

HARRAN ÜNİVERSİTESİ
GAP 2.MÜHENDİSLİK KONGRESİ- 1998 Bildiriler Kitabı

DIŞ DUVARLARDAN GELEN ANLIK ISI KAZANCININ EŞDEĞER SICAKLIK FARKI METODUNA GÖRE HESAPLANMASI

Hüsamettin BULUT
Muammer ÖZGÖREN
Mehmet GÜMÜŞÇÜ

HR.Ü. Müh. Fak. Makina Müh. Bölümü ŞANLIURFA
Ç.Ü. Müh.Mim. Fak. Makina Müh. Böl. Balcalı-ADANA
HR.Ü. Müh. Fak. Elektrik-Elektronik Müh.Böl. ŞANLIURFA

ÖZET

Soğutma sistemi ve elemanlarının doğru ve ekonomik bir şekilde seçmek için dikkatli ve kapsamlı bir şekilde soğutma yükü hesabının yapılması gerekir. Çünkü soğutma sisteminin verimli, beklenen tarzda problemsiz çalışması ve arzu edilen konfor şartlarını sağlaması ancak zamana göre değişen ısı kazançlarını karşılayacak soğutma cihazlarıyla olur.

Soğutma yükünün hesaplanmasına tesir eden bir çok etken vardır ve bunlar ekseriya birbiriyle grift bağlı olduklarından hassas olarak tayinleri çok güçtür. Dış duvarlardan gelen ısı kazancı soğutma yükünün önemli bir kısmını teşkil eder. Dış duvarlardan gelen ısı kazancı dış çevre sıcaklığına ve güneş ışınlamına bağlı olarak gün boyunca zamana bağlı olarak değişmektedir. Bu çalışmada, eşdeğer sıcaklık farkı değerlerini zamana, projenin yapıldığı yere ve değişik yapı malzemesine göre tesbit etmek için gerekli olan eşitlikler belirli hesap algoritması gözönüne alınarak verilmiştir. Şanlıurfa ili için değişik yapı malzemelerine ait eşdeğer sıcaklık farkı değerleri tespit edilmiştir.

1.GİRİŞ

Fosil yakıtlarının hızlı tükenmesi, enerji maliyetlerinin artması ve çevresel kaygılar varolan enerji kaynaklarının daha tasarruflu kullanılmasını zorunlu kılmıştır. İklimlendirme sistemleri enerjinin önemli bir kısmını tüketmektedirler. İklimlendirme sistemlerinin ve elemanlarının seçimi temelde soğutma yüküne bağlıdır. Bir bina veya sistemin soğutma yükünün tahmini en doğru bir şekilde yapılmalıdır. Bu tahmin, iklimlendirme sistemleri açısından hem ilk yatırım maliyetinin en iyi bir şekilde tespit edilmesine hem de işletme giderlerinin düşmesine olanak verecektir.

Soğutma yükü, oturulacak veya soğutulacak ortamı istenen şartlarda sağlamak için ortam havasından atılması gereken enerji miktarıdır. Bu enerji miktarını tespit etmek için kapsamlı ve dikkatli bir enerji analizi yapmak gerekir.

Soğutma yükünün hesaplanmasına tesir eden bir çok etken vardır ve bunlar ekseriya birbiriyle girift bağlı olduklarından hassas olarak tayinleri çok güçtür. Bir yapının toplam ani ısı kazancı genel olarak şu kısımlardan oluşur;

- a- Duvar ve çatılardan gelen periyodik ısı kazancı,
- b- Camdan gelen ısı kazancı,
- c- İç bölmeler, tavan ve döşemeden gelen ısı kazancı,
- d- Havalandırma için alınan havadan gelen ısı kazancı,
- e- İnsanlardan gelen ısı kazancı,
- f- Aydınlatma ve diğer elektrikli cihazlardan gelen ısı kazancı.

Soğutma yükünün tesbitinde kullanılan temel hesaplama metodları , transfer fonksiyonları metodu, soğutma yükü sıcaklık faktörü-soğutma yükü faktörü metodu ve eşdeğer sıcaklık farkı metodudur [1].

Gün boyunca dış çevre sıcaklığı ve güneş ışıınımı zamana bağlı olarak değiştiğinden soğutma yükünün önemli bir kısmını oluşturan duvarlardan gelen ısı kazancının hassas ve kapsamlı bir şekilde belirlenmesi gerekir. Bu çalışmada eşdeğer sıcaklık farkı metodu kullanılarak dış duvarlardan gelen ısı kazancının nasıl hesaplanacağı gösterilmiştir.

2. DIŞ DUVARLARDAN GELEN ISI KAZANCI

Dış duvarlardan gelen ısı kazancı eşdeğer sıcaklık farkı metoduna göre

$$Q_d = k F \Delta T_{eş} \quad (1)$$

şeklinde hesaplanır. k duvarın toplam ısı iletim katsayısı ve F duvarın yüzey alanıdır. $\Delta T_{eş}$ eşdeğer sıcaklık farkını ifade etmekte olup,

$$\Delta T_{eş} = [(T_{sm} - T_i) + ff (T_s - T_{sm})] \quad (2)$$

şeklinde hesaplanır[2]. T_i iç ortam sıcaklığı olup konfor şartı olarak tablo değerleri kullanılarak çıkarılan,

$$T_i = 10 + T_d 0.5 \quad (3)$$

eşitliği ile belirlenebilir [3]. T_s Güneş-hava sıcaklığı olup,

$$T_s = T_d + \frac{a}{h} I_t \quad (4)$$

şeklinde hesaplanır. a yüzeyin yutma katsayısı, koyu renkli duvarlar için a=0.9, açık renkli duvarlar için a=0.5 alınır. h dış yüzey ısı transfer katsayısı, h=20 kcal/m²h °C alınabilir. T_d dış ortam sıcaklığıdır. I_t ise duvarın dış yüzeyine gelen toplam ışıınım miktarıdır. I_t duvarın dış yüzeyine gelen toplam ışıınım miktarı aşağıdaki eşitlikler yardımıyla hesaplanabilir. Sözkonusu eşitlikler hesabı daha çabuk yapmak için belli bir sıraya göre verilmiştir.

2.1. Yatay Düzleme Gelen Işıınımlar

2.1.1. Günlük Toplam Işıınım

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

$$I = I_{ort} - FGI \cos \left[\frac{2\pi}{365} (n + FKI) \right] \quad (5)$$

eşitliği ile hesaplanır[4]. I_{ort} günlük toplam ışıınımın yıllık ortalaması, FGI ışıınım fonksiyon genliği , FKI ışıınım 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].

2.1.2. Günlük Yaygın Işıınım

Yatay düzleme gelen günlük toplam yaygın ışıınım

$$I_y = I (1 - B)^2 (1 + 3 B^2) \quad (6)$$

eşitliğinden bulunur. B, berraklık indeksi olup;

$$B = \frac{I}{I_o} \quad (7)$$

eşitliğiyle hesaplanır [6,7]. I_o , atmosfer dışı ışıınımı olup,

$$I_o = \frac{24}{\pi} I_s (\cos(e) \cos(d) \sin(ws) + ws \sin(e) \sin(d)) f \quad (8)$$

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 (9)'den hesaplanır. 'ws' gün doğuş saat açısı ve 'f' güneş sabitini düzeltme faktörü olup aşağıdaki eşitliklerden belirlenir [8].

$$d = 23.45 \cos \left[\frac{2\pi}{365} (n + 284) \right] \quad (9)$$

$$ws = \text{ArcCos} (-\tan(e) \tan(d)) \quad (10)$$

$$f = 1 + 0.033 \cos \left(\frac{2\pi n}{365} \right) \quad (11)$$

2.1.3. Anlık Işıınımlar

2.1.3.1. Anlık Toplam Işıınım

Yatay düzleme gelen anlık toplam ışıınım aşağıdaki bağıntıdan bulunur.

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

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

$$A_{ts} = \frac{\pi I}{2 t_{gi}} \quad (13)$$

$$t_{gi} = 1.25 t_g^{0.875} \quad (14)$$

eşitlikleri ile hesaplanır [9]. t_g gün uzunluğu olup eşitlik (15)' te verilmiştir.

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

2.1.3.2. Anlık Yaygın Işıınım

Yatay düzleme gelen anlık yaygın ışıınım,

$$I_{ys} = A_{ys} \cos \left[\frac{\pi}{t_g} (t - 12) \right] \quad (16)$$

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

$$A_{ys} = \frac{\pi I_y}{2 t_g} \quad (17)$$

2.1.3.3. Anlık Direk Işıınım

Yatay düzleme gelen anlık direk ışıınım,

$$I_{ds} = I_{ts} - I_{ys} \quad (18)$$

bağıntısından belirlenir [10].

2.2 Eğik Yüzeye Gelen Anlık Işıınımlar

2.2.1. Anlık Direk Işıınım

Eğik yüzeye gelen anlık direk ışıınım,

$$I_{de} = R_d I_{ds} \quad (19)$$

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

$$R_d = \frac{\cos(d) \sin(e) \cos(\gamma) \cos(w) + \cos(d) \sin(\gamma) \sin(w) - \sin(d) \cos(e) \cos(\gamma)}{\cos(e) \cos(d) \cos(w) + \sin(d) \sin(e)} \quad (20)$$

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

$$w = (t - 12) \cdot 15 \quad (21)$$

eşitliği ile bulunur [11]. t saati belirtmektedir.

2.2.2. Anlık Yaygın Işıınım

Eğik yüzeye gelen anlık yaygın ışıınım,

$$I_{ye} = R_y I_{ys} \quad (22)$$

eşitliği ile bulunur. R_y yaygın ışıınım dönüşüm katsayısı olup,

$$R_y = \frac{1 + \cos(\alpha)}{2} \quad (23)$$

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

2.2.3. Anlık Yansıyan Işıınım

Eğik düzleme gelen yansıyan ışıınım,

$$I_{ya} = I_{ts} \rho \frac{1 - \cos(\alpha)}{2} \quad (25)$$

formülü ile bulunur [12]. ρ çevre yansıtma oranı olup ortalama değer olarak

$\rho = 0.2$ alınabilir. Dik yüzey için ($\alpha = 90^\circ$),

$$I_{ya} = 0.1 I_{ts} \quad (26)$$

olarak yazılabilir.

2.3. Anlık Toplam Işıınım

Sonuç olarak eğik yüzeye yani duvarın dış yüzeyine gelen anlık toplam ışıınım,

$$I_t = I_{de} + I_{ye} + I_{ya} \quad (27)$$

olarak tespit edilir.

T_d dış sıcaklık değeri günlük maksimum ve minimum sıcaklığına bağlı olarak

$$T_d = T_{\min} + (T_{\max} - T_{\min}) \sin \left[\frac{\pi}{2} \left(\frac{t - t_{\min}}{t_{\max} - t_{\min}} \right) \right] \quad (28)$$

eşitliği ile saatlık olarak belirlenebilir. Burada $T_{\min}$, $T_{\max}$ günlük minimum ve maksimum sıcaklık olup her şehir için bilinmesi gerekir. $t_{\min}$, $t_{\max}$ günün minimum ve maksimum sıcaklıklarının olduğu saat olarak;

$$t_{\min} = 12 - \frac{t_g}{2} \quad (29)$$

$$t_{\max} = 12 + \frac{t_{\min}(12 - t_{\min})}{13.5} \quad (30)$$

şeklinde hesaplanabilir [5].

Eşitlik (2)'de T_{sm} ise 24 saatlık güneş-hava sıcaklıklarının ortalamasıdır. ff genlik küçültme faktörü olup v gecikme fazına, duvar cinsi ve yönüne bağlıdır. Gecikme fazı için de tablo değerleri kullanılarak çıkarılan,

$$v = b k^{-1.5} \quad (31)$$

eşitliği ile hesaplanabilir. k duvarın toplam ısı transfer katsayısı, b duvarın ısı nüfuz katsayısı olup,

$$b = \sqrt{k c \rho} \quad (32)$$

şeklinde hesaplanır. k duvarın toplam ısı transfer katsayısı ($\text{kcal/m h } ^\circ\text{C}$), c duvarın özgül ısı ($\text{kcal/kg } ^\circ\text{C}$), ρ ise duvarın özgül ağırlığıdır (kg/m^3).

Genlik küçültme faktörü tablo değerleri kullanılarak çıkarılan ve duvar yönüne bağlı olarak doğu, güney, batı ve kuzey için sırasıyla,

$$ff = 0.8792 - 0.0821 v \quad (33)$$

$$ff = 0.9503 - 0.0817 v \quad (34)$$

$$ff = 0.9180 - 0.0817 v \quad (35)$$

$$ff = 0.9817 - 0.0815 v \quad (36)$$

eşitlikleri ile hesaplanabilir[2]. Kuzeydoğu, kuzeybatı ve güneybatı ara yönleri için güney yönünün, güneydoğu ara yönü için ise batı yönünün genlik küçültme faktörü kullanılabilir.

3. ŞANLIURFA İLİ İÇİN EŞDEĞER SICAKLIK FARKI DEĞERLERİNİN HESABI

Eşdeğer sıcaklık farkı değerlerinin hesabı için maksimum ve minimum sıcaklıklarının ve yatay yüzeye gelen günlük toplam ışınlam değerlerini veren fonksiyonların bilinmesi gerekir. Şanlıurfa ili için meteorolojik değerler göz önüne alınarak çıkarılan maksimum ve minimum sıcaklıklar eşitlik (37) ve (38)'ten ve yatay düzleme gelen günlük toplam ışınlam miktarı tablo 1'den parametreler alınarak eşitlik (39)'den,

$$T_{\max} = 25 - 14 \cos\left[\frac{2\pi}{365}(n - 25)\right] \quad (37)$$

$$T_{\min} = 13.5 - 10 \cos\left[\frac{2\pi}{365}(n - 26)\right] \quad (38)$$

$$I = 18.5 - 9 \cos\left[\frac{2\pi}{365}(n + 4)\right] \quad (39)$$

hesaplanabilir [5]. Yine burada n, 1 Ocak'tan itibaren yılın günlerini göstermektedir.

Yukarıdaki belirli bir hesap algoritmasına göre verilen eşitlikler baz alınarak bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. 204. gün (23 temmuz) için açık renk değişik fiziksel

özelliklere sahip dış duvarlara ait eşdeğer sıcaklık farkı değerleri çizelge 2 ,3 ve 4' te gösterilmiştir.

4. SONUÇ

Soğutma sistemi ve elemanlarının doğru ve ekonomik bir şekilde seçmek için dikkatli ve kapsamlı bir şekilde soğutma yükü hesabının yapılması gerekir. Çünkü soğutma sisteminin verimli, beklenen tarzda problemsiz çalışması ve arzu edilen konfor şartlarını sağlaması ancak zamana göre değişen ısı kazançlarını karşılayacak soğutma cihazlarıyla olur.

Bu çalışmada, soğutma yükünün önemli bir kısmını teşkil eden dış duvarlardan gelen ısı kazancının istenen yer ve zaman için belirlenmesi amacıyla eşdeğer sıcaklık farkı metodu için gerekli eşitlikler belirli bir hesap algoritmasına göre verilmiştir. Bir bilgisayar programı geliştirilerek Şanlıurfa ili için değişik yapı malzemelerine ait eşdeğer sıcaklık farkı değerleri belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Omar, M.A. ve Ark., (1997). Utilizing Transfer Function Method For Hourly Cooling Load Calculations, Energy Convers. Mgmt., Vol. 38., No. 4., pp.319-332.
- [2] TAMER, Ş.,(1972). Klima ve Havalandırma, Meteksan A.Ş., Ankara.
- [3] ÖNEN, E.,(1985). Havalandırma ve Klima Tesisatı, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Başbakanlık Basımevi, 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] KILIÇ, A., ÖZTÜRK, A., (1983). Güneş Enerjisi, Kipaş Dağıtımcılık, İstanbul.

Çizelge 1. Günlük toplam güneş ışınlamı için 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

Çizelge 2. Isı kazancının hesaplanması için tuğla duvar için eşdeğer sıcaklık farkı değerleri

Duvar Yönü	GÜNEŞ ZAMANI											
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
20 cm delikli tuğla												
KD	12.1	9.0	-0.2	-0.2	0.5	7.1	8.4	7.8	9.9	11.3	12.0	12.2
D	12.6	9.8	1.5	1.3	1.6	8.0	10.1	9.5	9.6	11.1	12.0	12.4
GD	12.4	9.5	0.7	0.6	1.1	6.2	9.7	10.8	10.0	11.3	12.1	12.4
G	12.0	8.9	-0.3	-0.2	0.5	2.7	6.3	10.1	12.2	12.3	12.0	12.0
GB	12.3	9.2	0.0	0.1	0.8	3.0	5.6	8.3	13.3	16.1	15.6	12.4
B	12.5	9.5	0.7	0.6	1.2	3.2	5.6	7.9	11.9	16.4	17.3	12.5
KB	12.1	9.0	-0.2	-0.2	0.5	2.7	5.3	7.8	9.9	14.4	16.4	12.2
K	10.9	7.6	-2.0	-1.8	-0.9	0.6	2.4	4.6	6.7	8.6	10.2	11.1

Çizelge3. Isı kazancının hesaplanması için tuğla duvar için eşdeğer sıcaklık farkı değerleri

Duvar Yönü	GÜNEŞ ZAMANI											
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
29 cm delikli tuğla												
KD	14.1	13.1	10.0	7.1	4.4	2.0	2.0	3.3	5.8	7.5	9.7	12.3
D	14.2	13.4	10.7	8.1	5.8	4.0	3.6	4.3	6.1	7.8	9.8	12.3
GD	14.4	13.4	10.5	7.7	5.2	3.1	2.9	3.8	6.1	8.2	10.3	12.5
G	14.0	13.0	9.9	7.0	4.3	1.9	1.9	2.8	4.7	7.5	10.3	12.7
GB	15.7	13.7	10.5	7.6	4.9	2.5	2.5	3.4	5.3	7.6	10.7	13.8
B	15.7	13.9	10.7	7.9	5.4	3.2	3.1	3.8	5.4	7.6	10.1	13.4
KB	15.2	13.4	10.0	7.1	4.4	2.0	2.0	2.9	4.8	7.1	9.7	12.7
K	11.8	10.9	7.8	4.7	1.9	-0.7	-0.6	0.4	2.2	4.5	7.1	9.8
Yönü	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
23 cm dolu tuğla												
KD	13.2	10.6	5.8	-0.1	0.1	2.6	7.3	7.6	8.8	10.8	12.2	13.0
D	13.6	11.4	7.0	1.6	1.5	3.4	8.5	9.2	8.6	10.6	12.1	13.1
GD	13.5	11.1	6.5	0.8	0.8	2.5	7.5	9.7	10.2	10.8	12.3	13.2
G	13.1	10.6	5.8	-0.1	0.1	1.3	3.8	7.8	10.9	12.3	12.2	12.9
GB	13.5	10.9	6.1	0.2	0.4	1.7	4.1	6.6	10.6	14.6	16.2	13.9
B	13.6	11.2	6.6	0.9	0.9	2.0	4.2	6.6	8.9	14.0	17.2	14.5
KB	13.2	10.6	5.8	-0.1	0.1	1.4	3.8	6.3	8.8	12.1	15.8	14.2
K	11.9	9.1	4.2	-2.0	-1.6	-0.5	1.2	3.3	5.7	7.9	9.9	11.5

Çizelge 4. Isı kazancının hesaplanması için beton duvar için eşdeğer sıcaklık farkı değerleri

Duvar Yönü	GÜNEŞ ZAMANI											
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
20 cm beton												
KD	8.5	-0.8	-0.2	1.0	9.3	10.5	8.9	10.5	11.2	10.9	10.0	9.8
D	9.2	0.8	1.1	1.9	10.5	12.8	11.0	10.1	10.8	10.7	10.2	10.2
GD	8.9	0.0	0.5	1.5	8.0	12.2	12.7	10.6	11.1	10.9	10.2	10.0
G	8.4	-0.8	-0.2	0.9	3.6	7.8	11.9	13.5	12.5	10.9	10.0	9.7
GB	8.6	-0.6	0.0	1.1	3.8	6.6	9.3	14.7	17.2	15.4	10.2	9.9
B	8.9	0.1	0.5	1.5	4.0	6.6	8.9	13.0	17.8	17.7	10.2	10.1
KB	8.5	-0.8	-0.2	1.0	3.6	6.5	8.9	10.5	15.1	16.6	10.0	9.8
K	7.6	-2.1	-1.3	0.0	1.6	3.5	5.4	7.1	8.4	9.2	9.4	9.0
30 cm beton												
KD	10.5	6.9	-0.4	0.2	3.3	9.3	8.8	9.3	10.7	11.4	11.2	11.2
D	11.1	7.9	1.1	1.4	4.1	10.9	11.0	9.0	10.4	11.1	11.3	11.5
GD	10.9	7.4	0.3	0.8	3.0	9.4	11.6	11.2	10.7	11.4	11.3	11.4
G	10.5	6.8	-0.5	0.1	1.7	4.5	9.1	12.1	12.8	11.4	11.2	11.1

GB	10.7	7.1	-0.2	0.4	2.0	4.7	7.3	11.5	15.6	16.6	12.3	11.4
B	10.9	7.5	0.4	0.9	2.3	4.7	7.2	9.3	15.0	18.0	13.0	11.5
KB	10.5	6.9	-0.4	0.2	1.8	4.5	7.1	9.3	12.5	16.2	12.8	11.2
K	7.6	5.7	-1.9	-1.1	0.2	1.9	3.9	5.9	7.7	9.1	10.0	10.3