เอกสารอ้างอิง

1. Kaufman, John, edition. IES Lighting Handbook. 4 th ed. New York : Illumination Engineering Society, 1966
2. Daylight. International Recommendations for the Calculation of National Daylight. Publication CIE No 16 : Commission International de l' Eclairage, 1970
3. McGuinness, Stein, Reynolds. Mechanical and Electrical Equipment for Buildings. New York : Wiley Trans Edition, 1981
4. Edward L. Harkness. Solar Radiation Control in Building. London : Applied Science Publishers LTD., 1978
5. C.P. Kukreja. Tropical Architecture. New Delhi, 1978
6. M. Finbow, edition. Environments Physics in Construction. London : Granada, 1981
7. Benjamin H. Evans, AIA. Daylight in Architecture. New York : McGraw-Hill Book Co., 1981
8. อุตุนิยมวิทยา, กรม. รายงานพยากรณ์อากาศประจำวัน. กรุงเทพมหานคร : กรมอุตุนิยมวิทยา, 2525 - 2527
9. How predict Interior Daylight Illumination. Conserve Energy and Increase Visual Performance by Effective Daylight Design. Ohio : Owens-Ford Co., 1976
10. Olgyay, Logyay. Solar Control Shading. New Jersey ; Princeton University Press, 1957
11. Koenigsberger, Ingersoll, Szokolay. Manual of Tropical Housing and Building Part 1. London : Longman, 1978

ภาคผนวก 1

แสดงข้อมูลสำหรับใช้ในการคำนวณออกแบบแสงธรรมชาติภายในอาคาร โดยวิธี IES ; ความสว่างแหล่งกำเนิดแสงรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก [1]

วัน เดือน	เวลา นาฬิกา (clock time)												
	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00
โซลาแอ็ลติจูด (Al)													
11 พฤษภาคม	2	14	29	42	56	71	84	79	64	49	35	20	8
22 มิถุนายน	2	14	28	41	55	69	80	77	65	49	36	23	10
23 กันยายน	-	11	26	40	54	67	76	72	60	45	31	17	2
22 ธันวาคม	-	5	17	30	40	47	53	51	45	35	24	11	-
โซลาอะซิมุต (Az)													
11 พฤษภาคม	108	105	102	101	100	103	135	116	103	101	102	104	107
22 มิถุนายน	114	111	110	108	111	119	150	141	117	111	109	110	112
23 กันยายน	-	88	83	78	70	53	7	44	66	76	82	86	90
22 ธันวาคม	-	64	59	52	41	25	3	16	34	47	56	62	-

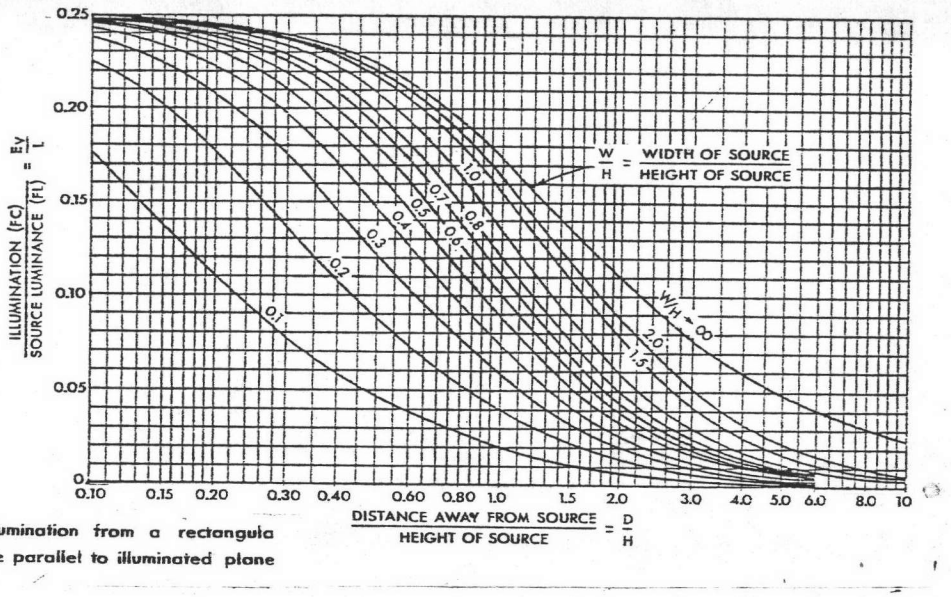
ตารางผนวกที่ 1.1 แสดงมุม แอ็ลติจูด (Al) และมุมอะซิมุต (Az) ของดวงอาทิตย์ที่กรุงเทพมหานคร เส้นรุ้ง 13.5° N เส้นแวง 100.5° E เส้นแวงมาตรฐาน 105° E

Solar Altitude and Aximuth (Courtesy of the Illuminating Engineering Society of North America)

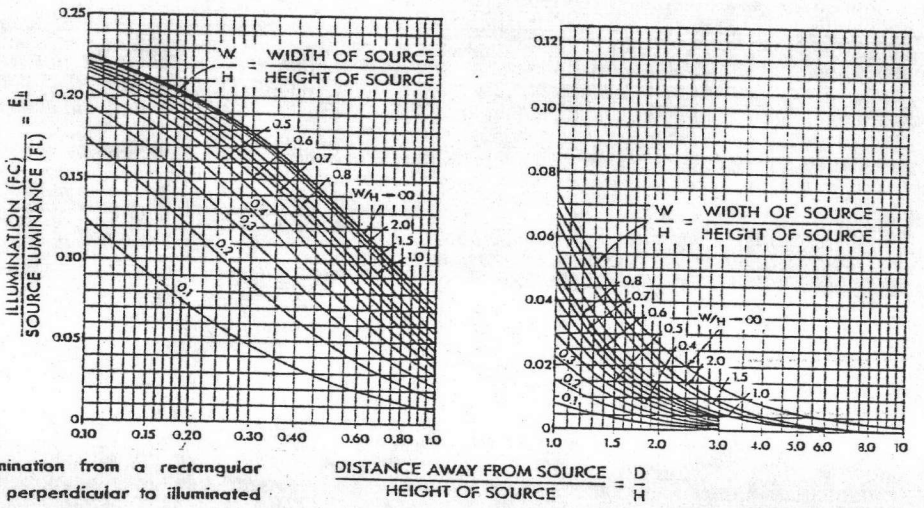
	Date	Solar Time*						
		AM:	6	7	8	9	10	11	Noon
		PM:	6	5	4	3	2	1	
30°N									
ALTITUDE	June 21		12	24	37	50	63	75	83
	Mar.-Sept. 21		–	13	26	38	49	57	60
	Dec. 21		–	–	12	21	29	35	37
AZIMUTH	June 21		111	104	99	92	84	67	0
	Mar.-Sept. 21		90	83	74	64	49	28	0
	Dec. 21		–	60	54	44	32	17	0
34°N									
ALTITUDE	June 21		13	25	37	50	62	74	79
	Mar.-Sept. 21		–	12	25	36	46	53	56
	Dec. 21		–	–	9	18	26	31	33
AZIMUTH	June 21		110	103	95	90	78	58	0
	Mar.-Sept. 21		90	82	72	61	46	26	0
	Dec. 21		–	–	54	43	30	16	0
38°N									
ALTITUDE	June 21		14	26	37	49	61	71	75
	Mar.-Sept. 21		–	12	23	34	43	50	52
	Dec. 21		–	–	7	16	23	27	28
AZIMUTH	June 21		109	101	90	83	70	46	0
	Mar.-Sept. 21		90	81	71	58	43	24	0
	Dec. 21		–	–	54	43	30	16	0
42°N									
ALTITUDE	June 21		16	26	38	49	60	68	71
	Mar.-Sept. 21		–	11	22	32	40	46	48
	Dec. 21		–	–	4	13	19	23	25
AZIMUTH	June 21		108	99	89	78	63	39	0
	Mar.-Sept. 21		90	80	69	56	41	22	0
	Dec. 21		–	–	53	42	29	15	0
46°N									
ALTITUDE	June 21		17	27	37	48	57	65	67
	Mar.-Sept. 21		–	10	20	30	37	42	44
	Dec. 21		–	–	2	10	15	20	21
AZIMUTH	June 21		107	97	88	74	58	34	0
	Mar.-Sept. 21		90	79	67	54	39	21	0
	Dec. 21		–	–	52	41	28	14	0
48°N									
ALTITUDE	June 21		17	27	37	47	56	63	65
	Mar.-Sept. 21		–	10	20	29	36	40	42
	Dec. 21		–	–	1	8	14	17	19
AZIMUTH	June 21		106	95	85	72	55	31	0
	Mar.-Sept. 21		90	79	67	53	38	20	0
	Dec. 21		–	–	52	41	28	14	0

*Time measured by the daily motion of the sun. Noon is taken as the instant in which the center of the sun passes the observer's meridian.

