

การพัฒนาค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าสำหรับการคำนวณ  
ค่าการส่งผ่านความร้อนผ่านเปลือกอาคารชุดพักอาศัย

นางสาวปริฉัตร ว่องไววิทย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์  
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
ปีการศึกษา 2555

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาลงกรณ์ (CUIR)

เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย



THE TEMPERATURE DIFFERENCE EQUIVALENT FOR THE OTTV  
CALCULATION OF CONDOMINIUM BUILDINGS

Miss Parichat Wongwaiworawit

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Architecture Program in Architecture

Department of Architecture

Faculty of Architecture

Chulalongkorn University

Academic Year 2012

Copyright of Chulalongkorn University



ปริทัศน์ ว่องไววิทย์ : การพัฒนาค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าสำหรับการคำนวณค่าการส่งผ่านความร้อนผ่านเปลือกอาคารชุดพักอาศัย (THE TEMPERATURE DIFFERENCE EQUIVALENT FOR THE OTTV CALCULATION OF CONDOMINIUM BUILDINGS) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ผศ.ดร. อรรจน์ เศรษฐบุตร์, 114 หน้า.

งานวิจัยนี้ศึกษาการพัฒนาค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า ( $TD_{eq}$ ) สำหรับการคำนวณค่าการส่งผ่านความร้อนผ่านเปลือกอาคารชุดพักอาศัยให้มีการปรับเปลี่ยนทันตามยุคสมัย โดยทำการศึกษาด้วยการจำลองผลจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ VisualDOE4.1 และศึกษาการกำหนดแบบอาคารอ้างอิงจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เปลี่ยนตัวแปรจำลองผลไปทั้งสิ้น 3,820 กรณี สำหรับศึกษาการใช้พลังงานการทำความเย็นจากเครื่องปรับอากาศ เพื่อให้ได้ค่าสัมประสิทธิ์ต่างๆ ที่จะใช้ในตอนต่อไป

ตัวแปรที่ศึกษา ได้แก่ วัสดุประกอบผนังอาคารตามกฎกระทรวงจำนวน 191 วัสดุ ทิศทางการหมุนอาคาร 4 ทิศทาง ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ (absorptance =  $\alpha$ ) ตั้งแต่ 0.1 - 0.9 และนำผลที่ได้จากการจำลองมาหาสมการถดถอยทางสถิติ (regression) และแทนค่าสัมประสิทธิ์ต่างๆ ลงในสมการคำนวณ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร (overall thermal transfer value, OTTV) และการคำนวณความต้องการความเย็นในการปรับอากาศต่อหน่วยพื้นที่ (Cooling Requirement = CR) จากนั้นนำผลที่ได้จากการคำนวณไปแสดงเป็นแผนภูมิ โดยแบ่งช่วงของมวลอุณหภูมิ (Density Specific Heat = DSH) ออกเป็น 4 ช่วง จากนั้นสรุปให้เป็นตารางค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า ( $TD_{eq}$ ) พร้อมวิธีการคำนวณสำหรับอาคารชุดพักอาศัยที่มีสัดส่วนของพื้นที่กระจกและผนังที่ (Window to Wall Ratio = WWR) = 40% ใช้กระจกลามิเนตสีเขียว 6 มม.+6 มม. มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (Solar Heat Gain Coefficient = SHGC) = 0.52 เท่านั้น

ผลการจำลองสรุปได้ว่า เมื่อค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ ( $\alpha$ ) = 0.1 มีประสิทธิภาพในการลดพลังงานการทำความเย็นของอาคารชุดพักอาศัยได้ดี โดยในทุกทิศทางการวางอาคารนั้นแปรผันตามค่าความต้านทานความร้อน (U-value) ของวัสดุประกอบอาคาร ยิ่งมีค่าสูงมาก ค่า  $\alpha$  = 0.1 ยังมีประสิทธิภาพในการลดพลังงานมากเช่นกัน การเพิ่ม DSH จะมีประสิทธิภาพมากที่สุดในกรณีที่วางอาคารตามทิศทาง 180 องศา การเพิ่ม DSH ให้มีค่ามากกว่า 100 กับวัสดุที่มีค่า  $\alpha$  = 0.9 จะมีประสิทธิภาพในการลดค่า  $TD_{eq}$  ให้มีค่าเทียบเท่าการใช้วัสดุที่มีค่า  $\alpha$  = 0.7 เมื่อวัสดุนั้นมีค่า DSH ค่ามากกว่า 100

การเพิ่มค่า DSH ในวัสดุที่มีค่า  $\alpha$  = 0.1 กับการวางอาคารทุกทิศทางมีประสิทธิภาพน้อยกว่า การเพิ่มค่า DSH ในค่า  $\alpha$  อื่นๆ สังเกตจากเส้นความเปลี่ยนแปลงของค่า  $TD_{eq}$  เมื่อมีค่า DSH เพิ่มขึ้น แผนภูมิแสดงค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นมีการลดค่าลงบ้างเล็กน้อย หรือ แทบจะไม่มีผล สามารถสรุปได้ว่าค่า DSH จะมีผลต่อการถ่ายเทความร้อนน้อยลงเมื่อค่า  $\alpha$  ของวัสดุนั้นต่ำกว่า 0.3

จากการเปรียบเทียบการคำนวณจากสมการของอนุสรณ์ และสมการที่ได้จากการศึกษาในงานวิจัยครั้งนี้พบว่า เมื่อคำนวณผนัง 1 ชนิดไม่ว่าจะในทิศทางใด หรือสีใดก็ตาม เมื่อคำนวณด้วยสมการของอนุสรณ์จะได้ผลลัพธ์เพียงค่าเดียว ในขณะที่สมการในงานวิจัยนี้ผนัง 1 ชนิดสามารถเลือกคำนวณได้ตามลักษณะทิศทาง สีของผนัง และมวลอุณหภูมิของวัสดุผนังที่ใช้ประกอบอาคาร สำหรับการวิจัยในอนาคตควรพัฒนาสมการสำหรับคำนวณกับอาคารชุดพักอาศัยที่มี WWR หลากหลาย กระจกชนิดต่างๆ รวมทั้งลักษณะของแผงกันแดดแบบต่างๆ ของอาคารชุดพักอาศัย

ภาควิชา.....สถาปัตยกรรมศาสตร์.....

ลายมือชื่อนิติ.....

สาขาวิชา.....สถาปัตยกรรม.....

ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

ปีการศึกษา.....2555.....

# # 5473574725 ; MAJOR ARCHITECTURE

KEYWORDS : SOLAR ABSORPTION / WALL COLORS / WALL MATERIALS,  
INSULATION COATING COLOR / REDUCTION OF COOLING POWER

PARICHAT WONGWAIWORAWIT : THE TEMPERATURE DIFFERENCE  
EQUIVALENT FOR THE OTTV CALCULATION OF CONDOMINIUM BUILDINGS.

ADVISOR : ASST.PROF. ATCH SRESHTHAPUTRA, Ph.D., 114 pp.

This research studies the development of the Temperature Difference Equivalent ( $TD_{eq}$ ) for calculating the Overall Thermal Transfer Value (OTTV) through the building envelope to be up-to-date. This was achieved by studying with the computer simulation programs VisualDOE 4.1. Studying the baseline building model was based on the related researchs. Parameters in the simulation have 3,820 cases for the energy consumption of air conditioning to define the coefficients which are going to be used in the next step.

The parameters studied include 191 building materials under regulation, 4 directions for rotating the building model, and 5 values of solar absorptant coefficients ranging from 0.1 to 0.9. All the results of the simulation for statistical regression were brought together. The various coefficients were used to calculate the OTTV and Cooling Requirement (CR) equations. The results were also shown in graphs and charts and by separating the Density Specific Heat (DSH) into 4 ranges. Then, summarized into the tables of  $TD_{eq}$  and method of calculation for residential condominiums with a total area of glass and solid walls (Window to Wall Ratio = WWR) = 40% using green laminated glass 6mm. + 6mm. with a Solar Heat Gain Coefficient (SHGC) = 0.52 only.

Results conclude that solar absorption coefficient ( $\alpha$ ) = 0.1 is effective in reducing the cooling energy of residential condominiums with placing the building in all directions. The Direction of the building is varied by the overall coefficient of heat transmission (U value) of the building materials. When the U value is a high rate the  $\alpha$  = 0.1 are extremely effective in reducing energy consumption as well. Adding DSH is the most effective in cases of placing the building in the direction of 180 degrees. DSH value of more than 100 on materials with  $\alpha$  = 0.9 is effective in reducing the  $TD_{eq}$  value the same as using materials with  $\alpha$  = 0.7 when the materials have the same DSH.

Increasing the DSH in materials with  $\alpha$  = 0.1 for the building where places are in all directions is less efficient than adding the DSH value in other  $\alpha$  value. It was observed that the chart shows the energy consumption is reduced a little or has almost no effect. It can be concluded that the DSH value will gain less affect when the  $\alpha$  value is less than 0.3.

A comparison between Danusorn, the 2011 equation and an equation from this research found that when calculating OTTV, whether in any direction or any color the calculation with Danusorn, and the 2011 equation will output a single value. In contrast, the equations in this research can be calculated according to directions, colors, and the DSH of the wall materials used in building. Future research should develop equations for calculating residential condominiums with a wide range of glass types, WWR, and include the effects of shading types.

Department : ..Architecture..... Student's Signature.....

Field of Study : ..Architecture..... Advisor's Signature.....

Academic Year: ..2012.....

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้เนื่องมาจากความอนุเคราะห์ช่วยเหลือที่ดีอย่างยิ่ง ผู้วิจัยขอพระขอบคุณ ผศ. ดร. อรรถจัน เศรษฐสุนทร ในฐานะอาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้คำปรึกษา ความรู้เพิ่มเติม และคำแนะนำที่ดีโดยตลอด ขอขอบพระคุณ รศ. ดร. ปิ่นรัชฎ์ กาญจนนัฐิติ ในฐานะประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผศ. ดร. วรภัทร์ อิงคโจน์ฤทธิ, รศ. พรรณชัชฎ์ สุริโยธิน ในฐานะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์และอาจารย์ ที่ให้ความรู้ต่างๆ ทั้งในและนอกบทเรียน รวมทั้ง ดร. ณรงค์วิทย์ อารีมิตร กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัยที่กรุณาสละเวลาในการให้คำแนะนำและร่วมการสอบวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ภาคสถาปัตยกรรมศาสตร์ทุกท่านสำหรับการให้คำแนะนำการติดต่อประสานงานและการจัดการเอกสารต่างๆ เพื่อนๆ พี่ๆ ทั้งรุ่น IDEA 4 รุ่น IDEA 1 – 3 และน้องๆ 5+1 ในคำแนะนำต่างๆ สำหรับการศึกษาระดับมหาบัณฑิต ข้อมูลความรู้ต่างๆ และคำแนะนำในการค้นคว้าและจัดทำวิทยานิพนธ์

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ พ่อ แม่ ลูก และป้า สำหรับผู้สนับสนุนการเรียนการสอนและความช่วยเหลือในการทำงานตลอดเรื่อยมา

## สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ .....	ช
สารบัญตาราง.....	ณ
สารบัญภาพ .....	ญ
สารบัญแผนภูมิ.....	ฎ
<b>บทที่ 1 บทนำ.....</b>	<b>1</b>
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา .....	1
1.2 วัตถุประสงค์ .....	3
1.3 ขอบเขตของการศึกษา .....	3
1.4 ระเบียบวิธีการศึกษา.....	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ .....	4
<b>บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....</b>	<b>7</b>
2.1 แนวคิดและทฤษฎี .....	7
2.2 คุณสมบัติทางการถ่ายเทความร้อนของวัสดุก่อสร้าง .....	8
2.3 การใช้พลังงานรวมในอาคาร .....	10
2.4 ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพทางความร้อนของมวลสาร .....	11
2.5 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร (OTTV) .....	12
2.6 วิธีการคำนวณภาระการทำความเย็น .....	14
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	22
<b>บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย.....</b>	<b>22</b>
3.1 แนวทางการวิจัย.....	22
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	22
3.3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย.....	22
3.4 การกำหนดตัวแปร.....	26
<b>บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูล.....</b>	<b>42</b>
4.1 วิธีการรวบรวมข้อมูลจากการจำลองผล.....	42

4.2	กลุ่มที่ 1 ผลการจำลองจากทิศทางทั้ง 4 ทิศทาง .....	42
4.3	กลุ่มที่ 2 ผลการจำลองจากค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ 5 ค่า .....	46
4.4	ผลการจำลองจากจำแนก DSH ในแบบจำลองทั้ง 4 ทิศทาง และค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ ( $\alpha$ ) 5 ค่า เพื่อหาค่าความชันของค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า ( $TD_{eq}$ ) จากการ REGRESSION ค่า DSH ทั้ง 4 ช่วง .....	52
<b>บทที่ 5</b>	<b>ผลการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูล .....</b>	<b>58</b>
5.1	สรุปผลการวิจัย .....	58
5.2	แนวทางในการคำนวณ OTTV จากงานวิจัย .....	59
5.3	ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป .....	64
	รายการอ้างอิง.....	65
	ภาคผนวก.....	68
	ภาคผนวก ก .....	69
	ภาคผนวก ข.....	74
	ภาคผนวก ค .....	82
	ภาคผนวก ง .....	87
	ภาคผนวก จ .....	92
	ภาคผนวก ฉ .....	97
	ภาคผนวก ช .....	102
	ภาคผนวก ซ .....	110
	ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ .....	114



## สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1.1	แสดงความสัมพันธ์ของวัตถุประสงค์การศึกษา วิธีการศึกษา และประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ .....	4
ตาราง 2.1	การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ระหว่างพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่2) พ.ศ. 2550 กับงานวิจัยของดนูสรณ์.....	5
ตาราง 3.1	รายละเอียดการกำหนดอาคารชุดพักอาศัยจากการศึกษางานวิจัย (ดนูสรณ์ บัณฑิต, 2554) .....	23
ตาราง 3.2	การสำรวจค่าความเฉื่อยขนาดความลึกของระเบียงห้องพักจากกลุ่มตัวอย่างอาคารชุดพักอาศัยในเขตกรุงเทพมหานคร .....	24
ตาราง 3.3	วัสดุประกอบผนังตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน แสดงค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) ความหนาแน่น ( $\rho$ ) ค่าความร้อนจำเพาะ ( $c_p$ ) และความหนาแน่น ( $\Delta X$ ) .....	30
ตาราง 4.1	แสดงค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า ( $TD_{eq}$ ) ในทิศทาง 180 องศา .....	52
ตาราง 4.2	แสดงค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า ( $TD_{eq}$ ) ในทิศทาง 90 องศา .....	54
ตาราง 4.3	แสดงค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า ( $TD_{eq}$ ) ในทิศทาง 135 องศา .....	55
ตาราง 4.4	แสดงค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า ( $TD_{eq}$ ) ในทิศทาง 45 องศา .....	56
ตาราง 4.5	แสดงค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า ( $TD_{eq}$ ) จำแนกทิศทาง 4 ทิศ ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ ( $\alpha$ ) และค่า DSH .....	57
ตาราง 5.1	ค่าสัมประสิทธิ์ที่ใช้ในการคำนวณ OTTV ของอาคารชุดพักอาศัยที่มี WWR 40% กระจกลามิเนตที่มี SHGC = 0.52 .....	61

## สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพ 3.1	ลักษณะรูปร่างของอาคารชุดอ้างอิงจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ธนุสรณ์ บัวขจร, 2554) ..... 23
ภาพ 3.2	ลักษณะทิศทางการหมุนอาคารอ้างอิงในแบบจำลองทั้งหมด 4 ทิศทาง ..... 25
ภาพ 3.3	รูปร่างของอาคารชุดพักอาศัยอ้างอิงที่ปรับปรุง ..... 26
ภาพ 3.4	การตั้งค่าตัวแปรควบคุมต่างๆ ของห้องพักอาศัย ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ .. 26
ภาพ 3.5	การตั้งค่าระบบปรับอากาศภายในอาคารชุดพักอาศัย ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์ Visual DOE 4.1 ..... 28
ภาพ 3.6	การตั้งค่า Occupancy สำหรับการควบคุม สำหรับการควบคุมระบบต่างๆใน อาคารชุดพักอาศัย ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visual DOE 4.1 ..... 29
ภาพ 3.7	การตั้งค่า Model ก่อนการ Simulation ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visual DOE 4.1 ..... 30
ภาพ 5.1	แสงการแจจแสงองค์ประกอบ ในขณะที่สูตรสมการที่ได้รับการเปลี่ยนแปลง .... 60

## สารบัญแผนภูมิ

	หน้า
แผนภูมิ 1.1	ขั้นตอนการวิจัย .....6
แผนภูมิ 3.1	ขั้นตอนการวิจัย .....41
แผนภูมิ 4.1	ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ตั้งแต่ $\alpha = 0.1 - 0.9$ ในกรณีที่มีการ การหมุนอาคารในทิศทาง 180 องศา.....43
แผนภูมิ 4.2	ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ตั้งแต่ $\alpha = 0.1 - 0.9$ ในกรณีที่มีการ การหมุนอาคารในทิศทาง 90 องศา.....44
แผนภูมิ 4.3	ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ตั้งแต่ $\alpha = 0.1 - 0.9$ ในกรณีที่มีการ การหมุนอาคารในทิศทาง 135 องศา.....45
แผนภูมิ 4.4	ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ตั้งแต่ $\alpha = 0.1 - 0.9$ ในกรณีที่มีการ การหมุนอาคารในทิศทาง 45 องศา.....46
แผนภูมิ 4.5	ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ $\alpha = 0.1$ ในการวางอาคารทั้ง 4 ทิศทาง .....47
แผนภูมิ 4.6	ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ $\alpha = 0.3$ ในการวางอาคารทั้ง 4 ทิศทาง .....48
แผนภูมิ 4.7	ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ $\alpha = 0.5$ ในการวางอาคารทั้ง 4 ทิศทาง .....49
แผนภูมิ 4.8	ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ $\alpha = 0.7$ ในการวางอาคารทั้ง 4 ทิศทาง .....50
แผนภูมิ 4.9	ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ $\alpha = 0.9$ ในการวางอาคารทั้ง 4 ทิศทาง .....51
แผนภูมิ 4.10	แสดงค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า ( $TD_{eq}$ ) แบ่งตามค่าการดูดกลืนรังสี อาทิตย์ และค่า DSH ของการวางอาคารทิศทาง 180 องศา.....53
แผนภูมิ 4.11	แสดงค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า ( $TD_{eq}$ ) แบ่งตามค่าการดูดกลืนรังสี อาทิตย์ และค่า DSH ของการวางอาคารทิศทาง 90 องศา .....54
แผนภูมิ 4.12	แสดงค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า ( $TD_{eq}$ ) แบ่งตามค่าการดูดกลืนรังสี อาทิตย์ และค่า DSH ของการวางอาคารทิศทาง 135 องศา .....55

แผนภูมิ 4.13	แสดงค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า ( $TD_{eq}$ ) แบ่งตามค่าการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ และค่า DSH ของการวางอาคารทิศทาง 45 องศา .....	56
แผนภูมิ 5.1	เปรียบเทียบค่า OTTV จากการวิจัย และงานวิจัยของดนตรีณ์ แสดงลักษณะ OTTV เปรียบเทียบกันทั้ง 4 ทิศทาง .....	62
แผนภูมิ 5.2	เปรียบเทียบค่า OTTV จากการวิจัย และงานวิจัยของดนตรีณ์ แสดงลักษณะ OTTV เปรียบเทียบกันทั้ง 5 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ .....	63

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อาคารพักอาศัย และอาคารพาณิชย์ เป็นอาคารที่มีสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมกันประมาณ 50% ของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในประเทศไทย (กระทรวงพลังงาน, 2552) พลังงานส่วนใหญ่ถูกใช้ในการปรับสภาวะอากาศภายในอาคารเพื่อให้เกิดสภาวะน่าสบายแก่ผู้อยู่อาศัย เนื่องจากประเทศไทยมีสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้น ต้นเหตุของความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคาร ส่วนใหญ่เป็นความร้อนที่มาจากรังสีดวงอาทิตย์ ส่งผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร การลดผลกระทบจากการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ (Solar absorptance) ที่เปลือกอาคารจึงช่วยลดการใช้พลังงานการทำความเย็น

ปัจจุบันการใส่ใจในการอนุรักษ์พลังงานนั้นมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ทำให้การออกแบบอาคารในปัจจุบันนั้นต้องคำนึงถึงการประหยัดพลังงานในอาคารเพิ่มขึ้น รวมทั้งแนวโน้มของอาคารชุดพักอาศัย (condominium) ที่มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งอาคารประเภทนี้ส่วนใหญ่ใช้เครื่องปรับอากาศเพื่อให้เกิดสภาวะน่าสบายในห้องพักอาศัย ส่งผลให้แนวโน้มปริมาณการใช้พลังงานของอาคารประเภทที่พักอาศัยที่มีสัดส่วนในการใช้งานที่สูงอยู่แล้ว ยังคงเพิ่มปริมาณการใช้พลังงานมากขึ้นในอนาคต จึงเกิดมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการออกแบบขึ้นควบคุมการออกแบบเพื่อการอนุรักษ์พลังงานในอาคารควบคุม ซึ่งพัฒนาโดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน มีขอบเขตการบังคับใช้กับอาคารควบคุมที่มีพื้นที่ตั้งแต่ 2,000 ตารางเมตรขึ้นไป

นอกจากการเพิ่มขึ้นของอาคารชุดพักอาศัยในกรุงเทพมหานครจะเป็นปัญหาที่กำลังเกิดขึ้นในปัจจุบันยังมีปัญหาจากการเลือกใช้โหนดสีของเปลือกอาคารจากผู้ออกแบบ ทำให้ภาวการณ์เปลืองการใช้ไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศนั้นตกอยู่ที่ผู้พักอาศัยภายในอาคารชุดพักอาศัยเหล่านั้น

อย่างไรก็ตามวิวัฒนาการของวัสดุก่อสร้างในปัจจุบันได้พัฒนาสีทาผนังอาคารที่สามารถสะท้อนรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ได้ถึง 94.2% และมีค่าการคายความร้อนเท่ากับ 0.89 (สำนักวิจัยและบริการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2549) ซึ่งหมายถึง วัสดุนี้มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ (Solar Absorptant Coefficient =  $\alpha$ ) ต่ำกว่าข้อกำหนดในตารางที่ได้กำหนดค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ (Solar Absorptant Coefficient =  $\alpha$ ) ในตารางค่า

ความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (Temperature Difference Equivalent;  $TD_{eq}$ ) ของผนังที่บิล สำหรับอาคารประเภทสถานพยาบาล โรงแรม และอาคารชุดมีค่าต่ำสุดสำหรับวัสดุที่มีผิวภายนอก สีขาว คือ 0.3 วัสดุที่มีผิวสีอ่อน 0.5 วัสดุที่มีผิวสีค่อนข้างเข้ม 0.7 และวัสดุที่มีผิวสีเข้ม จนถึง ค่า คือ 0.9

จากผลการทดสอบการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ วิจัยโดยภาควิชา วิศวกรรม เครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบังพบว่าวิวัฒนาการของสีสะท้อนรังสีความร้อนสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าจาก เครื่องปรับอากาศได้ถึง 27% จากข้อมูลดังกล่าวพิจารณาได้ถึงประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนจากภายนอกอาคารด้วยสีทาผนังอาคารที่มีคุณสมบัติพิเศษนี้ ทำให้ผู้ออกแบบสามารถมี ตัวเลือกในการใช้สีสันทับอาคารได้หลายหลากยิ่งขึ้นโดยไม่เกิดการสิ้นเปลืองพลังงาน และจาก การทบทวนวรรณกรรมพบว่าทางเลือกใช้มวลอุณหภาพ (Density Specific Heat; DSH) ให้ตรง ตามลักษณะการใช้งานของอาคารก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะช่วยลดภาระการทำคามเย็นของ เครื่องปรับอากาศภายในอาคารได้เช่นกัน

ดังนั้นการวิจัยในเรื่องการศึกษาอิทธิพลในการลดภาระการปรับอากาศสีสะท้อนความร้อน ที่มีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าในการทำคามเย็นของเครื่องปรับอากาศและวัสดุประกอบผนัง อาคารที่แสดงในตารางค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) ความหนาแน่น ( $\rho$ ) และค่าความร้อน จำเพาะ ( $c_p$ ) ของวัสดุชนิดต่างๆ จากประกาศกระทรวงพลังงาน (กระทรวงพลังงาน, 2550) เพื่อ เป็นประโยชน์สำหรับทางเลือกในการออกแบบเปลือกอาคารให้สวยงามควบคู่ไปกับการประหยัด พลังงาน งานวิจัยนี้ได้ศึกษาในเรื่องผลกระทบของพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน ฉบับที่ 2 พ.ศ. 2550 ต่อการใช้พลังงานในอาคารชุดพักอาศัย อิทธิพลของสีทั่วไป และสีสะท้อน ความร้อนต่อค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า ( $TD_{eq}$ ) ของเปลือกอาคารภายนอก และเพื่อ พัฒนาเกณฑ์การประเมินการใช้พลังงานในอาคารชุดพักอาศัยให้สอดคล้องกับประสิทธิภาพของ วัสดุอาคารในปัจจุบัน โดยมีสมมติฐานที่ใช้ในการวิจัย คือ

- (ก) ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ (Solar Absorptant Coefficient =  $\alpha$ ) ของ สีภายนอกของอาคารมีผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร
- (ข) ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ (Solar Absorptant Coefficient =  $\alpha$ ) ยิ่ง มากจะสิ้นเปลืองพลังงานในการทำคามเย็นภายในอาคารจากเครื่องปรับอากาศ มากกว่าค่าที่น้อยกว่า

- (ค) ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ (Solar Absorptant Coefficient =  $\alpha$ ) ที่มีค่าเท่ากันเมื่อตั้งอยู่ในทิศทางที่แตกต่างกันจะมีการใช้พลังงานที่แตกต่างกัน

## 1.2 วัตถุประสงค์

1. ศึกษาพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน ฉบับที่ 2 พ.ศ. 2550 ต่อการใช้พลังงานในอาคารชุดพักอาศัย
2. ศึกษาประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศด้วยสี่เหลี่ยมความร้อน และมวลอุณหภาพ (DSH) ที่มีความสัมพันธ์ต่อค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า ( $TD_{eq}$ ) ของกรอบอาคารภายนอก และการนำความร้อนผ่านผนังของอาคารในแต่ละทิศทาง ที่มุมเอียงของผนัง 90 องศา
3. พัฒนาศมการคำนวณค่าการส่งผ่านความร้อนผ่านเปลือกอาคารผนังทึบ (OTTV) ให้สอดคล้องกับประสิทธิภาพของวัสดุอาคารที่มีมวลอุณหภาพ (DSH) และสีต่างๆ

## 1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1. ศึกษาจากอาคารชุดพักอาศัยขนาดใหญ่ในกรุงเทพมหานคร ใช้แบบจำลองอาคารชุดพักอาศัย โดยศึกษาต้นแบบจากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง
2. ศึกษาประสิทธิภาพการใช้สี่เหลี่ยมความร้อนและมวลอุณหภาพ (DSH) ในผนังแต่ละทิศทางจากค่าการใช้พลังงานการทำความเย็น

## 1.4 ระเบียบวิธีการศึกษา

1. ทบทวนวรรณกรรม ศึกษาพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน มาตรฐานในการออกแบบเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน และตัวแปรของผนังที่เกี่ยวข้อง
2. เก็บข้อมูลลักษณะของวัสดุอาคารและขนาดตามท้องตลาด ตามตารางค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ( $k$ ) ความหนาแน่น ( $\rho$ ) และค่าความร้อนจำเพาะ ( $c_p$ )
3. กำหนดรายละเอียดของการวิจัย และกำหนดตัวแปร
4. จำลองการใช้พลังงานอาคารชุดพักอาศัยด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ VisualDOE 4.1 เพื่อหาค่าการสิ้นเปลืองพลังงานจากการทำความเย็นจากการใช้วัสดุผนังแต่ละชนิด เพื่อสร้างกราฟค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า ( $TD_{eq}$ ) ของแต่ละทิศทาง
5. วิเคราะห์ผลและประเมินผล
6. สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

### 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

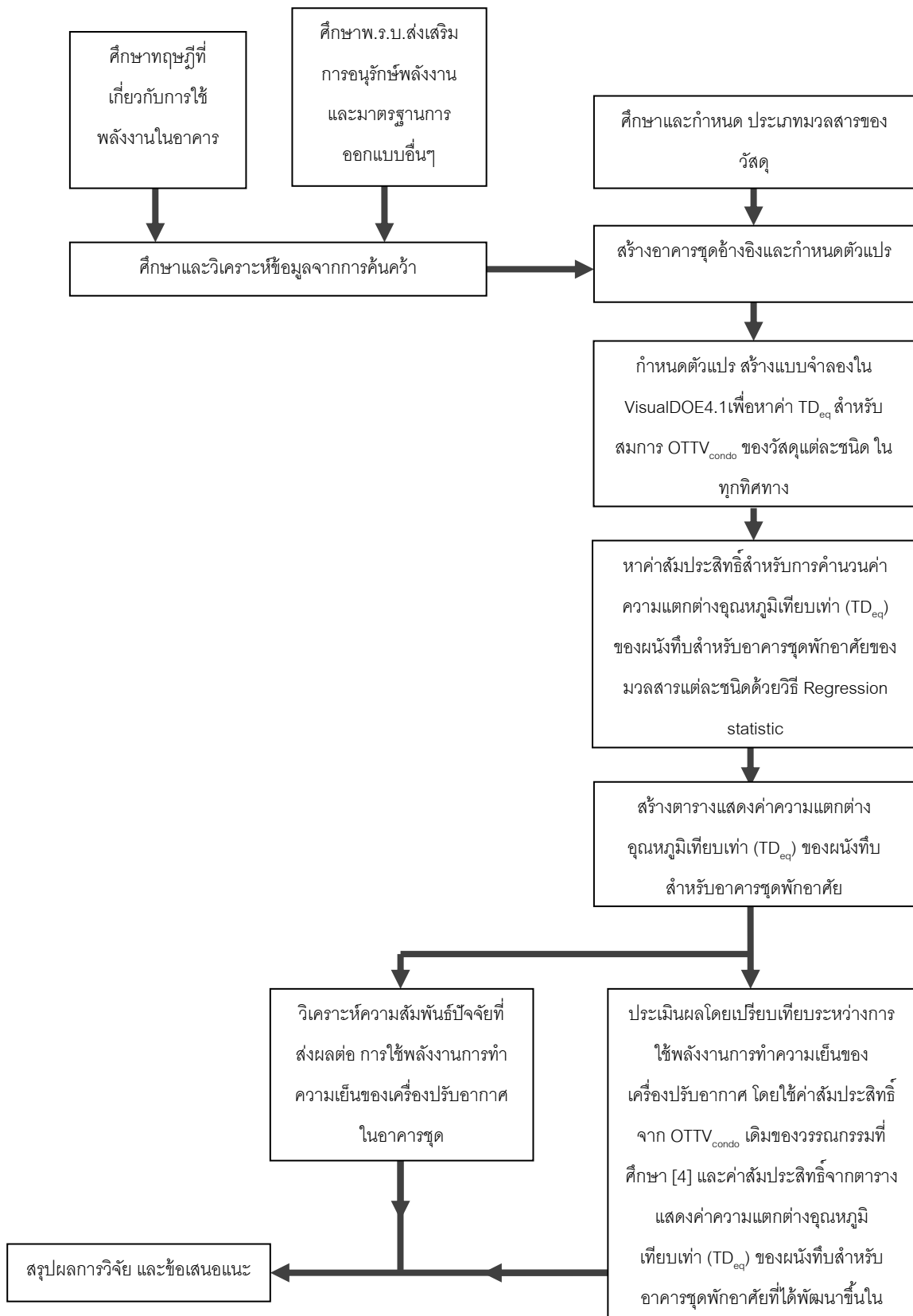
1. ทราบถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆที่มีผลต่อการใช้พลังงานปรับอากาศภายในอาคารชุดพักอาศัย และแนวทางที่ควรปรับปรุง หรือพิจารณาต่อ
2. ทราบสัมประสิทธิ์ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า ( $TD_{eq}$ ) ของแต่ละทิศทาง มวล อุณหภูมิ และสี เพื่อเพิ่มความแม่นยำของผลจากการประเมิน
3. สามารถประเมินการทดลองเปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานของอาคารชุดพักอาศัย ก่อนและหลังพัฒนาวิธีประเมินค่าการส่งผ่านความร้อนผ่านเปลือกอาคารผนังทึบ ให้สอดคล้องกับประสิทธิภาพของวัสดุอาคารที่มีมวลอุณหภูมิและสีต่างๆ
4. การพัฒนาต่อยอดสูตร OTTV ของคุณสรณ์ บัวขจร (คุณสรณ์ บัวขจร, 2554) ให้มีความถูกต้องละเอียดมากขึ้นไปถึงการพิจารณา ผนังทิศทางต่างๆ สีภายนอกต่างๆ และค่ามวล อุณหภูมิต่างๆ จากการพัฒนาค่าการส่งผ่านความร้อนผ่านเปลือกอาคารผนังทึบ ของตัวแปรเหล่านั้น
5. เสนอสมการสมการคำนวณค่าการส่งผ่านความร้อนผ่านเปลือกอาคารผนังทึบ (OTTV) ให้สอดคล้องกับประสิทธิภาพของวัสดุอาคารที่มีมวลอุณหภูมิ (DSH) และสีต่างๆ ของเปลือกอาคารชุดพักอาศัยให้เหมาะสมกับวิวัฒนาการของวัสดุก่อสร้างในปัจจุบันมากขึ้น

ตาราง 1.1 แสดงความสัมพันธ์ของวัตถุประสงค์การศึกษา วิธีการศึกษา และประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

วัตถุประสงค์ของการศึกษา	วิธีการศึกษา	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ
1. ศึกษาผลกระทบของพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน ฉบับที่ 2 พ.ศ. 2550 ต่อการใช้พลังงานในอาคารชุดพักอาศัย	1. ทบทวนวรรณกรรม ศึกษาพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน มาตรฐานในการออกแบบเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน และตัวแปรของผนังที่เกี่ยวข้อง	1. เสนอแนวทางการพัฒนาเกณฑ์การประเมินการใช้พลังงานของอาคารชุดพักอาศัยให้เหมาะสมกับวิวัฒนาการของวัสดุก่อสร้างในปัจจุบันมากขึ้น
2. ศึกษาประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศด้วยสีสะท้อนความร้อน และมวลอุณหภูมิ ที่มีความสัมพันธ์ต่อค่า	2. เก็บข้อมูลลักษณะของวัสดุอาคารและขนาดตามท้องตลาด ตามตารางค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) ความหนาแน่น ( $\rho$ ) และค่าความร้อนจำเพาะ	2. ทราบถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆที่มีผลต่อการใช้พลังงานปรับอากาศภายในอาคารชุดพักอาศัย และแนวทางที่ควรปรับปรุง หรือพิจารณาต่อ



<p>ความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (<math>TD_{eq}</math>) ของกรอบอาคารภายนอก และการนำความร้อนผ่านผนังของอาคารในแต่ละทิศทาง ที่มุมเอียงของผนัง 90 องศา</p>	<p>(<math>c_p</math>)</p>	
<p>3. พัฒนาวิธีการประเมินค่าการส่งผ่านความร้อนผ่านเปลือกอาคารผนังทึบให้สอดคล้องกับประสิทธิภาพของวัสดุอาคารที่มีมวลคุณภาพ (DSH) และสีต่างๆ</p>	<p>3. กำหนดรายละเอียดของการวิจัย และกำหนดตัวแปร</p>	<p>3. ทราบสัมประสิทธิ์ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (<math>TD_{eq}</math>) ของแต่ละทิศทาง มวล-คุณภาพ และสี เพื่อเพิ่มความแม่นยำของผลจากการประเมิน</p>
	<p>4. จำลองการใช้พลังงานอาคารชุดพักอาศัยด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ VisualDOE 4.1 เพื่อหาค่าการสิ้นเปลืองพลังงานจากการทำความเย็นจากการใช้วัสดุผนังแต่ละชนิด เพื่อสร้างกราฟค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (<math>TD_{eq}</math>) ของแต่ละทิศทาง</p>	<p>4. สามารถประเมินการทดลองเปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานของอาคารชุดพักอาศัยก่อนและหลังพัฒนาวิธีประเมินค่าการส่งผ่านความร้อนผ่านเปลือกอาคารผนังทึบให้สอดคล้องกับประสิทธิภาพของวัสดุอาคารที่มีมวลคุณภาพ (DSH) และสีต่างๆ</p>
	<p>5. วิเคราะห์ผลและประเมินผล</p>	
	<p>6. สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ</p>	



แผนภูมิ 1.1 ขั้นตอนการวิจัย

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 แนวคิดและทฤษฎี

ในการศึกษาเรื่องการพัฒนาค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าสำหรับการคำนวณค่าการส่งผ่านความร้อนผ่านเปลือกอาคารชุดพักอาศัย มีแนวคิดและทฤษฎีเบื้องต้นที่ควรศึกษาดังนี้

##### 2.1.1 ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อน

###### 2.1.1.1 การนำความร้อน (Conduction)

เป็นการถ่ายเทความร้อน หรือ การเคลื่อนที่ของพลังงานจากโมเลกุลไปสู่อีกโมเลกุลหนึ่งซึ่งอยู่ติดกันไปเรื่อยๆ โดยเคลื่อนที่จากอุณหภูมิสูงไปสู่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งปริมาณของความร้อนที่จะถ่ายเทผ่านวัสดุโดยการนำความร้อนนั้น ขึ้นอยู่กับสภาพนำความร้อน (Thermal Conductivity) ของวัสดุ และปัจจัยอื่นที่มีผลในการนำความร้อน ได้แก่ ความแตกต่างของอุณหภูมิผิวทั้ง 2 ด้าน ความชื้นของวัสดุ ความหนาแน่นของวัสดุ ความหนาของวัสดุ ระยะเวลาที่ใช้ในการสัมผัสความร้อน

###### 2.1.1.2 การพาความร้อน (Convection)

การถ่ายเทความร้อน อากาศภายในเป็นตัวกลางในการพาความร้อน เกิดได้ในกรณีทั้งการถ่ายเทความร้อนจากวัสดุออกมาจากผนัง ทำให้อากาศโดยรอบร้อนขึ้น ทำให้อากาศร้อนซึ่งมีความหนาแน่นต่ำลอยตัวสูงขึ้น เพราะมีมวลเบา อากาศเย็นก็จะเข้ามาแทนที่จึงเกิดการไหลเวียนของอากาศ

การพาความร้อนสามารถแบ่งออกได้เป็น 1) การพาความร้อนแบบอิสระโดยธรรมชาติ อากาศมีความแตกต่างของความหนาแน่นของของไหล เกิดจากผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ 2) การพาความร้อนแบบบังคับ ใช้แรงภายนอกมาบังคับการเคลื่อนตัวของของไหลที่เคลื่อนผ่านพื้นที่ผิวที่มีอุณหภูมิแตกต่างกัน สำหรับกรณีที่มีลมมีความเร็วมากกว่า 4-5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

### 2.1.1.3 การแผ่รังสี (Radiation)

การแผ่รังสี (Radiation) เป็นการถ่ายเทความร้อนออกจากรอบตัวทุกทิศทุกทาง โดยไม่ต้องอาศัยตัวกลางในการถ่ายเทความร้อน เช่น การนำความร้อน และการพาความร้อน การแผ่รังสีสามารถถ่ายเทความร้อนผ่านอวกาศได้ เป็นลักษณะรูปแบบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เช่น ความร้อนจากดวงอาทิตย์แผ่รังสีมายังโลก วัตถุทุกชนิดที่มีอุณหภูมิสูงกว่า  $-273^{\circ}\text{C}$  หรือ  $0\text{ K}$  (เคลวิน) ย่อมมีการแผ่รังสี วัตถุที่มีอุณหภูมิสูงนั้นจะแผ่รังสีออกมาเป็นคลื่นสั้น ส่วนวัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำจะแผ่รังสีออกมาเป็นคลื่นยาว เช่น สิ่งแวดล้อมรอบตัว

## 2.2 คุณสมบัติทางการถ่ายเทความร้อนของวัสดุก่อสร้าง

### 2.2.1 ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน

ค่าการนำความร้อน เป็นค่าที่บอกความสามารถในการนำความร้อนของวัสดุแต่ละชิ้น ซึ่งวัดค่าในรูปของอัตราปริมาณความร้อนที่ไหลผ่านหน้าตัดของพื้นที่ผิวหน่วย จากอุณหภูมิที่แตกต่างกันไปอีกฝั่งหนึ่งของวัสดุ เรียกว่า ค่า K (K-value) มีหน่วย คือ  $\text{W/m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$

### 2.2.2 ค่าความต้านทานความร้อน (Thermal resistance)

ค่าความต้านทานความร้อน เป็นค่าที่บอกอัตราส่วนระหว่างความหนาของวัสดุตามแนวของปริมาณความร้อนที่ไหลผ่านกับความสามารถในการนำความร้อนของวัสดุ (K-value) โดยอัตราส่วนนี้คือค่าที่แสดงประสิทธิภาพของวัสดุในการเป็นฉนวนกันความร้อน เรียกว่า ค่า R (R-value) มีหน่วยเป็น  $\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C} / \text{W}$  ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าหากมีค่า R มากเท่าใด วัสดุชิ้นนั้นจะมีลดปริมาณการส่งถ่ายความร้อนก็ได้มากเท่านั้น ซึ่งค่าการต้านทานความร้อน หรือ ค่า R สามารถคำนวณได้จาก

$$R = \Delta X / k \quad (1)$$

เมื่อ R = ค่าการต้านทานความร้อน ( $\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C} / \text{W}$ )

$\Delta X$  = ความหนาของวัสดุที่นำมาพิจารณา

k = ค่าการนำความร้อน ( $\text{W/m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$ )

### 2.2.3 ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U-Value)

คือ ผลรวมของอัตราส่วนกลับของของค่าความต้านทานความร้อน (R-value) ซึ่งค่านี้รวมวัสดุที่ประกอบผนังในชั้นนั้นทั้งหมด ในกรณีของผนังที่บ จะรวมตั้งแต่ ความร้อนของฟิล์มอากาศภายนอก วัสดุฉาบภายนอก ค่าวัสดุประกอบผนัง (อิฐ, คอนกรีต, ไม้ ) วัสดุฉนวนกันความร้อน วัสดุฉาบภายใน และความร้อนของฟิล์มอากาศภายใน กล่าวได้ว่า การศึกษาการนำความร้อนของ

วัสดุ หากเป็นกรณีของกระจก จะรวมตั้งแต่ ค่าความร้อนของฟิล์มอากาศภายนอก วัสดุกระจก และค่าความร้อนของฟิล์มอากาศภายใน

$$U = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

(2)

R คือ ค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุ ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ )

$R_n$  คือ ค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุ ลำดับที่ n

U คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของวัสดุ ( $m^2 \cdot ^\circ C/W$ )

#### 2.2.4 ค่าความจุความร้อนจำเพาะ (Specific Heat Capacity)

ความจุความร้อนจำเพาะ คือ เป็นค่าที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างความร้อนและอุณหภูมิ โดยปริมาณความร้อนที่ทำให้วัสดุหนึ่งหน่วยปริมาตร ที่ทำให้มวลหนึ่งหน่วยมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 องศา โดยมีหน่วยเป็น  $Cal/g \cdot ^\circ C$  หรือ  $J/kg \cdot ^\circ C$

$$\Delta Q = mc\Delta T$$

(3)

c คือความจุความร้อนจำเพาะ ( $J/ kg \cdot ^\circ C$ )

m คือจำนวนมวล (kg)

$\Delta Q$  คือความร้อนที่ให้แก่วัตถุ (J)

$\Delta T$  คืออุณหภูมิของวัตถุที่เปลี่ยนไป ( $^\circ C$ )

ค่าความจุความร้อนของแต่ละวัสดุ จะสามารถ เก็บสะสมความร้อนไว้ในวัสดุ หรือกล่าวได้ว่า เป็นตัวการที่ชะลอการถ่ายเทความร้อนตามระยะเวลาที่วัสดุนั้นจะสามารถทำได้ ดังนั้น การเลือกค่าความจุความร้อนไปใช้นั้น จะขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ ว่าต้องการหน่วงเหนี่ยวการพาความร้อนไว้นานเท่าใด (Time lag) หากต้องการลดการถ่ายเทความร้อนมากในช่วงกลางวันการใช้ความจุความร้อนมากจะช่วยหน่วงเหนี่ยวให้ความร้อนอยู่สะสมนานจนไปถึงกลางคืน ในกรณีที่ใช้งานอาคารตอนกลางวัน ซึ่งเหมาะกับสภาพอากาศที่ แตกต่างกันอย่างๆ และในทางกลับกัน หาก

ต้องการให้ ต้องการถ่ายเทความร้อนอย่างรวดเร็ว ก็ใช้วัสดุที่มีความจุความร้อนต่ำ เหมาะกับในสภาพอากาศที่มีความใกล้เคียงกันตลอดทั้งวัน และใช้งานตลอดทั้งวัน (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2555)

## 2.3 การใช้พลังงานรวมในอาคาร

ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการใช้พลังงานรวมในอาคาร แบ่งเป็น 3 ส่วนดังนี้

### 2.3.1 ปัจจัยจากภายนอกอาคาร (external load factors)

คือ ความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่ถ่ายเทสู่ระบบกรอบอาคาร ซึ่งมีผลต่อการปรับอากาศได้แก่

- การนำความร้อนผ่านผนังที่ภายนอกอาคาร
- การนำความร้อนผ่านหลังคาอาคาร
- การนำความร้อนและการแผ่รังสีความร้อนผ่านผนัง/หลังคาโปร่งแสงของอาคาร

### 2.3.2 คุณสมบัติของพื้นผิววัสดุที่เกี่ยวข้องกับการแผ่รังสี

พฤติกรรมของการแลกเปลี่ยนรังสีความร้อนของพื้นผิววัสดุที่ตันประกอบด้วย 3 แบบ ได้แก่ การดูดกลืนรังสีของพื้นผิววัสดุ (Surface absorptivity), การสะท้อนรังสีของพื้นผิววัสดุ (Surface reflectivity) และการคายรังสีของพื้นผิววัสดุ (Surface emissivity) ซึ่งทั้งหมดนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของพื้นผิววัสดุ สี ลักษณะตำแหน่งของวัสดุ รวมถึงความยาวคลื่นที่ตกกระทบ

การดูดกลืนรังสีของวัสดุ ขึ้นกับคุณสมบัติของพื้นผิววัสดุ อันได้แก่ สี หรือวัสดุเคลือบผิว ซึ่งก็คือค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ (Solar Absorptant Coefficient =  $\alpha$ ) มีค่า 0.0 – 1.0 โดยวัสดุที่ดูดกลืนรังสีได้ทั้งหมดจะมีสภาพดูดกลืนทั้งหมด เท่ากับ 1.0 และจะลดลงเรื่อยๆ จนถึง 0.0 เมื่อวัสดุนั้นมีประสิทธิภาพการสะท้อนรังสีที่กระทบทั้งหมด เรียกว่า สภาพสะท้อน (Reflectivity) โดยผลรวมของค่าสัมประสิทธิ์ของทั้งการดูดกลืนรังสีและสะท้อนรังสีจะมีค่าเท่ากับหนึ่ง (พิชญะ เพียรพัฒนางกูร, 2554)

ดังเช่น วัตถุที่มีสีขาว หรือ สีอ่อน จะมีการสะท้อนความร้อนออกมาสูง ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีก็จะต่ำ แต่ถ้าเป็นวัสดุมีสีเข้ม หรือ ค่อนข้างดำ ก็จะมีการสะท้อนความร้อนต่ำ ซึ่งตัววัสดุเองจะดูดกลืนความร้อนไว้สูง ดังนั้นค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนก็จะสูงตามด้วย (ตริงใจ บุรณสมภพ, 2539: 32)

## 2.4 ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพทางความร้อนของมวลสาร

### 2.4.1 การจัดวางตำแหน่งผนังมวลสารภายนอกอาคาร

ลักษณะการวางทิศทางผนังมวลสาร จะขึ้นอยู่กับการวางตัวอาคารที่มีทิศทางสอดคล้องกับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ ซึ่งมีผลกระทบโดยตรงกับสภาพแวดล้อม ที่ตั้ง และ อาคาร โดย แยกเป็น 2 ปัจจัย คือ พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Radiation) ที่ถูกแผ่ลงมายังโลก และ วงโคจรของดวงอาทิตย์ (Solar Geometry) (ธนิต จินดาวณิก, 2540: 26)

พลังงานจากแสงอาทิตย์ (Solar Radiation) โดยปกติแล้ว ดวงอาทิตย์จะแผ่รังสี โดยตรงสู่โลก (Direct Radiation) แต่เมื่อมาถึงชั้นบรรยากาศ จะถูกฝุ่นละออง ละอองน้ำ ทำให้รังสีดวงอาทิตย์กระจายตัวไปในท้องฟ้า (Diffuse Radiation) ซึ่งพลังงานความร้อนที่เข้ามาจะถูกกระจายไปโดยรอบในสภาพแวดล้อม ตกกระทบบริเวณโดยรอบอาคาร นอกเนื่องจากรังสีที่มาจากดวงอาทิตย์สู่ตัวอาคาร ซึ่งในสภาพอากาศของประเทศไทย ที่มีความร้อนชื้น มีเมฆ และละอองน้ำมาก การกระจายตัวมากขึ้น ดังนั้นการออกแบบอาคารและเลือกเปลือกอาคาร คำนึงถึงความร้อนที่เข้าอาคารโดยตรง รวมถึง ถึงการเลือกที่ตั้ง อาคารข้างเคียง สภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการสะท้อนความร้อน ( Reflected Radiation) เข้าสู่อาคาร ทั้งจากการสะท้อนของผนัง และ หลังคา

วงโคจรของดวงอาทิตย์ (Solar Geometry) ทิศทางการขึ้นและตกของดวงอาทิตย์ตลอดปี มีอิทธิพลต่อการออกแบบอาคาร ตั้งแต่การวางตำแหน่งอาคาร สัดส่วนของพื้นที่ผิวอาคารต่อพื้นที่อาคารทั้งหมด โดยลักษณะภูมิประเทศของประเทศไทย ตั้งอยู่เหนือเส้นศูนย์สูตรที่ ละติจูด 14 การโคจรของดวงอาทิตย์จะมีลักษณะอ้อมได้ ดังนั้น ทั้งแสงธรรมชาติ (Daylight) และ การแผ่รังสีโดยตรงของดวงอาทิตย์ (Direct Radiation) จะมีมากในทางทิศใต้มากกว่าทางทิศเหนือ เพราะเนื่องจากช่วงเวลาตลอดทั้งปี ที่ดวงอาทิตย์โคจรจะทำมุมกับโลกและที่ตั้งอาคาร

### 2.4.2 อิทธิพลของวัสดุประกอบมวลสารผนัง

การเลือกใช้มวลสารของผนัง มีส่วนสำคัญต่อพฤติกรรมถ่ายเทความร้อนของผนังสู่ภายในอาคาร การเลือกใช้มวลสารที่เหมาะสมจะช่วยลดการใช้พลังงานความเย็นลงได้ ในอาคารที่ใช้การทำความเย็นเป็นส่วนหลัก เนื่องมาจากวัสดุสามารถจุความร้อนลงในตัวมันได้ หรือมีคุณสมบัติในการหน่วงความร้อน (Thermal Mass) โดยยอมให้ความร้อนผ่านแต่เพียงช่วงเวลาหนึ่งก่อนที่จะส่งผ่านไป ซึ่งเรียกว่า เวลาที่หน่วงความร้อน (Time lag) และช่วงเวลาหน่วงความร้อนจะมากขึ้นตามความหนาของผนัง ตัวอย่างที่ชัดเจน คืออาคารก้ออิฐในสมัยโบราณ เพราะวัสดุอิฐมีความหนาและมีความหนาแน่นสูง ดังนั้นจึงเป็นวัสดุที่ช่วยในการหน่วงความร้อนในตอนกลางวันที่ร้อน

จัด และจะถ่ายออกในเวลากลางวัน ซึ่งช่วยในการสร้างความเย็นให้กับอาคารในช่วงกลางวันที่มีแดดร้อนจัด และช่วยให้อาคารอบอุ่นขึ้นในช่วงเวลากลางคืนในสภาวะแวดล้อมมีอุณหภูมิต่ำ

## 2.5 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร (OTTV)

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร (Overall Thermal Transfer Value, OTTV) ซึ่งใช้สำหรับอาคารที่ปรับอากาศ โดยลักษณะของการคำนวณจะรวมปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนังทุกด้าน แล้วนำมาหารด้วยพื้นที่ผนังทั้งหมด ซึ่งจะได้ผลลัพธ์เป็นค่าเฉลี่ยต่อตารางเมตรของปริมาณความร้อนจากภายนอกที่ถ่ายเทผ่านผนังและหน้าต่างเข้าสู่อาคาร โดยผลลัพธ์ที่ได้จะนำไปใช้วิเคราะห์ปริมาณความร้อนกับการออกแบบเพื่อลดปริมาณความร้อนที่เข้ามาในอาคาร ตั้งแต่การออกแบบผนัง กระจก ระบบไฟฟ้า การเลือกใช้ระบบปรับอากาศ ที่เหมาะสม

สำหรับประเทศไทย ได้มีการออกกฎกระทรวงว่าด้วยกำหนดมาตรฐาน หลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร เพื่อให้เป็นมาตรฐานเดียวกันสำหรับอาคารในประเทศไทย ซึ่งใช้การเทียบเคียงค่าที่ได้ให้เหมาะสมต่อการใช้งานในอาคารแต่ละประเภทอันได้แก่

สำนักงาน, สถานศึกษา	มีค่า OTTV เฉลี่ยไม่เกิน $50 \text{ W/m}^2$
ห้างสรรพสินค้า, ร้านค้าย่อย	มีค่า OTTV เฉลี่ยไม่เกิน $40 \text{ W/m}^2$
โรงแรม โรงพยาบาล สถานพักฟื้น	มีค่า OTTV เฉลี่ยไม่เกิน $30 \text{ W/m}^2$

(กระทรวงพลังงาน, 2552)

ส่วนค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคารแต่ละด้านคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$OTTV_1 = (U_w)(1 - WWR)(TD_{eq}) + (U_f)(WWR)(\Delta T) + (WWR)(SHGC)(SC)(ESR) \quad (4)$$

$U_w$	คือ	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังที่มีหน่วยวัตต์ต่อตารางเมตรองศาเซลเซียส วัตต์/ตรม.
WWR	คือ	อัตราส่วนพื้นที่ของหน้าต่างและผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านนั้น
$TD_{eq}$	คือ	ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าระหว่างภายนอก และภายในอาคาร ซึ่งรวมถึงผลการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผนังที่



$U_i$	คือ	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของกระจกหรือผนังโปร่งแสง มีหน่วยวัตต์ต่อตารางเมตรองศาเซลเซียส วัตต์/ตรม.
SHGC	คือ	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ผ่านกระจกหรือผนังโปร่งแสง
SC	คือ	สัมประสิทธิ์การบังแดดของหน้าต่าง
ESR	คือ	ค่าตัวประกอบรังสีดวงอาทิตย์ผ่านผนังโปร่งแสง และหรือ ผนังทึบ มีหน่วยวัตต์ต่อตารางเมตร วัตต์/ตรม.

(กระทรวงพลังงาน, 2552)

$$\begin{aligned}
 & OTTV \\
 = & \frac{(A_{w1})(OTTV_1) + (A_{w2})(OTTV_2) + \dots + (A_{wi})(OTTV_i)}{A_{w1} + A_{w2} + \dots + A_{wi}}
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

$A_{wi}$	คือ	พื้นที่ของผนังด้านที่พิจารณาซึ่งรวมพื้นที่ของผนังทึบและพื้นที่หน้าต่างหรือ ผนังโปร่งแสง มีหน่วยเป็น ตารางเมตร
$OTTV_1$	คือ	ค่าการถ่ายเทความร้อนของผนังด้านที่พิจารณา มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร

(กระทรวงพลังงาน, 2552)

โดยในส่วนที่มีความเกี่ยวข้องการหาค่าการวิจัยนี้ ในปัจจุบันที่สำคัญ จะอยู่ในส่วนของการกำหนดค่าวัสดุของผนังทึบที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร อันได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U-value) และ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิที่เทียบเท่า ( $TD_{eq}$ )

ค่าความแตกต่างอุณหภูมิที่เทียบเท่า ( $TD_{eq}$ ) ซึ่งจะแปรผันตาม

1. สัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ ( $\alpha$ )
2. มวลอุณหภาพของวัสดุผนัง (DSH)
3. ทิศทางและมุมเอียงของผนัง

ค่ามวลอุณหภาพของวัสดุผนัง (DSH) จะมีส่วนต่อการกำหนดค่าการดูดกลืนความร้อนในแต่ละทิศทางที่แตกต่างกัน ซึ่งค่ามวลอุณหภาพของวัสดุผนัง (DSH) หาได้จาก

$$DSH = (\rho_i)(c_{pi})(\Delta x_i)$$

(6)

$DSH$  คือ ผลคูณของความหนาแน่น-ความร้อนจำเพาะ-ความหนาของผนัง

$\rho_i$  คือ ความหนาแน่นของวัสดุ  $i$

$c_{pi}$  คือ ความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุ  $i$

$\Delta x_i$  คือ ความหนาของวัสดุ  $i$

โดยค่ามวลสารของวัสดุ (DSH) จะถูกนำไปเทียบหาพร้อมกับค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีในแต่ละทิศทาง โดยเทียบจากค่าตารางของผนังทึบ ในอาคารแต่ละประเภท (พิชญะ เพียรพัฒนางกูร, 2554)

## 2.6 วิธีการคำนวณภาระการทำความเย็น

จากการเก็บข้อมูลจากเอกสารงานวิจัยในการสรุปสมการที่เกี่ยวข้อง (دنุสรณ์ บัวขจร, 2554)

### Energy consumption

$$= \left[ \frac{CR}{COP^{0.83}} \times floor\ area_{A/C} \times 7200 \right] + \left[ \left\{ \begin{array}{l} (0.27 \times LPD \times floor\ area_{LPD}) \\ + (0.14 \times EQD \times floor\ area_{EQD}) \end{array} \right\} \times 8760 \right]$$

(7)

โดยที่

เมื่อ Energy consumption คือ พลังงานไฟฟ้ารวม มีหน่วยเป็นวัตต์-ชั่วโมงต่อปี (Wh-year)

CR คือ ความต้องการความเย็นต่อหน่วยพื้นที่ มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร ( $W/m^2$ )

COP คือ ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบปรับอากาศ

LPD คือ กำลังไฟฟ้าส่องสว่างที่ติดตั้งเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อ

ตารางเมตร ( $W/m^2$ )

EPD คือ กำลังไฟฟ้าที่ใช้สำหรับอุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ ต่อหน่วยพื้นที่ที่มี

หน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร ( $W/m^2$ )

area of floor คือ พื้นที่ปรับอากาศ มีหน่วยเป็นตารางเมตร ( $m^2$ )

working hours คือ เวลาใช้งานเครื่องปรับอากาศ มีหน่วยเป็นชั่วโมง (h)

โดยที่

$$CR = \frac{\text{wall area}_{A/C}}{\text{floor area}_{A/C}} (OTTV_{condo}) + 0.31(LPD) + 0.13(EQD) + 131 \cdot 0.62(OCCU)$$

(8)

เมื่อ CR คือ ความต้องการความเย็นต่อหน่วยพื้นที่ มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร ( $W/m^2$ )

OTTV คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกด้านที่พิจารณา มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อพื้นที่อาคารส่วนที่ปรับอากาศ ( $W/m^2$ -floor)

storage คือ ภาระปรับอากาศเนื่องจากความร้อนสะสม มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร ( $W/m^2$ )

$C_1, C_2, C_3$  และ  $C_4$  คือ สัมประสิทธิ์สัดส่วนความร้อนที่เป็นภาระแก่ระบบปรับอากาศจากไฟฟ้าแสงสว่าง อุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ ผู้ใช้อาคารและการระบายอากาศ ตามลำดับ

(دنوسرن บัวขจร, 2554)

## 2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กฎหมายอนุรักษ์อาคารในปัจจุบันซึ่งพัฒนาโดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน มีขอบเขตการบังคับใช้กับอาคารควบคุม ที่มีพื้นที่ตั้งแต่ 2,000 ตารางเมตรขึ้นไป ซึ่งอาคารชุดพักอาศัยได้ถูกจำแนกประเภทอาคารเช่นเดียวกับ อาคารสาธารณะ อาคารสถานพยาบาล และโรงแรม ซึ่งกำหนดให้ค่ามาตรฐานของระบบเปลือกอาคาร หรือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร (overall thermal transfer value: OTTV) ในส่วนที่มีการปรับอากาศในประเภทอาคารชุดพักอาศัย อาคารสาธารณะ อาคารสถานพยาบาล และโรงแรม มีค่าเท่ากับ  $30 \text{ W/m}^2$  (กระทรวงพลังงาน, 2554) โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์ในสมการหาค่า OTTV ของอาคารประเภทดังกล่าวนี้ใช้ค่าชุดเดียวกัน ได้แก่

- $TD_{eq}$  คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (equivalent temperature difference) ระหว่าง ภายนอกและภายในอาคารซึ่งรวมถึงผลการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผนังที่บ มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ( $^{\circ}\text{C}$ )
- $\Delta T$  คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกอาคารมีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ( $^{\circ}\text{C}$ )
- ESR คือ ค่ารังสีอาทิตย์ที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังโปร่งแสง และ/หรือ ผนังทึบ มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร ( $\text{W/m}^2$ )

การประเมินการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร อาคารควบคุมจะสามารถผ่านเกณฑ์การประเมินเมื่อค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารที่พิจารณาต่ำกว่าอาคารอ้างอิง คำนวณด้วยสมการพลังงานรวมของอาคาร โดยได้กำหนดค่าสัมประสิทธิ์ต่างๆที่ใช้ในสมการของอาคารชุดพักอาศัย อาคารสาธารณะ อาคารสถานพยาบาล และโรงแรมให้มีค่าสัมประสิทธิ์สัดส่วนความร้อนที่เป็นภาระแก่ระบบปรับอากาศเท่ากัน ได้แก่

- $C_1$  คือ ความร้อนจากไฟฟ้าแสงสว่าง
- $C_2$  คือ ความร้อนจากอุปกรณ์ และเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ
- $C_3$  คือ ความร้อนจากผู้ใช้อาคาร
- $C_4$  คือ ความร้อนจากการระบายอากาศ

ซึ่งจากข้อกำหนดของกฎหมายข้างต้นนั้นได้กำหนดจำนวนชั่วโมงการใช้งานอาคารของประเภทอาคารชุดพักอาศัย อาคารสาธารณะ อาคารสถานพยาบาล และโรงแรม มีค่าเท่ากัน คือ 8,760 ชั่วโมงในระยะ เวลา 1 ปี ซึ่งหมายถึงการใช้งาน 24 ชั่วโมงต่อวัน ดังนั้นปัญหาจาก

ข้อกำหนดดังกล่าวจึงส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนในการประเมินการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารชุดพักอาศัยเพราะลักษณะการใช้งานตามข้อกำหนด และการใช้พลังงานจากอาคารตามจริงนั้นไม่สอดคล้องกัน

คุณสรณ์ บัวขจร ได้พัฒนาสมการการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังอาคารประเภทอาคารชุดพักอาศัยในเขตกรุงเทพมหานคร ( $OTTV_{condo}$ ) ได้ข้อมูลจากการสำรวจเพื่อสร้างอาคารอ้างอิง พบผลจากการสำรวจในงานวิจัยว่าผู้ใช้งานในอาคารชุดพักอาศัยนั้นใช้งานเครื่องปรับอากาศจริงเพียงแค่ 7,200 ชั่วโมงต่อปี ซึ่งตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 กำหนดให้จำนวนชั่วโมงการใช้งานสำหรับอาคารโรงแรม สถานพยาบาล และอาคารชุด มีจำนวนชั่วโมงเท่ากัน คือ 8,760 ชั่วโมง ทำให้ผู้วิจัยได้ค่าการใช้พลังงานปรับอากาศใกล้เคียงการใช้งานของอาคารชุดพักอาศัยมากขึ้น ผู้วิจัยใช้วิธีวิจัยเชิงจำลองสถานการณ์จริง (simulation research) ด้วยโปรแกรม VisualDOE4.0 และใช้วิธีการทางสถิติเพื่อหาค่าเฉลี่ยหลายกลุ่มแบบพารามetriง (parameterization) ของสัมประสิทธิ์ในสมการค่าการถ่ายเทความร้อนรวม ( $OTTV$ ) และสมการพลังงานรวม ( $E_c$ ) ผลจากการทดลองผู้วิจัยได้ค่า  $OTTV$  ของอาคารชุดพักอาศัยอ้างอิง หรือ  $OTTV_{condo} = 26.5 \text{ W/m}^2$  มีค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์ในสมการ  $TD_{eq} \Delta T$  และ ESR เท่ากับ 5.43 0.97 และ 91.40 ตามลำดับ ซึ่งจากการทดลองนี้ผู้วิจัยยังไม่ได้ทำการวิจัยครอบคลุมถึงสี และทิศทางของผนังอาคาร ซึ่งทั้งสองตัวแปรนั้นเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการคำนวณ  $OTTV$  ในค่าสัมประสิทธิ์เพื่อกำหนดค่าความแตกต่างของอุณหภูมิเทียบเท่าระหว่างภายนอกและภายในอาคาร ( $TD_{eq}$ )

ตาราง 2.1 การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ระหว่างพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2550 กับงานวิจัยของคุณสรณ์

แหล่งที่มา	$TD_{eq}$	$\Delta T$	ESR
พรบ.การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2550	7.3 -19.3	3	80.68 -116.26
คุณสรณ์ บัวขจร (2554)	5.43	0.97	91.4

ผู้วิจัยได้ใช้ค่าสัมประสิทธิ์ทุกทิศทางของอาคารประเภทโรงแรม สถานพยาบาล อาคารชุด ที่มีมุมเอียงของผนัง 90 องศา DSH ตั้งแต่ 15-400  $\text{kJ/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$  สัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ ตั้งแต่ 0.3-0.9 และใช้วิธี regression เพื่อให้ได้ค่าเฉลี่ยออกมาตามตาราง (คุณสรณ์ บัวขจร, 2554)

นอกจากมวลสารของวัสดุผนังเปลือกอาคารด้านนอกแล้วยังมีตัวแปรอื่นๆ ที่มีผลในการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ผนังอาคาร ได้แก่ มวลอุณหภูมิของผนังภายนอกอาคาร และทิศทางในแต่ละด้านของผนังภายนอกอาคาร โดยที่งานวิจัยของ พิษณุ เพียรพัฒนางกูร ได้ศึกษาในตัวแปรทั้งสองนี้ที่มีผลต่อการใช้พลังงานภายในอาคาร 2 ประเภท คือ บ้านพักอาศัย และอาคารสำนักงาน ด้วยการจำลองผลจากโปรแกรม VisualDOE 4.0 สำหรับการใช้งานเครื่องปรับอากาศในเวลากลางวันของที่พักอาศัย และการใช้งานในเวลากลางวันของอาคารสำนักงาน ทำการศึกษาวัสดุสองกลุ่ม คือ วัสดุคอนกรีตบล็อกที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมสูง (U-value) และวัสดุคอนกรีตมวลเบาที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมต่ำ ได้ผลสรุปว่า มวลอุณหภูมิ (DSH) มีความสัมพันธ์กับการใช้พลังงานทำความเย็น โดยที่บ้านพักอาศัยสามารถลดพลังงานได้มากที่สุด เมื่อใช้วัสดุคอนกรีตบล็อก และเพิ่มความหนาผนังทึบที่ลดได้มากที่สุด คือ ทึบตะวันตก หรือ ทึบตะวันตกเฉียงใต้ สำหรับอาคารสำนักงานการใช้คอนกรีตมวลเบาสามารถลดการใช้พลังงานได้มากกว่า และทึบตะวันตก หรือ ทึบตะวันตกเฉียงใต้ คือ ทึบที่ลดพลังงานได้มากที่สุด เมื่อเพิ่มทั้งความหนาผนัง ความจุความร้อนจำเพาะ และความหนาแน่นในผนังทุกความหนาดังนั้นในการเพิ่มมวลอุณหภูมิในผนัง (DSH) สำหรับบ้านพักอาศัย และอาคารสำนักงาน จะมีประสิทธิภาพมากขึ้นในการลดพลังงานในทึบตะวันตก หรือ ทึบตะวันตกเฉียงใต้ (พิษณุ เพียรพัฒนางกูร, 2554)

นอกจากนั้นในประเทศจีน ฉนวนเคลือบผิวสะท้อนความร้อน ยังถือเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการลดการใช้พลังงานของอาคาร ในประเทศจีนเองก็ได้มีการส่งเสริมให้ใช้ ซึ่งได้ผลตอบรับที่ดี อย่างไรก็ตามงานวิจัยส่วนมากจะศึกษาเกี่ยวกับการใช้บนหลังคาของอาคารเก็บสินค้า ดังนั้นการศึกษาเรื่องผลกระทบของสารเคลือบดังกล่าวบริเวณภายนอกผนังอาคาร ต่อประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานของอาคารจะเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีให้เกิดประโยชน์มากขึ้น W. Guo, X. Qiao, Y. Huang, M. Fang และ X. Han จึงร่วมกันสร้างงานวิจัยขึ้นนี้เพื่อศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบต่อประสิทธิภาพการพลังงานของฉนวนเคลือบผิวสะท้อนความร้อนบนผนังด้านนอกอาคาร ในฤดูร้อนและฤดูหนาว ทำการทดลองจากแบบจำลองที่สร้างขึ้นจริง โดยแบ่งเป็น 2 ส่วนในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการเป็นฉนวนระหว่างตัวเคลือบปกติ (non-insulation coating) และตัวเคลือบที่เป็นฉนวน (insulation coating) โดยทำกล่องทดลองขนาด 300 มม.x 300 มม.x 300 มม. ใช้ไฟส่อง โดยวัดอุณหภูมิด้วย copper - constantan thermocouple

ผู้วิจัยได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 กลุ่ม คือ coating 1 (insulation coating) และ coating 2 (non-insulation coating) แต่ละกลุ่มประกอบด้วยชุดทดลอง 3 ชุด ทดลองในลักษณะเดียวกัน คือ ใช้แผ่นทดลองเปล่าเพื่อวัดอุณหภูมิก่อนหลังจากนั้นค่อยใช้แผ่นทดลองที่มีการเคลือบสาร และได้สร้างห้องทดลองภายนอก 2 หลัง ซึ่งมีลักษณะเหมือนกันทุกประการ วางในพื้นที่ที่ไม่ได้รับผลกระทบจากการบังเงาของวัตถุอื่น ห้องทดลองมีขนาดกว้าง 4 เมตร ยาว 4.4 เมตร สูง 3.8 เมตร ห้องที่ 1 ไม่มีการทาสารเคลือบสะท้อนความร้อนที่ผนังภายนอก ห้องที่ 2 ทาสารเคลือบสะท้อนความร้อนที่ผนังภายนอก มีการวัดอุณหภูมิของผนังทุกด้าน ด้านละ 5 จุด บันทึกอุณหภูมิทุกๆ 5 นาที ภายในห้องทดลองใช้เครื่องปรับอากาศแบบเดียวกัน ตั้งอุณหภูมิที่ 26 องศาเซลเซียส เวลาในการทดลอง เริ่มตั้งแต่ 16 กรกฎาคม 2009 จนถึง 31 มีนาคม 2010 เพื่อให้สามารถเก็บข้อมูลได้ทั้งฤดูร้อนและฤดูหนาว โดยในฤดูร้อนจะพิจารณาข้อมูลในช่วง 1-30 สิงหาคม และฤดูหนาวในช่วง 1-30 มกราคม สถานที่ตั้งคือเมือง Hangzhou เนื่องจากมีภูมิอากาศที่เหมาะสม ทั้งร้อนชื้นและหนาวเย็น โดยสารเคลือบทั้ง 2 แบบที่ใช้ในการทดลอง เป็นผลิตภัณฑ์ของบริษัท Hangzhou Mingnim Coating Co., Ltd.

ผลจากการทดลองส่วนที่ 1 พบว่าอุณหภูมิแตกต่างกันระหว่างแผ่นทดลองเปล่ากับแผ่นทดลองที่มีการเคลือบสารของกลุ่ม coating 1 เท่ากับ 4.43 องศาเซลเซียสและกลุ่ม coating 2 เท่ากับ 3.77 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิมีการเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนในช่วงครึ่งชั่วโมงแรก และเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆจนถึง 2 ชั่วโมง อุณหภูมิจะค่อนข้างคงที่

ผลจากการทดลองส่วนที่ 2 พบว่าอุณหภูมิบริเวณพื้นผิวผนังของห้องที่ 1 สูงกว่าอุณหภูมิโดยรอบทั้งในฤดูร้อนและฤดูหนาว ซึ่งในฤดูหนาวอุณหภูมิที่สูงสุดของห้องที่ 1 คือ 23 องศาเซลเซียส และห้องที่ 2 คือ 13 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิที่สูงสุดในฤดูร้อนของห้องที่ 1 คือ 41 องศาเซลเซียส และห้องที่ 2 คือ 33 องศาเซลเซียส

จากการทดลองในงานวิจัยขั้นนี้ได้ข้อสรุปว่า การเคลือบสารฉนวนสะท้อนความร้อน มีประสิทธิภาพดีกว่าเคลือบสารปกติ อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นแตกต่างกันประมาณ 0.73 องศาเซลเซียส ไม่ว่าจะในฤดูร้อนหรือหนาว อุณหภูมิบริเวณพื้นผิวผนังของห้องที่ 1 จะสูงกว่าอุณหภูมิโดยรอบ ในระหว่างวันความผันผวนของอุณหภูมิจะค่อนข้างสูงโดยเฉพาะในผนังด้านทิศใต้ สำหรับห้องที่ 2 ความผันผวนจะน้อย ความแตกต่างของอุณหภูมิที่ผนังของทั้ง 2 ห้องอยู่ระหว่าง 8-10 องศาเซลเซียส ในฤดูร้อนจะพบสัดส่วนความสัมพันธ์ระหว่าง ความผันผวนของอุณหภูมิระหว่างวัน กับการเก็บความร้อนของผนัง ซึ่งในฤดูหนาวกลับไม่พบสัดส่วนความสัมพันธ์ระหว่าง ความผันผวนของอุณหภูมิระหว่างวัน กับการคายความร้อนของผนัง การใช้สารเคลือบสะท้อนความร้อนช่วย

เพิ่มประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานของอาคาร โดยเฉพาะในฤดูร้อน โดยสามารถคำนวณอย่างคร่าวๆ ได้ว่าการเคลือบสารดังกล่าวสามารถลดการใช้พลังงานได้เท่ากับ 5.8 KWh ต่อตารางเมตรต่อเดือน (W. Guo et. al., 2012)

จากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมาข้างต้นพบว่า การเลือกใช้สีผนังอาคารนั้นส่งผลต่อการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในอาคาร และสมการการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังอาคารของอาคารชุดพักอาศัยในเขตกรุงเทพมหานคร ( $OTTV_{condo}$ ) ที่ ดนุสรณ์ บัวขจร ได้พัฒนาขึ้นยังขาดการพิจารณาในเรื่องของค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า ( $TD_{eq}$ ) ของกรอบอาคารภายนอก ซึ่งจะมีค่าแตกต่างกันในแต่ละทิศทาง อีกทั้งเทคโนโลยีของสีทาอาคารภายนอกในปัจจุบันน่าจะมีอิทธิพลต่อค่าสัมประสิทธิ์ความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า ( $TD_{eq}$ ) ที่เป็นตัวแปรหนึ่งที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานในการปรับอากาศ

นอกจากนี้จากข้อกำหนดยังกำหนดให้สัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ ในตารางค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า ( $TD_{eq}$ ) ของผนังที่บสำหรับอาคารประเภทสถานพยาบาล โรงแรม และอาคารชุดมีค่าต่ำสุดสำหรับวัสดุที่มีผิวภายนอกสีขาว คือ 0.3 วัสดุที่มีผิวสีอ่อน 0.5 วัสดุที่มีผิวสีค่อนข้างเข้ม 0.7 และวัสดุที่มีผิวสีเข้ม – ดำ คือ 0.9 ซึ่งในปัจจุบันเทคโนโลยีของวัสดุก่อสร้างได้พัฒนาสีทาผนังอาคารที่สามารถสะท้อนรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ได้ถึง 94.2% และมีค่าการคายความร้อนเท่ากับ 0.89 (BegerCool CeramicShield) ซึ่งหมายถึงวัสดุนี้มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ (Solar Absorptant Coefficient =  $\alpha$ ) ต่ำกว่าข้อกำหนดในตาราง และจากผลการทดสอบการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ วิจัยโดยภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วัสดุนี้สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศได้ถึง 27%

กฎหมายอนุรักษ์พลังงานในปัจจุบัน ว่าด้วยสมการค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังอาคารด้านนอกของอาคาร (overall thermal transfer value, OTTV) ซึ่งมีความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนของพื้นที่ของผนังที่บ กับช่องเปิดอาคารซึ่งอยู่ในพื้นที่ในส่วนที่มีการปรับอากาศ กฎหมายที่มีนั้นยังไม่ครอบคลุมถึงกรอบผนังอาคารที่ไม่โดนแสงแดดหรือทาสีกันความร้อนอย่างดี และกฎหมายเหล่านี้ยังไม่พัฒนาค่าสัมประสิทธิ์บางตัวในสมการให้ปรับเปลี่ยนทันยุคสมัย และวิวัฒนาการตามวัสดุก่อสร้างอาคารในปัจจุบัน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งประเด็นไปที่การทดสอบวัสดุใหม่ๆ ที่มีประสิทธิภาพในการลดการถ่ายเทความร้อน



งานวิจัยชิ้นนี้จึงมีเป้าหมายเพื่อพัฒนาเกณฑ์การประเมินการใช้พลังงานของอาคารชุดพักอาศัยในกรุงเทพมหานคร ในรูปแบบของค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังอาคารด้านนอกของอาคารชุดพักอาศัย หรือ OTTV อาคารชุดพักอาศัยที่สอดคล้องกับวัสดุก่อสร้างอาคารในยุคปัจจุบัน โดยการสรุปตารางค่าความแตกต่างของอุณหภูมิเทียบเท่าระหว่างภายนอกและภายในอาคาร ( $TD_{eq}$ ) และสมการที่สามารถคำนวณอาคาร Baseline ของอาคารชุดพักอาศัยได้ค่าที่แม่นยำขึ้น

## บทที่ 3

### วิธีการดำเนินงานวิจัย

#### 3.1 แนวทางการวิจัย

งานวิจัยการศึกษาอิทธิพลของค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ค่าต่างๆของผนังภายนอกอาคารในทิศทางต่างๆ ที่มีผลต่อการใช้พลังงานการทำความเย็นของอาคารชุดพักอาศัย และ OTTV<sub>condo</sub> ใช้การจำลองสถานการณ์จริง (simulation research) ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ VisualDOE 4.1 เพื่อเปรียบเทียบพลังงานการทำความเย็นที่สูญเสียของแต่ละวัสดุ ที่สอดคล้องกับความหนาผนัง ความหนาแน่น ความจุความร้อนจำเพาะ ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ และสัมพันธ์กับสูตร OTTV<sub>condo</sub> ที่อ้างอิงจากงานวิจัย (ดนูสรณ์ บัวขจร, 2554) โดยทำการรวบรวมข้อมูล ในการใส่แบบจำลองผลจากการทบทวนวรรณกรรมและประยุกต์บางส่วนเพื่อให้มีลักษณะใกล้เคียงกับอาคารจริง เปรียบเทียบค่า OTTV กับค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังที่  $[U_{wall}(1 - WWR)]$  โดยเก็บข้อมูลค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นตลอดทั้งปี จากสัดส่วนปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อพื้นที่ใช้สอยตลอดทั้งปี ( $kWh/m^2 \cdot year$ ) จากผลการจำลอง

#### 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ใช้การจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ VisualDOE 4.1 ในการคำนวณและเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคารชุดพักอาศัย (Electric End Use) จากแบบจำลองอาคารชุดพักอาศัยต้นแบบอ้างอิงจากการทบทวนวรรณกรรม (ดนูสรณ์ บัวขจร, 2554) โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Microsoft Excel ในการเก็บรวบรวมข้อมูลจัดทำกราฟและตาราง

#### 3.3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

จากวิธีดำเนินการวิจัยในบทที่ 1 สามารถกำหนดรายละเอียดในการวิจัยได้ดังนี้

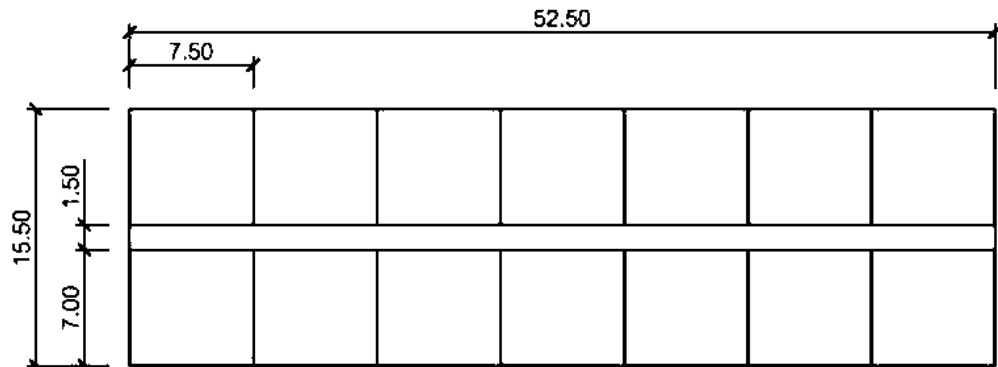
##### ขั้นตอนที่ 1 ทบทวนวรรณกรรม

ทบทวนวรรณกรรม ศึกษาพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน มาตรฐานในการออกแบบเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน และศึกษาถึงตัวแปรที่เกี่ยวข้องในงานวิจัย

##### ขั้นตอนที่ 2 สรุปรวบรวมข้อมูลเพื่อกำหนดอาคารชุดอ้างอิงและตัวแปรต่างๆที่เกี่ยวข้อง

แบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่

## 2.1 กำหนดลักษณะรูปร่างของอาคารชุด



ภาพ 3.1 ลักษณะรูปร่างของอาคารชุดอ้างอิงจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (دنุสรณ์ บัวขจร, 2554)

ในขั้นตอนนี้ได้กำหนดลักษณะรูปร่างของอาคารชุดอ้างอิง โดยประยุกต์จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องในบทที่ 2 ได้แก่ งานวิจัยเรื่อง การพัฒนาวิธีการประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนรวม และการใช้พลังงานรวมของอาคารชุดพักอาศัยในกรุงเทพมหานคร จัดทำโดย นายدنุสรณ์ บัวขจร ในงานวิจัยผู้วิจัยได้สรุปรูปร่างอาคารอ้างอิง และตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องจากแบบสำรวจ

ตาราง 3.1 รายละเอียดการกำหนดอาคารชุดพักอาศัยจากการศึกษางานวิจัย (دنุสรณ์ บัวขจร, 2554)

	วัสดุ	U-Value W/m <sup>2</sup> .°C
ผนังทึบ	คอนกรีตมวลเบา 10 ซม. ฉาบปูนสองด้าน	1.64
หน้าต่าง	กระจกลามิเนตสีเขียวหนา 12 มม. (SC = 0.60, SHGC = 0.52)	5.52
WWR	ร้อยละ 40	
พื้น	คอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 25 ซม.	2.3
หลังคา	ควบคุมให้มีการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคา น้อยที่สุด กำหนด absorptance = 0.005	0.6
พื้นที่อาคารทั้งหมด	6,510 m <sup>2</sup>	
พื้นที่อาคารส่วนที่ปรับอากาศ (ห้องชุด)	5,880 m <sup>2</sup>	
พื้นที่ผนังทั้งหมดต่อพื้นที่อาคารทั้งหมด	0.47	
พื้นที่ผนังส่วนที่ปรับอากาศต่อพื้นที่อาคารส่วนที่ปรับอากาศ	0.51	
จำนวนชั้น	8	
<b>ห้องชุด</b>		
จำนวน	112 ห้อง	
ขนาด	52.5 m <sup>2</sup>	

(ต่อ)

**ลักษณะการใช้งานของผู้อยู่อาศัย**

เวลาการใช้งานเครื่องปรับอากาศวันจันทร์-ศุกร์	17.00 น. - 11.00 น.
เวลาการใช้งานเครื่องปรับอากาศวันเสาร์-อาทิตย์	ตลอดทั้งวัน
เวลาใช้งานเครื่องปรับอากาศต่อปี	7200 ชั่วโมง
(ข้อมูลจาก VisualDOE4.0 ซึ่งกำหนดให้จำลองในปี ค.ศ.1995)	
อุณหภูมิพื้นที่ปรับอากาศ	25°C
กำลังไฟฟ้าแสงสว่าง (LPD)	10.24 W/m <sup>2</sup> สัดส่วนการใช้งานเฉลี่ย 14%
กำลังไฟฟ้าเครื่องใช้ไฟฟ้า (EQD)	38.67 W/m <sup>2</sup> สัดส่วนการใช้งานเฉลี่ย 27%
(โทรทัศน์ พัดลม ตู้เย็น เครื่องทำน้ำอุ่น คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก เตาไมโครเวฟ และเตารีด อย่างละ 1 เครื่อง)	
เวลาใช้งานไฟฟ้าแสงสว่าง และเครื่องใช้ไฟฟ้าต่อปี	8760 ชั่วโมง
ความหนาแน่นของผู้ใช้ (OCCU)	0.043 person/m <sup>2</sup>
อัตราการรั่วซึมอากาศ (infiltration)	0.2 ACH

**2.2 สํารวจข้อมูลความลึกของระเบียงห้องพักในอาคารชุดพักอาศัย**

เนื่องจากจากลักษณะรูปร่างของอาคารชุดอ้างอิงจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องนั้นมึลักษณะเป็นอาคารชุดที่ไม่มีระเบียงห้องพัก งานวิจัยนี้จึงทำการสำรวจหาค่าเฉลี่ยความลึกของระเบียงห้องพัก เนื่องจากมีผลกับเปลือกอาคารภายนอก จากข้อมูลการออกแบบของบริษัทสถาปนิกแห่งหนึ่ง ในกรุงเทพมหานคร ทำการสำรวจเมื่อเดือนมกราคม พ.ศ. 2556

ตาราง 3.2 การสำรวจค่าเฉลี่ยขนาดความลึกของระเบียงห้องพักจากกลุ่มตัวอย่างอาคารชุดพักอาศัยในเขตกรุงเทพมหานคร

โครงการ	พื้นที่ห้องพักรวมระเบียง (ตร.ม.)	ความลึกระเบียง (ม.)	ความยาวของระเบียง (ม.)
1 KEYNE BY SANSIRI	52.89	0.90	2.20
2 WIND SUKHUMVIT 23	50.00	0.80	2.70
	48.00	0.80	2.60
3 WIND RATCHAYOTHIN	53.00	0.70	2.90
	51.00	0.70	2.90
4 AGUSTON	50.00	0.80	2.80
	55.00	1.00	2.40
5 SIRI AT SUKHUMVIT	49.84	0.80	2.50
6 PRIVE' BY SANSIRI	55.00	1.20	2.60
7 PYNE	46.47	0.85	3.00
8 ONYX	40.00	0.90	2.35
9 EQUINOX	38.00	0.80	2.15
	60.00	1.00	2.25
	60.00	0.80	2.15

10	M PHYATHAI	48.00	0.80	2.15
11	M LADPHRAO	37.50	0.80	1.80
		58.50	1.60	2.30
AVERAGE		50.19	0.90	2.46

### ขั้นตอนที่ 3 กำหนดอาคารชุดอ้างอิง และกำหนดตัวแปร

กำหนดอาคารชุดอ้างอิง และกำหนดตัวแปร โดยอาศัยข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนที่ 2 มากำหนดอาคารชุดอ้างอิง เพื่อเป็นมาตรฐานสำหรับการเปรียบเทียบการทดลอง และกำหนดตัวแปรสำหรับการจำลองการใช้พลังงานในขั้นตอนต่อไป

#### การกำหนดอาคารชุดอ้างอิง

ประยุกต์อาคารชุดพักอาศัยอ้างอิงในแบบจำลองให้มีลักษณะสมจริงกับอาคารชุดพักอาศัยในกรุงเทพมหานครในปัจจุบันให้มากขึ้น โดยนำค่าเฉลี่ยที่ได้มาปรับปรุงรูปแบบอาคารให้มีลักษณะตามภาพ 3.3

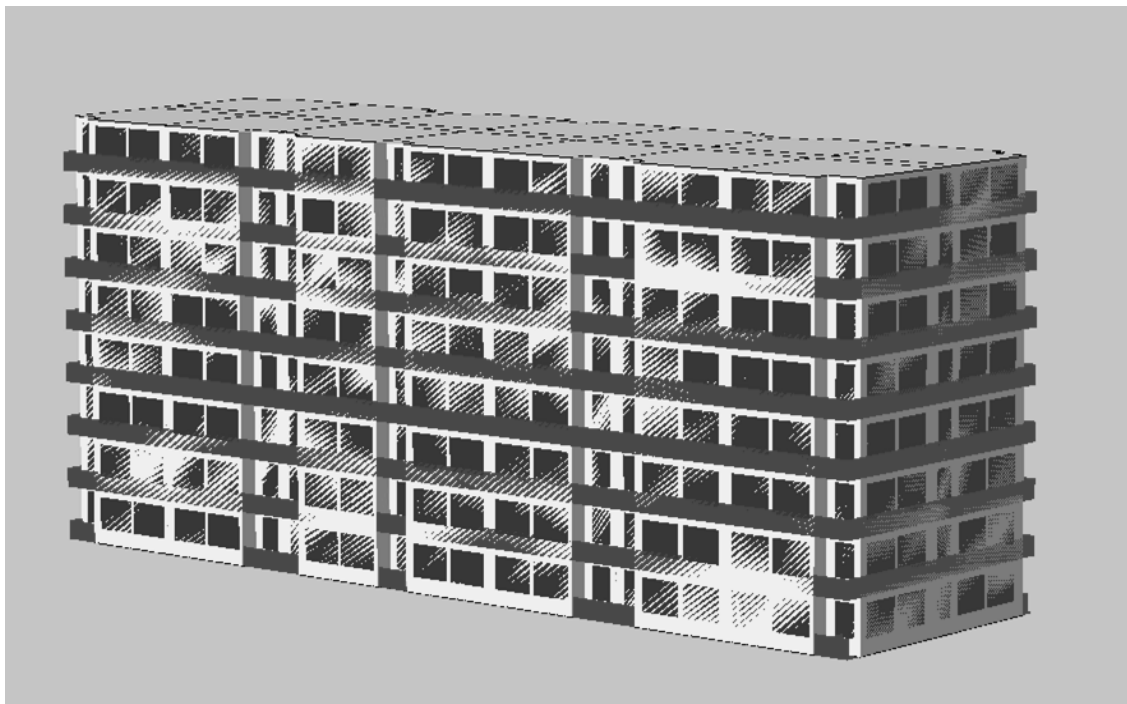


(a) ทิศทาง 180 องศา (b) ทิศทาง 90 องศา (c) ทิศทาง 135 องศา (d) ทิศทาง 45 องศา

ภาพ 3.2 ลักษณะทิศทางการหมุนอาคารอ้างอิงในแบบจำลองทั้งหมด 4 ทิศทาง



(a) ผังพื้นอาคารชุดพักอาศัยอ้างอิงที่ปรับปรุง



(b) ภาพ ISOMETRIC อาคารชุดพักอาศัยอ้างอิง

ภาพ 3.3 รูปร่างของอาคารชุดพักอาศัยอ้างอิงที่ปรับปรุง

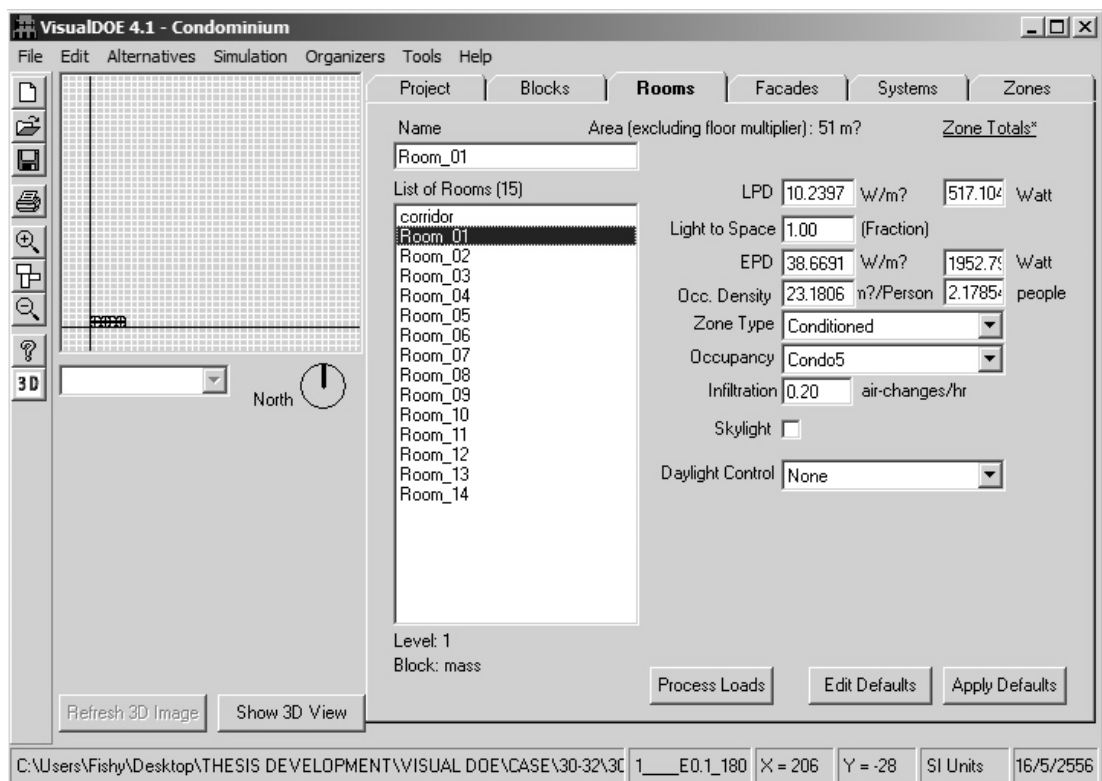
### 3.4 การกำหนดตัวแปร

#### 3.4.1 การจำลองการใช้พลังงานเพื่อหาสัมประสิทธิ์ในสมการ Cooling Requirement (CR)

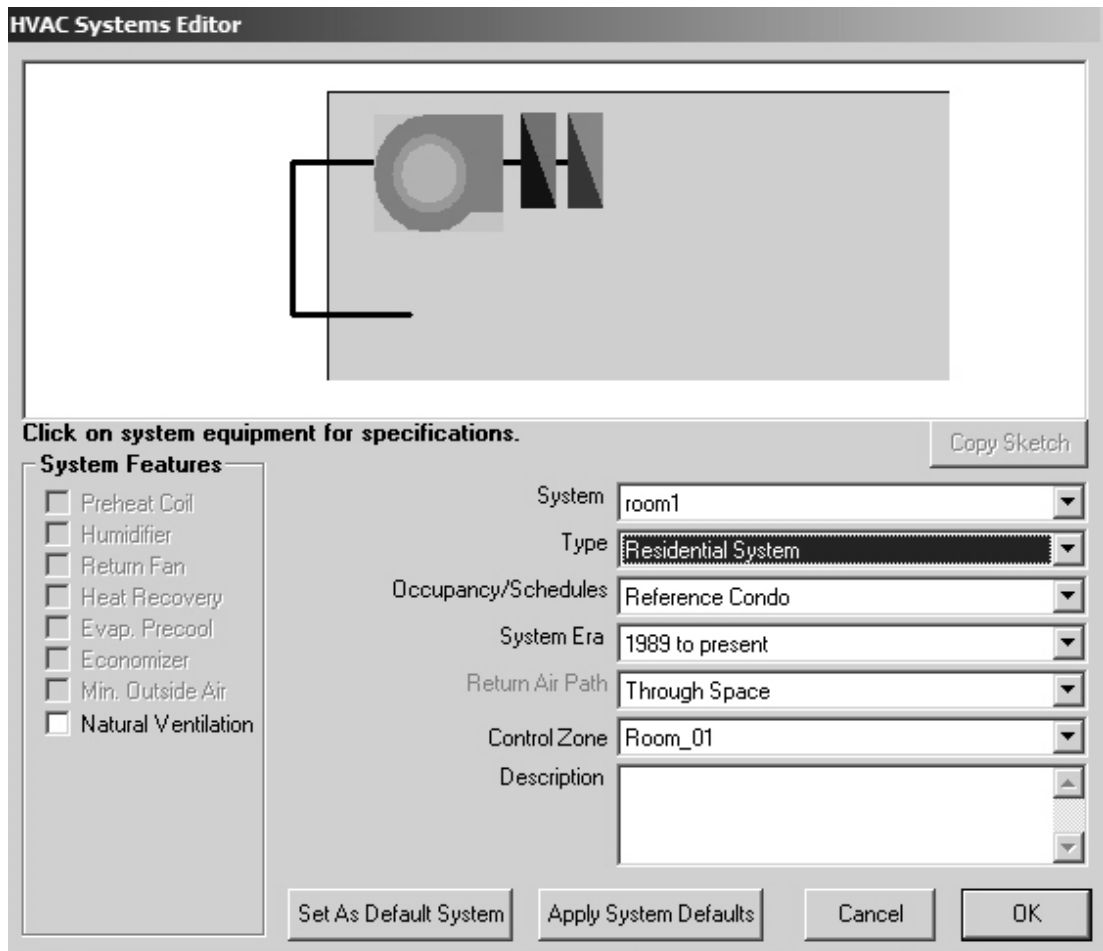
##### 3.4.1.1 ตัวแปรควบคุม

- ตัวแปรด้านลักษณะรูปร่างของอาคาร ได้มาจากขั้นตอนที่ 3
- อุณหภูมิปรับอากาศ จากขั้นตอนที่ 2

- ความร้อนที่เกิดจากผู้ใช้งานอาคาร 131 W/person
- เพื่อลดผลกระทบจากการถ่ายเทความร้อนจากหลังคาอาคารให้มีค่าน้อยที่สุด จึงกำหนดให้หลังคาที่ค่าการถ่ายเทความร้อน (U-Value) เท่ากับ  $0.6 \text{ W/m}^2\text{C}$  และมีค่าการดูดซึมความร้อนเท่ากับ 0.005
- ระบบเครื่องปรับอากาศ Residential system
- ค่า COP (coefficient of performance) มีค่าเท่ากับ 3.40 (เทียบเท่าเครื่องปรับอากาศเบอร์ 5)
- อัตราการรั่วซึมของอากาศ (infiltration rate) เท่ากับ 0.2 ACH



ภาพ 3.4 การตั้งค่าตัวแปรควบคุมต่างๆ ของห้องพักอาศัย ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ VisualDOE 4.1



ภาพ 3.5 การตั้งค่าระบบปรับอากาศของห้องพักภายในอาคารชุดพักอาศัย ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์

VisualDOE 4.1



ภาพ 3.6 การตั้งค่า Occupancy สำหรับการควบคุมระบบต่างๆในอาคารชุดพักอาศัย ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ VisualDOE 4.1

### 3.4.1.2 ตัวแปรต้นและพารามิเตอร์ ได้แก่

- ค่า Cooling load (space cool + vent fan) ที่เกิดจาก

1. การวางแนวอาคาร 4 ทิศทาง ได้แก่

(a)180 (b)90 (c)135 และ (d)45

2. ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ 5 ค่า ได้แก่

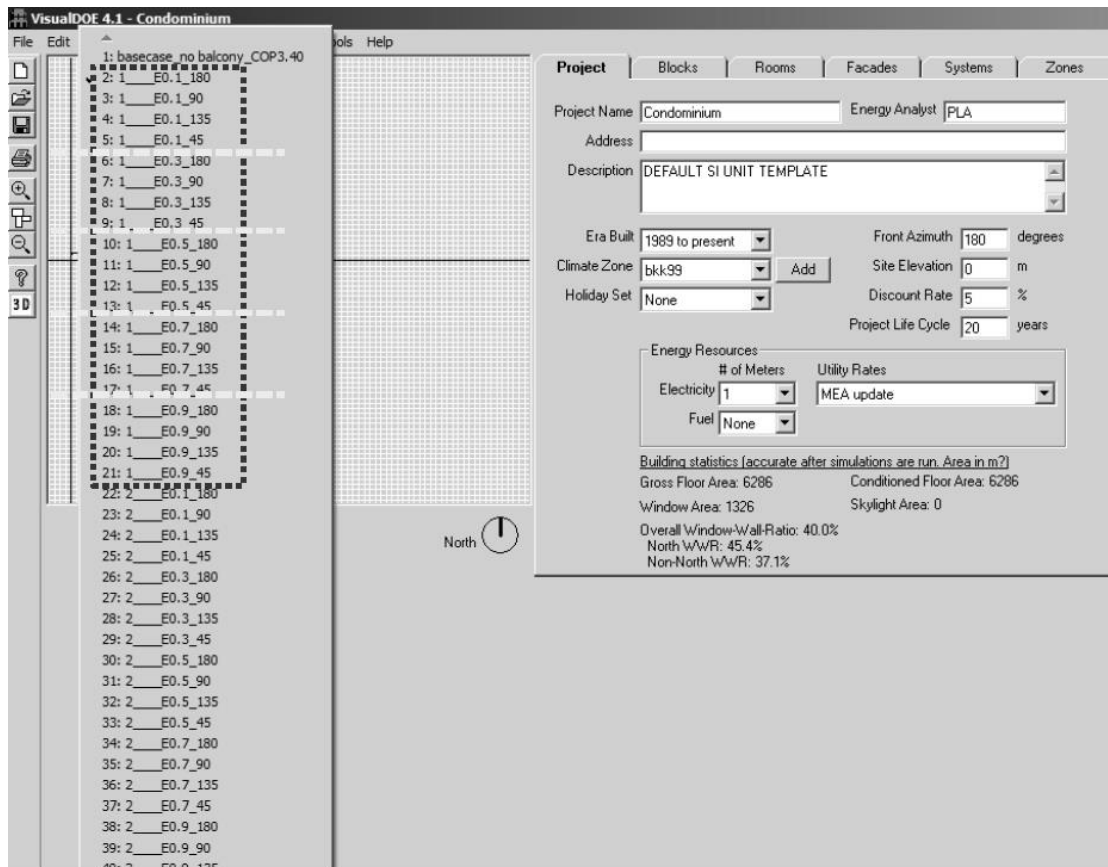
0.1 0.3 0.5 0.7 และ 0.9

3. วัสดุประกอบผนังตามตาราง 3.3 จำนวน 191 วัสดุ

4. การแบ่งค่า DSH เป็น 4 ช่วง ได้แก่

$DSH \leq 15$   $DSH \leq 30$   $DSH \leq 100$  และ  $DSH > 100$

- ตัวแปรด้านการใช้งานของผู้พักอาศัย ได้แก่ กำลังไฟฟ้าแสงสว่าง (LPD) กำลังไฟฟ้าเครื่องใช้ไฟฟ้า (EQD) และความหนาแน่นของผู้ใช้อาคาร (OCCU) ได้มาจากขั้นตอนที่ 2



ภาพ 3.6 การตั้งค่า Model ก่อนการ Simulation ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ VisualDOE 4.1

#### 3.4.1.3 ตัวแปรตาม ได้แก่

- ค่า Cooling Requirement (CR) ได้มาจากภาระทำความเย็น (cooling load) ที่ได้จากการจำลองด้วย VisualDOE4.1 หารด้วยชั่วโมงใช้งานของเครื่องปรับอากาศ และพื้นที่อาคารส่วนที่ปรับอากาศ
- ค่า OTTV ได้มาจากพลังงานปรับอากาศ (cooling load) ที่ได้จากการจำลองด้วย VisualDOE4.1 หารด้วยชั่วโมงใช้งานเครื่องปรับอากาศ และพื้นที่ผนังส่วนที่ปรับอากาศ

ตาราง 3.3 วัสดุประกอบผนังตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน แสดงค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) ความหนาแน่น ( $\rho$ ) ค่าความร้อนจำเพาะ ( $c_p$ ) และความหนา ( $\Delta x$ )

วัสดุ	k	$\rho$	$c_p$	$\Delta x$
	(W/(m <sup>2</sup> ·°C))	(kg/m <sup>3</sup> )	(kJ/(kg·°C))	(m)
กระเบื้องเซรามิค	0.338	2100	0.80	0.0050
กระเบื้องเซรามิค	0.338	2100	0.80	0.0060
กระเบื้องเซรามิค	0.338	2100	0.80	0.0070

กระเบื้องเซรามิค	0.338	2100	0.80	0.0080
หินอ่อน	1.250	2700	0.80	0.0100
หินอ่อน	1.250	2700	0.80	0.0200
หินอ่อน	1.250	2700	0.80	0.0300
หินแกรนิต	1.276	2600	0.79	0.0100
หินแกรนิต	1.276	2600	0.79	0.0200
หินแกรนิต	1.276	2600	0.79	0.0300
หินกาบ	0.290	2640	0.96	0.0100
หินกาบ	0.290	2640	0.96	0.0200
หินทราย	0.721	2440	0.96	0.0300
หินทราย	0.721	2440	0.96	0.0400
หินทราย	0.721	2440	0.96	0.0500
อิฐมอญไม่ฉาบ	0.473	1600	0.79	0.0500
อิฐมอญฉาบปูนสองหน้า	1.102	1700	0.79	0.0700
อิฐฉาบปูน หรือ ปิดด้วยแผ่นโมเสค หรือ กระเบื้องหน้าเดียว	0.807	1760	0.84	0.0640
อิฐฉาบปูน หรือ ปิดด้วยแผ่นโมเสค หรือ กระเบื้องหน้าเดียว	0.807	1760	0.84	0.0650
อิฐฉาบปูน หรือ ปิดด้วยแผ่นโมเสค หรือ กระเบื้องหน้าเดียว	0.807	1760	0.84	0.0660
อิฐฉาบปูน หรือ ปิดด้วยแผ่นโมเสค หรือ กระเบื้องหน้าเดียว	0.807	1760	0.84	0.0670
อิฐฉาบปูน หรือ ปิดด้วยแผ่นโมเสค หรือ กระเบื้องหน้าเดียว	0.807	1760	0.84	0.0680
คอนกรีตบล็อกกลวง 80 มม. ไม่ฉาบ	0.546	2210	0.92	0.0640
คอนกรีตบล็อกกลวง 80 มม. ไม่ฉาบ	0.546	2210	0.92	0.0650
คอนกรีตบล็อกกลวง 80 มม. ไม่ฉาบ	0.546	2210	0.92	0.0660
คอนกรีตบล็อกกลวง 80 มม. ไม่ฉาบ	0.546	2210	0.92	0.0670
คอนกรีตบล็อกกลวง 80 มม. ไม่ฉาบ	0.546	2210	0.92	0.0680
คอนกรีตสแลบ	1.442	2400	0.92	0.1000
คอนกรีตสแลบ	1.442	2400	0.92	0.1500
คอนกรีตสแลบ	1.442	2400	0.92	0.2000
คอนกรีตสแลบ	1.442	2400	0.92	0.2500
คอนกรีตสแลบ	1.442	2400	0.92	0.3000
ปูนฉาบ (ซีเมนต์ผสมทราย)	0.720	1860	0.84	0.0100
ปูนฉาบ (ซีเมนต์ผสมทราย)	0.720	1860	0.84	0.0110
ปูนฉาบ (ซีเมนต์ผสมทราย)	0.720	1860	0.84	0.0120
ปูนฉาบ (ซีเมนต์ผสมทราย)	0.720	1860	0.84	0.0130
ปูนฉาบ (ซีเมนต์ผสมทราย)	0.720	1860	0.84	0.0140
ปูนฉาบ (ซีเมนต์ผสมทราย)	0.720	1860	0.84	0.0150

คอนกรีตมวลเบา ความหนาแน่น 620 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	0.180	620	0.84	0.1000
คอนกรีตมวลเบา ความหนาแน่น 700 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	0.210	700	0.84	0.1250
คอนกรีตมวลเบา ความหนาแน่น 960 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	0.303	960	0.84	0.1500
คอนกรีตมวลเบา ความหนาแน่น 1120 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	0.346	1120	0.84	0.2000
คอนกรีตมวลเบา ความหนาแน่น 1280 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	0.476	1280	0.84	0.2500
ปูนฉาบสำหรับคอนกรีตมวลเบา	0.326	1200	0.84	0.0100
แผ่นยิปซัม	0.282	800	1.09	0.0090
แผ่นยิปซัม	0.282	800	1.09	0.0120
แผ่นยิปซัม	0.282	800	1.09	0.0150
กระเบื้องซีเมนต์ใยหินแผ่นเรียบ	0.397	1700	1.00	0.0038
กระเบื้องซีเมนต์ใยหินแผ่นเรียบ	0.397	1700	1.00	0.0040
ไม้อัด	0.213	900	1.21	0.0040
ไม้อัด	0.213	900	1.21	0.0060
ไม้อัด	0.213	900	1.21	0.0100
ไม้อัด	0.213	900	1.21	0.0200
แผ่นไฟเบอร์ (fiber board)	0.052	264	1.30	0.0080
แผ่นไฟเบอร์ (fiber board)	0.052	264	1.30	0.0100
แผ่นไฟเบอร์ (fiber board)	0.052	264	1.30	0.0120
แผ่นไฟเบอร์ (fiber board)	0.052	264	1.30	0.0160
แผ่นไฟเบอร์ (fiber board)	0.052	264	1.30	0.0240
พลาสติกฉาบยิปซัม	0.230	720	1.09	0.0020
ฉนวนใยแก้ว (ไฟเบอร์กลาส) แบบม้วน (blanket) แบบแผ่น (rigid board) และแบบ ท่อสำเร็จ (rigid pipe section) ความ หนาแน่น 10 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	0.046	10	0.96	0.0250
ฉนวนใยแก้ว (ไฟเบอร์กลาส) แบบม้วน (blanket) แบบแผ่น (rigid board) และแบบ ท่อสำเร็จ (rigid pipe section) ความ หนาแน่น 10 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	0.046	10	0.96	0.0500
ฉนวนใยแก้ว (ไฟเบอร์กลาส) แบบม้วน (blanket) แบบแผ่น (rigid board) และแบบ ท่อสำเร็จ (rigid pipe section) ความ หนาแน่น 12 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	0.042	12	0.96	0.0250
ฉนวนใยแก้ว (ไฟเบอร์กลาส) แบบม้วน (blanket) แบบแผ่น (rigid board) และแบบ ท่อสำเร็จ (rigid pipe section) ความ หนาแน่น 12 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	0.042	12	0.96	0.0500

ฉนวนใยแก้ว (ไฟเบอร์กลาส) แบบม้วน (blanket) แบบแผ่น (rigid board) และแบบท่อสำเร็จ (rigid pipe section) ความหนาแน่น 16 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	0.038	16	0.96	0.0250
ฉนวนใยแก้ว (ไฟเบอร์กลาส) แบบม้วน (blanket) แบบแผ่น (rigid board) และแบบท่อสำเร็จ (rigid pipe section) ความหนาแน่น 16 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	0.038	16	0.96	0.0500
ฉนวนใยแก้ว (ไฟเบอร์กลาส) แบบม้วน (blanket) แบบแผ่น (rigid board) และแบบท่อสำเร็จ (rigid pipe section) ความหนาแน่น 24 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	0.035	24	0.96	0.0250
ฉนวนใยแก้ว (ไฟเบอร์กลาส) แบบม้วน (blanket) แบบแผ่น (rigid board) และแบบท่อสำเร็จ (rigid pipe section) ความหนาแน่น 24 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	0.035	24	0.96	0.0500
ฉนวนใยแก้ว (ไฟเบอร์กลาส) แบบม้วน (blanket) แบบแผ่น (rigid board) และแบบท่อสำเร็จ (rigid pipe section) ความหนาแน่น 32 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	0.033	32	0.96	0.0250
ฉนวนใยแก้ว (ไฟเบอร์กลาส) แบบม้วน (blanket) แบบแผ่น (rigid board) และแบบท่อสำเร็จ (rigid pipe section) ความหนาแน่น 32 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	0.033	32	0.96	0.0500
ฉนวนใยแก้ว (ไฟเบอร์กลาส) แบบม้วน (blanket) แบบแผ่น (rigid board) และแบบท่อสำเร็จ (rigid pipe section) ความหนาแน่น 48 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	0.033	48	0.96	0.0250
ฉนวนใยแก้ว (ไฟเบอร์กลาส) แบบม้วน (blanket) แบบแผ่น (rigid board) และแบบท่อสำเร็จ (rigid pipe section) ความหนาแน่น 48 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	0.033	48	0.96	0.0500
ฉนวนใยหินแบบม้วน (blanket) และแบบแผ่น (rigid board) ความหนาแน่น 6.4 - 32 : 6.4	0.039	6.4	0.80	0.0500
ฉนวนใยหินแบบม้วน (blanket) และแบบแผ่น (rigid board) ความหนาแน่น 6.4 - 32 : 6.4	0.039	6.4	0.80	0.1000
ฉนวนใยหินแบบม้วน (blanket) และแบบแผ่น (rigid board) ความหนาแน่น 6.4 - 32 : 6.4	0.039	6.4	0.80	0.1500
ฉนวนใยหินแบบม้วน (blanket) และแบบแผ่น (rigid board) ความหนาแน่น 6.4 - 32 : 6.4	0.039	6.4	0.80	0.2000









จนวนชนิดโฟมโพลีสไตรีน แบบขยายตัว ความหนาแน่น 20 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	0.036	20	1.21	0.3750
จนวนชนิดโฟมโพลีสไตรีน แบบขยายตัว ความหนาแน่น 20 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	0.036	20	1.21	0.4000
จนวนชนิดโฟมโพลีสไตรีน แบบขยายตัว ความหนาแน่น 20 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	0.036	20	1.21	0.4250
จนวนชนิดโฟมโพลีสไตรีน แบบขยายตัว ความหนาแน่น 20 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	0.036	20	1.21	0.4500
จนวนชนิดโฟมโพลีสไตรีน แบบขยายตัว ความหนาแน่น 20 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	0.036	20	1.21	0.4750
จนวนชนิดโฟมโพลีสไตรีน แบบขยายตัว ความหนาแน่น 20 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	0.036	20	1.21	0.5000
จนวนชนิดโฟมโพลีสไตรีน แบบขยายตัว ความหนาแน่น 20 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	0.036	20	1.21	0.5250
จนวนชนิดโฟมโพลีสไตรีน แบบขยายตัว ความหนาแน่น 20 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	0.036	20	1.21	0.5500
จนวนชนิดโฟมโพลีสไตรีน แบบขยายตัว ความหนาแน่น 20 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	0.036	20	1.21	0.6000
โฟมโพลีเอทิลีน	0.029	45	1.21	0.0400
โฟมโพลีเอทิลีน	0.029	45	1.21	0.0500
โฟมโพลีเอทิลีน	0.029	45	1.21	0.0600
โฟมโพลีเอทิลีน	0.029	45	1.21	0.0700
โฟมโพลีเอทิลีน	0.029	45	1.21	0.0800
โฟมโพลีเอทิลีน	0.029	45	1.21	0.0900
โฟมโพลีเอทิลีน	0.029	45	1.21	0.1000
โฟมโพลีเอทิลีน	0.029	45	1.21	0.1100
โฟมโพลีเอทิลีน	0.029	45	1.21	0.1200
โฟมโพลียูรีเทน	0.023	24	1.59	0.0254
โฟมโพลียูรีเทน	0.023	24	1.59	0.0508
โฟมโพลียูรีเทน	0.023	24	1.59	0.0762
โฟมโพลียูรีเทน	0.023	24	1.59	0.1016
โฟมโพลียูรีเทน	0.023	24	1.59	0.1270
โฟมโพลียูรีเทน	0.023	24	1.59	0.1524
โฟมโพลียูรีเทน	0.023	24	1.59	0.1778
โฟมโพลียูรีเทน	0.023	24	1.59	0.2032
โฟมโพลียูรีเทน	0.023	24	1.59	0.2286
โฟมโพลียูรีเทน	0.023	24	1.59	0.2540
โฟมโพลียูรีเทน	0.023	24	1.59	0.2794
โฟมโพลียูรีเทน	0.023	24	1.59	0.3048
โฟมโพลียูรีเทน	0.026	40	1.59	0.0254
โฟมโพลียูรีเทน	0.026	40	1.59	0.0508

โคมโพลียูรีเทน	0.026	40	1.59	0.0762
โคมโพลียูรีเทน	0.026	40	1.59	0.1016
โคมโพลียูรีเทน	0.026	40	1.59	0.1270
โคมโพลียูรีเทน	0.026	40	1.59	0.1524
โคมโพลียูรีเทน	0.026	40	1.59	0.1778
โคมโพลียูรีเทน	0.026	40	1.59	0.2032
โคมโพลียูรีเทน	0.026	40	1.59	0.2286
โคมโพลียูรีเทน	0.026	40	1.59	0.2540
โคมโพลียูรีเทน	0.026	40	1.59	0.2794
โคมโพลียูรีเทน	0.026	40	1.59	0.3048
ไม้อัดชิพบอร์ด	0.144	800	1.30	0.0030
ไม้อัดชิพบอร์ด	0.144	800	1.30	0.0090
ไม้อัดชิพบอร์ด	0.144	800	1.30	0.0160
ไม้อัดชิพบอร์ด	0.144	800	1.30	0.0190
กระดาษอัด	0.086	400	1.38	0.0040
กระดาษอัด	0.086	400	1.38	0.0060
กระดาษอัด	0.086	400	1.38	0.0100
เหล็กกล้า	47.600	7840	0.50	0.0001
เหล็กกล้า	47.600	7840	0.50	0.0010
เหล็กกล้า	47.600	7840	0.50	0.0120

#### ขั้นตอนที่ 4 วิเคราะห์หาค่า OTTV จากสมการ Cooling Requirement (CR)

นำผลการวิเคราะห์ในขั้นตอนที่ 2 และ 3 จำลองการใช้พลังงานในโปรแกรม VisualDOE4.1

หาค่า Cooling Requirement (CR) จากไฟล์ BEPU นำ cooling load ที่ได้จากผลรวมของ space cool และ vent fan ในแบบจำลองมาแปลงหน่วยจาก kwh ให้เป็น  $w/m^2$  โดยการคูณด้วย 1,000 และหารด้วยพื้นที่ส่วนที่มีการปรับอากาศ และชั่วโมงการใช้งานเครื่องปรับอากาศ จากนั้นนำค่าที่ได้มาลบ  $0.31(LPD) + 0.13(EQD) + 131 \cdot 0.62(OCCU)$  ซึ่งมาจากค่าเฉลี่ยของ  $C_i$ ,  $C_e$  และ  $C_o$  ที่ได้จากการ regression คือ 0.31, 0.13 และ 0.62 ตามลำดับ ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นค่า Cooling Requirement ของผนังอาคารภายนอกเท่านั้น หรือ (CR external) นำค่าที่ได้มาหารด้วยสัดส่วนของพื้นที่ผนังและพื้นที่เป็นส่วนที่ปรับอากาศ จะได้ค่า OTTV ของวัสดุทั้งหมดทั้ง 4 ทิศทาง และ 5 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ ใน 4 ช่วง DSH มาเปรียบเทียบลงในแผนภูมิ เพื่อหาค่าความชันของค่าความแตกต่างของอุณหภูมิเทียบเท่าระหว่างภายนอกและภายในอาคาร ( $TD_{eq}$ ) ด้วยวิธีการ regression

$$CR = \frac{\text{wall area}_{A/C}}{\text{floor area}_{A/C}} (OTTV_{\text{condo}}) + C_l(LPD) + C_e(EQD) + 131C_o(OCCU) \quad (9)$$

$$CR = \frac{\text{wall area}_{A/C}}{\text{floor area}_{A/C}} (OTTV_{\text{condo}}) + 0.31(LPD) + 0.13(EQD) + 131 \cdot 0.62(OCCU) \quad (10)$$

เมื่อ CR คือ ความต้องการความเป็นต่อหน่วยพื้นที่ มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m<sup>2</sup>)

$\text{wall area}_{A/C}$  คือ พื้นที่ผนังด้านนอกส่วนที่ปรับอากาศ มีหน่วยเป็นตารางเมตร (m<sup>2</sup>)

$\text{floor area}_{A/C}$  คือ พื้นที่พื้นอาคารส่วนที่ปรับอากาศ มีหน่วยเป็นตารางเมตร (m<sup>2</sup>)

$OTTV_{\text{condo}}$  คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านที่พิจารณา มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m<sup>2</sup>)

$LPD$  คือ กำลังไฟฟ้าส่องสว่างที่ติดตั้งเฉลี่ย มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m<sup>2</sup>)

$EQD$  คือ กำลังไฟฟ้าที่ใช้สำหรับอุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m<sup>2</sup>)

$OCCU$  คือ ความหนาแน่นของผู้ใช้อาคาร มีหน่วยเป็นคนต่อตารางเมตร (person/m<sup>2</sup>)

$C_l, C_e$  และ  $C_o$  คือ สัมประสิทธิ์สัดส่วนความร้อนที่เป็นภาระแก่ระบบปรับอากาศจากไฟฟ้าแสงสว่าง อุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ ผู้ใช้อาคารตามลำดับ

### ขั้นตอนที่ 5 วิเคราะห์ผลและประเมินผลการทดลอง

จัดทำตาราง  $TD_{eq}$  และตารางสูตรคำนวณ  $OTTV$  สำหรับอาคารชุดพักอาศัยที่มี  $wwr = 40\%$  ใช้กระจกลามิเนต 6 + 6 มม. ที่มีค่า  $U_{\text{cog}} = 5.52 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$  และ  $SHGC = 0.52$  นำค่า  $OTTV$  ที่ได้จากการคำนวณทั้งหมดมาแสดงการเปรียบเทียบในแผนภูมิกับการคำนวณตามสมการที่ (12)

$$OTTV_{\text{condo}} = 5.43(U_w)(1 - WWR) + 0.97(U_f)(WWR) + 91.40(WWR)(SHGC)(SC) \quad (11)$$

โดยที่สมการที่ (12) เป็นสมการจากงานวิจัยของดนูสรณ์ ที่พัฒนามาจากสมการ  $OTTV$  ตามกฎหมายตามสมการที่ (11)

$$OTTV = (TD_{eq})(U_w)(1 - WWR) + (\Delta T)(U_f)(WWR) + (ESR)(WWR)(SHGC)(SC) \quad (12)$$

เมื่อ	$OTTV_{condo}$	คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านที่พิจารณา มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร ( $W/m^2$ )
	$U_w$	คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังทึบ มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร-องศาเซลเซียส ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ )
	$WWR$	คือ อัตราส่วนพื้นที่ของผนังโปร่งแสง และ/หรือของผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านที่พิจารณา
	$U_f$	คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังโปร่งแสง หรือกระจก มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร-องศาเซลเซียส ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ )
	$TD_{eq}$	คือ ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิเทียบเท่า ระหว่างภายนอกและภายในอาคารซึ่งรวมถึงผลการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผนังทึบ มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ( $^\circ C$ )
	$\Delta T$	คือ ค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายในและภายนอกอาคาร มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ( $^\circ C$ )
	$SHGC$	คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่านผนังโปร่งแสงหรือกระจก
	$ESR$	คือ ปริมาณรังสีตกกระทบที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนของผนังโปร่งแสง และ/หรือผนังทึบแสง มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อวัตต์ต่อตารางเมตร ( $W/m^2$ )

## ขั้นตอนที่ 6 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## กำหนดตัวแปร

กำหนดตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย (Visual DOE 4.1)

- กำหนดรูปแบบอาคารอ้างอิงและรายละเอียดตารางการใช้งานอาคาร
- กำหนดวัสดุประกอบอาคาร 191 วัสดุ
- กำหนดทิศทางการวางอาคาร 4 ทิศ (180/90/135/45)
- กำหนดค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ 5 ค่า (0.1/0.3/0.5/0.7/0.9)

## จำลองผลและเก็บข้อมูล

เก็บข้อมูลจาก Simulation

- File output DOE 2 Report → BEPU: Building Energy Performance Summary (Utility Units)

เก็บข้อมูลมาหาค่า OTTV ด้วยการแก้สมการสูตร CR

Regression หาค่า Tdeq ของแต่ละทิศทาง และแต่ละค่า DSH

## วิเคราะห์และสรุปผล

วิเคราะห์และสรุปผลการวิจัย

- วิเคราะห์ผลที่ได้จากการ Regression มาสรุปผลการวิจัยเป็นตาราง Tdeq และวิธีการคำนวณสมการ
- วิเคราะห์ผลนำมาเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## บทที่ 4

### ผลการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูล

#### 4.1 วิธีการรวบรวมข้อมูลจากการจำลองผล

จากผลการจำลองด้วยโปรแกรม Visual DOE 4.1 ในการศึกษาเพื่อพัฒนาค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าสำหรับการคำนวณค่าการส่งผ่านความร้อนผ่านเปลือกอาคารชุดพักอาศัย ได้ทำการจำลองทั้งหมด 3,820 กรณีศึกษา สามารถจำแนกการจำลองสำหรับสรุปผลออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่

กลุ่มที่ 1 ผลการจำลองจากทิศทางทั้ง 4 ทิศทาง

กลุ่มที่ 2 ผลการจำลองจากค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ 5 ค่า

กลุ่มที่ 3 ผลการจำลองจากจำแนก DSH ในแบบจำลองทั้ง 4 ทิศทาง และค่า

สัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ ( $\alpha$ ) 5 ค่า เพื่อหาค่าความชื้นของค่าความ

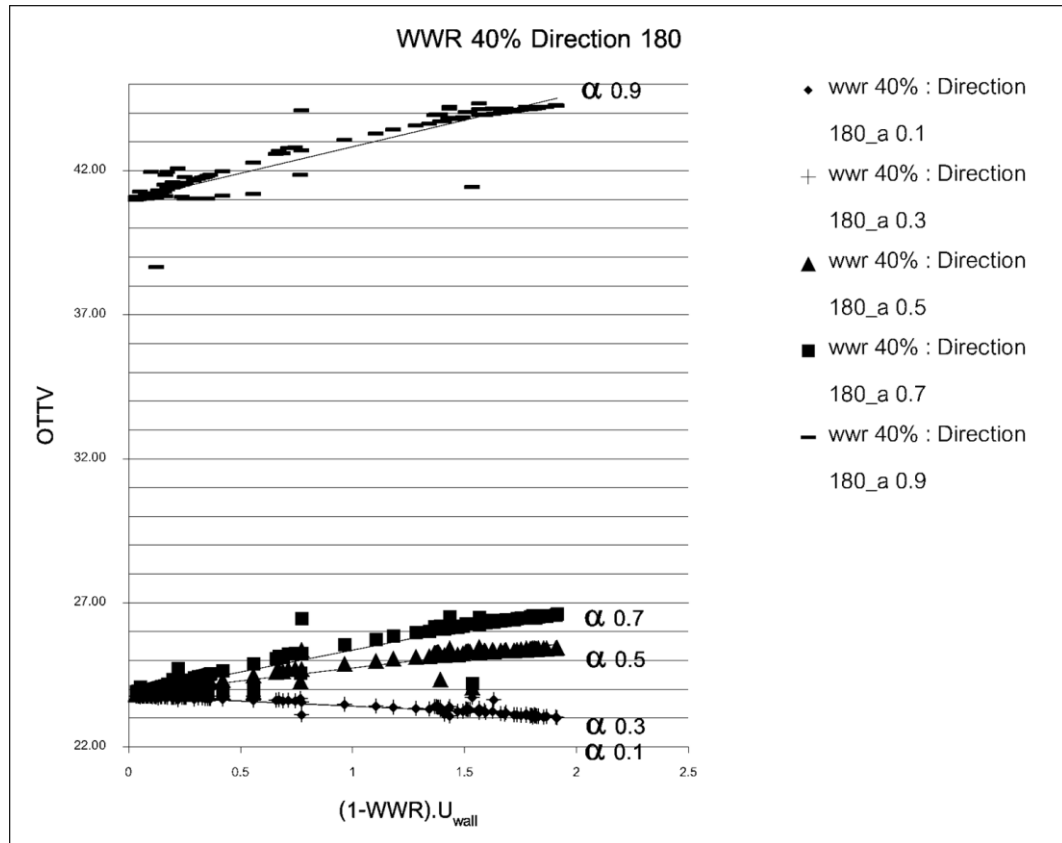
แตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า ( $TD_{eq}$ ) จากการ regression ค่า DSH ทั้ง 4 ช่วง

โดยที่ตารางผลการจำลองทั้งหมดสามารถดูเพิ่มเติมได้ที่ภาคผนวก

#### 4.2 กลุ่มที่ 1 ผลการจำลองจากทิศทางทั้ง 4 ทิศทาง

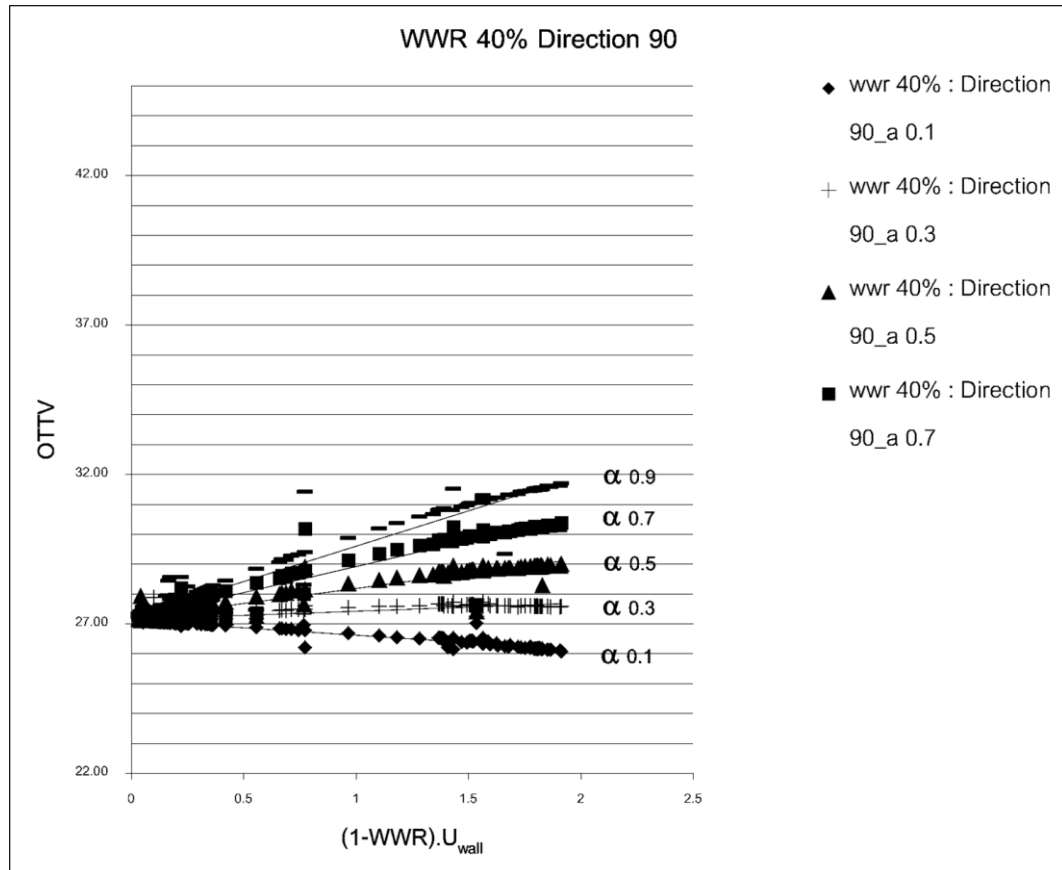
ผลการทดลองนี้สามารถแสดงได้เป็น 4 แผนภูมิ ได้แก่

- แผนภูมิที่มีการหมุนอาคารในทิศทาง 180 องศา
- แผนภูมิที่มีการหมุนอาคารในทิศทาง 90 องศา
- แผนภูมิที่มีการหมุนอาคารในทิศทาง 135 องศา
- แผนภูมิที่มีการหมุนอาคารในทิศทาง 45 องศา



แผนภูมิ 4.1 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ตั้งแต่  $\alpha = 0.1 - 0.9$  ในกรณีที่มีการหมุนอาคารในทิศทาง 180 องศา

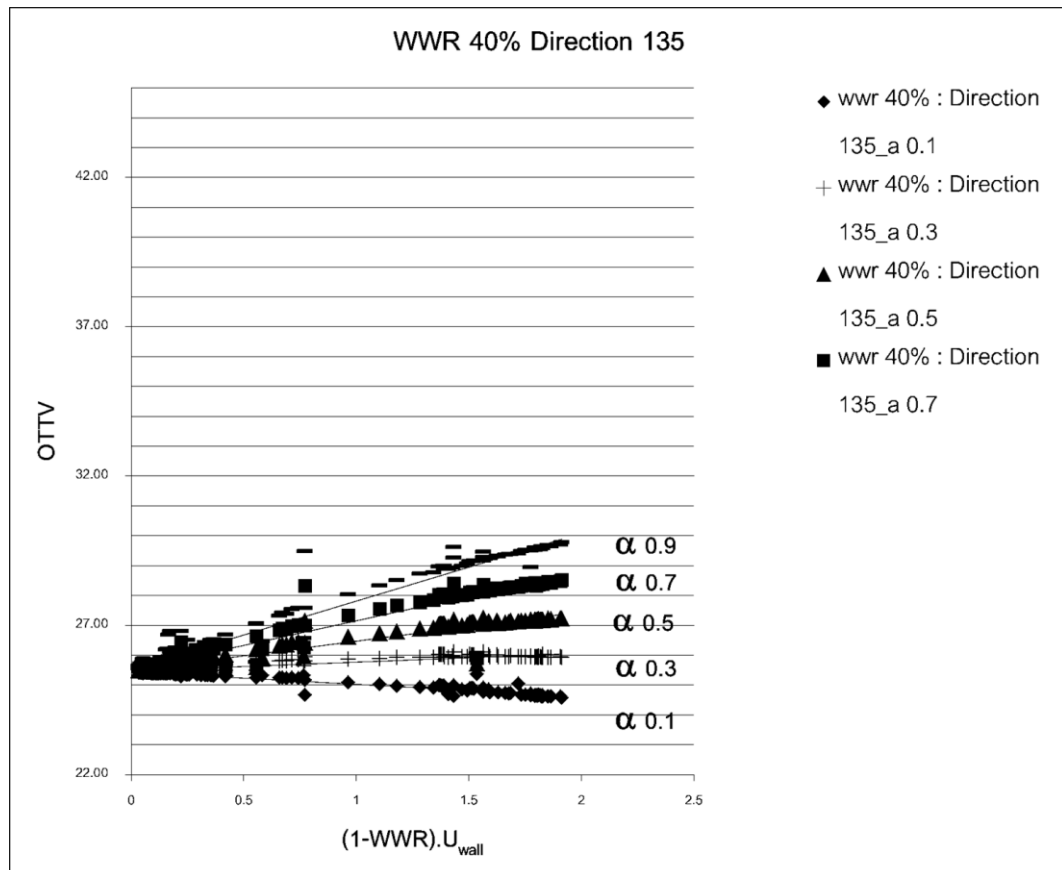
จากแผนภูมิที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่า ค่า OTTV ของ  $\alpha = 0.1$  และ  $\alpha = 0.3$  ในการวางทิศทางอาคารรูปแบบ (a) ทิศทาง 180 องศา มีค่าลดน้อยลงเมื่อ  $(1-WWR)U_{wall}$  มีค่าเพิ่มขึ้น หรือค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ ( $\alpha$ ) 0.1 และ 0.3 จะมีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานได้ดีที่สุดในเมื่อใช้วัสดุประกอบอาคารที่มีค่าความต้านทานความร้อนต่ำ (U-value สูง) ในขณะที่  $\alpha = 0.5$  และ  $\alpha = 0.7$  ในการวางทิศทางอาคารรูปแบบ (a) ทิศทาง 180 องศา มีค่า OTTV เพิ่มขึ้นเมื่อ  $(1-WWR)U_{wall}$  มีค่าเพิ่มขึ้น หรือเมื่อใช้วัสดุประกอบอาคารที่มีค่า U-value มากขึ้น โดยที่  $\alpha = 0.9$  มีค่า OTTV สูงมากที่สุดทั้งในกรณีที่มีการใช้วัสดุประกอบอาคารที่มีค่า U-value ต่ำ หรือ สูง



แผนภูมิ 4.2 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ตั้งแต่  $\alpha = 0.1 - 0.9$  ในกรณีที่มีการหมุนอาคารในทิศทาง 90 องศา

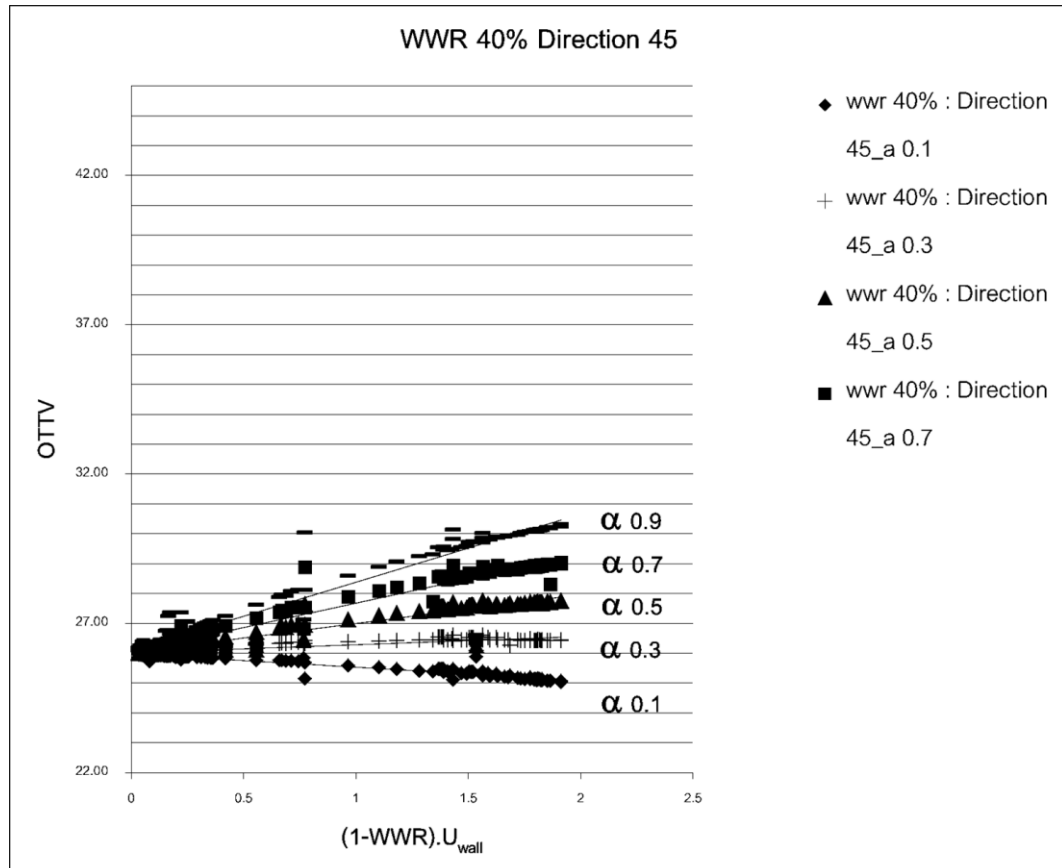
จากแผนภูมิที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่า  $\alpha = 0.1$  ในการวางทิศทางอาคารรูปแบบ (a) ทิศทาง 90 องศา มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานเพิ่มขึ้น และดีที่สุด เมื่อใช้วัสดุประกอบอาคารที่มีค่าความต้านทานความร้อนต่ำ (U-value สูง) ในขณะที่  $\alpha = 0.5$  0.7 และ 0.9 ในการวางทิศทางอาคารรูปแบบ (a) ทิศทาง 90 องศา มีค่า OTTV เพิ่มขึ้น หรือเมื่อใช้วัสดุประกอบอาคารที่มีค่า U-value มากขึ้น อย่างต่อเนื่อง





แผนภูมิ 4.3 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ตั้งแต่  $\alpha = 0.1 - 0.9$  ในกรณีที่มีการหมุนอาคารในทิศทาง 135 องศา

จากแผนภูมิที่ 4.3 แสดงให้เห็นว่า  $\alpha = 0.1$  ในการวางทิศทางอาคารรูปแบบ (a) ทิศทาง 135 องศา มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานเพิ่มขึ้น และดีที่สุด เมื่อใช้วัสดุประกอบอาคารที่มีค่าความต้านทานความร้อนต่ำ (U-value สูง) ในขณะที่  $\alpha = 0.5, 0.7$  และ  $0.9$  ในการวางทิศทางอาคารรูปแบบ (a) ทิศทาง 135 องศา มีค่า OTTV เพิ่มขึ้น หรือเมื่อใช้วัสดุประกอบอาคารที่มีค่า U-value มากขึ้น อย่างต่อเนื่อง เช่นเดียวกับกรณีที่มีการหมุนอาคารในทิศทาง 90 องศา



แผนภูมิ 4.4 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ตั้งแต่  $\alpha = 0.1 - 0.9$  ในกรณีที่มีการหมุนอาคารในทิศทาง 45 องศา

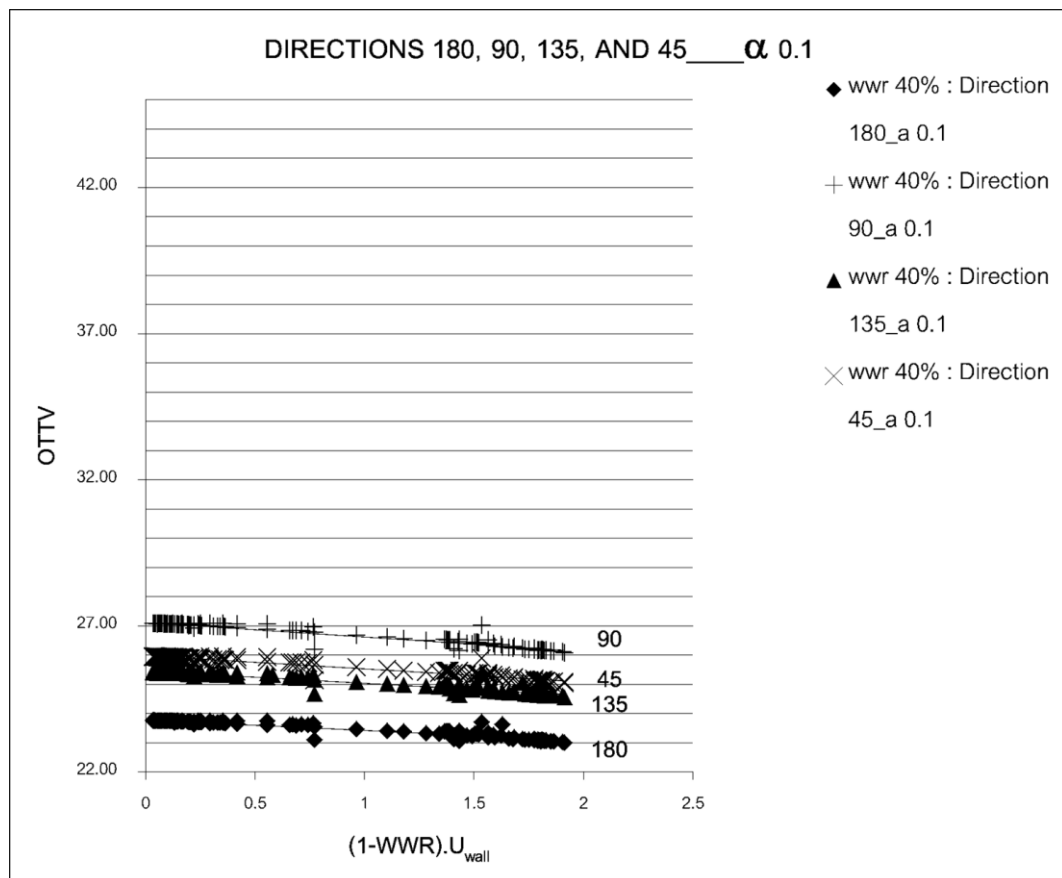
จากแผนภูมิที่ 4.4 แสดงให้เห็นว่า  $\alpha = 0.1$  ในการวางทิศทางอาคารรูปแบบ (a) ทิศทาง 45 องศา มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานเพิ่มขึ้น และดีที่สุด เมื่อใช้วัสดุประกอบอาคารที่มีค่าความต้านทานความร้อนต่ำ (U-value สูง) ในขณะที่  $\alpha = 0.5$  0.7 และ 0.9 ในการวางทิศทางอาคารรูปแบบ (a) ทิศทาง 45 องศา มีค่า OTTV เพิ่มขึ้น หรือเมื่อใช้วัสดุประกอบอาคารที่มีค่า U-value มากขึ้น อย่างต่อเนื่อง เช่นเดียวกับกรณีที่มีการหมุนอาคารในทิศทาง 90 องศา และ 135 องศา

#### 4.3 กลุ่มที่ 2 ผลการจำลองจากค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ 5 ค่า

ผลการทดลองนี้สามารถแสดงได้เป็น 5 แผนภูมิ ได้แก่

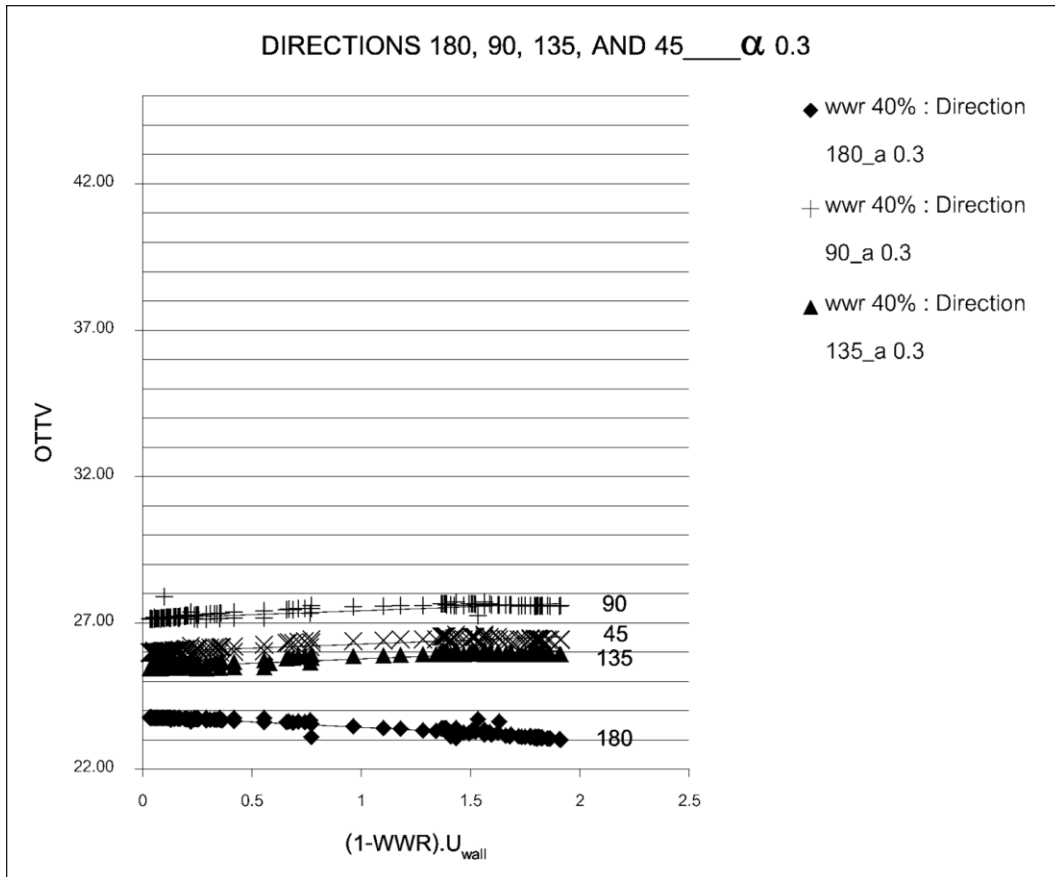
- แผนภูมิที่มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์  $\alpha = 0.1$  ในการวางอาคารทั้ง 4 ทิศทาง
- แผนภูมิที่มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์  $\alpha = 0.3$  ในการวางอาคารทั้ง 4 ทิศทาง

- แผนภูมิที่มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์  $\alpha = 0.5$  ในการวางอาคารทั้ง 4 ทิศทาง
- แผนภูมิที่มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์  $\alpha = 0.7$  ในการวางอาคารทั้ง 4 ทิศทาง
- แผนภูมิที่มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์  $\alpha = 0.9$  ในการวางอาคารทั้ง 4 ทิศทาง



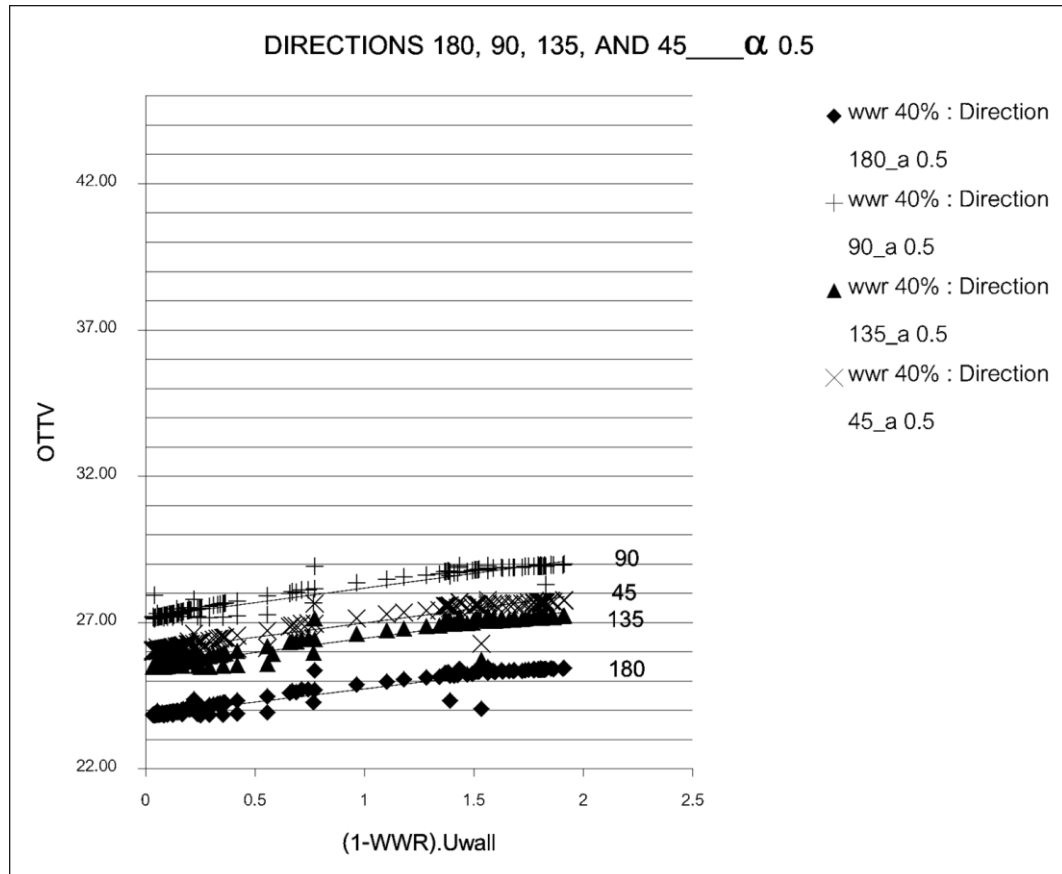
แผนภูมิ 4.5 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์  $\alpha = 0.1$  ในการวางอาคารทั้ง 4 ทิศทาง

จากแผนภูมิที่ 4.5 แสดงให้เห็นว่า  $\alpha = 0.1$  ในการวางอาคารทุกทิศทาง มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานเพิ่มขึ้น และจะประหยัดพลังงานมากขึ้น เมื่อใช้กับวัสดุประกอบอาคารที่มีค่าความต้านทานความร้อนต่ำ (U-value สูง) โดยประหยัดพลังงานได้มากที่สุดที่ทิศทาง 180 องศา 135 องศา 45 องศา และ 90 องศา ตามลำดับ



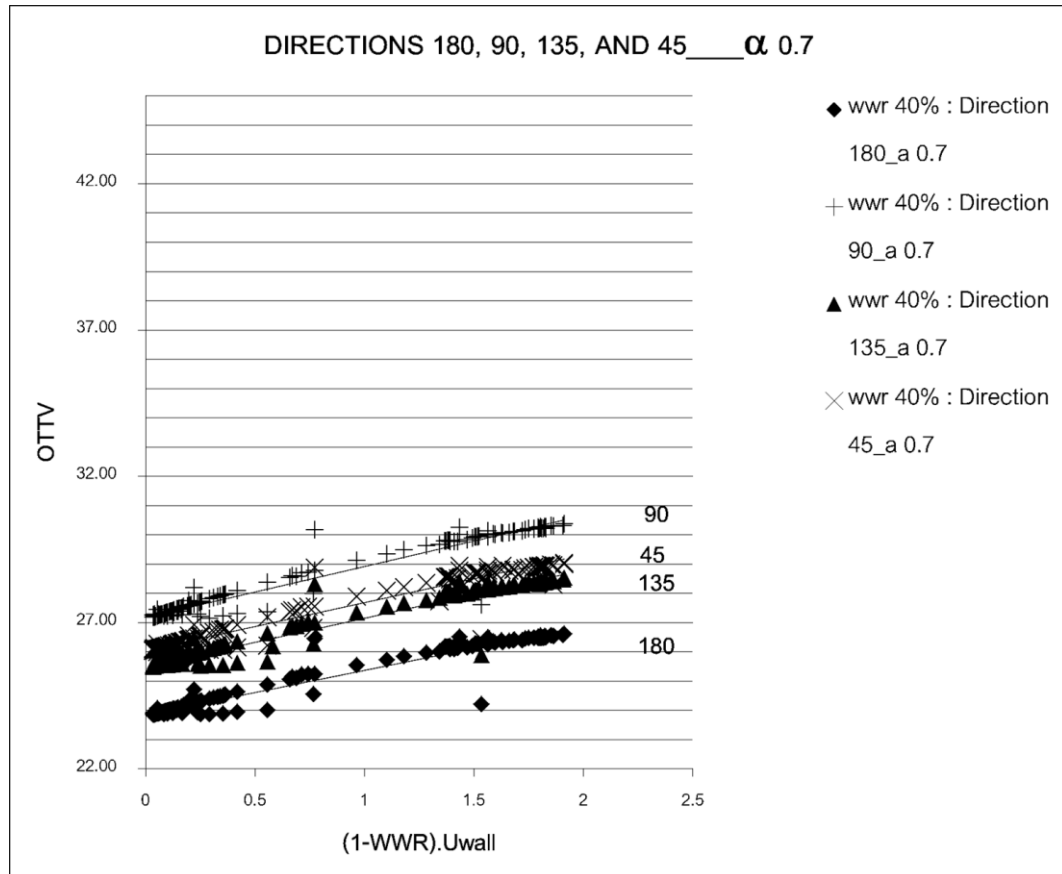
แผนภูมิ 4.6 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์  $\alpha = 0.3$  ในการวางอาคารทั้ง 4 ทิศทาง

จากแผนภูมิที่ 4.6 แสดงให้เห็นว่า  $\alpha = 0.1$  ในการวางอาคารทุกทิศทาง มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานเพิ่มขึ้น และจะประหยัดพลังงานมากขึ้น เมื่อใช้กับวัสดุประกอบอาคารที่มีค่าความต้านทานความร้อนต่ำ (U-value สูง) โดยประหยัดพลังงานได้มากที่สุดที่ทิศทาง 180 องศา 135 องศา 45 องศา และ 90 องศา ตามลำดับ



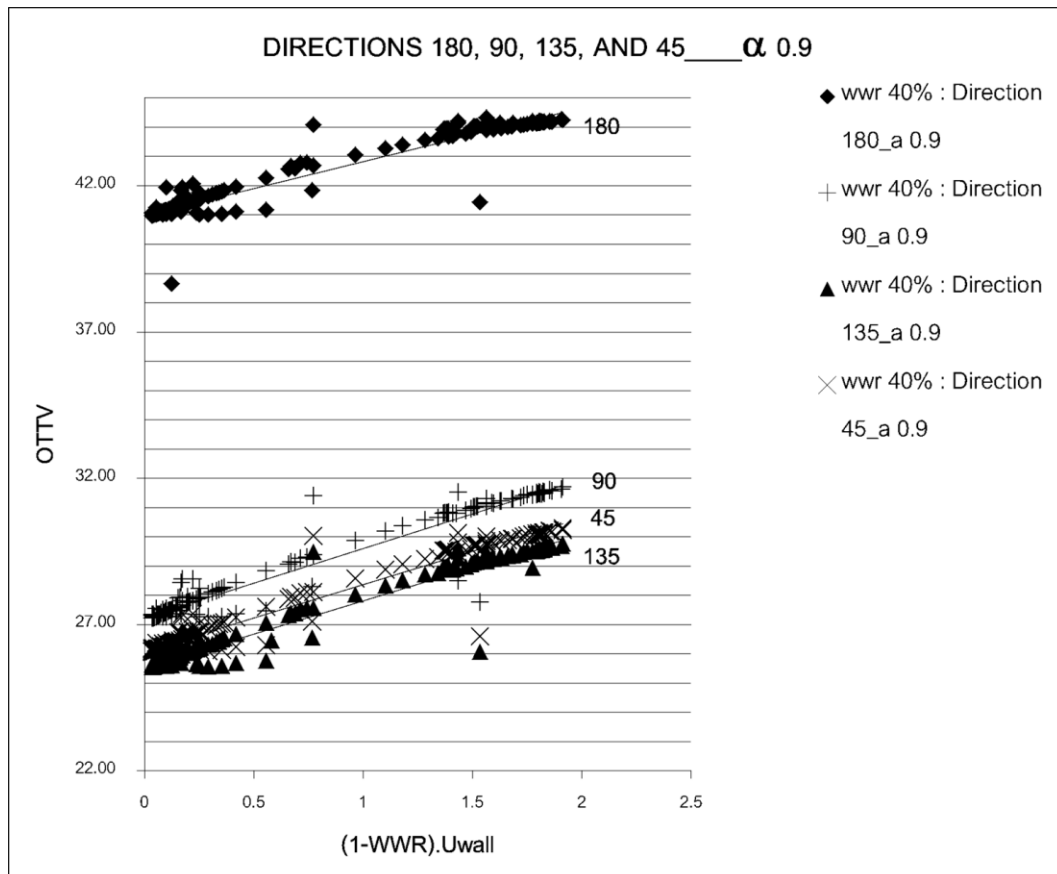
แผนภูมิ 4.7 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์  $\alpha = 0.5$  ในการวางอาคารทั้ง 4 ทิศทาง

จากแผนภูมิที่ 4.7 แสดงให้เห็นว่า  $\alpha = 0.5$  ในการวางอาคารทุกทิศทาง มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานลดลง และจะเพิ่มการใช้พลังงานมากขึ้น เมื่อใช้กับวัสดุประกอบอาคารที่มีค่าความต้านทานความร้อนต่ำ (U-value สูง) โดยประหยัดพลังงานได้มากที่สุด ในทิศทาง 180 องศา 135 องศา 45 องศา และ 90 องศา ตามลำดับ ดังนั้นควรใช้วัสดุประกอบอาคารที่มี U-value ต่ำหากต้องการใช้โหนดของอาคารที่มีค่า  $\alpha = 0.5$  จะเป็นการช่วยลดภาระการปรับอากาศของอาคารได้มากที่สุด



แผนภูมิ 4.8 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์  $\alpha = 0.7$  ในการวางอาคารทั้ง 4 ทิศทาง

จากแผนภูมิที่ 4.8 แสดงให้เห็นว่า  $\alpha = 0.7$  ในการวางอาคารทุกทิศทาง มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานลดลง และจะเพิ่มการใช้พลังงานมากขึ้น เมื่อใช้กับวัสดุประกอบอาคารที่มีค่าความต้านทานความร้อนต่ำ (U-value สูง) โดยประหยัดพลังงานได้มากที่สุด ในทิศทาง 180 องศา 135 องศา 45 องศา และ 90 องศา ตามลำดับ ดังนั้นควรใช้วัสดุประกอบอาคารที่มี U-value ต่ำหากต้องการใช้โหนดสีของอาคารที่มีค่า  $\alpha = 0.7$  จะเป็นการช่วยลดภาระการปรับอากาศของอาคารได้มากที่สุด



แผนภูมิ 4.9 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์  $\alpha = 0.9$  ในการวางอาคารทั้ง 4 ทิศทาง

จากแผนภูมิที่ 4.9 แสดงให้เห็นว่า  $\alpha = 0.9$  ในการวางอาคารทุกทิศทาง มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานลดลง และจะเพิ่มการใช้พลังงานมากขึ้น เมื่อใช้กับวัสดุประกอบอาคารที่มีค่าความต้านทานความร้อนต่ำ (U-value สูง) โดยประหยัดพลังงานได้มากที่สุด ในทิศทาง 135 องศา 45 องศา และ 90 องศา ตามลำดับ ส่วนในทิศทาง 180 องศา นั้นมีการสิ้นเปลืองพลังงานเพิ่มขึ้นเกือบสองเท่า เนื่องจากมีการสะสมของความร้อนที่เปลือกอาคารได้มากในทิศทาง 180 องศา อีกทั้งยังมีการใช้โทนสีเข้มที่มี  $\alpha = 0.9$  ทำให้เปลือกอาคารดูดกลืนรังสีอาทิตย์ได้ดีมากยิ่งขึ้น ดังนั้นควรใช้วัสดุประกอบอาคารที่มี U-value ต่ำหากต้องการใช้โทนสีของอาคารที่มีค่า  $\alpha = 0.9$  จะเป็นการช่วยลดภาระการปรับอากาศของอาคารได้มากที่สุด หรือ ใช้สีประหยัดพลังงานที่มีค่า  $\alpha = 0.1$  ถึงแม้ว่าจะเป็นโทนสีเข้ม

4.4 ผลการจำลองจากจำแนก DSH ในแบบจำลองทั้ง 4 ทิศทาง และค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ ( $\alpha$ ) 5 ค่า เพื่อหาค่าความชันของค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า ( $TD_{eq}$ ) จากการ regression ค่า DSH ทั้ง 4 ช่วง

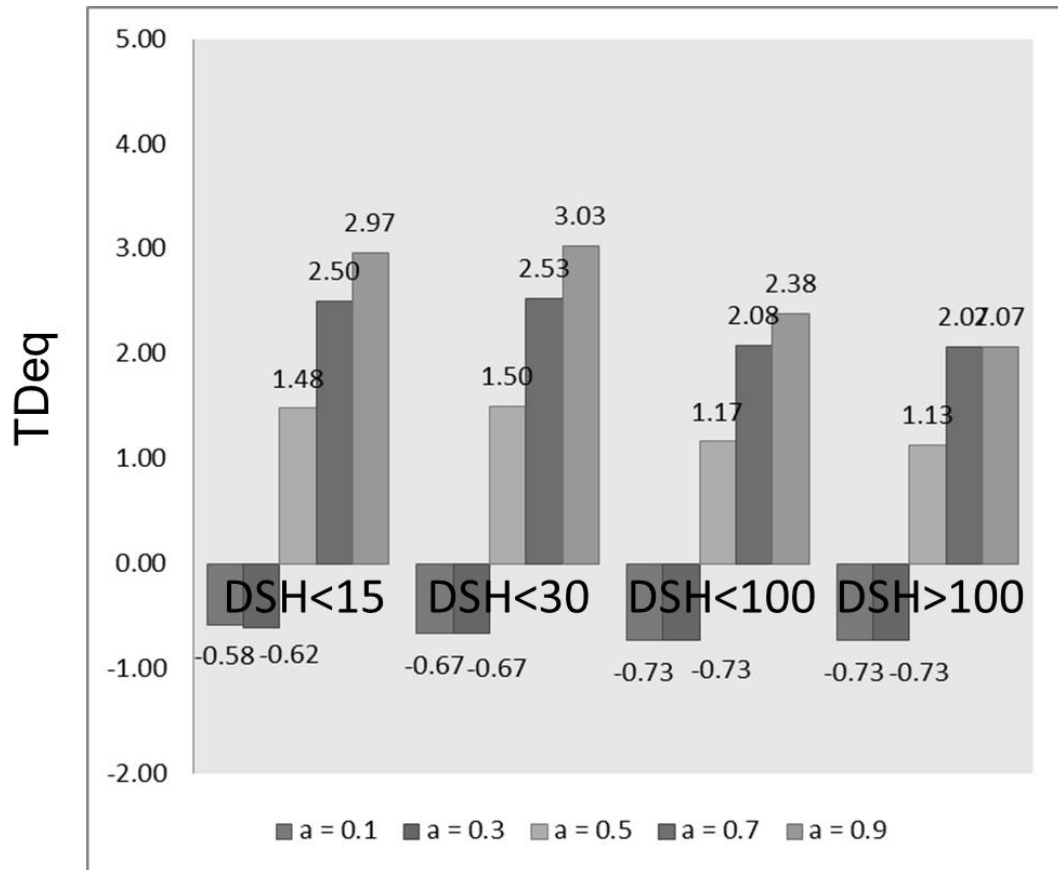
ผลการจำลองจากจำแนก DSH ในแบบจำลองทั้ง 4 ทิศทาง และค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ ( $\alpha$ ) 5 ค่า เพื่อหาค่าความชันของค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า ( $TD_{eq}$ ) จากการ regression ค่า DSH ทั้ง 4 ช่วง โดยที่ตารางผลการจำลองทั้งหมดสามารถดูเพิ่มเติมได้ที่ภาคผนวก จากตารางค่า  $TD_{eq}$  ที่ได้จากการ regression

ตาราง 4.1 แสดงค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า ( $TD_{eq}$ ) ในทิศทาง 180 องศา

ทิศทาง 180 องศา	WWR 40% / กระจกเขียว 6+6 ลามิเนต / SHGC = 0.52				
	$\alpha = 0.1$	$\alpha = 0.3$	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 0.7$	$\alpha = 0.9$
	$TD_{EQ}$	$TD_{EQ}$	$TD_{EQ}$	$TD_{EQ}$	$TD_{EQ}$
DSH < 15	-0.58	-0.62	1.48	2.50	2.97
DSH < 30	-0.67	-0.67	1.50	2.53	3.03
DSH < 100	-0.73	-0.73	1.17	2.08	2.38
DSH > 100	-0.73	-0.73	1.13	2.07	2.07



สามารถนำมา แสดงค่าตัวเลขที่ได้ในรูปแบบแผนภูมิ ดังนี้

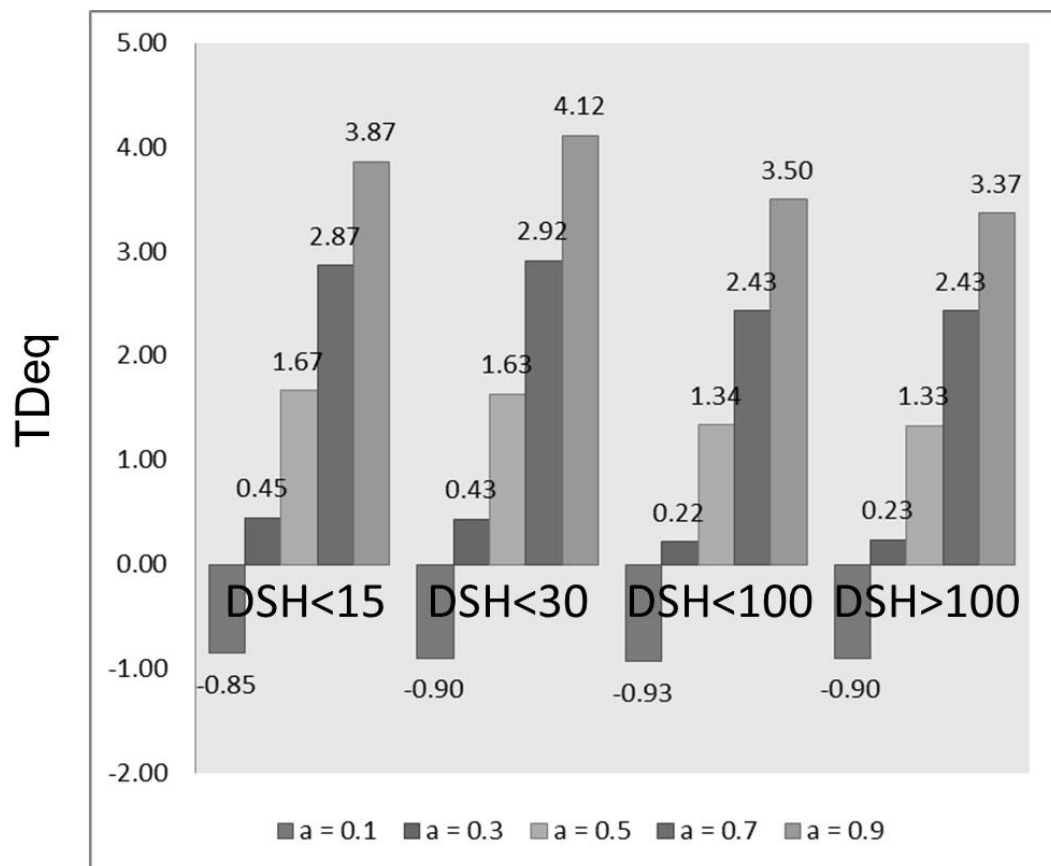


แผนภูมิ 4.10 แสดงค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า ( $T_{Deq}$ ) แบ่งตามค่าการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ และค่า DSH ของการวางอาคารทิศทาง 180 องศา

ตาราง 4.2 แสดงค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า ( $T_{Deq}$ ) ในทิศทาง 90 องศา

ทิศทาง 90 องศา	WWR 40% / กระจกเขียว 6+6 ลามิเนต / SHGC = 0.52				
	$\alpha = 0.1$	$\alpha = 0.3$	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 0.7$	$\alpha = 0.9$
	$T_{Deq}$	$T_{Deq}$	$T_{Deq}$	$T_{Deq}$	$T_{Deq}$
DSH < 15	-0.85	0.45	1.67	2.87	3.87
DSH < 30	-0.90	0.43	1.63	2.92	4.12
DSH < 100	-0.93	0.22	1.34	2.43	3.50
DSH > 100	-0.90	0.23	1.33	2.43	3.37

สามารถนำมา แสดงค่าตัวเลขที่ได้ในรูปแบบแผนภูมิ ดังนี้

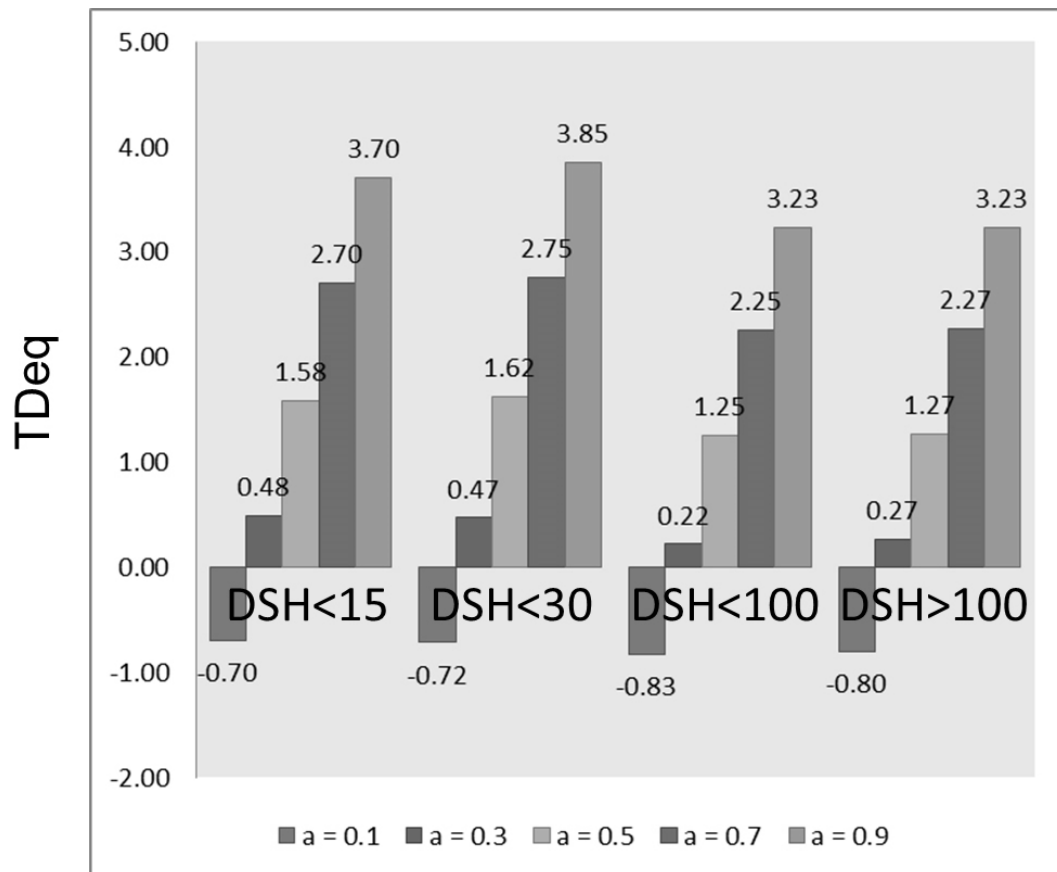


แผนภูมิ 4.11 แสดงค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า ( $T_{Deq}$ ) แบ่งตามค่าการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ และค่า DSH ของการวางอาคารทิศทาง 90 องศา

ตาราง 4.3 แสดงค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า ( $T_{Deq}$ ) ในทิศทาง 135 องศา

ทิศทาง 135 องศา	WWR 40% / กระจกเขียว 6+6 ลามิเนต / SHGC = 0.52				
	$\alpha = 0.1$	$\alpha = 0.3$	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 0.7$	$\alpha = 0.9$
	$T_{Deq}$	$T_{Deq}$	$T_{Deq}$	$T_{Deq}$	$T_{Deq}$
DSH < 15	-0.70	0.48	1.58	2.70	3.70
DSH < 30	-0.72	0.47	1.62	2.75	3.85
DSH < 100	-0.83	0.22	1.25	2.25	3.23
DSH > 100	-0.80	0.27	1.27	2.27	3.23

สามารถนำมา แสดงค่าตัวเลขที่ได้ในรูปแบบแผนภูมิ ดังนี้

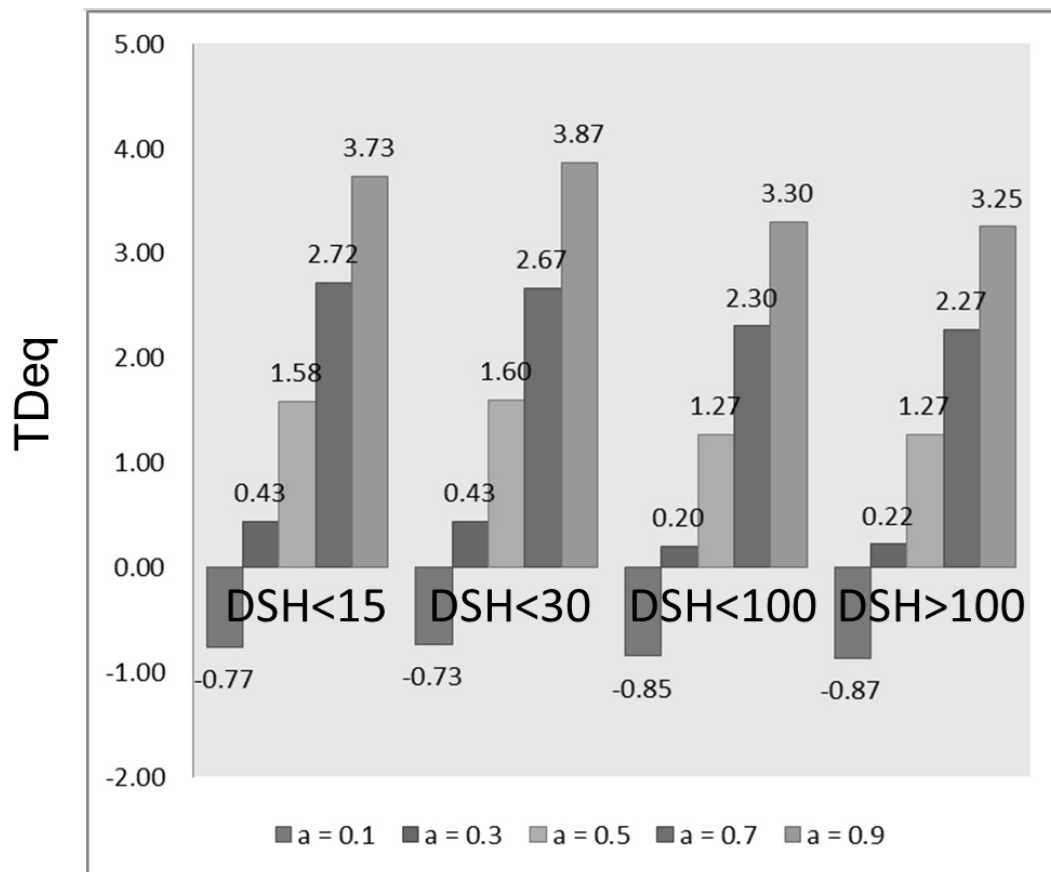


แผนภูมิ 4.12 แสดงค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า ( $T_{Deq}$ ) แบ่งตามค่าการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ และค่า DSH ของการวางอาคารทิศทาง 135 องศา

ตาราง 4.4 แสดงค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า ( $T_{Deq}$ ) ในทิศทาง 45 องศา

ทิศทาง 45 องศา	WWR 40% / กระจกเขียว 6+6 ลามิเนต / SHGC = 0.52				
	$\alpha = 0.1$	$\alpha = 0.3$	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 0.7$	$\alpha = 0.9$
	$T_{Deq}$	$T_{Deq}$	$T_{Deq}$	$T_{Deq}$	$T_{Deq}$
DSH < 15	-0.77	0.43	1.58	2.72	3.73
DSH < 30	-0.73	0.43	1.60	2.67	3.87
DSH < 100	-0.85	0.20	1.27	2.30	3.30
DSH > 100	-0.87	0.22	1.27	2.27	3.25

สามารถนำมา แสดงค่าตัวเลขที่ได้ในรูปแบบแผนภูมิ ดังนี้



แผนภูมิ 4.13 แสดงค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า ( $T_{Deq}$ ) แบ่งตามค่าการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ และค่า DSH ของการวางอาคารทิศทาง 45 องศา

ตาราง 4.5 แสดงค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (TD<sub>eq</sub>) จำแนกทิศทาง 4 ทิศ ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาคาร (N) และค่า DSH

ทิศทาง 180 องศา	WWR 40% / กระจกเขียว 6+6 ลามิเนต / SHGC = 0.52				
	$\alpha = 0.1$	$\alpha = 0.3$	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 0.7$	$\alpha = 0.9$
	TD <sub>EQ</sub>	TD <sub>EQ</sub>	TD <sub>EQ</sub>	TD <sub>EQ</sub>	TD <sub>EQ</sub>
DSH < 15	-0.58	-0.62	1.48	2.50	2.97
DSH < 30	-0.67	-0.67	1.50	2.53	3.03
DSH < 100	-0.73	-0.73	1.17	2.08	2.38
DSH > 100	-0.73	-0.73	1.13	2.07	2.07

ทิศทาง 90 องศา	WWR 40% / กระจกเขียว 6+6 ลามิเนต / SHGC = 0.52				
	$\alpha = 0.1$	$\alpha = 0.3$	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 0.7$	$\alpha = 0.9$
	TD <sub>EQ</sub>	TD <sub>EQ</sub>	TD <sub>EQ</sub>	TD <sub>EQ</sub>	TD <sub>EQ</sub>
DSH < 15	-0.85	0.45	1.67	2.87	3.87
DSH < 30	-0.90	0.43	1.63	2.92	4.12
DSH < 100	-0.93	0.22	1.34	2.43	3.50
DSH > 100	-0.90	0.23	1.33	2.43	3.37

ทิศทาง 135 องศา	WWR 40% / กระจกเขียว 6+6 ลามิเนต / SHGC = 0.52				
	$\alpha = 0.1$	$\alpha = 0.3$	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 0.7$	$\alpha = 0.9$
	TD <sub>EQ</sub>	TD <sub>EQ</sub>	TD <sub>EQ</sub>	TD <sub>EQ</sub>	TD <sub>EQ</sub>
DSH < 15	-0.70	0.48	1.58	2.70	3.70
DSH < 30	-0.72	0.47	1.62	2.75	3.85
DSH < 100	-0.83	0.22	1.25	2.25	3.23
DSH > 100	-0.80	0.27	1.27	2.27	3.23

ทิศทาง 45 องศา	WWR 40% / กระจกเขียว 6+6 ลามิเนต / SHGC = 0.52				
	$\alpha = 0.1$	$\alpha = 0.3$	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 0.7$	$\alpha = 0.9$
	TD <sub>EQ</sub>	TD <sub>EQ</sub>	TD <sub>EQ</sub>	TD <sub>EQ</sub>	TD <sub>EQ</sub>
DSH < 15	-0.77	0.43	1.58	2.72	3.73
DSH < 30	-0.73	0.43	1.60	2.67	3.87
DSH < 100	-0.85	0.20	1.27	2.30	3.30
DSH > 100	-0.87	0.22	1.27	2.27	3.25

## บทที่ 5

### อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการจำลองผลการใช้พลังงานการทำความเย็นจากเครื่องปรับอากาศของอาคารชุดพักอาศัยด้วยโปรแกรม VisualDOE 4.1 โดยเก็บผลการใช้พลังงานจากการทำความเย็นตลอดทั้งปี เพื่อศึกษาตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับค่า OTTV เพื่อนำไปสู่การศึกษาการพัฒนาความแตกต่างของหมุ่เทียบเท่าสำหรับการคำนวณค่าการส่งผ่านความร้อนผ่านเปลือกอาคารชุดพักอาศัย ที่มีการหมุนอาคาร 4 ทิศทาง วัสดุประกอบผนังตามตาราง 3.3 จำนวน 191 วัสดุ ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ ( $\alpha$ ) 5 ค่า และแบ่งค่า DSH หรือมวลอุณหภาพ เป็น 4 ช่วง ซึ่งในแต่ละทิศทาง และค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ ส่งผลต่อการใช้พลังงานการทำความเย็นแตกต่างกันมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการใช้พลังงานทำความเย็นภายในอาคาร โดยผลอภิปราย แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

- 1.สรุปผลการวิจัย ของการศึกษาในแต่ละตัวแปรที่ทำการจำลองว่ามีผลอย่างไร
- 2.แนวทางในการคำนวณที่ได้จากการวิจัย และเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ศึกษา
- 3.ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป

#### 5.1 สรุปผลการวิจัย

จากบทที่ 4 พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์  $\alpha = 0.1$  มีประสิทธิภาพในการลดพลังงานการทำความเย็นของอาคารชุดพักอาศัยได้ดีที่สุด จากแผนภูมิ 4.1 – 4.9 แสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพในการลดพลังงานการทำความเย็นของ  $\alpha = 0.1$  ในทุกทิศทางการวางอาคารนั้นแปรผันตามค่าความต้านทานความร้อน หรือ ค่า U-value ของวัสดุประกอบอาคาร ยิ่งมีค่าสูงมาก ค่า  $\alpha = 0.1$  ยิ่งมีประสิทธิภาพในการลดพลังงานมากเช่นกัน

การเพิ่มมวลอุณหภาพ (DSH) จะมีประสิทธิภาพมากที่สุดในกรณีที่วางอาคารตามทิศทาง 180 องศา การเพิ่มค่า DSH ให้มีค่ามากกว่า 100 ในวัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ ( $\alpha$ ) = 0.9 จะมีประสิทธิภาพในการลดค่าการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารได้เทียบเท่ากับวัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ ( $\alpha$ ) = 0.7 ในกรณีที่วัสดุดังกล่าวนั้นมีค่า DSH เท่ากัน คือ มากกว่า 100 สามารถสังเกตเพิ่มเติมได้จากแผนภูมิ 4.10

สำหรับการเพิ่มค่า DSH ให้มีประสิทธิภาพสูงสุดสำหรับการลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารชุดพักอาศัย ควรใช้การเพิ่มค่า DSH กับอาคารที่มีวัสดุประกอบอาคารเป็นสีเข้ม หรือ  $\alpha = 0.9$  จะสามารถลดปริมาณการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารได้ดีกว่าการเพิ่มค่า DSH ให้กับอาคาร

ที่ใช้วัสดุประกอบอาคารที่มีค่า  $\alpha = 0.1$  ในทุกทิศทาง สามารถสรุปได้ว่าค่า DSH จะมีประสิทธิภาพในการถ่ายเทมากขึ้นเมื่อใช้กับวัสดุประกอบผนังที่มีค่า  $\alpha$  มากกว่า 0.3 ขึ้นไป

## 5.2 แนวทางในการคำนวณ OTTV จากงานวิจัย

จากการทำการจำลองอาคารชุดพักอาศัยอ้างอิงทั้งหมด 3820 กรณีศึกษา ตามรายละเอียดในบทที่ 3 และได้ผลการจำลองตามบทที่ 4 จึงสามารถนำค่าสัมประสิทธิ์เหล่านั้นมาใส่ลงในตารางการคำนวณ OTTV สำหรับอาคารชุดพักอาศัยที่ปรับปรุงขึ้นในงานวิจัยชิ้นนี้ จากงานวิจัยของดนตรีธรรม์นั้นได้นำค่า TDeq  $\Delta T$  และ ESR ซึ่งได้มาจากการ regression รวมทุกค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ ทุก DSH และทุกทิศทาง งานวิจัยชิ้นนี้จึงได้ปรับปรุงรูปแบบการคำนวณให้ลงถึงรายละเอียดมากขึ้นเนื่องจากตัวแปรเหล่านั้นยังคงเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อพลังงานที่ใช้ในการทำความเย็นจากเครื่องปรับอากาศ

โดยที่สมการนั้นนั้นได้จัดทำขึ้นเพื่อสร้างสมการสำหรับอาคารชุดพักอาศัยที่เป็น Baseline คือ อาคารชุดพักอาศัยที่มี WWR 40% ใช้กระจกเขียวลามิเนต 6มม. +6มม. มี SHGC = 0.52 เนื่องจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้ทำการสำรวจลักษณะโดยทั่วไปของอาคารชุดพักอาศัยใน เขตกรุงเทพมหานคร (ดนตรีธรรม์ บัณฑิต, 2554) หากต้องการพัฒนาให้คำนวณในอาคารชุดพักอาศัยแบบอื่นอาจเป็นแนวทางสำหรับผู้วิจัยต่อไปในอนาคต

$$OTTV \text{ ปริมาตร} = TDeq (Uw) + Q \quad (13)$$

$$OTTV_{condo} = 5.43(U_w)(1 - WWR) + 0.97(U_f)(WWR) + 91.40(WWR)(SHGC)(SC) \quad (14)$$

สมการที่ (14) นั้นเป็นสมการที่ดนตรีธรรม์ บัณฑิตได้สรุปเอาไว้สำหรับการคำนวณค่า OTTV ของอาคารชุดพักอาศัย สิ่งที่สมการที่ (13) แตกต่างจากสมการที่ (14) คือ สามารถเลือกใช้การคำนวณที่แตกต่างทิศทาง แตกต่างค่า  $\alpha$  และค่า DSH เพราะปัจจัยทิศทาง สี และ DSH นั้นก็มีผลต่อพลังงานการทำความเย็นของอาคารชุดพักอาศัยเช่นกัน หากแยกทิศทาง สี และมวลอุณหภาพ ก็อาจช่วยให้การคำนวณนั้นมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น

$$\text{OTTV}_{\text{ปริฉัตร}} = \text{TD}_{\text{eq}} (U_{\text{wall}}) + Q$$

$$\text{OTTV}_{\text{ดนตรี}} = 5.43(U_w)(1 - \text{WWR}) + \boxed{0.97(U_f)(\text{WWR}) + 91.40(\text{WWR})(\text{SHGC})(\text{SC})}$$

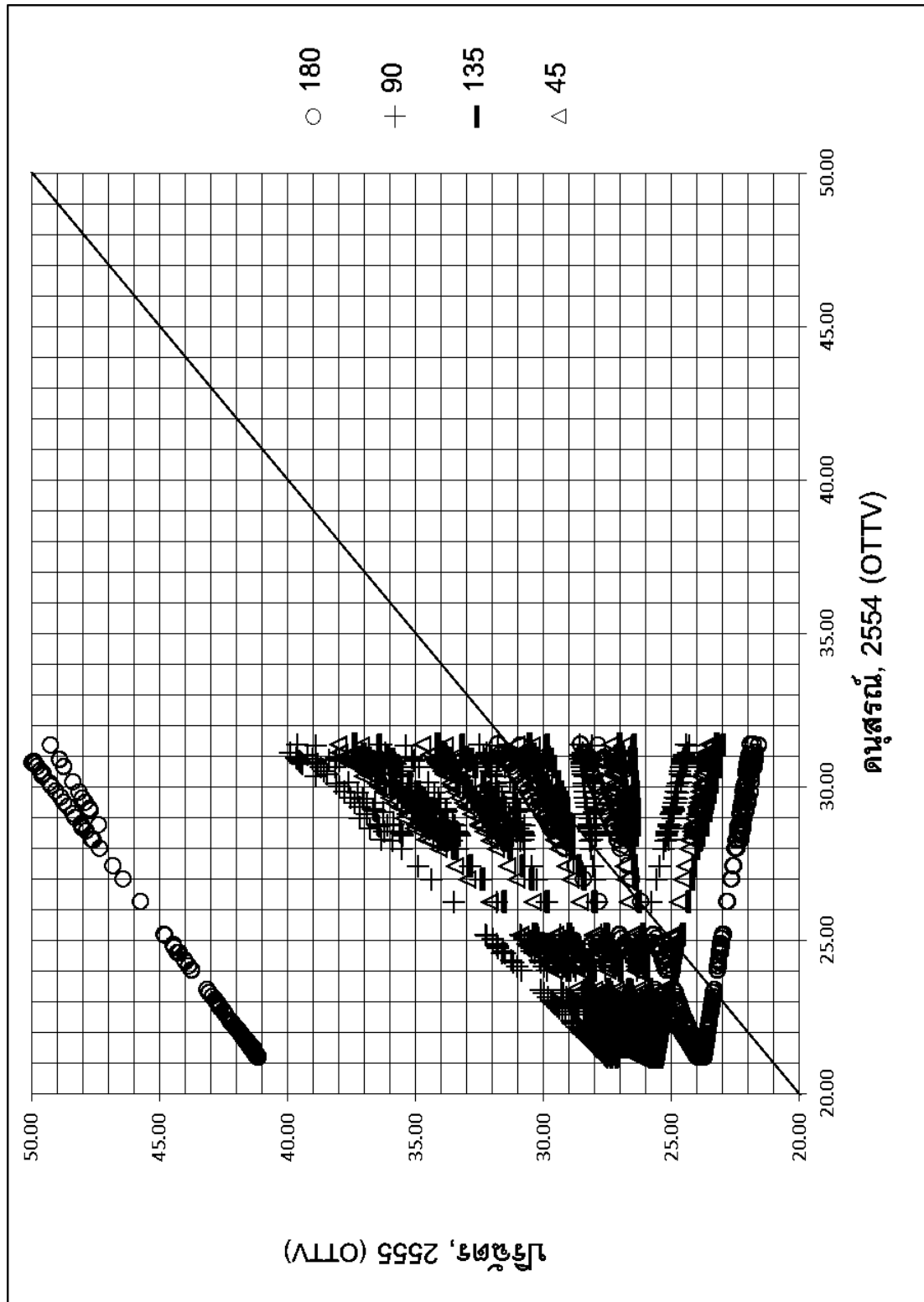
ภาพ 5.1 แสดงการแจกแจงองค์ประกอบ ในสูตรสมการที่ได้รับการเปลี่ยนแปลง

$\text{TD}_{\text{eq}}$  หรือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าในสมการที่ (13) ได้รวมค่า  $(1-\text{WWR})$  ไว้กับค่า  $\text{TD}_{\text{eq}}$  ในตารางเรียบร้อยแล้ว ดังนั้นในสมการที่ (13) จึงตัด  $(1-\text{WWR})$  ออก และเนื่องจากงานวิจัยของดนตรี บัณฑิตได้ใช้ค่าเฉลี่ย  $\text{TD}_{\text{eq}} = 5.43$  เนื่องจากเป็นค่าเฉลี่ยทุก  $\text{WWR}$  แต่ในงานวิจัยนี้ใช้  $\text{WWR} = 40\%$  ซึ่งอ้างอิงมาจากงานวิจัยของดนตรีซึ่งสำรวจแล้วว่าเป็น Baseline ของอาคารชุดพักอาศัย ดังนั้นค่า  $\text{TD}_{\text{eq}}$  ในตาราง 5.1 จึงไม่มีค่าใดเลยที่มีค่า = 5.43

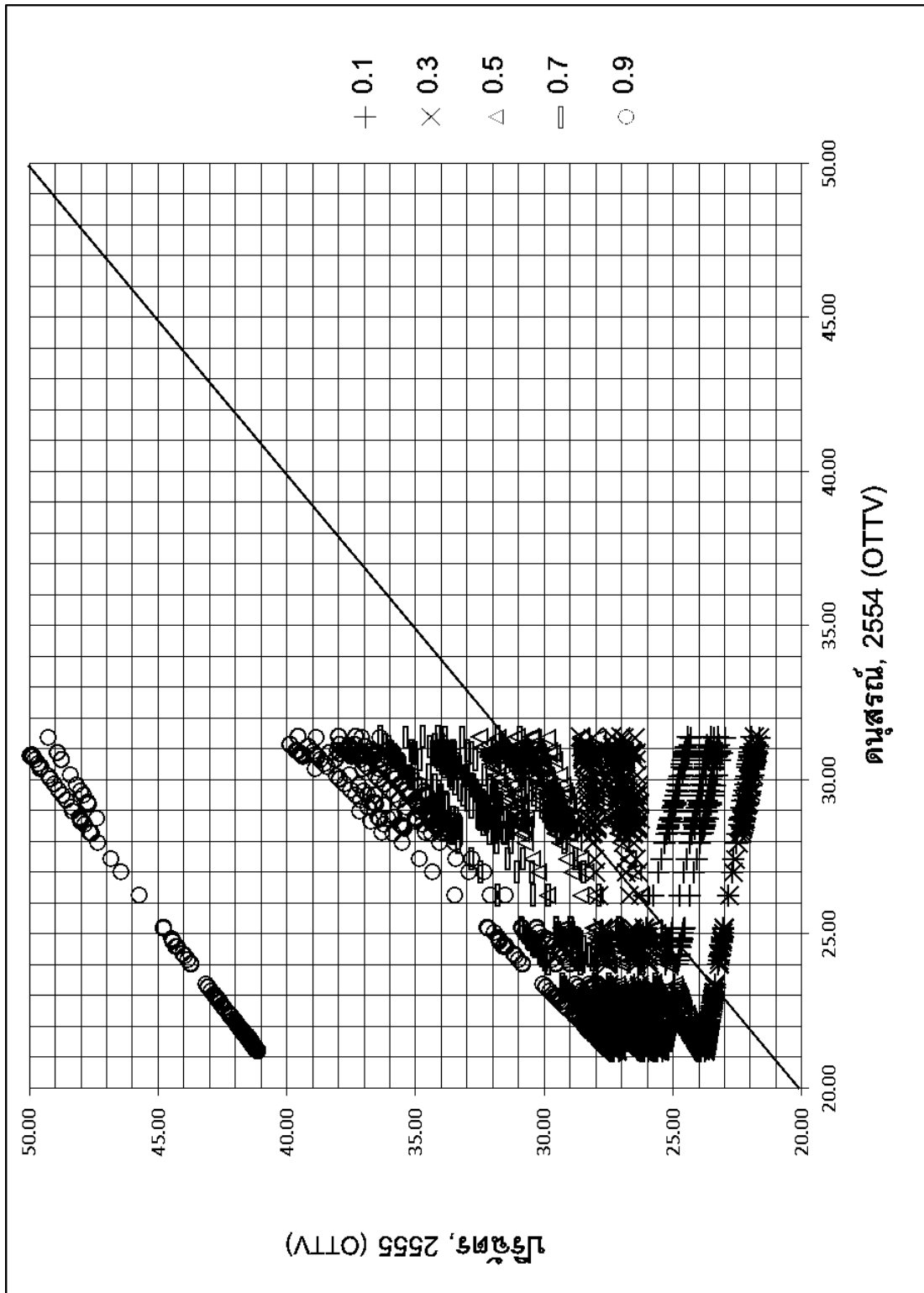


ตาราง 5.1 ค่าสัมประสิทธิ์ที่ใช้ในการคำนวณ OTTV ของอาคารชุดพักอาศัยที่มี WWR 40% กระจกลามิเนตที่มี SHGC = 0.52

ทิศทาง		WWR 40% / กระจกเขียว 6+6 ลามิเนต / SHGC = 0.52									
		$\alpha = 0.1$		$\alpha = 0.3$		$\alpha = 0.5$		$\alpha = 0.7$		$\alpha = 0.9$	
		TD <sub>EQ</sub>	Q	TD <sub>EQ</sub>	Q	TD <sub>EQ</sub>	Q	TD <sub>EQ</sub>	Q	TD <sub>EQ</sub>	Q
180 องศา											
DSH < 15		-0.58	23.77	-0.62	23.79	1.48	23.83	2.50	23.84	2.97	40.98
DSH < 30		-0.67	23.80	-0.67	23.80	1.50	23.78	2.53	23.77	3.03	40.90
DSH < 100		-0.73	23.93	-0.73	23.93	1.17	24.18	2.08	24.30	2.38	41.71
DSH > 100		-0.73	23.96	-0.73	23.96	1.13	24.21	2.07	24.39	2.07	24.39
90 องศา											
DSH < 15		-0.85	27.12	0.45	27.15	1.67	27.17	2.87	27.18	3.87	27.24
DSH < 30		-0.90	27.12	0.43	27.12	1.63	27.13	2.92	27.09	4.12	27.07
DSH < 100		-0.93	27.24	0.22	27.39	1.34	27.52	2.43	27.64	3.50	27.75
DSH > 100		-0.90	27.24	0.23	27.42	1.33	27.71	2.43	27.71	3.37	27.78
135 องศา											
DSH < 15		-0.70	25.45	0.48	27.15	1.58	27.17	2.70	27.18	3.70	27.24
DSH < 30		-0.72	25.45	0.47	27.12	1.62	27.13	2.75	27.09	3.85	27.07
DSH < 100		-0.83	25.60	0.22	27.39	1.25	27.52	2.25	27.64	3.23	27.75
DSH > 100		-0.80	25.61	0.27	27.42	1.27	27.71	2.27	27.71	3.23	27.78
45 องศา											
DSH < 15		-0.77	25.98	0.43	26.00	1.58	26.02	2.72	26.03	3.73	26.09
DSH < 30		-0.73	25.93	0.43	25.98	1.60	25.97	2.67	25.94	3.87	25.94
DSH < 100		-0.85	26.11	0.20	26.27	1.27	26.39	2.30	26.51	3.30	26.61
DSH > 100		-0.87	26.14	0.22	26.31	1.27	26.47	2.27	26.62	3.25	26.76



แผนภูมิ 5.1 เปรียบเทียบค่า OTTV จากการวิจัย และงานวิจัยของดormitory แสดงลักษณะ OTTV เปรียบเทียบกัน  
ทั้ง 4 ทิศทาง



แผนภูมิ 5.2 เปรียบเทียบค่า OTTV จากการวิจัย และงานวิจัยของตุนุสรณ์ แสดงลักษณะ OTTV เปรียบเทียบกัน ทั้ง 5 ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์

จากแผนภูมิ 5.1 และ 5.2 จะพบว่าค่า OTTV ของปริฉัตร และดุนุสรณ์ ที่มีค่าใกล้เคียงกัน นั้นอยู่บริเวณช่วงค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ = 0.5 เนื่องจากในงานวิจัยของดุนุสรณ์ นั้นได้ตั้งค่าในแบบจำลองผนัง 5 ชนิดที่ทำการจำลองให้มีค่า  $\alpha = 0.5$  ซึ่งจากแผนภูมิจะเห็นได้ว่า เมื่อค่า OTTV ของดุนุสรณ์ 1 ค่านั้น เมื่อใช้สมการของปริฉัตรคำนวณจะสามารถมีเพิ่มมาได้ถึง 5 ค่า

สรุปได้ว่าในปัจจุบันนี้ได้มีการพัฒนาวัสดุประกอบอาคารใหม่ๆ ขึ้นมาเพื่อช่วยลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารให้ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด แต่หลายฝ่ายยังขาดความรู้ความเข้าใจในประสิทธิภาพของเทคโนโลยีใหม่ๆ เหล่านั้น รวมทั้งยังไม่ปรับเปลี่ยนข้อมูลต่างๆ ที่ควรจะมีการปรับปรุงให้ทันสมัยตลอดเวลาดังเช่น วิธีการคำนวณพลังงานต่างๆ ซึ่งในงานวิจัยชิ้นนี้ได้มุ่งศึกษาในการพัฒนาการคำนวณ OTTV ของอาคารชุดพักอาศัย จากงานวิจัยของดุนุสรณ์ ซึ่งไม่ได้แยกช่วงของค่าสัมประสิทธิ์ที่เกี่ยวข้องในสูตรสมการการคำนวณที่เป็นประเด็นสำคัญของการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร งานวิจัยนี้จึงปรับปรุงสมการให้มีความหลากหลายและสามารถเลือกใช้ได้จากตาราง 5.1

### 5.3 ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป

1. การสำรวจข้อมูลด้านรูปร่างอาคารชุดพักอาศัย ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจเฉพาะขนาด กว้าง ยาว ของระเบียงห้องพักของอาคารชุดพักอาศัย เพื่อให้รูปทรงตึกประยุกต์จากแบบอ้างอิงเดิมให้ใกล้เคียงกับลักษณะทั่วไปของอาคารชุดพักอาศัยในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลมากที่สุด สิ่งที่เสนอแนะ คือ ควรมีการสำรวจแผนกดินแดงของอาคารชุดพักอาศัย ซึ่งเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่สามารถลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารได้เช่นกัน แต่งานวิจัยชิ้นนี้ยังไม่ได้ศึกษา

2. ควรมีการเปรียบเทียบจากการอาคารจริงด้วย เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นเพียงผลที่การทดลองในโปรแกรม และสมการเท่านั้น อาจมีการคลาดเคลื่อนได้

3. ในงานวิจัยชิ้นนี้ได้กำหนดให้ใช้สมการคำนวณได้กับเฉพาะอาคารชุดพักอาศัยที่มี WWR 40% ใช้กระจกลามิเนตสีเขียว 6 มม.+6 มม. มีค่า SHGC = 0.52 เท่านั้น งานวิจัยในอนาคตอาจสร้างทางเลือกให้ผู้ออกแบบโดยการทำให้ WWR หลากหลาย และกระจกชนิดต่างๆ

## รายการอ้างอิง

### ภาษาไทย

กฎกระทรวง กำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการ

ออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552. ราชกิจจานุเบกษา 126 (20

กุมภาพันธ์ 2552): 9-15

จอม รัจวนจร. การประเมินประสิทธิภาพผนังอาคารที่มีมวลสารปานกลางในสภาพภูมิอากาศ

เขตร้อนชื้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชา

สถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548.

ชนิดา สืบพานิช. การประเมินประสิทธิภาพผนังอาคารที่มีมวลสารน้อยในสภาพภูมิอากาศเขต

ร้อนชื้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชา

สถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548.

ณัฐสรณ์ บัวขจร. การพัฒนาเกณฑ์การประเมินการใช้พลังงานของอาคารชุดพักอาศัย

ในกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต. สาขาสถาปัตยกรรม ภาควิชา

สถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2554.

ตรีใจ บุญสมภพ. การออกแบบอาคารที่มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน.

กรุงเทพมหานคร: อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง, 2539.

ธนิต จินดาวณิก. สถาปัตยกรรมและเทคโนโลยี. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์

มหาวิทยาลัย, 2540.

ประกาศกระทรวงพลังงาน เรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณในการออกแบบอาคารแต่ละระบบ

การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร และการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่าง ๆ ของ

อาคาร พ.ศ. 2552. ราชกิจจานุเบกษา 126 (28 สิงหาคม 2552): 21-58

พิชญะ เพียรพัฒนางกูร. การศึกษาปริมาณมวลสารของผนังภายนอกอาคารใน

ทิศทางต่างๆที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร ในเขตร้อนชื้น. วิทยานิพนธ์ปริญญา

มหาบัณฑิต. สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์

มหาวิทยาลัย, 2554.

พรสวรรค์ พิริยะศรัทธา. ผลกระทบของสีผนังและมวลสารภายในต่อการถ่ายเทความร้อน

ร้อนเข้าสู่อาคาร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต. สาขาสถาปัตยกรรม ภาควิชา  
สถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2540.

พระราชบัญญัติอาคารชุด พ.ศ. 2522. ราชกิจจานุเบกษา 2522/67 [ออนไลน์]. 2522. แหล่งที่มา:

[http://www.coe.or.th/co15law/act/coe\\_law-1-2522.pdf](http://www.coe.or.th/co15law/act/coe_law-1-2522.pdf) [26 ธันวาคม 2554]

พลังงาน, กระทรวง. เอกสารประกอบการอบรมเชิงปฏิบัติการการตรวจประเมินอาคารที่จะ  
ก่อสร้างหรือดัดแปลงเพื่อการอนุรักษ์พลังงานตามกฎหมาย. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา:

<http://www.eei-ku.com> [25 มิถุนายน 2554]

วรพันธุ์ กิจเจริญ. การประเมินประสิทธิภาพผนังอาคารที่มีมวลสารมากในสภาพ ภูมิอากาศเขต

ร้อนชื้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชา

สถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548.

สินีรัตน์ ภัทรรวมกุล. ผลของมวลสารและสีของผนังต่อพฤติกรรมการถ่ายเทความ

ร้อนเข้าสู่อาคาร. สาขาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์  
มหาวิทยาลัย, 2537.

อรรจน์ เศรษฐบุตร. การพัฒนาเกณฑ์ขั้นต่ำของคุณสมบัติการป้องกันความร้อนของเปลือก

อาคารในอาคารทาวน์เฮ้าส์. Journal of Architectural/Planning Research and

Studies. 5,1, (2549) : 30-52.

## ภาษาอังกฤษ

Chua, K.J., and Chou, S.K. A performance-based method for energy efficiency  
improvement of building. [Online]. Elsevier. 2011. Available from:

<http://www.sciencedirect.com>

Chua, K.J., and Chou, S.K. Energy performance of residential buildings in Singapore.

[Online]. Elsevier. 2009. Available from: <http://www.sciencedirect.com/>

W. Guo, X. Qiao, Y. Huang, M. Fang, and X. Han. Study on energy saving effect of heat-

reflective insulation coating on envelopes in the hot summer and cold winter

zone. Energy and Buildings 50 (2012) 196–203H. Shen, H. Tan, and A.

Tzempelikos. The effect of reflective coating on building surface temperatures, indoor environment and energy consumption- An experimental study. *Energy and Buildings* 43 (2011) 573-580

ภาคผนวก



ภาคผนวก ก

นียมคำศัพท์

**Cooling Energy** หมายถึง พลังงานไฟฟ้าในการปรับอากาศต่อหน่วยพื้นที่ มีหน่วยเป็นวัตต์-ชั่วโมง/ตร.ม.-ปี ( $\text{Wh/m}^2\text{-y}$ )

**Cooling Load** หมายถึง ภาระการทำความเย็น มีหน่วยเป็นวัตต์ (W)

**Cooling Requirement (CR)** หมายถึง ความต้องการความเย็นในการปรับอากาศต่อหน่วยพื้นที่ หรือภาระการทำความเย็นซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำของระบบปรับอากาศ (COP) เท่ากับ 1 มีหน่วยเป็นวัตต์/ตร.ม. ( $\text{W/m}^2$ )

**Energy Consumption ( $E_c$ )** หมายถึง พลังงานไฟฟ้าสุทธิของอาคาร ซึ่งรวมพลังงานปรับอากาศ พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างและอุปกรณ์ มีหน่วยเป็นวัตต์-ชั่วโมง/ปี ( $\text{Wh/y}$ )

**Equipment Power Density (EQD)** หมายถึง กำลังไฟฟ้าที่ใช้สำหรับอุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ ต่อหน่วยพื้นที่ มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร ( $\text{W/m}^2$ )

**Light Power Density (LQD)** หมายถึง กำลังไฟฟ้าส่องสว่างที่ติดตั้งเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร ( $\text{W/m}^2$ )

**Occupant Density (OCCU)** หมายถึง ความหนาแน่นของผู้ใช้อาคารในพื้นที่ มีหน่วยเป็นคนที่ต่อตารางเมตร ( $\text{person/m}^2$ )

**Ventilation Rate (VENT)** หมายถึง อัตราการระบายอากาศต่อพื้นที่ที่มีหน่วยเป็นลิตรต่อวินาที ( $\text{l/s}$ )

**Window to Wall Ratio (WWR)** หมายถึง อัตราส่วนพื้นที่ของผนังโปร่งแสง และ/หรือของผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านที่พิจารณา

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร (Overall Thermal Transfer Value หรือ OTTV) หมายถึง ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านที่พิจารณา มีหน่วยเป็นวัตต์/ตร.ม. ( $\text{W/m}^2$ )

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (Roof Thermal Transfer Value หรือ RTTV) หมายถึง ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคารส่วนที่พิจารณา มีหน่วยเป็นวัตต์/ตร.ม. ( $\text{W/m}^2$ )

**ค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายในและภายนอกอาคาร ( $\Delta T$ )** หมายถึง ค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายในบริเวณปรับอากาศและอุณหภูมิอากาศภายนอก มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ( $^{\circ}\text{C}$ )

**ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (Temperature Different Equivalent หรือ  $TD_{eq}$ )** หมายถึง ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในอาคารซึ่งรวมถึงผลการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ของผนังที่ขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ สัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ มวลของวัสดุผนัง ทิศทางและมุมเอียงของผนัง มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส( $^{\circ}\text{C}$ )

**ปริมาณรังสีตกกระทบที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน (Effective Solar Radiation หรือ ESR)** หมายถึง รังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบผนังที่มีมุมเอียงแตกต่างกันในแต่ละทิศทาง มีหน่วยเป็นวัตต์/ตร.ม. ( $\text{W}/\text{m}^2$ )

**พลังงาน** หมายถึง ความสามารถในการทำงานซึ่งมีอยู่ในตัวของสิ่งที้อาจใช้งานได้ ได้แก่ พลังงานหมุนเวียน และพลังงานสิ้นเปลือง และให้หมายความรวมถึงสิ่งที้อาจใช้งานได้ เช่น เชื้อเพลิง ความร้อนและไฟฟ้า เป็นต้น

**สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (Solar Heat Gain Coefficient หรือ SHGC)** หมายถึง ผลรวมของค่าส่งผ่านรังสีอาทิตย์ (Solar transmittance) ค่าดูดกลืนรังสีอาทิตย์ (Solar Absorptance) ในเนื้อกระจก และค่าการแผ่รังสีความร้อนกลับเข้าสู่ภายในอาคาร

**สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (Overall Coefficient of Heat Transmission หรือ U Value)** หมายถึง อัตราการถ่ายเทความร้อนทั้ง หหมดของวัสดุ และฟิล์มอากาศ มีหน่วยเป็นวัตต์/ตร.ม.-องศาเซลเซียส ( $\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$ )

**สัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจก (Shading Coefficient หรือ SC1)** หมายถึง อัตราส่วนของรังสีอาทิตย์ที่ส่องผ่านกระจกชนิดหนึ่งๆ เมื่อเทียบกับค่าความร้อนสัมพัทธ์ที่ส่องผ่านกระจกใสหนา 3 มิลลิเมตร

**สัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด (Shading Coefficient หรือ SC2)** หมายถึง อัตราส่วนของรังสีอาทิตย์ที่ส่องผ่านอุปกรณ์บังแดดไปตกกระทบยังส่วนโปร่งแสงหรือกระจก ในการวิจัยนี้จะแทนด้วย SC

**สัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำ (Coefficient of Performance หรือ COP)** หมายถึง อัตราส่วนระหว่างขีดความสามารถทำความเย็นรวมสุทธิของระบบปรับอากาศ (หน่วยเป็นวัตต์)

กับพิกัดกำลังไฟฟ้า (หน่วยเป็นวัตต์)

**ห้องชุด** หมายถึง ส่วนของอาคารชุดที่แยกการถือกรรมสิทธิ์ออกได้เป็นส่วนเฉพาะของแต่ละบุคคล

**อนุรักษ์พลังงาน** หมายถึง ผลิตและใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและประหยัด

**อาคาร** หมายถึง อาคารตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร

**อาคารขนาดใหญ่** หมายถึง อาคารที่ก่อสร้างขึ้นเพื่อใช้อาคารหรือส่วนหนึ่งส่วนใดของอาคารเป็นที่อยู่อาศัยหรือประกอบกิจการประเภทเดียวหรือหลายประเภท โดยมีพื้นที่รวมกันทุกชั้นหรือชั้นหนึ่งชั้นใดในหลังคาเดียวกันเกิน 2,000 ตารางเมตร หรืออาคารที่มีความสูงตั้งแต่ 15.00 เมตรขึ้นไป และมีพื้นที่รวมกันทุกชั้นหรือชั้นหนึ่งชั้นใดในหลังคาเดียวกันเกิน 1,000 ตารางเมตรขึ้นไป แต่ไม่เกิน 2,000 ตารางเมตร การวัดความสูงของอาคารให้วัดจากระดับพื้นดินที่ก่อสร้างถึงยอดผนังของชั้นสูงสุด

**อาคารควบคุม** หมายถึง อาคารดังต่อไปนี้

- สถานพยาบาลตามกฎหมายว่าด้วยสถานพยาบาล
- สถานศึกษา
- สำนักงาน
- อาคารชุดตามกฎหมายว่าด้วยอาคารชุด
- อาคารชุมนุมคนตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร
- อาคารโรงมหรสพตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคาร
- อาคารโรงแรมตามกฎหมายว่าด้วยโรงแรม
- อาคารสถานบริการตามกฎหมายว่าด้วยสถานบริการ
- อาคารห้างสรรพสินค้าหรือศูนย์การค้า

**อาคารชุด** หมายถึง อาคารที่บุคคลสามารถแยกการถือกรรมสิทธิ์ออกได้เป็นส่วน ๆ โดยแต่ละส่วนประกอบด้วยกรรมสิทธิ์ในทรัพย์ส่วนบุคคลและกรรมสิทธิ์ร่วมในทรัพย์ส่วนกลาง

**อาคารอ้างอิง (Reference Building)** หมายถึง อาคารที่มีการออกแบบให้มีพื้นที่การใช้งาน ที่ตั้งทิศทางพื้นที่กรอบอาคารแต่ละด้าน และลักษณะการใช้งานเช่นเดียวกับอาคารที่จะ

ก่อสร้างหรือดัดแปลงโดยอาคารดังกล่าวนั้นต้องมีค่าของระบบกรอบอาคาร ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง และระบบปรับอากาศเป็นไปตามข้อกำหนดของแต่ละระบบ

### ภาคผนวก ข

ตารางแสดงค่าการใช้พลังงานทำความเข้าใจจากผลการจำลองอาคารอ้างอิงกับวัสดุประกอบอาคาร  
ต่างๆ เมื่อมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ 0.1 – 0.9 และหมุนอาคาร 4 ทิศทาง

ตาราง ข- 1 แสดงค่าการใช้พลังงานทำความแสดงยื่นจากผลการจำลองอาคารอ้างอิงกับวัสดุประกอบอาคารต่างๆ เมื่อมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ 0.1 – 0.9 และ  
 หมุนอาคาร 4 ทิศทาง

MATERIAL	180 degrees					90 degrees					135 degrees					45 degrees				
	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9
U7	333.4	349.9	366	381.6	626.1	376.2	396.2	415.2	433.4	451.1	355	373.2	390.7	407.7	424.5	361.6	380	397.6	415.2	431.8
U8	333.5	349.9	365.9	381.3	625.8	376.4	396.2	415	433.1	450.7	355.3	373.2	390.5	407.4	424.2	361.8	380.1	397.6	414.9	431.4
U9	333.7	350	365.6	381	625.6	376.5	396.3	414.9	432.8	450.3	355.4	373.2	390.3	407.1	423.4	362	380.1	397.5	414.7	431.1
U10	333.8	349.9	365.5	380.8	625.5	376.7	396.3	414.7	432.5	449.8	355.5	373.3	390.3	406.9	414.9	362.1	380.1	397.3	414	430.7
U11	333.2	349.9	366	381.5	626.5	376	395.9	415.2	433.6	451.4	355	373.2	390.7	407.7	424.5	361.4	380	397.9	406.1	431.9
U12	333.7	350.1	365.8	381	626.3	376.7	396	414.6	432.6	450	355.6	373.4	390.6	407.2	423.4	362.2	380.3	397.8	414.7	430.9
U13	334.4	350.3	365.9	380.9	626.6	377.3	396.3	414.6	432.3	449.4	356.3	373.8	390.7	407.1	422.9	362.9	380.8	398	414.4	430.6
U14	333.2	349.9	366	381.6	626.5	375.9	395.9	415.2	433.7	451.4	354.9	373.2	390.7	407.7	424.5	361.4	380	397.9	415.1	431.9
U15	333.8	350.1	365.8	380.9	626.3	367.6	396	414.6	432.6	450	355.6	373.3	390.6	407.2	423.3	362.2	380.3	397.4	414.7	430.9
U16	334.3	350.3	365.9	380.8	626.5	377.3	396.3	414.6	432.2	449.4	356.2	373.8	390.6	407	422.7	362.8	380.6	397.9	414.4	430.6
U17	334.2	350	365	379.8	624.7	377.3	395.8	414	431.5	448.2	361.1	373.3	389.8	405.8	421.3	362.7	380.2	397.1	413.1	428.9
U18	335.7	350.1	364.3	377.8	623.1	379	396.2	412.8	428.7	444.2	312.8	373.6	388.9	403.7	418	364.5	380.6	396.2	411.1	425.5
U19	335.2	350.5	365.5	379.9	625.7	378.2	396.5	414.1	431.1	447.5	356.7	373.9	390.2	405.9	420.9	363.7	377.9	397.4	413.3	428.8
U20	335.9	350.9	365.4	379.6	625.7	379.1	396.4	414	430.6	446.6	322	374.3	390.2	405.2	420.2	364.5	381.3	397	413.1	428.1
U21	336.6	369.3	365.5	379.3	625.5	379.4	396.9	413.7	430	445.8	358.6	374.5	390.3	404.9	419.5	365.3	381.6	397.4	412.8	427.5
U22	336.8	350.2	363.2	375.9	621.2	380.4	396.3	411.7	426.5	440.8	359	373.7	388	401.6	414.7	365.7	380.7	395.2	409	422.5
U23	336.2	350.9	365.2	379.1	625.5	379.8	397.1	413.9	430.1	445.8	358.2	374.3	390	404.8	419.4	364.8	381.3	397.1	412.4	427.3
U24	336.6	350.9	364.7	378.1	624.2	380	396.8	413.2	428.9	444.1	358.6	374.3	389.4	403.7	417.9	365.3	381.3	396.6	411.5	425.9
U25	336.7	350.9	364.7	378.1	624.2	380	396.9	413.1	428.9	444.1	358.7	374.2	389.4	403.6	417.8	365.4	381.3	396.6	411.4	425.7
U26	336.7	350.9	364.7	378.1	624.2	380.1	396.9	413	428.8	444	358.7	374.3	389.4	403.5	417.8	365.4	381.3	396.6	411.4	425.7
U27	336.7	350.9	364.7	378	624.2	380.1	396.9	413	428.8	443.9	358.8	374.3	389.4	403.5	417.8	365.5	381.4	396.6	411.4	425.6
U28	336.8	350.9	364.7	378	624.1	380.1	396.9	413	428.8	443.8	358.9	374.4	389.4	403.5	417.6	365.6	381.4	396.6	411.3	425.6
U29	337.8	351.2	351.2	376.8	623.1	381.3	397.1	410.3	427.1	441.4	359.9	374.6	388.8	402.5	415.5	366.7	381.6	396.1	410	423.5
U30	337.8	351.2	364.2	376.7	623	381.3	397.1	412.3	427	441.1	360	374.6	388.8	402.5	415.4	366.7	381.6	396	409.9	423.3

U31	337.8	351.2	364.2	376.7	622.9	381.4	397.1	412.3	426.9	441.1	360	374.6	388.8	402.3	415.2	366.8	381.6	395.9	409.9	423.2
U32	337.9	351.2	364.1	376.7	622.9	381.5	397.1	412.2	426.8	441	360.1	374.6	388.8	402.3	415.2	366.8	381.7	395.9	409.7	423.2
U33	337.9	351.2	364.1	376.6	622.8	381.6	397.1	412.1	426.8	440.8	360.1	374.6	388.6	402.2	415.1	366.9	381.7	395.9	409.7	423.1
U34	337.3	352.2	366.7	381	628.3	381.4	398	415	431.6	447.7	359.1	375.6	391.5	407.1	422.1	365.8	382.5	398.8	414.5	429.7
U35	338.1	352.3	366	379.3	626.6	381.5	398	414.2	429.7	408.7	360.1	375.5	390.6	405.3	419.4	366.8	382.6	397.9	412.6	427
U36	333.7	350.1	365.9	381.2	626.5	376.6	396	414.7	432.7	450.2	355.6	374.6	390.7	407.3	423.7	362.1	380.3	397.9	414.9	431.1
U37	334	350.3	365.9	381.2	626.7	376.9	396.2	414.6	432.7	450	355.9	373.6	390.8	407.4	423.4	362.4	380.5	398	414.7	431
U38	334	350.3	365.9	381.2	626.7	376.9	396.2	414.6	432.7	450	355.9	373.6	390.8	407.4	423.4	362.4	380.5	398	414.7	431
U39	333.4	349.9	365.9	381.4	626	376.2	396.2	406.1	433.3	450.8	355.1	373.2	390.6	407.5	423.9	361.7	380.1	397.4	414.8	431.7
U40	333.5	349.9	365.7	381.2	626	376.3	396.1	415	433.1	450.7	355.2	373.2	390.5	407.2	423.7	361.7	398.1	397.6	414.6	431.6
U41	333.6	349.9	365.8	380.9	625.9	376.4	396.1	415	433	450.4	355.4	373.2	390.4	407.1	423.5	361.8	380.1	397.6	414.5	430.9
U42	333.6	349.9	365.7	380.8	625.8	376.5	396	414.8	432.8	450.2	355.4	373.3	390.4	407	423.3	361.9	380.1	397.6	414.3	430.7
U43	333.8	349.9	365.6	380.8	625.7	376.5	396	414.8	432.7	450	355.5	373.3	390.4	406.4	423.1	362.1	380.1	397.5	414.2	430.6
U44	333.9	349.9	365.6	380.7	625.6	376.6	396	414.6	432.6	449.8	355.6	373.3	390.3	406.8	422.8	362.1	380.1	397.5	414.2	430.4
U45	340.8	349.1	355	361.7	604.3	385.7	394.2	402.3	410	417.5	363.5	371.5	379.1	386.3	393.3	370.6	378.6	386.3	393.7	400.7
U46	341.1	349.1	354.8	361.2	603.9	385.9	394.1	401.9	409.4	416.5	363.7	371.4	378.7	385.8	392.5	370.8	378.6	386.1	393.2	400
U47	340.9	348.8	356.4	363.6	607.1	385.2	394.8	403.5	411.9	420	363.5	372.1	380.3	388.3	395.9	370.5	379.3	387.7	395.7	403.4
U48	341.3	348.5	355.5	362.3	605.3	385.9	394.4	402.5	410.3	417.8	363.8	371.8	379.3	386.6	393.7	370.8	378.9	386.6	394	401.2
U49	341.2	348.9	356.3	363.4	606.8	385.7	394.7	403.4	411.6	419.5	363.7	372	380.2	387.6	395.4	370.7	379.2	387.4	395.3	402.8
U50	334	350	365.5	380.4	624.9	377	396.3	414.6	432.1	449.2	355.8	373.3	390.1	406.4	422.5	362.4	380.1	397.1	414	430
U51	334	350	365.5	380.4	624.9	377	396.3	414.6	432.1	449.1	355.9	373.3	390.1	406.5	422.4	362.5	380.1	397.1	413.9	429.9
U52	334.4	350	365.1	379.7	624.1	377.5	396.4	414.1	431.2	447.8	356.3	373.3	389.6	405.6	421.1	362.9	380.2	396.8	413.1	428.7
U53	341.3	350	364.7	378.8	623.3	378	396.4	413.7	430.4	446.5	356.8	373.3	389.2	404.8	419.8	363.4	380.2	396.4	415	427.5
U54	333.1	349.9	366.3	382	626.6	375.9	396.2	415.4	433.9	451.9	354.9	373.2	390.9	408.3	425.1	361.3	380	398.3	415.6	432.5
U55	333.1	349.9	366.1	381.9	626.5	375.9	396.2	415.3	433.8	451.7	354.9	373.2	390.9	408.3	425	361.3	380	398.2	415.5	432.4
U56	333.1	349.9	366.3	382	626.7	376.4	396.3	415.1	433.3	450.8	355.3	373.2	390.7	407.7	424.1	361.7	380.1	397.9	415	431.5
U57	333.9	350	365.6	380.7	625.2	376.8	396.3	414.8	432.5	449.6	355.7	373.3	390.3	407.4	423	362.2	380.1	397.6	414.2	430.4
U58	334.7	350	365	379.4	623.8	377.7	396.4	414	430.5	420.2	356.5	373.3	389.5	405.2	420.6	363.1	380.2	396.5	412.8	428.2
U59	335.9	349.9	363.3	376.2	620.7	379.6	396.3	412.2	427.4	442	358.2	373.3	387.9	401.9	415.5	364.8	380.3	395.1	409.3	423.1
U60	337.1	349.9	362.1	373.8	617.6	381.2	396.3	410.6	424.4	437.6	359.4	373.2	386.5	398.8	411.8	366.1	380.2	393.8	406.7	419.2



U61	337.8	349.8	361.2	372.1	615.6	381.9	396.2	409.6	422.4	434.7	360	373	385.3	397.3	409	366.9	380.1	392.9	404.8	416.5
U62	338.3	349.5	360.2	370.5	613.8	382.7	396	408.6	420.6	432.2	360.7	372.7	384.4	395.7	406.5	367.5	379.8	391.9	403.1	414.1
U63	339.1	349.1	358.7	367.8	610.6	383.7	395.6	406.8	417.5	427.8	361.6	372.3	382.7	392.8	402.3	368.4	379.5	389.9	400.3	410
U64	340.2	348.5	356.2	363.6	605.7	385	394.8	404	412.7	421.1	362.7	371.6	380.1	388.1	395.9	369.7	378.7	387.4	395.5	403.4
U65	335.8	350	363.6	376.8	621.6	379.3	396.9	412.6	428	442.9	357.8	373.4	388.2	402.4	416.5	364.5	380.3	395.4	409.8	423.8
U66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
U67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
U68	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
U69	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
U70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
U71	341.9	346.2	350.1	353.9	593.8	387.6	342.6	397.2	401.6	405.8	364.7	369.3	373.6	377.6	381.5	371.9	376.6	381	385.3	389.3
U72	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	364.8	369.1	373.2	377	380.6	0	0	0	0	0
U73	342	346.1	349.7	353.2	592.9	387.8	392.4	396.8	400.8	404.7	364.9	369	372.8	376.8	380	372	376.4	380.5	384.6	388.3
U74	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
U75	342.1	345.9	349.4	352.8	592.4	387.8	392.2	396.4	400.3	404.1	364.9	369	372.8	376.5	380	372.2	376.3	380.2	383.8	387.6
U76	341.1	347.4	353.2	358.8	599.8	386.5	393.8	400.7	407.2	413.5	363.8	370.5	376.9	383	388.9	370.9	377.7	384.2	390.6	396.5
U77	342.1	345.9	349.4	352.8	592.4	387.8	392.2	396.4	400.3	404	364.9	369	372.8	376.5	380	372.2	376.3	380.2	383.8	387.6
U78	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
U79	342.5	345	347.2	349.4	588.3	388.4	391.3	394	396.5	399	365.5	368.6	370.5	372.9	375.2	372.7	375.4	377.9	380.3	382.8
U80	342.8	344.5	346	347.5	586	388.7	390.8	392.6	394.4	396.1	365.6	367.5	369.2	370.9	372.5	373	374.9	376.6	378.3	379.8
U81	342.9	344.2	345.4	346.5	584.7	388.9	390.5	391.9	393.2	394.5	365.7	367.2	368.6	369.8	371	373.1	374.6	375.9	377.2	378.4
U82	341.9	346.3	350.3	354.1	594	387.5	392.6	397.3	401.8	406	364.9	369.4	373.7	377.9	381.8	371.9	376.7	380.8	385.6	389.6
U83	342.5	345	347.2	349.3	588.2	388.4	391.3	394	396.5	398.8	365.5	368	370.5	372.8	375.1	372.7	375.4	377.9	380.3	382.5
U84	342.9	344.4	345.7	347	585.1	388.8	390.5	392.2	393.6	395	365.7	367.3	368.8	370.2	371.5	373.1	374.7	376.2	377.6	378.9
U85	343	344.3	345.4	346.6	584.6	388.9	390.4	391.8	393.2	394.4	365.8	367.2	368.6	369.7	371	373.2	374.6	375.9	377.2	378.3
U86	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
U87	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
U88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
U89	342.1	345.7	349.2	352.5	592	387.9	392.2	396.1	399.9	403.5	365	368.9	372.6	376.1	378.7	372.2	376.2	380	383.7	387.1
U90	342.4	345.2	347.8	350.6	589.5	388.3	391.6	394.8	397.7	400.6	365.2	368.3	371.3	374	376.6	372.5	375.7	378.7	381.5	384.8

U91	342.5	344.9	347	349.1	588.1	388.4	391.3	393.9	396.3	398.6	365.5	368	370.4	372.7	374.8	372.7	375.4	377.8	380.1	382.3
U92	342.6	344.7	346.5	348.3	587	388.7	391	393.2	395.3	397.3	365.6	368.8	369.7	371.7	373.6	372.8	375.1	377.2	379.2	381
U93	342.8	344.5	346.1	347.7	586.1	388.7	390.8	392.7	394.5	396.2	365.6	367.5	369.3	371	372.6	372.9	374.9	376.7	378.4	380.1
U94	342.2	344.3	345.7	347.2	585.5	388.8	390.6	392.3	393.9	395.4	365.7	367.4	369	369.5	371.9	373.1	374.7	376.3	377.9	379.3
U95	342.9	344.3	345.6	346.7	585	388.9	390.5	392	393.5	394.8	365.7	367.3	368.7	370	371.3	373.1	374.6	376	377.5	378.7
U96	343	344.2	345.3	346.5	584.5	388.9	390.4	391.8	393.1	394.3	365.8	367.1	368.4	369.6	370.8	373.2	374.5	375.8	377.1	378.2
U97	343	344.1	345.2	346.2	584.5	388.9	390.4	391.5	392.7	394.3	365.8	367.1	368.3	369.3	370.8	373.2	374.5	375.6	376.8	378.2
U98	343	344	345	346	583.9	389.1	390.2	391.3	392.4	393.5	365.9	367	368.1	369.1	370.1	373.2	374.4	375.5	376.5	377.5
U99	343	344	344.9	345.8	583.7	389.1	390.2	391.3	392.3	393.2	365.9	367	367.9	368.9	369.7	373.2	374.3	375.4	376.3	377.2
U100	343	343.9	344.8	345.6	583.8	389.1	390.1	391.1	392	393.5	366	366.9	367.8	368.7	370.1	373.3	374.2	375.2	376	377.5
U101	343.1	343.9	344.7	345.4	583.3	389.1	390.1	391	391.9	392.7	366	366.9	367.8	368.6	369.3	373.3	374.2	375.1	375.9	376.7
U102	343.1	343.9	344.6	345.3	583.1	389.1	390.1	390.9	391.8	392.5	366	366.9	367.6	368.4	369.1	373.3	374.2	375	375.8	376.5
U103	343.1	343.9	344.5	345.2	583.2	389.1	390	390.9	391.6	392.7	366	366.8	367.5	368.3	369.3	373.3	374.2	375	375.6	376.7
U104	343.1	343.8	344.5	345.1	582.9	389.1	390.1	391	391.9	392.7	366	366.7	367.5	368.2	368.8	373.3	374.1	374.9	375.5	376.2
U105	343.1	343.8	344.4	345	582.7	389.2	390	390.6	391.4	392	366	366.7	367.4	368	368.7	373.3	374.1	374.7	375.5	376
U106	343.1	343.8	344.4	344.9	582.8	389.2	389.9	390.6	391.3	392.2	366	366.7	367.4	368	368.8	373.3	374.1	374.7	375.4	376.2
U107	343.1	343.8	344.3	344.9	582.5	389.2	389.8	390.6	391.1	391.8	366	366.6	367.3	367.9	368.4	373.3	374.1	374.7	375.3	375.9
U108	343.1	343.7	344.3	344.8	582.4	389.2	389.8	390.5	391.1	391.6	366	366.6	367.3	367.8	368.4	373.4	374.1	374.6	375.2	375.8
U109	343.1	343.6	344.1	344.7	582.5	389.2	389.8	390.5	391	391.8	366.1	366.6	367.1	367.7	368.4	373.4	374	374.6	375.1	375.9
U110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
U111	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
U112	342	346.2	350	353.7	310.4	387.7	392.5	397	401.3	0	364.8	369.2	373.4	377.4	0	372	376.6	380.8	385.1	0
U113	342.4	345.3	348.1	350.8	589.9	388.2	391.7	394.9	398.1	401	365.2	368.4	371.4	374.3	377.1	372.5	375.8	378.9	381.8	384.8
U114	342.5	344.8	347	349.1	587.9	388.4	391.2	393.8	396.2	398.5	365.5	367.9	370.4	372.6	374.7	372.8	375.3	377.7	380	382.1
U115	342.7	344.6	346.4	348.1	589.3	388.7	390.9	393	394.9	401	365.6	367.7	369.6	371.4	377.1	372.9	375	377	378.9	384.8
U116	342.9	344.4	346	347.4	585.7	388.8	390.6	392.4	394.1	395.7	365.7	367.4	369.1	370.6	372.2	373.1	374.8	376.4	378	379.5
U117	342.9	344.3	345.6	346.8	585	388.9	390.5	392	393.5	394.9	365.7	367.3	368.7	370	371.3	373.1	374.6	376	377.5	378.7
U118	343	344.2	345.3	346.5	585.5	388.9	390.4	391.7	393	395.7	365.8	367.1	368.4	369.6	372.2	373.2	374.5	375.8	376.9	379.5
U119	0	344.1	345.2	346.1	584	388.9	390.2	391.5	392.6	393.7	365.8	367	368.2	369.2	370.2	373.2	374.5	375.5	376.7	377.7
U120	343	344	344.9	345.8	583.8	389	390.2	391.3	392.3	393.2	365.9	367	368	368.9	369.8	373.2	374.3	375.4	376.3	377.3

U121	343.1	344	344.8	345.6	583.9	389.1	390.1	391.1	392	393.7	366	366.9	367.8	368.7	370.2	373.3	374.2	375.2	376.1	377.7
U122	343.1	343.9	344.7	345.4	583.2	389.1	390.1	391	391.8	392.7	366	366.9	367.7	368.5	369.3	373.3	374.2	375.1	375.9	376.7
U123	343.1	343.9	344.5	345.3	583	389.1	390	390.9	391.6	392.4	366	366.8	367.6	368.3	369.1	373.3	374.2	375	375.8	376.4
U124	343.1	343.9	344.5	345.2	583.1	389.2	390	390.7	391.5	392.7	366	366.7	367.5	368.2	369.3	373.3	374.1	374.9	375.6	376.7
U125	343.1	343.8	344.4	345	582.7	389.2	389.9	390.6	391.4	392	366	366.7	367.4	368	368.7	373.3	374.1	374.8	375.5	376.1
U126	343.1	343.8	344.4	344.9	582.6	389.2	389.9	390.6	391.2	391.9	366	366.7	367.4	367.9	368.5	373.3	374.1	374.7	375.4	375.9
U127	343.1	343.7	344.3	344.8	582.6	389.2	389.8	390.5	391.1	392	366	366.6	367.3	367.9	368.7	373.4	374.1	374.6	375.2	376.1
U128	343.1	343.7	344.3	344.8	582.3	389.2	389.8	390.5	391	391.6	366.1	366.6	367.2	367.8	368.3	373.4	374.1	374.6	375.1	375.6
U129	343.1	343.7	344.1	344.6	582.3	389.2	389.8	390.4	391	391.5	366.1	366.6	367.1	367.6	368.2	373.4	374	374.6	375.1	375.6
U130	343.1	343.6	344.1	344.6	582.3	389.2	389.8	390.3	390.8	391.6	366.1	366.6	367.1	367.6	368.3	373.4	374	374.5	375	375.6
U131	343.1	343.6	344.1	344.5	582.1	389.2	389.8	390.3	390.7	391.2	366.1	366.6	367	367.5	367.9	373.4	373.9	374.5	374.9	375.4
U132	343.2	343.6	344	344.4	581.9	389.2	389.7	390.2	390.7	391.1	366.1	366.6	367	367.5	367.9	373.4	373.9	374.3	374.8	375.2
U133	343.2	343.6	344	344.4	582	389.2	389.7	390.2	390.6	391.2	366.1	366.5	367	367.4	367.9	373.4	373.9	374.3	374.7	375.4
U134	342.4	345.2	347.9	290.7	589.8	388.2	391.7	394.8	397.8	400.8	365.2	368.4	371.3	374.1	376.8	372.5	375.8	378.8	381.6	384.3
U135	342.6	344.8	552.2	348.5	587.7	388.5	391.2	393.6	396	398.3	365.5	367.9	370.2	372.4	374.5	372.8	375.3	377.6	379.8	382
U136	0	0	0	0	309.2	388.7	390.9	392.8	394.8	400.8	365.6	367.6	369.5	371.3	376.8	372.9	375	376.94	378.7	384.3
U137	342.9	344.4	345.8	347.2	585.6	388.8	390.6	392.2	394	395.5	365.7	367.4	369	370.5	371.9	373.1	374.7	376.4	378	379.4
U138	343	344.3	345.6	346.7	584.9	388.9	390.5	391.9	393.3	394.7	365.8	367.3	368.7	369	371.1	373.1	374.6	376	377	378.6
U139	343	344.1	345.3	346.3	595.4	388.9	400.3	390.6	392.8	395.5	365.8	367.1	368.3	369.5	371.9	373.2	374.5	375.8	376.9	379.4
U140	343	344	345	346.1	584	389	390.2	391.4	392.5	393.6	365.8	367	368.2	369.2	370.1	373.2	374.4	375.5	376.5	377.6
U141	343	344	344.9	345.8	583.7	389	390.2	391.2	392.2	393.2	366	367	367.9	368.8	369.7	373.3	374.3	375.4	376.3	377.2
U142	343.1	344	345.2	345.6	583.9	389.1	390.1	391	391.9	393.6	366	366.9	367.8	368.7	370.1	373.3	374.2	375.1	376	377.6
U143	343.1	343.9	344.7	345.4	583.2	389.1	390.1	390.9	391.8	392.5	366	366.9	367.6	368.4	369.2	373.3	374.2	375	375.9	376.6
U144	343.1	343.9	344.5	345.2	582.9	389.2	390	390.8	391.6	392.3	366	366.7	367.5	368.3	368.9	373.3	374.2	375	375.6	376.4
U145	343.1	343.9	344.5	345	583.1	389.2	389.9	390.7	391.4	392.5	366	366.7	367.5	368.1	369.2	373.3	374.1	374.8	375.5	376.6
U146	343.1	343.8	344.4	345	582.7	389.2	389.9	390.6	391.2	391.9	366	366.7	367.4	368	369.2	373.3	374.1	374.7	375.4	376
U147	343.1	343.7	344.4	344.9	582.6	389.2	389.9	390.6	391.2	391.8	366	366.7	367.4	367.9	369.1	373.4	374.1	374.7	374.2	375.9
U148	343.1	343.7	344.3	344.8	582.6	389.2	389.8	390.5	391.1	391.9	366	366.6	367.2	367.9	368.7	373.4	374.1	374.6	375.2	376
U149	343.1	343.7	344.2	344.8	582.3	389.2	389.8	390.4	391	391.5	366.1	366.6	367.2	367.7	368.3	373.4	374	374.6	375.1	375.6
U150	343.1	343.7	344.1	344.6	582.2	389.2	389.8	390.3	390.8	391.4	366.1	366.6	367.1	367.6	368.1	373.4	373.9	374.5	375	375.5

U151	343.1	343.6	344.1	344.5	582.3	389.2	389.8	389.8	390.8	391.5	366.1	366.6	367.1	367.6	368.3	373.4	373.9	374.5	375	375.6
U152	343.2	343.6	344.1	344.5	582.1	389.2	389.8	390.3	390.7	391.2	366.1	366.6	367	367.5	367.9	373.4	373.9	374.4	374.8	375.3
U153	343.2	343.6	344	344.5	582	389.2	389.7	390.2	390.7	391.1	366.1	366.6	367	367.5	367.9	373.4	373.9	374.3	374.8	375.2
U154	343.2	343.6	344	344.4	582	389.2	389.7	390.2	390.6	391.2	366.1	366.5	367	367.4	367.9	373.4	373.9	374.3	374.7	375.3
U155	342	346.2	349.9	353.4	593.3	387.7	392.5	396.9	401.1	405.1	364.8	369.2	373.3	377.2	381	372	376.4	380.7	384.6	388.7
U156	341.8	345.6	348.9	351.9	591.2	388	391.9	395.7	399.2	402.6	365.1	368.7	372.2	375.4	378.5	372.3	376	379.5	382.9	386
U157	342.5	345.2	348.1	350.7	592.7	388.3	391.7	394.8	397.6	405.1	365.2	368.4	371.4	374.1	381	372.5	375.8	378.7	381.6	388.7
U158	342.6	345.1	347.5	349.7	588.7	388.4	391.4	394.1	396.8	399.3	365.3	368.2	370.7	373.2	375.5	372.7	375.5	378.1	380.6	383
U159	342.7	344.9	347	349	587.8	388.5	391.1	393.6	396	398.3	365.5	367.9	370.2	372.4	374.5	372.8	375.3	377.6	379.8	382
U160	342.7	344.8	346.7	348.5	588.4	388.5	391	393.2	395.3	399.3	365.6	367.8	369.8	371.8	375.5	372.9	375.1	377.2	379.2	383
U161	342.8	547.2	345.9	347.6	586.5	388.7	390.9	392.8	394.8	396.6	365.6	367.6	369.6	371.3	373	372.9	375	376.9	378.7	380.4
U162	342.8	344.5	346.1	347.6	586	388.8	390.7	394.6	394.4	396	365.7	367.5	369.2	370.9	372.4	373	374.9	376.7	378.2	379.9
U163	342.9	344.4	345.9	347.3	586.3	388.8	390.6	392.3	394	396.6	365.7	367.4	369	370.5	373	373	374.7	376.4	377.9	380.4
U164	341.7	346.6	351	355.3	595.6	387.3	393	398.2	403.2	408	364.4	369.7	374.5	379.2	383.6	371.7	377	381.9	386.9	391.4
U165	342.4	345.2	347.7	350.3	589.3	388.3	391.5	394.6	397.4	400.2	365.3	368.3	371.1	373.7	376.3	372.6	373.6	378.5	381.2	383.8
U166	342.7	344.7	346.5	348.2	594	388.7	390.9	393.1	395.2	408	465.6	367.7	369.6	371.5	383.6	372.9	375	377.1	378.9	391.4
U167	343.1	344.4	345.7	347.1	549.6	980.1	344.4	345.7	347.1	347.1	365.7	367.4	368.8	370.2	371.7	373.1	374.7	376.3	377.7	379.1
U168	343	344.1	345.3	346	584.4	0	390.3	391.6	392.9	394.1	365.8	367.1	368.4	369.5	370.6	373.2	374.5	375.8	376.9	378.1
U169	343	344	345	345.8	583	389	390.2	391.3	392.3	395.2	365.9	367	368	368.9	371.7	373.2	374.3	375.4	376.6	379.1
U170	343.1	343.9	344.8	345.5	583.4	389.1	390.1	401	391.9	392.8	366	366.9	367.8	368.7	369.4	373.3	374.2	375.1	376	376.8
U171	343.1	343.9	344.5	345.3	583	389.2	390	390.8	391.6	392.4	366	366.9	367.6	368.3	369	373.3	374.2	375	375.7	376.4
U172	343.1	343.8	344.4	345	583.3	389.2	389.9	390.7	391.4	392.8	366	366.7	367.4	367.1	369.4	373.3	374.1	374.8	375.5	376.8
U173	343.1	343.7	344.4	344.9	582.6	389.2	389.9	390.6	391.2	391.8	366	366.7	367.6	367.9	368.5	373.4	374.1	374.7	375.3	375.9
U174	343.1	343.7	344.3	344.8	582.4	389.2	389.8	390.4	390	391.6	366.1	366.6	367.2	367.8	368.3	373.4	374.1	374.6	375.1	375.6
U175	343.1	343.7	344.1	344.6	582.5	389.2	389.8	390.3	390.8	391.8	366.1	366.6	367.1	367.6	368.5	373.4	373.9	374.5	375	375.9
U176	341.4	346.8	351.8	356.4	596.9	386.9	393.2	399	404.5	409.7	364.2	370	375.3	380.4	385.2	371.3	377.2	382.7	387	393
U177	342.4	345.3	348.4	351.1	590.3	388.2	391.8	395.1	398.3	401.3	365.2	368.5	371.6	374.5	377.4	372.4	375.8	379	382	384.8
U178	342.7	344.8	346.8	348.8	595.3	388.5	391.1	393.5	395.7	409.7	365.6	367.9	370.1	372.1	385.2	372.8	375.2	377.4	379.5	393
U179	312.8	344.5	346.1	347.5	585.9	388.8	390.7	392.5	394.2	395.8	365.7	367.5	369.2	370.7	372.3	373	374.8	376.5	378.2	379.6
U180	343	344.3	345.5	346.7	584.9	388.9	390.5	391.9	393.3	394.6	365.8	367.2	368.7	369.9	371.1	373.2	374.6	376	377.3	378.6

U181	343	344.1	345.2	346.2	585.6	388.9	390.3	391.5	392.7	395.8	365.8	367.1	368.3	369.3	372.3	373.2	374.5	375.6	376.8	379.6
U182	343.1	344	344.9	345.8	583.8	389	390.2	391.2	392.2	393.2	365.9	367	368	368.9	369.8	373.3	374.3	375.8	376.3	377.3
U183	343.1	344	344.8	345.5	583.4	389	390.1	391	391.9	392.8	365.9	366.9	367.7	368.6	369.4	373.3	374.2	375.1	376	376.8
U184	343.1	343.9	344.6	345.3	583.7	389.1	390	390.8	391.6	393.2	365.9	366.8	367.6	368.4	369.8	373.3	374.2	375	375.7	377.3
U185	343.1	343.8	344.5	345.1	582.8	389.1	389.9	390.7	391.3	392.1	365.9	366.7	367.8	368.1	368.8	373.3	373.8	374.8	376	376.1
U186	343.1	343.7	344.4	344.9	582.7	389.1	389.9	390.6	391.2	391.8	366	366.7	367.3	368	368.5	373.4	374.1	374.7	375.3	376
U187	343.1	343.7	344.2	344.8	582.4	389.1	389.8	390.4	391.1	391.6	366.1	366.6	367.2	367.8	368.4	370.4	374	374.6	375.2	375.7
U188	333.5	349.9	365.9	381.4	625.9	376.4	396.3	415.1	433.2	450.6	355.3	373.2	390.8	407.7	424	361.9	380.1	397.9	414.9	431.3
U189	335.1	350.1	364.5	378.5	622.8	378.4	396.4	413.4	429.8	445.6	357	373.3	389	404.3	419.1	363.6	380.2	396.1	411.8	426.8
U190	334.3	349.9	362.8	375.5	619.6	377.2	396.4	411.7	426.4	440.6	356.1	373.2	387.4	401	414.2	365.7	380.3	394.6	408.4	421.7
U191	336.9	349.9	362.2	374.3	618.6	398.7	1137.3	411.1	425.1	438.7	359.1	373.2	386.8	399.8	412.5	365.8	380.2	394	398.2	420
U192	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
U193	335.2	350	364.4	378.2	622.6	378.7	396.6	413.3	429.6	445.2	357.2	373.3	289	404.2	418.9	363.9	380.3	396.3	411.6	426.3
U194	336.5	350	363	375.6	619.5	380.1	396.4	411.8	426.5	440.6	358.5	373.3	387.4	401.1	414.5	365.3	380.2	394.8	408.6	422
U195	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	360.8	379.9	398.6	416.4	433.8
U196	332.6	349.8	366.6	382.7	627.3	375.3	396.1	415.8	434.8	453.2	354.3	373.1	391.4	409.3	426.4	361.4	380.3	398.4	415.9	432.8
U197	333	350.1	366.3	382.1	627.6	375.8	395.9	415.2	433.9	452.1	355	373.3	391.2	408.5	425.3	0	0	0	0	0

### ภาคผนวก ค

ตารางแสดงค่า SPACE COOL และ VENT FAN จากผลการจำลองอาคารอ้างอิงกับวัสดุประกอบ  
อาคารต่างๆ เมื่อมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ 0.1 – 0.9 หมุนอาคาร 180 องศา

ตาราง ค- 1 ตารางแสดงค่า SPACE COOL และ VENT FAN จากผลการจำลองอาคารอ้างอิงกับวัสดุประกอบอาคารต่างๆ เมื่อมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ 0.1 – 0.9 ผนังก่ออาคาร 180 องศา

180	0.1		0.3		0.5		0.7		0.9	
	SPACE COOL	VENT FANS	SPACE COOL	VENT FANS	SPACE COOL	VENT FANS	SPACE COOL	VENT FANS	SPACE COOL	VENT FANS
U7	264.8	68.6	277.4	72.5	289.6	76.4	301.5	80.1	313	83.6
U8	264.9	68.6	277.4	72.5	289.6	76.3	301.3	80	312.7	83.4
U9	265	68.7	277.5	72.5	289.5	76.1	301.1	79.9	312.4	83.3
U10	265.1	68.7	277.5	72.4	289.4	76.1	300.9	79.9	312.3	83.3
U11	264.7	68.5	277.5	72.4	289.8	76.2	301.7	79.8	313.3	83.5
U12	265.3	68.4	277.8	72.3	289.9	75.9	301.6	79.4	312.9	82.9
U13	265.9	68.5	278.2	72.1	290.1	75.8	301.7	79.2	312.9	82.6
U14	264.7	68.5	277.5	72.4	289.8	76.2	301.8	79.8	313.3	83.5
U15	265.3	68.5	277.8	72.3	289.9	75.9	301.5	79.4	312.9	82.9
U16	265.8	68.5	278.2	72.1	290.1	75.8	301.6	79.2	312.8	82.6
U17	265.7	68.5	277.6	72.4	289.2	75.8	300.4	79.4	311.3	82.6
U18	266.9	68.8	278.1	72	288.9	75.4	299.3	78.5	309.4	81.6
U19	266.5	68.7	278.4	72.1	289.9	75.6	301	78.9	311.8	82.1
U20	267.1	68.8	278.8	72.1	290	75.4	301	78.6	311.5	81.9
U21	267.6	69	297.1	72.2	290.1	75.4	300.8	78.5	311.2	81.5
U22	267.8	69	278.2	72	288.3	74.9	298.1	77.8	307.4	80.8
U23	267.3	68.9	278.8	72.1	289.9	75.3	300.6	78.5	311	81.5
U24	267.6	69	278.8	72.1	289.5	75.2	299.9	78.2	310	81.2
U25	267.7	69	278.8	72.1	289.5	75.2	299.9	78.2	309.9	81.2
U26	267.7	69	278.8	72.1	289.5	75.2	299.9	78.2	309.9	81.2
U27	267.7	69	278.8	72.1	289.5	75.2	299.8	78.2	309.9	81.1
U28	267.8	69	278.8	72.1	289.5	75.2	299.8	78.2	309.8	81.1
U29	268.6	69.2	279.1	72.1	279.1	72.1	299	77.8	308.5	80.6
U30	268.6	69.2	279.1	72.1	289.2	75	298.9	77.8	308.4	80.5
U31	268.6	69.2	279.1	72.1	289.2	75	298.9	77.8	308.3	80.5
U32	268.7	69.2	279.1	72.1	289.1	75	298.9	77.8	308.3	80.5
U33	268.7	69.2	279.1	72.1	289.1	75	298.8	77.8	308.2	80.5
U34	268.1	69.2	279.8	72.4	291.2	75.5	302.3	78.7	313	81.7
U35	268.8	69.3	279.8	72.5	290.6	75.4	301.1	78.2	311.2	81.1
U36	265.3	68.4	277.8	72.3	290	75.9	301.7	79.5	313.1	82.9
U37	265.6	68.4	278	72.3	290.1	75.8	301.8	79.4	313.1	82.8
U38	265.6	68.4	278	72.3	290.1	75.8	301.8	79.4	313.1	82.8
U39	264.8	68.6	277.5	72.4	289.7	76.2	301.4	80	312.9	83.5
U40	264.9	68.6	277.5	72.4	289.6	76.1	301.3	79.9	312.8	83.4
U41	265	68.6	277.5	72.4	289.6	76.2	301.3	79.6	312.7	83.3
U42	265	68.6	277.5	72.4	289.6	76.1	301.2	79.6	312.5	83.3
U43	265.1	68.7	277.5	72.4	289.5	76.1	301.2	79.6	312.4	83.2
U44	265.2	68.7	277.6	72.3	289.5	76.1	301.1	79.6	312.3	83
U45	270.9	69.9	277.6	71.5	282	73	287.2	74.5	292.1	76
U46	271.1	70	277.6	71.5	281.9	72.9	286.9	74.3	291.7	75.7
U47	271	69.9	277.2	71.6	283.1	73.3	288.8	74.8	294.3	76.4
U48	271.2	70.1	277	71.5	282.4	73.1	287.7	74.6	292.7	76
U49	271.1	70.1	277.2	71.7	283	73.3	288.6	74.8	294	76.3
U50	265.3	68.7	277.5	72.5	289.3	76.2	300.6	79.8	311.7	83.1
U51	265.3	68.7	277.5	72.5	289.2	76.3	300.6	79.8	311.7	83.2
U52	265.6	68.8	277.5	72.5	289	76.1	300.1	79.6	310.8	82.9
U53	271.2	70.1	277.6	72.4	288.8	75.9	299.5	79.3	310	82.6
U54	264.6	68.5	277.4	72.5	289.8	76.5	301.8	80.2	313.5	83.7
U55	264.6	68.5	277.4	72.5	289.7	76.4	301.7	80.2	313.4	83.7
U56	264.6	68.5	277.4	72.5	289.8	76.5	301.8	80.2	313.5	83.7
U57	265.2	68.7	277.5	72.5	289.3	76.3	300.8	79.9	312	83.3
U58	265.8	68.9	277.5	72.5	289.9	76.1	299.9	79.5	310.5	82.8
U59	267	68.9	277.6	72.3	287.9	75.4	297.8	78.4	307.3	81.5
U60	267.7	69.4	277.4	72.5	286.7	75.4	295.6	78.2	304.3	80.9

U61	268.2	69.6	277.3	72.5	286	75.2	294.3	77.8	302.4	80.3
U62	268.6	69.7	277.2	72.3	285.3	74.9	293.1	77.4	300.7	79.8
U63	269.2	69.9	276.9	72.2	284.1	74.6	291.1	76.7	297.8	78.9
U64	270.1	70.1	276.4	72.1	282.3	73.9	288	75.6	293.5	77.3
U65	266.7	69.1	277.6	72.4	288	75.6	298	78.8	307.8	81.8
U66	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U71	271.4	70.5	274.6	71.6	277.6	72.5	280.5	73.4	283.3	74.3
U72	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U73	271.5	70.5	274.5	71.6	277.3	72.4	280	73.2	282.6	74
U74	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U75	271.6	70.5	274.5	71.4	277.1	72.3	279.7	73.1	282.2	73.9
U76	270.8	70.3	275.5	71.9	280	73.2	284.3	74.5	288.4	75.9
U77	271.6	70.5	274.5	71.4	277.1	72.3	279.7	73.1	282.2	73.9
U78	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U79	271.9	70.6	273.8	71.2	275.5	71.7	277.2	72.2	278.8	72.6
U80	272.1	70.7	273.4	71.1	274.6	71.4	275.8	71.7	276.9	72.1
U81	272.2	70.7	273.2	71	274.1	71.3	275	71.5	275.8	71.8
U82	271.4	70.5	274.7	71.6	277.8	72.5	280.7	73.4	283.5	74.3
U83	271.9	70.6	273.8	71.2	275.5	71.7	277.2	72.1	278.7	72.8
U84	272.1	70.8	273.3	71.1	274.3	71.4	275.3	71.7	276.2	72
U85	272.2	70.8	273.2	71.1	274.1	71.3	275	71.6	275.8	71.8
U86	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U87	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U88	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U89	271.6	70.5	274.4	71.3	276.9	72.3	279.4	73.1	281.8	73.8
U90	271.8	70.6	274	71.2	276	71.8	278	72.6	279.8	73.1
U91	271.9	70.6	273.7	71.2	275.4	71.6	277	72.1	278.6	72.6
U92	272	70.6	273.6	71.1	275	71.5	276.4	71.9	277.7	72.3
U93	272.1	70.7	273.4	71.1	274.7	71.4	275.9	71.8	277	72.1
U94	272.1	70.1	273.3	71	274.4	71.3	275.5	71.7	276.5	71.9
U95	272.1	70.8	273.2	71.1	274.2	71.4	275.1	71.6	276.1	71.9
U96	272.2	70.8	273.1	71.1	274	71.3	274.9	71.6	275.7	71.8
U97	272.2	70.8	273.1	71	273.9	71.3	274.7	71.5	275.7	71.8
U98	272.2	70.8	273	71	273.8	71.2	274.5	71.5	275.2	71.7
U99	272.2	70.8	273	71	273.7	71.2	274.4	71.4	275	71.6
U100	272.2	70.8	272.9	71	273.6	71.2	274.2	71.4	275.2	71.7
U101	272.3	70.8	272.9	71	273.5	71.2	274.1	71.3	274.7	71.5
U102	272.3	70.8	272.9	71	273.5	71.1	274	71.3	274.5	71.5
U103	272.3	70.8	272.9	71	273.4	71.1	273.9	71.3	274.7	71.5
U104	272.3	70.8	272.8	71	273.4	71.1	273.8	71.3	274.3	71.4
U105	272.3	70.8	272.8	71	273.3	71.1	273.8	71.2	274.2	71.4
U106	272.3	70.8	272.8	71	273.3	71.1	273.7	71.2	274.3	71.4
U107	272.3	70.8	272.8	71	273.2	71.1	273.7	71.2	274.1	71.3
U108	272.3	70.8	272.8	70.9	273.2	71.1	273.6	71.2	274	71.3
U109	272.3	70.8	272.7	70.9	273.1	71	273.5	71.2	274.1	71.3
U110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U111	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U112	271.5	70.5	274.6	71.6	277.5	72.5	280.4	73.3	-	-
U113	271.8	70.6	274.1	71.2	276.2	71.9	278.2	72.6	280.1	73.2
U114	271.9	70.6	273.7	71.1	275.4	71.6	277	72.1	278.5	72.7
U115	272	70.7	273.5	71.1	274.9	71.5	276.2	71.9	280.1	73.2
U116	272.1	70.8	273.3	71.1	274.5	71.5	275.6	71.8	276.7	72.1
U117	272.1	70.8	273.2	71.1	274.2	71.4	275.2	71.6	276.1	71.9



U118	272.2	70.8	273.1	71.1	274	71.3	274.9	71.6	276.7	72.1
U119	-	-	273.1	71	273.9	71.3	274.6	71.5	275.3	71.7
U120	272.2	70.8	273	71	273.7	71.2	274.4	71.4	275.1	71.6
U121	272.3	70.8	273	71	273.6	71.2	274.2	71.4	275.3	71.7
U122	272.3	70.8	272.9	71	273.5	71.2	274.1	71.3	274.6	71.5
U123	272.3	70.8	272.9	71	273.4	71.1	274	71.3	274.5	71.4
U124	272.3	70.8	272.9	71	273.4	71.1	273.9	71.3	274.6	71.5
U125	272.3	70.8	272.8	71	273.3	71.1	273.8	71.2	274.2	71.4
U126	272.3	70.8	272.8	71	273.3	71.1	273.7	71.2	274.1	71.3
U127	272.3	70.8	272.8	70.9	273.2	71.1	273.6	71.2	274.2	71.4
U128	272.3	70.8	272.8	70.9	273.2	71.1	273.6	71.2	273.9	71.3
U129	272.3	70.8	272.8	70.9	273.1	71	273.5	71.1	273.9	71.2
U130	272.3	70.8	272.7	70.9	273.1	71	273.5	71.1	273.9	71.3
U131	272.3	70.8	272.7	70.9	273.1	71	273.4	71.1	273.7	71.2
U132	272.4	70.8	272.7	70.9	273	71	273.3	71.1	273.6	71.2
U133	272.4	70.8	272.7	70.9	273	71	273.3	71.1	273.7	71.2
U134	271.8	70.6	274	71.2	276.1	71.8	218.1	72.6	280	73.2
U135	272	70.6	273.7	71.1	275.3	276.9	71.6	276.9	278.3	72.7
U136	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U137	272.1	70.8	273.3	71.1	274.4	71.4	275.5	71.7	276.6	72
U138	272.2	70.8	273.2	71.1	274.2	71.4	275.1	71.6	276	71.9
U139	272.2	70.8	273.1	71	274	71.3	274.8	71.5	276.6	72
U140	272.2	70.8	273	71	273.8	71.2	274.6	71.5	275.3	71.7
U141	272.2	70.8	273	71	273.7	71.2	274.4	71.4	275	71.6
U142	272.3	70.8	273	71	273.6	71.6	274.2	71.4	275.3	71.7
U143	272.3	70.8	272.9	71	273.5	71.2	274.1	71.3	274.6	71.5
U144	272.3	70.8	272.9	71	273.4	71.1	273.9	71.3	274.4	71.4
U145	272.3	70.8	272.9	71	273.4	71.1	273.8	71.2	274.6	71.5
U146	272.3	70.8	272.8	71	273.3	71.1	273.8	71.2	274.2	71.3
U147	272.3	70.8	272.8	70.9	273.3	71.1	273.7	71.2	274.1	71.3
U148	272.3	70.8	272.8	70.9	273.2	71.1	273.6	71.2	274.2	71.3
U149	272.3	70.8	272.8	70.9	273.2	71	273.6	71.2	273.9	71.3
U150	272.3	70.8	272.8	70.9	273.1	71	273.5	71.1	273.8	71.2
U151	272.3	70.8	272.7	70.9	273.1	71	273.4	71.1	273.9	71.3
U152	272.4	70.8	272.7	70.9	273.1	71	273.4	71.1	273.7	71.2
U153	272.4	70.8	272.7	70.9	273	71	273.4	71.1	273.7	71.2
U154	272.4	70.8	272.7	70.9	273	71	273.3	71.1	273.7	71.2
U155	271.5	70.5	274.6	71.6	277.5	72.4	280.2	73.2	282.9	74.1
U156	271.7	70.1	274.3	71.3	276.7	72.2	279	72.9	281.2	78.5
U157	271.8	70.7	274	71.2	276.1	72	278.1	72.6	282.9	74.1
U158	271.9	70.7	273.8	71.3	275.7	71.8	277.4	72.3	279.1	72.9
U159	272	70.7	273.7	71.2	275.3	71.7	276.9	72.1	278.4	72.6
U160	272	70.7	273.6	71.2	275.1	71.6	276.5	72	279.1	72.9
U161	272.1	70.7	273.7	273.5	71.1	274.8	71.5	276.1	277.3	72.3
U162	272.1	70.7	273.4	71.1	274.6	71.5	275.8	71.8	276.9	72.1
U163	272.1	70.8	273.3	71.1	274.5	71.4	275.6	71.7	277.3	72.3
U164	271.3	70.4	274.9	71.7	278.3	72.7	281.6	73.7	284.8	74.7
U165	271.8	70.6	274	71.2	275.9	71.8	277.8	72.5	279.6	73.1
U166	272	70.7	273.5	71.2	274.9	71.6	276.2	72	284.8	74.7
U167	272.3	70.8	273.3	71.1	274.3	71.4	275.4	71.7	276.3	72
U168	272.2	70.8	273.1	71	274	71.3	274.5	71.5	275.6	71.8
U169	272.2	70.8	273	71	273.8	71.2	274.4	71.4	274.3	72
U170	272.3	70.8	272.9	71	273.6	71.2	274.2	71.3	274.8	71.5
U171	272.3	70.8	272.9	71	273.4	71.1	274	71.3	274.5	71.4
U172	272.3	70.8	272.8	71	273.3	71.1	273.8	71.2	274.8	71.5
U173	272.3	70.8	272.8	70.9	273.3	71.1	273.7	71.2	274.1	71.3
U174	272.3	70.8	272.8	70.9	273.2	71.1	273.6	71.2	274	71.3

U175	272.3	70.8	272.8	70.9	273.1	71	273.5	71.1	274.1	71.3
U176	271	70.4	275.1	71.7	278.9	72.9	282.5	73.9	285.9	75
U177	271.8	70.6	274.1	71.2	276.3	72.1	278.4	72.7	280.4	73.3
U178	272	70.7	273.6	71.2	275.2	71.6	276.7	72.1	285.9	75
U179	272.1	40.7	273.4	71.1	274.6	71.5	275.7	71.8	276.8	72.1
U180	272.2	70.8	273.2	71.1	274.2	71.3	275.1	71.6	276	71.8
U181	272.2	70.8	273.1	71	273.9	71.3	274.7	71.5	276.8	72.1
U182	272.3	70.8	273	71	273.7	71.2	274.4	71.4	275.1	71.6
U183	272.3	70.8	273	71	273.6	71.2	274.2	71.3	274.8	71.5
U184	272.3	70.8	272.9	71	273.5	71.1	274	71.3	275.1	71.6
U185	272.3	70.8	272.9	70.9	273.4	71.1	273.9	71.2	274.3	71.4
U186	272.3	70.8	272.8	70.9	273.3	71.1	273.7	71.2	274.2	71.3
U187	272.3	70.8	272.8	70.9	273.2	71	273.6	71.2	274	71.3
U188	264.9	68.6	277.4	72.5	289.5	76.4	301.3	80.1	312.7	83.5
U189	266.1	69	277.6	72.5	288.5	76	299.2	79.3	309.5	82.4
U190	265.5	68.8	277.6	72.3	287.5	75.3	297	78.5	306.3	81.3
U191	267.6	69.3	277.6	72.3	287.1	75.1	296.3	78	305.2	80.9
U192	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U193	266.2	69	277.5	72.5	288.4	76	298.9	79.3	309.2	82.4
U194	267.2	69.3	277.5	72.5	287.4	75.6	297	78.6	306.2	81.5
U195	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U196	264.2	68.4	277.3	72.5	290	76.6	302.3	80.4	314.3	84
U197	264.8	68.2	277.8	72.3	290.3	76	302.4	79.7	314.3	83.3

### ภาคผนวก ง

ตารางแสดงค่า SPACE COOL และ VENT FAN จากผลการจำลองอาคารอ้างอิงกับวัสดุประกอบ

อาคารต่างๆ เมื่อมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ 0.1 – 0.9 หมุนอาคาร 90 องศา

ตาราง ง- 1 แสดงค่า SPACE COOL และ VENT FAN จากผลการจำลองอาคารอ้างอิงกับวัสดุประกอบอาคาร  
ต่างๆ เมื่อมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ 0.1 – 0.9 ผนุนอาคาร 90 องศา

90	0.1		0.3		0.5		0.7		0.9	
	SPACE COOL	VENT FANS	SPACE COOL	VENT FANS	SPACE COOL	VENT FANS	SPACE COOL	VENT FANS	SPACE COOL	VENT FANS
U7	298.1	78.1	313.1	83.1	327.6	87.6	341.5	91.9	355	96.1
U8	298.3	78.1	313.1	83.1	327.5	87.5	341.3	91.8	354.7	96
U9	298.4	78.1	313.2	83.1	327.4	87.5	341.1	91.7	354.4	95.9
U10	298.5	78.2	313.2	83.1	327.3	87.4	340.9	91.6	354.1	95.7
U11	298	78	313.2	82.7	327.7	87.5	341.8	91.8	355.4	96
U12	298.6	78.1	313.4	82.6	327.7	86.9	341.5	91.1	354.8	95.2
U13	299.1	78.2	313.7	82.6	327.8	86.8	341.4	90.9	354.5	94.9
U14	297.9	78	313.2	82.7	327.7	87.5	341.8	91.9	355.4	96
U15	289.5	78.1	313.4	82.6	327.7	86.9	341.5	91.1	354.8	95.2
U16	299.1	78.2	313.7	82.6	327.8	86.8	341.3	90.9	354.5	94.9
U17	299	78.3	313.4	82.4	327	87	340.2	91.3	353	95.2
U18	300.4	78.6	313.7	82.5	326.4	86.4	338.6	90.1	350.5	93.7
U19	299.8	78.4	313.9	82.6	327.4	86.7	340.5	90.6	353.1	94.4
U20	300.5	78.6	314.2	82.2	327.5	86.5	340.3	90.3	352.6	94
U21	300.7	78.7	314.3	82.6	327.3	86.4	339.8	90.2	352	93.8
U22	301.5	78.9	313.8	82.5	325.6	86.1	337	89.5	348	92.8
U23	301.1	78.7	314.5	82.6	327.5	86.4	340	90.1	352.1	93.7
U24	301.2	78.8	314.2	82.6	326.9	86.3	339	89.9	350.7	93.4
U25	301.2	78.8	314.3	82.6	326.9	86.2	339	89.9	350.7	93.4
U26	301.3	78.8	314.3	82.6	326.8	86.2	338.9	89.9	350.6	93.4
U27	301.3	78.8	314.3	82.6	326.8	86.2	338.9	89.9	350.6	93.3
U28	301.3	78.8	314.3	82.6	326.8	86.2	338.9	89.9	350.5	93.3
U29	302.3	79	314.6	82.5	324.4	85.9	337.8	89.3	348.8	92.6
U30	302.3	79	314.6	82.5	326.4	85.9	337.7	89.3	348.7	92.4
U31	302.4	79	314.6	82.5	326.4	85.9	337.7	89.2	348.7	92.4
U32	302.4	79.1	314.6	82.5	326.3	85.9	337.6	89.2	348.6	92.4
U33	302.5	79.1	314.6	82.5	326.3	85.8	337.6	89.2	348.5	92.3
U34	302.4	79	315.3	82.7	328.6	86.4	341.5	90.1	354	93.7
U35	302.5	79	315.4	82.6	328	86.2	340.1	89.6	315.8	92.9
U36	298.5	78.1	313.4	82.6	327.8	86.9	341.6	91.1	355	95.2
U37	298.8	78.1	313.6	82.6	327.8	86.8	341.6	91.1	354.9	95.1
U38	298.8	78.1	313.6	82.6	327.8	86.8	341.6	91.1	354.9	95.1
U39	298.2	78	313.1	83.1	327.6	78.5	341.5	91.8	354.9	95.9
U40	298.2	78.1	313.2	82.9	327.5	87.5	341.4	91.7	354.8	95.9
U41	298.3	78.1	313.2	82.9	327.5	87.5	341.3	91.7	354.6	95.8
U42	298.4	78.1	313.3	82.7	327.4	87.4	341.2	91.6	354.5	95.7
U43	298.4	78.1	313.3	82.7	327.4	87.4	341.1	91.6	354.3	95.7
U44	298.5	78.1	313.3	82.7	327.4	87.2	341	91.6	354.2	95.6
U45	305.6	80.1	312.2	82	318.5	83.8	324.5	85.5	330.2	87.3
U46	305.8	80.1	312.2	81.9	318.3	83.6	324.1	85.3	329.7	86.8
U47	305.6	79.6	312.8	82	319.6	83.9	326.2	85.7	332.5	87.5
U48	305.9	80	312.6	81.8	318.9	83.6	325	85.3	330.8	87
U49	305.8	79.9	312.8	81.9	319.6	83.8	326	85.6	332.2	87.3
U50	298.8	78.2	313.2	83.1	327.2	87.4	340.6	91.5	353.6	95.6
U51	298.8	78.2	313.2	83.1	327.2	87.4	340.5	91.6	353.5	95.6
U52	299.2	78.3	313.3	83.1	326.8	87.3	339.9	91.3	352.5	95.3
U53	299.6	78.4	313.3	83.1	326.5	87.2	339.3	91.1	351.6	94.9
U54	297.9	78	313.1	83.1	327.8	87.6	341.9	92	355.6	96.3
U55	297.9	78	313.1	83.1	327.7	87.6	341.8	92	355.5	96.2
U56	298.3	78.1	313.2	83.1	327.5	87.6	341.4	91.9	354.8	96
U57	298.6	78.2	313.2	83.1	327.4	87.4	340.8	91.7	353.9	95.7
U58	299.3	78.4	313.3	83.1	326.7	87.3	339.3	91.2	325.1	95.1
U59	300.8	78.8	313.4	82.9	325.5	86.7	337.1	90.3	348.3	93.7
U60	301.8	79.4	313.3	83	324.2	86.4	334.7	89.7	344.8	92.8

U61	302.4	79.5	313.2	83	323.4	86.2	333.2	89.2	342.6	92.1
U62	303	79.7	313.1	82.9	322.7	85.9	331.9	88.7	340.7	91.5
U63	303.8	79.9	312.8	82.8	321.3	85.5	329.5	88	337.4	90.4
U64	304.8	80.2	312.2	82.6	319.2	84.8	325.9	86.8	332.3	88.8
U65	300.5	78.8	313.8	83.1	325.7	86.9	337.5	90.5	348.9	94
U66	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U71	306.7	80.9	310.5	32.1	314	83.2	317.4	84.2	320.6	85.2
U72	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U73	306.8	81	310.3	82.1	313.7	83.1	316.8	84	319.8	84.9
U74	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U75	306.8	81	310.2	82	313.4	83	316.4	83.9	319.3	84.8
U76	305.8	80.7	311.4	82.4	316.7	84	321.7	85.5	326.5	87
U77	306.8	81	310.2	82	313.4	83	316.4	83.9	319.3	84.7
U78	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U79	307.3	81.1	309.5	81.8	311.6	82.4	313.5	83	315.4	83.6
U80	307.5	81.2	309.1	81.7	310.5	82.1	311.9	82.5	313.2	82.9
U81	307.7	81.2	308.9	81.6	310	81.9	311	82.2	312	82.5
U82	306.6	80.9	310.5	82.1	314.1	83.2	317.6	84.2	320.8	85.2
U83	307.3	81.1	309.5	81.8	311.6	82.4	313.5	83	315.3	83.5
U84	307.6	81.2	308.9	81.6	310.2	82	311.3	82.3	312.4	82.6
U85	307.7	81.2	308.8	81.6	309.9	81.9	311	82.2	311.9	82.5
U86	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U87	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U88	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U89	306.9	81	310.2	82	313.2	82.9	316.1	83.8	318.9	84.6
U90	307.2	81.1	309.7	81.9	312.2	82.6	314.4	83.3	316.6	84
U91	307.3	81.1	309.5	81.8	311.5	82.4	313.3	83	315.1	83.5
U92	307.5	81.2	309.3	81.7	311	82.2	312.6	82.7	314.1	83.2
U93	307.5	81.2	309.1	81.7	310.6	82.1	312	82.5	313.3	82.9
U94	307.6	81.2	309	81.6	310.3	82	311.5	82.4	312.7	82.7
U95	307.7	81.2	308.9	81.6	310.1	81.9	311.2	82.3	312.2	82.6
U96	307.7	81.2	308.8	81.6	309.9	81.9	310.9	82.2	311.8	82.5
U97	307.7	81.2	308.8	81.6	309.7	81.8	310.6	82.1	311.8	82.5
U98	307.8	81.3	308.7	81.5	309.5	81.8	310.4	82	311.2	82.3
U99	307.8	81.3	308.7	81.5	309.5	81.8	310.3	82	311	82.2
U100	307.8	81.3	308.6	81.5	309.4	81.7	310.1	81.9	311.2	82.3
U101	307.8	81.3	308.6	81.5	309.3	81.7	310	81.9	310.6	82.1
U102	307.8	81.3	308.6	81.5	309.2	81.7	309.9	81.9	310.5	82
U103	307.8	81.3	308.5	81.5	309.2	81.7	309.8	81.8	310.6	82.1
U104	307.8	81.3	308.6	81.5	309.3	81.7	310	81.9	310.6	82.1
U105	307.9	81.3	308.5	81.5	309	81.6	309.6	81.8	310.1	81.9
U106	307.9	81.3	308.5	81.4	309	81.6	309.5	81.8	310.2	82
U107	307.9	81.3	308.4	81.4	309	81.6	309.4	81.7	309.9	81.9
U108	307.9	81.3	308.4	81.4	308.9	81.6	309.4	81.7	309.8	81.8
U109	307.9	81.3	308.4	81.4	308.9	81.6	309.3	81.7	309.9	81.9
U110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U111	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U112	306.7	81	310.4	82.1	313.9	83.1	317.2	84.1	-	-
U113	307.1	81.1	309.8	81.9	312.3	82.6	314.7	83.4	317	84
U114	307.3	81.1	309.4	81.8	311.4	82.4	313.3	82.9	315	83.5
U115	307.5	81.2	309.2	81.7	310.8	82.2	312.3	82.6	317	84
U116	307.6	81.2	309	81.6	310.4	82	311.7	82.4	312.9	82.8
U117	307.7	81.2	308.9	81.6	310.1	81.9	311.2	82.3	312.3	82.6

U118	307.7	81.2	308.8	81.6	309.8	81.9	310.8	82.2	312.9	82.8
U119	307.7	81.2	308.7	81.5	309.7	81.8	310.5	82.1	311.4	82.3
U120	307.8	81.2	308.7	81.5	309.5	81.8	310.3	82	311	82.2
U121	307.8	81.3	308.6	81.5	309.4	81.7	310.1	81.9	311.4	82.3
U122	307.8	81.3	308.6	81.5	309.3	81.7	309.9	81.9	310.6	82.1
U123	307.8	81.3	308.5	81.5	309.2	81.7	309.8	81.8	310.4	82
U124	307.9	81.3	308.5	81.5	309.1	81.6	309.7	81.8	310.6	82.1
U125	307.9	81.3	308.5	81.4	309	81.6	309.6	81.8	310.1	81.9
U126	307.9	81.3	308.5	81.4	309	81.6	309.5	81.7	310	81.9
U127	307.9	81.3	308.4	81.4	308.9	81.6	309.4	81.7	310.1	81.9
U128	307.9	81.3	308.4	81.4	308.9	81.6	309.3	81.7	309.8	81.8
U129	307.9	81.3	308.4	81.4	308.9	81.5	309.3	81.7	309.7	81.8
U130	307.9	81.3	308.4	81.4	308.8	81.5	309.2	81.6	309.8	81.8
U131	307.9	81.3	308.4	81.4	308.8	81.5	309.1	81.6	309.5	81.7
U132	307.9	81.3	308.3	81.4	308.7	81.5	309.1	81.6	309.4	81.7
U133	307.9	81.3	308.3	81.4	308.7	81.5	309	81.6	309.5	81.7
U134	307.1	81.1	309.8	81.9	312.2	82.6	314.5	83.3	316.8	84
U135	307.4	81.1	309.4	81.8	311.3	82.3	313.1	82.9	314.9	83.4
U136	307.5	81.2	309.2	81.7	310.7	82.1	312.2	82.6	316.8	84
U137	307.6	81.2	309	81.6	310.2	82	311.6	82.4	312.8	82.7
U138	307.7	81.2	308.9	81.6	310	81.9	311.1	82.2	312.1	82.6
U139	307.7	81.2	318.8	81.5	309.8	80.8	310.7	82.1	312.8	82.7
U140	307.8	81.2	308.7	81.5	309.6	81.8	310.5	82	311.3	82.3
U141	307.8	81.2	308.7	81.5	309.5	81.7	310.2	82	311	82.2
U142	307.8	81.3	308.6	81.5	309.3	81.7	310	81.9	311.3	82.3
U143	307.8	81.3	308.6	81.5	309.2	81.7	309.9	81.9	310.5	82
U144	307.9	81.3	308.5	81.5	309.2	81.6	309.8	81.8	310.3	82
U145	307.9	81.3	308.5	81.4	309.1	81.6	309.6	81.8	310.5	82
U146	307.9	81.3	308.5	81.4	309	81.6	309.5	81.7	310	81.9
U147	307.9	81.3	308.5	81.4	309	81.6	309.5	81.7	309.9	81.9
U148	307.9	81.3	308.4	81.4	308.9	81.6	309.4	81.7	310	81.9
U149	307.9	81.3	308.4	81.4	308.9	81.5	309.3	81.7	309.7	81.8
U150	307.9	81.3	308.4	81.4	308.8	81.5	309.2	81.6	309.6	81.8
U151	307.9	81.3	308.4	81.4	308.3	81.5	309.2	81.6	309.7	81.8
U152	307.9	81.3	308.4	81.4	308.8	81.5	309.1	81.6	309.5	81.7
U153	307.9	81.3	308.3	81.4	308.7	81.5	309.1	81.6	309.4	81.7
U154	307.9	81.3	308.3	81.4	308.7	81.5	309	81.6	309.5	81.7
U155	306.7	81	310.4	82.1	313.8	83.1	317	84.1	320.1	85
U156	307	81	310	81.9	312.9	82.8	315.6	83.6	318.2	84.4
U157	307.2	81.1	309.8	81.9	312.2	82.6	314.3	83.3	320.1	85
U158	307.3	81.1	309.6	81.8	311.7	82.4	313.8	83	315.7	83.6
U159	307.4	81.1	309.4	81.7	311.3	82.3	313.1	82.9	314.9	83.4
U160	307.4	81.1	309.3	81.7	311	82.2	312.6	82.7	315.7	83.6
U161	307.5	81.2	309.2	81.7	310.7	82.1	312.2	82.6	313.6	83
U162	307.6	81.2	309.1	81.6	312.5	82.1	311.9	82.5	313.2	82.8
U163	307.6	81.2	309	81.6	310.3	82	311.6	82.4	313.6	83
U164	306.4	80.9	310.8	82.2	314.8	83.4	318.6	84.6	322.3	85.7
U165	307.2	81.1	309.7	81.8	312	82.6	314.2	83.2	316.3	83.9
U166	307.5	81.2	309.2	81.7	310.9	82.2	312.6	82.6	322.3	85.7
U167	272.1	708	273.3	71.1	274.3	71.4	275.4	71.7	276.3	70.8
U168	-	-	308.8	81.5	309.8	81.8	310.8	82.1	311.7	82.4
U169	307.8	81.2	308.7	81.5	309.5	81.8	310.3	82	312.5	82.7
U170	307.8	81.3	308.6	81.5	319.3	81.7	310	81.9	310.7	82.1
U171	307.9	81.3	308.5	81.5	309.2	81.6	309.8	81.8	310.4	82
U172	307.9	81.3	308.5	81.4	309.1	81.6	309.6	81.8	310.7	82.1
U173	307.9	81.3	308.5	81.4	309	81.6	309.5	81.7	309.9	81.9
U174	307.9	81.3	308.4	81.4	308.9	81.5	308.3	81.7	309.8	81.8

U175	307.9	81.3	308.4	81.4	308.8	81.5	309.2	81.6	309.9	81.9
U176	306.1	80.8	311	82.2	315.4	83.6	319.6	84.9	323.6	86.1
U177	307.1	81.1	309.9	81.9	312.4	82.7	314.9	83.4	317.2	84.1
U178	307.4	81.1	309.4	81.7	311.2	82.3	312.9	82.8	323.6	86.1
U179	307.6	81.2	309.1	81.6	310.5	82	311.8	82.4	313	82.8
U180	307.7	81.2	308.9	81.6	310	81.9	311.1	82.2	312.1	82.5
U181	307.7	81.2	308.8	81.5	309.7	81.8	310.6	82.1	313	82.8
U182	307.8	81.2	308.7	81.5	309.5	81.7	310.3	81.9	311	82.2
U183	307.8	81.2	308.6	81.5	309.3	81.7	310	81.9	310.7	82.1
U184	307.9	81.2	308.6	81.4	309.2	81.6	309.8	81.8	311	82.2
U185	307.9	81.2	308.5	81.4	309.1	81.6	309.6	81.7	310.2	81.9
U186	307.9	81.2	308.5	81.4	309	81.6	309.5	81.7	310	81.8
U187	307.9	81.2	308.4	81.4	308.9	81.5	309.4	81.7	309.8	81.8
U188	298.3	78.1	313.2	83.1	327.5	87.6	341.3	91.9	354.6	96
U189	299.8	78.6	313.3	83.1	326.3	87.1	338.8	91	350.9	94.7
U190	299	78.2	313.3	83.1	325.1	86.6	336.3	90.1	347.2	93.4
U191	301.6	97.1	313.4	823.9	324.6	86.5	335.4	89.7	345.8	92.9
U192	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U193	300	78.7	313.4	83.2	326.2	87.1	338.6	91	350.5	94.7
U194	301.1	79	313.3	83.1	325.1	86.7	336.3	90.2	347.1	93.5
U195	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U196	297.4	77.9	313	83.1	328	87.8	342.5	92.3	356.6	96.6
U197	297.9	77.9	313.3	82.6	328.2	87	342.5	91.4	356.4	95.7

### ภาคผนวก จ

ตารางแสดงค่า SPACE COOL และ VENT FAN จากผลการจำลองอาคารอ้างอิงกับวัสดุประกอบ  
อาคารต่างๆ เมื่อมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ 0.1 – 0.9 หมุนอาคาร 135 องศา



ตาราง จ-1 แสดงค่า SPACE COOL และ VENT FAN จากผลการจำลองอาคารอ้างอิงกับวัสดุประกอบอาคาร  
ต่างๆ เมื่อมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ 0.1 – 0.9 มหุนอาคาร 135 องศา

135	0.1		0.3		0.5		0.7		0.9	
	SPACE COOL	VENT FANS	SPACE COOL	VENT FANS	SPACE COOL	VENT FANS	SPACE COOL	VENT FANS	SPACE COOL	VENT FANS
U7	281.7	73.3	295.7	77.5	309.2	81.5	322.3	85.4	335	89.5
U8	281.9	73.4	295.7	77.5	309	81.5	321.8	85.6	334.6	89.6
U9	282	73.4	295.7	77.5	308.9	81.4	321.6	85.5	334	89.4
U10	282.1	73.4	295.8	77.5	308.9	81.4	321.5	85.4	333.7	81.2
U11	281.7	73.3	295.7	77.5	309.2	81.5	322.3	85.4	335	89.5
U12	282.2	73.4	296	77.4	309.2	81.4	322	85.2	334.5	88.9
U13	282.8	73.5	296.3	77.5	309.4	81.3	322	85.1	334.5	88.4
U14	281.6	73.3	295.7	77.5	309.2	81.5	322.3	85.4	335	89.5
U15	282.2	73.4	295.9	77.4	309.2	81.4	322	85.2	334.4	88.9
U16	282.7	73.5	296.3	77.5	309.3	81.3	321.9	85.1	334.3	88.4
U17	282.6	78.5	295.9	77.4	308.6	81.2	320.9	84.9	332.8	88.5
U18	238.9	73.9	296.2	77.4	308	80.9	319.4	84.3	330.4	87.6
U19	283.4	73.3	296.4	77.5	309	81.2	321.2	84.7	333.1	87.8
U20	248.1	73.9	296.8	77.5	309.1	81.1	321.1	84.1	332.7	87.5
U21	284.6	74	296.9	77.6	309.2	81.1	321	83.9	332.3	87.2
U22	284.9	74.1	296.3	77.4	307.3	80.7	317.9	83.7	328.3	86.4
U23	284.3	73.9	296.8	77.5	308.9	81.1	320.9	83.9	332.1	87.3
U24	284.6	74	296.8	77.5	308.5	80.9	320	83.7	331	86.9
U25	284.7	74	296.8	77.4	308.5	80.9	319.9	83.7	330.9	86.9
U26	284.7	74	296.8	77.5	308.5	80.9	319.9	83.6	330.9	86.9
U27	284.8	74	296.8	77.5	308.5	80.9	319.9	83.6	330.9	86.9
U28	284.8	74.1	296.9	77.5	308.5	80.9	319.9	83.6	330.8	86.8
U29	285.7	74.2	297.1	77.5	308.1	80.7	318.8	83.7	329.3	86.2
U30	285.7	74.3	297.1	77.5	308.1	80.7	318.8	83.7	329.2	86.2
U31	285.7	74.3	297.1	77.5	308.1	80.7	318.7	83.6	329.1	86.1
U32	285.8	74.3	297.1	77.5	308.1	80.7	318.7	83.6	329.1	86.1
U33	285.8	74.3	297.1	77.5	308	80.6	318.6	83.6	329	86.1
U34	285.1	74	297.9	77.7	310.3	81.2	322.4	84.7	334.1	88
U35	285.9	74.2	297.9	77.6	309.7	80.9	321.1	84.2	332.1	87.3
U36	282.2	73.4	297.1	77.5	309.3	81.4	322.1	85.2	334.7	89
U37	282.4	73.5	296.1	77.5	309.4	81.4	322.2	85.2	334.6	88.8
U38	282.4	73.5	296.1	77.5	309.4	81.4	322.2	85.2	334.6	88.8
U39	281.8	73.3	295.7	77.5	309.1	81.5	322	85.5	334.5	89.4
U40	281.9	73.3	295.7	77.5	309.1	81.4	321.9	85.3	334.4	89.3
U41	282	73.4	295.7	77.5	309	81.4	321.8	85.3	334.3	89.2
U42	282	73.4	295.8	77.5	309	81.4	321.8	85.2	334.1	89.2
U43	282.1	73.4	295.8	77.5	309	81.4	321.2	85.2	334	89.1
U44	282.2	73.4	295.8	77.5	308.9	81.4	321.6	85.2	333.9	88.9
U45	288.4	75.1	294.6	76.9	300.5	78.6	306.1	80.2	311.5	81.8
U46	288.6	75.1	294.6	76.8	300.3	78.4	305.8	80	311	81.5
U47	288.5	75	295.2	76.9	301.6	78.7	307.8	80.5	313.7	82.2
U48	288.8	75	295	76.8	300.9	78.4	306.6	80	312.1	81.6
U49	288.7	75	295.2	76.8	301.6	78.6	307.3	80.3	313.5	81.9
U50	282.3	73.5	295.8	77.5	308.7	81.4	321.1	85.3	333.2	89.3
U51	282.4	73.5	295.8	77.5	308.6	81.5	321	85.5	333.1	89.3
U52	282.7	73.6	295.8	77.5	308.4	81.2	320.5	85.1	332.2	88.9
U53	283.1	73.7	295.8	77.5	308.1	81.1	319.9	84.9	331.4	88.4
U54	281.6	73.3	295.7	77.5	309.2	81.7	322.3	86	335.1	90
U55	281.6	73.3	295.7	77.5	309.2	81.7	322.3	86	335	90
U56	281.9	73.4	295.7	77.5	309	81.7	321.8	85.9	334.3	89.8
U57	282.2	73.5	295.8	77.5	308.7	81.6	321.7	85.7	333.5	89.5
U58	282.9	73.6	295.8	77.5	308.3	81.2	320.2	85	331.9	88.7
U59	284.2	74	295.9	77.4	307.1	80.8	317.9	84	328.4	87.1
U60	285.1	74.3	295.7	77.5	305.8	80.7	315.5	83.3	325	86.8

U61	285.6	74.4	295.6	77.4	305.1	80.2	314.1	83.2	322.9	86.1
U62	286.1	74.6	295.4	77.3	304.4	80	312.9	82.8	321.1	85.4
U63	286.8	74.8	295.1	77.2	303.1	79.6	310.7	82.1	318	84.3
U64	287.7	75	294.6	77	301.1	79	307.3	80.8	313.3	82.6
U65	283.9	73.9	295.9	77.5	307.3	80.9	318.3	84.1	328.9	87.6
U66	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U71	289.2	75.5	292.8	76.5	296.1	77.5	299.2	78.4	302.2	79.3
U72	289.3	75.5	292.6	76.5	295.7	77.5	298.7	78.3	301.5	79.1
U73	289.4	75.5	292.5	76.5	295.5	77.3	298.6	78.2	301	79
U74										
U75	289.4	75.5	292.5	76.5	295.5	77.3	298.3	78.2	301	79
U76	288.5	75.3	293.7	76.8	298.6	78.3	303.3	79.7	307.7	81.2
U77	289.4	75.5	292.5	76.5	295.5	77.3	298.3	78.2	301	79
U78										
U79	289.8	75.7	291.8	76.8	293.7	76.8	295.5	77.4	297.3	77.9
U80	289.9	75.7	291.4	76.1	292.7	76.5	294	76.9	295.2	77.3
U81	290	75.7	291.1	76.1	292.2	76.4	293.1	76.7	294.1	76.9
U82	289.2	75.7	292.8	76.6	296.2	77.5	299.4	78.5	302.4	79.4
U83	289.8	75.7	291.8	76.2	293.7	76.8	295.5	77.3	297.3	77.8
U84	290	75.7	291.2	76.1	292.4	76.4	293.5	76.7	294.5	77
U85	290.1	75.7	291.2	76	292.3	76.3	293.1	76.6	294.1	76.9
U86	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U87	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U88	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U89	289.4	75.6	292.4	76.5	295.3	77.3	298	78.1	300.6	78.1
U90	289.6	75.6	292	76.3	294.3	77	296.4	77.6	298.4	78.2
U91	289.8	75.7	291.8	76.2	293.6	76.8	295.4	77.3	297	77.8
U92	289.9	75.7	292.6	76.2	293.1	76.6	294.6	77.1	296.1	77.5
U93	289.9	75.7	291.4	76.1	292.8	76.5	294.1	76.9	295.3	77.3
U94	290	75.7	291.3	76.1	292.5	76.5	292.7	76.8	294.8	77.1
U95	290	75.7	291.2	76.1	292.3	76.4	293.3	76.7	294.3	77
U96	290.1	75.7	291.1	76	292.1	76.3	293	76.6	293.9	76.9
U97	290.1	75.7	291.1	76	292	76.3	292.8	76.5	293.9	76.9
U98	290.1	75.8	291	76	291.8	76.3	292.6	76.5	293.4	76.7
U99	290.1	75.8	291	76	291.7	76.2	292.5	76.4	293.1	76.6
U100	290.2	75.8	290.9	76	291.6	76.2	292.3	76.4	293.4	76.7
U101	290.2	75.8	290.9	76	291.6	76.2	292.2	76.4	292.8	76.5
U102	290.2	75.8	290.9	76	291.5	76.1	292.1	76.3	292.6	76.5
U103	290.2	75.8	290.8	76	291.4	76.1	292	76.3	292.8	76.5
U104	290.2	75.8	290.8	75.9	291.4	76.1	291.9	76.3	292.4	76.4
U105	290.2	75.8	290.8	75.9	291.3	76.1	291.8	76.2	292.3	76.4
U106	290.2	75.8	290.8	75.9	291.3	76.1	291.8	76.2	292.4	76.4
U107	290.2	75.8	290.7	75.9	291.2	76.1	291.7	76.2	292.1	76.3
U108	290.2	75.8	290.7	75.9	291.2	76.1	291.6	76.2	292.1	76.3
U109	290.3	75.8	290.7	75.9	291.1	76	291.5	76.2	292.1	76.3
U110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U111	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U112	289.3	75.5	292.7	76.5	295.9	77.5	299	78.4	-	-
U113	289.6	75.6	292.1	76.3	294.4	77	296.6	77.7	298.8	78.3
U114	289.8	75.7	291.7	76.2	293.6	76.8	295.3	77.3	296.9	77.8
U115	289.9	75.7	291.5	76.2	293	76.6	294.4	77	298.8	78.3
U116	290	75.7	291.3	76.1	292.6	76.5	293.8	76.8	295	77.2
U117	290	75.7	291.2	76.1	292.3	76.4	293.3	76.7	294.3	77

U118	290.1	75.7	291.1	76	292.1	76.3	293	76.6	295	77.2
U119	290.1	75.7	291	76	291.9	76.3	292.7	76.5	293.5	76.7
U120	290.1	75.8	291	76	291.8	76.2	292.5	76.4	293.2	76.6
U121	290.2	75.8	290.9	76	291.6	76.2	292.3	76.4	293.5	76.7
U122	290.2	75.8	290.9	76	291.5	76.2	292.2	76.3	292.8	76.5
U123	290.2	75.8	290.8	76	291.5	76.1	292	76.3	292.6	76.5
U124	290.2	75.8	290.8	75.9	291.4	76.1	291.9	76.3	292.8	76.5
U125	290.2	75.8	290.8	75.9	291.3	76.1	291.8	76.2	292.3	76.4
U126	290.2	75.8	290.8	75.9	291.3	76.1	291.7	76.2	292.2	76.3
U127	290.2	75.8	290.7	75.9	291.2	76.1	291.7	76.2	292.3	76.4
U128	290.3	75.8	290.7	75.9	291.2	76	291.6	76.2	292	76.3
U129	290.3	75.8	290.7	75.9	291.1	76	291.5	76.1	291.9	76.3
U130	290.3	75.8	290.7	75.9	291.1	76	291.5	76.1	292	76.3
U131	290.3	75.8	290.7	75.9	291	76	291.4	76.1	291.7	76.2
U132	290.3	75.8	290.7	75.9	291	76	291.4	76.1	291.7	76.2
U133	290.3	75.8	290.6	75.9	291	76	291.3	76.1	291.7	76.2
U134	289.6	75.6	292.1	76.3	294.3	77	296.5	77.6	298.6	78.2
U135	289.8	75.7	291.7	76.2	293.5	76.7	295.2	77.2	296.8	77.7
U136	289.9	75.7	291.5	76.1	292.9	76.6	294.3	77	298.6	78.2
U137	290	75.7	291.3	76.1	292.5	76.5	293.7	76.8	294.8	77.1
U138	290.1	75.7	291.2	76.1	292.3	76.4	292.3	76.7	294.2	76.9
U139	290.1	75.7	291.1	76	292	76.3	292.9	76.6	294.8	77.1
U140	290.1	75.7	291	76	291.9	76.3	292.7	76.5	293.4	76.7
U141	290.2	75.8	291	76	291.7	76.2	292.4	76.4	293.1	76.6
U142	290.2	75.8	290.9	76	291.6	76.2	292.3	76.4	293.4	76.7
U143	290.2	75.8	290.9	76	291.5	76.1	292.1	76.3	292.7	76.5
U144	290.2	75.8	290.8	75.9	291.4	76.1	292	76.3	292.5	76.4
U145	290.2	75.8	290.8	75.9	291.4	76.1	291.9	76.2	292.7	76.5
U146	290.2	75.8	290.8	75.9	291.3	76.1	291.8	76.2	292.8	76.4
U147	290.2	75.8	290.8	75.9	291.3	76.1	291.7	76.2	292.8	76.3
U148	290.2	75.8	290.7	75.9	291.2	76	291.7	76.2	292.3	76.4
U149	290.3	75.8	290.7	75.9	291.2	76	291.6	76.1	292	76.3
U150	290.3	75.8	290.7	75.9	291.1	76	291.5	76.1	291.9	76.2
U151	290.3	75.8	290.7	75.9	291.1	76	291.5	76.1	292	76.3
U152	290.3	75.8	290.7	75.9	291	76	291.4	76.1	291.7	76.2
U153	290.3	75.8	290.7	75.9	291	76	291.4	76.1	291.7	76.2
U154	290.3	75.8	290.6	75.9	291	76	291.3	76.1	291.7	76.2
U155	289.3	75.5	292.7	76.5	295.9	77.4	298.9	78.3	301.8	79.2
U156	289.5	75.6	292.3	76.4	295	77.2	297.5	77.9	299.9	78.6
U157	289.6	75.6	292.1	76.3	294.4	77	296.5	77.6	301.8	79.2
U158	289.7	75.6	291.9	76.3	293.9	76.8	295.8	77.4	297.6	77.9
U159	289.8	75.7	291.7	76.2	293.5	76.7	295.2	77.2	296.8	77.7
U160	289.9	75.7	291.6	76.2	293.2	76.6	294.7	77.1	297.6	77.9
U161	289.9	75.7	291.5	76.1	293	76.6	294.3	77	295.7	77.3
U162	290	75.7	291.4	76.1	292.7	76.5	294	76.9	295.2	77.2
U163	290	75.7	291.3	76.1	292.6	76.4	293.7	76.8	295.7	77.3
U164	289	75.4	293.1	76.6	296.8	77.7	300.4	78.8	303.8	79.8
U165	289.7	75.6	292	76.3	294.2	76.9	296.2	77.5	298.2	78.1
U166	389.9	75.7	291.5	76.2	293	76.6	294.5	77	303.8	79.8
U167	290	75.7	291.3	76.1	292.4	76.4	293.5	76.7	294.6	77.1
U168	290.1	75.7	291.1	76	292.1	76.3	292.9	76.6	293.8	76.8
U169	290.1	75.8	291	76	291.8	76.2	292.5	76.4	294.6	77.1
U170	290.2	75.8	290.9	76	291.6	76.2	292.3	76.4	292.9	76.5
U171	290.2	75.8	290.9	76	291.5	76.1	292	76.3	292.6	76.4
U172	290.2	75.8	290.8	75.9	291.3	76.1	290.9	76.2	292.9	76.5
U173	290.2	75.8	290.8	75.9	291.3	76.3	291.7	76.2	292.2	76.3
U174	290.3	75.8	290.7	75.9	291.2	76	291.6	76.2	292	76.3

U175	290.3	75.8	290.7	75.9	291.1	76	291.5	76.1	292.2	76.3
U176	288.8	75.4	293.3	76.7	297.4	77.9	301.3	79.1	305	80.2
U177	289.6	75.6	292.2	76.3	294.6	77	296.8	77.7	299	78.4
U178	289.9	75.7	291.7	76.2	293.4	76.7	295	77.1	305	80.2
U179	290	75.7	291.4	76.1	292.7	76.5	293.9	76.8	295.1	77.2
U180	290.1	75.7	291.2	76	292.3	76.4	293.3	76.6	294.2	76.9
U181	290.1	75.7	291.1	76	292	76.3	292.8	76.5	295.1	77.2
U182	290.2	75.7	291	76	291.8	76.2	292.5	76.4	293.2	76.6
U183	290.2	75.7	290.9	76	291.6	76.1	292.3	76.3	292.9	76.5
U184	290.2	75.7	290.9	75.9	291.5	76.1	292.1	76.3	293.2	76.6
U185	290.2	75.7	290.8	75.9	291.4	76.4	291.9	76.2	292.4	76.4
U186	290.2	75.8	290.8	75.9	291.3	76	291.8	76.2	292.2	76.3
U187	290.3	75.8	290.7	75.9	291.2	76	291.7	76.1	292.1	76.3
U188	281.9	73.4	295.7	77.5	308.9	81.9	321.7	86	334.2	89.8
U189	283.3	73.7	295.8	77.5	307.9	81.1	319.5	84.8	330.7	88.4
U190	282.6	73.5	295.8	77.4	306.7	80.7	317.2	83.8	327.4	86.8
U191	284.9	74.2	295.8	77.4	306.3	80.5	316.3	83.5	326.1	86.4
U192	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U193	283.4	73.8	295.8	77.5	207.7	81.3	319.1	85.1	330.3	88.6
U194	284.4	74.1	295.8	77.5	306.7	80.7	317	84.1	327.1	87.4
U195	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U196	281.1	73.2	295.6	77.5	309.4	82	322.9	86.4	336	90.4
U197	281.7	73.3	295.9	77.4	309.7	81.5	323	85.5	335.9	89.4

### ภาคผนวก จ

ตารางแสดงค่า SPACE COOL และ VENT FAN จากผลการจำลองอาคารอ้างอิงกับวัสดุประกอบ  
อาคารต่างๆ เมื่อมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ 0.1 – 0.9 หมุนอาคาร 45 องศา

ตาราง ข- 1 แสดงค่า SPACE COOL และ VENT FAN จากผลการจำลองอาคารอ้างอิงกับวัสดุประกอบอาคาร  
ต่างๆ เมื่อมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ 0.1 – 0.9 มุมอาคาร 45 องศา

45	0.1		0.3		0.5		0.7		0.9	
	SPACE COOL	VENT FANS	SPACE COOL	VENT FANS	SPACE COOL	VENT FANS	SPACE COOL	VENT FANS	SPACE COOL	VENT FANS
U7	286.6	75	300.8	79.2	314.4	83.2	327.5	87.7	340.2	91.6
U8	286.8	75	300.9	79.2	314.4	83.2	327.3	87.6	339.9	91.5
U9	286.9	75.1	300.9	79.2	314.3	83.2	327.1	87.6	339.7	91.4
U10	287	75.1	300.9	79.2	314.2	83.1	327	87	339.4	91.3
U11	286.5	74.9	300.8	79.2	314.6	83.3	327.9	88.2	340.8	91.1
U12	287.1	75.1	301.1	79.2	314.6	83.2	327.6	87.1	340.3	90.6
U13	287.7	75.2	301.5	79.3	314.8	83.2	327.6	86.8	340.1	90.5
U14	286.5	74.9	300.8	79.2	314.6	83.3	327.9	87.2	340.8	91.1
U15	287.1	75.1	301.1	79.2	314.2	83.2	327.6	87.1	340.3	90.6
U16	287.6	75.2	301.4	79.2	314.7	83.2	327.6	86.8	340.1	90.5
U17	287.5	75.2	301	79.2	314	83.1	326.4	86.7	338.5	90.4
U18	288.9	75.6	301.4	79.2	313.4	82.8	325	86.1	336.2	89.3
U19	288.3	75.4	301.6	76.3	314.4	83	326.8	86.5	338.8	90
U20	289	75.5	302	79.3	314.5	82.5	326.7	86.4	338.4	89.7
U21	289.6	75.7	302.3	79.3	314.6	82.8	326.5	86.3	338	89.5
U22	289.9	75.8	301.5	79.2	312.7	82.5	323.5	85.5	334	88.5
U23	289.2	75.6	302	79.3	314.3	82.8	326.2	86.2	337.8	89.5
U24	289.6	75.7	302	79.3	313.9	82.7	325.5	86	336.7	89.2
U25	289.7	75.7	302	79.3	313.9	82.7	325.4	86	336.6	89.1
U26	289.7	75.7	302	79.3	313.9	82.7	325.4	86	336.6	89.1
U27	289.8	75.7	302.1	79.3	313.9	82.7	325.4	86	336.5	89.1
U28	289.8	75.8	302.1	79.3	313.9	82.7	325.4	85.9	336.5	89.1
U29	290.7	76	302.3	79.3	313.6	82.5	324.4	85.6	334.9	88.6
U30	290.7	76	302.3	79.3	313.5	82.5	324.3	85.6	334.8	88.5
U31	290.8	76	302.3	79.3	313.5	82.4	324.3	85.6	334.7	88.5
U32	290.8	76	302.4	79.3	313.5	82.4	324.2	85.5	334.6	88.6
U33	290.9	76	302.4	79.3	313.5	82.4	324.2	85.5	334.6	88.5
U34	290.1	75.7	303.1	79.4	315.7	83.1	328	86.5	339.8	89.9
U35	290.9	75.9	303.2	79.4	315.1	82.8	326.6	86	337.8	89.2
U36	287	75.1	301.1	79.2	314.7	83.2	327.8	87.1	340.5	90.6
U37	287.3	75.1	301.3	79.2	314.8	83.2	327.8	86.9	340.4	90.6
U38	287.3	75.1	301.3	79.2	314.8	83.2	327.8	86.9	340.4	90.6
U39	286.7	75	300.9	79.2	314.2	83.2	327.6	87.2	340.2	91.5
U40	286.7	75	300.9	79.2	314.4	83.2	327.5	87.1	340.1	91.5
U41	286.8	75	300.9	79.2	314.4	83.2	327.4	87.1	340	90.9
U42	286.9	75	300.9	79.2	314.4	83.2	327.3	87	339.9	90.8
U43	287	75.1	300.9	79.2	314.3	83.2	327.2	87	339.8	90.8
U44	287	75.1	300.9	79.2	314.3	83.2	327.2	87	339.7	90.7
U45	293.7	76.9	299.9	78.7	305.9	80.4	311.6	82.1	317.1	83.6
U46	293.9	76.9	300	78.6	305.8	80.3	311.3	81.9	316.6	83.4
U47	293.7	76.8	300.6	78.7	307.1	80.6	313.3	82.4	319.3	84.1
U48	294	76.8	300.3	78.6	306.3	80.3	312.1	81.9	317.7	83.5
U49	293.9	76.8	300.6	78.6	307	80.4	313.1	82.2	319	83.8
U50	287.2	75.2	300.9	79.2	314	83.1	326.6	87.4	338.8	91.2
U51	287.3	75.2	300.9	79.2	314	83.1	326.5	87.4	338.8	91.1
U52	287.6	75.3	301	79.2	313.8	83	325.9	87.2	337.9	90.8
U53	288	75.4	301	79.2	313.5	82.9	325.5	89.5	337	90.5
U54	286.4	74.9	300.8	79.2	314.5	83.8	327.8	87.8	340.7	91.8
U55	286.4	74.9	300.8	79.2	314.4	83.8	327.7	87.8	340.7	91.7
U56	286.7	75	300.9	79.2	314.2	83.7	327.3	87.7	340	91.5
U57	287.1	75.1	300.9	79.2	314	83.6	326.7	87.5	339.1	91.3
U58	287.8	75.3	301	79.2	313.6	82.9	325.7	87.1	337.5	90.7
U59	289.1	75.7	301.1	79.2	312.5	82.6	323.5	85.8	334.1	89
U60	290.1	76	301	79.2	311.1	82.7	321	85.7	330.6	88.6

U61	290.7	76.2	300.9	79.2	310.4	82.5	319.6	85.2	328.5	88
U62	291.2	76.3	300.7	79.1	309.7	82.2	318.3	84.8	326.7	87.4
U63	291.9	76.5	300.5	79	308.5	81.4	316.1	84.2	323.6	86.4
U64	292.9	76.8	299.9	78.8	306.6	80.8	312.9	82.6	319	84.4
U65	288.9	75.6	301.1	79.2	312.7	82.7	323.8	86	334.6	89.2
U66	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U71	294.6	77.3	298.2	78.4	301.6	79.4	304.6	80.7	307.7	81.6
U72	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U73	294.7	77.3	298.1	78.3	301.2	79.3	304.1	80.5	306.9	81.4
U74	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U75	294.8	77.4	298	78.3	301	79.2	303.8	80	306.4	81.2
U76	293.8	77.1	299.1	78.6	304.1	80.1	308.7	81.9	313.2	83.3
U77	294.8	77.4	298	78.3	301	79.2	303.8	80	306.4	81.2
U78	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U79	295.2	77.5	297.3	78.1	299.2	78.7	301.1	79.2	302.7	80.1
U80	295.4	77.6	296.9	78	298.2	78.4	299.5	78.8	300.7	79.1
U81	295.5	77.6	296.7	77.9	297.7	78.2	298.7	78.5	299.6	78.8
U82	294.6	77.3	298.3	78.4	301.4	79.4	304.8	80.8	307.9	81.7
U83	295.2	77.5	297.3	78.1	299.2	78.7	301.1	79.2	302.8	79.7
U84	295.5	77.6	296.8	77.9	297.9	78.3	299	78.6	300	78.9
U85	295.6	77.6	296.7	77.9	297.7	78.2	298.7	78.5	299.6	78.7
U86	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U87	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U88	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U89	294.8	77.4	297.9	78.3	300.8	79.2	303.4	80.3	306	81.1
U90	295.1	77.4	297.5	78.2	299.8	78.9	302	79.5	303.9	80.9
U91	295.2	77.5	297.3	78.1	299.1	78.7	300.9	79.2	302.6	79.7
U92	295.3	77.5	297.1	78	298.7	78.5	300.2	79	301.6	79.4
U93	295.4	77.5	296.9	78	298.3	78.4	299.6	78.8	300.9	79.2
U94	295.5	77.6	296.8	77.9	298	78.3	299.2	78.7	300.3	79
U95	295.5	77.6	296.7	77.9	297.8	78.2	298.9	78.6	299.9	78.8
U96	295.6	77.6	296.6	77.9	297.6	78.2	298.6	78.5	299.5	78.7
U97	295.6	77.6	296.6	77.9	297.5	78.1	298.4	78.4	299.5	78.7
U98	295.6	77.6	296.5	77.9	297.4	78.1	298.2	78.3	298.9	78.6
U99	295.6	77.6	296.5	77.8	297.3	78.1	298	78.3	298.7	78.5
U100	295.7	77.6	296.4	77.8	297.2	78	297.8	78.2	298.9	78.6
U101	295.7	77.6	296.4	77.8	297.1	78	297.7	78.2	298.3	78.4
U102	295.7	77.6	296.4	77.8	297	78	297.6	78.2	298.2	78.3
U103	295.7	77.6	296.4	77.8	297	78	297.5	78.1	298.3	78.4
U104	295.7	77.6	296.3	77.8	296.9	78	297.4	78.1	297.9	78.3
U105	295.7	77.6	296.3	77.8	296.8	77.9	297.4	78.1	297.8	78.2
U106	295.7	77.6	296.3	77.8	296.8	77.9	297.3	78.1	297.9	78.3
U107	295.7	77.6	296.3	77.8	296.8	77.9	297.2	78.1	297.7	78.2
U108	295.8	77.6	296.3	77.8	296.7	77.9	297.2	78	297.6	78.2
U109	295.8	77.6	296.2	77.8	296.7	77.9	297.1	78	297.7	78.2
U110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U111	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
U112	294.7	77.3	298.2	78.4	301.5	79.3	304.4	80.7		
U113	295.1	77.4	297.6	78.2	300	78.9	302.2	79.6	304.2	80.6
U114	295.3	77.5	297.2	78.1	299.1	78.6	300.8	79.2	302.5	79.6
U115	295.4	77.5	297	78	298.5	78.5	300	78.9	304.2	80.6
U116	295.5	77.6	296.8	78	298.1	78.3	299.3	78.7	300.5	79
U117	295.5	77.6	296.7	77.9	297.8	78.2	298.9	78.6	299.9	78.8

U118	295.6	77.6	296.6	77.9	297.6	78.2	298.5	78.4	300.5	79
U119	295.6	77.6	296.6	77.9	297.4	78.1	298.3	78.4	299.1	78.6
U120	295.6	77.6	296.5	77.8	297.3	78.1	298	78.3	298.8	78.5
U121	295.7	77.6	296.4	77.8	297.2	78	297.9	78.2	299.1	78.6
U122	295.7	77.6	296.4	77.8	297.1	78	297.7	78.2	298.3	78.4
U123	295.7	77.6	296.4	77.8	297	78	297.6	78.2	298.1	78.3
U124	295.7	77.6	296.3	77.8	296.9	78	297.5	78.1	298.3	78.4
U125	295.7	77.6	296.3	77.8	296.9	77.9	297.4	78.1	297.9	78.2
U126	295.7	77.6	296.3	77.8	296.8	77.9	297.3	78.1	297.7	78.2
U127	295.8	77.6	296.3	77.8	296.7	77.9	297.2	78	297.9	78.2
U128	295.8	77.6	296.3	77.8	296.7	77.9	297.1	78	297.5	78.1
U129	295.8	77.6	296.2	77.8	296.7	77.9	297.1	78	297.5	78.1
U130	295.8	77.6	296.2	77.8	296.6	77.9	297	78	297.5	78.1
U131	295.8	77.6	296.2	77.7	296.6	77.9	296.9	78	297.3	78.1
U132	295.8	77.6	296.2	77.7	296.5	77.8	296.9	77.9	297.2	78
U133	295.8	77.6	296.2	77.7	296.5	77.8	296.8	77.9	297.3	78.1
U134	295.1	77.4	297.6	78.2	299.9	78.9	302.1	79.5	304.2	80.1
U135	295.3	77.5	297.2	78.1	299	78.6	300.7	79.1	302.4	79.6
U136	295.4	77.5	297	78	298.5	78.44	299.9	78.8	304.2	80.1
U137	295.5	77.6	296.8	77.9	298.1	78.3	299.3	78.7	300.4	79
U138	295.5	77.6	296.7	77.9	297.8	78.2	298.5	78.5	299.8	78.8
U139	295.6	77.6	296.6	77.9	297.6	78.2	298.5	78.4	300.4	79
U140	295.6	77.6	296.5	77.9	297.4	78.1	298.2	78.3	299	78.6
U141	295.7	77.6	296.5	77.8	297.3	78.1	298	78.3	298.7	78.5
U142	295.7	77.6	296.4	77.8	297.1	78	297.8	78.2	299	78.6
U143	295.7	77.6	296.4	77.8	297	78	297.7	78.2	298.3	78.3
U144	295.7	77.6	296.4	77.8	297	78	297.5	78.1	298.1	78.3
U145	295.7	77.6	296.3	77.8	296.9	77.9	297.4	78.1	298.3	78.3
U146	295.7	77.6	296.3	77.8	296.8	77.9	297.3	78.1	297.8	78.2
U147	295.8	77.6	296.3	77.8	296.8	77.9	296.2	78	297.7	78.2
U148	295.8	77.6	296.3	77.8	296.7	77.9	297.2	78	297.8	78.2
U149	295.8	77.6	296.2	77.8	296.7	77.9	297.1	78	297.5	78.1
U150	295.8	77.6	296.2	77.7	296.6	77.9	297	78	297.4	78.1
U151	295.8	77.6	296.2	77.7	296.6	77.9	297	78	297.5	78.1
U152	295.8	77.6	296.2	77.7	296.6	77.8	296.9	77.9	297.3	78
U153	295.8	77.6	296.2	77.7	296.5	77.8	296.9	77.9	297.2	78
U154	295.8	77.6	296.2	77.7	296.5	77.8	296.8	77.9	297.3	78
U155	294.7	77.3	298.1	78.3	301.4	79.3	304.4	80.2	307.2	81.5
U156	294.9	77.4	297.8	78.2	300.5	79	303.1	79.8	305.5	80.5
U157	295.1	77.4	297.6	78.2	299.9	78.8	302.1	79.5	307.2	81.5
U158	295.2	77.5	297.4	78.1	299.4	78.7	301.3	79.3	303.2	79.8
U159	295.3	77.5	297.2	78.1	299	78.6	300.7	79.1	302.4	79.6
U160	295.4	77.5	297.1	78	298.7	78.5	300.3	78.9	303.2	79.8
U161	295.4	77.5	297	78	298.5	78.4	299.9	78.8	301.2	79.2
U162	295.5	77.5	296.9	78	298.3	78.4	299.5	78.7	300.8	79.1
U163	295.5	77.5	296.8	77.9	298.1	78.3	299.3	78.6	301.2	79.2
U164	294.4	77.3	298.5	78.5	302.3	79.6	305.8	81.1	309.3	82.1
U165	295.1	77.5	295.5	78.1	299.7	78.8	301.8	79.4	303.8	80
U166	295.4	77.5	297	78	298.6	78.5	300	78.9	309.3	82.1
U167	295.5	77.6	296.8	77.9	298	78.3	299.1	78.6	300.2	78.9
U168	295.6	77.6	296.6	77.9	297.6	78.2	298.5	78.4	299.4	78.7
U169	295.6	77.6	296.5	77.8	297.3	78.1	298.3	78.3	300.2	78.9
U170	295.7	77.6	296.4	77.8	297.1	78	297.8	78.2	298.4	78.4
U171	295.7	77.6	296.4	77.8	297	78	297.6	78.1	298.1	78.3
U172	295.7	77.6	296.3	77.8	296.9	77.9	297.4	78.1	298.4	78.4
U173	295.8	77.6	296.3	77.8	296.8	77.9	297.3	78	297.7	78.2
U174	295.8	77.6	296.3	77.8	296.7	77.9	297.1	78	297.5	78.1

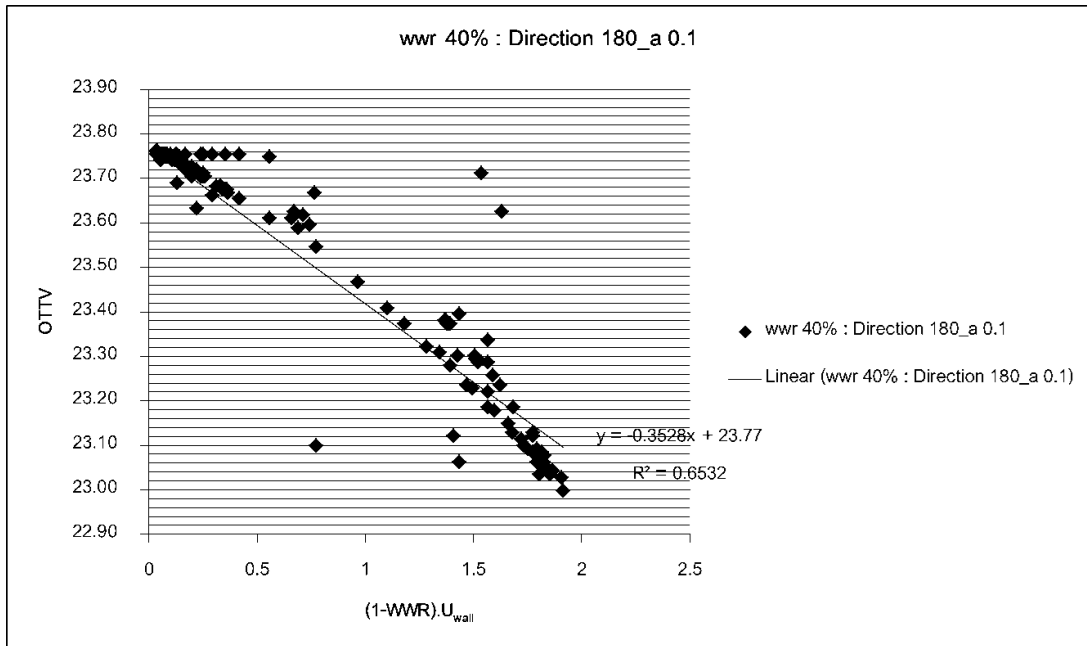




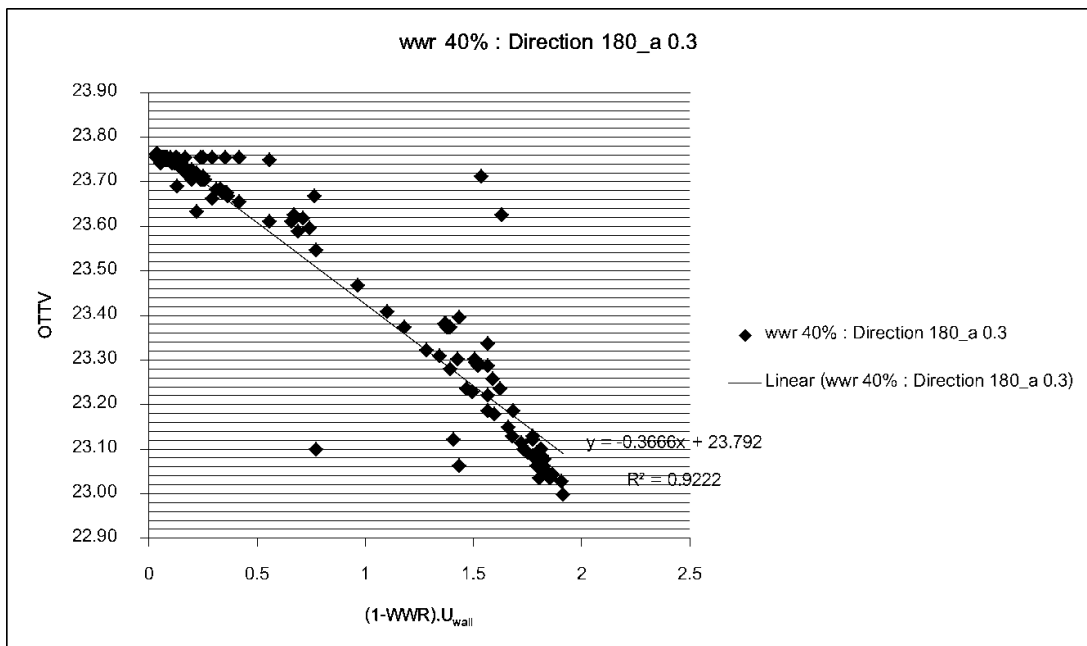
### ภาคผนวก ช

แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า OTTV และ  $(1-WWR) \cdot U_{wall}$  ของวัสดุประกอบอาคารต่างๆ

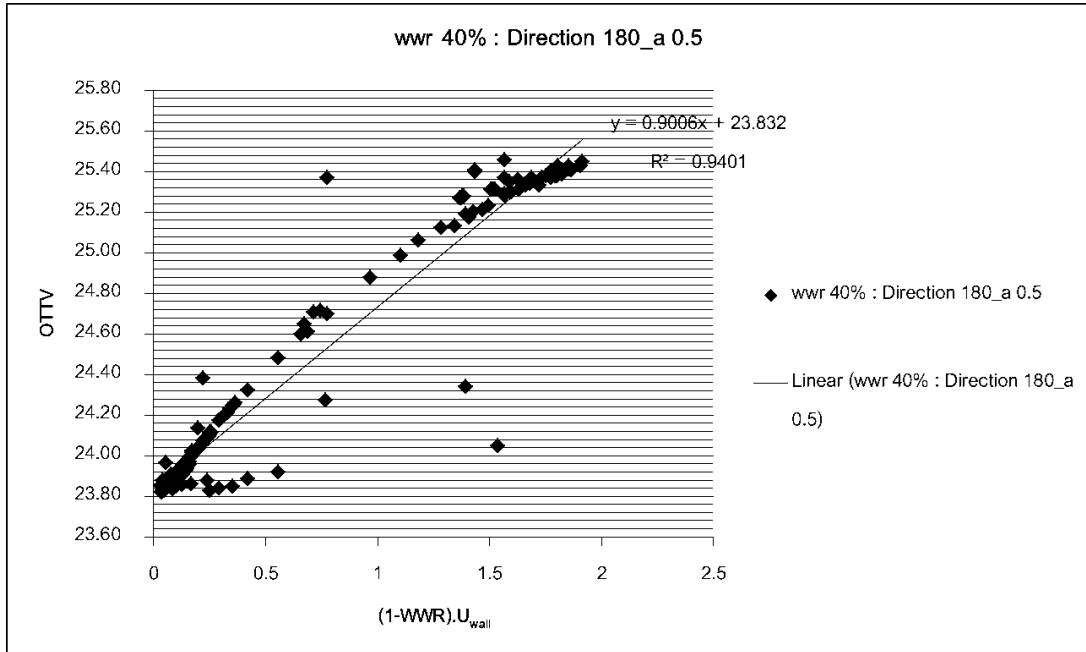
เมื่อมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ตั้งแต่ 0.1 – 0.9 และหมุนอาคาร 4 ทิศทาง



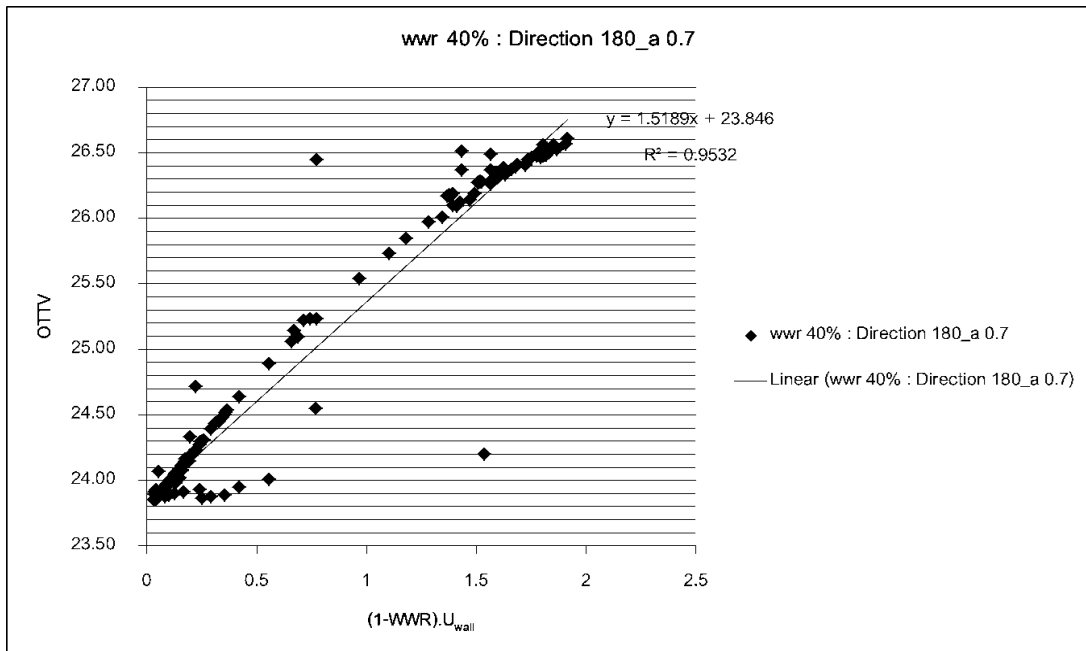
แผนภูมิ ข- 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า OTTV และ (1-WWR).U<sub>wall</sub> ของวัสดุประกอบอาคารต่างๆ มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์เท่ากับ 0.1 และมุมอาคาร 180 องศา



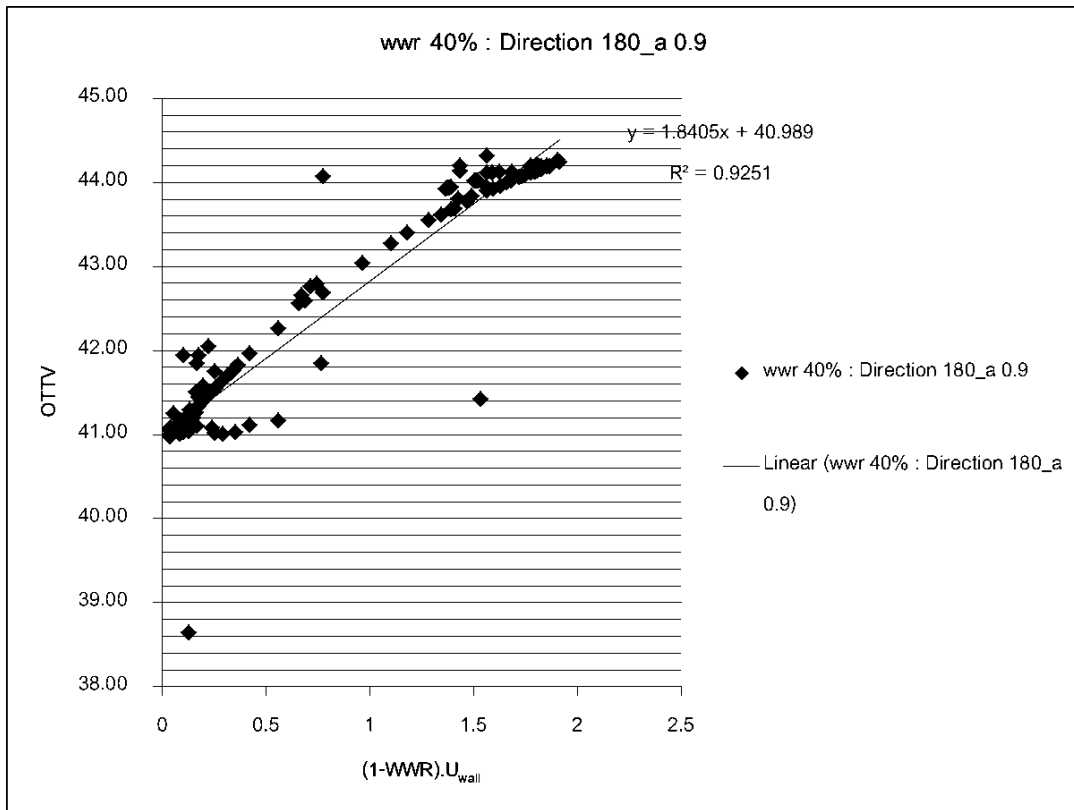
แผนภูมิ ข- 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า OTTV และ (1-WWR).U<sub>wall</sub> ของวัสดุประกอบอาคารต่างๆ มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์เท่ากับ 0.3 และมุมอาคาร 180 องศา



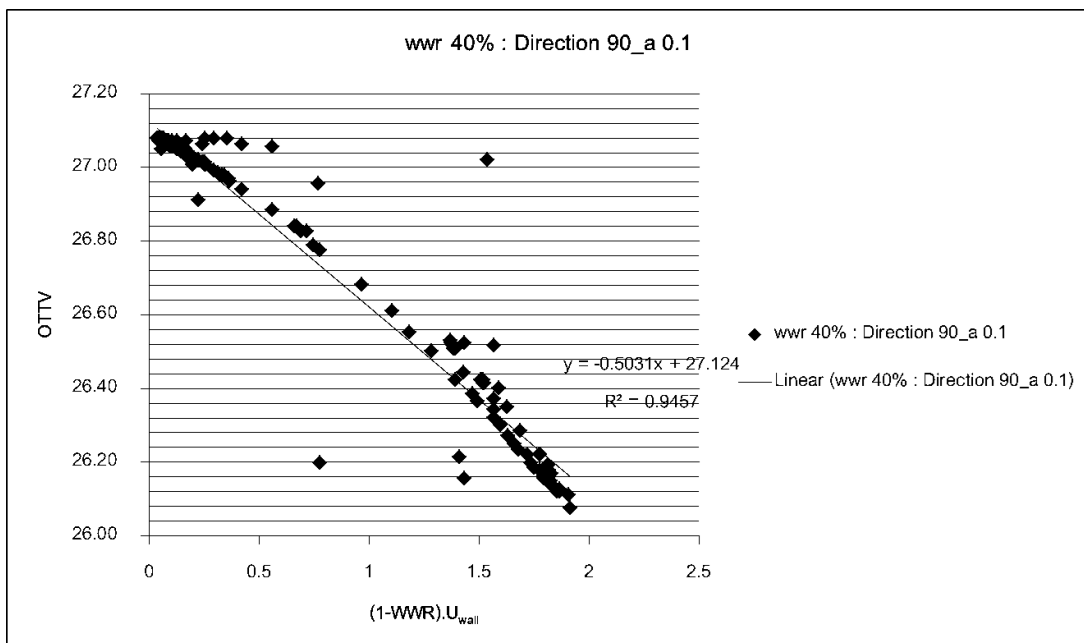
แผนภูมิ ช- 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า OTTV และ (1-WWR).U<sub>wall</sub> ของวัสดุประกอบอาคารต่างๆ มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์เท่ากับ 0.5 และมุมอาคาร 180 องศา



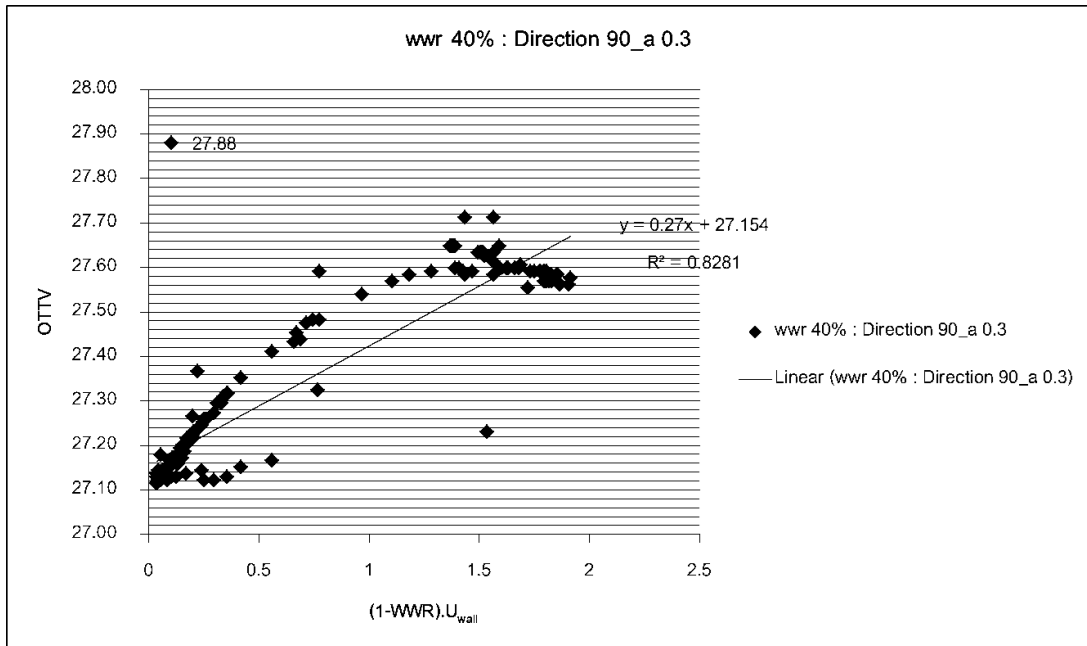
แผนภูมิ ช- 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า OTTV และ (1-WWR).U<sub>wall</sub> ของวัสดุประกอบอาคารต่างๆ มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์เท่ากับ 0.7 และมุมอาคาร 180 องศา



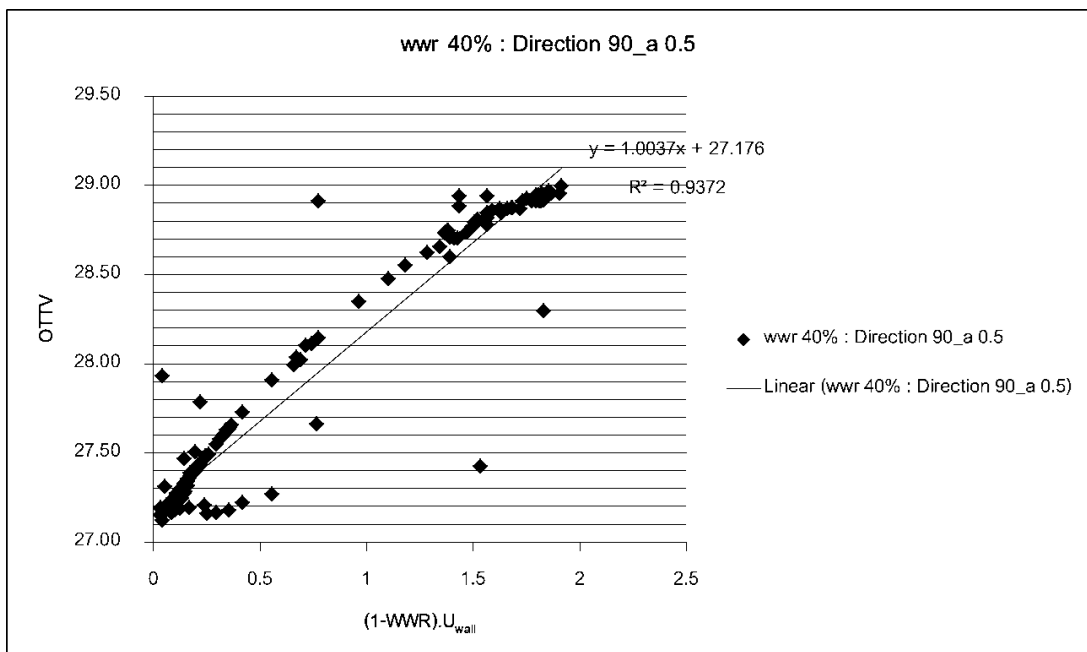
แผนภูมิ ข- 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า OTTV และ  $(1-WWR).U_{wall}$  ของวัสดุประกอบอาคารต่างๆ มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์เท่ากับ 0.9 และมุมอาคาร 180 องศา



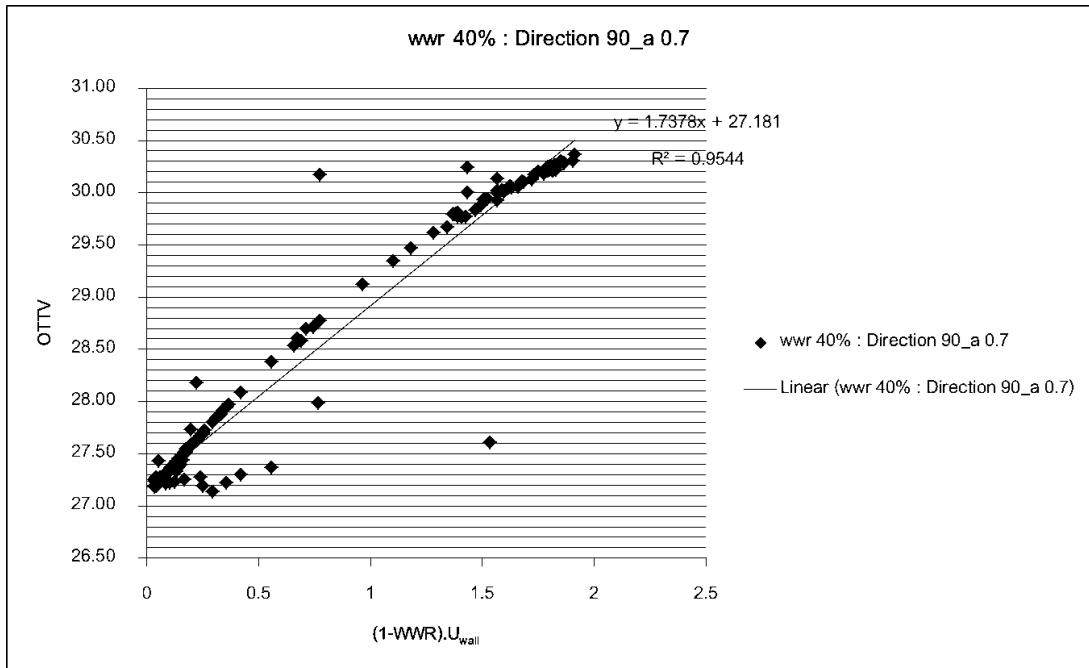
แผนภูมิ ข- 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า OTTV และ  $(1-WWR).U_{wall}$  ของวัสดุประกอบอาคารต่างๆ มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์เท่ากับ 0.1 และมุมอาคาร 90 องศา



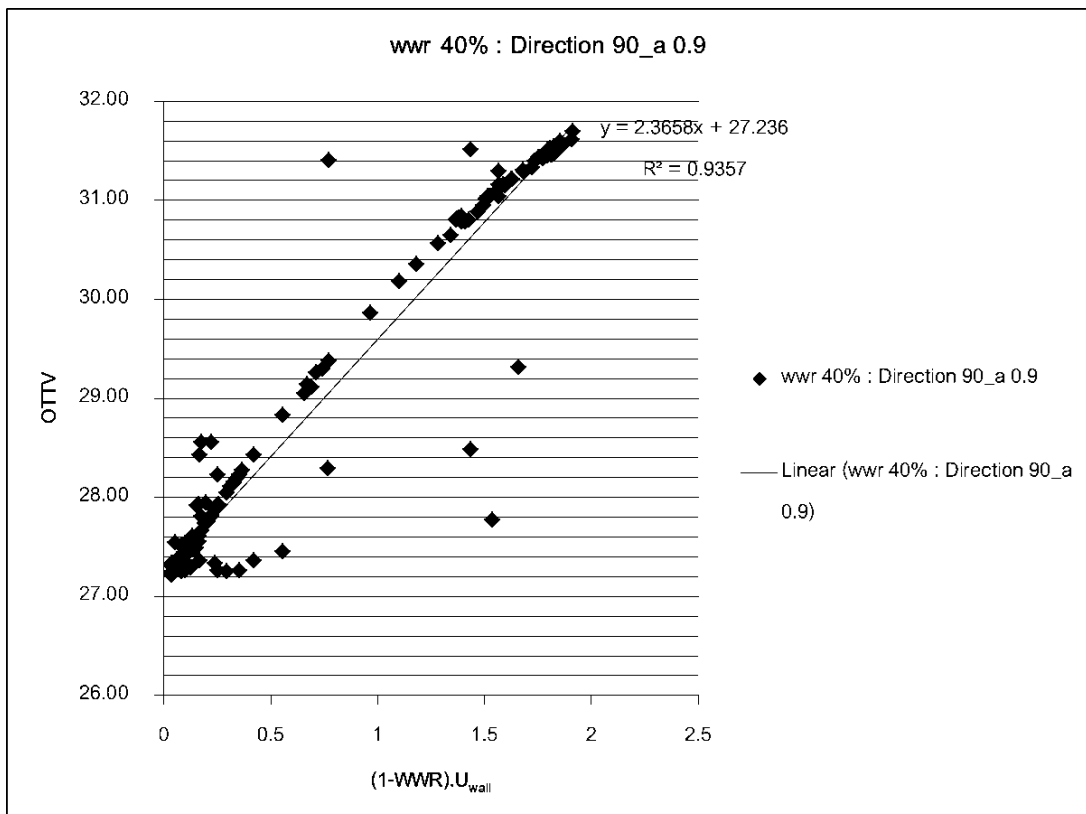
แผนภูมิ ข- 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า OTTV และ (1-WWR).U<sub>wall</sub> ของวัสดุประกอบอาคารต่างๆ มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์เท่ากับ 0.3 และมุมอาคาร 90 องศา



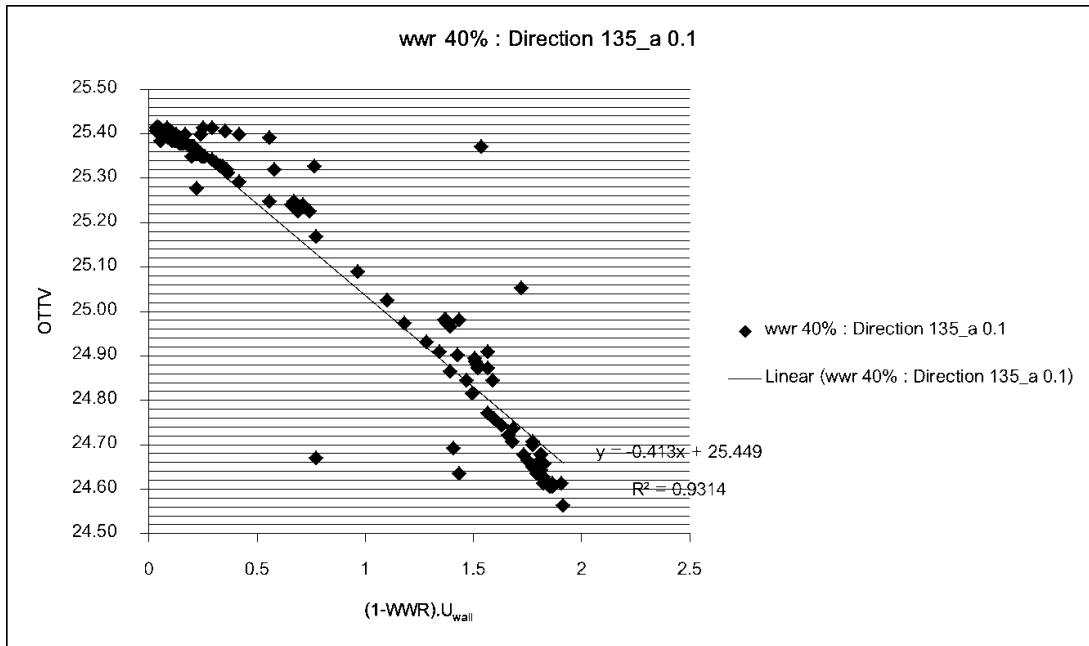
แผนภูมิ ข- 8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า OTTV และ (1-WWR).U<sub>wall</sub> ของวัสดุประกอบอาคารต่างๆ มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์เท่ากับ 0.5 และมุมอาคาร 90 องศา



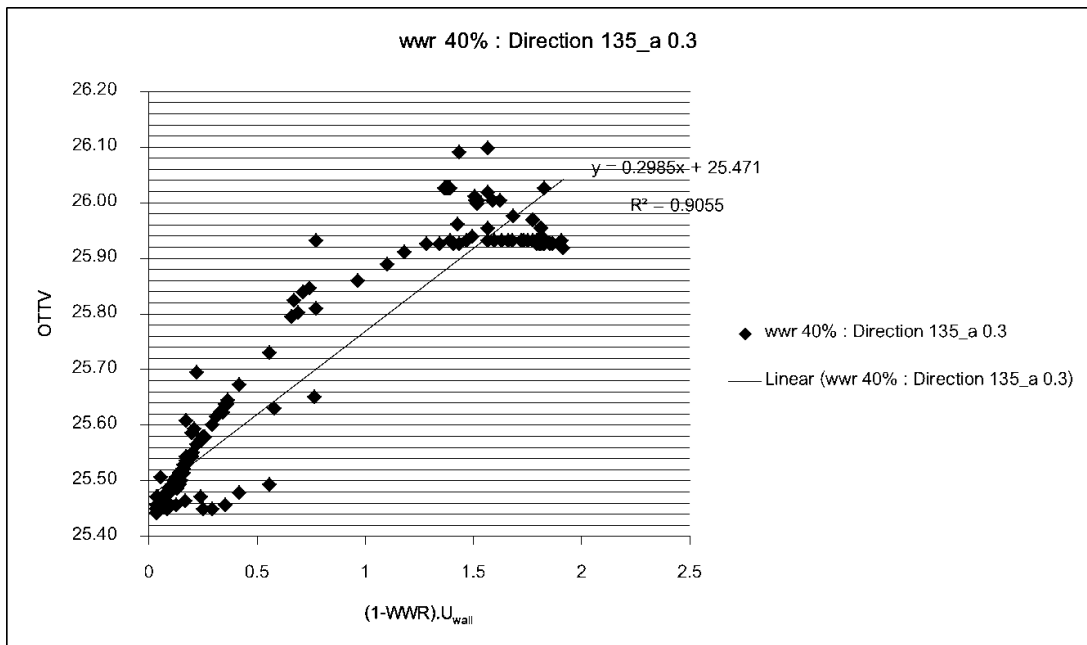
แผนภูมิ ข- 9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า OTTV และ  $(1-WWR).U_{wall}$  ของวัสดุประกอบอาคารต่างๆ มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์เท่ากับ 0.7 และมุมอาคาร 90 องศา



แผนภูมิ ข- 10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า OTTV และ  $(1-WWR).U_{wall}$  ของวัสดุประกอบอาคารต่างๆ มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์เท่ากับ 0.9 และมุมอาคาร 90 องศา

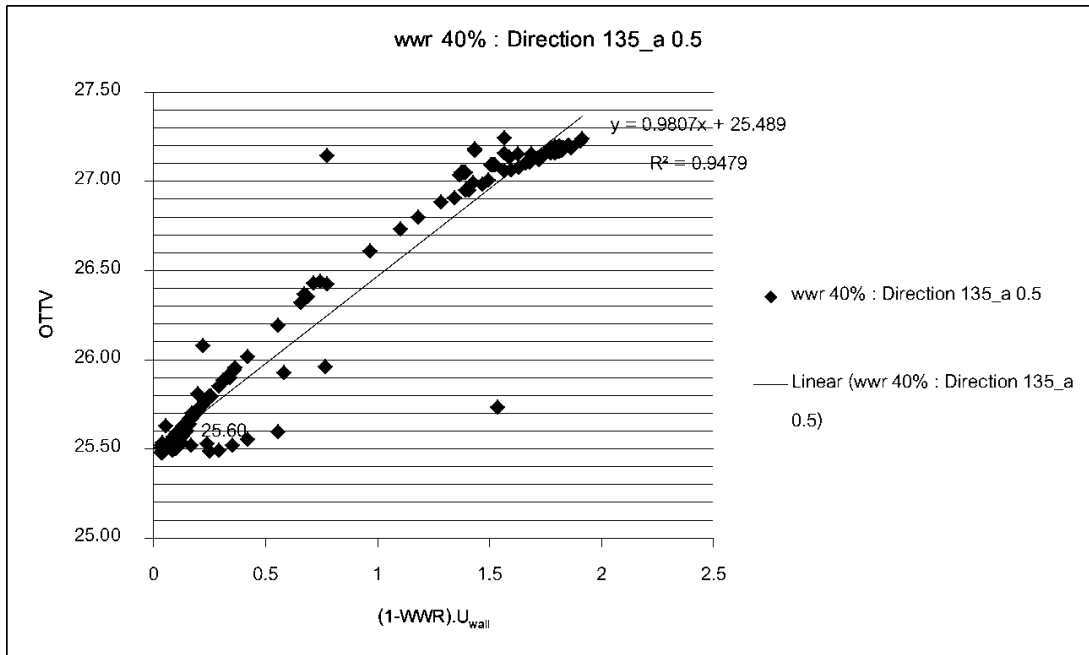


แผนภูมิ ข-11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า OTTV และ (1-WWR).U<sub>wall</sub> ของวัสดุประกอบอาคารต่างๆ มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์เท่ากับ 0.1 และมุมอาคาร 135 องศา

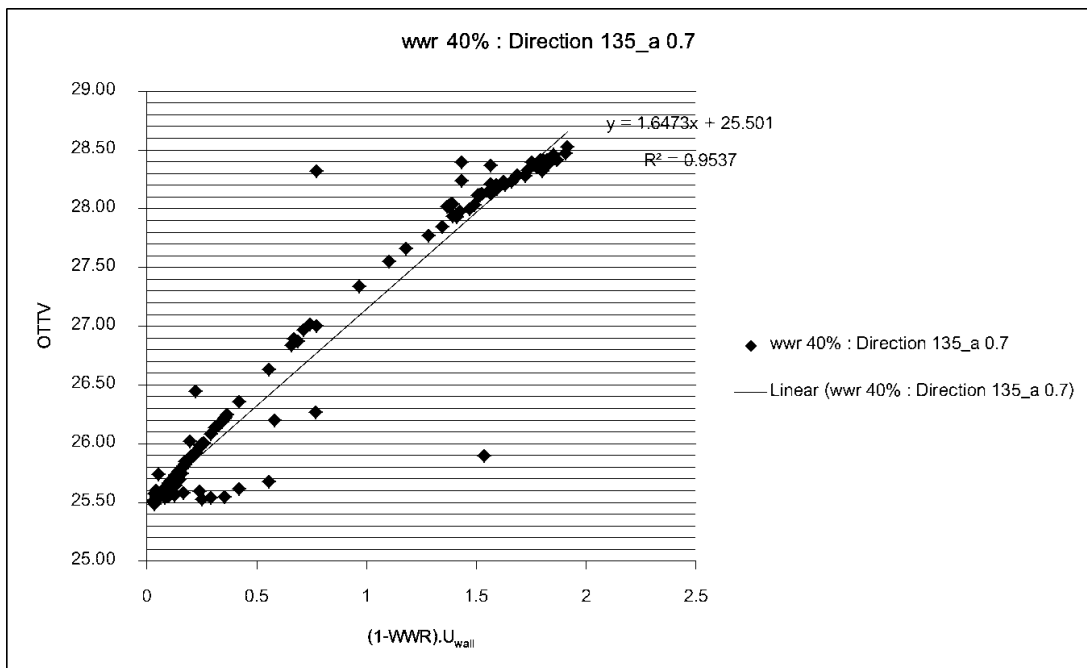


แผนภูมิ ข-12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า OTTV และ (1-WWR).U<sub>wall</sub> ของวัสดุประกอบอาคารต่างๆ มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์เท่ากับ 0.3 และมุมอาคาร 135 องศา





แผนภูมิ ช- 13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า OTTV และ (1-WWR).U<sub>wall</sub> ของวัสดุประกอบอาคารต่างๆ มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์เท่ากับ 0.5 และมุมอาคาร 135 องศา

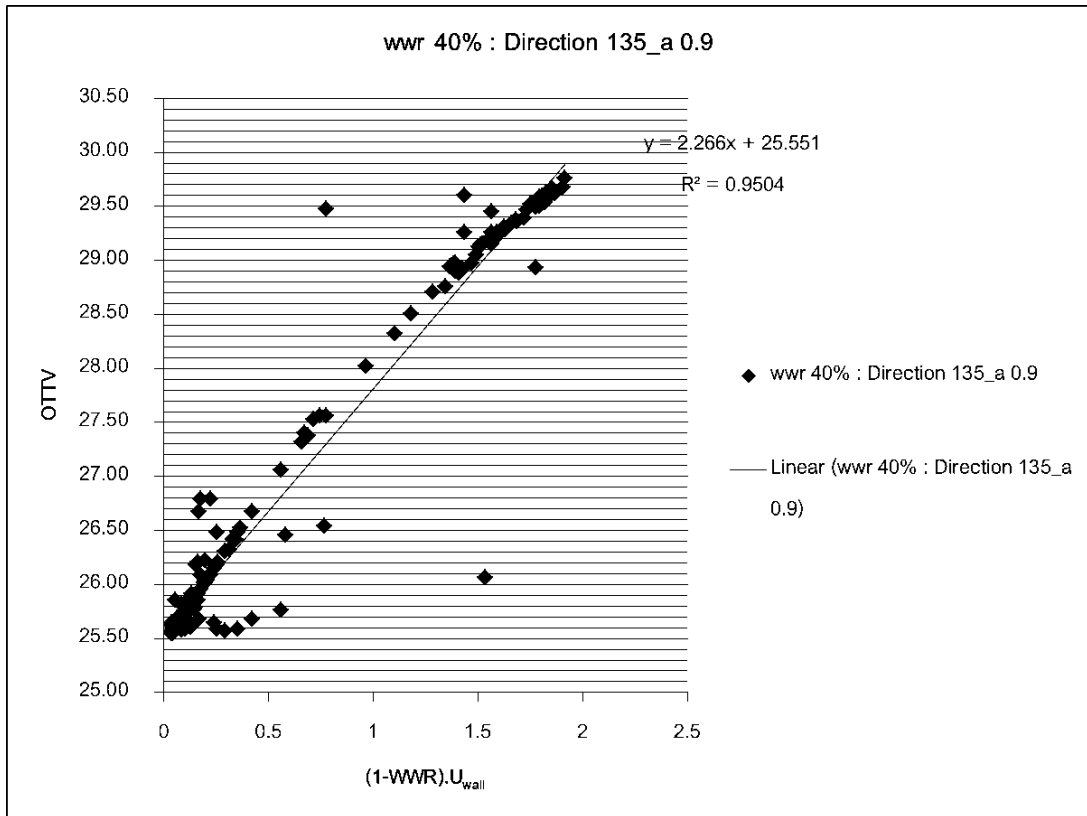


แผนภูมิ ช- 14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า OTTV และ (1-WWR).U<sub>wall</sub> ของวัสดุประกอบอาคารต่างๆ มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์เท่ากับ 0.7 และมุมอาคาร 135 องศา

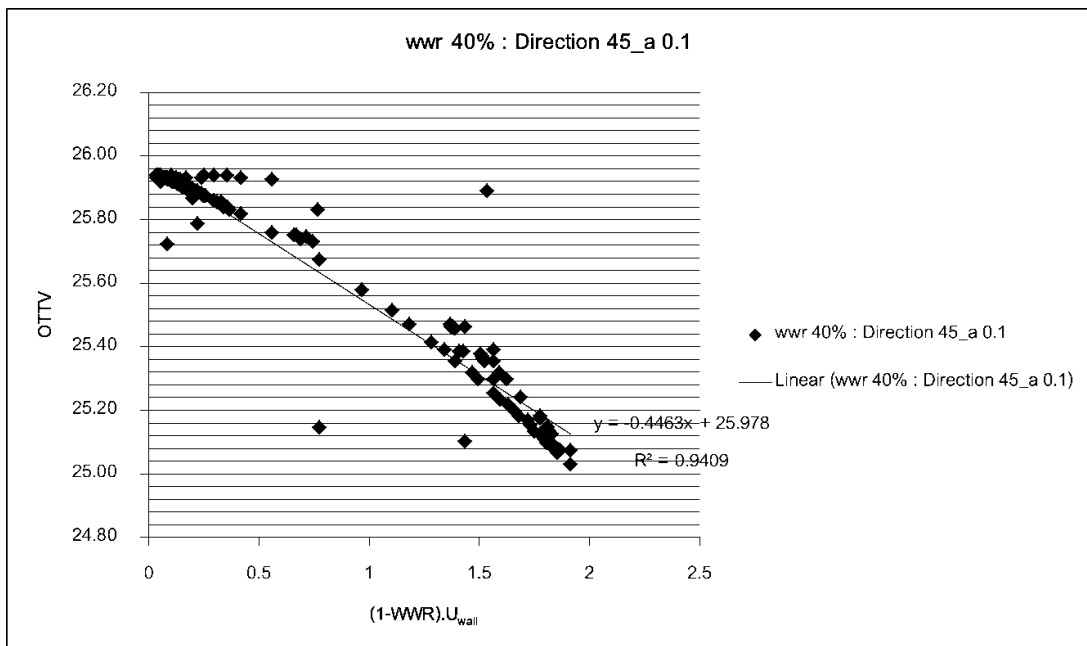
### ภาคผนวก ซ

แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า OTTV และ  $(1-WWR) \cdot U_{wall}$  ของวัสดุประกอบอาคารต่างๆ

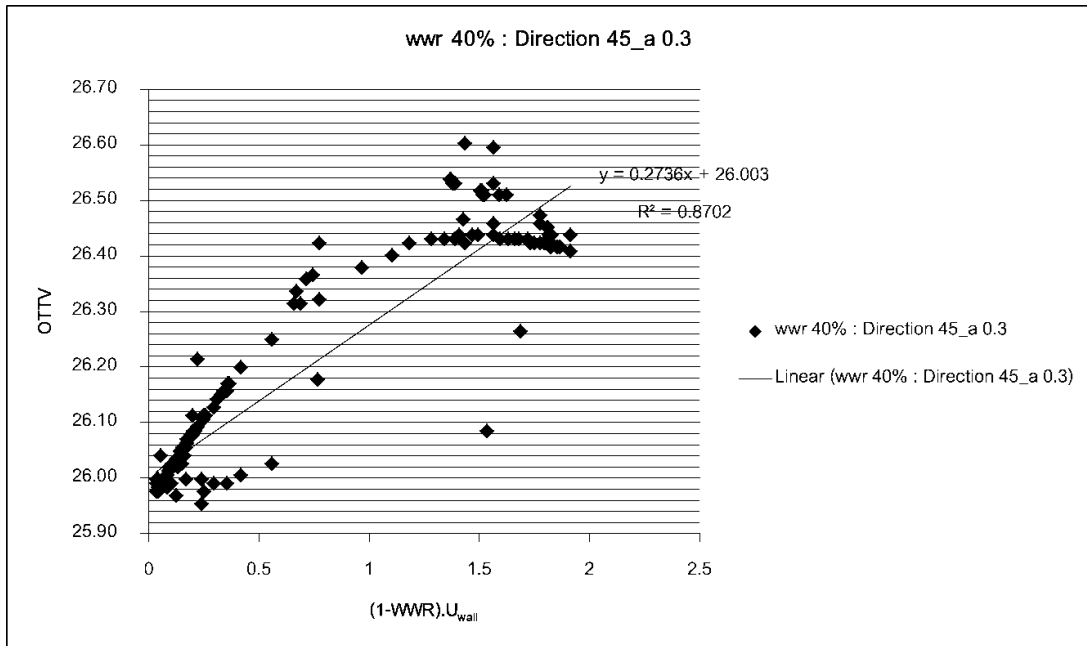
เมื่อมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ตั้งแต่ 0.1 – 0.9 และหมุนอาคาร 4 ทิศทาง



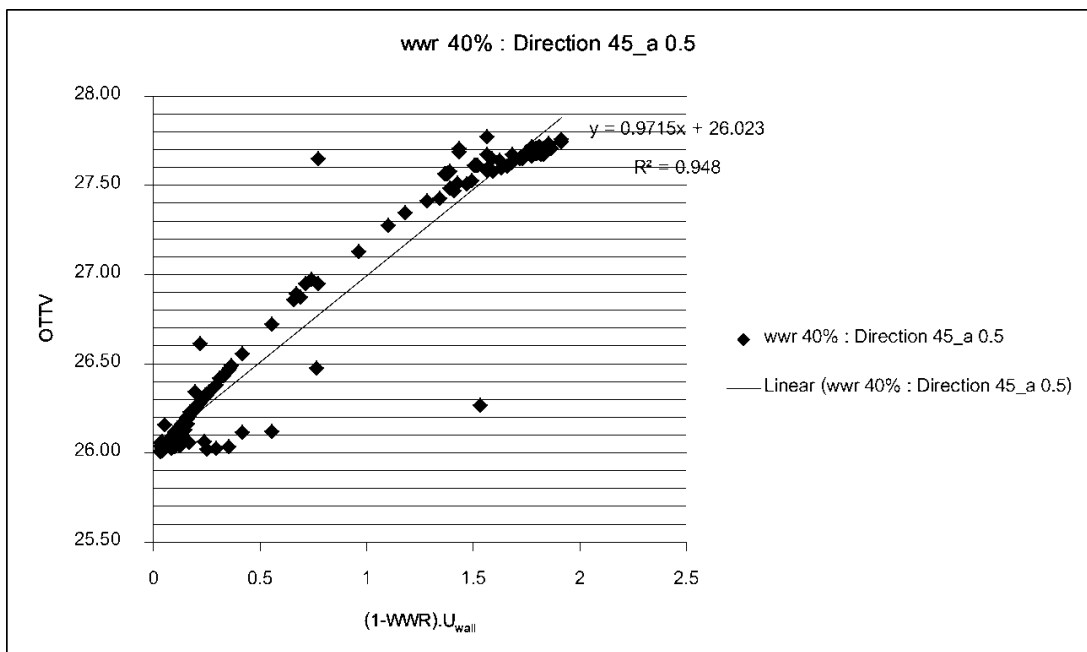
แผนภูมิ ช- 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า OTTV และ  $(1-WWR).U_{wall}$  ของวัสดุประกอบอาคารต่างๆ มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์เท่ากับ 0.9 และมุมอาคาร 135 องศา



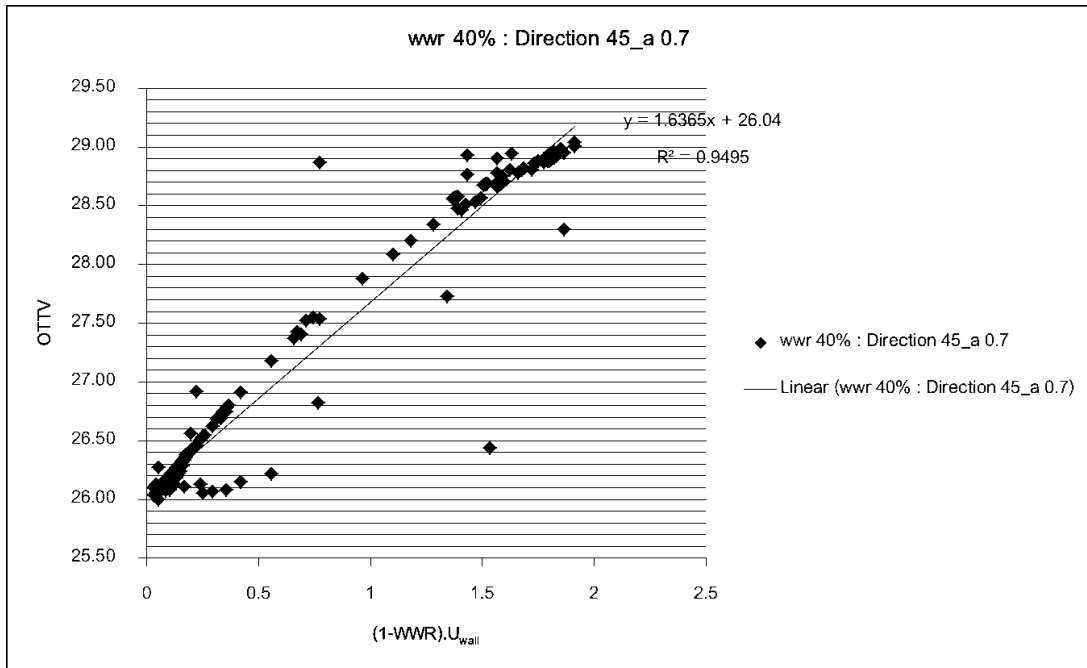
แผนภูมิ ช- 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า OTTV และ  $(1-WWR).U_{wall}$  ของวัสดุประกอบอาคารต่างๆ มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์เท่ากับ 0.1 และมุมอาคาร 45 องศา



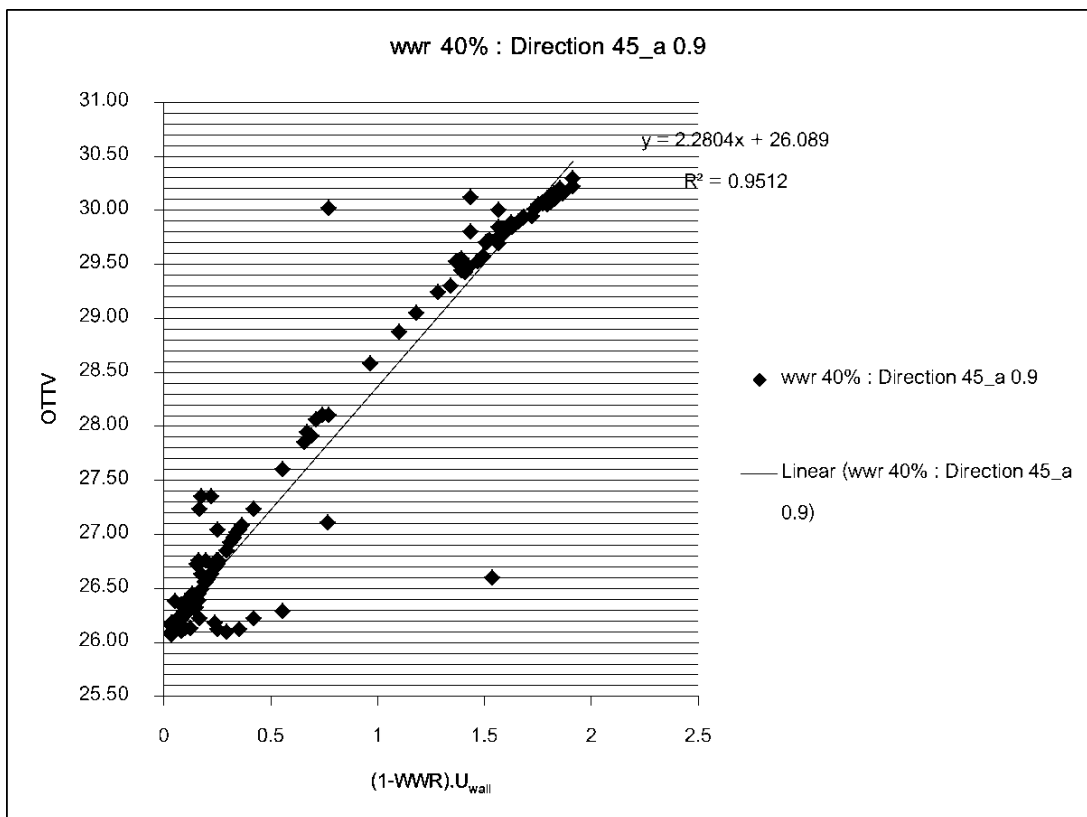
แผนภูมิ ช- 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า OTTV และ (1-WWR).U<sub>wall</sub> ของวัสดุประกอบอาคารต่างๆ มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์เท่ากับ 0.3 และมุมอาคาร 45 องศา



แผนภูมิ ช- 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า OTTV และ (1-WWR).U<sub>wall</sub> ของวัสดุประกอบอาคารต่างๆ มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์เท่ากับ 0.5 และมุมอาคาร 45 องศา



แผนภูมิ ช- 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า OTTV และ (1-WWR).U<sub>wall</sub> ของวัสดุประกอบอาคารต่างๆ มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์เท่ากับ 0.7 และมุมอาคาร 45 องศา



แผนภูมิ ช- 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า OTTV และ (1-WWR).U<sub>wall</sub> ของวัสดุประกอบอาคารต่างๆ มีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์เท่ากับ 0.9 และมุมอาคาร 45 องศา

### ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวปรีฉัตร ว่องไววรวิทย์ เกิดเมื่อวันที่ 23 มกราคม พ.ศ. 2529 สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีสถาปัตยกรรมศาสตร์บัณฑิต คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอัสสัมชัญ ปีการศึกษา 2553 และเข้ารับการศึกษาคือต่อในหลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตร์บัณฑิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในสาขาวิชานวัตกรรมการออกแบบนิเวศสถาปัตยกรรม ในภาคปลาย ปีการศึกษา 2555