

การคำนวณภาระความเย็น

4.1 ข้อมูลสำหรับการคำนวณภาระความเย็น

ในการคำนวณภาระความเย็นเราจะต้องทราบข้อมูลที่จำเป็นในการคำนวณ ดังต่อไปนี้

1. พื้นที่
 - 1.1 พื้นที่กระจก ของแต่ละด้าน
 - 1.2 พื้นที่กำแพง ของแต่ละด้าน
 - 1.3 พื้นที่ของพื้น
 - 1.4 พื้นที่เพดาน หรือหลังคา
2. จำนวนบุคลากร
 - 2.1 จำนวนบุคลากรออกแบบสำหรับภายในห้อง
3. จำนวนอากาศที่ใช้ถ่ายเท
 - 3.1 หากจากจำนวนบุคลากรที่ออกแบบสำหรับภายในห้อง หรือ
 - 3.2 หากจากอัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาตรอากาศภายในห้องที่ออกแบบอยู่
4. สภาพอากาศของเดือนต่างๆ
 - 4.1 ของจังหวัดกรุงเทพฯ
 - 4.2 ของจังหวัดเชียงใหม่
5. อุณหภูมิ แบ่งออกเป็น
 - 5.1 อุณหภูมิออกแบบภายในห้อง
 - 5.2 อุณหภูมิออกแบบภายนอกห้อง
6. ความชื้นสัมพัทธ์
 - 6.1 ความชื้นสัมพัทธ์ออกแบบสำหรับภายในห้อง
7. สภาพภูมิประเทศ แบ่งออกเป็น
 - 7.1 กรุงเทพฯ อยู่ที่เส้นรุ้ง 14 องศาเหนือ
 - 7.2 เชียงใหม่ อยู่ที่เส้นรุ้ง 19 องศาเหนือ

4.2 สภาวะการออกแบบอุณหภูมิภายนอก

จากข้อมูลเกี่ยวกับสภาพอากาศของกรุงเทพฯ และจังหวัดเชียงใหม่ของกรมอุตุนิยมวิทยาที่น้อยแล้ว ซึ่งสามารถจะนำมาสรุปเพื่อนำมาใช้ในการคำนวณภาวะความเย็นได้ดังนี้

ตารางที่ 1 อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดทั้งวันของแต่ละเดือนของกรุงเทพฯ และ เชียงใหม่

เดือน	กรุงเทพฯ			เชียงใหม่		
	°C	°F	%RH	°C	°F	%RH
ม.ค.	25.8	78.5	69.5	21.5	70.7	66.6
ก.พ.	28.0	82.4	74.7	24.5	76.1	56.2
มี.ค.	29.1	84.4	73.9	27.8	82.1	48.9
เม.ย.	29.9	85.9	74.1	29.6	85.4	53.4
พ.ค.	29.6	85.3	76.0	28.7	83.7	64.7
มิ.ย.	28.8	83.9	76.5	27.5	81.6	73.6
ก.ค.	28.4	83.1	77.4	27.4	81.2	74.9
ส.ค.	28.2	82.8	77.5	27.1	80.8	75.9
ก.ย.	27.8	82.0	80.2	26.9	80.5	77.5
ต.ค.	27.5	81.5	81.8	26.3	79.3	75.8
พ.ย.	27.2	80.9	76.7	24.3	75.7	74.4
ธ.ค.	25.2	77.4	68.1	21.0	69.8	71.2

4.3 สมการที่ใช้ในการออกแบบ

4.3.1 ความร้อนเพิ่มเนื่องจากแสงอาทิตย์ (Solar gain)

4.3.1.1 กระจกด้านนอก (Exterior Glass)

$$Q_1 = (A \times SC \times SHGF \times CLF) + (U \times A \times ETD) \quad (4-1)$$

โดยที่	Q_1	- ค่าภาระความเย็นของกระจกเนื่องจากแสงอาทิตย์, Btu/hr หรือ Watt
	A	- พื้นที่ของกระจกที่ถูกละแสงอาทิตย์, ft ² หรือ m ²
	SC	- Shading Coefficient สำหรับกระจกชนิดต่าง ๆ
	SHGF	- ตัวประกอบความร้อนเพิ่มจากดวงอาทิตย์ (Solar heat gain factor, Btu/(hr)(ft ²) หรือ W/(m ²) หาได้จากตารางที่ 3 ถึง 6
	CLF	- ตัวประกอบภาระความเย็น (Cooling load factor) ขึ้นอยู่กับชนิดของกระจก และความสามารถในการยอมให้แสงผ่าน, ไม่มีหน่วย หาค่าได้จากตารางที่ 7 และ 8
	U	- ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของกระจก, Btu/(hr)(ft ²)(°F) หรือ W/(m ²)(°C)
	ETD	- ความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (Equivalent temperature difference) หาค่าได้จากตารางที่ 2 หน่วย °C หรือ °F

ตารางที่ 2 Cooling Load Temperature Differences for Conduction through Glass (จากตารางที่ 10, 1981 Fundamentals Handbook)

ETD	Solar Time, hr																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
deg. C	1	0	-1	-1	-1	-1	-1	0	1	2	4	5	7	7	8	8	7	7	6	4	3	2	2	1
deg. F	1	0	-1	-2	-2	-2	-2	0	2	4	7	9	12	13	14	14	13	12	10	8	6	4	3	2

ตารางที่ 3 ตัวประกอบความร้อนเพิ่มสูงสุดจากดวงอาทิตย์ สำหรับกระจก
 ณ เส้นรุ้ง 14° เหนือ หน่วยเป็น W/m² (Maximum Solar
 Heat Gain Factor, W/m² for exterior Glass,
 14° North Latitudes) (จากตารางที่ 11, 1981
 Fundamentals Handbook)

14 Deg N						
	N	NE/NW	E/W	SE/SW	S	HOR
Jan	96.5	186.5	674.0	785.5	601.0	804.5
Feb	105.5	317.0	735.0	724.0	453.0	885.0
Mar	112.0	454.0	715.0	610.5	261.5	927.5
Apr	124.5	552.5	728.5	460.5	134.0	913.5
May	176.5	604.0	697.0	348.5	127.5	886.5
Jun	222.5	618.5	661.0	298.0	127.5	869.0
Jul	186.5	596.5	658.0	336.0	131.0	871.0
Aug	131.0	539.5	689.5	438.5	296.5	890.0
Sep	115.5	435.5	719.0	588.5	261.5	897.5
Oct	105.5	312.5	710.0	700.5	441.5	867.5
Nov	98.0	186.5	662.5	773.0	591.5	798.0
Dec	93.0	138.5	639.0	796.5	645.5	763.5

ตารางที่ 4 ตัวประกอบความร้อนเพิ่มสูงสุดจากดวงอาทิตย์ สำหรับกระจก
 ณ เส้นรุ้ง 19° เหนือ หน่วยเป็น W/m^2 (Maximum Solar
 Heat Gain Factor, W/m^2 for exterior Glass,
 19° North Latitudes) (จากตารางที่ 11, 1981
 Fundamentals Handbook)

19 Deg N						
	N	NE/NW	E/W	SE/SW	S	HOR
Jan	92.0	156.8	641.3	796.5	663.3	744.5
Feb	99.5	284.3	717.0	747.0	533.3	839.5
Mar	107.5	422.3	747.3	643.0	345.5	897.0
Apr	120.8	528.8	718.3	491.8	172.8	906.8
May	152.0	584.8	683.3	384.0	132.0	892.3
Jun	191.5	600.0	660.5	333.8	132.0	878.5
Jul	156.8	578.0	667.5	368.8	135.3	876.3
Aug	126.8	515.8	693.3	472.8	171.3	884.8
Sep	114.0	406.5	711.5	621.8	343.3	873.5
Oct	101.8	280.5	689.8	724.3	520.3	823.5
Nov	92.0	156.8	629.0	784.3	654.0	738.5
Dec	86.5	114.8	598.8	801.0	702.0	698.3

ตารางที่ 5 ตัวประกอบความร้อนเพิ่มสูงสุดจากดวงอาทิตย์ สำหรับกระจก
 ผนังรับ 14° เหนือ หน่วยเป็น Btu/h ft² (Maximum
 Solar Heat Gain Factor, Btu/h ft² for exterior
 Glass, 14° North Latitudes) (จากตารางที่ 11A,
 1981 Fundamentals Handbook)

14 Deg N						
	N	NE/NW	E/W	SE/SW	S	HOR
Jan	30.5	59.0	213.5	249.0	190.5	255.0
Feb	33.5	100.5	233.0	229.5	143.5	280.5
Mar	35.5	144.0	239.5	193.5	83.0	294.0
Apr	39.5	175.0	227.0	146.0	42.5	289.5
May	56.0	191.5	213.5	110.5	40.5	281.0
Jun	70.5	196.0	205.5	94.5	40.5	275.5
Jul	59.0	189.0	208.5	106.5	41.5	276.0
Aug	41.5	171.0	218.5	139.0	94.0	282.0
Sep	36.5	138.0	228.0	186.5	83.0	284.5
Oct	33.5	99.0	225.0	222.0	140.0	275.0
Nov	31.0	59.0	210.0	245.0	187.5	253.0
Dec	29.5	44.0	202.5	252.5	204.5	242.0

