

17037.

**T.C.  
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DÜZLEM KOLLEKTÖRLERDE GÜNEŞ TAKİP SİSTEMİNİN  
GELİŞTİRİLEREK UYGULANMASI**

**DOKTORA TEZİ**

**T. G.  
Yükseköğretim Kurulu  
Dokümantasyon Merkezi**

**Faruk ÜNSAÇAR  
Makina Y. Mühendisi**

**Danışman  
Prof. Dr. Akbay Tuğan GÖKÇE**

**KONYA 1990**

**T.C.  
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DÜZLEM KOLLEKTÖRLERDE GÜNEŞ TAKİP SİSTEMİNİN  
GELİŞTİRİLEREK UYGULANMASI**

**DOKTORA TEZİ**

**Faruk ÜNSAÇAR  
Makina Y. Mühendisi**

**Jüri Üyeleri  
Prof. Dr. Akbay Tuğan GÖKÇE  
Doç. Dr. Ali ERİŞEN  
Yrd. Doç. Dr. Hüseyin YAPICI**

**KONYA 1990**

## **DÜZLEM KOLLEKTÖRLERDE GÜNEŞ TAKİP SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLEREK UYGULANMASI**

### **ÖZET**

Asıl olarak, değişik sensörlerden alınacak bilgilerin bir digital bilgisayara alınması, burada bu bilgilerin işlenmesi ve sistemin ihtiyaçlarına göre elde edilecek sonuçlara uygun olarak çeşitli rölelere, vanalara, motorlara v.b. kumanda edilmesini sağlayacak bir sistemin geliştirilmesinin hedeflendiği bu çalışmada uygulama konusu olarak güneş takip sistemi seçilmiştir.

Sistemin kurulacağı yerin dünya üzerindeki yerinin önemli olması planlandığı için güneşin konumunu belirlemek üzere araları siyah plakalarla bölünmüş dört fotosel kullanılmıştır. Bunların ürettikleri sinyaller çeşitli elektronik devrelerden geçirildikten sonra bilgisayara alınmakta ve güneşin konumu belirlenerek kollektörün yere göre yatay ve düşey düzlemde hareket etmesini sağlayan iki step motora kumanda edilmekte, böylece kollektör her zaman güneş ışınlarına dik konumda tutulmaktadır.

Sistemde biri sabit diğeri takipli olmak üzere iki düzlem kollektör bulunmaktadır. Bu iki kollektöre ait ısı debilerinin mukayesesi amacıyla giriş ve çıkış sularının sıcaklıkları, sıcaklık sensörleri ile ölçülerek bilgisayar disketine kaydedilmekte, daha sonra bunlar printere aktarılmaktadır.

Ayrıca güneşin takip ettiği yörüngesinin tesbit edilmesi için, step motorların millerine bağlı potansiyometrelerin ürettiği değerler de bilgisayara alınarak diskete kaydedilmektedir.

Yukarıdaki fonksiyonları sağlayan sistem imal edilerek test edilmiş, elde edilen neticeler ekler kısmında sunulmuştur. Sisteme ait yapım resimleri de ekler kısmında sunulmuştur.

Son olarak, düzlem kollektörlere tatbik edilen takip sisteminin, sabit düzlem kollektörlere nazaran, ısı debileri mukayese edilerek getirdiği avantajlar değerlendirilmiştir.

## **DEVELOPMENT and APPLICATION OF A SUN TRACKING SYSTEMS FOR PLAIN COLLECTORS**

### **ABSTRACT**

In this work, it is aimed to develop a system that inputs data, coming from various sensors, into a digital computer and processes them in the computer then produces signals to control roles, vents and motors in accordance with system needs.

Sun tracking system has been chosen as a special case application.

It has been planned that the system should be independent from local conditions of the earth. For this purpose four photocells separated by black plates have been used to sense the position of the sun. The signals, produced by photocells and passed through various electronic circuits, have been input to the digital computer. The computer program determines the position of the sun by using these inputs and sends out control signals to two step motors which drive the plane collector in two axes, one is horizontal and the other is vertical relative to the earth.

The collector has always been positioned perpendicular to the sun rays.

There are two collectors in the system; fixed and tracer. Input and output water temperatures of both collector have been input to the computer by calibrated temperature sensors and are saved on disks, then printed out on paper.

The data produced by two potentiometers mounted on the shafts of steps have been input to the computer and are saved on disks as well. The purpose of this is to determine the daily orbit of the sun.

The system, with above mentioned capabilities has been constructed and tested. The experimental results and the drawings have been added to the appendix.

Finally heat flow rates of fixed and tracer collectors have been compared and the advantages of system have been evaluated.

Bu konu üzerinde çalışma fırsatı vererek, kıymetli zaman ve yardımlarını esirgemeyen sayın hocam Prof. Dr. Akbay Tuğan GÖKÇE' ye şükranlarımı ifade etmek isterim.

Projeyi finanse eden S.Ü. Araştırma Fonuna teşekkür ederim.

Projenin başından sonuna kadar fiili çalışmalarını ile bana destek olan sayın Hayati BİNGÖL' e, bilhassa uygulamaya yönelik yardımlarından dolayı ayrıca teşekkür ederim.

Bu vesileyle, emeği geçen bütün arkadaşlarıma çeşitli yardımları için teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
TEŞEKKÜR SAYFASI	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ŞEKİL LİSTESİ	viii
SEMBOLLER	ix
1. GİRİŞ	1
2. GÜNEŞ NEDEN TAKİP EDİLMELİ	3
2.1. DÜNYANIN HAREKETLERİ	3
2.2. GÜNEŞ AÇILARI	4
2.3. GÜNEŞ TAKİP SİSTEMLERİNİN GEREKÇESİ	5
3. GELİŞTİRİLMİŞ OLAN GÜNEŞ TAKİP SİSTEMLERİ VE UYGULAMA ALANLARI	7
3.1. GÜNEŞ PİLİ SİSTEMLERİ	7
3.2. GÜNEŞ KOLLEKTÖRLERİ	7
3.2.1. Ülkeler bazında	8
3.2.2. Ferdi çalışmalar	8
4. SİSTEMİN BELİRLENMESİ	13
4.1. GİRİŞ	13
4.2. DÜZLEM KOLLEKTÖRLERE GÜNEŞ TAKİP SİSTEMİNİN TATBİKİ	13
4.2.1. Düzlem kollektörde verim	13
4.2.2. Sistemin düzlem kollektörlere tatbikinin getireceği tahmini avantajlar	17
5. SİSTEMİN DİZAYN EDİLMESİ	19
5.1. KOLLEKTÖR BOYUTLARI VE AĞIRLIĞI	19
5.2. SİSTEMİN DÖNÜŞ EKSENLERİ	20
5.2.1. Kollektörün z- eksenine etrafındaki dönüşü	20
5.2.2. Kollektörün x- eksenine etrafındaki dönüşü	21
5.3. DÖNÜŞ EKSENLERİNDE BULUNMASI GEREKEN DÖNDÜRME MOMENTLERİ	21
5.3.1. Eksenlere göre kütle atalet momentlerinin hesabı	21
5.3.1.1. x- eksenine etrafındaki dönüş için kütle atalet momenti	21
5.3.1.2. z- eksenine etrafındaki dönüş için kütle atalet momenti	22
5.3.2. y ve z-eksenlerinde bulunması gereken döndürme momentleri	24
5.4. TAHİRİK SİSTEMİ	26
5.4.1. Giriş	26
5.4.2. Hareket mekanizması ve tahrik sisteminin belirlenmesi	26
5.4.3. Tahrik sistemleri	28
5.4.3.1. Hidrolik tahrik	28
5.4.3.2. Pnömatik tahrik	30
5.4.3.3. Elektrik motorları ile tahrik	30
5.4.3.4. Alternatif akım motorları	30
5.4.3.5. Doğru akım motorları	31
5.4.3.6. step (Adım) motorları	31

5.4.4. step motorlar	31
5.5. GÜNEŞİN KONUMUNU BELİRLEYİCİ ÜNİTE	34
5.5.1. Sistemin çalışma mantığı	34
5.5.2. Kollektör yüzeyinin, x- eksenini etrafındaki yani aşağı- yukarı hareketinde güneşe dikliği	35
5.5.3. Kollektör yüzeyinin, z- eksenini etrafındaki yani doğu- batı hareketinde güneşe dikliği	35
5.6. STEP MOTOR TAHRİK DEVRESİ	36
5.6.1. Motor uçlarının bağlantısı ve devrenin çalışma prensibi	36
5.6.2. Fotosellerin ürettikleri değerlerin, Kollektörlerin giriş ve çıkışlarındaki sıcaklık değerlerinin, Motor millerine akuple edilmiş pot değerlerinin, Bilgisayara alınması için dizayn edilen devre	38
5.7. Fotoseller	39
5.8. Kollektörlerin giriş ve çıkışlarındaki sıcaklık değerleri	39
5.9. Motor millerine akuple edilmiş potansiyometreler	39
6. SİSTEMİN KARAKTERİSTİKLERİ	40
6.1. ÇALIŞTIRMA TALİMATI	40
6.2. DENEME ÇALIŞTIRMASI	41
7. ISI DEBİLERİ	45
8. SONUÇ VE TAVSİYELER	47
ÖZGEÇMİŞ	49
EKLER	
A1. ISI DEBİLERİNİN MUKAYESESİ İÇİN YAPILAN ÖLÇÜMLERE AİT DEĞERLERİN TABLOSU	50
A2. YAPIM RESİMLERİ	74
A3. BİLGİSAYAR PROGRAMI	86
KAYNAKLAR	90

## ŞEKİL LİSTESİ

	<b>Sayfa</b>
Şekil 2.1: Yeryüzüne ulaşan radyasyon yoğunluğunun yıl boyunca değişmesi	3
Şekil 2.2: Dünyanın güneş etrafındaki yörüngesi	3
Şekil 2.3: Güneş açıları	4
Şekil 2.4: Güneş ışınının adi camdan geçişi ve enerji dönüşümü	5
Şekil 2.5: Eğik ve yatay kollektör düzlemi ile eğim açısı	6
Şekil 2.6: Bir yatay düzleme gelen radyasyonun günün saatleri itibarıyla dağılımı	7
Şekil 3.1: Güneş ışınları ile yemek pişirme cihazları	9
Şekil 3.2: Güneş ışınlarının sera ısıtılmasında kullanılması	10
Şekil 3.3: Güneş takipli heliostatın optik şeması	11
Şekil 4.1: Düzlem kollektörde ısı dengesi	15
Şekil 4.2: Üç düzlem kollektöre ait geliş açısı düzeltici değerleri	16
Şekil 5.1: Kollektör boyutları	19
Şekil 5.2: Kollektörün herhangi bir andaki pozisyonu	20
Şekil 5.3: Kollektörün z- ekseni etrafındaki dönüşü	20
Şekil 5.4: Kollektörün x- ekseni etrafındaki dönüşü	21
Şekil 5.5: Kollektörün x- ekseni etrafında tahrik edilmesi	21
Şekil 5.6: Döndürme eksenleri	22
Şekil 5.7: Eksen takımları	22
Şekil 5.8: Eksenler arasındaki uzaklık	23
Şekil 5.9: Tipik panel iskeletleri	26
Şekil 5.10: Parabolik odaklayıcı tip güneş pili hareket sistemi	27
Şekil 5.11: Aksiyal konsantre edici tip güneş pili hareket mekanizması	27
Şekil 5.12: Düzlem kollektörün iki eksende hareketini sağlayabilecek mekanizma	27
Şekil 5.13: Güneş takipli düzlem kollektör hareket mekanizması	28
Şekil 5.14: Müvezzi valf (spool valf) çalışma prensibi	28
Şekil 5.15: Yön valflerinin aksenel olarak tahrik metodları	29
Şekil 5.16: Müvezzi valfin pilot hattı ile elektronik tahriki	29
Şekil 5.17: step motor yapısı ve çalışma prensibi	32
Şekil 5.18: Güneşin konumunu belirleyici ünitenin düzlem kollektöre monte edilmesi	34
Şekil 5.19: Güneşin konumunu belirleyici ünitelerde fotosellerin yerleşimi	34
Şekil 5.20: Step motorda uçların bağlantı şeması	36
Şekil 5.21: Step motor driver, motor seçici röle ve fotosel- termometre rölelerinin bağlantı şeması	37
Şekil 5.22: Elektronik devre şeması	38
Şekil 7.1: Takipli ve takipsiz kollektörlere ait giriş ve çıkış suyu sıcaklıklarının okunması ve kağıda yazılmasını gösteren şema	45



## SEMBOLLER

$\dot{Q}$	Kollektörde sağlanan faydalı ısı debisi, $[\dot{Q}]=W$
$F$	Kollektör yüzey alanı, $[F]=m^2$
$\dot{H}$	Birim yüzeyin aydınlığı, $[\dot{H}]=W/m^2$
$G$	Geçirme oranı
$A$	Absorbsiyon sayısı
$\infty$	Yüzey ısı geçiş katsayısı
$t_d$	Absorbe edici plakanın üst yüzeyinin ortalama sıcaklığı, $[t_d]=^{\circ}C$
$t_o$	Atmosfer sıcaklığı, $[t_o]=^{\circ}C$
$t_g$	Kollektöre giren akışkan sıcaklığı, $[t_g]=^{\circ}C$
$t_{\phi}$	Kollektörden çıkan akışkan sıcaklığı, $[t_{\phi}]=^{\circ}C$
$(GA)_n$	Normal geçirgenlik- absorpsiyon katsayısı
$F_R$	Düzeltilme katsayısı
$\dot{m}$	Kollektörde ısınan akışkanın kütleli debisi, $[\dot{m}]=kg/s$
$c_p$	Kollektörde ısınan akışkanın özgül ısı, $[c_p]=J/kg^{\circ}C$
$\eta$	Kollektör verimi
$a$	Kollektör uzunluğu, $[a]=m$
$b$	Kollektör genişliği, $[b]=m$
$c$	Kollektör kalınlığı, $[c]=m$
$d$	Kollektör tabanı ile tahrik pinyonunun eksenleri arasındaki mesafe, $[d]=m$
$m$	Kollektör ağırlığı, $[m]=kgf$
$x, y, z$	Kollektör dönüş eksenleri
$I$	Kütle atalet momenti, $[I]=kgm^2$
$M$	Döndürme momenti, $[M]=Nm$
$\omega$	Açısal hız, $[\omega]=1/s$
$\dot{\omega}$	Açısal ivme, $[\dot{\omega}]=1/s^2$
$\theta$	Döndürme hareketinde katedilen açı, $[\theta]=rad$
$f(n)$	Fotosel numarası
$f$	Fotosellerden alınan akımlar arasındaki farkın digital karşılığı

## 1. GİRİŞ

Güneş enerjisinden yararlanmak için geliştirilen sistemlerde direkt radyasyondan faydalanma miktarının maksimum olması için geliş açısının  $90^\circ$  olması gerekir. Geliş açısı zamana ve sistemin dünya üzerindeki konumuna bağlı olarak değişir. Kollektör veya reflektörü güneş ışığına dik konumda tutabilmek, yani geliş açısını optimize etmek amacıyla güneş takip sistemleri geliştirilmiştir. Tek ya da iki eksenli güneş takip sistemleri mevcuttur.

Güneş takip mekanizmaları, güneş pillerini sürekli olarak güneşe doğru yöneltmek veya güneş ışığını sürekli olarak güneş pili panellerinin üzerine yansıtmak için kullanılmaktadır. Güneş pilleri için odaklayıcı sistemler kullanılır.

Güneş takip sistemlerinin en büyük uygulama alanı, güneş ışığını belli bir eksen veya yüzey üzerinde yoğunlaştıran, odaklayan kollektörlerdir. İçinden ısıtılmak istenen akışkanın geçtiği boru, daima güneşi takip eden aynaların yansıttığı direkt radyasyona maruz bırakılarak yüksek hararet elde edilmeye çalışılır.

T.A. Lawand , lvary Coast'ta kahve ve kakao kurutmak için geliştirilen see-saw-dryer'ların sabahleyin doğuya, öğleden sonra ise batıya yönelecek şekilde hareketli olduklarını bildirmiştir.

N. S. Şaiylov and Sh. Nazarov , bir heliostat sisteminde yalnız bir eksen etrafında dönerek güneşi takip eden bir sistemi gözönüne almışlardır. Azimut hızı ve Zenit açısı sabit olan "kör" takip mekanizması (Güneşin yokluğunda da hareketi devam edebilmekte) için uygun eğimi tayin etmeye çalışmışlardır. Kör takip mekanizması; yılın her gününe ait bilgileri ihtiva eden özel bir hafıza elemanı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Bannerot, R.B. and Howell, J.R. , doğu batı istikametinde sıralanmış trapez şeklinde yükselen yansıtıcı duvarlar ihtiva eden düzlem kollektörlerin radyasyon sağlama özelliklerini araştırmışlardır.

Crain, R. W. , Sr , aynı anda işletilen düzlem ve parabolik tip kollektörlerde güneş takip mekanizmasını kullanmış, toplanan enerjinin pyrhelimetre tarafından kaydedilen enerji oranı cinsinden kollektör verimini araştırmıştır.

Lynes, J.H. , düzlem kollektörler için optimum eğimi araştırdığı çalışmasında, aynı bölgede mevsim şartlarına bağlı olarak değişik eğim açılarının uygulanması gerektiğini belirtmiş. Bir bölge için mevsime bağlı olduğundan dolayı sadece bir tek optimum eğim olmadığı sonucuna varmıştır.

Morse, R.N. and Czarnecki, J.T. , düzlem kollektörlerin dizayn ve işletim faktörlerinden eğim açısı ve azimut değişikliklerinin, değerlendirilen güneş enerjisi miktarını etkilediklerini belirtmişlerdir.

Bu çalışmada ise bulunduğu yerden bağımsız olarak azimut ve altitud açılarını tarayacak şekilde geliş açısını  $90^\circ$  yapacak, iki eksenle hareket edebilen bir sistem dizayn ve imal edilmiştir. Ayrıca yapılan testler neticesinde takipli ve takipsiz düzlem kollektörlere ait ısı debileri mukayese edilmiştir. Dizayn aşamasında sistemin modellenmesi amacıyla, DesingScop isimli simülasyon programı, baskı devrelerin çizilmesinde SmartWork ve MacCad isimli programlar kullanılmıştır. Tezin hazırlanmasında ise MacDraft, Ms Excel ve ReadySetGo programları kullanılmıştır.

Sistem, güneşin optik olarak aranarak bulunması ve kollektörü taşıyan panelin o yöne dönmesi esasına göre çalışmaktadır. Tahrik step motorlar ile yapılmıştır. Esas itibarıyla Z-80 microprocessor bulunan bir bilgisayar; ölçme, okuma, değerlendirme, motorları döndürme v.b. gibi tüm operasyonları gerçekleştirmektedir.

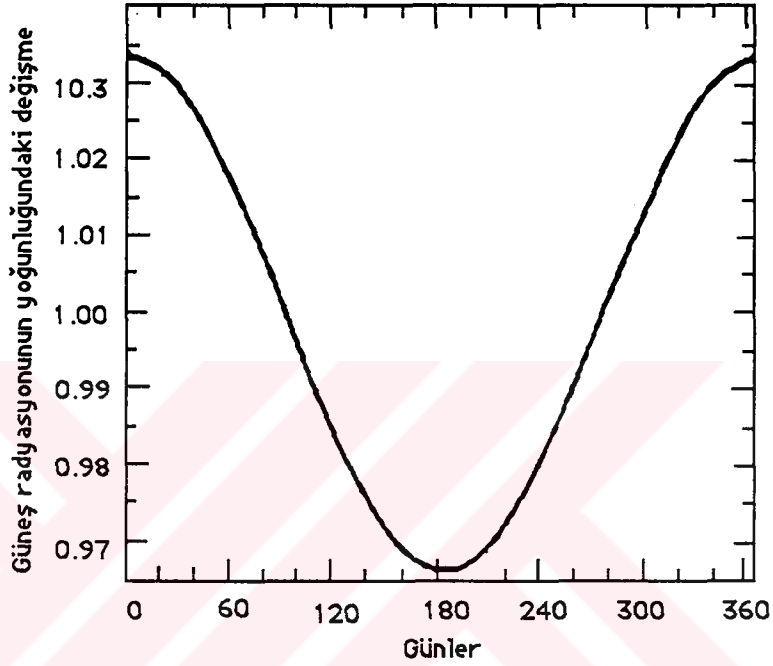
Başlangıçta sistem özel amaçlı olarak düşünülmüş olmasına rağmen çok küçük değişikliklerle geniş bir uygulama sahası bulabilecek universal nitelikte olmuştur.



## 2. GÜNEŞ NEDEN TAKİBEDİLMELİ

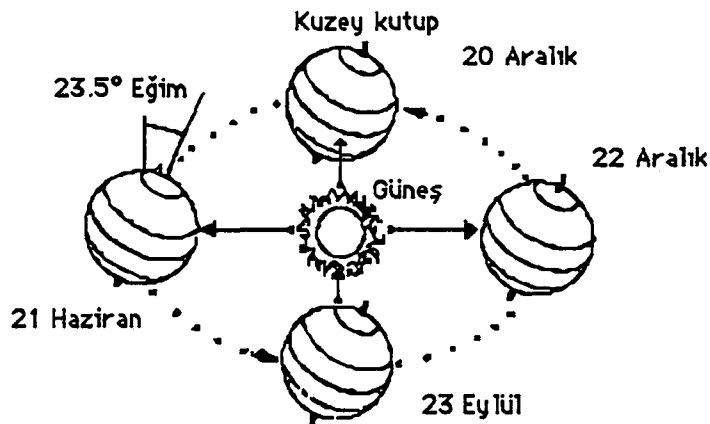
### 2.1 DÜNYANIN HAREKETLERİ

Dünya güneş etrafındaki eliptik bir yörünge üzerindeki dönüşünü bir yılda tamamlar. Güneş-Dünya arasındaki mesafe, 150 milyon km olan ortalama uzaklıktan yaklaşık %3 değişiklik gösterir. Bu değişiklik yeryüzüne erişebilen güneş radyasyonunun yoğunluğunda sinusoidal bir değişikliğe sebep olur, şekil 2.1.



Şekil 2.1: Yeryüzüne erişen güneş radyasyonu yoğunluğunun güneş-dünya arasındaki uzaklığa göre yıl boyunca değişmesi.

Dünyanın kendi etrafındaki dönüş eksenini, güneş etrafındaki eliptik yörünge düzlemine dik olmayıp,  $23.5^\circ$  eğiktir. Aslında dünyanın eksenini kuzeydeki KUTUP yıldızına doğru yöneliktir, şekil 2.2.



Şekil 2.2: Dünyanın güneş etrafındaki yörüngesi

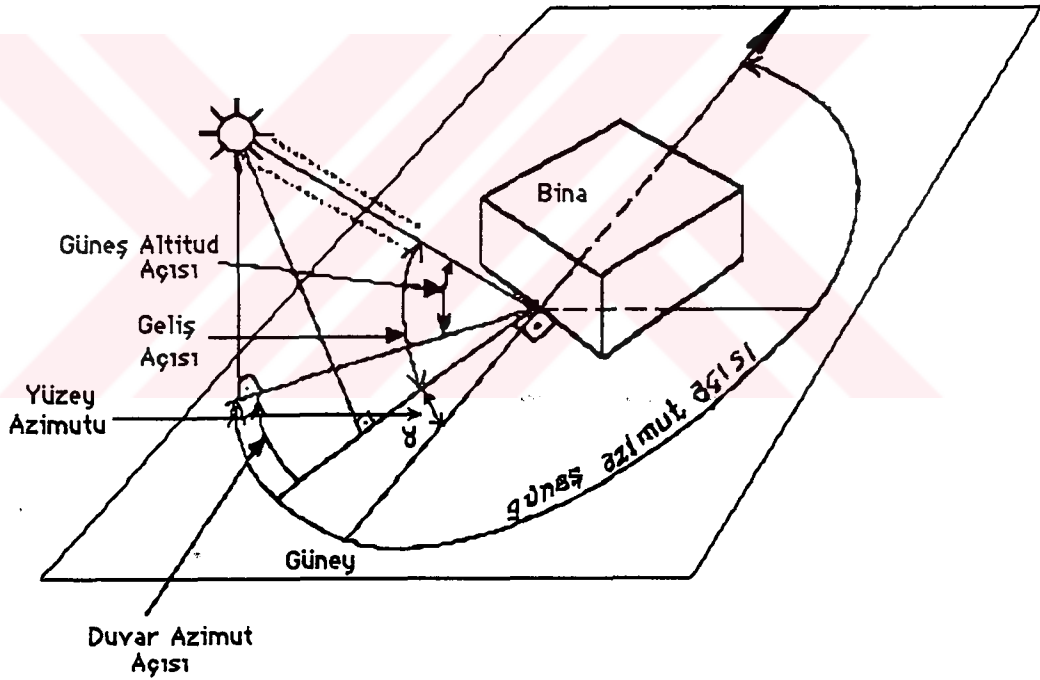
Bu eğim, yılın farklı mevsimlerinde dünya üzerindeki aynı noktada EĞİM AÇILARININ zamana bağlı olarak değişmesine sebep olur. Bunun sonucu olarak kuzey yarımküre kışın güneşten uzaklaşacak şekilde, yazın ise güneşe yaklaşacak şekilde eğilmiş olur.

Dünya kendi eksenini etrafındaki dönüşünü bir günde tamamlar. Böylece gece ve gündüz meydana gelir. Günü tanımlama ve süresi, gözleyicinin dünya üzerinde bulunduğu yere bağlıdır. Güneş zamanının, öğle üzerinden öğle üzerine kadar geçen zaman olarak ölçülmesine rağmen, uygunsuzlukları minimize etmek için bir gün, gece yarısından gece yarısına 24 saat olarak tanımlanmıştır.

Güneş günleri aynı uzunlukta değildir. Dünyanın eliptik yörüngesinden dolayı mevsimden mevsime uzunluğu değişir. Fakat ortalama olarak 24 saat olarak tanımlanmıştır.

## 2.2 GÜNEŞ AÇILARI

Güneşin konumu Altitud ve Azimut açıları ile belirlenir. Şekil 2.3.



Şekil 2.3: Güneş açıları

**Altitud Açısı:** Güneşin merkezi ile dünya üzerinde dikkate alınan bir noktadan geçen yatay düzlem arasındaki açıdır. Yani güneş ve bir nokta ile bu noktadan geçen yatay düzleme güneşten çizilen dikini teşkil ettiği düzlemin yatay düzlemdeki arakesiti ile güneşle noktayı birleştiren doğrunun teşkil ettiği açıdır. Bazı literatürde güneşin konumunu ifade etmek için kullanılan zenit açısı da altitud açısını  $90^\circ$  ye tamamlayan açıdır.

**Azimut Açısı:** Yatay düzlemde güneşi yeryüzüne birleştiren düşey düzlem ile kuzey yönü arasındaki açıdır. Yani dikkate alınan noktadan geçen, yatay düzlem üzerinde, altitud açısının bulunduğu düzlem ile kuzey yönünün teşkil ettiği açıdır.

Dünya üzerindeki herhangi bir noktaya göre, yılın herhangi bir zamanında güneşin pozisyonunu belirlemek için trigonometrik bağıntılar kurulmuş ve grafikler düzenlenmiştir.

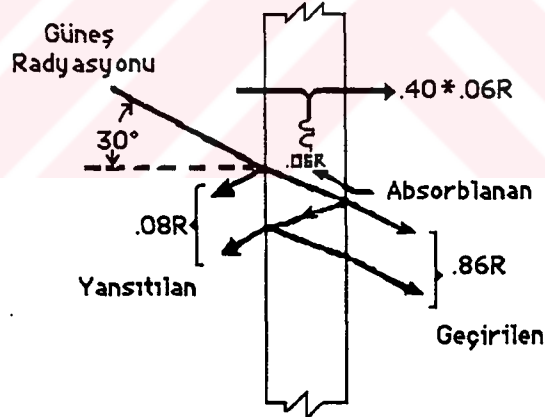
Kurmaya çalışacağımız sistem yerden ve zamandan bağımsız olacaktır için, bunlar üzerinde durmaya ihtiyaç hissedilmemiştir. Yani sistem dünya üzerinde nerede bulunursa bulunsun ve yılın hangi günü ve günün hangi saati olursa olsun, daima güneşe dik konumda bulunacaktır. Zira sistem, güneşin optik olarak aranması ve o yöne otomatik olarak yönelmesi esasına göre çalışacaktır.

### 2.3 GÜNEŞ TAKIP SİSTEMLERİNİN GEREKÇESİ

Güneş enerjisinden faydalanmak için geliştirilen sistemler, güneşin radyasyonundan yararlanırlar. Adi bir camdan geçen direkt radyasyon yoluyla elde edilecek ısı, onun dünya üzerindeki yerine (enlem itibarıyla), hangi yöne dönük olduğuna, günün hangi saatinde ve yılın hangi gününde bulunduğuna bağlıdır.

Geliş açısı (incidence angle): güneş ışığı ile cam normali veya yüzey normali arasındaki açıdır, şekil 2.3. Direkt radyasyonun yansıtılan veya aktarılan miktarı geliş açısına bağlıdır.

Şekil 2.4 de  $30^\circ$  lik geliş açısı teşkil eden bir basit cam yüzey için bu değerler güneş ışınının oranı olarak ifade edilmiştir.



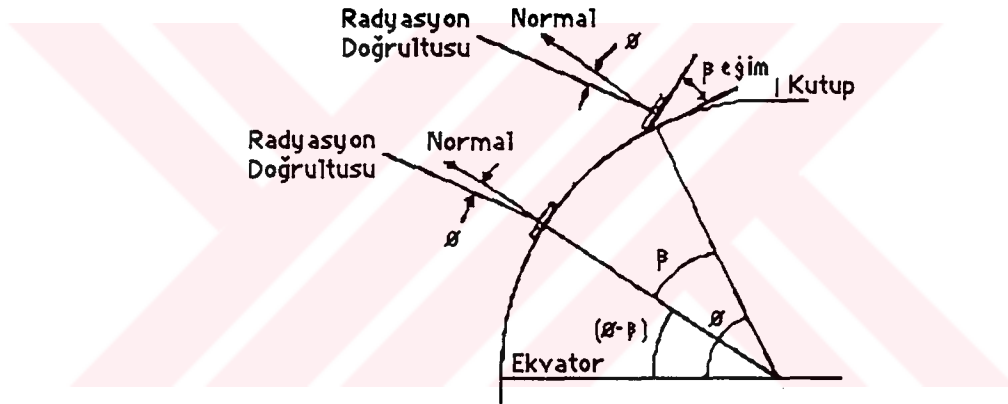
Şekil 2.4: Güneş ışınının adi camdan geçişi ve enerji dönüşümü

Küçük geliş açılarında yaklaşık olarak %86 veya %87 si aktarılıp %8 veya %9 u yansıtılır. Şekilden de görülebileceği gibi geliş açısı büyüdükçe yansıtılan miktar artar; geçirilen miktar azalır. Camın kalınlığının da burada etkili olduğu unutulmamalıdır. Yaklaşık %5 veya %6 sı cam tarafından absorbe edilir. Tablo 2.1 de de geliş açısına bağlı olarak Lampblack paint kaplı bir yüzeye ait güneş radyasyonunun yüzde olarak absorbe edilen miktarı görülmektedir. Geliş açısı büyüdükçe absorpsiyon oranının azaldığına dikkat edilmelidir.

Geliş açısı [°]	Absorbsiyon oranı
0-30	0.96
30-40	0.95
40-50	0.93
50-60	0.91
60-70	0.88
70-80	0.81
80-90	0.66

Tablo 2.1: Lampblack paint kaplı bir yüzeyin absorbsiyon oranının geliş açısına bağlı olarak değişmesi.

Güneş enerjisinden yararlanmak için geliştirilen sistemlerde direkt radyasyondan faydalanma miktarının maksimum olması için geliş açısının minimum hatta sıfır olması gerekir. Şekil 2.5 den de basitçe görülebileceği gibi kollektör veya reflektörün bulunduğu yere göre aynı geliş açısını elde et-

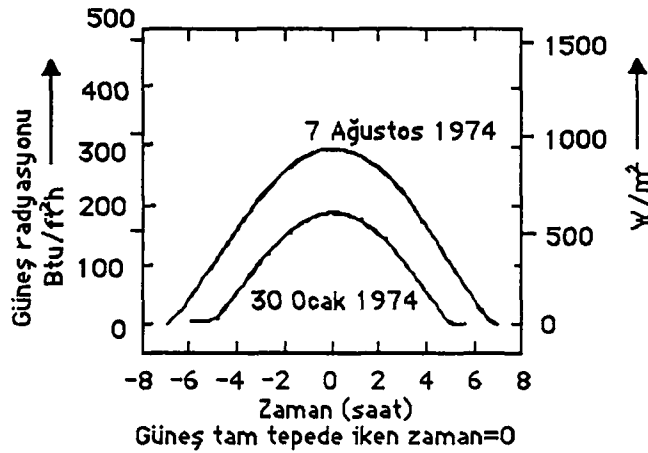


Şekil 2.5: Eğik ve yatay kollektör düzlemi ile eğim açısı.

mek için farklı eğim açıları  $\beta$  gerekecektir. Ekvatorla  $\phi$  açısı yapan enlemde bulunan ve güneşe  $\beta$  eğim açısı ile bakan kollektör, ekvatorla  $(\phi-\beta)$  açısı yapan enlemde bulunan yatay durumdaki kollektör ile aynı güneş açlarına sahiptir. Dünyanın  $23.5^\circ$  eğik eksen ve güneş etrafındaki dönüşü ile meydana gelen, zaman içindeki değişikliklere uygun geliş açısının, sıfır olmasını temin edebilmek için, eğim açısının yer ve mevsimler itibarıyla değiştirilmesi gerekir. Bunun için kuzey-güney istikametinde yani aşağı-yukarı hareket ile tek eksende güneşin takip edilmesi gerekir.

Ayrıca güneşin hergün doğudan batıya doğru olan hareketinin geliş açısına olan etkisini ortadan kaldırmak için kollektör veya reflektörün bu doğrultudaki açısının da günün saatleri itibarıyla değiştirilmesi gerekir. Sabit, yatay bir düzleme gelen enerji sabah ve akşam dolaylarında en az, öğle saatlerinde ise en fazla olmaktadır. Şekil 2.6 da California-Livermore-37 enleminde bir yatay düzleme gelen radyasyonun günün saatleri itibarıyla yaklaşık kosinüs fonksiyonu şeklindeki dağılımı görülmektedir. Geliş açısının minimum olabilmesi için güneşin doğu-batı istikametindeki hareketinin de takip edilmesi gerekir.

İşte güneş takip sistemleri (Solar tracking systems) bu açılardan biri-



Şekil 2.6: Bir yatay düzleme gelen radyasyonun günün saatleri itibarıyla dağılımı.

ni veya her ikisini birden değiştirmek suretiyle, güneş ışınının kollektör üzerine tam dik olarak gelmesini sağlamak için geliştirilmişlerdir. Güneşin iki eksenli hareket ile izlendiği sistemlerde geliş açısı  $90^\circ$  olmaktadır, [1].

### 3. GELİŞTİRİLMİŞ OLAN GÜNEŞ TAKIP SİSTEMLERİ VE UYGULAMA ALANLARI

#### 3.1 GÜNEŞ PİLİ SİSTEMLERİ

Güneş takip mekanizmaları, güneş pillerini sürekli olarak güneşe doğru yöneltmek veya güneş ışığını sürekli olarak güneş pili panellerinin üzerine yansıtmak için kullanılmaktadır. Isıtmadan ziyade soğutma ihtiyacı duyulduğu için güneş pillerinde problemler, güneş kollektörlerindeki farklı olmasına rağmen güneşin direkt radyasyonundan faydalanabilmek için geometrik düzenleme problemleri aynıdır. Bilhassa güneş pillerini taşıyan düzlem panellerin güneşe dik pozisyonlarda bulundurulmaları gereği, düzlem güneş kollektörlerinde de talep edilir.

Güneş pilleri için odaklayıcı (concentrating) sistemler kullanılır. Tek ya da iki eksenli güneş takip sistemleri geliştirilmiştir. Rijit yapı paneller de mevcuttur. Uzay araçlarında enerji kaynağı olarak kullanılan güneş pilleri için, güneş takip sistemleri şarttır [2].

#### 3.2. GÜNEŞ KOLLEKTÖRLERİ

Güneş takip sistemlerinin en büyük uygulama alanı güneş ışığını belli bir eksen veya yüzey üzerinde yoğunlaştıran, odaklıyan kollektörlerdir (Concentrating collectors). Bunlarda, içinden ısıtılmak istenen akışkanın geçtiği boru, daima güneşi takip eden aynaların yansıttığı direkt radyasyona maruz bırakılarak yüksek hararet elde edilmeye çalışılır. Parabolik kollektörlerde yansıtma parabolik yüzeyce yapılmaktadır. Bir başka tür uygulamada güneşi takip eden düz veya parabolik aynalar, güneş ışıklarını belirli bir eksen üzerine göndererek konsantre ederler. Bu kısım girişten sonra, güneş takip sistemleri ve aynı amaca yönelik benzer çalışmaları, önce



ülkeler bazında; daha sonra yayınlanmış makaleler bazında inceleyelim.

### 3.2.1 Ülkeler bazında

1961 de İtalya'da elle tahrik edilen bir güneş takip sistemi buhar üretimi için uygulanmıştır. Daha sonra 1965 de güneşin saatte  $15^\circ$  lik bir açı taradığı dikkate alınarak, güneşin hareketine uyum sağlayacak tarzda dönebilen ve bir zaman saati tarafından kumanda edilen bir düzlem kollektör mekanizması uygulanmıştır [3]. Bu sistemde saat 11.00 ile 15.00 arasında  $1500^\circ\text{C}$  sıcaklık ve 150 bar basınçta 40 kg/saat buhar üretilmiştir.

Hindistan'da 1974 den sonra Punjab Ziraat Üniversitesinde düşük-konsantrasyonlu kollektör ile 5 atm basınçlı buhar üretimi gerçekleştirilmiştir. Yüksek konsantrasyonlu kollektörlerin ise Radio Telescope Laboratories, Oatacmund'da geliştirme çalışmaları sürdürülmektedir. Gerekli bütün aletler Hindistan'da üretilmektedir.

Federal Almanya, 1974 petrol krizine kadar güneş enerjisinden faydalanmayı enteresan bulmamış, fakat daha sonra sıcak su elde edilmesi, binaların ısıtılması, soğutulması, elektrik elde edilmesi; destilasyon ve kurutma işlemi konularında güneş enerjisinden faydalanmıştır. Petrokimya, biyolojik ve kimyasal sahada güneş enerjisi kullanımına yönelik araştırma-geliştirme çalışmaları ve bazı sahalarda ticari imalatlar gerçekleştirmiştir. 10 kW elektrik ve  $200^\circ\text{C}$  sıcaklık elde edilmesine yönelik çalışmalarda güneş takip sistemlerinden bahsedilmemiş olmasına rağmen, bu sistemlerden kesinlikle istifade edilmiş olması gerekir [4].

Fransa'nın Odeillo şehrinde yaklaşık  $350^\circ\text{C}$  sıcaklıkla çalışan güneş enerjisi sisteminde günde ortalama 60 kW güçle elektrik enerjisi üretilmektedir. Bu sistemde de güneş takipli odaklayıcı sistemler kullanılmaktadır.

Avusturya'da birçok türde düzlem ve güneş takipli - odaklayıcı tip kollektör imal edilmektedir. Ülke çapında ise güneş enerjisinden ısıtma-soğutma ve elektrik üretimi sistemlerinde faydalanılmaktadır [4].

Kanada, Mısır, Libya, Suudi Arabistan'da ve ABD'de benzer sistemler uygulanmakta ve geliştirilmektedir.

### 3.2.2 Ferdi çalışmalar.

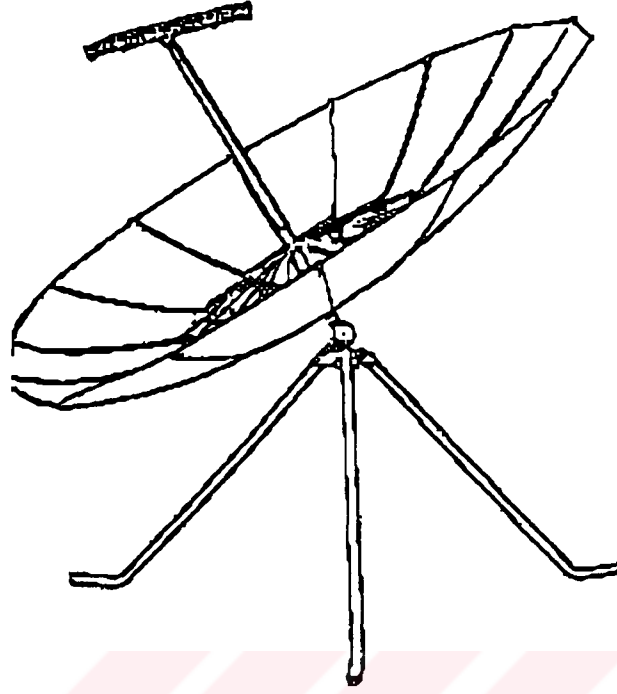
T.A.Lawand [4], İvory Coast'ta kahve ve kakao kurutmak için geliştirilen see-saw dryer'ların sabahleyin doğuya, öğleden sonra ise batıya yönelecek şekilde hareketli olduklarını bildirmiştir.

T.A.Lawand [4], güneş enerjisi ile yemek pişirmek için ileri sürdüğü üç sistemde, şek 3.1, güneş takip sisteminden faydalanılmaktadır.

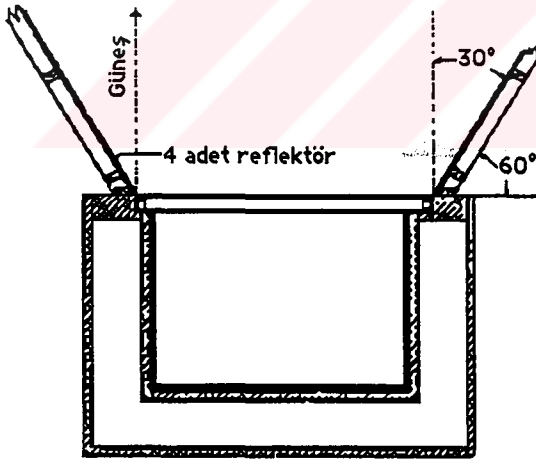
Hans Kleinrath [4], parabolik odaklayıcı kollektörlerle 10 kW lık güneş- elektrik enerjisi ünitesinde güneş takip sisteminden yararlanmıştır.

M. Posnansky [4], özel bir otomatik kontrol sistemi ile parabolik tipte iki yüzlü yansıtıcıları tahrik ederek geliştirdiği güneş takip sistemini, bir seranın aydınlatılması ve ısıtılmasında kullanmıştır, şekil.3.2.

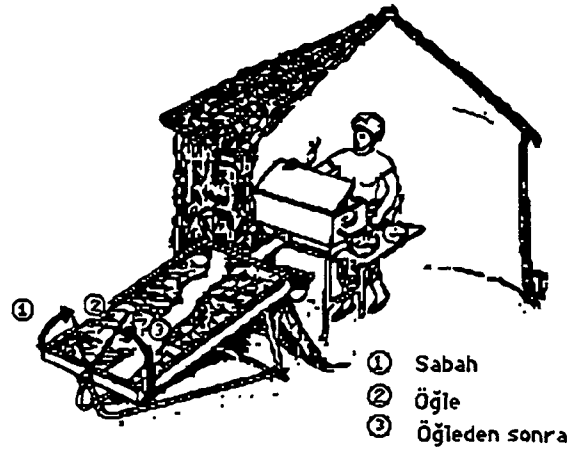
Erich A.Farber [4], detaylarını tartıştığı güneş enerjili havalandırma-soğutma sistemlerinde yüksek sıcaklıklara ulaşmak için güneş takipli odaklayıcı kollektörler ile düzlem kollektörlerin kullanımlarını mukayese etmiştir. Netice itibariyle güneş takipli odaklayıcı sistemlerin yalnız



a) Ayarlanabilir şemsiye tipli parabolik Yansıtıcı güneş ocağı

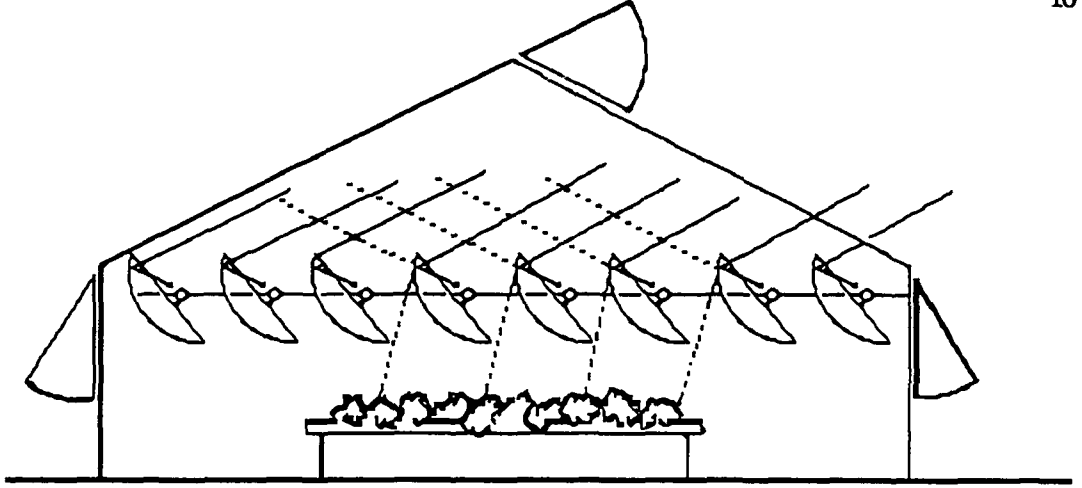


b) Düşük maliyetli hot-box güneş fırını

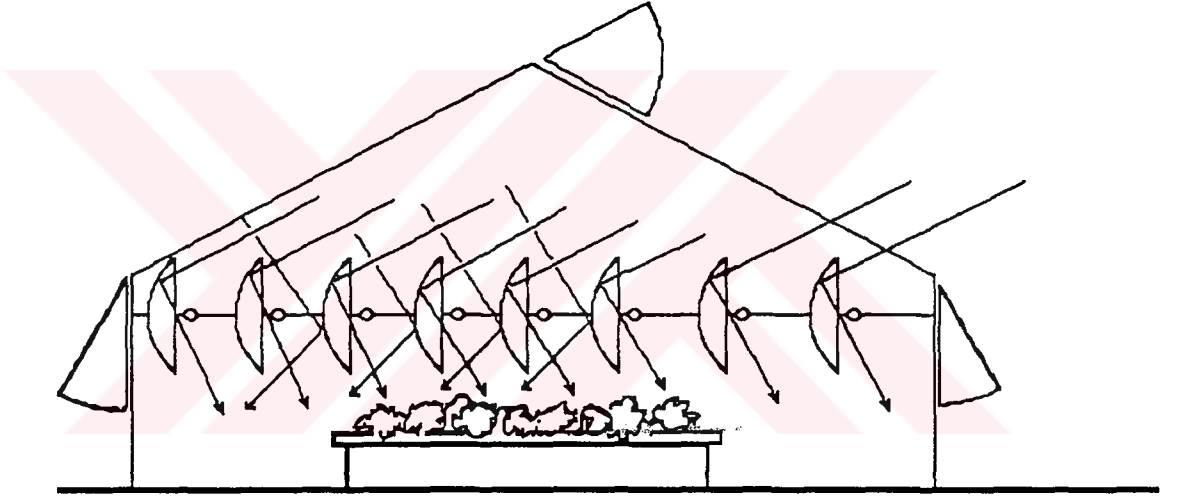


c) Güneş buhar ocağı

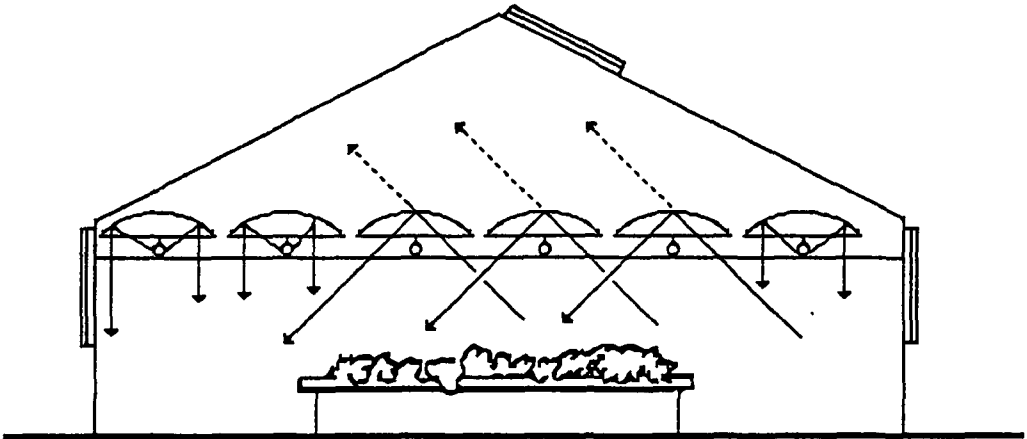
Şekil 3.1: Güneş ışınları ile yemek pişirme cihazları



Sera ve odaklayıcı güneş kolektörleri



Yayılan radyasyonu toplamak için kolektör pozisyonu



Geceleyin kolektör pozisyonu

Şekil 3.2: Güneş ışınlarının sera ısıtılmasında kullanılması

direkt radyasyonu kullanabildiklerinden bilhassa bulutlu havalarda güneş enerjisinden yararlanamayacaklarını ifade etmiş,daha düşük sıcaklıktaki uygulamalar için, hem direkt hem de yayılı radyasyondan faydalandıkları için düzlem kollektörlerin tercih edilebileceklerini ifade etmiştir.

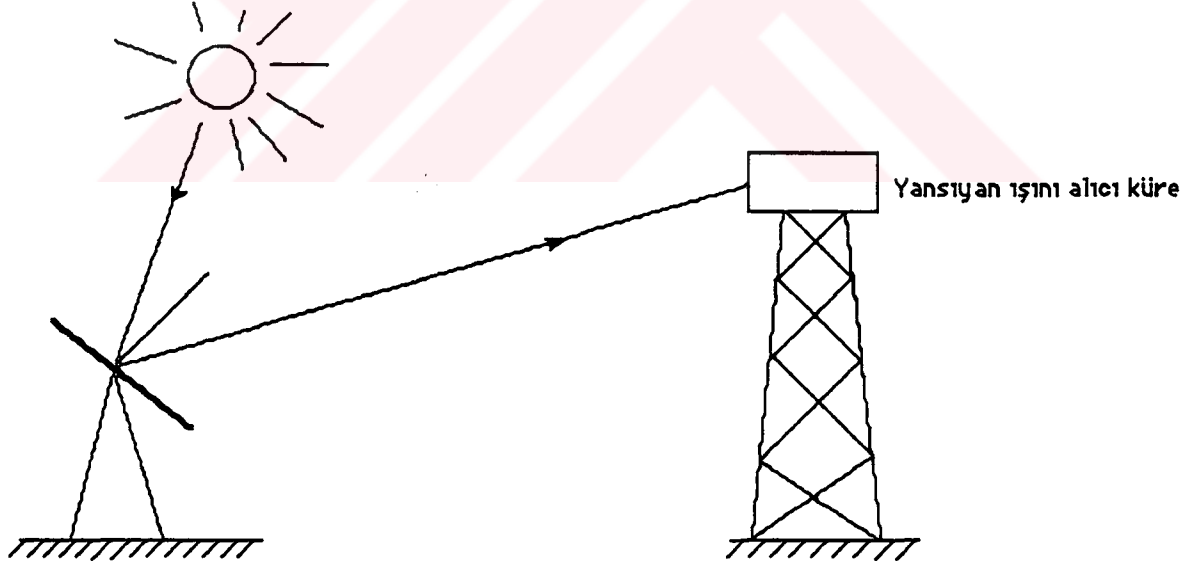
A.Eggers-Lura [4], güneş enerjisi ile çalışan soğutucularda düz kollektörlerin,metalik düz aynalı odaklayıcılarla desteklenebileceğini ifade etmiştir.

Jyoti K.Parikh [4], güneş enerjisi motorlarında manuel olarak işletilecek güneş takipli odaklayıcıların kullanılması halinde verimin %10 artacağını umduğunu belirtmiştir.

W.P.Schimmel,JR.,C.E.Hickox,Mems ASME,and D.O.Lee [5], güneş enerjisi toplanmasında karşılaşılan bir çok gölgelendirme ve güneş takibi problemlerine uygun vektörel çözümler getirmişlerdir.

N.S.Saiylov and Sh.A.Nazarov [6], heliostatlar için otomatik güneş takip sistemi geliştirmişlerdir. Kör takip adını verdikleri sistemin güneşi yakalama açısı  $2^{\circ}$  -  $3^{\circ}$  dir. Değişken bulutlu hava şartlarında dahi radyasyon algılayıcının üzerine radyasyon gönderilebilmektedir. Sistem,hız ayarlanmasına müsaade ettiği için asenkron motorla tahrik edilmiştir.

N.I.Yurgel and E.F.Zaretskii [7], güneş enerjili elektrik santrallerinde kullanılan heliostatların otomatik güneş takip sisteminin kontrolü için diferansiyel denklemler teklif etmişlerdir. Sürekli,kesiksiz kontrol sistemindeki gecikmeler, tahrik mekanizmasındaki boşluk vb. etkenler gözönüne alınarak denklemler türetilmiştir, şek.3.3.



Şekil 3.3: Güneş takipli heliostatın optik şeması

Otomatik heliostat kontrol sistemi, optik ışın- yansımali sensör (Optical Reflected-Ray sensor = RRS) kullanılarak kurulmuştur. RRS, yansıyan ışının azimut ve zenit yönlerinden sapmasını kaydeder. RRS den gelen sinyaller sistemdeki kontrol cihazları tarafından heliostatın tahrik mekanizmasına giden kontrol sinyallerine dönüştürülür.

N.S.Saiylov and Sh.Nazarov [8], bir heliostat sisteminde yalnız bir eksen etrafında dönerek güneşi takip eden bir sistemi gözönüne almışlar, azimut hızı ve zenit açısı sabit olan bir "kör" takip mekanizması (güneşin

yokluğunda da hareketi devam edebilmekte) için uygun eğimi tayin etmeye çalışmışlardır. Kör takip mekanizması, yılın her gününe ait bilgileri ihtiva eden özel bir hafıza elemanı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

A.V. Suprun, L.N.Stronskii and V.N. Shevchenko [9], petek şeklindeki düzlem kollektörler üzerinde yaptıkları deneysel araştırmalar neticesinde, bunların geliş açısının değişmesinden etkilenmedikleri ve bu yüzden bütün bölgelerde enlem dikkate alınmadan kullanılabilineceklerini ifade etmişlerdir. Tek camlı düzlem kollektörlerde geliş açısının  $50^\circ$  yi geçmesi halinde direkt radyasyonun geçirilme oranı aniden düşmektedir. Halbuki yapılan çalışmada bu açı  $0^\circ - 60^\circ$  arasında değiştirilmesine rağmen işletme veriminin bundan etkilenmediği tesbit edilmiştir.

H.P.Garg and D.S.Hrshikesan [10], düzlem kollektörlerin iki yanına hareketli düz aynalar koyarak kollektör tarafından sağlanan toplam radyasyon değişimini incelemiştir. Kollektörün eğim açısını ve iki yandaki aynaların kollektöre olan açılarını değiştirmiş, böylece bu iki açıya karşı sağlanan radyasyon miktarlarını gösteren diyagramlar teşkil etmiştir.

Bannerot,R.B.and Howell, J.R. [11], doğu - batı istikametinde sıralanmış trapez şeklinde yükselen yansıtıcı duvarlar ihtiva eden düzlem kollektörlerin radyasyon sağlama özelliklerini araştırmışlardır. Hafif konsantrasyonlu düzlem kollektör ismini verdikleri uygulamalarını diğer sistemlerle mukayese etmişler ve geometrik düzenlemenin, çok güzel absorpsiyon sağlamak üzere hazırlanmış yüzeyler kadar iyi netice verdiği sonucuna varmışlardır.

Booth,J. [11], düzlem kollektörlerde toplayıcı yüzeyin delikleri arasından geçen güneş ışıklarını yansıtarak yeniden toplayıcı yüzeye gönderen bir tip kollektör üzerinde deneysel olarak çalışmıştır. Reflektör olarak bakır malzeme kullanmıştır.

Crain,R.W.,Sr. [11], aynı anda işletilen düz ve parabolik tip kollektörlerde güneş takip mekanizmasını kullanmış, toplanan enerjinin pyrheliometre tarafından kaydedilen enerjiye oranı cinsinden kollektör verimini araştırmıştır.

Hörster,H. [11], güneş kollektörlerinde verimin artırılması için iki yol olduğunu ifade etmiştir: 1) Güneş radyasyonunu mümkün olduğu nisbette çok faydalı enerjiye çevirmek. 2) enerji kaybını minimuma indirmek.

Lynes,J.H. [11], düzlem kollektörler için optimum eğimi araştırdığı çalışmasında, aynı bölgede mevsim şartlarına bağlı olarak değişik eğim açılarının uygulanması gerektiğini belirtmiş ve bir bölge için, mevsime bağlı olduğundan dolayı sadece bir optimum eğim olmadığı sonucuna varmıştır.

Mc Daniels,D.K. [11], reflektör- düzlem kombinasyonu ile toplanan direkt güneş ışığı miktarını analiz etmiştir. Değişik kollektör ve reflektör pozisyonları denenerek optimum düzenlemede; reflektörün, kollektöre dik olması gerektiği sonucuna varmıştır. Kış şartlarında reflektör açısının  $0^\circ$  ile  $10^\circ$  arasında olması tavsiye edilmiştir.

Morse,R.N and Czarnecki,J.T. [11], düzlem kollektörlerin dizayn ve işletim faktörlerinden eğim açısı ve azimut değişikliklerinin, değerlendirilen güneş enerjisi miktarını etkilediklerini belirtmişlerdir.

Souka ,A.F. [11], bir alüminyum reflektör kullanarak düzlem kollektörün arka yüzüne de radyasyon göndermiş, bu yolla toplanan enerji miktarının, alışılmış düzlem kollektörlere nazaran %48 artığını ifade

etmiştir.

Seitel, S.G. [11], düzlem kollektörlerde enerji absorpsiyonunun geliş açısına bağlı olarak değiştiğini ifade etmiştir.

Vladimirova, L.N and Graf, B.A. [11], optimum eğim açısını belirleyen; bölge (enlem), mevsim, günün saati ve gelen güneş enerjisi miktarı faktörlerinin etkilerini incelemişlerdir. "Hot Box" tipi güneş enerjisi cihazıyla yaptıkları çalışma neticesinde, literatürde bu konuda verilen eğim açılarının asılsız olduğunu isbat ettiklerini belirtmişlerdir.

E.Murat [12], yaptığı incelemelerinde düzlem kollektörlerin güneşi takibetmesi ile %30 a kadar verim artışı görüldüğünü ifade etmiştir.

## 4. SİSTEMİN BELİRLENMESİ

### 4.1 GİRİŞ

Literatürde detaylı teknik özellikleri verilmemesine rağmen şimdiye dek kullanılan güneş takip sistemleri

- Manuel olarak işletilen [4],
- Zaman saati ile çalıştırılan [3,4],
- Hafıza elemanlı [8],

tiplerde dizayn edilmişlerdir. Bunların içinde en yenisi ve en gelişmiş, hafıza elemanlı olanıdır. Bunda sistemin kullanılacağı bölgeye ait istatistiki bilgiler daha önceden hafızaya (ROM, PROM, EPROM veya diğer bir kayıt ortamına) depo edilip her hangi bir zamanda istatistiki verilerin neticesine göre kollektöre en uygun pozisyonu sağlaması istenir. Anlaşılacağı üzere bu sistemde her bölgeye ait bilgiler, özel olarak hafızaya verilmek zorundadır.

Halbuki bulunduğu yerde bağımsız hareket edebilen bir sistem dizayn edilebilirse, aynı sistem hiçbir değişiklik gerektirmeden herhangi bir yerde verimli olarak çalışabilir. Hareketli vasıtalarda, gemilerde, vb. yerlerde değişik maksatlarla kullanılabilir. Güneş enerjisi laboratuvarlarında her hangi bir bölgeye ait radyasyonun geliş açıları, optimum eğim açılarının değerlerinin tayininde, vb. tesbitlerde kolaylıkla kullanılabilir. Odaklayıcı tip kollektörlere ve güneş pilleri panellerine diğerlerinden daha kolay uygulanabilir.

Dolayısıyla bulunduğu yerden bağımsız bir güneş takip sistemi, birden fazla uygulama sahası bulabilecek başlı başına bir sistemdir. Bu çalışmada böyle bir sistem dizayn edilerek bunun düzlem kollektöre tatbikine çalışılacaktır.

### 4.2 DÜZLEM KOLLEKTÖRLERE GÜNEŞ TAKİP SİSTEMİNİN TATBİKİ

#### 4.2.1 Düzlem kolektörlerde verim

Düzlem kolektörün verimi; toplanan faydalı ısı miktarının dikkate alınan dönemdeki toplam güneş radyasyonuna oranı olarak tanımlanabilir. Dönem olarak bir yıl, ay veya tipik günler dikkate alınabileceği gibi belirli saatler de olabilir. Maksimum verimin sabah 11.00 ile öğleden sonra 1.00 arasında elde edildiği deneylerle belirlenmiştir. Zira bu iki saat dışındaki zamanlarda geliş açısının değeri küçüldükçe verim düşmektedir. Camın

yansıtmasından dolayı her hava- cam veya cam-hava geçişinde enerjinin yaklaşık olarak % 4 ü kaybolmaktadır. Yani tek camlı bir kollektör için % 8 olan bu oran,iki camlı için % 15,üç camlı için % 22 dir [3].

Camdaki yansımadan sonra,normal şartlar altında bir düzlem kollektörün sağladığı faydalı ısı; metal yüzeyin absorbe ettiği enerji ile kaybedilen ısı farkına eşittir. Bu şu şekilde ifade edilebilir.

$$\text{Absorbe edilen enerji} = F \dot{H} G A ,$$

$$\text{Kaybedilen ısı} = F \infty (t_d - t_o )$$

olmak üzere kazanılan ısı,

$$\dot{Q} = F [\dot{H} G A - \infty (t_d - t_o )] \quad (4.1)$$

olacaktır. Burada:

$\dot{Q}$ : Kollektörde sağlanan faydalı ısı debisi,  $[\dot{Q}]=W$ ,

F: Kollektör yüzey alanı,  $[F]=m^2$ ,

H: Birim yüzeyin aydınlığı,eğik duran kollektör üst yüzeyinin aldığı güneş enerjisi,  $[\dot{H}]=W/m^2$ ,

G: Geçirme oranı,yüzeye gelen güneş radyasyonunun absorbe edici yüzeye ulaşabilen, geçirilen kısmı (transmissivity),

A: Absorbsiyon sayısı, absorbe edilen radyasyonun yüzeye ulaşan radyasyona oranı,

$\infty$ : Yüzey ısı geçiş katsayısı. Çevre sıcaklığı ile ortalama kollektör yüzey sıcaklığı arasındaki farktan dolayı birim kollektör yüzeyinden birim zamanda ve birim sıcaklık farkında çevreye aktarılan ısı  $[\infty]=W/m^2 \text{ } ^\circ C$ ,

$t_d$ : Absorbe edici plakanın üst yüzeyinin ortalama sıcaklığı, $[t_d]=^\circ C$ ,

$t_o$ : Atmosfer sıcaklığı, $[t_o]=^\circ C$ ,

dir. Düzlem kollektörlerin ısı dengesi, şekil 4.1 de açıklanmaya çalışılmıştır.

(4.1) eşitliği, kollektör içindeki akışkan dikkate alınarak

$$\dot{Q} = F_R F [\dot{H} (GA)_n - \infty (t_g - t_o )] \quad (4.2)$$

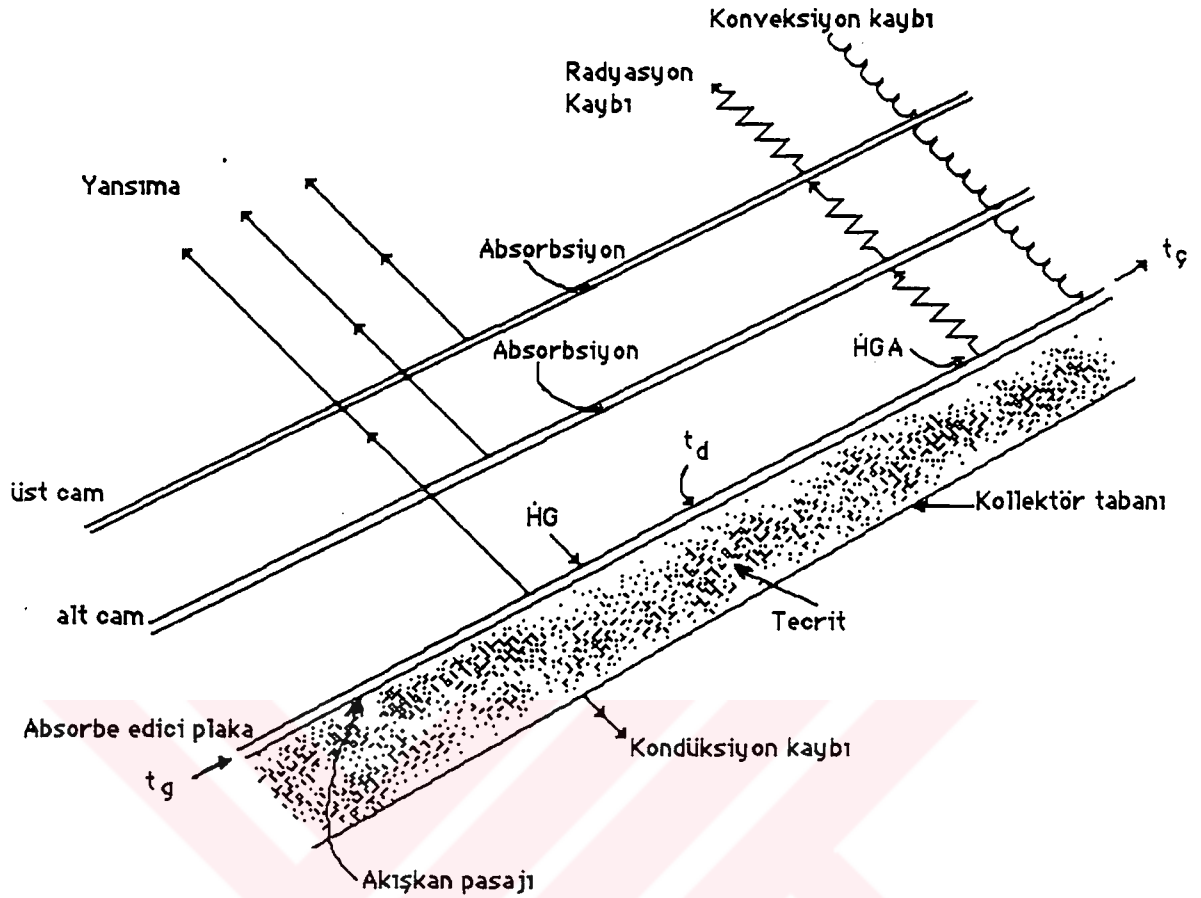
şeklinde düzenlenebilir.

Burada

$t_g$ : Kollektöre giren akışkanın sıcaklığı, $[t_g]=^\circ C$ ,

$(GA)_n$ : Normal geçirgenlik-absorbsiyon katsayısı, Dik geliş açısı altında, örtü geçirgenliği ve levhanın absorbsiyonunu birlikte değerlendirmeye yarar.

$F_R$ : Düzeltme katsayısı veya "ısı-nakil katsayısı" dır. Değeri 1.0 den küçüktür.  $F_R = GA / (GA)_n$  dir.



Şekil 4.1: Düzlem kolektörlerde ısı dengesi

$F_R$  düzeltme katsayısı; kolektör plakasından gerçekte sağlanan ısının, kolektör plakasının sıcaklığının giren akışkanın sıcaklığına eşit olması halinde sağlanabilecek ısıya oranı olarak ifade edilebilir. Teorik olarak bu sıcaklık eşitliği mümkündür. Ancak akışkan kolektörden geçerken sıcaklığında meydana gelen artış gözardı edilebilecek kadar yüksek bir hızda sistemi dolaşmış olsa ve ısı transfer katsayısı absorbe edici plaka ile akışkan arasındaki sıcaklık farkı ihmal edilebilecek kadar yüksek olsa, yani kısaca, absorblayıcı levhanın yüzey sıcaklığı, akışkanın giriş sıcaklığına eşit alınırsa  $F_R$  nin değeri 1.0 alınabilir.  $F_R$  nin değeri güneş kolektörünün özelliklerine ve akışkanın tipine, kolektör içerisindeki debisine bağlıdır.

Kollektörden elde edilen  $\dot{Q}$  ısı debisinin, içinden geçen  $\dot{m}$  kütle debisindeki akışkanı ısıttığı kabul edilirse (4.2) bağıntısı

$$\dot{Q} = F_R F_H (GA)_n - F_R F_{\infty} (t_g - t_o) = \dot{m} c_p (t_{\check{c}} - t_g) \quad (4.3)$$

şeklinde yazılabilir. Burada:

$\dot{m}$  :Kollektörde ısınan akışkanın kütle debisi,  $[\dot{m}] = \text{kg/s}$ ,

$c_p$  :Kollektörde ısınan akışkanın özgül ısısı,  $[c_p] = \text{J/kg}^\circ\text{C}$ ,

$t_{\check{c}}$  :Akışkanın çıkış sıcaklığı,  $[t_{\check{c}}] = ^\circ\text{C}$ ,



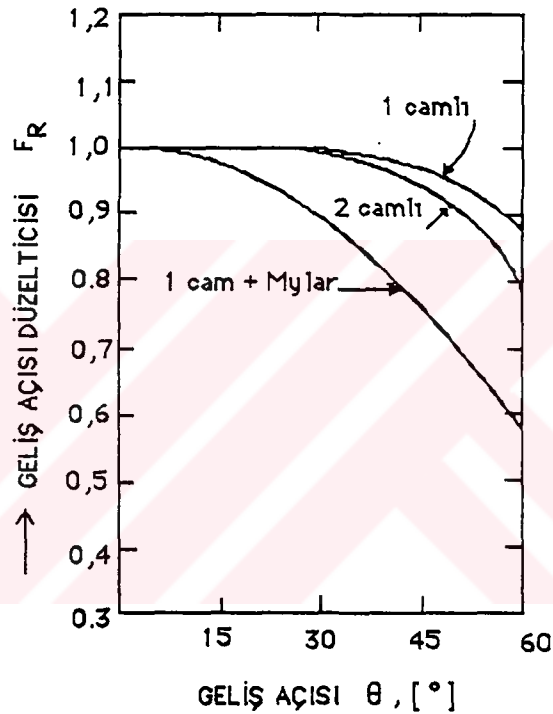
$t_g$  :Akışkanın giriş sıcaklığı,  $[t_g] = ^\circ\text{C}$  dir.

Kollektör verimi, yukardaki tarife göre:

$$\eta = \dot{Q} / \dot{H} F = [ F_R (GA)_n - F_R \infty (t_g - t_o) ] / \dot{H} \quad (4.4)$$

olur.

Bu ifadede  $(GA)_n$  değeri kollektörün geliş (Incidence) açısına bağlıdır. Açının değişmesi ile değişik değerler alır. Şayet normal geliş açısı için bunların değerleri biliniyorsa kollektörün farklı pozisyonları için değiştirilmelidirler. Geliş açısının fonksiyonu olan geçirgenlik ve absorpsiyon katsayıları kullanılarak bulunan geliş açısı düzelticisi (incident - angle modifier) bir katsayı olarak dikkate alınabilir. Bu, günün herhangi bir



Şekil 4.2: üç düzlem kollektöre ait geliş açısı düzeltici değerleri

saatinde, her hangi bir güneş açısındaki absorbe edilen enerjiyi bulmak için çarpan olarak işleme sokulur. Üç çeşit düzlem kollektör için geliş açısı düzeltme katsayıları şekil 4.2 de görülmektedir. Burada  $t_g = t_o$  alınmıştır.

Tablo 4.1 de bazı kollektörlere ait  $(GA)_n$  değerleri görülmektedir. Bu değerleri genellikle kolektör imalatçıları normal geliş açısı altında elde etmişlerdir. Güvenilir data olarak değerlendirilmektedirler [13].

Tip	Absorbe edici	Absorbe edici	Saydam Yüzeyler	$F_R$	$\infty$ [W/m <sup>2</sup> °C]	(GA) <sub>n</sub>
	Malzeme	Yüzey kaplaması				
Düz,sıvı	Alüminyum	Siyah Nikel	2 Cam	0.94	3.18	0.74
" "	"	"	2 Tedlar	0.95	3.92	0.56
" "	"	Siyah Boya	1 Cam	0.90	7.38	0.89
" ",petek yap."	"	"	2 Cam	0.96	3.24	0.77
" "	"	"	2 Cam	0.93	4.54	0.76
" "	"	"	2 Cam	0.85	6.25	0.73
Vakumlu						
tüp,sıvı	Cam	Selective Yüzey	1 Cam	0.7	1.14	0.72
Düz,hava	Çelik	Siyah Boya	2 Cam	0.67	4.37	0.73

Tablo 4.1 : Güneş Kollektörü Performans Parametreleri.

ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers) Standartlarındaki grafik bağıntılar ve regresyon eşitlikleri sıfır geliş açısındaki ölçümlere dayandırılmış ve diğer açılarda elde edilen verim ifadelerinden de geliş açısı düzeltme katsayıları hesaplanmıştır. Geliş açısı düzeltme katsayısı; belirli bir geliş açısında sağlanan ısının, normal geliş açısında sağlanan ısıya oranı olarak tanımlanmıştır. Dolayısıyla değişik geliş açılarında çalışan kolektörlerin tahmini performans hesaplarında; normal geliş açısında sağlanan enerji ile, geliş açısı düzeltme katsayısı çarpan olarak kullanılırlar.

#### 4.2.2 Sistemin düzlem kolektörlere tatbikinin getireceği tahmini avantajlar:

Yukarda açıklanan şekilde, tipik bir zaman aralığı için hareketsiz bir düzlem kolektörün verim hesabı yapılmıştır. Bu verim, aynı zaman aralığı için geliş açısının sürekli olarak 90° olması, yani güneş radyasyonundan sürekli dik olarak faydalanılması halindeki verim ile mukayese edilirse bu çalışmada amaçlanan sistemin düzlem kolektörlere tatbikiyle sağlanacak fayda net olarak elde edilir. Aslında maksimum verimin, sabahleyin 11.00 ile öğleden sonra 1.00 arasındaki zaman aralığında elde edildiğinin deneylerle sabit olduğu hakkında [3] kısa bir fikir verebilir. Belli bir zaman dilimi gözönüne alınmaksızın yukardaki verim ifadelerinden de geliş açısının 90° olması halinde ne gibi bir değişme olacağı tahmin edilebilir. Yukardaki ifadeler; güneş ışığı kolektör camından geçtikten sonraki durum gözönüne alınarak çıkarılmıştır. Işığın geliş açısına bağlı olarak, yansıma kurallarına göre yansıtacağı hatırlanırsa; güneş ışığının kolektör normali ile yaptığı açının sıfır ya da sıfıra yakın olması halinde yansıtacak miktarın azalacağı, dolayısıyla kolektör camından içeriye girecek miktarın artacağı aşıkardır.

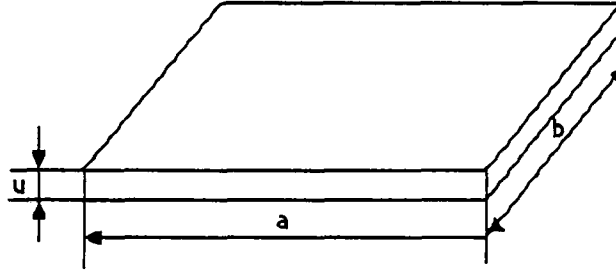
Ayrıca yukarıdaki ifadelerden de anlaşılacağı gibi, düzlem kolektörlerin performans hesaplarında çarpan olarak hesaba katılan ve değeri daima 1 den küçük olan geliş açısı düzeltme katsayısı, geliş açısı

arttıkça büyümekte, sifira yaklaştıkça küçülmektedir ,şek 3.2 . Bir de G ve A katsayılarının geliş açısının değerine bağlı olarak değıştikleri gözönüne alındığında; güneşin direkt radyasyonunun sürekli olarak 90° ye yakın geliş açılarında sağlanması, uygulamada hissedilir bir kazanç sağlayacaktır. Seitel' in de ifade ettiği gibi, düzlem kollektörlerde enerji absorpsiyonu geliş açısına bağlı olarak değıştiğine göre bu açının sürekli olarak 90° ye yakın tutulması ile ve Horster' in kollektör verimini artırmak için teklif ettiği iki yoldan, mümkün olduğu nisbette çok güneş radyasyonunu faydalı enerjiye çevirmek yolu,izlenmiş olacaktır [11].

Geliş açısını sürekli olarak 90° ye yakın tutacak güneş takip sistemi ayrıca Viladimirova ,L.N. and Graf, B.A. [11] nın; literatürdeki eğim açılarının asılsız oldukları yolundaki endişelerini de bertaraf etmiş olmaktadır.

## 5. SİSTEMİN DİZAYN EDİLMESİ

### 5.1 KOLLEKTÖR BOYUTLARI VE AĞIRLIĞI



Şekil 5.1: Kollektör boyutları

Dağsan firmasının imalatı olan kollektörlerde

$a = 194 \text{ cm,}$	Boş ağırlık = 37.5 kgf,
$b = 94 \text{ cm,}$	Suyun ağırlığı = 3 kgf,
$c = 9 \text{ cm,}$	Dolu ağırlık = 40.5 kgf dur.

Günsu firmasının kollektörlerinde

$a = 184 \text{ cm,}$	Boş ağırlık = 36 kgf,
$b = 94 \text{ cm,}$	Suyun ağırlığı = 2.7 kgf,
$c = 9.7 \text{ cm,}$	Dolu ağırlık = 38.7 kgf dur.

Çelik (MKE) firmasının kollektörlerinde

$a = 200 \text{ cm,}$	
$b = 100 \text{ cm,}$	
$c = 10 \text{ cm,}$	Dolu ağırlık = 50 kgf dur.

Koçsan firmasının kollektörlerinde

$a = 194.5 \text{ cm,}$	Boş ağırlık = 30 kgf dur.
$b = 94.5 \text{ cm,}$	
$c = 9.5 \text{ cm,}$	

Doğangüneş firmasının kollektörlerinde

$a = 190 \text{ cm,}$	
$b = 90 \text{ cm,}$	
$c = 9.4 \text{ cm,}$	Dolu ağırlık = 41 kgf dur.

Özgüneş firmasının kollektörlerinde

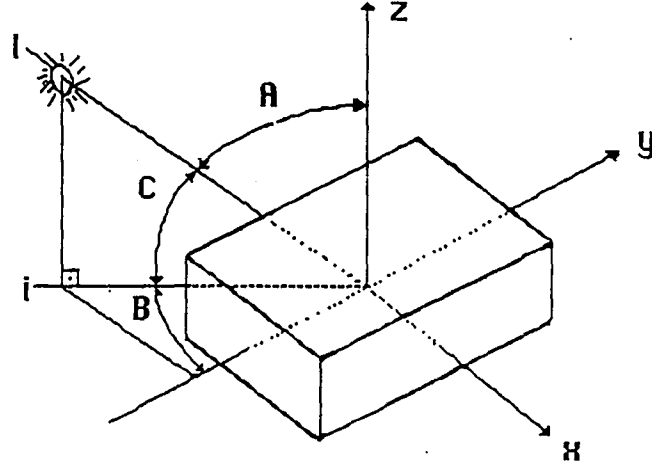
$a = 189 \text{ cm,}$
$b = 94 \text{ cm,}$
$c = 10 \text{ cm,}$

Kollektörün atalet hesabı için yukarıdaki değerler arasından en büyük ve en ağır olanı kabul edilmelidir. Buna göre kollektör boyutları

$a = 200 \text{ cm,}$
$b = 100 \text{ cm,}$
$c = 10 \text{ cm ve}$

Dolu kollektör ağırlığı = 50 kgf kabul edilmiştir.

## 5.2 SİSTEMİN DÖNÜŞ EKSENLERİ



Şekil 5.2: Kollektörün herhangi bir andaki pozisyonu

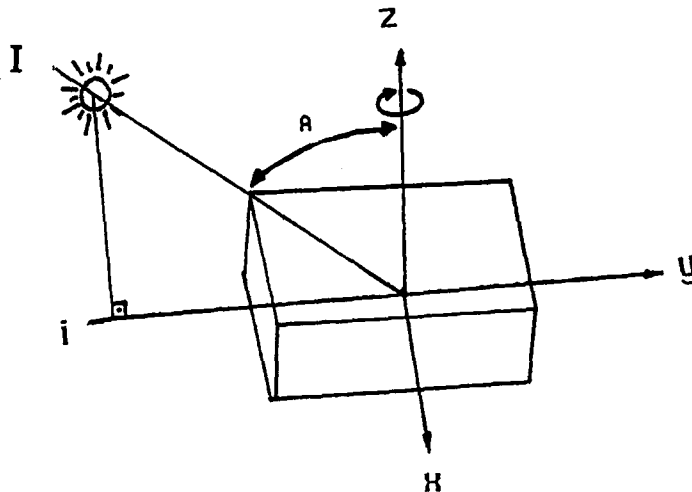
- C: Güneş altitud açısı
- A: Güneş zenit açısı ( $A=90^\circ - C$ )
- B: Kollektör azimut açısı

Şekil 5.2 de görülen x,y,z-koordinat sistemi dikdörtgen prizması olarak gösterilen kollektör gövdesinin ağırlık merkezinden geçmektedir.

Kollektörün güneş ışığını dik alacak konuma gelmesi için bu iki açı sıfır oluncaya kadar kollektörün z- eksenine ve güneş ışını ile z- eksenine dik eksen etrafında döndürülmesi gerekir. Önce B açısının sıfırlanması için gerekli dönmeyi inceleyelim.

### 5.2.1 Kollektörün z-ekseni etrafındaki dönüşü:

Kollektörün gün boyunca kendisine ait azimut açısının sıfır olması için güneşin bu açıya sebep olan doğu-batı yönündeki dönüş hareketini izlemesi gerekir.

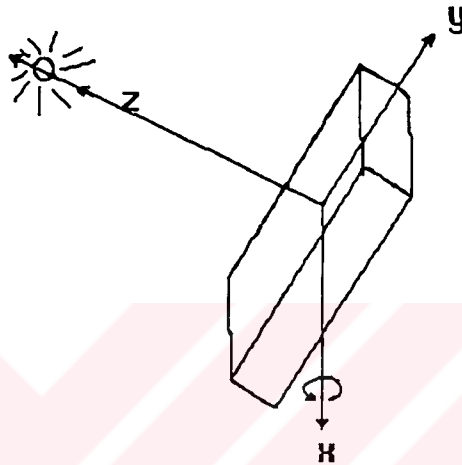


Şekil 5.3: Kollektörün z-ekseni etrafındaki dönüşü

Bunun için şekilden de görülebileceği gibi x,y-düzlemi, B açısı sıfır oluncaya kadar z-ekseni etrafında dönmelidir. Yani x,y- düzlemine ait yüzey normali N ile, güneş ışını I'nın,x,y- yatay düzlemindeki izdüşümü i, birbirlerine çakışmalıdır.

### 5.2.2 Kollektörün x-ekseni etrafındaki dönüşü:

Kollektör yüzeyinin herhangi bir anda güneş ışınına dik konumda olabilmesi için B açısından başka A açısını da sıfırlayacak şekilde dönmesi



Şekil 5.4: Kollektörün x-ekseni etrafındaki dönüşü

gerekir.

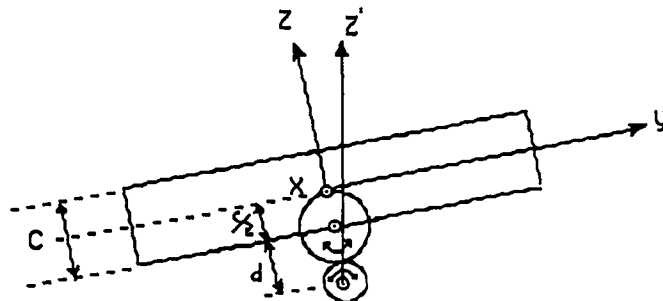
Bu dönüş, şekilden de görüleceği gibi x-ekseni etrafında olmalıdır. Bu dönüş, 90°'lik bir açı tarayacaktır.

## 5.3 DÖNÜŞ EKSENLERİNDE BULUNMASI GEREKEN DÖNDÜRME MOMENTLERİ

### 5.3.1 Eksenlere göre kütle atalet momentlerinin hesabı

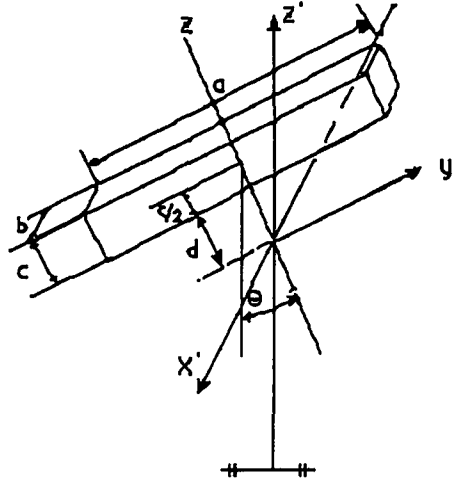
#### 5.3.1.1 x-ekseni etrafındaki dönüş için kütle atalet momenti

Boyutları  $axbxc$  ve kütlesi  $m$  olan dikdörtgen prizmasının kütle merkezinden geçen simetri eksenleri  $x,y,z$  dikkate alındığında  $I_x$  kütle atalet momenti  $I_x = 1/12(m(a^2 + c^2))$  dir.



Şekil 5.5: Kollektörün x-ekseni etrafında tahrik edilmesi

Takipli kollektörün şekil 5.5 deki gibi dişlilerle tahrik edilmesinden dolayı, eksenlerin kesiştiği orijinden  $d+(c/2)$  kadar uzak bir mesafeden



Şekil 5.6: Döndürme eksenleri

geçen x'-ekseni etrafındaki dönüşü için kütle atalet momenti

$$I_{x'} = (1/12)( m (a^2 + c^2 ) ) + m( d + c/2)^2 \quad (5.1)$$

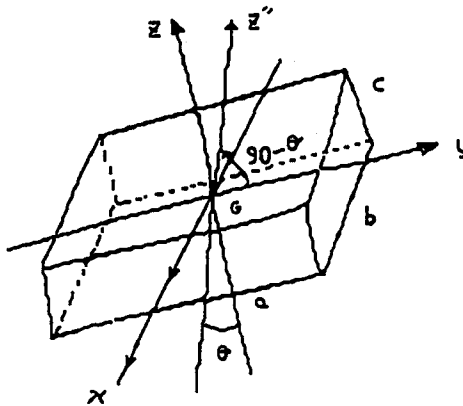
şeklindedir.

$d=10$  cm ve  $m,a,c$  için kabul edilen değerleri (5.1) de yerlerine koyularak  $I_{x'} = 17.833 \text{ kgm}^2$  bulunur.

### 5.3.1.2 z- eksenine etrafındaki dönüş için kütle atalet momenti

$\theta$  açısının varlığından dolayı, şek.5.6 , z- eksenine etrafındaki dönüş için kütle atalet momentinin çıkarılması gerekir.

Boyutları  $axbxc$  ve kütlesi  $m$  olan dikdörtgen prizmasının kütle merkezinden geçen simetri eksenleri  $x,y,z$  ve bu eksenlere göre kütle atalet momentleri  $I_x, I_y, I_z$  , çarpım atalet momentleri ise  $I_{xy}, I_{xz}, I_{yz}$  olsun.



Şekil 5.7 : Eksen takımları

$x,y,z$ - eksenleri ile sırasıyla A,B,C açıları yapan düşey  $z''$ - eksenine göre kütle atalet momenti,

$$I_z'' = I_x \cos^2 A + I_y \cos^2 B + I_z \cos^2 C - 2I_{yz} \cos B \cos C - 2I_{zx} \cos C \cos A - 2I_{xy} \cos A \cos B \quad (5.2)$$

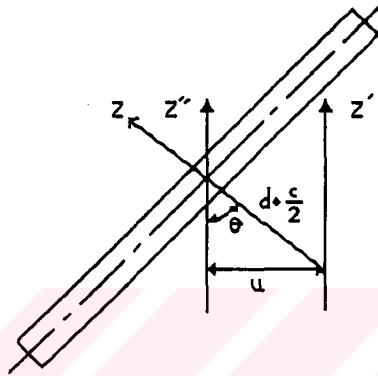
$x, y, z$  - simetri eksenleri olduğundan

$I_{xy} = I_{yz} = I_{xz} = 0$  ve  $A = 90^\circ$ ,  $B = 90^\circ - \theta$ ,  $C = \theta$ , olur. Şekil 5.7.

$$I_y = (1/12) m (b^2 + c^2) \quad , \quad I_z = (1/12) m (a^2 + b^2)$$

$$I_z'' = (1/12) m (b^2 + c^2) \cos^2 (90 - \theta) + (1/12) m (a^2 + b^2) \cos^2 \theta \quad (5.3)$$

$$I_z'' = (1/12) m (b^2 + c^2 \sin^2 \theta + a^2 + \cos^2 \theta) \text{ bulunur.}$$



Şekil 5.8 : Eksenler arasındaki uzaklık

Cisim  $z''$ - eksenine paralel  $z'$ - eksenini etrafında dönmekte olduğundan paralel eksen teoreminden,

$$I_z' = I_z'' + mu^2 \quad , \quad u = (d+c/2) \sin \theta \text{ olmak üzere}$$

$$I_z' = (1/12) m (b^2 + c^2 \sin^2 \theta + a^2 \cos^2 \theta) + m(d+c/2)^2 \sin^2 \theta \quad (5.4)$$

bulunur.

$\theta$  açısı  $0^\circ$  ile  $90^\circ$  arasında değişeceği gözönüne alınarak bu konumlardan hangisinde  $I_z'$  nin dolayısıyla döndürme momentinin maksimum olacağına karar verebilmek için kısa bir bilgisayar programı yazılması makul bir yoldur. Aşağıdaki programa göre

```

10 DIM I(100)
20 INPUT M: INPUT A: INPUT B: INPUT C: INPUT D
30 FOR T=0 TO 90
40 I(T)=M*(B^2+C^2*(SIN(T))^2+A^2*(COS(T))^2)/12+M*(D+(C/2))^2*
(SIN(T))^2
50 IF EB<I(T) THEN EB=I(T):TETA=T
60 NEXT T
70 PRINT" EN BUYUK KUTLE ATALET MOMENTİ, I_max="EB"
kg/m^2 DIR"
80 PRINT" VE BU; theta ACISI "TETA"° IKEN MEYDANA GELMEK-
TEDİR"
90 END

```



EN BÜYÜK KÜTLE ATALET MOMENTİ,  $I_{\max} = 20.83333 \text{ kg/m}^2$ ,  
 $\theta = 0^\circ$  ile elde edilmektedir.

Yukarıdaki program çıktılarından da görülebileceği gibi,

$$\begin{aligned} m &= 50 \text{ kg} \\ a &= 2 \text{ m} \\ b &= 1 \text{ m} \\ c &= 0.1 \text{ m} \\ d &= 0.1 \text{ m} \end{aligned}$$

değerleri için  $I_{\max} = 20.83333 \text{ kg/m}^2$  elde edilmiştir.

Bu arada sözü edilmesi gereken bir başka konu da  $d$  mesafesinin kritik değerleridir.  $d = 0.527 \text{ m}$  değerine kadar atalet momenti değişmezken,  $d$  nin bu değeri ve  $\theta = 11^\circ$  açıda  $I = 20.854 \text{ kg/m}^2$  ulaşıyor ve  $d$  arttıkça  $I$  nın değeri de, dolayısıyla gerekli döndürme momenti de artıyor. Kısacası  $d$  mesafesini  $d \leq 0.527 \text{ m}$  olacak şekilde istenildiği kadar değiştirebiliriz. Bu bir yerde,  $x$ - eksenindeki mile takılacak dişli yarıçapının tayinindeki serbestlik sınırlarımızı göstermektedir.

### 5.3.2 $x$ ve $z$ -eksenlerinde bulunması gereken döndürme momentleri

Sabit bir açısal ivme ile dönmekte olan bir cisim için döndürme momenti,

$$M = I \omega \quad (5.5)$$

ifadesi ile hesaplanır.

Burada

$$\begin{aligned} M &: \text{Döndürme momenti,} \\ I &: \text{Kütle atalet momenti,} \\ \omega &: \text{Açısal ivme} \end{aligned}$$

dir.

Açısal ivme

$$\omega = d\omega / dt = \Delta\omega / \Delta t$$

dir.

Burada

$$\begin{aligned} \omega &: \text{Açısal hız,} \\ t &: \text{Zaman} \end{aligned}$$

dır.

kollektörün açısal hızı için kabaca bir kabul yapmak gerekecektir. Hareket esnasında  $2^\circ$  açının 1 s de sabit açısal ivme ile dönüldüğü kabul edilerek,

$$\theta = (1/2) \omega t^2 \quad (5.6)$$

eşitliğinden

$$\theta = 0.035 \text{ rad ve } t = 1 \text{ s}$$

yazılmak suretiyle

$$\dot{\omega} = 0.07 \text{ 1/s}^2 \text{ bulunur.}$$

Açısal hız için yapılan kabulleri her iki eksenindeki dönüş için de aynı olarak (5.5) ifadesinden y-ekseninde bulunması gereken döndürme momenti

$$M_x = 1.248 \text{ Nm}$$

ve z-ekseninde bulunması gereken döndürme momenti

$$M_z = 1.458 \text{ Nm}$$

bulunur.



## 5.4 TAHRİK SİSTEMİ

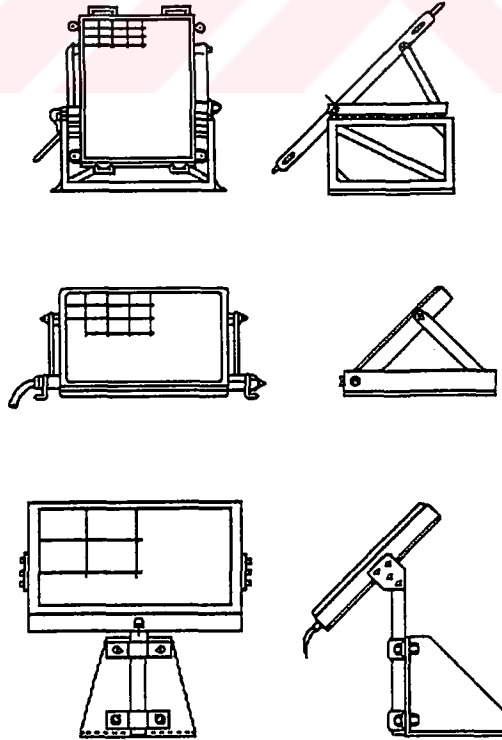
### 5.4.1 Giriş

Bundan önceki bahiste yapılan işlemlerden anlaşılacağı gibi tahrik sisteminin belirlenmesinde kriterimiz, döndürme momentinin temininden ziyade devir sayısının sağlanması olacaktır. Zira gereken döndürme momenti küçüktür. Kaldı ki herhangi bir dişli veya kasnak mekanizması ile döndürme momentinin artırılması mümkündür. Dolayısıyla asıl problem çok küçük devir sayılarının teminidir. Öyle ki kollektörün takip aralığının  $1^\circ - 5^\circ$  arasında bir değer olacağı kabul edilirse, sürekli olmayan bu hareketin temini için çok büyük çevrim oranı sağlayabilecek redüktör kullanmak gerekecektir. Bu ise sistemin hassasiyetini azaltıp daha hantal hale gelmesine sebep olacaktır. Bu taktirde bile kullanılacak elektrik motorunun devir kontrolünün yapılması gerekir.

Tahrik sistemi ve hareket mekanizmasının birlikte ele alınması ve projelendirilmesi gerekir. Sistemin gerektirdiği özellikleri dikkate alarak hareket mekanizması ve tahrik sistemini belirlemeye çalışalım.

### 5.4.2 Hareket mekanizması ve tahrik sisteminin belirlenmesi

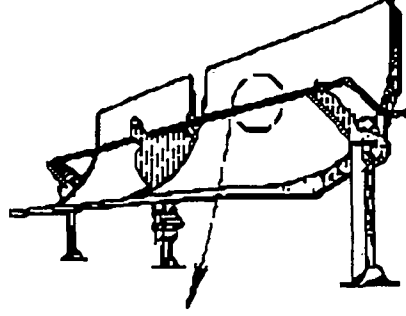
Hareketleri manuel olarak sağlanan tipik düzlem güneş pili panellerinin iskelet yapıları şekil 5.9 da görülmektedir.



Şekil 5.9: Tipik panel iskeletleri

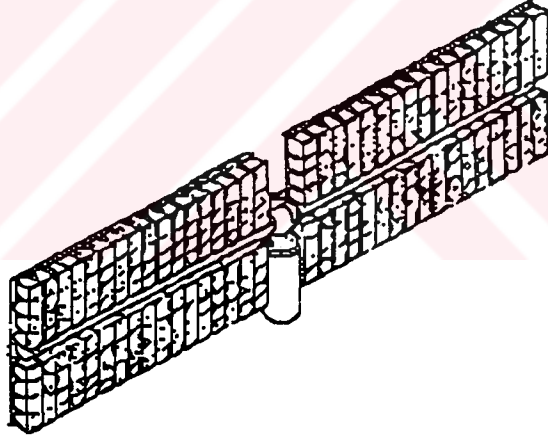
Çok sayıdaki güneş pili panelleri için düşünülen dizaynlarda kriterlerden biri, güneşe yönelmenin yanında panelin soğuma problemi. Dolayısıyla hava entfiltrasyonuna imkan verecek tarzda dizayn edilmek zorundadırlar. Hatta su ile soğutma da başvuru olan metodlardandır [14].

Parabolik odaklayıcı tip bir güneş piline ait hareket sistemi ise şekil 5.10 da verilmiştir.



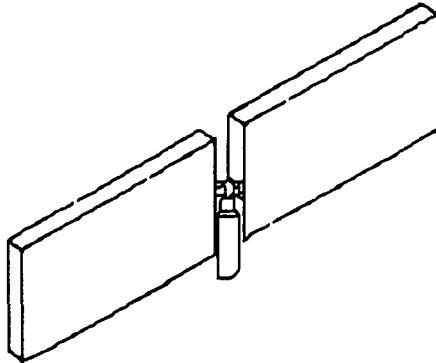
Şekil 5.10: Parabolik odaklayıcı tip güneş pili hareket sistemi

Aksiyal konsantre ediciler (Axial Concentrator) veya koaksiyal aksimetrik (Coaxial axsymmetric), üç boyutlu konsantre ediciler olarak bilinen güneş pili modüllerinden bir veya daha çoğunun, iki eksenli hareket eden bir tahrik mekanizması üzerine yerleştirilerek hareketleri sağlanır.



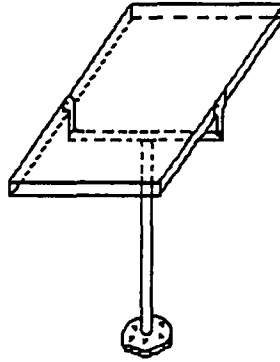
Şekil 5.11: Aksiyal konsantre edici tip güneş pili hareket mekanizması

Şekil 5.11 de görülen bu hareket mekanizmasında güneş pili panelleri yerine düzlem kollektörler yerleştirilerek iki eksenli hareketin temin edilmesi mümkündür, şekil 5.12.



Şekil 5.12: Düzlem kollektörün iki eksenli hareketini sağlayan mekanizma

Şek. 5.11 deki iki düzlem panelden herbirinde 34 modül bulunmaktadır. Sistemin toplam ağırlığı 1720 kg, genişliği 12.8 m ve yüksekliği 2.75 m dir. Sistem, yerden yüksekliği 1.5 m olan bir beton bloğa gömülerek mesnetlenmiştir [14]. Bu ölçüler ve ağırlık göz önüne alındığında sadece bir düzlem kollektör için yapılacak hareket mekanizmasının şekil 5.13 deki gibi olması halinde sistemin hava şartlarına mukavemeti açısından yeterli olabileceği düşünülebilir.



Şekil 5.13: Güneş takıplı düzlem kollektör hareket mekanizması

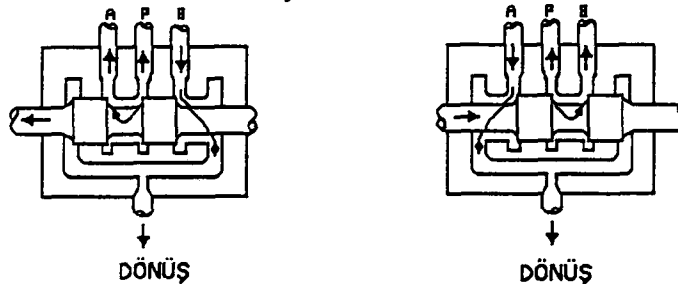
### 5.4.3 Tahrik sistemleri

Tahrik sistemi olarak hidrolik, pnomatik ve elektrik motoru ile tahrik düşünülebilir. Bunları sırasıyla ele alalım.

#### 5.4.3.1 Hidrolik tahrik

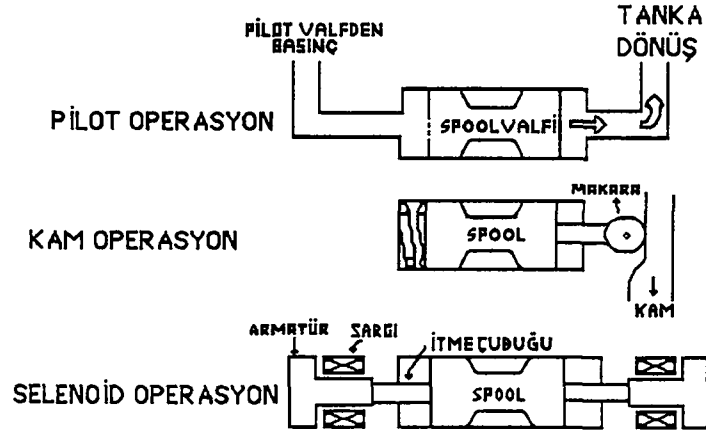
Daha çok büyük kuvvetlerin gerektiği yerlerde tercih edilen hidrolik sistemde akışkanın basınç, debi ve yön kontrolünün yapılması gerekir. Basınç kontrolü, çek valfler (check valves) ; debi kontrolü, akış kontrol valfleri; akış yönünün kontrolü ise yön valfleri (directional flow valves) ile gerçekleştirilebilir. Hidrolik bir sistemde tüm değişik valfler birlikte kullanılabilirler. Sistemimiz için dönme için gereken moment, dolayısıyla kuvvet, bir elektrik motoru ile tahrik edilen pompa vasıtasıyla bir tankta sıkıştırılacak akışkan ile kolayca temin edilebilir. Sistemdeki sızıntılar yüzünden kaybolacak akışkanın, dolayısıyla akışkan basıncının ikamesi için pompanın devrede her zaman çalışması gerekeceği ihtimalinin dikkate alınması gerekir.

Hidrolik tahrikte problem daha çok akışkan yönünün değiştirilmesinde beklenmelidir. Yön kontrolünde kullanılan spool valf (müvezzi valf) adı verilen yön valfinin çalışma prensibi, ayrıntılı izaha gerek kalmaksızın şekil 5.14 den anlaşılabilir.



Şekil 5.14: Müvezzi valf (spool valf) çalışma prensibi

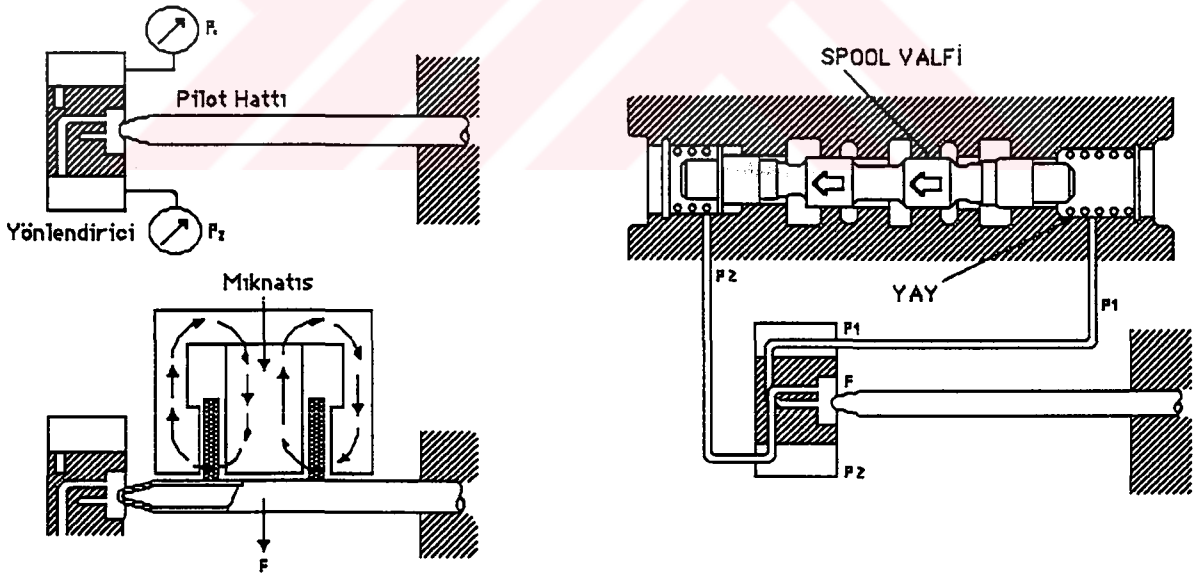
Yön valflerinin aksel yönde tahriki ise hidrolik, mekanik veya elektronik olarak yapılmaktadır, Şekil 5.15.



Şekil 5.15: Yön valflerinin aksel olarak tahrik metodları

Elektronik kontrolde; küçük bir doğru akım ile meydana getirilen manyetik alan, pilot hattını bir tarafa çeker ve dolayısıyla kontrol hatlarından birine daha fazla basınç uygulanarak o hattın bağlı olduğu müvezzi valfin hareket etmesi sağlanır [14].

Uygulanan doğru akım tahrik mekanizkasındaki bir sensor ile geri besleme teşkil ettirilerek istenilen miktarda hareket sağlanabilir, Şekil 5.16.



Şekil 5.16: Müvezzi valfin Pilot hattı ile elektronik tahriki

Müvezzi valfin çok hassas işlenmiş olması gerekir. Akışkan içinde herhangi bir pislik bulunmaması için akışkanın sürekli filtre edilmesi gerekir. Sistemde en küçük kaçaklara dahi izin verilmemelidir. Sıcaklık ile akışkan viskozitesinin değişeceği, dolayısıyla işletim parametrelerinin bundan etkileneceği dikkate alınmalıdır.

Sayılan bu Őartlara ilaveten müvezzi valfin geri beslemesinde kullanılacak basınç ve mesafe sensörleri ile bunları kontrol edecek elektronik devre de tahrik mekanizması kapsamında mütala edilmelidir.

Böyle bir tahrik mekanizması maliyet açısından pahalı,teknolojik açıdan ise güneş takip sistemi ihtiyaçları dikkate alındığında lüks ve zahmetli sayılabilir.

#### 5.4.3.2 Pnömatik tahrik

Pnömatik sistemlerde de, hidrolik sistemlerde kullanılan aynı valfler,pompalar ve aktuatör gibi devre elemanları kullanılmaktadır. Bunlardan başka Air logic (hava mantık) adı verilen sahada amplifikatörler,mantık aletleri (logic devices) ve elektronik kontrolde kullanılan elemanlara karşılık gelen diğer bir çok kontrol elemanları kullanılmaktadır.

Pnömatik sistemlerde, hidrolik sistemlerdeki problemlere ilaveten hava hatlarının nem ve pislik kapmaları problemleri mevcuttur [14] .

Sistemimiz açısından pnömatik tahrik, hidrolik tahrikten daha fazla dezavantajlara sahip görünmektedir.

#### 5.4.3.3 Elektrik motorları ile tahrik

Elektrik motorları ile tahrikten; motorun sağladığı dönme hareketinin doğrudan tahrik sisteminde kullanılması kastedilmektedir.

Elektrik motorunun milinden sağlanan dönme hareketi doğrudan veya hızı değiştirilerek dolaylı yoldan sistemde kullanılabilir. Bunların otomatik olarak açılıp - kapanması ve devirlerinin değiştirilmesi, elektronik kontrol devrelerinin yardımı ile mümkündür.

Güneş takip sisteminin gerektirdiği döndürme momentini sağlayacak doğru akım motorları,alternatif akım motorları ve step motorlar (adım motorları) mevcuttur.

x ve z eksenlerinde bulunması gereken döndürme momentlerinin bölüm 5.3.2 de elde edilen değerlerinin küçüklüğü gözönüne alındığında; motor momentini artırmak için düşünülebilecek çevrim oranını temin eden dişli ve kayış-kasnak mekanizmaları gereksizdir. Dolayısıyla elektrik motorlarının sistemi tahrik için kullanımı,onların otomatik olarak kontrol imkanlarına bağlıdır. Şimdi bunları sırası ile inceleyelim.

#### 5.4.3.4 Alternatif akım motorları

Alternatif akım motorlarında, doğru akım motorlarında olduğu gibi komütatör ve fırça bulunmaz. Bunlar indüksiyon motor prensibine göre çalıştıkları için çok basit olup gayet verimli bir güç kaynağıdırlar. Eskiden alternatif akım motorlarının devir kontrolleri yapılamazdı, fakat günümüzde artık sıfır devir sayısı ile nominal devir sayısı arasında moment etkilemeden transistör veya tristörler ile devir kontrolü yapılmaktadır. Otomatik kontrol uygulamalarında, hidrolik pompaların ve konveyörlerin tahrikinde, materyal nakli (material handling) gibi büyük güçlerin gerektiği yerlerde tercih edilirler [14] .

Tahrik sisteminin çok küçük devir sayısı ihtiyacı ve alternatif akım motorlarında ilk hareket zamanı gerekmesi gibi sebepler yüzünden bunlar sistemimizin tahrikine elverişli görülmemektedirler.

#### 5.4.3.5 Doğru akım motorları

Bir çok doğru akım motorunda halen fırça ve komütatör kullanımına karşılık fırçasız doğru akım motorları da imal edilmiştir.

Bunların iki büyük özelliği

1. Ters yönde dönebilme.Uygulanan gücün kutupları değiştirildiğinde motor ters yönde dönebilir.

2. Dönüş hızları değişkendir. Uygulanan gerilim değiştikçe motorun hızı da değişir.

Bütün doğru akım motorları değişken hızlıdır. Fakat her doğru akım motorunun farklı voltaj-hız-döndürme momenti eğrileri vardır[14].

Tahrik sisteminde, doğru akım motorlarının kullanılması mümkün görülmele beraber kalkınma zamanı gerekmesi ve duruş için sistemin ataleti göz önüne alındığında, step motorların yapıları itibarıyla herbir adımdan sonra elektriksel olarak kilitlenme özelliğinden dolayı step motorlar daha avantajlıdır. Ayrıca doğru akım motorlarının devir kontrolü, step motorlarının devir kontrolundan daha karışıktır.

#### 5.4.3.6 Step (adım) motorları

Geri besleme kontroluna gerek kalmaksızın istenilen sayıda hassas olarak dönüş yapabilir ve hareketleri kolaylıkla kontrol edilebilir. Dezavantajları, aşırı yüklenme halinde kaymalarıdır.

Bu motorlarda dönüş adım adım olmaktadır. İmalat özelliklerine göre adımları  $0.72^\circ$  , $1.8^\circ$  , $5^\circ$  olabilmektedir. Motora gönderilecek her impuls, rotorun bir adım dönmesini sağlamaktadır. Mesela adımı  $5^\circ$  olan bir motorun  $30^\circ$  dönmesi isteniyorsa ona 6 defa impuls gönderilmesi kafidir. Bunun ayarlanması ise digital bir devre ile kolayca sağlanabilir. Kısacası herhangi bir anda sistemin kaç derece dönmesi gerekiyorsa digital devre gerekli impuls sayısını hesaplayıp motora gönderecektir. Çok kısa zaman aralıklarında çok küçük devirlerin temini için en iyi çözüm, adım motoru kullanmaktır.

Netice olarak sistemin hassasiyeti ve basitliği göz önüne alındığı takdirde, adım motorlarının sisteme en uygun olacağı kanaati hasıl olmaktadır. Kontrol devresinin dizayn edilebilmesi için adım motorlarının yapısı ve çalışma prensibinin incelenmesi gerekir.

#### 5.4.4 Step motorlar

Step motorlarının çalışma prensibinin anlaşılmasını sağlayan dört önemli unsur şunlardır:

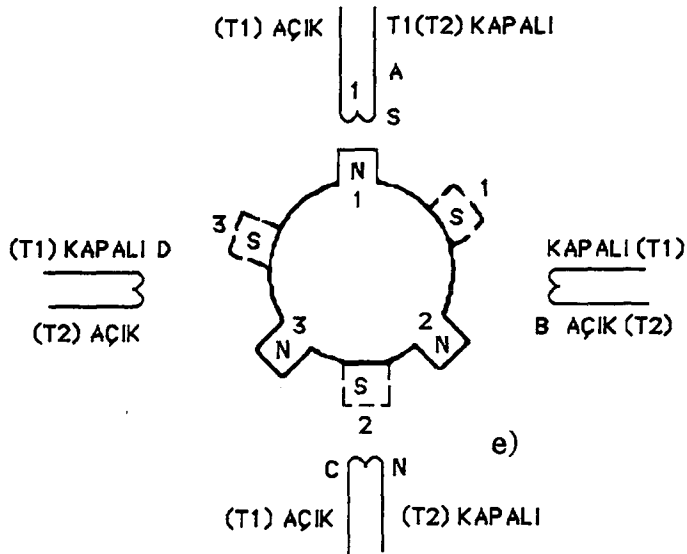
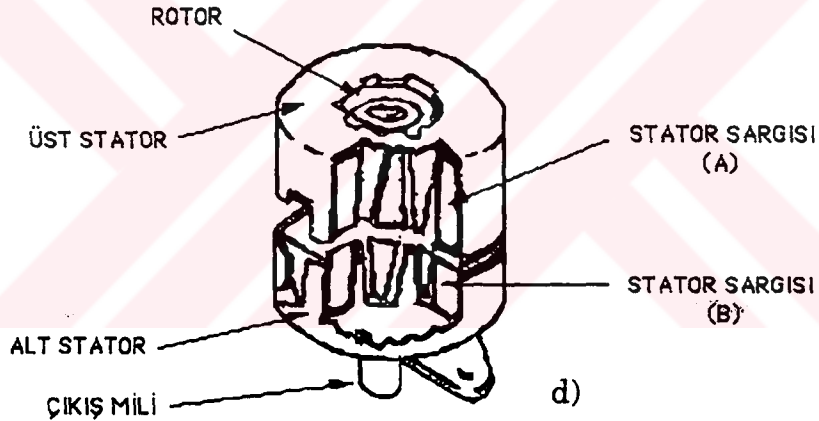
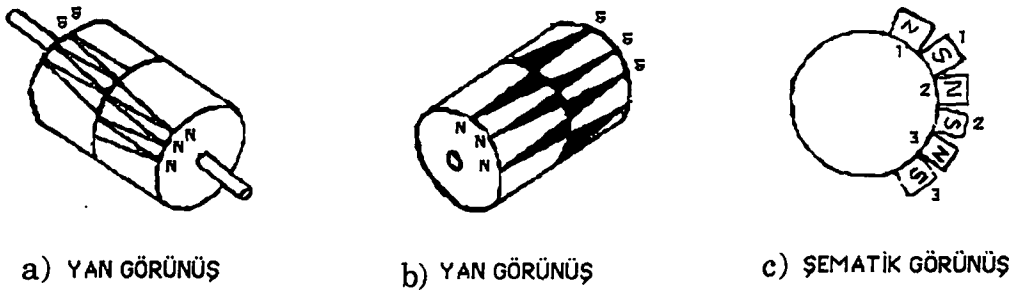
- Rotorları aynen dişliçark gibi olup,bölünmüş, sürekli bir mıknatıs özelliğini taşır,
- Stator da dişliçark şeklindedir,
- Rotor ve statorun diş sayıları farklıdır,
- Stator sargılarına sırayla impuls verilir.



Motorun yapısı, şekil 5.17 de açıklanmaktadır.

Rotor üzerindeki sürekli mıknatıs bölünerek, bir an için rotorun bir ucu stator ile etkileşirken çekme-itme, bir sonraki an için diğer ucu etkileşmektedir. Şek 5.17.c de detaylı olarak görülen gibi rotor dişleri ve alan sargıları motora belirli bir hareket vermek için manyetik akının konsantre edilmesini sağlarlar.

Step motorun dönüşünü anlayabilmek için her bir adımın belirli bir zamanda meydana geldiğini düşünmek faydalı olur. Bu zamanlar Z1 ve Z2 olarak adlandırılacaktır. Her bir zamanda hangi sargıya enerji verildiğini tesbit ederek, motorun hareketi açığa kavuşacaktır.



Şekil 5.17: Step motor yapısı ve çalışma prensibi

Z1: A ve C sargılarına enerji verildiğinde A kuzey kutup ve C de güney kutup olacaktır. Dolayısıyla rotorun N1 dişi A sargısı tarafından çekilecektir. B ve D sargılarına bu anda enerji verilmediğine dikkat edilmelidir.

Z2: Bir sonraki adım A ve C den enerjiyi keserek B ve D ye enerji vermektir. B kuzey, D ise güney kutup olacaktır. B sargısı rotorun S1 dişini çekecektir. Bu etki rotorun orjinal pozisyonundan dönmesine sebep olacaktır.

Bu ilk iki adım step motor hareketi için gerekli kritik etkiyi izah etmektedir. Bu etkiyi anlayabilmenin diğer bir yolu da her bir zamanda hangi sargıların açık, hangilerinin kapalı olduğuna dair bir tablo teşkil etmektir, Tablo 5.1.

Zaman	A	B	C	D
Z1	Açık	Kapalı	Açık	Kapalı
Z2	Kapalı	Açık	Kapalı	Açık

Tablo 5.1: Step motor zamanlaması

Motorun bu küçük hareketi rotorun tam tamına  $22.5^\circ$  dönmesini sağladı.  $22.5^\circ$  step motorun bir adımıdır. Dört adımda  $90^\circ$  dönüş yapacaktır.

Tablo 5.1 deki sırayla digital bir devre ile sürekli impuls gönderilmesi halinde motor istenilen dönüş sayısında dönecektir. Dönüş hızı ise adımlar arasındaki gecikme zamanının miktarı ayarlanarak kontrol edilebilir.

Her bir adımdaki dönüş açılarına göre farklı step motorlar mevcuttur. Genellikle kullanılan üç tip step motor; bifilar, unipolar ve variable reluctance motorlarıdır.

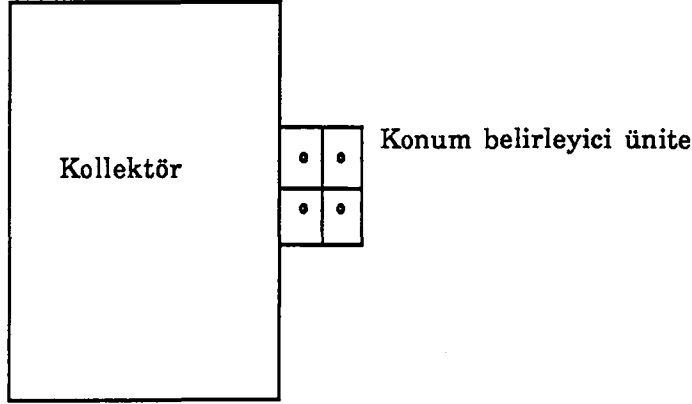
Bifilar motorlara hem pozitif, hem negatif voltaj uygulamak gerekir.

Unipolar ise dört ayrı sargıdan oluşur. Fakat sadece pozitif veya sadece negatif voltaj uygulanabilir. Bu iki tipte rotorlar sürekli mıknatıstır. Üçüncü tipte ise rotorda indüksiyon mıknatıs alanı mevcuttur.

Her bir step motor, tablo 5.1 dekine benzer, kendisine ait ikili sistem tablosuna sahiptir [14].

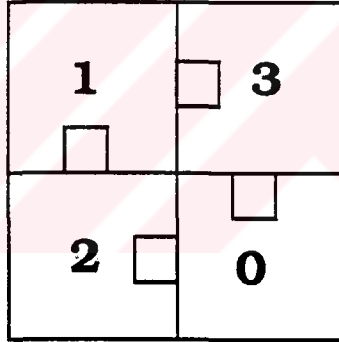
## 5.5 GÜNEŞİN KONUMUNU BELİRLEYİCİ ÜNİTE

### 5.5.1 Sistemin Çalışma Mantığı



Şekil 5.18: Güneşin konumunu belirleyici ünitenin düzlem kollektöre monte edilmesi

Güneşin konumunu belirlemek üzere dizayn edilen ünite, kollektöre monte edilmiş olup onunla birlikte hareket etmektedir. Araları siyah perdelerle ayrılmış dört adet fotosel, üzerlerine gelen ışığın şiddetine bağlı olarak elektrik akımı üretmektedirler.



Şekil 5.19: Güneşin konumunu belirleyici üniteye fotosellerin yerleşimi

Şekil 5.19 da 0, 1, 2, 3 rakamları ile temsil edilen 4 fotosel, araları siyah levhalarla bölündüğünden dolayı, kollektörün güneşe dik olmadığı konumlarda herbiri farklı ışık alır. Böylece bunların ürettiği akımlar arasında farklılık meydana gelir.

Fotosellerden alınan değerler, devrelerden geçirilip bilgisayara digital değerler olarak girdikten sonra program içinde  $f(n)$  isimli bir diziye atanmaktadır.  $f(n)$  dizisindeki  $n$  değerleri 0, 1, 2 ve 3 olmakta, bunlar ise fotoselleri temsil etmektedirler. Yani  $f(0)=154$  şeklindeki ifade 0 numaralı fotoselin ürettiği akımın digital karşılığının 154 olduğunu ifade etmektedir.

### 5.5.2 Kollektör yüzeyinin, x-ekseni etrafındaki yani aşağı-yukarı hareketinde güneşe dikliği

Kollektör yüzeyinin, x-ekseni etrafındaki yani aşağı-yukarı hareketindeki güneşe dikliği 1 ve 0 numaralı fotoseller ile kontrol edilmektedir. Şayet bu iki fotoselin ürettiği akım farklı ise kollektör dik konumda değil demektir.

Dik konumda olduğunda  $f(1)$  ve  $f(0)$  değerleri birbirine eşittir yani  $f$  farkı temsil etmek üzere

$$f = f(1) - f(0)$$

ile

$$f = 0$$

dır.

Burada belirtilmesi gereken, bu farkın hiçbir zaman  $0^\circ$  olmayacağıdır. Yani iki fotosel de güneşi tam olarak gördüğü halde bile, yapılarının yüzde yüz aynı olmamasından dolayı aynı değerleri vermeleri beklenmez. Bundan dolayı  $f$  değerinin, ideali 0 olan, sıfıra yakın bir değerden küçük olması halinde dik konum elde edilmiş olur.

Bu değer, yapılan deneylerle 2 olarak tespit edilmiş olup programda  $\min$  değişkeni ile temsil edilmiştir. Gerektiğinde yeniden ayarlanıp değiştirilebilmesi için bu öngörülmüştür.  $\min1$  değişkenine 2 nin altında değerler atanması halinde sistemin kararlı bir konumu yakalaması güçleşmektedir.

Bu mantık ile;  $f$  değerinin 0'a eşit olup olmadığının kontrolü yerine,  $f$ 'nin  $\min1$  değişkeninden küçük ya da büyük olup olmadığı kontrol edilmektedir.

Şayet

$$f > \min1 \text{ değişkeni}$$

ise 1 numaralı fotosel daha çok ışık almaktadır. Dolayısıyla kollektörün yukarıya doğru hareket etmesi gerekir.

Şayet

$$f < -\min1 \text{ değişkeni}$$

ise 0 numaralı fotosel daha çok ışık almaktadır. Dolayısıyla kollektörün aşağı doğru hareket etmesi gerekir. Bu iki durumun tersi ise dik konumun yakalandığını gösterir.

Bu hareket program akış şemasından kolaylıkla takip edilebilir.

### 5.5.3 Kollektör yüzeyinin, z-ekseni etrafındaki, yani doğu-batı hareketinde güneşe dikliği

Bu hareket yönünde, kollektör yüzeyi güneş ışığına dik konumda değilse şekil 5.19 daki 2 ve 3 numaralı fotosellerin ürettikleri akım farklı olacaktır.

$$f = f(2) - f(3)$$

fark değeri,  $\min1$  değerle mukayese edilir.

Şayet

$$f < (-\min1)$$

ise 3 numaralı fotosel daha çok ışık almaktadır. Dolayısıyla kol-

lektörün doğruya doğru hareket etmesi gerekir.

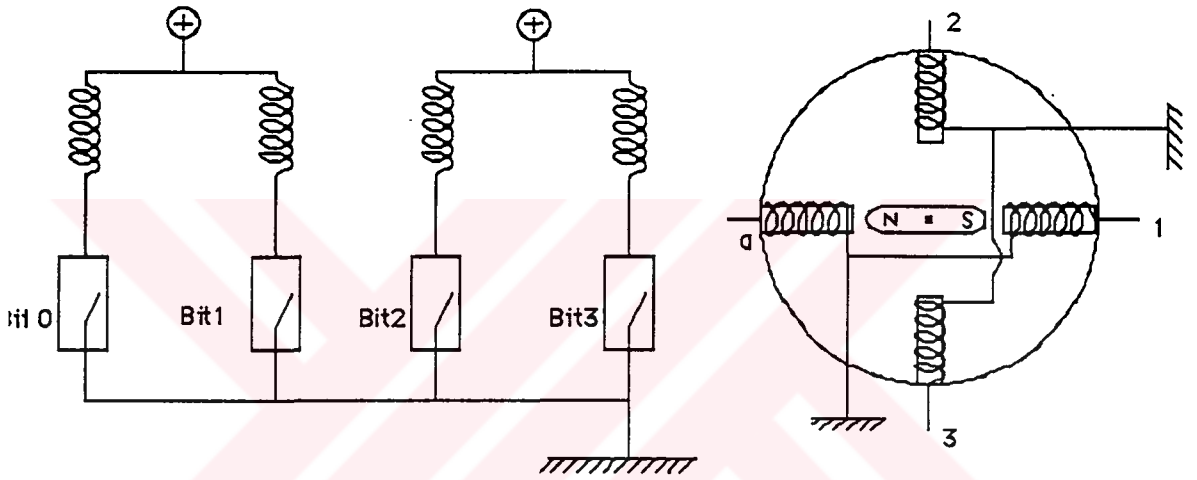
Şayet

$$f > \min 1$$

ise 2 numaralı fotosel daha çok ışık almakta dolayısıyla kollektörün batıya doğru hareket etmesi gerekir. Bu iki durumun tersi ise kollektörün bu yönde dik konumu yakaladığını gösterir.

## 5.6 STEP MOTOR TAHRİK DEVRESİ

### 5.6.1 Motor uçlarının bağlantısı ve devrenin çalışma prensibi



Şekil 5.20: Step motorda uçların bağlantı şeması

Aynı anda aynı uca bağlı iki bobin birden aktive edilmez. 0-2, 2-1 ve 1-3, 3-0 şeklinde aktive edilirler.

Half modda ise 0, 0-2, 2, 2-1 şeklinde arada atlamalı olarak tek bobin aktive edilir. Bu konumda motorun devir sayısı yarıya düşer, fakat döndürme momenti artar yani half modda çalışmak kelimenin manasının aksine motorun döndürme momentini artırır.

Kullanılan motorların adım açıları  $1.8^\circ$  dir.

Yapılan bağlantıya göre her motorun sağa yada sola dönmesi program ile sağlanmıştır.

Herhangi bir motorun  $4 \times 1.8^\circ$  sağa dönmesi için programdaki stp değişkenine sırasıyla

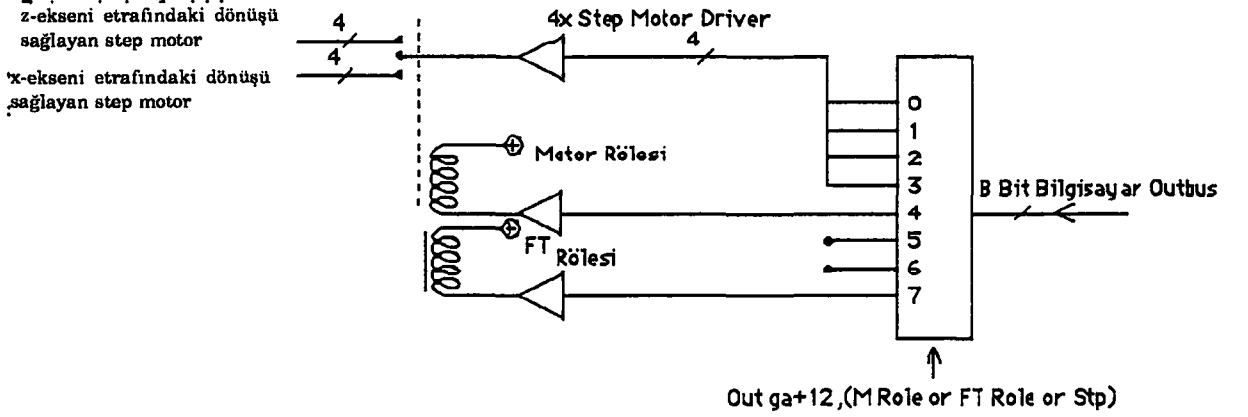
1, 5, 4, 6, 2, 10, 8, 9 değerleri atanmaktadır.

Herhangi bir motorun  $4 \times 1.8^\circ$  sola dönmesi için programdaki stp değişkenine sırasıyla

8, 10, 2, 6, 4, 5, 1, 9 değerleri atanmaktadır.

z-ekseni etrafındaki dönüşü sağlayan motorun sağa dönüşü, kollektörün batıya; sola dönüşü kollektörün doğruya dönüşü demektir.

x-ekseni etrafındaki dönüşü sağlayan motorun sağa dönüşü, kollektörün aşağıya; sola dönüşü ise yukarıya dönüşü demektir.



Şekil 5.21: Step motor driver, motor seçeci röle ve fotosel - termometre rölelerinin bağlantı şeması

Yukarıdaki şekilde işareti birbirinin aynı olan 4 adet uç olduğunu gösterir. Şekil 5.20 deki 0 , 1 , 2 , 3 den ibaret 4 adet uç burada basitliği sağlamak için 4 ile gösterilmiştir.

Motorlardan birinin ya da öbürünün dönmesi bir röleye kumanda edilerek sağlanmıştır. Motor Rölesi adı verdiğimiz bu röle 1 konumunda z eksenindeki motorun dönmesini sağlamaktadır.

Bilgisayarın Outbus'ından gelen 8 bitlik bilginin ilk 4 biti yani 0 , 1 , 2 ve 3 üncü uçlar doğrudan step motor driver kartını, dolayısıyla step motorların sargılarını tetiklemektedir.

Sonraki uç yani 4 üncü uç, Motor Rölesinin konumunu tayin etmektedir. Programdaki MRole değişkenine 16 değeri atanırsa röle x-ekseni motorunu aktive edecek konuma, 0 değeri atanırsa röle z-ekseni motorunu aktive edecek konuma geçmektedir.

5 inci ve 6 ıncı uçlar açıkta olup, kullanılmamıştır.

7 inci uç ise Fotosel/Termometre analog değerlerinin bilgisayara alınması ve okunması için kurulan devrede kullanılan FTRole takma adını verdiğimiz Röleye kumanda etmektedir.

FTRoleye kumanda etmek üzere ayrı bir output devresi yapılmış olsaydı program biraz daha basit olabilirdi. Fakat bu, sistemin maliyetini ve bağlantı kablolarının sayısını artıracığından tercih edilmemiştir.

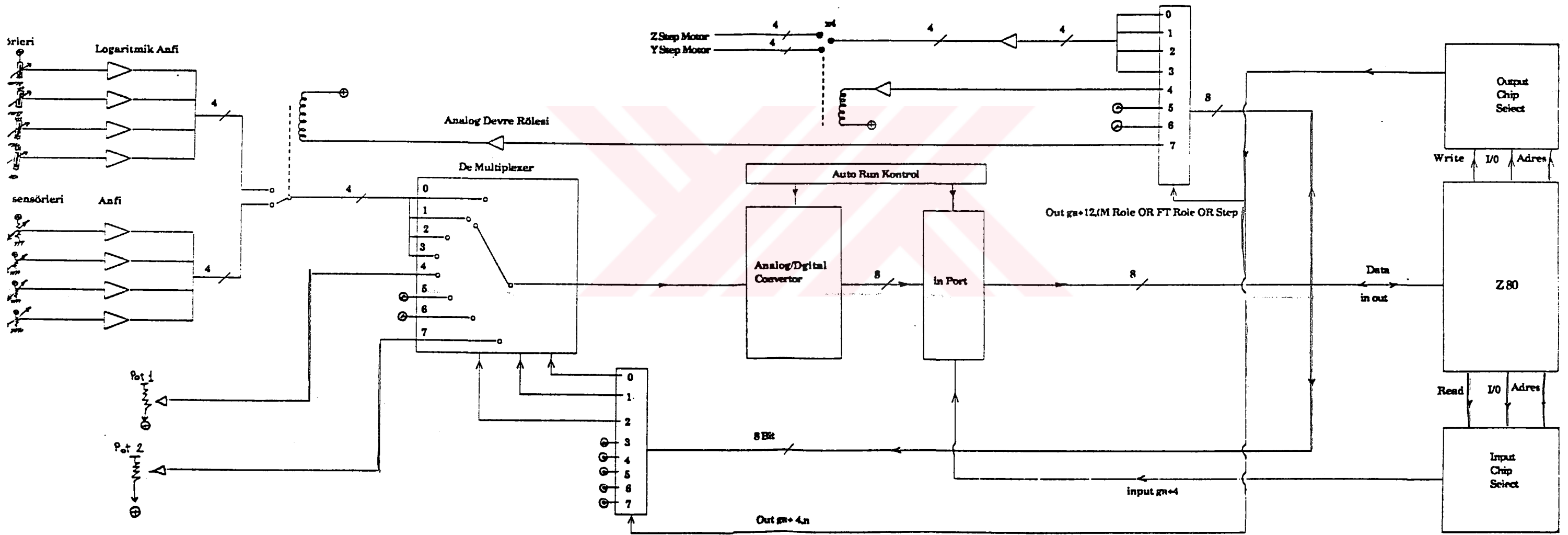
Programda

Out ga+12, (MRole or FTRole or Stp) cümlesi ile Analog Röleye de output verilebilmektedir.

Bunun sebebi o rölenin en son konumunu aynen korumak içindir. Aksi taktirde ; yapılan bağlantı dikkate alındığında, bilgisayarın outbus'ından gelecek 8 bitlik output, bu rölenin konumunu, gerekmediği halde değiştirebilirdi. Programda FTRole değişkenine 128 değeri atandığında röle açık konuma (on), 0 değeri atandığında röle kapalı konuma (off) geçmektedir.

**5.6.2 Fotosellerin ürettikleri değerlerin,  
Kollektörlerin giriş ve çıkışlarındaki sıcaklık değerlerinin,  
Motor millerine akuple edilmiş potansiyometre değerlerinin,  
Bilgisayara alınması için dizayn edilen devre**

Bilgisayar programı akış diyagramı ile dizayn edilen devrenin birlikte uyumlu olarak nasıl çalıştıklarının kolayca takip edilebilmesi için kısmen detaylandırılmış devre şeması şekil 5.22 de görülmektedir.



Şekil 5.22: Elektronik devre şeması

### 5.7 Fotoseller:

Fotosellerin ürettiği analog değerler logaritmik amplifikatörden geçirilerek yükseltilmekte, böylece hem bilgisayarın yanında bulunan kartlara kadar olan 5 m lik mesafede analog olarak taşınırlarken zayıflamaları engellenmiş olmakta , hem de aralarında oluşacak değer farkları daha kolay farkedilebilmektedir. Sistemimizde BPW21 fotoselleri kullanılmıştır.

### 5.8 Kollektörlerin giriş ve çıkışlarındaki sıcaklık değerleri:

Daha önce step motor tahrik devresinde FTRole adıyla andığımız röle, fotosellerden gelen 4 uç ile takipli ve takipsiz kollektörlerin giriş ve çıkış suyu sıcaklıklarını gösteren ikişerden 4 sıcaklık sensörüne ait uçlar arasında çalışır. Sistemimizde LM335 sıcaklık sensörleri kullanılmıştır. Bunlar, içinde Petrol Ofisinin Isı Transfer Yağı bulunan Silindirik parçalar içine yerleştirilmişlerdir. Silindirik parçalar ise kollektör su giriş ve çıkışlarına monte edilmişlerdir. Röle sıcaklık sensörlerinden sonraki anfi çıkışlarına bağlandığı zaman alınan analog değerler, aynen fotosel değerlerinin bilgisayara girdiği gibi bilgisayara girerler. Alınan değerler digital olup doğrudan sıcaklığı göstermemektedirler. Yapılan deneylerle bu değerler gerçek sıcaklıklara karşılık gelecek şekilde kalibre edilmiş olup çevirme için her bir sensöre ait amprik formül bulunmuştur. Bunlar aşağıdaki gibidir:

1. sensör için  $^{\circ}\text{C}$  olarak Sıcaklık = (Okunan digital değer - 14.25) / 2.725,
2. sensör için  $^{\circ}\text{C}$  olarak Sıcaklık = (Okunan digital değer - 17.86) / 2.743,
3. sensör için  $^{\circ}\text{C}$  olarak Sıcaklık = (Okunan digital değer - 25.13) / 2.730,
4. sensör için  $^{\circ}\text{C}$  olarak Sıcaklık = (Okunan digital değer - 20.22) / 2.725 dir.

Bilgisayar programı içindeki bu çevirmeler yapıldıktan sonra sıcaklık değerleri  $^{\circ}\text{C}$  olarak printerden doğrudan kağıda yazılmaktadır. Kalibrasyon için  $-50.00^{\circ}\text{C}$  ile  $+150.00^{\circ}\text{C}$  sıcaklık aralığında çalışan Testoterm 1100 termometreleri kullanılmıştır.

### 5.9 Motor millerine akuple edilmiş potansiyometreler:

Motor millerine bağlı olan potlar, sistemin emniyeti için düşünülmüş olup; potların ürettiği değerler, güneş kaybolduktan sonra kollektörün başlangıç konumuna gelmesini ve güneş ışığının belli bir limitin altına düşmesi halinde kollektörün pozisyonunun takip edilmesini sağlamaktadırlar.

FT rölesinden gelen 4 uç multiplexerde 0,1,2 ve 3 ile karşılanmıştır. 4 üncü uç, z-ekseni step motorunun miline; 5 inci uç ise, x-ekseni step motorunun miline bağlı potansiyometrelerden gelen uçlar için ayrılmıştır. 6 ıncı ve 7 inci uçlar ise kullanılmamıştır. Multiplexerde hangi ucun seçileceği programdaki

out (ga + 4, n)

cümlesi ile, ilk 3 bit ile tayin edilmektedir.



Multiplexerden seçildikten sonra herhangi bir anda gelen analog bilgi Analog-Digital konvertörde digital hale çevrilmektedir. A/D konvertör AutoRun olarak çalışmaktadır. Gelen bilgi 8 bit bazında işlenir. Bu ise maksimum analog bilginin 1/256 lık parçalara bölünüp işlenebilmesi demektir .

## 6. SİSTEMİN KARAKTERİSTİKLERİ

### 6.1 ÇALIŞTIRMA TALİMATI

İmal edilen sistem ile iki türde deney yapılabilir.

a- pompalarla cebri sirkülasyon sağlayarak kapalı çevrim,  
b- kollektörde ısınan suyu sistemden dışarıya atıp, sürekli yeni su ilave ederek sirkülasyon sağlayarak açık çevrim.

Şayet sistem a şıkında olduğu gibi çalıştırılacaksa şu işlemler sırasıyla yapılmalıdır:

- 1- Pompaların çalıştırılması için her ikisine de aynı anda güç veren elektrik anahtarının açılması,
- 2- Bilgisayara ve diğer ünitelere ait elektrik anahtarının açılması,
- 3- Programın çalıştırılması,
- 4- Monitörde okunacak giriş ve çıkış suyu sıcaklık değerleri arasında fark gözleninceye kadar pompaların çıkışındaki vanaların kısılması. Takipli ve takipsiz kollektörlere ait her iki vana da aynı konuma getirilecektir.

Bu işlem debilerin sabitlenmesi için yapılacağından, sistemde dolaşan su başlangıçta dışarıya atılarak debileri ölçülmeli, her iki kollektör için de aynı debi değeri sağlandıktan sonra dışarıya su atma işlemi durdurularak tesisat tamamen su ile doldurulmalıdır.

- 5- Belli aralıklarla diskete kaydedilen değerlerin printer çalıştırılarak kağıda yazılması,
- 6- Bilgisayarın kapatılması,
- 7- Pompaların kapatılması.

Şayet sistem b şıkında olduğu gibi çalıştırılacaksa şu işlemler yapılmalıdır:

- 1- Kazana dönüş hattındaki vanaların kapatılması,
- 2- Bilgisayara ve diğer ünitelere ait elektrik anahtarının açılması,
- 3- Programın çalıştırılması,
- 4- Monitörde okunacak giriş ve çıkış suyu sıcaklık değerleri arasında fark gözleninceye kadar dışarıya sıcak suyun atılmasını sağlayan hattaki vanaların ve şebekeden soğuk su giriş hattındaki vanaların kısılması. Takipli ve takipsiz kollektörlere ait her iki vana da aynı konuma getirilecektir.

Bu işlem debilerin sabitlenmesi için yapılacağından, sistemde dolaşan su dışarıya atılarak debileri ölçülmeli, her iki kollektör için de aynı debi değeri sağlanmalıdır.

- 5- Belli aralıklarla diskete kaydedilen değerlerin printer çalıştırılarak kağıda dökülmesi,
- 6- Bilgisayarın kapatılması.



## Dikkat edilmesi gereken genel hususlar

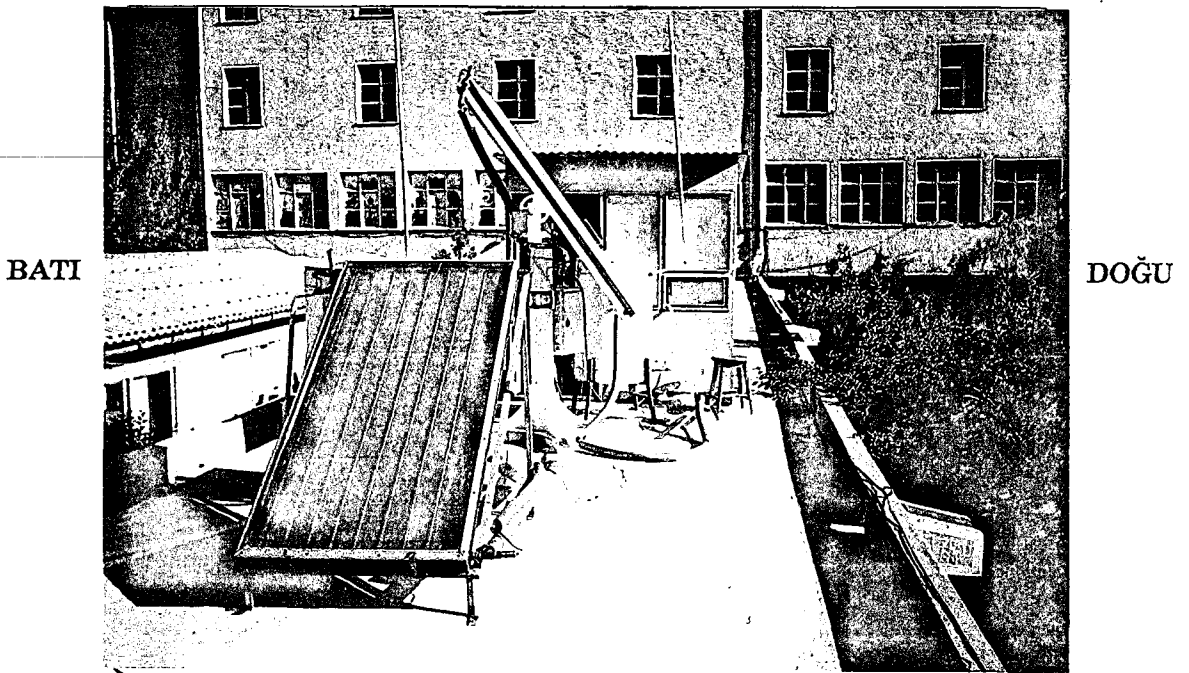
- 1- Sistem mutlaka topraklanmış prize takılmalıdır. Aksi halde mevcut nemli ortamdan dolayı elektrik çarpması olabilir.
- 2- Bilgisayara elektriksel parazitlerin girmesini önleme açısından pompalar bilgisayardan önce çalıştırılmalı ve bilgisayardan sonra durdurulmalıdırlar.
- 3- Bilgisayar çalışır vaziyette iken interface fişleri sökülüp takılmamalıdır.
- 4- Takipli kollektörün pozisyonunu belirleyici potlarda mekanik aşınmalardan dolayı meydana gelebilecek değer değişmelerine karşı potların ayda bir belirli bir konuma göre kalibrasyonunun kontrolünde fayda vardır.
- 5- Sıcaklık sensörleri prinçten mamul silindirik bir kılıf içinde bulunmakta olup ısı iletimini iyileştirmek için içlerine ısı transfer yağı doldurulmuştur. Çok ince olan bu yağın sızıntı ihtimaline karşı yılda bir tazelenmesinde fayda vardır.

## 6.2. DENEME ÇALIŞTIRMASI

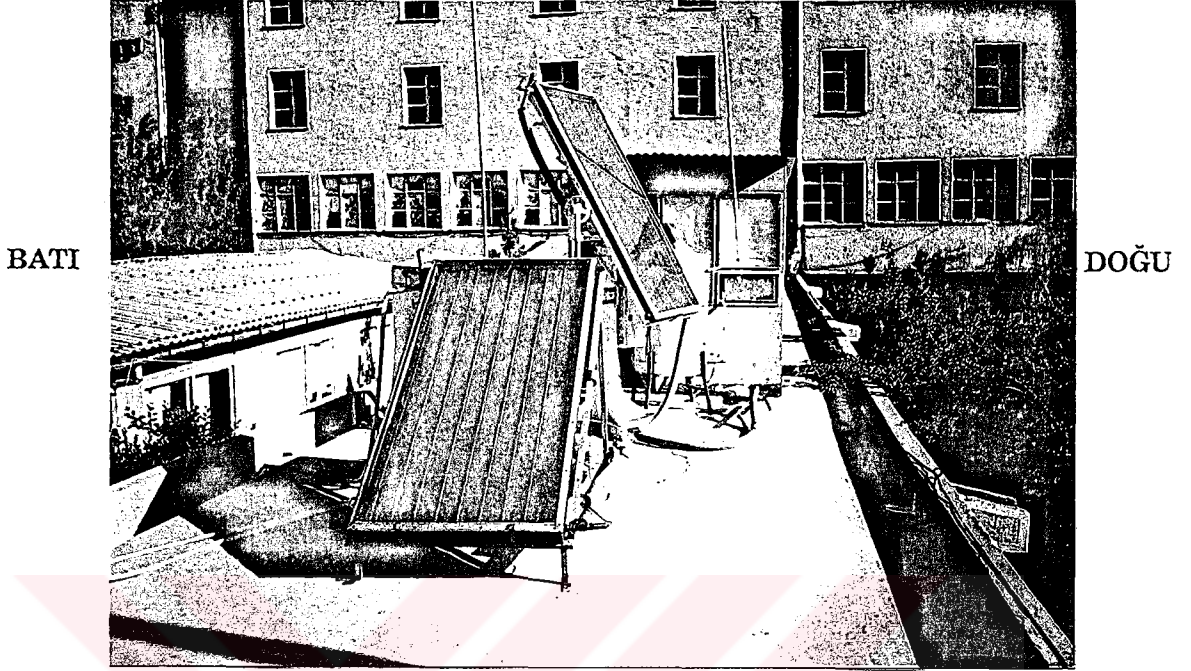
İmal edilen sistem deneme mahiyetinde olmak üzere 1.5 ay süreyle çalıştırılmıştır. Bölüm 6.1 de sözü edilen a- ve b- türlerinde iki tip deney yapılmıştır. Elde edilen değerler Ek A.1 deki Tablo 1 ve Tablo 2 verilmektedir.

Ölçülen değerlere ait tablolar ve grafikler, takipli ve sabit kollektörlerin mukayesesinde kullanılmak üzere Ek A.1 de verilmiştir.

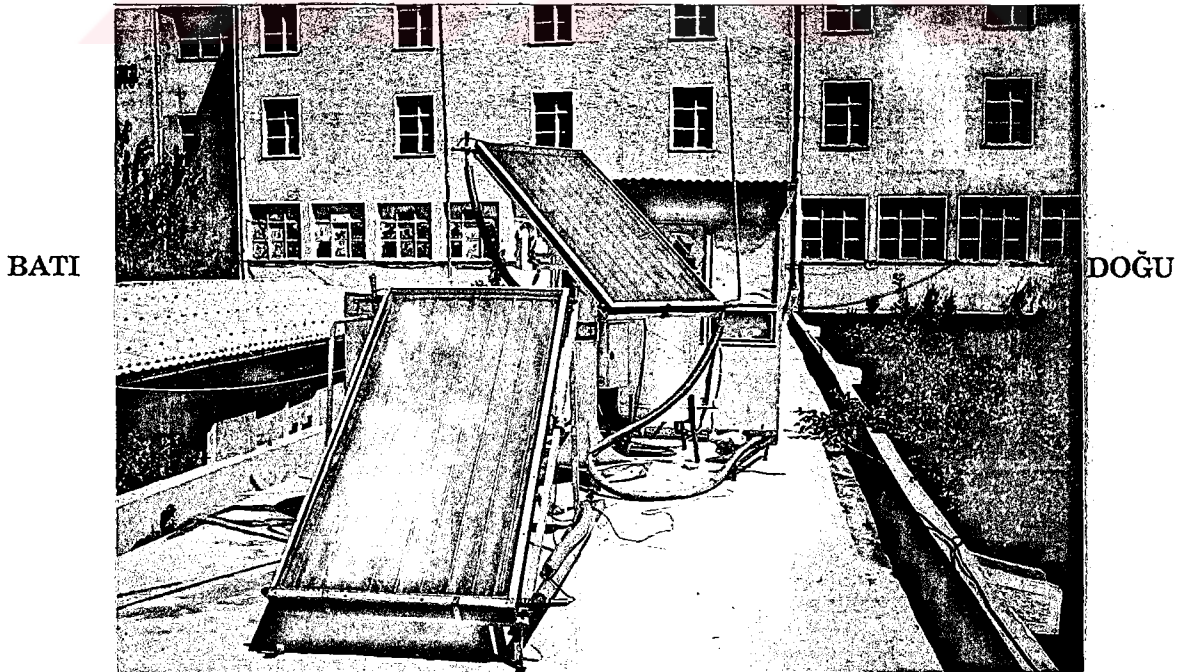
11 Haziran 1990 günü çekilen sisteme ait fotoğraflar takipli kollektörün hareketleri hakkında fikir vermesi için aşağıda sunulmuştur. Fotoğraflarda yeralan kulübe, bilgisayar ve printerin bulunduğu yerdir.



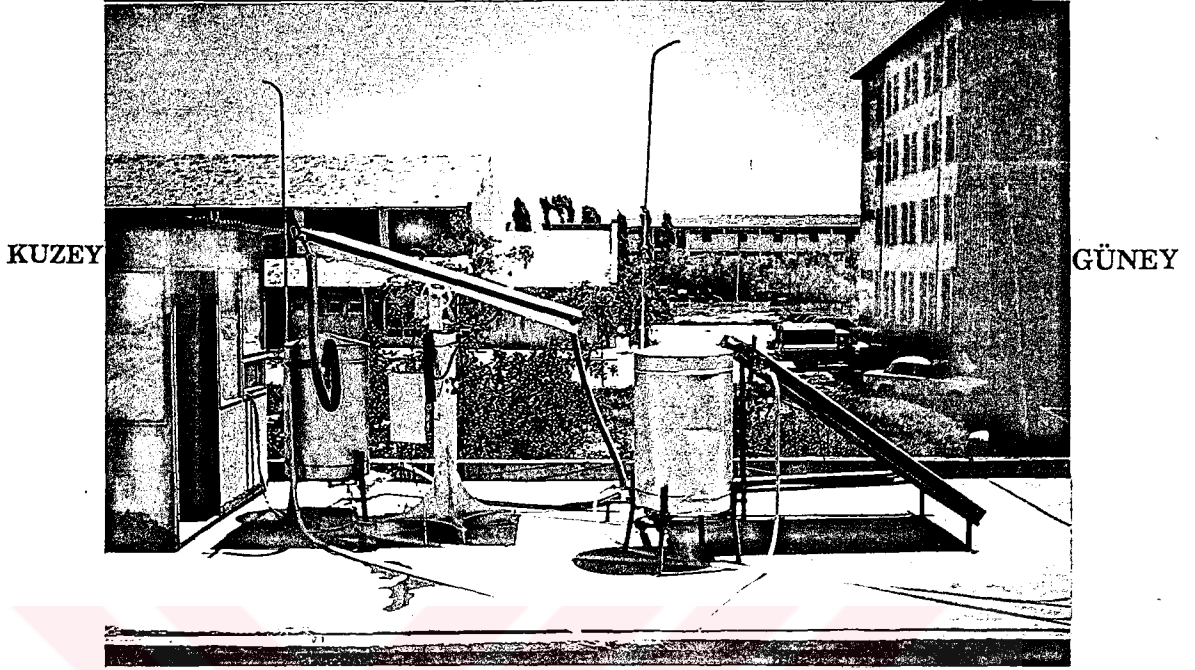
Fotoğraf 6.1: 11 Haziran 1990, Sabah 7.00,  
önde: Sabit Kollektör, arkada: Takipli Kollektör



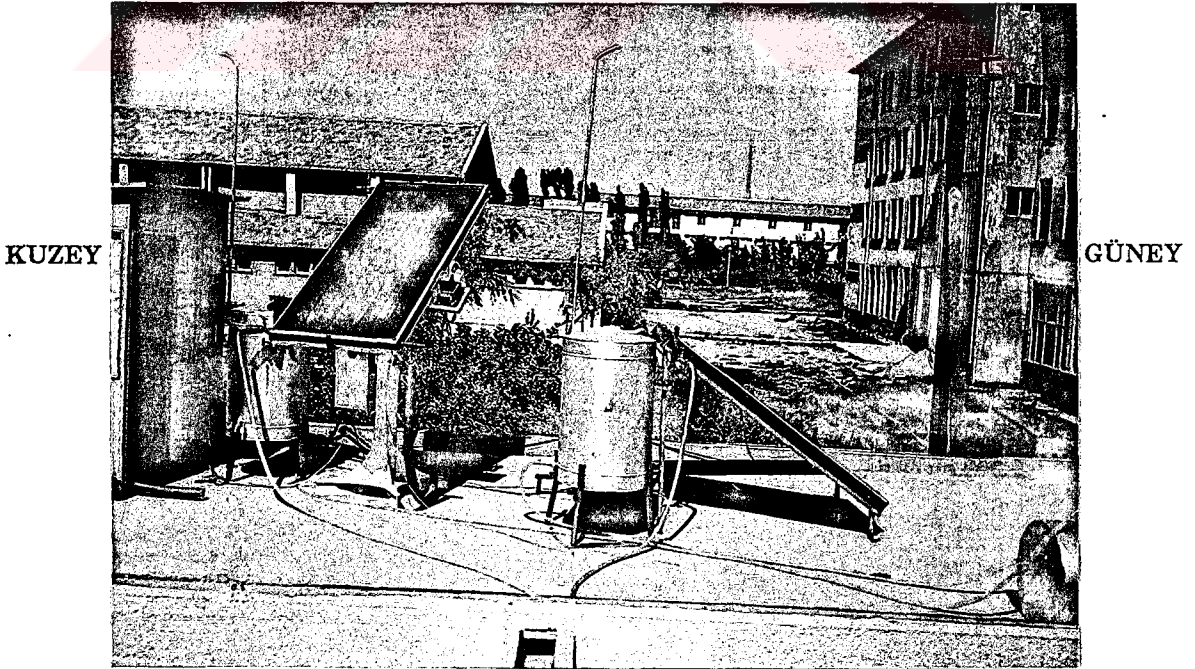
Fotoğraf 6.2: 11 Haziran 1990, Sabah 8.30,  
önde: Sabit Kollektör, arkada: Takipli Kollektör



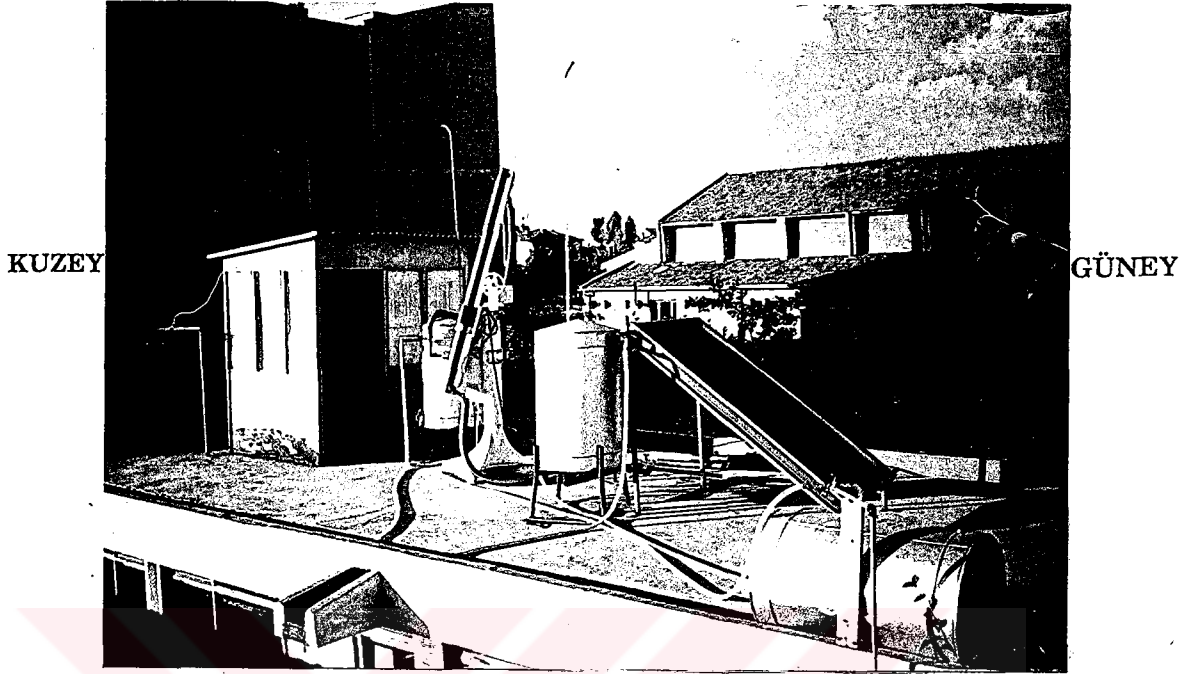
Fotoğraf 6.3: 11 Haziran 1990, Sabah 10.30,  
önde: Sabit Kollektör, arkada: Takipli Kollektör



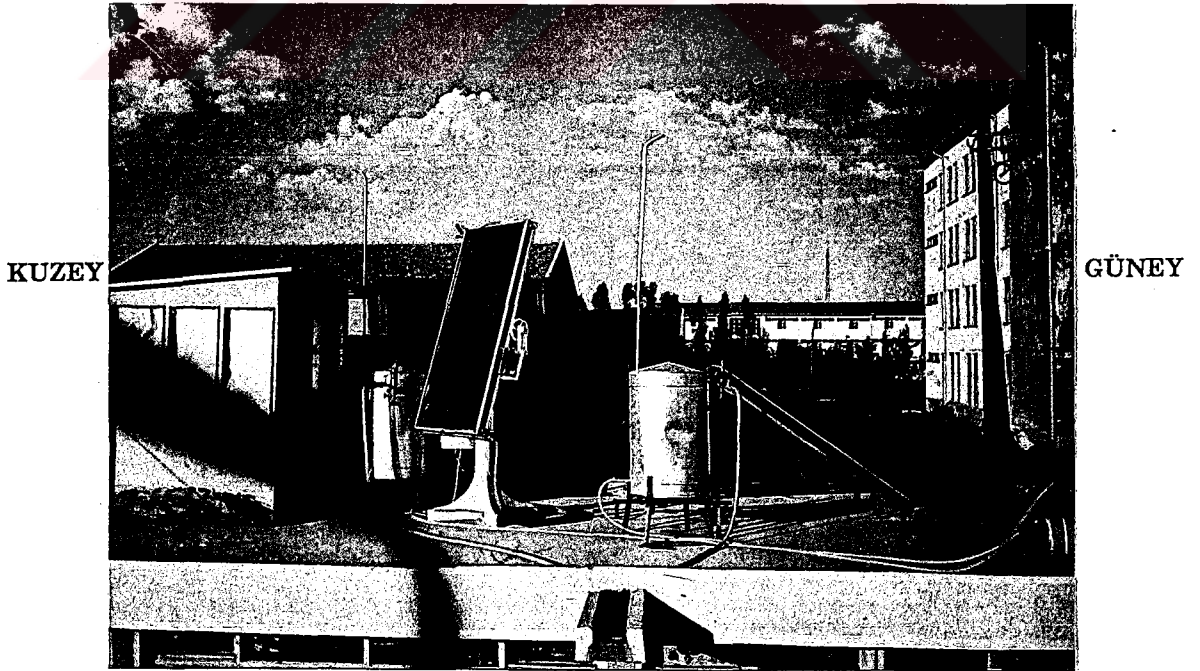
Fotoğraf 6.4: 11 Haziran 1990, Öğleyin 12.12 ,  
sağda: Sabit Kollektör, solda: Takipli Kollektör



Fotoğraf 6.5: 11 Haziran 1990, Öğleden sonra 15.30,  
sağda: Sabit Kollektör, solda: Takipli Kollektör



Fotoğraf 6.6: 11 Haziran 1990, Öğleden sonra 18.30 ,  
sağda: Sabit Kollektör, solda: Takipli Kollektör



Fotoğraf 6.5: 11 Haziran 1990, Öğleden sonra 18.48,  
sağda: Sabit Kollektör, solda: Takipli Kollektör

## 7. ISI DEBİLERİ

Sıcaklığı yüksek ortamdan sıcaklığı daha düşük ortama yayılan ısıнын geçiş doğrultusuna dik bir yüzeyden birim zamanda geçen miktarına, yüzeyin ısı debisi veya kısaca ısı debisi denir. Bu sebeple ısı debisi dendiğinde birim zamanda geçen ısı miktarı anlaşılır. Birimi kcal/h veya kJ/h veya W dır. Sembolü olarak Q harfi kullanılır.

Takipli ve takipsiz kollektörlere ait ısı debisi değerleri bulunarak bunların mukayese edilmesi halinde takipli kollektörlerin sağlayacağı avantaj tespit edilebilir.

(4.3) denkleminde de anlaşılacağı gibi kollektörün sağladığı ısı, kollektör içinden geçen akışkana aktarılmaktadır. Dolayısıyla (4.3) denkleminde

$Q = m c_p (t_c - t_g)$  değerlerinin takipli ve takipsiz kollektörler için bulunması gerekir.

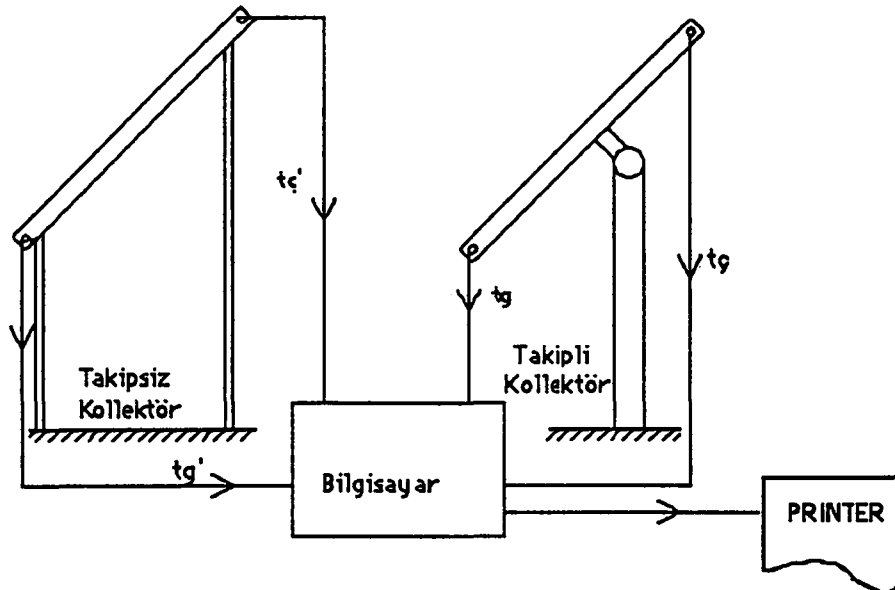
Bunun için şekil 7.1 de gösterildiği gibi takipli kollektör için

$t_c$  : kollektörden çıkış sıcaklığı  
 $t_g$  : kollektöre giriş sıcaklığı

ve takipsiz kollektör için;

$t_c'$  : kollektörden çıkış sıcaklığı  
 $t_g'$  : kollektöre giriş sıcaklığı

ölçümleri aynı sabit zaman aralıkları için ölçülecek ve neticeleri çıktı olarak kağıda verilecektir.



Şekil 7.1: Takipli ve takipsiz kollektörlere ait giriş ve çıkış suyu sıcaklıklarının okunması ve kağıda yazılmasını gösteren şema

Debilerin sabit bir değerde kalmasını sağlamak için, bir sirkülasyon pompası kullanılarak cebri dolaşım uygulanmıştır. İstenilen düşük bir debi değeri pompa çıkış hattındaki vana ile ayarlanmaktadır. Kazana dönüş hattı kazana yakın bir mesafeden vana ile kesilerek pompanın bastığı akışkan, debinin ölçülmesi maksadıyla dışarıya akıtılmaktadır. Bu işlem sabit bir debi değerine karar vermek için başlangıçta bir kez yapılmakta daha sonra kazana dönüş hattı açılarak kollektörde ısınan suyun cebri olarak dolaşması (kapalı çevrim) temin edilmektedir. Her iki kollektördeki debi aynı sabit değere tespit edilerek (3.3) denkleminde ısı debisinin sadece sıcaklık farkı ve özgül ısının fonksiyonu olması sağlanmıştır. Bu şekilde; takipli ve takipsiz kollektörlere ait ısı debilerinin daha sıhhatli olarak mukayese edilebilecekleri düşünölmüştür.

Ayrıca; kollektörde ısınan su kazana döndürölmeden dışarıya atılarak ve sisteme sürekli olarak aynı debide soğuk şebeke suyu ilave edilerek (açık çevrim) yapılan deneylerde de debiler sabit tutulmuş ve ısı debilerinin sadece sıcaklık farkı ve özgül ısının fonksiyonu olması sağlanmıştır.

Ölçölen sıcaklık değerlerinin çok yüksek olmadığı gözönüne alınacak olursa özgül ısı değerinin hesaplarda  $1 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$  alması sonuçları etkilemez.

## 8. SONUÇ VE TAVSİYELER

Bu çalışmada, başlangıçta da belirtildiği gibi hedef olarak tayin edilen, kısaca mikroprosesör esaslı otomatik kontrol diyebileceğimiz- değişik sensörlerin ürettiği dataların bilgisayara alınması, orada işlenmesi ve elde edilen değerler ile sistemin ihtiyaçları gözönünde bulundurulurken, gerekli kontrol sinyallerinin üretilmesi ve böylece herhangi bir sistemin otomatik kontrolünün sağlanması işlemi- teorik ve pratik olarak gerçekleştirilmiştir.

Özel uygulama konusu olarak seçilen güneş takip sistemlerinin düzlem kollektörlere geliştirilerek uygulanması ise başlangıçta yapılan tahminlerin ötesinde bir fayda sağlamıştır.

Sistemin getirdiği avantajlar konusunda % olarak bir değerlendirme yapmak güçtür. Takipli ve sabit kollektörlere ait bir günlük değerlerin gösterildiği Ek A.1 deki Tablo 3, Grafik 1, Tablo 4 ve Grafik 2 nin incelenmesinden de kolaylıkla görülebileceği gibi takipli kollektörün sabit olana nazaran başlıca iki avantajı mevcuttur. Birincisi; sabit kollektörün en yüksek sıcaklığa ulaştığı yaklaşık 9.30 -14.00 zaman aralığı (4.5 saat), takipli kollektör için, yaklaşık olarak güneşin doğması ile batması arasındaki zaman aralığı (Yani günboyu, 9-10 saat) olmaktadır. İkincisi; saat 13.00-14.00 arasında denge sıcaklığı olarak gözönüne alabileceğimiz sıcaklık değerleri sabit kollektör için 33°C iken , takipli kollektör için 42°C olmaktadır. Aynı güne ait sabit ve takipli kollektörler için çıkış suyu ile giriş suyu sıcaklıkları arasındaki farkın ve her iki kollektöre ait değerlerin arasındaki farkın gösterildiği Tablo 5 ve Grafik 3 ün incelenmesinden de yukarıda sözü edilen durum daha kolay anlaşılabilir. İki avantajın, kollektörlere ait ısı debilerinin mukayesesinde de aynen geçerli olduğu Tablo 6 ve Grafik 4 ün incelenmesinden görülebilir. Aynı türde tablo ve grafiklerin kapalı çevrim için verildiği Tablo 7,8,9,10 ve Grafik 5,6,7,8 de de durum pek farklı değildir. Aynı türde deneylerin yapıldığı Mayıs ve Haziran 1990 aylarına ait ortalama değerler kullanılarak avantajların % olarak değerlendirilmesi makul olabilir. Tablo 11 ve Grafik 9 incelenecek olursa 11.24-14.24 saatleri arasındaki sıcaklık eğrileri yaklaşık olarak yatay olduğu için bu arada; takipli kollektör için ortalama 28.16 °C ve sabit kollektör için ortalama 21.33 °C mukayese sıcaklıkları olarak alınabilir. Denge durumu olarak gözönüne alınabilecek bu zaman aralığında takipli kollektör sabit olana nazaran %24 lük bir avantaj sağlamaktadır. Bu mantık ile bulunacak yüzde değerleri günün diğer vakitlerinde bu değerden daha büyük olmaktadır. Bilhassa öğleden sonra %80 lere yaklaşmaktadır. Diğer taraftan sabit kollektörün ulaştığı sıcaklık farkı değerleri en yüksek değerinde 10.48-13.48 saatleri arasında 3 saat kalabilirken, takipli kollektör 9.36-17.36 saatleri arasında 8 saat yüksek sıcaklık farkı sağlamayı sürdürebilmektedir. Bu mantıkla değerlendirildiğinde takipli kollektör sabit olana nazaran zaman itibarıyla %62 daha avantajlı olarak nitelendirilebilir.

Elde edilen sıcaklık değerlerinin, sadece sıcak su ihtiyacını karşılamak için düşünülen tesisatlara ancak yeterli olabileceği ve ilk yatırım maliyetinin yüksek oluşu sebebiyle zaten ekonomik kabul edilemeyen düzlem kollektörlerle enerji sağlanması konusunda yapılan bu çalışma



ekonomiklik açısından değerlendirildiğinde fizibil görülmeyebilir. 1989-1990 yılı fiatları itibarıyla 6.000.000 TL civarında harcama yapılmış olan bu projenin uygulanabilir olması tamamen kullanıcıların tercihlerine bağlıdır. Ekonomik olmasından ziyade ekonomik imiş gibi addedilen düzlem kollektörlerle sıcak su temini, günümüzde hatırı sayılır lde talep görmüş ve görmektedir. Aynı kanaatlerin değerlendirilmesi, bu projenin uygulanabilir olup olmadığının cevabı olabilir.

Proje tamamen doktora çalışması perspektifinden hareketle hazırlandığı için henüz endüstriyel bir dizayn aşamasından geçmemiştir. Endüstriyel uygulamalar için, daha modüler ve az bakım gerektirecek türde yeniden dizayn edilmesi gerekmektedir.



## ÖZGEÇMİŞ

Faruk Ünsaçar 1960 yılında Konya'da doğdu.

İlk okulu 1972, orta okulu 1975 ve liseyi 1978 yıllarında yine Konya'da bitirdi.

1982 yılında Selçuk Üniversitesi Müh-Mim. Fakültesinden Makina Mühendisi olarak mezun oldu.

1982 yılında S.Ü. Müh-Mim. Fakültesi Makina Bölümü İmalat ve Konstrüksiyon Ana Bilim Dalı'nda Araştırma Görevlisi olarak göreve başladı.

1984 yılında S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Ana Bilim Dalı'ndan Makina Yüksek Mühendisi olarak mezun oldu.

1985 yılında S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Ana Bilim Dalı'nda Doktora çalışmasına başladı.

1986 yılında Doktora Çalışmasına ara vererek Y.Ö.K.'ün yürüttüğü Dünya Bankası-Meslek Yüksek Okulları Projesine katıldı.

İngiltere'de, Bolton Institute of Higher Education (BIHE) da 3 ay süreyle Intensive Teaching Treaning Course ve Bradford College'da 6.5 ay süreyle Mechanical Engineering Course' larına katıldı.

1987 yılından beri S.Ü. Konya Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu'nda Öğretim Görevlisi olarak çalışmaktadır.

Evli ve bir çocuk babasıdır.

Tarih	Çevre sıcaklığı	Sabit debi	Sıcaklık farkı	Sabit giriş sıcaklığı	Sıcaklık farkı	Sabit çıkış sıcaklığı	Sıcaklık farkı	Sabit giriş sıcaklığı	Sıcaklık farkı	Sabit çıkış sıcaklığı	Sıcaklık farkı	Sabit giriş sıcaklığı	Sıcaklık farkı	Sabit çıkış sıcaklığı	Sıcaklık farkı
7.6.1990	34	Sabit debi													
Ölçüm No	saat	Takipli çıkış sıcaklığı	Takipli giriş sıcaklığı	Sıcaklık farkı	Sıcaklık farkı	Sabit giriş sıcaklığı	Sıcaklık farkı	Sabit çıkış sıcaklığı	Sıcaklık farkı	Sabit giriş sıcaklığı	Sıcaklık farkı	Sabit çıkış sıcaklığı	Sıcaklık farkı	Sabit giriş sıcaklığı	Sıcaklık farkı
1	7														
2	7.12														
3	7.24														
4	7.36														
5	7.48	26	19	7	7	25	19	6	6	6	6	1			
6	8	34	19	15	15	25	19	6	6	6	6	9			
7	8.12	35	19	16	16	26	19	7	7	7	7	9			
8	8.24	36	19	17	17	27	19	8	8	8	8	9			
9	8.36	36	19	17	17	28	19	9	9	9	9	8			
10	8.48	37	19	18	18	29	19	10	10	10	10	8			
11	9	39	20	19	19	31	19	12	12	12	12	7			
12	9.12	42	20	22	22	33	19	14	14	14	14	8			
13	9.24	42	20	22	22	34	19	15	15	15	15	7			
14	9.36	42	20	22	22	34	20	14	14	14	14	8			
15	9.48	42	20	22	22	34	20	14	14	14	14	8			
16	10	43	20	23	23	35	20	15	15	15	15	8			
17	10.12	44	20	24	24	36	20	16	16	16	16	8			
18	10.24	45	20	25	25	37	20	17	17	17	17	8			
19	10.36	46	20	26	26	39	20	19	19	19	19	7			
20	10.48	46	20	26	26	39	20	19	19	19	19	7			
21	11	46	21	25	25	40	20	20	20	20	20	5			
22	11.12	47	21	26	26	39	20	19	19	19	19	7			
23	11.24	41	21	20	20	41	20	21	21	21	21	-1			
24	11.36	41	21	20	20	43	20	23	23	23	23	-3			
25	11.48	37	20	17	17	37	20	17	17	17	17	0			
26	12	37	20	17	17	38	20	18	18	18	18	-1			
27	12.12	39	20	19	19	34	20	14	14	14	14	5			
28	12.24	41	20	21	21	34	20	14	14	14	14	7			
29	12.36	42	21	21	21	34	20	14	14	14	14	7			

Tablo 1: Açık çevrimli teste ait değerler

30	12.48	45	21	24	24	35	20	15	15	9
31	13	42	20	22	22	33	20	13	13	9
32	13.12	41	20	21	21	33	20	13	13	8
33	13.24	42	20	22	22	33	20	13	13	9
34	13.36	42	20	22	22	33	20	13	13	9
35	13.48	42	20	22	22	32	19	13	13	9
36	14	42	20	22	22	32	20	12	12	10
37	14.12	43	20	23	23	32	20	12	12	11
38	14.24	44	20	24	24	32	20	12	12	12
39	14.36	45	21	24	24	31	20	11	11	13
40	14.48	39	20	19	19	28	19	9	9	10
41	15	39	20	19	19	28	19	9	9	10
42	15.12	39	20	19	19	27	19	8	8	11
43	15.24	40	20	20	20	26	19	7	7	13
44	15.36	40	20	20	20	26	19	7	7	13
45	15.48	40	20	20	20	26	20	6	6	14
46	16	37	20	17	17	25	20	6	6	11
47	16.12	37	20	17	17	25	20	5	5	12
48	16.24	36	20	16	16	25	20	5	5	11
49	16.36	37	20	17	17	24	20	4	4	13
50	16.48	36	20	16	16	24	20	4	4	12
51	17	36	20	16	16	23	20	3	3	13
52	17.12	35	20	15	15	22	20	2	2	13
53	17.24	34	20	14	14	22	19	3	3	11
54	17.36	34	20	14	14	22	19	3	3	11
55	17.48	33	20	13	13	21	19	2	2	11
56	18	33	20	13	13	21	19	2	2	11
57	18.12	32	20	12	12	21	19	2	2	10
58	18.24	31	20	11	11	21	19	2	2	9
59	18.36	29	20	9	9	21	19	2	2	7
60	18.48			0	0			0	0	0

Tablo 1: Açık çevrimsiz teste ait değerler

30	12.48	48	35	13	13	13	45	34	11	11	2
31	13	49	36	13	13	13	46	34	12	12	1
32	13.12	49	36	13	13	13	46	34	12	12	1
33	13.24	52	36	16	16	16	45	34	11	11	5
34	13.36	53	41	12	12	12	45	34	11	11	1
35	13.48	54	43	11	11	11	45	34	11	11	0
36	14	54	44	10	10	10	45	34	11	11	-1
37	14.12	56	44	12	12	12	45	34	11	11	1
38	14.24	57	45	12	12	12	45	34	11	11	1
39	14.36	59	46	13	13	13	45	34	11	11	2
40	14.48	60	46	14	14	14	44	35	9	9	5
41	15	60	47	13	13	13	44	35	9	9	4
42	15.12	61	47	14	14	14	44	36	8	8	6
43	15.24	61	47	14	14	14	44	37	7	7	7
44	15.36	60	43	17	17	17	55	42	13	13	4
45	15.48	61	44	17	17	17	55	42	13	13	4
46	16	62	46	16	16	16	53	42	11	11	5
47	16.12	62	50	12	12	12	52	42	10	10	2
48	16.24	56	48	8	8	8	54	43	11	11	-3
49	16.36	60	52	8	8	8	50	44	6	6	2
50	16.48	61	50	11	11	11	46	43	3	3	8
51	17	65	51	14	14	14	50	43	7	7	7
52	17.12	68	51	17	17	17	50	44	6	6	11
53	17.24	70	52	18	18	18	58	46	12	12	6
54	17.36	71	53	18	18	18	58	47	11	11	7
55	17.48	70	53	17	17	17	56	47	9	9	8
56	18	69	53	16	16	16	53	47	6	6	10
57	18.12	67	53	14	14	14	48	46	2	2	12
58	18.24	65	53	12	12	12	43	44	-1	-1	13
59	18.36	63	53	10	10	10	42	42	0	0	10
60	18.48										

Tablo 2: Kapalı çevrimli teste ait değerler

Tarih	Çevre sıcaklığı	Sabit debi		
7.6.1990	34	1 lt/dk		
Olçüm No	saat	Takipli çıkış sıcaklığı	Takipli giriş sıcaklığı	Sıcaklık farkı
1	7			
2	7.12			
3	7.24			
4	7.36			
5	7.48	26	19	7
6	8	34	19	15
7	8.12	35	19	16
8	8.24	36	19	17
9	8.36	36	19	17
10	8.48	37	19	18
11	9	39	20	19
12	9.12	42	20	22
13	9.24	42	20	22
14	9.36	42	20	22
15	9.48	42	20	22
16	10	43	20	23
17	10.12	44	20	24
18	10.24	45	20	25
19	10.36	46	20	26
20	10.48	46	20	26
21	11	46	21	25
22	11.12	47	21	26
23	11.24	41	21	20
24	11.36	41	21	20
25	11.48	37	20	17
26	12	37	20	17
27	12.12	39	20	19
28	12.24	41	20	21
29	12.36	42	21	21
30	12.48	45	21	24
31	13	42	20	22
32	13.12	41	20	21
33	13.24	42	20	22
34	13.36	42	20	22
35	13.48	42	20	22
36	14	42	20	22
37	14.12	43	20	23
38	14.24	44	20	24
39	14.36	45	21	24
40	14.48	39	20	19
41	15	39	20	19
42	15.12	39	20	19
43	15.24	40	20	20
44	15.36	40	20	20
45	15.48	40	20	20
46	16	37	20	17
47	16.12	37	20	17
48	16.24	36	20	16
49	16.36	37	20	17
50	16.48	36	20	16
51	17	36	20	16
52	17.12	35	20	15
53	17.24	34	20	14
54	17.36	34	20	14
55	17.48	33	20	13
56	18	33	20	13
57	18.12	32	20	12
58	18.24	31	20	11
59	18.36	29	20	9
60	18.48			0

Tablo 3: 7.6.1990 günü yapılan açık çevrimli testte elde edilen takipli kollektörün giriş ve çıkış sıcaklıkları

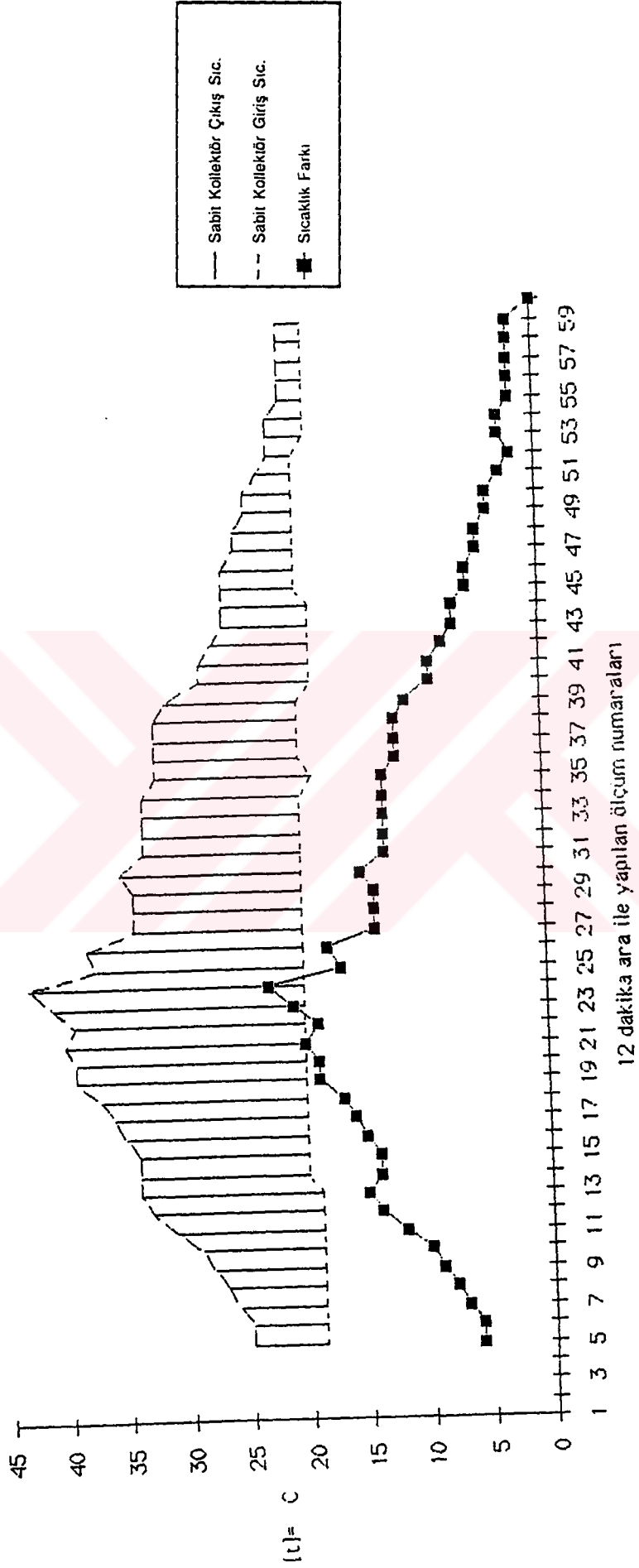


Grafik 1: 7.6.1990 günü yapılan açık çevrimli testte elde edilen takipli kollektörün giriş ve çıkış suyu sıcaklıkları ve bunların farkının grafik olarak gösterilmesi

Tarih	Çevre sıcaklığı			
7.6.1990	34			
Ölçüm No	saat	Sabit çıkış sic.	Sabit giriş sic.	Sıcaklık farkı
1	7			
2	7.12			
3	7.24			
4	7.36			
5	7.48	25	19	6
6	8	25	19	6
7	8.12	26	19	7
8	8.24	27	19	8
9	8.36	28	19	9
10	8.48	29	19	10
11	9	31	19	12
12	9.12	33	19	14
13	9.24	34	19	15
14	9.36	34	20	14
15	9.48	34	20	14
16	10	35	20	15
17	10.12	36	20	16
18	10.24	37	20	17
19	10.36	39	20	19
20	10.48	39	20	19
21	11	40	20	20
22	11.12	39	20	19
23	11.24	41	20	21
24	11.36	43	20	23
25	11.48	37	20	17
26	12	38	20	18
27	12.12	34	20	14
28	12.24	34	20	14
29	12.36	34	20	14
30	12.48	35	20	15
31	13	33	20	13
32	13.12	33	20	13
33	13.24	33	20	13
34	13.36	33	20	13
35	13.48	32	19	13
36	14	32	20	12
37	14.12	32	20	12
38	14.24	32	20	12
39	14.36	31	20	11
40	14.48	28	19	9
41	15	28	19	9
42	15.12	27	19	8
43	15.24	26	19	7
44	15.36	26	19	7
45	15.48	26	20	6
46	16	26	20	6
47	16.12	25	20	5
48	16.24	25	20	5
49	16.36	24	20	4
50	16.48	24	20	4
51	17	23	20	3
52	17.12	22	20	2
53	17.24	22	19	3
54	17.36	22	19	3
55	17.48	21	19	2
56	18	21	19	2
57	18.12	21	19	2
58	18.24	21	19	2
59	18.36	21	19	2
60	18.48			0

Tablo 4: 7.6.1990 günü yapılan açık çevrimli testte elde edilen sabit kolektörün giriş ve

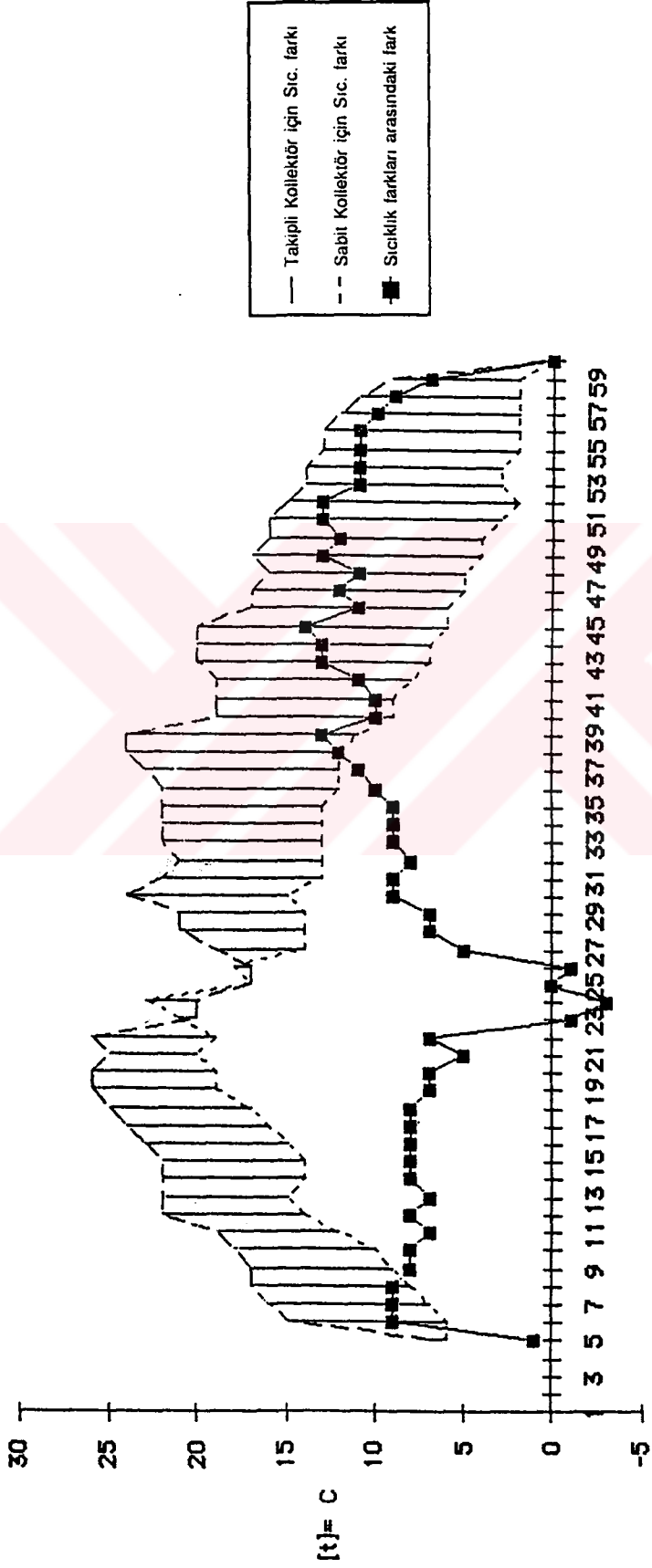




Grafik 2: 7.6.1990 günü yapılan açık çevrimli testte elde edilen sabit kollektörün giriş ve çıkış suyu sıcaklıkları ve bunların farkının grafiği olarak gösterilmesi

Tarih	Çevre sıcaklığı	Sabit debi	Takipli ve sabit	
7.6.1990	34	1 lt/dk	kollektörlerin sıcaklık	
Ölçüm No	saat	Takipli için sıcaklık farkı	Sabit için sıcaklık farkı	farkları arasındaki fark
1	7			
2	7.12			
3	7.24			
4	7.36			
5	7.48	7	6	1
6	8	15	6	9
7	8.12	16	7	9
8	8.24	17	8	9
9	8.36	17	9	8
10	8.48	18	10	8
11	9	19	12	7
12	9.12	22	14	8
13	9.24	22	15	7
14	9.36	22	14	8
15	9.48	22	14	8
16	10	23	15	8
17	10.12	24	16	8
18	10.24	25	17	8
19	10.36	26	19	7
20	10.48	26	19	7
21	11	25	20	5
22	11.12	26	19	7
23	11.24	20	21	-1
24	11.36	20	23	-3
25	11.48	17	17	0
26	12	17	18	-1
27	12.12	19	14	5
28	12.24	21	14	7
29	12.36	21	14	7
30	12.48	24	15	9
31	13	22	13	9
32	13.12	21	13	8
33	13.24	22	13	9
34	13.36	22	13	9
35	13.48	22	13	9
36	14	22	12	10
37	14.12	23	12	11
38	14.24	24	12	12
39	14.36	24	11	13
40	14.48	19	9	10
41	15	19	9	10
42	15.12	19	8	11
43	15.24	20	7	13
44	15.36	20	7	13
45	15.48	20	6	14
46	16	17	6	11
47	16.12	17	5	12
48	16.24	16	5	11
49	16.36	17	4	13
50	16.48	16	4	12
51	17	16	3	13
52	17.12	15	2	13
53	17.24	14	3	11
54	17.36	14	3	11
55	17.48	13	2	11
56	18	13	2	11
57	18.12	12	2	10
58	18.24	11	2	9
59	18.36	9	2	7
60	18.48	0	0	0

Tablo 5: 7.6.1990 günü yapılan açık çevrimli testte elde edilen takipli ve sabit kollektörlerin giriş-çıkış suyu sıcaklıkları arasındaki fark ve bunların farkı

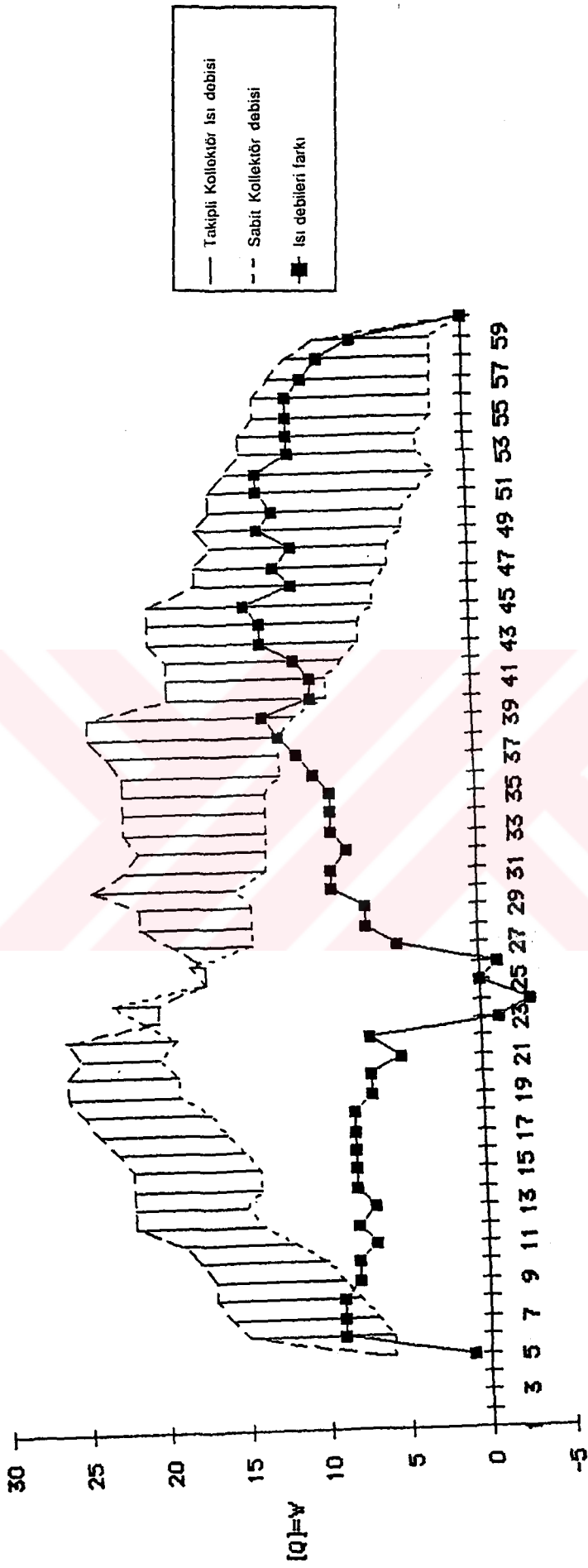


12 dakika aralıyla yapılan ölçüm numaraları

Grafik 3: 7.6.1990 günü yapılan açık çevrimli testte elde edilen takipli ve sabit kollektörlerin giriş-çıkış suyu sıcaklıkları arasındaki fark ve bunların farkının grafiği olarak gösterilmesi

Tarih	Çevre sıcaklığı	Sabit debi		
7.6.1990	34	1 lt/dk		
Ölçüm No	saat	Takipli ısı debisi	Sabit ısı debisi	Isı debileri farkı
1	7			
2	7.12			
3	7.24			
4	7.36			
5	7.48	7	6	1
6	8	15	6	9
7	8.12	16	7	9
8	8.24	17	8	9
9	8.36	17	9	8
10	8.48	18	10	8
11	9	19	12	7
12	9.12	22	14	8
13	9.24	22	15	7
14	9.36	22	14	8
15	9.48	22	14	8
16	10	23	15	8
17	10.12	24	16	8
18	10.24	25	17	8
19	10.36	26	19	7
20	10.48	26	19	7
21	11	25	20	5
22	11.12	26	19	7
23	11.24	20	21	-1
24	11.36	20	23	-3
25	11.48	17	17	0
26	12	17	18	-1
27	12.12	19	14	5
28	12.24	21	14	7
29	12.36	21	14	7
30	12.48	24	15	9
31	13	22	13	9
32	13.12	21	13	8
33	13.24	22	13	9
34	13.36	22	13	9
35	13.48	22	13	9
36	14	22	12	10
37	14.12	23	12	11
38	14.24	24	12	12
39	14.36	24	11	13
40	14.48	19	9	10
41	15	19	9	10
42	15.12	19	8	11
43	15.24	20	7	13
44	15.36	20	7	13
45	15.48	20	6	14
46	16	17	6	11
47	16.12	17	5	12
48	16.24	16	5	11
49	16.36	17	4	13
50	16.48	16	4	12
51	17	16	3	13
52	17.12	15	2	13
53	17.24	14	3	11
54	17.36	14	3	11
55	17.48	13	2	11
56	18	13	2	11
57	18.12	12	2	10
58	18.24	11	2	9
59	18.36	9	2	7
60	18.48	0	0	0

Tablo 6: 7.6.1990 günü yapılan açık çevrimli testte elde edilen takimli ve sabit kolektör-



12 dakika aralıkla yapılan ölçüm numaraları

Grafik 4: 7.6.1990 günü yapılan açık çevrimli testte elde edilen takipli ve sabit kolektörlerin ısı debileri ve bunların farkının grafik olarak gösterilmesi

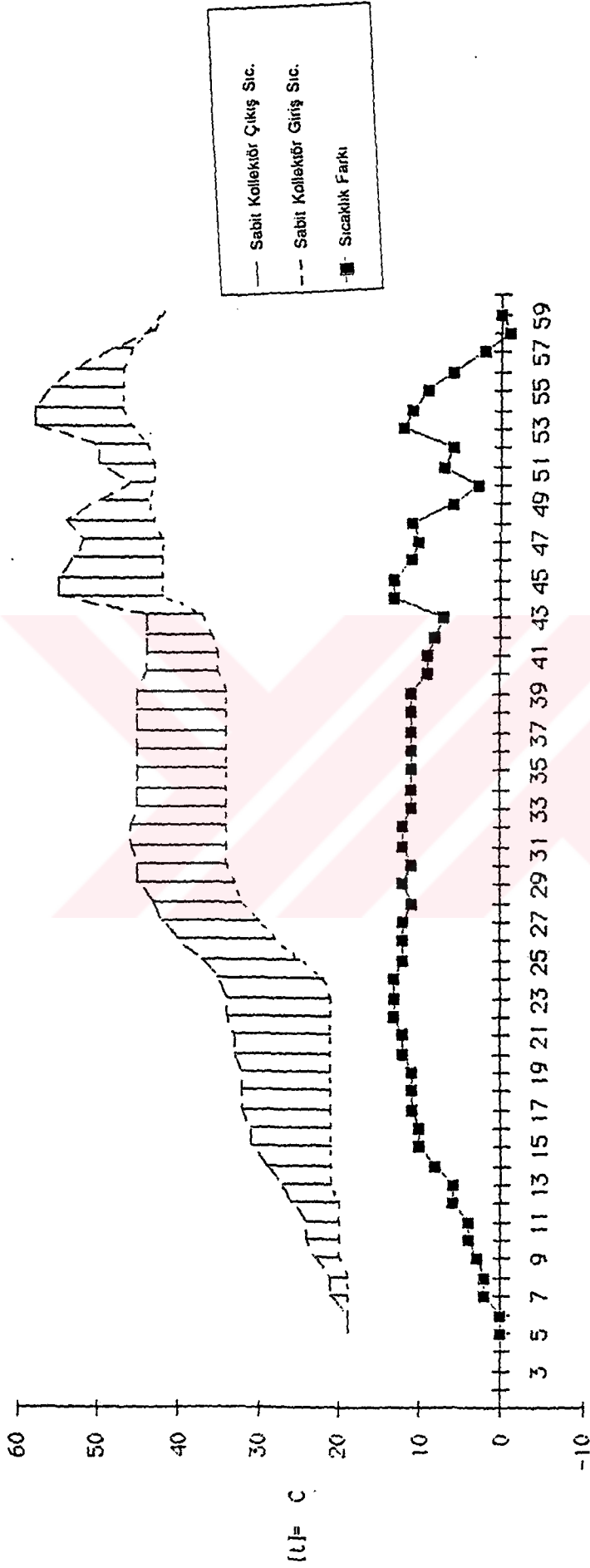
Tarih	Çevre sıcaklığı	Sabit debi		
11.6.1990	33	1 lt/dk		
Ölçüm No	saat	Takipli çıkış sıcaklığı	Takipli giriş sıcaklığı	Sıcaklık farkı
1	7			
2	7.12			
3	7.24			
4	7.36			
5	7.48	19	19	0
6	8	25	19	6
7	8.12	25	20	5
8	8.24	27	20	7
9	8.36	28	20	8
10	8.48	28	20	8
11	9	29	21	8
12	9.12	29	21	8
13	9.24	29	21	8
14	9.36	30	21	9
15	9.48	31	21	10
16	10	33	22	11
17	10.12	34	22	12
18	10.24	34	22	12
19	10.36	34	22	12
20	10.48	35	22	13
21	11	36	23	13
22	11.12	36	24	12
23	11.24	38	26	12
24	11.36	42	30	12
25	11.48	45	32	13
26	12	47	33	14
27	12.12	48	34	14
28	12.24	48	34	14
29	12.36	48	35	13
30	12.48	48	35	13
31	13	49	36	13
32	13.12	49	36	13
33	13.24	52	36	16
34	13.36	53	41	12
35	13.48	54	43	11
36	14	54	44	10
37	14.12	56	44	12
38	14.24	57	45	12
39	14.36	59	46	13
40	14.48	60	46	14
41	15	60	47	13
42	15.12	61	47	14
43	15.24	61	47	14
44	15.36	60	43	17
45	15.48	61	44	17
46	16	62	46	16
47	16.12	62	50	12
48	16.24	56	48	8
49	16.36	60	52	8
50	16.48	61	50	11
51	17	65	51	14
52	17.12	68	51	17
53	17.24	70	52	18
54	17.36	71	53	18
55	17.48	70	53	17
56	18	69	53	16
57	18.12	67	53	14
58	18.24	65	53	12
59	18.36	63	53	10
60	18.48			



Grafik 5: 11.6.1990 günü yapılan kapalı çevrimli testte elde edilen takipli kolektörün giriş ve çıkış suyu sıcaklıkları ve bunların farkının grafik olarak gösterilmesi

Tarih	Çevre sıcaklığı			
11.6.1990	33			
Ölçüm No	saat	Sabit çıkış sic	Sabit giriş sic	Sıcaklık farkı
1	7			
2	7.12			
3	7.24			
4	7.36			
5	7.48	19	19	0
6	8	19	19	0
7	8.12	21	19	2
8	8.24	21	19	2
9	8.36	23	20	3
10	8.48	24	20	4
11	9	24	20	4
12	9.12	26	20	6
13	9.24	27	21	6
14	9.36	29	21	8
15	9.48	31	21	10
16	10	31	21	10
17	10.12	32	21	11
18	10.24	32	21	11
19	10.36	32	21	11
20	10.48	33	21	12
21	11	33	21	12
22	11.12	34	21	13
23	11.24	34	21	13
24	11.36	35	22	13
25	11.48	37	25	12
26	12	40	28	12
27	12.12	42	30	12
28	12.24	43	32	11
29	12.36	45	33	12
30	12.48	45	34	11
31	13	46	34	12
32	13.12	46	34	12
33	13.24	45	34	11
34	13.36	45	34	11
35	13.48	45	34	11
36	14	45	34	11
37	14.12	45	34	11
38	14.24	45	34	11
39	14.36	45	34	11
40	14.48	44	35	9
41	15	44	35	9
42	15.12	44	36	8
43	15.24	44	37	7
44	15.36	55	42	13
45	15.48	55	42	13
46	16	53	42	11
47	16.12	52	42	10
48	16.24	54	43	11
49	16.36	50	44	6
50	16.48	46	43	3
51	17	50	43	7
52	17.12	50	44	6
53	17.24	58	46	12
54	17.36	58	47	11
55	17.48	56	47	9
56	18	53	47	6
57	18.12	48	46	2
58	18.24	43	44	-1
59	18.36	42	42	0
60	18.48			



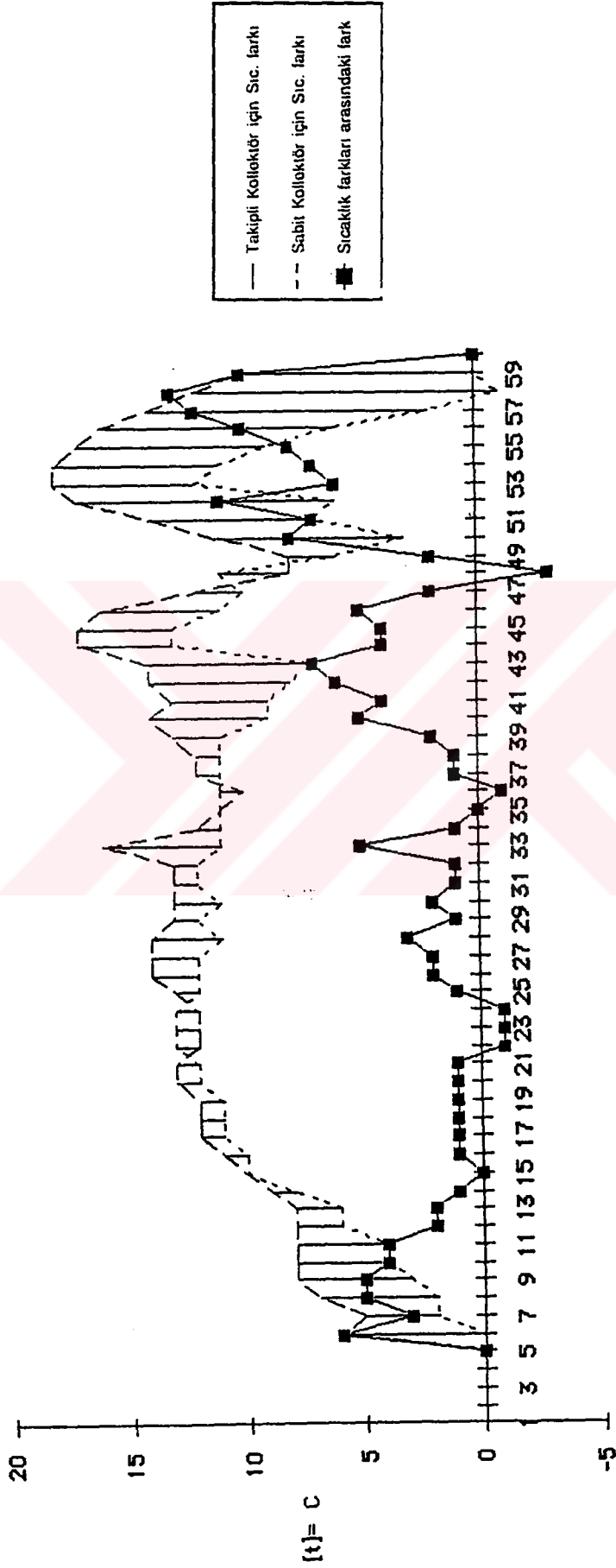


12 dakika ara ile yapılan ölçüm numaraları

Grafik 6: 11.6.1990 günü yapılan kapalı çevrimli testte elde edilen sabit kolektörün giriş ve çıkış suyu sıcaklıkları ve bunların farkının grafik olarak gösterilmesi

Tarih	Çevre sıcaklığı	Sabit debi		Takipli ve sabit
11.6.1990	33	1 lt/dk		kollektörlerin sıcaklık
Ölçüm No	saat	Takipli için sıcaklık farkı	Sabit için sıcaklık farkı	farkları arasındaki fark
1	7			
2	7.12			
3	7.24			
4	7.36			
5	7.48	0	0	0
6	8	6	0	6
7	8.12	5	2	3
8	8.24	7	2	5
9	8.36	8	3	5
10	8.48	8	4	4
11	9	8	4	4
12	9.12	8	6	2
13	9.24	8	6	2
14	9.36	9	8	1
15	9.48	10	10	0
16	10	11	10	1
17	10.12	12	11	1
18	10.24	12	11	1
19	10.36	12	11	1
20	10.48	13	12	1
21	11	13	12	1
22	11.12	12	13	-1
23	11.24	12	13	-1
24	11.36	12	13	-1
25	11.48	13	12	1
26	12	14	12	2
27	12.12	14	12	2
28	12.24	14	11	3
29	12.36	13	12	1
30	12.48	13	11	2
31	13	13	12	1
32	13.12	13	12	1
33	13.24	16	11	5
34	13.36	12	11	1
35	13.48	11	11	0
36	14	10	11	-1
37	14.12	12	11	1
38	14.24	12	11	1
39	14.36	13	11	2
40	14.48	14	9	5
41	15	13	9	4
42	15.12	14	8	6
43	15.24	14	7	7
44	15.36	17	13	4
45	15.48	17	13	4
46	16	16	11	5
47	16.12	12	10	2
48	16.24	8	11	-3
49	16.36	8	6	2
50	16.48	11	3	8
51	17	14	7	7
52	17.12	17	6	11
53	17.24	18	12	6
54	17.36	18	11	7
55	17.48	17	9	8
56	18	16	6	10
57	18.12	14	2	12
58	18.24	12	-1	13
59	18.36	10	0	10
60	18.48			0

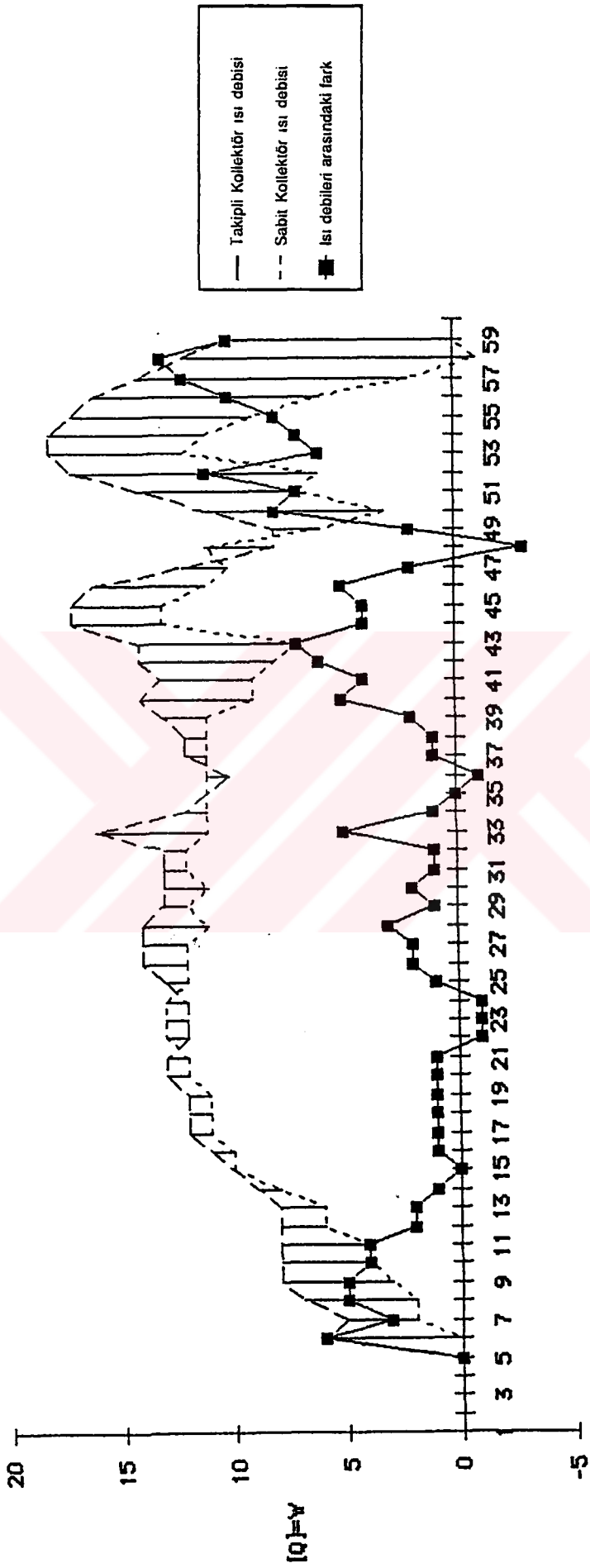
Tablo 9: 11.6.1990 günü yapılan kapalı çevrimli testte elde edilen takipli ve sabit kollektörlerin giriş çıkış suyu sıcaklıkları arasındaki fark ve bunların farkı



12 dakika ara ile yapılan ölçüm numaraları

Grafik 7: 1.1.6.1990 günü yapılan kapalı çevrimli testte elde edilen takipli ve sabit kollektörlerin giriş-çıkış suyu sıcaklıkları arasındaki fark ve bunların farkının grafik olarak gösterilmesi

Tarih	Çevre sıcaklığı	Sabit debi		
11.6.1990	33	1 lt/dk		
Ölçüm No	saat	Takipli ısı debisi	Sabit ısı debisi	Isı debileri farkı
1	7			
2	7.12			
3	7.24			
4	7.36			
5	7.48	0	0	0
6	8	6	0	6
7	8.12	5	2	3
8	8.24	7	2	5
9	8.36	8	3	5
10	8.48	8	4	4
11	9	8	4	4
12	9.12	8	6	2
13	9.24	8	6	2
14	9.36	9	8	1
15	9.48	10	10	0
16	10	11	10	1
17	10.12	12	11	1
18	10.24	12	11	1
19	10.36	12	11	1
20	10.48	13	12	1
21	11	13	12	1
22	11.12	12	13	-1
23	11.24	12	13	-1
24	11.36	12	13	-1
25	11.48	13	12	1
26	12	14	12	2
27	12.12	14	12	2
28	12.24	14	11	3
29	12.36	13	12	1
30	12.48	13	11	2
31	13	13	12	1
32	13.12	13	12	1
33	13.24	16	11	5
34	13.36	12	11	1
35	13.48	11	11	0
36	14	10	11	-1
37	14.12	12	11	1
38	14.24	12	11	1
39	14.36	13	11	2
40	14.48	14	9	5
41	15	13	9	4
42	15.12	14	8	6
43	15.24	14	7	7
44	15.36	17	13	4
45	15.48	17	13	4
46	16	16	11	5
47	16.12	12	10	2
48	16.24	8	11	-3
49	16.36	8	6	2
50	16.48	11	3	8
51	17	14	7	7
52	17.12	17	6	11
53	17.24	18	12	6
54	17.36	18	11	7
55	17.48	17	9	8
56	18	16	6	10
57	18.12	14	2	12
58	18.24	12	-1	13
59	18.36	10	0	10
60	18.48			

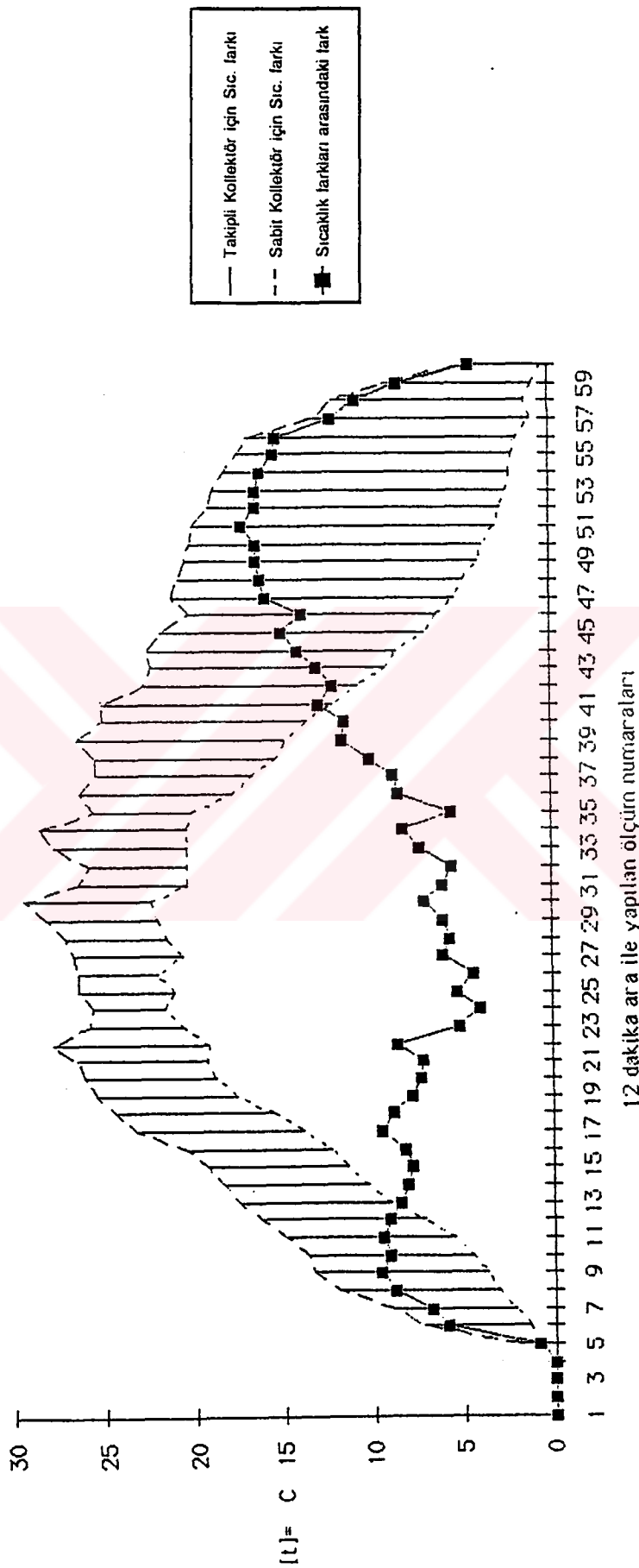


12 dakika ara ile yapılan ölçüm sayısı

Grafik 8: 11.6.1990 günü yapılan kapalı çevrimli testte elde edilen takipli ve sabit kolektörlerin ısı debileri ve bunların farkının grafik olarak gösterilmesi

Tarih				
Mayıs-Haziran ayı ortalaması		Cevre sıcaklığı ortalaması		Takipli ve Sabit Kollektörlerin sıcaklık farkları arasındaki fark
Ölçüm No	saat	Takipli için Sıcaklık farkı	Sabit için Sıcaklık Farkı	
1.00	7.00			0.00
2.00	7.12			0.00
3.00	7.24			0.00
4.00	7.36			0.00
5.00	7.48	1.86	1.00	0.86
6.00	8.00	7.29	1.43	5.86
7.00	8.12	8.86	2.14	6.71
8.00	8.24	11.66	3.00	8.66
9.00	8.36	13.29	3.71	9.57
10.00	8.48	13.57	4.43	9.14
11.00	9.00	14.66	5.43	9.43
12.00	9.12	16.29	7.14	9.14
13.00	9.24	17.43	9.00	8.43
14.00	9.36	18.29	10.29	8.00
15.00	9.48	19.29	11.43	7.86
16.00	10.00	20.43	12.29	8.14
17.00	10.12	23.29	13.86	9.43
18.00	10.24	24.43	15.57	8.86
19.00	10.36	25.43	17.57	7.86
20.00	10.48	26.00	18.71	7.29
21.00	11.00	26.43	19.29	7.14
22.00	11.12	27.71	19.14	8.57
23.00	11.24	25.71	20.57	5.14
24.00	11.36	25.57	21.57	4.00
25.00	11.48	26.29	21.00	5.29
26.00	12.00	26.29	22.00	4.29
27.00	12.12	26.57	20.57	6.00
28.00	12.24	27.00	21.43	5.57
29.00	12.36	28.00	22.00	6.00
30.00	12.48	29.29	22.29	7.00
31.00	13.00	26.29	20.29	6.00
32.00	13.12	25.71	20.29	5.43
33.00	13.24	27.57	20.29	7.29
34.00	13.36	28.43	20.29	8.14
35.00	13.48	25.43	20.00	5.43
36.00	14.00	26.14	17.71	8.43
37.00	14.12	25.29	16.57	8.71
38.00	14.24	25.29	15.29	10.00
39.00	14.36	26.29	14.71	11.57
40.00	14.48	24.66	13.43	11.43
41.00	15.00	24.66	12.00	12.66
42.00	15.12	22.57	10.57	12.00
43.00	15.24	22.14	9.14	13.00
44.00	15.36	22.43	8.43	14.00
45.00	15.48	21.71	6.86	14.86
46.00	16.00	20.00	6.29	13.71
47.00	16.12	21.00	5.29	15.71
48.00	16.24	20.71	4.71	16.00
49.00	16.36	20.29	4.00	16.29
50.00	16.48	20.00	3.71	16.29
51.00	17.00	19.66	2.66	17.00
52.00	17.12	19.00	2.71	16.29
53.00	17.24	18.71	2.43	16.29
54.00	17.36	18.14	2.14	16.00
55.00	17.48	17.29	2.00	15.29
56.00	18.00	16.66	1.71	15.14
57.00	18.12	13.00	1.00	12.00
58.00	18.24	11.86	1.29	10.57
59.00	18.36	9.14	0.86	6.29
60.00	18.48	4.57	0.29	4.29

Tablo 11: Mayıs-Haziran aylarında yapılan açık çevrimli testlerde elde edilen takipli ve sabit kollektörlerin giriş-çıkış suyu sıcaklıkları arasındaki farkların ortalaması ve bunların farkı

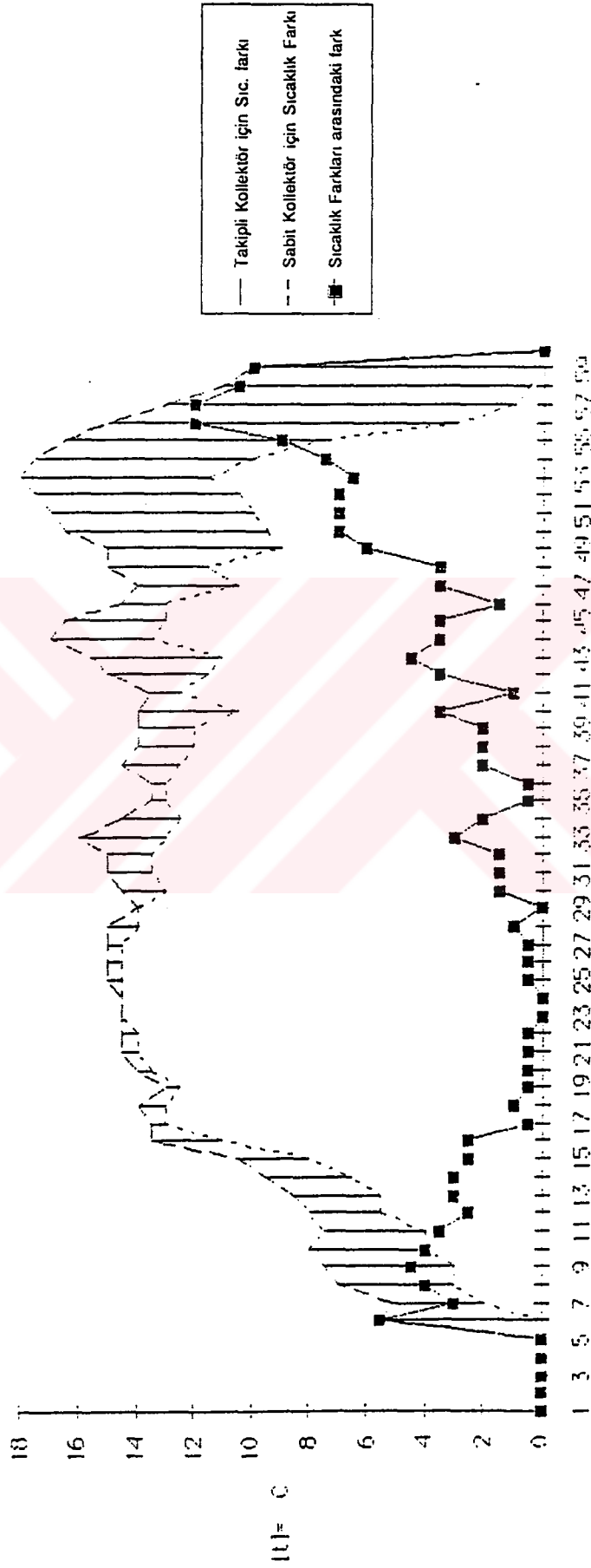


Grafik 9: Mayıs-Haziran aylarında yapılan açık çevrimli testlerde elde edilen takipli ve sabit kolektörlerin giriş-çıkış suyu sıcaklıkları arasındaki farkların ortalamalarının ve bunların farkının grafik olarak gösterilmesi

Tarih				
Mayıs-Haziran				Takipli ve Sabit
ayı ortalaması				Kollektörlerin sıcaklık
Ölçüm No	saat	Takipli için sıcaklık farkı	Sabit için sıcaklık farkı	farkları arasındaki fark
1.00	7.00			0.00
2.00	7.12			0.00
3.00	7.24			0.00
4.00	7.36			0.00
5.00	7.48	0.00	0.00	0.00
6.00	8.00	5.50	0.00	5.50
7.00	8.12	5.00	2.00	3.00
8.00	8.24	7.00	3.00	4.00
9.00	8.36	7.50	3.00	4.50
10.00	8.48	8.00	4.00	4.00
11.00	9.00	7.50	4.00	3.50
12.00	9.12	8.00	5.50	2.50
13.00	9.24	8.50	5.50	3.00
14.00	9.36	9.50	6.50	3.00
15.00	9.48	10.50	8.00	2.50
16.00	10.00	13.50	11.00	2.50
17.00	10.12	13.50	13.00	0.50
18.00	10.24	14.00	13.00	1.00
19.00	10.36	13.00	12.50	0.50
20.00	10.48	14.00	13.50	0.50
21.00	11.00	14.50	14.00	0.50
22.00	11.12	14.50	14.00	0.50
23.00	11.24	14.50	14.50	0.00
24.00	11.36	14.50	14.50	0.00
25.00	11.48	15.00	14.50	0.50
26.00	12.00	15.00	14.50	0.50
27.00	12.12	15.00	14.50	0.50
28.00	12.24	15.00	14.00	1.00
29.00	12.36	14.00	14.00	0.00
30.00	12.48	14.50	13.00	1.50
31.00	13.00	15.00	13.50	1.50
32.00	13.12	15.00	13.50	1.50
33.00	13.24	16.00	13.00	3.00
34.00	13.36	14.50	12.50	2.00
35.00	13.48	13.50	13.00	0.50
36.00	14.00	13.50	13.00	0.50
37.00	14.12	14.50	12.50	2.00
38.00	14.24	14.00	12.00	2.00
39.00	14.36	14.00	12.00	2.00
40.00	14.48	14.00	10.50	3.50
41.00	15.00	13.50	12.50	1.00
42.00	15.12	15.00	11.50	3.50
43.00	15.24	15.50	11.00	4.50
44.00	15.36	17.00	13.50	3.50
45.00	15.48	16.50	13.00	3.50
46.00	16.00	14.50	13.00	1.50
47.00	16.12	14.00	10.50	3.50
48.00	16.24	15.00	11.50	3.50
49.00	16.36	15.00	9.00	6.00
50.00	16.48	16.50	9.50	7.00
51.00	17.00	17.00	10.00	7.00
52.00	17.12	17.50	10.50	7.00
53.00	17.24	18.00	11.50	6.50
54.00	17.36	17.50	10.00	7.50
55.00	17.48	16.50	7.50	9.00
56.00	18.00	15.00	3.00	12.00
57.00	18.12	13.00	1.00	12.00
58.00	18.24	11.00	0.50	10.50
59.00	18.36	10.00	0.00	10.00
60.00	18.48	0.00	0.00	0.00

Tablo 12: Mayıs-Haziran aylarında yapılan kapalı çevrimli testlerde elde edilen takipli ve sabit kollektörlerin giriş-çıkış suyu sıcaklıkları arasındaki farkların ortalaması ve bunların farkı





12 dakik a ara ile yapılan ölçüm numaraları

Grafik 10: Mayıs-Haziran aylarında yapılan kapalı çevrimli testlerde elde edilen takipli ve sabit kollektörlerin giriş-çıkış suyu sıcaklıkları arasındaki farkların ortalamalarının ve bunların farkının grafik olarak gösterilmesi

```

)DE 1:CLS:ON ERROR GOTO 10000:CLEAR
)GATE 3,3:PRINT"** PANEL KONTROL PROGRAMI **"
:65536
i=57472 :REM ana port adres
n1=3 :REM offset of fotocell
n2=2 :REM offset of pot
m =125 :REM limit of sun
:role=128:GOSUB 9100
)SUB 9000
.S: LOCATE 1,3:PRINT"DIKKAT diskete SAAT 8-20 arasi degerler kaydedilir."
)INT:PRINT"ilk KAYIT NO=10 (SAAT 8.00 de)"
)INT:PRINT"son KAYIT NO=70 (SAAT 20.00 de)"
)GATE 1,12:INPUT"YAZICI'yada kayit yapilacakmi ?
                1. = EVET    0 = HAYIR    cevap =

' p>1 OR p<0 THEN GOTO 70
)LS: LOCATE 1,8:INPUT "Bu gunun tarihi =":tarih$
F tarih$="" OR LEN(tarih$)>14 THEN GOTO 100
)LOCATE 1,12:INPUT"Z MODU(real:18) =":z:z=z*1000
F z>18000 OR z<1000 THEN LOCATE 1,12:PRINT SPACE$(30):GOTO 220
)LOCATE 1,14:PRINT"Zamani giriniz : "
)LOCATE 10,16:INPUT"SAAT    =":saat
F saat>20 OR saat<5 THEN LOCATE 10,16:PRINT SPACE$(20):GOTO 260
)LOCATE 10,18:INPUT"DAKIKA =":dakika
F dakika>59 THEN LOCATE 10,18:PRINT SPACE$(20):GOTO 280
:ayit=INT(dakika/12)+saat*5-29
:rig=12*(INT(dakika/12))
)LS:REM zamanlama dongusune giris
:start=TIME
)GOSUB 900
F dak-trig=12 OR dak-trig=-48 THEN trig=dak:start=start-325:GOSUB 4000
)GOTO 510
)REM gercek zamanin TIMER'dan bulunmasi
:lak=(INT((TIME-start)/z)-g*60)+dakika
F dak=60 THEN GOSUB 980
)LOCATE 1,1:PRINT SPACE$(30):LOCATE 1,1
)PRINT "saat = ":saat+g,"dakika= ":dak
)RETURN
:lak=0:g=g+1:IF saat+g=21 THEN GOTO 10000
)RETURN
)REM data disketine kayit
)IF kayit <10 OR kayit>70 THEN RETURN
:k(0)=kayit
:kay$="kayit."+STR$(kayit)
)OPENOUT kay$
)PRINT #9,tarih$
)PRINT #9,saat
)PRINT #9,dak
)FOR n=0 TO 10
)PRINT #9,k(n)
)NEXT:CLOSEOUT
:kayit=kayit+1
)RETURN
)REM printere aktarma programi
)RETURN

```

```
2000 REM isik( veya sicaklik) icin relatif degerlerin okunmasi
2020 FOR n= 0 TO 3
2022 f(n)=0:OUT ga+4,n
2030 FOR c= 1 TO h
2040 a=INP(ga+4-k)
2050 OUT ga+4,n
2060 f(n)=a+f(n)
2100 NEXT:NEXT
2200 FOR n=0 TO 3
2210 f(n)=INT((f(n)/h)+0.5)
2220 NEXT
2300 RETURN
2500 REM gunesmi/potmu
2510 a=0
2520 FOR n=0 TO 3
2530 a=a OR f(n)
2540 NEXT
2550 IF a<lim THEN gunes=0:GOTO 2590
2560 gunes=1
2590 RETURN
2700 REM
2705 LOCATE 1,21
2710 PRINT"fotosel 0= ":f(0)
2720 PRINT"fotosel 1= ":f(1)
2730 PRINT"fotosel 2= ":f(2)
2740 PRINT"fotosel 3= ":f(3)
2750 RETURN
3000 REM gunese gore yon tayini
3050 FOR x=1 TO 3
3100 REM HORIZONTAL- z ekseni
3110 mrole=0:stp=0
3120 h=33:GOSUB 2000
3130 GOSUB 2700
3200 f=f(3)-f(2)
3300 IF f<-mini THEN GOSUB 5000:GOTO 3120
3310 IF f>mini THEN GOSUB 6000:GOTO 3120
3400 stp=0:GOSUB 9100:GOSUB 9000
3500 REM VERTICAL -y ekseni
3510 mrole=16:stp=0
3515 GOSUB 9100:GOSUB 9000
3520 h=33:GOSUB 2000
3530 GOSUB 2700
3600 f=f(0)-f(1)
3610 IF f<-mini THEN GOSUB 6000:GOTO 3520
3620 IF f>mini THEN GOSUB 5000:GOTO 3520
3700 stp=0:GOSUB 9100:GOSUB 9000
3710 mrole =0:GOSUB 9100
3750 NEXT
3900 RETURN
4000 REM ana cevrim
4100 GOSUB 8000
4200 GOSUB 1000
4210 GOSUB 2560:REM dikkat
4300 IF gunes=1 THEN GOSUB 3000:GOTO 4400
4310 GOSUB 9500
```

```
4400 IF p=1 THEN GOSUB 1500
4490 RETURN
5000 REM W/D (bati-asagi) bolumu-motor saga donus
5100 FOR m= 1 TO 10
5110 stp=1:GOSUB 9100
5120 stp=5:GOSUB 9100
5130 stp=4:GOSUB 9100
5140 stp=6:GOSUB 9100
5150 stp=2:GOSUB 9100
5160 stp=10:GOSUB 9100
5170 stp=8:GOSUB 9100
5180 stp=9:GOSUB 9100
5200 NEXT
5300 RETURN
6000 REM E/U (dogu-yukari) bolumu-motor sola donus
6100 FOR m= 1 TO 10
6110 stp=8:GOSUB 9100
6120 stp=10:GOSUB 9100
6130 stp=2:GOSUB 9100
6140 stp=6:GOSUB 9100
6150 stp=4:GOSUB 9100
6160 stp=5:GOSUB 9100
6170 stp=1:GOSUB 9100
6180 stp=9:GOSUB 9100
6200 NEXT
6300 RETURN
7000 REM gercek sicaklik degerleri
7010 ftrole=0:GOSUB 9100
7030 GOSUB 9000
7050 h=100:GOSUB 2000
7100 t(3)=((f(3)-14.25)/2.725)*0.99
7110 t(3)=INT(t(3)+0.5):k(1)=t(3)
7200 t(0)=((f(0)-17.86)/2.743)*0.99
7210 t(0)=INT(t(0)+0.5):k(2)=t(0)
7300 t(1)=((f(1)-25.13)/2.73)*0.99
7310 t(1)=INT(t(1)+0.5):k(3)=t(1)
7400 t(2)=((f(2)-20.22)/2.725)*0.99
7410 t(2)=INT(t(2)+0.5):k(4)=t(2)
7450 ftrole=128:GOSUB 9100
7460 GOSUB 9000
7490 RETURN
7500 REM pot degerleri
7505 h=50
7510 FOR n= 4 TO 5
7520 f(n)=0:OUT ga+4,n
7530 FOR c= 1 TO h
7540 a=INP(ga+4-k)
7550 OUT ga+4,n
7560 f(n)=a+f(n)
7570 NEXT:NEXT
7580 FOR n= 4 TO 5
7590 f(n)=INT((f(n)/h)+0.5)
7600 k(n+1)=f(n)
7610 NEXT
7690 RETURN
```

```

8000 REM degerlerin alinma ve yazilmasi
8010 CLS:GOSUB 940
8020 LOCATE 2,11:PRINT"BEKLEYINIZ !!":PRINT:PRINT" yeni degerler ali

8100 GOSUB 7000:REM termo. degerleri
8150 h=100:GOSUB 2000:REM fotosel degerleri
8160 FOR n=0 TO 3:k(n+7)=f(n):NEXT
8200 GOSUB 7500:REM pot degerleri
8410 LOCATE 2,11:PRINT SPACE$(30):PRINT:PRINT SPACE$(30)
8415 LOCATE 1,5
8420 PRINT TARH$:LOCATE 16,5: PRINT"/ KAYIT NO =":kayit:PRINT
8500 PRINT"saat =":saat+g:" dakika =":dak
8505 PRINT
8510 PRINT"sicakliklar = < C derece>"
8520 PRINT
8530 PRINT"takipli giris = ":t(0)
8535 PRINT"takipli cikis = ":t(3)
8550 PRINT"sabit giris = ":t(2)
8555 PRINT"sabit cikis = ":t(1)
8600 PRINT:REM potlar
8610 PRINT"pozisyon relatif degerleri"
8620 PRINT
8630 PRINT"pot 1= ":f(4)
8640 PRINT"pot 2= ":f(5)
8700 GOSUB 2700
8990 RETURN
9000 FOR w= 1 TO 1000:NEXT:RETURN
9100 OUT ga+8,(mrole OR ftrole OR stp)
9110 RETURN
9200 LOCATE 1,5:FOR n=1 TO 20:PRINT SPACE$(35):NEXT:RETURN
9500 REM pota gore yon tayini
9510 KAY$="KAYIT."+STR$(kayit)
9520 OPENIN KAY$
9540 FOR N=0 TO 10:LINE INPUT #9,a$:NEXT
9545 FOR n=4 TO 7
9550 LINE INPUT #9,A$
9560 v(n)=VAL(a$)
9570 NEXT
9580 CLOSEIN
9600 GOSUB 7500
9610 f=f(4)-v(4)
9620 IF f<-min2 THEN GOSUB 5000:GOTO 9600
9630 IF f>min2 THEN GOSUB 6000:GOTO 9600
9640 stp=0:GOSUB 9100:GOSUB 9000
9650 REM VERTICAL -y ekseni
9660 mrole=16:stp=0
9670 GOSUB 7500
9680 f=f(7)-v(7)
9690 IF f<-min2 THEN GOSUB 6000:GOTO 9670
9700 IF f>min2 THEN GOSUB 5000:GOTO 9670
9710 stp=0:GOSUB 9100:GOSUB 9000
9720 mrole =0:GOSUB 9100
9740 RETURN
10000 REM
10010 OUT 57480,0
10100 END
40000 CLEAR:SAVE"PANOKONT":ERA,"PANOKONT.BAK"

```

**KAYNAKLAR**

- 1-Kreith,F. and Kreider,Jan F.,"Principles of Solar Engineering"Hemisphere Publishing Corporation,New York,1978
- 2-H.S.,Rauschenbach,"Solar Cell Array Desing Handbook",U.S.A.,
- 3-"ASHRAE Handbook and Product Directory",1974 Applications, Wisconsin,pp. 59.1-59.16 ,1974
- 4-Technology for Solar Energy Utilization", United Nations Industrial Development Organization, Development and Transfer of Technology Series,No.5,New York,1978
- 5-W.P.Schimmel,Jr.,C.E.Hickox,Mems.ASME,and D.O.Lee,"Tracking and Shadowing Models for Solar Collection Systems" Mechanical Engineering,pp.97-98,May 1978
- 6-N.S.Saiylov and Sh.A.Nazarov," "BLIND" Tracking Mode for a Pseudoequatorial Heliostat", Applied Solar Energy,(Geliotekhnika) Vol.23,No4,pp.27-31,1987
- 7-N.I.Yurgel and E.F.Zaretskii,"Equations for Investigating Automatic Control Systems for Solar Electric-Station Heliostats" Appiled Solar energy,(Geliotekhnika),Vol.23,No.4,pp.32-36,1987
- 8-N.S.Saiylov and Sh.A.Nazarov,"Choice of Slope of a Heliostat's Primary Axis",Applied Solar Energy,(Geliotekhnika),Vol.23. No.3,pp. 32-36,1987
- 9-A.V.Suprun,L.N.Stronskii, and V.N.Shevchenko,"Experimental Investigation of Characteristics of a Flat-Plate Solar Collector with Honeycomb Structure",Applied Solar Energy, (Geliotekhnika), Vol.23,No.pp.58-61,1987
- 10-H.P.,Garg and D.S.,Hrishikesan,"Enhancement of Solar Energy on Flat-Plate Collector by Plane Booster Mirrors",Solar Energy, Vol 40,Number 4,1988
- 11-"Solar Energy",Pergamon press Ltd.,Oxford,pp. 7-34,1978
- 12-E.Murat,"Güneş Takipli Toplayıcı ve Yansıtıcıların Kontrolunda Yeni bir yöntem" ÖZ-DİL A.Ş. Bilgisayar Merkezi-Konya,1985
- 13-"Solar Energy Technology Handbook",U.S.A.,pp.39-64,217-255,1980
- 14- Heath,IARRY,"Fundamentals of Robotics",A Prentice-Hall Company,Virginia, 1985
- 15-"Carrier System Design Manual",Part 1,Load Estimating,New York, pp. 1.41-1.58 ,1972
- 16-Nicholas P.Chironis,"Mechanisms,Linkages and Mechanical Control",McGRAWHILL Book Company,1965,
- 17-Kurt Gieck,(Çeviren,Alıçlı B.Yaşar),"Mühendislik Formülleri" ,Güven Kitabevi Yayınları, 1978, Ankara
- 18-J.P.,Holman,"Experimental Methods For Engineers",McGRAW-HILL,1971
- 19-Harold A.Rothbart,"Mechanical Design and Systems Handbook", McGRAWHILL,1964