บทที่ 2

การสำรวจแนวความคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อุณหภูมิบนผิวโลกเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ เนื่องจากโลกได้รับรังสีดวงอาทิตย์ทำให้เกิดฤดูกาลต่างๆ ซึ่งมีลักษณะแตกต่างกัน ในแต่ละพื้นที่บนส่วนต่างๆของโลก รังสีดวงอาทิตย์ที่แผ่มายังโลก บางส่วนจะถูกดูดซึมโดยเมฆและฝุ่นละออง วันที่ท้องฟ้ากระจ่างไม่มีเมฆ โดยเฉพาะในเขตร้อนแห้ง อุณหภูมิอากาศจะร้อนมาก ช่วงเวลาที่อุณหภูมิจะขึ้นสูงสุด ประมาณ 14.00-16.00 น.

แสงแดดเป็นปัญหาสำคัญสำหรับการออกแบบอาคาร ซึ่งจะต้องคำนึงถึงการป้องกันความร้อนจากแสงแดดให้แก่อาคาร และควรทำความเข้าใจเกี่ยวกับรังสีดวงอาทิตย์ว่า จะมีผลต่อผิวพื้นโลก อากาศ และ วัสดุ อย่างไร

รังสีที่ได้รับจากดวงอาทิตย์

สามารถแบ่งรังสีดวงอาทิตย์ออกเป็น 5 ส่วน มีรายละเอียด ดังนี้

1. รังสีคลื่นสั้นที่แผ่ลงมาโดยตรง
2. รังสีคลื่นสั้นที่กระจายผ่านเมฆหมอกออกมา
3. รังสีคลื่นสั้นที่สะท้อนออกมาจากพื้นดิน
4. รังสีคลื่นยาวจากพื้นดินและวัตถุที่ร้อน
5. รังสีคลื่นยาวเกิดจากการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างวัตถุและท้องฟ้า

ซึ่งเกิดจากหลักการสมดุลย์ของรังสีดวงอาทิตย์(Radiation balance)หมายถึงการสมดุลย์ระหว่างรังสีที่ผิวพื้นโลกได้รับและรังสีที่ส่งออกไป

เราสามารถแยกรังสีความร้อนออกได้เป็น 2 ชนิดใหญ่ๆ คือ

1. รังสีคลื่นสั้น (Short wave) เป็นรังสีที่มองไม่เห็น สามารถมองเห็นได้บางช่วงของWave Lengthเท่านั้น เป็นรังสีที่มีอุณหภูมิสูง เช่น รังสีของดวงอาทิตย์ ซึ่งสามารถผ่านกระจกได้ และสะท้อนได้ดีโดยผิววัสดุที่มีสีอ่อนและเป็นมัน รังสีนี้จะถูกดูดซึมได้ดีโดยวัตถุสีดำ

2. รังสีคลื่นยาว (Long wave) เป็นรังสีที่มองไม่เห็น มีอุณหภูมิต่ำ เกิดขึ้นเมื่อดวงอาทิตย์แผ่รังสีไปยังวัตถุ เช่น หลังคา ผนัง ซึ่งจะทำให้วัตถุนั้นร้อนขึ้น และถ่ายเทต่อไปสู่ผิววัคถุที่เย็นกว่า รังสีนี้จะสะท้อนโดยวัตถุที่มีผิวเป็นมัน

การถ่ายเทความร้อน

ความร้อนถ่ายเทด้วยวิธีการต่างๆ 3 วิธี ดังนี้

1.การนำความร้อน คือ การถ่ายเทความร้อนระหว่างโมเลกุลที่อยู่ข้างเคียงกัน อาจจะเป็นโมเลกุลที่อยู่ในสสารเดียวกัน หรือระหว่างสสารสองชนิดที่สัมผัสกันโดยตรง เช่น โมเลกุลของอากาศที่สัมผัสกับสสารที่อุ่น การนำความร้อนเกิดเมื่อโมเลกุลที่อุ่นกว่าสั่นสะเทือน ถ่ายเทพลังงานส่วนหนึ่งไปยังโมเลกุลที่เย็นกว่า โดยที่ตัวกลางของมันเองไม่ได้เคลื่อนที่

2.การพาความร้อน เกิดขึ้นเมื่อมีของไหล ได้แก่ ก๊าซหรือของเหลวถูกกระทำให้ร้อน (พลังงานความร้อนถูกใส่เพิ่มเข้าไปในของไหล) ของไหลที่บรรจุความร้อน จะถูกทำให้เคลื่อนจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง ตัวกลางที่พาความร้อนเคลื่อนที่ไป เป็นผลมาจากแรงธรรมชาติหรือแรงจากเครื่องกล โดยโมเลกุลที่หนักและเย็นกว่าจะลงสู่ที่ต่ำ ส่วนโมเลกุลที่ร้อนและเบากว่า จะลอยตัวสูงขึ้น เราสามารถสังเกตปรากฏการณ์นี้ เช่น ควันไฟลอยตัวขึ้นจากปล่องไฟ

3. การแผ่รังสีความร้อน เป็นการเดินทางโดยตรงของพลังงานผ่านที่ว่าง ในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Waves)และจะถูกดูดซึมโดยด้านที่เย็นกว่า เช่น คนที่นั่งอยู่กลางแสงแดดหรือรอบกองไฟ จะมีความรู้สึกร้อนจากรังสีความร้อน (Radiant Heat)

วัสดุมีความสามารถในการถ่ายเทรังสีความร้อนได้ดีหรือไม่ ขึ้นอยู่กับ

- ความสามารถในการดูดซึมรังสีความร้อน (Absorbtivity)
- ความสามารถในการสะท้อน (Reflectivity)
- ความสามารถในการคายความร้อนโดยการแผ่รังสี (Emissivity)

ความสามารถในการดูดซึมรังสีความร้อน เป็นค่าที่บอกให้ทราบถึงปริมาณรังสีความร้อนที่ถูกดูดซึมโดยผิววัตถุ วัตถุสีดำหรือวัตถุที่ผิวดูดซึมรังสีความร้อนได้หมดและไม่สะท้อนความร้อนออกมา ค่าของการดูดความร้อนจะเป็นจำนวนเต็มเท่ากับ 1.0 ส่วนผิวหน้าอย่างอื่นซึ่งดูดซึมได้น้อยกว่า จะมีค่าน้อยกว่า 1.0

วัตถุต่างชนิดกันมีคุณภาพในการดูดซึม และคายความร้อนไม่เท่ากัน เราไม่สามารถหยุดการถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer) ทางที่ดีที่สุด คือ ทำให้ความร้อนผ่านได้ช้าลง โดยการเพิ่มความหนาของวัสดุ

ช่วงเวลาที่ความร้อนถ่ายเทจากผิวภายนอกสู่ผิวภายใน หรือผิวบนสู่ผิวล่าง เรียกว่า ค่าการหน่วงเหนี่ยวเวลา (Time Lag) การเพิ่มความหนาของวัสดุไม่เพียงแต่จะเพิ่มการหน่วงเหนี่ยวเวลาของการถ่ายเทความร้อนให้มากขึ้น แต่ยังยืดเวลาที่วัสดุจะดูดซึมความร้อนไว้ด้วย

กระจกชั้นเดียว	ค่าการหน่วงเหนี่ยวเวลา	0	ชม.
กระจก 2 ชั้น	ค่าการหน่วงเหนี่ยวเวลา	0.0-0.5	ชม.
บล็อกแก้ว	ค่าการหน่วงเหนี่ยวเวลา	1.0-2.1	ชม.

ความสำคัญของหน้าต่างกระจก

ลึกลงไปภายในจิตใจคนเรานั้น ต้องการทราบความเป็นไปของสิ่งรอบตัวเสมอ กระจกช่วยให้ผู้อยู่อาศัยในอาคาร สามารถมองเห็นทัศนีย์ภาพภายนอกได้โดยไม่รู้สึกว่าถูกตัดขาดจากโลกภายนอกและจิตใจสบาย

กระจกยอมให้แสงสว่างเข้ามาในอาคาร หน้าต่างยิ่งกว้างก็ยิ่งจะได้แสงสว่างมาก ขณะเดียวกันหน้าต่างกระจก ก็เป็นส่วนที่ได้รับความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์เข้ามาในอาคารมากเช่นกัน ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าในเครื่องปรับอากาศมากขึ้น แนวความคิดในการแก้ปัญหานี้ คือ การใช้แผ่นฟิล์มตัดแสงติดลงบนกระจกอีกชั้นหนึ่ง แผ่นฟิล์มนี้ประกอบด้วยชั้นบางๆของโลหะสะท้อนแสง ซึ่งจะยอมให้รังสีดวงอาทิตย์ผ่านได้น้อยลง

รังสีดวงอาทิตย์และกระจก

เมื่อรังสีดวงอาทิตย์ตกกระทบกระจก ส่วนหนึ่งจะสะท้อนกลับ บางส่วนจะถูกดูดซึมไว้ในกระจก ส่วนที่เหลือจะส่งผ่านกระจกนั้น ปริมาณจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับมุมที่รังสีดวงอาทิตย์กระทำกับกระจกและชนิดของกระจก กระจกเมื่อดูดซึมพลังงานความร้อนไว้ จะทำให้กระจกมีอุณหภูมิสูงขึ้น จนถึงจุดสมดุลย์ จากนั้นความร้อนที่ได้รับเพิ่มก็จะถูกส่งออก โดยวิธีการนำ การพาและการแผ่รังสี ให้แก่บรรยากาศโดยรอบ

รังสีดวงอาทิตย์ทั้งหมดที่กระทบกระจกใส หนา 3 มม. มีดังนี้

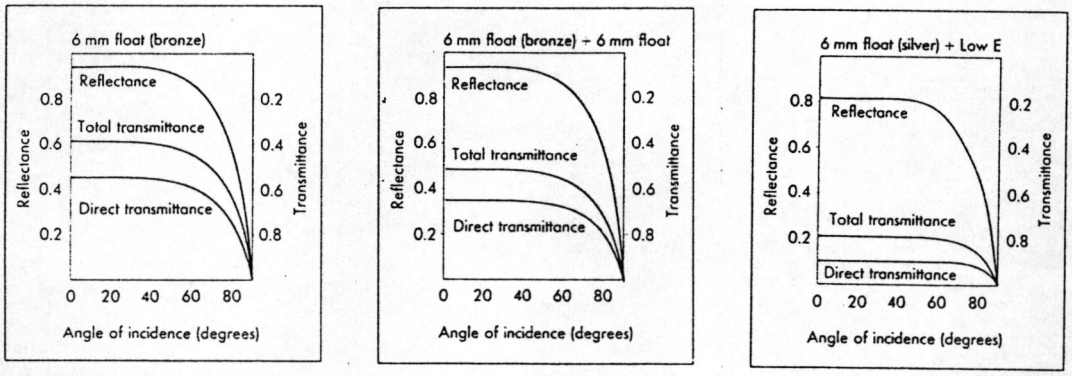
การสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์ออก	8 %
การดูดซึมพลังงานความร้อนในเนื้อกระจก	5 %
การแผ่รังสีดวงอาทิตย์ส่งผ่านความร้อนเข้าภายใน	87 %
รวมทั้งสิ้น	100 %

ปริมาณความร้อนจากการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ส่งผ่านกระจก จะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับ

1. ทิศทางของหน้าต่าง
2. ตำแหน่งเส้นรุ้งของอาคาร
3. เวลา วันและเดือน

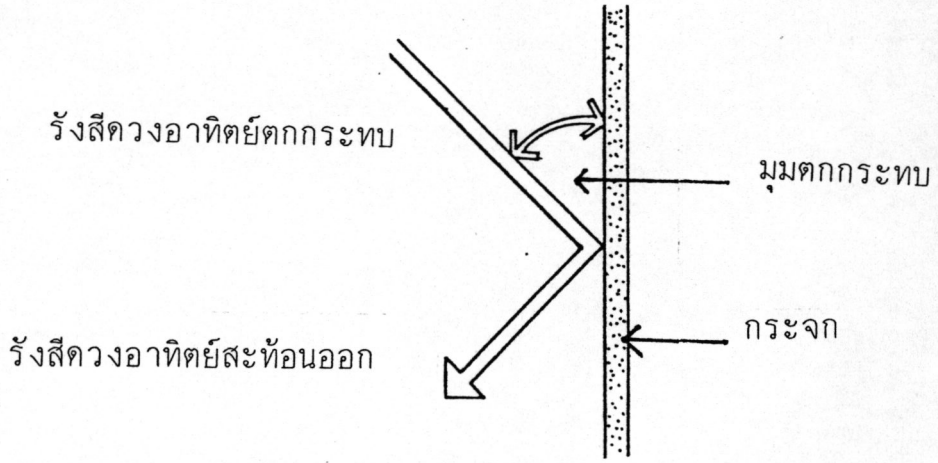
มุมตกกระทบและผลจากการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ผ่านกระจก

ปริมาณความร้อนที่เกิดจากการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ ส่งผ่านกระจกชนิดต่างๆ จะมีค่าลดลงเมื่อมุมตกกระทบมากขึ้น

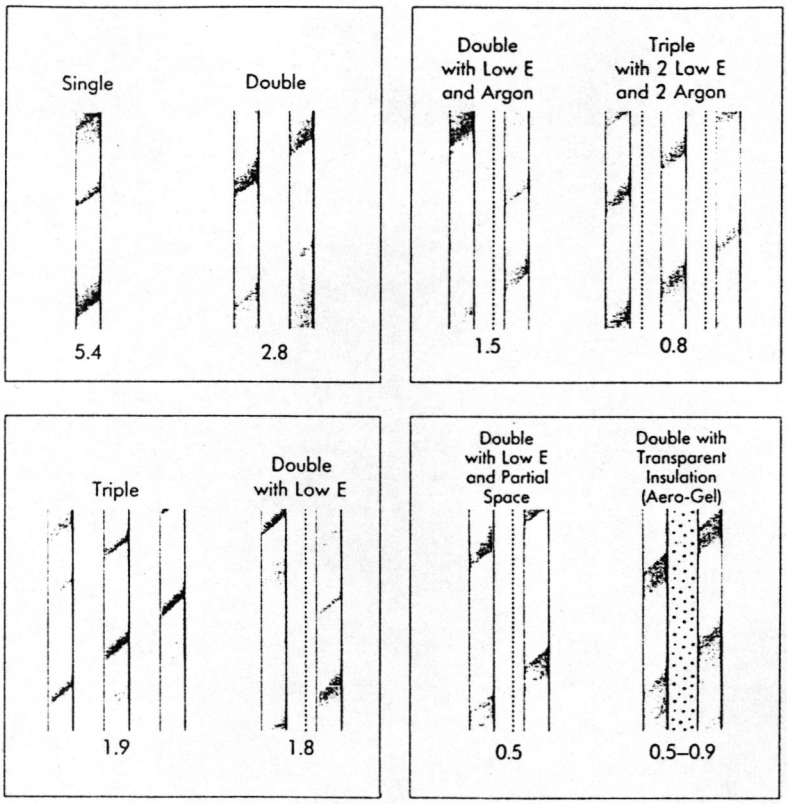


รูปที่ 1 แสดงค่าปริมาณความร้อนจากการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ส่งผ่านกระจกแบบต่างๆ

ที่มา : Glass in Building . David Button and Brian Pye
First published 1993



รูปที่ 2 แสดงมุมตกกระทบของรังสีดวงอาทิตย์



รูปที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบค่า U (W/m^2k) ของกระจกแบบต่างๆ เมื่อมีการเพิ่มส่วนประกอบมากขึ้น ซึ่งจะมีผลให้ค่า U ลดน้อยลง

ที่มา :Glass in Building. David Button and Brian Pve.First Published 1993.

Solar Heat Gain Factor คำย่อ SHGF

เป็นปริมาณความร้อนที่รังสีดวงอาทิตย์ส่งผ่านกระจกใสหนา 3 มม. เข้ามาภายในอาคาร รวมรังสีความร้อนซึ่งสะท้อนจากสภาพแวดล้อมใกล้เคียงอื่นๆด้วย สำหรับอาคารที่อยู่ใกล้แหล่งสะท้อนความร้อน เช่น พื้นน้ำ จะต้องคำนวณค่ารังสีความร้อนเพิ่มเติมเป็นกรณีไป ค่านี้สามารถหาได้จากมาตรฐาน ASHRAE

Solar Heat Gain คำย่อ SHG

สำหรับปริมาณความร้อนที่รังสีดวงอาทิตย์ส่งผ่านกระจกประเภทอื่นๆเข้ามาภายในอาคาร รวมรังสีความร้อนซึ่งสะท้อนจากสภาพแวดล้อมใกล้เคียงอื่นๆด้วย จะใช้คำว่า Solar Heat Gain

สัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจก (Shading Coefficient คำย่อ SC)

สัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจก คือ อัตราส่วนระหว่าง Solar heat gain ของกระจกที่ต้องการคำนวณกับ Solar heat gain factor ของกระจกใส 3 มม ภายใต้สภาวการณ์อย่างเดียวกัน

$$SC. = \frac{\text{Solar Heat Gain}}{\text{Solar Heat Gain Factor}}$$

หรือ $$SC. = \frac{SHG}{SHGF}$$

ค่า SC ของกระจกแบบต่างๆ ดูรายละเอียดในตารางที่ 1

Glass[a]			
Part A. Single Glass			
Type of Glass	*Nominal Thickness[b]*	*Solar Trans.[b]*	*Shading Coefficient, SC[c]*
Clear	3 mm (⅛ in.)	0.86	1.00
	6 mm (¼ in.)	0.78	0.94
	10 mm (⅜ in.)	0.72	0.90
	12 mm (½ in.)	0.67	0.87
Heat absorbing	3 mm (⅛ in.)	0.64	0.83
	6 mm (¼ in.)	0.46	0.69
	10 mm (⅜ in.)	0.33	0.60
	12 mm (½ in.)	0.24	0.53
Part B. Insulating Glass			
Clear out, clear in	3 mm (⅛ in.)[d]	0.71[e]	0.88
Clear out, clear in	6 mm (¼ in.)	0.61	0.81
Heat absorbing[f] out, clear in	6 mm (¼ in.)	0.36	0.55

ตารางที่ 1 แสดง Shading Coefficents for Single Glass and Insulating

ที่มา : The Energy Design design Handbook Washington: Donald Watson. 1993.

Glass type and thickness	Light		Direct solar radiant heat			Total	Shading coefficient		
	T	R	T	R	A	T	Short wave	Long wave	Total
Float									
4 mm	0.89	0.08	0.82	0.07	0.11	0.86	0.94	0.04	0.98
6 mm	0.87	0.08	0.78	0.07	0.15	0.83	0.90	0.05	0.95
10 mm	0.84	0.07	0.70	0.07	0.23	0.78	0.80	0.09	0.89
12 mm	0.82	0.07	0.67	0.06	0.27	0.76	0.77	0.10	0.87
Body tinted									
6 mm 72/62 green	0.72	0.06	0.46	0.05	0.49	0.62	0.53	0.19	0.72
6 mm 54/62 blue	0.54	0.05	0.46	0.05	0.49	0.62	0.53	0.19	0.72
4 mm 61/70 bronze	0.61	0.06	0.58	0.06	0.36	0.70	0.67	0.13	0.80
6 mm 50/62 bronze	0.50	0.05	0.46	0.05	0.49	0.62	0.53	0.19	0.72
10 mm 33/51 bronze	0.33	0.04	0.29	0.04	0.67	0.51	0.33	0.26	0.59
12 mm 27/47 bronze	0.27	0.04	0.23	0.04	0.73	0.47	0.26	0.28	0.54
4 mm 55/68 grey	0.55	0.05	0.55	0.05	0.40	0.68	0.63	0.16	0.79
6 mm 42/60 grey	0.42	0.05	0.42	0.05	0.53	0.60	0.48	0.21	0.69
10 mm 25/49 grey	0.25	0.04	0.25	0.04	0.71	0.49	0.29	0.27	0.56
12 mm 19/45 grey	0.19	0.04	0.19	0.04	0.77	0.45	0.22	0.29	0.51

ตารางที่ 2 แสดง Body tinted glass performances compared with clear float glass

Glass type and thickness	Light		Direct solar radiant heat			Total	Shading coefficient		
	T	R	T	R	A	T	Short wave	Long wave	Total
Float									
4 mm	0.89	0.08	0.82	0.07	0.11	0.86	0.94	0.04	0.98
6 mm	0.87	0.08	0.78	0.07	0.15	0.83	0.90	0.95	0.95
10 mm	0.84	0.07	0.70	0.07	0.23	0.78	0.80	0.09	0.89
12 mm	0.82	0.07	0.67	0.06	0.27	0.76	0.77	0.10	0.87
Reflecting									
6 mm 10/23 silver	0.10	0.38	0.08	0.32	0.60	0.23	0.09	0.17	0.26
10 mm 10/23 silver	0.10	0.37	0.08	0.30	0.62	0.23	0.09	0.18	0.27
6 mm 20/34 silver	0.20	0.23	0.16	0.18	0.66	0.34	0.18	0.21	0.39
10 mm 20/34 silver	0.20	0.22	0.15	0.17	0.69	0.34	0.17	0.22	0.39
6 mm 10/24 bronze	0.10	0.19	0.06	0.21	0.73	0.24	0.07	0.20	0.27
10 mm 10/24 bronze	0.10	0.18	0.05	0.19	0.76	0.24	0.06	0.21	0.27
6 mm 20/33 blue	0.20	0.20	0.15	0.21	0.64	0.33	0.17	0.21	0.38
10 mm 20/33 blue	0.20	0.20	0.15	0.19	0.66	0.33	0.17	0.21	0.38
6 mm 30/39 blue	0.30	0.16	0.21	0.18	0.18	0.39	0.24	0.21	0.45
10 mm 30/38 blue	0.30	0.15	0.20	0.17	0.63	0.38	0.23	0.21	0.44

ตารางที่ 3 แสดง reflecting glass performances compared with clear float glass

ความร้อนส่งผ่านกระจกทั้งหมด (Total heat gain)

ปริมาณความร้อนที่ส่งผ่านกระจกในเวลาหนึ่งทั้งหมด มีค่าเท่ากับการส่งผ่านความร้อน จากการแผ่รังสีแสงอาทิตย์(solar heat gain) และการถ่ายเทความร้อน โดยการนำความร้อน (Conduction heat gain)

โดยมีสูตรการคำนวนดังนี้

Conduction heat gain q = U X A X CLTD

Solar heat gain q = A X SC X SHGF X CLF

U = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนัง (BTU/Hr.Sq.ft°F)

A = พื้นที่ของผนังที่ถ่ายเทความร้อน (Sq.ft)

CLTD = ภาระความแตกต่างความร้อนเทียบเท่า หรือ Cooling load Temperature Difference °F

SHGF = Maximum Solar Heat Gain Factor For Specific Orientation of Surface, Latitude,and Month

CLF = Cooling Load Factor With No Interior Shading

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
CLTD																								
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
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

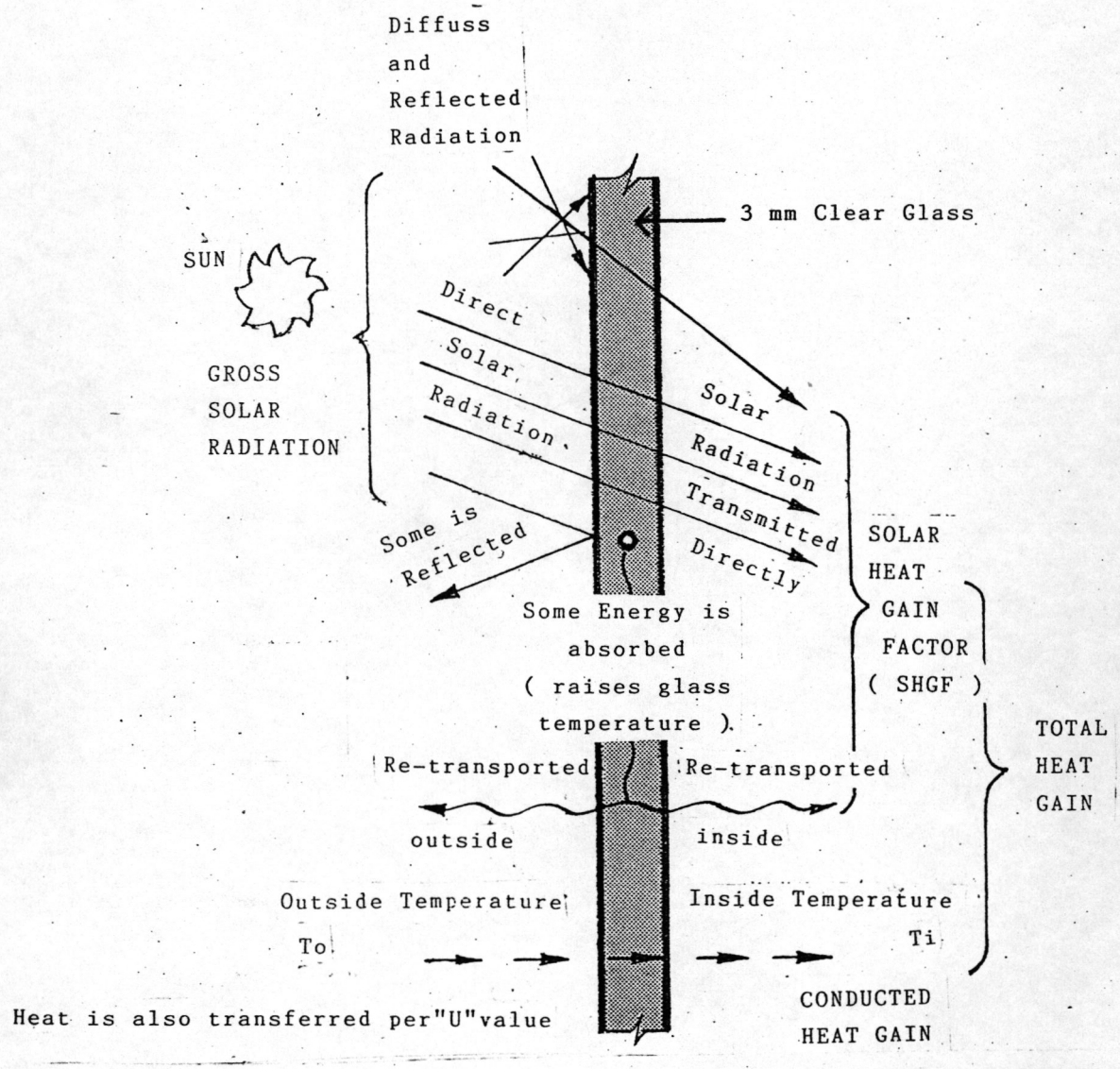
Corrections: The values in the table were calculated for an inside temperature of 25.5°C (78 F) and an outdoor maximum temperature of 35°C (95 F) with an outdoor daily range of 11.6C° (21F°). The table remains approximately correct for other outdoor maximums 33.8–38.8°C (93–102 F) and other outdoor daily ranges 8.9–18.9C° (16–34F°), provided the outdoor daily average temperature remains approximately 29.4°C (85 F). If the room air temperature is different from 25.5°C (78 F) and/or the outdoor daily average temperature is different from 29.4°C (85 F), the following rules apply: (a) For room air temperature less than 25.5°C (78 F), add the difference between 25.5°C (78 F) and room air temperature; if greater than 25.5°C (78 F), subtract the difference. (b) For outdoor daily average temperature less than 29.4°C (85 F), subtract the difference between 29.4°C (85 F) and the daily average temperature; if greater than 29.4°C (85 F), add the difference.

Source: Copyright © by the American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, GA. Reprinted by permission from the *ASHRAE Handbook of Fundamentals*, 1981.

ตารางที่ 4 แสดงค่า Cooling Load Temperature Differences (CLTD) for Conduction Through Glass

ที่มา : Mechanical and Electrical Electrical Equipment for Buildings. John Wiley & Sons, Inc., Seventh Edition, Volume 1,1986

ปริมาณความร้อนที่ส่งผ่านกระจกเข้าสู่อาคาร ประกอบด้วยความร้อนจากการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ การนำความร้อนผ่านกระจก เนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายในกับภายนอกอาคาร และการแผ่รังสีความร้อนจากการดูดซึมพลังงานความร้อนในเนื้อกระจก



รูปที่ 4 แสดงรายละเอียดการส่งผ่านความร้อนผ่านกระจก จากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคาร โดยการแผ่รังสีดวงอาทิตย์และการนำความร้อน

Coefficients of Transmission, U, of Windows, Sliding Patio Doors, and Skylights: Units are W/m^2 °C (Btu/h ft^2 F) (*Continued*)

	Glass Indoor Storm Sash 25-mm (1-in.) Air Space[b]				*Acrylic Indoor Storm Sash 25-mm (1-in.) Air Space*[b]			
	No Shade		*Indoor Shade*		*No Shade*		*Indoor Shade*	
	*Winter**	*Summer***	*Winter**	*Summer***	*Winter**	*Summer***	*Winter**	*Summer***
Single glass, low-emittance coating[d] e = 0.40	2.4 (0.42)	2.6 (0.45)	2.0 (0.36)	2.3 (0.40)	2.3 (0.41)	2.6 (0.45)	2.0 (0.35)	2.3 (0.40)
Insulating glass; double[e]								
5-mm (3/16-in.) air space[f]	2.1 (0.37)	2.3 (0.40)	1.7 (0.29)	2.0 (0.36)	2.0 (0.35)	2.2 (0.39)	1.6 (0.28)	2.0 (0.35)
6-mm (1/4-in.) air space[f]	2.0 (0.35)	2.2 (0.39)	1.6 (0.28)	2.0 (0.36)	1.9 (0.34)	2.2 (0.38)	1.5 (0.27)	1.9 (0.34)
13-mm (1/2-in.) air space[g]	1.8 (0.31)	2.2 (0.38)	1.4 (0.25)	2.0 (0.35)	1.7 (0.30)	2.1 (0.37)	1.4 (0.24)	1.9 (0.33)
13-mm (1/2-in.) air space Low-emittance coating[h]								
e = 0.60	1.7 (0.29)	2.0 (0.36)	1.4 (0.24)	1.9 (0.33)	1.6 (0.28)	2.0 (0.35)	1.3 (0.23)	1.8 (0.32)
e = 0.40	1.5 (0.27)	1.9 (0.33)	1.3 (0.22)	1.8 (0.31)	1.5 (0.26)	1.8 (0.32)	1.3 (0.22)	1.7 (0.30)
e = 0.20	1.4 (0.25)	1.7 (0.29)	1.1 (0.20)	1.5 (0.26)	1.4 (0.24)	1.6 (0.28)	1.1 (0.20)	1.5 (0.27)
Insulating glass; triple[e]								
6-mm (1/4-in.) air space[f]	1.5 (0.27)	1.8 (0.32)	1.3 (0.22)	1.7 (0.30)	1.5 (0.26)	1.8 (0.31)	1.3 (0.22)	1.7 (0.29)
13-mm (1/2-in.) air space[f]	1.3 (0.23)	1.7 (0.30)	1.1 (0.19)	1.6 (0.28)	1.3 (0.22)	1.7 (0.29)	1.0 (0.18)	1.6 (0.28)

Part B. Exterior[a] Horizontal Panels (Skylights)

Description	*Winter[j]**	*Summer[k]****
Flat glass[g]		
Single glass	7.0 (1.23)	4.7 (0.83)
Insulating glass; double[e]		
5-mm (3/16-in.) air space[f]	4.0 (0.70)	3.2 (0.57)
6-mm (1/4-in.) air space[f]	3.7 (0.65)	3.1 (0.54)
13-mm (1/2-in.) air space[g]	3.4 (0.59)	2.8 (0.49)
13-mm (1/2-in.) air space Low-emittance coating[h]		
e = 0.20	2.7 (0.48)	2.0 (0.36)
e = 0.40	3.0 (0.52)	2.4 (0.42)
e = 0.60	3.2 (0.56)	2.6 (0.46)
Plastic domes[l]		
Single walled	6.5 (1.15)	4.5 (0.80)
Double walled	4.0 (0.70)	2.6 (0.46)

ตารางที่ 5 แสดง Coefficents of Transmission U , of Windows, Sliding Patio Doors,and Skylights ; Units are W/m²°C (Btu/hft² F)

ที่มา : Mechanical and Electrical Electrical Equipment for Buildings. John Wiley & Sons, Inc., Seventh Edition, Volume 1,1986

Part A. W/m^2

Use for latitudes 0–24°
For latitudes greater than 24, use north orientation, Table 5.34.
For horizontal glass in shade, use the tabulated values for all latitudes.

	N	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SSE/ SSW	S	(All Latit.) Hor.
Jan.	98	98	98	101	107	114	117	117	120	50
Feb.	107	107	107	110	114	117	120	120	123	50
Mar.	114	114	117	120	123	126	126	123	123	60
Apr.	126	126	130	133	133	133	129	126	126	76
May	137	139	142	145	142	136	129	126	126	88
June	142	145	148	148	145	139	129	126	126	98
July	142	142	145	148	148	142	133	129	129	98
Aug.	133	133	136	142	145	142	136	133	133	88
Sep.	117	117	120	126	129	133	133	129	129	73
Oct.	107	107	107	114	120	123	126	126	126	60
Nov.	101	101	101	101	107	114	120	120	123	54
Dec.	95	95	95	98	101	107	114	117	117	47

Part B. $Btu/h\ ft^2$

Use for Latitudes 0–24°.
For latitudes greater than 24, use north orientation, Table 5.35.
For horizontal glass in shade, use the tabulated values for all latitudes.

	N	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SSE/ SSW	S	(All Latit.) Hor.
Jan.	31	31	31	32	34	36	37	37	38	16
Feb.	34	34	34	35	36	37	38	38	39	16
Mar.	6	36	37	38	39	40	40	39	39	19
Apr.	40	40	41	42	42	42	41	40	40	24
May	43	44	45	46	45	43	41	40	40	28
June	45	46	47	47	46	44	41	40	40	31
July	45	45	46	47	47	45	42	41	41	31
Aug.	42	42	43	45	46	45	43	42	42	28
Sep.	37	37	38	40	41	42	42	41	41	23
Oct.	34	34	34	36	38	39	40	40	40	19
Nov.	32	32	32	32	34	36	38	38	39	17
Dec.	30	30	30	31	32	34	36	37	37	15

ตารางที่ 6 แสดง Maximum Solar Heat Gain Factor for Externally Shaded Glass

ที่มา : Mechanical and Electrical Electrical Equipment for Buildings. John Wiley & Sons, Inc., Seventh Edition, Volume 1,1986

16 Deg

	N	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SSE/ SSW	S	Hor.
Jan.	95	95	174	464	663	770	792	704	628	782
Feb.	104	104	303	568	729	779	735	593	486	868
Mar.	110	167	441	647	745	741	622	435	293	918
Apr.	123	312	543	681	716	644	473	243	142	912
May	164	416	596	688	678	565	363	142	129	890
June	208	448	612	685	653	527	312	129	129	874
July	174	416	590	675	663	549	350	139	133	874
Aug.	129	316	530	659	691	644	451	233	145	890
Sep.	114	158	423	618	716	707	603	423	293	890
Oct.	104	104	300	549	704	748	710	577	473	852
Nov.	95	95	174	457	650	760	779	694	618	776
Dec.	91	91	129	416	625	760	801	735	669	738

24 Deg

	N	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SSE/ SSW	S	Hor.
Jan.	85	85	129	404	599	757	798	760	716	675
Feb.	95	95	252	521	694	770	767	672	606	786
Mar.	107	142	391	615	738	748	675	530	432	868
Apr.	117	278	502	659	719	669	533	338	237	893
May	136	369	562	675	688	599	416	211	145	890
June	174	401	581	675	669	565	369	174	136	880
July	142	366	555	663	672	584	407	205	145	877
Aug.	120	274	492	640	694	644	511	325	227	874
Sep.	110	133	375	584	700	710	650	514	423	839
Oct.	98	98	249	502	666	748	741	653	590	770
Nov.	85	85	133	398	590	745	786	748	707	672
Dec.	82	82	91	353	568	738	779	779	748	628

32 Deg

	N (Shade)	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SSE/ SSW	S	Hor.
Jan.	76	76	91	331	552	722	786	789	776	555
Feb.	85	85	205	470	647	764	782	732	697	685
Mar.	101	117	338	577	716	748	716	615	555	795
Apr.	114	252	461	631	716	691	590	445	363	855
May	120	350	536	656	694	628	489	312	233	874
June	139	385	555	656	675	596	439	262	189	871
July	126	350	527	643	678	612	473	303	227	861
Aug.	117	249	445	615	691	663	571	429	350	836
Sep.	104	110	325	546	678	716	688	596	540	770
Oct.	88	88	199	451	615	738	754	710	678	672
Nov.	76	76	91	325	546	710	773	776	767	552
Dec.	69	69	69	265	511	688	776	795	795	498

ตารางที่ 7 แสดง Maximum Solar Heat Gain Factor (W/m^2) for Sunlit Glass, North Latitudes

ที่มา ; Mechanical and Electrical Electrical Equipment for Buildings. John Wiley & Sons, Inc., Seventh Edition, Volume 1.1986

Fenestration Facing	Room Construction	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)	L	0.17	0.14	0.11	0.09	0.08	0.33	0.42	0.48	0.56	0.63	0.71	0.76	0.80	0.82	0.82	0.79	0.75	0.84	0.61	0.48	0.38	0.31	0.25	0.20
	M	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
	H	0.25	0.23	0.21	0.20	0.19	0.38	0.45	0.49	0.55	0.60	0.65	0.69	0.72	0.72	0.72	0.70	0.70	0.75	0.57	0.46	0.39	0.34	0.31	0.28
NNE	L	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.26	0.43	0.47	0.44	0.41	0.40	0.39	0.39	0.38	0.36	0.33	0.30	0.26	0.20	0.16	0.13	0.10	0.08	0.07
	M	0.09	0.08	0.07	0.06	0.06	0.24	0.38	0.42	0.39	0.37	0.37	0.36	0.36	0.36	0.34	0.33	0.30	0.27	0.22	0.18	0.16	0.14	0.12	0.10
	H	0.11	0.10	0.09	0.09	0.08	0.26	0.39	0.42	0.39	0.36	0.35	0.34	0.34	0.33	0.32	0.31	0.28	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12
NE	L	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.23	0.41	0.51	0.51	0.45	0.39	0.36	0.33	0.31	0.28	0.26	0.23	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05
	M	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
	H	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.23	0.37	0.44	0.44	0.39	0.34	0.31	0.29	0.27	0.26	0.24	0.22	0.20	0.17	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10
ENE	L	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.21	0.40	0.52	0.57	0.53	0.45	0.39	0.34	0.31	0.28	0.25	0.22	0.18	0.14	0.12	0.09	0.08	0.06	0.05
	M	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.20	0.35	0.45	0.49	0.47	0.41	0.36	0.33	0.30	0.28	0.26	0.23	0.20	0.17	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08
	H	0.09	0.09	0.08	0.07	0.07	0.22	0.36	0.46	0.49	0.45	0.38	0.33	0.30	0.27	0.25	0.23	0.21	0.19	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10
E	L	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.19	0.37	0.51	0.57	0.57	0.50	0.42	0.37	0.32	0.29	0.25	0.22	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05
	M	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
	H	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07	0.20	0.34	0.45	0.49	0.49	0.43	0.36	0.32	0.29	0.26	0.24	0.22	0.19	0.17	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10
ESE	L	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.17	0.34	0.49	0.58	0.61	0.57	0.48	0.41	0.36	0.32	0.28	0.24	0.20	0.16	0.13	0.10	0.09	0.07	0.06
	M	0.08	0.07	0.06	0.05	0.05	0.16	0.31	0.43	0.51	0.54	0.51	0.44	0.39	0.35	0.32	0.29	0.26	0.22	0.19	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09
	H	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08	0.19	0.32	0.43	0.50	0.52	0.49	0.41	0.36	0.32	0.29	0.26	0.24	0.21	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11
SE	L	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.13	0.28	0.43	0.55	0.62	0.63	0.57	0.48	0.42	0.37	0.33	0.28	0.24	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.07
	M	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
	H	0.11	0.10	0.10	0.09	0.08	0.17	0.28	0.40	0.49	0.53	0.53	0.48	0.41	0.36	0.33	0.30	0.27	0.24	0.20	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12
SSE	L	0.07	0.05	0.04	0.04	0.03	0.06	0.15	0.29	0.43	0.55	0.63	0.64	0.60	0.52	0.45	0.40	0.35	0.29	0.23	0.18	0.15	0.12	0.10	0.08
	M	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06	0.08	0.16	0.26	0.38	0.48	0.55	0.57	0.54	0.48	0.43	0.39	0.35	0.30	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.12
	H	0.12	0.11	0.11	0.10	0.09	0.12	0.19	0.29	0.40	0.49	0.54	0.55	0.51	0.44	0.39	0.35	0.31	0.27	0.23	0.20	0.18	0.16	0.15	0.13
S	L	0.08	0.07	0.05	0.04	0.04	0.06	0.09	0.14	0.22	0.34	0.48	0.59	0.65	0.65	0.59	0.50	0.43	0.36	0.28	0.22	0.18	0.15	0.12	0.10
	M	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
	H	0.13	0.12	0.12	0.11	0.10	0.11	0.14	0.17	0.24	0.33	0.43	0.51	0.56	0.55	0.50	0.43	0.37	0.32	0.26	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15
SSW	L	0.10	0.08	0.07	0.06	0.05	0.06	0.09	0.11	0.15	0.19	0.27	0.39	0.52	0.62	0.67	0.65	0.58	0.46	0.36	0.28	0.23	0.19	0.15	0.12
	M	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.09	0.11	0.13	0.15	0.18	0.25	0.35	0.46	0.55	0.59	0.59	0.53	0.44	0.35	0.30	0.25	0.22	0.19	0.16
	H	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.12	0.14	0.16	0.18	0.21	0.27	0.37	0.46	0.53	0.57	0.55	0.49	0.40	0.32	0.26	0.23	0.20	0.18	0.16

ตารางที่ 8 แสดง Cooling Load Factors (CLF)for Glass Without Interior Shading,North Latitudes

ที่มา : Mechanical and Electrical Electrical Equipment for Buildings. John Wiley & Sons, Inc., Seventh Edition, Volume 1,1986