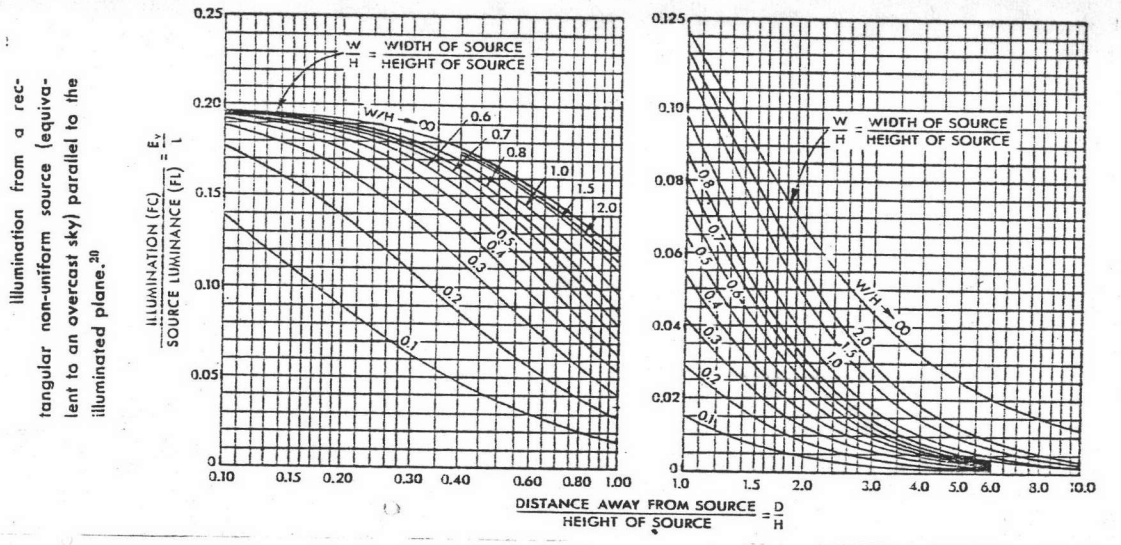
ตารางผนวกที่ 1.2 แสดงมุมแอ็ลติจูด (Al) และมุมอะซิมุต (Az) ของดวงอาทิตย์ ที่อเมริกา



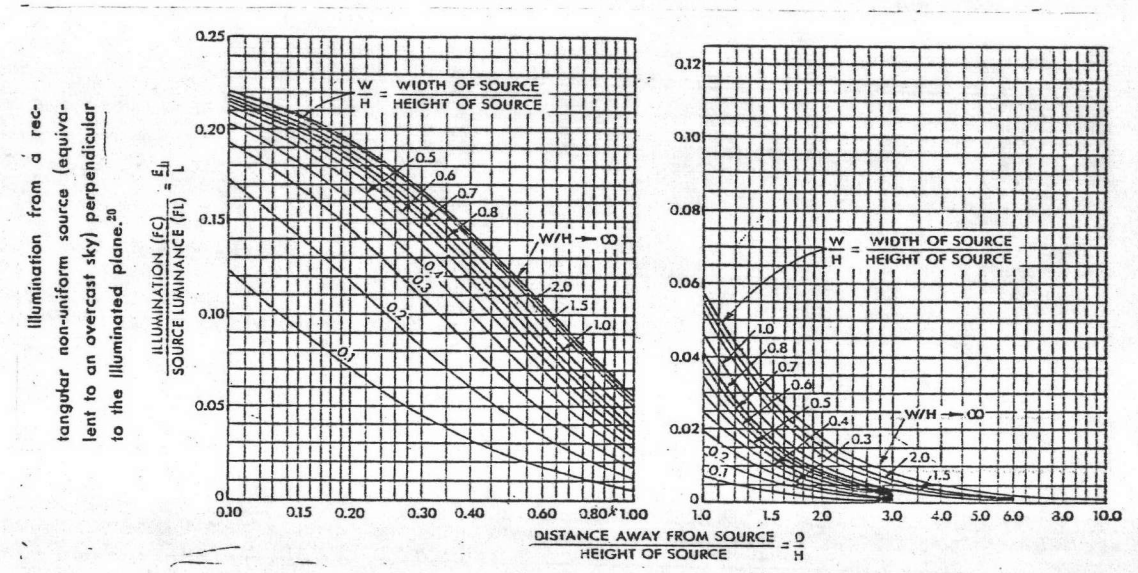
กราฟผนวกที่ 1.1 แสดงความสว่างของแหล่งกำเนิดแสงสม่ำเสมอรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากขนานกับระนาบความสว่าง



กราฟผนวกที่ 1.2 แสดงความสว่างของแหล่งกำเนิดแสงสม่ำเสมอรูปสี่เหลี่ยมมุมฉากตั้งฉากกับระนาบความสว่าง



กราฟผนวกที่ 1.3 แสดงความสว่างของแหล่งกำเนิดแสงไม่สม่ำเสมอรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก (non uniform source) (ค่าสมมูลย์ในสภาวะท้องฟ้ามืด) ขนานกับระนาบความสว่าง



กราฟผนวกที่ 1.4 แสดงความสว่างของแหล่งกำเนิดแสงไม่สม่ำเสมอรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก (non uniform source) (ค่าสมมูลย์ในสภาวะท้องฟ้ามืด) ตั้งฉากกับระนาบความสว่าง

Transmittance Data of Glass and Plastic Materials

Material	Transmittance (in per cent)
Polished Plate Window Glass	80–90
Sheet Drawn Window Glass	85–91
Heat-Absorbing Plate Glass	70–80
Heat-Absorbing Drawn Sheet Glass	70–85
Neutral Low Transmission Glass	10–60
Configurated Glass	70–90
Corrugated Glass	80–85
Glass Block	60–80
Clear Plastic Sheet	80–92
Neutral Low Transmission Plastic	9–42
Colorless Patterned Plastic	80–90
White Translucent Plastic	10–80
Glass Fiber Reinforced Plastics	5–80

ตารางผนวกที่ 1.3 แสดงข้อมูลการส่งผ่านแสงของวัสดุ ที่เป็นแก้วหรือพลาสติก

Average Window Maintenance Factors Expressed as a Percentage of Clean Glass Transmission

	Window Position				
		Factory**			
	Office* Vertical	Vertical	30° from Vertical	60° from Vertical	Horizontal
Avg. value over 6-month period	83%	71%	65%	58%	54%
Value end of 3-month period	82	69	62	54	50
Value end of 6-month period	73	55	45	39	34

* Typical clean location.
** Typical dirty location.

ตารางผนวกที่ 1.4 แสดงค่าเฉลี่ยการบำรุงรักษาหน้าต่าง โดยเทียบ % กับกระจกสะอาด

Equivalent sky luminance for average overcast day

Latitude	8 AM 4 PM		9 AM 3 PM		10 AM 2 PM		11 AM 1 PM		Noon	
	fL	cd/m²	fL	cd/m²	fL	cd/m²	fL	cd/m²	fL	cd/m²
					December 21					
30°N	420	1440	740	2540	1020	3490	1210	4150	1270	4350
32	350	1200	700	2400	960	3290	1150	3940	1200	4110
34	320	1100	650	2230	910	3120	1100	3770	1140	3910
36	260	890	600	2060	840	2880	1020	3490	1070	3670
38	230	790	550	1880	790	2710	940	3220	1000	3430
40	190	650	500	1710	740	2540	900	3080	930	3190
42	150	510	450	1540	660	2260	820	2810	860	2950
44	100	340	380	1300	600	2060	760	2600	790	2710
46	60	210	340	1160	550	1880	680	2330	730	2500
48	40	140	290	990	470	1610	630	2160	650	2230
50	0	0	240	820	420	1440	560	1920	580	1990
					March 21 or September 12					
30°N	910	3120	1320	4520	1710	5860	2010	6890	2140	7330
32	880	3010	1290	4420	1650	5650	1940	6650	2070	7096
34	860	2950	1250	4280	1600	5480	1870	6410	1980	6780
36	840	2880	1220	4180	1560	5340	1800	6170	1900	6510
38	800	2740	1200	4110	1500	5140	1740	5960	1840	6300
40	790	2710	1140	3910	1460	5000	1670	5720	1760	6030
42	760	2600	1120	3840	1410	4830	1600	5480	1690	5790
44	740	2540	1080	3700	1340	4590	1540	5280	1620	5550
46	710	2430	1030	3530	1229	4420	1470	5040	1550	5310
48	690	2360	990	3390	1240	4250	1410	4830	1480	5070
50	650	2230	940	3220	1180	4040	1330	4560	1400	4800
					June 21					
30°N	1270	4350	1730	5930	2250	7710				
32	1280	4390	1730	5930	2240	7670				
34	1290	4420	1730	5930	2220	7610				
36	1290	4420	1730	5930	2200	7540	2960	10140		
38	1290	4420	1720	5890	2160	7400	2840	9730		
40	1290	4420	1700	5820	2120	7260	2650	9080	3060	10480
42	1300	4450	1690	5790	2080	7130	2540	8700	2860	9800
44	1290	4420	1670	5720	2050	7020	2430	8330	2660	9110
46	1290	4420	1640	5620	2010	6890	2330	7980	2520	8630
48	1290	4420	1620	5550	1960	6710	2250	7710	2400	8220
50	1260	4320	1590	5450	1900	6510	2160	7400	2280	7810

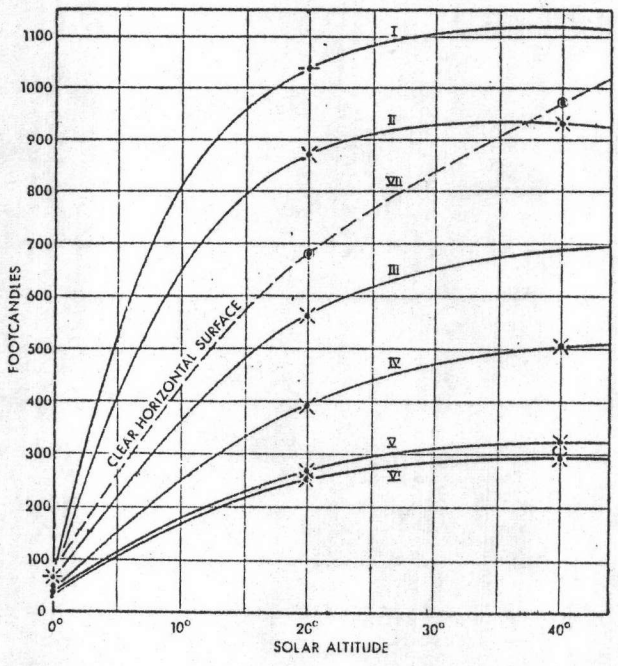
ตารางผนวกที่ 1.5 แสดงค่าสมมูลย์ความส่องสว่างของท้องฟ้า (equivalent sky luminance) สำหรับค่าเฉลี่ยในวันท้องฟ้ามืด

Equivalent sky luminance in footlamberts (candelas per square meter) for clear days*

Latitude	December 21					March and September 21					June 21				
	8 AM	10 AM	Noon	2 PM	4 PM	8 AM	10 AM	Noon	2 PM	4 PM	8 AM	10 AM	Noon	2 PM	4 PM
							North								
30°N	450	600	600	600	450	700	1000	1050	1000	700	1550	1400	1000	1400	1550
	(1540)	(2060)	(2060)	(2060)	(1540)	(2400)	(3430)	(3600)	(3430)	(2400)	(5310)	(4800)	(3430)	(4800)	(5310)
34°	350	550	550	550	350	800	800	900	800	800	1350	1400	950	1400	1350
	(1200)	(1880)	(1880)	(1880)	(1200)	(2740)	(2740)	(2080)	(2740)	(2740)	(4630)	(4800)	(3250)	(4800)	(4630)
38°	300	550	550	550	300	750	800	900	800	750	1350	1300	950	1300	1350
	(1030)	(1880)	(1880)	(1880)	(1030)	(2570)	(2740)	(3080)	(2740)	(2570)	(4630)	(4450)	(3250)	(4450)	(4630)
42°	250	500	500	500	250	700	750	800	750	700	1300	1300	950	1300	1350
	(860)	(1710)	(1710)	(1710)	(860)	(2400)	(2570)	(2740)	(2570)	(2400)	(4450)	(4450)	(3250)	(4450)	(4630)
46°	150	450	500	450	150	700	750	750	750	700	1300	1250	950	1250	1300
	(510)	(1540)	(1710)	(1540)	(510)	(2400)	(2570)	(2570)	(2570)	(2400)	(4450)	(4280)	(3250)	(4280)	(4450)
							South								
30°N	1100	1950	2250	1950	1100	1700	2300	2800	2300	1700	1200	1600	2400	1600	1200
	(3770)	(6680)	(7710)	(6680)	(3770)	(5820)	(7880)	(9590)	(7880)	(5820)	(4110)	(5480)	(8220)	(5480)	(4110)
34°	1100	1900	2200	1900	1100	1700	2650	2900	2650	1700	1350	1650	2300	1650	1350
	(3700)	(6510)	(7540)	(6510)	(3770)	(5820)	(9080)	(9940)	(9080)	(5820)	(4630)	(5650)	(7880)	(5650)	(4630)
38°	900	2300	2200	2300	900	1700	2700	2950	2700	1700	1350	1650	2300	1650	1350
	(3080)	(7190)	(7540)	(7880)	(3080)	(5820)	(9250)	(10100)	(9250)	(5820)	(4630)	(5650)	(7880)	(5650)	(4630)
42°	600	2100	2150	2100	600	1700	2700	2450	2700	1700	1350	2000	2500	2000	1350
	(2060)	(7190)	(7370)	(7190)	(2060)	(5820)	(9250)	(8390)	(9250)	(5820)	(4630)	(6850)	(8570)	(6850)	(4630)
46°	400	1900	2100	1900	400	1700	2700	2900	2710	1700	1350	2150	2700	2100	1350
	(1370)	(6510)	(7190)	(6510)	(1370)	(5820)	(9250)	(9940)	(9280)	(5820)	(4630)	(7190)	(9250)	(7190)	(4630)
							East								
30°N	1550	1500	1000	700	400	2000	2500	1500	900	700	2800	2650	1400	1000	700
	(5310)	(5140)	(2400)	(2400)	(1370)	(6850)	(8570)	(5140)	(3080)	(2400)	(9590)	(9080)	(4800)	(3430)	(2400)
34°	1350	1400	950	700	400	2400	2600	1600	950	650	2800	2700	1450	1000	700
	(4630)	(4800)	(3250)	(2400)	(1370)	(8220)	(8910)	(5480)	(3250)	(2230)	(9590)	(9250)	(4970)	(3430)	(2400)
38°	1200	1300	950	600	350	2500	2600	1500	900	600	2800	2700	1400	1050	700
	(4110)	(4450)	(3080)	(2230)	(1200)	(8570)	(8910)	(5140)	(3080)	(2060)	(9590)	(9250)	(4800)	(3600)	(2400)
42°	750	1200	850	600	250	2400	2400	1450	800	600	2900	2600	1400	1000	700
	(2570)	(4110)	(2910)	(2060)	(860)	(8220)	(8220)	(4970)	(2740)	(2060)	(9940)	(8910)	(4800)	(3430)	(2400)
46°	500	1100	800	500	150	2300	2100	1400	700	600	2850	2600	1400	1000	700
	(1710)	(3770)	(2740)	(1710)	(510)	(7880)	(7190)	(4800)	(2400)	(2060)	(9760)	(8910)	(4800)	(3430)	(2400)
							West								
30°N	400	700	1000	1500	1550	700	900	1500	2500	2000	700	1000	1440	2650	2800
	(1370)	(2400)	(3430)	(5140)	(5310)	(2400)	(3080)	(5140)	(8570)	(6850)	(2400)	(3430)	(4930)	(9080)	(9590)
34°	400	700	950	1400	1350	650	900	1600	2600	2400	700	1000	1400	2700	2800
	(1370)	(2400)	(3250)	(4800)	(4630)	(2230)	(3080)	(5480)	(8910)	(8220)	(2400)	(3430)	(4800)	(9250)	(9590)
38°	350	650	900	1300	1200	600	900	1500	2600	2500	700	1050	1400	2700	2800
	(1200)	(2230)	(3080)	(4450)	(4110)	(2060)	(3080)	(5140)	(8910)	(8570)	(2400)	(3600)	(4800)	(9250)	(9590)
42°	250	600	850	1200	750	600	800	1450	2400	2400	700	1000	1400	2600	2900
	(860)	(2060)	(2910)	(4110)	(2570)	(2060)	(2740)	(4970)	(8220)	(8220)	(2400)	(3430)	(4800)	(8910)	(9940)
46°	150	500	800	1100	500	600	700	1400	2100	2300	700	1000	1400	2600	2850
	(510)	(1710)	(2740)	(3770)	(1710)	(2060)	(2400)	(4800)	(7190)	(7880)	(2400)	(3430)	(4800)	(8910)	(9760)

*Average values, direct sunlight excluded.

ตารางผนวกที่ 1.6 แสดงค่าสมมูลย์ความส่องสว่างของท้องฟ้า ในสภาวะท้องฟ้าแจ่มใส (clear sky)



Curves of winter sky light illumination on different surfaces:

Curve I. Clear sky. Vertical surface facing 0° in azimuth from sun.

Curve II. Clear sky. Vertical surface facing 45° in azimuth from sun.

Curve III. Clear sky. Vertical surface facing 70° in azimuth from sun.

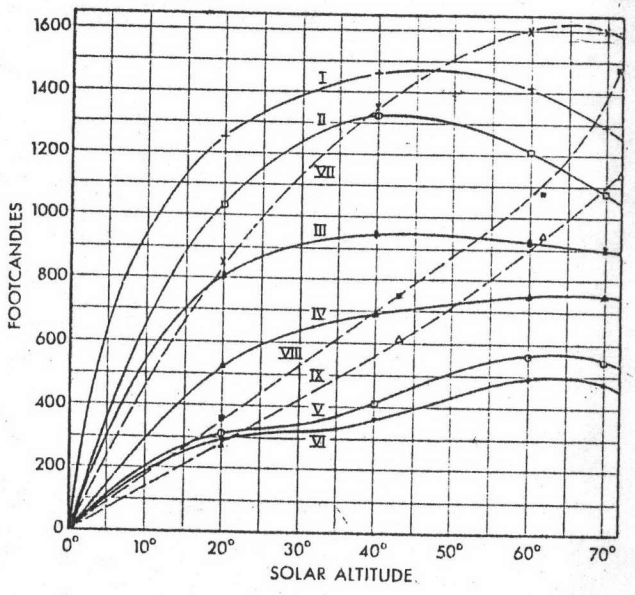
Curve IV. Clear sky. Vertical surface facing 90° in azimuth from sun.

Curve V. Clear sky. Vertical surface facing 135° in azimuth from sun.

Curve VI. Clear sky. Vertical surface facing 180° in azimuth from sun.

Curve VII. Clear sky. Horizontal surface.

กราฟผนวกที่ 1.5 แสดงความสว่างของท้องฟ้าแจ่มใส ในฤดูหนาว



Curves of summer sky light illumination on different surfaces:

Curve I. Clear sky. Vertical surface facing 0° in azimuth from sun.

Curve II. Clear sky. Vertical surface facing 45° in azimuth from sun.

Curve III. Clear sky. Vertical surface facing 70° in azimuth from sun.

Curve IV. Clear sky. Vertical surface facing 90° in azimuth from sun.

Curve V. Clear sky. Vertical surface facing 135° in azimuth from sun.

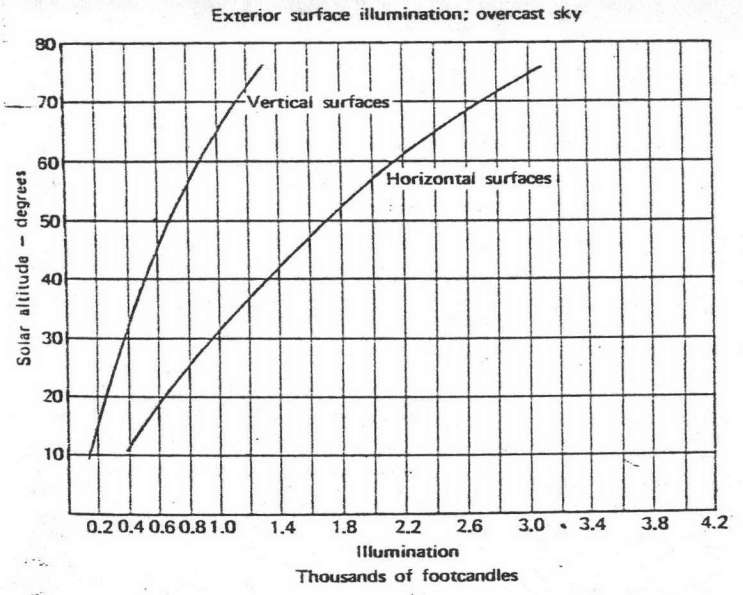
Curve VI. Clear sky. Vertical surface facing 180° in azimuth from sun.

Curve VII. Clear sky. Horizontal surface.

Curve VIII. Cloudy sky. Horizontal surface. (Note: Double the footcandle scale).

Curve IX. Cloudy sky. Vertical surface.

กราฟผนวกที่ 1.6 แสดงความสว่างของท้องฟ้าแจ่มใส ในฤดูร้อน



Graphs based on nonuniform brightness overcast sky, giving unobstructed exterior surface illumination directly. The ratio between horizontal and vertical surface illumination is 2.5:1

กราฟผนวกที่ 1.7 แสดงความสว่างของท้องฟ้ามืด กรณีที่ความส่องสว่างของแหล่งกำเนิดแสงไม่สม่ำเสมอ (non unifrom sky luminance)

Reflectances of building materials and outside surfaces

Material	*Reflectance, per cent*	*Material*	*Reflectance per cent*
Bluestone, sandstone	18	Glass (cont.)	
Brick		Reflective	20–30
Light buff	48	Tinted	7
Dark buff	40	Asphalt (free from dirt)	7
Dark red glazed	30	Earth (moist cultivated)	7
Cement	27	Granolite pavement	17
Concrete	55	Grass (dark green)	6
Granite	40	Gravel	13
Marble (white	45	Macadam	18
Paint (white)		Slate (dark gray)	8
New	75	Snow	
Old	55	New	74
Glass		Old	64
Clear	7	Vegetation (mean)	25

ตารางผนวกที่ 1.7 แสดงเปอร์เซ็นต์การสะท้อนแสงของวัสดุภายนอกอาคาร

Average solar illuminance as a function of altitude

		Illuminance in footcandles (kilolux)								
Latitude	*Plane*	*December 21*			*March, September 21*			*June 21*		
		8 AM 4 PM	*10 AM 2 PM*	*Noon*	*8 AM 4 PM*	*10 AM 2 PM*	*Noon*	*8 AM 4 PM*	*10 AM 2 PM*	*Noon*
30°N	Perp.*	4200	7000	7700	6400	8300	8600	7700	8600	8900
		(42)	(70)	(77)	(64)	(83)	(86)	(77)	(86)	(89)
	Horiz.	700	3400	4400	2600	5900	7000	4400	7200	8500
		(7)	(34)	(44)	(26)	(55)	(70)	(44)	(72)	(85)
34°N	Perp.*	3100	6500	7100	6300	8100	8400	7600	8600	8900
		(31)	(65)	(71)	(63)	(81)	(84)	(76)	(86)	(89)
	Horiz.	400	2700	3700	2400	5600	6700	4700	7100	8400
		(4)	(27)	(37)	(24)	(56)	(67)	(47)	(71)	(84)
38°N	Perp.*	2500	6000	6900	6100	6000	8300	7600	8500	8900
		(25)	(60)	(69)	(61)	(60)	(83)	(76)	(85)	(89)
	Horiz.	100	2000	3000	2100	5400	6200	4400	7000	8300
		(1)	(20)	(30)	(21)	(54)	(62)	(44)	(70)	(83)
42°N	Perp.*	2000	5500	6400	6000	7800	8200	7600	8400	8800
		(20)	(55)	(64)	(60)	(78)	(82)	(76)	(84)	(88)
	Horiz.	100	1600	2700	2000	4800	5800	4700	6800	7900
		(1)	(16)	(27)	(20)	(48)	(58)	(47)	(68)	(79)
46°N	Perp.*	500	4500	5800	5800	7600	8100	7600	8100	8800
		(5)	(45)	(58)	(58)	(76)	(81)	(76)	(81)	(88)
	Horiz.	——	1000	1800	1800	4400	5500	4400	6700	7400
			(10)	(18)	(18)	(44)	(55)	(44)	(67)	(74)

* *Perpendicular to sun's rays.*

ตารางผนวกที่ 1.8 แสดงค่าเฉลี่ยความสว่างของดวงอาทิตย์ (average solar illumination)

Coefficients of utilization for sidelighting for rooms with a ceiling reflectance of 75 per cent and a floor reflectance of 30 per cent

0.8 ratio of net transmission area to gross window area—80 per cent transmittance of clear glazing medium—no other daylight control

			Light from clear sky				Overcast sky				Uniform ground			
			Ceiling height in feet (meters)				Ceiling height in feet (meters)				Ceiling height in feet (meters)			
			10 (3.3)		14 (4.6)		10 (3.3)		14 (4.6)		10 (3.3)		14 (4.6)	
			Wall reflectance in per cent				Wall reflectance in per cent				Wall reflectance in per cent			
K_u	Room length in feet (meters)	Room width in feet (meters)	70	30	70	30	70	30	70	30	70	30	70	30
Max.	20 (6.6)	20 (6.6)	.00191	.00165	.00149	.00123	.00240	.00223	.00197	.00176	.00147	.00109	.00096	.00070
		30 (9.8)	183	163	139	126	239	216	185	173	142	116	94	71
		40 (13.1)	194	162	139	120	254	223	189	172	138	115	92	71
	30 (9.8)	20 (6.6)	.00133	.00118	.00104	.00087	.00167	.00154	.00137	.00122	.00103	.00086	.00067	.00054
		30 (9.8)	123	113	93	87	165	150	128	121	98	90	65	55
		40 (13.1)	127	115	91	85	171	155	127	121	94	78	63	59
	40 (13.1)	20 (6.6)	.00102	.00094	.00080	.00070	.00125	.00121	.00102	.00095	.00082	.00062	.00053	.00044
		30 (9.8)	87	86	67	67	120	114	93	91	78	72	50	44
		40 (13.1)	93	88	66	65	126	118	94	92	73	70	49	43
Mid.	20 (6.6)	20 (6.6)	.00128	.00094	.00113	.00081	.00122	.00097	.00120	.00102	.00112	.00084	.00092	.00062
		30(9.8)	65	50	66	47	39	41	51	48	64	46	66	31
		40 (13.1)	46	27	47	28	34	20	38	24	40	28	47	31
	30 (9.8)	20 (6.6)	.00084	.00072	.00074	.00062	.00078	.00071	.00077	.00076	.00083	.00066	.00068	.00048
		30 (9.8)	50	40	50	37	37	33	47	39	48	38	50	36
		40 (13.1)	35	24	36	24	27	18	37	22	32	26	38	28
	40 (13.1)	20 (6.6)	.00070	.00060	.00062	.00052	.00062	.00059	.00062	.00062	.00065	.00056	.00053	.00041
		30 (9.8)	36	34	37	31	23	27	30	32	38	33	39	31
		40 (13.1)	26	20	28	21	20	15	22	18	23	20	27	23
Min.	20 (6.6)	20 (6.6)	.00085	.00056	.00084	.00050	.00059	.00043	.00073	.00051	.00083	.00058	.00082	.00054
		30 (9.8)	42	25	42	25	23	16	29	18	36	19	45	22
		40 (13.1)	29	12	26	12	18	07	19	08	20	13	26	17
	30 (9.8)	20 (6.6)	.00064	.00045	.00063	.00041	.00044	.00035	.00054	.00042	.00065	.00045	.00063	.00041
		30 (9.8)	36	21	36	21	21	14	26	15	29	18	36	19
		40 (13.1)	25	11	23	11	14	07	15	08	18	09	23	12
	40 (13.1)	20 (6.6)	.00054	.00040	.00053	.00036	.00034	.00030	.00042	.00035	.00053	.00037	.00051	.00034
		30 (9.8)	25	19	25	19	15	12	18	13	24	16	29	18
		40 (13.1)	19	10	18	10	11	06	12	07	15	08	20	10

ตารางผนวกที่ 1.9 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของการใช้ประโยชน์ เมื่อ R_c^{N*} = 75 % R_f = 30 % อัตราส่วนพื้นที่การส่งผ่านกับพื้นที่หน้าต่าง 80 %

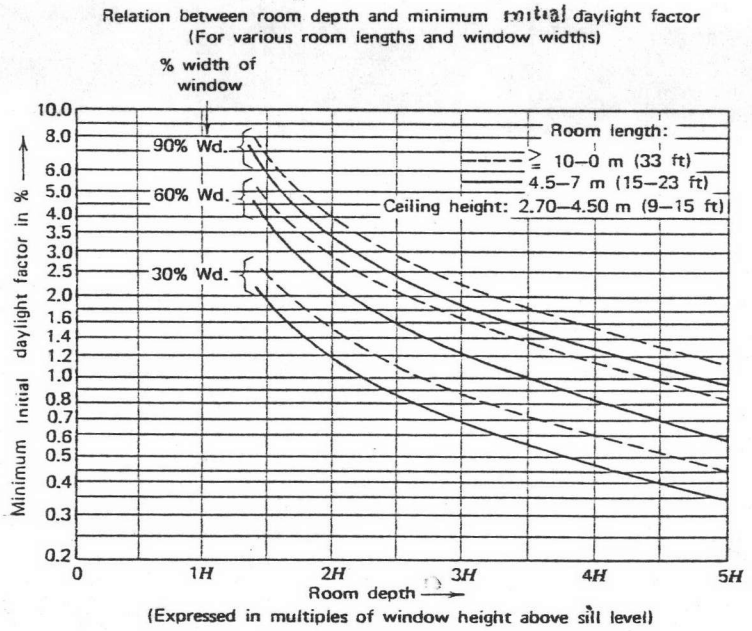
* สำหรับ R_c 80 % ค้นหาเพิ่มเติมได้จากเอกสารอ้างอิง Kaufman, John, edition IES Lighting Handbook. New York : Illuminating Engineering Society of North America, 1981

With Daylight Controls

K_u	Room Length in Feet	Room Width in Feet	Light from Sun and Sky—Sun Altitude 30°—Matte White Horizontal Louvers at 45° Tilt				Light from Uniform Ground—Matte White Horizontal Louvers at 45° Tilt				Light from Sun, Sky, and Ground—Translucent Diffusing Drapes or Shades—30 Per Cent Transmittance			
			Ceiling Height in Feet				Ceiling Height in Feet				Ceiling Height in Feet			
			10		14		10		14		10		14	
			Wall Reflectance in Per Cent				Wall Reflectance in Per Cent				Wall Reflectance in Per Cent			
			70	30	70	30	70	30	70	30	70	30	70	30
Max.	20	20	.000205	.000162	.000142	.000113	.00080	.00064	.00051	.00037	.00055	.00016	.00041	.00033
		30	192	157	136	110	76	63	49	37	54	47	39	33
		40	186	155	120	108	73	63	46	37	56	46	39	33
	30	20	.000145	.000118	.000101	.000080	.00057	.00049	.00036	.00029	.00039	.00034	.00029	.00024
		30	136	115	95	79	53	49	34	29	37	34	27	24
		40	132	112	92	77	52	49	33	29	38	34	26	25
	40	20	.000110	.000093	.000076	.000065	.00044	.00040	.00028	.00023	.00029	.00029	.00022	.00019
		30	101	92	73	63	42	40	27	23	28	27	20	19
		40	98	90	69	62	39	30	26	23	28	26	20	18
Mid.	20	20	.000135	.000092	.000122	.000078	.00052	.00037	.00042	.00028	.00038	.00029	.00033	.00024
		30	78	47	84	47	28	20	28	18	18	15	19	14
		40	40	28	49	29	16	11	19	12	13	08	14	09
	30	20	.000103	.000067	.000092	.000059	.00039	.00031	.00032	.00023	.00026	.00023	.00022	.00018
		30	59	40	62	40	22	17	21	15	15	12	15	11
		40	38	24	43	26	13	11	15	11	10	07	11	08
	40	20	.000078	.000060	.000070	.000052	.00030	.00025	.00025	.00019	.00021	.00019	.00018	.00015
		30	40	36	49	36	17	15	17	14	11	10	11	10
		40	27	21	30	22	10	09	12	09	07	06	08	07
Min.	20	20	.000090	.000051	.000070	.000051	.000353	.000220	.000345	.000202	.000250	.000173	.000253	.000165
		30	42	19	48	22	131	72	161	85	108	62	124	65
		40	20	09	22	10	61	31	85	40	66	35	78	43
	30	20	.000070	.000042	.000070	.000042	.000278	.000188	.000269	.000180	.000191	.000136	.000192	.000128
		30	32	17	36	19	108	63	138	76	90	56	107	60
		40	18	08	22	10	54	31	77	38	56	28	67	35
	40	20	.000052	.000038	.000052	.000038	.000207	.000157	.000208	.000148	.000152	.000116	.000154	.000110
		30	26	16	30	18	85	58	108	72	09	49	79	54
		40	16	08	20	09	46	27	61	36	47	25	55	30

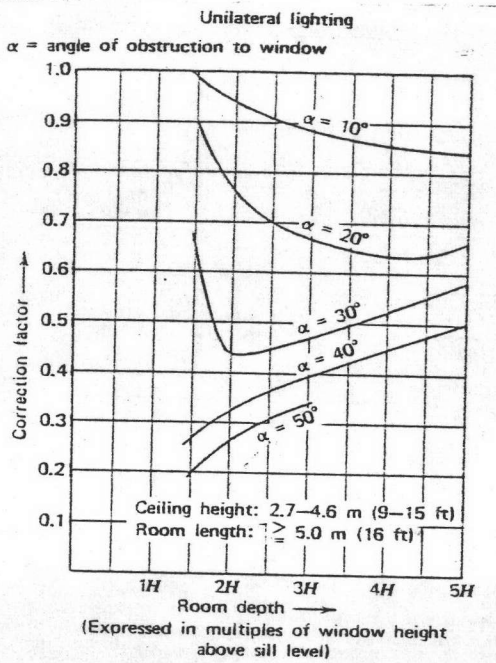
ภาคผนวก 2

แสดงข้อมูลพื้นฐานสำหรับใช้ในการคำนวณค่าความสว่างต่ำสุดของแสงธรรมชาติภายในอาคาร ตามวิธี CIE [2, 3]



Basic design diagram that relates minimum daylight factor to room width. Inasmuch as room width is expressed in terms of window height, the curves effectively relate minimum daylight factor (2 ft from back wall) to room proportion.

กราฟผนวกที่ 2.1 แสดงค่าต่ำสุดขององค์ประกอบแสงธรรมชาติเบื้องต้น (minimum initial daylight fector) ที่ระยะ 0.60 เมตร (2 ฟุต) จากหลังห้อง



Correlation factors to account for the influence of external obstructions on minimum daylight factor.

กราฟผนวกที่ 2.2 แสดงค่าองค์ประกอบที่ใช้แก้ไข (CF) เมื่อภายนอกอาคารถูกสิ่งกีดขวางมาบัง

Correction Factors to be Used in CIE Daylight Calculations

(*a*) Correction Factor to be Used if the Glazing Has a Diffuse Transmittance of Less Than 85% When Clean

Diffuse Transmittance of Glass	*Correction Factor*
80%	0.95
70%	0.8
60%	0.7
50%	0.6
40%	0.45
30%	0.35

(*b*) Correction Factors to Allow for Dirt Accumulation on Glass

Locality	*Class of Industry*	*Angle of Slope (Measured to the Horizontal)*		
		90–75°	*60–45°*	*30–0°*
Country or outer-suburban area	Clean	0.9	0.85	0.8
	Dirty	0.7	0.6	0.55
Built-up residential area	Clean	0.8	0.75	0.7
	Dirty	0.6	0.5	0.4
Built-up industrial area	Clean	0.7	0.6	0.55
	Dirty	0.5	0.35	0.25

(*c*) Percentages to Use When Figure 2.3 Curves Are Applied to Periods Other Than 09.00–1700

Curve in Figure 2.3	*95%*	*90%*	*85%*	*80%*	*70%*	*60%*
Alternative period	Percentage of alternative period					
07.00–15.00	95	90	85	80	70	60
08.00–16.00	100	100	95	85	70	60
07.00–17.00	95	85	75	65	55	45
06.00–18.00	75	70	65	60	50	40

ตารางผนวกที่ 2.1 แสดงค่าองค์ประกอบที่ใช้แก้ไข (CF)

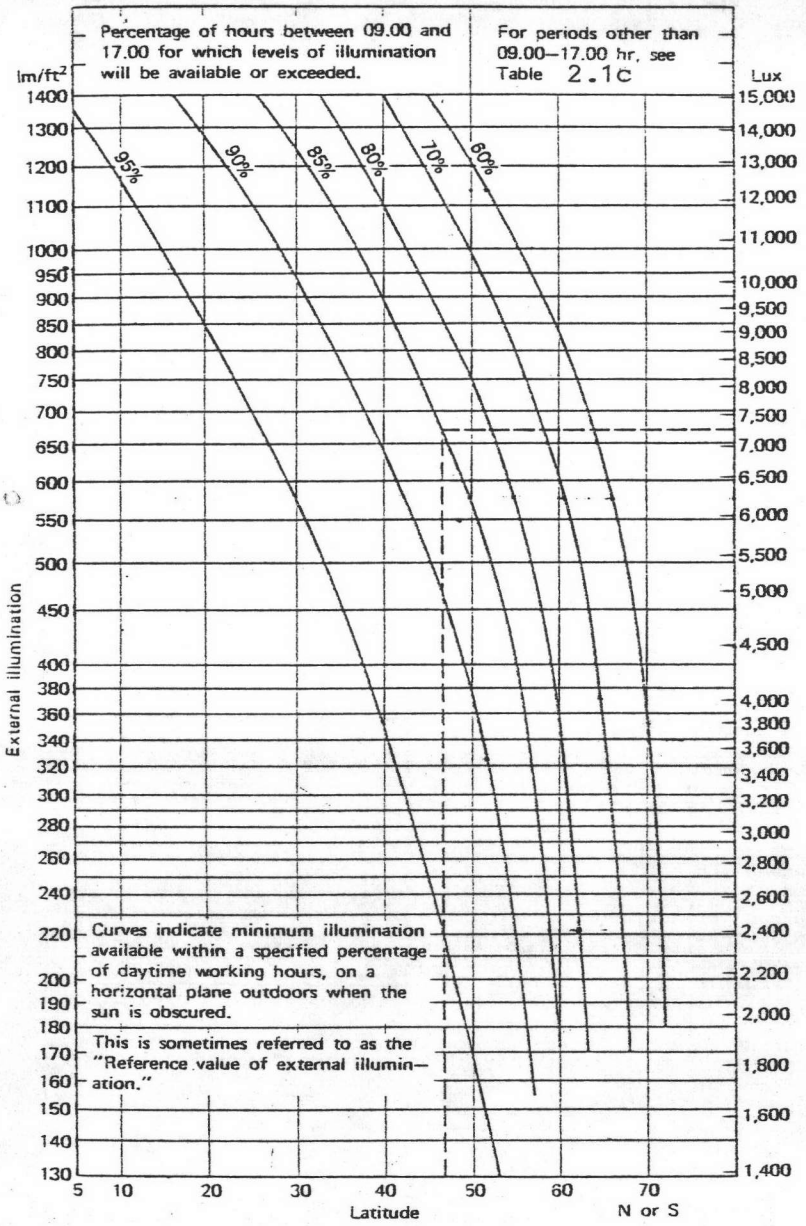


Chart giving minimum maintained external illumination as a function of latitude, for a given percentage of the normal working day.

กราฟผนวกที่ 2.3 แสดงค่าความสว่างต่ำที่สุดในแนวราบ ภายนอกอาคารค่าความสว่างต่ำสุดนี้ใช้ประโยชน์อยู่ใน % เฉพาะของชั่วโมงการทำงาน เมื่อดวงอาทิตย์ถูกบังมืดสนิท

ภาคผนวก 3 การหาองค์ประกอบแสงธรรมชาติ (daylight factor : DF) [11]

การหาองค์ประกอบแสงธรรมชาติด้วยวิธีเดไลท์โปรเทคเตอร์ (daylight protector) เทคนิคการคำนวณโดยวิธีนี้ แบ่งแยกองค์ประกอบแสงธรรมชาติ เป็น 3 ค่าด้วยกัน คือ ส่วนประกอบท้องฟ้า (sky component : SC) ส่วนประกอบสะท้อนแสงภายนอก (externally reflected component : ERC) และส่วนประกอบสะท้อนแสงภายใน (internally reflected component:IRC)

ส่วนประกอบท้องฟ้า (sky component) หาได้จากรูปผนวกที่ 3.1 และมีลำดับขั้นตอนดังแสดงให้เห็นตามรูปผนวกที่ 3.2

1. นำรูปตัดของห้อง ทำเครื่องหมายที่ระนาบทำงาน (work plane) และจุดที่ต้องพิจารณา คือ (O)

2. จากเส้นจากจุด O ตามแนว $\overline{PO}$ และ $\overline{RO}$ ตามลำดับ

3. นำโปรเทคเตอร์ (protector) " A " ทาบลงบนระนาบทำงานที่ตำแหน่งจุด O

4. อ่านค่าที่ได้ตามแนว $\overline{PO}$ และ $\overline{RO}$ ความแตกต่างของค่าทั้งสอง คือ ค่าเบื้องต้นส่วนประกอบท้องฟ้า (initial sky component)

5. อ่านมุมทางตั้งตามแนว $\overline{PO}$ และ $\overline{RO}$ เฉลี่ยมุมทั้งสองค่าที่อ่านได้

6. นำแปลน (plan) ของห้อง ทำเครื่องหมายที่จุดพิจารณา (O)

7. ลากเส้นจากจุด O ไปตามแนว $\overline{MO}$ และ $\overline{NO}$ ตามลำดับ

8. นำโปรเทคเตอร์ " B " ทาบที่จุด O (ระนาบทำงาน)

9. บนโปรเทคเตอร์ มีมุม 0°, 30°, 60° และ 90° เลือกมุมใดมุมหนึ่งให้สอดคล้องกับมุมในขั้นตอนที่ 5

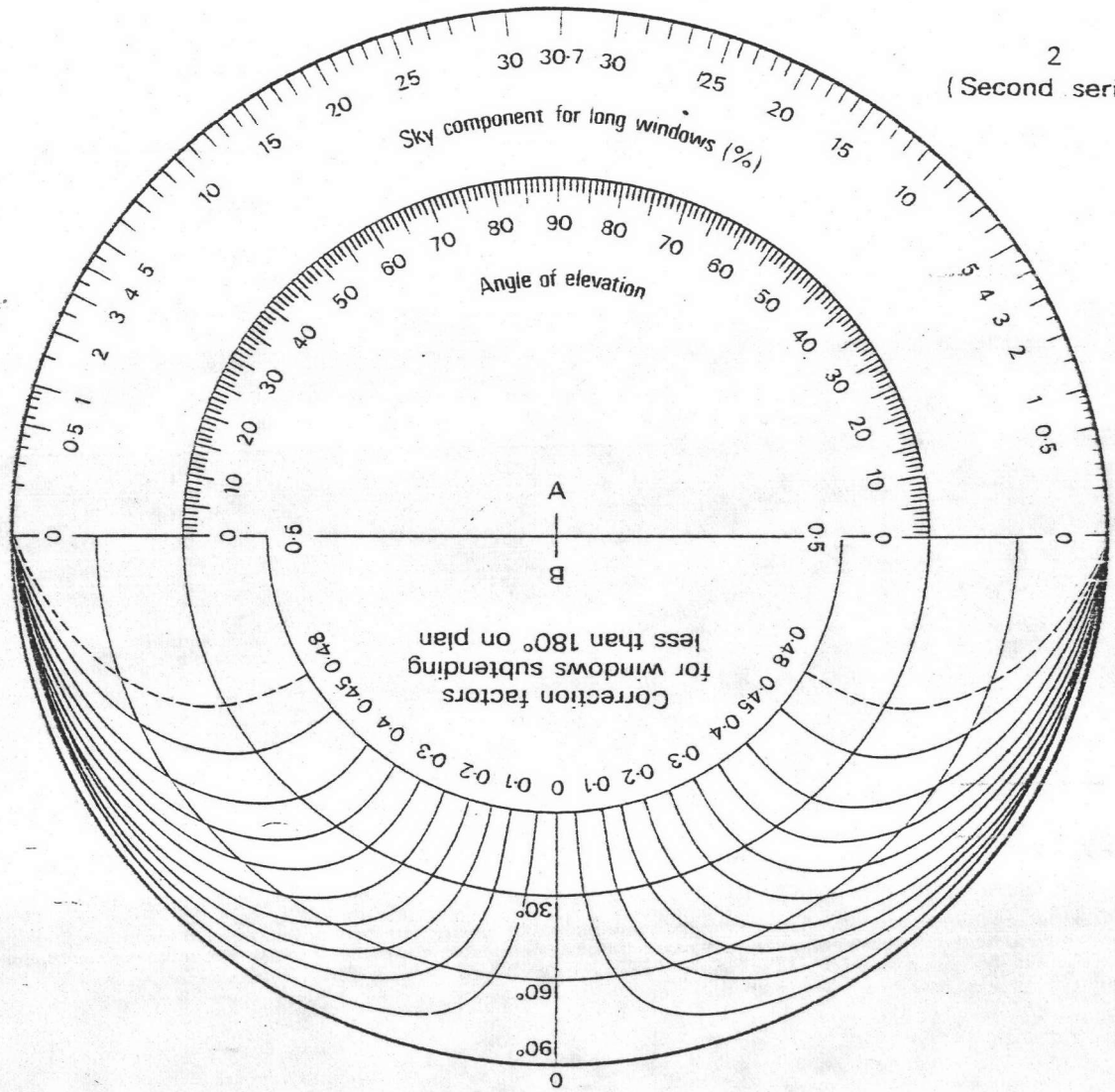
10. เส้น $\overline{MO}$ และ $\overline{NO}$ จะตัดกับเส้นโค้งสั้น ๆ บนมาตราส่วนนี้

11. ความแตกต่างของจุดทั้งสองที่อ่านได้ก็คือ องค์ประกอบที่ใช้แก้ไข

(correction factor : CF)

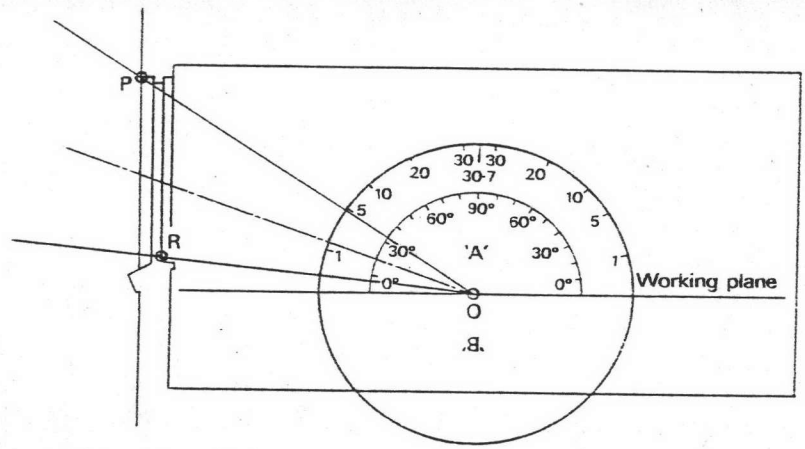
12. คูณค่าเบื้องต้นส่วนประกอบท้องฟ้า (ขั้นตอน 4) กับ องค์ประกอบที่ใช้แก้ไข ค่าที่ได้ก็คือ ส่วนประกอบท้องฟ้า

Building Research
Station daylight
protractor No. 2



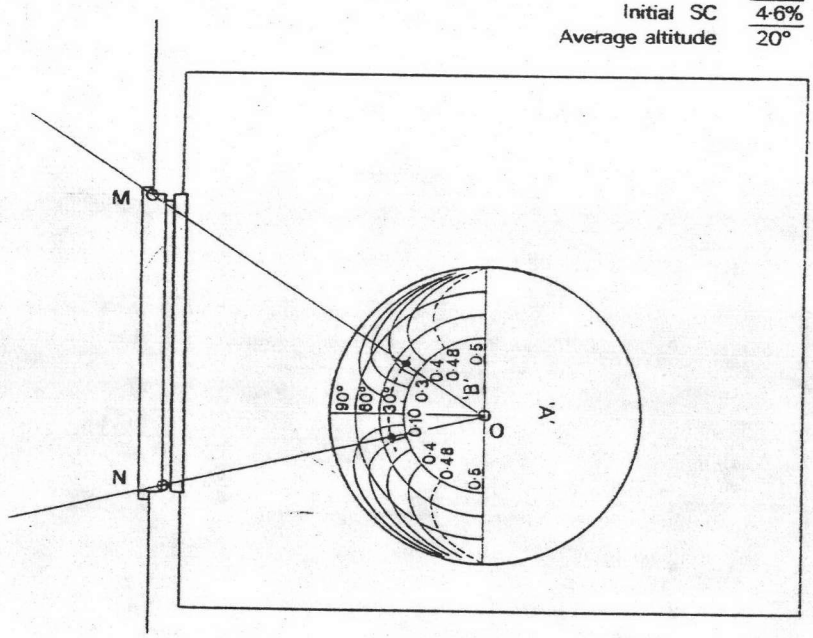
รูปผนวกที่ 3.1 แสดงส่วนประกอบท้องฟ้า (sky component)

Use of daylight protractors



Method of establishing initial SC from section.

Read: $\overline{PO}$ — 4·8
$\overline{RO}$ — 0·2
Initial SC 4·6%
Average altitude 20°



Method of establishing correction factor from plan.

Read along 20° circle: $\overline{MO}$ — 0·32
$\overline{NO}$ — 0·18
Correction factor 0·5

SC = 4·6 × 0·5 = 2·3%

รูปผนวกที่ 3.2 แสดงลำดับขั้นตอนการหาส่วนประกอบท้องฟ้า

ส่วนประกอบสะท้อนแสงภายนอก (externally reflected component) แสงสะท้อนได้จากสิ่งกีดขวางภายนอกอาคาร จะไม่รวม การสะท้อนแสงจากพื้นดิน ในการหาค่า ERC สามารถที่จะประมาณโดยการแบ่งจากส่วนประกอบท้องฟ้า ออกมาเป็นพื้นที่สิ่งกีดขวางที่บังท้องฟ้า ความสว่างจะลดลงไปเพราะความสว่างที่ได้เกิดมาจากการสะท้อนแสงของวัสดุ (R) เช่น ต้นไม้หรืออาคารเท่านั้น

ERC = ส่วนประกอบท้องฟ้า × R (สิ่งกีดขวาง)

ถ้าส่วนประกอบท้องฟ้า ถูกบังด้วยสิ่งกีดขวาง 25 % ด้วยอาคาร มีเปอร์เซ็นต์การสะท้อนแสง 20 % จะได้

ERC = SC × 0.25 × .20

ERC = 5 % ของ SC

ส่วนประกอบสะท้อนแสงภายใน (internally reflected component) หาได้โดยวิธีที่ง่ายคือ โมโนแกรม (monogram) ดังรูปผนวกที่ 3.3 มีลำดับขั้นตอนหาได้ ดังนี้

1. หาพื้นที่หน้าต่าง (window area) และหาพื้นที่ผิวทั้งหมด (total room surface area : พื้น, เพดาน, ผนัง และรวมทั้งหน้าต่าง) หาอัตราส่วนของพื้นที่หน้าต่างกับพื้นที่ผิวทั้งหมด

2. หาพื้นที่ของผนัง และคำนวณอัตราส่วนของผนังต่อพื้นที่ผิวทั้งหมด

3. เลือกค่าเปอร์เซ็นต์การสะท้อนแสงของผนัง (wall reflectance) ตอนบนของตาราง ค่าที่อ่านได้จะเป็นค่าเฉลี่ยการสะท้อนแสง (average reflectance)

4. ตำแหน่งค่าเฉลี่ยการสะท้อนแสงอยู่บนมาตราส่วน B และลากเส้นตรงจากจุดนี้ข้ามไปยังมาตราส่วน A (ค่าที่หาได้จากขั้นตอน 1)

5. ค่าที่อ่านได้บนมาตราส่วน C คือค่าเฉลี่ย IRC เมื่อไม่มีสิ่งกีดขวางภายนอกอาคาร

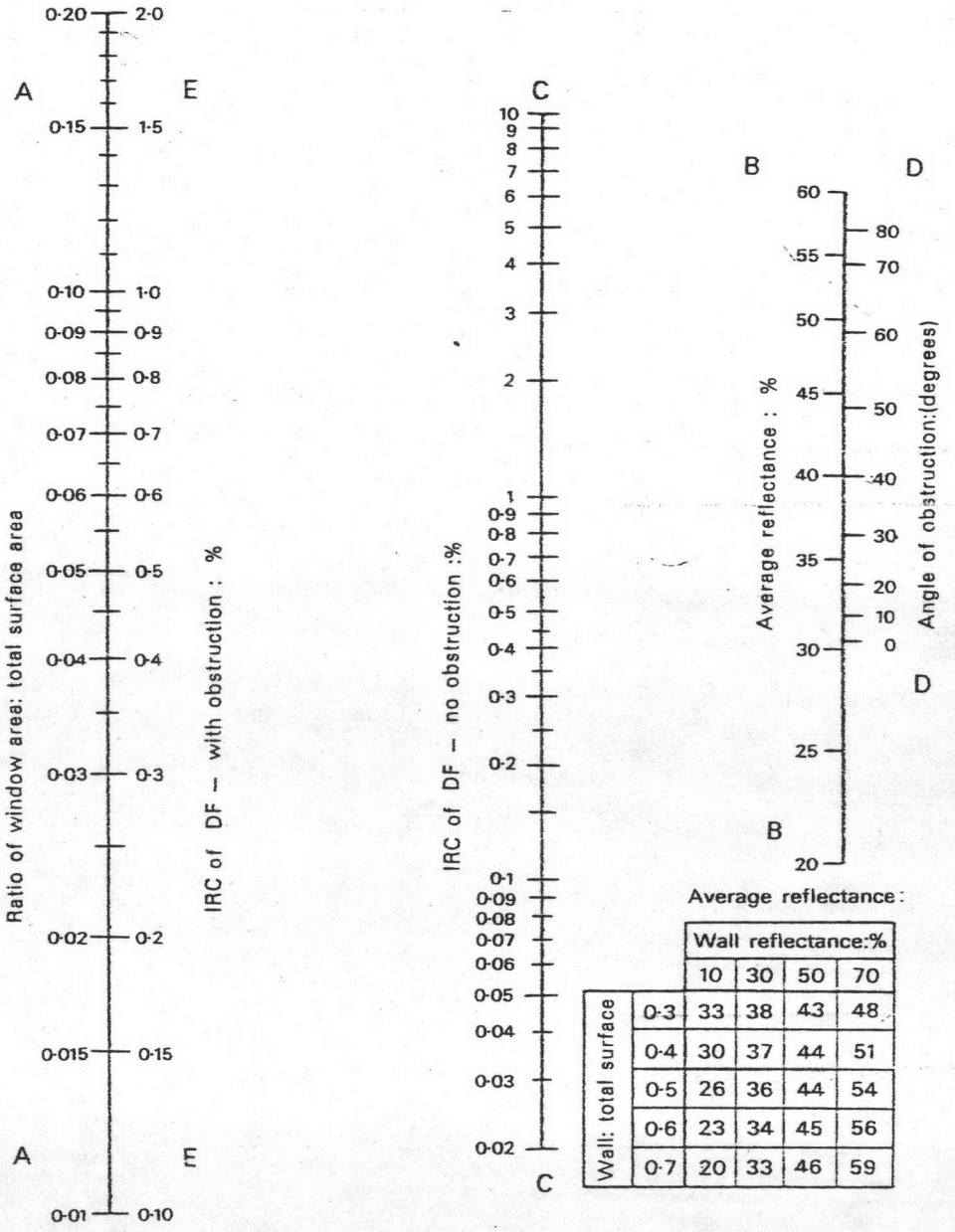
6. แต่ถ้าภายนอกอาคารมีสิ่งกีดขวาง, ตำแหน่งมุมสิ่งกีดขวาง(angle of obstruction) จากแนวราบ วัดที่กึ่งกลางหน้าต่าง บนมาตราส่วน D

7. ลากเส้นตรงจากจุดบนมาตราส่วน D ผ่านไปยังมาตราส่วน C และอ่านค่าเฉลี่ย IRC ที่มาตราส่วน E

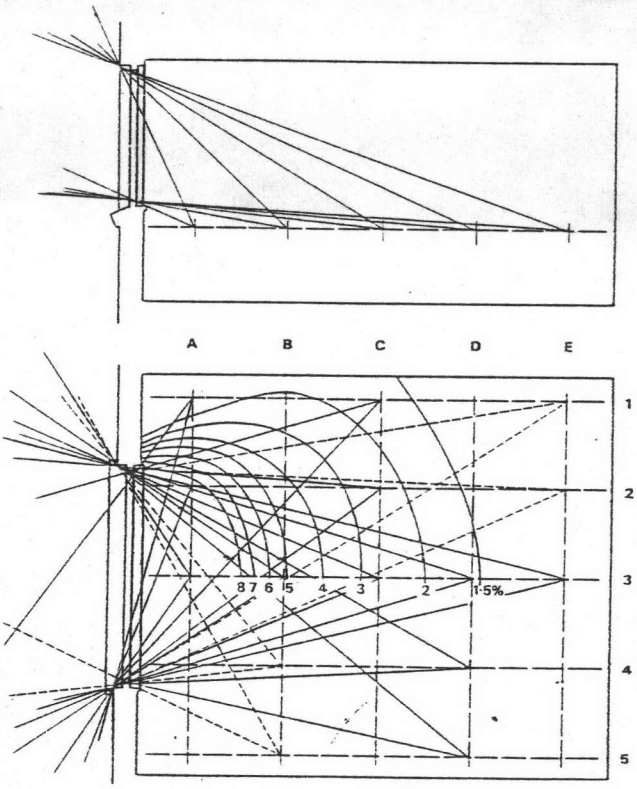
$$DF = SC + ERC + IRC$$

และเพื่อให้ถูกต้อง จำเป็นต้องมีองค์ประกอบที่ใช้แก้ไข คือ τ , Af และ Km คูณ ดังแสดงให้เห็นตัวอย่างการคำนวณ DF ในรูปผนวกที่ 3.4

Nomogram for the average internally reflected component of the daylight factor



รูปผนวกที่ 3.3 แสดงการหาส่วนประกอบสะท้อนแสงภายใน โดยวิธีโมโนแกรม



Assumed: no obstruction – no ERC.
If there is an obstruction, repeat columns 1 to 12 of table .

IRC:
Window : 2·5 × 1·5m = 3·75m^2
Total surface:
19× 2·7+ 2×5×4·5=96·3 m^2

$\frac{\text{window}}{\text{total}} = \frac{3{\cdot}75}{96{\cdot}3} = 0{\cdot}039$

Wall surface: 19 × 2·7 – 3·75 = 47·55 m^2

$\frac{\text{wall}}{\text{total}} = \frac{47{\cdot}55}{96{\cdot}3} = 0{\cdot}49$

If wall r = 50%
Average r = 44% (from table)

From homogram:

IRC = 0·88%

Grid point reference		Scale 'A'						Scale 'B'			SC 3 × 9	τ =1 Af =0·75 Km =0·9 $\tau \times Af \times Km$	Corrected SC 10 × 11	IRC	DF 12 ÷13
		Readings		Initial SC 1–2	Angles		Average altitude $\frac{4+5}{2}$	Readings		Correction factor 7 ±8					
		Upper	Lower		Upper	Lower		Left	Right						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
A	1–5	21·4	2·4	19	66	24	45	0·49	0·43	0·06	1·14	0·675	0·77	0·88	1·65
	2–4							0·49	0·12	0·61	11·60		7·83		8·71
	3							0·45	0·45	0·90	17·10		11·50		12·38
B	1–5	9·7	0·3	9·4	45	11	28	0·27	0·48	0·21	1·97		1·33		2·21
	2–4							0·07	0·44	0·51	4·80		3·24		4·12
	3							0·34	0·34	0·68	6·40		4·32		5·10
C	1–5	4·7	0·1	4·6	33	6	20	0·43	0·18	0·25	1·15		0·78		1·66
	2–4							0·38	0·05	0·43	1·98		1·34		2·22
	3							0·25	0·25	0·5	2·30		1·55		2·43
D	1–5	2·5	0·1	2·4	25	5	15	0·14	0·39	0·25	0·60		0·41		1·29
	2–4							0·04	0·32	0·36	0·86		0·58		1·46
	3							0·2	0·2	0·4	0·96		0·65		1·53
E	1–5	1·6	0·05	1·55	20	4	12	0·35	0·11	0·24	0·37		0·25		1·13
	2–4							0·27	0·03	0·3	0·46		0·31		1·19
	3							0·16	0·16	0·32	0·50		0·34		1·22

รูปผนวกที่ 3.4 แสดงตัวอย่างการคำนวณองค์ประกอบแสงธรรมชาติ (DF) ด้วยวิธีเดไลต์โปรเทคเตอร์

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายขวัญชัย ศศิภานุเดช
	เกิดที่กรุงเทพมหานคร เมื่อวันที่ 10 ธันวาคม 2495
วุฒิการศึกษา	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมเทคโนโลยี วิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา ปีการศึกษา 2521
	ประกาศนียบัตรชั้นสูง สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2522
ตำแหน่งและสถานที่ทำงาน	อาจารย์ 1 ระดับ 4 วิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา วิทยาเขตอุเทนถวาย

พลตรีกาญจนาภิเษก สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย