

Isı Kazancı Olarak Camdan Geçen Toplam Güneş Radyasyonunun Hesaplanması

Tuncay YILMAZ

Ç.Ü.Müh.Mim. Fak. Makina Müh. Bölümü, Adana/Türkiye

Hüsamettin BULUT

Harran Üni. Müh. Fak. Makina Müh. Bölümü, Şanlıurfa/Türkiye

Muammer ÖZGÖREN

Ç.Ü.Müh.Mim. Fak. Makina Müh. Bölümü, Adana/Türkiye

ÖZET:Bu çalışmada, ısı kazancı olarak camdan geçen toplam güneş radyasyonunu zamana bağlı olarak hesaplayan eşitlikler verilmiştir. Eşitlikler işlem sırasına göre yazılmıştır. CAMRAD isminde Pascal programlama dilinde bir bilgisayar programı geliştirilerek , Türkiye'deki bazı şehirler için camdan ısı kazancı olarak geçen toplam güneş radyasyonunu gösteren çizelgeler hazırlanmıştır.

The Calculation of Total Solar radiation Transmitted through Window

As Heat Gain

ABSTRACT: In this study, equations of total solar radiation transmitted through window as heat gain have been given. The equations are written in sequence. By means of a computer program called CAMRAD, the tables of total solar transmitted through window as heat gain have been prepared for some provinces of Turkey.

1.GİRİŞ

Isı kazancının hesaplanmasına tesir eden bir çok etken vardır ve bunların etkileri çok karmaşık olduğundan hassas olarak tayinleri çok güçtür. Ayrıca ısı kazancına etki eden faktörlerin çoğu zamana bağlı olarak büyük değişim gösterirler. Camdan geçen güneş ışınımı zamana ve yere bağlı olarak değişir ve ısı kazancının önemli bir kısmını oluşturur. Doğru ve ekonomik bir soğutma yükünün tespit edilebilmesi için dikkatli bir enerji analizinin yapılması gerekir. Çünkü yanlış hesaplamalar istenen ısı konforu vermeyeceği gibi soğutma sisteminin ilk yatırım masraflarının ve işletme giderlerinin artmasına neden olacaktır.

Yeryüzüne gelen güneş ışınımı çok sayıda faktöre bağlıdır. Bu faktörler:

a- Astronomik faktörler (Güneş sabiti, dünya-güneş mesafesi , deklinasyon açısı, saat açısı)

b- Coğrafik faktörler (Bulunulan yerin enlemi,boylamı ve deniz seviyesinden yüksekliği)

c- Geometrik faktörler (Yüzeyin azimut açısı, yüzeyin eğimi, güneş yükseklik açısı ve güneş azimut açısı)

d- Fiziksel faktörler (Hava moleküllerinin yayması, atmosferdeki su buharının azaltması, tozların yayması,ozon ve karbondioksitin yutması)

e- Yerel faktörler (Bulutların tesiri, iklim özellikleri ve çevrenin yansıtması) olarak tasnif edilebilir. Bu faktörlerin etkilerini teorik olarak hesaplamak oldukça güçtür. Bu nedenle hesaplamalarda genellikle ölçülen güneş ışınımı verilerinden yararlanarak geliştirilen ampirik bağıntılar kullanılmaktadır[1].

Literatürde camdan geçen toplam güneş radyasyonunu gösteren tablolar mevcuttur[2,3]. Bu tablo değerleri bazı şartlar için hazırlanmıştır. Türkiye’ de 40° enlem için hazırlanmış tablo değerleri tüm şehirler için kullanılmaktadır. Fakat Türkiye’deki şehirler 36° -42° kuzey enlemleri arasında kalmakta ve değişik iklimlere sahiptirler. Dolayısıyla camdan geçen güneş ışınım miktarının hassas olarak hesaplanması gerekir. Bu amaçla camdan geçen toplam güneş ışınım miktarının istenen yer ve zamanda hesaplanması için eşitlikler verilmiştir. CAMRAD isiminde Pascal programlama dilinde bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Camdan anlık toplam güneş radyasyonunun hesaplanması için gerekli olan eşitlikler aşağıda sırasıyla verilmiştir.

2.Yatay Düzleme Gelen Işınımlar

2.1. Günlük Toplam Işınım

Yıl boyunca istenen herhangi bir gün için yatay bir düzleme gelen toplam ışınım,

$$I = I_{ort} - FGI \cos \left[\frac{2\pi}{365} (n + FKI) \right] \quad (1)$$

eşitliği ile hesaplanır[4]. I_{ort} günlük toplam ışınımın yıllık ortalaması, FGI ışınım fonksiyon genliği , FKI ışınım fonksiyon faz kayması ve n de 1 Ocaktan itibaren yılın günlerini göstermektedir. Çizelge 1’ de Türkiye’deki bazı şehirler için bu parametrelerin değerleri verilmiştir[4,5].

Çizelge 1. Fonksiyon parametreleri

Şehir	I_{ort} MJ/m ² .gün	FGI MJ/m ² .gün	FKI	Enlem
Adana	12.6	6.58	-1.52	36.59
Ankara	14.3	8.81	1.78	39.57
Bursa	11.0	6.95	1.12	40.11
Çanakkale	12.7	8.12	4.26	40.08
Diyarbakır	13.4	7.74	6.12	37.55
Elazığ	13.4	8.29	2.35	38.40
Erzincan	12.3	6.90	2.46	39.44
Gaziantep	14.3	7.79	2.13	37.05
Hakkari	15.8	7.52	6.95	37.50
İstanbul	12.0	7.84	5.67	40.58
İzmir	11.4	6.48	3.50	38.24
Kars	13.2	6.47	8.52	40.36
Kastamonu	11.2	7.01	5.37	41.22
Konya	13.1	7.36	4.72	37.52
Muğla	13.6	7.35	1.37	37.12
Samsun	10.3	6.73	5.94	41.17
Tokat	12.5	7.76	6.19	40.00
Trabzon	9.85	5.47	13.2	41.00
Şanlıurfa	18.5	9.00	4.0	37.08
Uşak	11.5	6.15	3.15	38.40
Van	16.4	7.98	5.48	38.28

2.2. Günlük Yaygın Işınım

Yatay düzleme gelen günlük toplam yaygın ışınım

$$I_y = I (1 - B)^2 (1 + 3 B^2) \quad (2)$$

eşitliğinden bulunur. B, berraklık indeksi olup;

$$B = \frac{I}{I_0} \quad (3)$$

eşitliğiyle hesaplanır [6,7]. I_0 , atmosfer dışı ışınımı olup,

$$I_o = \frac{24}{\pi} I_s (\text{Cos}(e) \text{Cos}(d) \text{Sin}(ws) + ws \text{Sin}(e) \text{Sin}(d)) f \quad (4)$$

eşitliği ile bulunur. Bu eşitlikte I_s güneş sabiti ($I_s=1353 \text{ W/m}^2$)' dir. 'e' enlem açısı, 'd' deklinasyon açısı olup eşitlik (5)'den hesaplanır. 'ws' gün doğuş saat açısı ve 'f' güneş sabitini düzeltme faktörü olup aşağıdaki eşitliklerden belirlenir [8].

$$d = 23.45 \text{ Cos} \left[\frac{2\pi}{365} (n + 284) \right] \quad (5)$$

$$ws = \text{ArcCos} (-\tan(e) \tan(d)) \quad (6)$$

$$f = 1 + 0.033 \text{ Cos} \left(\frac{2\pi n}{365} \right) \quad (7)$$

2.3. Anlık Işınımlar

2.3.1. Anlık Toplam Işınım

Yatay düzleme gelen anlık toplam ışınım aşağıdaki bağıntıdan bulunur.

$$I_{ts} = A_{ts} \text{Cos} \left[\frac{\pi}{t_{gi}} (t - 12) \right] \quad (8)$$

Burada A_{ts} fonksiyon genliği ve t_{gi} imajiner gün uzunluğu olup ,

$$A_{ts} = \frac{\pi I}{2 t_{gi}} \quad (9)$$

$$t_{gi} = 1.25 t_g^{0.875} \quad (10)$$

eşitlikleri ile hesaplanır [9]. t_g gün uzunluğu olup eşitlik (11)' de verilmiştir.

$$t_g = \frac{2}{15} \text{ArcCos} [-\tan(e) \tan(d)] \quad (11)$$

2.3.2. Anlık Yaygın Işınım

Yatay düzleme gelen anlık yaygın ışınım

$$I_{ys} = A_{ys} \text{Cos} \left[\frac{\pi}{t_g} (t - 12) \right] \quad (12)$$

eşitliği ile hesaplanır. A_{ys} fonksiyon genliği olup aşağıdaki gibi hesaplanır [10].

$$A_{ys} = \frac{\pi I_y}{2 t_g} \quad (13)$$

2.3.3. Anlık Direk Işınım

Yatay düzleme gelen anlık direk ışınım

$$I_{ds} = I_{ts} - I_{ys} \quad (14)$$

bağıntısından belirlenir [10].

3. Eğik Yüzeye Gelen Anlık Işınımlar

3.1. Anlık Direk Işınım

Eğik yüzeye gelen anlık direk ışınım

$$I_{de} = R_d I_{ds} \quad (15)$$

eşitliği ile hesaplanır. R_d direk ışınım dönüşüm katsayısı olup dik yüzeyler için ;

$$R_d = \frac{\cos(d) \sin(e) \cos(\gamma) \cos(w) + \cos(d) \sin(\gamma) \sin(w) - \sin(d) \cos(e) \cos(\gamma)}{\cos(e) \cos(d) \cos(w) + \sin(d) \sin(e)} \quad (16)$$

eşitliği ile hesaplanır[11]. γ yüzey azimut açısı olup eğik düzlemin normalinin yatay düzlem üzerine izdüşümü alındığında güney yönünü gösteren doğru ile arasındaki açıdır. Güneyden doğuya doğru negatif, güneyden batıya doğru pozitiftir. Güney yöndeki bir duvar için sıfırdır. Batı yöndeki bir duvar için 90° 'dir. 'w' saat açısı olup

$$w = (t-12) \cdot 15 \quad (17)$$

eşitliği ile bulunur [11]. t saati belirtmektedir.

3.2. Anlık Yaygın Işınım

Eğik yüzeye gelen anlık yaygın ışınım

$$I_{ye} = R_y I_{ys} \quad (18)$$

eşitliği ile bulunur. R_y yaygın ışınım dönüşüm katsayısı olup,

$$R_y = \frac{1 + \cos(\alpha)}{2} \quad (19)$$

formülü ile belirlenir. α yüzeyin eğimi olup dik yüzey ($\alpha = 90^\circ$) için $R_y = 0.5$ ' tır.

3.3. Anlık Yansıyan Işınım

Eğik düzleme gelen yansıyan ışınım

$$I_{ya} = I_{ts} \rho \frac{1 - \cos(\alpha)}{2} \quad (20)$$

formülü ile bulunur [1]. ρ çevre yansıtma oranı olup ortalama değer olarak $\rho = 0.2$ alınabilir. Dik yüzey için ($\alpha = 90^\circ$),

$$I_{ya} = 0.1 I_{ts} \quad (21)$$

olarak yazılabilir.

3.4. Anlık Toplam Işınım

Eğik yüzeye gelen anlık toplam ışınım

$$I_t = I_{de} + I_{ye} + I_{ya} \quad (22)$$

olarak beirlenir.

4. Camdan Mahal İçine Geçen Güneş Işınımı

Camdan mahal içine geçen güneş ışınımı

$$I_g = \tau_d I_{de} + \tau_y (I_{ye} + I_{ya}) \quad (23)$$

olarak hesaplanır [3]. τ_y yaygın ışınımında camın geçirgenlik katsayısı olup $\tau_y = 0.79$ alınabilir. τ_d direk ışınımında yüzeyin geçirgenlik katsayısı olup ışınım geliş açısına ve cam tipine bağlıdır. Tek cam için;

$$\tau_d = 0.88 - 7.39 \cdot 10^{-3} \theta + 3.48 \cdot 10^{-4} \theta^2 - 4.137 \cdot 10^{-6} \theta^3 \quad (24)$$

yazılır. Çift cam için;

$$\tau_d = 0.76 - 2.47 \cdot 10^{-3} \theta + 1.16 \cdot 10^{-4} \theta^2 - 2.548 \cdot 10^{-6} \theta^3 \quad (25)$$

olarak hesaplanabilir [3]. θ derece olarak ışınım geliş açısıdır.

5. SONUÇ

Yukarıdaki hesap şekli kullanılarak Pascal programlama dilinde yazılmış CAMRAD isiminde bilgisayar programı geliştirilmiştir. CAMRAD yardımıyla çizelge 1' de belirtilen şehirler için camdan geçen güneş radyasyonu istenen gün ve saat için hesaplanmıştır. Çizelge 2,3,4,5,6,7'de bazı şehirler için tek camdan geçen güneş ışınımı değerleri 204.gün(23 Temmuz) için verilmiştir.

Çizelge 2. Adana İli İçin Camdan Geçen Toplam Güneş Radyasyonu, kcal/h.m²

Saat	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Cam Yönü													
KD	0	180	212	187	147	132	136	132	122	104	82	55	25
D	0	205	275	282	240	174	136	132	122	104	82	55	25
GD	10	143	214	246	244	213	166	133	122	104	82	55	25
G	25	55	82	115	153	181	191	181	153	115	82	55	25
GB	25	55	82	104	122	133	166	213	244	246	214	143	10
B	25	55	82	104	122	132	136	174	240	282	275	205	0
KB	25	55	82	104	122	132	136	132	147	187	212	180	0
K	18	63	82	104	122	132	136	132	122	104	82	63	18

Çizelge 3. Ankara İli İçin Camdan Geçen Toplam Güneş Radyasyonu, kcal/h.m²

Saat	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Cam Yönü													
KD	70	249	261	209	148	134	138	134	123	106	84	57	27
D	73	292	361	355	287	192	138	134	123	106	84	57	27
GD	27	201	283	317	309	262	193	137	123	106	84	57	27
G	27	57	85	132	184	223	237	223	184	132	85	57	27
GB	27	57	84	106	123	137	193	262	309	317	283	201	49
B	27	57	84	106	123	134	138	192	287	355	361	292	73
KB	27	57	84	106	123	134	138	134	148	209	261	249	70
K	35	66	84	106	123	134	138	134	123	106	84	66	35

Çizelge 4. Bursa İli İçin Camdan Geçen Toplam Güneş Radyasyonu, kcal/h.m²

Saat	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Cam Yönü													
KD	16	164	188	164	131	126	129	126	116	100	80	55	27
D	15	189	251	258	221	163	129	126	116	100	80	55	27
GD	21	137	204	236	237	211	167	128	116	100	80	55	27
G	27	55	81	118	157	186	196	186	157	118	81	55	27
GB	27	55	80	100	116	128	167	211	237	236	204	137	21
B	27	55	80	100	116	126	129	163	221	258	251	189	15
KB	27	55	80	100	116	126	129	126	131	164	188	164	16
K	25	60	80	100	116	126	129	126	116	100	80	60	25

Çizelge 5. İstanbul İli İçin Camdan Geçen Toplam Güneş Radyasyonu, kcal/h.m²

Saat	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Cam Yönü													
KD	36	190	209	176	136	130	133	130	120	103	82	57	28
D	37	220	284	287	242	173	133	130	120	103	82	57	28
GD	32	158	229	263	262	230	178	133	120	103	82	57	28
G	28	57	84	125	170	202	213	202	170	125	84	57	28
GB	28	57	82	103	120	133	178	230	262	263	229	158	32
B	28	57	82	103	120	130	133	173	242	287	284	220	37
KB	28	57	82	103	120	130	133	130	136	176	209	190	36
K	30	62	82	103	120	130	133	130	120	103	82	62	30

Çizelge 6. İzmir İli İçin Camdan Geçen Toplam Güneş Radyasyonu, kcal/h.m²

Saat	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Cam Yönü													
KD	0	159	189	168	135	127	130	127	117	101	79	54	26
D	0	181	246	255	220	163	130	127	117	101	79	54	26
GD	12	131	197	228	229	203	161	128	117	101	79	54	26
G	26	54	80	114	150	177	187	177	150	114	80	54	26
GB	26	54	79	101	117	128	161	203	229	228	197	131	12
B	26	54	79	101	117	127	130	163	220	255	246	181	0
KB	26	54	79	101	117	127	130	127	135	168	189	159	0
K	20	60	79	101	117	127	130	127	117	101	79	60	20

Cizelge 7. Şanlıurfa İli İçin Camdan Geçen Toplam Güneş Radyasyonu, kcal/h.m²

Saat	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Cam Yönü													
KD	109	336	339	258	164	130	134	130	119	102	79	52	22
D	115	392	467	445	344	209	134	130	119	102	79	52	22
GD	65	254	347	379	356	286	194	131	119	102	79	52	22
G	22	52	79	125	183	227	243	227	183	125	79	52	22
GB	22	52	79	102	119	131	194	286	356	379	347	254	65
B	22	52	79	102	119	130	134	209	344	445	467	392	115
KB	22	52	79	102	119	130	134	130	164	258	339	336	109
K	40	69	79	102	119	130	134	130	119	102	79	69	40

6. KAYNAKLAR:

[1] KILIÇ, A., ÖZTÜRK, A., (1983). Güneş Enerjisi, Kipaş Dağıtımçılık, İstanbul.

- [2] ÖNEN, E.,(1985). Havalandırma ve Klima Tesisatı, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Başbakanlık Basımevi, Ankara.
- [3] TAMER, Ş.,(1972). Klima ve Havalandırma, Meteksan A.Ş., Ankara.
- [4] ÜNAL , A., TANES,Y., ONUR, H.Ş.,(1986), Günlük Ortalama Güneş Işınımı ve Sıcaklık Değerlerinin Yıllık Değişiminin Sürekli Fonksiyonlarla İfadesi, Fonksiyon Parametrelerinin Türkiye'deki Dağılımı, Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi, Cilt 8, Sayı 4, Sayfa 37-45, Ankara.
- [5] YILMAZ, T., BULUT, H., (1996). Şanlıurfa İli İçin Meteorolojik Değerlerin Günlük, Yıllık Değişiminin Sürekli Fonksiyonlarla İfadesi, 4. Ulusal Soğutma ve İklimlendirme Tekniği Kongresi Bildiriler Kitabı, s.188-198, Adana.
- [6] OĞULATA, R.T., (1987). Yaz Klimasında Isı Kazancının Teorik-Nümerik Hesaplanması, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- [7] DERİŞ, N., (1979). Güneş Enerjili Sıcak Su ile Isıtma Tekniği, Sermet Matbaası, İstanbul.
- [8] DUFFIE, J.A, BECKMAN, W. A., (1974). Solar Energy Thermal Processes, John & Sons, Inc., New York.
- [9] JALAYERIAN, M.K., BURMEISTER, L.C., (1986). Solar Flux Enhancement on a Tilted Surface by a Vertical South Wall, Solar Energy, Vol.36, No.5, pp. 437-441.
- [10] ÜNAL, A., TANES, Y.,(1983), Yatay Düzleme Gelen Saatlik Ortalama Güneş Işınımının Hesaplanması, Isı Bilimi ve Tekniği 4. Kongresi Tebliğler Kitabı,Sayfa 233-245.
- [11] BECKMAN,A.W., KLEIN, A.S., DUFFIE, J.A.,(1977). Solar Heating Desing by the F-Chart Method, A.Wiley-Interscience Publication John Wiley & Sons , New York.
- [12] BEĞAKİ, H., R., (1992). Binaların Periyodik Isı Yükleriyle Isıtılmasının Konfor Şartlarına Etkisi, Master tezi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.