

อิทธิพลของการแผ่รังสีจากพื้นผิวภายในอาคารที่มีผลต่อสภาวะนำสบายของผู้อยู่อาศัย



นางสาวน้ำเพชร กงประเวชนนท์

ศูนย์วิทยพัทยากร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2545

ISBN 974-17-3121-3

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**THE INFLUENCE OF RADIANT TEMPERATURE FROM ROOM SURFACE
EFFECTING HUMAN COMFORT CONDITION**



Miss Namphet Kongpraveitnon

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

Department of Architecture

Faculty of Architecture


Chulalongkorn University

Academic Year 2002

ISBN 974-17-3121-3


หัวข้อวิทยานิพนธ์ อิทธิพลของการแผ่รังสีจากพื้นผิวภายในอาคารที่มีผลต่อสภาวะน่าสบายของ
 ผู้อยู่อาศัย
โดย นางสาว น้ำเพชร กงประเวชนนท์
สาขาวิชา สถาปัตยกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร. วรสันต์ บูรณากาญจน์

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต



..... คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. วีระ สัจกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ เลอสม สถาปิตานนท์)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ดร. วรสันต์ บูรณากาญจน์)


..... กรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.สุนทร บุญญาธิการ)


..... กรรมการ
(อาจารย์ พรรณชลัท สุริโยธิน)

นางสาวน้ำเพชร กงประเวชนนท์ : อิทธิพลของการแผ่รังสีจากพื้นผิวภายในอาคารที่มีผลต่อสภาวะน่าสบายของผู้อยู่อาศัย. (THE INFLUENCE OF RADIANT TEMPERATURE FROM ROOM SURFACE EFFECTING HUMAN COMFORT CONDITION) อาจารย์ที่ปรึกษา: ผศ.ดร. วรสันต์ บุรณากาญจน์, 200 หน้า. ISBN 974-17-3121-3.

จากสภาพที่ตั้งของประเทศไทยส่งผลให้ภูมิอากาศมีลักษณะร้อนชื้นและมีอุณหภูมิอยู่นอกเขตสบายเกือบตลอดทั้งปี การปรับปรุงสภาพแวดล้อมอย่างถูกต้องจะช่วยปรับสภาพภูมิอากาศให้เข้าสู่สภาวะน่าสบายมากขึ้น ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อสภาวะน่าสบายของผู้อยู่อาศัย คือ การลดอุณหภูมิเฉลี่ยของผิวอาคารโดยรอบ ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยนี้

ขั้นตอนการวิจัย แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน 1) การศึกษาและการเก็บข้อมูลจากอาคารทดลองในระบบปรับอากาศ เพื่อจำลองสภาพปัจจัยแวดล้อมจริง 2) นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์และประมวลผลประกอบด้วย 1) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีผลต่อสภาวะน่าสบายของผู้อยู่อาศัย 2) ศึกษาตัวแปรที่มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบของอาคาร ประกอบด้วย อิทธิพลการแผ่รังสีจากพื้นผิวภายในอาคาร อุณหภูมิผิวภายในของอาคาร 3) ศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบซึ่งมีผลต่อสภาวะน่าสบายของผู้อยู่อาศัย จากการวิเคราะห์ทำให้ทราบว่า พื้น ผ้าม่าน เพดาน มีอิทธิพลต่อสภาวะน่าสบายกรณีอุณหภูมิพื้นผิวภายในอาคารไม่เท่ากับอุณหภูมิอากาศ เมื่อมีการปรับปรุงอาคารก่ออิฐฉาบปูน โดยการติดตั้งโพลีสไตรีนหนา 3 นิ้วได้พื้นที่ห้อง ติดฉนวนโพลีสไตรีนหนา 1 นิ้วภายนอกผนังอาคารทั้ง 4 ด้าน และปรับปรุงหลังคาโดยเพิ่มสวนหลังคาไม้พุ่ม และนำไปเปรียบเทียบกับอาคารก่ออิฐฉาบปูน พบว่า การปรับปรุงพื้นช่วยเพิ่มสภาวะน่าสบายจากเดิม 44.16 % การปรับปรุงผนังทั้ง 4 ด้านช่วยเพิ่มสภาวะน่าสบายจากเดิม 20.77% การปรับปรุงเพดานช่วยเพิ่มสภาวะน่าสบาย 9.08% การปรับปรุงพื้นร่วมกับผนังทั้ง 4 ด้านจะเพิ่มสภาวะน่าสบาย 76.63% การปรับปรุงผนังทั้ง 4 ด้านร่วมกับเพดาน จะเพิ่มสภาวะน่าสบาย 75.30% การปรับปรุงพื้นร่วมกับเพดาน จะเพิ่มสภาวะน่าสบาย 53.24% และการปรับปรุงพื้น ผนังทั้ง 4 ด้านและเพดาน จะเพิ่มสภาวะน่าสบาย 145%เมื่อเปรียบเทียบกับอาคารก่ออิฐฉาบปูน

ผลการวิจัยสรุปได้ว่า อุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบมีผลต่อความรู้สึกของผู้อยู่อาศัยมากกว่าอุณหภูมิอากาศ 40% โดยอิทธิพลการแผ่รังสีจากพื้นจะมีผลต่อสภาวะน่าสบายของผู้อยู่อาศัยมากที่สุด รองลงมาคือเพดาน และผ้าม่านลำดับ สำหรับห้องมีขนาดเล็กอิทธิพลการแผ่รังสีจากผนังจะมีผลต่อสภาวะน่าสบายของผู้อยู่อาศัยมากกว่าห้องที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งแนวทางการปรับปรุงอาคารเพื่อเพิ่มสภาวะน่าสบายของผู้อยู่อาศัย ทำได้โดยการเลือกใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติการหน่วงเหนี่ยวความร้อน เพื่อลดอุณหภูมิพื้นผิวภายในอาคาร เช่น การติดตั้งฉนวนภายนอกอาคารเดิม จะช่วยเพิ่มสภาวะน่าสบายของผู้อยู่อาศัย

ภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์.....ลายมือชื่อนิสิต *28/10/55 160705-ก*

สาขาวิชา สถาปัตยกรรม.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา *.....*

ปีการศึกษา 2545.....

4474162725 : MAJOR ARCHITECTURE

KEY WORDS : MEAN RADIANT TEMPERATURE / ANGLE FACTOR / HUMAN SENSATION/

THERMAL COMFORT/ THERMAL COMFORT INDEX

NAMPHEK KONGPRAVETNON : THE INFLUENCE OF RADIANT TEMPERATURE FROM ROOM SURFACE EFFECTING HUMAN COMFORT CONDITION. THESIS ADVISOR : VORASUN

BURANAKARN, Ph.D., 200 pp. ISBN 974-17-3121-3.

The location of Thailand affects the climate. Being close to the equator makes it excessively. People live outside of the comfort zone nearly through the entire year. Adapting human sensation to be more comfortable requires the right environmental improvements. The principle objective of this research is to analyze the factors that effect human thermal comfort by reducing the mean radiant temperature (MRT).

Research methods are divided into 2 steps with interpretation ; A) Study and collect temperature data from the experimental air-conditioned room which simulates the conditions of real buildings. B) Analyze and evaluate the collected data. Interpretation: 1) Analyze the relationships of the various factors which effect human thermal comfort. 2) Study the factors which effect the MRT around the building. MRT consists of concepts: angle factors and inside surface temperature. 3) Study the influence of the MRT on the thermal comfort of residents.

After analysis it was apparent that floors, walls and heat transfers through the ceiling. When inside temperature are not equal to body temperature an unpleasant condition exists. When the body is cooler than the air, then heat travels inside the human body. The comparison of the common brick buildings with its improvement by the addition of polystyrene insulation foam (3-inch at the bottom-side of the floor) or the use of polystyrene insulation foam 1-inch thick at all 4 outside walls with the addition of a roof garden can increase thermal comfort by 44.16%. The 4 wall insulation technique alone can increase thermal comfort 20.77% and the use of the roof garden can increase thermal comfort another 9.08%. The development of all sides of walls increases thermal comfort index 76.63%, The development of walls with ceiling increases thermal comfort index 75.30%. The development of wall with ceiling increases thermal comfort index 53.24%. The development of floor, walls and ceiling increases thermal comfort 145.46% when compared with the common brick building.

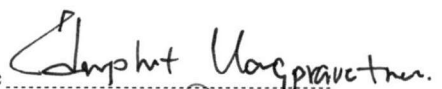
The results conclude that the mean radiant temperature effects human comfort more than air temperature 40%. The influence of radiant temperature from the floor is the most active in human thermal comfort. Following that is the ceiling and the least are the walls. For the small-size-room influence of angle factor can effectively increase the thermal comfort of residents better than a bigger one. Therefore the way for buildings to improve thermal comfort is the selection of finishing materials which have properties of thermal time lag reducing inside surface temperatures in buildings such as using installation of outside insulation for old buildings.

Department Architecture.....

Field of study Architecture.....

Academic year 2002.....

Student's signature



Advisor's signature



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องด้วยความกรุณา ความอนุเคราะห์ ความช่วยเหลือ และ
น้ำใจจากหลายหน่วยงาน และ บุคคล ดังนี้

ขอขอบคุณกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (สพข.) ผู้สนับสนุนทุนในการทำวิทยานิพนธ์
ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรสิทธิ์ บูรณากาญจน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้
คำแนะนำ คำปรึกษา ตลอดจนข้อมูลเทคนิคต่างๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในงานวิจัย

ขอขอบคุณ ศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญธิการ ซึ่งเป็นผู้ประศาสน์วิชา ให้ข้อมูล คำแนะนำที่เป็น
ประโยชน์ตลอดหลักสูตรการศึกษา โดยเฉพาะในช่วงเวลาทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณ คณาจารย์ประจำคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ทุกๆ ท่าน ผู้ซึ่งประศาสน์ความรู้ในด้านต่างๆ
ระหว่างการศึกษา

ท้ายที่สุดขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อคุณแม่ และครอบครัว ที่คอยห่วงใยและให้ความสนับสนุน
มาตลอดตั้งแต่เข้าศึกษาจนทำวิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอบคุณเพื่อนๆร่วมรุ่นทุกคน พี่: พี่เศรษฐ พี่โอ พี่จิม พี่ชด มอส พี่หลิน พี่เอ ทราय พี่สร้อย ที่คอย
ช่วยเหลือ และให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์

จึงขอขอบพระคุณทุกท่านที่เกี่ยวข้องมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ	ง
สารบัญภาพ	ช
สารบัญตาราง	ซ
สารบัญแผนภูมิ	ฅ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหาการศึกษา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย	3
1.4 ระเบียบวิธีวิจัย.....	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	6
บทที่ 2 ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 การถ่ายเทความร้อนของวัสดุ.....	8
2.1.1 การนำความร้อน	8
2.1.2 การพาความร้อน	8
2.1.3 การแผ่รังสีความร้อน.....	8
2.2 คุณสมบัติของวัสดุที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการแผ่รังสีความร้อน.....	10
2.2.1 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติพื้นผิววัสดุ.....	10
ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์	10
ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายรังสีความร้อน	11
อัตราส่วนระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์กับค่า สัมประสิทธิ์การกระจายรังสีความร้อน	12
การคำนวณปริมาณการแผ่รังสีของพื้นผิววัสดุ	17
อุณหภูมิผิววัสดุเมื่อได้รับรังสีดวงอาทิตย์	17

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.2.2	ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติเนื้อวัสดุ19
	ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน19
	ค่าความจุความร้อนของวัสดุ20
2.3	สภาวะนำสบาย21
2.3.1	อัตราการเผาผลาญพลังงานร่างกาย (Metabolism rate)21
2.3.2	เสื้อผ้าที่สวมใส่ (Cloth-Value)23
2.3.3	ความดันไอน้ำในอากาศ (Vapor Pressure)24
2.3.4	ความเร็วลม (Wind Velocity)25
2.3.5	อุณหภูมิเฉลี่ยของการแผ่รังสีพื้นผิวโดยรอบ (MRT).....26
2.4	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2.4.1	การคำนวณอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิว โดยรอบจาก Plane Radiant Temperature โดย Krosgaard.....27
2.4.2	ดัชนีสภาวะนำสบาย Predicted Mean Vote (PMV) และ Predicted Percentage Dissatisfy (PPD)” โดย P.O.Fanger28
2.4.3	วิทยานิพนธ์ “ผลกระทบของสีผนัง และมวลสารภายในต่อการถ่ายเท ความร้อนเข้าสู่อาคาร” โดย นายพรสวรรค์ พิริยะศรัทธา30
บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย	
3.1	การเตรียมวัสดุทดสอบ32
3.2	การเตรียมเครื่องมือเพื่อใช้ในการวิจัย และทดสอบสมมติฐานเครื่องมือ40
3.2.1	เครื่องมือวัดอุณหภูมิ40
	การตั้งมาตรฐานหัว Sensor40
3.2.2	กล่องทดลอง.....42
	การทดลองความสามารถของกล่องทดลอง.....43
3.2.3	อาคารปรับอากาศเพื่อการทดลองวัสดุ44
3.3	การทดลองวัสดุทดสอบ.....45
	รูปแบบวัสดุสำหรับการทดลองชุดที่ 1: พื้นคสล.หนา 0.10 เมตร.....45
	รูปแบบวัสดุสำหรับการทดลองชุดที่ 2: ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 0.10เมตร.....45
	รูปแบบวัสดุสำหรับการทดลองชุดที่ 3: หลังคาคอนกรีต และสวนหลังคา.....46

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
การติดตั้ง Sensor ในหน่วยทดสอบของการทดลอง.....	46
การเก็บข้อมูลอุณหภูมิ	47
3.4 การวิเคราะห์ผลการทดลอง	47
3.5 การสรุปผลการทดลอง	48
บทที่ 4 การวิเคราะห์ผลการทดสอบในการวิจัย	
4.1 การวิเคราะห์ผลการทดลองชุดที่ 1	50
4.2 การวิเคราะห์ผลการทดลองชุดที่ 2	96
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	193
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	200
รายการอ้างอิง	201
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	202

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2-1	9
2-2	13
2-3	24
2-4	28
2-5	30
3-1	35
3-2	36
3-3	36
3-4	41
3-5	41
3-6	41
3-7	42
3-8	42
3-9	42
3-10	44
3-11	45
3-12	46
3-13	46
3-14	46
3-15	47
3-17	47

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2-1 แสดงตัวอย่างคุณสมบัติพื้นผิววัสดุบางชนิด	12
2-2 แสดงคุณสมบัติค่าการดูดซับรังสีดวงอาทิตย์ของวัสดุ	14
2-3 แสดงคุณสมบัติค่าการกระจายความร้อนของพื้นผิววัสดุ.....	15
2-4 แสดงคุณสมบัติค่าการกระจายความร้อนของพื้นผิววัสดุ.....	16
2-5 แสดงอัตราการเผาผลาญพลังงาน	22
2-6 แสดงค่าความต้านทานความร้อนของเครื่องแต่งกาย.....	23
2-7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Indoor Air Velocity และ Comfort	26
3-1 แสดงคุณสมบัติทางด้านความร้อนของวัสดุตัวอย่างที่ใช้ในการก่อสร้าง.....	35
4-1 แสดงการเปรียบเทียบค่า Angle Factor ที่เลือกปรับปรุงเปรียบเทียบกับอุณหภูมิเฉลี่ย พื้นผิวโดยรอบของอาคาร.....	176
4-2 แสดงการเปรียบเทียบค่า Angle Factor ที่เลือกปรับปรุงเปรียบเทียบกับอุณหภูมิเฉลี่ย พื้นผิวโดยรอบของอาคาร.....	186

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิที่	หน้า
4-1	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวภายในทั้ง 6 ด้านของอาคาร ร่วมกับอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบของผนังก่ออิฐฉาบปูน และอุณหภูมิอากาศภายในอาคาร.....54
4-2	แสดงการเปรียบเทียบค่าดัชนี PREDICTED MEAN VOTE (PMV) ของอาคารที่ประกอบด้วยผนังก่ออิฐฉาบปูนทั่วไปที่ผู้อยู่อาศัยประกอบ กิจกรรมที่ระดับ100 120 และ150-Kcal/h.sq.m ตามลำดับกรณีปรับอากาศ.....55
4-3	แสดงการเปรียบเทียบค่าดัชนี PREDICTED PERCENTAGE of DISSATISFIED (PPD) ของอาคาร ที่อาศัยประกอบกิจกรรมที่ระดับ100 120 และ150 Kcal/h.sq.m ตามลำดับ กรณีปรับอากาศ.....56
4-4	แสดงการเปรียบเทียบค่าดัชนี PPDสูงสุดของวัน ค่าดัชนี PPD ต่ำสุดของวัน และค่าดัชนี PPDเฉลี่ยตลอดทั้งวันของห้อง เมื่อผู้อยู่อาศัยประกอบกิจกรรมที่ระดับแตกต่างกัน.....60
4-5	แสดงการเปรียบเทียบค่าดัชนี PREDICTED MEAN VOTE (PMV) ของอาคารที่ผู้ อยู่อาศัยใส่เสื้อผ้าที่ระดับ Clo-Value เท่ากับ 0.1,0.3,0.5 และ1.0 ตามลำดับ กรณีปรับอากาศ.....62
4-6	แสดงการเปรียบเทียบค่าดัชนี PREDICTED PERCENTAGE of DISSATISFIED (PPD) ของอาคารที่ผู้อยู่อาศัยใส่เสื้อผ้าที่ระดับ Clo-Value เท่ากับ 0.1,0.3,0.5 และ1.0 ตามลำดับ กรณีปรับอากาศ.....63
4-7	แสดงการเปรียบเทียบค่าดัชนี PPDสูงสุดของวัน ค่าดัชนี PPD ต่ำสุดของวัน และค่าดัชนีPPDเฉลี่ยตลอดทั้งวันของห้อง เมื่อผู้อยู่อาศัยที่ซึ่งใส่เสื้อผ้าที่ระดับ Clo-value 0.1 0.3 0.5 1.0 แตกต่างกัน.....67
4-8	แสดงการเปรียบเทียบค่าดัชนี PREDICTED MEAN VOTE (PMV) ของอาคารที่ประกอบด้วยผนังก่ออิฐฉาบปูนทั่วไป ที่เพิ่มความเร็วลม 50 , 100, 200, 300 fpm กรณีปรับอากาศ69
4-9	แสดงการเปรียบเทียบค่าดัชนี PREDICTED PERCENTAGE of DISSATISFIED (PPD) ของอาคารที่ประกอบด้วยผนังก่ออิฐฉาบปูนทั่วไป ที่เพิ่มความเร็วลม 50 , 100, 200, 300 fpm กรณีปรับอากาศอากาศ70
4-10	แสดงการเปรียบเทียบค่าดัชนี PPDสูงสุดของวัน ค่าดัชนี PPD ต่ำสุดของวัน และค่าดัชนี PPDเฉลี่ยตลอดทั้งวันของห้อง เมื่อผู้อยู่อาศัยซึ่งอยู่ในห้องที่ กำหนดระดับความเร็วลมแตกต่างกัน.....74

สารบัญแผนภูมิ (ต่อ)

แผนภูมิที่	หน้า
4-11	แสดงการเปรียบเทียบค่าดัชนี PREDICTED MEAN VOTE (PMV) ของอาคาร ที่ประกอบด้วยผนังก่ออิฐฉาบปูนทั่วไป ที่มีค่าความชื้นสัมพัทธ์ 50%, 60%, 70%, 80% กรณีปรับอากาศ..... 76
4-12	แสดงการเปรียบเทียบค่าดัชนี PREDICTED PERCENTAGE of DISSATISFIED(PPD) ของอาคารที่ประกอบด้วยผนังก่ออิฐฉาบปูนทั่วไป ที่มีค่าความชื้นสัมพัทธ์ 50%, 60%, 70%, 80% กรณีปรับอากาศ..... 77
4-13	แสดงการเปรียบเทียบค่าดัชนี PPD สูงสุดของวัน ค่าดัชนี PPD ต่ำสุดของวัน และค่าดัชนี PPD เฉลี่ยตลอดทั้งวันของห้อง เมื่อผู้อยู่อาศัยซึ่งอยู่ในห้องที่กำหนดระดับความชื้นสัมพัทธ์ แตกต่างกัน..... 81
4-14	แสดงการเปรียบเทียบค่าดัชนี PREDICTED MEAN VOTE (PMV) ของอาคาร ที่กำหนดขนาดห้อง 4*4*2.5ม. 6*6*2.5ม. 8*8*2.5ม. และ 10*10*10.0ม. กรณีปรับอากาศ..... 83
4-15	แสดงการเปรียบเทียบค่าดัชนี PREDICTED PERCENTAGE of DISSATISFIED (PPD) ของอาคารที่กำหนดขนาดห้อง 4*4*2.5ม. 6*6*2.5ม. 8*8*2.5ม. และ 10*10*10.0ม. กรณีปรับอากาศ 84
4-16	แสดงการเปรียบเทียบค่าดัชนี PPD สูงสุดของวัน ค่าดัชนี PPD ต่ำสุดของวัน และค่าดัชนี PPD เฉลี่ยตลอดทั้งวันของห้อง เมื่อผู้อยู่อาศัยซึ่งอยู่ในห้องที่กำหนดระดับความเร็วลมแตกต่างกัน 88
4-17	แสดงการเปรียบเทียบค่าดัชนี PREDICTED MEAN VOTE (PMV) ของอาคาร ที่กำหนดขนาดห้อง 4*4*2.5ม. 4*4*5.0ม. 4*4*7.5ม. และ 4*4*10.0ม.กรณีปรับอากาศ..... 90
4-18	แสดงการเปรียบเทียบค่าดัชนี PREDICTED PERCENTAGE of DISSATISFIED (PPD) ของอาคารที่กำหนดขนาดห้อง 4*4*2.5ม. 4*4*5.0ม. 4*4*7.5ม. และ 4*4*10.0ม. กรณีปรับอากาศ 91
4-19	แสดงการเปรียบเทียบค่าดัชนี PPD สูงสุดของวัน ค่าดัชนี PPD ต่ำสุดของวัน และ ค่าดัชนี PPD เฉลี่ยตลอดทั้งวันของห้อง เมื่อผู้อยู่อาศัยซึ่งอยู่ในห้องที่กำหนดความสูง ห้องแตกต่างกัน..... 95
4-20	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวภายในทั้ง 6 ด้านของอาคาร ร่วมกับอุณหภูมิเฉลี่ย ของพื้นผิวโดยรอบของผนังก่ออิฐฉาบปูน และอุณหภูมิอากาศภายในอาคาร..... 104
4-21	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบของอาคารทั่วไปที่ประกอบด้วย ผนังก่ออิฐฉาบปูน พื้นและเพดาน คสล. อุณหภูมิอากาศภายในร่วมกับความรู้สึก ของผู้ใช้อาคาร กรณีปรับอากาศ..... 106

สารบัญแผนภูมิ (ต่อ)

แผนภูมิที่	หน้า
4-22	107
แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบของอาคารทั่วไปที่ประกอบด้วยผนังก่ออิฐฉาบปูน พื้นและเพดาน คสล. และอุณหภูมิอากาศที่ต้องการเมื่อกำหนดให้ความรู้สึกของผู้ใช้อาคารเสมือนอยู่ที่ 25 องศาเซลเซียส.....	
4-23	110
แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวภายในทั้ง 6 ด้านของอาคารทั่วไปที่ปรับปรุงพื้นร่วมกับอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบของผนังก่ออิฐฉาบปูน และอุณหภูมิอากาศภายในอาคาร.....	
4-24	113
แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบของอาคารทั่วไปที่ปรับปรุงพื้นอุณหภูมิอากาศภายในร่วมกับความรู้สึกของผู้ใช้อาคาร กรณีปรับอากาศ.....	
4-25	114
แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบของผนังก่ออิฐฉาบปูนทั่วไปที่ปรับปรุงพื้นโดยคิดคณวน และอุณหภูมิอากาศที่ต้องการ เมื่อกำหนดให้ความรู้สึกของผู้ใช้อาคารเสมือนอยู่ที่ 25 องศาเซลเซียส.....	
4-26	117
แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวภายในทั้ง 6 ด้านของอาคารก่ออิฐฉาบปูนที่ปรับปรุงผนังโดยคิดคณวน โพลีสไตรีนหนา 1 นิ้วภายนอกอาคาร ร่วมกับอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบของอาคาร และอุณหภูมิอากาศภายในอาคาร.....	
4-27	120
แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบอาคารก่ออิฐฉาบปูนที่ปรับปรุงผนังโดยคิดคณวน โพลีสไตรีนหนา 1 นิ้วภายนอกอาคาร อุณหภูมิอากาศภายในร่วมกับความรู้สึกของผู้ใช้อาคาร กรณีปรับอากาศ	
4-27	121
แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบของอาคารก่ออิฐฉาบปูนที่ปรับปรุงผนังโดยคิดคณวน โพลีสไตรีนหนา 1 นิ้วภายนอกอาคาร และอุณหภูมิอากาศที่ต้องการเมื่อกำหนดให้ความรู้สึกของผู้ใช้อาคารเสมือนอยู่ที่ 25 C.....	
4-28	124
แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวภายในทั้ง 6 ด้านของอาคารก่ออิฐฉาบปูนที่ปรับปรุงผนังโดยคิดคณวน โพลีสไตรีนหนา 2 นิ้วภายนอกอาคาร ร่วมกับอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบของอาคาร และอุณหภูมิอากาศภายในอาคาร.....	
4-30	127
แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ 6 ด้านของอาคารก่ออิฐฉาบปูนที่ปรับปรุงผนังโดยคิดคณวน โพลีสไตรีนหนา 2 นิ้วภายนอกอาคาร อุณหภูมิอากาศภายในร่วมกับความรู้สึกของผู้ใช้อาคาร กรณีปรับอากาศ.....	
4-31	128
แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบของอาคารก่ออิฐฉาบปูนที่ปรับปรุงผนังโดยคิดคณวน โพลีสไตรีนหนา 2 นิ้วภายนอกอาคารและอุณหภูมิอากาศที่ต้องการ เมื่อกำหนดให้ความรู้สึกของผู้ใช้อาคารเสมือนอยู่ที่ 25 C.....	

สารบัญแผนภูมิ (ต่อ)

แผนภูมิที่	หน้า
4-32 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวภายในทั้ง 6 ด้านของอาคารก่ออิฐฉาบปูนที่ปรับปรุงผนังโดยติดฉนวนโพลีสไตรีนหนา 3 นิ้วภายนอกอาคาร และอุณหภูมิอากาศภายในอาคาร.....	131
4- 33 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบของอาคารก่ออิฐฉาบปูนที่ปรับปรุงผนังโดยติดฉนวนโพลีสไตรีนหนา 3 นิ้วภายนอกอาคาร อุณหภูมิอากาศภายในร่วมกับความรู้สึทึ่ของผู้ใช้อาคาร กรณีปรับอากาศ.....	134
4-33 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบของอาคารก่ออิฐฉาบปูนที่ปรับปรุงผนังโดยติดฉนวนโพลีสไตรีนหนา 3 นิ้วภายนอกอาคาร และอุณหภูมิอากาศที่ต้องการ เมื่อกำหนดให้ความรู้สึทึ่ของผู้ใช้อาคารเสมือนอยู่ที่ 25 C.....	135
4-34 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวภายในทั้ง 6 ด้านของอาคารก่ออิฐฉาบปูนที่ปรับปรุงเพดานโดยใช้สวนหลังคา ร่วมกับอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบของอาคาร และอุณหภูมิอากาศภายในอาคาร.....	138
4-36 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบของอาคารก่ออิฐฉาบปูนที่ปรับปรุงเพดานโดยใช้สวนหลังคา อุณหภูมิอากาศภายในร่วมกับความรู้สึทึ่ของผู้ใช้อาคาร กรณีปรับอากาศ.....	141
4-37 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบของพื้นผิวโดยรอบของอาคารก่ออิฐฉาบปูนที่ปรับปรุงเพดานโดยใช้สวนหลังคา และอุณหภูมิอากาศที่ต้องการ เมื่อกำหนดให้ความรู้สึทึ่ของผู้ใช้อาคารเสมือนอยู่ที่ 25 C.....	142
4-38 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวภายในทั้ง 6 ด้านของอาคารก่ออิฐฉาบปูนที่ปรับปรุงผนังโดยติดฉนวนโพลีสไตรีน 1 นิ้วภายนอกอาคารและปรับปรุงพื้นโดยติดฉนวนโพลีสไตรีน 3 นิ้วใต้อาคาร ร่วมกับอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบของอาคาร และอุณหภูมิอากาศภายในอาคาร.....	145
4- 39 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบของอาคารก่ออิฐฉาบปูนที่ปรับปรุงผนังโดยติดฉนวนโพลีสไตรีน 1 นิ้วภายนอกอาคารและปรับปรุงพื้นโดยติดฉนวนโพลีสไตรีน 3 นิ้วใต้อาคาร อุณหภูมิอากาศภายในร่วมกับความรู้สึทึ่ของผู้ใช้อาคาร กรณีปรับอากาศ.....	147

สารบัญแผนภูมิ (ต่อ)

แผนภูมิที่	หน้า
4-40	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบของอาคารก่ออิฐฉาบปูน ที่ปรับปรุงผนัง โดยคิดฉนวน โพลีสไตรีน 1 นิ้วภายนอกอาคารและปรับปรุงพื้น โดยคิดฉนวน โพลีสตี้น 3 นิ้วใต้อาคารและอุณหภูมิอากาศที่ต้องการ เมื่อกำหนดให้ความรู้สึกของผู้ใช้อาคารเสมือนอยู่ที่ 25C.....148
4-41	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวภายในทั้ง 6 ด้านของอาคารก่ออิฐฉาบปูน ที่ปรับปรุงพื้น โดยคิดฉนวน โพลีสไตรีน 3 นิ้วใต้อาคารและปรับปรุงเพดาน โดยใช้สวนหลังคา ร่วมกับอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิว โดยรอบของอาคาร และอุณหภูมิอากาศภายในอาคาร.....151
4-42	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบของอาคารก่ออิฐฉาบปูน ที่ปรับปรุงพื้น โดยคิดฉนวน โพลีสไตรีน 3 นิ้วใต้อาคารและปรับปรุงเพดาน โดยใช้สวนหลังคาอุณหภูมิอากาศภายในร่วมกับความรู้สึกของผู้ใช้อาคาร กรณีปรับอากาศ.....153
4-43	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบของอาคารก่ออิฐฉาบปูน ที่ปรับปรุงพื้น โดยคิดฉนวน โพลีสไตรีน 3 นิ้วใต้อาคารและปรับปรุงเพดาน โดย ใช้สวนหลังคาและอุณหภูมิอากาศที่ต้องการ เมื่อกำหนดให้ความรู้สึกของผู้ใช้อาคาร เสมือนอยู่ที่ 25 C.....154
4- 44	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวภายในทั้ง 6 ด้านของอาคารก่ออิฐฉาบปูน ที่ปรับปรุงผนัง โดยการคิดฉนวน โพลีสไตรีนหนา 1 นิ้ว และปรับปรุงเพดาน โดยการ ใช้สวนหลังคา ร่วมกับอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิว โดยรอบของอาคาร157
4- 45	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบของอาคารที่ปรับปรุงผนัง โดยการคิดฉนวน โพลีสไตรีนหนา 1 นิ้ว และปรับปรุงเพดาน โดยการ ใช้สวนหลังคา อุณหภูมิอากาศภายในร่วมกับความรู้สึกของผู้ใช้อาคาร กรณีปรับอากาศ.....159
4-46	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบของที่ปรับปรุงผนัง โดยการคิดฉนวน โพลีสไตรีนหนา 1 นิ้ว และปรับปรุงเพดาน โดยการ ใช้สวนหลังคาและอุณหภูมิอากาศ ที่ต้องการ เมื่อกำหนดให้ความรู้สึกของผู้ใช้อาคารเสมือนอยู่ที่ 25 C.....160
4-47	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิพื้นผิวภายในทั้ง 6 ด้านของอาคารก่ออิฐฉาบปูน ที่ปรับปรุงพื้น โดยการคิดฉนวน 3 นิ้วใต้อาคาร ปรับปรุงผนัง โดยคิดฉนวน 1 นิ้ว ภายนอกอาคาร และปรับปรุงเพดาน โดยใช้สวนหลังคา ร่วมกับอุณหภูมิเฉลี่ย ของพื้นผิวโดยรอบของอาคาร และอุณหภูมิอากาศภายในอาคาร 163

สารบัญแผนภูมิ (ต่อ)

แผนภูมิที่	หน้า
4- 48	165
แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบของอาคารก่ออิฐฉาบปูนที่ปรับปรุงพื้นที่โดยการติดฉนวน 3 นิ้วใต้อาคาร ปรับปรุงผนังโดยติดฉนวน 1 นิ้วภายนอกอาคาร และปรับปรุงเพดานโดยใช้สวนหลังคา อุณหภูมิอากาศภายในร่วมกับความรู้สึกรู้สึกของผู้ใช้อาคาร กรณีปรับอากาศ.....	
4-49	166
แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบของอาคารก่ออิฐฉาบปูนที่ปรับปรุงพื้นที่โดยการติดฉนวน 3 นิ้วใต้อาคาร ปรับปรุงผนังโดยติดฉนวน 1 นิ้วภายนอกอาคาร และปรับปรุงเพดานโดยใช้สวนหลังคา และอุณหภูมิอากาศที่ต้องการ เมื่อกำหนดให้ความรู้สึกรู้สึกของผู้ใช้อาคารเสมือนอยู่ที่ 25 C	
4-50	170
แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบของอาคารทั้ง 10 อาคารที่มีการปรับปรุงอาคารแตกต่างกัน กรณีปรับอากาศ.....	
4-51	171
แสดงการเปรียบเทียบค่าดัชนี PREDICTED PERCENTAGE of DISSATISFIED (PPD) ของอาคารทั้ง 10 กรณีที่มีการปรับปรุงอาคารแตกต่างกัน กรณีปรับอากาศ.....	
4-52	172
แสดงการเปรียบเทียบค่าดัชนี PREDICTED PERCENTAGE of DISSATISFIED (PPD) ของอาคารทั้ง 10 กรณีที่มีการปรับปรุงอาคารแตกต่างกัน กรณีปรับอากาศ.....	
4-53	173
แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบของอาคารก่ออิฐฉาบปูนทั่วไปและอาคารก่ออิฐฉาบปูนที่เลือกปรับปรุงเพียงระนาบใดระนาบหนึ่ง กรณีปรับอากาศ	
4-54	175
แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิว โดยรอบที่มีค่าสูงสุด และต่ำสุดของอาคารแต่ละชนิด.....	
4-55	177
แสดงการเปรียบเทียบค่าดัชนี PREDICTED PERCENTAGE of DISSATISFIED (PPD) ของอาคารก่ออิฐฉาบปูน และอาคารที่เลือกปรับปรุงเพียงระนาบใดระนาบหนึ่งเท่านั้น กรณีปรับอากาศ	
4-56	178
แสดงการเปรียบเทียบค่าดัชนี PREDICTED PERCENTAGE of DISSATISFIED (PPD) ของอาคารก่ออิฐฉาบปูน และอาคารที่เลือกปรับปรุงเพียงระนาบใดระนาบหนึ่งเท่านั้น กรณีปรับอากาศ.....	
4-56	183
แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบของอาคารก่ออิฐฉาบปูนทั่วไปอาคารที่เลือกปรับปรุง 2 ระนาบ และ 3 ระนาบ กรณีปรับอากาศ.....	
4-58	185
แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิว โดยรอบที่มีค่าสูงสุด และต่ำสุดของอาคารแต่ละชนิด.....	

สารบัญแผนภูมิ (ต่อ)

แผนภูมิที่	หน้า
4-59 แสดงการเปรียบเทียบค่าดัชนี PREDICTED MEAN of DISSATISFIED (PMV) ของอาคารก่ออิฐฉาบปูนทั่วไป อาคารที่เลือกปรับปรุง 2 ระนาบ และ 3 ระนาบ กรณีปรับอากาศ	187
4-60 แสดงการเปรียบเทียบค่าดัชนี PREDICTED PERCENTAGE of DISSATISFIED (PPD) ของอาคารก่ออิฐฉาบปูนทั่วไป อาคารที่เลือกปรับปรุง 2 ระนาบ และ 3 ระนาบ กรณีปรับอากาศ	188
5-1 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบที่มีค่าสูงสุด และต่ำสุด ความรู้สึก เสมือนของผู้อยู่อาศัย และอุณหภูมิอากาศที่ต้องการเพื่อรักษาความรู้สึกเสมือนของผู้ อยู่อาศัยที่ 25 องศาเซลเซียส ณ.เวลาที่อุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบมีค่าสูงสุด และต่ำ สุดของอาคารทั้ง 10 กรณี.....	195
5-2 การเปรียบเทียบค่า PREDICTED MEAN VOTE (PMV) ตลอด 24 ชั่วโมง แบ่งเป็น 3 ช่วงเวลา.....	196
5-3 แสดงการเปรียบเทียบอาคารที่ปรับปรุงกับอาคารก่ออิฐฉาบปูน โดยพิจารณา สภาวะนำสบายตลอด 24 ชั่วโมง	199