

**GÜNEŞ ENERJİLİ
ABSORBSİYONLU SOĞUTMA SİSTEMİ**

Abdulahap MONLAHASAN
Yüksek Lisans Tezi

Makine Mühendisliği
Enerji Anabilim Dalı
Haziran 2005

SOLAR ABSORPTION COOLING SYSTEM

Abdulahap MONLAHASAN
Master of Science Thesis
Mechanical Engineering Program

June 2005

GÜNEŞ ENERJİLİ ABSORBSİYONLU SOĞUTMA SİSTEMİ

Abdolvahap MONLAHASAN

Osmangazi Üniversitesi
Fen bilimleri Enstitüsü
Yönetmeliği Uyarınca
Makine Mühendisliği Enerji Anabilim Dalı
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman : Prof. Dr .Kemal TANER

2005

Abdolvahap MONLAHASAN'ın yüksek lisans tezi olarak hazırladığı “Güneş Enerjili Absorbsiyonlu Soğutma Sistemi” başlıklı bu çalışma, jürimizce lisans üstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

...../... / 2005

Üye : Prof.Dr. Kemal TANER

Üye : Yrd. Doç Dr. İlker GÜRKAN

Üye : Yrd. Doç Dr. Haydar ARAS

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun.....gün
Vesayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Abdurrahman KARAMANCIOĞLU

Enstitü Müdürü

ÖZET

Bu çalışmada, güneş enerjisiyle çalışan absorpsiyonlu soğutma sisteminin çalışma prensibi, kullanılan akışkan çiftleri, verim, debi yönünden incelenmiştir. Sistemde kullanılan akışkan çifti olarak $H_2O - LiBr$ ve güneş enerjili sistemin sağladığı faydalar incelenmiştir.

Uygulama alanı olarak, İstanbulda bir lokanta seçilerek kritik (Mayıs – Eylül) aylar için ısı kazançları, güneş ışıyım değerleri (Doğru, Yaygın, Yansıyan) ve kollektörde saatlik m^2 ye gelen faydalı enerji ve faydalanma oranları hesaplanarak optimum kollektör alanı bulunmuştur.

Aylık maksimum ısı kazancına göre absorpsiyonlu soğutma sistemi seçilmiş, değişik noktalardaki basınçlar, debiler, sıcaklıklar ve sistemin genel verimi hesaplanmıştır.

Güneş enerjisinin yardımcı enerji olarak kullanıldığı absorpsiyonlu soğutma sisteminde, bulunan optimum kollektör alanına bağlı olarak amortisman süresi hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler : Güneş Enerjisi, Soğutma, İklimlendirme, Absorpsiyonlu Soğutma Sistemi, Kollektör

SUMMARY

In this study, working principle, fluids couple, coefficient of absorption cooling system with solar energy is investigated due to fluids couple flow. $\text{H}_2\text{O}-\text{LiBr}$ is used for the fluids couple of this system and its advantages are investigated.

Restaurant is selected for investigation, and optimum collector area is obtained with calculation of heat gains, solar radiation values, hourly useful energy value per one m^2 of collector area, and collector useful ratios for May to September.

Monthly absorption cooling system is selected rated with monthly maximum heat gain, and for every components pressure, flow rates, temperature and general coefficient are calculated.

the absorption cooling system is solar assisted of type.

Keywords : Solar Energy, Refrigeration, Air Conditioning, Absorption Cooling System, Collector

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezi olarak çalıştığım güneş enerjili absorpsiyonlu soğutma sistemi konusunda, değerli vakitlerini ayırarak, değerli bilgilerinden yararlandığım sayın hocam Prof. Dr.Kemal TANER'e saygılarımı ve şükranlarımı arz etmeyi bir borç bilirim.

Lisans ve yüksek lisans öğrenimi boyunca, emeği geçen ve her türlü yardımlarını esirgemeyen Osmangazi Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü hocalarıma teşekkür ederim.

Tez esnasında , bana her türlü desteğini esirgemeyen arkadaşlarım, Idris BERBEROĞLU, Luay KOSA, Münzer EBUSEİDİ ve diğer tüm arkadaşlara sonsuz teşekkür ederim.

Öğrenimim boyunca bana maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen değerli aileme en içten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	I
SUMMARY.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VI
TABLolar DİZİNİ.....	VII
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	VIII

1. GİRİŞ.....	1
2. GÜNEŞ ENERJİSİYLE SOĞU ÜRETİMİ.....	2
2.1. Genel Bilgiler.....	2
2.2. Güneş Enerjili Absorbsiyonlu Soğutma Sistemi.....	4
2.2.1. Tek Etkili Sistem.....	4
2.2.2. Çift Etkili Sistem.....	13
2.3. Güneş Enerjili Buhar Türbinli Soğutma Sistemi.....	15
2.4. Adsorbsiyonlu Soğutma Sistemi.....	17
3. GÜNEŞ ENERJİSİ.....	18
3.1. Güneş Yapısı.....	18
3.2. Güneş Açılarının Tanımı.....	19
3.3. Atmosfer Dışı Güneş Işınımı.....	21
3.4. Yeryüzüne Ulaşan Güneş Işınımı.....	22
3.5. Toplam Güneş Işınımının Hesaplanması.....	22
3.6. Yatay yüzeye gelen difüz güneş ışıması.....	23
3.7. Eğik Yüzeye Gelen Işınımın Hesaplanması.....	25
4. GÜNEŞ ISITMA VE SOĞUTMA SİSTEMLERİNİN TASARIMINDAKİ İKLİMSEL PARAMETRELER.....	27
4.1. Güneş Işınımı.....	28
4.2. Çevre Sıcaklığı.....	28
4.3. Rüzgar.....	29
5. GÜNEŞ KOLLEKTÖRLERİ.....	29
5.1. Optik Performans.....	30
5.2. Güneş Kollektörlerinin Isıl Analizi.....	32
5.3. Kollektörde Toplam Isı Kayıp Katsayısı.....	33
5.3.1. Üst Isı Kayıp Katsayısı.....	34
5.3.2. Alt Isı Kayıp Katsayısı.....	35
5.3.3. Yan Isı Kayıp Katsayısı.....	35
5.4. Kollektör Kanat Verimi.....	35
5.5. Kollektör Verim Faktörü.....	36
5.6. Kollektör Isı Kazanç ve Akış Faktörleri.....	38
5.7. Akışkanın Kollektörden Çıkış Sıcaklığı.....	38
5.8. Kollektör Anlık Verimi.....	38

5.9. Kollektör Dizayn Esasları.....	39
6. SOĞUTMA YÜKÜNÜN BAĞLI OLDUĞU PARAMETRELER.....	40
6.1. Soğutma Yükünün Bulunması.....	41
6.2. Çevre Sıcaklığının Bulunması.....	43
6.3. İstanbul için Uygulama.....	47
6.3.1. Atmosfer Dışı Güneş Işınımı Hesabı.....	53
6.3.2. Yatay Yüzeye Gelen Saatlik Difüz Hesabı.....	54
7. ABSORBSİYONLU SİSTEMİN DİZAYN ESASLARI.....	55
8. OPTİMUM KOLLEKTÖR ALANININ BULUNMASI.....	59
9. EKONOMİK ANALİZ.....	63
10. BİLGİSAYAR PROGRAMIYLA ELDE EDİLEN SONUÇ TABLOLARI.....	65
11. SONUÇ VE YORUM.....	67
12. Bilgisayar Programı.....	68

ŞEKİLLER DİZİNİ

- 1- Şekil 2.1. Güneş enerjisiyle çalışan absorbsiyonlu soğutma sisteminin blok diyagramı.
- 2- Şekil 2.2. farklı çevre sıcaklıklarında soğutma için kollektör sıcaklığına göre absorbsiyonlu çevrimin verimi.
- 3- Şekil 2.3. soğutma ve iklimlendirme için kollektör sıcaklığına karşılık her bir ton soğutma için pompa işi.
- 4- Şekil 2.4. iki kademeli absorbsiyonlu soğutma sisteminin blok diyagramı.
- 5- Şekil 2.5. kompresörlü absorbsiyonlu yeni çevirim.
- 6- Şekil 2.6. ısıtıcı su sıcaklığının sistem verimi ve kapasitesi üzerindeki etkisi.
- 7- Şekil 2.7. güneş enerjili mekanik buhar türbinli soğutma sistemi.
- 8- Şekil 2.8. adsorbsiyonlu soğutma sistemi.
- 9- Şekil 3.1. yüzey azimut açısı.
- 10- Şekil 3.2. güneş açıları.
- 11- Şekil 3.3. ϕ, S, δ, θ açılarının ilişkisi.
- 12- Şekil 5.1. farklı kollektör tiplerinin uygulama alanları ve çalışma parametreleri.
- 13- Şekil 5.2. yutucu yüzey tarafından yutulan ışıınım kesri.
- 14- Şekil 5.3. θ ve D arasındaki ilişki.
- 15- Şekil 5.4. θ ve τ arasındaki ilişki.
- 16- Şekil 5.5. düzlemsel güneş kollektörlerindeki optik ve ısı kayıpları.
- 17- Şekil 6.1. lokanta şema planı.
- 18- Şekil 7.1. LiBr konsantrasyonuna bağlı entalpi değerleri.
- 19- Şekil 8.1. kollektör alanına bağlı olarak aylık faydalanma oranları.
- 20- Şekil 8.2. Optimum kollektör alanı

TABLolar DİZİNİ

- 1- Tablo 2.1. Absorbant ve soğutucu akışkan çiftleri.
- 2- Tablo 4.1. İstanbul için saatlik dış sıcaklık değerleri.
- 3- Tablo 6.1. Zaman düzeltmesinin bazı günler için değerleri.
- 4- Tablo 6.2. İstanbul için rasat değerleri.
- 5- Tablo 6.3. İstanbulda Yatay Pozisyonda Toplam Işınım Değerleri
- 6- Tablo 6.4. Güneye bakan kolektörün ve eğim açısının 16^0 olduğuna göre güneş geliş açısının değerleri.
- 7- Tablo 6.5. Saatlere göre yutma geçirme çarpanı ve güneş geliş açısı.
- 8- Tablo 7.1. Absorbsiyonlu soğutma sistemin konum karakteristikleri.
- 9- Tablo 8.1. Kollektör Alanına Bağlı Olarak Aylık Faydalanma Oranları
- 10- Tablo 8.2. Optimum kollektör alanını tayini
- 11- Tablo 9.1. Atmosfer dışında yatay yüzeye gelen saatlik ışı nım.
- 12- Tablo 9.2. Yatay yüzeye gelen difüz miktarı kJ/m^2 .
- 13- Tablo 9.3. Yatay yüzeye gelen saatlik direkt ışı nım kJ/m^2 .
- 14- Tablo 9.4. Eğik yüzeye gelen yansıyan ışı nım kJ/m^2 .
- 15- Tablo 9.5. Toplam sı kazancı kJ/h .
- 16- Tablo 9.6. Kollektör verim faktörü.
- 17- Tablo 9.7. Kollektör verimi.
- 18- Tablo 9.8. Akışkanın kollektörden çıkış sıcaklığı (^0C).
- 19- Tablo 9.9. 16 derecelik güneye bakan düzlemsel kollektöre gelen toplam ışı nım kJ/h .
- 20- Tablo 9.10. Elde edilen yararlı enerji

SİMGELER VE KISALTMALAR

Q_{ab} : Absorberde dışarıya atılan ısı

Q_{jen} : Generatöre gelen güneş enerjisi miktarı

η_{ϕ} : Absorbsiyonlu soğutma sistemin verimi

Q_E : Evaporatörde ortamdan çekilen ısı

$Q_{soğ}$: Soğutkan miktarı

m_{zen} : Zengin solusyon miktarı

Q_{deg} : Fakir eriyikten zengin eriyiğe transfer olan ısı miktarı

Q_{kon} : Kondenserde dışarıya atılan ısı miktarı

X_{ab} : Fakir eriyikteki LiBr konsantrasyonu

X_s : Zengin eriyikteki LiBr konsantrasyonu

η_{gen} : Sistemin genel verimi

η_k : Kollektör verimi

Q_G : Birim alana düşen güneş enerjisi miktarı

α : Güneş yükseklik açısı

β : Güneş azimut açısı

γ : yüzey azimut açısı

δ : Deklinasyon açısı

θ : Güneş geliş açısı

θ_z : Zenit açısı

θ_T : Güneye bakan eğik yüzeyin dikey ile ışın arasındaki açıdır

ϕ : Enlem derecesi

S: Eğim açısı

H_0 : Atmosfer dışında yatay yüzeye gelen ışıınım miktarı

G_s : Güneş sabiti

ω_s : Güneş batış saat açısı

I_0 : Atmosfer dışında yatay yüzeye gelen saatlik güneş ışıınımı miktarı

H: Yatay yüzeye gelen toplam ışıınım miktarı

H_d : Yayıllı güneş ışıınımı miktarı

K_T : Bulutluluk faktörü

R: Eğik yüzeye gelen toplam ışıınımın, yatay yüzeye gelen toplam ışıınıma oranıdır

ρ : Yer in yansıtma oranı

R_b : Yatay düzleme gelen direkt güneş ışıınımın, eğik düzleme gelen ışıınımına oranı

I_T : Eğik düzleme gelen toplam saatlik ışıınım miktarı

$(\tau\alpha)$: Kollektör optik verimi

α : Yutucu yüzeyin ışınlı yansıtma oranı
 ρ_d : Saydam örtünün yutucu yüzeyden ışınlı yansıtma oranı
 τ : Saydam örtünün geçirme miktarı
 Q_U : Yararlı enerji
 U_L : Toplam ısı kayıp katsayısı
 $T_{f,i}$: suyun kollektöre giriş sıcaklığı
 T_a : Çevre sıcaklığı
 U_t : kollektör üst kayıp katsayısı
 U_b : kollektör yan kayıp katsayısı
 U_e : kollektör alt kayıp katsayısı
 K_p : Yutucu plakanın ısı iletkenlik katsayısı
 δ_p : Yutucu plakanın kalınlığı
 T_0 : Akışkanın kollektörden çıkış sıcaklığı
 T_i : Akışkanın kollektöre giriş sıcaklığı
 F_R : Kollektör ısı kazanç faktörü
 F_F : Akış faktörü
 Q_T : Toplam ısı yükü
 Q_p : pencere ısı kazancı
 Q_d : Duvar ısı kazancı
 Q_C : Çatı ısı kazancı
 Q_s : Filtrasyondan ısı kazancı
 F_i : Faydalanma oranı
 Q_{fi} : kazanılan faydalı enerji
 Q_{yi} : gerekli olan enerji
 n_e : Amortisman süresi

1. GİRİŞ

Türkiye güneş kemeri adı verilen güneş alanı içinde yer alması açısından coğrafi olarak şanslı bir konumdadır. Enerji ihtiyacının, yaklaşık yarısını ithal yoluyla temin eden ülkemizin her bölgesinin, tükenmeyen, bol, bedava, taşıma sorunu olmayan, çevre sorunları ve hava kirliliği yaratmayan güneş enerjisinden azami şekilde istifade etmesi gerekmektedir. Bunun için güneşten gelen radyasyonu en verimli şekilde kullanılabilir enerji türüne dönüştürecek ekonomik sistemlere ihtiyaç vardır. 1953'de Taşkent'de parabolik bir ayna kullanılarak soğutma sistemi desteklenmiştir. 1956'dan sonra Trombe bir çok güneş enerjili soğutma sistemini denemiştir. Daha sonra 1958'de ise Avustralya'da LiBr/ H₂O çifti bir soğuyucu yapılmıştır. Daha sonra 1966'da yine Avustralya'da güneş enerjisi destekli soğutma yapan bir güneş evi inşa edilmiştir. 1976'da ABD'de 500 civarında güneş enerjili klima cihazı yapılmıştır. Bu cihazlar çalışma zamanlarının %75-80'ni civarında güneş enerjisi tarafından çalıştırılırken, geri kalan zamanlarda elektrik veya fuel-oil ile desteklenmiştir. Güneş enerjisi insanlığa yararlı olan pek çok alanda kullanıma girmiştir. Güneş enerjili soğutma sistemlerinin, gıdaların soğukta saklanması, buz üretimi ve konfor gibi çeşitli alanlarda kullanımı ise gelişme aşamasındadır. Bu sistemler yedi sınıfa ayrılmakla birlikte bunların içinde absorpsiyonlu soğutma sistemi düşük sıcaklık uygulamaları için en uygun olanıdır. Isıl enerjinin doğrudan soğutma etkisine dönüşümünü sağlaması, kapasite kontrolünün basitliği, teçhiz etme kolaylığı ve performans katsayısının yüksekliği güneş enerjisinin bir enerji kaynağı olarak kullanılması durumunda absorpsiyonlu soğutma sistemlerinin diğer soğutma sistemlerine göre avantajlı sayılmaktadır.

Bugün dünyada güneş enerjisi üzerine yapılan çalışmalar, bu enerji kaynağının sürekli olmaması dezavantajına rağmen, kullanılabilirliğini sağlayan sistemleri bulmaya ve geliştirmeye yöneliktir.[1][2]

2. GÜNEŞ ENERJİSİYLE SOĞU ÜRETİMİ

Güneş enerjili soğutma sistemlerinin, gıdaların soğukta saklanması, buz üretimi ve konfor gibi çeşitli alanlarda kullanımı ise gelişme aşamasındadır. Bu sistemler yedi sınıfa ayrılmakla birlikte bunların içinde absorpsiyonlu soğutma sistemi düşük sıcaklık uygulamaları için en uygun olanıdır. Isıl enerjinin doğrudan soğutma etkisine dönüşümünü sağlaması, kapasite kontrolünün basitliği, teçhiz etme kolaylığı ve performans katsayısının yüksekliği güneş enerjisinin bir enerji kaynağı olarak kullanılması durumunda absorpsiyonlu soğutma sistemlerinin diğer soğutma sistemlerine göre avantajlı sayılmaktadır.

Absorpsiyonlu soğutma sistemlerinde, soğutucu akışkan ve absorban olmak üzere genellikle iki akışkan kullanılmaktadır. Son zamanlarda ozon tabakasının zarar görmesinden dolayı absorpsiyonlu soğutma sistemlerine olan ilgi artmıştır. Özellikle ev tipi gibi küçük sistemlerde hareketli hiçbir parçanın bulunmaması, kompresör yerine absorber-generatör çiftinin bulunup termik bir kompresör vazifesi görmesi bu sistemlerin en büyük avantajlarından biridir.

Güneş enerjisiyle soğutma özellikle de iklimlendirme, güneş enerjisinin en yüksek olduğu mevsimlerde gereksinim duyulan proseslerdendir. Güneş enerjisi ülkemizde de gerek potansiyel gerekse uygulama olarak daha çok sıcak su ısıtmada değerlendirilmektedir. Bu sistemlerin ısıtmanın yanında soğutmada yapabilecek şekilde geliştirilmeleri çevre ve enerji tasarrufunda önemli rol oynamaktadır.

Fosil yakıt kaynaklarının sınırlı, çevreye olumsuz etkilerinin söz konusu olması ve günden güne pahalılaşması nedeniyle güneş enerjisi en çok ilgi gören alternatif enerji kaynaklarından biri sayılmaktadır.

Absorpsiyonlu soğutma sistemlerinde akışkan çifti olarak absorbent ve soğutucu akışkan kullanılmaktadır. Soğutma sistemlerinde en uygun ve en çok kullanılan akışkan çifti $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$ ve $\text{H}_2\text{O-LiBr}$ 'dir.

Yirminci yüzyılın ilk yıllarında absorpsiyonlu soğutma sistemi oldukça rağbet görmüş ve çeşitli uygulama alanları bulunmuştur. Ancak klasik soğutma sistemleri ile soğutma daha ekonomik olduğu için 1930'lu yıllardan sonra uzun süre bu konuda fazla

Çalışma yapılmamıştır. Bunun nedeni ise bu yıllarda elektriğın ucuz olması ile değışik boyut ve kapasitedeki kompresörlerin kullanıma girmiş olmasıdır. Enerji krizinin başladığı 1970’li yıllarından sonra ise, güneş enerjili soğutma sistemleri üzerine çalışmalar yoğunlaşmıştır.

Güneş enerjili soğutma sistemleri aşağıdaki şekilde sınıflandırılır:

- Absorbsiyonlu sistem
- Rankine çevrimli mekanik buhar türbinli sistem
- Termoelektrik sistem
- Ejektörlü sistem
- Adsorbsiyonlu sistem
- Brayton çevrimli mekanik sistem
- Gece ışıınım etkili sistem

Bu soğutma çevrimlerinden mekanik buhar türbinli ve absorbsiyonlu sistem ekonomik olarak değıerlendirilebilecek düzeydedir. Termoelektrik soğutma sisteminde, kullanılan güneş enerjisi hücrelerin aşırı derecede pahalı olması nedeniyle bugün için kullanımı düşünölmemektedir. Ancak uzun ve ulaşım-sız yerlerde kullanımı yine de bir çözüm sayılmaktadır.

Ejektörlü soğutma sistemi ise ekonomik nedenler ve düşük buharlaştırıcı sıcaklıklarının sağlanmamasından dolayı değıerlerine göre daha az avantajlı olmaktadır.

Adsorbsiyonlu sistem, evaporatif soğutma ile bazı nem alma maddeleri tarafından hava neminin giderilmesi işleminde oluşmaktadır. Düşük sıcaklıkların elde edilememesi ve ekonomik olmaması nedeniyle çok sınırlı olarak klima uygulamaları için düşünölmektedir.

Brayton çevirimli mekanik sistem, ekonomik olmaması, düşük performans katsayısı ve sistem karmaşıklığı gibi dezavantajlar göstermektedir.

Gece ısıtım etkili sistemde, güneş enerjisi elamanları kullanılan bu sistemde soğutma, ısıtım ısı transferi yoluyla gece gökyüzüne enerji kaybedilmesi şeklinde oluşmaktadır. Bu sistem de düşük sıcaklıkların elde edilememesi ve uygun meteorolojik koşullar gerektirmesi sebebiyle özellikle gıdaların saklanması pek kullanışlı değildir.

Güneş enerjisi soğutmada kullanılabilecek bir kaynak olmasına karşılık bazı olumsuzluklar içermektedir. Bunlar

- En uygun koşullarda bile enerji şiddetinin 1000 watt/m^2 gibi düşük düzeyde olması,
- Sürekliliğin olmaması,
- Güneş ısını soğutmaya dönüştürme verimliliğin düşük olması,
- Geleneksel olarak sistemlere ek olarak toplayıcı sistem maliyeti ile toplam maliyetin artması,

Ancak güneş ısının bedava olması bir avantaj sağlamaktadır.[2][3]

2.1. GÜNEŞ ENERJİLİ ABSORBSİYONLU SOĞUTMA SİSTEMİ

2.1.1. Tek Etkili Sistem

Bu sistemin çalışma prensibi, bir soğutucu akışkanın, bir absorbent sıvısı içinde absorblanması biçimindedir. Bu prensibe göre çalışan sistemler, aynen soğuk buhar çevirimini gerçekleştirirler. Ancak, bunlarda buharın yüksek basınca getirilmesi, absorber ve ayırıcıdan oluşan bir termik kompresör ile sağlanır. Absorbsiyonlu sistemin esas kısımları, güneş enerjisi uygulamalı bir jeneratör, kondenser, genişleme valfi, evaporatör, absorber ve bir pompadır.

Bu sistemin çalışma prensibini şema üzerindeki noktalara verilen numaralardan yararlanarak aşağıdaki şekilde özetlemek mümkündür.

1 : Generatörden ayrılan zayıf eriyik ön ısıtıcıya geri gider. Zayıf eriyiğin çoğunluğunu absorbent madde teşkil etmektedir.

1-2 : Zayıf eriyik ön ısıtıcıda, jeneratörden aldığı enerjinin bir kısmını absorberden jeneratöre gitmekte olan zengin eriyiğe vererek onu ısıtır.

2-3 : Yüksek basınç hattında bulunan zayıf eriyik genişleme valfi ile basıncı düşürülerek düşük basınçta absorbere döner

3 : Absorbere gelen zayıf eriyik burada soğutucu akışkanla birleşerek zengin eriyiği meydana getirir ve dışarıya bir Q_{ab} ısısını verirler.

4-5 : Zengin eriyik bir pompa tarafından ön ısıtıcıya (ısı değiştiriciye) pompalanır.

5-6 : Zengin solüsyon ön ısıtıcıdan geçer ve bir miktar ısı alır.

Generatör : Zengin solüsyon yüksek basınç kısmı olan jeneratöre gelir. güneş enerjisiyle sağlanan Q_{gen} ısısı ile zengin solüsyon içindeki soğutucu akışkan absorbentten ayrılır.

.

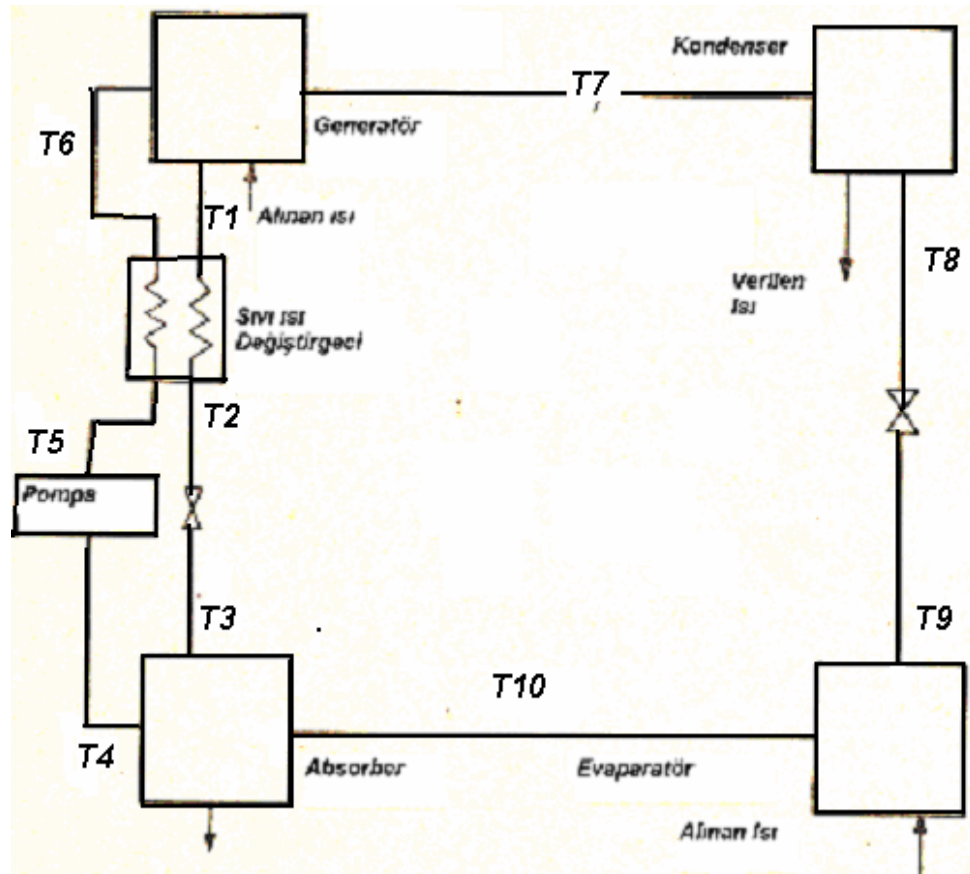
Generatör : Generatörde Q_{gen} ısısı verilerek zengin solüsyondan ayrılan soğutucu akışkan buharı kondensere gelerek burada sıvı hale geçer ve dışarıya Q_{kon} enerjisini verir

7-8 : Buhar halindeki soğutucu akışkan sıvı hala geçer.

8-9 :Yüksek basınç hattında bulunan sıvı haldeki soğutucu akışkanın basıncı düşürülerek evaporatöre gönderilir.

9-10 : Basıncı düşen soğutucu akışkan ortam ısısınıda alarak evaporatörde buhar haline geçer ve soğutma etkisini yaratır.

Absorber : Soğutucu akışkan buharı absorbere giderek burada zayıf eriyikle birleşip zengin eriyiği meydana getirir ve çevirim böylece devam eder.[4]



Şekil 2.1. Absorbsyonlu Soğutma Sisteminin Blok Diyagramı[5]

Absorbsyonlu soğutma çevriminin verimi:

$$\eta_c = \frac{\text{Evaporatörde elde edilen soğutma etkisi}}{\text{generatöre giren ısı}} \dots\dots\dots(2,2,1)$$

Evaporatörde çıkarılan ısı;

$$Q_E = m_{\text{soğ}}(h_9 - h_{10}) \dots\dots\dots(2,2,2)$$

Soğutkan akış debisi, evaporatördeki enerji denkleminde ;

$$m_{\text{soğ}} = \frac{Q_{\text{soğ}}}{h_9 - h_{10}} \dots\dots\dots(2,2,3)$$

Jeneratöre giren ısı;

$$Q_{\text{jen}} = m_{\text{soğ}} h_7 + m_{\text{ab}} h_1 - m_{\text{zen}} h_6 \dots\dots\dots(2,2,4)$$

h değerleri, akışkanın entalpi değerleridir.

Isı değiştirgecinde, fakir eriyikten zengin eriyiğe olan ısı transferi;

$$Q_{\text{değ}} = m_{\text{ab}}(h_1 - h_2) \dots\dots\dots(2,2,5)$$

$$\text{Ve } m_{\text{zen}} h_5 + m_{\text{ab}} h_1 = m_{\text{ab}} h_2 + m_{\text{zen}} h_6 \dots\dots\dots(2,2,6)$$

Kondenserde transfer edilen ısı;

$$Q_{\text{kon}} = m_{\text{soğ}} (h_7 - h_8) \dots\dots\dots(2,2,7)$$

Absorber’de transfer edilen ısı;

$$Q_{\text{ab}} = Q_{\text{evap}} + Q_{\text{jen}} - Q_{\text{kon}} \dots\dots\dots(2,2,8)$$

Burada:

m_{ab} : absorbent debisi (kg/h) ve $m_{\text{soğ}}$ soğutkan debisi (kg/h) ve m_{zen} zengin eriyiğin debisi (kg/h)

Kütle denge denklemleri(Su – LiBr);

$$m_6 = m_1 + m_7 \dots\dots\dots(2,2,9)$$

LiBr dengesi,

$$m_6 x_s = m_1 x_{\text{ab}} \dots\dots\dots(2,2,10)$$

burada; .

x_{ab} : Fakir eriyikteki LiBr konsantrasyonu (kg/kg) çözelti

x_s : Zengin eriyikteki LiBr konsantrasyonu (kg/kg) çözelti

$m_6 = m_1 + m_7$ olduğundan,

$$m_1 x_s + m_7 x_s = m_1 x_{\text{ab}} \dots\dots\dots(2,2,11)$$

kondensere giden akışkan, saf soğutkan olduğuna göre, m_7 ile $m_{\text{soğ}}$ aynıdır.

$$\frac{m_1}{m_7} = \frac{x_s}{x_{ab} - x_s} = \frac{m_{ab}}{m_{soğ}} \dots\dots\dots(2,2,12)$$

zengin eriyiğin debisi, soğutkan debisine oranı ise;

$$\frac{m_{zen}}{m_{soğ}} = \frac{m_{ab} - m_{soğ}}{m_{soğ}} \dots\dots\dots(2,2,13)$$

$$m_{zen} = m_{ab} + m_{soğ} \dots\dots\dots(2,2,14)$$

$$m_{ab} = \frac{m_{ab}}{m_{soğ}} \times m_{soğ} \dots\dots\dots(2,2,15)$$

Generatörden kondensere giden soğutkanın içinde eriten madde bulunmadığı, yani soğutkan saf olduğu kabul edilir. Dolayısıyla $X_7 = 1$ olur.

Çevrimin verimi;

$$\eta_\zeta = \frac{Q_E}{Q_J} = \frac{m_{soğ}(h_9 - h_{10})}{m_{soğ}h_7 + m_{ab}h_1 - m_{zen}h_6} \dots\dots\dots(2,2,16)$$

Sistemin genel verimi ise;

$$\eta_s = \frac{\text{Evaporatörde elde edilen soğutma etkisi}}{\text{kollektöre gelen güneş enerjisi}} = \frac{Q_E}{Q_G} \dots\dots\dots(2,2,17)$$

Kollektör verimi ise;

$$\eta_K = \frac{\text{Generatöre giren ısı}}{\text{kollektöre gelen güneş enerjisi}} = \frac{Q_J}{Q_G} \dots\dots\dots(2,2,18)$$

Bu durumda sistemin genel verimi;

$$\eta_s = \eta_\zeta \cdot \eta_K = \frac{Q_{evap}}{Q_G} \dots\dots\dots(2,2,19)$$

Absorbsiyonlu soğutma sistemlerinde absorber ve evaporator düşük basınç hattında, generatör ve kondenser ise yüksek basınç hattında bulunmaktadır.[6]. Absorbsiyonlu sistemlerde ısı enerjisi soğuk üretmek için direkt olarak kullanılmaktadır. Sistem içinde bir soğutucu akışkan ile bir absorbent vardır. Genel olarak absorbsiyon prensibi karşılıklı çözünürlüğü olan maddeler yüksek sıcaklıkta daha az, düşük sıcaklıkta ise daha fazla çözünür olmaktadır. Absorbsiyonlu soğutma sistemlerinde çeşitli soğutucu-absorben kombinasyonlar kullanılmaktadır bunlar:

Tablo 2.1. Absorbent ve Soğutucu Akışkan Çiftleri[3]

SOĞUTUCU AKIŞKAN	ABSORBENT
Amonyak	Kalsiyomklorür(CaCl_2)
Amonyak	Stronsiyum klorür
Amonyak	Heptanol
Amonyak	Trietanol amin
Amonyak	Gliserol
Amonyak	Silikon yağ
Amonyak	Lityum nitrat(LiNO_3)
Amonyak	Lityum bromid(LiBr_2)
Amonyak	Çinko bromid(ZnBr)
Amonyak	Sodyumtiosiyanat(NaSCN)
Amonyak	Lityumtiosyanat(LiSCN)
Amonyak	N Metil 2 pirrolidon(NMP)
Amonyak	Metil kaprolactan(MCL)
Amonyak	Dimeal metil fosfonat(DMMP)
Amonyak	Tetraetilen glikol dimetil eter(DMETEG)
Amonyak	Dimeal formamid (DMF)
Su	Lityum bromür (LiBr)
Metil amin	Su
Metil klorid	Tetraetil glikol
R 12	Dimetilasitamid
R 12	Siklohexanon
R 21	Dimetil etil ester
R 22	Dimetil formamid
R 22	Siklohexanon
R 22	Dimetil asit amid

Güneş enerjili absorpsiyonlu soğutma sistemlerinde en büyük sorun; soğutucu akışkan ve absorben çiftinin seçimidir. Absorpsiyon ünitesindeki işlemin karakteristiği ve çevrimin etkisi absorbene, soğutucuya ve bu ikilisinin karışımına bağlıdır. En önemli termofiziksel özellikler:

1. Soğutucunun buharlaşma ısısı yüksek olmalı
2. Solüsyon ısısı absorbenden enerji kaybının az olması için düşük olmalı
3. Soğutucu ve absorbanın buhar basıncı(Enerji sarfiyatını arttırmamak için düşük olmalı)
4. Absorben içindeki soğutucu akışkanın çözünübilirliği yüksek olmalı
5. Solüsyonun (Soğutucu Akışkan-Absorben) ısı kapasitesi yüksek olmalı
6. Solüsyonun viskozitesi düşük olmalı
7. Solüsyonun ısı iletkenliği iyi olmalı

Absorpsiyonlu soğutma sistemlerinde en çok istenen özellikler:

- Absorben madde katı faza geçmeyecek,
- Soğutucu akışkan absorbenden daha çabuk buharlaşmalı(kaynama noktaları arasındaki fark yüksek olmalı) böylece generatörde absorben daha önce buharlaşarak ayrılmalı,
- Absorbenin soğutucu akışkana göre kimyasal afinitesi düşük olmalı,
- Uzun çalışma periyotlarında stabilitesini muhafaza etmeli,
- Soğutucu akışkanın gizli ısısı yüksek olmalı ve böylece sirkülasyon hızı küçük tutulabilmeli.

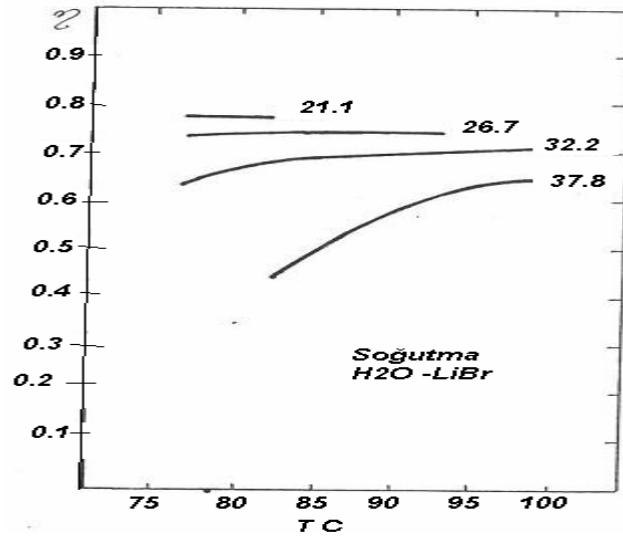
Absorpsiyonlu soğutma sistemlerinde yapılan çeşitli araştırmacılar tarafından, iş yapan akışkan ve absorbent çifti olarak,

$H_2O - LiBr$ (lityumbromid) ve Amonyak- su ($NH_3 - H_2O$) Su – LiBr birleşiminde, su soğutkandır. Suyun buharlaşma ısısı yüksektir, maliyeti düşüktür, kolay bulunur, zehirli değildir. Yalnız bu birleşimde, hidrojen, korozyon reaksiyonu üretir ve sistem basıncını artırır ki buda çevrimin verimini olumsuz etkiler. Bu çiftin kullanılmasında karşılaşılan ana problem kristalizasyondur. Fakat, bu sakınca, ancak çalışma sıcaklığı, dizayn sıcaklığında çok saparsa ortaya çıkar. Ayrıca su, generatörde, kolaylıkla LiBr den ayrılır ve bir arıtma cihazı gerektirmez.

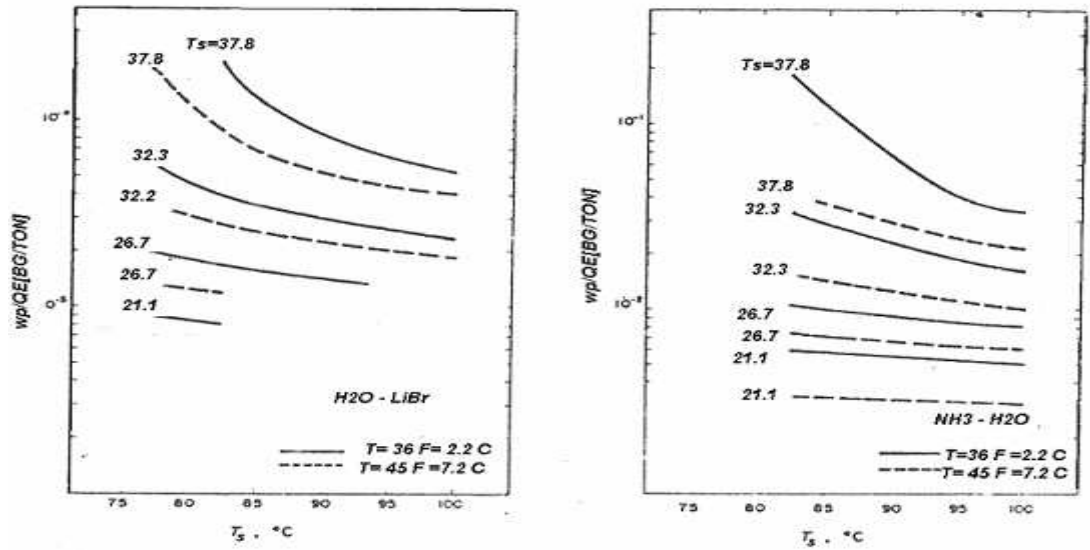
Amonyak – Su birleşimi, endüstriyel soğutmada başarıyla uygulanan en eski birleşimlerden biridir. Amonyak, yüksek dielektrik sabitine ve yüksek buharlaşma ısına sahiptir. Yalnız yanabilir ve zehirli olması, sistemde oluşacak herhangi bir sızıntıya karşı, dikkatli olmayı gerektirir. Su, uygun bir absorbenttir. Bu çiftin, tek sakıncası, generatörden sonra, bir arıtma cihazı gerektirmesidir. Çünkü, kaynama noktaları $133^0 C$ kadar farklı ise de, genellikle generatörden amonyakla birlikte bir miktar su buharlaşır.

Bu akışkanların arasında bir karşılaştırma yapmak amacıyla, G. Monsoori ve Vinod patel tarafından $2.2^0 C$ ve $7.2^0 C$ için yapılan çalışma ve çizdikleri grafiklerden yararlanılabilir. Bu çalışmada, düzlem güneş kolektörlerinden elde edilen kolektör sıcaklığının, $75^0 C$ tan $100^0 C$ a kadar, çevre sıcaklığının da $21^0 C$ tan $38^0 C$ a kadar değiştiği kabul edilmiştir.

Şekil 2.2 'de, soğutma yapılması durumunda, iki akışkan çifti için ayrı ayrı, çevrimin verimi incelenmiştir



Şekil 2.2. Farklı çevre sıcaklıklarında, soğutma için kollektör sıcaklığına göre absorpsiyonlu çevrimin verimi. [7]



Şekil 2.3. Soğutma ve iklimlendirme için, kollektör sıcaklığına karşılık, her bir ton soğutma için pompa işi [7]

Absorpsiyonlu soğutma sistemleri uygulama koşullarına göre ikiye ayrılmaktadır:

- a- Ev tipi
- b- Ticari tip

Çalışma durumlarına göre;

a- Sezonluk çalışan absorbsiyonlu soğutma sistemleri,

b- Sürekli çalışan absorbsiyonlu soğutma sistemleri,

Sürekli çalışan absorbsiyonlu soğutma sistemleri farklı buharlaşma düzeyleri için düzenlenen buharlaştırıcılara göre:

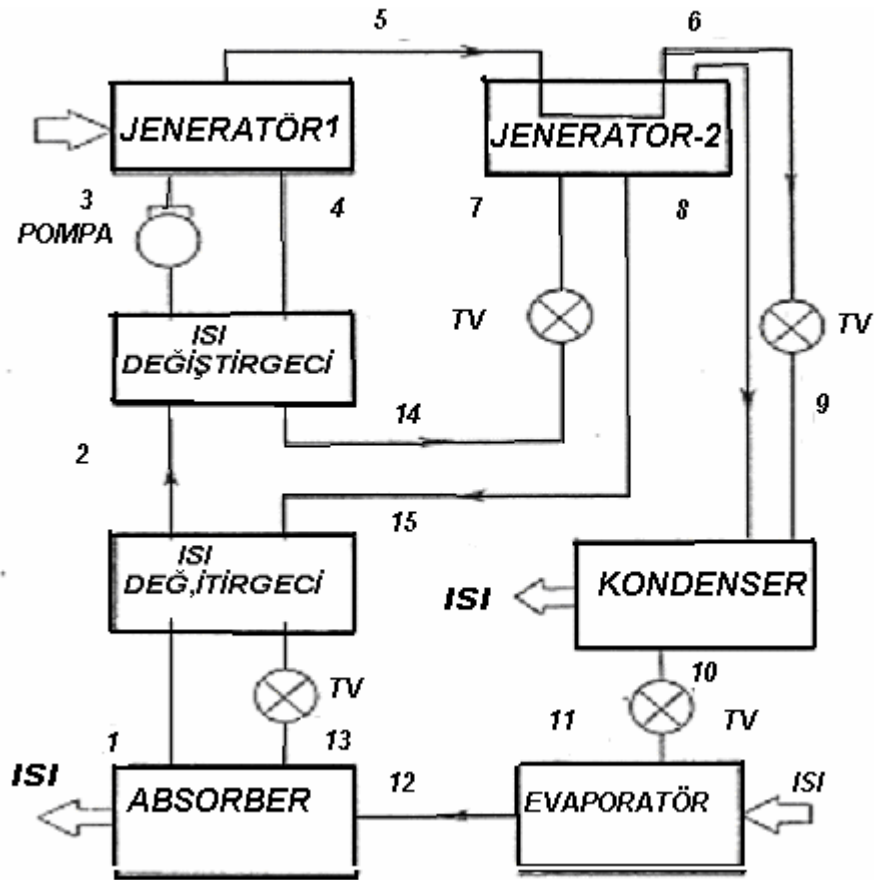
a- tek etkili

b- çift etkili

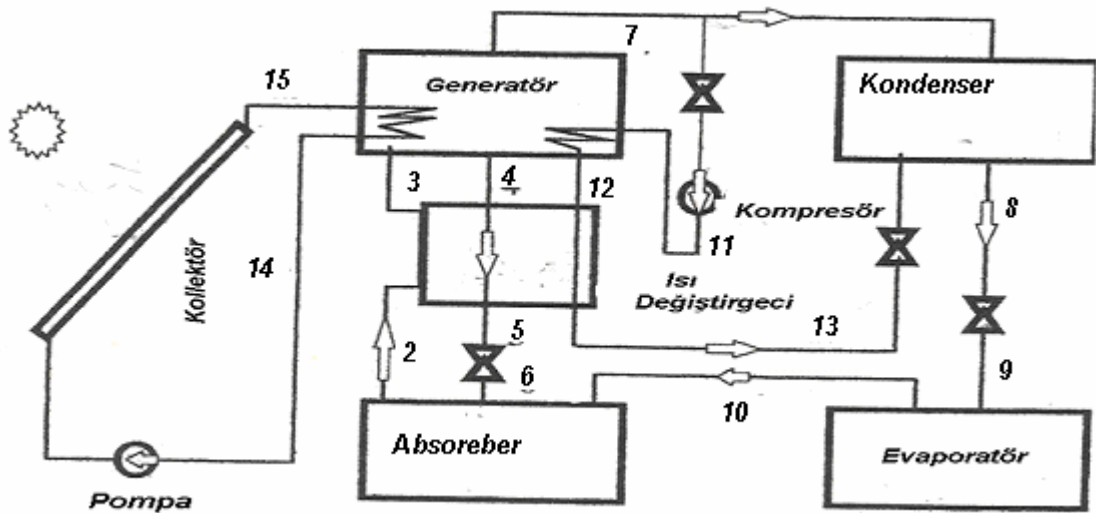
c- çok etkili

2.1.2. Çift Etkili Sistem

Verimi iyileştirmek amacı ile çift etkili sistem geliştirilmiştir. İki generatör ve iki ısı değiştiriciden oluşmaktadır. Ayrıca sistemin verimini diğer bir şekilde generetörden kondensere giden soğutkanın yoğunlaşan kısmını bir kopresör vasıtasıyla tekrar generetöre ve daha sonrada ısı değiştirgecine göndererek ve oradanda kondensere pompalanır. Şekil 2.4 'te görüldüğü gibi,

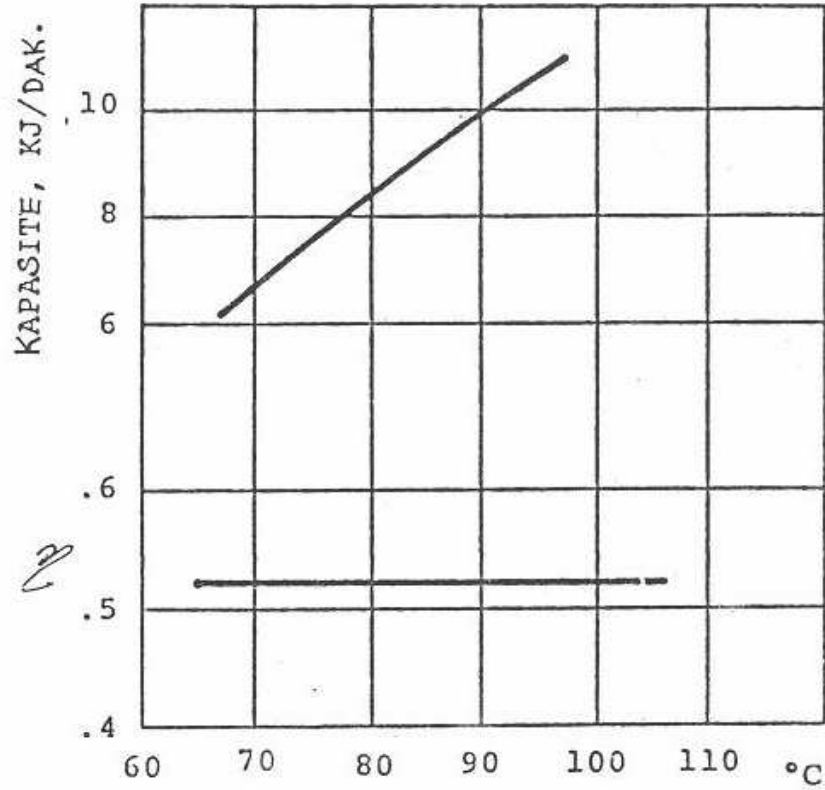


Şekil 2.4. İki kademeli absorpsiyonlu soğutma sisteminin blok diyagramı



şekil 2.5. kompresörlü absorpsiyonlu yeni çevirim [8]

Absorbsiyon çevriminin özelliği olan, güneş enerjisinin depolandığı akışkan sıcaklığındaki artışın, çevrimin verimini etkilememesi, fakat soğutma kapasitesini arttırmasıdır. Bu durum şekil 2.6 'da görülmektedir.



Şekil 2.6. Isıtıcı su sıcaklığının, sistem verimi ve kapasitesi üzerindeki etkisi. [7]

3 tondan 100 tona kadar olan soğutma yüklerinde absorbsiyonlu sistem, en uygun sistemdir.

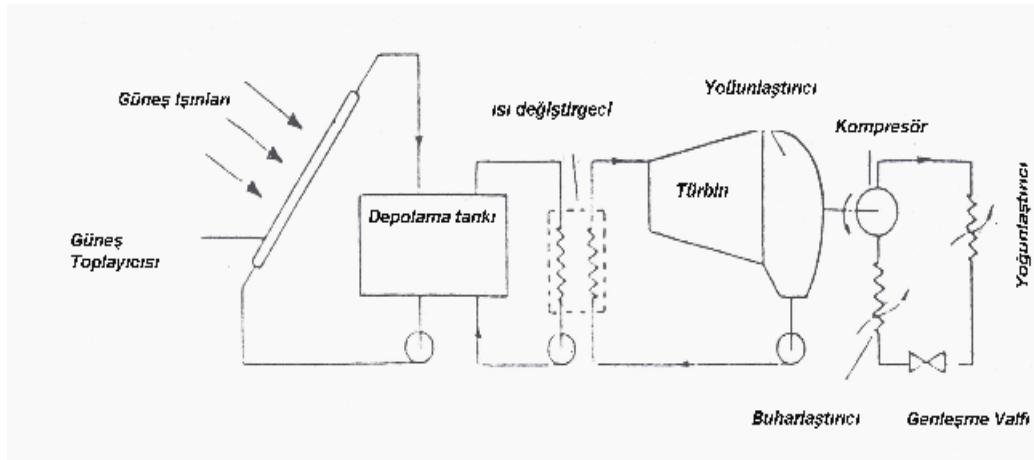
2.2. Güneş Enerjili, Buhar Türbinli Soğutma Sistemi (RANKINE Çevrimi).

Güneş enerjili Rankine çevrimi mekanik buhar sıkıştırırmalı bu sistem üç bölümden oluşmaktadır.

1. Güneş toplayıcısı ve depolama
2. Isı makinesi

3. Soğutma sistemi

Şekil 2.7 ‘de gösterilen sistemin çalışması sırasında toplayıcıda güneş enerjisi ile ısınan akışkan önce depo kısmında toplanmaktadır. Buradan ısı değiştirgecine geçmekte ve ısı makinesi kısmından gelen akışkana ısınıpı transfer ederek geri göndermektedir. Sistemde ısı makinesi ile soğutma sistemi bölümleri mekanik olarak birleşiktir. Isısı arttırılmış akışkan buhar türbinini çalıştırmakta ve elde edilen güç ile soğutma sistemi kompresörü harekete geçirmektedir. Çalışan kompresör ise soğutucu akışkan buharını sıkıştırmaktadır. Kompresör çıkışında yüksek basınçlı soğutucu buharı yoğunlaştırıcıya gelmekte ve sıvı hale geçmektedir. Buradan çıkan sıvı soğutucu akışkan genişleme valfında basıncı düşürüldükten sonra buharlaştırıcıda soğutulacak ortamdan ısı enerjisini alarak buhar haline geçmektedir.



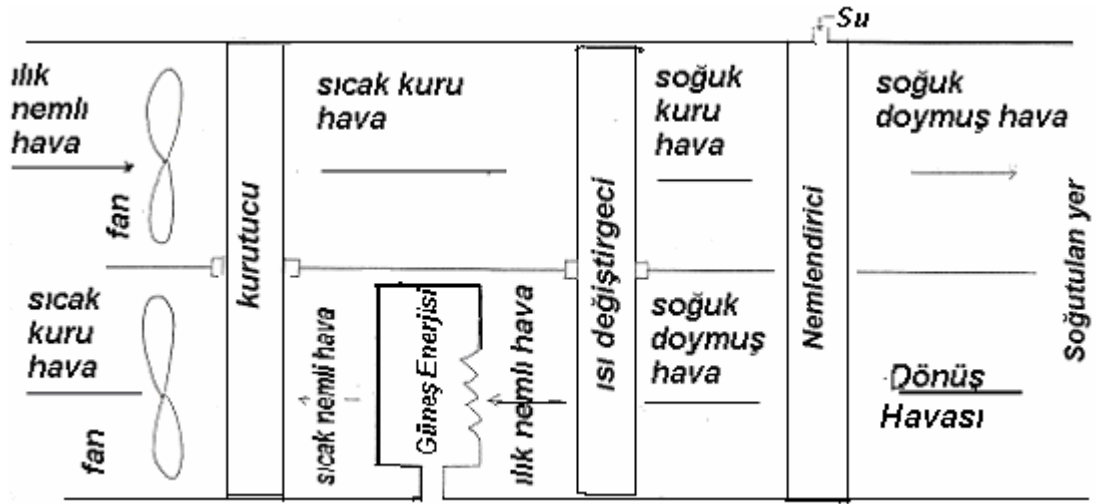
Şekil 2.7. Güneş enerjili mekanik buhar türbinli soğutma sistemi [2]

1974 yazında “Barber-Michols Engineering” şirketi örnek bir çalışma yürüterek 3 Ton soğutma (10.55 KW) kapasiteli güneş enerjisi kullan Rankine çevrimli mekanik buhar türbinli bir soğutma sistemi imal etmiştir.

2.3. Adsorbsiyonlu Soğutma Sistemi

Bu sistemin çalışma prensibi şöyledir;

Sistemde dolaşan havaya bir miktar su püskürtülür ve soğutulan yerden, ısı absorblayarak, bu suyun buharlaşması ile kuru termo metre sıcaklığı düşürülür. Nemlendirme ve soğutma toplam etkiyi oluşturur. Bu soğutma sistemi, şematik olarak şekil 8 de görülmektedir.



Şekil 2.8. Adsorbsiyonlu soğutma sistemi. [9]

Bu sistemde, hava, önce bir kurutucudan geçirilir. İçerdiği su buharı, kurutma materyalinde absorblenir.

3. GÜNEŞ ENERJİSİ

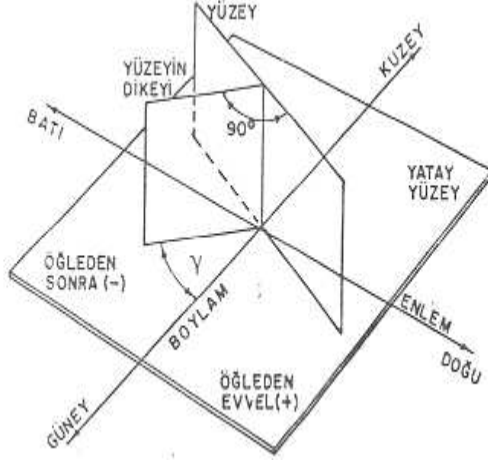
3.1. Güneşin Yapısı

Güneş 1.39×10^9 m çapında yoğun sıcak gazlar içeren bir küredir ve dünyadan ortalama 1.510×10^{11} m uzaklıktadır. Yüzey sıcaklığı 5777 K ,dir. Bu sıcaklık merkeze doğru 41×10^6 ile 8×10^6 K arasında değişim gösterir. Güneşten gelen radyan enerji çeşitli füzyon reaksiyonlarına uğramaktadır. Güneşteki yüksek sıcaklıktan dolayı elektronlar atom çekirdeklerine ayrılır. Bu sebeple, güneşte serbest elektron ve atom çekirdekleri bulunur. Dört hidrojen(Hidrojen atom ağırlığı

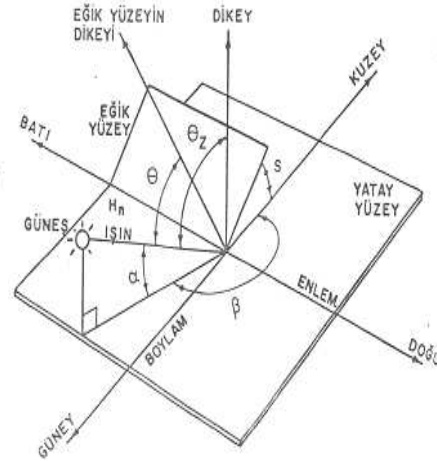
=1.008) çekirdeği birleşerek, bir helyum(Atom ağırlığı = 4.003) çekirdeği oluşturur.

Hidrojenlerin toplam ağırlığı ile helyum ağırlığı arasındaki fark kaybolan kütleyi ifade eder ve bu kütle enerjiye dönüşür. Bu enerji kısa ve uzun dalga boylarında ışınlar halinde dünyaya ulaşır.Güneşten dünyaya ışınlar 32° açı ile gelir.[10][11]

3.2. Güneş Açılarının Tarifi



Şekil 3.1. Yüzey azimut açısı [10]



Şekil 3.2. Güneş açıları [10]

α = yükseklik açısı. Güneş ışınımı ile yatay arasındaki açıdır.

$$\alpha = 90 - \theta_z \text{ güneş açıları} \dots\dots\dots(3,2,1)$$

β = Güneş azimut açısı. Güneş ışınlarının kuzeye göre, saat dönüş yönünde, sapmasının gösteren açıdır.

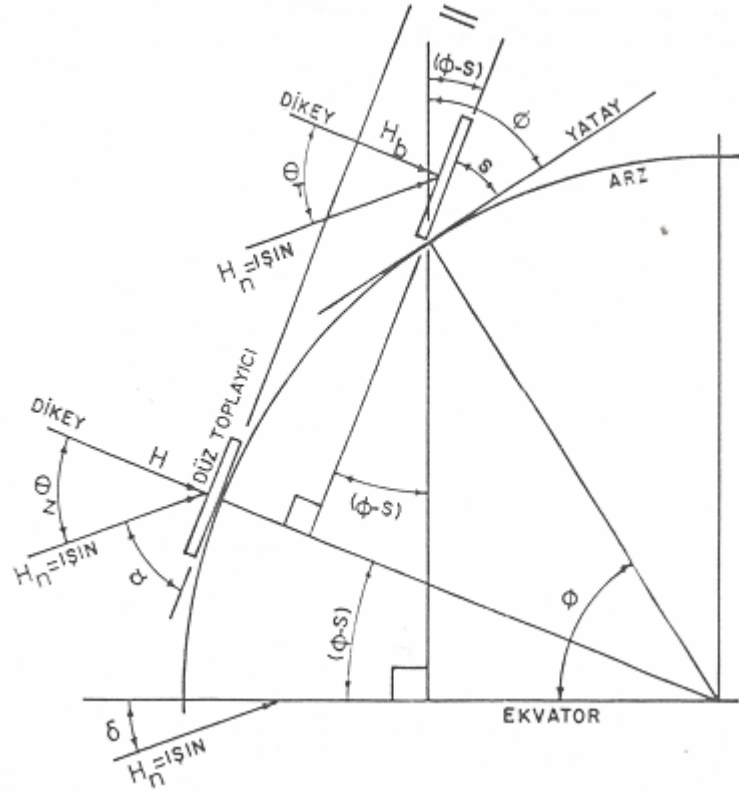
γ = Yüzey azimut açısı. Yüzeyin dikeyinin, yerel boylama göre, sapmasını gösteren açıdır. Güneye bakan yüzey için $\gamma = 0^\circ$ olur. Doğuya yönelen yüzeyde artı değer, batıya yönelen yüzeyde eksi değer alır.

δ = Deklinasyon açısı. Saat 12 de güneş ışını ile ekvator düzlemi arasındaki açıdır.

θ = Geliş açısı. Yüzeyin dikeyi ile ışın arasındaki açıdır.

θ_z = Zen it açısı. Işın ile yatay yüzeyin dikeyi arasındaki açıdır.

$$\theta_z = 90 - \alpha \text{ olur.} \dots\dots\dots(3,2,2)$$



Şekil 3.3. ϕ, S, δ, θ açılarının ilişkisi [10]

θ_T = Güneye bakan eğik yüzeyin dikey ile ışın arasındaki açıdır.

Φ = Enlem açısı. Kuzey yarım küresinde artı değer alır.

ω = Saat açısı. Saat 12 de $\omega = 0^0$ olur. Bir saat, 15^0 boylama eşittir. Öğleden sonra açı eksi değer, öğleden evvel açı artı değer alır.

S = Eğim açısı. Yüzey ile yatay arasındaki açıdır. Ekvatora yönelen yüzey için artı değer alır. Şekil 3.1, 3.2 ve 3.3 'te gösterilmiştir.

3.3. Atmosfer Dışı Güneş Işınımı

Atmosfer dışında güneş ışınlarına dik birim alana bütün dalga boylarında bir anda gelen güneş ışıının değeri dünya – güneş mesafesi değıştiğinden sabit değildir. Bunun için ortalama dünya – güneş uzaklığındaki güneş ışıını değerin kullanılması hesaplamalarda kolaylık sağlar. Bu değere güneş sabiti denir ve 1367 W/ m^2 dır.

Yeryüzüne gelen güneş ışıını, atmosfer dışına gelen güneş ışıını miktarına dayanılarak bulunur. Güneş sabitinin günlere göre düzeltme faktörü (f), n yıl içindeki gün sayısı (1 -365) olmak üzere:

$$f = 1 + 0.0033 \cos \left(360 \frac{n}{365} \right) \dots\dots\dots (3,3,1)$$

Şeklinde tanımlanır

Buna göre atmosfer dışında yatay yüzeye bir gün boyunca gelen güneş ışıını aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$H_0 = \frac{24 \times 3600 G_s}{\pi} \left(1 + 0.033 \cos 360 \frac{n}{365} \right) \times \left[(\cos \phi \cos \delta \sin \omega_s + \frac{\pi \omega_s}{180} \sin \phi \sin \delta) \right] \dots\dots\dots (3,3,2)$$

Burada:

$$G_s = 1367 \text{ W/ m}^2,$$

$$\omega_s : \text{güneş batış saat açısı } (\cos \omega_s = -\tan \phi \tan \delta) \dots\dots\dots (3,3,3)$$

ϕ : hesaplama yapılan yerin enlem derecesi,

δ : deklinasyon açısı.

$$\delta = 23.45 \sin \left(360 \frac{n + 284}{365} \right) \dots\dots\dots (3,3,4)$$

Aynı zamanda atmosfer dışında yatay yüzeye bir saat boyunca gelen güneş ışıını aşığıdaki şekilde hesaplanır.[10][11]

$$I_0 = \frac{12 \times 3600 G_s}{\pi} (1 + 0.033 \cos 360 \frac{n}{365}) \times [(\cos \phi \cos \delta (\sin \omega_2 - \sin \omega_1) + \frac{\pi(\omega_2 - \omega_1)}{180} \sin \phi \sin \delta)] \dots\dots\dots (3,3,5)$$

Burada ω_1 , ω_2 tanımlanan zaman aralığındaki saat açılarıdır ($\omega_2 > \omega_1$).

3.4. Yer Yüzüne Ulaşan Güneş Işınıını

Güneş ışıınıları dünyaya gelirken morötesi, gamma ve x ışıınıları ihtiva ederek ulaşır. Fakat dünya atmosferini geçerken zararlı olan bu ışıınıların çoğı yutulur. Atmosfer dışına gelen güneş ışıınıını atmosferi geçerken atmosferde bulunan paracıklar tarafından tutularak azalır. Kalan güneş ışıınıını atmosfer içindeki partikül ve havadaki moleküller vasıtasıyla yansımaya uğrar. Güneş ışıınıının bu kısmına difüz güneş ışıınıını, doğrudan yeryüzüne ulaşan kısmına da direkt güneş ışıınıını denir.

Güneş ışıınıının enerji yoğunluğu oldukça düşüktür. Güneşli bir yaz gününde optimum yöndeki 1 m² alana gelen enerji miktarı hemen, hemen 1 litre petrolün verebileceğı enerji miktarına eşittir. .[10][11]

3.5. Toplam Güneş Işınıının Hesaplanması

Yatay düzleme gelen toplam güneş ışıınıının ölçölmediğı bölgelerde. Ölçüm yapılan bölgelerin verileri yardımıyla türetilen eşitlikler kullanılabilir. Toplam güneş ışıınıını bağıntılarında; güneşlenme süresi, izafi nem, atmosferik basınç, sıcaklık, bulutluluk oranı gibi meteorolojik verilerin biri veya birkaçı kullanılır. En yaygın olarak kullanılan eşitlik aşığıda verilmektedir

$$\frac{H}{H_0} = a + b \frac{n}{N} \dots\dots\dots (3,5,1)$$

$$N = \left(\frac{2}{15} \right) \text{Arcos}(-\tan \phi \tan \delta) \dots\dots\dots(3,5,2)$$

Burada H, aylık ortalama günlük güneş ışıını, H₀ aylık ortalama atmosfer dışı güneş ışıını, ayrıca $\frac{H}{H_0}$ oranı bulutluluk indeksi, n, aylık ortalama güneşlenme süresi, N ise aylık ortalama gün uzunluğu olarak tanımlanır.

a ve b sabitleri güneş ışıını ve güneşlenme süresi ölçümlerine dayanılarak statiksel yöntemlerle belirlenmektedir. Sabitler bölgenin iklim durumu, topografik yapısı ve

Bitki örtüsüne bağlı olarak değişim göstermektedir. Burada kullanılan ölçüm değerlerinin,. Uzun yıllar ortalaması olması gereklidir. Örnek olarak; 1984 – 1992 yılları arasında Gebze- Kocaeli, de yapılan ölçümler sonucunda a ve b sabitleri aşağıdaki şekilde saptanmıştır:

$$a = 0.226 \quad \text{ve} \quad b = 0.418$$

Türkiye genelinde yapılan hesaplamalar sonucunda ise a = 0.18 , b= 0.62 olarak bulunmuştur.

3.6. Yatay Yüzeye Gelen Difüz Güneş Işıını

Güneş enerjisi uygulamalarında, özellikle sistem tasarımında, bilinmesi gereken en önemli parametrelerden biri yatay yüzeye gelen difüz güneş ışıınıdır. Türkiye genelinde uzun dönemli toplam güneş ışıını ölçümleri bulunmasına karşılık, difüz güneş ışıını ölçümleri yapılmamaktadır. Difüz güneş ışıını ise eğik yüzeye gelen güneş ışıınının hesaplanmasında kullanılmaktadır. Yatay yüzeye bir günde gelen toplam güneş ışıınının (H), atmosfer dışına bir günde gelen güneş ışıınına (H₀) oranı bulutluluk faktörü (K_T) olarak tanımlanır. Bu parametreler arasındaki ilişki aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

$$\frac{H_d}{H} = 1.390 - 4.027K_T + 5.531K_T^2 - 3.108K_T^3 \dots\dots\dots(3,6,1)$$

$$\frac{H_d}{H} = 1 - 1.13K_T \quad \dots\dots\dots(3,6,2)$$

$$\frac{H_d}{H} = 0.914 - 0.982K_T \quad \dots\dots\dots(3,6,3)$$

$$\frac{H_d}{H} = 0.840 - 0.620K_T \quad \dots\dots\dots(3,6,4)$$

$$\frac{H_d}{H} = 1.155 - 1.388K_T \quad \dots\dots\dots(3,6,5)$$

Eğik yüzeye gelen güneş ışınımının hesaplanmasında, difüz güneş ışınımı ile ilgili ölçüm değerleri bulunmadığında, yukarıda verilen korelasyonlar kullanılmaktadır. Bu korelasyonların rast gele kullanılması durumunda, hesaplanan difüz güneş ışınımının, ölçüm değerlerinden önemli sapmalar gösterdiği saptanmıştır. Bundan dolayı, bölgeye en yakın istasyondaki verilere dayanarak türetilmiş korelasyonlar kullanılmalıdır.

TÜBİTAK – M.A. M. Gebze`de 1984 -1992 yılları arasında yapılan ölçümlere dayanılarak aşağıdaki korelasyonlar çıkartılmıştır:

$$\frac{H_d}{H} = 0.703 - 0.414K_T - 0.428K_T^2 \quad \dots\dots\dots(3,6,6)$$

Veya

$$\frac{H_d}{H} = 0.665 - 0.567^n \quad \dots\dots\dots(3,6,7)$$

Ayrıca Gebze`de 1984 -1992 yılları arasında, saatlik toplam güneş ışınımı(I) difüz güneş ışınımı (I_d) verilerin değerlendirilmesi sonucunda aşağıdaki korelasyon çıkarılmıştır:

$$\frac{I_d}{I} = 0.788 - 0.802 K_T \quad (0.265 < K_T < 0,6) \text{ Aralığında, } \dots\dots\dots(3,6,8)$$

Burada k_T , saatlik bulutluluk faktörüdür. Yatay yüzeye bir saatte gelen toplam güneş ışıınının (I), atmosfer dışına bir saatte gelen güneş ışıınınına (I_0) oranı olarak tanımlanır. .[10][11]

3.7. Eğik Yüzeye Gelen Işıınınının Hesaplanması

Güneş enerjili sistemlerin dizaynında, eğimli yüzeye gelen güneş ışıınıını önekli bir parametredir. Bu parametrelerin hesaplanabilmesi için yatay yüzeye gelen toplam, difüz ve direkt güneş ışıınıını değerklerinin bilinmesi gereklidir.

Eğik yüzeye bir günde gelen güneş ışıınıını (H_T);

$$H_T = RH = Rk_T H_0 \quad \dots\dots\dots(3,7,1)$$

Burada R faktörü, eğik yüzeye gelen toplam güneş ışıınınının, yatay yüzeye gelen toplam güneş ışıınınına oranıdır. Liu ve Jordan tarafından difüz ve yansıyan güneş ışıınıını fonksiyonu olarak isotropik bir model geliştirerek R faktörü aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır.

$$R = \left(1 - \frac{H_d}{H}\right) R_b + \frac{H_d}{H} \frac{(1 + \cos S)}{2} + \rho \frac{(1 - \cos S)}{2} \quad \dots\dots\dots(3,7,2)$$

Yerin yansıtma oranı (ρ), bitki örtüsüne, topografik yapıya ve kar durumuna bağlı olarak değışir, ortalama 0.2 mertebesindedir. S İse eğik düzlemin eğimidir.

R_b faktörü ise yatay düzleme gelen direkt güneş ışıınınının, eğik düzleme gelen direkt güneş ışıınınına oranıdır ve güneşe dönük düzlemler için aşağıdaki şekilde tanımlanır.

$$R_b = \frac{\cos \delta \cos(\phi - S) \sin \omega_s' + \frac{\pi}{180} \omega_s' \sin(\phi - S) \sin \delta}{\cos \phi \cos \delta \sin \omega_s + \frac{\pi}{180} \omega_s \sin \phi \sin \delta} \quad \dots\dots\dots(3,7,3)$$

Burada;

$$\omega_s' = \min \left\{ \omega_s, \cos^{-1} (-\tan(\phi - S) \tan \delta) \right\} \quad \dots\dots\dots(3,7,4)$$

$$\omega_s = \cos^{-1}(-\tan \phi \tan \delta) \dots\dots\dots(3,7,5)$$

Olmaktadır.

Eğik yüzeye herhangi bir anda gelen toplam güneş ışıınının (I_T) hesaplanması için aşağıdaki yöntem izlenir:

$$I_T = R' I = R' k_T I_0 \dots\dots\dots(3,7,6)$$

Burada;

$$R' = (1 - \frac{I_d}{I}) R'_b + \frac{I_d}{I} \frac{(1 + \cos S)}{2} + \rho \frac{(1 - \cos S)}{2} \dots\dots\dots(3,7,7)$$

Olmaktadır. R'_b faktörü yatay düzleme bir anda gelen direkt güneş ışıınının, eğik düzleme bir anda gelen direkt güneş ışıınına oranıdır. Güneye dönük yüzeyler için aşağıdaki şekilde tanımlanır.

$$R'_b = \frac{\cos(\phi - S) \cos \delta \cos \omega + \sin \delta \sin(\phi - S)}{\cos \phi \cos \delta \cos \omega + \sin \phi \sin \delta} \dots\dots\dots(3,7,8)$$

4. GÜNEŞ ISITMA VE SOĞUTMA SİSTEMLERİNİN TASARIMINDAKİ İKLİMSEL PARAMETRELER

- Aktif ve pasif güneş enerjisi uygulamalarında, sistemin verimli kullanabilmesi, genel iklimsel koşullara ve güneş ışıınımı potansiyeline bağlıdır. İklimsel parametrelerin genel karakteristiklerinin belirlenmesinde, meteorolojik veriler veya istatistiksel eşitlikler yetersiz kalmaktadır. Planlanan sistemlerde bölgesel ölçümler ve aşağıdaki faktörler dikkete alınmalıdır:
- Topografya özellikleri(Vadiler, Dağlar, Ovalar)
- Büyük su alanları (Nehir, Göl, Deniz)ve orman alanları
- Uzun nehir boyunca sis profilinin artışı
- Vadilerin ve dağların eğimindeki rüzgârın değişimi
- Kırsal ve kentsel iklimler arasındaki rüzgâr hızı ve çevre sıcaklık farkları
- Büyük şehirler üzerindeki hava kirliliği

Güneş enerjisi uygulamalarında en önemli parametre şüphesiz güneş ışıının günlük ve mevsimsel değişimidir. Güneşin pozisyonunun değişimi nedeniyle yıl boyunca kolektör yüzeyine gelen ışıının belirlenmesi gerekmektedir. Diğer önemli parametre ise çevre sıcaklığının günlük ve mevsimsel değişimidir.

Güneş kolektöründeki ısı kayıpları, kolektör ile çevre sıcaklığı arasındaki sıcaklık farkının artışı ile fazlaşmaktadır. Güneş kolektörlerinin verimi, çevre sıcaklığı ile kolektörün çalışma sıcaklığı arasındaki farkın ve güneş ışıınının fonksiyonudur. Bölgenin rüzgâr hızı, güneş kolektörlerinin enerji dengesini de etkilemektedir. Örtüsüz güneş kolektörlerinde ve yetersiz izolasyon durumunda rüzgârdan dolayı iletimle ısı kaybı büyük olmaktadır.

4.1. Güneş Işınımı

Bir yüzeye gelen güneş ışınımı, güneşin pozisyonu ve coğrafik enlem derecesi, bulutluluk gibi faktörler nedeniyle, günden güne, yıldan yıla değişim gösterir. Yatay yüzeye gelen toplam güneş ışınımı, birinci derece coğrafik enlem derecesine bağlı olarak gün uzunluğu etkilemektedir. Dizayn edilecek sistem sadece yaz aylarında kullanılması düşünülüyorsa, kollektör eğim açısı; (Enlem – 25), sadece kış aylarında kullanılması düşünülüyorsa, (Enlem + 25), yıl boyunca kullanılacak ise (Enlem) derecesine eşit alınmalıdır.[10]

4.2. Çevre Sıcaklığı

Yıllık güneş ışınımının değişimi, yıllık çevre sıcaklığı profilini de etkilemektedir. Gün boyunca hava sıcaklığının değişimi, birinci derecede bulutlar yardımıyla belirlenir. Çevre sıcaklığı, güneş ışınımı gibi enlem derecesine bağlıdır. Aylık ortalama dış ortam sıcaklığının değişimi coğrafik alanlara göre değişir. Büyük su kütleleri, hava sıcaklığını düşürür. Deniz seviyesinden Yüksekliğin çevre sıcaklığının üzerinde önemli bir etkisi vardır. Genel bir kurala göre, deniz seviyesinden her 1000 m yükseklikte çevrenin sıcaklığında 6.5 K;lık bir düşüş olmaktadır. Ayrıca hava sıcaklığı, yöresel koşullara bağlı olmaktadır.

Tablo 4.1. İstanbul İçin Saatlik Dış Sıcaklık Değerleri[12]

2004	8	9	10	11	12	13	14	15
Mayıs	17,5	18,5	19,9	20,3	21,3	22,2	22,7	23,0
Haziran	22,6	25,0	25,9	26,3	26,9	27,0	27,2	28,0
Temmuz	22,3	23,2	23,4	24,3	25,2	24,7	25,1	24,7
Ağustos	22,7	25,9	27,2	28,5	28,7	28,8	29,4	29,5
Eylül	19,3	21,5	22,5	23,6	24,3	23,5	23,4	23,5

Sıcaklık ölçü birimi ⁰ C dir

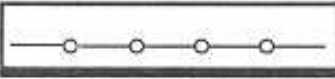
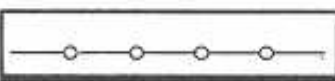
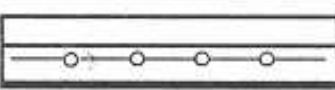
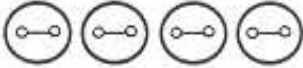
4.3. Rüzgâr

Bir yerin rüzgâr durumu, rüzgâr yönü ve hızı ile tanımlanır. Gün boyunca rüzgâr hızının değişimi, genellikle çevre sıcaklığı veya güneş ışıınının değişiminden daha azdır. Farklı yüksekliklerde rüzgâr hızı değişim göstermektedir. Bu değişime neden olan faktörler:

- Bölgenin topografyası, yapay rüzgâr kesiciler, yüzeydeki pürüzlülük (bitkiler)
- Sıcaklık ve basınç farkı

5. GÜNEŞ KOLLEKTÖRLERİ (TOPLAYICILARI)

Düz toplayıcı, güneş ışıınınını, yararlı enerjiye dönüştüren bir ısı eşanjörüdür. Uygulama alanlarına bağlı olarak farklı tiplerde geliştirilen güneş kollektörleri şekil 5.1 'de gösterilmiştir. Kollektörlerin çalışma sıcaklığı yükseldikçe, optik verim ve ısı kayıp katsayısında düşme gözlenmektedir.

Kollektör tipi		Verim (η_0)	U_{eff} W/m ² K	Kollektör çalışma sıcaklığı (°C)	Uygulama alanı
Basit yutucu yüzey		0.90	20	15-25	Yüzme havuzu
Düzlemsel güneş kollektörü		0.80	6	15-40	Sıcak su
Seçici yüzeyli düzlemsel güneş kollektörü		0.80	4	15-40	Sıcak su
Seçici yüzeyli, geçirgen filmli düzlemsel güneş kollektörü		0.75	3	15-40	Sıcak su
Seçici yüzeyli vakum tüplü kollektör		0.65	2	60-90	Yardımcı ısıtıcı
Vakum tüplü parabolik yansıtıcı kollektör		0.60	1	60-90	Yardımcı ısıtıcı
				100-200	Proses ısıtı

Şekil 5.1. Farklı kollektör tiplerinin uygulama alanları ve çalışma parametreleri [11]

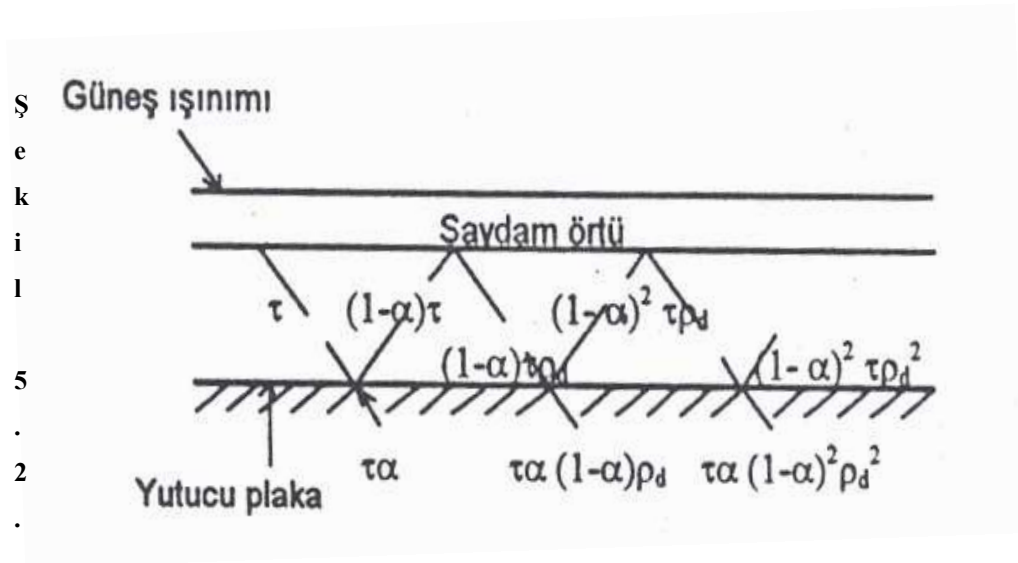
5.1. Optik Performans

Belirli bir dalga boyunda gelen ışınım için cismin yansıtma (ρ), yutma (α), ve geçirme(τ)dur.

$$\rho + \alpha + \tau = 1 \quad \dots\dots\dots (5,1,1)$$

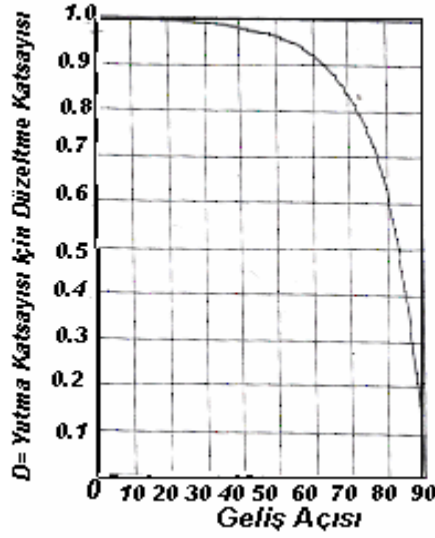
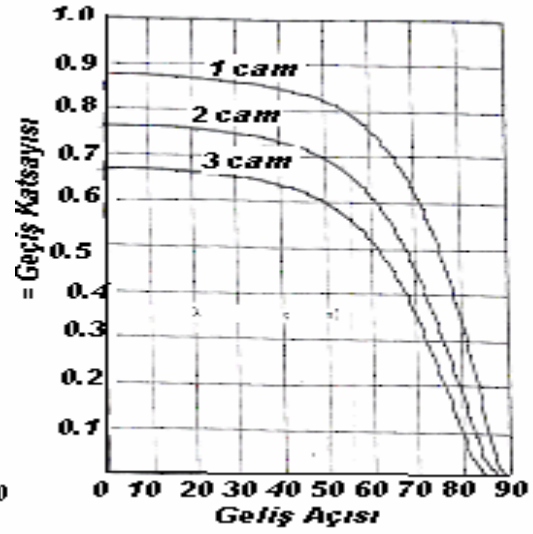
Yutucu yüzeye gelen güneş ışınımını büyük bir kısmı seçici yüzey tarafından yutulurken, bir kısmı yutucu yüzey ve örtü tarafından yansıtılır. Levha tarafından yutulan ışınım kesri;

$$(\tau \alpha) = \alpha \tau \sum_{n=0}^{\infty} [(1-\alpha)\rho_d]^n = \frac{\tau\alpha}{1-(1-\alpha)\rho_d} \text{ elde edilir.} \quad \dots\dots\dots (5,1,2)$$



Yutucu yüzey tarafından yutulan ışınım kesri [13]

Burada; $(\tau \alpha)$ değerine, kolektörün optik verimi veya yutma ve geçirme çarpımı denilmektedir. α Yutucu yüzeyin ışınım yutma oranı ve ρ_d ise saydam örtünün, yutucu yüzeyden yansıtılan ışınımı yansıtma oranıdır.

Şekil 5.3. θ ve D arasındaki ilişki [10]Şekil 5.4. θ ve τ arasındaki ilişki [10]

Seçici yüzey çalışmalarındaki temel amaç, kısa dalga boylu ışınımın tamamını yakınının yutulması, buna karşılık uzun dalga boylu ışınım yayıcılığının en aza indirilmesidir. Böylece plakanın sıcaklığı daha fazla arttırılarak, akışkana daha fazla ısı iletimi sağlanır. Seçici yüzeyler, sıcaklık yükselmesinde daha az ışınım yayarlar, dolayısıyla kollektör verimi yükselir.

Güneş kollektörlerinde, toplam enerji kazancını arttırmak iki yolla mümkündür.

- 3 μm ,den büyük dalga boylarında ışınımı yansıtan kaplamaya sahip bir cam örtü kullanılması.
- Isıl yayılımı düşük olan bir seçici yüzey kaplaması..

Seçici yüzey olarak siyah nikel, siyah krom, siyah bakır, siyah demir, kobalt oksit kullanılmaktadır.

Yutucu kaplamalar üç sınıfa ayrılır:

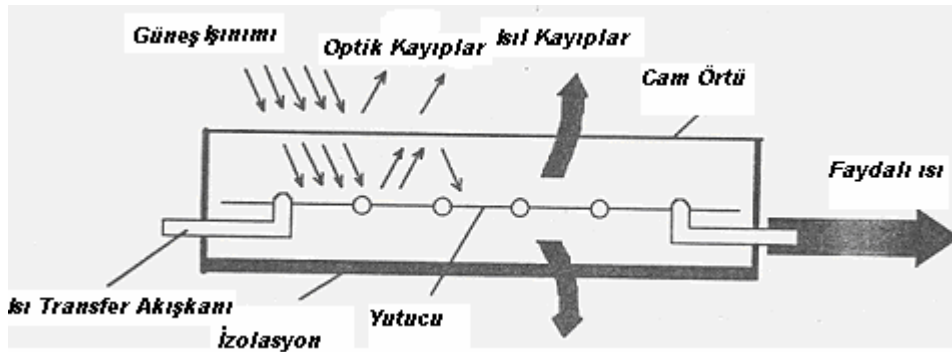
Seçici kaplamalar	$0 \leq \varepsilon \leq 0.2$	$\alpha > 0.9$
Yarı seçici kaplamalar	$0.2 \leq \varepsilon \leq 0.5$	$\alpha > 0.9$

Seçici olmayan kaplamalar $0,5 \leq \varepsilon \leq 1$ $\alpha > 0.9$

5.2. Güneş Kollektörlerinin Isıl Analizi

Kollektör yüzeyine gelen güneş ışınımının bir kısmı saydam örtüden yansır, bir kısmı yutulur ve geri kalan kısmı yutucu yüzeye ulaşır. Yutucu yüzeye gelen ışınımın, bir kısmı taşıyıcı akışkana geçerken, bir kısmı ise yüzeyde depolanır, geri kalan kısmı çevreye kaybolur.

kollektörlerde ısıl analiz yapılırken, güneş ışınımı şiddeti, çevre sıcaklığı, rüzgar hızı, kollektörün konstrüksiyonu, saydam örtü özellikleri, yutucu yüzeyin ışınımı yutma, yayma değeri, ısı iletim katsayısı, kalınlığı, yalıtım malzemesinin cinsi ve kalınlığı gibi özelliklere bağlıdır. Optik ve ısıl kayıplar birbirine zıt yönlerde değişmektedir. Cam örtü ısıl kayıpları azaltmasına karşılık optik kayıpları arttırmaktadır.



Şekil 5.5. Düzlemsel güneş kollektörlerinde optik ve ısıl kayıplar. [11]

Kollektörden elde edilen yararlı ısı;

$$Q_U = A_C F_R [H_T (\tau\alpha) - U_L (T_{F,i} - T_a)] \quad \dots\dots\dots (5,2,1)$$

Burada;

Q_U : yararlı ısı

A_C : kollektör alanı

H_T : toplam ışıınım değeri

$(\alpha \tau)$: optik verim

F_R :Eşanjor ısı verim katsayısı

U_L : toplam ısı kayıp katsayısı

$T_{F,i}$: toplayıcıya giren suyun sıcaklığı

T_a : dış hava sıcaklığı Veya

$$Q_u = A_C F_R [I - U_L (T_i - T_a)] \dots\dots\dots(5,2,2)$$

$$I = G_T \frac{\tau \alpha_p}{1 - (1 - \alpha_p) \rho_c} \dots\dots\dots(5,2,3)$$

Burada:

I : Kollektör yüzeyi tarafından yutulan güneş ışıınımı miktarı.

T_i :Akışkanın kollektöre giriş sıcaklığı.

τ : Camın güneş ışıınımını geçirme oranı.

α_p :Yutucu plakanın güneş ışıınımını yutma oranı.

ρ_c :Camın güneş ışıınımını yansıtma oranı. Bu değeri tek cam için 0.16, çift cam için 0.24 alınabilir.

5.3. Kollektörde Toplam Isı Kayıp Katsayısı U_L

Kollektörden çevreye olan ısı kaybı, kollektörün üst, alt ve yan yüzeylerden olur.

$$U_L = U_t + U_b + U_e \dots\dots\dots(5,3,1)$$

5.3.1. Üst ısı kayıp katsayısı

$U_t =$

$$\left\{ \frac{N}{\frac{C}{T_{pm}} \left[\frac{T_{pm} - T_a}{(N + f)} \right]^e} + \frac{1}{h_w} \right\}^{-1} + \frac{\sigma(T_{pm} + T_a)(T_{pm}^2 + T_a^2)}{(\varepsilon_p + 0.00591Nh_w)^{-1} + \frac{2N + f - 1 + 0.133\varepsilon_p}{\varepsilon_g}} - N \quad (5,3,1,1)$$

Burada;

N: cam örtü sayısı

$$F = (1 + 0.089h_w - 0.1166h_w \varepsilon_p)(1 + 0.07866 N) \quad \dots\dots\dots (5,3,1,2)$$

$C = 520(1 - 0.000051 S^2)$, $0^0 < S < 70^0$ ise $S = 70^0$ alınır.

$$e = 0.430 \left(1 - \frac{100}{T_{pm}} \right) \quad \dots\dots\dots (5,3,1,3)$$

β : kollektör eğim açısı

ε_g : camın yayma katsayısı

ε_p : yutucu plakanın yayma katsayısı

T_a : çevre sıcaklığı (k)

T_{pm} : ortalama yutucu plaka sıcaklığı(k)

$$h_w = 5,7 + 3,8 V_r \quad \dots\dots\dots (5,3,1,4)$$

V_r : rüzgâr hızı (m/sn)

σ : Stefan- Boltzman sabiti (5.67×10^{-8})

5.3.2. Alt ısı kayıp katsayısı (U_b)

$$U_b = \frac{k}{L_b} \dots\dots\dots(5,3,2,1)$$

Burada;

K : yalıtım malzemesinin ısı iletim katsayısı

L_b : Alt yalıtım malzemesinin kalınlığı

5.3.3. Yan ısı kayıp katsayısı(U_e)

$$U_e = \frac{kc h}{L_e} \left(\frac{1}{A_c} \right) \dots\dots\dots(5,3,3,1)$$

Burada;

C : kollektörün çevresi(m)

h : kollektörün yan kenar yüksekliği(m)

A_c : kollektör alanı(m²)

L_e : yan yalıtkan klanlığı(m)

5.4. Kollektör Kanat Verimi

Yutcu yüzey sıcaklığı, akışkanın toplayıcıya giriş sıcaklığına, kollektör yüzeyine gelen güneş ışınlamına, kollektör boyutlarına ve yutucu yüzeyde kullanılan malzeme özelliklerine bağlı olarak değişim gösterir. Akış yönünde ve akışa dik doğrultuda değişir.

$$F = \frac{\tanh\left[m\left(\frac{W-D}{2}\right)\right]}{\left[m\left(\frac{W-D}{2}\right)\right]} \dots\dots\dots(5,4,1)$$

Burada;

W : boru merkezleri arasındaki uzaklık(m)

D_i : boru iç çapı(m)

D : boru dış çapı(m)

δ : Levha kalınlığı(m)

$$m = \left(\frac{U_L}{k_p \delta_p} \right)^{1/2} \dots\dots\dots(5,4,2)$$

k_p : yutucu plakanın ısı iletkenlik katsayısı

δ_p : yutucu plakanın kalınlığı(m)

5.5. Kollektör Verim Faktörü

Kollektör verim faktörü, gerçek haldeki faydalı enerjinin, yutucu yüzeyin her noktasının akışkan sıcaklığında olması halindeki faydalı enerjiye oranıdır. Farklı şekilde dizayn edilmiş kollektör tipleri için verim faktörü ifadesi değişiklik gösterir. Bunlar:

Akışkan taşıyıcı boruların yutucu yüzeyin ortasında olduğu durum:

$$F' = \frac{1}{\frac{W.U_L}{\pi.D.h_f} + \frac{W}{D + (W - D).F}} \dots\dots\dots(5,5,1)$$

Akışkan taşıyıcı boruların yutucu yüzeyin üstünde olduğu durum:

$$F' = \frac{1}{\frac{W.U_L}{\pi.D.h_f} + \frac{D}{W} + \frac{1}{\frac{W.U_L}{C_b} + \frac{W}{(W - D).F}}} \dots\dots\dots(5,5,2)$$

Akışkan taşıyıcı boruların yutucu yüzeyin altında olduğu durum:

$$F' = \frac{1}{\frac{W.U_L}{\pi.D.h_f} + \frac{W.U_L}{C_b} + \frac{W}{D + (W - D).F}} \quad \dots\dots\dots(5,5,3)$$

Burada;

C_b : akışkan boru ile yutucu plakayı birleştirmek için kullanılan malzemenin ısı geçiş katsayısı.

Boru iç yüzeyindeki ısı taşınım katsayısı(h_f), akışın doğal ya da zorlanmış olmasına göre 100- 1500 W/m² arasında değişir. Sıvının akış rejimi Reynolds sayısı kriter alınarak belirlenir.

$$Re \leq 2300 \text{ ise} \quad N_u = 1.86 (Re P_r)^{1/3} (D/L)^{1/3} \quad \text{doğal akış}$$

$$Re > 2300 \text{ ise} \quad N_u = 0.027 (Re)^{0.8} (P_r)^{1/3} \quad \text{zorlanmış akış}$$

Burada;

$$Re = \frac{V.D}{\mu} \quad \dots\dots\dots(5,5,4)$$

$$V = \frac{m}{\rho \left(\frac{\pi.D^2}{4} \right)} \quad \dots\dots\dots(5,5,5)$$

$$P_r = \frac{C_p.\mu}{k} \quad \dots\dots\dots(5,5,6)$$

$$N_u = \frac{h_f.D_i}{k} \Rightarrow h_f = \frac{N_u.k}{D_i} \text{ olarak hesaplanır.} \quad \dots\dots\dots(5,5,7)$$

Güneş kollektörünün borularında dolaşan akışkanın debisi m (kg), hızı v (m/sn), viskozitesi (μ), yoğunluğu (ρ), özgül ısısı (C_p), ısıl iletkenlik (k) ile verilir.

Hesaplamalarda boru içindeki akışkanın ortalama sıcaklığındaki fiziksel değerler kullanılır.

5.6. Kollektör Isı Kazanç Faktörü (F_R) ve Akış Faktörü (F_F)

Kollektör ısı kazanç faktörü; kollektör tarafından toplanan faydalı enerjinin, yutucu yüzeyin her yerinin akışkanın giriş sıcaklığında olması durumundaki toplayacağı enerjiye oranı olarak tanımlanır.

$$F_R = \frac{mC_p}{A_c U_L} \left[1 - \exp\left(\frac{-A U_L F'}{mC_p}\right) \right] \dots\dots\dots(5,6,1)$$

Kollektör akış faktörü, kolektör ısı kazanç faktörünün, kollektör verim faktörüne oranı olarak tanımlanır.

$$F_F = \frac{F_R}{F'} = \frac{mC_p}{A_c U_L F'} \left[1 - \exp\left(\frac{-A_c U_L F'}{mC_p}\right) \right] \dots\dots\dots(5,6,2)$$

5.7. Akışkanın Kollektörden Çıkış Sıcaklığı (T_0)

Akışkanın giriş sıcaklığı ile çıkış sıcaklığı arasındaki fark, kollektör alanına, birim alana düşen güneş ışınlımına, akışkan debisine ve kollektörden oluşan ısı kayıplarına bağlı olarak değişmektedir. Aşağıda verilen eşitlikle hesaplanır:

$$T_0 = T_i + \frac{F_R A_c (S - U_L (T_i - T_a))}{mC_p} \dots\dots\dots(5,7,1)$$

$$s = G_T \left(\frac{\tau \alpha_p}{1 - (1 - \alpha_p) \rho_c} \right) \dots\dots\dots(5,7,2)$$

S : Kollektör yüzeyi tarafından yutulan güneş ışınlımı miktarı

5.8. Kollektör Anlık Verimi (η)

Düzlemsel güneş kollektörünün verimi, çalışma akışkanından elde edilen yararlı ısının kollektör üzerine gelen güneş ışınlımına oranı olarak tanımlanır.

$$\eta = \frac{Q_U}{A_C G_T} \dots\dots\dots(5,8,1)$$

Ve anlık verim;

$$\eta = \frac{Q_U}{G_T A_C} \text{ olarak hesaplanır.} \dots\dots\dots(5,8,2)$$

5.9. Kollektör Dizayn Esasları

1. Bir metre düz toplayıcı için su debisi 0.015 kg/sn. m² olmalıdır. En az 0.01kg/sn. m² olmalıdır.
2. Seçici yüzey kesinlikle kullanılmalı, $\varepsilon_p=0.1$ ve $\alpha_n=0.9$ mertebesinde tutulmalıdır.
3. İki cam kullanılmalıdır. Cam yünü kalınlığı 7 cm ve tercihen bundan daha fazla olmalıdır.
4. Sistemde pompa kullanılmalıdır.
5. Eğim açısı = enlem – 25⁰ , kuralı yaz aylarında uygulanmalıdır.
6. Eşanjör ısı verimi katsayısı, $F_R=0.9$ değerinden aşağı düşürülmemelidir.
7. Rüzgar hızının, İstanbulda, 3 m/s olarak kabul edilmesi yeterlidir.
8. Düz toplayıcıya giren suyun sıcaklığı 50⁰ c olarak seçilmesi yeterlidir. Duruma göre 40⁰ c veya 60⁰ c kullanılabilir. Bu uygulamada toplayıcıya giriş sıcaklığı 55⁰ c olarak alınmıştır.
9. Toplayıcı alanı $A_C=1 \text{ m}^2$, toplayıcı eşanjör konstrüksyonu, sac boru tam temas, boru çapı (D) =15 mm, boru eksen aralığı (W) = 150 mm, sac malzemesi, çelik ve kalınlığı (δ) = 1.5 mm ve ısı iletim katsayısı (k) = 50 kcal/mh⁰c, üst örtü (2 cam), alt örtü kalınlığı (L) = 100 mm cam yünü ve cam yününün ısı iletim katsayısı (k) = 0.035kcal/mh⁰c ve kollektör eğim açısı (s) =16⁰ ve güneye dönük, istanbulda

su giriş sıcaklığı 55°C , boru – sıvı arası ısı geçiş katsayısı $(h_{f,i}) = 1300$ kcal/m²h⁰ c.[10]

Sistem , maksimum ısı yüküne göre dizayn edilmelidir. Yapılan hesaplamalara göre ısı yükü Haziran ayında maksimum olmaktadır.

$Q_T = 25544490.02$ kJ/ ay = 22.889 KW = 6.509 ton soğu = 78120.57Btu/h gerekmektedir.

6. SOĞUTMA YÜKÜNÜN BAĞLI OLDUĞU PARAMETRELER

Muhtelif kazançların hangi saatlerde azami olduğu zamanın bilinmesi önemli bir konudur. Güneş ısı kazancı günün saatlerine göre büyük değişiklik arz eder. Güneş yükünün azami olduğu bir saati seçmek akla ilk gelen çaredir. Fakat diğer kazançların azami olduğu diğer bir saat daha ehemmiyetli olabilir. Genelde kaide olarak; muhtelif şekillerde vaki olan ısı kazançlarının toplamının azami olduğu saat, azami ısı kazanç hesabında esas olarak alınır. Soğutma yükü, bir yeri istenilen sıcaklıkta tutmak için, birim zamanda çıkarılması gereken ısı miktarıdır. Genellikle, istenilen en büyük soğutma miktarı esas alınarak hesaplanır. Soğutma yükü;

- İç ve dış bağıl nemlere,
- İç ve dış kuru termometre sıcaklıklarına,
- Güneş ışıınım değerlerine,
- Rüzgar hızına bağlıdır,

Soğutma yükünün hesaplanmasında göz önünde bulundurulması gerekenler:

- 1 Binanın karakteristiklerinin açıklanması,
2. İç ve dış yaş ve kuru termometre sıcaklıklarının belirtilmesi,

3. Güneş radyasyon yükü ve rüzgâr hızının belirtilmesi,
4. Bina soğutma yüküne uygun, camlardan, duvarlardan, çatıdan ısı transferinin belirlenmesi,
5. İç ve dış sızıntıların, duyulur ve gizli ısı kazançlarının, insan, ı ışık gibi değişik ısı kaynaklarının tespit edilmesi.[14]

6.1. Soğutma Yüklerinin Bulunması

- 1- Gölgesiz, veya kısmen gölgeli pencereler için yük;[15][16]

$$Q_p = A_p (F \cdot \tau_{d,p} \cdot I_d \cdot \frac{\cos i}{\sin \alpha} + \tau_{y,p} \cdot I_y + \tau_{ya,p} \cdot I_{ya} + k_p (T_{du} - T_{iç}))(KW) \dots\dots\dots(6.1.1)$$

- 2- Gölgeli pencereler için yük;

$$Q_p = A_p K_p (T_{dış} - T_{iç}) \dots\dots\dots(KW) \dots\dots\dots(6.1.2)$$

- 3- Gölgesiz duvarlar için yük;

$$Q_d = A_p \left[\alpha_d (I_{ya} + I_y + I_d \frac{\cos i}{\sin \alpha}) + K_d (T_{dış} - T_{iç}) \right] \dots\dots\dots(KW) \dots\dots\dots(6.1.3)$$

- 4- Gölgeli duvarlar için yük;

$$Q_d = A_d k_d (T_{dış} - T_{iç}) \dots\dots\dots(KW) \dots\dots\dots(6.1.4)$$

- 5- Çatı için yük;

$$Q_ç = A_ç \left[\alpha_ç (I_y + I_d \frac{\cos i}{\sin \alpha}) + K_ç (T_{du} - T_{iç}) \right] \dots\dots\dots(KW) \dots\dots\dots(6.1.5)$$

- İç ve dış sızıntı için yük;

$$Q_s = m_a (h_{dış} - h_{iç}) \dots\dots\dots(KW) \dots\dots\dots(6.1.6)$$

A_p : pencere alanı (m^2)

F : Gölge faktörü (gölgesiz ise $F= 1$, tamamen gölgeli ise $f = 0$)

$\tau_{Y,P}$: Direkt ışıınım için pencere geçirgenliği

$\tau_{Y,P}$: yaygın ışıınım için pencere geçirgenliği

$\tau_{Ya,P}$: yansıyan ışıınım için pencere geçirgenliği

I_d : yatay yüzeye gelen direk ışıınım (kJ / m^2)

I_Y : yatay yüzeye gelen yaygın ışıınım (kJ / m^2)

I_{Ya} : yatay yüzeye gelen yansıyan ışıınım (kJ / m^2)

K_P : pencere için ısı transfer katsayısı ($\text{kJ} / \text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C h}$)

$T_{dış}$: Dış sıcaklık ($^\circ\text{C}$)

$T_{iç}$: İç sıcaklık ($^\circ\text{C}$)

A_d : Duvar alanı (m^2)

α_d : Duvarın güneş absorbtansı

K_d : Duvar için ısı transfer katsayısı ($\text{kJ} / \text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C h}$)

α_φ : Çatının güneş absorbtansı

K_φ : Çatı için ısı transfer katsayısı ($\text{kJ} / \text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C h}$)

$\dot{I}$: Pencerelele, duvarlara ve çatıya güneş geliş açısı (Derece)

α : Güneş yükseklik açısı (Derece)

$h_{dış}, h_{iç}$: Dış ve iç hava entalpisi (kJ / kg)

m_a : Sızan kuru hava kütlesi (kg / h)

6.2. Çevre Sıcaklığının Bulunması

Çevre sıcaklığının gün doğuşu ve batışı arasındaki değişim,

$$T = T_{\text{ort}} + \frac{\Delta T}{2} \cos \left[\frac{180}{t_g} (Z - 14) \right] \dots\dots\dots (6,2,1)$$

Bağıntısından bulunabilir. Burada, Z güneş zamanı, t_g gün uzunluğu, T_{ort} günlük ortalama dış sıcaklık ve ΔT günlük ortalama maksimum ve minimum dış sıcaklık farkıdır.

Burada Türkiye için güneş zamanının bulunması;

$$GS = MS \pm 4(B_S - B_Y) + ZD \dots\dots\dots (6,2,2)$$

Burada, MS memleket saati, B_S ve B_Y sıra ile standart ve yerel boylam, ZD ise zaman düzeltmesidir. Eşitliğin sağ tarafındaki ikinci terimin işareti batı boylamları için (+) ve doğu boylamları için (-) dir. Bilindiği gibi Türkiye doğu boylamları içinde bulunmaktadır.

Sistemin kritik yaz ayları için düşünüldüğünde, bu aylar için ZD değerleri verilmektedir.

Türkiye saati için standart boylam 45^0 doğu boylamıdır. Buna göre zaman düzeltmesi

$$\text{dakika alınırsa: } GS = TS - \frac{4}{60}(45 - B_Y) + \frac{ZD}{60} \dots\dots\dots (6,2,3)$$

Ve İstanbul için B_Y değeri ($29^0 D$)

Tablo 6.1. Zaman Düzeltmesinin (ZD) Bazı Günler İçin Değerler (Dakika) [17]

Günler	1	5	9	13	17	21	25	29
Mayıs	2,83	3,28	3,58	3,73	3,73	3,57	3,27	2,85
Haziran	2,45	1,82	1,10	0,30	-0,55	--1,42	-2,28	-3,12
Temmuz	-3,52	-4,27	-4,93	-5,30	-5,95	-6,25	-6,40	-6,38
Ağustos	-6,28	-5,95	-5,55	-4,95	-4,20	-3,32	-2,30	-1,17
Eylül	-0,25	1,03	2,37	3,75	5,17	6,58	8,00	9,37

Tablo 6.2. İstanbul İli İçin Rasat Değerleri [17]

	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL
Çevre sıcaklığı(°C)	15,8	20,6	23,2	23,2	19,7
MAK-MİM. SIC.Farkı(°C)	8,8	9,8	10,3	10,1	9,2
Şebeke su sıcaklığı(°C)	15,4	19,2	21,9	22,9	22,4
Gün uzunluğu(saat/gün)	14,3	14,9	14,6	13,6	12,3
Yatay düzleme gelen Anlık tüm ışıınım(w/m ²)					
Saat 6 18	142	184	163	91	11
7 17	315	356	335	254	140
8 16	494	526	507	434	311
9 15	644	666	651	589	474
10 14	749	764	751	700	594
11 13	810	821	809	764	663
12	835	844	833	789	689

Tablo 6.3 İstanbulda Yatay Pozisyonda Toplam(Direkt +Difüz) Işınım Miktarı (kcal/cm².h)[10]

Aylar	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17
Mayıs	22	32.5	41.5	47.5	52	53	50	43.5	35	24.5
Haziran	26	36	45	51	55	55	52	47	39	2.5
Temmuz	25	35	44	50	54	54.5	52	48	40	30.5
Ağustos	20	29	36	43	48	50	47	43	35	24
Eylül	16	26.5	34	40	43	43	41	36	27	16

Tablo 6.4. Güneye Bakan Bir Kollektörün ve Eğim aAçısının 16⁰ Olduğuna Göre Güneş Geliş Açısının Değerleri

Saat	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	θ^0
8: 00	52,675	52,469	52,667	53,832	56,946	θ^0
9: 00	46,735	38,714	38,63	39,422	42,953	θ^0
10: 00	24,587	25,087	24,597	25,024	29,706	θ^0
11: 00	10,875	12,364	10,913	10,904	18,893	θ^0
12: 00	6,092	8,562	6,162	5,852	16,412	θ^0
13: 00	19,015	19,782	19,032	19,304	24,894	θ^0
14:00	33,006	33,228	33,009	33,656	37,518	θ^0
15:00	47,064	46,967	47,059	48,071	51,299	θ^0
16:00	61,063	60,703	61,050	62,456	65,493	θ^0
17:00	74,926	74,312	74,905	76,758	79,855	θ^0

Tablo 6.4 'deki bulunan değerler(6.2.4)den bulunmuştur.

$$\cos Q_T = \sin \delta \cos (\phi - S) + \cos \delta \cos (\phi - S) \cos \varpi \dots\dots\dots (6,2,4)$$

Ölçülen geliş açıları , Mayıs, Haziran , Temmuz, Ağustos ve Eylül ayları için aynı saatte değerlerin birbirine çok yakın olduğu bulunmuştur. Bundan dolayı her saat için 5 ayın ortalaması alınıp ($\bar{\theta}$) ne karşılık gelen , τ geçiş kasayısı ve D yutma katsayısı bulunarak optik vereim[$I_{TOP}(\tau\alpha)$] hesaplanır.

Tablo 6.5. Saatlere göre yutma geçirmre çarpanı ve güneş geliş açısı

8:00	$\bar{\theta} = 53,7178^0$	$\tau = 0,66$	D = 0,95	($\tau\alpha$) = 0,584
9:00	$\bar{\theta} = 41,2909^0$	$\tau = 0,73$	D = 0,96	($\tau\alpha$) = 0,652
10:00	$\bar{\theta} = 25,8002^0$	$\tau = 0,76$	D = 0,97	($\tau\alpha$) = 0,684
11:00	$\bar{\theta} = 12,78^0$	$\tau = 0,78$	D = 0,98	($\tau\alpha$) = 0,708
12:00	$\bar{\theta} = 8,616^0$	$\tau = 0,79$	D = 0,99	($\tau\alpha$) = 0,723
13:00	$\bar{\theta} = 20,405^0$	$\tau = 0,74$	D = 0,97	($\tau\alpha$) = 0,667
14:00	$\bar{\theta} = 34,0834^0$	$\tau = 0,73$	D = 0,97	($\tau\alpha$) = 0,658
15:00	$\bar{\theta} = 48,092^0$	$\tau = 0,71$	D = 0,96	($\tau\alpha$) = 0,671
16:00	$\bar{\theta} = 62,153^0$	$\tau = 0,48$	D = 0,92	($\tau\alpha$) = 0,414
17:00	$\bar{\theta} = 76,151^0$	$\tau = 0,2$	D = 0,73	($\tau\alpha$) = 0,174

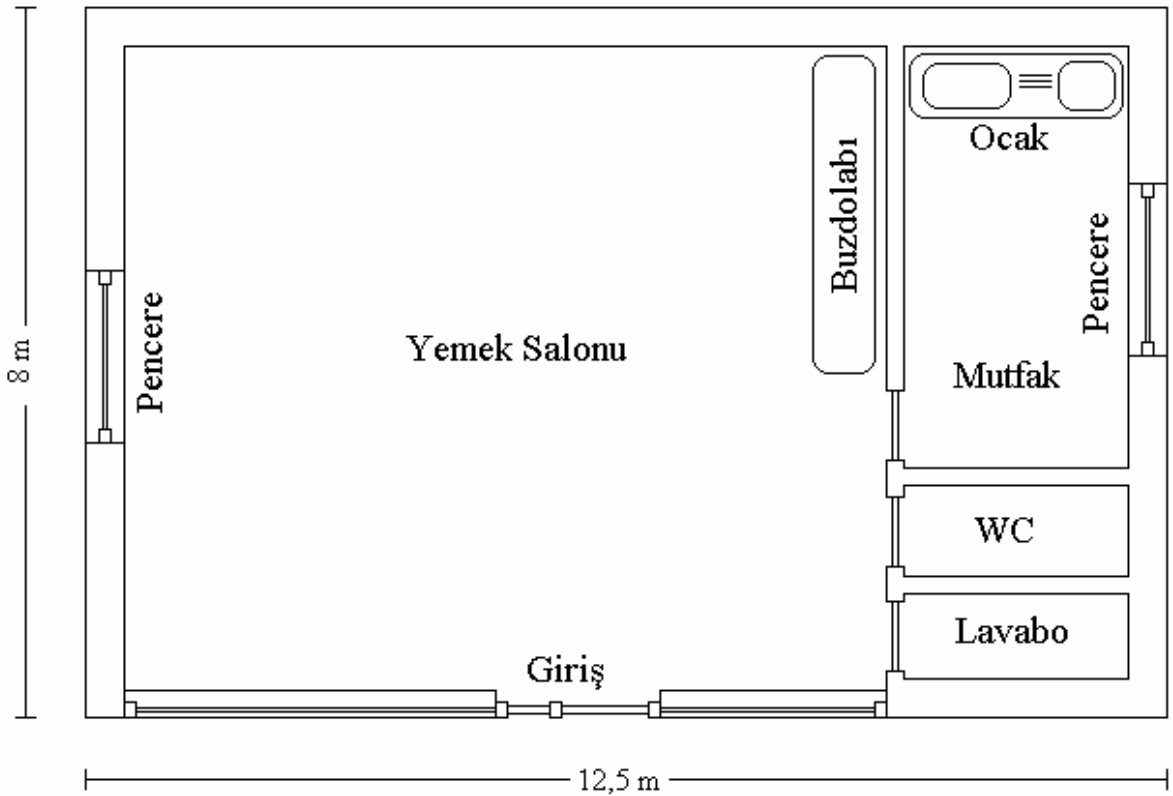
Tablo 6.5 ‘deki değerler şekil 5,3 ve 5,4 ‘ten alınmıştır.

6.3. İstanbul için Uygulama

İstanbul ili ile ilgili uygulama

Isı kazanç hesapları

iklimlendirilmesi düşünülen yer olarak, İstanbul'da, 75 kişi kapasiteli ve taban alanı 100 m^2 olan bir lokanta seçilmiştir. İklimlendirmenin Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül ayları için yapılması düşünülmüştür. Lokanta şema planı şekil 6.1'de görülmektedir.



Şekil 6.1. Lokanta şema planı

Lokanta ile ilgili özellikler:

Tek katlı ve tavan düzlemsel

Lokanta alanı = 100 m^2 , Tavan yüksekliği = 3 m

Dış ölçüler = 12.5×8 m

Doğu ve batı cepheleri 24 m^2 ve her cephede , pencere alanı 3.716 m^2 dir.

Kuzey cephesi, penceresizdir. Güney cephesi ise $3 \times 3 + 1.5 \times 9.5 = 23.25 \text{ m}^2$ duvar alanına sahip ve 14.25 m^2 camlı alana sahiptir ve kullanılan camın özellikleri;

Gölgelenme faktörü 0.2 alınırken güneş geçirgenliği ise,

$\tau_{direkt,P} = 0.60$ Direkt ışıınım için pencere geçirgenliği,

$\tau_{Yay,P} = 0,81$ yaygın ışıınım için pencere geçirgenliği,

$\tau_{Yan,P} = 0,60$ yansıyan ışıınım için pencere geçirgenliği,

Ve duvar güneş abzorbtansı (Beyaz =0.12) alınır.[18]

Duvar için ısı transfer katsayısı = $3.21374 \text{ kJ/m}^2 \text{ } ^\circ\text{ch}$

Tavan için ısı transfer katsayısı = $0.179851 \text{ kJ/m}^2 \text{ } ^\circ\text{ch}$

pencereler için ısı transfer katsayısı = $0.56 \text{ kJ/m}^2 \text{ } ^\circ\text{ch}$

Bina için ısı transfer katsayıları;

1. Dış duvar yalıtımlı(Beyaz boyalı);

Malzeme	kalınlık(m)	kalınlık($\lambda=\text{kcal/m } ^\circ\text{ch}$)
1.Dış sıva(kireç harçlı)	0.015 m	0.75
2.Heraklit	0.05 m	0.07
3.Beton	0.135 m	1.75
4.Hava tabakası	0025 m	0.19
5. Ahşap lamberi	0.02 m	0.12

$$\alpha_{iç} = 7 \text{ kcal} / \text{m}^2 \text{ } ^0 \text{ c h} \quad \text{ve} \quad \alpha_{du} = 20 \text{ kcal} / \text{m}^2 \text{ } ^0 \text{ c h}$$

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_{iç}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{\delta_5}{\lambda_5} + \frac{1}{\alpha_{du}} \quad \dots\dots\dots (6,3,1)$$

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{7} + \frac{0.015}{0.75} + \frac{0.05}{0.07} + \frac{0.135}{1.75} + \frac{0.025}{0.19} + \frac{0.02}{0.12} + \frac{1}{20} \quad \dots\dots\dots$$

$$\frac{1}{k} = 1.302531 \Rightarrow k = 0.767735 \text{ kcal} / \text{m}^2 \text{ } ^0 \text{ c h} = 3.2137 \text{ kJ} / \text{m}^2 \text{ } ^0 \text{ c h}$$

lokantanın toplam ısı kazancı

$$Q_{top} = Q_{pencereler}(\text{ gölgesiz ve gölgeli}) + Q_{duvar}(\text{ gölgesiz ve gölgeli}) + Q(\text{tavan}) + Q(\text{iç ısı kazançları}).$$

Ve bu uygulamada infiltrasyon kazançları göz ardı edilmiştir.

Haziranın 21.Gününde ve saat 12;de lokantanın toplam ısı kazancını hesaplayalım:

$$I_{şınım} \text{ değerleri, } I(\text{yansıyan}) = 12.13 \text{ kJ} / \text{hm}^2, \text{ ve } I(\text{Direkt}) = 1411.31 \text{ kJ} / \text{hm}^2, I(\text{Difuz}) = 890.99 \text{ kJ} / \text{hm}^2 \text{ bu verilere göre:}$$

1- Güney cephesi duvar ısı kazancı:

Deklem (6,1,3) den;

$$Q_d = 23.25 \left[0.12 (12.13 + 890.99 + 1411.31 \times \frac{\cos 17.025}{\sin 72.99}) + 3.21374 (28.7 - 22) \right] = 6957.56 \text{ kJ/h.}$$

2- Güney cephesi pencere ısı kazancı:

Deklem (6,1,1) den;

$$Q_p = 14.25 \left[0.6 \times 1411.31 \times \frac{\cos 17.025}{\sin 72.99} + 0.81 \times 890.99 + 0.6 \times 12.13 + 0.56 (28.7 - 22) \right] = 22507.16 \text{ kJ/h.}$$

3- Doğu,batı pencere ısı kazancı:

Deklem (6,1,1) den;

$$Q_p = 7.432 \left[0.2 \times 0.6 \times 1411.31 \times \frac{\cos 17.025}{\sin 72.99} + 0.81 \times 890.99 + 0.6 \times 12.13 + 0.56 (28.7 - 22) \right] = 6704.2 \text{ kJ/h.}$$

4-Doğu,batı duvar ısı kazancı:

Deklem (6,1,3) den;

$$Q_d = 40.568 \left[0.12 (12.13 + 890.99 + 1411.31 \times \frac{\cos 17.025}{\sin 72.99}) + 3.21374 (28.7 - 22) \right] = 12139.84 \text{ kJ/h.}$$

5-Kuzey duvar için ısı kazancı:

Deklem (6,1,4) den;

$$Q_d = 37.5 \times 3.21374 (28.7 - 22) = 807.45 \text{ kJ/h}$$

6- Çatı ısı kazancı:

Deklem (6,1,5) den;

$$6- Q_{\text{ç}} = 100 \left[0.12 (890.99 + 1411.31 \times \frac{\cos 17.025}{\sin 72.99}) + 0.179851 (28.7 - 22) \right] = 27747.93 \text{ kJ/h.}$$

Lokantanın dıştan olan toplam ısı kazancı = 76864.14 kJ/h olarak bulunur.

Lokantada mutfak kısmındaki iç duvarlardan olan ısı kazançları, dikkate alınmamıştır.

Aydınlatma ısı kazançları;

225 watt.lik aydınlatmanın, 12 saat çalıştığında;

$$Q(\text{Aydınlatma}) = 0,225 \text{ kw} \times 860 \text{ kcal/kwh} \times \text{h/gün}$$

$$= 2322 \text{ kcal/gün} = 9720 \text{ kj/gün.}$$

İnsanlardan ısı kazancı;

Lokantada maksimum 75 kişi bulunulacağını düşünürsek, ve 12 lokanta personeli çalışmaktadır.

26,5 °C da her insanın yaydığı ısı [19];

Oturan ve istirahat eden insan duyulur(57)ve gizli ısı (44)=101 kcal/h

Hafif işler yapan insanlar duyulur(57) ve gizli ısı (113) = 170 kcal/h

$$Q_{\text{oturan}} = 75 \times 101 = 7575 \text{ kcal/h} = 31708.95 \text{ kj/h}$$

$$Q_{\text{çalışan}} = 12 \times 170 = 2040 \text{ kcal/h} = 8539.44 \text{ kj/h}$$

$$Q_{\text{insan}} = 40248,39 \text{ kj/h (5 Saat tam kapasite)}$$

Ocaklardan ısı kazancı;

$$4 \text{ ağızlı ve fırınlı hava gazı ocağı} = 2500 \text{ kcal/h} = 10465 \text{ kj/h (8 saat günde)}$$

$$\text{sıcak sandviç cihazı} = 850 \text{ kcal/h} = 3558 \text{ kj/h (4Saat günde)}$$

$$Q_{\text{mutfak}} = 14023 \text{ kj/h olarak bulunur.}$$

Duvarlardan ve pencerelerden ısı kazancını hesaplariken, iç sıcaklığın 22° C ta tutulacağı kabul edilmiştir.

Lokantanın toplam ısı kazancı;

Dıştan olan kazançlar:

$$Q(\text{Mayıs}) = 529007.69 \text{ kj / gün} \times 30 = 15870230.7 \text{ kj/ ay}$$

$$Q(\text{Haziran}) = 606435.92 \text{ kj/.gün} \times 31 = 18799513.52 \text{ kj/ ay}$$

$$Q(\text{Temmuz}) = 576415.57 \text{ kj/ gün} \times 30 = 1729247.1 \text{ kj/ .ay}$$

$$Q(\text{Ağustos}) = 453435.17 \text{ kj/ gün} \times 31 = 14056490.27 \text{ kj/ ay}$$

$$Q(\text{Eylül}) = 233423.09 \text{ kj/ gün} \times 30 = 7002692.7 \text{ kj/ ay}$$

İçten olan kazançlar:

$$\text{Aydınlatma} = 29160 \text{ kj/ay}$$

$$\text{Sandviç makinesi} = 426960 \text{ kj/ay}$$

$$\text{İnsanlar} = 6037258.5 \text{ kj/ay}$$

$$\text{Ocak} = 251600 \text{ kj/ay}$$

$$\text{Toplam kazanç(Haziran'da)} = \text{iç} + \text{dış} = 6744978.5 + 18799513.52 =$$

$$25544490.02 \text{ kj/ay}$$

Aylara göre toplam ısı kazancı:

$$\text{Mayıs} = 22615209.2 \text{ kj/ay}$$

$$\text{Haziran} = 25544492.02 \text{ kj/ay}$$

$$\text{Temmuz} = 24037445.6 \text{ kj/ay}$$

$$\text{Ağustos} = 20801468.77 \text{ kj/ay}$$

$$\text{Eylül} = 13747671.2 \text{ kj/ay} \text{ olarak bulunur.}$$

6.3.1. Atmosfer Dışı Güneş Işınımı Hesabı

Haziran Ayının 21. Günü için ve saat 11-12 arası atmosfer dışı güneş ışınlımı hesabı içi öncelikle deklinasyon açısının bulunması gerekir.

İstanbul için $\phi = 40.45^0$ ve $G_s = 1367$

Haziran 21. Günü sene içinde gün sayısı olarak 171 r'e denk gelmektedir.

Denklem (3,3,4) den;

$$\delta = 23.45 \sin \left(360 \frac{n + 284}{365} \right)$$

$$\delta = 23.45 \sin \left(360 \frac{171 + 284}{365} \right) = 23.444 \text{ olarak bulunur.}$$

Denklem (3,3,5) den;

$$I_0 = \frac{12 \times 3600 G_s}{\pi} \left(1 + 0.033 \cos 360 \frac{n}{365} \right) \times [(\cos \phi \cos \delta (\sin \omega_2 - \sin \omega_1) + \frac{\pi(\omega_2 - \omega_1)}{180} \sin \phi \sin \delta)]$$

Burada; ω_1, ω_2 güneş açıları değerleridir.

$$\omega_1 = 15 (h-12) = 15(11-12) = -15^0 \text{ ve } \omega_2 = 15(h-12) = 15(12-12) = 0^0 \text{ olarak bulunur}$$

Denklemde yerine koyarsak;

$$I_0 = \frac{12 \times 3600 \times 1367}{\pi} \left(1 + 0.033 \cos 360 \frac{171}{365} \right) \times [(\cos 40.45 \cos 23.444 (\sin 0 - \sin -15) + \frac{\pi(0 - (-15))}{180} \sin 40.45 \sin 23.444)] = 4515889.32 \text{ j/h} = 4515.9 \text{ kj/ h olarak}$$

bulunur. Diğer aylar ve saatler için bilgisayar programıyla hesaplanıp tablo 9.1 gösterilmiştir.

6.3.2 Yatay Yüzeye Gelen Saatlik Difüz Hesabı

denklem (3,6,8) den;

$$\frac{I_d}{I} = 0.788 - 0.802 K_T$$

ve burada

I_d = difüz miktarı

I = yatay yüzeye gelen toplam ışınlım

Tablo 6.3'den toplam ışınlım $55 \text{ kcal/h} = \frac{55 \times 10^{-3} \times 4.186}{10^{-4}} = 2302.3 \text{ kJ/h.m}^2$ bulunur

$$K_T = \frac{2302.3}{4515.9} = 0.5$$

$$\frac{I_d}{2302.3} = 0.788 - 0.802 (0.5) \Rightarrow I_d = 890.99 \text{ kJ/m}^2\text{h}$$

$I(\text{Direkt}) = 2302.3 - 890.99 = 1411.31 \text{ kJ/m}^2\text{h}$ olarak bulunur. $\rho = 0.2$ (yerin yansıtma değeri) , $S = 16^\circ$ (kollektör eğim açısı)

$$\text{Eğik yüzeye gelen yansıyan ışınlım} = (I_d + I) \left(\frac{1 - \cos S}{2} \right) \rho$$

Yansıyan ışınlım değeri= $8.9 \text{ kJ/m}^2\text{h}$

Not : Bilgisayar programıyla elde edilen sonuçlar ile uygulama sonuçları arasındaki basit fark hassasiyet farkından dolayıdır. Örneğin $k_T = 0.5098$ alındığında $I_{\text{difüz}} = 872.89 \text{ kJ/m}^2\text{h}$ ve $I_{\text{direkt}} = 1429.4 \text{ kJ/m}^2\text{h}$ olarak bulunur. Ancak programda 2 hassasiyet alındığından dolayı ($k_T = 0.50$) sonuçlar sırasıyla $890.99 \text{ kJ/m}^2\text{h}$, $1411.31 \text{ kJ/m}^2\text{h}$ olarak bulunur.

7. ABSORBSİYONLU SİSTEMİN DİZAYN ESASLARI

1-Makine 6.509 ton soğu temin edecektir.

2- Evaporatör sıcaklığı 7.5°C , absorber çıkış sıcaklığı 28°C ve kondenser sıcaklığı 35°C olacaktır.

3- Isı değiştirgecinde minimum Sıcaklık farkı 5°C olmalıdır.

4- Jeneratör, düzlem kolektörle ısıtılacak ve suyun buharlaşması için 82.22°C tta olmalıdır.

5- Evaporatör basıncı 1.072 kpa, kondenser basıncı 5.629 kpa olacaktır.

6- Bütün sistemdeki basınç azalmaları ihmal edilecektir.

7- Evaporatör. ve kondenser basınçları, suyun buharlaşma basıncına eşittir.

8- Absorbant ve soğutkan karışımı için entalpi değerler şekil 7.1 'den okunacaktır. Ayrıca 7.10 noktalarındaki entalpiler $h = 2463 + 1.89 t$ 'den hesaplanacaktır. Ve burada $t (^{\circ}\text{C})$ olarak alınır.

Kütle denge denklemleri;

$$\text{Denklem (2,2,12) den: } \frac{m_{ab}}{m_{soğ}} = \frac{0.56}{0.60 - 0.56} = 14$$

$$\text{Denklem (2,2,13) den : } \frac{m_{zen}}{m_{soğ}} = \frac{m_{ab} + m_{soğ}}{m_{soğ}} = 14 + 1 = 15$$

Enerji denge denklemleri;

Isı değiştirgecinde;

$$\begin{aligned} \text{Denklem (2,2,6) dan: } h_6 &= h_5 + \left(\frac{m_{ab}}{m_{zen}} (h_1 - h_2) \right) = -169.416 + \left(\frac{14}{15} (-74.4256 + \right. \\ &\left. 158.1544) \right) = -91.269 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Şekil 7.1 ‘den generetöre giriş sıcaklığı 55 °c bulunur.

$$Q_{\text{soğutucu}} = 6.509 \text{ ton soğu} = 82392.26 \text{ kJ/h}$$

$$\text{Denklem (2,2,3) den: } m_{\text{soğ}} = \frac{q_{\text{soğ}}}{h_{10} - h_9} = \frac{82392.26}{2477.175 - 162.806} = 35.6 \text{ kg/h} =$$

$$0.009 \text{ kg/sn}$$

Absorbent debisi;

$$m_{\text{ab}} = \frac{m_{\text{ab}}}{m_{\text{soğ}}} \times m_{\text{soğ}} = 14 \times 35.6 = 498.4 \text{ kg/h} = 0.138 \text{ kg/sn}$$

Zengin eriyiğin debisi;

$$m_{\text{zen}} = m_{\text{ab}} + m_{\text{soğ}} = 498.4 + 35.6 = 534 \text{ kg/h} = 0.1483 \text{ kg/sn}$$

generetöede depolanması gereken ısı;

$$\text{Denklem (2,2,4) den: } q_{\text{jen}} = m_{\text{soğ}}h_7 + m_{\text{ab}}h_1 - m_{\text{zen}}h_6$$

$$= 35.6 \times 2618.3999 + (498.4 \times (-74.4256)) - 498.4 \times (-91.26912) = 117714.283 \text{ kJ/h}$$

Isı değiştirgecinde fakir eriyikten zengin eriyiğe olan ısı transferi;

$$\text{Denklem (2,2,5) den: } q = m_{\text{ab}}(h_1 - h_2) = 498.4 (-74.4256 + 158.1544) = 41730.43 \text{ kJ/h}$$

Kondenserden dışarıya atılan ısı;

$$\text{Denklem (2,2,7) den } Q_{\text{kon}} = m_{\text{soğ}}(h_7 - h_8) = 35.6 (2618.3999 - 162.806) = 87419.14 \text{ kJ/h}$$

Absorberde dışarıya atılan ısı;

Termodinamiğin birinci yasasına göre sisteme toplam giren = toplam atılan

Deklem (2,2,8) den; $q_{ab} = -q_{kon} + q_{jen} + q_{soğ} = 87419.14 - 117714.283 - 82392.26 = -112687.4$ kJ/h

Sistemin verimi, Denklem (2,2,19) den;

Aylara göre sistemin genel verimi;

$$\text{Mayıs: } \eta_{ge} = \eta_{kollektör} \times \eta_{çsis} = 0.507 \times 0.7857 = 0.398$$

$$\text{Haziran : } \eta_{ge} = \eta_{kollektör} \times \eta_{çsis} = 0.5216 \times 0.7857 = 0.40$$

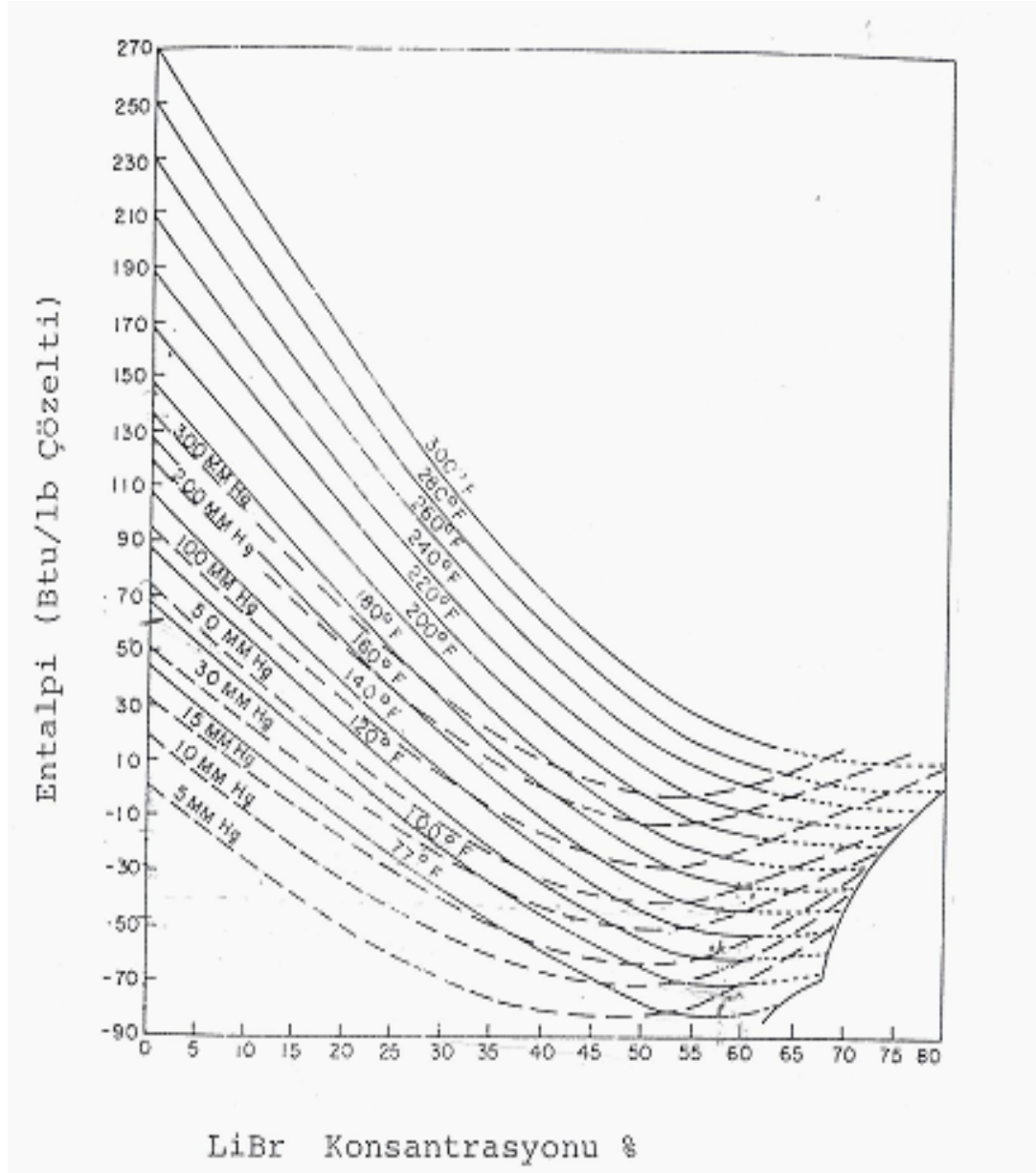
$$\text{Temmuz: } \eta_{ge} = \eta_{kollektör} \times \eta_{çsis} = 0.5156 \times 0.7857 = 0.405$$

$$\text{Ağustos: } \eta_{ge} = \eta_{kollektör} \times \eta_{çsis} = 0.5262 \times 0.7857 = 0.413$$

$$\text{Eylül: } \eta_{ge} = \eta_{kollektör} \times \eta_{çsis} = 0.506 \times 0.7857 = 0.397$$

Tablo 7.1 Absorpsiyonlu soğutma sisteminin konum karakteristikleri

konum	T (C°)	P(kpa)	Absorbant	Akış	Entalpi
			Konsantrasyonu%	Kg /kg su	Kj /kg
1	82.2	5.629	60	14	-74.4256
2	32	5.629	60	14	-158.1544
3	32	1.072	60	14	-158.1544
4	28	1.072	56	15	-169.416
5	28	5.629	56	15	-169.416
6	55	5.629	56	15	-91.26912
7	82.2	5.629	0	1	2618.3999
8	35	5.629	0	1	162.806
9	7.5	1.072	0	1	162.806
10	7.5	1.072	0	1	2477.175



Şekil 7.1. LiBr konsantrasyonuna bağlı entalpi değerleri. [6]

8. OPTİMUM KOLLEKTÖR ALANININ BULUNMASI

Aylara göre toplam sı kazancı (iç+dş):

Mayıs = 22615209.2 kJ/ay $\Rightarrow$ Gerekli olan enerji = 28783516.86 kJ/ay

Haziran = 25544492.02 kJ/ay $\Rightarrow$ Gerekli olan enerji = 32511762.78 kJ/ay

Temmuz = 24037445.6 kJ/ay $\Rightarrow$ Gerekli olan enerji = 30593668.83 kJ/ay

Ağustos = 20801468.77 kJ/ay $\Rightarrow$ Gerekli olan enerji = 26475077.98 kJ/ay

Eylül = 13747671.2 kJ/ay $\Rightarrow$ Gerekli olan enerji = 17497354.21 kJ/ay

Toplam ısı kazancının, sistem verimine (0.7857) bölünerek gerekli olan enerji elde edilir

Toplam senelik ısı ihtiyacı=135861380.7 kJ/5 ay olarak bulunduğu göre;

Aylık toplam elde edilen faydalı enerji m² kollektör alanı için;

Mayıs = 8059.16 $\times$ 30 = 241774.8 kJ/ay

Haziran = 9098 $\times$ 31 = 282048.85 kJ/ay

Temmuz = 8953 $\times$ 30 = 268590 kJ/ay

Ağustos = 8133.7 $\times$ 31 = 252144.7 kJ/ay

Eylül = 7065.55 $\times$ 30 = 211966.5 kJ/ay

1 m² kollektörden elde edilen (5 ay) faydalı enerji = 1256524,85 kJ/m²

Aylık güneş enerjisinden faydalanma oranı;

$$F_i = \frac{Q_{fi}}{Q_{yi}} \dots\dots\dots (8,1)$$

Q_{fi}= Aylık elde ettiğimiz faydalı enerji

Q_{yi} = Aylık ihtiyacımız olan enerji

20 m² kolektör alanı için Mayıs ayında faydalanma oranını hesaplayalım.

m² kolektörde aylık elde edilen faydalı enerji = 8059.1 × 30 = 241774.8 kJ/ay

O zaman 241774.8 kJ/ay × 20 = 4835496 kJ/ay

ve gerekli olan enerji miktarı = 28783516.86 olduğuna göre;

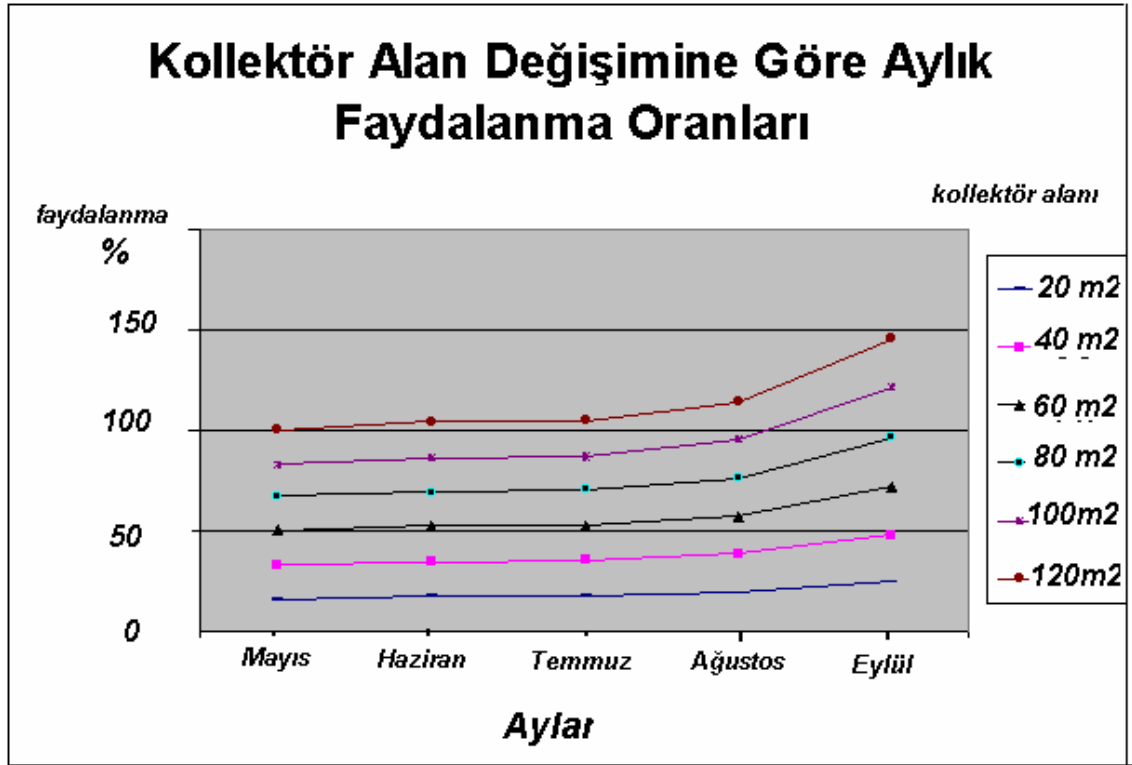
$$f_i = \frac{4835496}{28783516.86} = 0.16 \Rightarrow \%16$$

Tablo 8.1 kolektör alanına bağlı olarak aylık faydalanma oranları

Kolektör alanı (m ²) ⇒	20	40	60	80	100	120
Mayıs	% 16	% 33	% 50	% 67	% 83	% 100
Haziran	% 17	% 34	% 52	% 69	% 86	% 104
Temmuz	% 17	% 35	% 52	% 70	% 87	% 105
Ağustos	% 19	% 38	% 57	% 76	% 95	% 114
Eylül	% 24	% 48	% 72	% 96	% 121	% 145
⇒ Aylara göre faydalanma oranları						

Aylık faydalanma oranları şekil 8.1 'de gösterilmiştir. Senelik faydalanma oranı ise; $F_i =$

$$\frac{1256524,85 \text{ kJ} \times 55 \text{ m}^2}{135861380,7} = 0.5 \text{ O zaman senelik faydalanma oranı } \% 50$$



Şekil 8.1 Kollektör alanına bağlı olarak aylık faydalanma oranları

Güneş Enerjisi Maliyeti= $M_e(200+35 A_K)$

Burada

M_e : kapital ödeme faktörü(0.08024)

10 m² kolektör için hesaplayalım,

Güneş Enerjisi Maliyeti= $0.08024(200 + 35(10)) \times 1300000 = 57371600$ TL

Elde edilen faydalı güneş enerjisi = $1256524.85 \times 10 = 12565248.5$ kJ/m²yıl

Kwh cisinden= $\frac{12565248.5}{5 \times 10 \times 30} = 8376.8$ kwh

Toplam yıllık ihtiyacımız olan enerji = $\frac{135861380,7}{12 \times 30 \times 10} = 37739$ kwh

Gerekli yardımcı enerji ihtiyacı = Yıllık gerekli olan enerji – karşılanabilen enerji

Gerekli yardımcı enerji ihtiyacı = $37739 - 8376.8 = 29362$ kwh

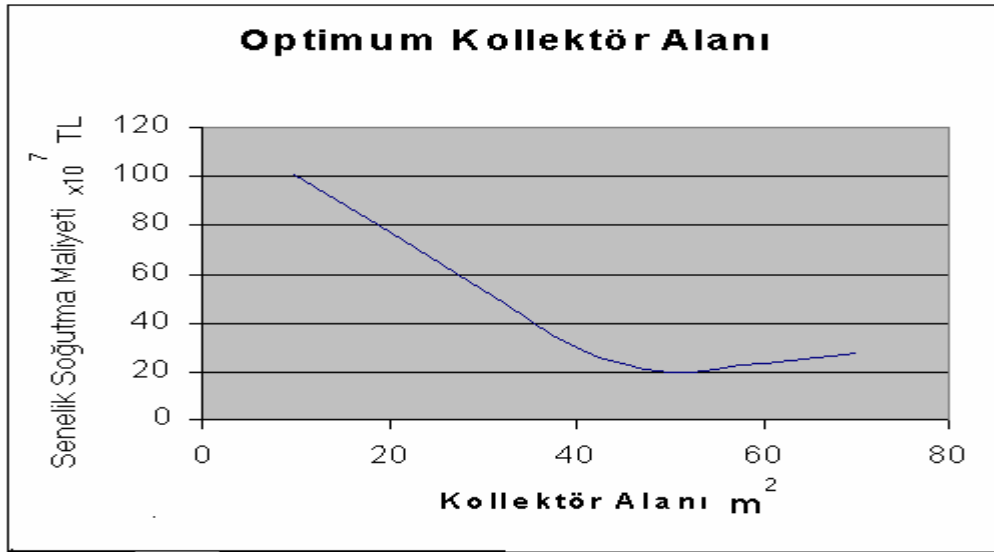
Yardımcı enerji 0.025\$ /kwh =32500 TL alınırsa;

Yardımcı enerji ihtiyacı = $29362 \text{ kwh} \times 32500 = 954265000$ TL

Toplam maliyet = $954265000 + 57371600 = 1011636600$ TL

Tablo 8.2 Optimum Kollektör Alanının Tayini

Kolektör Alanı m ²	F.G.E kwh	Değeri TL	Y.E.M kwh	Y.E.M TL	Top.M TL
10	8376.8	57371600	29362	954271500	1011643100
20	16753.66	93880800	20985	683023550	775904350
30	25130.49	130390000	12608,51	409776575	540166575
40	33507.33	166899200	4231,67	137529275	304438475
50	41884.16	203408400	0	0	203408400
60	50260.99	239917600	0	0	239917600
70	58637.8	276426800	0	0	276426800

**Şekil 8.2. Optimum Kollektör Alanı**

Şekil 8.2.den görüldüğü gibi optimum kollektör alanı 55 m² olarak bulunur.

9.EKONOMİK ANALİZ

Güneş enerjili sistemin maliyeti:[20]

$$1- \text{Kollektör alanı } 98.663 \text{ } \$/\text{m}^2 \text{ kollektör} = 98.63 \times 55 = 5424.98 \$$$

$$2- \text{Depo maliyeti } 0.1101 \$/\text{lt}$$

$$\text{Depo hacmi} = 60 \text{ lt}/\text{m}^2 \text{ kollektör} \Rightarrow \text{depo maliyeti} = 3300 \times 0.1101 = 363.33 \$$$

$$3- \text{Boru, pompa motor} = 200 \$$$

$$4- \text{Kontrol sistemi} = 100 \$$$

$$5- \text{Isı deđiřtirgeci} = 4.92 \text{ } \$/\text{m}^2 \text{ kollektör} = 4.92 \times 55 = 270.6 \$$$

$$6- \text{Generatör, Absorber} = 1062 \$$$

$$7- \text{Kondenser} + \text{Evaporatör} = 1069.2 + 1782 = 2851.2 \$$$

$$8- \text{Dönüş akümülatörü} + \text{Likid deposu} = 216\$ + 240\$ = 456\$$$

$$9- \text{Van motoru} + \text{Genleşme valfi} = 612\$ + 432\$ = 1044 \$$$

$$10- \text{İlave masraflar} = 750 \$$$

$$\text{Toplam yatırım maliyeti} = 12522.11 \$ \times 1300000 = 1.627 \times 10^{10} \text{ TL}$$

$$\text{Toplam faydalı enerji (5 Ayda)} = 69108866.75 \text{ kj/ 5ay ve yıllık toplam ihtiyacımız } 135861380.7 \text{ kj/5 ay}$$

Senelik faydalanma oranı % 50 olarak bulunmuřtu.

Güneş enerjisinden elde edilen toplam 5 aylık enerjiyi doğal gaz yakarak elde etmeye çalışsaydık;

$$1 \text{ m}^3 \text{ doğal gaz} = 7425 \text{ kcal verdiđine göre ve } \text{m}^3 \text{ fiyatı} = 34252.1 \text{ TL olduğuna göre}$$

$$2223.5 \text{ m}^3 \text{ doğal gas yıllık tasarrufumuz ve parasal değer} = 76159711.94 \text{ TL}$$

Elde edilen soğutma yükünü karşılamak için 42000 BTU/h iki adet klima gerekirdi ve parasal değeri 6000000000 TL.

İki sistem arasındaki fiyat farkı = 1.629×10^{10} TL - 6×10^9 TL = 1.029×10^{10} TL olarak bulunur.

Depoda depolanan enerji miktarı = $3300\text{kg} \times 3600 \text{ kcal/kg}^0\text{c} (55-21) = 403920000 \text{ kcal}$ ve değeri 1863308800 TL

Yıllık tasarruf = $1863308800 + 76225610.91 = 1939534411$ TL

Amortisman süresi = $\frac{1.029 \times 10^{10}}{1939534411} = 6$ sene olarak bulunur.

Tablo 6.2'den yatay yüzeye gelen doğru, yaygın ışıınım değerleri ve 2.3. 4.Bölümlerdeki formüller kullanılarak bir bilgisayar yardımıyla İstanbul ilinde($\phi=40.45^0$) 8-17 Saatleri arasında her saat başına, Mayıs- Eylül ayları ve her ayın 21. Gününe göre toplam ısı kazancı, kollektör verim faktörü , faydalı enerji, kollektör çıkış sıcaklığı, kollektör verimi, atmosfer dışındaki toplam ışıınım, yatay yüzeye gelen direkt ve yaygın ışıınım, 16^0 lik güneye bakan kollektöre gelen toplam ışıınım, yansıyan ışıınım olmak üzere 10 parametre hesaplanıştır.

Tablo 9.1. Atmosfer ışıında Yatay yüzeye gelen saatlik ışıınım (kj/m²)

Saat	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
Mayıs	2387.8	3159.35	3789.31	4234.76	4465.35	4465.35	4234.76	3789.31	3159.35	2387.8
Haziran	2497.79	3247.26	3859.2	4291.91	4515.9	4515.9	4291.91	3859.2	3247.26	2497.79
Temmuz	2377.59	3144.01	3769.79	4212.28	4441.33	4441.33	4212.28	3769.79	3144.01	2377.59
Ağustos	2021.64	2829.17	3488.52	3954.75	4196.08	4196.08	3954.75	3488.52	2829.17	2021.64
Eylül	1431.41	2270.5	2955.62	3440.07	3690.84	3690.84	3440.07	2955.62	2270.5	1431.41

Tablo 9.2. Yatay yüzeye gelen saatlik difüz miktarı (kj/m²)

Saat	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
Mayıs	445.02	602.86	741.95	833.27	877.3	876.38	826.77	733.89	613.99	462.69
Haziran	482.29	631.53	759.2	843.31	890.99	890.99	842.39	761.39	631.79	487.66
Temmuz	455.35	613.99	742.33	826.77	874.79	864.59	824.93	729.24	607.7	463.37
Ağustos	384.42	547.68	667.79	768.77	825.93	826.77	777.17	682.15	555.24	396.85
Eylül	280.68	447.08	573.62	674.85	725.46	725.46	677.95	583.19	446.45	280.68

Tablo 9.3. Yatay yüzeye gelen saatlik direkt ışıınım (kj/m²)

Saat	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
Mayıs	475.9	757.59	995.24	1155.08	1299.42	1342.2	1266.23	1087.02	851.11	562.88
Haziran	606.07	875.43	1124.5	1291.55	1411.31	1411.31	1334.33	1206.03	1000.75	746.88
Temmuz	591.15	851.11	1099.51	1266.23	1385.65	1416.78	1351.79	1280.04	1066.7	813.36
Ağustos	452.78	666.26	839.17	1013.21	1183.35	1266.23	1190.25	1117.83	909.86	607.79
Eylül	389.08	662.21	849.62	999.55	1074.52	1074.52	1038.31	923.77	683.77	389.08

Tablo 9.5. Eğik yüzeye gelen saatlik yansıyan ışıınım (kj/m²)

Saat	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
Mayıs	5.19	7.46	9.42	10.72	11.6	11.76	11.09	9.7	7.9	5.65
Haziran	5.96	8.12	10.04	11.31	12.13	12.13	11.47	10.36	8.6	6.54
Temmuz	5.7	7.9	9.81	11.09	11.91	11.95	11.4	10.4	8.67	6.61
Ağustos	4.64	6.69	8.26	9.76	10.77	11.09	10.42	9.43	7.67	5.32
Eylül	3.61	5.91	7.58	8.92	9.59	9.59	9.09	7.94	5.99	3.61

Tablo 9.5. Toplam ısı kazancı (kj/h)

Saat	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
Mayıs	27954.47	41932.98	54404.16	62755.93	68997.33	70261.91	66036.32	57408.26	46419.77	32836.56
Haziran	35921.58	50211.72	62571.37	70732.21	76222.8	76257.49	72264.97	65777.47	54680.31	41796
Temmuz	33219.15	46627.51	58600.69	67098.08	72771.57	72860.19	69258.07	63186.56	52570.95	40222.8
Ağustos	23323.77	34977.52	44204.31	53499.65	59565.2	60891.73	56352.22	50176.3	40880.61	29553.86
Eylül	9418.78	17654.54	24948.04	31538.33	34886.08	33825.47	29907.45	23896.27	16988.84	10359.29

Tablo 9.6. Kollektör verim faktörü

Saat	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
Mayıs	0.9415	0.9416	0.9418	0.9419	0.942	0.9422	0.9423	0.9423	0.9423	0.9422
Haziran	0.9422	0.9426	0.9428	0.9429	0.943	0.943	0.943	0.9431	0.943	0.943
Temmuz	0.9422	0.9423	0.9424	0.9425	0.9427	0.9426	0.9426	0.9426	0.9425	0.9424
Ağustos	0.9423	0.9428	0.943	0.9432	0.9433	0.9433	0.9434	0.9434	0.9434	0.9433
Eylül	0.9417	0.9421	0.9422	0.9424	0.9425	0.9424	0.9424	0.9424	0.9424	0.9424

Tablo 9.7. Kollektör verimi

Saat	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
Mayıs	0.3	0.45	0.52	0.56	0.59	0.54	0.53	0.53	0.26	0.04
Haziran	0.37	0.5	0.55	0.59	0.61	0.56	0.55	0.55	0.29	0.02
Temmuz	0.36	0.49	0.54	0.58	0.6	0.55	0.54	0.54	0.28	0.01
Ağustos	0.33	0.48	0.54	0.59	0.61	0.56	0.55	0.55	0.29	0.01
Eylül	0.26	0.45	0.52	0.57	0.59	0.53	0.52	0.52	0.24	0.09

Tablo 9.8. Akışkanın kollektörden çıkış sıcaklığı (c°)

Saat	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
Mayıs	56.83	59.16	61.23	62.72	63.87	63.29	62.6	61.5	57.5	54.78
Haziran	57.63	60.01	62.09	63.6	64.64	63.79	63.07	62.27	58.08	55.19
Temmuz	57.51	59.82	61.87	63.41	64.46	63.69	63.07	62.4	58.11	55.08
Ağustos	56.89	59.07	60.75	62.47	63.69	63.33	62.64	62	57.97	55.11
Eylül	56.31	58.74	60.53	62.06	62.9	62.16	61.67	60.86	57.06	54.6

Tablo 9.9. 16 derece eğimli güneşe bakan düzlemsel kollektöre gelen toplam ışınlam (kj/m²)

Saat	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
Mayıs	906.35	1372.06	1776.3	2047.61	2248.94	2288.86	2144.57	1839.6	1441.87	958.27
Haziran	1058.33	1504.56	1909.15	2180.67	2358.26	2352.83	2207.82	1965.8	1585.51	1131.17
Temmuz	1029.51	1478.59	1885.61	2158.61	2337.66	2355.72	2231.89	2032.58	1647.05	1182.07
Ağustos	854.18	1262.39	1582.91	1902.84	2131.21	2221.12	2077.78	1884.94	1502.6	979.68
Eylül	741.99	1233.34	1582.76	1862.27	2002	2001.94	1911.57	1690.64	1257.89	740.81

Tablo 9.10. Elde edilen yararlı enerji (kj/h)

Saat	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
Mayıs	275.87	626.72	938.84	1162.89	1336.36	1249.42	1144.21	979.83	376.98	-31.96
Haziran	396.78	755.36	1068.05	1295.36	1451.56	1324.32	1215.79	1095.33	464.79	30.01
Temmuz	378.74	726.52	1034.92	1266.26	1425.31	1309.65	1215.74	1114.15	468.45	13.26
Ağustos	285.03	612.87	866.82	1125.38	1309.46	1254.14	1150.49	1054.59	447.52	17.4
Eylül	198.64	563.55	833.19	1063.44	1190.05	1078.56	1004.81	882.92	310.2	-59.81

10. SONUÇ VE YORUM

Bu çalışmada, İstanbul'da ($\phi=40.45^0$), güneş enerjili soğutma sistemini oluşturan birimler incelendi. Mayıs – Eylül ayları arasında, seçilen bir lokanta için toplam aylık ısı yükleri dış sıcaklığa ve binanın yapı malzemesine bağlı olarak hesaplandı ve maksimum ısı kazancına göre Absorpsiyonlu Soğutma Sistemin tasarımı yapıldı. Daha sonra sistem için aylara ve kollektör alanlarına göre faydalanma yüzdeleri hesaplanmıştır.

Hesaplamalardan, elde edilen sonuçlar doğrultusunda, 300 m³ hacimli karakteristikleri belirtilen bir lokanta' nın iklimlendirilmesi için 55 m² seçici yüzeyli düzlemsel kollektöre ihtiyaç vardır .

Ekonomik analiz sonucunda bu sistemin amortisman süresi 6 yıl olarak bulunmuştur..

- İstanbul'da, en fazla soğutma yükü için güneş enerjisiyle çalışan absorpsiyonlu soğutma makinesinin jeneratörüne maksimum gerekli enerjinin 104876.65 kj/h olarak bulunur.
- Soğutma sistemi, 0.7857 verimle çalışmakta ve lokantanın maksimum ısı kazancı Haziran ayında 25544492.02 kj/ay bulunmuştur.
- Sistemin genel verimi $\eta \cong 0.4$ civarındadır. Elde edilen değer; soğutma sistem veriminin(0.7857), kollektör verimi (0.52) ile çarpılmasından elde edilir.Bu iki verim değerinin çarpılması ile sistemin genel verimi düşmektedir.
- Belirlenen koşullara göre, sistemden enerji kazancımız 1759917987 kj / 5ay olarak bulunur.

Ek-1

Bigisayar Programı

Dim w2(10) As Double

Dim w3(10) As Double

Dim n(5) As Double

Dim sigma(5) As Double

Dim yatay(5, 10) As Double

Dim fi As Double

Dim pi As Double

Dim adis(5, 10) As Double

Dim f1 As Double

Dim f2 As Double

Dim f3 As Double

Dim w1(10) As Double

Dim fsabit As Double

Dim radcev As Double

Dim bulutfu(5, 10) As Double

Dim idifuz(5, 10) As Double

Dim idirect(5, 10) As Double

Dim koqisininim(5, 10) As Double

Dim efak(5, 10) As Double

Dim efak1(5, 10) As Double

Dim q6(5, 10) As Double

Dim yg(10) As Double

Dim ul(5, 10) As Double

Dim csic1(5, 10) As Double

Dim csic2(5, 10) As Double

Dim yan(5, 10) As Double

Dim csic(5, 10) As Double

Dim dt(5, 10) As Double

Dim q1(5, 10) As Double

Dim gyuka(5, 10) As Double

Dim gunga(5, 10) As Double

Dim q61(5, 10) As Double

Dim q62(5, 10) As Double

Dim ta(5, 10) As Double

Dim fr(5, 10) As Double

Dim qu(5, 10) As Double

Dim f(5, 10) As Double

Dim teikis(5, 10) As Double

Dim us As Double

Dim q2(5, 10) As Double

Dim yararli(5, 10) As Double

Dim q3(5, 10) As Double

Dim q31(5, 10) As Double

Dim q32(5, 10) As Double

Dim q4(5, 10) As Double

```

Dim q5(5, 10) As Double
Dim q(5, 10) As Double
Dim saat(10) As String
Dim ay(5) As String

```

```

Private Sub Command1_Click()
Form1.Cls

```

```

Print "ATMOSFER DISINDA YATAY YUZEYE GELEN SAATLIK TOPLAM
ISINIM KJ/M2H"

```

```

Print
Print "  ",
For z = 0 To 9
Print saat(z),
Next z
Print
For i = 0 To 4
Print ay(i),
For j = 0 To 9
Print adis(i, j),
Next j
Print
Next i
Print

```

```

For i = 0 To 4
For j = 0 To 9

```

```

Next j

```

```

Next i
Print
Print "YATAY YUZEYE GELEN DIFFUZ MIKTARI"
Print
Print "  ",
For z = 0 To 9
Print saat(z),

```

```

Next z
Print
For i = 0 To 4
Print ay(i),
For j = 0 To 9
idifuz(i, j) = Int(yatay(i, j) * (0.788 - (0.802 * bulutfu(i, j))) * 100) / 100
Print idifuz(i, j),
Next j

```

```

Print
Next i
Print
Print "YATAY YUZEYE GELEN SAATLIK DIRECT ISINIM kj/m2"
Print
Print "  ",
For z = 0 To 9
Print saat(z),
Next z
Print
For i = 0 To 4
Print ay(i),
For j = 0 To 9
idirect(i, j) = yatay(i, j) - idifuz(i, j)
Print idirect(i, j),
Next j
Print
Next i
Print
Print "16 DERECELİK GÜNEYE BAKAN DÜZLEMSEL KOLLEKTÖRE GELEN
TOPLAM ISINIM kj/m2"
Print
Print "  ",
For z = 0 To 9
Print saat(z),
Next z
Print
For i = 0 To 4
Print ay(i),
For j = 0 To 9
efak(i, j) = ((0.91032 * Cos(sigma(i) * radcev) * Cos(w3(j) * radcev)) + (Sin(sigma(i) *
radcev) * 0.41389)) / ((0.76097 * Cos(sigma(i) * radcev) * Cos(w3(j) * radcev)) +
(0.64878 * Sin(sigma(i) * radcev)))
efak1(i, j) = ((efak(i, j) * idirect(i, j)) + (idifuz(i, j) * 0.98063) + yatay(i, j) * 0.0038738)
Print Int(((efak(i, j) * idirect(i, j)) + (idifuz(i, j) * 0.98063) + yatay(i, j) * 0.0038738) *
100) / 100,
Next j
Print
Next i
Print
Print "EGİK YUZEYE GELEN YANSIYAN ISINIM kj/m2"
Print
Print "  ",
For z = 0 To 9
Print saat(z),
Next z
Print

```

```

For i = 0 To 4
Print ay(i),
For j = 0 To 9

```

```

Print yan(i, j),
Next j
Print
Next i

```

```

Print

```

```

End Sub

```

```

Private Sub Command2_Click()

```

```

Form1.Cls

```

```

Print "TOPLAM ISI KAZANCI kj / h "

```

```

Print
Print "  ",
For z = 0 To 9
Print saat(z),
Next z

```

```

Print
For i = 0 To 4
Print ay(i),
For j = 0 To 9
Print Int(q(i, j) * 100) / 100,
Next j
Print
Next i

```

```

Print
Print "KOLLEKTOR VERIM FAKTORU"

```

```

Print
Print "  ",
For z = 0 To 9
Print saat(z),
Next z

```

```

Print
For i = 0 To 4
Print ay(i),
For j = 0 To 9
Print Int(fr(i, j) * 10000) / 10000,
Next j
Print

```

```
Next i
Print
```

```
Print "ELDE EDILEN YARARLI ENERJİ(kj/h)"
Print
Print "  ",
For z = 0 To 9
Print saat(z),
Next z
Print
For i = 0 To 4
Print ay(i),
For j = 0 To 9
```

```
Print Int(yararli(i, j) * 4.186 * 100) / 100,
Next j
Print
Next i
Print
```

```
Print "AKINKANIN KOLLEKTORDEN ÇIKIŞ SICAKLIĞI(°C)"
Print
Print "  ",
For z = 0 To 9
Print saat(z),
Next z
Print
For i = 0 To 4
Print ay(i),
For j = 0 To 9
```

```
Print Int(tcikis(i, j) * 100) / 100,
Next j
Print
Next i
Print
Print "KOLLEKTOR VERİMİ"
Print
Print "  ",
For z = 0 To 9
Print saat(z),
Next z
Print
For i = 0 To 4
Print ay(i),
For j = 0 To 9
```

```
Print Int((yararli(i, j) * 4.186) / efak1(i, j) * 100) / 100,
```

```
Next j
```

```
Print
```

```
Next i
```

```
Print
```

```
Print
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Form_Load()
```

```
fi = 40.45
```

```
pi = 3.14
```

```
fsabit = 18797599.34
```

```
radcev = 0.017453292
```

```
ay(0) = "MAYIS"
```

```
ay(1) = "HAZIRAN"
```

```
ay(2) = "TEMMUZ"
```

```
ay(3) = "AGUSTOS"
```

```
ay(4) = "EYLUL"
```

```
saat(0) = " 8:00"
```

```
saat(1) = " 9:00"
```

```
saat(2) = " 10:00"
```

```
saat(3) = " 11:00"
```

```
saat(4) = " 12:00"
```

```
saat(5) = " 13:00"
```

```
saat(6) = " 14:00"
```

```
saat(7) = " 15:00"
```

```
saat(8) = " 16:00"
```

```
saat(9) = " 17:00"
```

```
gyuka(0, 0) = 35.61
```

```
gyuka(0, 1) = 46.89
```

```
gyuka(0, 2) = 57.5
```

```
gyuka(0, 3) = 66.16
```

```
gyuka(0, 4) = 69.89
```

```
gyuka(0, 5) = 66.16
```

```
gyuka(0, 6) = 57.5
```

```
gyuka(0, 7) = 46.89
```

```
gyuka(0, 8) = 35.61
```

```
gyuka(0, 9) = 24.21
```

```
gyuka(1, 0) = 37.38
```

gyuka(1, 1) = 48.74
gyuka(1, 2) = 59.62
gyuka(1, 3) = 68.82
gyuka(1, 4) = 72.99
gyuka(1, 5) = 68.82
gyuka(1, 6) = 59.62
gyuka(1, 7) = 48.74
gyuka(1, 8) = 37.35
gyuka(1, 9) = 26.02
gyuka(2, 0) = 35.66
gyuka(2, 1) = 46.95
gyuka(2, 2) = 57.57
gyuka(2, 3) = 66.25
gyuka(2, 4) = 69.99
gyuka(2, 5) = 66.25
gyuka(2, 6) = 57.57
gyuka(2, 7) = 46.95
gyuka(2, 8) = 35.66
gyuka(2, 9) = 24.27
gyuka(3, 0) = 30.53
gyuka(3, 1) = 41.46
gyuka(3, 2) = 51.29
gyuka(3, 3) = 58.72
gyuka(3, 4) = 61.65
gyuka(3, 5) = 58.72
gyuka(3, 6) = 51.29
gyuka(3, 7) = 41.46
gyuka(3, 8) = 30.53
gyuka(3, 9) = 19.18
gyuka(4, 0) = 22.5
gyuka(4, 1) = 32.7
gyuka(4, 2) = 41.39
gyuka(4, 3) = 47.5
gyuka(4, 4) = 49.75
gyuka(4, 5) = 47.5
gyuka(4, 6) = 41.39
gyuka(4, 7) = 32.7
gyuka(4, 8) = 22.5
gyuka(4, 9) = 11.49

gunga(0, 0) = 57.2
gunga(0, 1) = 47.026
gunga(0, 2) = 37.232
gunga(0, 3) = 29.053
gunga(0, 4) = 25.475
gunga(0, 5) = 29.053

gunga(0, 6) = 37.232
gunga(0, 7) = 47.026
gunga(0, 8) = 57.02
gunga(0, 9) = 67.28
gunga(1, 0) = 52.627
gunga(1, 1) = 41.271
gunga(1, 2) = 30.393
gunga(1, 3) = 21.195
gunga(1, 4) = 17.025
gunga(1, 5) = 21.195
gunga(1, 6) = 30.393
gunga(1, 7) = 41.271
gunga(1, 8) = 52.627
gunga(1, 9) = 63.984
gunga(2, 0) = 57.058
gunga(2, 1) = 46.839
gunga(2, 2) = 37.011
gunga(2, 3) = 28.798
gunga(2, 4) = 25.206
gunga(2, 5) = 28.798
gunga(2, 6) = 37.011
gunga(2, 7) = 46.839
gunga(2, 8) = 57.058
gunga(2, 9) = 67.171
gunga(3, 0) = 70.471
gunga(3, 1) = 63.498
gunga(3, 2) = 56.378
gunga(3, 3) = 50.4206
gunga(3, 4) = 47.93
gunga(3, 5) = 50.42
gunga(3, 6) = 56.378
gunga(3, 7) = 63.498
gunga(3, 8) = 70.471
gunga(3, 9) = 76.843
gunga(4, 0) = 90.276
gunga(4, 1) = 88.282
gunga(4, 2) = 84.994
gunga(4, 3) = 81.742
gunga(4, 4) = 80.35
gunga(4, 5) = 81.742
gunga(4, 6) = 84.994
gunga(4, 7) = 88.282
gunga(4, 8) = 90.276
gunga(4, 9) = 90.63

$\text{csic}(0, 0) = 17.5$
 $\text{csic}(0, 1) = 18.5$
 $\text{csic}(0, 2) = 19.9$
 $\text{csic}(0, 3) = 20.3$
 $\text{csic}(0, 4) = 21.3$
 $\text{csic}(0, 5) = 22.2$
 $\text{csic}(0, 6) = 22.7$
 $\text{csic}(0, 7) = 23$
 $\text{csic}(0, 8) = 22.7$
 $\text{csic}(0, 9) = 22.2$
 $\text{csic}(1, 0) = 22.6$
 $\text{csic}(1, 1) = 25$
 $\text{csic}(1, 2) = 25.9$
 $\text{csic}(1, 3) = 26.3$
 $\text{csic}(1, 4) = 26.9$
 $\text{csic}(1, 5) = 27$
 $\text{csic}(1, 6) = 27.2$
 $\text{csic}(1, 7) = 28$
 $\text{csic}(1, 8) = 27.2$
 $\text{csic}(1, 9) = 27$
 $\text{csic}(2, 0) = 22.3$
 $\text{csic}(2, 1) = 23.2$
 $\text{csic}(2, 2) = 23.4$
 $\text{csic}(2, 3) = 24.3$
 $\text{csic}(2, 4) = 25.2$
 $\text{csic}(2, 5) = 24.7$
 $\text{csic}(2, 6) = 25.1$
 $\text{csic}(2, 7) = 24.7$
 $\text{csic}(2, 8) = 24.3$
 $\text{csic}(2, 9) = 23.4$
 $\text{csic}(3, 0) = 22.7$
 $\text{csic}(3, 1) = 25.9$
 $\text{csic}(3, 2) = 27.2$
 $\text{csic}(3, 3) = 28.5$
 $\text{csic}(3, 4) = 28.7$
 $\text{csic}(3, 5) = 28.8$
 $\text{csic}(3, 6) = 29.4$
 $\text{csic}(3, 7) = 29.5$
 $\text{csic}(3, 8) = 29.4$
 $\text{csic}(3, 9) = 28.8$
 $\text{csic}(4, 0) = 19.3$
 $\text{csic}(4, 1) = 21.5$
 $\text{csic}(4, 2) = 22.5$
 $\text{csic}(4, 3) = 23.6$
 $\text{csic}(4, 4) = 24.3$
 $\text{csic}(4, 5) = 23.5$
 $\text{csic}(4, 6) = 23.4$

```

csic(4, 7) = 23.5
csic(4, 8) = 23.4
csic(4, 9) = 23.3
For i = 0 To 4
For j = 0 To 9
csic1(i, j) = csic(i, j) + 2273.115
csic2(i, j) = (101219.4 - csic(i, j) * csic(i, j))
dt(i, j) = csic(i, j) - 22

Next j
Next i

```

```

yatay(0, 0) = 920.92
yatay(0, 1) = 1360.45
yatay(0, 2) = 1737.19
yatay(0, 3) = 1988.35
yatay(0, 4) = 2176.72
yatay(0, 5) = 2218.58
yatay(0, 6) = 2093
yatay(0, 7) = 1820.91
yatay(0, 8) = 1465.1
yatay(0, 9) = 1025.57
yatay(1, 0) = 1088.36
yatay(1, 1) = 1506.96
yatay(1, 2) = 1883.7
yatay(1, 3) = 2134.86
yatay(1, 4) = 2302.3
yatay(1, 5) = 2302.3
yatay(1, 6) = 2176.72
yatay(1, 7) = 1967.42
yatay(1, 8) = 1632.54
yatay(1, 9) = 1234.54
yatay(2, 0) = 1046.5
yatay(2, 1) = 1465.1
yatay(2, 2) = 1841.84
yatay(2, 3) = 2093
yatay(2, 4) = 2260.44
yatay(2, 5) = 2281.37
yatay(2, 6) = 2176.72
yatay(2, 7) = 2009.28
yatay(2, 8) = 1674.4
yatay(2, 9) = 1276.73
yatay(3, 0) = 837.2
yatay(3, 1) = 1213.94
yatay(3, 2) = 1506.96
yatay(3, 3) = 1799.98

```

yatay(3, 4) = 2009.28
yatay(3, 5) = 2093
yatay(3, 6) = 1967.42
yatay(3, 7) = 1799.98
yatay(3, 8) = 1465.1
yatay(3, 9) = 1004.64
yatay(4, 0) = 669.76
yatay(4, 1) = 1109.29
yatay(4, 2) = 1423.24
yatay(4, 3) = 1674.4
yatay(4, 4) = 1799.98
yatay(4, 5) = 1799.98
yatay(4, 6) = 1716.26
yatay(4, 7) = 1506.96
yatay(4, 8) = 1130.22
yatay(4, 9) = 669.76

yg(0) = 0.5846
yg(1) = 0.652
yg(2) = 0.684
yg(3) = 0.708
yg(4) = 0.723
yg(5) = 0.667
yg(6) = 0.658
yg(7) = 0.671
yg(8) = 0.414
yg(9) = 0.174

sigma(0) = 20.34185
sigma(1) = 23.444
sigma(2) = 20.44
sigma(3) = 12.1
sigma(4) = 0.2

w1(0) = -75
w1(1) = -60
w1(2) = -45
w1(3) = -30
w1(4) = -15
w1(5) = 0
w1(6) = 15
w1(7) = 30
w1(8) = 45

$$w1(9) = 60$$

$$w2(0) = -60$$

$$w2(1) = -45$$

$$w2(2) = -30$$

$$w2(3) = -15$$

$$w2(4) = 0$$

$$w2(5) = 15$$

$$w2(6) = 30$$

$$w2(7) = 45$$

$$w2(8) = 60$$

$$w2(9) = 75$$

$$w3(0) = 60$$

$$w3(1) = 45$$

$$w3(2) = 30$$

$$w3(3) = 15$$

$$w3(4) = 0$$

$$w3(5) = -15$$

$$w3(6) = -30$$

$$w3(7) = -45$$

$$w3(8) = -60$$

$$w3(9) = -75$$

$$n(0) = 142$$

$$n(1) = 171$$

$$n(2) = 202$$

$$n(3) = 232$$

$$n(4) = 263$$

For i = 0 To 4

For j = 0 To 9

$$f1 = 1 + 0.033 * \cos(360 * n(i) / 365 * \text{radcev})$$

$$f2 = \cos(f1 * \text{radcev}) * \cos(\text{sigma}(i) * \text{radcev}) * ((\sin(w2(j) * \text{radcev})) - (\sin(w1(j) * \text{radcev})))$$

$$f3 = \sin(f1 * \text{radcev}) * \sin(\text{sigma}(i) * \text{radcev}) * \text{radcev} * (w2(j) - w1(j))$$

$$\text{adis}(i, j) = \text{Int}((\text{fsabit} * f1 * (f2 + f3) / 1000) * 100) / 100$$

Next j

Next i

```

For a = 0 To 4
For b = 0 To 9
bulutf(a, b) = Int(yatay(a, b) / adis(a, b) * 100) / 100

```

```

Next b

```

```

Next a

```

```

Print "YATAY YUZEYE GELEN DIFFUZ MIKTARI"

```

```

For i = 0 To 4

```

```

For j = 0 To 9

```

```

idifuz(i, j) = yatay(i, j) * (0.788 - (0.802 * bulutf(a, b)))

```

```

Next j

```

```

Next i

```

```

Print "YATAY YUZEYE GELEN SAATLIK DIRECT ISINIM kj/m2"

```

```

For i = 0 To 4

```

```

For j = 0 To 9

```

```

idirect(i, j) = yatay(i, j) - idifuz(i, j)

```

```

Next j

```

```

Next i

```

```

Print "16 DERECELİK GÜNEYE BAKAN DÜZLEMSEL KOLLEKTÖRE GELEN TOPLAM ISINIM kj/m2"

```

```

For i = 0 To 4

```

```

For j = 0 To 9

```

```

efak(i, j) = ((0.91032 * Cos(sigma(i) * radcev) * Cos(w3(j) * radcev)) + (Sin(sigma(i) * radcev) * 0.41389)) / ((0.76097 * Cos(sigma(i) * radcev) * Cos(w3(j) * radcev)) + (0.64878 * Sin(sigma(i) * radcev)))

```

```

efak1(i, j) = ((efak(i, j) * idirect(i, j)) + (idifuz(i, j) * 0.98063) + yatay(i, j) * 0.0038738)

```

```

Next j

```

```

Next i

```

```

Print "EGİK YUZEYE GELEN YANSIYAN ISINIM kj/m2"

```

```

For i = 0 To 4

```

```

For j = 0 To 9

```

```

yan(i, j) = Int((yatay(i, j) + idifuz(i, j)) * 0.0038 * 100) / 100

```

```

Next j

```

Next i

For i = 0 To 4

For j = 0 To 9

$q1(i, j) = 14.25 * ((0.6 * idirect(i, j)) * Cos(gunga(i, j) * radcev) / Sin(gyuka(i, j) * radcev) + 0.81 * idifuz(i, j) + 0.6 * yan(i, j) + 0.56 * dt(i, j))$

Next j

Next i

Print

For i = 0 To 4

For j = 0 To 9

$q4(i, j) = 7.432 * ((0.2 * 0.6 * idirect(i, j)) * Cos(gunga(i, j) * radcev) / Sin(gyuka(i, j) * radcev) + 0.81 * idifuz(i, j) + 0.6 * yan(i, j) + 0.56 * dt(i, j))$

Next j

Next i

For i = 0 To 4

For j = 0 To 9

$q2(i, j) = 120.5152 * dt(i, j)$

Next j

Next i

For i = 0 To 4

For j = 0 To 9

$q31(i, j) = 0.12 * (yan(i, j) + idifuz(i, j) + (idirect(i, j) * (Cos(gunga(i, j) * radcev) / Sin(gyuka(i, j) * radcev))))$

$q32(i, j) = 3.21374 * dt(i, j)$

$q3(i, j) = (q31(i, j) + q32(i, j)) * 23.25$

Next j

Next i

For i = 0 To 4

For j = 0 To 9

$q61(i, j) = 0.12 * (yan(i, j) + idifuz(i, j) + (idirect(i, j) * (Cos(gunga(i, j) * radcev) / Sin(gyuka(i, j) * radcev))))$

$q62(i, j) = 3.21374 * dt(i, j)$

$q6(i, j) = (q61(i, j) + q62(i, j)) * 40.568$

Next j

Next i

```

For i = 0 To 4
For j = 0 To 9
q5(i, j) = 100 * (0.12 * (idifuz(i, j) + (idirect(i, j) * (Cos(gunga(i, j) * radcev) /
Sin(gyuka(i, j) * radcev)))) + 0.179851 * dt(i, j))
Next j
Next i

Print "TOPLAM ISI KAZANCI kj / h "
For i = 0 To 4
For j = 0 To 9
q(i, j) = Int((q1(i, j) + q2(i, j) + q3(i, j) + q4(i, j) + q5(i, j) + q6(i, j)) * 100) / 100

Next j

Next i

For i = 0 To 4
For j = 0 To 9
ta(i, j) = csic(i, j) + 273.15
ul(i, j) = 0.35 + (7.389 * 10 ^ -9 * (328.15 + ta(i, j) * (107684.4 - ta(i, j) ^ 2))) + (((2 /
(0.43248 * (328.15 - ta(i, j))) ^ 0.31)) + 0.058479) ^ -1

Next j

Next i

For i = 0 To 4
For j = 0 To 9
f(i, j) = 1 / (1.0373 + 2.448 * 10 ^ -3 * ul(i, j))

Next j
Next i

For i = 0 To 4
For j = 0 To 9
us = -1 * (ul(i, j) * f(i, j) / 36)
fr(i, j) = 36 / ul(i, j) * (1 - (2.71828 ^ us))

Next j

Next i

For i = 0 To 4
For j = 0 To 9

```

```
yararli(i, j) = fr(i, j) * (efak1(i, j) / 4.186 * yg(j) - ul(i, j) * (55 - csic(i, j)))
```

```
Next j
```

```
Next i
```

```
For i = 0 To 4
```

```
For j = 0 To 9
```

```
tcikis(i, j) = (fr(i, j) * (efak1(i, j) / 4.186 * yg(j) - ul(i, j) * (55 - csic(i, j)))) / 35.964 + 55
```

```
Next j
```

```
Next i
```

```
End Sub
```

KAYNAKLAR

- 1-Lamp P., Zeigler F.,” European Research on Solar-Assisted air conditioning “int .J.refrigertion vol.21, no.4,1998
- 2- Edin M., Türe E., Güneş Enerjisi Uygulamaları-Gelişmeleri sempozyumu, Bildiler Kitabı Muğla, 1994
- 3- Akdemir Ö., Güngören A., V. Ulusal Tesisat Muhendisliği Kongresi ve Sergisi, İzmir, 2001
- 4- Dinçer İ., Türe İ. E., Güneş Enerjili bir Absorbsiyonlu soğutma Sisteminin Tasarımı, 1992
- 5- Taner K., Güneş Enerjisinden Konut Konforunda Yararlanma, Eskişehir, 1984
- 6- Taşdemiroğlu E., solar Enerji Utilization, Ankara, 1988
- 7- Özkol N., Klima Tekniğinde kullanılan Tablo Şekil ve diyagramlar, Havalandırma ve klima Tesisatlarında Projelendirme Semineri, Ankara, 1984
- 8- Wood B., A New Absorbition Cycle Using Solar Energy, Tokyo, 1999
- 9- Duffie J., Beckman W., Solar Engineering of Thermal Processes, New York 1991
- 10- Deriş N., Güneş Enerjisi Sıcak Su Isıtma Tekniği, Sermet Matbaası, İstanbul, 1979
- 11- Tırıs M., Tırıs C., güneş Enerjili Isıtma Sistemleri, Gebze-Kocaeli, 1997
- 12- Kandilli Rasathanesi, 2004
- 13- Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu ve Sergisi bildiriler Kitabı, Mersin, 2003
- 14- Taner K., Termal Sistemlerin Tasarımı, Eskişehir, 1997
- 15- Genceli O., Soğutma Akışkanların Özellikleri, İ.T.Ü., 1997
- 16- - Genceli O., ASHRAE Temel El Kitabı, Pencere Tasarımı, İ.T.Ü., 1998
- 17- Kılıç A., Öztürk A., Güneş Işınımı ve Düz Toplayıcılar, Ankara, 1984
- 18- MCVEIGH J.C., An Introduction to the Applications of Solar Energy, New York, 1977
- 19- Aybers N., Soğutma makinaları, Arpaz Matbacılık, İstanbul, 1974
- 20- Kreider,Jan,f.andkreith,f. Solar Heating and Cooling MCGAW-Hill Book Company, Colorado, 1975
- 21- Özkol N., Uygulamalı Soğutma Tekniği, Özkan Matbacılık, Ankara, 1999
- 22- Kılıç, A.. ve Öztürk, A.. Güneş Enerjisi, Kipaş Dağıtımcılık, İstanbul, 1989
- 23- İnan, D. Güneş Enerjisinin Isıl Uygulamaları, Temiz Enerji Vakfı yayınları, No: 3, Ankara ,2001
- 24- Solar/Fosil Hybrid Power System, Dispatchable Solar Power from Science Applications International Corporation
- 25- Çolak M., Güneş Enerjisi ile Elektrik Üretimi, Enerji Work Shop I , Selçuk Üniversitesi, Bildiriler Kitabı, Konya, 1998
- 26- ALIZADEH S., multi pressure absorbition cycles in solar refrigeration a technical and economical study, Pergamon Solar Energy vol.69, No. 1, Sydney,1999
- 27- MORRISON G.L, BUDİHARDJO I., BEHNNİA M., water – in- glass evacuated tube solar water heaters, solar energy, Sydney,2003