

## EĞİK YÜZEYE GELEN TOPLAM GÜNEŞ IŞINIMI

● Neşe Deriş

### TOTAL SOLAR RADIATION ON TILTED SURFACES

Solar radiation data can be converted to calculate radiation on a tilted surface. Multiplying radiation data by the factor  $\bar{R}$ , total daily radiation (monthly average) on a tilted surface can be found directly.  $\bar{R}$ -values for southern Turkey ( $36^\circ$  lat.) and northern Turkey ( $42^\circ$  lat.) has been established and total radiation has been calculated for Istanbul

### ÖZET

Güneş rasatlarından hareket ederek eğik yüzeye gelen toplam ışıını bulmak olasıdır. Güneş rasatları,  $\bar{R}$ -değeri ile çarpılınca eğik yüzeye gelen toplam ışıını bulunur. Kuzey Türkiye ( $42^\circ$  enlem) ve güney Türkiye ( $36^\circ$  enlem) için  $\bar{R}$ -değerleri hesaplanmış ve İstanbul'da eğik yüzeye gelen toplam günlük ışıını (aylık ortalama) için grafik verilmiştir.

#### 1—GENEL:

Güneş rasatları yatay konumdaki piranometre \* ile ölçülür. Düz toplayıcılar genellikle güneye bakar ve belirli bir eğim açısı vardır. Yatay yüzey üzerinde ölçülen ışıının değeri eğik yüzey üzerine aktarılması gerekir. Bu araştırmamızda, eğik yüzeye gelen toplam güneş ışıını hesaplamak için yöntem geliştirilecek ve uygulama örneği verilecektir.

#### 2—EĞİK YÜZEYE GELEN TOPLAM IŞINIM

Yatay yüzeye gelen toplam ışıını, doğru ve yaygın ışıından oluşur (1):

$$H = H_b + H_d \quad 1$$

Azami (normal) doğru ışıını ile, yüzeye gelen bileşeni arasındaki ilişki Şekil 1.de görüldüğü gibidir:

$$H_n = H_b / \cos \theta_z \quad \text{ve} \quad H_n = H_{Tb} / \cos \theta_T \quad 2$$

İki denklem eşitlenirse  $H_{Tb} = H_b (\cos \theta_T / \cos \theta_z)$  olur. Tanımlamaya göre,  $R_b = \cos \theta_T / \cos \theta_z$  olursa, eğik yüzeye gelen doğru ışıını bileşeni şöyle ifade edilir:

$$H_{Tb} = H_b R_b \quad 3$$

Eğik yüzeyin "gördüğü" gökyüzü  $(1 + \cos S)/2$  kadardır ve yaygın ışıını buna bağlı kalır:

$$H_{Td} = H_d (1 + \cos S) / 2 \quad 4$$

Eğik yüzeyin gördüğü arz parçası  $(1 - \cos S) / 2$  kadardır ve yansıyan ışıını buna bağlı kalır:

$$H_{Tr} = H (1 - \cos S) \rho / 2 \quad 5$$

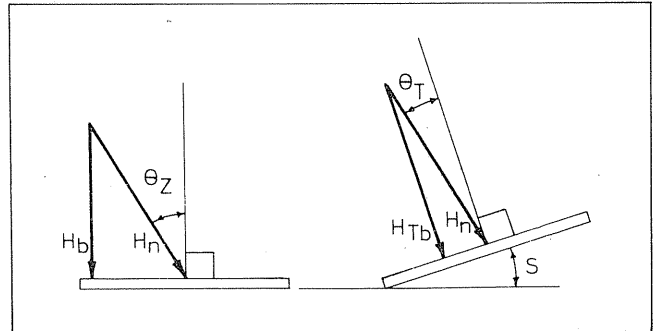
Burada  $\rho$ , yerin yansıma katsayısıdır, ve toprak için 0.2 ve kar örtüsü için 0.7 kabul edilir.

\* Piranometre: güneş ışıını ölçer bir tür aygıt

Eğik yüzeye gelen toplam ışıını; doğru, yaygın ve yansıyan ışıından oluşur:

$$H_T = H_{Tb} + H_{Td} + H_{Tr}$$

$$H_T = H_b R_b + H_d (1 + \cos S) / 2 + H (1 - \cos S) \rho / 2 \quad 6$$



Şekil 1 Doğru ışıını ve yüzeye gelen bileşeni

#### 3—DÖNÜŞÜM KATSAYISI:

Tanımlamaya göre dönüşüm katsayısı; eğik yüzeye gelen toplam ışıının yatay yüzeye gelen toplam ışıına oranıdır:

$$R = H_T / H \quad 7$$

Denklem (6), H, değerine bölünür ve ortalama değerler alınır (2):

$$\bar{R} = (1 - \bar{H}_d / \bar{H}) \bar{R}_b + (\bar{H}_d / \bar{H}) (1 + \cos S) / 2 + (1 - \cos S) \rho / 2 \quad 8$$

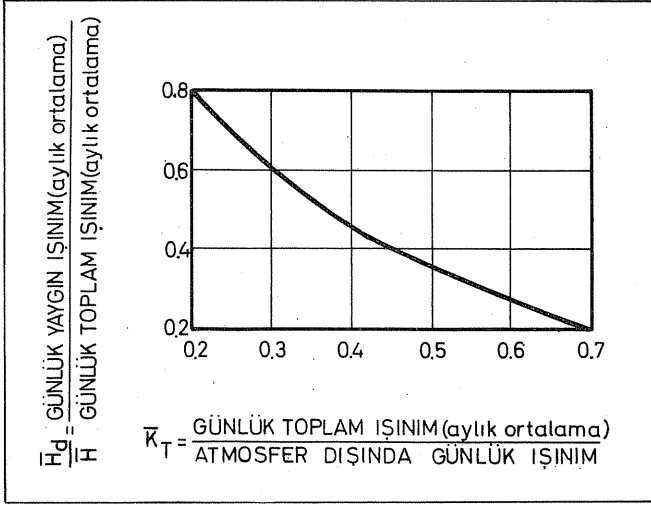
#### 4—YAYGIN-TOPLAM IŞINIM İLİŞKİSİ:

Atmosfer ışıını perdeler. Arz üzerindeki ışıını, atmosfer dışındaki ışıından daha azdır. Tanımlamaya göre

"bulut endeksi", arzdeki ışıının atmosfer dışı ışıına oranıdır (3):

$$\bar{K}_T = \text{Bulut endeksi} = \frac{\text{Günlük Toplam Işınım (aylık ortalama)}}{\text{Atmosfer Dışı Işınım (aylık ortalama)}} \quad 9$$

Günlük yaygın ışıının günlük toplam ışıına oranı,  $H_d/H$ , ile bulut endeksi arasındaki ilişki Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2 R -  $K_T$  ilişkisi

Atmosfer dışı ışıının yatay yüzey üzerinde ölçülmüş ve Türkiye'nin en güney ve en kuzey enlemleri için Tablo 1'de açıklanmıştır.

TABLO: 1

Atmosfer dışı ışıının ( $10^3 \times \text{kcal/m}^2 \text{ gün}$ )

| Aylar   | 36° enlem | 42° enlem |
|---------|-----------|-----------|
| Ocak    | 4.18      | 3.31      |
| Şubat   | 5.38      | 4.58      |
| Mart    | 6.90      | 6.27      |
| Nisan   | 8.42      | 8.05      |
| Mayıs   | 9.44      | 9.34      |
| Haziran | 9.85      | 9.88      |
| Temmuz  | 9.65      | 9.60      |
| Ağustos | 8.80      | 8.54      |
| Eylül   | 7.44      | 6.90      |
| Ekim    | 5.82      | 5.07      |
| Kasım   | 4.45      | 3.61      |
| Aralık  | 3.69      | 2.96      |

Uygulama bir problemle açıklanmıştır.

İstanbul'da (41° enlem) Mart ayında günlük toplam ışıının  $2530 \text{ kcal/m}^2$  dir. Yaygın ışıını bulunuz.

Çözüm: Atmosfer dışı ışıının =  $6380 \text{ kcal/m}^2$  (Tablo 1)

$$\bar{K}_T = 2530/6380 = 0.4$$

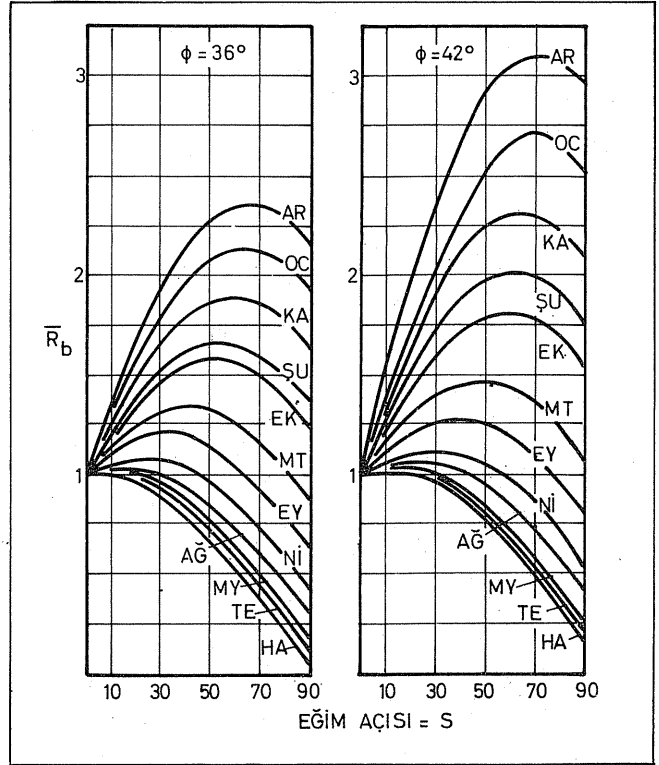
$$\bar{H}_d/\bar{H} = 0.46 \text{ (Şekil 2)}$$

$$\bar{H}_d = 2530 \times 0.46 = 1146 \text{ kcal/m}^2$$

##### 5-DÖNÜŞÜM KATSAYISI HESABI:

Önce,  $R_b = \cos \theta_T / \cos \theta_z$ , eşitliğinden yararlanılarak

her ayın her saati için,  $R_b$ , değeri hesaplandı ve günlük ortalama alınarak,  $\bar{R}_b$  bulundu. Sonuçlar, 36° ve 42° enlem için, Şekil 3 de gösterilmiştir.



Şekil 3 S -  $R_b$  ilişkisi

Sabah erken ve akşam geç saatlerdeki en verimsiz birkaç saat dikkate alınmadı. Elde edilen sonuçlar, bazı küçük sapmalar dışında, literatürdeki verilere uymaktadır.

Şekil 2 ve Şekil 3 ile denklem (8) den yararlanarak, 36° ve 42° enlem için,  $R$ , değerleri hesaplandı ve Şekil 4. de gösterildi.

Toprağın yansıma katsayısı olarak  $\rho=0.2$  değeri kullanıldı. Türkiye'nin en güney ve en kuzey enlemleri için yapılan bu araştırma ülke çapında kullanılabilir, diğer ara enlemleri için gereken değerler arabulum ile saptanabilir. Beş ayı,  $\bar{K}_T$  değeri (0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7) kullanılmıştır ancak yaz aylarında eğriler çok dar bir alana düştüğünden yalnızca alt ve üst limit eğrileri çizilmiştir.

Günlük toplam ışıının (aylık ortalama) değeri,  $\bar{H}$ , güneş rasatlarından alındıktan sonra, bu değerle Şekil 4. deki,  $\bar{R}$ , değeri çarpılırsa, eğik yüzeye gelen toplam ortalama ışıının,  $\bar{H}_T$ , bulunur:

$$\bar{H}_T = \bar{H} \bar{R} \quad 10$$

Uygulama bir örnekle açıklanmıştır.

Problem 1 deki şartlara göre, 50° eğimle duran yüzeye gelen toplam ortalama ışıını bulunuz.

Çözüm  $\bar{K}_T = 0.4$  (Problem 1)

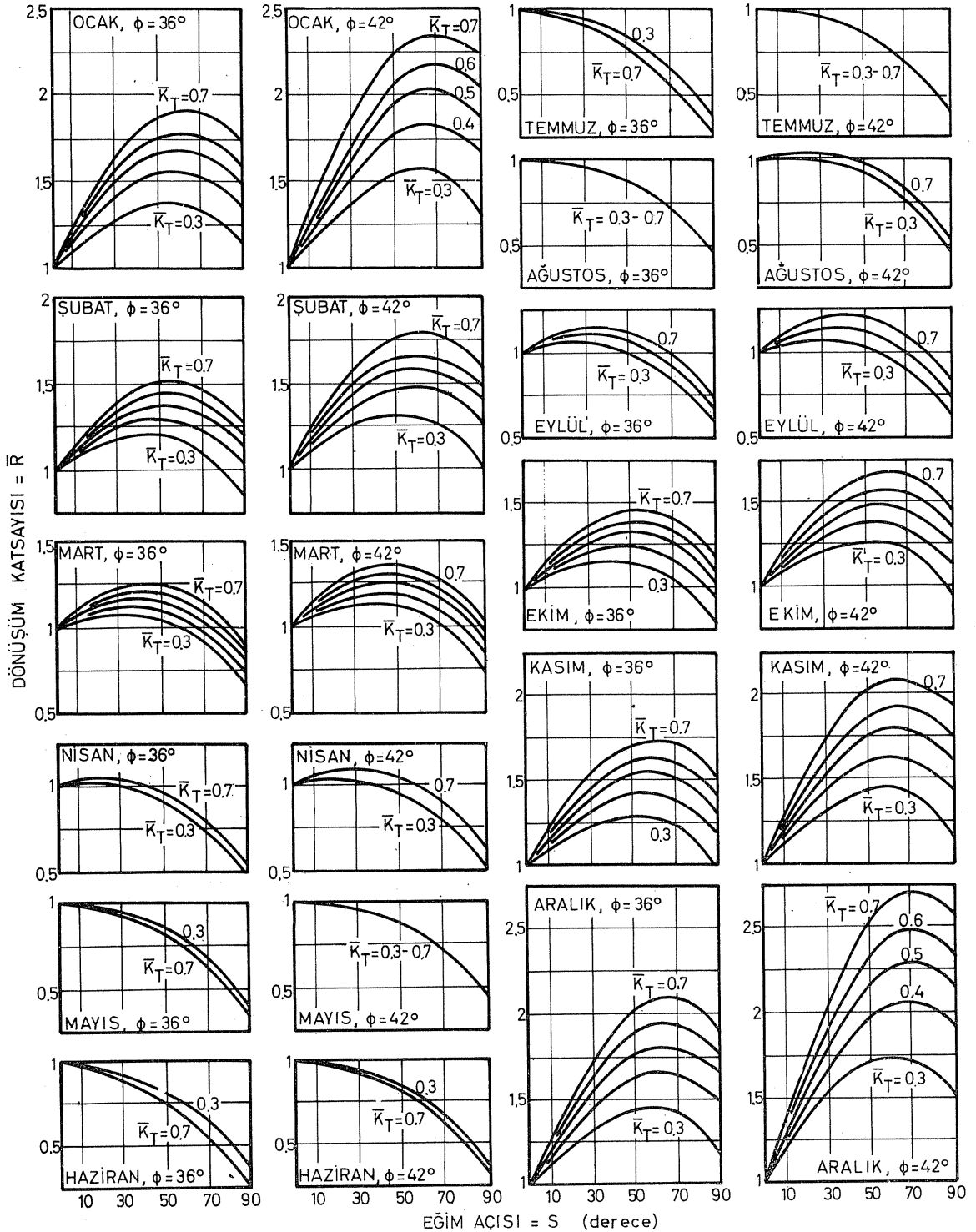
$$\bar{R} = 1.18 \text{ Şekil (4.) den arabulumla)}$$

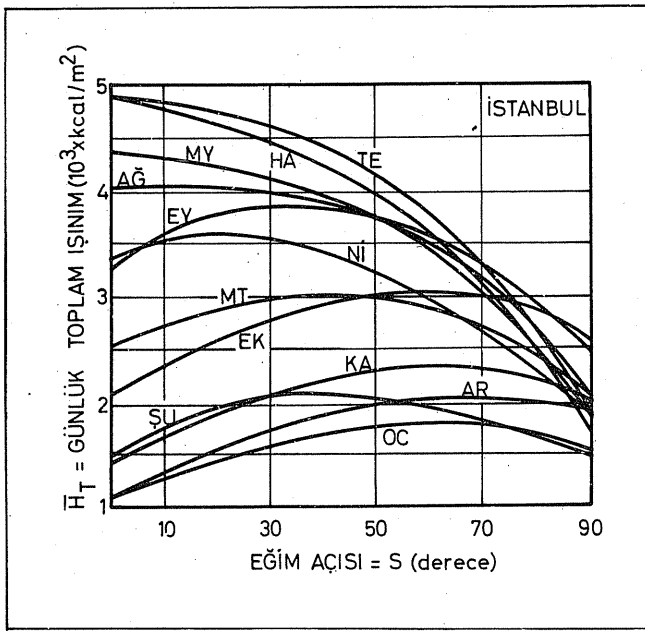
$$\bar{H}_T = \bar{H} \bar{R} = 2530 \times 1.18 = 2990 \text{ kcal/m}^2 \text{ gün}$$

1972-1975 yılları arasında İstanbul'da Kandilli Rasathanesi'nde saptanan ısıtım değerlerinin ortalaması alındıktan sonra problem 2'deki yöntemine uygun olarak İstanbul'da eğik yüzeye gelen toplam ısıtım hesaplanmış ve Şekil 5'te gösterilmiştir. Daha önceki bir araştırmamızda (4)

günün her saati için yapılan ayrıntılı hesaplar ile Şekil 5'teki ortalama aylık değerler arasında tam mutabakat olduğu görülmüştür. Bu itibarla her saat için ayrı hesap yapılmasına gerek olmadığı ve günlük ortalama değerlerden hareket ederek eğik yüzeye gelen toplam ısıtımın oldukça duyarlıkla bulunabileceği anlaşılmıştır.

Şekil 4 İstanbul'da eğik yüzeye gelen toplam ısıtım





Şekil 5.: Yagın ışıını -  $K_T$  ilişkisi

Şekil 5 te verilen,  $H_T$  değerleri ile ilgili grafiklerin diğer önemli kentlerimiz için de hazırlanması gerekmektedir. Ancak bu yüklü çalışma konumuzun dışında bırakılarak yalnızca yöntem ve hesap tarzı gösterilmiş ve örnek olarak İstanbul için eğik yüzeye gelen toplam ışıını verilmiştir. Güneş rasatları bilindiği takdirde, Şekil 4 deki bilgi kullanılarak, Türkiye'nin herhangi bir kentinde eğik yüzeye gelen toplam ortalama ışıını bulmak mümkündür.

## SİMGELER:

|            |                                                                                             |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| $H$        | Yatay yüzeye gelen toplam ışıını                                                            |
| $H_b$      | Yatay yüzeye gelen doğru ışıını bileşeni                                                    |
| $H_d$      | Yatay yüzeye gelen yaygın ışıını                                                            |
| $H_n$      | Azami (normal) doğru ışıını                                                                 |
| $H_{Tb}$   | Eğik yüzeye gelen doğru ışıını bileşeni                                                     |
| $H_{Td}$   | Eğik yüzeye gelen yaygın ışıını                                                             |
| $H_{Tr}$   | Eğik yüzeye gelen yansıyan ışıını                                                           |
| $H_T$      | Eğik yüzeye gelen toplam ışıını                                                             |
| $\theta_z$ | Zenit açısı, yatay yüzeyin geliş açısı                                                      |
| $\theta_T$ | Eğik yüzeyin geliş açısı                                                                    |
| $R_b$      | Doğru ışıını için açı dönüşüm katsayısı                                                     |
| $R$        | Dönüşüm katsayısı: Eğik yüzeye gelen toplam ışıının, yatay yüzeye gelen toplam ışıına oranı |
| $S$        | Eğim açısı                                                                                  |
| $\rho$     | Arzın yansıma katsayısı                                                                     |
| $K_T$      | Bulut endeksi: Arz üzerindeki ışıının atmosfer dışındaki ışıına oranı                       |
| $\phi$     | Enlem                                                                                       |

## KAYNAKLAR :

- (1) DUFFIE, J.A. BECKMAN, W.A. : Solar Energy Thermal Processes, J. Wiley and Sons.
- (2) BECKMAN, W.A. KLEIN, S.A. DUFFIE, J.A. : Solar heating Design by The fchart Method, J. Wiley and sons, N.Y., 1977.
- (3) LIU, B.Y.H. JORDAN, R.C. The Interrelationship and Characteristic Distribution of Direct, Diffuse and Total Radiation, Solar Energy, vol. 4, 1 no. 3, 1960.
- (4) DERİŞ, N. : Güneş Enerjisi-Sıcak Su ile Isıtma Tekniği, Sermet Matbaası, İstanbul, 1979.



# akfen

**.etüd.proje.imalat.montaj.taahhüt.**

fizibilite etüdları  
proje hizmetleri  
anahtar teslimi;  
sıcak su,  
kaynar su,  
buhar santralleri,  
havalandırma sistemleri,  
imalat, montaj, taahhüt

MAN brülörleri  
brülör yedek parçaları  
buhar ve sıcak su kazanları  
paket hidroforlar  
STAN. ART pompaları  
VİTRA ... ılları  
E.C.A mamulleri  
basınç, debi, kontrol elemanları

## akfen İtđ. řti

\* BÜRO: Meşrutiyet Caddesi No: 21/14 Tel: 250745  
\* MAĞAZA: Emek Mahallesi 90. Sokak No: 27 Tel: 234823