ตารางที่ 6 ตัวประกอบความร้อนเพิ่มสูงสุดจากดวงอาทิตย์ สำหรับกระจก
 ณ เส้นรุ้ง 19° เหนือ หน่วยเป็น Btu/h ft² (Maximum
 Solar Heat Gain Factor, Btu/h ft² for exterior
 Glass, 19° North Latitudes) (จากตารางที่ 11A,
 1981 Fundamentals Handbook)

19 Deg N						
	N	NE/NW	E/W	SE/SW	S	HOR
Jan	29.3	49.8	203.3	252.5	210.3	236.0
Feb	31.5	90.0	227.3	236.8	169.0	266.0
Mar	34.3	134.0	237.5	203.8	109.5	285.8
Apr	38.3	167.5	227.8	156.0	54.8	287.5
May	48.3	185.3	216.5	121.8	41.8	282.8
Jun	60.8	190.3	209.3	105.8	41.8	278.5
Jul	49.8	183.3	211.5	117.0	42.8	277.8
Aug	40.3	163.5	219.8	149.8	54.3	280.5
Sep	36.0	128.8	225.5	197.0	108.8	276.8
Oct	32.3	89.0	218.5	229.5	165.0	261.0
Nov	29.3	49.8	199.3	248.5	207.3	234.0
Dec	27.5	36.5	189.8	254.0	222.5	221.3

ตารางที่ 7 Cooling Load Factors for Glass without Interior Shading, North Latitudes
(จากตารางที่ 13, 1981 Fundamentals Handbook)

Fenes- tration Facing	Room Con- struction	Solar Time, h																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
N (Shaded)	N	0.23	0.20	0.18	0.16	0.14	0.34	0.41	0.46	0.53	0.59	0.65	0.70	0.73	0.75	0.76	0.74	0.75	0.79	0.61	0.50	0.42	0.36	0.31	0.27
NE	N	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.21	0.36	0.44	0.45	0.40	0.36	0.33	0.31	0.30	0.28	0.26	0.23	0.21	0.17	0.15	0.13	0.11	0.09	0.08
E	N	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.18	0.33	0.44	0.50	0.51	0.46	0.39	0.35	0.31	0.29	0.26	0.23	0.21	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10	0.08
SE	N	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.14	0.26	0.38	0.48	0.54	0.56	0.51	0.45	0.40	0.36	0.33	0.29	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.12	0.10
S	N	0.12	0.11	0.09	0.08	0.07	0.08	0.11	0.14	0.21	0.31	0.42	0.52	0.57	0.58	0.53	0.47	0.41	0.36	0.29	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14
SW	N	0.15	0.14	0.12	0.10	0.09	0.09	0.10	0.12	0.13	0.15	0.17	0.23	0.33	0.44	0.53	0.58	0.59	0.53	0.41	0.33	0.28	0.24	0.21	0.18
W	N	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.09	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.19	0.29	0.40	0.50	0.56	0.55	0.41	0.33	0.27	0.23	0.20	0.17
WW	N	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.09	0.10	0.11	0.13	0.14	0.16	0.17	0.18	0.21	0.30	0.42	0.51	0.54	0.39	0.32	0.26	0.22	0.19	0.16
WOR	N	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09	0.11	0.16	0.24	0.33	0.43	0.52	0.59	0.64	0.67	0.66	0.62	0.56	0.47	0.38	0.32	0.28	0.24	0.21	0.18

N = Medium construction: 101.6-mm(4-in.) concrete exterior wall, 101.6-mm(4-in.) concrete floor slab, approximately 341 kg(70 lb) of building material/m²(ft²) of floor area

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 8 Cooling Load Factors for Glass with Interior Shading, North Latitude
(จากตารางที่ 14, 1981 Fundamentals Handbook)

Fenes- tration Facing	Solar Time, h																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
N	0.08	0.07	0.06	0.06	0.07	0.73	0.66	0.65	0.73	0.80	0.86	0.89	0.89	0.86	0.82	0.75	0.78	0.91	0.24	0.10	0.15	0.13	0.11	0.10
NE	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.56	0.76	0.74	0.58	0.37	0.29	0.27	0.26	0.24	0.22	0.20	0.16	0.12	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03
E	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.47	0.72	0.80	0.76	0.62	0.41	0.27	0.24	0.22	0.20	0.17	0.14	0.11	0.06	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03
SE	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.30	0.57	0.74	0.81	0.79	0.68	0.49	0.33	0.28	0.25	0.22	0.18	0.13	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04
S	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.09	0.16	0.23	0.30	0.58	0.75	0.83	0.80	0.68	0.50	0.35	0.27	0.19	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05
SW	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.07	0.11	0.14	0.16	0.19	0.22	0.30	0.59	0.75	0.83	0.81	0.69	0.45	0.16	0.12	0.10	0.09	0.07	0.06
W	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.06	0.09	0.11	0.13	0.15	0.16	0.17	0.31	0.53	0.72	0.82	0.81	0.61	0.16	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06
NW	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.07	0.11	0.14	0.17	0.19	0.20	0.21	0.22	0.30	0.52	0.73	0.82	0.69	0.16	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06
HOR	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.12	0.27	0.44	0.59	0.72	0.81	0.85	0.85	0.81	0.71	0.58	0.42	0.25	0.14	0.12	0.10	0.08	0.07	0.06

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3.1.2 หลังคากระจก (Skylight)

$$Q_2 = (A \times SC \times SHGF \times CLF) + (U \times A \times ETD) \quad (4-2)$$

โดยที่	Q ₂	- ค่าภาระความเย็นของกระจกเนื่องจากแสงอาทิตย์, Btu/hr หรือ Watt
	A	- พื้นที่ของกระจกที่ถูกละแสงอาทิตย์, ft ² หรือ m ²
	SC	- Shading Coefficient สำหรับกระจกชนิดต่าง ๆ
	SHGF	- ตัวประกอบความร้อนเพิ่มจากดวงอาทิตย์ (Solar heat gain factor), Btu/(hr)(ft ²) หรือ W/(m ²) หาได้จากตารางที่ 3 ถึง 6
	CLF	- ตัวประกอบภาระความเย็น (Cooling load factor) ขึ้นอยู่กับชนิดของกระจก และความสามารถในการยอมให้แสงผ่าน, ไม่มีหน่วย หาค่าได้จากตารางที่ 7 และ 8
	U	- ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของกระจก, Btu/(hr)(ft ²)(°F) หรือ W/(m ²)(°C)
	ETD	- ความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (Equivalent temperature difference) หาค่าได้จากตารางที่ 2 หน่วย °C หรือ °F

4.3.1.3 กำแพง (ด้านนอก) (Exterior Wall)

$$Q_3 = U \times A \times ETD_c \quad (4-3)$$

โดยที่	Q ₃	- ค่าภาระความเย็นของกำแพงเนื่องจากแสงอาทิตย์, Btu/hr หรือ Watt
	U	- ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนทั้งหมดของกำแพง, Btu/(hr)(ft ²)(°F) หรือ W/(m ²)(°C) หาค่าได้จากตารางที่ 9 และ 10
	A	- พื้นที่ของกำแพงด้านนอก, ft ² หรือ m ²
	ETD _c	- ความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าที่ได้ปรับปรุงค่าแล้ว หาค่าได้จากสูตร (4-3-1) หรือ (4-3-2) ดังนี้

หน่วยเมตริก

$$ETD_c = (ETD + LM) \times K + (25.5 - T_r) + (T_o - 29.4) \quad (4-3-1)$$

หน่วยอังกฤษ

$$ETD_c = (ETD + LM) \times K + (78 - T_r) + (T_o - 85) \quad (4-3-2)$$

ตารางที่ 9 Wall Construction Group Description (SI Units)
(จากตารางที่ 6, 1981 Fundamentals Handbook)

Group No.	Description of Construction	Weight (kg/m ²)	U value (W/m ² C)
101.6-mm. Face Brick + (Brick)			
C	Air Space + 101.6-mm. Face Brick	405	2.033
D	101.6-mm. Common Brick	439	2.356
C	25.4-mm. Insulation or Air Space + 101.6-mm. Common brick	439	0.987-1.709
B	50.8-mm. Insulation + 101.6-mm. Common brick	430	0.630
B	203.2-mm. Common brick	635	1.714
A	Insulation or Air Space + 203.2-mm. Common brick	635	0.874-1.379
101.6-mm. Face Brick + (H.W. Concrete)			
C	Air Space + 50.8-mm. Concrete	459	1.987
B	50.8-mm. Insulation + 101.6-mm. Concrete	474	0.658
A	Air Space or Insulation + 203.2-mm. or more Concrete	698-928	0.625-0.636
101.6-mm. Face Brick + (L.W. or H.W. Concrete)			
E	101.6-mm. Block	303	1.811
D	Air Space or Insulation + 101.6-mm. Block	303	0.868-1.397
D	203.2-mm. Block	342	1.555
C	Air Space or 25.4-mm. Insulation + 152.4-mm. or 203.2-mm. Block	356-434	1.255-1.561
B	50.8-mm. Insulation + 203.2-mm. Block	434	0.545-0.607
101.6-mm. Face Brick + (Clay Tile)			
D	101.6-mm. Tile	347	2.163
D	Air Space + 101.6-mm. Tile	347	1.494
C	Insulation + 101.6-mm. Tile	347	0.959
C	203.2-mm. Tile	469	1.561
B	Air Space or 25.4-mm. Insulation + 203.2-mm. Tile	469	0.806-1.255
A	50.8-mm. Insulation + 203.2-mm. Tile	474	0.551
H.W. Concrete Wall + (Finish)			
E	101.6-mm. Concrete	308	3.321
D	101.6-mm. Concrete + 25.4-mm. or 50.8-mm. Insulation	308	0.675-1.136
C	50.8-mm. Insulation + 101.6-mm. Concrete	308	0.675
C	203.2-mm. Concrete	532	2.782
B	203.2-mm. Concrete + 25.4-mm. or 50.8-mm. Insulation	537	0.653-1.061
A	50.8-mm. Insulation + 202.3-mm. Concrete	537	0.653
B	304.8-mm. Concrete	762	2.390
A	304.8-mm. Concrete + Insulation	762	0.642
L.W. and H.W. Concrete Block + (Finish)			
F	101.6-mm. Block + Air Space/Insulation	142	0.914-1.493
E	50.8-mm. Insulation + 101.6-mm. Block	142-181	0.596-0.647
E	203.2-mm. Block	229-249	1.669-2.282
D	203.2-mm. Block + Air Space/Insulation	200-278	0.846-0.982
Clay Tile + (Finish)			
F	101.6-mm. Tile	190	2.379
F	101.6-mm. Tile + Air Space	190	1.720
E	101.6-mm. Tile + 25.4-mm. Insulation	190	0.993
D	50.8-mm. Insulation + 101.6-mm. Tile	195	0.625
D	203.2-mm. Tile	308	1.681
C	203.2-mm. Tile + Air Space/25.4-mm. Insulation	308	0.857-1.312
B	50.8-mm. Insulation + 203.2-mm. Tile	308	0.562
Metal Curtain Wall			
G	With/without air Space + 25.4-mm./50.8-mm. 76.2-mm. Insulation	24-29	0.516-1.306
Frame Wall			
G	25.4-mm. to 76.2-mm Insulation	78	0.459-1.010

ตารางที่ 10 Wall Construction Group Description (English Units)
(จากตารางที่ 6, 1981 Fundamentals Handbook)

Group No.	Description of Construction	Weight (lb/ft ²)	U value (Btu/h ft ² F)
4-in. Face Brick + (Brick)			
C	Air Space + 4-in. Face Brick	83	0.358
D	4-in. Common Brick	90	0.415
C	1-in. Insulation or Air Space + 4-in. Common brick	90	0.174-0.301
B	2-in. Insulation + 4-in. Common brick	88	0.111
B	8-in. Common brick	130	0.302
A	Insulation or Air Space + 8-in. Common brick	130	0.154-0.243
4-in. Face Brick + (H.W. Concrete)			
C	Air Space + 2-in. Concrete	94	0.350
B	2-in. Insulation + 4-in. Concrete	97	0.116
A	Air Space or Insulation + 8-in. or more Concrete	143-190	0.110-0.112
4-in. Face Brick + (L.W. or H.W. Concrete)			
E	4-in. Block	62	0.319
D	Air Space or Insulation + 4-in. Block	62	0.153-0.246
D	8-in. Block	70	0.274
C	Air Space or 1-in. Insulation + 6-in. or 8-in. Block	73-89	0.221-0.275
B	2-in. Insulation + 8-in. Block	89	0.096-0.107
4-in. Face Brick + (Clay Tile)			
D	4-in. Tile	71	0.381
D	Air Space + 4-in. Tile	71	0.281
C	Insulation + 4-in. Tile	71	0.169
C	8-in. Tile	96	0.275
B	Air Space or 1-in. Insulation + 8-in. Tile	96	0.142-0.221
A	2-in. Insulation + 8-in. Tile	97	0.097
H.W. Concrete Wall + (Finish)			
E	4-in. Concrete	63	0.585
D	4-in. Concrete + 1-in. or 2-in. Insulation	63	0.119-0.200
C	2-in. Insulation + 4-in. Concrete	63	0.119
C	8-in. Concrete	109	0.490
B	8-in. Concrete + 1-in. or 2-in. Insulation	110	0.115-0.187
A	2-in. Insulation + 8-in. Concrete	110	0.115
B	12-in. Concrete	156	0.421
A	12-in. Concrete + Insulation	156	0.113
L.W. and H.W. Concrete Block + (Finish)			
F	4-in. Block + Air Space/Insulation	29	0.161-0.263
E	2-in. Insulation + 4-in. Block	29-37	0.105-0.114
E	8-in. Block	47-51	0.294-0.402
D	8-in. Block + Air Space/Insulation	41-57	0.149-0.173
Clay Tile + (Finish)			
F	4-in. Tile	39	0.419
F	4-in. Tile + Air Space	39	0.303
E	4-in. Tile + 1-in. Insulation	39	0.175
D	2-in. Insulation + 4-in. Tile	40	0.110
D	8-in. Tile	63	0.296
C	8-in. Tile + Air Space / 1-in. Insulation	63	0.151-0.231
B	2-in. Insulation + 8-in. Tile	63	0.099
Metal Curtain Wall			
G	With/without air Space + 1-in./2-in. 3-in. Insulation	5-6	0.091-0.230
Frame Wall			
G	1-in. to 3-in. Insulation	16	0.081-0.178

ตารางที่ 11 Cooling Load Temperature Differences for Calculating Cooling Load for Exterior Walls (SI units) (จากตารางที่ 7, 1981 Fundamentals Handbook)

