

GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMİNİN KÜTAHYA İLİNDE UYGULANMASI ve
DOĞAL GAZIN KALORİFER KAZANLARINDA KULLANILMASI DURUMLA-
RININ İNCELENMESİ

Yavuz KAYAPINAR

Anadolu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmenliği Uyarınca
Makina Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Enerji Bilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman : Prof.Dr. Battal KUŞHAN

Şubat 1989

Yavuz KAYAPINAR'ın YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırladığı " Güneş Enerjisi Sisteminin Kütahya İlinde Uygulanması ve Doğal Gazın Kalorifer Kazanlarında Kullanılması Durumlarının İncelenmesi " başlıklı bu çalışma, jürimizce lisans üstü yönetmenliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

..17./..10./1989

UYE : Prof. Dr. Battal Kışkıran
 UYE : Prof. Dr. Erdoğan Fıratlı
 UYE : Prof. Dr. Kemal Tamer

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun.....
 ..18..EKİM..1989...gün ve....223/7.....sayılı kararıyla Onaylanmıştır.

Prof.Dr. Rüstem KAYA
 Enstitü Müdürü

ÖZET

Bu çalışmada, Güneş enerjisinin konutlarda kullanılmasının Kütahya şartlarında durumu ile Doğal gazın kazanlarda kullanılması durumu incelenmiştir.

BÖLÜM 2 de Güneş açıları ve sabitleri ele alınmış, BÖLÜM 3'de ise düz toplayıcılar ve hesap metodları anlatılmıştır.

BÖLÜM 4'de Kütahya ilinde düşünülen 14 daireli apartmanın sıcak su ihtiyacının Güneş enerjisinden karşılanması hesapları yapılarak, aylık faydalanma oranları hesaplanmış, Bu hesaplardan hareket ederek, tesisat ve sistem projeleri çizilmiştir.

BÖLÜM 5'de Doğal gaz konusu işlenmiş ve kazan dönüştürmesinde dikkat edilmesi gereken konular belirtilmiştir. Kazan dönüştürme maliyeti hesaplanmıştır.

Ülkemizin, Doğal gaz konusuna yabancı olması nedeniyle bu konuda fazla bilgi toplamak mümkün olmamıştır.

Sonuç olarak hesaplanan durumlar için ekonomik olup olmadığı konusu işlenmiştir.

SUMMARY

In this study the situations of the use of Sun energy in houses according to circumstances in Kütahya and the use of natural gas in boilers. Have been researched.

In part 2, the sun angles and courses have been determined and in part 3, flat collectors and calculation methods have been mentioned.

In part 4 , the cost supplying the need of hot water of a 14 flat apartment block in Kütahya the monthly rate of share from this energy have been estimated. According to these calculations, we have drawn installation and system projects.

In part 5 , we have indicated the points that must be taken into consideration while changing the boilers. And the cost of it has been calculated.

Since the use of natural gas is not widespread in our country. It was not possible to gether sufficient information on this subject.

As a result we have tried to explain whether or not it is economical to use these systems for the calculated positions.

TEŞEKKÜR

Artan sanayileşmeyle birlikte sanayinin ihtiyaç duyduğu enerji üzerinde yoğun çalışmalar yapılmaktadır.

İnsanlık henüz, kendisine sonsuza kadar yetecek enerji kaynağını bulmuş değildir. Günümüzde, Güneş Enerjisi bir alternatif olarak devamlı irdelenmektedir. Ayrıca ülkemizin yabancı olduğu Doğal gaz kavramında Türkçe literatüre girmiş bulunmaktadır.

Böylesine gerekli ve yararlı bir çalışmaya beni sevk eden değerli hocam Sn Prof.Dr. Battal KUŞHAN'a ve çalışmalarımı kontrol ve takviye eden değerli hocam Sn Prof.Dr.Kemal TANER'e teşekkür ederim.

Şubat 1989

Yavuz KAYAPINAR

İÇİNDEKİLER

Özet.....	1V
Summary.....	V
Şekiller Dizini.....	1X
Tablolar Dizini.....	X
Simgeler ve kısaltmalar Dizini.....	X1-X11

BÖLÜM 1 GİRİŞ

1.1 Genel.....	1
1.2 Yenilenebilir Enerji Kaynakları.....	1

BÖLÜM 2 GÜNEŞ AÇILARI ve GÜNEŞ IŞINIMI

2.1 Güneş Açılımları.....	3
2.1.1 Esas Güneş Açılımları.....	4
2.1.2 Türetilen Güneş Açılımları.....	4
2.1.3 Eğik Yüzeyin Açılımları.....	5
2.2 Yeryüzüne gelen güneş ışınımı.....	6
2.2.1 Atmosfer dışında yatay düz.Gel.ışınım	7
2.2.2 Yeryüzünde günlük tüm güneş ışınımı..	7
2.2.2.1 Anlık tüm güneş ışınımı.....	7
2.2.2.2 Günlük direkt ve yayılı ışınım.....	8
2.2.2.3 Anlık direkt ve yayılı ışınım.....	8
2.3 Yeryüzünde eğik düzleme gelen aylık- ortalama güneş ışınımı.....	9
2.3.1 Anlık direkt güneş ışınımı.....	9
2.3.2 Anlık toplam güneş ışınımı.....	9
2.3.3 Günlük direkt ve toplam ışınım.....	10
2.4 Optimum eğim.....	11

BÖLÜM 3 DÜZ GÜNEŞ TOPLAYICILARI

3.1 Genel.....	12
3.2 Saydam örtü.....	13
3.2.1 Saydam örtü malzemeleri.....	13
3.3 Yutucu yüzey.....	14
3.3.1 Seçici yüzey.....	14
3.3.2 Yutma-geçirme çarpımı.....	14
3.4 Düz toplayıcıların ısıl analizi.....	15
3.4.1 Toplayıcı ısı kayıp katsayısı.....	16
3.4.2 Efektif yutma-geçirme çarpımı.....	19

3.4.3	Toplayıcı ısı geçiş faktörleri.....	19
3.4.3.1	Toplayıcı verim faktörü.....	20
3.4.3.2	Akışkan çıkış sıcaklığı.....	21
3.4.3.3	Toplayıcı ısı kazanç faktörü.....	21
3.4.3.4	Yutucu yüzey ortalama sıcaklığı.....	22
3.4.3.5	Düz toplayıcı anlık verimi.....	23
3.4.3.6	Günlük ort. toplayıcı verimi.....	23
3.4.3.7	Depo suyu sıcaklığı.....	24
3.5	Toplayıcıların dizaynı.....	25
3.6	Otomatik kontrol.....	25
3.7	Maliyet ve geri ödeme.....	25
3.8	Aylık faydalanma oranı.....	26
3.9	Optimum toplayıcı alanı.....	27

BÖLÜM 4 ÖRNEK PROJE HESAPLARI

Nisan	Hesapları.....	29
Mayıs	"	37
Haziran	"	40
Temmuz	"	43
Ağustos	"	46
Eylül	"	49
Ekim	"	52
Tesisat	Hesapları.....	56
Maliyet ve geri ödeme	hesabı.....	62

BÖLÜM 5 DOĞAL GAZIN KAZANLARDA KULLANIMI

Doğal gazın kazanlarda kullanılması ve kazan dönüşümü.....	71
5.1 Kazanın Doğal gaza çevrilmesi.....	73
5.2 Sonuç ve öneriler.....	82
EK 1	83
Faydalanılan Kaynaklar.....	84

ŞEKİLLER

Sahife

Şekil 2.1	Gökküre üzerinde önemli görüş açıları.....	3
Şekil 2.2	Eğik yüzeyin açıları.....	5
Şekil 2.3	Toplam ışıınının bileşenleri.....	6
Şekil 3.1	Basit bir düz toplayıcının kısımları.....	13
Şekil 3.2	Yutucu yüzeyde Güneş ışıınınının yutulması.....	15
Şekil 3.3	Düz toplayıcılarda ısı geçişi.....	17
Şekil 3.4	Boru-Kanat kesiti.....	20
Şekil 4.1	Toplayıcı alanı ve faydalanma oranı değeri...	32
Şekil 4.2	Nisan ayı günlük su sıcaklığı eğrisi.....	36
Şekil 4.3	Mayıs " " " " "	39
Şekil 4.4	Haziran " " " " "	42
Şekil 4.5	Temmuz " " " " "	45
Şekil 4.6	Ağustos " " " " "	48
Şekil 4.7	Eylül " " " " "	51
Şekil 4.8	Ekim " " " " "	53
Şekil 4.9	Güneş enerjisi sistemi akış diyagramı.....	65
Şekil 4.10	" " " tesisat "	66
Şekil 4.11	Kollektör genel görünüşü ve Detayları.....	67
Şekil 4.12	Kollektör çatı yerleştirme planı.....	68
Şekil 4.13	" " " kesiti.....	69
Şekil 4.14	Depo-Eşanjör yerleştirme detayı.....	70
Şekil 5.1	Doğal Gaz boru hattı ve elemanları.....	76
Şekil 5.2	Doğal Gaz brülörü boru devresi.....	76
Şekil 5.3	Doğal Gaz brülörü ve Boru devresi.....	77
Şekil 5.4	Doğal Gaz brülörü ve otomatik kont. sist. ..	78

TABLOLAR

Sahife

Tablo	2.1	Eğik Düzleme Güneşin Geliş ve Düşüş Açısı.....	6
Tablo	2.2	Yansıtma Oranları Değerleri.....	10
Tablo	3.1	$(Z\alpha)_0$ ve b Değerleri.....	15
Tablo	4.1	Nisan ayına ait hesapların sonuçları.....	35
Tablo	4.2	Mayıs " " " "	38
Tablo	4.3	Haziran " " " "	41
Tablo	4.4	Temmuz " " " "	44
Tablo	4.5	Ağustos " " " "	47
Tablo	4.6	Eylül " " " "	50
Tablo	4.7	Ekim " " " "	53

SEMBOLLER

- a Yüzey azimut açısı, Angström denklemi sabiti
- a_g Güneş azimut açısı ($^{\circ}$)
- A Alan (m^2)
- A_t Toplayıcı faydalı yüzey alanı (m^2)
- b Angström denklemi sabiti
- d Deklinasyon açısı ($^{\circ}$)
- e Enlem ($^{\circ}$)
- f Faydalanma oranı
- F_t Toplayıcı ısı kazanç faktörü
- F_v Toplayıcı verim faktörü
- h Saat açısı
- I Yatay düzleme gelen anlık tüm güneş ışınımı (W/m^2)
- I_d " " " " direkt " " "
- I_e Eğik " " " toplam " " "
- I_{ed} " " " " direkt " " "
- I_{gs} Güneş sabiti (W/m^2)
- I_y Yatay düzleme gelen anlık yayıllı güneş ışınımı (W/m^2)
- K Toplam ısı geçiş katsayısı (W/m^2-K)
- K_y Yayıllı ışınım oranı
- K_t Berraklık indeksi
- k Isı iletim katsayısı ($Kcal/mh^{\circ}C$)
- \dot{m} Debi ($Kg/s-m^2$)
- Nu Nusselt sayısı
- Q Bir gün boyunca gelen güneş ışınımı ($MJ/m^2-Gün$)
- Q_y Isıl yük ($MJ/m^2-Gün$)
- Q_o Atmosfer dışına bir gün boyunca gelen güneş ışınımı ($MJ/m^2-Gün$)
- R Eğik düzleme gelen anlık tüm güneş ışınımının, yatay düzleme gelen anlık tüm güneş ışınımına oranı
- r_t Bir anda gelen tüm güneş ışınımının, günlük toplam tüm güneş ışınımına oranı
- r_y Bir anda gelen yayıllı güneş ışınımının, günlük toplam yayıllı güneş ışınımına oranı
- R_d Eğik düzleme gelen anlık direkt güneş ışınımının, yatay düzleme gelen anlık direkt güneş ışınımına oranı
- \bar{R} Eğik düzleme gelen günlük tüm güneş ışınımının, yatay düzleme gelen günlük tüm güneş ışınımına oranı
- \bar{R}_d Eğik düzleme gelen günlük direkt güneş ışınımının, yatay düzleme gelen günlük direkt güneş ışınımına oranı

β	Toplayıcı eğimi (°)
S	Efektif güneş ışınımı şiddeti (W/m^2)
t	Güneşlenme süresi (Saat)
t_g	Gün uzunluğu (Saat)
t_o	" " "
γ	Yükseklik açısı (°)
z	Zenit açısı (°)
α	Yutma açısı (°)
δ	Kalınlık (mt)
ϵ	Neşretme oranı
η	Verim
ρ	Yoğunluk, yansıtma oranı (gr/cm^3 , -)
σ	Stephan-Boltzman sabiti
(τ_x)	Yutma-geçirme sabiti
$(\tau_x)_e$	Efektif yutma-geçirme sabiti
C_e	Tesisat, techizat ve kollektör panellerini ihtiva eden güneş enerjisi ısıtma sisteminin toplam maliyeti (TL)
F_e	Sağlanan yıllık tasarruf (TL)
r_e	Senelik faiz oranı (%)
j	Yıllık enflasyon oranı (%)
n_e	Maliyet geri ödeme süresi (Yıl)

BÖLÜM 1

GİRİŞ

1.1 GENEL

İnsanlar önce ısınmak için enerjiye ihtiyaç duymuşlar, sonrada teknolojinin gelişmesi ile enerjiye olan ihtiyaçları artmıştır ve artmaktadır. Enerji üretimi ve tüketimi, çağımızda milletlerin refah seviyesini gösteren bir ölçü olmuştur. İnsanların kullandığı enerji teknolojik gelişmelere göre değişmiştir. Dünya'da tüketilen enerjinin % 90'ına yakını fosil kaynaklarından temin edilmektedir. Fosil kaynaklar içerisinde en çok kullanılanı petroldür. Yapılan tahminlere göre yakın bir gelecekte fosil kaynaklar bitecektir.

1.2 Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi ülkelerdeki potansiyele göre değişir. Gel-git enerjisi, rüzgar enerjisi, dalga enerjisi, biogaz ve güneş enerjisi ülkelerin konumlarına göre faydalanmada farklılık gösterir.

Güneş enerjisinin, diğer enerji türlerine göre çok sayıda avantajı mevcuttur: Herşeyden önce bol, tükenmeyen, temiz ve yerel uygulamalar için elverişlidir. Enerjiye ihtiyaç duyulan hemen hemen her yerde güneş enerjisinden yararlanmak mümkündür. Ayrıca dışarıya bağlı olmadığından, ekonomik bunalımdan bağımsızdır. Güneş enerjisinin bu üstünlüklerine rağmen günümüzde uygulamalarının az oluşunun sebepleri vardır. Birim yüzeye gelen ışınım az olduğundan, büyük yüzeylere ihtiyaç duyulur ayrıca depolanmasının zorluğu vardır.

Birinci Dünya savaşı ve sonrası petrolün önem kazanmasıyla, güneş enerjisine yönelik çalışmalar araştırma düzeyinde kalmıştır. Güneş enerjisinin önem kazanması daha çok 1973 deki Dünya enerji kriziyle olmuştur. Türkiye'de ise bu konudaki uygulamalar 1975 yılından sonra yapılmaya başlamıştır.

Güneş ışınımının teknolojik toplama ile faydalı enerjiye dönüştürülmesinde ısı veya fotovolttaik esastan yararlanılır. Isıl esasa dayanan sistemlerin geniş uygulama alanı mevcuttur.

Ülkemizin henüz yeni tanıştığı Doğal gaz ise bugün bir çok batı ülkesinde öteden beri kullanılmaktaydı. Kimyasal yapısı nedeniyle ,çevreyi kirletici etkisi bulunmaması, depolanması gerekmediğinden ayrıca yüksek ısı gücü nedeniyle de oldukça temiz bir yakıttır. Teknolojinin kendisini yenilemesi neticesinde Doğal gaz da ülkemizde birçok yeniliği beraber getirecektir. Özellikle Doğal gaz yakma sistemleri ve proseste Doğal gaz kullanımı teknoloji transferini gerçekleştirebileceği gibi maliyetleride düşürecektir. Ancak, olaya bu kadar pempe bakmaya gerek yoktur. Doğal gaz çevre şartları açısından ele alınırsa temiz bir yakıt olmasına rağmen azot oksitleri teşekkül ettirmekte bu da asit yağmurlarına neden olmaktadır.

Diğer yandan Doğal gaz bakımından fakir olan ülkemizin, bu gazı dışarıdan alması ekonomik şartlara bağlı olarak yeni sorunlarıda beraberinde getirecektir. Konuyu ülkemiz açısından ele alırsak şunu hemen söyleyebiliriz: Güneş/ bol olan ülkemizde, güneş enerjisinden yeterince faydalanma bilinci artırılarak bu konuda yeterince teşvik verilmedir. Düşük kalorili kömürün yakılması yerine, Doğal gaz+ Güneş enerjisi kombine sistemleri düşünülmelidir. Hatta bu gibi kombine sistemlerde Güneş enerjisinin ağırlığı daha fazla olmalıdır.

Geleceğin enerjisi olarak Güneş enerjisini tariflersek yanılmamış oluruz.

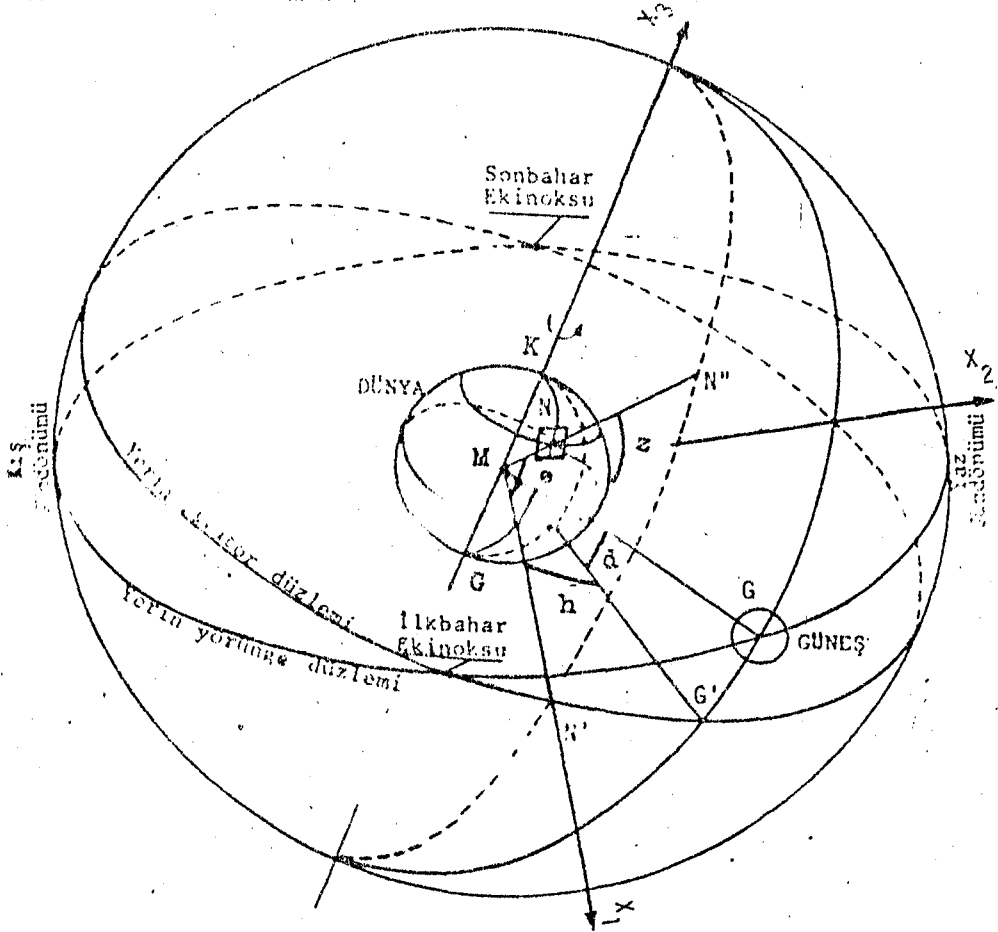
BÖLÜM 2

GÜNEŞ AÇILARI ve ATMOSFER DIŞINDA GÜNEŞ IŞINIMI

Bu bölümde ,atmosfer dışına gelen güneş ışınımının bulunması incelenecektir. Dünya güneş yörünge düzleminin normalinden $23^{\circ}27'$ açı yapan eksenini etrafında döner.Bu sebeple de güneş ışınımının şiddeti enlemlere ve boylamlara göre farklılık gösterir. Atmosfer dışında güneş ışınımının hesaplanabilmesi için bir takım güneş açılarının bilinmesi gerekmektedir. Şekil 2.1

2.1 GÜNEŞ AÇILARI

Gökküre üzerinde güneşin yeri ve yeryüzündeki noktaya göre hareketi "Güneş açıları" ile tayin edilir.



Şekil 2.1 Gökküre üzerinde önemli görüş açıları

2.1.1 Esas Güneş Açılıarı

Yeryüzündeki bir N noktasına gelen direkt güneş ışınımını doğrultusu, eğer o yerin saat açısı ve güneşin deklinasyon açısı biliniyorsa tayin edilebilir. Bu açılara esas güneş açılıarı denir.

Enlem açısı(e) : Gözönüne alınan yeri(N) dünya merkezine(M) birleştiren doğrunun dünyanın ekvator düzlemi ile yaptığı açıdır. Şekil 2.1 de NMN' açısıdır.

Saat açısı(h) : Gözönüne alınan yerin boylamı ile güneşi, dünya merkezine birleştiren doğrunun, belirttiği boylam arasındaki açıdır. Şekil 2.1 de NMG' açısıdır. Saat açısı, $h = 15(\text{Hesap saati} - 12)$ bağıntısından hesaplanır.

Deklinasyon açısı(d) : Güneş ışınlarının ekvator düzlemi ile yaptığı açıdır. Cooper (1969);

$$d = 23.45 \sin(n+284) \frac{360}{365} \quad 2.1$$

(n: 1 ocaktan itibaren gün sayısı) denklemini vermiştir.

2.1.2 Türetilen Güneş Açılıarı

Yatay veya eğik bir düzleme gelen güneş ışınımının hesaplanmasında, düzlemle ve güneş ışınlarının doğrultusu ile ilgili açılardan yararlanır.

Zenit açısı(z) : Direkt güneş ışınlarının yatay düzlemin normali ile yaptığı açıdır.

$$\cos z = \cos d \cos e \cosh + \sin d \sin e \quad 2.2$$

Güneş yükseklik açısı(y) : Direkt güneş ışınlarının yatay düzlem ile yaptığı açıdır.

$$\sin y = \cos z \quad 2.3$$

Güneş azimut açısı(a_g) : Güneşin doğrultusunun tam bilinmesi için kutupsal koordinat sisteminde azimut açısına ihtiyaç duyulur.

$$\text{Cosa}_g = \text{Secy Cosd Sinh} \quad \text{dır.} \quad 2.4$$

Güneş doğuş ve batış saat açısı H,

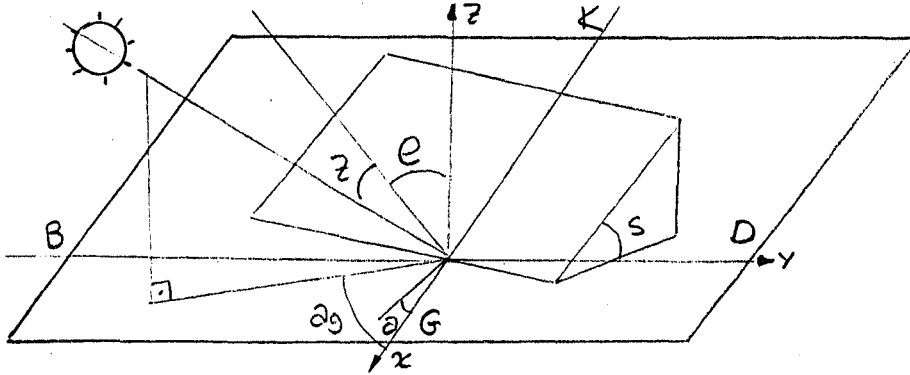
$$\text{CosH} = -\text{tand tane} \quad \text{denkleminde bulunur.} \quad 2.5$$

Gün uzunluğu t_g ,

$$t_g = \left(\frac{2}{15} \right) H \quad \text{bağıntısından bulunabilir.}$$

2.1.3 Eğik Yüzeyin Açılıarı

Eğik bir yüzeyin konumu yatay düzlemle yaptığı eğim açısı (s) ve yüzeyin normalinin yatay düzlemdeki izdüşümünün güneyden batıya doğru (+) ölçüldüğü yatay azimut açısı (a) ile belirlenir. Şekil 2.2



Şekil 2.2 Eğik Yüzeyin Açılıarı

Güneş geliş açısı (g) : Güneş doğrultusunun herhangi bir eğik düzlemin normali ile yaptığı açıdır.

$$\text{Cosg} = \text{Cosd Cosh Cos}(e-s) + \text{Sind Sin}(e-s) \quad 2.6$$

bulunur. Güneş ışınları yüzeye paralel geldiği zaman 2.6 denkleminde,

$$C_1 = \text{Sina Cosd Sins}$$

$$C_2 = \text{Cosd (Cose Coss + Cosa Sine Sins)}$$

2.7

$$C_3 = \text{Sind (Sine Cos - Cosa Cose Sins)}$$

olmak üzere ve,

$$D^2 = C_1^2 + C_2^2 - C_3^2 \quad \text{tanımınla olarak}$$

$$H_{lp} = 2 \arctan \frac{C_1 - D}{C_2 - C_3} \quad 2.8a$$

$$H_{2p} = 2 \arctan \frac{C_1 + D}{C_2 - C_3} \quad 2.8b$$

$$\text{Cos}g = C_2 + C_3 \quad 2.8c$$

olarak bulunur.

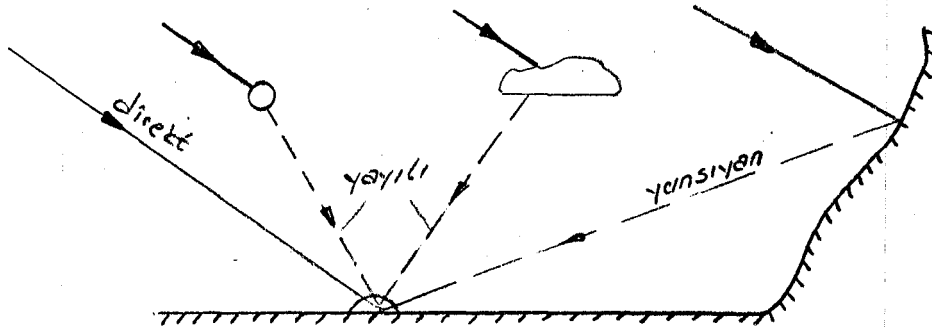
Tablo 2.1 de görüldüğü şekilde herhangi bir düzleme güneş ışınının ilk geliş ve son düşüş açıları özetlenebilir.

TABLO 2.1 Eğik düzleme Güneşin ilk geliş ve son düşüş açısı

		İlk Geliş Saat Açısı H_1	Son Düşüş Saat Açısı H_2
$\text{Cos}g > 0$	$D^2 > 0$	$\text{Max}(H_{1p}, -H)$	$\text{Min}(H_{2p}, H)$
$g < 90$	$D^2 < 0$	$-H$	H
$\text{Cos}g < 0$	$D^2 > 0$	$\text{Max}(H_{2p}, -H)$	$\text{Min}(H_{1p}, H)$
$g > 90$	$D^2 < 0$	Güneş ışını yüzeye gelmez	

2.2 YERYÜZÜNE GELEN GÜNEŞ IŞINIMI

Güneş enerjisinden faydalanan sistemlerin dizaynında öncelikle faydalanılabilir güneş ışınımının bilinmesi gerekir. Direkt ve yayılı güneş ışınımı pratik olarak $0.3-3.0 \mu\text{m}$ dalga boyu aralığında olduğundan buna "kısa dalga boylu ışınım" denir. Direkt ve yayılı ışınımın toplamı "tüm güneş ışınımı" olarak bilinir. Şekil 2.3 de toplam ışınım bileşenleri şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.3 Toplam Işınımın Bileşenleri

2.2.1 Atmosfer Dışında Yatay Düzleme Gelen Işınım

Atmosfer dışında yatay düzleme gelen güneş ışınımı,

$$Q_0 = \frac{24}{3.14} I_{gs} f \text{Sind Sine} \left(\frac{3.14}{180} H - \tan H \right) \quad 2.9$$

bağıntısından hesaplanır. Burada,

$$I_{gs} = 1353 \text{ W/M}^2 \text{ (güneş sabiti)}$$

$$f = 1 + 0.033 \text{ Cos} \left(\frac{360 n}{365} \right) \quad \text{(düzeltme faktörü) dir.}$$

2.2.2 Yeryüzünde Günlük Tüm Güneş Işınımı

Yatay düzleme gelen günlük tüm güneş ışınımı bağıntıları, daha ziyade; güneşlenme süresi, izafi nem, mutlak nem, atmosferik basınç ve bulutluluk oranı gibi meteoroloji verilerinden birine veya birkaçına bağlı olarak verilmektedir. En yaygın olarak kullanılan, tüm güneş ışınımı bağıntıları ise güneşlenme süresinin fonksiyonu olarak verilen bağıntılardır.

Yatay düzleme gelen aylık ortalama günlük tüm güneş ışınımının bulutsuz bir günde gelen aylık ortalama günlük tüm güneş ışınımına oranı Türkiye için pratik olarak,

$$\frac{Q}{Q_0} = a + b \frac{t}{t_0} \quad 2.10$$

$$a = 0.103 + 0.000017 z + 0.198 \text{ Cos}(e-d)$$

$$b = 0.533 - 0.165 \text{ Cos}(e-d)$$

bağıntısından bulunabilir.

2.2.2.1 Anlık Tüm Güneş Işınımı

Toplayıcıların ısıl analizi gibi birçok mühendislik propleminde bir anda gelen tüm güneş ışınımının uzun yıllar ortalamasına ihtiyaç duyulur. Pratik olarak anlık tüm güneş ışınımı, günlük toplam tüm güneş ışınımına bağlı olarak hesaplanabilir. Anlık tüm güneş ışınımının, günlük toplam güneş ışınımına oranı ($r_t = I/Q$), gün boyunca anlık tüm güneş ışınımının değişimi gözönüne alınarak,

$$\tau = \exp \left(-4 \left(1 - \frac{|h|}{H} \right) \right)$$

$$r_t = \frac{I}{Q} \cdot \frac{3.14}{4t_0} \left(\cos(90 \frac{h}{H} + \frac{2}{\sqrt{n}} (1 - \tau)) \right) \quad 2.11$$

elde edilmektedir.

2.2.2.2 Günlük Direkt ve Yayılı Güneş Işınımı

Belirli bir yerde herhangi bir günde yatay düzleme gelen günlük toplam güneş ışınımı, anlık direkt güneş ışınımının gün boyunca değişimine ve gün uzunluğuna bağlıdır. Genellikle, tüm güneş ışınımına bağlı olarak verilen bağıntılardan hesaplanmasına rağmen, bu bağıntılar tüm güneş ışınımı bilinmeyen yerlerde kullanılmadığı gibi tüm güneş ışınımının hatalı ölçülmüş veya hesaplanmış değerleri için direkt güneş ışınımında hatalı olmaktadır. Kılıç (1982) atmosferin spektral geçirme oranından hareketle bütün dalga boylarında bir gün boyunca yeryüzünde yatay düzleme gelen aylık ortalama direkt güneş ışınımı için teorik olarak,

$$Q_d = \frac{t}{t_0} Q_0 (0.6714 - 0.00423 w + 0.2231n \cos(e-d)) \quad 2.12$$

bağıntısını elde etmiştir. Son bağıntıdaki w, yoğunlaştırulabilir su buharı miktarı olup ortalama olarak 20 mm dir.

Ampirik bağıntılarda genellikle yayılı ışınım oranı $K_y = \bar{Q}_y / Q$ ve berraklık indeksi $K_t = Q / Q_0$ alınarak, yayılı ışınım oranı ile berraklık indeksi arasındaki bağıntı,

$$K_y = 1 - 1.13 K_t \quad 2.13$$

olarak verilmiştir.

2.2.2.3 Anlık Direkt ve Yayılı Güneş Işınımı

Uzun yıllar ortalamasında, bir anda birim yatay düzleme gelen aylık yayılı ışınımın günlük toplam yayılı ışınım oranı, genellikle atmosfer dışında yatay düzleme bir anda ve atmosfer dışında bir gün boyunca gelen ışınım oranında eşit alınmaktadır. Buna göre,

$$r_y = \frac{3.14}{24} \frac{\text{Cosh} - \text{CosH}}{\text{SinH} - \frac{3.14}{180} H \text{CosH}} \quad \text{dır.} \quad 2.14$$

Anlık direkt güneş ışınımı ise, anlık tüm ve yayılı güneş ışınımlarıyla,

$$I_d = I - I_y = r_t Q - r_y Q \quad 2.15$$

şeklinde hesaplanır.

2.3 YERYÜZÜNDE EĞİK DÜZLEME GELEN AYLIK ORTALAMA GÜNEŞ IŞINIMI

Pratikte daha ziyade eğik düzlemlere gelen güneş ışınımının bilinmesi istenir. Eğik düzleme gelen ışınım, azimut açısına, çevrenin yansıtma katsayısına ve yatay düzleme gelen tüm ışınımın direkt ve yayılı bileşenlerinin miktarına bağlıdır.

2.3.1 Anlık Direkt Güneş Işınımı

Güneş ışınımına dik birim düzleme bir anda gelen direkt güneş ışınımı I_n , güneş ışınımının eğik düzleme geliş açısı g ve zenit açısı z olmak üzere, eğik ve yatay düzlemlere gelen direkt güneş ışınımı miktarı sıra ile,

$$I_{de} = I_n \text{Cos}g \quad \text{ve} \quad I_d = \text{Cos}z$$

ve bunların birbirine oranı ile yazılabilir. Güneş ışınımının, herhangi bir yüzeye geliş açısı g için, güney kuzey doğrultusuna dönük ($a=0$),

$$R_d = \frac{\text{Cos}(e-s) \text{Cos}d \text{Cosh} + \text{Sin}(e-s) \text{Sind}}{\text{Cose} \text{Cos}d \text{Cosh} + \text{Sine} \text{Sind}} \quad 2.16$$

bağıntısı elde edilir.

2.3.2 Anlık Toplam Güneş Işınımı

Eğik düzlem üzerine gelen toplam ışınım, direkt ve yayılı güneş ışınları ile yansiyarak gelen ışınımların toplamıdır.

Yatay düzleme bir anda gelen yayıllı güneş ışınımı I_y ve düzlemin eğimi s olmak üzere eğik düzleme gelen yayıllı ışınım,

$$I_{ey} = I_p \frac{1 - \cos s}{2} \quad 2.17$$

şeklinde yazılabilir. Çevrenin yansıtma oranı ρ , bitki örtüsüne, topoğrafik yapıya ve kar durumuna bağlı olarak değişir. Bazı haller için yansıtma oranlarınının değerleri TABLO 2.2 de verilmiştir.

TABLO 2.2 Yansıtma Oranı Değerleri

	ρ		ρ
Kar (yeni yağmış)	0.75	Yeşil ot	0.20
Su Yüzeyleri	0.04	Ziftli Çatı	0.13
Ormanlar (sonbahar)	0.26	Kırılmış taş yüz.	0.20
Aşınmış betonarme	0.22	Açık renkli bina	0.60
Koyu renkli bina	0.27	Kuru ot	0.30
Kozalaklı orman	0.07	Gazel(ölü yaprak)	0.30

Eğik düzlem üzerine gelen toplam ışınım; direkt, yayıllı ve yansıyarak gelen ışınımın toplamı olduğundan,

$$I_e = R_d I_d + \frac{I_y}{2} (1 - \cos s) + I_g \frac{1 - \cos s}{2} \quad 2.18$$

veya tüm güneş ışınımına bölünerek,

$$R = \frac{I_e}{I} = R_d \frac{I_d}{I} + \frac{I_y}{I} \cdot \frac{1 - \cos s}{2} + \rho \frac{1 - \cos s}{2} \quad 2.19$$

yazılabilir. Düzlemin eğimi arttıkça düzleme gelen yayıllı ışınım miktarı azalmakta, fakat yansıyarak gelen ışınım miktarı artmaktadır.

2.3.3 Günlük Direkt ve Toplam Güneş Işınımı

Birgün boyunca eğik düzleme gelen direkt Güneş ışınımının, birgün boyunca yatay düzleme gelen direkt güneş ışınımına oranı ; güneye dönük düzlemler için ($a=0$) ve $H_g = \text{Min} (H; \arccos (-\tan(e-s) \tan d))$ olmak üzere-

$$\bar{R}_d = \frac{\cos(e-s) \cos d \sin H_g + \frac{3.14}{180} H_g \sin(e-s) \sin d}{\cos e \cos d \sin H + \frac{3.14}{180} H \sin e \sin d} \quad 2.20$$

alınarak,

$$\bar{R}_d = \frac{Q_e}{Q} = R_d \frac{Q_d}{Q} + \frac{Q_y}{Q} \cdot \frac{1 + \cos s}{2} + \rho \frac{1 - \cos s}{2} \quad 2.21$$

bağıntısından eğik düzlem üzerine gelen ışınlam hesaplanır.

2.4 Maksimum Güneş Işınımı Alan Düzlem Eğimi

Bir düzlem üzerine gelen güneş ışınımının maksimum olabilmesi için düzlemin, ışınlara dik bir şekilde güneşi takip etmesi gerekir. Ancak, bu zor ve pahalı bir yöntemdir. Belli bir yerde sabit bir eğimle yerleştirilen güneye dönük düzlemler üzerine gelen güneş ışınımı maksimum olduğundan optimum eğim güneye dönük düzlemler için verilir ve belli bir zaman aralığı için hesaplanır.

Seçilen zaman aralığı enerji ihtiyacına göre tespit edilmelidir. Optimum eğim yaz aylarında ($d > 0$) deklinasyon açısının değerine göre enlemden daha küçük, kış aylarında ($d < 0$) ise enlemden daha büyüktür.

Optimum eğim Türkiye şartlarında sıcak su sistemleri için,

$$s = e - 1.5e \frac{ldle}{180} \quad 2.22$$

bağıntısından hesaplanabilir.

BÖLÜM 3

DÜZ GÜNEŞ TOPLAYICILARI

Güneş enerjisinden faydalanma, en yaygın toplayıcılar la olmaktadır. Yapımları için karmaşık teknolojiye ihtiyaç olmadığından diğer sistemlere göre daha ucuzdur. Konutların sıcak su ve ısıtma sistemlerinde, yüzme havuzlarının ısıtılmasında ve endüstri için gerekli sıcak su temininde düz toplayıcılar kullanılır. Bu bölümde düz toplayıcıların kısımlarından, malzemelerinden ve tiplerinden bahsedilecektir.

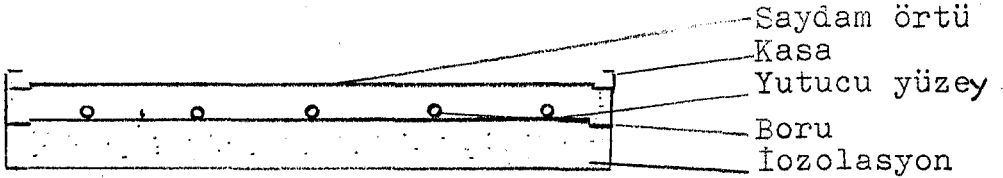
3.1 GENEL

Güneş ışınımı ile bir akışkanın sıcaklığının artmasını sağlayan gereçlere " düz toplayıcılar (Kollektör) " adı verilir. En basit anlamda, bir yüzeye düşen güneş ışınlarından bir kısmı yüzey tarafından yutulur ve akışkana doğru, iletim ve taşınım ile ısı geçişi olurken; dış yüzeyden çevreye, yüzey sıcaklığına ve ısı taşınım katsayısına bağlı olarak taşınım ile ısı geçişi olur. Yutulan ışınım ile çevreye olan ısı kaybının farkı faydalanılan güneş enerjisidir ve ısıtılmak istenen akışkana geçer.

Gelen ışınımdan yüzey tarafından yutulan kısmı arttıkça faydalanılan ışınımın artması için, yüzey sıcaklığının artarak dışa olan kayıpların artmaması gerekir. Bunun için de, levhanın ısı iletim katsayısı ve iç yüzeydeki ısı taşınım katsayısı büyük olmalıdır. Dış yüzeyden kayıplar, yüzeyle çevre arasındaki sıcaklık farkı kadar, h_d ısı taşınım katsayısına bağlıdır. Bu bakımdan dış yüzeydeki hava hareketini azaltmak maksadı ile ışınım geçiren bir saydam örtünün kullanılması ısı kayıplarını azaltmak için gereklidir.

Toplayıcılar, dolaştırılan akışkan cinsine göre de sıvılı ve gazlı toplayıcılar olarak iki gruba ayrılabilir. Sıvılı toplayıcıların verimi havalı toplayıcılardan daha yüksek, yapımı kolay ve ucuzdur.

Pratikte çok kullanılan basit bir düz toplayıcı genellikle beş kısımdan meydana gelir. Şekil 3.1



Şekil 3.1 Basit Bir Düz Toplayıcının Kısımları

Bunlar 1) Güneş ışınımını geçiren üstten ısı kaybını önleyen bir veya daha çok sayıdaki saydam örtü, 2) enerji toplayan yutucu yüzey, 3) ısı taşıyan akışkanın dolaştırıldığı borular, 4) yutucu yüzeyin güneş almayan kısmındaki yalıtım, 5) toplayıcıyı dış etkilerden koruyan ve yukarıda belirtilen kısımları bir araya getiren kılıftır.

3.2 SAYDAM ÖRTÜ

Saydam örtünün amacı, güneş ışınımını içeri alıp çevreye olan ısı kayıplarını azaltmaktır. Toplayıcılarda kullanılan saydam örtülerin, kısa dalga boylu güneş ışınlarını geçirme oranı büyük; yutucu levha tarafından neşredilen uzun dalga boylu ışınları geçirme oranı küçük olmalıdır.

3.2.1 Saydam Örtü Malzemeleri

Saydam örtü olarak kullanılan malzemelerin öncelikle kısa dalga boylu ışınları geçirme oranı büyük olmalı ve yutucu yüzey tarafından neşredilen uzun dalga boylu ışınları geçirmemelidir. Ucuz olmalı ve kolay temin edilebilmesi, kırılma ve çizilmeye karşı mukavim olmalı, güneş ışınımına dayanabilmeli ve hafif olmalıdır. Pratikte saydam örtü olarak genellikle camlar ve plastik esaslı saydam malzemeler kullanılır.

Bileşimindeki demir-oksit miktarı düşük olan tek tabakalı camın normal doğrultuda gelen direkt güneş ışınımını geçirme oranı % 83 iken bu oran pencere-camlarında % 70 olmaktadır.

3.3 YUTUCU YÜZEY

Toplayıcılarda güneş ışınımı yutan ve ısıyı borulardaki akışkana aktaran kısımdır. Yutucu yüzeyin, herşeyden önce güneş ışınımını yutma oranının büyük ve uzun dalga boylu ışınım neşrediciliğinin küçük olması gerekir. Işınımı yutarak ısınan levhanın, ısıyı temas halindeki akışkana iyi bir şekilde iletmesi için, ısı iletim katsayısı yüksek malzemeler seçilir. Ayrıca ısı geçişinin iyi olması için malzeme ince olmalıdır. Toplayıcılarda yutucu yüzey olarak genellikle bakır, alüminyum ve paslanmaz çelik kullanılır. Bakırın ısı iletim katsayısı yüksek olmasına rağmen, diğerlerine göre daha çok pahalıdır. Çelik ise piyasadan kolay temin edilebilir fakat korrozyona müsait bir metaldir. Diğer taraftan seçilen malzemenin lehim ve kaynak yapılabilme özelliğide gözönünde bulundurulmalıdır.

3.3.1 Seçici Yüzey

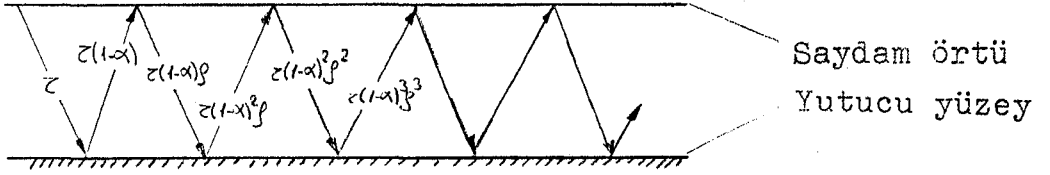
Siyah yüzey, ışınım için gerçek yutucudur. Bütün dalga boylarındaki her açı altında gelen ışınımın tamamını yutar. Ancak, gerçek maddeler her zaman ışınımın bir kısmını geliş açısına bağlı olarak yansıtır. İdeal siyah cisim aynı zamanda ısı ışınım için gerçek neşredicidir. İdeal yutucu yüzey ise, kısa dalga boylu ışınımın tamamını yutan ancak, uzun dalga boylu ışınım neşrediciliği olmayan yüzeylerdir.

Kısa dalga boylu ışınımın ($0.3 - 3.0 \mu m$) tamamına yakını yutan ve uzun dalga boylu ışınım neşrediciliği az olan yüzeylere " Seçici Yüzey " adı verilir.

3.3.2 Yutma - Geçirme Çarpımı

Saydam örtüyü geçerek yutucu yüzey üzerine gelen gü-

neş ışınının büyük bir kısmı yüzey tarafından yutulurken bir kısmı yansıtılır. Yansıtılan ışınım saydam örtünün alt kısmına gelir ve bir kısmı geçerken bir kısmı yeniden levhaya yansıtılır, böylece devam eder. Şekil 3.2



Şekil 3.2 Yutucu Yüzeyde Güneş Işınımının Yutulması

Toplam yutma geçirme çarpımı güneş ışınımının geliş açısı ile birlikte, bulunan yerin enlemine, zamana ve toplayıcının eğimine bağlı olmaktadır. Sıydam örtünün normal doğrultuda gelen direkt güneş ışınımı için yutma-geçirme çarpımı $(\tau\alpha)_0$ olmak üzere yaklaşık olarak,

$$(\tau\alpha) = (\tau\alpha)_0 - b \left(1 - \frac{I_d R_d}{I R} \left(2 - \frac{1}{\cos\theta} \right) \right) \quad 3.1$$

şeklinde yazılabilir. Bağlantıda b katsayısı sıydam örtü ve yutucu yüzey malzemelerinin özelliklerine ve sıydam örtü sayısına bağlıdır. En küçük kareler metodu kullanılarak bulunan değerler Şekil 3.3 de verilmiştir.

	Cam Say.	$(\tau\alpha)_0$	b
Düşük demiroksitli cam	1	0.87	0.07
0.0125	2	0.79	0.09
Pencere camı	1	0.80	0.08
0.09	2	0.69	0.10

TABLO 3.1 $(\tau\alpha)_0$ ve b değerleri

3.4 DÜZ TOPLAYICILARIN ISIL ANALİZİ

Toplayıcı üzerine gelen güneş ışınımının bir kısmı sıydam örtüde yansır, bir kısmı yutulur ve geri kalan kısmı ısı taşıyıcı akışkana geçerken (faydalı ısı), bir kısmı

toplayıcıda depolanır ve geri kalan kısmı ışınım, taşınım ve iletimle çevreye gider. Işınım, taşınım ve iletimle olan ısı kayıplarının toplamı Q_k , depolanan enerji dengesi

$$A_t(\tau \times) I = Q_f - Q_k - Q_d \quad 3.2$$

şeklinde yazılabilir. Burada $(\tau \times)$ toplayıcının yutma-geçirme çarpımı, I toplayıcı üzerine gelen güneş ışınımı ve A_t faydalı yüzey alanıdır.

Toplayıcılarda meydana gelen kayıplar çok sayıda değişkene bağlıdır. Toplayıcı üzerine gelen direkt ve yayılı güneş ışınımı şiddeti, çevre sıcaklığı, rüzgar hızı, toplayıcının konstrüksiyonu ve boruların yerleştiriliş şekli, saydam örtü sayısı ve özellikleri, toplayıcıya giren akışkanın özellikleri, yalıtım şekli ve yalıtım malzemesinin özellikleri gibi faktörler çevreye olan ısı geçişi miktarına tesir ederler. Bu özelliklerin hepsinin bir arada gözönüne alınarak, toplayıcıların ısı analizini yapmak oldukça karışıktır.

3.4.1 Toplayıcı Isı Kayıp Katsayısı

Düz toplayıcılarda çevreye olan ısı geçişi, toplayıcıların üst, alt ve yan yüzeylerinde olur. Yutucu yüzey sıcaklığının T_L olduğu kısım ile çevre arasındaki ısı kayıp katsayısı, alttan ve üstten ısı kayıp katsayılarının toplamıdır ve,

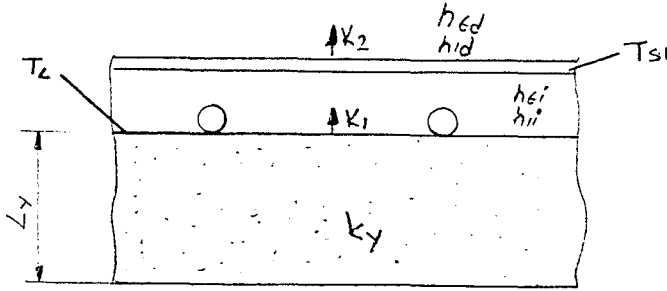
$$K = K_{alt} + K_{üst} \quad 3.3$$

şeklinde yazılabilir.

Toplayıcıların alt yüzeyinden olan ısı kaybı, yalıtım malzemesinin kalınlığına ve ısı iletim katsayısına bağlıdır. Şekil 3.4 den, yalıtım kalınlığı L_y ve yalıtım malzemesinin ısı iletim katsayısı k_y olmak üzere,

$$K_{alt} = \frac{k_y}{L_y} \quad \text{elde edilir.} \quad 3.4$$

Tek saydam örtülü bir toplayıcının üst kısmında ısı kayıp katsayısı Şekil 3.4 deki R_1 ve R_2 ısı dirençlerinin tersi olup,



Şekil 3.4 Düz Toplayıcılarda Isı Geçişi

$$\frac{1}{K_{\text{üst}}} = R_1 + R_2 = \frac{1}{K_1} + \frac{1}{K_2} \quad 3.5$$

şeklindedir. Burada R_2 direnci üst saydam örtü ile çevre arasındaki taşınım ve ışınım ısı geçiş katsayıları sırası ile $h_{t,d}$ ve $h_{1,d}$ olmak üzere,

$$R_1 = \frac{1}{K_2} = \frac{1}{h_{t,d} + h_{1,d}} \quad 3.6$$

dir. Gökyüzü uzun dalga boylu ışınım için çevre sıcaklığındaki siyah cisim olarak gözönüne alınırsa, saydam örtü ile çevre arasındaki ışınım ısı geçiş katsayısı,

$$h_{1,d} = \epsilon_{s1} \sigma (T_{s1} + T_{\text{çev}}) (T_{s1}^2 + T_{\text{çev}}^2) \quad 3.7$$

yazılabilir. Burada T_{s1} üstteki saydam örtünün sıcaklığı, $T_{\text{çev}}$ çevre sıcaklığı, $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{-K}$ (Stefon-Boltzman sabiti) ve ϵ_{s1} saydam örtünün uzun dalga boylu ışınım neşretme oranıdır. Camlar uzun dalga boylu ışınımın büyük kısmını geçirmediğinden neşretme oranları büyüktür. Camlar için ortalama neşretme oranı yaklaşık 0.88 dir.

Dıştaki saydam örtü ile çevre arasındaki taşınım ısı geçiş katsayısı rüzgar hızına bağlıdır. Rüzgar hızı V (m/sn) ve ısı taşınım katsayısının birimi $\text{W/m}^2\text{-K}$ olmak üzere,

$$h_{t,d} = 5.7 + 3.8 V \quad 3.8$$

bağıntısından bulunabilir.

Saydam örtüler arasındaki ısı direnç,

$$R_2 = \frac{1}{K_1} = \frac{1}{h_{ti} + h_{li}} \quad 3.9$$

dir. Saydam örtülerin birbirine paralel ve aralarındaki mesafenin genişlik ve uzunluğuna göre çok küçük olduğu kabul edilirse, değeri örtülerin sıcaklığına ve neşretme oranlarına bağlı olarak

$$h_{li} = \frac{\sqrt{(T_L + T_{s1})(T_L^2 + T_{s1}^2)}}{\frac{1}{\varepsilon_{s1}} + \frac{1}{\varepsilon_L} - 1} \quad 3.10$$

şeklinde yazılabilir.

Yutucu yüzey ile saydam örtü arasında taşınım ile ısı geçiş katsayısı ise,

$$h_{ti} = \frac{Nu \cdot k_a}{L} \quad \text{bağıntısından hesaplanır.} \quad 3.11$$

$$F = (295.14 + 0.17815 T_o - 60.95 \ln T_o) \times 10^8$$

$$k_a = 0.00468 + 0.00007 T_o$$

alınarak,

$$Ra = \Delta T F L \quad \text{olmak üzere;}$$

$$1708 < Ra \cdot \text{Coss} < 5900 \quad \text{için} \quad Nu = 1 + 1.446 \left(1 - \frac{1708}{Ra \cdot \text{Coss}} \right)$$

$$5900 < Ra \cdot \text{Coss} < 92300 \quad \text{için} \quad Nu = 0.229 (Ra \cdot \text{Coss})^{0.252}$$

$$92300 < Ra \cdot \text{Coss} < 10^6 \quad \text{için} \quad Nu = 0.157 (Ra \cdot \text{Coss})^{0.282}$$

dir. Burada F boyutsuz, k_a (W/m-K), ΔT ($T_L - T_{s1}$), $T_o = (T_L - T_{s1})/2$ ($^{\circ}\text{K}$) ve L yutucu yüzey ile saydam örtü arasındaki mesafedir.

3.4.2 Efektif Yutma -Geçirme Çarpımı

Saydam örtü tarafından yutulan ışınım miktarı, saydam örtü sıcaklığını artıracığından saydam örtü ile yutucu yüzey arasındaki ısı geçiş katsayısı küçülür. Başka bir deyişle faydalanılan ısı miktarı artar. Efektif yutma-geçirme çarpımı saydam örtü sayısı ve özelliklerine ayrıca çevre sıcaklığına da bağlı olmaktadır. Ve,

$$(\tau\alpha)_e = (\tau\alpha) - a_k \quad 3.12$$

bağıntısıyla hesaplanabilmektedir. Camlar için $(\tau\alpha)_e$ değeri ısı geçiş katsayısı arttıkça artmaktadır. a_k değeri ise örnek projemiz için 0.02 alınabilir. Levha ve çevre sıcaklıklarının tesiri büyük olmasına rağmen, rüzgar hızının artmasıyla a_k değeri siyah yüzeyli toplayıcılar için, seçici yüzey için olanlardan daha büyük olmaktadır.

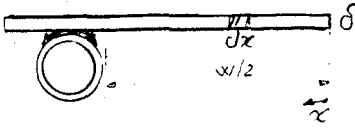
3.4.3 Toplayıcı Isı Geçiş Faktörleri

Daha önceki alt bölümde, düz toplayıcılardan çevreye olan ısı geçişini hesaplarken yutucu yüzeyin sıcaklığı bilinmiyor kabul edildi ve toplayıcı tipi göz önüne alınmadı. Yutucu yüzey sıcaklığı, akışkanın toplayıcıya giriş sıcaklığına, toplayıcı üzerine gelen güneş ışınımına, toplayıcı tipine bağlıdır.

Boruların yutucu levhanın altına yerleştirildiği sıvılı toplayıcıları gözönüne alalım (Şekil 3.5). Borular arasındaki mesafe w , boruların dış çapları d , yutucu levhanın kalınlığı δ , boru sıcaklığı T_b , boru uzunluğu b , ve çevre sıcaklığı $T_{\text{çev}}$ olsun. Bir borunun diğerlerinden bağımsız olduğunu ve boruların arasındaki levhanın ortasında da yüzey sıcaklığının maksimum olduğu kabul edilirse, yutucu yüzey üzerine gelen ışınım,

$$S = (\tau\alpha)_e I \quad 3.13$$

şeklinde yazılabilir.



Şekil 3.5 Boru Kanat Kesiti

$m^2 = \frac{K}{\delta k}$ olmak üzere kanat verimi,

$\eta_k = \tanh(mw/2) / (mw/2)$ şeklindedir. Burada;

δ :Yutucu yüzey kalınlığı(m)

k :Yutucu yüzey ısı iletim katsayısıdır.

Birleştirme malzemesinin ısı iletim katsayısı k_b ve kalınlığı Y olmak üzere birleştirme ısı direnci,

$$R_b = \frac{Y}{k_b b d}$$

dir. Birleştirme ısı direnci 0.03 m-K/W mertebesindedir. Çoğu zaman ihmal edilir.

Boru ile cidar arasındaki ısı taşınım katsayısı h_i ve boru iç çapı d_i olmak üzere taşınım ısı geçiş direnci

$$R_{ti} = \frac{1}{A h_{ti}}$$

ve toplam direnç,

$$R_i = \frac{1}{n d_i b h_{ti}} + \frac{Y}{k_b b d}$$

dir. Boru iç yüzeyindeki ısı taşınım katsayısı akışın tabii veya zorlanmış olmasına göre $100 \text{ W/m}^2\text{-K}$ ile $1500 \text{ W/m}^2\text{-K}$ arasında değişir.

3.4.3.1 Toplayıcı Verim Faktörü

Bir borudan faydalanılan ısı miktarı, akışkan sıcaklığına bağlı olarak,

$$F_v = \frac{1/K}{(d+w) \left(\frac{1/K}{d+w\eta_k} \right) + \frac{Y}{d k_b} + \frac{1}{n d_i h_{ti}}} \quad 3.14$$

şeklindedir. Burada F_v değerine toplayıcı verim faktörü adı verilir.

Toplayıcı verim faktörü gerçek haldeki faydalı enerjinin yutucu yüzey sıcaklığının akışkan sıcaklığında olması halindeki faydalı enerjiye oranıdır. Toplayıcı tipine göre değişir.

3.4.3.2 Akışkanın Çıkış Sıcaklığı

Boru üzerinde dy kalınlığındaki eleman sistem olarak seçilerek termodinamiğin birinci kanunu uygulanırsa,

$$Q_y + \left(Q_y + \frac{dQ}{dy} dy \right) + (w+d)dy q_f = 0$$

faydalı enerji $q_f = F_v(S - K(T_a - T_c))$ olduğundan,

$$m_1 c_p \frac{dT_a}{dy} - (w+d)F_v (S - K(T_a - T_c)) = 0 \text{ dir. Burada } m_1 \text{ bir}$$

boru içerisinden geçen akışkan debisidir. F_v ve K değerleri sabit kabul edilirse,

$$\frac{T_{a\phi} - T_c - S/K}{T_{ag} - T_c - S/K} = \exp \left(\frac{-K A_t F_v}{m c_p} \right)$$

bulunur. Akışkanın toplayıcıdan çıkış sıcaklığı ile giriş sıcaklığı arasındaki fark toplayıcı uzunluğuna ve güneş ışımasını şiddetine bağlıdır.

3.4.3.3 Toplayıcı Isı Kazanç Faktörü

Faydalı enerjinin yutucu yüzeyin her noktasında akışkan giriş sıcaklığında olması halindeki faydalı enerjiye oranı "toplayıcı ısı kazanç faktörü" olarak tanımlanır. Faydalı enerji akışkan giriş ve çıkış sıcaklığına bağlı olarak,

$$Q_f = m c_p (T_{a\phi} - T_{ag}) \quad 3.15$$

ve yutucu yüzeyin akışkan giriş sıcaklığında olması halindeki faydalı enerji,

$$Q_{fi} = A_t (S - K (T_{ag} - T_{çev})) \quad 3.16$$

yazılabilir. Böylece 3.15 ve 3.16 denklemlerinden toplayıcı ısı kazanç faktörü,

$$F_t = \frac{m c_p}{A_t K} \left(1 - \exp \left(- \frac{A_t K F_v}{m c_p} \right) \right) \quad 3.17$$

elde edilmektedir. Böylece faydalanılan enerji, akışkan giriş sıcaklığına ve çevre sıcaklığına bağlı olarak,

$$Q_f = A_t F_t (S - K (T_{ag} - T_{çev})) \quad 3.18$$

şeklinde yazılabilir. Pratikte, genellikle akışkanın toplayıcıya giriş ve çevre sıcaklıkları bilindiğinden, faydalı ısı 3.18 bağıntısından hesaplanır.

3.4.3.4 Yutucu Yüzey Ortalama Sıcaklığı

Daha önceki alt bölümde incelenen ısı geçiş katsayısı, verim faktörü ve ısı geçiş faktörü yutucu yüzey sıcaklığının fonksiyonu olarak elde edildi. Yutucu yüzey sıcaklığı akış yönünde ve akışa dik doğrultuda değiştiğinden toplayıcının her noktasında farklı değerdedir. Dolayısıyla ısı geçiş katsayısı ve toplayıcı faktörleri toplayıcı üzerinde noktadan noktaya değişir. Pratikte, belirtilen katsayı ve faktörlerin toplayıcının her noktasında hesaplanması uzun işlemler gerektirdiğinden, yutucu yüzey ortalama sıcaklığındaki değerler esas alınır.

Yutucu yüzeyin ortalama sıcaklığı akışkanın ortalama sıcaklığına ve kanat sıcaklığına bağlı olarak hesaplanır,

$$\bar{T}_L = T_{ag} - (T_{ag} - T_{çev} - S/K) \left(1 - \frac{F_t}{F_v} \cdot \frac{d + w \eta_k}{d + w} \right) \quad 3.19$$

bulunur.

Denklemden açıkça görüldüğü gibi kanat veriminin bir olması halinde yutucu yüzey ortalama sıcaklığı, akışkan ortalama sıcaklığına eşit olmaktadır.

3.4.3.5 Düz Toplayıcı Anlık Verimi

Toplayıcılarda toplanan enerjinin, toplayıcı üzerine gelen güneş ışınımına oranı " toplayıcı verimi " olarak ta rif edilir. Anlık toplayıcı verimi,

$$\eta_t = \frac{Q_f}{A_t I} = F_t \left((\tau\alpha)_e - K \frac{T_{ag} - T_{\text{çev}}}{I} \right) \quad 3.20$$

veya,

$$\eta_t = \frac{(m c_p)_t}{A_t I} \cdot (T_{a\text{ç}} - T_{ag}) \quad 3.21$$

elde edilir.

Toplayıcıya giren akışkan sıcaklığı ile çevre sıcaklığı arasındaki farkın küçük değerlerinde toplayıcı üzerine gelen güneş ışınımı küçük olsa bile, toplayıcı verimi büyük olmaktadır. Akışkanın toplayıcıya giriş sıcaklığı çevre sıcaklığından daha küçükse, ışınımın olmadığı zamanlarda bile çevreden toplayıcıya ısı geçişinden dolayı akışkan sıcaklığı artar.

3.4.3.6 Günlük Ortalama Toplayıcı Verimi

Düz toplayıcıların ısıl analizi yapılırken toplayıcı ısı geçiş katsayısı, yutma-geçirme çarpımı ve ışınım şiddetinin, dolayısıyla da toplayıcı veriminin bir andaki değerleri hesaplandı. Pratikte daha ziyade aylık ortalama değerler kullanılır. Uzun yıllar ortalamasında aylık ortalama değerler içinde ; gözönüne alınan ayda, aylık ortalama değerlere simule edilen gün esas alınır. Günlük ortalama toplayıcı verimi bir gün boyunca toplanan ışınımın, toplayıcı üzerine gelen ışınımına oranıdır. Çevre sıcaklığının gün doğuşu ve batışı arasındaki değişimi,

$$T_{\text{çev}} = T_{\text{ort}} + \frac{\Delta T}{2} + \cos \left(\frac{180}{t_g} (z - 14) \right) \quad 3.22$$

bağıntısından hesaplanabilir. Burada z , güneş zamanı t_g gün uzunluğu, T_{ort} günlük ortalama dış sıcaklık ve ΔT günlük ortalama maksimum ve minimum sıcaklık farkıdır. Akışkanın toplayıcıya giriş sıcaklığının sabit olması halinde günlük ortalama toplayıcı verimi yaklaşık olarak,

$$\bar{q}_{to} = F_t \left((\tau\alpha)_e - K (T_{ag} - T'_{ort}) \right) / I_{ort} \quad 3.23$$

şeklinde hesaplanabilir.

Toplayıcının kenarlarının gölgeleme etkisi ve cam üzerinde biriken tozlar sebebiyle toplayıcı verimi hesaplanan değerlerden daha küçüktür. Cam üzerinde biriken tozlar camın geçirgenliğini azaltır. Yapılan ölçmelerde cam üzerinde biriken tozların verimi % 2-3 mertebesinde, yan kısımların ve camın tespiti için kullanılan ara bölmelerin gölge etkisinin ise % 3 mertebesinde azalttığı görülmüştür

3.4.3.7 Depo Suyu Sıcaklığı

Isı değiştiricili sistemlerde ısı değiştiricisinin tesirliliği ξ olmak üzere

$$W_t = \frac{(m c_p)_d}{A_t F_t K \xi \Delta t} \quad \text{bağıntısı tanımlanarak bir } n$$

zamanındaki depo suyu sıcaklığı ;

$$T_{d,n} = \frac{1}{1+W_t} \left(W_t T_{d,n-1} + \frac{(\tau\alpha)_e}{2K} (I_n + I_{n-1}) + \frac{T_{ç} + T_{ç,n-1}}{2} \right) \quad 3.24$$

bağıntısından hesaplanır. Burada Δt hesap zamanı farkı, ξ , ısı değiştiricisinin tesirliliğidir. (Yaklaşık olarak 0.8 alınabilir.)

3.5 TOPLAYICILARIN DİZAYNI

Taşınmasının ve tesisata montajının kolay olması için düz toplayıcıların yüzey alanı genellikle 1-2 m² ve uzunluğunun genişliğine oranı 1.7 ila 2.0 arasında yapılır. Toplayıcıların kalınlıkları yalıtım kalınlığına ve saydam örtü sayısına bağlı olarak 10 ila 20 cm mertebesindedir. Yutucu yüzeyle boruların bağlantıları farklı şekilde yapılabilir. Birim genişlikte düz toplayıcıda kullanılan boru sayısı arttıkça kullanılan malzeme miktarı artarken kanat verimi büyümekte ve toplayıcı verimi artmaktadır.

Düz toplayıcılarda kullanılan saydam örtü sayısı arttıkça, yutucu yüzeyle çevre arasındaki taşınım ile ısı geçişi azalır ve örtünün güneş ışınımını geçirme oranı küçülür.

3.6 OTOMATİK KONTROL

Zorlanmış dolaşımli sıcak su sistemlerinde pompaya kumanda için, genellikle differansiyel termostat kullanılır. Differansiyel termostatın duyarlı elemanlarından birisi toplayıcı çıkışına, biriside sıcak su deposuna yerleştirilerek akışkanın toplayıcıdan çıkış sıcaklığı ile depodaki su sıcaklığı arasındaki farka göre pompa çalıştırılır veya susturulur. Genel olarak akışkanın toplayıcıdan çıkış sıcaklığı ile depodaki su sıcaklığı arasındaki fark 10° C olduğu zaman pompa çalıştırılır ve 1.5-2.0 °C olduğu zaman pompa susturulur. Sıcaklık farkı küçük seçildiği zaman stabilite problemi ortaya çıkar, pompa çok kısa süreler içerisinde çalışır, durur ve yeniden çalışır. Büyük seçilirse toplayıcı sıcaklığı artacağından ısı kaybı fazla olur ve faydalanılan ısı miktarı azalır.

3.7 MALİYET ve GERİ ÖDEME (Amorti)

Belli bir fayda elde etmek için güneş enerji sistemine yapılan harcamalar belli bir faizle ödünç olarak alınan kapitalin sağlanan fayda cinsinden kendisini ödemesi süresi amorti etme süresi olarak tanımlanır.

Tesisin kendisini geri ödeme süresi j ;yakıt fiyat artışı (%) ve r_e yıllık faiz oranı(%) olmak üzere,

$$A_e = \frac{1+j}{1+r_e} \quad 3.25$$

bağıntısı tanımlanarak C_e ;toplam maliyet ve F_e sağlanan yıllık tasarruf olmak üzere amorti süresi,

$$n_e = \frac{(\log(C_e(A_e-1)/A_e F_e))+1}{\log A_e} \quad 3.26$$

bağıntısından hesaplanabilir.

3.8 AYLIK FAYDALANMA ORANI

Güneş enerjili bir ısıtma sisteminde,faydalanılan enerji her zaman toplanan enerjiye eşit değildir. Toplam enerji, ihtiyacımız olan enerjiden fazla ise, faydalı enerji ihtiyacımız olan enerjiye aksi halde toplanan enerjiye eşit tir.

Toplayıcı yüzey alanı A_t ve eğik yüzeye gelen aylık ortalama güneş enerjisi Q_{ei} olmak üzere,

$$Q_{ti} = A_t \eta_t Q_{ei} \quad 3.27$$

toplanabilen güneş enerjisi ve

$$Q_{yi} = m_y c_p \Delta T \quad 3.28$$

bağıntısından da aylık ihtiyacımız olan enerjiyi hesaplayabiliriz. Aylık faydalanma oranı ise,

$$Q_{fi} = \begin{cases} Q_{ti} & Q_{yi} > Q_{ti} \\ Q_{yi} & Q_{yi} < Q_{ti} \end{cases} \quad 3.29$$

alınarak aylık faydalanma oranı

$$f_i = \frac{Q_{fi}}{Q_{yi}}$$

3.30

bağıntısından hesaplanabilir.

Aylık faydalanma oranı sistemin amacına göre başlangıçta seçilerek sistemin boyutlandırılması buna göre yapılır.

3.9 OPTİMUM TOPLAYICI ALANI

Optimum toplayıcı alanı daha ziyade sistemin yapılış amacına göre tespit edilir. Güneş enerjili sistemlerde yıllık faydalanma oranı % 75 'i geçerse toplayıcı alanı oldukça fazla artmaktadır. Bu yüzden genellikle faydalanma oranı % 60 ila % 75 arasında seçilir.

Diğer yandan optimum alan seçilirken, sistemin % 100 faydalanma istenilen aylardaki ısı ihtiyacını karşılamasında önemlidir. Yıllık % 75 faydalanmada, yaz aylarındaki enerji ihtiyacı tamamen karşılanırken diğer aylarda çevre şartlarına bağlı olarak bu oran düşmektedir.

Örnek olarak uygulamasını düşündüğümüz sistem için bina sahiplerinin isteği doğrultusunda kaloriferler yanmadığı zamanlar (~7 ay), hiçbir yardımcı enerjiye gerek kalmadan ihtiyacın tamamı Güneş enerjisinden karşılansın, diğer aylarda ise binanın kalorifer kazanı biraz büyük seçilerek, kalorifer kazanından faydalanılsın şeklinde düşünülmüş ve buna göre kollektör alanı seçilmiştir. Proje hesapları kısmında bu seçim gösterilmiştir.

BÖLÜM 4
ÖRNEK PROJE

YER	: KÜTAHYA
SİSTEM	: Zorlanmış dolaşımli kapalı devreli sistem ile 14 daireli apartmanın sıcak su ihtiyacının karşılanması
TOPLAYICI	: Borulu düz levha
SAYDAM ÖRTÜ	: Bir adet 4 mm kalınlığında pencere camı
YUTUCU YÜZEY	: Alüminyum kanatlı borulu siyah boyalı Levha kalınlığı: 1.2 mm Boru Çapı : 13 mm Boru eksenleri : 57 mm Yutucu yüzey say- dam örtü arası : 30 mm
YALITIM	: Malzeme : Cam yünü Kalınlık: 80 mm
AKIŞKAN TİPİ	: Silikon yağ $C_p = 2000 \text{ J/Kg-K}$ $t_d = -50^\circ\text{C}$ $t_k = \text{yüksek}$ $k = 0.69 \text{ W/m-K}$ $\rho = 935 \text{ Kg/m}^3 \text{ (} 38^\circ\text{C de)}$
	Korozyon: Yok Zehirlilik: düşük
KOLLEKTÖR	: Toplam 65 m^2 net alanlı çelik şase üzerinde, güneye dönük vaziyette yerleştirilmiştir
DEPO	: İki adet 2'şer m^3 lük depo çatı altına yerleştirilmiştir. Depolardan birisi kullanma suyu deposudur ve otomatik olarak beslenmektedir.

BÖLÜM 4

PROJE HESAPLARI

(Nisan)

Yer : Kütahya

z : 969 m

e : 39.4°

a : 0° (Güneye dönük)

2.1 denkleminde deklinasyon açısı,

$$d = 23.45 \sin\left(\frac{360(105+284)}{365}\right) = 9.41^\circ$$

2.2 denkleminde toplayıcı eğim açısı,

$$s = 39.4 - 1.5 \times 9.41 - \frac{39.4 \times 9.41}{180} = 23^\circ \text{ bulunur. Ancak göz ö-}$$

nüne alınan dönem için $s = 30^\circ$ almak daha uygundur.

Atmosfer dışındaki düzleme gelen güneş ışınımı 2.9 denkleminde,

$$H = \text{ArcCos}(-\tan 9.41 \times \tan 39.4) = 97.8^\circ$$

$$f = 1 + 0.033 \cos(360 \times 105 / 365) = 0.992$$

$$I_{gs} = 1353 \text{ W/m}^2$$

$$Q_o = \frac{24 \times 1353 \times 0.99 \times \sin 9.41 \times \sin 39.4 \left(\frac{97.8 \cdot \pi}{180} - \tan 97.8 \right)}{\pi \times 10^6}$$

$$Q_o = 34.5 \text{ MJ/m}^2\text{-gün}$$

Yeryüzünde yatay düzleme gelen ışınım 2.10 denkleminde,

$$a = 0.103 + 0.000017 \times 969 + 0.198 \cos(39.4 - 9.41) = 0.30$$

$$b = 0.533 - 0.165 \cos(39.4 - 9.41) = 0.39$$

$$t/t_o = 0.46 \text{ (EK 'den)}$$

$$Q = Q_o(0.30 + 0.46 \times 0.39) = 16.54 \text{ MJ/m}^2\text{-gün}$$

Günlük direkt güneş ışınımı 2.12 denkleminde,

$$Q_d = 0.46 \times 34.5(0.6714 - 0.00423 \times 20 + 0.223 \ln \cos 29.9)$$

$$Q_d = 8.8 \text{ MJ/m}^2\text{-gün}$$

Eğik düzleme gelen güneş ışınımı 2.20 denkleminden,

$$H_g = \min(97.8 ; \arccos(-\tan 9.4 \times \tan 9.41)) = \min(97.8; 95.4)$$

$$H_g = 95.48^\circ$$

$$\bar{R}_d = \frac{\cos 9.4 \times \cos 9.41 \times \sin 95.48 - \frac{\pi}{180} 95.48 \times \sin 9.4 \times \sin 9.41}{\cos 9.4 \times \cos 9.41 \times \sin 97.8 + \frac{\pi}{180} 97.8 \times \sin 9.41 \times \sin 39.4}$$

$$\bar{R}_d = 1.087$$

2.13, 2.21 ve 2.5 denklemlerinden,

$$K_t = 16.54/34.5 = 0.479$$

$$K_y = 1 - 1.13 \times 0.479 = 0.459$$

$$Q_y = 0.459 \times 16.54 = 7.587 \text{ MJ/m}^2\text{-gün}$$

$$\bar{R} = 1.087 \frac{8.8}{16.54} + \frac{7.587}{2 \times 16.54} (1 + \cos 30) + 0.1 \times (1 - \cos 30)$$

$$\bar{R} = 1.019$$

$$Q_e = 1.019 \times 16.54 = 16.853 \text{ MJ/m}^2\text{-gün}$$

$$t_g = 2 \times 97.8 / 15 = 13.04 \text{ saat}$$

değerleri hesaplanmış olur.

K toplam ısı geçiş katsayısını 3.3 den 3.11'e kadar denklemleri kullanarak hesaplıyalım.

$$K_{alt} = 0.035 / 0.08 = 0.43 \text{ W/m}^2\text{-K}$$

$$h_{td} = 5.7 + 3.8 \times 5 = 24.7 \text{ W/m}^2\text{-K}$$

$T_{\text{çev}} = 10.2$ ve $\Delta T = 13.8$ alarak cam sıcaklığı $T_{s1} = (10.2 + 40) / 2$

kabul edelim.

$$h_{1d} = 0.88 \times 5.67 \times 10^{-8} (283 + 298) (298^2 + 283^2) = 4.9 \text{ W/m}^2\text{-K}$$

$$\frac{1}{K_1} = \frac{1}{24.7 + 4.9} = \frac{1}{29.6} \text{ bulunur.}$$

$$h_{1i} = \frac{5.67 \times 10^{-8} (313 + 298) (313^2 + 298^2)}{\frac{1}{0.88} + \frac{1}{0.95} - 1} = 5.44 \text{ W/m}^2\text{-K}$$

içteki ısı taşınım katsayısı için levha ve cam sıcaklıklarının ortalaması alınarak,

$$T_o = (25.1 + 40) / 2 = 32.5^\circ$$

$$F = (295.14 + 0.17815 \times 305.5 - 60.95 \times \ln 305.5) \times 10^8 = 0.81 \times 10^8$$

$$k_a = 0.00468 + 0.00007 \times 305.5 = 0.026$$

$$Ra = 0.81 \times 10^8 (40 - 25.1) \times 0.03^3 = 32586$$

$$Nu = 0.229 \times (32586 \times \cos 30)^{0.252} = 3.029$$

$$h_{ti} = \frac{3.029 \times 0.026}{0.03} = 2.62 \text{ W/m}^2\text{-K}$$

buradan,

$$\frac{1}{K_2} = \frac{1}{2.6 + 5.44} = \frac{1}{8.06} \quad \text{bulunur. 3.5 denkleminde,}$$

$$K_{üst} = 6.35 \text{ W/m}^2\text{-K} \text{ hesaplanır. Ancak, başlangıçta ka-}$$

bul edilen cam sıcaklığının kontrol edilmesi gerekmektedir. Enerji dengesinden,

$$K_{üst}(T_L - T_ç) = K_2(T_L - T_{s1}) \text{ den}$$

$$T_{s1} = 40 - 6.35 / 8.06 \times (40 - 15.2) = 20.4^\circ \text{C bulunur. He-}$$

sapların yeniden yapılması gerekir. Yeniden hesaplarsak,

$$h_{td} = 24.7 \text{ W/m}^2\text{-K}$$

$$h_{ld} = 4.9 \quad "$$

$$h_{li} = 5.32 \quad "$$

$$h_{ti} = 2.74 \quad "$$

$$K_{üst} = 6.33 \quad "$$

$$K = 6.76 \quad " \text{ değeri hesaplanır.}$$

3.14 denkleminde,

$$m^2 = \frac{6.76}{0.0012 \times 204} = 27.61 \implies m = 5.25$$

$$\eta_k = \tanh(5.25 \times 0.057 / 2) / (5.25 \times 0.057 / 2) = 0.992$$

$$F_v = \frac{1/6.76}{(0.0606) \left(\frac{0.148}{0.0106+0.0565} + 0.03 + \frac{1}{\pi \times 0.0106 \times 300} \right)}$$

$F_v = 0.936$ bulunur.

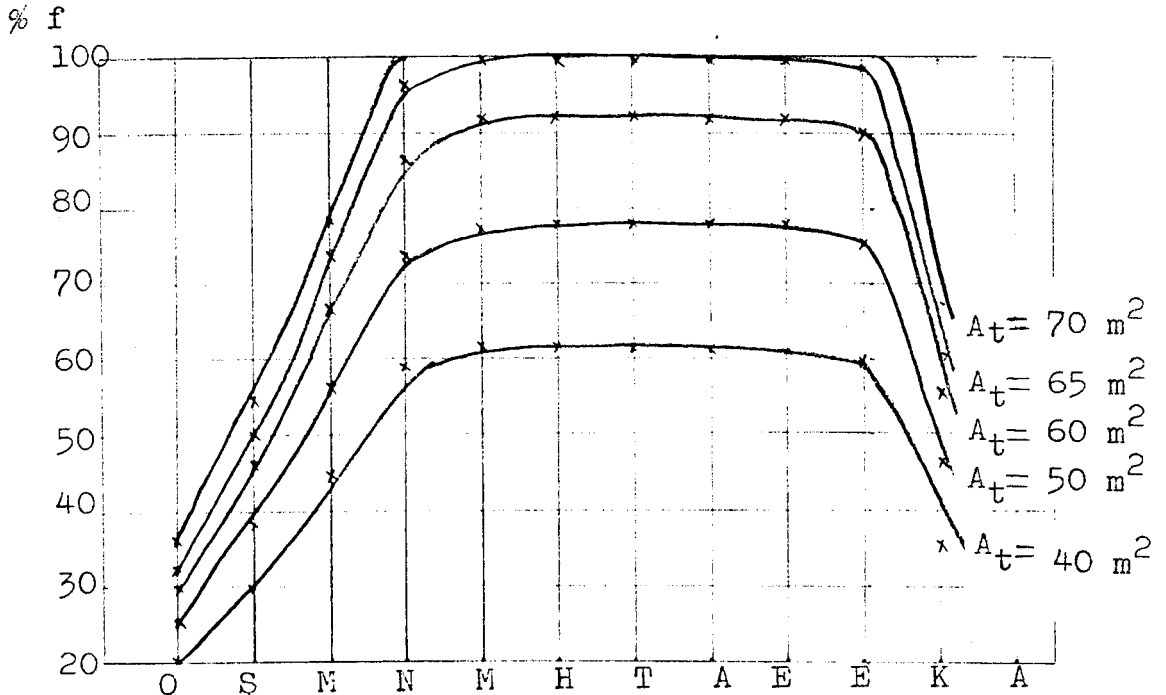
Kollektör devresinde $\dot{m} = 0.012 \text{ Kg/sn-m}^2$ debisinde silikon yağ dolaşmaktadır($c_p = 2000 \text{ J/Kg-K}$).

Toplayıcı ısı kazanç faktörü 3.17 denkleminde hesaplanırsa,

$$F_t = \frac{0.012 \times 2000}{6.76} (1 - \exp(-\frac{6.76 \times 0.936}{0.012 \times 2000})) = 0.82 \text{ bulunur}$$

Gerekli Toplayıcı Alanı :

Optimum toplayıcı alanı için 40,50,60 ve 70 m² toplayıcı alanları seçilerek bunlarla ilgili grafik hazırlanmış ve tesisin 7 ay (Nisan-Ekim dönemi) boyunca yardımcı enerjiye ihtiyaç duymayacağı alan optimum olarak seçilmiştir. Grafikte de görüldüğü gibi 65 m² toplayıcı uygulama projemiz için uygundur.



ŞEKİL 4.1 Toplayıcı alanı ve faydalanma oranı değişimi

Nisan ayı saat-saat hesabı

Hesap Saati 7⁰⁰

saat açısı $h=15(7-12)=-75^{\circ}$

2.11 denkleminde

$$z = \exp(-4(1 - \frac{|-75|}{97.8})) = 0.393$$

$$r_t = \frac{\pi}{4 \times 13.04} (\cos(90 \times \frac{-75}{97.8}) + \frac{2}{\sqrt{n}}(1 - 0.393)) = 0.063$$

$$I = r_t \times Q = 289.5 \text{ W/m}^2$$

2.14 denkleminde

$$r_y = \frac{\pi}{24} \times \frac{\cos(-75) - \cos 97.8}{\sin 97.8 - \frac{\pi}{180} 97.8 \cos 97.8} = 0.042$$

$$I_y = 0.042 \times 7.587 = 88.5 \text{ W/m}^2$$

2.15 denkleminde

$$I_d = I - I_y = 289.5 - 88.5 = 201 \text{ W/m}^2$$

2.16 denkleminde

$$R_d = \frac{\cos 9.4 \times \cos 9.41 \times \cos(-75) + \sin 9.4 \times \sin 9.41}{\cos 39.4 \times \cos 9.41 \times \cos(-75) + \sin 39.4 \times \sin 9.41}$$

$$R_d = 0.925$$

2.19 denkleminde

$$R = 0.925 \times \frac{201}{289.5} + \frac{88.5}{289.5} \times \frac{(1 + \cos 30)}{2} + 0.2 \times \frac{(1 - \cos 30)}{2}$$

$$R = 0.94 \quad \text{ve}$$

$$I_e = 0.94 \times 289.5 = 272 \text{ W/m}^2 \quad \text{bulunur.}$$

2.6 denkleminde

$$\cos g = \cos 9.41 \times \cos(-75) \times \cos 9.4 + \sin 9.41 \times \sin 9.4 = 0.278$$

3.1 ve 3.12 denklemlerinden

$$(\tau\alpha) = 0.8 - 0.08 \left(1 - \frac{201 \times 0.925}{289.5 \times 0.94} \left(2 - \frac{1}{0.278} \right) \right)$$

$$(\tau\alpha) = 0.63$$

$$(\tau\alpha)_e = 0.63 - 0.020$$

$$(\tau\alpha)_e = 0.61 \quad \text{bulunur.}$$

3.13 denkleminde

$$S = 0.61 \times 289.5 = 176.5 \text{ W/m}^2 \quad \text{hesaplanır.}$$

3.22 denkleminde

$$T_{\text{ç}} = 10.2 + \frac{13.8}{2} \cos\left(\frac{180}{13.04}(7-14)\right) = 9.4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

3.23 denkleminde

$$\eta_t = 0.82 \left(0.61 - 6.76 \left(\frac{12.1 - 9.4}{272} \right) \right) = 0.44 \quad \text{bulunur.}$$

Diğer saatler içinde benzer işlemler yapılırsa sonuçlar TABLO 4.1 deki şekilde elde edilir. Tablodan görüldüğü üzere akışkanın toplayıcıdan çıkış sıcaklığı hesaplanmamış direkt kullanıcıyı ilgilendirdiğinden depo suyu sıcaklığı saat-saat hesaplanmıştır.

TABLO 4.1 NİSAN AYINA AİT HESAP SONUÇLARI

saat	$T_{ç}$ °C	h (°)	$\text{Cos } \theta$ -	I_d W/m ²	I "	I_e "	$(\tau \alpha)_e$ -	S W/m ²	η_t -	I_f W/m ²	T_d °C
7	9.4	-75	.278	201	289	272	0.61	176	0.44	127	12.1
8	11.0	-60	.513	257	400	410	0.70	280	0.56	224	15
9	12.6	-45	.714	293	482	509	0.75	362	0.58	280	19.02
10	14.1	-30	.869	225	538	573	0.74	398	0.55	315	23.61
11	15.3	-15	.966	322	570	609	0.75	427	0.53	323	28.35
12	16.3	0.0	.99	33	584	559	0.71	415	0.46	257	32.87
13	16.9	15	.966	320	568	607	0.75	426	0.46	277	37.04
14	17.1	30	.869	313	538	572	0.75	404	0.41	234	40.8
15	16.9	45	.715	293	482	508	0.74	357	0.33	167	43.75
16	16.3	60	.513	257	400	410	0.71	284	0.20	82	45.5
17	15.3	75	.278	201	289	272	0.70	203	-	-	49.5
4753					2179						

TABLO 4.1 den günlük ortalama toplayıcı veriminin Nisan ayı değerini hesaplırsak,

$$\eta_t = \frac{2179}{4753} = 0.45$$

bulunur. 3.27 denkleminde Güneş enerjisinden Nisan ayında elde ettiğimiz enerjiyi hesaplırsak,

$$Q_{ti} = 65 \times 0.45 \times 16.853 \times 30 = 14788 \text{ MJ}$$

bulunur. Nisan ayındaki ısı ihtiyacımız Ek 1 den şebeke suyu sıcaklığı 12.1 °C alınarak 3.28 denkleminde hesaplırsak,

$$Q_{yi} = 2520 \times 4180 \times (60 - 12.1) \times 30 \times 10^{-6} = 15136 \text{ MJ}$$

bulunur.

3.29 daki bağıntıya göre $Q_{ti} < Q_{yi}$ olduğundan,

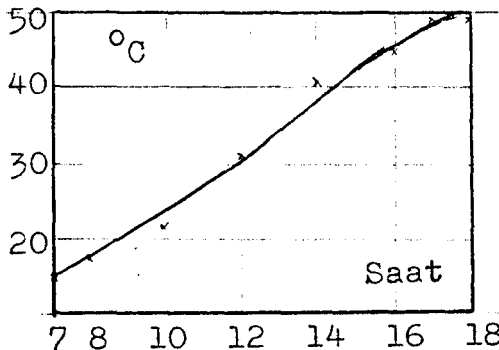
$$Q_{fi} = Q_{ti} = 14788 \text{ MJ} \quad \text{bulunur.}$$

Aylık faydalanma oranı 3.30 bağıntısından hesaplırsak,

$$f_i = \frac{14788}{15136} = 0.97 \quad \text{bulunur.}$$

Mayıs ayında ihtiyacımız olan enerjinin % 97 si güneş enerjisinden karşılanır; pompanın saat 17⁰⁰ den sonra durması gerekmektedir.

TABLO 4.1 den alınan sonuçlardan kullanma suyunun sıcaklık değişimi ŞEKİL 4.2 de grafik olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.2 Nisan ayı günlük su sıcaklığı eğrisi

PROJE HESAPLARI

(Mayıs)

Yer : Kütahya
 z : 969 m
 e : 39.4°
 a : 0° (Güneye dönük)

Hesaplar Nisan ayındaki hesaplara benzer şekilde yapılırsa,

2.1 denkleminde

$$d = 18.79^\circ$$

2.2 denkleminde

$$s = 30^\circ$$

2.9 denkleminde

$$H = 106.2^\circ$$

$$Q_o = 39.4 \text{ MJ/m}^2\text{-Gün}$$

2.10 denkleminde

$$t/t_o = 0.62 \text{ (EK den)}$$

$$Q = 21.5 \text{ MJ/m}^2\text{-Gün}$$

2.12 denkleminde

$$Q_d = 13.3 \text{ MJ/m}^2\text{-Gün}$$

2.20 denkleminde

$$H_g = 93.2^\circ$$

$$\bar{R}_d = 0.94$$

2.5, 2.13 ve 2.21 denklemlerinden

$$K_t = 0.545$$

$$K_y = 0.384$$

$$Q_y = 8.26 \text{ MJ/m}^2\text{-Gün}$$

$$\bar{R} = 0.95$$

$$Q_e = 20.42 \quad "$$

$$t_g = 14.16$$

değerleri hesaplanır.

Hesapların diğer kısımları Nisan ayındaki gibi yapılırsa TABLO 4.2 deki sonuçları buluruz.

TABLO 4.2 MAYIS AYINA AİT HESAP SONUÇLARI

SAAT	$T_{\text{ç}}$ °C	h (°)	cosg -	I_d W/m ²	I "	I_e "	$(\tau\alpha)_e$ -	S W/m ²	τ_t -	I_f W/m ²	T_d °C
7	15.3	-75	.293	298	406	329	0.62	251	0.52	171	13.8
8	16.8	-60	.519	358	514	478	0.71	365	0.61	291	18.15
9	18.3	-45	.712	400	597	585	0.73	436	0.60	351	23.48
10	19.6	-30	.86	422	651	651	0.74	482	0.57	371	29.24
11	20.7	-15	.954	431	681	694	0.75	511	0.55	381	35.09
12	21.5	0	.986	442	699	715	0.75	524	0.51	364	40.78
13	22.0	15	.954	431	681	694	0.75	511	0.46	320	46.01
14	22.2	30	.860	422	651	651	0.74	482	0.41	267	50.5
15	22	45	.712	400	597	585	0.73	436	0.33	193	54.09
16	21.5	60	.519	358	514	478	0.71	365	0.23	95	56.54
17	20.7	75	.293	298	406	329	0.62	252	0.02	-	57.47
18	19.6	90	.052	194	250	104	0.04	12	-	-	55.85
				5860				2805			

TABLO 4.2 den günlük ortalama toplayıcı veriminin Mayıs ayı değerini hesaplırsak

$$\eta_t = \frac{I_f}{I} = 0.48$$

bulunur. 3.27 denkleminde Güneş enerjisinden Mayıs ayında elde ettiğimiz enerji,

$$Q_{ti} = 65 \times 0.48 \times 20.42 \times 30 = 19113 \text{ MJ}$$

bulunur. Mayıs ayındaki ısı ihtiyacımız Ek 1 den şebeke suyu sıcaklığı 13.8 °C alınarak 3.28 denkleminde hesaplırsak,

$$Q_{yi} = 2520 \times 4180 \times (60 - 13.8) \times 30 \times 10^6$$

$$Q_{yi} = 14600 \text{ MJ}$$

bulunur.

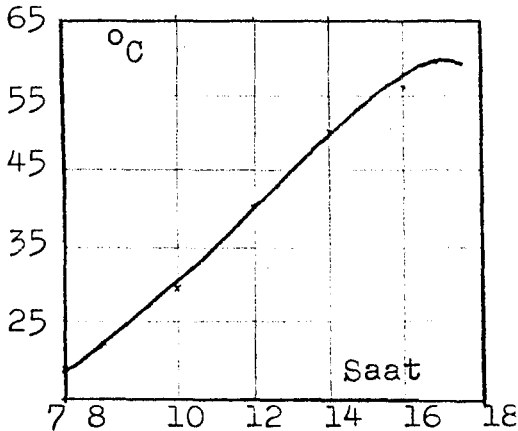
3.29 daki bağıntıya göre $Q_{ti} > Q_{yi}$ olduğundan,

$$Q_{fi} = Q_{yi} = 14600 \text{ MJ} \text{ bulunur.}$$

Aylık faydalanma oranı 3.30 bağıntısından hesaplırsak,

$$f_i = \frac{14600}{14600} = 1 \text{ bulunur.}$$

Mayıs ayında enerjinin tamamı güneş enerjisinden sağlanır. TABLO 4.2 den alınan sonuçlardan kullanma suyu sıcaklık değişimi ŞEKİL 4.3 da grafik olarak gösterilmiştir.



ŞEKİL 4.3 | Mayıs ayı günlük su sıcaklığı eğrisi

PROJE HESAPLARI
(Haziran)

Yer : Kütahya

z : 969 m

e : 39.4°

a : 0°

Hesaplar Nisan ayındaki hesaplara benzer şekilde yapılırsa,

2.1 denkleminde $d = 23.09^\circ$

2.2 denkleminde $s = 30^\circ$

2.9 denkleminde $H = 110.5^\circ$

$$Q_o = 41.35 \text{ MJ/m}^2\text{-gün}$$

2.10 denkleminde $t/t_o = 0.71$

$$Q = 23.68 \text{ MJ/m}^2\text{-gün}$$

2.12 denkleminde $Q_d = 16.73$ "

2.20 denkleminde $H_g = 94^\circ$

2.5, 2.13 ve 2.21 denklemlerinden,
 $Q_y = 8.33 \text{ MJ/m}^2\text{-gün}$

$$Q_e = 22,73$$

$$t_g = 14.7 \text{ saat}$$

3.14 ve 3.17 denklemlerinden,

$$F_v = 0.936$$

$$F_t = 0.820$$

değerleri hesaplanmış olur.

Hesapların diğer kısımları saat-saat hesaplanmış olup, TABLO 4.3 de sonuçları verilmiştir.

TABLO 4.3 HAZİRAN AYINA AİT HESAP SONUÇLARI

Saat	T_{ζ} °C	h (°)	Cosg -	I_d W/m ²	I "	I_e "	$(\tau\alpha)_e$ -	S W/m ²	ρ_t -	I_f W/m ²	T_d °C
7	19.1	-75	.296	347	460	345	0.62	285	0.54	186	17.1
8	21	-60	.514	402	559	492	0.70	391	0.57	280	21.9
9	22.2	-45	.70	442	638	600	0.73	465	0.60	360	27.63
10	23.58	-30	.843	465	691	670	0.74	512	0.57	382	33.77
11	24.6	-15	.930	480	724	710	0.75	543	0.54	383	40
12	25.4	0	.964	485	737	737	0.75	553	0.51	376	46.0
13	26	15	.930	480	724	710	0.75	543	0.45	320	51.52
14	26.1	30	.840	465	691	670	0.74	512	0.39	261	56.30
15	26	45	.70	442	638	600	0.73	465	0.32	192	60.12
16	25.48	60	.514	402	559	492	0.70	391	0.08	40	62.75
17	24.6	75	.296	347	460	345	0.62	285	0.05	18	63.87
18	23.5	90	.064	246	310	127	0.16	50	-	-	62.5
6371										2798	

TABLO 4.3 den günlük ortalama toplayıcı veriminin Haziran ayı değerini hesaplırsak,

$$\eta_t = \frac{2798}{6371} = 0.44$$

bulunur. 3.27 denkleminde Güneş enerjisinden Haziran ayında elde ettiğimiz enerji,

$$Q_{ti} = 65 \times 0.44 \times 22.73 \times 30 = 19502 \text{ MJ}$$

bulunur. Haziran ayındaki ısı ihtiyacımız EK 1 den şebeke suyu sıcaklığı 17.1 °C alınarak 3.28 denkleminde hesaplanırsa,

$$Q_{yi} = 2520 \times 4180 \times (60 - 17.1) \times 30 \times 10^{-6} = 13556 \text{ MJ}$$

bulunur.

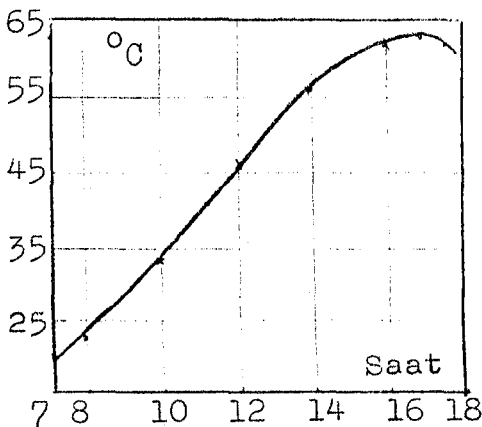
3.29 daki bağıntıya göre $Q_{ti} > Q_{yi}$ olduğundan,

$$Q_{fi} = Q_{yi} = 13556 \text{ MJ} \text{ bulunur.}$$

Aylık faydalanma oranı 3.30 bağıntısından hesaplanırsa,

$$f_i = \frac{13556}{13556} = 1 \text{ bulunur.}$$

Haziran ayında enerjinin tamamı güneşten karşılanabilmektedir. TABLO 4.3 den alınan sonuçlardan kullanma suyu sıcaklık değişimi ŞEKİL 4.4 de grafik olarak gösterilmiştir.



ŞEKİL 4.4 Haziran ayı günlük su sıcaklığı eğrisi

PROJE HESAPLARI
(Temmuz)

Yer : Kütahya
z : 969 m
e : 39.4°
a : 0°

Hesaplar Nisan ayındaki hesaplara benzer şekilde yapılırsa,

2.1 denkleminde

$$d = 21.18^\circ$$

2.2 denkleminde

$$s = 30^\circ$$

2.9 denkleminde

$$H = 108.5^\circ$$

$$Q_o = 40 \text{ MJ/m}^2\text{-gün}$$

2.10 denkleminde

$$t/t_o = 0.82$$

$$Q = 24.13 \text{ MJ/m}^2\text{-gün}$$

2.12 denkleminde

$$Q_d = 18.87 \quad "$$

2.20 denkleminde

$$H_g = 93.6^\circ$$

2.5 ,2.13 ve 2.21 denklemlerinden,

$$Q_y = 7.673 \text{ MJ/m}^2\text{-gün}$$

$$Q_e = 25.97 \quad "$$

$$t_g = 14.46 \text{ saat}$$

3.14 ve 3.17 denklemlerinden,

$$F_v = 0.936$$

$$F_t = 0.820$$

değerleri hesaplanmış olur.

Hesapların diğer kısımları saat-saat hesaplanmış olup TABLO 4.4 de sonuçları verilmiştir.

TABLO 4.4 TEMMUZ AYINA AIT HESAP SONUÇLARI

Saat	T_{φ} °C	h (°)	Cosg -	I_d W/m ²	I "	I_e "	$(\tau\alpha)_e$ -	S W/m ²	ρ_t -	I_f W/m ²	T_d °C
7	21.8	-75	.298	359	462	355	0.62	286	0.50	177	23.50
8	23.5	-60	.520	431	576	518	0.70	403	0.57	295	28.0
9	25	-45	.710	474	657	630	0.74	486	0.58	365	32.77
10	26.4	-30	.856	506	717	717	0.74	531	0.55	394	40.21
11	27.5	-15	.948	521	751	759	0.75	563	0.52	395	46.36
12	28.4	0	.980	530	764	775	0.75	573	0.48	372	52.32
13	29	15	.948	521	751	759	0.75	563	0.44	334	57.81
14	29.1	30	.856	506	717	717	0.74	531	0.39	280	62.54
15	29	45	.710	474	657	630	0.74	486	0.31	195	66.33
16	28.4	60	.70	431	576	518	0.70	403	0.17	88	68.88
17	27.5	75	.298	359	462	355	0.62	286	---	-	69.79
18	26.4	90	.060	245	300	120	0.08	24	-	-	67.97
6378										2895	

TABLO 4.4 den günlük ortalama toplayıcı verimi Temmuz ayı değerini hesaplıarsak,

$$\eta_t = \frac{2895}{6378} = 0.45$$

bulunur. 3.27 denkleminde Güneş enerjisinden Temmuz ayında elde ettiğimiz enerji,

$$Q_{ti} = 65 \times 0.45 \times 25.97 \times 30 = 22788 \text{ MJ}$$

bulunur. Temmuz ayındaki ısı ihtiyacımız Ek 1 den şebeke suyu sıcaklığı 20 °C alınarak 3.28 denkleminde hesaplıarsa,

$$Q_{yi} = 2520 \times 4180 \times (60 - 20) \times 30 \times 10^{-6} = 12640 \text{ MJ}$$

bulunur.

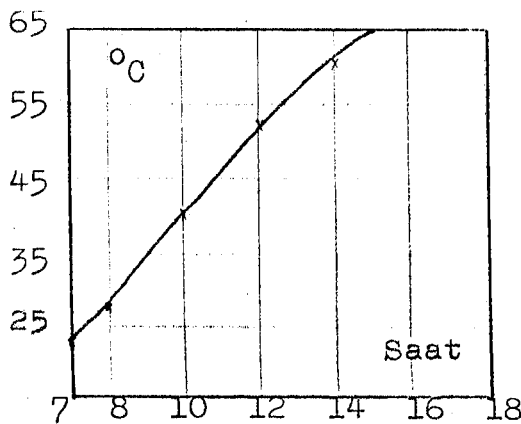
3.29 daki bağıntıya göre $Q_{ti} > Q_{yi}$ olduğundan,

$$Q_{fi} = Q_{yi} = 12640 \text{ MJ} \text{ bulunur.}$$

Aylık faydalanma oranı 3.30 bağıntısından hesaplıarsa,

$$f_i = \frac{12640}{12640} = 1 \text{ bulunur.}$$

Temmuz ayında enerjinin tamamı Güneşten karşılanabilmektedir. TABLO 4.4 den alınan sonuçlardan kullanma suyu sıcaklık değişimi ŞEKİL 4.5 de grafik olarak gösterilmiştir.



ŞEKİL 4.5 Temmuz ayı günlük su sıcaklığı eğrisi

PROJE HESAPLARI
(Ağustos)

Yer : Kütahya

z : 969 m

e : 39.4°

a : 0°

Hesaplar , Nisan ayındaki hesaplara benzer şekilde yapılsa,

2.1 denkleminde

$$d = 13.45^{\circ}$$

2.2 denkleminde

$$s = 30^{\circ}$$

2.9 denkleminde

$$H = 101.3^{\circ}$$

$$Q_o = 36.1 \text{ MJ/m}^2\text{-gün}$$

2.10 denkleminde

$$t/t_o = 0.80$$

$$Q = 21.7 \text{ MJ/m}^2\text{-gün}$$

2.12 denkleminde

$$Q_d = 14.6 \quad "$$

2.20 denkleminde

$$H_g = 92.2^{\circ}$$

2.5 , 2.13 ve 2.21 denklemlerinden,

$$Q_y = 6.94 \text{ MJ/m}^2\text{-gün}$$

$$Q_e = 21.6 \quad "$$

$$t_g = 13.5 \text{ saat}$$

3.14 ve 3.17 denklemlerinden,

$$F_v = 0.936$$

$$F_t = 0.820$$

değerleri hesaplanmış olur.

Hesapların diğer kısımları saat-saat hesaplanmış olup, TABLO 4.5 de sonuçları verilmiştir.

TABLO 4.5 AĞUSTOS AYINA AİT HESAP SONUÇLARI

Saat	T_{φ} °C	h (°)	Cosg -	I_d W/m ²	I "	I_e "	$(\tau\alpha)_e$ -	S W/m ²	τ_t -	I_f W/m ²	T_{d1} °C
7	20.9	-75	.286	308	392	345	0.61	239	0.50	173	24.3
8	22.7	-60	.518	393	524	524	0.70	367	0.55	288	28.6
9	24.5	-45	.716	452	621	649	0.73	454	0.58	376	33.73
10	26.1	-30	.869	481	681	724	0.75	511	0.57	413	39.45
11	27.5	-15	.965	504	724	830	0.75	543	0.54	448	45.38
12	28.5	0	.998	511	736	792	0.71	523	0.47	372	50.96
13	29.1	15	.965	504	724	830	0.75	543	0.47	390	56.11
14	29.3	30	.869	481	681	724	0.75	511	0.42	304	60.75
15	29.1	45	.716	452	621	649	0.73	454	0.31	201	64.37
16	28.5	60	.518	393	524	524	0.70	367	0.24	126	66.65
17	27.5	75	.286	308	392	345	0.61	239	-	-	67.21
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
				6591				3091			

TABLO 4.5 den günlük ortalama toplayıcı verimi Ağustos ayı değerini hesaplırsak,

$$\rho_t = \frac{3091}{6591} = 0.46$$

bulunur. 3.27 denkleminde Güneş enerjisinden Ağustos ayında elde ettiğimiz enerji,

$$Q_{ti} = 65 \times 0.46 \times 21.6 \times 30 = 19375 \text{ MJ}$$

bulunur. Ağustos ayındaki ısı ihtiyacımız EK 1 den şebeke suyu sıcaklığı 21.7 °C alınarak 3.28 denkleminde hesaplanırsa,

$$Q_{yi} = 2520 \times 4180 \times (60 - 21.7) \times 30 \times 10^{-6} = 12103 \text{ MJ}$$

bulunur.

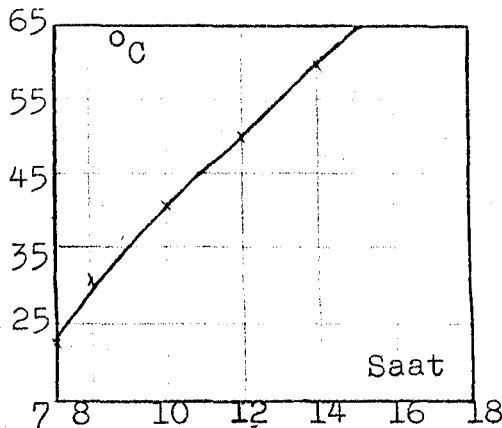
3.29 daki bağıntıya göre $Q_{ti} > Q_{yi}$ olduğundan,

$$Q_{fi} = Q_{yi} = 12103 \text{ MJ} \text{ bulunur.}$$

Aylık faydalanma oranı 3.30 bağıntısından hesaplanırsa,,

$$f_i = \frac{12103}{12103} = 1 \text{ bulunur.}$$

Ağustos ayında enerjinin tamamı Güneşten karşılanabilmektedir. TABLO 4.5 den alınan sonuçlardan kullanma suyu sıcaklık değişimi ŞEKİL 4.6 da grafik olarak gösterilmiştir.



ŞEKİL 4.6 Ağustos ayı günlük su sıcaklığı eğrisi

PROJE HESAPLARI
(Eylül)

Yer : Kütahya

z : 969 m

e : 39.4°

a : 0°

Hesaplar, Nisan ayındaki hesaplara benzer şekilde yapılırsa,

2.1 denkleminde

$$d = 2.22^{\circ}$$

2.2 denkleminde

$$s = 30^{\circ}$$

2.9 denkleminde

$$H = 91.8^{\circ}$$

$$Q_0 = 30 \text{ MJ/m}^2\text{-gün}$$

2.10 denkleminde

$$t/t_0 = 0.77$$

$$Q = 17.6 \text{ MJ/m}^2\text{-gün}$$

2.12 denkleminde

$$Q_d = 11.5 \quad "$$

2.20 denkleminde

$$H_g = 90.3^{\circ}$$

2.5 , 2.13 ve 2.21 denklemlerinden,

$$Q_y = 5.93 \text{ MJ/m}^2\text{-gün}$$

$$Q_e = 19.87 \quad "$$

$$t_g = 12.24 \text{ saat}$$

3.14 ve 3.17 denklemlerinden,

$$F_v = 0.936$$

$$F_t = 0.820$$

değerleri hesaplanmış olur.

Hesapların diğer kısımları saat-saat hesaplanmış olup, TABLO 4.6 da sonuçları verilmiştir.

TABLO 4.6 EYLÜL AYINA AİT HESAP SONUÇLARI

saat	T_g °C	h (°)	$\cos g$ -	I_d W/m ²	I "	I_e "	$(\tau\alpha)_e$ -	S W/m ²	τ_t -	I_f W/m ²	T_d °C
7	15.1	-75	.253	211	269	301	0.58	156	0.37	111	20.8
8	17.1	-60	.490	318	425	490	0.69	293	0.52	255	23.4
9	19.1	-45	.690	382	532	613	0.73	388	0.56	343	27.5
10	21	-30	.840	423	606	701	0.75	455	0.56	393	32.5
11	22.6	-15	.940	437	640	740	0.75	480	0.54	400	37.81
12	23.8	0	.980	450	660	762	0.75	495	0.51	389	43.03
13	24.58	15	.940	437	640	740	0.75	480	0.47	348	47.87
14	24.8	30	.840	423	606	701	0.75	455	0.43	301	52.05
15	24.5	45	.690	382	532	613	0.73	388	0.35	215	55.23
16	23.8	60	.490	318	425	490	0.69	293	0.21	103	56.98
17	22.6	75	.253	211	269	301	0.58	156	-	-	56.92
6151										2858	

TABLO 4.6 dan günlük ortalama toplayıcı verimi Eylül ayı değerini hesaplıarsak,

$$\eta_t = \frac{2858}{6151} = 0.46$$

bulunur. 3.27 denkleminde Güneş enerjisinden Eylül ayında elde ettiğimiz enerji,

$$Q_{ti} = 65 \times 0.46 \times 19.87 \times 30 = 17823 \text{ MJ}$$

bulunur. Eylül ayındaki ısı ihtiyacımız EK1 den şebeke suyu sıcaklığı 20.8 °C alınarak 3.28 denkleminde hesaplıarsa,

$$Q_{yi} = 2520 \times 4180 \times (60 - 20.8) \times 30 \times 10^{-6} = 12387 \text{ MJ}$$

bulunur.

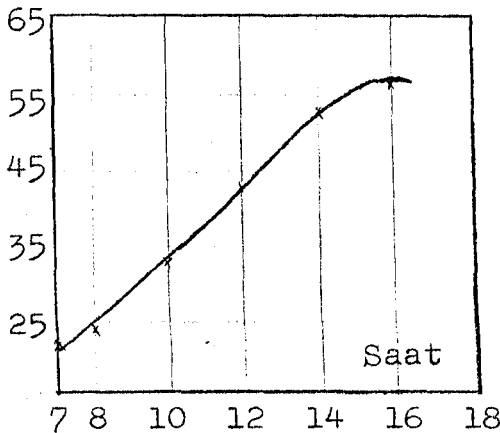
3.29 daki bağıntıya göre $Q_{ti} > Q_{yi}$ olduğundan,

$$Q_{fi} = Q_{yi} = 12387 \text{ MJ} \text{ bulunur.}$$

Aylık faydalanma oranı 3.30 bağıntısından hesaplıarsa,

$$f_i = \frac{12387}{12387} = 1 \text{ bulunur.}$$

Eylül ayındaki enerjinin tamamı Güneşten karşılanabilmektedir. TABLO 4.6 dan alınan sonuçlardan kullanma suyu sıcaklık değişimi ŞEKİL 4.7 de grafik olarak gösterilmiştir.



ŞEKİL 4.7 Eylül ayı günlük su sıcaklığı eğrisi

PROJE HESAPLARI

(Ekim)

Yer : Kütahya

z : 969 m

e : 39.4° a : 0°

Hesaplar, Nisan ayındaki hesaplara benzer şekilde yapılırsa,

2.1 denkleminde

$$d = -9.60$$

2.2 denkleminde

$$s = 30^{\circ}$$

2.9 denkleminde

$$H = 82^{\circ}$$

$$Q_o = 22.5 \text{ MJ/m}^2\text{-gün}$$

2.10 denkleminde

$$t/t_o = 0.59$$

$$Q = 11.35 \text{ MJ/m}^2\text{-gün}$$

2.12 denkleminde

$$Q_d = 6.6 \quad "$$

2.20 denkleminde

$$H_g = 82^{\circ}$$

2.5 , 2.13 ve 2.21 denklemlerinden,

$$Q_y = 4.88 \text{ MJ/m}^2\text{-gün}$$

$$Q_e = 14.75 \quad "$$

$$t_g = 10.9 \text{ saat}$$

3.14 ve 3.17 denklemlerinden,

$$F_v = 0.936$$

$$F_t = 0.820$$

değerleri hesaplanmış olur.

Hesapların diğer kısımları saat-saat hesaplanmış olup TABLO 4.7 de sonuçları verilmiştir.

TABLO 4.7 EKİM AYINA ALT HESAP SONUÇLARI

SAAT	T_g °C	h (°)	Cosg -	I_d W/m ²	I "	I_e "	$(\tau\alpha)_e$ -	S W/m ²	η_t -	I_f W/m ²	T_d °C
7	8.7	-75	.224	79	104	208	0.52	54	0.42	88	17.5
8	10.8	-60	.450	182	262	375	0.68	178	0.45	169	18.35
9	12.9	-45	.650	234	360	472	0.7	260	0.52	245	20.7
10	15	-30	.810	265	426	536	0.74	315	0.54	289	24.0
11	16.9	-15	.910	280	464	575	0.75	348	0.55	316	27.72
12	18.3	0	.940	284	476	590	0.75	357	0.52	307	31.54
13	19.2	15	.910	280	464	575	0.75	348	0.49	282	35.12
14	19.5	30	.810	265	426	536	0.74	315	0.45	241	38.14
15	19.2	45	.650	234	360	472	0.72	260	0.37	175	40.3
16	18.3	60	.450	182	262	375	0.68	178	0.23	86	41.28
17	16.9	75	.224	79	104	208	0.54	54	-	-	41.68
4714										2198	

TABLO 4.7 den günlük ortalama toplayıcı verimi Ekim ayı değerini hesaplıarsak,

$$\rho_{\bar{t}} = \frac{2198}{4714} = 0.46$$

bulunur. 3.27 denkleminde Güneş enerjisinden Ekim ayında elde ettiğimiz enerji,

$$Q_{ti} = 65 \times 0.46 \times 14.75 \times 30 = 13230 \text{ MJ}$$

bulunur. Ekim ayındaki ısı ihtiyacımız EK1 den şebeke suyu sıcaklığı 17.5 °C alınarak 3.28 denkleminde hesaplınırsa,

$$Q_{yi} = 2520 \times 4180 \times (60 - 17.5) \times 30 \times 10^{-6} = 13430 \text{ MJ}$$

bulunur.

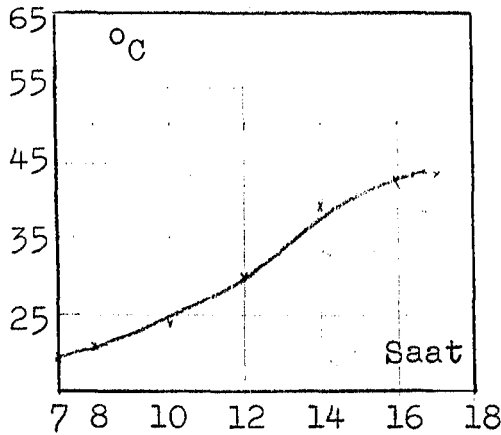
3.29 daki bağıntıya göre $Q_{ti} < Q_{yi}$ olduğundan,

$$Q_{fi} = Q_{ti} = 13230 \text{ MJ} \text{ bulunur.}$$

Aylık faydalanma oranı 3.30 bağıntısından hesaplınırsa,

$$f_i = \frac{13230}{13430} = 0.98 \text{ bulunur.}$$

Ekim ayında enerjinin % 98'i Güneş'ten karşılanabilmektedir. TABLO 4.7 den alınan sonuçlardan kullanma suyu sıcaklık değişimi ŞEKİL 4.8 'de grafik olarak gösterilmiştir.



ŞEKİL 4.8 Ekim ayı günlük su sıcaklığı eğrisi

Diğer aylar içinde benzer hesaplamalar yapılırsa, faydalanma oranları:

Kasım Ayında % 60

Aralık Ayında % 30

Ocak Ayında % 33

Şubat Ayında % 50

Mart Ayında % 74

değerleri hesaplanmış olur. Yıllık faydalanma oranı ise aylık faydalanma oranlarının geometrik ortalaması olup,

$$f = \frac{\sum f_i}{12} = \frac{9.42}{12} = 0.78$$

bulunur. Söz konusu örnek proje için yıllık faydalanma oranı % 78 dir.

Tesis den kış aylarında uygun zamanlarda kalorifer tesisatına yapılacak su ilavelerinden de faydalanmak mümkün olduğu gibi, söz konusu tesis projenin yapım amacına uygun olarak kalorifer tesisatına bağlanmış olup, ısı beslemesini buradan alarak sıcak su tesisatı olarakta kullanılacaktır.

TESİSAT HESAPLARI

Şekil 4.9'deki sistemde dolaşan akışkan $0.012 \text{ kg/m}^2\text{-sn}$ debisinde silikon yağ olup karakteristik özellikleri,

$$\rho = 935 \text{ Kg/m}^3$$

$$\nu = 14.98 \text{ g/m-sn}$$

dir. Hacimsel debi,

$$\dot{V} = \frac{\dot{m}_t}{\rho} = \frac{0.012 \times 65}{935} = 0.000834 \text{ m}^3/\text{sn}$$

A ve B hatlarındaki boru çapları hesaplanırsa

$$U = 0.40 \text{ m/sn seçilerek,}$$

$$d^2 = \frac{0.000834 \times 4}{3.14 \times 0.40} = 0.0265 \implies d = 0.051 \text{ m}$$

bulunur. Standart olarak NW 50 boru çapı seçiliyor. Gerçek hız ise,

$$U = 0.42 \text{ m/sn bulunur.}$$

Parelel bağlı kollektörleri ele alarak her bir hatta giden debileri hesaplayalım. Şekilden görüldüğü gibi paralel bağlı kollektörlerin sayısı 20 dir. Bu durumda;

$$\dot{V}_k = \frac{\dot{V}}{20} = \frac{0.000834}{20} = 0.0000417 \text{ m}^3/\text{sn}$$

1 Nolu Hat:

$$\dot{V}_1 = V_k \times 5 = 0.0000417 \times 5 = 0.000208 \text{ m}^3/\text{sn}$$

$$U_1 = 0.25 \text{ m/sn seçiliyor.}$$

$$d_1 = 0.032 \text{ m bulunur.}$$

Standart boru NW 32 dir.

2 Nolu Hat:

$$V_2 = V_k \times 5 = 0.0000417 \times 5 = 0.000208 \text{ m}^3/\text{sn}$$

$$U_2 = 0.25 \text{ m/sn seçiliyor.}$$

$$d_2 = 0.032 \text{ m bulunur.}$$

Standart NW 32 boru seçilir.

3 Nolu Hat :

$$V_3 = V_k \times 6 = 0.0000417 \times 6 = 0.000250 \text{ m}^3/\text{sn}$$

$$U_3 = 0.25 \text{ m/sn seçiliyor.}$$

$$d_3 = 0.035 \text{ m bulunur.}$$

Standart NW 40 boru seçiliyor.

4 Nolu Hat :

$$V_4 = V_k \times 4 = 0.0000417 \times 4 = 0.000166 \text{ m}^3/\text{sn}$$

$$U_4 = 0.25 \text{ m/sn seçiliyor.}$$

$$d_4 = 0.029 \text{ m bulunur.}$$

Standart NW 25 boru seçilir.

Kollektör giriş ve çıkış bransmanları 3/4" dir. Kollektöre giriş hızını hesaplıyalım. Şekil 4.10 den örnek olarak 1 nolu hattaki herhangi bir kollektörü alalım.

$$V_k = 0.0000417 \text{ m}^3/\text{sn} \text{ idi}$$

$$d_g = 20 \text{ mm}$$

$U_{kg} = 0.013 \text{ m/sn}$ hesaplanır. Yutucu yüzeyin, bir boru elemanındaki hız ise $d = 13 \text{ mm}$ alarak,

$$V_b = \frac{0.0000417}{12} = 0.0000034 \text{ m}^3/\text{sn}$$

$$U_b = 0.025 \text{ m/sn hesaplanır.}$$

Bir kollektörde dolaşan akışkan ise,

$$V_k = 0.0000417 \times 3600 = 0.15 \text{ m}^3/\text{h} = 150 \text{ lt/h dır.}$$

Kollektör akışkan hacmi 3.9 lt olduğuna göre akışkan bir saatte bir kollektörde 38 defa dolaştırılmış olur.

Gerekli Akışkan Miktarı :

- 36 adet kollektör için	:	36x3.9	140 lt
- NW 50 boru (50 metre 0.0019m ³ /m)	:	0.0019x50	98 lt
- NW 40 boru (25 m, 0.00125 m ³ /m)	:	0.0012x25	31 lt
- NW 32 boru (45 m, 0.0008 m ³ /m)	:	0.0008x45	36 lt
- NW 25 boru (12 m, 0.0005 m ³ /m)	:	0.0005x12	6 lt
- Eşanjör(5AD yutucu yüzey)	:	5x3.9	18 lt
- Genleşme tankı	:		20 lt
- Kayıplar vs (% 10)	:		50 lt

══════════════════→
500 lt

Söz konusu tesis için 500 lt silikon yağ gerekmektedir.

Genleşme Deposu Hesabı :

V hacmindeki bir akışkan ısıtılması sonucu hacminde yaklaşık olarak %8 ile % 10 arasında bir artma meydana gelir. Tesisatta basınç artmalarına engel olmak için bu fazla hacmin dengelenmesi gerekmektedir. Bunun içinde tesisata

genleşme deposu ilave edilir .Genleşme deposu hacmi,

$$V_d = V_a \times 0.1 = 500 \times 0.1 = 50 \text{ lt}$$

olarak bulunur. Bu hacimdeki silindirik bir deponun boyutları,

$$d = 350 \text{ mm}$$

$$h = 460 \text{ mm}$$

dir.

Pompa Hesabı :

Tesiste dolaşan akışkan miktarı daha önce tespit edilmişti. Basınç kaybı hesabını ise Şekildeki kritik hatta göre yapmamız gerekmektedir.

Kritik hat 3 nolu hattır. Bu hatta;

NW 40 boru25 m

Kollektör.....11 adet

T-Parçası.....22 adet (6.6 m NW40 boru eşdeğeri)

elemanları mevcuttur. Bu elemanların basınç kayıpları hesaplanırsa(Hesaplar tablo ve grafiklere göre yapılmış olup burada verilmemiştir).

NW 40 boru eşdeğeri.....: $31.6 \times \frac{10}{100} = 3.16 \text{ mSS}$

Kollektör boru eşdeğeri(013)..: $288 \times \frac{1}{100} = 2.88 \text{ mSS}$

Vana vs kayıplar.....: 0.5 mSS

TOPLAM BASINÇ KAYBI: 6.5 mSS

bulunur. Pompa debisi ise $3 \text{ m}^3/\text{h}$ olarak daha önce hesaplanmıştı. Bu verilerden hareketle;

Alarko kataloğundan PV3 150.2 sirkülasyon pompası seçilir.

PV3 150.2 $\left\{ \begin{array}{l} N = 150 \text{ W} \\ n = 3000 \text{ d/d} \\ \text{Emme ve Basma Flanşı NW 50} \end{array} \right.$

Eşanjör Hesabı :

Sistem kapalı devreli olarak tasarlanmıştır. Bu yüzden toplayıcılardan sağlanan ısının kullanılacak suya iyi geçebilmesi için serpantin yüzey alanının iyi hesaplanması gerekmektedir.

Serpantin yüzey alanı;

$$F_s = \frac{Q_y}{k \Delta t_m}$$

bağıntısından hesaplanır. Burada;

$$\Delta t_m = \left(\frac{t_1 + t_2}{2} \right) - \left(\frac{t_1 - t_2}{2} \right)$$

$$k = 125 \text{ Kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

$$Q_y = \text{Bir saatteki ısı sarfiyatı (Kcal/h)}$$

dır. Buna göre bizim projemiz için hesap yaparsak,

$$Q_y = mc\Delta t = 2520 \times 1 \times 10 = 25200 \text{ Kcal/h}$$

$$\Delta t_m = 45.5 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$k = 125 \text{ Kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

eşitliklerini denkleme yerine yazarsak,

$$F_s = \frac{25200}{125 \times 45.5} = 4.5 \text{ m}^2$$

bulunur. Yutucu yüzeylerden bir adedi boru net alanı 0.9 m^2 olduğuna göre 5 adet panel eşanjör olarak kullanılabilir.

Sirkülasyon deposu pirizmatik yapılarak paneller içerisine uygun formda yerleştirilecektir.

Şekil 4.14 de bu yerleştirme gösterilmiştir. Ancak panellerin sökölüp takılabilmesi için gerekli montaj ve demontaj önlemleri alınacaktır.

Depo Suyu Sıcaklığı :

Güneş enerjisi sisteminden 24 saat faydalanmak için gündüzleri toplanan enerji ile ısıtılan suyun geceleride bu enerjisini muhafaza etmesi gerekmektedir. Bunun içinde depoların uygun malzeme ile izolasyon yapılması gerekmektedir. İzolasyon kalınlığı çevre şartları ve suyun kullanma zamanına göre tayin edilir.

Sabit bir tanktaki Z zamanında ki sıcaklık düşüşü,

$$\Delta t = \frac{Q F}{G C_p} Z$$

bağıntısından hesaplanır. Burada;

- Q : Isı kaybı (Kcal/m²h)
- F : Tankın Yüzey alanı (m²)
- G : Tankın içindeki maddenin ağırlığı (Kg)
- C_p : Maddenin özgül ısısı (Kcal/kg °C)
- Z : Soğuma süresi (saat)

dir. Isı kaybı Q ise,

$$Q = kx\Delta t$$

bağıntısından hesaplanır. Burada t₁ depodaki akışkanın ilk sıcaklığı ve t₂ çevre sıcaklığı olmak üzere,

$$\Delta t = t_1 - t_2 \text{ dir.}$$

k : İzolasyon malzemesinin ısı iletim katsayısı

dir. Bu bilgilerin ışığında 8 cm kalınlığında izolasyon yaptığımızda 12 saatte depodaki sıcaklık düşüşünü hesaplayalım.

$$F = 17 \text{ m}^2$$

$$G = 2000 \text{ Kg su}$$

$$C_p = 1 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C}$$

$$Z = 12 \text{ saat}$$

$$t_1 = 60 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 10 \text{ }^\circ\text{C}$$

doneleri alınarak:

$$\Delta t = 60 - 10 = 50 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q = 0.035 \times 50 = 1.75 \text{ kcal/m}^2\text{h}$$

$$\Delta t = \frac{1.75 \times 17}{2000 \times 1} \times 12 = 0.18 \text{ }^\circ\text{C}$$

bulunur. Isı köprüleri için % 100 emniyet alsak bile depodaki ısı kaybı oldukça azdır.

Amorti Süresi :

Örnek projemizde sözü edilen 14 daireli apartmanın normal olarak sadece ısıtma için kömür yakan kazanı bulunduğunu göz önüne alalım. Bu apartmana sıcak su tesisatı yapılması isteniyor. Bunu iki şekilde yapabiliriz:

a- Sıcak su kazanı ve boyler ilave ederek

b- Güneş enerjisinden

bu iki alternatif durumu incelenirse:

Sıcak su kazanı ve boylerin maliyeti.....7 000000

$C_{e1} = 7\ 000\ 000 \text{ TL}$

Güneş enerjisi sisteminin maliyeti :

Kollektörler	125 000 TL/m ² x65	8 125 000
Boru ve fittings	.....	1 000 000
Depolar.....	.....	1 500 000
İzolasyon.....	.....	750 000
Çelik şase.....	.....	500 000
Pompa ve otomatik kontrol.....	.....	1 250 000
Eşanjör ve silikon yağ.....	.....	750 000
İşçilik.....	.....	500 000

14 375 000

$$C_{e2} = 14\ 375\ 000\ \text{TL dir.}$$

Buna göre tesisin fark masrafı

$$C_e = C_{e2} - C_{e1} = 14\ 375\ 000 - 7\ 000\ 000$$

$$C_e = 7\ 375\ 000\ \text{TL}$$

Binanın yılda güneş enerjisinden sağlayacağı fayda ise ;

Nisan ayında	14788 MJ	Ekim ayında	13230 MJ
Mayıs "	19113 MJ	Kasım "	8760 MJ
Haziran "	19502 MJ	Aralık "	4740 MJ
Temmuz "	22788 MJ	Ocak "	5464 MJ
Ağustos "	19375 MJ	Şubat "	8516 MJ
Eylül "	17823 MJ	Mart "	12394 MJ

TOFLAM : 166 493 MJ

Bu enerjiyi kömür yakarak elde etmek isteseydik ;

$$m = \frac{166493 \times 239}{2000 \times 0.6} = 33160\ \text{kg kömür gerekirdi.}$$

Aralık 88 de kömür fiyatı : 60 000 TL/Ton

1987/1988 de kömür fiyat artışı: % 250

Faiz oranları : % 70

Buna göre 3.25 ve 3.26 denklemlerinden

$$C_e = 7\ 375\ 000\ \text{TL}$$

$$F_e = 60\ 000 \times 33.16 = 1\ 990\ 000\ \text{TL}$$

$$A_e = 2.06$$

değerleri 3.26 da yerine konursa

$$n_e = \frac{\text{Log}(7\ 375\ 000(2.06-1)/2.06 \times 1\ 990\ 000) + 1}{\text{Log } 2.06}$$

$$n_e = 9.2\ \text{sene bulunur.}$$

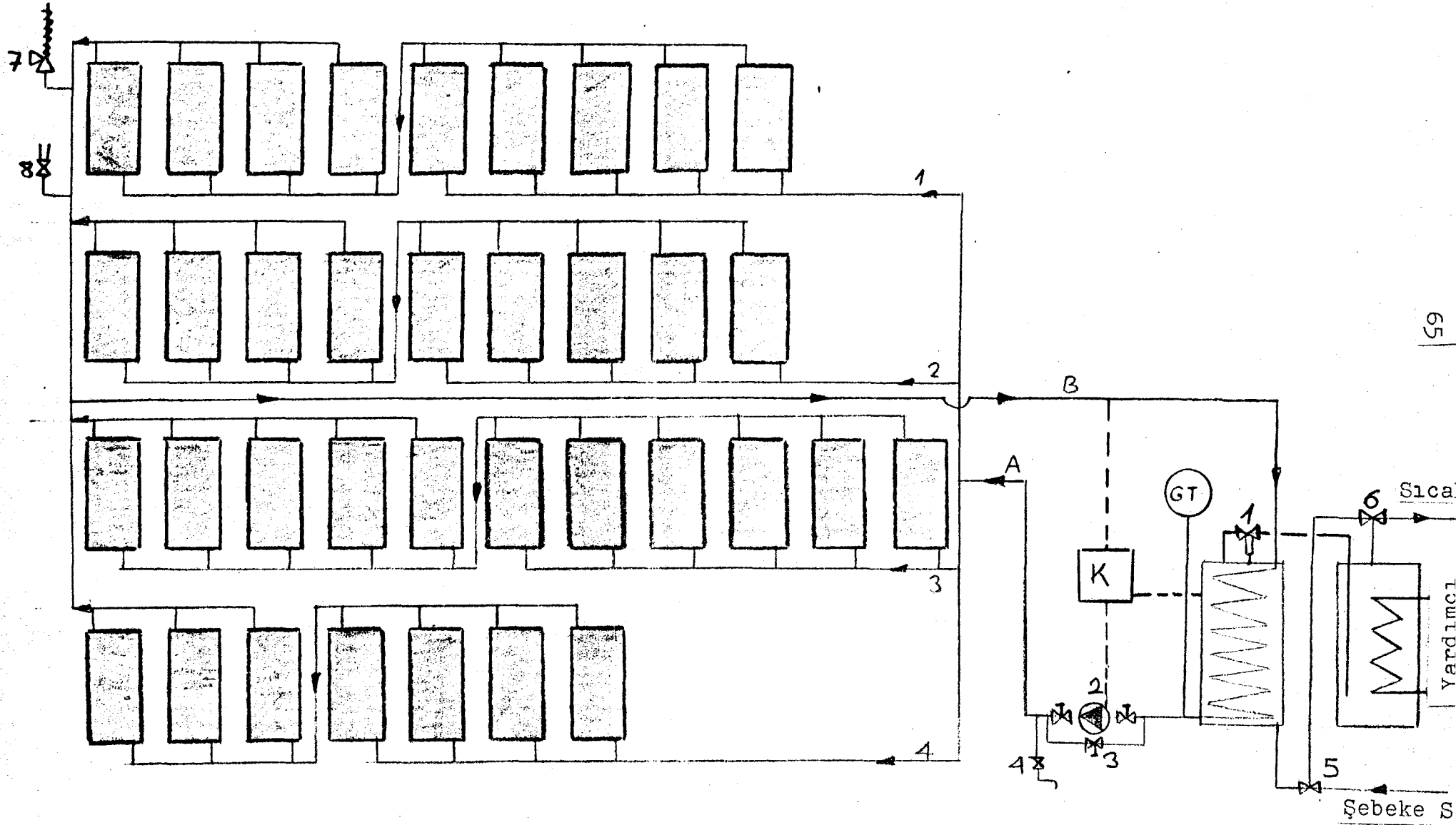
Bu hesap yapılırken kömürlü kazanın işletme şartları göz önüne alınmamıştır. İşletme şartları dediğimiz kaloriferci gideri, enerji, kömür indirme istif. kül taşıma vb giderlerde hesaba katılırsa ;

Kaloriferci.....160 000 TL/ayx7 ay =1 120 000 TL
Diğer Giderler.....50 000TL/ay x 7 ay = 350 000 TL

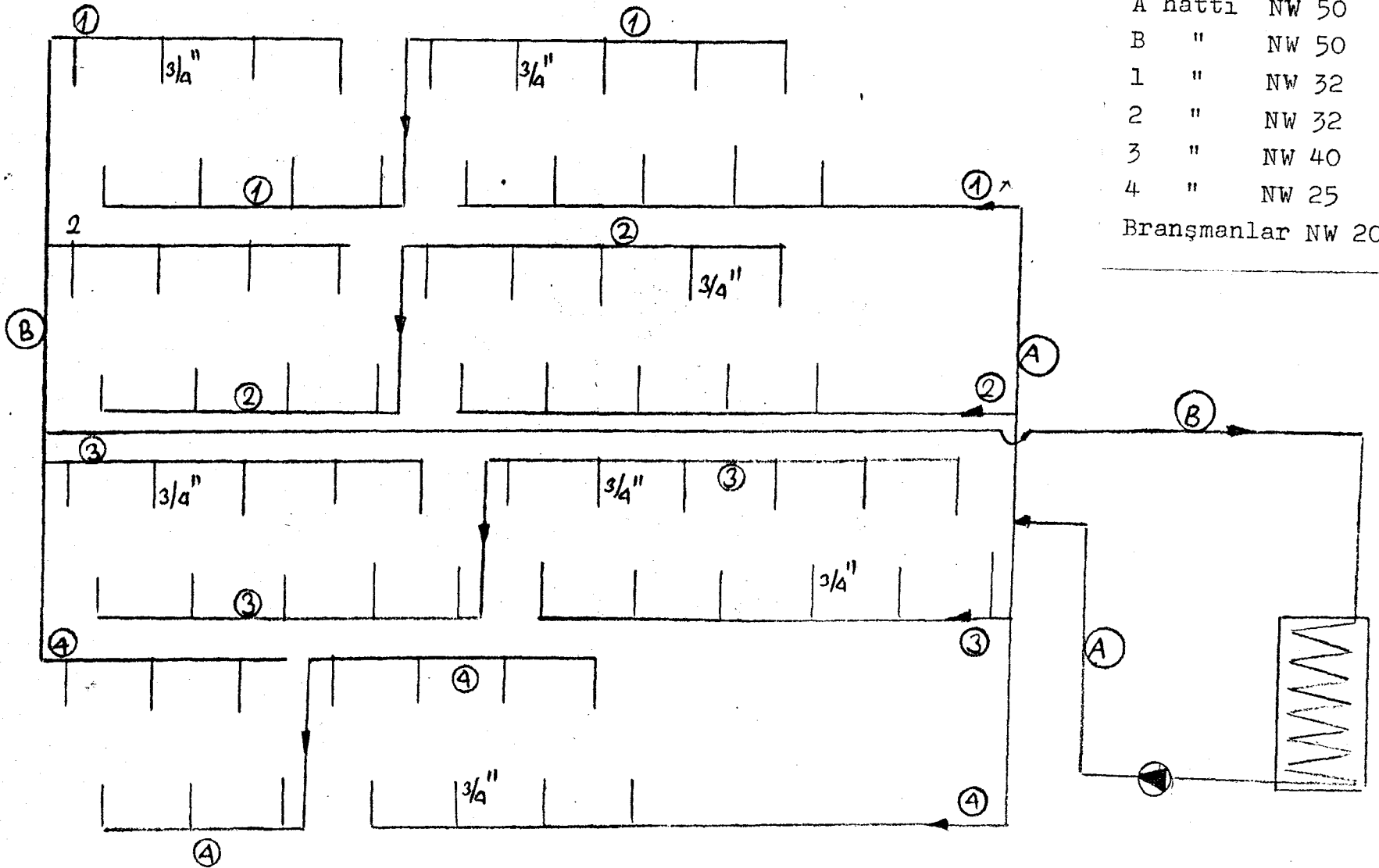
1 470 000 TL

Buna göre amorti süresi $n_e = 8$ sene bulunur.

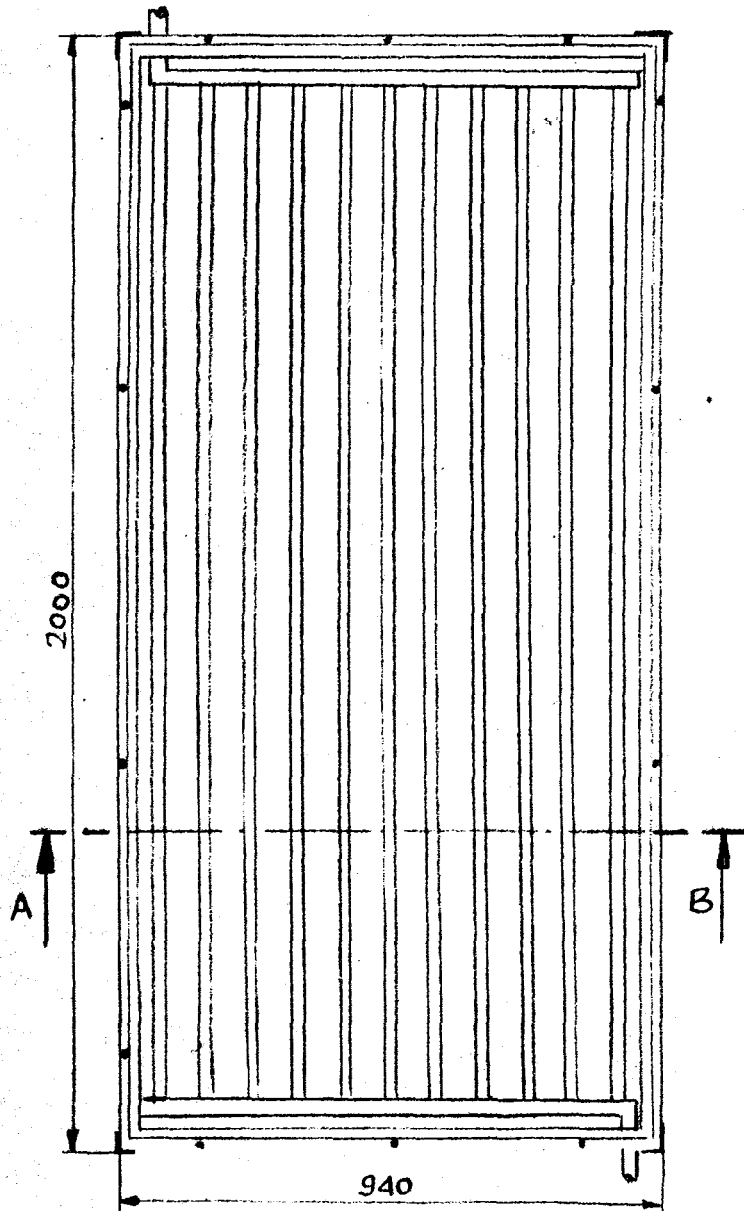
Görüldüğü gibi binanın mevcut kalorifer kazanından kış aylarında sıcak su için faydalanma önlemleri başlangıçta planlanırsa , kaloriferlerin yanmadığı 7 aylık dönemde başka bir yardımcı enerjiye gerek duymadan güneş enerjisinden % 100 faydalanılabilir. Ancak mevcut tesisatta bu imkan yoksa o zaman kış şartları için önlem almak gerekir. Bir sonraki bölümde ise hem kış şartları hemde yaz şartları için katı , sıvı yakıt ile Doğal gazın ,Güneş enerjisi karşısındaki avantaj ve dezavantaj durumları incelenmiştir.



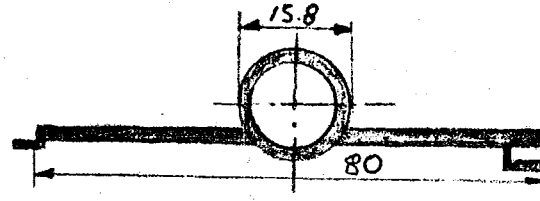
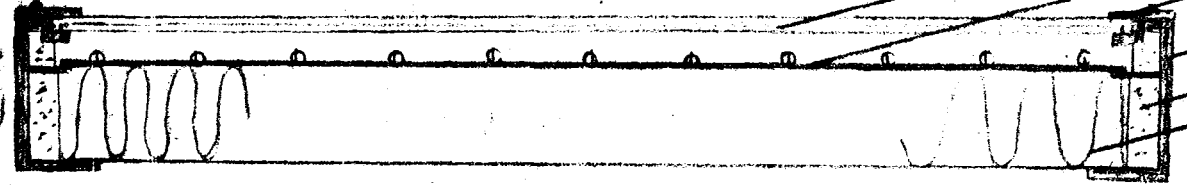
ŞEKİL 4.9 Güneş Enerjisi Sistemi Akış Diyagramı



ŞEKİL 4.10 Güneş Enerjisi Sistemi Tesisat Diyagramı



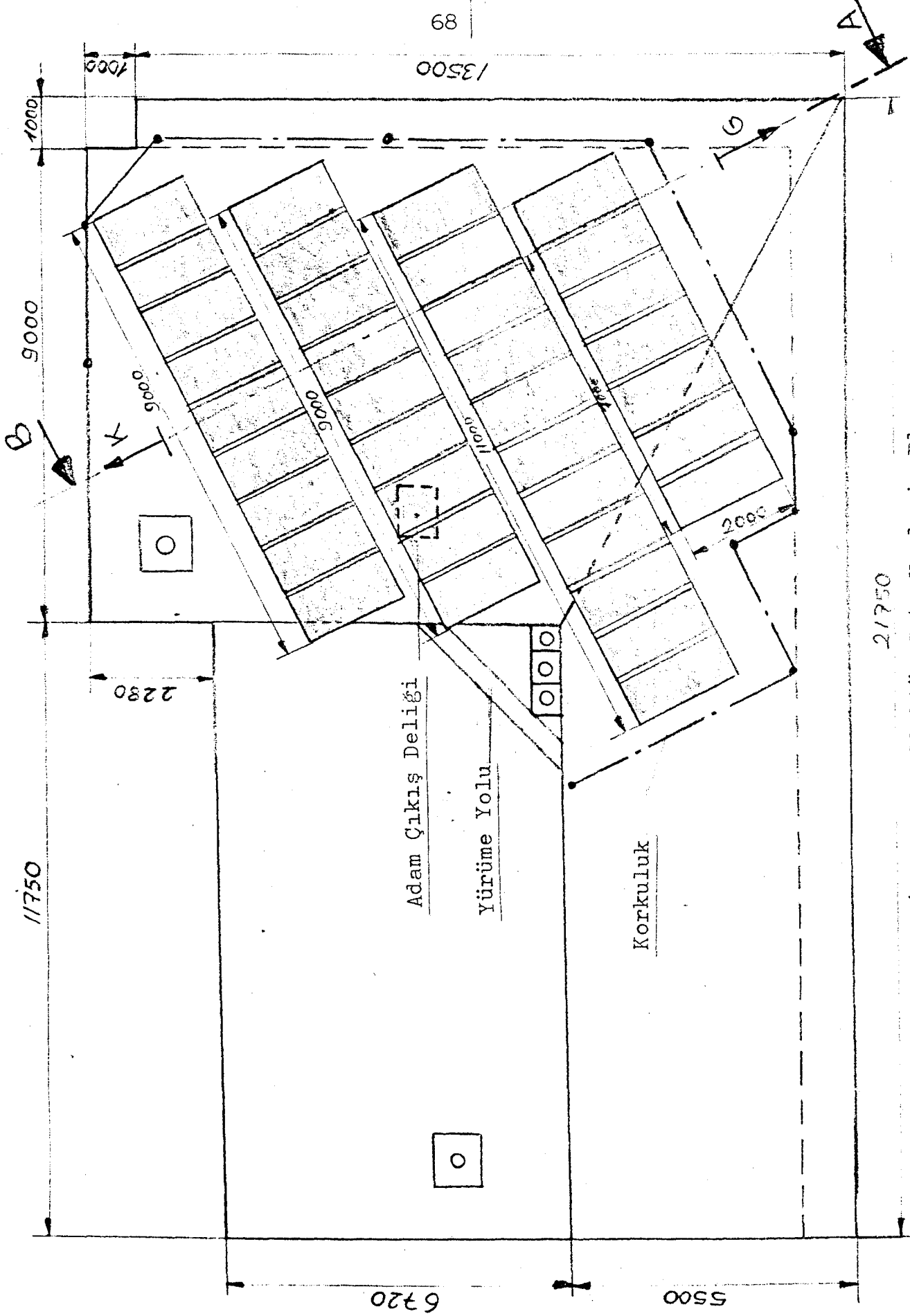
A-B KESİTİ

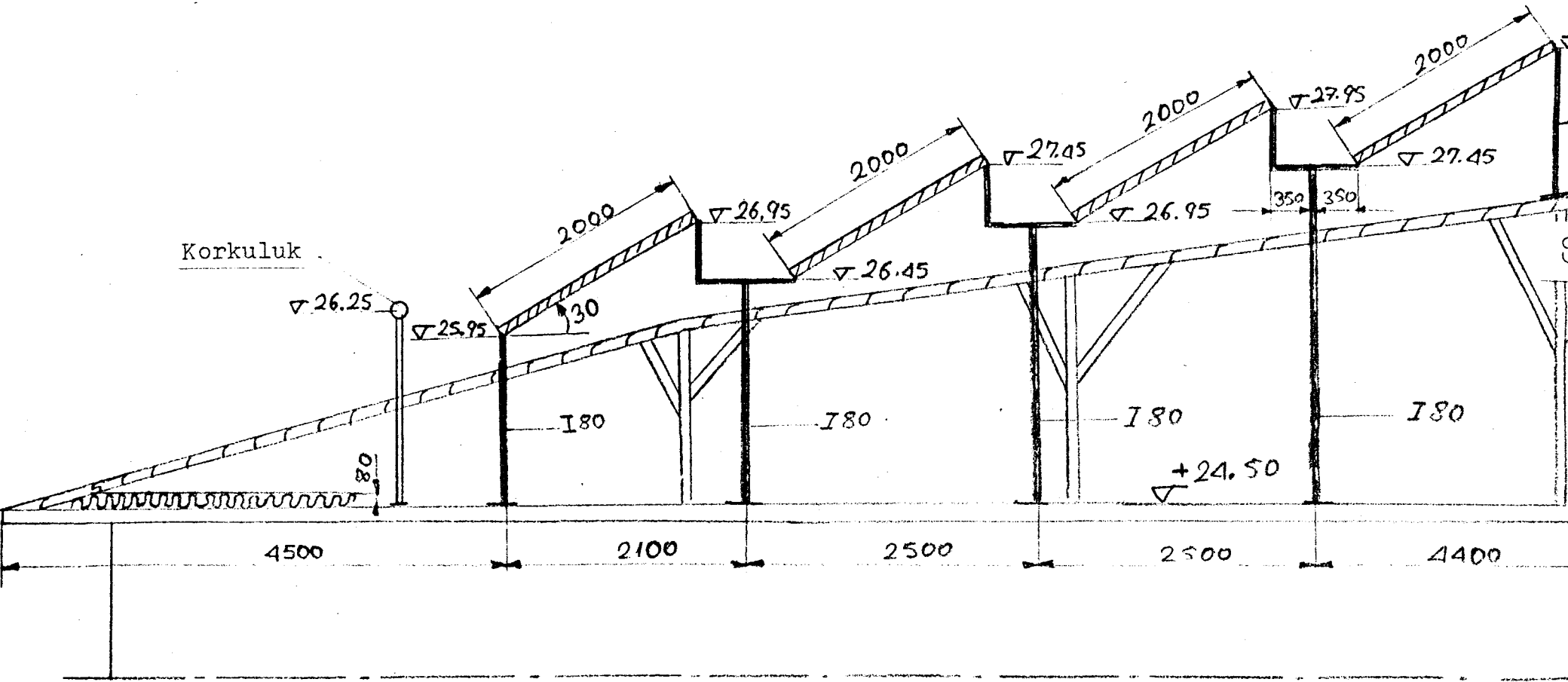


KANATLI TOPLAYICI MODÜLÜ

- 1 Saydam Örtü
- 2 Yutucu Yüzey
- 3 Cam Tespit Laması
- 4 Alüminyum Kasa
- 5 Stropor
- 6 Cam Yünü

ŞEKİL 4.11 Kollektör Genel Görünüşü ve Detayları

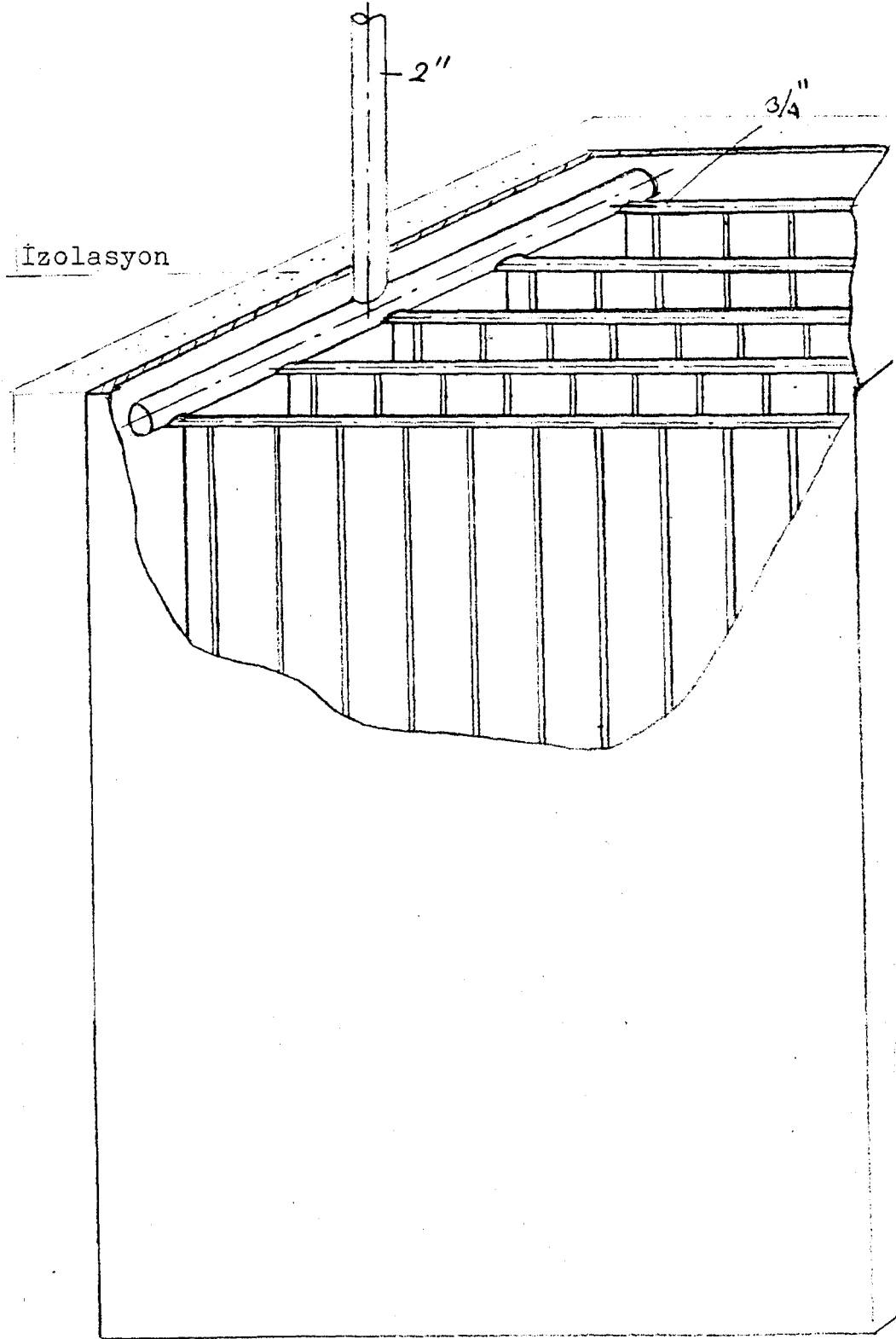




Korkuluk

ŞEKİL 4.13 Kollektör Çatı Yerleşim Kesiti

KESİT A-B



ŞEKİL 4.14 Depo-Eşanjör Yerleştirme Detayı

BÖLÜM 5

DOĞAL GAZ'IN KAZANLARDA KULLANIMI ve KAZAN DÖNÜŞÜMÜ

Bu bölümde yine aynı apartmanın(14 daireli) var olan kalorifer kazanının doğal gaza çevrilmesi ve ısıtma-sıcak suyun bu yolla temini ile, yine BÖLÜM 4 de incelenen sadece sıcak suyun Güneş enerjisinden temini birlikte ele alınacaktır. Öncelikle bu hususları incelemeden, Doğal gazın kimyasal yapısı ve yanması hakkında bilgi verelim.

Doğal gaz, bileşimi çıkarıldığı kaynağa bağlı olarak değişim göstermekle birlikte, metan(CH_4) ağırlıklı bir gazdır. Diğer yanıcı bileşenleri azalan yüzdeyle etan,propan, bütan ve pentandır. Çok az miktarda karbondioksit ve azot gazlarının da içermektedir. Doğal gaz, gaz bir yakıt olduğundan katı ve sıvı yakıtlarda olduğu gibi yanma öncesi işlemlere gerek yoktur. Bu yüzden yanma verimi % 99 civarındadır. Ayrıca, üst ısı değerinde yanma olmaktadır. Bileşimindeki yanıcı gazlardan dolayı ısı değeri $8600-9200 \text{ Kcal/m}^3$ dür.

Doğal gazın yanmasıyla oluşan alev, fuel-oil alevine göre daha az parlaktır. Alevin daha az parlak oluşu, duman borulu kazanlarda alev borusu içindeki radyasyon ısı transferinin azalmasına, dolayısıyla alev borusundan ayrılan gazların daha sıcak olmasına neden olmaktadır. Burada duman boruları girişindeki gaz sıcaklığının yükselmesine, bu sıcaklık artışında aynada metaryalin bozulmasına yol açabilmektedir. Diğer yandan Doğal gazın içindeki hidrojen miktarı, fuel-oil le kıyaslandığında yaklaşık iki kat fazla olduğu için, Doğal gaz yakıldığında oluşan gazlar içindeki su buharı miktarı, fuel-oil yakılması sonucu oluşan su buharı miktarına göre daha fazla olmaktadır. Bu da spesifik ısı kapasitesi ve termal kondaktivite artışına neden olup daha fazla konveksiyon ısı transferi sağlamaktadır.

Doğal gaz yanması sonucu duman borulu kazanlarda alev borusu sonundaki gaz sıcaklığı fuel-oil'e göre $150 \text{ }^\circ\text{C}$

fazla olabilmektedir. Bu yüzden tecrübeli yapımcı ülkeler Doğal gaz çevrimi yaptıktan sonra bu sıcaklık artışının olmaması için kazanın % 15-%40 daha az yükte çalıştırılmasını önermektedir.

Su borulu kazanlarda, yanma odasından çıkan gazların sıcaklığı, fuel-oil'e göre Doğal gazla çalışan durumda daha fazladır. Yanma koşullarına bağlı olarak kızdırıcı sıcaklığı etkilenmektedir. Kızdırıcı sıcaklığının seviyesini ayarlamak için kızdırıcılardaki sürgüleri kullanmak mümkündür. Su borulu kazanlarda, kömürden Doğal gaza çevrim yapıldığında, kızdırıcıdaki kütle transferinin kömüre göre daha az oluşu nedeniyle kızdırıcıda önemli sıcaklık artışları olmamaktadır.

Özetle söylemek gerekirse doğal gaza dönüşümde dikkat edilecek hususlar; gaz sıcaklığındaki artış, metal ve ayna sıcaklıkları ve kızdırıcı sıcaklığıdır. Doğal gaz hem kömür hemde fuel-oil ile kıyaslandığında daha düşük C/H oranı ve dolayısıyla yanma ürünlerinde daha çok su buharı içerir. Böylece yanma gazlarıyla sürüklenip, kaybedilen suyun buharlaşma enerjisi Doğal gazda daha çok olacaktır. Başka bir deyişle, bir kazanda aynı fazla hava miktarı kullanıldığında ve baca gazı sıcaklığı aynı olduğunda, Doğal gazın ve fuel-oil'in yanma durumlarını karşılaştırırsak, doğal gazla elde edilen diğerlerine göre % 4.7 daha düşüktür. Ama teoride ki bu fark, pratikte fuel-oil de tam yanmanın gerçekleşme koşullarının zorluğu ve ısı transferi yüzeyindeki kirlenmeler nedeniyle ısı transferindeki düşüşler sonucu fuel-oil'in Doğal gaza göre bu avantajı kendiliğinden ortadan kalkmaktadır.

Doğal gaz kullanılan bir kazanda eşanjörler vasıtasıyla baca gazı kayıplarını en alt seviyede tutmak ve atık enerjiyi faydalı enerji haline getirmek mümkündür. Fuel-oil ve kömür yakan kazanlarda baca gazı ısısından faydalanmak pek mümkün değildir. Baca gazı kükürt içerdiği için 160-140 °C de aşağıya sıcaklık, korrozyon nedeniyle düşürülemez.

Doğal gaz ile fuel-oil in yakıt analizini şu şekilde verebiliriz.

	<u>FO₆</u>	<u>Doğal Gaz</u>
1-Carbon	% 84.58	% 73.93
2-Hidrojen	% 10.90	% 24.57
3-Oksijen	% 0.40	% 0.07
4-Azot	% 0.112	% 1.43
5-Kükürt	% 4	-

Görüldüğü gibi yapısında kükürt bulunmaması sebebiyle Doğal gaz kullanan kazanlarda korrozyon problemi ortadan kalkmaktadır. Bu özellikten yararlanarak "Kondensing boiler" yani baca gazı yoğunlaştırılmalı kazanlar geliştirilmiştir. Bu kazanların verimleri diğer kazanlardan çok yüksektir.

5.1 Kazanın Doğal Gazla Çevrilmesi

Söz konusu apartmanın ısıtılması için gerekli kazan gücü 150 000 Kcal/h dir. Bu kazanın Doğal gazla çevrilmesi durumunu öncelikle ele alalım.

Ülkemizde özellikle konutlarda kullanılan kalorifer kazanları genellikle daha önce kömürlüden fuel-oil'e veya fuel-oil den kömürlüye çevrilmişlerdir. Çoğu kazanlar ise kopya edilerek yapılmış, verimleri oldukça düşük durumdadır. Bu yüzden konutlardaki kalorifer kazanlarının fiziksel yapısı oldukça kötü durumdadır. Bu yüzden Doğal gazla sağlanacak verimli bir yakma düzenini böyle kazanlara tatbik etmek çevrimin şansını aza indirir. Bu sebeple ekonomik ömrünü doldurmuş, karakteristikleri belli olmayan kazanlara çevrim yapmak yerine, teknik özellikleri bilinen ileri bir teknoloji ürünü olan daha küçük boyutta bir kazan koymak daha uygun olmaktadır. Çünkü Doğal gazla çevrilen kazanın 15-20 yıl kesintisiz çalışması istenir.

Doğal gazla çevrilecek bir kazan için şu yollar izlenir.

1- Kazanın tipi, yanma hücresi boyutları, kapak ve baca çıkış ölçüleri.

2- Yakıt cinsi, ısıl değeri, yakma tipi

3- Baca tipi, yüksekliği, boyutları, malzemesi, yanma hücresi basıncı

4- Baca gazı tespiti

Bu doneler tespit edildikten sonra Doğal gaz uygulamasına geçilir. Bu aşamada ;

1- Kazana uygun brülör seçilir.

a- Brülör tipi(Domestik, sanayi tipi, çift yakıtlı)

b- Brülör kapasitesi

c- Doğal gazın kaloriferik değeri, basıncı

d- Yanma şekli(On-off, küçük alev, büyük alev, oransal)

e- Alev kontrolü(fotosel, iyonizasyon, beyin)

gibi doneler tespit edilir ve brülör seçilir.

2- Gaz Hattı Oluşturulur.

Gaz hattı, Doğal gazın belirlenen basınç ve debide brülöre verilmesi ile gerekli emniyet sistemlerini sağlar. Genelde küresel vana, gaz filitresi, emniyet kapama ventili, gaz basınç regülatörü, emniyet firar ventili, presostat ve manyetik ventil gibi elemanların bir birine bağlanmasıyla oluşur.

