การพัฒนาวิธีการประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนรวม และการใช้พลังงานรวมของอาคารชุดพักอาศัยในกรุงเทพมหานคร

นายดนุสรณ์ บัวขจร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2554

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository(CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

DEVELOPMENT OF AN ASSESSMENT METHOD FOR OVERALL THERMAL TRANSFER VALUE COMPLIANCE AND WHOLE BUILDING COMPLIANCE OF CONDOMINIUMS IN BANGKOK

Mr. Danusorn Boakajorn

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 2011

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาวิธีการประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนรวมและการใช้พลังงานรวมของอาคารชุดพักอาศัยในกรุงเทพมหานคร
โดย	นายดนุสรณ์ บัวขจร
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรรจน์ เศรษฐบุตร

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พงศ์ศักดิ์ วัฒนสินธุ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ธนิต จินดาวณิค)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรรจน์ เศรษฐบุตร)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ พรรณชลัท สุริโยธิน)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร.ณรงค์วิทย์ อารีมิตร)

ดนุสรณ์ บัวขจร : การพัฒนาวิธีการประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนรวมและการใช้พลังงานรวมของอาคารชุดพักอาศัยในกรุงเทพมหานคร (DEVELOPMENT OF AN ASSESSMENT METHOD FOR OVERALL THERMAL TRANSFER VALUE COMPLIANCE AND WHOLE BUILDING COMPLIANCE OF CONDOMINIUMS IN BANGKOK) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ.ดร. อรรจน์ เศรษฐบุตร, 134 หน้า

งานวิจัยนี้ได้เสนอผลการศึกษาเพื่อพัฒนาวิธีการประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังอาคาร (Overall Thermal Transfer Value, OTTV) และการใช้พลังงานรวมสำหรับอาคารชุดพักอาศัยตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2550 โดยปรับปรุงอาคารชุดพักอาศัยอ้างอิง (reference building) ให้มีความสอดคล้องกับ รูปร่างอาคารและการใช้งานของผู้พักอาศัยในอาคารชุดพักอาศัยในปัจจุบัน เพื่อสามารถกำหนดระดับพลังงานสุทธิอ้างอิงของอาคารชุดพักอาศัย

การศึกษานี้ได้ใช้วิธีวิจัยเชิงจำลองสถานการณ์จริง (simulation research) ด้วยโปรแกรม VisualDOE4.0 โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากการสำรวจ 2 ส่วน คือ 1) ข้อมูลด้านรูปร่าง ขนาดของอาคารชุดพักอาศัย 2) ข้อมูลด้านการใช้งานของผู้พักอาศัยในอาคารชุดพักอาศัย เพื่อนำมาสร้างอาคารอ้างอิง แล้วจำลองการใช้พลังงานด้วยโปรแกรม VisualDOE4.0 จากนั้นจึงใช้วิธีการทางสถิติเพื่อหาค่าเฉลี่ยหลายกลุ่มแบบพาราเมตริก (parameterization) ของสัมประสิทธิ์ในสมการค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (OTTV) และสมการพลังงานรวม (E_c)

ผลจากทดลองได้เสนอสมการที่พัฒนาขึ้น ซึ่งคำนวณได้ค่าพลังงานสุทธิของอาคารชุดพักอาศัยอ้างอิง (base level energy) เท่ากับ 126.22 kWh/m^2- year และเสนอค่า OTTV ของอาคารชุดพักอาศัยอ้างอิง ซึ่งในงานวิจัยนี้เรียกว่า “$OTTV_{condo}$” เท่ากับ 26.5 W/m^2 มีค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์ในสมการ ได้แก่ TD_{eq}, ΔT, และ ESR เท่ากับ 5.43, 0.97 และ 91.40 ตามลำดับ ผลการเปรียบเทียบระหว่างการคำนวณพลังงานรวมด้วยสมการที่สร้างขึ้นใหม่กับพลังงานรวมที่ได้จากการจำลองในงานวิจัยนี้พบว่ามีความคลาดเคลื่อนระหว่าง -5.9% ถึง 7.2% จากการจำลอง เนื่องจากใช้ค่าสัมประสิทธิ์เฉลี่ยของทุกทิศทางในสมการ $OTTV_{condo}$ ซึ่งควรจะมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงผลกระทบ อันเนื่องมาจากการวางทิศทางอาคารต่อไป

ภาควิชา.....สถาปัตยกรรม..... ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา.....สถาปัตยกรรม..... ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

ปีการศึกษา...2554.....

5473321225 ; MAJOR ARCHITECTURE

KEYWORDS: CONDOMINIUM / OVERALL THERMAL TRANSFER VALUE / WHOLE BUILDING ENERGY / ENERGY SIMULATION / REFERENCE BUILDING

DANUSORN BOAKAJORN : DEVELOPMENT OF AN ASSESSMENT METHOD FOR OVERALL THERMAL TRANSFER VALUE COMPLIANCE AND WHOLE BUILDING COMPLIANCE OF CONDOMINIUMS IN BANGKOK. ADVISOR : ASST.PROF. ATCH SRESHTHAPUTRA, Ph.D., 134 pp.

This research proposes a method for estimating the Overall Thermal Transfer Value (OTTV) and the whole building energy consumption of condominium buildings under the Energy Conservation Act of Thailand B.E.2550 by creating a reference condominium building that complies with the typical design of condominiums and occupancy to determine the base level energy use of a condominium.

The VisualDOE4.0 simulation tool was used in this research, which started with acquiring two types of data. One is a set of condominium shapes in Bangkok and nearby provinces. Another is a set of occupancy profiles. The data were gathered and analyzed in the VisualDOE4.0 program and the parameterization method was used to create the coefficients in the OTTV and the whole building energy (E_c) equations.

The resulting equations suggest that the base level energy use be 126.22 kWh/m^2-year and the OTTV of the reference condominium in this research, called "$OTTV_{condo}$", be 26.5 W/m^2. The average coefficients of the "$OTTV_{condo}$" that comprise TD_{eq}, ΔT and ESR are 5.43, 0.97 and 91.40 respectively. However, energy use results from the proposed equation and computer simulation show discrepancies of -5.9% to 7.2%, which result from the average TD_{eq}, ΔT and ESR applied in the study. It is recommended that a further, detailed study regarding the effect of building orientation be carried out.

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

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

Academic Year : ..2011.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้เริ่มต้นและสำเร็จได้ด้วยความรู้ที่ได้มาจากคณาอาจารย์คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ทุกท่าน และเหล่านักวิจัยที่ได้ถ่ายทอดประสบการณ์ ความรู้ผ่านหน้ากระดาษ

ขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรรจน์ เศรษฐบุตร ผู้คอยให้คำปรึกษาตลอดมา

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ พรรณชลัท สุริโยธิน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์ และดร.พร วิรุฬห์รักษ์ ที่ให้การศึกษาในระดับปริญญามหาบัณฑิตนี้

ขอขอบคุณเพื่อนๆ สตูดิโอ 74

ขอขอบคุณพี่ๆ IDEA 4

ขอขอบคุณพี่ชายและพี่ๆ คณะวิศวกรรมศาสตร์ที่ช่วยอธิบายสถิติ และแก้ปัญหาสมการ

ขอบคุณนางสาวจารุวรรณ รื่นกลิ่น สำหรับการกระตุ้นเตือน และพิสูจน์อักษร

ขอขอบพระคุณพ่อ แม่ ที่ให้การส่งเสริม สนับสนุนในทุกๆ ด้าน

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญภาพ ..... ญ
สารบัญแผนภูมิ ..... ฎ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4
1.5 วิธีดำเนินการวิจัย 4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5
2.1 แนวคิดและทฤษฎี 5
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 11
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 20
3.1 แนวทางในการวิจัย 20
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 20
3.3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 20
3.4 การกำหนดตัวแปร 25
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 30
4.1 ผลการสำรวจข้อมูลเพื่อกำหนดอาคารชุดอ้างอิง 30
4.2 การกำหนดอาคารชุดอ้างอิง และกำหนดตัวแปร 39
4.3 การจำลองการใช้พลังงานในอาคารชุดพักอาศัย 41
4.4 การวิเคราะห์ผลและประเมินผลการทดลอง 48
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 55

5.1 สรุปผลการวิจัย 55
5.2 ข้อเสนอแนะ 58
รายการอ้างอิง 60
ภาคผนวก 62
ภาคผนวก ก 63
ภาคผนวก ข 67
ภาคผนวก ค 77
ภาคผนวก ง 79
ภาคผนวก จ 84
ภาคผนวก ฉ 87
ภาคผนวก ช 97
ภาคผนวก ซ 111
ภาคผนวก ฌ 128
ภาคผนวก ญ 130
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 134

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 แสดงค่า C_l ,C_e ,C_o ,C_v และ n_h ของอาคารแต่ละประเภทตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน(ฉบับที่ 2) พ.ศ.2550 11
ตารางที่ 3.1 แผนการวิจัย 29
ตารางที่ 4.1 สรุปรูปร่างของอาคารชุดพักอาศัยที่ทำการสำรวจ 31
ตารางที่ 4.2 การใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าวันจันทร์ – ศุกร์ 35
ตารางที่ 4.3 การใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าวันเสาร์ 36
ตารางที่ 4.4 การใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าวันอาทิตย์ 37
ตารางที่ 4.5 การใช้งานไฟฟ้าแสงสว่างวันจันทร์ – ศุกร์ 38
ตารางที่ 4.6 การใช้งานไฟฟ้าแสงสว่างวันเสาร์ – อาทิตย์ 38
ตารางที่ 4.7 รายละเอียดอาคารชุดพักอาศัยอ้างอิง 40
ตารางที่ 4.8 แสดงชนิดและคุณสมบัติของผนัง 42
ตารางที่ 4.9 แสดงชนิดและคุณสมบัติของกระจก 42
ตารางที่ 4.10 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ ที่ได้จากregression ของการวางอาคารทิศทางต่างๆ 43
ตารางที่ 4.11 สถิติของ Regression ในสมการ $OTTV_{condo}$ 43
ตารางที่ 4.12 สถิติของค่าพารามิเตอร์ ในสมการ $OTTV_{condo}$ 43
ตารางที่ 4.13 สถิติของ Regression ในสมการ CR 46
ตารางที่ 4.14 สถิติของค่าพารามิเตอร์ ในสมการ CR 46
ตารางที่ 4.15 แสดงการเปรียบเทียบผลจากการคำนวณด้วยสมการตามกฎกระทรวง พ.ศ. 2552 และการคำนวณด้วยสมการในงานวิจัย กับผลที่ได้จากการจำลอง 50
ตารางที่ 4.16 รายละเอียดห้องชุดกรณีเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้า 52
ตารางที่ 4.17 เปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าระหว่างการจำลองกับการใช้งานจริง 53
ตารางที่ 5.1 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ ระหว่างพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2550 กับงานวิจัย 55
ตารางที่ 5.2 ตารางเปรียบเทียบสมการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังอาคารในงานวิจัยอื่นๆ 57
ตารางที่ 5.3 แสดงการเปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังอาคาร และ E_c ของอาคารชุดพักอาศัยอ้างอิงในงานวิจัยอื่นๆ 57

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1.1 อาคารชุดพักอาศัย (condominium) ขนาดใหญ่ในกรุงเทพมหานคร 1
ภาพที่ 2.1 Heat transfer by conduction. 5
ภาพที่ 2.2 Radiant energy transfer between two surface molecules. 5
ภาพที่ 2.3 Heat transfer from A to B by conduction. 6
ภาพที่ 2.4 ผังพื้นห้องพักอาศัยเพื่อศึกษาการถ่ายเทความร้อน 12
ภาพที่ 2.5 การถ่ายเทความร้อนภายในห้องปรับอากาศ 13
ภาพที่ 2.6 ลักษณะอาคารพักอาศัยอ้างอิงของสิงคโปร์ 17
ภาพที่ 4.1 รูปร่างของอาคารชุดพักอาศัยที่พบในการสำรวจ 30
ภาพที่ 4.2 ผังพื้นอาคารอ้างอิง 39
ภาพที่ 4.3 ทิศทางอาคารอ้างอิง 42

สารบัญแผนภูมิ

หน้า

แผนภูมิที่ 3.1 ขั้นตอนการวิจัย 28
แผนภูมิที่ 4.1 แผนภูมิแสดงเพศของประชากร 31
แผนภูมิที่ 4.2 แผนภูมิแสดงอาชีพของประชากร 32
แผนภูมิที่ 4.3 แผนภูมิแสดงช่วงอายุของประชากร 32
แผนภูมิที่ 4.4 แผนภูมิแสดงจำนวนผู้ใช้งานห้องพักและจำนวนผู้เปิดเครื่องปรับอากาศ 34
แผนภูมิที่ 4.5 แผนภูมิแสดงจำนวนผู้ใช้งานห้องพักและจำนวนผู้เปิดเครื่องปรับอากาศ 34
แผนภูมิที่ 4.6 แผนภูมิแสดงสัดส่วนการใช้พลังงานของอาคารอ้างอิง 41
แผนภูมิที่ 4.7 แผนภูมิแสดงสัดส่วนภาระปรับอากาศของอาคารอ้างอิง 41
แผนภูมิที่ 4.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $OTTV_{condo}$ ของแต่ละการวางทิศทางอาคาร กับ CR 44
แผนภูมิที่ 4.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $OTTV_{condo}$ กับ CR 45
แผนภูมิที่ 4.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ปัจจัยภายในอาคารกับ CR 47
แผนภูมิที่ 4.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $0.51 \cdot OTTV_{condo}$ กับ CR 47
แผนภูมิที่ 4.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Cooling energy กับ COP 48
แผนภูมิที่ 4.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ปัจจัยภายใน กับ E_c 51
แผนภูมิที่ 4.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $0.51 \cdot OTTV_{condo}$ กับ E_c 51
แผนภูมิที่ 4.15 แสดงพลังงานไฟฟ้าระหว่างการจำลองกับการใช้งานจริง 54

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันอาคารชุดพักอาศัย (condominium) มีจำนวนเพิ่มขึ้นมากในประเทศไทย โดยเฉพาะในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ห้องชุดพักอาศัยมีสัดส่วนเป็นร้อยละ 10.7 ของที่อยู่อาศัย รองจากบ้านเดี่ยว ห้องแถว และทาวน์เฮ้าส์หรือบ้านแฝด[1] ผู้อยู่อาศัยส่วนใหญ่นิยมใช้เครื่องปรับอากาศเพื่อให้เกิดภาวะน่าสบาย ส่งผลให้การใช้พลังงานในอาคารประเภทอยู่อาศัยมีแนวโน้มสูงขึ้น กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงานจึงได้ออก *กฎกระทรวงกำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานพ.ศ.2552* โดยอาศัยอำนาจใน*พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2550* เพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานในอาคารควบคุมซึ่งมีขอบเขตของการบังคับใช้กับอาคารควบคุมที่มีพื้นที่ตั้งแต่ 2,000 ตารางเมตรขึ้นไป รวมถึงอาคารชุดตามพระราชบัญญัติอาคารชุด โดยได้กำหนดมาตรฐานและหลักเกณฑ์ในการออกแบบในส่วนของระบบกรอบอาคาร ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ อุปกรณ์ผลิตน้ำร้อน การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร และการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่างๆของอาคาร

ภาพที่ 1.1 อาคารชุดพักอาศัย (condominium) ขนาดใหญ่ในกรุงเทพมหานคร

อาคารชุดพักอาศัยที่จะได้รับอนุญาตให้ก่อสร้าง จำเป็นต้องผ่านเกณฑ์มาตรฐานของแต่ละระบบที่กำหนดไว้ แต่หากไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ ให้พิจารณาตามเกณฑ์การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร คือ อาคารชุดพักอาศัยที่พิจารณา ต้องมีค่าการใช้พลังงานโดยรวม

---

[1] เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, กระทรวง, สำนักงานสถิติแห่งชาติ. สรุปผลที่สำคัญ การสำรวจภาวะเศรษฐกิจและสังคมของครัวเรือน พ.ศ.2553 [ออนไลน์], 20 กุมภาพันธ์ 2555. แหล่งที่มา : http://service.nso.go.th/nso/nsopublish/download/docdown.html

ต่ำกว่าค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารอ้างอิงที่มีพื้นที่การใช้งาน ทิศทาง และพื้นที่กรอบอาคารแต่ละด้านเป็นเช่นเดียวกับอาคารที่จะก่อสร้างหรือดัดแปลง และมีค่าของระบบกรอบอาคาร ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง และระบบปรับอากาศ เป็นไปตามข้อกำหนดของแต่ละระบบ

อาคารสาธารณะที่ควบคุมตามการใช้พลังงานพระราชบัญญัติ ได้แก่ อาคารประเภทสถานพยาบาล สถานศึกษา สำนักงาน อาคารชุด อาคารชุมนุมคน โรงมหรสพ โรงแรม สถานบริการ และ ห้างสรรพสินค้าหรือศูนย์การค้า โดยได้กำหนดให้ค่ามาตรฐานของระบบกรอบอาคารประเภทโรงแรม สถานพยาบาล และอาคารชุดมีค่าเท่ากัน กล่าวคือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร (overall thermal transfer value, OTTV มีหน่วยเป็น W/m^2) กำหนดไว้ที่ 30 W/m^2 และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (roof thermal transfer value ; RTTV มีหน่วยเป็น W/m^2) กำหนดไว้ที่ 10 W/m^2 โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์ ในสมการหาค่าOTTV และ RTTV ของอาคารประเภทโรงแรม สถานพยาบาล และอาคารชุดนั้นใช้ค่าชุดเดียวกัน ได้แก่ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (equivalent temperature difference) ระหว่างภายนอกและภายในอาคารซึ่งรวมถึงผลการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ของผนังทึบ (TD_{eq} มีหน่วยเป็น $^{\circ}C$) ค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายในและภายนอกอาคาร (ΔT มีหน่วยเป็น $^{\circ}C$) และ รังสีอาทิตย์ที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนหรือปริมาณรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบผนังโปร่งแสง หรือผนังทึบแสง (ESR มีหน่วยเป็น W/m^2)

ในส่วนของการประเมินการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร อาคารควบคุมจะผ่านเกณฑ์การประเมินได้ก็ต่อเมื่ออาคารชุดพักอาศัยที่พิจารณาต้องมีค่าการใช้พลังงานโดยรวมต่ำกว่าค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารอ้างอิง คำนวณโดยใช้สมการพลังงานรวมของอาคาร ซึ่งได้กำหนดค่าสัมประสิทธิ์ ต่างๆของอาคารประเภทสถานพยาบาล โรงแรม และอาคารชุดพักอาศัย ให้มีค่าเท่ากัน ได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์ สัดส่วนความร้อนที่เป็นภาระแก่ระบบปรับอากาศจากไฟฟ้าแสงสว่าง (C_l) อุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ (C_e) ผู้ใช้อาคาร (C_o) และการระบายอากาศ (C_v) รวมทั้งจำนวนชั่วโมงการใช้งานของอาคารทั้งสามประเภท

จากข้อกำหนดของกฎหมายดังกล่าว จะเห็นว่าอาคารประเภทสถานพยาบาล โรงแรม และอาคารชุดพักอาศัยถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน มีจำนวนชั่วโมงการใช้งานเท่ากันคือ 8,760 ชั่วโมงภายในเวลา 1 ปี หรือมีการใช้งานตลอดทั้งวัน แต่สำหรับอาคารชุดพักอาศัยนั้นมีความแตกต่างจากอาคารประเภทสถานพยาบาล และโรงแรม คืออาคารประเภทชุดพักอาศัยมีช่วงเวลาการใช้งานใกล้เคียงกับบ้านพักอาศัยทั่วไป อาจไม่ได้มีการใช้งานตลอด 24 ชั่วโมง ซึ่งจะลดผลประทบของอิทธิพลจากปัจจัยภายนอกอาคาร ได้แก่ แสงอาทิตย์ที่ส่องมายังกรอบอาคาร รวมทั้งปัจจัยจากภายในอาคาร อาทิ ความร้อนและความชื้นจากผู้ใช้อาคาร ความร้อนจากอุปกรณ์และ

เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ และความร้อนจากระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ทำให้ค่า OTTV และค่าการใช้พลังงานรวมในอาคารมีค่าลดลงจากการคำนวณโดยใช้หลักการเดิม[2] งานวิจัยนี้จึงมีขึ้นเพื่อพัฒนาค่าสัมประสิทธิ์ในสมการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังอาคาร และสัมประสิทธิ์ในสมการคำนวณพลังงานรวมของอาคาร ซึ่งจะเป็นการพัฒนาเกณฑ์มาตรฐานของอาคารชุดพักอาศัย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาผลกระทบของพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 ต่อการใช้พลังงานในอาคารชุดพักอาศัย
2. พัฒนาวิธีการประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร (OTTV) และการประเมินการใช้พลังงานรวม (E_c) ในอาคารชุดพักอาศัย
3. ศึกษาลักษณะทางด้านรูปทรงอาคารชุดพักอาศัยและการใช้งานของผู้พักอาศัย
4. ศึกษาปัจจัยต่างๆที่มีผลกระทบต่อการใช้พลังงานในอาคารชุดพักอาศัย ทั้งปัจจัยจากภายนอก ได้แก่ ทิศทางการวางแนวอาคาร ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังอาคาร (OTTV) ปัจจัยภายในอาคาร ได้แก่ พลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง (light power density, LPD มีหน่วยเป็น W/m^2) พลังงานที่ใช้สำหรับอุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ (equipment power density, EQD มีหน่วยเป็น W/m^2) และ ความหนาแน่นของผู้ใช้อาคารในพื้นที่ (occupant density, OCCU มีหน่วยเป็น person/m^2) รวมถึงสัมประสิทธิ์สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศ (COP)

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาเฉพาะอาคารชุดพักอาศัยขนาดใหญ่ ขนาดไม่เกิน 10,000 ตารางเมตร สูงไม่เกิน 23 เมตร ในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล
2. ศึกษาโดยใช้สมการการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร (OTTV) และสมการการใช้พลังงานรวม (E_c) ตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน
3. ผนังกระจกของงานวิจัยนี้ไม่ครอบคลุมถึงอุปกรณ์บังแดดภายในและภายนอก ดังนั้น ค่าสัมประสิทธิ์ของอุปกรณ์บังแดด(shading coefficient, SC) จึงมีค่าเท่ากับ 1

---

[2] การคำนวณตาม ประกาศกระทรวงพลังงาน เรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณในการออกแบบอาคารแต่ละระบบการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร และการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่าง ๆ ของอาคาร พ.ศ. 2552, ราชกิจจานุเบกษา 126, 2552 หน้า 21-58

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. กำหนดอาคารชุดพักอาศัยอ้างอิง เพื่อเป็นมาตรฐานในการกำหนดระดับประสิทธิภาพของอาคาร
2. พัฒนาการประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านกรอบอาคาร (OTTV) ของอาคารชุดพัก
3. พัฒนาการประเมินการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารชุดพักอาศัย
4. อธิบายความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆที่มีผลการทบต่อการใช้พลังงานในอาคารชุดพักอาศัย

1.5 วิธีดำเนินการวิจัย

1. ทบทวนวรรณกรรม ศึกษาพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานและมาตรฐานในการออกแบบเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน รวมทั้งทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
2. สำรวจข้อมูลเพื่อกำหนดอาคารชุดอ้างอิง แบ่งเป็น
   2.1 สำรวจลักษณะรูปร่างของอาคารชุดพักอาศัยขนาดใหญ่ โดยทำการสำรวจรูปร่างของอาคารชุดพักอาศัยขนาดใหญ่จำนวน 50 อาคาร ในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล
   2.2 สำรวจลักษณะการใช้งานของผู้พักอาศัยจำนวน 100 คน ในกรุงเทพมหานคร โดยสำรวจข้อมูลทางด้านขนาดพื้นที่ใช้สอย จำนวนผู้อยู่อาศัย ช่วงเวลาการใช้งาน ลักษณะการใช้งานเครื่องปรับอากาศ จำนวนอุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ภายในห้องพักอาศัย
3. กำหนดอาคารชุดอ้างอิง และกำหนดตัวแปร
4. จำลองการใช้พลังงานในอาคารชุดพักอาศัยด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ VisualDOE4.0 โดยแบ่งการจำลองออกเป็น 2 ช่วง คือ
   4.1 การจำลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ ในสมการOTTV ของอาคารชุดพักอาศัยเพื่อสร้างสมการ OTTV สำหรับอาคารชุดพักอาศัย
   4.2 การจำลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ ในสมการความต้องการความเย็น (cooling requirement, CR) สำหรับอาคารชุดพักอาศัย
5. วิเคราะห์ผลและประเมินผลการทดลอง
6. สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

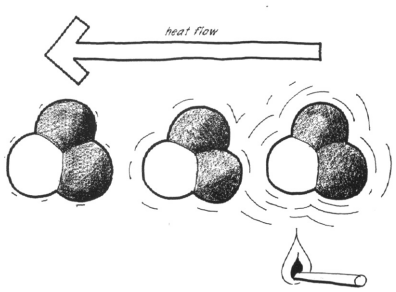
บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดและทฤษฎี

2.1.1 ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อน[1] การถ่ายเทความร้อน แบ่งได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่

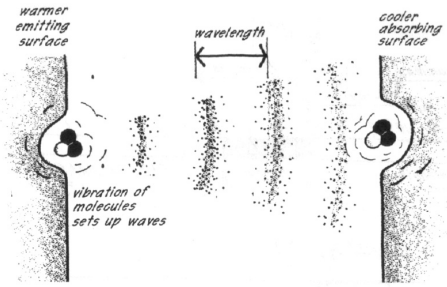
2.1.1.1 การนำความร้อน (conduction)



ภาพที่ 2.1 Heat transfer by conduction. (Moore, 1993: 8)

การนำความร้อนคือ การเคลื่อนที่ของพลังงานที่สั่นตัวระหว่างโมเลกุลที่อยู่ติดกัน โดยการถ่ายเทความร้อนจะเกิดการเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีความร้อนสูงไปสู่บริเวณที่มีความร้อนต่ำกว่า การถ่ายเทความร้อนสามารถเกิดได้ทุกทิศทาง ไม่ขึ้นกับแรงโน้มถ่วงของโลก ซึ่งความสามารถในการนำความร้อนของวัตถุขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ได้แก่ ความสามารถในการนำความร้อน ความแตกต่างของอุณหภูมิ ความหนา พื้นที่ที่เผยออก (exposed area) และระยะเวลาในการสัมผัส

2.1.1.2 การแผ่รังสีความร้อน (radiation)



ภาพที่ 2.2 Radiant energy transfer between two surface molecules.

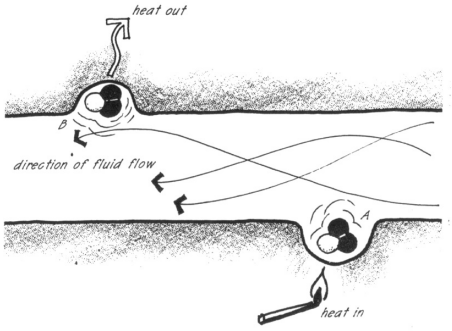
(Moore, 1993: 13)

---

[1] เรียบเรียงจาก Moore, F. Environment control systems: heating cooling lighting (International Edition, Singapore: McGraw-Hill, 1993), pp. 7-19.

การแผ่รังสีความร้อน คือ การถ่ายเทความร้อนโดยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เมื่อโมเลกุลบนพื้นผิวเกิดการสั่นสะเทือนจะปล่อยรังสีพลังงานออกมาในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งมีลักษณะการเคลื่อนที่เช่นเดียวกับการนำความร้อนคือ เคลื่อนที่จากบริเวณที่มีความร้อนสูงกว่าไปสู่บริเวณที่มีความร้อนต่ำกว่า แต่การแผ่รังสีความร้อนสามารถเคลื่อนที่ผ่านสูญญากาศได้

2.1.1.3 การพาความร้อน (convection)



ภาพที่ 2.3 Heat transfer from A to B by conduction.

(Moore, 1993: 17)

เมื่อสสารได้รับความร้อน โมเลกุลจะสั่นเร็วขึ้น ทำให้ให้โมเลกุลแตกออกจากกัน ทำให้สสารขยายตัว ของแข็งและของเหลวจะมีปริมาตรเพิ่มขึ้น ของเหลวและก๊าซ (ของไหล) จะมีความหนาแน่นต่ำลงและลอยตัวมากกว่าของไหลที่เย็นกว่า การพาความร้อนคือการถ่ายเทความร้อนโดยผ่านของไหลตัวกลาง โดยทางเทคนิคการพาความร้อนจะอยู่ในรูปของการนำความร้อนและการแผ่รังสีความร้อนร่วมกับการเคลื่อนที่ของของไหล

ความแตกต่างระหว่างการนำความร้อนและการพาความร้อน คือ โมเลกุลจะไม่เปลี่ยนตำแหน่งในการนำความร้อน แต่จะเคลื่อนย้ายพลังงานจากโมเลกุลหนึ่งไปยังโมเลกุลที่อยู่ใกล้เคียง ส่วนการพาความร้อน พลังงานจะถูกถ่ายเทโดยการเคลื่อนย้ายตำแหน่งของโมเลกุลดั่งการเคลื่อนที่ของของไหล

2.1.2 การใช้พลังงานรวมในอาคาร

ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการใช้พลังงานรวมในอาคาร แบ่งเป็น 3 ส่วนดังนี้

2.1.2.1 ปัจจัยจากภายนอกอาคาร (external load factors) คือ ความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่ถ่ายเทสู่ระบบกรอบอาคาร ซึ่งมีผลต่อภาระปรับอากาศ ได้แก่

- การนำความร้อนผ่านผนังทึบภายนอกอาคาร

- การนำความร้อนผ่านหลังคาอาคาร
- การนำความร้อนและการแผ่รังสีความร้อนผ่านผนัง/หลังคาโปร่งแสงของอาคาร

ซึ่งแสดงในรูปสมการการถ่ายเทความร้อนรวม ได้แก่

(ก) ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร (OTTV)

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคารแต่ละด้าน (OTTV) คำนวณจาก

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

เมื่อ $OTTV_i$ คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านที่พิจารณา มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2)

U_w คือ สัมประสิทธิ์ การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังทึบมีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร-องศาเซลเซียส ($W/m^2.^\circ C$)

WWR คือ อัตราส่วนพื้นที่ของผนังโปร่งแสง และ/หรือของผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านที่พิจารณา

U_f คือ สัมประสิทธิ์ การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังโปร่งแสง หรือกระจกมีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร-องศาเซลเซียส ($W/m^2.^\circ C$)

TD_{eq} คือ ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิเทียบเท่า ระหว่างภายนอกและภายในอาคาร ซึ่งรวมถึงผลการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผนังทึบ มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ($^\circ C$)

ΔT คือ ค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายในและภายนอกอาคาร มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ($^\circ C$)

SHGC คือ ค่าสัมประสิทธิ์ ความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่านผนังโปร่งแสงหรือกระจก

SC คือ สัมประสิทธิ์ การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด

ESR คือ ปริมาณรังสีตกกระทบที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนของผนังโปร่งแสง และ/หรือผนังทึบแสง มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2)

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร (OTTV) คือค่าเฉลี่ยที่ถ่วงน้ำหนักของค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกแต่ละด้าน ($OTTV_i$) รวมกัน คำนวณจากสมการดังต่อไปนี้

$$OTTV = \frac{(A_{w1})(OTTV_1)+(A_{w2})(OTTV_2)+\cdots+(A_{wi})(OTTV_i)}{A_{w1}+A_{w2}+\cdots+A_{wi}} \quad (2)$$

เมื่อ A_{wi} คือ พื้นที่ของผนังด้านที่พิจารณา ซึ่งรวมพื้นที่ผนังทึบและพื้นที่หน้าต่างหรือผนังโปร่งแสง มีหน่วยเป็นตารางเมตร (m^2)

$OTTV_i$ คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านที่พิจารณา มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2)

(ข) ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (RTTV)

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคารแต่ละด้าน (RTTV) คำนวณจาก

$$RTTV_i = (U_r)(1 - SSR)(TD_{eq}) + (U_s)(SSR)(\Delta T) + (SSR)(SHGC)(SC)(ESR) \quad (3)$$

เมื่อ $RTTV_i$ คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคารส่วนที่พิจารณา มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2)

U_r คือ สัมประสิทธิ์ การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาทึบมีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร-องศาเซลเซียส ($W/m^2.^\circ C$)

SSR คือ อัตราส่วนพื้นที่ของหลังคาโปร่งแสง ต่อพื้นที่ทั้งหมดของหลังคาส่วนที่พิจารณา

U_s คือ สัมประสิทธิ์ การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาโปร่งแสง หรือกระจกมีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร-องศาเซลเซียส ($W/m^2.^\circ C$)

TD_{eq} คือ ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิเทียบเท่า ระหว่างภายนอกและภายในของหลังคาซึ่งรวมถึงผลการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผนังทึบ มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ($^\circ C$)

ΔT คือ ค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายในและภายนอกของหลังคา มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ($^\circ C$)

$SHGC$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ ความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่านหลังคาโปร่งแสงหรือกระจก

SC คือ สัมประสิทธิ์ การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด

ESR คือ ปริมาณรังสีตกกระทบที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนของหลังคาโปร่งแสงและ/หรือหลังคาทึบแสง มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2)

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของหลังคาอาคาร (RTTV) คือค่าเฉลี่ยที่ถ่วงน้ำหนักของค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาแต่ละส่วน ($RTTV_i$) รวมกันคำนวณจากสมการดังต่อไปนี้

$$RTTV = \frac{(A_{w1})(RTTV_1)+(A_{w2})(RTTV_2)+\cdots+(A_{wi})(RTTV_i)}{A_{w1}+A_{w2}+\cdots+A_{wi}} \quad (4)$$

เมื่อ A_{wi} คือ พื้นที่ของหลังคาด้านที่พิจารณา ซึ่งรวมพื้นที่หลังคาทึบและพื้นที่หลังคาโปร่งแสง มีหน่วยเป็นตารางเมตร (m^2)

$RTTV_i$ คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคารแต่ละส่วน มีหน่วยเป็นวัตต์/ตร.ม. (W/m^2)

2.2.2 ปัจจัยจากภายในอาคาร (internal load factors) แบ่งออกเป็นปัจจัยที่มีผลต่อภาระปรับอากาศ ได้แก่

- คน (occupancy)
- ไฟฟ้าแสงสว่าง (lighting)
- อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า (equipment)

และปัจจัยที่เกิดจากการใช้ไฟฟ้าโดยตรง ได้แก่

- ไฟฟ้าแสงสว่าง (lighting)
- อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า (equipment)

2.2.3 ปัจจัยจากการระบายอากาศและการรั่วซึมของอากาศ (ventilation and infiltration load) เป็นปัจจัยที่มีผลต่อภาระปรับอากาศ สำหรับอาคารชุดพักอาศัยจะไม่มีปัจจัยจากการระบายอากาศ เนื่องจากระบบปรับอากาศมักจะเป็นแบบ split type หรือ residential system ซึ่งไม่นำอากาศภายนอกเข้ามาเติมภายในพื้นที่ปรับอากาศ มีเพียงการรั่วซึมของอากาศอันเนื่องมาจากรอยต่อของกรอบอาคาร

จากปัจจัยข้างต้น คือ สมการพลังงานรวมของอาคารตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน(ฉบับที่ 2) พ.ศ.2550 ดังนี้

$$E_{pa} = \sum_{i=1}^{n}\left[\frac{A_{wi}(OTTV_i)}{COP_i} + \frac{A_{ri}(RTTV_i)}{COP_i} + A_i\left\{\frac{C_l(LPD_i) + C_e(EQD_i) + 130C_o(OCCU_i) + 24C_v(VENT_i)}{COP_i}\right\}\right]n_h + \sum_{i=1}^{n} A_i(LPD_i + EQD_i)n_h - PVE$$

(5)

เมื่อ LPD_i คือ กำลังไฟฟ้าส่องสว่างที่ติดตั้งเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ *i* มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2)

EQD_i คือ กำลังไฟฟ้าที่ใช้สำหรับอุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ ต่อหน่วยพื้นที่ *i* มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2)

$OCCU_i$ คือ ความหนาแน่นของผู้ใช้อาคารในพื้นที่ *i* มีหน่วยเป็นคนต่อตารางเมตร (person/m^2)

$VENT_i$ คือ อัตราการระบายอากาศต่อพื้นที่ สำหรับพื้นที่ *i* มีหน่วยเป็นลิตรต่อวินาที (l/s)

COP_i คือ ค่าสัมประสิทธิ์ สมรรถนะขั้นต่ำของระบบปรับอากาศขนาดเล็กหรือระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ที่ใช้งานสำหรับพื้นที่ *i*

A_i คือ พื้นที่ส่วนปรับอากาศ *i* (พื้นที่ *i*) มีหน่วยเป็นตารางเมตร (m^2)

PVE คือ ค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยรายปีที่ผลิตโดยเซลล์แสงอาทิตย์ มีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ชั่วโมง (kWh) สำหรับการคำนวณการใช้พลังงาน โดยรวมในอาคารอ้างอิง จะไม่มีค่า PVE ในสมการ

กรณีที่มีส่วนที่เป็นผนังภายนอกอาคารล้อมรอบพื้นที่ *i*

$OTTV_i$ คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกด้านที่พิจารณา มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2)

$RTTV_i$ คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคารส่วนที่พิจารณา มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2)

A_{wi} คือ พื้นที่ของผนังด้านที่พิจารณา ซึ่งรวมพื้นที่ผนังทึบและพื้นที่หน้าต่างหรือผนังโปร่งแสง มีหน่วยเป็นตารางเมตร (m^2)

A_{ri} คือ พื้นที่ของหลังคาส่วนที่พิจารณา ซึ่งรวมพื้นที่หลังคาทึบและพื้นที่หลังคาโปร่งแสง มีหน่วยเป็นตารางเมตร (m^2)

C_l ,C_e ,C_o และ C_v คือ สัมประสิทธิ์ สัดส่วนความร้อนที่เป็นภาระแก่ระบบปรับอากาศจาก

ไฟฟ้าแสงสว่าง อุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ผู้ใช้อาคารและการระบายอากาศ ตามลำดับ ให้ใช้ค่าสัมประสิทธิ์ นี้จากตารางที่ 2.1 ซึ่งแสดงค่าสัมประสิทธิ์ สัดส่วนความร้อนที่เป็นภาระแก่ระบบปรับอากาศและจำนวนชั่วโมงใช้งานสำหรับอาคารแต่ละประเภท

n_h คือ จำนวนชั่วโมงใช้งานสำหรับอาคารแต่ละประเภท

ตารางที่ 2.1 แสดงค่า C_l ,C_e ,C_o ,C_v และ n_h ของอาคารแต่ละประเภทตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน(ฉบับที่ 2) พ.ศ.2550

ประเภทอาคาร	C_l	C_e	C_o	C_v	n_h
สถานศึกษา สำนักงาน	0.84	0.85	0.90	0.90	2340
โรงมหรสพ ศูนย์การค้า สถานบริการ ห้างสรรพสินค้า อาคารชุมนุมคน	0.84	0.85	0.90	0.90	4380
โรงแรม สถานพยาบาล อาคารชุด	1.0	1.0	1.0	1.0	8760

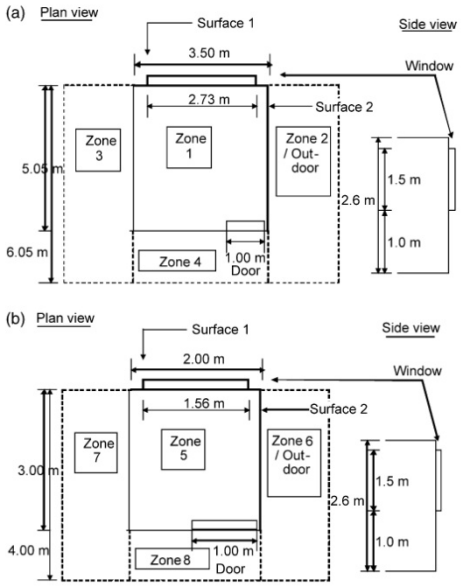
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยของ Lam (ค.ศ.2000) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของค่า OTTV รวมถึงปัจจัยอื่นๆในอาคารประเภทสำนักงานผ่านการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ DOE-2 โดยตั้งข้อสังเกตเกี่ยวกับการออกแบบโดยการคำนึงถึง OTTV เป็นหลักจะเป็นการจำกัดรูปทรงอาคาร กล่าวคือ มักจะกำหนดอาคารให้มีอัตราส่วนของพื้นที่ผนังต่อพื้นอาคารมีค่าต่ำ อาคารจึงถูกออกแบบให้เป็นรูปทรงเรขาคณิตที่มีรูปร่างของผังพื้นเหมือนกันทุกชั้น ขณะที่ปัจจัยอย่างระบบไฟฟ้าแสงสว่างเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อพลังงานรวมมากกว่าระบบกรอบอาคาร การออกแบบแสงสว่างภายในอาคารจึงสำคัญมากกว่าการพิจารณาพียงแค่ระบบกรอบอาคารเพียงอย่างเดียว ในขณะเดียวกันก็จำเป็นต้องพิจารณาถึงประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ และอุปกรณ์ไฟฟ้ารวมทั้งช่วงเวลาใช้งานควบคู่ไปด้วย

ส่วนหนึ่งในงานวิจัยของ Yik และ Wan (ค.ศ.2005) ได้ทำการศึกษา การถ่ายเทความร้อน (heat gain) ผ่านผนังอาคารพักอาศัย โดยสร้างแบบจำลองของห้องพักอาศัย 2 แบบที่มีผังเหมือนกันแต่ปรับขนาดของห้อง (รูปภาพที่ 2.4) สัดส่วนช่องเปิดและวัสดุเหมือนกันแต่ปรับการใช้งานภายใน (internal load profile) และช่วงเวลาใช้งานเครื่องปรับอากาศ เพื่อศึกษาการ

เปลี่ยนแปลง heat gain พบว่าห้องพักอาศัยทั้ง 2 แบบ หากดำเนินตามขั้นตอนการคำนวณ OTTV TD_{eq} ของห้องทั้ง 2 แบบ จะมีค่าเท่ากัน แต่ถ้าคำนวณ heat gain จะมีค่าไม่เท่ากัน นั่นหมายความว่า การคำนวณ OTTV ไม่สามารถเปรียบเทียบกันได้ในกรณีนี้

ในบทสรุป Yik และ Wan ได้กล่าวถึงการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ว่า สามารถกำหนดรายละเอียดของอาคารได้มากกว่าวิธีการคำนวณ OTTV ที่มีแนวโน้มว่าคลาดเคลื่อน



ภาพที่ 2.4 ผังพื้นห้องพักอาศัยเพื่อศึกษาการถ่ายเทความร้อน

(Yik and Wan, 2005)

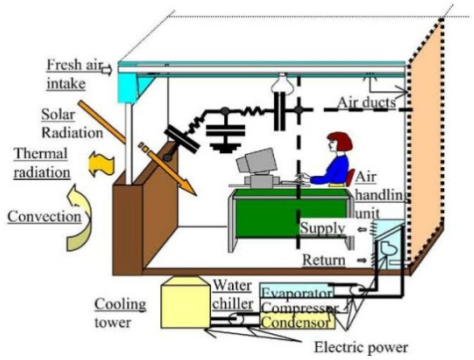
ในงานวิจัยของ Surapong Chirarattananon และ Juntakan Taveekun (ค.ศ.2004) ได้ใช้โปรแกรม DOE-2 จำลองการใช้พลังงานในอาคารเพื่อหาค่าเฉลี่ยหลายกลุ่มแบบพาราเมตริก (Parameterization) ได้แก่ TD_{eq}, ΔT และ SF (solar factor) ด้วยวิธี regression เพื่อสร้างสมการ OTTV สำหรับอาคารประเภทต่างๆในประเทศไทย แล้วนำสมการ OTTV ของอาคารแต่ละประเภทไปสร้างสมการการใช้พลังงานรวมในอาคาร ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ลดผลกระทบที่เกิดจากการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคาด้วยการกำหนดค่าการถ่ายเทความร้อน (U-value) ของหลังคาเท่ากับ 0.6 $W/m^2.^{\circ}C$ ค่าการดูดซึมความร้อนของหลังคา (absorptance) เท่ากับ 0.005 รูปทรงอาคารที่ใช้ในการจำลองเป็นอาคารผังสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาดกว้าง 40 เมตร ยาว 40 เมตร สูง 12 ชั้น แกนกลางอาคารเป็นทางสัญจรทางตั้งกว้าง 20 เมตร ยาว 20 เมตร ระบบปรับอากาศชนิด constant air volume ใช้จำลองกับอาคารประเภทสำนักงาน ห้างสรรพสินค้า โรงแรมและโรงพยาบาล ยังไม่ครอบคลุมถึงอาคารชุดพักอาศัย

จากภาพที่ 2.5 แสดงปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานในอาคาร สามารถสรุปภาระการทำความเย็นและการใช้พลังงานรวมได้ดังนี้

$$\begin{aligned} &Cooling\ coil\ load\ over\ a\ perid\ or\ cooling\ requirement\ (CR) \\ &\quad = external\ factors\ of\ heat\ gain\ through\ building\ envelope \\ &\quad + thermal\ storage\ load\ envelope \\ &\quad + internal\ factors\ (lighting, equipment, occupants, \\ &\quad\quad ventilation\ and\ air\ leakage\ or\ infiltration \end{aligned} \tag{6}$$

