

**GÜNEŞ ENERJİSİ İLE BAL MUMU ERİTME  
CİHAZI TASARIMI VE GERÇEKLEŞTİRİLMESİ**

**2011  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ELEKTRONİK VE BİLGİSAYAR EĞİTİMİ**

**Gökhan ÖZER**

**GÜNEŞ ENERJİSİ İLE BAL MUMU ERİTME CİHAZI TASARIMI VE  
GERÇEKLEŞTİRİLMESİ**

**Gökhan ÖZER**

**Karabük Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Anabilim Dalında  
Yüksek Lisans Tezi  
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK**

**Eylül 2011**

Gökhan ÖZER tarafından hazırlanan “ GÜNEŞ ENERJİSİ İLE BAL MUMU ERİTME CİHAZI TASARIMI VE GERÇEKLEŞTİRİLMESİ ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Raif BAYIR

Tez Danışmanı, Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı



Yrd. Doç. Dr. Fecir DURAN

Tez Danışmanı, Gazi Üniversitesi



Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir. 30/ 09/2011

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan: Doç. Dr. M. Rahmi CANAL (GÜ)



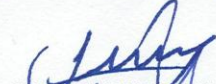
Üye : Doç. Dr. Raif BAYIR (KBÜ)



Üye : Doç. Dr. Halil DEMİR (KBÜ)



Üye : Yrd. Doç. Dr. Fecir DURAN (GÜ)



Üye : Yrd. Doç. Dr. Hüseyin DEMİREL (KBÜ)



...../...../2011

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Doç. Dr. Nizamettin KAHRAMAN

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



*“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”*

Gökhan ÖZER

## **ÖZET**

**Yüksek Lisans Tezi**

### **GÜNEŞ ENERJİSİ İLE BAL MUMU ERİTME CİHAZI TASARIMI VE GERÇEKLEŞTİRİLMESİ**

**Gökhan ÖZER**

**Karabük Üniversitesi**

**Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanları:**

**Doç. Dr. Raif BAYIR**

**Yrd. Doç. Dr. Fecir DURAN**

**Eylül 2011, 73 sayfa**

Arıcılıkta ana ürün bal olmakla birlikte, balın oluşabilmesi için arıların petek yapmada hammadde olarak kullandığı bal mumu arıcılıktaki en önemli unsurdur. Arılar 1 kg bal mumu yapmak için yaklaşık olarak 22 kg bal tüketmektedirler. Ayrıca bal mumu bal üretiminin dışında sanayideki birçok ürünün de hammaddesidir.

Bu çalışmada, balı süzülen peteklerdeki bal mumunu, güneş enerjisinden faydalanarak eriten ve paketler haline getiren bir sistem geliştirilmiştir. Eritme işlemi esnasında, mumun yapısının bozulmaması için ısı kaynağı ile mum direkt temas ettirilmemektedir. Bunun için, dış kazan ile iç kazan arasında ısıtma suyu bulunan mum eritme tankı kullanılmaktadır. Sistem suyun sıcaklığı ile içte bulunan mumun sıcaklığını ayrı ayrı ölçüp, ölçülen değerleri LCD ekrana yansıtmaktadır. İç kaptaki bulunan mumun sıcaklığı eritme esnasında sabit tutulmaktadır.

Bu sistemde, güneş enerjisinden en yüksek seviyede yararlanabilmek için güneş takip sistemi kullanılmaktadır. Hareketli mekanizma üzerinde güneş kollektörü ve güneş paneli bulunmaktadır. Bu mekanizma iki motor sayesinde iki yönlü hareket ettirilmektedir. Sistem hareketi istenildiğinde el ile istenildiğinde otomatik olarak yapılmaktadır. Sistemin gereksinim duyduğu elektrik enerjisini üretmek için güneş panelinden yararlanılmaktadır. Elektrik enerjisini depolamak için sistemde Lityum polimer pil ve şarj ünitesi kullanılmaktadır.

Gerçekleştirilen bu sistem sayesinde arıcılar, kovanlarının bulunduğu doğal ortamlarda, bal mumlarını güneş enerjisinden faydalanarak bal mumunun özelliklerini bozmadan standart paketler halinde üretebileceklerdir. Bu sayede hem sanayi kuruluşları gereksinim duydukları kaliteli ham maddeyi temin edecekler, hem de arıcılarımız balın yanında bal mumunu da pazarlayıp maddi gelir elde edeceklerdir. Gerçekleştirdiğimiz sistem üç ana parçaya ayrılabilirdiği için portatif özelliğe sahiptir. Bu özelliği ile sistemimiz gezgin arıcılığa tamamen uyumlu bir sistemdir.

**Anahtar Sözcükler** : Bal mumu eritme, Güneş pili, Güneş kollektörü, Güneş takip sistemi

**Bilim Kodu** : 702.1.035

## **ABSTRACT**

**M.Sc. Thesis**

### **DESIGN AND REALIZATION OF HONEY WAX MELTING DEVICE WITH SOLAR ENERGY**

**Gökhan ÖZER**

**Karabük University**

**Graduate School of Natural and Applied Sciences**

**Department of Electronic and Computer Education**

**Thesis Advisor:**

**Assoc. Prof. Dr. Raif BAYIR**

**Assist. Prof. Dr. Fecir DURAN**

**September 2011, 73 pages**

In beekeeping, besides the main product is honey, wax, which bees use as a raw material in order to produce honeycomb, is the most important element. Bees consume nearly 22 kilos honey so as to produce 1 kg wax. In addition, wax is the raw material for many products in industry outside of the production honey.

In this work, a system is designed to melt and to package the filtered honeycomb wax with solar energy. During the melting process, heat source doesn't contact directly with wax in order to do not change their structure. For this, we used water between the external boiler and inner tank to heating wax melting tank. The system measures water heat and wax heat, then display in LCD screen. Wax of temperature is kept constant during melting.

In this system, so as to utilize upmost level from solar energy is used solar tracking system. There are solar collector and solar panel on the active mechanism. This mechanism is moved two directions thanks to two motor. Furthermore, movement is done both with hand and automatic. Utilized to produce electrical energy from the solar panel system is needed. Lithium polymer battery used to store electrical energy in the system and charger used.

Thanks to this system beekeepers will be able to produce their standard packages wax, carried out in natural environments, by advantage of solar energy without destroying the properties of wax. By this way, both industries get the high class raw material they need, and our beekeepers take revenue, marketing wax in addition to honey. Realized system separated from the three main parts, has a portable property. This feature is fully compatible with the traveler beekeeping.

**Key Words** : Melting wax , Solar battery , Solar collector , Solar tracking system

**Science Code** : 702.1.035



## TEŞEKKÜR

Bu tez çalıőmasının planlanmasında, araőtırılmasında, yürütölmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalıőmamı bilimsel temeller ışığında őekillendiren sayın hocam Doç. Dr. Raif BAYIR' a ve sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Fecir DURAN' a teőekkürlerimi sunarım.

Tez çalıőmalarım sırasında yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen, Doç. Dr. M. Rahmi CANAL, Mehmet AY, Serdar DERİCİ, Uęur FESLİ, Kubilay TAŐDELEN, Batıkan Erdem DEMİR ve Habibe Berna ÖZER' e teőekkürü bir borç bilirim.

Her zaman beni destekleyen aileme tüm kalbimle teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

	<b><u>Sayfa</u></b>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER .....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	xv
BÖLÜM 1 .....	1
GİRİŞ .....	1
BÖLÜM 2 .....	3
ARICILIK VE BAL MUMU .....	3
2.1. ARICILIK VE ARICILIĞIN TARİHÇESİ .....	3
2.1.1. Dünyada ve Türkiye’de Arıcılık .....	4
2.2. ARICILIKTA BAL MUMU .....	10
2.2.1. Bal Mumunun Tanımı ve Arılar Tarafından Üretilmesi.....	10
2.2.2. Bal Mumunun Yapısı ve Özellikleri.....	11
2.3. Bal Mumu Eritme Yöntemleri .....	14
2.3.1. Piknik Tüpü İle Yapılan Eritme İşlemi.....	14
2.3.2. Güneş Enerjisi İle Yapılan Eritme İşlemi .....	15
2.3.3. Sanayi Tipi Bal Mumu Eritme Cihazları .....	16
BÖLÜM 3 .....	18
GÜNEŞ ENERJİSİ .....	18
3.1. GÜNEŞ’İN ÖZELLİKLERİ VE ENERJİ KAYNAĞI OLARAK GÜNEŞ... 18	
3.2. GÜNEŞ ENERJİ SİSTEMLERİ VE KULLANIM ALANLARI.....	19
3.2.1. Termodinamik Sistemler.....	20

3.2.2. Fotovoltaik Sistemler .....	21
3.3. GÜNEŞ ENERJİSİNİN ÜSTÜNLÜKLERİ VE SAKINICALARI.....	21
3.4. ÜLKEMİZDE GÜNEŞ ENERJİ POTANSİYELİ.....	22
3.5. ÜLKEMİZDE GÜNEŞ ENERJİSİ UYGULAMALARI.....	25
3.5.1. Sıcak Su Sistemleri .....	25
3.5.2. Buhar Üretimi .....	25
3.5.3. Türkiye’de Kurulan Güneş Evleri.....	26
3.5.4. Güneş Pilleri ve Uygulamaları.....	26
3.6. GÜNEŞ ENERJİ SİSTEMLERİ VE KULLANIMLARI.....	27
3.6.1. Güneş Paneli .....	27
3.6.2. Güneş Paneli Çalışma Prensibi .....	28
3.6.3. Güneş Pili ve Tanımlaması .....	29
3.7. GÜNEŞ KOLLEKTÖRLERİ.....	31
3.7.1. Düzlemsel Güneş Kollektörleri .....	32
3.7.2. Kollektör Enerji Dengesi .....	34
3.7.3. Kollektör Verimi.....	34
BÖLÜM 4 .....	37
MATERYAL VE METOD .....	37
4.1. DONANIM .....	37
4.1.1. Güneş Paneli .....	38
4.1.2. Enerji Depolama Ünitesi.....	40
4.1.3. Besleme Ünitesi .....	41
4.1.4. Kontrol Ünitesi .....	42
4.1.5. Motor Üniteleri .....	43
4.1.6. Gösterge Ekranı .....	46
4.1.7. Güneş Kollektörü.....	46
4.1.8. Mum Eritme Tankı.....	47
4.1.9. Ağırlık Ölçme Ünitesi.....	49
4.1.10. Devir Daim Ünitesi.....	52
4.2. YAZILIM .....	54
4.2.1. Sistemin Genel Algoritması.....	54
4.2.2. Güneş Takip Algoritması.....	57

4.3. TASARIMIN MALİYET ANALİZİ .....	58
4.4. TASARIMIN GÜÇ HARCAMASI .....	58
4.5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR VE SONUÇLARI.....	59
BÖLÜM 5 .....	63
SONUÇ VE ÖNERİLER .....	63
KAYNAKLAR .....	65
ÖZGEÇMİŞ .....	68
EK AÇIKLAMALAR A. SİSTEMİN BİRLEŞTİRİLMİŞ ŞEKİLLERİ .....	69
EK AÇIKLAMALAR B. SİSTEMİN DEVRE ŞEKLİ .....	72

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Piknik tüpü ile yapılan eritme işlemi .....	15
Şekil 2.2. Güneş enerjisi ile bal mumu eritme. ....	15
Şekil 2.3. Güneş enerjisi ile eritilen bal mumunun süzdürülmesi.....	16
Şekil 2.4. Sanayi tipi bal mumu eritme cihazı. ....	17
Şekil 3.1. Türkiye'nin güneş enerjisi haritası .....	23
Şekil 3.2. Düzlemsel güneş kollektörü kesiti .....	32
Şekil 4.1. Tasarımın blok şeması .....	37
Şekil 4.2. Güneş paneli.....	39
Şekil 4.3. Enerji depolama ünitesi .....	40
Şekil 4.4. LM 2576 entegresinin akım ve gerilim değişim grafiği .....	42
Şekil 4.5. Kontrol ünitesi .....	43
Şekil 4.6. Dikey hareketi sağlayan motor .....	44
Şekil 4.7. Yatay hareketi sağlayan motor .....	44
Şekil 4.8. Mum akış kontrolünü sağlayan motor .....	45
Şekil 4.9. Gösterge ekranı .....	46
Şekil 4.10. Güneş kollektörü içindeki su sıcaklığının zamanla değişim grafiği .....	46
Şekil 4.11. Güneş kollektörü.....	47
Şekil 4.12. Mum eritme tankının önden görünümü .....	48
Şekil 4.13. Mum eritme tankının üstten görünümü .....	49
Şekil 4.14. Ağırlık ölçme ünitesi .....	49
Şekil 4.15. Yük hücresinin üstten kesiti.....	50
Şekil 4.16. Yük hücresi yükselteç devresi .....	51
Şekil 4.17. Bilinen ağırlıklarla ADC değerlerinin değişimi.....	52
Şekil 4.18. Devir daim ünitesi.....	53
Şekil 4.19. Sistemin genel akış diyagramı .....	55
Şekil 4.20. Güneş takip algoritması .....	57
Şekil 4.21. İç ve dış tank sıcaklığının zamanla değişim grafiği.....	60
Şekil 4.22. PV gerilim değerinin zamanla değişim grafiği .....	60
Şekil 4.23. MPPT kapalıyken iç ve dış sıcaklık değerinin zamanla değişim grafiği .	61

Şekil 4.24. MPPT kapalıyken PV gerilim değerinin zamanla değişim grafiği .....	61
Şekil 4.25. Yük hücresi üzerindeki bal mumu miktarının zamanla değişim grafiği..	62
Şekil 4.26. Eritilmiş 500 gr'lık bal mumu .....	62
Şekil Ek A.1. Cihazın alttan görünüşü .....	70
Şekil Ek A.2. Cihazın üstten görünüşü .....	70
Şekil Ek A.3. Cihazın arkadan görünüşü .....	71
Şekil Ek A.4. Cihazın karşıdan görünüşü .....	71
Şekil Ek B.1. Sistemin devre şekli .....	73

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Dünyadaki kovan sayısı, üretim miktarı ve verimlilikteki değişimi.....	5
Çizelge 2.2. Dünyada kovan başına ortalama verimlilik çizelgesi. ....	6
Çizelge 2.3. Bal üreticisi ülkelerin yıllık üretim miktarları. ....	6
Çizelge 2.4. Türkiye'nin 2002-2010 yılları aralı kovan, bal ve bal mumu üretimi. ....	8
Çizelge 2.5. Bal mumu bileşimi. ....	13
Çizelge 2.6. Bal mumunun fiziksel özellikleri. ....	13
Çizelge 3.1. Türkiye'nin aylık ortalama güneş enerjisi potansiyeli. ....	24
Çizelge 3.2. Türkiye'nin yıllık güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere dağılımı ....	24
Çizelge 4.1. Güneş paneli teknik özellikleri ....	39
Çizelge 4.2. Yük hücresi teknik özellikleri ....	50
Çizelge 4.3. Yaklaşık maliyet tablosu. ....	58
Çizelge 4.4. Güç harcama tablosu. ....	59

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### SİMGELER

kg	:	kilogram
g	:	gram
°C	:	santigrat derece
T	:	ton
TL	:	Türk lirası
%	:	yüzde
\$	:	dolar
cm	:	santimetre
lt	:	litre
hPa	:	hekto pascal
km	:	kilometre
W	:	watt
kw	:	kilowatt
Cd S	:	kadmiyum sülfür
kWh	:	kilowatt saat
m <sup>2</sup>	:	metrekare
Kcal	:	kilo kalori
cm <sup>2</sup>	:	santimetre kare
cal	:	kalori
kWp	:	kilowatt power
V	:	volt
VA	:	volt amper
mm	:	milimetre
Hz	:	hertz
Cd te	:	kadmiyum tellür
KB	:	kilo bayt
°	:	açı cinsinden derece



## KISALTMALAR

LCD	:	Liquid crystal display
MÖ	:	Milattan önce
ABD	:	Amerika Birleşik Devletleri
AB	:	Avrupa birliği
TEP	:	Ton eşdeğer petrol
EİE	:	Elektrik işleri etüt idaresi
MKE	:	Makine Kimya Enstitüsü
AA	:	Alternatif akım
DA	:	Doğru akım
TSE	:	Türkiye Standartları
PLC	:	Programable Logic Control
MPP	:	Maksimum Güç Noktası
LDR	:	Light Dependent Resistor
MPPT	:	Maximum Power Point Tracking
PV	:	Photovoltaic
AGM	:	Absorbed Glass Mat Sealed Lead Acid
GEL	:	Gelled Electrolyte Sea- led Lead Acid
PWM	:	Pulse Width Modulation
Q <sub>k</sub>	:	Işınım taşınım ve iletimle olan ısı kayıplarının toplamı
Q <sub>d</sub>	:	Depolanan enerji
Q <sub>f</sub>	:	Akışkana geçen enerji
I	:	Kollektör üzerine gelen güneş enerjisi
A	:	Faydalı yüzey alanı
K	:	Kollektör ısı kayıp katsayısı
L	:	Yalıtım malzemesi kalınlığı
h	:	Konveksiyon ısı kayıp katsayısı
V	:	Rüzgâr hızı
S	:	Kollektör eğimi
N	:	Saydam örtü sayısı
ε <sub>L</sub>	:	Yutucu yüzeyin ışınım neşretme oranı
ε <sub>S</sub>	:	Saydam örtünün ışınım neşretme oranı

- $T_y$  : Tutucu yüzey sıcaklığı  
 $T_{cev}$  : Çevre sıcaklığı  
 $\alpha$  : Yüzeyin ışınım yutma oranı  
 $\tau$  : Yüzeyin ışınım geçirme oranı  
 $(\tau \times \alpha)$  : Kollektör yutma geçirme çarpımı

## BÖLÜM 1

### GİRİŞ

Ülkemiz zengin bitki örtüsü, değişik iklim ve coğrafi yapısı bakımından, arıcılığa son derece elverişli bir konumdadır. Arıcılık, topraktan bağımsız oluşu, diğer sektörlere göre daha az iş gücüne ihtiyaç duyulması, yatırımın gelire dönüşme süresinin çok kısa olması ve ürünlerine iç ve dış pazarda potansiyel talebin fazla olması gibi nedenlerden dolayı diğer tarımsal faaliyetlere oranla büyük avantajlara sahip bir uğraştır [1] .

Dünyada mevcut olan, ballı bitki tür ve çeşitlerinin, 3/4'ünün Türkiye'de bulunması, büyük bir doğal zenginliktir [2]. Bu bitki şurasının çeşitliliğinin yanı sıra, coğrafi yapısından dolayı ülkemiz, gezginci arıcılığa son derece elverişlidir. Erken ilkbaharda Akdeniz Bölgesinde narenciye balının, yaz aylarında İç Anadolu Bölgesinde yayla balının, Trakya Bölgesinde ayçiçeği balının ve Muğla yöresinde çam balının üretimini yapabilmek arıcılarımız için çok büyük bir şanstır [3] .

Arıcılık ülkemizde düne kadar, tarım işletmelerinde ailelerin bal ihtiyacını karşıladığı, üretilen balın fazlasının da satılarak işletmeye ek gelir sağlandığı bir uğraş olarak ele alınırdı. Bu gün ise arıcılık, profesyonel bir uğraş, işletmenin ana gelir kaynağı, üretimin 1/3'ünü ihraç eden, 250 000'den fazla ailenin geçimini sağladığı büyük bir sektör durumuna gelmiştir [4].

Türkiye yıllık ortalama 83 000 ton bal üretmekte olup, bu gün itibariyle 1 kg balın 15 TL (Türk Lirası) olduğu kabul edilirse, 1 milyar 245 milyon TL tutarında bir ekonomik değer, ekonomiye kazandırılmış olduğu görülecektir. Bu rakam sadece bal üretimi ile elde edilen girdi olup, polen, bal mumu, arı sütü gibi ürünler ile arılı kovan ve ana arı gibi materyallerin sağladığı ekonomik değerlerde hesaba katılır ise bu sektörde elde edilecek toplam rakamın daha da artacağı ortadadır. Türkiye'de bal

ve bal mumu üretiminden elde edilen gelir hayvansal üretimden elde edilen toplam gelirin %5,33'lük kısmını oluşturmaktadır [5].

Bal ve bal ürünlerinin insan sağlığı üzerinde oldukça olumlu etkileri bilinmektedir. Bunun yanında ilaç ve kozmetik sanayinde de bal ve bal ürünlerinden faydalanılmaktadır [6].

İnsan sağlığı, ekonomik getirisi, bacasız sanayi oluşu, istihdam sağlaması, doğaya olan katkısı gibi sayabileceğimiz birçok nedenden dolayı ülkemizdeki arıcılık mutlaka geliştirilmeli ve desteklenmelidir. Yaptığımız bu çalışma sayesinde ülkemizdeki arıcılık faaliyetlerine ve arıcılık sektörüne katkıda bulunmak ana hedefimizdir.

Ülkemizde bal mumu üretimi mevcut kovan miktarına göre diğer ülkelerden daha azdır. Bunun en önemli nedeni bal mumunun eritilmesi, taşınması ve eritmede meydana gelen hatalardan dolayı pazarlanmasında yaşanan sıkıntılardır. Yaptığımız çalışmanın amacı bal mumu eritme işlemini hem kolaylaştırmak hem de eritme standartlarını yükseltmektir.

Bu çalışmada bal mumunu eritmek için güneş enerjisi kullanılmaktadır. Ayrıca sistemin tüm elektrik enerji ihtiyacı da güneşten elde edilmektedir. Güneşten en yüksek elektrik ve ısı enerjisini elde edebilmek için sistemimiz güneş takip sistemi ile gerçekleştirilmiştir. Ayrıca sistemimizi gezgin arıcılığa elverişli hale getirmek için portatif bir tasarım modeli gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmanın giriş bölümünde hazırlamış olduğumuz tezin önemine değinilmiştir. İkinci bölümde arıcılık, arıcılığın tarihçesi, dünyada ve Türkiye'de arıcılık, bal mumunun özellikleri ve bal mumu eritilmesinde kullanılan yöntemler hakkında bilgi verilmektedir. Üçüncü bölümde güneş enerjisi, güneş enerjisinin kullanım alanları, güneş enerjisinin üstünlükleri ve sakıncaları, ülkemizdeki güneş enerji potansiyeli, güneş pilleri ve güneş kolektörleri hakkında bilgiler verilmektedir. Dördüncü bölümde tasarımda kullanılan materyal ve metotlar hakkında bilgi verilmektedir. Beşinci bölümde ise yapılan tasarımın ölçüm sonuçları hakkında bilgi verilmektedir.

## BÖLÜM 2

### ARICILIK VE BAL MUMU

#### 2.1. ARICILIK VE ARICILIĞIN TARİHÇESİ

Arıcılığın tarihçesinin, insanların mağaralarda yaşadığı, ilk çağa dayandığı rivayet edilmektedir. M.Ö. (Milattan Önce) 7000 yıllarına ait mağara resimleri ve fosiller, bu tezi doğrulamaktadır. İlk insanlar ağaç kovuklarında ve taş aralarında yuvalanan arıları öldürerek, ballarından faydalanma yoluna gitmişlerdir [7].

Eski efsanelere göre İsa'nın doğumundan çok önce, babası Kronos'un şerrinden kurtulmak için annesi tarafından bir mağaraya kapatılan Zeus, burada arıların ballarıyla beslenmiştir [7].

Arıcılıkta kovan olarak, önce ağaç ve taş kovukları kullanılırken, zaman içerisinde gelişerek bu günkü halini almıştır. Gerçek anlamda arıcılık insanların ağaç veya taş kovuğuna yuva yapan arıları öldürmeden, ballarının bir kısmını almaya, bir kısmını da kovan da bırakmaya başlaması ile ortaya çıkmıştır [8].

Arıcılık, Orta-Doğu'da ortaya çıkmış olup, M.Ö. 1300 yıllarında hüküm sürmüş olan Hititlere ait Boğazköy'deki yazıtlarda arılardan bahsediliyor olması, o dönemlerde Anadolu'da arıcılığın bilindiği hususunda fikir vermektedir [9].

Arıcılık, ilkel koşul ve anlayıştan, günümüz modern koşul ve anlayışına gelene kadar, çeşitli aşamalardan geçmiştir. Günümüz arıcılığına gelene kadar yaşanan süreç veya arıcılığın kronolojisi şu şekildedir [10].

- 1787 yılında ana arının havada çiftleştiği tespit edildi.
- 1845 yılında arı üreme biyolojisinin izahı yapıldı.
- 1851 yılında çerçevesiz fenni kovan keşfedildi.

- 1857 yılında temel petek kalıpları bulundu.
- 1865 yılında bal süzme makinesi icat edildi.
- 1882 yılında larva transfer yöntemiyle ana arı yetiştirme tekniği keşfedildi.
- 1926 yılında ana arıları yapay dölleme yolu bulundu.

Günümüzde artık teknik arıcılık rağbet görmektedir. Teknik arıcılık, arıları kullanabilme ve yönetebilme sanatı olarak tanımlanabilir. Teknik arıcılıkta, bilgi ve tecrübe çok önemli olup, ikisinin aynı anda kullanılması, amaca daha etkin ulaşılmasını sağlamaktadır. Bilgi ve tecrübe olmadan, sıradan arıcılık yapmak mümkün değildir [10].

Bilgi ve tecrübeden yoksun olarak yapılacak arıcılık neticesinde, kazanç yerine kaynak israfı oluşacaktır. Arıcılığa başlarken, bölge, iklim, bitki örtüsü çok iyi analiz edilmeli ve arıcılık için uygunluğu bilindikten sonra faaliyete başlanmalıdır [2].

### **2.1.1. Dünyada ve Türkiye’de Arıcılık**

#### **2.1.1.1. Dünyada Arıcılık**

Günümüzde arıcılık, tüm dünyada yapılan en yaygın tarımsal faaliyetlerden birisidir. Bugün dünyada 56 milyon dolayında arı kovanı bulunmakta ve bunlardan 1,2 milyon ton dolayında bal üretilmektedir. Üretilen balın yaklaşık 1/4’ü ticarete konu olmakta ve dış satımın %90’ı yirmi dolayındaki bal üreticisi ülkeden yapılmaktadır. Dünyanın en çok kovan varlığına sahip ülkesi, 65 milyon kovanla Çin’dir. Çin aynı zamanda 211 bin ton bal üretimi ile dünyanın en çok bal üreten ülkesidir [5].

Dünyada kovan başına ortalama bal üretimi 20 kg dolayında olup bu rakam Çin’de 33, Arjantin’de 40, Meksika’da 27, Kanada’da 64, Avustralya’da 55, Macaristan’da 40 ve Türkiye’de 17 kg dolayındadır. Bu ülkeler aynı zamanda dünyanın en çok bal ihraç eden ülkeleridir. Dünyada en çok bal ithal eden ülkeler ise; Almanya, ABD (Amerika Birleşik Devletleri), Japonya, İngiltere, İtalya, İsviçre, Fransa, Avusturya ve diğer Avrupa ülkeleridir. Bu ülkelerden Almanya yalnız başına Türkiye’nin bal üretiminden daha fazla bal ithal etmektedir [6].

Balın yanında; propolis, arı sütü, polen ve bal mumu gibi arı ürünleri de dünya ticaretinde yer almaktadır. Diğer yandan tarımı gelişmiş ülkelerde arıcılık, arı ürünleri üretimi yanında, hatta daha önemli olarak, bitkisel üretimde miktar ve kalitenin artırılması amacıyla yapılmaktadır. Örneğin, ABD’de bitkisel üretimde bulunan üreticiler, üretim yaptıkları bitkilerde tozlaşmanın sağlanması için arıcılara 41 milyon dolar arı kirası öderlerken, buna karşılık kendileri arıların üretimlerine katkısından dolayı 3,2 milyar dolar kazanmaktadırlar. Yine ABD’de yapılan bir başka çalışmada; 40 dolayındaki bitki türünden elde edilen toplam 30 milyar dolarlık ürün değerinin yaklaşık 1/3’ü olan 10 milyar doların bal arılarından dolayı sağlandığı bulunmuştur [5].

Diğer yandan bal, propolis, arı zehri, arı sütü gibi arı ürünleri pek çok ülkede arı ürünleri ile tedavi anlamına gelen Apiterapi’de kullanılmaktadır. Bununla birlikte arıcılık, doğa ve çevreye zarar vermeden yapılabilen, ender tarımsal faaliyetlerden birisidir. Bu yönüyle de arıcılık geleceğin en önemli sürdürülebilir tarım faaliyetlerinden birisi olacaktır. Yukarıda açıklanan nedenlerden dolayı arıcılık, tüm dünyada vazgeçilemez tarımsal bir faaliyet olarak sürdürülmektedir [6].

2004 ve 2005 yılları itibariyle, dünyada bulunan kovan sayısı, üretim ve verimlilikteki değişimi Çizelge 2.1.’de verilmektedir [10].

Çizelge 2.1. Dünyadaki kovan sayısı, üretim miktarı ve verimlilikteki değişim çizelgesi.

<b>Yıllar</b>	<b>Kovan sayısı (Adet)</b>	<b>Üretim miktarı (Ton)</b>	<b>Verimlilik (Kg)</b>
2004	62 255 082	1 373 331	22,06
2005	62 626 154	1 378 254	22

Dünyada genelinde bal üreticisi olan ülkelerdeki ortalama verimlilik; kovan başına düşen ortalama bal miktarı olarak ifade edilir. Bu ülkelerin verimlilikleri Çizelge 2.2’de verilmektedir [11].

Çizelge 2.2. Dünyada kovan başına ortalama verimlilik çizelgesi.

Ülkeler	Kovan başına ortalama bal üretimi (kg)
ABD	50
Çin	41
Arjantin	40
Meksika	27
Kanada	64
Avustralya	55
Macaristan	40
Türkiye	17

Gelişmiş ülkelerde arıcılıktan bal ve bal ürünleri elde etmenin yanında diğer tarımsal faaliyetlere katkı sağlamak amacıyla da faydalanılmaktadır. Sürekli çiçekten çiçeğe konan arılar tozlaşmaya da etki etmektedirler [11]. Çizelge 2.3'te bal üreticisi olan ülkelerin yıllık ortalama bal üretim miktarları görülmektedir [11]. Bu çizelgede ülkemiz yıllık üretim miktarına göre dünya genelinde dördüncü sırada bulunmaktadır.

Çizelge 2.3. Bal üreticisi ülkelerin yıllık üretim miktarları.

Ülkeler	Bal Üretimi (Ton)
Çin	267 830
Arjantin	85 000
ABD	84 000
Türkiye	83 000
Meksika	61 939
Ukrayna	52 000
Hindistan	52 000
Kanada	35 000
İspanya	33 000
İran	29 000



### 2.1.1.2. Türkiye’de Arıcılık

Türkiye’de arıcılık, çok eski yıllardan beri, bir gelenek olarak yapılan, sosyo-ekonomik bir faaliyettir. Türkiye sahip olduğu 4 milyon dolayındaki kovan varlığı ve 83 bin ton dolayındaki bal üretimi ile dünyada 4’cü sıralarda yer alarak, hem kovan varlığı hem de bal üretimi bakımından dünyanın en önemli ülkeleri arasındadır. Ancak bu önemli gelişmeye karşın, ülkemizde kovan başına ortalama bal üretimi 17 kg dolayında olup, dünya ortalaması olan 22 kg’ın altındadır. Bununla birlikte, Türkiye’nin dünya bal ticaretinde %1.87’lik bir payla 10’cu sırada yer alışı, sahip olunan kovan varlığı ve bal üretimiyle uyum sağlamamaktadır. Hem dünya bal ticaretindeki payımız hem de koloni başına bal üretimimiz dikkate alındığında, ülkemizin sahip olduğu mevcut arıcılık potansiyelinden yeteri kadar faydalanamadığı ortaya çıkmaktadır [6]. Diğer yandan ülkemizde, bal dışında diğer arı ürünlerinin üretimi ve bal arılarının bitkisel üretimde yeterli tozlaşmanın sağlanması amacıyla kullanılmaları da yaygın değildir. Kovan başına bal üretiminin artırılması, bal üretimi yanında diğer arı ürünlerinin üretilmesi ve bal arılarının bitkisel üretimde daha yaygın kullanılması durumunda, mevcut potansiyelimizi daha iyi değerlendireceğimiz açıktır. Ancak, ilkel ve geçit kovanlardan, modern kovanlara geçişin büyük ölçüde tamamlanmış olması, koloni başına ortalama bal üretiminde bir miktar artışın sağlanması, arıcılığımız için olumlu gelişmeler olarak sayılabilir [12].

Türkiye’nin ekolojik ve sosyo-ekonomik yapısı gereği, ülkemizin her yerinde arıcılık yapılabilirken sırasıyla Ege, Karadeniz ve Akdeniz Bölgeleri gerek kovan varlığı gerekse üretim payı bakımından arıcılık için en önemli bölgelerimizdir. Türkiye, bal üretiminin yaklaşık yarısını bu üç bölgemizden elde edilmektedir. Bal üretimi bakımından sırasıyla ilk on ilimiz; Muğla, Ordu, Adana, Aydın, Sivas, Antalya, İzmir, İçel, Erzincan ve Samsun olup ülkemiz bal üretiminin yaklaşık yarısı bu illerimizde üretilmektedir [12].

Türkiye arıcılık için çok uygun şartlara sahip olsa da henüz bu kaynaktan tam olarak yararlanamamaktadır. Arıcılıkta, istenen üretim ve ihracat rakamlarına ulaşılabilmesi için çözülmesi gereken bazı sorunlar olduğu açıktır. Arıcılıkta en önemli sorunlardan birisi ıslahtır. Bu sorunun çözümü yetiştiricilerin ıslah edilmiş ana arı kullanma

alışkanlığını kazanmaları ve onların ihtiyacı olan ana arıları yetiştirecek kuruluşların çoğalması ile mümkündür. Hayvancılık ve diğer tarımsal üretimlerde teknik bilgi ve eğitimin üretim maliyeti içindeki payı %8-10 civarında iken, bu pay arıcılıkta %70-80 olarak gerçekleşmektedir. Dolayısıyla arıcılara yönelik sürekli yayım ve eğitim hizmeti verilmesini amaçlayan örgütlenmeler desteklenmelidir [6].

Arıcılıkta mesleki örgütlenme özendirilmeli dernekler, meslek odaları, üretim ve satış kooperatifleri vb. şekillerde örgütlenmeler sağlanmalıdır. Erozyon kontrolü, mera ıslahı, orman bakımı gibi çalışmalarda arıcılık da göz önüne alınmalı, bal üretimi için önemli bitkilerin bu çalışmalarda kullanılmasına özen gösterilmelidir [12].

Arıcıların yanlış uygulamaları ve kötü niyetle kullanılan kimyasal maddeler, bal içinde kalıntılar bırakmaktadır. Bal mumuna naftalin katılması, mazottan ilaç yapılması, yanlış zaman ve miktarda ilaç kullanımı gibi uygulamalar, hem insan sağlığını tehlikeye düşürmekte, hem de ihraç sorunları doğurmaktadır [6]. Genel olarak tüm çiftçilerimizde olduğu gibi arıcılarımızda da fazla ilaç kullanma eğilimi vardır. Bu uygulama Avrupa Birliği'nin 1999 yılında ülkemizden bal ürünleri ithalatını durdurmayı düşünmesi gibi negatif sonuçlara neden olmaktadır. Bu nedenle, arıcılık faaliyetlerinin düzenlenmesi ve denetlenmesi için yapılan çalışmalara önem verilmelidir [12]. Türkiye'nin 2002-2010 yılları arası arılı kovan, bal ve bal mumu üretimi Çizelge 2.4'te görülmektedir [13]. Bu çizelgede görüldüğü gibi bal mumu üretimimiz 2002 yılından 2010 yılına kadar fazla artış göstermemiştir.

Çizelge 2.4. Türkiye'nin 2002-2010 yılları arası arılı kovan, bal ve bal mumu üretimi.

Arıcılık Verileri					
Yıl	Arılı kovan	Bal üretimi	Bal verimi	Balmumu	Kişi başına bal tüketimi
	(adet)	(ton)	(kg/kovan)	(ton)	(kg/kişi)
2002	4 160 892	74 554	18	3 448	1,1
2003	4 288 853	69 540	16	3 130	1
2004	4 399 725	73 929	17	3 471	1,1

Çizelge 2.4. (devam ediyor)

Arıcılık Verileri					
Yıl	Arılı kovan	Bal üretimi	Bal verimi	Balmumu	Kişi başına bal tüketimi
	(adet)	(ton)	(kg/kovan)	(ton)	(kg/kişi)
2005	4 590 013	82 336	18	4 178	1,2
2006	4 851 683	83 842	17	3 484	1,2
2007	4 825 596	73 935	15	3 837	1
2008	4 886 316	81 364	17	4 539	1,1
2009	5 339 224	82 003	15	4 385	1,1
2010	5 232 614	81 115	15	4 148	1,1

En çok bal ihraç ettiğimiz ülke Almanya'dır. Almanya, Türkiye'den genellikle çam balı almaktadır. Türkiye bal ihracatının büyük bölümünü AB'ye (Avrupa Birliği) yapmaktadır [13].

Türkiye'de bal mumu üretimi yıllık 3500-4000 ton civarındadır. Bunun tamamına yakını iç tüketimde kullanılmakta, bir miktar da ithalat yapılmaktadır [13].

Yurdumuzda yaklaşık 120 000 ailede kovan bulunmaktadır. Bunların 12 000'i geçimini arıcılıktan sağlamakta, 28 000'i ise arıcılıktan yan gelir sağlamaktadır. Arıcıların elinde yaklaşık 4 milyon kovan vardır. Bu kovanlar içinde ilkel kovanların (kara kovan) oranı gittikçe düşmektedir. Ancak halk arasında kara kovan balının daha kaliteli olduğu yönündeki inanç nedeniyle bir miktar kara kovan hala üretimde kalmaktadır. Kovan başına ortalama verim 17 kg kadardır. Ancak gezginci arıcılıkta kovan başına verim, bu rakamın çok üzerindedir. Yine de kovan sayısı ve kovan başına verimin yüksek olduğu söylenemez. Alınacak önlemlerle üretimin en az iki katına çıkabileceği düşünülmektedir [13].

Türkiye'nin kovan değişimi ve kullanılan tekniklerin değişmesi nedeniyle yıllık bal üretimi yaklaşık 75-85 bin tonlar arasında değişmekle birlikte, son yıllarda artma eğilimindedir. Ancak beklenen hızda bir yükselme olmadığı bilinmektedir [11]. Arıcılık sektörü, bal üretimi yanında bitkisel üretimde de polinasyona etkisi

dolayısıyla çok büyük katkılar sağlamaktadır. Akdeniz bölgesi örtü altı yani seralarda, bitkisel üretimde % 40'a varan bir üretim artışına neden olmaktadır. Diğer bitkisel üretimde de %25-40 arasında değişen oranlarda ürün artışına neden olmaktadır. Diğer taraftan özellikle çayır, mera alanlarında, yaylak ve kışlaklarda ve yem bitkileri üretiminde, tohumculukta, bitki üretim ve gelişimine katkı sağlaması yanında erozyonu önlemede de rol almaktadır. Arılardan bal üretimi yanı sıra arı sütü, arı mumu, propolis, arı zehri gibi ürünler de sağlık, ilaç ve kozmetik sanayinde kullanılan önemli ham maddelerdendir [14].

Ülkemizde hali hazırda; 2 adet damızlık, 156 adet ticari ana işletmesi, 4 adet Bombus arısı işletmesi bulunmakta olup, ticari ana üretim kapasitesi 400 000 adettir [14].

Arıcılığın bal, polen, bal mumu, arı sütü gibi ürünleri ile milli ekonomiye katkısı 2008 yılı toptan ortalama üretici bal satış fiyatı 7 TL/kg baz alındığında 81 500 000 kg/yıl bal 570 milyon TL, diğer gelirler ise en az 65 milyon olmak üzere yaklaşık 635 milyon TL'dir [14].

Ülkemizde Bölge ve Flora Kaynaklarına göre yapılan sınıflandırma da; Karadeniz Bölgesinde Kestane-Ihlamur-Ormangülü balları; Batı Anadolu Bölgesinde Kestane balı; Ege, Çukurova, Güneydoğu Bölgesinde Pamuk balı; Muğla ve Aydın İllerinde Çam balı; Akdeniz Bölgesinde Narenciye balı; Anadolu, Doğu Anadolu Bölgelerinde Yayla balı; Trakya Bölgesinde ayçiçeği balı üretilmektedir [14].

## **2.2. ARICILIKTA BAL MUMU**

### **2.2.1. Bal Mumunun Tanımı ve Arılar Tarafından Üretilmesi**

Bal mumu, 2-3 haftalık genç işçi arıların son 4 çift karın halkalarındaki mum salgı bezlerince salgılanan, karın halkaları arasından çıkarken hava ile teması sonucu katılaşarak pulcuk haline geçen, salgılandığı anda beyaz renkte olan ve daha sonra koyulaşan bir arı ürünüdür [15].

Arı peteklerinin temel inşaat malzemesi bal mumudur. Arılar bal mumunu, karınlarının altında yer alan 4 çift salgı bezinden salgırlar. Bu salgı bezlerinin bitiştiği yerde iki küçük aralık vardır. Bal mumu bu aralıklarda ufak ince pullar şeklinde oluşur. Arılar bu küçük tabakaları almak için tüylerden oluşan arka bacaklarındaki kancalarını kullanırlar. Bunu bal mumu plakasına geçirir ve arka bacaklarıyla çekip dışarı çıkarırlar. Sonra ileri iterek önce orta, sonra ön ayaklarına ulaştırırlar. Son olarak plakayı çene kemikleri ile alır ve yoğurarak işlenebilir kıvama getirirler. Bir mum pulcuğu alınır alınmaz, aralıktan hemen ikincisi çıkar. Yalnız bal mumunun salgılanması için en önemli unsur sıcaklıktır. Bu yüzden işçi arılar peteği inşa etmeye başladıklarında ilk olarak birbirlerine zincir halinde kenetlenir, adeta bir top halini alırlar. Bu sayede bal mumu için gerekli olan 35°C ısı sağlanmış olur. Yoğurma işlemi bu en uygun ısı derecesinde yapılır ve böylece plastikleştirilmiş, inşaata elverişli bal mumu hazır olur [16].

Arılar bal mumunu salgı bezlerinden her seferinde yaklaşık olarak bir toplu iğnenin başı büyüklüğünde parçalar halinde çıkartırlar [2]. Arılar toplu iğne başı büyüklüğünde parçalardan oluşturdukları bal mumunu çok akılcı bir şekilde kullanarak en az bal mumu ile en fazla petek inşa ederler. Örneğin arıların 22,5×37 cm. ebatlarında bir petek için sadece 40 gr. bal mumu harcadıkları saptanmıştır. Boş ağırlığı 40 gr. olan bu petek yaklaşık 2 kg. bal depolayabilmektedir [16].

### **2.2.2. Bal Mumunun Yapısı ve Özellikleri**

Taze üretilen bal mumunun rengi beyazken daha sonra sarıya dönüşür. Tipik sarı renk, propolis ve polen renklendiricilerinden kaynaklanır. Ancak, farklı polen ve propolis pigmentlerinin nispi miktarlarına bağlı olarak, bal mumu rengi değişebilir [13]. Bal mumunun, arılar, bal, propolis ve polenden kaynaklanan tipik bir kokusu vardır. Yeni yapılan bal mumunun rengi beyazdır ve kullanım uzunluğuyla sarı, koyu sarı ve kahverengimsiye dönüşür. Sarı renk, propolis ve polenden gelen renklendiricilere bağlıyken; kahverengi renk, larva dışkılarının pigmentlerine bağlıdır [17].

Bal mumunun yapısı, kristalindir. Bal mumunun kristalizasyonu, depolamaya bağlıdır. Kristalizasyon süreci, 3-4 aya kadar depolamayla artarken, aynı zamanda bal mumunun sertliği artar. Taze pullu bal mumu daha dayanıklıdır ve petek bal mumuna göre basınç altında genişler ve daha az serttir. Bal mumunun sertliği önemli bir kalite faktörüdür. Bal mumu ne kadar sertse, kalitesi o kadar iyidir. Bal mumu, yaklaşık 32°C gibi nispi bir ısıda, yüksek plastisiteli, tepkimeye girmeyen bir malzemedir. Onun aksine, bu ısıda pek çok bitki mumu çok daha serttir ve kristalin yapıdadır [13]. Isıtılınca, bal mumunun fiziksel özellikleri değişir. 30-35 °C'de plastik olur, 46-47 °C'de sert gövde yapısı bozulur ve 60-70 °C'de erimeye başlar. 95-105 °C'ye ısıtma, yüzey köpüğü oluşumuna neden olurken, 140 °C'de uçucu kısımlar buharlaşmaya başlar. Soğuduktan sonra, bal mumu yaklaşık %10 çeker. 120 °C'de en az 30 dakika ısıtmak, kalan suyun ortadan kalkmasına bağlı olarak sertlikte bir artışa neden olur [17].

Bal mumu aynı zamanda suda çözünmez ve birçok aside dayanıklıdır. Aseton, eter, benzen, xylol, toluen, benzen, kloroform, tetraklormetan gibi çoğu organik çözücüde çözünür. Ancak, oda ısısında bu çözücülerin hiçbirinde çözünmez; yine de bal mumu erime noktasının üzerine ısıtılınca, bunların hepsinin ve etanolün içinde kolayca çözünür [17].

Piyasada bal mumu başlıca üç kaliteye ayrılır:

- Beyaz bal mumu: En saf, lüks ve en makbul olanıdır. En yüksek fiyatla satılır ve hemen hemen %100 saf bal mumunu ihtiva eder. Petek gözlerini örten sır tabakası ile ilkbaharda yapılan beyaz peteklerden elde edilir [7].
- Sarı bal mumu: %87.5 nispetinde saf bal mumunu ihtiva eder. İçinde prepoli ve çiçektozu vardır [7].
- Siyah bal mumu: En düşük kaliteli bir bal mumu olup safiyeti %26'dır. Prepoli ve çiçektozundan başka krizalit gömleklerini de ihtiva eder. Sünger yapısındadır ve bundan saf bal mumu elde edilmesi pek güçtür [7].

Bal mumu, 300'den fazla farklı madde içeren son derece kompleks bir malzemedir. Temelde yüksek yağ asitlerinin ve alkollerin esterlerinden oluşur. Esterlerden başka, bal mumu küçük miktarlarda hidrokarbon, asit ve diğer maddeler içerir. Ek olarak,

yaklaşık 50 aroma bileşeni belirlenmiştir [17]. Çizelge 2.5’de bal mumunu oluşturan bileşenler ve miktarları verilmektedir [17].

Çizelge 2.5. Bal mumu bileşimi.

<b>Bileşen</b>	<b>Miktar %</b>
Monoester	35
Diester	14
Triester	3
Hidroksi monoester	4
Hidroksi polyester	8
Asit esterleri	1
Asit polyesterleri	2
Hidrokarbonlar	14
Serbest asitler	12
Diğerleri	7
<b>Toplam</b>	<b>100</b>

Çeşitli farmakopelerde saf bal mumunu tanımlamak üzere kullanılan bir karakter olan ester değerlerinin asitlere oranı, uzatılmış veya aşırı ısıtma ile kayda değer bir şekilde değişir. 24 saat boyunca 100 °C’de, esterin aside oranı, saf bal mumu için belirlenen limitleri aşan şekilde değişir. Daha uzun süreli veya daha yüksek ısılarda ısıtma, daha büyük bozulma ve ester kaybına yol açar. Bu nedenle, eritme veya diğer işlemler sırasında aşırı ısıtma bal mumunu yapısal olarak değiştirir ve sadece aromatik ve uçucu bileşimleri değil, minör bileşenlerinden birçoğunun faydalı özelliklerini de değiştirir [17]. Çizelge 2.6’da bal mumunun fiziksel özellikleri gösterilmektedir [17].

Çizelge 2.6. Bal mumunun fiziksel özellikleri.

	<b>Erime noktası °C</b>	<b>Yoğunluk</b>	<b>Asidik no</b>	<b>Sabunlaşma no</b>	<b>Sertlik</b>
Bal mumu	61-65	0.950-0.965	17 - 24	87-100	15

Bal mumunun özellikleri aşağıdaki gibidir [17]:

- Rengi sarıdan kahverengimsi sarıya doğru olmalıdır.
- Isıtılan bal mumunun kokusu hoş ve balımsı olmalıdır.
- Çiğnendiğinde bal mumu dişlere yapışmamalıdır.
- İnce granüllü, kör uçlu olmalıdır. Kristalimsi yapıda olmamalıdır.
- Kesme anında bal mumu bıçağa yapışmamalıdır.
- Tırnakla veya bıçakla çizildiğinde, kıymıkların spiral bir formu olmalıdır.
- 10 dakika yoğurulunca, bal mumu plastik olmalıdır.
- Kıvamı değerlendirilirken kesme yapılan yer üzerine yapışmamalıdır.
- Çok yüksek ısılarda veya çok uzun süreyle ısıtılmamalıdır. Bu bal mumuna zarar verebilir ve rengini koyulaştırabilir [17].
- Bal mumu, demir, çinko, pirinç veya bakır kaplarda ısıtılmamalıdır. Çünkü bu metaller, bal mumunun rengini koyulaştırır. Paslanmaz çelik veya alüminyum uygundur [17].