3- Gaz hava karışımının ayarı

Doğal gaz sisteminde gaz-hava karışımının iyi yapılması, yanmanın iyi olması açısından önemlidir. Bu ayar;

a- Mekanik olarak iki ayrı ventille

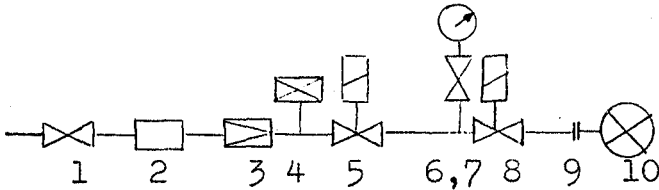
b- Pnömatik

olarak iki ayrı şekilde yapılabilir. Bu hususlar tespit edildikten sonra çevrim projesi hazırlanır. Bu aşamada ;

- a- Sıvı veya katı yakıttan doğal gaza geçilirken bu yakıtların alevlerinin konvektif ve kondüktif ısı geçirgenliklerinin hesap edilmesi ve ısı alış veriş yüzeylerinin kontrol edilmesi gerekir.
- b- Kömür ısıtmalı kazanlarda ızgaralar kapatılır, yanma hücresi küçültülür, kapak tadilatı yapılarak brülör bağlanır.
- c- Sıvı yakıt ısıtmalı kazanlarda büyük değişiklik gerekmemekle beraber yanma hücresi boyutları ve yanma hücresi basıncı kontrol edilmelidir.
- d- Katı ve sıvı yakıtlı kazanlarda külhan, duman boruları klape ve bacalar, kurum ve tortulardan temizlenmeli, saç ve boru et kalınlıkları kontrol edilmelidir.
- e- Baca kesiti ile klape konum ve kesiti tespit edilmelidir.
- f- Duman borularınının arka aynaya makinatolu bağlandığı hallerde, borular aynaya muhakkak kaynak edilmeli ve kısa sürede harabolmaları seramik başlıklar takılmak suretiyle önlenmelidir.
- g- Doğal gaz brülörü seçilirken alev şekli ve alev kontrolü kazana uygun olmalıdır. En iyi brülör her kazan için en iyisi değildir.
- h- Doğal gaza çevrilecek kazan dairesi temiz, aydınlık ve havadar olmalıdır. Dışarıdan tozsuz ve nemsiz hava temin eden hava kanalı bulunmalıdır.
- ı- Baca içi temiz, düzgün yapıda ve dış etkilerden korunmuş olmalıdır. Kazan ile baca arasında yanma basıncını ayarlayabilecek hassas klape bulunmalıdır.
- j- Doğal gaza çevrimde ısı kontrolü için kazan suyu sıcaklığı, buhar sıcaklığı veya basıncı etken faktör olarak alınıp, brülöre kumanda edileceği gibi, kazan suyu sıcaklığı, ısıtılan ve dış ortam sıcaklıkları birleştirilerek otomatik ısı kontrolü yapılabilir.
- k- Isı gereksinimine bağımlı olarak doğal gaz brülörünün

gereken ısıyı verebilmesi için her alev büyüklüğünde gaz-hava ayarının optimum yapılması gerekmektedir.

Kazan dönüşümünde Doğal gaz brülörleri, bütün devre elemanları üzerinde montaja hazır halde satılmaktadır. Boru devresi, direkt bina şebeke girişine bağlanmaktadır. Brülör boru devresi elemanları ŞEKİL 5.1 de gösterilmiştir.

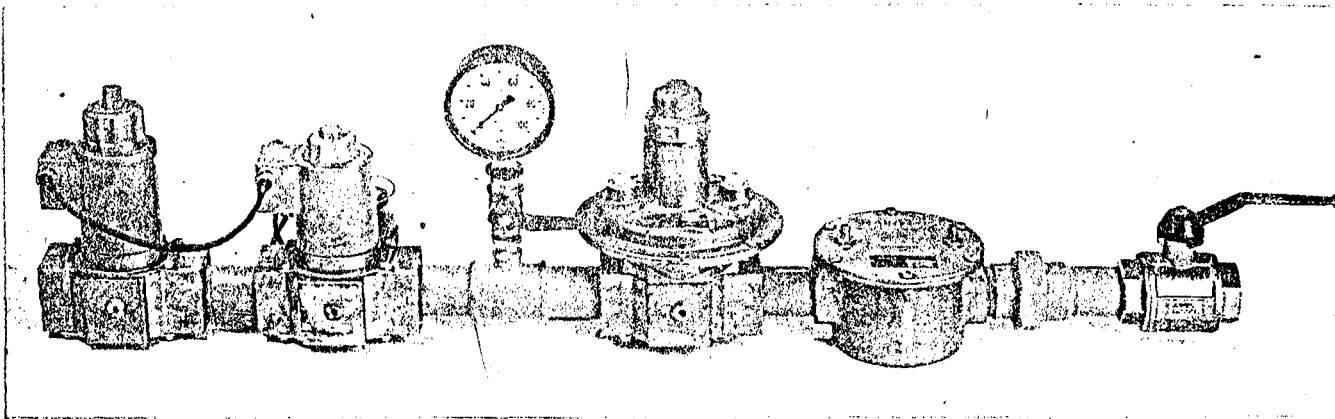


- 1-Gaz kesme vanası
- 2-Filtre
- 3-Basınç regülatörü
- 4-Basınç dengeleyici
- 5-Emniyet valfi
- 6-Manometre
- 7-Manometre musluğu
- 8-Gaz kesme vanası
- 9-Flanş
- 10-Brülör

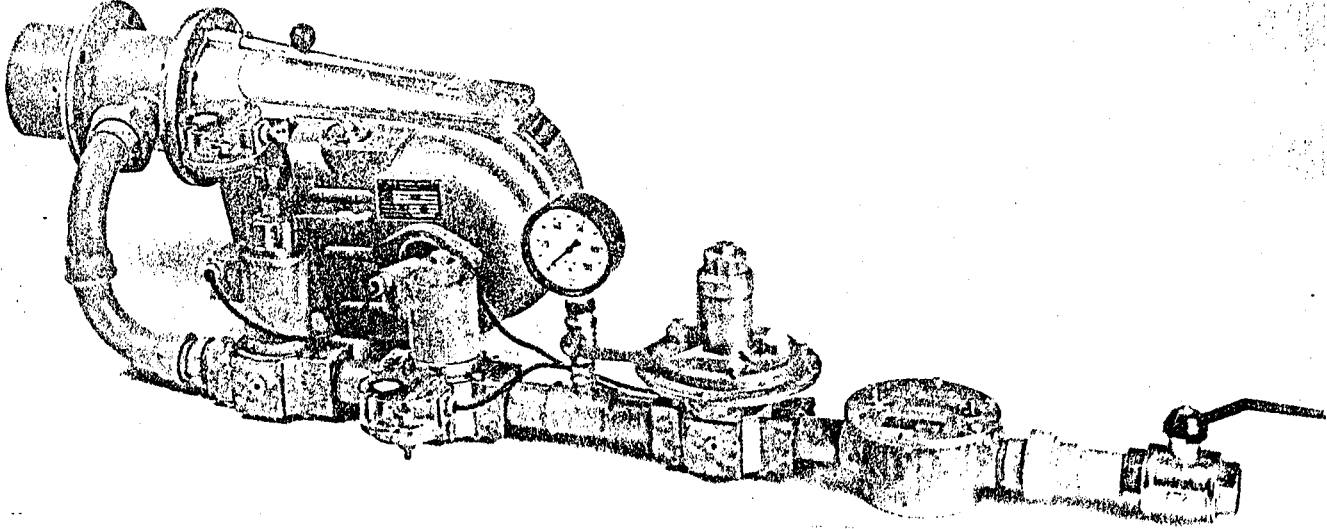
Şekil 5.1 Doğal Gaz Boru Hattı ve Elemanları

Şekil 5.1 de gösterilen sistem brülörle beraber satılmakta olup, ekipmanların ayrı ayrı fiyatı konusunda ülkemiz için bilgi edinmek mümkün olmamıştır.

Doğal gaz boru hattı ile brülörün montajlı hali ŞEKİL-5.2 de gösterilmiştir. Ayrıca komple montajlı halide ŞEKİL-5.3 de gösterilmiştir. Brülörün çalışması için gerekli bütün emniyet, kontrol ve ayar armatürleri brülöre monte edilmiş vaziyettedir.



ŞEKİL 5.2 Doğal Gaz Brülörü Boru Devresi



ŞEKİL 5.3 Doğal Gaz brülörü ve Boru Devresi

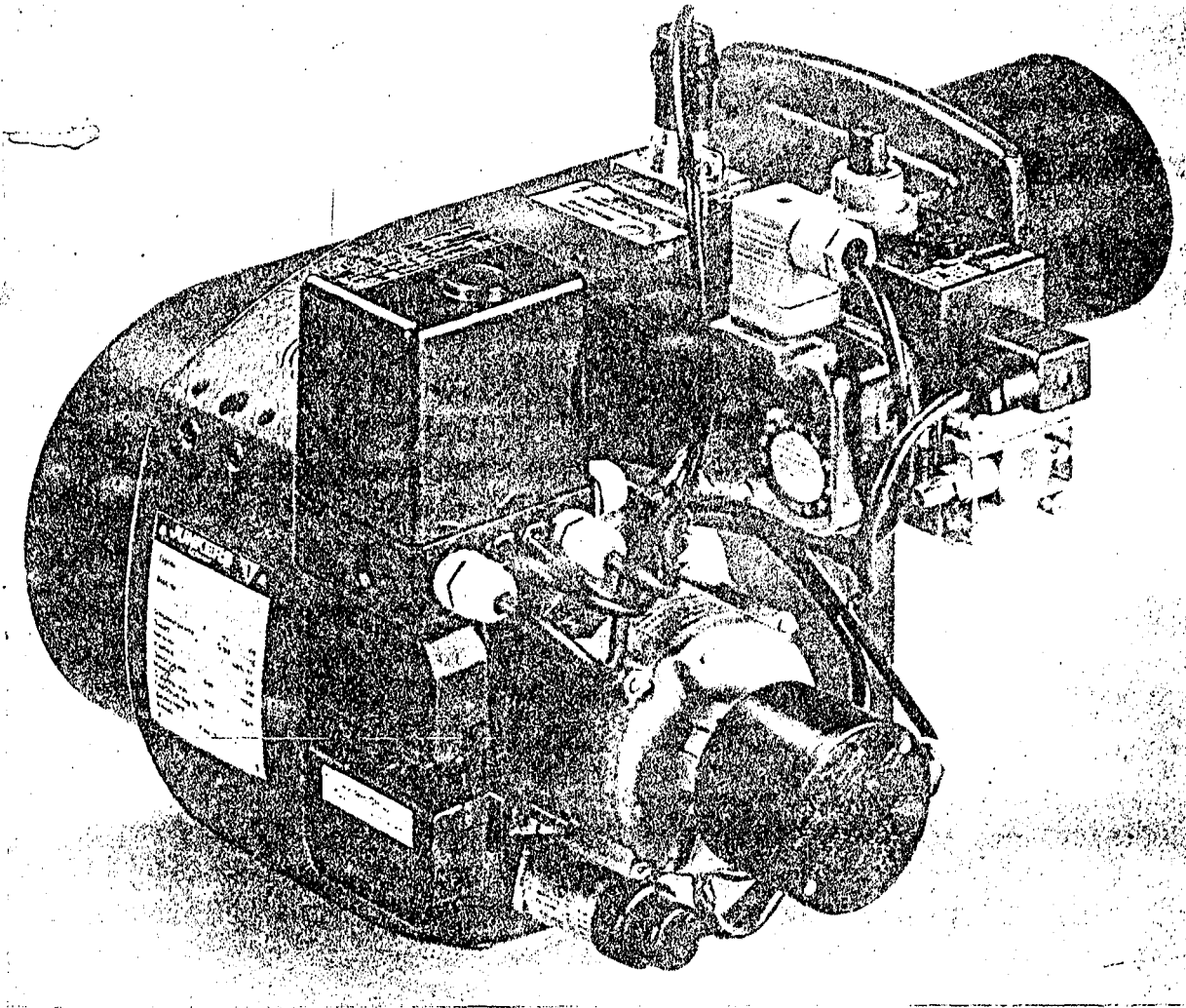
Kömürlü kazanlarda brülör montajı için kapak tadilatı gerekmekte, fuel-oilli kazanlarda ise genellikle tadilata gerek olmadan eski brülör sökülerek Doğal gaz brülörü takılmaktadır.

Doğal gaz brülöründe iyi bir karışım sağlamak çok önemlidir. İyi bir karışım ile bacagazı kayıpları asgariye indirilebilir. Karışım hataları brülördeki ventilatör hava basıncının veya gaz basıncının değişmesiyle ortaya çıkar. Gaz fazlalığı yani eksik hava israf demektir. Hava fazlalığı halinde ise gereksiz fazla hava ısıtılıp, bacadan atılmaktadır. Bu hataların ortadan kaldırılması için " Eşit Basınç Regülatörü " kullanılır.

Eşit basınç regülatörü yakma havası basıncının dalgalanması halinde gaz basıncını eşitler ve gaz basıncı dalgalanmalarını egalize eder. Muntazam bir yanma ile daha önce optimal olmayan karışım ayarı neticesi ortaya çıkan bacası gazı kayıplarını önlemiş olur.

ŞEKİL 5.4 de bir Doğal gaz brülörünün komple otoma-

tik kontrol elemanları üzerinde montajlı hali gösterilmiştir.



ŞEKİL 5.4 Doğal Gaz Brülörü ve Otomatik Kont.Sist.

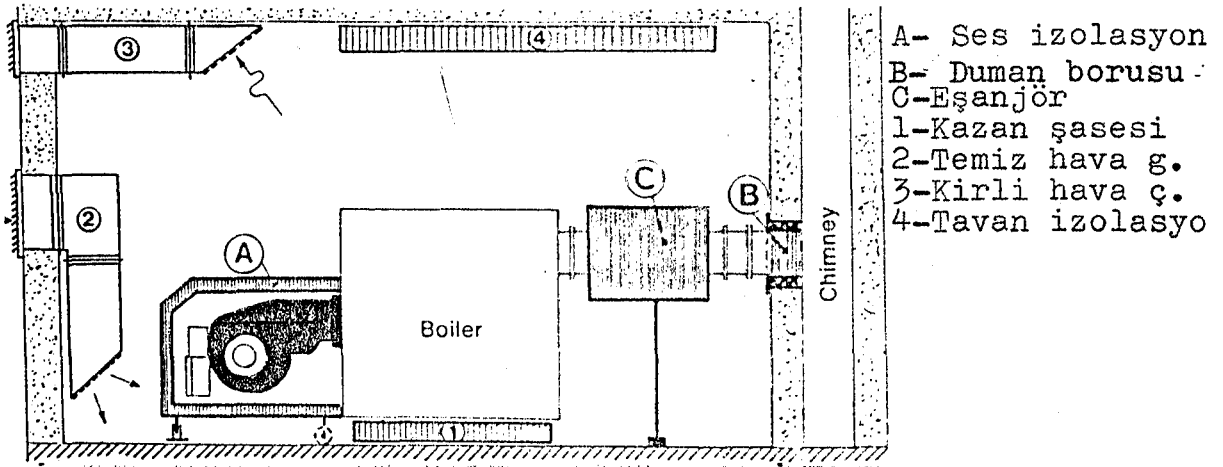
Bu bilgilerin ışığında örnek projemiz için mevcut kömürlü kazanı Doğal gaza çevirelim. Yaptığımız etüd neticesinde kazanın, bu dönüşüme elverişli olduğunu tespit edebiliriz. Apartmanın mevcut kazan kapasitesi 150 000 Kcal/h dir.

Bu apartmana uygun brülör ;

JUNKERS GE 350 E 76-350 KW 1" giriş borulu dir.

Seçilen brülörün boru hattı ve gerekli emniyet armatürleri üzerindedir. Kazan tadilatı ile brülör giriş borusunun ana şebekeye bağlanması gerekir. Kazan kapak ve ızgara tadilatı ile diğer teknik tadilatlar yapılarak brülör kazana bağlanır. Brülörün gaz girişi ise daha önce apartman girişine getirilmiş olan ana şebeke bransmanına bağlanır. Baca gazı sıcaklığından faydalanmak içinde baca gazı çıkışına bir eşanjör koyulabilir.

Doğal gaz bulunan bir tesisatın bulunduğu mahalın temiz ve havadar olması gerekir. Ayrıca, temiz hava emiş ve pis hava çıkış kanalları bulunmalıdır. Böyle bir mahal şematik olarak ŞEKİL 5.5 de gösterilmiştir.



ŞEKİL 5.5 Doğal gaz Kazanı ve Mahalli Tesisatı

Bu şekilde yapılacak işler önceden sırayla yapıldıktan sonra tesisat projesi oluşturulur. Tesisat projesinde yapılan değişiklikler ile, boru hattı gösterilir. Tesisin Doğal gaz tüketim miktarı tespit edilerek işin mali portresi çıkarılır. Buna göre (31.12.1988 tarihi itibarıyla) ;

- 1- JUNKERS Doğal gaz Brülörü.....6 500 000
(Tek ısı kademeli, kompakt devre elemanlı) ;
- 2-Boru devresi(Şebeke bağlantısı için)..... 650 000
(Brülör fiyatınının % 10'u kabul edelim)

3-Kazan tadilat masrafları.....2 500 000

Buna göre kömürlü bir kazanın Doğal gazla çevrilmesi yaklaşık olarak 9 650.000 TL ye mal olmaktadır.

Şimdi bu maliyetin ne kadar sürede amorti edileceğini hesaplıyalım. Önce apartmanın yıllık Doğal gaz ve kömür sarfiyatını hesaplıyalım.

Isıtma için ısı ihtiyacı : 370 588 MJ/yıl

Sıcak su için ısı ihtiyacı: 170 000 MJ/yıl

Toplam ısı ihtiyacı : 540 588 MJ/yıl

Bu enerjiyi sağlamak için ;

a- Kömür yakılırsa:

$$H_u = 2000 \text{ Kcal/kg}$$

$$\eta = 0.60$$

$$m = \frac{540588 \times 239}{2000 \times 0.60} = 108 \text{ Ton}$$

b-Doğal gaz yakılırsa:

$$H_u = 9000 \text{ Kcal/m}^3$$

$$\eta = 0.90$$

$$m = \frac{540588 \times 239}{9000 \times 0.90} = 15950 \text{ m}^3$$

kullanılması gerekirdi.

Aralık 1988 de kömür fiyatı : 60 000 TL/Ton

Aralık 1988 de Doğal gaz fiyatı : 175 TL/m³

Buna göre ;

Kömüre ödenecek para: 60 000x108=6 480 000 TL

Doğalgaza ödenecek p:175x15950 = 2 790 000 TL

bulunur. Şimdi kömürlüden doğal gazla çevirmenin ekonomik olup olmadığını kontrol edelim.

3.25 ve 3.26 denklemlerinden ;

$$C_e = 9 650 000 \text{ TL}$$

$$j = \% 80$$

$$r_e = \%70$$

$$F_e = 6\,480\,000 - 2\,790\,000 = 3\,690\,000 \text{ TL}$$

$$A_e = \frac{1+0.8}{1+0.7} = 1.05$$

$$n_e = \frac{\text{Log}(9\,650\,000(1.05-1)/1.05 \times 3\,690\,000) + 1}{\text{Log}1.05}$$

$$n_e = 4.5 \text{ sene bulunur.}$$

Şimdi aynı apartmanın Doğal gazla çevrilmiş halini alıp yaz aylarında sıcak su ihtiyacının (7 ay) karşılanması için Güneş enerjisi sistemi yapmanın ekonomik olup olmadığını araştıralım.

Güneş Enerjisi sisteminin maliyeti ;

$$C_e = 14\,375\,000 - 9\,650\,000 = 4\,725\,000 \text{ TL}$$

$$j = \% 80 \text{ (Doğal gaz fiyat artışı)}$$

$$r_e = \%70$$

7 ay süreyle Doğal gazdan sağlanacak tasarrufu bulalım.

$Q = 2520 \times 7 \times 30 \times 45 / 239 = 100\,000 \text{ MJ}$ enerji karşılığı Doğal gaz yanmayacaktır. Bunun miktarı ise ;

$$V = \frac{100\,000 \times 239}{9\,000 \times 0.9} = 2950 \text{ M}^3$$

bunun parasal değeri ;

$$F_e = 2950 \times 175 = 516\,250 \text{ TL dir.}$$

3.25 ve 3.26 denklemlerinden,

$$A_e = \frac{1+0.8}{1+0.7} = 1.05$$

bulunur. Buradan amorti süresini hesaplırsak,

$$n_e = \frac{\text{Log}(4\ 725\ 000 \times (1.05^{-1}) / 1.05 \times 516\ 250) + 1}{\text{Log } 1.05}$$

$n_e = 30$ sene bulunur.

Görüldüğü gibi bugünkü konumunu koruyarak yılda %80 fiyat artışı gerçekleşirse Doğal gaz tesisi bulunan bir yere Güneş enerjisi sistemi yapmak ekonomik olmamaktadır. Ancak, Doğal gazın ülkemizde bulunmaması ve dışarıya bağlı olması geleceği konusunda fikir yürütmemize engel olmaktadır. Diğer yandan Doğal gaz sistemlerinin tam otomatik yapılabilmesi, eleman ikamesinin az olması ve çevre şartlarından etkilenmemesi gibi faktörlerde Doğal gazı güncel kılmaktadır.

Kömür yakan sistemi bulunan bir yere ise Güneş enerjisi sistemi kurmak hesaplı olmaktadır. Ayrıca, çevre şartları ve teknolojik gelişmeleri dikkate alırsak bunun özellikle ülkemiz için zaruri bir ihtiyaç olduğunu belirtebiliriz.

5.2 Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada elde edilen somut sonuçları şu şekilde yorumlayabiliriz.

1- Kütahya ili, Güneş enerjisinden Nisan-Ekim döneminde konutlar için sıcak su eldesinde yararlanabilir. Kütahya'nın çevre kirliliği dikkate alınırrsa bunun gerekli olduğunu söyleyebiliriz.

2- Kömür yakan kazan yardımcı enerji olmak üzere sıcak su eldesi için Güneş enerjisi tesisatı yapmak ekonomik olmaktadır.

3- Kütahya'da yakılan düşük kalorili kömür yerine konutlarda doğal gaza geçilmesi son derece yerindedir.

4- Doğal gaz bulunan bir yere ayrıca Güneş enerjisi tesisatı yapmak yakın gelecekte pek ekonomik olmamaktadır.

FAYDALANILAN KAYNAKLAR

- 1- GÜNEŞ ENERJİSİ
Dr.Müh. Abdurrahman KILIÇ - Doç.Dr. Aksel ÖZTÜRK
Istanbul - 1983
- 2- GÜNEŞ ENERJİSİNDEN KONUT KONFORUNDA YARARLANMA
Prof.Dr. Kemal TANER
Eskişehir- 1984
- 3- GÜNEŞ IŞINIMI, TERMOFON AKIŞLI TOPLAÇ-AYNA SİSTEMİNDE ISIL
ve AKIŞ ANALİZİ
Prof.Dr. Kemal TANER
Eskişehir-1988
- 4- ISITMA HAVALANDIRMA GÜNEŞ ENERJİSİ 2
Prof. İskender HUMBARACI
Istanbul-1983
- 5- DOĞAL GAZ SEMPOZYUM BİLDİRİLERİ
TMMOB Makina Mühendisleri Odası
Eskişehir 24-26 Kasım-1988
- 6- İlgili firma katalogları