บทที่ 3

ค่าระดับของตัวแปรที่ใช้สร้างแบบประเมิน

จากการศึกษางานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง จะพบว่าตัวแปรที่สำคัญมีอิทธิพลต่อการป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคารที่มีความเหมาะสมในการนำมาใช้เป็นตัวบ่งชี้ถึงศักยภาพในการประหยัดพลังงานก็คือ ความสามารถในการถ่ายเทความร้อนของผนังอาคาร มวลสารและค่าความจุความร้อนเฉพาะของผนังอาคารประเภทต่างๆ ตำแหน่งทิศทางการตั้งของผนังอาคารนั้นๆ โดยระเบียบวิธีวิจัยที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ถูกแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

- ขั้นตอนที่ 1 การพิจารณาเลือกผนังอาคารที่จะนำมาใช้ในการสร้างแบบประเมิน
- ขั้นตอนที่ 2 ทำการหาค่าตัวแปรที่มีอิทธิพลในการป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคารของผนังอาคารประเภทต่างๆ และขอบเขตของตัวแปรแต่ละชนิดที่กำหนดไว้เพื่อสร้างระดับคะแนน
- ขั้นตอนที่ 3 ทำการสร้างแบบประเมินค่าการประหยัดพลังงานในส่วนผนังอาคาร กรณีอาคารมีการใช้ระบบปรับอากาศ

3.1 ผนังอาคารที่นำมาใช้ในการสร้างแบบประเมิน

จากบทที่ 2 จะเห็นว่า ในปัจจุบันมีวัสดุในการก่อสร้างผนังอาคารให้เลือกใช้มากมายหลายประเภท นับตั้งแต่วัสดุธรรมชาติที่นำมาใช้ตั้งแต่อดีต เช่น ไม้ ไม้ไผ่ เป็นต้น หรือวัสดุที่นิยมใช้ในการก่อสร้างผนังอาคารในปัจจุบัน เช่น อิฐมอญ อิฐมวลเบา คอนกรีตบล็อก เป็นต้น นอกจากนี้จากผลการวิจัยของอุทัย ศุจิสกุลวงศ์ ที่ทำการศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังวัสดุก่อของอาคารพักอาศัยในเขตร้อนชื้น พบว่าผนังอาคารที่เหมาะสมสำหรับภูมิอากาศแบบร้อนชื้นนั้นควรมีการผสมผสานระหว่างมวลสารของผนังอาคารและฉนวนป้องกันความร้อน สำหรับอาคารที่ไม่ปรับอากาศนั้นผนังที่ใช้วัสดุก่อควรที่จะมีมวลสารที่พอเหมาะเพื่อดูดซับและหน่วงเหนี่ยวความร้อนในเวลากลางวันเพื่อลดความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายในอาคาร สำหรับอาคารปรับอากาศผนังควรที่จะมีการติดตั้งฉนวนกันความร้อนที่ผิวภายนอกเพื่อช่วยสกัดกั้นความร้อนจากภายนอกและผิวผนังภายในควรมีมวลสารน้อยเพื่อลดภาระในการทำความเย็นในช่วงเปิดเครื่องปรับอากาศ ดังนั้นในการศึกษานี้นอกจากจะทำการเลือกผนังอาคารที่นิยมใช้ในปัจจุบันแล้ว ยังทำการระบบผนังป้องกันความร้อนเข้ากับผนังอาคารเหล่านั้น เพื่อให้ทราบถึงศักยภาพที่เปลี่ยนไปของผนังอาคารเหล่านั้น ซึ่งจะเป็นแนวทางหนึ่งในการปรับปรุงศักยภาพของผนังอาคารที่มีอยู่เดิม

สำหรับผนังอาคารประเภทต่างๆที่มีการใช้งานจริงในปัจจุบันสามารถพบเห็นได้โดยทั่วไปในประเทศไทยในอาคารประเภทต่างๆ นั้นได้ทำการพิจารณามาใช้ในการศึกษาครั้งนี้จำนวน 20 ประเภท

- ผนังประเภทที่ 1 ผนังโลหะลูกฟูก เช่น โรงงานอุตสาหกรรม
- ผนังประเภทที่ 2 ผนังไม้ชั้นเดียว เช่น บ้านไทย (เช่น ผนังฝาปะกน) บ้านพักอาศัย
- ผนังประเภทที่ 3 ผนังไม้ 2 ชั้น เช่น บ้านไทย บ้านพักอาศัย (เป็นผนังที่มีโครงเคร่าตรงกลางและทำการปิดแผ่นไม้ตกแต่งทั้ง 2 ด้าน)

- ผนังประเภทที่ 4 ผนังยิปซั่มบอร์ด เช่น บ้านพักอาศัย
- ผนังประเภทที่ 5 ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.10 เมตร (พบมากในการก่อสร้างผนังอาคารในประเทศไทย) เช่น บ้านพักอาศัยทั่วไป อาคารสาธารณะ อาคารสำนักงาน
- ผนังประเภทที่ 6 ผนังก่ออิฐตกแต่งด้วยผนังวีว่า บอร์ด (ใช้ตกแต่งผนังอาคารที่มีอยู่แล้ว หรือสร้างใหม่) เช่น บ้านพักอาศัย อาคารสาธารณะ
- ผนังประเภทที่ 7 ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.175 เมตร เช่น บ้านพักอาศัย อาคารสาธารณะ อาคารสำนักงาน
- ผนังประเภทที่ 8 ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.30 เมตร
- ผนังประเภทที่ 9 ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.50 เมตร
- ผนังประเภทที่ 10 ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.70 เมตร
- ผนังประเภทที่ 11 ผนังก่ออิฐฉาบปูน 2 ชั้น มีช่องว่างอากาศตรงกลาง เช่น โบสถ์วัดไทย
- ผนังประเภทที่12 ผนังก่ออิฐมวลเบาหนา 0.10 เมตร (ปัจจุบันนิยมมากในการก่อสร้างผนังอาคารในประเทศไทย ตามโครงการบ้านจัดสรรทั่วไป) เช่น บ้านพักอาศัย อาคารสาธารณะ อาคารสำนักงาน
- ผนังประเภทที่ 13 ผนังก่ออิฐบล็อกหนา 0.10 เมตร เช่น บ้านพักอาศัย อาคารสาธารณะ อาคารสำนักงาน
- ผนังประเภทที่ 14 ผนังคอนกรีตเสริมเหล็กหนา 0.10 เมตร เช่น อาคารสาธารณะ อาคารสำนักงาน
- ผนังประเภทที่ 15 ผนังแผ่นสำเร็จรูปบุด้วยแผ่นอลูมิเนียม เช่น อาคารสำนักงาน
- ผนังประเภทที่ 16 ผนังแผ่นสำเร็จรูปบุด้วยแผ่นวีว่า บอร์ด (สำหรับอาคารที่ต้องการควบคุมงบประมาณการก่อสร้าง) เช่น อาคารสำนักงาน อาคารสาธารณะ ศูนย์การค้า
- ผนังประเภทที่ 17 ผนังแผ่นสำเร็จรูปบุด้วยแผ่นอลูมิเนียม เพิ่มฉนวนตรงกลาง เช่น อาคารสำนักงาน อาคารสาธารณะ
- ผนังประเภทที่ 18 ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก + โฟมหนา 1 นิ้ว
- ผนังประเภทที่ 19 ผนังระบบฉนวนกันความร้อน ภายนอก+ โฟมหนา 2 นิ้ว
- ผนังประเภทที่ 20 ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก + โฟมหนา 3 นิ้ว เช่น บ้านพักอาศัย อาคารสาธารณะ

และจากผนังอาคารประเภทต่างๆที่มีการใช้งานจริงจำนวน 20 ประเภทข้างต้นได้นำผนังอาคารที่มีการนิยมใช้ในการก่อสร้างมาเพิ่มผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก (EIFS) โดยมีความหนาของฉนวน (โฟมโพลีสไตรีน) ที่มีขนาดแตกต่างกัน เพื่อจะทราบถึงศักยภาพที่เปลี่ยนแปลงไป และเป็นการเพิ่มแนวทางในการปรับปรุงผนังอาคารเดิมด้วย ผนังอาคารที่เลือกมาเพื่อดูการเพิ่มศักยภาพมีดังนี้

- ผนังก่ออิฐมอญ
  - ผนังก่ออิฐมอญ เพิ่มผนัง EIFS + โฟมหนา 1 นิ้ว
  - ผนังก่ออิฐมอญ เพิ่มผนัง EIFS + โฟมหนา 2 นิ้ว
  - ผนังก่ออิฐมอญ เพิ่มผนัง EIFS + โฟมหนา 3 นิ้ว

ภาพที่ 9 แสดงการติดตั้งผนัง EIFS กับผนังก่ออิฐมอญ

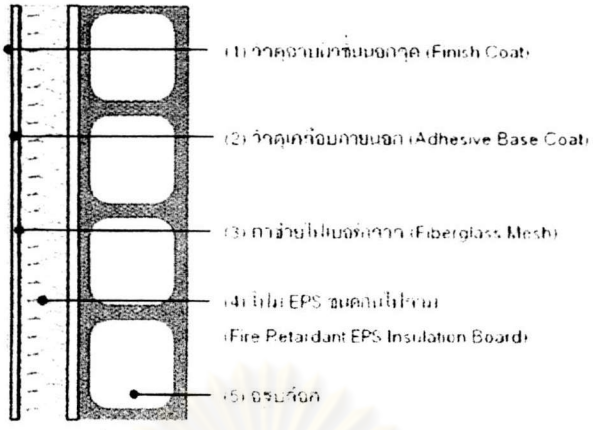
ที่มา : สุนทร บุญญาธิการ, 2536: 134

- ผนังก่ออิฐมวลเบา
  - ผนังก่ออิฐมวลเบา เพิ่มผนัง EIFS + โฟมหนา 1 นิ้ว
  - ผนังก่ออิฐมวลเบา เพิ่มผนัง EIFS + โฟมหนา 2 นิ้ว
  - ผนังก่ออิฐมวลเบา เพิ่มผนัง EIFS + โฟมหนา 3 นิ้ว

ภาพที่ 10 แสดงการติดตั้งผนัง EIFS กับผนังก่ออิฐมวลเบา

ที่มา : สุนทร บุญญาธิการ, 2536: 134

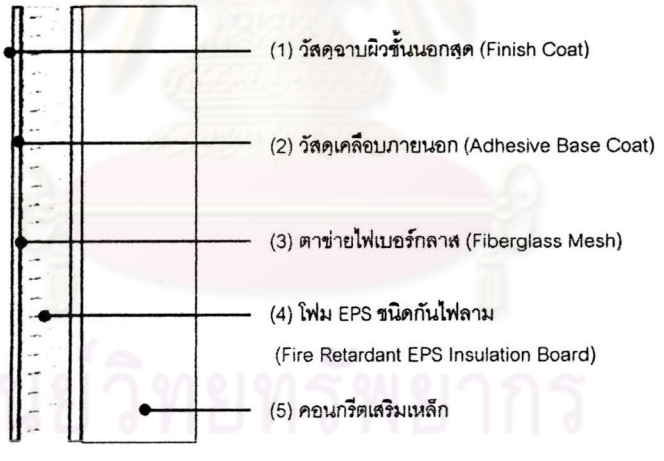
- ผนังก่ออิฐบล็อก
  - ผนังก่ออิฐบล็อกเพิ่มผนัง EIFS + โฟมหนา 1 นิ้ว
  - ผนังก่ออิฐบล็อกเพิ่มผนัง EIFS + โฟมหนา 2 นิ้ว
  - ผนังก่ออิฐบล็อกเพิ่มผนัง EIFS + โฟมหนา 3 นิ้ว



ภาพที่ 11 แสดงการติดตั้งผนัง EIFS กับผนังก่ออิฐบล็อก

ที่มา : สุนทร บุญญาธิการ, 2536: 134

- ผนังคอนกรีตเสริมเหล็ก
  - ผนังคอนกรีตเสริมเหล็กเพิ่มผนัง EIFS + โฟมหนา 1 นิ้ว
  - ผนังคอนกรีตเสริมเหล็กเพิ่มผนัง EIFS + โฟมหนา 2 นิ้ว
  - ผนังคอนกรีตเสริมเหล็กเพิ่มผนัง EIFS + โฟมหนา 3 นิ้ว



ภาพที่ 12 แสดงการติดตั้งผนัง EIFS กับผนังคอนกรีตเสริมเหล็ก

3.2 การหาค่าตัวแปรที่มีอิทธิพลในการป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคารในส่วนผนังอาคารและขอบเขตของตัวแปรเพื่อสร้างระดับคะแนน

- **คุณสมบัติในการป้องกันการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร (การหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม)**

ในการสร้างแบบประเมินค่าการประหยัดพลังงานในส่วนผนังอาคาร เพื่อที่จะทราบถึงศักยภาพของผนังอาคารประเภทต่างๆ ในการป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคาร จากการศึกษางานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง จะพบตัวแปรที่เกี่ยวข้อง คือ ความสามารถในการถ่ายเทความร้อนของผนังอาคาร เพราะปริมาณความร้อนจากอากาศ

ภายนอกที่ถ่ายเทผ่านเข้ามาภายในอาคารโดยผ่านผนังอาคารจะมีปริมาณมากหรือน้อยแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติในความเป็นฉนวนของผนังอาคารแต่ละชนิด ผนังอาคารที่มีความสามารถในการสกัดกั้นไม่ให้ความร้อนถ่ายเทผ่านจากผนังภายนอกสู่ภายในอาคาร ทำให้ช่วยลดปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่ภายในบ้านได้มากเป็นผลให้ลดภาระในการทำความเย็นของระบบปรับอากาศได้มากด้วย การคำนวณภาระในการทำความเย็นที่เกิดจากผนังอาคารคำนวณได้จากสมการ

$$Q = UA(CLTD) \quad \text{.....(1)}$$

จากสมการที่ (1) แสดงว่า ภาระในการทำความเย็นที่เกิดจากผนังอาคารภายนอกอาคารนั้น มีความสัมพันธ์แบบแปรผันโดยตรงกับสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังอาคารนั้นๆ ซึ่งสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวของผนังอาคาร และส่วนประกอบของผนังอาคารนั้นๆ

$$Q \propto U \quad \text{.....(2)}$$

ดังนั้นในการที่จะต้องการประเมินเปรียบเทียบถึงประสิทธิภาพของผนังอาคารประเภทต่างๆ โดยกำหนดว่าผนังอาคารนั้นๆมีพื้นที่และภาระความแตกต่างความร้อนเทียบเท่าเท่ากัน จะพบว่าตัวแปรที่สามารถนำมาใช้ในการประเมินค่าของการประหยัดพลังงานก็คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน หรือค่า U ของผนังอาคารนั้นๆ ผนังที่มีค่า U ยิ่งน้อยก็จะทำให้เกิดภาระในการทำความเย็นน้อยลงตามไปด้วย ซึ่งค่า U ก็คือ ส่วนผกผันของค่าความต้านทานความร้อนหรือ ค่า R ของวัสดุนั้นๆ ดังเห็นได้จากสมการที่ (3)

$$U = 1/R \quad \text{.....(3)}$$

หมายความว่า ผนังที่มีค่า R ยิ่งมากก็จะทำให้เกิดภาระในการทำความเย็นน้อยลง ค่า R เป็นตัวบ่งบอกถึงความสามารถในการสกัดกั้นความร้อนไม่ให้เคลื่อนที่ผ่านจากอากาศด้านหนึ่งไปยังอากาศอีกด้านหนึ่ง

อนึ่งอาจกล่าวได้ว่าความสามารถในการการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อนของวัสดุใดๆสามารถพิจารณาได้จากค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน หรือ ค่า k ของวัสดุนั้นๆ ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนภายใต้สภาวะคงที่ หมายถึง ปริมาณความร้อนที่ส่งผ่านพื้นที่ผิวของวัสดุ 1 ตารางหน่วย ที่มีความหนา 1 หน่วย ใน 1 หน่วยเวลา โดยมีความแตกต่างของอุณหภูมิผิววัสดุทั้ง 2 ด้าน 1 หน่วย แต่ในทางปฏิบัติผนังอาคารโดยทั่วไปเกิดจากการนำวัสดุหลายชนิดที่มีคุณสมบัติ และความหนาแตกต่างกันมาประกอบกัน ค่าความนำความร้อนของวัสดุ หรือ ค่า C ของผนังใดๆ คือ อัตราส่วนระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่อความหนาของวัสดุ ดังเห็นได้จากสมการที่ (4)

$$C = k / \Delta x \quad \text{.....(4)}$$

แต่คุณสมบัติที่แสดงถึงความเป็นฉนวนของวัสดุใดๆ พิจารณาได้จากค่าความต้านทานความร้อน หรือค่า R ของวัสดุนั้น และค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุมีค่าเท่ากับ ส่วนกลับของค่าความนำความร้อนของวัสดุนั่นๆเอง ดังเห็นได้จากสมการที่ (5)

$$R = 1/C \text{ หรือ } R = \Delta x / k \quad \text{.....(5)}$$

ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน หรือ ค่า k ของวัสดุนั้นๆ สามารถหาได้จากตารางแสดงค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) และความหนาแน่นของวัสดุต่างๆ

ตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) และความหนาแน่นของวัสดุต่างๆ

ที่มา : คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร, 2536: 56

ลำดับที่	วัสดุ	ความหนาแน่น kg/m^3	ค่า k W/m C
1	แผ่นซีเมนต์แอสเบสตอส	1860	0.198
2	แผ่นฉนวนกันความร้อนแอสเบสตอส	720	0.108
3	วัสดุมุงหลังคาที่ทำด้วยแอสฟัลท์	2240	1.226
4	บิตูเม็น(bitumen)		1.298
5	อิฐ		
	(a) แห้ง และฉาบปูนหรือปิดด้วยแผ่นโมเสด	1760	0.807
	(b) ความชื้น 6%	1872	1.211
	(c) ผนัง(ไม่ฉาบปูน)		1.154
6	คอนกรีต	2400	1.442
7	คอนกรีต ชนิดเบา ขนาดความหนาแน่นต่างๆ	960	0.303
		1120	0.346
		1280	0.476
8	แผ่นไม้ก๊อก	144	0.042
9	แผ่นไฟเบอร์(fibre board)	264	0.052
10	ไฟเบอร์กลาส(ดูใยแก้ว)		
	(a) แบบม้วน(Blank		0.038
	(c) แบบท่อสำเร็จ(Rigid pipe sections)	56-80	0.038
11	แผ่นกระจก	2512	1.053
12	ใยแก้ว สานเป็นแผ่น หรือสอดไส้อยู่ระหว่างวัสดุอื่น 2 แผ่น (แห้ง)	32	0.035
13	แผ่นยิปซั่ม	880	0.191
14	แผ่นไม้อัดฮาร์ดบอร์ด		
	(a) มาตรฐาน	1024	0.216
	(b) ปานกลาง	640	0.123

15	โลหะ		
	(a) โลหะผสมของอลูมิเนียม แบบธรรมดา	2672	211
	(b) ทองแดง ที่มีขายเชิงพาณิชย์	8784	385
	(c) เหล็กกล้า	7840	47.6
16	ใยแร่ อัดแน่นเป็นแผ่น	32-104	0.032-0.035
17	วัสดุใช้ฉาบหรือปิดผิว		
	(a) ยิปซั่ม	880	0.191
	(b) ปูนฉาบ น้ำหนักเบา	300	0.063
	น้ำหนักปานกลาง	1104	0.274
	(c) เพอร์ไลท์	616	0.115
	(d) ปูนผสมทราย	1568	0.533
	(e) เวอร์มิคูไลท์	640-960	0.202-0.303
18	โพลีสไตรีน เบ่งขยายตัว	16	0.035
19	โพลียูรีเทน โฟม	24	0.024
20	วัสดุทำพื้น PVC	1360	0.173
21	ดินอัดหลวม(ร่วนซุย) ความชื้น 14%	1200	0.375
22	หิน		
	หินทราย	2000	1.298
	แกรนิต	2640	2.927
	หินอ่อน	2640	1.298
23	กระเบื้อง หลังคา	1890	0.836
24	ไม้		
	ไม้เนื้ออ่อน	608	0.125
	ไม้เนื้อแข็ง	720	0.138
	ไม้อัด	528	0.138
25	เวอร์มิคูไลท์ แบบเม็ดหยาบอัดหลวม	80-112	0.065
26	ไม้อัดชีพบอร์ด	800	0.144
27	ไม้พื้นแผ่นเรียบ	400	0.086
28	หินล้าง	2245	0.115
29	กรวดล้าง	2244	0.115
30	คอนกรีตบล็อก		0.519

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

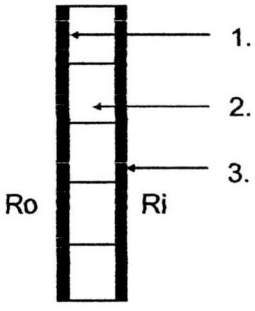
นอกจากคุณสมบัติในความเป็นฉนวนของวัสดุต่างๆ ที่ใช้ประกอบกันเป็นผนัง จะเป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อภาระในการทำความเย็นของระบบปรับอากาศแล้ว ความสามารถในการต้านทานความร้อนโดยรวมของผนังอาคารยังขึ้นอยู่กับตัวแปรที่สำคัญอีกตัวหนึ่ง คือ ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศ ทั้งนี้เนื่องจากความสามารถในการส่งผ่านความร้อนระหว่างผิววัตถุใดๆ กับอากาศที่อยู่โดยรอบขึ้นอยู่กับค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศนิ่งที่ผิวของวัตถุนั้น ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศสามารถแบ่งออกได้เป็น

ตารางที่ 2 แสดงค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนัง

ชนิดของผิววัสดุ	ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศ (m^2 C / W)
ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังด้านใน(Ri)	
กรณีที่ผิวมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง	0.120
กรณีที่ผิวมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ	0.299
ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิวผนังด้านนอก(Ro)	
ผิวมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง	0.044
ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่อยู่ภายในช่องว่างอากาศ(Ra)	
กรณีที่ผิวมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง	
ช่องว่างอากาศกว้าง 5 มม.	0.110
ช่องว่างอากาศกว้าง 20 มม.	0.148
ช่องว่างอากาศกว้าง 100 มม.	0.160
กรณีที่ผิวมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ	
ช่องว่างอากาศกว้าง 5 มม.	0.250
ช่องว่างอากาศกว้าง 20 มม.	0.578
ช่องว่างอากาศกว้าง 100 มม.	0.606

การหาค่าคุณสมบัติในการป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคาร คือ ค่าความต้านทานความร้อน (R-Value) และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (ค่า U) ซึ่งสามารถหาได้ตามสมการที่ (3) และสมการที่ (5) ดังจะแสดงตัวอย่างการหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (ค่า U) ดังนี้

ตารางที่ 3 แสดงตัวอย่างการหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.10 เมตร

ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.10 เมตร	การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม			
	วัสดุ	ความหนา	k	$R=\Delta x/k$
		(ft)	(Btu.ft/h ft^2 ^{o}F)	(h ft^{2o} F/Btu)
	ฟิล์มอากาศภายนอก			0.25
	ปูนฉาบ	0.041	0.308	0.13
	อิฐ	0.246	0.466	0.53
	ปูนฉาบ	0.041	0.308	0.13
	ฟิล์มอากาศภายใน			0.68
1. ปูนฉาบ				
2. อิฐ	R (h ft^{2o} F/Btu)			1.72
3. ปูนฉาบ	U (Btu/h ft^2 ^{o}F)			0.581

หมายเหตุ ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) ได้จากตารางที่ 1

ตารางที่ 4 แสดงการหาค่าในส่วนคุณสมบัติของวัสดุ คือค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังอาคารประเภทต่างๆเพื่อนำมาพิจารณาในการสร้างแบบประเมินค่าการประหยัดพลังงานในส่วนของผนังอาคาร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4 แสดงการคิดค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังอาคารประเภทต่างๆ

วัสดุ	ความหนา (เมตร)	ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.10 เมตร	ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.175 เมตร	ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.30 เมตร	ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.50 เมตร	ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.70 เมตร	ผนังก่ออิฐฉาบปูน 2 ชั้นมีช่องว่างอากาศตรงกลาง	ผนังก่ออิฐเพิ่มEIFS+โฟม 1 นิ้ว	ผนังก่ออิฐเพิ่มEIFS+โฟม 2 นิ้ว	ผนังก่ออิฐเพิ่มEIFS+โฟม 3 นิ้ว	ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.10 เมตร ตกแต่งด้วยวีว่า บอร์ด	ผนังก่ออิฐมวลเบาหนา 0.10 เมตร	ผนังก่ออิฐบล็อกหนา 0.10 เมตร	ผนังคอนกรีตเสริมเหล็กหนา 0.10 เมตร	ผนังก่ออิฐมวลเบาเพิ่มEIFS+โฟม 1 นิ้ว	ผนังก่ออิฐมวลเบาเพิ่มEIFS+โฟม 1 นิ้ว	ผนังก่ออิฐมวลเบาเพิ่มEIFS+โฟม 1 นิ้ว
		ค่าความต้านทานความร้อน (R) หน่วย (ft2 h F/Btu)															
ฟิลม์อากาศด้านนอก	-	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250
ความต้านทานปูนผสมทรายฉาบ	0.0125	0.131	0.131	0.131	0.131	0.131	0.131	-	-	-	0.131	0.131	0.131	-	-	-	-
อิฐ	0.0750	0.528	-	-	-	-	0.528	0.528	0.528	0.528	0.528	-	-	-	-	-	-
	0.1500	-	1.057	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0.2750	-	-	1.938	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0.4750	-	-	-	3.347	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0.6750	-	-	-	-	4.750	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
อิฐมวลเบา	0.0750	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.278	-	-	3.278	3.278	3.278
อิฐบล็อก	0.0750	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.824	-	-	-	-
คอนกรีตเสริมเหล็ก	0.1000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.392	-	-	-
ช่องว่างอากาศภายใน	-	-	-	-	-	-	0.841	-	-	-	0.841	-	-	-	-	-	-
วีว่า บอร์ด	0.008-0.024	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.545	-	-	-	-	-	-
อิฐ	0.0750	-	-	-	-	-	0.528	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
โฟม 1 นิ้ว	0.0250	-	-	-	-	-	-	4.057	-	-	-	-	-	-	4.057	-	-
โฟม 2 นิ้ว	0.0500	-	-	-	-	-	-	-	8.119	-	-	-	-	-	-	8.119	-
โฟม 3 นิ้ว	0.0750	-	-	-	-	-	-	-	-	12.176	-	-	-	-	-	-	12.176
แผ่นยิปซั่มบอร์ด	0.0120	-	-	-	-	-	-				-	-	-	-			
ความต้านทานปูนผสมทรายฉาบ	0.0125	0.131	0.131	0.131	0.131	0.131	0.131	0.131	0.131	0.131	0.131	0.131	0.131	-	0.131	0.131	0.131
ฟิลม์อากาศด้านใน	-	0.682	0.682	0.682	0.682	0.682	0.682	0.682	0.682	0.682	0.682	0.682	0.682	0.682	0.682	0.682	0.682
ความต้านทานรวม (ft2 h F/Btu)		1.722	2.250	3.131	4.540	5.943	3.091	5.648	9.710	13.767	3.108	4.471	2.017	1.324	8.397	12.460	16.517
ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (Btu/h ft2 F)		0.581	0.444	0.319	0.220	0.168	0.324	0.177	0.103	0.073	0.322	0.224	0.496	0.755	0.119	0.080	0.061

ตารางที่ 4(ต่อ) แสดงการคิดค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังอาคารประเภทต่างๆ

วัสดุ	ความหนา (เมตร)	ผนังก่ออิฐมอญก่อเพิ่มEIFS+โฟม 1 นิ้ว	ผนังก่ออิฐมอญก่อเพิ่มEIFS+โฟม 2 นิ้ว	ผนังก่ออิฐมอญก่อเพิ่มEIFS+โฟม 3 นิ้ว	ผนังไม้ชั้นเดียว	ผนังไม้ 2 ชั้น	ผนังยิปซั่มบอร์ด	ผนังคอนกรีตเสริมเหล็กเพิ่มEIFS+โฟม 1 นิ้ว	ผนังคอนกรีตเสริมเหล็กเพิ่มEIFS+โฟม 2 นิ้ว	ผนังคอนกรีตเสริมเหล็กเพิ่มEIFS+โฟม 3 นิ้ว	ผนังระบายความร้อนภายนอก+โฟมหนา 1 นิ้ว	ผนังระบายความร้อนภายนอก+โฟมหนา 2 นิ้ว	ผนังระบายความร้อนภายนอก+โฟมหนา 3 นิ้ว	ผนังโลหะลูกฟูก	แผ่นฟอยล์สำหรับรูปปูด้วยแผ่นอะลูมิเนียม	แผ่นฟอยล์สำหรับรูปปูด้วยแผ่นบอร์ด	แผ่นฟอยล์สำหรับรูปปูด้วยแผ่นอะลูมิเนียมเพิ่มเติม
		ค่าความต้านทานความร้อน (R) หน่วย (ft2 h F/Btu)															
ฟิลม์อากาศด้านนอก	-	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250
ความต้านทานปูนผสมทรายฉาบ	0.0125	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ไม้เนื้อแข็ง	0.0125	-	-	-	0.517	0.517	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ซิฐบล็อก	0.0750	0.824	0.824	0.824	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
คอนกรีตเสริมเหล็ก	0.1000	-	-	-	-	-	-	0.392	0.392	0.392	-	-	-	-	-	-	-
แผ่นอลูมิเนียม		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0001	-	-
โลหะลูกฟูก	0.0010	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0001	-	-	0.0001
วีว่า บอร์ด	0.008-0.024	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.545	-
แผ่นยิปซั่มบอร์ด	0.0120	-	-	-	-	-	0.358				0.358	0.358	0.358	-	0.358	0.358	0.358
ช่องว่างอากาศภายใน	-	-	-	-	-	0.841	0.841	-	-	-	0.841	0.841	0.841	-	0.909	0.909	-
ฉนวนไมโครไฟเบอร์		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.500
ไม้เนื้อแข็ง	0.0125	-	-	-	-	0.517	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
โฟม 1 นิ้ว	0.0250	4.057	-	-	-	-	-	4.057	-	-	4.057	-	-	-	-	-	-
โฟม 2 นิ้ว	0.0500	-	8.119	-	-	-	-	-	8.119	-	-	8.119	-	-	-	-	-
โฟม 3 นิ้ว	0.0750	-	-	12.176	-	-	-	-	-	12.176	-	-	12.176	-	-	-	-
แผ่นยิปซั่มบอร์ด	0.0120				-	-	0.358	-	-	-	0.358	0.358	0.358	-	-	-	-
ความต้านทานปูนผสมทรายฉาบ	0.0125	0.131	0.131	0.131	-	-	-	0.131	0.131	0.131	-	-	-	-	-	-	-
ฟิลม์อากาศด้านใน	-	0.682	0.682	0.682	0.682	0.682	0.682	0.682	0.682	0.682	0.682	0.682	0.682	0.682	0.682	0.682	0.682
ความต้านทานรวม (ft2 h F/Btu)		5.943	10.006	14.063	1.449	2.807	2.489	5.511	9.574	13.631	6.545	10.608	14.665	0.932	2.199	2.744	8.790
ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (Btu/h ft2 F)		0.168	0.100	0.071	0.690	0.356	0.402	0.181	0.104	0.073	0.153	0.094	0.068	1.073	0.455	0.364	0.114

*หมายเหตุ เป็นผนังอาคารประเภทที่ทำการสมมติขึ้นเพื่อให้ทราบถึงศักยภาพของผนังที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อมีการปรับปรุงเพิ่มผนังระบบฉนวนกันความร้อนเข้าไป

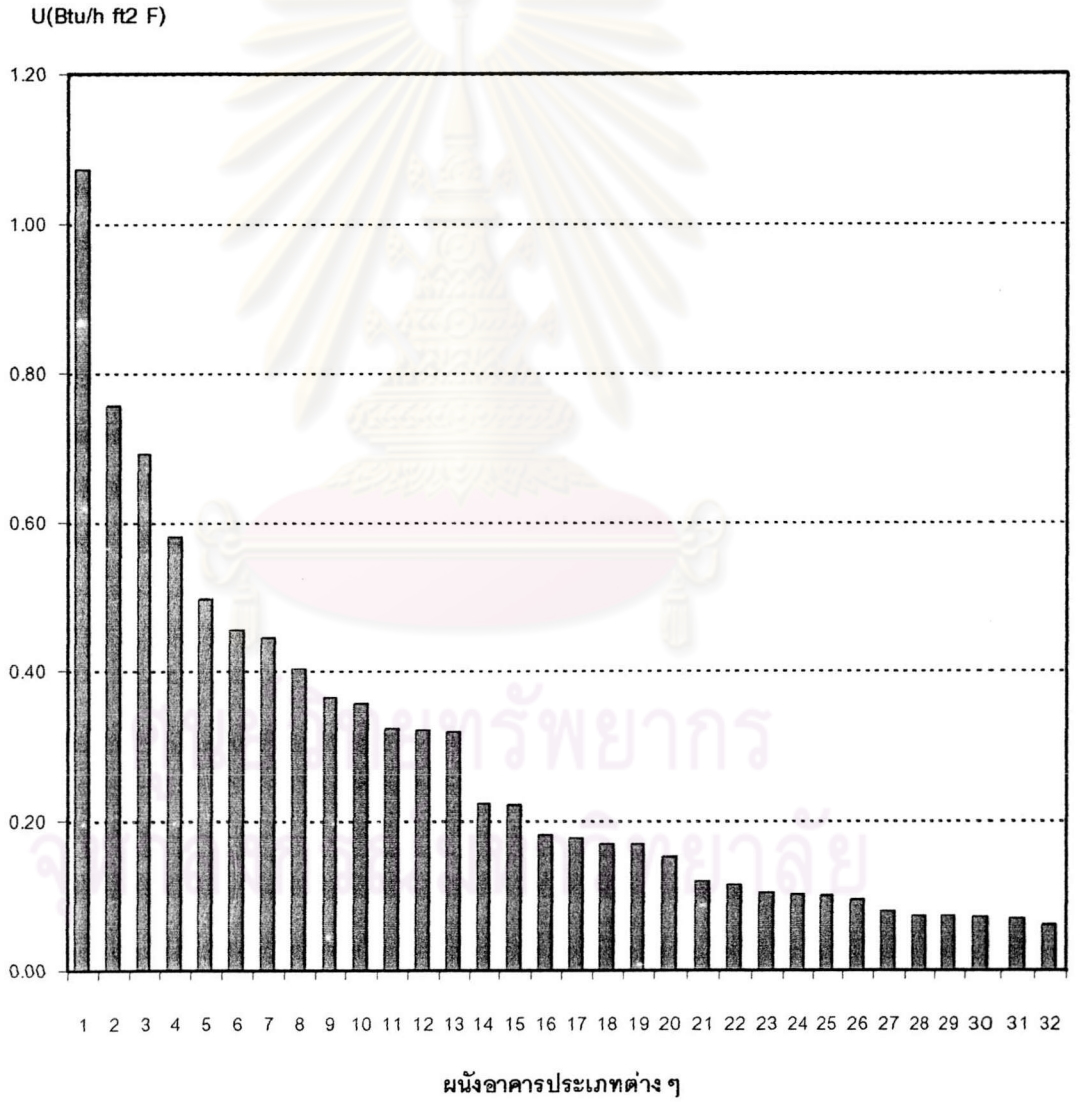
จากตารางที่ 4 สามารถสรุปค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (ค่า U) ของผนังอาคารประเภทต่างๆ ได้ดังนี้

ตารางที่ 5 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (ค่า U) ของผนังอาคารประเภทที่ได้จากการคำนวณ

	ผนังอาคารประเภทต่างๆที่ใช้ในการศึกษา	R (ft2 h F/Btu)	U (Btu/h ft2 F)
1	ผนังโลหะลูกฟูก	0.932	1.073
2	ผนังไม้ชั้นเดียว	1.449	0.690
3	ผนังไม้ 2 ชั้น	2.807	0.356
4	ผนังยิปซั่มบอร์ด	2.489	0.402
5	ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.10 เมตร	1.722	0.581
6	ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.175 เมตร	2.250	0.444
7	ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.30 เมตร	3.131	0.319
8	ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.50 เมตร	4.540	0.220
9	ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.70 เมตร	5.943	0.168
10	ผนังก่ออิฐเพิ่มEIFS+โฟม 1 นิ้ว*	5.648	0.177
11	ผนังก่ออิฐเพิ่มEIFS+โฟม 2 นิ้ว*	9.710	0.103
12	ผนังก่ออิฐเพิ่มEIFS+โฟม 3 นิ้ว*	13.767	0.073
13	ผนังก่ออิฐฉาบปูน 2 ชั้น มีช่องว่างอากาศตรงกลาง	3.091	0.324
14	ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.10 เมตรตกแต่งด้วยวีว่า บอร์ด	3.108	0.322
15	ผนังก่ออิฐมวลเบาหนา 0.10 เมตร	4.471	0.224
16	ผนังก่ออิฐมวลเบาเพิ่มEIFS+โฟม 1 นิ้ว*	8.397	0.119
17	ผนังก่ออิฐมวลเบาเพิ่มEIFS+โฟม 2 นิ้ว*	12.460	0.080
18	ผนังก่ออิฐมวลเบาเพิ่มEIFS+โฟม 3 นิ้ว*	16.517	0.061
19	ผนังก่ออิฐบล็อกหนา 0.10 เมตร	2.017	0.496
20	ผนังก่ออิฐบล็อกเพิ่มEIFS+ โฟม 1 นิ้ว*	5.943	0.168
21	ผนังก่ออิฐบล็อกเพิ่มEIFS+ โฟม 2 นิ้ว*	10.006	0.100
22	ผนังก่ออิฐบล็อกเพิ่มEIFS+ โฟม 3 นิ้ว*	14.063	0.071
23	ผนังคอนกรีตเสริมเหล็กหนา 0.10 เมตร	1.324	0.755
24	ผนังคอนกรีตเสริมเหล็กเพิ่มEIFS+โฟม 1 นิ้ว*	5.511	0.181
25	ผนังคอนกรีตเสริมเหล็กเพิ่มEIFS+โฟม 2 นิ้ว*	9.574	0.104
26	ผนังคอนกรีตเสริมเหล็กเพิ่มEIFS+โฟม 3 นิ้ว*	13.631	0.073
27	แผ่นผนังสำเร็จบุด้วยแผ่นอลูมิเนียม	2.199	0.455

