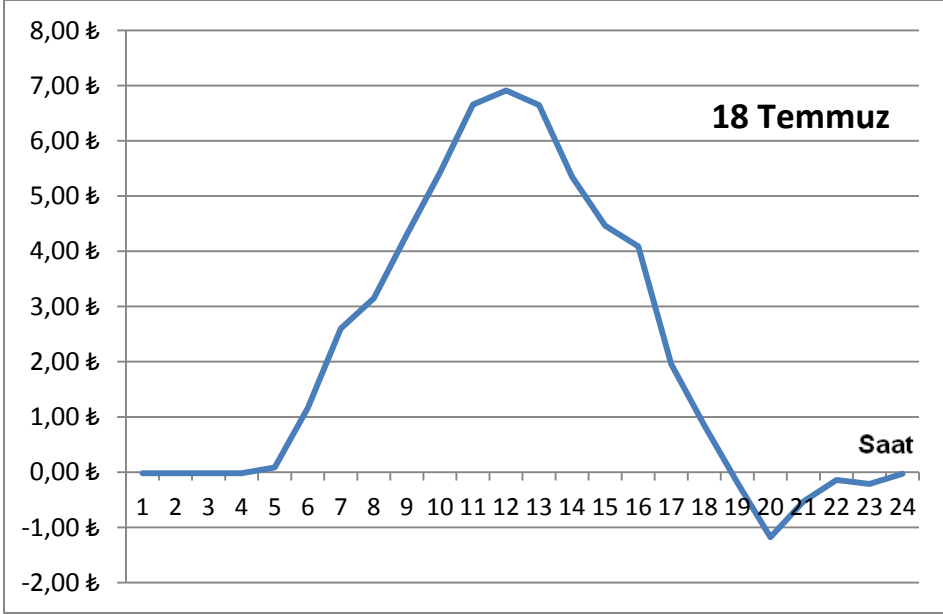
#### 4.9. Enerji Maliyetleri

Oluşturulan Excell hesap tablosunda anlık olarak günün her saatine ilişkin ne kadar enerji tüketim-üretimi olduğu ve bunun maliyeti hesaplanmıştır.

## Saatlik Enerji Maliyeti

Gün içerisinde fotovoltaik sistemden üretilen ve yapı tarafından kullanılan elektrik enerjisi değerleri öngörölmüş ve hesaplanmıştır. Bu veriler Excell paket programında kaydedilmiştir. Yapının gün ışığında ve gün batımından sonra kullandığı elektrik enerjisi değerleri ile yapılan fark hesaplamalarının maliyete dönüştürülmesi sonucu saatlik olarak enerji maliyetleri ölçülebilmştir (Şekil 4.16).

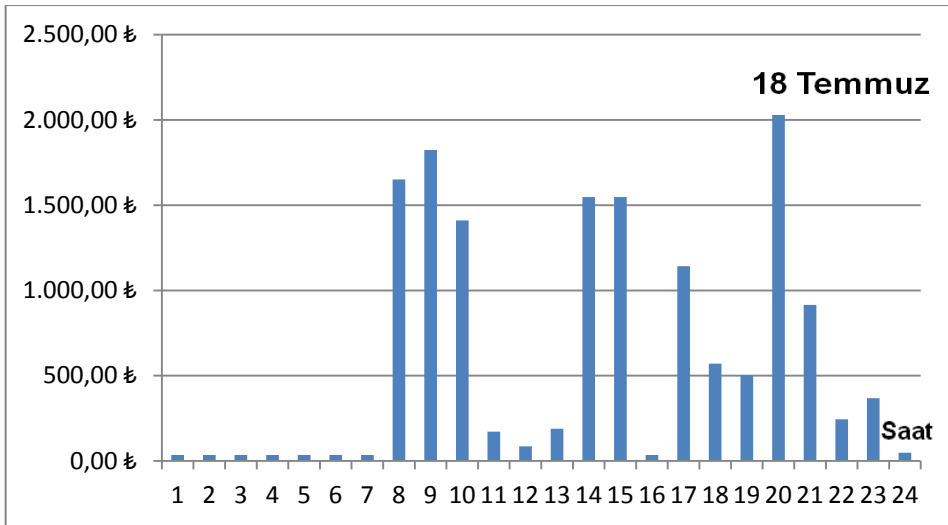
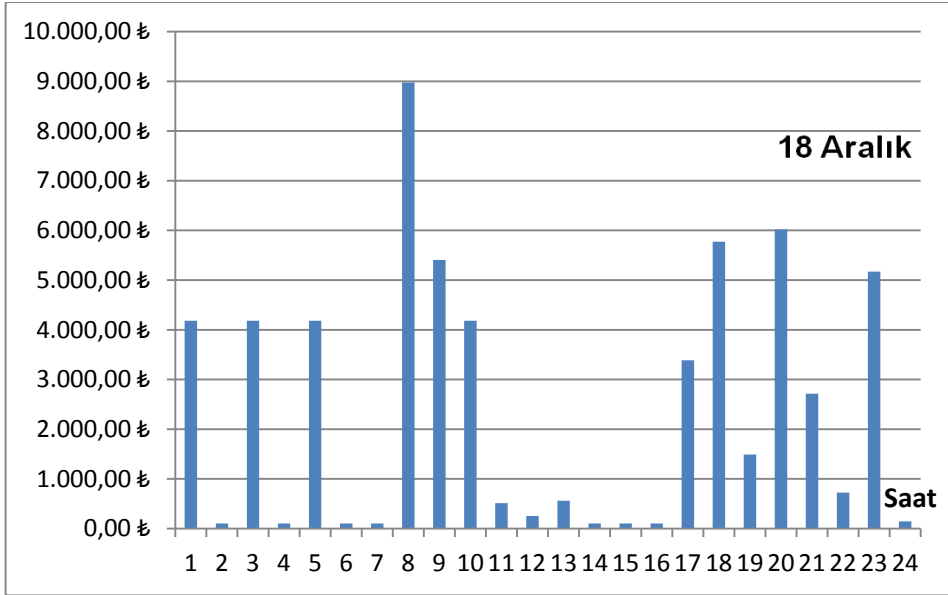




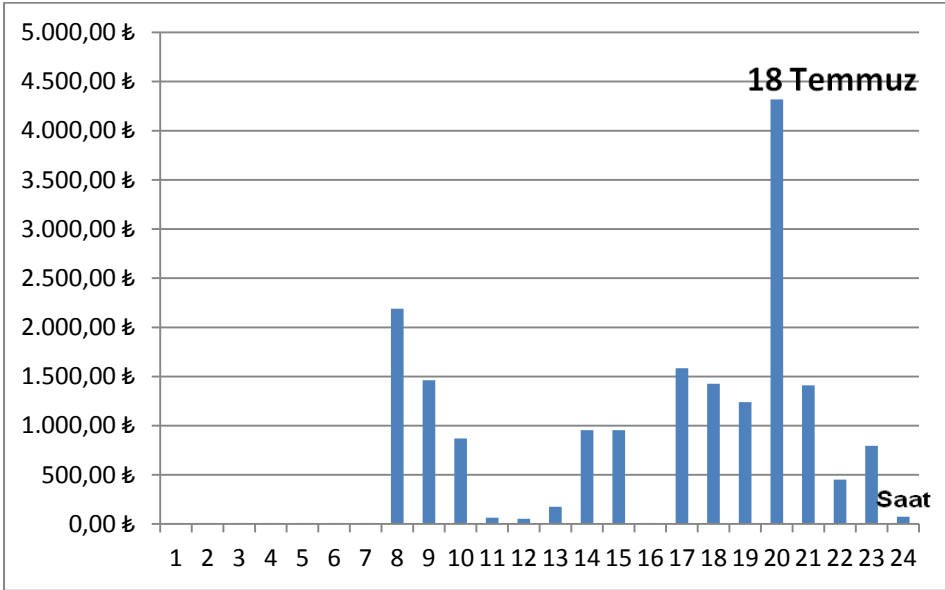
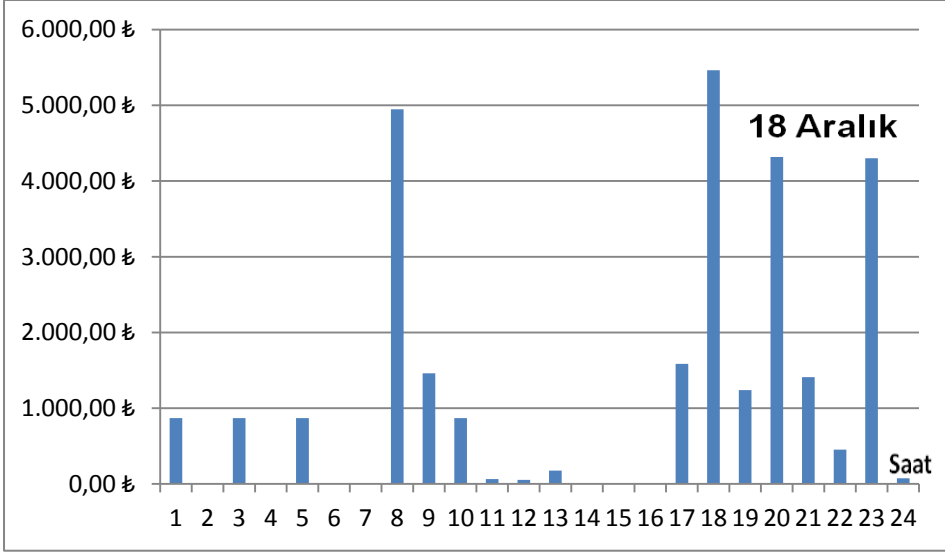
Şekil 4.16. Saatlik enerji maliyetleri

#### 4.10. Panel ve akü maliyeti

Fotovoltaik sistemlerde maliyetin önemli bir kısmını paneller ve aküler oluşturmaktadır. Panel ve akü kapasitesi değerlerinin maksimum çıktığı Aralık ve Temmuz aylarının 18. gününe göre yapılan hesaplamalarına ilişkin sonuçlar Şekil 4.17 ve Şekil 4.18'de verilmiştir.



Şekil 4.17. Aralık ve Temmuz Aylarına ait panel maliyetleri



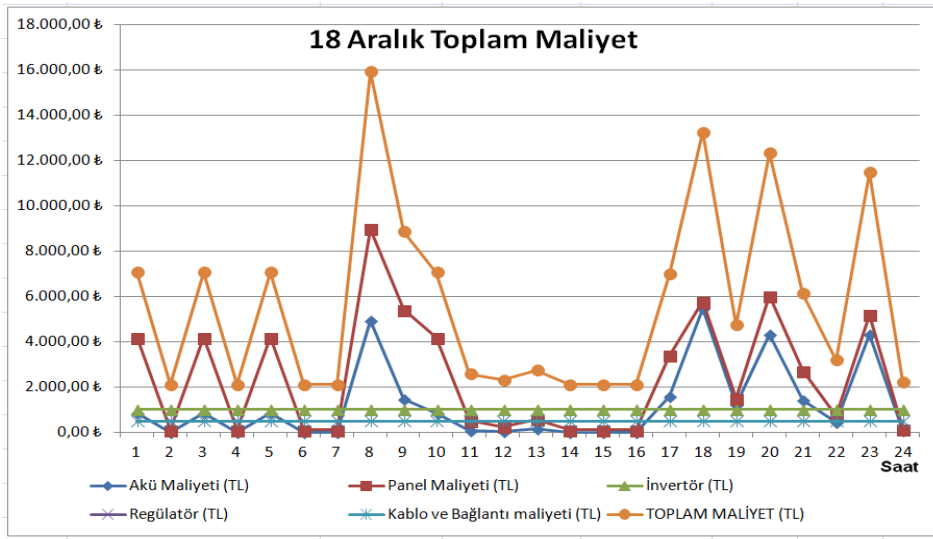
Şekil 4.18. Aralık ve Temmuz ayına ait akü maliyetleri

Şekil 4.17 ve şekil 4.18’de gün içerisinde kullanımı öngörülen elektrikli aletlerin çalışıp çalışmaması durumuna göre değişik değerler gözükmemektedir. Burada dikkat edilmesi gereken husus sadece maksimum değerlerin maliyet

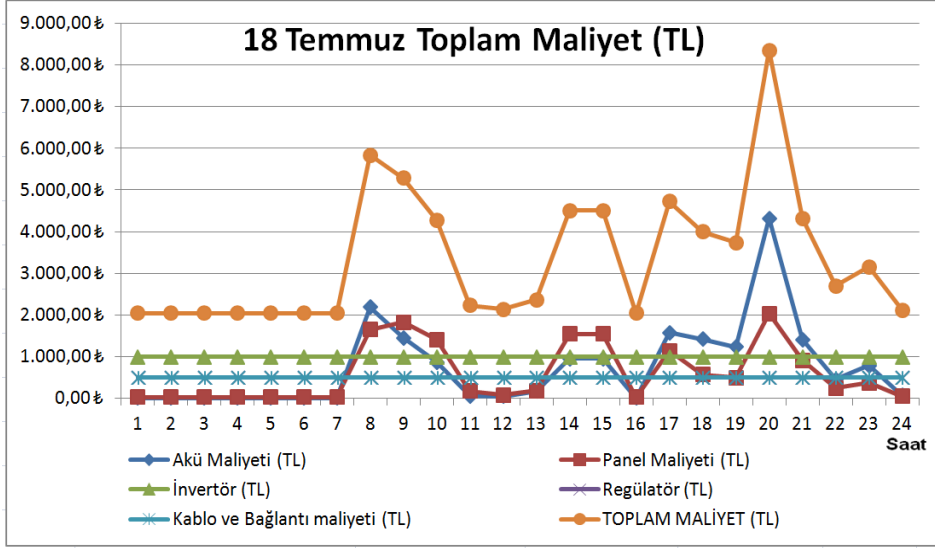
hesaplamasında kullanıldığıdır. Aralık ayına ait maliyetler daha yüksek olduğundan Aralık ayına ait değerler maliyet hesabında kullanılmıştır.