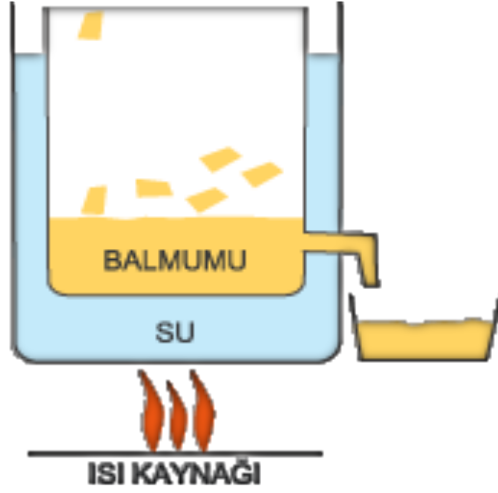
### **2.3. BAL MUMU ERİTME YÖNTEMLERİ**

Eski peteklerdeki bal mumunun eritilmesi geleneksel olarak petek kırıntılarının sıcak su içinde eritilip karışımın süzülerek bir başka kaba aktarılması ve burada su üzerinde toplanan bal mumunun soğuduktan sonra oluşturduğu katı kütlenin elde edilmesi şeklinde yapılır. Eritme işleminde kullanılacak ısı kaynağı tüp, odun ateşi veya güneş enerjisi olabilir. Günümüzde güneş enerjili mum eritme kapları sıklıkla kullanılmaktadır [18].

#### **2.3.1. Piknik Tüpü İle Yapılan Eritme İşlemi**

Bu yöntemde bal mumu değerini kaybetmeden en verimli şekilde eritilir. Kullanılan alet iç içe geçmiş iki kazandan oluşur ve benmari usulüyle bal mumunu eritir. Dıştaki kazanın içine su konur ve alttan ısıtılır. Bal mumları içteki kazana konur. Isınan suyun buharı kazandaki mumları eritmeye başlar. Filtre sisteminden geçen bal mumları saf bir şekilde musluktan akar [18]. Şekil 2.1’de piknik tüpü ile yapılan eritme işlemi görülmektedir [18].





Şekil 2.1. Piknik tüpü ile yapılan eritme işlemi

Benmari usulünde bal mumu doğrudan ateşle ya da ısı kaynağıyla temas etmez. Arada muhakkak su bulunmaktadır. Suyun sıcaklığı belli dereceyi geçmeyeceği için bal mumun yanması önlenmiş olur. Bu tür malzemeye geniş anlamda çok kovanla arıcılık yapan arıcıların ya da mum işinde olan kuruluşların ihtiyacı vardır [18].

### 2.3.2. Güneş Enerjisi İle Yapılan Eritme İşlemi

Bu yöntem ülkemizdeki arıcılar arasında sıkça kullanılan bir yöntemdir. Çünkü arıcıların arazi şartlarında eritme işlemini rahatlıkla yapmalarına olanak sağlamaktadır. Isı enerjisi kaynağı olarak güneş kullanılmaktadır. Maliyeti oldukça düşüktür [19]. Şekil 2.2.'de güneş enerjisi ile bal mumu eritme yöntemi görülmektedir [19].



Şekil 2.2. Güneş enerjisi ile bal mumu eritme.

Önce ahşaptan çerçeve kapağı yapılır. Daha sonra galvaniz kaplı metalden mumun eriyeceği kap yapılır. Kabin içerisine arı mumunun eridiğinde aşağıya akması için, alüminyum ızgarayı havada tutması için parçalar puntalanır [19].

Isı izolasyonu yapmak için galvaniz plakanın altına, 2 cm kalınlığında odun talaşı doldurup taban tahtası çakılır [19]. Şekil 2.3.'te güneş enerjisi ile eritilen bal mumunun süzdürülmesi işlemi görülmektedir [19].



Şekil 2.3. Güneş enerjisi ile eritilen bal mumunun süzdürülmesi.

### 2.3.3. Sanayi Tipi Bal Mumu Eritme Cihazları

Sanayi tipi bal mumu eritme cihazları ısı kaynağı olarak elektrik enerjisini kullanmaktadırlar. Kabin şekli benmari usulü bal mumu eritme cihazında kullanılan kap ile aynıdır. Elektrik enerjisi ile iki kap arasındaki su ısıtılır. Isınan su orta kap içerisindeki bal mumunu eritir. Eritme sıcaklığı 70 °C'dir. Bu sıcaklığa ulaşıldıktan sonra sıcaklık artışı sona erdirilir. İç kaptaki bal mumunun eriyebilmesi için tank belli bir süre bu şekilde bekletilir. Bekleme işleminin sonunda bal mumu alttaki musluktan akıtılır.

Sanayi tipi bal mumu eritme cihazlarının hacimleri 50 ile 250 litre arasında değişmektedir. Bu cihazların ısı kontrolleri genellikle termostatlarla yapılmaktadır. Şekil 2.4.'te sanayi tipi bal mumu eritme cihazının şekli görülmektedir.



Şekil 2.4. Sanayi tipi bal mumu eritme cihazı.

## BÖLÜM 3

### GÜNEŞ ENERJİSİ

#### 3.1. GÜNEŞ'İN ÖZELLİKLERİ VE ENERJİ KAYNAĞI OLARAK GÜNEŞ

Mevcut enerji üretim kaynaklarının hızla tükenme eğilimi içine girmesi, hammadde fiyatlarının artması, çevreye ve insan sağlığı üzerine olan olumsuz etkileri, kullanımlarındaki bir takım zorluklar son yıllarda yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları üzerinde yapılan çalışmaları arttırmıştır [20].

Her şeyden önce fotovoltaik enerji; temiz, çevreye ve canlılara zararı olmayan ve hiçbir atık içermeyen bir enerji üretim türüdür. Petrol doğalgaz, kömür vb. fosil ve nükleer yakıtlara dayalı enerji üretim sistemlerinin çevreye verdiği zarar oldukça fazladır. Çevre dostu olmalarının yanı sıra fotovoltaik sistemler aynı zamanda modülerdir. Yani ihtiyaca göre istenilen yere monte edilebilirler. İhtiyacın artması durumunda, sisteme yeni fotovoltaik modeller kolaylıkla çok kısa sürede ilave edilebilir. Diğer enerji üretim sistemleri için bu durum söz konusu değildir. Özellikle son kullanıcıların yakınına kurulan fotovoltaik sistemler, iletim ve dağıtım cihazları gereksinimini azaltır ve yerel elektrik hizmetinin güvenilirliğini artırır [21].

Fotovoltaik sistemlerin işletme ve bakım maliyetleri, diğer enerji üretim sistemlerine göre son derece düşük hatta yok denecek kadar azdır. Özellikle kırsal alanlarda petrol kullanan enerji kaynakları arasında son derece ucuz ve temiz enerji elde edilebilir [22].

Enerji talebini arttırıcı unsurların başında dünya nüfusundaki artış görülmektedir. Nüfus artışı ve giderek yükselen yaşam düzeyinin getirdiği kişi başı enerji tüketim artışı, önümüzdeki yıllarda dünya enerji tüketiminin artacağını göstermektedir [23].

Türkiye açısında duruma bakılacak olunursa, 1980 yılında 44 milyon civarında olan nüfusumuz 1995 yılında 62 milyonun üzerine çıkmıştır. Ayrıca dönemde enerji tüketimimiz 1980 yılında 32 milyon TEP'den (Ton eşdeğer petrol) 1995 yılında 63,2 milyon TEP'e ulaşmıştır ki nüfus artışındaki % 40.7'lik orana karşılık enerji tüketim artışı %97.7 olmuştur. Buna rağmen kişi başına enerji tüketimi açısından Türkiye dünya ortalamasının oldukça altındadır. Türkiye hızla sanayileşmesini tamamlamak ve kişi başına enerji tüketimini artırarak insanlarına daha iyi yaşam koşulu sunmak durumundadır [24].

Güneş, belli başlı enerji kaynaklarımızdan biridir. İnsanın varoluşuyla birlikte yararlanmaya başladığı kaynaktır. Güneş her şeyden önce bir ısı ve ışık kaynağıdır. Onun yaydığı ısıyla soğuktan korunuruz. Onun aydınlatıcı gücüyle çevremizi görme ortamına kavuşuruz. Güneş'e yakın zamana kadar bir enerji kaynağı gözüyle bakılmamıştır. Tekniğin ilerlemesi sonucu, enerjiye duyulan gereksinim, bir anda güneşi ön plana çıkarmıştır. Diğer enerji kaynaklarının gitgide tükenmesi, ya da çok pahalı olması nedeniyle insanlar güneşten enerji kaynağı olarak yararlanma yollarını aramışlardır. Bunda güneşin, doğal bir ısı ışık kaynağı olmasının da payı büyüktür. Güneş enerjisinden yararlanmak için, son zamanlarda büyük çabalar harcanmaktadır. Özellikle güneş ışınlarının yaydığı ısı depolanarak, kullanılmak istenmektedir. Bu depolanan ısıdan daha sonra yararlanılmaktadır [25].

Güneş enerjisi, güneşin çekirdeğinde yer alan füzyon süreciyle açığa çıkan ısınma enerjisidir. Güneşteki hidrojen gazının helyuma dönüşmesi şeklindeki füzyon sürecinden kaynaklanır. Bu enerjinin dünyaya gelen küçük bir bölümü dahi, insanlığın mevcut enerji tüketiminden kat kat fazladır. Güneş enerjisinden yararlanma konusundaki çalışmalar 1970'lerden sonra hız kazanmış, güneş enerjisi teknolojik olarak ilerleme ve maliyet bakımından düşme göstermiş, güneş enerjisi çevresel olarak temiz bir enerji kaynağı olarak kendini kabul ettirmiştir [25].

### **3.2. GÜNEŞ ENERJİ SİSTEMLERİ VE KULLANIM ALANLARI**

Farklı gelişme aşamalarında, çeşitli güneş enerjisi elde etme teknikleri mevcuttur. Bunlardan bazıları, araştırmalarının ilk aşamalarında, bazıları ise daha ilerlemiş

seviyelere ulaşmıştır. Fakat henüz bitkiler üzerinde test edilmektedirler. Güneş enerjisi sistemlerinin başlıca tipleri şunlardır [26].

- Termodinamik sistemler
- Fotovoltaik sistemler

### 3.2.1. Termodinamik Sistemler

Pasif güneş sistemleri, güneş enerjisi kullanımı için geliştirilen en eski sistemlerden biridir. Başlıca, binaların ısıtma ve soğutması için dizayn ve mimarisinde kullanılmaktadır [26].

Aktif güneş sistemleri, ısı, pek çok uygulama alanında, farklı sıcaklıklarda gereklidir ve faydalı enerji tiplerinin büyük bir bölümünü temsil eder. Güneş radyasyonunu ısıya dönüştüren sistemler çok çeşitlidir. En basit güneş kolektörleri ile bir kaç yüz watt, güneş güç istasyonlarıyla birkaç yüz MW'a (Mega Watt) kadar enerji elde edilebilir. Aktif sistemler, ısıtma, soğutma ve elektrik üretimi gibi amaçlarla kullanılabilir [26].

Aktif termal sistemler, istasyonlu veya güneş izleme sistemleri olabilir. Bu sayede aktif termal sistemlerin ısı verimlilikleri artırılabilir.

Termal Stasyonel Sistemler: Bu sistemlerde güneş enerjisi stasyonel bir toplayıcı ile toplanır. Daha sonra ısıya dönüştürülerek bir akışkana transfer edilir. Bunlar kolektör tiplerine göre sınıflandırılır [26].

- Flat-Plate Kollektör; Düz plakalı kolektörler olarak isimlendirilirler. Bu tip kolektörler çok yaygın olarak kullanılan ve teknik olarak da en gelişmiş olanlardır, aynı zamanda güneş enerjisi kullanımının en eski teknolojilerinden birisidir [26].
- Tubular Kollektör; Boru şeklindeki kolektörler olarak isimlendirilirler. Bu kolektörler, plate kolektörlerin bazı eksikliklerinin giderilmesi için geliştirilmişlerdir [26].

- Concentrating Kollektör; Yoğunlaştırılmalı kollektörlerdir. [26].
- Solar Ponds ; Güneş havuzları olarak isimlendirilirler [26].

### 3.2.2. Fotovoltaik Sistemler

Bu sistemlerdeki voltaik toplayıcılarda, güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine dönüştürmek için Cd S (Kadmiyum Sülfür) ya da silikon maddelerinden güneş pili imal edilir. Bu maddeler üzerine gelen güneş ışınları anında elektrik enerjisine dönüştürülerek kullanılır. Bu sistemlerde güneş izleme düzeni ile her an mümkün olan en yüksek güneş enerjisinden yararlanılır. Güneş izleme düzeni pahalı olduğundan bu tip toplayıcılardan, izleme düzeni olmadan da yararlanılmaktadır. Yapay uyduların elektrik enerjisi fotovoltaik toplayıcılardan sağlanmaktadır. Fotovoltaik toplayıcıların çok yüksek maliyeti kadar, sadece %10 mertebesinde verimli çalışmaları nedeniyle yaygın olarak kullanılmamaktadır. Buna rağmen uydularda zorunlu olarak kullanılmakta ve radyo vb. gibi ev aletlerini çalıştırmaktadır [26].

### 3.3. GÜNEŞ ENERJİSİNİN ÜSTÜNLÜKLERİ VE SAKINICALARI

Güneş enerjisinin diğer enerji türlerine göre üstünlükleri;

- Güneş enerjisi tükenmeyen bir enerji kaynağıdır [27].
- Güneş enerjisi, saf bir enerji türüdür. Gaz, duman, toz, karbon veya kükürt gibi zararlı maddeleri yoktur [27].
- Güneş, tüm dünya ülkelerinin yararlanabileceği bir enerji kaynağıdır. Bu sayede ülkelerin enerji açısından bağımlılıkları ortadan kalkacaktır [29].
- Güneş enerjisinin bir diğer özelliği, hiçbir ulaştırma harcaması olmaksızın her yerde sağlanabilmesidir [27].
- Güneşi az veya çok gören yerlerde biraz verim farkı olmakla birlikte, dağların tepelerinde vadiler ya da ovalarda da bu enerjiden yararlanmak mümkündür [27].
- Güneş enerjisi doğabilecek her türlü bunalımın etkisi dışındadır. Örneğin, ulaşım şebekelerinde yapacak bir değişiklikten etkilenmeyecektir. [27].

- Güneş enerjisi hiçbir karmaşık teknoloji gerektirmemektedir. Hemen hemen bütün ülkeler, yerel sanayi kuruluşları sayesinde bu enerjiden kolaylıkla yararlanabilirler [27].

Güneş enerjisinin diğer enerji türlerine göre sakıncaları;

- Güneş enerjisinin yoğunluğu azdır ve sürekli değildir. İstenilen anda istenilen yoğunlukta bulunamayabilir [27].
- Güneş enerjisinden yararlanmak için yapılması gereken düzeneklerin yatırım giderleri bugünkü teknolojik aşamada yüksektir [27].
- Güneşten gelen enerji miktarı bizim isteğimize bağlı değildir ve kontrol edilemez [27].
- Bir çok kullanım alanının, enerji arzı ile talebi arasındaki zaman farkı ile karşılaşılmaktadır. Güneş enerjisinden elde edilen ışınım talebinin yoğun olduğu zamanlarda kullanılmak üzere depolanmasını gerektirir. Enerji depolaması ise birçok sorun yaratmaktadır [27].

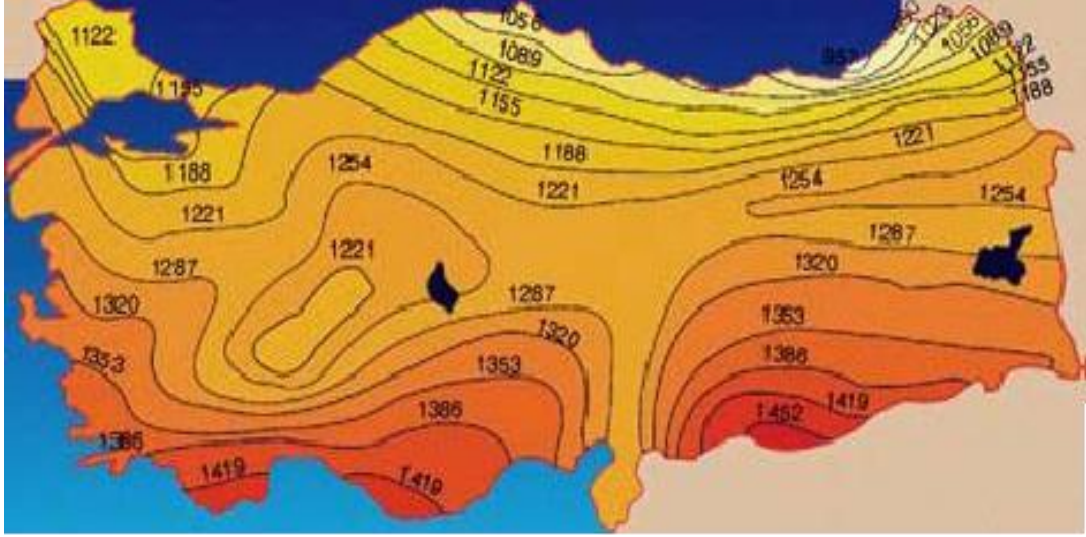
### **3.4. ÜLKEMİZDE GÜNEŞ ENERJİ POTANSİYELİ**

Türkiye, 36°-42° kuzey enlemleri ve 26°-45° doğu meridyenleri arasındaki güneş bandında bulunmaktadır. Türkiye'nin yıllık ortalama güneş ışınımı 1303 kWh/m<sup>2</sup>-yıl, ortalama yıllık güneşlenme süresi ise 2623 saattir. Bu rakam günlük 3,6 kWh/m<sup>2</sup> güce, günde yaklaşık 7,2 saat, toplamda ise 110 günlük bir güneşlenme süresine denk gelmektedir. 9,8 milyon TEP ısı uygulamalara olmak üzere yıllık 36,2 milyon TEP enerji potansiyeli mevcuttur. Yılın on ayı boyunca teknik ve ekonomik olarak toplam ülke yüzölçümünün %63'ünde ve tüm yıl boyunca %17'sinden yararlanılabilir [28].

Ülkemiz, coğrafi konumu nedeniyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli açısından birçok ülkeye göre şanslı durumdadır. Güneşten dünyaya saniyede yaklaşık olarak 170 milyon MW enerji gelmektedir. Türkiye'nin yıllık enerji üretiminin 100 milyon MW olduğu düşünülürse bir saniyede dünyaya gelen güneş enerjisi, Türkiye'nin enerji üretiminin 1,700 katıdır. [28].



Genel olarak Türkiye'nin en çok ve en az güneş enerjisi üretilecek ayları sırası ile Haziran ve Aralık olmaktadır. Bölgeler arasında ise öncelikle Güneydoğu Anadolu ve Akdeniz sahilleri gelmektedir. Şekil 3.1'de ülkemizin bölgelere göre güneş enerjisi haritası verilmektedir [29].



Şekil 3.1. Türkiye'nin güneş enerjisi haritası

Çizelge 3.1 'de Türkiye'nin ortalama güneş enerji potansiyeli görülmektedir [30].

Güneş enerjisi üretiminin yok denecek kadar az olduğu Doğu Karadeniz bölgesi dışında fotovoltaik üreteçler tüm bölgelerimizde rahatlıkla kullanılabilir. Çizelge 3.2.'de Türkiye'nin yıllık toplam güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere göre dağılımı tablo halinde verilmektedir [29].

Ülkemiz güneş enerjisi potansiyeli bakımından iyi durumda olmasına rağmen ne yazık ki bu potansiyeli yeterince etkin ve yaygın kullanamamaktadır. Bunun sebebi olarak kurumlar arası koordinasyon eksikliği ve şimdiye kadar devletin bu konuda bir teşvik uygulamamış olması gösterilebilir. Ancak buna rağmen ülkemizde güneş enerjisi hakkındaki çalışmalar oldukça uzun zamandır yapılmaktadır. Kamu kurum ve kuruluşlarında, üniversitelerimizde, konu ile ilgili kurulmuş vakıf ve derneklerde güneş enerjisinden etkin biçimde faydalanmak için çalışmalar sürdürülmektedir [29].

Çizelge 3.1. Türkiye'nin aylık ortalama güneş enerjisi potansiyeli

Aylar	Aylık Toplam Güneş Enerji Potansiyeli		Güneşlenme Süresi (Saat/Ay)
	(Kcal/cm <sup>2</sup> -ay)	(Kwh/m <sup>2</sup> -ay)	
OCAK	4,45	51,75	103,0
ŞUBAT	5,44	63,27	115,0
MART	8,31	96,65	165,0
NİSAN	10,51	122,23	197,0
MAYIS	13,23	153,86	273,0
HAZİRAN	14,51	168,75	325,0
TEMMUZ	15,08	175,38	365,0
AĞUSTOS	13,62	158,40	343,0
EYLÜL	10,60	123,28	280,0
EKİM	7,73	89,90	214,0
KASIM	5,23	60,82	157,0
ARALIK	4,03	46,87	103,0
TOPLAM	112,74	1311	2640
ORTALAMA	308,0 cal/cm <sup>2</sup> -gün	3,6 Kwh/m <sup>2</sup> -gün	7,2 saat/gün

Çizelge 3.2. Türkiye'nin yıllık toplam güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere göre dağılımı

BÖLGE	TOPLAM GÜNEŞ ENEJİSİ (Kwh/m <sup>2</sup> -gün)	GÜNEŞLENME SÜRESİ (Saat/Yıl)
GÜNEYDOĞU ANADOLU	1460	2993
AKDENİZ	1390	2956
DOĞU ANADOLU	1365	2664
İÇ ANADOLU	1314	2628
EGE	1304	2738
MARMARA	1168	2409
KARADENİZ	1120	1971

### **3.5. ÜLKEMİZDE GÜNEŞ ENERJİSİ UYGULAMALARI**

Ülkemizde güneş enerjisi uygulamalarına yönelik çalışmalar da düşük sıcaklık uygulamaları ve yüksek sıcaklık uygulamalarına yönelik çalışmalar olmak üzere iki grupta incelenebilir [30].

#### **3.5.1. Sıcak Su Sistemleri**

Güneş enerjili su ısıtıcıları, bazı kaynaklarda evsel güneş enerjili sıcak su sistemleri olarak da geçmektedir. İlk defa 1975 yılında İzmir’de imalatına başlanmıştır ve Türk halkı tarafından da bu teknoloji kabul görmüştür. Bu tarihten itibaren çeşitli şirketler tarafından üretimine başlanarak piyasaya verilmiştir. Türkiye’de üretilen güneş enerjili sıcak su ısıtıcılarının çoğu termosifon tip ısıtıcılardır. Bu sistem bir toplayıcı, depolama tankı ve bağlantı elemanlarından meydana gelmektedir. Kullanılan toplayıcılar ise düz toplayıcı, yoğunlaştırıcı toplayıcı veya vakumlu toplayıcı olabilmektedir. Ancak ülkemizde bu sistemlerde en yaygın kullanılan toplayıcılar genellikle düz toplayıcılardır. 1999 yılında çalışmalar sonucunda, temel teşkil eden anket çalışmasında Türkiye’de üretilen düz toplayıcıların % 41’inin yutucu yüzey alanının 1.82 m<sup>2</sup>, %23’ünün ise 1.71 m<sup>2</sup> olarak imal edildiğini tespit etmiştir. Güneş toplayıcılarının yıllık toplam üretim miktarının ise 200 000 m<sup>2</sup> seviyesine eriştiği de bu çalışmada belirlenmiştir. Yine tesis edilen toplam toplayıcı alanının 3,5 milyon m<sup>2</sup> olduğu da tespit edilmiştir. Bu sektörde 100’ ün üzerinde firma 2000 çalışanı ile hizmet vermektedir. Türkiye’de güneş enerjisi uygulamaları açısından Türk Standartları Enstitüsü tarafından geliştirilmiş iki standart aşağıda verilmiştir [30].