		Solar Time, h																								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
North Latitude																										
Wall Facing		Group A Walls																								
N		8	8	8	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	7	7	7	7	8	8	
NE		11	11	10	10	10	9	9	9	8	8	8	9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	11	11	11	
E		14	13	13	13	12	12	11	11	10	10	10	11	11	12	12	13	13	13	14	14	14	14	14	14	
SE		13	13	13	12	12	11	11	10	10	10	10	10	11	11	12	12	13	13	13	13	13	13	13	13	
S		11	11	11	11	10	10	9	9	9	8	8	8	8	8	8	9	9	10	10	10	11	11	11	11	
SW		14	14	14	14	13	13	12	12	11	11	10	10	10	9	9	10	10	10	11	11	12	13	13	14	
W		15	15	15	14	14	14	13	13	12	12	11	11	10	10	10	10	10	10	11	11	12	13	14	15	
NW		12	12	11	11	11	11	10	10	10	9	9	8	8	8	8	8	8	8	9	9	10	11	11	11	
		Group B Walls																								
N		8	8	8	7	7	6	6	6	5	5	5	5	5	5	6	6	7	7	8	8	8	8	8	8	
NE		11	10	10	9	9	8	7	7	7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	11	12	12	12	11	11	
E		13	13	12	11	10	10	9	8	8	8	9	9	10	12	13	13	14	14	15	15	15	15	14	14	
SE		13	12	12	11	10	10	9	8	8	8	8	9	10	11	12	13	14	14	14	14	14	14	14	14	
S		12	11	11	10	9	9	8	7	7	6	6	6	6	7	8	9	10	11	11	12	12	12	12	12	
SW		15	15	14	13	13	12	11	10	9	9	8	8	7	7	8	9	10	11	13	14	15	15	16	16	
W		16	16	15	14	14	13	12	11	10	9	9	8	8	8	8	8	9	11	12	14	15	16	16	17	
NW		13	12	12	11	11	10	9	9	8	7	7	7	6	6	7	7	8	8	9	11	12	13	13	13	
		Group C Walls																								
N		9	8	7	7	6	5	5	4	4	4	4	4	5	5	6	6	7	8	9	9	9	10	9	9	
NE		10	10	9	8	7	6	6	6	6	7	8	10	10	11	12	12	12	13	13	13	13	12	12	11	
E		13	12	11	10	9	8	7	7	8	9	11	13	14	15	16	16	17	17	16	16	16	15	14	13	
SE		13	12	11	10	9	8	7	6	7	7	9	10	12	14	15	16	16	16	16	16	16	15	14	13	
S		12	11	10	9	8	7	6	6	5	5	5	5	6	8	9	11	12	13	14	14	14	14	13	12	
SW		16	15	14	12	11	10	9	8	7	7	6	6	6	7	8	10	12	14	16	18	18	18	18	17	
W		17	16	15	14	12	11	10	9	8	7	7	7	7	8	9	11	13	16	18	19	20	19	18	18	
NW		14	13	12	11	10	9	8	7	6	6	5	5	6	6	6	7	9	10	12	14	15	15	15	15	
		Group D Walls																								
N		8	7	7	6	5	4	3	3	3	3	4	4	5	6	6	7	8	9	10	11	11	10	10	9	
NE		9	8	7	6	5	4	4	4	6	8	10	11	12	13	13	13	14	14	14	13	13	12	11	10	
E		11	10	8	7	6	5	5	5	7	10	13	15	17	18	18	18	18	18	18	17	17	16	15	13	12
SE		11	10	9	7	6	5	5	5	5	7	10	12	14	16	17	18	18	18	17	17	16	15	14	12	
S		11	10	8	7	6	5	4	4	3	3	4	5	7	9	11	13	15	16	16	16	15	14	13	12	
SW		15	14	12	10	9	8	6	5	4	4	5	5	7	9	12	15	18	20	21	21	20	19	17	15	
W		17	15	13	12	10	9	7	6	5	5	5	5	6	6	8	10	13	17	20	22	23	22	21	19	
NW		14	12	11	9	8	7	6	5	4	4	4	4	5	6	7	8	10	12	15	17	18	17	16	15	
		Group E Walls																								
N		7	6	5	4	3	2	2	2	3	3	4	5	6	7	8	10	10	11	12	12	11	10	9	8	
NE		7	6	5	4	3	2	3	5	8	11	13	14	14	14	14	14	14	15	14	14	13	12	11	9	8
E		8	7	6	5	4	3	3	6	10	15	18	20	21	21	20	19	18	18	17	15	14	12	11	9	
SE		8	7	6	5	4	3	3	4	7	10	14	17	19	20	20	19	18	17	16	14	13	11	10	9	
S		8	7	6	5	4	3	2	2	2	3	5	7	10	14	16	18	19	18	17	16	14	13	11	10	
SW		12	10	8	7	6	4	4	3	3	3	4	5	7	10	14	18	21	24	25	24	22	19	17	14	
W		14	12	10	8	6	5	4	3	3	4	4	5	6	8	11	15	20	24	27	27	25	22	19	16	
NW		11	9	8	6	5	4	3	3	3	3	4	5	6	7	9	11	14	18	21	21	20	18	15	13	
		Group F Walls																								
N		5	4	3	2	1	1	1	2	3	4	5	6	8	9	11	12	12	13	13	13	11	9	7	6	
NE		5	4	3	2	1	1	3	8	13	16	17	16	16	15	15	15	15	14	13	12	10	9	7	6	
E		5	4	3	2	1	4	9	16	21	24	25	24	22	20	19	18	17	15	13	11	10	8	7	6	
SE		5	4	3	2	1	2	6	10	15	20	23	24	23	22	20	19	17	16	14	12	10	8	7	6	
S		5	4	3	2	1	1	1	2	4	7	11	15	19	21	22	21	19	17	15	12	10	8	7	6	
SW		8	6	5	4	3	2	1	2	3	4	6	10	14	20	24	28	30	29	25	20	16	13	10	7	
W		9	7	5	4	3	2	2	2	3	4	6	8	11	16	22	27	32	33	30	24	19	15	12	9	
NW		8	6	4	3	2	2	1	1	2	3	4	6	7	9	12	15	19	24	26	24	20	16	12	10	
		Group G Walls																								
N		2	1	0	0	0	1	4	5	5	7	8	10	12	13	13	14	14	15	12	8	6	5	4	3	
NE		2	1	1	0	0	5	15	20	22	20	16	15	15	15	15	14	12	10	8	6	5	4	3		
E		2	1	1	0	0	6	17	26	30	31	28	22	19	17	16	15	13	11	8	7	5	4	3		
SE		2	1	1	0	0	3	10	18	24	27	28	27	23	20	18	16	15	13	11	8	7	6	4	3	
S		2	1	1	0	0	0	1	3	7	12	17	22	25	26	24	21	17	14	11	8	7	5	4	3	
SW		3	2	2	1	0	0	1	3	4	6	9	14	21	28	33	35	34	29	20	13	10	7	6	4	
W		4	3	2	1	1	1	1	3	5	6	8	10	15	23	31	37	40	37	27	16	11	8	6	5	
NW		3	2	1	1	0	0	1	3	4	6	8	10	12	15	20	26	31	31	23	14	10	7	5	4	

ตารางที่ 12 Cooling Load Temperature Differences for Calculating Cooling Load for Exterior Walls (English units) (จากตารางที่ 7A, 1981 Fundamentals Handbook)

		Solar Time, hr																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
North Latitude Wall Facing	Group A Walls																								
	N	14	14	14	13	13	13	12	12	11	11	10	10	10	10	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14
	NE	19	19	19	18	17	17	16	15	15	15	15	16	16	17	18	18	18	19	19	20	20	20	20	20
	E	24	24	23	23	22	21	20	19	19	18	18	18	18	19	20	21	22	23	24	24	25	25	25	25
	SE	24	23	23	22	21	20	20	19	18	18	18	18	18	19	20	21	22	23	23	24	24	24	24	24
	S	20	20	19	19	18	18	17	16	16	15	14	14	14	14	15	16	17	18	19	19	20	20	20	20
	SW	25	25	25	24	24	23	22	21	20	19	19	18	17	17	17	17	18	19	20	22	23	24	25	25
	W	27	27	26	26	25	24	24	23	22	21	20	19	19	18	18	18	18	19	20	22	23	25	26	26
NW	21	21	21	20	20	19	19	18	17	16	16	15	15	14	14	14	15	15	16	17	18	19	20	21	
		Group B Walls																							
N	15	14	14	13	12	11	11	10	9	9	9	8	9	9	9	10	11	12	13	14	14	15	15	15	
NE	19	18	17	16	15	14	13	12	12	13	14	15	16	17	18	19	19	20	20	21	21	21	20	20	
E	23	22	21	20	18	17	16	15	15	15	17	19	21	22	24	25	26	26	27	27	26	26	25	24	
SE	23	22	21	20	18	17	16	15	14	14	15	16	18	20	21	23	24	25	26	26	26	26	25	24	
S	21	20	19	18	17	15	14	13	12	11	11	11	11	12	14	15	17	19	20	21	22	22	22	21	
SW	27	26	25	24	22	21	19	18	16	15	14	14	13	13	14	15	17	20	22	25	27	28	28	28	
W	29	28	27	26	24	23	21	19	18	17	16	15	14	14	14	15	17	19	22	25	27	29	29	30	
NW	23	22	21	20	19	18	17	15	14	13	12	12	12	11	12	12	13	15	17	19	21	22	23	23	
		Group C Walls																							
N	15	14	13	12	11	10	9	8	8	7	7	8	8	9	10	12	13	14	15	16	17	17	17	16	
NE	19	17	16	14	13	11	10	10	11	13	15	17	19	20	21	22	22	23	23	23	23	22	21	20	
E	22	21	19	17	15	14	12	12	14	16	19	22	25	27	29	29	30	30	30	29	28	27	26	24	
SE	22	21	19	17	15	14	12	12	12	13	16	19	22	24	26	28	29	29	29	29	28	27	26	24	
S	21	19	18	16	15	13	12	10	9	9	9	10	11	14	17	20	22	24	25	26	25	25	24	22	
SW	29	27	25	22	20	18	16	15	13	12	11	11	11	13	15	18	22	26	29	32	33	33	32	31	
W	31	29	27	25	22	20	18	16	14	13	12	12	12	13	14	16	20	24	29	32	35	35	35	33	
NW	25	23	21	20	18	16	14	13	11	10	10	10	10	11	12	13	15	18	22	25	27	27	27	26	
		Group D Walls																							
N	15	13	12	10	9	7	6	6	6	6	6	7	8	10	12	13	15	17	18	19	19	19	18	16	
NE	17	15	13	11	10	8	7	8	10	14	17	20	22	23	23	24	24	25	25	24	23	22	20	18	
E	19	17	15	13	11	9	8	9	12	17	22	27	30	32	33	33	32	32	31	30	28	26	24	22	
SE	20	17	15	13	11	10	8	8	10	13	17	22	26	29	31	32	32	32	31	30	28	26	24	22	
S	19	17	15	13	11	9	8	7	6	6	7	9	12	16	20	24	27	29	29	29	27	26	24	22	
SW	28	25	22	19	16	14	12	10	9	8	8	8	10	12	16	21	27	32	36	38	38	37	34	31	
W	31	27	24	21	18	15	13	11	10	9	9	9	10	11	14	18	24	30	36	40	41	40	38	34	
NW	25	22	19	17	14	12	10	9	8	7	7	8	9	10	12	14	18	22	27	31	32	32	30	27	
		Group E Walls																							
N	12	10	8	7	5	4	3	4	5	6	7	9	11	13	15	17	19	20	21	23	20	18	16	14	
NE	13	11	9	7	6	4	5	9	15	20	24	25	25	26	26	26	26	26	25	24	22	19	17	15	
E	14	12	10	8	6	5	6	11	18	26	33	36	38	37	36	34	33	32	30	28	25	22	20	17	
SE	15	12	10	8	7	5	5	8	12	19	25	31	35	37	37	36	34	33	31	29	26	23	20	17	
S	15	12	10	8	7	5	4	3	4	5	9	13	19	24	29	32	34	33	31	29	26	23	20	17	
SW	22	18	15	12	10	8	6	5	5	6	7	9	12	18	24	32	38	43	45	44	40	35	30	26	
W	25	21	17	14	11	9	7	6	6	6	7	9	11	14	20	27	36	43	49	49	45	40	34	29	
NW	20	17	14	11	9	7	6	5	5	5	6	8	10	13	16	20	26	32	37	38	36	32	28	24	
		Group F Walls																							
N	8	6	5	3	2	1	2	4	6	7	9	11	14	17	19	21	22	23	24	23	20	16	13	11	
NE	9	7	5	3	2	1	5	14	23	28	30	29	28	27	27	27	27	26	24	22	19	16	13	11	
E	10	7	6	4	3	2	6	17	28	38	44	45	43	39	36	34	32	30	27	24	21	17	15	12	
SE	10	7	6	4	3	2	4	10	19	28	36	41	43	42	39	36	34	31	28	25	21	18	15	12	
S	10	8	6	4	3	2	1	1	3	7	13	20	27	34	38	39	38	35	31	26	22	18	15	12	
SW	15	11	9	6	5	3	2	2	4	5	8	11	17	26	35	44	50	53	52	45	37	28	23	18	
W	17	13	10	7	5	4	3	3	4	6	8	11	14	20	28	39	49	57	60	54	43	34	27	21	
NW	14	10	8	6	4	3	2	2	3	5	8	10	13	15	21	27	35	42	46	43	35	28	22	18	
		Group G Walls																							
N	3	2	1	0	-1	2	7	8	9	12	15	18	21	23	24	24	25	26	22	15	11	9	7	5	
NE	3	2	1	0	-1	9	27	36	39	35	30	26	26	27	27	26	25	22	18	14	11	9	7	5	
E	4	2	1	0	-1	11	31	47	54	55	50	40	33	31	30	29	27	24	19	15	12	10	8	6	
SE	4	2	1	0	-1	5	18	32	42	49	51	48	42	36	32	30	27	24	19	15	12	10	8	6	
S	4	2	1	0	-1	0	1	5	12	22	31	39	45	46	43	37	31	25	20	15	12	10	8	5	
SW	5	4	3	1	0	0	2	5	8	12	16	26	38	50	59	63	61	52	37	24	17	13	10	8	
W	6	5	3	2	1	1	2	5	8	11	15	19	27	41	56	67	72	67	48	29	20	15	11	8	
NW	5	3	2	1	0	0	2	5	8	11	15	18	21	27	37	47	55	55	41	25	17	13	10	7	

ตารางที่ 13 CLF Correction For Latitude and Month Applied
to Walls and Roofs, North Latitudes (SI. Units)
(จากตารางที่ 9, 1981 Fundamentals Handbook)

Lat.	Month	N	NE NW	E W	SE SW	S	HOR
14	Dec	-2.2	-4.1	-2.1	2.2	7.1	-4.4
	Jan/Nov	-2.1	-3.7	-1.9	2.1	6.3	-3.4
	Feb/Nov	-1.6	-2.4	-1.0	1.0	3.4	-1.8
	Mar/Sept	-1.6	-1.0	-0.5	-0.3	-0.6	-0.4
	Apr/Aug	-0.1	-0.1	-0.5	-1.9	-3.4	-0.1
	May/Jul	2.6	1.8	-0.7	-3.0	-3.8	-0.3
	Jun	3.7	2.2	-0.7	-3.6	-3.8	-0.3
19	Dec	-2.4	-4.6	-2.8	2.0	7.2	-5.8
	Jan/Nov	-2.2	-4.0	-2.6	2.0	6.8	-4.7
	Feb/Nov	-1.8	-2.9	-1.3	1.3	4.4	-2.8
	Mar/Sept	-1.6	-1.3	-0.5	0.2	0.8	-0.9
	Apr/Aug	-0.7	-0.3	-0.5	-1.2	-2.7	0.0
	May/Jul	1.6	1.4	-0.3	-2.3	-3.6	0.2
	Jun	2.7	2.0	-0.3	-2.9	-3.6	0.2

ตารางที่ 14 CLTD Correction For Latitude and Month Applied
to Walls and Roofs, North Latitudes (English Units)
(จากตารางที่ 9A, 1981 Fundamentals Handbook)

Lat.	Month	N	NE NW	E W	SE SW	S	HOR
14	Dec	-4.0	-7.5	-3.8	4.0	12.8	-7.8
	Jan/Nov	-3.8	-6.8	-3.5	3.8	11.5	-6.3
	Feb/Nov	-3.0	-4.5	-1.8	1.8	6.3	-3.3
	Mar/Sept	-3.0	-1.8	-1.0	-0.5	-1.0	-0.8
	Apr/Aug	-0.3	-0.3	-1.0	-3.5	-6.3	-0.3
	May/Jul	4.8	3.3	-1.3	-5.5	-7.0	-0.5
	Jun	6.8	4.0	-1.3	-6.5	-7.0	-0.5
19	Dec	-4.4	-8.4	-5.1	3.6	13.0	-10.5
	Jan/Nov	-3.8	-7.4	-4.8	3.6	12.4	-8.5
	Feb/Nov	-3.4	-5.4	-2.4	2.4	8.1	-5.1
	Mar/Sept	-3.0	-2.4	-1.0	0.4	1.5	-1.8
	Apr/Aug	-1.4	-0.6	-1.0	-2.3	-4.9	0.0
	May/Jul	2.9	2.6	-0.6	-4.3	-6.6	0.4
	Jun	4.9	3.6	-0.6	-5.3	-6.6	0.4

- โดยที่
- ETD - ความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า หาค่าได้จากตารางที่ 11 และ 12 หน่วย °C หรือ °F
- LM - ค่าที่ใช้แก้ไขให้ตรงกับ latitude และ เดือนที่เข้าในการออกแบบ หาค่าได้จากตารางที่ 13 และ 14
- K - ค่าคงที่สำหรับสีของกำแพง
 K = 1.0 ถ้าใช้สีทึบ หรือสีที่ออกจะสว่างแต่ตั้งอยู่ในย่านอุตสาหกรรม
 K = 0.83 ถ้าสีที่ใช้เป็นสีกลาง ๆ คือไม่ทึบเกินไป หรือตั้งอยู่ในชนบท
 K = 0.65 ถ้าสีที่ใช้เป็นสีที่ออกจะสว่าง ๆ หรือตั้งอยู่ในชนบท
 สีที่ออกจะสว่าง ๆ เช่น สีครีม
 สีที่ไม่ทึบมาก เช่น สีฟ้าอ่อน สีแดงอ่อน ๆ สีน้ำตาลอ่อน เป็นต้น
 สีที่ออกจะทึบ ๆ เช่น สีฟ้าเข้ม สีแดง สีน้ำตาล เป็นต้น
- (25.5-Tr) และ (78-Tr)
 - ค่าที่ใช้แก้ไขความถูกต้องของอุณหภูมิที่ใช้ออกแบบภายใน เมื่อ Tr คือ อุณหภูมิออกแบบภายใน
- (To-29.4) และ (To-85)
 - ค่าที่ใช้แก้ไขความถูกต้องของอุณหภูมิที่ใช้ออกแบบภายนอก เมื่อ To คือ อุณหภูมิภายนอกเฉลี่ยของวันที่ใช้ในการออกแบบ

4.3.1.4 หลังคา (Roof)

$$Q_4 = U \times A \times \text{ETD}_c \quad (4-4)$$

- โดยที่
- Q₄ - ค่าภาระความเย็นของหลังคา, Btu/hr หรือ Watt
- U - ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของหลังคา, Btu/(hr)(ft²)(°F) หรือ W/(m²)(°C)
- A - พื้นที่ของหลังคา, ft² หรือ m²
- ETD_c - ความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าที่ได้ปรับปรุงค่าแล้ว หาค่าได้จากสูตร (4-4-1) และ (4-4-2) หน่วย °C หรือ °F

หน่วยเมตริก

$$\text{ETD}_c = [(ETD+LM) \times K + (25.5-Tr) + (T_o-29.4)] \times f \quad (4-4-1)$$

หน่วยอังกฤษ

$$\text{ETD}_c = [(ETD+LM) \times K + (78-Tr) + (T_o-85)] \times f \quad (4-4-2)$$

- โดยที่
- ETD - ความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า หาค่าได้จากตารางที่ 15 - 18 หน่วย °C หรือ °F

ตารางที่ 15 Cooling Load Temperature for Calculating Cooling Load from Flat
Roofs (SI Units) Without Suspended Ceiling
(จากตารางที่ 5, 1981 Fundamentals Handbook)

Roof No.	Description of Construction	Weight kg/m ²	U-value W/m ² C	Without Suspended Ceiling																							
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	Steel sheet with 25.4-mm. (or 50.8-mm.) insulation	34 (39)	1.209 (0.704)	0	-1	-2	-2	-3	-2	3	11	19	27	34	40	43	44	43	39	33	25	17	10	7	5	3	1
2	25.4-mm. wood with 25.4-mm Insulation	39	0.965	3	2	0	-1	-2	-2	-1	2	8	15	22	29	35	39	41	41	39	35	29	21	15	11	8	5
3	101.6-mm. l.u. concrete	88	1.209	5	3	1	0	-1	-2	-2	1	5	11	18	25	31	36	39	40	40	37	32	25	19	14	10	7
4	50.8-mm.h.u.concrete with 25.4-mm.(or 50.8-mm.) Insulation	142	1.170 (0.693)	7	5	3	2	0	-1	0	2	6	11	17	23	28	33	36	37	37	34	30	25	20	16	12	10
5	25.4-mm.wood with 50.8-mm. insulation	44	0.619	2	0	-2	-3	-4	-4	-4	-2	3	9	15	22	27	32	35	36	35	32	27	20	14	10	6	3
6	152.4-mm.l.u. concrete	117	0.897	12	10	7	5	3	2	1	0	2	4	8	13	18	24	29	33	35	36	35	32	28	24	19	16
7	63.5-mm. wood with 25.4-mm insulation	63	0.738	16	13	11	9	7	6	4	3	4	5	8	11	15	19	23	27	29	31	31	30	27	25	22	19
8	203.2 mm.l.u. concete	151	0.715	20	17	14	12	10	8	6	5	4	4	5	7	11	14	18	22	25	28	30	30	29	27	25	22
9	101.6-mm.h.u.concrete with 25.4-mm.(or 50.8-mm.) insulation	254 (254)	1.136 (0.681)	14	12	10	8	7	5	4	4	6	8	11	15	18	22	25	28	29	30	29	27	24	21	19	16
10	63.5-mm.wood with 50.8-mm. insulation	63	0.528	18	15	13	11	9	8	6	5	5	5	7	10	13	17	21	24	27	28	29	29	27	25	23	20
11	Roof terrace system	366	0.602	19	17	15	14	12	11	9	8	7	8	8	10	12	15	18	20	22	24	25	26	25	24	22	21
12	152.4-mm.h.u.concrete with 25.4-mm.(or 50.8-mm.) insulation	366 (366)	(1.090) (0.664)	18	16	14	12	11	10	9	8	8	9	10	12	15	17	20	22	24	25	25	25	24	22	20	19
13	101.6-mm.wood with 25.4 mm. (or 50.8-mm.) insulation	83 (88)	0.602 (0.443)	21	20	18	17	15	14	13	11	10	9	9	9	10	12	14	16	18	20	22	23	24	24	23	22

ตารางที่ 16 Cooling Load Temperature for Calculating Cooling Load from Flat
Roofs (SI Units) With Suspended Ceiling
(จากตารางที่ 5, 1981 Fundamentals Handbook)

Roof No.	Description of Construction	Height kg/m ²	U-value W/m ² C	With Suspended Ceiling																							
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	Steel sheet with 25.4 mm. (or 50.8-mm.) insulation	44 (49)	0.761 (0.522)	1	0	-1	-2	-3	-3	0	5	13	20	28	35	40	43	43	41	37	31	23	15	10	7	5	3
2	25.4-mm. wood with 25.4 mm. Insulation	49	0.653	11	8	6	5	3	2	1	2	4	7	12	17	22	27	31	33	35	34	32	28	24	20	17	14
3	101.6-mm. l.u. concrete	97	0.761	10	8	6	4	2	1	0	0	2	6	10	16	21	27	31	34	36	36	34	30	26	21	17	13
4	50.8-mm.h.u. concrete with 25.4-mm. insulation	146	0.744	16	14	13	11	10	8	7	7	8	9	11	14	17	19	22	24	25	26	26	25	23	21	20	18
5	25.4-mm. wood with 50.8-mm. insulation	49	0.471	14	11	9	7	5	4	3	3	4	6	10	14	18	23	27	30	31	32	31	29	26	22	19	16
6	152.4-mm. l.u. concrete	127	0.619	18	15	13	11	9	7	6	4	4	4	6	9	12	16	20	24	27	29	30	30	28	26	23	20
7	63.5-mm. wood with 25.4-mm. insulation	73	0.545	19	18	16	14	13	12	10	9	8	8	9	10	12	14	17	19	21	23	24	25	24	23	22	21
8	203.2-mm. l.u. concrete	161	0.528	22	20	18	16	15	13	11	10	9	8	8	9	11	14	16	19	21	23	25	25	25	24	23	21
9	101.6-mm.h.u. concrete with 25.4-mm. (or 50.8-mm.) insulation	259 (264)	0.727 (0.511)	17	16	15	14	13	13	12	11	11	11	12	13	15	16	18	19	20	21	21	21	21	20	19	18
10	63.5-mm. wood with 50.8-mm. insulation	73	0.409	19	18	17	16	14	13	12	11	10	10	10	11	12	14	16	18	19	21	22	23	23	22	22	21
11	Roof terrace system	376	0.466	17	16	16	15	15	14	13	13	13	12	12	13	13	14	15	16	16	17	18	18	19	18	18	18
12	152.4-mm.h.u. concrete with 25.4-mm. (or 50.8-mm.) insulation	376 (376)	0.710 (0.499)	16	16	15	15	14	13	13	12	12	12	12	13	14	15	16	17	18	18	19	19	19	18	18	18
13	101.6-mm. wood with 25.4-mm. (or 50.8-mm.) insulation	93 (97)	0.465 (0.363)	20	19	19	18	17	16	15	14	14	13	12	12	12	13	14	15	16	18	19	20	20	20	20	20

ตารางที่ 17 Cooling Load Temperature for Calculating Cooling Load from Flat
 Roofs (English Units) Without Suspended Ceiling
 (จากตารางที่ 5A, 1981 Fundamentals Handbook)

Roof No.	Description of Construction	U-value Weight Bth/Ch lb/ft ² ft ² F)	Without Suspended Ceiling																								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
1	Steel sheet with 1-in. (or 2-in.) insulation	7 (8)	0.213 (0.124)	1	-2	-3	-3	-5	-3	6	19	34	49	61	71	78	79	77	70	59	45	30	18	12	8	5	3
2	1-in. wood with 1-in Insulation	8	0.170	6	3	0	-1	-3	-3	-2	4	14	27	39	52	62	70	74	74	70	62	51	38	28	20	14	9
3	4-in. l.u. concrete	18	0.213	9	5	2	0	-2	-3	-3	1	9	20	32	44	55	64	70	73	71	66	57	45	34	25	18	13
4	2-in.h.u. concrete with 1-in.(or 2-in.) Insulation	29	0.206 (0.122)	12	8	5	3	0	-1	-1	3	11	20	30	41	51	59	65	66	66	62	54	45	36	29	22	17
5	1-in. wood with 2-in. insulation	9	0.109	3	0	-3	-4	-5	-7	-6	-3	5	16	27	39	49	57	63	64	62	57	48	37	26	18	11	7
6	6-in.l.u. concrete	24	0.158	22	17	13	9	6	3	1	1	3	7	15	23	33	43	51	58	62	64	62	57	50	42	35	28
7	2.5-in. wood with 1-in. insulation	13	0.130	29	24	20	16	13	10	7	6	6	9	13	20	27	34	42	48	53	55	56	54	49	44	39	34
8	8-in.l.u. concete	31	0.126	35	30	26	22	18	14	11	9	7	7	9	13	19	25	33	39	46	50	53	54	53	49	45	40
9	4-in.h.u. concrete with 1-in.(or 2-in.) insulation	52 (52)	0.200 (0.120)	25	22	18	15	12	9	8	8	10	14	20	26	33	40	46	50	53	53	52	48	43	38	34	30
10	2.5-in. wood with 2-in. insulation	13	0.093	30	26	23	19	16	13	10	9	8	9	13	17	23	29	36	41	46	49	51	50	47	43	39	35
11	Roof terrace system	75	0.106	34	31	28	25	22	19	16	14	13	13	15	18	22	26	31	36	40	44	45	46	45	43	40	37
12	6-in.h.u. concrete with 1-in.(or 2-in.) insulation	(75) 75	0.192 (0.117)	31	28	25	22	20	17	15	14	14	16	18	22	26	31	36	40	43	45	45	44	42	40	37	34
13	4-in. wood with 1-in. (or 2-in.) insulation	17 (18)	0.106 (0.078)	38	36	33	30	28	25	22	20	18	17	16	17	18	21	24	28	32	36	39	41	43	43	42	40

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 18 Cooling Load Temperature for Calculating Cooling Load from Flat
Roofs (English Units) With Suspended Ceiling
(จากตารางที่ 5A, 1981 Fundamentals Handbook)

Roof No.	Description of Construction	U-value Weight Bth/Ch lb/ft ² ft ² F)	With Suspended Ceiling																								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
1	Steel sheet with 1-in. (or 2-in.) insulation	9 (10)	0.134 (0.092)	2	0	-2	-3	-4	-4	-1	9	23	37	50	62	71	77	78	74	67	56	42	28	18	12	8	5
2	1-in. wood with 1-in Insulation	10	0.115	20	15	11	8	5	3	2	3	7	13	21	30	40	48	55	60	62	61	58	51	44	37	30	25
3	4-in. l.u. concrete	20	0.134	19	14	10	7	4	2	0	0	4	10	19	29	39	48	56	62	65	64	61	54	46	38	30	24
4	2-in.h.u. concrete with 1-in.(or 2-in.) Insulation	30	0.131	28	25	23	20	17	15	13	13	14	16	20	25	30	35	39	43	46	47	46	44	41	38	35	32
5	1-in. wood with 2-in. insulation	10	0.083	25	20	16	13	10	7	5	5	7	12	18	25	33	41	48	53	57	57	56	52	46	40	34	29
6	6-in.l.u. concrete	26	0.109	32	28	23	19	16	13	10	8	7	8	11	16	22	29	36	42	48	52	54	54	51	47	42	37
7	2.5-in. wood with 1-in. insulation	15	0.096	34	31	29	26	23	21	18	16	15	15	16	18	21	25	30	34	38	41	43	44	44	42	40	37
8	8-in.l.u. concrete	33	0.093	39	36	33	29	26	23	20	18	15	14	14	15	17	20	25	29	34	38	42	45	46	45	44	42
9	4-in.h.u. concrete with 1-in.(or 2-in.) insulation	53 (54)	0.128 (0.090)	30	29	27	26	24	22	21	20	20	21	22	24	27	29	32	34	36	38	38	38	37	36	34	33
10	2.5-in. wood with 2-in. insulation	15	0.072	35	33	30	28	26	24	22	20	18	18	18	20	22	25	28	32	35	38	40	41	41	40	39	37
11	Roof terrace system	77	0.082	30	29	28	27	26	25	24	23	22	22	22	23	23	25	26	28	29	31	32	33	33	33	33	32
12	6-in.h.u. concrete with 1-in.(or 2-in.) insulation	77 (77)	0.125 (0.088)	29	28	27	26	25	24	23	22	21	21	22	23	25	26	28	30	32	33	34	34	34	33	32	31
13	4-in. wood with 1-in. (or 2-in.) insulation	19 (20)	0.082 (0.064)	35	34	33	32	31	29	27	26	24	23	22	21	22	22	24	25	27	30	32	34	35	36	37	36

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- LM - ค่าที่ใช้แก้ไขให้ตรงกับ latitude และ เดือนที่ใช้ในการออกแบบ
หาค่าได้จากตารางที่ 13 และ 14
- K - ค่าคงที่สำหรับสีที่ใช้ในทาหลังคา
K = 1.0 ถ้าใช้สีทึบ หรือสีที่ออกจะสว่างแต่ตั้งอยู่ในย่านอุตสาหกรรม
K = 0.5 ถ้าสีที่ใช้เป็นสีที่ออกจะสว่าง ๆ หรือตั้งอยู่ในชนบท
- (25.5-Tr) และ (78-Tr)
- ค่าที่ใช้แก้ไขความถูกต้องของอุณหภูมิที่ใช้ออกแบบภายใน เมื่อ
Tr คือ อุณหภูมิออกแบบภายใน
- (To-29.4) และ (To-85)
- ค่าที่ใช้แก้ไขความถูกต้องของอุณหภูมิที่ใช้ออกแบบภายนอก เมื่อ
To คือ อุณหภูมิภายนอกเฉลี่ยของวันที่ใช้ในการออกแบบ
- f - ตัวประกอบสำหรับพัดลมในห้องเพดาน หรือท่อลมเหนือเพดาน
f = 1.0 ถ้าไม่มีห้องเพดานหรือท่อลมของระบบปรับอากาศ
f = 0.75 ถ้ามีการระบายอากาศโดยพัดลมในห้องเพดาน

4.4 การกระทำความเย็นเนื่องจากการส่งผ่านความร้อน (Transmission heat load)

4.4.1 กระจก (Glass)

$$Q_5 = U \times A \times TD \quad (4-5)$$

- โดยที่ Q₅ - ค่าการกระทำความเย็นที่ผ่านกระจกภายในอาคาร,
Btu/hr หรือ Watt
- U - ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของกระจก,
Btu/(hr)(ft²)(°F) หรือ W/(m²)(°C)
- A - พื้นที่ของกระจก, ft² หรือ m²
- TD - ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายในและภายนอกกระจก °C หรือ °F

4.4.2 กำแพง (Interior Wall)

$$Q_6 = U \times A \times TD \quad (4-6)$$

- โดยที่ Q₆ - ค่าการกระทำความเย็นที่ผ่านกำแพงภายในอาคาร,
Btu/hr หรือ Watt
- U - ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของกำแพง,
Btu/(hr)(ft²)(°F) หรือ W/(m²)(°C)
- A - พื้นที่ของกำแพงที่ไม่ถูกแสงอาทิตย์, ft² หรือ m²
- TD - ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายในและภายนอกกำแพง,
°C หรือ °F

4.4.3 ผนังกั้นภายใน (Partition)

$$Q_7 = U \times A \times TD \quad (4-7)$$

โดยที่	Q ₇	- ค่าภาระความเย็นที่ผ่านผนังกั้นภายใน, Btu/hr หรือ Watt
	U	- ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังกั้น, Btu/(hr)(ft ²)(°F) หรือ W/(m ²)(°C)
	A	- พื้นที่ของผนังกั้น, ft ² หรือ m ²
	TD	- ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายในและภายนอกผนังกั้น °C หรือ °F

4.4.4 เพดาน (Ceiling)

$$Q_8 = U \times A \times TD \quad (4-8)$$

โดยที่	Q ₈	- ค่าภาระความเย็นที่ผ่านเพดาน, Btu/hr หรือ Watt
	U	- ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของเพดาน, Btu/(hr)(ft ²)(°F) หรือ W/(m ²)(°C)
	A	- พื้นที่ของเพดาน, ft ² หรือ m ²
	TD	- ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิเหนือเพดานและภายในห้อง °C หรือ °F

4.4.5 พื้น (Floor)

$$Q_9 = U \times A \times TD \quad (4-9)$$

โดยที่	Q ₉	- ค่าภาระความเย็นที่ผ่านพื้น, Btu/hr หรือ Watt
	U	- ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของพื้น, Btu/(hr)(ft ²)(°F) หรือ W/(m ²)(°C)
	A	- พื้นที่ของพื้น, ft ² หรือ m ²
	TD	- ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิใต้พื้นและภายในห้อง °C หรือ °F

4.5 ความร้อนสัมผัส (Sensible heat)

4.5.1 ภาระจากบุคคล (People load)

$$Q_{10} = \text{จำนวนคน} \times \text{ตัวประกอบความร้อนสัมผัส} \quad (4-10)$$

โดยที่	Q ₁₀	- ค่าภาระความเย็นจากบุคคล, Btu/hr หรือ Watt
--------	-----------------	---

ตัวประกอบความร้อนสัมผัส (Sensible heat gain factor) สำหรับบุคคลที่กระทำการต่าง ๆ จะดูได้จากตารางที่ 19

ตารางที่ 19 Rates of Heat Gain from Occupants of Conditioned Spaced
(จากตารางที่ 18, 1981 Fundamentals Handbook)

Degree of Activity	Typical Applications	Sensible Heat		Latent Heat	
		Watts Btu/h		Watts Btu/h	
Seated at rest	Theater, movie	60	210	40	140
Seated, very light work writing	Offices, hotels, apts	65	230	55	190
Seated, eating	Restaurant	75	255	95	325
Seated, light work, typing	Offices, hotels, apts	75	255	75	255
Standing, light work, or walking slowly	Retail Store, bank	90	315	95	325
Light bench work	Factory	100	345	130	435
Walking, 3 mph, light maching work	Factory	100	345	205	695
Bowling	Bowling alley	100	345	180	615
Moderate dancing	Dance hall	120	405	255	875
Heavy work, heavy machine work, lifting	Factory	165	565	300	1035
Heavy work, athletics	Gymnasium	185	635	340	1165

4.5.2 การจากมอเตอร์ไฟฟ้า (Motor or Fan load)

4.5.2.1 มอเตอร์อยู่ในกระแสลม ตัวพัดลมอยู่ในกระแสลม

$$Q_{11} = H_p \times \text{Const} / \% \text{Eff} \quad (4-11-1)$$

4.5.2.2 มอเตอร์อยู่นอกกระแสลม ตัวพัดลมอยู่ในกระแสลม

$$Q_{11} = H_p \times \text{Const} \quad (4-11-2)$$

4.5.2.3 มอเตอร์อยู่ในกระแสลม ตัวพัดลมอยู่นอกกระแสลม

$$Q_{11} = H_p \times \text{Const} \times (100 - \% \text{Eff}) / \% \text{Eff} \quad (4-11-3)$$