#### 4.11. Toplam Maliyet

Çalışmada kullanılan ve hesaplamalarda N gücünde seçilen panel fiyatı sistemin en maliyetli kısmını oluşturmaktadır. Daha sonra akü (kapasitör) maliyeti, inverter maliyeti şarj regülatörü, solar kablolar ve bağlantı aparatları sistemin genel maliyetini oluşturmaktadır. Şekil 4.19 ve Şekil 4.20’de Aralık ve Temmuz aylarına ait toplam maliyet grafiği görülmektedir.



Şekil 4.19 Toplam maliyet (Aralık)



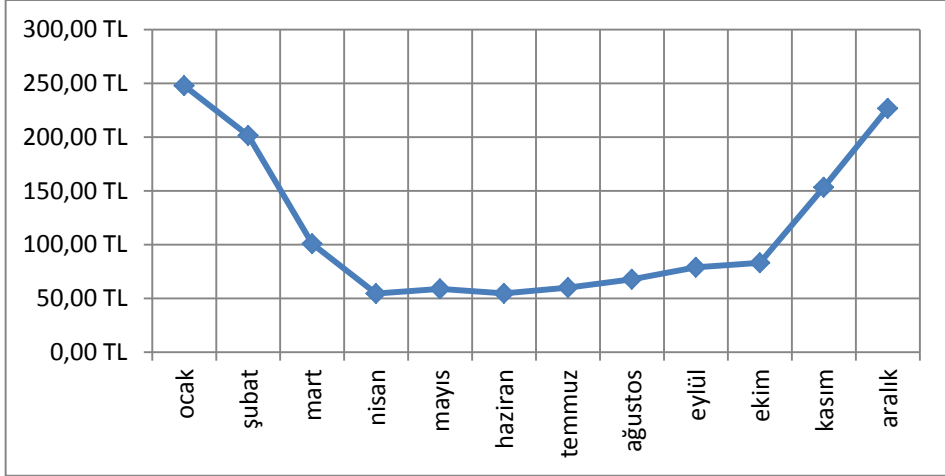
Şekil 4.20 Toplam maliyet (Temmuz)

Sistemin toplam maliyeti 15.766 TL'dir. Toplam maliyetin 8819 TL'sini paneller, 5462 TL'sini aküler oluşturmaktadır. Paneller ve akülerin maliyeti toplam maliyetin % 90.5 gibi büyük bir kısmını oluşturmaktadır.

#### 4.12. Amortisman Süresi Hesabı

Aydın ilindeki bir yapıda bulunan elektrikli cihazlar ve bu cihazların gün içinde hangi saatlerde ne kadar süre ile çalışacağı senaryolaştırılarak Excell programında kayıt edilmiştir. Bu cihazların elektrik tüketimleri yani yapının ihtiyaç duyduğu elektrik enerjisi saatlik, aylık ve yıllık olarak hesaplanmıştır. Yapının hesaplanan bu enerji ihtiyacını şebeke elektriğinden karşılaması durumunda oluşacak aylık fatura bedeli, ihtiyaç duyulan elektrik enerjisinin birim watt maliyeti ile çapımı olarak hesaplanmıştır. Şekil 4.21'de oluşturulan senaryoya göre Aydın ilindeki bir yapının elektrik ihtiyacını şebeke elektriğinden karşılaması durumunda oluşacak aylık fatura bedelleri görülmektedir.





Şekil 4.21 Yapının şebeke elektriği kullanması durumunda oluşacak aylık fatura bedelleri (TL)

Amortisman süresi hesaplanırken Fotovoltaik sistemin maliyetinin en yüksek çıktığı 18 Aralık gününe ait toplam maliyet dikkate alınmalıdır. Panel maliyeti, akü maliyeti, invertör maliyeti, şarj regülatörü maliyeti, kablo ve bağlantı maliyetinden oluşan toplam maliyet Aralık 18’de 15.766,45 TL olarak hesaplanmıştır. Toplam maliyet şekil 4.21’de gösterilen fatura bedellerinin toplamına (Yıllık fatura maliyeti, 1.387,94 TL) bölünerek amortisman süresi hesaplanmıştır. 39 numaralı denklem yardımı ile hesaplanan amortisman değeri yaklaşık 11 yıl olarak hesaplanmıştır.

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Yapılan çalışmalara bakıldığında birçok parametrenin ortalama olarak alınıp hesaplamalarda kullanıldığı görülmüştür. Özellikle aylık ortalama güneşlenme süreleri ve ışınım değerleri dikkate alınarak yapılan inceleme ve hesaplamalar dikkat çekmektedir. Işıker ve arkadaşları (2006) bu çalışmadan farklı olarak fotovoltaik panellerin çıkış gücüne etki eden parametreleri araştırmışlar ve en uygun koşulları belirlemeye çalışmışlardır. Yine diğer bir çalışmada Varınca ve Gönüllü (2006) yaptıkları çalışmada Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyelinin yüksek olduğunu belirtmiş ve ülkemizde güneş enerjisinden yararlanılmamasının sebeplerini sıralamışlardır. Araştırmacılar bu problemin aşılması için çeşitli önerilerde bulunmuşlardır. Meder ve ekibi (2007) yaptıkları çalışmalarında çatı yüzeylerine gelen güneş ışınımının hesaplanabilmesi için çeşitli katsayılar bulmuşlardır. Bu çalışmada ise elektrik enerjisi gereksinimi karşılanacak tarımsal yapı senaryolaştırılarak yapıda bulunan elektrikli cihazlar, cihazların güçleri ve günlük olarak ne kadar süre ile çalışacakları senaryoda belirtilip bütün hesaplamaları yapılmıştır. Gerçeğe en yakın şekilde öngörülen değerler ve çalışma saatleri dikkate alınarak yapılan mikro boyuttaki hesaplamalar anlık değerler olarak elde edilmiştir. Çalışmanın saatlik olarak yapılması, hata payının en aza indirilmiş olması yönünden çok önemlidir. Çalışma sonucunda yapının elektrik enerjisini karşılayabilecek bir sistemin tasarımı yapılmıştır. Her gün için elde edilen veriler grafikleştirildiğinde günün bazı saatlerinde elektrik tüketiminin fazla, bazı saatlerinde ise oldukça az olduğu fark edilmiştir. Bu şekilde düzensiz elektrik tüketiminin oluşu akülerde depolama ve tekrar akülerden kullanım sırasında oluşan kayıplardan dolayı sistemin verimini düşürmektedir. Bu durumun önüne geçilebilmesi için yapıda bulunan bazı elektrikli aletlerin özellikle çamaşır makinesi ve bulaşık makinesi gibi haftalık ya da günlük düzenli çalışan makinelerin çalıştırılma zamanlarının ayarlanması önerilebilir. Örneğin sabah saatleri ve akşam saatlerinde aile bireylerinin evde oluşu evdeki birçok elektrikli cihazın çalışmasına sebep olmaktadır. Bu zamanlarda ayrıca bulaşık ve çamaşır makinelerinin de çalıştırılması anlık elektrik tüketimini arttırdığından yıllık maksimum değer üzerine tasarlanan sistemin maliyetini arttırmaktadır.

Kurulu güç hesaplamaları sistem tasarımı ve maliyet analizi sonuçlarına göre yapılan amortisman süresi hesaplamasında tasarlanan sistem on bir yılda

kendini amorti etmektedir. Tasarlanan sistemde kullanılan ana bileşenlerden akülerin ömrü on, fotovoltaik panellerin kullanım ömürleri ise yirmi yıldır. Bu süreler göz önüne alındığında bir senaryoya göre tasarımı yapılan fotovoltaik sistem ile üretilen elektriğin şebeke elektriğine göre daha ucuz olduğu saptanmıştır.



## KAYNAKLAR

- Atmaca, M., Yusufoglu, G., Kurtuluş, A.B. 2014. Güneş enerjili sulamanın tarım sektöründe uygulaması. **BEÜ Fen Bilimleri Dergisi**. 3(2):142-153.
- Atlas, İ.H. 1998. Yenilenebilir enerji kaynakları ve Türkiye'deki potansiyel. *Enerji, Elektrik, Elektromekanik-3e*. 45:58-63, İstanbul.
- Akarşlan, E., Orhun, M., Hocaoglu, F.O., Çınar, S.M. 2012. Farklı teknolojilerle üretilmiş fotovoltaik panellerin çıkış güçlerinin modellenmesi. *ELECO '2012 Elektrik - Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu*. Bursa.
- Anonim, 2015a. Yenilenebilir enerji genel müdürlüğü. <http://www.eie.gov.tr/eie-web/turkce/YEK/gunes/tgues.html> Erişim Tarihi: 25.12.2014
- Anonim, 2015b. [https://tr.wikipedia.org/wiki/Rankine\\_çevrimi](https://tr.wikipedia.org/wiki/Rankine_çevrimi) Erişim tarihi: 22.11.2015
- Anonim, 2015c. <http://blog.radikal.com.tr/bilim-teknoloji/yenilenebilir-enerji-gunes-bacasi-santrali-78368>, Erişim tarihi: 15.11.2015
- Anonim, 2015d. [http://www.antenerjisistemleri.com.tr/?page\\_id=120](http://www.antenerjisistemleri.com.tr/?page_id=120), Erişim tarihi: 17.11.2015
- Anonim, 2015e. <http://www.limitsizenerji.com/component/content/article/64-makaleler/1110-parabolik-canak-merkezi-alici?directory=950>, Erişim tarihi: 22.11.2015
- Anonim, 2015f. <http://www.eie.gov.tr/eie-web/turkce/YEK/gunes/yogunlastiricilar.html>, Erişim tarihi: 29.11.2015
- Anonim, 2015g. <http://www.akudunyasi.com/Energy-12Volt-260Amper-Jel-Aku-012V-0260Ah,PR-2632.html>, Erişim tarihi: 23.10.2015
- Anonim, 2015ğ. <http://www.marinmalzeme.com/victron-bluesolar-mppt-15035-solar-sarj-regulatoru>, Erişim tarihi: 14.10.2015

- Anonim, 2015h. [http://www.taiwantrade.com.tw/EP/hotware/products-detail/en\\_US/827684/Potable\\_DC-AC\\_power\\_generator\\_\(by\\_inverter\\_charger\)/](http://www.taiwantrade.com.tw/EP/hotware/products-detail/en_US/827684/Potable_DC-AC_power_generator_(by_inverter_charger)/), Erişim tarihi: 03.10.2015
- Anonim, 2015i. <http://www.corumprefabrik.com/prefabrik-ev-fiyatlari.html>, Erişim tarihi: 03.10.2015
- Anonim, 2015j. <http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx>, Erişim tarihi: 01.09.2015
- Anonim, 2015k. <http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/pages/9.aspx>, Erişim tarihi: 02.09.2015
- Anonim, 2015l. [http://www.tera-solar.com/?islem=gruplar&Cat\\_ID=63](http://www.tera-solar.com/?islem=gruplar&Cat_ID=63), Erişim tarihi: 03.07.2015
- Anonim, 2015m. <http://www.aimenerji.com/arge-projeleri.aspx?code=9ff5b74c-3c34-40b4-af9e-5098285b49aa>, Erişim tarihi: 06.07.2015
- Anonim, 2015n. <https://gokbilimci.wordpress.com/astronomi/2-koordinat-sistemleri/>, Erişim tarihi: 02.08.2015
- Boz, O., H. 2011. Günümüzün Alternatif Enerji Kaynağı: Fotovoltaik Güneş Pilleri. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Kimya Anabilim Dalı.
- Çelebi, G., 2002. Fotovoltaik Modüllerin Mimaride Uygulama Olanakları-Eskişehir İçin Bir rnek alışma, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Çiftçi, A., Kırbaş, İ., İşyarlar, B. 2014. Güneş pili kullanılarak Burdur'da bir evin ortalama elektrik ihtiyacının karşılanması. **Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, 5 (1): 14-17.
- Dinçer, F., 2011. Türkiye'de güneş enerjisinden elektrik üretimi potansiyeli - ekonomik analizi ve AB lkeleri ile karşılaştırmalı değerlendirme. **Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Dergisi**. 14(1).

- Dereli, Z. 2013. Simple and low-cost method of planning for tree growth and lifetime effects on solar photovoltaic systems performance. *Solar Energy* 95: 300-307.
- Göksal, T. 1998. Mimaride güneş enerjisi- pasif yöntemler ve fotovoltaik modüllerle aktif uygulama olanakları üzerine bir çalışma. Anadolu Üniversitesi Yayınları No:1041, Eskişehir.
- Grozdev, M. 2010. Alternatif enerji kaynakları: Güneş enerjisi ve güneş pilleri, Yüksek lisans tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Işıker, E., Yeşilata, B., Bulut, H. 2006. Fotovoltaik panel gücüne etki eden çalışma parametrelerinin araştırılması. UGHEK'2006: I. Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi. Eskişehir.
- Kılıç, A., Öztürk, A. 1984. Güneş ışınımı ve düz toplayıcılar. **SEGEM**. Ankara.
- Meder, S.E., Pennetier, O.A., Ansberry, D.M. and Brunner, M.I. 2007. Assessment of solar energy potential on existing buildings in a region. US 7305983, (10), Honolulu.
- Oktik, Ş., 2001, Güneş-elektrik dönüşümleri fotovoltaik güneş gözeleri ve güç sistemleri, Temiz Enerji Vakfı Yayınları, Ankara.
- Öztürk, M., Bozkurt, Ç.B., Özek, N. 2011. Evsel fotovoltaik sistemlerin ömür boyu maliyet analizi. **Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi**; 1-11.
- Sayın, S., Koç, İ. 2011. Güneş enerjisinden aktif olarak yararlanmada kullanılan fotovoltaik (pv) sistemler ve yapılarda kullanım biçimleri. **Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi**. 26:3-21.
- Sick, F., Erge, T., 1996. Photovoltaics in buildings: A Design Handbook for Architects and Engineers, James&James LTD, London.
- Stark, T., Lutz. H.P., Schneider, S. 2002. Energie photovoltaik: Architectonische gebäudeintegration. Landesgewerbeamt Baden-Württemberg-Informationszentrum Energie, Stuttgart.

- Şen, Z. 2004. Türkiye'nin temiz enerji imkânları. **Mimar ve Mühendis Dergisi**; (33):6-12.
- Yılmaz, Ş., Aksu, M., Özer, Z., Özçalık, H.R. 2012. Matlab ile gerçekleştirilen fotovoltaik (PV) güneş pili modeli ile güneş enerjisi üretimindeki önemli etkenlerin tespit edilmesi. ELECO '2012 Elektrik - Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu. Bursa.
- Yalçın, L. 2010. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliği'nin Güneş Enerjisi Potansiyelinin Belirlenmesi ve Güneş Enerjisinden Yararlanabilme Olanakları. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi ( Basılmamış), Ankara.
- Varınca, K.B., Gönüllü, M.T. 2006. Türkiye'de güneş enerjisi potansiyeli ve bu potansiyelin kullanım derecesi, yöntemi ve yaygınlığı üzerine bir araştırma. UGHEK'2006: I. Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi. Eskişehir.





<b>Tuvalet&amp;Banyo</b>	Çamaşır makinası	2000	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
		Eg=G.t	0	0	0	0	2000	0	0	0	0	0	0	0
	Saç kurutma makinası	400	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0
		Eg=G.t	0	0	0	80	0	0	0	0	0	0	0	0
Elektrikli şofben	2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Eg=G.t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
LED lamba (1 adet)	20	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Eg=G.t	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	
<b>Salon</b>	Klima	2200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Eg=G.t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Lamba Ekonomik (2 adet)	40	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
		Eg=G.t	0	0	0	0	0	0	0	0	40	40	0	0
	Tv Plazma	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Eg=G.t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ses Sistemi	230	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Eg=G.t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Toplam süre (h)			2	1	1	5,3	2,6	1	1	1	5	6	8	2
Toplam enerji kullanımı (Wh)			2050	50	50	4400	2650	50	50	50	1330	355	2535	70
	Anlık 01m güneş ışınımı (W/m <sup>2</sup> )	0	0	0	21,3036	97,8282	178,532	147,564	63,6291	0,37195	0	0	0	0
	Güneşten kazandın enerji	W	0	0	5,53425	2236,42	2458,09	38,3343	16,5296	0,09662	0	0	0	0
	Günlük net enerji (tkcömi)	W	-2050	-50	-44,466	-2163,6	-191,91	-11,666	-33,47	-49,903	-1330	-355	-2535	-70
		TL	-0,82	-0,02	-0,0178	-0,8654	-0,0768	-0,0047	-0,0134	-0,02	-0,532	-0,142	-1,014	-0,028

**Ek-2: Özellikleri tanımlı yapının kurulu güç hesaplamalarına ilişkin 18 Temmuz Excell tablo örnekleri**

		TEMMUZ															
		18															
Saat	h	1	2	3	7	8	9	10	11	12	13	17	18	19	20	23	24
	Güç(W)	Eg(Wh)															
Elektrikli kalorifer	2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Eg=G.t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mutfak (10m <sup>2</sup> )	Buzdolabı	50	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
		Eg=G.t	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	Elektrikli fırın	1500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
		Eg=G.t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1500	0	0	0	0
	Elektrikli su kaynatıcısı	2000	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Eg=G.t	0	0	0	0	1000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bulaşık makinesi	1200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Eg=G.t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Elektrikli tost makinesi	2000	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Eg=G.t	0	0	0	0	1000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mikrodalga	1000	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0
		Eg=G.t	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0
	Mikser	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0
		Eg=G.t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0
Aspiratör/Davumbaz	150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	
	Eg=G.t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150	0	0	150	0	0	
Lamba Ekonomik	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	
	Eg=G.t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	20	0	0	
Tuvalet&Banyo (5m <sup>2</sup> )	Çamaşır makinesi	2000	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
		Eg=G.t	0	0	0	0	0	2000	2000	0	0	0	0	0	0	0	
	Saç kurutma makinesi	400	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Eg=G.t	0	0	0	0	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Elektrikli şofben	2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,9	0	
		Eg=G.t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1800	0	
LED lamba (1 adet)	20	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0		
	Eg=G.t	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	20	0		
Salon (20m <sup>2</sup> )	Klima	2200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Eg=G.t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Lamba Ekonomik (2 adet)	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	
		Eg=G.t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	40	40	40	0	
	Tv Plazma	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	
		Eg=G.t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	200	200	0	0	
Ses Sistemi	230	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0		
	Eg=G.t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	230	230	0	0		

Yatak odası (1) (14m <sup>2</sup> )	Ütü	1000	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0	1	0	0
	Eg=G.t	0	0	0	0	0	0	0	0	200	0	0	0	0	0	1000	0	0
	Elektrik süpürgesi	1000	0	0	0	0	0	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Eg=G.t	0	0	0	0	0	0	600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lamba Ekonomik (1 adet)	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
	Eg=G.t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	20	20	20	20	20
Yatak odası (2) (13m <sup>2</sup> )	Dizüstü Bilgisayar	75	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0
	Eg=G.t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	75	75	0	0	0	0	75	0
	Lamba Ekonomik (1 adet)	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0
	Eg=G.t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	20	20	20	0
	PC	150	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
	Eg=G.t	0	0	0	0	150	0	0	0	0	0	0	150	0	0	150	0	0
Oturma odası (15m <sup>2</sup> )	Lamba Ekonomik (1 adet)	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	Eg=G.t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0
	Tv Plazma	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	Eg=G.t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	200	0
	Klima	2200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Eg=G.t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Toplam süre (h)			1	1	1	1	4,3	2,6	2	1,2	2	3	4,5	8,1	8	6,9	7	2
Toplam enerji kullanımı (Wh)			50	50	50	50	2400	2650	2050	250	125	275	1660	830	730	2950	535	70
	Anlık tüm güneş ışınımı (W/m <sup>2</sup> )	0	0	0	0	287,77	451,43	589,21	686,13	742,25	764,77	742,25	287,77	129,33	11,522	0	0	0
	Güneşten kazanılan enerji	W	0	0	0	25,656	1931,9	2784,1	2508	330,88	170,46	363,97	851,78	191,4	14,998	0	0	0
	Günlük net enerji tüketimi	W	-50	-50	-50	-24,34	-468,1	134,14	458,05	80,878	45,459	88,966	-808,2	-638,6	-715	-2950	-535	-70

**Ek-3: Güneş Işınımı Hesaplamalarına İlişkin 18 Aralık Excell Tablo Örnekleri**

B353      f<sub>x</sub> =23,45\*SIN((360\*(C353+284)/(365\*57,3)))

	A	B	C	D	E
1	<b>GÜNLER</b>	<b>DEKLİNASYON DERECEŚİ</b>	<b>NG değerleri</b>	<b>i değerleri</b>	<b>cos(H) nin hesaplanması</b>
341	06.12.2015	-22,693	340	6	0,319
342	07.12.2015	-22,792	341	7	0,321
343	08.12.2015	-22,883	342	8	0,322
344	09.12.2015	-22,968	343	9	0,323
345	10.12.2015	-23,046	344	10	0,325
346	11.12.2015	-23,117	345	11	0,326
347	12.12.2015	-23,182	346	12	0,327
348	13.12.2015	-23,239	347	13	0,328
349	14.12.2015	-23,290	348	14	0,328
350	15.12.2015	-23,333	349	15	0,329
351	16.12.2015	-23,370	350	16	0,330
352	17.12.2015	-23,400	351	17	0,330
353	18.12.2015	-23,423	352	18	0,331
354	19.12.2015	-23,439	353	19	0,331
355	20.12.2015	-23,448	354	20	0,331
356	21.12.2015	-23,450	355	21	0,331
357	22.12.2015	-23,445	356	22	0,331

F353      f<sub>x</sub> =57,3\*2\*ACOS(E353)/15

	A	F	G	H	I	J	K
349	<b>GÜNLER</b>	<b>tg (gün uzunluğu)</b>	<b>x (derece)</b>	<b>ZD (saat)</b>	<b>a değeri</b>	<b>b değeri</b>	<b>cos(z)=zenit açısı</b>
350	15.12.2015	9,438	81,264	0,127	0,201	0,452	0,490
351	16.12.2015	9,434	81,497	0,025	0,201	0,452	0,489
352	17.12.2015	9,430	81,731	-0,077	0,201	0,452	0,489
353	18.12.2015	9,427	81,964	-0,164	0,201	0,452	0,488
354	19.12.2015	9,425	82,198	-0,220	0,201	0,452	0,488
355	20.12.2015	9,424	82,431	-0,237	0,201	0,452	0,488
356	21.12.2015	9,424	82,665	-0,217	0,201	0,452	0,488
357	22.12.2015	9,424	82,898	-0,166	0,201	0,452	0,488
358	23.12.2015	9,426	83,132	-0,098	0,201	0,452	0,488
359	24.12.2015	9,428	83,365	-0,028	0,201	0,452	0,488
360	25.12.2015	9,431	83,599	0,029	0,201	0,452	0,489
361	26.12.2015	9,436	83,832	0,061	0,201	0,452	0,489
362	27.12.2015	9,441	84,066	0,063	0,201	0,452	0,490
363	28.12.2015	9,447	84,299	0,038	0,202	0,452	0,491
364	29.12.2015	9,453	84,533	-0,005	0,202	0,452	0,491
365	30.12.2015	9,461	84,766	-0,054	0,202	0,452	0,492
366	31.12.2015	9,470	85,000	-0,093	0,202	0,452	0,493

	A	K	L	M	N	O
	<b>GÜNLER</b>	<b>cos(z)=zenit açısı</b>	<b>H derece</b>	<b>sin (H)</b>	<b>f (düzeltme faktörü)</b>	<b>Qo</b>
349	15.12.2015	0,490	70,78327439	0,995257	1,007033453	14,71895285
351	16.12.2015	0,489	70,74803778	0,998066	1,030770233	15,04164429
352	17.12.2015	0,489	70,71941981	0,999436	1,026923237	14,96590235
353	18.12.2015	0,488	70,69744137	0,999933	0,998941081	14,5434675
354	19.12.2015	0,488	70,68211854	0,999993	0,971908186	14,13997593
355	20.12.2015	0,488	70,67346256	0,999923	0,970058015	14,10746538
356	21.12.2015	0,488	70,67147978	0,999897	0,995049142	14,46959508
357	22.12.2015	0,488	70,67617165	0,999953	1,024478434	14,90074509
358	23.12.2015	0,488	70,68753473	0,999999	1,031964193	15,0174349
359	24.12.2015	0,488	70,70556068	0,999805	1,010795859	14,72152983
360	25.12.2015	0,489	70,73023631	0,999014	0,979949648	14,28840011
361	26.12.2015	0,489	70,76154356	0,997135	0,967077444	14,12091679
362	27.12.2015	0,490	70,7994596	0,993552	0,983718452	14,38881425
363	28.12.2015	0,491	70,84395688	0,987525	1,014954947	14,87590569
364	29.12.2015	0,491	70,89500318	0,978204	1,032785177	15,17253148
365	30.12.2015	0,492	70,95256169	0,964639	1,021225348	15,04211334
366	31.12.2015	0,493	71,01659112	0,945797	0,990638194	14,63417107

#### Ek-4: Güneş Işınımı Hesaplamalarına İlişkin 18 Temmuz Excell Tablo Örnekleri

B200 $f_x = 23,45 * \sin((360 * (C200 + 284)) / (365 * 57,3))$					
	A	B	C	D	E
192	GÜNLER	DEKLİNASYON DERECESESİ	NG değerleri	i değerleri	cos(H) nin hesaplanması
193	11.07.2015	22,112	192	11	-0,310
194	12.07.2015	21,975	193	12	-0,308
195	13.07.2015	21,831	194	13	-0,306
196	14.07.2015	21,680	195	14	-0,303
197	15.07.2015	21,523	196	15	-0,301
198	16.07.2015	21,360	197	16	-0,298
199	17.07.2015	21,190	198	17	-0,296
200	18.07.2015	21,014	199	18	-0,293
201	19.07.2015	20,832	200	19	-0,290
202	20.07.2015	20,643	201	20	-0,287
203	21.07.2015	20,449	202	21	-0,285
204	22.07.2015	20,248	203	22	-0,281
205	23.07.2015	20,041	204	23	-0,278
206	24.07.2015	19,829	205	24	-0,275
207	25.07.2015	19,610	206	25	-0,272
208	26.07.2015	19,386	207	26	-0,269
209	27.07.2015	19,156	208	27	-0,265
210	28.07.2015	18,921	209	28	-0,262

E200 $f_x = -(SIN(B200/57,3) * SIN(37,35/57,3)) / (COS(B200/57,3) * C$					
	A	E	F	G	H
192	GÜNLER	cos(H) nin hesaplanması	tg (gün uzunluğu)	x (derece)	ZD (saat)
193	11.07.2015	-0,310	14,409	44,602	-0,232
194	12.07.2015	-0,308	14,392	44,835	-0,233
195	13.07.2015	-0,306	14,374	45,069	-0,198
196	14.07.2015	-0,303	14,356	45,302	-0,137
197	15.07.2015	-0,301	14,336	45,536	-0,066
198	16.07.2015	-0,298	14,316	45,769	0,000
199	17.07.2015	-0,296	14,295	46,003	0,047
200	18.07.2015	-0,293	14,274	46,236	0,066
201	19.07.2015	-0,290	14,251	46,470	0,055
202	20.07.2015	-0,287	14,229	46,703	0,021
203	21.07.2015	-0,285	14,205	46,937	-0,027
204	22.07.2015	-0,281	14,181	47,170	-0,073
205	23.07.2015	-0,278	14,156	47,404	-0,104
206	24.07.2015	-0,275	14,130	47,637	-0,107
207	25.07.2015	-0,272	14,104	47,871	-0,079
208	26.07.2015	-0,269	14,078	48,104	-0,021
209	27.07.2015	-0,265	14,050	48,338	0,058

N200      =1+0,033*COS((360*C200)/365)						
	A	J	K	L	M	N
192	GÜNLER	b değeri	cos(z)=zenit açısı	H derece	sin (H)	f (düzeltme faktörü)
193	11.07.2015	0,374	0,965	108,0610902	0,948015	1,021170525
194	12.07.2015	0,374	0,964	107,9325579	0,899406	0,990569622
195	13.07.2015	0,374	0,964	107,7983124	0,832809	0,968422519
196	14.07.2015	0,374	0,963	107,6584396	0,747499	0,974582844
197	15.07.2015	0,374	0,962	107,5130279	0,643359	1,003528213
198	16.07.2015	0,374	0,961	107,3621683	0,520997	1,029310738
199	17.07.2015	0,375	0,960	107,2059535	0,381856	1,028817843
200	18.07.2015	0,375	0,960	107,0444782	0,228297	1,002491379
201	19.07.2015	0,375	0,959	106,8778391	0,063646	0,973931535
202	20.07.2015	0,375	0,958	106,7061341	-0,10781	0,968740597
203	21.07.2015	0,375	0,957	106,5294627	-0,28086	0,991571947
204	22.07.2015	0,375	0,956	106,3479255	-0,44952	1,021958571
205	23.07.2015	0,375	0,955	106,1616243	-0,6072	1,032660576
206	24.07.2015	0,376	0,954	105,9706615	-0,74697	1,014084221
207	25.07.2015	0,376	0,952	105,7751403	-0,8619	0,982882157
208	26.07.2015	0,376	0,951	105,5751645	-0,94545	0,967025272
209	27.07.2015	0,376	0,950	105,3708383	-0,99188	0,980728368
210	28.07.2015	0,376	0,949	105,162266	-0,99671	1,011707393



**Ek-5. Gün Doğumu, Gün Batımı ve Anlık Işınım Değerlerine İlişkin 18 Aralık Excell Tablo Örnekleri**

Pano	Yazı Tipi	Hizalama	Sayı	Stiller	Hücrel				
FG353									
	EY	EZ	FA	FB	FC	FD	FE	FF	FG
324	18 Aralık 2015 Cuma								
325	güneş saati	Gün doğumu	Gün batımı	h	H	pisi değeri	rt değeri	Saatlere göre I değeri	
326	0,70	7,286490064	16,71350994	169,43318	70,69744137	0,00040895	0,026294357	38,70257879	0
327	1,70	7,286490064	16,71350994	154,43318	70,69744137	0,003655802	0,013817553	20,33801081	0
328	2,70	7,286490064	16,71350994	139,43318	70,69744137	0,022797671	0,008632484	12,70612498	0
329	3,70	7,286490064	16,71350994	124,43318	70,69744137	0,09917307	0,007225476	10,63515488	0
330	4,70	7,286490064	16,71350994	109,43318	70,69744137	0,300948692	0,002553005	3,757759235	0
331	5,70	7,286490064	16,71350994	94,43317996	70,69744137	0,637069185	-0,00779889	-11,47916483	0
332	6,70	7,286490064	16,71350994	79,43317996	70,69744137	0,940754218	-0,01048917	-15,4389759	0
333	7,70	7,286490064	16,71350994	64,43317996	70,69744137	0,969083467	0,014473558	21,3035835	21,3035835
334	8,70	7,286490064	16,71350994	49,43317996	70,69744137	0,696372529	0,066464066	97,82824237	97,82824237
335	9,70	7,286490064	16,71350994	34,43317996	70,69744137	0,349074007	0,121293966	178,5321939	178,5321939
336	10,70	7,286490064	16,71350994	19,43317996	70,69744137	0,122064346	0,158202444	232,8576631	232,8576631
337	11,70	7,286490064	16,71350994	4,43317996	70,69744137	0,029775261	0,174119831	256,286413	256,286413
338	12,70	7,286490064	16,71350994	-10,56682	70,69744137	0,055374474	0,169831719	249,9747542	249,9747542
339	13,70	7,286490064	16,71350994	-25,56682	70,69744137	0,195923971	0,145821342	214,6339591	214,6339591
340	14,70	7,286490064	16,71350994	-40,56682	70,69744137	0,483571805	0,100254574	147,5643817	147,5643817
341	15,70	7,286490064	16,71350994	-55,56682	70,69744137	0,83258734	0,043229294	63,62905777	63,62905777
342	16,70	7,286490064	16,71350994	-70,56682	70,69744137	0,999986345	0,000252699	0,371946602	0,371946602
343	17,70	7,286490064	16,71350994	-85,56682	70,69744137	0,837825882	-0,01176993	-17,32411789	0
344	18,70	7,286490064	16,71350994	-100,56682	70,69744137	0,489676103	-0,00333518	-4,909038143	0
345	19,70	7,286490064	16,71350994	-115,56682	70,69744137	0,199645481	0,005281727	7,774157101	0
346	20,70	7,286490064	16,71350994	-130,56682	70,69744137	0,056781321	0,00776151	11,42414166	0
347	21,70	7,286490064	16,71350994	-145,56682	70,69744137	0,011265408	0,009992502	14,7079318	0
348	22,70	7,286490064	16,71350994	-160,56682	70,69744137	0,001559135	0,017985243	26,47242051	0
349	23,70	7,286490064	16,71350994	-175,56682	70,69744137	0,000150528	0,03354704	49,37777933	0

**Ek-6. Gün Doğumu, Gün Batımı ve Anlık Işınım Değerlerine İlişkin 18 Temmuz Excell Tablo Örnekleri**

Pano		Yazı Tipi		Hizalama		Sayı		Stiller		Hücre	
FE178 = (Pİ()/ (4* sayfa 1!\$F\$200)) * (COS(90*(FB178/FC178)/57,3) + (2/KAREKÖK(Pİ())) * (1-FD178))											
	EY	EZ	FA	FB	FC	FD	FE	FF	FG		
176										18 Temmuz 2015 Cumartesi	
177	güneş saati	Gün doğumu	Gün batımı	h	H	pisi değeri	rt değeri	Saatlere göre I değeri			
178	0,93	4,863175783	19,13682422	165,9912664	107,0444782	0,297311548	0,00175641	11,58225252		0	
179	1,93	4,863175783	19,13682422	150,9912664	107,0444782	0,509566294	-0,00261814	-17,2647455		0	
180	2,93	4,863175783	19,13682422	135,9912664	107,0444782	0,746392054	-0,00692279	-45,65083121		0	
181	3,93	4,863175783	19,13682422	120,9912664	107,0444782	0,934352431	-0,00709976	-46,81778498		0	
182	4,93	4,863175783	19,13682422	105,9912664	107,0444782	0,99961285	0,000880712	5,80766153		5,80766153	
183	5,93	4,863175783	19,13682422	90,99126638	107,0444782	0,91396663	0,018189392	119,9459042		119,9459042	
184	6,93	4,863175783	19,13682422	75,99126638	107,0444782	0,714177637	0,041965133	276,7297484		276,7297484	
185	7,93	4,863175783	19,13682422	60,99126638	107,0444782	0,476935393	0,066897779	441,1425484		441,1425484	
186	8,93	4,863175783	19,13682422	45,99126638	107,0444782	0,272201339	0,088151288	581,2940911		581,2940911	
187	9,93	4,863175783	19,13682422	30,99126638	107,0444782	0,132769512	0,103277405	681,0399098		681,0399098	
188	10,93	4,863175783	19,13682422	15,99126638	107,0444782	0,055345697	0,112168547	739,6705735		739,6705735	
189	11,93	4,863175783	19,13682422	0,991266381	107,0444782	0,019717269	0,115882638	764,1623233		764,1623233	
190	12,93	4,863175783	19,13682422	-14,0087336	107,0444782	0,04872518	0,112929055	744,6855736		744,6855736	
191	13,93	4,863175783	19,13682422	-29,0087336	107,0444782	0,119339676	0,104793283	691,0360303		691,0360303	
192	14,93	4,863175783	19,13682422	-44,0087336	107,0444782	0,249800702	0,090523832	596,9393051		596,9393051	
193	15,93	4,863175783	19,13682422	-59,0087336	107,0444782	0,446868614	0,069998619	461,5903484		461,5903484	
194	16,93	4,863175783	19,13682422	-74,0087336	107,0444782	0,683193067	0,045315735	298,8245516		298,8245516	
195	17,93	4,863175783	19,13682422	-89,0087336	107,0444782	0,892656653	0,021063252	138,8969406		138,8969406	
196	18,93	4,863175783	19,13682422	-104,008734	107,0444782	0,996788089	0,002655974	17,51423088		17,51423088	
197	19,93	4,863175783	19,13682422	-119,008734	107,0444782	0,951258678	-0,00657764	-43,3747587		0	
198	20,93	4,863175783	19,13682422	-134,008734	107,0444782	0,775839385	-0,00728323	-48,02767556		0	
199	21,93	4,863175783	19,13682422	-149,008734	107,0444782	0,540782228	-0,00326312	-21,51793222		0	
200	22,93	4,863175783	19,13682422	-164,008734	107,0444782	0,322144261	0,001270628	8,378875696		0	
201	23,93	4,863175783	19,13682422	-179,008734	107,0444782	0,164004507	0,004017435	26,49207977		0	

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Kansu Çağlar GÜRGEN  
Doğum Yeri ve Tarihi : Emirdağ / 15.03.1989

### EĞİTİM DURUMU

**Yüksek Lisans** : Adnan Menderes Üniversitesi/ Ziraat Fakültesi  
Tarım Makineleri Bölümü  
**Lisans Öğrenimi** : Adnan Menderes Üniversitesi/ Ziraat Fakültesi  
Tarım Makineleri Bölümü  
**Bildiği Yabancı Diller** : İngilizce

### BİLİMSEL FAALİYETLERİ

#### A-Bildiriler

- Gürgen K., Ç.** Fotovoltaik Sistem Kurulumunda Kullanılacak Hesap Tablosunun Geliştirilmesi, 3. Anadolu Enerji Sempozyumu, Bildiri Kitabı, 1-3 Ekim, Muğla, 2015 (Sözlü Sunum)

#### B-Projeler:

### İŞ DENEYİMİ

Çalıştığı Kurumlar ve Yıl :Parksızlar Tic. Aş. , 2012-2013  
:Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitü, 2013-2015.  
:Karya Tarımsal Danışmanlık ve Mühendislik Hizmetleri Ltd. Şti , 2015-

### İLETİŞİM

E-posta Adres :kansucaglar@gmail.com  
GSM : 0541 221 44 98  
Tarih : 05.03.2016