- Güneş Enerjisi Düz Toplayıcıları [30].
- Güneş Enerjili Isıtma Sistemleri Tesis ve İşletmesi [30].

#### **3.5.2. Buhar Üretimi**

Türkiye’de MKE (Makina ve Kimya Endüstrisi Kurumu) silindirik parabolik toplayıcıları imal eden ilk kuruluş olarak dikkat çekmektedir. Bu toplayıcıların verimleri ve bu toplayıcılar kullanılarak elde edilen kızgın su ile bir sanayi

kuruluşunun enerji ihtiyacının modellenmesini konu alan çalışmalar literatürde mevcuttur [30].

### **3.5.3. Türkiye’de Kurulan Güneş Evleri**

Güneş Enerjisi ile pasif ısıtma sistemlerinin binaların ısıtma yüklerine büyük katkısı olduğu açıktır. Türkiye’de Karadeniz Bölgesi ile Kuzey Doğu Anadolu hariç güneş enerjisinin konutların ısıtılmasına olan büyük katkısı yapılan çalışmalarda ortaya konmuştur. Türkiye’de Pasif Güneş Enerji Sistemleri konusunda, bazı üniversiteler ve enstitülerde yapılan çalışmalar dışında çok fazla çalışmanın olmadığını söylemek mümkündür. Bu amaçlara bağlı olarak ülkemizde kurulan güneş evleri aşağıda sıralanmıştır [30].

- Türkiye’de ilk güneş evi 1975 yılında Ortadoğu Teknik Üniversitesinde tesis edilmiştir. Bina iki katlı olup 96,6 m<sup>2</sup> alana haizdir [30]
- Çukurova Güneş Evi 33 m<sup>2</sup> olup, 1981 Temmuzunda kurulmuştur [30].
- Maden Tetkik Arama Enstitüsü Güneş Evi ise, güneş pilleri ile çalışan sistemler mevcuttur. 14 kWp yine 1981 yılında Marmaris Muğla da tesis edilmiş ve toplam alanı 113,5 m<sup>2</sup>'dir [30].
- Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü Laboratuvarında da 1986 yılında toplam zemin alanı 3000 m<sup>2</sup> olan bir güneş evi bulunmaktadır [30].

### **3.5.4. Güneş Pilleri ve Uygulamaları**

Türkiye’de bu konudaki çalışmalar 1980’li yıllarda başlamıştır. İlk güneş pili ile çalışan ısı pompası Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Laboratuvarında kurulmuştur. Elektrik İşleri Etüt İdaresi tarafından da 1983 yılından itibaren başlatılan çalışmalar sonucunda ilk güneş pilleri ile çalışan laboratuvar ölçekli güç santrali Didim’deki Araştırma Laboratuvarında 1998 yılı Haziranında tesis edilmiştir. 1990’ların sonuna doğru bu yöndeki çalışmalar artarak devam etmiş ve dört adet güneş pilleri ile çalışan ve yaklaşık olarak toplam kurulu gücü 50 kWp olan sistemler telekomünikasyon amaçlı olarak Afyonkarahisar, Göcek, Uşak ve Kahramanmaraş’a kurulmuştur [30].

Güneydoğu Anadolu bölgesinde toplam kapasitesi 100 kWp kurulu güce erişmiş olan güneş PV güç ünitesi Berke Barajında bazı ünitelerin ilk enerji taleplerini karşılamak için kurulmuştur [30].

Güneş pillerinin uygulanmasına yönelik özel sektör çalışmaları devam etmektedir. Ayrıca güneş pili ile çalışan araçlar, aydınlatmalar, trafik ışıkları şeklinde de uygulamalar mevcuttur [30].

Ülkemiz coğrafi konumu nedeni ile yenilenebilir enerji kaynakları arasında güneş enerjisi yönünden oldukça şanslıdır. Ortalama olarak güneşten sağlanan enerji, yıllık  $36 \times 10^6$  taş kömürüne eşdeğer enerji sağlayabilecek potansiyele sahiptir. Yılda 2640 saat güneş ışını alan ülkemizde, ortalama güneş enerjisi miktarı  $290 \text{ W/m}^2$  civarındadır [30].

Ülkemizde güneş enerjisinden faydalanarak sıcak su ihtiyacını gideren ev örnekleri, güney sahillerinde bol miktarda mevcuttur. Güneş enerjisi ile konut ısıtması, konut soğutması, sıcak su temini, sera ısıtması, elektrik enerjisi üretimi, yüzme havuzu ısıtması ve endüstrinin sıcak su gereksinimi karşılanabilmektedir [30].

### **3.6. GÜNEŞ ENERJİ SİSTEMLERİ VE KULLANIMLARI**

#### **3.6.1. Güneş Paneli**

Güneş paneli, üzerinde güneş enerjisini soğurmaya yarayan birçok güneş hücresi bulunduran bir enerji kaynağıdır. 8-24 panellik bir sistem, ihtiyaç olan yerlerde bir evin tüm elektrik ihtiyacını karşılayabilir. Endüstri uygulamaları veya elektrik santralleri için binlerce güneş panelinin kullanıldığı büyük sistemler kurulmaktadır. Bir güneş hücresinin performansı verimi ile ölçülür. Aldığı enerjinin yüzde kaçını kullanılabilir elektriğe dönüştürdüğü verimi belirler [30].

Sadece belli dalga boylarındaki ışık elektriğe dönüştürülebilir, geri kalan büyük miktar hücreyi oluşturan madde tarafından ya emilmekte ya da yansıtılmaktadır. Paneller, mevsimlere bağlı olarak farklı açılarla güneşe doğru yönlendirilerek her

mevsimde azami verim alınması mümkün olmaktadır. Türkiye için genelde geçerli olan 60° kış eğimi sayesinde ve panel camlarının özelliği nedeni ile buzlanma veya kar birikmesi engellenmektedir. Güneş panellerinin çıkışına takılan özel güneş regülatörleri ile 12 ay boyunca en uygun koşullarda akü şarjı yapılmaktadır. Akülerde depolanan enerji yüksek verimli tam sinüs DA (Doğru Akım)-AA (Alternatif Akım) çeviriciler ile 220 V AA akıma çevrilebilmektedir [30].

### **3.6.2. Güneş Paneli Çalışma Prensibi**

Güneş ışığı ve yarı iletken silikonun etkileşimi ile artı ve eksi yükler dolayısıyla bir gerilim farkı ortaya çıkar. Metal bağlantılarla iletilen, doğru akım özelliğine sahip, çok sayıda güneş hücresinin tek ünite altında bir araya getirilmesi ile -17 verimle 130W'a kadar enerji sağlayabilen güneş panelleri üretilir [30].

Bu paneller, ilk kez uzay araçlarına elektrik sağlanması amacıyla kullanılmış, zaman içinde kapasiteleri arttıkça kullanım alanları yaygınlaşmıştır. Güneş panelleri, güneş ışığını direk olarak elektriğe çevirir. PV hücreleri, daha önce saat ve hesap makinelerinde kullanılmıştır [30].

Güneş ışığı, bu maddeler tarafından emildiğinde, elektronlar bulunduğu atomlardan ayrılarak madde içinde serbest kalır ve böylece elektrik akımı oluşur. Işığın, elektriğe dönüşümüne fotovoltaik efekt adı verilmiştir. Yeni paneller, gölgeli havalarda bile önemli miktarda elektrik enerjisi üretebilmektedir. Güneş enerjisi mekân ısıtma, su ısıtma, arıtma amaçlı kullanılabilir [30].

Ülkemizde kollektör üretimini daha iyiye kanalize etmek ve standart bilincinin oluşmasına yardımcı olmak amacıyla yönelik olarak EİE Yenilenebilir Enerji Kaynakları Araştırma Parkına bilgisayar destekli bir güneş kollektörü test standı tesis edilmiştir. Türk Standartları Enstitüsü ile yapılan protokol çerçevesinde TS - 3680 standardının ısı performans deneyleri bu standta gerçekleştirilmektedir [30].

Mobil PV sistemi, güneş enerjisinden yararlanarak AA elektrik üreten bir sistemdir ve römork üzerine yerleştirilmiş olan güneş pilleri, invertör ve akülerden

oluşmaktadır. Sistem, 12 adet polikristal güneş pili modülü (toplam güç 576 W), 1 kVA gücünde 48 VDA/220 VAA invertör, akü şarj regülatörü, 4 adet 65 Ah-12 V kuru aküden oluşmaktadır [30].

Halen şehirlerarası yollarda yapılan çalışmalarda gerekli sinyalizasyon için ihtiyaç duyulan enerji, akülerden temin edilmekte olup aküler en yakın şebeke ağında şarj edilerek kullanılmaktadır. Güneş pili ile yapılan trafik ikaz sisteminin mevcut sistemden tek farkı, akülerin güneş pili ile şarj edilmesidir. Bu sistem 48 W 'lık bir adet güneş pili, akü, kontrol devresi ve ikaz lambasından oluşmaktadır. Hareketli olan sistem ihtiyaç duyulan yere kolaylıkla götürülebilmektedir [30].

Aynı zamanda artezyen kuyularında toprak altından su çıkarmakta da kullanılmaktadır. Özellikle enerji sistemlerinin ulaşamadığı yerlerde tercih edilmektedir [30].

Güneş enerjisi ile elde edilen elektrik sayesinde zamanla tükenmekte olan fosil enerji kaynaklarının kullanımı azalacak, barajlar ve müteakibinde nükleer enerji santrallerinin arzı azaltılacak, ülke ekonomisine katkıda bulunulacak ve doğal kaynaklardan daha fazla istifade edilerek doğalgaz için ülke bütçesinden verilen milyarlarca dolar ülke ekonomisinde büyük rol oynayacaktır [30].

### **3.6.3. Güneş Pili ve Tanımlaması**

Güneş pilleri (fotovoltaik piller), yüzeylerine gelen güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren yarıiletken maddelerdir. Yüzeyleri kare, dikdörtgen, daire şeklinde biçimlendirilen güneş pillerinin alanları genellikle 100 cm<sup>2</sup> civarında, kalınlıkları ise 0,2-0,4 mm arasındadır. Güneş pilleri fotovoltaik ilkeye dayalı olarak çalışırlar. Yani üzerlerine ışık düştüğü zaman uçlarında elektrik gerilimi oluşur. Pilin verdiği elektrik enerjisinin kaynağı, yüzeyine gelen güneş enerjisidir. Güneş pilinde mekanik olarak elektrik üreten cihazların aksine hareketli parçalar olmadığından teorik ömürleri sonsuzdur. Güç çıkışını artırmak amacıyla çok sayıda güneş pili birbirine paralel ya da seri bağlanarak bir yüzey üzerine monte edilir. Bu yapıya güneş pili modülü ya da fotovoltaik modül adı verilir. Güç talebine bağlı olarak

modüller birbirlerine seri ya da paralel bağlanarak bir kaç W'tan MW'lara kadar sistem oluşturulur [20].

Güneş pilleri, hali hazırda elektrik şebekesinin olmadığı, yerleşim yerlerinden uzak yerlerde ekonomik yönden uygun olarak kullanılabilir. Bu nedenle ve istenen güçte kurulabilmeleri nedeniyle genellikle sinyalizasyon, kırsal kesimin elektrik ihtiyacının karşılanması vb. uygulamalarda kullanılmaktadır [21].

### **3.6.3.1 Güneş Pillerinin Yapısı**

Güneş pili hücreleri yarı iletken malzemelerden yapılır. Silikon en çok kullanılan yarı iletken malzemedir. Işık yarı iletken malzemeye ulaştığında malzeme tarafından emilir. Diğer bir anlatımla ışık enerjisi yarı iletken malzemeye geçer, malzemedeki elektron bağlarını zayıflatır ve bir yerden bir yere gitmesini sağlayarak elektrik akımını oluşturur. Yarı iletkenler üzerine koyulan metal kollektörler bu elektrik akımını toplarlar [21].

Tabi ki bu anlatım aslında çok basittir. Silikonun tek kristal halini incelemek gerekir. Silikon kristal halindeyken birçok kimyasal özelliğe sahiptir. Silikon atomunun 14 elektronu vardır. Üç halka şeklinde çekirdeğin etrafında hareket ederler. İlk halkada iki, ikinci halkada sekiz elektron çekirdeğe yakın şekilde hareket ederler. Son halkada 4 elektron vardır. Silikon son halkadaki 4 elektrona bir başka 4 elektron ekleyip son halkasındaki elektron sayısını 8'e çıkarmaya çalışır. Halkadaki 4 elektron yanı başındaki diğer silikon atomundaki 4 elektronla sanki el tutuşarak bağlanır. Bu bağlantı diğer komşu atomlarla devam eder ve silikon saf kristal yapısına kavuşmuş olur [21].

Bağlanacak elektronu kalmayan kristal silikon atomunun iletkenliği çok zayıflar. Çünkü elektronlar sıkıca birbirine bağlı olduğundan bağlanacak elektron arayışı son bulmuştur [21].

Saf silikona ısı verilirse, bu ısı enerjisi saf silikondaki bazı elektronların atom yapısından kopmasını sağlar, ancak bu saf silikonda çok azdır. Silikon, yapısında



elektronu kopmuş yere başka bir elektron arar. Aynı şekilde yan atomdan kopan elektronu bu boşluğa yerleştirir. Bu boşluktan çıkan elektron da yerine gelen elektronun boşluğuna gider. Bu elektronların yer değiştirmesinden elektrik akımı oluşur. Ancak saf silikonda serbest kalabilen elektron çok azdır. Bunun için saf silikona enerji verildiğinde çok az elektrik akımı oluşur [21].

Enerji verildiğinde daha fazla elektronun kopup yer değiştirmesi için, saf silikonun içine bir madde ilave edilmelidir. Bu elektronlar yer değiştirirken de elektrik enerjisi üretecektir. Saf silikonun fosforla zenginleştirilmesine katkılandırma denir. Her bir milyon silikon atomunun içine, son halkasına 5 elektron olan bir adet fosfor atomu atıldığı düşünülürse, komşu silikon atomlarıyla bağlandığında fosfor atomunun çekirdeği tarafından sadece bir adet elektron tutulur. Bu durumda bir milyon silikon atomu birbirine bağlı ve bu bağ bir fosfor elektronları çok az bir enerjiye yer değiştirebilecek durumdadır. Bu durumdaki silikon yarı iletken haline dönüşmüştür. Fosforun silikonla yapmış olduğu bu bağa negatif tip denir [21].

Oluşturulan bu hücre bir yerde dururken, aynı metotla silikon boron'la zenginleştirir. Boron atomunun son halkasında 3 adet elektron vardır. Milyonlarca silikon atomu boron ile zenginleştirildiği zaman, yapıda 1 elektronluk boş bir delik olacaktır. Böylelikle bu yapıda pozitif tip olacaktır [21].

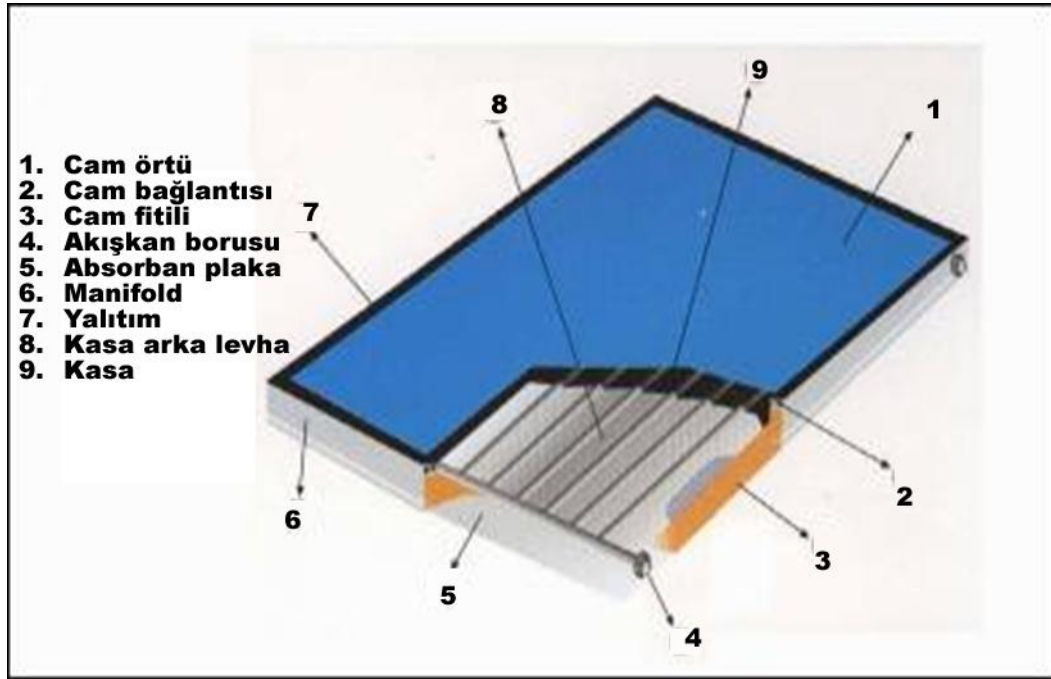
### **3.7. GÜNEŞ KOLLEKTÖRLERİ**

Güneş ışınımını faydalı enerji şekline dönüştüren gereçlere Güneş Kollektörü (Toplayıcıları) denir. Uygulamada kullanılan kollektörlerde, güneş ışınımı önce bir yatay düzlem tarafından yutulur. Sonra da bir akışkana aktarılarak iç enerjisi aktarılır. İç Enerjinin artışıyla sıcaklığı artan su kullanıma verilir. Uygulamada ısı taşıyıcı akışkanın hava veya sıvı olduğu iki tip güneş kollektörleri mevcuttur. Havalı güneş kollektörleri genel olarak düzlemsel veya hacimsel tiplerde imal edilmektedirler. Sıvılı güneş kollektörleri düzlemsel veya konsantrik tiplerde imal edilmektedirler. Uygulamada düzlemsel güneş kollektörleri sıcak su, konsantrik güneş kollektörleri ise buhar üretimi için kullanılmaktadır [26].

### 3.7.1. Düzlemsel Güneş Kollektörleri

Düzlemsel güneş kolektörleri, güneş enerjisinin toplandığı ve herhangi bir akışkana aktarıldığı çeşitli tür ve biçimlerdeki aygıtlardır [26].

Düzlemsel güneş kolektörleri, üstten alta doğru, camdan yapılan üst örtü, cam ile absorban plaka arasında yeterince boşluk, kolektörün en önemli parçası olan absorban plaka, arka ve yan yalıtım bölümlerini içine alan bir kasadan oluşmuştur. Şekil 3.2’de düzlemsel güneş kolektörünün kesit görünüşü verilmektedir [26].



Şekil 3.2. Düzlemsel güneş kolektörü kesiti

Üst örtü: Kollektörlerin üstten olan ısı kayıplarını en aza indirgeyen ve güneş ışınlarının geçişini engellemeyen bir maddeden olmalıdır. Cam, güneş ışınlarını geçirmesi ve ayrıca absorban plakadan yayınlanan uzun dalga boylu ışınları geri yansıtması nedeni ile örtü maddesi olarak son derece uygun bir maddedir. Bilinen pencere camının geçirme katsayısı 0.88’dir. Son zamanlarda özel olarak üretilen düşük demir oksitli camlarda bu değer 0.95 seviyesine ulaşmıştır. Bu tür cam kullanılması verimi % 5 mertebesinde artırır [26].

Absorban Plaka: Absorban plaka kollektörün en önemli bölümüdür. Güneş ışınları, absorban plaka tarafından yutularak ısıya dönüştürülür ve sistemde dolaşan sıvıya aktarılır [26].

Absorban plaka tabanda ve üstte birer manifold ile bunların arasına yerleştirilmiş akışkan boruları ve yutucu plakadan oluşur. Yutucu plaka ışınları yutması için koyu bir renge genellikle siyaha boyanmıştır. Kullanılan boyanın yutma katsayısının (absorptivite) yüksek uzun dalga boylu radyasyonu yayma katsayısının (emissivite) düşük olması gerekmektedir. Bu nedenle de bu özelliklere sahip seçici yüzeyler kullanılmaktadır. Mat siyah boyanın yutuculuğu 0.95 gibi yüksek bir rakam iken yayıcılığı da 0.92 gibi istenmeyen bir değerdedir. Yapılan seçici yüzeylerde yayma katsayısı 0,1'in altına inmiştir. Seçici yüzey kullanılması halinde kollektör verimi ortalama % 5 artar [26].

Absorban plaka, borular ile sıkı temas halinde olmalıdır. Alüminyumda olduğu gibi, akışkan borularının kanatlarla bir bütün teşkil etmesi en iyi durumdur. Bakır ve sacda bu mümkün olmadığı için akışkan boruları ile plakanın birbirine temas problemi ortaya çıkmaktadır. Bu problem ya tamamen ya da belli aralıklarla lehim veya kaynak yapmakla çözülebilir [26].

Isı Yalıtım: Kollektörün arkadan olan ısı kayıplarını minimuma indirmek için absorban plaka ile kasa arası uygun bir yalıtım maddesi ile yalıtılmalıdır. Absorban plaka sıcaklığı, kollektörün boş kalması durumunda 150 °C'a kadar ısınması nedeniyle kullanılacak olan yalıtım malzemesinin sıcak yalıtım malzemesi olması gerekmektedir. Isı iletim katsayıları düşük ve soğuk yalıtım malzemesi olarak bilinen poliüretan kökenli yalıtım malzemeleri tek başına kullanılmamalıdır. Bu tür yalıtım malzemeleri, absorban plakaya bakan tarafı sıcak yalıtım malzemesi ile takviye edilerek kullanılmalıdır [26].

Kollektör Kasası: Kasa, yalıtkanın ıslanmasını önleyecek biçimde yapılmalıdır. Özellikle kollektör giriş ve çıkışlarında kasanın tam sızdırmazlığı sağlanmalıdır. Kasanın her yanı 100 kg/m<sup>2</sup> (981 Pa=N/m<sup>2</sup>) basınca dayanıklı olmalıdır [26].

Sıvılı kollektörlerde sızdırmazlığın yüzde yüz sağlanamadığı durumlarda camda yoğunlaşan su buharını dışarıya atmak amacıyla kasanın iki yan kenarına tam karşılıklı ikişer adet 2-3 mm çapında delik açılmalıdır [26].

### 3.7.2. Kollektör Enerji Dengesi

Kollektör üzerine gelen güneş ışınımının bir kısmı saydam örtüde yansır, bir kısmı yine saydam örtüde yutulur ve geri kalan kısmı absorban plakaya (yutucu yüzeye) ulaşır. Absorban plakaya gelen enerjinin, bir kısmı ısı taşıyıcı akışkana geçerken bir kısmı absorban plakada depolanır, geri kalan kısmı ışınım, taşınım ve iletimle çevreye gider. Işınım taşınım ve iletimle olan ısı kayıplarının toplamı  $Q_k$ , depolanan enerji  $Q_d$ , akışkana geçen enerji  $Q_f$ , olmak üzere, düzlemsel kollektörler için enerji dengesi Eşitlik 3.1.'de verilmektedir.

$$I \times A(\tau \times \alpha) = Q_f + Q_k + Q_d \quad (3.1)$$

Eşitlik 3.1'de;  $(\tau \times \alpha)$  kollektör yutma geçirme çarpımı,  $I$  kollektör üzerine gelen güneş enerjisi ve  $A$  faydalı yüzey alanı olmak üzere  $I.A.(\tau.\alpha)$  çarpımı absorban plaka üzerine gelen güneş enerjisini verir [26].

