

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GÜNEŞ ENERJİSİ DESTEKLİ MAHAL ISITMASININ
MATEMATİKSEL MODELLEMESİ**

Gökhan KAHRAMAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ELAZIĞ, 2005

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GÜNEŞ ENERJİSİ DESTEKLİ MAHAL ISITMASININ
MATEMATİKSEL MODELLEMESİ**

Gökhan KAHRAMAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez, 19.../08.../2005.. tarihinde aşağıda belirtilen jüri tarafından oybirliği /oyçokluğu ile başarılı / başarısız olarak değerlendirilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Kazım PIHTILI



Üye: Doç. Dr. Mustafa İNALLI



Üye: Doç. Dr. Yasin VAROL



Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu' nun 19.../08.../2005 tarih ve 2005./27-13...sayılı kararıyla onaylanmıştır.

TEŞEKKÜR

Tezimin hazırlanmasında maddi ve manevi hiçbir desteğini eksik etmeyen aileme, çalışmamın her aşamasında beni destekleyen danışman hocam Prof. Dr. Kazım PIHTILI' ya, bölüm başkanımız Prof. Dr. Cengiz YILDIZ'a, Doç. Dr. Mustafa İNALLI' ya, Arş.grv. Meral ÖZEL'e, Arş.grv. Aynur UÇAR'a ve Arş.grv. Oğuz YAKUT'a teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	I
ŞEKİLLER LİSTESİ	III
TABLolar LİSTESİ	VI
EKLER	IX
SİMGELER	X
ÖZET	XIV
ABSTRACT	XV
1. GİRİŞ	1
2. EĞİK YÜZEYE GELEN AYLIK ORTALAMA GÜNLÜK TÜM GÜNEŞ IŞINIMI ŞİDDETİNİN HESAPLANMASI	3
2.1. Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerindeki Bazı İller İçin Çeşitli Eğimlerdeki Yüzeylere Gelen $\bar{H}_T$ Değerlerinin Matlab Bilgisayar Programı Yardımı İle Hesaplanması	5
2.1.1. Diyarbakır İli İçin $\bar{H}_T$ Değerleri	6
2.1.2. Şanlıurfa İli İçin $\bar{H}_T$ Değerleri	7
2.1.3. Bingöl İli İçin $\bar{H}_T$ Değerleri	8
2.1.4. Elazığ İli İçin $\bar{H}_T$ Değerleri	9
2.1.5. Malatya İli İçin $\bar{H}_T$ Değerleri	10
2.1.6. Erzurum İli İçin $\bar{H}_T$ Değerleri	11
2.1.7. Van İli İçin $\bar{H}_T$ Değerleri	12
3. ISITILACAK MAHALLİN BÖLGELERE GÖRE AYLIK ORTALAMA ISI ENERJİSİ İHTİYACININ HESAPLANMASI	14
4. GÜNEŞ ENERJİSİ DESTEKLİ MAHAL ISITILMASINDA FAYDALI ENERJİNİN HESAPLANMASI	19
4.1. f-Grafik yöntemi	19
4.2. Güneş Enerjisi Destekli Mahal Isıtılmasında Faydalı Enerjinin f-Grafik Yöntemi Kullanılarak Matlab Bilgisayar Programı Yardımı İle Hesaplanması	20
4.2.1 Diyarbakır İlinde 16 m^2 , 32 m^2 , 48 m^2 Kollektör Alanı Kullanılarak Mahal Isıtılmasında Yararlı Güneş Enerjisinin Aylara Göre Değerleri	24
4.2.2 Şanlıurfa İlinde 16 m^2 , 32 m^2 , 48 m^2 Kollektör Alanı Kullanılarak Mahal Isıtılmasında Yararlı Güneş Enerjisinin Aylara Göre Değerleri	29

4.2.3 Bingöl İlinde 16 m ² , 32 m ² , 48 m ² Kollektör Alanı Kullanılarak Mahal Isıtılmasında Yararlı Güneş Enerjisinin Aylara Göre Değerleri	34
4.2.4 Elazığ İlinde 16 m ² , 32 m ² , 48 m ² Kollektör Alanı Kullanılarak Mahal Isıtılmasında Yararlı Güneş Enerjisinin Aylara Göre Değerleri	39
4.2.5 Malatya İlinde 16 m ² , 32 m ² , 48 m ² Kollektör Alanı Kullanılarak Mahal Isıtılmasında Yararlı Güneş Enerjisinin Aylara Göre Değerleri	44
4.2.6 Erzurum İlinde 16 m ² , 32 m ² , 48 m ² Kollektör Alanı Kullanılarak Mahal Isıtılmasında Yararlı Güneş Enerjisinin Aylara Göre Değerleri	49
4.2.7 Van İlinde 16 m ² , 32 m ² , 48 m ² Kollektör Alanı Kullanılarak Mahal Isıtılmasında Yararlı Güneş Enerjisinin Aylara Göre Değerleri	54
5. GÜNEŞ ENERJİSİ TAKVİYELİ ISITMA SİSTEMLERİNDE EKONOMİK ANALİZ	62
5.1 Elazığ İlinde 32 m ² Kollektör Alanı İçin Geri Ödeme Süresinin Hesaplanması	65
6. SONUÇLAR	76
KAYNAKLAR	77
ÖZGEÇMİŞ	79

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1 Diyarbakır iline ait ($\bar{H}_T$) değerleri	6
Şekil 2.2 Şanlıurfa iline ait ($\bar{H}_T$) değerleri	7
Şekil 2.3 Bingöl iline ait ($\bar{H}_T$) değerleri	8
Şekil 2.4 Elazığ iline ait ($\bar{H}_T$) değerleri	9
Şekil 2.5 Malatya iline ait ($\bar{H}_T$) değerleri	10
Şekil 2.6 Erzurum iline ait ($\bar{H}_T$) değerleri	11
Şekil 2.7 Van iline ait ($\bar{H}_T$) değerleri	12
Şekil 2.8 $s = L+15$ için illere göre $\bar{H}_T$ değerleri	13
Şekil 4.1 Diyarbakır ilinde 16 m^2 kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı	25
Şekil 4.2 Diyarbakır ilinde 32 m^2 kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı	26
Şekil 4.3 Diyarbakır ilinde 48 m^2 kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı	27
Şekil 4.4 Diyarbakır ilinde 16 m^2 , 32 m^2 , 48 m^2 kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı	28
Şekil 4.5 Şanlıurfa ilinde 16 m^2 kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı	30
Şekil 4.6 Şanlıurfa ilinde 32 m^2 kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı	31
Şekil 4.7 Şanlıurfa ilinde 48 m^2 kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı	32
Şekil 4.8 Şanlıurfa ilinde 16 m^2 , 32 m^2 , 48 m^2 kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı	33
Şekil 4.9 Bingöl ilinde 16 m^2 kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı	35
Şekil 4.10 Bingöl ilinde 32 m^2 kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı	36
Şekil 4.11 Bingöl ilinde 48 m^2 kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı	37
Şekil 4.12 Bingöl ilinde 16 m^2 , 32 m^2 , 48 m^2 kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı	38

Şekil 4.13 Elazığ ilinde 16 m ² kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı	40
Şekil 4.14 Elazığ ilinde 32 m ² kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı	41
Şekil 4.15 Elazığ ilinde 48 m ² kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı	42
Şekil 4.16 Elazığ ilinde 16 m ² , 32 m ² , 48 m ² kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı	43
Şekil 4.17 Malatya ilinde 16 m ² kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı	45
Şekil 4.17 Malatya ilinde 32 m ² kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı	46
Şekil 4.18 Malatya ilinde 48 m ² kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı	47
Şekil 4.19 Malatya ilinde 16 m ² , 32 m ² , 48 m ² kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı	48
Şekil 4.20 Erzurum ilinde 16 m ² kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı	50
Şekil 4.21 Erzurum ilinde 32 m ² kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı	51
Şekil 4.22 Erzurum ilinde 48 m ² kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı	52
Şekil 4.23 Erzurum ilinde 16 m ² , 32 m ² , 48 m ² kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı	53
Şekil 4.24 Van ilinde 16 m ² kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı	55
Şekil 4.25 Van ilinde 32 m ² kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı	56
Şekil 4.26 Van ilinde 48 m ² kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı	57
Şekil 4.27 Van ilinde 16 m ² , 32 m ² , 48 m ² kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı	58
Şekil 4.28 16 m ² kolektör alanı için illere göre f değerleri	59
Şekil 4.29 32 m ² kolektör alanı için illere göre f değerleri	60
Şekil 4.30 48 m ² kolektör alanı için illere göre f değerleri	61
Şekil 5.1 Güneş enerjisi takviyeli kalorifer kazanı ile ısıtma sisteminin projesi	63
Şekil 5.2 Kolektör alanına göre depo maliyeti	65
Şekil 5.3 Diyarbakır ili için kolektör alanına göre geri ödeme süresi	68

Şekil 5.4 Şanlıurfa ili için kollektör alanına göre geri ödeme süresi	69
Şekil 5.5 Bingöl ili için kollektör alanına göre geri ödeme süresi	70
Şekil 5.6 Elazığ ili için kollektör alanına göre geri ödeme süresi	71
Şekil 5.7 Malatya ili için kollektör alanına göre geri ödeme süresi	72
Şekil 5.8 Erzurum ili için kollektör alanına göre geri ödeme süresi	73
Şekil 5.9 Van ili için kollektör alanına göre geri ödeme süresi	74



TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 2.1 Diyarbakır iline ait ($\overline{H_T}$) değerleri	6
Tablo 2.2 Şanlıurfa iline ait ($\overline{H_T}$) değerleri	7
Tablo 2.3 Bingöl iline ait ($\overline{H_T}$) değerleri	8
Tablo 2.4 Elazığ iline ait ($\overline{H_T}$) değerleri	9
Tablo 2.5 Malatya iline ait ($\overline{H_T}$) değerleri	10
Tablo 2.6 Erzurum iline ait ($\overline{H_T}$) değerleri	11
Tablo 2.7 Van iline ait ($\overline{H_T}$) değerleri	12
Tablo 3.1 Örnek olarak alınan 100 m ² oturma alanına sahip bina için ikinci derece gün bölgesinde(Diyarbakır, Şanlıurfa) aylık ortalama ısı enerjisi ihtiyacı	16
Tablo 3.2 Örnek olarak alınan 100 m ² oturma alanına sahip bina için üçüncü derece gün bölgesinde(Bingöl, Elazığ, Malatya) aylık ortalama ısı enerjisi ihtiyacı	17
Tablo 3.3 Örnek olarak alınan 100 m ² oturma alanına sahip bina için dördüncü derece gün bölgesinde(Erzurum, Van) aylık ortalama ısı enerjisi ihtiyacı	18
Tablo 4.1 Diyarbakır ilinde 52.55° eğimli yüzeye gelen aylık ortalama günlük tüm güneş ışıınımı değerleri	24
Tablo 4.2 Diyarbakır ilinde 16 m ² kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı	25
Tablo 4.3 Diyarbakır ilinde 32 m ² kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı	26
Tablo 4.4 Diyarbakır ilinde 48 m ² kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı	27
Tablo 4.5 Diyarbakır ilinde 16 m ² , 32 m ² , 48 m ² kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranları	28
Tablo 4.6 Şanlıurfa ilinde 52.08° eğimli yüzeye gelen aylık ortalama günlük tüm güneş ışıınımı değerleri	29
Tablo 4.7 Şanlıurfa ilinde 16 m ² kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı	30
Tablo 4.8 Şanlıurfa ilinde 32 m ² kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı	31
Tablo 4.9 Şanlıurfa ilinde 48 m ² kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı	32

Tablo 4.10 Şanlıurfa ilinde 16 m ² , 32 m ² , 48 m ² kollektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranları	33
Tablo 4.11 Bingöl ilinde 53.53° eğimli yüzeye gelen aylık ortalama günlük tüm güneş ışınlamı değerleri	34
Tablo 4.12 Bingöl ilinde 16 m ² kollektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı	35
Tablo 4.13 Bingöl ilinde 32 m ² kollektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı	36
Tablo 4.14 Bingöl ilinde 48 m ² kollektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı	37
Tablo 4.15 Bingöl ilinde 16 m ² , 32 m ² , 48 m ² kollektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranları	38
Tablo 4.16 Elazığ ilinde 53.41° eğimli yüzeye gelen aylık ortalama günlük tüm güneş ışınlamı değerleri	39
Tablo 4.17 Elazığ ilinde 16 m ² kollektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı	40
Tablo 4.18 Elazığ ilinde 32 m ² kollektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı	41
Tablo 4.19 Elazığ ilinde 48 m ² kollektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı	42
Tablo 4.20 Elazığ ilinde 16 m ² , 32 m ² , 48 m ² kollektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranları	43
Tablo 4.21 Malatya ilinde 53.21° eğimli yüzeye gelen aylık ortalama günlük tüm güneş ışınlamı değerleri	44
Tablo 4.22 Malatya ilinde 16 m ² kollektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı	45
Tablo 4.23 Malatya ilinde 32 m ² kollektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı	46
Tablo 4.24 Malatya ilinde 48 m ² kollektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı	47
Tablo 4.25 Malatya ilinde 16 m ² , 32 m ² , 48 m ² kollektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranları	48
Tablo 4.26 Erzurum ilinde 54.55° eğimli yüzeye gelen aylık ortalama günlük tüm güneş ışınlamı değerleri	49

Tablo 4.27 Erzurum ilinde 16 m ² kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı	50
Tablo 4.28 Erzurum ilinde 32 m ² kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı	51
Tablo 4.29 Erzurum ilinde 48 m ² kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı	52
Tablo 4.30 Erzurum ilinde 16 m ² , 32 m ² , 48 m ² kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranları	53
Tablo 4.31 Van ilinde 52.08° eğimli yüzeye gelen aylık ortalama günlük tüm güneş ışınlamı değerleri	54
Tablo 4.32 Van ilinde 16 m ² kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı	55
Tablo 4.33 Van ilinde 32 m ² kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı	56
Tablo 4.34 Van ilinde 48 m ² kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı	57
Tablo 4.35 Van ilinde 16 m ² , 32 m ² , 48 m ² kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranları	58
Tablo 4.36 16 m ² kolektör alanı için illere göre f değerleri	59
Tablo 4.37 32 m ² kolektör alanı için illere göre f değerleri	60
Tablo 4.38 48 m ² kolektör alanı için illere göre f değerleri	61
Tablo 5.1 Örnek olarak alınan binada aylara göre güneşten kazanılan ısı değerleri	66
Tablo 5.2 Diyarbakır ili için kolektör alanına göre N _p ve C _{S1} değerleri	68
Tablo 5.3 Şanlıurfa ili için kolektör alanına göre N _p ve C _{S1} değerleri	69
Tablo 5.4 Bingöl ili için kolektör alanına göre N _p ve C _{S1} değerleri	70
Tablo 5.5 Elazığ ili için kolektör alanına göre N _p ve C _{S1} değerleri	71
Tablo 5.6 Malatya ili için kolektör alanına göre N _p ve C _{S1} değerleri	72
Tablo 5.7 Erzurum ili için kolektör alanına göre N _p ve C _{S1} değerleri	73
Tablo 5.8 Van ili için kolektör alanına göre N _p ve C _{S1} değerleri	74
Tablo 5.9 İllerin yapılan ekonomik analize göre elde edilen verileri	75

EKLER

EK-1 : Eğik yüzeye gelen aylık ortalama günlük tüm güneş ışımasını değişik açılara göre hesaplayan program

EK-2 : Binadaki yapı elemanlarının özellikleri

EK-3 : Binanın Projesi

EK-4 : Kollektör alanına göre aylık ortalama güneşten faydalanma oranlarını ve sistemin geri ödeme süresini hesaplayan program



SİMGELER

- δ : Deklinasyon açısı ($^{\circ}$)
- n : Gün sayısı
- w_s : Güneş doğuş saat açısı ($^{\circ}$)
- w_s' : Eğik yüzey güneş doğuş saat açısı ($^{\circ}$)
- L : Enlem açısı ($^{\circ}$)
- s : Kollektör eğim açısı
- $\overline{R}_b$: Aylık ortalama direk ışıınım eğim faktörü
- I_e : Atmosfer dışından gelen değişken ışıınım değeri (normal doğrultudaki) $\left(\frac{\text{MJ}}{\text{m}^2\text{gün}} \right)$
- I_{sc} : Atmosfer dışından gelen ortalama güneş ışıınım değeri $\left(\frac{\text{MJ}}{\text{m}^2\text{gün}} \right)$
- I_o : Atmosfer dışından yatay yüzeye gelen ışıınım değeri $\left(\frac{\text{MJ}}{\text{m}^2\text{gün}} \right)$
- $\overline{K_T}$: Berraklık indeksi
- $\overline{H_d}$: Aylık ortalama günlük tüm yayılı ışıınım değeri $\left(\frac{\text{MJ}}{\text{m}^2\text{gün}} \right)$
- $\overline{H}$: Yatay yüzeye gelen aylık ortalama günlük tüm güneş ışıınımı değeri $\left(\frac{\text{MJ}}{\text{m}^2\text{gün}} \right)$
- ρ : Yansıtma oranı değeri (0.2)
- $\overline{R}$: Aylık ortalama toplam ışıınım eğim faktörü
- $\overline{H_T}$: Eğik yüzeye gelen aylık ortalama günlük tüm güneş ışıınımı değeri $\left(\frac{\text{MJ}}{\text{m}^2\text{gün}} \right)$
- $\overline{T}_a$: Aylık ortalama dış sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)
- H_i : İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı (W/K)

U_D	: Dış duvarın ısı geçirgenlik katsayısı (W/m^2K)
A_D	: Dış duvar alanı (m^2)
U_p	: Pencerenin ısı geçirgenlik katsayısı (W/m^2K)
A_p	: Pencere alanı (m^2)
U_T	: Tavanın ısı geçirgenlik katsayısı (W/m^2K)
A_T	: Tavan alanı (m^2)
U_t	: Döşemenin ısı geçirgenlik katsayısı (W/m^2K)
A_t	: Döşeme alanı (m^2)
I	: Isı köprüsü uzunluğu (m)
U_i	: Isı köprüsünün doğal geçirgenliği (W/mK)
H_h	: Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı (W/K)
n_h	: Hava değişim sayısı
V_h	: Havalandırılan hacim (m^3)
$\Phi_{i,ay}$	: Aylık iç kazançlar (W)
$\Phi_{g,ay}$	: Aylık ortalama güneş enerjisi kazancı (W)
$r_{i,ay}$	: i yönünde saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgelenme faktörü
$g_{i,ay}$	: i yönündeki saydam elemanların güneş enerjisi geçirme faktörü
$I_{i,ay}$	: i yönündeki dik yüzeylere gelen aylık ortalama güneş ışıınımı şiddeti (W/m^2)
A_i	: i yönündeki toplam pencere alanı (m^2)
KKO_{ay}	: Kazanç/kayıp oranı
H	: Binanın özgül ısı kaybı (W/K)
$T_{i,ay}$	: Aylık ortalama iç ortam sıcaklığı ($^{\circ}C$)
$T_{d,ay}$	: Aylık ortalama dış hava sıcaklığı ($^{\circ}C$)
η_{ay}	: Kazançlar için aylık ortalama kullanım faktörü
Q_{ay}	: Aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı (J)
Δt	: Bir aydaki saniye sayısı (saniye / ay)
$Q_{yıl}$	: Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı (J)

- Q : Bina için hesaplanmış olan ısı ihtiyacı (kWh/m³)
- Q' : Bina için sınırlandırılan enerji ihtiyacı (kWh/m³)
- $V_{brüt}$: Binanın brüt hacmi
- A_c : Kollektör alanı (m²)
- U_c : Kollektör toplam ısı kayıp katsayısı $\left(\frac{W}{m^2 K} \right)$
- F_R : Kollektör verim katsayısı
- F'_R : Kollektör – ısı değiştirici verim faktörü
- $\frac{F'_R}{F_R}$: Kollektör ısı değiştirici düzeltme faktörü
- T_{ref} : Referans sıcaklığı (° C)
- $(\overline{\tau\alpha})$: Geçiş – yutma sayısının aylık ortalaması
- $(\tau\alpha)_n$: Dikey doğru ışınım için geçiş – yutma katsayısı
- N : Bir aydaki gün sayısı
- X : Kollektörün toplam ısı kaybının binanın toplam ısı kaybına oranı
- Y : Eğimli yüzey tarafından absorbe edilen güneş enerjisinin binanın toplam ısı kaybına oranı
- f : Bir aydaki yararlı güneş enerjisinin bina ısı kaybına oranı
- N_p : Geri ödeme süresi (Yıl)
- C_A : Alana bağlı maliyet (YTL/m²)
- C_E : Alandan bağımsız maliyet (YTL)
- $\dot{I}_F$: Enflasyon oranı
- F_Y : Bir yıldaki güneşten faydalanma oranı
- Q : Yıllık ısı kaybı (GJ)

C_{F1} : Yakıt fiyatı (YTL / GJ)

N_s : Sistemin kullanım ömrü (yıl)

PWF : Gelecek zaman faktörü

C_{S1} : Güneş enerjisinden elde edilen parasal tasarruf (YTL)

C_s : İlk yatırım maliyeti (YTL)



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

GÜNEŞ ENERJİSİ DESTEKLİ MAHAL ISITMASININ MATEMATİKSEL MODELLEMESİ

Gökhan KAHRAMAN

Fırat Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

2005, Sayfa: 79

Bu çalışmada; Elazığ, Diyarbakır, Şanlıurfa, Bingöl, Malatya, Erzurum ve Van illeri için son on yıllık meteoroloji değerlerinin ortalamaları alınarak eğik yüzeylere gelen aylık ortalama günlük tüm güneş ışıınımı miktarları hesaplanmış; ayrıca f-grafik yöntemi yardımıyla her il için güneş enerjisi destekli mahal ısıtılmasının olabirliği ve güneşten faydalanma oranları incelenmiştir..

Söz konusu iller için Matlab’da hazırlanan bilgisayar programı yardımıyla ekonomik analiz yapılarak sistemin uygulanabilirliği araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Güneş Enerjisi Destekli Mahal Isıtılması, Ekonomik Analiz, Kollektör verimi, Güneş Işınımı, f-grafik yöntemi

ABSTRACT

Master Thesis

MATHEMATICAL MODELING OF SPACE HEATING SUPPORTED BY SOLAR ENERGY

Gökhan KAHRAMAN

Fırat University
Graduate School of Science and Technology
Mechanical Engineering Department

2005, Page 79

In this study, monthly average daily total

solar radiation on the tilted surface measured for the cities; Elazığ, Diyarbakır, Şanlıurfa, Bingöl, Malatya, Erzurum and Van by using the average of last ten years meteorological data and also with the help of f-chart process for these cities; availability of solar energy supported space heating and utilization rate from the sun has been studied.

For these cities; systems availability researched with the help of computer program which has designed in Matlab by making economical analysis.

Keywords: Solar Energy Supported Space Heating, Economical Analyses, Collector Efficiency, Solar Radiation, f-chart Process

1.GİRİŞ

İnsanlığın varoluşundan beri değişik amaçlarla ihtiyaç duyulan enerji ve konfor şartlarının sağlanması genelde fosil yakıtlar vasıtası ile temin edilmektedir.

Dünya nüfusunun artması, sanayileşme, şehirleşmenin yoğunluk kazanması ve insanın konfor ihtiyacı enerji tüketimini katlanarak artırmaktadır. Bunun için dünya, enerji gereksinimini fosil yakıtlardan ve nükleer santrallerden karşılamaktadır. Ancak fosil yakıtların rezervlerindeki azalma, çevreye olan menfi katkıları, alternatif enerji kaynaklarının daha verimli kullanılmasına yönelik araştırmaları yoğunlaştırmaktadır. Güneş enerjisinden yararlanma bu araştırmaların başlangıç noktasını oluşturmaktadır. Dünyaya kısa bir süre içerisinde düşen güneş enerjisinin günümüz enerji ihtiyacından çok fazla olduğu göz önünde tutulursa bu enerjiden en yüksek düzeyde yararlanma, bugünün ve geleceğin gündemini belirlemektedir.

Güneş enerjisi temiz, bedava, tükenmeyen yılın büyük bir bölümünde çeşitli amaçlarla kullanılabilme imkanı olan bir alternatif enerji türüdür. Özellikle binaların konfor şartlarının yaz ve kış mevsimlerinde sağlanmasında güneş enerjisinden aktif ve pasif şekilde faydalanma imkanı bulunmaktadır. Bina kabuğu, sürekli şekilde değişen güneş radyasyonu ve çevre sıcaklığı etkisi altındadır. Bu şartlar altındaki bir binada konfor şartlarının sağlanması büyük oranda bir enerji tüketimi ile karşılanabilmektedir. Uygun yöntem ve sistem kullanılması halinde, binaların ihtiyaç duyduğu bu enerji ve konfor şartlarının sağlanmasında güneş enerjisi ve diğer alternatif enerjiler önemli bir kaynak olarak kullanılabilir. Bu sayede kullanılan yakıttan büyük oranda tasarruf sağlanabileceği gibi ülke ekonomisine ve çevrenin korunmasına büyük katkıda bulunulur.

Güneş enerjisi kullanımı ile önemli ekonomik tasarrufun yanı sıra, para ile ölçülemeyen bir katkı yapmış oluyoruz. Bu katkı çevreye zararlı, atmosferi kirleten ve böylece ekolojik dengemizi tehdit eden gazların önlenmesi yolu ile olmaktadır. Enerji ihtiyacımızın ne kadar çoğunu güneşten sağlayabilirsek, o oranda çevreye zararlı gaz yayılımını önlemiş oluruz.

Literatürde; Ünsal [1], güneş enerjisi takviyeli bina ısıtmasında yararlı güneş enerjisi miktarını Gaziantep ili için hesaplamıştır. Bunun için gerekli olan eğik yüzeye gelen aylık ortalama günlük tüm güneş ışıınımı değerlerini makalesinde vermiş olduğu tablolardan almıştır. Öztürk ve Kılıç [2], aylık ortalama meteorolojik verilere bağlı olarak elde edilen kollektör alanı ısı yük oranı ile güneş enerjisinden faydalanma kesri arasında bir bağıntı kurarak optimum kollektör alanını hesaplamışlardır. Klein, Beckman ve Duffie [3], evler için ortam ısıtma ve su ısıtma sistemlerinin tasarımı ile ilgili olarak güneş ile ısıtma sistemlerinin uzun süreli ısı

performansını ifade eden bir simülasyon modelini açıklamışlardır. Simülasyon model tarafından uzun süreli performans elde etmek için gerekli meteorolojik veriler araştırılarak bir çok simülasyonda elde edilen bilgiler güneş ısıtma sistemleri için genel tasarım işlemi geliştirilmesi için kullanılmıştır. Furbo ve Jivan [4], güneş ısıtma sistemlerinin ısı performansını ve güneş kolektörlerinin verimini, antirefrekter yüzey ile kaplı camın nasıl artırdığını göstermişlerdir. Yaptıkları deneylerde antirefrekter yüzey ile kaplı camın normal cama göre %5-9 arasında daha fazla geçiş yutma sayısına sahip olduğunu saptamışlardır. Deriş [5], 36° ve 42° enlemleri arasında $\bar{R}$ değerlerini tesbit ederek İstanbul ilinde aylık ortalama günlük tüm güneş ışıını miktarlarını hesaplamıştır. Ünsal [6], f-grafik yöntemindeki hesap işlemlerini kısaltması açısından dört tip güneş kolektörü için geçiş yutma sayısının aylık ortalama değerlerini veren tablolar hazırlamıştır.

Mevcut çalışmada ise; Doğu Anadolu bölgesinde pilot olarak seçilen Elazığ, Malatya, Bingöl, Erzurum, Van ve Güneydoğu Anadolu bölgesinde pilot olarak seçilen Diyarbakır, Şanlıurfa illerinde eğik yüzeye gelen aylık ortalama günlük tüm güneş ışıını değerleri, güneş enerjisinden faydalanma oranları ve güneş enerjisi takviyeli mahal ısıtma sisteminin ekonomik olabilirliği araştırılmış ve bu maksatla bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Bu program meteorolojik özellikleri belirli diğer illere uygulanmasında avantaj sağlamaktadır

2.EĞİK YÜZEYE GELEN AYLIK ORTALAMA GÜNLÜK TÜM GÜNEŞ IŞINIMI ŞİDDETİNİN HESAPLANMASI

Eğik yüzeye gelen aylık ortalama günlük tüm güneş ışıını miktarını aşağıda verilen denklemler yardımı ile hesaplamak mümkündür[7].

Deklinasyon açısı güneş ışıınımlarının ekvator düzlemi ile yaptığı açı olup aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır.

$$\delta = 23.45 \sin[360(284 + n)/365] \quad (2.1)$$

Denklem 2.1’de verilen eşitlik deklinasyon açısını hesaplamaktadır. Buradaki n ifadesi ayın ortalama gün sayısını ifade etmektedir.

Denklem 2.2’de verilen eşitlik güneş doğuş saat açısını hesaplamaktadır.

$$w_s = \cos^{-1}[-\tan(L)\tan(\delta)] \quad (2.2)$$

Buradaki L ifadesi enlem açısını ifade etmektedir.

Denklem 2.3’de verilen eşitlik eğik yüzey güneş doğuş saat açısını hesaplamaktadır.

$$w'_s = \min[\cos^{-1}(-\tan(L)\tan(\delta)), \cos^{-1}(-\tan(L - s)\tan(\delta))] \quad (2.3)$$

Buradaki s ifadesi eğim açısını ifade etmektedir.

Denklem 2.4’de verilen ifade aylık ortalama direk ışıını eğim faktörünü hesaplamaktadır.

$$\overline{R_b} = \frac{\cos(L - s)\cos(\delta)\sin(w'_s) + w'_s(\pi/180)\sin(L - s)\sin(\delta)}{\cos(L)\cos(\delta)\sin(w_s) + w_s(\pi/180)\sin(L)\sin(\delta)} \quad (2.4)$$

Denklem 2.5’de verilen eşitlik atmosfer dışından gelen değişken radyasyon değerini (normal doğrultudaki) hesaplamaktadır.

$$I_e = I_{sc} \left[1 + 0.033 \cos\left(\frac{360n}{365}\right) \right] \quad (2.5)$$

Buradaki I_{sc} ifadesi ortalama güneş ışıını şiddeti olup $\left(116.9 \frac{\text{MJ}}{\text{m}^2 \text{gün}} \right)$ değerine eşittir.

Denklem 2.6'da verilen eşitlik atmosfer dışından yatay yüzeye gelen ışınlm değerini hesaplamaktadır.

$$I_0 = \frac{I_e}{\pi} [w_s(\pi/180)\sin(\delta)\sin(L) + \cos(\delta)\sin(w_s)\cos(L)] \quad (2.6)$$

Denklem 2.7'de verilen eşitlik berraklık indeksi değerini hesaplamaktadır.

$$K_T = \frac{\bar{H}}{I_0} \quad (2.7)$$

Buradaki $\bar{H}$ değeri yatay yüzeye gelen aylık ortalama günlük tüm güneş ışınlmı miktarı olup meteoroloji istasyonlarınca ölçülebilmektedir.

Denklem 2.8'de verilen eşitlik aylık ortalama günlük tüm yayılı ışınlm değerinin yatay yüzeye gelen aylık ortalama günlük tüm güneş ışınlmı değerine oranını hesaplamaktadır

$$\frac{H_d}{H} = 1.390 - 4.027\bar{K}_T + 5.531\bar{K}_T^2 - 3.108\bar{K}_T^3 \quad (2.8)$$

Denklem 2.9'da verilen eşitlik aylık ortalama radyasyon eğim faktörünü hesaplamaktadır.

$$\bar{R} = \left(1 - \frac{H_d}{H}\right)\bar{R}_b + \frac{1}{2}(1 + \cos(s))\left(\frac{H_d}{H}\right) + \frac{1}{2}\rho(1 - \cos(s)) \quad (2.9)$$

Buradaki ρ ifadesi yansıtma oranı değerini göstermektedir.

Denklem 2.10'da verilen eşitlik eğik yüzeye gelen aylık ortalama günlük tüm güneş ışınlmı değerini hesaplamaktadır[8].

$$\bar{H}_T = \bar{R}.\bar{H} \quad (2.10)$$

2.1.Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerindeki Bazı İller İçin Çeşitli Eğimlerdeki Yüzezlere Gelen $\bar{H}_T$ Değerlerinin Matlab Bilgisayar Programı Yardımı İle Hesaplanması

Elazığ, Diyarbakır, Şanlıurfa, Malatya, Bingöl, Erzurum, Van, illerine ait meteorolojik verilerin son 10 yıllık ortalamaları Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınarak yukarıdaki iller için çeşitli eğimlerdeki yüzezlere gelen aylık ortalama günlük tüm güneş ışımasını ($\bar{H}_T$) değerleri Matlab bilgisayar programı yardımı ile hesaplanarak tablo ve grafikler halinde verilmiştir. Matlab’da yapılan bilgisayar programı Ek 1’de verilmiştir.

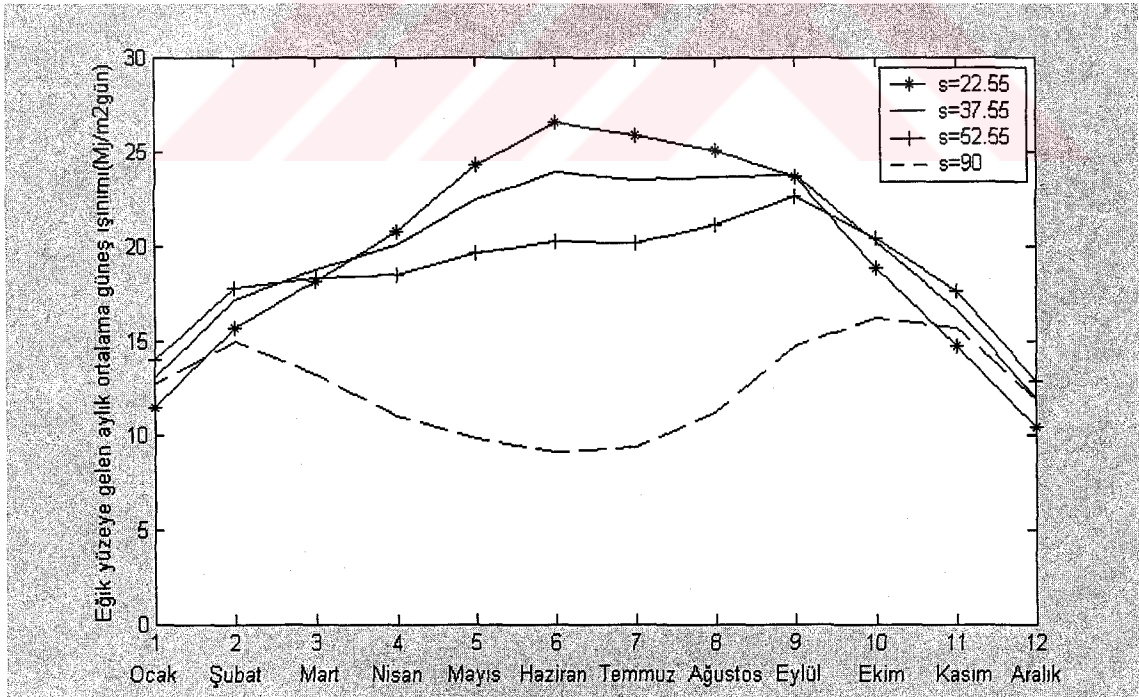
Hesaplamalarda illerin enlem açıları(L) esas alınarak L-15, L, L+15 ve 90⁰’deki eğimli yüzezlere gelen $\bar{H}_T$ değerleri Diyarbakır ili için Tablo 2.1 ve Şekil 2.1’de, Şanlıurfa ili için Tablo 2.2 ve Şekil 2.2’de, Bingöl ili için Tablo 2.3 ve Şekil 2.3’de, Elazığ ili için Tablo 2.4 ve Şekil 2.4’de, Malatya ili için Tablo 2.5 ve Şekil 2.5’de, Erzurum ili için Tablo 2.6 ve Şekil 2.6’da, Van ili için Tablo 2.7 ve Şekil 2.7’de verilmiştir.

2.1.1.Diyarbakır İli İçin $\bar{H}_T$ Değerleri

$$L = 37.55^\circ, \rho = 0.2$$

Tablo 2.1 Diyarbakır iline ait ($\bar{H}_T$) değerleri

AY	$\bar{T}_a$ (°C)	$\bar{H}$ (MJ/ m ² gün)	$\bar{H}_T$ (MJ/ m ² gün)			
			22.55°	37.55°	52.55°	90°
OCAK	2.91	7.9	11.4530	13.0674	13.9485	12.6869
ŞUBAT	3.76	11.75	15.6355	17.1848	17.7748	14.9646
MART	8.19	15.53	18.1529	18.7213	18.2951	13.2387
NİSAN	13.18	19.73	20.7088	20.0741	18.4473	10.9715
MAYIS	19.34	24.92	24.2568	22.4236	19.5888	9.7676
HAZİRAN	26.7	28.3	26.5013	23.8736	20.2563	9.0672
TEMMUZ	31.42	27.22	25.8511	23.5056	20.1526	9.3569
AĞUSTOS	30.34	24.72	25.0018	23.6403	21.1220	11.2135
EYLÜL	24.3	21.04	23.6389	23.7691	22.5980	14.7253
EKİM	17.16	14.84	18.8090	20.1845	20.4298	16.1896
KASIM	9.14	10.3	14.6911	16.6251	17.6083	15.6444
ARALIK	3.91	7.02	10.4078	11.9811	12.8737	11.9135



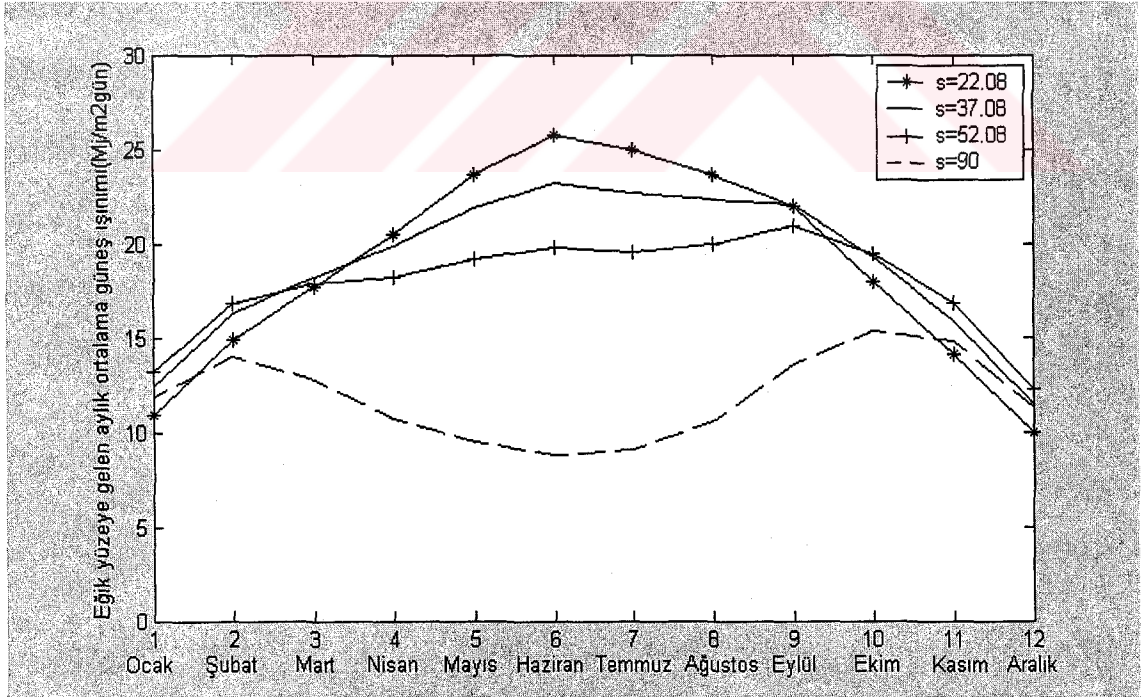
Şekil 2.1 Diyarbakır iline ait ($\bar{H}_T$) değerleri

2.1.2.Şanlıurfa İli İçin $\bar{H}_T$ Değerleri

$$L = 37.08^\circ, \rho = 0.2$$

Tablo 2.2 Şanlıurfa iline ait ($\bar{H}_T$) değerleri

AY	$\bar{T}_a$ (°C)	$\bar{H}$ (MJ/ m ² gün)	$\bar{H}_T$ (MJ/ m ² gün)			
			22.08 °	37.08 °	52.08 °	90 °
OCAK	6.47	7.68	10.8953	12.3835	13.1856	11.9157
ŞUBAT	7.36	11.33	14.8256	16.2420	16.7637	14.0162
MART	11.1	15.26	17.7038	18.2387	17.8123	12.8046
NİSAN	15.83	19.54	20.4547	19.8267	18.2233	10.7515
MAYIS	22.95	24.30	23.6440	21.8679	19.1229	9.4890
HAZİRAN	28.8	27.47	25.7545	23.2268	19.7454	8.8373
TEMMUZ	32.62	26.25	24.9470	22.7082	19.5075	9.0678
AĞUSTOS	31.34	23.41	23.6114	22.3281	19.9730	10.6132
EYLÜL	26.43	19.77	21.9929	22.0640	20.9536	13.5850
EKİM	20.55	14.37	17.9730	19.2399	19.4423	15.3020
KASIM	13.29	10.04	14.0536	15.8563	16.7618	14.8029
ARALIK	7.91	6.87	9.9573	11.4201	12.2493	11.2599



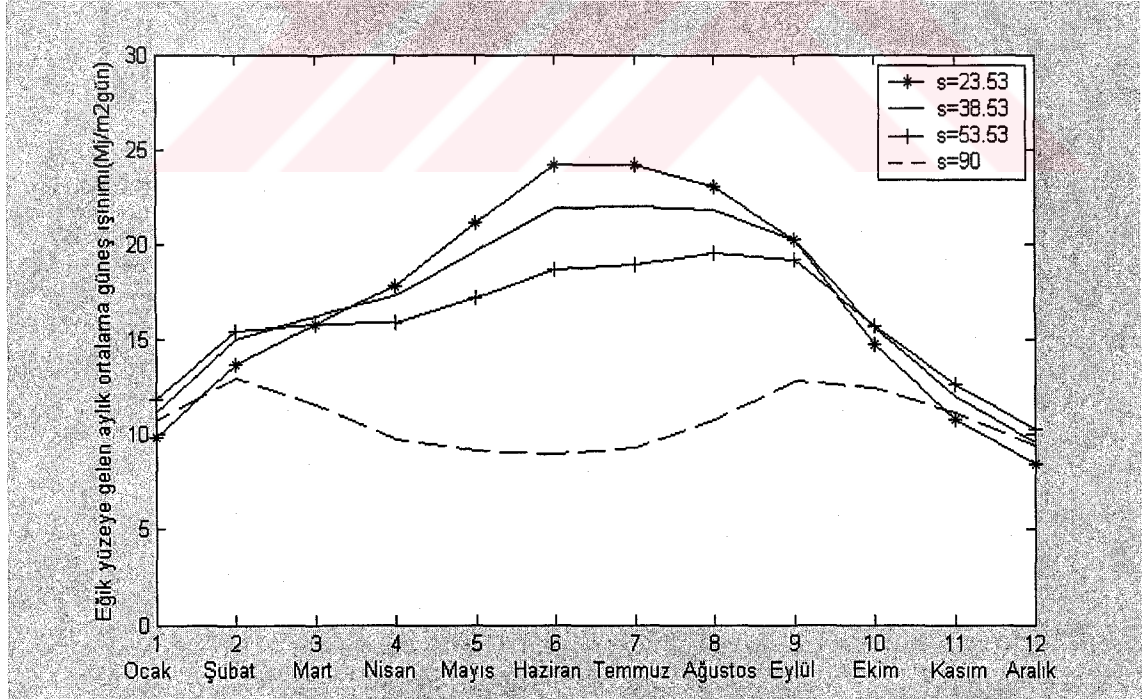
Şekil 2.2 Şanlıurfa iline ait ($\bar{H}_T$) değerleri

2.1.3.Bingöl İli İçin $\bar{H}_T$ Değerleri

$$L = 38.53^\circ, \rho = 0.2$$

Tablo 2.3 Bingöl iline ait ($\bar{H}_T$) değerleri

AY	$\bar{T}_a$ (°C)	$\bar{H}$ (MJ/ m ² gün)	$\bar{H}_T$ (MJ/ m ² gün)			
			23.53 °	38.53 °	53.53 °	90°
OCAK	-1.09	6.81	9.8561	11.1526	11.8355	10.7486
ŞUBAT	-0.46	10.31	13.7202	14.9837	15.4273	13.0270
MART	4.33	13.58	15.8284	16.2402	15.8140	11.5813
NİSAN	10.75	17.04	17.8385	17.2526	15.8475	9.7450
MAYIS	17.13	21.74	21.1661	19.5973	17.1877	9.1026
HAZİRAN	22.74	25.84	24.2272	21.8902	18.6722	8.9537
TEMMUZ	27.02	25.43	24.1664	22.0106	18.9320	9.2792
AĞUSTOS	26.41	22.8	23.0721	21.8115	19.5095	10.7810
EYLÜL	20.77	18.08	20.2206	20.2369	19.1890	12.7953
EKİM	14.16	11.82	14.7503	15.6502	15.7144	12.4830
KASIM	7.11	7.82	10.8437	12.0635	12.6265	11.1237
ARALIK	0.81	5.78	8.4478	9.6034	10.2357	9.4099



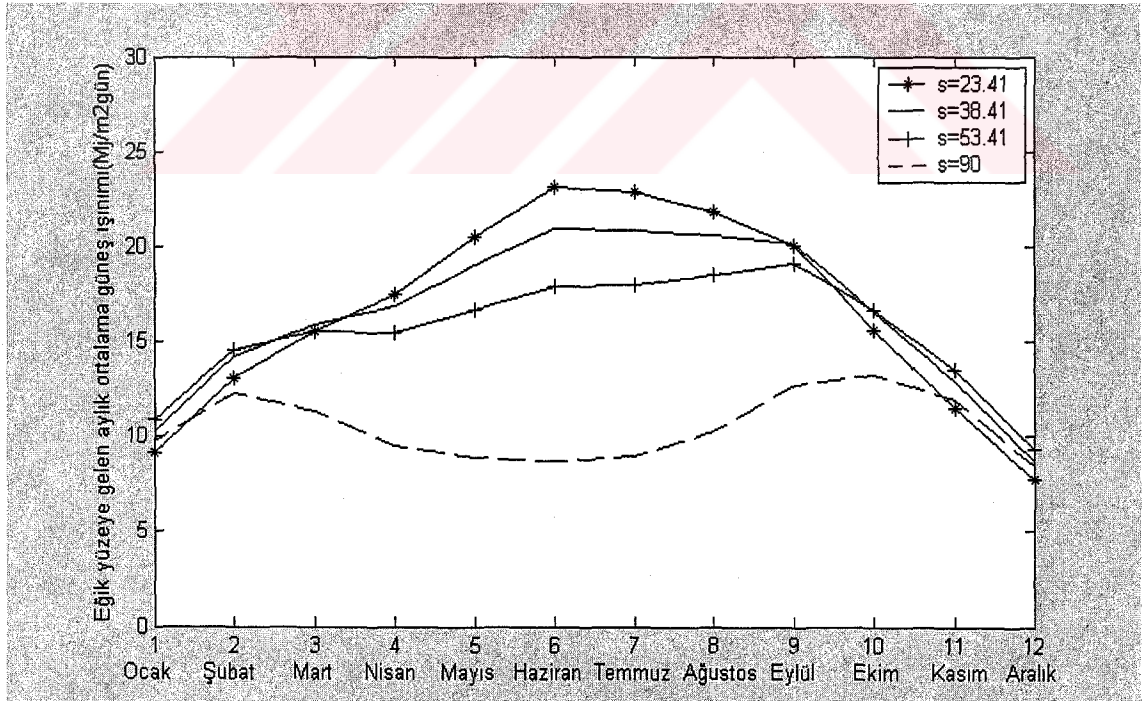
Şekil 2.3 Bingöl iline ait ($\bar{H}_T$) değerleri

2.1.4.Elazığ İli İçin $\bar{H}_T$ Değerleri

$$L = 38.41^\circ, \rho = 0.2$$

Tablo 2.4 Elazığ iline ait ($\bar{H}_T$) değerleri

AY	$\bar{T}_a$ (°C)	$\bar{H}$ (MJ/ m ² gün)	$\bar{H}_T$ (MJ/ m ² gün)			
			23.41 °	38.41°	53.41 °	90 °
OCAK	0.36	6.42	9.1169	10.2596	10.8470	9.7931
ŞUBAT	1.19	9.90	13.0419	14.2014	14.5925	12.2783
MART	5.89	13.36	15.5207	15.9118	15.4862	11.3213
NİSAN	11.44	16.67	17.4225	16.8454	15.4743	9.5162
MAYIS	17.08	21.07	20.5096	18.9977	16.6781	8.8725
HAZİRAN	22.77	24.69	23.1722	20.9655	17.9259	8.7080
TEMMUZ	27.48	24.09	22.9074	20.8912	18.0130	8.9560
AĞUSTOS	26.58	21.59	21.8074	20.6158	18.4566	10.2726
EYLÜL	20.76	18.01	20.1143	20.1275	19.0842	12.7024
EKİM	14.33	12.43	15.5939	16.5890	16.6879	13.2649
KASIM	7.19	8.24	11.5168	12.8583	13.4921	11.9155
ARALIK	2.28	5.42	7.7444	8.7450	9.2783	8.4700



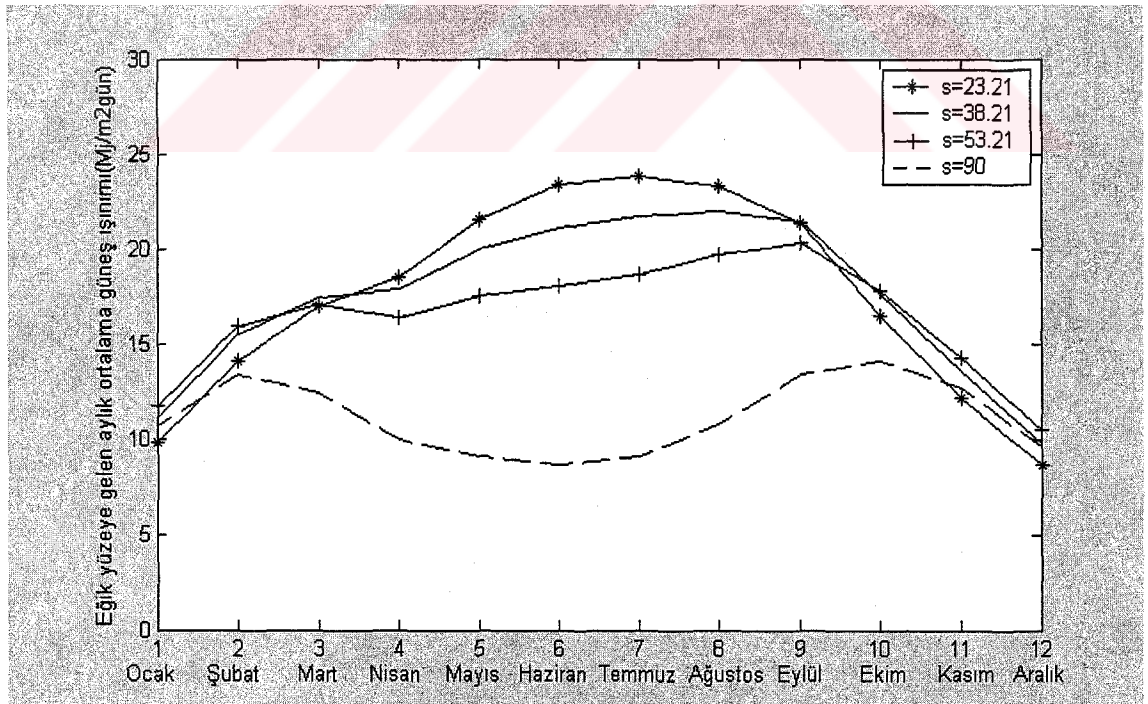
Şekil 2.4 Elazığ iline ait ($\bar{H}_T$) değerleri

2.1.5. Malatya İli İçin $\bar{H}_T$ Değerleri

$$L = 38.21^\circ, \rho = 0.2$$

Tablo 2.5 Malatya iline ait ($\bar{H}_T$) değerleri

AY	$\bar{T}_a$ (°C)	$\bar{H}$ (MJ/ m ² gün)	$\bar{H}_T$ (MJ/ m ² gün)			
			23.21°	38.21°	53.21°	90°
OCAK	1.37	6.86	9.8384	11.1257	11.8026	10.6913
ŞUBAT	2.43	10.66	14.1644	15.4919	15.9679	13.4639
MART	6.98	14.53	16.9986	17.4886	17.0614	12.4502
NİSAN	12.48	17.66	18.4940	17.8971	16.4423	10.0171
MAYIS	18.45	22.18	21.5919	19.9887	17.5231	9.1662
HAZİRAN	23.51	24.91	23.3791	21.1481	18.0747	8.7051
TEMMUZ	27.91	25.06	23.8209	21.7050	18.6831	9.1221
AĞUSTOS	27.38	23.03	23.2901	22.0192	19.6944	10.7829
EYLÜL	22.19	19.09	21.3887	21.4405	20.3489	13.4692
EKİM	15.77	13.12	16.5302	17.6327	17.7717	14.1238
KASIM	8.16	8.67	12.1774	13.6387	14.3424	12.6846
ARALIK	2.7	5.95	8.6612	9.8573	10.5153	9.6596



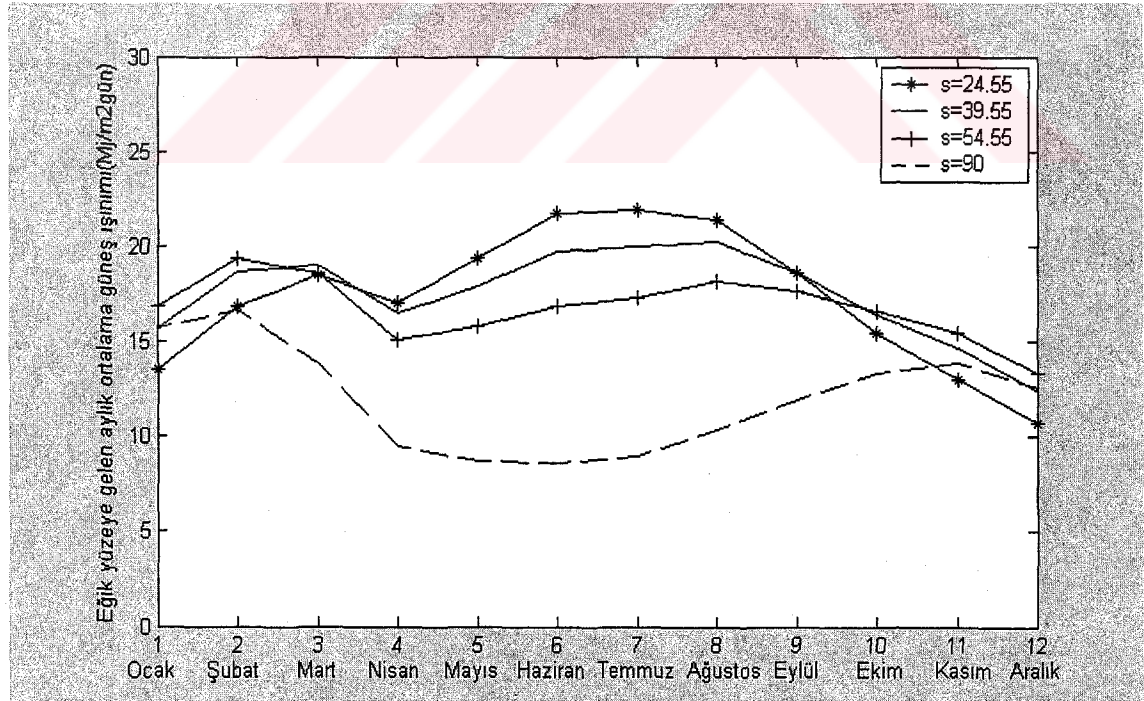
Şekil 2.5 Malatya iline ait ($\bar{H}_T$) değerleri

2.1.6.Erzurum İli İçin $\bar{H}_T$ Değerleri

$$L = 39.55^\circ, \rho = 0.2$$

Tablo 2.6 Erzurum iline ait ($\bar{H}_T$) değerleri

AY	$\bar{T}_a$ (°C)	$\bar{H}$ (MJ/ m ² gün)	$\bar{H}_T$ (MJ/ m ² gün)			
			24.55 °	39.55 °	54.55 °	90 °
OCAK	-9.5	8.54	13.5568	15.6570	16.8413	15.6676
ŞUBAT	-8.76	12.01	16.8684	18.6396	19.3437	16.6390
MART	-3.25	15.40	18.4569	19.0558	18.6296	13.8495
NİSAN	4.91	16.25	17.0471	16.4709	15.1212	9.5071
MAYIS	10.67	19.87	19.3482	17.9255	15.7533	8.7079
HAZİRAN	14.85	23.14	21.7202	19.6806	16.8738	8.6223
TEMMUZ	19.27	23	21.8728	19.9613	17.2373	8.9440
AĞUSTOS	19.3	21.14	21.4073	20.2307	18.1082	10.3676
EYLÜL	13.52	16.61	18.6095	18.5808	17.5926	11.9566
EKİM	7.38	12.11	15.4531	16.4419	16.5388	13.3049
KASIM	0.05	8.85	13.0107	14.6483	15.4549	13.8595
ARALIK	-7.22	6.74	10.6936	12.3670	13.3313	12.5162

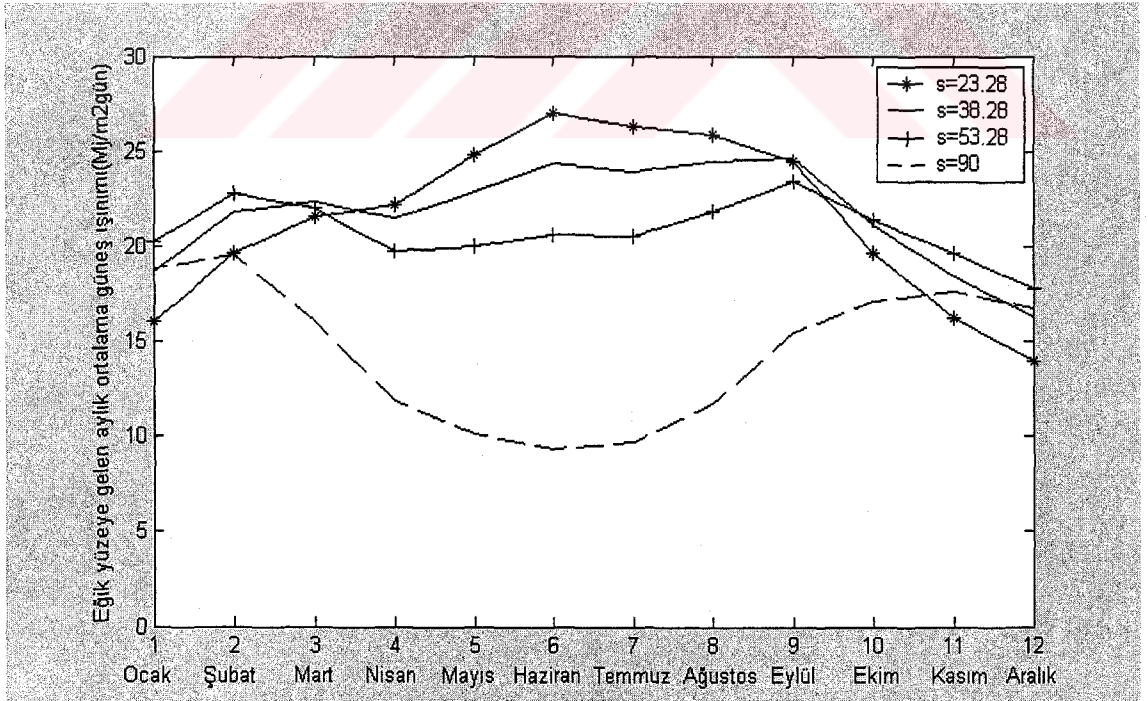


2.1.7. Van İli İçin $\bar{H}_T$ Değerleri

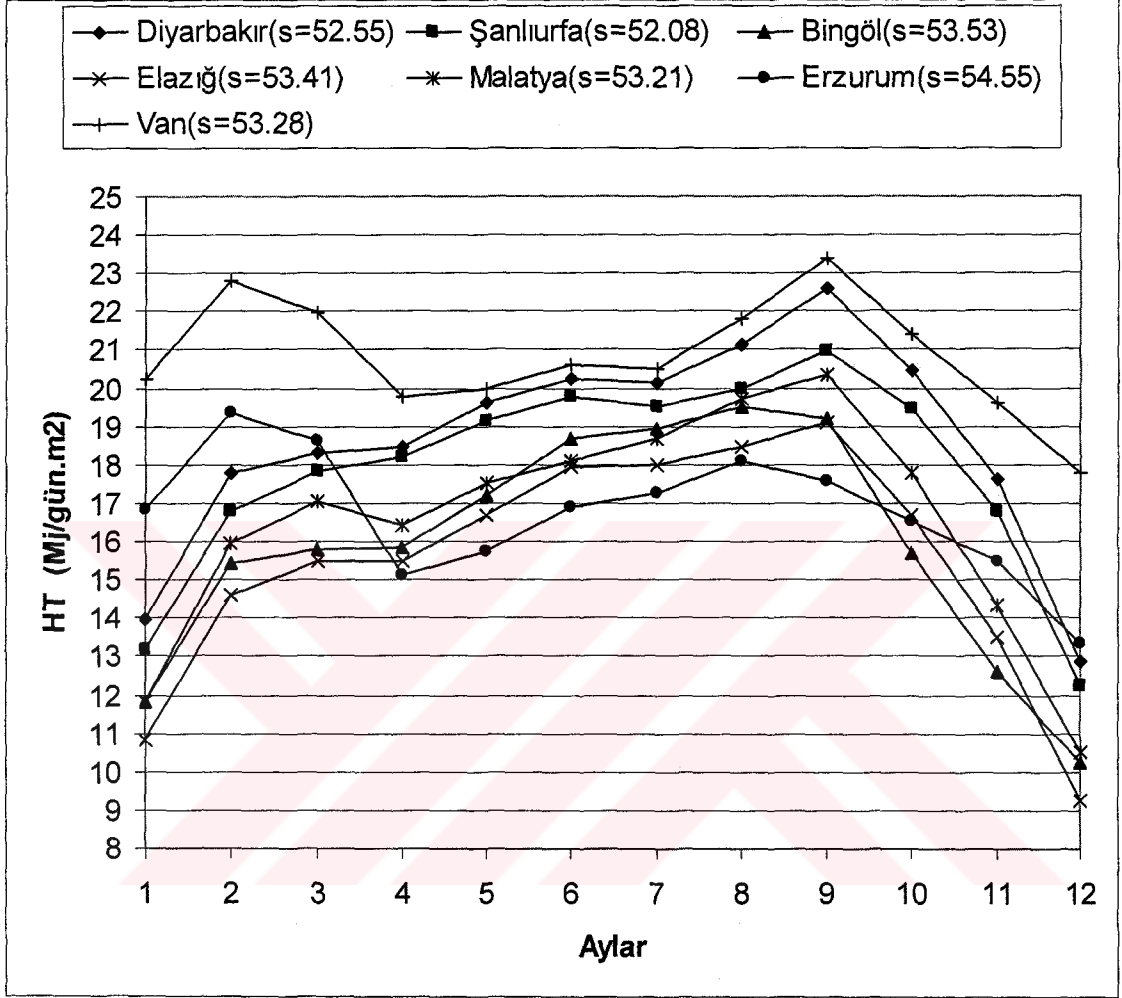
$L = 38.28$, $\rho = 0.2$

Tablo 2.7 Van iline ait ($\bar{H}_T$) değerleri

AY	$\bar{T}_a$ (°C)	$\bar{H}$ (MJ/ m ² gün)	$\bar{H}_T$ (MJ/ m ² gün)			
			23.28 °	38.28 °	53.28 °	90 °
OCAK	-1.66	10.18	16.0610	18.7143	20.2527	18.8457
ŞUBAT	-1.39	14.01	19.6276	21.8597	22.8116	19.5402
MART	2.27	17.96	21.5570	22.3905	21.9802	16.0882
NİSAN	7.97	20.97	22.1601	21.4979	19.7510	11.8362
MAYIS	13.81	25.44	24.7807	22.8973	19.9838	10.0967
HAZİRAN	19	28.89	27.0236	24.3248	20.6109	9.3454
TEMMUZ	22.93	27.72	26.3154	23.9135	20.4803	9.6449
AĞUSTOS	22.9	25.48	25.8538	24.4438	21.8227	11.7109
EYLÜL	17.75	21.54	24.4356	24.5992	23.3996	15.4247
EKİM	11.7	15.19	19.5981	21.0820	21.3709	17.0979
KASIM	5.16	10.96	16.2030	18.4508	19.6209	17.6169
ARALIK	0.25	8.68	13.9236	16.3298	17.7705	16.7733



Yukarıdaki illerde, eğik yüzeye gelen aylık ortalama günlük tüm güneş ışıını değeri ayrıntılı olarak hesaplandıktan sonra Şekil 2.8'de her il için $s = L + 15$ eğimindeki yüzeylere gelen aylık ortalama günlük tüm güneş ışıını değeri bir arada gösterilmiştir.



Şekil 2.8 $s = L + 15$ için illere göre $\bar{H}_T$ değeri

Şekil 2.8'den görüldüğü gibi 7 il arasında en fazla güneş ışıını Van ili almaktadır. En az güneş ışıını ise Ocak ile Nisan ayları arasında ve Aralık ayında Elazığ ilinde gerçekleşmektedir.

3. ISITILACAK MAHALLİN BÖLGELERE GÖRE AYLIK ORTALAMA ISI ENERJİSİ İHTİYACININ HESAPLANMASI

Güneş enerjisinden faydalanma oranı hesaplanan illerde örnek alınan bina için aylık ortalama ısı yükünün TS 825 standardına göre hesabı aşağıda verilmiştir[9]. Hesaplamalarda 100 m² kullanım alanına ve 316.81 m³ brüt hacme sahip bir bina esas alınarak ısı kayıpları derece gün bölgelerine göre hesaplanmıştır. Bina ile ilgili detaylar Ek 2’de ve bina projesi Ek 3’de verilmektedir.

İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı;

$$H_i = U_D A_D + U_p \cdot A_p + 0.8 U_T \cdot A_T + 0.5 U_t A_t + I U_i \quad (3.1)$$

eşitliği ile hesaplanmaktadır. Denklem 3.1’de verilen, U yapı bileşenlerinin toplam ısı taşınım katsayısını ve A yapı bileşenlerinin alanını göstermektedir.

Havalandırma yolu ile gerçekleşen ısı kaybı denklem 3.2’de görülmektedir.

$$H_h = 0.33 n_h \cdot V_h \quad (3.2)$$

Burada n_h hava değişim sayısını ve V_h havalandırılan hacmi göstermektedir. V_h TS 825 standardına göre brüt hacmin %80’ine eşittir.

Denklem 3.3’den görüldüğü gibi iletim ve havalandırma yolu ile gerçekleşen ısı kaybının toplamı binanın özgül ısı kaybını vermektedir.

$$H = H_i + H_h \quad (3.3)$$

Özgül ısı kaybı ile her ay için iç ve dış sıcaklık farkının çarpılması binanın aylık ısı kaybını vermektedir. TS 825 standardına göre iç sıcaklık 19 °C alınmaktadır.

Aylık iç ısı kazancı, brüt hacmin %32’sinin (A_n) 5 ile çarpılması ile Watt cinsinden hesaplanabilmektedir. Bu, denklem 3.4’de görülmektedir.

$$\Phi_{i,ay} \leq 5 \times A_n \quad (3.4)$$

Bina yüzeyinin güneşten aldığı aylık ortalama enerjiyi hesaplayan formül denklem 3.5’de görülmektedir.

$$\Phi_{g,ay} = \sum r_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i \quad (3.5)$$

Burada $r_{i,ay}$ i yönünde saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgelenme faktörü, $g_{i,ay}$ i yönündeki saydam elemanların güneş enerjisi geçirme faktörü, $I_{i,ay}$ i yönünde dik yüzeylere gelen aylık ortalama güneş ışıınımı şiddeti ve A_i i yönündeki toplam pencere alanı olarak tanımlanmaktadır.

Aylık ısı kazancının aylık ısı kaybına oranı denklem 3.6’da görülmektedir.

$$KKO_{ay} = (\Phi_{i,ay} + \Phi_{g,ay}) / H(T_{i,ay} - T_{d,ay}) \quad (3.6)$$

KKO_{ay} değerenin 2.5 ve üzerinde olduğu aylarda binanın ısı kaybı olmadığı kabul edilir.

Güneş enerjisinden gelen enerjinin bina tarafından yutulan kısmı için bir kayıp oranı hesaplanarak hesaba katılır, bu oran denklem 3.7’de görülmektedir.

$$\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKO_{ay})} \quad (3.7)$$

Toplam ısı kaybından toplam ısı kazancı çıkartılarak binanın aylık toplam ısı enerjisi ihtiyacı bulunmuş olur. Bu denklem 3.8’de görülmektedir.

$$Q_{ay} = [H(T_{i,ay} - T_{d,ay}) - \eta_{ay} (\Phi_{i,ay} + \Phi_{g,ay})] \Delta t \quad (3.8)$$

Burada Δt bir aydaki saniye sayısıdır.

Yukarıda verilen denklemlerden yola çıkarak örnek alınan bina için Diyarbakır, Şanlıurfa, Bingöl, Elazığ, Malatya, Erzurum ve Van illerinde aylık ortalama ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplanmıştır. Aylık ortalama ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplanırken iller derece gün bölgelerine göre ayrılmıştır. TS 825’e göre Diyarbakır ve Şanlıurfa 2. derece-gün bölgesinde, Bingöl, Elazığ ve Malatya 3. derece-gün bölgesinde, Erzurum ve Van 4. derece-gün bölgesinde bulunmaktadır. Elde edilen tasarım değerleri tablo 3.1, 3.2 ve 3.3’de görülmektedir.

Tablo 3.1 Örnek olarak alınan 100 m² oturma alanına sahip bina için ikinci derece gün bölgesinde (Diyarbakır, Şanlıurfa) aylık ortalama ısı enerjisi ihtiyacı

Aylar	Isı Kaybı			Isı Kazancı			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Özgül	Sıcaklık	Isı	İç Isı	Güneş	Toplam			
	Isı Kaybı	Farkı	Kayıpları	Kazancı	Enerjisi				
					Kazancı				
	H=Hi+Hb	Ti-Td	H(Ti-Td)	Φi	Φg	Φ=Φi+Φg	Υ	η _{ay}	Q _{ay}
	(W/K)	(K)	(W)	(W)	(W)	(W)	(-)	(-)	(kJ)
Ocak	238.85	15.7	3749	507	235	742	0.20	0.99	7813376
Şubat		14.5	3463		294	801	0.23	0.99	6920665
Mart		11.8	2818		365	872	0.31	0.96	5134440
Nisan		6.4	1528		381	888	0.58	0.82	2073185
Mayıs		1.2	286		453	960	3.36	0	0
Haziran		0	0		477	984	0	0	0
Temmuz		0	0		464	971	0	0	0
Ağustos		0	0		434	941	0	0	0
Eylül		0	0		366	873	0	0	0
Ekim		4.9	1170		297	804	0.69	0.77	1427984
Kasım		9.9	2364		224	731	0.31	0.96	4308526
Aralık		14.1	3367		206	713	0.21	0.99	6897648
							Q _{yıl} =ΣQ _{ay} =	34575824	

$$Q_{yıl} = (0.278 \cdot 1/1000) 34575824 = 9612 \text{ kWh}$$

$$\text{Bu bina için hesaplanmış olan ısı ihtiyacı } Q = Q_{yıl} / V_{brüt} = 9612 / 316.81 = 30.34 \text{ kWh/m}^3$$

$$\text{Bu bina için sınırlandırılan enerji ihtiyacı [10]. } Q' = 21.95(A_{top} / V_{brüt}) + 10.34$$

$$Q' = 21.95(329.034/316.8) + 10.34 = 33.14 \text{ kWh/m}^3$$

30.34 < 33.14 olduğundan bu bina için yapılmış olan ısı yalıtım projesi standarda uygundur.

Tablo 3.2 Örnek olarak alınan 100 m² oturma alanına sahip bina için üçüncü derece gün bölgesinde (Bingöl, Elazığ, Malatya) aylık ortalama ısı enerjisi ihtiyacı

Aylar	Isı Kaybı			Isı Kazancı			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Özgül	Sıcaklık	Isı	İç Isı	Güneş	Toplam			
	Isı Kaybı	Farkı	Kayıpları	Kazancı	Enerjisi				
					Kazancı				
	H=Hi+Hb (W/K)	Ti-Td (K)	H(Ti-Td) (W)	Φi (W)	Φg (W)	Φ=Φi+Φg (W)	Υ (-)	η _{ay} (-)	Q _{ay} (kJ)
Ocak	220.66	17.7	3905	507	235	742	0.19	0.99	8217728
Şubat		17.0	3751		294	801	0.21	0.99	7667161
Mart		14.0	3089		365	872	0.28	0.97	5814270
Nisan		9.2	2030		381	888	0.44	0.90	3190233
Mayıs		4.9	1081		453	960	0.89	0.67	1134777
Haziran		0.9	198		477	984	4.97	0	0
Temmuz		0	0		464	971	0	0	0
Ağustos		0	0		434	941	0	0	0
Eylül		2.5	551		366	873	1.58	0.47	364668
Ekim		7.7	1699		297	804	0.47	0.88	2569916
Kasım		12.5	2758		224	731	0.27	0.98	5291879
Aralık		16.4	3618		206	713	0.20	0.99	7548240
							Q _{yıl} =ΣQ _{ay} = 41798872		

$$Q_{yıl} = (0.278 \cdot 1/1000) 41798872 = 11620 \text{ kWh}$$

$$\text{Bu bina için hesaplanmış olan ısı ihtiyacı } Q = Q_{yıl} / V_{brüt} = 11620 / 316.81 = 36.68 \text{ kWh/m}^3$$

$$\text{Bu bina için sınırlandırılan enerji ihtiyacı [10]. } Q' = 21.74(A_{top} / V_{brüt}) + 16.05$$

$$Q' = 21.74(329.034/316.8) + 16.05 = 38.62 \text{ kWh/m}^3$$

36.68 < 38.62 olduğundan bu bina için yapılmış olan ısı yalıtım projesi standarda uygundur.

Tablo 3.3 Örnek olarak alınan 100 m² oturma alanına sahip bina için dördüncü derece gün bölgesinde(Erzurum, Van) aylık ortalama ısı enerjisi ihtiyacı

Aylar	Isı Kaybı			Isı Kazancı			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Özgül	Sıcaklık	Isı	İç Isı	Güneş	Toplam			
	Isı Kaybı	Farkı	Kayıpları	Kazancı	Enerjisi				
					Kazancı				
	H=Hi+Hb	Ti-Td	H(Ti-Td)	Φi	Φg	Φ=Φi+Φg	Υ	η _{ay}	Q _{ay}
	(W/K)	(K)	(W)	(W)	(W)	(W)	(-)	(-)	(kJ)
Ocak	198.32	24.2	4799	507	235	742	0.15	1.00	10515744
Şubat		23.1	4581		294	801	0.17	1.00	9797760
Mart		20.3	4025		365	872	0.22	0.99	8195178
Nisan		13.9	2756		381	888	0.32	0.96	4933923
Mayıs		8.9	1765		453	960	0.54	0.84	2484691
Haziran		5.5	1090		477	984	0.90	0.67	1116426
Temmuz		1.8	356		464	971	2.73	0	0
Ağustos		1.8	356		434	941	2.64	0	0
Eylül		5.8	1150		366	873	0.76	0.73	1328944
Ekim		12.1	2399		297	804	0.34	0.95	4238438
Kasım		17.7	3510		224	731	0.21	0.99	7222115
Aralık		22	4363		206	713	0.16	1.00	9460800
							Q _{yıl} =ΣQ _{ay} =	59294019	

$$Q_{yıl} = (0.278 \cdot 1/1000) 59294019 = 16483 \text{ kWh}$$

$$\text{Bu bina için hesaplanmış olan ısı ihtiyacı } Q = Q_{yıl} / V_{brüt} = 16483 / 316.81 = 52.03 \text{ kWh/m}^3$$

$$\text{Bu bina için sınırlandırılan enerji ihtiyacı [10]. } Q' = 26.5(A_{top} / V_{brüt}) + 28.06$$

$$Q' = 26.5(329.034/316.8) + 28.06 = 55.57 \text{ kWh/m}^3$$

52.03 < 55.57 olduğundan bu bina için yapılmış olan ısı yalıtım projesi standarda uygundur.

4.GÜNEŞ ENERJİSİ DESTEKLİ MAHAL ISITILMASINDA FAYDALI ENERJİNİN HESAPLANMASI

İkinci Bölümde hesaplanan eğik yüzeylere gelen aylık ortalama günlük tüm güneş ışınlamı ($\overline{H_T}$) miktarları ve 3. bölümde hesaplanan ısıtılacak mahallin aylık ortalama ısı enerjisi ihtiyacı değerlerini kullanarak güneş enerjisi destekli mahal ısıtılmasında faydalı enerji oranını tesbit etmek mümkündür. Bunun için f-grafik yöntemi diye bilinen ve aşağıda detayları verilen yöntem kullanılmaktadır[11].

4.1. f-Grafik yöntemi

Güneş enerjisi destekli ısıtma sistemlerinde kullanılacak optimum kollektör alanının belirlenebilmesi için oldukça zaman alıcı işlemler gerekmektedir. Optimum kollektör alanının veya faydalı güneş enerjisi oranının tesbiti için sistem üzerinde uzun süreli deneyler yapılmış ve çeşitli formüller türetilmiştir[11]. Bu yöntem f-grafik yöntemi olarak bilinmekte ve aşağıdaki denklemlerle tanımlanmaktadır.

Bu yöntemde faydalı güneş enerjisi oranının hesaplanabilmesi için aşağıda tanımlanan X ve Y parametrelerini hesaplamak gerekmektedir.

$$\frac{X}{A_c} = (F_R U_c) \frac{F'_R}{F_R} (100 - \overline{T_a}) \frac{\Delta t}{Q_{ay}} \quad (4.1)$$

Denklem 4.1'de verilen eşitlikte X'in fiziksel anlamı, $\frac{\text{Kollektör Toplam Isı Kaybı}}{\text{Bina Isı Kaybı}}$ olarak tanımlanmaktadır[12]. Buradaki A_c ısıtılacak mahalde kullanılacak toplam kollektör alanını, $(F_R U_c)$ değeri ise kollektöre ait verim eğrisinden okunur ve kollektör verim eğrisinin eğimine eşittir. $\frac{F'_R}{F_R}$ kollektör ısı değiştirici düzeltme faktörünü, $\overline{T_a}$ aylık ortalama dış sıcaklık değerini, Δt saniye olarak bir aydaki toplam süreyi ve Q_{ay} ise ısıtılacak mahallin aylık ortalama enerji ihtiyacını ifade etmektedir.

$$\frac{Y}{A_c} = [F_R (\tau \alpha)_n] \frac{F'_R}{F_R} \left[\frac{\overline{\tau \alpha}}{(\tau \alpha)_n} \right] \frac{N \overline{H_T}}{Q_{ay}} \quad (4.2)$$

Denklem 4.2’de verilen eşitlikte Y ‘nin fiziksel anlamı,

Eğimli Yüzey İle Absorbe Edilen Güneş Enerjisi
Bina Isı Kaybı olarak tanımlanmaktadır. Burada $F_R.(\tau\alpha)_n$

ifadesi kullanılacak kollektöre ait verim eğrisinin y eksenin kestiği noktadır. $(\overline{\tau\alpha})$ ise geçiş – yutma sayısının aylık ortalamasını, $(\tau\alpha)_n$ dikey doğru ışınım için geçiş – yutma katsayısını ve N ifadesi bir aydaki gün sayısını göstermektedir.

Denklem 4.3’de verilen eşitlikte denklem 4.1 ve denklem 4.2’de hesap yöntemi verilen X ve Y parametreleri kullanılarak güneş enerjisi destekli mahal ısıtılmasında faydalı enerji hesaplanabilmektedir.

$$f = 1.029Y - 0.065X - 0.245Y^2 + 0.0018X^2 + 0.0215Y^3 \quad (4.3)$$

Buradaki f değerinin fiziksel anlamı, Bir Aydaki Yararlı Güneş Enerjisi
Bina Isı Kaybı olarak

tanımlanmaktadır. Ancak bu eşitliğin doğru sonuç verebilmesi için kullanılan verilerle ilgili bazı sınırlamalara uymak gerekmektedir. Bu sınırlamalar aşağıda belirtilmektedir.

$$0 < Y < 3 \quad 0 < X < 18 \quad 0.6 \leq (\tau\alpha)_n \leq 0.9 \quad 5 \leq F_R A_C \leq 120 \text{ m}^2 \quad 2.1 \leq U_C \leq 8.3 \text{ W/ m}^2 \text{ K} \\ 30 \leq s \leq 90 \quad 83 \leq U_C A_C \leq 667 \text{ W/ } ^\circ\text{C}$$

4.2. Güneş Enerjisi Destekli Mahal Isıtılmasında Faydalı Enerjinin f-Grafik Yöntemi Kullanılarak Matlab Bilgisayar Programı Yardımı İle Hesaplanması

Elazığ, Malatya, Erzurum, Bingöl, Van, Diyarbakır, Şanlıurfa illerinde yıllık ortalama enerji ihtiyacı bölüm 3’te hesaplanan bina için 16 m², 32 m², 48 m² kollektör alanı kullanılarak güneş enerjisi destekli mahal ısıtılmasında faydalı enerji tesbit edilip, Matlab bilgisayar programı yardımı ile hesaplanarak tablo ve grafikler halinde aşağıda gösterilmiştir. Matlab’da yapılan bilgisayar programı Ek 4’de verilmiştir.

Hesaplarda kullanılan $(F_R.U_C)$, $(F_R.(\tau\alpha)_n)$, $(\frac{F'_R}{F_R})$ ve $(\overline{\tau\alpha}) / (\tau\alpha)_n$ değerleri her il için ortak

olarak alınıp aşağıda gösterilmektedir.

$$F_R.U_C = 5.2 \text{ W/ m}^2 \text{ K}, F_R.(\tau\alpha)_n = 0.83, \frac{F'_R}{F_R} = 0.93, (\overline{\tau\alpha}) / (\tau\alpha)_n = 0.9$$

$F_R.U_C$ ve $F_R.(\tau\alpha)_n$ değerleri çeşitli kollektör verim eğrileri incelenerek elde edilen verilerin ortalaması hesaplamalarda kullanılmıştır[13]. $\frac{F'_R}{F_R}$ değeri 0.9 ile 0.95 arasında olmak üzere 0.93 seçilmiştir[14]. $(\overline{\tau\alpha}) / (\tau\alpha)_n$ değeri siyah boyalı çift cam örtülü toplayıcıların aylık ortalama değerleri incelenerek 0.9 olarak seçilmiştir[8].

Tüm bu değerler göz önüne alınarak, bir örnek teşkil etmesi açısından Elazığ ilinde 100 m^2 alana sahip bina için güneşten faydalanma(f) oranını, 16 m^2 kollektör alanı için Aralık ayı için yapılan hesaplamalar aşağıda gösterilmiştir.

Denklem 2.1'de görüldüğü gibi Aralık ayı için $n = 345$ olarak deklinasyon açısını hesaplırsak,

$$\delta = 23.45 \sin[360(284 + 15)/365] = -23.1206^\circ \text{ olarak bulunur.}$$

Denklem 2.2'de görüldüğü gibi Elazığ ili için enlem açısını 38.41° olarak güneş doğuş saat açısını hesaplırsak,

$$w_s = \cos^{-1}[-\tan(38.41)\tan(-23.1206)] = 70.21^\circ \text{ olarak bulunur.}$$

Denklem 2.3'de görüldüğü gibi kollektör eğim açısını 53.41° olarak eğik yüzey güneş doğuş saat açısını hesaplırsak,

$$w'_s = \min[\cos^{-1}(-\tan(L)\tan(\delta)), \cos^{-1}(-\tan(L - s)\tan(\delta))]$$

$$\cos^{-1}(-\tan(38.41 - 53.41)\tan(-23.1206)) = 96.56^\circ$$

$$w'_s = \min[70.21^\circ, 96.56^\circ] \text{ olduğundan } w'_s = 70.21^\circ \text{ olarak bulunur.}$$

Denklem 2.4'de görüldüğü gibi aylık ortalama direk ışıınım eğim faktörünü yukarıda bulunan değerlere göre hesaplırsak,

$$\overline{R_b} = \frac{\cos(38.41 - 53.41) \cos(-23.1206) \sin(70.21) + 70.21 (\pi/180) \sin(38.41 - 53.41) \sin(-23.1206)}{\cos(38.41) \cos(-23.1206) \sin(70.21) + 70.21 (\pi/180) \sin(38.41) \sin(-23.1206)}$$

$$\overline{R_b} = 2.53 \text{ olarak bulunur.}$$

Denklem 2.5’de görüldüğü gibi atmosfer dışından gelen değişken radyasyon değerini

(normal doğrultudaki) ortalama güneş ışıınım şiddetini $\left(116.9 \frac{\text{MJ}}{\text{m}^2 \text{gün}} \right)$ olarak hesaplıarsak,

$$I_e = 116.9 \left[1 + 0.033 \cos\left(\frac{360 \times 15}{365}\right) \right] = 120.53 \left(\frac{\text{MJ}}{\text{m}^2 \text{gün}} \right) \text{ olarak bulunur.}$$

Denklem 2.6’de görüldüğü gibi atmosfer dışından yatay yüzeye gelen ışıınım değerini hesaplıarsak,

$$I_0 = \frac{I_e}{\pi} [70.21(\pi/180)\sin(-23.1206)\sin(38.41) + \cos(-23.1206)\sin(70.21)\cos(38.41)]$$

$$I_0 = 14.55 \left(\frac{\text{MJ}}{\text{m}^2 \text{gün}} \right) \text{ olarak bulunur.}$$

Denklem 2.7’de görüldüğü gibi berraklık indisi hesaplanır. Burada yatay yüzeye gelen aylık ortalama günlük tüm güneş ışıınımı değeri tablo 2.4’den Elazığ ili aralık ayının değeri alınmıştır.

$$K_T = \frac{5.42}{14.55} = 0.37 \text{ olarak bulunur.}$$

Denklem 2.8’de görüldüğü gibi aylık ortalama günlük tüm yayılı ışıınım değerinin yatay yüzeye gelen aylık ortalama günlük tüm güneş ışıınımı değerine oranını hesaplıarsak.

$$\frac{H_d}{H} = 1.390 - 4.027 \times 0.37 + 5.531 \times 0.37^2 - 3.108 \times 0.37^3 = 0.49 \text{ olarak hesaplanır.}$$

Denklem 2.9’de görüldüğü gibi yansıtma oranını 0.2 alarak aylık ortalama ışıınım eğim faktörünü hesaplıarsak,

$$\bar{R} = (1 - 0.49)2.53 + \frac{1}{2} \times 0.49 (1 + \cos(53.41)) + \frac{1}{2} \times 0.2 (1 - \cos(53.41))$$

$\bar{R} = 1.71$ olarak hesaplanır.

Denklem 2.10'da verilen ifade kullanılarak, aylık ortalama radyasyon eğim faktörü ile yatay yüzeye gelen aylık ortalama günlük tüm güneş ışıınımı değeri hesaba katılarak 53.41° eğimli yüzeye gelen aylık ortalama günlük tüm güneş ışıınımı değeri bulunabilir.

$$\bar{H}_T = 1.71 \times 5.42 = 9.27 \left(\frac{\text{MJ}}{\text{m}^2 \text{gün}} \right) = 9270000 \left(\frac{\text{J}}{\text{m}^2 \text{gün}} \right)$$

Bu değeri tablo 2.4 ve 4.16'da görölmektedir.

Aralık ayında eğik yüzeye gelen aylık ortalama günlük tüm güneş ışıınımı miktarı hesaplandıktan sonra f-grafik yöntemi kullanılarak Elazığ ilinde 100 m^2 alana sahip bina için 16 m^2 kollektör alanı kullanılarak aralık ayı için güneşten faydalanma oranı hesaplanabilir. Hesaplamalar aşağıda görölmektedir.

$$F_R \cdot U_C = 5.2 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}, F_R \cdot (\tau\alpha)_n = 0.83, \frac{F'_R}{F_R} = 0.93, \frac{(\tau\alpha)}{(\tau\alpha)_n} = 0.9$$

$$N = 31 (\text{Aralık ayı gün sayısı})$$

$$\Delta t = 31 \times 86400 = 2678400 \text{ (sn)}$$

Aralık ayının aylık ortalama sıcaklık değeri tablo 4.16'dan alınarak hesaba katılır $\bar{T}_a = 2.28 \text{ (}^\circ\text{C)}$ Elazığ ilinde TS 825'e göre yapılan hesapta Aralık ayı için 100 m^2 alana sahip bina için ısı kaybı $Q_{ay} = 7548240000 \text{ (J)}$ olarak hesaplanmıştır.

$$\frac{X}{16} = 5.2 \times 0.93 (100 - 2.28) \frac{2678400}{7548240000}$$

bu işlem yapılırsa $X = 2.68$ olarak bulunur.

$$\frac{Y}{16} = 0.83 \times 0.93 \times 0.9 \times \frac{31 \times 9270000}{7548240000}$$

bu işlem yapılırsa $Y = 0.42$ olarak bulunur.

$$f = 1.029 \times 0.42 - 0.065 \times 2.68 - 0.245 \times 0.42^2 + 0.0018 \times 2.68^2 + 0.0215 \times 0.42^3$$

$f = 0.23$ olarak bulunur. Bu değeri tablo 4.17'de görölmektedir.

Aşağıda verilen tablo ve şekillerde güneş enerjisinden faydalanma oranları incelenen iller için Matlab bilgisayar programında yapılan hesaplamalar görülmektedir.

4.2.1 Diyarbakır İlinde 16 m², 32 m², 48 m² Kollektör Alanı Kullanılarak Mahal Isıtılmasında Yararlı Güneş Enerjisinin Aylara Göre Değerleri

$$L = 37.55^\circ, s = 52.55^\circ, \rho = 0.2$$

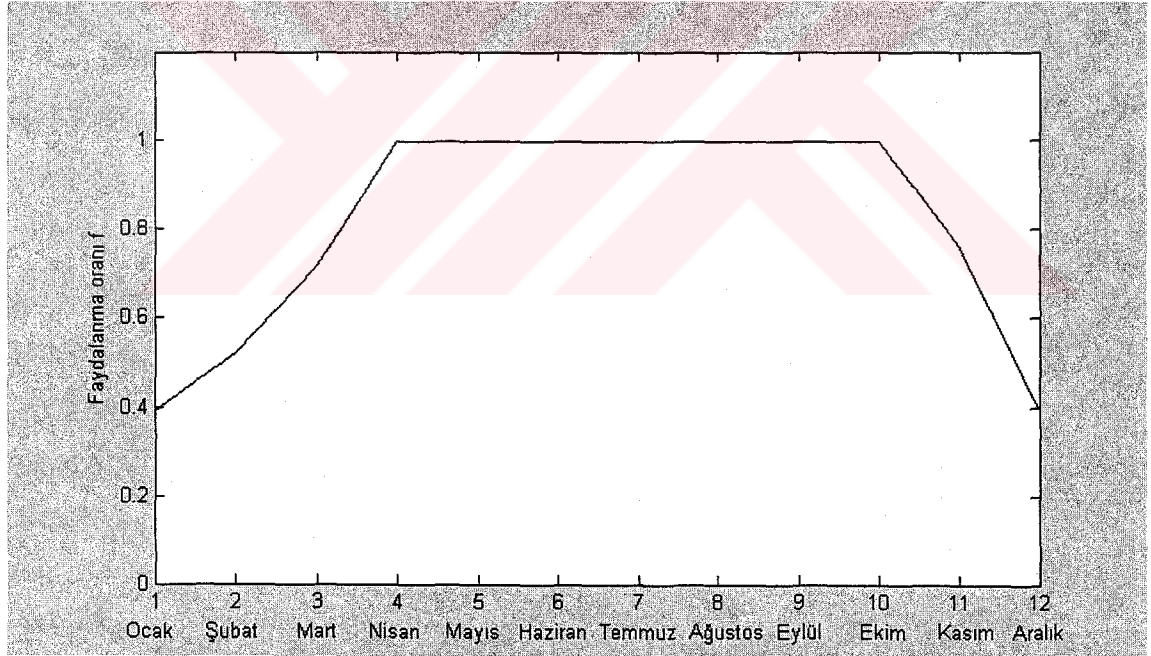
Tablo 4.1 Diyarbakır ilinde 52.55° eğimli yüzeye gelen aylık ortalama günlük tüm güneş ışıınımı değerleri

AY	$\bar{T}_a$ (°C)	$\bar{H}$ (MJ/m ² gün)	Ayın Ortalama Gün Sayısı	$\bar{K}_T$	$\bar{H}_d/\bar{H}$	$\bar{R}_B$	$\bar{R}$	$\bar{H}_T$ (52.55°) (MJ/m ² gün)
OCAK	2.91	7.9	15	0.48	0.38	2.30	1.76	13.948
ŞUBAT	3.76	11.75	45	0.55	0.32	1.80	1.51	17.775
MART	8.19	15.53	75	0.54	0.33	1.30	1.17	18.295
NİSAN	13.18	19.73	105	0.56	0.31	0.93	0.93	18.447
MAYIS	19.34	24.92	135	0.63	0.27	0.72	0.78	19.589
HAZİRAN	26.7	28.3	165	0.68	0.22	0.63	0.71	20.256
TEMMUZ	31.42	27.22	195	0.67	0.23	0.66	0.74	20.153
AĞUSTOS	30.34	24.72	225	0.66	0.24	0.81	0.85	21.122
EYLÜL	24.3	21.04	255	0.67	0.23	1.10	1.07	22.598
EKİM	17.16	14.84	285	0.61	0.28	1.55	1.37	20.430
KASIM	9.14	10.3	315	0.56	0.31	2.07	1.70	17.608
ARALIK	3.91	7.02	345	0.46	0.40	2.45	1.83	12.874

Diyarbakır ilinde 16 m^2 kolektör alanı için mahal ısıtılmasında faydalı güneş enerjisi oranları tablo 4.2 ve şekil 4.1’de görülmektedir.

Tablo 4.2 Diyarbakır ilinde 16 m^2 kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı

AY	Aylık gün sayısı	$\bar{H}_T$ (52.55°) (MJ/m ² gün)	Bina ısı kaybı (kJ)	X	Y	f
OCAK	31	13.948	7813376	2.57	0.61	0.38
ŞUBAT	28	17.775	6920665	2.60	0.79	0.52
MART	31	18.295	5134440	3.70	1.22	0.71
NİSAN	30	18.447	2073185	8.39	2.96	1
MAYIS	31	19.589	0	-	-	1
HAZİRAN	30	20.256	0	-	-	1
TEMMUZ	31	20.153	0	-	-	1
AĞUSTOS	31	21.122	0	-	-	1
EYLÜL	30	22.598	0	-	-	1
EKİM	31	20.430	1427984	12.02	4.92	1
KASIM	30	17.608	4308526	4.22	1.36	0.75
ARALIK	31	12.874	6897648	2.88	0.64	0.39

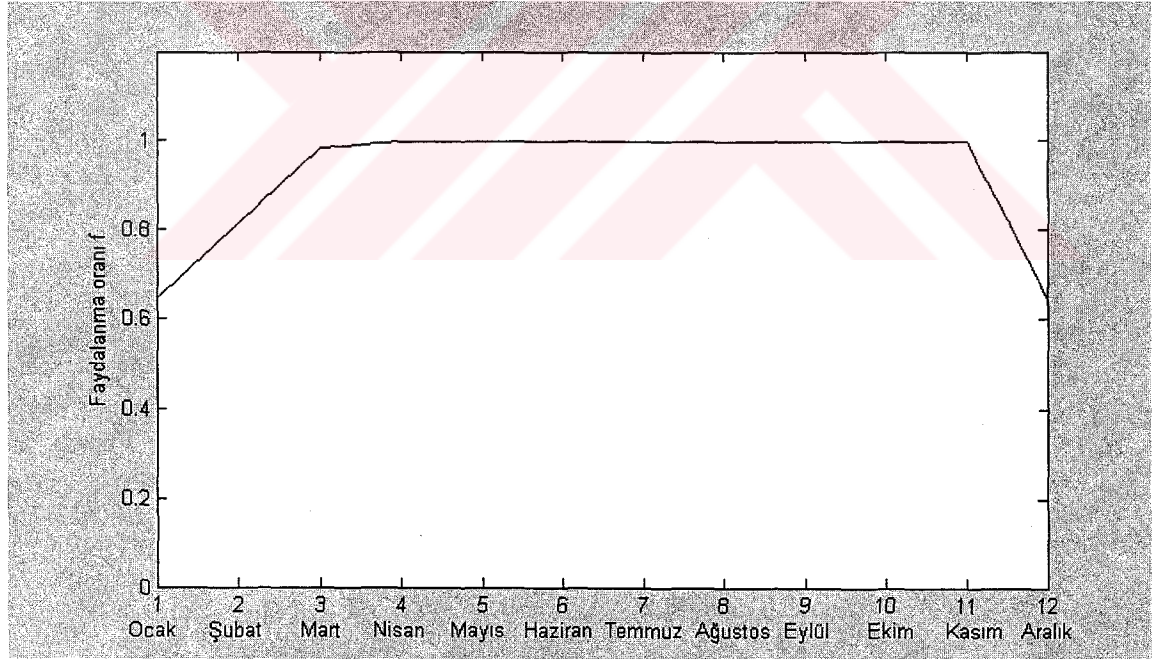


Şekil 4.1 Diyarbakır ilinde 16 m^2 kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı

Diyarbakır ilinde 32 m² kolektör alanı için mahal ısıtılmasında faydalı güneş enerjisi oranları tablo 4.3 ve şekil 4.2’de görülmektedir.

Tablo 4.3 Diyarbakır ilinde 32 m² kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı

AY	Aylık gün sayısı	$\bar{H}_T$ (52.55°) (MJ/m ² gün)	Bina ısı kaybı (kJ)	X	Y	f
OCAK	31	13.948	7813376	5.15	1.23	0.64
ŞUBAT	28	17.775	6920665	5.20	1.59	0.81
MART	31	18.295	5134440	7.41	2.45	0.98
NİSAN	30	18.447	2073185	16.79	5.93	1
MAYIS	31	19.589	0	-	-	1
HAZİRAN	30	20.256	0	-	-	1
TEMMUZ	31	20.153	0	-	-	1
AĞUSTOS	31	21.122	0	-	-	1
EYLÜL	30	22.598	0	-	-	1
EKİM	31	20.430	1427984	-	-	1
KASIM	30	17.608	4308526	8.45	2.72	0.99
ARALIK	31	12.874	6897648	5.77	1.28	0.64

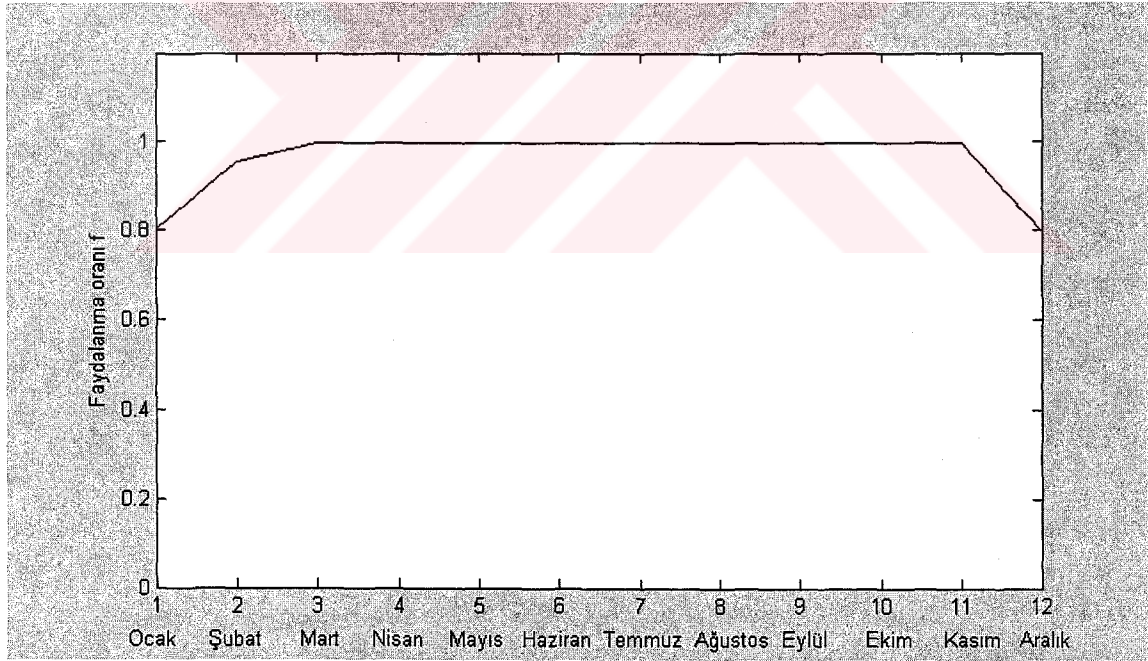


Şekil 4.2 Diyarbakır ilinde 32 m² kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı

Diyarbakır ilinde 48 m^2 kolektör alanı için mahal ısıtılmasında faydalı güneş enerjisi oranları tablo 4.4 ve şekil 4.3’de görülmektedir.

Tablo 4.4 Diyarbakır ilinde 48 m^2 kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı

AY	Aylık gün sayısı	$\bar{H}_T$ (52.55°) (MJ/m ² gün)	Bina ısı kaybı (kJ)	X	Y	f
OCAK	31	13.948	7813376	7.72	1.84	0.80
ŞUBAT	28	17.775	6920665	7.80	2.39	0.95
MART	31	18.295	5134440	11.11	3.68	1
NİSAN	30	18.447	2073185	-	-	1
MAYIS	31	19.589	0	-	-	1
HAZİRAN	30	20.256	0	-	-	1
TEMMUZ	31	20.153	0	-	-	1
AĞUSTOS	31	21.122	0	-	-	1
EYLÜL	30	22.598	0	-	-	1
EKİM	31	20.430	1427984	-	-	1
KASIM	30	17.608	4308526	12.68	4.08	1
ARALIK	31	12.874	6897648	8.66	1.92	0.79

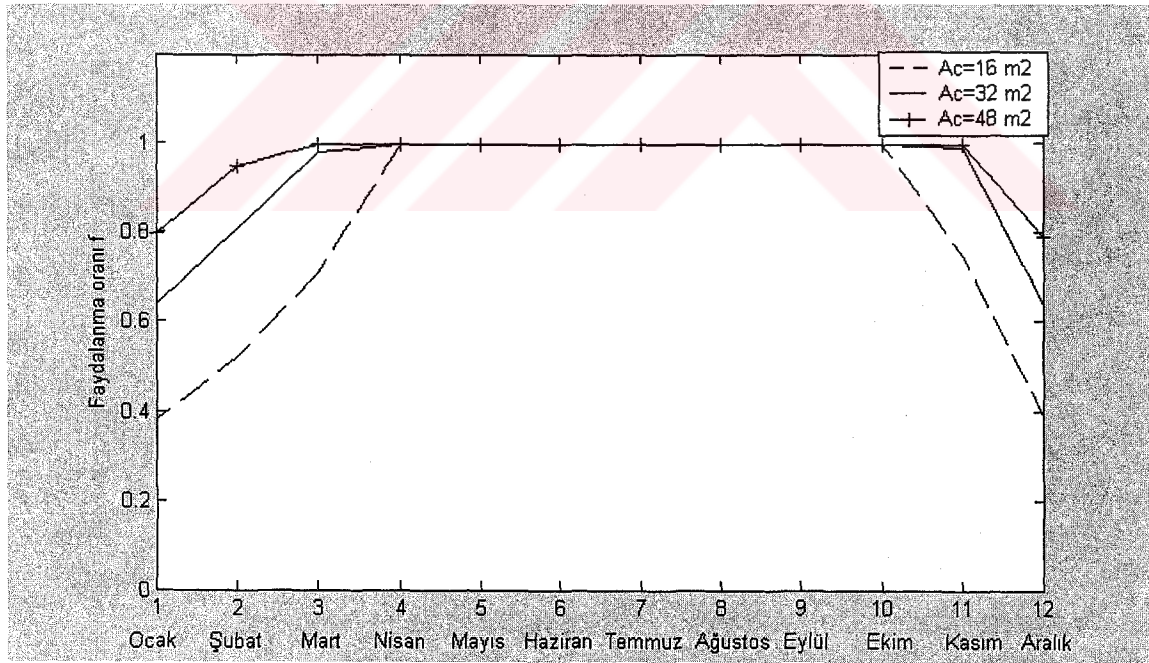


Şekil 43 Diyarbakır ilinde 48 m^2 kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı

Diyarbakır ilinde örnek olarak alınan 100 m² alana sahip bina için 16 m², 32 m² ve 48 m² kollektör alanı kullanılarak her ay için güneşten faydalanma oranları yukarıda ayrıntılı bir şekilde gösterildikten sonra tablo 4.5 ve şekil 4.4’de bu değerler kıyaslama yapabilme açısından birlikte görülmektedir.

Tablo 4.5 Diyarbakır ilinde 16 m², 32 m², 48 m² kollektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranları

AY	Kollektör alanı = 16 m ² Faydalanma oranı (f)	Kollektör alanı = 32 m ² Faydalanma oranı (f)	Kollektör alanı = 48 m ² Faydalanma oranı (f)
OCAK	0.38	0.64	0.80
ŞUBAT	0.52	0.81	0.95
MART	0.71	0.98	1
NİSAN	1	1	1
MAYIS	1	1	1
HAZİRAN	1	1	1
TEMMUZ	1	1	1
AĞUSTOS	1	1	1
EYLÜL	1	1	1
EKİM	1	1	1
KASIM	0.75	0.99	1
ARALIK	0.39	0.64	0.79



Şekil 4.4 Diyarbakır ilinde 16 m², 32 m², 48 m² kollektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı

4.2.2 Şanlıurfa İlinde 16 m², 32 m², 48 m² Kollektör Alanı Kullanılarak Mahal Isıtılmasında Yararlı Güneş Enerjisinin Aylara Göre Değerleri

$$L = 37.08^\circ, s = 52.08^\circ, \rho=0.2$$

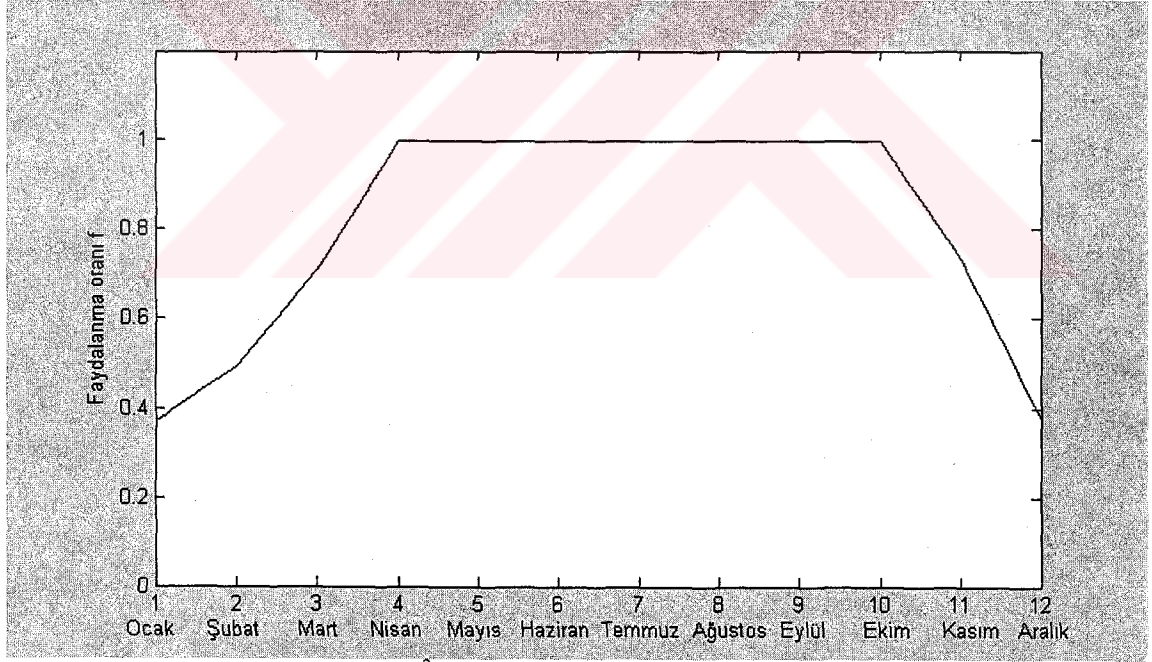
Tablo 4.6 Şanlıurfa ilinde 52.08° eğimli yüzeye gelen aylık ortalama günlük tüm güneş ışıınımı değerleri

AY	$\bar{T}_a$ (°C)	$\bar{H}$ (MJ/m ² gün)	Ayın Ortalama Gün Sayısı	$\bar{K}_T$	$\bar{H}_d/\bar{H}$	$\bar{R}_B$	$\bar{R}$	$\bar{H}_T$ (52.08°) (MJ/m ² gün)
OCAK	6.47	7.68	15	0.46	0.40	2.26	1.71	13.186
ŞUBAT	7.36	11.33	45	0.52	0.34	1.78	1.47	16.764
MART	11.1	15.26	75	0.53	0.34	1.29	1.16	17.812
NİSAN	15.83	19.54	105	0.55	0.32	0.93	0.93	18.223
MAYIS	22.95	24.30	135	0.61	0.28	0.72	0.78	19.123
HAZİRAN	28.8	27.47	165	0.66	0.24	0.63	0.71	19.745
TEMMUZ	32.62	26.25	195	0.64	0.25	0.66	0.74	19.507
AĞUSTOS	31.34	23.41	225	0.63	0.27	0.81	0.85	19.973
EYLÜL	26.43	19.77	255	0.62	0.27	1.10	1.06	20.954
EKİM	20.55	14.37	285	0.58	0.30	1.53	1.35	19.442
KASIM	13.29	10.04	315	0.54	0.33	2.04	1.66	16.762
ARALIK	7.91	6.87	345	0.44	0.41	2.41	1.78	12.249

Şanlıurfa ilinde 16 m^2 kolektör alanı için mahal ısıtılmasında faydalı güneş enerjisi oranları tablo 4.7 ve şekil 4.5’de görülmektedir.

Tablo 4.7 Şanlıurfa ilinde 16 m^2 kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı

AY	Aylık gün sayısı	$\bar{H}_T$ (52.08°) ($\text{MJ/m}^2 \text{ gün}$)	Bina ısı kaybı (kJ)	X	Y	f
OCAK	31	13.186	7813376	2.48	0.58	0.36
ŞUBAT	28	16.764	6920665	2.50	0.75	0.49
MART	31	17.812	5134440	3.58	1.19	0.70
NİSAN	30	18.223	2073185	8.14	2.93	1
MAYIS	31	19.123	0	-	-	1
HAZİRAN	30	19.745	0	-	-	1
TEMMUZ	31	19.507	0	-	-	1
AĞUSTOS	31	19.973	0	-	-	1
EYLÜL	30	20.954	0	-	-	1
EKİM	31	19.442	1427984	11.53	4.69	1
KASIM	30	16.762	4308526	4.03	1.29	0.73
ARALIK	31	12.249	6897648	2.76	0.61	0.37

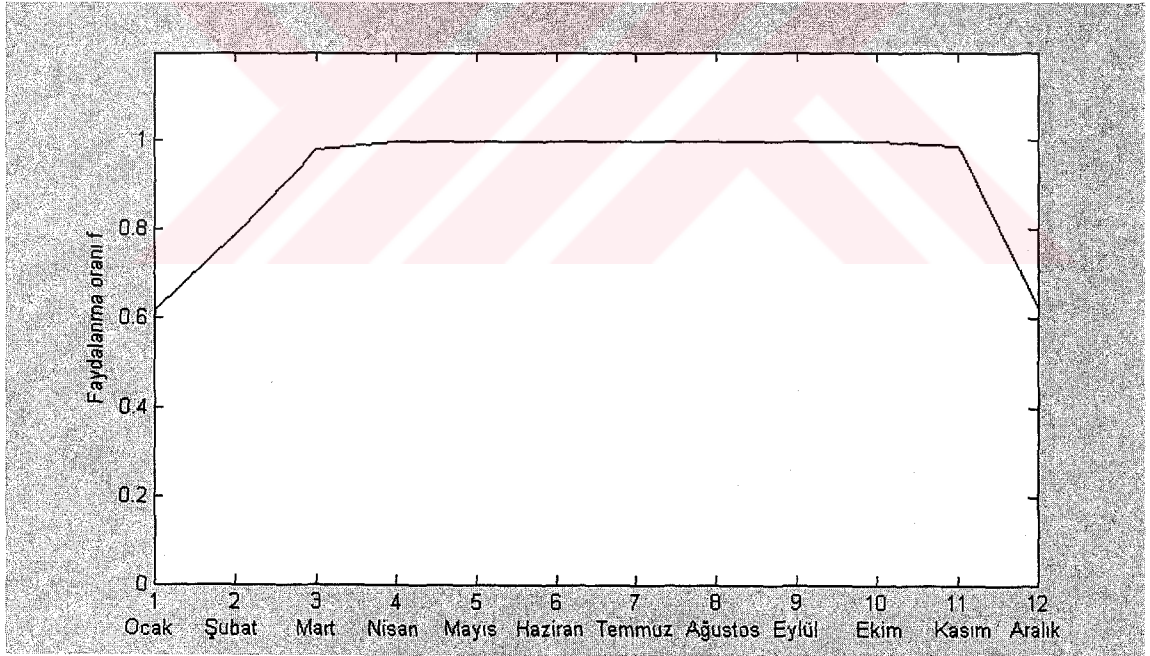


Şekil 4.5 Şanlıurfa ilinde 16 m^2 kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı

Şanlıurfa ilinde 32 m^2 kolektör alanı için mahal ısıtılmasında faydalı güneş enerjisi oranları tablo 4.8 ve şekil 4.6’de görülmektedir.

Tablo 4.8 Şanlıurfa ilinde 32 m^2 kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı

AY	Aylık gün sayısı	$\bar{H}_T$ (52.08°) (MJ/m ² gün)	Bina ısı kaybı (kJ)	X	Y	f
OCAK	31	13.186	7813376	4.96	1.16	0.62
ŞUBAT	28	16.764	6920665	5.01	1.50	0.78
MART	31	17.812	5134440	7.17	2.39	0.97
NİSAN	30	18.223	2073185	16.28	5.86	1
MAYIS	31	19.123	0	-	-	1
HAZİRAN	30	19.745	0	-	-	1
TEMMUZ	31	19.507	0	-	-	1
AĞUSTOS	31	19.973	0	-	-	1
EYLÜL	30	20.954	0	-	-	1
EKİM	31	19.442	1427984	-	-	1
KASIM	30	16.762	4308526	8.07	2.59	0.98
ARALIK	31	12.249	6897648	5.53	1.22	0.62

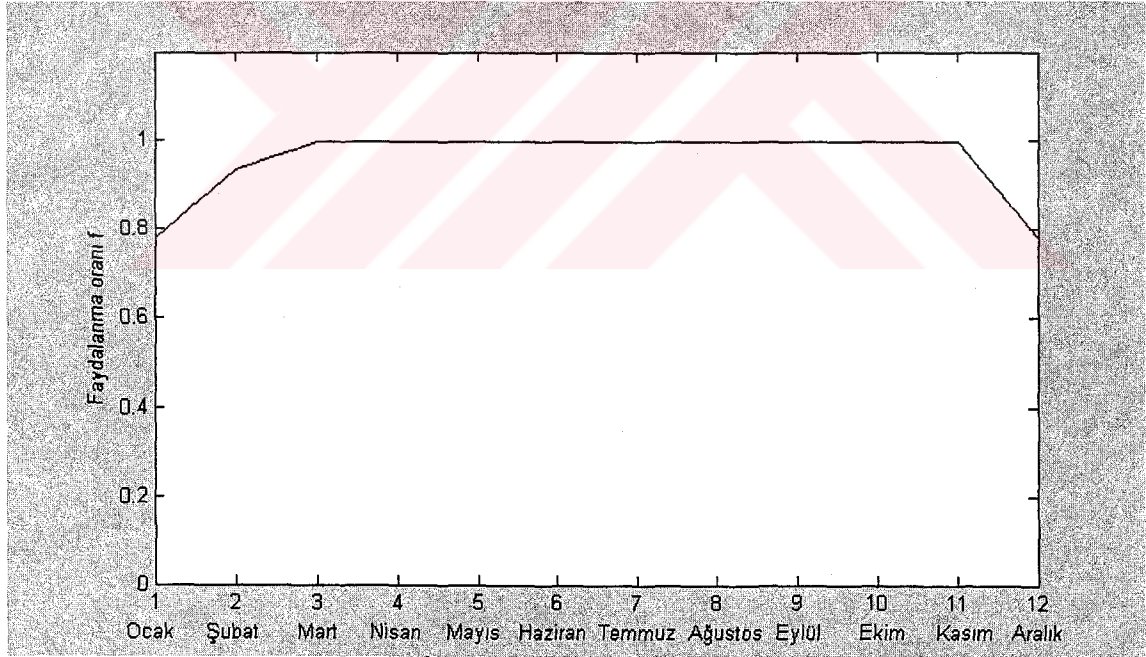


Şekil 4.6 Şanlıurfa ilinde 32 m^2 kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı

Şanlıurfa ilinde 48 m^2 kolektör alanı için mahal ısıtılmasında faydalı güneş enerjisi oranları tablo 4.9 ve şekil 4.7’de görülmektedir.

Tablo 4.9 Şanlıurfa ilinde 48 m^2 kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı

AY	Aylık gün sayısı	$\bar{H}_T$ (52.08°) ($\text{MJ}/\text{m}^2 \text{ gün}$)	Bina ısı kaybı (kJ)	X	Y	f
OCAK	31	13.186	7813376	7.44	1.74	0.77
ŞUBAT	28	16.764	6920665	7.51	2.26	0.93
MART	31	17.812	5134440	10.76	3.58	1
NİSAN	30	18.223	2073185	-	-	1
MAYIS	31	19.123	0	-	-	1
HAZİRAN	30	19.745	0	-	-	1
TEMMUZ	31	19.507	0	-	-	1
AĞUSTOS	31	19.973	0	-	-	1
EYLÜL	30	20.954	0	-	-	1
EKİM	31	19.442	1427984	-	-	1
KASIM	30	16.762	4308526	12.10	3.89	1
ARALIK	31	12.249	6897648	8.30	1.83	0.78

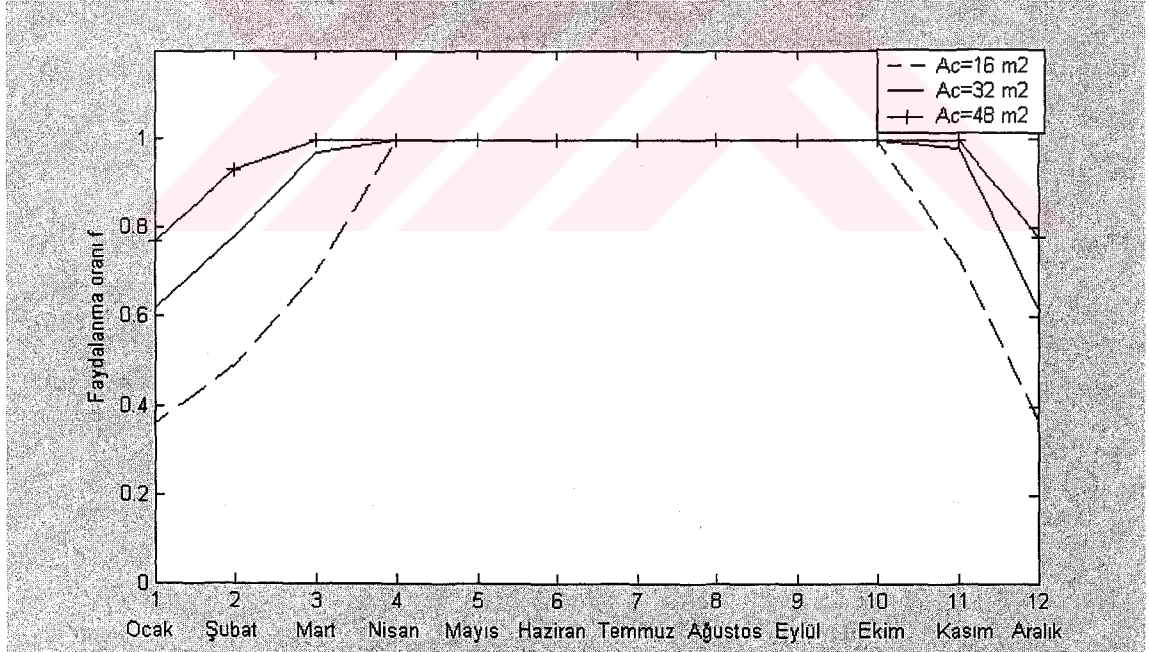


Şekil 4.7 Şanlıurfa ilinde 48 m^2 kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı

Şanlıurfa ilinde örnek olarak alınan 100 m² alana sahip bina için 16 m², 32 m² ve 48 m² kolektör alanı kullanılarak her ay için güneşten faydalanma oranları yukarıda ayrıntılı bir şekilde gösterildikten sonra tablo 4.10 ve şekil 4.8’de bu değerler kıyaslama yapabilme açısından birlikte görülmektedir.

Tablo 4.10 Şanlıurfa ilinde 16 m², 32 m², 48 m² kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranları

AY	Kolektör alanı = 16 m ² Faydalanma oranı (f)	Kolektör alanı = 32 m ² Faydalanma oranı (f)	Kolektör alanı = 48 m ² Faydalanma oranı (f)
OCAK	0.36	0.62	0.77
ŞUBAT	0.49	0.78	0.93
MART	0.70	0.97	1
NİSAN	1	1	1
MAYIS	1	1	1
HAZİRAN	1	1	1
TEMMUZ	1	1	1
AĞUSTOS	1	1	1
EYLÜL	1	1	1
EKİM	1	1	1
KASIM	0.73	0.98	1
ARALIK	0.37	0.62	0.78



Şekil 4.8 Şanlıurfa ilinde 16 m², 32 m², 48 m² kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı

4.2.3 Bingöl İlinde 16 m², 32 m², 48 m² Kollektör Alanı Kullanılarak Mahal Isıtılmasında Yararlı Güneş Enerjisinin Aylara Göre Değerleri

$$L = 38.53^\circ, s = 53.53^\circ, \rho = 0.2$$

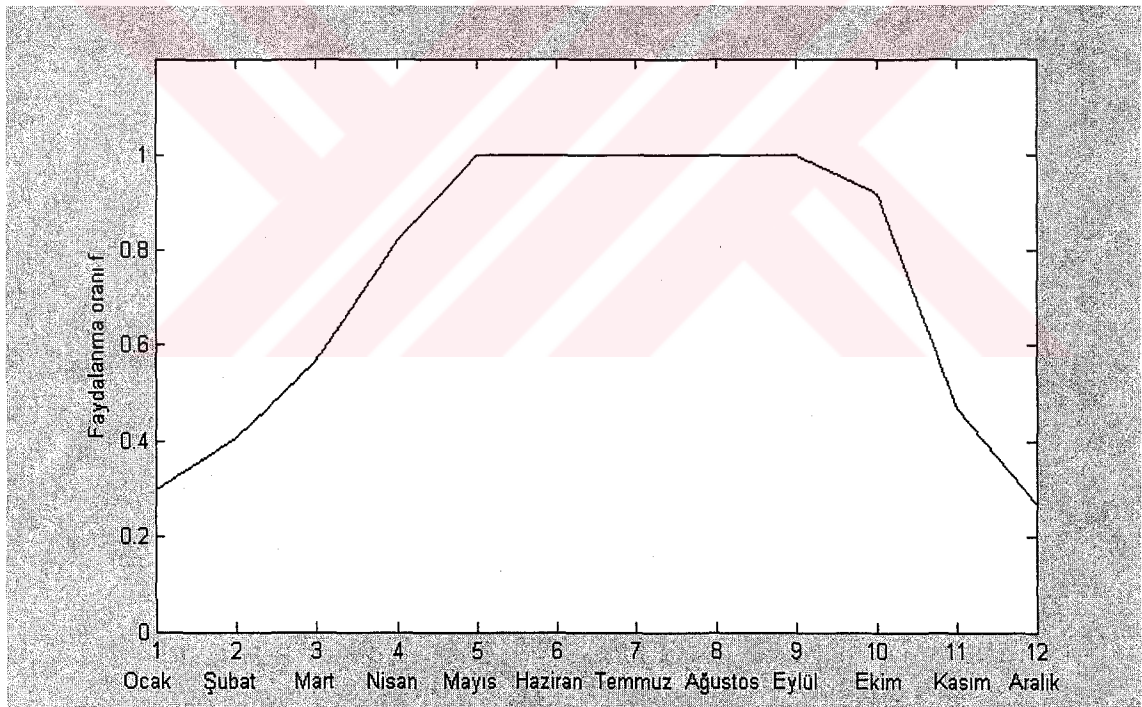
Tablo 4.11 Bingöl ilinde 53.53° eğimli yüzeye gelen aylık ortalama günlük tüm güneş ışıınımlı değerleri

AY	$\bar{T}_a$ (°C)	$\bar{H}$ (MJ/m ² gün)	Ayın Ortalama Gün Sayısı	$\bar{K}_T$	$\bar{H}_d/\bar{H}$	$\bar{R}_B$	$\bar{R}$	$\bar{H}_T$ (53.53°) (MJ/m ² gün)
OCAK	-1.09	6.81	15	0.43	0.43	2.37	1.73	11.836
ŞUBAT	-0.46	10.31	45	0.49	0.37	1.84	1.49	15.427
MART	4.33	13.58	75	0.48	0.38	1.32	1.16	15.814
NİSAN	10.75	17.04	105	0.49	0.37	0.94	0.93	15.848
MAYIS	17.13	21.74	135	0.55	0.32	0.72	0.79	17.188
HAZİRAN	22.74	25.84	165	0.62	0.27	0.63	0.72	18.672
TEMMUZ	27.02	25.43	195	0.62	0.27	0.66	0.74	18.932
AĞUSTOS	26.41	22.8	225	0.61	0.28	0.82	0.85	19.509
EYLÜL	20.77	18.08	255	0.58	0.30	1.11	1.06	19.189
EKİM	14.16	11.82	285	0.49	0.37	1.58	1.32	15.714
KASIM	7.11	7.82	315	0.44	0.42	2.13	1.61	12.626
ARALIK	0.81	5.78	345	0.39	0.46	2.54	1.77	10.236

Bingöl ilinde 16 m^2 kolektör alanı için mahal ısıtılmasında faydalı güneş enerjisi oranları tablo 4.12 ve şekil 4.9'de görülmektedir.

Tablo 4.12 Bingöl ilinde 16 m^2 kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı

AY	Aylık gün sayısı	$\bar{H}_T$ (53.53°) (MJ/m ² gün)	Bina ısı kaybı (kJ)	X	Y	f
OCAK	31	11.836	8217728	2.54	0.49	0.29
ŞUBAT	28	15.427	7667161	2.45	0.62	0.40
MART	31	15.814	5814270	3.41	0.93	0.56
NİSAN	30	15.848	3190233	5.61	1.65	0.82
MAYIS	31	17.188	1134777	15.13	5.21	1
HAZİRAN	30	18.672	0	-	-	1
TEMMUZ	31	18.932	0	-	-	1
AĞUSTOS	31	19.509	0	-	-	1
EYLÜL	30	19.189	364668	-	-	1
EKİM	31	15.714	2569916	6.92	2.10	0.91
KASIM	30	12.626	5291879	3.52	0.79	0.46
ARALIK	31	10.236	7548240	2.72	0.46	0.26

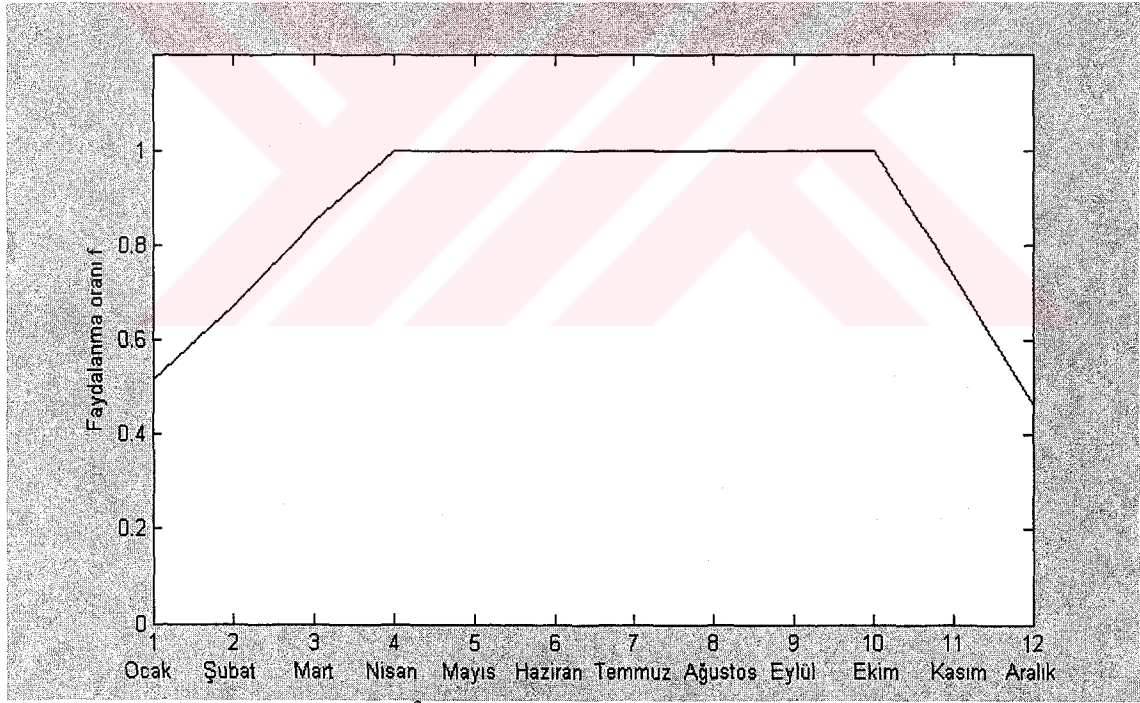


Şekil 4.9 Bingöl ilinde 16 m^2 kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı

Bingöl ilinde 32 m² kolektör alanı için mahal ısıtılmasında faydalı güneş enerjisi oranları tablo 4.13 ve şekil 4.10'de görülmektedir.

Tablo 4.13 Bingöl ilinde 32 m² kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı

AY	Aylık gün sayısı	$\bar{H}_T$ (53.53°) (MJ/m ² gün)	Bina Isı kaybı (kJ)	X	Y	f
OCAK	31	11.836	8217728	5.09	0.99	0.51
ŞUBAT	28	15.427	7667161	4.90	1.25	0.67
MART	31	15.814	5814270	6.82	1.87	0.85
NİSAN	30	15.848	3190233	11.22	3.31	0.99
MAYIS	31	17.188	1134777	-	-	1
HAZİRAN	30	18.672	0	-	-	1
TEMMUZ	31	18.932	0	-	-	1
AĞUSTOS	31	19.509	0	-	-	1
EYLÜL	30	19.189	364668	-	-	1
EKİM	31	15.714	2569916	13.84	4.21	1
KASIM	30	12.626	5291879	7.04	1.59	0.73
ARALIK	31	10.236	7548240	5.44	0.93	0.46

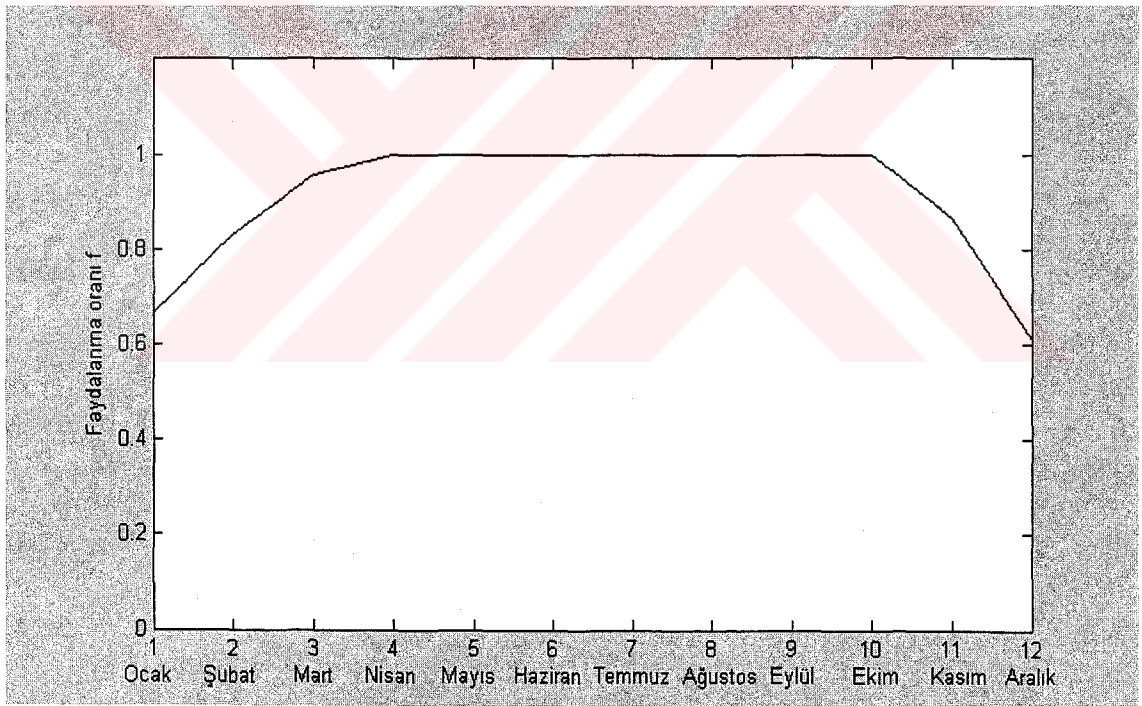


Şekil 4.10 Bingöl ilinde 32 m² kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı

Bingöl ilinde 48 m^2 kolektör alanı için mahal ısıtılmasında faydalı güneş enerjisi oranları tablo 4.14 ve şekil 4.11’de görülmektedir.

Tablo 4.14 Bingöl ilinde 48 m^2 kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı

AY	Aylık gün sayısı	$\bar{H}_T$ (53.53°) (MJ/m ² gün)	Bina Isı kaybı (kJ)	X	Y	f
OCAK	31	11.836	8217728	7.64	1.48	0.66
ŞUBAT	28	15.427	7667161	7.35	1.87	0.83
MART	31	15.814	5814270	10.23	2.81	0.95
NİSAN	30	15.848	3190233	16.83	4.96	1
MAYIS	31	17.188	1134777	-	-	1
HAZİRAN	30	18.672	0	-	-	1
TEMMUZ	31	18.932	0	-	-	1
AĞUSTOS	31	19.509	0	-	-	1
EYLÜL	30	19.189	364668	-	-	1
EKİM	31	15.714	2569916	-	-	1
KASIM	30	12.626	5291879	10.56	2.38	0.86
ARALIK	31	10.236	7548240	8.17	1.40	0.60

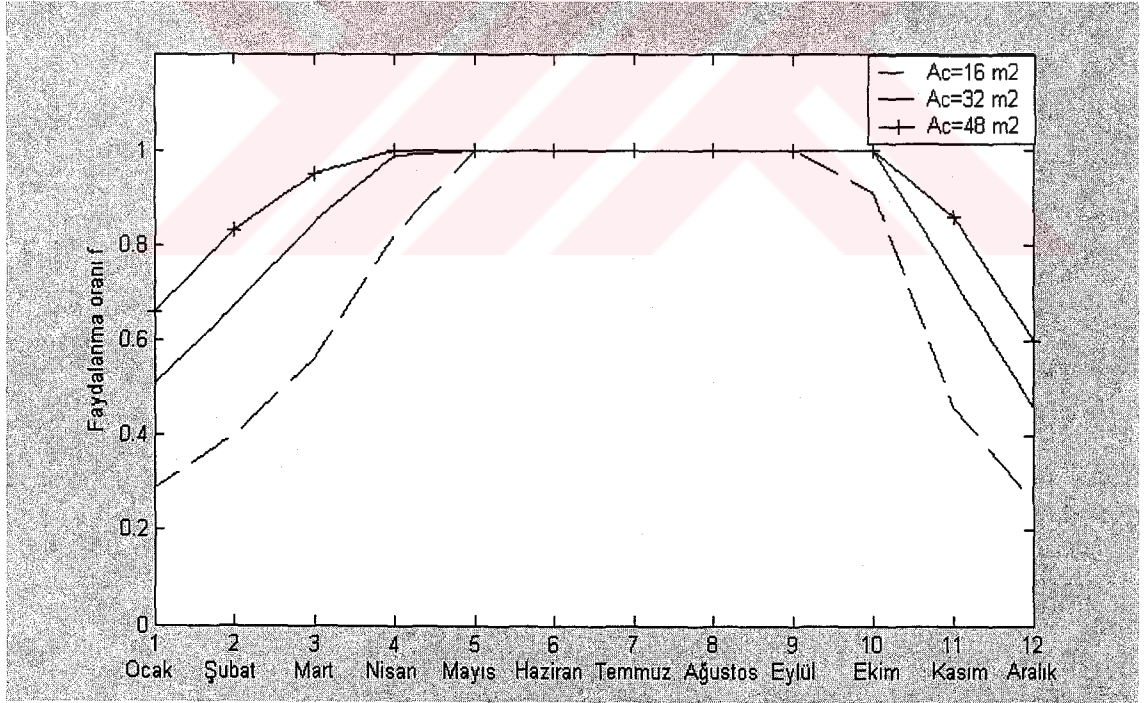


Şekil 4.11 Bingöl ilinde 48 m^2 kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı

Bingöl ilinde örnek olarak alınan 100 m² alana sahip bina için 16 m², 32 m² ve 48 m² kolektör alanı kullanılarak her ay için güneşten faydalanma oranları yukarıda ayrıntılı bir şekilde gösterildikten sonra tablo 4.15 ve şekil 4.12’de bu değerler kıyaslama yapabilmek açısından birlikte görülmektedir.

Tablo 4.15 Bingöl ilinde 16 m², 32 m², 48 m² kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranları

AY	Kolektör alanı = 16 m ² Faydalanma oranı (f)	Kolektör alanı = 32 m ² Faydalanma oranı (f)	Kolektör alanı = 48 m ² Faydalanma oranı (f)
OCAK	0.29	0.51	0.66
ŞUBAT	0.40	0.67	0.83
MART	0.56	0.85	0.95
NİSAN	0.82	0.99	1
MAYIS	1	1	1
HAZİRAN	1	1	1
TEMMUZ	1	1	1
AĞUSTOS	1	1	1
EYLÜL	1	1	1
EKİM	0.91	1	1
KASIM	0.46	0.73	0.86
ARALIK	0.26	0.46	0.60



Şekil 4.12 Bingöl ilinde 16 m², 32 m², 48 m² kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı

4.2.4 Elazığ İlinde 16 m², 32 m², 48 m² Kollektör Alanı Kullanılarak Mahal Isıtılmasında Yararlı Güneş Enerjisinin Aylara Göre Değerleri

$L = 38.41^\circ$, $s = 53.41^\circ$, $\rho=0.2$

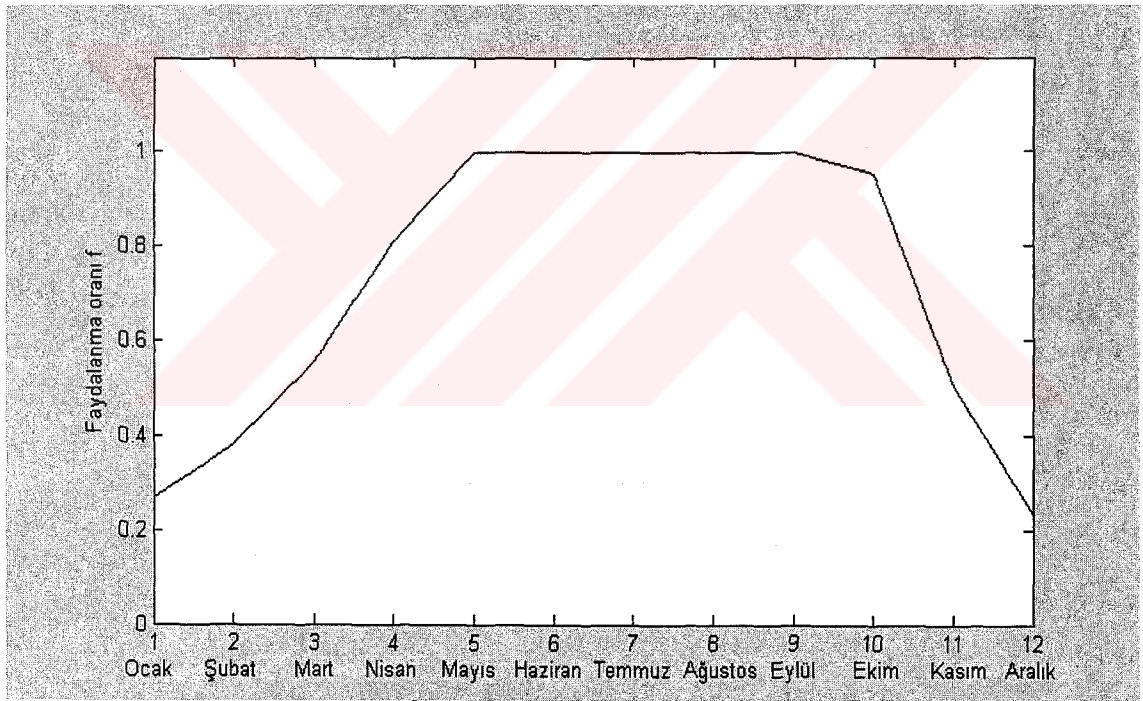
Tablo 4.16 Elazığ ilinde 53.41° eğimli yüzeye gelen aylık ortalama günlük tüm güneş ışınlamı değerleri

AY	$\bar{T}_a$ (°C)	$\bar{H}$ (MJ/m ² gün)	Ayın Ortalama Gün Sayısı	$\bar{K}_T$	$\bar{H}_d/\bar{H}$	$\bar{R}_B$	$\bar{R}$	$\bar{H}_T$ (53.41°) (MJ/m ² gün)
OCAK	0.36	6.42	15	0.40	0.45	2.36	1.68	10.847
ŞUBAT	1.19	9.90	45	0.47	0.39	1.84	1.47	14.593
MART	5.89	13.36	75	0.47	0.38	1.32	1.15	15.486
NİSAN	11.44	16.67	105	0.48	0.38	0.94	0.92	15.474
MAYIS	17.08	21.07	135	0.53	0.34	0.72	0.79	16.678
HAZİRAN	22.77	24.69	165	0.59	0.29	0.63	0.72	17.926
TEMMUZ	27.48	24.09	195	0.59	0.29	0.66	0.74	18.013
AĞUSTOS	26.58	21.59	225	0.58	0.30	0.82	0.85	18.457
EYLÜL	20.76	18.01	255	0.58	0.30	1.11	1.05	19.084
EKİM	14.33	12.43	285	0.52	0.35	1.57	1.34	16.688
KASIM	7.19	8.24	315	0.46	0.40	2.13	1.63	13.492
ARALIK	2.28	5.42	345	0.37	0.49	2.53	1.71	9.278

Elazığ ilinde 16 m^2 kolektör alanı için mahal ısıtılmasında faydalı güneş enerjisi oranları tablo 4.17 ve şekil 4.13’de görülmektedir.

Tablo 4.17 Elazığ ilinde 16 m^2 kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı

AY	Aylık gün sayısı	$\bar{H}_T$ (53.41°) (MJ/m ² gün)	Bina ısı kaybı (kJ)	X	Y	f
OCAK	31	10.847	8217728	2.53	0.51	0.26
ŞUBAT	28	14.593	7667161	2.43	0.64	0.38
MART	31	15.486	5814270	3.38	0.97	0.55
NİSAN	30	15.474	3190233	5.62	1.7	0.80
MAYIS	31	16.678	1134777	15.29	5.3	1
HAZİRAN	30	17.926	0	-	-	1
TEMMUZ	31	18.013	0	-	-	1
AĞUSTOS	31	18.457	0	-	-	1
EYLÜL	30	19.084	364668	44	18.15	1
EKİM	31	16.688	2569916	6.97	2.37	0.95
KASIM	30	13.492	5291879	3.55	0.94	0.50
ARALIK	31	9.278	7548240	2.7	0.46	0.23

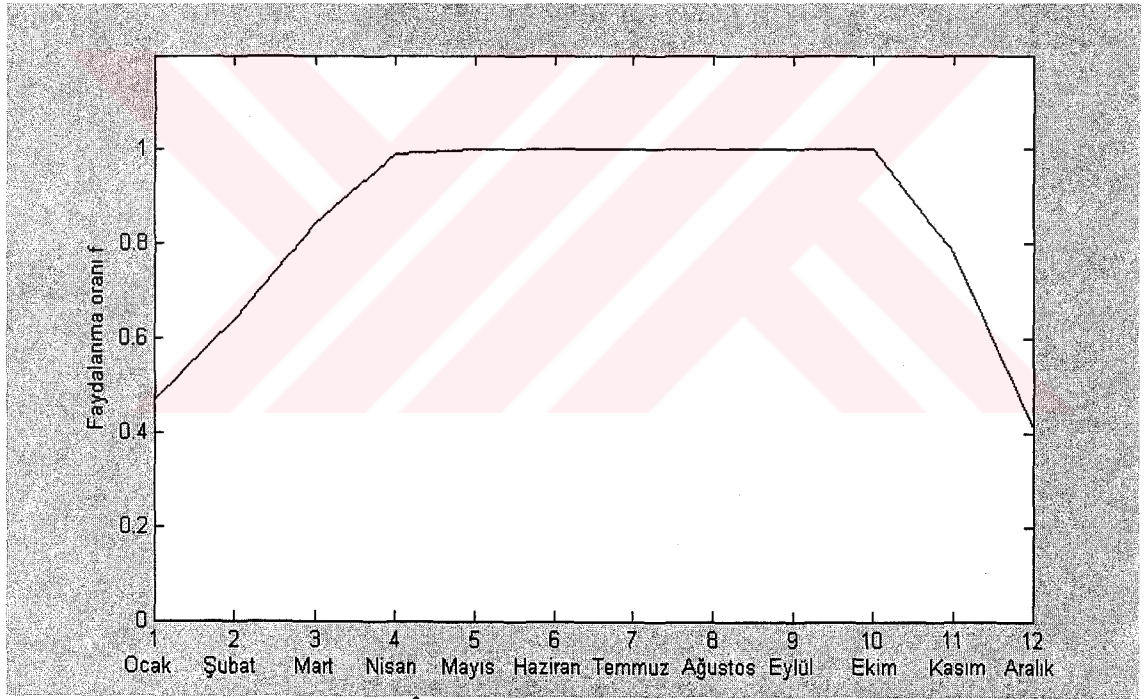


Şekil 4.13 Elazığ ilinde 16 m^2 kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı

Elazığ ilinde 32 m^2 kolektör alanı için mahal ısıtılmasında faydalı güneş enerjisi oranları tablo 4.18 ve şekil 4.14’de görülmektedir.

Tablo 4.18 Elazığ ilinde 32 m^2 kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı

AY	Aylık gün sayısı	$\bar{H}_T$ (53.41°) (MJ/m ² gün)	Bina ısı kaybı (kJ)	X	Y	f
OCAK	31	10.847	8217728	5.02	0.90	0.46
ŞUBAT	28	14.593	7667161	4.82	1.18	0.63
MART	31	15.486	5814270	6.70	1.83	0.84
NİSAN	30	15.474	3190233	11.13	3.23	0.99
MAYIS	31	16.678	1134777	-	-	1
HAZİRAN	30	17.926	0	-	-	1
TEMMUZ	31	18.013	0	-	-	1
AĞUSTOS	31	18.457	0	-	-	1
EYLÜL	30	19.084	364668	-	-	1
EKİM	31	16.688	2569916	13.81	4.47	1
KASIM	30	13.492	5291879	7.03	1.70	0.77
ARALIK	31	9.278	7548240	5.36	0.84	0.41

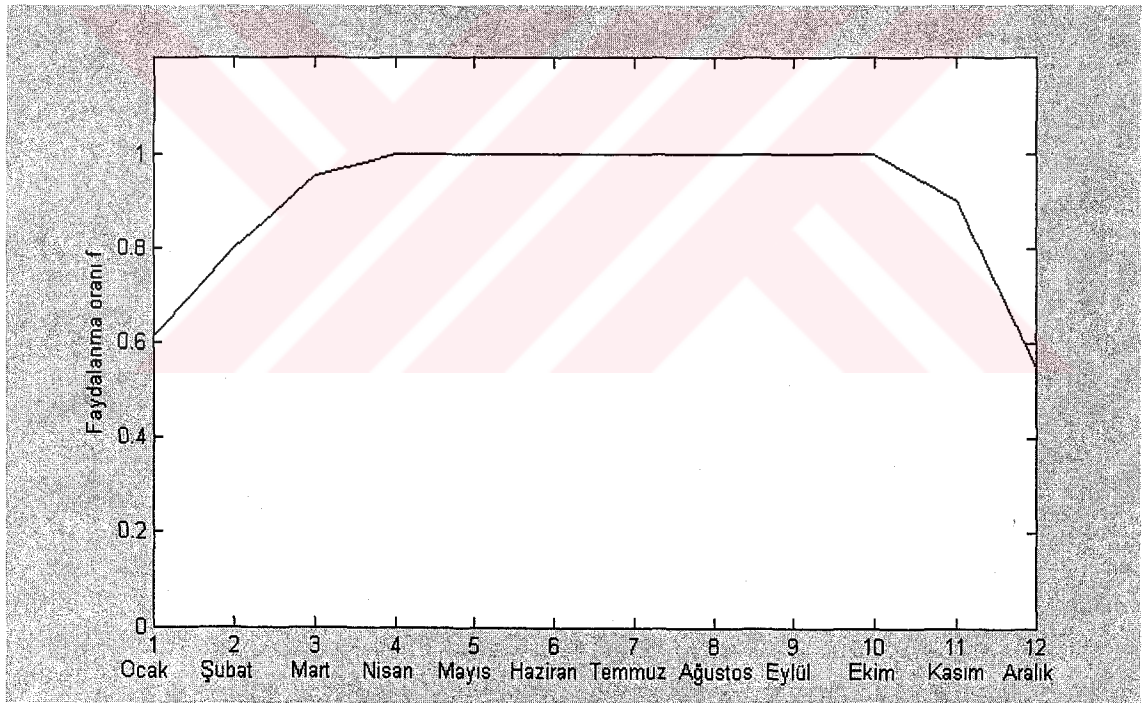


Şekil 4.14 Elazığ ilinde 32 m^2 kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı

Elazığ ilinde 48 m^2 kolektör alanı için mahal ısıtılmasında faydalı güneş enerjisi oranları tablo 4.19 ve şekil 4.15’de görülmektedir.

Tablo 4.19 Elazığ ilinde 48 m^2 kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı

AY	Aylık gün sayısı	$\bar{H}_T$ (53.41°) (MJ/m ² gün)	Bina ısı kaybı (kJ)	X	Y	f
OCAK	31	10.847	8217728	7.53	1.36	0.61
ŞUBAT	28	14.593	7667161	7.23	1.77	0.79
MART	31	15.486	5814270	10.06	2.75	0.95
NİSAN	30	15.474	3190233	16.70	4.85	1
MAYIS	31	16.678	1134777	-	-	1
HAZİRAN	30	17.926	0	-	-	1
TEMMUZ	31	18.013	0	-	-	1
AĞUSTOS	31	18.457	0	-	-	1
EYLÜL	30	19.084	364668	-	-	1
EKİM	31	16.688	2569916	-	-	1
KASIM	30	13.492	5291879	10.55	2.55	0.90
ARALIK	31	9.278	7548240	8.04	1.27	0.54

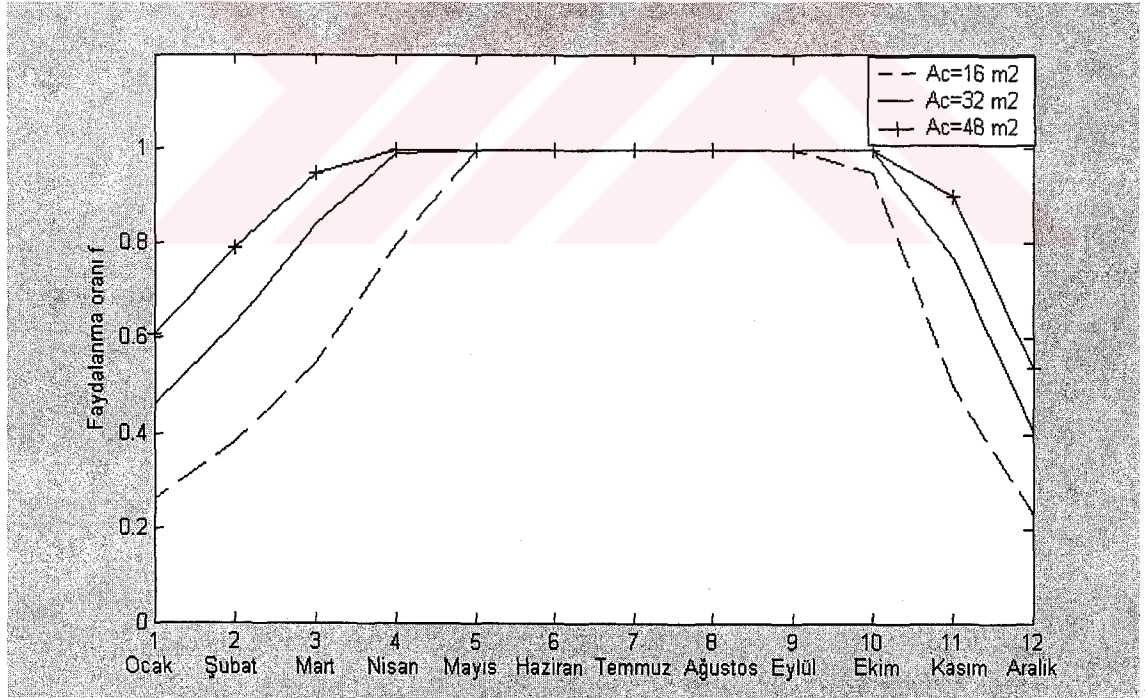


Şekil 4.15 Elazığ ilinde 48 m^2 kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı

Elazığ ilinde örnek olarak alınan 100 m² alana sahip bina için 16 m², 32 m² ve 48 m² kolektör alanı kullanılarak her ay için güneşten faydalanma oranları yukarıda ayrıntılı bir şekilde gösterildikten sonra tablo 4.20 ve şekil 4.16'de bu değerler kıyaslama yapabilmek açısından birlikte görülmektedir.

Tablo 4.20 Elazığ ilinde 16 m², 32 m², 48 m² kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranları

AY	Kolektör alanı = 16 m ² Faydalanma oranı (f)	Kolektör alanı = 32 m ² Faydalanma oranı (f)	Kolektör alanı = 48 m ² Faydalanma oranı (f)
OCAK	0.26	0.46	0.61
ŞUBAT	0.38	0.63	0.79
MART	0.55	0.84	0.95
NİSAN	0.80	0.99	1
MAYIS	1	1	1
HAZİRAN	1	1	1
TEMMUZ	1	1	1
AĞUSTOS	1	1	1
EYLÜL	1	1	1
EKİM	0.95	1	1
KASIM	0.50	0.77	0.90
ARALIK	0.23	0.41	0.54



Şekil 4.16 Elazığ ilinde 16 m², 32 m², 48 m² kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı

4.2.5 Malatya İlinde 16 m², 32 m², 48 m² Kollektör Alanı Kullanılarak Mahal Isıtılmasında Yararlı Güneş Enerjisinin Aylara Göre Değerleri

$$L = 38.21^\circ, s = 53.21^\circ, \rho = 0.2$$

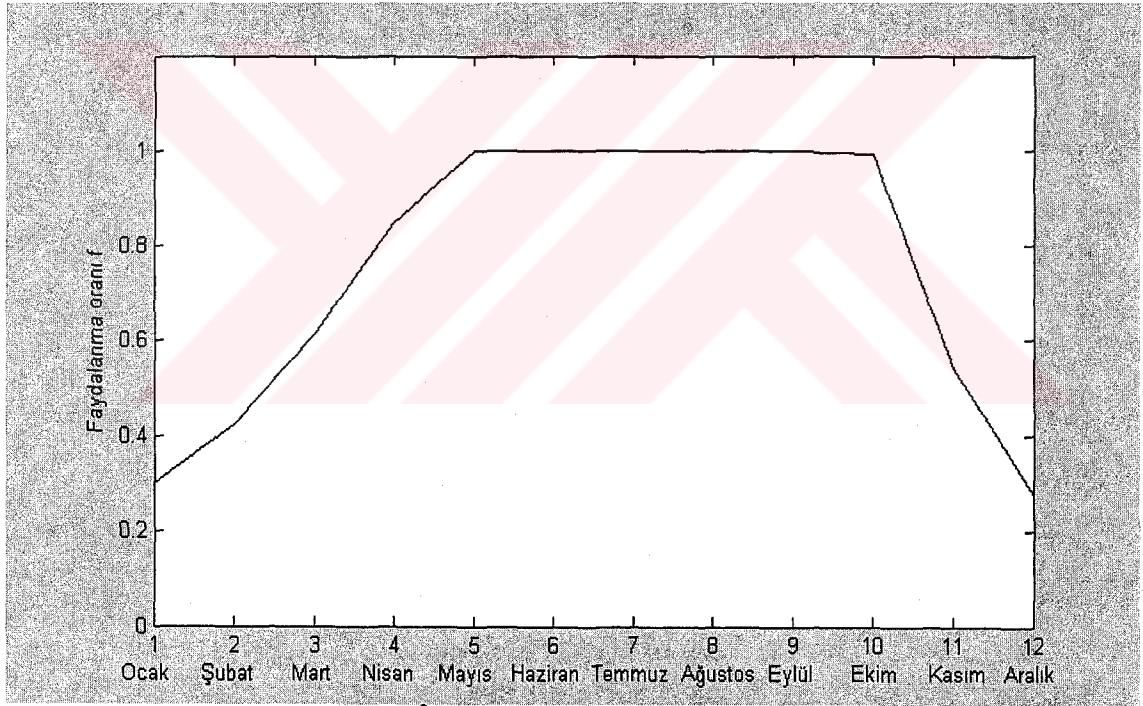
Tablo 4.21 Malatya ilinde 53.21° eğimli yüzeye gelen aylık ortalama günlük tüm güneş ışıınımlı değerleri

AY	$\bar{T}_a$ (°C)	$\bar{H}$ (MJ/m ² gün)	Ayın Ortalama Gün Sayısı	$\bar{K}_T$	$\bar{H}_d / \bar{H}$	$\bar{R}_B$	$\bar{R}$	$\bar{H}_T$ (53.21°) (MJ/m ² gün)
OCAK	1.37	6.86	15	0.43	0.43	2.35	1.72	11.803
ŞUBAT	2.43	10.66	45	0.51	0.36	1.83	1.49	15.968
MART	6.98	14.53	75	0.51	0.35	1.31	1.17	17.061
NİSAN	12.48	17.66	105	0.50	0.36	0.94	0.93	16.442
MAYIS	18.45	22.18	135	0.56	0.32	0.72	0.79	17.523
HAZİRAN	23.51	24.91	165	0.60	0.29	0.63	0.72	18.075
TEMMUZ	27.91	25.06	195	0.61	0.27	0.66	0.74	18.683
AĞUSTOS	27.38	23.03	225	0.62	0.27	0.82	0.85	19.694
EYLÜL	22.19	19.09	255	0.61	0.28	1.11	1.06	20.349
EKİM	15.77	13.12	285	0.54	0.33	1.57	1.35	17.772
KASIM	8.16	8.67	315	0.48	0.38	2.11	1.65	14.342
ARALIK	2.7	5.95	345	0.40	0.45	2.51	1.76	10.515

Malatya ilinde 16 m^2 kollektör alanı için mahal ısıtılmasında faydalı güneş enerjisi oranları tablo 4.22 ve şekil 4.17’de görülmektedir.

Tablo 4.22 Malatya ilinde 16 m^2 kollektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı

AY	Aylık gün sayısı	$\bar{H}_T$ (53.21°) ($\text{MJ/m}^2 \text{ gün}$)	Bina ısı kaybı (kJ)	X	Y	f
OCAK	31	11.803	8217728	2.48	0.49	0.30
ŞUBAT	28	15.968	7667161	2.38	0.64	0.42
MART	31	17.061	5814270	3.31	1.01	0.61
NİSAN	30	16.442	3190233	5.50	1.71	0.85
MAYIS	31	17.523	1134777	14.89	5.32	1
HAZİRAN	30	18.075	0	-	-	1
TEMMUZ	31	18.683	0	-	-	1
AĞUSTOS	31	19.694	0	-	-	1
EYLÜL	30	20.349	364668	-	-	1
EKİM	31	17.772	2569916	6.79	2.38	0.99
KASIM	30	14.342	5291879	3.48	0.90	0.54
ARALIK	31	10.515	7548240	2.67	0.48	0.27

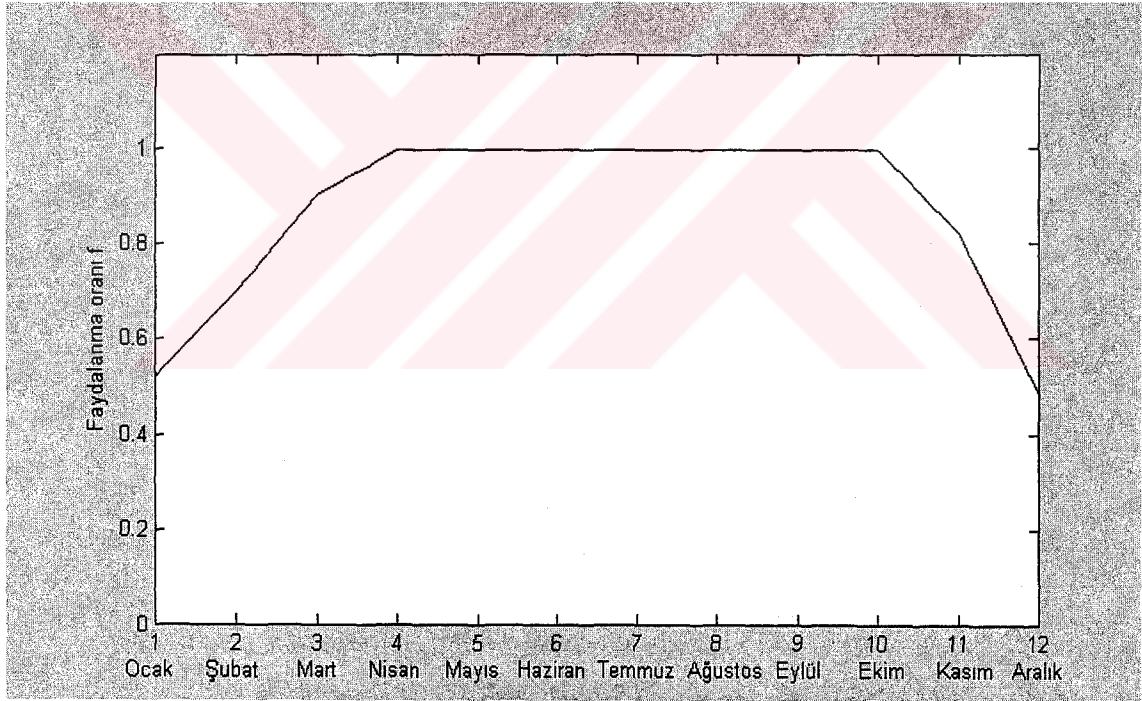


Şekil 4.17 Malatya ilinde 16 m^2 kollektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı

Malatya ilinde 32 m^2 kollektör alanı için mahal ısıtılmasında faydalı güneş enerjisi oranları tablo 4.23 ve şekil 4.17’de görülmektedir.

Tablo 4.23 Malatya ilinde 32 m^2 kollektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı

AY	Aylık gün sayısı	$\bar{H}_T$ (53.21°) (MJ/m ² gün)	Bina ısı kaybı (kJ)	X	Y	f
OCAK	31	11.803	8217728	4.97	0.98	0.52
ŞUBAT	28	15.968	7667161	4.76	1.29	0.70
MART	31	17.061	5814270	6.63	2.02	0.90
NİSAN	30	16.442	3190233	11.00	3.43	1
MAYIS	31	17.523	1134777	-	-	1
HAZİRAN	30	18.075	0	-	-	1
TEMMUZ	31	18.683	0	-	-	1
AĞUSTOS	31	19.694	0	-	-	1
EYLÜL	30	20.349	364668	-	-	1
EKİM	31	17.772	2569916	13.58	4.76	1
KASIM	30	14.342	5291879	6.96	1.80	0.82
ARALIK	31	10.515	7548240	5.34	0.96	0.48

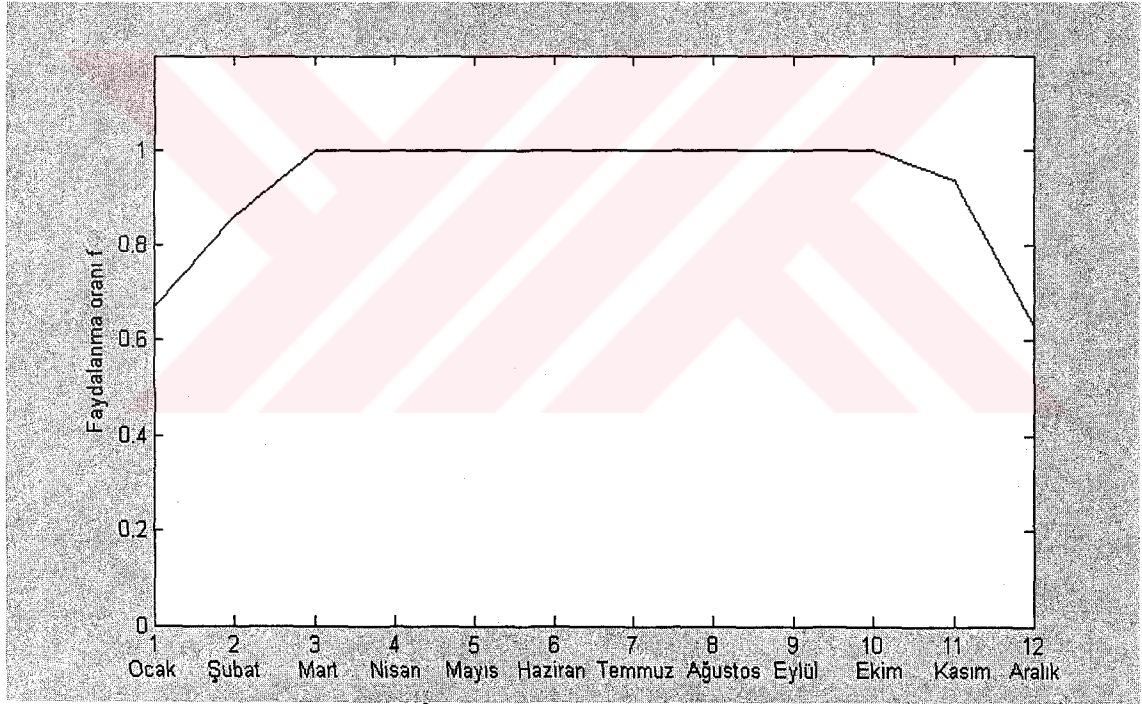


Şekil 4.17 Malatya ilinde 32 m^2 kollektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı

Malatya ilinde 48 m^2 kolektör alanı için mahal ısıtılmasında faydalı güneş enerjisi oranları tablo 4.24 ve şekil 4.18'de görülmektedir.

Tablo 4.24 Malatya ilinde 48 m^2 kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı

AY	Aylık gün sayısı	$\bar{H}_T$ (53.21°) (MJ/m ² gün)	Bina ısı kaybı (kJ)	X	Y	f
OCAK	31	11.803	8217728	7.46	1.48	0.67
ŞUBAT	28	15.968	7667161	7.14	1.94	0.86
MART	31	17.061	5814270	9.94	3.03	0.99
NİSAN	30	16.442	3190233	16.50	5.15	1
MAYIS	31	17.523	1134777	-	-	1
HAZİRAN	30	18.075	0	-	-	1
TEMMUZ	31	18.683	0	-	-	1
AĞUSTOS	31	19.694	0	-	-	1
EYLÜL	30	20.349	364668	-	-	1
EKİM	31	17.772	2569916	-	-	1
KASIM	30	14.342	5291879	10.44	2.71	0.93
ARALIK	31	10.515	7548240	8.01	1.44	0.63

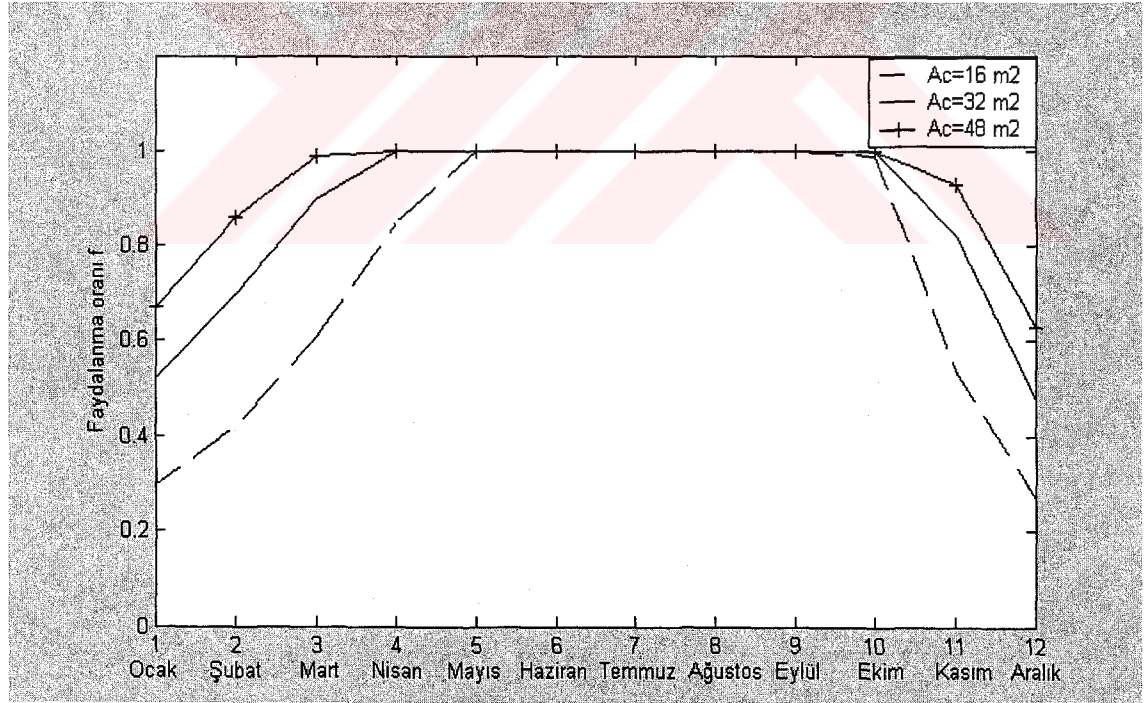


Şekil 4.18 Malatya ilinde 48 m^2 kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı

Malatya ilinde örnek olarak alınan 100 m² alana sahip bina için 16 m², 32 m² ve 48 m² kolektör alanı kullanılarak her ay için güneşten faydalanma oranları yukarıda ayrıntılı bir şekilde gösterildikten sonra tablo 4.25 ve şekil 4.19’de bu değerler kıyaslama yapabilme açısından birlikte görülmektedir.

Tablo 4.25 Malatya ilinde 16 m², 32 m², 48 m² kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranları

AY	Kollektör alanı = 16 m ² Faydalanma oranı (f)	Kollektör alanı = 32 m ² Faydalanma oranı (f)	Kollektör alanı = 48 m ² Faydalanma oranı (f)
OCAK	0.30	0.52	0.67
ŞUBAT	0.42	0.70	0.86
MART	0.61	0.90	0.99
NİSAN	0.85	1	1
MAYIS	1	1	1
HAZİRAN	1	1	1
TEMMUZ	1	1	1
AĞUSTOS	1	1	1
EYLÜL	1	1	1
EKİM	0.99	1	1
KASIM	0.54	0.82	0.93
ARALIK	0.27	0.48	0.63



Şekil 4.19 Malatya ilinde 16 m², 32 m², 48 m² kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı

4.2.6 Erzurum İlinde 16 m², 32 m², 48 m² Kollektör Alanı Kullanılarak Mahal Isıtılmasında Yararlı Güneş Enerjisinin Aylara Göre Değerleri

$L = 39.55^\circ$, $s = 54.55^\circ$, $\rho=0.2$

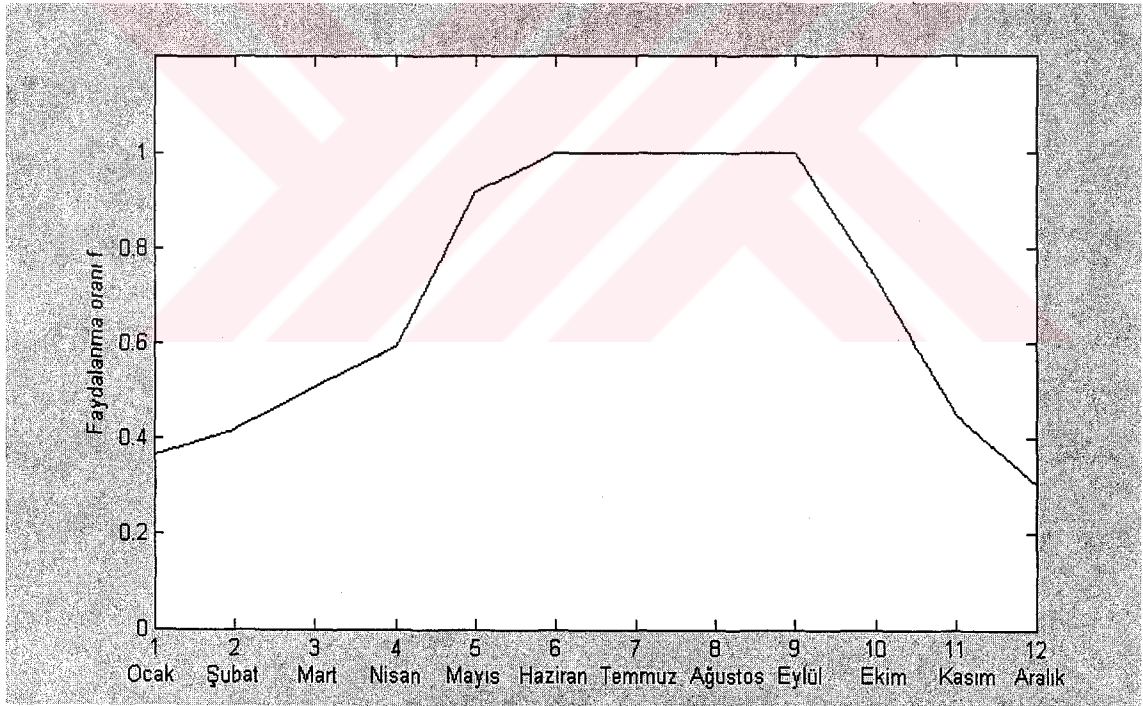
Tablo 4.26 Erzurum ilinde 54.55° eğimli yüzeye gelen aylık ortalama günlük tüm güneş ışınlamı değerleri

AY	$\bar{T}_a$ (°C)	$\bar{H}$ (MJ/m ² gün)	Ayın Ortalama Gün Sayısı	$\bar{K}_T$	$\bar{H}_d/\bar{H}$	$\bar{R}_B$	$\bar{R}$	$\bar{H}_T$ (54.55°) (MJ/m ² gün)
OCAK	-9.5	8.54	15	0.56	0.31	2.46	1.97	16.841
ŞUBAT	-8.76	12.01	45	0.59	0.29	1.89	1.61	19.344
MART	-3.25	15.40	75	0.56	0.32	1.34	1.20	18.630
NİSAN	4.91	16.25	105	0.47	0.39	0.95	0.93	15.121
MAYIS	10.67	19.87	135	0.50	0.36	0.72	0.79	15.753
HAZİRAN	14.85	23.14	165	0.56	0.32	0.63	0.72	16.874
TEMMUZ	19.27	23	195	0.56	0.31	0.67	0.74	17.237
AĞUSTOS	19.3	21.14	225	0.57	0.31	0.82	0.85	18.108
EYLÜL	13.52	16.61	255	0.54	0.33	1.14	1.06	17.593
EKİM	7.38	12.11	285	0.52	0.35	1.61	1.36	16.539
KASIM	0.05	8.85	315	0.52	0.35	2.20	1.74	15.455
ARALIK	-7.22	6.74	345	0.48	0.38	2.64	1.97	13.331

Erzurum ilinde 16 m^2 kolektör alanı için mahal ısıtılmasında faydalı güneş enerjisi oranları tablo 4.27 ve şekil 4.20’de görülmektedir.

Tablo 4.27 Erzurum ilinde 16 m^2 kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı

AY	Aylık gün sayısı	$\bar{H}_T$ (54.55°) (MJ/m ² gün)	Bina ısı kaybı (kJ)	X	Y	f
OCAK	31	16.841	10515744	2.15	0.55	0.36
ŞUBAT	28	19.344	9797760	2.07	0.61	0.41
MART	31	18.630	8195178	2.61	0.78	0.50
NİSAN	30	15.121	4933923	3.86	1.02	0.59
MAYIS	31	15.753	2484691	7.45	2.18	0.91
HAZİRAN	30	16.874	1116426	15.29	5.04	1
TEMMUZ	31	17.237	0	-	-	1
AĞUSTOS	31	18.108	0	-	-	1
EYLÜL	30	17.593	1328944	13.05	4.41	1
EKİM	31	16.539	4238438	4.52	1.34	0.73
KASIM	30	15.455	7222115	2.77	0.71	0.45
ARALIK	31	13.331	9460800	2.34	0.48	0.30

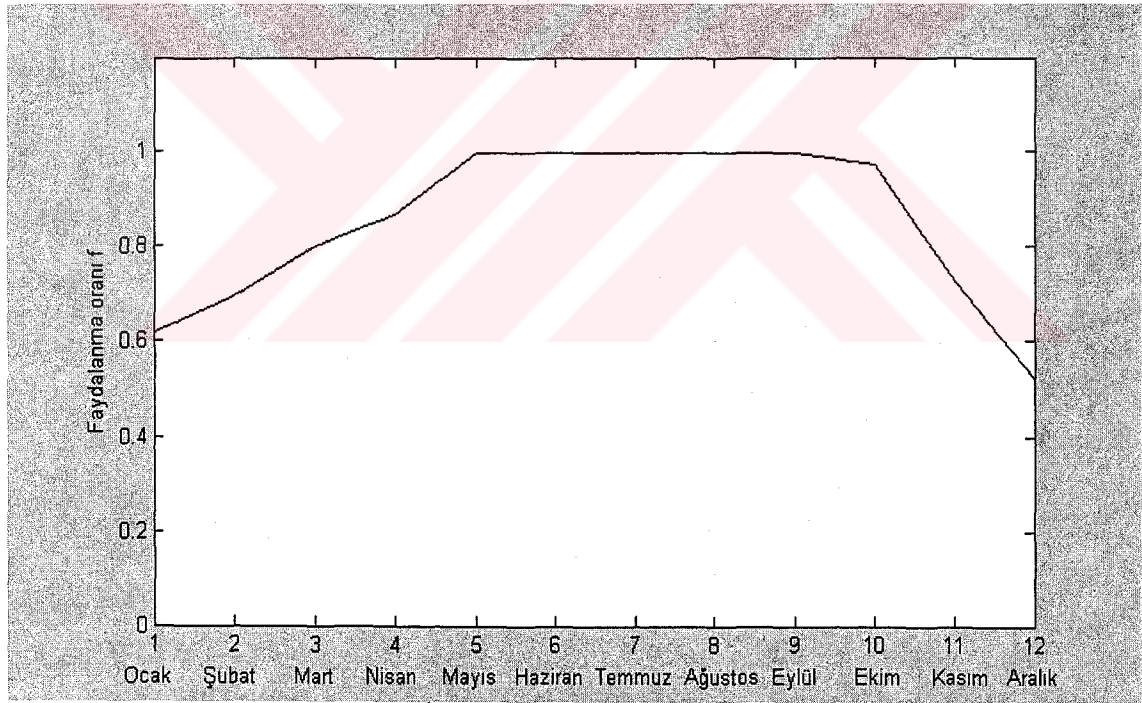


Şekil 4.20 Erzurum ilinde 16 m^2 kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı

Erzurum ilinde 32 m² kolektör alanı için mahal ısıtılmasında faydalı güneş enerjisi oranları tablo 4.28 ve şekil 4.21’de görülmektedir.

Tablo 4.28 Erzurum ilinde 32 m² kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı

AY	Aylık gün sayısı	$\bar{H}_T$ (54.55°) (MJ/m ² gün)	Bina ısı kaybı (kJ)	X	Y	f
OCAK	31	16.841	10515744	4.31	1.10	0.61
ŞUBAT	28	19.344	9797760	4.15	1.22	0.69
MART	31	18.630	8195178	5.22	1.56	0.80
NİSAN	30	15.121	4933923	7.73	2.04	0.86
MAYIS	31	15.753	2484691	14.90	4.36	1
HAZİRAN	30	16.874	1116426	-	-	1
TEMMUZ	31	17.237	0	-	-	1
AĞUSTOS	31	18.108	0	-	-	1
EYLÜL	30	17.593	1328944	-	-	1
EKİM	31	16.539	4238438	9.05	2.68	0.97
KASIM	30	15.455	7222115	5.55	1.42	0.72
ARALIK	31	13.331	9460800	4.69	0.97	0.52

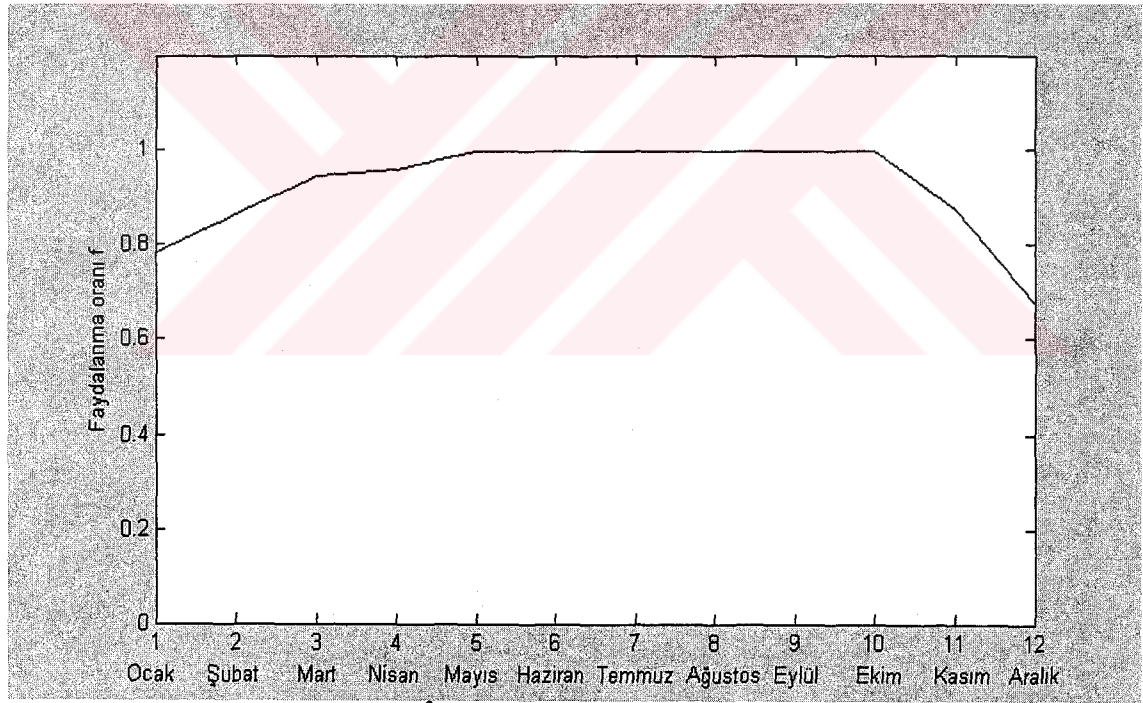


Şekil 4.21 Erzurum ilinde 32 m² kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı

Erzurum ilinde 48 m² kolektör alanı için mahal ısıtılmasında faydalı güneş enerjisi oranları tablo 4.29 ve şekil 4.22’de görülmektedir.

Tablo 4.29 Erzurum ilinde 48 m² kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı

AY	Aylık gün sayısı	$\bar{H}_T$ (54.55°) (MJ/m ² gün)	Bina ısı kaybı (kJ)	X	Y	f
OCAK	31	16.841	10515744	6.47	1.65	0.78
ŞUBAT	28	19.344	9797760	6.23	1.84	0.86
MART	31	18.630	8195178	7.83	2.34	0.94
NİSAN	30	15.121	4933923	11.59	3.06	0.95
MAYIS	31	15.753	2484691	-	-	1
HAZİRAN	30	16.874	1116426	-	-	1
TEMMUZ	31	17.237	0	-	-	1
AĞUSTOS	31	18.108	0	-	-	1
EYLÜL	30	17.593	1328944	-	-	1
EKİM	31	16.539	4238438	13.58	4.03	1
KASIM	30	15.455	7222115	8.32	2.14	0.87
ARALIK	31	13.331	9460800	7.04	1.45	0.67

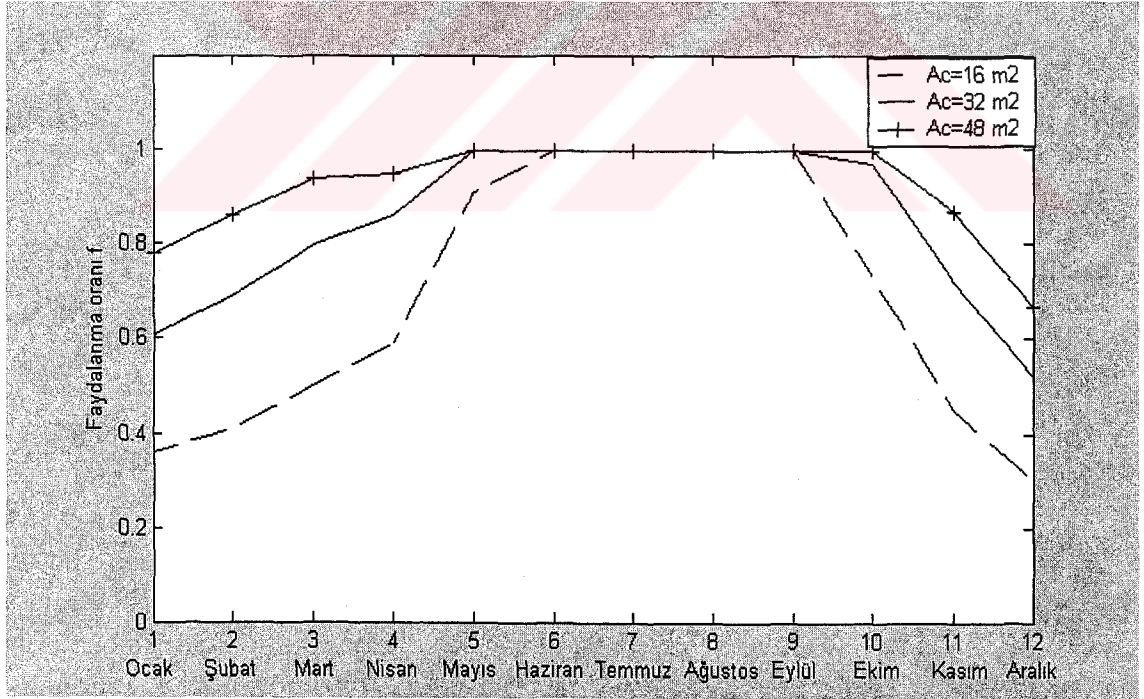


Şekil 4.22 Erzurum ilinde 48 m² kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı

Erzurum ilinde örnek olarak alınan 100 m² alana sahip bina için 16 m², 32 m² ve 48 m² kolektör alanı kullanılarak her ay için güneşten faydalanma oranları yukarıda ayrıntılı bir şekilde gösterildikten sonra tablo 4.30 ve şekil 4.23’de bu değerler kıyaslama yapabilme açısından birlikte görülmektedir.

Tablo 4.30 Erzurum ilinde 16 m², 32 m², 48 m² kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranları

AY	Kolektör alanı = 16 m ² Faydalanma oranı (f)	Kolektör alanı = 32 m ² Faydalanma oranı (f)	Kolektör alanı = 48 m ² Faydalanma oranı (f)
OCAK	0.36	0.61	0.78
ŞUBAT	0.41	0.69	0.86
MART	0.50	0.80	0.94
NİSAN	0.59	0.86	0.95
MAYIS	0.91	1	1
HAZİRAN	1	1	1
TEMMUZ	1	1	1
AĞUSTOS	1	1	1
EYLÜL	1	1	1
EKİM	0.73	0.97	1
KASIM	0.45	0.72	0.87
ARALIK	0.30	0.52	0.67



Şekil 4.23 Erzurum ilinde 16 m², 32 m², 48 m² kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı

4.2.7 Van İlinde 16 m², 32 m², 48 m² Kollektör Alanı Kullanılarak Mahal Isıtılmasında Yararlı Güneş Enerjisinin Aylara Göre Değerleri

$L = 38.28^\circ$, $s = 53.28^\circ$, $\rho=0.2$

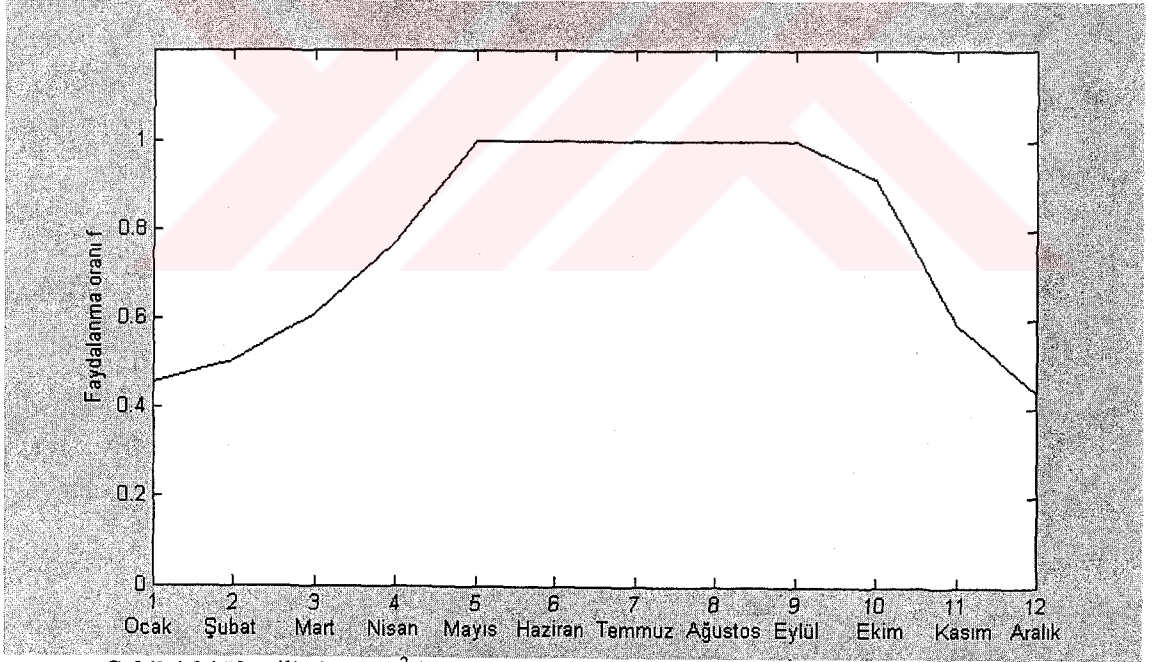
Tablo 4.31 Van ilinde 52.28° eğimli yüzeye gelen aylık ortalama günlük tüm güneş ışınımı değerleri

AY	$\bar{T}_a$ (°C)	$\bar{H}$ (MJ/m ² gün)	Ayın Ortalama Gün Sayısı	$\bar{K}_T$	$\bar{H}_d/\bar{H}$	$\bar{R}_B$	$\bar{R}$	$\bar{H}_T$ (53.28°) (MJ/m ² gün)
OCAK	-1.66	10.18	15	0.64	0.26	2.35	1.98	20.253
ŞUBAT	-1.39	14.01	45	0.67	0.23	1.83	1.62	22.812
MART	2.27	17.96	75	0.64	0.26	1.31	1.22	21.980
NİSAN	7.97	20.97	105	0.60	0.29	0.94	0.94	19.751
MAYIS	13.81	25.44	135	0.64	0.25	0.72	0.78	19.984
HAZİRAN	19	28.89	165	0.69	0.21	0.63	0.71	20.611
TEMMUZ	22.93	27.72	195	0.68	0.22	0.66	0.73	20.480
AĞUSTOS	22.9	25.48	225	0.68	0.22	0.82	0.85	21.823
EYLÜL	17.75	21.54	255	0.69	0.22	1.11	1.08	23.400
EKİM	11.7	15.19	285	0.63	0.26	1.57	1.40	21.371
KASIM	5.16	10.96	315	0.61	0.28	2.12	1.79	19.621
ARALIK	0.25	8.68	345	0.59	0.29	2.52	2.04	17.771

Van ilinde 16 m^2 kolektör alanı için mahal ısıtılmasında faydalı güneş enerjisi oranları tablo 4.32 ve şekil 4.24’de görülmektedir.

Tablo 4.32 Van ilinde 16 m^2 kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı

AY	Aylık gün sayısı	$\bar{H}_T$ (53.28°) (MJ/m ² gün)	Bina ısı kaybı (kJ)	X	Y	f
OCAK	31	20.253	10515744	2.00	0.66	0.45
ŞUBAT	28	22.812	9797760	1.93	0.72	0.50
MART	31	21.980	8195178	2.47	0.92	0.60
NİSAN	30	19.751	4933923	3.74	1.33	0.77
MAYIS	31	19.984	2484691	7.18	2.77	1
HAZİRAN	30	20.611	1116426	14.55	6.15	1
TEMMUZ	31	20.480	0	-	-	1
AĞUSTOS	31	21.823	0	-	-	1
EYLÜL	30	23.400	1328944	12.41	5.87	1
EKİM	31	21.371	4238438	4.31	1.73	0.91
KASIM	30	19.621	7222115	2.63	0.90	0.58
ARALIK	31	17.771	9460800	2.18	0.64	0.43

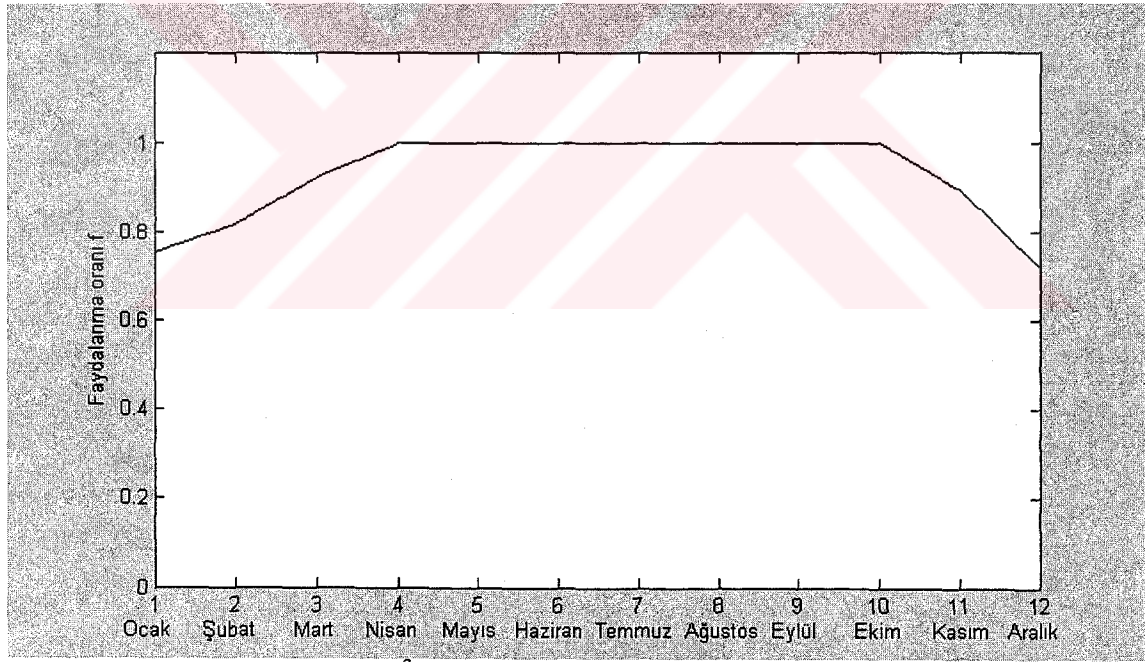


Şekil 4.24 Van ilinde 16 m^2 kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı

Van ilinde 32 m² kolektör alanı için mahal ısıtılmasında faydalı güneş enerjisi oranları tablo 4.33 ve şekil 4.25’de görülmektedir.

Tablo 4.33 Van ilinde 32 m² kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı

AY	Aylık gün sayısı	$\bar{H}_T$ (53.28°) (MJ/m ² gün)	Bina ısı kaybı (kJ)	X	Y	f
OCAK	31	20.253	10515744	4.00	1.32	0.75
ŞUBAT	28	22.812	9797760	3.87	1.44	0.81
MART	31	21.980	8195178	4.94	1.84	0.92
NİSAN	30	19.751	4933923	7.48	2.66	1
MAYIS	31	19.984	2484691	14.37	5.54	1
HAZİRAN	30	20.611	1116426	-	-	1
TEMMUZ	31	20.480	0	-	-	1
AĞUSTOS	31	21.823	0	-	-	1
EYLÜL	30	23.400	1328944	-	-	1
EKİM	31	21.371	4238438	8.63	3.47	1
KASIM	30	19.621	7222115	5.26	1.81	0.89
ARALIK	31	17.771	9460800	4.37	1.29	0.71

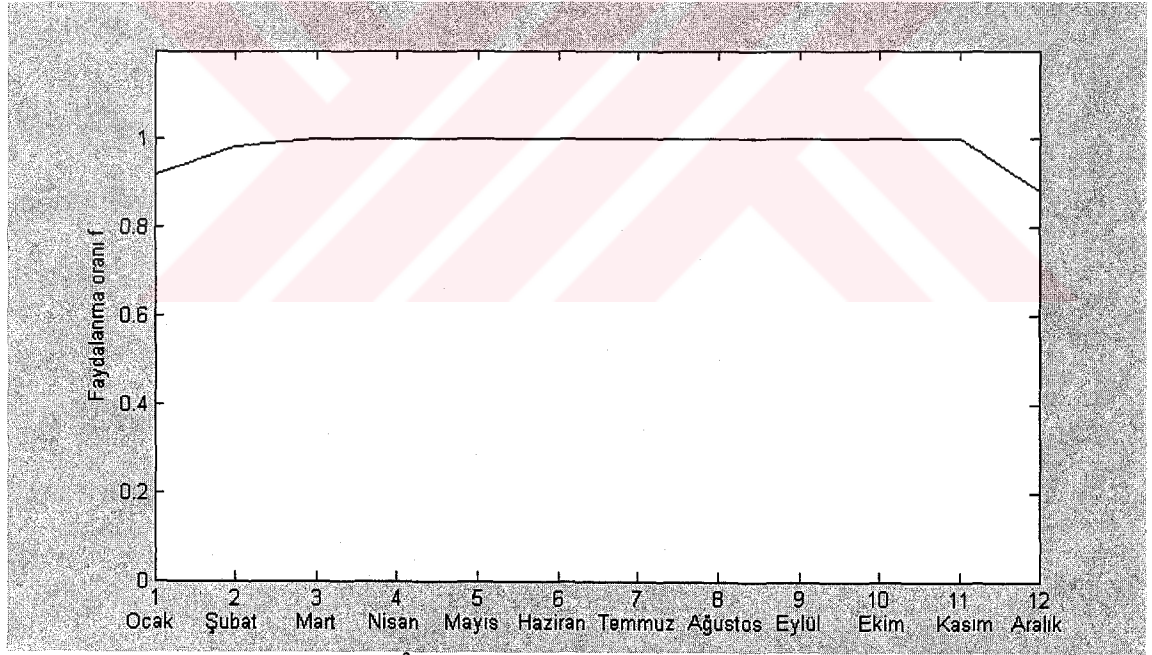


Şekil 4.25 Van ilinde 32 m² kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı

Van ilinde 48 m^2 kolektör alanı için mahal ısıtılmasında faydalı güneş enerjisi oranları tablo 4.34 ve şekil 4.26'de görülmektedir.

Tablo 4.34 Van ilinde 48 m^2 kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı

AY	Aylık gün sayısı	$\bar{H}_T$ (53.28°) (MJ/m ² gün)	Bina ısı kaybı (kJ)	X	Y	f
OCAK	31	20.253	10515744	6.01	1.99	0.92
ŞUBAT	28	22.812	9797760	5.81	2.17	0.98
MART	31	21.980	8195178	7.41	2.77	1
NİSAN	30	19.751	4933923	11.22	4.00	1
MAYIS	31	19.984	2484691	-	-	1
HAZİRAN	30	20.611	1116426	-	-	1
TEMMUZ	31	20.480	0	-	-	1
AĞUSTOS	31	21.823	0	-	-	1
EYLÜL	30	23.400	1328944	-	-	1
EKİM	31	21.371	4238438	12.95	5.21	1
KASIM	30	19.621	7222115	7.90	2.71	1
ARALIK	31	17.771	9460800	6.55	1.94	0.88

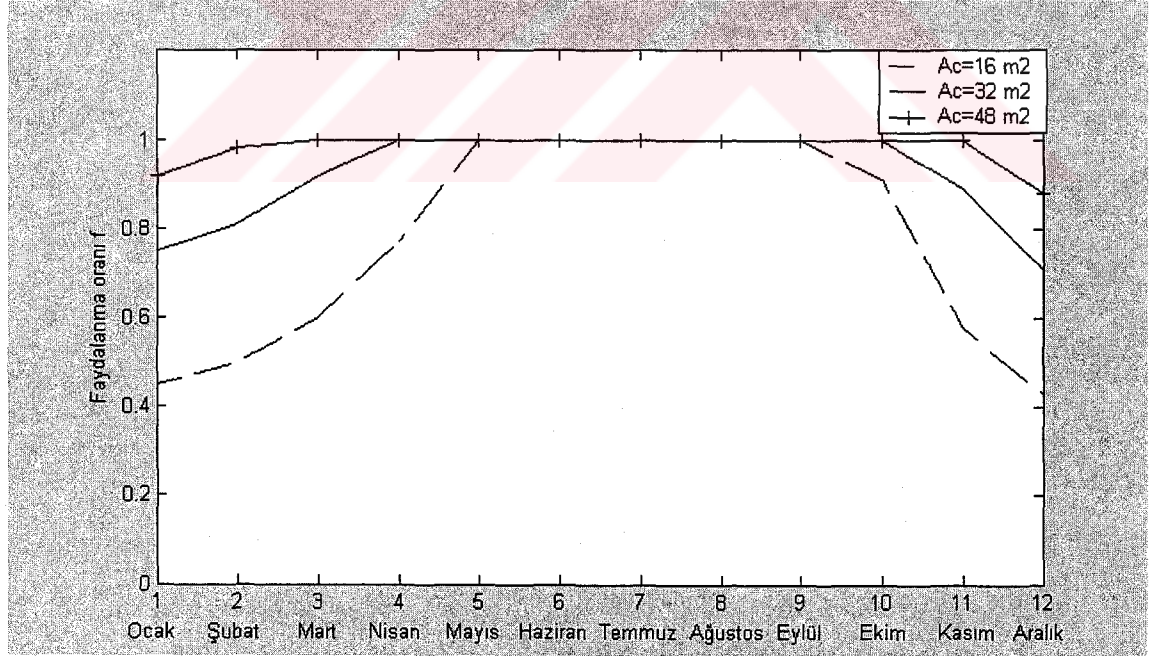


Şekil 4.26 Van ilinde 48 m^2 kolektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı

Van ilinde örnek olarak alınan 100 m² alana sahip bina için 16 m², 32 m² ve 48 m² kollektör alanı kullanılarak her ay için güneşten faydalanma oranları yukarıda ayrıntılı bir şekilde gösterildikten sonra tablo 4.35 ve şekil 4.27’de bu değerler kıyaslama yapabilme açısından birlikte görülmektedir.

Tablo 4.35 Van ilinde 16 m², 32 m², 48 m² kollektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranları

AY	Kollektör alanı = 16 m ² Faydalanma oranı (f)	Kollektör alanı = 32 m ² Faydalanma oranı (f)	Kollektör alanı = 48 m ² Faydalanma oranı (f)
OCAK	0.45	0.75	0.92
ŞUBAT	0.50	0.81	0.98
MART	0.60	0.92	1
NİSAN	0.77	1	1
MAYIS	1	1	1
HAZİRAN	1	1	1
TEMMUZ	1	1	1
AĞUSTOS	1	1	1
EYLÜL	1	1	1
EKİM	0.91	1	1
KASIM	0.58	0.89	1
ARALIK	0.43	0.71	0.88

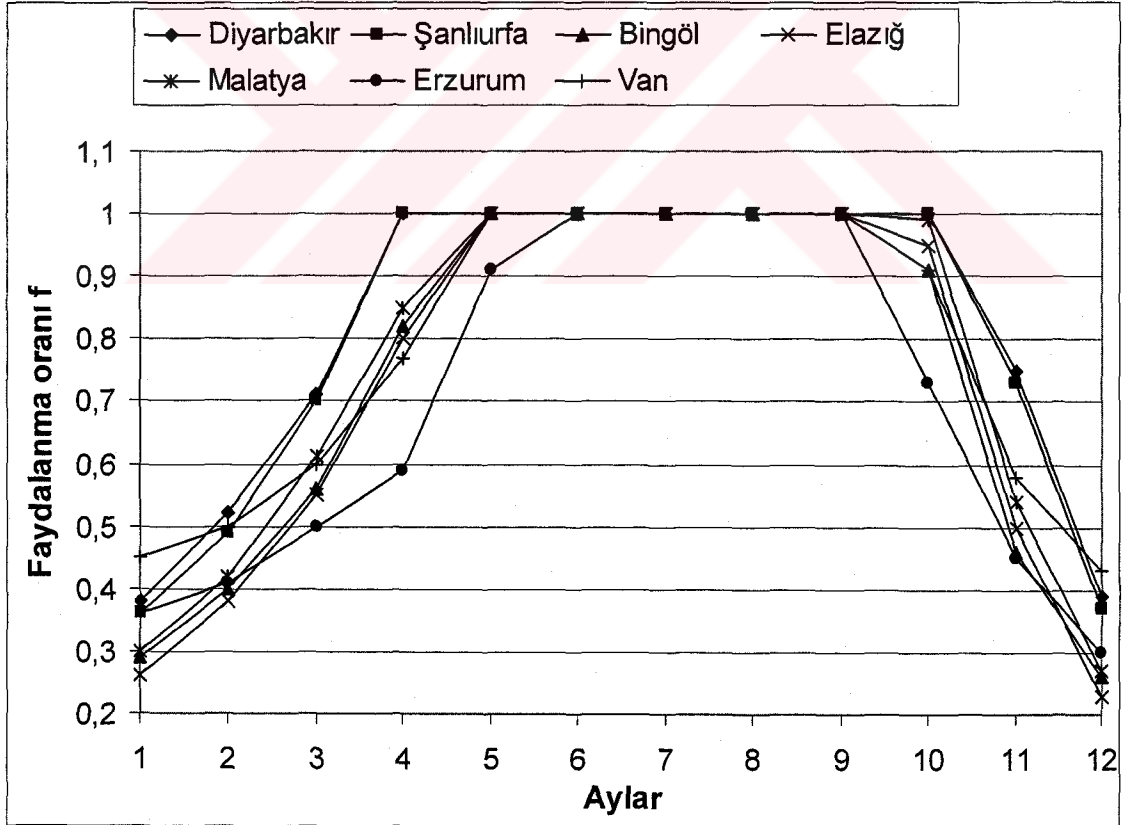


Şekil 4.27 Van ilinde 16 m², 32 m², 48 m² kollektör alanı için aylara göre güneşten faydalanma oranı

Her il için, aylara göre güneşten faydalanma oranları 16, 32 ve 48 m² kolektör alanları kullanılarak yukarıda ayrıntılı olarak hesaplanmıştır. Tablo 4.36 ve şekil 4.28'de 16 m² kolektör alanı için illere göre güneşten faydalanma oranları görülmektedir.

Tablo 4.36 16 m² kolektör alanı için illere göre f değerleri

Aylar	Diyarbakır	Şanlıurfa	Bingöl	Elazığ	Malatya	Erzurum	Van
OCAK	0.38	0.36	0.29	0.26	0.30	0.36	0.45
ŞUBAT	0.52	0.49	0.40	0.38	0.42	0.41	0.50
MART	0.71	0.70	0.56	0.55	0.61	0.50	0.60
NİSAN	1	1	0.82	0.80	0.85	0.59	0.77
MAYIS	1	1	1	1	1	0.91	1
HAZİRAN	1	1	1	1	1	1	1
TEMMUZ	1	1	1	1	1	1	1
AĞUSTOS	1	1	1	1	1	1	1
EYLÜL	1	1	1	1	1	1	1
EKİM	1	1	0.91	0.95	0.99	0.73	0.91
KASIM	0.75	0.73	0.46	0.50	0.54	0.45	0.58
ARALIK	0.39	0.37	0.26	0.23	0.27	0.30	0.43

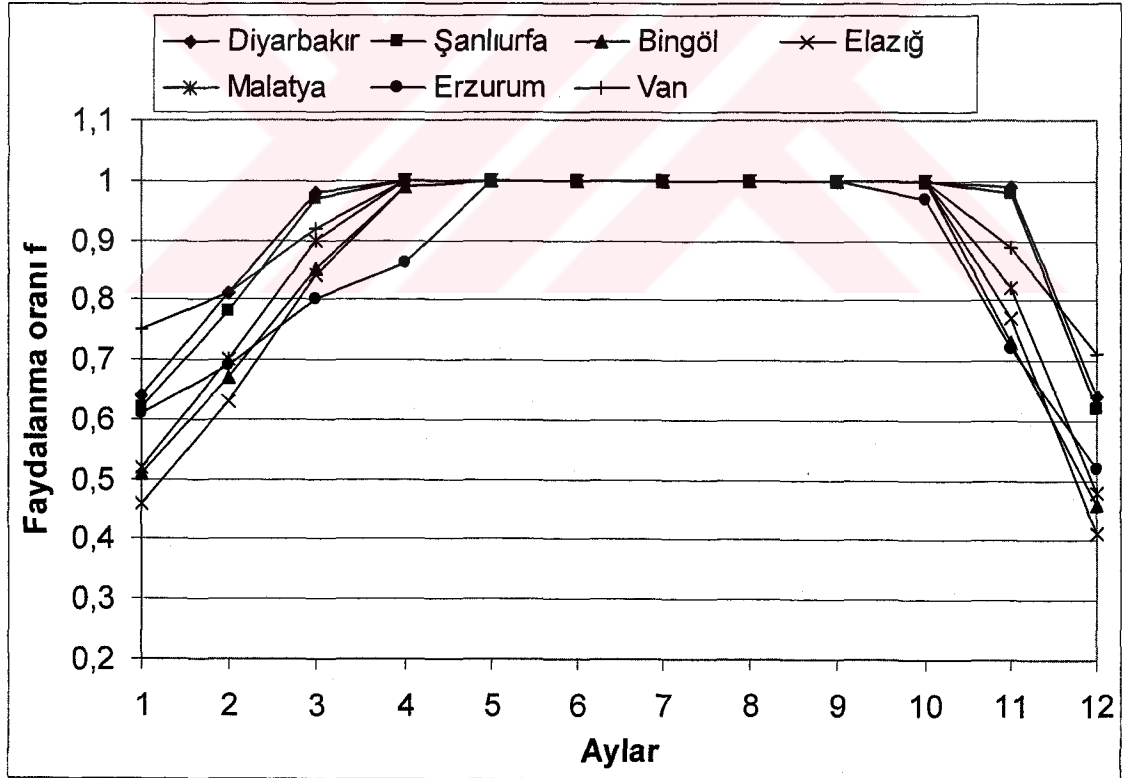


Şekil 4.28 16 m² kolektör alanı için illere göre f değerleri

Her il için, aylara göre güneşten faydalanma oranları 16, 32 ve 48 m² kolektör alanları kullanılarak yukarıda ayrıntılı olarak hesaplanmıştır. Tablo 4.37 ve şekil 4.29'de 32 m² kolektör alanı için illere göre güneşten faydalanma oranları görülmektedir.

Tablo 4.37 32 m² kolektör alanı için illere göre f değerleri

Aylar	Diyarbakır	Şanlıurfa	Bingöl	Elazığ	Malatya	Erzurum	Van
OCAK	0.64	0.62	0.51	0.46	0.52	0.61	0.75
ŞUBAT	0.81	0.78	0.67	0.63	0.70	0.69	0.81
MART	0.98	0.97	0.85	0.84	0.90	0.80	0.92
NİSAN	1	1	0.99	0.99	1	0.86	1
MAYIS	1	1	1	1	1	1	1
HAZİRAN	1	1	1	1	1	1	1
TEMMUZ	1	1	1	1	1	1	1
AĞUSTOS	1	1	1	1	1	1	1
EYLÜL	1	1	1	1	1	1	1
EKİM	1	1	1	1	1	0.97	1
KASIM	0.99	0.98	0.73	0.77	0.82	0.72	0.89
ARALIK	0.64	0.62	0.46	0.41	0.48	0.52	0.71

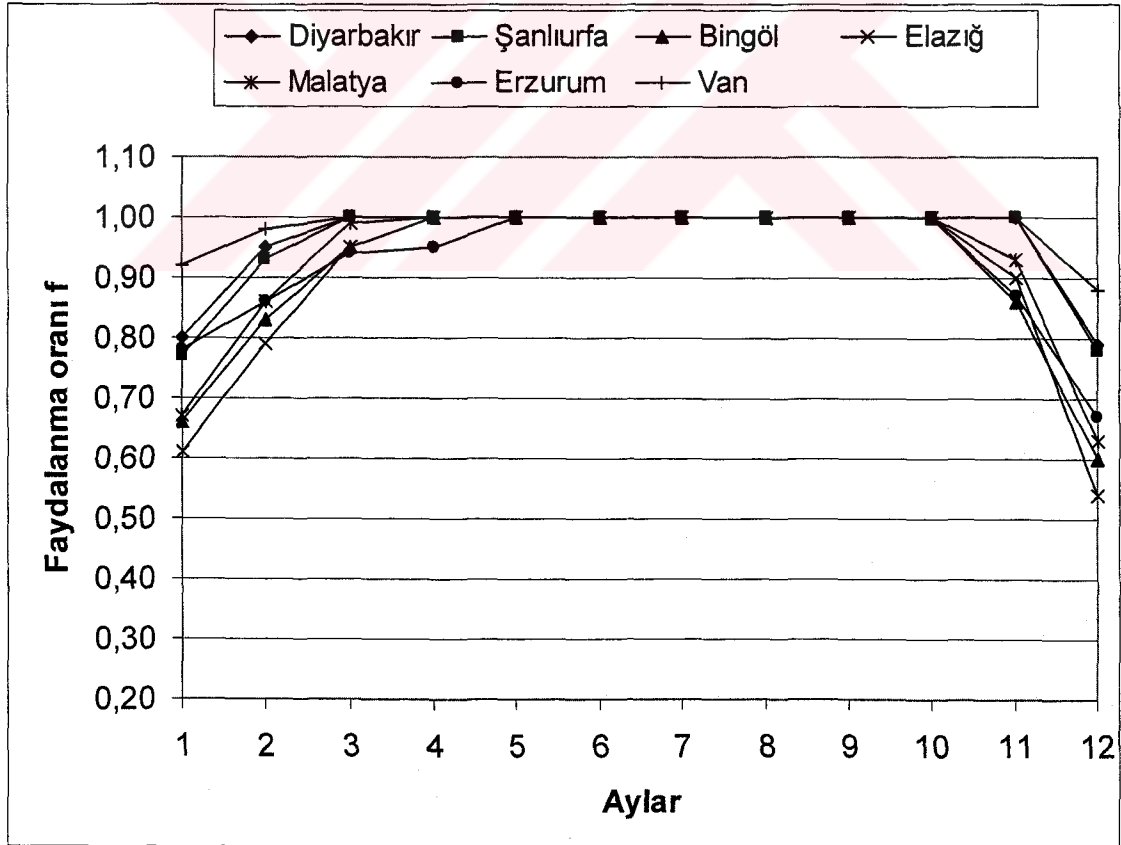


Şekil 4.29 32 m² kolektör alanı için illere göre f değerleri

Her il için, aylara göre güneşten faydalanma oranları 16, 32 ve 48 m² kolektör alanları kullanılarak yukarıda ayrıntılı olarak hesaplanmıştır. Tablo 4.38 ve şekil 4.30'de 48 m² kolektör alanı için illere göre güneşten faydalanma oranları görülmektedir.

Tablo 4.38 48 m² kolektör alanı için illere göre f değerleri

Aylar	Diyarbakır	Şanlıurfa	Bingöl	Elazığ	Malatya	Erzurum	Van
OCAK	0.80	0.77	0.66	0.61	0.67	0.78	0.92
ŞUBAT	0.95	0.93	0.83	0.79	0.86	0.86	0.98
MART	1	1	0.95	0.95	0.99	0.94	1
NİSAN	1	1	1	1	1	0.95	1
MAYIS	1	1	1	1	1	1	1
HAZİRAN	1	1	1	1	1	1	1
TEMMUZ	1	1	1	1	1	1	1
AĞUSTOS	1	1	1	1	1	1	1
EYLÜL	1	1	1	1	1	1	1
EKİM	1	1	1	1	1	1	1
KASIM	1	1	0.86	0.90	0.93	0.87	1
ARALIK	0.79	0.78	0.60	0.54	0.63	0.67	0.88



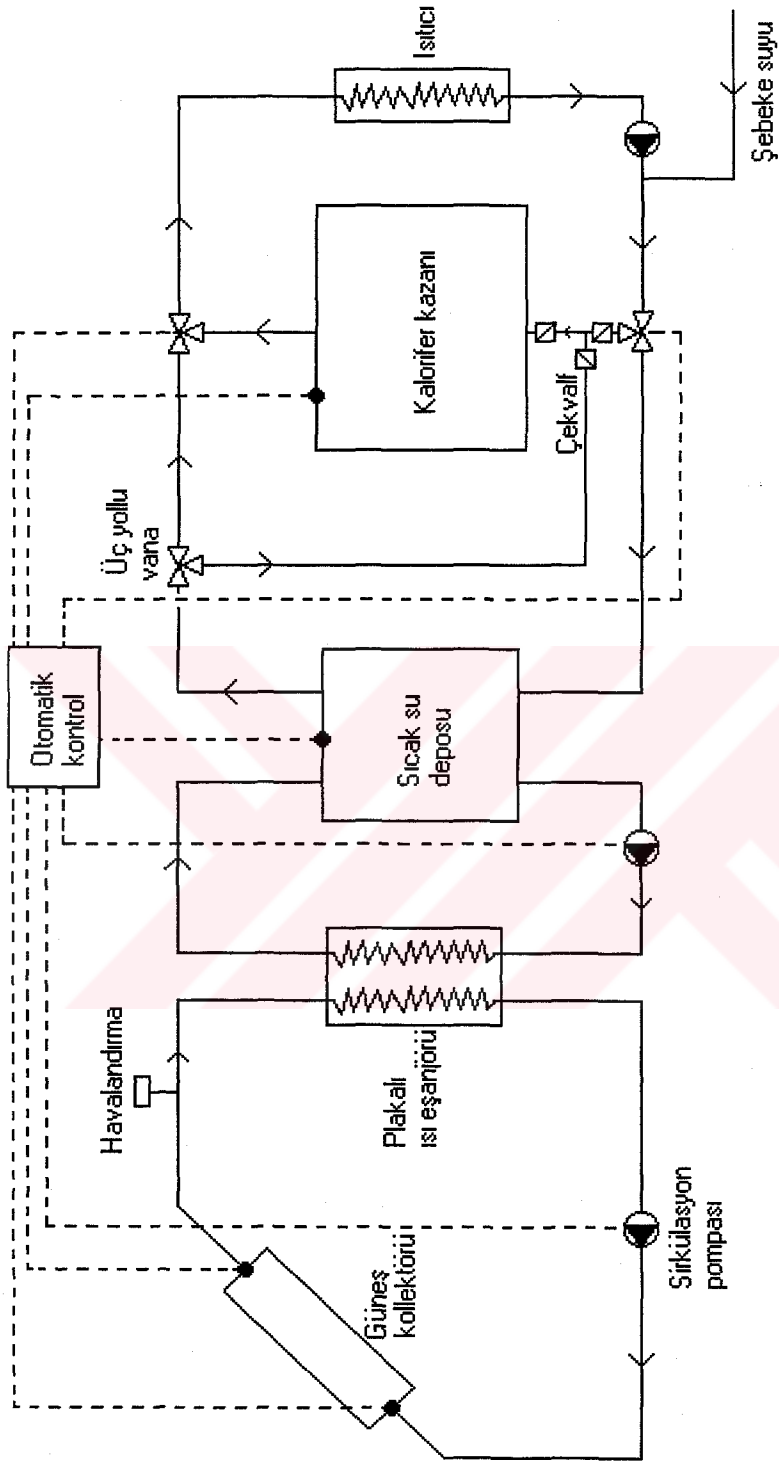
Şekil 4.30 48 m² kolektör alanı için illere göre f değerleri

5. GÜNEŞ ENERJİSİ TAKVİYELİ ISITMA SİSTEMLERİNDE EKONOMİK ANALİZ

Yeryüzüne düşen güneş ışıınımı potansiyeli oldukça fazla olup, yeryüzünün bir çok bölgesinde güneş enerjisi faydalı enerjiye dönüştürülebilir. Fakat güneş enerjisini faydalı enerjiye dönüştürebilmek için önemli ölçüde yatırım gerekmektedir.

Herhangi bir enerji dönüşüm sisteminde, yatırım yaparken ekonomik açıdan düşünülmesi gereken en önemli şey, yapılacak ilk yatırım maliyetinin sistemin ekonomik ömrü boyunca kaç yılda geri ödeneceğidir. Güneş enerjisini faydalı enerjiye dönüştüren sistemlerde ise verilecek yatırım kararına etki eden en önemli parametre, sistemin ekonomik ömrü boyunca yakıttan elde edilen parasal tasarrufun sistemin ilk yatırım maliyeti ile karşılaştırıldığında yapılan yatırım miktarını karşılayıp karşılamayacağı durumudur. Eğer sistemin kuruluşunda yapılacak ilk yatırım maliyeti, sistemin ekonomik ömrü boyunca sağlanan yakıt tasarrufu ile karşılanabiliyorsa, o zaman kullanılan bu sisteme ekonomiktir diyebiliriz.

Yukarıda bahsedildiği üzere ilk önce sistemin geri ödeme süresini hesaplamalıyız ve daha sonra sistemin kullanım ömrü boyunca güneşten ne kadar parasal tasarruf sağladığı tesbit edilerek yapılan ilk yatırım maliyeti ile karşılaştırmalıyız. Oluşturulan güneş enerjisi destekli kalorifer kazanı ile ısıtma sistemi Şekil 5.1’de görülmektedir[15]. Sistem otomatik kontrol ile çalıştırılmakta olup güneş enerjisi tarafından ısıtılan su sıcaklığı kalorifer kazanı gidiş suyu sıcaklığından fazla veya eşit ise güneş enerjisi sistemi tek başına ısıtma yapmaktadır. Güneş enerjisi tarafından ısıtılan su kalorifer kazanı gidiş suyu sıcaklığından düşük fakat dönüş suyu sıcaklığından yüksek ise güneş enerjisinden gelen su kalorifer kazanına takviye yaparak kalorifer kazanının verimini yükseltmektedir. Eğer güneş enerjisi sisteminden gelen sıcak su kalorifer kazanı dönüş suyu sıcaklığından düşük ise direk kalorifer kazanı devreye girerek ısıtma yapmaktadır.



Şekil 5.1 Güneş enerjisi takviyeli kalorifer kazanı ile ısıtma sisteminin projesi

Denklem 5.1’de görülen formül, faydalı güneş enerjisi elde etmek için kullanılan sistemin geri ödeme süresini hesaplamaktadır[11].

$$N_p = \frac{\ln\left[\frac{C_s \cdot \dot{I}_F}{F_Y \cdot Q \cdot C_{FI}} + 1\right]}{\ln(1 + \dot{I}_F)} \quad (5.1)$$

Denklem 5.2’de görülen denklem sistemin ilk yatırım maliyetini hesaplamaktadır[16].

$$C_s = C_A \cdot A_C + C_E \quad (5.2)$$

Denklem 5.1 ve 5.2’de gösterilen formüllerde kullanılan simgeler aşağıdaki gibi tanımlanabilir.

N_p : Geri ödeme süresi (Yıl)

C_A : Alana bağlı maliyet (YTL/m²)

A_C : Kollektör alanı (m²)

C_E : Alandan bağımsız maliyet (YTL)

$\dot{I}_F$: Enflasyon oranı

F_Y : Bir yıldaki güneşten faydalanma oranı

Q : Yıllık ısı kaybı (GJ)

C_{FI} : Yakıt fiyatı (YTL / GJ)

Güneş enerjisinden faydalanılarak sistemin kullanım ömrü boyunca elde edilen parasal kazancı hesaplayan formül denklem 5.3’de görülmektedir[11].

$$PWF(N_s, \dot{I}_F) = N_s(1 + \dot{I}_F) \quad (5.3)$$

Denklem 5.3’de görülen formül gelecek zaman faktörü (present worth factor) olarak bilinmektedir. Burada N_s sistemin kullanım ömrü olup 20 yıl olarak alınmaktadır[11]. Gelecek zaman faktörü ile yakıttan her yıl elde edilen parasal tasarruf çarpılarak sistemin kullanım ömrü boyunca güneş enerjisinden elde edilen parasal tasarrufu hesaplayan formül denklem 5.4’de görülmektedir.

$$C_{S1} = F_Y \times Q \times C_{FI} \times PWF(N_s, \dot{I}_F) \quad (5.4)$$

5.1 Elazığ İlinde 32 m² Kollektör Alanı İçin Geri Ödeme Süresinin Hesaplanması

$C_A = 55$ YTL (1 m² bakır panelli kollektör fiyatı)

$A_C = 32$ m²

$C_E =$ Depo maliyeti + Sabit maliyet

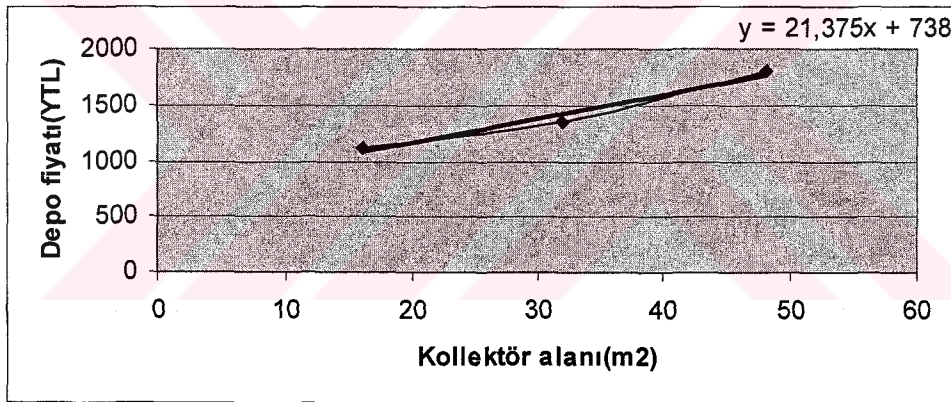
Depo maliyeti = 16 m² kollektör alanı için(1200 lt) 1116 YTL

32 m² kollektör alanı için(2400 lt) 1350 YTL

48 m² kollektör alanı için(5000 lt) 1800 YTL

Depo maliyeti; epoksi boyalı 4 mm. et kalınlıklı St 37 özelliğinde malzemeden üretilmektedir.

1 m² kollektör alanı için 75 lt kapasiteli su deposu kullanılmaktadır. Piyasadan araştırılarak yukarıda görülen üç adet depo fiyatı esas alınarak Excel Ofis programında bulunan denklemle diğer kollektör alanlarına ait depo fiyatları hesaplanabilmektedir. Kollektör alanına göre depo maliyeti şekil 5.2'de görülmektedir.



Şekil 5.2 Kollektör alanına göre depo maliyeti

Sabit Maliyet ;1-Plakalı ısı eşanjörü(plaka sayısı 26) 1460 YTL (1 adet)

2-Sirkülasyon pompası(4-8 ton/h kapasiteli) 416 YTL (2 adet)

3-Üç yollu vana gövdesi (32 mm çapında) 125 YTL (3 adet)

4-İki konumlu servo motor 580 YTL (3 adet)

5-İki konumlu elektronik sıcaklık kontrol paneli 357 YTL (1 adet)

6-Su sıcaklığını limitleme ilavesi 158 YTL (3 adet)

Toplam sabit maliyet = 5238 YTL hesaba katılmayan vana yalıtım maliyeti değerleri için bu fiyata %20 eklenerek toplam sabit maliyet 6285 YTL olarak bulunmuştur.

$$C_s = 55 \times 32 + (1350 + 6285)$$

$C_s = 9395$ YTL olarak yatırım maliyeti bulunmaktadır.

$$\dot{I}_F = 0.08 \text{ (enflasyon oranı)}$$

Bir yıldaki güneşten faydalanma oranı aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$F_Y = \frac{\sum Q_{xf}}{\sum Q} = \frac{27.9}{41.8} = 0.66$$

$$F_Y = 0.66$$

$$Q = 41.8 \text{ GJ}$$

Tablo 5.1'de binanın aylık ortalama ısı kaybı (Q_{ay}) ile güneşten faydalanma oranının (f) çarpılması sonucunda güneşten elde edilen faydalı enerji görülmektedir.

Tablo 5.1 Örnek olarak alınan binada aylara göre güneşten kazanılan ısı değerleri

AY	Q_{ay} (KJ)	f	$Q_{ay} \times f$ (KJ)
OCAK	8217728	0.46	3780155
ŞUBAT	7667161	0.63	4830311
MART	5814270	0.84	4883987
NİSAN	3190233	0.99	3158331
MAYIS	1134777	1	1134777
HAZİRAN	0	1	0
TEMMUZ	0	1	0
AĞUSTOS	0	1	0
EYLÜL	364668	1	364668
EKİM	2569916	1	2569916
KASIM	5291879	0.77	4074747
ARALIK	7548240	0.41	3094778

Yakıt fiyatını YTL / GJ biriminde hesaplayabilmek için fuel-oil'in alt ısı değeri ve yakıtın kilogramının fiyatına ihtiyaç duyulmaktadır. Yakıt fiyatı yapılan araştırmalar sonucunda Diyarbakır, Şanlıurfa, Bingöl, Elazığ, Malatya, Erzurum ve Van illerinde tespit edilerek bu tesbit edilen fiyatların ortalaması kullanılarak aşağıda gösterilmiştir[17].

$$H_u = 0.040193 \text{ GJ / kg}$$

$$f_u = 0.90 \text{ YTL / kg}$$

$$C_{F1} = \frac{f_u}{H_u} = \frac{0.9}{0.040193} = 22.4 \text{ YTL / GJ}$$

$$N_p = \frac{\ln\left[\frac{9395 \times 0.08}{0.66 \times 41.8 \times 22.4} + 1\right]}{\ln(1 + 0.08)} = 10.34 \text{ yıl}$$

32 m² kollektör alanı için Elazığ ilinde yukarıda esas alınan değerlere göre sistemin geri ödeme süresinin 10.34 yıl olarak bulunduğu görülmektedir.

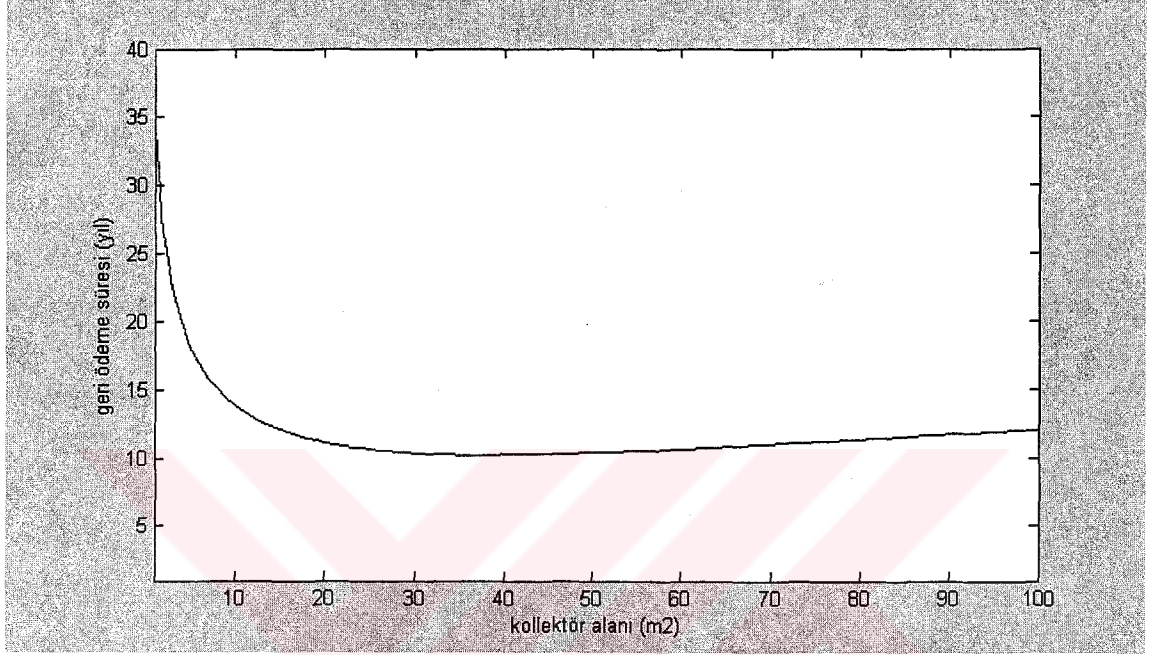
Sistemin geri ödeme süresini hesapladıktan sonra, sistemin kullanım ömrü boyunca güneş enerjisinden elde edilen parasal tasarrufu gelecek zaman faktörünü kullanarak hesaplırsak sistemin ekonomikliğı açısından daha net bir bilgi edinmiş oluruz.

$$PWF(N, i) = 20(1 + 0.08) = 21.6$$

$$C_{S1} = F_Y \times Q \times C_{F1} \times PWF(N, i) = 0.66 \times 41.8 \times 22.4 \times 21.6 = 13348 \text{ YTL}$$

Yukarıda yapılan hesaptan anlaşıldığı gibi sistemin kullanım ömrünü 20 yıl olarak yapılan parasal tasarrufun 13348 YTL olduğu görülmektedir.

Diyarbakır, Şanlıurfa, Bingöl, Elazığ, Malatya, Erzurum ve Van illeri için 1 m^2 'den 100 m^2 'ye kadar kollektör alanı kullanılarak yapılan hesaplamalarda her bir kollektör alanına karşılık gelen geri ödeme süresi sırasıyla Şekil 5.3, Şekil 5.4, Şekil 5.5, Şekil 5.6, Şekil 5.7, Şekil 5.8, Şekil 5.9'da görülmektedir.

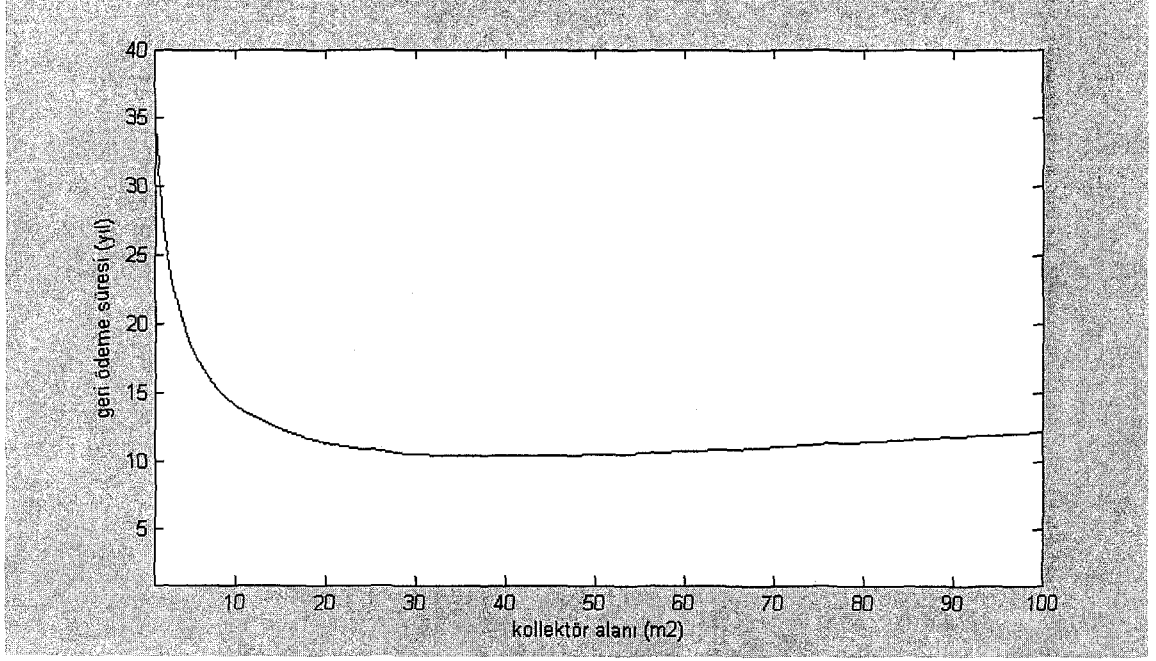


Şekil 5.3 Diyarbakır ili için kollektör alanına göre geri ödeme süresi

Şekil 5.3'de görüldüğü gibi Diyarbakır ilinde minimum geri ödeme süresi için 37 m^2 kollektör alanı kullanarak geri ödeme süresi 10.2311 yıl olarak tespit edilmiştir. 37 m^2 kollektör alanı kullanarak sistemin 20 yıllık kullanım süresi boyunca 14211 YTL parasal tasarruf yapılmaktadır. Diyarbakır ilinde 16 m^2 , 32 m^2 ve 48 m^2 kollektör alanı için geri ödeme süresi ve 20 yıl sonra elde edilen parasal tasarruf Tablo 5.2'de görülmektedir.

Tablo 5.2 Diyarbakır ili için kollektör alanına göre N_p ve C_{S1} değerleri

	16 m^2	32 m^2	48 m^2
Geri ödeme süresi (N_p) (Yıl)	11.83	10.2790	10.3468
20 yıl sonra elde edilen parasal tasarruf (C_{S1}) (YTL)	9530	13569	15175

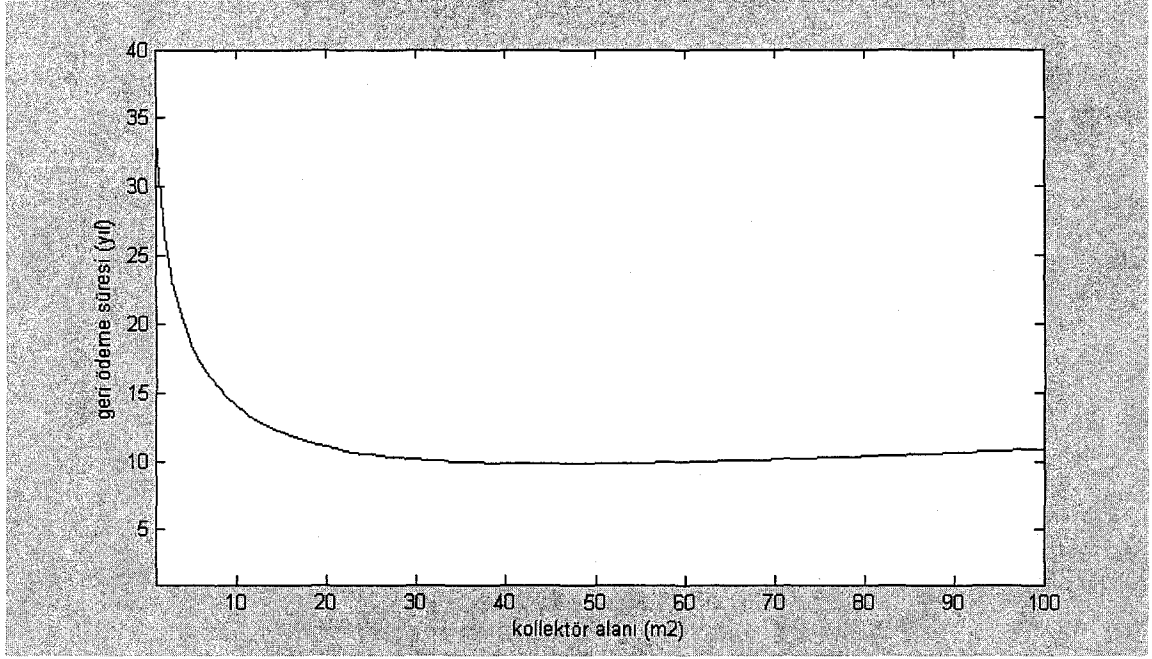


Şekil 5.4 Şanlıurfa ili için kolektör alanına göre geri ödeme süresi

Şekil 5.4’de görüldüğü gibi Şanlıurfa ilinde minimum geri ödeme süresi için 38 m^2 kolektör alanı kullanarak geri ödeme süresi 10.3652 yıl olarak tespit edilmiştir. 38 m^2 kolektör alanı kullanarak sistemin 20 yıllık kullanım süresi boyunca 14054 YTL parasal tasarruf yapılmaktadır. Şanlıurfa ilinde 16 m^2 , 32 m^2 ve 48 m^2 kolektör alanı için geri ödeme süresi ve 20 yıl sonra elde edilen parasal tasarruf Tablo 5.3’de görülmektedir.

Tablo 5.3 Şanlıurfa ili için kolektör alanına göre N_p ve C_{S1} değerleri

	16 m^2	32 m^2	48 m^2
Geri ödeme süresi (N_p) (Yıl)	12.0805	10.4424	10.4567
20 yıl sonra elde edilen parasal tasarruf (C_{S1}) (YTL)	9291	13263	14944

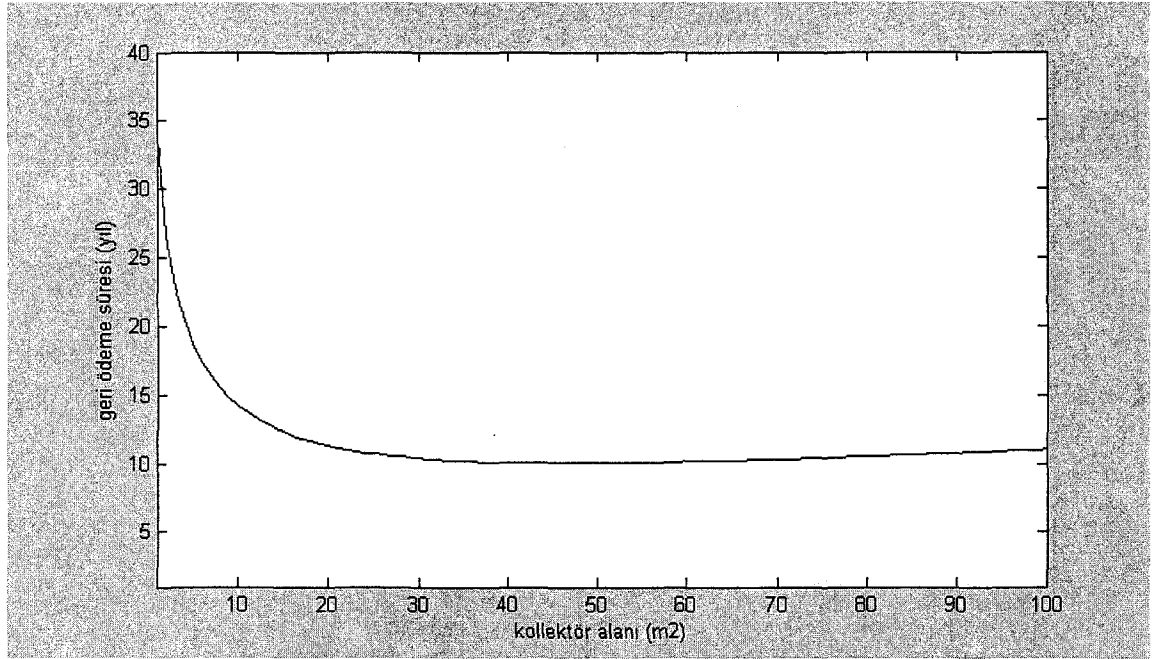


Şekil 5.5 Bingöl ili için kollektör alanına göre geri ödeme süresi

Şekil 5.5’de görüldüğü gibi Bingöl ilinde minimum geri ödeme süresi için 46 m^2 kollektör alanı kullanarak geri ödeme süresi 9.8071 yıl olarak tespit edilmiştir. 46 m^2 kollektör alanı kullanarak sistemin 20 yıllık kullanım süresi boyunca 16155 YTL parasal tasarruf yapılmaktadır. Bingöl ilinde 16 m^2 , 32 m^2 ve 48 m^2 kollektör alanı için geri ödeme süresi ve 20 yıl sonra elde edilen parasal tasarruf Tablo 5.4’de görülmektedir.

Tablo 5.4 Bingöl ili için kollektör alanına göre N_p ve C_{S1} değerleri

	16 m^2	32 m^2	48 m^2
Geri ödeme süresi (N_p) (Yıl)	11.8368	10.049	9.8106
20 yıl sonra elde edilen parasal tasarruf (C_{S1}) (YTL)	9585	14018	16382

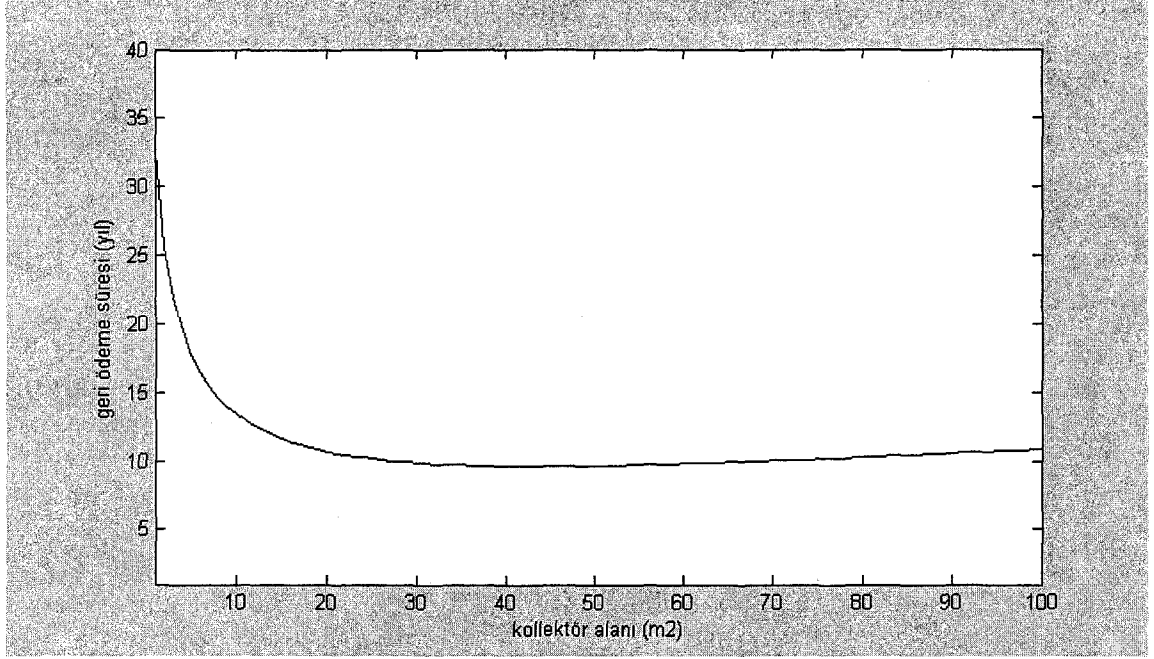


Şekil 5.6 Elazığ ili için kollektör alanına göre geri ödeme süresi

Şekil 5.6'de görüldüğü gibi Elazığ ilinde minimum geri ödeme süresi için 46 m² kollektör alanı kullanarak geri ödeme süresi 10.0099 yıl olarak tespit edilmiştir. 46 m² kollektör alanı kullanarak sistemin 20 yıllık kullanım süresi boyunca 15690 YTL parasal tasarruf yapılmaktadır. Elazığ ilinde 16 m², 32 m² ve 48 m² kollektör alanı için geri ödeme süresi ve 20 yıl sonra elde edilen parasal tasarruf Tablo 5.5'de görülmektedir.

Tablo 5.5 Elazığ ili için kollektör alanına göre N_p ve C_{S1} değerleri

	16 m ²	32 m ²	48 m ²
Geri ödeme süresi (N_p) (Yıl)	12.0383	10.2662	10.0117
20 yıl sonra elde edilen parasal tasarruf (C_{S1}) (YTL)	9340	13594	15913

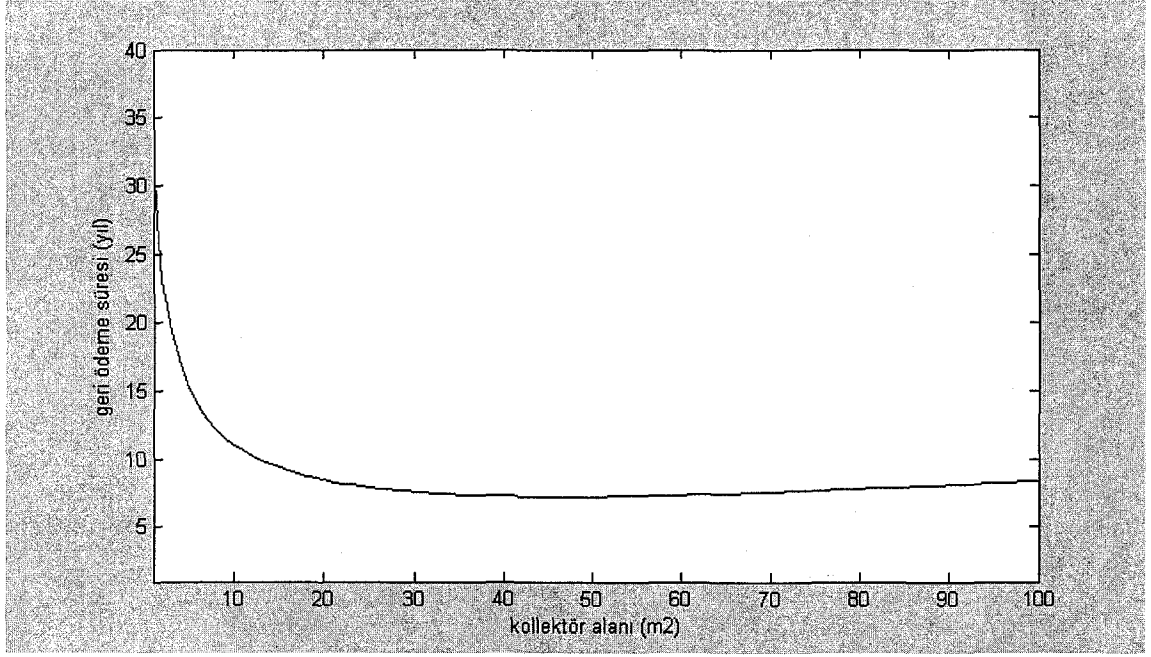


Şekil 5.7 Malatya ili için kollektör alanına göre geri ödeme süresi

Şekil 5.7’de görüldüğü gibi Malatya ilinde minimum geri ödeme süresi için 44 m² kollektör alanı kullanarak geri ödeme süresi 9.5869 yıl olarak tespit edilmiştir. 44 m² kollektör alanı kullanarak sistemin 20 yıllık kullanım süresi boyunca 16442 YTL parasal tasarruf yapılmaktadır. Malatya ilinde 16 m², 32 m² ve 48 m² kollektör alanı için geri ödeme süresi ve 20 yıl sonra elde edilen parasal tasarruf Tablo 5.6’de görülmektedir.

Tablo 5.6 Malatya ili için kollektör alanına göre N_p ve C_{S1} değerleri

	16 m ²	32 m ²	48 m ²
Geri ödeme süresi (N_p) (Yıl)	11.3706	9.7702	9.6027
20 yıl sonra elde edilen parasal tasarruf (C_{S1}) (YTL)	10185	14594	16887

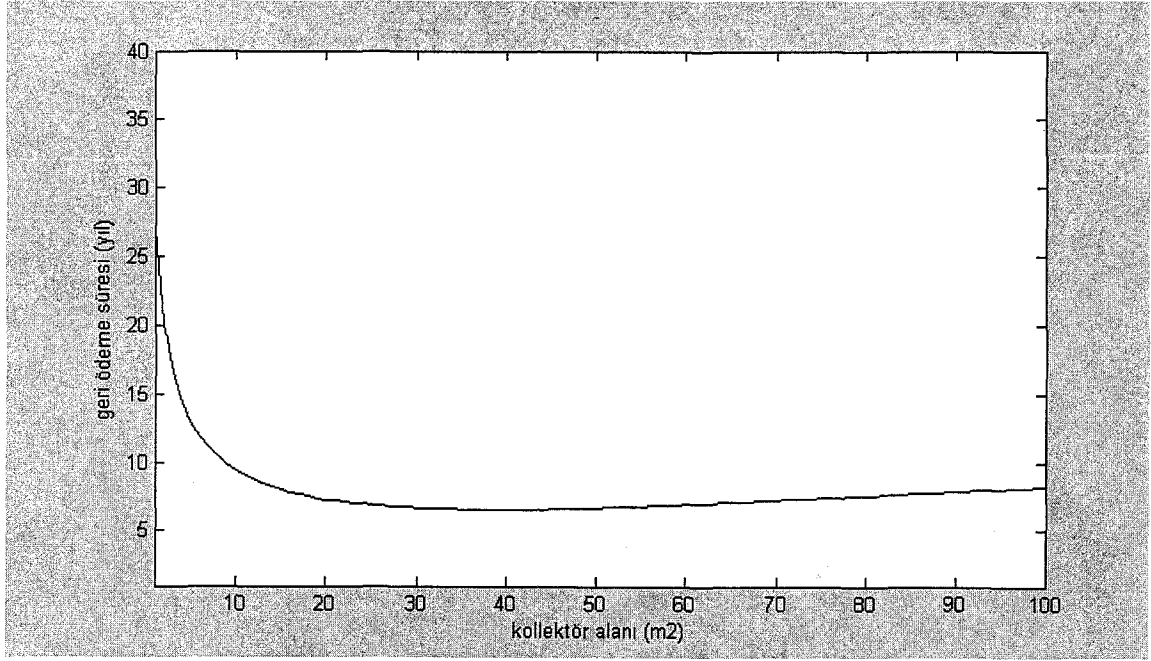


Şekil 5.8 Erzurum ili için kollektör alanına göre geri ödeme süresi

Şekil 5.8'de görüldüğü gibi Erzurum ilinde minimum geri ödeme süresi için 46 m^2 kollektör alanı kullanarak geri ödeme süresi 7.2516 yıl olarak tespit edilmiştir. 46 m^2 kollektör alanı kullanarak sistemin 20 yıllık kullanım süresi boyunca 24365 YTL parasal tasarruf yapılmaktadır. Erzurum ilinde 16 m^2 , 32 m^2 ve 48 m^2 kollektör alanı için geri ödeme süresi ve 20 yıl sonra elde edilen parasal tasarruf Tablo 5.7'de görülmektedir.

Tablo 5.7 Erzurum ili için kollektör alanına göre N_p ve C_{S1} değerleri

	16 m^2	32 m^2	48 m^2
Geri ödeme süresi (N_p) (Yıl)	9.1136	7.4843	7.2545
20 yıl sonra elde edilen parasal tasarruf (C_{S1}) (YTL)	14018	21007	24706



Şekil 5.9 Van ili için kollektör alanına göre geri ödeme süresi

Şekil 5.9'de görüldüğü gibi Van ilinde minimum geri ödeme süresi için 39 m^2 kollektör alanı kullanarak geri ödeme süresi 6.5501 yıl olarak tespit edilmiştir. 39 m^2 kollektör alanı kullanarak sistemin 20 yıllık kullanım süresi boyunca 26370 YTL parasal tasarruf yapılmaktadır. Van ilinde 16 m^2 , 32 m^2 ve 48 m^2 kollektör alanı için geri ödeme süresi ve 20 yıl sonra elde edilen parasal tasarruf Tablo 5.8'de görülmektedir.

Tablo 5.8 Van ili için kollektör alanına göre N_p ve C_{S1} değerleri

	16 m^2	32 m^2	48 m^2
Geri ödeme süresi (N_p) (Yıl)	7.8115	6.6255	6.6462
20 yıl sonra elde edilen parasal tasarruf (C_{S1}) (YTL)	17287	24600	27663

Tablo 5.9’da Diyarbakır, Şanlıurfa, Bingöl, Elazığ, Malatya, Erzurum ve Van illeri için minimum geri ödeme sürelerine karşılık gelen kollektör alanları, yıllık güneşten faydalanma oranları ve ilk yatırım maliyetleri görülmektedir.

Tablo 5.9 İllerin yapılan ekonomik analize göre elde edilen verileri

	$A_c (m^2)$	F_Y	$N_p (Yıl)$	$C_s (YTL)$
Diyarbakır	37	0.8499	10.2311	9850
Şanlıurfa	38	0.8404	10.3652	9926
Bingöl	46	0.7991	9.8071	10538
Elazığ	46	0.7761	10.0099	10538
Malatya	44	0.8133	9.5869	10385
Erzurum	46	0.8496	7.2516	10538
Van	39	0.9195	6.5501	10003

6. SONUÇLAR

Bu çalışmada 100 m² oturma alanına sahip bir bina esas alınarak Elazığ, Diyarbakır, Şanlıurfa, Bingöl, Malatya, Erzurum ve Van illerinde güneş enerjisi takviyeli mahal ısıtılmasında f-grafik yöntemi yardımıyla faydalı güneş enerjisi oranı tespit edilmiştir. projelendirilen sistemin ekonomik olabilirliği incelenmiştir.

Hesapların yapılmasında, söz konusu yedi ilin meteoroloji istasyonlarından alınan yatay yüzeye gelen aylık ortalama günlük tüm güneş ışıını ve aylık ortalama dış sıcaklık değerlerinin son on yıllık ortalamaları kullanılarak yapılan bilgisayar programında (EK-1) eğik yüzeye gelen aylık ortalama günlük tüm güneş ışıını ve TS825 standardına uygun olarak binanın aylık ortalama ısı kaybı değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan bu değerler yardımı ile her il için 16 m², 32 m² ve 48 m² kollektör alanı kullanılarak güneşten faydalanma oranları tesbit edilmiştir. Oluşturulan Matlab bilgisayar programı yardımı ile söz konusu illerde ekonomik analiz yapılarak 1 m²'den 100 m² kollektör alanına kadar gerekli hesaplar yapılmış ve minimum geri ödeme süresine karşılık gelen kollektör alanı tespit edilmiştir.

Yapılan hesaplamalar sonucunda söz konusu yedi il içerisinde Van ilinin güneşten yıllık olarak faydalanma oranı bakımından en verimli il olduğu tesbit edilmiştir. Elazığ ilinin ise eğik yüzeye gelen aylık ortalama günlük tüm güneş ışıını değerlerinin hesabı yapılan diğer illere oranla daha düşük olması nedeniyle güneşten faydalanma oranının daha az olduğu tespit edilmiştir. Geri ödeme süresine göre yapılan hesaplamalarda Van ilinde 39 m² kollektör alanı kullanılarak harcanan ilk yatırım maliyetini sistem 6.55 yılda karşılamaktadır. Elde edilen bu sonuç hesabı yapılan diğer illerde elde edilen sonuçlarla kıyaslanmış ve Van ilinin güneş enerjisi takviyeli sistemlerin kullanılmasında daha verimli olduğu görülmüştür.

Elazığ, Diyarbakır, Şanlıurfa, Bingöl, Malatya, Erzurum ve Van illeri için hesaplanan sonuçlara göre güneş enerjisi takviyeli ısıtma sistemlerinin kullanımında yakıttan önemsenecek oranda tasarruf edildiği, bu sebepten dolayı ekonomik açıdan sağladığı avantajın yanısıra çevreyi çok daha az kirlettiği görülmektedir. Elde edilen sonuçların değerlendirilmesi neticesinde görülmektedir ki mahal ısıtılmasında güneş enerjisi takviyeli sistemlerin kullanımı, ülke ekonomisini iyileştirme ve daha temiz bir dünyada yaşamının mümkün olabilmesi için yaygınlaştırılmalıdır.

KAYNAKLAR

1. Ünsal M., 1981, Güneş Enerjisi Takviyeli Bina Isıtmasında Yararlı Güneş Enerjisinin Hesaplanması, Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi, 3, 3, 29-33.
2. Öztürk A. ve Kılıç A., Bina Isıtmasında Toplayıcıların Yaklaşık Boyutlandırılması, Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi, 3, 2, 49-53.
3. Klein S.A., Beckman W.A. and Duffie J.A., 1975, A Design Procedure For Solar Heating Systems, Solar Energy, 18, pp. 113-127.
4. Furbo S. and Jivan L., 2003, Thermal Advantages for Solar Heating Systems with a Glass Cover with Antireflection Surfaces, Solar Energy , 74, pp. 513-523.
5. Deriş N., 1979, Eğik Yüzeye Gelen Toplam Güneş Işınımı, Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi, 2,1.
6. Ünsal M., 1981, Güneş Enerjisi Takviyeli Isıtma Sistemleri İçin Aylık Ortalama Geçiş-Yutma sayısı, Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi, 4, 1, 35-44.
7. Kılıç A. ve Öztürk A., 1983, Güneş Enerjisi, Kipaş Dağıtımcılık İstanbul 331 s.
8. Ünsal M. ve Doğan Z., S., 1980, Solar Tables-Design Data for Solar Aided Space Heating System, Middle East Technical University, Gaziantep Campus, 1-13
9. T.C. Resmi Gazete, 14 Haziran 1999, Sayı:23725
10. Karakoç H.T., 2001, Uygulamalı TS 825 ve Kalorifer Tesisatı Hesabı, Anadolu Üniversitesi 258 s.
11. J A.Duffie and W.A. Beckman, 1991, Solar Engineering of Thermal Processes, Newyork, 757 p.
12. Taşdemiroğlu E., 1988, Solar Energy Utilization:Technical and Economic Aspects, Ankara, pp.217-223.

13. www.ise.fhg.de

14. Tırıs Ç., 1996, Güneşli Isıtma Sistemlerinin Boyutlandırılması : f-Chart yöntemi, Termodinamik Dergisi, 4, 43, 55-56.

15. Dağsöz A.K., 1998, Sıcak Sulu Kalorifer Tesisatı, Demirdöküm, 528 s.

16. Söylemez M.S, 1988, Computer Simulation and Economic Feasibility of Active Solar Assisted Heating systems, Gaziantep, 25-26.

17. www.bp.com.tr/ürünler-ve-servisler



ÖZGEÇMİŞ

1978 yılında Malatya’da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Elazığ’da tamamladı. 1998 yılında girdiği Fırat Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünde eğitime başladı.. 2003 yılında Lisans eğitimini bitirdi. 2003 yılında Fırat Üniversitesi Makine Mühendisliği Termodinamik Ana Bilim Dalı’nda yüksek lisansa başladı. Şu anda hala yüksek lisans eğitimini sürdürmektedir.



EK-1

clear all,close all

%EĞİK YÜZEYE GELEN AYLIK ORTALAMA GÜNLÜK TÜM GÜNEŞ IŞINIMINI DEĞİŞİK
%AÇILARA GÖRE HESAPLAYAN PROGRAM

%Atmosfer dışından gelen ortalama güneş ışıınım değeri(Mj/gün.m2)

sc=116.9;

%Yatay yüzeye gelen aylık ortalama günlük tüm güneş ışıınımı değeri(Mj/gün.m2)

h=[6.42 9.90 13.36 16.67 21.07 24.69 24.09 21.59 18.01 12.43 8.24 5.42];

%Aylık ortalama gün sayısı

n=[15 45 75 105 135 165 195 225 255 285 315 345];

%Eğim açısı

ss=[23.41 38.41 53.41 90];

for j=1:4

for i=1:12

s=ss(j);

%Enlem açısı

z=38.41;

b=z*3.1416/180;

c=s*3.1416/180;

e=(360/365)*(284+n(i));

fz=e*3.1416/180;

%Deklinasyon açısı

da=23.45*sin(fz);

d=(3.1416/180)*da;

%Güneş doğuş saat açısı

v=acos(-tan(b)*tan(d));

vs=(180/3.1416)*v;

%Eğik yüzey güneş doğuş saat açısı

$vsa = \arccos(-\tan(b-c) * \tan(d));$

$vss = (180/3.1416) * vsa;$

if $vss > vs$

$vss = vs;$

else

$vss = vss;$

end

%Atmosfer dışından gelen değişken radyasyon değeri(Mj/gün.m2)

$nb = 360 * n(i) / 365;$

$nc = (3.1416/180) * nb;$

$ek = sc * (1 + 0.033 * \cos(nc));$

%Atmosfer dışından yatay yüzeye gelen ışıınım değeri(Mj/gün.m2)

$ol = (ek/3.1416) * (vs * (3.1416/180) * \sin(d) * \sin(b) + \cos(d) * \sin(vs * (3.1416/180)) * \cos(b));$

%Berraklık indeksi

$kt = h(i) / ol;$

%Hd/H oranı

$a = 1.39 - 4.027 * kt + 5.531 * kt * kt - 3.108 * kt * kt * kt;$

%Aylık ortalama direk ışıınım eğim faktörü

$ra = (\cos(b-c) * \cos(d) * \sin(vss * 3.1416/180) + vss * (3.1416/180) * \sin(b-c) * \sin(d));$

$rc = \cos(b) * \cos(d) * \sin(vs * (3.1416/180)) + vs * (3.1416/180) * \sin(b) * \sin(d);$

$rb = ra / rc;$

%Aylık ortalama toplam radyasyon eğim faktörü

$r = (1-a) * rb + a * 0.5 * (1 + \cos(c)) + 0.2 * 0.5 * (1 - \cos(c));$

%Eğik yüzeye gelen aylık ortalama günlük tüm güneş ışıınımı değeri(Mj/gün.m2)

$ht = r * h(i);$

$sonuc(i,j) = [ht];$

$ay(i) = i;$

```
end
end
sonuc
plot(ay,sonuc(:,1),'*-k')
hold on
plot(ay,sonuc(:,2),'-k')
plot(ay,sonuc(:,3),'+-k')
plot(ay,sonuc(:,4),'--k')
hold off
%xlabel('Yılın Ayları')
ylabel('Eğik yüzeye gelen aylık ortalama güneş ışınlmı(Mj/m2gün)')
legend('s=23.41','s=38.41','s=53.41','s=90')
axis([1 12 0 30])
```



EK-2 BİNADAKİ YAPI ELEMANLARININ ÖZELLİKLERİ

ikinci derece gün bölgesi	Yapı Elemanı Kalınlığı d (m)	Isı İletim Katsayısı (W/mK)	$d/\lambda, 1/\alpha$ (m ² K/W)	Isı Transfer Katsayısı U (W/m ² K)	Isı Kaybeden A (m ²)	Isı Kaybı A*U (W/K)
DIŞ HAVAYA AÇIK DUVAR						
Yüzeysel Isı İletim Katsayısı (iç)			0.13			
Yalnız alçı kullanarak (agregasız) yapılmış sıva	0.020	0.35	0.057			
Yatay delikli tuğlalarla duvarlar (TS 4563)	0.135	0.45	0.300			
Mineral ve bitkisel lifli yalıtım malzemeleri (TS 901)	0.040	0.040	1.00			
Yatay delikli tuğlalarla duvarlar (TS 4563)	0.135	0.450	0.300			
Çimento harcı	0.020	1.400	0.014			
Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0.0.4			
		TOPLAM	1.84	0.543	81.91	44.48
DIŞ HAVAYA AÇIK BETONARME DUVAR						
Yüzeysel Isı İletim Katsayısı (iç)			0.13			
Yalnız alçı kullanarak (agregasız) yapılmış sıva	0.020	0.35	0.057			
Normal beton (TS 500' e uygun), doğal agregası veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar (Donatılı)	0.26	2.100	0.124			
Yüzeyi pürüzlü ve pürüzlü kanallı kanallı levhalar	0.050	0.031	1.613			
Çimento harcı	0.020	1.400	0.014			
Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0.04			
		TOPLAM	1.98	0.505	34.34	17.34

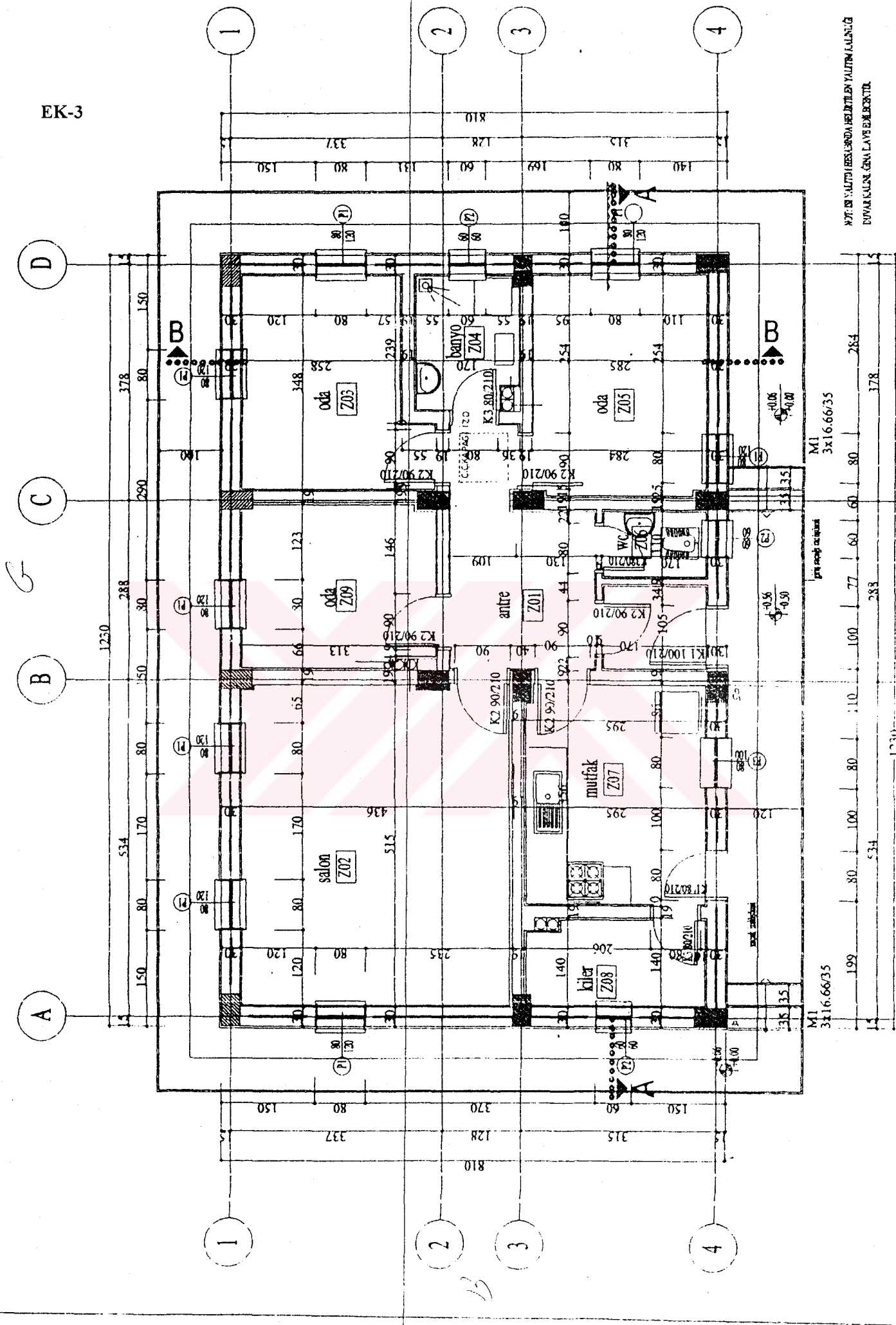
ikinci derece gün bölgesi	Yapı Elemanı Kalınlığı d (m)	Isı İletim Katsayısı (W/mK)	$d/\lambda, 1/\alpha$ (m ² K/W)	Isı Transfer Katsayısı U (W/m ² K)	Isı Kaybeden Yüzey A (m ²)	Isı Kaybı A*U (W/K)
TAVAN (Çatılı)						
Yüzeysel Isı İletim Katsayısı (iç)			0.13			
Kireç harcı,kireç çimento harcı	0.03	0.87	0.034			
Normal beton (TS 500' e uygun), doğal agreg a veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar (Donatılı)	0.12	2.1	0.057			
Mineral ve bitkisel lifli yalıtım malzemeleri (TS 901)	0.10	0.040	2.5			
Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0.08			
		TOPLAM	2.8	0.8x0.356	99.63	28.37
TABAN (Toprağ a temaslı)						
Yüzeysel Isı İletim Katsayısı (iç)			0.17			
Çimento harçlı şap	0.030	1.400	0.021			
Normal beton (TS 500' e uygun), doğal agreg a veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar (Donatısız)	0.100	1.740	0.057			
Mineral ve bitkisel lifli yalıtım malzemeleri (TS 901)	0.060	0.040	1.50			
Normal beton (TS 500' e uygun), doğal agreg a veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar (Donatısız)	0.050	1.740	0.029			
Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)						
		TOPLAM	174	0.5x0.562	99.63	28
		PENCERE		2.60	9.72	25.27
		KAPI		4.000	2.1	8.40
		KAPI		2.000	1.68	3.36
Yapı elemanlarından iletim yoluyla gerçekleş en ısı kaybı toplamı					155.220	W/K

üçüncü derece gün bölgesi	Yapı Elemanı Kalınlığı d (m)	Isı İletim Katsayısı (W/mK)	d/λ, 1/α (m²K/W)	Isı Transfer Katsayısı U (W/m²K)	Isı Kaybeden A (m²)	Isı Kaybı A*U (W/K)
DIŞ HAVAYA AÇIK DUVAR						
Yüzeysel Isı İletim Katsayısı (iç)			0.13			
Yalnız alçı kullanarak (agregasız) yapılmış sıva	0.020	0.35	0.057			
Yatay delikli tuğlalarla duvarlar (TS 4563)	0.135	0.45	0.300			
Mineral ve bitkisel lifli yalıtım malzemeleri (TS 901)	0.050	0.040	1.250			
Yatay delikli tuğlalarla duvarlar (TS 4563)	0.135	0.450	0.300			
Çimento harcı	0.020	1.400	0.014			
Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0.0.4			
		TOPLAM	2.09	0.478	81.91	39.15
DIŞ HAVAYA AÇIK BETONARME DUVAR						
Yüzeysel Isı İletim Katsayısı (iç)			0.13			
Yalnız alçı kullanarak (agregasız) yapılmış sıva	0.020	0.35	0.057			
Normal beton (TS 500' e uygun), doğal agreg a veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar (Donatılı)	0.26	2.100	0.124			
Yüzeyi prüzlü ve prüzlü kanallı kanallı levhalar	0.060	0.031	1.935			
Çimento harcı	0.020	1.400	0.014			
Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0.04			
		TOPLAM	2.30	0.434	34.34	14.90

üçüncü derece gün bölgesi	Yapı Elemanı Kalınlığı d (m)	Isı İletim Katsayısı (W/mK)	d/λ, 1/α (m²K/W)	Isı Transfer Katsayısı U (W/m²K)	Isı Kaybeden Yüzey A (m²)	Isı Kaybı A*U (W/K)
TAVAN (Çatılı)						
Yüzeysel Isı İletim Katsayısı (iç)			0.13			
Kireç harcı,kireç çimento harcı	0.03	0.87	0.034			
Normal beton (TS 500' e uygun), doğal agreg a veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar (Donatılı)	0.12	2.1	0.057			
Mineral ve bitkisel lifli yalıtım malzemeleri (TS 901)	0.120	0.040	3.00			
Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0.08			
		TOPLAM	3.30	0.8x0.302	99.63	24.07
TABAN (Toprağ a temaslı)						
Yüzeysel Isı İletim Katsayısı (iç)			0.17			
Çimento harçlı şap	0.030	1.400	0.021			
Normal beton (TS 500' e uygun), doğal agreg a veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar (Donatısız)	0.100	1.740	0.057			
Mineral ve bitkisel lifli yalıtım malzemeleri (TS 901)	0.08	0.040	2.00			
Normal beton (TS 500' e uygun), doğal agreg a veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar (Donatısız)	0.050	1.740	0.029			
Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)						
		TOPLAM	2.24	0.5x0.439	99.63	21.87
		PENCERE		2.60	9.72	25.27
		KAPI		4.000	2.1	8.4
		KAPI		2.000	1.68	3.36
Yapı elemanlarından iletim yoluyla gerçekleş en ısı kaybı toplamı					137.03	W/K

dördüncü derece gün bölgesi	Yapı Elemanı Kalınlığı d (m)	Isı İletim Katsayısı (W/mK)	d/λ, 1/α (m²K/W)	Isı Transfer Katsayısı U (W/m²K)	Isı Kaybeden A (m²)	Isı Kaybı A*U (W/K)
DIŞ HAVAYA AÇIK DUVAR						
Yüzeysel Isı İletim Katsayısı (iç)			0.13			
Yalnız alçı kullanarak (agregasız) yapılmış sıva	0.020	0.35	0.057			
Yatay delikli tuğlalarla duvarlar (TS 4563)	0.135	0.45	0.300			
Mineral ve bitkisel lifli yalıtım malzemeleri (TS 901)	0.070	0.040	1.750			
Yatay delikli tuğlalarla duvarlar (TS 4563)	0.135	0.450	0.300			
Çimento harcı	0.020	1.400	0.014			
Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0.0.4			
		TOPLAM	2.59	0.385	81.91	31.53
DIŞ HAVAYA AÇIK BETONARME DUVAR						
Yüzeysel Isı İletim Katsayısı (iç)			0.13			
Yalnız alçı kullanarak (agregasız) yapılmış sıva	0.020	0.35	0.057			
Normal beton (TS 500' e uygun), doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar (Donatılı)	0.26	2.100	0.124			
Yüzeyi prüzlü ve prüzlü kanallı kanallı levhalar	0.080	0.031	2.581			
Çimento harcı	0.020	1.400	0.014			
Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0.04			
		TOPLAM	0.339	0.339	34.34	11.64

dördüncü derece gün bölgesi	Yapı Elemanı Kalınlığı d (m)	Isı İletim Katsayısı (W/mK)	$d/\lambda, 1/\alpha$ (m ² K/W)	Isı Transfer Katsayısı U (W/m ² K)	Isı Kaybeden Yüzey A (m ²)	Isı Kaybı A*U (W/K)
TAVAN (Çatılı)						
Yüzeysel Isı İletim Katsayısı (iç)			0.13			
Kireç harcı,kireç çimento harcı	0.03	0.87	0.034			
Normal beton (TS 500' e uygun), doğal agreg a veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar (Donatılı)	0.12	2.1	0.057			
Mineral ve bitkisel lifli yalıtım malzemeleri (TS 901)	0.160	0.040	4.00			
Yüzeysel ısı ile tim katsayısı (dış)			0.08			
		TOPLAM	4.30	0.8x0.232	99.63	18.49
TABAN (Toprağ a temaslı)						
Yüzeysel Isı İletim Katsayısı (iç)			0.17			
Çimento harçlı ş ap	0.030	1.400	0.021			
Normal beton (TS 500' e uygun), doğal agreg a veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar (Donatıs ız)	0.100	1.740	0.057			
Mineral ve bitkisel lifli yalıtım malzemeleri (TS 901)	0.100	0.040	2.500			
Normal beton (TS 500' e uygun), doğal agreg a veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar (Donatıs ız)	0.050	1.740	0.029			
Yüzeysel ısı ile tim katsayısı (dış)						
		TOPLAM	2.74	0.5x0.360	99.63	17.93
		PENCERE		2.400	9.72	23.33
		KAPI		4.000	2.1	8.4
		KAPI		2.000	1.68	3.36
Yapı elemanlarından ile tim yoluyla gerçekleş en ısı kaybı toplamı					114.469	W/K



NOT: BU YATIRIM HESAPLARI VE BİTİRİM YATIRIMLARI
DİKKATİNE ALINMALI VE BİTİRİM

EK-4

clear all, close all

%KOLLEKTÖR ALANINA GÖRE AYLIK ORTALAMA GÜNEŞTEN FAYDALANMA
%ORANLARINI VE SİSTEMİN GERİ ÖDEME SÜRESİNİ HESAPLAYAN PROGRAM

%Kollektör alanı (m2)

for co=1:1:46

%yatay yüzeye gelen aylık ortalama ışıınım miktarı(j/gün.m2);

h=[6420000 9900000 13360000 16670000 21070000 24690000 24090000 21590000 18010000
12430000 8240000 5420000];

%Aylık ortalama sıcaklık değerleri(C);

p=[0.36 1.19 5.89 11.44 17.08 22.77 27.48 26.58 20.76 14.33 7.19 2.28];

%Binanın aylık ortalama ısı kaybı değerleri(j);

lo=[8217728000 7667161000 5814270000 3190233000 1134777000 1 1 1 364668000 2569916000
5291879000 7548240000];

%Enlem açısı

z=38.41;

%Eğim açısı

s=53.41;

%EĞİK YÜZEYE GELEN AYLIK ORTALAMA GÜNLÜK TÜM GÜNEŞ IŞINIMI
%HESABI(MJ/GÜN.M2)

%Atmosfer dışından gelen ortalama güneş ışıınım değeri(Mj/gün.m2)

sc=116.9;

%Aylık ortalama gün sayısı

n=[15 45 75 105 135 165 195 225 255 285 315 345];

%F_R x U_C (W/ m²°C) değeri

u=5.2;

%F_R.(τ_α)_n değeri

t=0.83;

%F'_R/F_R değeri

fa=0.93;

% $\left(\overline{\tau\alpha}\right) / (\tau\alpha)_n$

aa=0.9;

%Bir aydaki gün sayısı

na=[31 28 31 30 31 30 31 31 30 31 30 31];

for i=1:12

b=z*3.1416/180;

c=s*3.1416/180;

%Deklınasyon açısı

e=(360/365)*(284+n(i));

fz=e*3.1416/180;

da=23.45*sin(fz);

d=(3.1416/180)*da;

%Güneş doğuş saat açısı

v=acos(-tan(b)*tan(d));

vs=(180/3.1416)*v;

%Eğik yüzey güneş doğuş saat açısı

vsa=acos(-tan(b-c)*tan(d));

vss=(180/3.1416)*vsa;

if vss>vs

vss=vs;

else

vss=vss;

end

%Atmosfer dışından gelen değişken radyasyon değeri(Mj/gün.m2)

nb=360*n(i)/365;

nc=(3.1416/180)*nb;

ek=sc*(1+0.033*cos(nc));

%Atmosfer dışından yatay yüzeye gelen ısıtım değeri(Mj/gün.m2)

ol=(ek/3.1416)*(vs*(3.1416/180)*sin(d)*sin(b)+cos(d)*sin(vs*(3.1416/180))*cos(b));

o=ol*1000000;

%Berraklık indeksi

kt=h(i)/o;

%Hd/H oranı

a=1.39-4.027*kt+5.531*kt*kt-3.108*kt*kt*kt;

%Aylık ortalama direk ısıtım eğim faktörü

ra=(cos(b-c)*cos(d)*sin(vss*3.1416/180)+vss*(3.1416/180)*sin(b-c)*sin(d));

rc=cos(b)*cos(d)*sin(vs*(3.1416/180))+vs*(3.1416/180)*sin(b)*sin(d);

rb=ra/rc;

%Aylık ortalama toplam radyasyon eğim faktörü

r=(1-a)*rb+a*0.5*(1+cos(c))+0.2*0.5*(1-cos(c));

%Eğik yüzeye gelen aylık ortalama günlük tüm güneş ısıtım değeri(Mj/gün.m2)

ht=r*h(i);

%FAYDALANMA ORANI HESABI;

%Bir aydaki saniye sayısı

dt=86400*na(i);

%Kollektör toplam ısı kaybının binanın toplam ısı kaybına oranı

x=co.*u*fa*(100-p(i))*dt/lo(i);

%Eğimli yüzey ile absorbe edilen güneş enerjisinin bina ısı kaybına oranı

$y = \text{co.} \cdot t \cdot f_a \cdot a_a \cdot n_a(i) \cdot h_t / l_o(i);$

%Aylık güneşten faydalanma oranı

$f = 1.029 \cdot y - 0.065 \cdot x - 0.245 \cdot y \cdot y + 0.0018 \cdot x \cdot x + 0.0215 \cdot y \cdot y \cdot y;$

if $f > 1$

$f = 1;$

end

sonuc(i)=[f];

ay(i)=i;

end

%plot(ay,sonuc,'k-');

%xlabel('Yılın Ayları')

%ylabel('Faydalanma oranı f');

%axis([1 12 0 1.2]);

%hold off

%EKONOMİ HESABI;

%1 m2 kolektör fiyatı;

$c_1 = 55;$

%1 m2 kolektör için depo fiyatı;

$d_1 = \text{co.} \cdot 21.375 + 739;$

%sabit yatırım fiyatı;

$s_1 = 5238;$

%Güneş enerjisinden aylık olarak elde edilen ısı enerjisi(Gj)

$f_1 = \text{sonuc.} \cdot l_o / 1000000000;$

%Güneş enerjisinden yıllık olarak elde edilen ısı enerjisi(Gj)

```
f2=sum(f1);
```

```
%Binanın yıllık ısı kaybı(Gj)
```

```
f3=sum(lo)/1000000000;
```

```
%Bir yıl boyunca güneşten faydalanma oranı
```

```
f4=f2/f3;
```

```
%İlk yatırım maliyeti
```

```
cs=co.*c1+d1+s1*1.2;
```

```
%Yakıtın bir kilogramının fiyatı
```

```
fu=0.9;
```

```
%Yakıtın alt ısı değeri (Gj/kg)
```

```
fua=0.040193;
```

```
%Enflasyon oranı
```

```
in=0.08;
```

```
%Bir Gj yakıtın fiyatı
```

```
cf=fu/fua;
```

```
%Sistemin geri ödeme süresi
```

```
np=log(1+(cs*in)/(f4*f3*cf))/log(1+in);
```

```
npp(co)=np
```

```
coo(co)=co;
```

```
end
```

```
figure(2)
```

```
plot(coo,npp,'-k')
```

```
xlabel('kollektör alanı (m2)')
```

```
ylabel('geri ödeme süresi (yıl)');
```

```
axis([1 100 1 40])
```