และ

$$\begin{aligned} &Energy\ use\ during\ a\ period \\ &\quad = \frac{Cooling\ requirement\ (CR)}{COP} \\ &\quad + direct\ energy\ use\ of\ lighting\ and\ equipment \end{aligned} \tag{7}$$



ภาพที่ 2.5 การถ่ายเทความร้อนภายในห้องปรับอากาศ

(Surapong Chirarattananon and Juntakan Taveekun, 2004)

จากสมการ (6) เทอมแรกและเทอมที่สองของสมการ คือ ภาระการปรับอากาศเนื่องจากปัจจัยภายนอกหรือค่าการถ่ายเทความร้อนของผนังอาคาร (OTTV) ส่วนเทอมที่สามคือภาระการปรับอากาศเนื่องจากปัจจัยภายใน และจากสมการ (7) นำมาเขียนความสัมพันธ์ที่สอดคล้องกับอาคารที่จำลองด้วยโปรแกรมได้เป็น

$$\begin{aligned} Energy\ consumption = &\left(\frac{CR}{COP} + LPD + EPD\right) \\ &\times area\ of\ floor\ \times working\ hours \end{aligned} \tag{8}$$

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

CR คือ ความต้องการความเย็นต่อหน่วยพื้นที่ มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2)

COP คือ ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบปรับอากาศ

LPD คือ กำลังไฟฟ้าส่องสว่างที่ติดตั้งเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2)

EPD คือ กำลังไฟฟ้าที่ใช้สำหรับอุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ ต่อหน่วยพื้นที่ มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2)

area of floor คือ พื้นที่ปรับอากาศ มีหน่วยเป็นตารางเมตร (m^2)

working hours คือ เวลาใช้งานเครื่องปรับอากาศ มีหน่วยเป็นชั่วโมง (h)

โดยที่

$$CR = (OTTV) + C_1(LPD) + C_2(EPD) + C_3(VENT) + C_4(OCCU) + Storage \quad (9)$$

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

เมื่อรวมสมการ (8) และ (9) เข้าด้วยกันจะได้

$$Energy\ consumption = \left[\left\{\frac{(OTTV) + C_1(LPD) + C_2(EPD) + C_3(VENT) + C_4(OCCU) + Storage}{COP}\right\} + LPD + EPD\right] \times area\ of\ floor \times working\ hours \quad (10)$$

จากสมการ (10) จัดรูปให้สอดคล้องกับสมการ (5) ใน พ.ร.บ.การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน *พ.ศ.*2550 ได้เป็น

$$Energy\ consumption = \left[\frac{area\ of\ floor(OTTV)}{COP} + area\ of\ floor\left\{\frac{C_1(LPD) + C_2(EPD) + C_3(VENT) + C_4(OCCU) + Storage}{COP}\right\}\right] \cdot working\ hours + [area\ of\ floor(LPD + EPD)] \cdot working\ hours \quad (11)$$

โดยที่สมการ (11) ค่า OTTV มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อพื้นที่อาคารส่วนที่ปรับอากาศ (W/m^2-floor)

งานวิจัยของ Chirarattananon และคนอื่นๆ (ค.ศ.2010) ได้ทำการกำหนดระดับพลังงานอ้างอิงของอาคารประเภทต่างๆ ได้แก่ อาคารสำนักงาน โรงแรม โรงพยาบาล ห้างสรรพสินค้า โรงเรียน ไฮเปอร์มาเก็ต คอนโดนิเนียมและอาคารที่มีการใช้งานหลายอย่าง (miscellaneous) โดยการรวบรวมข้อมูลจากอาคารที่ตรวจสอบ (audit) ตั้งแต่ค.ศ.1996 เป็นต้นมา ทำการวิเคราะห์เพื่อสรุปข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงาน โดยคอนโดนิเนียมขนาดใหญ่พิเศษใช้พลังงาน 118.3 kWh/m^2-y คอนโดนิเนียมขนาดใหญ่ใช้พลังงาน 146.6 kWh/m^2-y ค่า OTTV เท่ากับ 50 W/m^2

งานวิจัยของ Pantong, Chirarattananon และ Chaiwiwatworakul (ค.ศ.2011) ซึ่งเป็นงานวิจัยที่นำไปสู่แผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปีของกระทรวงพลังงาน ได้ให้คำจำกัดความระดับประสิทธิภาพของอาคารไว้ 5 ระดับ ดังนี้

- Base level (BASE) คือ ระดับของอาคารที่มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานอยู่ในระดับกลาง
- Building energy code level (CODE) คือ ระดับของอาคารที่มีประสิทธิภาพขั้นต่ำตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน มีการใช้พลังงานประมาณ 4 ใน 5 ของ BASE
- Higher energy performance standard level (HEPS) คือ ระดับของอาคารที่มี Life cycle cost ต่ำกว่า BASE แต่ไม่รวมถึงการยกระดับประสิทธิภาพแต่ละระบบให้สูงขึ้น เป็นระดับที่ควรแนะนำให้แก่นักพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ มีการใช้พลังงานประมาณ 2 ใน 3 ของ BASE

- Economic level (ECON) คือ ระดับของอาคารที่ยังคงมีความคุ้มค่าในการลงทุน บรรลุได้ด้วยเทคโนโลยีและระบบการก่อสร้างภายในประเทศ ภายใน 5 ปีข้างหน้า นับจากปี พ.ศ.2554 มีการใช้พลังงานประมาณ 1 ใน 3 ของ BASE
- Net zero energy buildings level (NZEB) คือ ระดับของอาคารที่มีประสิทธิภาพสูงกว่า ECON โดยการใช้เทคโนโลยีในอนาคต และสามารถผลิตพลังงานได้เอง

ในงานวิจัยนี้ พลังงานสุทธิของคอนโดนิเนียมในระดับ BASE อยู่ที่ 256.3 kWh/m^2-y ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการคำนวณด้วยสมการ E_c ที่กำหนดตามกฎกระทรวง พ.ศ.2552 ค่า OTTV ของคอนโดนิเนียมระดับ BASE เท่ากับ 33 W/m^2 กำลังไฟฟ้าแสงสว่าง เท่ากับ 16.2 W/m^2 และกำลังไฟฟ้าเครื่องใช้ไฟฟ้า เท่ากับ 40 W/m^2

ในขณะที่ประเทศอื่นที่ใช้ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมวัดประสิทธิภาพทางด้านพลังงานของอาคาร อย่างเช่นประเทศสิงคโปร์ Chua และ Chou (ค.ศ.2010) ได้พัฒนาสมการการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังของอาคารพักอาศัย ($ETTV_{res}$) โดยการสร้างแบบจำลองอาคารของอาคารชุดพักอาศัยในประเทศสิงคโปร์ ซึ่งมีอยู่ 2 รูปแบบ และใช้ข้อมูลของช่วงเวลาการใช้งานที่ได้จากการสำรวจภาคสนามจำลองด้วยโปรแกรม e-Quest ช่วงเวลาการใช้งานที่ได้มาจากการสำรวจผู้ใช้งานอาคารประเภทพักอาศัยในประเทศสิงคโปร์ 100 ครัวเรือน ปรากฏว่าคนส่วนใหญ่เปิดเครื่องปรับอากาศเวลากลางคืน ตั้งแต่ 21.00 น. – 23.00 น. และส่วนใหญ่ปิดเครื่องปรับอากาศเวลา 06.00 น. – 08.00 น. เวลาของการใช้งานเครื่องปรับอากาศในห้องพักอาศัยที่ตั้งค่าในโปรแกรมช่วงวันจันทร์-ศุกร์ อยู่ในเวลา 22.00 น. – 07.00 น. ส่วนวันเสาร์-อาทิตย์ อยู่ในเวลา 22.00 น. – 08.00 น. อุณหภูมิปรับอากาศ 24°C ผลจากการทดลองพบว่า ค่า $ETTV_{res}$ มีความสอดคล้องกับค่าพลังงานรวมในอาคาร (E_c) โดยสมการ $ETTV_{res}$ คือ

$$ETTV_{res} = 3.4(U_W)(1 - WWR) + 1.3(U_f)(WWR) + 58.6(WWR)C(CF)(SC) \quad (12)$$

เมื่อ $ETTV_{res}$ คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังอาคารชุดพักอาศัย มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2)

U_w คือ สัมประสิทธิ์ การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังทึบมีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร-องศาเซลเซียส (W/m^2.°C)

WWR คือ อัตราส่วนพื้นที่ของผนังโปร่งแสง และหรือของผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านที่พิจารณา

U_f คือ สัมประสิทธิ์ การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังโปร่งแสง หรือกระจกมีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร-องศาเซลเซียส ($W/m^2.^\circ C$)

TD_{eq} คือ ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิเทียบเท่า ระหว่างภายนอกและภายในอาคาร ซึ่งรวมถึงผลการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผนังทึบ มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ($^\circ C$)

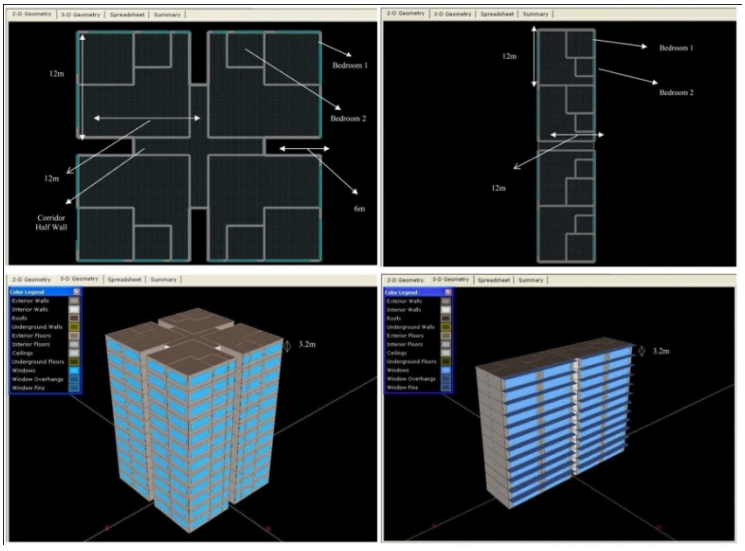
ΔT คือ ค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายในและภายนอกอาคาร มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ($^\circ C$)

C คือ load factor

CF คือ solar correction ของกระจก

SC คือ สัมประสิทธิ์ การบังแดดของกระจก

โดยผู้วิจัยได้เสนอให้กำหนดประสิทธิภาพขั้นต่ำของ $ETTV_{res}$ ที่ 25 W/m^2 และอาจกำหนดให้ลดลงเหลือ 20 W/m^2 ในอนาคตหากอาคารพักอาศัยลดอัตราส่วนของพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผิวอาคาร ผลสรุปของงานวิจัยนี้ได้ทำการเปรียบเทียบพลังงานรวมที่คำนวณจากสมการที่สร้างขึ้นจากอาคารพักอาศัยที่มีผังรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส (point block) และ อาคารพักอาศัยที่มีผังรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า (slab block) ดังรูปภาพที่ 2.6 การเปรียบเทียบพบว่าค่าพลังงานที่ได้จากการคำนวณด้วยสมการคลาดเคลื่อนระหว่าง -2.9% ถึง 9.7% จากการจำลอง



(a) Point block (b) Slab block

ภาพที่ 2.6 ลักษณะอาคารพักอาศัยอ้างอิงของสิงคโปร์

(Chua and Chou, 2010)

งานวิจัยของ Chua และ Chou (ค.ศ.2010) ได้ทำการพัฒนาความสัมพันธ์ของตัวแปรในสมการเพื่อประเมินการถ่ายเทความร้อนและการใช้พลังงานทำความเย็นสำหรับอาคารสาธารณะในสภาวะอากาศของเขตร้อนชื้น โดยใช้วิธีการจำลองด้วยโปรแกรม DOE-2.1E เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ ของสมการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของสิงคโปร์ ($ETTV_{sg}$) และสัมประสิทธิ์ของสมการพลังงานรวม (E_c) ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบระหว่างพลังงานที่คำนวณจากสมการกับพลังงานที่ได้จากการจำลองด้วยข้อมูลอากาศเฉพาะวัน (design-day weather file) พบว่ามีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน ±7.2% โดยแนวความคิดของการพิจารณาเฉพาะวัน (design-day concept) เกิดจากความแตกต่างของสภาพภูมิประเทศ ซึ่งมีผลต่อภาระการทำความเย็นและความร้อนในอาคาร เช่นเดียวกับ สภาพอากาศที่อาจเปลี่ยนแปลงได้เสมอในประเทศสิงคโปร์ ดังนั้นการใช้แนวความคิดนี้ในการจำลองจะทำให้ได้ค่าพลังงานที่สอดคล้องกับการคำนวณ อีกทั้งยังง่ายและยืดหยุ่นต่อการใช้งาน

การศึกษาระบบเปลือกอาคารในอาคารบ้านเดี่ยว 2 ชั้น โดย ธนิต จินดาวณิค และ อรรจน์ เศรษฐบุตร (พ.ศ.2550) ได้เป็นตัวอย่างในการกำหนดสภาพแวดล้อมภายในอาคาร เนื่องจากการใช้งานภายอาคารชุดพักอาศัยมีลักษณะเช่นเดียวกับการใช้งานภายในบ้านเพียงแต่มีขนาดของอาคารที่ต่างกัน โดยงานวิจัยมีรายละเอียดของสภาพแวดล้อมภายในดังนี้

- จำนวนผู้อยู่อาศัย 4 คนต่อหลัง
- อุณหภูมิปรับอากาศ 25 องศาเซลซียส
- การใช้งานเครื่องปรับอากาศแบ่งเป็น
  - ห้องนอนชั้นบน วันจันทร์-ศุกร์ ใช้งานเวลา 22.00 น. - 06.00 น. วันเสาร์-อาทิตย์ ใช้งานเวลา 21.00 น. - 07.00 น.
  - ห้องรับแขกชั้นล่าง วันจันทร์-ศุกร์ ใช้งานเวลา 19.00 น. - 21.00 น. วันเสาร์-อาทิตย์ ใช้งานเวลา 18.00 น. - 21.00 น.
- วันจันทร์-ศุกร์ กำหนดให้มีผู้พักอาศัยเต็มจำนวนในเวลาระหว่าง 18.00 น. - 07.00 น.
- วันหยุดสุดสัปดาห์ กำหนดให้มีผู้พักอาศัย 80% ในเวลาระหว่าง 18.00 น. - 07.00 น.
- กำลังไฟฟ้าแสงสว่าง 7.53 W/m^2 สัดส่วนการใช้งานอยู่ที่ 40% ในแต่ละชั่วโมง
- กำลังไฟฟ้าอุปกรณ์ 8.61 W/m^2 สัดส่วนการใช้งานอยู่ที่ 35% ในแต่ละชั่วโมง ประกอบด้วย โทรทัศน์ 3 เครื่อง วิทยุเครื่องเสียง 2 เครื่อง พัดลม 1 เครื่อง

คอมพิวเตอร์และพรินเตอร์ 1 ชุด เตาไมโครเวฟ 1 เครื่อง หม้อหุงข้าว 1 เครื่อง เครื่องทำน้ำร้อน 2 เครื่อง และเครื่องปั๊มน้ำ 1 เครื่อง

ผลจากการจำลองบ้านเดี่ยวอ้างอิงด้วย DOE 2.1E พบว่าใช้พลังงาน 78.78 kWh/m^2-y แบ่งเป็น พลังงานจากไฟฟ้าแสงสว่าง 14% (10.93 kWh/m^2-y) พลังงานจากไฟฟ้าอุปกรณ์ 27% (21.45 kWh/m^2-y) และเครื่องปรับอากาศ 59% (46.40 kWh/m^2-y) ตามลำดับ

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 แนวทางในการวิจัย

งานวิจัยชิ้นได้ใช้วิธีการจำลองสถานการณ์จริง (simulation research) ด้วยโปรแกรม VisualDOE4.0 เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ ในสมการOTTV และค่าสัมประสิทธิ์ ในสมการCR ด้วยวิธีหาค่าเฉลี่ยหลายกลุ่มแบบพาราเมตริก (parameterization) โดยทำการสำรวจรูปร่างอาคารชุดพักอาศัยในกรุงเทพมหานคร และลักษณะการใช้งานของผู้พักอาศัยในอาคารชุดจากการสัมภาษณ์ผ่านแบบสอบถามที่ผู้วิจัยเป็นผู้กำหนดด้วยตยเองเพื่อสร้างอาคารชุดอ้างอิง (reference building) และนำข้อมูลที่ได้ กำหนดเป็นตัวแปร

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 โปรแกรม VisualDOE4.0

3.2.2 แบบสอบถามการใช้งานอาคารชุดพักอาศัยที่ผู้วิจัยจัดทำขึ้น

3.3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

จากวิธีดำเนินการวิจัยในบทที่ 1 สามารถกำหนดรายละเอียดในการวิจัยได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ทบทวนวรรณกรรม

วรรณที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน รวมทั้งทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องตามบทที่ 2

ขั้นตอนที่ 2 สำรวจข้อมูลเพื่อกำหนดอาคารชุดอ้างอิง แบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่

<u>2.1 สำรวจลักษณะรูปร่างของอาคารชุด</u>

ในขั้นตอนนี้ ได้ทำการสำรวจรูปร่างของอาคารชุดพักอาศัยในกรุงเทพมหานครและปริมณฑลจำนวน 50 อาคาร จากสื่ออินเตอร์เน็ต โดยศึกษาเฉพาะอาคารชุดพักอาศัยขนาดใหญ่ ซึ่งมีพื้นที่ไม่เกิน 10,000 ตารางเมตร ความสูง 7-8 ชั้น ในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล เพื่อกำหนดขนาดของอาคารอ้างอิง

<u>2.2 สำรวจข้อมูลผู้ใช้งานอาคารชุดพักอาศัย</u>

เพื่อใช้เป็นตัวแปรสำหรับการจำลองการใช้พลังงานของอาคารอ้างอิง โดยสำรวจลักษณะการใช้งานของผู้พักอาศัยจำนวน 100 คน โดยสำรวจข้อมูลทางด้านขนาดพื้นที่ใช้สอย จำนวนผู้อยู่อาศัย ช่วงเวลาการใช้งาน ลักษณะการใช้งานเครื่องปรับอากาศ

กำลังไฟฟ้าอุปกรณ์ และเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ภายในห้องพักอาศัย โดยสำรวจข้อมูลจากประชากรที่ใช้งานอาคารชุดพักอาศัย ซึ่งผู้วิจัยได้เลือกทำการสำรวจในบริเวณที่มีอาคารชุดขึ้นหนาแน่นในกรุงเทพมหานคร

นอกจากนี้ยังได้ทำการสำรวจเพิ่มเติมเกี่ยวกับการใช้ไฟฟ้าแสงสว่าง โดยศึกษาจากแบบก่อสร้างห้องชุดพักอาศัยจำนวน 3 ห้อง

ขั้นตอนที่ 3 กำหนดอาคารชุดอ้างอิง และกำหนดตัวแปร

กำหนดอาคารชุดอ้างอิง และกำหนดตัวแปร โดยอาศัยข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนที่ 2 มากำหนดอาคารชุดอ้างอิง เพื่อเป็นมาตรฐานสำหรับการเปรียบเทียบการทดลอง และกำหนดตัวแปรสำหรับการจำลองการใช้พลังงานในขั้นตอนต่อไป

ขั้นตอนที่ 4 จำลองการใช้พลังงานในอาคารชุดพักอาศัย แบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่

4.1 จำลองการใช้พลังงานเพื่อหาสัมประสิทธิ์ ในสมการOTTV

นำผลการวิเคราะห์ในขั้นตอนที่ 2 และ 3 จำลองการใช้พลังงานในโปรแกรม VisualDOE4.0 เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ในสมการOTTV ได้แก่ ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิเทียบเท่าระหว่างภายนอกและภายในอาคาร (TD_{eq}) ค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายในและภายนอกอาคาร (ΔT) และปริมาณรังสีตกกระทบที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนของผนัง (ESR) ด้วยวิธีการ regression โดยใช้สมการ OTTV ตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน โดย SC หรือสัมประสิทธิ์ การบังแดดของอุปกรณ์บังแดดในงานวิจัยนี้กำหนดเท่ากับ 1 สมการ OTTV สำหรับอาคารชุดในงานวิจัยนี้จะแทนด้วย $OTTV_{condo}$ ดังสมการที่ (13)

$$OTTV_{condo} = (TD_{eq})(U_W)(1 - WWR) + (\Delta T)(U_f)(WWR) + (ESR)(WWR)(SHGC)(SC) \quad (13)$$

เมื่อ $OTTV_{condo}$ คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านที่พิจารณา มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2)

U_w คือ สัมประสิทธิ์ การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังทึบมีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร-องศาเซลเซียส ($W/m^2.^{\circ}C$)

WWR คือ อัตราส่วนพื้นที่ของผนังโปร่งแสง และ/หรือของผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านที่พิจารณา

U_f คือ สัมประสิทธิ์ การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังโปร่งแสง หรือกระจกมี

หน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร-องศาเซลเซียส ($W/m^2.^\circ C$)

TD_{eq} คือ ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิเทียบเท่า ระหว่างภายนอกและภายในอาคารซึ่งรวมถึงผลการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผนังทึบ มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ($^\circ C$)

ΔT คือ ค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายในและภายนอกอาคาร มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ($^\circ C$)

SHGC คือ ค่าสัมประสิทธิ์ ความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่านผนังโปร่งแสงหรือกระจก

ESR คือ ปริมาณรังสีตกกระทบที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนของผนังโปร่งแสงและ/หรือผนังทึบแสง มีหน่วยเป็นวัตต์วัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2)

4.2 จำลองการใช้พลังงานเพื่อหาสัมประสิทธิ์ ในสมการcooling requirement (CR)

เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ อันเกิดจากปัจจัยภายในในสมการ CR ที่ได้มาจากงานวิจัยของ Chirarattananon และ Taveekun (2004) ดังที่กล่าวไว้ในบทที่ 2 ซึ่งปัจจัยภายในได้แก่ สัมประสิทธิ์ สัดส่วนความร้อนที่เป็นภาระแก่ระบบปรับอากาศจากไฟฟ้าแสงสว่าง (C_l), อุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ (C_e), ผู้ใช้อาคาร ตามลำดับ (C_o) ด้วยวิธีการ regression โดยสมการ CR ในงานวิจัยนี้ได้ปรับให้สอดคล้องกับพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน คือ

(1) เปลี่ยนหน่วยของ OTTV ให้อยู่ในหน่วยวัตต์ต่อพื้นที่ผนังอาคารส่วนที่ปรับอากาศ (W/m^2-wall)

(2) แยกความร้อนของคนออกจากค่าสัมประสิทธิ์ C_4 ซึ่งค่าความร้อนจากคนในงานวิจัยนี้เท่ากับ 131 W/person แยกเป็น Sensible heat gain 73 W และ Latent heat gain 59 W

(3) ตัดภาระปรับอากาศอันเกิดจากความร้อนสะสมออก (storage load) เนื่องจากมีนัยะสำคัญน้อย (Chirarattananon และ Taveekun, 2004) และไม่มีอัตราการระบายอากาศ (VENT) ในอาคารชุดพักอาศัย

จากข้อมูลข้างต้นสามารถสรุปเป็นสมการที่ (14) ตัวแปรในขั้นตอนนี้ได้มาจากผลการวิเคราะห์ในขั้นตอนที่ 2 ,3 และ 4.1

$$CR = \frac{wall\ area_{A/C}}{floor\ area_{A/C}}(OTTV_{condo}) + C_l(LPD) + C_e(EQD) + 131C_o(OCCU) \quad (14)$$

เมื่อ *wall area*$_{A/C}$ คือ พื้นที่ผนังด้านนอกส่วนที่ปรับอากาศ มีหน่วยเป็นตารางเมตร (m^2)

floor area$_{A/C}$ คือ พื้นที่พื้นอาคารส่วนที่ปรับอากาศ มีหน่วยเป็นตารางเมตร (m^2)

OTTV$_{condo}$ คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านที่พิจารณา มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2)

LPD คือ กำลังไฟฟ้าส่องสว่างที่ติดตั้งเฉลี่ย มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2)

EQD คือ กำลังไฟฟ้าที่ใช้สำหรับอุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2)

OCCU คือ ความหนาแน่นของผู้ใช้อาคาร มีหน่วยเป็นคนต่อตารางเมตร ($person/m^2$)

C_l ,C_e และ C_o คือ สัมประสิทธิ์ สัดส่วนความร้อนที่เป็นภาระแก่ระบบปรับอากาศจากไฟฟ้าแสงสว่าง อุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ ผู้ใช้อาคาร ตามลำดับ

ขั้นตอนที่ 5 วิเคราะห์ผลและประเมินผลการทดลอง

ขั้นตอนนี้เป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆต่อการใช้พลังงานรวมในอาคาร โดยอ้างอิงสมการพลังงานรวมตามงานวิจัยของ Chirarattananon และ Taveekun (2004) ที่ได้ปรับแก้ไขให้สัมพันธ์กับแบบจำลองในงานวิจัยนี้ ซึ่งอยู่ในรูปสมการที่ (15)

$$Energy\ consumption = \left[\frac{CR}{COP} \times floor\ area_{A/C} \times working\ hours_{A/C}\right] + \left[\begin{Bmatrix}(percent_{LPD} \times LPD \times floor\ area_{LPD}) \\ +(percent_{EQD} \times EQD \times floor\ area_{EQD})\end{Bmatrix} \times working\ hours\right] \quad (15)$$

เมื่อ *CR* คือ ความต้องการความเย็น มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2)

COP คือ ค่าสัมประสิทธิ์ สมรรถนะของระบบปรับอากาศ

wall area$_{A/C}$ คือ พื้นที่ผนังด้านนอกส่วนที่ปรับอากาศ มีหน่วยเป็นตารางเมตร (m^2)

floor area$_{A/C}$ คือ พื้นที่พื้นอาคารส่วนที่ปรับอากาศ มีหน่วยเป็นตารางเมตร (m^2)

floor area$_{LPD}$ คือ พื้นที่ติดตั้งไฟฟ้าส่องสว่าง มีหน่วยเป็นตารางเมตร (m^2)

floor area$_{EQD}$ คือ พื้นที่ใช้งานไฟฟ้าอุปกรณ์ มีหน่วยเป็นตารางเมตร (m^2)

$percent_{LPD}$ คือ สัดส่วนการใช้งานไฟฟ้าแสงสว่างเฉลี่ย

$percent_{EQD}$ คือ สัดส่วนการใช้งานไฟฟ้าอุปกรณ์เฉลี่ย

LPD คือ กำลังไฟฟ้าส่องสว่างที่ติดตั้งเฉลี่ย มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2)

EQD คือ กำลังไฟฟ้าที่ใช้สำหรับอุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2)

OCCU คือ ความหนาแน่นของผู้ใช้อาคาร มีหน่วยเป็นคนต่อตารางเมตร ($person/m^2$)

C_l ,C_e และ C_o คือ สัมประสิทธิ์ สัดส่วนความร้อนที่เป็นภาระแก่ระบบปรับอากาศจากไฟฟ้าแสงสว่าง อุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ ผู้ใช้อาคาร ตามลำดับ

$working\ hours_{A/C}$ คือ จำนวนชั่วโมงใช้งานเครื่องปรับอากาศ

working hours คือ จำนวนชั่วโมงใช้งานอาคาร

โดยปกติเครื่องปรับอากาศระบบ Residential system หรือแบบแยกส่วน (split type) ใช้ค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศ (Energy EfficiencyRatio, EER) ในการบ่งบอกประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ ซึ่งมีนิยามเหมือน COP แต่ต่างกับค่า COP ตรงที่ EER ใช้หน่วยความสามารถในการทำความเย็นเป็น Btu/h และใช้หน่วยกำลังงานป้อนเข้าเป็น W จาก

$$COP = \frac{Q\ (W)}{P\ (W)} \tag{16}$$

ขณะที่

$$EER = \frac{Q\ (Btu/h)}{P\ (W)} \tag{17}$$

EER สามารถเปลี่ยนเป็น COP ได้จาก

$$EER = COP \times 3.412 \tag{18}$$

เมื่อ *COP* คือ ค่าสัมประสิทธิ์ สมรรถนะของระบบปรับอากาศ

EER คือ ค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศ

Q คือ ความสามารถในการทำความเย็น

P คือ กำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ มีหน่วยเป็นวัตต์ (W)

ดังนั้น งานวิจัยนี้จะใช้ค่า COP ในการคำนวณ เพื่อให้สอดคล้อง และสามารถเปรียบเทียบได้กับสมการของงานวิจัยอื่นๆ รวมทั้งสมการพลังงานรวมของอาคารตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน(ฉบับที่ 2) พ.ศ.2550

ขั้นตอนที่ 6 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

3.4 การกำหนดตัวแปร

ในงานวิจัยนี้แบ่งการจำลองการใช้พลังงานออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

3.4.1 การจำลองการใช้พลังงานเพื่อหาสัมประสิทธิ์ ในสมการOTTV

3.4.1.1 ตัวแปรควบคุม ประกอบด้วย

- ตัวแปรด้านขนาดของอาคาร จากขั้นตอนที่ 3
- อุณหภูมิปรับอากาศ จากขั้นตอนที่ 3
- ตัวแปรด้านการใช้งานของผู้พักอาศัย ได้แก่ กำลังไฟฟ้าแสงสว่าง (LPD) กำลังไฟฟ้าเครื่องใช้ไฟฟ้า (EQD) และความหนาแน่นของผู้ใช้อาคาร (OCCU) มีค่าเป็นศูนย์ เพื่อศึกษาเฉพาะความร้อนที่เกิดจากปัจจัยจากภายนอก
- เพื่อลดผลจากการถ่ายเทความร้อนจากหลังคาอาคารให้มีค่าน้อยที่สุดจึงกำหนดให้หลังคามีค่าการถ่ายเทความร้อน (U-Value) เท่ากับ 0.6 $W/m^2.^{\circ}C$ และมีค่าการดูดซึมความร้อนเท่ากับ 0.005
- ระบบเครื่องปรับอากาศ residential system
- COP (coefficient of performance) มีค่าเท่ากับ 1.0
- อัตราการรั่วซึมของอากาศ (infiltration rate) มีค่าเท่ากับ 0.2 ACH

3.4.1.2 ตัวแปรต้นและพารามิเตอร์ ได้แก่

- ทิศทางการวางแนวอาคาร 4 ทิศทาง
- อัตราส่วนกระจกต่อผนังอาคาร (window to wall ratio, WWR) 0.2 ถึง 0.8
- ผนังอาคาร 5 ชนิด
- กระจก 5 ชนิด
- ค่า OTTV

ค่า OTTV ได้มาจากพลังงานปรับอากาศ (cooling load) ที่ได้มาจากการจำลองด้วย VisualDOE4.0 หารด้วยชั่วโมงใช้งานเครื่องปรับอากาศ และพื้นที่ผนังส่วนที่ปรับอากาศ

3.4.1.3 ตัวแปรตาม ได้แก่

- ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิเทียบเท่าระหว่างภายนอกและภายในอาคาร (TD_{eq})
- ค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายในและภายนอกอาคาร (ΔT)
- ปริมาณรังสีตกกระทบที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนของผนัง (ESR)

3.4.2 การจำลองการใช้พลังงานเพื่อหาสัมประสิทธิ์ ในสมการCR

3.4.2.1 ตัวแปรควบคุม

- ตัวแปรด้านขนาดของอาคาร ได้มาจากขั้นตอนที่ 3
- อุณหภูมิปรับอากาศ จากขั้นตอนที่ 3
- ความร้อนที่เกิดจากผู้ใช้งานอาคาร 131 W/person
- เพื่อลดผลกระทบจากการถ่ายเทความร้อนจากหลังคาอาคารให้มีค่าน้อยที่สุด จึงกำหนดให้หลังคาที่ค่าการถ่ายเทความร้อย (U-Value) เท่ากับ 0.6 $W/m^{2\circ}C$ และมีค่าการดูดซึมความร้อนเท่ากับ 0.005
- ระบบเครื่องปรับอากาศ Residential system
- ค่า COP (coefficient of performance) มีค่าเท่ากับ 1.0
- อัตราการรั่วซึมของอากาศ (infiltration rate) เท่ากับ 0.2 ACH

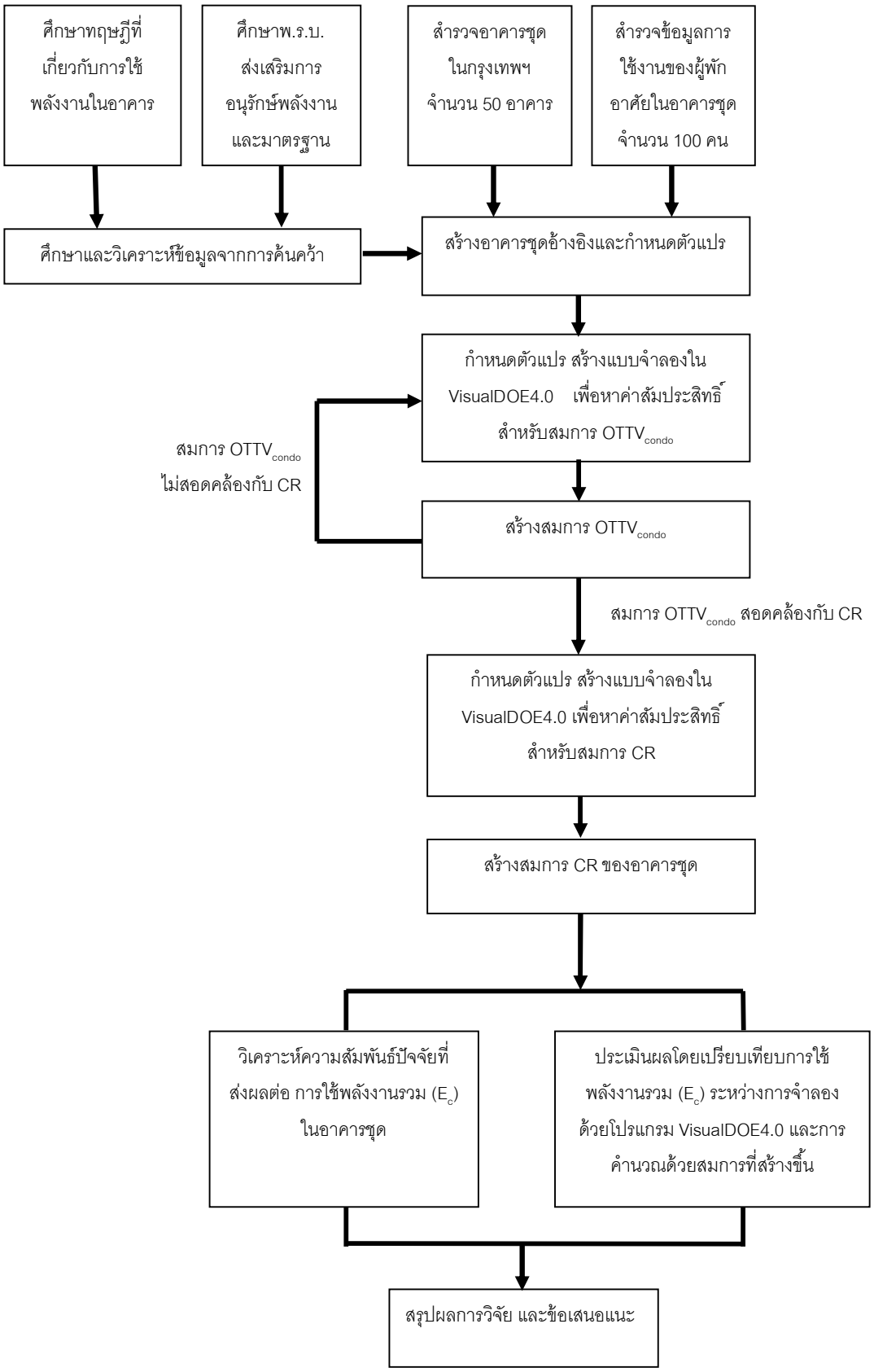
3.4.2.2 ตัวแปรต้นและพารามิเตอร์ ได้แก่

- ค่า $OTTV_{condo}$ ที่เกิดจากการวางแนวอาคาร 4 ทิศทาง
- ตัวแปรด้านการใช้งานของผู้พักอาศัย ได้แก่ กำลังไฟฟ้าแสงสว่าง (LPD) กำลังไฟฟ้าเครื่องใช้ไฟฟ้า (EQD) และความหนาแน่นของผู้ใช้อาคาร (OCCU) ได้มาจากขั้นตอนที่ 2
- ค่า CR ได้มาจากภาระทำความเย็น (cooling load) ที่ได้จากการจำลองด้วย VisualDOE4.0 หารด้วยชั่วโมงใช้งานของเครื่องปรับอากาศ และพื้นที่อาคารส่วนที่ปรับอากาศ

3.4.2.3 ตัวแปรตาม ได้แก่

- สัมประสิทธิ์ สัดส่วนความร้อนที่เป็นภาระแก่ระบบปรับอากาศจากไฟฟ้าแสงสว่าง (C_l)

- สัมประสิทธิ์ สัดส่วนความร้อนที่เป็นภาระแก่ระบบปรับอากาศจากอุปกรณ์และเครื่องใช้ ไฟฟ้าต่าง ๆ (C_e)
- สัมประสิทธิ์ สัดส่วนความร้อนที่เป็นภาระแก่ระบบปรับอากาศจากผู้ใช้อาคาร(C_o)



แผนภูมิที่ 3.1 ขั้นตอนการวิจัย

ตารางที่ 3.1 แผนการวิจัย

การดำเนินงาน	ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย (เดือน)								
	พ.ศ.2554						พ.ศ.2555		
	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1. ทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	ช่วงที่ 1								
1.1 ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวกับการใช้พลังงานในอาคาร									
1.2 ศึกษาพ.ร.บ.ส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานและมาตรฐานการออกแบบอื่นๆ									
2. ทำการสำรวจข้อมูลเพื่อสร้างอาคารชุดอ้างอิง		ช่วงที่ 2							
2.1 สำรวจรูปร่างอาคารชุดพักอาศัย									
2.2 สำรวจข้อมูลการใช้งานของผู้พักอาศัย									
3. สร้างอาคารชุดอ้างอิง และกำหนดตัวแปร				ช่วงที่ 3					
3.1 ศึกษารูปร่างอาคารชุดพักอาศัย									
3.2 ศึกษาการใช้งานของผู้ใช้งานอาคารชุดพักอาศัย									
3.3 สร้างอาคารอ้างอิง และกำหนดตัวแปร									
4. จำลองการใช้พลังงานในอาคาร					ช่วงที่ 4				
4.1 หาค่าสัมประสิทธิ์ในสมการOTTV วิเคราะห์ผลการทดลอง									
4.2 หาค่าสัมประสิทธิ์ในสมการCR วิเคราะห์ผลการทดลอง									
5. วิเคราะห์และประเมินผลการทดลอง								ช่วงที่ 5	
6.สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ									ช่วงที่ 6

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 ผลการสำรวจข้อมูลเพื่อกำหนดอาคารชุดอ้างอิง

4.1.1 การสำรวจลักษณะรูปร่างของอาคารชุด*

จากการสำรวจรูปร่างของอาคารชุดพักอาศัยในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล จำนวน 50 อาคาร ที่มีเจ้าของโครงการเป็นบริษัทพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ จากสื่ออินเตอร์เน็ต โดยศึกษาเฉพาะอาคารชุดพักอาศัยขนาดใหญ่ มีพื้นที่ไม่เกิน 10,000 ตารางเมตร ความสูง 7-8 ชั้น ในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจนี้ในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2554 จากการสำรวจ สามารถจัดประเภทรูปร่างผังพื้นอาคารได้ 6 ลักษณะ คือ รูปร่างตัว “I”, ตัว “U”, ตัว “L”, ตัว “O”, ตัว “T” และรูปร่างผสม (ภาพที่ 4.1) พบว่าอาคารรูปตัว I มีจำนวนมากที่สุดในกลุ่มที่ทำการสำรวจ คิดเป็น 54% ของรูปร่างทั้งหมด มีขนาดความกว้างและความยาวของอาคารเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 16 เมตร และ 52 เมตร ตามลำดับ หรือสัดส่วนอาคาร 1 ต่อ 3

(e) รูปร่าง “I” (f) รูปร่าง “U” (a) รูปร่าง “L”

(d) รูปร่าง “O” (c) รูปร่าง “T” (b) รูปร่าง “ผสม”

ภาพที่ 4.1 รูปร่างของอาคารชุดพักอาศัยที่พบในการสำรวจ

* ดูเพิ่มเติมที่ภาคผนวก ข. หน้า 67

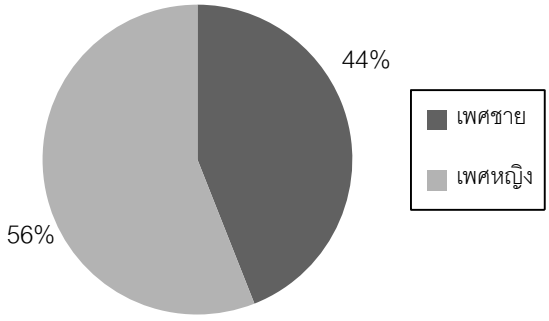
ตารางที่ 4.1 สรุปรูปร่างของอาคารชุดพักอาศัยที่ทำการสำรวจ

รูปร่างอาคาร	จำนวน (อาคาร)
I	27
U	7
L	7
O	5
T	1
ผสม	3
รวม	50

4.1.2 การสำรวจข้อมูลการใช้งานของผู้พักอาศัย*

จากการสัมภาษณ์ผ่านแบบสอบถามผู้พักอาศัยในอาคารชุด จำนวน 100 คน ผู้วิจัยได้เลือกสัมภาษณ์บริเวณพื้นที่ที่มีอาคารชุดหนาแน่น ได้แก่ เขตราชเทวี เส้นถนนพญาไท และถนนเพชรบุรี เขตพญาไท เส้นถนนพหลโยธิน และเขตดินแดง เส้นถนนพระราม 9 โดยทำการสัมภาษณ์ผู้ใช้งานอาคารชุดทีละคน เพื่อให้ได้ข้อมูลครบถ้วน รายละเอียดของประชากรที่ทำการสำรวจ แบ่งได้ ดังนี้

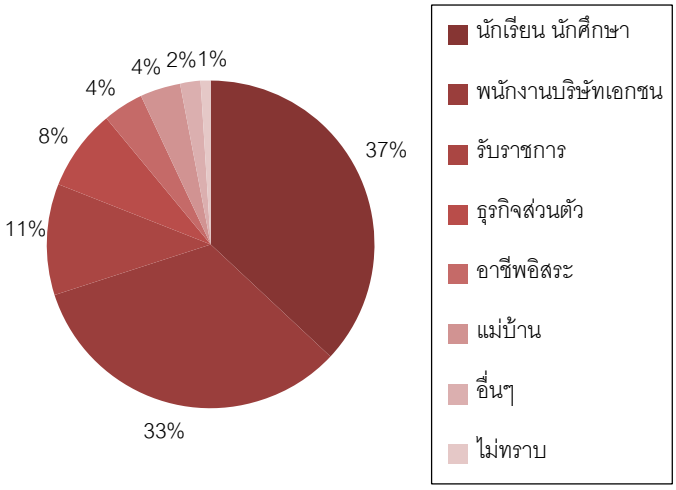
• แบ่งตามเพศ ได้แก่ เพศชาย 44 คน เพศหญิง 56 คน (แผนภูมิที่ 4.1)



แผนภูมิที่ 4.1 แผนภูมิแสดงเพศของประชากร

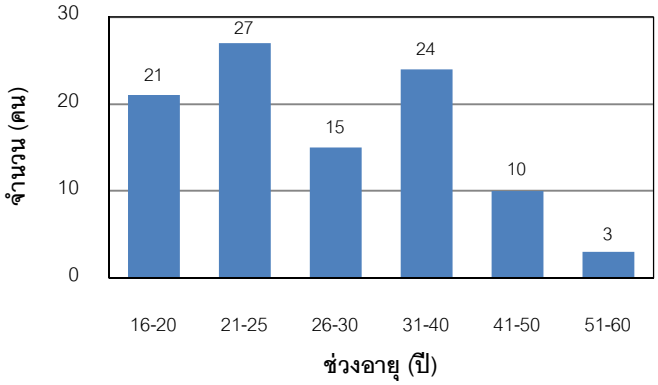
* ดูเพิ่มเติมที่ภาคผนวก ง. หน้า 79

- แบ่งตามอาชีพ ได้แก่ นักเรียน/นักศึกษา 37 คน, พนักงานบริษัทเอกชน 33 คน, รับราชการ 11 คน, ประกอบธุรกิจ 8 คน, อาชีพอิสระ 4 คน, แม่บ้าน 4 คน, อื่นๆ ได้แก่ มัคคุเทศน์ และโปรแกรมเมอร์รวม 2 คน และไม่ทราบอาชีพ 1 คน (แผนภูมิที่ 4.2)



แผนภูมิที่ 4.2 แผนภูมิแสดงอาชีพของประชากร

- แบ่งตามช่วงอายุ ได้แก่ อายุ 16-20 ปี 21 คน, 21-25 ปี 27 คน, 26-30 ปี 15 คน, 31-40 ปี 24 คน, 41-50 ปี 10 คน และ 51-60 ปี 3 คน (แผนภูมิที่ 4.3)



แผนภูมิที่ 4.3 แผนภูมิแสดงช่วงอายุของประชากร

ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจได้แก่

- พื้นที่ใช้สอยของห้องพักอาศัยเฉลี่ย 52.4 ตารางเมตร
- ความหนาแน่นของพื้นที่เฉลี่ย 23.18 ตารางเมตรต่อคน หรือ 0.043 คนต่อตารางเมตร
- ช่วงเวลาการใช้งานอาคาร มีการใช้งานตลอดทั้งวัน โดยมีข้อมูลสัดส่วนผู้อยู่อาศัยที่เปลี่ยนไปเป็นรายชั่วโมง (แผนภูมิที่ 4.4 และ 4.5)

- ลักษณะการใช้งานเครื่องปรับอากาศ วันจันทร์ – ศุกร์ ใช้งานเครื่องปรับอากาศเวลา 17.00 น. – 11.00 น. วันเสาร์-อาทิตย์ มีการใช้งานเครื่องปรับอากาศตลอดทั้งวัน
- อุณหภูมิปรับอากาศประมาณ 25 องศาเซลเซียส
- ชั่วโมงการใช้งานเครื่องปรับอากาศ 7,200 ชั่วโมงต่อปี ชั่วโมงการใช้งานอาคาร 8,760 ชั่วโมงต่อปี
- อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในห้องชุด ประกอบด้วย โทรทัศน์ 1 เครื่อง พัดลม 1 เครื่อง ตู้เย็น 1 เครื่อง เครื่องทำน้ำอุ่น 1 เครื่อง คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ค 1 เครื่อง เตาไมโครเวฟ 1 เครื่อง และเตารีด 1 เครื่อง (เลือกเฉพาะเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีค่าเฉลี่ยเกิน 0.75 เครื่อง/ห้อง)
- การใช้พลังงานไฟฟ้าอุปกรณ์สูงสุดของห้องชุด คือ 38.67 W/m^2

การใช้ไฟฟ้าแสงสว่าง ได้มาจากแบบก่อสร้างของห้องพักของอาคารชุดพักอาศัยที่มีขนาดพื้นที่ห้องพัก 34-52 ตารางเมตร จำนวน 3 ห้อง* ค่าเฉลี่ยกำลังไฟฟ้าแสงสว่างสูงสุดเท่ากับ 10.24 W/m^2

ช่วงเวลาการใช้งานของไฟฟ้าอุปกรณ์ อาศัยการวิเคราะห์จำนวนผู้ใช้งานห้องพักที่เปลี่ยนไป จากแผนภูมิที่ 4.4 สังเกตุเห็นได้ว่า วันจันทร์-ศุกร์ ช่วงเวลา 7.00 น. - 8.00 น. มีผู้ใช้งานห้องพัก 62 คน แล้วลดลงเหลือ 34 คน ในช่วงเวลา 8.00 น. - 9.00 น. ทำให้คาดได้ว่าผู้พักอาศัยส่วนใหญ่ออกจากห้องชุด เพื่อไปเรียน หรือทำงานในเวลา 8.00 น. ฉะนั้นเวลาก่อน 8.00 น. จึงเป็นเวลาที่ผู้พักอาศัยน่าจะทำกิจกรรม เช่น อาบน้ำ และรับประทานอาหาร เป็นต้น ในทางตรงกันข้าม เวลา 18.00 น. เป็นเวลาที่จำนวนผู้ใช้งานห้องพัก เพิ่มมากขึ้นจาก ช่วงเวลา 16.00 น. - 17.00 น. นั่นหมายความว่า ผู้พักอาศัยส่วนใหญ่กลับมาถึงห้องพัก เวลาหลัง 18.00 น. จึงน่าจะมีกิจกรรม เช่น อาบน้ำ และรับประทานอาหาร เป็นต้น

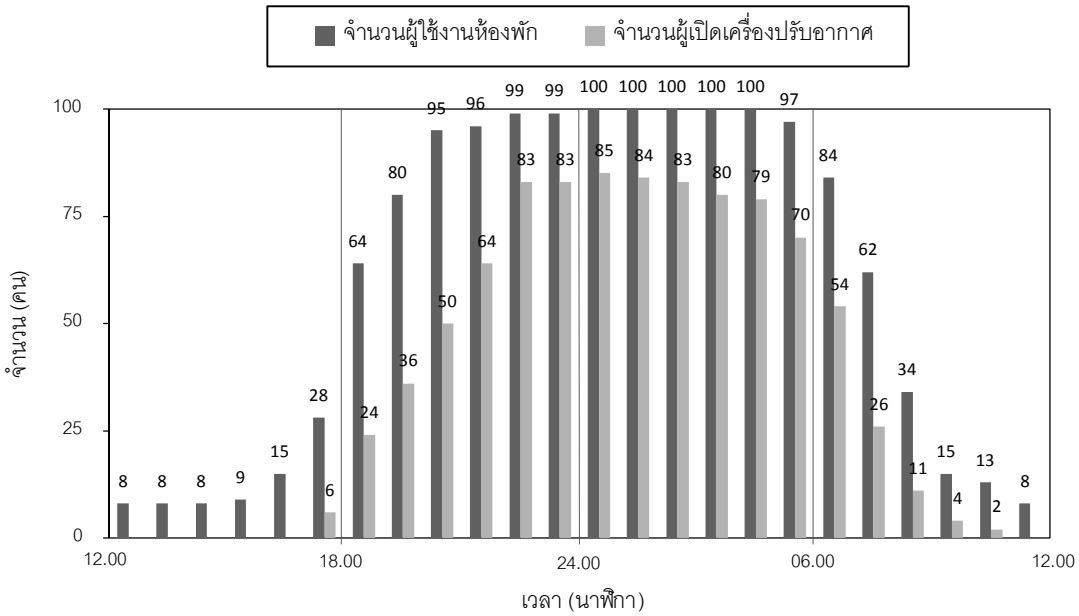
จากการวิเคราะห์ข้างต้น ทำให้สามารถคาดเดาการใช้งานของผู้พักอาศัยได้ ดังตารางที่ 4.2 ตารางที่ 4.3 และ ตารางที่ 4.4โดย สัดส่วนกำลังไฟฟ้าอุปกรณ์ (%EQD) ต้องคูณกับ สัดส่วนผู้ใช้งาน (%PEOPLE) เพื่อให้ได้สัดส่วนการใช้งานไฟฟ้าอุปกรณ์จริง (%EQD x %PEOPLE) ในอาคารอ้างอิง เช่นเดียวกับ ตารางที่ 4.5 และ ตารางที่ 4.6สัดส่วนกำลังไฟฟ้าแสงสว่าง (%LPD) ในงานวิจัยนี้ อ้างอิงสัดส่วนการใช้งานไฟฟ้าแสงสว่างเท่ากับ 40% ที่กำหนดในอาคารบ้านเดี่ยว 2

---

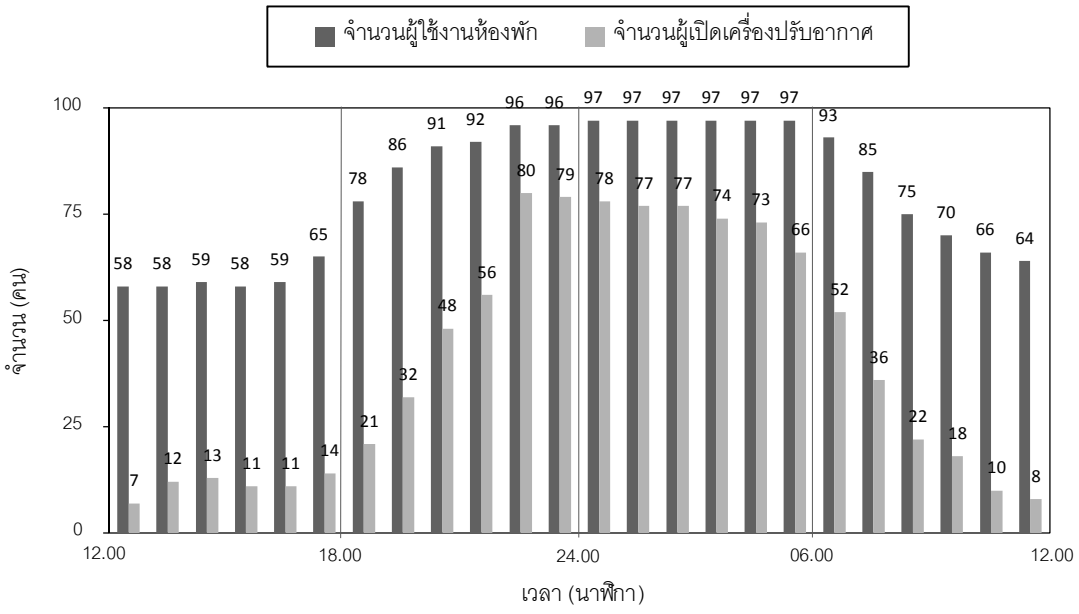
* ดูเพิ่มเติมที่ภาคผนวก จ. หน้า 84

ชั้น ของ ธนิต จินดาวณิค และอรรจน์ เศรษฐบุตร (2550) คูณกับ สัดส่วนผู้ใช้งาน (%PEOPLE) เพื่อให้ได้สัดส่วนการใช้งานไฟฟ้าแสงสว่างจริง (%LPD x %PEOPLE) ในอาคารอ้างอิง

สัดส่วนการใช้งานไฟฟ้าอุปกรณ์จริงเฉลี่ยทั้งปี ของอาคารอ้างอิง เท่ากับ 14% และ สัดส่วนการใช้งานไฟฟ้าแสงสว่างจริงเฉลี่ยทั้งปี เท่ากับ 27%



แผนภูมิที่ 4.4 แผนภูมิแสดงจำนวนผู้ใช้งานห้องพักและจำนวนผู้เปิดเครื่องปรับอากาศในแต่ละชั่วโมงของวันจันทร์-ศุกร์



แผนภูมิที่ 4.5 แผนภูมิแสดงจำนวนผู้ใช้งานห้องพักและจำนวนผู้เปิดเครื่องปรับอากาศในแต่ละชั่วโมงของวันเสาร์-อาทิตย์

ตารางที่ 4.2 การใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าวันจันทร์ – ศุกร์

เครื่องใช้ไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้า (EQD)		เวลา (นาฬิกา)																							
	Watt	W/m^2	24	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
ทีวี 32"	130	2.5									2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	
คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ค 14"	50	1.0									1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
พัดลม 16"	60	1.1												1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1							
ตู้เย็น 8Q	100	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9
เครื่องทำน้ำอุ่น*	3500	66.7							33.3														33.3			
เตาไมโครเวฟ**	1350	25.7								6.4						6.4						6.4				
เตารีด	1600	30.5																								
EQD (W/m^2) แต่ละชั่วโมง			1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	35.2	8.3	5.3	5.3	5.3	6.5	6.5	12.9	6.5	6.5	6.5	5.3	5.3	11.8	38.7	5.3	5.3	1.9
%EQD			5%	5%	5%	5%	5%	5%	91%	22%	14%	14%	14%	17%	17%	33%	17%	17%	17%	14%	14%	30%	100%	14%	14%	5%
%people			100%	100%	100%	100%	100%	97%	84%	62%	34%	15%	13%	8%	8%	8%	8%	9%	15%	28%	64%	80%	95%	96%	99%	99%
%EQD X %people			5%	5%	5%	5%	5%	5%	77%	13%	5%	2%	2%	1%	1%	3%	1%	2%	3%	4%	9%	24%	95%	13%	14%	5%

หมายเหตุ * ใช้งาน 15 นาทีต่อครั้งต่อคน สำหรับอาคารอ้างอิงกำหนดผู้ใช้งาน 2 คน

** ใช้งาน 15 นาทีต่อครั้ง

ตารางที่ 4.3 การใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าวันเสาร์

เครื่องใช้ไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้า (EQD)		เวลา (นาฬิกา)																						
	Watt	W/m^2	24	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
ทีวี 32"	130	2.48									2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	
คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ค 14"	50	0.95									0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	
พัดลม 16"	60	1.14																								
ตู้เย็น 8Q	100	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90
เครื่องทำน้ำอุ่น*	3500	66.67							33.33														33.33			
เตาไมโครเวฟ**	1350	25.71								6.43						6.43						6.43				
เตารีด	1600	30.48																								
EQD (W/m^2) แต่ละชั่วโมง			1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	35.24	8.33	5.33	5.33	5.33	5.33	5.33	11.76	5.33	5.33	5.33	5.33	5.33	11.76	38.67	5.33	5.33	1.90
%EQD			5%	5%	5%	5%	5%	5%	91%	22%	14%	14%	14%	14%	14%	30%	14%	14%	14%	14%	14%	30%	100%	14%	14%	5%
%people			97%	97%	97%	97%	97%	97%	93%	85%	75%	70%	66%	64%	58%	58%	59%	58%	59%	65%	78%	86%	91%	92%	96%	96%
%EQD X %people			5%	5%	5%	5%	5%	5%	85%	18%	10%	10%	9%	9%	8%	18%	8%	8%	8%	9%	11%	26%	91%	13%	13%	5%

หมายเหตุ * ใช้งาน 15 นาทีต่อครั้งต่อคน สำหรับอาคารอ้างอิงกำหนดผู้ใช้งาน 2 คน

** ใช้งาน 15 นาทีต่อครั้ง

ตารางที่ 4.4 การใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าวันอาทิตย์

เครื่องใช้ไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้า (EQD)		เวลา (นาฬิกา)																							
	Watt	W/m^2	24	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
ทีวี 32"	130	2.48									2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48	
คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ค 14"	50	0.95									0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	
พัดลม 16"	60	1.14																								
ตู้เย็น 8Q	100	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90
เครื่องทำน้ำอุ่น*	3500	66.67							33.33														33.33			
เตาไมโครเวฟ**	1350	25.71								6.43						6.43						6.43				
เตารีด	1600	30.48									30.48	30.48														
EQD (W/m^2) แต่ละชั่วโมง			1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	35.24	8.33	35.81	35.81	5.33	5.33	5.33	11.76	5.33	5.33	5.33	5.33	5.33	11.76	38.67	5.33	5.33	1.90
%EQD			5%	5%	5%	5%	5%	5%	91%	22%	93%	93%	14%	14%	14%	30%	14%	14%	14%	14%	14%	30%	100%	14%	14%	5%
%people			97%	97%	97%	97%	97%	97%	93%	85%	75%	70%	66%	64%	58%	58%	59%	58%	59%	65%	78%	86%	91%	92%	96%	96%
%EQD X %people			5%	5%	5%	5%	5%	5%	85%	18%	69%	65%	9%	9%	8%	18%	8%	8%	8%	9%	11%	26%	91%	13%	13%	5%

หมายเหตุ * ใช้งาน 15 นาทีต่อครั้งต่อคน สำหรับอาคารอ้างอิงกำหนดผู้ใช้งาน 2 คน

** ใช้งาน 15 นาทีต่อครั้ง

ตารางที่ 4.5 การใช้งานไฟฟ้าแสงสว่างวันจันทร์ – ศุกร์

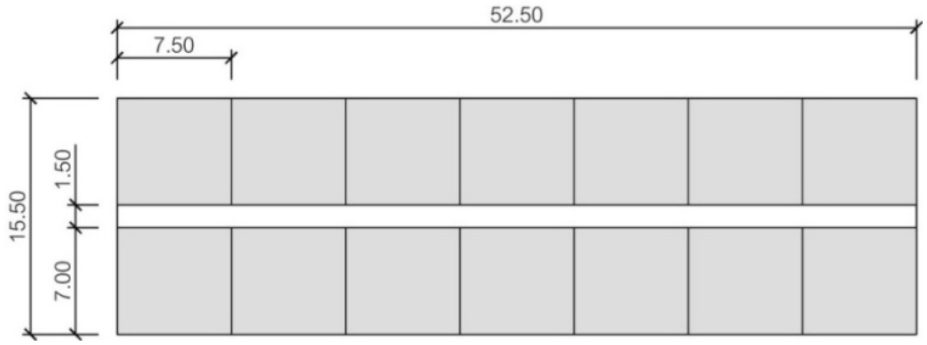
	เวลา (นาฬิกา)																							
	24	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
LPD (W/m^2) สูงสุด	10.24	10.24	10.24	10.24	10.24	10.24	10.24	10.24	10.24	10.24	10.24	10.24	10.24	10.24	10.24	10.24	10.24	10.24	10.24	10.24	10.24	10.24	10.24	10.24
%LPD	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%
%people	100%	100%	100%	100%	100%	97%	84%	62%	34%	15%	13%	8%	8%	8%	8%	9%	15%	28%	64%	80%	95%	96%	99%	99%
%LPD X %people	40%	40%	40%	40%	40%	39%	34%	25%	14%	6%	5%	3%	3%	3%	3%	4%	6%	11%	26%	32%	38%	38%	40%	40%

ตารางที่ 4.6 การใช้งานไฟฟ้าแสงสว่างวันเสาร์ – อาทิตย์

	เวลา (นาฬิกา)																							
	24	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
LPD (W/m^2) สูงสุด	10.24	10.24	10.24	10.24	10.24	10.24	10.24	10.24	10.24	10.24	10.24	10.24	10.24	10.24	10.24	10.24	10.24	10.24	10.24	10.24	10.24	10.24	10.24	10.24
%LPD	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%
%people	97%	97%	97%	97%	97%	97%	93%	85%	75%	70%	66%	64%	58%	58%	59%	58%	59%	65%	78%	86%	91%	92%	96%	96%
%LPD X %people	39%	39%	39%	39%	39%	39%	37%	34%	30%	28%	26%	26%	23%	23%	24%	23%	24%	26%	31%	34%	36%	37%	38%	38%

4.2 การกำหนดอาคารชุดอ้างอิง และกำหนดตัวแปร

ผลจากการสำรวจข้อมูล นำมากำหนดอาคารอ้างอิงได้ขนาด กว้าง 52.50 เมตร ยาว 15.50 เมตร ความสูง 8 ชั้น ระยะดิ่งแต่ละชั้น 2.80 เมตร ความสูงรวม 22.40 เมตร ทางเดินภายในอาคารไม่ปรับอากาศ กว้าง 1.50 เมตร แต่ละชั้นประกอบด้วย 14 ห้องชุดพักอาศัยที่ปรับอากาศ มีขนาดห้องละ 52.50 ตารางเมตร (ภาพที่ 4.2)



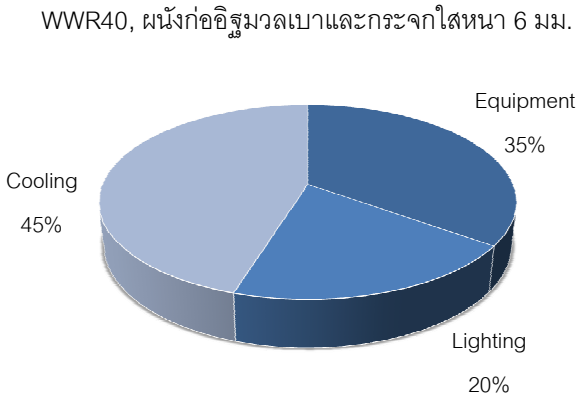
ภาพที่ 4.2 ผังพื้นอาคารอ้างอิง

รายละเอียดของอาคารอ้างอิง (reference building) ที่ใช้จำลองในโปรแกรม มีรายละเอียด ดังตารางที่ 4.7 ผนังของอาคารที่กำหนดจากผนังที่อาคารชุดพักอาศัยส่วนใหญ่ใช้กระจกลามิเนตสีเขียวหนา 12 มม. ซึ่งมีค่า SHGC 0.52 กำหนดโดยให้อยู่ในค่ามาตรฐานตาม *กฎกระทรวง กำหนดกระจกเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552* ซึ่งมี SHGC อยู่ที่ 0.55-0.30 โดยมีอัตราส่วนกระจกต่อผนัง 40%

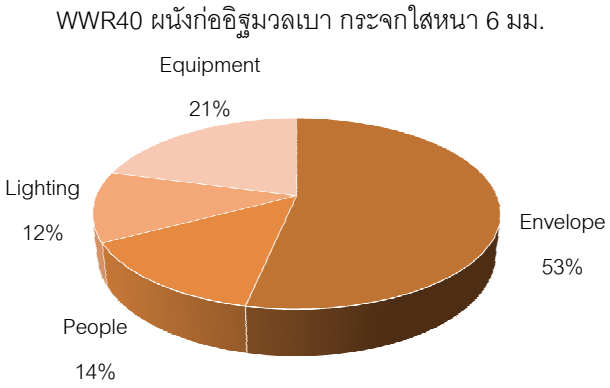
ผลจากการจำลองพบว่าอาคารอ้างอิงที่ใช้เครื่องปรับอากาศเบอร์ 5 (EER = 11.6 เทียบเท่า COP = 3.40) มีการใช้พลังงาน 124.33 kWh/m^2-y จากแผนภูมิที่ 4.6 แสดงสัดส่วนการใช้พลังงานของอาคารอ้างอิง แบ่งเป็นพลังงานที่ใช้ในการปรับอากาศ 45% (56.17 kWh/m^2-y) อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า 35% (43.49 kWh/m^2-y) และไฟฟ้าแสงสว่าง 20% (24.66 kWh/m^2-y) แผนภูมิที่ 4.7 แสดงสัดส่วนของภาระปรับอากาศ แบ่งออกเป็น ภาระปรับอากาศจากระบบกรอบอาคาร 53% ภาระปรับอากาศจากอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า 21% ภาระปรับอากาศจากไฟฟ้าแสงสว่าง 12% และภาระปรับอากาศจากผู้พักอาศัย 14%

ตารางที่ 4.7 รายละเอียดอาคารชุดพักอาศัยอ้างอิง

	วัสดุ	U-Value $W/m^2.^\circ C$
ผนังทึบ	คอนกรีตมวลเบา 10 ซม. ฉาบปูนสองด้าน	1.64
หน้าต่าง	กระจกลามิเนตสีเขียวหนา 12 มม.	5.52
	(SC = 0.60, SHGC = 0.52)	
WWR	ร้อยละ 40	
พื้น	คอนกรีตเสริมเหล็ก หนา 25 ซม.	2.3
หลังคา	ควบคุมให้มีการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคา	0.6
	น้อยที่สุด กำหนด absorptance = 0.005	
พื้นที่อาคารทั้งหมด	6,510 m^2	
พื้นที่อาคารส่วนที่ปรับอากาศ (ห้องชุด)	5,880 m^2	
พื้นที่ผนังทั้งหมดต่อพื้นที่อาคารทั้งหมด	0.47	
พื้นที่ผนังส่วนที่ปรับอากาศต่อพื้นที่อาคารส่วนที่ปรับอากาศ	0.51	
จำนวนชั้น	8	
ห้องชุด		
จำนวน 112 ห้อง		
ขนาด 52.5 m2		
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^2 สัดส่วนการใช้งานเฉลี่ย 14%	
กำลังไฟฟ้าเครื่องใช้ไฟฟ้า (EQD)	38.67 W/m^2 สัดส่วนการใช้งานเฉลี่ย 27%	
(โทรทัศน์ พัดลม ตู้เย็น เครื่องทำน้ำอุ่น คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ค		
เตาไมโครเวฟ และเตารีด อย่างละ 1 เครื่อง)		
เวลาใช้งานไฟฟ้าอสงสว่าง และเครื่องใช้ไฟฟ้าต่อปี	8760 ชั่วโมง	
ความหนาแน่นของผู้ใช้ (OCCU)	0.043 person/m^2	
อัตราการรั่วซึมอากาศ (infriltation)	0.2 ACH	



แผนภูมิที่ 4.6 แผนภูมิแสดงสัดส่วนการใช้พลังงานของอาคารอ้างอิง



แผนภูมิที่ 4.7 แผนภูมิแสดงสัดส่วนภาระปรับอากาศของอาคารอ้างอิง

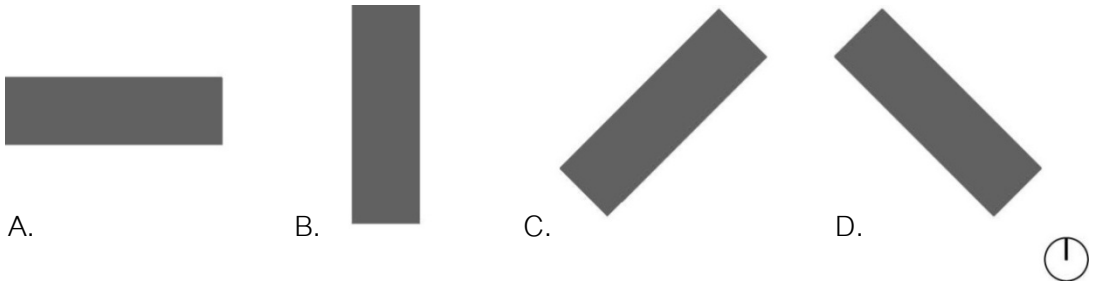
4.3 การจำลองการใช้พลังงานในอาคารชุดพักอาศัย

4.3.1 จำลองการใช้พลังงานเพื่อหาสัมประสิทธิ์ในสมการOTTV

จากการกำหนดตัวแปรทำให้ได้แบบจำลองทั้งหมด 400 ชุด* ที่เกิดจากการวางแนวอาคาร 4 ทิศทาง (ภาพที่ 4.3) และการปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ 5 ชุด ได้แก่

- WWR : 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8
- ค่า U_w ผนัง 5 ชนิด (ตารางที่ 4.8)
- ค่า U_f กระจก 5 ชนิด (ตารางที่ 4.9)
- ค่า SHGC กระจก 5 ชนิด (ตารางที่ 4.9)
- ค่า $OTTV_{condo}$ จากการจำลองด้วย VisualDOE4.0

* ดูเพิ่มเติมที่ภาคผนวก ช. หน้า 97



ภาพที่ 4.3 ทิศทางอาคารอ้างอิง

ตารางที่ 4.8 แสดงชนิดและคุณสมบัติของผนัง

ลำดับ	ชนิดของผนัง	U ($W/m^2.^\circ C$)
1	ผนังคอนกรีตสำเร็จรูปหนา 10 ซม.	4.42
2	ผนังก่ออิฐมอญ ฉาบปูนภายนอกและภายใน หนารวม 10 ซม.	3.38
3	ผนังก่อคอนกรีตบล๊อค(มีโพรงภายใน) ฉาบปูนภายนอกและภายใน หนารวม 10 ซม.	2.64
4	ผนังก่อคอนกรีตมวลเบา 10 ซม. ฉาบปูนภายนอกและภายใน	1.64
5	ผนังก่ออิฐมอญ ฉาบปูนภายนอกและภายใน หนา 10 ซม. ตกแต่งไม้หนา 1 นิ้ว (มีโครงเคร่า 2 นิ้ว)	1.21

ตารางที่ 4.9 แสดงชนิดและคุณสมบัติของกระจก

ลำดับ	ชนิดของกระจก	U ($W/m^2.^\circ C$)	SHGC
1	กระจกใสหนา 6 มม.	6.1720	0.815
2	กระจกใสสองชั้น 6/12/6 มม.	2.7425	0.698
3	กระจกใสและกระจกเคลือบสารที่มีสัมประสิทธิ์ การแผ่รังสีต่ำ (e2=0.1) มีก๊าซอาร์กอนระหว่างกระจก 6/12/6 มม.	1.4592	0.564
4	กระจกใสเคลือบไทเทเนียม 40% หนา 6 มม.	5.5020	0.389
5	กระจกสีเทาและกระจกเคลือบสารที่มีสัมประสิทธิ์ การแผ่รังสีต่ำ(e2=0.04) มีก๊าซอาร์กอนระหว่างกระจก 6/12/6 มม.	1.3173	0.278

สมการที่ใช้ในขั้นตอนนี้ คือ สมการ (13) โดยในการหาค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์ในสมการ $OTTV_{condo}$ ได้แบ่งการ regression ออกเป็น 4 กลุ่มย่อยตามทิศทางการวางอาคารคือ กลุ่ม A, กลุ่ม B, กลุ่ม C และกลุ่ม D เพื่อเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการวางทิศทางอาคารที่แตกต่างกัน ค่าที่ได้จาการ regression เป็นไปตาม ตารางที่ 4.10 แสดงให้เห็นว่าการวางอาคารตามทิศทางมีผลต่อ

ค่า $OTTV_{condo}$ โดยการวางอาคารตามทิศทาง B (วางอาคารตามทิศเหนือ-ใต้) ให้ค่า $OTTV_{condo}$ สูงที่สุด รองลงมาคือวางอาคารตามทิศทาง C (วางอาคารตามทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้), วางอาคารตามทิศทาง D (วางอาคารตามทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้) และ $OTTV_{condo}$ ต่ำที่สุดคือวางอาคารตามทิศทาง A (วางอาคารตามทิศตะวันออก-ตะวันตก)

ตารางที่ 4.10 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ ที่ได้จากregression ของการวางอาคารทิศทางต่างๆ

ทิศทางอาคาร	TD_{eq}	ΔT	*ESR*
A	5.00	0.99	77.64
B	5.73	0.94	101.07
C	5.52	0.98	93.81
D	5.47	0.97	93.08
เฉลี่ย	5.43	0.97	91.40

ผลจากการ regression ในแต่ละทิศทางทำให้ได้ค่าเฉลี่ยของ TD_{eq} ,ΔT และ ESR ค่าที่ได้คือ 5.43, 0.97 และ 91.40 ตามลำดับ โดยมีสถิติ regression ดังตารางที่ 4.11 และตารางที่ 4.12 เพราะฉะนั้นสมการ OTTV สำหรับอาคารชุดพักอาศัยในงานวิจัยนี้คือ

$$OTTV_{condo} = 5.43(U_W)(1 - WWR) + 0.97(U_f)(WWR) + 91.40(WWR)(SHGC)(SC) \quad (19)$$

ตารางที่ 4.11 สถิติของ Regression ในสมการ $OTTV_{condo}$

Regression Statistics	
Multiple R	0.9931
R Square	0.9863
Adjusted R Square	0.9838
Standard Error	4.3375
Observations	400

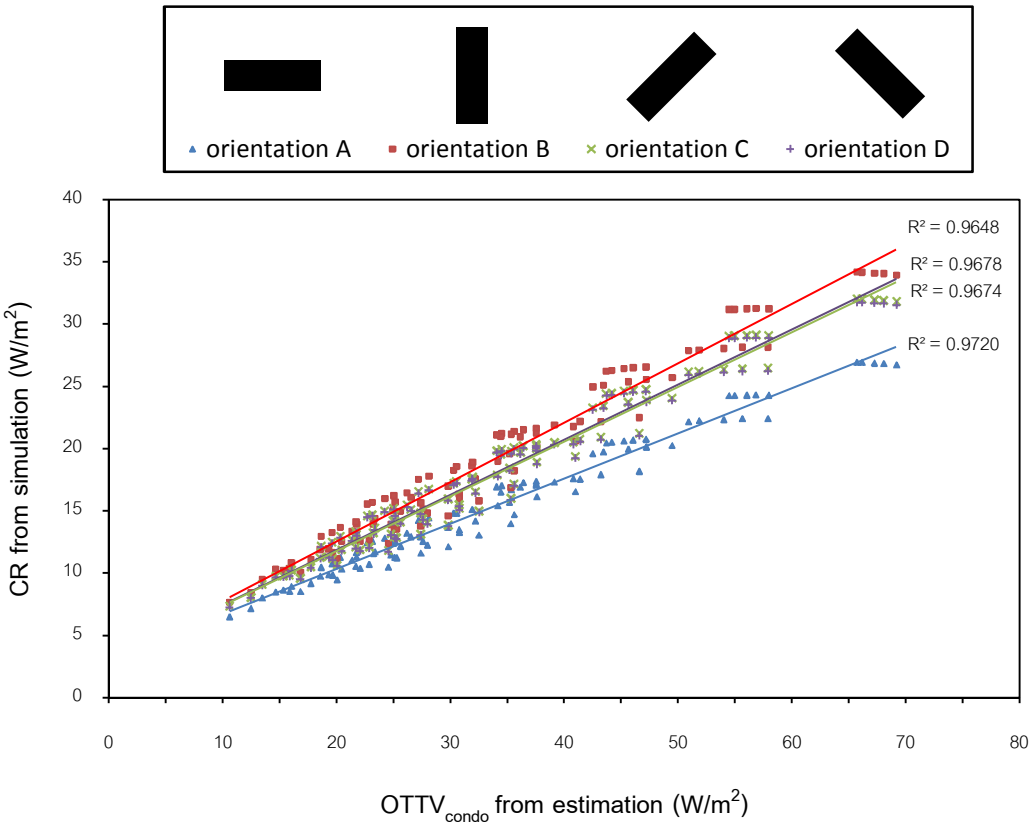
ตารางที่ 4.12 สถิติของค่าพารามิเตอร์ ในสมการ $OTTV_{condo}$

	Coefficients	*Standard Error*	*t Stat*	*P-value*
U_w x (1-WWR)	5.43	0.17	32.51	0.00000
U_f x WWR	0.97	0.21	4.60	0.00001
WWR x SHGC	91.40	1.51	60.70	0.00000

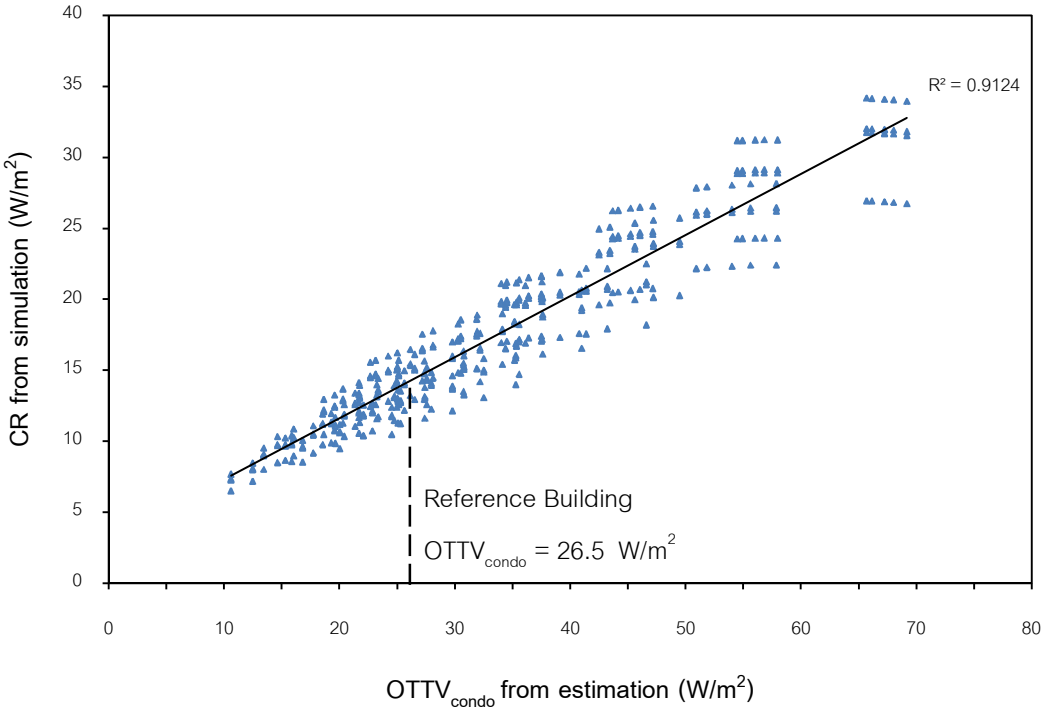
การเปรียบเทียบสมการ $OTTV_{condo}$ ที่เกิดจากการเปลี่ยนทิศทางอาคารทั้ง 4 ทิศทางพบว่าค่า $OTTV_{condo}$ ของแต่ละทิศทางมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับ CR โดยมีค่า R square อยู่ที่ 0.9648-0.9720 (แผนภูมิที่ 4.8) ยิ่งค่า $OTTV_{condo}$ มีค่ามาก ความแตกต่างของ CR อันเนื่องมาจากการวางทิศทางอาคารก็ยิ่งมีค่าสูงตาม ชี้ให้เห็นว่าจำเป็นที่จะต้องมีการคำนวณ $OTTV_{condo}$ แบบแยกทิศทาง แต่ในงานวิจัยนี้ยังคงใช้ค่าเฉลี่ยก่อน เพราะ ในช่วงที่ $OTTV_{condo}$ มีค่าต่ำ CR ของแต่ละทิศทาง ยังคงมีค่าที่ใกล้เคียงกัน จากแผนภูมิที่ 4.9 แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ของ $OTTV_{condo}$ ที่ได้จากการคำนวณโดยสมการกับ CR ซึ่งมีค่า R square เท่ากับ 0.9124

จากการใช้สมการที่ 21 คำนวณค่า $OTTV_{condo}$ ของอาคารอ้างอิงที่กล่าวในหัวข้อ 4.2 มีค่าเท่ากับ 26.5 W/m^2 ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการเปลี่ยนการวางทิศทางอาคารทั้ง 4 ทิศ

การอภิปรายเพิ่มเติมถึงค่าสัมประสิทธิ์ คือ TD_{eq} ,ΔT และ ESR ที่ได้จากการ regression นั้น มีค่าลดลงหากเทียบกับการคำนวณตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน(ฉบับที่ 2) พ.ศ.2550 สาเหตุเพราะอาคารอ้างอิงมีช่วงเวลาการใช้งานเครื่องปรับอากาศลดลงจากเดิม จึงทำให้ลดผลกระทบจากถ่ายเทความร้อนในช่วงเวลา 11.00 น.-17.00 น.



แผนภูมิที่ 4.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $OTTV_{condo}$ ของแต่ละการวางทิศทางอาคาร กับ CR



แผนภูมิที่ 4.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $OTTV_{condo}$ กับ CR

4.3.2 จำลองการใช้พลังงานเพื่อหาสัมประสิทธิ์ในสมการCR

สมการที่ใช้ในขั้นตอนนี้คือ สมการ (14) จากการกำหนดตัวแปรทำให้ได้แบบจำลองทั้งหมด 256 ชุด* ที่เกิดจากทิศทางการวางแนวอาคาร 4 ทิศทาง (ภาพที่ 4.3) และการปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ 4 ชุด ได้แก่

- กำลังไฟฟ้าแสงสว่าง (LPD) ได้แก่ 6, 8, 10 และ 12 W/m^2
- กำลังเครื่องใช้ไฟฟ้า (EQD) ได้แก่ 6, 34, 62 และ 90 W/m^2
- ความหนาแน่นผู้อยู่อาศัย (OCCU) ได้แก่ 0.019, 0.038, 0.076 และ 0.115 $person/m^2$
- ค่า CR จากการจำลองด้วย VisualDOE4.0

การ regression ในขั้นตอนนี้ ได้กำหนดให้เทอมของ $\frac{wall\ area_{A/C}}{floor\ area_{A/C}}(OTTV_{condo})$ หรือ CR อันเกิดจากปัจจัยภายนอก ($CR_{external}$) เป็นค่าคงที่ โดยอัตราส่วนของพื้นที่ผนังต่อพื้นที่อาคาร

* ดูเพิ่มเติมที่ภาคผนวก ซ. หน้า 111

เฉพาะส่วนที่ปรับอากาศเท่ากับ 0.51 ,$OTTV_{condo}$ ของอาคารที่วางตัวตามทิศทาง A, B, C และ D (รูปภาพที่ 4-2) คือ 20.42, 67.25, 47.22 และ 56.84 ตามลำดับ ซึ่งเลือกจากกรณีที่มีค่า $OTTV_{condo}$ คลาดเคลื่อนน้อยที่สุดในแต่ละการวางแนวอาคาร เมื่อเทียบจากค่า OTTV ที่ได้จากการจำลองด้วยโปรแกรม (กรณีที่ 65, 144, 227 และ 328 ในภาคผนวก ช.)

ค่าเฉลี่ยของ C_l ,C_e และ C_o ที่ได้จากการ regression คือ 0.31, 0.13 และ 0.62 ตามลำดับ โดยมีสถิติ regression ดังตารางที่ 4.13 และ ตารางที่ 4.14 เพราะฉะนั้นสมการ CR สำหรับอาคารชุดพักอาศัยในงานวิจัยนี้คือ

$$CR = \frac{wall\ area_{A/C}}{floor\ area_{A/C}}(OTTV_{condo}) + 0.31(LPD) + 0.13(EQD) + 131 \cdot 0.62(OCCU) \qquad (20)$$

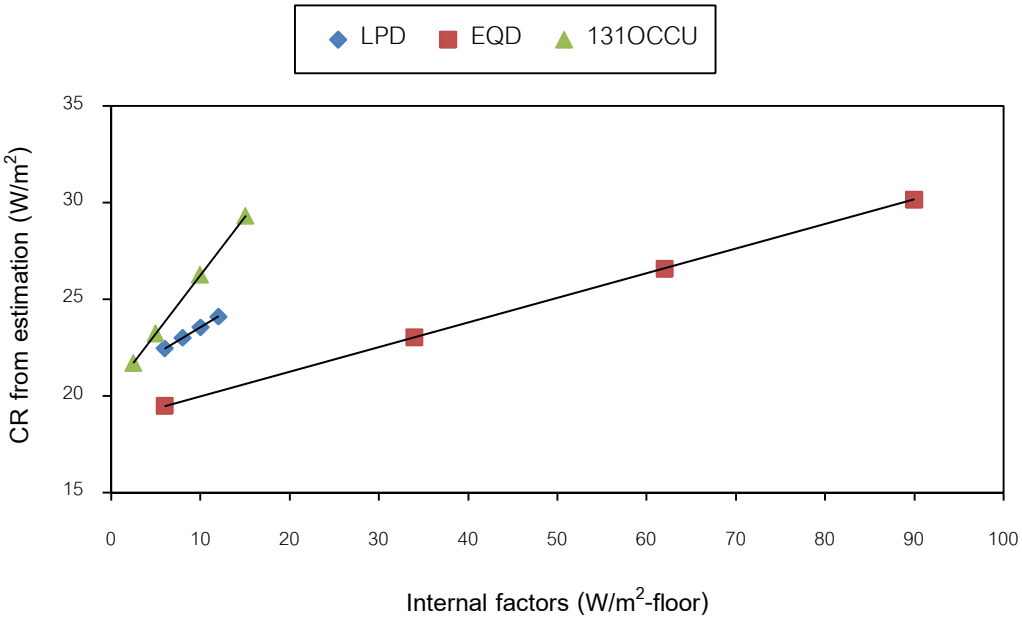
ตารางที่ 4.13 สถิติของ Regression ในสมการ CR

Regression Statistics	
Multiple R	0.9989
R Square	0.9977
Adjusted R Square	0.9937
Standard Error	0.7202
Observations	256

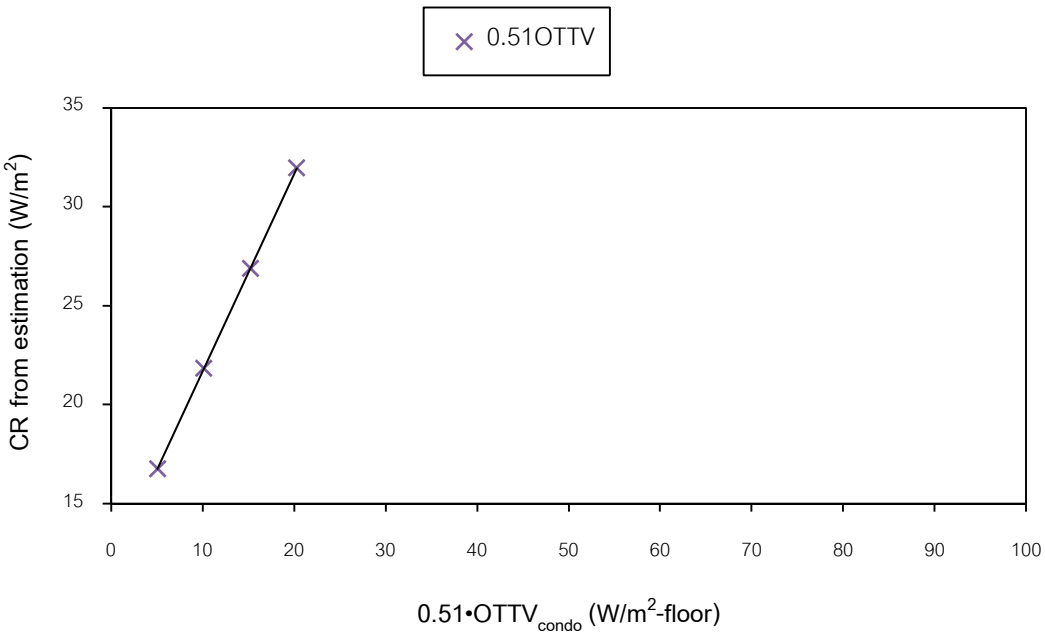
ตารางที่ 4.14 สถิติของค่าพารามิเตอร์ ในสมการ CR

	Coefficients	*Standard Error*	*t Stat*	*P-value*
LPD	0.31	0.01	29.75	0.00000
EPD	0.13	0.00	94.88	0.00000
131 x OCCU	0.62	1.14	70.79	0.00000

การศึกษาตัวแปรภายในของอาคารอ้างอิงโดยใช้สมการ CR กระทำโดยปรับตัวแปร LPD, EQD และ OCCU จากแผนภูมิที่ 4.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ปัจจัยภายในอาคารกับ CR พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลง CR มากที่สุดคือ 131•OCCU (ความชัน 0.62) รองลงมาคือ LPD (ความชัน 0.31) และ EQD (ความชัน 0.13) ตามลำดับ และจากแผนภูมิที่ 4.11 การปรับเปลี่ยน $OTTV_{condo}$ ตั้งแต่ 10.0 - 40.0 W/m^2 โดยเปลี่ยนหน่วยเป็น W/m^2-floor เพื่อเปรียบเทียบกับปัจจัยอื่นๆ จึงมีค่า 5.1 – 20.3 W/m^2-floor โดยคงตัวแปรภายในอยู่ในระดับของอาคารอ้างอิง พบว่า มีความชันเท่ากับ 1.00



แผนภูมิที่ 4.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ปัจจัยภายในอาคารกับ CR



แผนภูมิที่ 4.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $0.51 \bullet OTTV_{condo}$ กับ CR

4.4 การวิเคราะห์ผลและประเมินผลการทดลอง

จากการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ ของสมการ$OTTV_{condo}$ และ CR สามารถสร้างสมการการใช้พลังงานรวมในอาคารชุดพักอาศัยที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 ได้ ดังนี้

$$Energy\ consumption = \left[\frac{CR}{COP} \times floor\ area_{A/C} \times 7200\right] + \left[\left\{\begin{matrix}(0.27 \times LPD \times floor\ area_{LPD}) \\ +(0.14 \times EQD \times floor\ area_{EQD})\end{matrix}\right\} \times 8760\right] \quad (21)$$

การศึกษาเพิ่มเติมถึงความสัมพันธ์ของ พลังงานทำความเย็นกับค่าสัมประสิทธิ์ สมรรถนะของระบบปรับอากาศ (COP) จากเทอมแรกของ สมการ (21) ซึ่งคือ พลังงานทำความเย็น (cooling energy, CE) สามารถแยกเขียนสมการได้ ดังนี้

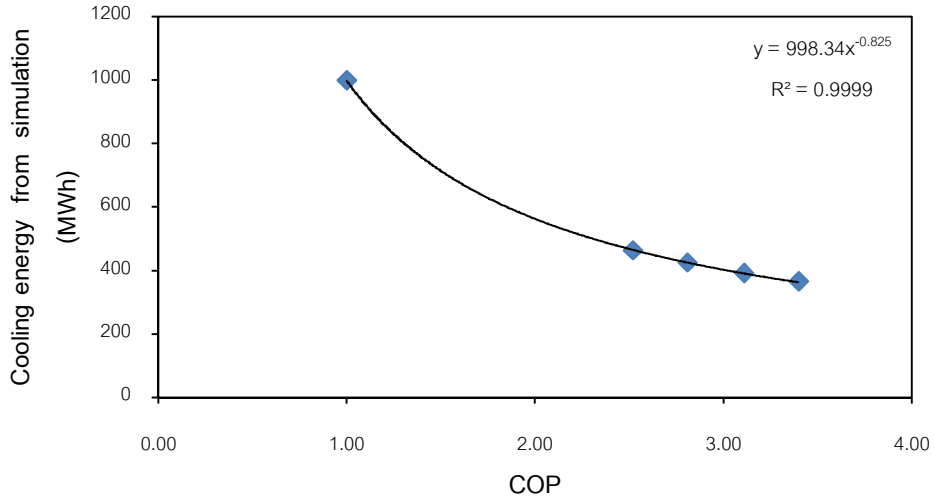
$$CE = \left[\frac{\mathrm{CR} \times floor\ area_{A/C} \times 7200}{\mathrm{COP}}\right] \quad (22)$$

ในขั้นตอนนี้ได้จำลองการใช้พลังงาน พิจารณาเฉพาะพลังงานทำความเย็น โดยใช้อาคารชุดพักอาศัยอ้างอิง ที่ปรับค่า COP ตั้งแต่ 1.00 – 3.40 พบว่า cooling energy กับ COP มีความสัมพันธ์แบบ โมเดลไม่เป็นเชิงเส้นแบบยกกำลัง (Power) ดังแผนภูมิที่ 4.12 ซึ่งอยู่ในรูปสมการ

$$CE = 998.34(COP)^{-0.83} \quad (23)$$

ปรับรูปสมการให้สอดคล้องกับสมการ (22) จะได้

$$CE = \frac{998.34}{COP^{0.83}} \quad (24)$$



แผนภูมิที่ 4.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Cooling energy กับ COP

ค่าคงที่ (998.34) คือ เทอมของ $CR \times floor\ area_{A/C} \times 7200$ ที่เกิดขึ้นจากการจำลองในกรณีอาคารอ้างอิง เพราะฉะนั้นสมการ E_c สำหรับอาคารชุดพักอาศัยที่ใช้เครื่องปรับอากาศ residential system ในงานวิจัยนี้ คือ

$$Energy\ consumption = \left[\frac{CR}{COP^{0.83}} \times floor\ area_{A/C} \times 7200\right] + \left[\begin{Bmatrix} (0.27 \times LPD \times floor\ area_{LPD}) \\ +(0.14 \times EQD \times floor\ area_{EQD}) \end{Bmatrix} \times 8760\right] \quad (25)$$

โดย CR คำนวณจากสมการ (20) และ $OTTV_{condo}$ คำนวณจากสมการ (19) เพื่อตรวจสอบความคลาดเคลื่อนของสมการพลังงานรวมจึงจัดชุดตัวแปรจำนวน 20 ชุด* โดยตัวแปรที่ปรับเปลี่ยนได้แก่ ตัวแปรในสมการ $OTTV_{condo}$ คือ ค่า WWR, U_w, U_f และ SHGC ตัวแปรของสิ่งแวดล้อมในอาคาร ได้แก่ LPD, EQD และ OCCU ตัวแปรประสัมประสิทธิ์ สมรรถนะรวมถึงทิศทางการวางอาคาร 4 ทิศทาง ผลของการเปรียบเทียบ (ตารางที่ 4.15) แสดงให้เห็นว่าสมการจากงานวิจัยนี้ยังมีความคลาดเคลื่อนระหว่าง -5.9% ถึง 7.2% จากการจำลอง อันเนื่องมาจากการใช้ค่าเฉลี่ยของ TD_{eq}, ΔT และ ESR ทำให้ค่า $OTTV_{condo}$ ที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยของทุกทิศทาง และหากเปรียบเทียบการจำลองกับการคำนวณด้วยสมการ E_c ตามกฎกระทรวง พ.ศ.2552 พบว่ามีค่าสูงกว่าการจำลอง 108.5% ถึง 330.6% เนื่องจากชั่วโมงการใช้งานสำหรับอาคารชุดพักอาศัยตามกฎหมายกำหนดให้มีการใช้งานเครื่องปรับอากาศ 8,760 ชั่วโมง และสมการไม่ได้คำนึงถึงสัดส่วนการใช้งานของผู้พักอาศัย

เพื่อศึกษาความอ่อนไหว (sensitivity) ของสมการ (25) โดยกำหนด COP = 1.00 ได้ทำการปรับเปลี่ยนตัวแปร LPD, EQD และ OCCU (แผนภูมิที่ 4.13) พบว่าปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลง E_c มากที่สุด คือ LPD (ความชัน 28.5) รองลงมา คือ 131•OCCU (ความชัน 26.2) และ EQD (ความชัน 12.7) ขณะที่การปรับเปลี่ยน $OTTV_{condo}$ ตั้งแต่ 10.0 - 40.0 W/m2 โดยเปลี่ยนหน่วยเป็น W/m^2-floor เพื่อเปรียบเทียบกับปัจจัยอื่นๆ จึงมีค่า 5.1 – 20.3 W/m^2-floor โดยคงตัวแปรภายในอยู่ในระดับของอาคารอ้างอิง พบว่ามีความชันเท่ากับ 42.0 (แผนภูมิที่ 4.14)

---

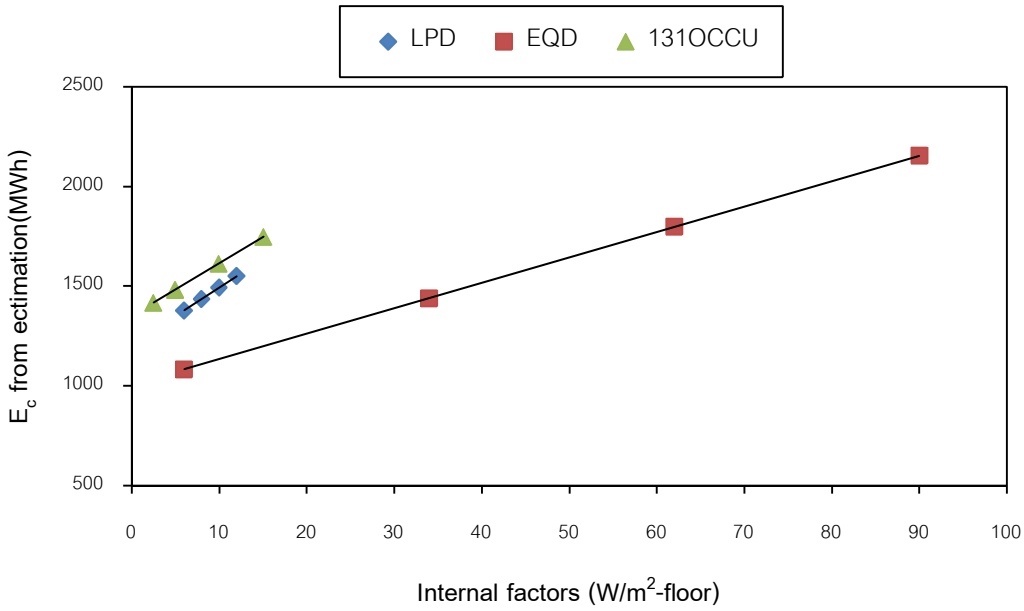
* ดูเพิ่มเติมที่ภาคผนวก ฌ. หน้า 128

ตารางที่ 4.15 แสดงการเปรียบเทียบผลจากการคำนวณด้วยสมการตามกฎกระทรวง พ.ศ.2552 และการคำนวณด้วยสมการในงานวิจัย กับผลที่ได้จากการจำลอง

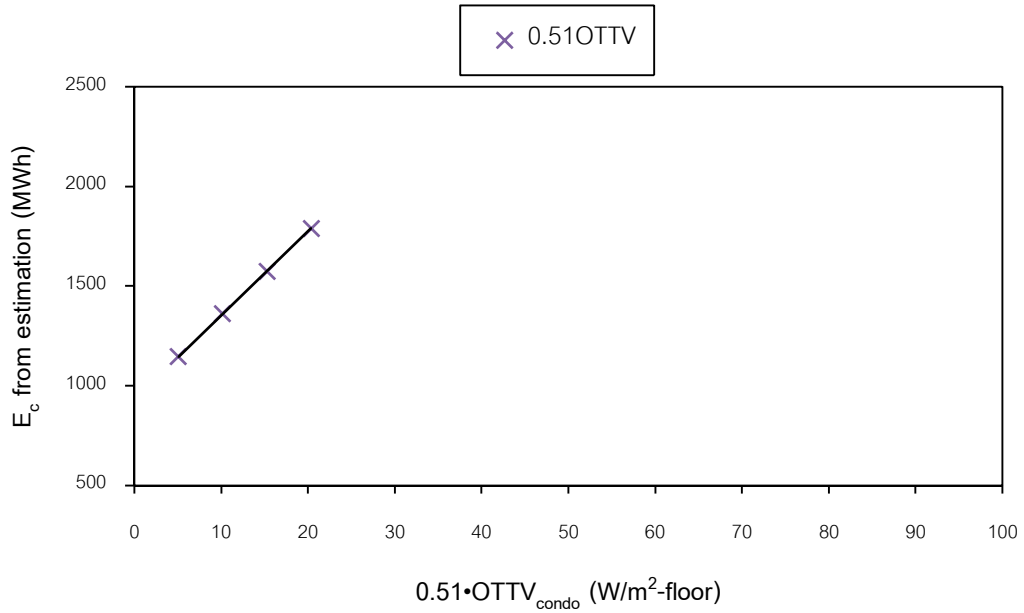
ชุดข้อมูล	การจำลอง	สมการตามกฎกระทรวง พ.ศ.2552			สมการในงานวิจัย		
	E_c (MWh/year)	OTTV (W/m^2)	E_c (MWh/year)	% E_c แตกต่างจากการจำลอง	$OTTV_{condo}$ (W/m^2)	E_c (MWh/year)	% E_c แตกต่างจากการจำลอง
1	1254.6	30.6	5401.9	330.6%	24.8	1264.1	0.8%
2	852.7	54.5	2934.2	244.1%	43.2	913.9	7.2%
3	609.9	33.4	1362.3	123.4%	25.0	623.6	2.2%
4	1131.2	41.1	4076.9	260.4%	35.3	1136.3	0.4%
5	1262.5	27.1	5410.9	328.6%	22.7	1219.5	-3.4%
6	782.7	42.6	2457.6	214.0%	32.5	773.6	-1.2%
7	1433.4	48.5	5861.4	308.9%	37.5	1408.9	-1.7%
8	1003.6	30.6	4034.2	302.0%	25.1	1055.9	5.2%
9	761.2	29.7	2590.4	240.3%	23.4	757.8	-0.5%
10	639.3	49.3	1332.7	108.5%	35.6	609.7	-4.6%
11	808.9	20.5	2741.1	238.9%	15.8	780.1	-3.6%
12	1048.5	56.0	4040.2	285.3%	43.2	1074.3	2.5%
13	1367.7	29.9	5624.6	311.2%	21.7	1363.4	-0.3%
14	700.8	61.2	1514.6	116.1%	49.5	735.5	5.0%
15	989.6	30.0	3828.0	286.8%	24.2	931.2	-5.9%
16	498.3	40.6	1155.3	131.8%	30.8	509.4	2.2%
17	1262.2	23.4	5346.1	323.5%	18.5	1212.1	-4.0%
18	1077.3	42.6	4089.3	279.6%	30.8	1094.6	1.6%
19	788.4	27.4	2735.2	246.9%	21.7	747.2	-5.2%
20	1096.6	52.5	2951.4	169.1%	44.2	1046.1	-4.6%

เมื่อพิจารณาถึงการใช้พลังงานรวมของอาคาร พบว่า ปัจจัยมีความสำคัญต่อการใช้พลังงานรวมมากที่สุด คือ อัตราส่วนของพื้นที่ผนังส่วนที่ปรับอากาศต่อพื้นที่อาคารส่วนที่ปรับ ($wall\ area_{A/C}/floor\ area_{A/C}$) และ $OTTV_{condo}$ รองลงมา คือ ปัจจัยทางด้านไฟฟ้าแสงสว่าง ความหนาแน่นของผู้ใช้อาคาร และอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า ตามลำดับ

สำหรับอาคารชุดพักอาศัยอ้างอิง ที่ผู้วิจัยได้กำหนดในส่วนที่ 4.2 นั้น เมื่อคำนวณด้วยสมการ (25) พบว่าอาคารอ้างอิงใช้พลังงานรวม 126.22 kWh/m^2 คลาดเคลื่อน 1.52% จากการจำลองด้วยโปรแกรม



แผนภูมิที่ 4.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ปัจจัยภายใน กับ E_c



แผนภูมิที่ 4.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $0.51 \bullet OTTV_{condo}$ กับ E_c

ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบเพิ่มเติมระหว่าง พลังงานที่ได้จากการจำลอง เฉพาะส่วนห้องพักอาศัย กับหน่วยไฟฟ้าจริงจากห้องชุดพักอาศัย 2 ห้อง ในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2554 – มีนาคม พ.ศ. 2555 (6 เดือน) โดยเปรียบเทียบกันในหน่วย kWh/m^2 ซึ่งก็คือ หน่วยการใช้ไฟฟ้าต่อตารางเมตร มีรายละเอียดการใช้งานห้องชุดดังตารางที่ 4.16 และ ข้อมูลเปรียบเทียบการใช้ไฟฟ้าดัง ตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.16 รายละเอียดห้องชุดกรณีเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้า

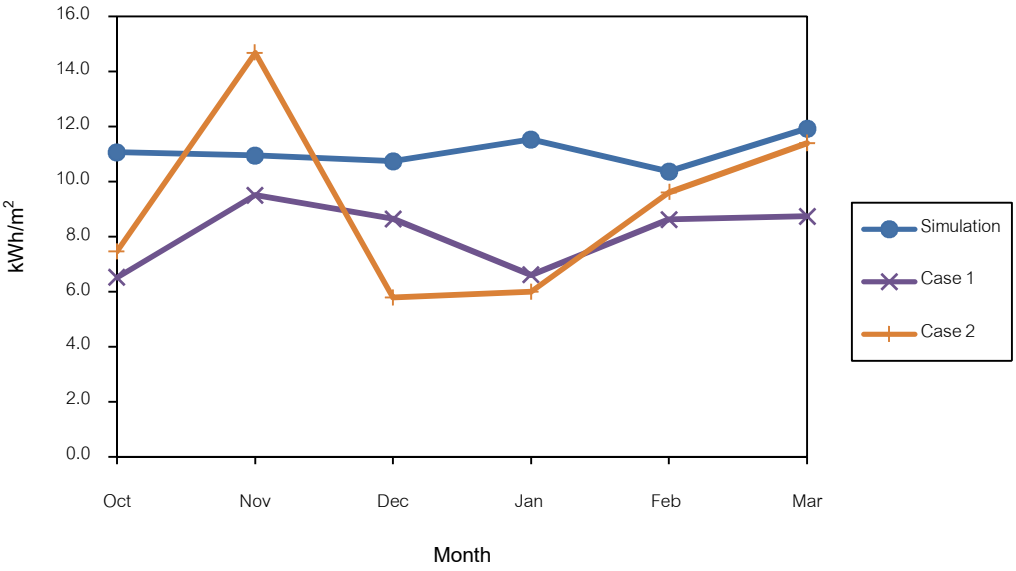
ห้องกรณี	ข้อมูลประชากร			ข้อมูลการใช้งานห้องพัก							
	เพศ	อายุ	อาชีพ	ขนาดห้อง (ตร.ม.)	จำนวนผู้อยู่อาศัย (คน)	ช่วงเวลาที่อยู่ในห้อง (จันทร์-ศุกร์)	ช่วงเวลาที่อยู่ในห้อง (เสาร์-อาทิตย์)	ช่วงเวลาที่เปิดแอร์ (จันทร์-ศุกร์)	ช่วงเวลาที่เปิดแอร์ (เสาร์-อาทิตย์)	อุณหภูมิปรับอากาศ	เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในห้อง
1	หญิง	24	พนักงานบริษัทเอกชน	70	3	22.00-9.00	-	22.00-7.00	-	24	พัดลม 2 เครื่อง โทรทัศน์ 1 เครื่อง ตู้เย็น 1 เครื่อง ไมโครเวฟ 1 เครื่อง กาต้มน้ำ 1 เครื่อง เครื่องทำน้ำอุ่น 2 เครื่อง คอมพิวเตอร์ PC 1 เครื่อง คอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊ค 1 เครื่อง เตารีด 1 เครื่อง ไดร์เป่าผม 2 เครื่อง และเครื่องซักผ้า 1 เครื่อง
2	หญิง	47	รับราชการ	28	2	18.00-6.00	ตลอดทั้งวัน	21.00-6.00	21.00-6.00	25	พัดลม 2 เครื่อง โทรทัศน์ 1 เครื่อง ตู้เย็น 1 เครื่อง กาต้มน้ำ 1 เครื่อง เครื่อง คอมพิวเตอร์ PC 1 เครื่อง คอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊ค 1 เครื่อง เตารีด 1 เครื่องซักผ้า 1 เครื่อง เครื่องฟอกอากาศ 1 เครื่อง หม้อหุงข้าว 1 เครื่อง และเครื่องเล่นดีวีดี 1 เครื่อง

ตารางที่ 4.17 เปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าระหว่างการจำลองกับการใช้งานจริง

กรณีศึกษา	ขนาดห้อง (m^2)	การใช้ไฟฟ้า						หมายเหตุ
		Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	
Simulation	52.5	581	575	564	606	544	626	kWh (หน่วย)
		11.1	11.0	10.7	11.5	10.4	11.9	kWh/m^2
1	70.0	456	665	605	462	603	611	kWh (หน่วย)
		6.5	9.5	8.6	6.6	8.6	8.7	kWh/m^2
		-41.1%	-13.3%	-19.6%	-42.8%	-16.9%	-26.8%	percet different from simulaion
2	28.0	209	411	162	168	269	319	kWh (หน่วย)
		7.5	14.7	5.8	6.0	9.6	11.4	kWh/m^2
		-32.5%	34.0%	-46.2%	-48.0%	-7.3%	-4.5%	percet different from simulaion

ผลการเปรียบเทียบพบว่า พลังงานไฟฟ้าที่ใช้งานจริง (แผนภูมิที่ 4.15) มีแนวโน้มต่ำกว่าค่าที่ได้จากการจำลอง สามารถอธิบายได้ดังนี้

1) รูปแบบการใช้งานของผู้พักอาศัยแต่ละคน เป็นสิ่งที่คาดเดาได้ยาก ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ทำการรวบรวมข้อมูลของประชากร แล้ววิเคราะห์อย่างกว้างๆ ยังขาดการสังเคราะห์เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลสรุปของประชากร เช่น การใช้งานเครื่องปรับอากาศ ที่งานวิจัยที่ใช้กำหนดช่วงเวลาอย่างกว้าง ขณะที่การใช้งานจริงนั่นมีความหลากหลาย และไม่ได้ใช้งานนานดังที่กำหนด
2) ปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลสำคัญของการใช้พลังงานในแต่ละเดือน คือ วันหยุดราชการ หรือเทศกาล ผู้ใช้อาศัยอาจไม่ได้ใช้งานห้องพัก โดยเฉพาะช่วงวันหยุดยาว อาจไม่ได้ใช้งานหลายวัน ทำให้การใช้พลังงานลดลงกว่าปกติ
3) ความผันแปรของสภาพอากาศ หรือภัยพิบัติทางธรรมชาติ เช่น อุทกภัย ก็เป็นปัจจัยที่สัมพันธ์ต่อการใช้พลังงานเช่นกัน



แผนภูมิที่ 4.15 แสดงพลังงานไฟฟ้าระหว่างการจำลองกับการใช้งานจริง

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการสำรวจเพื่อสร้างอาคารอ้างอิง ประเด็นหลักอยู่ที่ชั่วโมงการใช้งานอาคารชุด จากเดิมที่พระราชบัญญัติได้กำหนดเวลาเปิดเครื่องปรับอากาศไว้ที่ 8,760 ชั่วโมงต่อปี ซึ่งเป็นระยะเวลาเดียวกับอาคารประเภทโรงแรมและโรงพยาบาล แต่จากการสำรวจในงานวิจัยนี้พบว่าผู้ใช้งานในอาคารชุดพักอาศัยใช้งานอาคาร 8,760 ชั่วโมงต่อปี แต่เปิดเครื่องปรับอากาศ 7,200 ชั่งโมงต่อปี โดยวันจันทร์ – ศุกร์เปิดเครื่องปรับอากาศตั้งแต่เวลา 17.00 น. - 11.00 น. ส่วนวันเสาร์ – อาทิตย์เปิดเครื่องปรับอากาศตลอดทั้งวัน ส่งผลให้ลดผลกระทบจากดวงอาทิตย์ ค่า OTTV ซึ่งในงานวิจัยนี้เรียกว่า $OTTV_{condo}$ จึงมีค่าน้อยลงจากการคำนวณแบบเดิม[1] เนื่องจากสัมประสิทธิ์ ในสมการOTTV มีค่าน้อยกว่าที่เดิมได้กำหนดไว้ ดังที่แสดงใน ตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 แสดงการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ ระหว่างพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2550 กับงานวิจัย

แหล่งที่มา	TD_{eq}	ΔT	ESR
พรบ.การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2550[2]	7.3-19.3	3	80.68-116.26
ดนุสรณ์ (2554)	5.43	0.97	91.4

การเปรียบเทียบเพิ่มเติมกับงานวิจัยอื่นๆ จากตารางที่ 5.2 พบว่า สัมประสิทธิ์ในสมการ OTTV ของอาคารชุดพักอาศัยในงานวิจัยนี้ มีค่าน้อยกว่าสัมประสิทธิ์ในสมการ OTTV ของอาคารประเภทโรงแรมและโรงพยาบาลจากงานวิจัยของ Chirarattananon และ Taveekun (ค.ศ. 2004) ดังนั้น จึงควรแยกอาคารชุดออกจากกลุ่มของอาคารประเภทโรงแรมและโรงพยาบาล เพื่อกำหนดเกณฑ์ OTTV สำหรับอาคารชุดพักอาศัยขึ้นใหม่ โดยกำหนดจากอาคารชุดอ้างอิง ซึ่งผลจากการ

---

[1] การคำนวณตาม ประกาศกระทรวงพลังงาน เรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณในการออกแบบอาคารแต่ละระบบการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร และการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่าง ๆ ของอาคาร พ.ศ. 2552, ราชกิจจานุเบกษา 126, 2552 หน้า 21-58

[2] ค่าสัมประสิทธิ์ ทุกทิศทางของอาคารประเภทโรงแรมสถานพยาบาล อาคารชุด ที่มีมุมเอียงของผนัง 90 องศา DSH ตั้งแต่ 15-400 $kJ/m^2.^{\circ}C$ สัมประสิทธิ์ การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ตั้งแต่ 0.3-0.9

คำนวณด้วยสมการที่สร้างขึ้น อาคารชุดอ้างอิงในงานวิจัยนี้ใช้พลังงานรวม 115.10 kW/m^2–y โดยคำนวณจาก

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

โดยที่

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

สมการพลังงานรวมที่สร้างขึ้นใหม่นี้ได้ปรับให้มีการแยกชั่วโมงการใช้งานเครื่องปรับอากาศเป็น 7,200 ชั่วโมง และชั่วโมงการใช้งานไฟฟ้าแสงสว่างและไฟฟ้าอุปกรณ์เป็น 8,760 ชั่วโมง และมีการถ่วงน้ำหนักของการใช้งานไฟฟ้าแสงสว่างและไฟฟ้าอุปกรณ์ด้วยสัดส่วนการใช้งานของผู้พักอาศัย ตามข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ

ผลจากการคำนวณค่า $OTTV_{condo}$ มีค่าเท่ากับ 26.50 W/m^2 ซึ่งเป็นค่าที่ผู้วิจัยเสนอแนะให้ใช้เป็นมาตรฐานสำหรับอาคารชุดพักอาศัยอ้างอิงในเบื้องต้น โดย $OTTV_{condo}$ คำนวณจาก

$$OTTV_{condo} = 5.43(U_W)(1 - WWR) + 0.97(U_f)(WWR) + 91.40(WWR)(SHGC)(SC)$$

การใช้พลังงานของคอนโดมิเนียมอ้างอิงตามแผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี (พ.ศ.2554-2573) ได้กำหนดพลังงานสุทธิไว้ที่ 256.3 kW/m^2–y สูงกว่าในงานวิจัยนี้ประมาณ 2 เท่า และมีค่าใกล้เคียงกับพลังงานสุทธิของโรงแรมอ้างอิง (271.2 kW/m^2–y) สาเหตุหนึ่งก็เพราะการใช้สมการที่มีค่าสัมประสิทธิ์ เช่นเดียวกับอาคารประเภทโรงแรมในการคำนวณพลังงานสุทธิ จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทบทวนการใช้พลังงานที่แท้จริงของอาคารชุดพักอาศัยเพื่อกำหนดระดับพลังงานงานอ้างอิงที่เหมาะสม

จากตารางที่ 5.3 แสดงการเปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังอาคาร และ E_c ของอาคารอ้างอิงในงานวิจัยต่างๆ โดยแต่ละงานวิจัยมีวิธีการกำหนดอาคารอ้างอิงแตกต่างกัน ซึ่งจะส่งผลต่อลักษณะของอาคารรวมทั้งการใช้งานของผู้พักอาศัย โดยงานของ S.Chirarattananon และ คณะ ในปี ค.ศ. 2010 นำข้อมูลจากการตรวจสอบอาคารเพื่อกำหนดพลังงานสุทธิของอาคาร ส่วนงานวิจัยปี ค.ศ. 2011 ใช้การแทนค่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องในสมการเพื่อกำหนดระดับพลังงานสุทธิของอาคารอ้างอิง ขณะที่งานวิจัยของ K.J.Chua และ S.K. Chou (ค.ศ. 2010) ได้กระทำทั้งการสำรวจลักษณะอาคารและข้อมูลการใช้งานของผู้พักอาศัยก่อนที่

จำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อสร้างสมการจากนั้นจึงกำหนดเกณฑ์ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังอาคารที่เหมาะสม

ตารางที่ 5.2 ตารางเปรียบเทียบสมการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังอาคารในงานวิจัยอื่นๆ

ผู้วิจัย	สมการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังอาคาร
Chirarattananon and Taveekun (2004)*	$OTTV = 10.84(U_W)(1 - WWR) + 4.13(U_f)(WWR) + 114.65(WWR)(SC)$
Chua and Chou (2010)*	$ETTV_{res} = 3.4(U_W)(1 - WWR) + 1.3(U_f)(WWR) + 58.6(WWR)C(CF)(SC)$
ดนุสรณ์ (2554)**	$OTTV_{condo} = 5.43(U_W)(1 - WWR) + 0.97(U_f)(WWR) + 91.40(WWR)(SHGC)(SC)$

ตารางที่ 5.3 แสดงการเปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังอาคาร และ E_c ของอาคารชุดพักอาศัยอ้างอิงในงานวิจัยอื่นๆ

ผู้วิจัย	ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังอาคาร	พลังงานสุทธิ (kWh/m^2- year)
Chirarattananon and others (2010)	OTTV = 50 W/m^2	146.6
Chirarattananon and others (2011)	OTTV = 33 W/m^2	256.3
Chua and Chou (2010)	$ETTV_{res}$ = 25 W/m^2 = 20 W/m^2 (ระยะยาว)	N/A
ดนุสรณ์ (2554)	$OTTV_{condo}$ = 26.5 W/m2	126.2

การศึกษาประเด็นของ ความต้องการความเย็นในการปรับอากาศ (cooling requirement, CR) ผลจากการวิจัยแสดงให้เห็นว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลง CR มากที่สุด คือ อัตราส่วนของพื้นที่ผนังส่วนที่ปรับอากาศต่อพื้นที่อาคารส่วนที่ปรับ$(wall\ area_{A/C}/floor\ area_{A/C})$และ

* SC ในงานวิจัย คือ สัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจก

** SC ในงานวิจัย คือ สัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด

$OTTV_{condo}$ รองลงมา คือ ความร้อนจากผู้ใช้อาคาร(OCCU) ความร้อนจากไฟฟ้าแสงสว่าง (LPD) และความร้อนจากเครื่องใช้ไฟฟ้า (EQD) ตามลำดับ แต่หากพิจารณาถึงพลังงานรวมของอาคาร (E_c) ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลง E_c มากที่สุด คือ อัตราส่วนของพื้นที่ผนังส่วนที่ปรับอากาศต่อพื้นที่อาคารส่วนที่ปรับ $(wall\ area_{A/C}/floor\ area_{A/C})$และ $OTTV_{condo}$ รองลงมา คือ กำลังไฟฟ้าแสงสว่าง (LPD) ความร้อนจากผู้ใช้อาคาร(OCCU) และลำดับสุดท้าย คือ กำลังไฟฟ้าเครื่องใช้ไฟฟ้า (EQD)

สรุปได้ว่าการจะพิจารณาถึงระดับการใช้พลังงานสุทธิของอาคารชุดพักอาศัยนั้น จำเป็นคำนึงถึงทุกระบบประกอบกัน ทั้งระบบกรอบอาคาร ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า และประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ โดยเปรียบเทียบกับระดับการใช้พลังงานของอาคารอ้างอิง (base level) เป็นพื้นฐาน ก่อนที่จะกำหนดระดับประสิทธิภาพของอาคารที่สูงขึ้นไป ซึ่งการพิจารณาเพียงระบบใดระบบหนึ่งนั้น ไม่สามารถส่งเสริมการประหยัดพลังงานในอาคารได้มากเท่าพิจารณาทุกระบบควบคู่กัน

5.2 **ข้อเสนอแนะ**

1. การสำรวจข้อมูลด้านรูปร่างอาคารชุดพักอาศัย ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจเฉพาะขนาดกว้าง ยาว และจำนวนชั้นของอาคารชุดพักอาศัยขนาดใหญ่ในกรุงเทพมหานครและปริมณฑลเท่านั้น สิ่งที่เสนอแนะ คือ ควรมีการสำรวจระบบกรอบอาคาร เช่น WWR วัสดุกรอบอาคาร และปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม โดยเฉพาะเรื่องไฟฟ้าแสงสว่าง
2. การสำรวจข้อมูลทางด้านการใช้งานของผู้พักอาศัยจำเป็นต้องมีการสำรวจเพิ่มเติมทั้งในกรุงเทพมหานคร ปริมณฑล และต่างจังหวัด เพื่อให้เข้าใจความแตกต่างของการใช้งานในแต่ละภูมิภาค
3. ในงานวิจัยนี้ได้ดำเนินการทดลองการคำนวณ $OTTV_{condo}$ ด้วยค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิ์ (TD_{eq} ,ΔT และ ESR) จากบทที่ 4 ผู้วิจัยได้แสดงให้เห็นแล้วว่าการวางทิศทางอาคารที่แตกต่างกัน มีผลต่อความต้องการความเย็นในการปรับอากาศ (cooling requirement) จึงควรมีการหาค่าสัมประสิทธิ์ ในแต่ละทิศทาง
4. ค่า SC ในสมการ $OTTV_{condo}$ สามารถคำนวณโดยใช้ค่าเฉลี่ยของทุกทิศทาง อ้างอิงจากตารางค่าสัมประสิทธิ์ การบังแดด(SC) สำหรับใช้พิจารณาออกแบบเบื้องต้น จัดทำโดยบริษัท สถาปนิก 49 จำกัด*

---

* ดูเพิ่มเติมที่ภาคผนวก ญ. หน้า 130

5. งานวิจัยนี้ศึกษาเฉพาะ OTTV แต่ยังขาดปัจจัยด้านการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคา (RTTV) ซึ่งเป็นอีกปัจจัยที่ส่งผลสำคัญต่อการใช้พลังงานรวม

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กฎกระทรวง กำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552. ราชกิจจานุเบกษา 126 (20 กุมภาพันธ์ 2552): 9-15

ธนิต จินดาวณิค และ อรรจน์ เศรษฐบุตร. การพัฒนาเกณฑ์ขั้นต่ำของคุณสมบัติการป้องกันความร้อนของเปลือกอาคารในอาคารบ้านเดี่ยว. ใน การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 3, 23-25 พฤษภาคม 2550 ณ โรงแรมใบหยกสกาย กรุงเทพมหานคร, 2550.

ประกาศกระทรวงพลังงาน เรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณในการออกแบบอาคารแต่ละระบบการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร และการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่าง ๆ ของอาคาร พ.ศ. 2552. ราชกิจจานุเบกษา 126 (28 สิงหาคม 2552): 21-58

พระราชบัญญัติอาคารชุด พ.ศ. 2522. ราชกิจจานุเบกษา 2522/67 [ออนไลน์]. 2522. แหล่งที่มา: http://www.coe.or.th/co15law/act/coe_law-1-2522.pdf [2554, ธันวาคม 26]

พลังงาน, กระทรวง. แผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี (พ.ศ.2554 – 2573) [ออนไลน์]. 2554. แหล่งที่มา: http://service.nso.go.th/nso/nsopublish/download/docdown.html [2555, กุมภาพันธ์ 22]

เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, กระทรวง, สำนักงานสถิติแห่งชาติ. สรุปผลที่สำคัญ การสำรวจภาวะเศรษฐกิจและสังคมของครัวเรือน พ.ศ.2553 [ออนไลน์]. 2554. แหล่งที่มา: http://service.nso.go.th/nso/nsopublish/download/docdown.html [2555, กุมภาพันธ์ 20]

ภาษาอังกฤษ

Chirarattananon, S., & Taveekun, J. An OTTV-based energy estimation model for commercial building in Thailand [Online]. Elsevier. 2004. Available from: http://www.sciencedirect.com/ [2011, December 26]

Chirarattananon, S.; Chaiwiwatworakul, P; Hien, V.D.; Rakkwansuk, P.; Kubaha, K. Assessment of energy savings from revised building energy code of Thailand [Online]. Elsevier. 2010. Available from: http://www.sciencedirect.com/ [2012, March 20]

Chua, K.J., & Chou, S.K. Energy performance of residential buildings in Singapore [Online]. Elsevier. 2009. Available from: http://www.sciencedirect.com/ [2011, December 26]

Chua, K.J., & Chou, S.K. A performance-based method for energy efficiency improvement of building[Online]. Elsevier. 2011. Available from: http://www.sciencedirect.com/ [2011, December 26]

Lam, Joseph C. Energy analysis of commercial buildings in subtropical climates [Online]. Elsevier. 2000. Available from: http://www.sciencedirect.com/ [2011, December 26]

Moore, F. Environment control systems: heating cooling lighting. International Edition. Singapore: McGraw-Hill, 1993.

Pantong, K.; Chirarattananon, S.; and Chaiwiwatworakul, P. Development of Energy Conservation Programs for Commercial Buildings based on Assessed Energy Saving Potentials [Online]. Elsevier. 2011. Available from: http://www.sciencedirect.com/ [2012, March 20]

Yik, F.W.H., & Wan, K.S.Y. An evaluation of appropriateness of using overall thermal transfer value (OTTV) to regulate envelope energy performance of air-conditioned building. Elsevier. 2005. Available from: http://www.sciencedirect.com/ [2011, December 26]

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

นิยามศัพท์

Cooling Energy หมายถึง พลังงานไฟฟ้าในการปรับอากาศต่อหน่วยพื้นที่ มีหน่วยเป็นวัตต์-ชั่วโมง/ตร.ม.-ปี (Wh/m^2-y)

Cooling Load หมายถึง ภาระการทำความเย็น มีหน่วยเป็นวัตต์ (W)

Cooling Requirement (CR) หมายถึง ความต้องการความเย็นในการปรับอากาศต่อหน่วยพื้นที่ หรือภาระการทำความเย็นซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์ สมรรถนะขั้นต่ำของระบบปรับอากาศ (COP) เท่ากับ 1 มีหน่วยเป็นวัตต์/ตร.ม. (W/m^2)

Energy Consumption (E_c) หมายถึง พลังงานไฟฟ้าสุทธิของอาคาร ซึ่งรวมพลังงานปรับอากาศ พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างและอุปกรณ์ มีหน่วยเป็นวัตต์-ชั่วโมง/ปี (Wh/y)

Equipment Power Density (EQD) หมายถึง กำลังไฟฟ้าที่ใช้สำหรับอุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ ต่อหน่วยพื้นที่ มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2)

Light Power Density (LQD) หมายถึง กำลังไฟฟ้าส่องสว่างที่ติดตั้งเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2)

Occupant Density (OCCU) หมายถึง ความหนาแน่นของผู้ใช้อาคารในพื้นที่ มีหน่วยเป็นคนต่อตารางเมตร ($person/m^2$)

Ventilation Rate (VENT) หมายถึง อัตราการระบายอากาศต่อพื้นที่ มีหน่วยเป็นลิตรต่อวินาที (l/s)

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

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

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

ค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายในและภายนอกอาคาร (ΔT) หมายถึง ค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายในบริเวณปรับอากาศและอุณหภูมิอากาศภายนอก มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส (°C)

ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (Temperature Different Equivalent หรือ TD_{eq}) หมายถึง ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในอาคารซึ่งรวมถึงผลการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ของผนังทึบ ขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ สัมประสิทธิ์ การ

ดูดกลืนรังสีอาทิตย์ มวลของวัสดุผนัง ทิศทางและมุมเอียงของผนัง มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส (°C)

ปริมาณรังสีตกกระทบที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน (Effective Solar Radiation หรือ ESR) หมายถึง รังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบผนังที่มีมุมเอียงแตกต่างกันในแต่ละทิศทาง มีหน่วยเป็นวัตต์/ตร.ม. (W/m^2)

พลังงาน หมายถึง ความสามารถในการทำงานซึ่งมีอยู่ในตัวของสิ่งที่อาจให้งานได้ ได้แก่ พลังงานหมุนเวียน และพลังงานสิ้นเปลือง และให้หมายความรวมถึงสิ่งที่อาจให้งานได้ 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 อัตราการถ่ายเทความร้อนทั้งหมดของวัสดุ และฟิล์มอากาศ มีหน่วยเป็นวัตต์/ตร.ม.-องศาเซลเซียส ($W/m^2.°C$)

สัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจก (Shading Coefficient หรือ SC_1) หมายถึง อัตราส่วนของรังสีอาทิตย์ที่ส่องผ่านกระจกชนิดหนึ่งๆ เมื่อเทียบกับค่าความร้อนสัมพัทธ์ที่ส่องผ่านกระจกใสหนา 3 มิลลิเมตร

สัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด (Shading Coefficient หรือ SC_2) 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

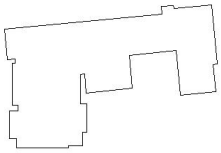
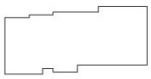
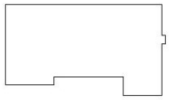
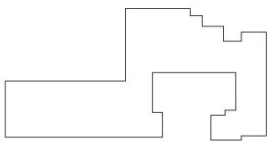
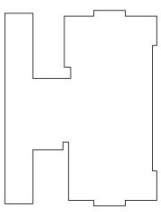
อาคารชุด หมายถึง อาคารที่บุคคลสามารถแยกการถือกรรมสิทธิ์ออกได้เป็นส่วนๆ โดยแต่ละส่วนประกอบด้วยกรรมสิทธิ์ในทรัพย์ส่วนบุคคลและกรรมสิทธิ์ร่วมในทรัพย์ส่วนกลาง

อาคารอ้างอิง (Reference Building) หมายถึง อาคารที่มีการออกแบบให้มีพื้นที่การใช้งาน ที่ตั้ง ทิศทางพื้นที่กรอบอาคารแต่ละด้าน และลักษณะการใช้งานเช่นเดียวกับอาคารที่จะก่อสร้างหรือดัดแปลงโดยอาคารดังกล่าวนั้นต้องมีค่าของระบบกรอบอาคาร ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง และระบบปรับอากาศเป็นไปตามข้อกำหนดของแต่ละระบบ

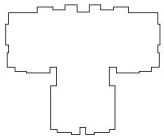
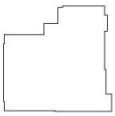
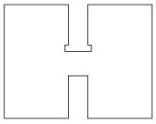
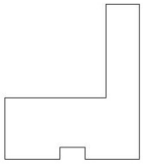
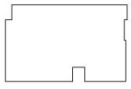
ภาคผนวก ข

รายการสำรวจรูปร่างและขนาดอาคารเพื่อกำหนดอาคารอ้างอิง

ตารางที่ ก-1 รายการสำรวจรูปร่างและขนาดอาคารเพื่อกำหนดอาคารอ้างอิง

ลำดับที่	ผังพื้น	ที่ตั้ง	รูปร่างอาคาร
1	 ที่มา http://www.issara42.com/	สุขุมวิท 42 กรุงเทพมหานคร	L สูง 8 ชั้น
2	 ที่มา http://www.voquecondominium.com/	สุขุมวิท 16 กรุงเทพมหานคร (Building B)	I สูง 8 ชั้น
3	 ที่มา http://www.voquecondominium.com/	สุขุมวิท 16 กรุงเทพมหานคร (Building A)	I สูง 8 ชั้น
4	 ที่มา http://www.voquecondominium.com/	สุขุมวิท 31 กรุงเทพมหานคร	I สูง 8 ชั้น
5	 ที่มา http://www.sansiri.com/viabotani/	สุขุมวิท 47 กรุงเทพมหานคร	ผสม สูง 8 ชั้น
6	 ที่มา http://www.treecondo.com/	สุขุมวิท 52 กรุงเทพมหานคร	ผสม สูง 8 ชั้น

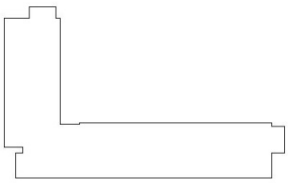
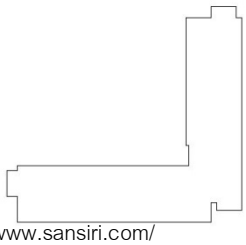
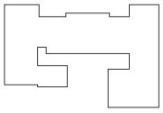
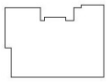
ตารางที่ ก-1 รายการสำรวจรูปร่างและขนาดอาคารเพื่อกำหนดอาคารอ้างอิง (ต่อ)

ลำดับที่	ผังพื้น	ที่ตั้ง	รูปร่างอาคาร
7	 ที่มา http://www.treecondo.com/	สุขุมวิท 42 กรุงเทพมหานคร	T สูง 8 ชั้น
8	 ที่มา http://www.treecondo.com/	ลาดพร้าว 27 กรุงเทพมหานคร	O สูง 8 ชั้น
9	 ที่มา http://www.silkcondominium.com/	พหลโยธิน 7 กรุงเทพมหานคร	ผสม สูง 8 ชั้น
10	 ที่มา http://www.silkcondominium.com/	พหลโยธิน 3 กรุงเทพมหานคร	O สูง 8 ชั้น
11	 ที่มา http://www.silkcondominium.com/	พหลโยธิน 3 กรุงเทพมหานคร	L สูง 8 ชั้น
12	 ที่มา http://www.pf.co.th/condominium/	ถ.กัลปพฤกษ์ กรุงเทพมหานคร (Building A)	I สูง 8 ชั้น

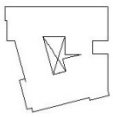
ตารางที่ ก-1 รายการสำรวจรูปร่างและขนาดอาคารเพื่อกำหนดอาคารอ้างอิง (ต่อ)

ลำดับที่	ผังพื้น	ที่ตั้ง	รูปร่างอาคาร
13	ที่มา http://www.pf.co.th/condominium/	ถ.กัลปพฤกษ์ กรุงเทพมหานคร (Building B)	I สูง 8 ชั้น
14	ที่มา http://www.lpn.co.th/	ถ.รัตนาธิเบศร์ จ.นนทบุรี (Building 1)	I สูง 8 ชั้น
15	ที่มา http://www.lpn.co.th/	ถ.รัตนาธิเบศร์ จ.นนทบุรี (Building 2)	I สูง 8 ชั้น
16	ที่มา http://www.lpn.co.th/	ถ.รัตนาธิเบศร์ จ.นนทบุรี (Building 3)	I สูง 8 ชั้น
17	ที่มา http://www.sansiri.com/	รามคำแหง 9 กรุงเทพมหานคร	I สูง 8 ชั้น
18	ที่มา http://www.sansiri.com/	รามอินทรา 47 กรุงเทพมหานคร (Building A)	I สูง 8 ชั้น

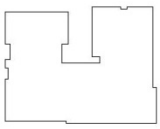
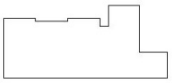
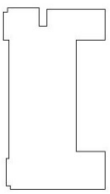
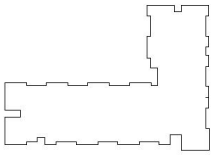
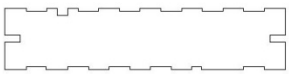
ตารางที่ ก-1 รายการสำรวจรูปร่างและขนาดอาคารเพื่อกำหนดอาคารอ้างอิง (ต่อ)

ลำดับที่	ผังพื้น	ที่ตั้ง	รูปร่างอาคาร
19	 ที่มา http://www.sansiri.com/	รามอินทรา 47 กรุงเทพมหานคร (Building D)	L สูง 8 ชั้น
20	 ที่มา http://www.sansiri.com/	ถ.สุขุมวิท 77(อ่อน นุช) กรุงเทพมหานคร	L สูง 8 ชั้น
21	 ที่มา http://www.bangkokfeliz.com/	พหลโยธิน 30 กรุงเทพมหานคร	U สูง 8 ชั้น
22	 ที่มา http://www.bangkokfeliz.com/	สุขุมวิท 69 กรุงเทพมหานคร	O สูง 8 ชั้น
23	 ที่มา http://www.chateauintown.com/	พหลโยธิน 11 กรุงเทพมหานคร	I สูง 8 ชั้น
24	 ที่มา http://www.chateauintown.com/	พหลโยธิน 14 กรุงเทพมหานคร	I สูง 8 ชั้น

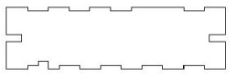
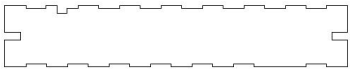
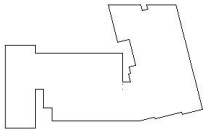
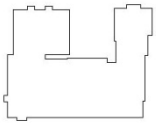
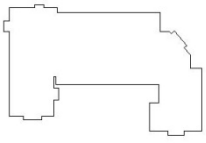
ตารางที่ ก-1 รายการสำรวจรูปร่างและขนาดอาคารเพื่อกำหนดอาคารอ้างอิง (ต่อ)

ลำดับที่	ผังพื้น	ที่ตั้ง	รูปร่างอาคาร
25	 ที่มา http://www.chateauintown.com/	พหลโยธิน 14-2 กรุงเทพมหานคร	I สูง 8 ชั้น
26	 ที่มา http://www.chateauintown.com/	พหลโยธิน 30 กรุงเทพมหานคร	U สูง 8 ชั้น
27	 ที่มา http://www.chateauintown.com/	รัชดาภิเษก 20 กรุงเทพมหานคร	O สูง 8 ชั้น
28	 ที่มา http://www.chateauintown.com/	วิภาวดีรังสิต 30 กรุงเทพมหานคร	I สูง 8 ชั้น
29	 ที่มา http://www.chateauintown.com/	วิภาวดีรังสิต 30 กรุงเทพมหานคร	I สูง 8 ชั้น
30	 ที่มา http://www.prakard.com/	สุขุมวิท 61 กรุงเทพมหานคร	I สูง 8 ชั้น + ชั้นใต้ดิน 1 ชั้น

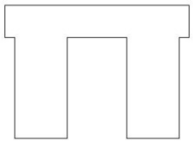
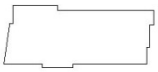
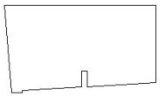
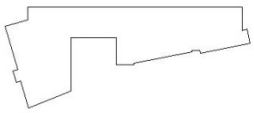
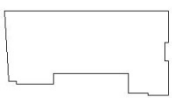
ตารางที่ ก-1 รายการสำรวจรูปร่างและขนาดอาคารเพื่อกำหนดอาคารอ้างอิง (ต่อ)

ลำดับที่	ผังพื้น	ที่ตั้ง	รูปร่างอาคาร
31	 ที่มา http://www.kensington-condo.com/	สุขุมวิท 107 กรุงเทพมหานคร	U สูง 8 ชั้น
32	ที่มา http://www.livat5.com/	สุขุมวิท 52 กรุงเทพมหานคร	O สูง 8 ชั้น
33	 ที่มา http://www.mindcondo.com/	รามคำแหง 60/2 กรุงเทพมหานคร	I สูง 8 ชั้น
34	 ที่มา http://www.modebangkok.com/	สุขุมวิท 61 กรุงเทพมหานคร	U สูง 8 ชั้น
35	 ที่มา http://www.pf.co.th/condominium	ซอยดวงมณี ถ.งามวงศ์วาน จ.นนทบุรี	L สูง 8 ชั้น
36	 ที่มา http://www.pf.co.th/condominium	ถ.เสรีไทย กรุงเทพมหานคร (Building A-D)	I สูง 8 ชั้น

ตารางที่ ก-1 รายการสำรวจรูปร่างและขนาดอาคารเพื่อกำหนดอาคารอ้างอิง (ต่อ)

ลำดับที่	ผังพื้น	ที่ตั้ง	รูปร่างอาคาร
37	 ที่มา http://www.pf.co.th/condominium	ถ.เสรีไทย กรุงเทพมหานคร (Building E)	I สูง 8 ชั้น
38	 ที่มา http://www.pf.co.th/condominium	สุขุมวิท 105 (ลาซาล) กรุงเทพมหานคร	I สูง 8 ชั้น
39	 ที่มา http://www.pf.co.th/condominium	ถนนรัชดาภิเษก กรุงเทพมหานคร	I สูง 8 ชั้น
40	 ที่มา http://www.kris.co.th/	รัชดาภิเษก 17 กรุงเทพมหานคร	L สูง 8 ชั้น
41	 ที่มา http://www.thelinkcondo.com/	สุขุมวิท 64 กรุงเทพมหานคร	U สูง 8 ชั้น
42	 ที่มา http://www.thelinkcondo.com/	สุขุมวิท 50 กรุงเทพมหานคร	U สูง 8 ชั้น

ตารางที่ ก-1 รายการสำรวจรูปร่างและขนาดอาคารเพื่อกำหนดอาคารอ้างอิง (ต่อ)

ลำดับที่	ผังพื้น	ที่ตั้ง	รูปร่างอาคาร
43	 ที่มา http://www.adderacondo.com/	แจ้งวัฒนะ 23 จ.นนทบุรี	U สูง 8 ชั้น
44	 ที่มา http://www.xvicondo.com/	สุขุมวิท 16 กรุงเทพมหานคร	I สูง 8 ชั้น
45	 ที่มา http://www.tempocondo.com/	พหลโยธิน 2 กรุงเทพมหานคร	I สูง 8 ชั้น
46	 ที่มา http://www.tempocondo.com/	ซอยร่วมฤดี 1 ถ. สุขุมวิท กรุงเทพมหานคร	I สูง 8 ชั้น
47	 ที่มา http://www.tempocondo.com/	ประชาราษฎร์ บำเพ็ญ 3 กรุงเทพมหานคร	L สูง 7 ชั้น + ชั้นใต้ดิน 1 ชั้น
48	 ที่มา http://www.cityresortgroup.com/	ทองหล่อซอย 8 ถ.สุขุมวิท กรุงเทพมหานคร	I สูง 8 ชั้น

ตารางที่ ก-1 รายการสำรวจรูปร่างและขนาดอาคารเพื่อกำหนดอาคารอ้างอิง (ต่อ)

ลำดับที่	ผังพื้น	ที่ตั้ง	รูปร่างอาคาร
49	 ที่มา http://www.cityresortgroup.com/	สุขุมวิท 14 กรุงเทพมหานคร	I สูง 8 ชั้น
50	 ที่มา http://www.cityresortgroup.com/	ถนนสุรวงศ์ กรุงเทพมหานคร	I สูง 8 ชั้น

ตารางที่ ก-2 รายนามเจ้าของโครงการของอาคารที่สำรวจ

เจ้าของโครงการ	อาคารลำดับที่
บริษัท อิสสระ ดีเวลอปเมนท์ จำกัด (มหาชน)	1
บริษัท เคพีแอสเซ็ท จำกัด	2, 3, 4
บริษัท แสนสิริ จำกัด (มหาชน)	5, 17, 18, 19, 20
บริษัท เอ ซี เค อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด	6, 7, 8
บริษัท เคเอสเอเอส ดีเวลอปเมนท์ จำกัด	9, 10, 11
บริษัท พร็อพเพอร์ตี้เพอร์เฟค จำกัด (มหาชน)	12, 13, 35, 36, 37, 38, 39
บริษัท แอล.พี.เอ็น. ดีเวลอปเมนท์ จำกัด (มหาชน)	14, 15, 16
บริษัท เจ้าพระยามหานคร จำกัด (มหาชน)	21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29
บริษัท บิวดิ้ง พร็อพเพอร์ตี้ จำกัด	30
บริษัท ออริจิ้น พร็อพเพอร์ตี้ จำกัด	31
บริษัท ลัคกี้ ลีฟวิ่ง จำกัด	32
บริษัท อี.จี.พร็อพเพอร์ตี้ จำกัด	33
บริษัท เกษร พร็อพเพอร์ตี้ จำกัด	34
บริษัท กฤษดามหานคร จำกัด (มหาชน)	40
บริษัท ธารารมณ์เอสเตท จำกัด	41, 42
บริษัท สมุยทาวเออร์ จำกัด	43
บริษัท อัลไพน์ แอสเสทส์ จำกัด	44
บริษัท บิลท์ แลนด์ จำกัด	45, 46, 47
บริษัท ซิตี้รีสอร์ท พร็อพเพอร์ตี้ จำกัด	48, 49, 50

ภาคผนวก ค

แบบสอบถามที่ใช้ในงานวิจัย

สถานที่เก็บข้อมูล.....

ใบสอบถามเลขที่.....

แบบสอบถาม การสำรวจภาคสนาม

การใช้งานอาคารชุดพักอาศัย (condominium)

โดย นิสิตภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์ กลุ่มวิชา เทคโนโลยีสถาปัตยกรรมและสิ่งแวดล้อม

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อมูลขั้นต้น

แบบสอบถามนี้เป็นแบบสอบถามเพื่อสำรวจการใช้งานในอาคารชุดพักอาศัย ผลที่ได้จะนำไปใช้เพื่อเป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับการใช้งานในอาคารชุดพักอาศัยของคนไทยที่ถูกต้อง เพื่อประยุกต์ใช้ในงานออกแบบสถาปัตยกรรม และงานวิจัยที่เกี่ยวเนื่องต่อไป

ขอขอบคุณทุกท่านที่สละเวลาในการตอบแบบสอบถามนี้

1. ข้อมูลผู้กรอกแบบสอบถาม

1.1 เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง

1.2 อายุ.....ปี

1.3 อาชีพ.....

2. ข้อมูลการใช้งานห้องพัก

2.1 ขนาดห้องรวม.....ตารางเมตร

2.2 จำนวนผู้พักอาศัยภายในห้อง.....คน

2.3 ความถี่ในการใช้งานเครื่องปรับอากาศ

☐ ทุกวัน ☐ เกือบทุกวัน ☐ เป็นบางวัน ☐ ไม่ค่อยได้ใช้ ☐ ไม่ใช้เลย

2.4 ช่วงเวลาการใช้งานห้องพัก

	ช่วงเวลาที่**อาศัยอยู่ในห้อง** (กี่โมง - กี่โมง)	ช่วงเวลาที่**เปิดเครื่องปรับอากาศ** (กี่โมง - กี่โมง)	อุณหภูมิที่ปรับ (°C)
จันทร์ - ศุกร์			
เสาร์ - อาทิตย์			

2.5 เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้งานภายในห้อง

☐ พัดลม.....เครื่อง ☐ กาต้มน้ำ .....เครื่อง ☐ วิทยุ .....เครื่อง

☐ ทีวี .....เครื่อง ☐ เครื่องทำน้ำอุ่น.....เครื่อง ☐ เตารีด .....เครื่อง

☐ ตู้เย็น .....เครื่อง ☐ คอมพิวเตอร์PC.....เครื่อง ☐ ไดร์เป่าผม .....เครื่อง

☐ ไมโครเวฟ.....เครื่อง ☐ คอมพิวเตอร์Notebook.....เครื่อง ☐ เครื่องซักผ้า .....เครื่อง

☐ อื่นๆ.....

รูปภาพที่ ค-1 แบบสอบถามที่ใช้ในงานวิจัย

ภาคผนวก ง

ข้อมูลจากการสำรวจผู้ใช้งานห้องพักอาศัย

ตารางที่ ง-1 ข้อมูลจากการสำรวจผู้ใช้งานห้องพักอาศัย

ลำดับ	ข้อมูลประชากร			ข้อมูลการใช้งานห้องพัก																			
													เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในห้อง (จำนวนเครื่อง)										
	เพศ	อายุ	อาชีพ	ขนาดห้อง (ตร.ม.)	จำนวนผู้อยู่อาศัย (คน)	ช่วงเวลาที่อยู่ในห้อง (จันทร์-ศุกร์)	ช่วงเวลาที่อยู่ในห้อง (เสาร์-อาทิตย์)	ช่วงเวลาที่เปิดแอร์ (จันทร์-ศุกร์)	ช่วงเวลาที่เปิดแอร์ (เสาร์-อาทิตย์)	อุณหภูมิปรับอากาศ	ความถี่ในการเปิดแอร์	พัดลม	ทีวี	ตู้เย็น	คอมฯ PC	คอมฯ NB	วิทยุ	เตารีด	กาต้มน้ำ	เครื่องทำน้ำอุ่น	ไมโครเวฟ	ไดร์เป่าผม	เครื่องซักผ้า
1	ชาย	23	นักศึกษา	35.0	1	19.00-9.00	ตลอดวัน	22.00-7.00	24.00-9.00	25	เกือบทุกวัน	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0
2	ชาย	23	นักศึกษา	36.5	1	18.00-9.00	21.00-12.00	23.00-8.00	23.00-10.00	23	ทุกวัน	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0
3	ชาย	37	พนักงานบริษัทเอกชน	75.0	1	19.00-7.00	19.00-7.00	19.00-7.00	19.00-7.00	24	ทุกวัน	0	3	1	1	1	1	0	1	2	1	0	0
4	ชาย	44	ธุรกิจส่วนตัว	62.0	3	18.00-6.00	12.00-6.00	18.00-6.00	12.00-6.00	23	ทุกวัน	0	3	1	0	1	0	1	1	2	1	1	0
5	หญิง	17	นักเรียน	62.0	2	18.00-7.00	18.00-9.00	23.00-7.00	22.00-8.00	25	ทุกวัน	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0
6	หญิง	19	นักศึกษา	40.0	1	18.00-8.00	18.00-12.00	18.00-8.00	18.00-12.00	25	ทุกวัน	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0
7	ชาย	58	ธุรกิจส่วนตัว	36.5	1	19.00-7.00	19.00-7.00	19.00-7.00	19.00-7.00	25	ทุกวัน	0	2	1	1	0	1	1	0	1	1	2	0
8	หญิง	37	พนักงานบริษัทเอกชน	36.5	3	18.00-6.00	18.00-16.00	21.00-6.00	21.00-6.00	25	ทุกวัน	2	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0
9	ชาย	28	ธุรกิจส่วนตัว	50.0	2	18.00-8.00	18.00-8.00	21.00-8.00	21.00-8.00	25	ทุกวัน	2	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0
10	หญิง	18	นักศึกษา	40.0	2	18.00-7.00	ตลอดวัน	21.00-7.00	19.00-8.00	25	ทุกวัน	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0
11	หญิง	22	นักศึกษา	40.0	2	17.00-8.00	ตลอดวัน	22.00-8.00	13.00-24.00	25	ทุกวัน	1	1	1	0	2	0	1	0	1	1	1	0
12	ชาย	17	นักศึกษา	62.0	3	18.00-7.00	17.00-10.00	18.00-7.00	17.00-10.00	25	ทุกวัน	0	3	1	1	0	0	1	1	2	1	0	0
13	หญิง	29	พนักงานบริษัทเอกชน	40.0	2	18.00-8.00	ตลอดวัน	20.00-7.00	20.00-8.00	22	ทุกวัน	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0
14	หญิง	34	รับราชการ	40.0	2	18.00-8.00	ตลอดวัน	18.00-8.00	ตลอดวัน	24	ทุกวัน	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1
15	หญิง	18	นักศึกษา	45.5	1	16.00-8.00	ตลอดวัน	21.00-7.00	21.00-10.00	25	ทุกวัน	2	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0
16	ชาย	36	รับราชการ	46.0	1	18.00-9.00	14.00-9.00	18.00-7.00	18.00-7.00	26	ทุกวัน	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0
17	หญิง	20	นักศึกษา	70.0	5	19.00-7.00	19.00-7.00	19.00-7.00	19.00-7.00	24	ทุกวัน	2	1	1	1	1	0	0	1	2	1	1	0
18	หญิง	40	แม่บ้าน	75.0	4	18.00-10.00	12.00-8.00	18.00-8.00	18.00-8.00	25	ทุกวัน	2	2	1	2	0	0	1	1	2	1	1	0
19	หญิง	29	พนักงานบริษัทเอกชน	40.0	2	18.00-6.00	ตลอดวัน	18.00-6.00	12.00-6.00	20	เกือบทุกวัน	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0
20	ชาย	24	นักศึกษา	35.0	1	18.00-7.00	ตลอดวัน	22.00-24.00	22.00-24.00	25	เป็นบางวัน	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0
21	ชาย	25	พนักงานบริษัทเอกชน	37.5	1	18.00-7.00	ตลอดวัน	22.00-2.00	22.00-2.00	25	เกือบทุกวัน	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0
22	ชาย	25	นักศึกษา	35.0	1	17.00-8.00	19.00-8.00	21.00-24.00	21.00-24.00	25	เป็นบางวัน	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0
23	หญิง	33	ธุรกิจส่วนตัว	35.0	4	ตลอดวัน	ตลอดวัน	18.00-10.00	18.00-10.00	22	ทุกวัน	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1
24	หญิง	20	นักศึกษา	25.0	2	18.00-8.00	ตลอดวัน	19.00-1.00	19.00-1.00	25	เกือบทุกวัน	1	1	1	0	2	0	2	1	1	1	1	1
25	หญิง	31	แม่บ้าน	35.0	3	ตลอดวัน	ตลอดวัน	20.00-23.00	20.00-23.00	25	เป็นบางวัน	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	0	1
26	หญิง	29	แม่บ้าน	37.5	3	ตลอดวัน	12.00-9.00	20.00-6.00	20.00-6.00	27	เกือบทุกวัน	1	1	1	0	2	0	1	1	1	1	0	1
27	ชาย	23	-	35.0	1	18.00-8.00	ตลอดวัน	22.00-3.00	22.00-3.00	24	ทุกวัน	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1
28	หญิง	25	อาชีพอิสระ	32.0	1	16.00-10.00	ตลอดวัน	24.00-8.00	24.00-8.00	25	ทุกวัน	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1
29	ชาย	37	พนักงานบริษัทเอกชน	35.0	1	24.00-11.00	24.00-11.00	24.00-8.00	24.00-8.00	25	เกือบทุกวัน	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0
30	หญิง	32	พนักงานบริษัทเอกชน	25.0	1	18.00-8.00	19.00-8.00	18.00-20.00	19.00-21.00	26	ไม่ค่อยได้ใช้	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0

ตารางที่ ง-1 ข้อมูลจากการสำรวจผู้ใช้งานห้องพักอาศัย (ต่อ)

ลำดับ	ข้อมูลประชากร			ข้อมูลการใช้งานห้องพัก																			
													เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในห้อง (จำนวนเครื่อง)										
	เพศ	อายุ	อาชีพ	ขนาดห้อง (ตร.ม.)	จำนวนผู้อยู่อาศัย (คน)	ช่วงเวลาที่อยู่ในห้อง (จันทร์-ศุกร์)	ช่วงเวลาที่อยู่ในห้อง (เสาร์-อาทิตย์)	ช่วงเวลาที่เปิดแอร์ (จันทร์-ศุกร์)	ช่วงเวลาที่เปิดแอร์ (เสาร์-อาทิตย์)	อุณหภูมิปรับอากาศ	ความถี่ในการเปิดแอร์	พัดลม	ทีวี	ตู้เย็น	คอมฯ PC	คอมฯ NB	วิทยุ	เตารีด	กาต้มน้ำ	เครื่องทำน้ำอุ่น	ไมโครเวฟ	ไดร์เป่าผม	เครื่องซักผ้า
31	หญิง	25	พนักงานบริษัทเอกชน	35.0	2	18.00-9.00	22.00-15.00	18.00-9.00	22.00-15.00	25	ทุกวัน	1	1	1	0	2	0	0	0	1	1	1	1
32	หญิง	40	พนักงานบริษัทเอกชน	30.0	1	19.00-7.00	ตลอดวัน	21.00-5.00	22.00-5.00	25	เป็นบางวัน	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0
33	หญิง	25	พนักงานบริษัทเอกชน	35.0	1	19.00-11.00	ตลอดวัน	19.00-11.00	19.00-11.00	23	ทุกวัน	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0
34	หญิง	28	พนักงานบริษัทเอกชน	35.0	2	18.00-9.00	ตลอดวัน	20.00-5.00	20.00-5.00	25	ทุกวัน	2	1	1	2	0	0	0	0	1	1	1	1
35	หญิง	30	พนักงานบริษัทเอกชน	35.0	2	18.00-8.00	ตลอดวัน	21.00-7.00	21.00-7.00	25	ทุกวัน	2	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1
36	หญิง	21	นักศึกษา	35.0	4	17.00-8.00	ตลอดวัน	22.30-6.30	22.30-10.00	25	ทุกวัน	1	1	1	0	4	0	1	1	0	0	1	1
37	ชาย	19	นักศึกษา	35.0	1	18.00-7.00	ตลอดวัน	22.00-7.00	22.00-9.00	26	ทุกวัน	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0
38	ชาย	27	โปรแกรมเมอร์	35.0	1	19.00-9.00	ตลอดวัน	19.00-23.00	19.00-23.00	23	เป็นบางวัน	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0
39	ชาย	24	นักศึกษา	35.0	1	20.00-8.00	ตลอดวัน	22.00-6.30	22.00-6.30	26	ทุกวัน	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0
40	ชาย	22	นักศึกษา	35.0	1	18.00-9.00	18.00-13.00	20.00-24.00	20.00-24.00	24	เป็นบางวัน	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0
41	ชาย	20	นักศึกษา	35.0	1	19.00-7.30	ตลอดวัน	22.00-0.00	22.00-0.00	27	เกือบทุกวัน	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0
42	หญิง	20	นักศึกษา	35.0	1	19.00-7.00	ตลอดวัน	24.00-5.00	24.00-5.00	25	ทุกวัน	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0
43	หญิง	16	นักเรียน	35.0	2	16.00-6.00	15.00-13.00	19.00-6.00	19.00-6.00	25	ทุกวัน	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0
44	หญิง	22	นักศึกษา	35.0	2	20.00-9.00	ตลอดวัน	2.00-10.00	2.00-10.00	28	เป็นบางวัน	2	1	1	0	2	0	1	0	1	1	1	0
45	หญิง	38	รับราชการ	42.0	2	20.30-7.30	18.30-8.00	19.00-24.00	20.00-24.00	25	เป็นบางวัน	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1
46	หญิง	40	พนักงานบริษัทเอกชน	69.0	1	20.00-8.30	20.00-8.30	24.00-6.00	24.00-6.00	23	ทุกวัน	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0
47	ชาย	26	พนักงานบริษัทเอกชน	35.0	2	17.00-8.00	18.00-12.00	20.00-8.00	20.00-12.00	26	ทุกวัน	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
48	หญิง	17	นักเรียน	35.0	6	17.00-11.00	17.00-11.00	17.00-11.00	17.00-11.00	25	ทุกวัน	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1
49	หญิง	26	พนักงานบริษัทเอกชน	42.0	2	18.00-7.00	ตลอดวัน	18.00-7.00	18.00-7.00	25	ทุกวัน	2	2	1	1	2	2	1	0	1	1	1	1
50	หญิง	30	อาชีพอิสระ	35.0	1	ตลอดวัน	ตลอดวัน	18.00-24.00	18.00-24.00	24	ทุกวัน	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0
51	ชาย	28	พนักงานบริษัทเอกชน	35.0	3	19.00-5.00	ตลอดวัน	19.00-24.00	19.00-24.00	25	เกือบทุกวัน	2	1	1	0	3	1	1	1	0	1	1	0
52	หญิง	43	รับราชการ	48.0	3	16.00-9.00	ตลอดวัน	21.00-4.00	-	26	ไม่ค่อยได้ใช้	3	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1
53	หญิง	16	นักเรียน	35.0	6	18.00-8.00	18.00-8.00	20.00-8.00	20.00-8.00	25	ทุกวัน	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1
54	ชาย	46	พนักงานบริษัทเอกชน	80.0	2	19.00-7.00	ตลอดวัน	19.00-7.00	ตลอดวัน	25	ทุกวัน	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1
55	ชาย	39	ธุรกิจส่วนตัว	37.5	2	20.30-11.00	20.00-8.00	19.00-21.00	20.00-24.00	25	เป็นบางวัน	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0
56	ชาย	23	พนักงานบริษัทเอกชน	64.0	2	20.00-8.00	ตลอดวัน	20.00-3.00	20.00-3.00	25	เกือบทุกวัน	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1
57	ชาย	23	พนักงานบริษัทเอกชน	64.0	2	20.00-8.00	ตลอดวัน	24.00-2.00	24.00-2.00	25	เกือบทุกวัน	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1
58	ชาย	23	นักศึกษา	35.0	1	20.00-9.00	18.00-12.00	21.00-9.00	21.00-9.00	24	เป็นบางวัน	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0
59	ชาย	17	นักเรียน	42.0	2	18.00-7.00	16.00-7.00	22.00-6.00	22.00-6.00	26	เกือบทุกวัน	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0
60	ชาย	25	นักศึกษา	50.0	2	17.00-9.00	ตลอดวัน	24.00-8.00	2.00-10.00	25	เกือบทุกวัน	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1

ตารางที่ ง-1 ข้อมูลจากการสำรวจผู้ใช้งานห้องพักอาศัย (ต่อ)

ลำดับ	ข้อมูลประชากร			ข้อมูลการใช้งานห้องพัก																		
	เพศ	อายุ	อาชีพ	ขนาดห้อง (ตร.ม.)	จำนวนผู้อยู่อาศัย (คน)	ช่วงเวลาที่อยู่ในห้อง (จันทร์-ศุกร์)	ช่วงเวลาที่อยู่ในห้อง (เสาร์-อาทิตย์)	ช่วงเวลาที่เปิดแอร์ (จันทร์-ศุกร์)	ช่วงเวลาที่เปิดแอร์ (เสาร์-อาทิตย์)	อุณหภูมิปรับอากาศ	ความถี่ในการเปิดแอร์	เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในห้อง (จำนวนเครื่อง)										
												พัดลม	ทีวี	ตู้เย็น	คอมฯ PC	คอมฯ NB	วิทยุ	เตารีด	กาต้มน้ำ	เครื่องทำน้ำอุ่น	ไมโครเวฟ	ไดร์เป่าผม	เครื่องซักผ้า
61	ชาย	23	นักศึกษา	50.0	1	20.00-8.00	20.00-10.00	24.00-4.00	22.00-4.00	25	ทุกวัน	2	2	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1
62	หญิง	50	พนักงานบริษัทเอกชน	85.0	2	ตลอดวัน	ตลอดวัน	21.00-7.00	21.00-7.00	25	ทุกวัน	2	2	1	0	2	1	1	1	1	1	1	1
63	หญิง	23	นักศึกษา	50.0	2	18.00-7.00	ตลอดวัน	18.00-7.00	18.00-7.00	25	ไม่ค่อยได้ใช้	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1
64	หญิง	48	รับราชการ	55.0	2	19.00-6.00	19.00-6.00	19.00-6.00	19.00-6.00	25	เป็นบางวัน	1	2	1	0	2	1	1	1	1	1	0	1
65	ชาย	20	นักศึกษา	85.0	3	16.00-7.00	13.00-7.00	17.00-7.00	13.00-7.00	25	ทุกวัน	1	1	1	0	2	1	1	1	2	1	1	1
66	ชาย	21	นักศึกษา	90.0	1	19.00-6.00	19.00-6.00	-	-	-	ไม่ใช้เลย	2	1	1	2	0	1	1	1	1	1	1	1
67	หญิง	29	รับราชการ	67.0	2	16.00-8.00	ตลอดวัน	22.00-6.00	22.00-8.00	26	เกือบทุกวัน	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1
68	ชาย	44	มัคคุเทศก์	55.0	2	ตลอดวัน	ตลอดวัน	21.00-7.00	21.00-7.00	25	ทุกวัน	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1
69	ชาย	48	รับราชการ	85.0	4	20.00-6.00	ตลอดวัน	20.00-6.00	20.00-6.00	25	เกือบทุกวัน	2	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1
70	หญิง	40	พนักงานบริษัทเอกชน	130.0	6	17.00-8.00	13.00-8.00	17.00-8.00	13.00-8.00	25	ทุกวัน	1	2	1	2	1	0	1	1	2	1	1	1
71	หญิง	33	รับราชการ	70.0	4	ตลอดวัน	ตลอดวัน	20.00-6.00	20.00-6.00	26	ทุกวัน	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1
72	หญิง	20	นักศึกษา	39.0	2	20.00-9.00	22.00-12.00	22.00-7.00	22.00-12.00	24	ทุกวัน	0	1	1	0	2	0	1	1	0	1	1	1
73	หญิง	32	ธุรกิจส่วนตัว	54.0	2	18.00-9.00	ตลอดวัน	18.00-9.00	ตลอดวัน	22	ทุกวัน	2	1	1	0	2	0	1	1	1	1	1	1
74	หญิง	50	ธุรกิจส่วนตัว	54.0	2	17.00-8.00	17.00-8.00	17.00-8.00	17.00-8.00	25	ทุกวัน	2	2	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0
75	ชาย	47	ธุรกิจส่วนตัว	85.0	4	17.00-7.00	-	17.00-7.00	-	25	ทุกวัน	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	0
76	ชาย	19	นักเรียน	39.0	2	21.00-6.00	21.00-6.00	22.00-6.00	22.00-6.00	27	ไม่ค่อยได้ใช้	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0
77	หญิง	18	นักเรียน	39.0	3	18.00-7.00	-	18.00-7.00	-	25	เกือบทุกวัน	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	2	1
78	หญิง	38	พนักงานบริษัทเอกชน	39.0	4	17.00-8.00	17.00-12.00	17.00-6.00	17.00-6.00	25	ทุกวัน	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1
79	หญิง	30	พนักงานบริษัทเอกชน	85.0	2	19.00-8.30	ตลอดวัน	21.00-7.00	13.00-20.00	25	ทุกวัน	2	2	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0
80	ชาย	21	นักศึกษา	39.0	3	18.00-6.00	ตลอดวัน	22.00-7.00	22.00-7.00	25	ทุกวัน	2	1	1	1	3	0	1	1	1	1	1	0
81	ชาย	18	นักศึกษา	140.0	1	18.00-7.30	13.00-8.00	18.00-7.30	13.00-8.00	25	ทุกวัน	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0
82	ชาย	23	นักศึกษา	50.0	1	20.00-6.00	ตลอดวัน	22.00-6.00	22.00-7.00	25	เกือบทุกวัน	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0
83	หญิง	60	แม่บ้าน	75.0	3	ตลอดวัน	ตลอดวัน	22.00-8.00	22.00-8.00	25	ทุกวัน	2	1	1	1	1	0	1	1	2	1	1	0
84	หญิง	48	อาชีพอิสระ	92.0	4	22.00-7.00	ตลอดวัน	20.00-7.00	20.00-7.00	26	ทุกวัน	2	1	1	1	3	0	1	1	3	1	1	1
85	ชาย	22	รับราชการ	75.0	6	22.00-8.00	ตลอดวัน	20.00-9.00	20.00-12.00	24	ทุกวัน	0	1	1	1	3	0	1	1	1	1	1	1
86	ชาย	27	พนักงานบริษัทเอกชน	60.0	4	20.00-6.00	17.00-10.00	20.00-6.00	20.00-6.00	24	ทุกวัน	1	3	1	1	3	0	1	0	1	1	1	1
87	หญิง	33	อาชีพอิสระ	50.0	2	20.00-11.00	20.00-11.00	-	-	-	ไม่ใช้เลย	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1
88	หญิง	17	นักเรียน	60.0	4	17.00-6.30	-	18.00-5.00	-	25	ทุกวัน	3	1	1	0	2	0	1	1	2	1	0	1
89	ชาย	34	พนักงานบริษัทเอกชน	75.0	2	18.00-7.00	18.00-15.00	21.00-5.00	12.00-15.00, 21.00-5.00	25	เกือบทุกวัน	2	2	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1
90	หญิง	53	รับราชการ	75.0	3	20.00-5.00	ตลอดวัน	22.00-5.00	22.00-5.00	26	ทุกวัน	1	1	0	0	1	0	0	1	2	0	0	1

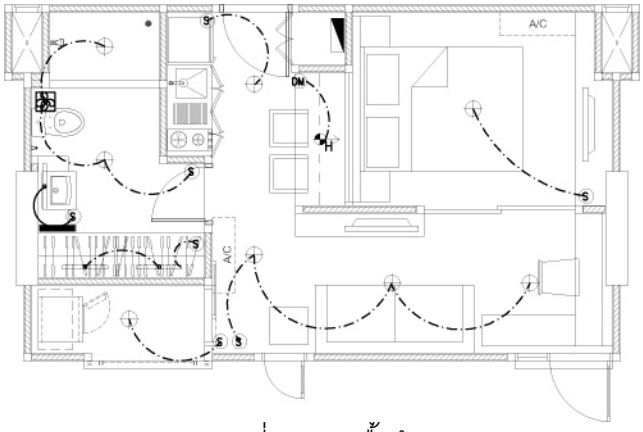
ตารางที่ ง-1 ข้อมูลจากการสำรวจผู้ใช้งานห้องพักอาศัย (ต่อ)

ลำดับ	ข้อมูลประชากร			ข้อมูลการใช้งานห้องพัก																			
													เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในห้อง (จำนวนเครื่อง)										
	เพศ	อายุ	อาชีพ	ขนาดห้อง (ตร.ม.)	จำนวนผู้อยู่อาศัย (คน)	ช่วงเวลาที่อยู่ในห้อง (จันทร์-ศุกร์)	ช่วงเวลาที่อยู่ในห้อง (เสาร์-อาทิตย์)	ช่วงเวลาที่เปิดแอร์ (จันทร์-ศุกร์)	ช่วงเวลาที่เปิดแอร์ (เสาร์-อาทิตย์)	อุณหภูมิปรับอากาศ	ความถี่ในการเปิดแอร์	พัดลม	ทีวี	ตู้เย็น	คอมฯ PC	คอมฯ NB	วิทยุ	เตารีด	กาต้มน้ำ	เครื่องทำน้ำอุ่น	ไมโครเวฟ	ไดร์เป่าผม	เครื่องซักผ้า
91	ชาย	31	พนักงานบริษัทเอกชน	92.0	5	18.00-6.00	ตลอดวัน	21.00-5.00	21.00-5.00	25	ทุกวัน	3	3	2	0	3	2	1	1	2	2	0	1
92	หญิง	17	นักเรียน	92.0	5	17.00-7.00	19.00-7.00	20.00-7.00	20.00-7.00	24	ทุกวัน	1	1	1	0	2	0	1	1	1	1	1	1
93	หญิง	35	พนักงานบริษัทเอกชน	92.0	2	18.00-9.00	ตลอดวัน	21.00-9.00	14.00-17.00, 22.00-8.00	25	ทุกวัน	2	2	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1
94	ชาย	31	พนักงานบริษัทเอกชน	60.0	1	19.00-7.30	18.00-10.00	22.00-6.00	22.00-6.00	25	เป็นบางวัน	1	2	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1
95	หญิง	30	พนักงานบริษัทเอกชน	60.0	2	15.00-7.00	18.00-7.00	20.00-7.00	20.00-7.00	26	ทุกวัน	1	2	1	0	2	0	0	0	1	1	1	0
96	ชาย	25	พนักงานบริษัทเอกชน	75.0	2	19.00-5.00	18.00-12.00	22.00-3.00	22.00-3.00	25	เกือบทุกวัน	1	1	1	0	2	0	1	1	1	1	1	1
97	หญิง	36	พนักงานบริษัทเอกชน	75.0	2	17.00-8.30	ตลอดวัน	18.00-22.00	20.00-22.00	25	ทุกวัน	1	1	1	1	2	0	1	1	1	1	1	1
98	หญิง	23	พนักงานบริษัทเอกชน	45.0	2	18.00-9.00	17.00-13.00	22.00-8.30	22.00-10.00	24	ทุกวัน	1	1	1	2	0	0	1	0	1	1	1	0
99	หญิง	24	พนักงานบริษัทเอกชน	42.5	2	18.00-8.00	20.00-11.00	0.00-5.00	0.00-5.00	24	เป็นบางวัน	2	1	1	0	2	1	1	1	1	0	0	1
100	ชาย	38	รับราชการ	26.0	1	22.00-9.00	22.00-9.00	0.00-9.00	0.00-9.00	26	ทุกวัน	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1
ค่าต่ำสุด		16		25.0	1.0					20		0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ค่าสูงสุด		60		140.0	6.0					28		3	3	2	2	4	2	2	1	3	2	2	1
ค่าเฉลี่ย		29		52.4	2.3					25		1.19	1.23	1.00	0.38	1.17	0.30	0.77	0.67	1.01	0.92	0.67	0.51

ภาคผนวก จ

รายละเอียดไฟฟ้าแสงสว่างจากแบบก่อสร้าง

รายละเอียดไฟฟ้าแสงสว่างจากแบบก่อสร้าง



รูปภาพที่ จ-1 ผังพื้นห้อง ก.

ห้อง ก.

ขนาดห้อง : 34.0 ตารางเมตร

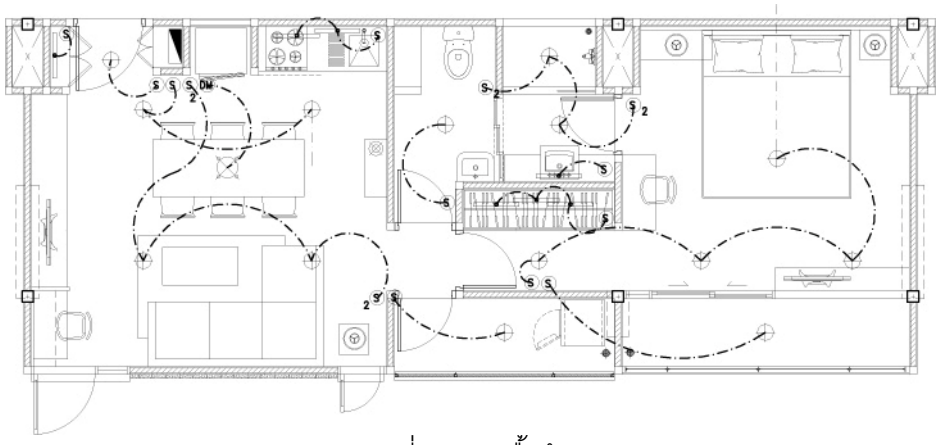
รายละเอียดดวงโคม :

หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดคอมแพกต์ 18 Watt จำนวน 8 ดวง

หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดตรง 18 Watt จำนวน 3 ดวง

หลอดฮาโลเจน 50 Watt จำนวน 1 ดวง

กำลังไฟฟ้าแสงสว่าง : 7.29 Watt/m^2



รูปภาพที่ จ-2 ผังพื้นห้อง ข.

ห้อง ข.

ขนาดห้อง : 52.0 ตารางเมตร

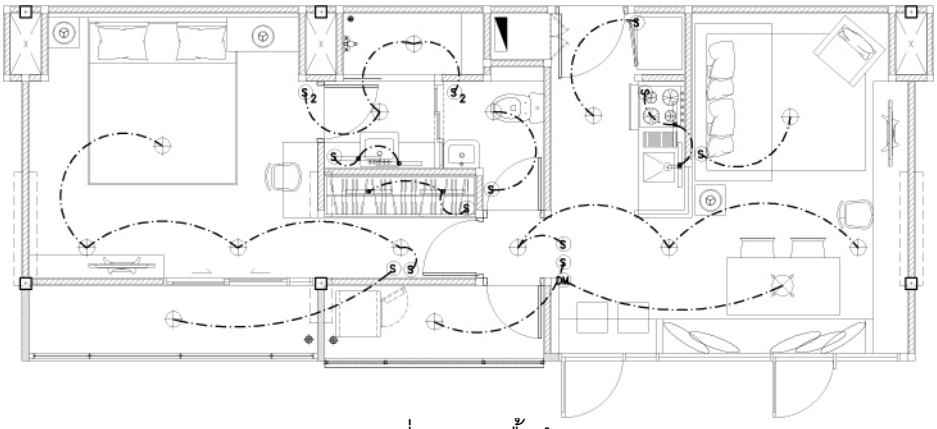
รายละเอียดดวงโคม :

หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดคอมแพกต์ 18 Watt จำนวน 14 ดวง

หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดตรง 18 Watt จำนวน 7 ดวง

หลอดอินแคนเดสเซนต์ 60 Watt จำนวน 4 ดวง

กำลังไฟฟ้าแสงสว่าง : 11.88 Watt/m^2



รูปภาพที่ จ-3 ผังพื้นห้อง ค.

ห้อง ค.

ขนาดห้อง : 52.0 ตารางเมตร

รายละเอียดดวงโคม :

หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดคอมแพกต์ 18 Watt จำนวน 14 ดวง

หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดตรง 18 Watt จำนวน 6 ดวง

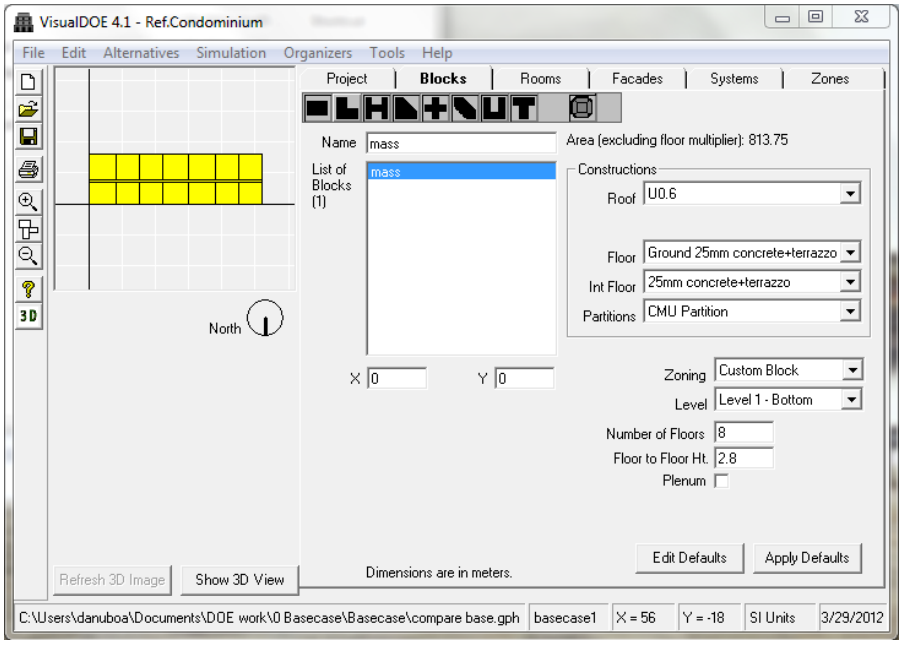
หลอดอินแคนเดสเซนต์ 60 Watt จำนวน 4 ดวง

กำลังไฟฟ้าแสงสว่าง : 11.54 Watt/m^2

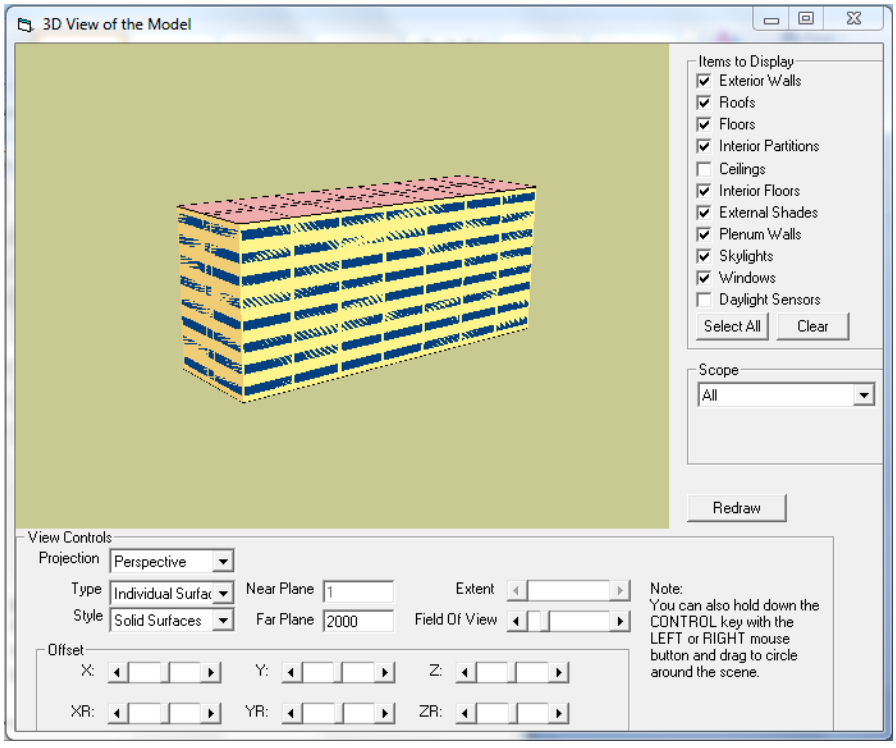
ภาคผนวก ฉ

ตัวอย่างการตั้งค่าในโปรแกรม VisualDOE4.0

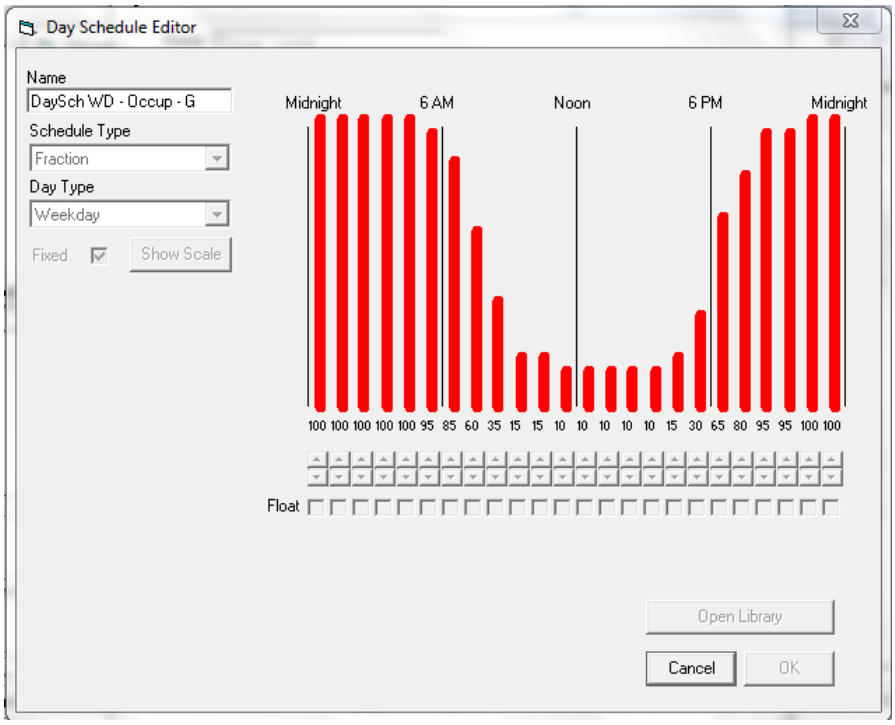
ตัวอย่างการตั้งค่าในโปรแกรม VisualDOE4.0



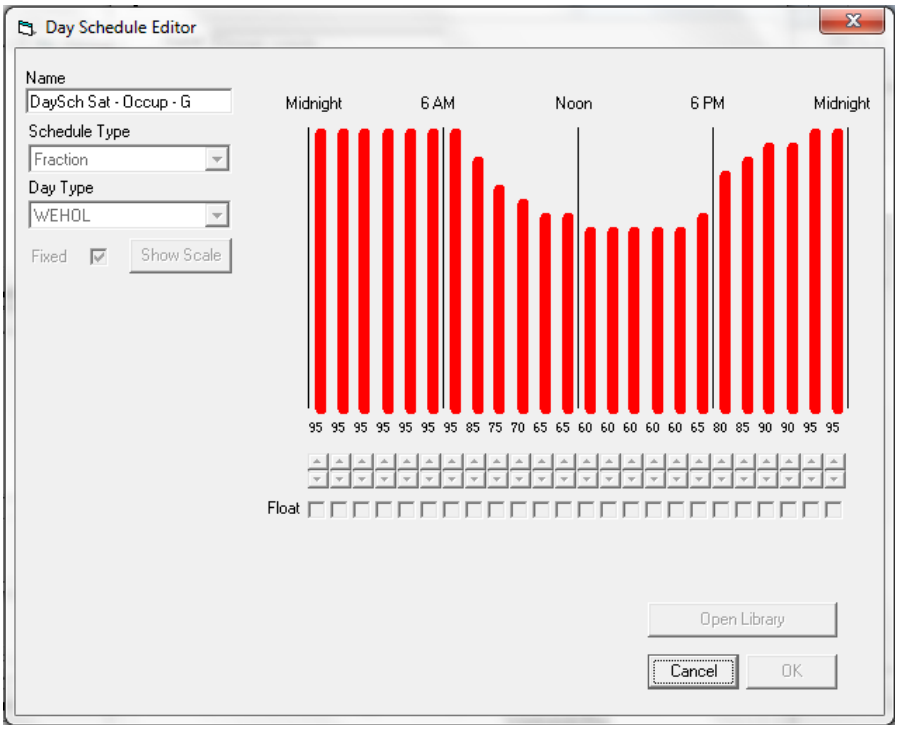
รูปภาพที่ ฉ-1 ลักษณะผังอาคาร



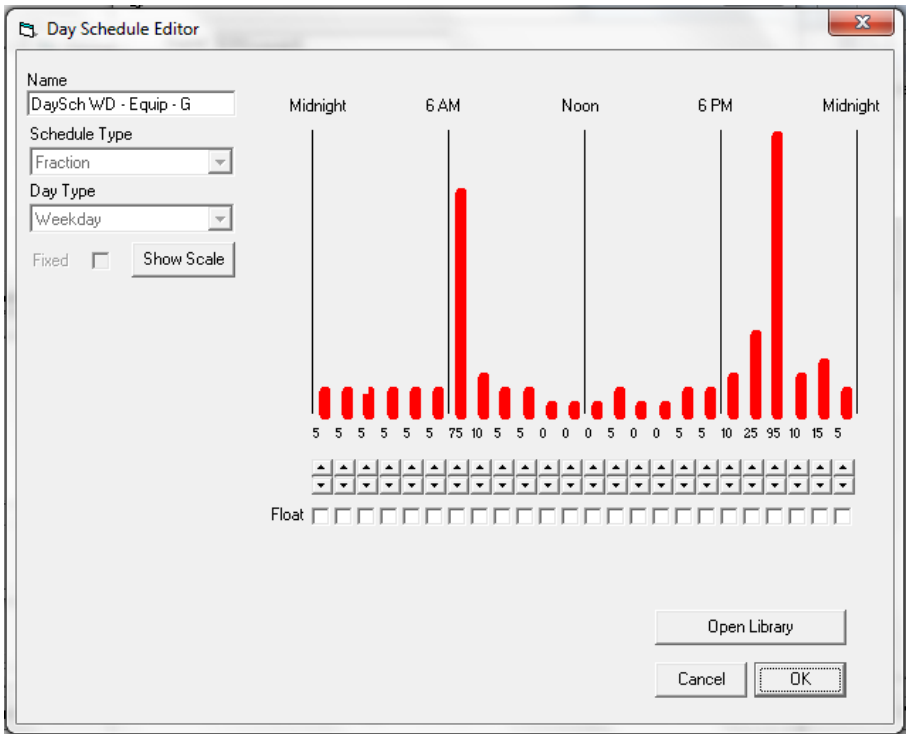
รูปภาพที่ ฉ-2 ลักษณะอาคาร 3 มิติ



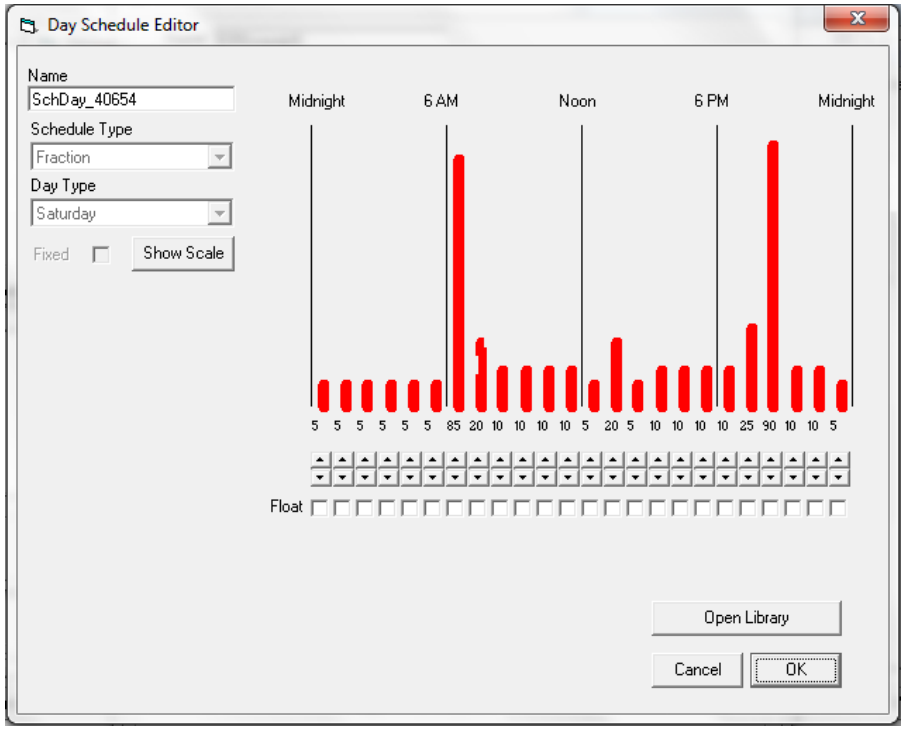
รูปภาพที่ ฉ-3 สัดส่วนผู้อยู่อาศัยวันจันทร์ – ศุกร์



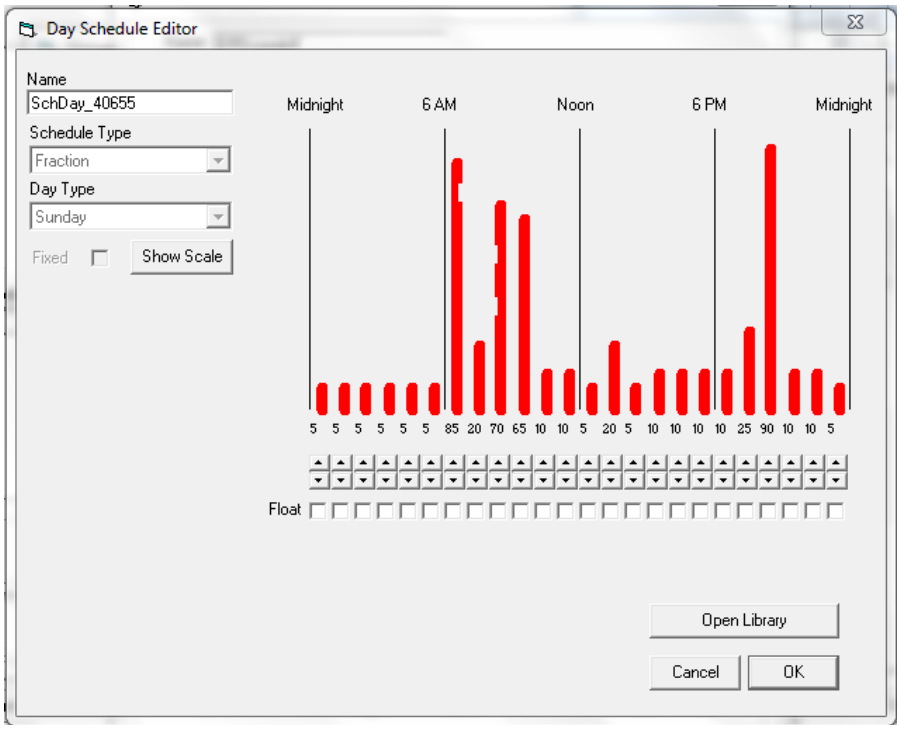
รูปภาพที่ ฉ-4 สัดส่วนผู้อยู่อาศัยวันเสาร์ – อาทิตย์



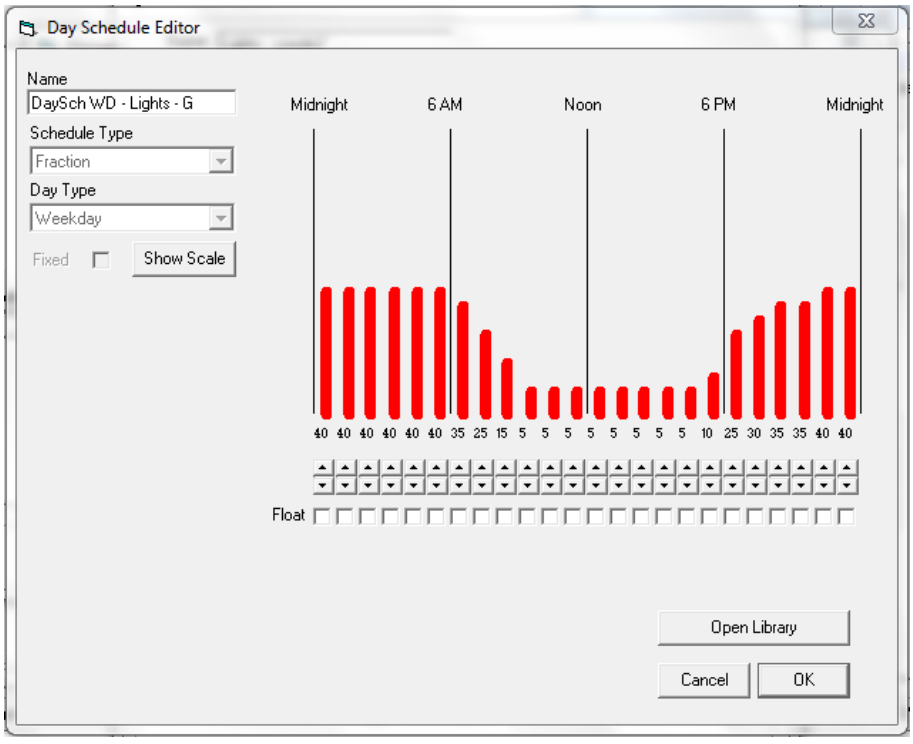
รูปภาพที่ ฉ-5 สัดส่วนการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าวันจันทร์ – ศุกร์



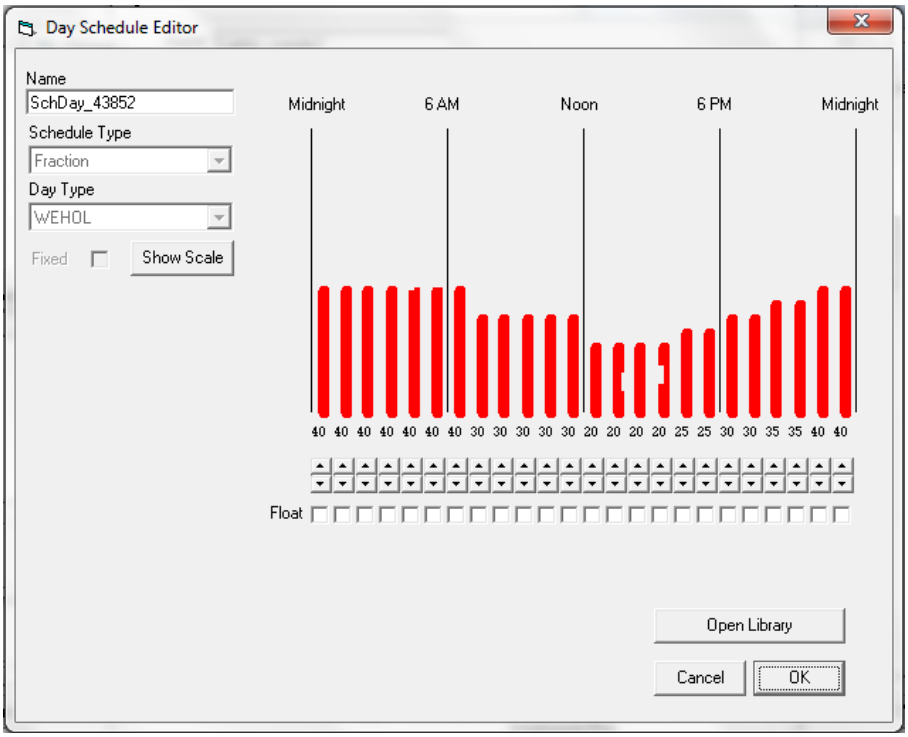
รูปภาพที่ ฉ-6 สัดส่วนการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าวันเสาร์



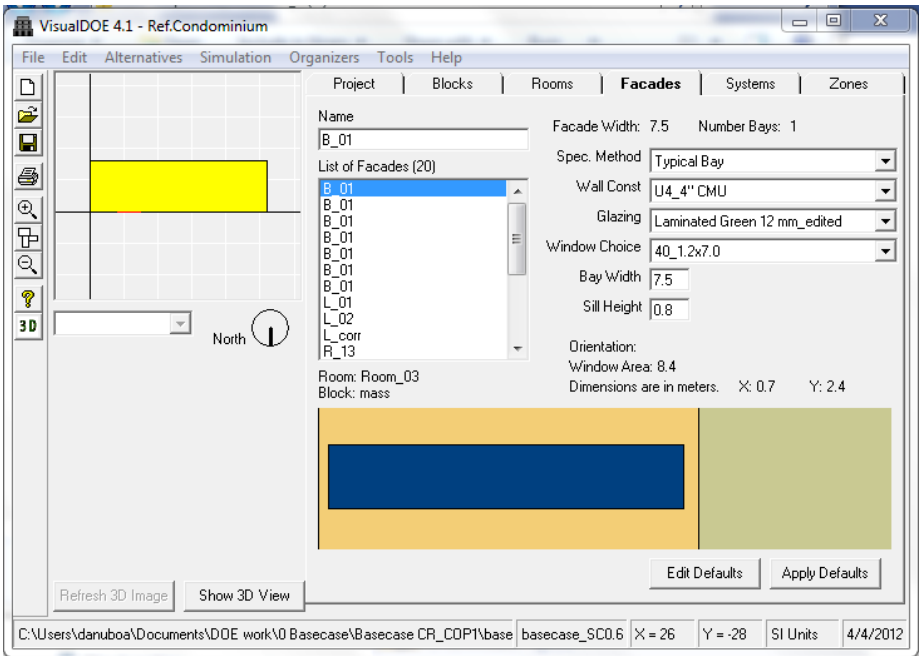
รูปภาพที่ ฉ-7 สัดส่วนการใช้งานเครื่องใช้ไฟฟ้าวันอาทิตย์



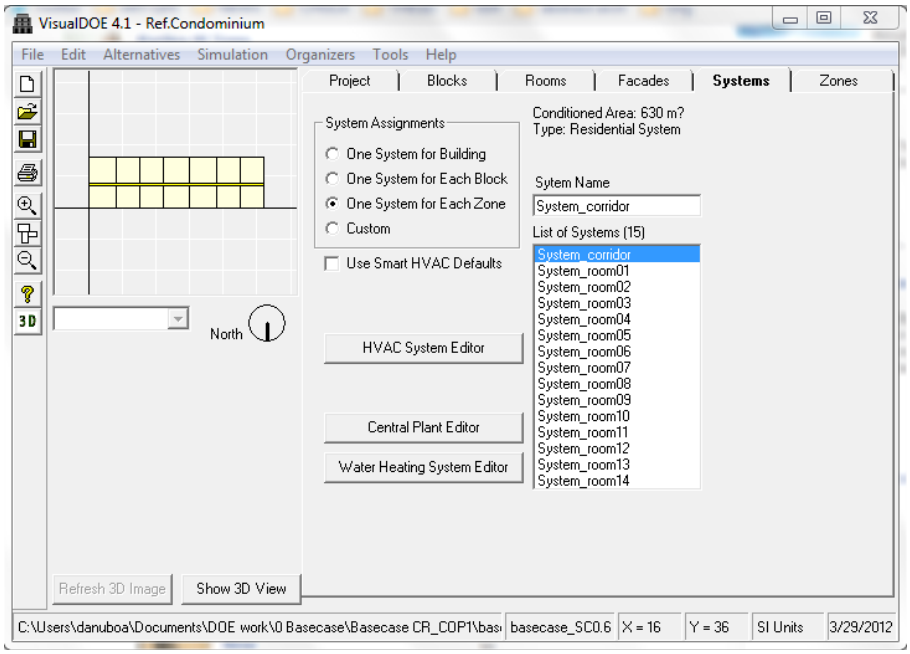
รูปภาพที่ ฉ-8 สัดส่วนการใช้งานไฟฟ้าแสงสว่างวันจันทร์ – ศุกร์



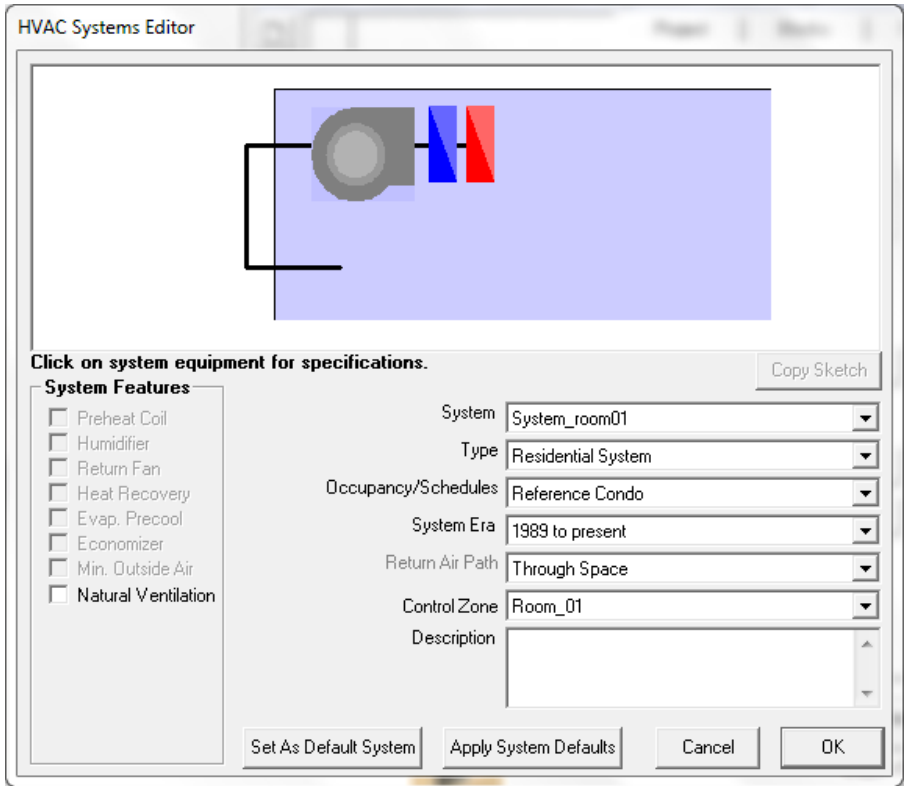
รูปภาพที่ ฉ-9 สัดส่วนการใช้งานไฟฟ้าแสงสว่างวันเสาร์ – อาทิตย์



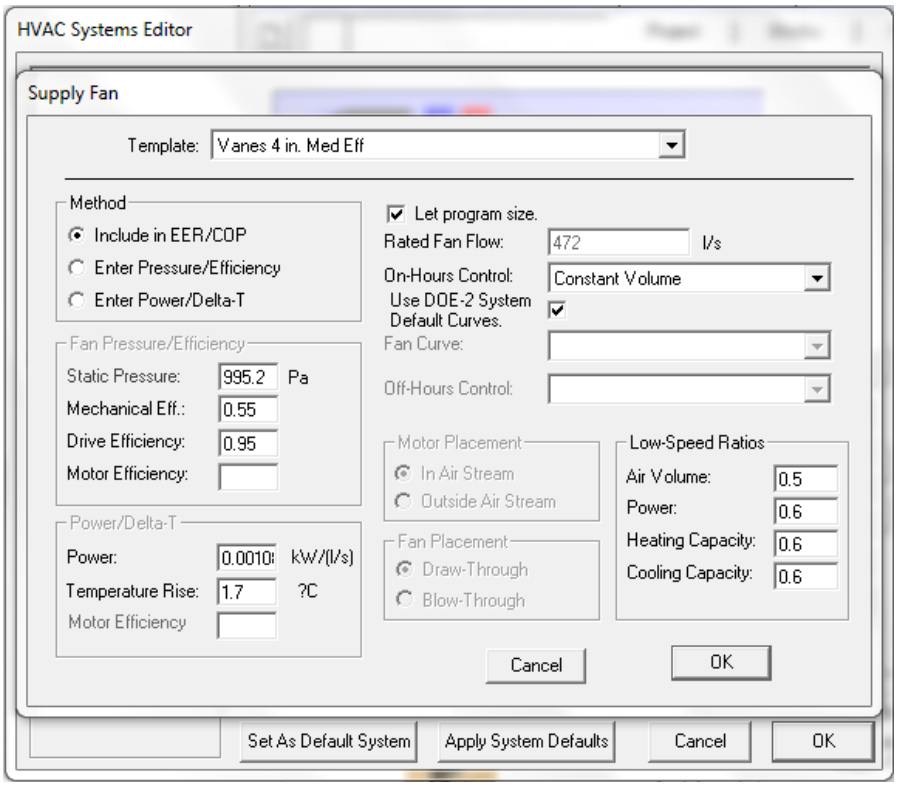
รูปภาพที่ ฉ-10 การกำหนดผนังอาคาร



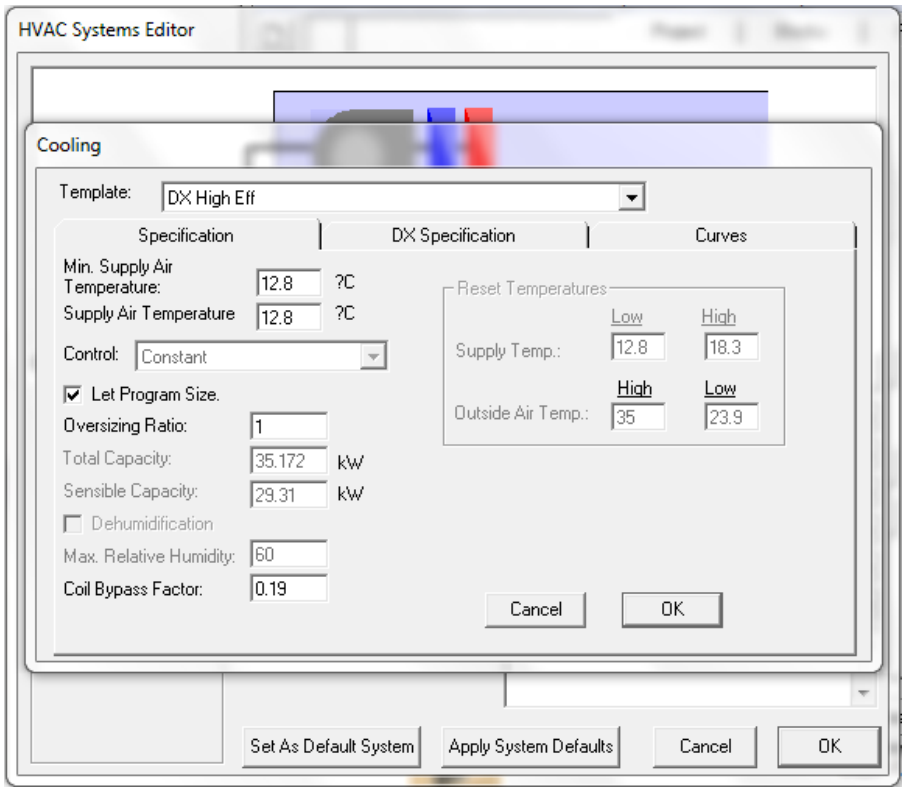
รูปภาพที่ ฉ-11 การกำหนดระบบ HVAC



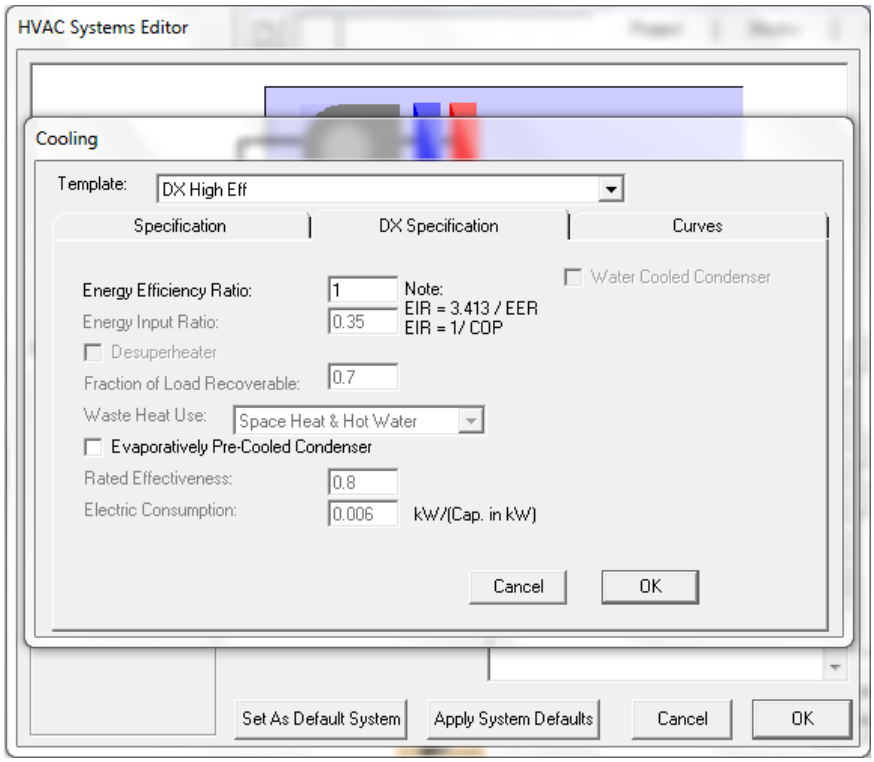
รูปภาพที่ ฉ-12 การกำหนดระบบ HVAC



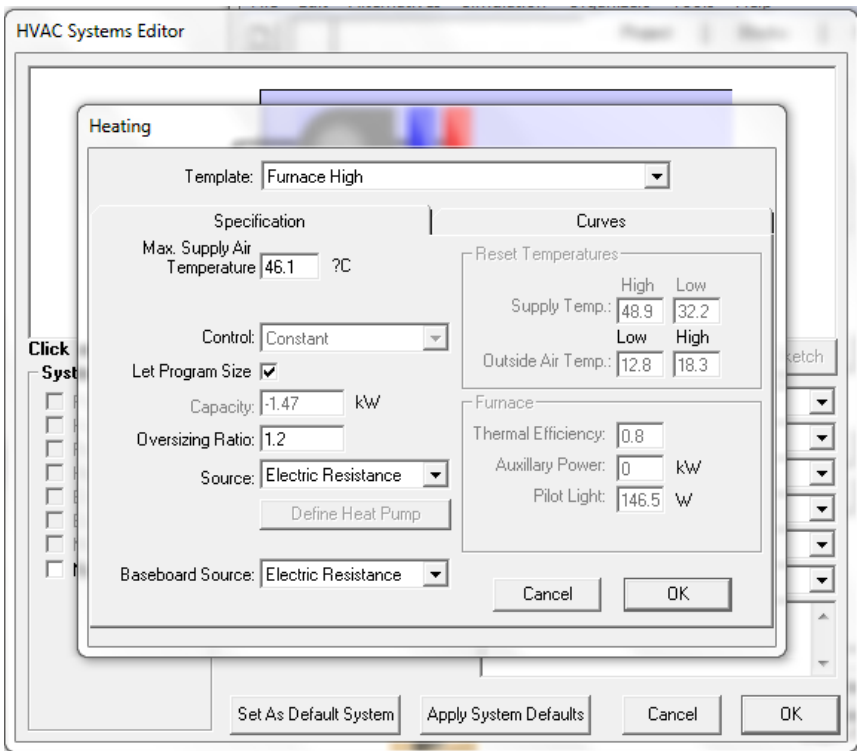
รูปภาพที่ ฉ-13 การกำหนดระบบ HVAC – supply fan



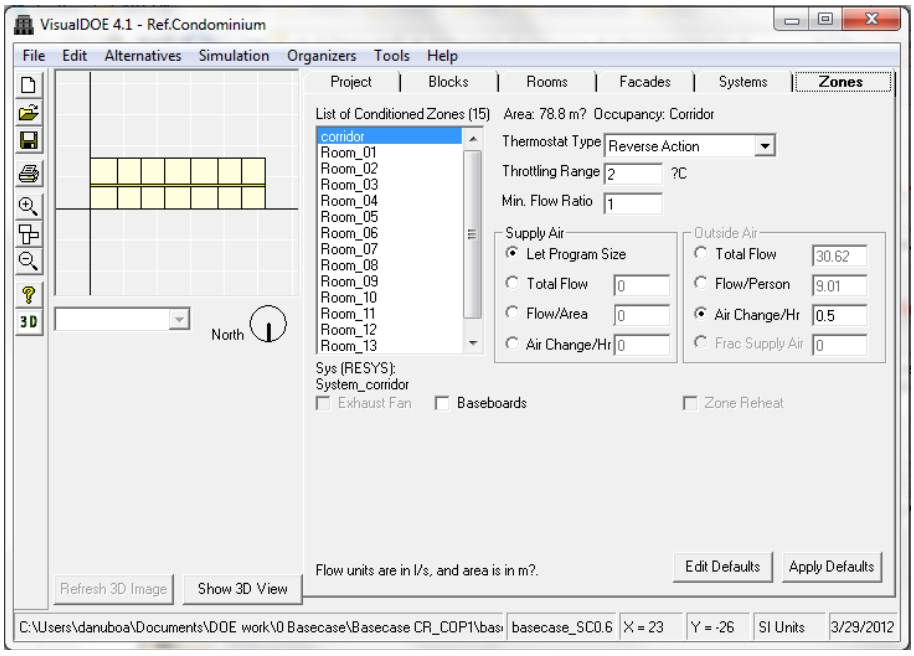
รูปภาพที่ ฉ-14 การกำหนดระบบ HVAC – cooling



รูปภาพที่ ฉ-15 การกำหนดระบบ HVAC – cooling



รูปภาพที่ ฉ-16 การกำหนดระบบ HVAC - heating



รูปภาพที่ ฉ-17 การกำหนดโซน

ภาคผนวก ซ

รายละเอียดกรณีที่ใช้ในการจำลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ในสมการ $OTTV_{condo}$ และเปรียบเทียบระหว่าง $OTTV_{condo}$ ที่ได้จากการจำลอง และ $OTTV_{condo}$ ที่ได้จากการคำนวณ

ตารางที่ ช-1 รายละเอียดกรณีที่ใช้ในการจำลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ ในสมการ$OTTV_{condo}$ และเปรียบเทียบระหว่าง $OTTV_{condo}$ ที่ได้จากการจำลอง และ $OTTV_{condo}$ ที่ได้จากการคำนวณ

กรณีที่	ทิศทางอาคาร	WWR	Uw ($W/m^2.^\circ C$)	Uf ($W/m^2.^\circ C$)	SHCG	การจำลอง		การคำนวณ	
						Cooling load (MWh)	$OTTV_{condo}$ (W/m^2)	$OTTV_{condo}$ (W/m^2)	คลาดเคลื่อนจากการจำลอง
1	A	0.2	4.42	6.1720	0.815	592.28	27.61	35.30	27.8%
2	A	0.4	4.42	6.1720	0.815	770.00	35.90	46.59	29.8%
3	A	0.6	4.42	6.1720	0.815	948.73	44.23	57.89	30.9%
4	A	0.8	4.42	6.1720	0.815	1131.71	52.76	69.18	31.1%
5	A	0.2	4.42	2.7425	0.698	553.15	25.79	32.49	26.0%
6	A	0.4	4.42	2.7425	0.698	700.45	32.65	40.98	25.5%
7	A	0.6	4.42	2.7425	0.698	857.76	39.99	49.47	23.7%
8	A	0.8	4.42	2.7425	0.698	1028.63	47.95	57.97	20.9%
9	A	0.2	4.42	1.4592	0.564	513.92	23.96	29.79	24.4%
10	A	0.4	4.42	1.4592	0.564	622.97	29.04	35.59	22.5%
11	A	0.6	4.42	1.4592	0.564	743.42	34.66	41.38	19.4%
12	A	0.8	4.42	1.4592	0.564	878.74	40.97	47.17	15.1%
13	A	0.2	4.42	5.5020	0.389	492.08	22.94	27.38	19.3%
14	A	0.4	4.42	5.5020	0.389	571.51	26.64	30.76	15.4%
15	A	0.6	4.42	5.5020	0.389	652.71	30.43	34.14	12.2%
16	A	0.8	4.42	5.5020	0.389	736.19	34.32	37.51	9.3%
17	A	0.2	4.42	1.3173	0.278	444.13	20.70	24.54	18.5%
18	A	0.4	4.42	1.3173	0.278	477.79	22.27	25.08	12.6%
19	A	0.6	4.42	1.3173	0.278	515.49	24.03	25.61	6.6%
20	A	0.8	4.42	1.3173	0.278	559.32	26.08	26.15	0.3%
21	A	0.2	3.38	6.1720	0.815	562.40	26.22	30.78	17.4%
22	A	0.4	3.38	6.1720	0.815	758.56	35.36	43.20	22.2%
23	A	0.6	3.38	6.1720	0.815	948.70	44.23	55.63	25.8%
24	A	0.8	3.38	6.1720	0.815	1135.92	52.96	68.05	28.5%
25	A	0.2	3.38	2.7425	0.698	518.86	24.19	27.97	15.6%
26	A	0.4	3.38	2.7425	0.698	683.07	31.84	37.59	18.1%
27	A	0.6	3.38	2.7425	0.698	852.42	39.74	47.22	18.8%
28	A	0.8	3.38	2.7425	0.698	1029.59	48.00	56.84	18.4%
29	A	0.2	3.38	1.4592	0.564	476.27	22.20	25.28	13.8%
30	A	0.4	3.38	1.4592	0.564	600.67	28.00	32.20	15.0%
31	A	0.6	3.38	1.4592	0.564	733.20	34.18	39.12	14.4%
32	A	0.8	3.38	1.4592	0.564	876.44	40.86	46.04	12.7%

ตารางที่ ช-1 รายละเอียดกรณีที่ใช้ในการจำลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ ในสมการ$OTTV_{condo}$ และเปรียบเทียบระหว่าง $OTTV_{condo}$ ที่ได้จากการจำลอง และ $OTTV_{condo}$ ที่ได้จากการคำนวณ (ต่อ)

กรณีที่	ทิศทางอาคาร	WWR	Uw ($W/m^2.^\circ C$)	Uf ($W/m^2.^\circ C$)	SHCG	การจำลอง		การคำนวณ	
						Cooling load (MWh)	$OTTV_{condo}$ (W/m^2)	$OTTV_{condo}$ (W/m^2)	คลาดเคลื่อนจากการจำลอง
33	A	0.2	3.38	5.5020	0.389	453.91	21.16	22.86	8.0%
34	A	0.4	3.38	5.5020	0.389	547.79	25.54	27.37	7.2%
35	A	0.6	3.38	5.5020	0.389	640.25	29.85	31.88	6.8%
36	A	0.8	3.38	5.5020	0.389	731.72	34.11	36.38	6.7%
37	A	0.2	3.38	1.3173	0.278	401.34	18.71	20.02	7.0%
38	A	0.4	3.38	1.3173	0.278	447.03	20.84	21.69	4.1%
39	A	0.6	3.38	1.3173	0.278	496.56	23.15	23.35	0.9%
40	A	0.8	3.38	1.3173	0.278	550.72	25.67	25.02	-2.5%
41	A	0.2	2.64	6.1720	0.815	532.26	24.81	27.56	11.1%
42	A	0.4	2.64	6.1720	0.815	744.71	34.72	40.79	17.5%
43	A	0.6	2.64	6.1720	0.815	945.32	44.07	54.02	22.6%
44	A	0.8	2.64	6.1720	0.815	1137.29	53.02	67.25	26.8%
45	A	0.2	2.64	2.7425	0.698	485.37	22.63	24.76	9.4%
46	A	0.4	2.64	2.7425	0.698	664.85	30.99	35.18	13.5%
47	A	0.6	2.64	2.7425	0.698	845.19	39.40	45.61	15.8%
48	A	0.8	2.64	2.7425	0.698	1028.74	47.96	56.03	16.8%
49	A	0.2	2.64	1.4592	0.564	440.19	20.52	22.06	7.5%
50	A	0.4	2.64	1.4592	0.564	578.79	26.98	29.79	10.4%
51	A	0.6	2.64	1.4592	0.564	722.45	33.68	37.51	11.4%
52	A	0.8	2.64	1.4592	0.564	873.30	40.71	45.24	11.1%
53	A	0.2	2.64	5.5020	0.389	417.33	19.46	19.65	1.0%
54	A	0.4	2.64	5.5020	0.389	524.66	24.46	24.96	2.0%
55	A	0.6	2.64	5.5020	0.389	627.64	29.26	30.27	3.4%
56	A	0.8	2.64	5.5020	0.389	726.81	33.88	35.58	5.0%
57	A	0.2	2.64	1.3173	0.278	361.24	16.84	16.81	-0.2%
58	A	0.4	2.64	1.3173	0.278	418.86	19.53	19.28	-1.3%
59	A	0.6	2.64	1.3173	0.278	479.24	22.34	21.75	-2.7%
60	A	0.8	2.64	1.3173	0.278	542.85	25.31	24.22	-4.3%
61	A	0.2	1.64	6.1720	0.815	490.11	22.85	23.22	1.6%
62	A	0.4	1.64	6.1720	0.815	726.70	33.88	37.53	10.8%
63	A	0.6	1.64	6.1720	0.815	941.94	43.91	51.85	18.1%
64	A	0.8	1.64	6.1720	0.815	1139.98	53.15	66.16	24.5%
65	A	0.2	1.64	2.7425	0.698	437.88	20.41	20.42	0.0%

ตารางที่ ช-1 รายละเอียดกรณีที่ใช้ในการจำลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ ในสมการ$OTTV_{condo}$ และเปรียบเทียบระหว่าง $OTTV_{condo}$ ที่ได้จากการจำลอง และ $OTTV_{condo}$ ที่ได้จากการคำนวณ (ต่อ)

กรณีที่	ทิศทางอาคาร	WWR	Uw ($W/m^2.^\circ C$)	Uf ($W/m^2.^\circ C$)	SHCG	การจำลอง		การคำนวณ	
						Cooling load (MWh)	$OTTV_{condo}$ (W/m^2)	$OTTV_{condo}$ (W/m^2)	คลาดเคลื่อนจากการจำลอง
66	A	0.4	1.64	2.7425	0.698	639.79	29.83	31.93	7.0%
67	A	0.6	1.64	2.7425	0.698	835.54	38.95	43.44	11.5%
68	A	0.8	1.64	2.7425	0.698	1027.62	47.91	54.95	14.7%
69	A	0.2	1.64	1.4592	0.564	388.75	18.12	17.72	-2.2%
70	A	0.4	1.64	1.4592	0.564	547.89	25.54	26.53	3.9%
71	A	0.6	1.64	1.4592	0.564	707.32	32.98	35.34	7.2%
72	A	0.8	1.64	1.4592	0.564	868.61	40.49	44.15	9.0%
73	A	0.2	1.64	5.5020	0.389	366.39	17.08	15.30	-10.4%
74	A	0.4	1.64	5.5020	0.389	493.97	23.03	21.70	-5.8%
75	A	0.6	1.64	5.5020	0.389	611.82	28.52	28.10	-1.5%
76	A	0.8	1.64	5.5020	0.389	721.18	33.62	34.49	2.6%
77	A	0.2	1.64	1.3173	0.278	303.96	14.17	12.46	-12.1%
78	A	0.4	1.64	1.3173	0.278	379.41	17.69	16.02	-9.4%
79	A	0.6	1.64	1.3173	0.278	455.37	21.23	19.57	-7.8%
80	A	0.8	1.64	1.3173	0.278	532.19	24.81	23.13	-6.8%
81	A	0.2	1.21	6.1720	0.815	467.89	21.81	21.35	-2.1%
82	A	0.4	1.21	6.1720	0.815	715.75	33.37	36.13	8.3%
83	A	0.6	1.21	6.1720	0.815	938.33	43.74	50.91	16.4%
84	A	0.8	1.21	6.1720	0.815	1140.15	53.15	65.70	23.6%
85	A	0.2	1.21	2.7425	0.698	413.54	19.28	18.55	-3.8%
86	A	0.4	1.21	2.7425	0.698	626.50	29.21	30.53	4.5%
87	A	0.6	1.21	2.7425	0.698	830.08	38.70	42.50	9.8%
88	A	0.8	1.21	2.7425	0.698	1026.81	47.87	54.48	13.8%
89	A	0.2	1.21	1.4592	0.564	362.62	16.91	15.85	-6.2%
90	A	0.4	1.21	1.4592	0.564	532.46	24.82	25.13	1.2%
91	A	0.6	1.21	1.4592	0.564	699.88	32.63	34.41	5.5%
92	A	0.8	1.21	1.4592	0.564	866.59	40.40	43.69	8.1%
93	A	0.2	1.21	5.5020	0.389	339.97	15.85	13.43	-15.2%
94	A	0.4	1.21	5.5020	0.389	477.39	22.26	20.30	-8.8%
95	A	0.6	1.21	5.5020	0.389	602.58	28.09	27.16	-3.3%
96	A	0.8	1.21	5.5020	0.389	717.39	33.44	34.03	1.7%
97	A	0.2	1.21	1.3173	0.278	275.24	12.83	10.59	-17.4%
98	A	0.4	1.21	1.3173	0.278	359.96	16.78	14.62	-12.9%

ตารางที่ ช-1 รายละเอียดกรณีที่ใช้ในการจำลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ ในสมการ$OTTV_{condo}$ และเปรียบเทียบระหว่าง $OTTV_{condo}$ ที่ได้จากการจำลอง และ $OTTV_{condo}$ ที่ได้จากการคำนวณ (ต่อ)

กรณีที่	ทิศทางอาคาร	WWR	Uw ($W/m^2.^\circ C$)	Uf ($W/m^2.^\circ C$)	SHCG	การจำลอง		การคำนวณ	
						Cooling load (MWh)	$OTTV_{condo}$ (W/m^2)	$OTTV_{condo}$ (W/m^2)	คลาดเคลื่อนจากการจำลอง
99	A	0.6	1.21	1.3173	0.278	443.75	20.69	18.64	-9.9%
100	A	0.8	1.21	1.3173	0.278	527.08	24.57	22.66	-7.8%
101	B	0.2	4.42	6.1720	0.815	714.82	33.32	35.30	5.9%
102	B	0.4	4.42	6.1720	0.815	952.36	44.40	46.59	4.9%
103	B	0.6	4.42	6.1720	0.815	1191.50	55.55	57.89	4.2%
104	B	0.8	4.42	6.1720	0.815	1436.71	66.98	69.18	3.3%
105	B	0.2	4.42	2.7425	0.698	669.77	31.22	32.49	4.1%
106	B	0.4	4.42	2.7425	0.698	873.17	40.71	40.98	0.7%
107	B	0.6	4.42	2.7425	0.698	1088.86	50.76	49.47	-2.5%
108	B	0.8	4.42	2.7425	0.698	1321.55	61.61	57.97	-5.9%
109	B	0.2	4.42	1.4592	0.564	618.65	28.84	29.79	3.3%
110	B	0.4	4.42	1.4592	0.564	772.07	35.99	35.59	-1.1%
111	B	0.6	4.42	1.4592	0.564	939.18	43.78	41.38	-5.5%
112	B	0.8	4.42	1.4592	0.564	1124.39	52.42	47.17	-10.0%
113	B	0.2	4.42	5.5020	0.389	583.65	27.21	27.38	0.6%
114	B	0.4	4.42	5.5020	0.389	692.03	32.26	30.76	-4.7%
115	B	0.6	4.42	5.5020	0.389	803.04	37.44	34.14	-8.8%
116	B	0.8	4.42	5.5020	0.389	916.81	42.74	37.51	-12.2%
117	B	0.2	4.42	1.3173	0.278	524.36	24.45	24.54	0.4%
118	B	0.4	4.42	1.3173	0.278	575.96	26.85	25.08	-6.6%
119	B	0.6	4.42	1.3173	0.278	633.21	29.52	25.61	-13.2%
120	B	0.8	4.42	1.3173	0.278	697.31	32.51	26.15	-19.6%
121	B	0.2	3.38	6.1720	0.815	678.25	31.62	30.78	-2.7%
122	B	0.4	3.38	6.1720	0.815	938.00	43.73	43.20	-1.2%
123	B	0.6	3.38	6.1720	0.815	1191.09	55.53	55.63	0.2%
124	B	0.8	3.38	6.1720	0.815	1441.44	67.20	68.05	1.3%
125	B	0.2	3.38	2.7425	0.698	628.33	29.29	27.97	-4.5%
126	B	0.4	3.38	2.7425	0.698	852.11	39.72	37.59	-5.4%
127	B	0.6	3.38	2.7425	0.698	1082.25	50.45	47.22	-6.4%
128	B	0.8	3.38	2.7425	0.698	1322.61	61.66	56.84	-7.8%
129	B	0.2	3.38	1.4592	0.564	573.32	26.73	25.28	-5.4%
130	B	0.4	3.38	1.4592	0.564	745.19	34.74	32.20	-7.3%
131	B	0.6	3.38	1.4592	0.564	926.80	43.21	39.12	-9.5%

ตารางที่ ช-1 รายละเอียดกรณีที่ใช้ในการจำลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ ในสมการ$OTTV_{condo}$ และเปรียบเทียบระหว่าง $OTTV_{condo}$ ที่ได้จากการจำลอง และ $OTTV_{condo}$ ที่ได้จากการคำนวณ (ต่อ)

กรณีที่	ทิศทางอาคาร	WWR	Uw ($W/m^2.^\circ C$)	Uf ($W/m^2.^\circ C$)	SHCG	การจำลอง		การคำนวณ	
						Cooling load (MWh)	$OTTV_{condo}$ (W/m^2)	$OTTV_{condo}$ (W/m^2)	คลาดเคลื่อนจากการจำลอง
132	B	0.8	3.38	1.4592	0.564	1121.58	52.29	46.04	-11.9%
133	B	0.2	3.38	5.5020	0.389	537.36	25.05	22.86	-8.7%
134	B	0.4	3.38	5.5020	0.389	662.99	30.91	27.37	-11.5%
135	B	0.6	3.38	5.5020	0.389	787.62	36.72	31.88	-13.2%
136	B	0.8	3.38	5.5020	0.389	911.19	42.48	36.38	-14.3%
137	B	0.2	3.38	1.3173	0.278	472.98	22.05	20.02	-9.2%
138	B	0.4	3.38	1.3173	0.278	539.41	25.15	21.69	-13.8%
139	B	0.6	3.38	1.3173	0.278	610.51	28.46	23.35	-17.9%
140	B	0.8	3.38	1.3173	0.278	686.96	32.03	25.02	-21.9%
141	B	0.2	2.64	6.1720	0.815	642.65	29.96	27.56	-8.0%
142	B	0.4	2.64	6.1720	0.815	921.62	42.97	40.79	-5.1%
143	B	0.6	2.64	6.1720	0.815	1187.19	55.35	54.02	-2.4%
144	B	0.8	2.64	6.1720	0.815	1443.17	67.28	67.25	0.0%
145	B	0.2	2.64	2.7425	0.698	589.01	27.46	24.76	-9.8%
146	B	0.4	2.64	2.7425	0.698	830.79	38.73	35.18	-9.2%
147	B	0.6	2.64	2.7425	0.698	1073.91	50.07	45.61	-8.9%
148	B	0.8	2.64	2.7425	0.698	1321.78	61.62	56.03	-9.1%
149	B	0.2	2.64	1.4592	0.564	531.07	24.76	22.06	-10.9%
150	B	0.4	2.64	1.4592	0.564	719.54	33.54	29.79	-11.2%
151	B	0.6	2.64	1.4592	0.564	914.23	42.62	37.51	-12.0%
152	B	0.8	2.64	1.4592	0.564	1117.98	52.12	45.24	-13.2%
153	B	0.2	2.64	5.5020	0.389	494.31	23.04	19.65	-14.7%
154	B	0.4	2.64	5.5020	0.389	635.70	29.64	24.96	-15.8%
155	B	0.6	2.64	5.5020	0.389	772.61	36.02	30.27	-16.0%
156	B	0.8	2.64	5.5020	0.389	905.34	42.21	35.58	-15.7%
157	B	0.2	2.64	1.3173	0.278	426.04	19.86	16.81	-15.4%
158	B	0.4	2.64	1.3173	0.278	506.46	23.61	19.28	-18.4%
159	B	0.6	2.64	1.3173	0.278	590.16	27.51	21.75	-21.0%
160	B	0.8	2.64	1.3173	0.278	677.72	31.59	24.22	-23.4%
161	B	0.2	1.64	6.1720	0.815	591.64	27.58	23.22	-15.8%
162	B	0.4	1.64	6.1720	0.815	898.79	41.90	37.53	-10.4%
163	B	0.6	1.64	6.1720	0.815	1181.88	55.10	51.85	-5.9%
164	B	0.8	1.64	6.1720	0.815	1445.50	67.39	66.16	-1.8%

ตารางที่ ช-1 รายละเอียดกรณีที่ใช้ในการจำลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ในสมการ $OTTV_{condo}$ และเปรียบเทียบระหว่าง $OTTV_{condo}$ ที่ได้จากการจำลอง และ $OTTV_{condo}$ ที่ได้จากการคำนวณ (ต่อ)

กรณีที่	ทิศทางอาคาร	WWR	Uw ($W/m^2.^\circ C$)	Uf ($W/m^2.^\circ C$)	SHCG	การจำลอง		การคำนวณ	
						Cooling load (MWh)	$OTTV_{condo}$ (W/m^2)	$OTTV_{condo}$ (W/m^2)	คลาดเคลื่อนจากการจำลอง
165	B	0.2	1.64	2.7425	0.698	532.17	24.81	20.42	-17.7%
166	B	0.4	1.64	2.7425	0.698	800.07	37.30	31.93	-14.4%
167	B	0.6	1.64	2.7425	0.698	1061.61	49.49	43.44	-12.2%
168	B	0.8	1.64	2.7425	0.698	1319.92	61.53	54.95	-10.7%
169	B	0.2	1.64	1.4592	0.564	469.80	21.90	17.72	-19.1%
170	B	0.4	1.64	1.4592	0.564	682.14	31.80	26.53	-16.6%
171	B	0.6	1.64	1.4592	0.564	895.67	41.76	35.34	-15.4%
172	B	0.8	1.64	1.4592	0.564	1112.05	51.84	44.15	-14.8%
173	B	0.2	1.64	5.5020	0.389	432.93	20.18	15.30	-24.2%
174	B	0.4	1.64	5.5020	0.389	598.07	27.88	21.70	-22.2%
175	B	0.6	1.64	5.5020	0.389	752.77	35.09	28.10	-19.9%
176	B	0.8	1.64	5.5020	0.389	898.00	41.86	34.49	-17.6%
177	B	0.2	1.64	1.3173	0.278	358.05	16.69	12.46	-25.3%
178	B	0.4	1.64	1.3173	0.278	459.48	21.42	16.02	-25.2%
179	B	0.6	1.64	1.3173	0.278	561.51	26.18	19.57	-25.2%
180	B	0.8	1.64	1.3173	0.278	664.79	30.99	23.13	-25.4%
181	B	0.2	1.21	6.1720	0.815	566.42	26.41	21.35	-19.1%
182	B	0.4	1.21	6.1720	0.815	887.18	41.36	36.13	-12.6%
183	B	0.6	1.21	6.1720	0.815	1178.82	54.96	50.91	-7.4%
184	B	0.8	1.21	6.1720	0.815	1446.54	67.44	65.70	-2.6%
185	B	0.2	1.21	2.7425	0.698	504.65	23.53	18.55	-21.2%
186	B	0.4	1.21	2.7425	0.698	785.51	36.62	30.53	-16.6%
187	B	0.6	1.21	2.7425	0.698	1056.37	49.25	42.50	-13.7%
188	B	0.8	1.21	2.7425	0.698	1319.87	61.53	54.48	-11.5%
189	B	0.2	1.21	1.4592	0.564	440.31	20.53	15.85	-22.8%
190	B	0.4	1.21	1.4592	0.564	664.95	31.00	25.13	-18.9%
191	B	0.6	1.21	1.4592	0.564	887.78	41.39	34.41	-16.9%
192	B	0.8	1.21	1.4592	0.564	1110.31	51.76	43.69	-15.6%
193	B	0.2	1.21	5.5020	0.389	403.21	18.80	13.43	-28.5%
194	B	0.4	1.21	5.5020	0.389	579.34	27.01	20.30	-24.8%
195	B	0.6	1.21	5.5020	0.389	742.47	34.61	27.16	-21.5%
196	B	0.8	1.21	5.5020	0.389	893.93	41.67	34.03	-18.4%
197	B	0.2	1.21	1.3173	0.278	325.44	15.17	10.59	-30.2%

ตารางที่ ช-1 รายละเอียดกรณีที่ใช้ในการจำลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ ในสมการ$OTTV_{condo}$ และเปรียบเทียบระหว่าง $OTTV_{condo}$ ที่ได้จากการจำลอง และ $OTTV_{condo}$ ที่ได้จากการคำนวณ (ต่อ)

กรณีที่	ทิศทางอาคาร	WWR	Uw ($W/m^2.^\circ C$)	Uf ($W/m^2.^\circ C$)	SHCG	การจำลอง		การคำนวณ	
						Cooling load (MWh)	$OTTV_{condo}$ (W/m^2)	$OTTV_{condo}$ (W/m^2)	คลาดเคลื่อนจากการจำลอง
198	B	0.4	1.21	1.3173	0.278	437.49	20.40	14.62	-28.3%
199	B	0.6	1.21	1.3173	0.278	548.36	25.56	18.64	-27.1%
200	B	0.8	1.21	1.3173	0.278	659.07	30.73	22.66	-26.2%
201	C	0.2	4.42	6.1720	0.815	679.05	31.66	35.30	11.5%
202	C	0.4	4.42	6.1720	0.815	898.68	41.90	46.59	11.2%
203	C	0.6	4.42	6.1720	0.815	1119.54	52.19	57.89	10.9%
204	C	0.8	4.42	6.1720	0.815	1346.37	62.77	69.18	10.2%
205	C	0.2	4.42	2.7425	0.698	635.40	29.62	32.49	9.7%
206	C	0.4	4.42	2.7425	0.698	821.34	38.29	40.98	7.0%
207	C	0.6	4.42	2.7425	0.698	1019.13	47.51	49.47	4.1%
208	C	0.8	4.42	2.7425	0.698	1232.54	57.46	57.97	0.9%
209	C	0.2	4.42	1.4592	0.564	587.68	27.40	29.79	8.7%
210	C	0.4	4.42	1.4592	0.564	727.07	33.90	35.59	5.0%
211	C	0.6	4.42	1.4592	0.564	879.43	41.00	41.38	0.9%
212	C	0.8	4.42	1.4592	0.564	1048.56	48.88	47.17	-3.5%
213	C	0.2	4.42	5.5020	0.389	556.85	25.96	27.38	5.5%
214	C	0.4	4.42	5.5020	0.389	656.45	30.60	30.76	0.5%
215	C	0.6	4.42	5.5020	0.389	757.99	35.34	34.14	-3.4%
216	C	0.8	4.42	5.5020	0.389	862.38	40.20	37.51	-6.7%
217	C	0.2	4.42	1.3173	0.278	500.83	23.35	24.54	5.1%
218	C	0.4	4.42	1.3173	0.278	546.90	25.50	25.08	-1.7%
219	C	0.6	4.42	1.3173	0.278	597.60	27.86	25.61	-8.1%
220	C	0.8	4.42	1.3173	0.278	654.66	30.52	26.15	-14.3%
221	C	0.2	3.38	6.1720	0.815	644.30	30.04	30.78	2.5%
222	C	0.4	3.38	6.1720	0.815	884.97	41.26	43.20	4.7%
223	C	0.6	3.38	6.1720	0.815	1119.14	52.17	55.63	6.6%
224	C	0.8	3.38	6.1720	0.815	1350.93	62.98	68.05	8.1%
225	C	0.2	3.38	2.7425	0.698	595.93	27.78	27.97	0.7%
226	C	0.4	3.38	2.7425	0.698	801.11	37.35	37.59	0.7%
227	C	0.6	3.38	2.7425	0.698	1012.70	47.21	47.22	0.0%
228	C	0.8	3.38	2.7425	0.698	1233.45	57.50	56.84	-1.2%
229	C	0.2	3.38	1.4592	0.564	544.52	25.39	25.28	-0.4%
230	C	0.4	3.38	1.4592	0.564	701.32	32.70	32.20	-1.5%

ตารางที่ ช-1 รายละเอียดกรณีที่ใช้ในการจำลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ ในสมการ$OTTV_{condo}$ และเปรียบเทียบระหว่าง $OTTV_{condo}$ ที่ได้จากการจำลอง และ $OTTV_{condo}$ ที่ได้จากการคำนวณ (ต่อ)

กรณีที่	ทิศทางอาคาร	WWR	Uw ($W/m^2.^\circ C$)	Uf ($W/m^2.^\circ C$)	SHCG	การจำลอง		การคำนวณ	
						Cooling load (MWh)	$OTTV_{condo}$ (W/m^2)	$OTTV_{condo}$ (W/m^2)	คลาดเคลื่อนจากการจำลอง
231	C	0.6	3.38	1.4592	0.564	867.43	40.44	39.12	-3.3%
232	C	0.8	3.38	1.4592	0.564	1045.74	48.75	46.04	-5.6%
233	C	0.2	3.38	5.5020	0.389	512.88	23.91	22.86	-4.4%
234	C	0.4	3.38	5.5020	0.389	628.89	29.32	27.37	-6.7%
235	C	0.6	3.38	5.5020	0.389	743.42	34.66	31.88	-8.0%
236	C	0.8	3.38	5.5020	0.389	857.00	39.95	36.38	-8.9%
237	C	0.2	3.38	1.3173	0.278	451.92	21.07	20.02	-5.0%
238	C	0.4	3.38	1.3173	0.278	512.05	23.87	21.69	-9.2%
239	C	0.6	3.38	1.3173	0.278	575.91	26.85	23.35	-13.0%
240	C	0.8	3.38	1.3173	0.278	644.77	30.06	25.02	-16.8%
241	C	0.2	2.64	6.1720	0.815	610.13	28.44	27.56	-3.1%
242	C	0.4	2.64	6.1720	0.815	869.05	40.51	40.79	0.7%
243	C	0.6	2.64	6.1720	0.815	1115.23	51.99	54.02	3.9%
244	C	0.8	2.64	6.1720	0.815	1352.51	63.05	67.25	6.7%
245	C	0.2	2.64	2.7425	0.698	558.15	26.02	24.76	-4.8%
246	C	0.4	2.64	2.7425	0.698	780.37	36.38	35.18	-3.3%
247	C	0.6	2.64	2.7425	0.698	1004.45	46.83	45.61	-2.6%
248	C	0.8	2.64	2.7425	0.698	1232.47	57.46	56.03	-2.5%
249	C	0.2	2.64	1.4592	0.564	503.96	23.49	22.06	-6.1%
250	C	0.4	2.64	1.4592	0.564	676.45	31.54	29.79	-5.5%
251	C	0.6	2.64	1.4592	0.564	855.12	39.87	37.51	-5.9%
252	C	0.8	2.64	1.4592	0.564	1042.12	48.58	45.24	-6.9%
253	C	0.2	2.64	5.5020	0.389	471.79	21.99	19.65	-10.7%
254	C	0.4	2.64	5.5020	0.389	602.65	28.10	24.96	-11.2%
255	C	0.6	2.64	5.5020	0.389	728.96	33.98	30.27	-10.9%
256	C	0.8	2.64	5.5020	0.389	851.33	39.69	35.58	-10.4%
257	C	0.2	2.64	1.3173	0.278	407.00	18.97	16.81	-11.4%
258	C	0.4	2.64	1.3173	0.278	480.18	22.39	19.28	-13.9%
259	C	0.6	2.64	1.3173	0.278	556.26	25.93	21.75	-16.1%
260	C	0.8	2.64	1.3173	0.278	635.83	29.64	24.22	-18.3%
261	C	0.2	1.64	6.1720	0.815	561.48	26.18	23.22	-11.3%
262	C	0.4	1.64	6.1720	0.815	847.23	39.50	37.53	-5.0%
263	C	0.6	1.64	6.1720	0.815	1110.20	51.76	51.85	0.2%

ตารางที่ ช-1 รายละเอียดกรณีที่ใช้ในการจำลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ ในสมการ$OTTV_{condo}$ และเปรียบเทียบระหว่าง $OTTV_{condo}$ ที่ได้จากการจำลอง และ $OTTV_{condo}$ ที่ได้จากการคำนวณ (ต่อ)

กรณีที่	ทิศทางอาคาร	WWR	Uw ($W/m^2.^\circ C$)	Uf ($W/m^2.^\circ C$)	SHCG	การจำลอง		การคำนวณ	
						Cooling load (MWh)	$OTTV_{condo}$ (W/m^2)	$OTTV_{condo}$ (W/m^2)	คลาดเคลื่อนจากการจำลอง
264	C	0.8	1.64	6.1720	0.815	1354.78	63.16	66.16	4.8%
265	C	0.2	1.64	2.7425	0.698	503.80	23.49	20.42	-13.1%
266	C	0.4	1.64	2.7425	0.698	750.93	35.01	31.93	-8.8%
267	C	0.6	1.64	2.7425	0.698	992.36	46.26	43.44	-6.1%
268	C	0.8	1.64	2.7425	0.698	1230.49	57.36	54.95	-4.2%
269	C	0.2	1.64	1.4592	0.564	445.25	20.76	17.72	-14.6%
270	C	0.4	1.64	1.4592	0.564	640.74	29.87	26.53	-11.2%
271	C	0.6	1.64	1.4592	0.564	836.96	39.02	35.34	-9.4%
272	C	0.8	1.64	1.4592	0.564	1036.19	48.31	44.15	-8.6%
273	C	0.2	1.64	5.5020	0.389	413.26	19.27	15.30	-20.6%
274	C	0.4	1.64	5.5020	0.389	566.92	26.43	21.70	-17.9%
275	C	0.6	1.64	5.5020	0.389	710.10	33.10	28.10	-15.1%
276	C	0.8	1.64	5.5020	0.389	844.32	39.36	34.49	-12.4%
277	C	0.2	1.64	1.3173	0.278	341.82	15.94	12.46	-21.8%
278	C	0.4	1.64	1.3173	0.278	435.33	20.29	16.02	-21.1%
279	C	0.6	1.64	1.3173	0.278	528.95	24.66	19.57	-20.6%
280	C	0.8	1.64	1.3173	0.278	623.51	29.07	23.13	-20.4%
281	C	0.2	1.21	6.1720	0.815	537.01	25.04	21.35	-14.7%
282	C	0.4	1.21	6.1720	0.815	835.39	38.95	36.13	-7.2%
283	C	0.6	1.21	6.1720	0.815	1106.97	51.61	50.91	-1.3%
284	C	0.8	1.21	6.1720	0.815	1355.45	63.19	65.70	4.0%
285	C	0.2	1.21	2.7425	0.698	477.25	22.25	18.55	-16.6%
286	C	0.4	1.21	2.7425	0.698	736.37	34.33	30.53	-11.1%
287	C	0.6	1.21	2.7425	0.698	986.62	46.00	42.50	-7.6%
288	C	0.8	1.21	2.7425	0.698	1229.94	57.34	54.48	-5.0%
289	C	0.2	1.21	1.4592	0.564	416.93	19.44	15.85	-18.5%
290	C	0.4	1.21	1.4592	0.564	623.69	29.08	25.13	-13.6%
291	C	0.6	1.21	1.4592	0.564	828.84	38.64	34.41	-11.0%
292	C	0.8	1.21	1.4592	0.564	1034.12	48.21	43.69	-9.4%
293	C	0.2	1.21	5.5020	0.389	384.66	17.93	13.43	-25.1%
294	C	0.4	1.21	5.5020	0.389	548.71	25.58	20.30	-20.6%
295	C	0.6	1.21	5.5020	0.389	699.99	32.63	27.16	-16.8%
296	C	0.8	1.21	5.5020	0.389	840.26	39.17	34.03	-13.1%

ตารางที่ ช-1 รายละเอียดกรณีที่ใช้ในการจำลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ ในสมการ$OTTV_{condo}$ และเปรียบเทียบระหว่าง $OTTV_{condo}$ ที่ได้จากการจำลอง และ $OTTV_{condo}$ ที่ได้จากการคำนวณ (ต่อ)

กรณีที่	ทิศทางอาคาร	WWR	Uw ($W/m^2.^\circ C$)	Uf ($W/m^2.^\circ C$)	SHCG	การจำลอง		การคำนวณ	
						Cooling load (MWh)	$OTTV_{condo}$ (W/m^2)	$OTTV_{condo}$ (W/m^2)	คลาดเคลื่อนจากการจำลอง
297	C	0.2	1.21	1.3173	0.278	310.61	14.48	10.59	-26.8%
298	C	0.4	1.21	1.3173	0.278	414.04	19.30	14.62	-24.3%
299	C	0.6	1.21	1.3173	0.278	516.11	24.06	18.64	-22.5%
300	C	0.8	1.21	1.3173	0.278	617.88	28.81	22.66	-21.3%
301	D	0.2	4.42	6.1720	0.815	672.44	31.35	35.30	12.6%
302	D	0.4	4.42	6.1720	0.815	889.99	41.49	46.59	12.3%
303	D	0.6	4.42	6.1720	0.815	1109.52	51.73	57.89	11.9%
304	D	0.8	4.42	6.1720	0.815	1334.89	62.23	69.18	11.2%
305	D	0.2	4.42	2.7425	0.698	629.40	29.34	32.49	10.7%
306	D	0.4	4.42	2.7425	0.698	813.72	37.94	40.98	8.0%
307	D	0.6	4.42	2.7425	0.698	1009.96	47.08	49.47	5.1%
308	D	0.8	4.42	2.7425	0.698	1222.93	57.01	57.97	1.7%
309	D	0.2	4.42	1.4592	0.564	582.49	27.16	29.79	9.7%
310	D	0.4	4.42	1.4592	0.564	720.41	33.58	35.59	6.0%
311	D	0.6	4.42	1.4592	0.564	871.54	40.63	41.38	1.8%
312	D	0.8	4.42	1.4592	0.564	1040.31	48.50	47.17	-2.7%
313	D	0.2	4.42	5.5020	0.389	552.20	25.74	27.38	6.4%
314	D	0.4	4.42	5.5020	0.389	650.91	30.34	30.76	1.4%
315	D	0.6	4.42	5.5020	0.389	751.42	35.03	34.14	-2.6%
316	D	0.8	4.42	5.5020	0.389	855.01	39.86	37.51	-5.9%
317	D	0.2	4.42	1.3173	0.278	496.58	23.15	24.54	6.0%
318	D	0.4	4.42	1.3173	0.278	542.13	25.27	25.08	-0.8%
319	D	0.6	4.42	1.3173	0.278	592.53	27.62	25.61	-7.3%
320	D	0.8	4.42	1.3173	0.278	649.20	30.27	26.15	-13.6%
321	D	0.2	3.38	6.1720	0.815	638.15	29.75	30.78	3.5%
322	D	0.4	3.38	6.1720	0.815	876.54	40.86	43.20	5.7%
323	D	0.6	3.38	6.1720	0.815	1109.15	51.71	55.63	7.6%
324	D	0.8	3.38	6.1720	0.815	1339.46	62.44	68.05	9.0%
325	D	0.2	3.38	2.7425	0.698	590.41	27.52	27.97	1.6%
326	D	0.4	3.38	2.7425	0.698	793.83	37.01	37.59	1.6%
327	D	0.6	3.38	2.7425	0.698	1004.60	46.83	47.22	0.8%
328	D	0.8	3.38	2.7425	0.698	1223.94	57.06	56.84	-0.4%
329	D	0.2	3.38	1.4592	0.564	539.50	25.15	25.28	0.5%

ตารางที่ ช-1 รายละเอียดกรณีที่ใช้ในการจำลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ ในสมการ$OTTV_{condo}$ และเปรียบเทียบระหว่าง $OTTV_{condo}$ ที่ได้จากการจำลอง และ $OTTV_{condo}$ ที่ได้จากการคำนวณ (ต่อ)

กรณีที่	ทิศทางอาคาร	WWR	Uw ($W/m^2.^\circ C$)	Uf ($W/m^2.^\circ C$)	SHCG	การจำลอง		การคำนวณ	
						Cooling load (MWh)	$OTTV_{condo}$ (W/m^2)	$OTTV_{condo}$ (W/m^2)	คลาดเคลื่อนจากการจำลอง
330	D	0.4	3.38	1.4592	0.564	695.01	32.40	32.20	-0.6%
331	D	0.6	3.38	1.4592	0.564	859.82	40.08	39.12	-2.4%
332	D	0.8	3.38	1.4592	0.564	1037.62	48.37	46.04	-4.8%
333	D	0.2	3.38	5.5020	0.389	508.45	23.70	22.86	-3.6%
334	D	0.4	3.38	5.5020	0.389	623.67	29.08	27.37	-5.9%
335	D	0.6	3.38	5.5020	0.389	736.99	34.36	31.88	-7.2%
336	D	0.8	3.38	5.5020	0.389	849.75	39.61	36.38	-8.2%
337	D	0.2	3.38	1.3173	0.278	448.12	20.89	20.02	-4.2%
338	D	0.4	3.38	1.3173	0.278	507.67	23.67	21.69	-8.4%
339	D	0.6	3.38	1.3173	0.278	571.05	26.62	23.35	-12.3%
340	D	0.8	3.38	1.3173	0.278	639.43	29.81	25.02	-16.1%
341	D	0.2	2.64	6.1720	0.815	604.52	28.18	27.56	-2.2%
342	D	0.4	2.64	6.1720	0.815	861.05	40.14	40.79	1.6%
343	D	0.6	2.64	6.1720	0.815	1105.49	51.54	54.02	4.8%
344	D	0.8	2.64	6.1720	0.815	1341.15	62.52	67.25	7.6%
345	D	0.2	2.64	2.7425	0.698	553.18	25.79	24.76	-4.0%
346	D	0.4	2.64	2.7425	0.698	773.52	36.06	35.18	-2.4%
347	D	0.6	2.64	2.7425	0.698	995.83	46.43	45.61	-1.8%
348	D	0.8	2.64	2.7425	0.698	1223.16	57.02	56.03	-1.7%
349	D	0.2	2.64	1.4592	0.564	499.48	23.29	22.06	-5.3%
350	D	0.4	2.64	1.4592	0.564	670.58	31.26	29.79	-4.7%
351	D	0.6	2.64	1.4592	0.564	847.94	39.53	37.51	-5.1%
352	D	0.8	2.64	1.4592	0.564	1034.22	48.21	45.24	-6.2%
353	D	0.2	2.64	5.5020	0.389	467.86	21.81	19.65	-9.9%
354	D	0.4	2.64	5.5020	0.389	597.78	27.87	24.96	-10.4%
355	D	0.6	2.64	5.5020	0.389	722.82	33.70	30.27	-10.2%
356	D	0.8	2.64	5.5020	0.389	844.24	39.36	35.58	-9.6%
357	D	0.2	2.64	1.3173	0.278	403.61	18.82	16.81	-10.7%
358	D	0.4	2.64	1.3173	0.278	476.30	22.20	19.28	-13.2%
359	D	0.6	2.64	1.3173	0.278	551.66	25.72	21.75	-15.4%
360	D	0.8	2.64	1.3173	0.278	630.67	29.40	24.22	-17.6%
361	D	0.2	1.64	6.1720	0.815	556.54	25.95	23.22	-10.5%
362	D	0.4	1.64	6.1720	0.815	839.53	39.14	37.53	-4.1%

ตารางที่ ช-1 รายละเอียดกรณีที่ใช้ในการจำลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ ในสมการ$OTTV_{condo}$ และเปรียบเทียบระหว่าง $OTTV_{condo}$ ที่ได้จากการจำลอง และ $OTTV_{condo}$ ที่ได้จากการคำนวณ (ต่อ)

กรณีที่	ทิศทางอาคาร	WWR	Uw ($W/m^2.^\circ C$)	Uf ($W/m^2.^\circ C$)	SHCG	การจำลอง		การคำนวณ	
						Cooling load (MWh)	$OTTV_{condo}$ (W/m^2)	$OTTV_{condo}$ (W/m^2)	คลาดเคลื่อนจากการจำลอง
363	D	0.6	1.64	6.1720	0.815	1100.35	51.30	51.85	1.1%
364	D	0.8	1.64	6.1720	0.815	1343.38	62.63	66.16	5.6%
365	D	0.2	1.64	2.7425	0.698	499.36	23.28	20.42	-12.3%
366	D	0.4	1.64	2.7425	0.698	744.34	34.70	31.93	-8.0%
367	D	0.6	1.64	2.7425	0.698	983.97	45.87	43.44	-5.3%
368	D	0.8	1.64	2.7425	0.698	1221.26	56.93	54.95	-3.5%
369	D	0.2	1.64	1.4592	0.564	441.25	20.57	17.72	-13.9%
370	D	0.4	1.64	1.4592	0.564	635.19	29.61	26.53	-10.4%
371	D	0.6	1.64	1.4592	0.564	830.12	38.70	35.34	-8.7%
372	D	0.8	1.64	1.4592	0.564	1028.41	47.94	44.15	-7.9%
373	D	0.2	1.64	5.5020	0.389	409.69	19.10	15.30	-19.9%
374	D	0.4	1.64	5.5020	0.389	562.17	26.21	21.70	-17.2%
375	D	0.6	1.64	5.5020	0.389	704.19	32.83	28.10	-14.4%
376	D	0.8	1.64	5.5020	0.389	837.30	39.03	34.49	-11.6%
377	D	0.2	1.64	1.3173	0.278	338.85	15.80	12.46	-21.1%
378	D	0.4	1.64	1.3173	0.278	431.34	20.11	16.02	-20.3%
379	D	0.6	1.64	1.3173	0.278	524.38	24.45	19.57	-19.9%
380	D	0.8	1.64	1.3173	0.278	618.43	28.83	23.13	-19.8%
381	D	0.2	1.21	6.1720	0.815	532.34	24.82	21.35	-14.0%
382	D	0.4	1.21	6.1720	0.815	827.93	38.60	36.13	-6.4%
383	D	0.6	1.21	6.1720	0.815	1097.14	51.15	50.91	-0.5%
384	D	0.8	1.21	6.1720	0.815	1344.17	62.66	65.70	4.8%
385	D	0.2	1.21	2.7425	0.698	472.91	22.05	18.55	-15.9%
386	D	0.4	1.21	2.7425	0.698	730.08	34.04	30.53	-10.3%
387	D	0.6	1.21	2.7425	0.698	978.62	45.62	42.50	-6.8%
388	D	0.8	1.21	2.7425	0.698	1220.99	56.92	54.48	-4.3%
389	D	0.2	1.21	1.4592	0.564	413.02	19.25	15.85	-17.7%
390	D	0.4	1.21	1.4592	0.564	618.45	28.83	25.13	-12.8%
391	D	0.6	1.21	1.4592	0.564	822.35	38.34	34.41	-10.3%
392	D	0.8	1.21	1.4592	0.564	1026.60	47.86	43.69	-8.7%
393	D	0.2	1.21	5.5020	0.389	381.05	17.76	13.43	-24.4%
394	D	0.4	1.21	5.5020	0.389	544.03	25.36	20.30	-20.0%
395	D	0.6	1.21	5.5020	0.389	694.15	32.36	27.16	-16.1%

ตารางที่ ช-1 รายละเอียดกรณีที่ใช้ในการจำลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ ในสมการ$OTTV_{condo}$ และเปรียบเทียบระหว่าง $OTTV_{condo}$ ที่ได้จากการจำลอง และ $OTTV_{condo}$ ที่ได้จากการคำนวณ (ต่อ)

กรณีที่	ทิศทางอาคาร	WWR	Uw ($W/m^2.^\circ C$)	Uf ($W/m^2.^\circ C$)	SHCG	การจำลอง		การคำนวณ	
						Cooling load (MWh)	$OTTV_{condo}$ (W/m^2)	$OTTV_{condo}$ (W/m^2)	คลาดเคลื่อนจากการจำลอง
396	D	0.8	1.21	5.5020	0.389	833.29	38.85	34.03	-12.4%
397	D	0.2	1.21	1.3173	0.278	307.75	14.35	10.59	-26.2%
398	D	0.4	1.21	1.3173	0.278	410.16	19.12	14.62	-23.6%
399	D	0.6	1.21	1.3173	0.278	511.65	23.85	18.64	-21.9%
400	D	0.8	1.21	1.3173	0.278	612.89	28.57	22.66	-20.7%

ภาคผนวก ซ

รายละเอียดกรณีที่ใช้ในการจำลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ในสมการ CR และเปรียบเทียบระหว่าง CR ที่ได้จากการจำลอง และ CR ที่ได้จากการคำนวณ

ตารางที่ ซ-1 รายละเอียดกรณีที่ใช้ในการจำลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ ในสมการCR
และเปรียบเทียบระหว่าง CR ที่ได้จากการจำลอง และ CR ที่ได้จากการคำนวณ

กรณีที่	ทิศทางอาคาร	Wall $area_{A/C}$ /Floor $area_{A/C}$	$OTTV_{condo}$ (W/m^2-wall)	LPD (W/m^2-floor)	EQD (W/m^2-floor)	OCCU (person/m^2-floor)	การจำลอง				การคำนวณ	
							Cooling load (MWh/y)	CR (W/m^2-floor)	CR external (W/m^2-floor)	CR internal (W/m^2-floor)	CR (W/m^2-floor)	คลาดเคลื่อนจากการจำลอง
1	A	0.5	20.42	6	6	0.019	611.5	14.44	10.35	4.10	14.52	0.52%
2	A	0.5	20.42	6	6	0.038	677.5	16.00	10.35	5.66	16.06	0.33%
3	A	0.5	20.42	6	6	0.076	808.8	19.11	10.35	8.76	19.13	0.11%
4	A	0.5	20.42	6	6	0.115	941.2	22.23	10.35	11.89	22.28	0.21%
5	A	0.5	20.42	6	34	0.019	768.3	18.15	10.35	7.80	18.16	0.07%
6	A	0.5	20.42	6	34	0.038	834.1	19.70	10.35	9.36	19.70	-0.03%
7	A	0.5	20.42	6	34	0.076	965.4	22.80	10.35	12.46	22.77	-0.16%
8	A	0.5	20.42	6	34	0.115	1097.6	25.93	10.35	15.58	25.92	-0.03%
9	A	0.5	20.42	6	62	0.019	926.0	21.87	10.35	11.53	21.80	-0.34%
10	A	0.5	20.42	6	62	0.038	992.0	23.43	10.35	13.08	23.34	-0.41%
11	A	0.5	20.42	6	62	0.076	1123.4	26.53	10.35	16.19	26.41	-0.48%
12	A	0.5	20.42	6	62	0.115	1255.7	29.66	10.35	19.32	29.56	-0.34%
13	A	0.5	20.42	6	90	0.019	1083.0	25.58	10.35	15.23	25.44	-0.55%
14	A	0.5	20.42	6	90	0.038	1148.9	27.14	10.35	16.79	26.98	-0.60%
15	A	0.5	20.42	6	90	0.076	1280.4	30.24	10.35	19.90	30.05	-0.65%
16	A	0.5	20.42	6	90	0.115	1413.0	33.38	10.35	23.03	33.20	-0.53%

ตารางที่ ซ-1 รายละเอียดกรณีที่ใช้ในการจำลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ ในสมการCR
และเปรียบเทียบระหว่าง CR ที่ได้จากการจำลอง และ CR ที่ได้จากการคำนวณ (ต่อ)

กรณีที่	ทิศทางอาคาร	Wall $area_{A/C}$ /Floor $area_{A/C}$	$OTTV_{condo}$ (W/m^2-wall)	LPD (W/m^2-floor)	EQD (W/m^2-floor)	OCCU (person/m^2-floor)	การจำลอง				การคำนวณ	
							Cooling load (MWh/y)	CR (W/m^2-floor)	CR external (W/m^2-floor)	CR internal (W/m^2-floor)	CR (W/m^2-floor)	คลาดเคลื่อนจากการจำลอง
17	A	0.5	20.42	8	6	0.019	635.7	15.02	10.35	4.67	15.14	0.82%
18	A	0.5	20.42	8	6	0.038	701.6	16.57	10.35	6.23	16.68	0.62%
19	A	0.5	20.42	8	6	0.076	832.9	19.67	10.35	9.33	19.75	0.37%
20	A	0.5	20.42	8	6	0.115	965.2	22.80	10.35	12.45	22.90	0.44%
21	A	0.5	20.42	8	34	0.019	792.3	18.71	10.35	8.37	18.78	0.35%
22	A	0.5	20.42	8	34	0.038	858.1	20.27	10.35	9.92	20.32	0.23%
23	A	0.5	20.42	8	34	0.076	989.3	23.37	10.35	13.02	23.39	0.08%
24	A	0.5	20.42	8	34	0.115	1121.5	26.49	10.35	16.15	26.54	0.18%
25	A	0.5	20.42	8	62	0.019	950.0	22.44	10.35	12.09	22.42	-0.09%
26	A	0.5	20.42	8	62	0.038	1015.9	24.00	10.35	13.65	23.96	-0.17%
27	A	0.5	20.42	8	62	0.076	1147.3	27.10	10.35	16.75	27.03	-0.27%
28	A	0.5	20.42	8	62	0.115	1279.7	30.23	10.35	19.88	30.18	-0.15%
29	A	0.5	20.42	8	90	0.019	1106.9	26.15	10.35	15.80	26.06	-0.33%
30	A	0.5	20.42	8	90	0.038	1172.9	27.70	10.35	17.36	27.60	-0.39%
31	A	0.5	20.42	8	90	0.076	1304.3	30.81	10.35	20.46	30.67	-0.46%
32	A	0.5	20.42	8	90	0.115	1436.9	33.94	10.35	23.59	33.82	-0.36%
33	A	0.5	20.42	10	6	0.019	659.9	15.59	10.35	5.24	15.76	1.11%

ตารางที่ ซ-1 รายละเอียดกรณีที่ใช้ในการจำลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ ในสมการCR
และเปรียบเทียบระหว่าง CR ที่ได้จากการจำลอง และ CR ที่ได้จากการคำนวณ (ต่อ)

กรณีที่	ทิศทางอาคาร	Wall $area_{A/C}$ /Floor $area_{A/C}$	$OTTV_{condo}$ (W/m^2-wall)	LPD (W/m^2-floor)	EQD (W/m^2-floor)	OCCU (person/m^2-floor)	การจำลอง				การคำนวณ	
							Cooling load (MWh/y)	CR (W/m^2-floor)	CR external (W/m^2-floor)	CR internal (W/m^2-floor)	CR (W/m^2-floor)	คลาดเคลื่อนจากการจำลอง
34	A	0.5	20.42	10	6	0.038	725.7	17.14	10.35	6.79	17.30	0.90%
35	A	0.5	20.42	10	6	0.076	857.0	20.24	10.35	9.90	20.37	0.62%
36	A	0.5	20.42	10	6	0.115	989.2	23.37	10.35	13.02	23.52	0.66%
37	A	0.5	20.42	10	34	0.019	816.2	19.28	10.35	8.93	19.40	0.62%
38	A	0.5	20.42	10	34	0.038	882.1	20.83	10.35	10.49	20.94	0.48%
39	A	0.5	20.42	10	34	0.076	1013.3	23.93	10.35	13.59	24.01	0.31%
40	A	0.5	20.42	10	34	0.115	1145.4	27.06	10.35	16.71	27.16	0.38%
41	A	0.5	20.42	10	62	0.019	974.0	23.01	10.35	12.66	23.04	0.14%
42	A	0.5	20.42	10	62	0.038	1039.9	24.56	10.35	14.22	24.58	0.05%
43	A	0.5	20.42	10	62	0.076	1171.2	27.67	10.35	17.32	27.65	-0.07%
44	A	0.5	20.42	10	62	0.115	1303.5	30.79	10.35	20.44	30.80	0.03%
45	A	0.5	20.42	10	90	0.019	1130.9	26.71	10.35	16.37	26.68	-0.13%
46	A	0.5	20.42	10	90	0.038	1196.8	28.27	10.35	17.92	28.22	-0.19%
47	A	0.5	20.42	10	90	0.076	1328.2	31.37	10.35	21.03	31.29	-0.27%
48	A	0.5	20.42	10	90	0.115	1460.8	34.51	10.35	24.16	34.44	-0.19%
49	A	0.5	20.42	12	6	0.019	674.9	15.94	10.35	5.60	16.38	2.75%
50	A	0.5	20.42	12	6	0.038	749.7	17.71	10.35	7.36	17.92	1.16%

ตารางที่ ซ-1 รายละเอียดกรณีที่ใช้ในการจำลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ ในสมการCR
และเปรียบเทียบระหว่าง CR ที่ได้จากการจำลอง และ CR ที่ได้จากการคำนวณ (ต่อ)

กรณีที่	ทิศทางอาคาร	Wall $area_{A/C}$ /Floor $area_{A/C}$	$OTTV_{condo}$ (W/m^2-wall)	LPD (W/m^2-floor)	EQD (W/m^2-floor)	OCCU (person/m^2-floor)	การจำลอง				การคำนวณ	
							Cooling load (MWh/y)	CR (W/m^2-floor)	CR external (W/m^2-floor)	CR internal (W/m^2-floor)	CR (W/m^2-floor)	คลาดเคลื่อนจากการจำลอง
51	A	0.5	20.42	12	6	0.076	881.0	20.81	10.35	10.46	20.99	0.86%
52	A	0.5	20.42	12	6	0.115	1013.2	23.93	10.35	13.59	24.14	0.86%
53	A	0.5	20.42	12	34	0.019	840.2	19.85	10.35	9.50	20.02	0.87%
54	A	0.5	20.42	12	34	0.038	906.0	21.40	10.35	11.05	21.56	0.73%
55	A	0.5	20.42	12	34	0.076	1037.2	24.50	10.35	14.15	24.63	0.52%
56	A	0.5	20.42	12	34	0.115	1169.3	27.62	10.35	17.27	27.78	0.58%
57	A	0.5	20.42	12	62	0.019	998.0	23.57	10.35	13.23	23.66	0.37%
58	A	0.5	20.42	12	62	0.038	1063.8	25.13	10.35	14.78	25.20	0.27%
59	A	0.5	20.42	12	62	0.076	1195.1	28.23	10.35	17.88	28.27	0.13%
60	A	0.5	20.42	12	62	0.115	1327.4	31.35	10.35	21.01	31.42	0.21%
61	A	0.5	20.42	12	90	0.019	1154.9	27.28	10.35	16.93	27.30	0.08%
62	A	0.5	20.42	12	90	0.038	1220.7	28.83	10.35	18.49	28.84	0.00%
63	A	0.5	20.42	12	90	0.076	1352.1	31.94	10.35	21.59	31.91	-0.10%
64	A	0.5	20.42	12	90	0.115	1484.7	35.07	10.35	24.72	35.06	-0.03%
65	B	0.5	67.25	6	6	0.019	1675.1	39.57	34.07	5.49	38.25	-3.33%
66	B	0.5	67.25	6	6	0.038	1738.1	41.05	34.07	6.98	39.78	-3.09%
67	B	0.5	67.25	6	6	0.076	1863.8	44.02	34.07	9.95	42.86	-2.65%

ตารางที่ ซ-1 รายละเอียดกรณีที่ใช้ในการจำลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ ในสมการCR
และเปรียบเทียบระหว่าง CR ที่ได้จากการจำลอง และ CR ที่ได้จากการคำนวณ (ต่อ)

กรณีที่	ทิศทางอาคาร	Wall $area_{A/C}$ /Floor $area_{A/C}$	$OTTV_{condo}$ (W/m^2-wall)	LPD (W/m^2-floor)	EQD (W/m^2-floor)	OCCU (person/m^2-floor)	การจำลอง				การคำนวณ	
							Cooling load (MWh/y)	CR (W/m^2-floor)	CR external (W/m^2-floor)	CR internal (W/m^2-floor)	CR (W/m^2-floor)	คลาดเคลื่อนจากการจำลอง
68	B	0.5	67.25	6	6	0.115	1990.5	47.02	34.07	12.94	46.01	-2.14%
69	B	0.5	67.25	6	34	0.019	1819.4	42.97	34.07	8.90	41.89	-2.53%
70	B	0.5	67.25	6	34	0.038	1882.3	44.46	34.07	10.39	43.42	-2.33%
71	B	0.5	67.25	6	34	0.076	2007.8	47.43	34.07	13.35	46.50	-1.96%
72	B	0.5	67.25	6	34	0.115	2134.4	50.42	34.07	16.34	49.65	-1.52%
73	B	0.5	67.25	6	62	0.019	1963.1	46.37	34.07	12.30	45.53	-1.81%
74	B	0.5	67.25	6	62	0.038	2026.0	47.85	34.07	13.78	47.06	-1.65%
75	B	0.5	67.25	6	62	0.076	2151.9	50.83	34.07	16.76	50.14	-1.36%
76	B	0.5	67.25	6	62	0.115	2278.4	53.82	34.07	19.74	53.29	-0.98%
77	B	0.5	67.25	6	90	0.019	2107.3	49.77	34.07	15.70	49.17	-1.22%
78	B	0.5	67.25	6	90	0.038	2170.0	51.26	34.07	17.18	50.70	-1.08%
79	B	0.5	67.25	6	90	0.076	2295.3	54.22	34.07	20.14	53.78	-0.81%
80	B	0.5	67.25	6	90	0.115	2421.6	57.20	34.07	23.13	56.93	-0.48%
81	B	0.5	67.25	8	6	0.019	1697.6	40.10	34.07	6.02	38.87	-3.07%
82	B	0.5	67.25	8	6	0.038	1760.6	41.59	34.07	7.51	40.40	-2.84%
83	B	0.5	67.25	8	6	0.076	1886.2	44.55	34.07	10.48	43.48	-2.42%
84	B	0.5	67.25	8	6	0.115	2012.9	47.55	34.07	13.47	46.63	-1.93%

ตารางที่ ซ-1 รายละเอียดกรณีที่ใช้ในการจำลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ ในสมการCR
และเปรียบเทียบระหว่าง CR ที่ได้จากการจำลอง และ CR ที่ได้จากการคำนวณ (ต่อ)

กรณีที่	ทิศทางอาคาร	Wall $area_{A/C}$ /Floor $area_{A/C}$	$OTTV_{condo}$ (W/m^2-wall)	LPD (W/m^2-floor)	EQD (W/m^2-floor)	OCCU (person/m^2-floor)	การจำลอง				การคำนวณ	
							Cooling load (MWh/y)	CR (W/m^2-floor)	CR external (W/m^2-floor)	CR internal (W/m^2-floor)	CR (W/m^2-floor)	คลาดเคลื่อนจากการจำลอง
85	B	0.5	67.25	8	34	0.019	1841.8	43.50	34.07	9.43	42.51	-2.29%
86	B	0.5	67.25	8	34	0.038	1904.7	44.99	34.07	10.92	44.04	-2.10%
87	B	0.5	67.25	8	34	0.076	2030.2	47.96	34.07	13.88	47.12	-1.75%
88	B	0.5	67.25	8	34	0.115	2156.8	50.94	34.07	16.87	50.27	-1.33%
89	B	0.5	67.25	8	62	0.019	1985.5	46.90	34.07	12.83	46.15	-1.60%
90	B	0.5	67.25	8	62	0.038	2048.3	48.38	34.07	14.31	47.68	-1.44%
91	B	0.5	67.25	8	62	0.076	2174.3	51.36	34.07	17.28	50.76	-1.17%
92	B	0.5	67.25	8	62	0.115	2300.7	54.34	34.07	20.27	53.91	-0.80%
93	B	0.5	67.25	8	90	0.019	2129.6	50.30	34.07	16.23	49.79	-1.02%
94	B	0.5	67.25	8	90	0.038	2192.4	51.79	34.07	17.71	51.32	-0.89%
95	B	0.5	67.25	8	90	0.076	2317.6	54.74	34.07	20.67	54.40	-0.64%
96	B	0.5	67.25	8	90	0.115	2444.9	57.75	34.07	23.68	57.55	-0.35%
97	B	0.5	67.25	10	6	0.019	1720.1	40.63	34.07	6.56	39.49	-2.81%
98	B	0.5	67.25	10	6	0.038	1783.1	42.12	34.07	8.04	41.02	-2.59%
99	B	0.5	67.25	10	6	0.076	1908.7	45.08	34.07	11.01	44.10	-2.19%
100	B	0.5	67.25	10	6	0.115	2035.4	48.08	34.07	14.00	47.25	-1.72%
101	B	0.5	67.25	10	34	0.019	1864.3	44.03	34.07	9.96	43.13	-2.06%

ตารางที่ ซ-1 รายละเอียดกรณีที่ใช้ในการจำลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ ในสมการCR
และเปรียบเทียบระหว่าง CR ที่ได้จากการจำลอง และ CR ที่ได้จากการคำนวณ (ต่อ)

กรณีที่	ทิศทางอาคาร	Wall $area_{A/C}$ /Floor $area_{A/C}$	$OTTV_{condo}$ (W/m^2-wall)	LPD (W/m^2-floor)	EQD (W/m^2-floor)	OCCU (person/m^2-floor)	การจำลอง				การคำนวณ	
							Cooling load (MWh/y)	CR (W/m^2-floor)	CR external (W/m^2-floor)	CR internal (W/m^2-floor)	CR (W/m^2-floor)	คลาดเคลื่อนจากการจำลอง
102	B	0.5	67.25	10	34	0.038	1927.1	45.52	34.07	11.45	44.66	-1.88%
103	B	0.5	67.25	10	34	0.076	2052.6	48.48	34.07	14.41	47.74	-1.54%
104	B	0.5	67.25	10	34	0.115	2179.2	51.47	34.07	17.40	50.89	-1.14%
105	B	0.5	67.25	10	62	0.019	2007.9	47.43	34.07	13.35	46.77	-1.39%
106	B	0.5	67.25	10	62	0.038	2070.7	48.91	34.07	14.84	48.30	-1.24%
107	B	0.5	67.25	10	62	0.076	2196.6	51.89	34.07	17.81	51.38	-0.98%
108	B	0.5	67.25	10	62	0.115	2323.1	54.87	34.07	20.80	54.53	-0.63%
109	B	0.5	67.25	10	90	0.019	2152.0	50.83	34.07	16.76	50.41	-0.83%
110	B	0.5	67.25	10	90	0.038	2214.7	52.31	34.07	18.24	51.94	-0.70%
111	B	0.5	67.25	10	90	0.076	2339.9	55.27	34.07	21.20	55.02	-0.46%
112	B	0.5	67.25	10	90	0.115	2466.2	58.25	34.07	24.18	58.17	-0.14%
113	B	0.5	67.25	12	6	0.019	1742.6	41.16	34.07	7.09	40.11	-2.56%
114	B	0.5	67.25	12	6	0.038	1805.5	42.65	34.07	8.57	41.64	-2.35%
115	B	0.5	67.25	12	6	0.076	1931.1	45.61	34.07	11.54	44.72	-1.97%
116	B	0.5	67.25	12	6	0.115	2057.8	48.61	34.07	14.53	47.87	-1.52%
117	B	0.5	67.25	12	34	0.019	1886.7	44.56	34.07	10.49	43.75	-1.83%
118	B	0.5	67.25	12	34	0.038	1949.6	46.05	34.07	11.98	45.28	-1.66%

ตารางที่ ซ-1 รายละเอียดกรณีที่ใช้ในการจำลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ ในสมการCR
และเปรียบเทียบระหว่าง CR ที่ได้จากการจำลอง และ CR ที่ได้จากการคำนวณ (ต่อ)

กรณีที่	ทิศทางอาคาร	Wall $area_{A/C}$ /Floor $area_{A/C}$	$OTTV_{condo}$ (W/m^2-wall)	LPD (W/m^2-floor)	EQD (W/m^2-floor)	OCCU (person/m^2-floor)	การจำลอง				การคำนวณ	
							Cooling load (MWh/y)	CR (W/m^2-floor)	CR external (W/m^2-floor)	CR internal (W/m^2-floor)	CR (W/m^2-floor)	คลาดเคลื่อนจากการจำลอง
119	B	0.5	67.25	12	34	0.076	2075.0	49.01	34.07	14.94	48.36	-1.34%
120	B	0.5	67.25	12	34	0.115	2201.5	52.00	34.07	17.93	51.51	-0.95%
121	B	0.5	67.25	12	62	0.019	2030.3	47.96	34.07	13.88	47.39	-1.18%
122	B	0.5	67.25	12	62	0.038	2093.1	49.44	34.07	15.37	48.92	-1.04%
123	B	0.5	67.25	12	62	0.076	2219.0	52.41	34.07	18.34	52.00	-0.80%
124	B	0.5	67.25	12	62	0.115	2345.4	55.40	34.07	21.33	55.15	-0.45%
125	B	0.5	67.25	12	90	0.019	2174.3	51.36	34.07	17.28	51.03	-0.64%
126	B	0.5	67.25	12	90	0.038	2237.0	52.84	34.07	18.77	52.56	-0.52%
127	B	0.5	67.25	12	90	0.076	2362.2	55.80	34.07	21.72	55.64	-0.29%
128	B	0.5	67.25	12	90	0.115	2488.4	58.78	34.07	24.70	58.79	0.02%
129	C	0.5	47.22	6	6	0.019	1152.1	27.21	23.92	3.29	28.10	3.25%
130	C	0.5	47.22	6	6	0.038	1217.1	28.75	23.92	4.82	29.63	3.08%
131	C	0.5	47.22	6	6	0.076	1346.7	31.81	23.92	7.89	32.71	2.81%
132	C	0.5	47.22	6	6	0.115	1477.5	34.90	23.92	10.98	35.86	2.75%
133	C	0.5	47.22	6	34	0.019	1303.9	30.80	23.92	6.87	31.74	3.05%
134	C	0.5	47.22	6	34	0.038	1368.9	32.33	23.92	8.41	33.27	2.91%
135	C	0.5	47.22	6	34	0.076	1498.4	35.39	23.92	11.47	36.35	2.69%

ตารางที่ ซ-1 รายละเอียดกรณีที่ใช้ในการจำลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ ในสมการCR
และเปรียบเทียบระหว่าง CR ที่ได้จากการจำลอง และ CR ที่ได้จากการคำนวณ (ต่อ)

กรณีที่	ทิศทางอาคาร	Wall $area_{A/C}$ /Floor $area_{A/C}$	$OTTV_{condo}$ (W/m^2-wall)	LPD (W/m^2-floor)	EQD (W/m^2-floor)	OCCU (person/m^2-floor)	การจำลอง				การคำนวณ	
							Cooling load (MWh/y)	CR (W/m^2-floor)	CR external (W/m^2-floor)	CR internal (W/m^2-floor)	CR (W/m^2-floor)	คลาดเคลื่อนจากการจำลอง
136	C	0.5	47.22	6	34	0.115	1629.2	38.48	23.92	14.56	39.50	2.64%
137	C	0.5	47.22	6	62	0.019	1456.1	34.39	23.92	10.47	35.38	2.86%
138	C	0.5	47.22	6	62	0.038	1521.0	35.93	23.92	12.00	36.91	2.75%
139	C	0.5	47.22	6	62	0.076	1650.6	38.99	23.92	15.06	39.99	2.56%
140	C	0.5	47.22	6	62	0.115	1781.3	42.08	23.92	18.15	43.14	2.52%
141	C	0.5	47.22	6	90	0.019	1607.9	37.98	23.92	14.05	39.02	2.74%
142	C	0.5	47.22	6	90	0.038	1672.8	39.51	23.92	15.59	40.55	2.63%
143	C	0.5	47.22	6	90	0.076	1802.4	42.57	23.92	18.65	43.63	2.47%
144	C	0.5	47.22	6	90	0.115	1933.1	45.66	23.92	21.74	46.78	2.45%
145	C	0.5	47.22	8	6	0.019	1175.6	27.77	23.92	3.84	28.72	3.42%
146	C	0.5	47.22	8	6	0.038	1240.6	29.30	23.92	5.38	30.25	3.25%
147	C	0.5	47.22	8	6	0.076	1370.2	32.37	23.92	8.44	33.33	2.97%
148	C	0.5	47.22	8	6	0.115	1500.9	35.45	23.92	11.53	36.48	2.89%
149	C	0.5	47.22	8	34	0.019	1327.3	31.35	23.92	7.43	32.36	3.21%
150	C	0.5	47.22	8	34	0.038	1392.3	32.89	23.92	8.96	33.89	3.06%
151	C	0.5	47.22	8	34	0.076	1521.8	35.95	23.92	12.02	36.97	2.83%
152	C	0.5	47.22	8	34	0.115	1652.5	39.03	23.92	15.11	40.12	2.78%

ตารางที่ ซ-1 รายละเอียดกรณีที่ใช้ในการจำลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ ในสมการCR
และเปรียบเทียบระหว่าง CR ที่ได้จากการจำลอง และ CR ที่ได้จากการคำนวณ (ต่อ)

กรณีที่	ทิศทางอาคาร	Wall $area_{A/C}$ /Floor $area_{A/C}$	$OTTV_{condo}$ (W/m^2-wall)	LPD (W/m^2-floor)	EQD (W/m^2-floor)	OCCU (person/m^2-floor)	การจำลอง				การคำนวณ	
							Cooling load (MWh/y)	CR (W/m^2-floor)	CR external (W/m^2-floor)	CR internal (W/m^2-floor)	CR (W/m^2-floor)	คลาดเคลื่อนจากการจำลอง
153	C	0.5	47.22	8	62	0.019	1479.5	34.95	23.92	11.02	36.00	3.01%
154	C	0.5	47.22	8	62	0.038	1544.4	36.48	23.92	12.56	37.53	2.89%
155	C	0.5	47.22	8	62	0.076	1674.0	39.54	23.92	15.62	40.61	2.69%
156	C	0.5	47.22	8	62	0.115	1804.7	42.63	23.92	18.70	43.76	2.65%
157	C	0.5	47.22	8	90	0.019	1631.3	38.53	23.92	14.61	39.64	2.87%
158	C	0.5	47.22	8	90	0.038	1696.2	40.07	23.92	16.14	41.17	2.77%
159	C	0.5	47.22	8	90	0.076	1825.8	43.13	23.92	19.20	44.25	2.60%
160	C	0.5	47.22	8	90	0.115	1956.5	46.21	23.92	22.29	47.40	2.57%
161	C	0.5	47.22	10	6	0.019	1199.1	28.32	23.92	4.40	29.34	3.59%
162	C	0.5	47.22	10	6	0.038	1264.0	29.86	23.92	5.93	30.87	3.41%
163	C	0.5	47.22	10	6	0.076	1393.6	32.92	23.92	8.99	33.95	3.12%
164	C	0.5	47.22	10	6	0.115	1524.4	36.01	23.92	12.08	37.10	3.03%
165	C	0.5	47.22	10	34	0.019	1350.7	31.91	23.92	7.98	32.98	3.36%
166	C	0.5	47.22	10	34	0.038	1415.7	33.44	23.92	9.51	34.51	3.22%
167	C	0.5	47.22	10	34	0.076	1545.2	36.50	23.92	12.57	37.59	2.98%
168	C	0.5	47.22	10	34	0.115	1675.9	39.59	23.92	15.66	40.74	2.91%
169	C	0.5	47.22	10	62	0.019	1502.9	35.50	23.92	11.57	36.62	3.15%

ตารางที่ ซ-1 รายละเอียดกรณีที่ใช้ในการจำลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ ในสมการCR
และเปรียบเทียบระหว่าง CR ที่ได้จากการจำลอง และ CR ที่ได้จากการคำนวณ (ต่อ)

กรณีที่	ทิศทางอาคาร	Wall $area_{A/C}$ /Floor $area_{A/C}$	$OTTV_{condo}$ (W/m^2-wall)	LPD (W/m^2-floor)	EQD (W/m^2-floor)	OCCU (person/m^2-floor)	การจำลอง				การคำนวณ	
							Cooling load (MWh/y)	CR (W/m^2-floor)	CR external (W/m^2-floor)	CR internal (W/m^2-floor)	CR (W/m^2-floor)	คลาดเคลื่อนจากการจำลอง
170	C	0.5	47.22	10	62	0.038	1567.8	37.03	23.92	13.11	38.15	3.03%
171	C	0.5	47.22	10	62	0.076	1697.4	40.09	23.92	16.17	41.23	2.83%
172	C	0.5	47.22	10	62	0.115	1828.0	43.18	23.92	19.25	44.38	2.78%
173	C	0.5	47.22	10	90	0.019	1654.7	39.08	23.92	15.16	40.26	3.00%
174	C	0.5	47.22	10	90	0.038	1719.6	40.62	23.92	16.69	41.79	2.90%
175	C	0.5	47.22	10	90	0.076	1849.1	43.68	23.92	19.75	44.87	2.72%
176	C	0.5	47.22	10	90	0.115	1979.8	46.76	23.92	22.84	48.02	2.68%
177	C	0.5	47.22	12	6	0.019	1222.5	28.88	23.92	4.95	29.96	3.75%
178	C	0.5	47.22	12	6	0.038	1287.4	30.41	23.92	6.49	31.49	3.56%
179	C	0.5	47.22	12	6	0.076	1417.0	33.47	23.92	9.55	34.57	3.27%
180	C	0.5	47.22	12	6	0.115	1547.8	36.56	23.92	12.63	37.72	3.17%
181	C	0.5	47.22	12	34	0.019	1374.1	32.46	23.92	8.53	33.60	3.51%
182	C	0.5	47.22	12	34	0.038	1439.1	33.99	23.92	10.07	35.13	3.36%
183	C	0.5	47.22	12	34	0.076	1568.6	37.05	23.92	13.13	38.21	3.12%
184	C	0.5	47.22	12	34	0.115	1699.2	40.14	23.92	16.21	41.36	3.04%
185	C	0.5	47.22	12	62	0.019	1526.3	36.05	23.92	12.13	37.24	3.29%
186	C	0.5	47.22	12	62	0.038	1591.2	37.59	23.92	13.66	38.77	3.16%

ตารางที่ ซ-1 รายละเอียดกรณีที่ใช้ในการจำลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ ในสมการCR
และเปรียบเทียบระหว่าง CR ที่ได้จากการจำลอง และ CR ที่ได้จากการคำนวณ (ต่อ)

กรณีที่	ทิศทางอาคาร	Wall $area_{A/C}$ /Floor $area_{A/C}$	$OTTV_{condo}$ (W/m^2-wall)	LPD (W/m^2-floor)	EQD (W/m^2-floor)	OCCU (person/m^2-floor)	การจำลอง				การคำนวณ	
							Cooling load (MWh/y)	CR (W/m^2-floor)	CR external (W/m^2-floor)	CR internal (W/m^2-floor)	CR (W/m^2-floor)	คลาดเคลื่อนจากการจำลอง
187	C	0.5	47.22	12	62	0.076	1720.7	40.64	23.92	16.72	41.85	2.96%
188	C	0.5	47.22	12	62	0.115	1851.4	43.73	23.92	19.81	45.00	2.90%
189	C	0.5	47.22	12	90	0.019	1678.1	39.64	23.92	15.71	40.88	3.13%
190	C	0.5	47.22	12	90	0.038	1743.0	41.17	23.92	17.25	42.41	3.02%
191	C	0.5	47.22	12	90	0.076	1872.5	44.23	23.92	20.30	45.49	2.84%
192	C	0.5	47.22	12	90	0.115	1989.9	47.00	23.92	23.08	48.64	3.48%
193	D	0.5	56.84	6	6	0.019	1421.3	33.57	28.80	4.77	32.97	-1.79%
194	D	0.5	56.84	6	6	0.038	1486.6	35.11	28.80	6.32	34.51	-1.72%
195	D	0.5	56.84	6	6	0.076	1617.2	38.20	28.80	9.40	37.58	-1.62%
196	D	0.5	56.84	6	6	0.115	1749.0	41.31	28.80	12.51	40.73	-1.40%
197	D	0.5	56.84	6	34	0.019	1574.9	37.20	28.80	8.40	36.61	-1.58%
198	D	0.5	56.84	6	34	0.038	1640.4	38.75	28.80	9.95	38.15	-1.54%
199	D	0.5	56.84	6	34	0.076	1770.9	41.83	28.80	13.03	41.22	-1.46%
200	D	0.5	56.84	6	34	0.115	1902.6	44.94	28.80	16.14	44.37	-1.26%
201	D	0.5	56.84	6	62	0.019	1729.0	40.84	28.80	12.04	40.25	-1.44%
202	D	0.5	56.84	6	62	0.038	1794.4	42.38	28.80	13.59	41.79	-1.41%
203	D	0.5	56.84	6	62	0.076	1924.9	45.47	28.80	16.67	44.86	-1.34%

ตารางที่ ซ-1 รายละเอียดกรณีที่ใช้ในการจำลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ ในสมการCR
และเปรียบเทียบระหว่าง CR ที่ได้จากการจำลอง และ CR ที่ได้จากการคำนวณ (ต่อ)

กรณีที่	ทิศทางอาคาร	Wall $area_{A/C}$ /Floor $area_{A/C}$	$OTTV_{condo}$ (W/m^2-wall)	LPD (W/m^2-floor)	EQD (W/m^2-floor)	OCCU (person/m^2-floor)	การจำลอง				การคำนวณ	
							Cooling load (MWh/y)	CR (W/m^2-floor)	CR external (W/m^2-floor)	CR internal (W/m^2-floor)	CR (W/m^2-floor)	คลาดเคลื่อนจากการจำลอง
204	D	0.5	56.84	6	62	0.115	2056.6	48.58	28.80	19.78	48.01	-1.16%
205	D	0.5	56.84	6	90	0.019	1883.1	44.48	28.80	15.68	43.89	-1.32%
206	D	0.5	56.84	6	90	0.038	1948.5	46.03	28.80	17.23	45.43	-1.30%
207	D	0.5	56.84	6	90	0.076	2079.0	49.11	28.80	20.31	48.50	-1.24%
208	D	0.5	56.84	6	90	0.115	2210.7	52.22	28.80	23.42	51.65	-1.08%
209	D	0.5	56.84	8	6	0.019	1444.9	34.13	28.80	5.33	33.59	-1.57%
210	D	0.5	56.84	8	6	0.038	1510.3	35.68	28.80	6.88	35.13	-1.53%
211	D	0.5	56.84	8	6	0.076	1640.9	38.76	28.80	9.96	38.20	-1.44%
212	D	0.5	56.84	8	6	0.115	1772.7	41.87	28.80	13.07	41.35	-1.24%
213	D	0.5	56.84	8	34	0.019	1598.6	37.76	28.80	8.96	37.23	-1.40%
214	D	0.5	56.84	8	34	0.038	1664.1	39.31	28.80	10.51	38.77	-1.37%
215	D	0.5	56.84	8	34	0.076	1794.6	42.39	28.80	13.59	41.84	-1.30%
216	D	0.5	56.84	8	34	0.115	1926.3	45.50	28.80	16.70	44.99	-1.11%
217	D	0.5	56.84	8	62	0.019	1752.7	41.40	28.80	12.60	40.87	-1.27%
218	D	0.5	56.84	8	62	0.038	1818.1	42.94	28.80	14.15	42.41	-1.25%
219	D	0.5	56.84	8	62	0.076	1948.6	46.03	28.80	17.23	45.48	-1.19%
220	D	0.5	56.84	8	62	0.115	2080.2	49.14	28.80	20.34	48.63	-1.02%

ตารางที่ ซ-1 รายละเอียดกรณีที่ใช้ในการจำลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ ในสมการCR
และเปรียบเทียบระหว่าง CR ที่ได้จากการจำลอง และ CR ที่ได้จากการคำนวณ (ต่อ)

กรณีที่	ทิศทางอาคาร	Wall $area_{A/C}$ /Floor $area_{A/C}$	$OTTV_{condo}$ (W/m^2-wall)	LPD (W/m^2-floor)	EQD (W/m^2-floor)	OCCU (person/m^2-floor)	การจำลอง				การคำนวณ	
							Cooling load (MWh/y)	CR (W/m^2-floor)	CR external (W/m^2-floor)	CR internal (W/m^2-floor)	CR (W/m^2-floor)	คลาดเคลื่อนจากการจำลอง
221	D	0.5	56.84	8	90	0.019	1906.8	45.04	28.80	16.24	44.51	-1.17%
222	D	0.5	56.84	8	90	0.038	1972.2	46.58	28.80	17.78	46.05	-1.15%
223	D	0.5	56.84	8	90	0.076	2102.7	49.67	28.80	20.87	49.12	-1.10%
224	D	0.5	56.84	8	90	0.115	2234.3	52.77	28.80	23.98	52.27	-0.95%
225	D	0.5	56.84	10	6	0.019	1468.6	34.69	28.80	5.89	34.21	-1.37%
226	D	0.5	56.84	10	6	0.038	1534.1	36.24	28.80	7.44	35.75	-1.34%
227	D	0.5	56.84	10	6	0.076	1664.6	39.32	28.80	10.52	38.82	-1.27%
228	D	0.5	56.84	10	6	0.115	1796.4	42.43	28.80	13.63	41.97	-1.08%
229	D	0.5	56.84	10	34	0.019	1622.3	38.32	28.80	9.52	37.85	-1.22%
230	D	0.5	56.84	10	34	0.038	1687.8	39.87	28.80	11.07	39.39	-1.20%
231	D	0.5	56.84	10	34	0.076	1818.3	42.95	28.80	14.15	42.46	-1.14%
232	D	0.5	56.84	10	34	0.115	1949.9	46.06	28.80	17.26	45.61	-0.97%
233	D	0.5	56.84	10	62	0.019	1776.3	41.96	28.80	13.16	41.49	-1.11%
234	D	0.5	56.84	10	62	0.038	1841.7	43.50	28.80	14.70	43.03	-1.09%
235	D	0.5	56.84	10	62	0.076	1972.2	46.58	28.80	17.79	46.10	-1.04%
236	D	0.5	56.84	10	62	0.115	2103.8	49.69	28.80	20.89	49.25	-0.89%
237	D	0.5	56.84	10	90	0.019	1930.4	45.60	28.80	16.80	45.13	-1.02%

ตารางที่ ซ-1 รายละเอียดกรณีที่ใช้ในการจำลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ ในสมการCR
และเปรียบเทียบระหว่าง CR ที่ได้จากการจำลอง และ CR ที่ได้จากการคำนวณ (ต่อ)

กรณีที่	ทิศทางอาคาร	Wall $area_{A/C}$ /Floor $area_{A/C}$	$OTTV_{condo}$ (W/m^2-wall)	LPD (W/m^2-floor)	EQD (W/m^2-floor)	OCCU (person/m^2-floor)	การจำลอง				การคำนวณ	
							Cooling load (MWh/y)	CR (W/m^2-floor)	CR external (W/m^2-floor)	CR internal (W/m^2-floor)	CR (W/m^2-floor)	คลาดเคลื่อนจากการจำลอง
238	D	0.5	56.84	10	90	0.038	1995.8	47.14	28.80	18.34	46.67	-1.00%
239	D	0.5	56.84	10	90	0.076	2126.3	50.22	28.80	21.43	49.74	-0.96%
240	D	0.5	56.84	10	90	0.115	2257.9	53.33	28.80	24.53	52.89	-0.82%
241	D	0.5	56.84	12	6	0.019	1492.3	35.25	28.80	6.45	34.83	-1.18%
242	D	0.5	56.84	12	6	0.038	1557.8	36.80	28.80	8.00	36.37	-1.16%
243	D	0.5	56.84	12	6	0.076	1688.3	39.88	28.80	11.08	39.44	-1.10%
244	D	0.5	56.84	12	6	0.115	1820.1	42.99	28.80	14.19	42.59	-0.93%
245	D	0.5	56.84	12	34	0.019	1646.0	38.88	28.80	10.08	38.47	-1.05%
246	D	0.5	56.84	12	34	0.038	1711.4	40.43	28.80	11.63	40.01	-1.03%
247	D	0.5	56.84	12	34	0.076	1841.9	43.51	28.80	14.71	43.08	-0.98%
248	D	0.5	56.84	12	34	0.115	1973.6	46.62	28.80	17.82	46.23	-0.82%
249	D	0.5	56.84	12	62	0.019	1800.0	42.52	28.80	13.72	42.11	-0.95%
250	D	0.5	56.84	12	62	0.038	1865.4	44.06	28.80	15.26	43.65	-0.94%
251	D	0.5	56.84	12	62	0.076	1995.9	47.14	28.80	18.34	46.72	-0.90%
252	D	0.5	56.84	12	62	0.115	2127.4	50.25	28.80	21.45	49.87	-0.75%
253	D	0.5	56.84	12	90	0.019	1954.1	46.16	28.80	17.36	45.75	-0.88%
254	D	0.5	56.84	12	90	0.038	2019.5	47.70	28.80	18.90	47.29	-0.86%

ตารางที่ ซ-1 รายละเอียดกรณีที่ใช้ในการจำลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ ในสมการCR
และเปรียบเทียบระหว่าง CR ที่ได้จากการจำลอง และ CR ที่ได้จากการคำนวณ (ต่อ)

กรณีที่	ทิศทางอาคาร	Wall $area_{A/C}$ /Floor $area_{A/C}$	$OTTV_{condo}$ (W/m^2-wall)	LPD (W/m^2-floor)	EQD (W/m^2-floor)	OCCU (person/m^2-floor)	การจำลอง				การคำนวณ	
							Cooling load (MWh/y)	CR (W/m^2-floor)	CR external (W/m^2-floor)	CR internal (W/m^2-floor)	CR (W/m^2-floor)	คลาดเคลื่อนจากการจำลอง
255	D	0.5	56.84	12	90	0.076	2149.9	50.78	28.80	21.98	50.36	-0.83%
256	D	0.5	56.84	12	90	0.115	2281.5	53.89	28.80	25.09	53.51	-0.70%

ภาคผนวก ฌ

รายละเอียดกรณีสำหรับเปรียบเทียบพลังงานรวมระหว่างการจำลองด้วยโปรแกรมกับการคำนวณด้วยสมการ

ตารางที่ ฌ-1 รายละเอียดกรณีสำหรับเปรียบเทียบพลังงานรวมระหว่างการจำลองด้วยโปรแกรมกับการคำนวณด้วยสมการ

กรณีที่	ทิศทาง	WWR	Uw ($W/m^2.^\circ C$)	Uf ($W/m^2.^\circ C$)	SHGC	LPD (W/m^2)	EQD (W/m^2)	OCCU ($person/m^2$)	COP
1	A	0.2	2.64	2.7425	0.698	8	90	0.038	3.40
2	A	0.4	3.38	6.1720	0.815	12	34	0.019	3.11
3	A	0.4	2.64	5.5020	0.389	10	6	0.115	3.40
4	A	0.6	1.64	1.4592	0.564	8	62	0.038	3.11
5	A	0.8	1.21	1.3173	0.278	6	90	0.076	2.81
6	B	0.2	4.42	2.7425	0.698	6	34	0.019	3.40
7	B	0.4	1.64	6.1720	0.815	12	90	0.038	2.81
8	B	0.4	1.21	1.4592	0.564	8	62	0.076	3.40
9	B	0.6	3.38	1.3173	0.278	6	34	0.115	3.11
10	B	0.8	2.64	5.5020	0.389	10	6	0.038	3.40
11	C	0.2	1.21	1.4592	0.564	10	34	0.115	3.11
12	C	0.4	3.38	6.1720	0.815	6	62	0.038	3.40
13	C	0.4	1.64	5.5020	0.389	12	90	0.038	3.40
14	C	0.6	4.42	2.7425	0.698	8	6	0.076	2.81
15	C	0.8	2.64	1.3173	0.278	6	62	0.019	3.11
16	D	0.2	3.38	6.1720	0.815	6	6	0.076	3.11
17	D	0.2	1.21	2.7425	0.698	8	90	0.038	3.40
18	D	0.4	4.42	5.5020	0.389	8	62	0.038	3.11
19	D	0.6	2.64	1.3173	0.278	12	34	0.019	2.81
20	D	0.8	1.64	1.4592	0.564	10	34	0.115	3.40

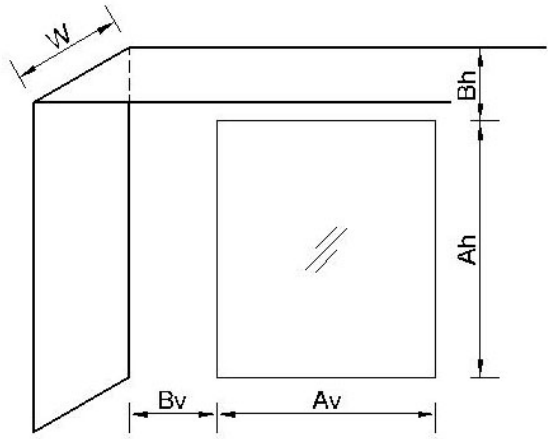
ภาคผนวก ญ

ตารางค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) สำหรับใช้พิจารณาออกแบบเบื้องต้น

จัดทำโดย บริษัท สถาปนิก 49 จำกัด

ตารางค่าสัมประสิทธิ์ การบังแดด(SC) สำหรับใช้พิจารณาออกแบบเบื้องต้น

จัดทำโดย บริษัท สถาปนิก 49 จำกัด



รูปภาพที่ ญ-1 ระยะระหว่าง แผงบังแดด และกระจก

ตารางที่ ญ-1 กรณีสัดส่วน W / Ah = 0.2, Bh / Ah = 0.0

อัตราส่วน W / Av	ทิศหน้าต่างหันสู่														
	N			NE / NW			E / W			SE / SW			S		
	อัตราส่วน Bv / Av														
	0.0	0.2	0.4	0.0	0.2	0.4	0.0	0.2	0.4	0.0	0.2	0.4	0.0	0.2	0.4
0.2	0.88	0.89	0.90	0.85	0.86	0.86	0.85	0.88	0.88	0.75	0.76	0.76	0.75	0.79	0.80
0.4	0.86	0.87	0.88	0.82	0.83	0.84	0.82	0.86	0.88	0.71	0.72	0.73	0.71	0.75	0.78
0.6	0.86	0.86	0.86	0.79	0.81	0.82	0.79	0.84	0.86	0.68	0.70	0.71	0.67	0.71	0.75
0.8	0.86	0.86	0.86	0.77	0.79	0.80	0.76	0.82	0.85	0.66	0.68	0.69	0.63	0.67	0.71

ตารางที่ ญ-2 กรณีสัดส่วน W / Ah = 0.2, Bh / Ah = 0.4

อัตราส่วน W / Av	ทิศหน้าต่างหันสู่														
	N			NE / NW			E / W			SE / SW			S		
	อัตราส่วน Bv / Av														
	0.0	0.2	0.4	0.0	0.2	0.4	0.0	0.2	0.4	0.0	0.2	0.4	0.0	0.2	0.4
0.2	0.91	0.93	0.94	0.87	0.87	0.88	0.93	0.97	0.97	0.77	0.78	0.78	0.85	0.91	0.92
0.4	0.87	0.88	0.90	0.83	0.85	0.86	0.88	0.94	0.96	0.74	0.76	0.76	0.78	0.85	0.89
0.6	0.87	0.87	0.87	0.81	0.83	0.84	0.85	0.91	0.94	0.71	0.74	0.75	0.72	0.79	0.84
0.8	0.87	0.87	0.87	0.78	0.80	0.82	0.81	0.88	0.92	0.69	0.72	0.73	0.68	0.74	0.79

ตารางที่ ญ-3 กรณีสัดส่วน W / Ah = 0.4, Bh / Ah = 0.0

อัตราส่วน W / Av	ทิศหน้าต่างหันสู่														
	N			NE / NW			E / W			SE / SW			S		
	อัตราส่วน Bv / Av														
	0.0	0.2	0.4	0.0	0.2	0.4	0.0	0.2	0.4	0.0	0.2	0.4	0.0	0.2	0.4
0.2	0.87	0.88	0.88	0.86	0.86	0.86	0.77	0.79	0.79	0.76	0.76	0.76	0.68	0.70	0.71
0.4	0.86	0.87	0.87	0.81	0.82	0.82	0.75	0.78	0.79	0.69	0.70	0.70	0.64	0.68	0.70
0.6	0.86	0.86	0.86	0.78	0.80	0.80	0.73	0.77	0.78	0.66	0.67	0.67	0.61	0.64	0.67
0.8	0.86	0.86	0.86	0.76	0.78	0.79	0.71	0.75	0.77	0.63	0.65	0.66	0.59	0.62	0.64

ตารางที่ ญ-4 กรณีสัดส่วน W / Ah = 0.4, Bh / Ah = 0.4

อัตราส่วน W / Av	ทิศหน้าต่างหันสู่														
	N			NE / NW			E / W			SE / SW			S		
	อัตราส่วน Bv / Av														
	0.0	0.2	0.4	0.0	0.2	0.4	0.0	0.2	0.4	0.0	0.2	0.4	0.0	0.2	0.4
0.2	0.88	0.89	0.90	0.88	0.88	0.88	0.88	0.91	0.91	0.79	0.80	0.80	0.79	0.83	0.84
0.4	0.86	0.87	0.88	0.83	0.85	0.85	0.84	0.89	0.91	0.74	0.75	0.76	0.73	0.79	0.82
0.6	0.86	0.86	0.86	0.80	0.82	0.83	0.80	0.85	0.87	0.70	0.71	0.72	0.66	0.71	0.75
0.8	0.86	0.86	0.86	0.77	0.79	0.80	0.76	0.81	0.83	0.66	0.68	0.70	0.62	0.66	0.69

ตารางที่ ญ-5 กรณีสัดส่วน W / Ah = 0.6, Bh / Ah = 0.0

อัตราส่วน W / Av	ทิศหน้าต่างหันสู่														
	N			NE / NW			E / W			SE / SW			S		
	อัตราส่วน Bv / Av														
	0.0	0.2	0.4	0.0	0.2	0.4	0.0	0.2	0.4	0.0	0.2	0.4	0.0	0.2	0.4
0.2	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.72	0.73	0.73	0.77	0.77	0.77	0.61	0.62	0.63
0.4	0.86	0.87	0.87	0.81	0.81	0.82	0.70	0.72	0.73	0.68	0.68	0.68	0.58	0.60	0.62
0.6	0.86	0.86	0.86	0.78	0.78	0.79	0.69	0.72	0.73	0.63	0.64	0.64	0.56	0.58	0.60
0.8	0.86	0.86	0.86	0.76	0.77	0.77	0.68	0.70	0.72	0.61	0.62	0.62	0.55	0.57	0.58

ตารางที่ ญ-6 กรณีสัดส่วน W / Ah = 0.6, Bh / Ah = 0.4

อัตราส่วน W / Av	ทิศหน้าต่างหันสู่														
	N			NE / NW			E / W			SE / SW			S		
	อัตราส่วน Bv / Av														
	0.0	0.2	0.4	0.0	0.2	0.4	0.0	0.2	0.4	0.0	0.2	0.4	0.0	0.2	0.4
0.2	0.88	0.88	0.88	0.88	0.89	0.89	0.83	0.85	0.85	0.81	0.81	0.81	0.72	0.75	0.76
0.4	0.86	0.87	0.87	0.83	0.84	0.84	0.82	0.84	0.85	0.73	0.74	0.75	0.68	0.72	0.74
0.6	0.86	0.86	0.86	0.80	0.81	0.81	0.78	0.82	0.84	0.69	0.71	0.71	0.64	0.68	0.71
0.8	0.86	0.86	0.86	0.77	0.79	0.79	0.75	0.80	0.83	0.66	0.68	0.69	0.61	0.65	0.68

ตารางที่ ญ-7 กรณีสัดส่วน W / Ah = 0.8, Bh / Ah = 0.0

อัตราส่วน W / Av	ทิศหน้าต่างหันสู่														
	N			NE / NW			E / W			SE / SW			S		
	อัตราส่วน Bv / Av														
	0.0	0.2	0.4	0.0	0.2	0.4	0.0	0.2	0.4	0.0	0.2	0.4	0.0	0.2	0.4
0.2	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.68	0.69	0.69	0.78	0.78	0.78	0.55	0.56	0.56
0.4	0.86	0.87	0.87	0.81	0.81	0.81	0.67	0.68	0.69	0.67	0.67	0.68	0.54	0.54	0.55
0.6	0.86	0.86	0.86	0.77	0.78	0.78	0.66	0.68	0.69	0.62	0.63	0.63	0.53	0.53	0.54
0.8	0.86	0.86	0.86	0.75	0.76	0.77	0.65	0.67	0.68	0.60	0.60	0.61	0.52	0.52	0.53

ตารางที่ ญ-8 กรณีสัดส่วน W / Ah = 0.8, Bh / Ah = 0.4

อัตราส่วน W / Av	ทิศหน้าต่างหันสู่														
	N			NE / NW			E / W			SE / SW			S		
	อัตราส่วน Bv / Av														
	0.0	0.2	0.4	0.0	0.2	0.4	0.0	0.2	0.4	0.0	0.2	0.4	0.0	0.2	0.4
0.2	0.87	0.87	0.88	0.89	0.89	0.89	0.78	0.80	0.80	0.81	0.82	0.82	0.66	0.68	0.69
0.4	0.86	0.87	0.87	0.83	0.84	0.84	0.76	0.79	0.80	0.73	0.74	0.74	0.63	0.66	0.68
0.6	0.86	0.86	0.86	0.80	0.81	0.81	0.75	0.78	0.80	0.68	0.69	0.70	0.60	0.62	0.65
0.8	0.86	0.86	0.86	0.77	0.79	0.80	0.72	0.76	0.79	0.65	0.66	0.67	0.58	0.60	0.62

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายดนุสรณ์ บัวขจร เกิดเมื่อวันที่ 12 เมษายน พ.ศ.2531 ที่กรุงเทพมหานคร จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย นนทบุรี จากนั้นเข้าศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษา ที่คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปี พ.ศ.2549 และจบการศึกษาหลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตรบัณฑิตเมื่อ พ.ศ. 2553 จากนั้นจึงเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญามหาบัณฑิต ในคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2554