### 3.7.3. Kollektör Verimi

Kollektörlerde ısı taşıyıcı akışkanda toplanan güneş enerjisinin, kollektöre gelen güneş enerjisine oranına kollektör verimi denir. Kollektör giriş suyu sıcaklığı arttıkça verim düşme eğiliminde olacağından genel bir verim yerine anlık verimden yani verim eğrisinden bahsetmek daha doğru olacaktır. Kollektör verimi ısı taşıyıcı akışkanın giriş, çıkış sıcaklıkları ve debi değerlerinin sağlıklı ölçülebildiği durumlarda ve en önemlisi çevre sıcaklığının sabit olduğu durumlarda Eşitlik 3.2. 'de verilen bağıntı ile hesaplanmaktadır.

$$\eta = (\tau \times \alpha) - K(T_{ort} - T_{cev})/I \quad (3.2)$$

'K' Kollektör ısı kayıp katsayısı; düzlemsel kollektörler de çevreye olan ısı kaybı

kollektörlerin üst alt ve yan yüzeylerinden olur Eşitlik 3.3'te verilen bağıntı ile hesaplanmaktadır.

$$K = K_{üst} + K_{alt} + K_{yan} \quad (3.3)$$

Kollektör alt ve yan yüzeylerinden olan ısı kayıpları yalıtım malzemesinin kalınlığına ve ısı transfer katsayısına bağlıdır. Değeri 'Küst' parametresine göre oldukça küçüktür. Çünkü kollektör üst yüzeyi saydam örtüden dolayı izolasyon yapılamamaktadır ve toplam ısı kayıplarının % 70'i bu yüzeyden olmaktadır. 'k' yalıtım malzemesi ısı transfer katsayısı, L yalıtım malzemesi kalınlığı, h konveksiyon ısı kayıp katsayısı olmak üzere Eşitlik 3.4.'te verilen bağıntı ile  $K_{alt}$  değeri hesaplanmaktadır [26].

$$K_{alt} = 1 / \left( \left( \frac{1}{h} \right) + \left( \frac{L}{k} \right) \right) \quad (3.4)$$

Üst ısı kayıp katsayısı olan Küst değeri Eşitlik 3.5.'te verilen bağıntı ile hesaplanır.

$$K_{ust} = \left( \frac{N}{\frac{C}{T_y} \left( \frac{T_y - T_{cev}}{N+f} \right)^{0.33}} + \frac{1}{h_{td}} \right)^{-1} + \frac{(T_y + T_{cev})(T_y^2 + T_{cev}^2)}{(\varepsilon_L + 0.05N(1 - \varepsilon_L))^{-1} + \frac{2N+f-1}{\varepsilon_s} - N} \quad (3.5)$$

Eşitlik 3.5 ile maksimum  $\pm 0,25$  W/m<sup>2</sup>°K hata ile bulunabileceğini belirtmektedir. Eşitlik 3.5.'te verilen bağıntıdaki  $h_{td}$  değeri Eşitlik 3.6.'da verilen bağıntı ile hesaplanır.

$$h_{td} = 5,7 + 3,8 V \quad (3.6)$$

Eşitlik 3.5.'te verilen bağıntıdaki f değeri Eşitlik 3.7.'de verilen bağıntı ile hesaplanır.

$$f = (1 - 0,04 \times h_{td} + 0,0005 \times h_{td}^2)(1 + 0,091N) \quad (3.7)$$

Eşitlik 3.5.'te verilen bağıntıdaki C değeri Eşitlik 3.8.'de verilen bağıntı ile hesaplanır.

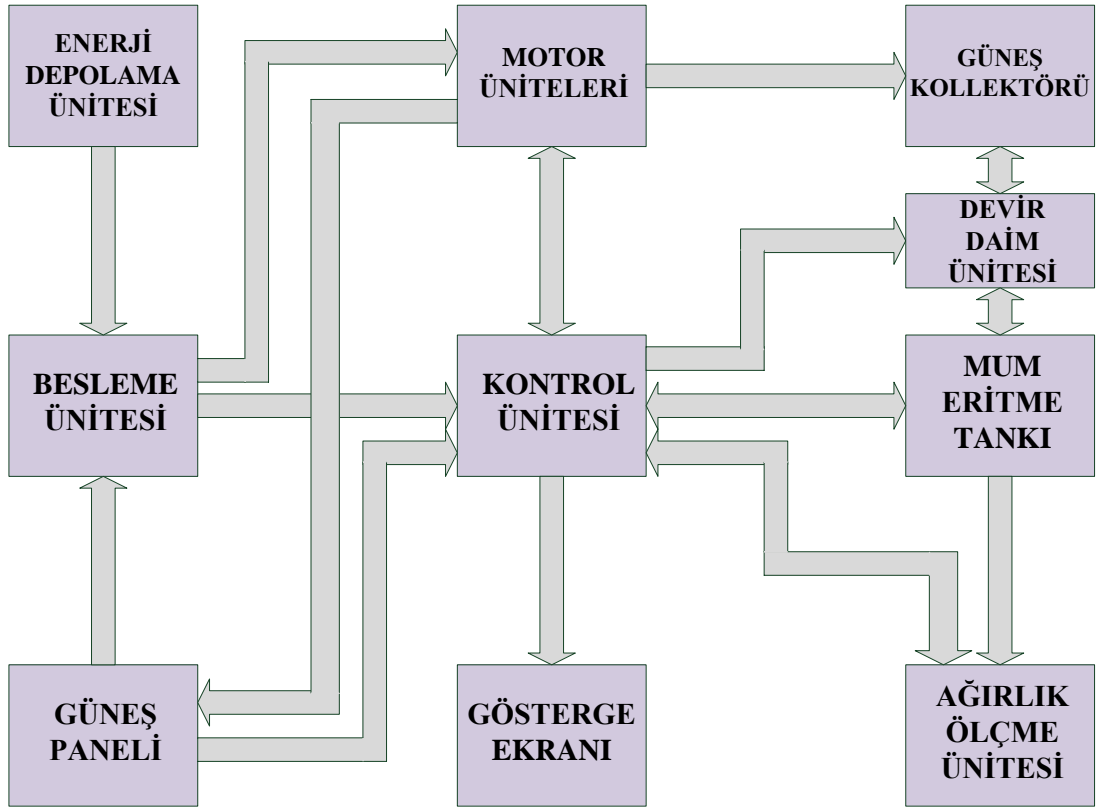
$$C = 250 \times (1 - 0,044 \times (s - 90)) \quad (3.8)$$

Eşitlik 3.8'deki;  $V$  rüzgâr hızı,  $s$  kollektör eğimi,  $N$  saydam örtü sayısı,  $\varepsilon_L$  yutucu yüzeyin ışıyım neşretme oranı,  $\varepsilon_S$  saydam örtünün ışıyım neşretme oranı  $T_y$  ve  $T_{\text{çev}}$  sırası ile yutucu yüzey ve çevre sıcaklıklarıdır. Saydam örtü sayısının birden fazla olduğu durumlarda Eşitlik 3.8.'in kullanılabilmesi için saydam örtülerin aynı tip olması gerekir [26].

## BÖLÜM 4

### MATERYAL VE METOD

#### 4.1. DONANIM



Şekil 4.1. Tasarımın blok şeması

Şekil 4.1.'de hazırladığımız çalışmanın blok şeması verilmiştir. Sistem ilk çalıştırıldığı anda, sistemin çalışması için gerekli elektrik enerjisi depolama ünitesi üzerinden karşılanır. Önce kontrol ünitemiz kurulumları yapar. Kurulumdan kasıt LCD'nin ( Liquid Crystal Display) kurulumu, motorların başlangıç konumları, mum valfinin kapalı olduğunun kontrolü gibi ayarlardır. Daha sonra sistemimiz MPPT (Maximum Power Point Tracking) algoritmasını çalıştırır. MPPT yapıldıktan sonra kontrol ünitesi, depolama ünitesi gerilim değeri ile güneş panelinin gerilim değerlerini karşılaştırır. Güneş panelinin gerilim değeri daha yüksek ise artık

sistemimiz elektrik enerjisini panelden karşılar. Ayrıca depolama ünitesini şarj etmeye başlar. Bu aşamadan sonra MPPT algoritması her beş dakikada bir otomatik olarak çalıştırılır. Mum eritme butonuna basıldığı anda eritme işlemine başlanır. Güneş kollektöründe ısınan su devir daim motoru sayesinde eritme tankı içine aktarılır. Bu işlem tank içindeki suyun sıcaklığının erime sıcaklığına ulaşmasına kadar devam eder. Erime sıcaklığına ulaşıldığı anda devir daim işlemine son verilir ve sistem erimiş bal mumunu ağırlık ölçme ünitesi üzerine boşaltmaya başlar. Boşaltılan mum miktarı 500 gr'a ulaşınca kadar işlem devam eder. Bu arada ölçülen mum miktarı, kollektör sıcaklığı ve tank sıcaklığı devamlı ekranda gösterilir. Eğer tank içerisindeki mum 500 gr'lık paketi dolduramazsa gösterge ekranında kullanıcıya tanka mum eklemesi gerektiği uyarısı verilir.

#### **4.1.1. Güneş Paneli**

Bal mumu eritme sisteminin elektrik enerjisi güneş paneli sayesinde elde edilmektedir. Güneş paneli ile suyu ısıtmada kullandığımız güneş kollektörü aynı çerçeve içerisine yerleştirildi. Böylece güneşi takip eden çerçeve hem en yüksek ısıyı elde etmemizi hem de en yüksek elektrik enerjisini elde etmemizi sağlamaktadır. Şekil 4.2'de çalışmada kullandığımız güneş panelinin fotoğrafı verilmektedir.

Çalışmada kullandığımız güneş panelinin gerilim değeri 17-23 V'tur. Çünkü sistemimizde kullandığımız gerilim değerleri kontrol ünitesinde 5 V, motor ünitelerinde ise 12 V'tur. Güneş panelimizin güç değeri ise 40 W'tır. Panelde kullanılan toplam solar hücre sayısı 36'dır. Boyu 60 cm, eni 50 cm'dir. Ağırlığı 5,2 kg'dır. Çalışmada kullandığımız güneş paneli Topraysolar firmasının LHS-40 modelidir .

Çalışmada yukarıda özellikleri belirtilen güneş panelinin kullanılma nedenlerinden birisi sistemimizin güç harcamasının yaklaşık olarak 35 W olmasıdır. İkinci nedeni ise boyutları ve ağırlığıdır. Çünkü çalışmada güneş paneli ile güneş kollektörü aynı çerçeve içine yerleştirilmiştir. Bu nedenle iki ünitenin hem ağırlıkları hem de boyutları yaklaşık seçilmiştir. Çizelge 4.1'de tezde kullandığımız güneş panelinin teknik özellikleri verilmektedir.





Şekil 4.2. Güneş paneli

Çizelge 4.1. Güneş paneli teknik özellikleri

<b>Elektriksel Özellikler</b>		
Açık devre gerilimi (Voc)	21.8V	
Optimum çalışma voltajı (Vmp)	17.6V	
Kısa devre akımı (Isc)	2.67A	
Optimum çalışma akımı (Imp)	2.28A	
STC'deki maksimum güç (Pmax)	40Wp	
Çalışma sıcaklığı	-40°C to + 85°C	
Maksimum system voltajı	1000VDC	
Güç tolerans	±3%	
STC: Işınım 1000W/m <sup>2</sup> , Modül sıcaklığı 25°C, AM=1.5		
<b>Sıcaklık katsayıları</b>		
Kısa devre akımı	TK(I)	-0.47%/°C
Im sıcaklık katsayıları	+0.4%/°C	-0.38%/°C
Vm sıcaklık katsayıları	-0.38%/°C	+0.10%/°C
Maksimum yük	5400 N/m <sup>2</sup>	
<b>Mekanik Özellikleri</b>		
Solar hücre	Mono kristal 125×125mm	
Hücre sayısı	36(4×9)	
Boyutlar	645×545×23mm	
Ağırlık	5.2kg	
Ön cam	3.2mm temperli cam	

#### 4.1.2. Enerji Depolama Ünitesi

Bu ünitenin kullanılma nedeni, cihazın ilk çalışma aşamasına geçebilmesi için gerekli olan elektrik enerjisinin elde edilmesidir. Bu ünite sayesinde kontrol ünitesi çalıştırılacak ve güneş panelleri hemen güneşi takip etmeye başlayacaktır. Panelin üzerine monte edilen güneş paneli elektrik üretmeye başlayınca bu ünite devreden çıkacaktır. Güneş paneli istenen enerji değerine ulaştığında hem enerji depolama ünitesi şarj edilmekte hem de tüm sistem güneş paneli üzerinden çalışmaktadır. Şekil 4.3’de enerji depolama ünitesinin fotoğrafı verilmektedir.



Şekil 4.3. Enerji depolama ünitesi

Sistemimizde depolama ünitesi olarak 11,1 V 1000 mA’lık Li-Po (Lityum Polimer) pil kullanılmıştır. Sistemimizde depolama ünitesi olarak Li-Po kullanılmasının en önemli nedenleri şunlardır;

- Boyutları ve ağırlığı oldukça küçüktür. Sistemimizin taşınabilirliğini kolaylaştıran bir özelliktir.
- Anlık akımı 1000 mA olduğu için sistemimizin ilk çalıştırıldığı anda gereksinim duyduğu akım miktarını karşılayabilmektedir.
- Güneş olamadan sistemimizi üç saat süreyle çalıştırabilmektedir.
- Şarj olma süreleri diğer depolama ünitelerine göre daha kısadır.

Bal mumu eritme sisteminde tercih edilen depolama ünitesinin teknik özellikleri maddeler halinde verilmektedir.

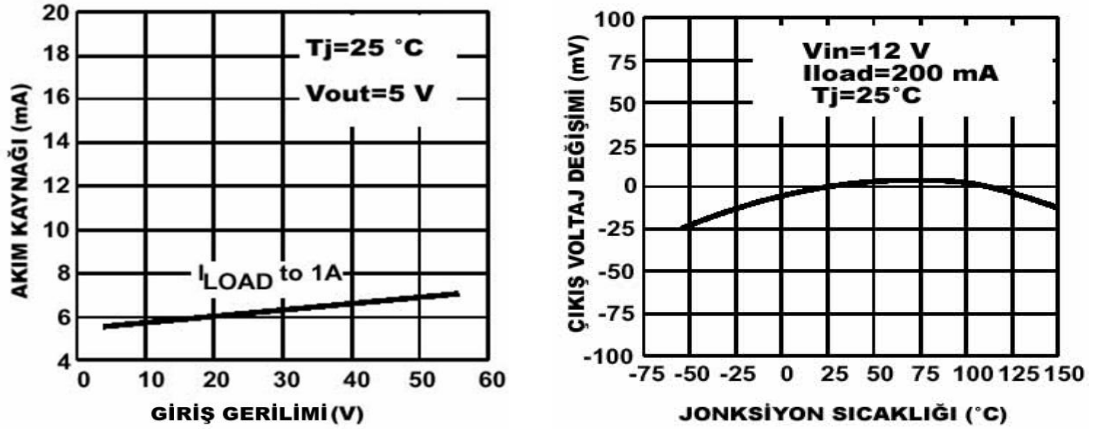
- Kapasitesi 1000 mAh'tir.
- Bir serideki hücre sayısı üçtür.
- Çalışma gerilimi 11,1 V'tur
- En yüksek şarj gerilimi 17,5 V'tur.
- En düşük deşarj gerilimi 7,5 V'tur.
- Önerilen en yüksek şarj akımı 1 A'dir.
- Sürekli deşarj akımı 25 C'dir.
- Paket boyutları 70x36x18 mm'dir.
- Ağırlığı 87 gramdır.

#### 4.1.3. Besleme Ünitesi

Bu üniteye iki enerji girişi vardır. Bunlardan biri Li-Po, diğeri ise güneş panelidir. Besleme katında yapılacak ilk işlem güneş panelinde enerji yokken Li-Po'yu kullanmak, panelde enerji varken paneli kullanmaktır. Ayrıca Li-Po'nun şarj işlemini gerçekleştirmektir. Besleme katı iki kaynaktan elde ettiği elektrik enerjisini diğerkatlarda kullanılmak üzere istenilen seviyelere dönüştürür. Besleme ünitesinde regüle elemanı olarak LM 2576 entegresi kullanılmıştır. LM 2576 entegresinin teknik özellikleri verilmektedir.

- Giriş geriliminin aralığı 0 V ile 45 V arasındadır.
- Çıkış gerilimi 3.3V, 5V, 12V, 15V gibi sabit veya ayarlanabilir olabilir.
- Kısa devre koruması ve termal kapatması vardır.
- Düşük güçlü bekleme modu özelliği vardır. Bekleme anındaki akımı 200  $\mu$ A'den küçüktür.
- 52 Khz'lik sabit frekanslı dâhili osilatörü vardır.
- Çalışma sıcaklığı -40 °C ile +85 °C arasındadır.

Şekil 4.4'te LM 2576 entegresinin akım ve gerilim şekilleri verilmektedir.



a) Giriş gerilimine göre akım değişimi      b) Sıcaklığa göre gerilim değişimi

Şekil 4.4. LM 2576 entegresinin akım ve gerilim değişim grafiği

#### 4.1.4. Kontrol Ünitesi

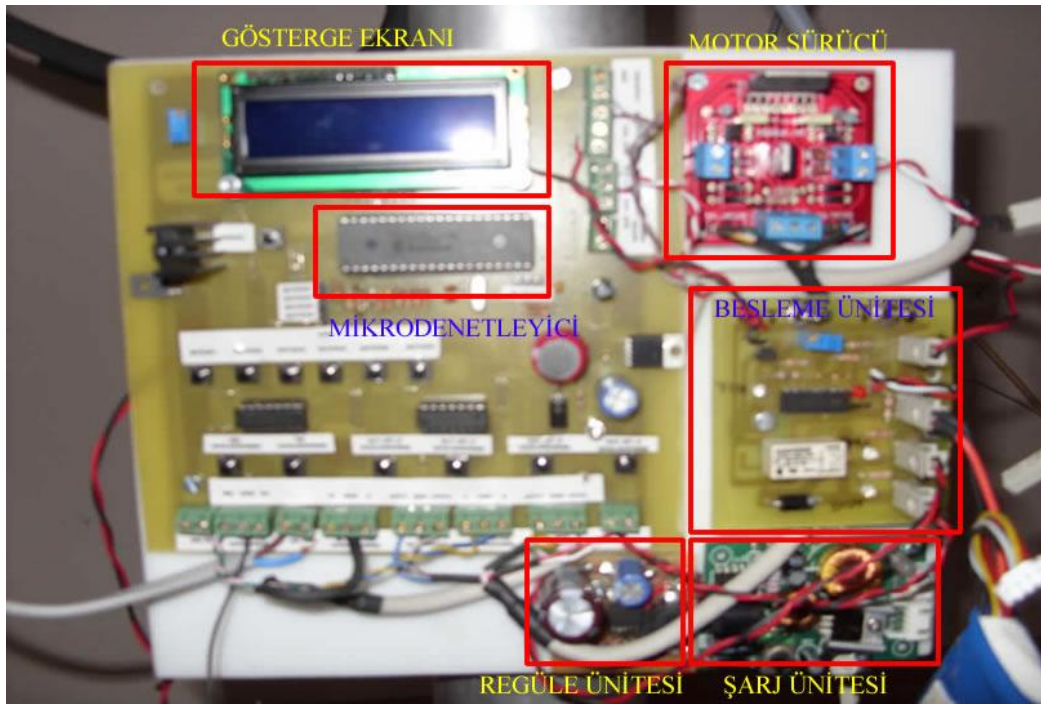
Bu birim tüm aktiviteyi yöneten birimdir. Bu birimde mikrodenetleyici eleman olarak PIC 18F452 tercih edilmektedir. Bu ünitenin görevleri;

- Mum eritme tankından gelen su sıcaklığı değerine göre devir daim motorunu çalıştırmak veya durdurmak.
- Mum eritme tankının iç ve dış sıcaklığını ölçmek ve bu değerleri gösterge ekranına yansıtmak.
- Ağırlık ölçme ünitesi üzerinde bulunan erimiş mum miktarını gösterge ekranına yansıtmak.
- Ağırlık ölçme ünitesinden gelen veriler ışığında 500 gr'lık sıvı balmumunu musluktan akıtmak.
- Güneş pilinden gelen gerilim değerlerine göre MPPT algoritmasını çalıştırarak sistemin güneşi takip etmesini sağlamaktır.

Bu çalışmada tercih edilen PIC 18F452 mikrodenetleyicisinin teknik özellikleri ve tercih nedenlerimiz maddeler halinde verilmektedir.

- Çalışma frekansının 40 Mhz olması,
- Giriş/Çıkış potu sayısı 33'dür. Sistemde bu portlardan 29 tanesinin kullanılması,
- 16 bitlik zamanlayıcı modülünün bulunması,
- 2 adet PWM (Pals genişlik modülasyonu) çıkışının bulunması,
- 4 adet 16'ar bitlik zamanlayıcı modülünün bulunması,
- Dahili osilatör seçeneğinin bulunması,
- 10 bitlik ADC (analog dijital çevirici) olması,
- Çalışma geriliminin 4,5-5 V olması
- Program belleğinin 3 KB olmasıdır.

Şekil 4.5'de çalışmamızda bulunan kontrol kartının fotoğrafı verilmektedir.

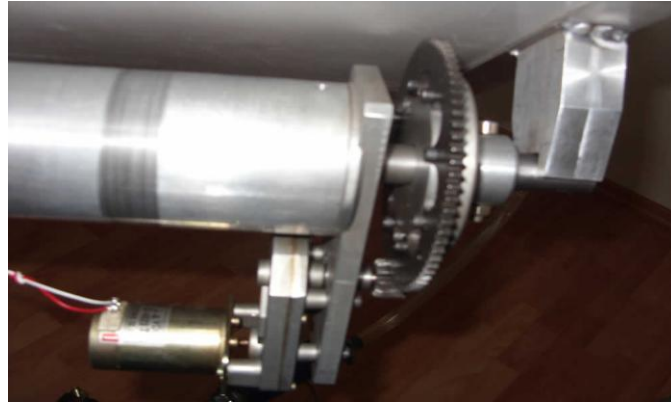


Şekil 4.5. Kontrol ünitesi

#### 4.1.5. Motor Üniteleri

Bu üniteye güneşten daha fazla yararlanabilmek için aynı çerçeve içine alınmış güneş kollektörü ve güneş pili iki motorla hareket ettirilmektedir. Motorlar hareket ettirilerek güneş paneli ve güneş pilinin üzerine güneş ışınları dik olarak

düşürülmektedir. Kullanılan motorlardan biri yatay hareketi diğeri de dikey hareketi sağlamaktadır. Dikey hareketi sağlayan motorun hareketi iki adet sınır anahtarı ile sınırlandırılmıştır. Yatay hareketi sağlayan motorda ise sınır anahtarı kullanılmamaktadır. Bu motor 360° dönebilmektedir. Kullanılan iki motorun yön ve hız kontrolleri kontrol kartı üzerindeki mikrodenetleyici entegresi ile yapılmaktadır. Bu motorları sürmek için L298 H köprüsü entegresi ile yapılmış motor sürücü kartı kullanılmıştır. Sistemdeki yatay ve dikey hareketi sağlayan iki motor 12 V'luk, yüksek torklu düşük devirli DA motor olarak belirlenmiştir. Üçüncü motor ise mum eritme tankının altında bulunmaktadır. Bunun görevi erimiş durumdaki mumu 500 gr oluncaya kadar akıtmaktır. 500 gr'a ulaşıncaya tankın ağzını kapatmaktadır. Şekil 4.6, Şekil 4.7 ve Şekil 4.8'de sistemde kullandığımız motor ünitelerinin fotoğrafları verilmektedir.



Şekil 4.6. Dikey hareketi sağlayan motor



Şekil 4.7. Yatay hareketi sağlayan motor



Şekil 4.8. Mum akış kontrolünü sağlayan motor

Çalışmada kullandığımız yatay ve dikey hareketi sağlayan motorlarımızın özellikleri aynıdır. Bu motorlar 12 VDA ile çalışmaktadır. En yüksek çalışma akımları 0,5 A'dir. Güçleri 6 W'tır. Hızları 12 devir/dakikadır.

Çalışmada kullandığımız mum akışını kontrol eden motorun besleme gerilimi 5 V DA'dır. En yüksek çalışma akımı 0,2 A'dir. Gücü 1 W'tır. Hızı 6 devir/dakikadır.

Çalışmada kullandığımız L298 H köprüsü entegresi ile yapılmış motor sürücünün teknik özellikleri ve kullanılma nedenleri aşağıda maddeler halinde verilmektedir.

- Tek kaynaktan besleme özelliğine sahiptir. Bazı motor sürücülerinde motorlar ayrı devre ayrı kaynaktan beslenmektedir. Tek kaynaktan beslenme özelliği sistemimizde aranan bir özelliktir.
- Besleme gerilimi 6V ile 24V arasındadır. Dört girişi dört çıkışı vardır. Çalışmamızda bu giriş ve çıkışlardan ikisi kullanılmaktadır.
- 2 A sürekli 4 A anlık akım verebilme özelliğine sahiptir. Sistemde buraya bağladığımız iki motorun aynı anda çalışsa dahi çekeceği akım yaklaşık 1 A olduğundan motor sürücü sistemimiz için yeterlidir.
- Boyutları 40x50x25 mm olduğundan sistemimizin taşınabilirliği açısından bir üstünlüktür.