28	แผ่นผนังสำเร็จบุด้วยวีว่า บอร์ด	2.744	0.364
29	แผ่นผนังสำเร็จบุด้วยแผ่นอลูมิเนียมเพิ่มฉนวนตรงกลาง	8.790	0.114
30	ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก + โฟม 1 นิ้ว	6.545	0.153
31	ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก + โฟม 2 นิ้ว	10.608	0.094
32	ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก + โฟม 3 นิ้ว	14.665	0.068

สรุปค่า U ที่ได้จากผนังอาคารประเภทต่างมีค่าตั้งแต่ 0.060 – 1.073 Btu/h ft^2 ^oF ทำให้ทราบถึงขอบเขตของค่า U ที่จะนำไปใช้ในการสร้างแบบประเมิน โดยจะทำการพิจารณาตามช่วงที่หามาได้จากผนังอาคารดังกล่าวจำนวน 32 ชนิดเท่านั้น



แผนภูมิที่ 2 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังอาคารประเภทต่างๆที่นำมาใช้ในการศึกษาจำนวน 32 ประเภท มีค่าอยู่ในช่วง 0.061 – 1.073 Btu/h ft^2 ^oF

แสดงประเภทของผนังอาคารประเภทต่างๆตามลำดับหมายเลขในแกน x โดยเรียงจากผนังอาคารที่มีค่า U มากที่สุดไปยังผนังอาคารที่มีค่า U น้อยที่สุด ของกลุ่มผนังอาคารตัวอย่างจำนวน 32 ประเภท

1. ผนังโลหะลูกฟูก
2. ผนังคอนกรีตเสริมเหล็กหนา 0.10 เมตร
3. ผนังไม้ชั้นเดียว
4. ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.10 เมตร
5. ผนังก่ออิฐบล็อกหนา 0.10 เมตร
6. แผ่นผนังสำเร็จบุด้วยแผ่นอลูมิเนียม
7. ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.175 เมตร
8. ผนังยิปซั่มบอร์ด
9. แผ่นผนังสำเร็จบุด้วยวีว่า บอร์ด
10. ผนังไม้ 2 ชั้น
11. ผนังก่ออิฐฉาบปูน 2 ชั้น มีช่องว่างอากาศตรงกลาง
12. ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.10 เมตรตกแต่งด้วยวีว่า บอร์ด
13. ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.30 เมตร
14. ผนังก่ออิฐมวลเบาหนา 0.10 เมตร
15. ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.50 เมตร
16. ผนังคอนกรีตเสริมเหล็กเพิ่มEIFS+โฟม 1 นิ้ว*
17. ผนังก่ออิฐเพิ่มEIFS+โฟม 1 นิ้ว*
18. ผนังก่ออิฐบล็อกเพิ่มEIFS+ โฟม 1 นิ้ว*
19. ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.70 เมตร
20. ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก + โฟม 1 นิ้ว
21. ผนังก่ออิฐมวลเบาเพิ่มEIFS+โฟม 1 นิ้ว*
22. แผ่นผนังสำเร็จบุด้วยแผ่นอลูมิเนียมเพิ่มฉนวนตรงกลาง
23. ผนังคอนกรีตเสริมเหล็กเพิ่มEIFS+โฟม 2 นิ้ว*
24. ผนังก่ออิฐเพิ่มEIFS+โฟม 2 นิ้ว*
25. ผนังก่ออิฐบล็อกเพิ่มEIFS+ โฟม 2 นิ้ว*
26. ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก + โฟม 2 นิ้ว
27. ผนังก่ออิฐมวลเบาเพิ่มEIFS+โฟม 2 นิ้ว*
28. ผนังคอนกรีตเสริมเหล็กเพิ่มEIFS+โฟม 3 นิ้ว*
29. ผนังก่ออิฐเพิ่มEIFS+โฟม 3 นิ้ว*
30. ผนังก่ออิฐบล็อกเพิ่มEIFS+ โฟม 3 นิ้ว*
31. ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก + โฟม 3 นิ้ว
32. ผนังก่ออิฐมวลเบาเพิ่มEIFS+โฟม 3 นิ้ว*

วัตถุประสงค์ในการสร้างแบบประเมินนอกจากผู้ใช้งานแบบประเมินจะทราบถึงระดับคะแนนของผนังอาคารประเภทต่างๆ ในระบบการใช้งานจริงของอาคารนั้นๆแล้ว ผู้ประเมินยังสามารถที่จะทราบอัตราการใช้พลังงานในกรณีอาคารนั้นใช้ระบบปรับอากาศ เมื่อพิจารณาอัตราการใช้พลังงานเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบกันนั้นจะต้องนำเรื่องพื้นที่เข้ามาเกี่ยวข้องด้วย ในการพิจารณาการใช้พลังงานเนื่องจากการถ่ายเทความร้อนในส่วนผนังอาคารจะเปรียบเทียบเป็น บีทียูต่อตารางเมตร (Btu/ft^2)

โดยจากสมการที่ (1) กำหนดให้

$$A = \text{พื้นที่ผนังทึบในทิศทางนั้น / พื้นที่ใช้สอยอาคาร}$$

และ

$$A1 = \text{พื้นที่ผนังทึบ / พื้นที่ใช้สอยอาคาร}$$

ในการหาขอบเขตของ A1 เพื่อนำมาหาขอบเขตของค่าพลังงานที่มากที่สุดและน้อยที่สุด เพื่อเป็นฐานในการเปรียบเทียบระดับคะแนนในกรณีใช้ระบบปรับอากาศ ได้มาจากกลุ่มบ้านตัวอย่างที่ทำการเลือกมาจำนวน 15 หลังที่ตรงตามขอบเขตการศึกษา ดังนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6 แสดงการหาอัตราส่วนพ.ท.ผนังทึบ/พ.ท.ใช้สอยอาคารจากบ้านพักอาศัยกลุ่มตัวอย่างจำนวน 15 หลัง

กลุ่มบ้านตัวอย่าง	พื้นที่ใช้สอย (ตารางฟุต)	พื้นที่ผนังทึบ(ft2)				A(ft2)				A1 (ตารางฟุต)
		N	E	S	W	N	E	S	W	
บ้านกรมโยธา แบบประหยัด 2	571.58	214.6	180.2	215.7	167.3	0.38	0.32	0.38	0.29	1.36
บ้านเดี่ยวเรือนเล็ก	581.58	371.4	75.3	274.5	134.6	0.64	0.13	0.47	0.23	1.47
บ้านลอยขายชั้นครึ่ง	861.14	344.5	332.1	226.0	370.3	0.40	0.39	0.26	0.43	1.48
บ้านกรมโยธา แบบประหยัด 3	706.24	509.5	320.1	495.9	336.0	0.72	0.45	0.70	0.48	2.35
บ้านเรนโบว์	1100.65	488.7	528.5	361.1	564.0	0.44	0.48	0.33	0.51	1.76
บ้านเดี่ยวเบิกบาน	1571.58	452.1	382.1	301.4	333.7	0.29	0.24	0.19	0.21	0.93
บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคกลาง	1133.48	544.6	771.8	557.9	809.5	0.48	0.68	0.49	0.71	2.37
บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคเหนือ	1420.20	1113	1115	1052	1008	0.78	0.78	0.74	0.71	3.02
บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคใต้	1517.76	2576	1587	480.1	836.4	1.70	1.05	0.32	0.55	3.61
บ้านไทยอนุรักษ์ไทยภาคอีสาน	1092.57	653.9	382.1	671.2	395.0	0.60	0.35	0.61	0.36	1.92
บ้านลดาวารี	2077.50	780.8	642.6	791.2	603.9	0.38	0.31	0.38	0.29	1.36
บ้านวรรณวนา	2815.39	862.2	912.8	925.7	873.0	0.31	0.32	0.33	0.31	1.27

จากตารางที่ 6 จะพบว่าค่า A อยู่ในช่วงระหว่าง 0.13 – 1.70 แต่มีการกระจายเกาะกลุ่มอยู่ในช่วง 0.20 – 0.70 แสดงว่าบ้านพักอาศัยส่วนใหญ่มีอัตราส่วนพ.ท.ผนังอาคารในทิศนั้น / พ.ท.ใช้สอยอาคารอยู่ในช่วงนี้ ซึ่งขอบเขตค่า A ที่จะนำมาใช้ในการสร้างแบบประเมินค่าการประหยัดพลังงานในส่วนผนังอาคารจะให้ อัตราส่วนพ.ท.ผนังอาคารในทิศนั้นๆ/พ.ท.ใช้สอยอาคารมีค่าอยู่ในช่วง 0.1 – 2.0 ในกรณีอาคารที่มีการใช้ระบบปรับอากาศ

3.3 การสร้างแบบประเมิน

ในการสร้างแบบประเมินค่าการประหยัดพลังงานในส่วนผนังอาคาร ในกรณีที่อาคารมีการปรับอากาศ ซึ่งสามารถแบ่งการใช้งานในส่วนระบบปรับอากาศของอาคารต่างๆ ได้เป็น 2 ระบบ คือ

มีการปรับอากาศตลอดทั้งวัน เช่น โรงแรม โรงพยาบาล

มีการปรับอากาศเป็นบางช่วงเวลา (ปรับอากาศช่วงกลางวัน หรือปรับอากาศช่วงกลางคืน)

เช่น อาคารบ้านพักอาศัย อาคารสำนักงาน

จากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในบทที่ 2 พบว่าคุณสมบัติของผนังอาคารที่มีความเกี่ยวข้องกับระบบปรับอากาศของอาคาร คือ มวลสาร และคุณสมบัติในการต้านทานความร้อนของผนังอาคารประเภทต่างๆที่มีความแตกต่างกัน ในการพิจารณาสร้างแบบประเมินค่าการประหยัดพลังงานในส่วนผนังอาคาร เรื่องระบบการใช้งานของอาคารจะแบ่งวิธีคิดคำนวณดังนี้

แบ่งรูปแบบการใช้งานของอาคารที่มีการใช้ระบบปรับอากาศเป็น 3 รูปแบบ ดังนี้

รูปแบบที่ 1 มีการใช้ระบบปรับอากาศตลอดทั้งวัน

รูปแบบที่ 2 มีการใช้ระบบปรับอากาศเฉพาะช่วงกลางวัน

รูปแบบที่ 3 มีการใช้ระบบปรับอากาศเฉพาะช่วงกลางคืน

จากสมการที่ (1) นอกจากค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน หรือ ค่า U แล้ว ค่าภาระความแตกต่างความร้อนเทียบเท่า (CLTD) ยังเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ใช้ในการพิจารณาเพื่อทราบถึงประสิทธิภาพของผนังอาคาร เนื่องจากค่า CLTD เป็นสมการที่แสดงความแตกต่างในเรื่องของทิศทางที่ตั้งของผนังอาคารนั้นๆ ซึ่งมีอิทธิพลในลักษณะประเภทของผนังอาคาร และมวลสารของผนังอาคาร ดังนั้นจึงใช้สมการที่ (1)ในการคำนวณหาภาระการทำความเย็นในทิศทางต่างๆ ของผนังอาคารประเภทต่างๆ และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่แตกต่างกัน การจำแนกประเภทของผนังอาคาร ได้อ้างอิงตามหนังสือ ASHRAE, 1989 โดยแบ่งผนังออกเป็น 7 กลุ่มตั้งแต่กลุ่ม A ถึงกลุ่ม G หลักในการแบ่งดูที่ ค่า U มวลสารของผนัง และความแตกต่างของการลำดับการซ้อนชั้นของผนังอาคารดังนี้

ตารางที่ 7 แสดงการจำแนกประเภทของผนังอาคาร
ที่มา : ASHRAE, 1989: 26.35

Group No.	Description of Construction	Weight (lb/ft2)	U-Vale (Btu/h ft2 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 + (heavyweight 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 + (light or heavyweight concrete block)			
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
Heavyweight 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
Light and heavyweight 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. to 3-in. insulation	5	0.091-0.230
Frame wall			
G	1-in. to 3-in. insulation	16	0.081-0.178

จากสมการที่ (1) คือ

$$Q = U*A*CLTD$$

และดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นว่า CLTD เป็นสมการที่แสดงความแตกต่างในเรื่องของทิศทางที่ตั้งของผนังอาคารนั้นๆ จึงต้องมีการปรับค่า CLTD ตามตำแหน่งที่ตั้ง เดือนที่ต้องการหาค่าภาระการทำความเย็น และอุณหภูมิภายในและภายนอกตามสภาพอากาศจริงของเดือนนั้นๆ สูตรที่ใช้ในการปรับค่า CLTD คือ

สมการ

$$CLTD_{corr} = (CLTD + LM)k + (78 - T_r) + (T_o - 85) \quad \ldots\ldots(6)$$

โดยที่

CLTD คือ ค่าที่จำแนกตามผนังอาคารประเภทต่างๆ อ้างอิงตามหนังสือ ASHRAE, 1989

LM คือ ที่ตั้งและเดือน ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ที่ตั้งที่ 16 โดยคิดทั้ง 12 เดือน และนำมาแบ่งเป็นฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว เพื่อที่จะได้ทราบถึงภาระการทำความเย็นสูงสุดของแต่ละฤดู

To คือ ค่าอุณหภูมิอากาศภายนอกซึ่งเป็นค่าอุณหภูมิจริงเฉลี่ยแต่ละเดือนที่ได้จากกรมอุตุนิยมวิทยาปี 2543

Tr คือ ค่าอุณหภูมิอากาศภายในที่ต้องการให้เป็นโดยใช้ระบบปรับอากาศในที่นี้ใช้ค่า Tr 25°C หรือ 77°F

จากการคำนวณด้วยวิธีของ CLTD ทั้งในส่วนของสมการคำนวณผนังอาคาร ค่าของอุณหภูมิอากาศภายนอกที่ใช้ในการคำนวณเป็นค่าที่มีการจำกัดไว้ในสมการ $(t_o - 85)$

$$CLTD_{wall} = (CLTD + LM)K + (78 - t_R) + (t_O - 85)$$

ซึ่งในหนังสือ ASHRAE (ASHRAE, 1989: 26.34)ได้อธิบายไว้ว่าสมการอุณหภูมิอากาศภายนอกนี้สามารถใช้ได้กับอุณหภูมิอากาศภายนอกที่สูงที่สุดคือ 95 องศาฟาเรนไฮต์ (35 องศาเซลเซียส) และค่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ยอยู่ที่ 85 องศาฟาเรนไฮต์ (29.44 องศาเซลเซียส) โดยที่อุณหภูมิอากาศภายนอกนั้นมีการเปลี่ยนแปลง 21 องศาฟาเรนไฮต์ (11.66 องศาเซลเซียส) ซึ่งในการคำนวณหาค่า $CLTD_{corr}$ นี้จะทำการปรับค่าให้ตรงกับอุณหภูมิอากาศภายนอกที่ใช้ในการศึกษา คือ อุณหภูมิอากาศปี 2543

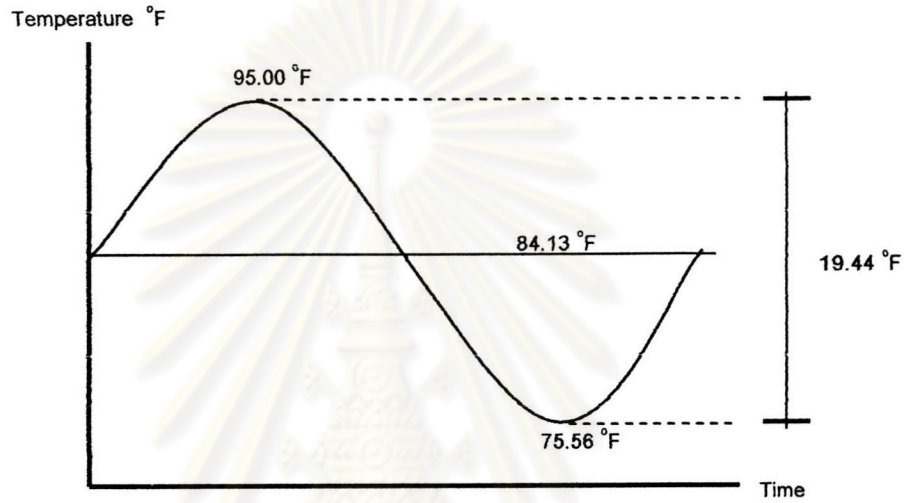
ตารางที่ 8 แสดงข้อมูลอุณหภูมิอากาศภายนอกปี 2543

ที่มา : กรมอุตุนิยมวิทยา

เดือน	อุณหภูมิเฉลี่ย °F	อุณหภูมิสูงสุด °F	อุณหภูมิต่ำสุด °F	อุณหภูมิเปลี่ยนแปลง °F
มกราคม	86.68	95.00	79.34	15.66
กุมภาพันธ์	82.51	90.86	75.92	14.94
มีนาคม	85.54	92.66	80.24	12.42
เมษายน	85.18	90.68	80.78	9.90
พฤษภาคม	85.84	91.22	80.60	10.62
มิถุนายน	84.07	88.88	80.06	8.82
กรกฎาคม	83.89	89.24	79.70	9.54
สิงหาคม	84.02	89.42	79.16	10.26
กันยายน	83.29	89.06	78.80	10.26
ตุลาคม	83.08	89.06	78.44	10.62

พฤศจิกายน	82.19	88.88	75.56	13.32
ธันวาคม	83.29	90.50	76.28	14.22
ค่าเฉลี่ย	**84.13**	**95.00**	**75.56**	**19.44**

จากตารางที่ 8 พบว่าอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยของปี 2543 คือ 84.13 องศาฟาเรนไฮต์ อุณหภูมิอากาศสูงสุดที่ 95.00 องศาฟาเรนไฮต์ และอุณหภูมิที่มีการเปลี่ยนแปลง คือ 19.44 องศาฟาเรนไฮต์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการนำอุณหภูมิอากาศของปี 2543 สามารถนำมาใช้คำนวณในสมการของ CLTD ในส่วนค่าความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายนอก คือ (t_o – 85) ตามสมการคำนวณได้



แผนภูมิที่ 3 แสดงค่าอุณหภูมิสูงสุด ค่าอุณหภูมิเฉลี่ย และค่าอุณหภูมิต่ำสุด ของอุณหภูมิอากาศภายนอกปี 2543

ทำการหาค่าภาระการทำความเย็นจากสมการ

$$Q = U * CLTD_{corr}$$ หน่วย Btu/h ft2.....(7)

ตารางที่ 9 แสดงตัวอย่างการหาค่า $CLTD_{corr}$ ตามสมการที่ (6) ของผนังกลุ่ม A ทิศเหนือ

Time	CLTD	LM	k	Tr	to	CLTDcorr (CLTD+LM)k+(78-Tr)+(to-85)
1:00	14	-4	1	77	78.95	4.95
2:00	14	-4	1	77	78.25	4.25
3:00	14	-4	1	77	77.66	3.66
4:00	13	-4	1	77	77.13	2.13
5:00	13	-4	1	77	76.66	1.66
6:00	13	-4	1	77	76.03	1.03

7:00	12	-4	1	77	76.28	0.28
8:00	12	-4	1	77	77.68	1.68
9:00	11	-4	1	77	80.81	3.81
10:00	11	-4	1	77	83.47	6.47
11:00	10	-4	1	77	86.26	8.26
12:00	10	-4	1	77	87.91	9.91
13:00	10	-4	1	77	89.27	11.27
14:00	10	-4	1	77	89.76	11.76
15:00	10	-4	1	77	89.80	11.80
16:00	10	-4	1	77	89.49	11.49
17:00	11	-4	1	77	87.75	10.75
18:00	11	-4	1	77	85.65	8.65
19:00	12	-4	1	77	83.79	7.79
20:00	12	-4	1	77	82.09	6.09
21:00	13	-4	1	77	81.53	6.53
22:00	13	-4	1	77	80.76	5.76
23:00	14	-4	1	77	80.14	6.14
0:00	14	-4	1	77	79.41	5.41

3.3.1 การพิจารณาค่าภาระการทำความเย็นสูงสุด

หลังจากนั้นทำการคำนวณตามสมการที่ (7) เพื่อหาค่าภาระการทำความเย็นสูงสุดตลอดทั้งปี และแยกตามฤดู คือ ฤดูร้อน (เดือน มี.ค.-มิ.ย.) ฤดูฝน (เดือน ก.ค. –ต.ค.) และฤดูหนาว (เดือน พ.ย. – ก.พ.) (แสดงค่าภาระการทำความเย็นสูงสุดตลอดทั้งปีที่เกิดจากค่า U 0.00 – 1.10 Btu/h ft^2 ^oF ที่ภาคผนวก) ในการสร้างแบบประเมินนี้จะคิดที่ค่าภาระการทำความเย็นสูงสุด โดยพบว่าค่าภาระการทำความเย็นสูงสุดอยู่ที่ฤดูร้อน เดือนพฤษภาคม โดยแบ่งเป็น 2 ชุดข้อมูลคือ ค่าภาระการทำความเย็นที่เกิดจากการใช้ระบบปรับอากาศตลอดทั้งวันและหรือช่วงเวลากลางวัน (6.00-18.00 น.)(เนื่องจากค่าภาระการทำความเย็นที่เกิดจากการใช้ระบบปรับอากาศตลอดทั้งวันและหรือช่วงเวลากลางวันมีค่าเดียวกันจึงรวมระบบการใช้งานของการปรับอากาศทั้ง 2 ระบบนี้เข้าด้วยกัน) แสดงในตารางที่ 10 และภาระการทำความเย็นที่เกิดจากการใช้ระบบปรับอากาศช่วงเวลากลางคืน (19.00-5.00 น.) แสดงในตารางที่ 12 และสามารถเขียนแผนภูมิแสดงค่าภาระการทำความเย็นสูงสุดของผนังแต่ละกลุ่ม และแต่ละทิศทาง ในฤดูร้อน เดือนพฤษภาคม ดังนี้

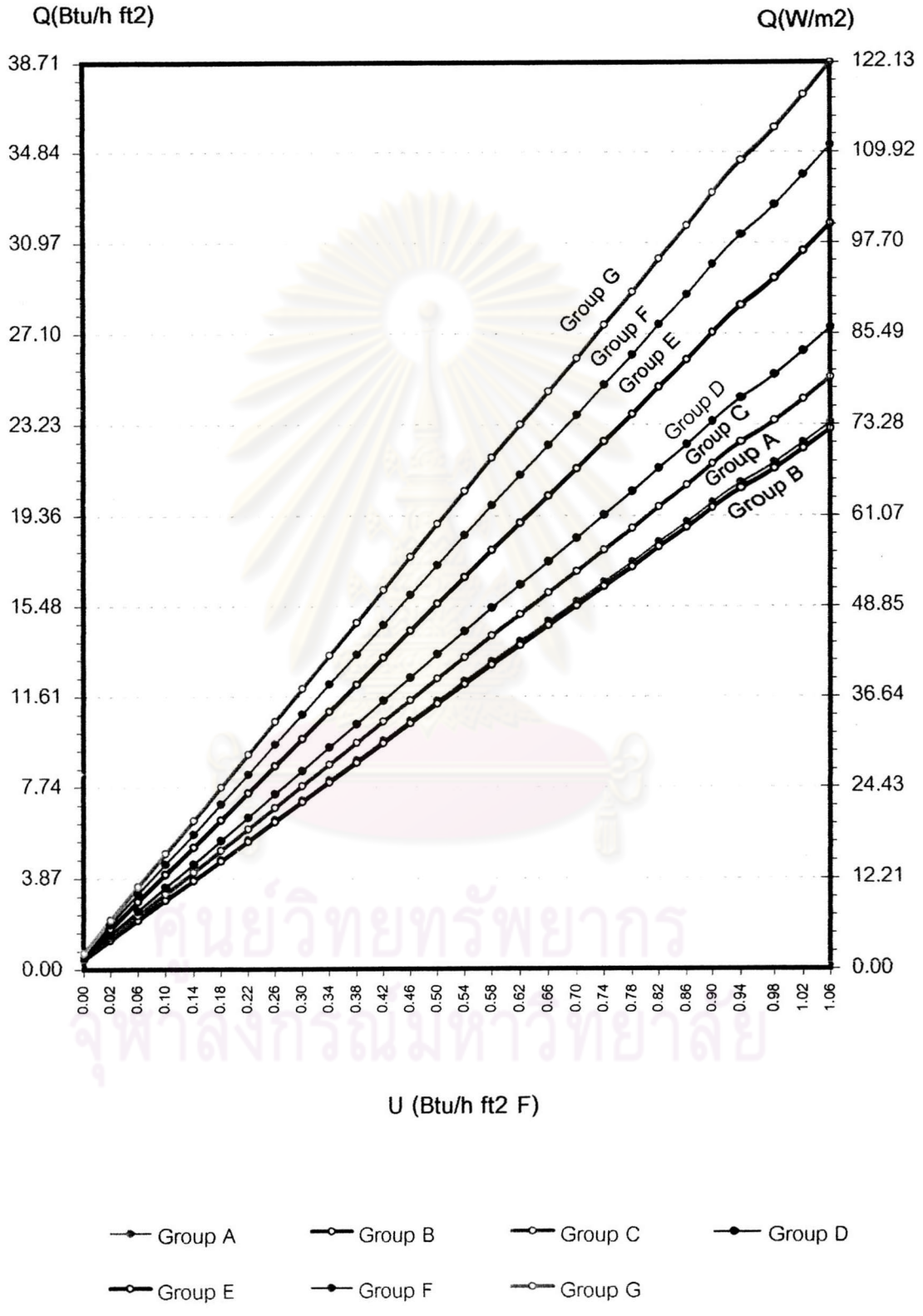
ตารางที่ 10 แสดงค่าภาระการทำความเย็นสูงสุด(Q หน่วย Btu/h ft2)ในอาคารที่มีการปรับอากาศทั้งวันและช่วงเวลากลางวัน (6.00 - 18.00 น.) ฤดูร้อน

ค่า U	ทิศเหนือ							ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ							ทิศตะวันออก							ทิศตะวันออกเฉียงใต้						
(Btu/h ft2 F)	A	B	C	D	E	F	G	A	B	C	D	E	F	G	A	B	C	D	E	F	G	A	B	C	D	E	F	G
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.02	0.42	0.42	0.46	0.50	0.58	0.64	0.70	0.56	0.58	0.64	0.68	0.72	0.78	0.89	0.58	0.62	0.70	0.78	0.87	1.01	1.18	0.46	0.50	0.60	0.68	0.78	0.89	1.04
0.06	1.27	1.26	1.38	1.49	1.73	1.92	2.11	1.68	1.74	1.92	2.04	2.17	2.34	2.68	1.74	1.86	2.11	2.35	2.61	3.04	3.53	1.38	1.50	1.80	2.04	2.35	2.67	3.12
0.10	2.12	2.09	2.29	2.49	2.89	3.19	3.52	2.79	2.89	3.19	3.39	3.62	3.91	4.46	2.89	3.09	3.52	3.92	4.36	5.07	5.89	2.29	2.49	2.99	3.39	3.92	4.46	5.21
0.14	2.97	2.93	3.21	3.48	4.04	4.47	4.93	3.91	4.05	4.47	4.75	5.07	5.47	6.25	4.05	4.33	4.93	5.49	6.10	7.10	8.24	3.21	3.49	4.19	4.75	5.49	6.24	7.29
0.18	3.81	3.77	4.13	4.48	5.20	5.75	6.33	5.03	5.21	5.75	6.11	6.51	7.03	8.03	5.21	5.57	6.33	7.05	7.84	9.13	10.60	4.13	4.49	5.39	6.11	7.05	8.02	9.37
0.22	4.66	4.61	5.05	5.47	6.35	7.03	7.74	6.15	6.37	7.03	7.47	7.96	8.59	9.81	6.37	6.81	7.74	8.62	9.58	11.16	12.96	5.05	5.49	6.59	7.47	8.62	9.80	11.45
0.26	5.51	5.44	5.96	6.46	7.50	8.30	9.15	7.26	7.52	8.30	8.82	9.41	10.15	11.60	7.52	8.04	9.15	10.19	11.33	13.19	15.31	5.96	6.48	7.78	8.82	10.19	11.59	13.53
0.30	6.36	6.28	6.88	7.46	8.66	9.58	10.56	8.38	8.68	9.58	10.18	10.86	11.72	13.38	8.68	9.28	10.56	11.76	13.07	15.21	17.67	6.88	7.48	8.98	10.18	11.76	13.37	15.62
0.34	7.20	7.12	7.80	8.45	9.81	10.86	11.96	9.50	9.84	10.86	11.54	12.30	13.28	15.17	9.84	10.52	11.96	13.32	14.81	17.24	20.02	7.80	8.48	10.18	11.54	13.32	15.15	17.70
0.38	8.05	7.96	8.72	9.45	10.97	12.14	13.37	10.62	11.00	12.14	12.90	13.75	14.84	16.95	11.00	11.76	13.37	14.89	16.55	19.27	22.38	8.72	9.48	11.38	12.90	14.89	16.93	19.78
0.42	8.90	8.80	9.64	10.44	12.12	13.42	14.78	11.74	12.16	13.42	14.26	15.20	16.40	18.74	12.16	13.00	14.78	16.46	18.29	21.30	24.73	9.64	10.48	12.58	14.26	16.46	18.71	21.86
0.46	9.75	9.63	10.55	11.44	13.28	14.69	16.19	12.85	13.31	14.69	15.61	16.65	17.96	20.52	13.31	14.23	16.19	18.03	20.04	23.33	27.09	10.55	11.47	13.77	15.61	18.03	20.50	23.94
0.50	10.60	10.47	11.47	12.43	14.43	15.97	17.60	13.97	14.47	15.97	16.97	18.10	19.53	22.30	14.47	15.47	17.60	19.60	21.78	25.36	29.45	11.47	12.47	14.97	16.97	19.60	22.28	26.03
0.54	11.44	11.31	12.39	13.43	15.59	17.25	19.00	15.09	15.63	17.25	18.33	19.54	21.09	24.09	15.63	16.71	19.00	21.16	23.52	27.39	31.80	12.39	13.47	16.17	18.33	21.16	24.06	28.11
0.58	12.29	12.15	13.31	14.42	16.74	18.53	20.41	16.21	16.79	18.53	19.69	20.99	22.65	25.87	16.79	17.95	20.41	22.73	25.26	29.41	34.16	13.31	14.47	17.37	19.69	22.73	25.84	30.19
0.62	13.14	12.98	14.22	15.41	17.89	19.80	21.82	17.32	17.94	19.80	21.04	22.44	24.21	27.66	17.94	19.18	21.82	24.30	27.01	31.44	36.51	14.22	15.46	18.56	21.04	24.30	27.63	32.27
0.66	13.99	13.82	15.14	16.41	19.05	21.08	23.23	18.44	19.10	21.08	22.40	23.89	25.77	29.44	19.10	20.42	23.23	25.87	28.75	33.47	38.87	15.14	16.46	19.76	22.40	25.87	29.41	34.35
0.70	14.83	14.66	16.06	17.40	20.20	22.36	24.63	19.56	20.26	22.36	23.76	25.33	27.34	31.23	20.26	21.66	24.63	27.43	30.49	35.50	41.22	16.06	17.46	20.96	23.76	27.43	31.19	36.44
0.74	15.68	15.50	16.98	18.40	21.36	23.64	26.04	20.68	21.42	23.64	25.12	26.78	28.90	33.01	21.42	22.90	26.04	29.00	32.23	37.53	43.58	16.98	18.46	22.16	25.12	29.00	32.97	38.52
0.78	16.53	16.33	17.89	19.39	22.51	24.91	27.45	21.79	22.57	24.91	26.47	28.23	30.46	34.80	22.57	24.13	27.45	30.57	33.98	39.56	45.94	17.89	19.45	23.35	26.47	30.57	34.76	40.60
0.82	17.38	17.17	18.81	20.39	23.67	26.19	28.86	22.91	23.73	26.19	27.83	29.68	32.02	36.58	23.73	25.37	28.86	32.14	35.72	41.59	48.29	18.81	20.45	24.55	27.83	32.14	36.54	42.68
0.86	18.22	18.01	19.73	21.38	24.82	27.47	30.26	24.03	24.89	27.47	29.19	31.12	33.59	38.36	24.89	26.61	30.26	33.70	37.46	43.61	50.65	19.73	21.45	25.75	29.19	33.70	38.32	44.77
0.90	19.07	18.85	20.65	22.38	25.98	28.75	31.67	25.15	26.05	28.75	30.55	32.57	35.15	40.15	26.05	27.85	31.67	35.27	39.20	45.64	53.00	20.65	22.45	26.95	30.55	35.27	40.10	46.85
0.94	19.92	19.68	21.56	23.37	27.13	30.02	33.08	26.26	27.20	30.02	31.90	34.02	36.71	41.93	27.20	29.08	33.08	36.84	40.94	47.67	55.36	21.56	23.44	28.14	31.90	36.84	41.88	48.93
0.98	20.77	20.52	22.48	24.36	28.28	31.30	34.49	27.38	28.36	31.30	33.26	35.47	38.27	43.72	28.36	30.32	34.49	38.41	42.69	49.70	57.71	22.48	24.44	29.34	33.26	38.41	43.67	51.01
1.02	21.61	21.36	23.40	25.36	29.44	32.58	35.89	28.50	29.52	32.58	34.62	36.91	39.83	45.50	29.52	31.56	35.89	39.97	44.43	51.73	60.07	23.40	25.44	30.54	34.62	39.97	45.45	53.09
1.06	22.46	22.20	24.32	26.35	30.59	33.86	37.30	29.62	30.68	33.86	35.98	38.36	41.40	47.29	30.68	32.80	37.30	41.54	46.17	53.76	62.43	24.32	26.44	31.74	35.98	41.54	47.23	55.18
1.10	23.31	23.04	25.24	27.35	31.75	35.14	38.71	30.74	31.84	35.14	37.34	39.81	42.96	49.07	31.84	34.04	38.71	43.11	47.91	55.79	64.78	25.24	27.44	32.94	37.34	43.11	49.01	57.26

ตารางที่ 10(ต่อ) แสดงค่าภาระการทำความเย็นสูงสุด(Q หน่วย Btu/h ft2)ในอาคารที่มีการปรับอากาศทั้งวันและช่วงเวลากลางวัน (6.00 - 18.00 น.) ฤดูร้อน

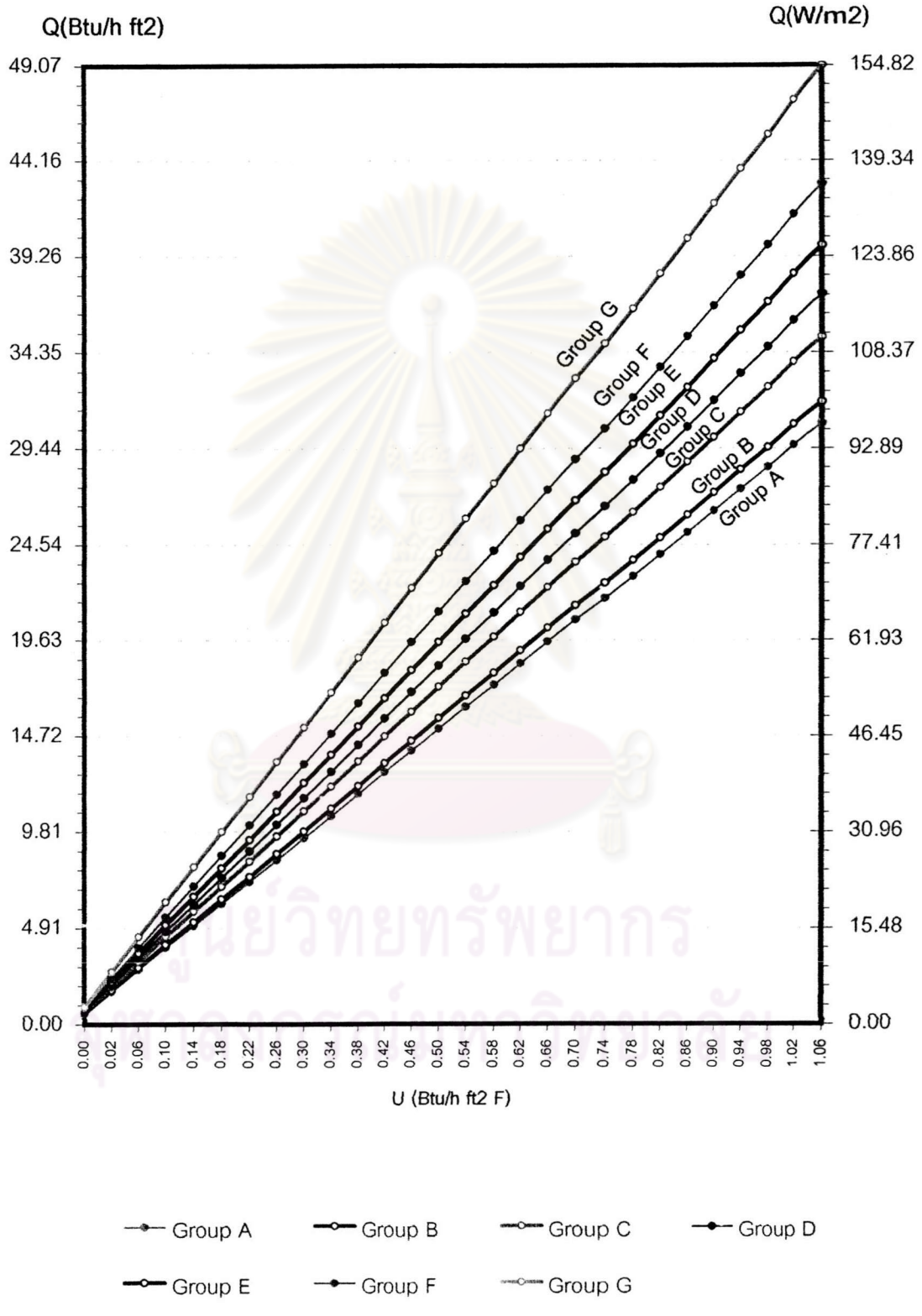
ค่า U	ทิศใต้							ทิศตะวันตกเฉียงใต้							ทิศตะวันตก							ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ						
(Btu/h ft2 F)	A	B	C	D	E	F	G	A	B	C	D	E	F	G	A	B	C	D	E	F	G	A	B	C	D	E	F	G
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.02	0.30	0.32	0.42	0.52	0.66	0.78	0.92	0.40	0.46	0.56	0.68	0.83	1.03	1.30	0.50	0.57	0.68	0.80	0.99	1.21	1.54	0.50	0.52	0.60	0.70	0.84	1.01	1.28
0.06	0.90	0.95	1.25	1.55	1.97	2.34	2.76	1.20	1.38	1.69	2.03	2.48	3.08	3.90	1.51	1.71	2.05	2.41	2.96	3.62	4.61	1.50	1.55	1.81	2.11	2.51	3.02	3.83
0.10	1.49	1.59	2.09	2.59	3.29	3.89	4.60	2.01	2.29	2.81	3.38	4.14	5.14	6.49	2.52	2.85	3.41	4.01	4.93	6.03	7.69	2.51	2.58	3.01	3.51	4.18	5.03	6.39
0.14	2.09	2.22	2.92	3.62	4.60	5.45	6.44	2.81	3.21	3.93	4.73	5.80	7.20	9.09	3.53	3.99	4.77	5.61	6.91	8.45	10.76	3.51	3.61	4.21	4.91	5.85	7.05	8.94
0.18	2.69	2.86	3.76	4.66	5.92	7.01	8.28	3.61	4.13	5.06	6.08	7.45	9.25	11.69	4.53	5.13	6.14	7.22	8.88	10.86	13.84	4.51	4.64	5.42	6.32	7.52	9.06	11.50
0.22	3.29	3.49	4.59	5.69	7.23	8.57	10.12	4.41	5.05	6.18	7.43	9.11	11.31	14.29	5.54	6.27	7.50	8.82	10.85	13.27	16.91	5.51	5.67	6.62	7.72	9.19	11.07	14.05
0.26	3.88	4.12	5.42	6.72	8.54	10.12	11.96	5.21	5.97	7.31	8.78	10.77	13.37	16.88	6.55	7.41	8.87	10.43	12.82	15.68	19.98	6.51	6.70	7.83	9.13	10.86	13.08	16.60
0.30	4.48	4.76	6.26	7.76	9.86	11.68	13.81	6.02	6.88	8.43	10.14	12.42	15.42	19.48	7.56	8.55	10.23	12.03	14.80	18.10	23.06	7.52	7.73	9.03	10.53	12.54	15.10	19.16
0.34	5.08	5.39	7.09	8.79	11.17	13.24	15.65	6.82	7.80	9.56	11.49	14.08	17.48	22.08	8.56	9.69	11.60	13.64	16.77	20.51	26.13	8.52	8.76	10.24	11.94	14.21	17.11	21.71
0.38	5.68	6.03	7.93	9.83	12.49	14.80	17.49	7.62	8.72	10.68	12.84	15.74	19.54	24.68	9.57	10.82	12.96	15.24	18.74	22.92	29.21	9.52	9.79	11.44	13.34	15.88	19.12	24.27
0.42	6.28	6.66	8.76	10.86	13.80	16.36	19.33	8.42	9.64	11.80	14.19	17.39	21.59	27.28	10.58	11.96	14.32	16.84	20.72	25.34	32.28	10.52	10.82	12.64	14.74	17.55	21.14	26.82
0.46	6.87	7.30	9.60	11.90	15.12	17.91	21.17	9.22	10.56	12.93	15.54	19.05	23.65	29.87	11.58	13.10	15.69	18.45	22.69	27.75	35.36	11.52	11.85	13.85	16.15	19.22	23.15	29.38
0.50	7.47	7.93	10.43	12.93	16.43	19.47	23.01	10.03	11.47	14.05	16.89	20.71	25.71	32.47	12.59	14.24	17.05	20.05	24.66	30.16	38.43	12.53	12.89	15.05	17.55	20.89	25.16	31.93
0.54	8.07	8.57	11.27	13.97	17.75	21.03	24.85	10.83	12.39	15.18	18.24	22.36	27.76	35.07	13.60	15.38	18.42	21.66	26.64	32.58	41.51	13.53	13.92	16.26	18.96	22.56	27.18	34.49
0.58	8.67	9.20	12.10	15.00	19.06	22.59	26.69	11.63	13.31	16.30	19.60	24.02	29.82	37.67	14.61	16.52	19.78	23.26	28.61	34.99	44.58	14.53	14.95	17.46	20.36	24.24	29.19	37.04
0.62	9.26	9.83	12.93	16.03	20.37	24.14	28.53	12.43	14.23	17.43	20.95	25.67	31.87	40.26	15.61	17.66	21.15	24.87	30.58	37.40	47.65	15.53	15.98	18.67	21.77	25.91	31.20	39.59
0.66	9.86	10.47	13.77	17.07	21.69	25.70	30.37	13.23	15.14	18.55	22.30	27.33	33.93	42.86	16.62	18.80	22.51	26.47	32.56	39.82	50.73	16.53	17.01	19.87	23.17	27.58	33.22	42.15
0.70	10.46	11.10	14.60	18.10	23.00	27.26	32.21	14.04	16.06	19.67	23.65	28.99	35.99	45.46	17.63	19.94	23.87	28.07	34.53	42.23	53.80	17.54	18.04	21.07	24.57	29.25	35.23	44.70
0.74	11.06	11.74	15.44	19.14	24.32	28.82	34.05	14.84	16.98	20.80	25.00	30.64	38.04	48.06	18.64	21.08	25.24	29.68	36.50	44.64	56.88	18.54	19.07	22.28	25.98	30.92	37.24	47.26
0.78	11.65	12.37	16.27	20.17	25.63	30.37	35.89	15.64	17.90	21.92	26.35	32.30	40.10	50.65	19.64	22.22	26.60	31.28	38.47	47.05	59.95	19.54	20.10	23.48	27.38	32.59	39.25	49.81
0.82	12.25	13.01	17.11	21.21	26.95	31.93	37.73	16.44	18.82	23.05	27.70	33.96	42.16	53.25	20.65	23.36	27.97	32.89	40.45	49.47	63.03	20.54	21.13	24.69	28.79	34.26	41.27	52.37
0.86	12.85	13.64	17.94	22.24	28.26	33.49	39.57	17.25	19.73	24.17	29.06	35.61	44.21	55.85	21.66	24.50	29.33	34.49	42.42	51.88	66.10	21.55	22.16	25.89	30.19	35.94	43.28	54.92
0.90	13.45	14.28	18.78	23.28	29.58	35.05	41.42	18.05	20.65	25.30	30.41	37.27	46.27	58.45	22.67	25.64	30.70	36.10	44.39	54.29	69.18	22.55	23.19	27.10	31.60	37.61	45.29	57.48
0.94	14.04	14.91	19.61	24.31	30.89	36.60	43.26	18.85	21.57	26.42	31.76	38.93	48.33	61.04	23.67	26.78	32.06	37.70	46.37	56.71	72.25	23.55	24.22	28.30	33.00	39.28	47.31	60.03
0.98	14.64	15.54	20.44	25.34	32.20	38.16	45.10	19.65	22.49	27.54	33.11	40.58	50.38	63.64	24.68	27.92	33.42	39.30	48.34	59.12	75.32	24.55	25.25	29.50	34.40	40.95	49.32	62.58
1.02	15.24	16.18	21.28	26.38	33.52	39.72	46.94	20.45	23.40	28.67	34.46	42.24	52.44	66.24	25.69	29.06	34.79	40.91	50.31	61.53	78.40	25.55	26.29	30.71	35.81	42.62	51.33	65.14
1.06	15.84	16.81	22.11	27.41	34.83	41.28	48.78	21.26	24.32	29.79	35.81	43.90	54.50	68.84	26.69	30.19	36.15	42.51	52.29	63.95	81.47	26.56	27.32	31.91	37.21	44.29	53.35	67.69
1.10	16.44	17.45	22.95	28.45	36.15	42.84	50.62	22.06	25.24	30.92	37.17	45.55	56.55	71.44	27.70	31.33	37.52	44.12	54.26	66.36	84.55	27.56	28.35	33.12	38.62	45.97	55.36	70.25

แผนภูมิที่ 4 แสดงค่าภาระการทำความเย็นสูงสุด (ค่า Q) สำหรับอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศตลอดทั้งวันหรือช่วงเวลากลางวัน (6.00 - 18.00 น.) ทางทิศเหนือ ช่วงฤดูร้อน

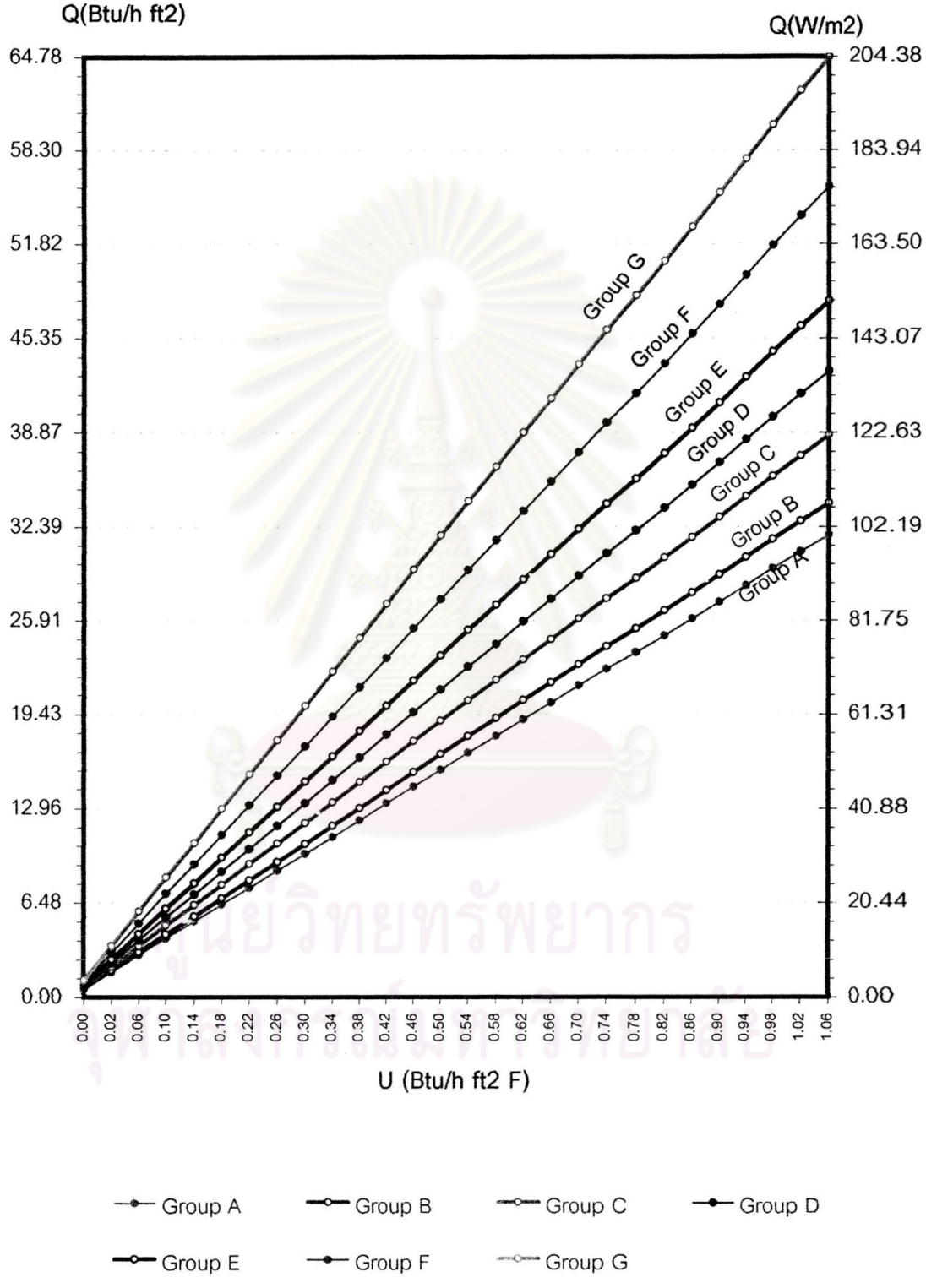


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

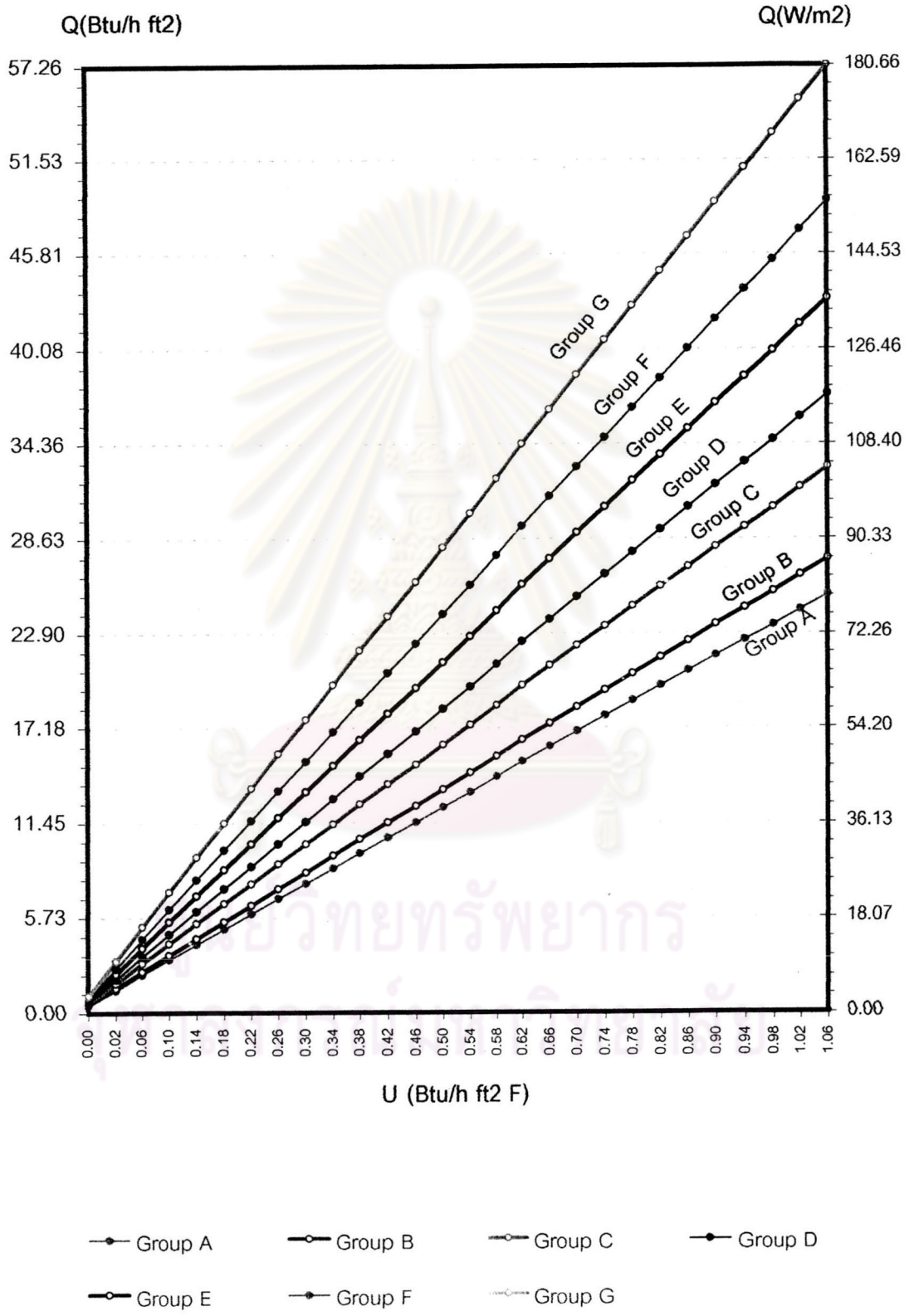
แผนภูมิที่ 5 แสดงค่าภาระการทำความเย็นสูงสุด (ค่า Q) สำหรับอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศตลอดทั้งวันหรือช่วงเวลากลางวัน (6.00 - 18.00 น.) ทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ช่วงฤดูร้อน



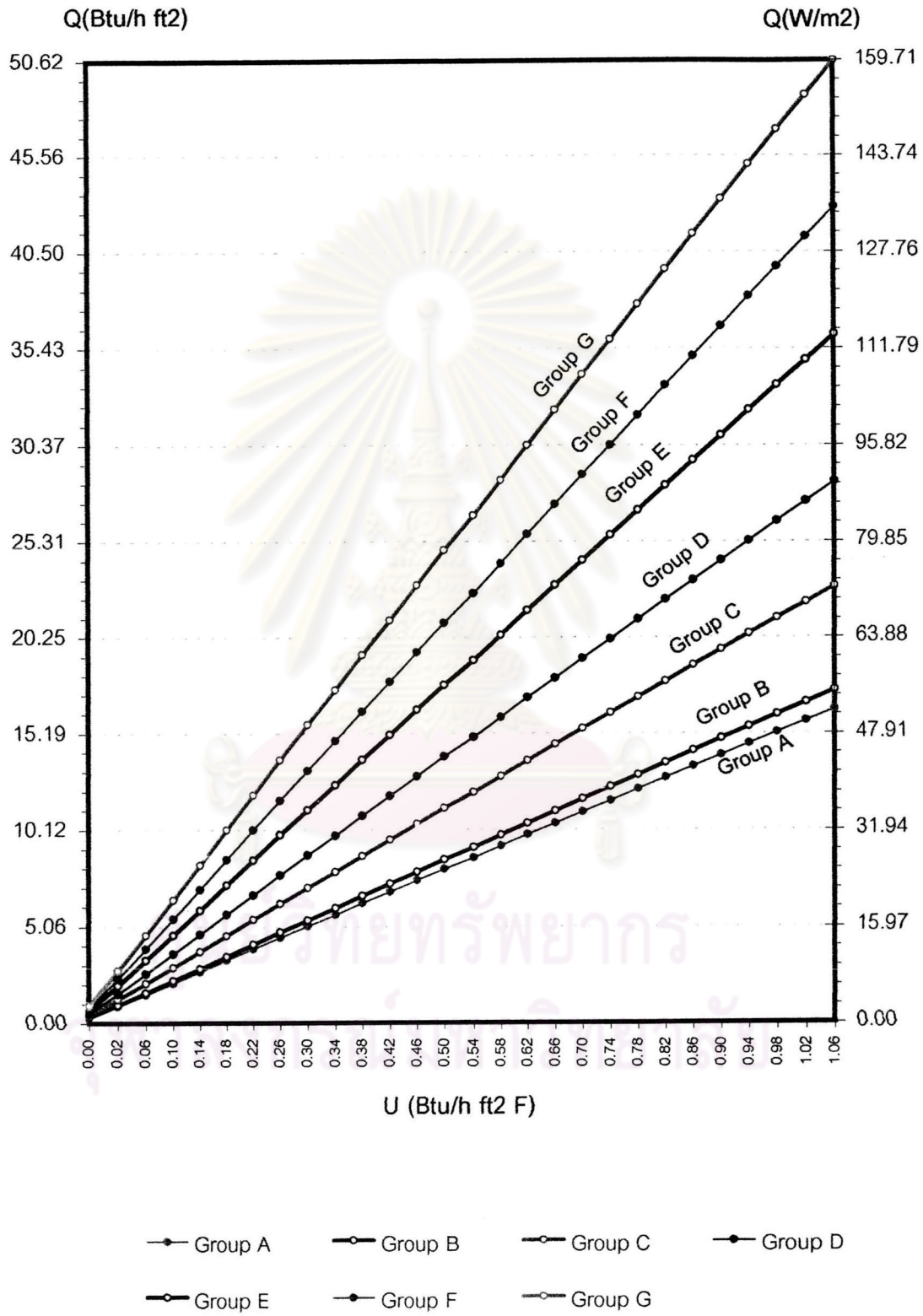
แผนภูมิที่ 6 แสดงค่าภาระการทำความเย็นสูงสุด (ค่า Q) สำหรับอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศตลอดทั้งวันหรือช่วงเวลากลางวัน (6.00 - 18.00 น.) ทางทิศตะวันออก ช่วงฤดูร้อน



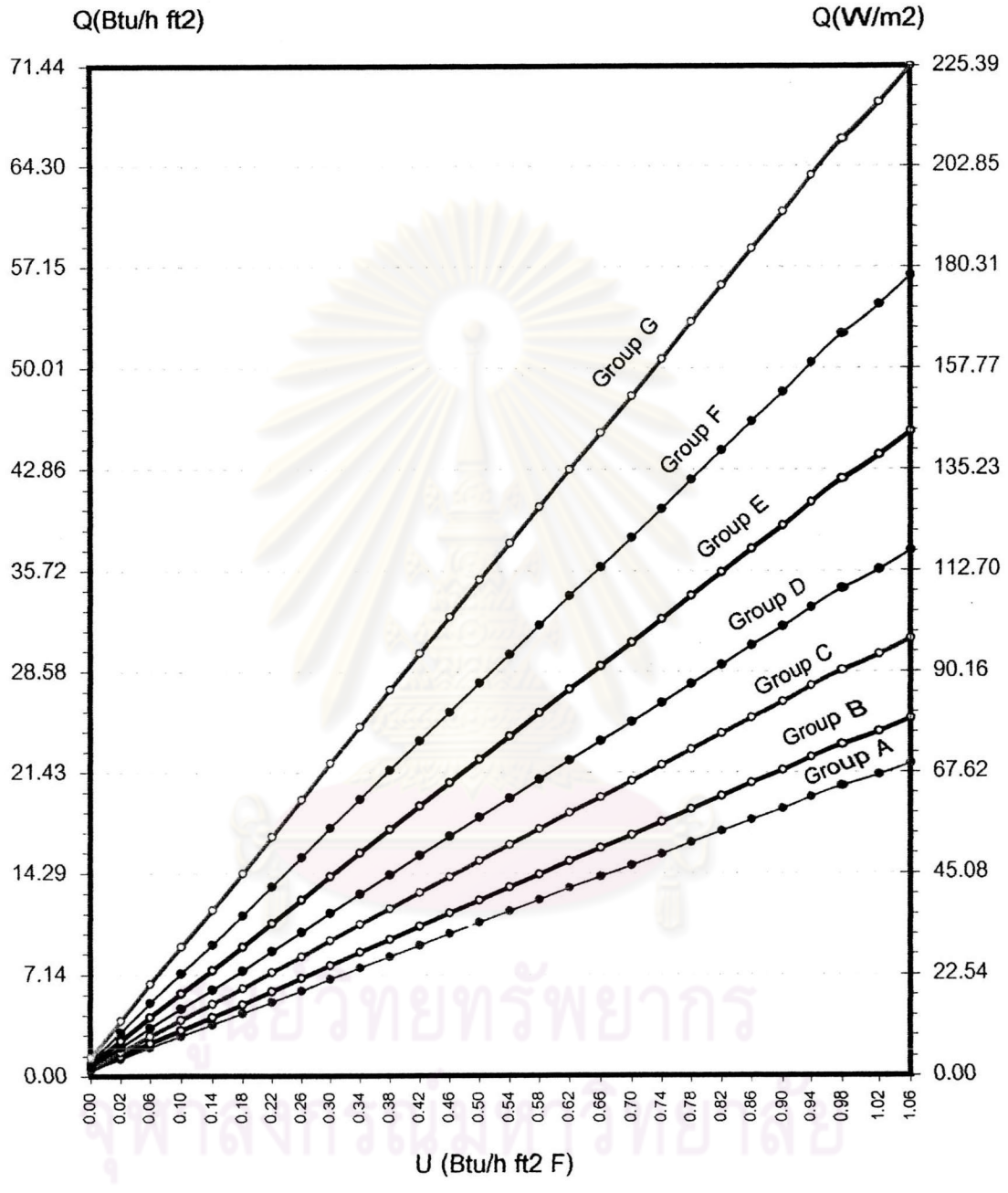
แผนภูมิที่ 7 แสดงค่าภาระการทำความเย็นสูงสุด (ค่า Q) สำหรับอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศตลอดทั้งวันหรือช่วงเวลากลางวัน (6.00 - 18.00 น.) ทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ ช่วงฤดูร้อน



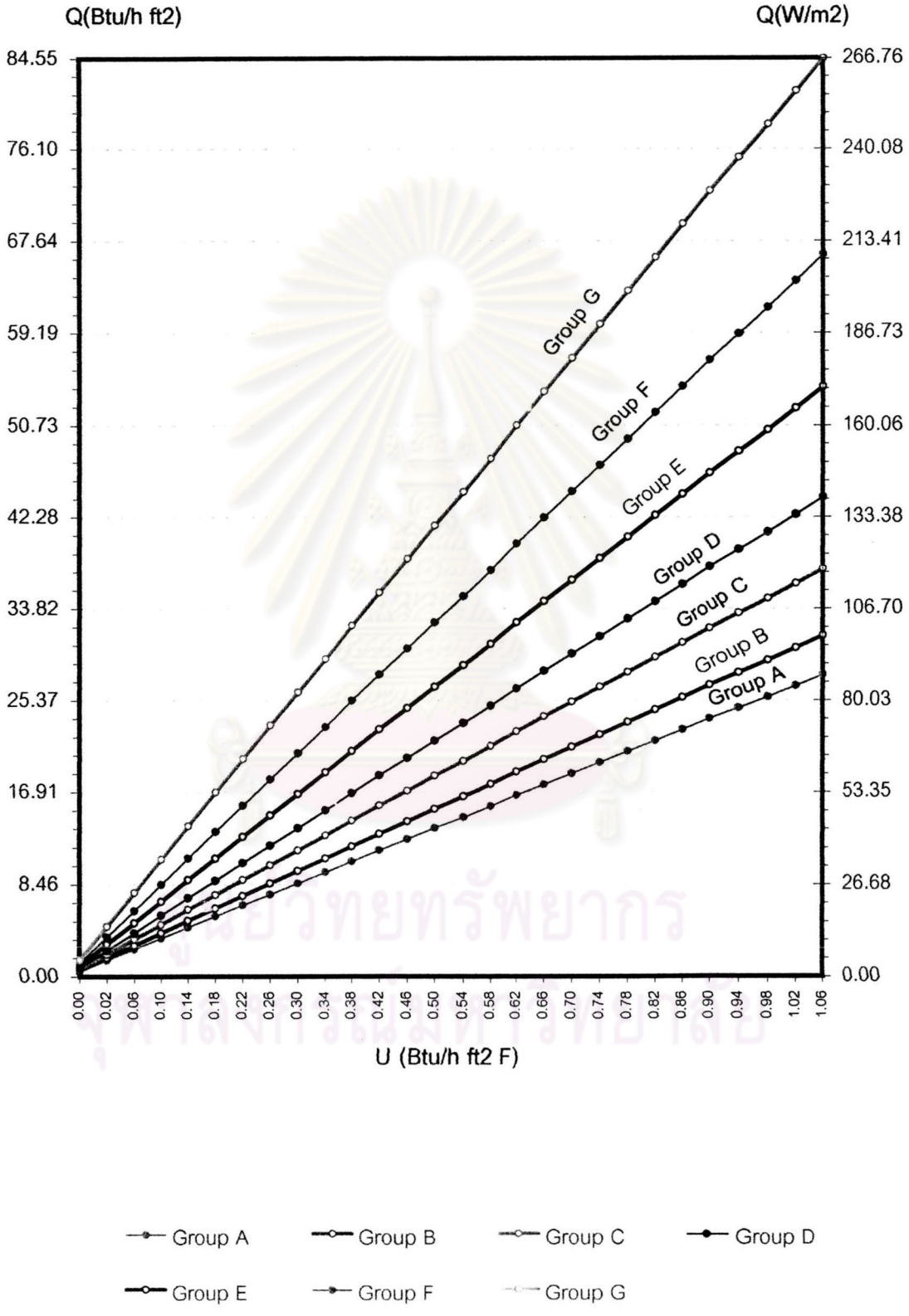
แผนภูมิที่ 8 แสดงค่าภาระการทำความเย็นสูงสุด (ค่า Q) ที่มีการใช้ระบบปรับอากาศตลอดทั้งวันหรือช่วงเวลากลางวัน (6.00 - 18.00 น.) ทางทิศใต้ ช่วงฤดูร้อน



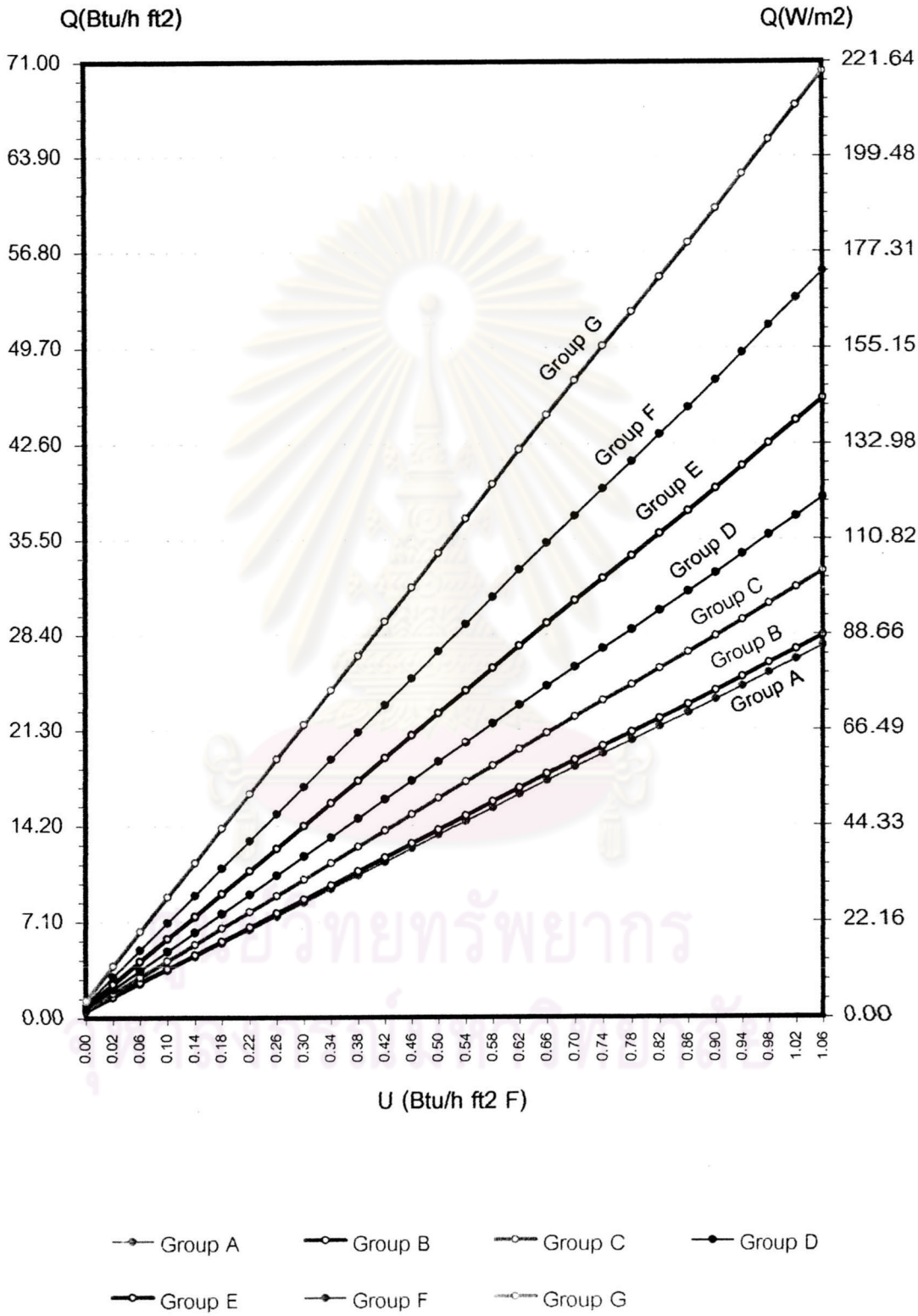
แผนภูมิที่ 9 แสดงค่าภาระการทำความเย็นสูงสุด (ค่า Q) สำหรับอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศตลอดทั้งวันหรือช่วงเวลากลางวัน (6.00 - 18.00 น.) ทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ ช่วงฤดูร้อน



แผนภูมิที่10 แสดงค่าภาระการทำความเย็นสูงสุด (ค่า Q) สำหรับอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศตลอดทั้งวันหรือช่วงเวลากลางวัน (6.00 - 18.00 น.) ทางทิศตะวันตก ช่วงฤดูร้อน



แผนภูมิที่11 แสดงค่าภาระการทำความเย็นสูงสุด (ค่า Q) สำหรับอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศตลอดทั้งวันหรือช่วงเวลากลางวัน (6.00 - 18.00 น.) ทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ช่วงฤดูร้อน



ตารางที่ 11 แสดงค่าภาระการทำความเย็นสูงสุด (ค่า Q หน่วย Btu/h ft2) ของผนังอาคาร 32 ประเภท ที่มีการใช้ระบบปรับอากาศตลอดทั้งวันและช่วงเวลากลางวัน (6.00 – 18.00 น.) ทุกฤดู

type	ผนังอาคารประเภทต่างๆ	ทิศเหนือ			ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ			ทิศตะวันออก			ทิศตะวันออกเฉียงใต้		
		ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว
G	ผนังโลหะลูกฟูก	37.76	35.67	29.80	47.87	45.55	32.72	63.19	59.94	56.66	55.85	52.87	58.96
G	ผนังไม้ชั้นเดียว	24.28	22.94	19.16	30.78	29.29	21.04	40.64	38.55	36.43	35.92	34.00	37.92
G	ผนังไม้ 2 ชั้น	12.53	11.83	9.89	15.88	15.11	10.86	20.97	19.89	18.80	18.53	17.54	19.56
G	ผนังยิปซั่มบอร์ด	14.15	13.36	11.16	17.93	17.07	12.26	23.67	22.46	21.23	20.93	19.81	22.09
D	ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.10 เมตร	14.44	13.03	9.36	19.72	18.54	14.53	22.77	21.64	21.95	19.72	18.54	23.25
B	ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.175 เมตร	9.21	8.32	5.73	12.73	11.84	8.81	13.61	12.72	12.77	10.97	10.08	13.65
C	ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.30 เมตร	7.32	6.67	4.79	10.19	9.54	7.34	11.23	10.60	10.77	9.55	8.90	11.49
A	ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.50 เมตร	4.66	4.23	3.06	6.15	5.70	4.18	6.37	5.92	5.94	5.05	4.60	6.38
A	ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.70 เมตร	3.56	3.23	2.34	4.69	4.35	3.19	4.86	4.52	4.54	3.85	3.51	4.87
E	ผนังก่ออิฐฉาบปูนเพิ่มEIFS+โฟม 1 นิ้ว*	5.11	4.59	3.56	6.41	6.06	4.94	7.71	7.41	7.42	6.94	6.59	8.13
E	ผนังก่ออิฐฉาบปูนเพิ่มEIFS+โฟม 2 นิ้ว*	2.97	2.67	2.07	3.73	3.53	2.87	4.49	4.31	4.32	4.04	3.84	4.73
E	ผนังก่ออิฐฉาบปูนเพิ่มEIFS+โฟม 3 นิ้ว*	2.11	1.89	1.47	2.64	2.50	2.04	3.18	3.05	3.06	2.86	2.72	3.35
A	ผนังก่ออิฐฉาบปูน 2 ชั้น มีช่องว่างอากาศตรงกลาง	6.87	6.23	4.51	9.05	8.40	6.16	9.38	8.72	8.75	7.43	6.78	9.40
E	ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.10 เมตรตกแต่งด้วยวีว่า บอร์ด	9.29	8.36	6.48	11.65	11.03	8.99	14.03	13.47	13.49	12.62	11.99	14.78
F	ผนังก่ออิฐมวลเบาหนา 0.10 เมตร	7.15	6.70	5.38	8.75	8.13	6.48	11.36	10.79	10.61	9.98	9.60	11.40
E	ผนังก่ออิฐมวลเบาเพิ่มEIFS+โฟม 1 นิ้ว*	3.43	3.09	2.39	4.31	4.07	3.32	5.18	4.98	4.99	4.66	4.43	5.46
E	ผนังก่ออิฐมวลเบาเพิ่มEIFS+โฟม 2 นิ้ว*	2.31	2.08	1.61	2.90	2.74	2.23	3.48	3.35	3.35	3.14	2.98	3.67
E	ผนังก่ออิฐมวลเบาเพิ่มEIFS+โฟม 3 นิ้ว*	1.76	1.58	1.23	2.21	2.09	1.70	2.66	2.55	2.56	2.39	2.27	2.80
E	ผนังก่ออิฐบล็อกหนา 0.10 เมตร	14.32	12.87	9.98	17.95	16.98	13.84	21.60	20.75	20.79	19.44	18.47	22.77
E	ผนังก่ออิฐบล็อกเพิ่มEIFS+ โฟม 1 นิ้ว*	4.85	4.36	3.38	6.08	5.75	4.69	7.32	7.03	7.04	6.58	6.26	7.71
E	ผนังก่ออิฐบล็อกเพิ่มEIFS+ โฟม 2 นิ้ว*	2.89	2.60	2.01	3.62	3.42	2.79	4.36	4.18	4.19	3.92	3.72	4.59
E	ผนังก่ออิฐบล็อกเพิ่มEIFS+ โฟม 3 นิ้ว*	2.05	1.84	1.43	2.57	2.43	1.98	3.09	2.97	2.98	2.78	2.64	3.26
E	ผนังคอนกรีตเสริมเหล็กหนา 0.10 เมตร	21.79	19.59	15.19	27.32	25.85	21.07	32.89	31.59	31.64	29.59	28.12	34.66
E	ผนังคอนกรีตเสริมเหล็กเพิ่มEIFS+โฟม 1 นิ้ว*	5.22	4.70	3.64	6.55	6.20	5.05	7.88	7.57	7.59	7.09	6.74	8.31
E	ผนังคอนกรีตเสริมเหล็กเพิ่มEIFS+โฟม 2 นิ้ว*	3.00	2.70	2.09	3.76	3.56	2.90	4.53	4.35	4.36	4.08	3.87	4.77
E	ผนังคอนกรีตเสริมเหล็กเพิ่มEIFS+โฟม 3 นิ้ว*	2.11	1.89	1.47	2.64	2.50	2.04	3.18	3.05	3.06	2.86	2.72	3.35
G	แผ่นผนังสำเร็จบุด้วยแผ่นอลูมิเนียม	16.01	15.12	12.64	20.30	19.32	13.88	26.80	25.42	24.03	23.68	22.42	25.00
G	แผ่นผนังสำเร็จบุด้วยวีว่า บอร์ด	12.81	12.10	10.11	16.24	15.45	11.10	21.44	20.34	19.22	18.95	17.94	20.00
G	แผ่นผนังสำเร็จบุด้วยแผ่นอลูมิเนียมเพิ่มฉนวนตรงกลาง	4.01	3.79	3.17	5.09	4.84	3.48	6.71	6.37	6.02	5.93	5.62	6.26
G	ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก + โฟม 1 นิ้ว	5.38	5.09	4.25	6.83	6.50	4.67	9.01	8.55	8.08	7.96	7.54	8.41
G	ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก + โฟม 2 นิ้ว	3.31	3.12	2.61	4.19	3.99	2.87	5.54	5.25	4.96	4.89	4.63	5.17
G	ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก + โฟม 3 นิ้ว	2.39	2.26	1.89	3.03	2.89	2.07	4.00	3.80	3.59	3.54	3.35	3.74
	อื่นๆ												

ตารางที่ 11(ต่อ) แสดงค่าภาระการทำความเย็นสูงสุด (ค่า Q หน่วย Btu/h ft2) ของผนังอาคาร 32 ประเภท ที่มีการใช้ระบบปรับอากาศตลอดทั้งวันและช่วงเวลากลางวัน (6.00 – 18.00 น.) ทุกฤดู

type	ผนังอาคารประเภทต่างๆ	ทิศใต้			ทิศตะวันตกเฉียงใต้			ทิศตะวันตก			ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ		
		ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว
G	ผนังโลหะลูกฟูก	15.37	13.15	28.75	35.76	33.54	41.62	51.85	49.64	49.13	48.64	46.42	38.40
G	ผนังไม้ชั้นเดียว	9.89	8.46	18.49	23.00	21.57	26.77	33.35	31.92	31.60	31.28	29.85	24.70
G	ผนังไม้ 2 ชั้น	5.10	4.36	9.54	11.86	11.13	13.81	17.20	16.47	16.30	16.14	15.40	12.74
G	ผนังยิปซั่มบอร์ด	5.76	4.93	10.77	13.40	12.57	15.59	19.43	18.60	18.41	18.22	17.39	14.39
D	ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.10 เมตร	13.55	12.35	20.79	19.63	18.43	22.29	23.30	22.24	21.16	20.40	19.34	14.19
B	ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.175 เมตร	6.65	5.84	11.79	10.10	9.20	11.77	12.53	11.69	10.45	11.34	10.45	6.17
C	ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.30 เมตร	6.31	5.65	10.14	8.97	8.38	10.34	10.88	10.30	9.70	9.60	9.02	6.19
A	ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.50 เมตร	2.85	2.40	5.45	4.35	3.90	5.07	5.54	5.14	4.41	5.17	4.75	2.45
A	ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.70 เมตร	2.17	1.83	4.16	3.32	2.98	3.87	4.23	3.93	3.36	3.95	3.62	1.87
E	ผนังก่ออิฐฉาบปูนเพิ่มEIFS+โฟม 1 นิ้ว*	4.48	4.12	6.69	7.31	6.95	8.28	8.73	8.36	8.28	7.40	7.03	5.63
E	ผนังก่ออิฐฉาบปูนเพิ่มEIFS+โฟม 2 นิ้ว*	2.61	2.40	3.89	4.26	4.04	4.82	5.08	4.87	4.82	4.30	4.09	3.27
E	ผนังก่ออิฐฉาบปูนเพิ่มEIFS+โฟม 3 นิ้ว*	1.85	1.70	2.76	3.02	2.87	3.42	3.60	3.45	3.42	3.05	2.90	2.32
A	ผนังก่ออิฐฉาบปูน 2 ชั้น มีช่องว่างอากาศตรงกลาง	4.19	3.54	8.03	6.41	5.75	7.46	8.16	7.58	6.49	7.61	6.99	3.61
E	ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.10 เมตรตกแต่งด้วยวีว่า บอร์ด	8.16	7.49	12.17	13.31	12.64	15.07	15.88	15.22	15.07	13.46	12.79	10.24
F	ผนังก่ออิฐมวลเบาหนา 0.10 เมตร	5.67	5.21	8.47	10.83	10.36	12.05	13.51	13.05	12.95	11.27	10.81	9.14
E	ผนังก่ออิฐมวลเบาเพิ่มEIFS+โฟม 1 นิ้ว*	3.01	2.77	4.50	4.92	4.67	5.57	5.87	5.62	5.57	4.97	4.73	3.78
E	ผนังก่ออิฐมวลเบาเพิ่มEIFS+โฟม 2 นิ้ว*	2.03	1.86	3.02	3.31	3.14	3.74	3.95	3.78	3.74	3.34	3.18	2.54
E	ผนังก่ออิฐมวลเบาเพิ่มEIFS+โฟม 3 นิ้ว*	1.54	1.42	2.31	2.52	2.39	2.85	3.01	2.88	2.85	2.55	2.42	1.94
E	ผนังก่ออิฐบล็อกหนา 0.10 เมตร	12.56	11.54	18.74	20.50	19.47	23.21	24.47	23.44	23.21	20.73	19.70	15.77
E	ผนังก่ออิฐบล็อกเพิ่มEIFS+ โฟม 1 นิ้ว*	4.25	3.91	6.35	6.94	6.60	7.86	8.29	7.94	7.86	7.02	6.67	5.34
E	ผนังก่ออิฐบล็อกเพิ่มEIFS+ โฟม 2 นิ้ว*	2.53	2.33	3.78	4.13	3.93	4.68	4.93	4.73	4.68	4.18	3.97	3.18
E	ผนังก่ออิฐบล็อกเพิ่มEIFS+ โฟม 3 นิ้ว*	1.80	1.65	2.68	2.93	2.79	3.32	3.50	3.36	3.32	2.97	2.82	2.26
E	ผนังคอนกรีตเสริมเหล็กหนา 0.10 เมตร	19.12	17.56	28.53	31.20	29.64	35.33	37.24	35.68	35.33	31.55	29.99	24.00
E	ผนังคอนกรีตเสริมเหล็กเพิ่มEIFS+โฟม 1 นิ้ว*	4.58	4.21	6.84	7.48	7.11	8.47	8.93	8.55	8.47	7.56	7.19	5.75
E	ผนังคอนกรีตเสริมเหล็กเพิ่มEIFS+โฟม 2 นิ้ว*	2.63	2.42	3.93	4.30	4.08	4.87	5.13	4.91	4.87	4.35	4.13	3.31
E	ผนังคอนกรีตเสริมเหล็กเพิ่มEIFS+โฟม 3 นิ้ว*	1.85	1.70	2.76	3.02	2.87	3.42	3.60	3.45	3.42	3.05	2.90	2.32
G	แผ่นผนังสำเร็จรูปด้วยแผ่นอลูมิเนียม	6.52	5.58	12.19	15.16	14.22	17.65	21.99	21.05	20.83	20.62	19.68	16.28
G	แผ่นผนังสำเร็จรูปด้วยวีว่า บอร์ด	5.21	4.46	9.75	12.13	11.38	14.12	17.59	16.84	16.67	16.50	15.75	13.03
G	แผ่นผนังสำเร็จรูปด้วยแผ่นอลูมิเนียมเพิ่มฉนวนตรงกลาง	1.63	1.40	3.05	3.80	3.56	4.42	5.51	5.27	5.22	5.17	4.93	4.08
G	ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก + โฟม 1 นิ้ว	2.19	1.88	4.10	5.10	4.78	5.93	7.39	7.08	7.01	6.93	6.62	5.48
G	ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก + โฟม 2 นิ้ว	1.35	1.15	2.52	3.13	2.94	3.65	4.54	4.35	4.30	4.26	4.07	3.36
G	ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก + โฟม 3 นิ้ว	0.97	0.83	1.82	2.27	2.13	2.64	3.29	3.15	3.11	3.08	2.94	2.43
	อื่นๆ												

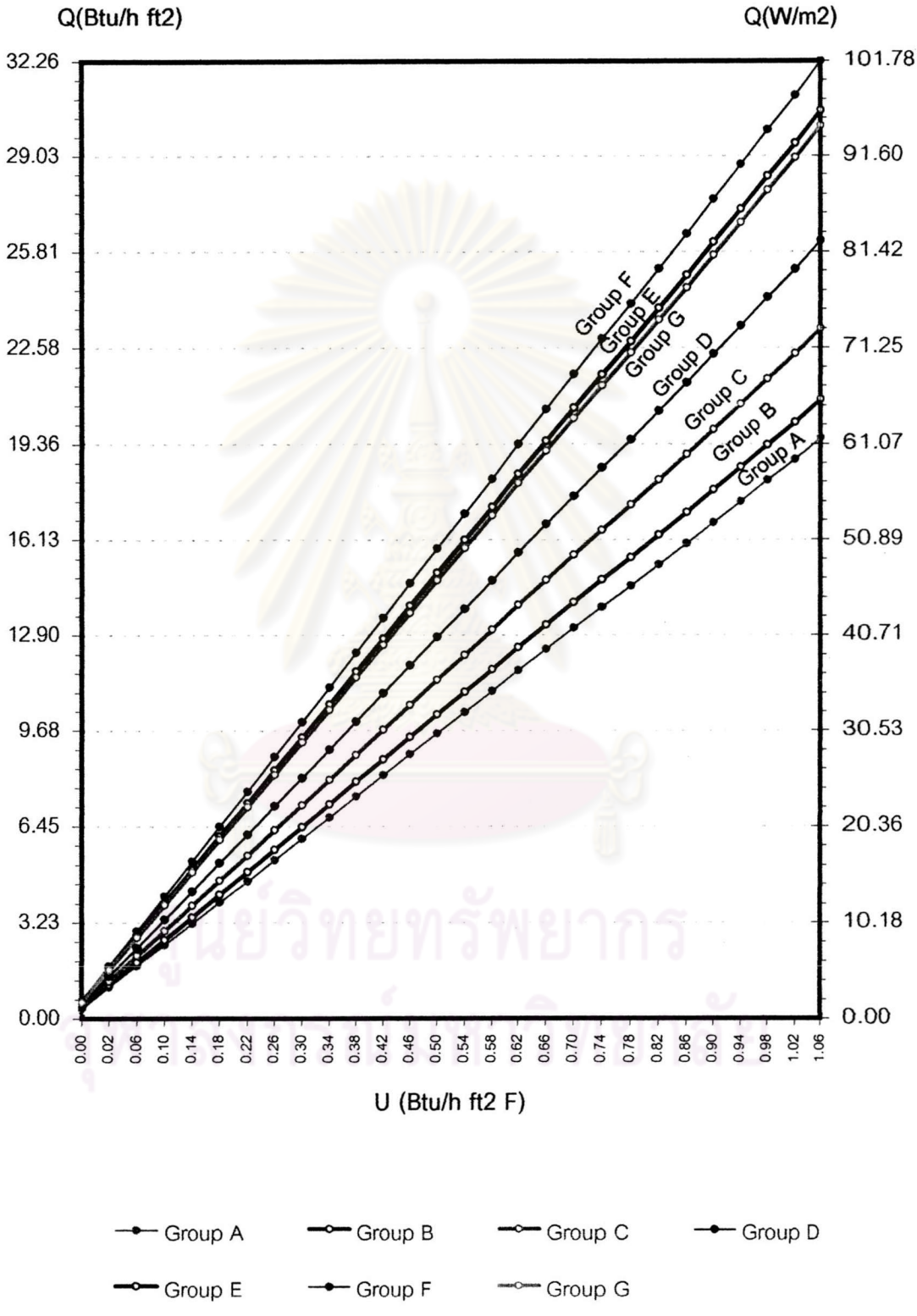
ตารางที่ 12 แสดงค่าภาระการทำความเย็นสูงสุด(Q หน่วย Btu/h ft2)ในอาคารที่มีการปรับอากาศช่วงเวลากลางคืน (18.00-6.00 น.) ฤดูร้อน

	ทิศเหนือ							ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ							ทิศตะวันออก							ทิศตะวันออกเฉียงใต้						
U	A	B	C	D	E	F	G	A	B	C	D	E	F	G	A	B	C	D	E	F	G	A	B	C	D	E	F	G
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.02	0.36	0.38	0.42	0.48	0.56	0.59	0.55	0.47	0.50	0.55	0.59	0.59	0.57	0.45	0.51	0.55	0.61	0.63	0.61	0.55	0.39	0.40	0.45	0.51	0.55	0.55	0.49	0.31
0.06	1.07	1.14	1.27	1.43	1.67	1.76	1.64	1.40	1.49	1.64	1.76	1.76	1.70	1.34	1.52	1.64	1.82	1.88	1.82	1.64	1.16	1.19	1.34	1.52	1.64	1.64	1.46	0.92
0.10	1.78	1.89	2.11	2.38	2.78	2.93	2.73	2.33	2.48	2.73	2.93	2.93	2.83	2.23	2.53	2.73	3.03	3.13	3.03	2.73	1.93	1.98	2.23	2.53	2.73	2.73	2.43	1.53
0.14	2.49	2.65	2.95	3.33	3.89	4.11	3.83	3.27	3.47	3.83	4.11	4.11	3.97	3.13	3.55	3.83	4.25	4.39	4.25	3.83	2.71	2.77	3.13	3.55	3.83	3.83	3.41	2.15
0.18	3.20	3.41	3.80	4.28	5.00	5.28	4.92	4.20	4.46	4.92	5.28	5.24	5.10	4.02	4.56	4.92	5.46	5.64	5.46	4.92	3.48	3.56	4.02	4.56	4.92	4.92	4.38	2.76
0.22	3.91	4.17	4.64	5.23	6.11	6.45	6.01	5.13	5.45	6.01	6.45	6.45	6.23	4.91	5.57	6.01	6.67	6.89	6.67	6.01	4.25	4.35	4.91	5.57	6.01	6.01	5.35	3.37
0.26	4.62	4.93	5.49	6.18	7.22	7.62	7.10	6.06	6.44	7.10	7.62	7.62	7.36	5.80	6.58	7.10	7.88	8.14	7.88	7.10	5.02	5.14	5.80	6.58	7.10	7.10	6.32	3.98
0.30	5.33	5.68	6.33	7.14	8.34	8.80	8.20	7.00	7.44	8.20	8.80	8.80	8.50	6.70	7.60	8.20	9.10	9.40	9.10	8.20	5.80	5.94	6.70	7.60	8.20	8.20	7.30	4.60
0.34	6.04	6.44	7.18	8.09	9.45	9.97	9.29	7.93	8.43	9.29	9.97	9.97	9.63	7.59	8.61	9.29	10.31	10.65	10.31	9.29	6.57	6.73	7.59	8.61	9.29	9.29	8.27	5.21
0.38	6.75	7.20	8.02	9.04	10.56	11.14	10.38	8.86	9.42	10.38	11.14	11.14	10.76	8.48	9.62	10.38	11.52	11.90	11.52	10.38	7.34	7.52	8.48	9.62	10.38	10.38	9.24	5.82
0.42	7.46	7.96	8.86	9.99	11.67	12.32	11.48	9.80	10.41	11.48	12.32	12.32	11.90	9.38	10.64	11.48	12.74	13.16	12.74	11.48	8.12	8.31	9.38	10.64	11.48	11.48	10.22	6.44
0.46	8.17	8.72	9.71	10.94	12.78	13.49	12.57	10.73	11.40	12.57	13.49	13.49	13.03	10.27	11.65	12.57	13.95	14.41	13.95	12.57	8.89	9.10	10.27	11.65	12.57	12.57	11.19	7.05
0.50	8.89	9.47	10.55	11.89	13.89	14.66	13.66	11.66	12.39	13.66	14.66	14.66	14.16	11.16	12.68	13.66	15.16	15.66	15.16	13.66	9.66	9.89	11.16	12.66	13.66	13.66	12.16	7.66
0.54	9.60	10.23	11.40	12.84	15.00	15.84	14.76	12.60	13.38	14.76	15.84	15.84	15.30	12.06	13.68	14.76	16.38	16.92	16.38	14.76	10.44	10.68	12.06	13.68	14.76	14.76	13.14	8.28
0.58	10.31	10.99	12.24	13.80	16.12	17.01	15.85	13.53	14.38	15.85	17.01	17.01	16.43	12.95	14.69	15.85	17.59	18.17	17.59	15.85	11.21	11.48	12.95	14.69	15.85	15.85	14.11	8.89
0.62	11.02	11.75	13.09	14.75	17.23	18.18	16.94	14.46	15.37	16.94	18.18	18.18	17.56	13.84	15.70	16.94	18.80	19.42	18.80	16.94	11.98	12.27	13.84	15.70	16.94	16.94	15.08	9.50
0.66	11.73	12.50	13.93	15.70	18.34	19.36	18.04	15.40	16.36	18.04	19.36	19.36	18.70	14.74	16.72	18.04	20.02	20.68	20.02	18.04	12.76	13.06	14.74	16.72	18.04	18.04	16.06	10.12
0.70	12.44	13.26	14.77	16.65	19.45	20.53	19.13	16.33	17.35	19.13	20.53	20.53	19.83	15.63	17.73	19.13	21.23	21.93	21.23	19.13	13.53	13.85	15.63	17.73	19.13	19.13	17.03	10.73
0.74	13.15	14.02	15.62	17.60	20.56	21.70	20.22	17.26	18.34	20.22	21.70	21.70	20.96	16.52	18.74	20.22	22.44	23.18	22.44	20.22	14.30	14.64	16.52	18.74	20.22	20.22	18.00	11.34
0.78	13.86	14.78	16.46	18.55	21.67	22.87	21.31	18.19	19.33	21.31	22.87	22.87	22.09	17.41	19.75	21.31	23.65	24.43	23.65	21.31	15.07	15.43	17.41	19.75	21.31	21.31	18.97	11.95
0.82	14.57	15.54	17.31	19.50	22.78	24.05	22.41	19.13	20.32	22.41	24.05	24.05	23.23	18.31	20.77	22.41	24.87	25.69	24.87	22.41	15.85	16.22	18.31	20.77	22.41	22.41	19.95	12.57
0.86	15.28	16.29	18.15	20.46	23.90	25.22	23.50	20.06	21.32	23.50	25.22	25.22	24.36	19.20	21.78	23.50	26.08	26.94	26.08	23.50	16.62	17.02	19.20	21.78	23.50	23.50	20.92	13.18
0.90	15.99	17.05	19.00	21.41	25.01	26.39	24.59	20.99	22.31	24.59	26.39	26.39	25.49	20.09	22.79	24.59	27.29	28.19	27.29	24.59	17.39	17.81	20.09	22.79	24.59	24.59	21.89	13.79
0.94	16.70	17.81	19.84	22.36	26.12	27.57	25.69	21.93	23.30	25.69	27.57	27.57	26.63	20.99	23.81	25.69	28.51	29.45	28.51	25.69	18.17	18.60	20.99	23.81	25.69	25.69	22.87	14.41
0.98	17.41	18.57	20.68	23.31	27.23	28.74	26.78	22.86	24.29	26.78	28.74	28.74	27.76	21.88	24.82	26.78	29.72	30.70	29.72	26.78	18.94	19.39	21.88	24.82	26.78	26.78	23.84	15.02
1.02	18.13	19.32	21.53	24.26	28.34	29.91	27.87	23.79	25.28	27.87	29.91	29.91	28.89	22.77	25.83	27.87	30.93	31.95	30.93	27.87	19.71	20.18	22.77	25.83	27.87	27.87	24.81	15.63
1.06	18.84	20.08	22.37	25.21	29.45	31.09	28.97	24.73	26.27	28.97	31.09	31.09	30.03	23.67	26.85	28.97	32.15	33.21	32.15	28.97	20.49	20.97	23.67	26.85	28.97	28.97	25.79	16.25
1.10	19.55	20.84	23.22	26.17	30.57	32.26	30.06	25.66	27.27	30.06	32.26	32.26	31.16	24.56	27.86	30.06	33.36	34.46	33.36	30.06	21.26	21.77	24.56	27.86	30.06	30.06	26.76	16.86

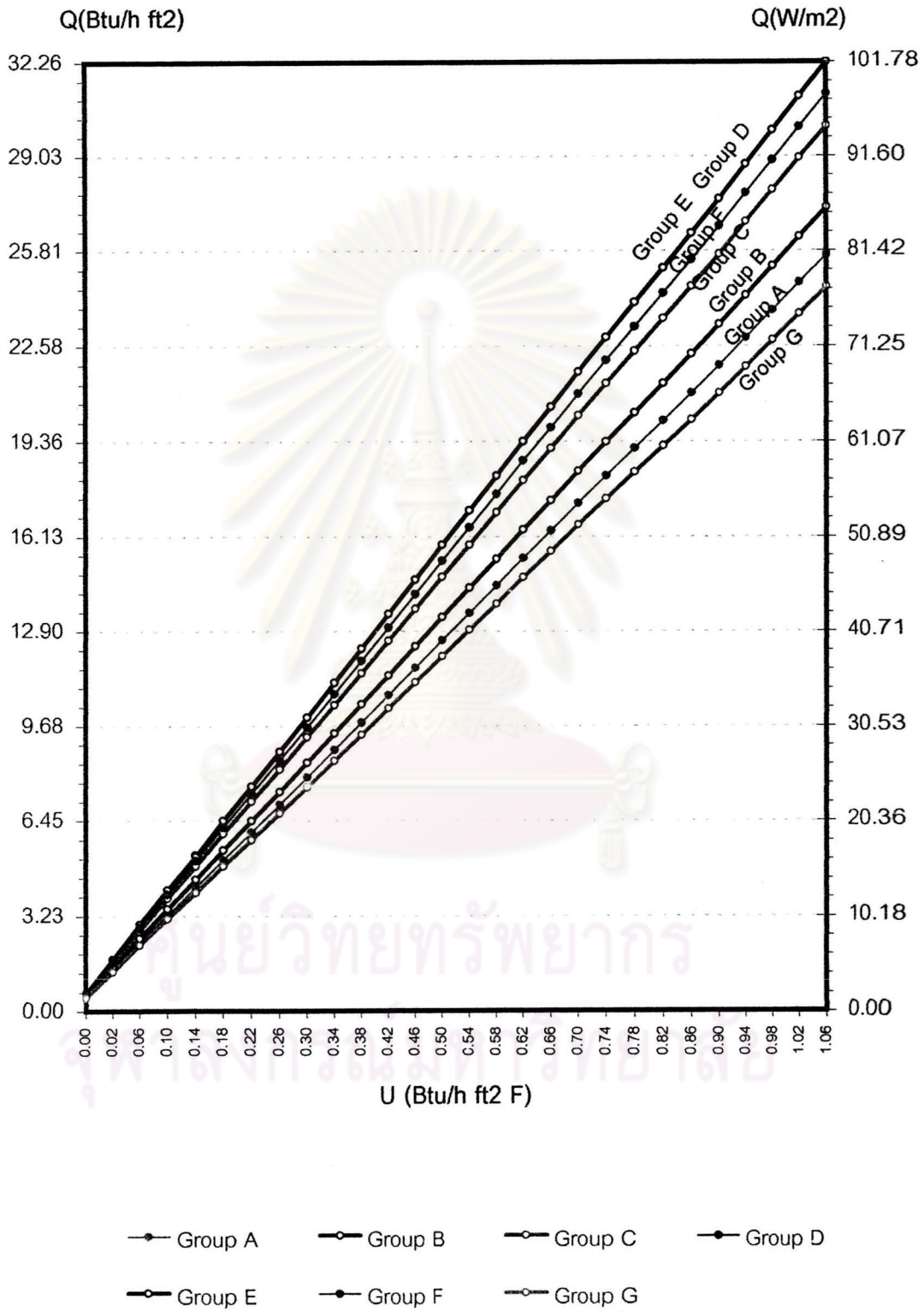
ตารางที่ 12 (ต่อ) แสดงค่าภาระการทำความเย็นสูงสุด(Q หน่วย Btu/h ft2)ในอาคารที่มีการปรับอากาศช่วงเวลากลางคืน (18.00-6.00 น.) ฤดูร้อน

ค่า U	ทิศใต้							ทิศตะวันตกเฉียงใต้							ทิศตะวันตก							ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ						
(Btu/h ft2 F)	A	B	C	D	E	F	G	A	B	C	D	E	F	G	A	B	C	D	E	F	G	A	B	C	D	E	F	G
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.02	0.26	0.30	0.40	0.47	0.51	0.51	0.29	0.40	0.46	0.56	0.68	0.83	0.97	0.67	0.50	0.57	0.68	0.80	0.99	1.21	0.97	0.47	0.52	0.60	0.70	0.84	1.01	0.91
0.06	0.78	0.91	1.19	1.40	1.52	1.52	0.86	1.19	1.38	1.69	2.03	2.48	2.90	2.00	1.51	1.71	2.05	2.41	2.96	3.62	2.90	1.41	1.55	1.81	2.11	2.51	3.02	2.72
0.10	1.29	1.51	1.98	2.33	2.53	2.53	1.43	1.98	2.29	2.81	3.38	4.13	4.83	3.33	2.52	2.85	3.41	4.01	4.93	6.03	4.83	2.35	2.58	3.01	3.51	4.18	5.03	4.53
0.14	1.81	2.11	2.77	3.27	3.55	3.55	2.01	2.77	3.21	3.93	4.73	5.79	6.77	4.67	3.53	3.99	4.77	5.61	6.91	8.45	6.77	3.29	3.61	4.21	4.91	5.85	7.05	6.35
0.18	2.33	2.72	3.56	4.20	4.56	4.56	2.58	3.56	4.13	5.06	6.08	7.44	8.70	6.00	4.53	5.13	6.14	7.22	8.88	10.86	8.70	4.23	4.64	5.42	6.32	7.52	9.06	8.16
0.22	2.85	3.32	4.35	5.13	5.57	5.57	3.15	4.35	5.05	6.18	7.43	9.09	10.63	7.33	5.54	6.27	7.50	8.82	10.85	13.27	10.63	5.17	5.67	6.62	7.72	9.19	11.07	9.97
0.26	3.37	3.93	5.14	6.06	6.58	6.58	3.72	5.14	5.97	7.31	8.78	10.74	12.56	8.66	6.55	7.41	8.87	10.43	12.82	15.68	12.56	6.11	6.70	7.83	9.13	10.86	13.08	11.78
0.30	3.88	4.53	5.94	7.00	7.60	7.60	4.30	5.93	6.88	8.43	10.14	12.40	14.50	10.00	7.56	8.55	10.23	12.03	14.80	18.10	14.50	7.05	7.73	9.03	10.53	12.54	15.10	13.60
0.34	4.40	5.14	6.73	7.93	8.61	8.61	4.87	6.72	7.80	9.56	11.49	14.05	16.43	11.33	8.56	9.69	11.60	13.64	16.77	20.51	16.43	7.99	8.76	10.24	11.94	14.21	17.11	15.41
0.38	4.92	5.74	7.52	8.86	9.62	9.62	5.44	7.51	8.72	10.68	12.84	15.70	18.36	12.66	9.57	10.82	12.96	15.24	18.74	22.92	18.36	8.92	9.79	11.44	13.34	15.88	19.12	17.22
0.42	5.44	6.34	8.31	9.80	10.64	10.64	6.02	8.30	9.64	11.80	14.19	17.36	20.30	14.00	10.58	11.96	14.32	16.84	20.72	25.34	20.30	9.86	10.82	12.64	14.74	17.55	21.14	19.04
0.46	5.96	6.95	9.10	10.73	11.65	11.65	6.59	9.09	10.56	12.93	15.54	19.01	22.23	15.33	11.58	13.10	15.69	18.45	22.69	27.75	22.23	10.80	11.85	13.85	16.15	19.22	23.15	20.85
0.50	6.47	7.55	9.89	11.66	12.66	12.66	7.16	9.89	11.47	14.05	16.89	20.66	24.16	16.66	12.59	14.24	17.05	20.05	24.66	30.16	24.16	11.74	12.89	15.05	17.55	20.89	25.16	22.66
0.54	6.99	8.16	10.68	12.60	13.68	13.68	7.74	10.68	12.39	15.18	18.24	22.32	26.10	18.00	13.60	15.38	18.42	21.66	26.64	32.58	26.10	12.68	13.92	16.26	18.96	22.56	27.18	24.48
0.58	7.51	8.76	11.48	13.53	14.69	14.69	8.31	11.47	13.31	16.30	19.60	23.97	28.03	19.33	14.61	16.52	19.78	23.26	28.61	34.99	28.03	13.62	14.95	17.46	20.36	24.24	29.19	26.29
0.62	8.03	9.37	12.27	14.46	15.70	15.70	8.88	12.26	14.23	17.43	20.95	25.62	29.96	20.66	15.61	17.66	21.15	24.87	30.58	37.40	29.96	14.56	15.98	18.67	21.77	25.91	31.20	28.10
0.66	8.54	9.97	13.06	15.40	16.72	16.72	9.46	13.05	15.14	18.55	22.30	27.28	31.90	22.00	16.62	18.80	22.51	26.47	32.56	39.82	31.90	15.50	17.01	19.87	23.17	27.58	33.22	29.92
0.70	9.06	10.57	13.85	16.33	17.73	17.73	10.03	13.84	16.06	19.67	23.65	28.93	33.83	23.33	17.63	19.94	23.87	28.07	34.53	42.23	33.83	16.44	18.04	21.07	24.57	29.25	35.23	31.73
0.74	9.58	11.18	14.64	17.26	18.74	18.74	10.60	14.63	16.98	20.80	25.00	30.58	35.76	24.66	18.64	21.08	25.24	29.68	36.50	44.64	35.76	17.38	19.07	22.28	25.98	30.92	37.24	33.54
0.78	10.10	11.78	15.43	18.19	19.75	19.75	11.17	15.42	17.90	21.92	26.35	32.23	37.69	25.99	19.64	22.22	26.60	31.28	38.47	47.05	37.69	18.32	20.10	23.48	27.38	32.59	39.25	35.35
0.82	10.62	12.39	16.22	19.13	20.77	20.77	11.75	16.21	18.82	23.05	27.70	33.89	39.63	27.33	20.65	23.36	27.97	32.89	40.45	49.47	39.63	19.26	21.13	24.69	28.79	34.26	41.27	37.17
0.86	11.13	12.99	17.02	20.06	21.78	21.78	12.32	17.00	19.73	24.17	29.06	35.54	41.56	28.66	21.68	24.50	29.33	34.49	42.42	51.88	41.56	20.20	22.16	25.89	30.19	35.94	43.28	38.98
0.90	11.65	13.60	17.81	20.99	22.79	22.79	12.89	17.79	20.65	25.30	30.41	37.19	43.49	29.99	22.67	25.64	30.70	36.10	44.39	54.29	43.49	21.14	23.19	27.10	31.60	37.61	45.29	40.79
0.94	12.17	14.20	18.60	21.93	23.81	23.81	13.47	18.58	21.57	26.42	31.76	38.85	45.43	31.33	23.67	26.78	32.06	37.70	46.37	56.71	45.43	22.08	24.22	28.30	33.00	39.28	47.31	42.61
0.98	12.69	14.80	19.39	22.86	24.82	24.82	14.04	19.37	22.49	27.54	33.11	40.50	47.36	32.66	24.68	27.92	33.42	39.30	48.34	59.12	47.36	23.02	25.25	29.50	34.40	40.95	49.32	44.42
1.02	13.20	15.41	20.18	23.79	25.83	25.83	14.61	20.17	23.40	28.67	34.46	42.15	49.29	33.99	25.69	29.06	34.79	40.91	50.31	61.53	49.29	23.96	26.29	30.71	35.81	42.62	51.33	46.23
1.06	13.72	16.01	20.97	24.73	26.85	26.85	15.19	20.96	24.32	29.79	35.81	43.81	51.23	35.33	26.69	30.19	36.15	42.51	52.29	63.95	51.23	24.89	27.32	31.91	37.21	44.29	53.35	48.05
1.10	14.24	16.62	21.77	25.66	27.86	27.86	15.76	21.75	25.24	30.92	37.17	45.46	53.16	36.66	27.70	31.33	37.52	44.12	54.26	66.36	53.16	25.83	28.35	33.12	38.62	45.97	55.36	49.86

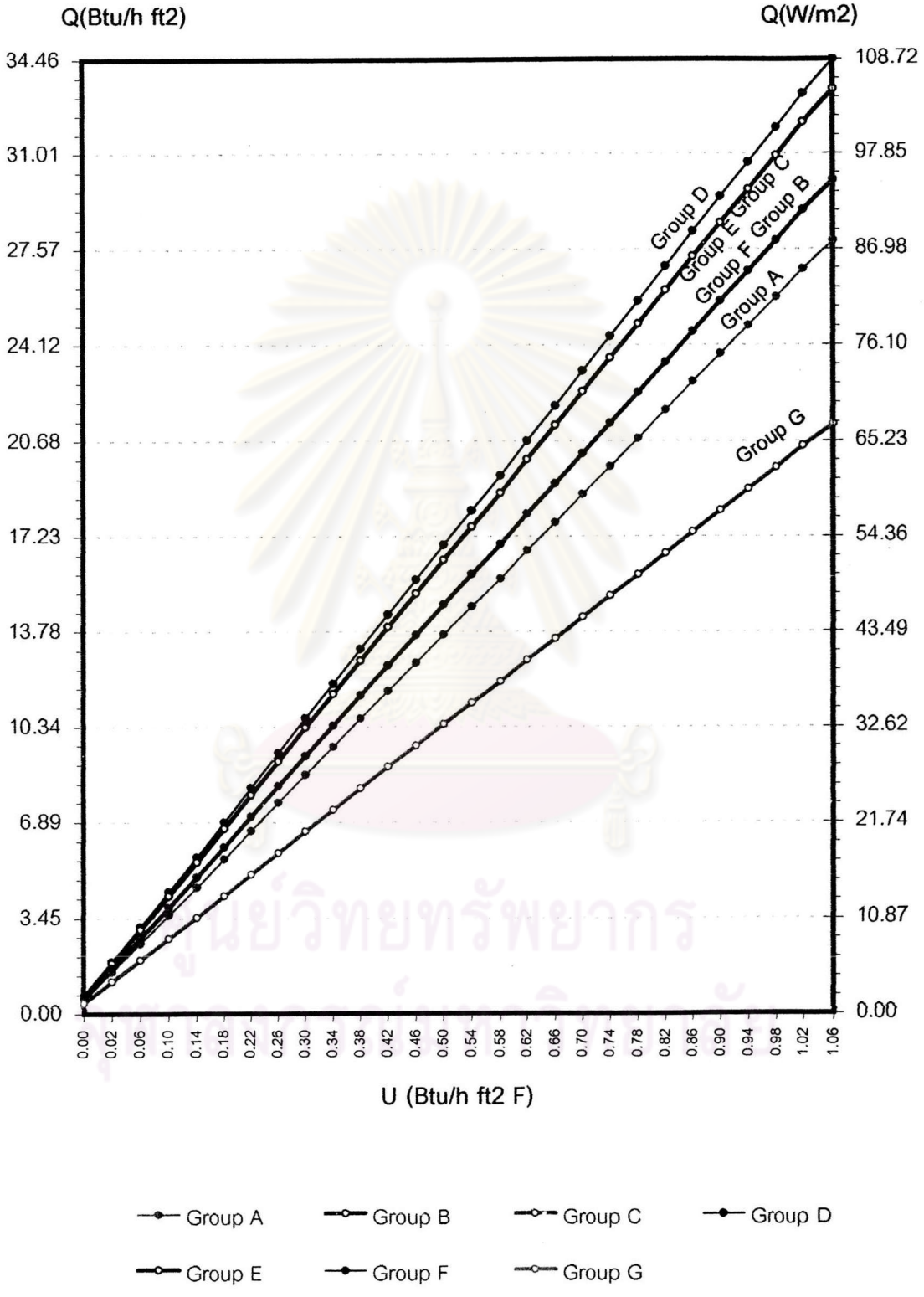
แผนภูมิที่12 แสดงค่าภาระการทำความเย็นสูงสุด (ค่า Q) สำหรับอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศ ช่วงเวลากลางคืน (19.00 - 05.00 น.) ทางทิศเหนือ ช่วงฤดูร้อน



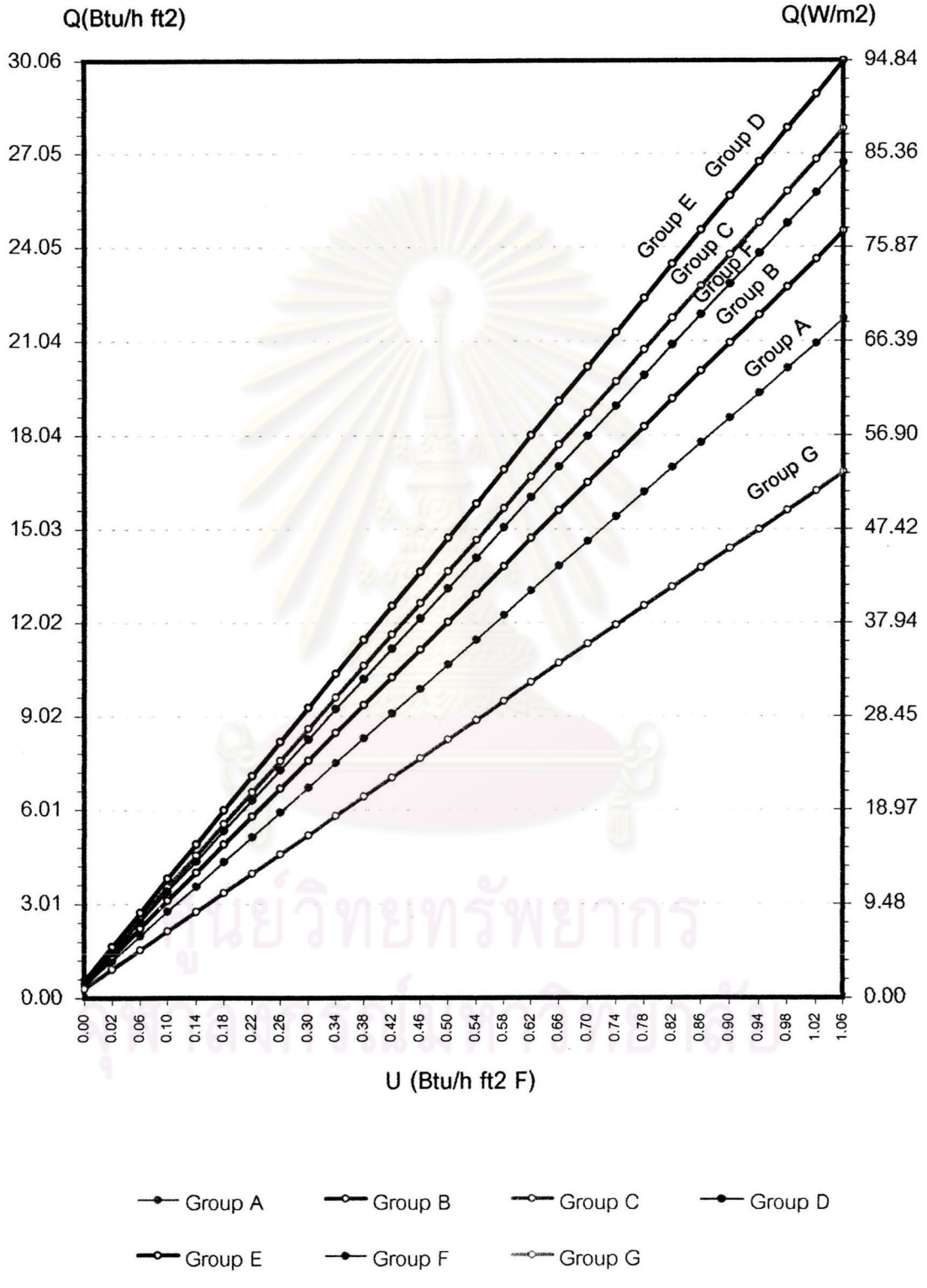
แผนภูมิที่13 แสดงค่าภาระการทำความเย็นสูงสุด (ค่า Q) สำหรับอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศ ช่วงเวลากลางคืน (19.00 - 05.00 น.) ทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ช่วงฤดูร้อน



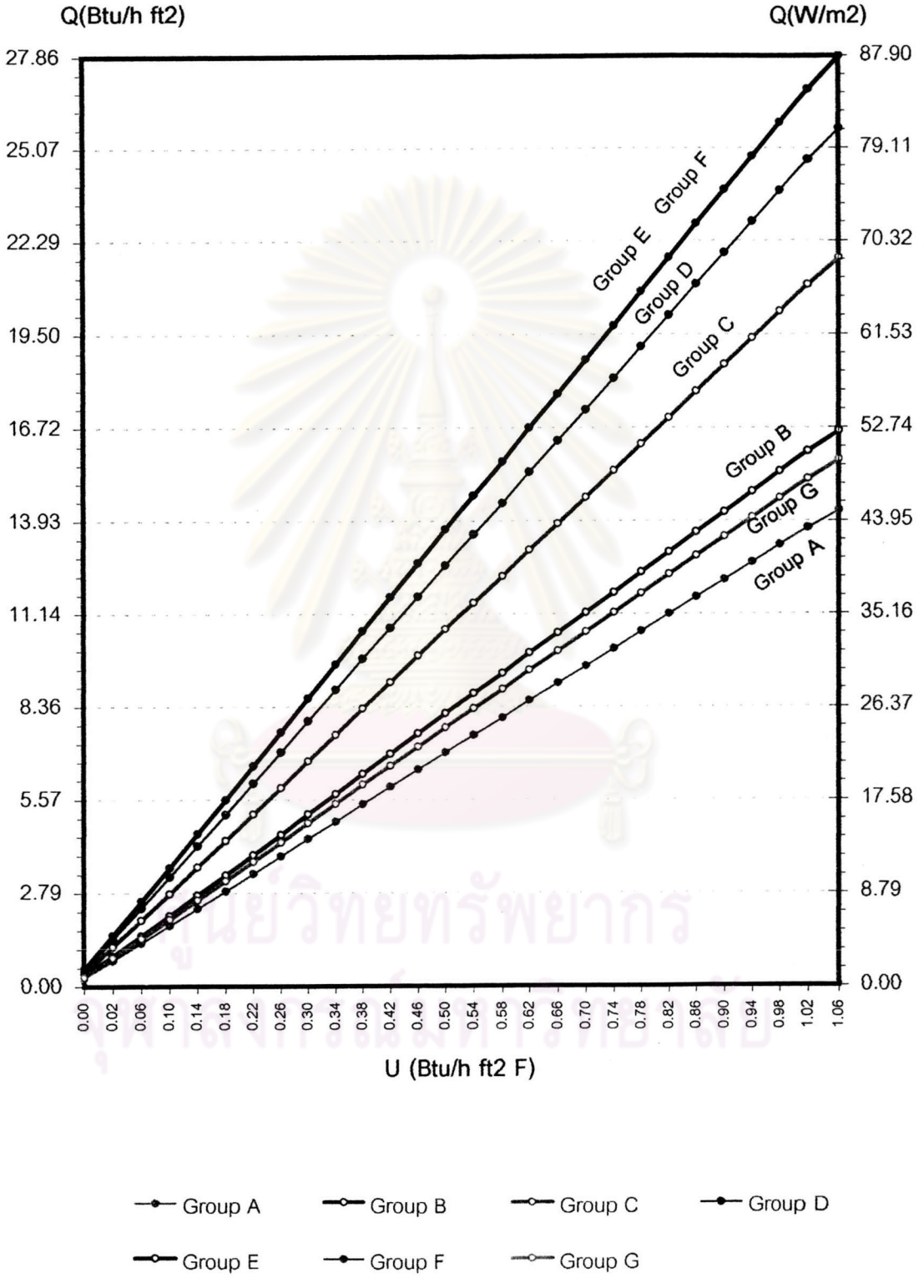
แผนภูมิที่14 แสดงค่าภาระการทำความเย็นสูงสุด (ค่า Q) สำหรับอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศ ช่วงเวลากลางคืน (19.00 - 05.00 น.) ทางทิศตะวันออก ช่วงฤดูร้อน



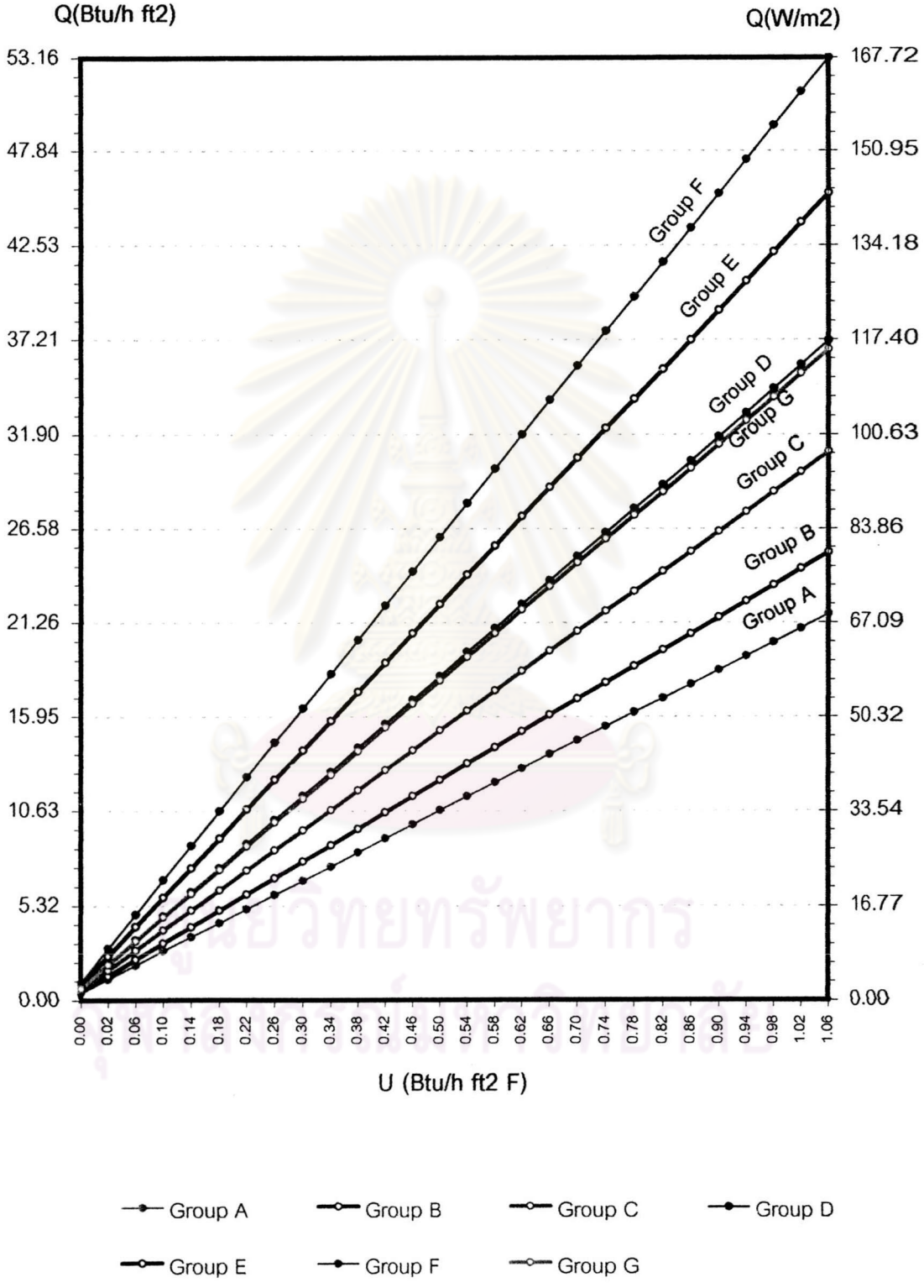
แผนภูมิที่15 แสดงค่าภาระการทำความเย็นสูงสุด (ค่า Q) สำหรับอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศ ช่วงเวลากลางคืน (19.00 - 05.00 น.) ทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ ช่วงฤดูร้อน



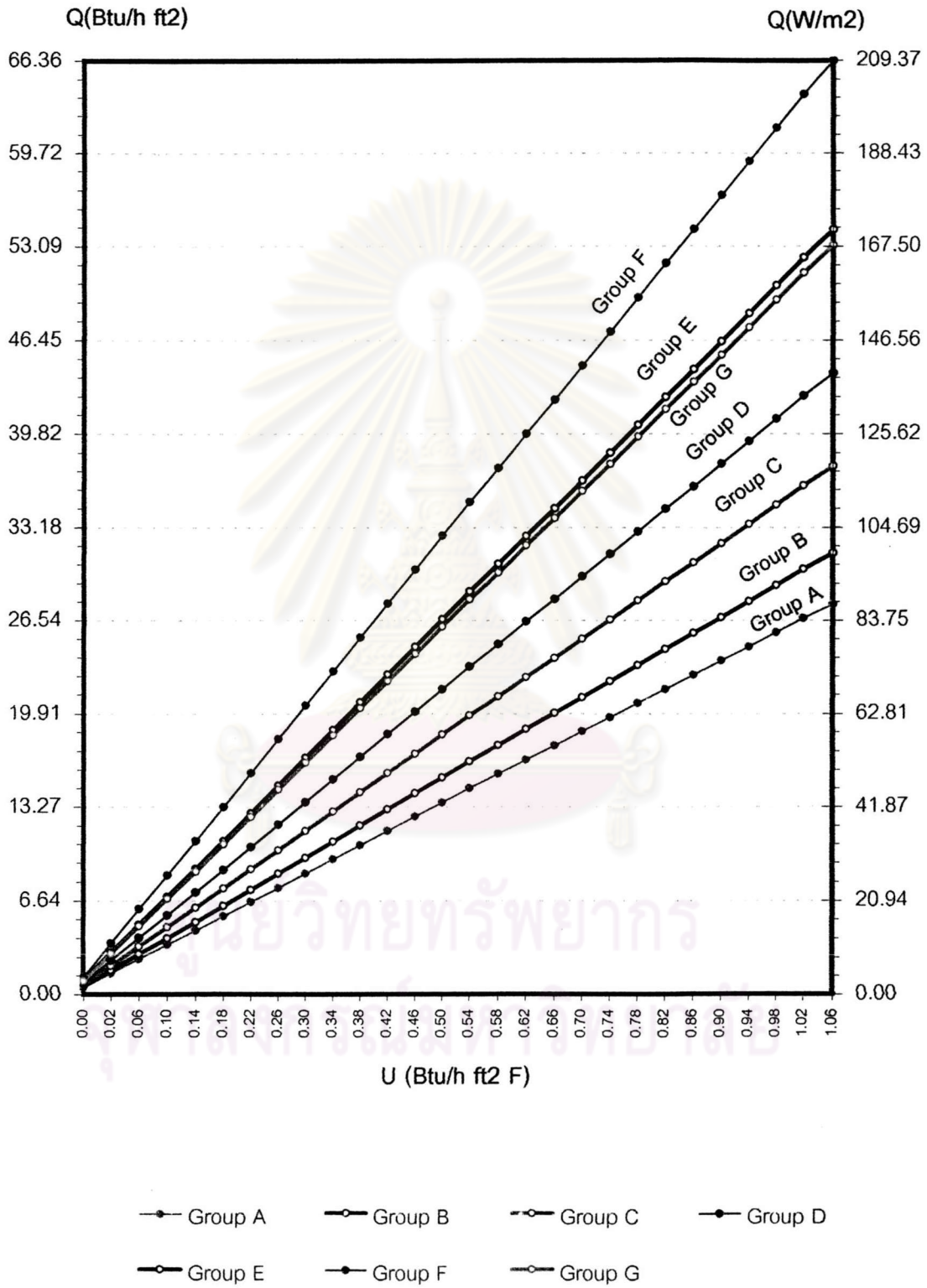
แผนภูมิที่16 แสดงค่าภาระการทำความเย็นสูงสุด (ค่า Q) สำหรับอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศ ช่วงเวลากลางคืน (19.00 - 05.00 น.) ทางทิศใต้ ช่วงฤดูร้อน



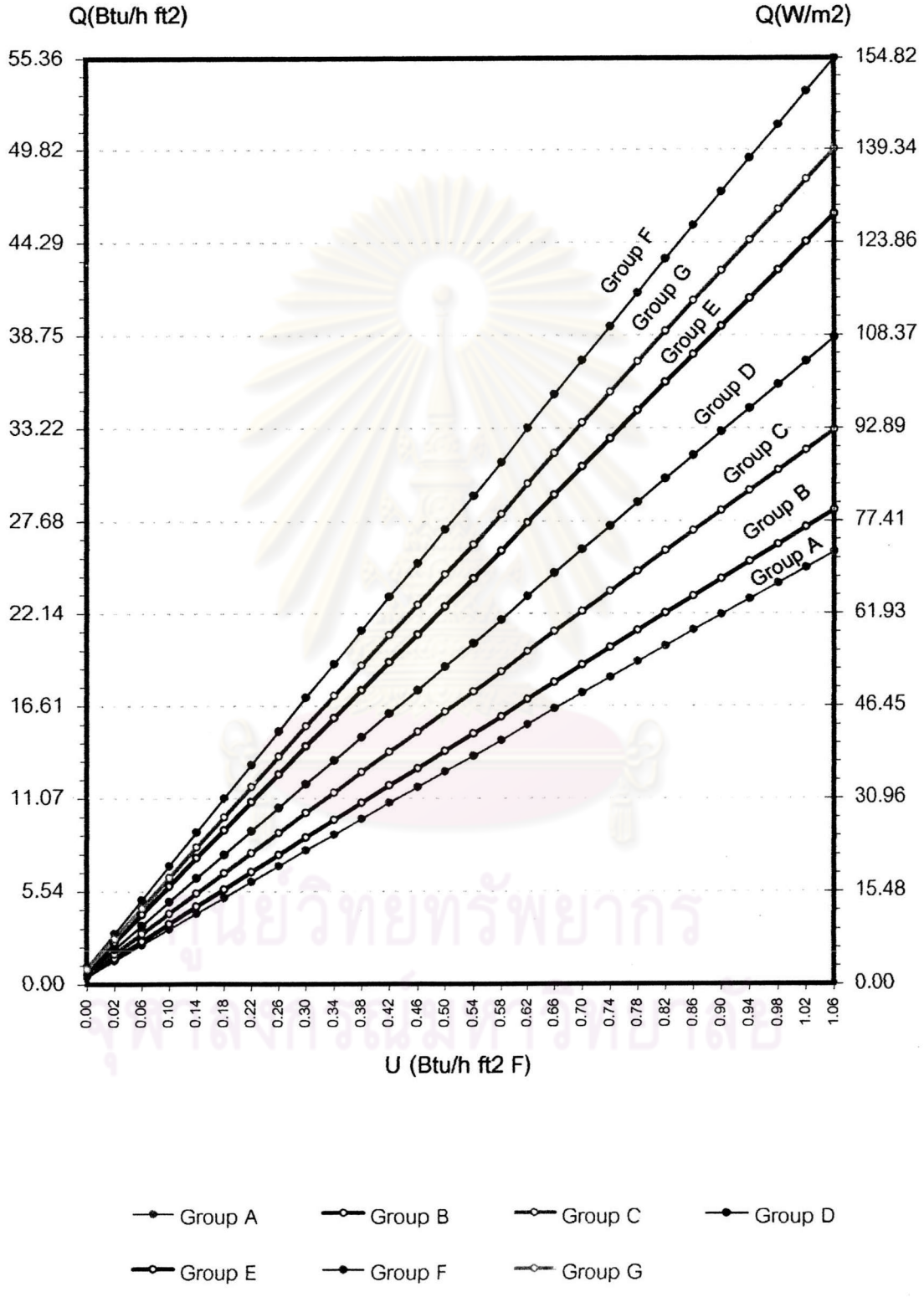
แผนภูมิที่17 แสดงค่าภาระการทำความเย็นสูงสุด (ค่า Q) สำหรับอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศ ช่วงเวลากลางคืน (19.00 - 05.00 น.) ทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ ช่วงฤดูร้อน



แผนภูมิที่ 18 แสดงค่าภาระการทำความเย็นสูงสุด (ค่า Q) สำหรับอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศ ช่วงเวลากลางคืน (19.00 - 05.00 น.) ทางทิศตะวันตก ช่วงฤดูร้อน



แผนภูมิที่ 19 แสดงค่าภาระการทำความเย็นสูงสุด (ค่า Q) สำหรับอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศ ช่วงเวลากลางคืน (19.00 - 05.00 น.) ทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ช่วงฤดูร้อน



ตารางที่ 13 แสดงค่าภาระการทำความเย็นสูงสุด (ค่า Q หน่วย Btu/h ft2) ของผนังอาคาร 32 ประเภท ที่มีการใช้ระบบปรับอากาศช่วงเวลากลางคืน (19.00 – 5.00 น.) ทุกฤดู

type	ผนังอาคารประเภทต่างๆ	ทิศเหนือ			ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ			ทิศตะวันออก			ทิศตะวันออกเฉียงใต้		
		ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว
G	ผนังโลหะลูกฟูก	29.32	27.10	20.16	23.96	21.74	13.72	20.74	18.52	18.02	16.45	14.23	22.31
G	ผนังไม้ชั้นเดียว	18.86	17.43	12.97	15.41	13.98	8.83	13.34	11.91	11.59	10.58	9.15	14.35
G	ผนังไม้ 2 ชั้น	9.73	8.99	6.69	7.95	7.21	4.55	6.88	6.14	5.98	5.46	4.72	7.40
G	ผนังยิปซั่มบอร์ด	10.99	10.15	7.55	8.98	8.14	5.14	7.77	6.94	6.75	6.16	5.33	8.36
D	ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.10 เมตร	13.82	12.62	8.59	17.04	15.84	11.50	18.20	17.00	16.73	15.88	14.68	19.05
B	ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.175 เมตร	8.34	7.44	4.31	10.91	10.00	6.51	12.02	11.11	10.91	9.82	8.91	12.23
C	ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.30 เมตร	6.73	6.15	3.76	8.72	8.06	5.68	9.67	9.01	8.87	8.08	7.42	9.82
A	ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.50 เมตร	3.91	3.46	1.93	5.13	4.68	3.03	5.57	5.12	5.01	4.35	3.90	5.45
A	ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.70 เมตร	2.99	2.64	1.48	3.92	3.58	2.32	4.25	3.91	3.83	3.32	2.98	4.16
E	ผนังก่ออิฐฉาบปูนเพิ่มEIFS+โฟม 1 นิ้ว*	4.92	4.55	3.25	5.19	4.82	3.50	5.37	5.00	4.92	4.84	4.47	5.80
E	ผนังก่ออิฐฉาบปูนเพิ่มEIFS+โฟม 2 นิ้ว*	2.86	2.65	1.89	3.02	2.81	2.04	3.12	2.91	2.86	2.81	2.60	3.38
E	ผนังก่ออิฐฉาบปูนเพิ่มEIFS+โฟม 3 นิ้ว*	2.03	1.88	1.34	2.14	1.99	1.44	2.21	2.06	2.03	1.99	1.84	2.39
A	ผนังก่ออิฐฉาบปูน 2 ชั้น มีช่องว่างอากาศตรงกลาง	5.76	5.10	2.85	7.56	6.90	4.47	8.21	7.54	7.38	6.41	5.74	8.03
E	ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.10 เมตรตกแต่งด้วยวีว่า บอร์ด	8.95	8.28	5.91	9.44	8.78	6.37	9.77	9.10	8.95	8.80	8.13	10.56
F	ผนังก่ออิฐมวลเบาหนา 0.10 เมตร	6.57	6.11	4.66	6.35	5.88	4.21	6.12	5.66	5.55	5.45	4.99	6.67
E	ผนังก่ออิฐมวลเบาเพิ่มEIFS+โฟม 1 นิ้ว*	3.31	3.06	2.18	3.49	3.24	2.36	3.61	3.36	3.31	3.25	3.01	3.90
E	ผนังก่ออิฐมวลเบาเพิ่มEIFS+โฟม 2 นิ้ว*	2.22	2.06	1.47	2.35	2.18	1.58	2.43	2.26	2.22	2.19	2.02	2.62
E	ผนังก่ออิฐมวลเบาเพิ่มEIFS+โฟม 3 นิ้ว*	1.69	1.57	1.12	1.79	1.66	1.21	1.85	1.72	1.70	1.67	1.54	2.00
E	ผนังก่ออิฐบล็อกหนา 0.10 เมตร	13.78	12.76	9.10	14.55	13.52	9.82	15.04	14.02	13.78	13.55	12.53	16.26
E	ผนังก่ออิฐบล็อกเพิ่มEIFS+ โฟม 1 นิ้ว*	4.67	4.32	3.08	4.93	4.58	3.32	5.09	4.75	4.67	4.59	4.24	5.51
E	ผนังก่ออิฐบล็อกเพิ่มEIFS+ โฟม 2 นิ้ว*	2.78	2.57	1.84	2.93	2.73	1.98	3.03	2.83	2.78	2.73	2.53	3.28
E	ผนังก่ออิฐบล็อกเพิ่มEIFS+ โฟม 3 นิ้ว*	1.97	1.83	1.30	2.08	1.94	1.41	2.15	2.01	1.97	1.94	1.79	2.33
E	ผนังคอนกรีตเสริมเหล็กหนา 0.10 เมตร	20.98	19.42	13.86	22.14	20.58	14.94	22.90	21.34	20.98	20.63	19.07	24.76
E	ผนังคอนกรีตเสริมเหล็กเพิ่มEIFS+โฟม 1 นิ้ว*	5.03	4.66	3.32	5.31	4.93	3.58	5.49	5.11	5.03	4.95	4.57	5.94
E	ผนังคอนกรีตเสริมเหล็กเพิ่มEIFS+โฟม 2 นิ้ว*	2.89	2.67	1.91	3.05	2.83	2.06	3.15	2.94	2.89	2.84	2.63	3.41
E	ผนังคอนกรีตเสริมเหล็กเพิ่มEIFS+โฟม 3 นิ้ว*	2.03	1.88	1.34	2.14	1.99	1.44	2.21	2.06	2.03	1.99	1.84	2.39
G	แผ่นผนังสำเร็จบุด้วยแผ่นอลูมิเนียม	12.43	11.49	8.55	10.16	9.22	5.82	8.79	7.85	7.64	6.97	6.03	9.46
G	แผ่นผนังสำเร็จบุด้วยวีว่า บอร์ด	9.95	9.19	6.84	8.13	7.37	4.66	7.03	6.28	6.11	5.58	4.83	7.57
G	แผ่นผนังสำเร็จบุด้วยแผ่นอลูมิเนียมเพิ่มฉนวนตรงกลาง	3.12	2.88	2.14	2.55	2.31	1.46	2.20	1.97	1.91	1.75	1.51	2.37
G	ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก + โฟม 1 นิ้ว	4.18	3.86	2.87	3.42	3.10	1.96	2.96	2.64	2.57	2.34	2.03	3.18
G	ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก + โฟม 2 นิ้ว	2.57	2.37	1.77	2.10	1.90	1.20	1.82	1.62	1.58	1.44	1.25	1.95
G	ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก + โฟม 3 นิ้ว	1.86	1.72	1.28	1.52	1.38	0.87	1.31	1.17	1.14	1.04	0.90	1.41
	อื่นๆ												

ตารางที่ 13 (ต่อ) แสดงค่าภาระการทำความเย็นสูงสุด (ค่า Q หน่วย Btu/h ft2) ของผนังอาคาร 32 ประเภท ที่มีการใช้ระบบปรับอากาศช่วงเวลากลางคืน (19.00 – 5.00 น.) ทุกฤดู

type	ผนังอาคารประเภทต่างๆ	ทิศใต้			ทิศตะวันตกเฉียงใต้			ทิศตะวันตก			ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ		
		ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว
G	ผนังโลหะลูกฟูก	49.38	47.15	64.28	69.68	67.51	76.20	82.47	79.35	79.53	68.52	65.40	58.07
G	ผนังไม้ชั้นเดียว	31.75	30.32	41.34	44.81	43.41	49.00	53.03	51.03	51.14	44.06	42.06	37.34
G	ผนังไม้ 2 ชั้น	16.38	15.64	21.33	23.12	22.40	25.28	27.36	26.33	26.39	22.73	21.70	19.27
G	ผนังยิปซั่มบอร์ด	18.50	17.66	24.08	26.11	25.29	28.55	30.90	29.73	29.79	25.67	24.50	21.75
D	ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.10 เมตร	15.03	13.61	22.15	19.63	18.43	22.29	23.30	22.24	21.16	20.40	19.34	14.19
B	ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.175 เมตร	6.98	5.90	12.37	10.10	9.20	11.77	12.53	11.69	10.45	11.34	10.45	6.17
C	ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.30 เมตร	6.65	5.88	10.56	8.97	8.38	10.34	10.88	10.30	9.70	9.60	9.02	6.19
A	ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.50 เมตร	3.29	2.84	6.16	4.41	3.90	5.70	5.54	5.14	5.04	5.51	5.03	3.50
A	ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.70 เมตร	2.51	2.17	4.71	3.37	2.98	4.35	4.23	3.93	3.85	4.21	3.84	2.67
E	ผนังก่ออิฐฉาบปูนเพิ่มEIFS+โฟม 1 นิ้ว*	5.82	5.30	7.99	7.33	6.98	8.32	8.73	8.36	8.28	7.40	7.03	5.63
E	ผนังก่ออิฐฉาบปูนเพิ่มEIFS+โฟม 2 นิ้ว*	3.38	3.09	4.65	4.27	4.06	4.84	5.08	4.87	4.82	4.30	4.09	3.27
E	ผนังก่ออิฐฉาบปูนเพิ่มEIFS+โฟม 3 นิ้ว*	2.40	2.19	3.29	3.02	2.88	3.43	3.60	3.45	3.42	3.05	2.90	2.32
A	ผนังก่ออิฐฉาบปูน 2 ชั้น มีช่องว่างอากาศตรงกลาง	4.84	4.18	9.08	6.50	5.75	8.39	8.16	7.58	7.42	8.12	7.40	5.15
E	ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.10 เมตรตกแต่งด้วยวีว่า บอร์ด	10.58	9.64	14.53	13.33	12.69	15.13	15.88	15.22	15.07	13.46	12.79	10.24
F	ผนังก่ออิฐมวลเบาหนา 0.10 เมตร	8.72	8.27	11.65	11.52	11.07	12.76	13.51	13.05	12.95	11.27	10.81	9.14
E	ผนังก่ออิฐมวลเบาเพิ่มEIFS+โฟม 1 นิ้ว*	3.91	3.56	5.37	4.93	4.69	5.59	5.87	5.62	5.57	4.97	4.73	3.78
E	ผนังก่ออิฐมวลเบาเพิ่มEIFS+โฟม 2 นิ้ว*	2.63	2.40	3.61	3.31	3.15	3.76	3.95	3.78	3.74	3.34	3.18	2.54
E	ผนังก่ออิฐมวลเบาเพิ่มEIFS+โฟม 3 นิ้ว*	2.00	1.83	2.75	2.53	2.40	2.87	3.01	2.88	2.85	2.55	2.42	1.94
E	ผนังก่ออิฐบล็อกหนา 0.10 เมตร	16.30	14.86	22.38	20.54	19.55	23.30	24.47	23.44	23.21	20.73	19.70	15.77
E	ผนังก่ออิฐบล็อกเพิ่มEIFS+ โฟม 1 นิ้ว*	5.52	5.03	7.58	6.96	6.62	7.89	8.29	7.94	7.86	7.02	6.67	5.34
E	ผนังก่ออิฐบล็อกเพิ่มEIFS+ โฟม 2 นิ้ว*	3.29	3.00	4.51	4.14	3.94	4.70	4.93	4.73	4.68	4.18	3.97	3.18
E	ผนังก่ออิฐบล็อกเพิ่มEIFS+ โฟม 3 นิ้ว*	2.33	2.13	3.20	2.94	2.80	3.34	3.50	3.36	3.32	2.97	2.82	2.26
E	ผนังคอนกรีตเสริมเหล็กหนา 0.10 เมตร	24.81	22.61	34.06	31.27	29.76	35.47	37.24	35.68	35.33	31.55	29.99	24.00
E	ผนังคอนกรีตเสริมเหล็กเพิ่มEIFS+โฟม 1 นิ้ว*	5.95	5.42	8.17	7.50	7.13	8.50	8.93	8.55	8.47	7.56	7.19	5.75
E	ผนังคอนกรีตเสริมเหล็กเพิ่มEIFS+โฟม 2 นิ้ว*	3.42	3.12	4.69	4.31	4.10	4.89	5.13	4.91	4.87	4.35	4.13	3.31
E	ผนังคอนกรีตเสริมเหล็กเพิ่มEIFS+โฟม 3 นิ้ว*	2.40	2.19	3.29	3.02	2.88	3.43	3.60	3.45	3.42	3.05	2.90	2.32
G	แผ่นผนังสำเร็จรูปด้วยแผ่นอลูมิเนียม	20.94	19.99	27.26	29.55	28.63	32.31	34.97	33.65	33.72	29.06	27.73	24.62
G	แผ่นผนังสำเร็จรูปด้วยวีว่า บอร์ด	16.75	15.99	21.81	23.64	22.90	25.85	27.98	26.92	26.98	23.25	22.19	19.70
G	แผ่นผนังสำเร็จรูปด้วยแผ่นอลูมิเนียมเพิ่มฉนวนตรงกลาง	5.25	5.01	6.83	7.40	7.17	8.10	8.76	8.43	8.45	7.28	6.95	6.17
G	ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก + โฟม 1 นิ้ว	7.04	6.72	9.17	9.94	9.63	10.86	11.76	11.31	11.34	9.77	9.33	8.28
G	ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก + โฟม 2 นิ้ว	4.33	4.13	5.63	6.10	5.91	6.68	7.22	6.95	6.97	6.00	5.73	5.09
G	ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก + โฟม 3 นิ้ว	3.13	2.99	4.07	4.42	4.28	4.83	5.23	5.03	5.04	4.34	4.14	3.68
	อื่นๆ												

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3.2 การพิจารณาค่า Q*A ของผนังทึบแต่ละทิศ จำนวน 8 ทิศ

หลังจากได้ตัวแทนค่าภาระการทำความเย็นสูงสุด (ค่า Q) แต่ละทิศทางจำนวน 8 ทิศ ของปีจากฤดูร้อนเดือนพฤษภาคมจากสมการที่ (7)ในระบบการใช้งานอาคารที่มีการใช้ระบบปรับอากาศทั้งวันหรือช่วงเวลากลางวัน และที่มีการใช้ระบบปรับอากาศช่วงเวลากลางคืนที่เกิดจากค่า U ที่แตกต่างกัน

แล้วเมื่อต้องการทราบอัตราการใช้พลังงานเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบกันนั้น จะต้องนำเรื่องพื้นที่เข้ามาเกี่ยวข้องด้วย จากค่า A ที่กล่าวมาข้างต้นคือ พื้นที่ผนังทึบในทิศทางนั้น/พื้นที่ใช้สอยอาคาร ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0 – 2 แสดงวิธีการหาการเปรียบเทียบค่าภาระการทำความเย็น(กำหนดให้เป็น Q*A) ที่จะนำมาเป็นตัวเปรียบเทียบอัตราการใช้พลังงานที่เกิดจากผนังอาคารประเภทต่างๆ และเป็นค่าที่จะนำมาสร้างเป็นระดับคะแนนได้ดังนี้

การเปรียบเทียบค่าภาระการทำความเย็น = $[(Q(\text{ทิศ } n_1)*\text{พ.ท.ผนังทึบ(ทิศ } n_1))+(Q(\text{ทิศ } n_2)*\text{พ.ท.ผนังทึบ(ทิศ } n_2))+\ldots\ldots\ldots\ldots+(Q(\text{ทิศ } n_n)*\text{พ.ท.ผนังทึบ(ทิศ } n_n))]$ / พ.ท. ใช้สอยอาคาร.....(8)

หรือ

การเปรียบเทียบค่าภาระการทำความเย็น = $\left[\frac{(Q(\text{ทิศ } n_1)*\text{พ.ท.ผนังทึบ(ทิศ } n_1))}{\text{พ.ท.ใช้สอย}}\right.$

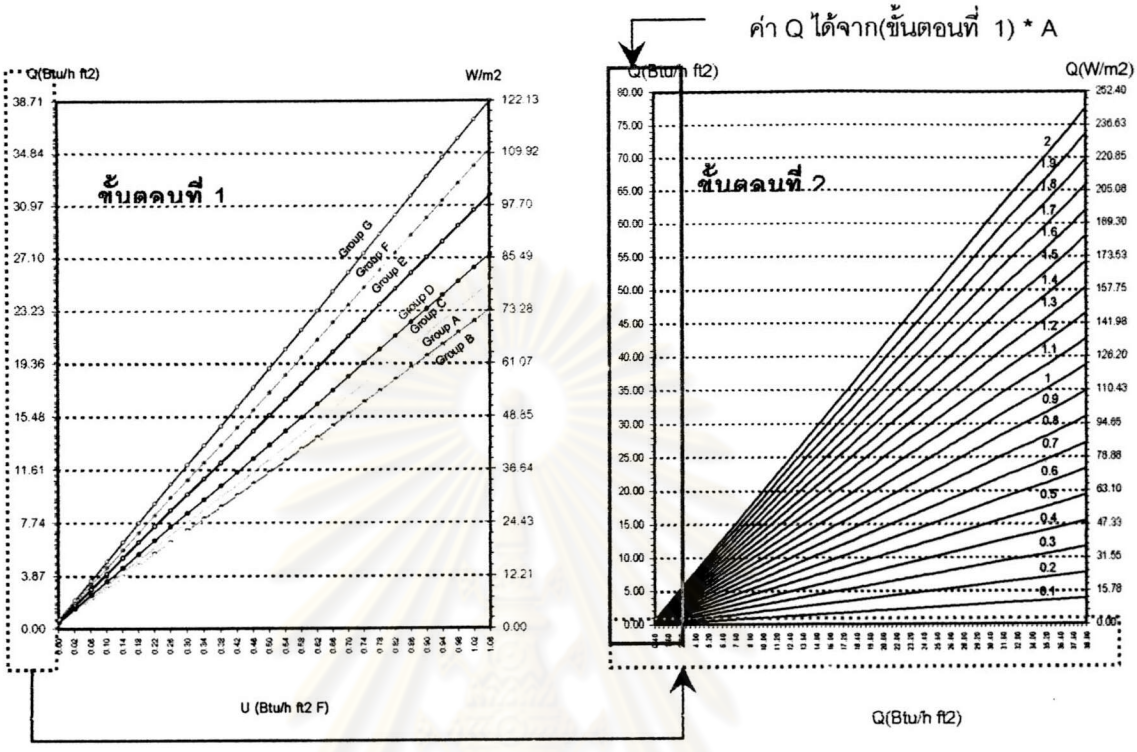
$+\frac{(Q(\text{ทิศ } n_2)*\text{พ.ท.ผนังทึบ(ทิศ } n_2))}{\text{พ.ท.ใช้สอย}}+\ldots\ldots\ldots\ldots+\left.\frac{(Q(\text{ทิศ } n_n)*\text{พ.ท.ผนังทึบ(ทิศ } n_n))}{\text{พ.ท.ใช้สอย}}\right]$ .....(9)

จากสมการที่ (9) เราสามารถเขียนสมการในรูปแบบที่ง่ายขึ้น โดยกำหนดให้ A คือ $\frac{\text{พ.ท.ผนังทึบ(ทิศนั้น)}}{\text{พ.ท.ใช้สอย}}$

การเปรียบเทียบค่าภาระการทำความเย็น = $(Q(\text{ทิศ } n_1)*A(\text{ทิศ } n_1))+(Q(\text{ทิศ } n_2)*A(\text{ทิศ } n_2))+\ldots\ldots+(Q(\text{ทิศ } n_n)*A(\text{ทิศ } n_n))$.....(10)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ซึ่งจากวิธีดังกล่าวข้างต้นสามารถนำมาเขียนเป็นแผนภูมิเพื่อง่ายต่อความเข้าใจได้ดังนี้



ขอบเขตค่า Q ที่ได้จากสมการ Q = U* CLTD corr ทิศต่างๆ

แผนภูมิที่ 20 แสดงวิธีการสร้าง ค่า Q*Aของผนังอาคาร ทิศทางต่างๆ

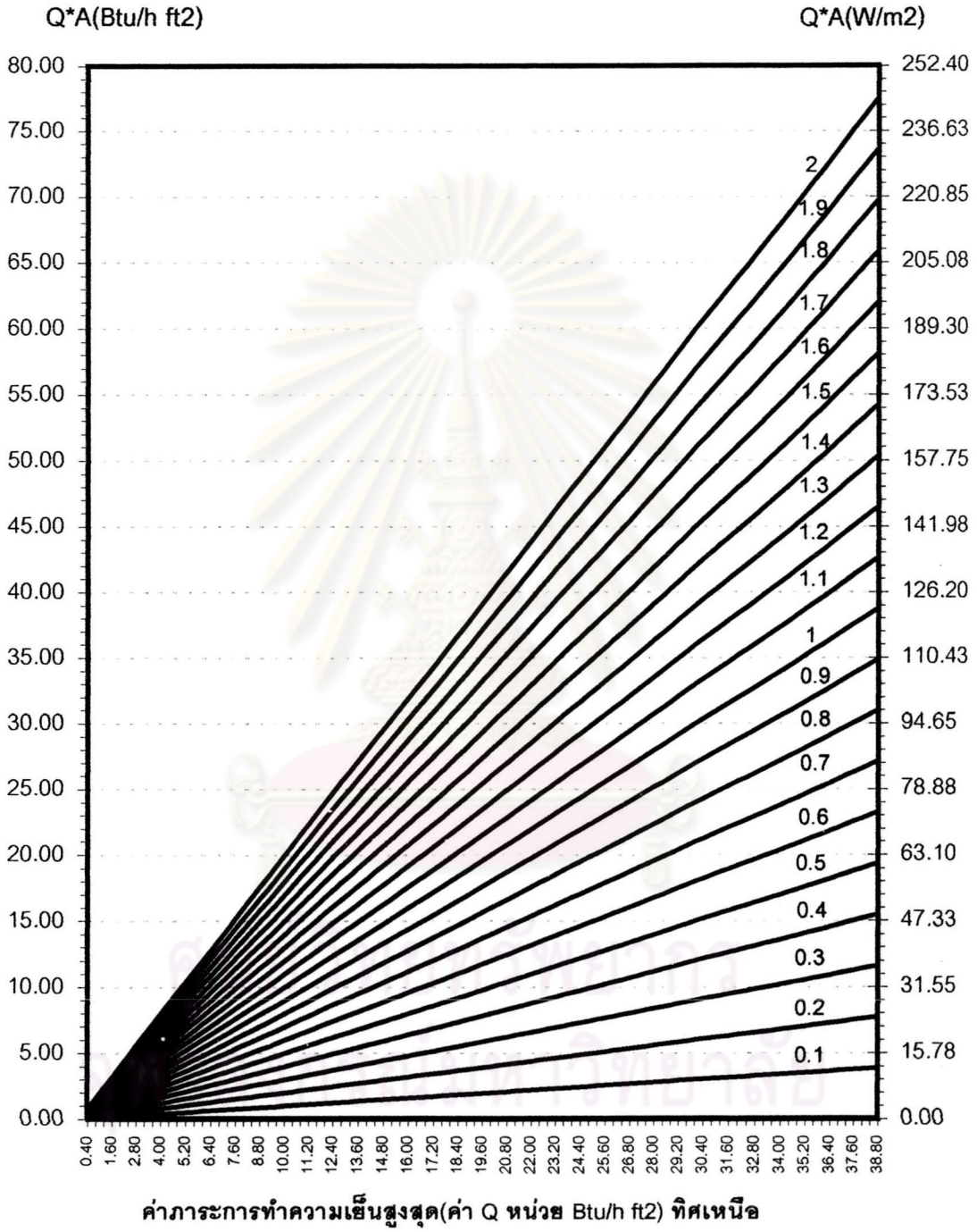
ขั้นตอนที่1 หลังจากทราบขอบเขตค่าภาระการทำความเย็นสูงสุดในทิศทางต่างๆจำนวน 8 ทิศทาง และตามระบบการใช้งาน (ปรับอาคารทั้งวันหรือปรับอากาศช่วงกลางวัน และ ปรับอากาศช่วงกลางคืน)

ขั้นตอนที่ 2 นำขอบเขตค่าภาระการทำความเย็นสูงสุดในทิศทางนั้น(แสดงค่าบนแกน x) มาคูณกับอัตราส่วนพื้นที่ผนังทึบทิศนั้น/พื้นที่ใช้สอยอาคาร (0-2) จะได้ค่า Q*Aในทิศนั้น (แสดงค่าบนแกน Y)

จากแผนภูมิที่ 20 แสดงให้เห็นถึงวิธีหาค่าQ*A ซึ่งจะแสดงค่า Q*Aในแต่ละทิศทางจำนวน 8 ทิศ ดังแสดงในแผนภูมิที่ 21 – 28

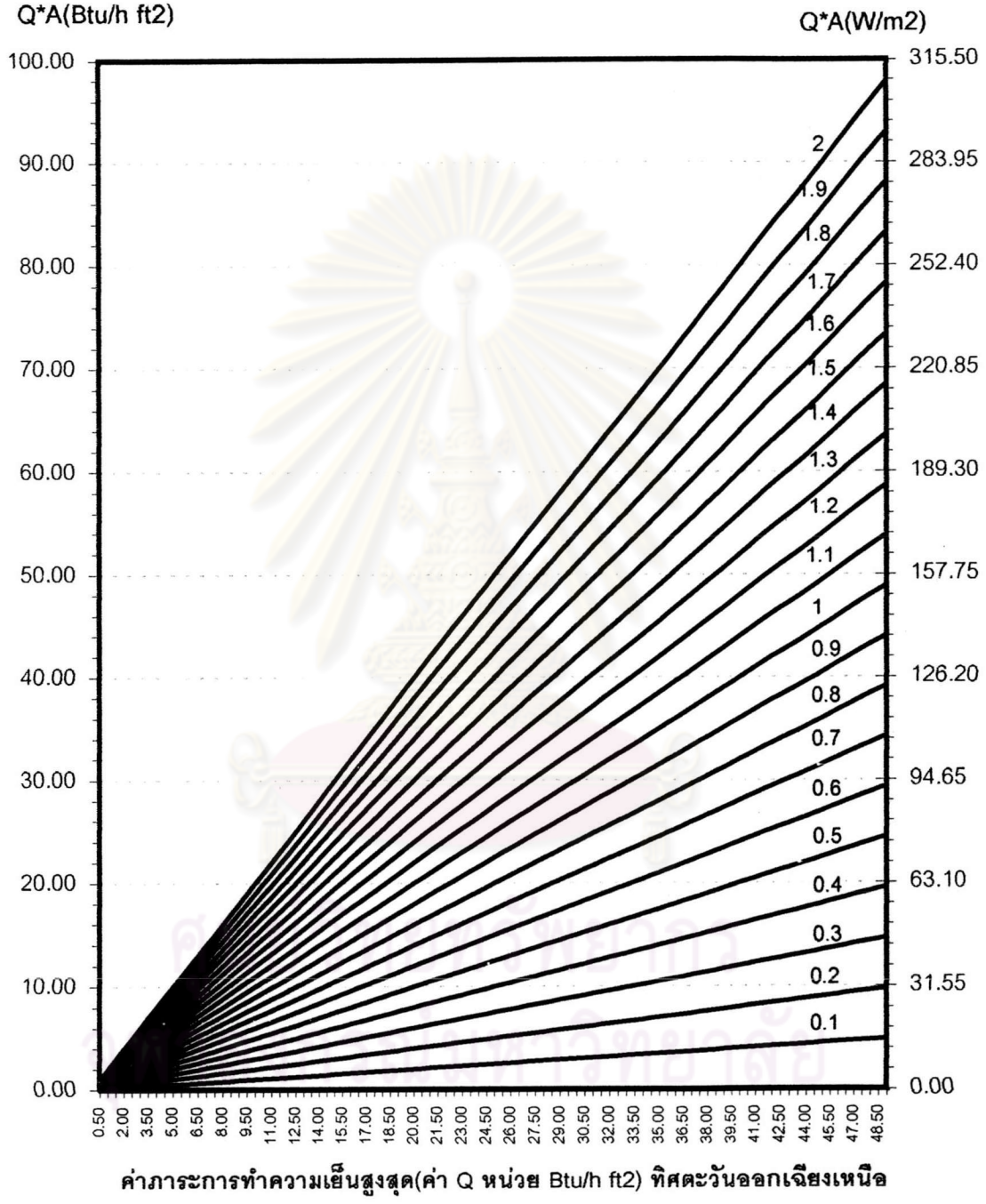
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิที่ 21 แสดงค่า Q*A ทางทิศเหนือ ที่เกิดจากค่าภาระการทำความเย็นสูงสุด(ค่า Q)ทิศเหนือ ในกรณีใช้ระบบปรับอากาศตลอดทั้งวันหรือช่วงเวลากลางวัน คูณด้วยอัตราส่วนพื้นที่ผนังทึบทิศเหนือ/พื้นที่ใช้สอย (มีช่วงระหว่าง 0 - 2) ช่วงฤดูร้อน



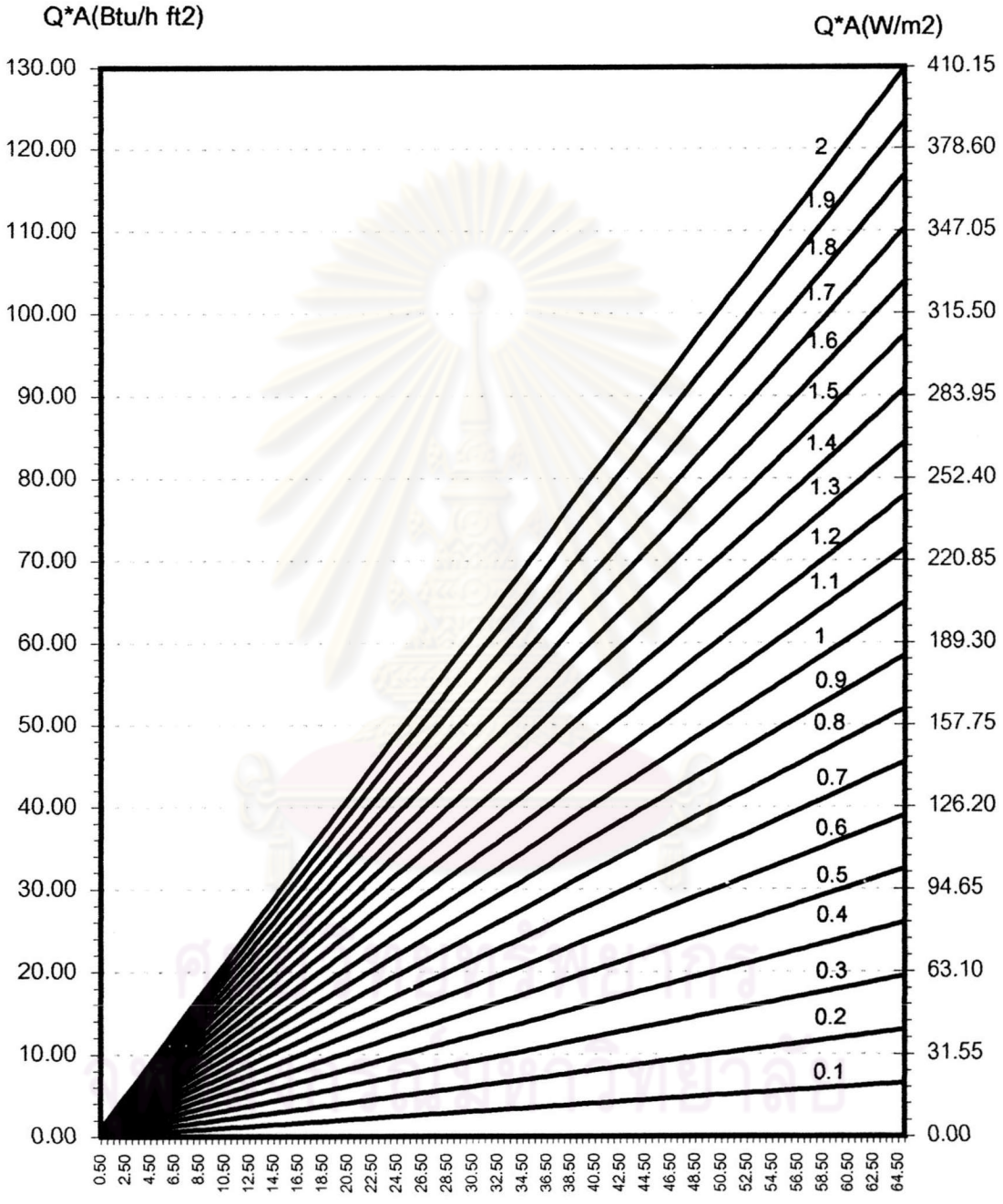
A = อัตราส่วนพื้นที่ผนังทึบทิศเหนือ/พื้นที่ใช้สอย

แผนภูมิที่ 22 แสดงค่า Q*A ทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ที่เกิดจากค่าภาระการทำความเย็นสูงสุด(ค่า Q)ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ในกรณีใช้ระบบปรับอากาศตลอดทั้งวันหรือช่วงเวลากลางวัน คูณด้วยอัตราส่วนพื้นที่ผนังทึบทิศตะวันออกเฉียงเหนือ/พื้นที่ใช้สอย (มีช่วงระหว่าง 0 - 2) ช่วงฤดูร้อน



A = อัตราส่วนพื้นที่ผนังทึบทิศตะวันออกเฉียงเหนือ/พื้นที่ใช้สอย

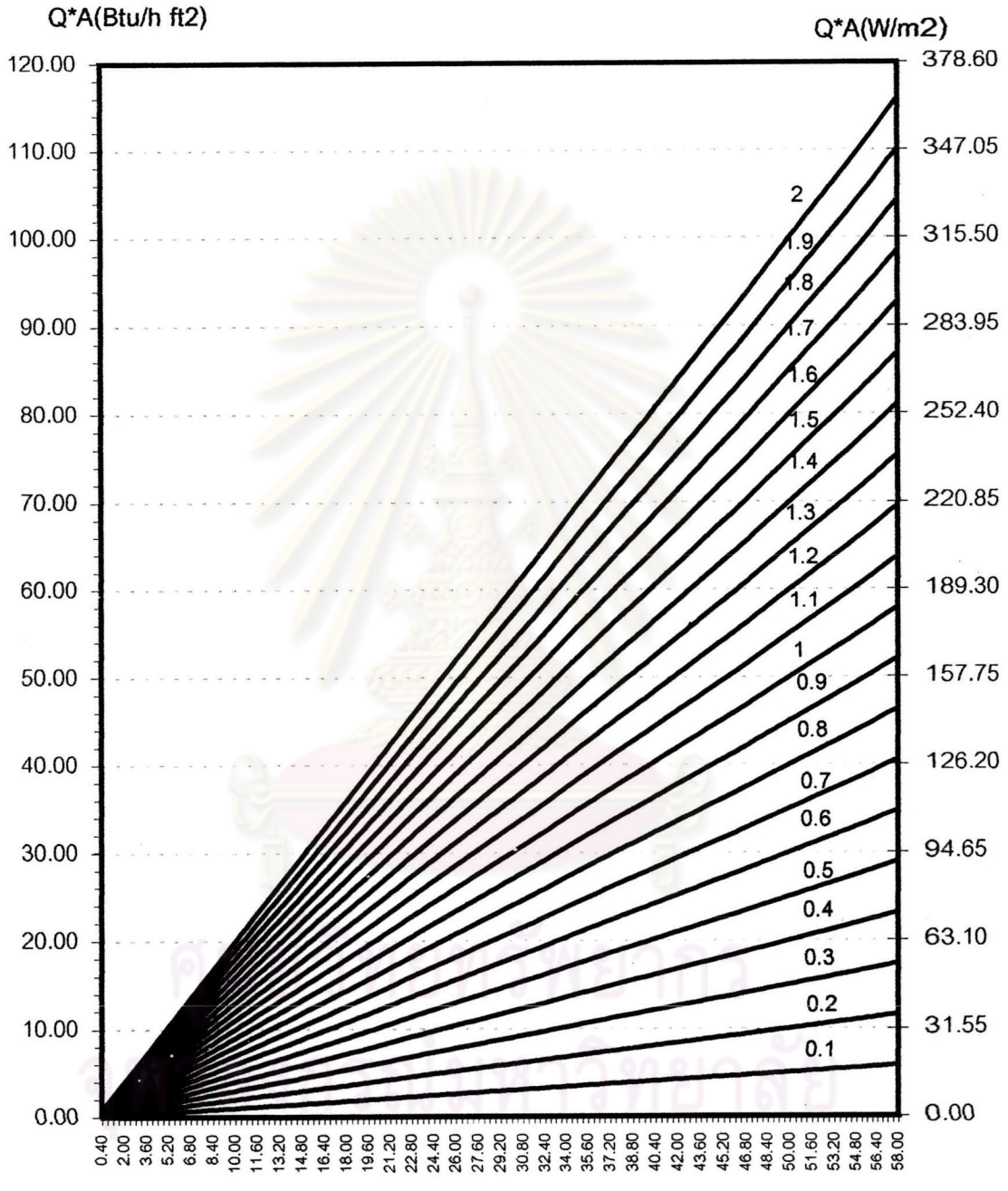
แผนภูมิที่ 23 แสดงค่า Q*A ทางทิศตะวันออก ที่เกิดจากค่าภาระการทำความเย็นสูงสุด(ค่า Q)ทิศตะวันออก ในกรณีใช้ระบบปรับอากาศตลอดทั้งวันหรือช่วงเวลากลางวัน คูณด้วยอัตราส่วนพื้นที่ผนังทึบทิศตะวันออก/พื้นที่ใช้สอย (มีช่วงระหว่าง 0 - 2) ช่วงฤดูร้อน



ค่าภาระการทำความเย็นสูงสุด(ค่า Q หน่วย Btu/h ft2) ทิศตะวันออก

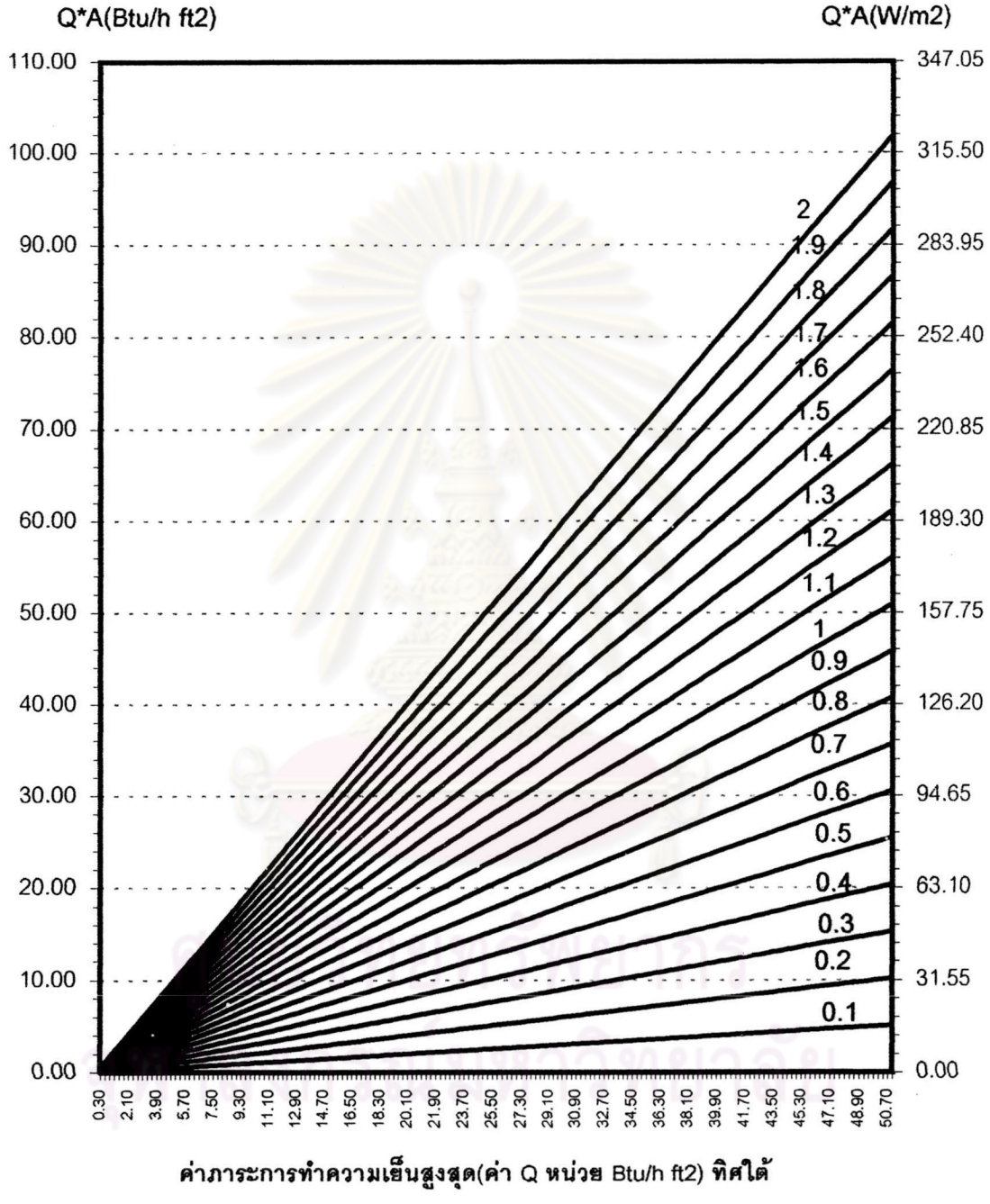
——— A = อัตราส่วนพื้นที่ผนังทึบทิศตะวันออก/พื้นที่ใช้สอย

แผนภูมิที่ 24 แสดงค่า Q*A ทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ ที่เกิดจากค่าภาระการทำความเย็นสูงสุด(ค่า Q) ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ในกรณีใช้ระบบปรับอากาศตลอดทั้งวันหรือช่วงเวลากลางวัน คูณด้วยอัตราส่วนพื้นที่ผนังทึบทิศตะวันออกเฉียงใต้/พื้นที่ใช้สอย (มีช่วงระหว่าง 0 - 2) ช่วงฤดูร้อน



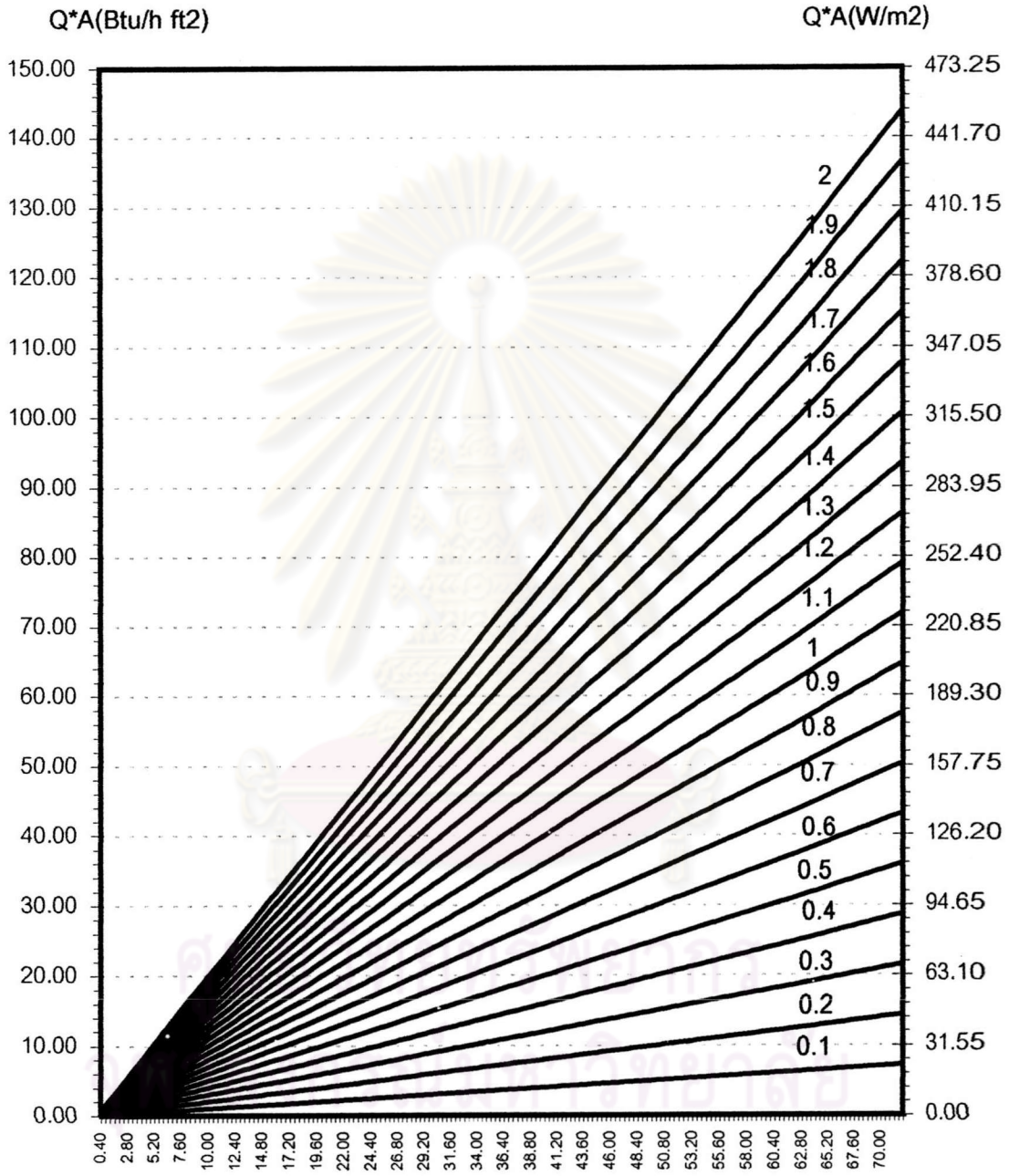
A = อัตราส่วนพื้นที่ผนังทึบทิศตะวันออกเฉียงใต้/พื้นที่ใช้สอย

แผนภูมิที่ 25 แสดงค่า Q*A ทางทิศใต้ ที่เกิดจากค่าภาระการทำความเย็นสูงสุด(ค่า Q)ทิศใต้ ในกรณีใช้ระบบปรับอากาศตลอดทั้งวันหรือช่วงเวลากลางวัน คูณด้วยอัตราส่วนพื้นที่ผนังทึบทิศใต้/พื้นที่ใช้สอย (มีช่วงระหว่าง 0 - 2) ช่วงฤดูร้อน



A = อัตราส่วนพื้นที่ผนังทึบทิศใต้/พื้นที่ใช้สอย

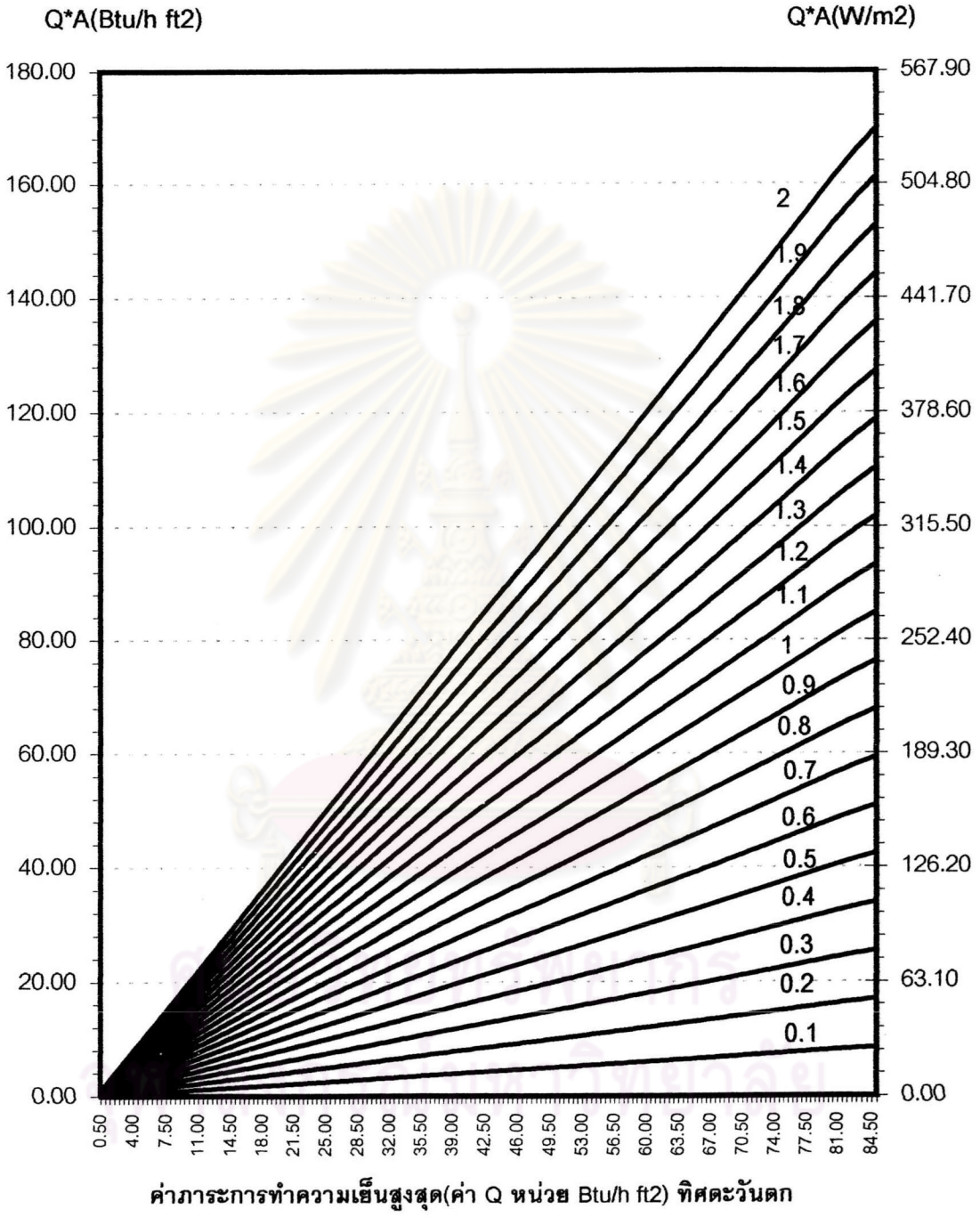
แผนภูมิที่ 26 แสดงค่า Q*A ทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ ที่เกิดจากค่าภาระการทำความเย็นสูงสุด(ค่า Q)ทิศตะวันตกเฉียงใต้ ในกรณีใช้ระบบปรับอากาศตลอดทั้งวันหรือช่วงเวลากลางวัน คูณด้วยอัตราส่วนพื้นที่ผนังทึบทิศตะวันตกเฉียงใต้/พื้นที่ใช้สอย (มีช่วงระหว่าง 0 - 2) ช่วงฤดูร้อน



ค่าภาระการทำความเย็นสูงสุด(ค่า Q หน่วย Btu/h ft2) ทิศตะวันตกเฉียงใต้

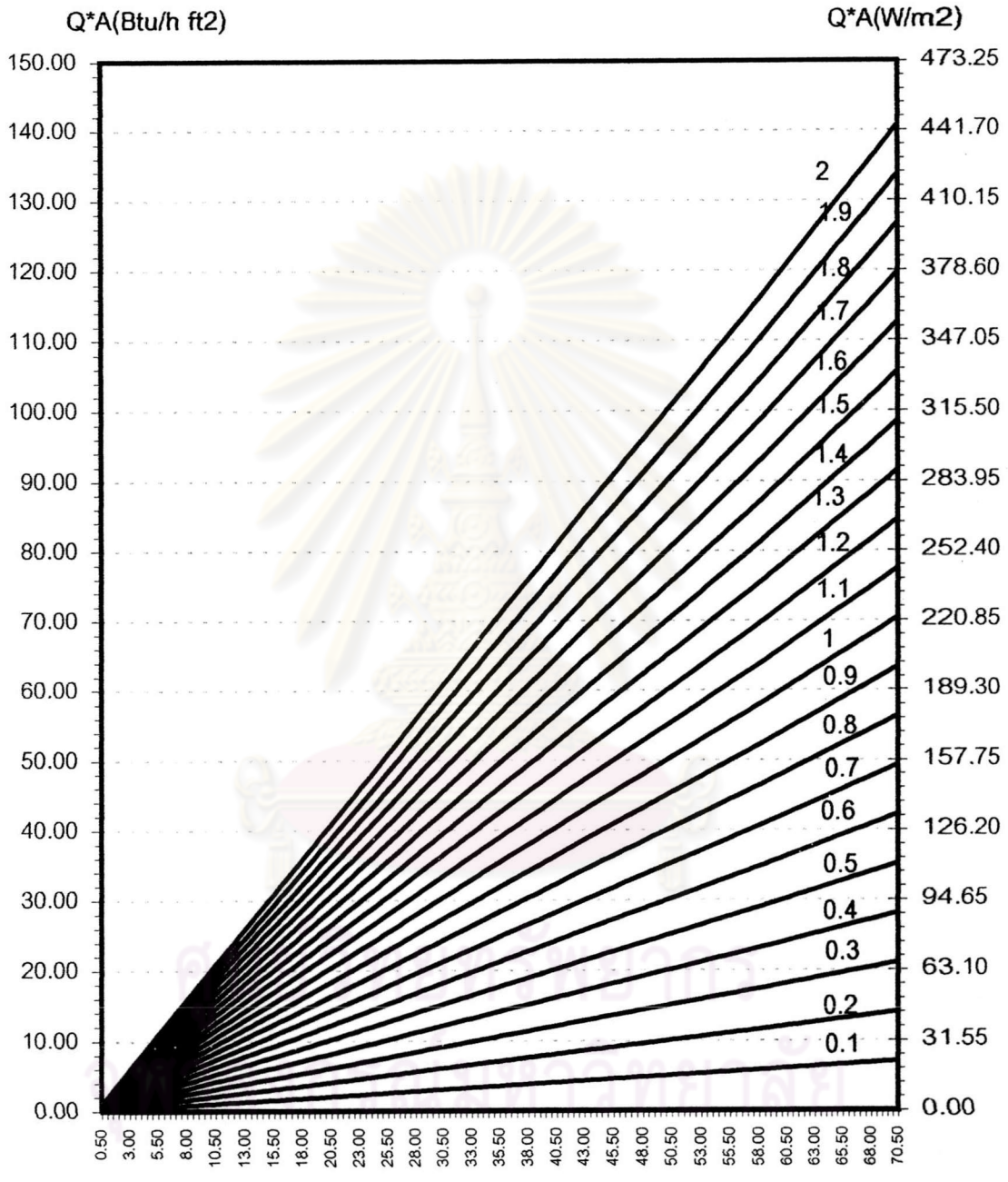
A = อัตราส่วนพื้นที่ผนังทึบทิศตะวันตกเฉียงใต้/พื้นที่ใช้สอย

แผนภูมิที่ 27 แสดงค่า Q*A ทางทิศตะวันตก ที่เกิดจากค่าภาระการทำความเย็นสูงสุด(ค่า Q)ทิศตะวันตก ในกรณีใช้ระบบปรับอากาศตลอดทั้งวันหรือช่วงเวลากลางวัน คูณด้วยอัตราส่วนพื้นที่ผนังทึบทิศตะวันตก/พื้นที่ใช้สอย (มีช่วงระหว่าง 0 - 2) ช่วงฤดูร้อน



A = อัตราส่วนพื้นที่ผนังทึบทิศตะวันตก/พื้นที่ใช้สอย

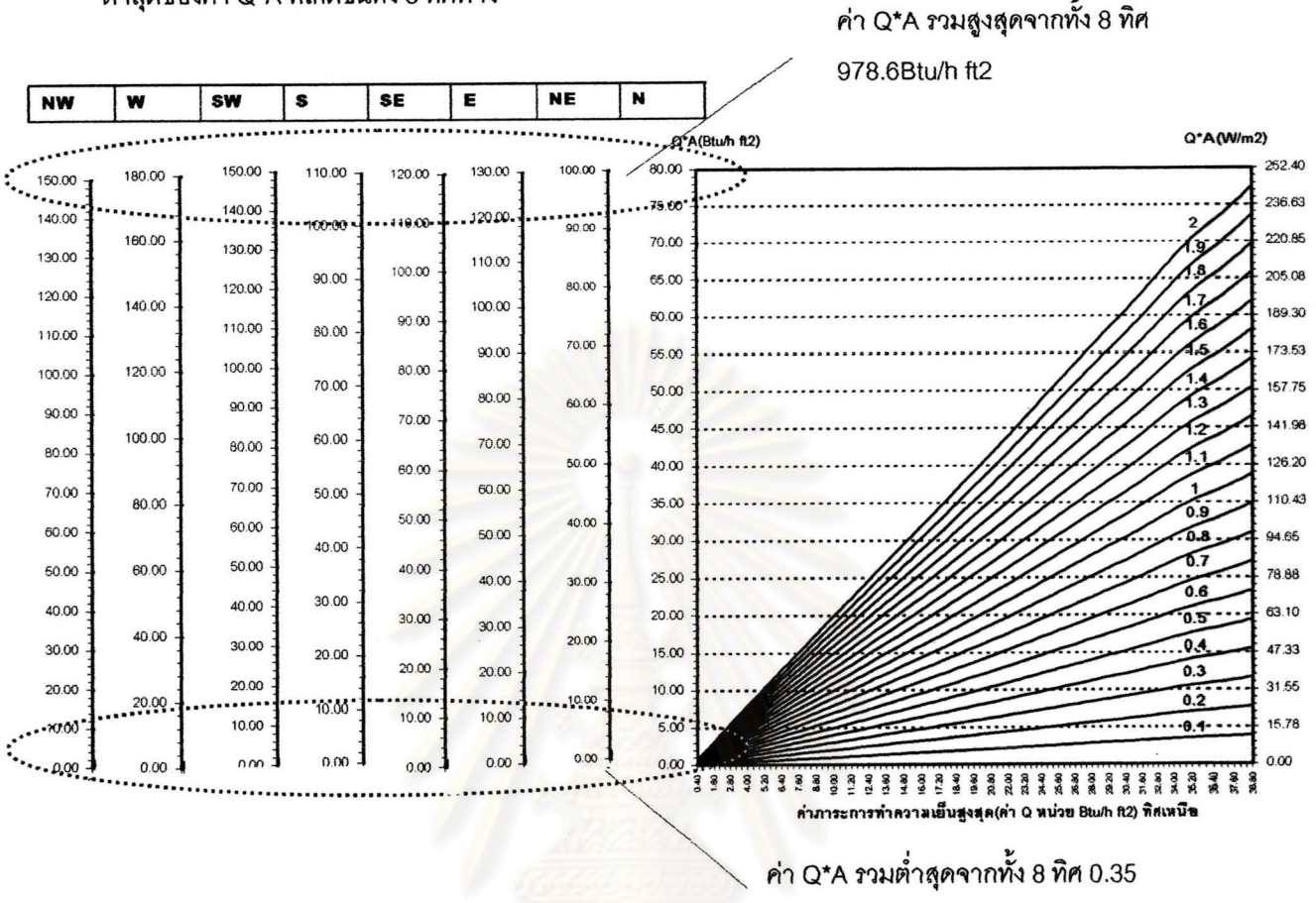
แผนภูมิที่ 28 แสดงค่า Q*A ทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ที่เกิดจากค่าภาระการทำความเย็นสูงสุด(ค่า Q) ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ในกรณีใช้ระบบปรับอากาศตลอดทั้งวันหรือช่วงเวลากลางวัน คูณด้วยอัตราส่วนพื้นที่ผนังทึบทิศตะวันตกเฉียงเหนือ/พื้นที่ใช้สอย (มีช่วงระหว่าง 0 - 2) ช่วงฤดูร้อน



ค่าภาระการทำความเย็นสูงสุด(ค่า Q หน่วย Btu/h ft2) **ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ**

——— A = อัตราส่วนพื้นที่ผนังทึบทิศตะวันตกเฉียงเหนือ/พื้นที่ใช้สอย

จากแผนภูมิที่ 21- 28 จะได้ค่า Q*A ของทิศทางต่างๆจำนวน 8 ทิศทาง ซึ่งทำให้รู้ขอบเขตสูงสุดและต่ำสุดของค่า Q*A ที่เกิดขึ้นทั้ง 8 ทิศทาง

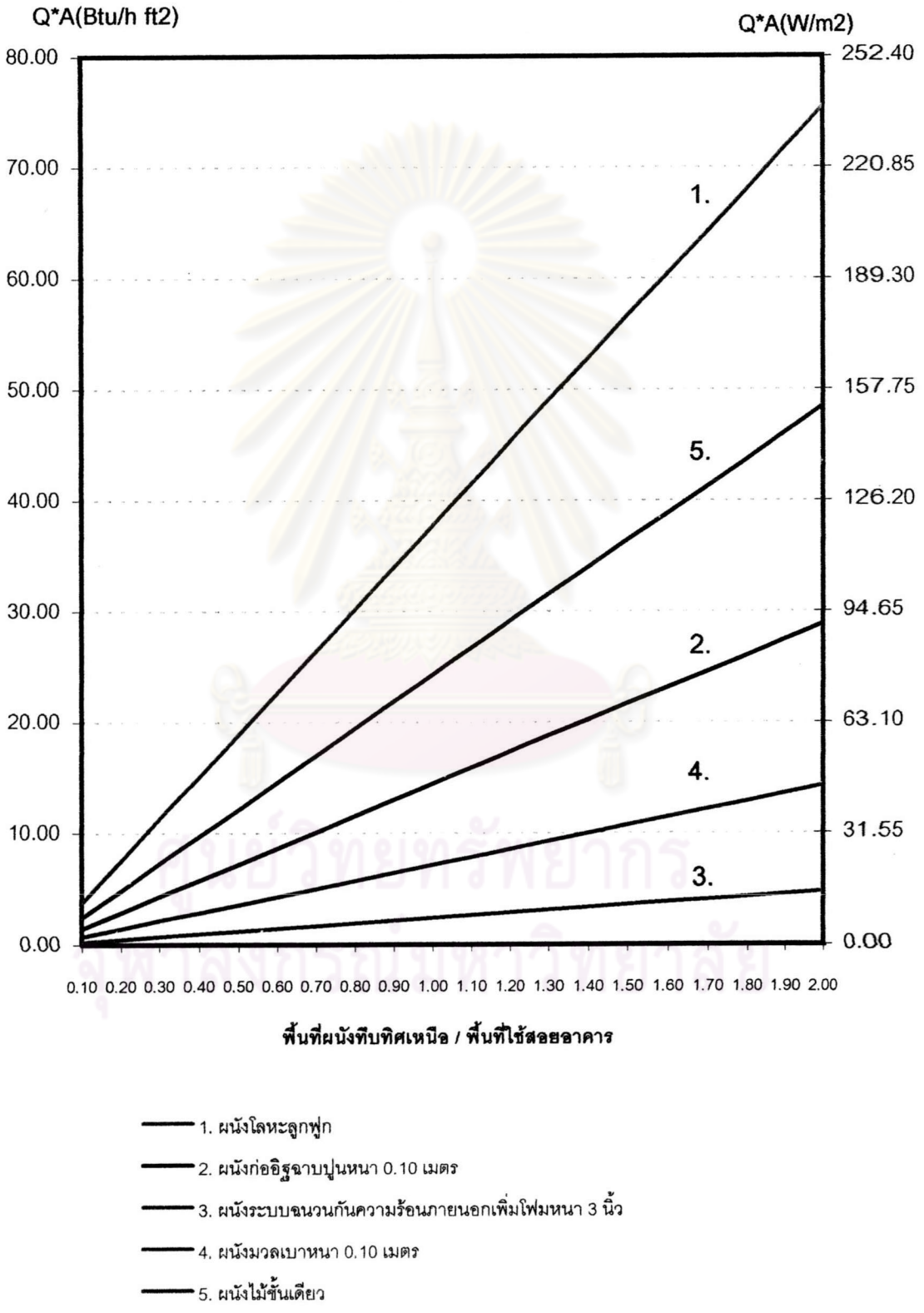


แผนภูมิที่ 29 แสดงค่า Q*A (Btu/h ft2)ในแต่ละทิศทางจำนวน 8 ทิศ

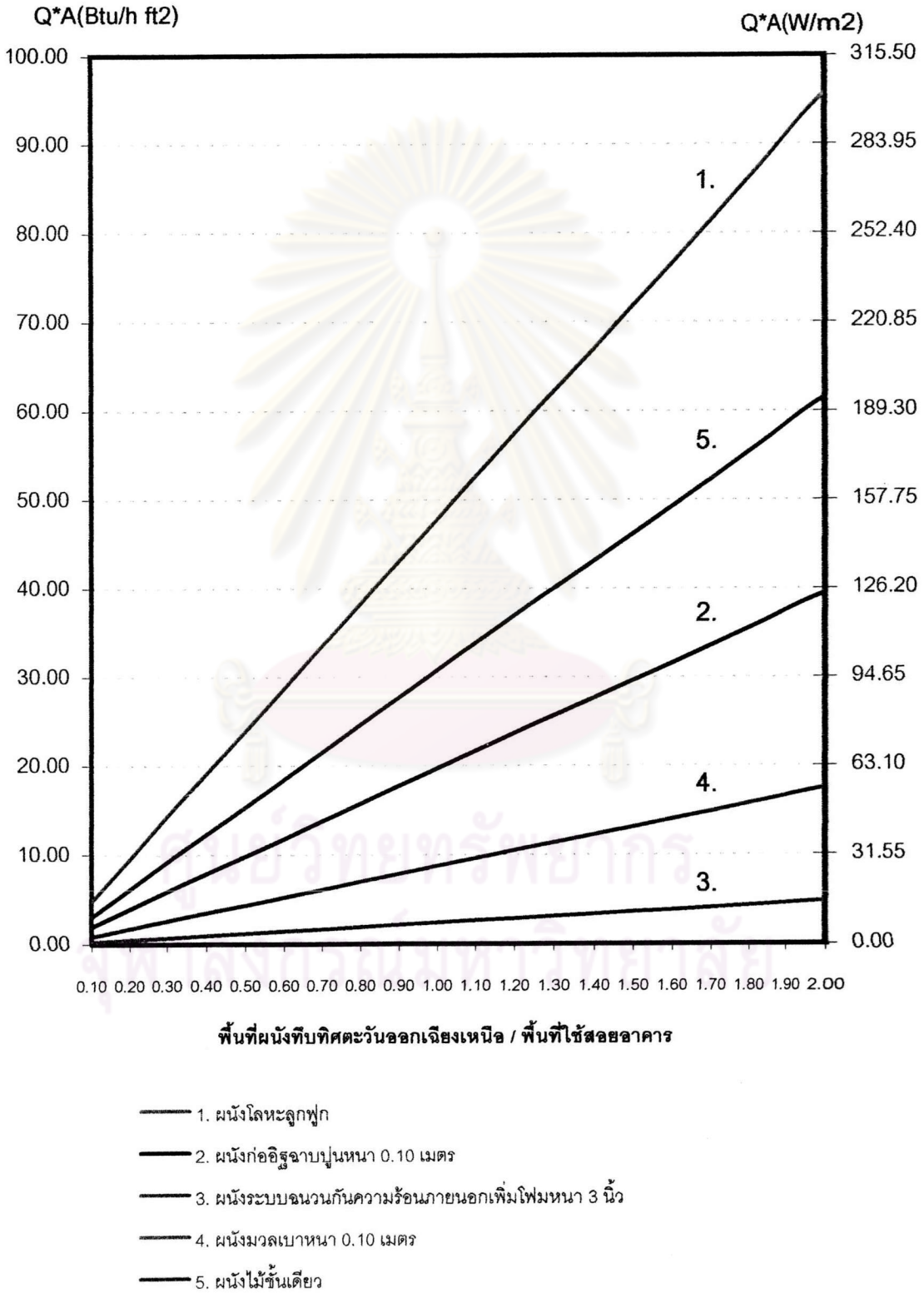
จากแผนภูมิที่ 29 ทำให้ทราบช่วงค่า Q*A (Btu/h ft2) ทำให้ทราบว่ามีทั้ง 8 ทิศมีค่า Q*A อยู่ในช่วง 0.03 – 170 Btu/h ft2 ซึ่งถ้านำค่า Q*A สูงสุดแต่ละทิศจำนวน 8 ทิศมารวมกันจะได้ค่า Q*A สูงสุดอยู่ที่ 978.6 Btu/h ft2 และนำค่า Q*A ต่ำสุดแต่ละทิศจำนวน 8 ทิศมารวมกันจะได้ค่า Q*A ต่ำสุดอยู่ที่ 0.35 Btu/h ft2

เมื่อพิจารณาค่า Q*A ที่เกิดขึ้นจากแผนภูมิที่ 29 จะเกิดจากค่า U ในช่วง 0.00 – 1.10 Btu/h ft2 F ซึ่งมีช่วงค่อนข้างกว้างคือ มีค่า Q*A สูงสุดอยู่ที่ 978.6 Btu/h ft2 และค่า Q*A ต่ำสุดอยู่ที่ 0.35 Btu/h ft2 จึงพิจารณาค่า Q*A ที่เกิดจากค่า U สูงสุดและต่ำสุดจากผนังอาคารจริง โดยกำหนดให้ใช้ค่า Q สูงสุดจากค่า U สูงสุด ของผนังอาคารตัวอย่าง คือ ผนังโลหะลูกฟูก ค่า Q ต่ำสุดจากค่า U ต่ำสุด ของผนังอาคารตัวอย่าง คือ ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก +โฟมหนา 3 นิ้ว และค่า Q ที่จะนำมาเป็นค่ากลางจะนำมาจากผนังอาคารที่นิยมใช้กันในปัจจุบันคือ ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.10 เมตร ผนังก่ออิฐบล๊อกหนา 0.10 เมตร และผนังไม้ชั้นเดียว โดยจะแสดงความสัมพันธ์ของค่า Q ของผนังอาคารประเภทต่างๆที่กล่าวมาข้างต้นกับค่า A ในแผนภูมิที่ 30 - 37

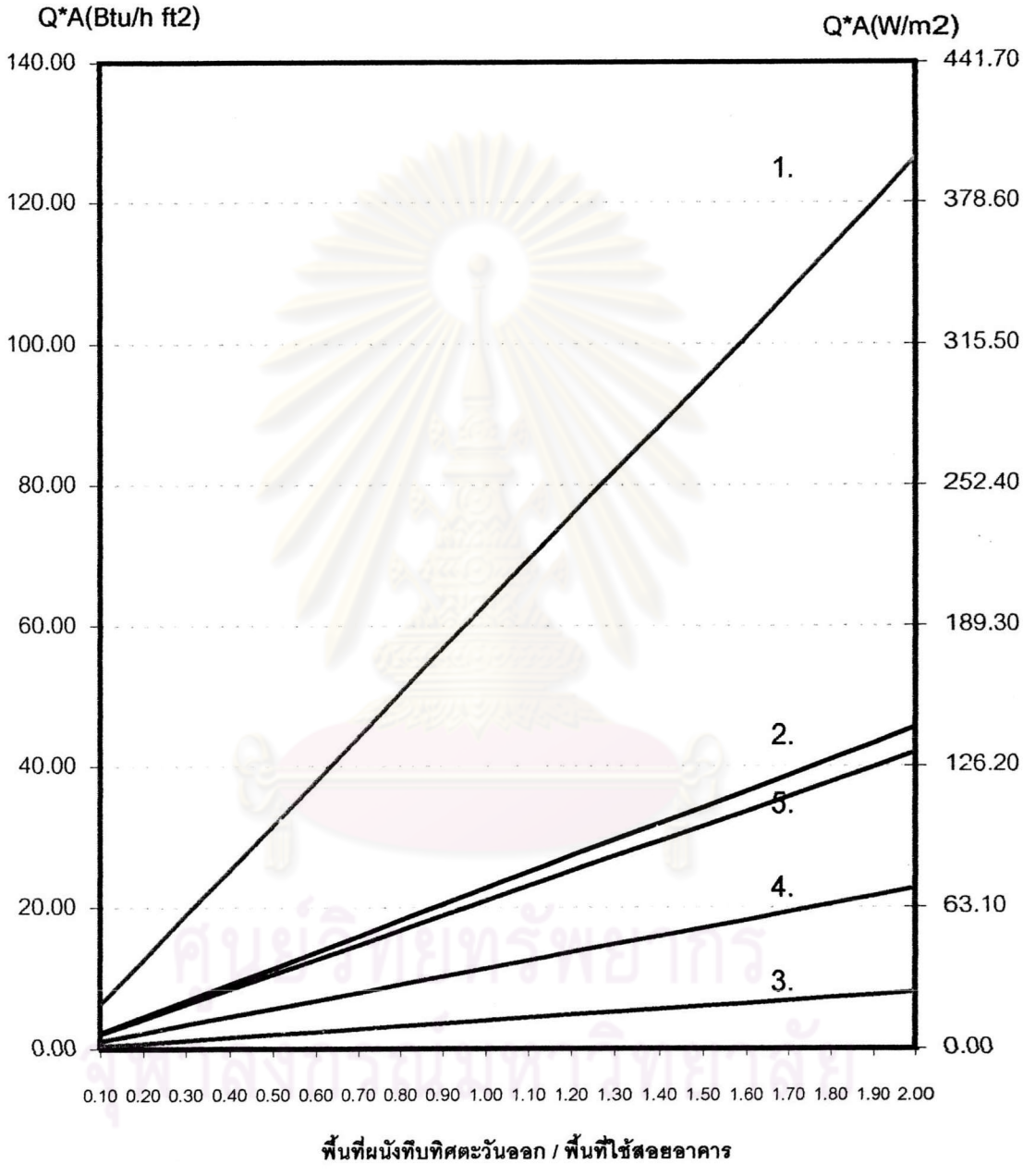
แผนภูมิที่ 30 แสดงค่า Q*A ของผนังอาคารประเภทต่างๆ ในอัตราส่วนพื้นที่ผนังทึบทิศเหนือ / พื้นที่ใช้สอยอาคาร ตั้งแต่ 0.1 - 2 ช่วงฤดูร้อน



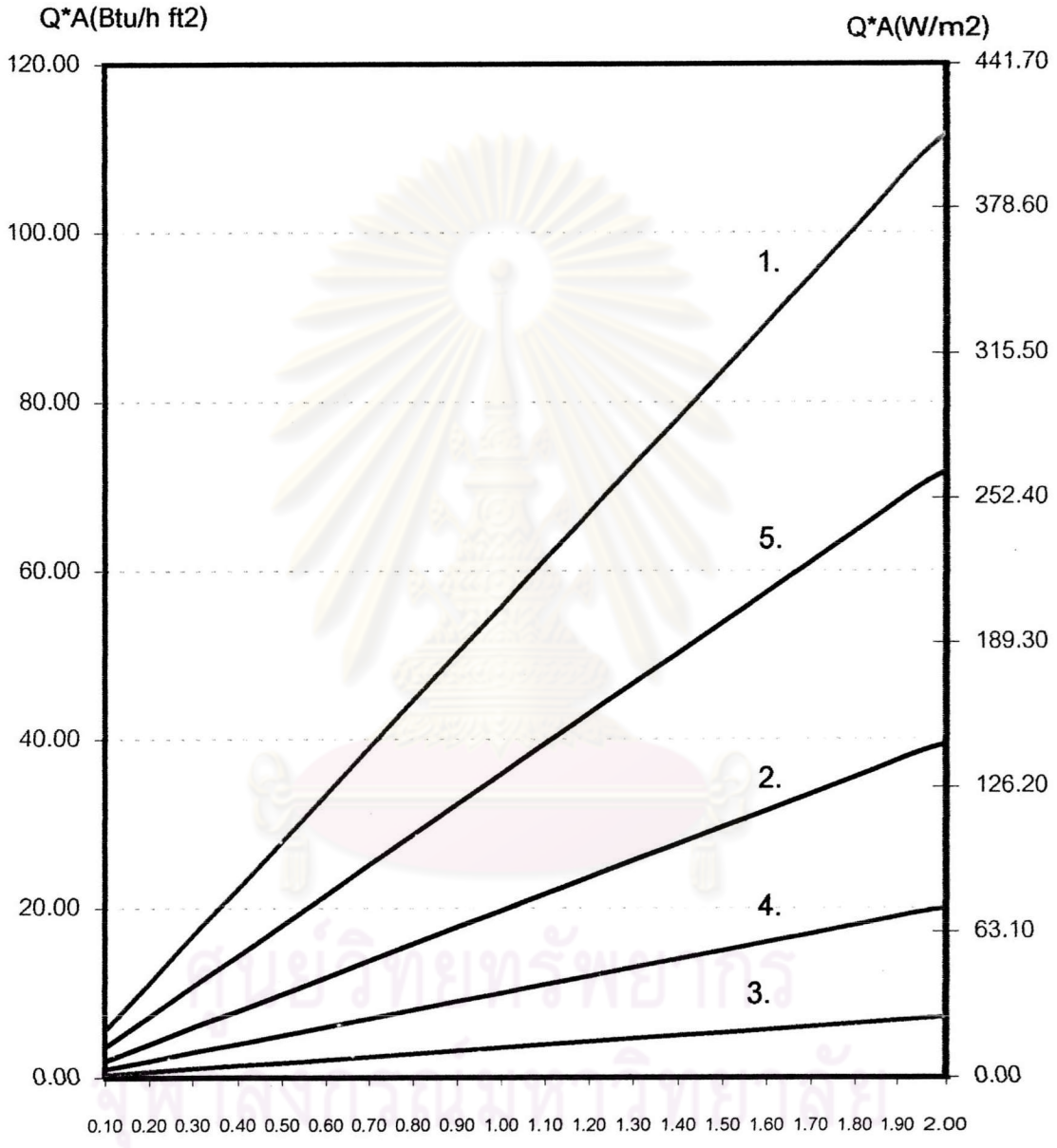
แผนภูมิที่ 31 แสดงค่า Q*A ของผนังอาคารประเภทต่างๆในอัตราส่วนพื้นที่ผนังทึบทิศตะวันออกเฉียงเหนือ / พื้นที่ใช้สอยอาคาร ตั้งแต่ 0.1 - 2 ช่วงฤดูร้อน



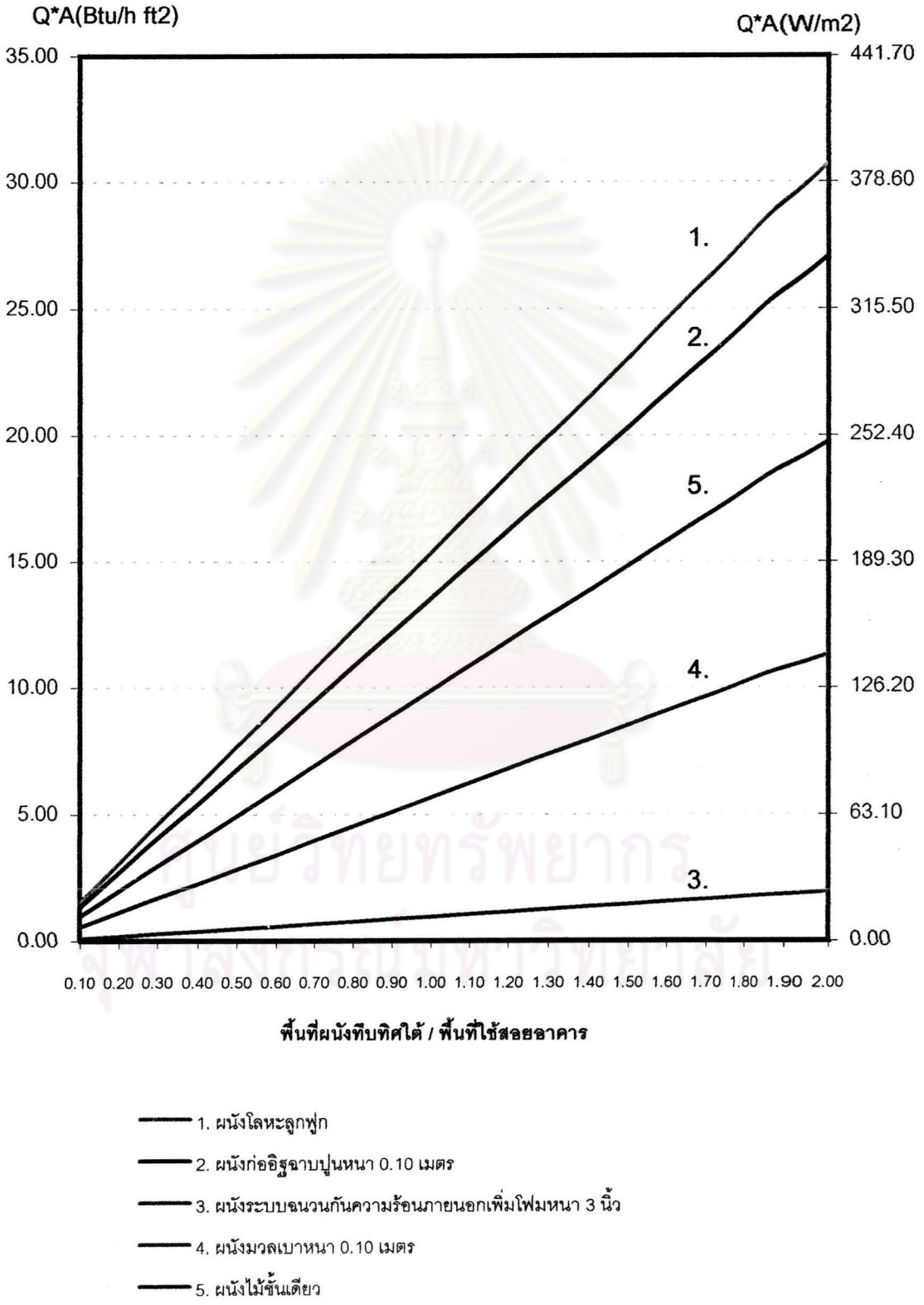
แผนภูมิที่ 32 แสดงค่า Q*A ของผนังอาคารประเภทต่างๆ ในอัตราส่วนพื้นที่ผนังทึบทิศตะวันออก / พื้นที่ใช้สอยอาคาร ตั้งแต่ 0.1 - 2 ช่วงฤดูร้อน



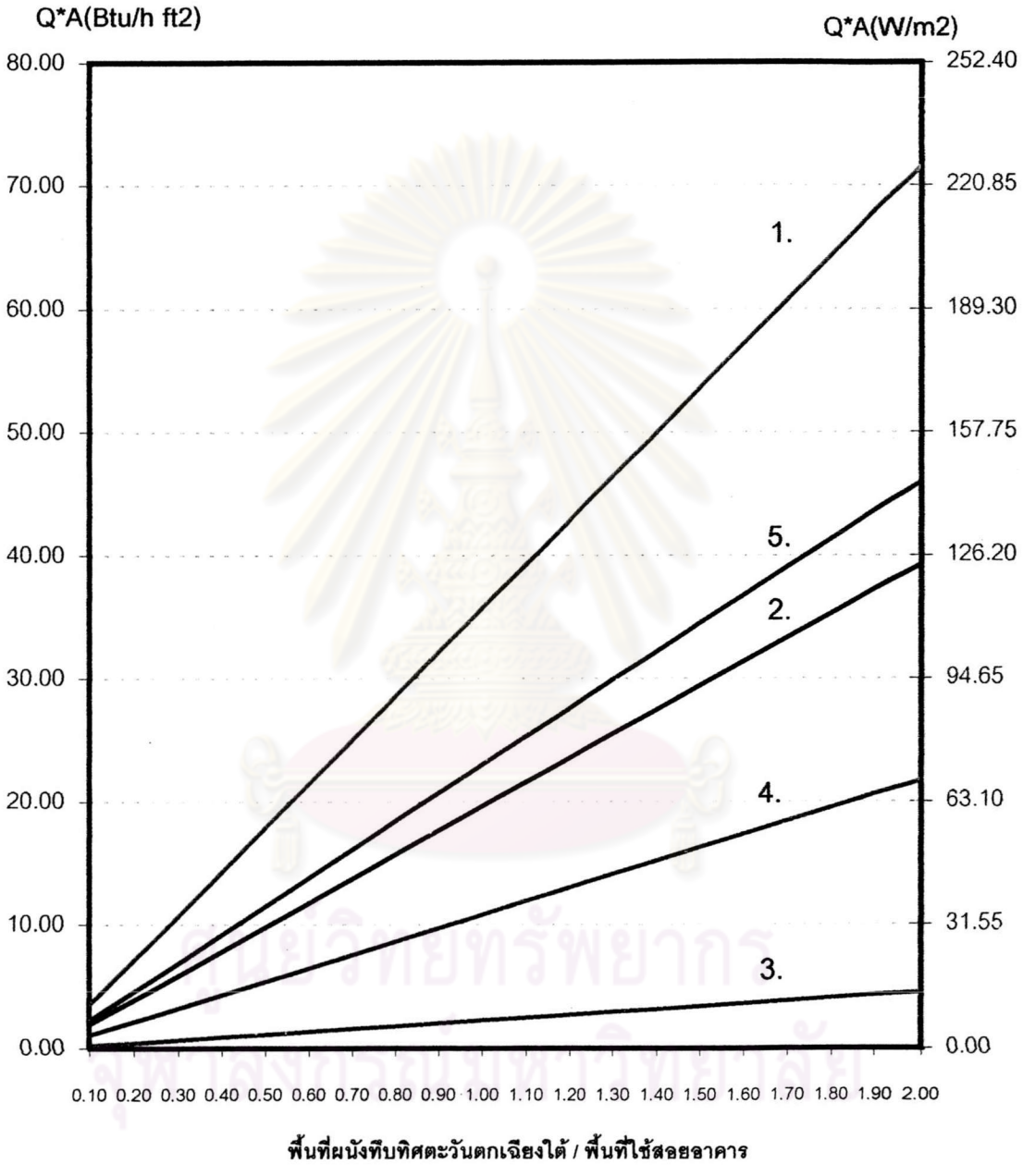
แผนภูมิที่ 33 แสดงค่า Q*A ของผนังอาคารประเภทต่างๆ ในอัตราส่วนพื้นที่ผนังทึบทิศตะวันออกเฉียงใต้ / พื้นที่ใช้สอยอาคาร ตั้งแต่ 0.1 - 2 ช่วงฤดูร้อน



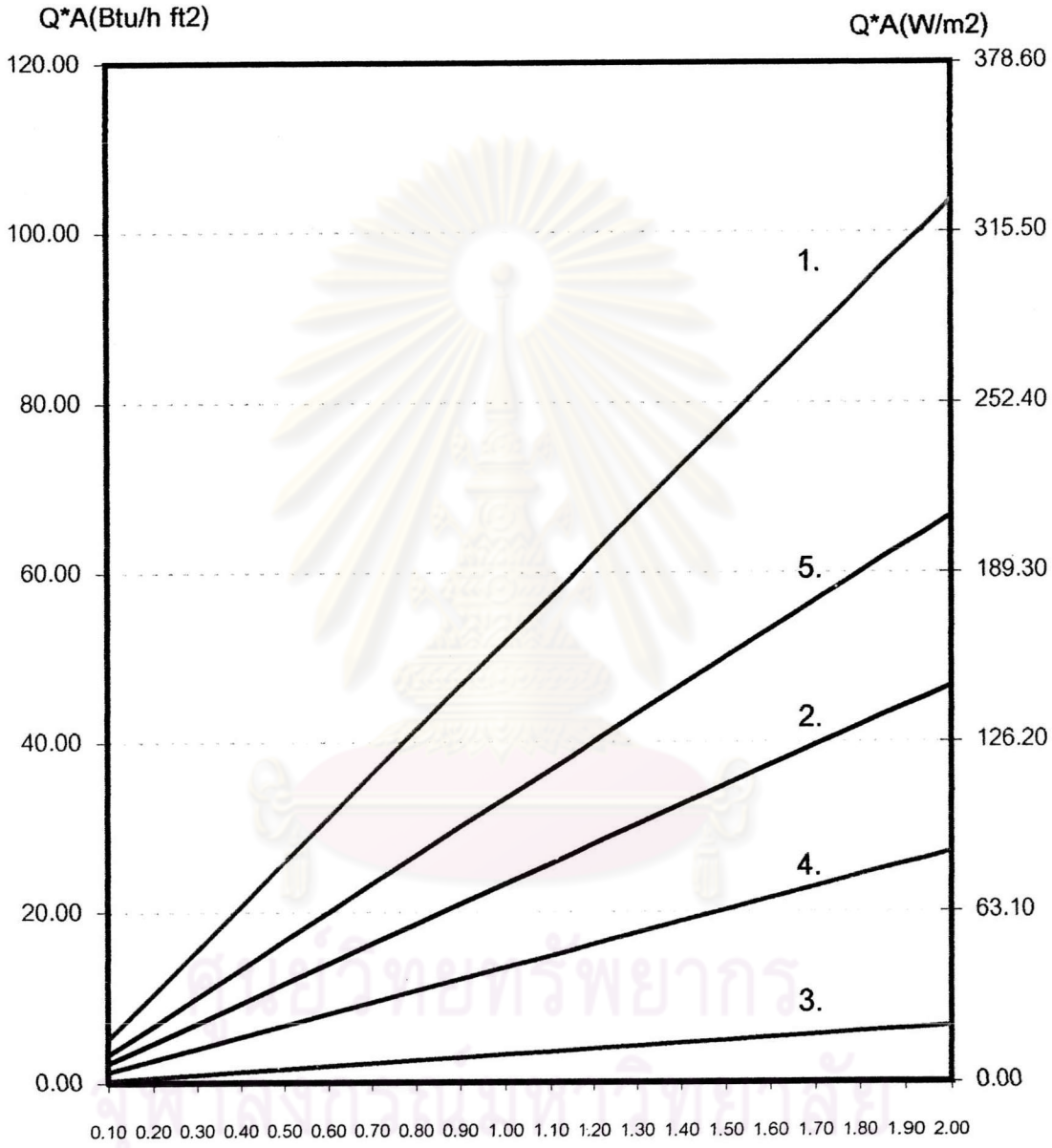
แผนภูมิที่ 34 แสดงค่า Q*A ของผนังอาคารประเภทต่างๆ ในอัตราส่วนพื้นที่ผนังทึบทิศใต้ / พื้นที่ใช้สอยอาคาร ตั้งแต่ 0.1 - 2 ช่วงฤดูร้อน



แผนภูมิที่ 35 แสดงค่า Q*A ของผนังอาคารประเภทต่างๆ ในอัตราส่วนพื้นที่ผนังทึบทิศตะวันตกเฉียงใต้ / พื้นที่ใช้สอยอาคาร ตั้งแต่ 0.1 - 2 ช่วงฤดูร้อน

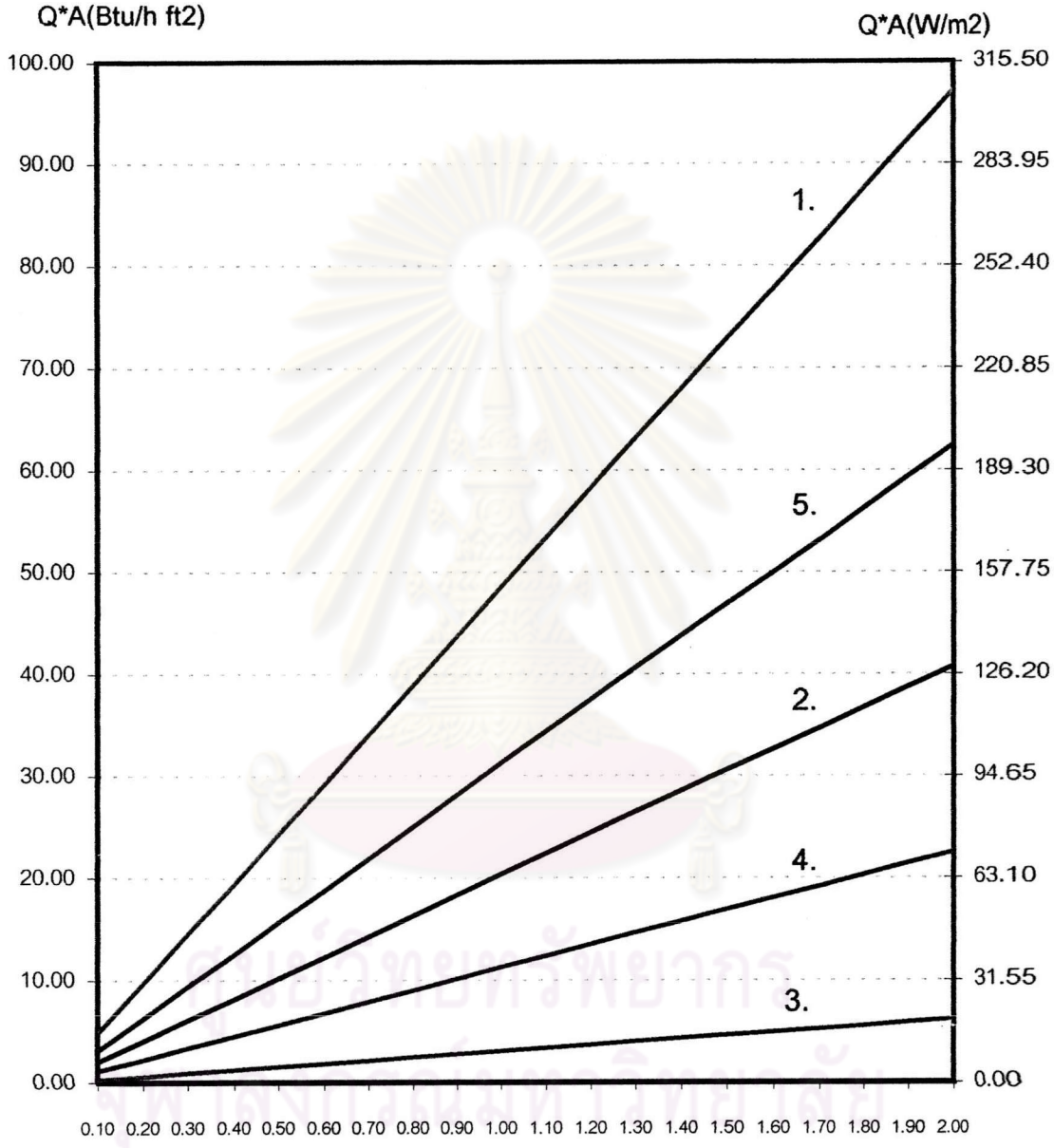


แผนภูมิที่ 36 แสดงค่า Q*A ของผนังอาคารประเภทต่างๆ ในอัตราส่วนพื้นที่ผนังทึบทิศตะวันตก / พื้นที่ใช้สอยอาคาร ตั้งแต่ 0.1 - 2 ช่วงฤดูร้อน



1. ผนังโลหะลูกฟูก
2. ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.10 เมตร
3. ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอกเพิ่มโฟมหนา 3 นิ้ว
4. ผนังมวลเบาหนา 0.10 เมตร
5. ผนังไม้ชั้นเดียว

แผนภูมิที่ 37 แสดงค่า Q*A ของผนังอาคารประเภทต่างๆในอัตราส่วนพื้นที่ผนังทึบทิศตะวันตกเฉียงเหนือ / พื้นที่ใช้สอยอาคาร ตั้งแต่ 0.1 - 2 ช่วงฤดูร้อน



1. ผนังโลหะลูกฟูก
2. ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.10 เมตร
3. ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอกเพิ่มโฟมหนา 3 นิ้ว
4. ผนังมวลเบาหนา 0.10 เมตร
5. ผนังไม้ชั้นเดียว

จากแผนภูมิที่ 30 - 37 แสดงค่า Q*A ในแต่ละด้านจำนวน 8 ทิศ ของผนังโลหะลูกฝูก ซึ่งเป็นตัวแทนค่า Q สูงสุดของกลุ่มผนังอาคารตัวอย่าง เนื่องจากมีค่า U สูงสุด(1.073 Btu/h ft2 F) และผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอกเพิ่มโฟมหนา 3 นิ้ว เป็นตัวแทนค่า Q ต่ำสุดของกลุ่มผนังอาคารตัวอย่างเนื่องจากมีค่า U ต่ำสุด (0.068 Btu/h ft2 F) ของกลุ่มผนังอาคารตัวอย่าง ส่วนผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.10 เมตร ผนังก่ออิฐมวลเบา 0.10 เมตร และผนังไม้ชั้นเดียว เหล่านี้มีค่า U อยู่ในช่วงระหว่าง 0.068 – 1.073 Btu/h ft2 F และมีการใช้งานกันทั่วไปในปัจจุบัน

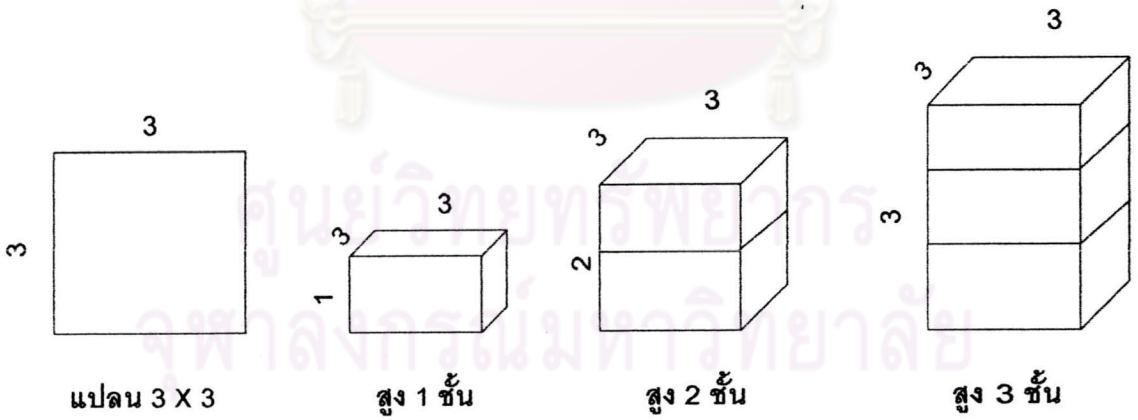
การสร้างค่าระดับคะแนนที่จะเป็นตัวตัดสินการประหยัดพลังงานของอาคารบ้านพักอาศัยในแบบประเมิน จะพิจารณาถึงค่า Q*A ที่เข้ามาภายในอาคารโดยผ่านส่วนเปลือกอาคารทั้งหมด (เฉพาะส่วนผนังทึบเท่านั้น) ไม่เฉพาะผนังอาคารด้านใดด้านหนึ่ง เพราะฉะนั้นในการคำนวณค่า Q*A รวมจึงพิจารณาถึงลักษณะรูปทรงของอาคารบ้านพักอาศัยที่มีอยู่ทั่วไป จากรูปทรงดังต่อไปนี้ รูปทรงสี่เหลี่ยม รูปทรงหกเหลี่ยม และรูปทรงแปดเหลี่ยม (ในการศึกษานี้ มีขอบเขตในการคิดทิศทาง 8 ทิศทาง จึงพิจารณารูปทรงที่มีด้านประกอบมากที่สุดแค่ 8 ด้าน) เนื่องจากเป็นรูปทรงที่พบเห็นในอาคารบ้านพักอาศัยทั่วไปในปัจจุบัน มีการจัดพื้นที่ใช้สอยภายในง่าย

3.3.3 การพิจารณารูปทรงของอาคารบ้านพักอาศัยเพื่อกำหนดขอบเขตค่า Q*A รวม

หลังจากเลือกรูปทรงที่มีการใช้งานจริงในอาคารบ้านพักอาศัยได้แล้ว หลังจากนั้นจะทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการที่จะเกิดค่า Q*A รวมสูงสุดของรูปทรงแต่ละชนิด โดยทำการกำหนดให้มีพื้นที่ใช้สอยเท่ากัน ด้านประกอบเท่ากัน จำนวนชั้นที่นำมาพิจารณามีตั้งแต่ชั้นเดียวจนถึง 3 ชั้น และสมมติให้เป็นผนังทึบทั้งหมด

- **รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส**

กำหนดให้มีพื้นที่ใช้สอยในอาคาร 1 ชั้นเท่ากับ	9	ตารางหน่วย
กำหนดให้มีพื้นที่ใช้สอยในอาคาร 3 ชั้นเท่ากับ	27	ตารางหน่วย
มีความสูงชั้น	1	หน่วย



ภาพที่ 13 แสดงการคิดค่า A อาคารพักอาศัยรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส

ค่า A = พื้นที่ผนังทึบด้านนั้น/ พื้นที่ใช้สอยอาคาร (กว้าง * ยาว)

ค่า A ของทั้ง 4 ด้านมีค่าเท่ากัน (ทั้ง 1 และ 3 ชั้น) คือ = 0.33

ค่า A ของทั้ง 4 ด้านมีค่าเท่ากัน กำหนดให้เป็นบ้านพักอาศัยชั้นเดียว แต่มีความสูงของผนังเท่ากับ 3 ชั้น

= 1

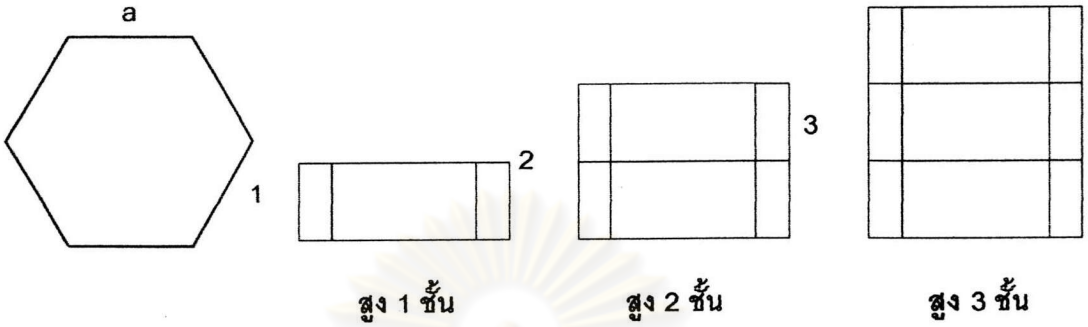
- **รูปหกเหลี่ยมด้านเท่า**

กำหนดให้มีพื้นที่ใช้สอยในอาคาร 1 ชั้นเท่ากับ 9 ตารางหน่วย

กำหนดให้มีพื้นที่ใช้สอยในอาคาร 3 ชั้นเท่ากับ 27 ตารางหน่วย

มีความสูงชั้น 1 หน่วย

a = 1.86 หน่วย



ภาพที่ 14 แสดงการคิดค่า A อาคารพักอาศัยรูปทรงหกเหลี่ยมด้านเท่ากัน

ค่า A = พื้นที่ผนังทึบด้านนั้น/ พื้นที่ใช้สอยอาคาร (สูตรหาพื้นที่รูปหกเหลี่ยมด้านเท่า = $3/2a^2 * \sqrt{3}$)

ค่า A ของทั้ง 6 ด้านมีค่าเท่ากัน (ทั้ง 1 และ 3 ชั้น) คือ = 0.21

ค่า A ของทั้ง 6 ด้านมีค่าเท่ากัน กำหนดให้เป็นบ้านพักอาศัยชั้นเดียว แต่มีความสูงของผนังเท่ากับ 3 ชั้น

= 0.62

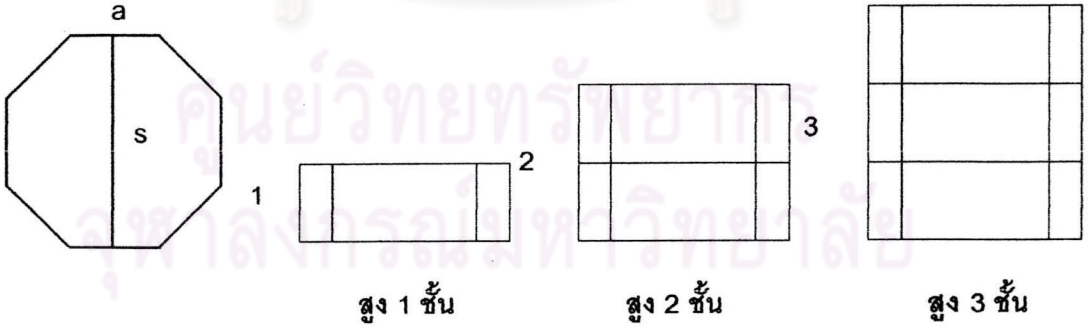
- **รูปแปดเหลี่ยมด้านเท่า**

กำหนดให้มีพื้นที่ใช้สอยในอาคาร 1 ชั้นเท่ากับ 9 ตารางหน่วย

กำหนดให้มีพื้นที่ใช้สอยในอาคาร 3 ชั้นเท่ากับ 27 ตารางหน่วย

มีความสูงชั้น 1 หน่วย

a=1.37หน่วย, s =3.29 หน่วย



ภาพที่ 15 แสดงการคิดค่า A อาคารพักอาศัยรูปทรงแปดเหลี่ยมด้านเท่ากัน

ค่า A = พื้นที่ผนังทึบด้านนั้น/ พื้นที่ใช้สอยอาคาร (สูตรหาพื้นที่รูปแปดเหลี่ยมด้านเท่า = 2as หรือ $0.83\ s^2$)

ค่า A ของทั้ง 8 ด้านมีค่าเท่ากัน (ทั้ง 1 และ 3 ชั้น) คือ = 0.21

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค่า A ของทั้ง 8 ด้านมีค่าเท่ากัน กำหนดให้เป็นบ้านพักอาศัยชั้นเดียว แต่มีความสูงของผนังเท่ากับ 3 ชั้น

= 0.46

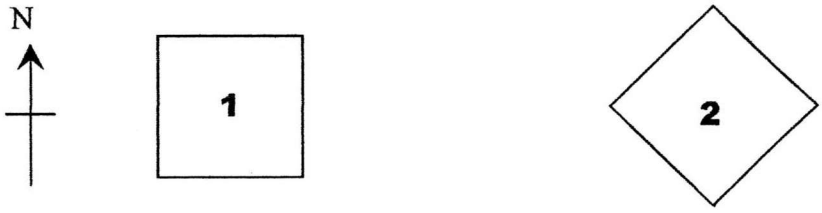
นำค่า A ที่ได้ไปคำนวณกับค่าQ สูงสุดคือ ค่า Q ที่เกิดจากผนังโลหะลูกฟูก เพื่อให้ทราบว่ารูปทรงแต่ละแบบที่เลือกมาทำการศึกษา การวางในทิศทางใดที่จะทำให้เกิดค่า Q*A รวมมากที่สุด เพื่อจะนำไปสร้างค่าระดับคะแนนต่อไป

ตารางที่ 14 สรุปค่า A ที่คำนวณได้จากรูปทรงต่างๆ ดังกล่าวข้างต้นและค่า Q (Btu/h ft2) สูงสุดที่เกิดจากค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน 1.073 Btu/h ft^2 ^oF เพื่อพิจารณาค่า Q*A รวมสูงสุด

รูปทรง	อัตราส่วน A ด้านที่								ค่าภาระการทำความเย็นสูงสุด(ค่า Q หน่วย Btu/h ft2)								
พ.ท.ใช้สอยเท่ากัน 9 ตร.หน่วย	1	2	3	4	5	6	7	8	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	รวม
									37.76	47.87	63.19	55.85	15.37	35.76	51.85	48.6	
ชั้นเดียว ผนังสูง 1 หน่วย.									ค่าเปรียบเทียบภาระการทำความเย็น (Q*A)								
สี่เหลี่ยมจัตุรัส	0.33	0.33	0.33	0.33					12.5	-	20.9	-	5.07	-	17.11	-	55.50
									-	15.8	-	18.43	-	11.8	-	16.1	62.08
หกเหลี่ยมด้านเท่า	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21			7.93	10.05	-	11.7	3.23	7.51	-	10.2	50.66
									-	10.05	13.3	11.7	-	7.51	10.9	10.2	63.66
แปดเหลี่ยมด้านเท่า	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	5.66	7.18	9.48	8.38	2.31	5.36	7.78	7.3	53.44
3 ชั้น ผนังสูง 3 หน่วย.									ค่าเปรียบเทียบภาระการทำความเย็น (Q*A)								
สี่เหลี่ยมจัตุรัส	0.33	0.33	0.33	0.33					12.5	-	20.9	-	5.07	-	17.11	-	55.50
									-	15.8	-	18.43	-	11.8	-	16.1	62.08
หกเหลี่ยมด้านเท่า	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21			7.93	10.05	-	11.7	3.23	7.51	-	10.2	50.66
									-	10.05	13.3	11.7	-	7.51	10.9	10.2	63.66
แปดเหลี่ยมด้านเท่า	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	5.66	7.18	9.48	8.38	2.31	5.36	7.78	7.3	53.44
ชั้นเดียว ผนังสูง 3 หน่วย.									ค่าเปรียบเทียบภาระการทำความเย็น (Q*A)								
สี่เหลี่ยมจัตุรัส	1.00	1.00	1.00	1.00					37.8	-	63.2	-	15.4	-	51.9	-	168.17
									-	47.9	-	55.9	-	35.8	-	48.6	188.12
หกเหลี่ยมด้านเท่า	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62			23.41	29.7	-	34.63	9.53	22.2	-	30.2	149.58
									-	29.7	39.2	34.63	-	22.2	32.1	30.2	187.96
แปดเหลี่ยมด้านเท่า	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	17.4	22	29.1	25.7	7.07	16.4	23.9	22.4	163.89

จากตารางที่ 14 หลังจากที่นำค่า A ที่หาได้จากรูปทรงต่างๆ ไปคูณกับค่าQ สูงสุด ที่เกิดจากค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (ค่า U) ที่ 1.073 Btu/h ft^2 ^oF (เหตุที่เลือกใช้ค่า Q นี้ เนื่องจากเกิดจากค่า U ที่สูงที่สุดของวัสดุที่คำนวณได้กลุ่มผนังอาคารตัวอย่าง และมีการใช้งานจริง) แต่ละทิศทาง โดยคำนึงถึงตำแหน่งการวางอาคารเพื่อให้สัมพันธ์กับทิศทาง พบว่า

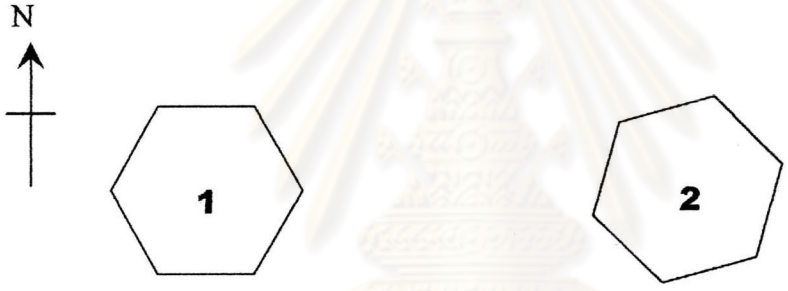
รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส การวางตัวอาคารในแนวทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ และทิศตะวันตกเฉียงเหนือ จะทำให้เกิดค่า Q*A รวมสูงกว่าการวางตัวอาคารในทิศเหนือ ทิศตะวันออก ทิศใต้ และทิศตะวันตก



ค่า Q*A รวมของรูปที่ 1 < ค่า Q*A รวมของรูปที่ 2

ภาพที่ 16 แสดงการเปรียบเทียบค่า Q*A รวมของสี่เหลี่ยมจัตุรัส ในการวางในทิศทางที่แตกต่างกัน

รูปทรงหกเหลี่ยมด้านเท่า การวางตัวอาคารในแนวทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออก ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ ทิศตะวันตก และทิศตะวันตกเฉียงเหนือ จะทำให้เกิดค่า Q*A รวมสูงกว่าการวางตัวอาคารในทิศเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศใต้ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ และทิศตะวันตกเฉียงเหนือ

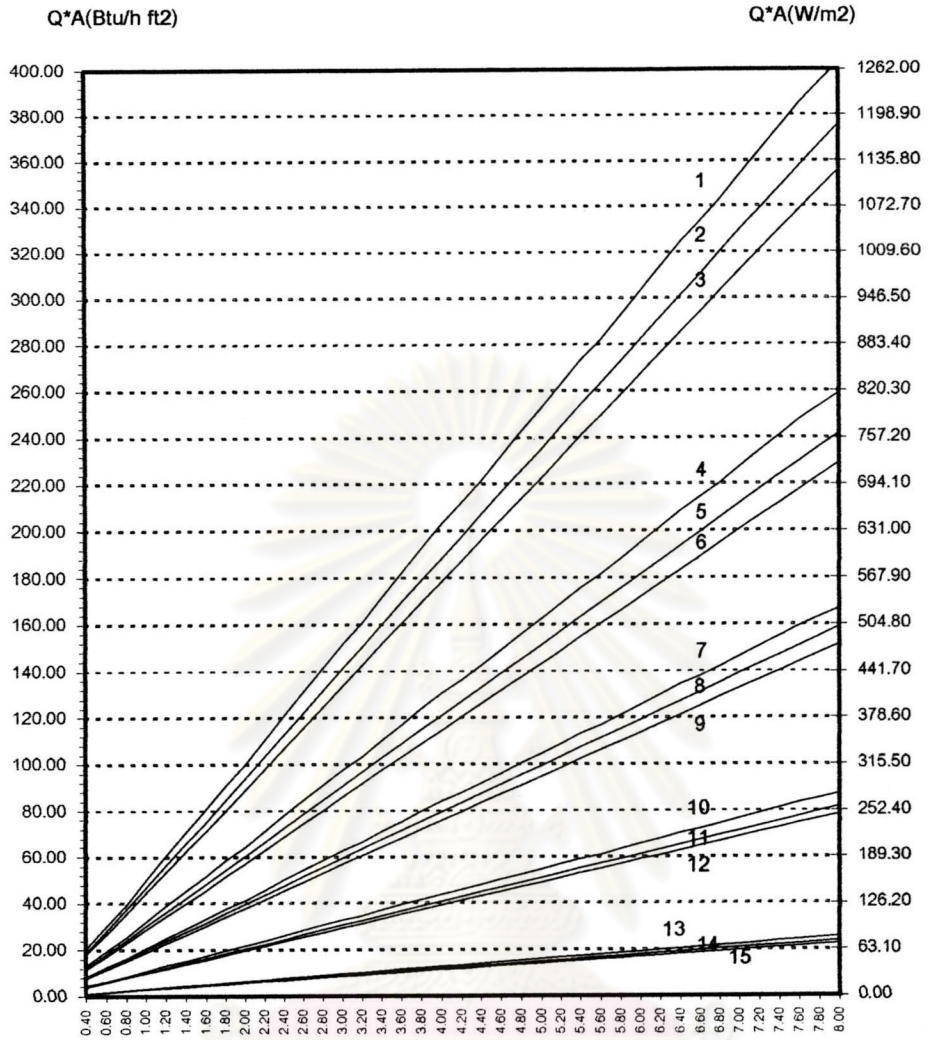


ค่า Q*A รวมของรูปที่ 1 < ค่า Q*A รวมของรูปที่ 2

ภาพที่ 17 แสดงการเปรียบเทียบค่า Q*A รวมของสี่เหลี่ยมจัตุรัส ในการวางในทิศทางที่แตกต่างกัน

รูปทรงแปดเหลี่ยมด้านเท่า ถ้าพิจารณาจากตารางที่ 14 ที่เปรียบเทียบในพื้นที่ใช้สอยเท่ากัน รูปทรงแปดเหลี่ยมด้านเท่าจะทำให้เกิดค่า Q*A รวมต่ำกว่ารูปทรงอื่นๆ แต่ถ้าเปรียบเทียบกันที่ ค่า A เท่ากันรูปทรงแปดเหลี่ยมจะทำให้เกิดค่า Q*A รวมสูงกว่ารูปทรงอื่นๆ

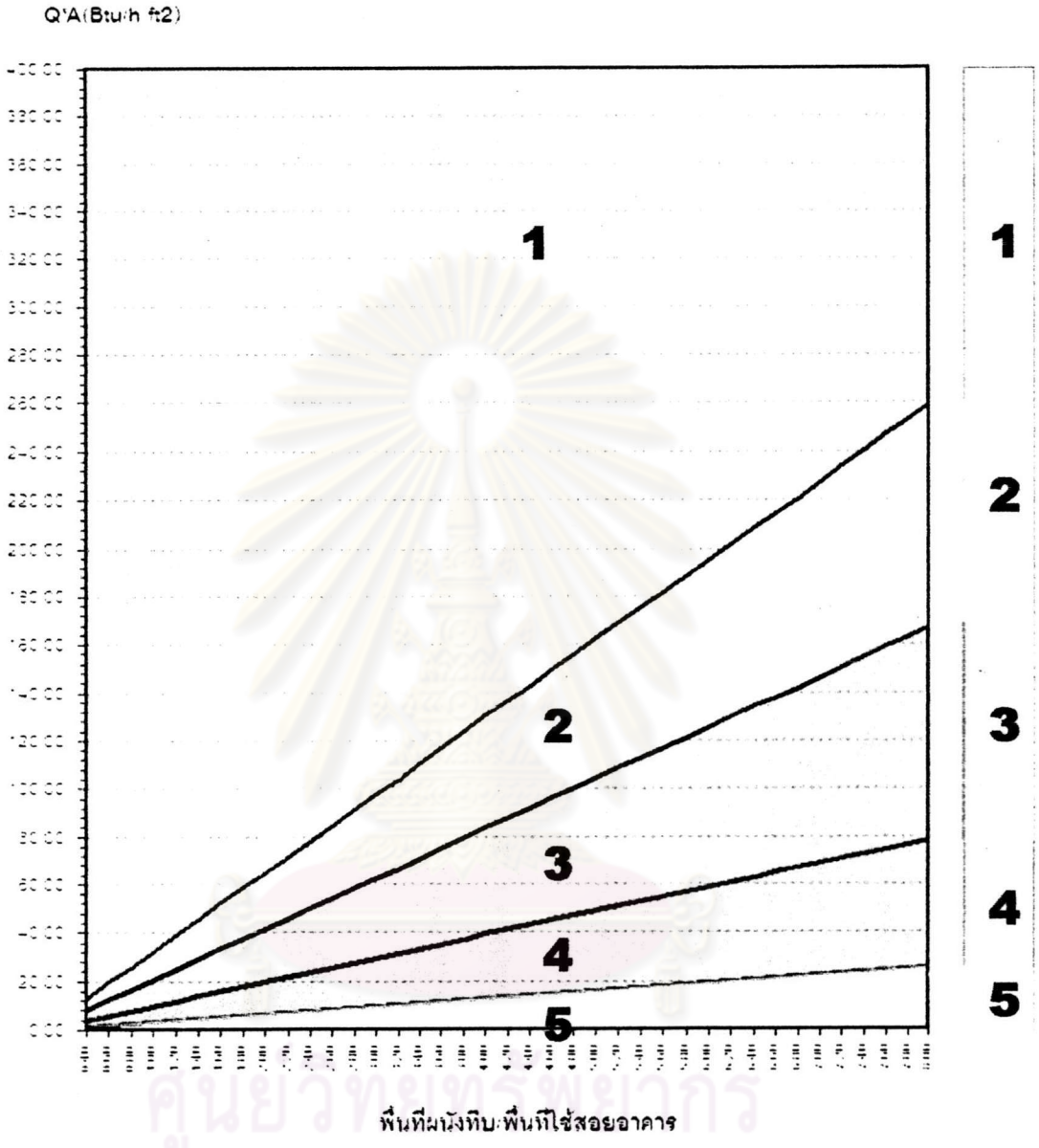
เพราะฉะนั้นในการคิดค่า Q*A รวมเพื่อใช้เป็นค่าขอบเขตในการสร้างระดับคะแนนจะพิจารณาค่า Q สูงที่สุดไปหาค่า Q น้อยที่สุด คือ ผนังโลหะลูกฟูก และผนังระบบฉนวนกันความร้อนเพิ่มโฟมหนา 3 นิ้วตามลำดับ และนำผนังอาคารที่มีการใช้กันทั่วไปในปัจจุบันมาพิจารณาประกอบเพื่อสร้างระดับคะแนนที่เหมาะสมและใช้ประเมินได้กับผนังอาคารที่หลากหลาย รูปทรงที่ใช้ในการพิจารณาในการสร้างระดับคะแนน คือ ผนังอาคาร 8 ด้าน ผนังอาคาร 6 ด้าน (ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออก ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ ทิศตะวันตก และทิศตะวันตกเฉียงเหนือ) และผนังอาคาร 4 ด้าน (ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ และทิศตะวันตกเฉียงเหนือ)



1. ผนังโลหะลูกฟูก จำนวน 6 ด้าน
2. ผนังโลหะลูกฟูก จำนวน 4 ด้าน
3. ผนังโลหะลูกฟูก จำนวน 8 ด้าน
4. ผนังไม้ชั้นเดียว จำนวน 6 ด้าน
5. ผนังไม้ชั้นเดียว จำนวน 4 ด้าน
6. ผนังไม้ชั้นเดียว จำนวน 8 ด้าน
7. ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.10 เมตร จำนวน 6 ด้าน
8. ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.10 เมตร จำนวน 4 ด้าน
9. ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.10 เมตร จำนวน 8 ด้าน
10. ผนังก่ออิฐมวลเบาหนา 0.10 เมตร จำนวน 6 ด้าน
11. ผนังก่ออิฐมวลเบาหนา 0.10 เมตร จำนวน 4 ด้าน
12. ผนังก่ออิฐมวลเบาหนา 0.10 เมตร จำนวน 8 ด้าน
13. ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอกเพิ่มโฟมหนา 3 นิ้ว จำนวน 6 ด้าน
14. ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอกเพิ่มโฟมหนา 3 นิ้ว จำนวน 4 ด้าน
15. ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอกเพิ่มโฟมหนา 3 นิ้ว จำนวน 8 ด้าน

แผนภูมิที่ 38 แสดงความสัมพันธ์ของค่า Q*A กับอัตราส่วนพื้นที่ผนังทึบ/พื้นที่ใช้สอยอาคาร ของผนังประเภทต่างๆ ในรูปทรงต่างๆกัน

จากแผนภูมิที่ 38 สามารถนำมาสร้างค่าระดับคะแนนของความสัมพันธ์ระหว่างค่า Q*A กับอัตราส่วนพื้นที่ผนังทึบต่อนพื้นที่ใช้สอยอาคารได้ดังนี้



แผนภูมิที่ 39 แสดงการแบ่งค่าระดับคะแนน 1 – 5 โดยแบ่งตามความสัมพันธ์ของค่า Q*A กับอัตราส่วนพื้นที่ผนังทึบต่อนพื้นที่ใช้สอยอาคาร

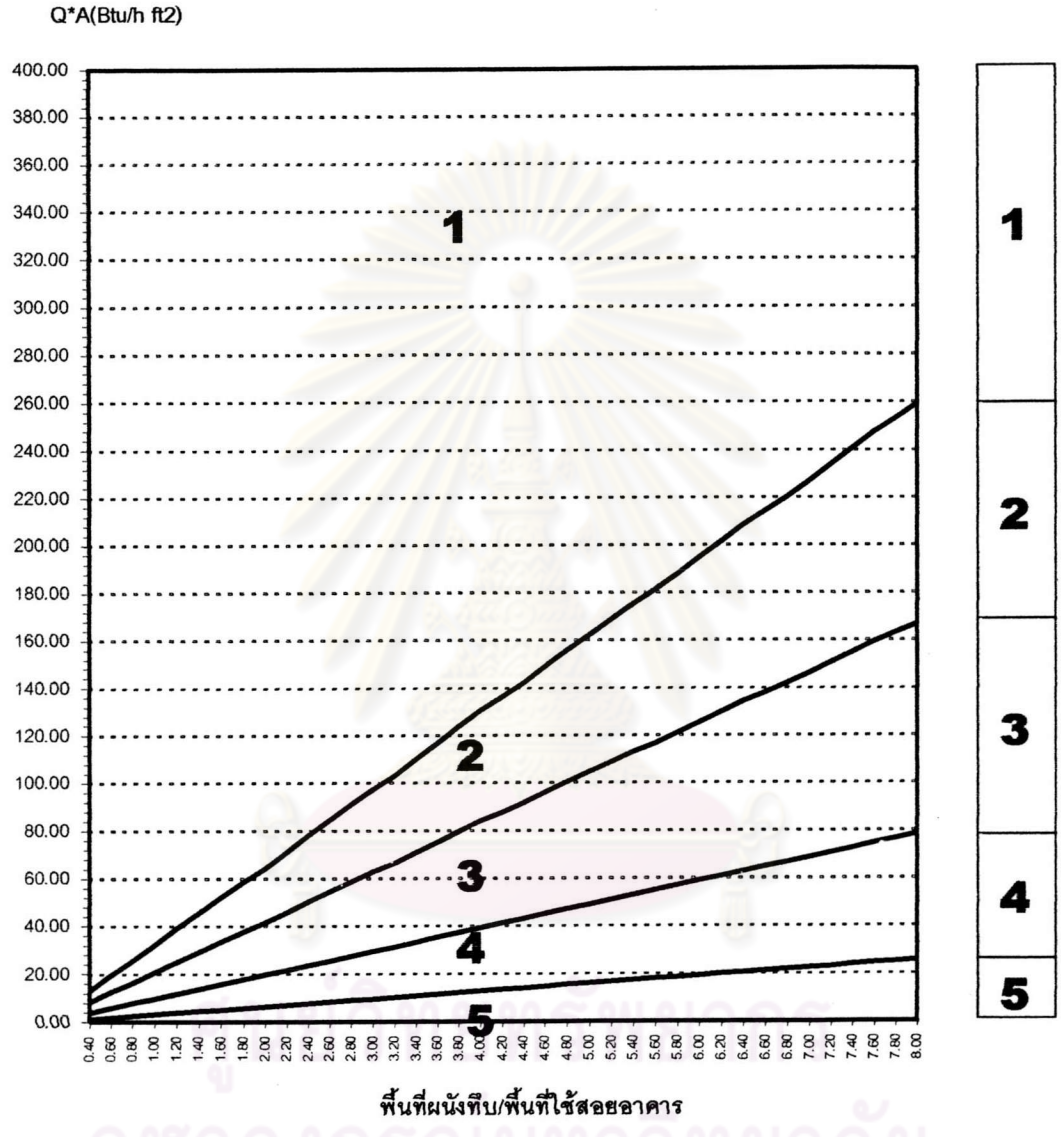
ระดับคะแนน 1 (พื้นที่สีแดง) แสดงถึงค่า Q*A รวมที่สูงสุด ประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานต่ำที่สุด เสียค่าภาระการทำความเย็นในการปรับอากาศที่เกิดจากผนังอาคารสูงสุด

ระดับคะแนน 2 (พื้นที่สีส้ม) แสดงถึงค่า Q*A รวมที่สูง ประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานต่ำ เสียค่าภาระการทำความเย็นในการปรับอากาศที่เกิดจากผนังอาคารสูง

ระดับคะแนน 3 (พื้นที่สีฟ้า) แสดงถึงค่า Q*A รวมปานกลาง ประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานปานกลาง เสียค่าภาระการทำความเย็นในการปรับอากาศที่เกิดจากผนังอาคารปานกลาง

ระดับคะแนน 4 (พื้นที่สีเขียวเข้ม) แสดงถึงค่า Q*A รวมที่ต่ำ ประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานสูง เสียค่าภาระการทำความเย็นในการปรับอากาศที่เกิดจากผนังอาคารต่ำ

ระดับคะแนน 5 (พื้นที่สีเขียวอ่อน) แสดงถึงค่า Q*A รวมที่ต่ำที่สุด ประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานสูงที่สุด เสียค่าภาระการทำความเย็นในการปรับอากาศที่เกิดจากผนังอาคารต่ำที่สุด



แผนภูมิที่ 40 แสดงแผนภูมิสำหรับประกอบแบบประเมินค่าการประหยัดพลังงานในส่วนผนังทึบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย