บทที่ 3

การคำนวณหาค่าตัวประกอบต่าง ๆ ที่ใช้ในการคำนวณหาค่าความร้อน

บทนำ

การหาความร้อนผ่านรูปร่างรอบนอกของอาคารนั้น จะทำการคำนวณหาความร้อนโดยเฉลี่ยตลอดทั้งปี ตั้งแต่ 7.00 น. ถึง 18.00 น. เนื่องจากช่วงเวลาดังกล่าวเป็นช่วงเวลาที่อาคารถูกใช้งาน สาเหตุที่ต้องหาค่าความร้อนโดยเฉลี่ยตลอดทั้งปีนี้เพราะต้องการเป็นข้อมูล เพื่อเป็นแนวทางในการประหยัดพลังงานในอาคารต่อไป การวิจัยนี้จะวิจัยเฉพาะในเขตกรุงเทพมหานครเท่านั้น ในการหาค่าความร้อนผ่านรูปร่างรอบนอกของอาคารด้านใดด้านหนึ่งสามารถหาได้จากสมการที่ (2.44) ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว

$$q = U_w x A_w x TD_{eq} + U_f x A_f x \Delta T + A_f x SC x SF$$

เมื่อพิจารณาสมการดังกล่าวนี้ จะพบว่าการที่จะหาค่าความร้อน,q, ได้ จำเป็นที่จะต้องคำนวณหาค่าตัวประกอบต่าง ๆ มาก่อน จึงจะสามารถหาค่าความร้อน,q,นี้ได้ ตัวประกอบที่กล่าวถึงนี้ ได้แก่

1. แฟคเตอร์แสงอาทิตย์ (Solar Factor, SF)
2. สัมประสิทธิ์ร่มเงา (Shading Coefficients, SC)
3. อุณหภูมิแตกต่างเทียบเท่า (Equivalent Temperature Difference, TD_{eq})

หัวข้อต่อไปนี้ จะเป็นการกล่าวถึงการหาค่าตัวประกอบที่กล่าวถึงอย่างละเอียด

แฟคเตอร์แสงอาทิตย์ (Solar Factor, SF)

จากที่ได้กล่าวมาแล้วว่าจะทำการหาค่าความร้อนโดยเฉลี่ยตลอดปีตั้งแต่ 7.00 น. ถึง 18.00 น. ดังนั้นแฟคเตอร์แสงอาทิตย์ (Solar Factor, SF) คือพลังงานแสงอาทิตย์ที่ผ่านทะลุกระจกใสหนา 3 mm. โดยเฉลี่ยตลอดปีตั้งแต่ 7.00 น. ถึง 18.00 น.

การคำนวณแฟคเตอร์แสงอาทิตย์ (Solar Factor, SF)

การคำนวณแฟคเตอร์แสงอาทิตย์ (Solar Factor,SF) จะคำนวณโดยเฉลี่ยจากค่าแฟคเตอร์แสงอาทิตย์ที่เวลาใด ๆ ตั้งแต่ 7.00 น. ถึง 18.00 น. ตลอดปี การคำนวณค่าตัวประกอบพลังงานแสงอาทิตย์ที่เวลาใด ๆ จะใช้ข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์รายชั่วโมงจาก "Solar and Wind Energy Data of Thailand 1983" (6) ดังแสดงในตารางที่ 3.1 และ 3.2 โดยการคำนวณจะไม่คำนึงถึงค่าการดูดกลืนรังสี (Absorptance) ในกระจก เนื่องจากเมื่อเปรียบเทียบกับการคำนวณเมื่อคิดค่าการดูดกลืนรังสีแล้ว จะแตกต่างกันไม่เกิน 1 % รายละเอียดการเปรียบเทียบจะกล่าวถึงในหัวข้อต่อไป การคำนวณหาค่าแฟคเตอร์แสงอาทิตย์จะกระทำใน 8 ทิศทาง คือ ทิศเหนือ, ทิศใต้ ทิศตะวันออก, ทิศตะวันตก, ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ, ทิศตะวันออกเฉียงใต้, ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ และทิศตะวันตกเฉียงใต้ และเปลี่ยนแปลงมุมเอียงของระนาบ ตั้งแต่ 0° ถึง 90°

การคำนวณหาค่าแฟคเตอร์แสงอาทิตย์ที่เวลาใด ๆ มีขั้นตอนและวิธีการคำนวณ ดังนี้

กำหนดเวลา, สถานที่, ทิศทางของระนาบ, มุมเอียงของระนาบ

1. เปลี่ยนเวลาท้องถิ่นให้เป็นเวลาสุริยะก่อน โดยสมการที่(2.1)

ตารางที่ 3.1 Hourly global solar radiation at Bang Na (precision spectral pyranometer).

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep.	Oct	Nov	Dec
06 h												
Mean rad. (W/m^2)	1	1	2	2	3	4	3	3	2	2	1	1
Std. dev. (W/m^2)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Number of obs.	13	12	12	22	31	25	30	31	27	31	30	31
07 h												
Mean rad. (W/m^2)	4	5	13	35	70	60	61	46	35	40	29	15
Std. dev. (W/m^2)	2	2	6	17	21	29	22	17	18	39	9	4
Number of obs.	13	12	12	22	31	25	30	31	27	31	30	31
08 h												
Mean rad. (W/m^2)	85	86	119	171	231	186	196	183	149	152	165	134
Std. dev. (W/m^2)	13	28	39	35	51	73	76	59	68	60	40	33
Number of obs.	10	11	11	19	30	24	29	31	26	31	30	31
09 h												
Mean rad. (W/m^2)	273	262	293	340	405	326	361	389	315	305	341	328
Std. dev. (W/m^2)	26	43	87	59	96	123	127	109	127	116	78	63
Number of obs.	9	11	11	19	31	24	29	31	26	31	30	31
10 h												
Mean rad. (W/m^2)	421	491	463	528	584	494	517	542	466	423	538	506
Std. dev. (W/m^2)	120	51	150	75	128	192	158	144	180	176	104	101
Number of obs.	10	9	11	21	30	23	30	31	26	31	30	31
11 h												
Mean rad. (W/m^2)	654	661	618	681	689	562	624	598	570	526	643	642
Std. dev. (W/m^2)	60	61	192	90	187	231	212	196	248	236	154	118
Number of obs.	11	12	11	20	31	24	30	31	26	31	30	31
12 h												
Mean Rad. (W/m^2)	738	793	777	790	762	570	684	654	600	560	690	727
Std. dev. (W/m^2)	63	67	136	78	187	239	171	184	248	208	186	141
Number of obs.	10	12	11	20	31	24	30	31	26	31	30	31

ตารางที่ 3.1 (ต่อ) Hourly global solar radiation at Bang Na (precision spectral pyranometer).

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
13 h												
Mean rad. (W/m^2)	790	822	870	844	794	650	679	640	584	515	687	750
Std. dev. (W/m^2)	27	121	90	71	253	174	191	217	245	268	177	108
Number of obs.	10	12	11	20	31	24	30	30	26	31	30	31
14 h												
Mean rad. (W/m^2)	749	794	788	806	750	663	695	575	480	460	616	671
Std. dev. (W/m^2)	29	69	158	52	238	200	186	226	270	249	136	111
Number of obs.	10	11	11	21	30	23	30	31	26	31	29	31
15 h												
Mean rad. (W/m^2)	624	701	658	691	634	565	561	451	414	391	487	536
Std. dev. (W/m^2)	25	20	185	37	213	178	191	210	216	190	141	95
Number of obs.	10	12	11	21	31	22	30	31	26	31	30	31
16 h												
Mean rad. (W/m^2)	431	523	512	510	472	423	390	333	296	251	310	372
Std. dev. (W/m^2)	50	17	105	42	160	143	160	158	176	123	103	69
Number of obs.	10	12	12	20	30	23	30	31	25	31	30	31
17 h												
Mean rad. (W/m^2)	238	311	313	295	306	247	234	185	182	122	132	170
Std. dev. (W/m^2)	25	14	66	36	95	109	110	108	110	60	40	35
Number of obs.	10	10	12	20	29	24	30	31	26	31	30	31
18 h												
Mean rad. (W/m^2)	50	84	112	90	109	89	96	63	62	29	18	28
Std. dev. (W/m^2)	30	36	25	42	47	48	46	45	30	25	5	10
Number of obs.	13	12	12	22	31	35	30	31	27	31	30	31
19 h												
Mean rad. (W/m^2)	1	4	9	8	10	11	16	6	3	1	1	0
Std. dev. (W/m^2)	1	3	2	4	4	5	11	4	1	1	1	1
Number of obs.	13	12	12	22	31	25	30	31	27	31	30	31

1 1329522

ตารางที่ 3.2 Hourly direct solar radiation at Bang Na

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
06 h												
Mean rad. (W/m^2)	0	0	0	4	4	4	1	3	5	5	4	5
Std. dev. (W/m^2)	0	0	0	1	1	2	2	1	1	1	2	0
Number of obs.	13	12	12	22	31	25	30	31	27	31	30	31
07 h												
Mean rad. (W/m^2)	0	0	2	16	74	38	12	12	34	25	25	20
Std. dev. (W/m^2)	0	0	4	15	69	60	48	35	55	35	24	13
Number of obs.	13	12	12	22	31	25	30	31	27	31	30	31
08 h												
Mean rad. (W/m^2)	103	112	128	94	212	80	103	63	88	98	215	238
Std. dev. (W/m^2)	54	166	74	64	148	116	187	85	147	138	141	142
Number of obs.	9	10	9	19	30	22	7	28	26	31	27	31
09 h												
Mean rad. (W/m^2)	341	174	225	138	271	137	187	166	170	170	327	460
Std. dev. (W/m^2)	96	101	134	97	211	165	219	198	196	207	220	203
Number of obs.	9	10	10	19	31	22	7	28	26	31	29	31
10 h												
Mean rad. (W/m^2)	398	273	339	211	344	232	289	176	207	184	425	559
Std. dev. (W/m^2)	226	75	174	124	232	242	254	189	182	217	238	226
Number of obs.	10	7	10	21	30	21	8	28	26	31	30	31
11 h												
Mean rad. (W/m^2)	534	356	404	264	364	207	354	131	253	195	453	614
Std. dev. (W/m^2)	206	95	207	155	256	214	288	167	240	240	267	238
Number of obs.	11	9	10	20	31	21	11	28	26	31	30	31
12 h												
Mean Rad. (W/m^2)	491	414	438	316	394	196	319	132	222	166	512	679
Std. dev. (W/m^2)	236	66	216	164	283	224	237	167	232	184	272	217
Number of obs.	10	10	11	20	31	22	9	28	26	31	28	31

ตารางที่ 3.2 (ต่อ) Hourly direct solar radiation at Bang Na

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
13 h												
Mean rad. (W/m^2)	606	430	517	362	464	264	286	120	219	161	506	701
Std. dev. (W/m^2)	108	80	207	167	294	242	219	161	248	210	263	193
Number of obs.	9	9	11	20	31	16	8	28	26	30	29	31
14 h												
Mean rad. (W/m^2)	599	424	493	393	457	333	327	144	192	144	444	644
Std. dev. (W/m^2)	76	66	217	163	312	287	211	197	236	204	276	189
Number of obs.	9	9	11	21	30	16	8	27	26	30	29	31
15 h												
Mean rad. (W/m^2)	548	411	382	388	437	333	232	104	149	147	445	573
Std. dev. (W/m^2)	93	62	285	156	306	287	226	164	212	180	233	223
Number of obs.	9	8	11	21	31	16	8	27	26	30	29	31
16 h												
Mean rad. (W/m^2)	400	360	355	332	338	250	128	132	135	104	350	491
Std. dev. (W/m^2)	155	55	241	142	285	266	169	200	216	162	197	178
Number of obs.	9	10	12	20	30	22	8	27	23	31	27	31
17 h												
Mean rad. (W/m^2)	244	235	304	225	312	176	140	91	78	74	194	309
Std. dev. (W/m^2)	109	89	176	111	227	211	168	124	142	116	141	128
Number of obs.	9	8	11	20	29	22	8	22	25	31	26	31
18 h												
Mean rad. (W/m^2)	51	88	117	81	131	57	23	14	40	16	17	57
Std. dev. (W/m^2)	54	55	90	60	136	121	61	25	83	26	18	31
Number of obs.	13	12	12	22	31	25	30	31	27	31	30	31
19 h												
Mean rad. (W/m^2)	0	0	1	5	9	5	1	3	4	3	3	3
Std. dev. (W/m^2)	0	0	1	3	10	8	1	2	1	1	2	1
Number of obs.	13	12	12	22	31	25	30	31	27	31	30	31

และ (2.2) เพื่อหาค่ามุมของเวลา,ω, โดยใช้ค่าจำนวนวันของปี,n, จากตารางที่ 2.1 ในบทที่แล้ว เนื่องจากค่า n ในตารางจะเป็นวันที่มีค่าพลังงานแสงอาทิตย์นอกบรรยากาศ(Extraterrestrial Radiation) ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยพลังงานแสงอาทิตย์นอกบรรยากาศมากที่สุดสำหรับเดือนนั้น ๆ

2. คำนวณหาค่าเดคคลีเนชั่น, δ , จากสมการที่ (2.3) หรือดูจากตารางที่ 2.1

3. คำนวณหาค่าโคซายน์ของมุมเซนิธ,$\cos\theta_z$ จากสมการที่(2.5)

4. คำนวณหาค่ามุมตกกระทบ, θ , จากสมการที่ (2.4)

5. หาค่าพลังงานแสงอาทิตย์แบบตรงบนระนาบระดับ เนื่องจากค่าพลังงานแสงอาทิตย์แบบตรงในตารางที่ 3.2 เป็นค่าพลังงานที่วัดได้บนระนาบที่ตั้งฉากกับทิศทางของแสงอาทิตย์ ซึ่งจะหาค่าได้ดังนี้

พลังงานแสงอาทิตย์แบบตรงบนระนาบระดับ = พลังงานแสงอาทิตย์แบบตรงที่อ่านได้ x $\cos\theta_z$

6. หาค่าพลังงานแสงอาทิตย์แบบกระจายบนระนาบระดับ หาได้โดย

พลังงานแสงอาทิตย์แบบกระจาย = พลังงานแสงอาทิตย์แบบรวม - พลังงานแสงอาทิตย์แบบตรงบนระนาบระดับ

7. คำนวณมุมของดวงอาทิตย์ขึ้นหรือตก, ω_s , จากสมการที่(2.6) เพื่อเป็นการตรวจสอบดูว่าที่เวลานั้นยังมีแสงอาทิตย์อยู่หรือไม่ เพราะเมื่อดวงอาทิตย์ลับขอบฟ้าไปแล้ว พลังงานแสงอาทิตย์จะถือว่ามีค่าเป็นศูนย์

8. คำนวณหาพลังงานแสงอาทิตย์บนระนาบ จากสมการที่ (2.11) โดยแยกเป็นพลังงานแสงอาทิตย์แบบตรง, พลังงานแสงอาทิตย์แบบกระจายจากฟ้า และ พลังงานแสงอาทิตย์แบบกระจายจากพื้น

พลังงานแสงอาทิตย์แบบตรงบนระนาบ $= I_b . R_b$

$= I_b \frac{\cos\theta}{\cos\theta_z}$

พลังงานแสงอาทิตย์แบบกระจายจากท้องฟ้าบนระนาบ

$= I_d (1+\cos\beta)/2$

พลังงานแสงอาทิตย์แบบกระจายจากพื้นบนระนาบ

$= (I_b + I_d)(1-\cos\beta)\rho/2$

9. คำนวณหาค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ผ่านทะลุระนาบกระจกใสหนา 3 mm. คำนวณโดยแยกส่วนพลังงานแสงอาทิตย์เหมือนกับการคำนวณหาพลังงานแสงอาทิตย์บนระนาบ โดยที่

พลังงานแสงอาทิตย์ที่ผ่านทะลุระนาบกระจก = พลังงานแสงอาทิตย์บนระนาบ x ค่าการผ่านทะลุ (τ_r)

สำหรับการคำนวณหาค่าการผ่านทะลุเมื่อคำนึงถึงค่าการสะท้อนเพียงอย่างเดียว($_r$)สำหรับพลังงานแสงอาทิตย์แบบใด ๆ สามารถหาได้จากสมการที่ (2.13) ถึงสมการที่(2.18) สำหรับค่ามุมตกกระทบประสิทธิผลของพลังงานแสงอาทิตย์แบบกระจายจากพื้นและจากฟ้าบนระนาบ ซึ่งต้องนำมาใช้ในการคำนวณในสมการดังกล่าว สามารถหาได้จากสมการที่ (2.27) และ (2.28)

10. รวมค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ผ่านทะลุกระจกทั้งหมด

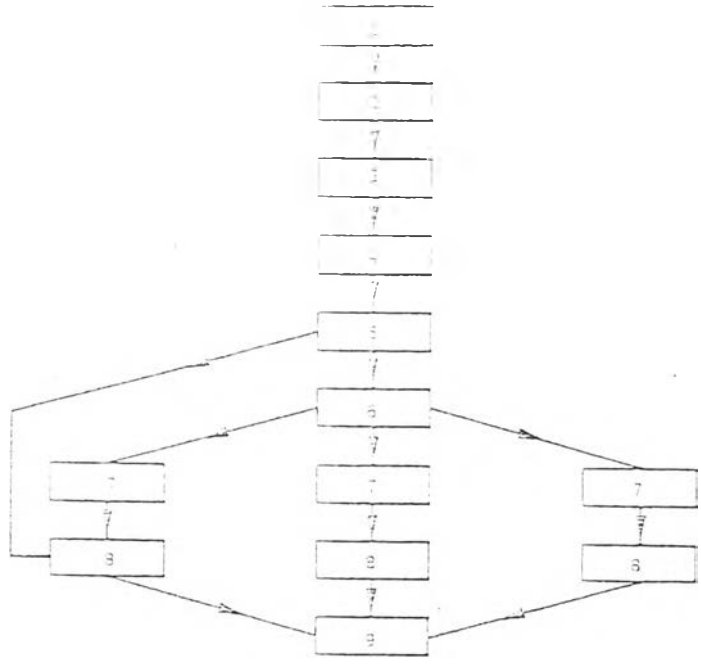
จากขั้นตอนและวิธีการดังกล่าวนี้ ก็จะสามารถหาตัวประกอบพลังงานแสงอาทิตย์ที่เวลาและทิศทางใด ๆ ตลอดปี จากนั้น จึงนำค่าที่หาได้มาเฉลี่ยระหว่าง 7.00 น. ถึง 18.00 น.ตลอดปี รูปที่ 3.1 จะเป็นการแสดงขั้นตอนการคำนวณหาค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ผ่านทะลุระนาบกระจกใสหนา 3 mm. ตัวอย่างการคำนวณได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก

การคำนวณหาค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ทะลุผ่านกระจกใสหนา 3 mm. หรือค่าแฟคเตอร์แสงอาทิตย์ที่เวลาใด ๆ จะคำนวณใน 8 ทิศทาง คือ ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ, ทิศตะวันออก, ทิศตะวันออกเฉียงใต้, ทิศใต้, ทิศตะวันตกเฉียงใต้, ทิศตะวันตก, ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ และทิศเหนือ และแปรเปลี่ยนมุมเอียงของระนาบตั้งแต่ 0° ถึง 90°

ผลการคำนวณหาค่าแฟคเตอร์แลงอาทิตย์ที่เวลาใด ๆ สำหรับมุมเอียงของระนาบ $= 90^{\circ}$ และระนาบระดับ ได้แสดงไว้ในตารางที่ ก.1 และ ก.2 ภาคผนวก ก

การตรวจสอบความถูกต้องของค่าจำนวนวัน, n, ที่ใช้ในการคำนวณ

ในการคำนวณหาค่าแฟคเตอร์แสงอาทิตย์ ได้เลือกใช้ค่าจำนวนวัน, n, ในตารางที่ 2.1 บทที่แล้ว ซึ่งถือว่าค่า n ที่ใช้เป็นวันที่มีค่าพลังงานแสงอาทิตย์นอกบรรยากาศใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยมากที่สุด แต่อย่างไรก็ดีจะต้องตรวจสอบค่า n นี้เสียก่อนว่าจะให้ค่าแฟคเตอร์แสงอาทิตย์ที่เท่ากับค่าเฉลี่ยแฟคเตอร์แสงอาทิตย์ที่คำนวณหาได้จากการใช้ค่า n ของวันต้นเดือน จนถึงค่า n ของวันสิ้นเดือนในเดือนนั้น ๆ ซึ่งการตรวจสอบสามารถกระทำได้โดยใช้ค่า n ของวันต้นเดือนจนถึงค่า n วันสิ้นเดือน หาค่าแฟคเตอร์แสงอาทิตย์ จากนั้นนำค่าแฟคเตอร์แสงอาทิตย์ที่เฉลี่ยตลอดวันนำมาเฉลี่ยตลอดเดือน จากนั้นนำมาเปรียบเทียบกับแฟคเตอร์แสงอาทิตย์ที่เฉลี่ยตลอดวัน ซึ่งคำนวณด้วยค่า n ที่กำหนดไว้ในตารางที่ 2.1 บทที่แล้ว ซึ่งถ้าค่าตรงกันแสดงว่าค่า n ในตารางที่ 2.1 บท



Input : Date, Time, Location, Orientation

Global Radiation, Direct Radiation, Slope.

1. Calculate solar time
2. Calculate hour angle from solar time
3. Calculate declination
4. Calculate zenith angle cosine
5. Calculate angle of incidence
6. Calculate radiation on plane
7. Seperate radiation on plane to direct, diffuse from sky and diffuse from ground
8. Calculate transmittance for each parts of radiation
9. Calculate total radiation by summing up each parts of radiation which transmit through glass

รูปที่ 3.1 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการคำนวณหาค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ผ่านทะลุกระจกใสหนา 3 mm.

ที่แล้วสามารถนามาเป็นตัวแทนของวันในเดือนนั้น ๆ ได้

การตรวจสอบ ได้กระทำในเดือนธันวาคมและเดือนมกราคม โดยหาค่าแฟคเตอร์แสงอาทิตย์ที่ระนาบระดับ ซึ่งผลปรากฏว่า ทั้งเดือนธันวาคมและมกราคม สามารถใช้ค่า n เป็นตัวแทนของวันในแต่ละเดือนได้ ดังที่แสดงผลในตารางที่ 3.3 และ 3.4

การเปรียบเทียบค่าแฟคเตอร์แสงอาทิตย์เมื่อพิจารณาค่าการดูดกลืนในกระจก

จากหัวข้อที่ผ่านมา ได้กล่าวถึงการหาค่าแฟคเตอร์แสงอาทิตย์โดยไม่คำนึงถึงค่าการดูดกลืนในกระจก หัวข้อนี้ จะกล่าวถึงการคำนวณหาค่าแฟคเตอร์แสงอาทิตย์เมื่อพิจารณาค่าการดูดกลืนในกระจก และเปรียบเทียบผลที่ได้กับผลการคำนวณในหัวข้อที่แล้ว

การคำนวณแฟคเตอร์แสงอาทิตย์ (Solar Factor, SF) เมื่อพิจารณาถึงค่าการดูดกลืนในกระจก

การคำนวณในหัวข้อนี้ จะเป็นการคำนวณหาค่าความร้อนที่ได้รับเนื่องจากพลังงานแสงอาทิตย์ มิใช่เพียงแต่หาค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ผ่านทะลุกระจกเท่านั้น เมื่อพิจารณาจากสมการที่ (2.34)

$$\dot{q}_f = \tau I_t + \frac{U_f \alpha I_t}{h_o} + U_f (t_o - t_i)$$

จะเห็นว่าค่า $\tau I_t + \frac{U_f \alpha I_t}{h_o}$ เป็นค่าความร้อนที่ได้รับเนื่องจากพลังงานแสงอาทิตย์ ตัวประกอบที่ต้องหาเพิ่มขึ้นได้แก่ค่า α และ τ ขั้นตอนและหลักการคำนวณก็เช่นเดียวกับในหัวข้อที่ผ่านมา จะต่างกันก็อยู่ตรงที่การคำนวณ

ตารางที่ 3.3 แสดงค่าเฉลี่ยแพคเตอร์แสงอาทิตย์ที่คำนวณได้จากการใช้ค่า n ของวันต้นเดือนจนถึง n ของวันสิ้นเดือน เดือน มค.

n	avg.SF	n	avg.SF	n	avg.SF	n	avg.SF	n	avg.SF
1	360	2	360	3	361	4	361	5	361
6	364	7	364	8	364	9	364	10	365
11	365	12	365	13	365	14	365	15	365
16	365	17	365	18	365	19	365	20	365
21	365	22	366	23	366	24	366	25	366
26	366	27	366	28	366	29	366	30	366
31	367								

ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ n = 1 ถึง n = 31 = 365

ตารางที่ 3.4 แสดงค่าเฉลี่ยแพคเตอร์แสงอาทิตย์ที่คำนวณได้จากการใช้ค่า n ของวันต้นเดือนจนถึง n ของวันสิ้นเดือน เดือน ธค.

n	avg.SF	n	avg.SF	n	avg.SF	n	avg.SF	n	avg.SF
335	351	336	351	337	351	338	350	339	350
340	350	341	350	342	350	343	350	344	350
345	350	346	350	347	350	348	350	349	350
350	350	351	350	352	350	353	350	354	350
355	350	356	350	357	350	358	350	359	350
360	350	361	350	362	350	363	350	364	350
365	350								

ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ n = 335 ถึง n = 365 = 350

หาค่า τ และค่า α ค่า τ และ α สามารถหาได้จากสมการที่ (2.24) และ (2.25) ตัวอย่างการคำนวณได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก

เมื่อพิจารณาเทอม $U_f\alpha I_t/h_o$ จะเห็นว่าเทอม $U_f\alpha I_t/h_o$ มีค่าน้อยมาก เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อความร้อนที่เกิด (H_t) จะได้เท่ากับ 0.53 เมื่อพิจารณาเทอมนี้ที่เวลาอื่น ๆ จากการคำนวณจะได้ค่าประมาณ 0.5 % ดังนั้นเทอมนี้จึงสามารถตัดทิ้งได้

การเปรียบเทียบผลที่คำนวณได้จากวิธีทั้ง 2 แบบ

ตารางที่ ก.3 และ ก.4 ภาคผนวก ก แสดงการเปรียบเทียบผลที่คำนวณได้จากที่พิจารณาและไม่พิจารณาค่าการดูดกลืนในกระจก ที่มุมเอียงของระนาบเท่ากับ 90° หันหน้าไปทางทิศตะวันตก และที่ระนาบระดับ จะเห็นว่าค่าที่ได้แตกต่างกันไม่เกิน 1 % ดังนั้นการคำนวณหาค่าแฟคเตอร์แสงอาทิตย์โดยไม่พิจารณาค่าการดูดกลืนในกระจก จึงสามารถใช้คำนวณได้

เมื่อคำนวณหาค่าแฟคเตอร์แสงอาทิตย์ที่เวลาใด ๆ สำหรับทิศทางและมุมเอียงระนาบต่าง ๆ แล้ว จากนั้นนำมาเฉลี่ยหาค่าแฟคเตอร์แสงอาทิตย์เฉลี่ยตลอดปีตั้งแต่ 7.00 น.ถึง 18.00 น. ตารางที่ ก.5 แสดงค่าแฟคเตอร์แสงอาทิตย์เฉลี่ยตลอดเดือนและปีของระนาบที่มุมเอียงและทิศทางต่าง ๆ ค่าแฟคเตอร์แสงอาทิตย์เฉลี่ยตลอดปีที่คำนวณได้นี้ เพื่อความสะดวกในเวลาใช้งานได้ทำไว้อยู่ในรูปของแฟคเตอร์แก้ไข (Correction Factor, CF) โดยที่พิจารณาว่า ระนาบที่เอียงมากกว่า 70° จะถือว่าเป็นกำแพง ระนาบที่เอียงน้อยกว่า 70° จะถือว่าเป็นหลังคา และค่าแฟคเตอร์แสงอาทิตย์, SF, หาได้จากสมการต่อไปนี้

สำหรับกำแพง

SOLAR FACTOR = 130xCorrection Factor ....(3.3)

สำหรับหลังคา

SOLAR FACTOR = 360xCorrection Factor ....(3.4)

ตารางที่ 3.5 ก แสดงค่าแฟคเตอร์แก้ไขของกำแพง ตารางที่ 3.5 ข แสดงค่าแฟคเตอร์แก้ไขของหลังคา

สัมประสิทธิ์ร่มเงา (Shading Coefficients, SC)

จากที่ได้กล่าวมาในบทที่แล้ว ค่า SC หาได้จาก

$SC = SC_1 \times SC_2$

SC = สัมประสิทธิ์ร่มเงาของช่องกระจกแบบใด ๆ

SC_1 = สัมประสิทธิ์ร่มเงาของกระจก

SC_2 = สัมประสิทธิ์ร่มเงาประสิทธิผลของอุปกรณ์บังแดดภายนอก

ในการคำนวณหาค่าความร้อนผ่านรูปร่างรอบนอกของอาคาร สำหรับการวิจัยนี้ จะสมมุติว่าอาคารไม่มีอุปกรณ์บังแดดภายนอก ดังนั้น ค่า SC_2 จะเท่ากับ 1 แต่อย่างไรก็ดี รายละเอียดการคำนวณหาค่า SC_2 สำหรับอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคารจะกล่าวถึงต่อไปในบทแนวทางการลดค่าความร้อนที่ผ่านเข้าสู่อาคาร

ตารางที่ 3.5 ก แสดงค่าแฟคเตอร์แก้ไขของกำแพง

Solar Correction Factor for Wall

Slope	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N
90	1.08	1.29	1.38	1.43	1.52	1.46	1.18	1.00
80	1.28	1.51	1.63	1.72	1.79	1.70	1.39	1.18
70	1.48	1.72	1.88	1.98	2.05	1.93	1.60	1.38

ตารางที่ 3.5 ข แสดงค่าแฟคเตอร์แก้ไขของหลังคา

Solar Correction Factor for Roof

Slope	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N
60	0.61	0.70	0.76	0.81	0.82	0.77	0.66	0.58
50	0.69	0.77	0.84	0.89	0.90	0.84	0.74	0.66
40	0.77	0.84	0.91	0.95	0.96	0.91	0.81	0.74
30	0.84	0.90	0.96	0.99	1.00	0.95	0.88	0.83
20	0.91	0.95	0.99	1.02	1.02	0.99	0.94	0.91
10	0.96	0.98	1.00	1.02	1.02	1.00	0.98	0.96
0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

อุณหภูมิแตกต่างเทียบเท่า (Equivalent Temperature Difference, TD_{eq})

เช่นเดียวกับแฟคเตอร์แสงอาทิตย์ อุณหภูมิแตกต่างเทียบเท่าคำนวณโดยเฉลี่ยจาก อุณหภูมิแตกต่างเทียบเท่าที่เวลาใด ๆ ตลอดปี ตั้งแต่ 7.00 น. ถึง 18.00 น.

ขั้นตอนและหลักการในการคำนวณมีดังนี้

1. คำนวณหาค่าอุณหภูมิโซล-แอร์ โดยสมการที่ (2.41) ตารางที่ 3.6 จะเป็นตารางแสดงค่าอุณหภูมิอากาศของกรุงเทพฯ จากกรมอุตุนิยมวิทยา ค่า α/h_o จะเลือกใช้ค่าเท่ากับ 0.039 ซึ่งเป็นค่าสำหรับผิวที่มีสีปานกลาง สำหรับผิวที่มีสีอ่อน α/h_o จะเท่ากับ 0.026 และสำหรับผิวสีทึบ α/h_o จะเท่ากับ 0.052 สาเหตุที่การวิจัยนี้เลือกใช้ค่า α/h_o = 0.039 ซึ่งเป็นค่าสำหรับผิวสีปานกลาง เนื่องจากอาคารทั่วไปมักจะทาสีอ่อน แต่เมื่อใช้ไปนาน ๆ สีจะหมองลงเนื่องจากฝุ่นละอองและเขม่าจับ ดังนั้น จึงเลือกใช้ค่านี้ในการวิจัย ตารางที่ ก.6 ภาคผนวก ก แสดงค่าอุณหภูมิโซล-แอร์ ที่คำนวณได้จากสมการที่ (2.41) ที่ทิศต่าง ๆ

2. คำนวณหาค่าอุณหภูมิแตกต่างเทียบเท่าโดยวิธีทรานเฟอร์ฟังชั่น-จากสมการที่(2.42) ตารางที่ 3.7 เป็นตารางแสดงค่าสัมประสิทธิ์ทรานเฟอร์ฟังชั่นสำหรับกำแพงภายนอก ที่ใช้ทั่วไป ในกรณีที่ไม่สามารถหาค่าสัมประสิทธิ์ได้จากตาราง เนื่องจากลักษณะก่อกำแพงที่พิจารณาไม่มีในตาราง ก็ให้เลือกค่าสัมประสิทธิ์จากกำแพงที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกำแพงที่พิจารณามากที่สุดนำมาใช้ โดยคูณสัมประสิทธิ์ b และ c ด้วยอัตราส่วนสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของกำแพงที่พิจารณาต่อสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของกำแพงที่-เลือก

ผลการคำนวณจะให้ค่าความร้อนที่ถ่ายเทผ่านกำแพงที่เวลาใด ๆ ซึ่งเมื่อนำมาหารด้วยค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม ก็จะได้ค่าอุณหภูมิแตกต่างเทียบเท่า การคำนวณค่าความร้อนที่ถ่ายเทที่เวลาใด ๆ ต้องใช้ค่าอุณหภูมิโซล-แอร์ที่เวลานั้นและก่อนเวลาที่ต้องการ เช่นเดียวกับค่าความร้อนที่ถ่ายเท เมื่อเริ่มการคำนวณชั่วโมงแรก ค่าความร้อนที่ถ่ายเทก่อนชั่วโมงแรกไม่สามารถรู้ได้, แต่สามารถสมมุติเป็นศูนย์ได้เมื่อเริ่มแรก ผลผิดพลาดที่เกิดจากการสมมุติเช่นนี้สามารถตัดทิ้งได้ เนื่องจากการคำนวณซ้ำหลาย ๆ รอบ (1 รอบ คือ 24 ชั่วโมง) ตารางที่ ก.7 ภาคผนวก ก เป็นตัวอย่างรายละเอียดการคำนวณค่าความร้อนที่ถ่ายเทผ่านกำแพงคอนกรีตบล็อคหนา 4 in.(10 cm.) ที่เวลาและทิศทางต่าง ๆ ในเดือนมกราคมและเดือนกุมภาพันธ์ ตารางที่ ก.8 ภาคผนวก ก แสดงค่าอุณหภูมิแตกต่างเทียบเท่าสำหรับกำแพงคอนกรีตบล็อคหนา 4 in. (10 cm.) ที่เวลาและทิศทางต่าง ๆ ตลอดปี สำหรับกำแพงชนิดอื่น ๆ ก็สามารถหาค่าอุณหภูมิแตกต่างเทียบเท่าได้ในลักษณะเดียวกัน ตารางที่ 3.8 เป็นค่าเฉลี่ยตลอดปีของอุณหภูมิแตกต่างเทียบเท่าสำหรับกำแพงชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ทั่วไป สำหรับการหาอุณหภูมิแตกต่างเทียบเท่าสำหรับหลังคา สามารถหาได้โดยวิธีการเดียวกัน ตารางที่ 3.9 แสดงค่าอุณหภูมิแตกต่างเทียบเท่าสำหรับหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กหนา 4 in.(10 cm.) ที่เวลาต่าง ๆ ตลอดปี ซึ่งอาคารโดยทั่วไปจะมีหลังคาแบบนี้ ค่าเฉลี่ยตลอดปีของอุณหภูมิแตกต่างเทียบเท่าสำหรับหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็กหนา 4 in. (10 cm.) จะมีค่าเท่ากับ 7 °C

พ.ศ. ๒๕๒๖
(A.D. 1983)

ตาราง ที่ ๓.๖ ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศรายชั่วโมง เป็นองศาเซลเซียส
Hourly Values of Air Temperature in Degrees Celsius

สถานีกรุงเทพมหานคร
Bangkok Metropolis Stn

เดือน Month	เวลามาตรฐานกรุงเทพฯ Bangkok Standard Time																								ค่าเฉลี่ย Mean	ค่าเฉลี่ยสูงสุด Mean Max	ค่าเฉลี่ยต่ำสุด Mean Min	ความแตกต่าง Range
	0100	0200	0300	0400	0500	0600	0700	0800	0900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400				
ม.ค. Jan	22.9	22.5	22.1	21.8	21.5	21.2	20.9	21.6	23.7	26.0	27.7	29.1	30.2	31.0	30.3	31.2	30.5	28.9	27.1	26.1	25.4	24.7	24.1	23.5	25.6	31.8	20.7	11.1
ก.พ. Feb	25.9	25.7	25.5	25.2	24.9	24.6	24.4	25.3	27.2	29.0	30.2	31.2	31.8	32.2	32.3	32.1	31.3	29.5	27.8	27.0	26.6	26.4	26.3	26.1	27.9	32.9	24.2	8.6
มี.ค. Mar	27.1	26.9	26.7	26.5	26.2	26.0	26.2	27.0	28.8	30.5	31.5	32.2	32.8	33.1	33.3	32.9	32.0	30.5	28.8	28.1	27.8	27.6	27.4	27.3	29.1	33.8	25.5	8.3
เม.ย. Apr	28.6	28.6	28.5	28.3	28.2	28.0	28.2	29.5	31.1	32.4	33.4	34.4	34.6	34.9	34.8	34.3	33.1	31.5	30.2	29.7	29.4	29.1	29.0	28.8	30.8	35.3	27.9	7.4
พ.ค. May	28.9	28.7	28.5	28.3	28.0	27.7	28.0	29.7	31.3	32.4	33.4	34.3	34.6	34.5	34.5	34.2	33.2	31.8	30.5	29.8	29.4	29.2	29.1	28.9	30.8	35.8	27.3	8.5
มิ.ย. Jun	27.8	27.6	27.5	27.3	27.0	26.8	27.1	28.4	29.6	30.6	31.5	32.1	32.6	32.9	33.0	32.5	31.7	30.5	29.2	28.9	28.7	28.4	28.1	28.0	29.5	33.8	26.1	7.7
ก.ค. Jul	27.3	26.9	26.7	26.6	26.4	26.1	26.4	27.8	29.0	30.4	31.4	32.1	32.6	32.9	32.8	32.3	31.4	30.2	29.2	28.5	28.1	28.0	27.7	27.4	29.1	33.8	25.6	8.2
ส.ค. Aug	26.3	26.2	26.1	25.9	25.7	25.6	25.8	27.0	28.5	29.6	30.5	31.4	31.4	31.8	31.5	31.3	30.0	28.7	28.0	27.2	27.0	26.7	26.5	26.4	28.1	32.8	25.0	7.8
ก.ย. Sep	26.0	25.8	25.6	25.5	25.4	25.3	25.5	26.7	28.1	29.4	30.4	30.9	31.0	30.8	30.6	30.4	29.8	29.1	28.0	27.4	27.0	26.7	26.4	26.1	27.8	32.4	24.8	7.6
ต.ค. Oct	25.5	25.3	25.2	25.2	25.1	25.0	25.1	26.3	27.7	28.7	29.6	30.0	30.0	30.6	30.1	29.7	29.2	28.2	27.3	26.9	26.5	26.2	26.0	25.7	27.3	31.6	24.5	7.1
พ.ย. Nov	23.6	23.4	23.3	23.0	22.8	22.5	22.5	24.0	25.8	27.3	28.2	28.8	29.3	29.6	29.6	29.2	28.4	27.2	26.3	25.5	25.1	24.6	24.0	23.7	25.7	30.4	22.2	8.2
ธ.ค. Dec	23.7	23.3	22.9	22.6	22.2	21.9	21.7	22.5	24.9	26.8	28.0	29.0	29.7	30.1	30.2	30.0	29.3	27.9	26.8	26.2	25.7	25.3	24.7	24.1	25.8	30.9	21.4	9.5
ค่าเฉลี่ย Mean	26.1	25.9	25.7	25.5	25.3	25.1	25.2	25.9	28.0	29.4	30.5	31.3	31.7	32.0	31.9	31.7	30.8	29.5	28.3	27.6	27.2	26.9	25.6	26.3	28.1	32.9	24.6	[illegible]

ตารางที่ 3.7 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ทรานเฟอร์ฟังชั่นสำหรับกำแพงภายนอก*

Construction Description		Coefficients b_n and d_n** n=0	n=1	n=2	n=3	n=4	n=5	n=6	U	c_n
4-in. h.w. concrete block	b	0.0101	0.0890	0.0457	0.0015					
	d	1.0000	-0.7809	0.0861	-0.0002				0.48	0.1463
4-in. clay tile	b	0.0035	0.0521	0.0445	0.0034					
	d	1.0000	-0.9042	0.1533	-0.0021				0.419	0.1035
4-in. common brick	b	0.0015	0.0330	0.0381	0.0044					
	d	1.0000	-1.0401	0.2114	-0.0040				0.460	0.0770

* อ้างอิงจากหนังสือ 1977 ASHRAE FUNDAMENTAL (7)

** U, b, และ c มีหน่วยเป็น Btu/(h.ft².deg F)

d ไม่มีหน่วย

ตารางที่ 3.7 (ต่อ) แสดงค่าสัมประสิทธิ์ทรานเฟอร์ฟังชั่นสำหรับกำแพงภายนอก

Construction		Coefficients b_n and d_n							U	c_n
Description		n=0	n=1	n=2	n=3	n=4	n=5	n=6		
4-in. h.w. concrete	b	0.0078	0.0705	0.0355	0.0011					
	d	1.0000	-0.8789	0.0753	-0.0001				0.585	0.1149
8-in. h.w. concrete block	b	0.0004	0.0171	0.0310	0.0065	0.0001				
	d	1.0000	-1.1621	0.3132	-0.0139				0.402	0.0551
8-in. clay tile	b	0.0000	0.0020	0.0107	0.0076	0.0009				
	d	1.0000	-1.5111	0.6712	-0.0910	0.0026			0.296	0.0212
4-in. face brick with	b	0.0000	0.0035	0.0142	0.0075	0.0006				
4-in. common brick	d	1.0000	-1.4987	0.6252	-0.0656	0.0012			0.415	0.0258

ตารางที่ 3.7 (ต่อ) แสดงค่าสัมประสิทธิ์ทรานเสเฟอร์ฟังชั่นสำหรับกำแพงภายนอก

Construction		Coefficients b_n and d_n							U	c_1
Description		n=0	n=1	n=2	n=3	n=4	n=5	n=6		
8-in. h.w. concrete	b	0.00009	0.00676	0.01821	0.00602	0.00024				
	d	1.00000	-1.37101	0.46271	-0.02787	0.00013			0.490	0.03132

ตารางที่ 3.8 แสดงค่าเฉลี่ยตลอดปีของอุณหภูมิแตกต่างเทียบเท่าของกำแพงต่าง ๆ ที่ใช้ทั่วไป

AVERAGE EQUIVALENT TEMPERATURE DIFFERENCE (7.00-18.00 throughout the year)

medium colored , Indoor Air Temperature = 25 °C

Construction	Weight	U	Equivalent Temperature Difference (°C)								
	kg/m²	W/m² - °C	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N	AVG
4-in. h.w. concrete block	177	2.72	9	10	10	10	10	10	9	8	9
4-in. clay tile	190	2.37	8	9	10	10	9	9	8	8	9
4-in. common brick	273	2.61	7	8	8	8	8	7	7	7	8
8-in. h.w. concrete block	278	2.28	7	8	8	8	7	7	6	6	7
4-in. h.w. concrete	305	3.32	8	9	9	9	8	8	7	7	8
8-in. clay tile	308	1.68	6	6	7	6	6	6	5	5	6
4-in. face brick with 4-in. common brick	437	2.35	6	6	6	6	6	6	5	5	6
8-in. h.w. concrete	534	2.78	6	7	7	6	6	6	6	5	6

ตารางที่ 3.9 อุณหภูมิแตกต่างเทียบเท่าสำหรับหลังคาคอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 10 cm.

EQUIVALENT TEMPERATURE DIFFERENCE FOR ROOF..
absorptance/ho =0.039 (medium-colored)

10 cm. h.w. concrete
U = 3.24 W/m^2-C ,weight = 322 kg/m^2
indoor air temp. = 25 C

	EQUIVALENT TEMPERATURE DIFFERENCE (C)												
TIME	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	AVG
ROOF													
1.00	4	7	8	10	9	7	7	5	4	3	3	4	6
2.00	3	5	7	8	8	6	6	4	3	2	2	3	5
3.00	2	4	5	7	7	5	5	3	2	1	1	1	4
4.00	1	3	4	6	6	4	4	2	2	1	0	0	3
5.00	0	2	3	5	5	3	3	2	1	0	-1	0	2
6.00	-1	1	3	4	4	3	2	1	0	0	-2	-1	1
7.00	-2	1	2	4	4	2	2	0	0	-1	-2	-2	1
8.00	-3	0	1	3	3	2	1	0	-1	-1	-3	-3	0
9.00	-3	0	1	3	3	2	1	0	-1	-1	-3	-3	0
10.00	-3	0	1	4	4	2	2	1	0	0	-2	-2	1
11.00	-2	1	3	6	6	4	4	3	2	1	0	-1	2
12.00	0	4	5	8	9	6	6	5	4	3	2	2	5
13.00	3	7	8	11	12	9	9	8	7	6	5	5	7
14.00	7	10	12	15	15	11	12	11	9	8	8	8	10
15.00	10	14	15	18	18	14	14	13	11	10	11	11	13
16.00	13	16	18	20	20	16	16	14	12	11	12	13	15
17.00	15	18	19	22	21	17	17	15	13	12	13	14	16
18.00	15	19	20	22	22	17	18	15	13	11	13	14	17
19.00	14	18	19	21	21	16	17	14	12	10	12	13	16
20.00	13	16	17	19	19	15	15	13	11	9	10	11	14
21.00	11	14	15	17	17	13	13	11	9	8	9	10	12
22.00	9	12	13	15	15	11	11	9	8	6	7	8	10
23.00	7	10	11	13	13	10	10	8	7	5	5	6	9
24.00	6	8	9	11	11	8	8	6	5	4	4	5	7
* AVG	4	7	9	11	11	8	9	7	6	5	5	5	7
* MAX	15	19	20	22	22	17	18	15	13	12	13	14	17
* MIN	-3	0	1	3	3	2	1	0	-1	-1	-3	-3	0

REMARK.. * AVG ,* MAX ,* MIN - INTERVAL 7.00-18.00