#### 4.1.6. Gösterge Ekranı

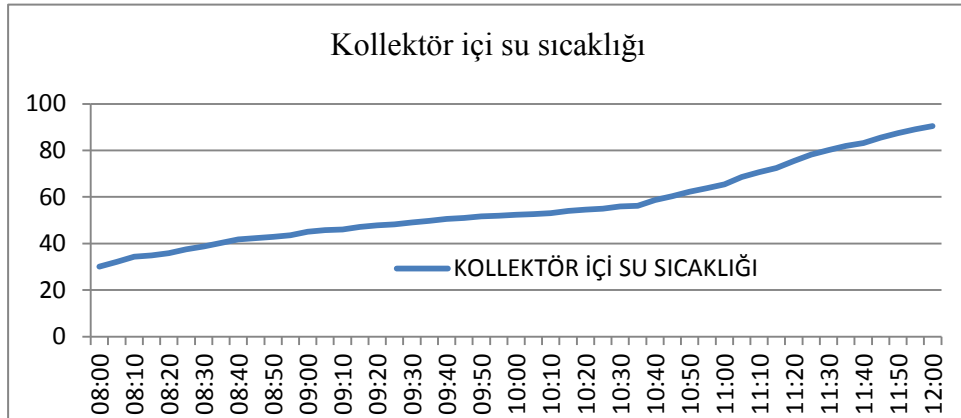
Bu ünite sistemdeki tüm aktivitelerin kullanıcı tarafından izlenebilmesi için kullanılmıştır. Eritme tankındaki su sıcaklığını, mumun sıcaklığını ve ağırlık ölçme ünitesindeki mum miktarını görüntülemektedir. Ekran olarak seri iki satırlık, 16 karakterlik LCD kullanılmaktadır. Şekil 4.9'da çalışmada kullanılan gösterge ekranının fotoğrafı verilmektedir.



Şekil 4.9. Gösterge ekranı

#### 4.1.7. Güneş Kollektörü

Bu ünite günlük hayatta kullandığımız güneş enerji sistemlerinin minyatürüdür. Toplamda 2,5 lt suyu ısıtabilecek ölçülerde tasarlanmıştır. Isı verimliliğini artırmak için kollektörün içinde bakır boru kullanılmıştır. Su devir daimini sağlayan borular yüksek sıcaklıklara dayanabilen malzemelerden seçilmiştir. Ayrıca kollektörün üst tarafında 8 mm bakır borudan tahliye noktası bırakılmıştır. Şekil 4.10'da kollektör içi su sıcaklığının zamanla değişim şekli verilmektedir.



Şekil 4.10. Güneş kollektörü içindeki su sıcaklığının zamanla değişim grafiği



Şekil 4.11’de sistemde kullandığımız güneş kollektörünün fotoğrafı verilmektedir.



Şekil 4.11. Güneş kollektörü

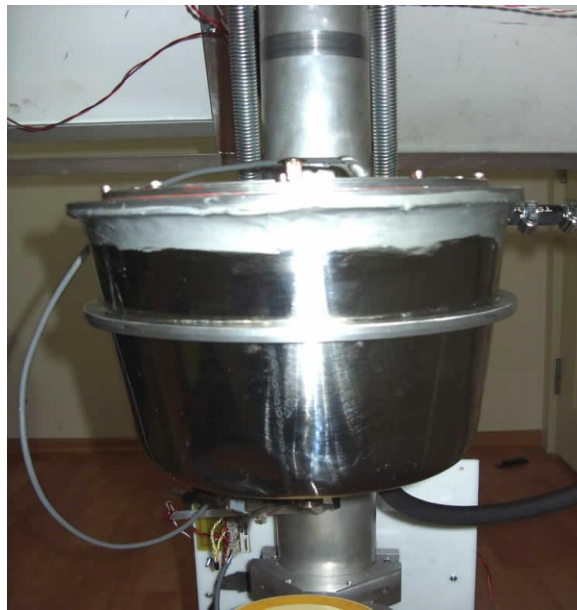
#### 4.1.8. Mum Eritme Tankı

Bu ünite yapılırken iç içe geçmiş iki kap kullanılmıştır. Dış yüzeye bakan kap çelik malzemeden yapılmıştır. İçte mum ile temas eden kap ise ısıyı hemen iletmesi için pirinç levhadan yapılmıştır. İki kap birbirine birleştirilirken alüminyumdan yapılmış dairesel flanş sistemi kullanılmıştır. Bu flanşlar birbirlerine bağlanırken sıvı yalıtımını sağlamak için aralarına sıvı conta sıkılmıştır. İki kap arası mesafe 10 mm bakır borunun girebileceği şekilde yapılmıştır. Bu mesafe 20 mm olarak belirlenmiştir. Bu mesafenin az tutulmasının nedeni bu araya girecek su miktarının artırarak sistem ağırlığının artırılmamasıdır. İki kap arasındaki boşlukta panelden gelen sıvı bulunmaktadır. İç kaptaki ise arı mumu bulunmaktadır. Sıvı arı mumunu dışarıya aktaracak musluk ve bunu hareket ettirecek motor kabın tabanına yerleştirilmiştir. Böylece mumun donup musluğu tıkanma olasılığı en aza indirilmiştir. Ayrıca musluktan önce süzgeç kullanıldığı için mumdan gelecek tortuların musluğu tıkanması engellenmiştir. İç kaptaki yani arı mumunun bulunduğu kaptaki ve iki kap arasında yani suyun bulunduğu kaptaki sıcaklık sensörleri kullanılmıştır. Kullanılan sensörler DS 18B20 sensörleridir. Mumun sıcaklığını ölçecek sensör kap kapağına

montajlanmıştır. Diğeri ise çelik kabın tabanına montajlanmıştır. Sistemde kullandığımız DS 18B20 sıcaklık sensörünün teknik özellikleri ve sistemde kullanılma nedenleri maddeler halinde verilmektedir.

- Mikrodenetleyici ile tek tel ara yüzünü kullanarak tek hat üzerinden haberleşme özelliği bulunması,
- Her eleman ROM (Read Only Memory) hafızasında üretim esnasında belirlenen ve tek olan 64 bitlik seri koda sahiptir. Bu kod sayesinde aynı hat üzerinden birden fazla aygıt ile haberleşme yeteneğinin bulunması,
- Mikrodenetleyiciye bağlanırken harici bir donanıma ihtiyaç duymaması,
- Besleme gerilimini veri hattı üzerinden sağlayabilmesi,
- Besleme geriliminin 3 V ile 5,5 V arasında olması,
- -55 °C 'den +125 °C 'ye kadar olan sıcaklık derecelerini ölçebilmesi,
- -10 °C 'den +85 °C 'ye kadar hassasiyetinin  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$  olması,
- Sıcaklık değerinin 12 bitlik koda dönüştürme süresinin maksimum 750ms olmasıdır.

Şekil 4.12 ve Şekil 4.13'te mum eritme tankının önden görünüm ve üst görünüm fotoğrafları verilmektedir.



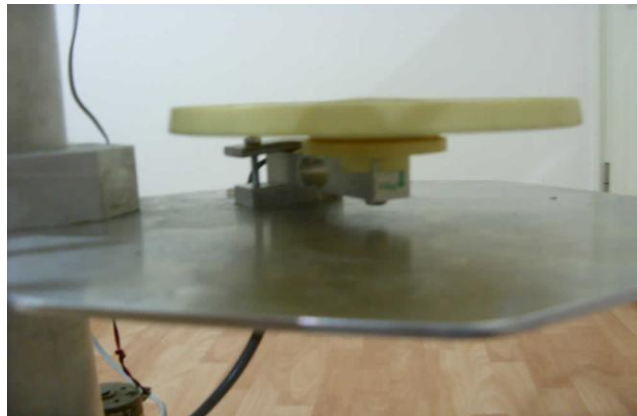
Şekil 4.12. Mum eritme tankının önden görünümü



Şekil 4.13. Mum eritme tankının üstten görünümü

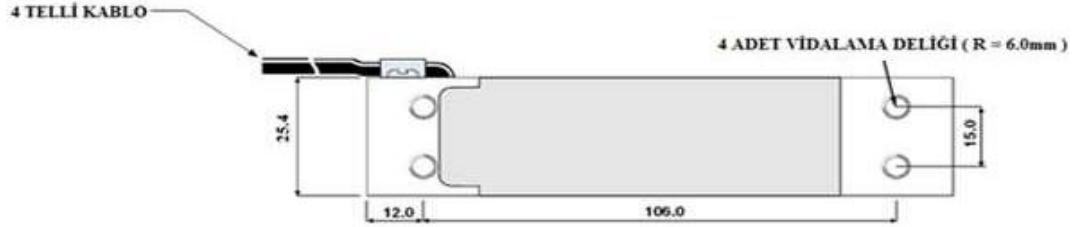
#### 4.1.9. Ağırlık Ölçme Ünitesi

Bu ünite üretilen sıvı arı mumunu 500 gr'lık paketlere aktarmak için kullanılmıştır. Arı mumu bu paketler sayesinde arıcılar tarafından daha kolay taşınıp saklanabilecektir. Bu üniteye 5 kg'lık yük hücresi kullanılmıştır. Kontrol ünitesi yük hücresinden gelen analog verileri sayısal veriye çevirmektedir. Bu dijital verileri ağırlığa çevirebilmek için bilinen ağırlıklarla denemeler yapılmıştır. Bu veriler ışığında MATLAB programı kullanılarak Eşitlik 4.1. bağıntısı bulunmuştur. Ana kontrol ünitesi bu formülü işleyerek ağırlık değerlerini oluşturmaktadır. Böylece ağırlık ölçme ünitesi üzerindeki ağırlık 500 gr olunca sistem musluğa bağlı olan motoru kapatacaktır. Yük hücresinin enerjisi ana kontrol ünitesi üzerinden gönderilmektedir. Bu gerilimin değeri +5 V'tur. Şekil 4.14'de sistemimizde kullandığımız ağırlık ölçme ünitesinin fotoğrafı verilmektedir.



Şekil 4.14. Ağırlık ölçme ünitesi

Ağırlık ölçme ünitemizin temel elemanı yük hücresidir. Sistemde kullandığımız yük hücresi 5 kg'lık yük hücresidir. Şekil 4.15'de sitemde kullandığımız yük hücresinin üstten kesit şekli verilmektedir.



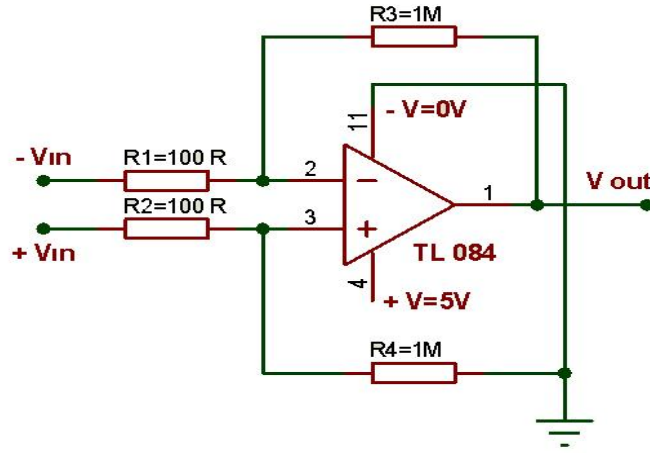
Şekil 4.15. Yük hücresinin üstten kesiti

Çalışmada kullandığımız yük hücresi Vishay Tede-Huntleigh firmasının ürettiği, 1022 modelli, platform tipli, tek noktadan tutturulan alüminyum malzemeden üretilmiş yük hücresidir. Çizelge 4.2'de çalışmada kullandığımız yük hücresinin bazı elektriksel ve mekanik özellikleri verilmektedir.

Çizelge 4.2. Yük hücresi teknik özellikleri

PARAMETRE	DEĞER	BİRİM
Nominal kapasite	5	kg
Nominal çıkış	2,0	mV/V
Nominal çıkış toleransı	0,2	+mV/V
Sıfır dengesi	0,2	mV/V
Toplam hata	0,02	Nominal çıkışın +/-%
Çıkıştaki sıcaklık etkisi	0,001	Uygulanan yükün +/-%/°C
Eksantrik yükleme hatası	0,0057	Nominal yükün +/-cm
Kompanze sıcaklık aralığı	-10 , +40	°C
Güvenli sıcaklık aralığı	-20 , +70	°C
Güvenli aşırı yük	150	% nominal kapasite
Nihai aşırı yük	300	% nominal kapasite
Tavsiye edilen besleme	10	V
En yüksek besleme	15	V
Giriş empedansı	415	$\Omega$
Çıkış empedansı	350	$\Omega$
Yalıtım direnci	>2000	M $\Omega$
En yüksek platform alanı	35x35	cm

Yük hücresinin çıkışından alınan mv seviyesindeki diferansiyel elektriksel işaretler mikroişlemcinin analog girişlerinin algılayabileceği gerilim seviyesinde olmadığı için yükseltilmeleri gerekir. Yük hücresi çıkışının 0kg için 0mV, 5kg için 20mV civarında olduğu yapılan ölçümlerde görülmüştür. Mikroişlemcinin ise analog giriş bacağı 0 ile 5 V'luk analog değerleri çevirebilmektedir. Yükseltme işlemi için, bu tür yüksek kuvvetlendirme gereken ve hassasiyeti yüksek sistemlerde sorunsuz çalışabilen enstrümantasyon kuvvetlendiricileri vardır. Sistemimizin yük hücresi çıkışındaki düşük seviyeli analog sinyali yükseltmek için TL084 entegresi kullanılmıştır. Şekil 4.16'da sistemde kullandığımız yük hücresinin çıkış gerilimini yükseltmek için kullandığımız yükselteç devresinin şekli verilmektedir.

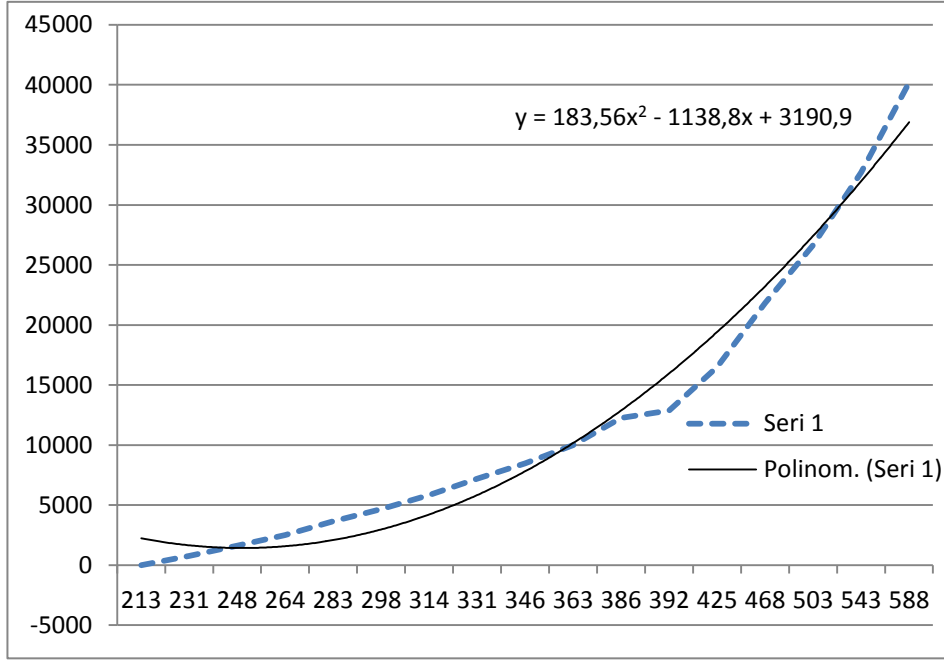


Şekil 4.16. Yük hücresi yükselteç devresi

MATLAB programı kullanılarak hazırlanan ağırlık denklemi Eşitlik 4.1.'de verilmektedir.

$$gram = 2,9342 \times ağırlık(ADC' dengelen değer) - 733 \quad (4.1)$$

MATLAB programında Eşitlik 4.1'de verilen denklem oluşturulurken bilinen ağırlık değerlerine karşı mikrodenetleyicinin ürettiği ADC (Analog Digital Converter) değerleri Excel programına kaydedildi. Bilinen ağırlık değerleri ile ADC değerlerinin değişimini ifade eden bir grafik oluşturuldu. Şekil 4.17'de bilinen ağırlık değerlerine karşın mikrodenetleyicinin ürettiği ADC değerlerinin değişimi grafik olarak verilmektedir.



Şekil 4.17. Bilinen ağırlıklarla ADC değerlerinin değişimi

Yukarıdaki polinom formülüne göre MATLAB programının Polyfit fonksiyonu kullanılarak mikrodenetleyici programında kullandığımız formül oluşturulmuştur.

#### 4.1.10. Devir Daim Ünitesi

Sistemde sıcak suyu güneş kollektöründen eritme tankına gönderebilmek için 12 V'luk yüksek devirli devir daim pompası kullanılmaktadır. Bunun kullanılma nedeni güneş kollektöründeki sıcak suyun hızlı bir şekilde mum eritme tankına basılmasıdır. Bu sayede ısınan su zaman kaybedilmeden eritme tankına gönderilmektedir. Devir daim pompası mum eritme butonuna basıldığı andan itibaren her bir dakikada 20 sn çalışmaktadır. Eritme butonuna basılı değilken her dört dakikada 20 sn çalışmaktadır. Devir daim pompası sistemin en çok güç harcayan elemanıdır. Çektiği akım değeri yüksek olduğu için, anlık akım değişimlerinden sistemin etkilenmemesi için sistemde 12 V'luk varistör kullanılmıştır. Bu eleman sayesinde kontrol ünitemizdeki mikrodenetleyici entegremizin reset alması önlenmiştir. Şekil 4.18'de devir daim ünitesinin fotoğrafı verilmektedir.



Şekil 4.18. Devir daim ünitesi

Devir daim pompası olarak kullanılan DA motorun teknik özellikleri ve sistemimizdeki kullanılma nedenleri aşağıda maddeler halinde verilmektedir.

- Besleme gerilimi 12 V'tur. Bizim sistemimizin de üretebileceği en yüksek gerilim değeri 12 V'tur.
- En yüksek devir anında çektiği akım 2 A'dir.
- Gücü 48 W'tır. Bu değerinde sistemimizdeki güç dengesi ile uyumludur.
- Su basıncı 0,2 bar'dır. Bu sistemin gereksinim duyduğu su basıncını karşılamaktadır.
- İlettiği suyun debisi 4500 lt/ saat'tir.
- Fiziksel ebatları sistemimizle uyumludur.
- Ağırlığı 220 gramdır. Sistemimizin taşınabilirliği açısından önemli bir özelliktir.
- Enerji kesildiği anda sıcak su akışını tamamen tıkamaktadır. Buda sistemimizin erime sıcaklığına ulaştığı anda tank sıcaklığının artmamasını sağlamaktadır.

Sistemin tamamlandıktan sonraki fotoğrafları Ek Açıklamalar A bölümünde verilmektedir. Bu bölümdeki Şekil A.1'de cihazın alttan görünümü, Şekil A.2'de cihazın üstten görünümü, Şekil A.3'de cihazın arkadan görünümü ve Şekil A.4'de cihazın karşıdan görünümü fotoğraflanmıştır. Ek Açıklamalar B bölümünde ise çalışmanın devre şekli verilmektedir. Şekil B.1'de sistemin simülasyon programında hazırlanmış devre şekli verilmektedir.

## 4.2. YAZILIM

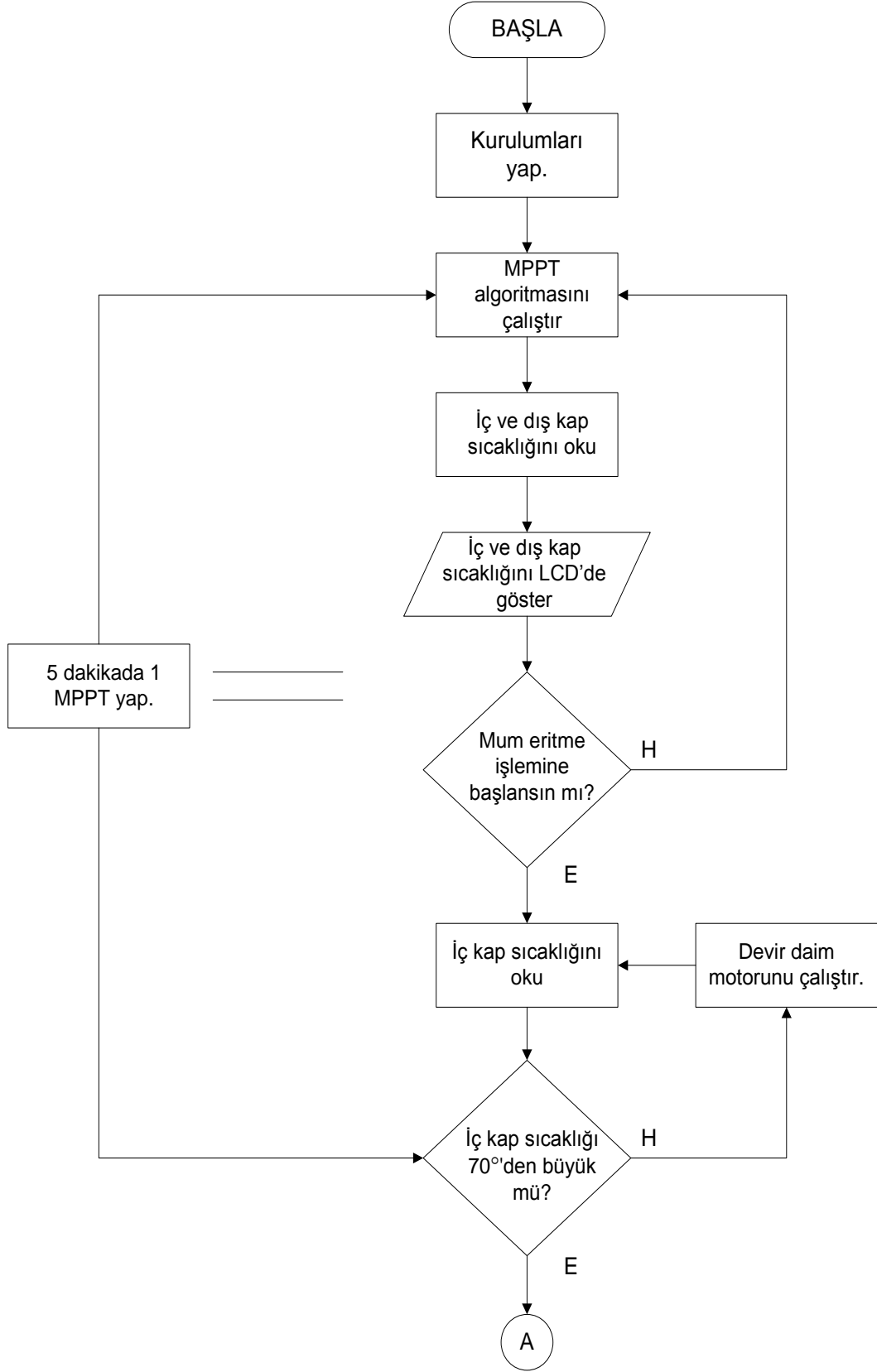
### 4.2.1. Sistemin Genel Algoritması

Mikrodenetleyici içerisindeki yazılım ilk çalıştığı anda başlangıçtaki kurulum ayarlarını yapar. Bu ayarlardan kasıt LCD'nin kurulumu, valflerin açık ya da kapalı olma durumlarının kontrolü, motorlarının başlangıç ayarlarına alınması ve ölçüme hazır hale gelmedir. Daha sonra mikrodenetleyici MPPT algoritmasını çalıştırır. Böylece PV'nin en iyi gerilim değeri bulunur. İç kap ve dış kap sıcaklığını okur. Okunan PV gerilim değerini, iç ve dış kap sıcaklık değerlerini LCD ekranda gösterir. Bu aşamadan sonra MPPT algoritması sistemin çalışmasına bağlı kalmaksızın her 5 dakikada bir tekrarlanır.

Mikrodenetleyici mum eritme butonuna basılıp basılmadığını kontrol eder. Butona basılmamış ise iç ve dış kap sıcaklığı ile PV değerini ölçüp ekrana yansıtmaya devam eder. Eğer butona basılmış ise devir daim motorunu çalıştırır. Devir daim motoru her 60 saniyenin 40 saniyesinde çalışır 20 saniyesinde durur. Bu durum iç kap sıcaklığının 70 °C 'ye ulaşmasına kadar devam eder. İç kap sıcaklığı 70 °C'ye ulaştığı anda devir daim motoru durdurulur. Eritme işleminin tamamlanabilmesi için mikrodenetleyici 5 dakikalık bekleme yapar. Bu sürenin sonunda iç kaba bağlı olan mum valfi açılır. Yük hücresi üzerindeki alüminyum kaba boşaltılan mum miktarı ölçülür. Ölçülen değer LCD ekranda gösterilir. Bu aşamada mikrodenetleyici, yük hücresi üzerindeki mum miktarının 500 gr. Olup olmadığını kontrol eder. Eğer 500 gr'a ulaşıldıysa mum valfini kapatır ve eritme işlemini sonlandırır. Eğer yük hücresi üzerindeki mum miktarı 500 gr'a ulaşılmadı ise kaptaki ağırlık artışının olup olmadığı kontrol edilir. Bu kontrolün yapılma nedeni kap içinde eriyen mumun bitip bitmediğinin kontrolüdür. Eğer kap içerisindeki mum bitmiş ise LCD ekranda kaba mum eklenmesi gerektiği mesajı verilir. Ve eritme işlemine tekrar başlanır. Ağırlık artışı varsa 500 grama ulaşınca kadar mum akıtmaya devam edilir.

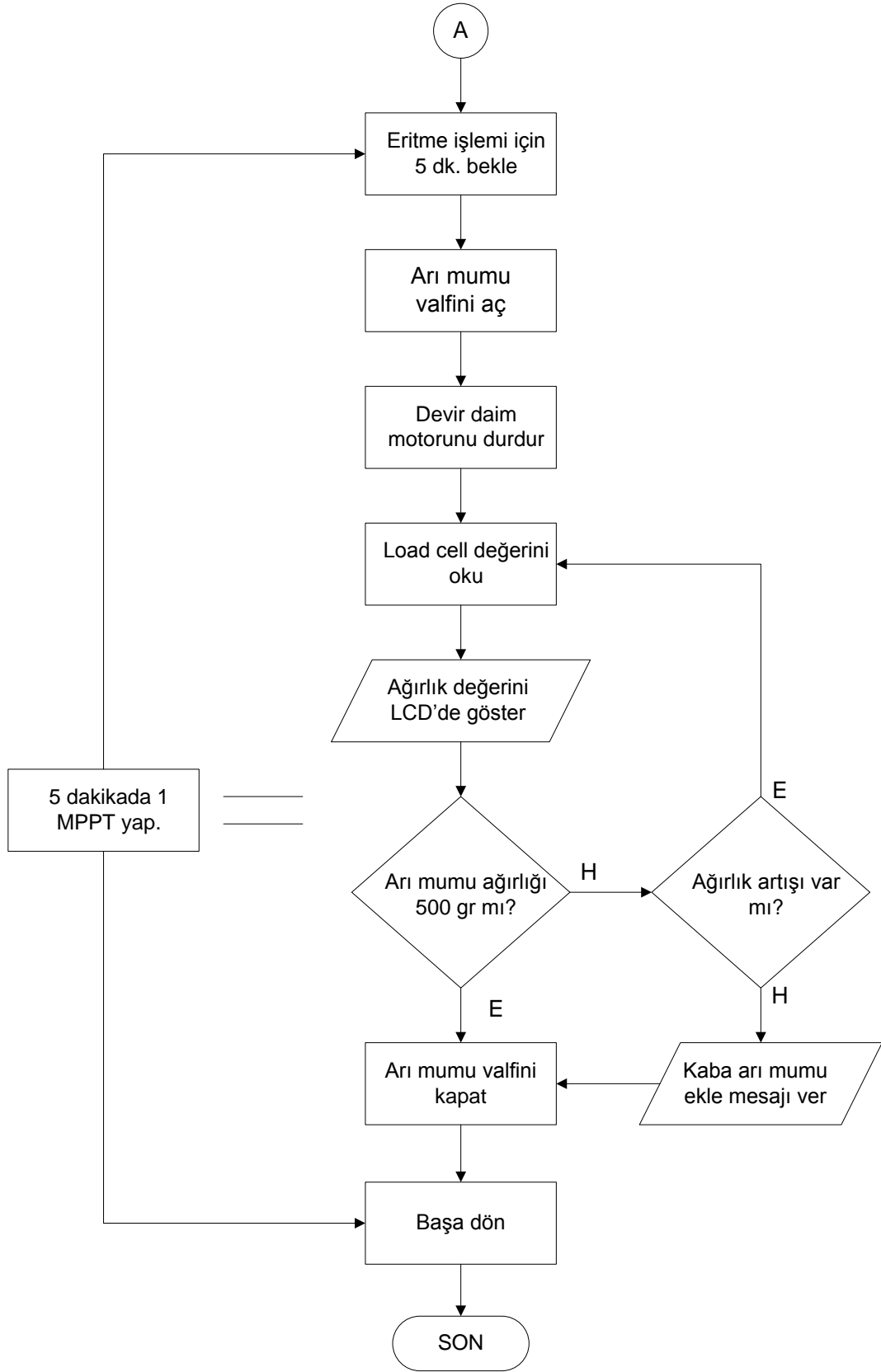
Şekil 4.19 'de sistemin genel akış diyagramının şekli verilmektedir.



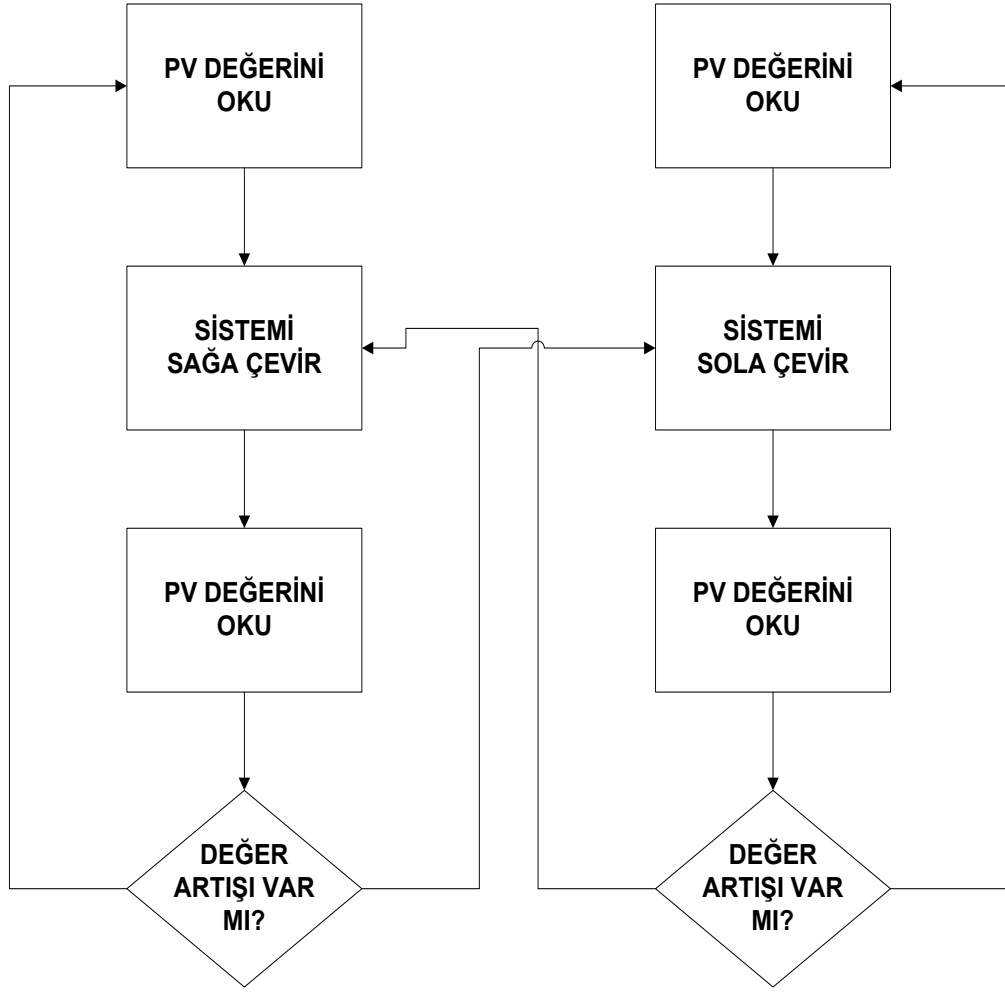


Şekil 4.19. Sistemin genel akış diyagramı

Şekil 4.19. (devam ediyor)



#### 4.2.2. Güneş Takip Algoritması



Şekil 4.20. Güneş takip algoritması

Şekil 4.20’de güneş takip algoritmasının şekli verilmektedir. Bu algoritma ilk çalıştığı anda sistem bir adım sağa çevrilir. Yeni ölçtüğü gerilim değeri ile eski ölçtüğü gerilim değerini karşılaştırır. Eğer değer artışı var ise sistem doğru yönde olduğu mantığı ile bir adım daha sağa hareket eder. Bu işlemler değer artışı olduğu sürece tekrarlanır. Eğer değer artışı saptanamadı ise sistem bir basamak önce bulunduğu en iyi değeri tekrar yakalamak için sistemi bir adım sola çevirir. Bu aşamadan sonra program güneş takip algoritması dışına çıkar. Bu algoritma programımızda hem dikey hareketi sağlayan motor için hem de yatay hareketi sağlayan motor için uygulanmıştır. Programda öncelikle yatay hareketi sağlayan motor, sonra dikey hareketi sağlayan motor bu algoritmaya göre çalıştırılmaktadır.

### 4.3. TASARIMIN MALİYET ANALİZİ

Çizelge 4.3’de gerçekleştirdiğimiz sistemin yaklaşık maliyeti tablo halinde verilmektedir.

Çizelge 4.3. Yaklaşık maliyet tablosu

<b>PROTOTİP MALİYET TABLOSU</b>		
<b>SIRA NO</b>	<b>MALZEMENİN ADI</b>	<b>TUTARI (TL)</b>
1	Alüminyum Bileşenleri	160 TL
2	Güneş Kollektörü	140 TL
3	Fotovoltaik Panel	180 TL
4	Lİ-Po pil	55 TL
5	Eritme Tankı	65 TL
6	Bağlantı Boruları	15 TL
7	Baskı Devre	10 TL
8	Elektronik Malzemeler	40 TL
9	LCD Ekran	10 TL
10	Yük Hücresi	40 TL
11	Sıcaklık Sensörü	10 TL
12	Devir Daim Motoru	25 TL
13	Mum Akıtma Valfi	15 TL
14	Hareketi Sağlayan Motorlar	40 TL
15	Dişli Grubu	40 TL
<b>GENEL TOPLAM (TL)</b>		<b>845 TL</b>

### 4.4. TASARIMIN GÜÇ HARCAMASI

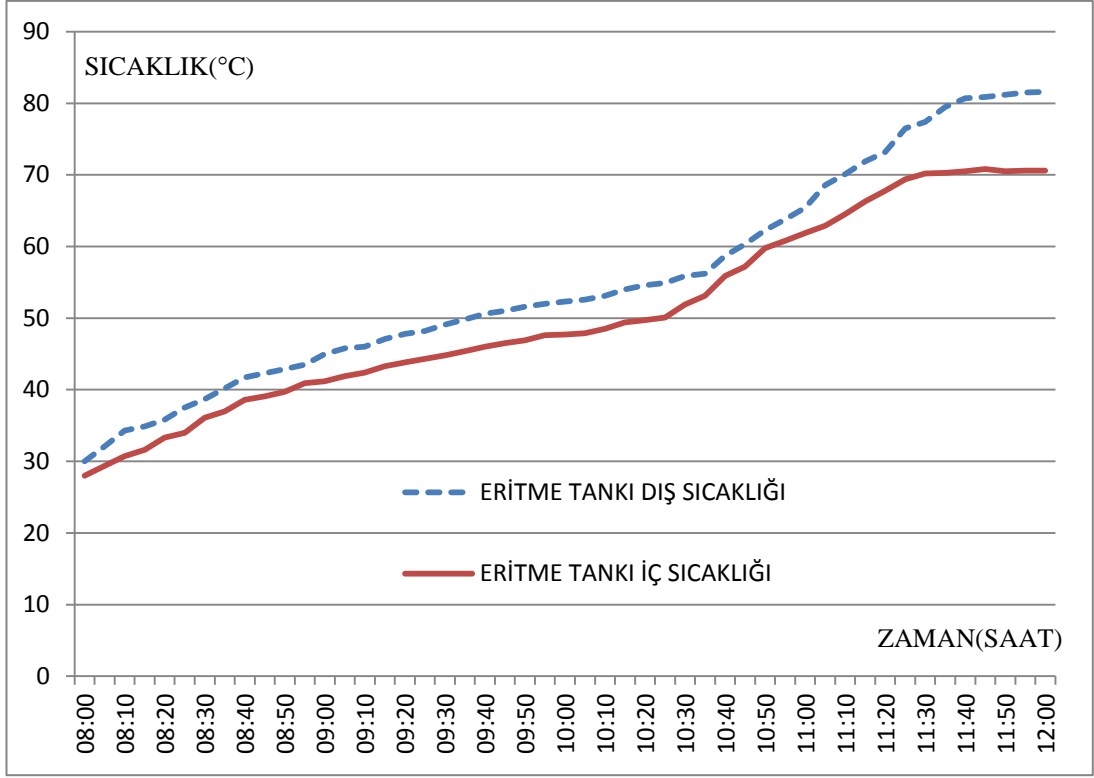
Bu sistemin güç harcaması, sistemi oluşturan parçaların güç harcamalarının toplamıyla hesaplanmaktadır. Sistemi oluşturan parçaların güç harcamaları ise çektikleri akım miktarları ile besleme gerilimlerinin çarpımından elde edilmektedir. Çizelge 4.4’de gerçekleştirilen sistemin güç harcaması tablo halinde verilmektedir.

Çizelge 4.4. Güç harcama tablosu

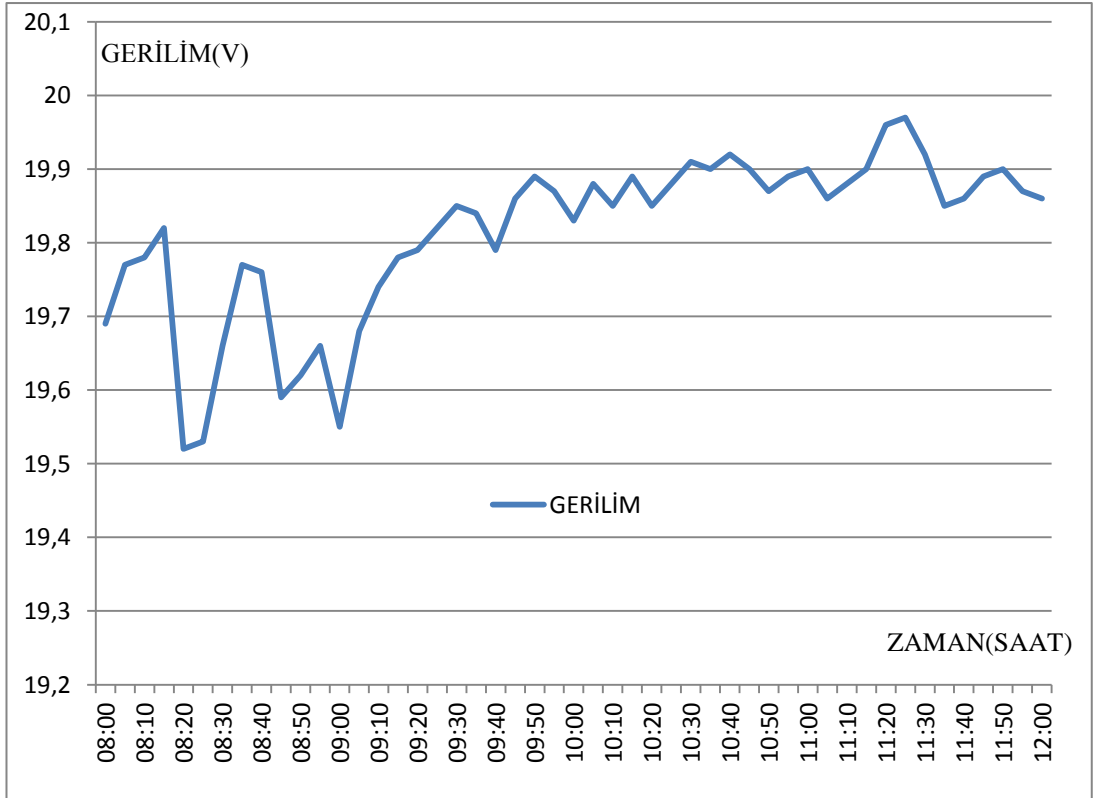
<b>GÜÇ HARCAMA TABLOSU</b>				
<b>SIRA NO</b>	<b>ÜNİTELER</b>	<b>AKIM (A)</b>	<b>GERİLİM (V)</b>	<b>ANLIK GÜÇ DEĞERİ (W)</b>
1	Valf Motoru	0,06	5	0,3
2	Yatay Hareket Motoru	0,2	12	2,4
3	Dikey Hareket Motoru	0,2	12	2,4
4	Devir Daim Motoru	2	12	24
5	Kontrol Ünitesi	0,55	5	2,75
<b>TOPLAM GÜÇ DEĞERİ</b>				<b>31.85</b>

#### **4.5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR VE SONUÇLARI**

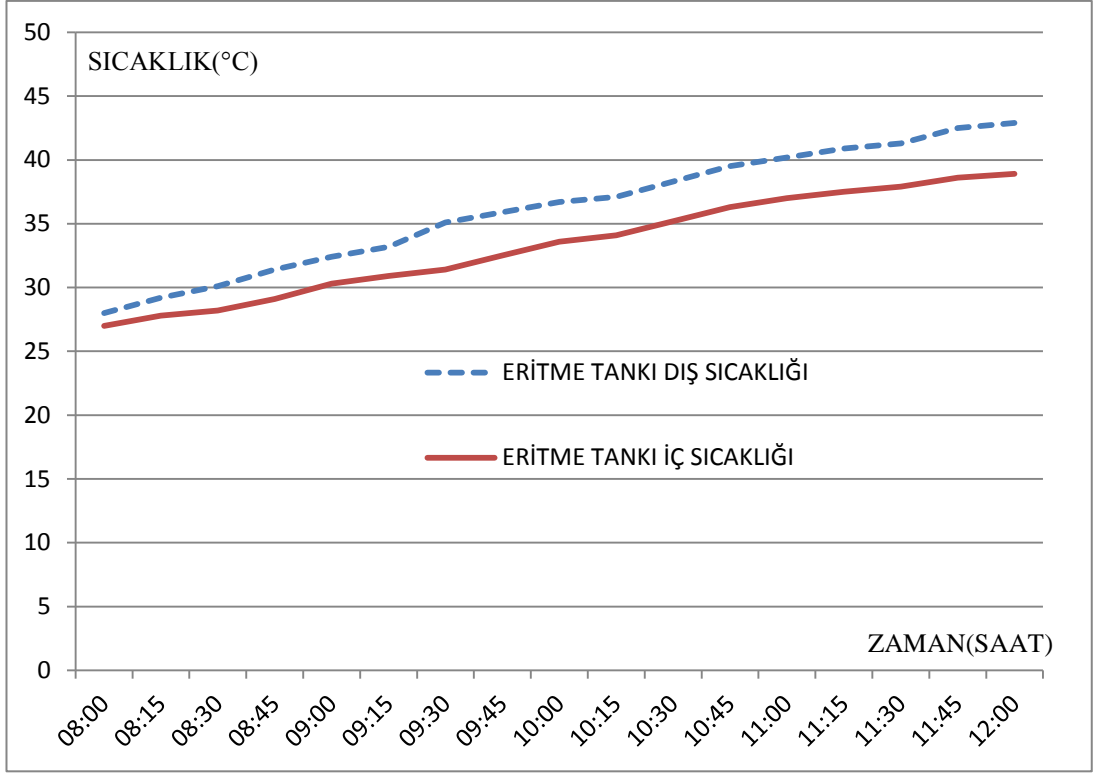
Bu bölümde verilen deney sonuçları 18.08.2011 tarihinde 32 °C sıcaklıkta alınan sonuçlardır. Şekil 4.21’de çalışmamızın iç ve dış tank sıcaklık değerleri verilmektedir. Dört saat gibi bir sürede sistem mum erime sıcaklığına ulaşmaktadır. Bu süre güneşin durumuna ve hava sıcaklığına göre daha da kısaltılabilmektedir. Şekil 4.22’de PV geriliminin zamanla değişimi grafik halinde verilmektedir. MPPT algoritması sayesinde PV’nin en iyi gerilim değeri yakalanmaya çalışılmaktadır. Grafikteki dalgalanmaların nedeni deney günü havanın bulutlu olmasıdır. Şekil 4.23’de MPPT algoritması pasif iken iç ve dış tank sıcaklığının zamanla değişimi verilmektedir. Dört saatlik süre sonunda iç kap sıcaklığı yaklaşık 35 °C, dış kap sıcaklığı ise 45 °C’dir. Yapılan bu deneyle MPPT algoritmasının sistemimiz için ne kadar önemli olduğu vurgulanmaktadır. Şekil 4.24’te MPPT algoritması kapalı ilken PV geriliminin zamanla değişimi grafik halinde verilmektedir. Güneşin zamanla yeri değiştikçe PV’nin gerilim değeri de düşmektedir. En yüksek gerilim değeri çalışmanın ilk başladığı zamanda ölçülmektedir. Şekil 4.25’te yük hücresi üzerindeki bal mumu miktarının zamanla değişimi grafik halinde verilmektedir. Yük hücresi üzerindeki mum miktarı zamanla doğru orantılı olarak artmaktadır.



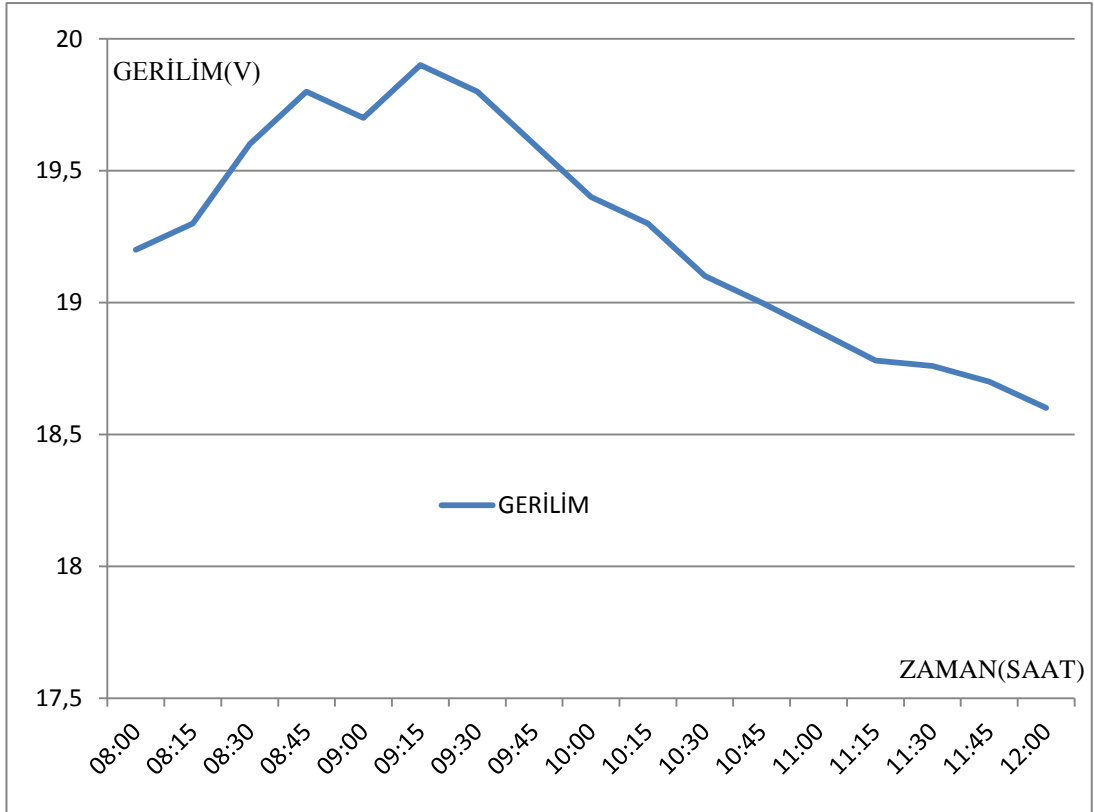
Şekil 4.21. İç ve dış tank sıcaklığının zamanla değişim grafiği



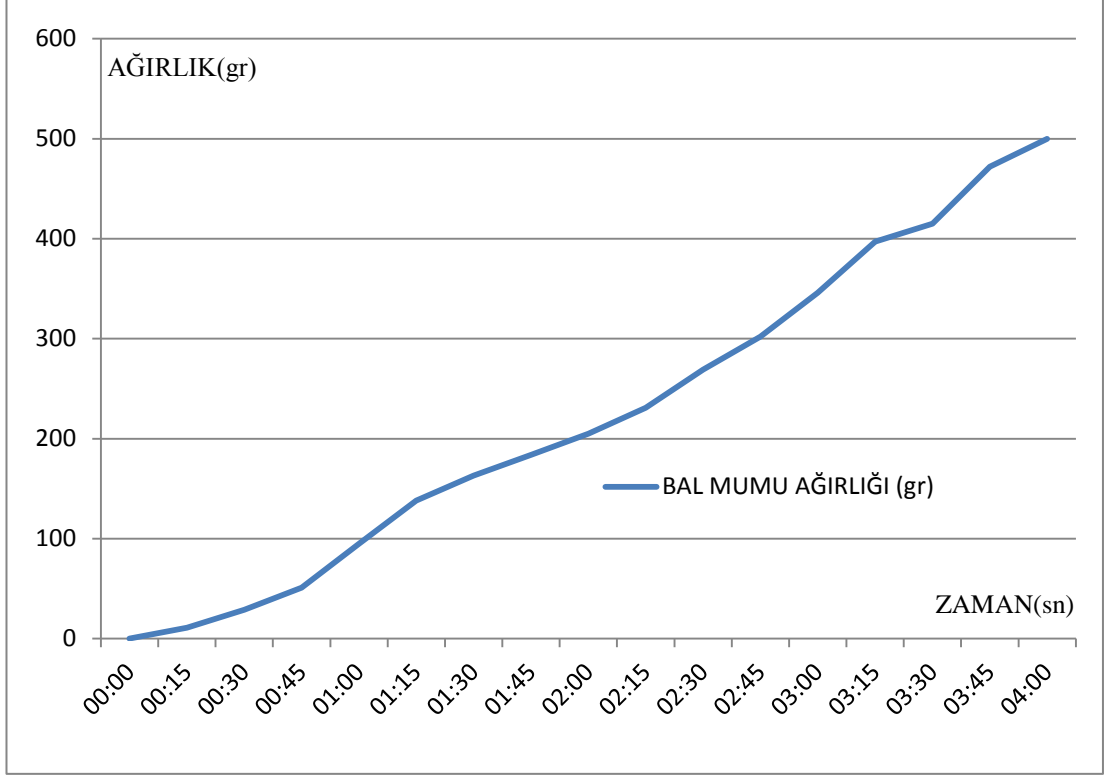
Şekil 4.22. PV gerilim değerinin zamanla değişim grafiği



Şekil 4.23. MPPT kapalıyken iç ve dış sıcaklık değerinin zamanla değişim grafiği



Şekil 4.24. MPPT kapalıyken PV gerilim değerinin zamanla değişim grafiği



Şekil 4.25. Yük hücresi üzerindeki bal mumu miktarının zamanla değişim grafiği

Şekil 4.26'da eritme işlemi sonucunda elde edilen 500 gr'lık erimiş bal mumunu resmi verilmektedir. Bal mumu paketi olarak hazır olarak satılan 500 gr'lık alüminyum kap kullanılmıştır. Bunun nedenlerinden biri arıcıların bu kabı ucuz ve kolay bir şekilde elde edebilmeleridir. İkinci neden ise kap ağırlığının çok düşük olmasıdır.



Şekil 4.26. Eritilmiş 500 gr'lık bal mumu



## BÖLÜM 5

### SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde arıcılar zor şartlar altında ve kısıtlı imkânlarla, değerli bir arı ürünü olan bal mumunu, geleneksel yöntemlerle eritmektedirler. Bu çalışmada, arıcıların bal mumunu eritme yöntemleri, ihtiyaçları ve çalışma ortamları incelenerek, tamamen güneş enerjisi kullanan bal mumu eritme sistemi tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Böylece, sadece güneş enerjisi kullanılarak gerçekleştirilen bu sistem ülkemizde bir ilk olarak arıcıların hizmetine sunulmaktadır.

Bu tez çalışmasında, arıcıların arılarını bıraktıkları doğal ortamlarında rahatlıkla kullanabilecekleri bir balmumu eritme cihazı gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen cihazın gövdesi ayrılıp birleştirilebilen üç ana bölümden oluşmaktadır. Bu sayede cihaz gezgin arıcılar tarafından rahatlıkla taşınıp kurulabilir hale getirilmiştir. Ayrıca bal mumlarının paketlenmesi ile mumun taşınması kolaylaştırılmıştır.

Gerçekleştirilen cihazın elektrik enerji ihtiyacı güneş panelinden sağlamaktadır. Balmumunun erimesi için gerekli ısı enerjisi ise güneş kolektöründen elde edilmektedir. Bu iki temel enerji ihtiyacı güneşten sağlanarak arıcıların kısıtlı olan enerji elde etme imkanlarına çözüm getirilmektedir.

Gerçekleştirilen cihazda güneş paneli ile güneş kolektörü aynı çerçeve içerisinde yerleştirilmiştir. Cihazın güneş enerjisinden daha fazla yararlanabilmesi için sistemimize güneş takip sistemi eklenmiştir. Bu sayede hem güneş kolektöründen hem de güneş panelinden en yüksek verim alınmıştır. Deney sonuçlarından da anlaşılacağı üzere güneş izleme sisteminin kapalı ve açık durumları arasında, güneş panelinde üretilen güç % 8-10 arasında artmakta, güneş kolektöründe ısıtılan su sıcaklığı ise %100 e yakın bir artış göstermektedir. Yaz aylarında günün sabah ve akşam vakitlerinde ise bu verim hem güç hem de su sıcaklığı için 2-3 katı oranında artmaktadır. Güneş kolektöründe bakır borular ve su yerine galvanizli cam borular

ve özel sıvılar kullanılması durumunda sıcak su elde edilmesinde verim daha da artabilecektir.

Bu cihaz sayesinde hammadde olarak bal mumu kullanan sanayi kuruluşları, bal mumunu paketlenmiş olarak satın alabileceklerdir. Yurt dışından ithal edilen hastalık riski taşıyan bal mumu yerine kendi ürettiğimiz bal mumu üretiminin artırılması sağlanacaktır. Gerçekleştirilen bu cihaz ile arıcılıkta ana ürün olarak balın yanında bal mumunun ekonomik değerinin ortaya çıkarılmasına katkı sağlanacaktır.

## KAYNAKLAR

1. Şahinler, N., “Arı ürünleri ve insan sağlığı açısından önemi”, *MKÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5: 139-148 (2000).
2. Doğaroğlu, M., “Arıcılığın önemi”, Modern Arıcılık Teknikleri, *Doğa Arıcılık*, Tekirdağ, 2: 10-19 (2004).
3. Root, A.I., “The ABC and XYZ of bee culture”, *A.I. Root Company*, Medina, Ohio, USA, 6: 620-624 (1983).
4. Winston, M.L., “The biology of the honey bee”, *Harward University Press.*, USA, 4: 181-199 (1987).
5. İnternet: Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı “Dünyada ve Türkiye’de Arıcılık” <http://www.tarim.gov.tr> (2011).
6. Tutkun, E., “Modern arıcılık”, Arıcılık Tekniği, *Tkv Yayınları*, Ankara, 1: 14-16 (2006).
7. Rona, T. ve Göktuna, M., “Arıcılığın tarihçesi”, Arıcılık Tekniği, *Sümer Matbaası*, Ankara, 1: 11-15 (1974).
8. Lampetil, F., “Dünyada arıcılık”, Arıcılık, *Bilge Kültür Sanat Yayınları*, İstanbul, 1: 15-20 (2007).
9. Ergün, N., “Türkiye’de arıcılık”, Arıcılık, *Ergün Yayıncılık*, Denizli, 1: 13-17 (2006).
10. İnternet: Ordu Ticaret Borsası “Arıcılık ve Bal Üretimi” <http://www.ordutb.org.tr> (2011).
11. İnternet: Türkiye İstatistik Kurumu “FAO 2004 Verileri” <http://www.tuik.gov.tr> (2006).
12. İnternet: Arıcılık Geliştirme Merkezi “Türkiyede Arıcılık” <http://www.turkiyearicilik.com/aricilik-hakkinda-bilgiler> (2011).
13. Çeliker, A., “Türkiye’de arıcılık”, Arıcılık, *Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü Yayınları*, 9: 25-31 (2002).

14. İnternet: Smart Kimya Tic. ve Danışmanlık Ltd. Şti. “Bal Mumu ve Bal Kullanım Alanları” <http://www.hammaddeler.com> (2011).
15. Özcan, İ., “Bal mumunun özellikleri”, Türkiye'de Arıcılık Faaliyetleri, *Arıcılık Araştırma Enstitüsü Yayınları*, Ordu, 3: 39-45 (2004).
16. İnternet: Muğla İli Arı Yetiştiricileri Birliği “Arılar Balmumunu Nasıl Üretirler” <http://www.maybir.org.tr> (2011).
17. İnternet: Bee-Hexagon “Bee Product Science” <http://www.bee-hexagon.net/en/honey.htm> (2011).
18. İnternet: Türkiye Arı Yetiştiricileri Merkez Birliği “Bal Arıları-Bal Üretimi-Arı Hastalıkları” <http://www.tab.org.tr> (2011).
19. İnternet: Muğla Petek Ltd. Şti. “ Balmumu Eritme Aparatları” <http://www.muglapetek.com.tr> (2011).
20. Çetinkaya, H., “Güneş Enerjisinden Elektrik Enerjisi Elde Edilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kocaeli, 2: 34-42 (2001).
21. İnternet: Bilim ve Teknoloji “Güneş” <http://www.bilimveteknoloji.info/gunes/> (2011).
22. İstanbulluoğlu, S., “Fotovoltaik Sistemler”, *Elektrik Mühendisliği Dergisi*, 39: 40-43 (1998).
23. Korucu, Y. ve Özdemir, A., “Ülkemizde Güneş Enerji Kullanımı”, *EİE Bülteni*, 3: 39-44 (1999).
24. Özgöçmen, A., “Güneş pilleri kullanarak elektrik üretimi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Mühendisliği*, Ankara, 3: 39-46 (2007).
25. Görgün, T., “Fotovoltaik sistemler”, *Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Meteoroloji Laboratuvarı Yayınları*, İstanbul, 15: 26-27 (2009).
26. İnternet: Gürsoy, H. “Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi ve Fotovoltaik Panellerin Çalışma Şekli” <http://www.bilgiustam.com>. (2011).
27. Altın, V., “Güneş enerjisinden yararlanarak elektrik üretimi”, *Mimar ve Mühendis Dergisi*, 33: 23-24 (2004).

28. Shariah, A. ve Al, M. "Optimizing the tilt angle of solar collectors, renewable energy", *Elsevier Inc.*, 26: 587-598 (2002).
29. İnternet: Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü "Türkiye'nin Güneş Enerji Potansiyeli ve Bölgelere Göre Dağılımı" <http://www.dmi.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx> (2011).
30. İnternet: Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü "Yenilenebilir Enerji Kaynakları" <http://www.eie.gov.tr/turkce/yek/gunes/guneskollektor.html> (2011).

## **ÖZGEÇMİŞ**

Gökhan ÖZER, 1977 yılında Aydın' da doğdu. İlk ve orta öğretimini Aydın' da tamamladı. 2000 yılında Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Bölümü, Elektronik Öğretmenliği Programı lisans öğretiminden mezun oldu. 2000 yılında Keçiören Teknik ve Endüstri Meslek Lisesinde Elektronik Öğretmeni olarak göreve başladı. 2002 yılında Develi Endüstri Meslek lisesine atandı. Son olarak da 2004 yılında Nevşehir Teknik ve Endüstri Meslek Lisesine atandı. Halen Nevşehir Teknik ve Endüstri Meslek Lisesinde Elektronik Öğretmeni olarak görev yapmaktadır. 2009 yılında Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Anabilim Dalı'nda yüksek lisans öğrenimine başladı. Halen Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Bölümü'nde lisansüstü eğitimine devam etmektedir.

### **ADRES BİLGİLERİ**

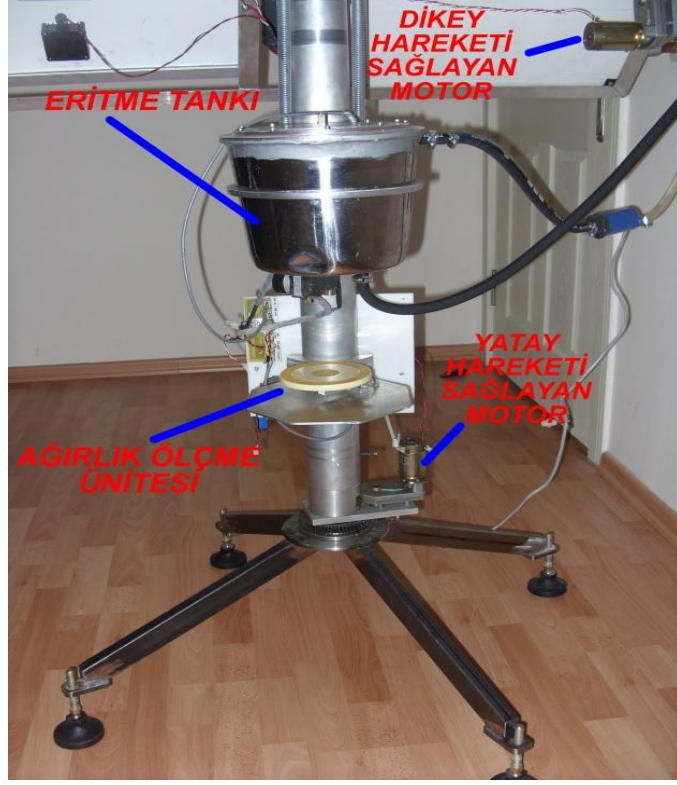
Adres : Nevşehir Teknik ve Endüstri Meslek Lisesi  
Elektronik Bölümü  
Merkez / NEVŞEHİR

Tel : (0384) 2131075–131

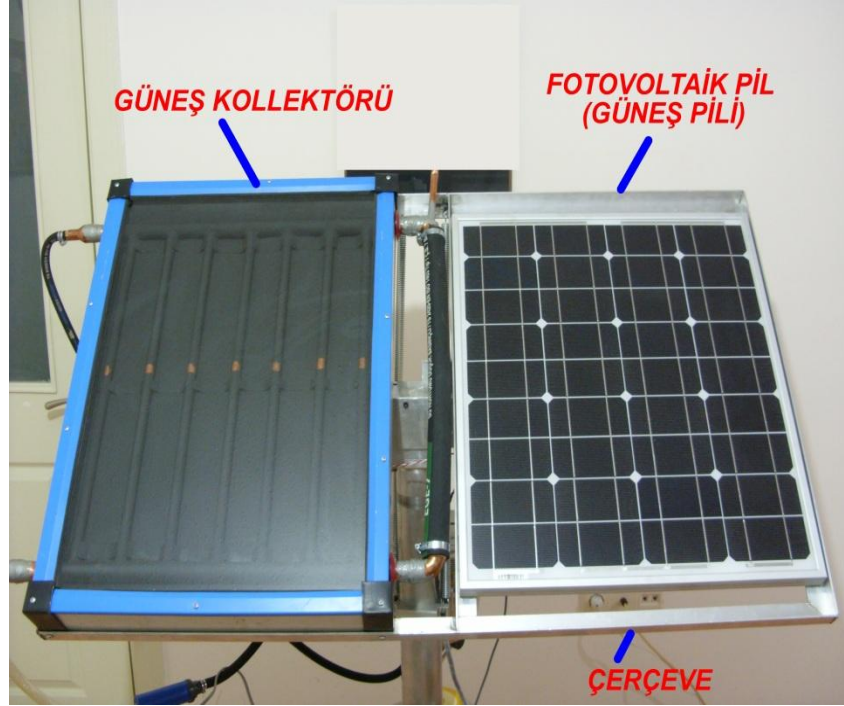
E-posta : gokhanozer09@hotmail.com.tr

**EK AÇIKLAMALAR A.**

**SİSTEMİN BİRLEŞTİRİLMİŞ ŞEKİLLERİ**

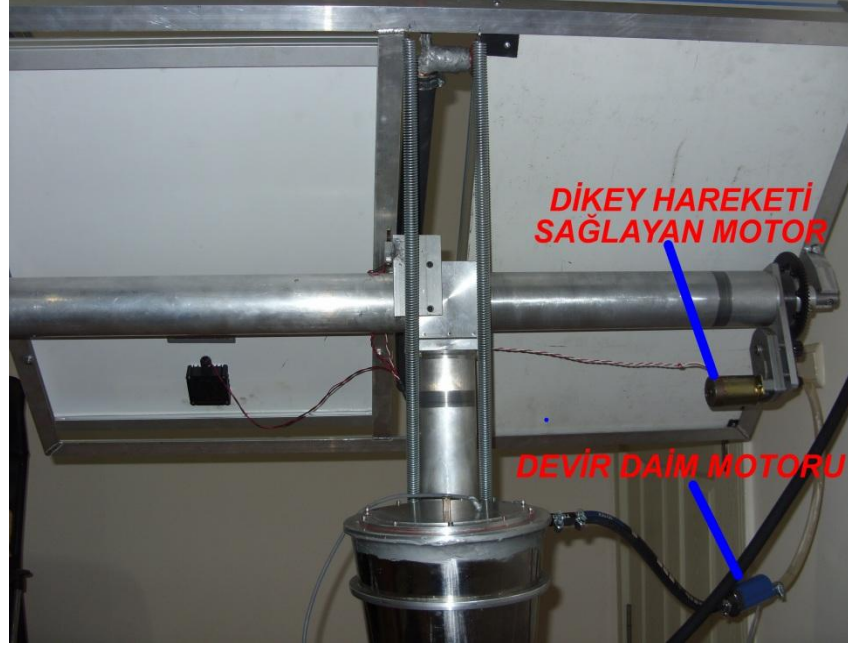


Şekil Ek A.1. Cihazın alttan görünüşü

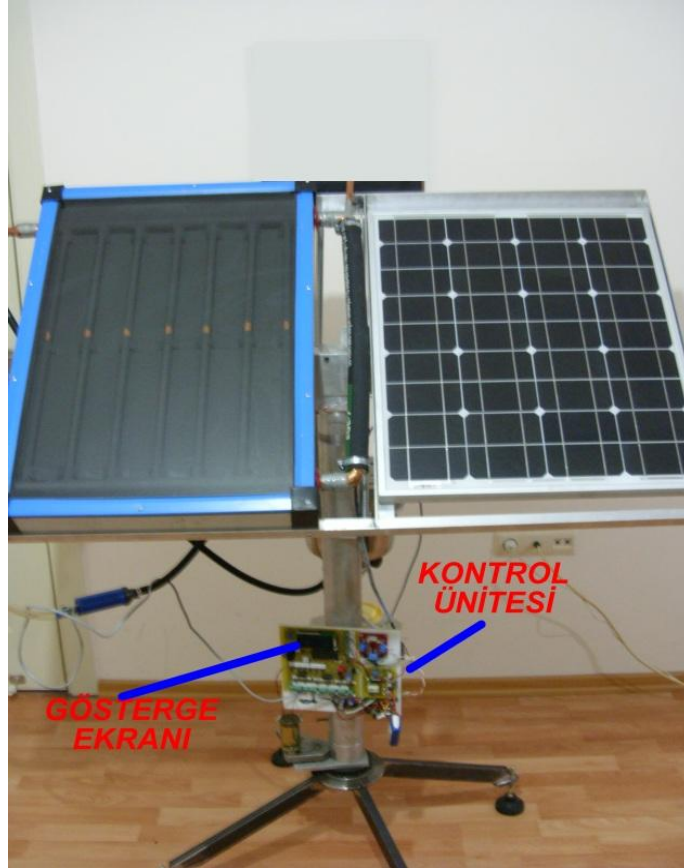


Şekil Ek A.2. Cihazın üstten görünüşü





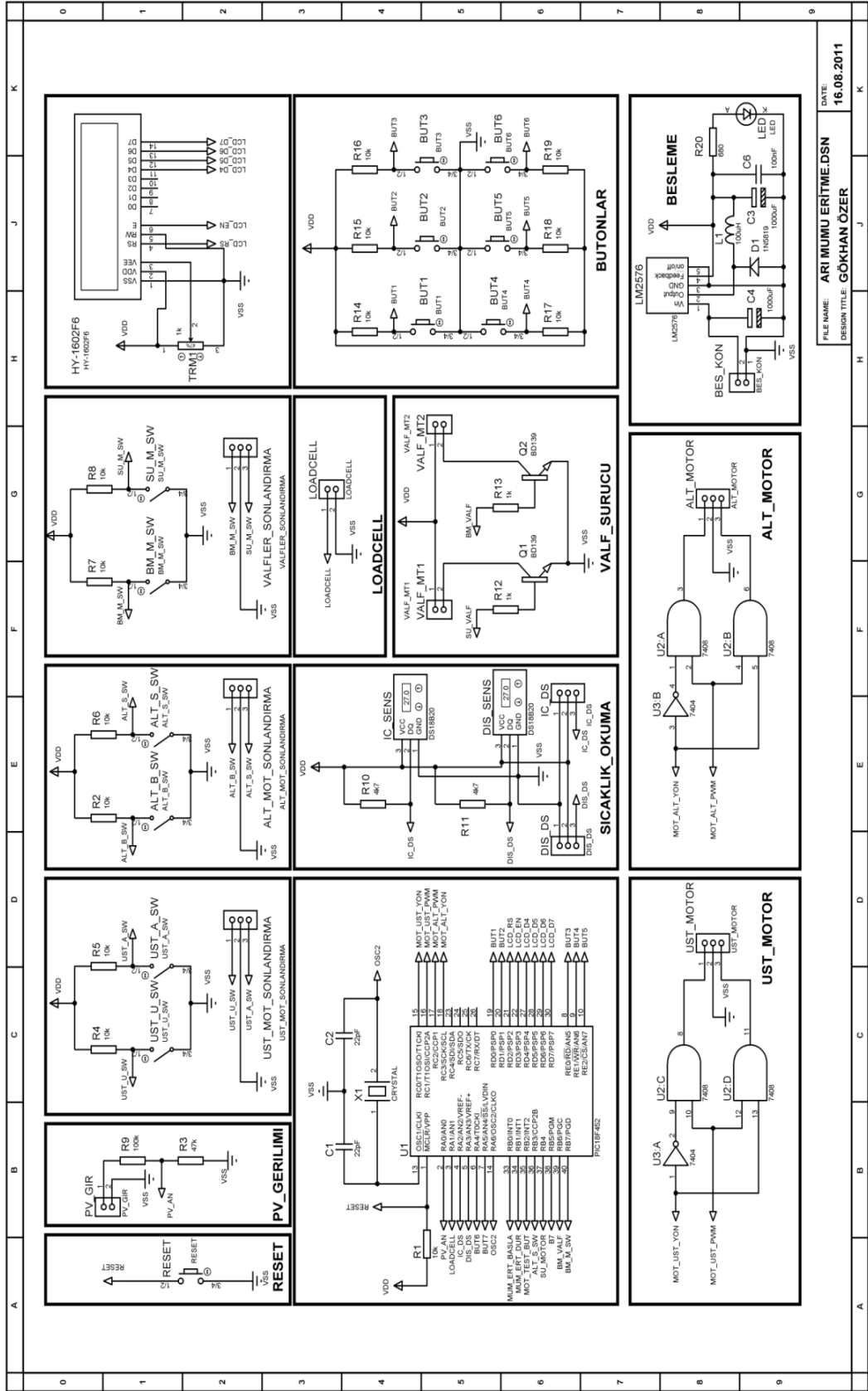
Şekil Ek A.3. Cihazın arkadan görünüşü



Şekil Ek A.4. Cihazın karşıdan görünüşü

**EK AÇIKLAMALAR B.**

**SİSTEMİN DEVRE ŞEKLİ**



Şekil Ek B.1. Sistemin devre şekli