

# SOĞUTMA YÜKÜ HESABI İÇİN YAPI ELEMANLARINA GELEN GÜNEŞ IŞINIMININ BELİRLENMESİ

[2Mustafa GÜNEŞ

**Balıkesir Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü**

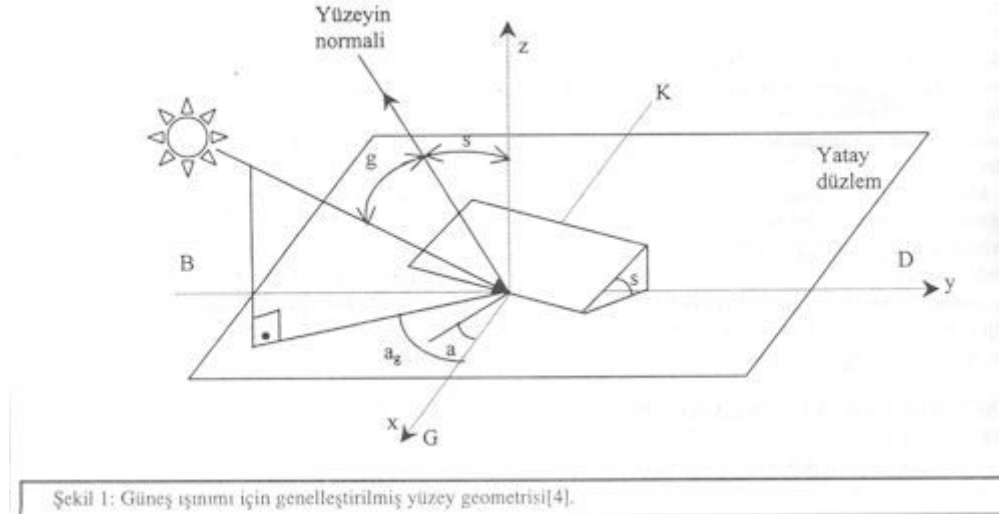
## ÖZET

Yapı elemanlarına gelen saatlik güneş ışınımının bilgisayar yardımıyla hesaplanmasında kullanılacak bir veritabanı ve hesaplama yöntemi tanıtılmaktadır. Çeşitli yerleşim merkezleri için, farklı yönlere bakan dik yapı elemanları ve yatay yüzeye gelen saatlik toplam ışınım değerleri grafiklerle gösterilerek, Türkiye'de belirli bir yerleşim merkezi için programdan elde edilen sonuçlar, ölçüm değerleri ve literatürden alınan hesaplanmış değerlerle karşılaştırılmıştır. Türk araştırmacıların hesapladığı saatlik ışınım bilgilerinin Ölçüm değerlerine yakın; yabancı kaynaktan aynı enlem derecesine karşılık gelen yer için alınan sonuçların ise ölçüm değerlerinden yüksek olduğu görülmüştür.

## 1. GİRİŞ

Bir yapının soğutma yükünü etkileyen çok sayıda parametre vardır. Birbirlerine çoğunlukla karmaşık bir şekilde bağlı olan bu parametreler, soğutma periyodu boyunca sürekli bir değişim gösterirler. Soğutma yükü bileşenleri genellikle (i) saydam yüzeylerden geçen güneş ışınımı; (ii) dış duvar ve çatılardan gelen periyodik ısı kazancı; (iii) iç bölme, tavan ve döşemelerden geçen ısı kazancı; (iv) insan, lamba ve elektrikli cihazlardan gelen ısı kazancı; (v) havalandırma ve dış havanın enfiltrasyonu sonucu transfer olan enerji; (vi) diğer ısı kazançları şeklinde sınıflandırılarak incelenip 1-3].

Isıtma yükü hesabında, dış hava sıcaklığının bir gün boyunca değişmeyen sabit bir değerde olduğu varsayılır. Bu durumda iç ve dış ortam arasında



Şekil 1: Güneş ışınımı için genelleştirilmiş yüzey geometrisi[4].

sıcaklık farkı sabit olacağı için, transfer olan ısının kararlı olduğu söylenebilir. Soğutmanın yapıldığı yaz aylarında ise, hem dış hava sıcaklığı hem de güneş ışınımı farklı saatlerde periyodik bir değişim gösterirler. Bu nedenle soğutma yükünü meydana getiren bileşenlerin saatlik değerlerinin bilinmesi gerekir.

İklimlendirilecek ortama kazanılan ısı miktarının önemli bir oranı güneş ışınımı nedeniyledir. Yapı elemanını meydana getiren duvar, çatı ve pencerelerden belirli bir saatte kazanılan güneş ışınımının yaklaşık olarak hesabı, bu amaç için hazırlanan tablolar yardımıyla yapılır. İki kademede yapılan hesaplama işleminin ilk aşamasında, yapı elemanlarına gelen saatlik güneş ışınımı belirlenir. İkinci aşamada ise bu elemanlar için geçerli olan çevre faktörü, geçirgenlik ve gölge etkisi gibi parametreler göz önünde bulundurulur ve ilk kademede hesaplanan saatlik güneş ışınımının değeri düzeltilir. Bu çalışmada, isimlendirilecek bir yapıda duvar, çatı veya cam üzerine gelen saatlik güneş ışınımının bilgisayar yardımıyla hesaplanmasında kullanılacak bir veri tabanı ve hesaplama yöntemi tanıtılmıştır.

## 2. PROBLEMİN TANIMLANMASI

Yeryüzüne gelen güneş ışınımı astronomik, coğrafik, geometrik, fiziksel, meteorolojik faktörler olarak sınıflandırılabilir çok sayıda değişkene bağlıdır. Bu değişkenlerin etkisini teorik olarak belirlemek güç olduğu için, güneş ışınımı hesaplamalarında genellikle, ölçülen güneş ışınımı verilerinden türetilen korelasyonlar kullanılır.

**Duvar, çatı veya cam için kullanılacak genelleştirilmiş yüzey geometrisi Şekil 1'de gösterilmiştir. Burada güneş geliş açısı(g), güneş azimut açısı(ag) ve zenit açısı(z) türetilen güneş açılan; eğim(s)**

**ve yüzey azimut açısı(a) ise yüzey açılan olarak bilinir.**

Atmosfere gelen güneş ışınımı, atmosfer içinde değişikliğe uğradıktan sonra yeryüzüne ulaşır. Türkiye'de farklı konumlarda düzlemsel yüzeye gelen saatlik güneş ışınımının belirlenmesi için kullanılabilir ölçüm verileri ve hesaplama yöntemleri literatürde[5-11] verilmiştir. Bu kaynaklara göre, Şekil 1'de gösterilen eğik yüzeye gelen saatlik toplam güneş ışınımı(I<sub>e</sub>), bu yüzeye aynı süre içerisinde gelen direkt(I<sub>ed</sub>), yayılı(I<sub>ey</sub>) yansı-yan(I<sub>ya</sub>) güneş ışınımı miktarlarının toplamına eşittir:

$$I_e = I_{ed} + I_{ey} + I_{ya}$$

Bu denklem açık olarak yazılırsa

$$I_e = R_d I_d + I_y \frac{1 + \cos \delta}{2} + I_p \frac{1 - \cos \delta}{2}$$

**elde edilir. Burada I<sub>d</sub>, I<sub>y</sub> ve I<sub>p</sub> sırasıyla, yatay düzleme gelen saatlik tüm, direkt ve yayılı güneş ışınımı; P çevrenin yansıtma oranı katsayısıdır. Güneş ışınımı hesaplamalarında, belirli bir süre boyunca yatay düzleme gelen tüm güneş ışınımının, direkt ve yayılı güneş ışınımının toplamına eşit olacağı kabul edilir. Buna göre (2) denklemi için yatay düzleme gelen saatlik tüm ve yayılı güneş ışınımı**

$$I_t = \frac{I}{Q} = \frac{\pi}{4t_0} \left\{ \cos \left( 90 \frac{h}{H} \right) + \frac{2}{\sqrt{\pi}} \left[ 1 - \exp \left( -4 \left( 1 - \frac{h}{H} \right)^2 \right) \right] \right\} \quad (3)$$

$$I_y = \frac{I_y}{Q_y} = \frac{\pi}{24} \frac{\cosh H - \cos H}{\sin H - \frac{\pi}{180} H \cos H} \quad (4)$$

ifadelerinden hesaplanır. Bu denklemlerde Q ve Q<sub>y</sub> sırasıyla, yatay yüzeye gelen günlük ortalama tüm ve yayılı güneş ışınımı; t<sub>0</sub>, gün uzunluğu; h saat açısı; H ise güneş doğuş ve batış saat açısıdır. Güneş saat açıları(h ve H) ve gün uzunluğu(t<sub>0</sub>) aşağıdaki bağıntılardan hesaplanır:

$$h = 15(12 - GS) \quad (5)$$

$$H = \arccos(-\tan \delta \tan \phi) \quad (6)$$

$$t_0 = 2/15 H. \quad (7)$$

Burada GS, güneş saati; d ise deklinasyon açısıdır. Deklinasyon açısı, (n, 1 ocaktan itibaren gün sayısı olmak üzere

$$d = 23.45 \sin \left( \frac{360 n + 284}{365} \right) \quad (8)$$

amprik ifadesinden hesaplanır. Denklem (2)'de görülen R<sub>d</sub> değeri, eğik düzleme gelen direkt güneş ışınımına yatay düzleme gelen direkt güneş ışınımının oranıdır:

$$R_d = \frac{I_{ed}}{I_d} = \frac{\cos g}{\cos z} \quad (9)$$

Güneş geliş açısı(g) ve zenit açısı(z)nin kosinüsleri ise  $\cos g = \cos d \cos e \cosh \cos s + \cos a \cos d \sin e \cosh \sin s + \sin a \cos d \sinh \sin s + \sin d \sin e \cosh - \cos a \sin d$

$\cos e \sin s$  (10)

$\cos z = \cos d \cos e \cosh + \sin d \sin e$  (11)

ifadelerinden hesaplanır.

### 3. ÇÖZÜM YÖNTEMİ

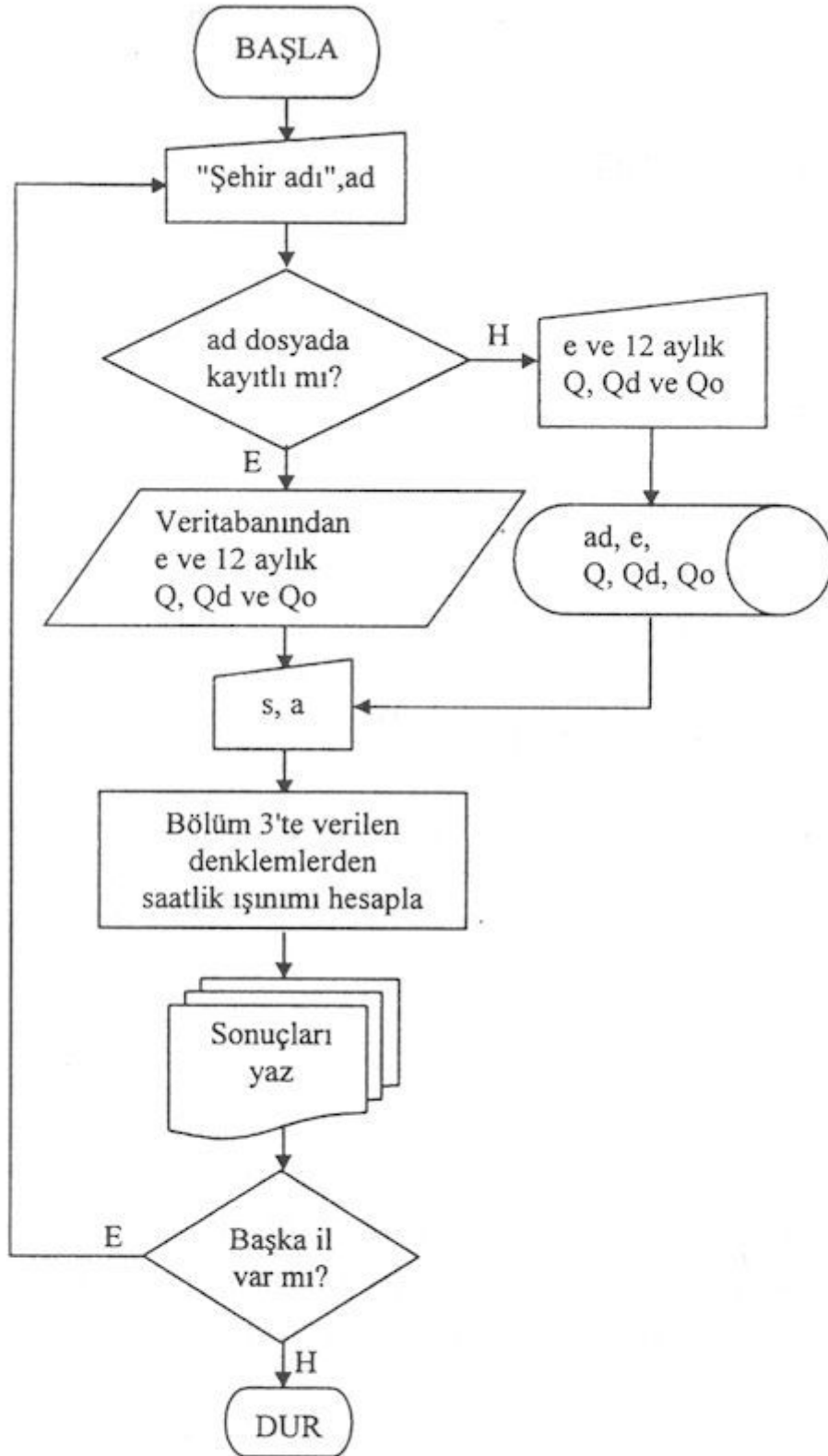
Güneş ışınımı hesaplamalarına başlamadan önce, düzlemsel yapı elemanının konumu belirlenmelidir. Bunun için enlem, eğim ve yüzey azimut açılan kullanılır. Şekil 1 'den görüleceği üzere, duvar ve pencere için  $s = 90^\circ$ , yatay yüzey için  $s = 0^\circ$  alınır. Eğer eğimli bir çatı, duvar ya da pencere söz konusu ise bu durumda  $0^\circ < s < 90^\circ$  olacaktır. Çeşitli yönler için kullanılacak yüzey azimut açısı değerlerinden bazıları Tablo 1 'de verilmiştir.

Tablo 1. Çeşitli yönler için yüzey azimut açısı(a) değerleri için:

**Tablo 1. Çeşitli yönler için yüzey azimut açısı(a) değerleri.**

Yön	G	GB	B	KB	K	KD	D	GD
a(°)	0	45	90	135	180	225	270	315

Denklem (3) ve (4)'ten görüleceği üzere, saatlik güneş ışınımı hesabında yatay yüzeye gelen günlük tüm ve yayılı güneş ışınımı değerlerinin bilinmesi



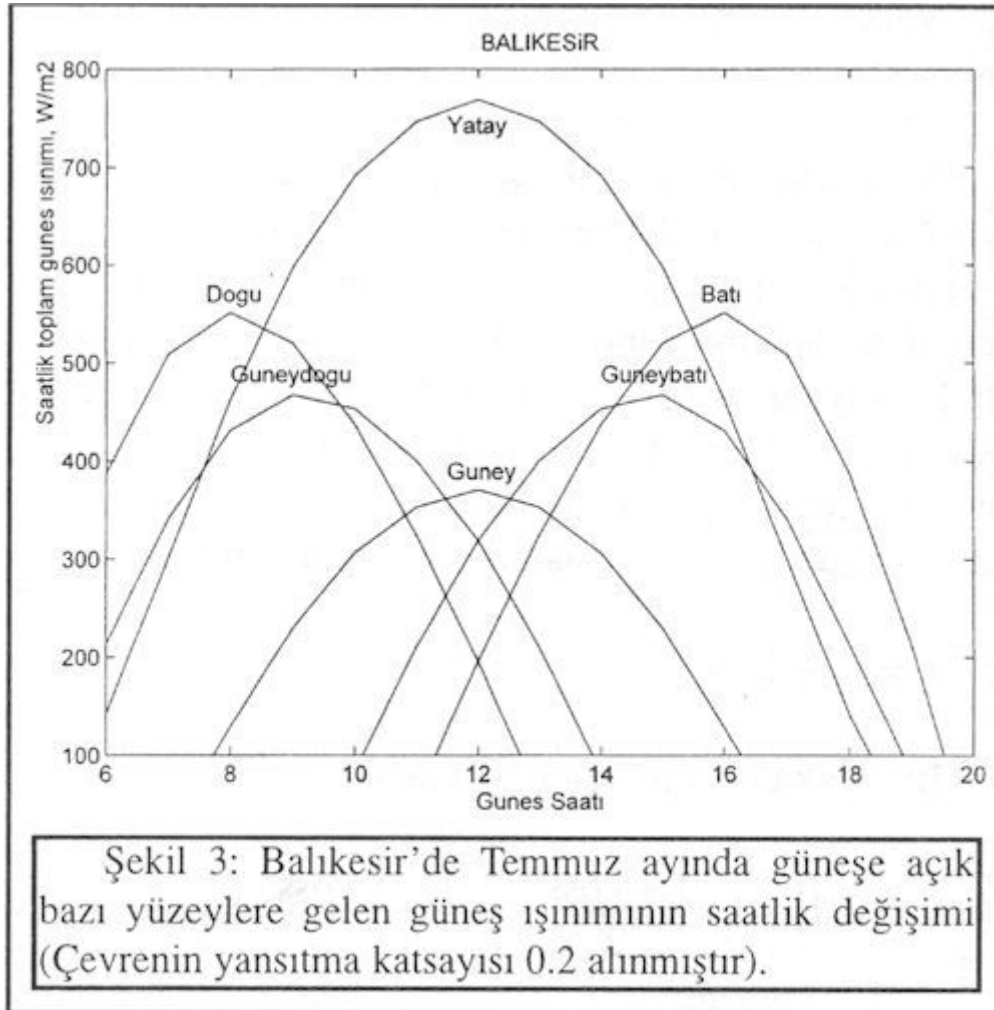
Şekil 2: Belirli bir yerde ve konumda bulunan yapı elemanına gelen güneş ışınmını hesaplayan bilgisayar programının basitleştirilmiş akış diyagramı.

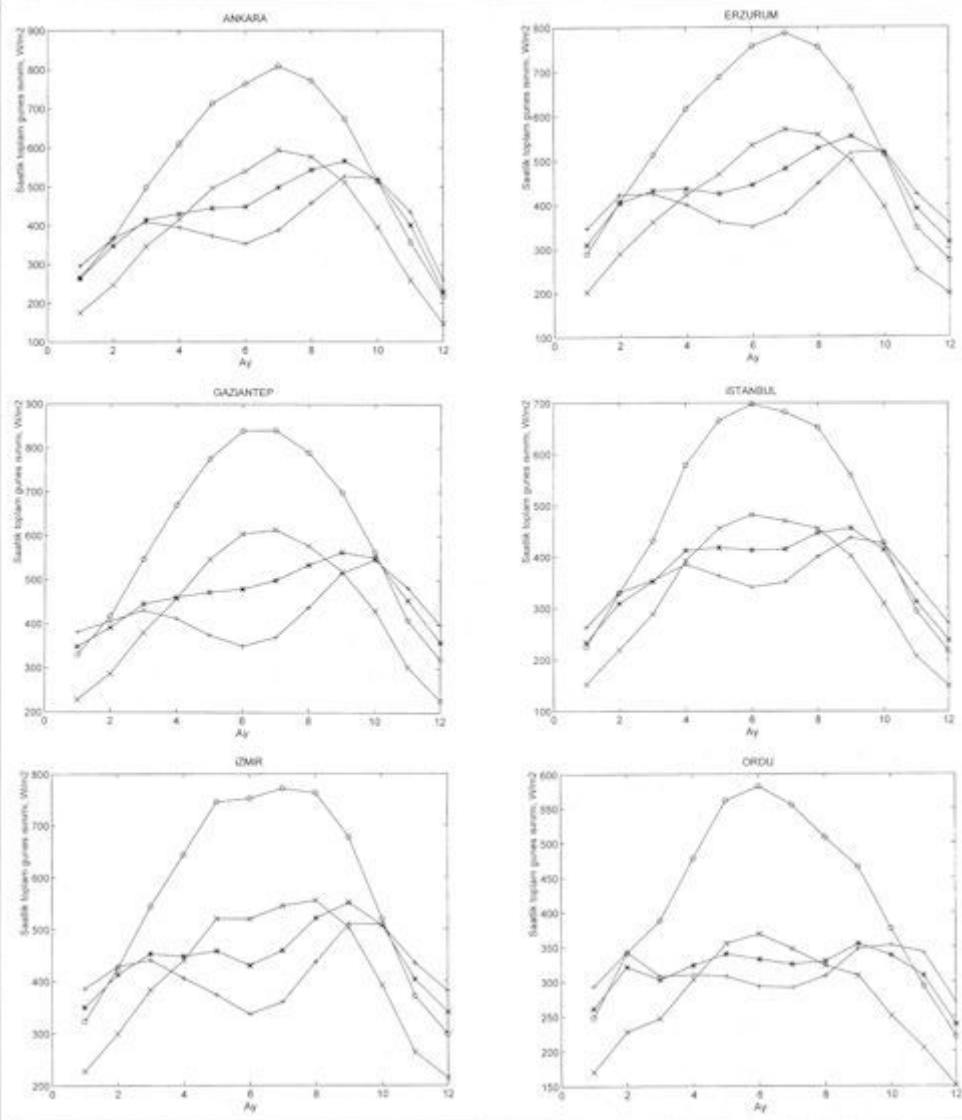
gerekir. Bazı araştırmacılar[5, 8, 10], yaklaşık 40 istasyonda ölçülen güneş ışınımı değerlerini kullandılar ve yatay yüzeye gelen günlük tüm ve direkt güneş ışınımı değerlerini hesapladılar. Bu çalışmada, Türkiye'deki 42 yerleşim merkezi için Kılıç ve Oztürk'den derlenen bilgiler yardımıyla bir ışınım veri tabanı hazırlanmıştır. Bu veri tabanına yerleşim merkezinin adı, enlemi ve 12 ay için yatay düzleme gelen aylık ortalama tüm ( $Q$ ), direkt( $Q_d$ ) ve atmosfer dışı ışınım( $Q_0$ ) verileri yüklenmiştir. Daha sonra, bu veri-tabanındaki bilgileri kullanarak düzlemsel yüzeye gelen güneş ışınımını hesaplayan bir bilgisayar programı hazırlanmıştır. Bilgisayar programının basitleştirilmiş akış diyagramı Şekil 2'de verilmiştir.

#### 4. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

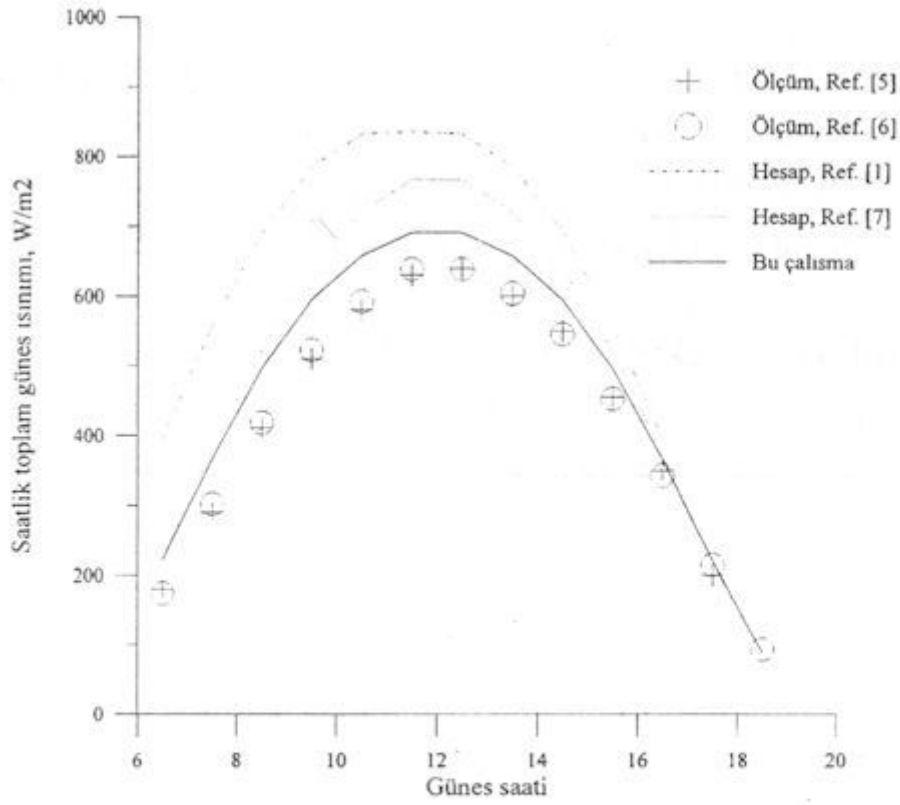
Bilgisayar programı önce, Balıkesir'de temmuz ayında farklı konumlarda bulunan yüzeylere gelen güneş ışınımının saatlik değişimini hesaplamak için çalıştırılmıştır (Şekil 3). Burada maksimum güneş ışınımı, yatay konumda bulunan yapı elemanına gelmektedir. Diğer yönlerde bulunan yüzeylere gelen ışınım şiddetlerinin belirli bir güneş saatine göre birbirlerine simetrik olduğu görülmektedir. Bazı şehirler (Ankara, Erzurum, Gaziantep, İstanbul, İzmir, Ordu) için farklı konumlarda bulunan yapı elemanlarına gelen saatlik güneş ışınımının maksimum değerlerinin aylara göre değişimi Şekil 4'de verilmiştir. Belirli bir enlem için bilgisayar programından elde edilen sonuçların hem ölçüm değerleriyle[5, 6] hem de literatürde[1, 7] verilen hesaplanmış değerlerle karşılaştırılması ise Şekil 5'de yapılmıştır. Türk araştırmacılar tarafından elde edilen sonuçların ölçüm değerleri ile uyumlu olduğu söylenebilir. Yabancı kaynaktan[1] aynı enlem için alınan değerler ise ölçüm değerlerinden yüksek çıkmaktadır.

Kişisel bilgisayar kullanımının yaygın olmadığı dönemlerde hazırlanan güneş ışınımı tablolarından, herhangi bir konumda bulunan yapı elemanına gelen güneş ışınımı şiddetinin hesaplanması hem zahmetlidir hem de bilgisayar destekli tasarım ve analiz çalışmalarına uygun değildir. Şekil 5'ten de görüleceği üzere, soğutma yükünün güneş ışınımından gelen oranının hesaplanması için gerekli olan güneş ışınımı verilerinin, Türkiye'nin meteorolojik koşullarını göz önünde bulundurmayan kaynaklardan alınması hatalara yol açabilmektedir. Bu nedenle hesaplanmanın, ülkemiz için elde edilen ışınım verilerine göre yapılması gerekir. Burada tanıtılan veritabanı ve hesaplama yöntemi, yapı elemanlarına gelen saatlik





Şekil 4: Bazı şehirler için farklı konumlarda bulunan yapı elemanlarına gelen saatlik güneş ışınımının maksimum değerlerinin aylara göre değişimi (O: yatay, +: güney, \*: güneybatı, x: doğu).



Şekil 5: İstanbul'da Haziran ayında yatay düzleme gelen saatlik toplam güneş ışınımının ölçüm değerleri ile karşılaştırılması

güneş ışınımı şiddetinin bilgisayar yardımıyla hesaplanmasında kullanılabilir. Gölgeleme faktörü, cam için ışınımı geçirme faktörü, yapı elemanının inşa tipi - gibi özelliklerin programa eklenmesiyle, soğutma yükünün güneş ışınımından gelen miktarı hesaplanabilir.

Sembol Listesi

a yüzey azimut açısı

ag güneş azimut açısı

d deklinasyon açısı

e enlem

g güneş geliş açısı

GS güneş saati

h saat açısı

H güneş doğuş ve batış saat açısı

I yatay yüzeye gelen saatlik tüm güneş ışınımı

Id yatay yüzeye gelen saatlik direkt güneş ışınımı

Ie eğik yüzeye gelen saatlik toplam güneş ışınımı

Ied eğik yüzeye gelen saatlik direkt güneş ışınımı

Iy yatay yüzeye gelen saatlik yayılı güneş ışınımı

n 1 ocaktan itibaren gün sayısı

Q yatay yüzeye gelen günlük ortalama güneş ışınımı

Qd yatay yüzeye gelen günlük ortalama direkt güneş ışınımı

Qy yatay yüzeye gelen günlük ortalama yayılı güneş ışınımı

rt belirli bir anda gelen tüm güneş ışınımının günlük toplam tüm güneş ışınımına oranı

rv belirli bir anda gelen yayılı güneş ışınımının günlük toplam yayılı güneş ışınımına oranı

Rd eğik düzleme gelen anlık direkt güneş ışınımının yatay düzleme gelen anlık direkt güneş ışınımına oranı

S toplayıcı eğitimi

To gün uzunluğu

Z zenit açısı

## **KAYNAKLAR**

1. *ASHRAE Handbook-Fundamentals, 1981.*
2. *Tamer Ş., 1990. Kilima ve Havalandırma, Meteksan, Ankara.*
3. *Göktürk U., 1988. İklimlendirme Tesisatı El Kitabı C.2, Af a Matbaacılık, İstanbul.*
4. *Kreith F. ve Kreider J.F., 1978. Principles of Solar Engineering, Hemisphere Pub., Washington.*
5. *Kılıç A. ve Oztürk A., 1983. Güneş Enerjisi, Kipaş Dağıtımcılık, İstanbul.*
6. *Deriş N., 1979. Güneş Enerjisi, Sermet Matbaası, İstanbul.*
7. *Özü E., Uğursal İ, Baykara S. ve Altıntaş M., 1980. İstanbul yöresi çeşitli eğimdeki yüzeyler için saatlik güneş enerjisi ve diğer meteorolojik değişkenler verileri (EGS-GE 8007), TÜBİTAK Marmara Bilimsel ve Endüstriyel Araştırma Enstitüsü, Gebze.*
8. *Uyarel A.Y. ve Oz E.S., 1987. Güneş Enerjisi ve Uygulamaları, Birsen Yayınevi, Ankara.*
9. *Atagündüz G., 1989. Güneş Enerjisi Temelleri ve Uygulamaları, Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir.*
10. *Taşdemiroğlu E., 1988. Solar Energy Utilization: Technical and Economic Aspects, METU, Ankara.*
11. *Tırıs M., Tırıs Ç. ve Erdallı Y. 1997. Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemleri, TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, Gebze.*