แนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารสำนักงานราชการ กรณีศึกษาอาคารสำนักงานอธิการบดีหลังใหม่ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

นายสุรพล เดชพล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2552

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EVALUATION OF ENERGY EFFICIENCY OF GOVERNMENTAL OFFICE.
CASE STUDY: NEW PRESIDENT OFFICE OF UBONRATCHATHANI UNIVERSITY.

Mr.Surapon Dechpon

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 2009

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	แนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารสำนักงานราชการ กรณีศึกษาอาคาร สำนักงานอธิการบดีหลังใหม่ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
โดย	นายสุรพล เดชพล
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรรจน์ เศรษฐบุตร

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต จุฬาลัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิ่นรัชฎ์ กาญจนัษฐิติ)

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

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ พรรณชลัท สุริโยธิน)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร.โสภา วิศิษฏ์ศักดิ์)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สุรพล เดชพล : แนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารสำนักงานราชการ กรณีศึกษาอาคารสำนักงานอธิการบดีหลังใหม่ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี (EVALUATION OF ENERGY EFFICIENCY OF GOVERNMENTAL OFFICE. CASE STUDY : NEW PRESIDENT OFFICE OF UBONRATCHATHANI UNIVERSITY.) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ผศ.ดร.อรรจน์ เศรษฐบุตร, 108 หน้า.

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารสำนักงานราชการรุ่นใหม่ที่ก่อสร้างแล้ว ในขณะที่กิจกรรมต่างๆ ยังคงดำเนินไปอย่างปกติ โดยการปรับปรุงองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรม และพยายามรักษารูปแบบทางสถาปัตยกรรมเดิม โดยใช้เกณฑ์แบบประเมินอาคารประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.)ปี พ.ศ.2551 เป็นเกณฑ์ในการประเมิน เพราะมีมาตรฐานการอนุรักษ์พลังงานสูงกว่าที่พระราชบัญญัติส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานกำหนดไว้ ดังนั้นจึงประกันได้ว่าอาคารที่ผ่านเกณฑ์ประเมินนี้จะเป็นอาคารที่ประหยัดพลังงานอย่างแน่นอน

เบื้องต้นศึกษาข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับตัวอาคารและสถานที่ตั้ง ศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบต่างๆ ของอาคาร ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (OTTV และ RTTV) การเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้ากับอาคารอ้างอิงที่อยู่ในพื้นที่เดียวกัน ในขั้นตอนการทดลอง กำหนดทางเลือกในการปรับปรุงองค์ประกอบ 3 ชนิดของอาคาร คือ 1. การปรับปรุงระบบผนังทึบ 2. การปรับปรุงผนังโปร่ง 3. การปรับปรุงฝ้าเพดาน และสรุปทางเลือกได้ 6 ทางเลือก เมื่อทำการจำลองแต่ละทางเลือกด้วยโปรแกรม VisualDOE 4.1 นำผลที่ได้มาคัดเลือกด้วยเกณฑ์ประสิทธิภาพด้านการใช้พลังงาน และการประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์

ผลการวิจัยสรุปทางเลือกที่ดีที่สุด 2 ทางเลือก จาก 6 ทางเลือก คือ ทางเลือกที่ 1 การปรับปรุงผนังทึบภายในโดยการกรุฉนวนใยแก้ว หนา 2 นิ้ว ปิดทับด้วยแผ่นยิปซั่มบอร์ด หนา 12 มม.ผนังโปร่งแสงกระจกธรรมดาสีใสสะท้อนแสง ฝ้าเพดานฉนวนใยแก้ว หนา 2 นิ้ว ลดค่าการใช้พลังงานลงได้ ร้อยละ 11.31 ระยะเวลาคืนทุน 11.9 ปี ทางเลือกที่ 2 การปรับปรุงผนังทึบภายในโดยการพ่นโฟมโพลียูรีเทน หนา 3 นิ้ว ปิดทับด้วยแผ่นยิปซั่มบอร์ด หนา 12 มม.ผนังโปร่งแสงกระจกธรรมดาสีใสสะท้อนแสง ฝ้าเพดานฉนวนใยแก้ว หนา 2 นิ้ว ลดค่าการใช้พลังงานลงได้ ร้อยละ 11.6 ระยะเวลาคืนทุน 12 ปี

ภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา สถาปัตยกรรม ลายมือชื่อ อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

ปีการศึกษา 2552

5174298425: MAJOR ARCHITECTURE

KEYWORDS: ENERGY CONSUMPTION / WALL RENOVATION / OTTV AND RTTV

SURAPON DECHPON: EVALUATION OF ENERGY EFFICIENCY OF GOVERNMENTAL OFFICE. CASE STUDY : NEW PRESIDENT OFFICE OF UBONRATCHATHANI UNIVERSITY. THESIS ADVISOR: ASSISTANT PROFESSOR DR. ATCH SRESHTHAPUTRA, PhD. 108 pp.

This study aims to find ways to make the power consumption of future government office buildings more efficient.. While these building may have a variety of functions, improvements can be made by considering the construction materials and architectural design. The assessment criteria should be energy efficiency and environmental friendliness as laid down by the Energy Conservation Act and the Department of Alternative Energy Development and Efficiency (DEDE) Year 2008

The primary data for this study concerns the building and energy consumption in a number of systems. Overall thermal transfer value (OTTV and RTTV) was compare to the energy consumption in reference to the same area. In the experimental stage, three variables were chosen: 1. Solidwall 2. Translucentwall 3.The ceiling. The results were summarized into six possible options, and each were ranked, using the program VisualDOE 4.1.0 in order to find the best combination in terms of both energy and cost efficiency.

The results showed the best two option from the six. Option 1 is to reduce heat transfer in the wall by adding 2 inch thick fiberglass insulation covered with 12 mm thick gypsum board sheets ,Glazing should be standard-translucent glass with a normal color transparent reflective index, while the ceiling should be insulate with 2-inches of insulation fiber. This would reduce energy consumption by 11.31%, and cost would be recovered in energy savings in 11.9 years. Option 2 is to use Poly urethane foam 3-inches and to cover the wall externally with 12 mm gypsum board. Glazing should be standard translucent glass with a normal color transparent reflective index, while the ceiling should be insulated with 2-inches of insulation fiber. This would reduce energy consumption by 11.63% and give a 12-year period for a return on investment .

Department: Architecture
Field of Study: Architecture
Academic Year: 2009

Student's Signature.....
Advisor's Signature.....

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.อรรจน์ เศรษฐบุตร รศ.พรรณชลัท สุริโยธิน อ .ดร.วรภัทร์ อิงคโรจน์ และทีมคณะอาจารย์ วิทยากร ทุกท่าน เป็นอย่างสูง ที่ให้ความรู้และคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการเรียน จนถึงช่วงสุดท้ายของการศึกษาและ ทำให้วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลงได้ด้วยดี

ขอบพระคุณประธานกรรมการวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.ปิ่นรัชฎ์ กาญจนัษฐิติ ผู้ทรงคุณวุฒิ ดร.โสภา วิศิษฏ์ศักดิ์ ที่สละเวลามาเป็นกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

ขอบพระคุณผู้บริหารและเจ้าหน้าที่มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี คุณนลินี ธนสันติ ที่ช่วยอำนวยความสะดวกทั้งในเรื่องการจัดการด้านเอกสารภายในและช่วยประสานเจ้าหน้าที่จนได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลเป็นอย่างดียิ่ง เจ้าหน้าที่กองอาคารสถานที่ ที่ได้ให้ข้อมูลและช่วยคัดแยกข้อมูลที่มีประโยชน์ต่อการศึกษาในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ และแม่ ที่ให้กำลังใจ คอยสอบถามความก้าวหน้า ในการเรียนอยู่เสมอๆ จนทำให้ ลูกเกิดความมุมานะที่อยากจะเล่าเรียนแม้จะ ต้องเดินทางไกล เหน็ดเหนื่อยกับการเดินทางไกล ตลอดระยะเวลา 18 เดือน กับระยะทางเกือบแสนกิโลเมตร เวลาในการเดินทางกว่า 1,200 ชั่วโมงบนทางหลวงสายถนนอุบลราชธานี-กรุงเทพมหานคร

ที่ขาดไม่ได้ต้อง ขอขอบคุณ คุณบุญตา ศิริจันทร์และครอบครัว เพื่อน ที่น่ารัก สำหรับที่พักและไมตรีจิตที่ดีตลอด เสมอมาตั้งแต่วัยเด็ก คุณเพ็ญพักตร์ ทองไทย คุณต๋อง และครอบครัว ที่ช่วยสนับสนุน และช่วยดูแลคนแก่ที่บ้านเวลาที่ข้าพเจ้าต้องเดินทางมาเรียน หนังสือเกือบทุก สัปดาห์ช่วงเปิด ภาคเรียน ตลอดจนเจ้าหน้าที่ภาควิชาสถาปัตยกรรม ที่ช่วย ดูแลความเป็นอยู่ แม้บางวันต้องกลับดึก ตลอดจน คุณเสาวรส ที่ช่วย อำนวยความสะดวกในการติดต่อสื่อสารในระหว่างทำการศึกษา

และท้ายที่สุดขอขอบคุณพี่ๆน้องๆ IDEA รุ่นที่ 1 ทั้ง 6 คนที่น่ารัก ที่เราได้มีโอกาสมาเรียนด้วยกัน แม้จะมีกันน้อยและพบกันในช่วงระยะเวลาสั้นๆ แต่ก็รู้สึกประทับใจ ทำให้มีกำลังใจเดินทางมาถึงวันนี้ได้อย่างน่าชื่นใจและหายเหนื่อย คงต้องเก็บความประทับใจครั้งนี้ไว้ตลอดไป

สารบัญ

หน้าที่

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ

กิตติกรรมประกาศ.....ฉ

สารบัญ.....ช

สารบัญตาราง.....ญ

สารบัญแผนภูมิ.....ฏ

สารบัญภาพ.....ฑ

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....3

1.3 ขอบเขตการศึกษา.....3

1.4 ระเบียบวิธีวิจัย.....4

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....5

บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 6

2.1 แนวคิดในการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงาน.....6

1. สถานการณ์พลังงานในปัจจุบัน.....6

2. นโยบายของรัฐบาลด้านพลังงาน.....7

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....8

1. การถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร.....8

2. การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร 11

2.1 การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV).....11

2.2 การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา(RTTV).....13

2.3 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....14

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัยและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย..... 16

3.1 การสำรวจและจัดเก็บข้อมูลอาคาร.....16

3.2 การประเมินและวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารกรณีศึกษา.....17

3.3 เปรียบเทียบการใช้พลังงานอาคารกรณีศึกษากับอาคารอ้างอิง.....18

3.4 เสนอแนวทางเลือกในการปรับปรุอาคาร.....18

หน้าที่

3.5 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์.....19
3.6 สรุปผลการทดลอง.....19
3.7 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....19
บทที่ 4 รายละเอียดอาคารและการวิเคราะห์อาคารกรณีศึกษา.....22
4.1 ข้อมูลเบื้องต้นของอาคารกรณีศึกษา.....22
1. ลักษณะทางกายภาพของอาคาร.....22
2. ลักษณะการใช้งานอาคาร.....23
4.2 ข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร
1. ข้อมูลการใช้พลังงานในอดีต.....23
2. ระบบปรับอากาศภายในอาคาร.....25
3. ระบบแสงสว่างในอาคาร.....26
4. อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าในอาคาร.....26
4.3 การคำนวณต่อการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังและหลังคา (OTTVและ RTTV)....27
4.4 เกณฑ์มาตรฐานเพื่อใช้เป็นเครื่องมือชี้วัดและการวิเคราะห์กรอบอาคาร 37
4.5 การเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพของอาคารกับอาคารอ้างอิงใน
พื้นที่เดียวกันกับอาคารกรณีศึกษา.....37
4.6 การปรับแต่งโปรแกรม VisualDOE สำหรับใช้จำลองการใช้พลังงานไฟฟ้า.....42
4.7 เปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าจริงของอาคารกรณีศึกษากับผลการจำลอง
การใช้พลังงานด้วยโปรแกรม VisualDOE Version 4.1.0 46
4.8 การพิจารณาองค์ประกอบของภาระทำความเย็นของอาคาร.....49
4.9 แนวทางการเลือกระบบในการปรับปรุงและคัดเลือกวัสดุ.....51
4.10 การปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา.....54
1. ปรับปรุงผนังภายในห้องที่ปรับอากาศ ด้านที่สัมผัสอากาศภายนอก.....54
2. ปรับปรุงผนังกระจก หน้าต่างและช่องเปิด ห้องที่ปรับอากาศ ด้านที่สัมผัส
อากาศภายนอก 57
3. ปรับปรุงฉนวนฝ้าเพดานชั้นหลังคา.....60
4.11 การประเมินผลและวิเคราะห์อาคารกรณีศึกษา.....63
1. วิเคราะห์ปริมาณพลังงานไฟฟ้าเมื่อปรับปรุงผนังชนิดต่างๆ.....63
2. วิเคราะห์ปริมาณพลังงานไฟฟ้าเมื่อเปลี่ยนกระจกชนิดต่างๆ.....64
3. วิเคราะห์ปริมาณพลังงานไฟฟ้าเมื่อปรับปรุงฝ้าเพดานหลังคา.....67

หน้าที่

4.12 สรุปทางเลือกฉนวนประกอบเปลือกอาคาร.....68
1. การคัดเลือกระบบฉนวน.....68
2. การกำหนดทางเลือกในการปรับปรุงอาคาร.....69
4.13 ผลที่ได้จากการประเมินผลทางเลือก.....70
4.14 การวิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์.....73
4.15 สรุปแนวทางเลือกในการปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา.....75
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ..... 77
5.1 สรุปผลการสำรวจอาคารกรณีศึกษา.....77
5.2 สรุปแนวทางเลือกในการปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา 77
5.3 สรุปค่าการถ่ายเทความร้อนรวมเปลือกอาคาร OTTV และ RTTV ก่อนการปรับปรุง และหลังการปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา.....78
5.4 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการวิจัยต่อไป.....78
รายการอ้างอิง.....83
ภาคผนวก..... 85
ภาคผนวก ก. ข้อมูลการสำรวจอาคารกรณีศึกษา.....85
ภาคผนวก ข. ข้อมูลค่าคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุต่างๆ.....100
ภาคผนวก ค. รายละเอียดการคำนวณค่า OTTV และ RTTV.....101
ภาคผนวก ง. ข้อมูลที่ป้อนเข้าโปรแกรม VisualDOE.....105
ภาคผนวก จ. ข้อมูลภูมิอากาศจังหวัดอุบลราชธานี.....106
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....108

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าอาคารกรณีศึกษา.....24

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลขนาดและจำนวนเครื่องปรับอากาศในอาคารกรณีศึกษา.....25

ตารางที่ 4.3 ข้อมูลเบื้องต้นของกรอบอาคาร.....31

ตารางที่ 4.4 การจัดแบ่งกลุ่มพื้นที่ปรับอากาศและไม่ปรับอากาศของแต่ละชั้น.....33

ตารางที่ 4.5 รายละเอียดพื้นที่รวมของผนังอาคารแต่ละทิศ.....34

ตารางที่ 4.6 ค่าสมบัติเชิงความร้อนของวัสดุกรอบอาคาร.....34

ตารางที่ 4.7 วิธีคิดค่า U และ DSH ของผนังก่ออิฐมอญครึ่งแผ่นฉาบปูน.....35

ตารางที่ 4.8 ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (T_{deq}) ของผนังทึบ.....35

ตารางที่ 4.9 การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม ค่า U_f ผนังโปร่งแสง กระจกเขียว หนา 6 มม.....36

ตารางที่ 4.10 ค่า ESR และ ΔT ของผนังโปร่งแสง.....36

ตารางที่ 4.11 ค่า OTTV ผนังแต่ละด้าน.....36

ตารางที่ 4.12 ค่า OTTV และค่า RTTV สูงสุด.....38

ตารางที่ 4.13 เปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานต่อพื้นที่ ของอาคารอ้างอิงที่มีรูปแบบการใช้งานที่มีลักษณะเหมือนกัน ในมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี 39

ตารางที่ 4.14 ค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารอ้างอิง และอาคารมาตรฐานตามพระราชบัญญัติส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานปี 2551.....40

ตารางที่ 4.15 เปรียบเทียบค่ารังสีแสงอาทิตย์ระหว่าง จังหวัดอุบลราชธานีและกรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ.2545.....44

ตารางที่ 4.16 เปรียบเทียบข้อมูลการใช้ไฟฟ้าประจำปี พ.ศ.2552 จากใบเสร็จค่าไฟฟ้าและจากการจำลอง.....45

ตารางที่ 4.17 เปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานรายเดือนระหว่างอาคารกรณีศึกษากับอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมด้านเท่า ที่มีจำนวนชั้นและพื้นที่รวมเท่ากัน.....49

ตารางที่ 4.18 อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารกรณีศึกษา กับอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส..... 51

ตารางที่ 4.19 คุณสมบัติกระจกชนิดต่างๆ.....53

ตารางที่ 4.20 แสดงเกณฑ์ในการเลือกปรับปรุงองค์ประกอบอาคาร.....54

หน้า

ตารางที่ 4.21 แนวทางการคัดเลือกวัสดุฉนวน……..55
ตารางที่ 4.22 ชนิดวัสดุทางเลือกในการปรับปรุงผนังทึบ……..57
ตารางที่ 4.23 แสดงค่าความต้านทานความร้อนรวม (∑R) และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังทึบ (U) ของผนังชนิดต่างๆ……58
ตารางที่ 4.24 ทางเลือกหน้าต่างกระจกชนิดต่างๆ……60
ตารางที่ 4.25 แนวทางเลือกวัสดุฉนวหลังคา……64
ตารางที่ 4.26 แสดงค่าความต้านทานความร้อนรวม (∑R) และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของหลังคา (U) ของหลังคาชนิดต่างๆ……64
ตารางที่ 4.27 รายละเอียดตัวอย่างกระจกที่นำมาศึกษา……..67
ตารางที่ 4.28 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากการประมวลผลจากทางเลือกฝ้าเพดานชนิดต่างๆ….70
ตารางที่ 4.29 กำหนดทางเลือกในการปรับปรุง……..72
ตารางที่ 4.30 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเมื่อจำลองทางเลือกต่างในการปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา……73
ตารางที่ 4.31 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุน……76
ตารางที่ 4.32 การลดลงของค่าพลังงานไฟฟ้ารวม เมื่อปรับปรุงด้วยทางเลือกแบบต่างๆ…….76
ตารางที่ 4.33 ตารางการให้คะแนนแต่ละทางเลือกในการปรับปรุงอาคาร……78
ตารางที่ 5.1 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมเปลือกอาคาร OTTV และ RTTV ก่อนการปรับปรุง…… 81

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญแผนภูมิ

หน้า

แผนภูมิที่ 2.1 ราคาเฉลี่ยของพลังงานที่นำเข้า……6
แผนภูมิที่ 2.2 การใช้พลังงานรวมทั้งประเทศ……7
แผนภูมิที่ 4.1 แสดงปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้รายเดือนของอาคารกรณีศึกษา ……25
แผนภูมิที่ 4.2 เปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารอ้างอิงต่อพื้นที่รวม……41
แผนภูมิที่ 4.3 เปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารอ้างอิงต่อพื้นที่ปรับอากาศ……42
แผนภูมิที่ 4.4 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศสูงสุดที่ จ.อุบลราชธานี และ กรุงเทพฯ……44
แผนภูมิที่ 4.5 เปรียบเทียบค่ารังสีแสงอาทิตย์ระหว่าง จังหวัดอุบลราชธานีและกรุงเทพฯ……45
แผนภูมิที่ 4.6 เปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้จริงและจากการจำลองด้วยโปรแกรม……46
แผนภูมิที่ 4.7 ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดในแต่ละเดือน……47
แผนภูมิที่ 4.8 สัดส่วนการใช้พลังงานรวมในกิจกรรมต่างๆ ของอาคารกรณีศึกษาเมื่อจำลองด้วยโปรแกรม VisualDOE……47
แผนภูมิที่ 4.9 สัดส่วนการใช้พลังงานของอาคารสำนักงาน จากข้อมูลการศึกษาของ พพ. ….48
แผนภูมิที่ 4.10 สัดส่วนการใช้พลังงานระหว่างอาคารกรณีศึกษากับผลการศึกษาอาคารสำนักงานของ พพ. ……49
แผนภูมิที่ 4.11 เปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสกับอาคารกรณีศึกษา……50
แผนภูมิที่ 4.12 สัดส่วนการใช้พลังงานในกิจกรรมต่างๆ ของอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส……50
แผนภูมิที่ 4.13 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบต่างๆ ของอาคารกรณีศึกษาเปรียบเทียบกับอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส……51
แผนภูมิที่ 4.14 แสดงค่าความต้านทานความร้อนรวม ($\sum R$) ของผนังชนิดต่างๆ……58
แผนภูมิที่ 4.15 ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังทึบ (U) ของผนังชนิดต่างๆ……59
แผนภูมิที่ 4.16 ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของกระจก (U)……62
แผนภูมิที่ 4.17 แสดงสัดส่วนระหว่างค่า V_T /SHGC……63
แผนภูมิที่ 4.18 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) ของฝ้าเพดานชนิดต่างๆ……65
แผนภูมิที่ 4.19 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (RTTV)……65
แผนภูมิที่ 4.20 แสดงค่าพลังงานไฟฟ้าต่อพื้นที่ เมื่อจำลองด้วยวัสดุทางเลือกต่างๆ……66
แผนภูมิที่ 4.21 ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของกระจกชนิดต่างๆเมื่อจำลองด้วยโปรแกรม……68
แผนภูมิที่ 4.22 แสดงค่า SC ของกระจกแต่ละชนิด……68

แผนภูมิที่ 4.23 แสดงราคากระจกชนิดต่างๆ.....69
แผนภูมิที่ 4.24 ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของวัสดุฝ้าเพดานชั้นหลังคาชนิดต่างๆ.....71
แผนภูมิที่ 4.25 ค่าพลังงานไฟฟ้ารวมต่อปี เมื่อจำลองด้วยทางเลือกแบบต่างๆ.....74
แผนภูมิที่ 4.26 เปรียบเทียบค่าพลังงานที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละทางเลือกในการปรับปรุง.....74
แผนภูมิที่ 4.27 ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อภาระงานต่างๆ ในอาคาร แต่ละทางเลือก.....74
แผนภูมิที่ 4.28 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อภาระงานต่างๆ ในอาคาร แต่ละทางเลือก.....75
แผนภูมิที่ 4.29 แสดงเงินลงทุน ของทางเลือกปรับปรุงแบบต่างๆ.....77
แผนภูมิที่ 4.30 แสดงระยะเวลาคืนทุน ของทางเลือกปรับปรุงแบบต่างๆ.....77
แผนภูมิที่ 4.31 แสดงสัดส่วนผลตอบแทนต่อเงินลงทุน ของทางเลือกปรับปรุงแบบต่างๆ.....78

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 4.1 แสดงผังบริเวณ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี แสดงที่ตั้งอาคารกรณีศึกษาและอาคารอ้างอิง.....22

ภาพที่ 4.2 ผังบริเวณอาคารกรณีศึกษา.....23

ภาพที่ 4.3 เครื่องปรับอากาศชนิด Split Type ที่ใช้ในอาคารกรณีศึกษา.....26

ภาพที่ 4.4 แปลนพื้นชั้นที่ 1.....28

ภาพที่ 4.5 แปลนพื้นชั้นที่ 2.....29

ภาพที่ 4.6 แปลนพื้นชั้นที่ 3.....29

ภาพที่ 4.7 รูปด้านทิศใต้ (ด้านหน้า) 30

ภาพที่ 4.8 รูปด้านทิศตะวันตก.....30

ภาพที่ 4.9 รูปด้านหน้าทิศเหนือ.....30

ภาพที่ 4.10 รูปด้านหน้าทิศตะวันออก.....28

ภาพที่ 4.11 พื้นที่ปรับอากาศชั้นที่ 1.....32

ภาพที่ 4.12 พื้นที่ปรับอากาศชั้นที่ 2.....32

ภาพที่ 4.13 พื้นที่ปรับอากาศชั้นที่ 3.....33

ภาพที่ 4.14 คณะเภสัชศาสตร์.....38

ภาพที่ 4.15 คณะบริหารศาสตร์.....38

ภาพที่ 4.16 คณะวิศวกรรมศาสตร์.....39

ภาพที่ 4.17 สำนักคอมพิวเตอร์.....39

ภาพที่ 4.18 สำนักงานอธิการบดี หลังที่ 1.....39

ภาพที่ 4.19 สำนักงานอธิการบดี หลังที่ 2.....39

ภาพที่ 5.1 แสดงทิศทางการพัดของลมจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ ในสถานที่ตั้งอาคารกรณีศึกษา.....83

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ก่อตั้งเมื่อ พ .ศ.2531 นับเป็นมหาวิทยาลัยที่มีอายุไม่มากนักเมื่อเทียบกับมหาวิทยาลัยของรัฐแห่งอื่นๆ แต่ด้วยการที่ตั้งอยู่ในพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานี ซึ่งเป็นหัวเมืองหลักในภาคอีสานตอนใต้ เป็นเมืองใหญ่ มีประชากรมากเป็นอันดับ 3 ของประเทศ (สำนักทะเบียนกลาง , 31 ธ.ค.2551) มีความเจริญทางด้านเศรษฐกิจ การค้าในพื้นที่และระหว่างประเทศ ประกอบกับเป็นเมืองชายแดนด้านทิศตะวันออกสุดของประเทศ มีชายแดนติดกับประเทศเพื่อนบ้าน สาธารณะรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว และประ เทศกัมพูชา มีการค้าขายทั้งในและนอกประเทศ ประกอบกับมีการคมนาคมขนส่งที่สมบูรณ์ครบทั้งทางบกและทางอากาศ ด้วยปัจจัยด้านความเจริญของเมือง จึงทำให้มีประชากรเพิ่มมากขึ้นเรื่อย รวมทั้ง จำนวนนักศึกษา ที่เพิ่มมากขึ้นทุกปี จึงทำให้มีความต้องการพื้นที่สำหรับทำงานของบุคลาก รมากขึ้น โดยเฉพาะ ในส่วนสำนักงานอธิการบดี ที่ต้องการพื้นทั้งในส่วนงานบริหาร และพื้นที่ใช้เป็นห้องประชุมส มนาต่างๆ ดังนั้นจึงมีการสร้างอาคารอธิการบดีหลังที่ 2 ขึ้น ในบริเวณด้านทิศตะวันออกของอาคารเดิมและทำสะพานเชื่อมระหว่างสองอาคารเพื่อความสะดวกในการใช้งาน

ปัจจุบันปัญหาการขาดแคลนพลังงานเป็นปัญหาที่ทั่วโลกต่างให้ความสำคัญเป็นลำดับต้นๆ เนื่องจากส่งผลกระทบโดยตรงแก่มนุษย์ทั้งในปัจจุบัน และคาดว่าจะรุนแรงมากยิ่งขึ้นต่อไปในอนาคตดังนั้นทุกประเทศจึงมีการรณรงค์เรื่องการอนุรักษ์พลังงานและการใช้พลังงานให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

ปัจจุบันสำหรับประเทศไทย รัฐบาลได้มอบหมายให้ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) เป็นหน่วยงาน ที่มีหน้าที่ส่งเสริม ผลักดันให้เกิดการ อนุรักษ์พลังงาน และใน หลายมาตรการได้ถูกนำมาใช้ นับตั้งแต่การผลักดันให้มีพระราชบัญญัติการส่งเสริมการพลังงาน พ .ศ.2535 ซึ่งเป็นพระรา ชบัญญัติที่กำหนดมาตรการให้ผู้ประกอบการในภาคการผลิตและบริการ ซึ่งเป็นส่วนที่ใช้พลังงานใน ปริมาณสูง ใช้พลังงานอย่างมีประสิ ทธิภาพ เพื่อลดต้นทุนการผลิตและสร้างความเข้มแข็งทางเศรษฐกิจ (อนุรักษ์พลังงาน ความเข้มแข็งของประเทศ , 2549 : 8) การส่งเสริมส่งเสริมในด้านการให้ความรู้ ทั้งทางเอกสารและการอบรมต่างๆ การจัดการประกวดอาคารเพื่อการประหยัดพลังงาน การให้เงินกู้เพื่อส่งเสริมการปรับปรุงอาคารให้ประหยัด

พลังงาน การใช้มาตรการทางด้านการคืนเงินภาษีรายได้ที่เกิดจากพลังงานแก่โรงงานและเอกชนที่ร่วมโครงการ ที่เกิดจากการดำเนินมาตรการอนุรัก ษ์มากระตุ้นให้เกิดการปรับปรุงการใช้พลังงานในภาคธุรกิจและอุตสาหกรรม

ในส่วนหน่วยงานราชการ พพ. ได้เริ่มมีการส่งเสริมให้หน่วยงานราชการและรัฐวิสาหกิจดำเนินการอนุรักษ์พลังงานเพื่อลด ค่าใช้จ่ายด้านพลั งงานของหน่วยงานเองและประเทศชาติมาตั้งแต่ปี พ.ศ.2539 จนถึงปี พ.ศ.2547 และได้เข้าไปดำเนินการในส่วนอาคารของรัฐรวม 1,347 แห่ง ได้ผลประหยัดกว่า 850 ล้านบาทต่อปี (วารสารพลังงาน, 2549: 29) นอกจากการเข้าไปปรับปรุงอุปกรณ์ของรัฐแล้ว ยังมีการจัดอบรมเจ้าหน้าที่ของรัฐเพื่อสร้างจิตสำนึกการอนุรักษ์อย่างต่อ เนื่องและภายหลังพบ ว่าสามารถช่วยให้หน่วยงาน ของรัฐ สามารถลดปริมาณ การใช้พลังงานลงได้มาก

นอกจากนี้ พ.พ. ยังได้เริ่มดำเนินงานโครงการติดฉลากอาคารตั้งแต่ปี พ .ศ. 2550 ต่อเนื่องมาถึงปี พ .ศ. 2552 ปัจจุบันมีอาคารที่ได้รับฉลากไปแล้วทั้งสิ้น 142 อาคาร เป็นอาคารประเภทที่อยู่อาศัย 133 หน่วย เป็นอาคารที่ไม่ใช่ที่พักอาศัย 9 หน่วย อาคารที่เข้าร่วมโครงการมีทั้งอาคารใหม่ที่อยู่ในระหว่างออกแบบก่อสร้าง และอาคารเก่าที่ต้องการปรับปรุง ซึ่งโครงการฯ จะให้คำแนะนำกับเจ้าของอาคาร ในการปรับปรุงแบบและปรับปรุงการก่อสร้างอ าคารเพื่อให้อาคารมีประสิทธิภาพการใช้พลังงานสูงขึ้น จนสามารถผ่านเกณฑ์การประเมินเพื่อให้ได้รับฉลาก

การเลือกศึกษาอาคารสำนักงาน เนื่องจากเป็นอาคารที่การใช้พลังงานไฟฟ้าปริมาณมากโดยเฉพาะอาคารที่ทำการราชการซึ่งมีอยู่ในทุกพื้นที่ของประเทศ นั้นจึงน่าที่จะเป็นอาคารสำนักงานตัวอย่างให้กับอาคารอื่นๆ ของรัฐต่อไป

คำจำกัดความของ คำว่า “อาคารสำนักงาน” ในความหมายของการจำแนกชนิดอาคาร ตาม กฎกระทรวง ฉบับที่ 55 (2543) ออกตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ .ศ.2522 หมายถึง อาคารหรือส่วนหนึ่งส่วนใดของอาคารที่ใช้เป็นที่ทำการเพื่อทำธุรกิจหรือสำนักงาน

อาคารสำนักงานอธิการบดีหลังใหม่ เป็นอาคาร คอนกรีตเสริมเหล็กสามชั้น หลังคามุงแผ่นโลหะ มีการใช้งานในสองลักษณะใหญ่ๆ คือ ชั้นที่1ใช้พื้นที่เป็นสำนักงานกองกลางและห้องการเงิน ชั้นที่ 2, 3 ใช้พื้นที่ห้องประชุมและส่วนบริการ เนื่องจากเป็นอาคารที่มีก ารออกแบบในช่วงที่ พระราชบัญญัติส่งเสริมการ อนุรักษ์พลังงาน ได้ประกาศใช้มา แล้วหลายปี และเป็นอาคารที่มีรูปแบบสถาปัตยกรรม ร่วมสมัย ดังนั้นจึงน่าที่จะเป็นอาคารที่ได้รับการออกแบบโดย

คำนึงถึงประสิทธิภาพการใช้พลังงาน เป็นอย่างดี ดังนั้นจึงเกิดแนวคิด ที่จะประเมินประสิทธิ ภาพการใช้พลังงานของอาคารดังกล่าว โดยพิจารณาในสองด้านที่สัมพันธ์กันคือ 1) ประสิทธิภาพด้านการใช้พลังงานไฟฟ้า ของอาคาร และ 2) แนวทางในการปรับปรุงเปลือกอาคารให้สามารถที่จะประหยัดพลังงานได้เพิ่มขึ้นโดยไม่กระทบกระเทือนรูปแบบสถาปัตยกรรมเดิม โดยใช้เกณฑ์ประเมินของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน(พพ.) ฉบับปี พ.ศ.2551 และสามารถหาทางเลือก เพื่อใช้เป็น แนวทางประกอบการตัดสินใจในการ ปรับปรุงการ อาคารให้สามารถใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.เพื่อประเมินประสิทธิภาพในด้านการใช้พลังงาน ไฟฟ้าของอาคารที่ทำการศึกษา เปรียบเทียบกับเกณฑ์ ประเมินของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ฉบับปี พ.ศ.2551 และ พ.ร.บ.ส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2550

2.เพื่อศึกษาสาเหตุและปัจจัย อื่น ที่เกี่ยวข้องที่มีผลต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารที่ศึกษาในการใช้พลังงานไฟฟ้าตามภาวะปกติ

3.สามารถวิเคราะห์สาเหตุและกำหนดทางเลือกในการแก้ไข เพื่อให้เกิดการใช้พลังงานที่มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยไม่ปรับเปลี่ยนรูปลักษณ์ทางสถาปัตยกรรม และคำนึงถึงความคุ้มค่าในการลงทุนเป็นหลัก

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.ศึกษารูปแบบอาคารและองค์ประกอบด้านสถาปัตยกรรม ได้แก่ รูปทรงอาคาร วัสดุอาคาร สัดส่วนของพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอย (WWR)

2.ศึกษาค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในสภาวะการใช้งานปกติ โดยเลือกศึกษาองค์ประกอบที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นหลัก ได้แก่ ระบบแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ และอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เกี่ยวข้อง

3.ศึกษาระบบเปลือกอาคาร ได้แก่ ผนังอาคาร ฝ้าเพดาน หลังคา ที่ผลต่อการใช้พลังงานอาคาร

4.นำผลที่ได้เปรียบเทียบกับหลักเกณฑ์ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ฉบับปี พ.ศ.2551 และ พ.ร.บ.ส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2551

5.เสนอแนวทางปรับปรุงอาคารโดยพยายามไม่ให้กระทบกระเทือนรูปแบบงานสถาปัตยกรรมและพื้นที่ใช้งานเดิม

1.4 ระเบียบวิธีวิจัย

1. ศึกษาทฤษฎีแนวคิดและเกณฑ์ที่ใช้วัดประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารที่มีลักษณะการใช้งานแบบดังกล่าว

2. เก็บรวบรวมข้อมูลตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับอาคารที่ทำการศึกษา

- ข้อมูลทางกายภาพ องค์ประกอบอาคาร ทั้งชนิดและปริมาณ รูปแบบอาคาร วัสดุประกอบอาคาร
- ข้อมูลอุปกรณ์ไฟฟ้าในอาคาร ทั้งชนิด ยี่ห้อและปริมาณ ระยะเวลาการใช้งาน จำนวนผู้ใช้งาน
- เก็บข้อมูลตัวแปรที่เกี่ยวข้อง กับการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้า เช่น บันทึกค่าไฟฟ้าย้อนหลัง ค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุด

3. ศึกษาและวิเคราะห์เกณฑ์การใช้พลังงานของอาคารที่ทำการศึกษา โดยการนำข้อมูลที่ได้มาจำลองด้วยโปรแกรม VisualDOE 4.1.0 นำผลที่ได้เปรียบเทียบกับข้อมูล การใช้งานจริงที่ได้จริงและประมวลผล

4. ศึกษาเสนอทางเลือ กองค์ประกอบอาคารที่มีผลกระทบกับการป้องกันความร้อนเขาสู่ตัวอาคารที่ทำการศึกษา ได้แก่ วัสดุฉนวนกันความร้อน กระจก วัสดุมุงหลังคา หลอดไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง

5. นำผลที่ได้มาประเมินผลเปรียบเทียบและวิเคราะห์ปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคาร พร้อมทั้งคำนวณค่าประสิทธิภาพส่งผ่านพลังงาน OTTV และ RTTV

6. สรุปผลการทดลองจากทางเลือกต่างๆ เปรียบเทียบกับสภาพอาคารเดิมที่เป็นอยู่ และ เสนอ ทางเลือกในการปรับปรุงอาคารโดยแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพสูงสุดที่สอดคล้องกับความคุ้มค่าในการลงทุน

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารที่ ทำการ ศึกษาและสามารถ หาทางเลือก เพื่อใช้เป็นแนวทางในการ ปรับปรุงอาคารดังกล่าวและสามารถ นำไปเป็นแนวทางในการปฏิบัติ สำหรับอาคารอื่นที่มีรูปแบบการใช้งานในลักษณะเดียวกัน

2. สามารถที่จะคาดการณ์ล่วงหน้า าถึงความน่าจะเป็นของการใช้พลังงานในอาคารที่มีรูปแบบสถาปัตยกรรม ดังกล่าว และสามารถหารูปแบบทางเลือกที่เหมาะสมในการแก้ไขปัญหาโดยคำนึงถึงเทคโนโลยีและความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ

3. เนื่องจากมหาวิทยาลัยอุบลราชธา นีเป็นม หาวิทยาลัยที่เกิดใหม่ ยังมีการก่อสร้างอาคารใหม่ ๆ เกิดขึ้นตลอดเวลา ดังนั้น ในการศึกษาในเรื่องดังกล่าว จึงน่าที่จะช่วย เป็นแนวทางให้สามารถวางแนวทางในการออกแบบสถาปัตยกรรมที่ประหยัดพลังงาน แทนที่จะใช้วิธีปรับปรุงอาคาร เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายที่สูงกว่ามาก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

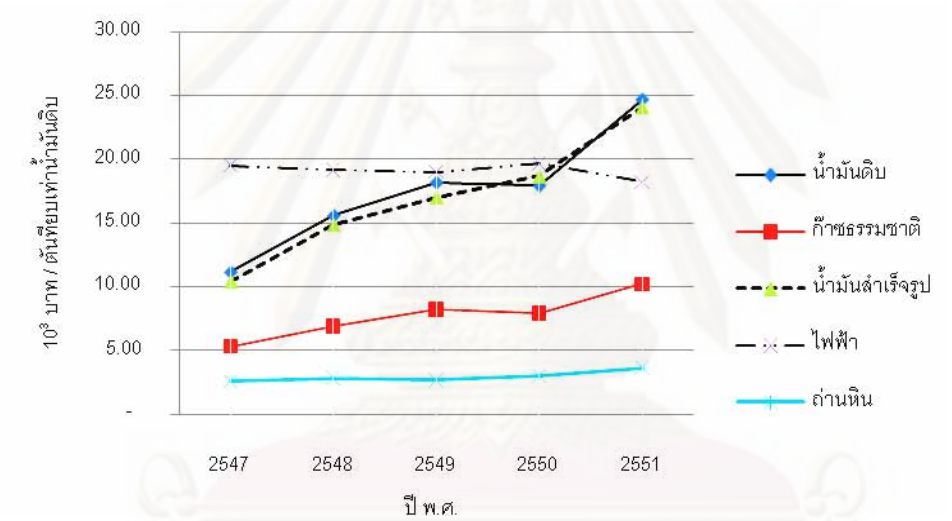
บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดในการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงาน

1. สถานการณ์พลังงานในปัจจุบัน

ในยุคที่ปัญหาพลังงานมีความขาดแคลน ความหวั่นเกรงที่พลังงานกำลังจะหมดไปจากโลกได้ทวีความรุนแรงขึ้นเรื่อยๆ ดังจะเห็นได้จากราคาค่าน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีราคาสูงขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงระยะเวลาไม่กี่ปีมานี้และไม่มีแนวโน้มที่ลดลง



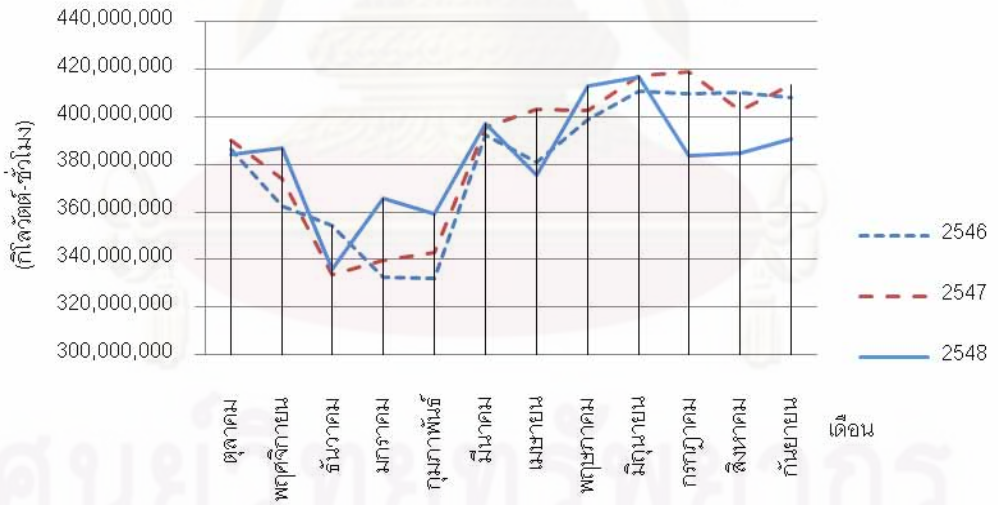
แผนภูมิที่ 2.1 ราคาเฉลี่ยของพลังงานที่นำเข้า
(กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2553 : ออนไลน์)

ดังนั้นแนวคิดเรื่องการประหยัดพลังงานจึงเป็นวิธีการหนึ่งที่จะสามารถช่วยให้เกิดการชะลอตัวของปัญหาดังกล่าวได้ทางหนึ่งและในอดีตที่ผ่านมาเรามักไม่ค่อยให้ความสำคัญกับปัญหาดังกล่าวนี้เท่า ที่ควร เนื่องจากน้ำมันยังมีราคาถูกและ คนทั่วไปยังคง เข้าใจว่าน้ำมัน สำรองของโลกยังมีอยู่อย่าง เหลือเฟือ ประกอบกับยังไม่มีใครออกมา พูดความจริงว่า เรามีน้ำมันอยู่อย่างจำกัด และคงสามารถใช้ได้อีกประมาณ 50 ปี น้ำมันก็จะหมดไป

2 นโยบายของรัฐบาลด้านพลังงาน

จากอดีตแนวโน้มการใช้พลังงานของหน่วยราชการมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อยๆ ดังนั้น เมื่อรัฐบาลเริ่มตระหนักถึงปัญหาเรื่องการขาดแคลนพลังงานในปัจจุบันแล้ว จึงมี มติคณะรัฐมนตรี เมื่อวันที่ 17 พฤษภาคม พ.ศ.2548 ให้หน่วยงานราชการลดการใช้พลังงาน ร้อยละ 10-15 เทียบกับปี 2546 และกำหนดเป็นตัวชี้วัดผลงาน (Key Performance Index: KPI) ของทุกหน่วยงาน เริ่มจากปีงบประมาณ 2549 จะเห็นได้ว่ารัฐบาลได้ให้ความสำคัญ อย่างจริงจัง ด้านการประหยัดพลังงานของหน่วยราชการและได้กำหนดเกณฑ์ ระดับการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าและน้ำมันลง เพื่อให้สอดคล้องกับสภาวะการขาดแคลนพลังงานขอ งโลก และสามารถนำเงินที่ประหยัดได้ ไปเป็นรางวัลในหน่วยงานนั้นได้

เริ่มจากงานสัมมนาคณะทำงานของทุกกระทรวง ที่เป็น Contact person สามารถติดต่อกระทรวงพลังงาน เพื่อขอคำแนะนำวิธีกระตุ้นจิตสำนึก วิธีประหยัดพลังงาน วิธีวาง แผน วิธีรายงานติดตามผล ซึ่งเป็นเรื่องสำคัญ ที่ทุกหน่วยงานต้องรายงาน ตามแบบฟอร์มที่กำหนด ส่งให้สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน โดยทุกหน่วยงานจะต้องส่งรายงานการใช้พลังงานเป็นประจำทุกไตรมาส



แผนภูมิที่ 2.2 แผนภูมิการใช้พลังงานรวมทั้งประเทศ (หน่วยงานราชการ)
(กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2553 : ออนไลน์)

ในงานออกแบบสถาปัตยกรรมก็เช่นกันสามารถที่จะมีส่วนช่วยส่วนรวมได้ โดยวิธีการออกแบบอาคารที่สามารถใช้พลังงานได้มีประสิทธิภาพลดการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าด้วยองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมเอง

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในพื้นที่ส่วนต่างๆ ของโลกต่างมีสภาพภูมิอากาศที่แตกต่างกันไป ประเทศไทยตั้งอยู่ในทวีปเอเชีย เขตร้อนชื้น เหนือเส้นศูน ย์สูตร ดังนั้นจึงได้รับอิทธิพลจากรังสีอาทิตย์ในทิศใต้มากกว่าทิศเหนือ ด้วยสภาพอากาศที่ร้อนชื้น ความเร็วลมต่ำ ดังนั้นจึงนิยมใช้การปรับอากาศเชิงกล การออกแบบ เปลือกอาคารจึงเป็นสิ่งที่ต้องคำนึง เพราะเป็นเกราะป้องกันที่สำคัญในการป้องกันความร้อนเข้าสู่ตัวอาคาร นอกจา กนี้การเข้าใจถึงหลักการพื้นฐานทางทฤษฎีที่เกี่ยวข้องระหว่าง วัสดุก่อสร้าง ความร้อนและพลังงาน จะทำให้การออกแบบมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น

1. การถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร

ความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคาร มาจากแหล่งกำเนิด 2 แหล่ง คือ ความร้อนจากภายนอกและความร้อนจากภายในเอง และโดยปกติแล้วความร้อนรวมภายในอาคารมาจากความร้อนจากภายนอกอาคารและเป็นความร้อนที่ได้รับจากแสงอาทิตย์ และมีการกล่าวถึงในหลายประเด็นที่เกี่ยวข้องดังนี้

1.1 ที่มาของความร้อนในอาคาร ประกอบด้วย

1) ความร้อนที่เกิดขึ้นในอาคาร (Internal Heat Gain / Qi) ได้แก่ความร้อนจากคน อุปกรณ์ไฟฟ้าที่อยู่ในอาคาร

2) ความร้อนที่เกิดจากภายนอก (External Heat Gain) เป็นความร้อนที่เกิดจากรังสีดวงอาทิตย์ ดังนี้

2.1) Conduction Heat Gain / Loss (Qc): คือ การนำความร้อนที่เกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิภายในและภายนอก

2.2) Solar Radiation (Qs) : ความร้อนจากการแผ่รังสีดงอาทิตย์โดยตรง

2.3) Ventilation Heat Gain / Loss (Qv) : ความร้อนที่เกิดจากการระบายอากาศ โดยอาศัยอากาศเป็นตัวกลาง ซึ่งเกี่ยวข้องกับทิศทางและความเร็วกระแสลม

2.4) Evaporative Heat Loss (Qe) : การระเหยหรือความร้อนที่เกิดจากการเปลี่ยนสถานะ

1.2 อิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์

ปัจจัยในอากาศเป็นส่วนร่วมของข้อมูลที่มีความแตกต่างกัน เช่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ การแผ่รังสีความร้อน และกระแสลม ดังนั้นในการออกแบบต้องอาศัยข้อมูลดังกล่าวไปใช้วิเคราะห์ในการออกแบบ การถ่ายเทรังสีความร้อน ซึ่งมีด้วยกันหลายลักษณะคือ

1) คลื่นรังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์
2) คลื่นรังสีสั้นแผ่กระจาย
3) คลื่นรังสีสั้นสะท้อนจากพื้นดิน และสิ่งใกล้เคียง
4) คลื่นรังสียาวจากพื้นดิน หรือสิ่งใกล้เคียงที่ร้อน
5) คลื่นรังสียาวที่อาคารแผ่กลับให้บรรยากาศ

1.3 คุณสมบัติความเป็นฉนวน

คุณสมบัติการเป็นฉนวนของ หรือวัสดุที่ถือว่ามีฉนวนกันความร้อนที่ดีนั้นพิจารณาจากคุณสมบัติทางทฤษฎี 3 ข้อ ดังนี้

- ความสามารถในการต้านทานความร้อน (Resistivity)
- ความสามารถในการนำความร้อน (Conductivity)
- ความจุความร้อน (Thermal Capacity)

<u>ความสามารถในการต้านทานความร้อน</u> (Resistivity) หรือ R-Value

คืออัตราส่วนความหนาวัสดุตามแนวที่ความร้อนผ่านกับความสามารถในการนำความร้อนของวัสดุ ในกรณีวัสดุมีหลายชั้น ค่าความต้านรวมคือ ค่ารวมของค่าความต้านแต่ละชั้นรวมกัน และค่าการต้านทานความร้อนจะมีแปรกลับกับค่าการนำความร้อน

ความสามารถในการต้านทานความร้อน สามารถคำนวณได้จากสมการ

R = ค่าความต้านทานความร้อน (Resistivity – m2 K / Watt

C = ค่าความจุความร้อน (Thermal Capasity – W /m2 K or J /Kg.K

ΔX = ความหนาชิ้นวัสดุที่นำมาพิจารณา

K = ค่าการนำความร้อน (Conductivity – W mK)

การนำความร้อน (Conductivity) หรือ “K-Value)

คือ ค่าบ่งบอกการนำความร้อนของวัสดุเพียงชนิดเดียว โดยวัดในรูปของอัตราปริมาณความร้อนที่ไหลต่อหน่วยเวลาจากจุดระยะทางหนึ่งถึงจุดหนึ่งที่มีอุณหภูมิแตกต่างกันต่อหน่วยพื้นที่หน้าตัดที่ไหลผ่าน โดยมีหน่วยการวัดเป็น W/m.K (หรือ W/m ^{o}C)

เนื่องจากในการศึกษาการถ่ายความร้อนรวมอาคาร วัสดุเปลือกอาคารจะประกอบด้วยวัสดุหลายชนิดดังนั้นการคำนวณจึงต้องใช้ ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนรวม หรือค่า U ดังนี้

สมการ $U = 1 / (1/h_o+x_1/k1+x_2/k_2+x_3/k_3+\ldots+x_n/k_n+1/h_i)$

เมื่อ U = ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนรวม มีหน่วย Btu/h-ft^2-^{o}F หรือ (W/m^2-K)

h_o = ค่าสัมประสิ ทธิ์การนำความร้อนของอากาศภายนอก หน่วย Btu/h-ft^2-^{o}F (W/m^2-K)

h_i = ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของอากาศภายใน มีหน่วย Btu/h-ft^2-^{o}F หรือ (W/m^2-K)

xn = ความหนาวัสดุในชั้นที่ n มีหน่วยเป็นนิ้ว หรือ เมตร

kn = ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุชั้นที่ n มีหน่วยเป็น Btu-in/h-ft^2-^{o}F หรือ (W/m-K)

ความจุความร้อน (Thermal Capacity)

ความจุความร้อนของสสาร (Specific Heat Capacity) เท่ากับผลคูณของมวลสารกับความจุความร้อนจำเพาะ

ความจุความร้อนของสสาร เป็นค่าที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างความร้อนกับอุณหภูมิ เนื่องจากความจุความร้อนจำเพาะ คือ ปริมาณความร้อนที่ทำให้วัตถุหนึ่งหน่วยมีอุณหภูมิสูงขึ้น 1 องศา มีหน่วยเป็น Cal/g-^{o}C หรือ J/kg.K

ในการศึกษาด้านพลังงานความร้อนที่เกี่ยวข้องกับอาคาร โดยทั่วไปจะเกี่ยวข้องกับการเลือกวัสดุเพื่อใช้ประกอบเป็นเปลือกอาคารโดยพิจารณาคุณสมบัติของวัสดุ ได้แก่

วัสดุที่เป็นฉนวน เป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบา มีความหนาแน่นน้อย ประกอบด้วยโพรงอากาศเล็กๆ แทรกอยู่เป็นจำนวนมาก วัสดุผิวมัน เป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติในการต้านทานการแผ่รังสีหรือสะท้อนรังสีกลับได้ดี

1.4 **ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม** (Thermal Transfer)

เป็นค่าที่ใช้แสดงความร้อนทั้งหมดในอาคาร การคำนวณใช้ สมการค่าความร้อนที่เข้าสู่ตัวอาคาร (Conduction heat gain) นั่นคือ

$$Q = U \times A \times \Delta T$$

เมื่อ Q = ค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคาร (W / m^2C)

U = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม หรือ 1/Rรวม (W/m^2)

A = พื้นที่ผิว (m^2) ที่รับแสงแดด

ΔT = ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (Temperature difference Equivalent) ระหว่างภายนอกและภายในอาคาร โดยมีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส

2.การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร

สามารถแบ่งการคำนวณออกเป็น 2 ส่วน เพื่อให้สะดวกต่อการกำหนดค่า คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (RTTV)

2.1 การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV)

ผนังอาคารประกอบด้วยส่วนที่เป็นผนังทึบและผนังหลังคาโปร่ง ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคารแต่ละด้าน (OTTV) สามารถที่จะคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

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

เมื่อ $OTTV_i$ = ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านที่พิจารณา

U_W = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังทึบ มีหน่วยเป็นวัตต์/ตารางเมตร-องศาเซลเซียส

WWR = อัตราส่วนของพื้นที่หน้าต่างโปร่งแสง และหรือของผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ผนังด้านทั้งหมดที่พิจารณา

TD_{eq} = ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (temperature different equivalent) ระหว่างภายนอกและภายในอาคาร ซึ่งรวมถึงผลการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผนังทึบ มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส

U_f = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังโปร่งแสง หรือกระจก

ΔT = ค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายในและภายนอก

SHGC = ค่าสัมประสิทธิ์ความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่านผนังโปร่งแสง

SC = สัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด

ESR = ปริมาณรังสีอาทิตย์ตกกระทบที่ มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังโปร่งแสง

พจน์แรกในสมการ OTTV แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังทึบ โดยพจน์ที่สองและสามแสดงค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังโปร่งแสง ค่าของตัวแปรต่างๆ ในสมการสามารถคำนวณได้ดังนี้

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U_w) ของผนัง

$$R_T = R_0 + \Delta X_1/k_1 + \Delta X_2/k_2 + \Delta X_n/k_n + R_i \quad \text{และ} \quad U_w = 1/R_T$$

เมื่อ R_T = ความต้านทานความร้อนรวมของผนัง มีหน่วย ตารางเมตร-องศาเซลเซียส/วัตต์ ($m2.^0C\ W^{-1}$)

R_o = ความต้านทานของฟิล์มอากาศที่ผิวด้านนอก สำหรับผนังให้ใช้ค่า 0.044 และสำหรับหลังคาให้ใช้ค่า 0.055 มีหน่วย ตารางเมตร- องศาเซลเซียส/วัตต์ ($m^2.^0C\ W^{-1}$)

R_a = ความต้านทานของช่องว่างอากาศ (ถ้ามี) มีหน่วย ตารางเมตร-องศาเซลเซียส/วัตต์ ($m^2.^0C\ W^{-1}$)

R_i = ความต้านทานอากาศของฟิล์มอากาศด้านใน สำหรับผนังให้ใช้ค่า 0.12 และสำหรับหลังคาที่มีค่าความชัน 0 องศา ให้ใช้ค่า 0.162 มีหน่วย ตารางเมตร-องศาเซลเซียส/วัตต์ ($m^2.^0C\ W^{-1}$)

$\Delta x_1,\ldots,\Delta x_n$ = ความหนาของวัสดุชนิดที่ 1,…,n ตามลำดับที่ประกอบขึ้นเป็นผนังอาคาร

$K_1,\ldots,k_n$ = สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุชนิดที่ 1,…,n ตามลำดับที่ประกอบขึ้นเป็นผนังอาคาร

2.2 การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (RTTV)

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคารแต่ละส่วน ($RTTV_{ni}$) ให้คำนวณจากสมการต่อไปนี้

$$RTTV_{ni} = (U_R)(1\text{-}SRR)(TD_{eq})+(U_f)(SRR)(\Delta T)+(SRR)(SHGC)(SC)(ESR)$$

$RTTV_{ni}$ = ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาส่วนที่พิจารณา มีหน่วยเป็นวัตต์/ตรม. (Wm^{-2})

U_f = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา มีหน่วยเป็นวัตต์/ตรม.-องศาเซลเซียส ($Wm^{-2}C^{-1}$)

SRR = อัตราส่วนของพื้นที่หลังคาโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของหลังคาส่วนที่พิจารณา (ไม่มีหน่วย)

TD_{eq} = ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (temperature difference equivalent) ระหว่างภายนอกและภายในอาคาร ซึ่งรวมถึงผลการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ของผนังทึบ โดยมีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส (^oC)

U_f = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาโปร่งแสง มีหน่วยเป็นวัตต์/ตารางเมตร-องศาเซลเซียส ($Wm^{-2}.^oC^{-1}$)

ΔT = ค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายในและภายนอกอาคาร มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส (^oC)

$SHGC$ = ค่าสัมประสิทธิ์ ความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ที่ส่งผ่านหลังคาโปร่งแสง ไม่มีหน่วย)

SC = สัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด

ESR = รังสีอาทิตย์ที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน หรือปริมาณรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบ ผนังโปร่งแสง และ/หรือผนังทึบแสง มีหน่วยเป็น วัตต์/ตรม. (Wm^{-2})

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.3 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษา ผลงานวิจัย ที่เกี่ยวข้อง กับ แนวคิดเรื่อ งการปรับปรุงอาคาร สำนักงานเพื่อสามารถใช้พลังงานไฟฟ้า ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และลดการใช้พลังงาน นั้น พบว่ามีการศึกษาในหลายรูปแบบ โดยมีจุดประสงค์ที่แตกต่างกันออกไป และใกล้เคียงกัน ได้แก่

การศึกษาของ จารุวรรณ ประภาทรงสิทธิ์ (2544) ศึกษาเรื่อง เทคนิคการปรับปรุงระบบเปลือกอาคาร เพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ เป็นการศึกษาที่ให้ความสนใจไปที่เรื่องการลดสัดส่วนของพื้นที่ผนังโปร่งต่อพื้นที่เปลือกอาคาร เพื่อช่วยในการลดภาระการใช้พลังงาน ควบคู่กับการคิดเชิงเศรษฐศาสตร์ที่เหมาะสมในการลงทุน เป็นการศึกษา เรื่องสัดส่วนระหว่างผนังโปร่งแสงกับทึบแสง ที่มีผลต่อการใช้พลังงานของอาคารโดยให้ความสนใจเฉพาะสัดส่วนผนังโปร่งต่อผนังทึบแสงของอาคาร โดยไม่ได้กล่าวเปลือกอาคารด้านอื่น

การศึกษา ของ การุณย์ ศุภมิตรโยธิน (2547) เป็นการศึกษาเกณฑ์ชี้วัดการใช้พลังงานในอาคารสำนักงานเขตร้อนชื้น เพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบอาคารสำนักงานประหยัดพลังงาน โดยมุ่งศึกษาเรื่องรูปทรง สัดส่วนพื้นที่เปลือกอาคารกับพื้นที่ ใช้สอยที่เหมาะสม และการพิจารณานำแสงสว่างธรรมชาติที่เหมาะสมมาใช้ในอาคาร

การศึกษาของ ปิติรัตน์ ยศวัฒนา (2545) ได้ศึกษาถึง แนวทางการออกแบบปรับปรุงอาคารที่ใช้แผงคอนกรีตเสริมเหล็กเป็นองค์ประกอบหลัก โดย กล่าวถึงการปรับปรุงอาคารเรียนแบบเก่าที่ใช้แผงคอนกรีตในการบังแสงแดดและนิยมใช้ การระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ โดยให้ความสำคัญในเรื่องการบำรุงรักษามากกว่า มีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงแผงคอนกรีตเดิมมาเป็นแผงเกล็ดอะลูมิเนียมที่เบา ดูแลรักษาง่าย จะเห็นได้ว่า แม้จะมีการปรับปรุงเปลือกอาคารเพื่อสร้างภาวะน่าสบายแต่ก็ไม่ได้กล่าวถึง การประเมินประสิทธิภาพเรื่องการใช้พลังงานที่มากขึ้ นหรือลดลงอย่างไร

ผลงานวิจัยที่น่าจะมีส่วนคล้ายกับการศึกษาในครั้งนี้ น่าจะเป็นกรณีศึกษาของ ดลยา ศิริปรุ (2548) เกี่ยวกับ แนวทางการออกแบบปรับปรุงอาคารสำนักงานของรัฐเพื่อการประหยัดพลังงาน พบว่าเป็นการศึกษาในเรื่องแนวทางการในการปรับปรุงอาคารสำนักงานของรัฐที่มีอายุการ ใช้งานมา นานหลายสิบปี และแนวทาง ออกแบบทางสถาปัตยกรรม เพื่อ ใช้ในการปรับปรุงอาคาร ให้สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้ า โดยสนใจใน เรื่องเทคนิคการออกแบบอาคารใหม่โดยพิจารณาการวางองค์อาคารที่พยายามหลีกเลี่ยงการปะทะแสงอาทิตย์โดยตรง การ

เลือกใช้วัสดุเปลือกอาคารที่มีคุณสมบัติในด้านการป้องกันรั งสีดวงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพสู ง แต่ยังไม่ได้ให้ความสำคัญถึงปรับปรุงอาคารโดยไม่กระกระเทือนรูปแบบสถาปัตยกรรมเดิม

จะเห็นได้ ว่ามีการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงอาคาร เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าในหลาย งานวิจัย แต่ยังไม่ มีงานใดที่กล่าวถึงการปรับปรุงอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานโดยพยายาม การรักษาสภาพรูปแบบสถาปัตยกร รมเดิมไว้ ดังนั้นแนวทางการปรับปรุงอาคารเดิมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานโดยพยายามรักษารูปแบบอาคารเดิมน่าที่จะสามารถทำได้ เพื่อคงไว้ซึ่ง รูปแบบงานสถาปัตยกรรมของอาคารเดิม และมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นด้านการป้องกันความร้อนจากภายนอกด้วยเทคนิควิธีการสมัยใหม่

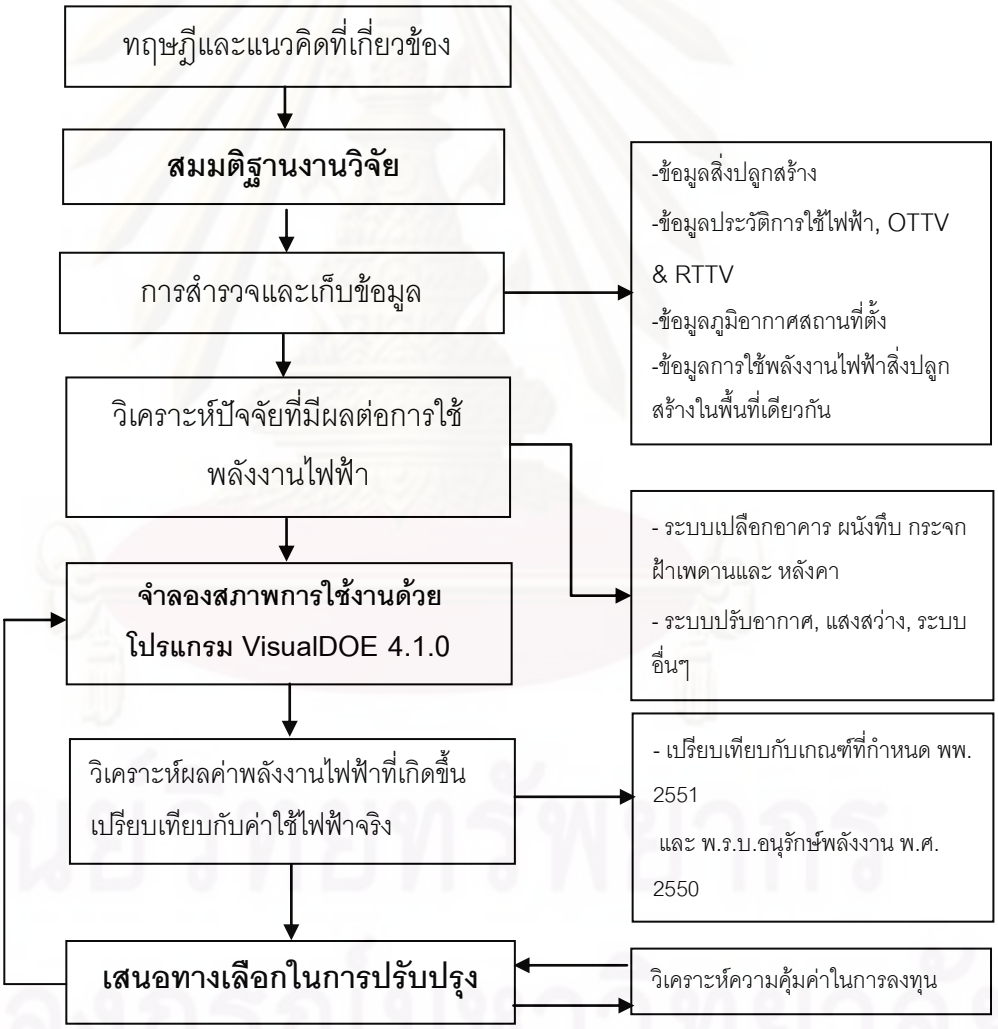
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัยและเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

ในการศึกษานี้เป็นการศึกษาเพื่อวัดประสิทธิภาพ การใช้พลังงานไฟฟ้าของ อาคารที่ทำการศึกษา และหาทางในการปรับปรุงเพื่อให้สามารถประหยัดพลังงานลงได้ ดังนั้นสามารถดำเนินการได้ดังนี้ คือ

วิธีการดำเนินการวิจัย



3.1 การสำรวจและจัดเก็บข้อมูลอาคาร

ในการศึกษาใช้วิธีการจำลองการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารด้วยโปรแกรม Visual DOE 4.1.0 และตรวจสอบความถูกต้องด้วยการตรวจวัดข้อมูลอาคารที่ทำการศึกษา ณ เวลาปัจจุบัน โดยแบ่งการสำรวจเป็นขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การวิเคราะห์สภาพแวดล้อมเบื้องต้นของอาคาร

1.1 การวิเคราะห์สภาพแวดล้อมและที่ตั้งโดยรอบ

- รูปทรงที่ดิน
- พืชพันธ์
- แหล่งน้ำ
- อาคารข้างเคียง

1.2 การเก็บข้อมูลลักษณะทางกายภาพของอาคาร

- หาข้อมูลแนวแกนอาคารที่แน่นอน
- สำรวจเก็บข้อมูลลักษณะการใช้งานพื้นที่อาคาร
- วัสดุอาคาร
- สัดส่วนช่องเปิดและผนัง

1.3 เก็บข้อมูลการใช้พื้นที่อาคารจำแนกประเภท พื้นที่สำนักงาน พื้นที่ปรับอากาศ พื้นที่ส่วนบริการ ห้องเครื่อง ทางเดิน อื่นๆ

1.4 เก็บข้อมูลสภาพอากาศ

- รังสีดวงอาทิตย์ 2 ประการ คือ 1.พลังงานรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกลงมาบนที่ตั้ง 2. เส้นทางโคจรของดวงอาทิตย์
- อุณหภูมิอากาศ
- ความชื้นสัมพัทธ์
- เก็บข้อมูลลม

2. การสำรวจและเก็บข้อมูลการใช้พลังงานอาคาร

2.1 เก็บข้อมูลการใช้ไฟฟ้าที่ผ่านมา

- ปริมาณค่าไฟฟ้าจากใบเสร็จค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้า
- ช่วงเวลาการใช้พลังงานไฟฟ้ามากสุด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2 เก็บข้อมูลระบบปรับอากาศ

- ชนิดและเครื่องปรับอากาศที่ใช้ในปัจจุบัน
- ตารางการใช้งานและอายุการใช้งานของเครื่องปรับอากาศ
- การจัดกลุ่มและแบ่งพื้นที่ใช้สอยเครื่องปรับอากาศ
- การดูแลและบำรุงรักษา

2.3 เก็บข้อมูลระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

- สำรวจชนิด ขนาด ปริมาณ วงจรการเปิด-ปิด ของดวงโคมไฟฟ้า
- สำรวจปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดที่เกิดกับการใช้กับระบบไฟฟ้าประดิษฐ์

3. สำรวจข้อมูลระบบอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าในอาคาร

- โดยการสำรวจ บันทึก ชนิด ขนาดการใช้พลังงานไฟฟ้า จำนวน ระยะเวลาการใช้งาน
- คำนวณปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้

3.2 ประเมินและวิเคราะห์ผลการใช้พลังงานของอาคารกรณีศึกษา

1. ประเมินและวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร

โดยการนำข้อมูลที่เก็บได้มาจำลองด้วยโปรแกรม VisualDoe หาสัดส่วนการใช้พลังงานในแต่ละส่วน เพื่อให้ทราบถึงการใช้พลังงานในแต่ส่วน แล้วเปรียบเทียบกับเกณฑ์คู่มือแบบประเมินอาคารที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและอนุรักษ์พลังงานของ พพ.ฉบับปี พ.ศ.2551 และพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2550

หาแนวทางในการปรับปรุงอาคารที่เหมาะสมโดยพิจารณาด้าน เทคนิคความยาก-ง่าย ความเหมาะสมด้านการใช้งาน ความสามารถในการจัดหาวัสดุ ความทนทานในการใช้งาน ความคุ้มค่าทางการลงทุน

2. ประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร

ประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังอาคาร (OTTV) และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (RTTV) เปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด

3.3 เปรียบเทียบการใช้พลังงานอาคารกรณีศึกษากับอาคารอ้างอิง

1. เก็บข้อมูลอาคารอ้างอิงในพื้นที่เดียวกัน โดยเปรียบเทียบ

- ขนาด พื้นที่ใช้สอยรวม พื้นที่ปรับอากาศ และพื้นที่ไม่ปรับอากาศ
- ลักษณะกิจกรรมที่เกิดขึ้นในอาคารดังกล่าว
- เก็บบันทึกค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ผ่านมา เปรียบเทียบกับอาคารกรณีศึกษา

2. เปรียบเทียบอัตราส่วนการใช้พลังงานต่อพื้นที่ที่เกิดขึ้นเทียบกับอาคารอ้างอิงในพื้นที่เดียวกัน เทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของ พพ.

3.4 เสนอแนวทางเลือกในการปรับปรุงเปลือกอาคาร

โดยกำหนดเกณฑ์ทางเลือกในด้านข้อดี-ข้อเสีย ความเป็นไปได้ เทคนิควิธีการทำงาน ตลอดจนความเรียบร้อยในการทำงาน ดังนี้

1. กำหนดเกณฑ์ในการพิจารณาเลือกปรับปรุงเปลือกอาคาร

1.1 เกณฑ์ในการพิจารณาเลือกปรับปรุงองค์ประกอบอาคาร

1.2 เกณฑ์ในการพิจารณาเลือกฉนวนชนิดต่างๆ

2. เสนอแนวทางปรับปรุงในแนวทางต่างๆ

โดยอาศัยเกณฑ์ในการพิจารณาข้างต้น ทำการ เลือกตัวแทนที่ดีที่สุดจากแต่ละกลุ่มตัวอย่างมาประกอบ เป็นแต่ละทางเลือก เมื่อได้ทางเลือกต่างๆแล้วนำเข้าสู่กระบวนการประมวลผล ดังนี้

2.1 เปรียบเทียบประสิทธิภาพทางเลือกด้วยการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ นำค่าตัวแปรแต่ละทางเลือก มาประมวลผลด้วยโปรแกรม VisualDOE

2.2 สรุปทางเลือกในการปรับปรุงที่ดีที่สุด โดยเปรียบเทียบจากผลการจำลองดังนี้

- ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้รวมต่อปี
- ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อพื้นที่ใช้สอย
- ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปในแต่ละระบบ

- สัดส่วนพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละส่วนแต่ละระบบ เปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยพลังงานไฟฟ้าต่อพื้นที่ของ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

3.5 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

1. แปรผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

- ระยะเวลา (ปี) คืนทุนอย่างง่าย เท่ากับ มูลค่าเงินที่ลงทุน / ค่าไฟฟ้าที่ลดลง
- สัดส่วนผลตอบแทน เท่ากับ ค่าไฟฟ้าที่ลดลง ต่อ เงินลงทุน
- อัตราส่วนค่าพลังงานที่ลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการปรับปรุง

2. สรุปผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ นำไปสู่การจั ดลำดับทางเลือกแต่ละทางเลือกประกอบข้อมูลการตัดสินใจ

3.6 สรุปผลการทดลอง

1. กำหนดทางเลือกที่ดีสุด
2. ข้อเสนอแนะและแนวทางอื่นที่สามารถทำได้

3.7 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้เลือกใช้โปรแกรม VisualDOE version 4.1.0 พัฒนาขึ้นโดยสถาบันวิจั ยแห่งชาติของมหาวิทยาลัย Berkeley เพื่อใช้คำนวณการจำลองการใช้พลังงานของอาคาร เนื่องจากเป็นโปรแกรมที่มีชื่อเสียงมานาน มีการปรับปรุงมาอย่างต่อเนื่อง ได้รับการยอมรับในเรื่องความแม่นยำในการทำงานค่อนข้างสูง ประกอบกับการใช้งานที่ง่ายสำหรับการใช้งาน โดยผู้ใช้งานสา มารถปรับแต่งตัวแปรในระบบต่างๆ ของอาคารได้หลากหลายตามสภาวะการใช้งานจริง

ส่วนประกอบของโปรแกรม

1. ส่วนป้อนข้อมูลโปรแกรมหลัก

- ส่วนป้อนข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับอาคารได้ เช่น รูปร่างตัวอาคาร สถานที่ตั้ง ความสูง สภาพภูมิอากาศสถานที่ตั้งอาคารจริง

- ส่วนป้อนข้อมูลผู้ ใช้อาคาร เช่น เป็นอาค ารสำนักงาน ห้องประชุม หรืออื่นๆ ตามที่ใช้งาน

- ส่วนป้อนข้อมูลเปลือกอาคารว่าเป็นวัสดุชนิดใด ทั้งผนังทึบและผนังโปร่งหลังคาเป็นอย่างไร

- ส่วนป้อนข้อมูลงานระบบ ได้แก่ ระบบแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ ระบบเครื่องกล ระบบทำความร้อน อื่นๆ

2. ส่วนปรับแต่งการใช้งานในแต่ละทางเลือก ได้แก่ ตารางการใช้งาน ชนิดการใช้งาน ชนิดวัสดุเปลือกอาคาร ระบบอาคาร ระบบอาคาร โดยสามารถปรับแต่งได้ทั้งหมด

3. ส่วนแสดงผล โดยสามารถรายงานผลได้ทั้งในรูปกราฟ ข้อมูลตัวเลข ข้อมูลรายเดือน รายปี โดยสามารถเปรียบเทียบได้กับค่าการใช้พลังงานที่ใช้จริงรายเดือนได้

4. ส่วนตรวจสอบ ในโปรแกรมจะมีโปรแกรมย่อยที่มีหน้าที่ตรวจสอบ ตัวแปรย่อยที่ผู้ใช้งานป้อนเข้าไปและรายงานว่ามีความผิดปกติตรงส่วนไหน ทำให้สามารถเข้าไปแก้ไขได้ตรงจุด และประหยัดเวลาในการค้นหา

ข้อจำกัดของโปรแกรม

1. ในการป้อนข้อมูลต้องป้อนข้อมู ลที่เป็นข้อมูลจริงของสถานที่ตั้ง เช่น ข้อมูลสภาพอากาศสถานที่ตั้ง ข้อมูลแสงสว่างจริงในการออกแบบ เพื่อให้ได้ผลที่แม่นยำ

2. ในการใส่รูปร่างอาคาร ตัวโปรแกรมมีเครื่องมือในการ วาดรูปร่างอาคารได้ค่อนข้างยากและค่อนข้างหยาบ แต่ก็สามารถแก้ปัญหาได้โดยการใช้โปรแกรมภาย นอกช่วยในการเขียน เช่น AutoCad, SketchUP

3. โปรแกรมสามารถที่จะทำงานได้ผล มีความคลาดเคลื่อนบ้าง เนื่องจากข้อจำกัดในการป้อนข้อมูล ที่ยังไม่เหมือน สภาพการใช้งานจริง ทั้งหมด เช่น ช่วงเวลา จำนวนผู้ใช้คารที่บางครั้งกำหนดชัดเจนไม่ได้

4. ควรมีการตรวจวัดค่าตัวแปรที่เกี่ ยวข้องในพื้นที่จริงเพื่อวัดอุณหภู มิ ค่าความสว่างที่แท้จริง เพื่อยืนยันความเที่ยงตรงในการจำลองการใช้พลังงาน

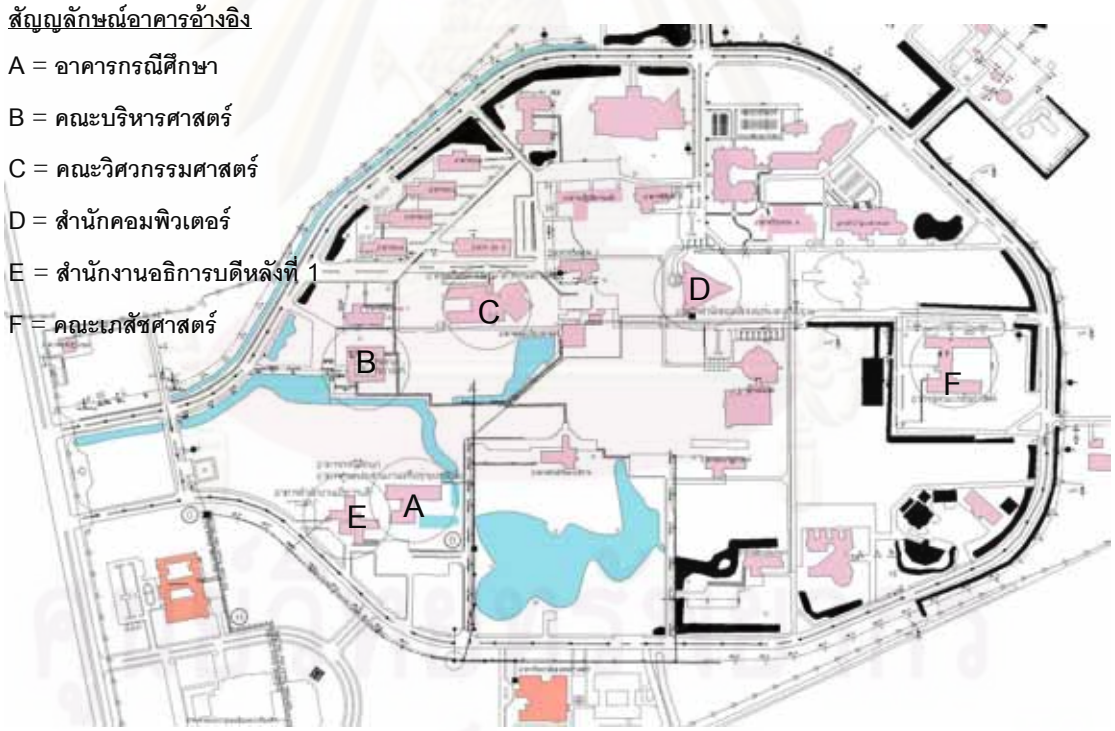
บทที่ 4

รายละเอียดอาคารและการวิเคราะห์อาคารกรณีศึกษา

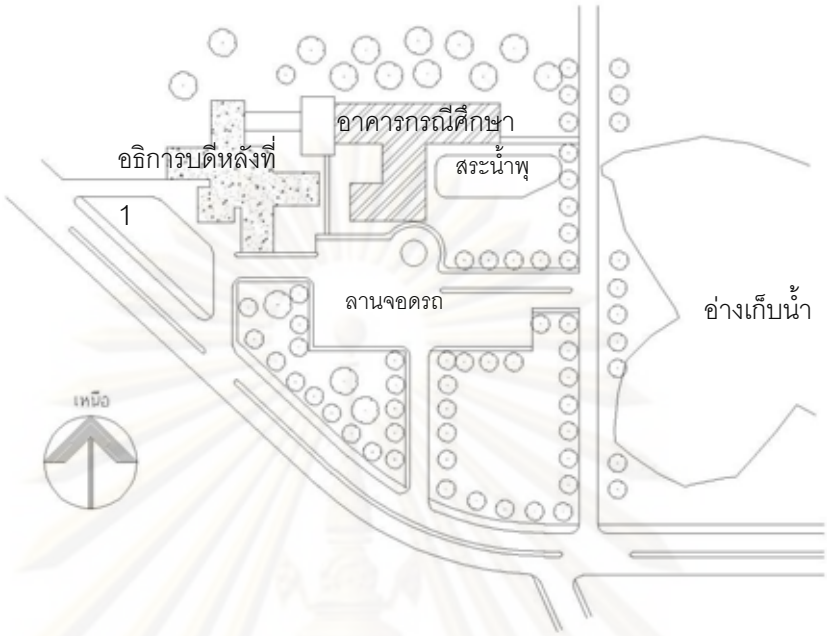
4.1 ข้อมูลเบื้องต้นอาคารที่ทำการศึกษา

1. ลักษณะทางกายภาพของอาคาร

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานีตั้งอยู่ที่ หลักกิโลเมตรที่ 10-11 ถนนวารินเดชอุดม ตำบลเมืองศรีไค อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี มีเนื้อที่รวม 5,228 ไร่ สภาพภูมิประเทศทั่วไปเป็นที่ราบโล่ง โดยในส่วนของอาคารกรณีศึกษา เป็นตึกที่ทำการสำนักงานอธิการบดีหลังที่ 2 ซึ่งสร้างขึ้นมาใหม่ และเปิดใช้ในเดือน เมษายน พ.ศ.2550 โดยมีชื่ออาคารแบบทางการ ว่า "อาคารเครือข่ายเพื่องานวิจัย สำนักงานอธิการบดี (อาคารบริหาร 2)"
ที่ผ่านมาดังภาพแผนผัง



