

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ ENERJİ ENSTİTÜSÜ

GÜNEŞ ENERJİLİ ABSORBSİYONLU SOĞUTMA SİSTEMİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Necmi ERDEN

Anabilim Dalı : Yenilenebilir Enerji

Programı : Enerji Bilim ve Teknoloji

EKİM 2011

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ ENERJİ ENSTİTÜSÜ

GÜNEŞ ENERJİLİ ABSORBSİYONLU SOĞUTMA SİSTEMİ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Necmi ERDEN
(301041023)**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 05 Mayıs 2011

Tezin Savunulduğu Tarih : 25 Ekim 2011

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Figen KADIRGAN (İTÜ)
Diğer Jüri Üyeleri : Yrd. Doç. Dr. Coşkun FIRAT (İTÜ)
Yrd. Doç. Dr. İ. Necmi KAPTAN (İTÜ)**

EKİM 2011

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın hazırlanmasında desteklerini benden esirgemeyen ve yol gösteren tez danışmanım Prof.Dr. Figen KADIRGAN'a teşekkür ederim. Ayrıca buralara kadar gelmemde maddi ve manevi yardımlarını benden esirgemeyen aileme ve destekleri için saygıdeğer arkadaşlarım Hasan Emin Çelik ve Mehmet Şerif İnci' ye teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Mayıs 2011

Necmi ERDEN
(Fizik Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	v
KISALTMALAR	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
SEMBOL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY.....	xix
1. GİRİŞ	1
2. GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİ	3
2.1 Güneş Enerjisi ve Teknolojileri	4
2.2 Güneş Enerjisi ile Soğutma Teknolojileri.....	4
3. GÜNEŞ GEOMETRİSİ VE ATMOSFER DIŞI GÜNEŞ IŞINIMI	7
3.1 Güneş Sabiti ve Atmosfer Dışı Işınım Değişimi.....	7
3.2 Güneş Açıları	7
3.3 Gün Uzunluğu	11
3.4 Atmosfer Dışında Yatay Düzleme Gelen Güneş Işınımı.....	11
3.5 Yeryüzüne Gelen Güneş Işınımı	12
3.5.1 Güneş Işınımı Ölçümleri.....	12
3.5.2 Yatay Düzleme Gelen Güneş Işınımı	14
3.5.2.1 Günlük Işınım Hesabı	14
3.5.2.2 Anlık Işınım Hesabı	15
3.5.3 Eğik Düzleme Düşen Güneş Işınımı	15
3.5.3.1 Anlık Işınım Hesabı	16
3.5.3.2 Günlük Işınım Hesabı	17
4. ABSORBSİYONLU SOĞUTMA SİSTEMLERİ	19
4.1 Akışkan Çiftleri.....	19
4.2 Absorbsiyonlu Soğutma Sistemlerine Ait Temel Elemanlar	21
4.2.1 Generatör.....	22
4.2.2 Yoğuşturucu (Kondenser).....	22
4.2.3 Buharlaştırıcı (Evaporatör)	22
4.2.4 Absorber (Soğurucu)	22
4.2.5 Eriyik Pompası	22
4.2.6 Isı Değiştirici	22
4.2.7 Genleşme Valfi.....	22
4.2.8 Ayrıştırıcı	23
4.3 LiBr-H ₂ O Absorbsiyonlu Sistemler	23
5. GÜNEŞ TOPLAYICILARI.....	25
5.1 Düzlemsel Güneş Toplayıcıları.....	25
5.1.1 Saydam Örtü	26
5.1.2 Yutucu Yüzey.....	27
5.1.3 Isı Yalıtımı	29

5.1.4 Toplayıcı Kasa	30
5.1.5 Düzlem Toplayıcı Çeşitleri.....	30
5.1.6 Düzlemsel Güneş Toplayıcılarının Isıl Analizi	31
5.1.6.1 Toplayıcıda Toplam Isı Kayıp Katsayısı	31
5.1.6.2 Toplayıcı Sıcaklık, Verim ve Isı Kazanç Faktörleri	34
5.1.6.3 Toplayıcı Isı Uzaklaştırma Faktörü	37
5.1.6.4 Toplayıcı Akışkan Faktörü	37
5.1.6.5 Faydalı Enerji	38
5.1.6.6 Toplayıcı Verimi	38
5.2 Vakum Tüplü Güneş Enerji Sistemleri	39
5.3 Yoğunlaştıran Toplayıcılar	40
6. ANTALYA İLİNDE BİR KONUT İÇİN GEREKLİ ISIL HESAPLAMALAR	43
6.1 Atmosfer Dışı Işınım Hesabı	43
6.1.1 Atmosfer Dışı Günlük Işınım Hesabı.....	43
6.1.2 Atmosfer Dışı Anlık Işınım Hesabı	44
6.2 Yeryüzüne Ulaşan Güneş Işınımı Hesabı.....	45
6.2.1 Yatay Düzleme Düşen Günlük Toplam Işınım Hesabı.....	45
6.2.2 Yatay Düzleme Düşen Günlük Yayılı Işınım Hesabı	46
6.2.3 Yatay Düzleme Düşen Günlük Direkt Işınım Hesabı	47
6.2.4 Yatay Düzleme Düşen Anlık Toplam Işınım Hesabı.....	47
6.2.5 Yatay Düzleme Düşen Anlık Yayılı Işınım Hesabı.....	48
6.2.6 Yatay Düzleme Düşen Anlık Direkt Işınım Hesabı.....	49
6.3 Eğik Düzleme Düşen Işınım Hesabı	49
6.3.1 Eğik Düzleme Düşen Anlık Direkt Işınım Hesabı.....	49
6.3.2 Eğik Düzleme Düşen Anlık Yayılı Işınım Hesabı.....	50
6.3.3 Eğik Düzleme Düşen Anlık Yansıyan Işınım Hesabı	51
6.3.4 Eğik Düzleme Düşen Anlık Toplam Işınım Hesabı.....	52
6.3.5 Eğik Düzleme Düşen Günlük Toplam Işınım Hesabı.....	52
6.4 Isı Kazancı Hesabı	53
6.4.1 Dış Isı Kazancı Hesabı	54
6.4.1.1 Duvar ve Pencereleden Konveksiyonla Olan Isı Kazancı	55
6.4.1.2 Hava Sızdırmasından Oluşan Isı Kazancı	64
6.4.2 İç Isı Kazancı Hesabı.....	66
6.4.2.1 İnsanlardan Gelen Isı Kazancı	66
6.4.2.2 Aydınlatmadan Kazanılan Isı	67
6.4.2.3 Elektrikli Araçlardan Kazanılan ısı	68
6.4.2.4 Gizli Yük Çarpanı ve Toplam Isı Kazancı Hesabı	68
6.5 Absorbsiyonlu Soğutma Sisteminin Hesabı	70
6.5.1 Çalışma Şartlarının Belirlenmesi	70
6.5.2 Sistem Elemanları için Kütle ve Enerji Dengesi	73
6.5.2.1 Evaporatör için Kütle Dengesi	73
6.5.2.2 Absorber için Kütle Dengesi	73
6.5.2.3 Isı Değiştirici için Kütle Dengesi	74
6.5.2.4 Generatör için Kütle Dengesi	74
6.5.2.5 Absorberden Atılan Isı	75
6.5.2.6 Kondenserden Atılan Isı	75
6.5.2.7 COP Değeri	75
6.5.2.8 Sistemin Termodinamiksel Özellikleri	75
6.6 Toplayıcının Toplam Isı Transfer Katsayısının Tesbiti	78

6.7 Toplayıcının Isıl Analizi	80
6.8 Toplayıcı Isı Uzaklaştırma Faktörü	81
6.9 Kazanılan Enerji	81
6.10 Toplayıcı Verimi	82
6.11 Gerekli Toplam Toplayıcı Yüzeyi.....	82
6.12 Toplam Toplayıcı Sayısı.....	83
7. SONUÇ VE ÖNERİLER	85
KAYNAKLAR.....	87
EKLER.....	89
ÖZGEÇMİŞ	95

KISALTMALAR

ACH	: Air Change per Hour
ASHRAE	: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
ASS	: Absorbsiyonlu Soğutma Sistemi
COP	: Soğutma Tesir Katsayısı
CLTD	: Cooling Load Temperature Difference
DMİ	: Devlet Meteoroloji İşleri
EİE	: Elektrik İşleri Etüt İdaresi
GLF	: Glass Load Factors
GS	: Güneş Sabiti
LF	: Gizli Yük Çarpanı

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Türkiye'nin toplam güneş enerjisi potansiyelinin aylara göre dağılımı	3
Çizelge 2.2 : Türkiye'nin yıllık güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere göre dağılımı.	4
Çizelge 3.1 : Her bir ayı temsil eden ortalama gün ve çeşitli aylar için "n" değerleri.	9
Çizelge 3.2 : Bazı yüzeylerin ortalama yansıtıcılık değeri.	17
Çizelge 4.1 : Üzerinde çalışma yapılan akışkan çiftleri.	20
Çizelge 5.1 : Bazı saydam örtü malzemelerinin özellikleri.	26
Çizelge 5.2 : Bazı seçici yüzeyler ve özellikleri.	28
Çizelge 5.3 : Camların, yutucu levhanın yansıttığı ışınımı geri yansıtma oranı.	29
Çizelge 5.4 : Bazı camlar için $(\tau\alpha)_0$ ve b değerleri.	29
Çizelge 5.5 : Bazı yalıtım malzemeleri ve özellikleri.	30
Çizelge 5.6 : Düzlemsel ve Vakum tüplü toplayıcıların Absorbsiyon Katsayısı (a), Yansıtma Katsayısı (e) ve Soğurucu Yüzey Performansları.	40
Çizelge 6.1 : Atmosfer dışı yatay düzleme gelen günlük ışınım için bulunan değerler.....	44
Çizelge 6.2 : Antalya ilinin aylık izafi güneşlenme süreleri.	45
Çizelge 6.3 : Yatay düzleme gelen günlük toplam ışınım için bulunan değerler.	46
Çizelge 6.4 : Yatay düzleme gelen günlük yayılı ışınım için bulunan değerler.	47
Çizelge 6.5 : Yatay düzleme gelen anlık toplam ışınım için bulunan değerler.	48
Çizelge 6.6 : Yatay düzleme gelen anlık yayılı ışınım için bulunan değerler.	49
Çizelge 6.7 : Yatay düzleme gelen anlık direkt ışınım için bulunan değerler.	49
Çizelge 6.8 : Eğik düzleme gelen anlık direkt ışınım için bulunan değerler.	50
Çizelge 6.9 : Eğik düzleme gelen anlık yayılı ışınım için bulunan değerler.	51
Çizelge 6.10 : Eğik düzleme gelen anlık yansıyan ışınım için bulunan değerler.	51
Çizelge 6.11 : Eğik düzleme gelen anlık toplam ışınım için bulunan değerler.	52
Çizelge 6.12 : Eğik düzleme gelen günlük toplam ışınım için bulunan değerler.	53
Çizelge 6.13 : 21 Temmuz günü Antalya saatlik dış hava sıcaklığı ve bağıl nem değerleri.....	54
Çizelge 6.14 : Konutun fiziksel özellikleri.	57
Çizelge 6.15 : Ayrı tek evler için CLTD değerleri.....	57
Çizelge 6.16 : Ayrı tek evler için GLF değerleri.	58
Çizelge 6.17 : Salonun iletim ve taşınım ile olan ısı kazancı.	61
Çizelge 6.18 : Yatak odası için iletim ve taşınım ile olan ısı kazancı.	62
Çizelge 6.19 : Oturma Odası için iletim ve taşınım ile olan ısı kazancı.	62
Çizelge 6.20 : Antre için iletim ve taşınım ile olan ısı kazancı.	63
Çizelge 6.21 : Banyo için iletim ve taşınım ile olan ısı kazancı.	63
Çizelge 6.22 : Mutfak için iletim ve taşınım ile olan ısı kazancı.....	64
Çizelge 6.23 : Dış ortam hesap sıcaklığının fonksiyonu olarak bir saatteki hava değişimi.	65

Çizelge 6.24 : Konutun hava sızdırmasından oluşan soğutma yükleri.	66
Çizelge 6.25 : İnsanlardan olan ısı kazancı (W/kişi).	66
Çizelge 6.26 : Aydınlatmadan dolayı m ² ‘ya gelen yükler.....	67
Çizelge 6.27 : Sistemin bütün noktaları için hesaplanan termodinamiksel özellikler.	76
Çizelge 6.28 : Sistem için enerji dengesinin mukayesesi.....	76
Çizelge 6.29 : Antalya yaz boyunca aylık ortalama hava sıcaklıkları.	76
Çizelge 6.30 : Soğutma Sezonu için Hesaplanan ΔT -Soğutma kapasitesi değerleri.	77
Çizelge 6.31 : Mayıs-Eylül ayları arasında üretece verilmesi gerekenn ısı miktarları.....	78

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1	: Güneş enerjisi ile soğutma sistemleri	6
Şekil 3.1	: Düz yüzeyin güneş açıları ve Eğimli yüzey üzerinde bazı güneş açıları	8
Şekil 3.2	: Deklinasyon açısının yıl boyunca değişimi.....	8
Şekil 3.3	: Geliş açısı (a) ve eğik düzlemde oluşan güneş açıları (b).....	10
Şekil 3.4	: Güneş azimut açısı (a) ve yüzey azimut açısı (b).	10
Şekil 3.5	: Toplam ışınımın bileşenleri.....	12
Şekil 3.6	: Piranometre.	13
Şekil 3.7	: Pirheliometre.	13
Şekil 3.8	: Güneş ışığı kaydedicisi	14
Şekil 4.1	: Basit bir absorpsiyonlu soğutma çevrimi.....	21
Şekil 4.2	: Tek kademeli absorpsiyonlu soğutma sistemi.....	23
Şekil 5.1	: Güneş kolektörü kesit şeması	26
Şekil 5.2	: Işınımın toplayıcı içindeki hareketi ve yutma geçirme katsayıları	28
Şekil 5.3	: Havalı ve sulu farklı toplayıcı dizaynları.....	31
Şekil 5.4	: Bir toplayıcıda ısı giriş ve çıkışları.	32
Şekil 5.5	: Düzlemsel bir toplayıcının kenar ve alt ısı kayıpları	34
Şekil 5.6	: Düz bir güneş toplayıcısının boyutları.....	34
Şekil 5.7	: Kanatçık üzerindeki enerji dengesi.....	36
Şekil 5.8	: Toplayıcı akışkan faktörü, F''	38
Şekil 5.9	: Vakum tüplü güneş toplayıcı çalışma prensibi.....	39
Şekil 5.10	: Işınımın yansıtıcı yüzey veya ışın-kırıcı yüzey ile bir noktaya (a) ve bir doğruya (b) yoğunlaştırılması	41
Şekil 6.1	: Soğutma Sisteminin uygulanacağı konutun mimari taslağı	56
Şekil 6.2	: Sıcaklık- bağıl nem-mutlak nem ilişkisi	69
Şekil 6.3	: Sızmanın gizli oranına etkisi	70
Şekil 6.4	: Absorpsiyonlu soğutma sistemi.....	71
Şekil 6.5	: Antalya ilinin uzun dönem minimum, maksimum ve ortalama sıcaklıklarının yıl boyunca değişimi.....	77

SEMBOL LİSTESİ

A	: Duvar alanı, (m ²)
A_c	: Toplayıcı üst yüzey alanı, (m ²)
A_t	: Faydalı yüzey alanı, (W/m ²)
b	: Bağ genişliği, (m)
C_b	: Borunun kanata olan bağ iletkenliği
C_p	: Suyun özgül ısısı, (kJ/kgK)
d	: Kalınlık, (cm)
D_i	: Boru iç çapı, (m)
E	: Enerji miktarı, (W/m ²)
F	: Kanaçık verimi
F'	: Toplayıcı verim faktörü
F''	: Toplayıcı akışkan faktörü
F_R	: Toplayıcı ısı uzaklaştırma faktörü
G_o	: Atmosfer dışında yatay düzleme gelen güneş ışınımı, (W/m ²)
G_{on}	: Atmosfer dışında dik düzleme gelen güneş ışınımı, (W/m ²)
G_{sc}	: Güneş sabiti, (W/m ²)
h_{fi}	: Boru içindeki ısı taşınım katsayısı
h_w	: Dış yüzey ışı taşınım katsayısı
H	: Yatay düzleme gelen günlük toplam ışınım, (W/m ²)
H₀	: Atmosfer dışında yatay düzleme gelen günlük güneş ışınımı, (W/m ²)
H_b	: Yatay düzleme gelen günlük direkt ışınım, (W/m ²)
H_d	: Yatay düzleme gelen günlük yayılı ışınım, (W/m ²)
H_T	: Eğik düzleme gelen günlük toplam ışınım, (W/m ²)
I	: Yatay düzleme gelen anlık toplam ışınım, (W/m ²)
I₀	: Atmosfer dışında yatay düzleme gelen anlık güneş ışınımı, (W/m ²)
I_b	: Yatay düzleme gelen anlık direkt ışınım, (W/m ²)
I_{bT}	: Eğik düzleme gelen anlık direkt ışınım, (W/m ²)
I_d	: Yatay düzleme gelen anlık yayılı ışınım, (W/m ²)
I_{dT}	: Eğik düzleme gelen anlık yayılı ışınım, (W/m ²)
I_{ref}	: Eğik düzleme gelen anlık yansıyan ışınım, (W/m ²)
I_T	: Eğik düzleme gelen anlık toplam ışınım, (W/m ²)
k	: Yutucu plakanın termal iletkenliği
k_b	: Bağ ısı iletkenliği, (W/m ⁰ C)
k_y	: Yalıtım malzemesinin ısı iletim katsayısı, ((W/mK))
K	: Yalıtım malzemesinin ısı iletim katsayısı, (W/mK)
L_y	: Yalıtım malzemesinin kalınlığı, (mm)
ṁ	: Kütleli debi, (kg/s)
ṁ_{ab}	: Fakirleşmiş akışkan çiftinin kütleli debisi, (kg/s)
ṁ_r	: Soğutucu akışkanın kütleli debisi, (kg/s)
ṁ_s	: Zenginleşmiş akışkan çiftinin kütleli debisi, (kg/s)
n	: Gün sayısı
N	: Cam örtülerin sayısı

N	: Gün uzunluğu
q_A	: Aydınlatmadan gelen toplam ısı kazancı, (W)
q_e	: Elektrikli araçlardan gelen toplam ısı kazancı, (W)
q	: Toplam ısı kazancı, (W)
Q_{boru}	: Boru yüzeyinde toplanan faydalı enerji, (W/m ²)
Q_{kanat}	: Kanatçıkta toplanan faydalı enerji, (W/m ²)
Q_u	: Toplam faydalı enerji, (W/m ²)
Q_{absorber}	: Absorberden atılan ısı miktarı, (kW)
Q_{evap}	: Evaporatörden çekilen ısı miktarı, (kW)
Q_{gen}	: Generatörden çekilen ısı miktarı, (kW)
Q_{kondenser}	: Kondenserdan atılan ısı miktarı, (kW)
Q_H	: Hacimsel hava dbisi, (L/s)
S	: Toplayıcının yatayla yaptığı açı, (°C)
T	: Sıcak cismin mutlak sıcaklığı, (K)
T_a	: Çevre sıcaklığı, (K)
T_b	: Boru içindeki akışkan sıcaklığı, (°C)
T_p	: Yutucu yüzeyin sıcaklığı, (K)
T_g	: Suyun giriş sıcaklığı, (°C)
U	: Isı geçirgenlik katsayısı, (W/m ² K)
U_{alt}	: Toplayıcı alt yüzeyi toplam ısı transfer katsayısı, (W/m ² °C)
U_{kenar}	: Toplayıcı kenar yüzeyi toplam ısı transfer katsayısı, (W/m ² °C)
U_{üst}	: Toplayıcı üst yüzeyi toplam ısı transfer katsayısı, (W/m ² °C)
U_L	: Toplayıcı toplam ısı kayıp katsayısı, (W/m ² °C)
V	: Rüzgar hızı, (m/s)
V_{oda}	: Oda hacmi, (m ³)
W	: Borular arası mesafe, (mm)
Z	: Rakım değeri
ΔT	: İç ve dış ortam arasındaki sıcaklık farkı, (°C)
σ	: Stefan-Boltzman sabiti, (W/m ² K ⁴)
Ø	: Enlem açısı, (°C)
δ	: Deklinasyon açısı, (°C)
β	: Eğim açısı, (°C)
ω	: Saat açısı, (°C)
ω_s	: Güneş batış saat açısı, (°C)
θ	: Güneş geliş açısı, (°C)
γ_s	: Güneş azimuth açısı, (°C)
γ	: Yüzey azimuth açısı, (°C)
γ	: Bağ ortalama kalınlığı, (m)
θ_z	: Zenit Açısı, (°C)
τα	: Toplayıcının yutma geçirme çarpımı
ρ_d	: Saydam örtünün yutucu yüzeyden yansıtılarak gelen ışınımı yansıtma oranı
ε_p	: Yutucu yüzeyin yayma katsayısı
ε_g	: Camın yayma katsayısı
η	: Toplayıcı verimi
δ	: Absorber plakanın kalınlığı, (mm)

GÜNEŞ ENERJİSİ DESTEKLİ ABSORBSİYONLU SOĞUTMA SİSTEMİ

ÖZET

Dünya nüfusunun artması ve teknolojinin gelişmesiyle birlikte artan enerji ihtiyacını karşılayabilmek için yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması gerekmektedir. Güneş enerjisi bu yenilenebilir enerji kaynaklarından biridir. Türkiye güneş enerjisi potansiyeli açısından dünyadaki şanslı ülkelerden biridir. Türkiye'nin en fazla güneş enerjisi alan bölgesi Güney Doğu Anadolu Bölgesi olup, bunu Akdeniz Bölgesi izlemektedir. Özellikle bu bölgelerdeki oteller, hastaneler ve konutlar için soğutma ciddi bir ihtiyaçtır. Soğutma ihtiyacını karşılayabilmek için elektrik enerjisi yerine atık ısı ve ya güneş enerjisi kullanılabilir.

Güneş enerjisi destekli soğutma sistemleri için bir çok yöntem vardır. Bu çalışmada Absorbsiyonlu soğutma sistemi incelenmiştir. Bu soğutma sistemi, soğutma için gerekli enerji ihtiyacını azaltır ve soğutma giderlerini düşürür. Ayrıca CO₂ emisyonlarını ciddi oranda azaltır.

Absorbsiyonlu soğutma sistemlerinde absorbent ve soğutucu akışkan olmak üzere iki akışkan çifti kullanılır. Bu çalışmada absorbent olarak LiBr ve soğutucu akışkan olarak su kullanılmıştır. Bu akışkan çiftlerinin ozon tabakasına dost oldukları bilinmektedir. Bu akışkan çiftlerinde 0 °C' nin altında soğutma yapmak mümkün olmamaktadır.

Bu çalışmanın amacı Antalya ilindeki 62 m² lik bir konutun yaz aylarındaki soğutma ihtiyacını, güneş destekli LiBr- su akışkan çifti kullanan Absorbsiyonlu soğutma sistemiyle karşılamaktır. Güneş enerjisi sistemlerinin projelendirilmesi iklim verilerine dayandığı için gerekli iklim verileri Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü' nden alınmıştır. Önce konutun ısı kazancı hesabı yapılmış, sonra bu ısı kazancı için gerekli olan düzlemsel toplayıcı sayısı bulunmuştur. Konutun ısı kazancı hesabı için Ashrae' nin, (1997) basitleştirilmiş CLTD hesap yöntemi kullanılmıştır. Sistemimizde düzlemsel toplayıcılar kullanılmış ve bu toplayıcıların ısıl analizleri yapılmıştır.

SOLAR ABSORPTION COOLING SYSTEM

SUMMARY

With growing world population and increasing the technology, to be able to overcome rising the energy need, it is necessary to use the sources of renewable energy. Solar energy is one of that renewable energies. Turkey is one of the most luckiest countries in the world according to the solar energy potential. The region getting the most solar energy of Turkey is the South- East Anatolia Region, and it is followed by the Mediterranean Region. Especially hotels, hospitals and houses in that regions need seriously air conditioning in the summer time. To overcome the cooling demand, waste and solar energy can be used instead of electrical energy.

There are a lot of methods for the solar cooling. In this study, Absorption cooling system have been examined. This cooling system reduces power demand and cooling costs. Also it reduces CO₂ emissions.

In solar energy absorption cooling system, two fluid pairs are used which are absorbent and cooling fluid. LiBr is used as an absorbent and water is used as a cooling fluid. Absorption systems are friendly to environment, because natural fluid pairs as working fluid, which are not ozone depletion, are used in these systems. Performing cooling is not possible under 0 °C in that fluid pairs.

The purpose of this work is to supply the cooling need for a 62 m² house in Antalya in summer months with the solar absorption cooling system using LiBr-H₂O fluid pairs. Solar energy systems projects are based on climate data, so these datas have been taken from Turkish State Meteorological Service. First, the heat gain of the house has been calculated, and then the number of flat plane collectors have been found. By suggested Ashrae, (1997) CLTD cooling load calculation method has been used for the house's heat gain calculation. Flat plate collectors have been used in our cooling system, and thermal analysis of these collectors have been determined.

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun hızlı bir şekilde artması ve teknolojinin gelişiminin yanısıra mevcut fosil yakıt rezervlerindeki azalma ve bu yakıtların oluşturduğu çevre kirliliği gibi problemler, yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmamızı gerekli kılmaktadır.

Elektrik tüketimleri çok olan buhar sıkıştırımlı soğutma sistemlerine nazaran, Absorbsiyonlu soğutma sistemlerinin elektrik tüketimleri çok düşüktür. Güneş, endüstriyel atıklar, jeotermal enerji gibi düşük sıcaklıklı ısı kaynaklarıyla çalışabilirler.

Absorbsiyonlu 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 $\text{H}_2\text{O-LiBr}$ 'dür. Sistemin yapısı diğer soğutma sistemlerine göre daha karmaşık ve soğutma katsayısı daha küçüktür, fakat atık enerjilerin değerlendirilmesinde en uygun olanıdır. Sistemde kullanılan $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$ ve $\text{H}_2\text{O-LiBr}$ gibi akışkanların ozonla dost oldukları bilinmektedir. Bu sistemlerde soğutma ise çok kısa zamanda gerçekleşmektedir.

Sistemimizde düzlemsel toplayıcılar kullanılmış ve bu toplayıcıların ısıl analizleri yapılmıştır. Ülkemizde yaygın olarak alüminyum, bakır ve çelik yüzeyli toplayıcılar kullanılmaktadır. Seçici yüzeyli toplayıcılar da verimlerinin daha yüksek olması nedeniyle tercih edilmeye başlanmıştır. Bu çalışmada $\text{LiBr-H}_2\text{O}$ eriyiği kullanan absorbsiyonlu soğutma sistemi ele alınmıştır. Antalya ilindeki 62 m^2 lik bir konutun yaz aylarında soğutulması için gerekli olan ısı kazancı hesabı yapılmıştır. Konutun ısı kazancı hesabı, Ashrae (1997) tarafından verilen CLTD basitleştirilmiş soğutma yükü değerleri ve U toplam ısı geçiş katsayısı kullanılarak yapılmıştır. Absorbsiyonlu soğutma sisteminin COP değeri bulunmuştur. Kullanılan düzlemsel toplayıcının ısıl analizi yapılarak toplayıcı verimi, gerekli toplam toplayıcı yüzeyi ve toplam toplayıcı sayısı bulunmuştur.

2. GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİ

Ülkemizi güneş enerjisi potansiyeli açısından değerlendirdiğimizde, sahip olduğu coğrafi konumu nedeniyle bir çok ülkeye göre şanslı bir ülke durumunda olduğunu söyleyebiliriz. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü' nde (DMİ) mevcut bulunan 1966- 1982 yıllarında ölçülen güneşlenme süresi ve ışıınım şiddeti verilerine baktığımızda, Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat, bu değeri günlük olarak ifade edersek; günlük toplam 7.2 saat, ortalama toplam ışıınım şiddeti 1311 kWh/m²-yıl, bu değeri günlük olarak ifade edersek; günlük toplam 3.6 kWh/m² olduğu görülür.

Aylara göre Türkiye güneş enerji potansiyeli ve güneşlenme süresi değerleri Çizelge 2.1' de verilmiştir.

Çizelge 2.1 : Türkiye'nin toplam güneş enerjisi potansiyelinin aylara göre dağılımı (Varınca, 2006).

Aylar	Aylık Toplam Güneş Enerjisi (kcal/cm ² -ay)	(kWh/m ² -ay)	Güneşlenme Süresi (saat/ay)
Ocak	4,45	51,75	103,0
Şubat	5,44	63,27	115,0
Mart	8,31	96,65	165,0
Nisan	10,51	122,23	197,0
Mayıs	13,23	153,86	273,0
Haziran	14,51	168,75	325,0
Temmuz	15,08	175,38	365,0
Ağustos	13,62	158,40	343,0
Eylül	10,60	123,28	280,0
Ekim	7,73	89,90	214,0
Kasım	5,23	60,82	157,0
Aralık	4,03	46,87	103,0
Toplam	112,74	1311,00	2640
Ortalama	308,0 cal/cm²-gün	3,6 kWh/m²-gün	7,2 saat/gün

Yukarıdaki çizelgeye göre, Türkiye güneş enerjisini en fazla Temmuz ayında almakta, bunu Haziran ayı izlemektedir.

Çizelge 2.2' de Türkiye'nin yıllık güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere göre dağılımı verilmiştir.

Çizelge 2.2 : Türkiye'nin yıllık güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere göre dağılımı (Varınca, 2006).

Bölge	Toplam ortalama güneş enerjisi	En çok güneş enerjisi (Haziran)	En Az güneş enerjisi (Aralık)	Ortalama güneşlenme süresi	En çok güneşlenme süresi (Haziran)	En az güneşlenme süresi (Aralık)
	kWh/m ² -yıl	kWh/m ²	kWh/m ²	saat/yıl	saat	saat
Güneydoğu Anadolu	1.460	1.980	729	2.993	407	126
Akdeniz	1.390	1.869	476	2.956	360	101
Doğu Anadolu	1.365	1.863	431	2.664	371	96
İç Anadolu	1.314	1.855	412	2.628	381	98
Ege	1.304	1.723	420	2.738	373	165
Marmara	1.168	1.529	345	2.409	351	87
Karadeniz	1.120	1.315	409	1.971	273	82

Yukarıdaki çizelgeye göre, Türkiye'nin en fazla güneş enerjisi alan bölgesi Güney Doğu Anadolu Bölgesi olup, bunu Akdeniz Bölgesi izlemektedir.

2.1 Güneş Enerjisi ve Teknolojileri

Güneş, orta büyüklükte bir yıldız olup hidrojen ve helyum gazlarından oluşmuştur. Yarıçapı 700.000 km, kütlesi 2×10^{30} kg' dır ve dünyadan 1.5×10^{11} m uzaklıkta yüksek basınçlı ve yüksek sıcaklıklı bir yıldızdır. Yüzey sıcaklığı yaklaşık 6000 °C olan güneş, Stefan Boltzman kanununa göre çok yüksek değerlerde radyasyon enerjisi yaymaktadır.

Güneş enerjisi teknolojileri yöntem, malzeme ve teknolojik düzey açısından çok çeşitlilik göstermekle birlikte iki ana gruba ayrılabilir (Varınca, 2006).

- Isıl Güneş Teknolojileri : Bu sistemlerde öncelikle güneş enerjisinden ısı elde edilir. Bu ısı doğrudan kullanılabilirdiği gibi elektrik üretiminde de kullanılabilir.
- Güneş Pilleri : Fotovoltaik piller de denen bu yarı-iletken malzemeler güneş ışığını doğrudan elektriğe çevirirler.

2.2. Güneş Enerjisi ile Soğutma Teknolojileri

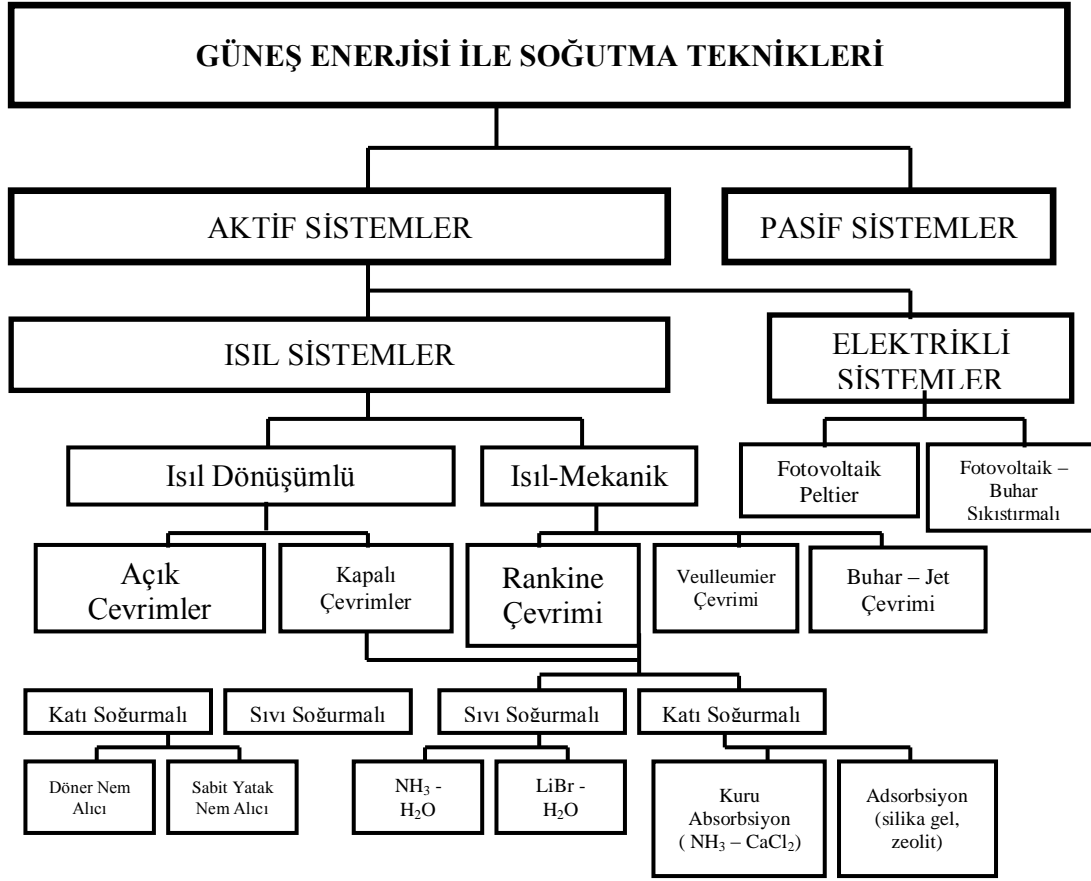
Güneş enerjisi ile soğutma teknolojileri üç farklı açıdan gruplandırılabilir. Bunlar; kullanılan soğutma tekniği, kullanılan güneş enerjisi toplama sistemi ve elde edilmek istenen soğutmanın sıcaklığıdır.

Soğutma sıcaklığı genel olarak üç ana grupta sınıflandırılabilir:

1. 4/25 °C (iklimlendirme)
2. -10/4 °C (genel amaçlı soğutma)
3. -20/-10 °C (düşük sıcaklık uygulamaları)

Güneş enerjisi yardımıyla soğutma tekniklerini, soğutma prosesinin türüne, kullanılan aracı maddenin fazına, çevrimin açık-kapalı olmasına göre farklı şekillerde sınıflandırmak mümkündür (Büyükalaca, 2003). Şekil 2.1' de bu sınıflandırma gösterilmiştir.

Şekil 2.1' e baktığımızda, güneş enerjisi ile soğutma için teorik olarak bir çok soğutma tekniği mevcuttur. Fakat günümüzde bu teknolojilerden sadece birkaçı uygulanabilir durumdadır. Tezimizde, LiBr- H₂O akışkan çiftini kullanan Absorbsiyonlu Soğutma Sistemi incelenecektir.



Şekil 2.1 : Güneş enerjisi ile soğutma sistemleri (Büyükalaca, 2003).

3. GÜNEŞ GEOMETRİSİ VE ATMOSFER DIŞI GÜNEŞ IŞINIMI

3.1 Güneş Sabiti ve Atmosfer Dışı Işınım

Dünya ile güneş arasındaki ortalama uzaklıkta, atmosfer dışında güneş ışınımına dik birim alana bütün dalga boylarında bir anda gelen güneş ışınımı değeri “Güneş Sabiti G_{sc} ” olarak tanımlanır ve güneş sabiti değeri %1 hata ile 1367 W/m^2 olarak kabul edilmektedir. Güneş sabiti değerinin kullanılması güneş enerjisi hesaplamalarında kolaylık sağlar.

Atmosfer dışında yılın herhangi bir zamanında güneş ışınımına dik düzleme (normal doğrultuda) bütün dalga boylarında gelen güneş ışınımı (G_{on}) Eşitlik 3.1’ den tespit edilir,

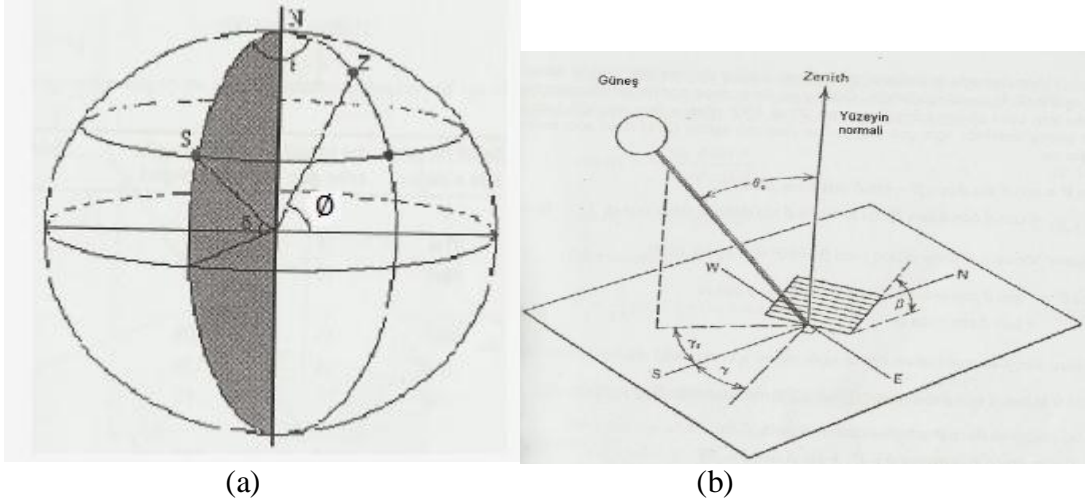
$$G_{on} = G_{sc} \left(1 + 0.033 \cos \frac{360n}{365} \right) \quad (3.1)$$

Burada n, 1 Ocak’ tan itibaren gün sayısıdır.

3.2 Güneş Açıları

Herhangi bir anda yeryüzü üzerinde belirli bir yöndeki düzlem ile yeryüzüne gelen direkt güneş ışınımı arasındaki geometrik ilişkiler birkaç değişik açı tanımı ile belirlenebilir.

Şekil 3.1’ de düz yüzeyin güneş açıları (a) ve eğimli yüzey üzerinde bazı güneş açıları gösterilmiştir.



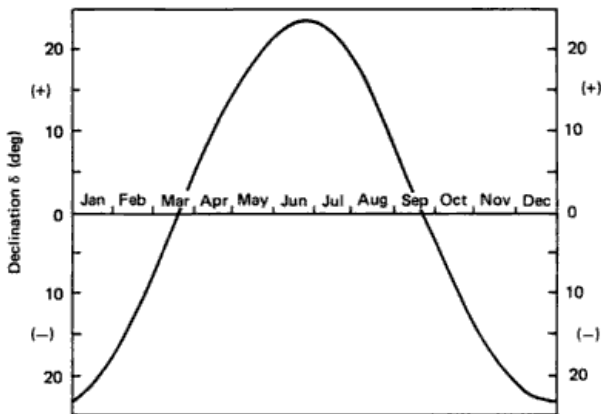
Şekil 3.1 : Düz yüzeyin güneş açıları (a) ve Eğimli yüzey üzerinde bazı güneş açıları (b) (Yiğit, 2010).

Enlem açısı (θ) ekvator düzlemi ile gözlemcinin bulunduğu noktadan dik olarak geçen doğru arasındaki açıdır. Kuzey yarımkürede (+), güney yarımkürede (-) olarak kabul edilir.

Denklinasyon açısı, δ , güneş ışınları ile ekvator düzlemi arasındaki açıdır. Deklinasyon açısı aşağıdaki şekilde hesaplanır,

$$\delta = 23.45 \sin \left(360 \frac{284+n}{365} \right) \quad (3.2)$$

Burada, n 1 Ocaktan itibaren gün sayısıdır ve Çizelge 3.1 yardımıyla hesaplama yapılan aya bağlı olarak bulunur. Şekil 3.2' de deklinasyon açısının yıl boyunca değişimi gösterilmiştir.



Şekil 3.2 : Deklinasyon açısının yıl boyunca değişimi (Goswami, 1999).

Çizelge 3.1 : Her bir ayı temsil eden ortalama gün ve çeşitli aylar için “n” değerleri (Yiğit, 2010).

Ay	Belirli bir gün için n değeri	Ayı temsil eden gün	Ortalama gün için n değeri	Deklinasyon δ
Ocak	i	17	17	-20.9
Şubat	31 + i	16	47	-13.0
Mart	59 + i	16	75	-2.4
Nisan	90 + i	15	105	9.4
Mayıs	120 + i	15	135	18.8
Haziran	151 + i	11	162	23.1
Temmuz	181 + i	17	198	21.2
Ağustos	212 + i	16	228	13.5
Eylül	243 + i	15	258	2.2
Ekim	273 + i	15	288	-9.6
Kasım	304 + i	14	318	-18.9
Aralık	334 + i	10	334	-23

Çizelge 3.1’ e göre, Haziran 162. gün için deklinasyon açısı 23.1, Temmuz 198. gün için deklinasyon açısı 21.2 ve Ağustos 228. gün için deklinasyon açısı 13.5 olarak tespit edilir.

Antalya ili için ışınım hesabında bu deklinasyon açıları kullanılacaktır.

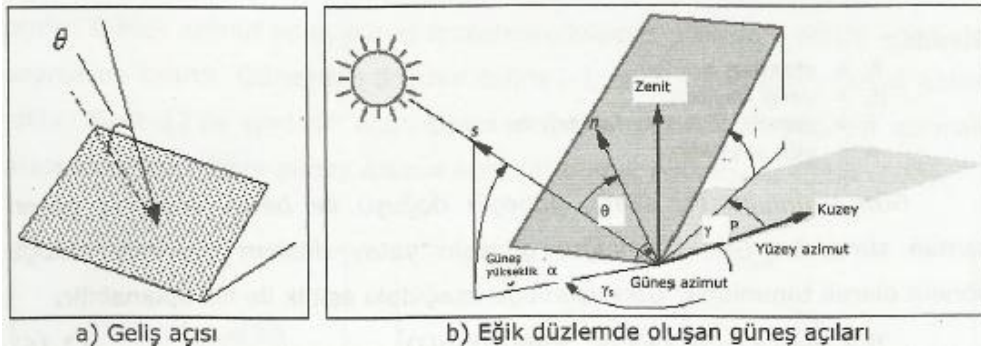
Eğim açısı, β , ele alınan yüzeyin yatay ile yaptığı açıdır.

Saat açısı (ω), güneş ışınlarının bulunduğu boylam ile göz önüne alınan yerin boylamı arasındaki açıdır. Güneş saatinin bir çeşit açısal ölçümüdür ve her saat için 15^0 ye eşittir. Açı sabahları negatif, öğleden sonraları ise pozitif olur. Öğle zamanı sıfırdır ve her saat 15^0 artar. Saat açısı, aşağıdaki ifade ile hesaplanır,

$$\omega = 15(GS - 12) \quad (3.3)$$

Güneş geliş açısı, θ , yüzeye gelen direk güneş ışınımı ile yüzeyin normali arasındaki açıdır.

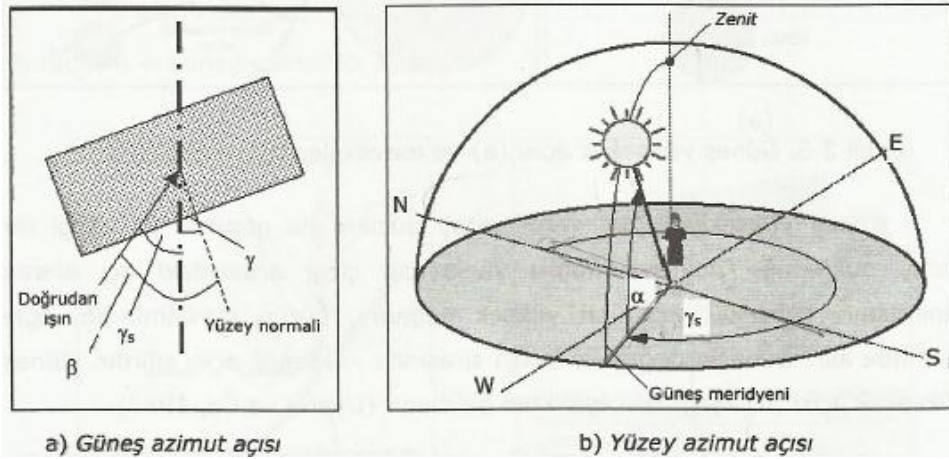
Şekil 3.3’ te geliş açısı (a) ve eğik düzlemde oluşan güneş açıları (b) gösterilmiştir.



Şekil 3.3 : Geliş açısı (a) ve eğik düzlemde oluşan güneş açıları (b) (Öztürk, 2008).

Güneş azimut Açısı (γ_s), güneş-dünya doğrultusunun yatay düzlemdeki iz düşümünün, kuzey-güney doğrultusu ile yapmış olduğu açıdır.

Şekil 3.4' te güneş azimut açısı (a) ve yüzey azimut açısı (b) gösterilmiştir.



Şekil 3.4 : Güneş azimut açısı (a) ve yüzey azimut açısı (b) (Öztürk, 2008).

Yüzey azimut açısı, γ , tam güneyde sıfır, doğuya doğru negatif, batıya doğru pozitif olmak üzere yüzeyin normalinin yatay düzlemdeki izdüşümü ile güney doğrultusu arasındaki açıdır.

Zenit Açısı, θ_z , yatay yüzey ($\beta = 0$) için tanımlanan güneş geliş açısıdır. Zenit açısı (θ_z), eğim açısı (β) ve yüzey azimut açısı (γ) Şekil 3.4' te gösterilmiştir. Direkt ışınımın geliş açısı (θ) ise diğer bahsedilen açılar cinsinden, Yiğit (2010) tarafından şu şekilde verilmiştir,

$$\begin{aligned} \cos\theta = & \sin\delta\sin\theta\cos\beta - \sin\delta\cos\theta\sin\beta\cos\gamma + \cos\delta\cos\theta\cos\beta\cos\omega \\ & + \cos\delta\sin\theta\sin\beta\cos\gamma\cos\omega + \cos\delta\sin\beta\sin\gamma\sin\omega \end{aligned} \quad (3.4)$$

Yatay yüzey ($\beta = 0^\circ$) için güneş geliş açısı zenit açısı (θ_Z) olarak tanımlanır ve eşitlik (3.4) yardımıyla aşağıdaki gibi hesaplanır,

$$\cos\theta_Z = \cos\delta\cos\phi\cos\omega + \sin\delta\sin\phi \quad (3.5)$$

Eşitlik (3.5) güneş batış açısı (ω_s) hesabı için çözülebilir. Güneşin batışında zenit açısı $\theta_Z = 90^\circ$ (yataya paralel) olur ve $\cos\theta_Z = 0$ olduğundan güneş batış saat açısı (ω_s) şu şekilde bulunabilir,

$$\cos\omega_s = -\tan\phi\tan\delta \quad (3.6)$$

3.3 Gün Uzunluğu

Gün uzunluğu, Yiğit (2010) tarafından aşağıdaki gibi verilmiştir,

$$N = \frac{2}{15} \cos^{-1}(-\tan\phi\tan\delta) = \frac{2}{15} \omega_s \quad (3.7)$$

3.4 Atmosfer Dışında Yatay Düzleme Gelen Güneş Işınımı

Atmosfer dışında güneş ışınlarına dik birim alana bütün dalga boylarında bir anda gelen güneş ışınımının değeri dünya güneş mesafesi değiştiğinden sabit değildir (Kılıç, 1983).

Atmosfer dışında birim yatay düzleme herhangi bir anda gelen güneş ışınımı, Yiğit (2010) tarafından aşağıdaki şekilde verilmiştir,

$$G_o = G_{on}\cos\theta_Z \quad (3.8)$$

$$G_{sc} \left[1 + 0.33 \cos\left(\frac{360n}{365}\right) \right] (\cos\delta\cos\phi\cos\omega + \sin\delta\sin\phi) \quad (3.9)$$

Burada,

G_{sc} : Güneş sabiti,

n : Yılın kaçınıcı günü olduğu,

θ_Z : Zenit açısı' dır.

Hesaplamalarda çoğunlukla gerekli olan günlük güneş ışınımıdır. Yatay düzleme gelen günlük güneş ışınımı (H_0), Yiğit (2010) tarafından verilen aşağıdaki denklem yardımıyla hesaplanır,

$$H_0 = \frac{24 \times 3600 G_{sc}}{\pi} \left[1 + 0.33 \cos \left(\frac{360n}{365} \right) \right] \left[\cos \phi \cos \delta \sin \omega_s + \frac{2\pi \omega_s}{360} \sin \phi \sin \delta \right] \quad (3.10)$$

Burada ω_s güneş batış saat açısıdır ve eşitlik (3.6) bağıntısı ile hesaplanır.

Güneş enerjisi uygulamalarında önemli olan bir diğer husus, belirli bir saat aralığı için bir saatlik periyot içerisindeki atmosfer dışında yatay düzleme gelen güneş ışınımı hesabıdır. Yiğit (2010) tarafından verilen aşağıdaki denklem yardımıyla hesaplanır,

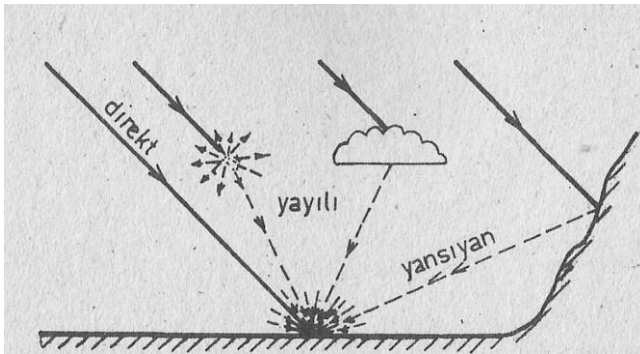
$$I_0 = \frac{12 \times 3600}{\pi} G_{sc} \left[1 + 0.033 \cos \left(\frac{360n}{365} \right) \right] \left[\cos \phi \cos \delta (\sin \omega_2 - \sin \omega_1) + \frac{2\pi(\omega_2 - \omega_1)}{360} \sin \phi \sin \delta \right] \quad (3.11)$$

Burada ω_2 büyük olan saat açısıdır.

3.5 Yeryüzüne Gelen Güneş Işınımı

Atmosfer dışına gelen güneş ışınımı atmosferi geçerken, atmosferde bulunan parçacıklar tarafından yutulur, saçılır, böylece azalarak ilerler ve atmosfer dışına gelen ışınımın belli bir kesri yeryüzüne ulaşır (Kılıç, 1983).

Şekil 3.5' te toplam ışınımın bileşenleri şematik olarak görülmektedir.



Şekil 3.5 : Toplam ışınımın bileşenleri (Kılıç, 1983).

3.5.1. Güneş Işınımı Ölçümleri

Geliştirilen çeşitli cihazlar yardımıyla güneş ışınımının ölçümünü yapmak mümkündür.

Bu cihazları Şu Şekilde sıralayabiliriz.

- Piranometre (pyranometer)
- Pirheliometre (pyrheliometer)
- GünüŐığı kaydedicisi (sunshine recorder)

Piranometre ile yatay yüzeze gelen toplam güneş ışınımını (direkt + yayılı) ölçmek mümkün olmakla birlikte üzerine metal bant takılarak gölgelendirme yapmak suretiyle yayılı güneş ışınımını ölçmekte mümkündür. Piranometre, 0.3 μm ile 3 μm dalga boyu aralıkları içinde yarı küresel ışınım akısını ölçen cihazlardır (Yiğit, 2010).

Şekil 3.6' da piranometre görölmektedir.



Şekil 3.6 : Piranometre, (Url-1)

Pirheliometre (pyrheliometer) normal doğrultuda direk güneş ışınımını ölçmek için kullanılan cihazlardır. Direkt güneş ışınımını ölçebilmek için güneş takip sistemi ile beraber kullanılır. Güneşin gökyüzündeki hareketini takip ederler ve her zaman güneş ışınlarına dik olacak Şekilde dururlar.

Şekil 3.7' de pirheliometre görölmektedir.



Şekil 3.7 : Pirheliometre, (Url-1)

GünüŐığı kaydedicisi, doğrudan gelen parlak ışık miktarını ölçmek amacıyla kullanılır. Ölçülen enerji değil, saatte düşen güneş ışığı miktarıdır.

Şekil 3.8' de günüŐığı kaydedicisi görölmektedir.



Şekil 3.8 : Günlüğü kaydedicisi, (Url-2)

3.5.2 Yatay Düzleme Düşen Güneş Işınımı

3.5.2.1. Günlük Işınım Hesabı

Günlük ışınım hesabını yapabilmek için, Liu-Jordan (1960) metodu aşağıdaki şekilde verilmektedir,

$$\frac{H}{H_0} = \left(a + b \frac{n}{N} \right) \quad (3.12)$$

$$K_T = \frac{H}{H_0} \quad (3.13)$$

$$a = 0.103 + 0.000017Z + 0.198\cos(\varnothing - \delta) \quad (3.14)$$

$$b = 0.533 - 0.165\cos(\varnothing - \delta) \quad (3.15)$$

$$\frac{H_d}{H} = 0.703 - 0.414K_T - 0.428K_T^2 \quad (3.16)$$

Burada,

H_0 : Aynı bölgede aylık ortalama atmosfer dışında yatay düzleme gelen güneş ışınım miktarı (eşitlik 3.10 ile hesaplanır)

a, b : Bölgeye bağlı sabitler

$\frac{H}{H_0}$: Berraklık indeksi

$\frac{n}{N}$: İzafi güneşlenme süresi

Z : Rakım değeri

olarak ifade edilir.

Yeryüzüne düşen günlük direkt ışınım,

$$H_b = H - H_d \quad (3.17)$$

Burada,

H : Yatay düzleme düşen günlük toplam ışınım

H_b : Yatay düzleme düşen günlük direkt ışınım

H_d : Yatay düzleme düşen günlük yayılı ışınım

3.5.2.2. Anlık Işınım Hesabı

Yatay düzleme gelen anlık ışınım hesabı, Collares-Pereira-Rabl (1979) tarafından verilen aşağıdaki korelesyon vasıtasıyla hesaplanır,

$$r_t = \frac{I}{H} = \frac{\pi}{24} (a + b \cos \omega) \frac{\cos \omega - \cos \omega_s}{\sin \omega_s - (2\pi \omega_s / 360) \cos \omega_s} \quad (3.18)$$

Bu denklemde ω hesaplamanın yapıldığı an için saat açısıdır. Hesaplama yapılan saatlerin tam ortası alınabilir.

Burada a ve b katsayıları aşağıdaki gibidir,

$$a = 0.409 + 0.5016 \sin(\omega_s - 60) \quad (3.19)$$

$$b = 0.6609 - 0.4767 \sin(\omega_s - 60) \quad (3.20)$$

Yeryüzüne gelen anlık yayılı ışınım ve anlık direkt ışınım miktarı,

$$r_d = \frac{I_d}{H_d} = \frac{I_0}{H_0} \quad (3.21)$$

$$I_b = I - I_d \quad (3.22)$$

denklemleriyle bulunur.

Burada,

I_d = Yeryüzüne gelen anlık yayılı ışınım miktarı,

I_b = Yeryüzüne gelen anlık direkt ışınım miktarı

3.5.3 Eğik Düzleme Düşen Güneş Işınımı

Belli bir eğime sahip olan düz yüzeyli toplayıcılar hem direkt, hem yayılı hem de yansıyan ışınımı yutarlar. Güneş enerjili sistemlerin uygulama alanlarında genellikle eğik yüzeylere ihtiyaç duyulmaktadır. Eğik yüzeye gelen anlık ve günlük ışınımın hesabında yatay yüzeye düşen anlık ve günlük toplam güneş ışınımı miktarları ile

bunların direkt ve yayılı ışınım kısımlarının miktarlarından yararlanılmaktadır (Yiğit, 2010).

3.5.3.1 Anlık Işınım Hesabı

Geometrik faktör R_b eğik yüzeye düşen anlık direkt ışınımın (I_{bT}), yatay yüzeye düşen anlık direkt ışınımına (I_b) oranı olarak tanımlanmaktadır ve, Yiğit (2010) tarafından verilen aşağıdaki eşitlikler yardımıyla hesaplanır,

Kuzey yarımkürede Güneye dönük yüzey ($\gamma = 0^0$) için,

$$R_b = \frac{\cos(\varnothing - \beta)\cos\delta\cos\omega + \sin(\varnothing - \beta)\sin\delta}{\cos\varnothing\cos\delta\cos\omega + \sin\varnothing\sin\delta} \quad (3.23)$$

Güney yarımkürede ($\gamma = 180^0$) için eşitlik,

$$R_b = \frac{\cos(\varnothing + \beta)\cos\delta\cos\omega + \sin(\varnothing + \beta)\sin\delta}{\cos\varnothing\cos\delta\cos\omega + \sin\varnothing\sin\delta} \quad (3.24)$$

Eğik yüzeye gelen anlık direkt ışınım, eğik yüzeye gelen anlık yayılı ışınım, ve eğik yüzeye gelen anlık yansayan ışınım, Yiğit (2010) tarafından verilen denklemlerle aşağıdaki gibi hesaplanır,

$$I_{bT} = R_b \cdot I_b \quad (3.25)$$

$$I_{dT} = I_d \frac{1+\cos\beta}{2} \quad (3.26)$$

$$\begin{aligned} I_{ref} &= (I_b + I_d) \rho \left(\frac{1 - \cos\beta}{2} \right) \\ &= I \rho \left(\frac{1 - \cos\beta}{2} \right) \end{aligned} \quad (3.27)$$

Burada,

I_{bT} = Eğik yüzeye gelen anlık direkt ışınım,

I_{dT} = Eğik yüzeye gelen anlık yayılı ışınım,

I_{ref} = Eğik yüzeye düşen anlık yansayan ışınım,

ρ = Yerin yansıtma oranı.

Yerin yansıtma oranı, ρ , toplayıcının yerleştirildiği bölgenin durumuna bağlıdır ve ortalama 0.2 değeri hesaplamalarda kullanılabilir. Bazı yüzeylerin yansıtıcılık değerleri Çizelge 3.2' de verilmiştir.

Çizelge 3.2 : Bazı yüzeylerin ortalama yansıtıcılık değeri (İbrahim, 2006).

Yüzey	Ortalama Yansıtıcılık (ρ)
Kuru çimen	0.20
Islak çimen	0.26
Ölü yapraklar	0.30
Beton	0.30
Kar	0.75
Su yüzeyi	0.07
Çöl kumu	0.4

Bu şekilde eğik yüzeye düşen anlık toplam güneş ışınımı,

$$I_T = I_{bT} + I_{dT} + I_{ref} \quad (3.28)$$

şeklinde hesaplanır.

3.5.3.2 Günlük Işınım Hesabı

Eğik yüzeye düşen günlük toplam ışınım, Yiğit (2010) tarafından verilen aşağıdaki denklemlerle hesaplanır,

$$H_T = H \left(1 - \frac{H_d}{H} \right) \bar{R}_b + H_d \left(\frac{1 + \cos\beta}{2} \right) + H\rho \left(\frac{1 - \cos\beta}{2} \right) \quad (3.29)$$

Burada \bar{R}_b eğik yüzeye düşen günlük direkt ışınımın (H_{bT}) yatay yüzeye düşen günlük direkt ışınımına (H_b) oranı olarak tanımlanmaktadır.

$$\bar{R}_b = \frac{H_{bT}}{H_b} \quad (3.30)$$

Kuzey yarımkürede güneye dönük yüzey ($\gamma = 0^\circ$) için,

$$\bar{R}_b = \frac{\cos(\phi - \beta)\cos\delta\sin\omega_s + (\pi/180)\omega_s\sin(\phi - \beta)\sin\delta}{\cos\phi\cos\delta\sin\omega_s + (\pi/180)\omega_s\sin\phi\sin\delta} \quad (3.31)$$

Burada ω_s hesaplama yapılan ayın ortalama gününde eğik düzlem için güneş ışınlarının eğik yüzey üzerine ilk düşüş saat açısıdır.

Bu saat açısı eğik düzlem için şu şekilde bulunur,

$$\omega_s = \min \left[\begin{array}{l} \cos^{-1}(-\tan\phi\tan\delta) \\ \cos^{-1}(-\tan(\phi - \beta)\tan\delta) \end{array} \right] \quad (3.32)$$

Denklemden kullanılan “min” in anlamı bu iki değerden küçük olanın alınacağını gösterir.

Güney yarımkürede yüzey azimut açısı ($\gamma = 180^\circ$) olan eğik yüzey için \bar{R}_b ve ω_s aşağıdaki denklemlerle hesaplanır.

$$\bar{R}_b = \frac{\cos(\varnothing + \beta)\cos\delta\sin\omega_s + (\pi/180)\omega_s\sin(\varnothing + \beta)\sin\delta}{\cos\varnothing\cos\delta\sin\omega_s + (\pi/180)\omega_s\sin\varnothing\sin\delta} \quad (3.33)$$

$$\omega_s = \min \left[\begin{array}{l} \cos^{-1}(-\tan\varnothing\tan\delta) \\ \cos^{-1}(-\tan(\varnothing + \beta)\tan\delta) \end{array} \right] \quad (3.34)$$

4. ABSORBSİYONLU SOĞUTMA SİSTEMLERİ

Bu sistemler atık ısı kullanarak soğutma yapabilme yeteneğine sahiptir. Uzun zamandan beri kullanılmaktadırlar. Teknolojinin gelişmesi, artan nüfus ve sanayileşmeyle birlikte enerjiye olan ihtiyacın artması absorpsiyonlu sistemlere olan önemi arttırmaktadır.

Sıcaklığı 100 °C ile 200 °C arasında olan ucuz bir ısı kaynağı bulunduğu zaman, ekonomik açıdan kazançlı olabilecek bir soğutma yöntemidir. Ucuz ısı kaynakları arasında, jeotermal enerji, güneş enerjisi, buhar santrallerinin atık ısıları sayılabilir (Çengel, 1996).

4.1. Akışkan Çiftleri

Absorpsiyonlu soğutma çevrimleri iki akışkan çiftiyle çalışan sistemlerdir. Soğutucu akışkan bir ikinci akışkan içinde soğurulması gereklidir. Generatörde buharlaşarak soğutma işlemini yapan soğutucu akışkan ve absorberde soğurma işlemini yapan absorbentten oluşmaktadır (Akdemir, 2011).

Günümüzde en yaygın kullanılan akışkan çiftleri LiBr-H₂O ve NH₃-H₂O' dur. Çizelge 4.1' de üzerinde çalışma yapılan akışkan çiftleri verilmiştir.

Çizelge 4.1 : Üzerinde çalışma yapılan akışkan çiftleri (Akdemir, 2011)

SOĞUTUCU AKIŞKAN	ABSORBENT
Amonyak	Kalsiyumklorür (CaCl_2)
Amonyak	Stronsiyumklorür (SrCl_2)
Amonyak	Heptanol
Amonyak	Trietanol amin
Amonyak	Gliserol
Amonyak	Silikon yağ
Amonyak	Lidyum nitrat (LiNO_3)
Amonyak	Lidyum bromid (LiBr_2)
Amonyak	Çinko bromid (ZnBr)
Amonyak	Sodyumtiosiyanat (NaSCN)
Amonyak	Lidyumtiosiyanat (LiSCN)
Amonyak	Metil kaprolacton (MCL)
Amonyak	Dimetil metil fosfonat (DMMP)
Amonyak	Tetraetilen glikol dimetil eter (DMETEG)
Amonyak	Dimetil formamid (DMF)
Amonyak	Dimetil 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 23	Dimetil asit amid

Genel olarak absorpsiyonlu soğutmada kullanım için absorbent maddeden istenilen özellikler, Babadağlı (2005) tarafından şu şekilde verilmiştir,

1. Yutucu koşullarında dengede, yüksek çözülebilirlik
2. Yutucu koşullarında düşük buharlaşma basıncı
3. Hızlı absorpsiyon ve dengeye ulaşmada kapalılık
4. Operasyon koşullarında düşük vizkozite
5. Yüksek ısı iletim
6. Çevrimdeki en düşük sıcaklıkla karşılaştırılırsa düşük donma noktasına sahip olmalıdır
7. Düşük yoğunluklu olmalıdır
8. Isıl korozyona(aşınmaya) karşı dayanıklılığı olmalıdır
9. Zehirleyici olmamalıdır
10. Buhar fazına dönüşebilirliği

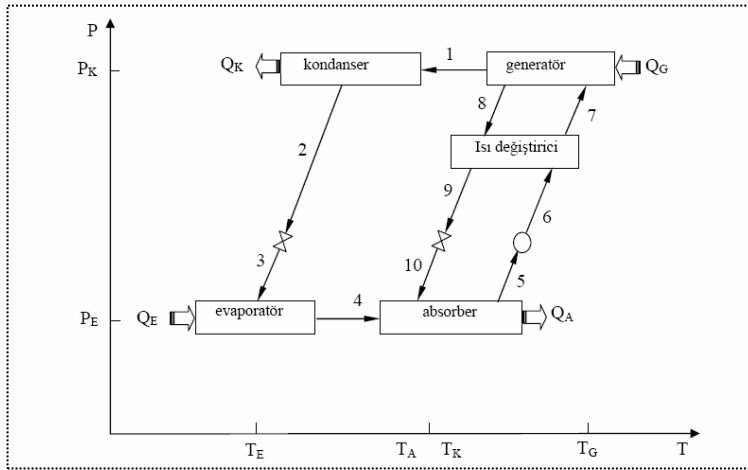
11. Korozyon özelliği düşük olmalı
12. Maliyeti düşük olmalı

Soğutma seçiminde düşünülmesi zorunlu kesin temel gereklilikler vardır. Bunlar, Babadağlı (2005) tarafından şu şekilde aşağıda sıralanmıştır,

1. Gelecekte kullanılabilir olmalıdır
2. Kullanımı kolay olmalıdır
3. Soğutma performansı kabul edilebilir olmalıdır
4. Çalışma verimi kabul edilebilir olmalıdır
5. Güvenli bir şekilde kullanıma uygun olmalıdır

4.2. Absorbsiyonlu Soğutma Sistemine Ait Temel Elemanlar

Basit bir absorpsiyonlu soğutma sistemi Şekil 4.1' de gösterilmiştir.



Şekil 4.1 : Basit bir absorpsiyonlu soğutma çevrimi, Kındınıs, (2003)

Şekil 4.1' de,

- Q_G : Generatöre giren ısı
 Q_E : Evaporatöre giren ısı
 Q_A : Absorberden çıkan ısı
 Q_K : Kondanserden çıkan ısı

olarak tarif edilir.

4.2.1 Generatör

İç içe iki borudan oluşmaktadır. Boyler ya da kaynatıcı olarak da bilinir. Generatörde verilen ısı ile soğutkan buharı zengin eriyikten ayrıştırılmaktadır.

4.2.2. Yoğuşturucu(Kondenser)

Kaynaticıdan gelen basınçlı soğutucu buharın soğularak yoğuşmasını sağlayan elamandır. Sistemin tasarımına göre su ve ya hava soğutmalı olabilir.

4.2.3. Buharlaştırıcı (Evaporatör)

Sıvı haldeki soğutucu akışkanın ortam ısını alarak buharlaştığı kısımdır. Evaporatördeki düşük basınç nedeniyle sıvı haldeki soğutucu, çevresinden ısı alarak gaz haline geçer. Evaporatörde ki basınç bir genleşme valfi ile kontrol altında tutulur.

4.2.4. Absorber(Soğurucu)

Dış görünümü ile yoğunlaştırıcıya benzemektedir. İç kısmı ise iyi bir karışım sağlayacak bir veya daha fazla sayıda üst üste levhalardan oluşmaktadır. LiBr' ün suda çözünmesini sağlayan ünitedir. Soğutucu akışkan evaporatörden çıktıktan sonra bir ısı değiştiriciden geçerek absorbere girer. Absorberdeki karışım, bir sıvı eriyik pompası ile sürekli püskürtülerek çözünmesinin kolaylaşması sağlanır.

4.2.5. Eriyik Pompası

Zengin eriyiğin absorberden ısı değiştiricisine iletilmesini sağlayan elamandır.

4.2.6. Isı Değiştirici

Ön ısıtıcı ve ön soğutucu olmak üzere iki adet ısı değiştiricisi kullanılabilir. Absorberde bulunan zengin karışım, devreyi tamamlamak için bir pompa ile tekrar jeneratöre gönderilir. Jeneratörden de sürekli olarak absorbere fakir karışım döner. Jeneratörden absorbere gitmekte olan fakir karışımın sıcaklığı fazladır. Eşanjörle giden-gelen bu iki karışıma ısı alışverişi yaptırılır. Absorberden gelen sıvı haldeki soğutucu akışkanın ısı, jeneratörden dönen akışkanın ısını alır.

4.2.7. Genleşme Valfi

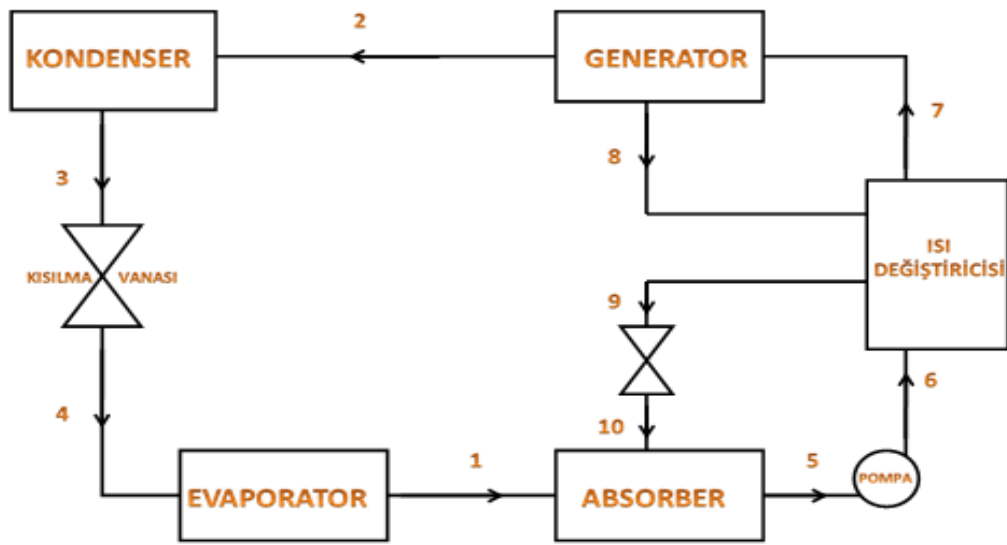
Soğutkan eriyiğin ve zayıf eriyiğin basıncını düşürmede kullanılmaktadır.

4.2.8. Ayrıştırıcı

Sistemde $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$ çifti kullanılıyorsa ayrıştırıcı kullanılması gerekir. Ayrıştırıcı, kaynatıcıyı tamamlayan bir kısımdır. Kaynatıcıdan gelen soğutkan buharının içindeki çok az miktardaki suyu yoğuşturarak kuru soğutkan buharı sağlamaktadır.

4.3. LiBr-H₂O Absorbsiyonlu Sistemler

Şekil 4.2' de LiBr-H₂O akışkan çifti ile çalışan tek kademeli absorpsiyonlu soğutma sistemi görülmektedir.



Şekil 4.2 : Tek kademeli absorpsiyonlu soğutma sistemi

Sistemde LiBr-H₂O karışımı generatörde verilen ısıyla su buharı ve zengin LiBr-H₂O eriyiği olarak ayrıştırır. Soğutucu akışkan (Su buharı), generatörden kondensere girer (2) ve burada ısı vererek yoğuşur. Sıvı fazda ve yüksek basınçta kondenserden çıkan sıvı akışkan (3) kısılma vanasından geçerek (4) basıncı düşürülür ve sıvı fazda ve düşük evaporatöre girer. Evaporatörde ısı alarak buharlaşır ve absorbere girer (1). Generatörden zengin karışım olarak dönen LiBr-H₂O eriyiği (8) ısı değiştiriciye girer ve biraz soğuyarak kısılma vanasına girer (9). Basıncı düşürülen zengin karışım absorbere girer (10) ve evaporatörden gelen su buharı ile karışır. Bu sırada açığa çıkan ısı absorpsiyon işleminin daha iyi olması için dışarı atılır. Absorberden çıkan fakir LiBr-H₂O karışımı (5), pompa ile basınçlandırılarak ısı değiştiriciye girer (6) ve oradan generatöre girer (7) (Hilali, 2005).

5. GÜNEŞ TOPLAYICILARI

Güneş kolektörleri, güneş radyasyonunu alıp bir akışkan (sıvı ya da hava) bünyesine geçiren birer ısı değiştirici (eşanjör)' dirler (Uyarel, 1987).

Temel olarak 3 sınıfa ayrılabilirler. Bunlar,

- Düz yüzeyli güneş toplayıcıları
- Vakumlu güneş toplayıcıları
- Odaklamalı güneş toplayıcıları olarak sınıflandırılabilir.

Bunun yanında içerisinde dolaşan akışkan cinsine göre ise,

- Sıvılı güneş kolektörleri
- Gazlı veya havalı güneş kolektörleri olarak da sınıflandırılırlar.

Farklı geometrik yapılara sahip olsalar da amaçları aynıdır. Amaçları güneş radyasyonunu enerji gereksinimini karşılamak için ısıya dönüştürmektir (Foster, 2009).

5.1. Düzlemsel Güneş Toplayıcıları

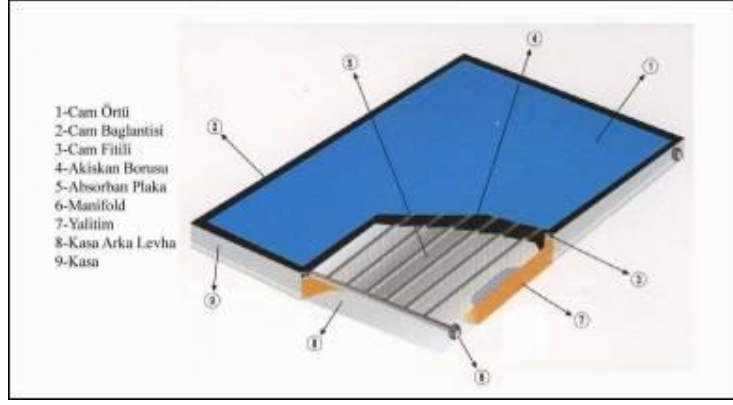
Düzlemsel güneş toplayıcıları, güneş enerjisinin toplandığı ve herhangi bir akışkana aktarıldığı çeşitli tür ve biçimlerdeki aygıtlardır. Üstten alta doğru , saydam örtü, cam ile yutucu plaka arasında yeterince boşluk, yutucu plaka, arka ve yan yalıtım ve bu bölümleri içine alan bir kasadan oluşur.

Bir güneş toplayıcısında,

- Dışa taşınılma ısı kaybının azaltılmasıyla,
- Yüzeyin tutuculuğunun artırılmasıyla,
- Akışkana ısı geçişinin artırılmasıyla,

faydalanılan güneş enerjisi artırılabilir.

Şekil 5.1' de güneş kollektörü kesit şeması görülmektedir.



Şekil 5.1 : Güneş kolektörü kesit şeması, (Url-3)

5.1.1. Saydam Örtü

Genelde camdan yapılan saydam örtü, toplayıcıdan çevreye taşınım ile olan ısı kaybını azaltır. Ayrıca yutucu yüzeyi yağmur, dolu ve toz gibi dış etkenlerden korur.

Saydam örtüden istenen özellikler, Yerebakan (2010) tarafından aşağıda verilmiştir,

- Güneş ışınımının büyük bir kısmını geçirmeli
- Uzun dalga boyu olan ısı taşınımını geçirmemeli
- Sıcaklık ile şekil değiştirmemeli
- En az 100 °C sıcaklığa dayanmalı
- Kolay kırılmamalı, aşınmamalı ve çizilmemelidir
- Zamanlar morötesi (ultraviyole) ışınımdan bozunmamalı
- Hafif ve ucuz olmalıdır.

Çizelge 5.1’ de bazı saydam örtü malzemelerinin özellikleri gösterilmektedir.

Çizelge 5.1 : Bazı saydam örtü malzemelerinin özellikleri (Yiğit, 2010).

	Kalınlık (mm)	Kırma İndisi (n)	Güneş ışınımı geçirgenliği (0,2-4,0 µm)	Uzun dalga boylu ışınım geçirgenliği (3,0-5,0 µm)	Dayanıklığı (°C)
Leksan	3,2	1,586	0,73	0,02	120-130
Acrylic	3,2	1,49	0,80	0,02	80-90
Teflon	0,13	1,34	0,90	0,26	200
Tedlar	0,10	1,45	0,88	0,21	110
Mylar	0,13	1,65	0,80	0,18	150
Sunlite	0,64	1,54	0,75	0,08	90
Düzgün cam	3,2	1,52	0,79	0,02	730
Temper cam	3,2	1,52	0,79	0,02	230-260
Su-beyazı	3,2	1,50	0,92	0,02	200

5.1.2. Yutucu Yüzey

Toplayıcıların en önemli bölümü yutucu yüzeydir. Güneş ışınları yutucu yüzey tarafından yutularak ısıya dönüştürülür ve bu ısı boru içerisindeki sıvıya aktarılır. Yutucu yüzey malzemesi olarak en çok bakır, alüminyum ve çelik kullanılır.

Yutucu malzemelerden istenen özellikler, Yerebakan (2010) tarafından aşağıda verilmiştir,

- Güneş ışınımını yutma oranı yüksek olmalıdır
- Uzun dalga boylu ısı ışınımını yutma oranı küçük olmalı
- Isı iletim katsayısı büyük olmalı
- Korozyona karşı dirençli olmalı
- Levha ince imal edilmeli
- İyi işlenebilmelidir.

Yapılan araştırmalar sonucunda ışınımı yutma oranı yüksek aynı zamanda ısı ışınımını yutma oranı ise düşük olan yüzeyler elde edilebilir. Bu yüzeylere seçici (selektif) yüzeyler denir. Toplayıcılarda siyah yüzeyler ve seçici yüzeyler olmak üzere 2 çeşit yutucu yüzey kullanılır.

Siyah yüzeyler güneşe dayanıklı mat siyah boya ile yutucu yüzeyin boyanması ile elde edilir. Ucuzdur ve imlatı kolaydır. Bu yüzeyler dalga boyu kısa olan ışınımını yutma oranı büyük olduğu gibi, ısı ışınımını yutma oranları da yüksektir ($\epsilon = 0,90 \sim 0,95$).

Dalga boyu kısa olan, ışınımın tamamına yakını yutan ve dalga boyu uzun olan ışınımını çok az yutan yüzeylere seçici yüzey denir. İyi bir seçici yüzey ideal bir yutucudur. Son yıllarda güneş toplayıcılarının büyük bir kısmında seçici yüzey kullanılmaktadır. Seçici yüzeyler alüminyum, çelik, bakır gibi malzemelerin üzerine siyah nikel, siyah bakır, siyah krom gibi kaplamalar yapılarak elde edilir. Kaplamalar kimyasal banyo, püskürtme yöntemi veya elektro kaplama şeklinde yapılmaktadır.

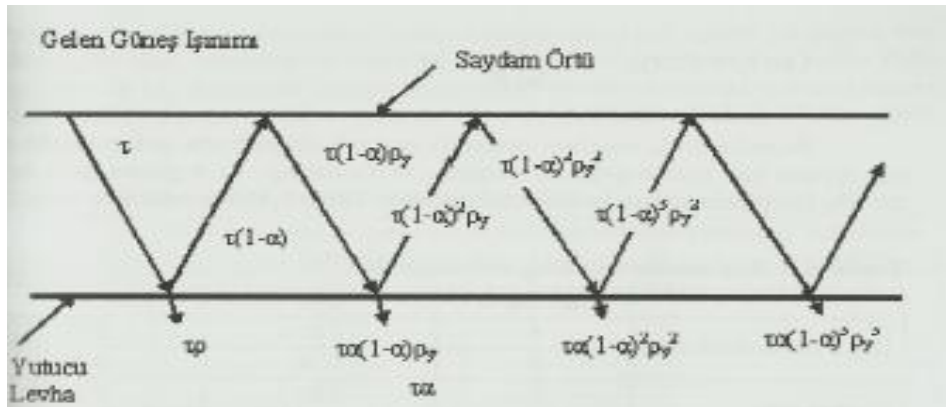
Çizelge 5.2' de bazı seçici yüzeyler ve özellikleri gösterilmektedir.

Çizelge 5.2 : Bazı seçici yüzeyler ve özellikleri (Yiğit, 2010).

Kaplama	Alt tabaka	α	ϵ	α/ϵ
Kobalt	Galvanizli çelik	0,91	0,12	7,6
Nikel Pigment	Alüminyum	0,93	0,16	7,1
Kurşunsülf	Alüminyum	0,89	0,20	4,5
Çinko oksit	Çinko	0,95	0,08	11,9
Siyah Krom	Bakır	0,92	0,08	11,5
Titanyum Nitrit asit (Tinox)	Bakır	0,97	0,5	19,4

Saydam örtü üzerine gelen güneş enerjisinin bir kısmı yansıyor çevreye gider, diğer bir kısmı ise yutucu yüzey üzerine gelir. Yutucu yüzey üzerine gelen ışınımın büyük bir kısmı yutucu yüzey tarafından yutulur, bir kısmı da uzun dalga boyu ışınım olarak saydam örtüye doğru yansır. Saydam örtüye yansıyan bu ışınımın bir kısmı tekrar yutucu yüzeye yansır bir kısmı da saydam örtüyü geçerek çevreye gider. Isınan yutucu yüzey enerjisinin büyük bir kısmını ısı taşıyıcı akışkana iletir. Bir kısmı da iletim ve taşınım yoluyla kasadan çevreye yayılır.

Şekil 5.2’ de ışınımın toplayıcı içindeki hareketi ve yutma geçirme katsayıları gösterilmiştir.



Şekil 5.2 : Işınımın toplayıcı içindeki hareketi ve yutma geçirme katsayıları (Yiğit, 2010).

Yutucu yüzey tarafından gelen ışınımın ne kadarının yutulup yayıldığı önemlidir. yutma-geçirme çarpımı veya düz toplayıcı optik verimi adı verilen bu değer Erdoğan, (1999) tarafından şu şekilde verilmiştir,

$$(\tau\alpha) = \tau\alpha \sum_{n=0}^{\infty} [(1 - \alpha)\rho_d]^n = \frac{\tau\alpha}{1-(1-\alpha)\rho_d} \quad (5.1)$$

Burada α yüzeyin güneş ışınımını açısızal yutma oranı, ρ_d ise saydam örtünün yutucu yüzeyden yansıyarak gelen ışınımı yansıtma oranıdır.

Çizelge 5.3' te ρ_d değeri verilmiştir.

Çizelge 5.3 : Camların, yutucu levhanın yansıttığı ışınımı geri yansıtma oranı (Yiğit, 2010).

Cam Sayısı	1	2
ρ_d değerleri		
Düşük Fe ₂ O ₃ li camlar	0,154	0,233
Pencere camı	0,143	0,202

Direk güneş ışınımı için yutma-geçirme çarpımının daha kullanışlı bir bağıntısı, Yiğit (2010) tarafından aşağıdaki gibi verilir,

$$(\tau\alpha)_b = (\tau\alpha)_0 - b \left(\frac{1}{\cos\theta} - 1 \right) \quad (5.2)$$

Burada $(\tau\alpha)_0$ saydam örtünün normal doğrultuda gelen direkt güneş ışınımı için yutma-geçirme çarpımı, b bir katsayı ve θ güneş geliş açısıdır. Bu bağıntıda kullanılacak bazı değerler Çizelge 5.4' te gösterilmektedir.

Çizelge 5.4 : Bazı camlar için $(\tau\alpha)_0$ ve b değerleri (Yiğit, 2010).

	Cam Sayısı	$(\tau\alpha)_0$	b
Düşük Demir oksitli cam	1	0,87	0,07
	2	0,79	0,09
Pencere camı	1	0,80	0,08
	2	0,69	0,10

Yayıllı ışınım için eşdeğer geliş açısı 60° alınırsa yutma-geçirme çarpımı,

$$(\tau\alpha)_d = (\tau\alpha)_0 - b \quad (5.3)$$

şeklinde olur.

Yansıyan ışınım yutma-geçirme çarpımı yayılı ışınımına eşit alınabilir. Bu durumda toplam yutma-geçirme çarpımı için, Yiğit (2010) tarafından şu ifade kullanılır,

$$(\tau\alpha) = (\tau\alpha)_0 - b \left[1 - \frac{I_b R_b}{I_R} \left(2 - \frac{1}{\cos\theta} \right) \right] \quad (5.4)$$

5.1.3 Isı Yalıtımı

Toplayıcının alt kısmından olan ısı kayıplarını en aza indirmek için yutucu plaka ile kasa arası uygun yalıtım maddesi ile yalıtılmalıdır.

Yalıtım malzemesi olarak cam yünü, taş yünü, poliüreten köpük ve benzeri yalıtım malzemeleri kullanılır.

Sık kullanılan bazı yalıtım malzemeleri Çizelge 5.5' te verilmiştir.

Çizelge 5.5 : Bazı yalıtım malzemeleri ve özellikleri (Yiğit, 2010).

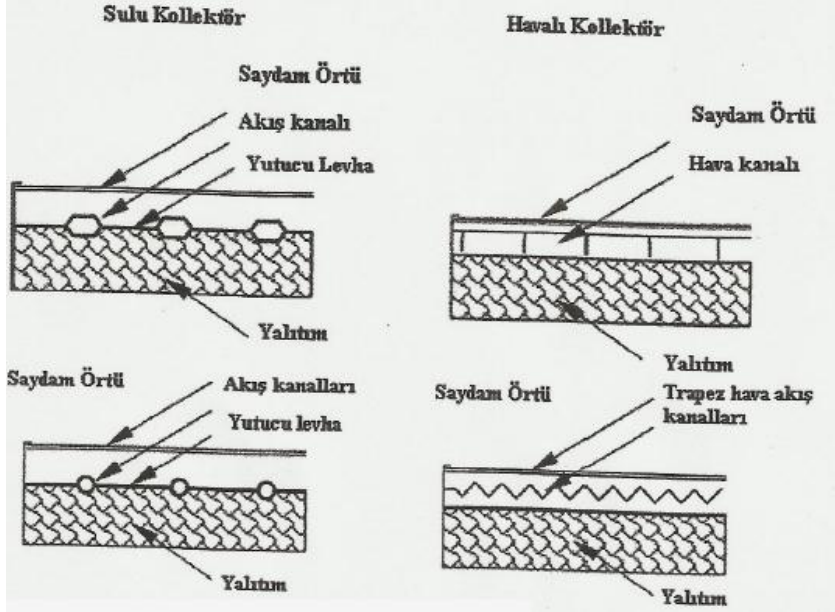
	20⁰ C sıcaklıkta ısı iletim katsayısı (W/m-K)	Dayanabilme sıcaklığı ⁰C	Yoğunluğu kg/m³
Strofor	0,035	70-80	20
Poliüretan	0,028	100	35
PVC	0,035	100-130	40-80
Cam yünü	0,036	250-500	15-120

5.1.4. Toplayıcı Kasa

Toplayıcı kasa, yalıtkanın ıslanmasını önleyecek biçimde yapılmalıdır. Kasalar montaj kolaylığı açısından çıtalı olmalıdır. Özellikle toplayıcı giriş ve çıkışlarında kasanın tam sızdırmazlığı sağlanmalıdır. Günümüzde toplayıcı kasa olarak genellikle alüminyum, paslanmaz çelik, galvaniz çelik ve plastik gibi çeşitli malzemeler kullanılmaktadır. Birçok modül toplayıcı ekstrüze alüminyum profilden yapılmıştır. Ekstrüze alüminyum profil hafif olup modül boyutlarında mümkün olan en yüksek esnekliğe sahiptir. Maliyetleri de oldukça düşüktür. Galvaniz sac veya paslanmaz çelik kullanılan kasalar oldukça ağırdır. Kasanın her yanı 100 kg/m² (981 Pa) basınca dayanıklı olmalıdır.

5.1.5. Düzlem Toplayıcı Çeşitleri

Düzlemsel güneş toplayıcılarının içinden geçen akışkanın hava veya su olmasına göre farklı şekilde tasarımları mevcuttur. Şekil 5.3' te havalı ve sulu farklı toplayıcı tasarımları gösterilmiştir.



Şekil 5.3 : Havalı ve sulu farklı toplayıcı dizaynları (Yiğit, 2010).

5.1.6. Düzlemsel Güneş Toplayıcılarının Isıl Analizi

Düz toplayıcılar için enerji dengesi, Kılıç (1983) tarafından aşağıdaki bağıntı ile verilmektedir,

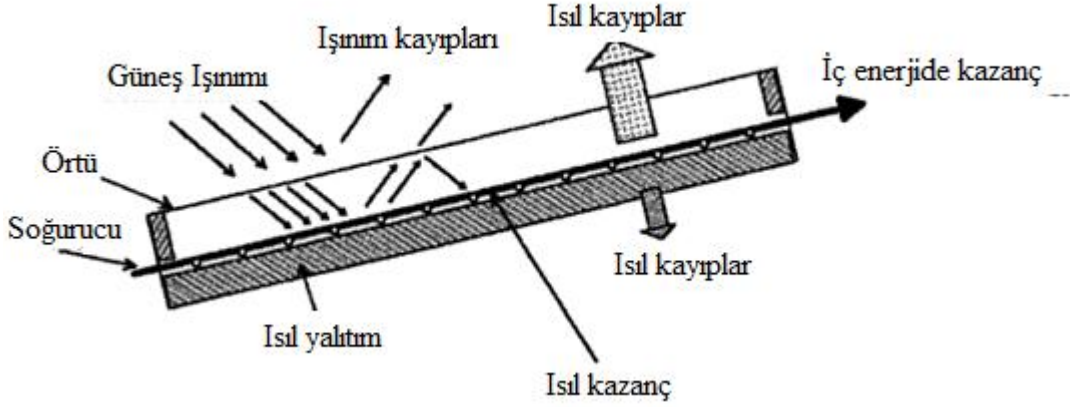
$$A_t(\tau\alpha)I = \dot{Q}_f + \dot{Q}_k + \dot{Q}_d \quad (5.5)$$

Burada $(\tau\alpha)$; toplayıcının yutma geçirme çarpımı, I (W/m^2); toplayıcı üzerine gelen güneş ışınımı, A_t (m^2); faydalı yüzey alanı, \dot{Q}_f (J); faydalı ısı, \dot{Q}_k (J); kayıp ısı, \dot{Q}_d (J); depolanan ısıdır.

5.1.6.1. Toplayıcılarda Toplam Isı kayıp Katsayısı

Toplayıcılarda meydana gelen kayıplar çok sayıda değişkene bağlıdır. Bunlar, toplayıcı üzerine gelen direkt ve yayılı güneş ışınımı şiddeti, çevre sıcaklığı, rüzgar hızı, toplayıcıların konstrüksiyonu ve boruların yerleştiriliş şekli, saydam örtü sayısı ve özellikleri, toplayıcıya giren akışkanın özellikleri (sıcaklık, basınç, özgül ısı, viskozite, özgül ısı v.s), yutucu levhanın özellikleri (ışınım yutma oranı, geçirme oranı, ısı iletim katsayısı, kalınlığı v.s), yalıtım şekli ve yalıtım malzemesi özellikleridir (Kılıç, 1983).

Şekil 5.4' te bir toplayıcıda ısı giriş ve çıkışları görülmektedir.



Şekil 5.4 : Bir toplayıcıda ısı giriş ve çıkışları (Köhl, 2004).

Düz toplayıcılarda çevreye olan ısı geçişi toplayıcıların üst, alt ve yan yüzeylerinden olmaktadır. Yutucu yüzey sıcaklığının T_p ($^{\circ}\text{C}$) olduğu kısım ile T_a ($^{\circ}\text{C}$) sıcaklığındaki çevre arasındaki ısı kayıp katsayısı, alttan ve üstten ısı kayıp katsayılarının toplamıdır.

Toplayıcı toplam ısı kayıp katsayısı U_L , aşağıdaki denklemlerle hesaplanır,

$$U_L = U_{\text{alt}} + U_{\text{üst}} + U_{\text{kenar}} \quad (5.6)$$

Burada,

U_{alt} ; toplayıcı alt yüzeyi toplam ısı transfer katsayısı ($\text{W}/\text{m}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$)

$U_{\text{üst}}$; toplayıcı üst yüzeyi toplam ısı transfer katsayısı ($\text{W}/\text{m}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$)

U_{kenar} ; toplayıcı kenar yüzeyi toplam ısı transfer katsayısı ($\text{W}/\text{m}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$) 'dır.

Toplayıcı alt yüzeyi toplam ısı transfer katsayısı, alt yüzey sıcaklığının hemen hemen çevre sıcaklığına eşit olması durumu gözönüne alınarak, Duffie (2006) tarafından verilen aşağıdaki bağıntı ile bulunur,

$$U_{\text{alt}} = \frac{k_y}{L_y} \quad (5.7)$$

Burada,

k_y ; yalıtım malzemesinin ısı iletim katsayısı (W/mK)

L_y ; yalıtım malzemesinin kalınlığı (mm) 'dır.

Toplayıcı üst yüzeyi toplam ısı transfer katsayısı, Duffie (2006) tarafından verilen aşağıdaki bağıntı ile bulunur,

$$U_{\text{üst}} = \left[\frac{N}{\frac{C}{T_p} \left(\frac{T_p - T_a}{N + f} \right)^e + \frac{1}{h_w}} \right]^{-1} + \frac{\sigma(T_p + T_a)(T_p^2 + T_a^2)}{[\varepsilon_p + 0,00591Nh_w]^{-1} + \left(\frac{2N + f - 1 + 0.133\varepsilon_p}{\varepsilon_g} \right) - N} \quad (5.8)$$

Burada,

$$f = (1 + 0.089h_w - 0.1166h_w \varepsilon_p)(1 + 0.07866N)$$

$$C = 520(1 - 0,000051\beta^2) \text{ for } 0^0 < \beta^2 < 70^0$$

$$e = 0.430(1 - 100/T_p)$$

$$N = \text{Cam örtülerin sayısı}$$

$$T_p = \text{Yutucu yüzeyin sıcaklığı, K}$$

$$T_a = \text{Çevre sıcaklığı, K}$$

$$\varepsilon_p = \text{Yutucu yüzeyin yayma katsayısı}$$

$$\varepsilon_g = \text{Camın yayma katsayısı}$$

$$\beta = \text{Toplayıcı eğim açısı}$$

$$\sigma = \text{Stefan- Boltzman sabiti, } 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$$

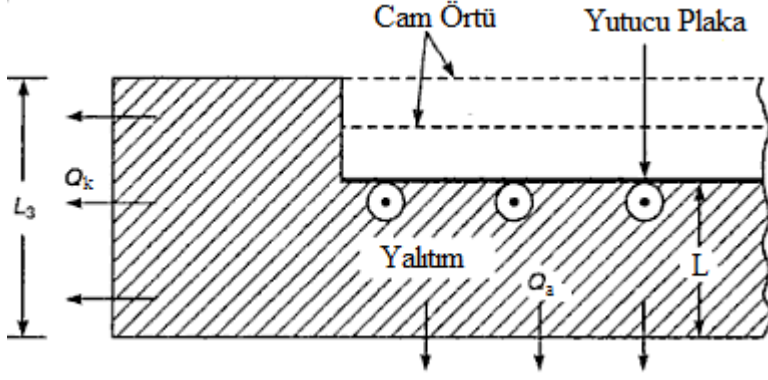
$$h_w = 5.7 + 3.8 V \text{ W/m}^2 \text{ K}, \text{ dış yüzey ısı taşınım katsayısı}$$

$$V = \text{Rüzgar hızı, m/s}$$

Toplayıcı kenar yüzeyi toplam ısı transfer katsayısı, kenar boyutları $L_1 \times L_2$ ve yüksekliği L_3 olan yutucu plakanın buyutları düşünerek hesaplanır ve, Kothari (2010) tarafından verilen denklemle hesaplanır,

$$U_{\text{kenar}} = \frac{(L_1 + L_2)L_3 k}{L_1 L_2 L} \quad (5.9)$$

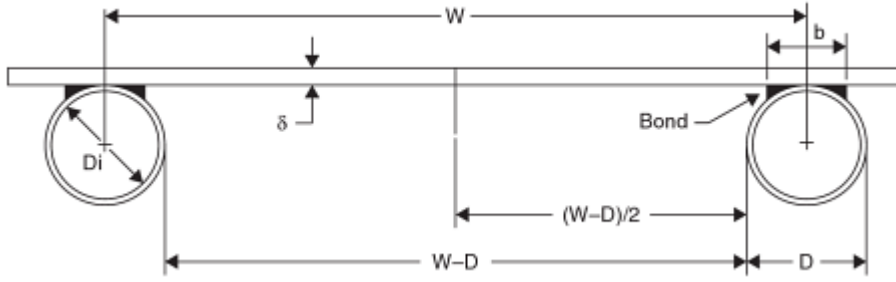
Şekil 5.5' te düzlemsel toplayıcının yan ve kenar ısı kayıpları gösterilmiştir.



Şekil 5.5 : Düzlemsel bir toplayıcının kenar ve alt ısı kayıpları (Kothari, 2009).

5.1.6.2. Toplayıcı sıcaklık, Verim ve Isı Kazanç Faktörleri

Şekil 5.6' da gösterilen düz bir güneş toplayıcısının ısıl analizi yapılırken iki boru arasındaki yutucu levha, borular üzerinde kanatçık gibi düşünülür.



Şekil 5.6 : Düz bir güneş toplayıcısının boyutları (Kalagirou, 2009).

Enerji denklemi, Duffie (2006) tarafından verilen denklem ile aşağıdaki gibi yazılır.

$$S\Delta x - U_L\Delta x(T - T_a) + \left(-k\delta \frac{dT}{dx}\right)|_x - \left(-k\delta \frac{dT}{dx}\right)|_{x+\Delta x} = 0 \quad (5.10)$$

Burada S, yutucu yüzey tarafından yutulan ışınım enerjisidir. Eşitlik Δx ile bölünüp limit alındığında aşağıdaki eşitlik elde edilir.

$$\frac{d^2T}{dx^2} = \frac{U_L}{k\delta} \left(T - T_a - \frac{S}{U_L}\right) \quad (5.11)$$

Bu 2. dereceden diferansiyel denklemin çözümü için sınır koşulları gereklidir. Sınır koşulları,

$$\frac{dT}{dx}|_x = 0 \quad x = 0'da \quad \text{ve} \quad T = T_b \quad x = L'de \quad (5.12)$$

Birinci sınır şartı, simetri eksenini için yazılabilir. Simetri eksenini yalıtılmış yüzey olarak alındığında ısı akısı sıfır olacaktır ($x = 0$).

Yutucu plakanın diğer taban tarafı ($x = L$) ise geçiş boruları içindeki akışkan ile temas halindedir. Bu yüzeydeki sıcaklık akışkan sıcaklığına eşit alınabilir.

(5.11) denkleminde iki değişkeni, m ve Ψ , aşağıdaki şekilde tanımlayabiliriz,

$$m = \sqrt{\frac{U_L}{k\delta}} \quad (5.13)$$

$$\Psi = T - T_a - \frac{S}{U_L} \quad (5.14)$$

Yukarıdaki iki değişkeni (5.11) denkleminde yerine yazdığımızda aşağıdaki denklem elde edilir,

$$\frac{d^2\Psi}{dx^2} - m^2\Psi = 0 \quad (5.15)$$

Sınır koşullarını yazdığımızda,

$$\frac{d^2\Psi}{dx^2} \Big|_x = 0, \quad \Psi \Big|_{x=(W-D)/2} = T_b - T_a - \frac{S}{U_L} \quad (5.16)$$

Genel çözümü aşağıdaki denklemdeki gibi olur,

$$\Psi = C_1 \sinh mx + C_2 \cosh mx \quad (5.17)$$

C_1 ve C_2 sabitleri, sınır koşullarını genel çözümde yerine koyarak bulunur,

$$\frac{T - T_a - S/U_L}{T_b - T_a - S/U_L} = \frac{\cosh mx}{\cosh m(W-D)/2} \quad (5.18)$$

Akış yönünde birim uzunlukta kanatçıktan boruya iletilen enerji Fourier Kanunu ile hesaplanır,

$$\dot{q}_{kanat} = -k\delta \frac{dT}{dx} \Big|_{x=(W-D)/2} = \frac{k\delta m}{U_L} [S - U_L(T_b - T_a)] \tanh m \frac{W-D}{2} \quad (5.19)$$

Burada $k\delta m/U_L$ değeri $1/m'$ e eşittir. Yukarıda denklem yalnızca borunun bir kenarında toplanan enerjiyi açıklar, her iki kenarda toplanan enerji için aşağıdaki denklem kullanılır,

$$\dot{q}_{kanat} = (W - D)[S - U_L(T_b - T_a)] \frac{\tanh[m(W-D)/2]}{m(W-D)/2} \quad (5.20)$$

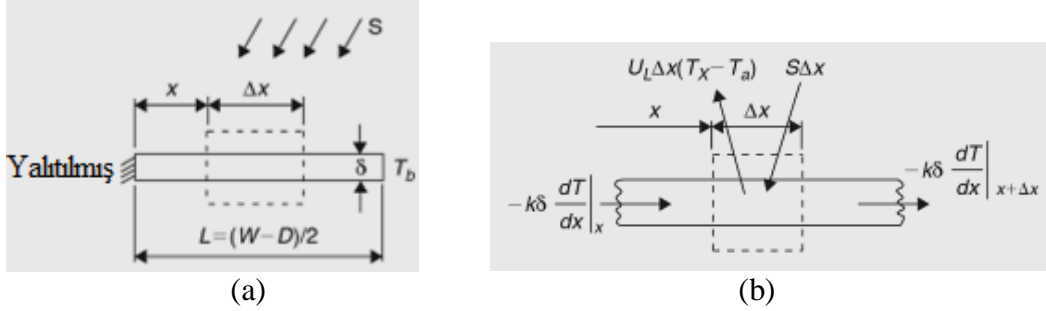
Burada \dot{q}_{kanat} borunun her iki yanından kanatçıkta toplanan enerjiyi, T_b yüzey sıcaklığını ve T_a çevre sıcaklığını gösterir. Yukarıdaki denklemi tekrar yazdığımızda,

$$\dot{q}_{kanat} = (W - D)F[S - U_L(T_b - T_a)] \quad (5.21)$$

Burada F kanatçık verimidir ve kanatçık verimi aşağıdaki şekilde ifade edilir,

$$F = \frac{\tanh[m(W-D)/2]}{m(W-D)/2} \quad (5.22)$$

(W - D)/2 uzunluğunda yutucu plaka (a), ve yutucu plaka üzerindeki enerji dengesi (b) Şekil 5.7' de gösterilmiştir.



Şekil 5.7. Kanatçık üzerindeki enerji dengesi (Kalagirou, 2009).

Borunun iki yanından kanatlardan boruya geçen ısı için aşağıdaki eşitlik kullanılır,

$$\dot{q}_{\text{boru}} = D[S - U_L(T_b - T_a)] \quad (5.23)$$

Akışın birim uzunluğu için faydalı enerji, kanatçıkta (\dot{q}_{kanat}) ve boru yüzeyinde (\dot{q}_{boru}) toplanan enerjidir ve (5.21) ile (5.23) denklemlerinin toplamı ile bulunur.

$$\dot{q}_u = \dot{q}_{\text{kanat}} + \dot{q}_{\text{boru}} \quad (5.24)$$

Yukarıdaki denklemde \dot{q}_{kanat} ve \dot{q}_{boru} Denklem 5.24' de yerlerine yazıldığında, sıvı akışı yönündeki birim uzunluk için faydalı enerji bulunur. Faydalı enerji akışkana transfer edilmelidir. Isı akışının akışkana karşı olan direnci, bağ iletkenliği ve borudan akışkana olan direncinden meydana gelir. Yararlı enerji iki direnç cinsinden, Duffie (2006) tarafından verilen aşağıdaki denklemdeki gibi ifade edilir,

$$\dot{q}_u = \frac{T_b - T_f}{\frac{1}{h_{fi} \pi D_i} + \frac{1}{C_b}} \quad (5.25)$$

Burada,

T_f = Boru içindeki akışkan sıcaklığı (°C),

h_{fi} = Akışkandan-tüp duvarına ısı taşınım katsayısı (W/m²°C),

D_i = boru iç çapı (m),

C_b = Borunun kanatçığa olan bağ iletkenliği 'dir.

Borunun kanatçığa olan bağ iletkenliği, C_b , şu şekilde ifade edilir,

$$C_b = \frac{k_b b}{\gamma} \quad (5.26)$$

Burada,

k_b : bağ ısı iletkenliği (W/m°C),

b : bağ genişliği (m),

γ : bağ ortalama kalınlığı (m)' dir.

(5.25) denklemindeki bilinmeyen sıcaklık T_b 'yi elimine edersek, faydalı enerji için, Duffie (2006) tarafından verilen aşağıdaki denklemleri kullanabiliriz,

$$\dot{q}_u = WF'[S - U_L(T_f - T_a)] \quad (5.27)$$

Burada F' toplayıcı verim faktörüdür.

Toplayıcı verim faktörü; gerçekte haldeki faydalı enerjinin, yutucu yüzeyin her noktasının akışkan sıcaklığında olması durumundaki ideal faydalı enerjiye oranı olarak tarif edilebilir ve, Duffie (2006) tarafından verilen aşağıdaki denklemlerle hesaplanır,

$$F' = \frac{1/U_L}{W \left[\frac{1}{U_L[D+(W-D)F]} + \frac{1}{C_b} + \frac{1}{\pi D_i h_{fi}} \right]} \quad (5.28)$$

5.1.6.3. Toplayıcı Isı Uzaklaştırma Faktörü

Toplayıcı ısı uzaklaştırma faktörü, Duffie (2006) tarafından şu şekilde tanımlanmıştır,

$$F_R = \frac{\dot{m}C_p}{A_c U_L} \left[1 - \exp \left(- \frac{A_c U_L F'}{\dot{m}C_p} \right) \right] \quad (5.29)$$

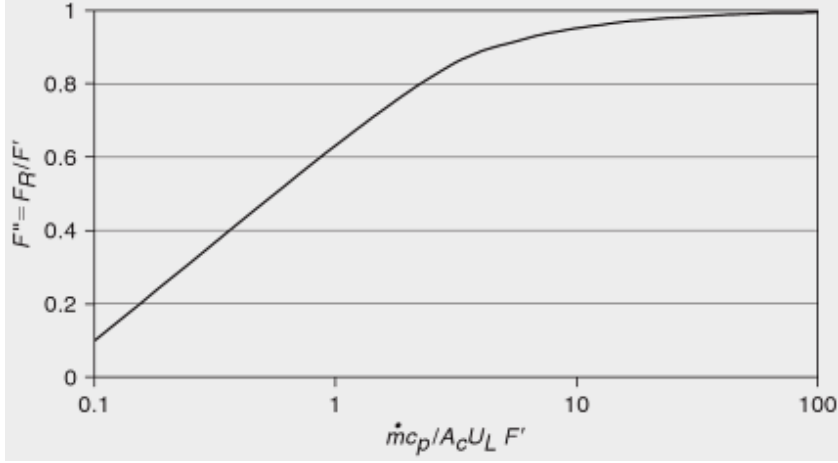
Burada, A_c toplayıcı üst yüzey alanı (m²)' dir.

5.1.6.4. Toplayıcı Akışkan Faktörü

Toplayıcı akışkan faktörü toplayıcı verim faktörünün, toplayıcı uzaklaştırma faktörüne oranıdır ve, Duffie (2006) tarafından verilen aşağıdaki denklem ile hesaplanır,

$$F'' = \frac{F_R}{F'} = \frac{\dot{m}C_p}{A_c U_L F'} \left[1 - \exp \left(- \frac{A_c U_L F'}{\dot{m}C_p} \right) \right] \quad (5.30)$$

Bu toplayıcı akışkan faktörü, boyutsuz toplayıcı kapasitans oranına ($\dot{m}C_p/A_c U_L F'$) bağlı olarak tek değişkenli bir fonksiyondur ve şekil 5.8' de gösterilmektedir.



Şekil 5.8 : Toplayıcı akışkan faktörü, F'' (Duffie, 2006).

5.1.6.5. Faydalı Enerji

Faydalı enerjiyi ideal faydalı enerji ve gerçek faydalı enerji şeklinde hesaplamak mümkündür ve, Duffie (2006) tarafından verilen denklemler ile hesaplanabilir.

Yutucu yüzeyin tamamının akışkan giriş sıcaklığında olması durumunda ideal faydalı enerji aşağıdaki denklem ile hesaplanır,

$$Q_u = A_c [S - U_L (T_g - T_a)] \quad (5.31)$$

Burada, T_g suyun giriş sıcaklığıdır.

Toplayıcı ısı uzaklaştırma faktörü, ideal faydalı enerjiyi gerçek faydalı enerjiye düzenlemektedir ve gerçek faydalı enerji aşağıdaki denklem ile hesaplanır,

$$Q_u = A_c F_R [S - U_L (T_g - T_a)] \quad (5.32)$$

5.1.6.6. Toplayıcı Verimi

Bir düzlemsel güneş toplayıcısı için anlık ve günlük ortalama verimden bahsedilebilir. Hesaplamalarda en çok günlük ortalama toplayıcı verim kullanılmaktadır.

Anlık verim, belirli bir zaman periyodunda faydalı ısının toplayıcı üzerine düşen güneş enerjisine oranı olarak tanımlanır ve, Yiğit (2010) tarafından verilen aşağıdaki denklem ile hesaplanır,

$$\eta = \frac{Q_u}{A_c I_T} = \left[(\tau\alpha) - \frac{U_L (T_g - T_a)}{I_T} \right] \quad (5.33)$$

Günlük ortalama toplayıcı verimi için, Duffie (2006) tarafından verilen aşağıdaki denklem kullanılır,

$$\eta = \frac{\int_{w_s}^{w_r} Q_u dt}{A_c \int_{w_s}^{w_r} I_T dt} \quad (5.34)$$

Burada,

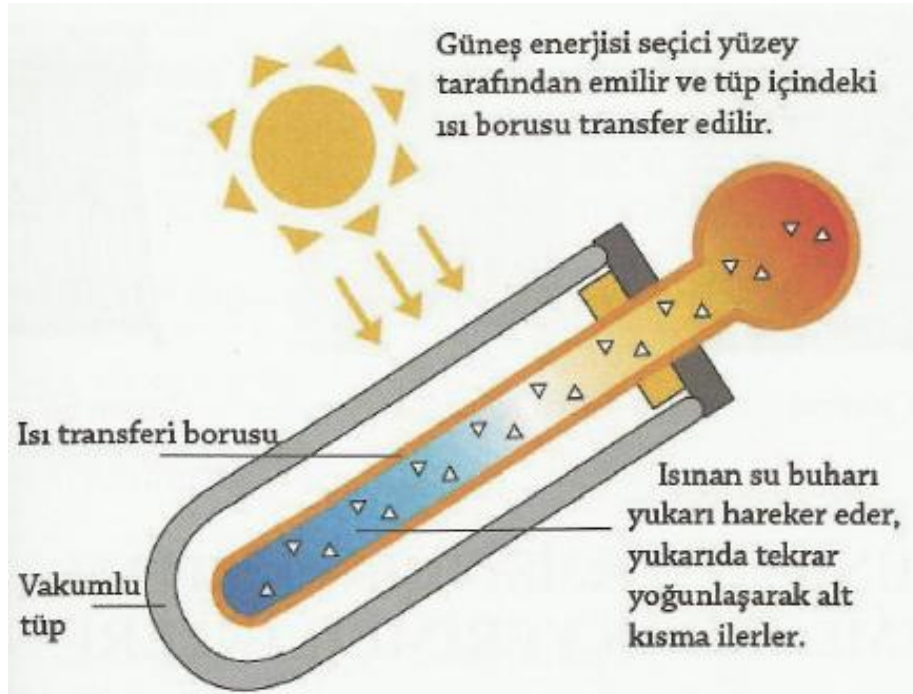
w_r = Güneş doğuş saati,

w_r = Güneş batış saati.

5.2 Vakum Tüplü Güneş Enerji Sistemleri

Güneşten gelen ışık enerjisini ısı enerjisine çeviren ve bu ısı enerjisini maksimum düzeyde muhafaza eden iç içe geçmiş iki silindirik tüp şeklinde borosilikat camdan oluşmuş toplayıcıdır. Vakum tüpün içerisindeki ısıyı kaybetmeme mantığı, hava yoluyla oluşan ısı transferini (konveksiyon) ortadan kaldırmaktır. Çift cam pencere ve termosların ısı yalıtım mantığıyla aynıdır, (Url-4).

Şekil 5.9' da vakum tüplü güneş toplayıcı taslağı görülmektedir.



Şekil 5.9 : Vakum tüplü güneş toplayıcı çalışma prensibi (Yerebakan, 2006).

Vakum tüplü toplayıcıların verimi, düzlem tip toplayıcıların veriminden yüksektir. Yüksek olmasındaki birinci etken, vakum tüpün silindirik şekli dolayısıyla gün boyu güneş ışınlarını dik olarak almasıdır.

İkinci etken, soğurucu yüzey performansıdır. Soğurucu yüzey performansı ısı emici yüzeyin absorpsiyon katsayısının (a), yansıtma katsayısına (e) oranıdır. Absorpsiyon katsayısının yüksek, yansıtma katsayısının düşük olması toplayıcı verimini yükseltir, (Url-4).

Üçüncü etken, ısı yalıtımıdır. Normal toplayıcılarda ısı kaybını engellemek için üst tarafı yalnızca camla kapatılmıştır. Cam yüzeyle ısı emici metal yüzey arasında hava olduğundan hava yoluyla ısı kaybı (Konveksiyon yaklaşık % 15 oranında) kaçınılmazdır. Vakum tüplerde ısı emici yüzeyle dış cam arasındaki hava vakumlanarak alındığından konveksiyon ısı kaybı yok denecek kadar azaltılmıştır. Hava sıcaklığının 0 °C altına düşmesi halinde normal toplayıcıların içerisindeki su donar ve toplayıcıları patlatır, vakum tüplerde -30 °C ve -50 °C sıcaklıklarda dahi sistem içerisindeki su donmaksızın çalışır, (Url-4).

Çizelge 5.6’ da düzlemsel ve vakum tüplü toplayıcıların bazı yönlerden farkları gösterilmiştir.

Çizelge 5.6 : Düzlemsel ve Vakum tüplü toplayıcıların Absorpsiyon Katsayısı (a), Yansıtma Katsayısı (e) ve Soğurucu Yüzey Performansları, (Url-4)

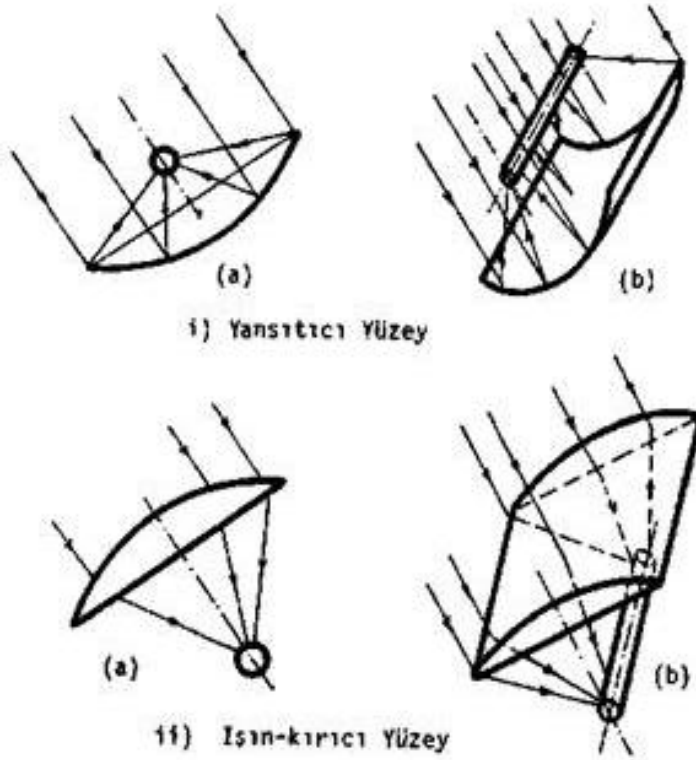
	DÜZLEMSEL TOPLAYICILAR	VAKUM TÜP
Absorpsiyon Katsayısı (a)	0,92 – 0,96	0,93 – 0,96
Yansıtma Katsayısı (e)	0,30 – 0,40	0,03 – 0,06
Soğurucu Yüzey Performansı	2,3 – 3,2	15,5 – 32,0

5.3. Yoğunlaştırıcı Kolektörler

Bir toplayıcıda, güneş ışınlarının düştüğü net alana “açıklık (aperture) alanı” ve güneş ışınımının yutulduğu diğer bir enerji şekline dönüştürüldüğü yüzeye “alıcı yüzey (receiver)” denilmektedir. Bir düz toplayıcıda açıklık alanı ile alıcı yüzey birbirine eşittir. Yoğunlaştırıcı toplayıcılarda ışınım alıcı yüzeye gelmeden önce optik olarak yoğunlaştırılır ve böylece açıklık alanından daha küçük bir alıcı yüzey yeterlidir (Kılıç, 1983).

Güneş ışınımı yansıtıcı yüzey (reflector) veya ışın kırıcı yüzey (refractor) ile bir noktaya yoğunlaştırıldığı gibi (odaklama), bir doğruya da yoğunlaştırılabilir (Kılıç, 1983).

Şekil 5.10’ da noktaya ve doğruya yoğunlaştıran reflector ve refractor gösterilmektedir.



Şekil 5.10 : Işınımın yansıtıcı yüzey veya ışın-kırıcı yüzey ile bir noktaya (a) ve bir doğruya (b) yoğunlaştırılması (Kılıç, 1983).

Noktaya yoğunlaştırmada küresel simetri vardır ve güneş fırınları, merkezi alıcı güç sistemleri v.b. yüksek sıcaklık isteyen durumlarda kullanılır. Güneş ışınlarının gün boyu takip edilmesi ve dolayısıyla iki serbestlik dereceli “takip (tracking) sistemi” gereklidir. Doğruya yoğunlaştırma ise silindirik simetriye sahiptir ve orta derecede sıcaklık isteyen hallerde kullanılır (Kılıç, 1983).

6. ANTALYA İLİNDE BİR KONUT İÇİN GEREKLİ ISIL HESAPLAMALAR

Bu bölümde Antalya ili için ışıınım hesabı, bir konutun ısı kazancı hesabı ve toplayıcı ısı analiz hesabı yapılacaktır.

6.1. Atmosfer Dışı Işıınım Hesabı

6.1.1. Atmosfer Dışı Günlük Işıınım Hesabı

Burada Atmosfer dışı günlük ışıınım miktarı (H_0) hesaplanacaktır.

Antalya ili rakım değeri 42 (m) ve enlem değeri $\phi = 36.91$ 'dir, (Url-5).

$\phi = 36.91$ enleminde, Haziran ayında, atmosfer dışında yatay düzleme düşen günlük ışıınım miktarı hesabı için,

$$n = 162 \text{ (Çizelge 3.1' den)}$$

$$\delta = 23.45 \sin\left(360 \frac{284+n}{365}\right) \text{ (Eşitlik 3.2' den)}$$

$$\delta = 23.09^\circ$$

$$\cos\omega_s = -\tan\phi \tan\delta \text{ (Eşitlik 3.6' dan)}$$

$$\cos\omega_s = -\tan 36.91 \tan 23.09$$

$$\omega_s = 108.7^\circ$$

(Eşitlik 3.10' dan),

$$H_0 = \frac{24 \times 3600 G_{sc}}{\pi} \left[1 + 0.33 \cos\left(\frac{360n}{365}\right) \right] \left[\cos\phi \cos\delta \sin\omega_s + \frac{2\pi\omega_s}{360} \sin\phi \sin\delta \right]$$

G_{sc} = güneş sabiti olup değeri 1367 W/m^2 'dir.

$$H_0 = \frac{24 \times 3600 \times 1367}{\pi} \left[1 + 0.33 \cos\left(\frac{360 \times 162}{365}\right) \right] \times \left[\cos 36.91 \cos 23.09 \sin 108.7 + \frac{2\pi \times 108.7}{360} \sin 36.91 \sin 23.09 \right]$$

$H_0 = 41.66 \text{ MJ/m}^2 - \text{gün}$ olarak hesaplanır.

Aynı hesabı Temmuz ve Ağustos ayları için yaptığımızda aşağıdaki değerler bulunur,

$$H_0 = 40.71 \text{ MJ/m}^2 - \text{gün (Temmuz ayında, n = 198 için)}$$

$$H_0 = 37.06 \text{ MJ/m}^2 - \text{gün (Ağustos ayında, n = 228 için)}$$

Atmosfer dışı yatay düzleme gelen günlük ışınım için bulunan değerler Çizelge 6.1' de verilmiştir.

Burada,

n : ayı temsil eden gün, δ : deklinasyon açısı, ω_s : güneş batış saat açısı ve

H_0 : Atmosfer dışından günlük ışınım miktarını gösterir.

Çizelge 6.1 : Atmosfer dışı yatay düzleme gelen günlük ışınım için bulunan değerler

Ay	n	δ ($^\circ$)	ω_s ($^\circ$)	H_0 (MJ/m ² - gün)
Haziran	162	23.09	108.7	41.66
Temmuz	198	21.2	106.9	40.71
Ağustos	228	13.5	100.3	37.06

6.1.2. Atmosfer Dışı Anlık Işınım Hesabı

Haziran ayında n=162. gün için Atmosfer dışında yatay düzleme saat 14:00 ile 15:00 arasında düşen güneş ışınımı hesabını yapalım.

Deklinasyon açısı $\delta = 23.09^\circ$ olarak daha önce hesaplanmıştı.

$$\omega = 15(\text{GS} - 12) \text{ (Eşitlik 3.3' den)}$$

$$\omega_1 = 15(14-12) = 30^\circ \text{ ve } \omega_2 = 15(15-12) = 45^\circ \text{ olarak bulunur.}$$

Eşitlik 3.11' den,

$$I_0 = \frac{12 \times 3600}{\pi} G_{sc} \left[1 + 0.033 \cos \left(\frac{360n}{365} \right) \right] \times \left[\cos \phi \cos \delta (\sin \omega_2 - \sin \omega_1) + \frac{2\pi(\omega_2 - \omega_1)}{360} \sin \phi \sin \delta \right]$$

$$I_0 = \frac{12 \times 3600}{\pi} \times 1367 \left[1 + 0.033 \cos \left(\frac{360 \times 162}{365} \right) \right] \times \left[\cos 36.91 \cos 23.09 (\sin 45 - \sin 30) + \frac{2\pi(45 - 30)}{360} \sin 36.91 \sin 23.09 \right]$$

$$I_0 = 3.9 \text{ MJ/m}^2 - \text{h olarak bulunur.}$$

Aynı hesabı Temmuz ve Ağustos ayları için yaptığımızda aşağıdaki değerleri buluruz.

$$I_0 = 3.85 \text{ MJ/m}^2 - \text{h (Temmuz ayında, n = 198 için)}$$

$$I_0 = 3.63 \text{ MJ/m}^2 - \text{h (Ağustos ayında, n = 228 için)}$$

6.2. Yeryüzüne Ulaşan Güneş Işınımı Hesabı

6.2.1. Yatay Düzleme Düşen Günlük Toplam Işınım Hesabı

$$a = 0.103 + 0.000017Z + 0.198\cos(\varnothing - \delta) \text{ (Eşitlik 3.14' den)}$$

$$a = 0.103 + 0.000017 \times 42 + 0.198\cos(36.91 - 23.09)$$

$$a = 0.296$$

$$b = 0.533 - 0.165\cos(\varnothing - \delta) \text{ (Eşitlik 3.15' den)}$$

$$b = 0.533 - 0.165\cos(36.91 - 23.09)$$

$$b = 0.373$$

$$\frac{H}{H_0} = \left(a + b \frac{n}{N} \right) \text{ (Eşitlik 3.12' den)}$$

Çizelge 6.2' de Antalya ilinin aylık izafi güneşlenme süreleri verilmiştir. Bu çizelgeye göre Antalya ili için izafi güneşlenme süresi $\left(\frac{n}{N}\right)$, Haziran ayında 0.82'dir.

Çizelge 6.2 : Antalya ilinin aylık izafi güneşlenme süreleri (Url-5)

Oca	Şub	Mart	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara	Ort
0.53	0.54	0.57	0.62	0.73	0.82	0.86	0.88	0.83	0.74	0.70	0.55	0.70

$$\frac{H}{H_0} = (0.292 + 0.373 \times 0.82) = 0.6$$

$$H = 0.6 \times 41.66 = 25 \text{ MJ/m}^2 - \text{gün}$$

Aynı hesabı Temmuz ve Ağustos ayları için yaptığımızda aşağıdaki değerleri buluruz.

$$H = 25.24 \text{ MJ/m}^2 - \text{gün (Temmuz ayında, n = 198 için)}$$

$$H = 23.02 \text{ MJ/m}^2 - \text{gün (Ağustos ayında, n = 228 için)}$$

Yatay düzleme gelen günlük toplam ışı nım için bulunan değerler izelge 6.3' te verilmiştir.

Burada,

a ve b bölgeye bağlı sabitler, H yatay düzleme düşen günlük toplam ışı nım miktarını gösterir.

Çizelge 6.3 : Yatay düzleme gelen günlük toplam ışı nım için bulunan değerler

n	a	B	H (MJ/m² – gün)
162	0.296	0.373	25
198	0.294	0.374	25.24
228	0.285	0.382	23.02

6.2.2. Yatay Düzleme Düşen Günlük Yayılı ışı nım Hesabı

$$K_T = \frac{H}{H_0} \text{ (Eşitlik 3.13' den)}$$

Haziran ayı n = 162 için yukarıdaki eşitlikte verilen H ve H₀ değerleri daha önce bulunmuştu.

$$K_T = \frac{25}{41.66} = 0.60$$

$$\frac{H_d}{H} = 0.703 - 0.414K_T - 0.428K_T^2 \text{ (Eşitlik 3.16' dan)}$$

$$\frac{H_d}{H} = 0.703 - 0.414 \times 0.60 - 0.428 \times 0.60^2$$

$$\frac{H_d}{H} = 0.3 \text{ ve } H_d = 0.3 \times 25 = 7.5 \text{ MJ/m}^2 - \text{gün}$$

Aynı hesabı Temmuz ve Ağustos ayları için yaptığımızda aşağıdaki değerleri buluruz.

$$H_d = 7.1 \text{ MJ/m}^2 - \text{gün (Temmuz ayında, n = 198 için)}$$

$$H_d = 6.5 \text{ MJ/m}^2 - \text{gün (Ağustos ayında, n = 228 için)}$$

Yatay düzleme gelen günlük yayılı ışı nım için bulunan değerler izelge 6.4' te verilmiştir. K_T günlük berraklık indeksini ve H_d yatay düzleme düşen günlük yayılı ışı nım miktarını gösterir.

Çizelge 6.4 : Yatay düzleme gelen günlük yayılı ışınım için bulunan değerler

n	K_T	H_d (MJ/m ² – gün)
162	0.60	7.5
198	0.62	7.1
228	0.62	6.5

6.2.3. Yatay Düzleme Düşen Günlük Direkt Işınım Hesabı

$$H_b = H - H_d \text{ (Eşitlik 3.17' den)}$$

Haziran ayı n = 162 için,

$$H_b = 25 - 7.5 = 17.5 \text{ MJ/m}^2 - \text{gün}$$

Aynı hesabı Temmuz ve Ağustos ayları için yaptığımızda aşağıdaki değerleri buluruz.

$$H_b = 18.14 \text{ MJ/m}^2 - \text{gün (Temmuz ayında, n = 198 için)}$$

$$H_b = 16.52 \text{ MJ/m}^2 - \text{gün (Ağustos ayında, n = 228 için)}$$

6.2.4. Yatay Düzleme Düşen Anlık Toplam Işınım Hesabı

Haziran ayı n =162. gün için saat 14:00 ile 15:00 arasındaki yatay düzleme düşen anlık toplam ışınımı hesaplamak için saat 14:30 orta değeri kullanabiliriz.

$$\omega = 15(GS - 12) \text{ (Eşitlik 3.3' den)}$$

$$\omega = 37.5^0$$

$$a = 0.409 + 0.5016\sin(\omega_s - 60) \text{ (Eşitlik 3.19' dan)}$$

$$a = 0.409 + 0.5016\sin(108.7 - 60)$$

$$a = 0.79$$

$$b = 0.6609 - 0.4767\sin(\omega_s - 60) \text{ (Eşitlik 3.20' den)}$$

$$b = 0.6609 - 0.4767\sin(108.7 - 60)$$

$$b = 0.30$$

Eşitlik 3.18' den,

$$r_t = \frac{I}{H} = \frac{\pi}{24} (a + b\cos\omega) \frac{\cos\omega - \cos\omega_s}{\sin\omega_s - (2\pi\omega_s/360)\cos\omega_s}$$

$$r_t = \frac{\pi}{24} (0.79 + 0.30 \cos 37.5) \frac{\cos 37.5 - \cos 108.7}{\sin 108.7 - \left(\frac{2\pi 108.7}{360}\right) \cos 108.7}$$

$$I = r_t \times H = 0.097 \times 25 = 2.425 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{h} \text{ olur.}$$

Bu değeri W/m^2 olarak ifade etmek istediğimizde, $I = 673.6 \text{ W/m}^2$ olarak bulunur.

Aynı hesabı Temmuz ve Ağustos ayları için yaptığımızda aşağıdaki değerleri buluruz.

$$I = 680.6 \text{ W/m}^2 \text{ (Temmuz ayında, } n = 198 \text{ için)}$$

$$I = 633.3 \text{ W/m}^2 \text{ (Ağustos ayında, } n = 228 \text{ için)}$$

Yatay düzleme gelen anlık toplam ışınım için bulunan değerler Çizelge 6.5' te verilmiştir.

Çizelge 6.5 : Yatay düzleme gelen anlık toplam ışınım için bulunan değerler

N	ω_s	a	b	I (W/m^2)
162	108.7	0.79	0.30	673.6
198	106.9	0.78	0.31	680.6
228	100.3	0.73	0.35	633.3

6.2.5. Yatay Düzleme Düşen Anlık Yayılı Işınım Hesabı

Eşitlik 3.21' den,

$$r_d = \frac{I_d}{H_d} = \frac{I_0}{H_0}$$

Eşitlikte yer alan I_0 ve H_0 değerleri daha önce hesaplanmıştı. Hesaplanan bu değerler eşitlikte yerine koyulduğunda,

$$r_d = \frac{3.9}{41.66} = 0.094 \text{ olarak hesaplanır.}$$

$$I_d = r_d \times H_d = 0.094 \times 7.5$$

$$I_d = 0.705 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{h} = 195.6 \text{ W/m}^2$$

Aynı hesabı Temmuz ve Ağustos ayları için yaptığımızda aşağıdaki değerleri buluruz.

$$I_d = 186.5 \text{ W/m}^2 \text{ (Temmuz ayında, } n = 198 \text{ için)}$$

$$I_d = 176.9 \text{ W/m}^2 - h \text{ (Ağustos ayında, } n = 228 \text{ için)}$$

Yatay düzleme gelen anlık yayılı ışınım için bulunan değerler Çizelge 6.6' da verilmiştir.

Çizelge 6.6 : Yatay düzleme gelen anlık yayılı ışınım için bulunan değerler

n	H ₀	H _d	I ₀	I _d (W/m ²)
162	41.66	7.5	3.9	195.6
198	40.71	7.1	3.85	186.5
228	33.06	6.5	3.63	176.9

6.2.6. Yatay Düzleme Düşen Anlık Direkt Işınım Hesabı

$$I_b = I - I_d \text{ (Eşitlik 3.22' den)}$$

$$I_b = 2.425 - 0.705$$

$$I_b = 1.72 \text{ MJ/m}^2 - h = 477.8 \text{ W/m}^2$$

Aynı hesabı Temmuz ve Ağustos ayları için yaptığımızda aşağıdaki değerleri buluruz.

$$I_b = 494.1 \text{ W/m}^2 \text{ (Temmuz ayında, } n = 198 \text{ için)}$$

$$I_b = 456 \text{ W/m}^2 \text{ (Ağustos ayında, } n = 228 \text{ için)}$$

Yatay düzleme gelen anlık direkt ışınım için bulunan değerler Çizelge 6.7' de verilmiştir.

Çizelge 6.7 : Yatay düzleme gelen anlık direkt ışınım için bulunan değerler

n	I (W/m ²)	I _d (W/m ²)	I _b (W/m ²)
162	673.6	195.6	477.8
198	680.6	186.5	494.1
228	633.3	176.9	456

6.3. Eğik Düzleme Düşen Işınım Hesabı

Hesaplamalar yeryüzünde güneğe dönük eğik ($\beta = 35^\circ$) bir düzlem için yapılmıştır.

6.3.1. Eğik Düzleme Düşen Anlık Direkt Işınım Hesabı

Eşitlik 3.23' den,

$$R_b = \frac{\cos(\varphi - \beta)\cos\delta\cos\omega + \sin(\varphi - \beta)\sin\delta}{\cos\varphi\cos\delta\cos\omega + \sin\varphi\sin\delta}$$

$$R_b = \frac{\cos(36.91 - 35)\cos23.09\cos37.5 + \sin(36.91 - 35)\sin23.09}{\cos36.91\cos23.09\cos37.5 + \sin36.91\sin23.09}$$

$$R_b = 0.91$$

$$I_{bT} = R_b \cdot I_b \text{ (Eşitlik 3.25' den)}$$

$$I_{bT} = 0.91 \times 477.8$$

$$I_{bT} = 434.8 \text{ W/m}^2$$

Aynı hesabı Temmuz ve Ağustos ayları için yaptığımızda aşağıdaki değerleri buluruz.

$$I_{bT} = 460 \text{ W/m}^2 \text{ (Temmuz ayında, } n = 198 \text{ için)}$$

$$I_{bT} = 470 \text{ W/m}^2 - h \text{ (Ağustos ayında, } n = 228 \text{ için)}$$

Eğik düzleme gelen anlık direkt ışınım için bulunan değerler Çizelge 6.8' de verilmiştir.

Çizelge 6.8 : Eğik düzleme gelen anlık direkt ışınım için bulunan değerler

N	R_b	$I_b \text{ (W/m}^2\text{)}$	$I_{bT} \text{ (W/m}^2\text{)}$
162	0.91	477.8	434.8
198	0.93	494.1	460
228	1.03	456	470

6.3.2. Eğik Düzleme Düşen Anlık Yayıllı Işınım Hesabı

Eşitlik 3.26' dan,

$$I_{dT} = I_d \frac{1 + \cos\beta}{2}$$

$$I_{dT} = 195.6 \frac{1 + \cos35}{2}$$

$$I_{dT} = 180 \text{ W/m}^2$$

Aynı hesabı Temmuz ve Ağustos ayları için yaptığımızda aşağıdaki değerleri buluruz.

$$I_{dT} = 169.7 \text{ W/m}^2 \text{ (Temmuz ayında, } n = 198 \text{ için)}$$

$$I_{dT} = 161 \text{ W/m}^2 \text{ (Ağustos ayında, } n = 228 \text{ için)}$$

Eğik düzleme gelen anlık yayılı ışınım için bulunan değerler Çizelge 6.9' da verilmiştir.

Çizelge 6.9 : Eğik düzleme gelen anlık yayılı ışınım için bulunan değerler

n	I_d (W/m ²)	I_{dT} (W/m ²)
162	195.6	180
198	186.5	169.7
228	176.9	161

6.3.3. Eğik Düzleme Düşen Anlık Yansıyan Işınım Hesabı

Eşitlik 3.27' den,

$$I_{ref} = (I_b + I_d) \rho \left(\frac{1 - \cos\beta}{2} \right)$$

Burada, $\rho = 0.2$ olarak alınacaktır.

$$I_{ref} = (477.8 + 195.6) \times 0.2 \times \left(\frac{1 - \cos 35}{2} \right)$$

$$I_{ref} = 12.18 \text{ W/m}^2$$

Aynı hesabı Temmuz ve Ağustos ayları için yaptığımızda aşağıdaki değerleri buluruz.

$$I_{ref} = 12.3 \text{ W/m}^2 \text{ (Temmuz ayında, } n = 198 \text{ için)}$$

$$I_{ref} = 11.4 \text{ W/m}^2 \text{ (Ağustos ayında, } n = 228 \text{ için)}$$

Eğik düzleme gelen anlık yansıyan ışınım için bulunan değerler Çizelge 6.10' da verilmiştir.

Çizelge 6.10 : Eğik düzleme gelen anlık yansıyan ışınım için bulunan değerler

n	I_b (W/m ²)	I_d (W/m ²)	I_{ref} (W/m ²)
162	477.8	195.6	12.18
198	494.1	186.5	12.3
228	456	176.9	11.4

6.3.4. Eğik Düzleme Düşen Anlık Toplam Işınım Hesabı

$$I_T = I_{bT} + I_{dT} + I_{ref} \text{ (Eşitlik 3.28' den)}$$

$$I_T = 434.8 + 180 + 12.8$$

$$I_T = 627 \text{ W/m}^2$$

Aynı hesabı Temmuz ve Ağustos ayları için yaptığımızda aşağıdaki değerleri buluruz.

$$I_T = 642 \text{ W/m}^2 \text{ (Temmuz ayında, } n = 198 \text{ için)}$$

$$I_T = 642.4 \text{ W/m}^2 \text{ (Ağustos ayında, } n = 228 \text{ için)}$$

Eğik düzleme gelen anlık toplam ışınım için bulunan değerler 6.11' de verilmiştir.

Çizelge 6.11 : Eğik düzleme gelen anlık toplam ışınım için bulunan değerler

n	$I_{bt}(\text{W/m}^2)$	$I_{dt}(\text{W/m}^2)$	$I_{ref}(\text{W/m}^2)$	$I_T(\text{W/m}^2)$
162	434.8	180	12.18	627
198	460	169.7	12.3	642
228	470	161	11.4	642.4

6.3.5. Eğik Düzleme Düşen Günlük Toplam Işınım Hesabı

$$\omega_s = \min \left[\begin{array}{l} \cos^{-1}(-\tan\phi \tan\delta) \\ \cos^{-1}(-\tan(\phi - \beta) \tan\delta) \end{array} \right] \text{ (Eşitlik 3.32' den)}$$

Antalya ili için $\phi = 36.91^\circ$, $n = 162$ için $\delta = 23.09^\circ$ olduğu daha önce hesaplanmıştır.

Bu değerler Eşitlik 3.22' de yerine yazıldığında,

$$\omega_s = \min \left[\begin{array}{l} \cos^{-1}(-\tan 36.91 \tan 23.09) \\ \cos^{-1}(-\tan(36.91 - 35) \tan 23.09) \end{array} \right]$$

$$\omega_s = \min \left[\begin{array}{l} 108.7 \\ 90.8 \end{array} \right] = 90.8^\circ$$

Eşitlik 3.31' den,

$$\bar{R}_b = \frac{\cos(\phi - \beta) \cos\delta \sin\omega_s + (\pi/180) \omega_s \sin(\phi - \beta) \sin\delta}{\cos\phi \cos\delta \sin\omega_s + (\pi/180) \omega_s \sin\phi \sin\delta}$$

$$\bar{R}_b = \frac{\cos(36.91 - 35) \cos 23.09 \sin 90.8 + (\pi/180) 90.8 \sin(36.91 - 35) \sin 23.09}{\cos 36.91 \cos 23.09 \sin 90.8 + (\pi/180) 90.8 \sin 36.91 \sin 23.09}$$

$$\bar{R}_b = 0.822$$

(Eşitlik 3.29'dan)

$$H_T = H \left(1 - \frac{H_d}{H}\right) \bar{R}_b + H_d \left(\frac{1 + \cos\beta}{2}\right) + H\rho \left(\frac{1 - \cos\beta}{2}\right)$$

$$H_T = 25 \left(1 - \frac{7.5}{25}\right) 0.822 + 7.5 \left(\frac{1 + \cos 35}{2}\right) + 25 \times 0.2 \left(\frac{1 - \cos 35}{2}\right)$$

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

Aynı hesabı Temmuz ve Ağustos ayları için yaptığımızda aşağıdaki değerleri buluruz.

$$H_T = 22.5 \text{ MJ/m}^2 - \text{gün (Temmuz ayında, } n = 198 \text{ için)}$$

$$H_T = 16.2 \text{ MJ/m}^2 - \text{gün (Ağustos ayında, } n = 228 \text{ için)}$$

Eğik düzleme gelen günlük toplam ışıınım için bulunan değerler Çizelge 6.12' de verilmiştir.

Çizelge 6.12 : Eğik düzleme gelen günlük toplam ışıınım için bulunan değerler

n	ω_s ($^{\circ}\text{C}$)	R_b	H_T ($\text{MJ/m}^2 - \text{gün}$)
162	90.81	0.822	21.7
198	90.74	0.850	22.5
228	90.46	0.974	16.2

6.4. Isı Kazancı Hesabı

Antalya ilinde seçilen konut tek katlıdır. Her yönde dışa açık duvarları ve çatısı mevcuttur. Meteorolojik verilere bakıldığında, Antalya ili için maksimum sıcaklığa ulaşılan dönem 21 Temmuz günüdür. Bu nedenle hesaplamalar 21 Temmuz'a göre yapılacaktır. 21 Temmuz günü Antalya saatlik dış hava sıcaklığı ve bağıl nem değerleri Çizelge 6.13' de gösterilmiştir.

Çizelge 6.13 : 21 Temmuz günü Antalya saatlik dış hava sıcaklığı ve bağıl nem değerleri (Erkmen, 2006).

Saatler	Antalya	
	Dış Hava Sıcaklığı (°C)	Dış Hava Nemliliği (%)
01:00	24	76
02:00	24	75
03:00	24	70
04:00	24	69
05:00	24	69
06:00	25	69
07:00	27	67
08:00	30	60
09:00	31.5	54
10:00	32.5	46
11:00	33	48
12:00	33	49
13:00	33	49
14:00	33	47
15:00	33	46
16:00	32.5	52
17:00	31.5	54
18:00	30.5	58
19:00	29	64
20:00	27.5	70
21:00	27	73
22:00	26	76
23:00	25	77

Antalya ili için referans sıcaklığımızı 35 °C seçebiliriz. Isı kazancı, dış ısı kazancı ve iç ısı kazancı şeklinde ikiye ayrılır.

6.4.1. Dış Isı Kazancı Hesabı

Bina ya da mahallin dış ortamla arasında bulunan her türlü yapı bileşeninden olan ısı kazançlarını ifade eder (Oranlıer, 2009).

6.4.1.1. Duvar ve Pencereleden Konveksiyonla Olan Isı Kazancı

Duvardan konveksiyonla (iletim ve taşınım) ısı kazancı aşağıdaki formüller yardımıyla hesaplanır (Ashrae, 1997).

Duvarlar, kapılar, döşemeler, tavanlar ve çatılar için,

$$q = UA(CLTD) \quad (6.1)$$

Pencereler için,

$$q = (GLF)A \quad (6.2)$$

Burada,

q = Toplam ısı kazancı

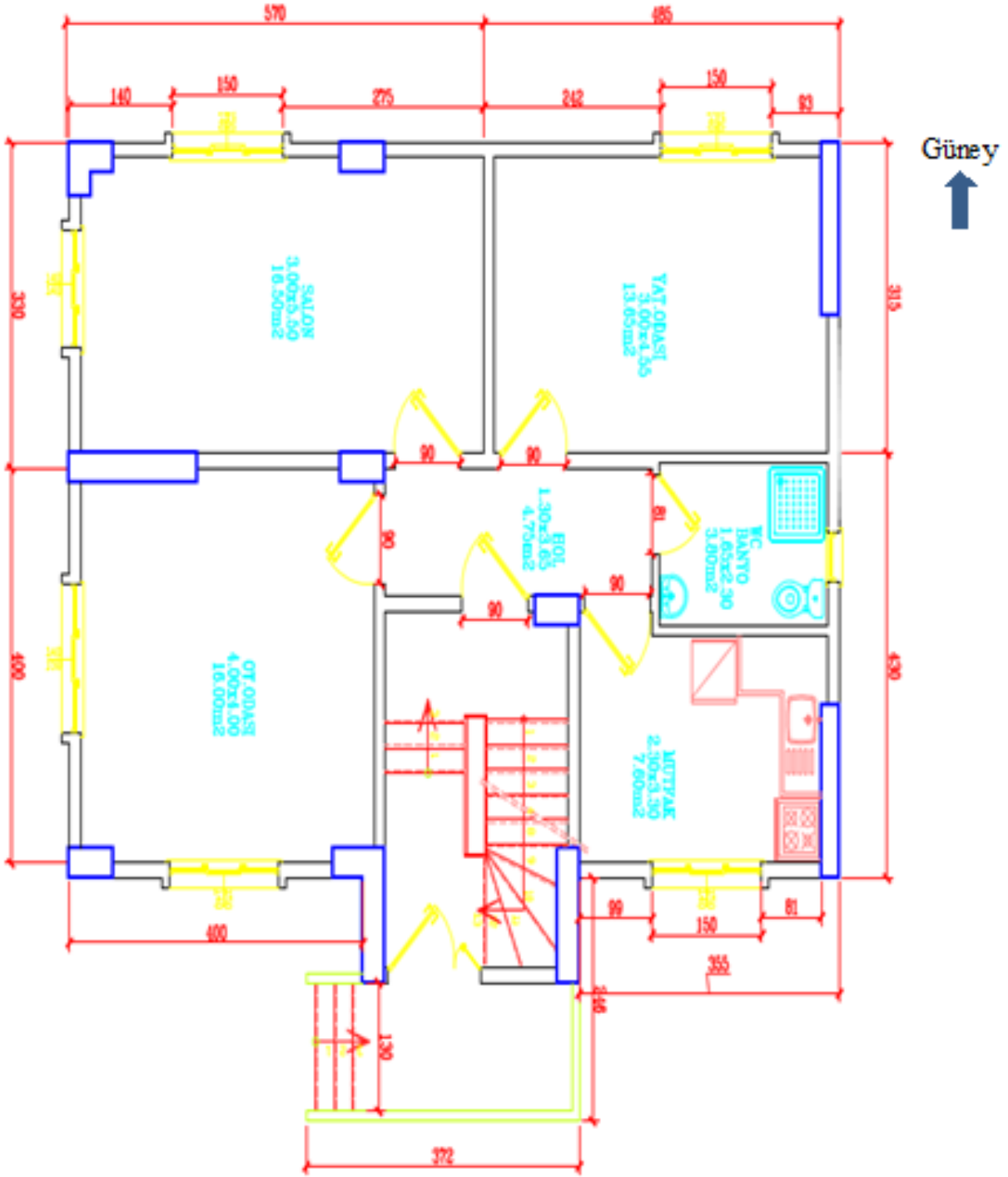
U = Isı geçirgenlik katsayısı (W/m^2K)

A = Duvar alanı (m^2)

$CLTD$ = Soğutma yükü sıcaklık farkı (Cooling Load Temperature Difference, $^{\circ}C$)

GLF = Cam yük faktörü (Glass Loading Factor, W/m^2)

Şekil 6.1' de Antalya ilinde yaz aylarında güneş enerjisiyle soğutulacak bir konutun mimari taslağı gösterilmiştir.



Şekil 6.1 : Soğutma Sisteminin uygulanacağı konutun mimari taslağı

Şekil 6.1' de ki konutun fiziksel özellikleri Çizelge 6.14' de gösterilmiştir. Isı kazancı ya da diğer bir tabirle soğutma yükü hesabında Çizelge 6.14' de bulunan ısı iletkenlik katsayıları (U) kullanılmıştır.

Çizelge 6.14 : Konutun fiziksel özellikleri (Erkmen, 2006).

Yapı Elemanı		Kalınlık, d (cm)	Isı İletkenlik Katsayısı, U (W/m ² K)
Duvar	Dış Sıva	3	0.53
	Polistren	5	
	Tuğla duvar	19	
	İç sıva	2	
Tavan(çatılı)	Şap	4	0.46
	Polistren köpük	5	
	Donatılı döşeme	12	
	İç sıva	2	
Zemin	Toprak-blokaj	15	0.29
	Beton plaka	10	
	Yalıtım	0.05	
	Seramik kaplama	1.2	
Dış kapı	Masif ahşap	4	3.5
Pencere	Çift cam, ahşap doğrama		2.9

Çizelge 6.14' e bakılarak konutun ısı iletkenlik katsayıları olarak,

Duvar için 0.53 W/m²K,

Kapı için 3.5 W/m²K,

Pencere için 2.9 W/m²K,

Zemin için 0.29 W/m²K,

Tavan için 0.46 W/m²K kullanılacaktır.

Ayrı tek evler için kullanılacak CLTD değerleri Çizelge 6.15' de verilmiştir.

Çizelge 6.15 : Ayrı tek evler için CLTD değerleri (Ashrae, 1997).

Günlük Sıcaklık Aralığı °C	Hesap Sıcaklığı °C											
	29		32			35			38		41	43
	D	O	D	O	Y	D	O	Y	O	Y	O	Y
K	4	2	7	4	2	10	7	4	10	7	10	13
KD ve KB	8	5	11	8	5	13	11	8	13	11	13	16
D ve B	10	7	13	10	7	16	13	10	16	13	16	18
GD ve GB	9	6	12	9	6	14	12	9	14	12	14	17
G	6	3	9	6	3	12	9	6	12	9	12	14
Çatılar ve Tavanlar												
Tavan arası veya çatı katı	23	21	26	23	21	28	26	23	28	26	28	31
Döşeme ve tabanlar												
İklimlendirilmiş bölgenin altında veya galeri üzerinde iklimlendirilmemiş oda	5	2	7	5	2	8	7	5	8	7	8	11
İç veya gölgelenmiş bölme	5	2	7	5	2	8	7	5	8	7	8	11

Çizelge 6.15’ de D, O ve Y ifadeleri aşağıda açıklanmıştır.

D : Düşük sıcaklık değişimi (9 °C’ den az)

O : Orta sıcaklık değişimi (9 °C – 14 °C arası)

Y : Yüksek sıcaklık değişimi (14 °C’ den fazla)

Hesaplama yapmak için gerekli olan GLF değerleri ise Çizelge 6.16’ da gösterilmiştir.

Çizelge 6.16 : Ayrı tek evler için GLF değerleri (Ashrae, 1997).

Hesap sıcaklığı °C	Normal tek cam						Normal Çift Cam						Isı Yutan Çift Cam						Saydam Üçlü Cam		
	29	32	35	38	41	43	29	32	35	38	41	43	29	32	35	38	41	43	29	32	35
<i>İç gölgeleme olmadan</i>																					
K	107	114	129	148	151	158	95	95	107	117	120	129	63	63	73	79	82	88	85	85	95
KD ve KB	199	205	221	237	243	262	173	177	186	196	199	208	114	117	123	132	139	139	158	158	167
D ve B	278	284	300	315	322	337	243	246	255	265	268	278	161	161	170	177	186	186	221	221	230
GD ve GB	249	255	271	287	290	309	218	221	230	240	243	252	142	145	155	161	170	170	196	199	205
G	167	173	189	205	211	227	145	148	158	167	170	180	98	98	107	114	123	123	123	132	142
Yatay güneş	492	492	508	524	527	539	432	435	442	451	454	464	284	287	293	300	303	309	391	394	401
<i>Perde, panjur ve tümü çekilmiş vanı geçirgen sarılı perdeler</i>																					
K	57	60	73	85	91	104	50	50	60	69	73	82	41	44	50	57	60	66	47	50	57
KD ve KB	101	104	120	132	136	148	91	95	101	110	114	123	76	76	85	91	91	101	88	88	95
D ve B	142	145	158	170	173	186	126	129	139	145	148	158	104	104	114	120	120	129	123	123	129
GD ve GB	126	129	145	155	161	173	114	117	123	132	136	145	91	95	101	107	110	117	110	114	120
G	85	88	104	117	120	132	76	79	88	98	98	107	63	66	73	79	82	88	73	76	82
Yatay güneş	246	249	262	271	274	284	224	224	233	240	243	249	183	186	192	199	199	205	218	218	224
<i>Tümü ile çekilmiş, 15% geçirimeyen sarılı perdeler</i>																					
K	44	47	63	73	79	91	41	44	54	60	63	73	38	38	47	54	54	63	41	41	47
KD ve KB	79	82	98	107	114	126	73	76	85	95	95	104	66	69	76	85	85	91	73	73	82
D ve B	107	114	126	139	142	155	101	104	114	120	123	132	91	95	101	110	110	117	101	101	110
GD ve GB	98	101	114	126	132	145	91	95	104	110	114	123	82	85	91	101	101	107	91	91	98
G	66	69	85	95	101	114	63	63	73	82	85	95	57	60	66	76	76	82	60	63	69
Yatay güneş	189	192	202	214	218	227	180	180	189	196	199	205	164	164	173	180	180	186	177	180	186

Konutta normal çift cam kullanılacaktır. Bu nedenle Çizelge 6.16’ dan normal çift cam için GLF değerleri alınacaktır.

Salonun ısı kazanç hesabı:

Güney duvar için;

$$q = UA(CLTD) \text{ (Denklem 6.1’ den)}$$

U değeri Çizelge 6.14 ‘deki konutun fiziksel özelliklerinden, duvar için;

$$U = 0.53 \text{ olarak tespit edilir.}$$

Güney duvar net alanı Şekil 6.1’ de ki konutun mimari taslağından;

$$A = \{(5.50 \times 2.7) - (2.1)\}$$

$A = 12.75 \text{ m}^2$ olarak bulunur.

Çizelge 6.15' den CLTD değeri $35 \text{ }^\circ\text{C}$ dış sıcaklık, duvarlar için, güney yönü ve orta sıcaklık değişimi için;

$9 \text{ }^\circ\text{C}$ olarak tespit edilir. Böylelikle salonun güney duvarı için ısı kazanç;

$$q = 0.53 \times 12.75 \times 9$$

$$q = 60.8 \text{ W} \text{ olarak bulunur.}$$

Doğu duvar için,

$$q = UA(\text{CLTD}) \text{ (Denklem 6.1' den)}$$

$$U = 0.53 \text{ W/m}^2\text{K} \text{ (Çizelge 6.14)}$$

$$A = \{(3.0 \times 2.7) - (1.96)\} \text{ (Şekil 6.1)}$$

$$A = 6.14 \text{ m}^2 \text{ olarak hesaplanır.}$$

$$\text{CLTD} = 13 \text{ }^\circ\text{C} \text{ (Çizelge 6.15)}$$

$$q = 0.53 \times 6.14 \times 13$$

$$q = 42.3 \text{ W} \text{ olarak bulunur.}$$

Güney Pencere için,

$$q = (\text{GLF})A \text{ (Denklem 6.2' den)}$$

Güney pencere alanı, Şekil 6.1' de ki konut planından;

$$A = 2.1 \text{ m}^2 \text{ olarak hesaplanır.}$$

Çizelge 6.16 'dan GLF değeri normal çift cam, $35 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklık, güney yönü ve iç gölgeleme olmadan;

$$\text{GLF} = 158 \text{ W} \text{ olarak tespit edilir.}$$

Böylelikle salonun güney penceresi için ısı kazanç;

$$q = 2.1 \times 158$$

$$q = 331.8 \text{ W} \text{ olarak bulunur.}$$

Doğu Pencere için;

$$q = (\text{GLF})A \text{ (Denklem 6.2' den)}$$

$$A = 1.96 \text{ m}^2 \text{ (Şekil 6.1)}$$

$$GLF = 255 \text{ W (Çizelge 6.16)}$$

$$q = 255 \times 1.96$$

$$q = 499.8 \text{ W olarak bulunur.}$$

Zemin için;

$$q = UA(\text{CLTD}) \text{ (Denklem 6.1' den)}$$

U değeri Çizelge 6.14 'deki konutun fiziksel özelliklerinden, zemin için;

$$U = 0.29 \text{ olarak tespit edilir.}$$

Taban alanı Şekil 6.1' de ki konutun mimari taslağından;

$$A = 3.00 \times 5.50$$

$$A = 16.5 \text{ m}^2 \text{ olarak bulunur.}$$

Çizelge 6.15' den CLTD değeri 35 °C dış sıcaklık, döşeme için ve orta sıcaklık değişimi için;

$$7 \text{ }^\circ\text{C olarak tespit edilir.}$$

Böylelikle zemin için ısı kazanç;

$$q = 0.29 \times 16.5 \times 7$$

$$q = 33.5 \text{ W olarak bulunur.}$$

Tavan için;

$$q = UA(\text{CLTD}) \text{ (Denklem 6.1' den)}$$

U değeri Çizelge 6.14 'deki konutun fiziksel özelliklerinden, tavan için;

$$U = 0.46 \text{ olarak tespit edilir.}$$

Tavan alanı Şekil 6.1' de ki konutun mimari taslağından;

$$A = 3.00 \times 5.50$$

$$A = 16.5 \text{ m}^2 \text{ olarak bulunur.}$$

Çizelge 6.15' den CLTD değeri 35 °C dış sıcaklık, tavan için ve orta sıcaklık değişimi için;

26 °C olarak tespit edilir.

Böylelikle tavan için ısı kazanç;

$$q = 0.46 \times 16.5 \times 26$$

$q = 197.3$ W olarak bulunur.

Salon için iletim ve taşınım yoluyla bulunan ısı kazancı toplamı;

$$q = 60.8 + 42.3 + 331.8 + 499.8 + 33.5 + 197.3$$

$q = 1165.5$ W olarak bulunur.

Salonun iletim ve taşınım ile olan ısı kazancı Çizelge 6.17' de gösterilmiştir.

Çizelge 6.17 : Salonun iletim ve taşınım ile olan ısı kazancı

Yükün Kaynağı		Alan A (m ²)	Isı geçiş katsayısı, U (W/m ² K)	CLTD (°C)	GLF (W/m ²)	Soğutma Yükü (W)
SALON	Güney Duvar	12.75	0.53	9	-	60.8
	Doğu Duvar	6.14	0.53	13	-	42.3
	Güney Pencere	2.1	-	-	158	331.8
	Doğu Pencere	1.96	-	-	255	499.8
	Zemin	16.5	0.29	7	-	33.5
	Tavan	16.5	0.46	26	-	197.3

Yatak odasının ısı kazanç hesabı:

$q = 628$ W olarak bulunur ve yatak odası için iletim ve taşınım ile olan ısı kazancı

Çizelge 6.18' de verilmiştir.

Çizelge 6.18. Yatak odası için iletim ve taşınım ile olan ısı kazancı

Yükün Kaynağı		Alan A (m ²)	Isı geçiş katsayısı, U (W/m ² K)	CLTD (°C)	GLF (W/m ²)	Soğutma Yükü (W)
YATAK ODASI	Güney Duvar	10.2	0.53	9	-	48.7
	Batı Duvar	8.1	0.53	13	-	55.8
	Güney Pencere	2.1	-	-	158	331.8
	Zemin	13.7	0.29	7	-	27.8
	Tavan	13.7	0.46	26	-	163.9

Oturma odasının ısı kazanç hesabı:

$q = 1119.1 \text{ W}$ olarak bulunur ve oturma odası için iletim ve taşınım ile olan ısı kazancı Çizelge 6.19’ da verilmiştir.

Çizelge 6.19 : Oturma Odası için iletim ve taşınım ile olan ısı kazancı

Yükün Kaynağı		Alan A (m ²)	Isı geçiş katsayısı, U (W/m ² K)	CLTD (°C)	GLF (W/m ²)	Soğutma Yükü (W)
Oturma Odası	Doğu Duvar	8.7	0.53	13	-	59.9
	Kuzey Duvar	8.7	0.53	7	-	32.3
	Batı Duvar	6.21	0.53	13	-	42.8
	Doğu Pencere	2.1	-	-	255	535.5
	Kuzey pencere	2.1	-	-	107	224.7
	Zemin	16	0.29	7	-	32.5
	Tavan	16	0.46	26	-	191.4

Antrenin ısı kazanç hesabı:

$q = 128.7 \text{ W}$ olarak bulunur ve antre için iletim ve taşınım ile olan ısı kazancı Çizelge 6.20’ de verilmiştir.

Çizelge 6.20 : Antre için iletim ve taşınım ile olan ısı kazancı

Yükün Kaynağı		Alan A (m ²)	Isı geçiş katsayısı, U (W/m ² K)	CLTD (°C)	GLF (W/m ²)	Soğutma Yükü (W)
ANTRE	Kuzey Duvar	5.1	0.53	7	-	18.9
	Kuzey Kapı	1.8	3.5	7	-	44.1
	Zemin	4.7	0.29	7	-	9.5
	Tavan	4.7	0.46	26		56.2

Banyonun ısı kazanç hesabı:

q = 145.8 W olarak bulunur ve banyo için iletim ve taşınım ile olan ısı kazancı Çizelge 6.21' de verilmiştir.

Çizelge 6.21 : Banyo için iletim ve taşınım ile olan ısı kazancı

Yükün Kaynağı		Alan A (m ²)	Isı geçiş katsayısı, U (W/m ² K)	CLTD (°C)	GLF (W/m ²)	Soğutma Yükü (W)
BANYO	Batı Duvar	4.2	0.53	13	-	28.9
	Batı Pencere	0.25	-	-	255	63.8
	Zemin	3.8	0.29	7	-	7.7
	Tavan	3.8	0.46	26		45.4

Mutfakın ısı kazanç hesabı:

q = 398.9 W olarak bulunur ve mutfak için iletim ve taşınım ile olan ısı kazancı Çizelge 6.22' de verilmiştir.

Çizelge 6.22 : Mutfak için iletim ve taşınım ile olan ısı kazancı

Yükün Kaynağı		Alan A (m ²)	Isı geçiş katsayısı, U (W/m ² K)	CLTD (°C)	GLF (W/m ²)	Soğutma Yükü (W)
MUTFAK	Doğu Duvar	6.2	0.53	13	-	42.7
	Kuzey Duvar	6.8	0.53	7	255	25.2
	Batı Duvar	6.2	0.53	13	-	42.7
	Kuzey Pencere	2.1	-	-	107	224.7
	Zemin	7.6	0.29	7		15.4
	Tavan	7.6	0.46	26		90.9

Bu şekilde konutun toplam iletim ve taşınım yoluyla olan ısı kazancı;

$$q = 1165.5 + 628 + 1119.1 + 128.7 + 145.8 + 398.9$$

q = 3586 W olarak bulunur.

6.4.1.2. Hava Sızdırmasından Oluşan Isı Kazançlarının Hesaplanması

Hava sızmasından oluşan soğutma yükleri hesabı aşağıdaki formül ile hesaplanır (ASHRAE, 1997).

$$q = 1.23 \times Q_H \times \Delta T \quad (6.3)$$

$$Q_H = ACH \times V_{oda} \times 1000/3600 \quad (6.4)$$

Burada,

Q_H = Hacimsel hava debisi, L/s

V_{oda} = Oda hacmi (m³)

ACH = Bir saatteki hava değişimi, (1/h)

ΔT = İç ve dış ortam arasındaki sıcaklık farkı, (°C)

Sızma yükleri için gerekli olan ACH değerleri Çizelge 6.23' de verilmiştir.

Çizelge 6.23 : Dış ortam hesap sıcaklığının fonksiyonu olarak bir saatteki hava değişimi (Ashrae, 1997).

Sınıf	Dış hesap sıcaklığı °C					
	29	32	35	38	41	43
Sıkı	0.33	0.34	0.35	0.36	0.37	0.38
Orta	0.46	0.48	0.50	0.52	0.54	0.56
Gevşek	0.68	0.70	0.72	0.74	0.76	0.78

Yerlerine iyi oturan kapılar, pencereler ve sızdırmaz duvarlardan oluşan ve 140 m² değerinin altında döşeme alanına sahip evler için sıkı sınıf seçilir (Erkmen, 2006).

Bu bilgiye göre konut sıkı sınıf olarak seçilecektir.

Salon için Sızma yükü hesabı:

$$q = 1.23 \times Q_H \times \Delta T \text{ (Denklem 6.3' den)}$$

Salon için oda hacmi;

$$V_{\text{oda}} = 3.00 \times 5.50 \times 2.7$$

$$V_{\text{oda}} = 44.55 \text{ m}^3$$

ACH değeri 35 °C dış çevre sıcaklığı ve sıkı sınıf yapılar için, Çizelge 6.23' den;

0.35 °C olarak tespit edilir.

Denklem 6.4' den,

$$Q_H = ACH \times V_{\text{oda}} \times 1000/3600$$

$$Q_H = 0.35 \times 44.55 \times 1000/3600$$

$$Q_H = 4.33 \text{ L/s olur.}$$

Böylelikle salon için sızma yükü;

$$q = 1.23 \times 4.33 \times (35 - 24)$$

$$q = 58.6 \text{ W olarak bulunur.}$$

Aynı şekilde yatak odası, oturma odası, antre, banyo ve mutfak içinde sızma yükleri hesaplanarak Çizelge 6.24' de verilmiştir.

Çizelge 6.24 : Konutun hava sızdırmasından oluşan soğutma yükleri

Yükün Kaynağı	Oda hacmi V (m ³)	ACH değeri (⁰ C)	Soğutma Yüğü (W)
SALON	44.55	0.35	58.6
YATAK ODASI	36.86	0.35	48.4
OTURMA ODASI	43.2	0.35	56.8
ANTRE	12.8	0.35	16.8
BANYO	10.2	0.35	13.4
MUTFAK	20.5	0.35	26.9

Konutun hava ve sızdırmadan kaynaklanan ısı kazancı toplamı;

$$q = 58.6 + 48.4 + 56.8 + 16.8 + 13.4 + 26.9$$

q = 220.9 W olarak bulunur.

6.4.2. İç Isı Kazancı

6.4.2.1. İnsanlardan gelen ısı kazancı

İnsanlardan gelen ısı kazancı duyulur ve gizli ısı olarak iki kısma ayrılır. Duyulur ve gizli ısının toplamı, yapılan aktivitenin türüne göre değişmektedir. Genel olarak, duyulur ısının oranı aktivitenin miktarının artmasıyla artar (İsısan, 1999).

Çizelge 6.25’ de klimatize edilen mekanlardaki insanların oluşturduğu ısı kazancı değerleri verilmiştir.

Çizelge 6.25 : İnsanlardan olan ısı kazancı (W/kişi) (İsısan, 1999).

MAHALLER	DUYULUR	GİZLİ	TOPLAM
Okullar, tiyatro, sinema	70	40	110
Ofisler, konutlar, oteller	70	60	130
Mağazalar, dükkanlar	70	60	130
Bankalar	75	70	145
Lokantalar	80	80	160
Spor salonları	150	275	425

Konutta 5 kişi olduğunu kabul edelim. Bu durumda izelge 6.25' den yararlanarak toplam ısı kazancını aşağıdaki şekilde buluruz.

$$\text{Duyulur Isı} : 70.5 = 350 \text{ W}$$

$$\text{Gizli Isı} : 60.5 = 300 \text{ W}$$

İnsanlardan kazanılan toplam ısı kazancı;

$$q = 350 + 300 = 650 \text{ W olarak bulunur.}$$

6.4.2.2. Aydınlatmadan kazanılan ısı

Aydınlatma genel olarak iç ısı kazancının en önemli elemanı olduğundan, doğru bir iç ısı kazancı için aydınlatma yükünün iyi hesaplanması gerekmektedir. Herhangi bir alandaki ısı kazancının oranı, ortamdaki aydınlatmaya sağlanan o anki güçten oldukça farklı olabilir. Lambalar gibi ışık kaynaklarının yuvalarıyla ilgili elemanlardan yüklü bir ilave geliyor olsa da, aydınlatmadan gelen ısıнын ana kaynağı ışık yayan elementler veya lambalardır (İsısan, 1999).

Aydınlatmadan dolayı m^2 ' ye gelen yükler için izelge 6.26' da verilen değerler kullanılabilir.

Çizelge 6.26 : Aydınlatmadan dolayı m^2 ' ye gelen yükler (İsısan, 1999).

MAHALLER	Aydınlatma yükü (W/m ²)
Konutlar, otel odaları	20
Ofisler, konferans salonları	30-50
Mağazalar, showroomlar	100-150
Süpermarketler (yiyecek bölümü)	60-80
(avize bölümü)	600-900
(elektronik eşya)	300-500

Çizelge 6.26' dan konut için 20 W/m² değerı seçilir. Isı kazancı (Soğutma yükü hesabı) yaptığımız konut alanı 62 m² olduğu için Aydınlatmadan gelen toplam ısı kazancı;

$$q_A = 62 \text{ m}^2 \times 20 \text{ W/ m}^2$$

$$q_A = 1240 \text{ W olarak bulunur.}$$

6.4.2.3. Elektrikli Araçlardan Kazanılan Isı

Elektrikli araçlardan kazanılan ısı, Isısan (1997) tarafından verilen denklem (6.5) yardımıyla bulunur,

$$q_e = \text{cihazın gücü (W)} \times \text{Adet} \times \text{Çalışma süresi (saat)} \quad (6.5)$$

Salonda 60 Watt gücünde bir televizyon ile aynı güçte bir bilgisayar bulunmakta ve günde 8'er saat çalışmaktadır.

$$q_e = 60 \times 2 \times 8 = 960 \text{ W olarak hesaplanır.}$$

Ayrıca mutfak, banyo ve yakın odalar arasında 470 W değerinde duyulur ısı yükü, Erkmen (2007) olduğunu düşündüğümüzde elektrikli araçlardan kazanılan toplam ısı,

$$q_{e,t} = 960 + 470 \text{ W}$$

$$q_{e,t} = 1430 \text{ W olarak hesaplanır.}$$

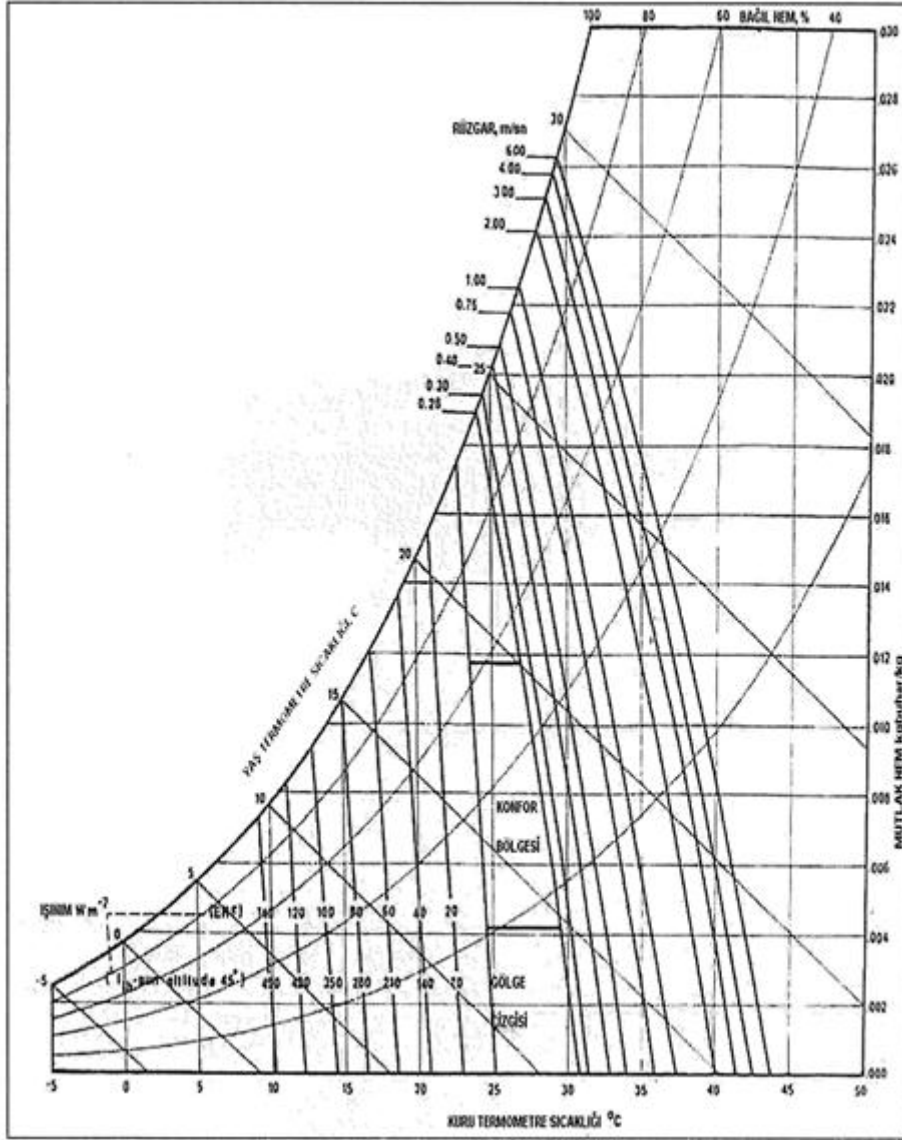
Konutun yaz işletmesinde toplam ısı kazancı,

$$q_T = 3586 + 220.9 + 650 + 1240 + 1430$$

$$q_T = 7126.9 \text{ W olarak bulunur.}$$

6.4.2.4. Gizli Yük Çarpanı ve Toplam Isı Kazancı Hesabı

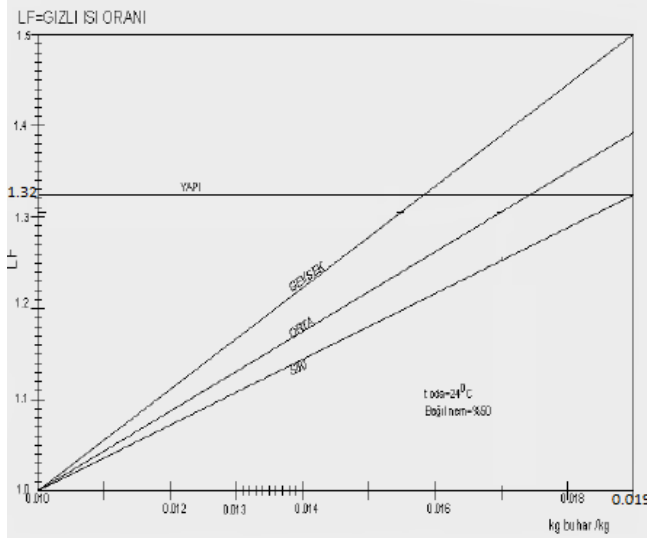
Burada dış havanın bağıl neminin neden olduğu gizli yük çarpanı (LF), Şekil 6.2' de verilen grafik kullanılarak hesaplanacaktır. Çok kuru ile çok sıcak arasında değişen coğrafi bölgelerde bulunan konutlarda gizli yük faktörleri değişiklik gösterir. Şekil 6.2' de sıcaklık-bağıl nem-mutlak nem ilişkisi gösterilmektedir.



Şekil 6.2 : Sıcaklık- bağıl nem-mutlak nem ilişkisi (Erkmen, 2006).

Şekil 6.2’ de ki grafikten, Antalya ili için 35 °C çevre sıcaklığı ve %56 bağıl nem değerlerine bakıldığında, mutlak nem 0.019 kgbuhar/kg olarak bulunur.

Mutlak nem tespit edildikten sonra, Şekil 6.3’ te verilen grafikten mutlak neme karşılık gelen gizli ısı yükü (LF) çarpanı bulunur.



Şekil 6.3 : Sızmanın gizli oranına etkisi

Şekil 6.3’ te ki grafikten 0.019 kgbuhar/kg değeri için gizli ısı yükü çarpanı (LF) değeri 1.32 olarak tespit edilir.

Bu şekilde ,toplam ısı kazancı, Ashrae (1997) tarafından verilen aşağıdaki denklem yardımıyla bulunur,

$$q_{\text{toplam}} = LF \times \sum q \quad (6.6)$$

$$q_{\text{toplam}} = 1.32 \times 7126.9$$

$$q_{\text{toplam}} = 9407.5 \text{ W} = 9.4 \text{ kW} \text{ olarak hesaplanır.}$$

Sonuç olarak konutun toplam ısı kazancı 9.4 kW olarak bulunmuştur.

6.5. Absorbsiyonlu Soğutma Sisteminin Hesabı

6.5.1. Çalışma Şartlarının Belirlenmesi

Buharlaştırıcı sıcaklığı 10 °C seçilmiştir. Bu seçimde buharlaştırıcı sıcaklığının 4 °C’nin altında olmamasına ve ayrıca LiBr ‘ün kristalleşme noktasına dikkat etmek gerekir.

Absorbsiyonlu sistem 80 °C sıcaklık mertebesinde bir ısı kaynağı ile çalıştırılabilir. Üreteç yüksek sıcaklık gerektirmez (70 – 90 °C). Üreteç düzlem kollektörle ısıtılacaktır. Soğutkanın buharlaşması için 70 °C sıcaklıkta tutulacaktır.

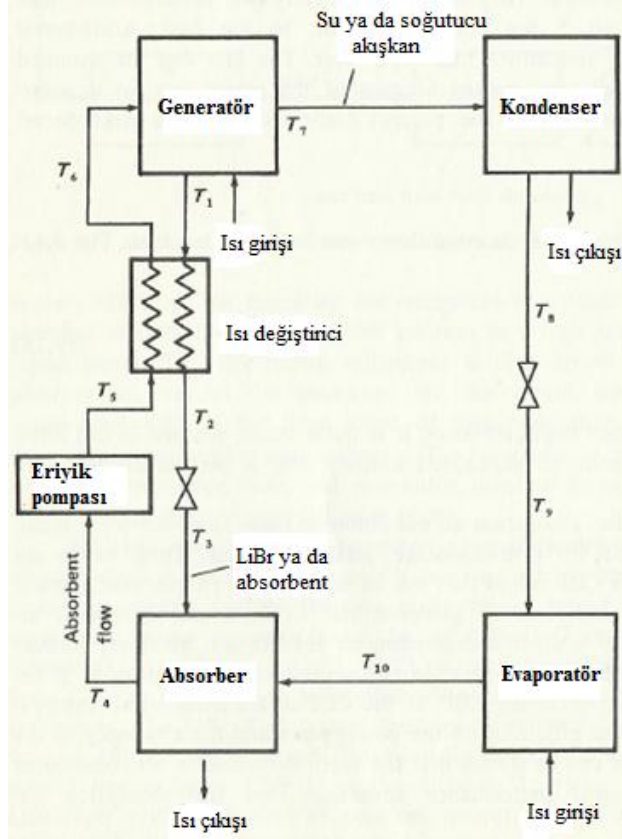
Genleşme valfi hariç ısı değiştiricilerindeki basınç azalmaları ihmal edilecektir. Isı değiştiricisinde minimum sıcaklık farkı $\Delta T_{\text{min}} = 4.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ’ dir.

LiBr’ün % 68 oranından sonra kristalleşme olayı olmaktadır.

Absorber sıcaklığı 35°C , absorber çıkış sıcaklığı 30°C seçilir.

Absorberde kullanılan soğutma suyu yoğuşturucuda kullanıldığından burada ısı atabilecek sıcaklık farkı seçilerek yoğuşturucu sıcaklığı 40°C alınır.

Şekil 6.4' te absorpsiyonlu soğutma sistemi gösterilmektedir. Bu durumda sistemimiz için gerekli veriler şu şekildedir.



Şekil 6.4 : Absorpsiyonlu soğutma sistemi (Kreider, 1982).

Sistemimiz için gerekli veriler:

- Soğutma Kapasitesi : 9.4 kW
- Yoğuşma Sıcaklığı : $40^{\circ}\text{C}(T_8)$
- Buharlaşma Sıcaklığı : $10^{\circ}\text{C}(T_9 = T_{10})$
- Generatör Sıcaklığı : $85^{\circ}\text{C}(T_7 = T_1)$
- Absorber Çıkış Sıcaklığı : $30^{\circ}\text{C}(T_4)$
- Isı değiştirgecinin Giriş-Çıkış : $5^{\circ}\text{C}(T_2 - T_5)$ sıcaklık farkı

Ek 1' de verilen doymuş su buharı tablosundan,

- $T_{10} = 10^{\circ}\text{C}$ için,
 $P_{10} = 1.227 \text{ kPa}$
 $h_{10} = 2519.9 \text{ kJ/kg}$
- $T_8 = 40^{\circ}\text{C}$ için,
 $P_8 = 7.375 \text{ kPa}$
 $h_8 = 167.45 \text{ kJ/kg}$

Genleşme valfi boyunca olan kısma işlemi için,

- $h_8 = h_9 = 167.45 \text{ kJ/kg}$

9 noktasındaki akışkan, doymuş sıvı su ile doymuş su buharının iki fazlı bir karışımıdır.

7 noktasındaki buhar; 85°C sıcaklığında ve 7.375 kPa basıncında aşırı kızdırılmış buhardır. Ek 1' de verilen tablodan,

- $T_7 = 85^{\circ}\text{C}$ için,
 $P_7 = 7.375 \text{ kPa}$
 $h_7 = 2652 \text{ kJ/kg}$

değerleri bulunur.

4 ve 1 noktaları LiBr-H₂O eriyiklerinin doymuş halleri olarak kabul edilir.

Ek 2' de verilen LiBr Çözeltisinin Sıcaklık-Basınç-Konsantrasyon Diyagramından aşağıdaki değerler bulunur.

$$T_4 = 30^{\circ}\text{C} \quad P_4 = 1.227 \text{ kPa} \quad X_4 = \% 50 \quad h_4 = -165 \text{ kJ/kg}$$

$$T_1 = 85^{\circ}\text{C} \quad P_1 = 7.375 \text{ kPa} \quad X_1 = \% 61 \quad h_1 = -70 \text{ kJ/kg}$$

Pompa işi ihmal edilirse,

$$h_4 = h_5 \text{ ve } T_4 = T_5 \text{ olur}$$

$$X_4 = X_5 = X_6 = 0.50$$

$$X_1 = X_2 = X_3 = 0.61$$

$$h_5 = -165 \text{ kJ/kg}$$

$$T_5 = 30^{\circ}\text{C}$$

$$T_2 - T_5 = 5^{\circ}\text{C}$$

$$T_2 = 30 + 5 = 35 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Ek 3' de verilen LiBr çözeltisinin Entalpi- Konsantrasyon Diyagramından;

$$X_2 = 0.61 \quad T_2 = 35 \text{ } ^\circ\text{C} \quad \text{değerleri için}$$

$h_2 = -170 \text{ kJ/kg}$ olarak bulunur.

6.5.2. Sistem Elemanları için kütle ve enerji Dengeleri

6.5.2.1. Evaporatör için Kütle Dengesi

$$Q_{\text{evap}} = 9.4 \text{ kW}$$

Evaporatöre giren ısı, Kreider (1982) tarafından verilen aşağıdaki denklemlerle hesaplanır,

$$Q_{\text{evap}} = \dot{m}_r(h_9 - h_{10}) \quad (6.7)$$

$$\dot{m}_r = \frac{Q_{\text{evap}}}{(h_9 - h_{10})} = \frac{9.4}{2519.9 - 167.45} = 0.004 \frac{\text{kg}}{\text{s}} = 0.24$$

$$\dot{m}_7 = \dot{m}_8 = \dot{m}_9 = \dot{m}_{10} = \dot{m}_r = 0.24 \text{ kg/dak}$$

6.5.2.2. Absorber için Kütle Dengesi

$$X_s = 0.50$$

$$X_{\text{ab}} = 0.61$$

Zenginleşmiş akışkan çiftinin kütleli debisi, Kreider (1982) tarafından verilen aşağıdaki denklemlerle hesaplanır,

$$\dot{m}_s = \dot{m}_r + \dot{m}_{\text{ab}} \quad (6.8)$$

$$\dot{m}_s \cdot X_s = \dot{m}_r \cdot X_f + \dot{m}_{\text{ab}} \cdot X_{\text{ab}} \quad (6.9)$$

yukarıdaki eşitliklerden;

$$\dot{m}_{\text{ab}} = \dot{m}_r \left(\frac{X_s - X_r}{X_{\text{ab}} - X_s} \right) \quad (6.10)$$

$$\dot{m}_{\text{ab}} = 0.24 \left(\frac{0.50 - 0}{0.61 - 0.50} \right)$$

$$\dot{m}_{\text{ab}} = 1.09 \text{ kg/dak}$$

$$\dot{m}_s = \dot{m}_r + \dot{m}_{\text{ab}}$$

$$\dot{m}_s = 0.24 + 1.09$$

$$\dot{m}_s = 1.33 \text{ kg/dak}$$

Böylelikle,

$$\dot{m}_4 = \dot{m}_5 = \dot{m}_6 = \dot{m}_s = 1.33 \text{ kg/dak}$$

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 = \dot{m}_3 = \dot{m}_{ab} = 1.09 \text{ kg/dak} \text{ olarak bulunur.}$$

6.5.2.3. Isı değiştirgeci için Kütleye Dengesi

Isı değiştirgeci için kütle dengesi, Kreider (1982) tarafından verilen aşağıdaki denklemlerle hesaplanır,

$$\dot{m}_s \cdot (h_6 - h_5) = \dot{m}_{ab} \cdot (h_1 - h_2) \quad (6.11)$$

Buradan h_6 aşağıdaki şekilde ifade edilir,

$$h_6 = h_5 + \frac{\dot{m}_{ab}}{\dot{m}_s} \cdot (h_1 - h_2) \quad (6.12)$$

$$h_6 = -165 + \frac{1.09}{1.33} \cdot (-70 - (-170))$$

$$h_6 = -83.05 \text{ kJ/kg} \text{ olarak bulunur.}$$

$$P_6 = 7.375 \text{ kPa} \text{ ve } X_6 = \%50 \text{ olduğu daha önce tespit edildi.}$$

Böylelikle, Ek 4' de verilen LiBr çözeltisinin denge tablosundan,

$$P_6 = 7.375 \text{ kPa} \text{ ve } X_6 = \%50 \text{ için,}$$

$$T_6 = 62 \text{ }^\circ\text{C} \text{ olarak bulunur.}$$

6.5.2.4. Generatör için Enerji Dengesi

Generatör için enerji dengesi, Kreider (1982) tarafından verilen (6.13) denklemlerle hesaplanır,

$$Q_{gen} + \dot{m}_s \cdot h_7 = \dot{m}_f \cdot h_2 + \dot{m}_{ab} \cdot h_8 \quad (6.13)$$

Buradan Q_{gen} aşağıdaki şekilde ifade edilir,

$$Q_{gen} = \dot{m}_r \cdot h_7 + \dot{m}_{ab} \cdot h_1 - \dot{m}_s \cdot h_6 \quad (6.14)$$

$$Q_{gen} = 0.24 \times 2652 + 1.09 \times (-70) - 1.33 \times (-83.03)$$

$$Q_{gen} = 670.6 \text{ kJ/dak} = 11.2 \text{ kW} \text{ olarak bulunur.}$$

6.5.2.5. Absorberden Atılan Isı

Absorberden atılan ısı (6.15) denklemi yardımıyla hesaplanır,

$$\dot{m}_r \cdot h_{10} + \dot{m}_{ab} \cdot h_3 = \dot{m}_s \cdot h_4 + Q_{\text{absorber}} \quad (6.15)$$

Buradan Q_{absorber} aşağıdaki şekilde ifade edilir,

$$Q_{\text{absorber}} = \dot{m}_r \cdot h_{10} + \dot{m}_{ab} \cdot h_3 - \dot{m}_s \cdot h_4 \quad (6.16)$$

Basınç düşüşü, valf boyunca olan kısma işlemi için;

$$h_2 = h_3 = -170 \text{ kJ/dak ve } T_2 = T_3 = 35 \text{ }^\circ\text{C olur.}$$

Böylelikle Q_{absorber} ,

$$Q_{\text{absorber}} = 0.24 \times 2519.9 + 1.09 \times (-170) - 1.33 \times (-165)$$

$$Q_{\text{absorber}} = 638.93 \text{ kJ/dak} = 10.7 \text{ kW olarak bulunur.}$$

6.5.2.6. Kondenserden Atılan Isı

Kondenserden atılan ısı (6.17) denklemi yardımıyla hesaplanır,

$$Q_{\text{kondenser}} = \dot{m}_r \cdot (h_7 - h_8) \quad (6.17)$$

$$Q_{\text{kondenser}} = 0.24 \times (2652 - 167.45)$$

$$Q_{\text{kondenser}} = 596.3 \text{ kJ/kg} = 9.9 \text{ kW olarak bulunur.}$$

6.5.2.7. COP değeri

Pompa işi ihmal edilirse COP değeri (6.18) denklemi yardımıyla hesaplanır,

$$\text{COP} = \frac{Q_{\text{evap}}}{Q_{\text{gen}}} \quad (6.18)$$

$$\text{COP} = \frac{9.4}{11.17} = 0.84 = \% 84$$

olarak bulunur.

6.5.2.8. Sistemin Termodinamiksel Özellikleri

Sistemin bütün noktaları için hesaplanan termodinamiksel özellikler Çizelge 6.27' de verilmiştir.

Çizelge 6.27 : Sistemin bütün noktaları için hesaplanan termodinamiksel özellikler

Durum	Basınç P(bar)	Sıcaklık t(°C)	Konsantrasyon LiBr (X)	Entalpi, H(kj/kg)	Kütleli Debi, m (kg/s)
1	7,375	85	61	-70	1.09
2	7,375	35	61	-170	1.09
3	1,227	35	61	-170	1.09
4	1,227	30	50	-165	1.33
5	7,375	30	50	-165	1.33
6	7,375	62	50	-83,033	1.33
7	7,375	85	0.0	2652	0.24
8	7,375	40	0.0	167,45	0.24
9	1,227	10	0.0	167,45	0.24
10	1,227	10	0.0	2519,9	0.24

Sistem için Enerji dengesinin mukayesesi Çizelge 6.28’ de gösterilmiştir.

Çizelge 6.28 : Sistem için enerji dengesinin mukayesesi

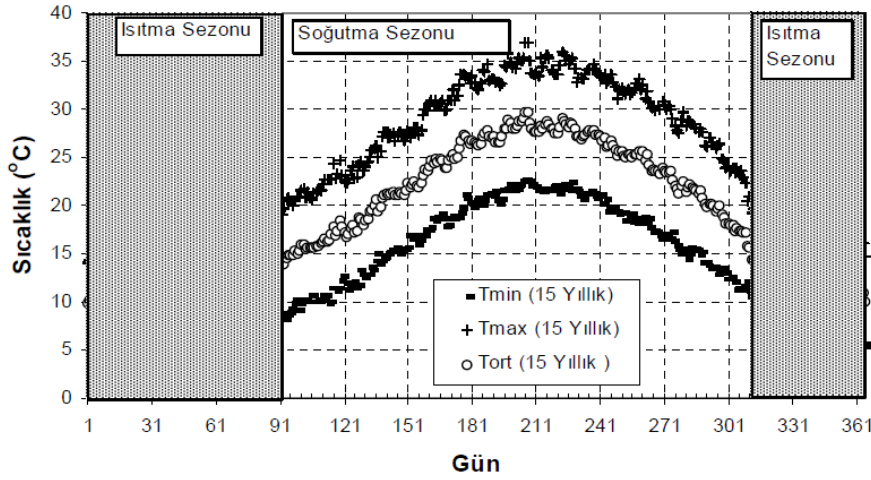
Elemanlar	Çekilen Isı (kW)	Verilen Isı (kW)
Evaporatör	9.4
Kondenser	9.9
Generatör	11.2
Absorber	10.7
Toplam	20.6	20.6

Çizelge 6.29’ da DMI’ den alınan yaz boyunca aylık ortalama sıcaklık değerleri şu şekildedir,

Çizelge 6.29 : Antalya Yaz Boyunca Aylık Ortalama Hava sıcaklıkları

AY	ORTALAMA SICAKLIK (°C)
MAYIS	20.4
HAZİRAN	25.4
TEMMUZ	28.4
AĞUSTOS	28
EYLÜL	24.5

Şekil 6.5' te Antalya ilinin sıcaklık değişimleri gösterilmiştir.



Şekil 6.5 : Antalya ilinin uzun dönem minimum, maksimum ve ortalama sıcaklıklarının yıl boyunca değişimi (Aktacir, 2007).

Tasarımı yapılan absorpsiyonlu soğutma sisteminin kapasitesi, Antalya için Temmuz ayındaki ortalama hava sıcaklığı baz alınarak 9.4 kW olarak hesaplanmıştır. İhtiyaç duyulan soğutma kapasitesinin soğutma sezonu boyunca değişimi hesaplanırken, Antalya' da ki referans sıcaklık olarak 35 °C kullanılmıştır. Temmuz ayı için, referans sıcaklık değeri ve ortalama sıcaklık değeri farkı,

$$\Delta T = T - T_{ref} = 35 \text{ }^{\circ}\text{C} - 28.4 \text{ }^{\circ}\text{C} = 6.6 \text{ }^{\circ}\text{C} \text{ olarak bulunur.}$$

Temmuz ayında 6.6 °C' lik sıcaklık farkı için 9.4 kW soğutma kapasitesine ihtiyaç duyulmaktadır. Temmuz ayındaki ΔT -Soğutma kapasitesi ilişkisi göz önüne alınarak diğer aylar için hesaplanan günlük ortalama soğutma kapasitesi ihtiyaçları Çizelge 6.30' da gösterilmektedir.

Çizelge 6.30 : Soğutma Sezonu için Hesaplanan ΔT -Soğutma kapasitesi Değerleri

AY	ΔT (°C)	Soğutma Kapasitesi İhtiyacı (kW)
MAYIS	14.6	4.3
HAZİRAN	9.6	6.5
TEMMUZ	6.6	9.4
AĞUSTOS	7	8.9
EYLÜL	10.5	5.9

Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarındaki günlük ortalama soğutma ihtiyacının karşılanması için üretece verilmesi gereken ısı miktarları hesaplanmış ve Çizelge 6.31’ de gösterilmiştir.

Çizelge 6.31 : Mayıs-Eylül ayları boyunca üretece verilmesi gereken ısı miktarları

AY	Soğutma İhtiyacı (kW)	Üretece sağlanması gereken ısı miktarları (kW)
MAYIS	4.3	5.12
HAZİRAN	6.5	7.75
TEMMUZ	9.4	11.2
AĞUSTOS	8.9	10.6
EYLÜL	5.9	7.03

6.6. Toplayıcının Toplam Isı Transfer Katsayısının Tesbiti

Denklem 5.7’ den,

$$U_{alt} = \frac{k_y}{L_y}$$

Yalıtım malzemesinin ısı iletim katsayısı, k_y : 0.045 W/mK

Yalıtım malzemesinin kalınlığı, L_y : 50 mm

Buradan,

$$U_{alt} = \frac{0.045}{0.05} = 0.9 \text{ W/m}^2\text{K olarak bulunur.}$$

(Denklem 5.8’ den),

$$U_{üst} = \left[\frac{N}{\frac{C}{T_p} \left(\frac{T_p - T_a}{N + f} \right)^e} + \frac{1}{h_w} \right]^{-1} + \frac{\sigma(T_p + T_a)(T_p^2 + T_a^2)}{[\varepsilon_p + 0,00591Nh_w]^{-1} + \left(\frac{2N + f - 1 + 0.133\varepsilon_p}{\varepsilon_g} \right) - N}$$

Burada,

Cam örtü sayısı, N : 1

Kolektörün yatayla yaptığı açı, β : 35^0

Yutucu yüzeyin sıcaklığı, T_p	: 100 °C
Çevre sıcaklığı sıcaklığı, T_a	: 35 °C
Yutucu yüzeyin yayma katsayısı, ε_p	: 0,95
Camın yayma katsayısı, ε_g	: 0,88
Stefan-Boltzman Sabiti, σ	: $5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$
Rüzgar hızı, V	: 3.4 m/s

$$h_w = 5.7 + 3.8 V \text{ (W/m}^2 \text{ K)}$$

$$h_w = 5.7 + 3.8 \times 3.4$$

$$h_w = 18.62 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

$$f = (1 + 0.089h_w - 0.1166h_w \varepsilon_p)(1 + 0.07866N)$$

$$f = (1 + 0.089 \times 18.62 - 0.1166 \times 18.62 \times 0.95)(1 + 0.07866 \times 1)$$

$$f = 0.64$$

$$C = 520(1 - 0.000051\beta^2)$$

$$C = 520 \times (1 - 0.000051 \times 35^2)$$

$$C = 487$$

$$e = 0.430(1 - 100/T_p)$$

$$e = 0.430(1 - 100/373)$$

$$e = 0.315$$

Yukarıda bulduğumuz değerleri Denklem 5.8' de yerine yazarsak,

$$U_{üst} = \left| \frac{1}{\frac{487 \times (373 - 308)^{0.315}}{373 \times (1 + 0.64)} + \frac{1}{18.62}} \right|^{-1} + \frac{5.67 \times 10^{-8} (373 + 308)(373^2 + 308^2)}{[0.95 + 0.00591 \times 1 \times 18.62]^{-1} + \left(\frac{2 \times 1 + 0.64 - 1 + 0.133 \times 0.95}{0.88} \right)^{-1}}$$

= 7.6 W/m²K olarak bulunur.

Denklem 5.9' dan;

$$U_{kenar} = \frac{(L_1 + L_2)L_3k}{L_1L_2L}$$

Değerleri denklem 5.10 'da yerine yazarsak,

$$U_{kenar} = \frac{(2 + 1) \times 0.075 \times 0.045}{2 \times 1 \times 0.05}$$

$$U_{\text{kenar}} = 0.10 \text{ W/m}^2\text{K}$$

olarak bulunur.

Böylelikle, toplayıcı ısı kayıp katsayısı U_L ,

$$U_L = U_{\text{alt}} + U_{\text{üst}} + U_{\text{kenar}}$$

$$U_L = 0.9 + 7.6 + 0.10$$

$U_L = 8.6 \text{ W/m}^2\text{K}$ olarak bulunur.

6.7. Toplayıcının Isıl Analizi

Borular arası mesafe, W : 150 mm

Boru iç çapı, D_i : 10 mm

Absorber plakanın kalınlığı, δ : 0,5 mm

Yutucu plakanın termal iletkenliği, k : 385 W/mK

Denklem 5.12' den,

$$m = \sqrt{\frac{U_L}{k\delta}}$$

$$m = \sqrt{\frac{8.6}{385 \times 5 \times 10^{-4}}}$$

$m = 6.7$ olarak bulunur.

Denklem 5.21' den,

$$F = \frac{\tanh[m(W - D)/2]}{m(W - D)/2}$$

$$F = \frac{\tanh[6.7(0.15 - 0.01)/2]}{6.7(0.15 - 0.01)/2}$$

$F = 0.90$ olarak bulunur.

Denklem 5.27' den,

$$F' = \frac{1/U_L}{W \left[\frac{1}{U_L [D + (W - D)F]} + \frac{1}{C_b} + \frac{1}{\pi D_i h_{fi}} \right]}$$

$$F' = \frac{1/8.6}{0.15 \left[\frac{1}{8.6[0.01 + (0.15 - 0.01)0.90]} + \frac{1}{\infty} + \frac{1}{\pi \times 0.01 \times 300} \right]}$$

$F' = 0.81$ olarak bulunur.

6.8. Toplayıcı Isı Uzaklaştırma Faktörü

Suyun giriş sıcaklığı (T_g) : 85 °C

Suyun çıkış sıcaklığı (T_c) : 80 °C

Suyun özgül ısısı (C_p) : 4200 J/kgK

$$\dot{m} = \frac{Q_{\text{generatör}}}{C_p(T_g - T_c)} \quad (6.19)$$

$$\dot{m} = \frac{11.2}{4.2(358 - 353)}$$

$$\dot{m} = 0.53 \text{ kg/s}$$

Denklem 5.28' den,

$$F'' = \frac{\dot{m}C_p}{A_c U_L F'} \left[1 - \exp\left(-\frac{A_c U_L F'}{\dot{m}C_p}\right) \right]$$

$$F'' = \frac{0.53 \times 4200}{2 \times 8.6 \times 0.81} \left[1 - \exp\left(-\frac{1}{159.8}\right) \right]$$

$$F'' = 0.99$$

Toplayıcı akış faktörü, Denklem 5.29' dan,

$$F'' = \frac{F_R}{F'}$$

$$F_R = F' \times F''$$

$$F_R = 0.81 \times 0.99$$

$F_R = 0.80$ olarak bulunur.

6.9. Kazanılan Enerji

Kollektör boyutu : 2 x 1 m

Toplayıcı üst yüzey alanı (A_c) : 2 m²

Ortam sıcaklığı (T_a) : 35 °C

Kolektörün yatayla yaptığı açı (S) : 35°

Yutucu yüzeyin tamamının akışkan giriş sıcaklığında olması durumunda ideal faydalı enerji, Denklem 5.30' dan,

$$Q_{u,ideal} = A_c [S - U_L (T_g - T_a)]$$

$$Q_{u,ideal} = 2[35 - 8.6(358 - 308)]$$

$Q_{u,ideal} = 790$ W olarak bulunur.

Gerçek faydalı enerji, Denklem 5.31' den,

$$Q_{u,gerçek} = A_c F_R [S - U_L (T_g - T_a)] = Q_{u,ideal} \times F_R$$

$$Q_{u,gerçek} = 810 \times 0.80$$

$Q_{u,gerçek} = 648$ W olarak bulunur.

6.10. Toplayıcı Verimi

$$\eta = \frac{Q_u}{A_c I_T} \quad (6.20)$$

$$\eta = \frac{648}{2 \times 642}$$

$\eta = 0.50$ olarak bulunur.

6.11. Gerekli Toplam Toplayıcı Yüzeyi

$$A_{toplayıcı} = \frac{Q_{generator}}{\eta I_T} \quad (6.21)$$

$$A_{toplayıcı} = \frac{11200}{0.50 \times 642}$$

$A_{toplayıcı} = 34.9$ m² olarak bulunur.

6.12. Toplam Toplayıcı Sayısı

$$n_{top,adet} = \frac{A_{toplayıcı}}{A_c}$$

$$n_{top,adet} = \frac{34.9}{2} \cong 18$$

18 adet olarak bulunur.

Antalya ilindeki 62 m² 'lık bir konutu yaz aylarında güneş enerjili absorpsiyonlu soğutma sistemiyle soğutmak için 18 adet düzlemsel kollektörlerden gereklidir.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ülkemiz güneş enerjisi potansiyeli bakımından iyi durumdadır. Ama ne yazık ki bu potansiyeli yeterince etkin kullanamamaktadır. Güneş enerjisi destekli Absorbsiyonlu soğutma sistemlerinin ilk yatırım maliyeti yüksek olsa da, yakıt masraflarının olmaması nedeniyle işletme masrafları bulunmamaktadır. Gerekli finans imkanı sağlandığı takdirde güneş enerjisi destekli soğutma teknolojileri gelişecek ve güneş enerjisinden en üst seviyede faydalanılacaktır.

Bu tezde öncelikle, Türkiye 'nin toplam güneş enerji potansiyeli ve bölgelere göre güneşlenme süreleri incelenmiştir. Güneş enerjisi destekli soğutma sistemlerinden Absorbsiyonlu soğutma sistemi tanıtılmıştır. Bu soğutma sistemine ait temel elemanlar ve bu sistemde kullanılan LiBr- su akışkan çiftinin özellikleri açıklanmıştır.

Atmosfer dışı güneş ışınımı ve yeryüzüne yatay düzleme ve eğik düzleme düşen güneş ışınımı incelenerek, Antalya ili için güneş ışınımı hesaplamaları yapılmıştır. Hesaplamalar Haziran ayının 11. gününe (n =162), Temmuz ayının 17. gününe (n=198) ve Ağustos ayının 16. gününe (n =228) göre yapılmıştır. Antalya ilinde 35⁰ lik eğik düzleme düşen anlık toplam güneş ışınımı 642 W/m² olarak hesaplanmıştır.

Güneş toplayıcıları incelenerek, sistemimiz için uygun olan düzlemsel güneş toplayıcıları seçilmiştir. Bu toplayıcıların verim, ısı transfer katsayıları ve ısı analizleri yapılarak, Antalya ilindeki 62 m² 'lik bir konutun yaz mevsimi boyunca soğutma ihtiyacını karşılamak için 18 adet toplayıcıların kullanılacağı tespit edilmiştir.

Konutumuz için gerekli soğutma yükü 9.4 kW olarak hesaplanmıştır. Mayıs- Eylül ayları arasındaki her ay için gerekli soğutma ihtiyacı bulunarak üretece sağlanması gereken ısı miktarları hesaplanmıştır.

KAYNAKLAR

- Akdemir, Ö., Güngör, A.**, Absorbsiyonlu Soğutma Sistemleri; Verimlerini Arttırmak için Geliştirilen Çevrimler, *V.Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi*, 2001
- Aktacir M.A., Bulut H.**, 2007. Tam Havalı İklimlendirme Sistemlerinde Dış Hava Sıcaklık Kontrollü Serbest Soğutma ve Enerji Analizi, *İklim 2007-II. Ulusal İklimlendirme Kongresi Bildiriler Kitabı*, 151-161, Antalya.
- Ashrae**, 1997. Ashrae Temel El Kitabı, *Tesisat Mühendisleri Derneği Teknik Yayınlar*, Alaş Ofset, İstanbul.
- Babadağlı, A.**, 2005. Absorbsiyonlu Soğutma Sistemlerinin Termoekonomik Optimizasyonu, *Yüksek Lisans Tezi*, Isparta.
- Büyükalaca, O., Yılmaz, T.**, 2003. Güneş Enerjisi ile Soğutma Teknolojilerine Genel Bir Bakış, *Tesisat Mühendisliği*, Mayıs- Haziran 2003, Adana.
- Collares-Pereira, M., Rabl, A.**, 1979. The average distribution of solar radiation- Correlations between diffuse and hemispherical and between daily and hourly insolation values, *Solar Energy*, **22**:155-164.
- Çengel, Y.A., Boles, M.A.**, 1996. *Mühendislik yaklaşımıyla termodinamik*, Eylül 1996, İstanbul.
- Duffie, J.A., Beckman, W.A.**, 2006. *Solar Engineering of Thermal Processes*, Canada.
- Erkmen, F.İ., Gedik, G.Z.**, 2007. Örnek Bir Konutun Farklı Yöntemlerle Hesaplanan Soğutma Yüklerinin Karşılaştırılması, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi* Yıl:6, Sayı:11, s:143-163.
- Erkmen, F.İ., Gedik, G.Z., Sözen, M.Ş.**, 2006. Sıcak İklim Bölgelerinde Soğutma Yüklerinin Karşılaştırılması, *YTÜ Mim. Fak. e-Dergisi*, Cilt 1, Sayı 2-3.
- Foster R., Ghassemi M., Cota A.**, 2009. *Renewable Energy and the Environment*, Boca Raton : CBR Press, USA.
- Goswami, D.Y., Kreith F., Kreider J.F.**, 1999. *Principle of Solar Engineering, 2nd Edition*, Taylor&Francis, Philadelphia.
- Hilali, İ., Bulut, H., Karadağ, R.**, 24-25 Haziran, 2005. Güneş Enerjisi ile Çalışan Tek kademeli LiBr/H₂O'lu Absorbsiyonlu Soğutma Sistemi için Optimum Koolektör Alanının Tespiti, *TMMOB Makine Mühendisleri Odası Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu ve Sergisi*.
- Isısan, 1999.** Mimarın Tesisat El Kitabı, *Isısan Çalışmaları* No: 305
- İbrahim, D.**, 2006. *Güneş Enerjisi Uygulamaları*, Bileşim Yayınları, İstanbul.

- Kalagirou, S.A.**, 2009. *Solar Energy Engineering Processes and Systems*, California, USA.
- Kılıç A, Öztürk A.**, 1983 *Güneş Enerjisi*, Kipaş Dağıtımçılık, İstanbul.
- Kothari, D.P., Singal, S.C, Ranjan, R.**, 2009. *Renewable Energy Sources and Emerging Technologies*, PHI Learning Private Limited, New Delhi.
- Köhl, M., Carlsson, B., Jorgensen, G.J., Czanderna, A.W.**, 2004. *Performance and Durability Assesment*, Optical Materials for Solar Thermal Systems, Elsevier, Oxford.
- Kreider, J.F., Kreith, F.**, 1982. *Solar Heating and Cooling Active and Passive Design*, Second Edition, USA.
- Liu, B.Y.H., Jordan, R.C.**, 1960. The interrelationship and characteristic distribution of direct, diffuse and total solar radiation, *Solar Energy*, **4**, 1-19.
- Oranlıer, B., Eyriboyun, M.**, 2009. İklimlendirme Amaçlı Isı Kazancı Hesabı için Bir Yazılım, *IX.Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*.
- Öztürk. H.**, 2008. *Güneş Enerjisi ve Uygulamaları*, Birsen Yayınevi, İstanbul
- Url-1** <<http://www.gunesolcum.com>>, alındığı tarih 15.08.2011.
- Url-2** <<http://www.novalynx.com>>, alındığı tarih 27.10.2011.
- Url-3** <<http://www.eie.gov.tr.com>>, alındığı tarih 13.08.2011.
- Url-4** <<http://www.4-mevsim.com.tr/vakum.html>>, alındığı tarih 11.08.2011.
- Url-5** <<http://www.dmi.gov.tr>>, alındığı tarih 17.08.2011.
- Uyarel, A.Y., Öz, E.S.**, 1987. *Güneş Enerjisi ve Uygulamaları*, Birsen Yayınevi, Ankara.
- Varınca, K.B., Gönüllü M.T.**, 21-23 Haziran 2006. Türkiye 'de Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Bu Potansiyelin Kullanım Derecesi, Yöntemi ve Yaygınlığı Üzerine Bir Araştırma, *I.Ulusal Güneş ve Hidrojen Kongresi*, Esogü, Eskişehir.
- Yerebakan, M.**, 2010. Güneş Kollektörü Uygulamaları, *İstanbul Ticaret Odası* Yayın No:2010-22, İstanbul
- Yiğit, A., Atmaca, İ.**, 2010. *Güneş Enerjisi*, Alfa-Aktüel, Bursa.

EKLER

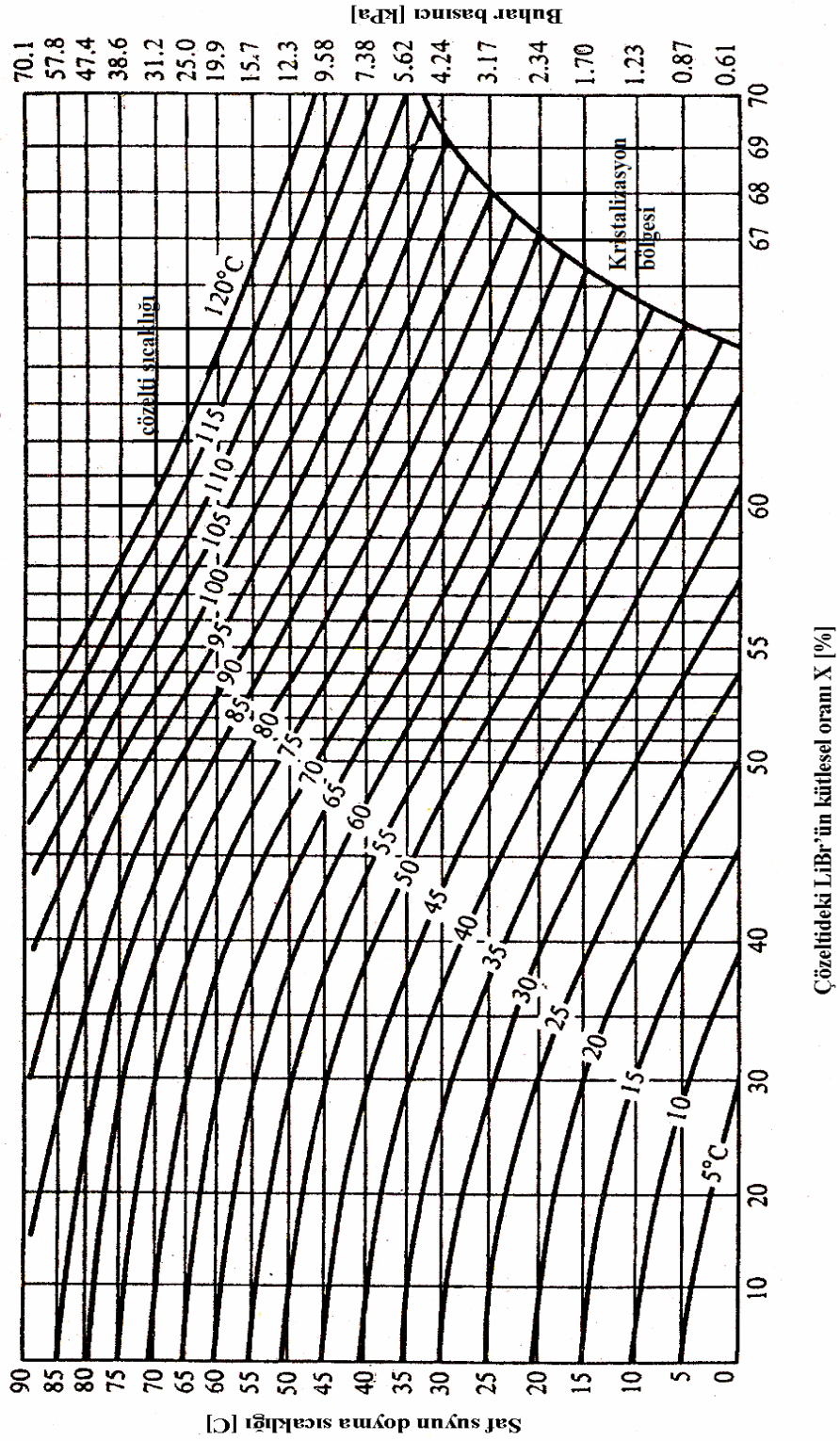
EK A.1 : Doymuş Su Buharı Tablosu

EK A.2 : LiBr çözeltilisinin Sıcaklık- Basınç- Konsantrasyon Diyagramı

EK A.3 : LiBr Çözeltilisinin Entalpi – Konsantrasyon Diyagramı

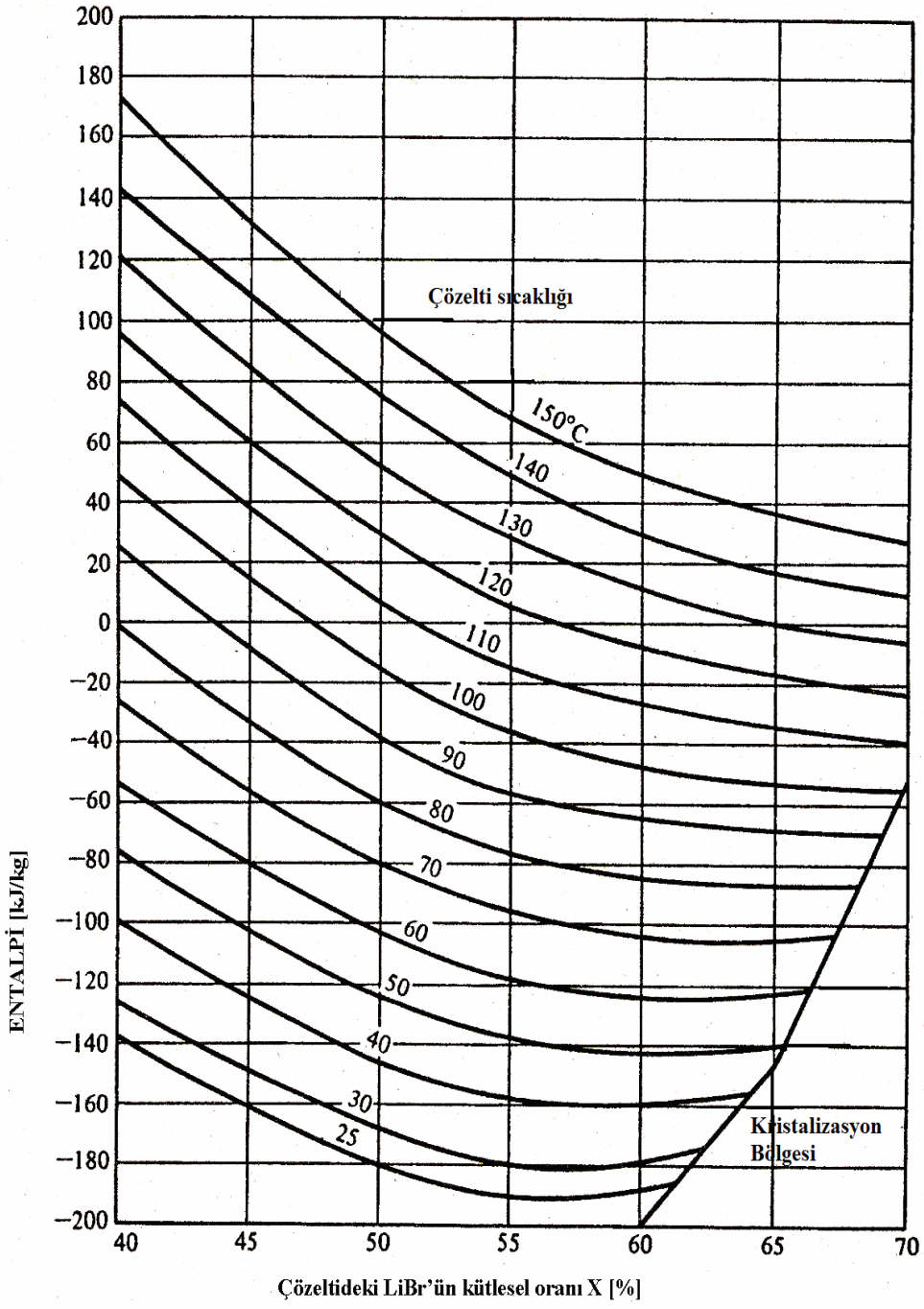
EK A.4 : LiBr Çözeltilisinin Denge Tablosu

EK A.2



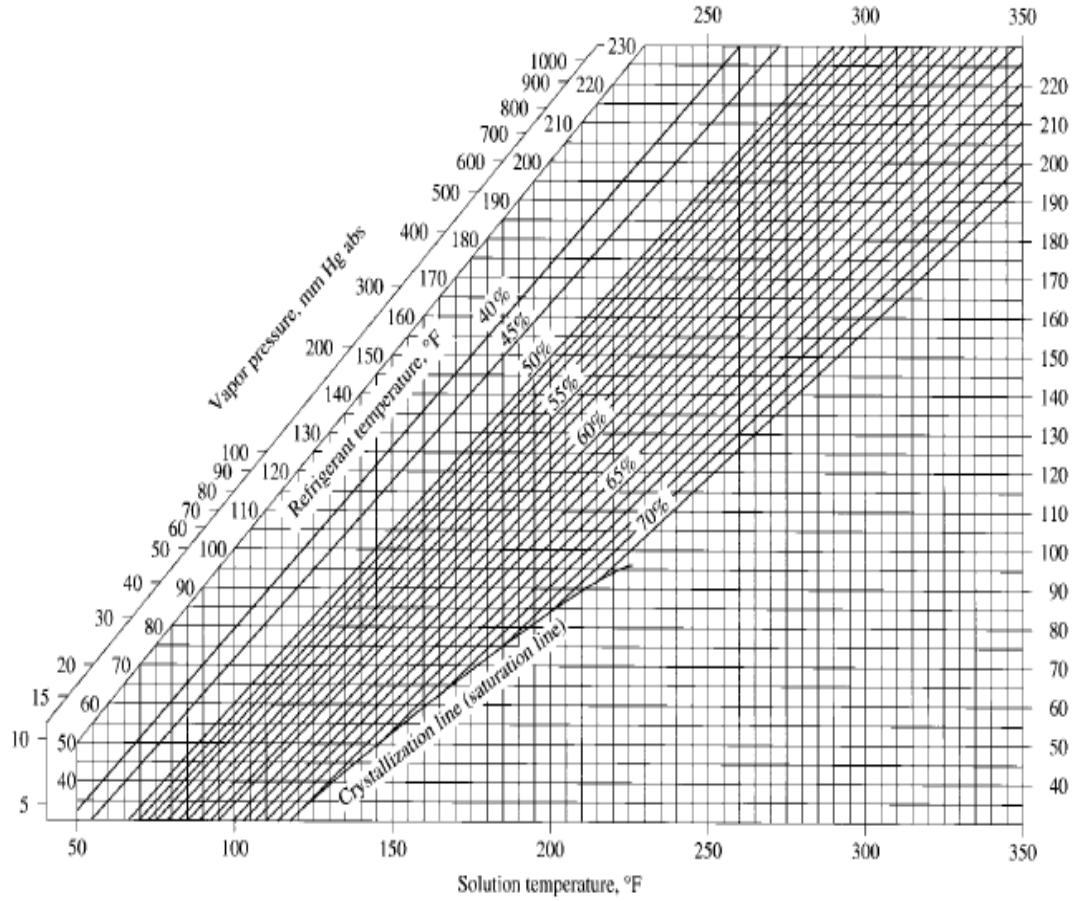
Şekil A.2 : LiBr çözeltisinin Sıcaklık- Basınç- Konsantrasyon Diyagramı

EK A.3



Şekil A.3 : LiBr Çözeltisinin Entalpi – Konsantrasyon Diyagramı

EK A.4



Şekil A.4 : LiBr Çözeltisinin Denge Tablosu

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Necmi ERDEN

Doğum Yeri ve Tarihi: İstanbul, 1979

Adres: Bahçelievler/İstanbul

Lisans Üniversite: Gaziantep Üniversitesi Fizik Mühendisliği