โดยที่	Q11	- ค่าภาระความเย็นของมอเตอร์ไฟฟ้า, Btu/hr หรือ Watt
	Const	- ค่าคงที่ในการเปลี่ยนหน่วย Const = 2545 ใช้หน่วยเป็น หน่วยอังกฤษ Const = .746 ใช้หน่วยเป็น หน่วยเมตริก
	Hp	- ในโปรแกรมหน่วยเมตริก เราจะใส่ข้อมูลเป็น kw ส่วนหน่วยอังกฤษเป็นแรงม้า
	%Eff	- เปอร์เซนต์ประสิทธิภาพของมอเตอร์

4.5.3 ภาระจากแสงไฟฟ้า (Lighting load)

$$Q_{12} = \text{number of watts} \times \text{Const} \quad (4-12)$$

โดยที่	Q12	- ค่าภาระความเย็นจากแสงไฟฟ้า, Btu/hr หรือ Watt
	number of watts	- จำนวนวัตต์ของหลอดไฟฟ้า, Watts
	Const	- ค่าคงที่ Const = 3.41 ใช้หน่วยเป็น หน่วยอังกฤษ Const = 1 ใช้หน่วยเป็น หน่วยเมตริก

4.5.4 ภาระจากอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่น ๆ (Appliances load)

$$Q_{13} = \text{number of watts} \times \text{Const} \quad (4-13)$$

โดยที่	Q13	- ค่าภาระความเย็นจากอุปกรณ์ไฟฟ้า, Btu/hr หรือ Watt
	number of watts	- จำนวนวัตต์ของอุปกรณ์ไฟฟ้า, Watts
	Const	- ค่าคงที่ Const = 3.41 ใช้ในการเปลี่ยนหน่วยเป็น หน่วยอังกฤษ Const = 1 ใช้ในการเปลี่ยนหน่วยเป็น หน่วยเมตริก

4.6 ความร้อนแฝง (Latent heat)

4.6.1 ภาระจากบุคคล (People load)

$$Q_{14} = \text{จำนวนคน} \times \text{ตัวประกอบความร้อนแฝง} \quad (4-14)$$

โดยที่	Q14	- ค่าภาระความเย็นจากบุคคล, Btu/hr หรือ Watt
--------	-----	---

ตัวประกอบความร้อนแฝง (Latent heat gain factor) สำหรับบุคคลที่กระทำกิจกรรมต่าง ๆ จะดูได้จากตารางที่ 19

4.7 ภาวะความร้อนเนื่องจากการถ่ายเทอากาศ (Ventilation heat gain)

4.7.1 อัตราการถ่ายเทอากาศ (CFM ventilation)

เราสามารถพิจารณาอัตราการถ่ายเทอากาศได้จาก จำนวนบุคลากรที่มีอยู่ภายในห้อง หรือจากจำนวนพื้นที่ที่ใช้สอยอยู่ หรือปริมาณอากาศที่ใช้หมุนเวียนต่อหนึ่งชั่วโมง

4.7.1.1 พิจารณาจากจำนวนบุคลากร

หน่วยอังกฤษ

$$\text{CFM} = \text{number of people} \times (\text{CFM/person}) \quad (4-15-1)$$

หน่วยเมตริก

$$\text{LPS} = \text{number of people} \times (\text{LPS/person}) \quad (4-15-2)$$

4.7.1.2 พิจารณาจากจำนวนพื้นที่ที่ใช้สอย

หน่วยอังกฤษ

$$\text{CFM} = \text{floor area} \times (\text{CFM/ft}^2 \text{ of floor area}) \quad (4-15-3)$$

หน่วยเมตริก

$$\text{LPS} = \text{floor area} \times (\text{LPS/m}^2 \text{ of floor area}) \quad (4-15-4)$$

4.7.1.3 พิจารณาจากจำนวนปริมาณอากาศที่ใช้หมุนเวียนใน 1 ชั่วโมง

หน่วยอังกฤษ

$$\text{CFM} = (\text{Volume} \times \text{Number of Air Changes per Hour}) / 60 \quad (4-15-5)$$

หน่วยเมตริก

$$\text{LPS} = (\text{Volume2} \times \text{Number of Air Changes per Hour}) / 3.6 \quad (4-15-6)$$

โดยที่	CFM	- อัตราความต้องการอากาศในการถ่ายเทอากาศ หน่วย cu.ft/min
	LPS	- ปริมาณความต้องการอากาศในการถ่ายเทอากาศ หน่วย litre/sec
	number of people	- จำนวนบุคคลากรที่มี
	CFM/person	- อัตราการถ่ายเทอากาศต่อบุคคลากรหนึ่งคน หน่วยอังกฤษ
	LPS/person	- อัตราการถ่ายเทอากาศต่อบุคคลากรหนึ่งคน หน่วยเมตริก
	floor area	- จำนวนพื้นที่ของห้อง, ft ² หรือ m ²
	(CFM/ft ² of floor)	- อัตราการถ่ายเทอากาศเป็น CFM ต่อจำนวนพื้นที่หนึ่งตารางฟุต
	(LPS/m ² of floor)	- อัตราการถ่ายเทอากาศเป็น LPS ต่อจำนวนพื้นที่หนึ่งตารางเมตร
	Volume1	- จำนวนความจุของห้องที่ออกแบบมีหน่วยเป็น ft ³
	Volume2	- จำนวนความจุของห้องที่ออกแบบมีหน่วยเป็น m ³
	60	- ค่าคงที่ในการแปลงหน่วยจากชั่วโมงให้เป็นนาที
	3.6	- ค่าคงที่ในการแปลงหน่วย (3600 sec/hr) / (1000 liter/m ³)

4.7.2 ภาวะความร้อนสัมผัสจากปริมาณอากาศที่ถ่ายเท

หน่วยอังกฤษ

$$Q_{16} = \text{CFM ventilation} \times \text{TD} \times 1.08 \quad (4-16-1)$$

หน่วยเมตริก

$$Q_{16} = 1.232 \times (\text{LPS}) \times \text{TD} \quad (4-16-2)$$

โดยที่	Q ₁₆	- ภาวะความร้อนสัมผัสจากอากาศที่ถ่ายเท, Btu/hr หรือ Watt
	1.08	- ค่าคงที่ในการเปลี่ยนหน่วย เป็น หน่วยอังกฤษ
	1.232	- ค่าคงที่ในการเปลี่ยนหน่วย เป็น หน่วยเมตริก

4.7.3 ภาวะความร้อนแฝงจากอัตราการถ่ายเทอากาศ

หน่วยอังกฤษ

$$Q_{17} = \text{CFM ventilation} \times \text{moisture diff} \times 0.67 \quad (4-17-1)$$

หน่วยเมตริก

$$Q_{17} = 3012 \times \text{moisture diff} \times (\text{LPS})$$

(4-17-2)

โดยที่	Q_{17}	- ภาระความร้อนแฝงจากอากาศที่ถ่ายเท, Btu/hr หรือ Watt
	moisture diff	- ผลต่างระหว่างไอน้ำในอากาศภายนอกและภายในห้อง, Gr/lb หรือ kg. vapor / kg. of dry air
	0.67	- ค่าคงที่ในการเปลี่ยนหน่วย เป็น หน่วยอังกฤษ
	3012	- ค่าคงที่ในการเปลี่ยนหน่วย เป็น หน่วยเมตริก

4.7.4 ความร้อนสัมผัสของห้อง (Room Sensible Heat)

RSH = ค่าภาระความเย็นภายในห้องที่เป็นความร้อนสัมผัสทั้งหมดรวมกัน ยกเว้นภาระความเย็นของอากาศที่ใช้ถ่ายเท

(4-18)

4.7.5 ความร้อนแฝงของห้อง (Room Latent Heat)

RLH = ค่าภาระความเย็นภายในห้องที่เป็นความร้อนแฝงทั้งหมดรวมกัน ยกเว้นภาระความเย็นของอากาศที่ใช้ถ่ายเท

(4-19)

4.7.6 Room Sensible Heat Factor

$$\text{RSHF} = \text{RSH} / (\text{RSH} + \text{RLH}) \quad (4-20)$$

4.7.7 อัตราการจ่ายอากาศให้แก่ห้อง

หน่วยอังกฤษ

$$\text{CFM} = \text{RSH} / (1.08 \times \text{TD}) \quad (4-21)$$

หน่วยเมตริก

$$\text{LPS} = \text{RSH} / (1.232 \times \text{TD}) \quad (4-22)$$

โดยที่	TD	- ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของอากาศภายในห้องและที่ออกจากคอยล์เย็น (Cooling coil) หน่วย °C หรือ °F
--------	----	--