ภาพที่ 4.1 แสดงผังบริเวณ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี แสดงที่ตั้งอาคารกรณีศึกษาและอาคารอ้างอิง



ภาพที่ 4.2 ผังบริเวณอาคารกรณีศึกษา

สภาพแวดล้อมโดยรอบประกอบไปด้วย

- ทิศเหนือ เป็นที่โล่งมีสนามหญ้าและมีต้นไม้ขนาดใหญ่ขึ้นเป็นหย่อมๆ
- ทิศใต้ เป็นลานคอนกรีตขนาดใหญ่ ถนนทางเข้าและลานจอดรถ
- ทิศตะวันออก ติดกับบ่อน้ำพุคอนกรีต ถัดไปเป็นถนนคอนกรีต โดยอีกฟากถนนเป็นสระน้ำธรรมชาติขนาดใหญ่
- ทิศตะวันตก เป็นอาคารสำนักงานอธิการบดีหลังแรก โดยมีสะพานลอยเชื่อมระหว่างอาคารทั้งสองในบริเวณชั้นที่ 2

2. ลักษณะการใช้งานภายในอาคาร

แบ่งพื้นที่ใช้งานออกเป็น 3 ลักษณะ คือ 1).พื้นที่สำนักงาน 2).ห้องประชุมสัมมนา 6 ห้อง 3). ห้องเครื่องและส่วนบริการต่างๆ (ดูในภาคผนวก ข-1)

ในส่วนห้องประชุม มีการ เปิดให้หน่วยงานภายนอกทั้งในและนอกมหาวิทยาลัยเช่าสำหรับการประชุมสัมมนา ด้านวิชาการ โดยช่วงระยะเวลาที่เปิดให้ใช้จะเป็นช่วงเวลาทำเปิดการราชการ 9.00 น.ถึง 16.00 น. จากตารางการใช้งานห้องพบว่ามีการใช้งานเต็มตลอดทั้งปี

4.2 ข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร

1. ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในอดีต

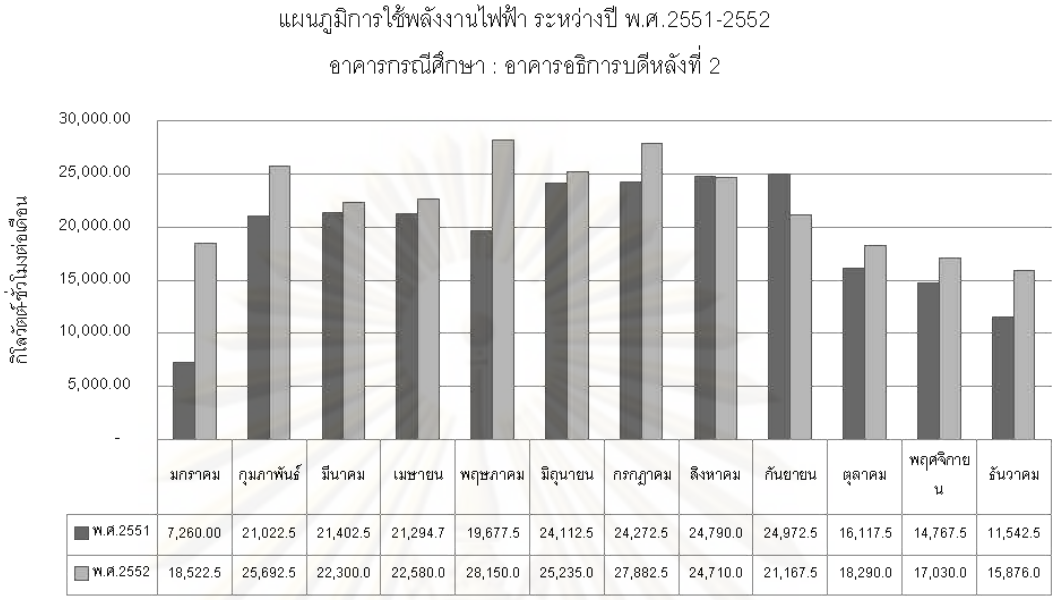
อาคารกรณีศึกษา ใช้พลังงานไฟฟ้า โดยติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้า ขนาด 630 kVa แบบปิดสนิท (Seal Tank) จำนวน 1 เครื่อง

เริ่มเปิดใช้งานเดือน เมษายน พศ.2550 โดยปีแรกยังคงไม่มีการใช้งานอย่างเต็มที่ เนื่องจากอยู่ในช่วงการย้ายเข้ามาของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และการตกแต่งพื้ นที่สำนักงานที่ยังไม่แล้วเสร็จ เริ่มที่จะมีการใช้งานอย่างสมบูรณ์ในปี พ .ศ.2551, 2552 มาจนปัจจุบัน ปี พ.ศ.2553 ดังมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าอาคารกรณีศึกษาตั้งแต่เปิดใช้อาคารจนถึงวันที่ 31 ธันวาคม 2552

ลำดับ	เดือน	รวมหน่วยการใช้งาน (กิโลวัตต์-ชั่วโมง.)		
		พ.ศ.2550	พ.ศ.2551	พ.ศ.2552
1	มกราคม	-	7,260.00	18,522.50
2	กุมภาพันธ์	-	21,022.50	25,692.50
3	มีนาคม	-	21,402.50	22,300.00
4	เมษายน	17,805.00	21,294.75	22,580.00
5	พฤษภาคม	25,247.50	19,677.50	28,150.00
6	มิถุนายน	24,385.00	24,112.50	25,235.00
7	กรกฎาคม	23,130.00	24,272.50	27,882.50
8	สิงหาคม	24,670.00	24,790.00	24,710.00
9	กันยายน	20,640.00	24,972.50	21,167.50
10	ตุลาคม	18,567.50	16,117.50	18,290.00
11	พฤศจิกายน	21,282.50	14,767.50	17,030.00
12	ธันวาคม	21,300.00	11,542.50	15,876.00
	รวมทั้งปี	197,027.50	219,689.75	267,436.00

(ที่มา: กองงานอาคารและสถานที่ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2552)



แผนภูมิที่ 4.1 แสดงปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้รายเดือนของอาคารกรณีศึกษา ตั้งแต่ พ.ศ.2551-พ.ศ.2552

จากลักษณะแผนภูมิที่ได้พบว่าแนวกราฟ แสดงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ามีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปในรูปแบบเดียวกัน ทั้งสองปี นั่นคือมี ลักษณะการ เพิ่มและลดตามลักษณะการเปลี่ยนแปลงของ สิ่งแวดล้อม เช่น ในช่วงหน้าร้อนการใช้พลังงานไฟฟ้ามีปริมาณเพิ่มขึ้น ในขณะช่วงปลายฤดูฝนตั้งแต่เดือนตุลาคมไปจนถึงมกราคมการใช้พลังงานไฟฟ้าลดลง ในส่วนค่าการใช้พลังงานในเดือน มกราคม พ .ศ.2551 มีค่าต่ำกว่าปกติ จากการตรวจสอบจากเจ้าหน้าที่ที่ดูแล พบว่ามีความผิดปกติขอ งมิเตอร์วัดหน่วยไฟฟ้าประจำอาคาร ซึ่งเดือนต่อมาได้มีการแก้ไขจนใช้งานได้เป็นปกติ

เนื่องจากตึกอธิการบดี หลังที่ 2 นี้เป็นอาคารใหม่ เปิดใช้งานเมื่อกลางปี พ.ศ. 2550 ดังนั้นปลายปี พ.ศ.2550 จึงยังไม่มีการใช้งานที่เต็มที่ จนมาถึงปี พ.ศ.2551 เริ่มมีการใช้งานมากขึ้น และใช้งานเต็มที่ในปี พ.ศ.2552

2. ระบบปรับอากาศในอาคาร

จากการสำรวจพบว่าอาคารกรณีศึกษาใช้แบบ Packgage units และ Split type ตามตารางการสำรวจ

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลขนาดและจำนวนเครื่องปรับอากาศในอาคารกรณีศึกษา

ลำดับ	ขนาดเครื่องปรับอากาศ (บีทียู)	จำนวน (เครื่อง)	รวม (บีทียู)
1	12,000	1	12,000

2	15,000	1	15,000
3	18,000	1	18,000
4	24,000	4	96,000
5	30,000	1	30,000
6	36,000	1	36,000
7	42,000	1	42,000
8	48,000	1	48,000
9	60,000	8	480,000
10	72,000	11	792,000
11	96,000	13	1,248,000
กำลังทำความเย็นรวม			2,817,000

มีค่ากำลังทำความเย็นรวม 2,817,000 บีทียู คิดเป็น 235 ตัน อัตราส่วนพื้นที่ต่อตันความเย็นเป็น 12.56 ตารางเมตรต่อตัน เป็นเครื่องปรับอากาศเบอร์ 5 มีประสิทธิภาพการทำความเย็น (Energy Efficiency Ratio หรือ EER) = 10 บีทียูต่อวัตต์ (มากกว่า 10 ขึ้นไป ถือว่าดี)

ภาพที่ 4.3 เครื่องปรับอากาศชนิด Split Type ที่ใช้ในอาคารกรณีศึกษา

3. ระบบแสงสว่างในอาคาร

จากการสำรวจการหลอดไฟฟ้าแสงสว่างที่ใช้จริง พบว่าหลอดไฟฟ้าแสงสว่างส่วนใหญ่เป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 18 วัตต์ และ 36 วัตต์ (ดู ภาคผนวก ก-2)

จากการคำนวณพบว่า ค่าพลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง (Light power density; LPD) เท่ากับ 12 วัตต์ต่อตารางเมตร ใช้พลังงานไฟฟ้ารวม 75,860 วัตต์

4. อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในอาคาร

จากการสำรวจพบว่าอุปกรณ์ไฟฟ้าส่วนใหญ่เป็นอุปกรณ์สำนักงานและเครื่องไฟฟ้าอำนวยความสะดวกทั่วไป(ดูตารางอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ ภาคผนวก ก-3) เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องพิมพ์ เครื่องถ่ายเอกสาร กระติกน้ำร้อน ทีวี เครื่องฉายโปรเจคเตอร์ เครื่องเสียง เป็นต้น นอกนั้นก็มีเครื่องใช้ไฟฟ้าในระบบเครื่องกล เช่น มอ เตอร์ขับเคลื่อนลิฟท์ ปั๊มน้ำ ส่วนนอกนั้นก็เป็นอุปกรณ์เครื่องใช้ส่วนตัวที่ไม่กินไฟมากนัก เช่น ที่ชาร์ตโทรศัพท์มือถือ

จากการคำนวณพบว่า ค่าพลังงานอุปกรณ์ไฟฟ้า (Equipment power density; EPD) เท่ากับ 15 วัตต์ต่อตารางเมตร ใช้พลังงานไฟฟ้ารวม 75,860 วัตต์

4.3 การคำนวณต่อการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังและหลังคา(OTTV & RTTV)

1. ข้อมูลอาคารที่ทำการศึกษา

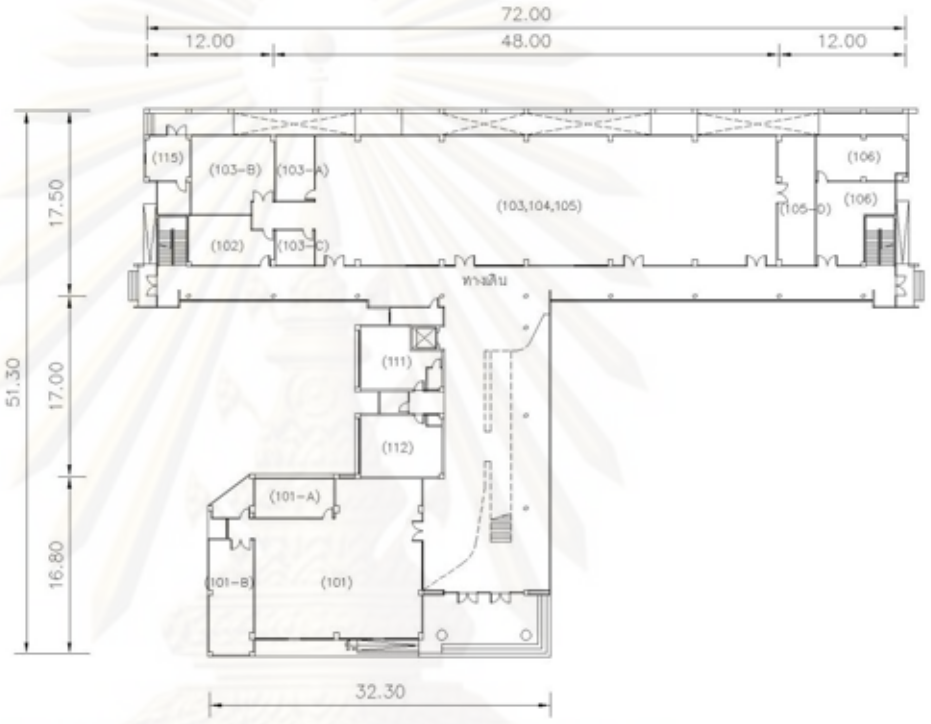
อาคารตึกอธิการบดีหลังใหม่ เป็นอาคาร คสล . 3 ชั้น รูปทรงอาคารคล้ายตัว h ในภาษาอังกฤษ มีขนาดกว้าง 48.00 เมตร ยาว 71.00 ม. มีพื้นที่ใช้สอยรวม 5,223 ตารางเมตร รูปแบบเป็นสถาปัตยกรรมแบบ Post Modern ในยุคสมัยปัจจุบัน (พ.ศ.2553)

สภาพการวางแนวอาคารหันหน้าประตูทางเข้าไปทางทิศใต้ ซึ่งเป็นส่วนถนนและลานจอดรถ ด้านทิศตะวันตก อยู่ห่างจากอาคารอธิการบดีหลังแรก ซึ่งเป็นอาคาร คสล .3 ชั้น ประมาณ 20 เมตร โดยมีสะพานลอยเชื่อมในพื้นที่ชั้นที่สองของทั้งสองอาคาร ด้านทิศเหนือติดกับพื้นที่สนามหญ้าโล่ง และมีต้นไม้ใหญ่กระจายทั่วไป โดยห่างจากกลุ่มอาคารอื่นประมาณ 80-100 เมตร ส่วนด้านทิศตะวันตก ติดอาคารเป็นสระน้ำคอนกรีตขนาดใหญ่ อยู่ขนาบอาคารไปตลอด ถัดออกไปก็จะเป็นถนนสาธารณะภายในมหาวิทยาลัย ขนาบด้วยสระขุดขนาดใหญ่

โครงสร้างอาคารเป็น คอนกรีตเสริมเหล็ก ผนังอาคารทั่วไปเป็นผนังก่ออิฐฉาบปูนทั่วไป ช่องแสงและหน้าต่าง แบบกระจกสีเขียวใส กรอบอะลูมิเนียม มีความสูงระหว่างชั้น 4 เมตร แต่ละชั้นมีความสูงระดับฝ้าเพดาน 3 เมตร ฝ้าเพดานทั่วไปเป็นยิปซั่มบอร์ด หนา 12 มม.ฉาบเรียบ หลังคา ในส่วนพื้นที่ปรับอากาศมุงด้วยแผ่นเมทัลชีทสีอ่อน พ่นผิวตอนล่างด้วยโพลียูรีเทนโฟม หนา 2 นิ้ว

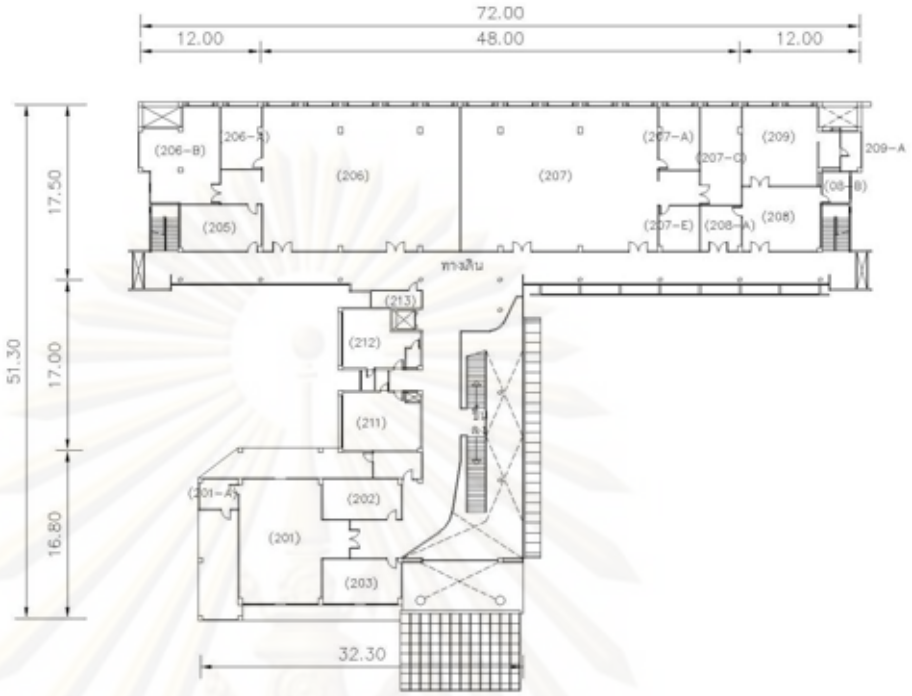
การแบ่งพื้นที่อาคารในแต่ละชั้นโดยรวมแบ่งเป็น 3 ประเภท คือ 1). พื้นที่ใช้สอยที่ปรับอากาศ ได้แก่ ส่วนสำนักงาน ห้องประชุมต่างๆ 2). พื้นที่ใช้สอยที่ไม่ปรับอากาศ ได้แก่ ห้อง

เตรียมอาหาร ห้องเครื่องไฟฟ้า ห้องเก็บเอกสาร เป็นต้น 3). พื้นที่โล่งที่สัมผัสอากาศภายนอกได้ ได้แก่ทางเดินและบันได ไม่มีการปรับอากาศ เปิดโล่งด้านข้างเ พื่อรับแสงแดดและ ระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติ (ดูภาคผนวก ก-1)

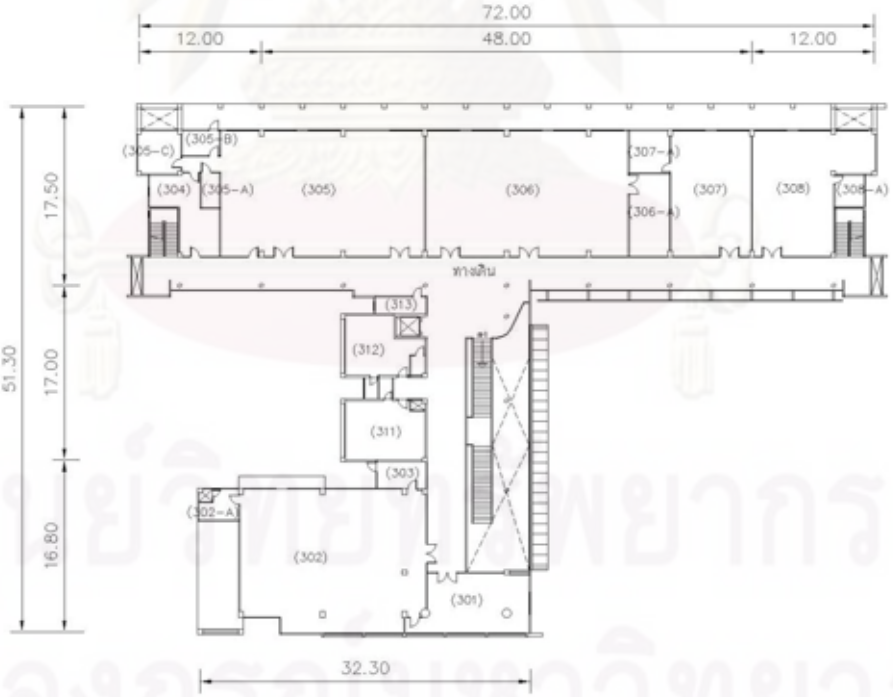


ภาพที่ 4.4 แปลนพื้นชั้นที่ 1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 4.5 แปลนพื้นชั้นที่ 2



ภาพที่ 4.6 แปลนพื้นชั้นที่ 3

ภาพที่ 4.7 รูปด้านหน้า (ทิศใต้)

ภาพที่ 4.8 รูปด้านซ้าย (ทิศตะวันตก)

ภาพที่ 4.9 รูปด้านหลัง (ทิศเหนือ)

ภาพที่ 4.10 รูปด้านข้างหลัง (ทิศตะวันออก)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

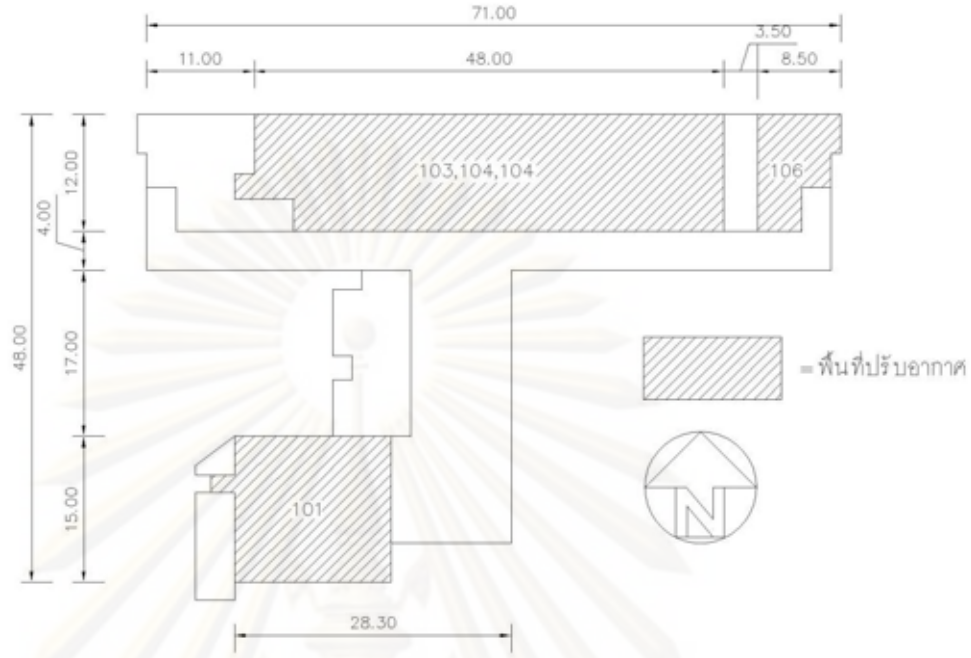
ตารางที่ 4.3 ข้อมูลเบื้องต้นของกรอบอาคาร

ลักษณะอาคาร	รายละเอียด
ผนังทึบ	■ ผนังก่ออิฐฉาบปูน ความหนาแน่น (ρ)1,860 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร หนา 0.07 ม. ฉาบปูนหนา 0.15 ม.ทั้ง 2 ด้าน ภายนอกทาสี อ่อน สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) 0.807 วัตต์ต่อตารางเมตร-องศาเซลเซียส ค่าความร้อนจำเพาะ (C_p) 0.837 กิโลจูลต่อกิโลกรัม-องศาเซลเซียส
หน้าต่าง	■ กระจกเขียว หนา 6 มม. ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (SHGC) เท่ากับ 0.54 ไม่มีอุปกรณ์บังแดด ความหนาแน่น (ρ)2,512 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สัมประสิทธิ์การ นำความร้อน (k) 1.053 วัตต์ต่อตารางเมตร-องศาเซลเซียส ค่าความร้อนจำเพาะ (C_p) 0.88 กิโลจูลต่อกิโลกรัม- องศาเซลเซียส
หลังคา	■ แผ่น Metal Sheet พ่นโฟมโพลียูรีเทน หนา 2 นิ้ว ท้องแผ่น

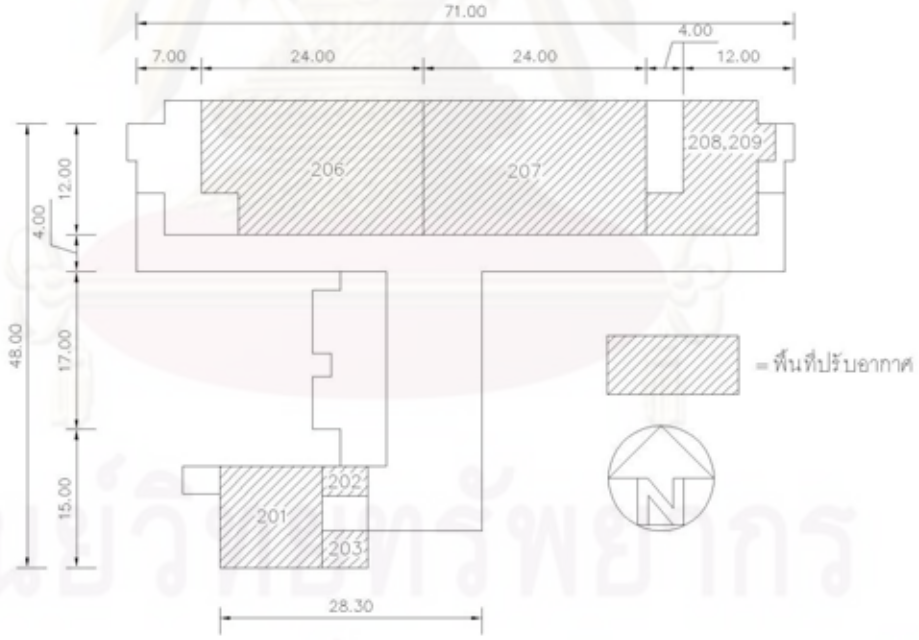
2. การกำหนดโซนพื้นที่ใช้งานในอาคารที่ทำการศึกษา

ในการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังอาคาร (Overall Thermal Transfer Value หรือ OTTV) จะคำนวณเฉพาะในส่วนพื้นที่ปรับอากาศ ซึ่งแบ่งได้ดังต่อไปนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

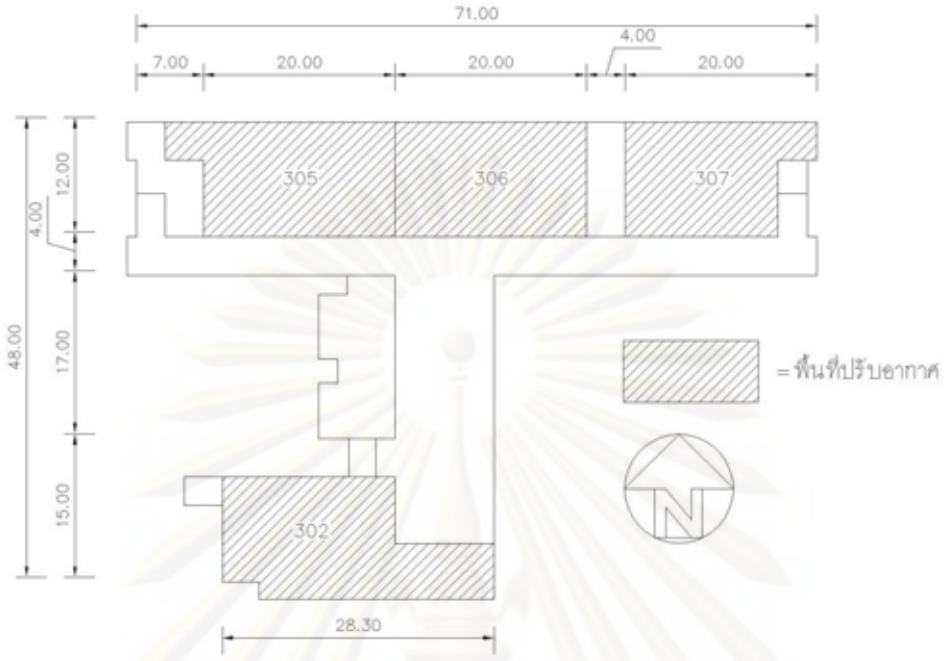


ภาพที่ 4.11 พื้นที่ปรับอากาศชั้นที่ 1



ภาพที่ 4.12 พื้นที่ปรับอากาศชั้นที่ 2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 4.13 พื้นที่ปรับอากาศชั้นที่ 3

จาก ภาพที่ 4.6 ถึง ภาพที่ 4.8 เป็นการแบ่งกลุ่มพื้นที่ใช้สอยอาคาร โดยแยกเป็นพื้นที่ปรับอากาศและไม่ปรับอากาศ

ตารางที่ 4.4 การจัดแบ่งกลุ่มพื้นที่ปรับอากาศและไม่ปรับอากาศของแต่ละชั้น

ชั้นที่	ปรับอากาศ(ตรม.)	ไม่ปรับอากาศ(ตรม.)	รวม
1	905.30	962.90	1,868.20
2	975.80	708.90	1,684.70
3	1,058.10	612.70	1,670.80
รวม	2,939.20	2,284.50	5,223.70
ร้อยละ	56.3	43.7	-

เมื่อเปรียบเทียบ สัดส่วนร้อยละของพื้นที่ปรับอากาศต่อพื้นที่ใช้สอย อาคารกรณีศึกษากับผล การสำรวจ พื้นที่สำหรับอาคารสำนักงาน ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน พบว่าค่าเฉลี่ยของกรมพลังงานทดแทนฯ มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 28 (หลักสูตร การอบรมมาตรฐานการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร , 2550) ในขณะที่อาคารกรณีศึกษา มีสัดส่วนร้อย 56.3 ถือว่ามีสัดส่วนพื้นที่ปรับอากาศสูงกว่าอาคารทั่วไปประมาณ 2 เท่า

3. การคำนวณสัดส่วนพื้นที่ผนังโปร่งต่อผนังทึบของอาคารกรณีศึกษา

เนื่องจากในการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังอาคาร (OTTV) จำเป็นต้องทราบค่าสัดส่วนพื้นที่ผนังโปร่งต่อผนังทึบดังนั้นสามารถคำนวณได้ดังนี้

ตารางที่ 4.5 รายละเอียดพื้นที่รวมของผนังอาคารแต่ละทิศ (ตารางเมตร)

ชนิดผนัง	เหนือ	ใต้	ตะวันออก	ตะวันตก
ผนังทึบ	521.60	178.48	132.24	59.50
หน้าต่าง	326.40	53.52	5.76	20.10
WWR	0.385	0.231	0.042	0.253

หมายเหตุ คำนวณปริมาณผนังเฉพาะพื้นที่ที่มีการปรับอากาศ

4. การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังและหลังคา (OTTV และ RTTV)

1). การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV)

ผนังอาคารประกอบด้วยส่วนที่เป็นผนังทึบและผนังหลังคาโปร่ง ค่าการถ่ายเทความร้ อนรวมของผนังด้านนอกของอาคารแต่ละด้าน (OTTV) สามารถที่จะคำนวณได้จากสมการ

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

ตารางที่ xxแสดงค่าสมบัติจำเพาะเชิงความร้อนของวัสดุ ที่ใช้ประกอบในอาคารที่ทำการศึกษา ที่ต้องใช้ประกอบการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังทึบ

ตารางที่ 4.6 ค่าสมบัติเชิงความร้อนของวัสดุกรอบอาคาร

ลำดับ	ประเภทวัสดุ	การนำความร้อน ($Wm^{-1}{}^oC^{-1}$)	ความต้านทาน ($m^2.{}^oC.W^{-1}$)	ความหนาแน่น ($kg.m^{-3}$)	ความจุความร้อนจำเพาะ ($kj.kg^{-1}{}^oC^{-1}$)
1	คอนกรีต	1.442		2,400	0.92
2	อิฐมอญครึ่งแผ่นฉาบเรียบ	1.102		1,700	0.79
3	ปูนซีเมนต์	0.553		1,568	0.84

4	กระจกเขียว	1.053		2,512	0.88
5	แผ่นยิปซั่มบอร์ด	1.191		880	1.09
6	ฉนวนโพลีเอทธิลีลีนโฟม	0.029		32	0.96
7	ช่องว่างอากาศ		0.174	1.2	1.002

.สำหรับค่า DSH สามารถคำนวณได้ด้วยสมการข้างล่าง

$DSH = \rho_i.c_{pi}.\Delta x_i$ และ $DSH = DSH_1 + DSH_2 + \ldots DSH_n$

เมื่อ ρ_l คือ ความหนาแน่นวัสดุชนิด I ที่ประกอบขึ้นเป็นผนังอาคาร

c_{pi} คือ ค่าความจุความร้อนจำเพาะวัสดุชนิด i ที่ประกอบขึ้นเป็นผนังอาคาร

DSH_l คือ ผลคูณ ของความหนาแน่น-ความหนาของวัสดุชนิด I ที่ประกอบขึ้นเป็นผนังอาคาร

ตารางที่ 4.7 การคิดค่า U และ DSH ของผนังก่ออิฐมอญครึ่งแผ่นฉาบปูน

ผนัง	รายละเอียด	องค์ประกอบ	ความหนา (m)	DSH ($kJ/m^{2.0}C$)	k ($W/m^{2.0}C$)	p (kg/m^3)	CP ($kJ/kg.^0C$)	ค่า R ($m^{2.0}c/W$)
ผนัง	ก่ออิฐครึ่งแผ่น ฉาบเรียบ 2 ด้าน ทาสีปานกลาง	ฉาบปูนเรียบ	0.015	23.44	0.72	1860	0.84	0.021
		ก่ออิฐครึ่งแผ่น	0.07	88.48	0.473	1600	0.79	0.148
		ฉาบปูนเรียบ	0.015	23.44	0.72	1860	0.84	0.021
		R air-out						0.044
		R air-in						0.120
		= 0.5	DSH	= 135.35	($kJ/m^{2.0}C$)	ค่า R รวม ค่า U	= 0.354 = 2.828	($m^{2.0}c/W$) ($W/m^{2.0}c$)

ตารางที่ 4.8 ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (T_{deq}) ของผนังทึบ (องศาเซลเซียส)

ลักษณะผนัง	ประเภท	ทิศเหนือ	ทิศตะวันออก	ทิศใต้	ทิศตะวันตก
ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูน	สำนักงาน	21.18	21.18	21.18	21.18
หลังคาแผ่นโลหะติดตั้งฉนวน	สำนักงาน	25.2			

ในกรณีหน้าต่างกระจกเขียว หนา 6 มม.สามารถหาค่า U_f ผนังโปร่งแสง ได้ด้วยวิธีการเดียวกันกับผนังทึบ

ตารางที่ 4.9 การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม ค่า U_f ผนังโปร่งแสง กระจกเขียว หนา 6 มม.

ผนังโปร่งแสง		องค์ประกอบ	ความหนา (m)	k ($W/m^{2.0}C$)	SHGC	ค่า R ($m^{2.0}c/W$)
หน้าต่าง	กระจกใสเขียว 6 ม.ม. Frame Aluminum สีธรรมชาติ	กระจกสีเขียว	0.006	1.053	0.54	0.006
		R air-out				0.044
		R air-in				0.120

Light Transmittion (percentage) = 0.74 R รวม = 0.17 $m^{2.0}c/W$

Light to solar gain ratio = 1.37 ค่า U = 5.882 $W/m.^{0}C$

ค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายนอกและภายในของผนังโปร่งแสง ΔT กำหนดให้ 5 °C เนื่องจากเป็นอาคารสำนักงาน สำหรับค่าประสิทธิผลความเข้มรังสี หรือ Effective Solar Radiation (ESR) หาได้ดังนี้

ตารางที่ 4.10 ค่า ESR และ ΔT ของผนังโปร่งแสง

ตัวแปร	ประเภท	เหนือ	ตะวันออก	ใต้	ตะวันตก
ESR (Wm^{-2})	สำนักงาน	185.06	244.53	267.41	234.58
ΔT	สำนักงาน	5			

ดังนั้นคำนวณค่า OTTV ได้ดังนี้

ตารางที่ 4.11 ค่า OTTV ผนังแต่ละด้าน

ทิศผนังอาคาร	WWR	ค่า OTTV
ผนังทิศเหนือ	0.385%	47.70
ผนังทิศตะวันออก	0.042%	44.09
ผนังทิศใต้	0.231%	53.36
ผนังทิศตะวันตก	0.253%	49.14
ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคาร (OTTV)		48.42

2) การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (RTTV)

โดยพิจารณาจากข้อมูลที่กำหนดของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน สามารถคำนวณได้ดังนี้

ตารางที่ 4.12 ค่า U และ DSH ของหลังคาโลหะ

โครงสร้าง	$\Delta x/k$	ความต้านทาน (R)	หมายเหตุ
ฟิล์มอากาศภายนอก		0.055	แนวเอียงใดๆ
แผ่นหลังคาโลหะ	0.0047/211	0.00002	
ฉนวนโพลียูรีเทน	0.05/0.024	2.083	
ช่องว่างอากาศ		0.136	
ยิปซั่มบอร์ด หนา 12 มม.	0.012/0.191	0.0628	
ฟิล์มอากาศภายใน		0.148	
ความต้านทานความร้อนรวม (R_T)		2.484	
ความนำความร้อนรวม ($U_F=1/R_T$)		0.403	

ค่า Density Specific Heat (DSH) ของหลังคาโลหะ

DSH = ความหนา (ΔX) x ความหนาแน่น (ρ) x ค่าความจุความร้อนจำเพาะ (C_P)

ดังนั้น ค่า DSH หลังคาโลหะ = (0.0047)(7,840)(0.50) = 18.424 $kj.m^{-2}.^oC^{-1}$

เมื่อ ค่าสัมประสิทธิ์ดูดกลืนแสงอาทิตย์ = 0.5 มุมเอียงหลังคา 15 องศา ดังนั้น TDeq = 25.2 คำนวณ RTTV ได้ดังนี้

$$RTTV_i = (U_R)(1\text{-}SRR)(TD_{eq})+(U_f)(SRR)(\Delta T)+(SRR)(SHGC)(SC)(ESR)$$

$$= (0.403)(1\text{-}0)(25.2)+0+0 = 10.15 \text{ วัตต์ต่อตารางเมตร}$$

4.4 เกณฑ์มาตรฐานเพื่อใช้เป็นเครื่องมือชี้วัดและการวิเคราะห์กรอบอาคารกรณีศึกษา

ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้านการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารครั้งนี้ เลือกใช้เกณฑ์มาตรฐานแบบการประเมินอาคารประหยัดพลังงานและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.)ปี พ.ศ.2551 ในหมวดอาคารสำนักงาน ดังมีเกณฑ์ที่ใช้เปรียบเทียบดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.12 ค่า OTTV และค่า RTTV สูงสุด ตามเกณฑ์ประเมิน

ประเภทอาคารสำนักงาน	*OTTV*	*RTTV*
แบบประเมินอาคารประหยัดพลังงานและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมของ พพ.(เล่มสีน้ำเงิน) พ.ศ.2551	*O-OTTV≤ 45*	*O-RTTV≤12*
พรบ.การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน ปี พ.ศ.2551	*O-OTTV* ≤ 50	*O-RTTV* ≤ 15

จะเห็นได้ว่าเกณฑ์การให้คะแนนของแบบประเมินอาคารประหยัดพลังงานและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมจะมีค่าการประเมินที่สูงกว่า เกณฑ์ของพระราชบัญญัติส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานปี 2551

จากผลการศึกษา พบว่าในอาคารกรณีศึกษา มีค่า OTTV และ RTTV เท่ากับ 48.42 และ 10.15 กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร หมายความว่า มีค่า OTTV ผ่านเกณฑ์ พรบ.การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน ปี พ .ศ.2552 แต่ไม่ผ่านเกณฑ์ของแบบประเมินอาคารที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมฯ ส่วนค่า RTTV ถือว่าผ่านทั้งสองเกณฑ์

4.5 การเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพของอาคารกับอาคารอ้างอิงในพื้นที่เดียวกันกับอาคารกรณีศึกษา

เพื่อให้เข้าใจสภาพพื้นฐานของสภาพพื้นที่โดยทั่วไป ดังนั้นจึงต้องเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารกรณีศึกษา กับอาคารอ้างอิงที่อยู่ในพื้นที่เดียวกัน ดังนี้

ภาพที่ 4.14 คณะเภสัชศาสตร์

ภาพที่ 4.15 คณะบริหารศาสตร์

ภาพที่ 4.16 คณะวิศวกรรมศาสตร์

ภาพที่ 4.17 สำนักคอมพิวเตอร์

ภาพที่ 4.18 สำนักงานอธิการบดี หลังที่ 1

ภาพที่ 4.19 สำนักงานอธิการบดี หลังที่ 2

ตารางที่ 4.13 เปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานต่อพื้นที่ ของอาคารอ้างอิงที่มีรูปแบบการใช้งานที่มีลักษณะเหมือนกัน ในมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ลำดับ	ชื่ออาคาร	พื้นที่ใช้สอยรวม (Sqm.)	ค่าพลังงานไฟฟ้า ปี พ.ศ.2551 (kWh/m^2-y)	พลังงานต่อพื้นที่รวม (kWh/m^2-y)	พลังงานต่อพื้นที่ปรับอากาศ (kWh/m^2-y)
1	คณะเภสัชศาสตร์	13,674.0	327,440	23.95	105.06
2	คณะบริหารศาสตร์ (เอนกประสงค์)	5,315.43	255,488	48.07	98.14
3	คณะวิศวกรรมศาสตร์	19,013.16	495,000	26.03	55.65
4	สำนักคอมพิวเตอร์(6 ชั้น)	5,715.55	523,900	91.66	188.52
5	สำนักอธิการบดีหลังที่ 1(4 ชั้น)	5,889.20	274,752	46.65	84.51
6	**สำนักอธิการบดีหลังที่ 2 (อาคารกรณีศึกษา)**	**5,223.70**	**240,990**	**46.13**	**81.99**

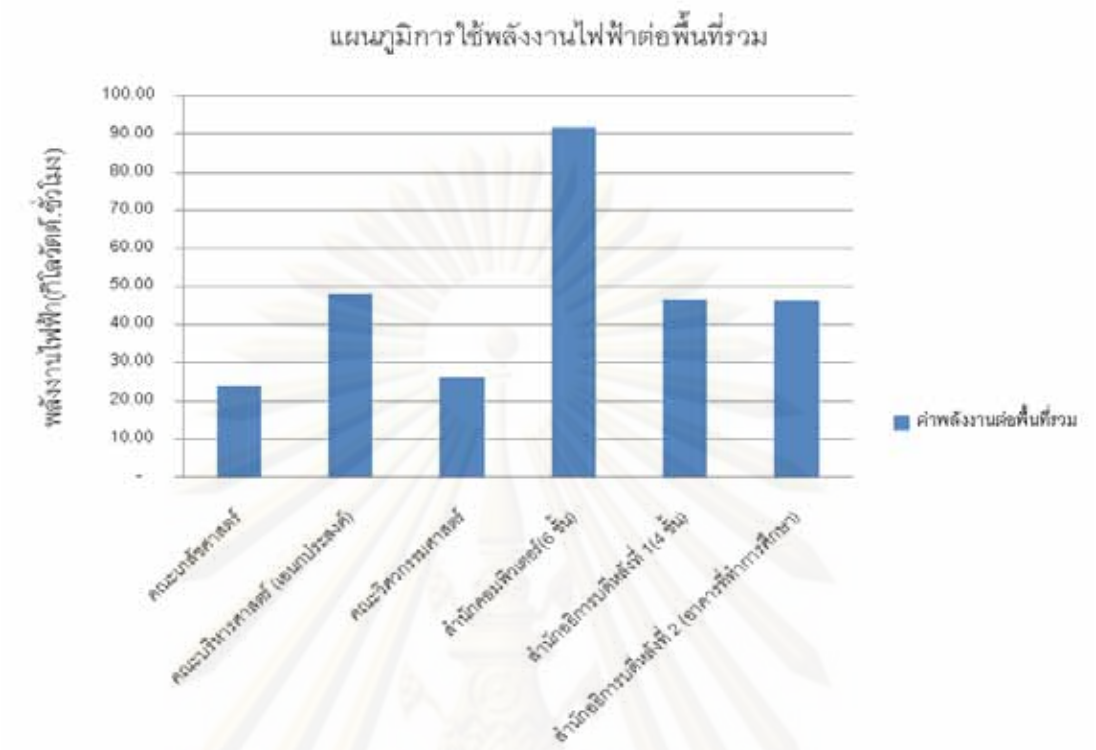
ตารางที่ 4.14 ค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารอ้างอิง และอาคารมาตรฐานตามพระราชบัญญัติส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานปี 2551

ประเภทอาคาร	อาคารมาตรฐานตามพ.ร.บ. (kWh/m^2-y)
สำนักงาน	98.7
โรงแรม	117.0
โรงพยาบาล	123.9
ห้างสรรพสินค้า	394.3
สถานศึกษา	79.3
อาคารอื่นๆ	117.2
อาคารชุด	105.3
ห้างสรรพสินค้าขายปลีกและขายส่ง	300.9

(กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน , 2550 : ออนไลน์)

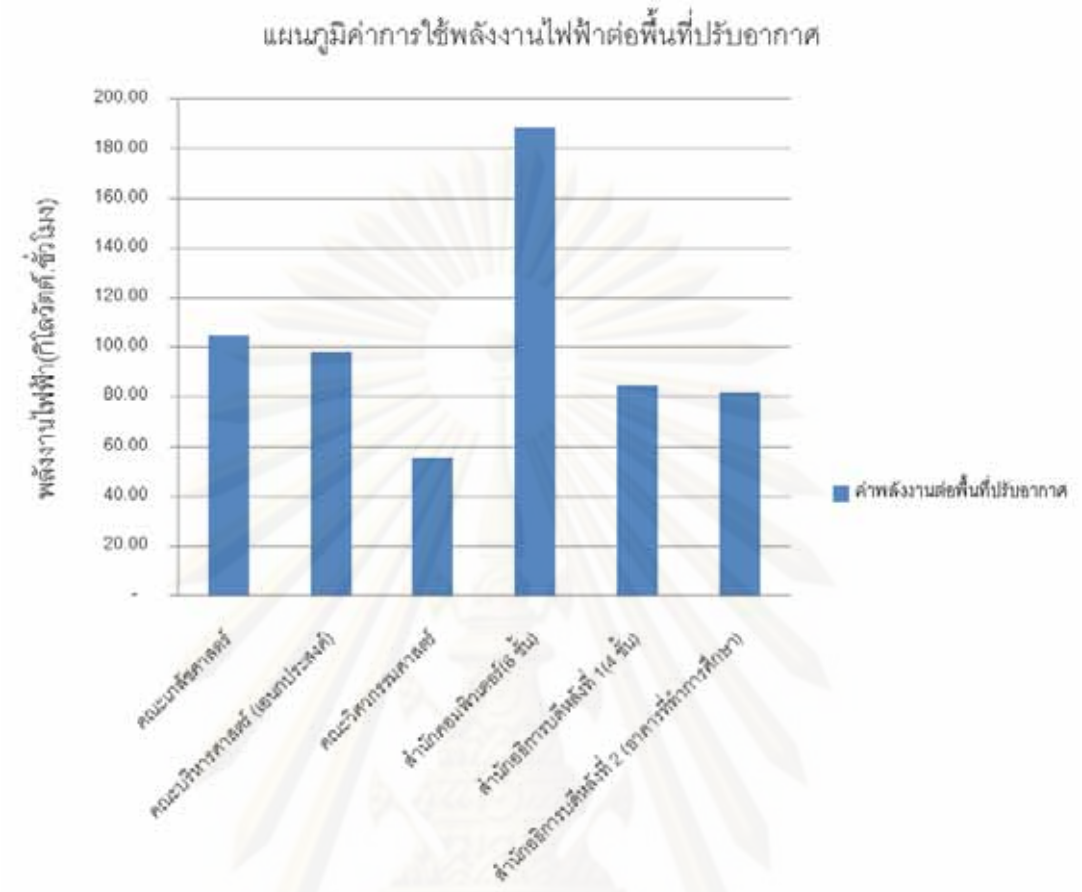
พบว่า อาคารอ้างอิงส่วนใหญ่ผ่านเกณฑ์อาคารมาตรฐาน ตาม พ.ร.บ.ส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานปี 2551 ที่กำหนดให้ ส่วนค่าการใช้พลังงานของอาคารกรณีศึกษา มีค่าเท่ากับ 82 กิโลวัตต์ต่อตรม.-ปี ถือว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนอาคารที่มีค่ามากกว่าเกณฑ์มาตรฐานมีอยู่สองอาคาร คือ คณะเภสัชศาสตร์และสำนักคอมพิวเตอร์ เนื่องเพราะอาคารดังกล่าวมีพื้นที่บางส่วนที่มีเครื่องปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง โดยเฉพาะอาคารสำนักคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นศูนย์กลางระบบรวมของมหาวิทยาลัย ในส่วนอาคารเภสัชก็มีพื้นที่ต้องเก็บสารเคมี ห้องทดลอง ที่ต้องใช้เครื่องปรับอากาศตลอดเวลา ประกอบกับมีเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าจำนวนมาก

จากค่าพลังงานต่อพื้นที่รวมพบว่ามีค่าการใช้พลังงานที่ค่อนข้างต่ำ เนื่องจากอาคารกลุ่มนี้เป็นอาคารในมหาวิทยาลัย จึงมีส่วนพื้นที่ที่ไม่ปรับอากาศค่อนข้างมาก ประกอบกับมีช่วงระยะเวลาการใช้งานที่ไม่สม่ำเสมอตลอดทั้งปีโดยเฉพาะช่วงปิดภาคการศึกษา



แผนภูมิที่ 4.2 เปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารอ้างอิงต่อพื้นที่รวม

จากแผนภูมิที่ 4.2 พบว่าค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อพื้นที่โดยรวม สามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 คือ กลุ่มที่มีค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุด คือ อาคารสำนักคอมพิวเตอร์ เนื่องจากเป็นอาคารที่เป็นที่ตั้งของเครื่องคอมพิวเตอร์รวมข องมหาวิทยาลัย ดังนั้นจึงมีการใช้พลังงานไฟฟ้าตลอด 24 ชั่วโมง กลุ่มที่ 2 คือกลุ่มที่มีค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วงกลาง 40-50 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ต่อ ตารางเมตร-ปี มี 3 อาคาร คือ คณะบริหารศาสตร์ สำนักงานอธิการบดีหลังที่ 1 และ สำนักงานอธิการบดีหลังที่ 2 กลุ่มที่ 3 ได้แก่อาคารเภสัชศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ โดยที่กลุ่มที่ 3 จะมีการใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำกว่ากลุ่มที่ 2 เนื่องจาก พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นห้องเรียน ซึ่งมีการใช้งานไม่ค่อยสม่ำเสมอโดยเฉพาะในช่วงปิดภาคเรียน ในขณะที่ กลุ่มที่ 2 เป็นพื้นที่สำนักงานและห้องประชุมส่วนใหญ่ที่ มีการใช้งานตลอดทั้งวันและทั้งปี ทำให้ทราบว่ามีสัดส่วนพื้นที่ไม่ปรับอากาศในกลุ่มที่ 3 มากกว่าพื้นที่ปรับอากาศ



แผนภูมิที่ 4.3 เปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารอ้างอิงต่อพื้นที่ปรับอากาศ

จากแผนภูมิที่ 3 พบว่าค่าพลังงานไฟฟ้าต่อพื้นที่ปรับอากาศ สามารถแบ่งได้เป็น 4 กลุ่ม โดยกลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มที่มีสัดส่วนของพื้นที่การใช้พลังงานสูงสุด คือ สำนักคอมพิวเตอร์ หมายความว่าพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ปรับอากาศเพราะ ลักษณะแผนภูมิที่แสดงสอดคล้องกับแผ่นภูมิที่ 2

กลุ่มที่ 2 รองลงมาคือ คณะเภสัชศาสตร์และบริหารศาสตร์ แสดงว่าผลการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อพื้นที่ของคณะบริหารศาสตร์สอดคล้องกับแผนภูมิที่ 1 นั่นคือ พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ปรับอากาศและมีการใช้งานต่อเนื่องตลอด ในขณะที่คณะเภสัชศาสตร์มีสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อพื้นที่ปรับอากาศค่อนข้างสูงซึ่งตรงข้ามกับข้อมูลแผนภูมิที่ 1 แสดงว่ามีความแตกต่างของสัดส่วนพื้นที่ที่ปรับอากาศน้อยกว่าพื้นที่ไม่ปรับอากาศ และมีการใช้พลังงานไฟฟ้าค่อนข้างมากในพื้นที่ปรับอากาศนั้น ซึ่งน่าจะเป็นส่วนของห้องทดลอง ห้องเครื่องมือวิทยาศาสตร์ ซึ่งต้องมีการควบคุมอุณหภูมิทั้งกลางวันและกลางคืนตลอดทั้งปี

กลุ่มที่ 3 ได้แก่ สำนักงานอธิการบดีหลังที่ 1 และ 2 (อาคารที่ทำการศึกษา) ค่าการใช้พลังงานต่อพื้นที่ปรับอากาศที่ได้สอดคล้องกับแผนภูมิที่ 1 แสดงว่ามีพฤติกรรมการใช้งานที่คล้ายๆ กัน แต่ในขณะเดียวกันก็ยังน้อยกว่าทั้งสองกลุ่มแรก เนื่องจากเป็นอาคารสำนักงานส่วนใหญ่ซึ่งมีการเปิดใช้งานเฉพาะกลางวันเท่านั้น แต่ในขณะเดียวกันก็มีการเปิดใช้งานตลอดทั้งปี

กลุ่มที่ 4 พบว่ามีสัดส่วนการใช้พลังงานต่อพื้นที่ปรับอากาศน้อยที่สุดซึ่งสอดคล้องกับแผนภูมิที่ 1 แสดงว่ามีสัดส่วนพื้นที่ปรับอากาศต่อพื้นที่รวมค่อนข้างน้อยสอดคล้องกับสภาพการใช้งานจริงที่เป็นห้องเรียนส่วนใหญ่ ซึ่งมีการใช้งานเฉพาะช่วงเปิดเทอมเท่านั้น

จะเห็นได้ว่าจากข้อมูลที่ได้พอจะทำให้ทราบว่ากลุ่มที่มีการใช้พลังงานที่ใกล้เคียงกันคือ กลุ่มที่ 2 และ 3 และโดยภาพรวม พบว่าอาคาร กรณีศึกษา เป็นอาคารที่มีการใช้พลังงานอยู่ในระดับกลางๆ ของกลุ่ม แต่โดยภาพรวมของอาคารทั้งหมดมีค่าการใช้พลังงานอยู่ในเกณฑ์การสำรวจของ อาคารมาตรฐานตาม พ.ร.บ.มีเพียงสองอาคารที่มีค่ามากกว่า เพราะเป็นอาคารที่ลักษณะการใช้งานพิเศษกว่าอาคารอื่น

เมื่อได้ผลสำรวจอาคารกรณีศึกษาแล้ว จึงนำข้อมูลมาป้อนโปรแกรม VisualDoe 4.1 โดยมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานของอาคารกรณีศึกษากับโปรแกรม VisualDoe 4.0

ขั้นตอนที่ 2 วิเคราะห์ผลต่างๆ จากการจำลองด้วยโปรแกรม

ขั้นตอนที่ 3 กำหนดแนวทางแก้ไขปรับปรุง

ขั้นตอนที่ 4 สรุปแนวทางปรับปรุงด้านเทคนิค

ขั้นตอนที่ 5 วิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์ในแต่ละแนวทางเลือก

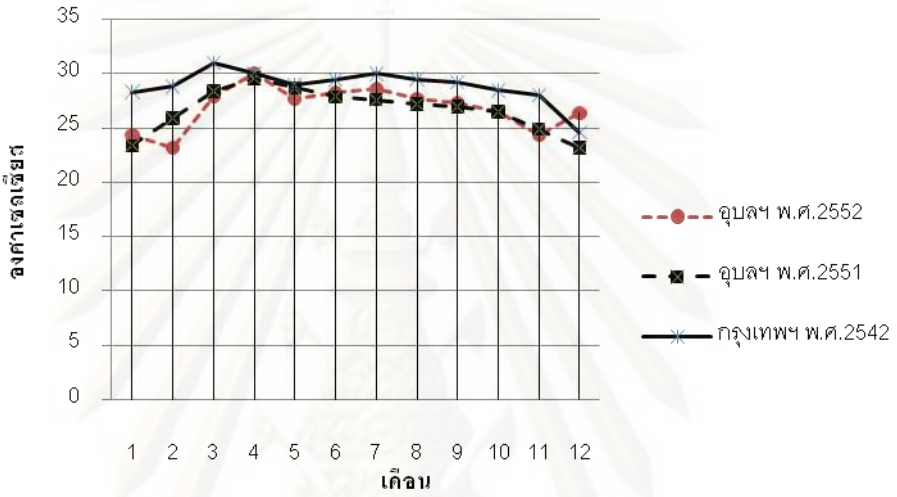
4.6 การปรับแต่งโปรแกรม VisualDOE สำหรับใช้จำลองการใช้พลังงานไฟฟ้า

1. เปรียบเทียบข้อมูลอากาศเพื่อใช้ในการป้อนค่าในโปรแกรม

ในการศึกษาการใช้พลังงานของอาคาร จำเป็นต้องใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการคำนวณ เนื่องจากมีตัวแปรหลายตัวแปร และการทำงานของโปรแกรมต้องใช้ข้อมูลอากาศในพื้นที่ จึงจำเป็นต้องปรับแต่งค่าพื้นฐานข้อมูลสภาพอากาศ ณ สถานที่ที่ทำการศึกษา แต่เนื่องจากประเทศไทยมีสภาพภูมิอากาศที่ค่อนข้างที่จะใกล้เคียงกันเพราะเป็นประเทศที่ขนาดพื้นที่ไม่กว้างใหญ่นัก โดยกรุงเทพมหานครตั้งอยู่ที่ ละติจูดที่ 13.09 ลองติจูดที่ 100 อำเภอวารินชำราบ จังหวัด

อุบลราชธานี ตั้งอยู่ที่ ละติจูดที่ 15.11 ลองติจูดที่ 104.53 ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงสภาวะอากาศจึงมีความแตกต่างกันไม่มากนัก ดังนั้นในการศึกษาจึงใช้ข้อมูลอากาศของ กรุงเทพ ปี ค.ศ.1999 (คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542)

เพื่อเป็นการตรวจความเข้ากันได้ของข้อมูลจึงได้นำข้อมูล อากาศจริงที่อุบลฯ ย้อนหลัง 3 ปี คือ ปี พ.ศ.2551, 2552 (กรมอุตุนิยมวิทยาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ศูนย์อุบลราชธานี , 2552) มาเปรียบเทียบกับข้อมูลกรุงเทพ 1999 (พ.ศ.2542) ดังนี้



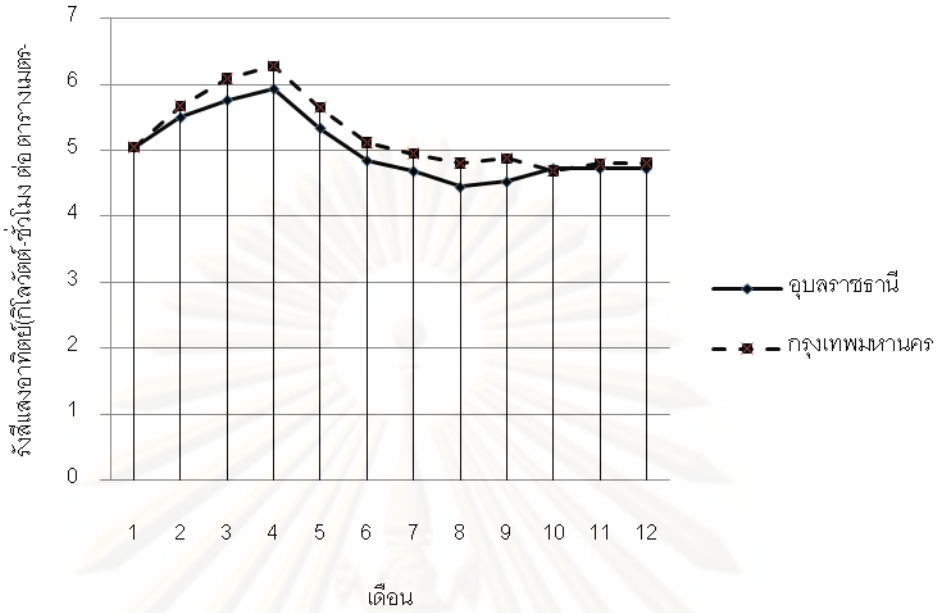
แผนภูมิที่ 4.4 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย ที่ จ.อุบลราชธานี และ กรุงเทพฯ

จากแผนภูมิ พบว่าสภาวะการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิสู งสุดเฉลี่ยรายเดือนของอำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี ตั้งแต่ พ.ศ. 2551, 2552 มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่คล้าย คลึงกัน และเมื่อนำ มาเปรียบเทียบกับ ข้อมูลอากาศของกรุงเทพ ปี พ.ศ.2542 (bkk1999) ก็พบว่ามีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในลักษณะที่เหมือนกัน แตกต่างกันบ้างคือกรุงเทพฯจะมีอุณหภูมิสูงกว่า

ตารางที่ 4.15 เปรียบเทียบค่ารังสีแสงอาทิตย์ (กิโลวัตต์-ชั่วโมง ต่อ ตารางเมตร- วัน) ระหว่างจังหวัดอุบลราชธานีและกรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ.2545

Variable	รังสีแสงอาทิตย์ (กิโลวัตต์-ชั่วโมง ต่อ ตารางเมตร-วัน)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
อุบลราชธานี	5.05	5.5	5.76	5.93	5.34	4.85	4.69	4.45	4.53	4.73	4.73	4.73
กรุงเทพมหานคร	5.05	5.67	6.09	6.28	5.65	5.12	4.95	4.81	4.88	4.69	4.8	4.81

(gaisma.com, 2010 : online)



แผนภูมิที่ 4.5 เปรียบเทียบค่ารังสีแสงอาทิตย์ระหว่าง จังหวัดอุบลราชธานีและกรุงเทพมหานคร ค่าเฉลี่ย 10 ปี พ.ศ.2542-2551

จากแผนภูมิเปรียบเทียบค่ารังสีดวงอาทิตย์ พบว่าค่ารังสีดวงอาทิตย์ มีค่าใกล้เคียงกันทั้งปริมาณและแนวโน้มการเปลี่ยนแปลง ทั้งมีการเปลี่ยนแปลงที่สอดคล้องกับแผนภูมิการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิรายเดือน

ดังนั้นจึงสามารถที่จะใช้ข้อมูลอากาศ bkk1999 ในการจำลองการใช้พลังงานในโปรแกรม VisualDOE ได้

2.การปรับแต่งค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในโปรแกรม เพื่อให้สัมพันธ์กับค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าจริงของอาคารกรณีศึกษา

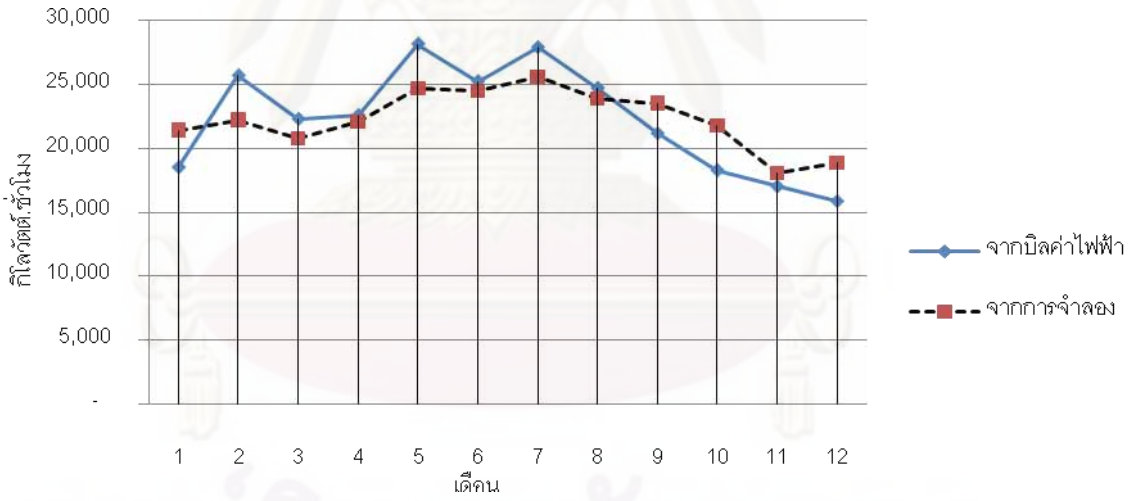
ตารางที่ 4.16 เปรียบเทียบข้อมูลการใช้ไฟฟ้าประจำปี พ .ศ.2552 จากใบเสร็จค่าไฟฟ้าและจากการจำลอง

ลำดับ	เดือน/วันที่/ค.ศ.	รวมหน่วยการใช้งาน (kW.h)	
		จากบิลค่าไฟฟ้า	จากการจำลอง
1	มกราคม	18,522.50	21,242.00
2	กุมภาพันธ์	25,692.50	23,444.00
3	มีนาคม	22,300.00	28,496.00
4	เมษายน	22,580.00	22,488.00
5	พฤษภาคม	28,150.00	23,052.00
6	มิถุนายน	25,235.00	23,027.00

7	กรกฎาคม	27,882.50	29,565.00
8	สิงหาคม	24,710.00	24,960.00
9	กันยายน	21,167.50	20,638.00
10	ตุลาคม	18,290.00	18,489.00
11	พฤศจิกายน	17,030.00	16,529.00
12	ธันวาคม	15,876.00	17,261.00
	รวมทั้งปี	267,436.00	269,191.00

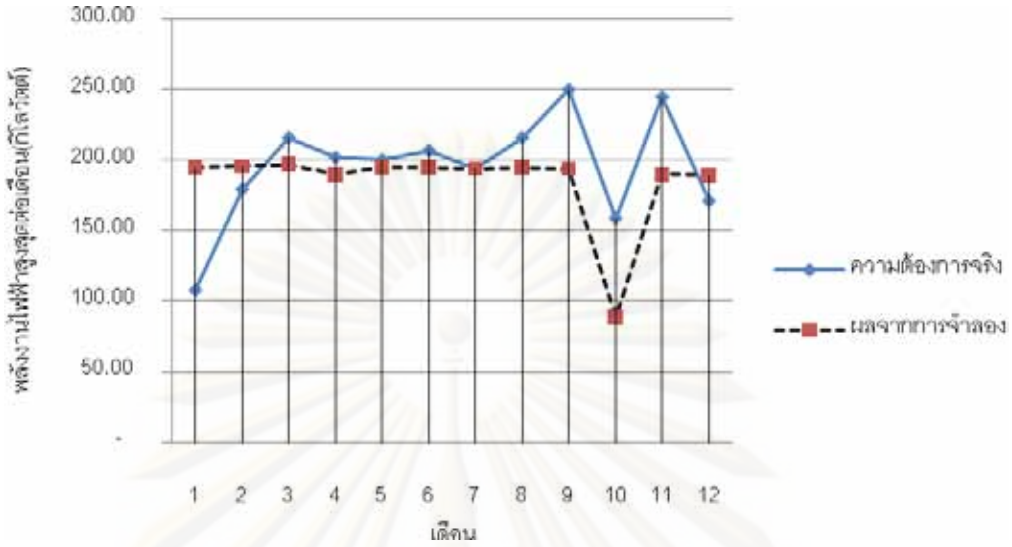
(มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี , 2552)

จากรายงานผลการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมในรอบปีของอาคารกรณีศึกษา ภายหลังจำลองด้วยโปรแกรม พบว่ามีการใช้พลังงานไฟฟ้าตลอดทั้งปี 267,467 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ต่อ ปี ในขณะที่ค่าการใช้พลังงานจริงเป็น 267,436 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ต่อ ปี (ตารางที่ xx ข้อมูลปี พ.ศ. 2552) มีค่าพลังงานไฟฟ้ารวมแตกต่างกัน ร้อยละ 0.01 ซึ่งมีค่าน้อยมาก ดังนั้นลักษณะสิ่งแวดล้อมที่ป้อนลงในโปรแกรมสามารถใช้จำลองลักษณะของการเปลี่ยนแปลงจริงได้



แผนภูมิที่ 4.6 เปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้จริงและจากการจำลองด้วยโปรแกรม

พบว่าเส้นกราฟมีการเปลี่ยนแปลงรายเดือนในลักษณะเดียวกัน มีความแตกต่างกันบ้างแต่โดยรวมเป็นไปในแนวทางเดียวกัน

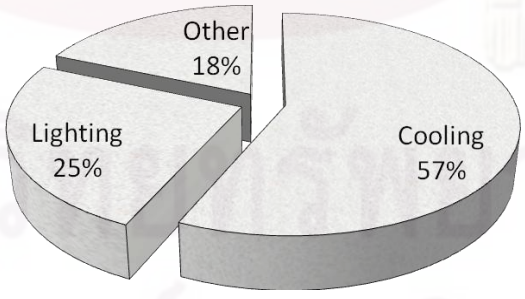


แผนภูมิที่ 4.7 แสดงค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดในแต่ละเดือน

จากแผนภูมิที่ได้แสดงค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าจริงและจากการจำลอง มีการเปลี่ยนแปลงในทิศทางเดียวกัน ยกเว้นเดือน มกราคม ที่ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดมีค่าต่ำ เนื่องจากความผิดปกติของมิเตอร์ซึ่งในเดือนต่อมาได้รับการแก้ไขจนเป็นปกติ

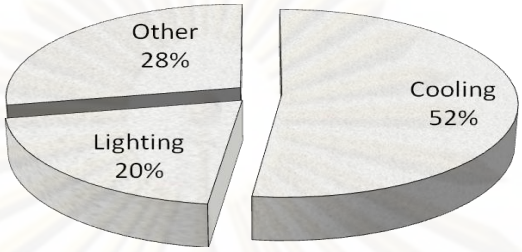
โดยสรุปจากปริมาณการใช้ไฟฟ้ารวม ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด จากค่าพลังงานไฟฟ้าจริงและจากการจำลองด้วยโปรแกรม มีความใกล้เคียง ดังนั้นจึงสามารถสามารถใช้โปรแกรมในการจำลองการใช้พลังงานไฟฟ้าในขั้นตอนต่อไปได้

4.7 เปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าจริงของอาคารกรณีศึกษากับผลการจำลองการใช้พลังงานด้วยโปรแกรม VisualDOE

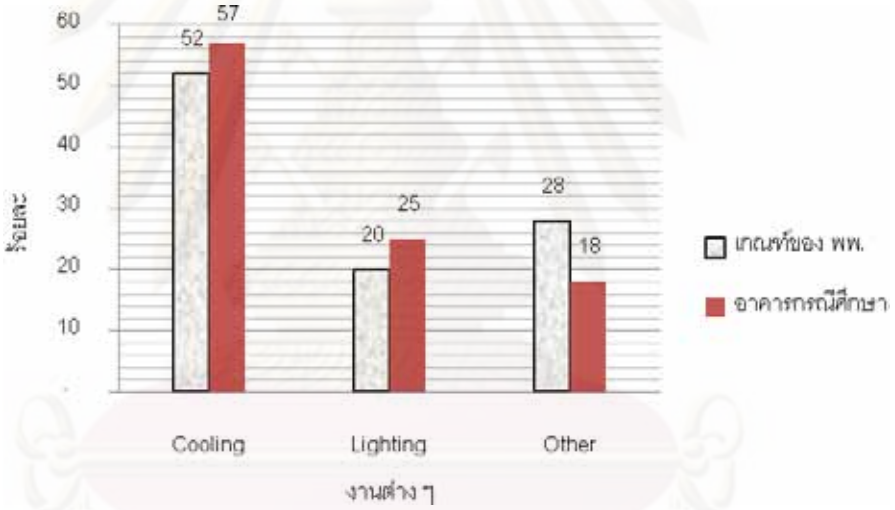


แผนภูมิที่ 4.8 แสดงสัดส่วนการใช้พลังงานรวมในกิจกรรมต่างๆ ของอาคารกรณีศึกษาเมื่อจำลองด้วยโปรแกรม VisualDOE

พบว่าในอาคารกรณีศึกษามีการใช้พลังงานไฟฟ้าในกิจกรรมต่างๆ กันตลอดทั้งปี โดยแบ่งออกเป็น 3 หมวด โดยเรียงลำดับจากมากไปน้อย ดังนี้ (1). ระบบปรับอากาศ คิดเป็น ร้อยละ 57 (2). ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ร้อยละ 25 (3). ระบบอื่นๆ ร้อยละ 18



แผนภูมิที่ 4.9 แสดงสัดส่วนการใช้พลังงานของอาคารสำนักงาน จากข้อมูลการศึกษาของ พพ. (กระทรวงพลังงาน , 2551 : ออนไลน์)



แผนภูมิที่ 4.10 สัดส่วนการใช้พลังงานระหว่างอาคารกรณีศึกษากับผลการศึกษาอาคารสำนักงานของ พพ.

เมื่อเปรียบเทียบกับสัดส่วนการใช้พลังงานอาคารกรณีศึกษากับ ผลการศึกษาสัดส่วนอาคารสำนักงานของ พพ .พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน โดย ค่าสัดส่วนพลังงานในระบบปรับอากาศ และระบบแสงสว่างของอาคารกรณีศึกษามีค่ามากกว่าอาคารอ้างอิงอยู่ ร้อยละ 5

มีความแตกต่างในทางกลับกันในส่วนการใช้พลังงานในงานระบบอื่นๆ ที่อาคารกรณีศึกษามีค่าน้อยกว่าเกณฑ์ของ พพ. ร้อยละ 10

สรุปผลการปรับแต่งค่าการใช้พลังงานของโปรแกรมให้สอดคล้องกับค่าการใช้งานจริงถือว่าสอดคล้องกันมีความแตกต่างบ้างเล็กน้อย เนื่องมาจาก มีค่าตัวแปรหลายค่าทำให้การ

ปรับแต่งเพื่อให้ข้อมูลเหมือนกันทั้งหมดคงเป็นไปได้ยาก นอกจากพยายามให้ใกล้เคียงมากที่สุด ดังนั้นจึงสามารถที่จะนำข้อมูลที่ปรับตั้งนี้มาใช้เป็นประโยชน์ฐานข้อมูลอาคารตั้งต้น (Base case) เพื่อใช้ในการทดลองในขั้นตอนต่อไป

4.8 การพิจารณาองค์ประกอบของภาระทำความเย็นของอาคาร

จากการสำรวจอาคารพบว่า

ตารางที่ 4.18 อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารกรณีศึกษา กับอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส

ลำดับ	แหล่งที่มา	อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)		แหล่งที่มา
		ต่อ ปี	ต่อ ตรม.	
1	อาคารที่ทำการศึกษา	267,436	91.00	ใบเสร็จค่าไฟฟ้า
2	อาคารที่ทำการศึกษา	267,471	91.00	จำลองด้วยโปรแกรม
3	อาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส	204,529	69.60	จำลองด้วยโปรแกรม

จากตารางเปรียบเทียบอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อพื้นที่พบว่า อาคารกรณีศึกษามีค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงกว่าอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส ร้อยละ 30 เนื่องจากสัดส่วนพื้นที่ผิวอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยมากกว่า (ในการจำลองกำหนดพื้นที่ผนังที่เป็นหน้าต่างต่ อผนังรวม ; WWR เท่ากัน) และผลจากสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร ระบบปรับอากาศ มีสัดส่วนมากที่สุด ต่อดังนั้นจึงสรุปได้ว่า พลังงานไฟฟ้าส่วนใหญ่ที่ใช้ในอาคารถูกใช้ในส่วนงานปรับอากาศอันเป็นผลมาจากการพยายามทำความเย็นภายในอาคารที่เกิดจากการถ่ายเทพลังงานความร้ อนจากภายนอกผ่านผนังอาคารเข้าสู่ภายใน

4.9 แนวทางการเลือกระบบในการปรับปรุงและคัดเลือกวัสดุ

โดยอาศัยการพิจารณาความสำคัญและจำเป็นในเรื่องดังต่อไปนี้

1. การป้องกันความร้อนจากหลังคา

เนื่องจากหลังคาเป็นเปลือกอาคารที่ค่อนข้างทำมุมตั้งฉากกับดวงอาทิตย์ ดังนั้นการป้องกันความร้อนจากรังสีอาทิตย์จึงมีความจำเป็นสูงสุด ในการป้องกันรังสีความร้อนมีวิธีการดำเนินการดังนี้

- วัสดุมุงหลังคาและฉนวนที่ประกอบกับหลังคา ตัววัสดุต้องมีคุณสมบัติในการป้องกันรังสีความร้อนได้อย่างดี มีสีอ่อน
- การตัดแบ่งพื้นที่ชั้นหลังคาด้วยการทำฝ้าเพดาน

2. การป้องกันความร้อนให้กับผนังอาคาร

ในการออกแบบผนังอาคารสามารถทำได้ 2 อย่าง คือ

- ผนังติดดิน ในกรณีผนังที่เป็นมวลสาร (Mass Wall) เช่น ก่ออิฐฉาบปูน คอนกรีต เนื่องจากดินมีมวลสารมากและส่วนที่ใต้อาคารและลึกลงไป ดินไม่ได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์โดยตรง ดังนั้นอุณหภูมิของดินจึงค่อนข้างคงที่ ความชื้นจากดินสามารถแทรกซึมสู่พื้นและผนังได้ ทำให้อุณหภูมิของพื้นและผนังไม่ร้อนเกินไป

- ผนังโครงเคร่า (Framing Wall) หมายถึง ผนังที่มีโครงเคร่าเป็นโครงสร้างและบุวัสดุผิวภายนอก และภายใน

- ผนังประกอบ (Composite wall) หมายถึง ผนังที่เป็นแบบผสมของทั้งสองแบบด้านบน

ในการศึกษานี้เป็นการใช้ระบบผนังแบบผสม (Composite wall) เนื่องจากเป็นอาคารที่ก่อสร้างเสร็จแล้ว ซึ่งจะทำให้ค่าใช้จ่ายไม่สูงจนเกินไปและสามารถทำได้โดยสะดวกและรวดเร็ว อีกทั้งไม่รบกวนรูปแบบสถาปัตยกรรมเดิม

3. การคัดเลือกกระจก

กระจกที่นิยมใช้สำหรับงานอาคาร แบ่งได้เป็น 5 ประเภท คือ (1).กระจกใส (Clear Glass) ,(2).กระจกสี (Color Glass) ,(3).กระจกสีตัดแสง (Heat Absorbing Glass) ,(4).กระจกเคลือบผิวสะท้อนแสง (Reflective Metallic Coating Glass) ,(5).กระจกฉนวนความร้อน (Insulating Glass) หรือ กระจกสองชั้น (Double Glazing)

ตารางที่ 4.19 คุณสมบัติกระจกชนิดต่างๆ

ชนิด	ลักษณะทั่วไป	ข้อดี-ข้อเสีย	ราคา
1).กระจกใส (Clear Glass)	เป็นกระจกโปร่งใสเรียบทั้งสองด้าน มองเห็นชัดเจน	-ยอมให้แสงเข้ามาก 88% 3ยอมให้ความร้อนเข้า 83%	ราคาถูก

2).กระจกสี (Color Glass)	เป็นกระจกโปร่งแสงที่ยอมให้แสงผ่านได้ดี สีเข้มขึ้นตามความหนา	-ช่วยกระจายแสงอย่างเหมาะสม -ยิ่งหนาจะมีความร้อนสะสมในเนื้อกระจกมากอาจทำให้แตกง่าย	ราคาถูก
3).กระจกสีตัดแสง (Heat Absorbing Glass)	เป็นกระจกสีช่วยลดความจ้าของแสงที่เข้ามาได้ดี	-ดูดกลืนรังสีความร้อน(คลื่นสั้น) 40-50% -ใช้งานกลางวัน -ลดความสว่างลงต้องพิจารณา	แพง
4).กระจกเคลือบผิวสะท้อนแสง (Reflective Metallic Coating Glass)	มีคุณสมบัติคล้ายกระจกเงา ทำหน้าที่สะท้อนความร้อน	-เหมาะกับอาคารใช้งานกลางวัน -ลดแสงสว่างมากกว่า 80% -สะท้อนความร้อนมากกว่าดูด -สะท้อนความร้อน 60% -เสียความเป็นส่วนตัวตอนกลางคืน -อาจมี Thermal Breakage -แสงสะท้อนรบกวนอาคารข้างเคียง	แพง
5).กระจกฉนวนความร้อน (Insulating Glass) หรือ กระจกสองชั้น (Double Glazing)	เป็นกระจกสองชั้น ประกอบกันโดยมีเฟรมอะลูมิเนียม โดยช่องระหว่างกลางเป็นสุญญากาศหรือ ก๊าซเฉื่อย	-แผ่รังสีความร้อนต่ำแต่ยอมให้แสงสว่างผ่านได้ดี -ป้องกันการถ่ายเทความร้อนระหว่างภายใน-ภายนอกดี -ป้องกันเสียงได้ดี -มีโอกาสเกิดภาพผิดเพี้ยน -มีโอกาสแตก เนื่องจากความแตกต่างอุณหภูมิภายใน-ภายนอก	แพงมาก

ตารางที่ 4.20 แสดงเกณฑ์ในการเลือกปรับปรุงองค์ประกอบอาคาร

ลำดับ	ทางเลือก	เกณฑ์ในการเลือก					
		ประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อน	ความแข็งแรงในการใช้งาน, โครงสร้าง	สะดวกในการติดตั้ง	ซ่อมระยะยาว	อายุการใช้งาน	ราคา
1.	**ปรับปรุงเปลือกอาคาร**						
	1.1 ผนังทึบภายนอก - ไม่เลือกทำการปรับปรุง เนื่องจาก	√	√	×	×	√	×

	เป็นอาคารสร้างเสร็จแล้ว - ยุ่งยากในการทำงาน - กระทบรูปแบบงานสถาปัตยกรรมผนังภายใน						
	1.2 ผนังทึบภายใน ห้องที่ปรับอากาศ	√	√	√	√	√	√
	1.3 ผนังภายในทั่วไป	×	√	√	×	√	×
	1.4 ผนังโปร่งแสง - หน้าต่าง	√	√	√	√	√	√
2.	**งานปรับปรุงฝ้าเพดาน**	√	√	√	√	√	√
3.	**งานปรับปรุงหลังคา**	√	√	×	×	√	×
4.	**งานปรับปรุงกันสาด**	√	×	×	×	√	×
5.	**งานปรับปรุงหลอดไฟแสงสว่าง**	√	√	√	√	√	√
6.	**งานปรับปรุงระบบปรับอากาศ**	√	√	×	×	√	×
7.	**งานปรับปรุงช่องเปิดห้องโถง**	√	√	√	√	√	√
8.	**งานปรับปรุงภูมิทัศน์**	√	√	√	×	√	√

จากตารางแสดงทางเลือกปรับปรุงองค์ประกอบอาคารโดยแสดงข้อดีและข้อด้อย จึงสามารถจัดทำเกณฑ์ในการเลือกชนิดวัสดุในการปรับปรุงได้

ในการศึกษาครั้งนี้เพื่อให้ตรงตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา โดยพิจารณาองค์ประกอบที่มีผลมากที่สุดในการป้องกันความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ตัวอาคาร (OTTV และ RTTV) และการไม่เปลี่ยนแปลงรูปแบบภายนอกของงานสถาปัตยกรรมหรือมีผลกระทบน้อยที่สุด จึงได้เลือกการปรับปรุงระบบเปลื อกอาคาร ตามความเหมาะสมของวัสดุที่เป็นไปได้จริงในท้องตลาดและมีประสิทธิภาพในเรื่องการป้องกันรังสีความร้อนเข้าสู่อาคาร โดยคัดเลือกวัสดุโดยพิจารณาจากค่าการนำความร้อนของวัสดุ (k) ที่จะต้องมีค่าต่ำ วัสดุประกอบเพื่อเสริมความแข็งแรงและสวยงามและต้องมีคุณสมบัติการเป็นฉนวน

ตารางที่ 4.21 แนวทางการคัดเลือกวัสดุฉนวน

ลำดับ	ทางเลือก	เกณฑ์ในการพิจารณา		
		ลักษณะทั่วไป	ข้อดี	ข้อเสีย
1.	ฉนวนใยแก้ว	ทำจากแก้วหลอมแล้วพ่นเป็นเส้นใยยึดเกาะกันด้วยตัวเชื่อม เป็นแผ่น	กันร้อน-เสียงได้ดี, น้ำหนักเบา, ติดตั้งง่าย	ดูดความชื้น, ใยแก้วเป็นพิษ, ฉีกขาดง่าย
2.	ฉนวนใยเซลลูโลส	เป็นแผ่นผลิตจากใยพืชผสมกาวอัดขึ้นรูป มักใช้ประกอบโครงขึ้นรูป	ผลิตจากวัสดุธรรมชาติ น้ำหนักเบา ทำงานง่าย	ดูดความชื้น, แมลงกัดแทะ .ใช้ภายในเท่านั้น กันความร้อนไม่ดีเท่าไร

3.	โฟมโพลียูรีเทน (Polyurethane,PU-Foam)	เป็นโฟมใช้พ่นในส่วนที่ต้องการ เมื่อแห้งจะเป็นโฟมแข็ง น้ำหนักเบา ลักษณะเซลกึ่งปิด-เปิด	กันความร้อนได้ดี	ติดไฟง่าย,ห้ามโดนแสงแดดโดยตรง, ติดไฟจะเกิดแก๊ซไซยาไนซ์
4.	โฟมโพลีเอธิลีน (Polyethelene, PE-Foam)	ขึ้นรูปเป็นแผ่น เซลปิด แผ่นอ่อนนุ่ม น้ำหนักเบา ลักษณะเซลปิด	กันความร้อนได้ดี	ไม่เหมาะกับงานกดทับ , ติดไฟจะเกิดแก๊ซคาร์บอนมอนน็อกไซน์
5.	โฟมโพลีสไตรีน (Polystyrene,PS-Foam)	1.แบบอัดรีดตัว(Extruded PS) 2.แบบขยายตัวหรือขยายตัว(Molded or Expanded PS)	แข็งแรงรับแรงกดได้ดี หล่อขึ้นรูป เซลหยาบ กันความร้อนได้ดี	ราคาแพง ติดไฟง่าย,ห้ามโดนแสงแดดโดยตรง, ต้องมีวัสดุปิดผิว
6.	ยิปซั่มบอร์ดกันร้อน (Gypsum Board)	เป็นแผ่นเรียบ แกนในเป็นยิปซั่ม ประกบสองด้านด้วยกระดาษ, มีทั้งแบบกันชื้น กันร้อน เก็บเสียง	น้ำหนักเบา, ไม่ติดไฟ, ติดตั้งง่าย, ปรับเปลี่ยนง่าย	ใช้ภายในเท่านั้น กันความร้อนไม่ดีนัก ต้องใช้แบบมีฟอล์ยกันร้อน
7.	แผ่นไฟเบอร์บอร์ด (Fiber Board)	ผลิตจากเส้นใยพืชมาอัดผสมคอนกรีตเป็นแผ่นเรียบ	น้ำหนักเบา, ไม่ติดไฟ, ติดตั้งง่าย, ปรับเปลี่ยนง่าย, แข็งแรง,ใช้ได้ทั้งภายนอกภายใน	กันความร้อนไม่ดีนัก ต้องใช้ร่วมกับวัสดุอื่นเพื่อกันความร้อน
9.	เซรามิคโค๊ตติ้ง (Ceramic Coating)	เป็นสารประกอบอนุภาคของเซรามิคเป็นของเหลวใช้ทาหรือพ่นภายนอก	สะท้อนความร้อนได้สูง ,น้ำไหนักเบา,ซับความร้อนต่ำ, ดูแลง่าย	ประสิทธิภาพจะลดลงเมื่อมีฝุ่น
10.	อิฐมอญ (Brick)	ดินเหนียวเผาด้วยความร้อนสูง, นิยมใช้ทั่วไป ,แข็งแรง ใช้ได้นาน,	ราคาถูก,หน่วงความร้อนได้ดี,ใช้งานได้ดีตอนกลางวัน, ดูแลง่าย	คายความร้อนตอนกลางคืน
11.	คอนกรีตบล็อก (Concrete Marsonery Unit)	ทำจากปูน ทราย หินเกล็ด อัดบล็อกขึ้นรูป, นิยมใช้ทั่วไป	ราคาถูก ,ขนาดแผ่นใหญ่กว่าอิฐมอญ	เปราะ กลวงภายใน น้ำซึมเข้าง่าย
12.	คอนกรีตมวลเบา (Autoclaved Aerated Concrete-ACC)	ทำจากทราย ซิเมนต์ ปูนขาว ยิปซั่ม ผงอะลูมิเนียม หล่อเป็นก้อน มีรูพรุนไม่ต่อเนื่อง	ป้องกันความร้อนได้ดี น้ำหนักเบา ประหยัดโครงสร้าง	ผิวกร่อนง่าย, ราคาสูง, ต้องใช้ช่างที่มีฝีมือ
13.	อะลูมินั่มฟอล์ย (Aluminum Foil)	เป็นแผ่นอะลูมินั่มขึ้นรูปกับวัสดุอื่น ลักษณะเป็นแผ่นม้วน ผิวเรียบเป็นเงาวาว	สะท้อนรังสีความร้อนได้ดี น้ำหนักเบา	ต้องระวังฝุ่นเกาะ ฉีกขาดง่าย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.10 การปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา

ในการวิจัยนี้พิจารณาศึกษาในส่วนของเปลือกอาคารซึ่งเกี่ยวข้องกับงานสถาปัตยกรรม และการปรับปรุงต้องไม่กระทบกระเทือนรูปแบบสถาปัตยกรรมภายนอก ดังนั้นจากการพิจารณาข้อดี ข้อเสียในหลายเกณฑ์ จึงได้ข้อสรุปในการปรับปรุงดังนี้ คือ

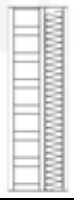
1. **ปรับปรุงผนังผนังทึบ ภายใน ห้องที่ปรับ อากาศ ด้านที่สัมผัสอากาศภายนอก**

เนื่องจากผนังด้านที่สัมผัสอากาศภายนอกมีผลโดยตรงต่อการส่งผ่านของรังสีความร้อนเข้าสู่อาคาร ขณะที่ผนังภายในไม่ได้รับรังสีความร้อนโดยตรง จึงไม่มีความจำเป็นที่ต้องปรับปรุง ดังนั้นผนังทึบที่ต้องปรับปรุงคิดเป็นพื้นที่ 670 ตารางเมตร (ไม่รวมช่องเปิดและผนังส่วนที่เป็นคาน) โดยผนังภายนอกเป็นผนังเดิม คือ ผนังก่ออิฐมอญครึ่งแผ่นฉาบปูนเรียบสองด้าน ดังนั้นทางเลือกที่เป็นไปได้คือ การกรุผนังภายในใหม่ด้วยวัสดุฉนวนที่มีความแตกต่างกัน และนิยมใช้ในท้องตลาดทั่วไป ดังนี้

จากเกณฑ์การพิจารณาเลือกวัสดุ ฉนวน ในการศึกษาจากเลือกวัสดุฉนวนเพื่อใช้ประกอบงานผนังเสริมภายในเพื่อเป็นฉนวนกันความร้อน ดังนี้ (1). ฉนวนใยแก้วที่มีค่าการนำความร้อนต่ำ ค่า $k = 0.035$ W/m^2K , (2). ฉนวนโพลียูรีเทนโฟม $k = 0.024$ W/m^2K, (3). ผนังยิปซั่มบอร์ด หนา 12 มม. ค่า $k = 0.282$ W/m^2K ,(4). โฟมโพลีสไตลีน ค่า $k = 0.035$ W/m^2K โดยในการติดตั้งวัสดุตามขั้นตอนต่อไปนี้

- ขั้นตอนที่ 1 เสริมโครงภายในด้วยโครงเหล็กเคลือบสังกะสี
- ขั้นตอนที่ 2 ติดตั้งวัสดุฉนวนที่เลือก
- ขั้นตอนที่ 3 ติดตั้งวัสดุปิดผิวทับ โดยเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติเป็นฉนวนด้วย และมีความแข็งแรง สามารถเก็บงานได้เรียบร้อยสวยงาม
- ขั้นตอนที่ 4 เก็บความเรียบร้อย ฉาบผิวรอยต่อ ติดตั้งบัวพื้น เก็บงานสี

ตารางที่ 4.22 ชนิดวัสดุทางเลือกในการปรับปรุงผนังทึบ

ทางเลือก	ภาพตัดขวาง	รายละเอียด
W1		กรุฉนวนใยแก้ว หนา 2 นิ้ว ความหนาแน่น 24 กก./ตรม. + แผ่นยิปซั่มบอร์ด หนา 12 มม.

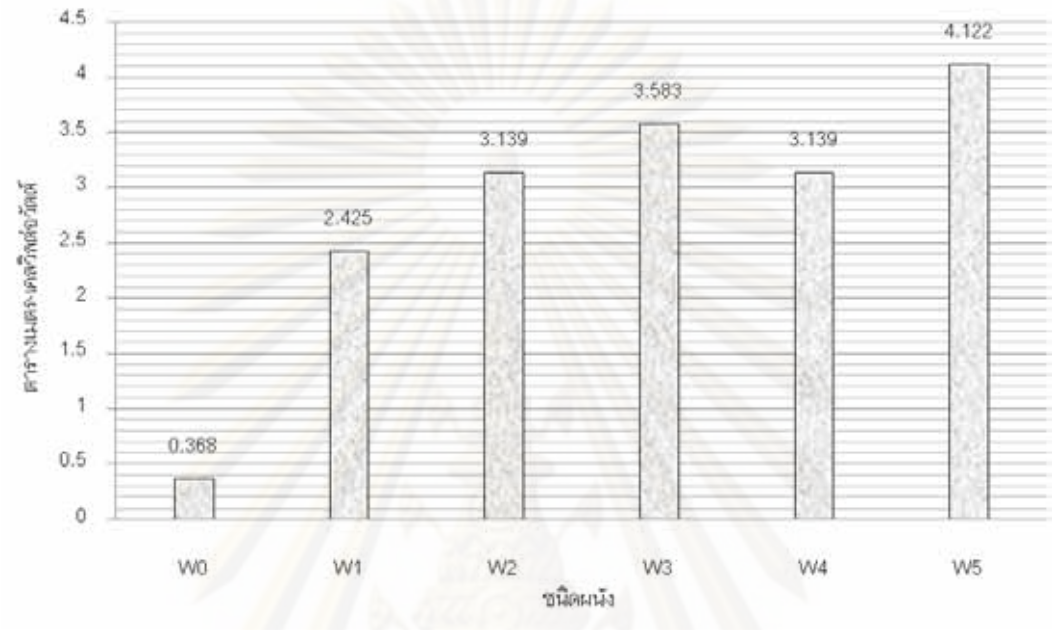
W2		กรุฉนวนใยแก้ว หนา 3 นิ้ว ความหนาแน่น 24 กก./ตรม. + แผ่นยิปซั่มบอร์ด หนา 12 มม.
W3		พ่นโฟมโพลีเอทธิลีน หนา 3 นิ้ว + แผ่นยิปซั่มบอร์ด หนา 12 มม.
W4		พ่นโฟมโพลีสไตลีน หนา 3 นิ้ว+ แผ่นยิปซั่มบอร์ด หนา 12 มม.
W5		พ่นโฟมโพลียูรีเธน หนา 3 นิ้ว + แผ่นยิปซั่มบอร์ด หนา 12 มม.

จากวัสดุแต่ละทางเลือกสามารถ หาค่าความต้านความร้อนของผนังทึบ (R) และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังทึบ (U) ได้ดังนี้

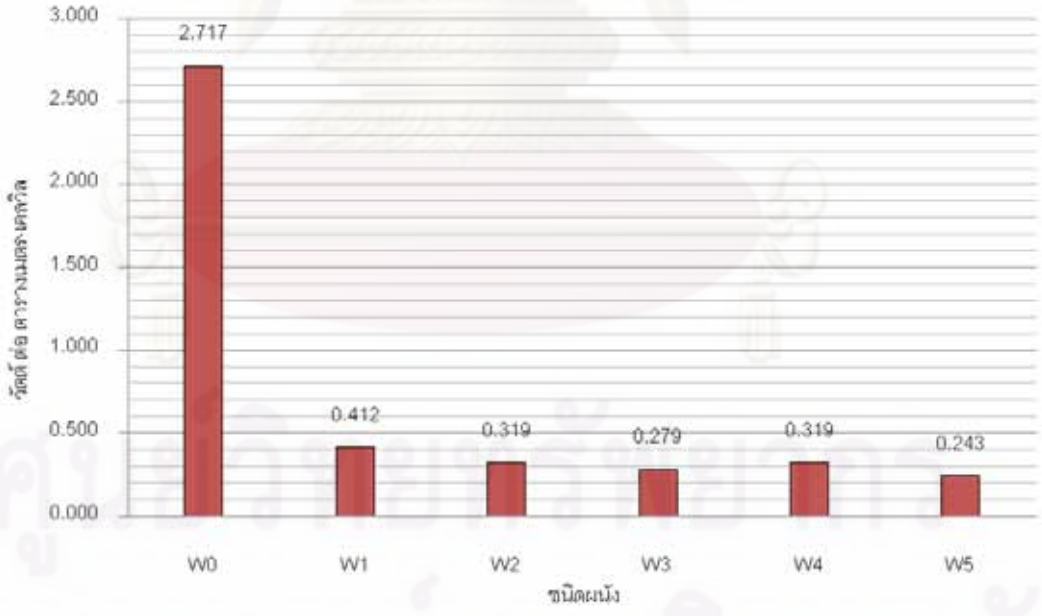
ตารางที่ 4.23 แสดงค่าความต้านทานความร้อนรวม ($\sum R$) และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังทึบ (U) ของผนังชนิดต่างๆ

ลำดับ	สัญลักษณ์	$\sum Rt$ (m^2-K/Watt)	U-value (Watt/m^2-K)
1	W0	0.368	2.717
2	W1	2.425	0.412
3	W2	3.139	0.319
4	W3	3.583	0.279
5	W4	3.139	0.319
6	W5	4.122	0.243

จากตารางจะเห็นได้ว่า ค่า R และ U ต่างเป็นส่วนกลับของกัน ดังนั้นในการเปลี่ยนแปลงเมื่อค่า R มาก ค่า U ก็จะน้อยลง เพื่อให้เห็นความแตกต่างที่ชัดเจนของคุณสมบัติดังกล่าวนี้ของวัสดุผนังจึงนำไปแสดงค่าเป็นแผนภูมิดังต่อไปนี้



แผนภูมิที่ 4.14 แสดงค่าความต้านทานความร้อนรวม (∑R)ของผนังชนิดต่างๆ



แผนภูมิที่ 4.15 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังทึบ (U) ของผนังชนิดต่างๆ

จากผลที่ได้พบว่าค่าความต้านทานความร้อนรวม (∑R) ของผนังชนิดต่างๆ มีค่าเพิ่มมากขึ้นตามชนิดของผนัง โดยผกผันกับ ค่าการนำควา มร้อนต่ำ ค่า k นั่นคือ ยิ่งวัสดุมีค่า k

น้อยเท่าใด วัสดุนั้นจะยิ่งมีค่าความต้านทานความร้อนมาก เมื่อเทียบที่ความหนาวัสดุที่เท่ากัน และในขณะเดียวกันก็แปรผันตามความหนาวัสดุนั้น

เมื่อพิจารณาวัสดุผนังพบว่าผนัง W0 (ผนังอาคารกรณีศึกษา) มีค่าความต้านทานความร้อนต่ำที่สุด คือ 0.368 ตารางเมตร- เคลวิน ต่อ วัตต์

ผนัง W1, W2 เป็นผนังทางเลือกที่ใช้วัสดุที่เหมือนกัน จะต่างกันก็เพียงความหนาของฉนวนใยแก้วของ ผนัง W1 หนา 2 นิ้ว และผนัง W2 หนา 3 นิ้ว แต่ค่าความต้านทานความร้อนของผนัง W2 ที่มากขึ้นมีอัตราส่วนที่ลดลง

ในกลุ่มของผนังที่พ่นด้วยโฟมเคมีสามชนิดคือ W3, W4, W5 พบว่ามีค่าความต้านทานความร้อนดีกว่ากลุ่ม W1, W2 โดย W5 มีค่าสูงสุด คือ 4.122 ตารางเมตร- เคลวิน ต่อ วัตต์

จะเห็นได้ว่าตัวแปรที่มีผลสำคัญเป็นลำดับหนึ่งของการต้านทานความร้อน คือ ค่าการนำความร้อนวัสดุ (k) เนื่องจากวัสดุแต่ละชนิดมีค่าการนำความร้อนวัสดุ ที่แตกต่างกันมาก รองลงมาเป็นเรื่องของความหนาของวัสดุฉนวนนั้น

2 .ปรับปรุงผนังกระจก หน้าต่างและช่องเปิดห้องที่ปรับอากาศ ด้านที่สัมผัสอากาศภายนอก

ผนังอาคารส่วนที่เป็นกระจกจัดได้ว่าเป็นส่วนที่รับความร้อนเข้าสู่อาคารมากที่สุด เพราะความร้อนที่แฝงมากับแสงสว่างสามารถทะลุเข้ามาสู่ภายในอาคาร ดังนั้นจึงต้องเลือกชนิดกระจกที่มีค่าสัมประสิทธิ์การนำรังสีความร้อน (U-Value) เข้าสู่อาคารน้อย

ผนังส่วนที่เป็นกระจกเดิมกระจกใสเขียว หนา 6 มม. ที่มีค่าสัมประสิทธิการกำบังแดดหรือ ค่า SHGC (Solar Heat Gain Coefficient) : SC เท่ากับ 0.96 จากค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดจะมีผลแปรตรงกับค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ ซึ่งค่า SHGC จะเป็นค่ารวมผลของรังสีอาทิตย์ที่ส่องผ่านกระจก โดยตรงกับค่าความร้อนที่ดูดกลืนไว้ โดยปกติแล้วค่า SHGC จะประมาณ 0.87SC จากการศึกษาพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจกมีผลต่อการใช้พลังงานในอาคารมาก แต่ต้องคำนึงถึงคุณสมบัติที่พึงประสงค์ของกระจก คือ การลดความสามารถในการส่องผ่านของแสงธรรมชาติ ดังนั้นกระจกที่ดีนอกจากจะต้องมีความสามารถในการลดความร้อนเข้าสู่อาคารแล้ว จะต้องสามารถนำแสงธรรมชาติภายนอกมาใช้เพื่อการส่องสว่างภายในอาคารด้วย ดังนั้นการเลือกใช้กระจก จึงจำเป็นต้องประเมินจุดที่เหมาะสม ระหว่าง

ค่าการลดความร้อนเข้าสู่อาคารกับค่าแสงสว่างที่จะได้รับ คือต้องพิจารณาค่าสัดส่วนสัมประสิทธิ์การส่งผ่านแสงต่อสัมประสิทธิ์การรับความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ (Ratio of visible transmission to solar heat gain coefficient, T_V / SHGC) ประกอบด้วย ทั้งนี้กระจกที่ดีควรมีค่า T_V / SHGC มากกว่า 1 แสดงว่าสามารถส่งผ่านแสงสว่างได้มากกว่าความร้อน เหมาะสมกับการใช้งานแสงธรรมชาติเพื่อส่องสว่างในอาคาร

วัสดุหน้าต่างกระจกผนังห้องที่ปรับอากาศ ในอาคารกรณีศึกษาคิดเป็นพื้นที่ 406 ตารางเมตร โดยกระจกเดิมเป็นกระจกใสเขียว หนา 6 มม.ชั้นเดียว ในการทดลองได้กำหนดทางเลือกกระจกชนิดที่มีค่าความต้านทานการนำความร้อนที่สูงกว่าชนิดต่างๆ ที่นิยมใช้ในท้องตลาด ได้แก่

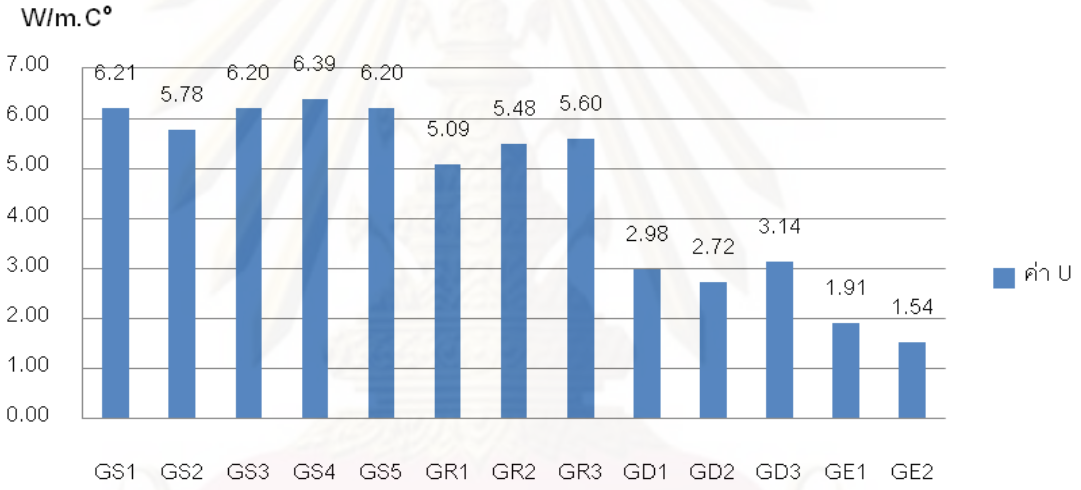
ตารางที่ 4.24 ทางเลือกหน้าต่างกระจกชนิดต่างๆ

	ความหนากระจก(มม.)	ชนิดของกระจก	Tvis	SHGC	U	SC	V_T / SHGC
	กระจกชั้นเดียวไม่เคลือบผิว (Uncoated single glazing)						
GS1	6.00	กระจกธรรมดาสีเขียว	0.76	0.59	6.21	0.68	1.29
GS2	6.00	กระจกธรรมดาสีใส	0.89	0.84	5.78	0.97	1.06
GS3	6.00	กระจกธรรมดาสีบรอนซ์	0.48	0.60	6.20	0.69	0.80
GS4	6.00	กระจกธรรมดาสีชา	0.14	0.45	6.39	0.52	0.31
GS5	6.00	กระจกธรรมดาสีฟ้า	0.56	0.59	6.20	0.68	0.95
	กระจกสะท้อนแสงชั้นเดียว (Reflective single glazing)						
GR1	6.00	กระจกธรรมดาสีใสสะท้อนแสง NTE110 (เคลือบไทเทเนียมเอิร์ธ , Tvis = 0.10)	0.10	0.23	5.09	0.27	0.43
GR2	6.00	กระจกธรรมดาสีใสสะท้อนแสง NSS120 (เคลือบแสตนเลสสตีล , Tvis = 0.20)	0.20	0.32	5.48	0.37	0.63
GR3	6.00	กระจกธรรมดาสีใสสะท้อนแสง NTS130 (เคลือบไทเทเนียมสตีล , Tvis = 0.30)	0.30	0.38	5.60	0.44	0.79
	กระจกสองชั้น (Reflective or Uncoated double glazing)						
GD1	24.00	กระจกฉนวนกันความร้อนสีใส (กระจกธรรมดาสีใส 6 มม.+ AS 12 มม.เติมก๊าซอาร์กอน + กระจกธรรมดาสีใส 6 มม.)	0.80	0.72	2.98	0.84	1.11
GD2	24.00	กระจกฉนวนกันความร้อนสีใสสะท้อนแสง (กระจกธรรมดาสีใสสะท้อนแสง NSS114 6 มม.+ AS 12 มม.+ กระจกธรรมดาสีใส 6 มม.)	0.12	0.17	2.72	0.20	0.71
GD3	24.00	กระจกฉนวนกันความร้อนสีใส (กระจกธรรมดาสีใส 6 มม.+ AS 12 มม.+ กระจกธรรมดาสีใส 6 มม.)	0.80	0.72	3.14	0.84	111

	กระจกเคลือบสารที่มีสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำสองชั้น (Low-e double glazing, on surface 2)						
GE1	24.00	กระจกฉนวนกันความร้อนสีใส Low-E (กระจกธรรมดาสีใส 6 มม.เคลือบ Low-E #2 + AS 12 มม.+ กระจกธรรมดาสีใส 6 มม.)	0.69	0.50	1.91	0.58	1.38
GE2	24.00	กระจกฉนวนกันความร้อนสีใส Low-E (กระจกธรรมดาสีใส 6 มม. เคลือบ Low-E #2 + AS 12 มม.เติมก๊าซอาร์กอน + กระจกธรรมดาสีใส 6 มม.)	0.73	0.53	1.54	0.61	1.38

ที่มา : ข้อมูลกระจกจาก บริษัท กระจกพีเอ็มเค-เซ็นทรัล จำกัด, กุมภาพันธ์ 2553

การพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของกระจก(U)

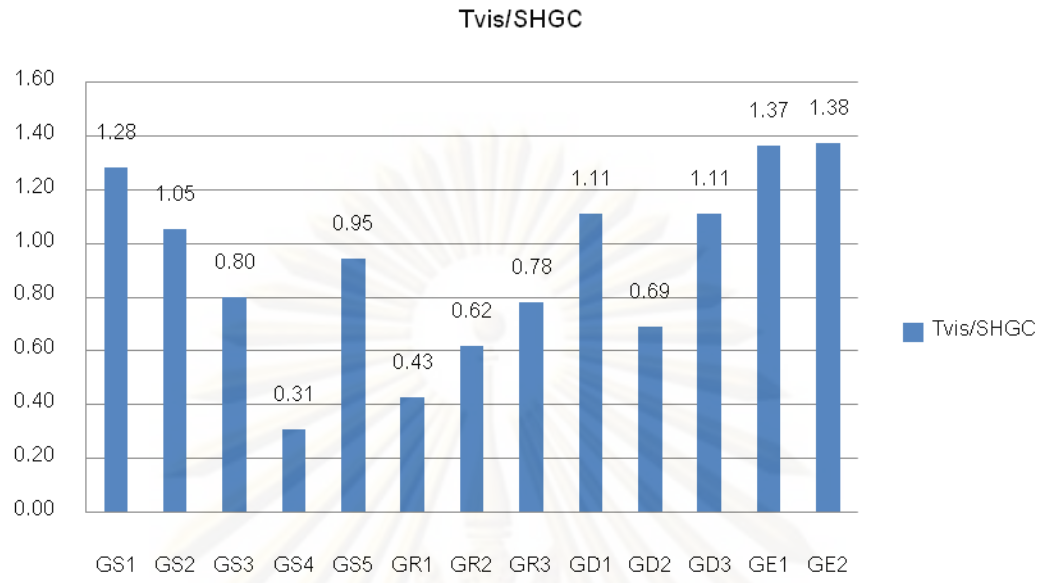


แผนภูมิที่ 4.16 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของกระจก (U)

จากแผนภูมิแสดงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของกระจก (U) เมื่อพิจารณาจากแผนภูมิ พบว่ากระจกที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนต่ำสุด คือ กลุ่ม กระจกเคลือบสารที่มีสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำสองชั้น (Low-e double glazing) โดย GE2 มีค่าต่ำสุด โดยมีค่าต่ำกว่ากลุ่มที่มีค่าสูงสุดถึง 4 เท่า

อันดับที่สอง รองลงมาเป็นกลุ่ม กระจกสองชั้น (Reflective or Uncoated double glazing) เรียงตามลำดับจากน้อยไปมากคือ GD2, GD1, GD3 โดยมีค่าต่ำกว่ากลุ่มที่มีค่าสูงสุด 2 เท่า

อันดับที่สาม รองลงมา เป็นกลุ่ม กระจก สะท้อนแสง กระจกสะท้อนแสงชั้นเดียว (Reflective single glazing) เรียงตามลำดับจากน้อยไปมาก คือ GR1, GR2, GR3 โดยมีค่าต่ำกว่ากลุ่มที่มีค่าสูงสุด ร้อยละ 10 ถึง 20



แผนภูมิที่ 4.17 แสดงสัดส่วนระหว่างค่า V_T /SHGC

จากแผนภูมิอธิบายได้ว่ากลุ่มที่มีค่าสัดส่วน V_T /SHGC สูงสุดคือ กระจก GE1 และ GE2 คือ 1.37-1.38 เท่า รองลงมาเป็นกลุ่มกระจกชั้นเดีย ว GS ยกเว้น GS4 ที่มีค่าต่ำสุด คือ 0.31 เท่า รองลงมาเป็นกลุ่ม GD ยกเว้น GD2 ที่มีค่าปานกลาง อยู่ที่ 0.69 เท่า ในกลุ่ม GR มีค่าอยู่ระหว่าง 0.43-0.78 เท่า

3.**ปรับปรุงฉนวนฝ้าเพดานชั้นหลังคา**

แนวทางในการพิจารณาเรื่องคุณสมบัติของวัสดุฉนวนเดิมและความยาก-ง่ายเมื่อติดตั้งระบบฉนวนกันความร้อนเพิ่มเติม ดังนี้

1. อาคารยังใหม่ วัสดุฉนวนเดิมยังมีประสิทธิภาพดี (พ่นโฟมโพลียูรีเทน หนา 2 นิ้ว ใต้แผ่นหลังคาเมทัลชีท)
2. แผ่นฝ้าเพดานเดิม (ยิปซั่มบอร์ด หนา 12 มม.ชนิดติดตั้งฟอล์ยด้านบนแผ่น) ยังใช้ได้ดี ไม่จำเป็นต้องรื้อทำใหม่
3. การติดตั้งฉนวนที่สะดวกที่สุด จึงเลือกติดตั้งฉนวนบนพื้นที่หลังแผ่นฝ้าเพดานเดิม

ดังนั้นสามารถกำหนดทางเลือกวัสดุดังต่อไปนี้ โดยพิจารณาจากคุณสมบัติข้างต้นได้ดังนี้

ตารางที่ 4.25 แนวทางเลือกวัสดุฉนวนหลังคา

ทางเลือก	รายละเอียด
C0(Base	หลังคาเมทัลชีทสีอ่อน ใต้แผ่นพ่นโฟมโพลียูรีเทน หนา 2 นิ้ว
C1	ปูแผ่นฉนวนใยแก้ว หนา 2 นิ้ว ความหนาแน่น 24 กก./ตรม.+ยิปซั่มบอร์ด หนา 12 มม.(เดิม)
C2	ปูแผ่นฉนวนใยแก้ว หนา 3 นิ้ว ความหนาแน่น 24 กก./ตรม.+ยิปซั่มบอร์ด หนา 12 มม.(เดิม)
C3	ปูแผ่นโพลีเอทธิลีน (Polyethylean Foam; PE Foam) หนา 30 มม. + แผ่นยิปซั่มบอร์ด หนา 12 มม.(เดิม)
C4	ปูแผ่นโพลียูรีเทน (Polyurethane Foam; PU Foam) หนา 30 มม. + แผ่นยิปซั่มบอร์ด หนา 12 มม.(เดิม)

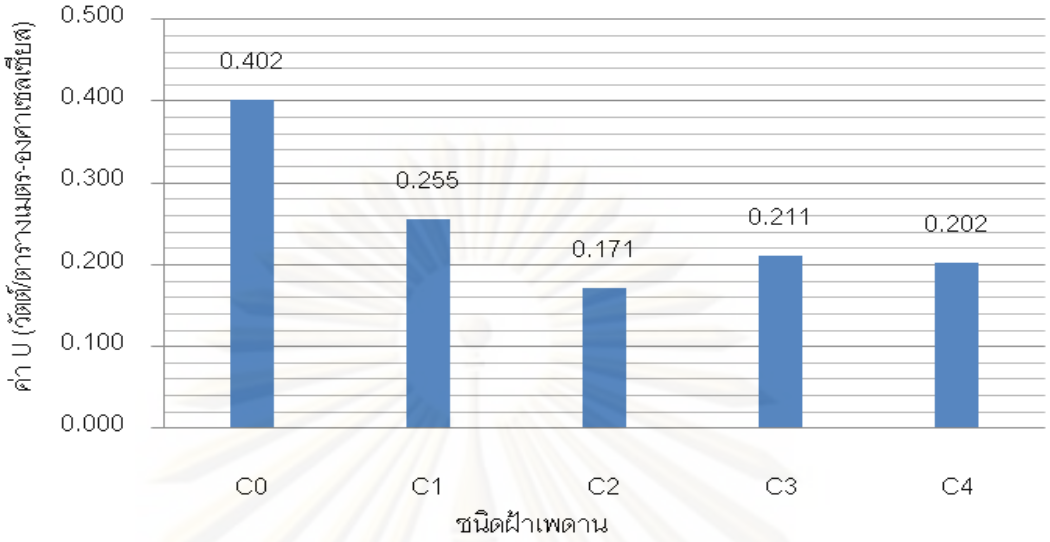
การหาค่าความต้านความร้อนของหลังคา(R) และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของหลังคา (U)

C0	R1 ฟิล์มด้านนอก		0.044	m2.C^{o}/W
	R2 แผ่นเมทัลชีท 0.47 มม.	= 0.0047/211	0.00002	m^{2}.C^{o}/W
	R3 โฟมโพลียูรีเทน หนา 50 มม..	= 0.050/0.024	2.083	m^{2}.C^{o}/W
	R4 ช่องว่างอากาศ		0.16	m^{2}.C^{o}/W
	R5 ยิปซั่มบอร์ด หนา 12 มม.	= .012/0.191	0.0628	m^{2}.C^{o}/W
	R7 ฟิล์มอากาศด้านใน		0.148	m^{2}.C^{o}/W
	Rt		2.473	m^{2}.C^{o}/W
	ค่า U = 1/R =		0.403	W/m^{2}.C^{o}

ตารางที่ 4.26 แสดงค่าความต้านทานความร้อนรวม ($\sum$R) และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของหลังคา(U) ของหลังคาชนิดต่างๆ

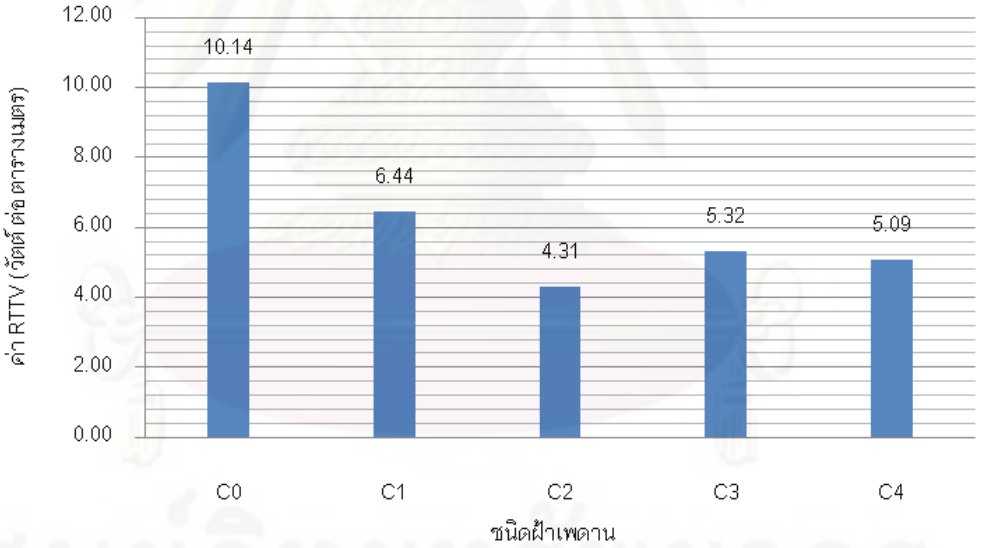
ลำดับ	สัญลักษณ์	$\sum$Rt (m^{2}-^{o}C/Watt)	U-value (Watt/m^{2}-^{o}C)
1	C0(Base Case)	3.886	0.403
2	C1	3.540	0.283
3	C2	4.254	0.235
4	C3	3.145	0.318
5	C4	3.361	0.298

สามารถจัดทำแผนภูมิเพื่อให้ง่ายต่อการพิจารณาดังนี้



แผนภูมิที่ 4.18 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) ของฝ้าเพดานชนิดต่างๆ

พบว่า ฝ้าเพดาน C2 มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมที่ต่ำสุด ฝ้าเพดาน C1 มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมที่สูงสุด



แผนภูมิที่ 4.19 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (RTTV)

พบว่าฝ้าเพดาน C2 มีค่า RTTV ต่ำสุด โดยมีค่า 4.61 ในขณะที่หลังคาที่ไม่ทำฝ้าเพดานเลย มีค่า RTTV สูงสุดคือ 13.08 จะเห็นได้ว่า การทำฝ้าเพดานทำให้ค่า RTTV ลดลงได้

เมื่อได้ผลสำรวจอาคารกรณีศึกษาแล้ว จึงนำข้อมูลมาป้อนโปรแกรม VisualDoe 4.0 โดยมีขั้นตอนดังนี้

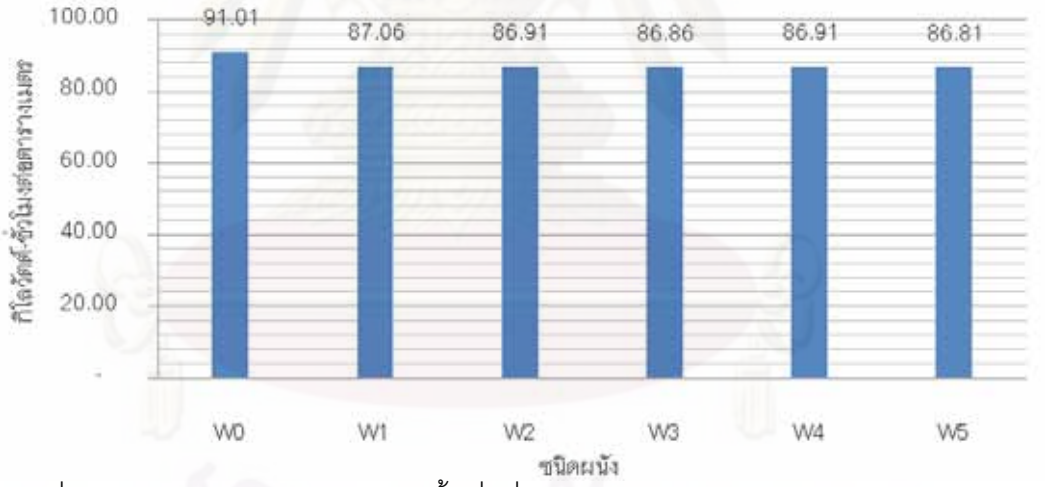
4.11 การประเมินผลและวิเคราะห์อาคารกรณีศึกษา

1. วิเคราะห์ปริมาณพลังงานไฟฟ้าเมื่อปรับปรุงผนังชนิดต่าง ๆ

ตารางที่ 5.15 จากผนังทางเลือกชนิดต่างๆ ที่กำหนดไว้เมื่อจำลองด้วยโปรแกรม VisualDOE ได้ผลดังนี้

ลำดับ	ชนิดผนัง	ค่าพลังงานต่อพื้นที่ (กิโลวัตต์-ชั่วโมง ต่อตารางเมตร)	ราคาปรับปรุง (บาทต่อตารางเมตร)
1	W0 = ผนังเดิม	91.00	-
2	W1 = กรุฉนวนใยแก้ว หนา 2 นิ้ว + แผ่นยิปซั่มบอร์ด หนา 12 มม.	87.06	588
3	W2 = กรุฉนวนใยแก้ว หนา 3 นิ้ว + แผ่นยิปซั่มบอร์ด หนา 12 มม.	86.91	680
4	W3 = พ่นโฟมโพลีเอทธิลีน หนา 3 นิ้ว + แผ่นยิปซั่มบอร์ด หนา 12	86.86	848
5	W4 = พ่นโฟมโพลีสไตลีน หนา 3 นิ้ว+ แผ่นยิปซั่มบอร์ด หนา 12 มม.	86.91	783
6	W5 = พ่นโฟมโพลียูรีเธน หนา 3 นิ้ว + แผ่นยิปซั่มบอร์ด หนา 12 มม.	86.81	652

จากตารางสามารถจัดทำแผนภูมิเพื่อให้ง่ายต่อการพิจารณาดังนี้



แผนภูมิที่ 4.20 แสดงค่าพลังงานไฟฟ้าต่อพื้นที่ เมื่อจำลองด้วยวัสดุทางเลือกต่างๆ

พบว่าผนังทางเลือกตั้งแต่ W1, W2, W3, W4 และ W5 มีค่าพลังงานไฟฟ้าที่ลดลงจาก Base Case (W0) 91.01 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตารางเมตร เหลือ 86.81 ถึง 87.06 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ต่อตารางเมตร คิดเป็นค่าพลังงานไฟฟ้าคงเหลือ ร้อยละ 95.39 ถึง 95.66 หรือพลังงานไฟฟ้าลดลงประมาณ ร้อยละ 4.5 เมื่อเทียบกับผนังเดิม

ผนังที่พ่นด้วยฉนวนประเภท โฟม พบว่า PU Foam มีการใช้พลังงานน้อยที่สุด รองลงมาเป็น PE Foam และ PS Foam ตามลำดับ เมื่อพิจารณากับค่า k ของโฟมแต่ละชนิดแล้ว พบว่ามีสัมพันธ์กับ ค่า k คือ แสดงว่าค่า k ยิ่งต่ำลงก็จะใช้พลังงานลดลงด้วย

ในวัสดุฉนวนชนิดเดียวกัน เช่น ผนัง W1, W2 มีความแตกต่างกันที่ความหนาของฉนวนใยแก้ว ความหนาของใยแก้วที่หนา เพิ่มขึ้นจาก 2 นิ้ว เป็น 3 นิ้ว ทำให้ค่าการใช้พลังงานลดลง ร้อยละ 0.16 แสดงว่าความหนาของใยแก้วที่เพิ่มขึ้นมีผลลดลงเมื่อเทียบกับความหนาที่เพิ่มมากขึ้นในสัดส่วนเดียวกัน

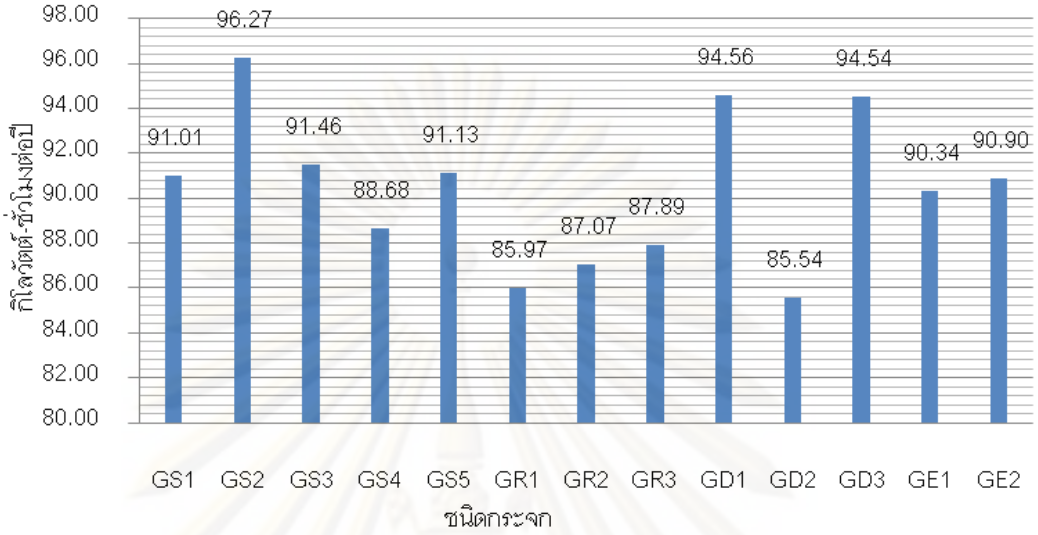
ในวัสดุฉนวนต่างชนิดกัน เมื่อความหนาที่เท่ากันพบว่า มีค่าการลดลงของพลังงานไฟฟ้ารวมที่ใกล้เคียงกัน ในขณะเดียวกัน มีความแตกต่างกันน้อยมากในแบบผนังทางเลือกชนิดต่างๆ ทั้งหมด คือ ไม่ถึงร้อยละ 1 แสดงว่าทุกผนังทางเลือกให้ผลในการป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคารใกล้เคียงกัน

2.**วิเคราะห์ปริมาณพลังงานไฟฟ้าเมื่อเปลี่ยนกระจกชนิดต่าง ๆ**

จากข้อมูลที่ได้เมื่อป้อนค่าลงในโปรแกรม พบว่าค่าพลังงานที่ได้เป็นดังต่อไปนี้ ตารางที่ 4.27 รายละเอียดตัวอย่างกระจกที่นำมาศึกษา

ลำดับ	ชนิดกระจก	ค่าพลังงานต่อพื้นที่(กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตารางเมตร)	ราคาปรับปรุง (บาทต่อตารางเมตร)
1	GS1= กระจกธรรมดาสีเขียว	91.01	599
2	GS2= กระจกธรรมดาสีใส	96.27	498
3	GS3 = กระจกธรรมดาสีบรอนซ์	91.46	707
4	GS4 = กระจกธรรมดาสีชา	88.68	555
5	GS5 = กระจกธรรมดาสีฟ้า	91.13	711
6	GR1 = กระจกธรรมดาสีใสสะท้อนแสง NTE110	85.97	647
7	GR2 = กระจกธรรมดาสีใสสะท้อนแสง NSS120	87.07	647
8	GR3 = กระจกธรรมดาสีใสสะท้อนแสง NTS130	87.89	647
9	GD1 = กระจกธรรมดาสีใส 6 มม.+ AS 12 มม.เติมก๊าซอาร์กอน + กระจกธรรมดาสีใส 6 มม.	94.56	3,119
10	GD2 = กระจกธรรมดาสีใสสะท้อนแสง NSS114 6 มม.+ AS 12 มม.+ กระจกธรรมดาสีใส 6 มม.	85.54	3,284
11	GD3 = กระจกธรรมดาสีใส 6 มม.+ AS 12 มม.+ กระจกธรรมดาสีใส 6 มม.)	94.54	3,004
12	GE1 = กระจกธรรมดาสีใส 6 มม.เคลือบ Low-E #2 + AS 12 มม.+ กระจกธรรมดาสีใส 6 มม.)	90.34	3,457
13	GE2 = กระจกธรรมดาสีใส 6 มม. เคลือบ Low-E #2 + AS 12 มม.เติมก๊าซอาร์กอน + กระจกธรรมดาสีใส 6 มม.	90.90	3,570

จากตารางข้างบน สามารถจัดทำแผนภูมิเพื่อให้ง่ายต่อการพิจารณาดังนี้



แผนภูมิที่ 4.21 ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของกระจกชนิดต่างๆเมื่อจำลองด้วยโปรแกรม

แผนภูมิที่ 4.22 แสดงค่า SC ของกระจกแต่ละชนิด

จากผลการจำลองพบว่า กระจกที่ทำให้ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ลดลงมากที่สุด คือ กระจก GD2 คิดเป็นร้อยละ 6 ในขณะที่กระจกในกลุ่มเดียวกัน คือ GD1และ GD3 กลับทำให้ค่าการใช้พลังงานเพิ่มขึ้น แสดงว่าการใช้กระจกใสสะท้อนแสงสามารถลดค่าการใช้พลังงานได้ดีในขณะที่กระจกใส 2 ชั้น กลับเก็บความร้อนภายใน ทำให้มีภาระในการทำความเย็นเพิ่มขึ้น

กระจกที่ทำให้ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ลดลงรองลงมาเป็นกระจกในกลุ่มกระจกชั้นเดียวสะท้อนแสง GR มีค่าลดลง ร้อยละ 3.4 ถึง 5.5 โดยกระจกใสชั้นเดียวเคลือบสารไทเทเนียม (GR1) ทำให้ค่าพลังงานเหลือน้อยที่สุด

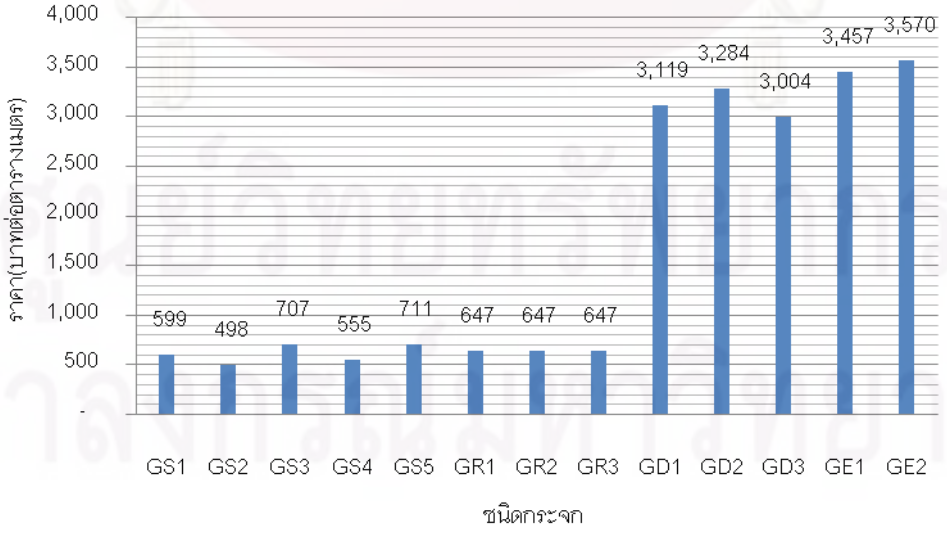
กระจกสองชั้นเคลือบสารที่มีสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ (Low-e double glazing) GE1, GE2 โดยเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีศึกษาพบว่ามีค่าลดลงน้อยมากคือ ร้อยละ 0.1- 0.7

ในกลุ่มกระจกใสธรรมดาชั้นเดียว พบว่าส่วนใหญ่ทำให้ค่าการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นมากกว่ากระจกอาคารกรณีศึกษา (กระจกใสเขียว, GS1) และเพิ่มขึ้นสูงสุด คือกระจกใส (GS2) เพิ่มขึ้น ร้อยละ 5.8 มีเพียงกระจกชนิดเดียวที่ทำให้ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงคือ กระจกสีชา (GS4) มีค่าลดลงต่ำสุด ร้อยละ 2.6 ในขณะที่ กระจกใสสีฟ้า (GS5) มีคุณสมบัติพอพอกับกระจกใสเขียว (GS1)

จากแผนภูมิทั้งสองพบว่า ค่าการเปลี่ยนแปลงการใช้พลังงานไฟฟ้าของกระจกขึ้นอยู่กับค่า SC และมีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารปรับอากาศมากกว่า ค่า U ถ้าค่า SC มีค่ามากก ารสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าก็จะมีค่าน้อย แต่ขณะเดียวกันมีข้อเสียในเรื่องแสงสว่างธรรมชาติที่เข้ามาก็มีค่าน้อยด้วย

เมื่อพิจารณาค่า V_T (Visible light transmittance) พบว่าถ้ากระจกมีค่า SC สูงขึ้น ค่า V_T จะมีค่าต่ำลง (ค่า V_T / SHGC มีค่าน้อยกว่า 1) นั่นคือแม้จะมีประสิทธิภาพดีในเรื่องการป้องกันรังสีความร้อนแต่ในขณะเดียวกันก็มีข้อด้อยในเรื่องปริมาณแสงสว่างธรรมชาติจากภายนอกเข้าสู่ภายในที่น้อย ในขณะกลุ่ม กระจกสองชั้นเคลือบสารที่มีสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ (GE) แม้ป้องกันความร้อนได้น้อยกว่า แต่กลับมีค่า V_T, มากกว่าและ V_T / SHGC มากกว่า 1 นั่นคือ มีคุณสมบัติยอมให้แสงสว่างภายนอกเข้าสู่ภายในได้มากกว่าความร้อน

ในขณะเดียวกันกระจกที่มีค่า V_T เท่ากัน จึงควรเลือกกระจกที่ทำให้ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ลดลงมากที่สุด คือ กระจก GE1



ตารางที่ 4.23 แสดงราคากระจกชนิดต่างๆ

เมื่อพิจารณาแผนภูมิราคากระจก แล้วพบว่ามีความแตกต่างในเรื่องราคากระจกแต่ละกลุ่มค่อนข้างมาก โดยที่แยกเป็น

1.กลุ่มกระจกราคาต่ำ ได้แก่ ได้แก่ กระจกใสชั้นเดียว (GS) และกระจกใสสะท้อนแสงชั้นเดียว (GR) มีราคาใกล้เคียงกัน โดยกระจก GR ราคาเท่ากันทั้งหมด และจะมีราคาสูงกว่ากระจก GS ประมาณร้อยละ 10 ถึง 20 ยกเว้นกระจกใสใบรอนซ์ (GS3) และ กระจกใสสีฟ้า (GS5) ที่มีราคาสูงกว่ากระจกใสสะท้อนแสง ประมาณร้อยละ 10

2.กลุ่มกระจกราคาสูง คือ กระจกสองชั้น ได้แก่ กระจก 2 ชั้น เคลือบสารกันร้อน และกระจก 2 ชั้น เคลือบสาร Low-E ซึ่งมีราคาแตกต่างกันประมาณ 5 เท่า

ปัจจัยที่มีผลต่อราคากระจก

กลุ่มกระจกที่มีราคาสูง (กระจก 2 ชั้น เคลือบสารกันร้อน และ กระจก 2 ชั้น เคลือบสาร Low-E) มีราคาสูงกว่ากระจกใสชั้นเดียว เนื่องจาก

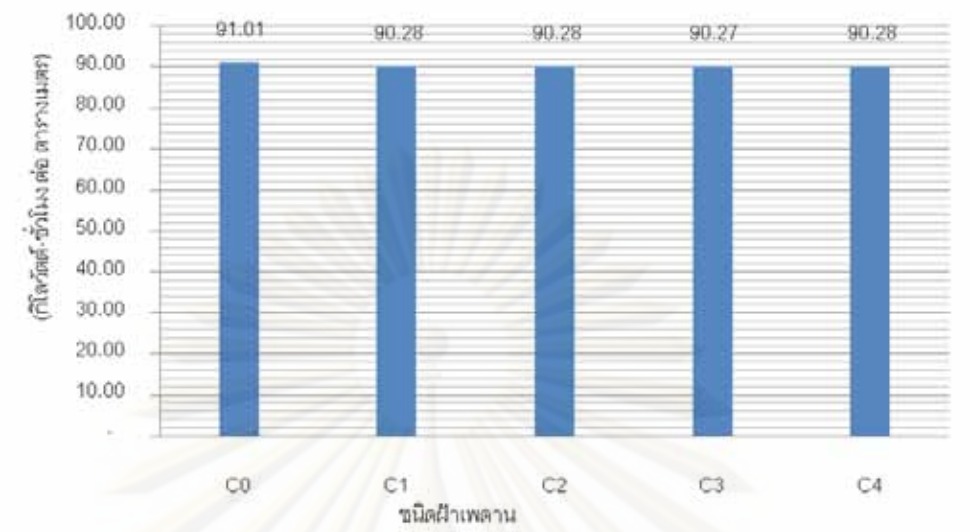
- กรรมวิธีการผลิตและปริมาณเนื้อกระจก
- ในการติดตั้งกระจกต้องเปลี่ยนหน้าต่างใหม่ทั้งสุด ทั้งวงกบ-บานกรอบ ใหม่หมด เนื่องจากชุดหน้าต่างเดิมเป็นอุปกรณ์ที่เตรียมไว้สำหรับกระจกชั้นเดียวเท่านั้น

3.วิเคราะห์ปริมาณพลังงานไฟฟ้าเมื่อปรับปรุงฝ้าเพดานชั้นหลังคา

จากการจำลองด้วยโปรแกรม ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 4.28 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากการประมวลผลจากทางเลือกฝ้าเพดานชนิดต่างๆ

ลำดับ	ชนิดฝ้าเพดาน	ค่าพลังงานไฟฟ้า	ค่าพลังงานต่อพื้นที่(กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตารางเมตร)	ราคาปรับปรุง (บาทต่อตารางเมตร)
1	C0 = Base case	267,471	91.01	-
2	C1 = แผ่นฉนวนใยแก้ว หนา 2 นิ้ว+แผ่นยิปซั่ม หนา 12 มม.	265,327	90.28	213
3	C2 = แผ่นฉนวนใยแก้ว หนา 3 นิ้ว+แผ่นยิปซั่ม หนา 12 มม.	265,342	90.28	320
4	C3 = แผ่นโฟมโพลีเอธิลีน หนา 30 มม.+แผ่นยิปซั่ม หนา 12 มม.	265,,317	90.27	360
5	C4 = แผ่นโฟมโพลียูรีเธน หนา 30 มม.+แผ่นยิปซั่ม หนา 12 มม.	265,324	90.28	350



แผนภูมิที่ 4.24 ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของวัสดุฝ้าเพดานชั้นหลังคาชนิดต่างๆ

จากผลการจำลอง พบว่าค่าพลังงานไฟฟ้าต่อพื้นที่รวมที่เปลี่ยนแปลงในทางเลือกชนิดต่างๆ มีค่าลดลงน้อยมาก แสดงว่าฝ้าเพดานเดิมมีประสิทธิภาพที่ดีเพียงพออยู่แล้ว

4.12 สรุปทางเลือกวัสดุฉนวนประกอบเปลือกอาคาร

จากผลการวิเคราะห์ทางเลือกทั้งหมดที่ใช้ในการศึกษา สามารถลดค่าการใช้พลังงานได้ทั้งหมด และค่า OTTV & RTTV มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด ดังนั้นเพื่อให้ค่าการลดการใช้พลังงานรวมลดลงและมีประสิทธิภาพดีที่สุดและจากการวิเคราะห์คุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ประกอบอาคารแต่ละประเภทในเบื้องต้น ทำให้สามารถเลือกชนิดวัสดุที่จะใช้ในการจำลองการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมต่อปีได้ โดยคัดเลือกตัวแทน วัสดุตามความเหมาะสมดังนี้

1. **การคัดเลือกระบบฉนวน**

1.1 งานปรับปรุงผนังทึบ เลือก 2 ทางเลือก คือ W1, W5

เนื่องจากค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ได้มีค่าใกล้เคียงกันมากแทบไม่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงคัดเลือกผนัง W1เพราะมีราคาต่ำที่สุด เลือกผนัง W5 เพราะทำให้ค่าการใช้พลังงานต่อพื้นที่ลดลงมากสุด

1.2 งานปรับปรุงผนังโปร่งแสง กระจกเลือก 3 ทางเลือก คือ GR1, GD2, GE1

เนื่องจากผลการวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้า พบว่า ในกระจกทั้ง 4 กลุ่ม 13 ตัวอย่าง ที่เลือกมาพบว่า มี 3 กลุ่มที่มีทำให้ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำลงชัดเจน คือ GR1,GD2, GE1 และทางเลือกแต่ละตัวก็เป็นตัวแทนของกระจกแต่ละประเภทที่ดีที่สุดในกลุ่มนั้น

1.3 งานปรับปรุงฝ้าเพดานเลือก 1 ทางเลือก คือ C1

เนื่องจากผลการวิเคราะห์ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อพื้นที่-ปี ของทางเลือกทั้งหมด พบว่า มีค่าใกล้เคียงกันมากไม่ถือว่ามีความแตกต่างกัน แต่เลือก C1 เนื่องจากมีราคาต่ำที่สุด

2. การกำหนดแบบทางเลือกในการปรับปรุงอาคาร

สามารถที่จะจัดกลุ่มโดยนำทางเลือกวัสดุแต่ละชนิดมาประกอบเป็นโครงสร้างได้ 6 ทางเลือก คือ

ตารางที่ 4.29 กำหนดทางเลือกในการปรับปรุง

ทางเลือก	ขนิดผนัง
TP1	W1 =แผ่นฉนวนใยแก้ว หนา 2 นิ้ว+ยิปซั่มบอร์ด 12 มม. GR1= กระจกธรรมดาสีใสสะท้อนแสง C1= แผ่นฉนวนใยแก้ว 2 นิ้ว+แผ่นยิปซั่มบอร์ด หนา 12 มม.
TP2	W1=แผ่นฉนวนใยแก้ว หนา 2 นิ้ว+แผ่นยิปซั่มบอร์ด 12 มม. GD2=กระจกธรรมดาสีใสสะท้อนแสง NSS114 6 มม.+ AS 12 มม. + กระจกธรรมดาสีใส 6 มม. C1=แผ่นฉนวนใยแก้ว 2 นิ้ว+แผ่นยิปซั่มบอร์ด หนา 12 มม.
TP3	W1=แผ่นฉนวนใยแก้ว หนา 2 นิ้ว+ แผ่นยิปซั่มบอร์ด 12 มม. GE1=กระจกธรรมดาสีใส 6 มม.เคลือบ Low-E #2 + AS 12 มม. + กระจกธรรมดาสีใส 6 มม.) C1=แผ่นฉนวนใยแก้ว 2 นิ้ว+แผ่นยิปซั่มบอร์ด หนา 12 มม.
TP4	W5= พ่นโฟมโพลียูรีเทน หนา 3 นิ้ว + แผ่นยิปซั่มบอร์ด หนา 12 มม. GR1=กระจกธรรมดาสีใสสะท้อนแสง C1=แผ่นฉนวนใยแก้ว 2 นิ้ว+แผ่นยิปซั่มบอร์ด หนา 12 มม.
TP5	W5=พ่นโฟมโพลียูรีเธน หนา 3 นิ้ว + แผ่นยิปซั่มบอร์ด หนา 12 มม. GD2=กระจกธรรมดาสีใสสะท้อนแสง 6 มม.+ AS 12 มม.+ กระจกธรรมดาสีใส 6 มม. C1=แผ่นฉนวนใยแก้ว 2 นิ้ว+แผ่นยิปซั่มบอร์ด หนา 12 มม.
TP6	W5=พ่นโฟมโพลียูรีเทน หนา 3 นิ้ว + แผ่นยิปซั่มบอร์ด หนา 12 มม. GE1=กระจกธรรมดาสีใส 6 มม.เคลือบ Low-E #2 + AS 12 มม.+ กระจกธรรมดาสีใส 6 มม.) C1=แผ่นฉนวนใยแก้ว 2 นิ้ว+แผ่นยิปซั่มบอร์ด หนา 12 มม.

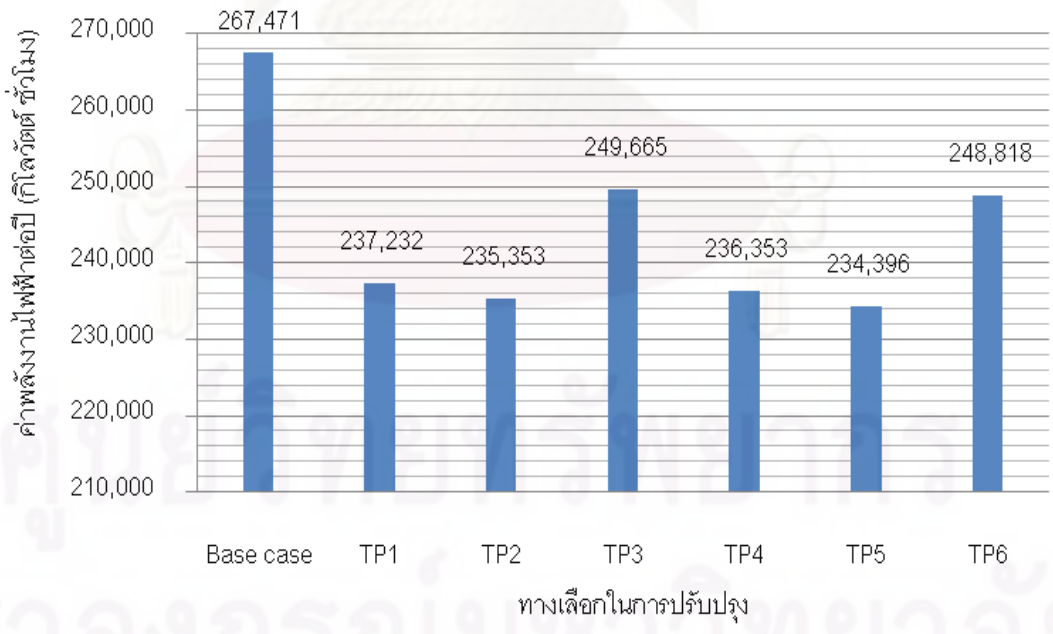
จากทางเลือกการปรับปรุงระบบผนัง ชนิดกระจก ระบบฝ้าเพดาน เมื่อนำไปจำลองด้วยโปรแกรม VisualDOE ได้ผลสรุปดังต่อไปนี้

4.13 ผลที่ได้จากการประมวลผลทางเลือก

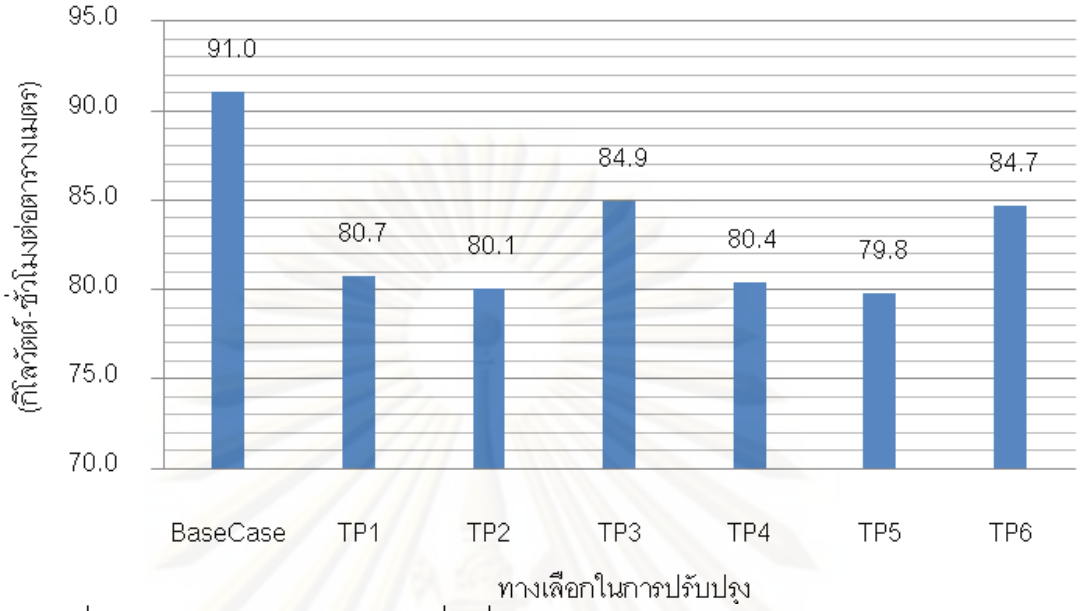
ตารางที่ 4.30 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเมื่อจำลองทางเลือกต่างในการปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา

ลำดับ	ทางเลือก	ค่าพลังงานในระบบต่างๆ			ค่าพลังงานรวมต่อปี	ค่าพลังงานต่อพื้นที่	พลังงานลดลง
		ระบบปรับอากาศ	แสงสว่าง	อื่นๆ		(kW.hr/m2.y)	
		(kW.hr/y)	(kW.hr/y)	(kW.hr/y)	(kW.hr/m2.y)		(%)
	BaseCase	151,534	66,200	49,737	267,471	91.0	
1	TP1	121,295	66,200	49,737	237,232	80.7	11.31
2	TP2	119,416	66,200	49,737	235,353	80.1	12.01
3	TP3	133,728	66,200	49,737	249,665	84.9	6.66
4	TP4	120,416	66,200	49,737	236,353	80.4	11.63
5	TP5	118,459	66,200	49,737	234,396	79.8	12.37
6	TP6	132,881	66,200	49,737	248,818	84.7	6.97

จากตารางเมื่อนำมาทำเป็นแผนภูมิเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ดังนี้



แผนภูมิที่ 4.25 แสดงค่าพลังงานไฟฟ้ารวมต่อปี เมื่อจำลองด้วยทางเลือกแบบต่างๆ

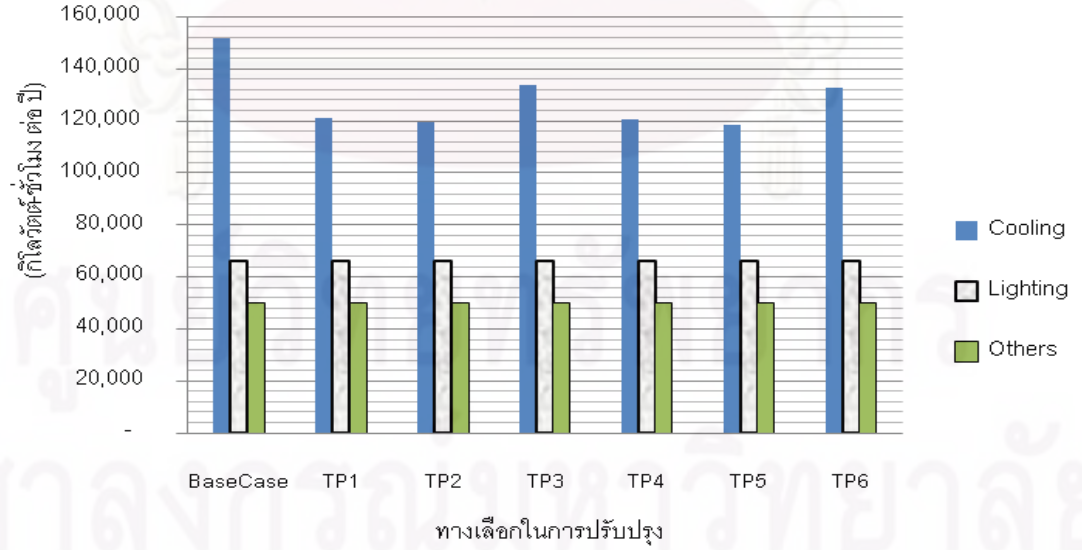


แผนภูมิที่ 4.26 เปรียบเทียบค่าพลังงานที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละทางเลือกในการปรับปรุง

จากผลการจำลอง สามารถแบ่งประเภทการใช้พลังงานต่อพื้นที่ได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

1.กลุ่มที่มีค่าพลังงานลดลงต่ำที่สุด มีค่าระหว่าง 10.3 ถึง 11.2 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตารางเมตร คือ ทางเลือก TP1, TP2, TP4, TP5

2.กลุ่มที่มีค่าพลังงานไฟฟ้าลดลงน้อยกว่ากลุ่มที่ 1 คือ TP6 เท่ากับ 84.7 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตารางเมตรและ TP3 เท่ากับ 84.9 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตารางเมตร ทางเลือกที่ค่าพลังงานลดลงสูงสุด คือ TP5 เท่ากับ 79.8 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตารางเมตร



แผนภูมิที่ 4.27 ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อภาระงานต่างๆ ในอาคาร แต่ละทางเลือก

จากแผนภูมิ สามารถอธิบายได้ว่า

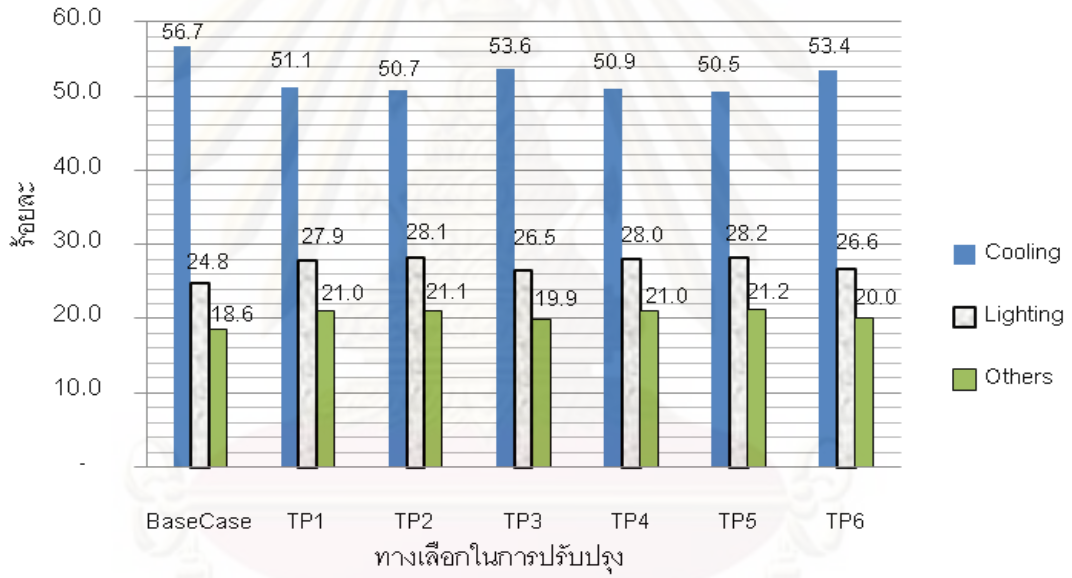
1. สัดส่วนของค่าพลังงานของภาระงานในทุกทางเลือก ยังคงเรียงลำดับจากมากไป

น้อย เหมือน Base case

2. ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปในระบบ Cooling และ Others มีค่าเท่ากันหมดทุกทางเลือกและ Base case

3. ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปในระบบ Cooling มีความแตกต่างกันไปแต่ละทางเลือกโดย TP3 มีค่าสูงสุด และ TP5 มีค่าต่ำสุด

สรุป ในทุกๆ ทางเลือกที่ปรับปรุง ทางเลือก TP5 สามารถลดพลังงานไฟฟ้าโดยรวมได้มากที่สุด ในขณะที่ ทางเลือก TP3 น้อยที่สุด สามารถเรียงลำดับจากน้อยสุดไปมากสุด คือ TP3, TP6, TP1, TP4, TP2 ,TP5 คิดเป็นลดค่าพลังงานไฟฟ้าต่อพื้นที่ลงได้ร้อยละ 6.7 ถึง 12.4 และทาง เลือกในการปรับปรุงอาคารแต่ละทางเลือกไม่มีผลต่อการใช้พลังงานในระบบแสงสว่างและระบบอื่นๆ



แผนภูมิที่ 4.28 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อภาระงานต่างๆ ในอาคาร แต่ละทางเลือก

เมื่อเปรียบเทียบสัดส่วนการใช้พลังงานในแต่ละหน้าที่ของแต่ละทางเลือก พบว่ามีค่าสัดส่วนการใช้พลังงานระหว่าง ระบบปรับอากาศ : ระบบแสงสว่าง : ระบบอื่นๆ อยู่ในช่วง 50.5-53.6 : 26.5-28.2 : 19.9-21.2 จะเห็นได้ว่าอัตราส่วนการใช้พลังงานมีค่าใกล้เคียงกันและอยู่ในกลุ่มเดียวกัน

เมื่อเปรียบเทียบผลที่ได้จากการจำลองทางเลือกต่างๆ กับอาคารกรณีศึกษา พบว่ามีค่าสัดส่วนการใช้พลังงาน พบว่าค่าพลังงานในระบบปรับอากาศมีค่าลดลง แสดงว่าแนวทางการปรับปรุงเปลือกอาคารมีประสิทธิภาพ สามารถลดการใช้พลังงานจากระบบปรับอากาศลงได้ และเมื่อเปรียบเทียบกับสัดส่วนการใช้พลังงาน

ดังนั้นสรุปได้ว่า การพิจารณาเลือกใช้วัสดุฉนวนอาคารที่มีค่าความต้านทานความร้อนที่ดี สามารถป้องกันรังสีความร้อนจากภายนอก และช่วยลดการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศได้เป็นอย่างดี

4.14 การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

ในการวิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์ในการศึกษาครั้งนี้ใช้วิธีวิเคราะห์ผลการคืนทุนอย่างง่ายซึ่งเป็นที่นิยมใช้ในการในวิเคราะห์ผลในการลงทุนทั่วๆ ไป โดยสามารถพิจารณาได้ 3 แนวทาง คือ

1. **อัตราส่วนค่าพลังงานที่ลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการปรับปรุง**
2. **ระยะเวลาคุ้มทุน**
3. **อัตราส่วนผลตอบแทนต่อเงินลงทุน**

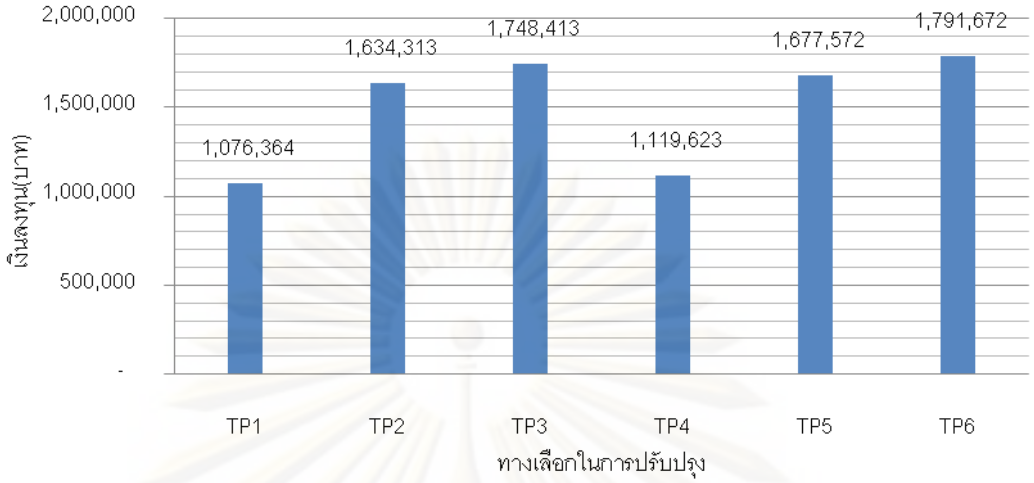
ตารางที่ 4.31 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุน

ทางเลือก	หน่วยการใช้ไฟฟ้าต่อปี (กิโลวัตต์ ชั่วโมง)	ค่าไฟฟ้า (บาทต่อปี)	ค่าไฟฟ้าที่ลดลง (บาทต่อปี)	เงินลงทุน (บาท)	ระยะเวลาคืนทุนอย่างง่าย(ปี)	สัดส่วนผลตอบแทนต่อเงินลงทุน(ร้อยละ)
Base case	267,471	802,413				
TP1	237,232	711,696	90,717	1,076,364	11.87	8.43
TP2	235,353	706,059	96,354	1,473,660	15.29	6.54
TP3	249,665	748,995	53,418	1,541,436	28.86	3.47
TP4	236,353	709,059	93,354	1,119,623	11.99	8.34
TP5	234,396	703,188	99,225	1,516,919	15.29	6.54
TP6	248,818	746,454	55,959	1,584,695	28.32	3.53

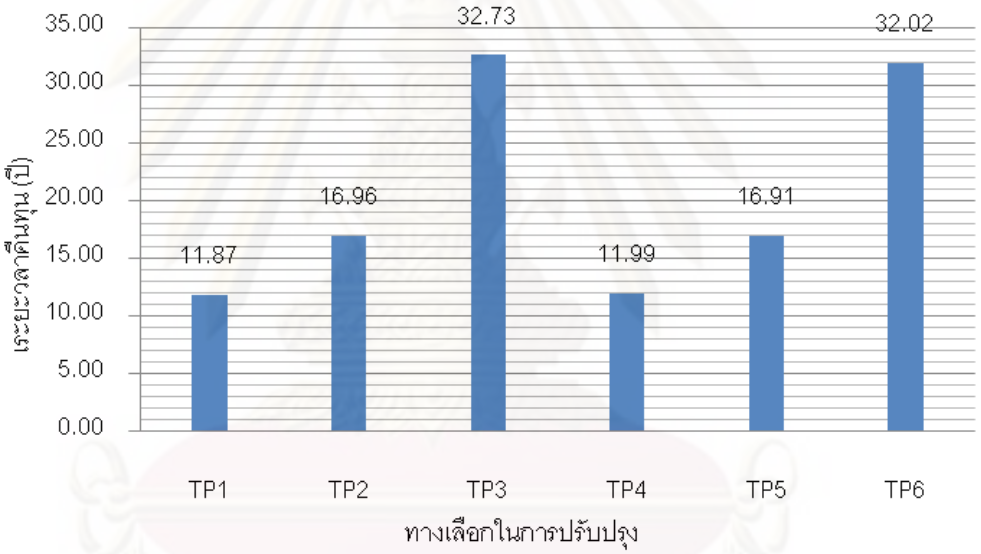
หมายเหตุ ในการศึกษาคิดค่าพลังงานไฟฟ้า หน่วยละ 3 บาท

จากผลการทดลอง พบว่าแต่ละทางเลือกให้ผลการลดลงของพลังงานไฟฟ้ารวมใกล้เคียงกัน ในช่วงร้อยละ 37.26 – 39.26 โดย ทางเลือก TP4 ลดลงมากสุด และTP2 ลดลงน้อยสุด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

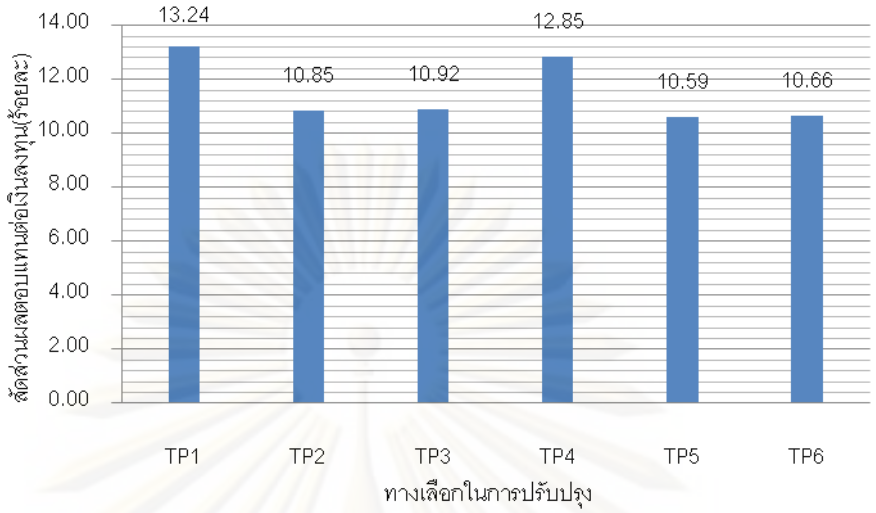


แผนภูมิที่ 4.29 แสดงเงินลงทุน ของทางเลือกปรับปรุงแบบต่างๆ



แผนภูมิที่ 4.30 แสดงระยะเวลาคืนทุน ของทางเลือกปรับปรุงแบบต่างๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 4.31 แสดงสัดส่วนผลตอบแทนต่อเงินลงทุน ของทางเลือกปรับปรุงแบบต่างๆ

อธิบายได้ว่า สัดส่วนร้อยละผลตอบแทนการลงทุน ของทางเลือกที่ TP1 สูงสุด คือ ร้อยละ13.24 รองลงมา คือ ทางเลือก ที่ TP4 นอกนั้นให้ผลการตอบแทนการลงทุนที่ต่ำกว่าอยู่ในช่วง ร้อยละ 10.59 ถึง 10.92

4.15 สรุปแนวทางเลือกในการปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา

เมื่อพิจารณาทั้งจากผลการวิเคราะห์ด้านพลังงานและด้านเศรษฐศาสตร์สามารถจัดลำดับทางเลือกที่มีค่าดีมากสุดไปน้อยสุดโดยการให้คะแนนดังนี้

ตารางที่ 4.33 ตารางการให้คะแนนแต่ละทางเลือกในการปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา

ทางเลือก	การให้คะแนน 1-6 (น้อย-มาก)				รวมคะแนน
	พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง	สัดส่วนผลตอบแทนต่อการลงทุน	ระยะเวลาคืนทุน	ระยะเวลาในการทำงาน	
TP1	3	6	6	6	21
TP2	5	3	3	1	12
TP3	1	4	1	1	7
TP4	4	5	5	6	20
TP5	6	1	4	1	12
TP6	2	2	2	1	7

จากผลการให้คะแนนสามารถกำหนดทางเลือกที่ดีที่สุด โดยพิจารณาจากการให้คะแนนสัดส่วนผลตอบแทนต่อการลงทุนที่สูงที่สุด ระยะเวลาคืนทุนสั้นที่สุด ระยะเวลาทำงานเร็วที่สุด ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ลดลงมากสุด คือ

ลำดับที่ 1) **ทางเลือก** TP1. ประกอบด้วยการปรับปรุงดังนี้

1. ผนังทึบ= แผ่นฉนวนใยแก้ว หนา 2 นิ้ว+ยิปซั่มบอร์ด 12 มม.

2. ผนังโปร่งแสง = กระจกธรรมดาสีใสสะท้อนแสง

3. ฝ้าเพดาน = แผ่นฉนวนใยแก้ว 2 นิ้ว+แผ่นยิปซั่มบอร์ด หนา 12 มม.

ลดพลังงานไฟฟ้าลงได้ ร้อยละ 11.31 **เงินลงทุน** 1,076,364 **บาท ระยะเวลาคืนทุน** 11.9 **ปี**

ลำดับที่ 2) **ทางเลือก** TP4. ประกอบด้วยการปรับปรุงดังนี้

1. ผนังทึบ=พ่นโฟมโพลียูรีเทน หนา 3 นิ้ว + แผ่นยิปซั่มบอร์ด หนา 12 มม.

2. ผนังโปร่งแสง =กระจกธรรมดาสีใสสะท้อนแสง

3. ฝ้าเพดาน =แผ่นฉนวนใยแก้ว 2 นิ้ว+แผ่นยิปซั่มบอร์ด หนา 12 มม.

ลดพลังงานไฟฟ้าลงได้ ร้อยละ 11.63 **เงินลงทุน** 1,119,623 **บาท ระยะเวลาคืนทุน** 12 **ปี**

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากการทดลองที่ผ่านมาตามลำดับสามารถสรุปผลการทดลองได้ดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการสำรวจอาคารกรณีศึกษา

จากการสำรวจอาคารสามารถสรุปรายละเอียดอาคารได้ดังนี้

ลักษณะอาคารเป็นอาคารสำนักงานคอนกรีตเสริมเหล็ก 3 ชั้น มีการแบ่งพื้นที่ เป็นทั้งส่วนสำนักงาน และพื้นที่ห้องประชุม มีสัดส่วนการใช้พลังงานในระบบสำคัญสามส่วนคือ ระบบปรับอากาศ ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบเครื่องกล อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของ พพ . มีค่าการส่งผ่านความร้อนที่เปลือกอาคาร OTTV เท่ากับ 48.42 วัตต์ ต่อ ตรม .และ RTTV เท่ากับ 10.15 วัตต์ ต่อ ตรม .โดยค่า OTTV ผ่านเกณฑ์กฎหมาย พรบ .ส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน ปี 2552 แต่ไม่ผ่านเกณฑ์ของแบบประเมินอาคารที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมฯ ส่วนค่า RTTV ถือว่าผ่านทั้งสองเกณฑ์ ในส่วนการเปรียบเทียบกับอาคารอ้ างอิงในพื้นที่เดียวกันพบว่า อาคารกรณีศึกษามีระดับการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อพื้นที่ปรับอาคารอยู่ในกลุ่มกลางๆ ค่อนข้างต่ำ และต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานจากการสำรวจของ พพ.ปี พศ. 2551(เอกสารเผยแพร่ : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) ,2550)

5.2 สรุปแนวทางเลือกในการปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา

จากผลการศึกษาสามารถสรุปทางเลือกในการปรับปรุงอาคารดั้งต่อไปนี้

ลำดับที่ 1) ทางเลือก TP1. ประกอบด้วยการปรับปรุงดังนี้

1. ผนังทึบ= แผ่นฉนวนใยแก้ว หนา 2 นิ้ว+ ยิปซั่มบอร์ด 12 มม.
2. ผนังโปร่งแสง = กระจกธรรมดาสีใสสะท้อนแสง
3. ฝ้าเพดาน = แผ่นฉนวนใยแก้ว 2 นิ้ว+ แผ่นยิปซั่มบอร์ด หนา 12 มม.

ลดพลังงานไฟฟ้าลงได้ ร้อยละ 11.31 **เงินลงทุน** 1,076,364 **บาท ระยะเวลาคืนทุน** 11.9 **ปี**

ลำดับที่ 2) ทางเลือก TP4. ประกอบด้วยการปรับปรุงดังนี้

1. ผนังทึบ=พ่นโฟมโพลียูรีเทน หนา 3 นิ้ว + แผ่นยิปซั่มบอร์ด หนา 12 มม.

2. ผนังโปร่งแสง =กระจกธรรมดาสีใสสะท้อนแสง

3. ฝ้าเพดาน =แผ่นฉนวนใยแก้ว 2 นิ้ว+ แผ่นยิปซั่มบอร์ด หนา 12 มม.

ลดพลังงานไฟฟ้าลงได้ ร้อยละ 11.63 เงินลงทุน 1,119,623 บาท ระยะเวลาคืนทุน 12 ปี

5.3 สรุปค่าการถ่ายเทความร้อนรวมเปลือกอาคาร OTTV และ RTTV ก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา

ตารางที่ 5.1 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมเปลือกอาคาร OTTV และ RTTV ก่อนการปรับปรุง

	ก่อนปรับปรุง (วัตต์ต่อตรม.)	หลังปรับปรุง (วัตต์ต่อตรม.)	
		ลำดับที่ 1. TP1 (วัตต์ต่อตรม.)	ลำดับ 2. TP4 (วัตต์ต่อตรม.)
OTTV	48.42	16.80	15.30
RTTV	10.15	6.43	6.43

5.4 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการวิจัยต่อไป

1. ข้อเสนอแนะในการทำการศึกษาครั้งนี้

1.1 ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเพียงระบบเปลือกอาคาร ดังนั้นถ้ามี การศึกษาด้านพฤติกรรมผู้ใช้อาคาร ก็สามารถที่จะบอกได้ถึงความสามารถในการประหยัดพลังงานลงได้

1.2 จากข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารกรณีศึกษา พบว่ามีการใช้พลังงานที่อยู่ในเกณฑ์ค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานของอาคารสำนักงาน ดังนั้นถ้ามีการปรับปรุงอาคารด้วยวิธีการดังกล่าวน่าที่จะช่วยลดการใช้พลังงานลงได้อีกทางหนึ่ง

1.3 ในการลดรังสีความร้อนดวงอาทิตย์วิธีหนึ่งที่ได้ผลและมีค่าใช้จ่ายที่ต่ำ คือ การทำแผงกันแดด เพื่ อไม่ให้แสงแดดประทะผนังอาคารโดยตรง แต่มีข้อเสียคือ ทำให้เสียรูปทรงอาคาร ดังนั้นจึงควรปรึกษาผู้ออกแบบเพื่อให้เกิดผลกระทบน้อยที่สุด

2. แนวทางปรับปรุงอาคารในด้านอื่นที่สามารถทำได้

2.1 ด้านการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน เช่น

- การลดการรั่วซึมของอากาศ เช่น การทำประตู 2 ชั้น ในส่วนห้องที่มีปรับอากาศ เพื่อป้องกันการรั่วไหลของอากาศเย็นภายใน ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานปรับอากาศ
- เนื่องจากเป็นอาคารที่มีการใช้งานกลางวัน ดังนั้นการนำระบบพลังงานแสงอาทิตย์ มาใช้จึงสามารถลดต้นทุนในส่วนแบตเตอรี่ทำให้สามารถนำพลังงานแสงอาทิตย์ม าใช้เสริมประสิทธิภาพการใช้งานในบางวงจรได้ เช่น ไฟแสงสว่างภายในอาคาร
- การนำระบบควบคุมอาคาร (BAS – Building Automation System) มาใช้ในการควบคุมการใช้พลังงานทั้งหมดเพื่อให้สามารถควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- การปรับปรุงงานระบบไฟฟ้าแสงสว่างโดยการเปลี่ยนไปใช้หลอดไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง เช่น หลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 18วัตต์ และ36 วัตต์เปลี่ยนไปใช้หลอดT5 ขนาด 14 วัตต์ และ 28 วัตต์
- ติดตั้งตัวรับสัญญาณแสงเพื่อควบคุมการเปิดหลอดไฟแสงสว่างบริเวณทางเดิน ระเบียง เนื่องจากมีแสงธรรมชาติส่องเข้ามาอยู่แล้ว
- เปลี่ยนคอมพิวเตอร์ Desktop ไปใช้ Note book แทน เนื่องจากมีค่าการใช้พลังงานที่ต่ำกว่า และความร้อนที่น้อยกว่า (Laptop = 0.7 kWh, Desktop = 1.2 kWh)
- ใช้ระบบควบคุมไฟฟ้าแสงสว่างเพื่อการประหยัดพลังงาน Timer และ Sensor ในบริเวณที่มีผู้ใช้งานไม่สม่ำเสมอ เช่น ห้องน้ำ ทางเดินระเบียง
- แยกวงจรเปิด-ปิดไฟฟ้าแสงสว่างเป็นพื้นที่ย่อย โดยเฉลี่ยน้อยกว่า 30 ตารางเมตรต่อวงจร เพื่อให้สามารถควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าได้จำเพาะเจาะจง

2.2 การลดการใช้พลังงานด้วยการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการทำงาน

ในส่วนสำนักงานเป็นแบบ Mobile Officeในส่วนที่ไม่จำเป็น เพื่อเป็นการลดพื้นที่ ปรับอากาศ ที่มีการใช้พลังงานไม่คุ้มกับจำนวนผู้ใช้ โดยการเตรียมพื้นที่ทำงานที่มีสภาพแวดล้อมที่ดีไว้ เช่น การเลือกตำแหน่งที่ไม่จำเป็นต้องปรับอากาศและปรับอากาศ ให้พร้อมสำหรับผู้ใช้งานที่ต้องมารวมกันทำงาน

2.3 การปรับปรุงสภาวะความน่าสบาย

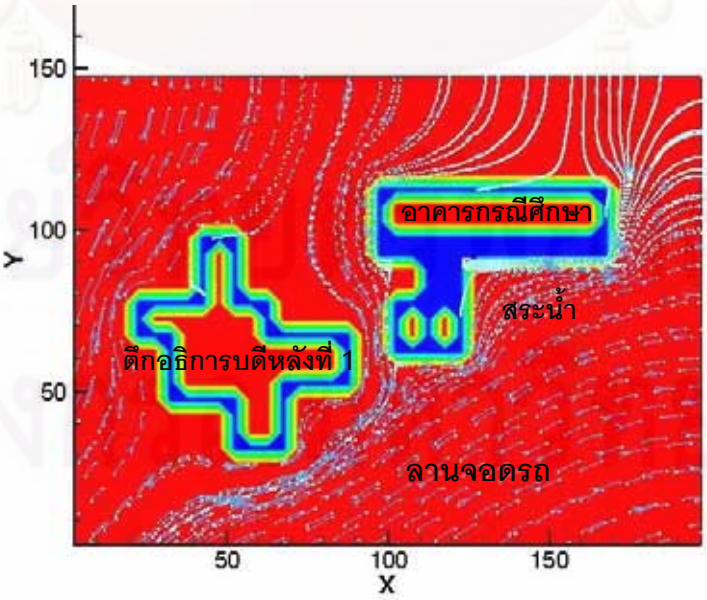
การแก้ปัญหาการระบายอากาศในส่วนโถงทางเดินอาคารเนื่องมาจากการจัดวางอาคารที่บังทิศทางลม กับอาคารอธิการบดีหลังที่ 1 ประกอบกับอาคารกรณีศึกษามีช่องระบายอากาศที่น้อย ช่องแสงส่วนใหญ่เป็นช่องแสงกระจกติดตาย ทำให้อากาศภายในร้อนอบอ้าวไม่สามารถระบายอากาศได้ การแก้ไขที่ทำได้ เช่น

- การเพิ่มช่องเปิดภายในโถงบันไดภายใน ให้สามารถระบายอากาศได้ทั้งช่องเปิดด้านล่าง และช่องเปิดด้านบนสุดเพดานโถง อากาศร้อนจะได้ระบายออกได้

- เนื่องจากด้านทิศใต้ของอาคารเป็นพื้นที่ถนนและลานจอดรถ คอนกรีตขนาดใหญ่ ดังนั้นความร้อนที่เกิดขึ้นในตอนกลางวัน จากลานคอนกรีต จึงพัดเข้าสู่ตัวอาคารตลอดทั้งวัน โดยเฉพาะหน้าร้อน ดังนั้นการลดความร้อนจากพื้นที่ลานจอดรถด้านหน้าอาคาร การแก้ไขโดยการลดพื้นที่คอนกรีต เช่น เพิ่มแนวกระถางต้นไม้ การปลูกต้นไม้ขนาดใหญ่เป็นแนวในทิศใต้และทิศตะวันตกเฉียงใต้ เพื่อเป็นร่มเงาให้กับพื้นคอนกรีต

- หาวิธีการลดความร้อนจากลมร้อนในทิศใต้ เช่น การทำบ่อพุขนาดใหญ่เพิ่มความชื้นในอากาศด้านหน้าอาคาร การเพิ่มพื้นที่สวนหย่อมด้านหน้า เป็นต้น

3. การศึกษาที่น่าจะมีทำการศึกษาต่อไป



รูปที่ 5.1 แสดงทิศทางการพัดของลมจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ ในสถานที่ตั้งอาคารกรณีศึกษา

จากสภาพที่ตั้งของอาคารที่ทำการศึกษาที่มีอาคารตึกอธิการบดีหลังที่ 1 อยู่ด้านทิศตะวันตก และมีลานจอดรถขนาดใหญ่ด้านหน้าอาคาร (ทิศใต้) และการสร้างบ่อน้ำพุด้านขวาของอาคาร ทำให้เกิดข้อสงสัยในเรื่องการพัดผ่านข องกระแสลมตามธรรมชาติ เนื่องจากโดยธรรมชาติของพื้นที่ประเทศไทย ในช่วงฤดูกาลส่วนใหญ่ ยกเว้นในช่วงฤดูหนาว ลมจะพัดมาจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ ดังนั้นในการออกแบบจะต้องออกแบบสภาพแวดล้อมด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ให้สามารถสร้างความเย็นเข้าสู่อาคารได้

ดังนั้นจึงทดลอง จำลอง การเคลื่อนที่ของอากาศ ด้วยโปรแกรม HeatX และ Techplot ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้ศึกษาการเคลื่อนที่ของอากาศ พบว่ามีการบดบังทิศทางกระแสลมระหว่างอาคารทั้งสอง ทำให้ กระแส ลมไม่สามารถพัดผ่านได้เต็มที่ ซึ่งสอดคล้องกับผลการสอบถามผู้ใช้อาคารที่บอกว่า อากาศในอาคารค่อนข้างนิ่ งภายในโถงอาคาร แม้จะเปิดหน้าต่างก็ตาม ทำให้อุณหภูมิอากาศภายในค่อนข้างร้อน

นอกจากนี้ยังพบว่าสระน้ำที่อยู่ด้านข้างอาคารแทบจะ ไม่มีผลต่อการสร้างสภาวะความน่าสบายให้กับตัวอาคาร เนื่องจากอยู่ในมุมอับ กระแสลมไม่สามารถพัดพาความเย็นจากผิวน้ำเข้าสู่ภายในได้เลย

จะด้วยข้อจำกัดที่มีในระหว่างการออกแบบที่ไม่สามารถจัดวางอาคารได้อย่างเหมาะสมในขณะออกแบบก็ตาม ดังนั้นสิ่งที่น่า จะมีการศึกษาต่อไปน่าจะเป็นเรื่องการปรับปรุงสิ่งแวดล้อมด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ เพื่อให้กระลมสามารถพัดเข้าสู่อาคารได้ สามารถสร้างภาวะความน่าสบายในส่วนพื้นที่ที่ไม่ได้ปรับอากาศ ก็น่าจะช่วยสร้างสภาวะน่าสบายได้ดียิ่งขึ้นทางหนึ่ง

4. **ขั้นตอนการดำเนินการปรับปรุง**

ขั้นตอนในการปรับปรุงสามารถที่แยกออกได้เป็น 3 ส่วนแยกจากกัน คือ 1. งานปรับปรุงผนังทึบ 2. งานปรับปรุงหน้าต่างกระจก 3. งานปรับปรุงฝ้าเพดานชั้นที่ 3 ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 งานปรับปรุงฝ้าเพดานชั้นที่ 3 สามารถแยกดำเนินการได้เลยทันที เนื่องจาก ไม่เกี่ยวข้องกับงานที่เหลือ

ขั้นตอนที่ 2 งานปรับปรุงกระจกควรดำเนินการก่อนงานผนังทึบภายใน เพราะจะทำให้งานภายในไม่สามารถทำได้

ขั้นตอนที่ 3 งานปรับปรุงผนังทึบภายในเป็นลำดับสุดท้ายและเก็บงานในที่สุด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

การุณ ศุภมิตรโยธิน. การศึกษาเกณฑ์ชี้วัดการใช้พลังงานในอาคารสำนักงานเขตร้อนชื้น ; วารสารพลังงาน .ปีที่ 4 (มิถุนายน 2550) : 85-105.

ดลยา ศิริปรุ . แนวทางการออกแบบปรับปรุงอาคารสำนักงานของรัฐเพื่อการประหยัดพลังงาน : กรณีศึกษาสำนักงานเทศบาลนคร จ .นครราชสีมา , วิทยานิพนธ์ ปริญญา มหาบัณฑิต , ภาควิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548.

ธนิต จินดาวณิค , พรรชลัท สุริโยธิน และวรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์ . แบบประเมินอาคารประหยัดพลังงานและเป็นมิตรสำหรับสิ่งแวดล้ อมแห่งประเทศไทย ,ในรายงาน การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ, 2550

พัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กรม. คู่มือแบบประเมินอาคารประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม : อาคารที่ไม่ใช่อาคารพักอาศัย , กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551

พัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กรม. เอกสารประกอบหลักสูตรมาตรฐานการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร, กรุงเทพฯ: กระทรวงพลังงาน, 2550

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง. ในรายงานโครงการศึกษาวิจัยวัสดุผนังเพื่อการประหยัดพลังงานสำหรับใช้ในการก่อสร้างอาคารพักอาศัย กรณีศึกษาบ้านเอื้ออาทร (การเคหะแห่งชาติ), กรุงเทพ, 2548

วีระ สัจกุล. การประเมินสภาพแวดล้อมอาคาร . กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2544

สุนทร บุญญาธิการ . เทคนิคการออกแบบ บ้านประหยัดพลังงาน เพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า . : พิมพ์ครั้งที่ 1:พร๊อพเพอร์ตี้มาร์เก็ตติ้ง: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2542.

อรรจน์ เศรษฐบุตร . เอกสารประกอบการสอน วิชา Energy Conservation in Building Design: คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551

ภาษาอังกฤษ

Architectural Energy Corporation, VisualDOE Version 1.0.0 , USA, 2004

Akbari, H. Potentials of urban heat island mitigation, International Conference "Passive and Low Energy Cooling for the Built Environment", May 2005, Santorini, Greece, Available online at www.inive.org/ members_area/medias/ pdf/Inive%5Cpalenc%5C2005%5CAkbari.pdf

American Sociey of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers. ASHRAE Hanbook Fundamental. Atlanta, 2009

CIBSE Guide. Energy Efficiency in Buildings. The Chartered Institution of Building Services Engineers London, 1998

Chartered Institution of Building Services Engineers. Code for Interior Lighting. London: CIBS,1994

CIE. Lighting of indoor Work Places. CIE Standard 008:2001 (ISO 8995:2002). 2001

Sustain Sources. A Source book for green sustainable building : Insulations , available online at http://www.greenbuilder.com/sourcebook/Insulation.html

Givoni ,Baruch. Passive and Low Energy Cooling of Building. New York: Van Nostrand Reinhold, 1994

Victor Olgyay. Design With Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism. New York: Van Nostrand Reinhold, 1992

Wagner, Walter F. Energy –Efficient Buildings. New York: McGraw-Hill Book, 1979

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

ข้อมูลสำรวจอาคารกรณีศึกษา อาคารอธิการบดี หลังที่ 2 มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ภาคผนวก ก-1 รายละเอียดพื้นที่ใช้สอยอาคารกรณีศึกษา

ลำดับ	ชื่อห้อง	หมายเลขห้อง	การปรับอากาศ	
			ปรับอากาศ (ตรม.)	ไม่ปรับอากาศ (ตรม.)
ชั้นที่ 1	1. ตอนหน้า			
	- โถงสำนักงาน (101)	101	219.00	
	- ห้องทำงานผู้บริหาร (101-A)		30.60	
	- ห้องเก็บเอกสาร (101-B)			50.00
	- ห้องเตรียมอาหาร (1O1-C)			12.00
	2. ตอนกลาง			
	- ห้องน้ำหญิง (111)			42.30
	- ห้องน้ำชาย (112)			51.00
	- ห้องน้ำคนพิการ (113)			6.00
	- ห้องเครื่องไฟฟ้า (114)			9.60
	- ห้องลิฟท์			7.80
	3. ตอนหลัง			
	ฝ่ายการเงิน			
	- โถงสำนักงาน (103,104,105)		551.00	
	- ห้องประชุม (103-A)		23.00	
	- ห้องเก็บเอกสาร 1(103-B)			56.00
	- ห้องเก็บอุปกรณ์ (103-C)			12.00
	- ห้องเก็บเอกสาร 2(105-D)			45.30
	ห้องสมุด			
	- ห้องสมุด (106)		45.70	
	- ห้องประชุม (106)		36.00	
	ห้องเตรียมอาหาร (102)			35.10
	ห้องเครื่องปั๊ม (115)			9.60

ภาคผนวก ก-1 รายละเอียดพื้นที่ใช้สอยอาคารกรณีศึกษา (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อห้อง	หมายเลขห้อง	การปรับอากาศ	
			ปรับอากาศ (ตรม.)	ไม่ปรับอากาศ (ตรม.)
	ห้องเครื่องไฟฟ้า (115)			19.00
	4. โถง ทางเดินและบันได			584.00
	รวม		905.30	939.70
ชั้นที่ 2	1. ตอนหน้า			
	ห้องประชุม 1 (201)		116.00	
	ห้องประชุม 2 (202)		33.00	
	ห้องประชุม 3 (203)		37.00	
	ห้องเก็บอุปกรณ์ (201-A)			12.00
	2. ตอนกลาง			
	ห้องน้ำชาย (211)			49.00
	ห้องน้ำหญิง (212)			44.50
	ห้องลิฟท์			7.80
	ห้องเครื่องไฟฟ้า (213)			8.40
	3. ตอนหลัง			
	ห้องประชุมซ้าย			
	- ห้องประชุม (206)		302.70	
	- ห้องทำงาน (206-A)		25.80	
	- ห้องเก็บเอกสาร (206-B)			64.70
	- ห้องเตรียมอาหาร (205)			39.00
	ห้องประชุมขวา			
	- ห้องประชุม (207)		296.40	
	- ห้องทำงาน (207-A)		26.20	
	- ห้องเก็บเอกสาร (207-E)			18.30
	- ห้องเก็บเอกสาร (207-C)			41.80
	ห้องทำงานผู้บริหาร			
	- ห้องทำงานผู้บริหาร (209)		68.00	

ภาคผนวก ก-1 รายละเอียดพื้นที่ใช้สอยอาคารกรณีศึกษา (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อห้อง	หมายเลขห้อง	การปรับอากาศ	
			ปรับอากาศ (ตรม.)	ไม่ปรับอากาศ (ตรม.)
	- โถงเลขานุการ (208)		51.40	
	- ห้องประชุม (208-A)		19.30	
	- ห้องเตรียมอาหาร (208-B)			8.90
	- ห้องน้ำ 4 (209-A)			8.70
	4. โถง ทางเดินและบันได			582.00
	รวม		975.80	885.10
ชั้นที่ 3	1. ตอนหน้า			
	- ห้องประชุมผู้บริหาร (302)		248.00	
	- ห้องพักวิทยากร (301)		62.00	
	- ห้องเก็บอุปกรณ์ (302-A)			12.00
	- ห้องเตรียมอาหาร (303)			12.80
	2. ตอนกลาง			
	- ห้องน้ำชาย (311)			51.00
	- ห้องน้ำหญิง (312)			42.80
	- ห้องลิฟท์			6.00
	- ห้องเครื่องไฟฟ้า (313)			9.00
	3. ตอนหลัง			
	ห้องประชุมเอนกประสงค์ 1			
	- ห้องประชุม (305)		254.00	
	- ห้องพักรอ (305-C)		20.00	
	- ห้องเก็บของ (305-B)			10.00
	- ห้องควบคุม (305-A)		6.10	
	- ห้องเตรียมอาหาร (304)			35.00
	ห้องประชุมเอนกประสงค์ 2			
	- ห้องประชุม (306)		249.00	

ภาคผนวก ก-1 รายละเอียดพื้นที่ใช้สอยอาคารกรณีศึกษา (ต่อ)

	- ห้องประชุม (306)		249.00	
	- ห้องเก็บเอกสาร (306-A)			32.50
	สำนักงาน SML			
	- โถงสำนักงาน (307)		99.60	
	- ห้องเก็บเอกสาร (307-A)			17.30
	คลีนิคเทคโนโลยี			
	- โถงสำนักงาน (308)		119.40	
	- ห้องเก็บเอกสาร (308-A)			9.60
	4. โถง ทางเดินและบันได			551.60
	รวม		1,058.10	789.60
ชั้นที่ 4 ดาดฟ้า และหลังคา	ห้องเก็บเอกสารทางบัญชี			95.50
	ห้องเครื่องลิฟท์			20.00
			-	115.50
รวมพื้นที่ใช้สอย			2,939.20	2,729.90
รวมพื้นที่ทั้งหมด				5,669.10

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก-2 รายละเอียดอุปกรณ์ไฟฟ้า

ชั้นที่	ชื่อห้อง	อุปกรณ์	จำนวน (เครื่อง)	การกินไฟ (วัตต์)	เวลาใช้งาน (ชั่วโมง/วัน)	รวม (วัตต์)
ชั้นที่ 1	1. ตอนหน้า					
	- โถงสำนักงาน (101)	คอมพิวเตอร์	6	480	6	2,880
	- ห้องทำงานผู้บริหาร (101-A)	พริ้นเตอร์	2	400	1	800
	- ห้องเก็บเอกสาร (101-B)	เครื่องโทรสาร	1	20	1	20
	- ห้องเตรียมอาหาร (1O1-C)	ตู้เย็น	1	120	24	120
		ไมโครเวฟ	1	600	1	600
		เครื่องทำน้ำร้อ	1	3,000	1	3,000
		เครื่องทำน้ำอุ่น	2	1,500	1	3,000
		กระติกน้ำร้อน	1	650	6	650
	2. ตอนกลาง					
	- ห้องน้ำหญิง (111)	คอมพิวเตอร์	6	480	6	2,880
	- ห้องน้ำชาย (112)	พริ้นเตอร์	4	400	1	1,600
	- ห้องน้ำคนพิการ (113)	เครื่องถ่ายเอกส	1	1,550	2	1,550
	- ห้องเครื่องไฟฟ้า (114)	เครื่องโทรสาร	1	20	1	20
	- ห้องลิฟท์	ปั๊มน้ำขึ้นแท็งค์	1	1,200	3	1,200
		เครื่องอัดอากา	5	1,200	4	6,000
		เครื่องเป่ามือ	2	1,700	3	3,400
	3. ตอนหลัง					
	ฝ่ายการเงิน	คอมพิวเตอร์	10	480	6	4,800
	- โถงสำนักงาน (103,104,105)	พริ้นเตอร์	4	400	1	1,600
	- ห้องประชุม (103-A)	เครื่องถ่ายเอกส	1	1,500	2	1,500
	- ห้องเก็บเอกสาร 1(103-B)	เครื่องโทรสาร	2	20	1	40
	- ห้องเก็บอุปกรณ์ (103-C)	ตู้เย็น	2	120	24	240
	- ห้องเก็บเอกสาร 2(105-D)	ไมโครเวฟ	1	600	1	600
	ห้องสมุด	เครื่องทำน้ำร้อ	1	2,500	1	2,500
	- ห้องสมุด (106)	กระติกน้ำร้อน	1	650	6	650
	- ห้องประชุม (106)					
	ห้องเตรียมอาหาร (102)					
	ห้องเครื่องปั๊ม (115)					
	ห้องเครื่องไฟฟ้า (115)					
	รวมค่าพลังงานไฟฟ้าชั้นที่ 1					
ชั้นที่ 2	1. ตอนหน้า					
	ห้องประชุม 1 (201)	โปรเจคเตอร์	1	650	6	650
	ห้องประชุม 2 (202)	คอมพิวเตอร์	1	480	6	480
	ห้องประชุม 3 (203)	เครื่องเล่นซีดี	1	50	2	50
	ห้องเก็บอุปกรณ์ (201-A)	ทีวี	1	95	6	95

ภาคผนวก ก-2 รายละเอียดอุปกรณ์ไฟฟ้า (ต่อ)

ชั้นที่	ชื่อห้อง	อุปกรณ์	จำนวน (เครื่อง)	การกินไฟ (วัตต์)	เวลาใช้งาน (ชั่วโมง/วัน)	รวม (วัตต์)
		เครื่องขยายเสียง	1	3,000	6	3,000
		ตู้เย็น	1	120	24	120
		ไมโครเวฟ	1	600	1	600
		กระติกน้ำร้อน	1	650	6	650
	2. ตอนกลาง					
	ห้องน้ำชาย (211)	เครื่องเป่ามือ	2	1,700	3	10,200
	ห้องน้ำหญิง (212)					
	ห้องลิฟท์					
	ห้องเครื่องไฟฟ้า (213)					
	3. ตอนหลัง					
	ห้องประชุมซ้าย	คอมพิวเตอร์	2	480	6	960
	- ห้องประชุม (206)	พริ้นเตอร์	2	600	1	1,200
	- ห้องทำงาน (206-A)	เครื่องถ่ายเอกสาร	1	1,500	2	1,500
	- ห้องเก็บเอกสาร (206-B)	เครื่องโทรสาร	1	20	1	20
	- ห้องเตรียมอาหาร (205)	โปรเจคเตอร์	2	650	6	1,300
	ห้องประชุมขวา	เครื่องเล่นซีดี	2	50	2	100
	- ห้องประชุม (207)	ทีวี	1	95	6	95
	- ห้องทำงาน (207-A)	เครื่องขยายเสียง	2	500	6	1,000
	- ห้องเก็บเอกสาร (207-E)	ตู้เย็น	2	120	24	240
	- ห้องเก็บเอกสาร (207-C)	ไมโครเวฟ	2	600	1	1,200
	ห้องทำงานผู้บริหาร	กระติกน้ำร้อน	1	650	6	650
	- ห้องทำงานผู้บริหาร (209)					
	- โถงเลขานุการ (208)					
	- ห้องประชุม (208-A)					
	- ห้องเตรียมอาหาร (208-B)					
	- ห้องน้ำ 4 (209-A)					
	รวมค่าพลังงานไฟฟ้าชั้นที่ 2					
ชั้นที่ 3	1. ตอนหน้า					
	- ห้องประชุมผู้บริหาร (302)	คอมพิวเตอร์	2	480	6	960
	- ห้องพักวิทยากร (301)	พริ้นเตอร์	2	600	1	1,200
	- ห้องเก็บอุปกรณ์ (302-A)	โปรเจคเตอร์	1	650	6	650
	- ห้องเตรียมอาหาร (303)	เครื่องเล่นซีดี	1	50	2	50
		ทีวี	1	95	6	95
		เครื่องขยายเสียง	1	500	6	500
		ตู้เย็น	1	120	24	120

ภาคผนวก ก-2 รายละเอียดอุปกรณ์ไฟฟ้า (ต่อ)

ชั้นที่	ชื่อห้อง	อุปกรณ์	จำนวน (เครื่อง)	การกินไฟ (วัตต์)	เวลาใช้งาน (ชั่วโมง/วัน)	รวม (วัตต์)	รวมทั้งหมด (วัตต์)	ที่มา
		ตู้เย็น	1	120	24	120		RECORDED
		ไมโครเวฟ	1	600	1	600		RECORDED
		กระติกน้ำร้อน	1	650	6	650		RECORDED
	2. ตอนกลาง							
	ห้องน้ำชาย (311)	เครื่องเป่ามือ	2	1,700	3	3,400		RECORDED
	ห้องน้ำหญิง (312)							
	ห้องลิฟท์							
	ห้องเครื่องไฟฟ้า (313)							
	3. ตอนหลัง							
	ห้องประชุมเอนกประสงค์ 1	คอมพิวเตอร์	4	480	6	1,920		RECORDED
	- ห้องประชุม (305)	พริ้นเตอร์	2	600	1	1,200		RECORDED
	- ห้องพักรอ (305-C)	โปรเจคเตอร์	2	650	6	1,300		RECORDED
	- ห้องเก็บของ (305-B)	เครื่องเล่นซีดี	1	100	2	100		RECORDED
	- ห้องควบคุม (305-A)	ทีวี	1	95	6	95		RECORDED
	- ห้องเตรียมอาหาร (304)	เครื่องขยายเสีย	2	500	6	1,000		RECORDED
	ห้องประชุมเอนกประสงค์ 2	ตู้เย็น	2	120	24	240		RECORDED
	- ห้องประชุม (306)	ไมโครเวฟ	1	600	1	600		RECORDED
	- ห้องเก็บเอกสาร (306-A)	กระติกน้ำร้อน	1	650	6	650		RECORDED
	สำนักงาน SML							
	- โถงสำนักงาน (307)							
	- ห้องเก็บเอกสาร (307-A)							
	คลีนิคเทคโนโลยี							
	- โถงสำนักงาน (308)							
	- ห้องเก็บเอกสาร (308-A)							
	รวมค่าพลังงานไฟฟ้าชั้นที่ 3						15,330	
ชั้นที่ 4	ห้องเก็บเอกสารทางบัญชี	มอเตอร์ลิฟท์	1	2,200	2	2,200		RECORDED
ดาดฟ้า	ห้องเครื่องลิฟท์							
และหลังคา	รวมค่าพลังงานไฟฟ้าชั้นที่ 4						2,200	
	รวมค่าพลังงานไฟฟ้าทั้งหมด					81,290	81,290	
	คิดเป็นอัตราเฉลี่ยการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่อพื้นที่รวม (5,339 **ตรม.**					15	**วัตต์/ตรม.**	

ภาคผนวก ก-3 ผลสำรวจเครื่องปรับอากาศในอาคารกรณีศึกษา

พื้นที่ปรับอากาศรวม 2,939.20 ตารางเมตร

ลำดับ	ขนาดเครื่องปรับอากาศ (บีทียู)	จำนวน (เครื่อง)	รวม (บีทียู)
1	12,000	1	12,000
2	15,000	1	15,000
3	18,000	1	18,000
4	24,000	4	96,000
5	30,000	1	30,000
6	36,000	1	36,000
7	42,000	1	42,000
8	48,000	1	48,000

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก-4 ผลสำรวจหลอดฟลูออเรสเซนต์ในอาคารกรณีศึกษา

ชั้น	ฝ่าย	พื้นที่ (ตรม.)	ชนิดหลอดไฟฟ้า	จำนวนโคม	จำนวนหลอด	ขนาดหลอด (วัตต์)	บัลลาสต์ (วัตต์)	ปริมาณวัตต์ที่ต้องการ/หลอด	ชั่วโมงทำงาน/วัน	รวม (วัตต์)	รวม (วัตต์)	พลังงาน/พื้นที่ (วัตต์/ตรม.)
1	1. ห้องแสดงนิทรรศการ											
	- โถง	210.97	ฟลูออเรสเซนต์ 2x36 วัตต์	36	72	36	10	46	8	3,312		
			ฟลูออเรสเซนต์ 2x18 วัตต์	22	44	18	10	28	8	1,232	4,544	21.54
	- ห้องแสดงพิเศษ	27.74	หลอดประหยัดพลังงาน 1x20 วัตต์	8	8	20	0	20	8	160	160	5.77
	- ห้องเก็บเอกสาร	45.13	ฟลูออเรสเซนต์ 2x36 วัตต์	4	8	36	10	46	8	368		
			ฟลูออเรสเซนต์ 1x36 วัตต์	1	1	36	10	46	8	46		
			พัดลมโคจร 80 วัตต์	2	2	80	0	80	8	160	574	12.72
	2. ห้องงานวิจัยเศรษฐกิจพอเพียง											
	- โถง	261.79	ฟลูออเรสเซนต์ 2x36 วัตต์	45	90	36	10	46	8	4,140		
			ฟลูออเรสเซนต์ 2x18 วัตต์	14	28	18	10	28	8	784		
			หลอดประหยัดพลังงาน 1x20 วัตต์	6	6	20	5	25	8	150	5,074	19.38
	- ห้องประชุมเล็ก	22.63	หลอดประหยัดพลังงาน 1x20 วัตต์	8	8	20	5	25	8	200	200	8.84
	- ห้องอุปกรณ์	12.20	หลอดประหยัดพลังงาน 1x20 วัตต์	4	4	20	5	25	8	100	100	8.20
	- ห้องเก็บเอกสาร	55.00	ฟลูออเรสเซนต์ 2x36 วัตต์	8	16	36	10	46	8	736		
			พัดลมโคจร 80 วัตต์	3	3	80	0	80	8	240	976	17.75
	3. ศูนย์เครือข่ายประสานงานวิจัย											
	- โถง	292.79	ฟลูออเรสเซนต์ 2x36 วัตต์	54	108	36	10	46	8	4,968		

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก-4 ผลสำรวจหลอดฟลูออเรสเซนต์ในอาคารกรณีศึกษา (ต่อ)

ชั้น	ฝ่าย	พื้นที่ (ตรม.)	ชนิดหลอดไฟฟ้า	จำนวนโคม	จำนวนหลอด	ขนาดหลอด (วัตต์)	บัลลาสต์ (วัตต์)	ปริมาณวัตต์ที่ต้องการ/หลอด	ชั่วโมงทำงาน/วัน	รวม (วัตต์)	รวม (วัตต์)	พลังงาน/พื้นที่ (วัตต์/ตรม.)
			ฟลูออเรสเซนต์ 2x18 วัตต์	18	36	18	10	28	8	1,008	5,976	20.41
	- ห้องเก็บเอกสาร	48.74	ฟลูออเรสเซนต์ 2x36 วัตต์	5	10	36	10	46	6	460		
			พัดลมโคจร 80 วัตต์	2	2	80	0	80	6	160	620	12.72
	- ห้องสมุดเทคโนโลยี	73.17	ฟลูออเรสเซนต์ 2x36 วัตต์	8	16	36	10	46	8	736		
			พัดลมโคจร 80 วัตต์	2	2	80	10	90	8	180	916	12.52
	3. ห้องเตรียมอาหาร	34.17	ฟลูออเรสเซนต์ 1x36 วัตต์	3	3	36	10	46	6	138		
			พัดลมโคจร 80 วัตต์	1	1	80	0	80	8	80	218	6.38
	4. ห้องเครื่องปั๊มน้ำ	9.46	ฟลูออเรสเซนต์ 2x36 วัตต์	2	4	36	10	46	8	184	184	19.45
	5. ห้องเครื่องไฟฟ้า	17.17	ฟลูออเรสเซนต์ 1x36 วัตต์	3	3	36	10	46	8	138	138	8.04
	6. โถงทางเดินและบันได	665.72	หลอดประหยัดพลังงาน 1x20 วัตต์	65	65	20	5	25	8	1,625		
			ฟลูออเรสเซนต์ 2x36 วัตต์	27	54	36	10	46	8	2,484		
			2xPAR16 50 W.	9	18	50	10	60	8	1,080		
			1X120 W.PAR 36	9	9	120	10	130	8	1,170		
			1XTLC 10 W.	1	1	10	10	20	8	20	6,379	9.58
	- ห้องเครื่องลิฟท์	8.02	ฟลูออเรสเซนต์ 1x36 วัตต์	2	2	36	10	46	2	92	92	11.47
	- ห้องน้ำหญิง-ชาย	81.92	ฟลูออเรสเซนต์ 1x18 วัตต์	3	3	18	10	28	8	84		
			ฟลูออเรสเซนต์ 2x18 วัตต์	8	16	18	10	28	8	448		
			หลอดประหยัดพลังงาน 1x20 วัตต์	19	19	20	5	25	8	475	1,007	12.29

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก-4 ผลสำรวจหลอดฟลูออเรสเซนต์ในอาคารกรณีศึกษา (ต่อ)

ชั้น	ฝ่าย	พื้นที่ (ตรม.)	ชนิดหลอดไฟฟ้า	จำนวนโคม	จำนวนหลอด	ขนาดหลอด (วัตต์)	บัลลาสต์ (วัตต์)	ปริมาณวัตต์ที่ต้องการ/หลอด	ชั่วโมงทำงาน/วัน	รวม (วัตต์)	รวม (วัตต์)	พลังงาน/พื้นที่ (วัตต์/ตรม.)
2	1. งานวิจัยลุ่มน้ำมูล											
	- โถง	295.83	ฟลูออเรสเซนต์ 2x36 วัตต์	56	112	36	10	46	8	5,152		
			ฟลูออเรสเซนต์ 2x18 วัตต์	9	18	18	10	28	8	504	5,656	19.12
	- ห้องทำงาน	25.55	หลอดประหยัดพลังงาน 1x20 วัตต์	8	8	20	5	25	8	200	200	7.83
	- ห้องเก็บเอกสาร	63.59	ฟลูออเรสเซนต์ 2x36 วัตต์	7	14	36	10	46	8	644		
			พัดลมโคจร 80 วัตต์	2	2	80	0	80	8	160	804	12.64
	- เตรียมอาหาร	37.30	ฟลูออเรสเซนต์ 1x36 วัตต์	3	3	36	10	46	8	138		
			พัดลมโคจร 80 วัตต์	1	1	80	0	80	8	80	218	5.84
	2. ศูนย์ส่งเสริมนวัตกรรมใหม่											
	- โถง	295.83	ฟลูออเรสเซนต์ 2x36 วัตต์	56	112	36	10	46	8	5,152		
			ฟลูออเรสเซนต์ 2x18 วัตต์	9	18	18	10	28	8	504		
			หลอดประหยัดพลังงาน 1x20 วัตต์	7	7	20	0	20	8	140	5,796	19.59
	- ห้องทำงาน	25.59	หลอดประหยัดพลังงาน 1x20 วัตต์	8	8	20	0	20	8	160	160	6.25
	- ห้องเก็บเอกสาร	57.18	ฟลูออเรสเซนต์ 2x36 วัตต์	6	12	36	10	46	8	552		
			พัดลมโคจร 80 วัตต์	3	3	80	0	80	8	240	792	13.85
	3. ห้องผู้บริหาร	131.82	หลอดประหยัดพลังงาน 1x20 วัตต์	20	20	20	5	25	8	500		
	- ห้องประชุม		หลอดประหยัดพลังงาน 1x20 วัตต์	6	6	20	5	25	8	150		

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก-4 ผลสำรวจหลอดฟลูออเรสเซนต์ในอาคารกรณีศึกษา (ต่อ)

ชั้น	ฝ่าย	พื้นที่ (ตรม.)	ชนิดหลอดไฟฟ้า	จำนวนโคม	จำนวนหลอด	ขนาดหลอด (วัตต์)	บัลลาสต์ (วัตต์)	ปริมาณวัตต์ที่ต้องการ/หลอด	ชั่วโมงทำงาน/วัน	รวม (วัตต์)	รวม (วัตต์)	พลังงาน/พื้นที่ (วัตต์/ตรม.)
	- ห้องเก็บเอกสาร		ฟลูออเรสเซนต์ 2x36 วัตต์	2	4	36	10	46	8	184		
	- ห้องน้ำ		หลอดประหยัดพลังงาน 1x20 วัตต์	4	4	20	5	25	8	100		
	- เตรียมอาหาร		ฟลูออเรสเซนต์ 1x36 วัตต์	1	1	36	10	46	8	46	980	7.43
	4. ห้องประชุมย่อย 1	109.41	ฟลูออเรสเซนต์ 2x36 วัตต์	8	16	36	10	46	8	736		
			ฟลูออเรสเซนต์ 2x18 วัตต์	4	8	18	10	28	8	224		
			หลอดประหยัดพลังงาน 1x20 วัตต์	27	27	20	0	20	8	540	1,500	13.71
	- ห้องเก็บของ	11.45	ฟลูออเรสเซนต์ 1x36 วัตต์	1	1	36	10	46	8	46	46	4.02
	5. ห้องประชุมย่อย 2	32.11	ฟลูออเรสเซนต์ 2x36 วัตต์	2	4	36	10	46	8	184		
			ฟลูออเรสเซนต์ 2x18 วัตต์	3	6	18	10	28	8	168		
			หลอดประหยัดพลังงาน 1x20 วัตต์	10	10	20	5	25	8	250	602	18.75
	6. ห้องประชุมย่อย 3	32.76	ฟลูออเรสเซนต์ 2x36 วัตต์	2	4	36	10	46	8	184		
			ฟลูออเรสเซนต์ 2x18 วัตต์	3	6	18	10	28	8	168		
			หลอดประหยัดพลังงาน 1x20 วัตต์	10	10	20	5	25	8	250	602	18.38
	7. ห้องเครื่องลิฟท์	8.02	ฟลูออเรสเซนต์ 1x36 วัตต์	2	2	36	10	46	2	92	92	11.47
	8. ห้องน้ำหญิง-ชาย	82.57	ฟลูออเรสเซนต์ 1x18 วัตต์	5	5	18	10	28	8	140		
			ฟลูออเรสเซนต์ 2x18 วัตต์	8	16	18	10	28	8	448		
			หลอดประหยัดพลังงาน 1x20 วัตต์	20	20	20	5	25	8	500	1,088	13.18

ภาคผนวก ก-4 ผลสำรวจหลอดฟลูออเรสเซนต์ในอาคารกรณีศึกษา (ต่อ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชั้น	ฝ่าย	พื้นที่ (ตรม.)	ชนิดหลอดไฟฟ้า	จำนวนโคม	จำนวนหลอด	ขนาดหลอด (วัตต์)	บัลลาสต์ (วัตต์)	ปริมาณวัตต์ที่ต้องการ/หลอด	ชั่วโมงทำงาน/วัน	รวม (วัตต์)	รวม (วัตต์)	พลังงาน/พื้นที่ (วัตต์/ตรม.)
	9. โถงทางเดิน	444.57	หลอดประหยัดพลังงาน 1x20 วัตต์	75	75	20	5	25	8	1,875		
			2xPAR 16 50 W.	9	18	50	10	60	8	1,080		
			ฟลูออเรสเซนต์ 1x36 วัตต์	12	12	36	10	46	8	552		
			หลอดประหยัดพลังงาน 1x20 วัตต์	4	4	20	5	25	8	100		
			ฟลูออเรสเซนต์ 2x18 วัตต์	1	2	18	10	28	8	56	3,663	8.24
	10. ทางเชื่อม	86.76	หลอดประหยัดพลังงาน 1x20 วัตต์	9	9	20	5	25	8	225	225	2.59
3	1. ห้องประชุมเอนกประสงค์	247.83	ฟลูออเรสเซนต์ 2x36 วัตต์	42	84	36	10	46	8	3,864		
			ฟลูออเรสเซนต์ 2x18 วัตต์	14	28	18	10	28	8	784		
			หลอดประหยัดพลังงาน 1x20 วัตต์	14	14	20	0	20	8	280	4,928	19.88
	- ห้องเก็บของ	9.89	ฟลูออเรสเซนต์ 1x36 วัตต์	1	1	36	10	46	8	46	46	4.65
	- ห้องพักรอ	16.06	หลอดประหยัดพลังงาน 1x20 วัตต์	4	4	20	0	20	8	80	80	4.98
	- ห้องรับประทานอาหาร	33.14	ฟลูออเรสเซนต์ 1x36 วัตต์	3	3	36	10	46	8	138		
			หลอดประหยัดพลังงาน 1x20 วัตต์	2	2	20	5	25	8	50	188	5.67
	2. คลีนิคเทคโนโลยี	113.09	ฟลูออเรสเซนต์ 2x36 วัตต์	18	36	36	10	46	8	1,656		
			ฟลูออเรสเซนต์ 2x18 วัตต์	6	12	18	10	28	8	336		
			หลอดประหยัดพลังงาน 1x20 วัตต์	4	4	20	5	25	8	100	2,092	18.50
	- ห้องเก็บเอกสาร	8.50	ฟลูออเรสเซนต์ 1x36 วัตต์	1	1	36	10	46	8	46	46	5.41

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก-4 ผลสำรวจหลอดฟลูออเรสเซนต์ในอาคารกรณีศึกษา (ต่อ)

ชั้น	ฝ่าย	พื้นที่ (ตรม.)	ชนิดหลอดไฟฟ้า	จำนวนโคม	จำนวนหลอด	ขนาดหลอด (วัตต์)	บัลลาสต์ (วัตต์)	ปริมาณวัตต์ที่ต้องการ/หลอด	ชั่วโมงทำงาน/วัน	รวม (วัตต์)	รวม (วัตต์)	พลังงาน/พื้นที่ (วัตต์/ตรม.)
	3. ห้องประชุมผู้บริหาร	240.93	หลอดประหยัดพลังงาน 1x20 วัตต์	64	64	20	0	20	8	1,280		
			ฟลูออเรสเซนต์ 2x36 วัตต์	8	16	36	10	46	8	736		
			ฟลูออเรสเซนต์ 2x18 วัตต์	8	16	18	10	28	8	448	2,464	10.23
	- ห้องเก็บอุปกรณ์	9.87	ฟลูออเรสเซนต์ 1x36 วัตต์	1	1	36	10	46	8	46	46	4.66
	- เตรียมอาหาร	12.27	ฟลูออเรสเซนต์ 1x36 วัตต์	2	2	36	10	46	8	92	92	7.50
	- ห้องพักวิทยากร	61.42	ฟลูออเรสเซนต์ 2x36 วัตต์	8	16	36	10	46	8	736		
			ฟลูออเรสเซนต์ 2x18 วัตต์	8	16	18	10	28	8	448	1,184	19.28
	4. ศูนย์วิจัยเชิงพื้นที่ แบบบูรณากา	241.30	ฟลูออเรสเซนต์ 2x36 วัตต์	42	84	36	10	46	8	3,864		
			ฟลูออเรสเซนต์ 2x18 วัตต์	14	28	18	10	28	8	784		
			หลอดประหยัดพลังงาน 1x20 วัตต์	6	6	20	5	25	8	150	4,798	19.88
	- ห้องเก็บเอกสาร	31.33	ฟลูออเรสเซนต์ 2x36 วัตต์	3	6	36	10	46	8	276	276	8.81
	5. ศูนย์ส่งเสริมวิสาหกิจชุมชน	95.74	ฟลูออเรสเซนต์ 2x36 วัตต์	18	36	36	10	46	8	1,656		
			ฟลูออเรสเซนต์ 2x18 วัตต์	6	12	18	10	28	8	336	1,992	20.81
	- ห้องเก็บเอกสาร	16.20	ฟลูออเรสเซนต์ 1x36 วัตต์	1	1	36	10	46	8	46		
			พัดลมโคจร 80 วัตต์	1	1	80	0	80	8	80	126	7.78
	6. ห้องเครื่องลิฟท์	8.02	ฟลูออเรสเซนต์ 1x36 วัตต์	2	2	36	10	46	2	92	92	11.47
	7. ห้องน้ำหญิง-ชาย	83.02	ฟลูออเรสเซนต์ 1x18 วัตต์	5	5	18	10	28	8	140		

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก-4 ผลสำรวจหลอดฟลูออเรสเซนต์ในอาคารกรณีศึกษา (ต่อ)

ชั้น	ฝ่าย	พื้นที่ (ตรม.)	ชนิดหลอดไฟฟ้า	จำนวนโคม	จำนวนหลอด	ขนาดหลอด (วัตต์)	บัลลาสต์ (วัตต์)	ปริมาณวัตต์ที่ต้องการ/หลอด	ชั่วโมงทำงาน/วัน	รวม (วัตต์)	รวม (วัตต์)	พลังงาน/พื้นที่ (วัตต์/ตรม.)
			ฟลูออเรสเซนต์ 2x18 วัตต์	8	16	18	10	28	8	448		
			หลอดประหยัดพลังงาน 1x20 วัตต์	20	20	20	5	25	8	500	1,088	13.11
	8. โถงทางเดินและบันได	436.16	ฟลูออเรสเซนต์ 2x36 วัตต์	34	68	36	10	46	8	3,128		
			ฟลูออเรสเซนต์ 1x36 วัตต์	12	12	36	10	46	8	552		
			หลอดประหยัดพลังงาน 1x20 วัตต์	48	48	20	5	25	8	1,200		
			1x250 W.MH.	3	3	250	10	260	8	780		
			2XPAR16 50 W.	9	18	50	10	60	8	1,080	6,740	15.45
	รวมทั้งหมด	543.40								8,382	8,382	12.00

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข.

ภาคผนวก ข ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) ความหนาแน่น (r) และความร้อนจำเพาะ (Cp) ของวัสดุต่างๆ

ลำดับ	วัสดุ	K ($w/m^2.{}^oC$)	ρ (kg/m^3)	C_p ($kj/kg.{}^oC$)
1	แผ่นยิปซั่ม	0.191	880	1.09
2	แผ่นใยแก้ว	0.033	24	0.96
3	โฟมโพลีสไตรีน แบบขยายตัว	0.035	16	1.21
4	โฟมโพลียูรีเทน	0.024	24	1.59
5	โฟมโพลีเอทิลีน	0.029	45	1.21
6	ไม้อัด	0.138	528	1.21
7	กระดาษอัด	0.086	400	1.38
8	แผ่นไม้ก๊อก	0.042	144	2.01
9	แผ่นกระจก	1.053	2512	0.88
10	โลหะ -โลหะผสมอลูมิเนียมแบบธรรมดา	211	2672	0.896
11	อิฐ	0.807	1760	0.837
12	บล็อกคอนกรีต	1.02	1370	0.92
13	หินทราย	1.298	2000	0.79
14	หินแกรนิต	2.927	2640	0.79
15	หินอ่อน	1.298	2640	0.8
16	กระเบื้องหลังคา	0.836	1890	1
17	ไม้เนื้ออ่อน	0.125	608	1.3
18	ไม้เนื้อแข็ง	0.138	702	1.3
19	ไม้อัด	0.138	528	1.21
20	ไม้อัดชิพบอร์ด	0.144	800	1.3

(กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน , 2550)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค.

รายละเอียดการคำนวณค่า OTTV และ RTTV

ภาคผนวก ค.-1

การคำนวณค่าการถ่ายความร้อนของผนังอาคาร (OTTV)

กรณีที่ 1 อาคารที่ทำการศึกษา

ทิศ	ชั้นที่	ส่วน	ผนังทั้งหมด			พท/ช่อง	จำนวนช่อง	รวมพื้นที่หน้าต่าง	ผนังทึบจริง	WWR	U_w	Uf	Tdeq	ΔT	SHGC	SC1	ESR
			l(ม.)	h	พื้นที่ผนังรวม		ต่อชั้น	ต่อชั้น	ต่อชั้น								
เหนือ	ชั้นที่ 1	(ส่วนหลัง)	56	4	224	7.68	11	84.48	139.52								
		(ส่วนหน้า)	10	4	40	7.68	2	15.36	24.64								
	ชั้นที่ 2	(ส่วนหลัง)	56	4	224	5.76	14	80.64	143.36								
		(ส่วนหน้า)	13	4	52	7.68	3	23.04	28.96								
	ชั้นที่ 3	(ส่วนหลัง)	64	4	256	7.68	14	107.52	148.48								
		(ส่วนหน้า)	13	4	52	7.68	2	15.36	36.64								
รวมพื้นที่ด้านทิศเหนือ =					848	ตารางเมตร		326.4	521.6	0.385	2.828	5.88	11.6	5.00	0.47	0.54	185.1
ค่า OTTV ของผนังทิศเหนือ รวม =														49.57	วัตต์ต่อตารางเมตร		
ตะวันออก	ชั้นที่ 1		11.5	4	46	0	0	0	46								
	ชั้นที่ 2		11.5	4	46	0	0	0	46								
	ชั้นที่ 3		11.5	4	46	5.76	1	5.76	40.24								
รวมพื้นที่ด้านทิศตะวันออก =					138	ตารางเมตร		5.76	132.24	0.042	2.828	5.88	14.96	5.00	0.47	0.54	244.5
ค่า OTTV ของผนังทิศตะวันออก =														44.36	วัตต์ต่อตารางเมตร		
ใต้	ชั้นที่ 1		16	4	64	7.68	4	30.72	33.28								
	ชั้นที่ 2		16	4	64	0	0	0	64								
	ชั้นที่ 3		26	4	104	4.56	5	22.8	81.2								
รวมพื้นที่ด้านทิศใต้ =					232	ตารางเมตร		53.52	178.48	0.231	2.828	5.88	14.96	5.00	0.47	0.54	267.4

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค.-1(ต่อ)

การคำนวณค่าการถ่ายความร้อนของผนังอาคาร (OTTV)

กรณีที่ 1 อาคารที่ทำการศึกษา

ทิศ	ชั้นที่	ส่วน	ผนังทั้งหมด			พท/ช่อง	จำนวนช่อง	พื้นที่หน้าต	นังทึบจริง	WWR	U_w	Uf	Tdeq	ΔT	SHGC	SC1	ESR
			l(ม.)	h	นที่ผนังรว		ต่อชั้น	ต่อชั้น	ต่อชั้น								
											ค่า OTTV ของผนังทิศใต้ รวม =			53.36	วัตต์ต่อตารางเมตร		
ตะวันตก	ชั้นที่ 1		1.9	4	7.6	5.7	1	5.7	1.9								
	ชั้นที่ 2		9	4	36	0	0	0	36								
	ชั้นที่ 3		9	4	36	14.4	1	14.4	21.6								
รวมพื้นที่ด้านทิศตะวันตก =					79.6	ตารางเมตร		20.1	59.5	0.253	2.828	5.882	13.36	5.00	0.4698	0.54	234.58
พื้นที่ผนังทั้งสิ้น					1297.6	ตารางเมตร					ค่า OTTV ของผนังทิศตะวันตก รวม =			50.70	วัตต์ต่อตารางเมตร		

ค่าการถ่ายเทความรอนรวมของผนัง (OTTV)= 48.51 วัตต์ต่อตารางเมตร

การคำนวณค่าการถ่ายความร้อนของหลังคาอาคาร (RTTV)

		RTTV	Ur		Tdeq	ΔT	SC1	SHGC	ESR
		2.484	0.403		25.2			0	

ค่าการถ่ายเทความรอนรวมของหลังคา (RTT RTTV=Ur x Tdeq= 10.145 วัตต์ต่อตารางเมตร

ภาคผนวก ค-2

การคำนวณค่าการถ่ายความร้อนรวม (OTTVและ RTTV)

<u>กรณีที่ 1 ทางเลือกที่ 1 (TP1.)</u>

1. ผนังทึบ= แผ่นฉนวนใยแก้ว หนา 2 นิ้ว+ยิปซัมบอร์ด 12 มม.
2. ผนังโปร่งแสง = กระจกธรรมดาสีใสสะท้อนแสง
3. ฝ้าเพดาน = แผ่นฉนวนใยแก้ว 2 นิ้ว+แผ่นยิปซัมบอร์ด หนา 12 มม.

ทิศ	WWR	U_w	Uf	Tdeq	ΔT	SHGC	SC1	ESR
เหนือ								
	0.385	0.412	5.882	11.6	5.00	0.235	0.27	185.1
ค่า OTTV ของผนังทิศเหนือ รวม =					**18.78**	วัตต์ต่อตรม.		
ตะวันออก								
	0.042	0.412	5.882	14.96	5.00	0.235	0.27	244.5
ค่า OTTV ของผนังทิศตะวันออก รวม					**7.78**	วัตต์ต่อตรม.		
ใต้								
	0.231	0.412	5.882	14.96	5.00	0.235	0.27	267.4
ค่า OTTV ของผนังทิศใต้ รวม =					**15.44**	วัตต์ต่อตรม.		
ตะวันตก								
	0.253	0.412	5.882	13.36	5.00	0.235	0.27	234.6
ค่า OTTV ของผนังทิศตะวันตก รวม =					**15.30**	วัตต์ต่อตรม.		
OTTV =					**16.80**	**วัตต์ต่อตรม.**		

การคำนวณค่าการถ่ายความร้อนของหลังคาอาคาร (RTTV)

	R	Ur		Tdeq	ΔT	SC1	SHGC	ESR
	2.484	0.255		25.2			0	
RTTV=Ur x Tdeq					**6.426**	**วัตต์ต่อตรม.**		

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค-2 (ต่อ)

<u>กรณีที่ 2 ทางเลือกที่ 1 (TP4.)</u>

1. ผนังทึบ=พ่นโฟมโพลียูรีเทน หนา 3 นิ้ว + แผ่นยิปซั่มบอร์ด หนา 12 มม.
2. ผนังโปร่งแสง =กระจกธรรมดาสีใสสะท้อนแสง
3. ฝ้าเพดาน =แผ่นฉนวนใยแก้ว 2 นิ้ว+แผ่นยิปซั่มบอร์ด หนา 12 มม.

ทิศ	WWR	U_w	Uf	Tdeq	ΔT	SHGC	SC1	ESR
เหนือ								
	0.385	0.243	5.882	11.6	5.00	0.235	0.27	185.1
	ค่า OTTV ของผนังทิศเหนือ รวม =				**17.57**	วัตต์ต่อตารางเมตร		
ตะวันออก								
	0.042	0.243	5.882	14.96	5.00	0.235	0.27	244.5
	ค่า OTTV ของผนังทิศตะวันออก รวม				**5.36**	วัตต์ต่อตารางเมตร		
ใต้								
	0.231	0.243	5.882	14.96	5.00	0.235	0.27	267.4
	ค่า OTTV ของผนังทิศใต้ รวม =				**13.49**	วัตต์ต่อตารางเมตร		
ตะวันตก								
	0.253	0.243	5.882	13.36	5.00	0.235	0.27	234.6
	ค่า OTTV ของผนังทิศตะวันตก รวม =				**13.61**	วัตต์ต่อตารางเมตร		
	OTTV =				**15.30**	**วัตต์ต่อตารางเมตร**		

การคำนวณค่าการถ่ายความร้อนของหลังคาอาคาร (RTTV)

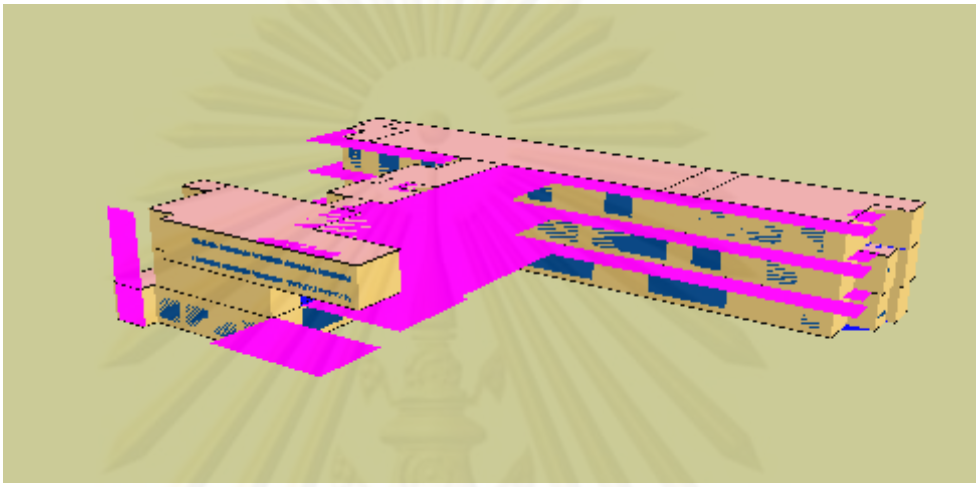
R	Ur		Tdeq	ΔT	SC1	SHGC	ESR
2.484	0.255		25.2			0	
		RTTV=Ur x Tdeq		**6.426**	**วัตต์ต่อตารางเมตร**		

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง.

ภาพจำลองและข้อมูลที่ป้อนในโปรแกรม VisualDOE

-ภาพจำลองอาคารในโปรแกรม VisualDOE version 4.1.0

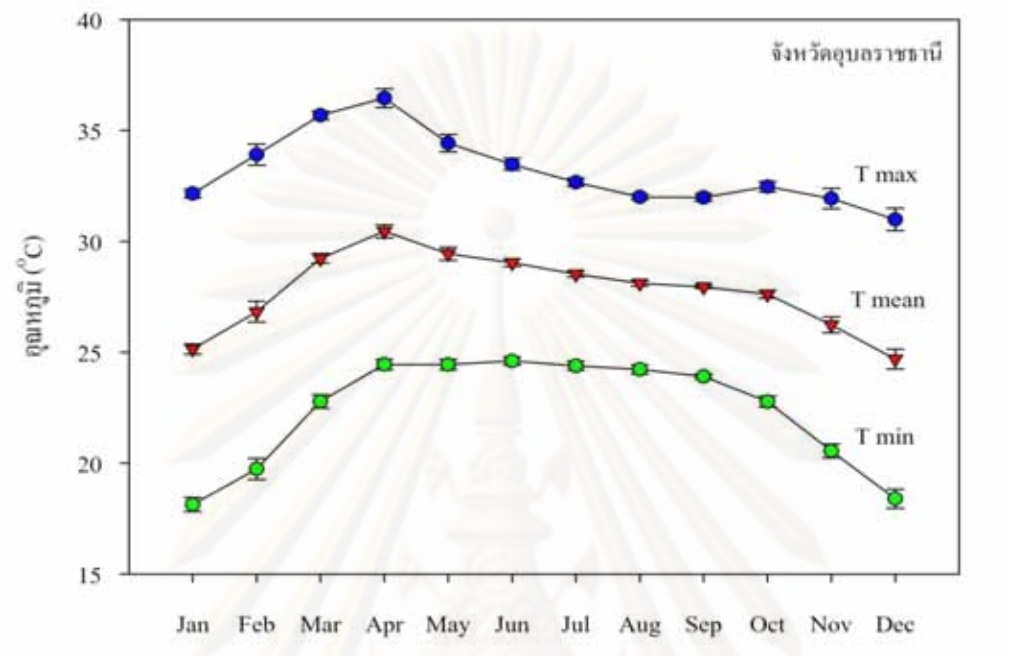


- ข้อมูลที่ป้อนเข้าโปรแกรม VisualDOE version 4.1.0

Lighting Power density (LPD)	=	11.70	W/m^2
Equipment Power density (EPD)	=	15	W/m^2
Occupancy density	=	25	m^2/Person
Infiltration	=	0.2	air-change/hr.
Front Azimuth	=	180	degree
A/C System	=	Package Single Zone	
Design Cooling	=	25	^oC
Occupancy/Schedules	=	Office	
Return Air Path	=	Duct	
Thermostat Type	=	Reverse Acton	
Throttling Range	=	2	^oC

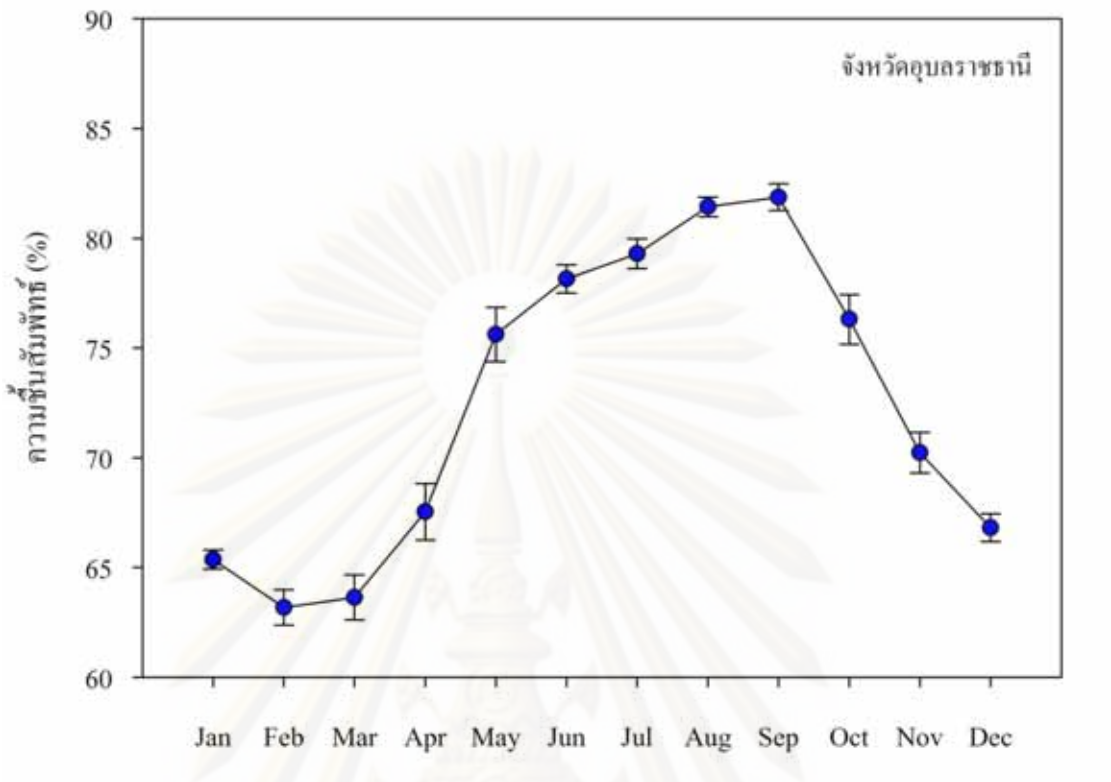
ภาคผนวก จ.

ข้อมูลภูมิอากาศจังหวัดอุบลราชธานี



แผนภูมิแสดงอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย 10 ปี ตั้งแต่ พ.ศ.2542-2551

แผนภูมิเปรียบเทียบอุณหภิสูงสุด จังหวัดอุบลราชธานี ช่วง พ.ศ.2550-2552 กับกรุงเทพมหานคร พ.ศ.2542



แผนภูมิแสดงความชื้นสัมพัทธ์ (%) จังหวัดอุบลราชธานีเฉลี่ย 10 ปี ตั้งแต่ พ.ศ.2542-2551 (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2553 : ออนไลน์)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายสุรพล เดชพล เกิดเมื่อวันที่ 9 มีนาคม พ.ศ.2510 ที่อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี การศึกษา จบการศึกษา ระดับมัธยมศึกษา จากโรงเรียนเบ็ญจะมะมหาราช จังหวัดอุบลราชธานี ระดับปริญญาตรี สถาปัตยกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรมหลัก จากคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง เมื่อปี พ.ศ.2536

เริ่มต้นการทำงานในวิชาชีพ จากสถาปนิกฝึกหัดในบริษัทไทโคโนอิเกะ สถาปนิกออกแบบ บริษัท ดีไซน์ 120 จำกัด ในกรุงเทพฯ จนถึงปี พ.ศ.2540 เดินทางกลับบ้าน เกิด ทำงานที่สำนักงานออกแบบที่บ้านเกิด ทำงานมาหลายปี มีโอกาสก็วนเวียนมาทำงานกรุงเทพฯ บ้างบางครั้ง ได้ทำงานในหลายๆ หน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับวิชาชีพ เช่น งานออกแบบสถาปัตยกรรม รับเหมาก่อสร้าง งานบริหารงานก่อสร้าง บางครั้งก็ไปสอนหนังสือเด็กระดับอาชีวะบ้าง ภายหลังจึงออกมาทำสำนักงานตนเองจนถึงถึงปัจจุบัน

เมื่อถึงจุดหนึ่ง ห่างการเรียนมานาน เริ่มไม่รู้สึกสนุกกับ งานที่ทำ ด้วยอาจจะ มีความรู้ในระดับพื้นฐานและอยู่ต่างจังหวัด จึงคิดอยากจะพัฒนาตัวเองมากขึ้น แสวงหาความรู้ใหม่ๆ ที่ต่างไปจากเดิม ดังนั้นต้นปี 2551 จึงเข้ามาอบรมเพิ่มพูนความรู้ที่สมาคมสถาปนิกสยามฯในหลายๆ หลักสูตร และ ในปลายปี พ.ศ.2551 ได้พบกับ หลักสูตร นวัตกรรมออกแบบนิเวศน์สถาปัตย์ สถาปัตกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และได้สมัครเข้าเรียน เป็นนิสิตรุ่นแรกของหลักสูตร มีเพื่ อนร่วมรุ่น 6 คน เมื่อสำเร็จการศึกษา ก็จะกลับไปประกอบอาชีพที่บ้านเกิด ด้วยความรู้ด้านเทคโนโลยี วิธีคิด และมุมมองแบบใหม่ๆ ที่ได้เล่าเรียนมา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย