

การวิเคราะห์พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารของเรือนไทย



นายดิเรก วงศ์พนิตกฤต

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์


คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2543

ISBN 974-13-1267-9

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

AN ANALYSIS OF THE HEAT TRANSFER BEHAVIORS  
THROUGH BUILDING ENVELOPE OF THE TRADITIONAL THAI HOUSE



Mr.Direk Wongpanitkrit

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

Department of Architecture

Faculty of Architecture

Chulalongkorn University

Academic Year 2000

ISBN 974-13-1267-9



ดิเรก วงศ์พนิตกฤต : การวิเคราะห์พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารของเรือนไทย  
(AN ANALYSIS OF THE HEAT TRANSFER BEHAVIORS THROUGH BUILDING ENVELOPE OF THE  
TRADITIONAL THAI HOUSE) อาจารย์ที่ปรึกษา: ศาสตราจารย์ ดร.สุนทร บุญญาธิการ, อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม:  
ศาสตราจารย์ ม.ร.ว.เน่งน้อย ศักดิ์ศรี , 181 หน้า. ISBN 974-13-1267-9.

เรือนไทยจัดได้ว่าเป็นสถาปัตยกรรมที่ตอบสนองต่อลักษณะของวิถีชีวิต ความเป็นอยู่ และสภาพแวดล้อมของไทย เมื่อสภาพแวดล้อมยังสมบูรณ์เช่นในอดีต โดยเป็นการสร้างสรรค์ที่เกิดจากการทำความเข้าใจเงื่อนไขและปัจจัยทางธรรมชาติของท้องถิ่น เมื่อสภาพแวดล้อมเปลี่ยนไปจึงเกิดคำถามถึงความเหมาะสมในเชิงอุณหภูมิของเรือนไทยในการตอบสนองต่อการอยู่อาศัยในสภาวะน่าสบายภายใต้สภาพแวดล้อมปัจจุบันซึ่งมีอุณหภูมิอากาศสูงขึ้นกว่าในอดีตมาก การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาอิทธิพลของตัวแปรที่ส่งผลกระทบต่อถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารส่วนต่างๆของเรือนไทย การวิเคราะห์พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารเรือนไทยภายใต้สภาวะแวดล้อมจริงและการทำความเข้าใจในศักยภาพและข้อจำกัดของเรือนไทยในเชิงพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน

การวิจัยมีการเก็บข้อมูล 2 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนแรกเป็นการเก็บข้อมูลจากการจำลองสภาพส่วนต่างๆของเปลือกอาคาร หลังคามีส้วมที่ทำการศึกษาคือ วัสดุผนังหลังคา และมุมเฉียง ผนังมีตัวแปรที่ทำการศึกษาคือ ทิศทางการวางผนัง สภาวะการได้รับรังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์ และสภาวะการไหลเวียนอากาศ การทดสอบพื้นจะเป็นการศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของเปลือกอาคารที่ไม่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการแลกเปลี่ยนความร้อนกับดิน ขั้นตอนต่อมาคือการเก็บข้อมูลจากอาคารกรณีศึกษาซึ่งพิจารณาเลือกศูนย์ส่งเสริมวัฒนธรรมแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยจะเก็บข้อมูลในกรณีที่มีการปิดหน้าต่างและเปิดหน้าต่าง

ผลการวิจัยหากเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดพบว่า หลังคาห่อผ้าจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าหลังคากระเบื้องดินเผาถึง 5.37 องศาเซลเซียส ขณะที่หลังคามุมเฉียง 60 องศาจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าหลังคามุมเฉียง 45 องศา และ 30 องศาเป็น 2.17 องศาเซลเซียส และ 2.63 องศาเซลเซียสตามลำดับ จากผลของการวิเคราะห์ห่อผ้าภายใต้สภาวะการได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและสภาวะการไหลเวียนอากาศต่างๆพบว่าผนังที่ไม่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการไหลเวียนอากาศจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าผนังภายใต้สภาวะอื่นๆและมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเพียง 1.13 องศาเซลเซียส ขณะที่ผนังที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีการไหลเวียนอากาศจะมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกถึง 9.10 องศาเซลเซียส รังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและการไหลเวียนอากาศจะส่งผลต่อผนังทิศทางต่างๆ โดยผนังที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงมีอุณหภูมิอากาศภายในของผนังแต่ละทิศทางแตกต่างกันอย่างชัดเจน การไหลเวียนอากาศจะช่วยลดความแตกต่างของอุณหภูมิผนังในแต่ละทิศทาง จากผลของการวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนผ่านพื้นพบว่าอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดที่ใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศภายนอกมาก สำหรับเรือนไทยกรณีศึกษานี้มีการปรับเปลี่ยนวัสดุโครงสร้างเพื่อความเหมาะสมกับประโยชน์ใช้สอย ในขณะที่เดียวกันก็จะส่งผลต่อพฤติกรรมของการถ่ายเทความร้อนที่แตกต่างจากเรือนไทยในอดีต ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยจึงสามารถสรุปเฉพาะเรือนไทยกรณีศึกษานี้เท่านั้น โดยพบว่าเรือนไทยกรณีศึกษาที่ปิดหน้าต่างจะมีอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก 2.39 องศาเซลเซียสและมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย 1.24 องศาเซลเซียส หากเปิดหน้าต่างมีอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดและอุณหภูมิเฉลี่ยใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศภายนอก โดยมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเล็กน้อย จากผลการวิจัยสรุปได้ว่าอุณหภูมิอากาศภายในเรือนไทยกรณีศึกษาที่ปิดหน้าต่างและเปิดหน้าต่างจะแปรผันตามสภาพอากาศภายนอกและมีอุณหภูมิที่ใกล้เคียงโดยจะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกตลอดทั้งวัน ด้วยเหตุนี้อุณหภูมิอากาศภายในเรือนจะสูงมากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับลักษณะของสภาพแวดล้อมภายนอก

ภาควิชา.....สถาปัตยกรรมศาสตร์.... ลายมือชื่อนิสิต.....  
สาขาวิชา.....เทคโนโลยีอาคาร..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....  
ปีการศึกษา 2543 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

##4274117325 : MAJOR BUILDING TECHNOLOGY

KEY WORD: TRADITIONAL THAI HOUSE/ HEAT TRANSFER BEHAVIORS

DIREK WONGPANITKRIT: AN ANALYSIS OF THE HEAT TRANSFER BEHAVIORS THROUGH BUILDING ENVELOPE OF THE TRADITIONAL THAI HOUSE. THESIS ADVISOR: PROF. SOONTORN BOONYATIKARN, Ph.D. THESIS CO-ADVISOR: PROF.M.R.NENGOI SUKSRI. 181 pp. ISBN 974-13-1267-9

The traditional Thai house is the architecture that respond to the Thai lifestyle and Thai environment when the environment was still completed in the past. It was created by the understanding of the environmental condition and environmental assets. As the environment has changed, there is the question in the appropriateness of the traditional Thai house and thermal comfort in the present environment. The objectives of this research are to study the impacts of variables that affect the heat transfer through each part of the building envelope. To analyze the behavior of heat transfer through building envelope by the actual environment. Finally, to understand the potential and limitations of the heat transfer behavior through the building envelope of the traditional Thai house.

According to the research methodology, there are 2 steps for data collection. First, data is collected from the simulations in each part of the building envelope. Variables of roof simulation involve the roof materials and the roof slope. Variables of wall simulation are wall orientation, shading condition and ventilation condition. For floor simulation, the issue is to study the heat transfer behavior through the envelope that is not affected from direct solar radiation and exchanged heat with the ground. Second, data is collected from the case study in the closed and the opened window condition.

According to the findings, the maximum air temperature inside the test cell of lalang roof is  $5.37^{\circ}\text{C}$  lower than the tile roof. The temperature of 60 degree slope roof is  $2.17^{\circ}\text{C}$  and  $2.63^{\circ}\text{C}$  lower than the 45 and 30 degree slope roofs respectively. From the analysis of wall simulation under different shading and ventilation condition, the temperature of the shaded and ventilated wall is the lowest one, there is only  $1.13^{\circ}\text{C}$  higher than the outside air temperature. While the temperature of the no-shaded and no-ventilated wall is the highest one,  $9.10^{\circ}\text{C}$  higher than the maximum of outside air temperature. Direct solar radiation and ventilation condition affect the temperature of the wall in different orientations. In the condition that the wall receives direct solar radiation (without shading), the temperature of the wall in different orientation is obviously different. Ventilation condition can decrease that difference. From the analysis of floor simulation, the maximum air temperature inside the test cell is near to the maximum of outside air temperature. In the case study, by the adaptation of material and construction, that cause the heat transfer behavior to be different from the real traditional Thai house. Therefore the analysis is concluded only for this case study (not in general). In the case study with closed window condition, the inside air temperature is  $2.38^{\circ}\text{C}$  higher than the outside air temperature for the maximum temperature, and  $1.24^{\circ}\text{C}$  for the average temperature. While in the case study with opened window condition, the maximum and the average inside air temperature is slightly higher than the outside air temperature. From the findings, the inside air temperature of the case study in any condition is higher than the outside air temperature. The temperature varies according to the characteristics of the environment.

Department..... Architecture.....Student's signature.....

Field of study...Building technology..... Advisor's signature.....

Academic year 2000.....Co-advisor's signature.....

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลือ ความเอาใจใส่ ให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะของศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ ตลอดช่วงเวลาการทำวิทยานิพนธ์ ตั้งแต่เริ่มต้นจนสำเร็จลุล่วง รวมทั้งศาสตราจารย์ หม่อมราชวงศ์ แฉ่งน้อย ศักดิ์ศรี อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม สำหรับคำแนะนำเกี่ยวกับเรื่องเรือนไทย และอาจารย์ ดร. วรสันต์ บุรณากาญจน์ กรรมการตรวจวิทยานิพนธ์ที่ให้ความเอาใจใส่ ห่วงใย ได้ถามถึงความคืบหน้าของงานวิจัยชิ้นนี้เสมอมา และเนื่องจากทุนการวิจัย ครั้งนี้บางส่วนได้รับจากทุนอุดหนุนและส่งเสริมวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท - เอกในสถาบันอุดมศึกษาของรัฐ ของทบวงมหาวิทยาลัย จึงขอขอบพระคุณทบวงมหาวิทยาลัยมา ณ ที่นี้ด้วย ขอขอบคุณเพื่อนๆทุกคนที่ช่วยเหลือเกื้อกูลกันเสมอมา

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณครอบครัววงศ์พนิตกฤตทุกคน ที่ให้การสนับสนุนผู้วิจัยในทุกด้าน และประโยชน์ของวิทยานิพนธ์นี้ข้าพเจ้าขออุทิศแก่คุณพ่อผู้ล่วงลับที่เป็นแรงใจให้ผู้วิจัยตลอดมา



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	จ
กิตติกรรมประกาศ .....	ฉ
สารบัญ .....	ช
สารบัญตาราง .....	ญ
สารบัญภาพ .....	ฎ
สารบัญแผนภูมิ .....	ฏ
บทที่ 1 บทนำ .....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา .....	2
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย .....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย .....	3
1.4 สมมติฐานของการวิจัย .....	4
1.5 วิธีดำเนินการวิจัย .....	4
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ .....	6
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	7
2.1 หลักการถ่ายเทความร้อน .....	7
2.1.1 การถ่ายเทความร้อนโดยการนำ .....	7
2.1.2 การถ่ายเทความร้อนโดยการพา .....	8
2.1.3 การถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสี .....	9
2.2 อิทธิพลจากดวงอาทิตย์ .....	11
2.2.1 การคำนวณพิกัดของดวงอาทิตย์บนท้องฟ้า .....	12
2.2.2 อิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์และสภาวะอากาศโดยรอบ .....	14
2.3 การถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคาร .....	15
2.4 คุณสมบัติทางความร้อนของวัสดุเปลือกอาคาร .....	16
2.4.1 ค่าการนำความร้อน ความต้านทานความร้อน และการส่งผ่าน ความร้อน .....	16



## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4.2 ลักษณะของพื้นผิวที่เกี่ยวข้องกับการแผ่รังสี .....	19
2.4.3 ค่าสัมประสิทธิ์ของพื้นผิว .....	21
2.4.4 ค่าความจุความร้อน .....	21
2.4.5 ค่าการกระจายความร้อน .....	22
2.5 ผลทางความร้อนของวัสดุเปลือกอาคาร .....	23
2.6 ลักษณะทางสถาปัตยกรรมของเรือนไทย .....	25
2.6.1 ลักษณะโดยทั่วไป .....	26
2.6.2 รายละเอียดของเปลือกอาคารเรือนไทย .....	29
<b>บทที่ 3</b> <b>วิธีดำเนินการวิจัย</b> .....	<b>32</b>
3.1 การกำหนดวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือ สถานที่ทดลองและอาคารกรณีศึกษา .....	32
3.1.1 กำหนดวัสดุเปลือกอาคารที่จะนำมาใช้ในการทดลอง.....	32
3.1.2 กล้องทดลอง .....	34
3.1.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวัดค่าอุณหภูมิ อ่านค่าอุณหภูมิ และบันทึก ข้อมูลของการทดสอบ .....	36
3.1.4 สถานที่ทดลอง .....	38
3.1.5 อาคารกรณีศึกษา .....	38
3.2 การเทียบมาตรฐาน (calibration) ของเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการ ทดลอง .....	41
3.2.1 การเทียบมาตรฐานเครื่องมือที่ใช้วัดค่าอุณหภูมิ .....	41
3.2.2 การเทียบมาตรฐานกล้องทดลอง .....	43
3.3 ดำเนินการทดลองเพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของตัวแปรที่มีต่อพฤติกรรม ถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารของเรือนไทย .....	45
3.3.1 การทดสอบพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคา .....	45
3.3.2 การทดสอบพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนัง .....	47
3.3.3 การทดสอบพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านพื้น .....	54
3.4 ดำเนินการเก็บข้อมูลจากอาคารกรณีศึกษา .....	55



## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.5 หลักเกณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน .....	58
3.5.1 ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านเปลือกอาคาร .....	58
3.5.2 ทิศทางการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคาร .....	59
<b>บทที่ 4 การวิเคราะห์ผลการทดลอง .....</b>	<b>60</b>
4.1 การวิเคราะห์พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคา .....	60
4.2 การวิเคราะห์พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนัง .....	79
4.3 การวิเคราะห์พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านพื้น .....	119
<b>บทที่ 5 กรณีศึกษา .....</b>	<b>125</b>
5.1 การวิเคราะห์พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารเรือนไทย ที่ปิดหน้าต่าง .....	136
5.2 การวิเคราะห์พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารเรือนไทย ที่เปิดหน้าต่าง .....	147
<b>บทที่ 6 บทสรุปและข้อข้อเสนอแนะ .....</b>	<b>149</b>
6.1 บทสรุป .....	149
6.2 ข้อเสนอแนะ .....	169
รายการอ้างอิง .....	171
ภาคผนวก .....	173
ภาคผนวก ก .....	174
ภาคผนวก ข .....	176
ภาคผนวก ค .....	177
ภาคผนวก ง .....	178
ภาคผนวก จ .....	179
ภาคผนวก ฉ .....	180
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ .....	181

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2-1	แสดงทิศทางการวางแผนเทียบมูมกับทิศใต้	13
3-1	แสดงตัวอย่างค่าตัวประกอบที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยสมการถดถอยเพื่อปรับมาตรฐานของสายสัญญาณ.....	41
3-2	แสดงตัวอย่างค่าตัวประกอบที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยสมการถดถอยเพื่อปรับมาตรฐานของกลุ่มทดลอง.....	43



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2-1	แสดง Solar Angle บนระนาบแนวนอนและแนวตั้ง.....	12
2-2	แสดงลักษณะโดยทั่วไปของเรือนไทย.....	25
2-3	แสดงลักษณะการยกใต้ถุนสูงของเรือนไทย.....	26
2-4	แสดงลักษณะของหลังคาเรือนไทยที่มีลักษณะค่อนข้างชัน.....	27
2-5	แสดงลักษณะของชานเรือน.....	27
2-6	แสดงลักษณะโครงสร้างรับพื้นชานที่เป็นไม้.....	28
2-7	แสดงพื้นชานที่ตีเว้นร่อง.....	29
2-8	พื้นภายในตัวเรือนที่ตีขีดเข้าลิ้น.....	29
2-9	แสดงลักษณะผนังเรือนที่เป็นผนังปะกนที่ทำจากไม้ซึ่งเป็นวัสดุมวลสารน้อยไม่ กักเก็บความร้อน.....	30
2-10	ส่วนหน้าต่างที่ปิดอยู่ทำให้มีลักษณะเหมือนส่วนของผนัง.....	30
2-11	แสดงลักษณะวัสดุผนังหลังคาที่ทำจากกระเบื้องดินเผา.....	31
2-12	แสดงลักษณะวัสดุผนังหลังคาที่ทำจากจาก.....	31
3-1	แสดงลักษณะกระเบื้องดินเผาที่นำมาให้ทดสอบคุณสมบัติวัสดุผนังหลังคา.....	32
3-2	แสดงลักษณะหญ้าคาที่นำมาให้ทดสอบคุณสมบัติวัสดุผนังหลังคา.....	32
3-3	แสดงลักษณะผนังปะกนไม้สักที่นำมาใช้ในการทดสอบในกรณีที่ไม่มีการไหล เวียนอากาศ.....	33
3-4	แสดงลักษณะผนังปะกนไม้สักที่นำมาใช้ในการทดสอบในกรณีที่มีการไหลเวียน อากาศ.....	33
3-5	แสดงลักษณะพื้นไม้แดงที่นำมาทดสอบ.....	33
3-6	แสดงรายละเอียดของกล่องทดลอง.....	34
3-7	แสดงลักษณะโครงสร้างของกล่องทดลอง.....	35
3-8	แสดงลักษณะกล่องทดลองเมื่อทำการติดตั้งวัสดุที่นำมาทดสอบแล้ว.....	35
3-9	แสดงลักษณะสายสัญญาณที่ใช้ในการทดลอง.....	36
3-10	แสดงลักษณะหัวเทอร์มิสเตอร์ขนาดความต้านทาน 10 กิโลโอห์ม ที่ใช้ในการวัด อุณหภูมิ.....	36
3-11	เครื่องมือที่ใช้ในการรับสัญญาณเป็นเครื่อง data logger โดยเลือกใช้ Sciometric Instruments System 200 Model 236 Hardware.....	36

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
3-12	แสดงการติดตั้งเครื่องมือ.....	37
3-13	แสดงสถานที่ทำการทดลองซึ่งเป็นที่โล่ง.....	38
3-14	แสดงผังของศูนย์ส่งเสริมวัฒนธรรมแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยซึ่งใช้เป็นกรณีศึกษา.....	39
3-15	แสดงมุมมองจากทิศใต้ของเรือนที่ใช้เป็นกรณีศึกษา.....	40
3-16	แสดงผนังด้านทิศตะวันตกและที่โล่งด้านทิศเหนือ.....	40
3-17	แสดงมุมมองสู่ผนังด้านทิศตะวันออก.....	40
3-18	แสดงลักษณะได้ฤกษ์เรือนกรณีศึกษา.....	40
3-19	แสดงลักษณะการเทียบมาตรฐานของสายสัญญาณ.....	43
3-20	แสดงการเทียบมาตรฐานของกล่องทดลอง.....	43
3-21	แสดงลักษณะของกล่องทดลองเพื่อทดสอบตัวแปรวัสดุผนังหลังคา.....	45
3-22	แสดงลักษณะของกล่องทดลองเพื่อทดสอบตัวแปรมุมเอียงของหลังคา.....	46
3-23	แสดงลักษณะการจัดวางกล่องทดลองผนังเพื่อทดสอบตัวแปรเรื่องทิศทาง ภายใต้สภาวะที่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีการไหลเวียนอากาศ.....	47
3-24	แสดงตำแหน่งการวัดอุณหภูมิของกล่องทดลองผนังภายใต้สภาวะที่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีการไหลเวียนอากาศ.....	48
3-25	แสดงลักษณะการจัดวางกล่องทดลองผนังเพื่อทดสอบตัวแปรเรื่องทิศทาง ภายใต้สภาวะที่ไม่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีการไหลเวียนอากาศ.....	49
3-26	แสดงตำแหน่งการวัดอุณหภูมิของกล่องผนังทดลองภายใต้สภาวะที่ไม่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีการไหลเวียนอากาศ.....	49
3-27	แสดงลักษณะการจัดวางกล่องทดลองผนังเพื่อทดสอบตัวแปรเรื่องทิศทาง ภายใต้สภาวะที่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการไหลเวียนอากาศ.....	50
3-28	แสดงตำแหน่งการวัดอุณหภูมิของกล่องทดลองผนังภายใต้สภาวะที่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการไหลเวียนอากาศ.....	50

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
3-29	แสดงลักษณะการจัดวางกล่องทดลองผนังเพื่อทดสอบตัวแปรเรื่องทิศทางภายใต้สภาวะที่ไม่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีกรไหลเวียนอากาศ.....	51
3-30	แสดงตำแหน่งการวัดอุณหภูมิของกล่องทดลองผนังภายใต้สภาวะที่ไม่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีกรไหลเวียนอากาศ.....	52
3-31	แสดงลักษณะการจัดวางกล่องทดลองผนังเพื่อทดสอบตัวแปรเรื่องสภาวะการได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและสภาวะการไหลเวียนอากาศ.....	53
3-32	แสดงตำแหน่งการวัดอุณหภูมิของกล่องทดลองพื้น.....	54
3-33	แสดงภาพตัดตำแหน่งการวัดอุณหภูมิเรือนไทยกรณีศึกษา.....	56
3-34	แสดงผังตำแหน่งการวัดอุณหภูมิเรือนไทยกรณีศึกษา.....	57

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิที่		หน้า
3-1	แสดงค่าการวัดอุณหภูมิของสายสัญญาณภายหลังจากปรับเทียบมาตรฐานแล้ว.....	42
3-2	แสดงอุณหภูมิของกล่องทดลองภายหลังจากการปรับมาตรฐานแล้ว.....	44
4-1	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวด้านนอกของหลังคาทางทิศใต้ของหลังคาที่มีวัสดุผนังหลังคาแตกต่างกัน.....	61
4-2	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวด้านนอกของหลังคาทางทิศเหนือของหลังคาที่มีวัสดุผนังหลังคาแตกต่างกัน.....	62
4-3	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวด้านในของหลังคาทางทิศใต้ของหลังคาที่มีวัสดุผนังหลังคาแตกต่างกัน.....	63
4-4	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวด้านในของหลังคาทางทิศเหนือของหลังคาที่มีวัสดุผนังหลังคาแตกต่างกัน.....	64
4-5	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในของหลังคาที่มีวัสดุผนังหลังคาแตกต่างกัน.....	65
4-6	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วง 24 ชั่วโมงของหลังคาที่มีวัสดุผนังแตกต่างกัน.....	66
4-7	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวด้านนอกของหลังคาทางทิศใต้ของหลังคากระเบื้องดินเผาที่มีมุมเอียงแตกต่างกัน.....	70
4-8	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวด้านนอกของหลังคาทางทิศเหนือของหลังคากระเบื้องดินเผาที่มีมุมเอียงแตกต่างกัน.....	71
4-9	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวด้านในของหลังคาทางทิศใต้ของหลังคาที่มีมุมเอียงแตกต่างกัน.....	72
4-10	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวด้านในของหลังคาทางทิศเหนือของหลังคาที่มีมุมเอียงแตกต่างกัน.....	73
4-11	แสดงอุณหภูมิอากาศภายในของหลังคาที่มีมุมเอียงแตกต่างกัน.....	74
4-12	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วง 24 ชั่วโมงของหลังคาที่มีมุมเอียงแตกต่างกัน.....	75



## สารบัญแผนภูมิ (ต่อ)

แผนภูมิที่		หน้า
4-13	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังด้านนอกของกล่องทดลองผนังที่หันไปทางทิศต่างๆ ภายใต้สภาวะที่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีการไหลเวียนอากาศ.....	80
4-14	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังด้านในของกล่องทดลองผนังที่หันไปทางทิศต่างๆ ภายใต้สภาวะที่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีการไหลเวียนอากาศ.....	81
4-15	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในของกล่องทดลองผนังที่หันไปทางทิศต่างๆ ภายใต้สภาวะที่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีการไหลเวียนอากาศ.....	82
4-16	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงเวลา 24 ชั่วโมงของกล่องทดลองผนังทิศต่างๆ ภายใต้สภาวะที่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีการไหลเวียนอากาศ.....	83
4-17	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังด้านนอกของกล่องทดลองผนังที่หันไปทางทิศต่างๆ ภายใต้สภาวะที่ไม่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีการไหลเวียนอากาศ.....	88
4-18	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังด้านในของกล่องทดลองผนังที่หันไปทางทิศต่างๆ ภายใต้สภาวะที่ไม่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีการไหลเวียนอากาศ.....	89
4-19	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในของกล่องทดลองผนังที่หันไปทางทิศต่างๆ ภายใต้สภาวะที่ไม่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีการไหลเวียนอากาศ.....	90
4-20	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงเวลา 24 ชั่วโมงของกล่องทดลองผนังทิศต่างๆ ภายใต้สภาวะที่ไม่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีการไหลเวียนอากาศ.....	91
4-21	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังด้านนอกของกล่องทดลองผนังที่หันไปทางทิศต่างๆ ภายใต้สภาวะที่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีมีการไหลเวียนอากาศ.....	96



## สารบัญแผนภูมิ (ต่อ)

แผนภูมิที่		หน้า
4-22	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังด้านในของกล่องทดลองผนังที่หันไปทางทิศต่างๆ ภายใต้สภาวะที่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการไหลเวียนอากาศ.....	97
4-23	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในของกล่องทดลองผนังที่หันไปทางทิศต่างๆ ภายใต้สภาวะที่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการไหลเวียนอากาศ.....	98
4-24	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงเวลา 24 ชั่วโมงของกล่องทดลองผนังทิศต่างๆ ภายใต้สภาวะที่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการไหลเวียนอากาศ.....	99
4-25	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังด้านนอกของกล่องทดลองผนังที่หันไปทางทิศต่างๆ ภายใต้สภาวะที่ไม่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการไหลเวียนอากาศ.....	104
4-26	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังด้านในของกล่องทดลองผนังที่หันไปทางทิศต่างๆ ภายใต้สภาวะที่ไม่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการไหลเวียนอากาศ.....	105
4-27	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในของกล่องทดลองผนังที่หันไปทางทิศต่างๆ ภายใต้สภาวะที่ไม่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการไหลเวียนอากาศ.....	106
4-28	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงเวลา 24 ชั่วโมงของกล่องทดลองผนังทิศต่างๆ ภายใต้สภาวะที่ไม่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการไหลเวียนอากาศ.....	107
4-29	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังด้านนอกของกล่องทดลองผนัง ภายใต้สภาวะที่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและการไหลเวียนอากาศที่แตกต่างกัน.....	112
4-30	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังด้านในของกล่องทดลองผนังภายใต้สภาวะที่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและการไหลเวียนอากาศที่แตกต่างกัน.....	113

## สารบัญแผนภูมิ (ต่อ)

แผนภูมิที่		หน้า
4-31	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในของกล่องทดลองผนังภายใต้สภาวะที่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและการไหลเวียนอากาศที่แตกต่างกัน.....	114
4-32	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงเวลา 24 ชั่วโมงของกล่องทดลองภายใต้สภาวะที่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและการไหลเวียนอากาศที่แตกต่างกัน.....	115
4-33	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศ ณ ตำแหน่งต่างๆของกล่องทดลองพื้น..	120
4-34	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิว ณ ตำแหน่งต่างๆของกล่องทดลองพื้น.....	121
4-35	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศ ณ ตำแหน่งต่างๆในช่วง 24 ชั่วโมงของกล่องทดลองพื้น.....	122
5-1	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในเรือนไทยที่ปิดหน้าต่างและอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมบริเวณเรือนไทย.....	127
5-2	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในเรือนไทยที่ปิดหน้าต่างและอุณหภูมิผิวด้านในของหลังคาเรือนไทย.....	128
5-3	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในเรือนไทยที่ปิดหน้าต่างและอุณหภูมิผิวด้านนอกของผนังเรือนไทย.....	129
5-4	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในเรือนไทยที่ปิดหน้าต่างและอุณหภูมิผิวด้านในของผนังเรือนไทย.....	130
5-5	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในเรือนไทยที่ปิดหน้าต่างและอุณหภูมิพื้นของเรือนไทย.....	131
5-6	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆบริเวณใต้ถุนของเรือนไทยที่ปิดหน้าต่าง.....	132
5-7	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในเรือนไทยที่ปิดหน้าต่างและอุณหภูมิอากาศที่ระดับต่างๆ.....	133
5-8	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วง 24 ชั่วโมงของอุณหภูมิอากาศภายในเรือนไทยที่ปิดหน้าต่างและสภาพแวดล้อมบริเวณเรือนไทย.....	134

สารบัญแผนภูมิ (ต่อ)

แผนภูมิที่		หน้า
5-9	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วง 24 ชั่วโมงของอุณหภูมิอากาศภายในเรือนไทยที่เปิดหน้าต่างและอุณหภูมิอากาศ ณ ระดับต่างๆของเรือนไทย.....	135
5-10	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในเรือนไทยที่เปิดหน้าต่างและอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมบริเวณเรือนไทย.....	138
5-11	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในเรือนไทยที่เปิดหน้าต่างและอุณหภูมิมิวต์ด้านในของหลังคาเรือนไทย.....	139
5-12	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในเรือนไทยที่เปิดหน้าต่างและอุณหภูมิมิวต์ด้านนอกของผนังเรือนไทย.....	140
5-13	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในเรือนไทยที่เปิดหน้าต่างและอุณหภูมิมิวต์ด้านในของผนังเรือนไทย.....	141
5-14	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในเรือนไทยที่เปิดหน้าต่างและอุณหภูมิพื้นของเรือนไทย.....	142
5-15	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆบริเวณใต้ถุนของเรือนไทยที่เปิดหน้าต่าง.....	143
5-16	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในเรือนไทยที่เปิดหน้าต่างและอุณหภูมิอากาศที่ระดับต่างๆ.....	144
5-17	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วง 24 ชั่วโมงของอุณหภูมิอากาศภายในเรือนไทยที่เปิดหน้าต่างและสภาพแวดล้อมบริเวณเรือนไทย.....	145
5-18	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วง 24 ชั่วโมงของอุณหภูมิอากาศภายในเรือนไทยที่เปิดหน้าต่างและอุณหภูมิอากาศ ณ ระดับต่างๆของเรือนไทย.....	146
6-1	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในเรือนไทยที่เปิดหน้าต่างกับอุณหภูมิอากาศภายนอกและอุณหภูมิอากาศที่ยังคงอยู่ในสภาวะน่าสบาย....	167
6-2	แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในเรือนไทยที่เปิดหน้าต่างกับอุณหภูมิอากาศภายนอกและอุณหภูมิอากาศที่ยังคงอยู่ในสภาวะน่าสบาย....	168

## บทที่ 1

### บทนำ

เรือนพักอาศัยพื้นถิ่นในแต่ละท้องถิ่นที่นิยมสร้างสืบเนื่องกันมามีลักษณะเฉพาะตัว อันเนื่องมาจากความแตกต่างทางด้านวิถีชีวิต วัฒนธรรม กระบวนการวิวัฒนาการทางสังคม ลักษณะภูมิประเทศและภูมิอากาศ อาจจะสามารถกล่าวได้ว่าเรือนพักอาศัยพื้นถิ่นเป็นงานที่มีลักษณะร่วมของสังคม เป็นผลผลิตทางความคิดสร้างสรรค์โดยเป็นไปตามธรรมชาติของกลุ่มชนในสังคม ด้วยว่าประสบการณ์และความชำนาญของกลุ่มชนในการสร้างสรรค์สถาปัตยกรรมขึ้นมานั้นเป็นมรดกทางสังคมที่ถ่ายทอดต่อกันมาอันแสดงให้เห็นถึง ปรากฏการณ์ทางวัฒนธรรมและวิวัฒนาการทางความคิดสร้างสรรค์ของสังคมนั้นเอง

การศึกษาหรือตีความหมายของสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นซึ่งในงานวิจัยนี้หมายถึงเรือนพักอาศัยพื้นถิ่นและเรือนพักอาศัยที่มีรูปแบบทางประเพณีนิยม จะทำให้ทราบถึงเค้าเงื่อนของปัญหาในการดำรงชีวิตของชาวบ้านทั่วไป อีกทั้งยังทำให้ทราบถึงอัจฉริยภาพในการแก้ปัญหาด้วยภูมิปัญญาของชาวบ้าน อันเป็นภูมิปัญญาที่เป็นตัวแทนของกลุ่มชน ซึ่งแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบกับความต้องการของผู้อยู่อาศัยอย่างแท้จริง นอกจากนี้แล้วยังแสดงให้เห็นถึงบทบาทของที่ตั้ง และลักษณะของสภาพภูมิอากาศในแต่ละแห่งซึ่งมีอิทธิพลสำคัญต่อการกำหนดรูปทรงของอาคาร รูปแบบและระเบียบวิธีในการก่อสร้าง ตลอดจนการเลือกใช้วัสดุให้สอดคล้องกับบริบททางสภาพแวดล้อมและบริบททางวัฒนธรรมของท้องถิ่นนั้นๆ

เรือนไทยจัดได้ว่าเป็นสถาปัตยกรรมพื้นถิ่นที่มีเอกลักษณ์เฉพาะตัว อีกทั้งยังตอบสนองต่อลักษณะของวิถีชีวิต ความเป็นอยู่ และสภาพแวดล้อมของไทย โดยเป็นการสร้างสรรค์ที่เกิดจากการทำความเข้าใจเงื่อนไขและปัจจัยทางธรรมชาติของท้องถิ่นจนเกิดเป็นลักษณะทางสถาปัตยกรรมที่ถึงพร้อมซึ่งสุนทรีย์และคุณภาพชีวิตที่ดีของผู้อยู่อาศัยในลักษณะสภาพแวดล้อมที่สมบูรณ์ เรื่องของเรือนไทยนั้นได้มีผู้ศึกษาวิเคราะห์ไว้มากมาย ในประเด็นของ รูปแบบ โครงสร้าง ประเพณี คติความเชื่อ รวมไปถึงการวิเคราะห์ลักษณะของที่ว่าง ในการวิจัยนี้จะเป็นอีกมุมมองหนึ่งที่มองและวิเคราะห์เรือนไทยในเชิงพฤติกรรมกรถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคาร

## 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เรือนไทยเป็นสถาปัตยกรรมที่ได้รับการสร้างสรรค์ขึ้นมาได้อย่างสอดคล้องกับสภาพแวดล้อมและสภาพภูมิอากาศ เป็นการออกแบบที่ประสานสอดคล้องกับปัจจัยทางธรรมชาติของท้องถิ่น การเลือกใช้วัสดุธรรมชาติ ซึ่งเป็นวัสดุมวลเบาในการก่อสร้างมีคุณสมบัติการสะสมความร้อนน้อยทำให้อุณหภูมิภายในเรือนค่อยๆตามและเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิอากาศภายนอก การใช้การไหลเวียนอากาศเพื่อลดความร้อนภายในอาคารโดยที่ลักษณะของเปลือกอาคารนั้นเป็นลักษณะที่เอื้ออำนวยให้กระแสลมสามารถแทรกผ่านได้โดยสะดวก อีกทั้งลักษณะการวางทิศทางของตัวเรือนให้ได้รับลมอย่างเต็มที่ การยกใต้ถุนสูงเพื่อให้อากาศถ่ายเทและได้รับความเย็นจากพื้นดินเมื่อมีการใช้พื้นที่ใต้ถุนในเวลากลางวัน ลักษณะของหลังคาที่สูงชันและไม่มีฝ้าเพดานช่วยให้อากาศไหลเวียนและลดอิทธิพลการถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสีจากหลังคา และลักษณะการยื่นชายคาที่ยาวเพื่อป้องกันอิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์ที่จะกระทบผนังเรือน จึงนับได้ว่าเรือนไทยมีความเหมาะสมอย่างยิ่งกับสภาพภูมิอากาศของไทย เมื่อสภาพแวดล้อมยังสมบูรณ์เช่นในอดีต

ท่ามกลางสภาพแวดล้อมปัจจุบันที่มีความเปลี่ยนแปลงไปจากอดีต อุณหภูมิอากาศของสภาพแวดล้อมที่สูงขึ้นทำให้เรือนไทยซึ่งเป็นอัจฉริยภาพแห่งสถาปัตยกรรมในอดีตนั้น อาจจะไม่มีความเหมาะสมและไม่ตอบสนองต่อการใช้งานในสภาพแวดล้อมปัจจุบัน ในการวิจัยนี้จะเป็นส่วนช่วยทำให้ทราบถึงศักยภาพและข้อจำกัดของลักษณะของเรือนไทยในเชิงพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารซึ่งจะส่งผลกระทบต่อความรู้สึกร้อน หนาวของผู้อยู่อาศัย อีกทั้งยังแสดงให้เห็นถึงระดับความสำคัญของตัวแปรที่เกิดจากสภาพแวดล้อมและองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรม ผลสืบเนื่องจากการวิจัยนี้อาจจะสามารถใช้เป็นแนวทางในการลดอิทธิพลที่มีต่อการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ในการวิเคราะห์พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารของเรือนไทย ได้กำหนดวัตถุประสงค์ในการทำการวิจัย ดังนี้

1. เพื่อศึกษาอิทธิพลของตัวแปรที่มีต่อพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารส่วนต่างๆของเรือนไทย
2. เพื่อวิเคราะห์ถึงอิทธิพลและความสำคัญของตัวแปรต่างๆที่มีผลต่อพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารของเรือนไทยภายใต้สภาวะแวดล้อมจริง



3. เพื่อทำความเข้าใจในศักยภาพและข้อจำกัดของเรือนไทยในเชิงพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารและเป็นแนวทางในการลดอิทธิพลที่มีต่อการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารเพื่อความเหมาะสมเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมและสภาพอากาศของไทย

### 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

เรือนไทยเป็นสถาปัตยกรรมที่เกิดจากการสร้างสรรค์โดยเป็นการทำความเข้าใจในธรรมชาติของท้องถิ่นเพื่อสร้างสภาวะน่าสบายแก่ผู้อยู่อาศัย โดยสภาวะน่าสบายจะเกิดจากอิทธิพลของหลายตัวแปรด้วยกันซึ่งในการวิจัยนี้จะเน้นในส่วนของตัวแปรอุณหภูมิอากาศ และจะอภิปรายในส่วนของตัวแปรอุณหภูมิผิวซึ่งจะส่งผลต่อค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิผิวโดยรอบ(mean radiant temperature) โดยสังเขปเท่านั้น ในการวิจัยนี้จะมีการเก็บข้อมูลใน 2 ลักษณะคือ การเก็บข้อมูลจากการทดลองจำลองสภาพของเปลือกอาคารอาคารเพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของตัวแปรที่มีต่อพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารส่วนต่างๆของเรือนไทย และการเก็บข้อมูลจากสถานที่จริงที่คัดเลือกมาเป็นกรณีศึกษาเพื่อศึกษาถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆในสภาพแวดล้อมจริง เพื่อให้การวิจัยดำเนินไปจนสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ จึงได้กำหนดปัจจัยบางประการเท่านั้นที่นำมาทำการวิจัยในช่วงเวลาที่มีจำกัดดังนี้

1. ในการเลือกรูปแบบของเรือนที่นำมาวิเคราะห์นี้ได้เลือกเรือนไทยภาคกลางที่เป็นเรือนเครื่องสับเท่านั้น
2. ในการวิเคราะห์พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคาได้ทำการจำกัดขอบเขตในการจำลองสภาพการทดลองดังนี้
  - 2.1 วัสดุผนังหลังคาเลือกใช้กระเบื้องดินเผาและหญ้าคาเท่านั้น โดยไม่ทำการวิเคราะห์ถึงชนิดและคุณสมบัติของวัสดุผนังหลังคาชนิดอื่นๆ
  - 2.2 เลือกมุมเอียงที่ 30, 45 และ 60 องศาเป็นความลาดชันในการทดลอง
3. ในการวิเคราะห์พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคารได้ทำการจำกัดขอบเขตในการจำลองสภาพการทดลองคือ วัสดุผนังเลือกใช้เฉพาะไม้จริงที่เป็นลักษณะฝาปะกนเท่านั้น โดยไม่ทำการวิเคราะห์ถึงชนิดและคุณสมบัติของวัสดุผนังชนิดอื่นๆ

4. ในการวิเคราะห์พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านพื้นอาคารได้ทำการจำกัดขอบเขตในการจำลองสภาพการทดลองคือ วัสดุพื้นเรือนเลือกใช้ไม่จริง โดยไม่ทำการวิเคราะห์ถึงชนิดและคุณสมบัติของพื้นเรือนชนิดอื่นๆ
5. ในการเก็บข้อมูลจะทำการเก็บข้อมูลเพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารทั้งกลางวันและกลางคืน โดยทำการเก็บข้อมูลเป็นระยะเวลา 30 ชั่วโมงต่อ 1 ชุดการทดลอง และ 24 ชั่วโมงในแต่ละสภาวะของอาคารกรณีศึกษา

#### 1.4 สมมติฐานของการวิจัย

อุณหภูมิอากาศภายในเรือนไทยจะแปรผันตามอุณหภูมิอากาศของสภาพแวดล้อมภายนอก โดยจะมีอุณหภูมิที่สูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกอันเนื่องมาจากอิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์

#### 1.5 วิธีดำเนินการวิจัย

จากวัตถุประสงค์และสมมติฐานของการวิจัยสามารถกำหนดระเบียบวิธีวิจัยได้ดังนี้

1. ทำการศึกษารายละเอียดและรูปแบบของเปลือกอาคารส่วนต่างๆ (พื้น ผนัง หลังคา) ของเรือนไทยตลอดจนหาอิทธิพลของตัวแปรต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคาร จากข้อมูลการวิจัยที่เกี่ยวข้องและจากการวิเคราะห์ลักษณะของเปลือกอาคารตามหลักทฤษฎี เพื่อทำให้เกิดความเหมาะสมกับช่วงระยะเวลาในการทดลอง พร้อมทั้งกำหนดวิธีการทดลองแต่ละวิธีให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์
2. การกำหนดอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ดังนี้
  - 2.1 กำหนดวัสดุเปลือกอาคารที่จะนำมาใช้ในการทดลองตามสมมติฐานและขอบเขตที่กำหนด
  - 2.2 การจำลองสภาพอาคารจะใช้กล่องทดลองที่เป็นโฟมชนิด EPS (expanded polystyrene foam) ที่มีความหนาแน่น 1.5 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต มีขนาดภายนอก 0.90 เมตร\*0.90 เมตร\*0.90 เมตร ขนาดภายใน 0.60 เมตร\*0.60 เมตร\*0.60 เมตร ประกอบด้วยผนัง 5 ด้าน ส่วนอีกด้านหนึ่งเจาะช่องเปิดขนาด 0.60 เมตร\*0.60 เมตรสำหรับติดตั้งวัสดุที่จะนำมาทดสอบ ด้านตรงข้ามช่องเปิดเจาะช่องสี่เหลี่ยมขนาด 0.30 เมตร\*0.30 เมตรเพื่อเป็นฝาเปิดในการติดตั้งอุปกรณ์ในการวัดอุณหภูมิ



- 2.3 เตรียมเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลซึ่งเครื่องมือนี้จะใช้เก็บข้อมูลทั้งจาก  
 กล้องทดลองและจากอาคารจริงที่เป็นกรณีศึกษา โดยในการเก็บข้อมูลด้าน  
 อุณหภูมิจะใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ โดยที่เครื่องมือที่ใช้วัดค่าอุณหภูมิเป็นหัว  
 เทอร์มิสเตอร์ ขนาดความต้านทาน 10 กิโลโอห์ม ใช้สายโทรศัพท์แบบ 2 สาย  
 เป็นสายนำสัญญาณสู่คอมพิวเตอร์ เครื่องมือที่ใช้ในการรับสัญญาณเป็น  
 เครื่อง data logger โดยเลือกใช้ Sciometric Instruments System 200  
 Model 236 Hardware โดยที่เครื่อง data logger นี้ใช้สำหรับการอ่านค่า  
 อุณหภูมิและบันทึกข้อมูลลงบน Software ที่มีชื่อว่า Sciometric Gen 200  
 Windows-Based Software Version 1.46
3. ทำการเทียบมาตรฐานของอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง โดยทำการ  
 ทดสอบสายสัญญาณใช้วัดค่าอุณหภูมิ และนำมาปรับตั้งค่าตัวประกอบของแต่ละ  
 สายสัญญาณเพื่อให้ได้มาตรฐานเดียวกัน และทำการทดสอบคุณสมบัติของกล้อง  
 ทดลองและทำการเทียบมาตรฐานเพื่อให้คุณสมบัติของกล้องทดลองทุกกล้องเท่า  
 เท่ากัน
4. เริ่มดำเนินการทดลองเพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของตัวแปรที่มีต่อพฤติกรรมการถ่ายเท  
 ความร้อนผ่านเปลือกอาคารของเรือนไทยในเงื่อนไขต่างๆโดยแบ่งการทดลองตาม  
 สมมติฐานที่กำหนดขึ้นโดยมีรายละเอียดเบื้องต้นดังต่อไปนี้
- 4.1 การทดสอบพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคา มีตัวแปรที่ทำการ  
 ทดสอบคือ
- 4.1.1 วัสดุผนังหลังคา
- 4.1.2 มุมเอียงของหลังคา
- 4.2 การทดสอบพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนัง มีตัวแปรที่ทำการ  
 ทดสอบคือ
- 4.2.1 ทิศทางของการวางผนัง
- 4.2.2 สภาวะการได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง
- 4.2.3 สภาวะการไหลเวียนอากาศ
- 4.3 การทดสอบพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านพื้น ทำการทดสอบการถ่ายเท  
 ความร้อนผ่านเปลือกอาคารที่ไม่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการแลกเปลี่ยน  
 ความร้อนกับดิน
5. ทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลองเพื่อทราบถึงอิทธิพลของตัวแปรต่างๆที่ส่งผลต่อ  
 พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารส่วนต่างๆของเรือนไทย

6. ดำเนินการเก็บข้อมูลจากเรือนไทยกรณีศึกษาเพื่อให้ได้ข้อมูลของตัวแปรต่างๆที่มีลักษณะที่มีความสัมพันธ์กันและเกิดจากสภาพแวดล้อมจริง
7. ทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาความสำคัญของตัวแปรต่างๆที่มีผลต่อพฤติกรรมกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารของเรือนไทยภายใต้สภาวะแวดล้อมจริง
8. นำข้อมูลและผลจากการวิเคราะห์มาสรุปเพื่อให้ทราบถึงศักยภาพของเปลือกอาคารของเรือนไทยในเชิงของพฤติกรรมกรรมการถ่ายเทความร้อนและนำเสนอแนวทางในการออกแบบเปลือกอาคารเรือนไทยเพื่อลดอิทธิพลที่มีต่อการถ่ายเทความร้อนสู่อาคาร

### 1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงขอบเขตของอิทธิพลจากตัวแปรต่างๆที่มีผลต่อพฤติกรรมกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารส่วนต่างๆของเรือนไทย
2. ทราบถึงความสำคัญของตัวแปรต่างๆที่มีผลต่อพฤติกรรมกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารของเรือนไทย
3. ทราบถึงศักยภาพและข้อจำกัดของเรือนไทย ในเชิงพฤติกรรมกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคาร และเป็นแนวทางในการลดอิทธิพลที่มีต่อการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารเพื่อความเหมาะสมเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมและสภาพอากาศของไทย

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการสำรวจแนวความคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยเรื่องการวิเคราะห์พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารของเรือนไทยนี้จะศึกษาถึงแนวความคิดที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยที่ส่งผลต่อความร้อนที่จะถ่ายเทเข้าสู่เปลือกอาคารได้แก่ หลักการถ่ายเทความร้อน อิทธิพลจากดวงอาทิตย์ คุณสมบัติทางความร้อนของวัสดุเปลือกอาคาร ลักษณะการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคาร และแนวความคิดเกี่ยวกับการไหลเวียนอากาศโดยวิธีธรรมชาติซึ่งเป็นกระบวนการลดความร้อนหรือทำความเย็นโดยวิธีธรรมชาติที่ถูกนำมาใช้กับเรือนไทย รวมไปถึงการศึกษาลักษณะทางกายภาพของเรือนไทยและรายละเอียดของเปลือกอาคาร

#### 2.1 หลักการถ่ายเทความร้อน (Rohsenow, Warren M., et al ,editors, 1985:(1-2)-(1-7))

ความร้อนเคลื่อนที่จากจุดๆหนึ่งไปยังจุดอีกจุดหนึ่งได้ 3 วิธีด้วยกันคือ การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน การเคลื่อนที่ของความร้อนทั้ง 3 วิธีนี้ จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อมีความแตกต่างของอุณหภูมิเกิดขึ้น แต่กลไกในการที่จะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของความร้อนในแต่ละวิธีนั้นจะแตกต่างกันโดยมีรายละเอียดดังนี้

##### 2.1.1 การถ่ายเทความร้อนโดยการนำ(heat transfer by conduction)

การนำความร้อนคือ กลไกของการแลกเปลี่ยนพลังงานภายในของวัตถุหนึ่งไปยังอีกวัตถุหนึ่ง หรือจากส่วนหนึ่งของวัตถุไปยังส่วนอื่นๆของวัตถุ โดยการแลกเปลี่ยนพลังงานที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของโมเลกุลที่อยู่ติดกัน หรือเกิดจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปสู่บริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า การถ่ายเทความร้อนโดยการนำนั้นความร้อนจะถ่ายเทจากโมเลกุลของวัตถุที่มีอุณหภูมิสูงไปสู่โมเลกุลที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าโดยที่วัตถุนั้นไม่มีการเคลื่อนที่ การนำความร้อนจะเกิดขึ้นได้ดีในวัตถุที่เป็นของแข็ง ของเหลวและก๊าซจะมีการนำความร้อนเกิดขึ้นเช่นกันแต่มักจะแยกไม่ออกจากการเคลื่อนที่ของความร้อนแบบการพา

กฎเบื้องต้นของการนำความร้อน

กฎเบื้องต้นที่ใช้ในการอธิบายถึงวิธีการถ่ายเทความร้อนโดยการนำก็คือ กฎของ Fourier กฎนี้ได้มาจากการสังเกตจากการทดลอง โดยกฎของ Fourier กล่าวว่าอัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำในทิศทางที่กำหนด จะเป็นสัดส่วนกับอัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิกับระยะทาง และพื้นที่ที่ตั้งฉากกับทิศทางการถ่ายเทความร้อน

$$Q'' = -k * dT/dx$$

เมื่อ

$Q''$  คือ อัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านพื้นที่ที่กำหนด

$k$  คือ ค่าการนำความร้อนของวัตถุ โดยเครื่องหมายลบ แสดงถึงทิศทางการเคลื่อนที่ของความร้อนไปสู่ทิศทางที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า

$dT/dx$  คือ การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในทิศทางการถ่ายเทความร้อน

หากพิจารณาการถ่ายเทความร้อนใน 1 มิติผ่านทิศทาง  $x$  ในระนาบของผนังที่มีพื้นที่  $A$  และอินทิเกรตสมการข้างต้นก็จะได้สมการดังนี้

$$Q = kA(T_2 - T_1) / \Delta x$$

โดยที่  $\Delta x$  คือความหนาของผนัง  $T_1$  และ  $T_2$  อุณหภูมิแต่ละด้านของผนัง หรืออาจจะพิจารณาในรูปของ

$$Q = (T_2 - T_1) / (\Delta x / kA)$$

$$Q = \text{ความต่างของอุณหภูมิ} / \text{ค่า thermal resistance}$$

## 2.1.2 การถ่ายเทความร้อนโดยการพา(heat transfer by convection)

การพาความร้อน คือ วิธีการที่ความร้อนเคลื่อนที่ระหว่างผิวของของแข็งและของไหล ของไหลจะพาความร้อนมาให้ หรือพาความร้อนจากผิวของของแข็ง กลไกที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของความร้อนโดยการพาได้นั้น เกิดจากผลรวมของการนำความร้อน การสะสมพลังงานและการเคลื่อนที่ของของไหล การพายังแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ การพาโดยการบังคับ(force convection) และการพาตามธรรมชาติ (natural และ free convection)

การพาโดยการบังคับ คือ การเคลื่อนที่ของความร้อนระหว่างผิวของของแข็งและของไหล โดยที่ของไหลถูกบังคับให้เคลื่อนที่ไปสัมผัสกับผิวของของแข็งโดยกลไกภายนอก เช่นการใช้เครื่องกล

การพาตามธรรมชาติ คือ การเคลื่อนที่ของความร้อนระหว่างของแข็งและของไหล โดยที่ไม่มีกลไกใดๆ ที่ทำให้ของไหลเคลื่อนที่ แต่ของไหลที่อยู่ใกล้กับผิวของของแข็งก็อาจเคลื่อนที่ได้ โดยแรงลอยตัวของของไหลเอง แรงลอยตัวนี้เกิดจากความแตกต่างของความหนาแน่นของของไหล เมื่อเกิดความแตกต่างของอุณหภูมิในชั้นของของไหลขึ้น

กฎเบื้องต้นของการพาความร้อน

การคำนวณอัตราการเคลื่อนที่ของความร้อนโดยการพานั้นเมื่อพิจารณาแล้วมีปัจจัยหลายตัวที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของความร้อนแบบการพานี้ เป็นต้นว่า คุณสมบัติต่างๆของของไหล เช่น ความหนาแน่น ความร้อนจำเพาะ ความหนืด ความเร็วของของไหล ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของพื้นผิวของของแข็ง และของไหล เป็นต้น นิวตัน ได้เสนอสมการคำนวณอัตราการเคลื่อนที่ของความร้อนโดยการพาดังนี้ คือ

$$Q'' = h(T_h - T_c)$$

โดยที่

$Q''$  คือ อัตราการถ่ายเทความร้อนต่อหน่วยพื้นที่ของของแข็งที่สัมผัสกับของไหล

$h$  คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อน มีหน่วยเป็น  $Btu/h \text{ ft}^2\text{ }^\circ\text{F}$

$T_h$  คือ อุณหภูมิของของไหลหรือพื้นผิวของของแข็งที่สูงกว่า

$T_c$  คือ อุณหภูมิของของไหลหรือพื้นผิวของของแข็งที่ต่ำกว่า

### 2.1.3 การถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสี (heat transfer by radiation)

การแผ่รังสีความร้อนคือ วิธีการที่ความร้อนเคลื่อนที่โดยมีตัวกลาง ตัวอย่างเช่นในการนำและการพาความร้อน ในการแผ่รังสีความร้อนจะเคลื่อนที่ได้ดีที่สุดในสุญญากาศ ซึ่งความร้อนจะเคลื่อนที่โดยกลไกของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เราอาจใช้ทฤษฎีของคลื่น (wave theory) ในการวิเคราะห์เรื่องการแผ่รังสีได้ วัตถุใดๆที่อุณหภูมิสูงกว่าศูนย์สัมบูรณ์จะแผ่รังสีความร้อน รังสีความร้อนนี้จะเคลื่อนที่ไปได้ด้วยความเร็วเท่ากับความเร็วแสง กลไกในการเคลื่อนที่ของความร้อนโดย

การแผ่รังสี อธิบายได้โดยอาศัยทฤษฎีของคลื่นได้ดังนี้ คือ ในการแผ่รังสี วัตถุจะเปลี่ยนพลังงานส่วนหนึ่งของตัวเอง (internal energy) ไปเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งเป็นพลังงานรูปหนึ่ง เมื่อคลื่นเหล่านี้เคลื่อนที่ไปกระทบกับวัตถุอื่น พลังงานส่วนหนึ่งของคลื่นเหล่านี้จะถูกดูดไว้แล้วเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน วัตถุที่แผ่รังสีจะสูญเสียพลังงานของตัวเองถ้าวัตถุดังกล่าวไม่ได้รับพลังงานจากแหล่งอื่นอุณหภูมิของมันจะลดลง อุณหภูมิของมันจะคงที่ก็ต่อเมื่ออัตราการสูญเสียความร้อนและการรับความร้อนมีค่าเท่ากัน

โดยทั่วไปแล้ว วัตถุจะแผ่รังสีความร้อนออกมาที่ความยาวคลื่นต่างๆกัน ปริมาณความร้อนทั้งหมดที่วัตถุแผ่รังสีออกมาจะหาได้โดยการรวมความร้อนที่วัตถุนั้นแผ่ออกมาที่ความยาวคลื่นต่างๆ ตั้งแต่ความยาวคลื่นที่ศูนย์จนถึงอนันต์ อัตราการแผ่รังสีความร้อนทั้งหมดต่อหน่วยพื้นที่ซึ่งเรียกว่า การแผ่รังสีความร้อน ซึ่งจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและลักษณะพื้นผิวของวัตถุ

#### กฎเบื้องต้นของการแผ่รังสีรังสี

ความร้อนเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ปล่อยออกจากวัตถุ กลไกของการแผ่รังสีจึงแตกต่างจากกลไกของการถ่ายเทความร้อนโดยการพาและการนำดังนี้คือ ความร้อนจะเคลื่อนที่จากวัตถุหนึ่งไปสู่อีกวัตถุหนึ่งโดยไม่ต้องอาศัยตัวกลางระหว่างวัตถุทั้งสองเลย

รังสีความร้อนเคลื่อนที่โดยอาศัยกลไกของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากวัตถุหนึ่งสู่อีกวัตถุหนึ่ง รังสีความร้อนสูงสุดที่เปล่งออกมาจากวัตถุหนึ่งที่มีอุณหภูมิ  $T$  ถูกกำหนดโดยกฎของสเตฟาน โบลซ์มานน์(Stefan Boltzmann) ดังนี้

$$Q_b = \sigma AT^4$$

เมื่อ

$Q_b$  คือ รังสีความร้อนที่แผ่จากวัตถุดำ(black body)

$\sigma$  คือ ค่าคงที่ของ สเตฟาน โบลซ์มานน์ซึ่งมีค่าเป็น  $0.1714 \times 10^{-8} \text{ Btu / h ft}^2\text{R}^4$

$A$  คือ พื้นที่ของวัตถุ

$T$  คือ อุณหภูมิสัมบูรณ์ของวัตถุ  $^{\circ}\text{R}$  ( $^{\circ}\text{F}+459.69$ )

วัตถุดำหรือตัวแผ่รังสีในอุดมคติ เท่านั้นที่จะสามารถแผ่รังสีความร้อนออกมาได้สูงสุดตามสมการข้างต้น รังสีความร้อน(Q)ที่แผ่ออกมาจากวัตถุเท่าไปจะมีค่าน้อยกว่ารังสีที่เปล่งออกมาจากวัตถุดำ



$$Q = \epsilon Q_b = \epsilon \sigma AT^4$$

เมื่อ  $\epsilon$  คือ ค่าการแผ่รังสีความร้อน(emissivity) ของวัตถุซึ่งจะมีค่าน้อยกว่า 1 สำหรับวัตถุทั่วไปและเท่ากับ 1 สำหรับวัตถุดำ

## 2.2 อิทธิพลจากดวงอาทิตย์ (ASHRAE, 1997:29.14)

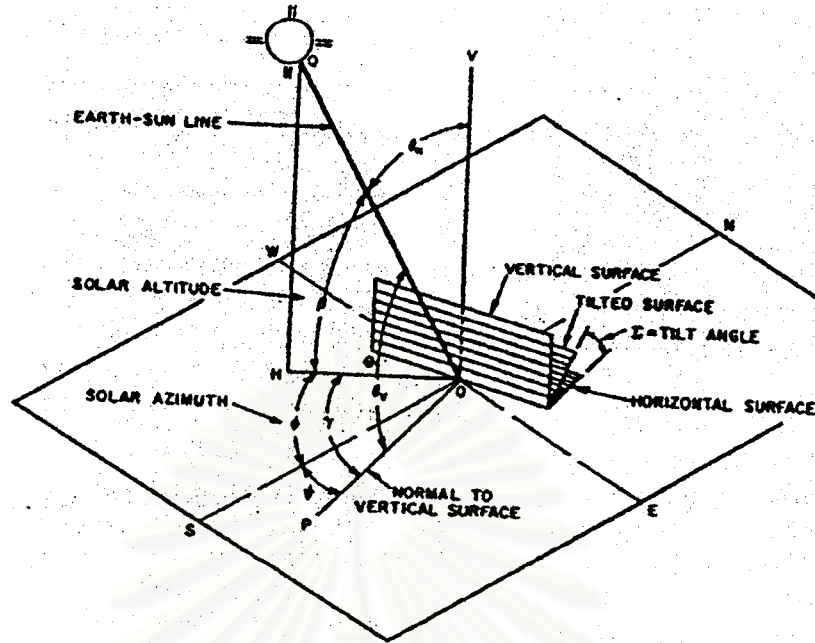
การที่โลกโคจรรูปดวงอาทิตย์เป็นรูปวงรี จะทำให้ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบชั้นบรรยากาศ(extraterrestrial solar radiation,  $I_0$ ) มีค่าเปลี่ยนแปลงไปตลอดทั้งปี โดยจะมีค่าสูงที่สุดประมาณ 448 Btu/h ft<sup>2</sup> เมื่อโลกอยู่ใกล้ดวงอาทิตย์มากที่สุดในวันที่ 3 มกราคม และมีค่าต่ำสุดประมาณ 419 Btu/h ft<sup>2</sup> เมื่อโลกอยู่ห่างดวงอาทิตย์มากที่สุดในวันที่ 4 กรกฎาคม ค่าเฉลี่ยของปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบชั้นบรรยากาศของโลกตลอดทั้งปี(solar constant)จะมีค่าประมาณ 433 Btu/h ft<sup>2</sup>

การที่โลกหมุนรอบตัวเองโดยที่ระนาบของเส้นศูนย์สูตรของโลกนั้นจะทำมุม 23.45 องศา กับระนาบการหมุนของโลกรอบดวงอาทิตย์ตลอดเวลาทำให้มุมเอียงระหว่างระนาบของเส้นศูนย์สูตรกับเส้นระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ที่เรียกว่า declination หรือค่า solar declination ( $\delta$ ) มีค่าเปลี่ยนแปลงตลอดทั้งปี ซึ่งจะมีค่าอยู่ในช่วง  $\pm 23.45$  องศา การเปลี่ยนแปลงของค่า solar declination เป็นสาเหตุทำให้เกิดฤดูกาลและช่วงกลางวันและกลางคืนที่ยาวไม่เท่ากัน

ขณะที่ค่ารังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบชั้นบรรยากาศเป็นรังสีตรงชนิดหนึ่งซึ่งเดินทางผ่านชั้นบรรยากาศของโลก สสารต่างๆที่อยู่ในชั้นบรรยากาศเช่น ฝุ่นละออง โมเลกุลของก๊าซชนิดต่างๆ โอโซน ไอน้ำ และก้อนเมฆ เป็นต้น จะทำหน้าที่ดูดซับ สะท้อน และทำให้เกิดการกระเจิงของรังสี ซึ่งส่งผลให้ปริมาณพลังงานของรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบชั้นบรรยากาศมีค่าลดลงซึ่งจะประกอบด้วย 2 ส่วนคือ รังสีตรงจากดวงอาทิตย์(direct normal radiation,  $E_{DN}$ )และรังสีที่เกิดจากการกระเจิงที่ถูกเรียกว่า รังสีกระจายจากดวงอาทิตย์(diffuse radiation,  $E_D$ )เป็นต้น ส่วนสัดส่วนของการลดลงของรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบชั้นบรรยากาศที่ความยาวคลื่นต่างๆ จะแปรผันตามชนิดของสสารในชั้นบรรยากาศและระยะทางที่รังสีเดินทางผ่านชั้นบรรยากาศ



## 2.2.1 การคำนวณพิภักต์ของดวงอาทิตย์บนท้องฟ้า



ภาพที่ 2-1 แสดง Solar Angle บนระนาบแนวนอนและแนวตั้ง

ที่มา: American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers.1997  
ASHRAE Handbook Fundamentals.I-P Edition. (Atlanta Georgia,1997),p. 29.16.

การระบุตำแหน่งดวงอาทิตย์บนท้องฟ้าสามารถกำหนดได้ด้วยมุม 2 มุม คือ มุม solar altitude ( $\beta$ ) และ solar azimuth ( $\phi$ ) ซึ่งเป็นตัวแทนของมุมในแนวตั้งฉากและมุมในแนวระดับระหว่างพื้นผิวในแนวระดับบนผิวโลกกับรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ตามลำดับ โดยที่มุม solar azimuth เป็นมุมระหว่างเส้นฉายของรังสีตรงจากดวงอาทิตย์บนแนวระดับดับทิศได้ ค่ามุมทั้งสองนี้จะขึ้นกับค่าเวลาดวงอาทิตย์(apparent solar time, AST) ค่า declination ( $\delta$ ) ค่าละติจูด (local latitude,  $L$ ) และค่า hour angle ( $H$ ) ที่เป็นเวลาที่นับจากเวลา solar noon โดยตัวแปรต่างๆ มีความสัมพันธ์กันดังนี้

$$H = 0.25 * (720 - \text{AST})$$

$$\text{AST} = \text{LST} + \text{ET} + 4(\text{LSM} - \text{LON})$$

เมื่อ

$H$  = hour angle, degree

AST = apparent solar time, minute

LST = local standard time, minute

ET = equation, minute

LSM = local standard time meridian, degree(ประเทศไทย 105°E)

LON = local longitude, degree

4 = เวลา (นาที) ที่ดวงอาทิตย์ใช้ในการเคลื่อนที่ผ่านเส้น  
Longitude ทุก 1 องศา

$$\sin\beta = \cos L \cos\delta \cos H + \sin L \sin\delta$$

$$\cos\phi = \frac{\sin\beta \sin L - \sin\delta}{\cos\beta \cos L}$$

การระบุตำแหน่งของดวงอาทิตย์ด้วยมุม solar altitude และมุม solar azimuth อาจเพียงพอสำหรับการคำนวณค่ารังสีจากดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นผิวที่วางตั้งฉากกับรังสีตรงจากดวงอาทิตย์เท่านั้น แต่สำหรับการคำนวณค่ารังสีตรงจากดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นผิวที่วางทำมุมใดๆ กับแนวระดับ จำเป็นต้องนำทิศทางการวางตัวของพื้นผิวเทียบกับ surface orientation ซึ่งได้แก่มุม surface azimuth ( $\Psi$ ) ที่เป็นทิศทางการวางตัวของพื้นผิวเทียบกับทิศใต้ และมุมเอียงของพื้นผิวจากแนวระดับ(tilt angle,  $\Sigma$ ) มาพิจารณาประกอบเพื่อใช้ในการคำนวณค่ามุมตกกระทบ(incident angle,  $\theta$ ) โดยที่

$$\cos\theta = \cos\beta \cos\gamma \sin\Sigma + \sin\beta \cos\Sigma$$

$$\gamma = \phi - \Psi$$

เมื่อ

$\gamma$  คือ Surface Solar Azimuth

โดยที่ค่ารังสีรวมของดวงอาทิตย์สามารถหาได้จากความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้

$$E_t = E_{DN} \cos\theta + E_d + E_r$$

orientation	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
surface azimuth ( $\Psi$ )	180°	-135°	-90°	-45°	0°	45°	90°	135°

ตารางที่ 2-1 แสดง ทิศทางการวางผนังเทียบกับทิศใต้

ที่มา : American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers.1997

ASHRAE Handbook Fundamentals.I-P Edition. (Atlanta Georgia,1997),p. 29.16.

ในกรณีที่มุม surface solar azimuth มีค่ามากกว่า  $90^\circ$  ถึงน้อยกว่า  $270^\circ$  พื้นผิวได้รับรังสีเพียง 2 ประเภทคือ รังสีกระจายจากดวงอาทิตย์(diffuse radiation,  $E_d$ ) และรังสีกระจายที่สะท้อนจากสภาพแวดล้อม(diffuse ground reflected radiation,  $E_g$ ) โดยที่พื้นผิวด้านนั้นจะไม่ได้รับรังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์ แต่ในกรณีที่มุม surface solar azimuth มีค่าตั้งแต่  $0^\circ$  ถึง  $90^\circ$  และ  $270^\circ$  ถึง  $360^\circ$  พบว่าพื้นผิวด้านนั้นจะได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์ครบทั้ง 3 ประเภท

## 2.2.2 อิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์และสภาวะอากาศโดยรวม (The Sol - Air Temperature)

อุณหภูมิผิวของผนังหรือหลังคา ที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์ จะเป็นผลให้เกิดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารและส่งผลต่ออุณหภูมิอากาศภายใน ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายๆปัจจัย คือ รังสีที่ตกกระทบ ค่าการดูดซับของพื้นผิว และอุณหภูมิอากาศโดยรวม หรือกล่าวโดยสรุปคือ sol - air temperature เป็นผลของการรวมอุณหภูมิที่เกิดจาก 3 ส่วนคือ

1. อุณหภูมิอากาศภายนอก
2. อุณหภูมิที่เกิดจากส่วนของรังสีดวงอาทิตย์ที่ถูกดูดซับโดยพื้นผิวซึ่งถูกรังสีตกกระทบ
3. อุณหภูมิที่เกิดจากการแลกเปลี่ยนความร้อนกับสภาพแวดล้อมโดยการแผ่รังสีคลื่นยาว

ASHRAE (1997) ได้ความหมายของ sol-air temperature ไว้ว่า

“sol-air temperature is the temperature of the outdoor air that, in absence of all radiation changes, gives the same rate of heat entry into the surfaces as would the combination of incident solar radiation, radiant energy with the sky and other outdoor surroundings, and convective heat exchange with the outdoor air.”

จากข้อความข้างต้นสามารถให้คำจำกัดความของ sol-air temperature ได้คือ อุณหภูมิประมาณของอากาศที่ติดอยู่กับผิวของวัสดุตอนที่ไม่มีอิทธิพลจากแสงแดดและการแลกเปลี่ยนรังสีที่จะทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารในอัตราที่เทียบเท่ากับสภาวะที่มีอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์จริง จากการแลกเปลี่ยนความร้อนกับท้องฟ้า สภาพแวดล้อมรอบข้างและจากการแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศภายนอก

โดยสร้างเป็นสมการขึ้นดังนี้ (ASHRAE, 1997:28.5)

$$\text{sol-air temperature } (t_e) = t_o + \alpha I / h_o - \varepsilon \Delta R / h_o$$

โดยที่

$t_e$  = sol-air temperature ( $^{\circ}\text{F}$ )

$t_o$  = อุณหภูมิอากาศภายนอก ( $^{\circ}\text{F}$ )

$\alpha$  = สัมประสิทธิ์การดูดซับรังสีดวงอาทิตย์ของผิววัตถุ (ไม่มีหน่วย)

$I$  = รังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบทั้งหมด ( $\text{Btu} / \text{h} \cdot \text{ft}^2$ )

$h_o$  = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผิวทั้งการแผ่รังสีคลื่นยาว และการพาความร้อนที่ผิวด้านนอกวัตถุ ( $\text{Btu} / \text{h} \cdot \text{ft}^2 \cdot ^{\circ}\text{F}$ )

$\varepsilon$  = ค่าการกระจายความร้อนออกจากผิววัตถุ

$\Delta R$  = อัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนของผิววัตถุกับสภาพแวดล้อมกับท้องฟ้า ( $\text{Btu} / \text{h} \cdot \text{ft}^2$ )

สำหรับพื้นผิวในแนวราบ ที่ได้รับการแผ่รังสีคลื่นยาว (long wave radiation) จากท้องฟ้าเพียงอย่างเดียว ค่า  $\Delta R$  จะประมาณ  $20 \text{ Btu} / \text{h} \cdot \text{ft}^2$  ถ้าค่า  $\varepsilon$  เท่ากับ 1 และ  $h_o$  เท่ากับ 3.0 แล้วอุณหภูมิที่เปลี่ยนไปเนื่องจากรังสีคลื่นยาวหรือค่า  $(-\varepsilon \Delta R / h_o)$  จากสมการ จะเท่ากับ  $-7^{\circ}\text{F}$  (Bliss, 1961 อ้างถึงใน ASHRAE, 1997: 28.5)

สำหรับพื้นผิวในแนวตั้งจะได้รับรังสีคลื่นยาวจากพื้นดิน และจากท้องฟ้าทำให้ยากที่จะหาค่า  $\Delta R$  เมื่อรังสีดวงอาทิตย์มีความเข้มสูง อุณหภูมิที่ผิวภายนอกของวัตถุก็จะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ ด้วยเหตุนี้รังสีคลื่นยาวบางส่วนจะแผ่กลับไปยังท้องฟ้าที่มีค่าการแผ่รังสีต่ำกว่า ซึ่งจะกำหนดให้ค่า  $\Delta R$  เท่ากับ 0 สำหรับผิววัตถุในแนวตั้ง

สีของพื้นผิว ค่า sol-air temperature ได้ถูกกำหนดสำหรับตัวแปร  $\alpha / h_o$  ไว้ 2 ค่า คือ เมื่อ  $\alpha / h_o$  มีค่า 0.15 สำหรับผิวของวัตถุสีอ่อน และค่า  $\alpha / h_o$  มีค่า 0.30 ซึ่งเป็นค่าสูงสุดเมื่อผิวของวัตถุมีสีเข้ม

### 2.3 การถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคาร

ในการวิเคราะห์อัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารนั้นจะหาได้จากสูตรดังนี้ คือ

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

$$Q = U \cdot A \cdot TD_{eq}$$

โดยที่

- Q = ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านเปลือกอาคาร (Btu/h)  
 U = ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของวัสดุ (Btu/h.ft<sup>2</sup>)  
 A = พื้นที่ที่ความร้อนถ่ายเทผ่านเปลือกอาคาร (ft<sup>2</sup>)  
 $\Delta T$  = ค่าความแตกต่างความร้อนระหว่างภายนอกกับภายใน (°F)  
 TD<sub>eq</sub> = ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าระหว่างภายนอกและภายในอาคารซึ่งรวมถึงผลการดูดซับรังสีดวงอาทิตย์ของผนังที่ป (equivalent temperature different (°F))

ความแตกต่างในการที่จะเลือกใช้สูตรนั้น ขึ้นอยู่กับ

ค่า  $\Delta T$  จะใช้ในกรณีที่ไม่มีอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์เข้ามาเกี่ยวข้องซึ่งจะทำให้ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกคงที่ (steady state condition)

ค่า TD<sub>eq</sub> จะใช้ในกรณีที่ไม่มีอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์เข้ามาเกี่ยวข้อง รังสีอาทิตย์เป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการถ่ายเทความร้อนของผนังเข้าสู่อาคารมากที่สุด เมื่อผนังโดนแดดก็จะร้อนขึ้นเนื่องจากการดูดกลืนรังสีความร้อนทำให้การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารเปลี่ยนไป การใช้ค่า TD<sub>eq</sub> เป็นการปรับให้เข้ากับอิทธิพลภายนอก กล่าวคืออิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์ อิทธิพลของอุณหภูมิภายนอกและอิทธิพลของมวลสารโดยพิจารณาความหนาแน่นเชิงมวลของผนัง เป็นการศึกษาค่า TD<sub>eq</sub> ให้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากขึ้นกว่าการใช้ค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายนอกและภายใน ( $\Delta T$ )

## 2.4 คุณสมบัติทางความร้อนของวัสดุเปลือกอาคาร (Givoni B., 1969:96-112)

คุณสมบัติของวัสดุที่มีผลกระทบต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนเข้าและออกจากอาคารและมีผลต่อสภาวะภายในอาคารในเชิงความร้อน คือ

### 2.4.1 ค่าการนำความร้อน การต้านทานความร้อน และการส่งผ่านความร้อน

ค่าการนำความร้อน (thermal conductivity) เป็นคุณสมบัติของวัสดุซึ่งกำหนดการถ่ายเทความร้อนในหน่วยของเวลา โดยการนำผ่านหน่วยของความหนาของหน่วยพื้นที่ของวัสดุ โดยผ่านหน่วยของความต่างอุณหภูมิ โดยถูกกำหนดค่าเป็น k ซึ่งมีหน่วยเป็น Btu/h ft °F หรือ Btu in/h ft<sup>2</sup> °F โดยจะถือว่าอุณหภูมิบนด้านทั้งสองของวัสดุและการกระจายของอุณหภูมิของทั้งวัสดุมีลักษณะที่สม่ำเสมอและคงที่กับเวลา

ส่วนกลับของค่าการนำความร้อน คือ ค่าการต้านทานความร้อน(thermal resistivity)ของวัสดุ ทั้งค่าการนำความร้อนและค่าการต้านทานความร้อนไม่ขึ้นอยู่กับขนาดและความหนาของวัสดุที่เป็นองค์ประกอบของอาคาร

ความร้อนที่ถ่ายเทผ่านองค์ประกอบอาคารไม่ได้ขึ้นอยู่กับค่าการนำความร้อนของวัสดุแต่ยังขึ้นอยู่กับความหนา(d)ขององค์ประกอบด้วย ถ้ามีความหนามากขึ้นอัตราการถ่ายเทของความร้อนจะน้อยลง ดังนั้นค่าความสามารถในการต้านทานความร้อน(thermal resistance,(r))ขององค์ประกอบอาคารถูกนิยามได้ดังนี้

$$r = d / k$$

เช่นเดียวกันค่าความสามารถในการนำความร้อน(thermal conductance,(c)) ขององค์ประกอบอาคารคือ

$$c = k / d$$

การถ่ายเทความร้อนภายในลักษณะที่คงที่ ผ่านองค์ประกอบของผนังของพื้นที่ผิว A และความหนา d โดยวัสดุมีค่าการนำความร้อน k และมีความแตกต่างของอุณหภูมิเป็น  $t_2 - t_1$  ก็จะมีสูตรดังนี้

$$Q = A (k/d) (t_2 - t_1)$$

โดยที่ Q เป็นอัตราการถ่ายเทความร้อนจากพื้นผิวที่มีอุณหภูมิสูงกว่าสู่พื้นผิวที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ในหน่วยของ Btu / h

ในการพิจารณาอัตราการถ่ายเทความร้อนระหว่างภายในและภายนอกค่าความสามารถในการนำความร้อนของชั้นอากาศที่ติดกับพื้นผิวจะต้องถูกนำไปคิดด้วย โดยที่ฟิล์มของอากาศนี้จะเกิดขึ้นกับทุกพื้นผิว การลดลงของความหนา(ของฟิล์มอากาศ)จะขึ้นอยู่กับความเร็วลมของอากาศบริเวณพื้นผิวที่เพิ่มขึ้น ด้วยเหตุที่ค่าการนำความร้อนของอากาศนั้นต่ำมาก (ค่าการต้านทานความร้อนสูง) ฟิล์มอากาศที่บริเวณพื้นผิวจึงเป็นส่วนช่วยในการต้านทานการถ่ายเทความร้อนผ่านผิวอาคารนั้น ส่วนกลับของค่าความต้านทานของฟิล์มอากาศถูกเรียกว่า ค่าสัมประสิทธิ์ของพื้นผิว(surface coefficient) ซึ่งจะใช้สัญลักษณ์  $h_i$  สำหรับพื้นผิวภายในและ  $h_o$  สำหรับพื้นผิวภายนอก



นอก ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ของพื้นผิวนี้จะกำหนดการถ่ายเทความร้อนจากพื้นผิวสู่อากาศที่อยู่โดยรอบ โดยมีหน่วยเป็น  $\text{Btu} / \text{h ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$

ในการพิจารณาอัตราการถ่ายเทความร้อนระหว่างอากาศภายในอาคารและอากาศภายนอกอาคาร ค่าความสามารถในการต้านทานความร้อนของทั้งสองพื้นผิว(ส่วนกลับค่าสัมประสิทธิ์ของพื้นผิว)จะต้องถูกนำไปรวมกับค่าความสามารถในการต้านทานความร้อนของวัสดุผนังด้วย ดังนั้นค่าความสามารถในการต้านทานความร้อนรวมทั้งหมด(R)ของผนังชั้นเดียว ต่อการถ่ายเทความร้อน ระหว่างอากาศทั้งสองด้าน คือ

$$R = 1 / h_i + d / k + 1 / h_o$$

ส่วนกลับของความสามารถในการต้านทานความร้อนคือค่าความสามารถในการส่งผ่านความร้อน(thermal transmittance) ซึ่งกำหนดอัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านองค์ประกอบอาคาร และใช้สัญลักษณ์ U ดังนั้น  $U = 1 / R$  อัตราของการถ่ายเทความร้อน (Q) ต่อหน่วยของพื้นที่จากอากาศภายในสู่อากาศภายนอกในลักษณะที่คงที่ สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$Q = U ( t_o - t_i ) \text{ Btu} / \text{h ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

(ในกรณีที่อุณหภูมิอากาศภายนอก ( $t_o$ ) สูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายใน ( $t_i$ ))

เมื่อผนังประกอบด้วยวัสดุหลายชั้นที่มีความหนา และมีค่าการนำความร้อนต่างๆกัน ค่าความสามารถในการต้านทานความร้อนรวมของผนังดังกล่าวจะต้องเป็นผลรวมของค่าความสามารถในการต้านทานความร้อนของแต่ละชั้นดังนั้นค่าความสามารถในการต้านทานความร้อนรวมของผนังที่มี n ชั้น คือ

$$R = 1 / h_i + d_1 / k_1 + d_2 / k_2 + d_3 / k_3 + \dots + d_n / k_n + 1 / h_o$$

และค่าความสามารถในการส่งผ่านความร้อนรวมคือ

$$U = 1 / ( 1 / h_i + d_1 / k_1 + d_2 / k_2 + d_3 / k_3 + \dots + d_n / k_n + 1 / h_o )$$

ดูคุณสมบัติมาตรฐานทางความร้อนของวัสดุอาคารทั่วไปได้ในภาคผนวก ก



## 2.4.2 ลักษณะของพื้นผิวที่เกี่ยวข้องกับการแผ่รังสี

พื้นผิวภายนอกของวัสดุที่บดใดๆ จะมีคุณสมบัติที่กำหนดพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับการแลกเปลี่ยนความร้อนโดยการแผ่รังสี คือ ค่าการดูดซับรังสี(absorptivity) ค่าการสะท้อนรังสี(reflectivity) และค่าการคายรังสี(emissivity)

รังสีที่กระทบบนวัสดุที่บด จะมีถูกดูดซับหรือสะท้อน ซึ่งพื้นผิวของวัสดุจะมีการดูดซับรังสีทั้งหมด และวัสดุสะท้อนรังสี(reflector) ก็จะสะท้อนรังสีทั้งหมด พื้นผิวโดยมากจะดูดซับบางส่วน ของรังสีที่มากกระทบ และจะสะท้อนส่วนที่เหลือ ถ้าค่าการดูดซับรังสี ใช้สัญลักษณ์  $\alpha$  และค่าการสะท้อนรังสีใช้สัญลักษณ์  $\rho$  จะได้ว่า

$$\rho = 1 - \alpha$$

ค่าการคายรังสี( $\epsilon$ ) เป็นค่าที่แสดงถึงความสามารถของวัสดุที่จะแผ่รังสีพลังงาน สำหรับการตอบสนองต่อคลื่นยาว ค่าการดูดซับรังสีจะเท่ากับค่าการคายรังสี คือ  $\alpha = \epsilon$  แต่ค่าทั้งสองก็จะต่างกันมากสำหรับการตอบสนองต่อรังสีดวงอาทิตย์

แต่ละพื้นผิวจะแผ่รังสีด้วยการกระจายสเปกตรัมและความเข้มของรังสีซึ่งจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของพื้นผิวนั้นๆ พื้นผิวต่างๆจะแผ่รังสีที่อุณหภูมิปกติจะอยู่ในช่วงของรังสีอินฟราเรด(Infrared) ของสเปกตรัม ความเข้มของการแผ่รังสีของวัตถุคือ

$$Q'' = \epsilon \sigma T^4$$

โดยที่

$Q''$  คือ อัตราการถ่ายเทความร้อนต่อหน่วยพื้นที่ในหน่วย Btu / ft<sup>2</sup> h

$\epsilon$  คือ ค่าการแผ่รังสีของวัตถุ

$\sigma$  คือ ค่าคงที่ของสเตฟาน โบลซ์มานน์ ซึ่งมีค่า  $0.1714 \times 10^{-8}$  Btu / h ft<sup>2</sup> °R<sup>4</sup>

$T$  คือ อุณหภูมิสัมบูรณ์ของวัตถุ °R (°F+459.69)

ค่าการคายรังสีของผิววัสดุดำ คือ 1.0 สำหรับพื้นผิวอื่นจะมีค่าอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.05 สำหรับโลหะมันเงา และประมาณ 0.95 สำหรับวัสดุอาคารทั่วไป

รังสีจะถูกดูดซับโดยมีการคัดเลือก ตามความยาวคลื่นของรังสีบนพื้นผิว ดังนั้นวัสดุที่ทาสีขาวจะมีค่าการดูดซับรังสีประมาณ 0.12 สำหรับคลื่นสั้นของรังสีดวงอาทิตย์ แต่มีค่าการดูดซับรังสีคลื่นยาวจากพื้นผิวต่างๆที่อุณหภูมิปกติ ประมาณ 0.95 ดังนั้นพื้นผิวนั้นจะมีค่าการคายรังสี 0.95 สำหรับรังสีคลื่นยาวและเป็นตัวแผ่รังสีที่ดี โดยจะสูญเสียความร้อนสู่พื้นผิวที่เย็นกว่า ขณะเดียวกันจะเป็นตัวสะท้อนรังสีที่ดีสำหรับรังสีดวงอาทิตย์ ในทางตรงกันข้ามโลหะมันเงาจะมีค่าการดูดซับรังสีและค่าการคายรังสีต่ำสำหรับทั้งการแผ่รังสีคลื่นสั้นและรังสีคลื่นยาว ดังนั้นในขณะที่เป็นตัวสะท้อนรังสีที่ดี ก็จะเป็นตัวคายรังสีที่ไม่ดีและสูญเสียความร้อนของตัวมันเองได้น้อย

สีของพื้นผิวจะเป็นสิ่งที่แสดงถึงค่าการดูดซับรังสีดวงอาทิตย์ โดยที่ค่าการดูดซับจะลดลงและค่าการสะท้อนจะเพิ่มขึ้นกับความอ่อนของสี แต่สีไม่ได้แสดงถึงพฤติกรรมของพื้นผิวที่เกี่ยวกับการแผ่รังสีคลื่นยาว ดังนั้นสีขาวและสีดำจะมีความแตกต่างกันอย่างมากในค่าการดูดซับรังสีของรังสีดวงอาทิตย์ โดยพื้นผิวสีดำจะร้อนมากกว่าหากได้รับรังสีดวงอาทิตย์ แต่การแผ่รังสีคลื่นยาวของสีทั้งสองจะเท่ากันและจะเย็นเท่ากันในตอนกลางคืนโดยการแผ่รังสีสู่ท้องฟ้า

พื้นผิวทุกพื้นผิวจะดูดซับและคายรังสีพร้อมๆกัน การแลกเปลี่ยนความร้อนโดยการแผ่รังสีระหว่างพื้นผิวที่ขนานกัน 2 พื้นผิวจะขึ้นอยู่กับค่าอิทธิพลการคายรังสี (effective emissivity, (E)) ของทั้งสอง โดยจะหาได้จากสมการ

$$E = 1 / ( 1/ \epsilon_1 + 1/ \epsilon_2 - 1)$$

การแลกเปลี่ยนความร้อนสุทธิโดยการแผ่รังสีต่อหน่วยพื้นที่ ( $Q''$ ) ระหว่าง 2 พื้นผิวหาได้จากสมการ

$$Q'' = E \sigma (T_2^4 - T_1^4)$$

คุณผลของวัสดุที่ตอบสนองต่อรังสีดวงอาทิตย์และรังสีความร้อนได้ในภาคผนวก ข

### 2.4.3 ค่าสัมประสิทธิ์ของพื้นผิว

ค่าสัมประสิทธิ์ของพื้นผิวหรือค่าความสามารถในการนำความร้อนของพื้นผิว(surface conductance) จะกำหนดอัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างพื้นผิวและอากาศโดยรอบ และการแลกเปลี่ยนความร้อนโดยการแผ่รังสีกับพื้นผิวอื่นหรือท้องฟ้า ดังนั้นค่าสัมประสิทธิ์ของพื้นผิวจะประกอบด้วย 2 ตัวประกอบที่เกี่ยวข้องกับการแลกเปลี่ยนโดยการแผ่รังสีและการพาความร้อน โดยหลักแล้วจะขึ้นอยู่กับค่าการคายรังสีของพื้นผิวและบางส่วนของอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวที่มีการแลกเปลี่ยนความร้อนโดยการแผ่รังสี ค่าสัมประสิทธิ์ของการพาความร้อนจะขึ้นอยู่กับ ลักษณะความขรุขระของพื้นผิว ความเร็วของอากาศที่อยู่บริเวณพื้นผิว และความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิพื้นผิวและอุณหภูมิอากาศ

ดูความแตกต่างของค่าการถ่ายเทความร้อนของพื้นผิวในลักษณะของการพาความร้อนและการแผ่รังสีความร้อน รวมไปถึงค่าความสามารถในการนำความร้อน(ค่าสัมประสิทธิ์ของพื้นผิว)และต้านทานความร้อนสำหรับอากาศได้ในภาคผนวก ค

### 2.4.4 ค่าความจุความร้อน

ค่าความจุความร้อนของผนังหรือหลังคา คือ จำนวนหรือปริมาณความต้องการความร้อนที่จะทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น 1 องศา ของหน่วยปริมาตรของผนังหรือ ของหน่วยพื้นที่ของพื้นผิวในกรณีแรกหมายถึงความจุความร้อนในเชิงปริมาตร(volumetric heat capacity,(c))ของวัสดุ มีหน่วยเป็น  $\text{Btu/ft}^3 \text{ } ^\circ\text{F}$  ซึ่งค่านี้จะใช้อธิบายถึงคุณสมบัติของวัสดุ และในกรณีที่สองหมายถึงค่าความจุความร้อนของผนัง (C) มีหน่วยเป็น  $\text{Btu/ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$  ใช้อธิบายคุณสมบัติขององค์ประกอบอาคาร

ความจุความร้อนของวัสดุจะสำคัญเมื่อสภาวะทางความร้อนมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงที่คงที่ เมื่อมีความแตกต่างมากๆ ระหว่างอุณหภูมิภายนอกและอุณหภูมิภายใน ค่าความจุความร้อนมีผลน้อยมากในสภาวะความร้อนภายในอาคาร การถ่ายเทความร้อนและการกระจายของอุณหภูมิจะขึ้นอยู่กับกรณีดังกล่าวซึ่งโดยหลักๆจะเกี่ยวกับการส่งผ่านความร้อนของเปลือกอาคาร แต่ในสภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงไม่คงที่ เมื่อโครงสร้างถูกทำให้ร้อนและทำให้เย็นเป็นระยะๆ และการได้รับรังสีดวงอาทิตย์ ความจุความร้อนจะมีผลที่แน่นอนในการกำหนดสภาวะความร้อนภายใน

องค์ประกอบหลักๆ ของ ค่าความจุความร้อน คือ ค่าความร้อนจำเพาะ และความหนาแน่น ช่วงของค่าความร้อนจำเพาะของวัสดุนี้้อยมาก โดยที่วัสดุอาคารที่มีค่าความร้อนจำเพาะสูงสุด คือ ไม้และพลาสติก (0.4 ถึง 0.5 Btu/lb °F ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำในเนื้อวัสดุ) และต่ำสุดคือ เหล็ก (0.11 Btu/lb °F) ในทางตรงข้ามช่วงของค่าความหนาแน่นจะกว้างมาก ความหนาแน่นของอากาศ (ซึ่งอาจจะพิจารณาเป็นวัสดุอาคารในรูปของช่องว่างอากาศ) จะประมาณ 0.071 lb/ft<sup>3</sup> ในขณะที่ความหนาแน่นของคอนกรีตเป็น 150 lb/ft<sup>3</sup> แต่ความหนาแน่นของโฟมโพลีสไตรีน (1.8-3.5 lb/ft<sup>3</sup>) ถูกใช้เป็นตัวต่ำสุดในการนำมาใช้งาน ซึ่งความจุความร้อนของผนังหรือโครงสร้างจะสัมพันธ์กับน้ำหนัก

วัสดุที่มีค่าความจุความร้อนสูงจะกักเก็บความร้อนไว้ได้มากทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งของวัตถุช้าลง ซึ่งลักษณะเช่นนี้เรียกว่าค่าเวลาในการหน่วงเหนี่ยวความร้อน(time lag)

ดูค่าความสามารถในการส่งผ่านความร้อนและค่าเวลาในการหน่วงเหนี่ยวความร้อนสำหรับผนังเนื้อเดียวได้ในภาคผนวก ง

#### 2.4.5 ค่าการกระจายความร้อน

ค่าการกระจายความร้อน(thermal diffusivity, ( $\alpha$ )) เป็นอัตราส่วนระหว่างค่าการนำความร้อน (k) และค่าความจุความร้อนในเชิงปริมาตร

$$\alpha = k / \rho c \text{ (ft}^2/\text{h)}$$

$$\alpha = k / C$$

โดยที่

k คือ ค่าการนำความร้อน (Btu/ h ft<sup>2</sup>°F)

$\rho$  คือ ค่าความหนาแน่น (lb/ft<sup>3</sup>)

c คือ ค่าความร้อนจำเพาะ (Btu/lb °F)

C คือ ค่าความจุความร้อนในเชิงปริมาตร (Btu/ft<sup>3</sup>°F)

ค่าการกระจายความร้อนที่สูงกว่าจะเป็นผลให้เกิดการกระจายความร้อนผ่านมวลสารของวัสดุ ที่เร็วกว่า สำหรับวัสดุอาคารโดยมากค่าความจุความร้อนจะเป็นสัดส่วนต่อความหนาแน่น ใน

ขณะที่ค่าการนำความร้อนเพิ่มอย่างไม่เป็นสัดส่วนอย่างรวดเร็ว มากกว่าการเพิ่มของความหนาแน่น

ดูค่าความหนาแน่นมาตรฐาน ค่าการกระจายความร้อนและค่าความร้อนจำเพาะได้ในภาคผนวก ก

## 2.5 ผลทางความร้อนของวัสดุเปลือกอาคาร (Givoni B.,1969:113-137)

เปลือกอาคารแบ่งสภาพภายในออกจากสภาพแวดล้อมภายนอก และเป็นตัวปรับเปลี่ยนหรือป้องกันผลกระทบโดยตรงจากตัวแปรต่างๆทางภูมิอากาศเช่น อุณหภูมิอากาศภายนอก ความชื้น ลม รังสีดวงอาทิตย์ ฝน เป็นต้น เปลือกอาคารโดยทั่วไปจะประกอบด้วยวัสดุ 2 ชนิด คือ วัสดุที่บดและวัสดุที่ยอมให้แสงผ่านได้

ผลกระทบของเปลือกอาคารขึ้นอยู่กับความหนา และคุณสมบัติทางความร้อน วัสดุที่อยู่ในพื้นที่ใช้สอยภายในเช่น พื้น หรือผนังเบาต่างๆ และแม้แต่เฟอร์นิเจอร์ จะเป็นตัวทำให้อุณหภูมิอากาศภายในเปลี่ยนแปลง โดยเป็นผลจากความจุความร้อนของโครงสร้างและอัตราการดูดซับความร้อนที่เกิดขึ้นหรือ ความร้อนที่ผ่านเข้ามาในอาคาร

เมื่อเปิดหน้าต่าง จะมีการเคลื่อนที่ของอากาศภายนอกเข้าสู่ภายใน หรือแม้แต่เมื่อปิดหน้าต่าง ความร้อนและอากาศก็สามารถรั่วซึมผ่านรอยแยกกรอบหน้าต่าง หรือช่องเปิดต่างๆ รังสีของดวงอาทิตย์สามารถที่จะทะลุผ่านวัสดุโปร่งใส โปร่งแสงและผ่านหน้าต่างที่เปิดเข้าสู่พื้นที่ภายใน และทำให้อาคารร้อนขึ้นจากภายใน อุณหภูมิอากาศภายนอกและความชื้นสามารถมีผลต่อภายในโดยตรงแม้ว่าผลของการเคลื่อนที่ของอากาศจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัสดุด้วย

เมื่อสภาวะความร้อนของภายในไม่มีการควบคุมโดยระบบเครื่องกล วัสดุจะได้รับผลกระทบจากอุณหภูมิของอากาศและอุณหภูมิผิวภายใน ซึ่งจะมีผลต่อความรู้สึกของผู้ใช้อาคาร หรือแม้ว่ามีการควบคุมสภาวะแวดล้อมภายในโดยการทำความร้อนหรือทำความเย็น คุณสมบัติทางความร้อนของวัสดุสามารถกำหนดปริมาณการทำความร้อนหรือความเย็นโดยระบบเครื่องกล และอุณหภูมิของผิวภายใน

รูปแบบของอุณหภูมิอากาศภายนอกและรังสีดวงอาทิตย์ในรายวันหรือรายปี และช่วงของความแปรปรวนจะขึ้นอยู่กับตำแหน่งที่ตั้ง สภาวะทางความร้อนภายในอาคารที่ไม่มีการควบคุมด้วยเครื่องกลจะเป็นไปตามรูปแบบนี้แต่ก็สามารถที่จะปรับเปลี่ยนได้ขึ้นอยู่กับรายละเอียดในการออกแบบและก่อสร้าง

ก่อนที่ดวงอาทิตย์จะขึ้น ทั้งอุณหภูมิอากาศและและอุณหภูมิผิวภายนอกจะต่ำที่สุด ภายหลังจากดวงอาทิตย์ขึ้น อุณหภูมิอากาศและและอุณหภูมิผิวภายนอกจะสูงขึ้นด้วย ซึ่งจะขึ้นสูงสุดในช่วงบ่าย (14.00 ถึง 16.00 น ) การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอากาศภายนอก จะทำให้ความร้อนถ่ายเทสู่พื้นผิวภายนอกของเปลือกอาคารและทำให้มีอุณหภูมิที่ผิวสูงขึ้น ผลดังกล่าวโดยมากจะเป็นลักษณะของทุกพื้นผิว โดยไม่เกี่ยวกับตำแหน่งที่ตั้ง ในขณะที่เดียวกัน รังสีดวงอาทิตย์ทั้งที่เป็นรังสีโดยตรง ที่กระจายจากท้องฟ้า หรือที่สะท้อนจากพื้นผิวโดยรอบกระทบที่ผิวอาคาร รังสีบางส่วนจะถูกสะท้อนออกไป แต่ส่วนที่เหลือจะถูกดูดซับโดยพื้นผิว ซึ่งจะมีผลให้อุณหภูมิพื้นผิวสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ ตำแหน่งของพื้นผิวจะกำหนดความเข้มของรังสีที่มากกระทบ เป็นผลให้เกิดรูปแบบของอุณหภูมิที่ต่าง ๆ กัน สำหรับหลังคาและผนังในแต่ละด้าน ลักษณะการสูงขึ้นของอุณหภูมิจะเป็นสัดส่วนต่อสัมประสิทธิ์การดูดซับของพื้นผิว

กระบวนการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังจากพื้นผิวภายนอกที่มีอุณหภูมิสูงขึ้น อาจจะทำให้มองเห็นภาพโดยการพิจารณาเปลือกอาคารซึ่งแบ่งออกเป็นหลายๆชั้น การถ่ายเทความร้อนผ่านแต่ละชั้นจะส่งผลให้อุณหภูมิต่ำลงในแต่ละชั้นขององค์ประกอบ ดังนั้นแต่ละชั้นจะได้รับความร้อนน้อยลงและมีอุณหภูมิสูงขึ้นน้อยกว่าชั้นที่อยู่นอกๆ หลังจากที่มีอุณหภูมิผิวภายนอกขึ้นสูงสุด จะเริ่มมีอุณหภูมิต่ำลง ความร้อนที่สะสมในผนังก็จะเคลื่อนที่ใน 2 ทิศทางคือเข้าและออก อัตราส่วนของช่วงอุณหภูมิภายนอกสู่ภายในขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางความร้อนของวัสดุ และความหนาของโครงสร้าง ขณะที่ความหนาและความจุความร้อนของผนังเพิ่มขึ้น และค่าการนำความร้อนลดลง จะทำให้เกิดการหน่วงเวลามากขึ้น

การรวมผลของค่าการนำความร้อนและค่าความจุความร้อนของผนังที่เป็นวัสดุชนิดเดียว จะถูกแสดงโดยค่าการกระจายความร้อนของวัสดุ กระบวนการดังกล่าวไม่ได้คำนึงถึงปัจจัยต่างๆที่มีผลต่ออุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิวภายในโดยปราศจากการดัดแปลงของผนัง ปัจจัยที่มีอยู่และรวมไปถึงการไหลเวียนอากาศของอาคาร รังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านหน้าต่างและทำความร้อนภายในอาคาร การไหลเวียนอากาศได้นำอากาศภายนอกเข้ามาโดยตรงและปะทะกับอากาศและพื้นผิว

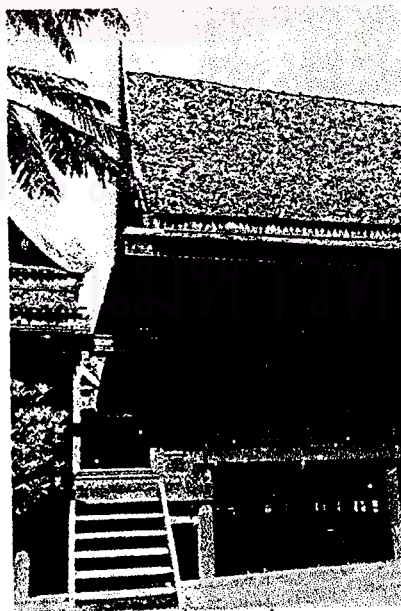


ภายในในอุณหภูมิที่ต่างกัน รังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านหน้าต่าง และที่สะท้อนจากพื้นสู่พื้นผิวภายใน หรือที่ถูกดูดซับไว้ในพื้นจะทำให้อุณหภูมิอากาศและพื้นผิวภายในสูงขึ้น

ปัจจัยทั้งหลายดังที่กล่าวมามีผลต่ออุณหภูมิอากาศภายในโดยตรง ซึ่งผลของปัจจัยดังกล่าวจะมีมากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางความร้อนของวัสดุ แต่มีความแตกต่างไปตามปัจจัยทางภูมิอากาศที่มีผลต่อพื้นผิวภายนอกด้วย คุณสมบัติหลักที่มีผลในการตอบสนองต่อความร้อน คือผลคูณของค่าการนำความร้อนและค่าความจุความร้อนในเชิงปริมาตร โดยเฉพาะอย่างยิ่งคุณสมบัติของชั้นของผนังด้านใน ถ้าหากค่านี้สูงผนังจะสามารถดูดซับความร้อนจากแหล่งความร้อนภายในได้เร็วกว่า และทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นน้อยกว่า ในทางตรงกันข้ามเมื่อค่านี้ต่ำ พื้นผิวภายในก็จะร้อนขึ้นอย่างรวดเร็ว

ค่าของผลคูณของค่าการนำความร้อนและค่าความจุความร้อนในเชิงปริมาตร ยังกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศภายในและอุณหภูมิผิวภายใน โดยเฉพาะเมื่ออาคารมีการไหลเวียนของอากาศ หากค่านี้สูงจะทำให้เกิดความแตกต่างที่เหมาะสมของอุณหภูมิอากาศภายในและอุณหภูมิผิวภายใน เพราะอุณหภูมิอากาศในอาคารที่มีการไหลเวียนอากาศจะใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศภายนอก ในขณะที่อุณหภูมิผิวจะยังรักษาระดับที่สูงอยู่อันเนื่องมาจากการถ่ายเทความร้อนจากภายในผนัง หากค่านี้ต่ำอัตราการถ่ายเทความร้อนจากภายในจะลดลงและคุณภาพในการกักเก็บความร้อนก็จะน้อย และอุณหภูมิผิวก็จะคล้อยตามไปกับอุณหภูมิอากาศภายใน

## 2.6 ลักษณะทางสถาปัตยกรรมของเรือนไทย



ภาพที่ 2-2 แสดงลักษณะโดยทั่วไปของเรือนไทย



### 2.6.1 ลักษณะโดยทั่วไป (ฤทัย ใจจงรัก, 2539:165-174)

เรือนไทยโดยเฉพาะเรือนไทยภาคกลาง มีลักษณะทางสถาปัตยกรรมที่เด่นชัดคือ

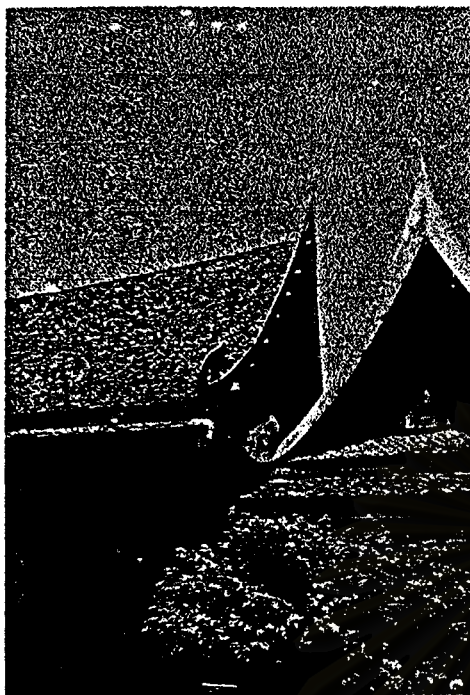
พื้นเรือนถูกยกสูงชันเหนือระดับพื้นดิน รวมทั้งพื้นชานก็ยกสูงด้วย การยกพื้นสูงนี้มีระดับลดหลั่นกัน เช่น พื้นของห้องนอนสูง 2.60 เมตรจากระดับพื้นดิน ระดับระเบียงลดลง 40 เซนติเมตร และพื้นชานลดจากระดับอีก 40 เซนติเมตร เป็นต้น



ภาพที่2-3 แสดงลักษณะการยกใต้ถุนสูงของเรือนไทย

หลังคาทรงจั่วสูง หลังคาบ้านไทยแต่ดั้งเดิมเป็นลักษณะหลังคาจั่วทรงสูง เนื่องจากเครื่องวัสดุเป็น ฝา กะเบื้องดินเผา มีโครงหลังคาเป็นไม้ วัสดุเหล่านี้ต้องการความสูงชันของหลังคา โดยมีความชันของหลังคาประมาณ 50 องศา ถึง 60 องศา มีชายคาที่ยื่นยาว และไม่นิยมทำฝ้าเพดาน

ชานเรือน เรือนไทยจะมีพื้นที่ของชานกว้างมากคือประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทั้งหมด (ห้อง ระเบียงและชาน) และถ้ารวมพื้นที่ของระเบียงเข้าไปด้วยแล้ว พื้นที่ส่วนภายนอกจะเท่ากับ 60 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทั้งหมด และพื้นที่ที่อยู่อาศัยภายในจะมีเพียง 40 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ทั้งหมด โดยที่ชานจะเชื่อมเรือนแต่ละหลังเข้าด้วยกัน



ภาพที่ 2-4

แสดงลักษณะของหลังคาเรือนไทยที่มี  
ลักษณะค่อนข้างชัน



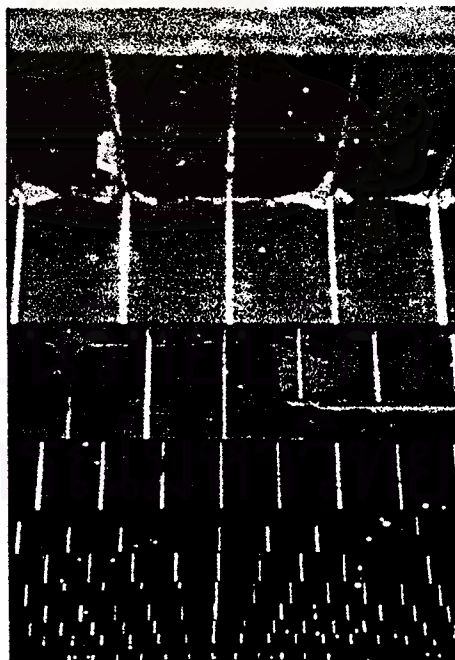
ภาพที่ 2-5

แสดงลักษณะของชานเรือน

การสร้างเรือนไทยนั้นมีคติถือกันโดยจะเป็นกฎเกณฑ์ที่ว่าด้วยเรื่องของโชคกลาง โดยที่แฝงเหตุผลทางด้านการวางตำแหน่งอาคารให้ถูกต้องตามทิศทางแคดลมที่มีเหตุผลพอสมควรคือถ้าสร้างขวางตะวันคือหันด้านข้าง(ด้านยาว) ไปแนวทิศตะวันออกและตะวันตก ด้านยาวของเรือนจะถูกแดดตะวันออกและตะวันตกรบกวน ส่วนด้านแคบของเรือนซึ่งมักมีหน้าต่าง 1 ถึง 2 ช่องจะหันไปทางด้านเหนือและใต้ การรับลมตามฤดูกาลซึ่งมักมาทางทิศตะวันตกเฉียงใต้และทิศใต้จึงได้น้อย ถ้าวางเรือนตามตะวันและมีระเบียบอยู่ด้านทิศเหนือ ด้านแคบของเรือนหันทางด้านตะวันออกและตะวันตก ด้านยาวของตัวเรือนที่มีหน้าต่างอยู่ด้านทิศใต้ ด้านที่มีประตูและระเบียบอยู่ทิศเหนือ ซึ่งการวางเรือนแบบนี้ก็จะเหมาะสมกับทิศทางของการรับลมกันแดด เพราะด้านยาวของเรือนได้รับลมตามฤดูกาลจากทิศใต้และตะวันตกเฉียงใต้ ด้านแคบของเรือนหันไปทางด้านตะวันออก และตะวันตกมีเนื้อที่ผนังที่รับแดดน้อยกว่าด้านยาว ส่วนด้านระเบียบที่อยู่ด้านทิศเหนือซึ่งร่มตลอดวันก็จะใช้ประโยชน์ได้เต็มที่และยังได้รับลมประจำที่เข้าจากหน้าต่างด้านทิศใต้ และตะวันตกเฉียงใต้ และผ่านออกประตูไปยังระเบียบและชานเพราะเรือนไทยมักเจาะประตูหน้าต่างตรงกัน เป็นการรับลมและไหลเวียนอากาศแบบ cross ventilation นอกจากนี้ช่องแอมวลอดซึ่งเกิดจากการลดระดับที่ต่างกันของตัวเรือนกับชานจะเป็นช่องที่ทำให้เกิดการไหลเวียนของอากาศจากใต้ถุนผ่านมาที่ชาน

นอกจากนี้ยังนิยมวางเรือนไปตามสภาพแวดล้อมและความเชื่อท้องถิ่น เช่น อยุริมน้ำหรือ ล้ำคลองตัวเรือนก็วางยาวไปตามลำน้ำด้วยและอยุริมถนนก็วางตัวเรือนยาวไปตามถนน ถึงแม้ว่า ลักษณะการวางผังจะไม่ได้คำนึงถึงทิศทางลม แต่การที่เรือนแต่ละหลังมีเว้นระยะห่างกันพอสมควรก็ทำให้ลมพัดผ่านห้องของแต่ละเรือนได้สะดวก

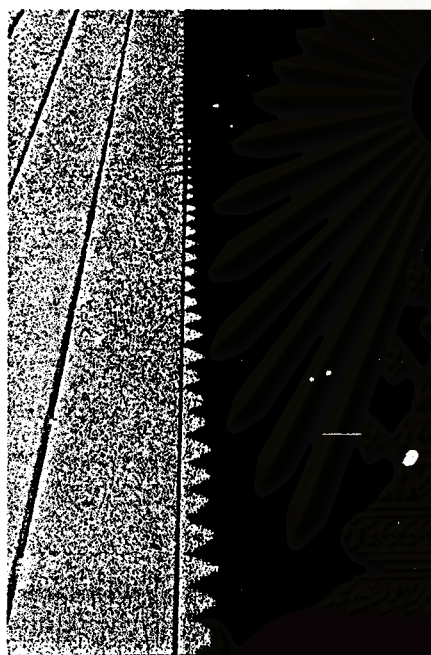
ลักษณะโครงสร้างและส่วนประกอบของเรือนทำด้วยไม้ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นไม้สัก เว้นแต่โครงสร้างที่สำคัญและต้องรับน้ำหนักที่รับน้ำหนักจะใช้ไม้ชนิดอื่น เช่น เต็ง รัง แดง และมะค่า เป็นต้น โครงสร้างทั้งหมดเป็นระบบเสาคาน และมีการลั่นสอบบนทั้งสองด้านคือ ด้านสกัดและด้านยาว ช่วงของระเบียบมีทั้งแบบไม้ลกระดပ်พื้นโดยใช้รอดตัวเดียวโดยตลอดและแบบลกระดပ်พื้นโดยแยกรอดออกเป็นสองตัว ตัวหนึ่งรับพื้นส่วนนอนและอีกตัวหนึ่งรับพื้นระเบียบ ลักษณะโครงสร้างส่วนนี้มี 2 แบบคือ ใช้เจาะเสาส่วนบนให้รอดรับพื้นห้องนอนผ่าน และเจาะเสาส่วนล่างห่างกันประมาณ 40 ถึง 45 เซนติเมตรให้รอดรับพื้นระเบียบผ่าน หรืออีกแบบหนึ่งตั้งเสาคู่ขึ้นรับรอดระเบียบโดยไม่ต้องเจาะเสา 2 แห่ง แต่เสารับระเบียบมีความสูงเพียงรับรอดเท่านั้น ไม่สูงเลยพื้นและตั้งห่างเสาส่วนนอนประมาณ 50 เซนติเมตร โครงสร้างของพื้นชานเป็นอิสระจากตัวเรือนนอนและเรือนครัว โดยตั้งอยู่ต่างหาก เสาที่ตั้งรับพื้นชานห่างจากเสาเรือนประมาณ 50 เซนติเมตร วิธีการก่อสร้างทำเป็นตอนๆไป โดยสร้างเรือนนอนและเรือนครัวก่อน ส่วนชานสร้างภายหลัง



ภาพที่ 2-6 แสดงลักษณะโครงสร้างรับพื้นชานที่เป็นไม้

## 2.6.2 รายละเอียดของเปลือกอาคารเรือนไทย

พื้น ไม้สักเหลื่อมแบนหนาประมาณ 2.5 เซนติเมตรและกว้างประมาณ 40 ถึง 50 เซนติเมตร เรือนไทยนิยมใช้ไม้พื้นกว้างมาก ปูบนตงหรือรอด ระหว่างแผ่นต่อแผ่นของพื้นมีเดือยไม้ แลมนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเดือย 1 เซนติเมตร ตอกยึดพื้น ระยะห่างเดือยประมาณ 1 ถึง 2 เมตร บางแห่งใช้เดือยแบนขนาด 1เซนติเมตร \* 2.5 เซนติเมตร เรียกว่าลั่นกระบือ สำหรับพื้นนอกชาน นั้น ปูเว้นร่องให้สามารถระบายน้ำเพื่อป้องกันพื้นผุ ร่องพื้นชานมีความกว้างประมาณ 1 เซนติเมตร



ภาพที่2-7

พื้นภายนอกตัวเรือนที่ตีเว้นร่อง

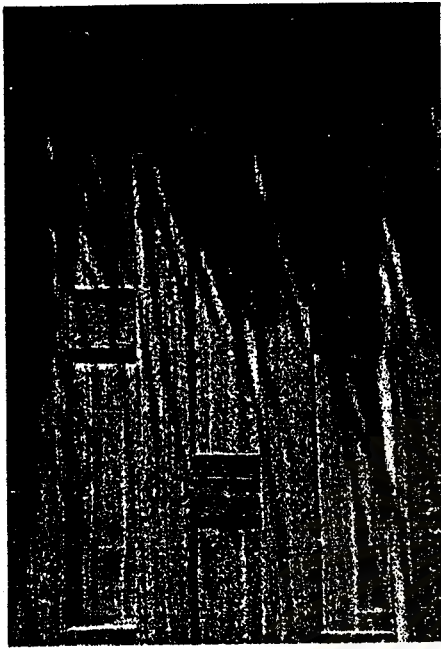


ภาพที่2-8

พื้นภายในตัวเรือนที่ตีชิดเข้าลิ้น

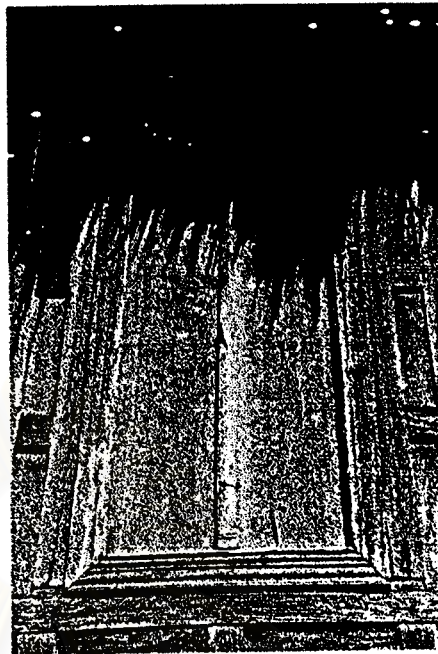
ฝาผนัง เป็นผืนผนังที่ประกอบกันเข้าเป็นแผ่นจากชิ้นส่วนเล็กๆของไม้หรือใบไม้บางชนิด โดยมีโครงขอบฝาเป็นไม้จริง มีหน้าที่เป็นเสมือนเปลือกหุ้มที่ว่างภายในห้อง ฝาส่วนด้านสกัดหัวท้ายเรียกฝาทั้งแฉงว่าฝาดูดหน้ากลองหรือ ฝาทุ้มกลอง ส่วนฝากั้นห้องภายในระหว่างห้องนอนกับห้องโถง เรียกว่า ฝาประจันห้อง ไม่ว่าจะเป็นฝาของห้อง ฝาของระเบียงหรือ ฝาของชานก็ดี มีหลากหลายประเภทดังนี้ ฝาปะกน ฝาปะกนกระดานดุน ฝาลูกฟัก ฝาลูกฟักกระดานดุน ฝาสายบัว (คือ ฝาตีตามแนวตั้ง) ฝาสายบัวกระดานดุน ฝาสำหรวด (ฝาตีแบบเว้นช่องโป่ง) ฝากระแหวอ่อน ฝาขัดแตะ ฝากระดานเรียบ ฝาเพ็ยม ฝาลำแพน (ฝาไม้ไผ่หลาวแบนคล้ายตอกแล้วสานเป็นแผ่น)





ภาพที่ 2-9

แสดงลักษณะผ้ามืดเรือนที่เป็นผ้ามืดปะกนที่ทำจากไม้ซึ่งเป็นวัสดุมวลสารน้อยไม่กักเก็บความร้อน



ภาพที่ 2-10

ส่วนหน้าต่างที่เปิดอยู่ทำให้มีลักษณะเหมือนส่วนของผ้ามืด

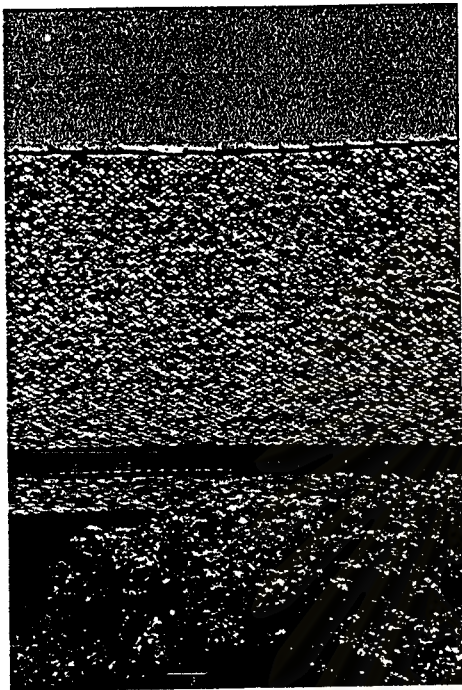
หน้าจั่ว ผ้ามืดไม้รูปสามเหลี่ยม สร้างขึ้นจากองค์ประกอบของชิ้นไม้ในลักษณะต่างๆ ใช้ประโยชน์เพื่อประกบปิดส่วนที่เป็นโพรงของหลังคาทางด้านสกัดของเรือน มีหลายลักษณะดังนี้

1. จั่วลูกฟัก หรือจั่วพรมพักตร์ แบ่งหน้าจั่วโดยมีแนวนอนและแนวตั้งสลับกัน คล้ายฝาปะกน แต่ขนาดใหญ่กว่า และขยายส่วนไปตามแนวนอน
2. จั่วรูปพระอาทิตย์ มีรูปคล้ายพระอาทิตย์ครึ่งดวง เส้นรัศมีพระอาทิตย์ทำด้วยไม้แบน และเว้นช่องให้ระบายอากาศ นิยมใช้กับจั่วเรือนครัวไฟ
3. จั่วใบปรีอ จั่วชนิดนี้มีตัวแผงประกอบด้วยแผ่นไม้ขนาดเล็กเรียงซ้อนทางแนวนอน นิยมใช้กับเรือนนอน และเรือนครัวไฟ ถ้าเป็นครัวไฟส่วนบนมักเว้นช่องให้ระบายอากาศได้

หลังคา เป็นชิ้นส่วนที่เป็นพื้นทำหน้าที่กันแดดและฝนให้กับตัวเรือน ใช้วัสดุหลายอย่างประกอบกันเข้า (มุง) โดยวัสดุที่ใช้มุง ได้แก่

1. กระเบื้อง มีหลายแบบและหลายขนาด ทำจากดินเผาสุก และมักมีชื่อเรียกตามลักษณะของรูปร่างของกระเบื้อง เช่น กระเบื้องหางมน กระเบื้องหางตัด และกระเบื้องขอ เป็นต้น ความหนาโดยประมาณ 0.05 ถึง 0.08 เซนติเมตร มีชนิดตัวผู้และตัวเมีย

2. จาก แผ่น และหญ้าคา โดยแผ่นและจัดเข้าเป็นตับ โดยมีไม้ไผ่เหลาเป็นแกน โดยตับหนึ่งๆ มีขนาดกว้าง 35 เซนติเมตร ยาว 110 เซนติเมตร ชั้นกันหนา ประมาณ 7 ถึง 20 เซนติเมตร



ภาพที่ 2-11

แสดงลักษณะวัสดุผนังหลังคาที่ทำจาก  
กระเบื้องดินเผา



ภาพที่ 2-12

แสดงลักษณะวัสดุผนังหลังคาที่ทำจากจาก

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



### บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยทำการศึกษาลักษณะทางกายภาพ รายละเอียดและรูปแบบของเปลือกอาคารส่วนต่างๆ (พื้น ผนัง หลังคา) ของเรือนไทย ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อน ตลอดจนหาอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารจากข้อมูลการวิจัยที่เกี่ยวข้องแล้วจึงทำการกำหนดแนวทางในการวิจัยโดยให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์และสมมติฐานของการวิจัยได้ดังนี้

#### 3.1 การกำหนดวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือ สถานที่ทดลองและอาคารกรณีศึกษา

##### 3.1.1 กำหนดวัสดุเปลือกอาคารที่จะนำมาใช้ในการทดลอง

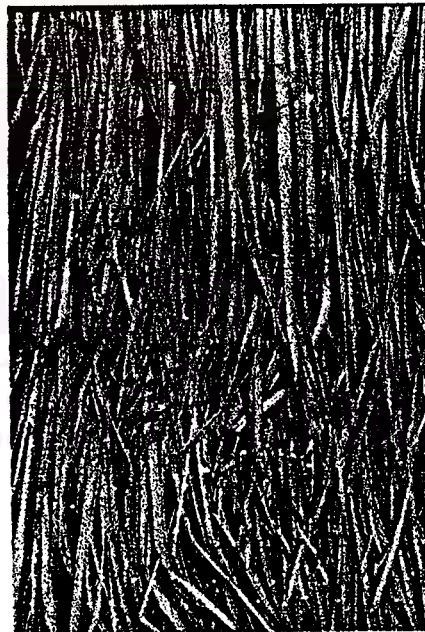
การกำหนดวัสดุเปลือกอาคารที่จะนำมาใช้ในการทดลองจะเน้นการจำลองสภาพให้เหมือนหรือใกล้เคียงกับเปลือกอาคารของเรือนไทย โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

หลังคา ใช้วัสดุมุงหลังคาคือกระเบื้องดินเผาหนา 0.32 นิ้ว (0.8 เซนติเมตร) น้ำหนักเฉลี่ย 55 กิโลกรัมต่อตารางเมตรและหลังคาตีบหญ้าคาน้ำหนักเฉลี่ย 5 กิโลกรัมต่อตารางเมตร



ภาพที่ 3-1

แสดงลักษณะกระเบื้องดินเผาที่นำมาใช้ทดสอบคุณสมบัติวัสดุมุงหลังคา



ภาพที่ 3-2

แสดงลักษณะหญ้าคานำมาใช้ทดสอบคุณสมบัติวัสดุมุงหลังคา

ผนัง ใช้ผนังไม้สักโดยจำลองลักษณะฝาปะกนขนาด 24 นิ้ว\*24 นิ้ว (60 เซนติเมตร\*60 เซนติเมตร)ความหนาปะกนเป็นไม้ หนา 1.5 นิ้ว(3.75 เซนติเมตร) ลูกพักปะกนเป็นไม้สักหนา 0.5" (1.25 เซนติเมตร) โดยจะเป็นผนังที่บ 4 แผ่นและผนังที่ตรงกลางโปร่งเพื่อทดสอบการไหลเวียน อากาศอีก 4 แผ่น โดยผนังไม้ทั้งหมดทาน้ำยาเคลือบผิวเพื่อป้องกันความชื้น



ภาพที่ 3-3

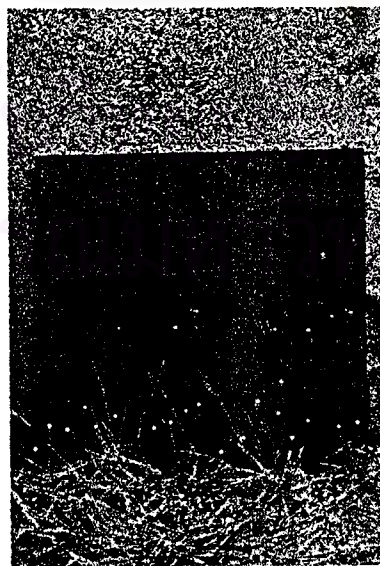
แสดงลักษณะผนังปะกนไม้สักที่  
นำมาใช้ในการทดสอบในกรณีที่  
ไม่มีการไหลเวียนอากาศ



ภาพที่ 3-4

แสดงลักษณะผนังปะกนไม้สัก  
ที่นำมาใช้ในการทดสอบใน  
กรณีที่มีการไหลเวียนอากาศ

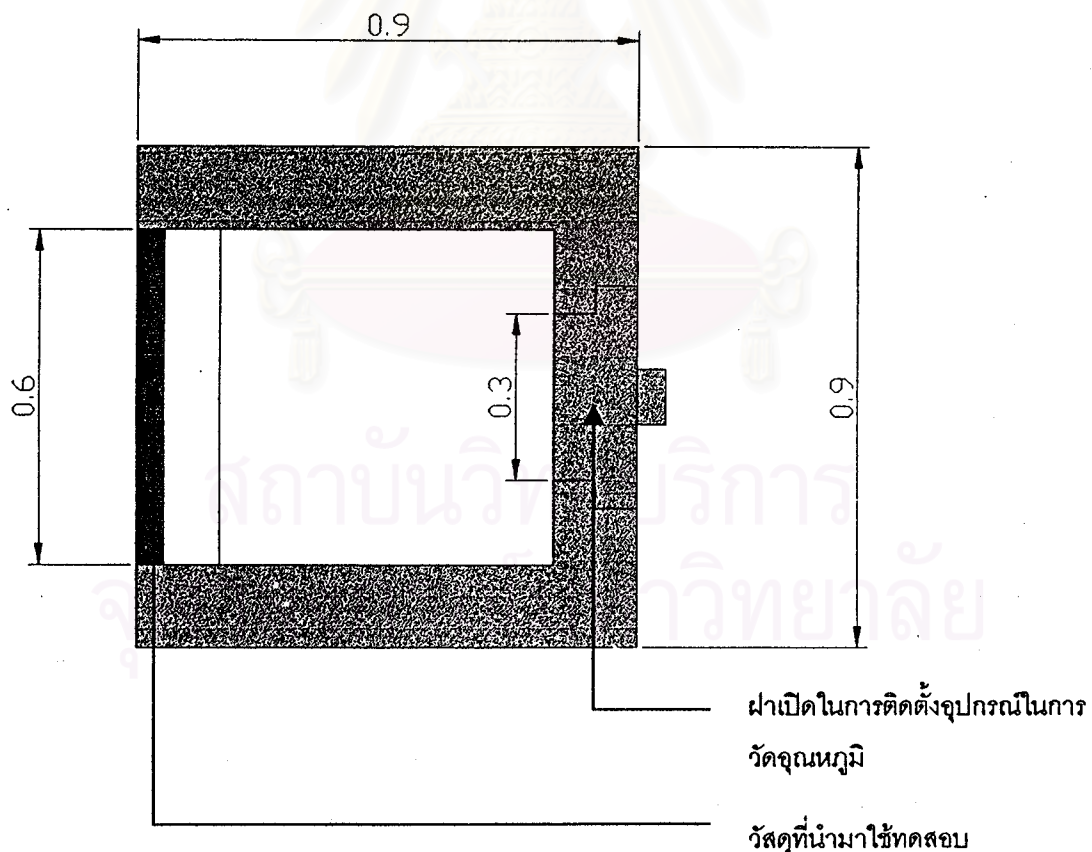
พื้นเรือน ใช้ไม้แดงหนา 1 นิ้ว(2.5เซนติเมตร) กว้าง 12 นิ้ว(30 เซนติเมตร) ตีชิดเข้า  
ลัน กว้างขนาด 24 นิ้ว\*24 นิ้ว(60 เซนติเมตร \* 60 เซนติเมตร )



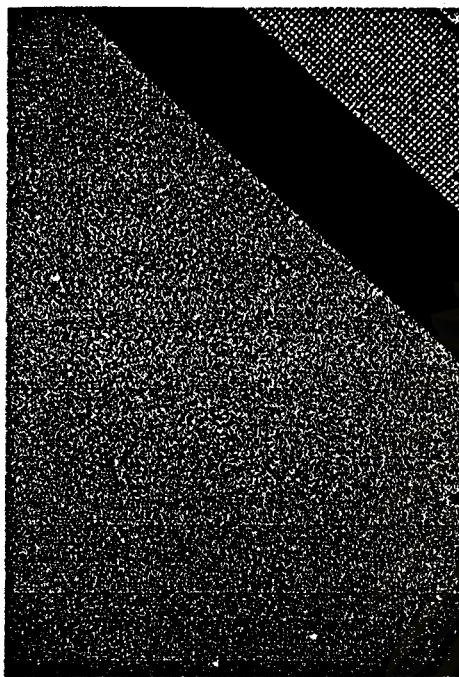
ภาพที่ 3-5 แสดงลักษณะพื้นไม้แดงที่นำมาทดสอบ

### 3.1.2 กล่องทดลอง

การจำลองสภาพอาคารจะใช้กล่องทดลองที่เป็นโฟมชนิด EPS (expanded polystyrene foam) ที่มีความหนาแน่น 1.5 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต ซึ่งมีค่าความต้านทานสูงเพื่อป้องกันผลกระทบจากภายนอกโดยมีตาข่ายไฟเบอร์กลาสหุ้มเพื่อป้องกันการแตกร้าวและเสริมความแข็งแรงให้กับกล่อง ผิวภายนอกของกล่องทดลองเคลือบด้วยวัสดุเคลือบภายนอก (adhesive base coat) ผลิตภัณฑ์ของบริษัท TG ซึ่งมีคุณสมบัติในการทนแดด ลม ความชื้น เมื่อเคลือบกล่องด้วยวัสดุฉนวนผิวชนิดนี้จะทำให้กล่องมีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน ช่วยป้องกันการรั่วซึมของอากาศระหว่างภายในและภายนอกกล่องเป็นอย่างดี จากคุณสมบัติดังกล่าวทำให้สามารถที่จะควบคุมให้ผลการทดลองได้รับผลกระทบจากสิ่งที่ทำการศึกษาเท่านั้น โดยกล่องทดลองมีขนาดภายนอก 0.90 เมตร\*0.90 เมตร\*0.90 เมตร ขนาดภายใน 0.60 เมตร\*0.60 เมตร\*0.60 เมตร ประกอบด้วยผนัง 5 ด้าน ส่วนอีกด้านหนึ่งเจาะช่องเปิดขนาด 0.60 เมตร\*0.60 เมตรสำหรับติดตั้งวัสดุที่จะนำมาทดสอบ ด้านตรงข้ามช่องเปิดเจาะช่องสี่เหลี่ยมขนาด 0.30 เมตร\*0.30 เมตรเพื่อเป็นฝาเปิดในการติดตั้งอุปกรณ์ในการวัดอุณหภูมิ



ภาพที่ 3-6 แสดงรายละเอียดของกล่องทดลอง



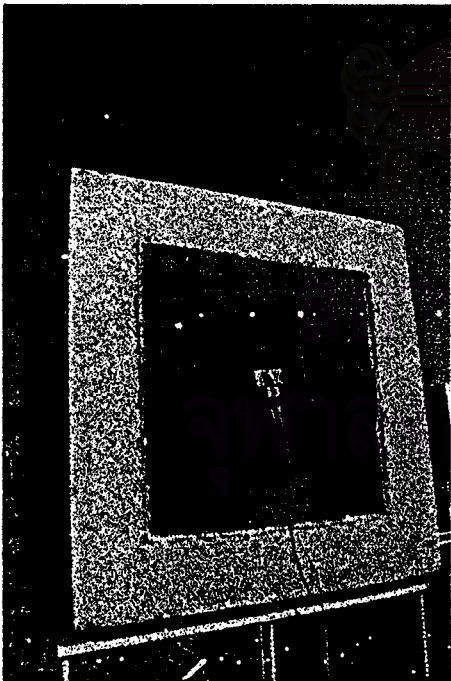
โฟมชนิด EPS ที่มีความหนาแน่น 1.5 ปอนด์  
ต่อลูกบาศก์ฟุต หนา 6 นิ้ว

ตาข่ายไฟเบอร์กลาส

วัสดุเคลือบภายนอก

วัสดุฉาบผิว (finish coat)

ภาพที่ 3-7 แสดงลักษณะโครงสร้างของกล่องทดลอง

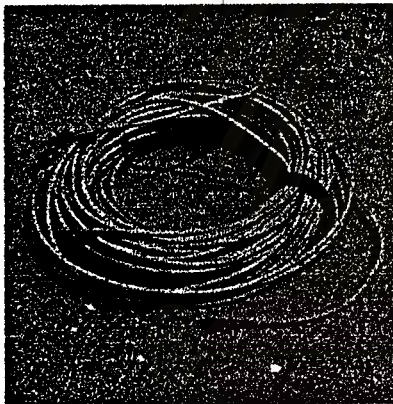


ภาพที่ 3-8 แสดงลักษณะกล่องทดลองเมื่อทำ  
การติดตั้งวัสดุที่นำมาทดสอบแล้ว



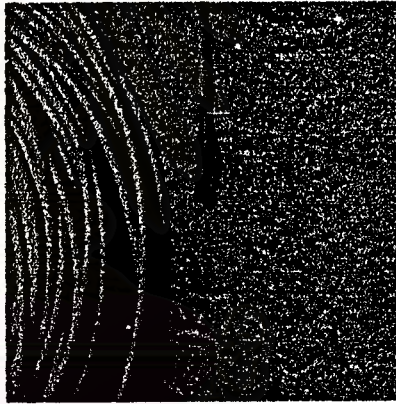
### 3.1.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวัดค่าอุณหภูมิ อ่านค่าอุณหภูมิ และบันทึกข้อมูลของการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลซึ่งเครื่องมือนี้จะใช้เก็บข้อมูลทั้งจากกล่องทดลองและจากอาคารจริงที่เป็นกรณีศึกษา โดยที่เครื่องมือที่ใช้วัดค่าอุณหภูมิเป็นสายสัญญาณที่ประกอบด้วยหัวเทอร์มิสเตอร์ ขนาดความต้านทาน 10 กิโลโอห์ม เนื่องจากหัวเทอร์มิสเตอร์มีความไวต่อความชื้นมากดังนั้นในการประกอบหรือติดตั้งจะต้องมีการป้องกันความชื้นเป็นอย่างดีก่อนทำการทดลอง ใช้สายโทรศัพท์แบบ 2 สายเป็นสายนำสัญญาณสู่ data logger โดยปลายข้างหนึ่งติดตั้งเข้ากับหัวเทอร์มิสเตอร์ และปลายอีกข้างหนึ่งต่อเข้ากับช่องรับสัญญาณข้อมูลของ data logger เครื่องมือที่ใช้ในการรับสัญญาณเป็นเครื่อง data logger โดยเลือกใช้ Sciometric Instruments System 200 Model 236 Hardware โดยที่เครื่อง data logger นี้ใช้สำหรับการอ่านค่าอุณหภูมิและบันทึกข้อมูลลงบน Software ที่มีชื่อว่า Sciometric Gen 200 Windows-Based Software Version 1.46



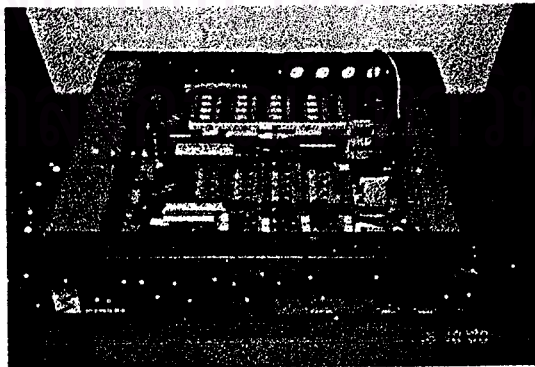
ภาพที่ 3-9

แสดงลักษณะสายสัญญาณที่ใช้ในการทดลอง

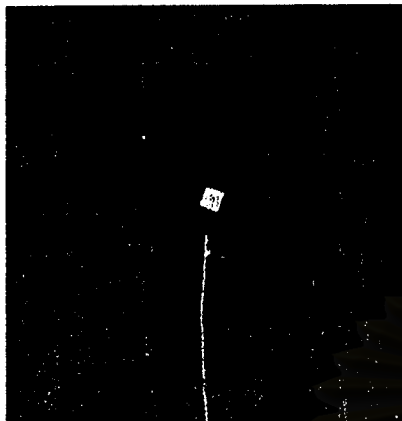


ภาพที่ 3-10

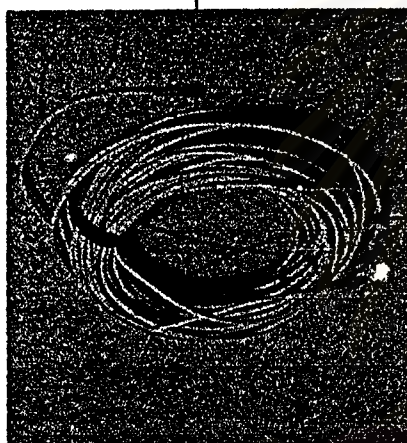
แสดงลักษณะหัวเทอร์มิสเตอร์ขนาดความต้านทาน 10 กิโลโอห์ม



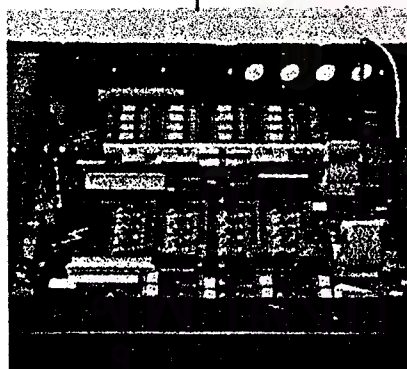
ภาพที่ 3-11 แสดง data logger - Sciometric Instruments System 200 Model 236 Hardware



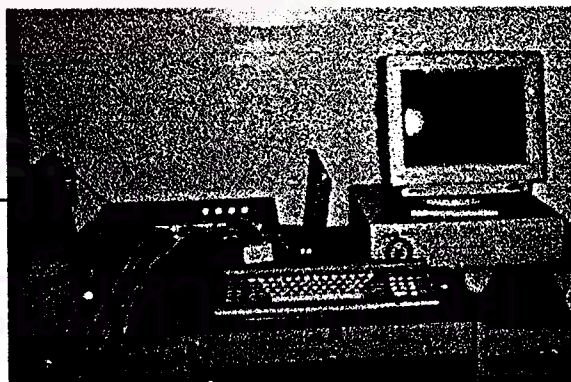
วัสดุที่นำมาใช้ทดสอบ



สายสัญญาณที่ประกอบด้วยหัวเทอร์มิสเตอร์  
ขนาดความต้านทาน 10 กิโลโอห์ม ใช้สาย  
โทรศัพท์แบบ 2 สายเป็นสายนำสัญญาณสู่  
data logger



เครื่องมือที่ใช้ในการรับสัญญาณเป็น  
เครื่อง data logger โดยเลือกใช้  
Sciometric Instruments System  
200 Model 236 Hardware



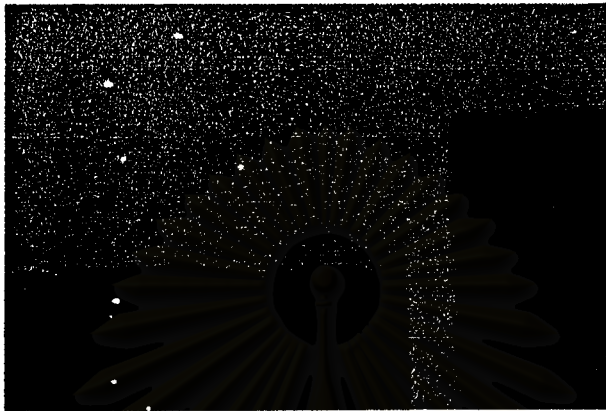
คอมพิวเตอร์ใช้ในการบันทึกข้อมูลและอ่านค่าข้อมูลลง  
บน Software ที่มีชื่อว่า Sciometric Gen 200  
Windows-Based Software Version 1.46

ภาพที่3-12 แสดงการติดตั้งเครื่องมือ



### 3.1.4 สถานที่ทดลอง

สถานที่ทดลองตั้งอยู่ที่อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี ลักษณะโดยรอบเป็นที่โล่ง สามารถตั้งกล้องทดลองภายในชุดการทดลองเดียวกันได้โดยไม่บังแดด และลมกันเอง



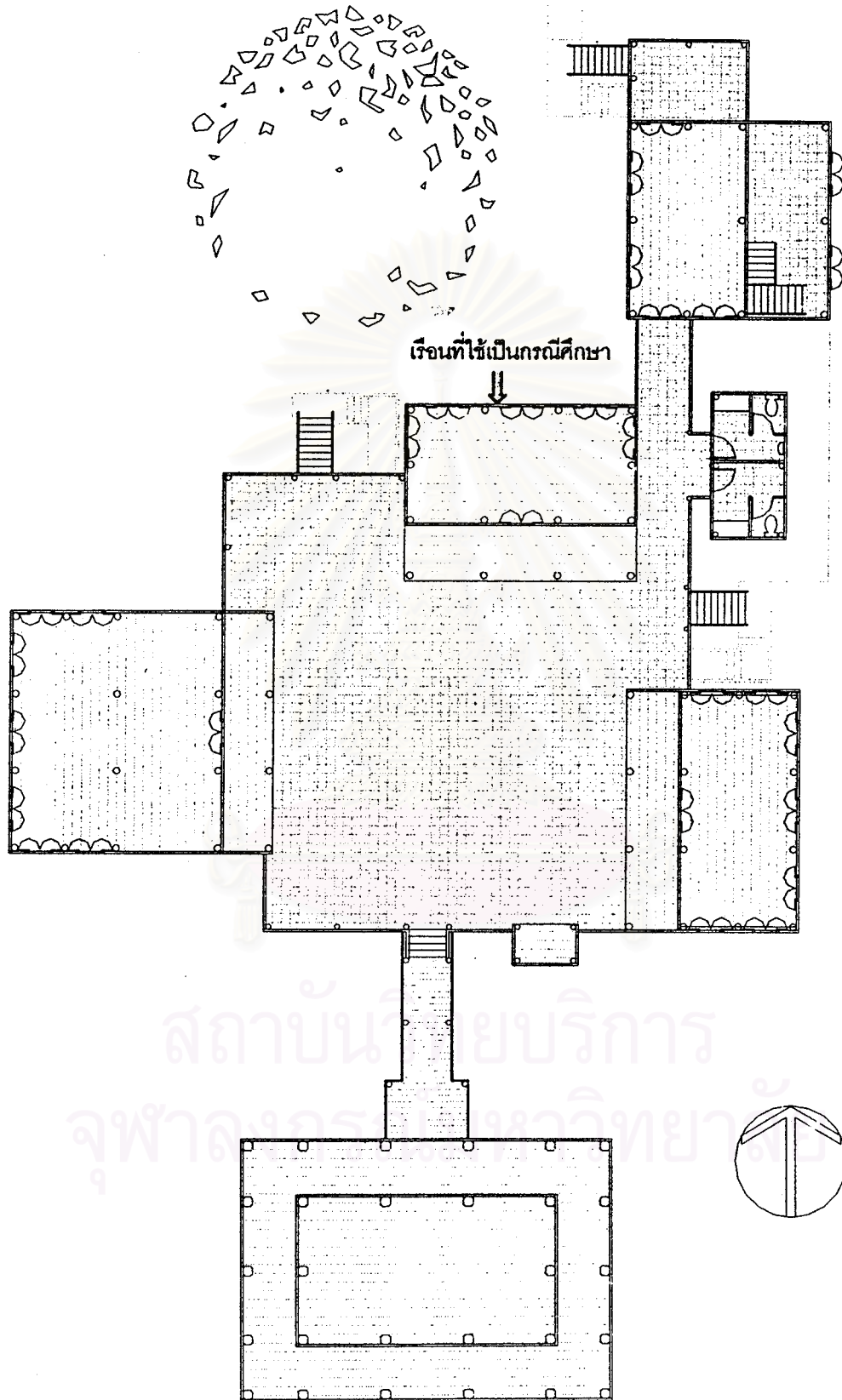
ภาพที่3-13 แสดงสถานที่ทำการทดลองซึ่งเป็นที่โล่ง

### 3.1.5 อาคารกรณีศึกษา

การเลือกอาคารเพื่อใช้เป็นกรณีศึกษาในการวิจัยนี้ ทำการเลือกอาคารเรือนไทยที่มีลักษณะเป็นเรือนไทยประเพณีมาใช้ในการวิเคราะห์พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคาร ซึ่งจะเกิดการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารทุกส่วนในเวลาเดียวกันคือพื้น ผนังและหลังคาภายใต้สภาวะแวดล้อมจริง

#### ศูนย์ส่งเสริมวัฒนธรรมแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ลักษณะทางสถาปัตยกรรม เป็นกลุ่มเรือนไทยภาคกลางยกพื้นสูงเป็นได้ถุนประมาณ 1.8 เมตร โครงสร้างส่วนใต้ถุนปูผิวด้วยบล็อกคอนกรีต ในรายละเอียดของเปลือกอาคารนั้น อาคารแต่ละหลังจะใช้ไม้ซึ่งเป็นวัสดุที่มีมวลสารน้อยสร้างเป็นผนังในลักษณะของฝาปะกน สีภายนอกและภายในเป็นสีน้ำตาลเข้ม มีช่องเปิดอยู่โดยรอบอาคาร พื้นภายในตัวอาคารจะเป็นไม้เต็งรัง หนา 1 นิ้ว ติเข้าลิ้น โครงสร้างของหลังคาเป็นไม้รองรับวัสดุผนังหลังคาที่ทำจากกระเบื้องดินเผา บริเวณหน้าบ้านทำจากไม้ อาคารแต่ละหลังถูกเชื่อมเข้าด้วยกันด้วยชานขนาดใหญ่ซึ่งมีโครงสร้างเป็นคอนกรีตเสริมเหล็กปูผิวด้วยกระเบื้องเซรามิกสีน้ำตาล สภาพแวดล้อมโดยรอบประกอบด้วยบ่อน้ำและต้นไม้ที่หนาแน่นปานกลาง



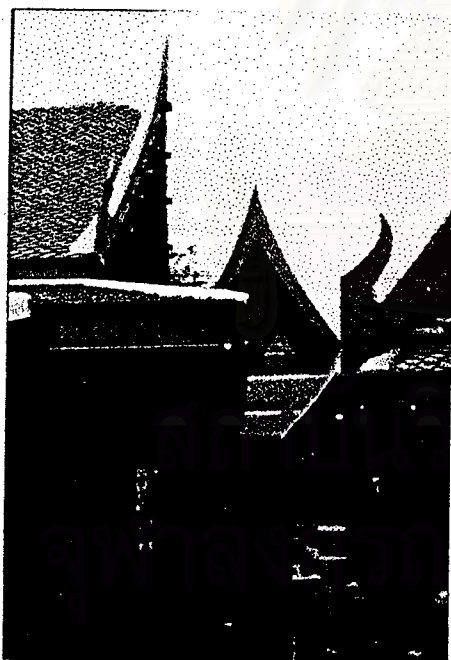
ภาพที่ 3-14 แสดงผังของศูนย์ส่งเสริมวัฒนธรรมแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยซึ่งใช้เป็นกรณีศึกษา



ภาพที่ 3-15 แสดงมุมมองจากทิศใต้ของเรือน  
ที่ใช้เป็นกรณีศึกษา



ภาพที่ 3-16 แสดงผนังด้านทิศตะวันตก  
และที่โล่งด้านทิศเหนือ



ภาพที่ 3-17 แสดงมุมมองสูงผนังด้านทิศ  
ตะวันออก



ภาพที่ 3-18 แสดงลักษณะได้ฤกษ์เรือน  
กรณีศึกษา

### 3.2 การเทียบมาตรฐาน (calibration) ของเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

ก่อนที่จะทำการทดลองหรือทดสอบสมมติฐานนั้น ต้องทำการเทียบมาตรฐานของเครื่องมือและอุปกรณ์ที่จะใช้ในการทดลองเพื่อให้เกิดความน่าเชื่อถือในข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

#### 3.2.1 การเทียบมาตรฐานเครื่องมือที่ใช้วัดค่าอุณหภูมิ

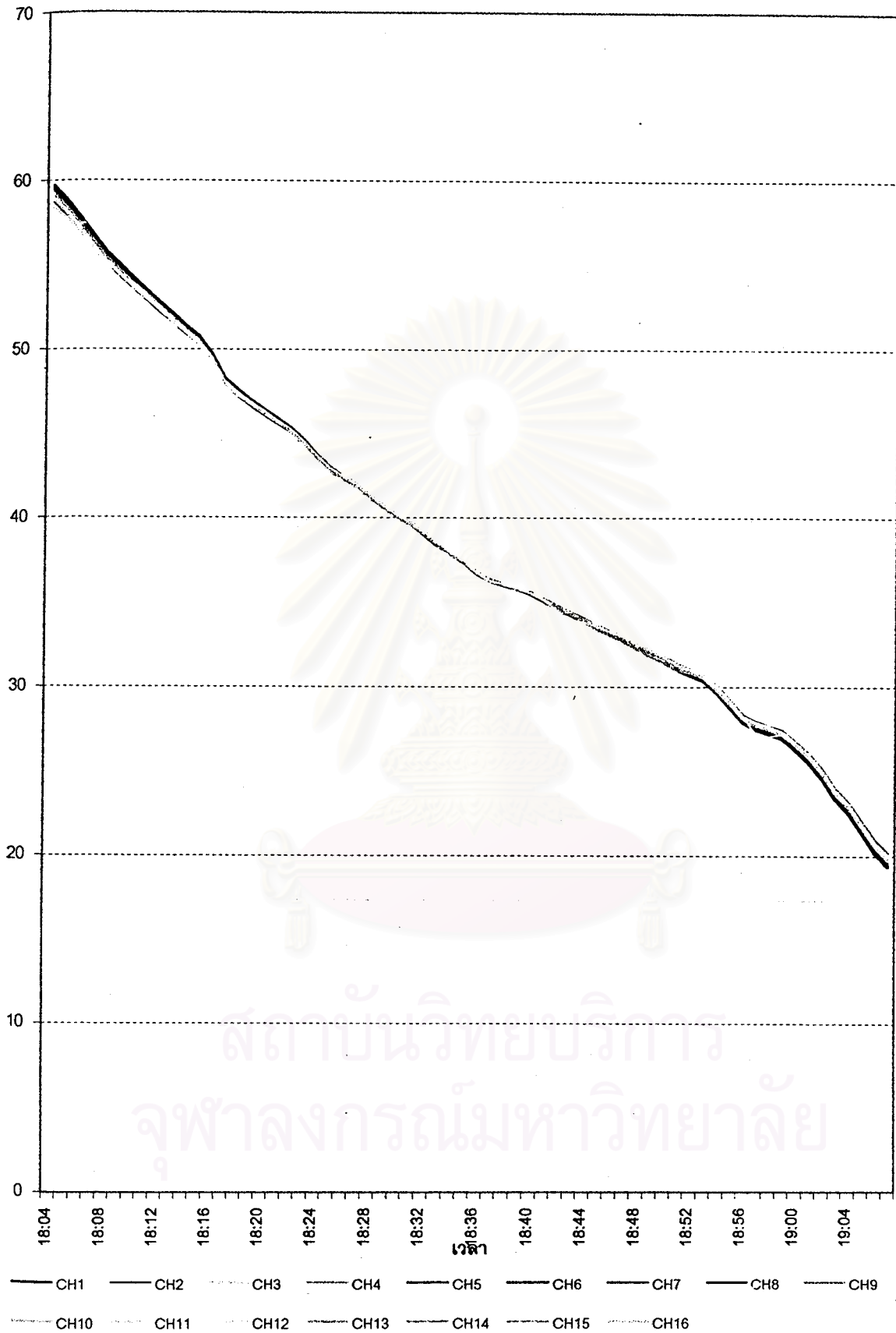
เนื่องจากแต่ละสายสัญญาณที่ใช้วัดอุณหภูมิอาจจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันอันเนื่องมาจากกระบวนการผลิตและการประกอบจึงต้องทำการเทียบมาตรฐานเพื่อที่จะทำการปรับค่าตัวประกอบของแต่ละสายสัญญาณให้มีคุณสมบัติที่ใกล้เคียงกันที่สุด โดยในการเทียบมาตรฐานสายสัญญาณทั้งหมด จะทำการวัดค่าอุณหภูมิที่สูงที่สุดและต่ำที่สุดในช่วงอุณหภูมิของการทดลอง รวมทั้งอุณหภูมิอากาศ โดยกำหนดให้อ่านค่าทุกๆ 10 วินาทีและบันทึกค่าทุกๆ 1 นาที แล้วนำข้อมูลไปวิเคราะห์ด้วย สมการถดถอย(regression) เพื่อหาค่าคงที่และค่าตัวประกอบของแต่ละสายสัญญาณ เพื่อที่จะนำค่าที่ได้ไปปรับตั้งค่าใหม่ที่เครื่องรับสัญญาณ จากนั้นจึงนำสายสัญญาณไปทดสอบวัดอุณหภูมิอีกครั้ง

สายสัญญาณ	ค่าหลักที่อ้างอิง	ค่า slope	ค่าที่วัดได้จริง	ค่า offset	ค่าที่ปรับแก้แล้ว
C1	31.0622	0.98173	31.792	-0.14896	31.0622
C2	31.0622	1.02184	29.908	0.501009	31.0622
C3	31.0622	1.011	30.425	0.302525	31.0622
C4	31.0622	0.98494	31.636	-0.09736	31.0622
C5	31.0622	1.03387	29.344	0.724319	31.0622
C6	31.0622	1.00638	30.663	0.20357	31.0622
C7	31.0622	0.97609	32.054	-0.22539	31.0622
C8	31.0622	1.02015	29.965	0.493405	31.0622
C9	31.0622	1.00147	30.812	0.204906	31.0622
C10	31.0622	0.98901	31.38	0.027066	31.0622
C11	31.0622	0.98147	31.821	-0.16916	31.0622
C12	31.0622	0.99171	31.271	0.050437	31.0622
C13	31.0622	1.00362	30.777	0.173787	31.0622

ตารางที่ 3-1 แสดงตัวอย่างค่าตัวประกอบที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยสมการถดถอย

เพื่อปรับมาตรฐานของสายสัญญาณ

อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)



แผนภูมิที่3-1 แสดงการวัดอุณหภูมิของสายสัญญาณภายหลังจากการปรับเทียบมาตรฐานแล้ว



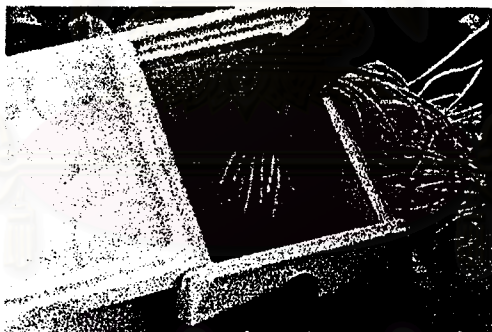
### 3.2.2 การเทียบมาตรฐานกล่องทดลอง

หลังจากที่ทำการสอบเทียบมาตรฐานของเครื่องมือที่ใช้วัดอุณหภูมิ (เทอร์มิสเตอร์) จนอ่านค่าอุณหภูมิได้เท่าเทียมกันแล้ว จึงนำเทอร์มิสเตอร์ดังกล่าวมาทำการวัดอุณหภูมิของกล่องทดลองเพื่อเทียบคุณสมบัติของกล่องทดลองทุกกล่อง โดยในการทำการเทียบมาตรฐานของกล่องทดลองจะทำการปิดช่องเปิดของกล่องทุกกล่องด้วยโฟมEPS เพื่อให้ทุกกล่องมีคุณสมบัติที่เหมือนกันแล้วจึงทำการวัดอุณหภูมิอากาศภายในกล่อง แล้วนำข้อมูลไปวิเคราะห์ด้วยสมการถดถอย เพื่อหาค่าคงที่และค่าตัวประกอบของแต่ละกล่องเพื่อปรับมาตรฐานให้ทุกกล่องมีคุณสมบัติที่เหมือนกัน

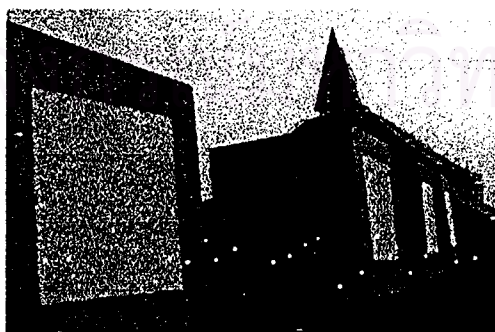
กล่องทดลอง	ค่าหลักที่อ้างอิง	ค่า slope	ค่าที่วัดได้จริง	ค่า offset	ค่าที่ปรับแก้แล้ว
B1	27.152	1.000172	27.166	-0.01867	27.152
B2	27.152	0.998662	27.197	-0.00861	27.152
B3	27.152	0.999515	27.172	-0.00682	27.152
B4	27.152	1.001641	27.073	0.03457	27.152

ตารางที่ 3-2

แสดงตัวอย่างค่าตัวประกอบที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยสมการถดถอยเพื่อปรับมาตรฐานของกล่องทดลอง



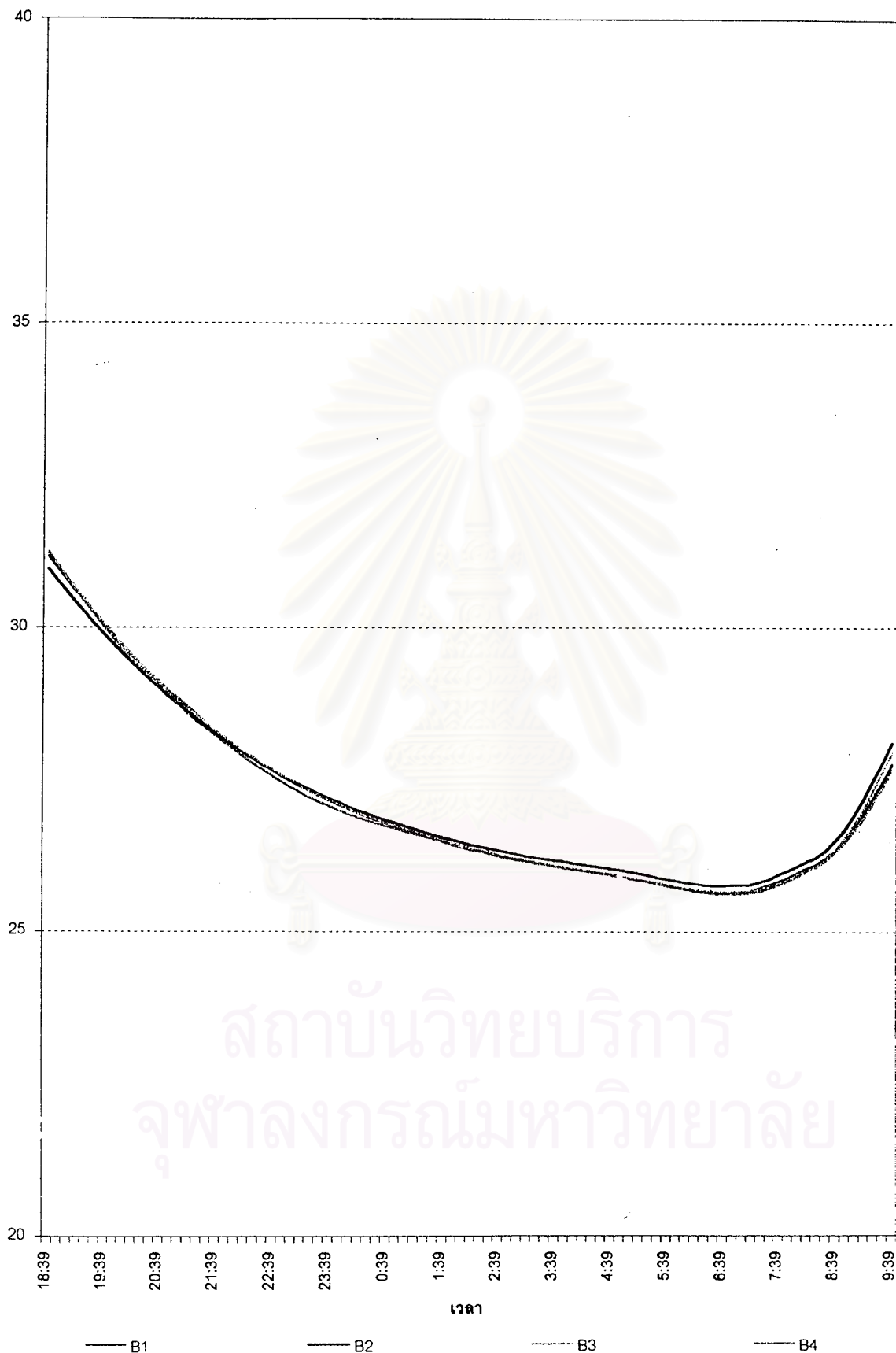
ภาพที่3-19 แสดงลักษณะการเทียบมาตรฐานของสายสัญญาณ



ภาพที่3-20 แสดงการเทียบมาตรฐานของกล่องทดลอง



อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิที่ 3-2 แสดงอุณหภูมิของกล่องทดลองภายหลังจากการปรับมาตรฐานแล้ว

### 3.3 ดำเนินการทดลองเพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของตัวแปรที่มีต่อพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารของเรือนไทย

โดยแบ่งการทดลองตามสมมติฐานที่กำหนดขึ้นโดยมีรายละเอียดเบื้องต้นดังต่อไปนี้

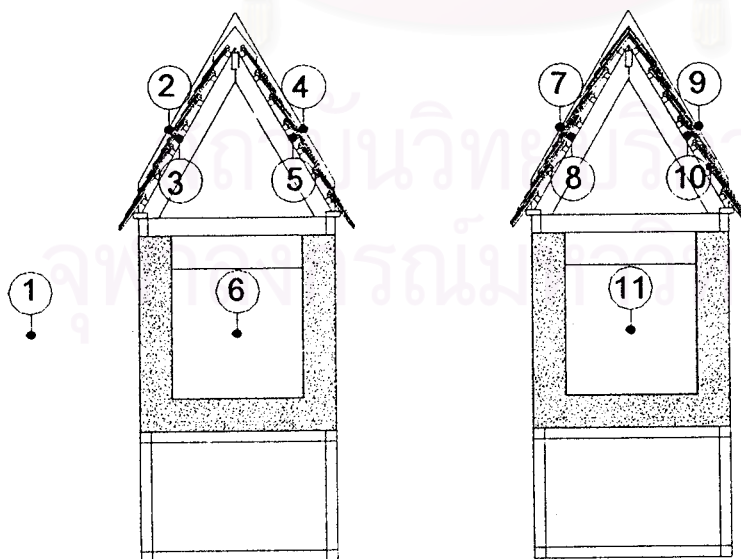
#### 3.3.1 การทดสอบพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคา มีตัวแปรที่ทำการทดสอบคือวัสดุผนังหลังคาและมุมเอียงของหลังคา

##### การทดลองชุดที่ 1

ชุดการทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุผนังหลังคาที่ต่างกัน

ในการทดลองได้ทำการเลือกวัสดุผนังหลังคาที่นำมาทดสอบคือ กระเบื้องดินเผาและหญ้าคา โดยที่กำหนดมุมเอียงของหลังคาเท่ากันคือ 60 องศาและลักษณะหลังคาเป็นหลังคาจั่วโดยจะกำหนดให้วัสดุผนังหลังคาหันไปทางทิศเหนือและทิศใต้ ทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่เวลา 3:00 น. ถึงเวลา 9:00 น. ของวันรุ่งขึ้น (30 ชั่วโมง) โดยจะเก็บข้อมูลทุก 1 นาทีและบันทึกข้อมูลเป็นรายชั่วโมง ข้อมูลที่ทำการวัดและบันทึกคือ

1. อุณหภูมิอากาศภายนอก
2. อุณหภูมิผิวภายนอกของหลังคาที่หันไปทางด้านทิศใต้
3. อุณหภูมิผิวภายในของหลังคาที่หันไปทางด้านทิศใต้
4. อุณหภูมิผิวภายนอกของหลังคาที่หันไปทางด้านทิศเหนือ
5. อุณหภูมิผิวภายในของหลังคาที่หันไปทางด้านทิศเหนือ
6. อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลอง



หลังคากระเบื้องดินเผา

หลังคาหญ้าคา

ภาพที่ 3-21 แสดงลักษณะของกล่องทดลองเพื่อทดสอบตัวแปรวัสดุผนังหลังคา

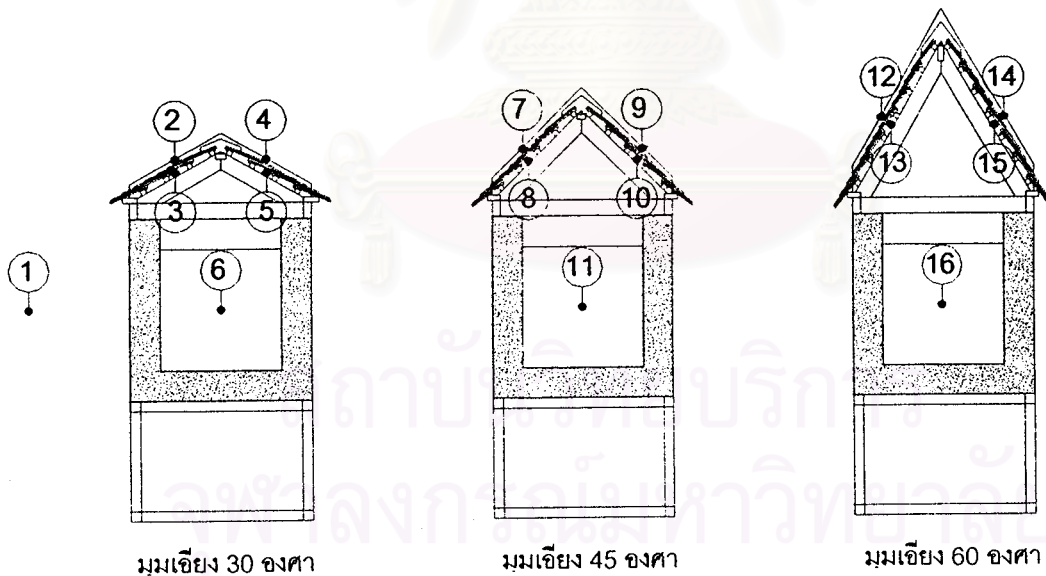
## การทดลองชุดที่ 2

ชุดการทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคาที่มีมุมเอียงต่างกัน

ในการทดลองได้ทำการเลือกวัสดุผนังหลังคาที่นำมาทดสอบคือ กระเบื้องดินเผาโดยที่กำหนดมุมเอียงของหลังคาต่างๆกันคือ 60 องศา 45 องศาและ 30 องศา ลักษณะหลังคาเป็นหลังคาจั่วโดยจะกำหนดให้วัสดุผนังหลังคาหันไปทางทิศเหนือและทิศใต้ ทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่เวลา 3:00 น. ถึงเวลา 9:00 น. ของวันรุ่งขึ้น (30 ชั่วโมง) โดยจะเก็บข้อมูลทุก 1 นาทีและบันทึกข้อมูลเป็นรายชั่วโมง

ข้อมูลที่ทำการวัดและบันทึกคือ

1. อุณหภูมิอากาศภายนอก
2. อุณหภูมิผิวภายนอกของหลังคาที่หันไปทางด้านทิศใต้
3. อุณหภูมิผิวภายในของหลังคาที่หันไปทางด้านทิศใต้
4. อุณหภูมิผิวภายนอกของหลังคาที่หันไปทางด้านทิศเหนือ
5. อุณหภูมิผิวภายในของหลังคาที่หันไปทางด้านทิศเหนือ
6. อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลอง



ภาพที่ 3-22 แสดงลักษณะของกล่องทดลองเพื่อทดสอบตัวแปรมุมเอียงของหลังคา

### 3.3.2 การทดสอบพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนัง มีตัวแปรที่ทำการทดสอบ คือ ทิศทางของการวางผนัง การบังแดด และการไหลเวียนอากาศ

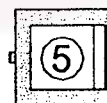
#### การทดลองชุดที่ 3

ชุดการทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังภายใต้สภาวะที่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีลมไหลเวียนอากาศ

ในการทดลองได้ทำการเลือกวัสดุที่นำมาทดสอบคือ ผนังไม้สักที่ทำการจำลองสภาพของฝาปะกนเป็นลักษณะผนังทึบเพื่อให้ไม่มีลมไหลเวียนของอากาศ และไม่ใช้อุปกรณ์บังแดดเพื่อให้ผนังที่นำมาทดสอบได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์โดยตรง ผนังกล่องทดลองที่ใส่วัสดุผนังไปยังทิศหลักต่างๆคือทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตกทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 3:00 น. ถึงเวลา 9:00 น. ของวันรุ่งขึ้น (30 ชั่วโมง) โดยจะเก็บข้อมูลทุก 1 นาทีและบันทึกข้อมูลเป็นรายชั่วโมง

ข้อมูลที่ทำกรวัดและบันทึกคือ

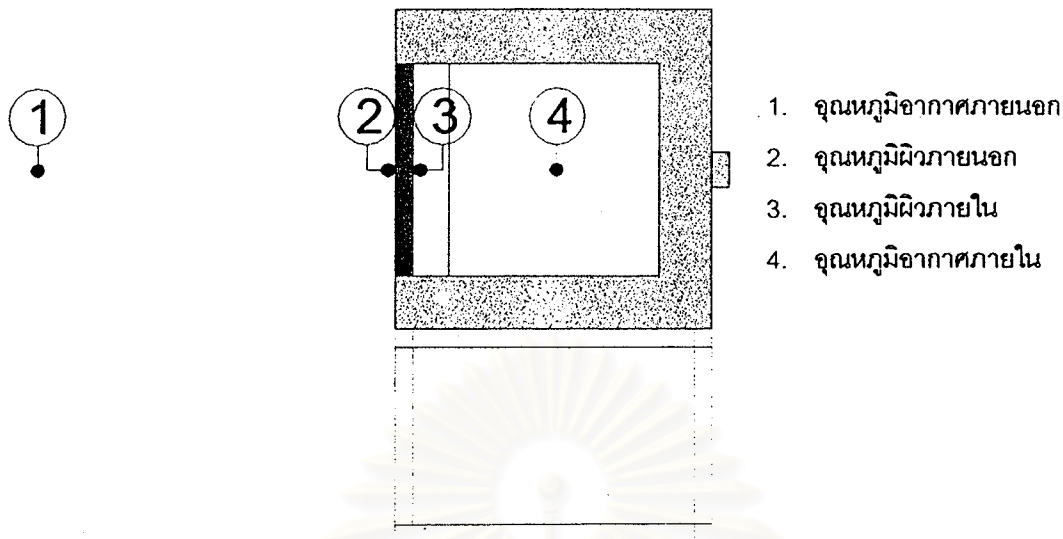
1. อุณหภูมิอากาศภายนอก
2. อุณหภูมิผิวภายนอกของผนังที่หันไปทางทิศต่างๆ
3. อุณหภูมิผิวภายในของหลังคาที่หันไปทางทิศต่างๆ
4. อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลอง



1. อุณหภูมิอากาศภายนอก
2. อุณหภูมิกล่องทดลองผนังที่หันไปทางทิศตะวันตก
3. อุณหภูมิกล่องทดลองผนังที่หันไปทางทิศใต้
4. อุณหภูมิกล่องทดลองผนังที่หันไปทางทิศเหนือ
5. อุณหภูมิกล่องทดลองผนังที่หันไปทางทิศตะวันออก

ภาพที่ 3-23 แสดงลักษณะการจัดวางกล่องทดลองผนังเพื่อทดสอบตัวแปรเรื่องทิศทาง

ภายใต้สภาวะที่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีลมไหลเวียนอากาศ



ภาพที่ 3-24 แสดงตำแหน่งการวัดจุดหนุมิของกล่องทดลองผนัง

ภายใต้สภาวะที่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีการไหลเวียนอากาศ

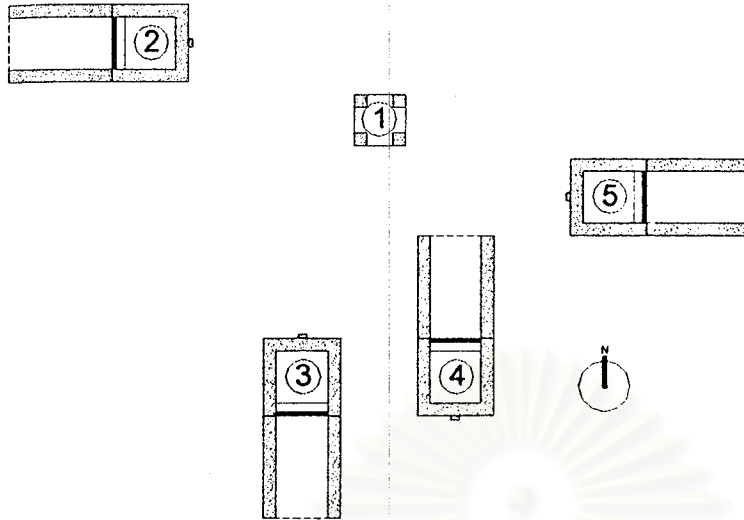
#### การทดลองชุดที่ 4

ชุดการทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังภายใต้สภาวะที่ไม่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีการไหลเวียนอากาศ

ในการทดลองได้ทำการเลือกวัสดุที่นำมาทดสอบคือ ผนังไม้สักที่ทำการจำลองสภาพของฝาปะกนเป็นลักษณะผนังทึบเพื่อให้ไม่มีการไหลเวียนของอากาศ และใช้อุปกรณ์บังแดดเพื่อไม่ให้ผนังที่นำมาทดสอบได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์โดยตรง ผนังกล่องทดลองที่ใส่วัสดุผนังไปยังทิศหลักต่างๆคือทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตกทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่เวลา 3:00 น. ถึงเวลา 9:00 น. ของวันรุ่งขึ้น (30 ชั่วโมง) โดยจะเก็บข้อมูลทุก 1 นาทีและบันทึกข้อมูลเป็นราย ชั่วโมง

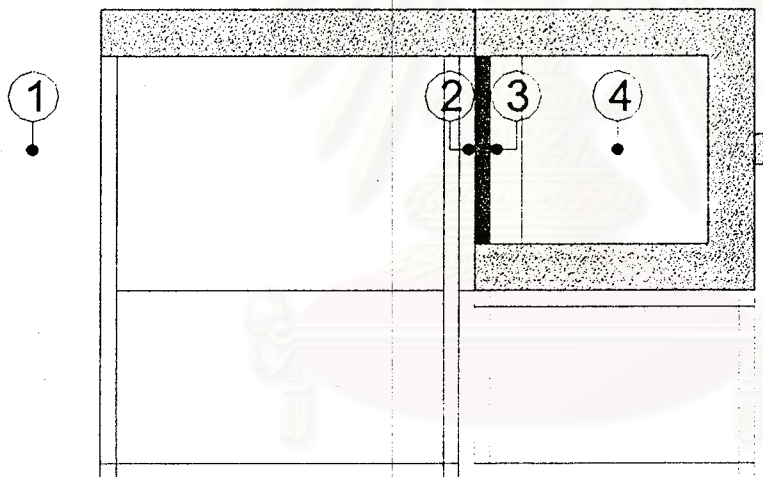
ข้อมูลที่ทำกรวัดและบันทึกคือ

1. จุดหนุมิอากาศภายนอก
2. จุดหนุมิผิวภายนอกของผนังที่หันไปทางทิศต่างๆ
3. จุดหนุมิผิวภายในของหลังคาที่หันไปทางทิศต่างๆ
4. จุดหนุมิอากาศภายในกล่องทดลอง



1. จุดนวมมีอากาศภายนอก
2. จุดนวมมีกล่องทดลองผนังที่หันไปทางทิศตะวันตก
3. จุดนวมมีกล่องทดลองผนังที่หันไปทางทิศใต้
4. จุดนวมมีกล่องทดลองผนังที่หันไปทางทิศเหนือ
5. จุดนวมมีกล่องทดลองผนังที่หันไปทางทิศตะวันออก

ภาพที่ 3-25 แสดงลักษณะการจัดวางกล่องทดลองผนังเพื่อทดสอบตัวแปรเรื่องทิศทาง ภายใต้สภาวะที่ไม่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีการไหลเวียนอากาศ



1. จุดนวมมีอากาศภายนอก
2. จุดนวมมีผิวภายนอก
3. จุดนวมมีผิวภายใน
4. จุดนวมมีอากาศภายใน

ภาพที่ 3-26 แสดงตำแหน่งการวัดจุดนวมของกล่องทดลอง ภายใต้สภาวะที่ไม่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีการไหลเวียนอากาศ

### การทดลองชุดที่ 5

ชุดการทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังภายใต้สภาวะที่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการไหลเวียนอากาศ

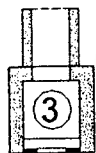
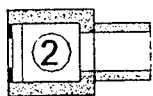
ในการทดลองได้ทำการเลือกวัสดุที่นำมาทดสอบคือ ผนังไม้สักที่ทำการจำลองสภาพของฝาปะกนเป็นลักษณะตรงกลางโปร่งเพื่อให้มีการไหลเวียนของอากาศ และไม่ใช้อุปกรณ์บังแดดเพื่อให้ผนังที่นำมาทดสอบได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์โดยตรง ผนังกล่องทดลองที่ใส่วัสดุผนังไปยัง



ทิศหลักต่างๆคือทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตกทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่เวลา 3:00 น. ถึงเวลา 9:00 น. ของวันรุ่งขึ้น (30ชั่วโมง) โดยจะเก็บข้อมูลทุก 1 นาทีและบันทึกข้อมูลเป็นราย ชั่วโมง

ข้อมูลที่ทำการวัดและบันทึกคือ

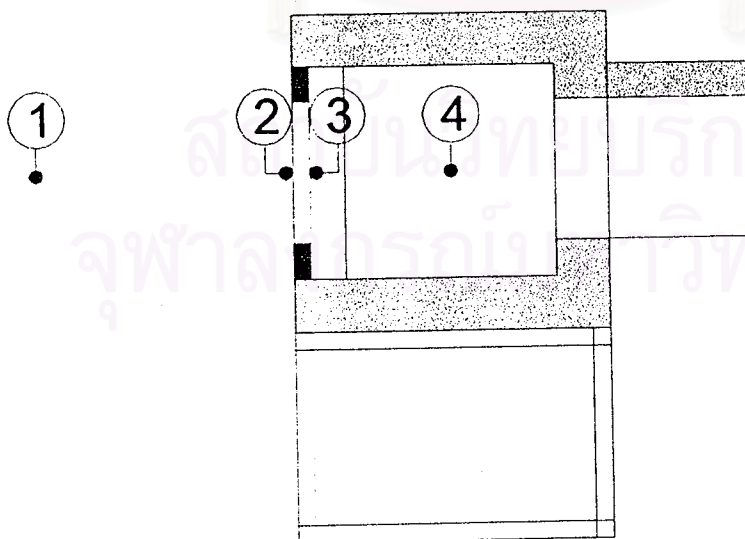
1. อุณหภูมิอากาศภายนอก
2. อุณหภูมิผิวภายนอกของผนังที่หันไปทางทิศต่างๆ
3. อุณหภูมิผิวภายในของหลังคาที่หันไปทางทิศต่างๆ
4. อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลอง



1. อุณหภูมิอากาศภายนอก
2. อุณหภูมิกล่องทดลองผนังที่หันไปทางทิศตะวันตก
3. อุณหภูมิกล่องทดลองผนังที่หันไปทางทิศใต้
4. อุณหภูมิกล่องทดลองผนังที่หันไปทางทิศเหนือ
5. อุณหภูมิกล่องทดลองผนังที่หันไปทางทิศตะวันออก

ภาพที่ 3-27 แสดงลักษณะการจัดวางกล่องทดลองผนังเพื่อทดสอบตัวแปรเรื่องทิศทาง

ภายใต้สภาวะที่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการไหลเวียนอากาศ



1. อุณหภูมิอากาศภายนอก
2. อุณหภูมิผิวภายนอก
3. อุณหภูมิผิวภายใน
4. อุณหภูมิอากาศภายใน

ภาพที่ 3-28 แสดงตำแหน่งการวัดอุณหภูมิของกล่องทดลองผนังภายใต้

สภาวะที่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการไหลเวียนอากาศ

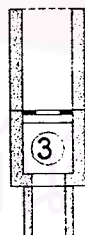
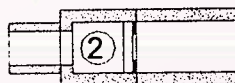
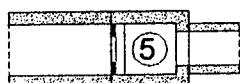
## การทดลองชุดที่ 6

ชุดการทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังภายใต้สภาวะที่ไม่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการไหลเวียนของอากาศ

ในการทดลองได้ทำการเลือกวัสดุที่นำมาทดสอบคือ ผนังไม้สักที่ทำการจำลองสภาพของฝาปะกนเป็นลักษณะตรงกลางโปร่งเพื่อให้มีการไหลเวียนของอากาศ และใช้อุปกรณ์บังแดดเพื่อไม่ให้ผนังที่นำมาทดสอบได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์โดยตรง หันกล่องทดลองที่ใส่วัสดุผนังไปยังทิศหลักต่างๆคือทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตกทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 3:00 น. ถึงเวลา 9:00 น. ของวันรุ่งขึ้น (30 ชั่วโมง) โดยจะเก็บข้อมูลทุก 1 นาที และบันทึกข้อมูลเป็นรายชั่วโมง

ข้อมูลที่ทำกรวัดและบันทึกคือ

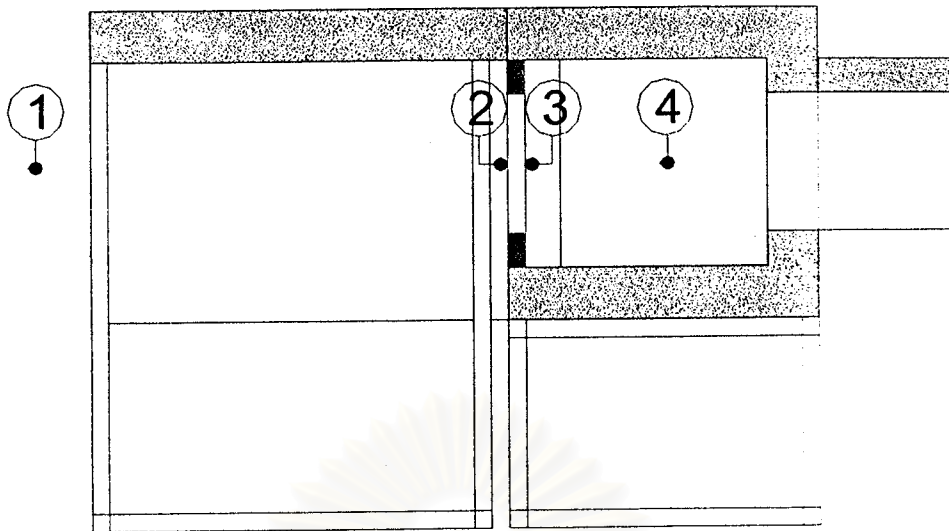
1. อุณหภูมิอากาศภายนอก
2. อุณหภูมิผิวภายนอกของผนังที่หันไปทางทิศต่างๆ
3. อุณหภูมิผิวภายในของหลังคาที่หันไปทางทิศต่างๆ
4. อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลอง



1. อุณหภูมิอากาศภายนอก
2. อุณหภูมิกล่องทดลองผนังที่หันไปทางทิศตะวันตก
3. อุณหภูมิกล่องทดลองผนังที่หันไปทางทิศใต้
4. อุณหภูมิกล่องทดลองผนังที่หันไปทางทิศเหนือ
5. อุณหภูมิกล่องทดลองผนังที่หันไปทางทิศตะวันออก

ภาพที่ 3-29 แสดงลักษณะการจัดวางกล่องทดลองผนังเพื่อทดสอบตัวแปรเรื่องทิศทาง

ภายใต้สภาวะที่ไม่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการไหลเวียนของอากาศ



1. จุดหนี้อากาศภายนอก
2. จุดหนี้อากาศภายนอก
3. จุดหนี้อากาศภายใน
4. จุดหนี้อากาศภายใน

ภาพที่ 3-30 แสดงตำแหน่งการวัดอุณหภูมิของกล่องทดลองผนัง

ภายใต้สภาวะที่ไม่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการไหลเวียนอากาศ

#### การทดลองชุดที่ 7

ชุดการทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังภายใต้สภาวะในการได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและการไหลเวียนอากาศที่แตกต่างกัน

ในการทดลองได้จำลองสภาพของผนังทดสอบภายใต้สภาวะของการได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและการไหลเวียนที่แตกต่างกันโดยมีรายละเอียดดังนี้

กล่องทดลองที่ 1 วัสดุที่นำมาทดสอบคือ ผนังไม้สักที่ทำการจำลองสภาพของฝาปะกนเป็นลักษณะผนังทึบเพื่อให้ไม่มีการไหลเวียนของอากาศ และไม่ใช้อุปกรณ์บังแดดเพื่อให้ผนังที่นำมาทดสอบได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์โดยตรง

กล่องทดลองที่ 2 วัสดุที่นำมาทดสอบคือ ผนังไม้สักที่ทำการจำลองสภาพของฝาปะกนเป็นลักษณะผนังทึบเพื่อให้ไม่มีการไหลเวียนของอากาศ และใช้อุปกรณ์บังแดดเพื่อไม่ให้ผนังที่นำมาทดสอบได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์โดยตรง

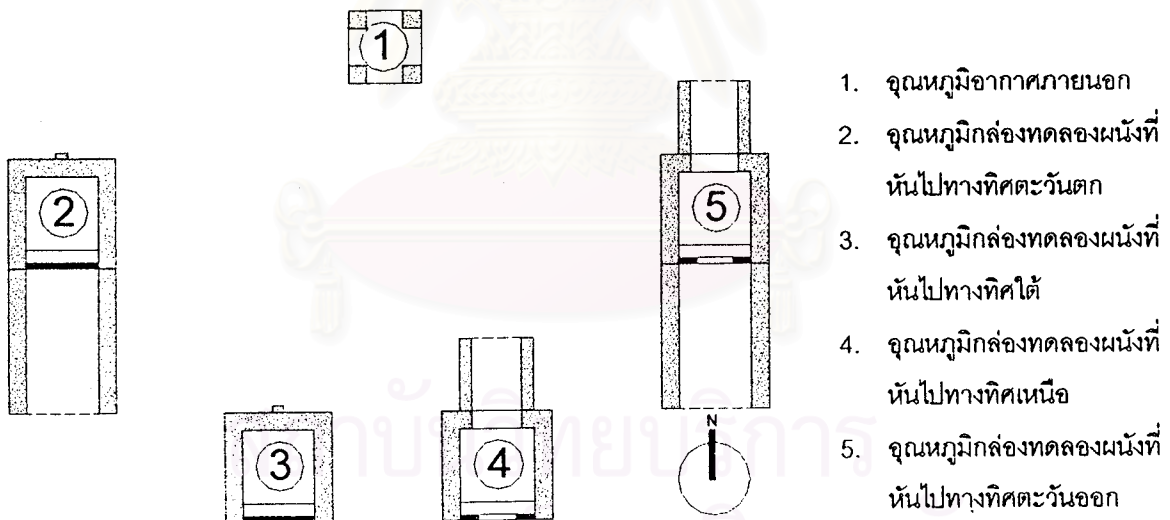
กล่องทดลองที่ 3 วัสดุที่นำมาทดสอบคือ ผนังไม้สักที่ทำการจำลองสภาพของฝาปะกนเป็นลักษณะตรงกลางโปร่งเพื่อให้มีการไหลเวียนของอากาศ และไม่ใช้อุปกรณ์บังแดดเพื่อให้ผนังที่นำมาทดสอบได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์โดยตรง

กล่องทดลองที่ 4 วัสดุที่นำมาทดสอบคือ ผนังไม้สักที่ทำการจำลองสภาพของฝาปะกนเป็นลักษณะตรงกลางโปร่งเพื่อให้มีการไหลเวียนของอากาศ และใช้อุปกรณ์บังแดดเพื่อไม่ให้ผนังที่นำมาทดสอบได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์โดยตรง

กล่องทดลองทุกกล่องหันไปทางทิศใต้ เนื่องจากทุกกล่องจะได้รับอิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์ในช่วงกลางวัน ทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่เวลา 3:00 น. ถึงเวลา 9:00 น. ของวันรุ่งขึ้น (30 ชั่วโมง) โดยจะเก็บข้อมูลทุก 1 นาทีและบันทึกข้อมูลเป็นรายชั่วโมง

ข้อมูลที่ทำการวัดและบันทึกคือ

1. อุณหภูมิอากาศภายนอก
2. อุณหภูมิผิวภายนอกของผนังที่หันไปทางทิศต่างๆ
3. อุณหภูมิผิวภายในของหลังคาที่หันไปทางทิศต่างๆ
4. อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลอง



1. อุณหภูมิอากาศภายนอก
2. อุณหภูมิกล่องทดลองผนังที่หันไปทางทิศตะวันตก
3. อุณหภูมิกล่องทดลองผนังที่หันไปทางทิศใต้
4. อุณหภูมิกล่องทดลองผนังที่หันไปทางทิศเหนือ
5. อุณหภูมิกล่องทดลองผนังที่หันไปทางทิศตะวันออก

ภาพที่ 3-31 แสดงลักษณะการจัดวางกล่องทดลองผนังเพื่อทดสอบตัวแปร

เรื่องสภาวะการได้รับผลกระทบ จากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและสภาวะการไหลเวียนอากาศ

### 3.3.3 การทดสอบพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านพื้น

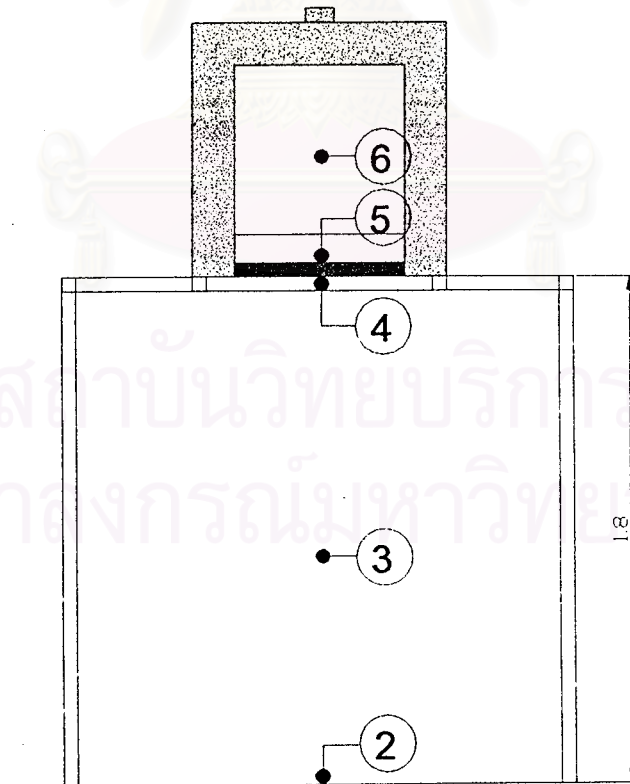
#### การทดลองชุดที่ 8

ชุดการทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านพื้นซึ่งเป็นเปลือกอาคารที่ไม่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการแลกเปลี่ยนความร้อนกับดิน

ในการทดลองได้ทำการเลือกวัสดุที่นำมาทดสอบคือ พื้นไม้แดงหนา 1" คว่ำกล่องทดลองที่ใส่วัสดุพื้นลงและยกสูงจากระดับดิน 1.80 เมตรทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่เวลา 3:00 น. ถึงเวลา 9:00 น. ของวันรุ่งขึ้น (30 ชั่วโมง) โดยจะเก็บข้อมูลทุก 1 นาทีและบันทึกข้อมูลเป็นรายชั่วโมง

ข้อมูลที่ทำกรวัดและบันทึกคือ

1. อุณหภูมิอากาศภายนอก
2. อุณหภูมิผิวดิน
3. อุณหภูมิอากาศระหว่างผิวดินและผิวพื้นด้านล่าง
4. อุณหภูมิผิวพื้นด้านล่าง
5. อุณหภูมิผิวพื้นด้านบน (ในกล่อง)
6. อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลอง



ภาพที่ 3-32 แสดงตำแหน่งการวัดอุณหภูมิของกล่องทดลองพื้น



### 3.4 ดำเนินการเก็บข้อมูลจากอาคารกรณีศึกษา

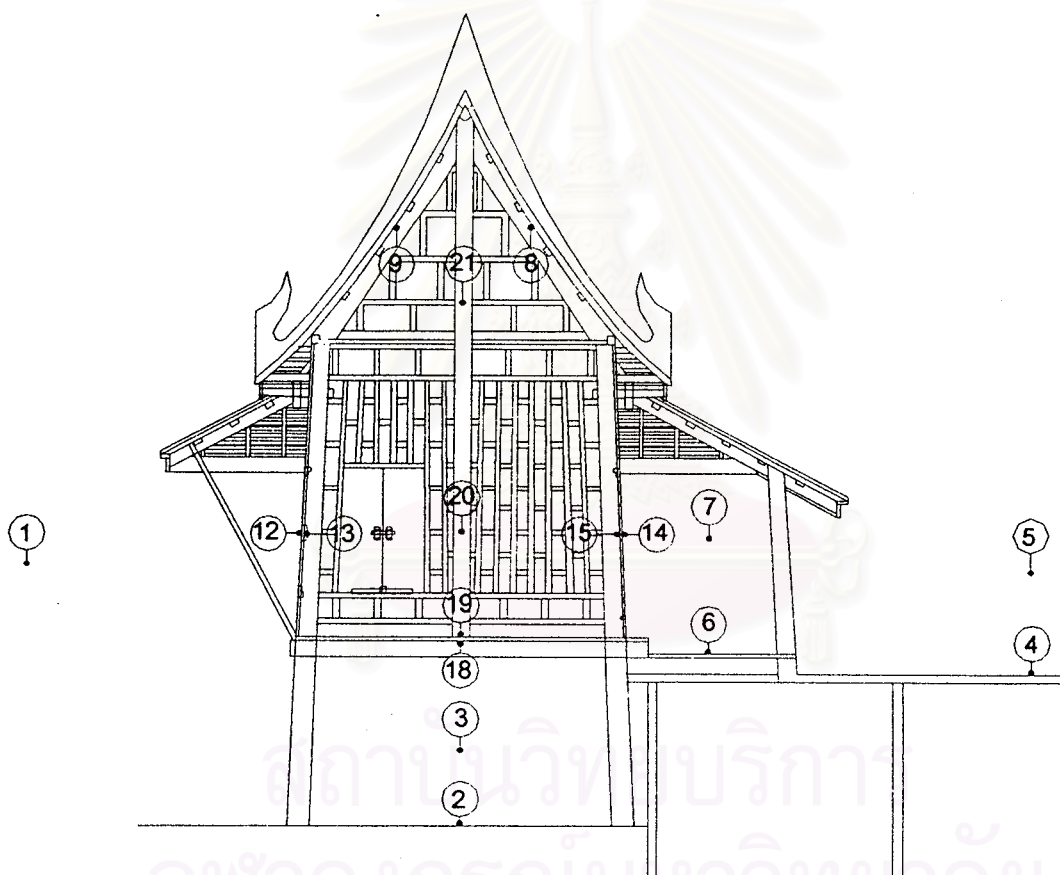
ภายหลังจากการทดลองจะทำให้ทราบถึงอิทธิพลของตัวแปรที่มีต่อพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารของเรือนไทยในเงื่อนไขต่างๆ ซึ่งเป็นการศึกษาโดยการแยกเปลือกอาคารออกเป็นส่วนๆ โดยในเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลจากอาคารกรณีศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะมองภาพรวมของผลการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารส่วนต่างๆ ที่เกิดขึ้นพร้อมๆ กันเพื่อวิเคราะห์อิทธิพลของตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่อพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารของเรือนไทย ภายใต้อุณหภูมิแวดล้อมจริง

ในการเก็บข้อมูลของเรือนไทยกรณีศึกษานี้จะทำการเก็บข้อมูลของเรือนไทยใน 2 สภาวะคือเรือนไทยที่ปิดหน้าต่างและเปิดหน้าต่าง

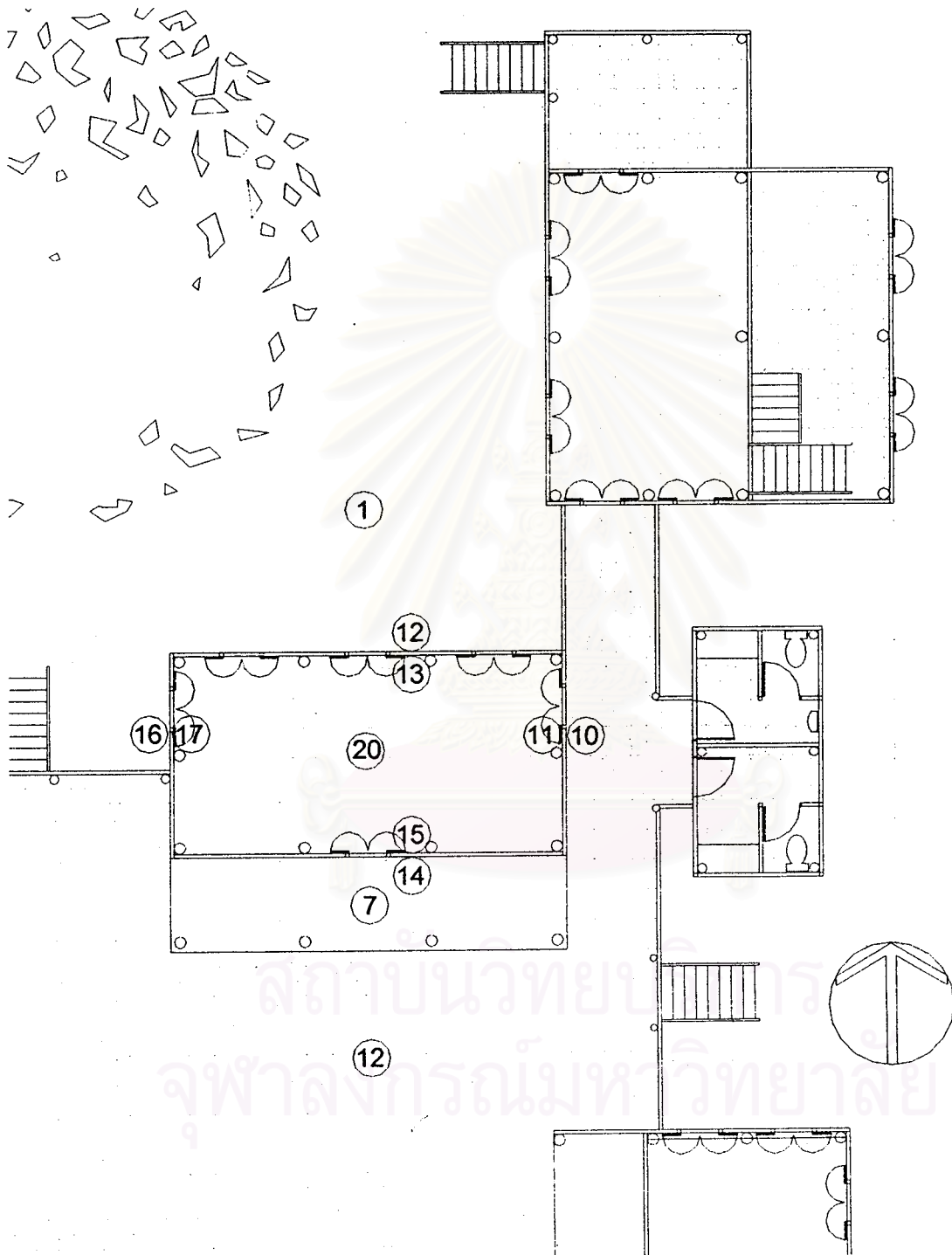
ข้อมูลที่ทำการบันทึกคือ

1. อุณหภูมิอากาศภายนอก
2. อุณหภูมิผิวดิน
3. อุณหภูมิอากาศระหว่างผิวดินและผิวพื้นด้านล่าง(ใต้ถุน)
4. อุณหภูมิผิวพื้นชาน
5. อุณหภูมิอากาศเหนือชาน
6. อุณหภูมิผิวพื้นระเบียง
7. อุณหภูมิอากาศบริเวณระเบียง
8. อุณหภูมิผิวด้านในของหลังคาที่หันไปทางด้านทิศใต้
9. อุณหภูมิผิวด้านในของหลังคาที่หันไปทางด้านทิศเหนือ
10. อุณหภูมิผิวด้านนอกของผนังที่หันไปทางด้านทิศตะวันออก
11. อุณหภูมิผิวด้านในของผนังที่หันไปทางด้านทิศตะวันออก
12. อุณหภูมิผิวด้านนอกของผนังที่หันไปทางด้านทิศเหนือ
13. อุณหภูมิผิวด้านในของผนังที่หันไปทางด้านทิศเหนือ
14. อุณหภูมิผิวด้านนอกของผนังที่หันไปทางด้านทิศใต้
15. อุณหภูมิผิวด้านในของผนังที่หันไปทางด้านทิศใต้
16. อุณหภูมิผิวด้านนอกของผนังที่หันไปทางด้านทิศตะวันตก

17. อุณหภูมิผิวด้านในของผนังที่หันไปทางด้านทิศตะวันตก
18. อุณหภูมิผิวด้านล่าง(ด้านนอก)ของพื้น
19. อุณหภูมิผิวด้านบน(ด้านใน)ของพื้น
20. อุณหภูมิอากาศภายในเรือนไทยที่ระดับความสูง 1.50 เมตร
21. อุณหภูมิอากาศภายในเรือนไทยที่ระดับความสูง 4.00 เมตร



ภาพที่ 3-33 แสดงภาพตัดตำแหน่งการวัดอุณหภูมิเรือนไทยกรณีศึกษา



ภาพที่ 3-34 แสดงผังตำแหน่งการวัดอุณหภูมิเรือนไทยกรณีศึกษา

### 3.5 หลักเกณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน

#### 3.5.1 ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านเปลือกอาคาร

เนื่องจากกล่องทดลองที่ใช้ทดสอบประกอบด้วยผนัง 5 ด้าน เป็นโฟมชนิด EPS ที่มีความหนาแน่น 1.5 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต ซึ่งมีค่าความต้านทานสูงเพื่อป้องกันผลกระทบจากภายนอก ส่วนอีกด้านหนึ่งเจาะช่องเปิดขนาด 0.60 เมตร\*0.60 เมตรสำหรับติดตั้งวัสดุที่จะนำมาทดสอบ ดังนั้นอิทธิพลภายนอกจะมีผลต่อวัสดุที่จะนำมาทดสอบเท่านั้น

จากสมการ

$$Q = M \cdot S \cdot T$$

โดยที่

Q = ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านเปลือกอาคาร

M = ค่ามวลสารของกล่องและอากาศภายในกล่องทดลอง

S = ค่าความจุความร้อนของมวลสารในกล่อง

T = อุณหภูมิของอากาศภายในกล่องทดลอง

ดังนั้นจึงใช้เกณฑ์ที่ว่า เมื่อมวลสารของกล่องและค่าความจุความร้อนของกล่องเท่ากัน แล้วหากมีปริมาณความร้อนที่เข้ามาในกล่องทดลอง ตัวแปรที่ส่งผลต่อปริมาณความร้อนที่เข้ามาภายในกล่องทดลองและใช้เปรียบเทียบคือ อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงภายในกล่องทดลอง จากสมการ

$$Q = M \cdot S \cdot T$$

เมื่อมวลสารของกล่อง (M) และค่าความจุความร้อนของกล่อง (S) มีค่าคงที่จะสามารถเขียนเป็นความสัมพันธ์ดังนี้คือ

$$Q \propto T$$

นั่นคือปริมาณความร้อนภายในกล่องทดลองจะแปรผันตามอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองจึงสามารถใช้อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองเป็นตัวเปรียบเทียบปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านเปลือกอาคารที่จะนำมาทดสอบ

### 3.5.2 ทิศทางการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคาร

ในการพิจารณาทิศทางการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารนั้นจะพิจารณาจากพฤติกรรมของอุณหภูมิอากาศภายนอก อุณหภูมิผิวภายนอกของวัสดุเปลือกอาคาร อุณหภูมิผิวภายในของวัสดุเปลือกอาคาร และอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองไปพร้อมๆกันโดยพิจารณาทั้งในช่วงกลางวันและกลางคืน ซึ่งมีลักษณะของอิทธิพลภายนอกที่แตกต่างกัน กล่าวคือในช่วงกลางวันเปลือกอาคารจะได้รับความร้อนจากสภาพแวดล้อมภายนอก (รังสีดวงอาทิตย์และอุณหภูมิอากาศภายนอก) ในขณะที่ช่วงเวลากลางคืนเปลือกอาคารจะมีการสูญเสียความร้อนสู่สภาพแวดล้อมภายนอก



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## บทที่ 4

### การวิเคราะห์ผลการทดลอง

ภายหลังจากการเทียบมาตรฐานของอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองจึงดำเนินการทดลองเพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของตัวแปรที่มีต่อพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารของเรือนไทยในเงื่อนไขต่างๆ

4.1 การวิเคราะห์พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคา มีตัวแปรที่ทำการวิเคราะห์คือ

1. วัสดุผนังหลังคา
2. มุมเอียงของหลังคา

#### การทดลองชุดที่ 1

#### วัตถุประสงค์ของการทดลอง

เพื่อที่จะศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุผนังหลังคาที่ต่างกัน

#### วิธีการทดลอง

ในการทดลองนี้ได้ทำการเลือกวัสดุผนังหลังคาที่นำมาทดสอบคือ กระเบื้องดินเผาและหญ้าคา (ชันกันหนา 7 เซนติเมตร) โดยที่กำหนดมุมเอียงของหลังคาเท่ากันคือ 60 องศาและลักษณะหลังคาเป็นหลังคาจั่ว โดยจะกำหนดให้วัสดุผนังหลังคาหันไปทางทิศเหนือและทิศใต้ ทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่เวลา 3:00 น. ถึงเวลา 9:00 น. ของวันรุ่งขึ้น (30 ชั่วโมง) โดยจะเก็บข้อมูลทุก 1 นาทีและบันทึกข้อมูลเป็นรายชั่วโมง

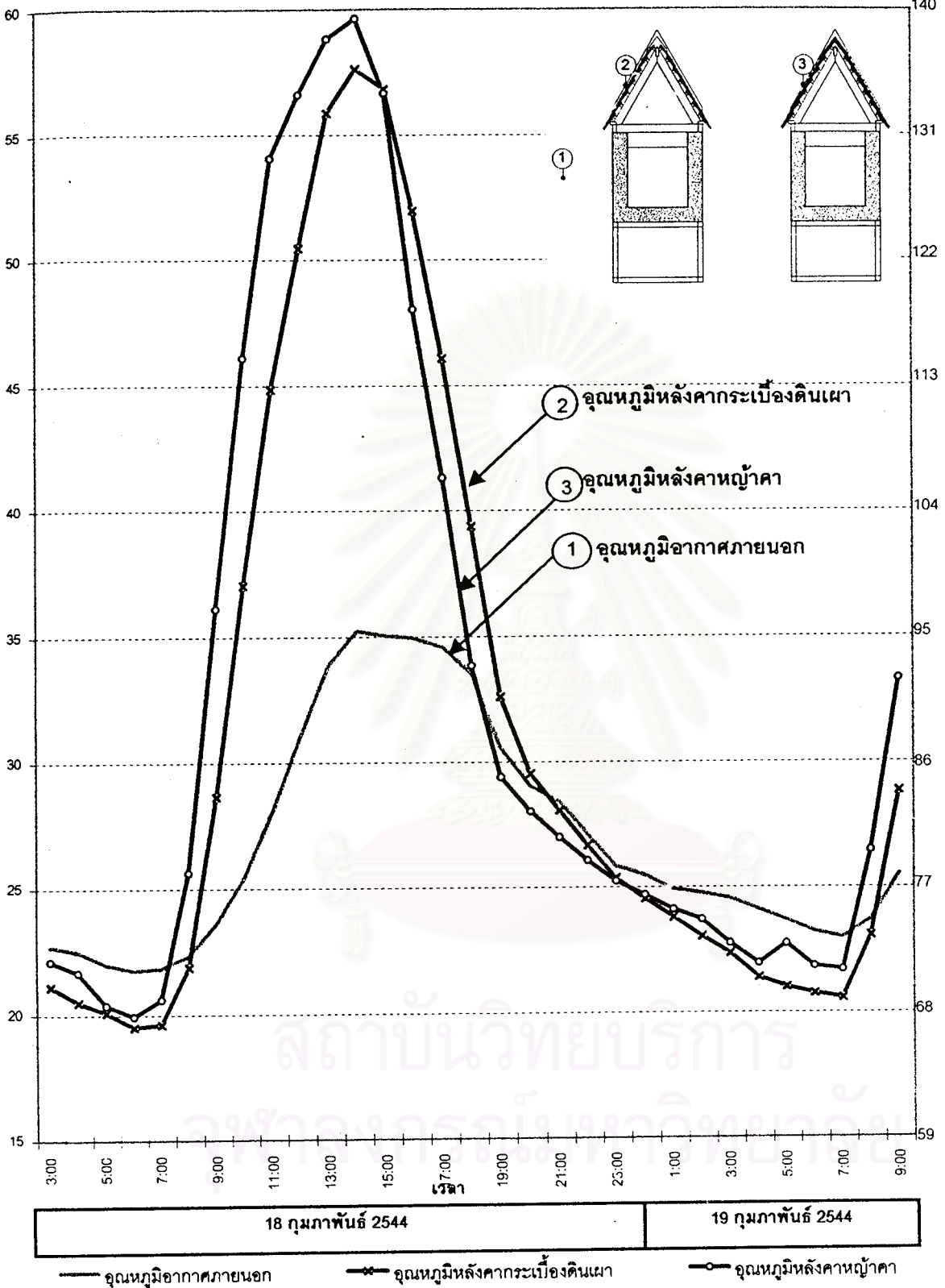
ข้อมูลที่ทำกรวัดและบันทึกคือ

1. อุณหภูมิอากาศภายนอก
2. อุณหภูมิผิวด้านนอกของหลังคาที่หันไปทางด้านทิศใต้
3. อุณหภูมิผิวด้านในของหลังคาที่หันไปทางด้านทิศใต้
4. อุณหภูมิผิวด้านนอกของหลังคาที่หันไปทางด้านทิศเหนือ
5. อุณหภูมิผิวด้านในของหลังคาที่หันไปทางด้านทิศเหนือ
6. อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลอง

โดยได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)

อุณหภูมิ(องศาฟาเรนไฮต์)

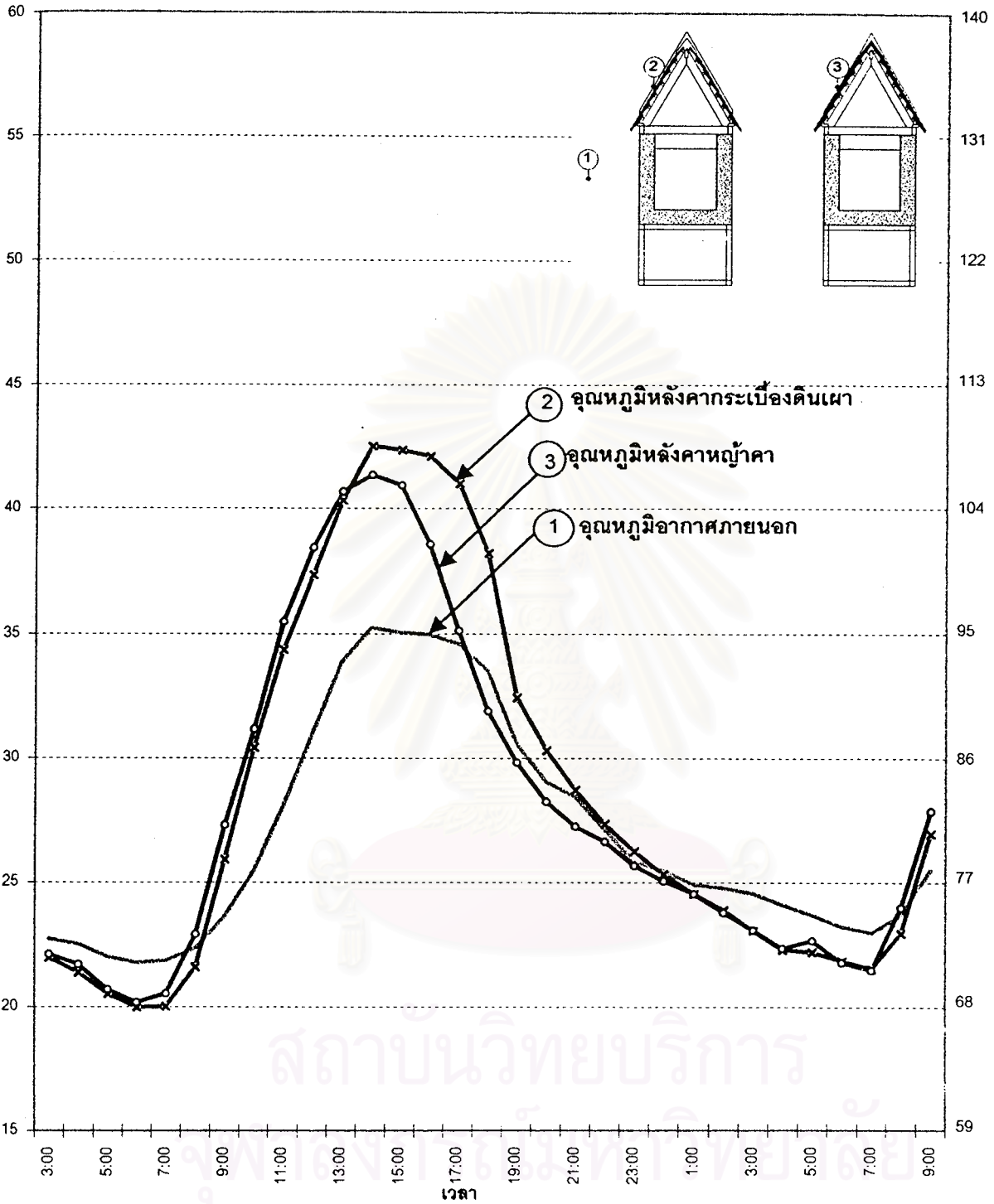


แผนภูมิที่ 4-1 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวด้านนอกของหลังคาทางทิศใต้ของหลังคาที่มีวัสดุผนังหลังคาแตกต่างกัน

เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 18 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 3:00 น. ถึงวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 9:00 น.

อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)

อุณหภูมิ(องศาฟาเรนไฮต์)



สถาบันวิทยบริการ  
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

18 กุมภาพันธ์ 2544 | 19 กุมภาพันธ์ 2544

อุณหภูมิอากาศภายนอก      อุณหภูมิหลังคากระเบื้องดินเผา      อุณหภูมิหลังคาหญ้าคา

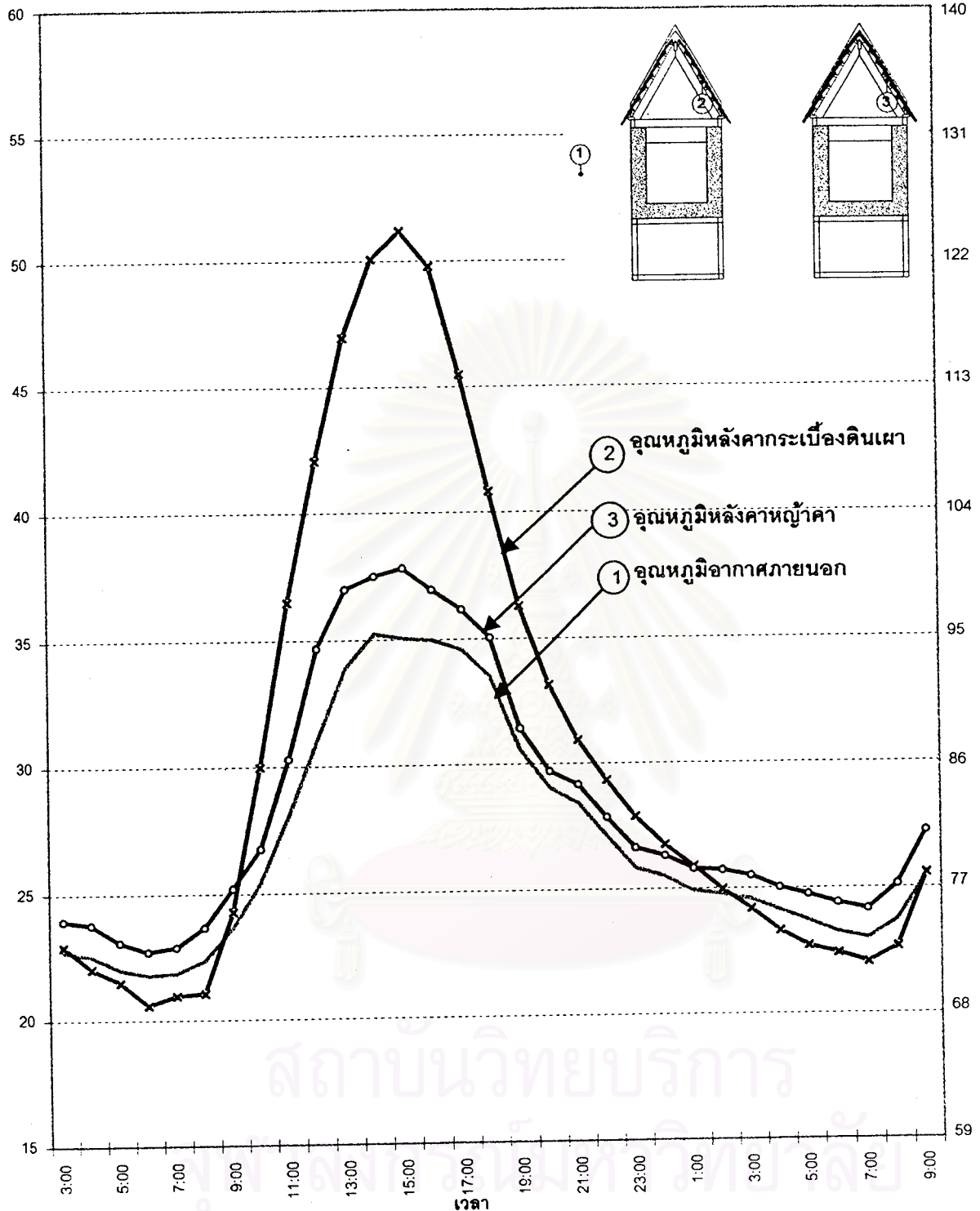
แผนภูมิที่ 4-2 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวด้านนอกของหลังคาทางทิศเหนือ

ของหลังคาที่มีวัสดุผนังหลังคาแตกต่างกัน

เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 18 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 3:00 น. ถึงวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 9:00 น.

อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)

อุณหภูมิ(องศาฟาเรนไฮต์)



สถาบันวิทยบริการ

วิทยาลัยเทคนิคสุพรรณบุรี

18 กุมภาพันธ์ 2544

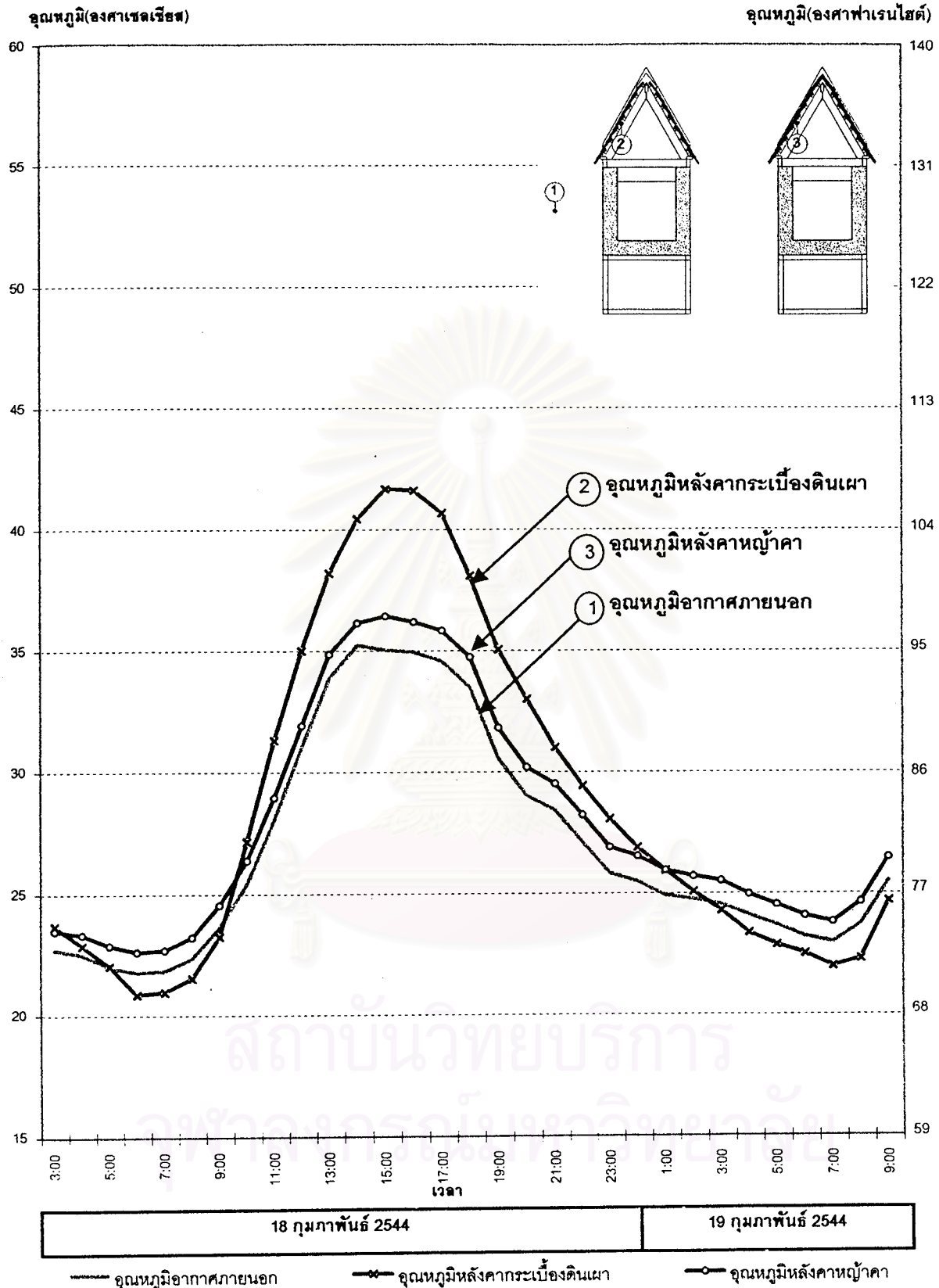
19 กุมภาพันธ์ 2544

— อุณหภูมิอากาศภายนอก      —\*— อุณหภูมิลังคากระเบื้องดินเผา      —○— อุณหภูมิลังคากหน้าปูน

แผนภูมิที่ 4-3 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวด้านในของหลังคาทางทิศใต้

ของหลังคาที่มีวัสดุผนังหลังคาแตกต่างกัน

เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 18 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 3:00 น. ถึงวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 9:00 น.



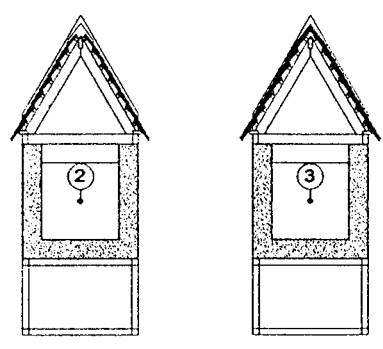
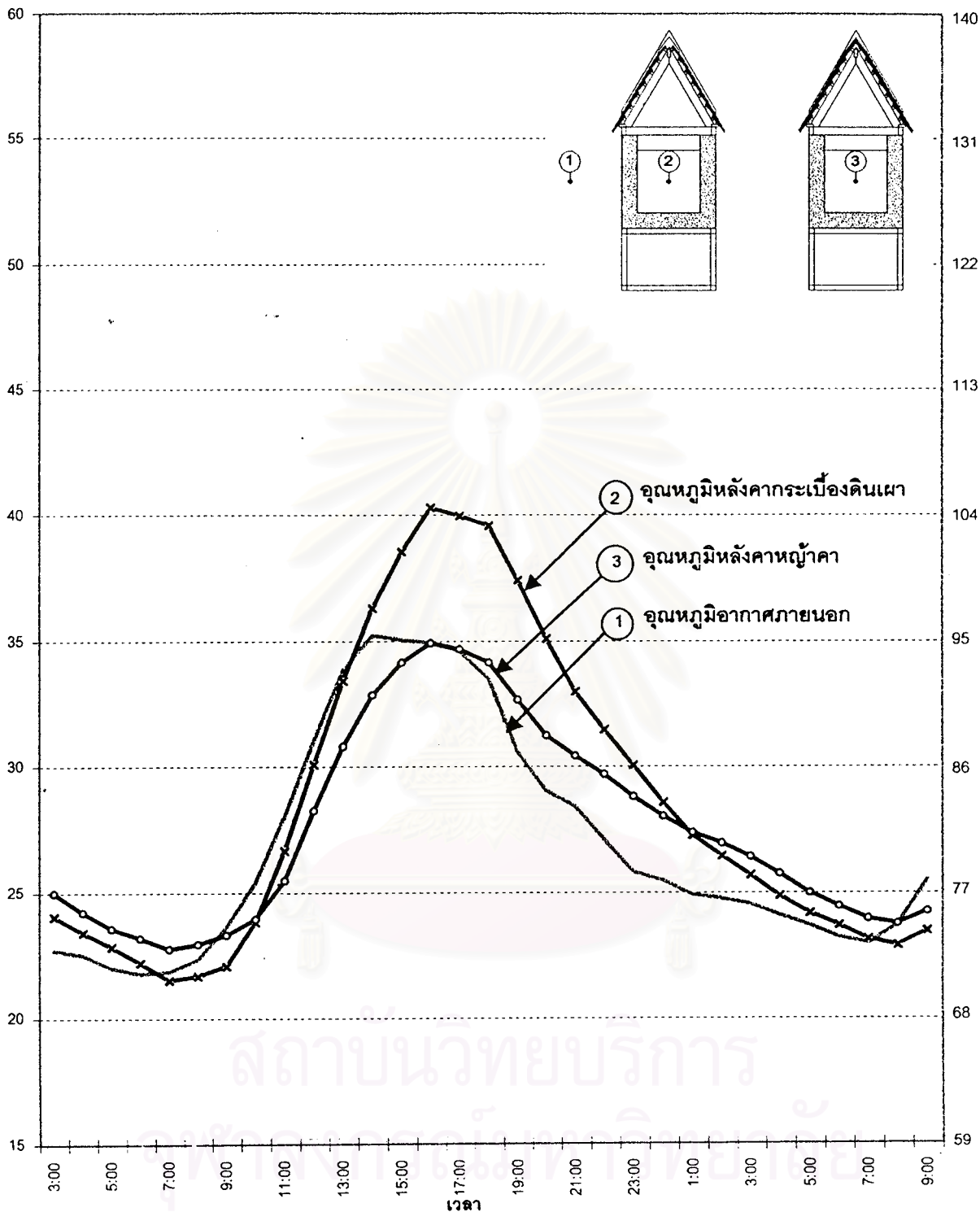
แผนภูมิที่ 4-4 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิในด้านในของหลังคาทางทิศเหนือ  
 ของหลังคาที่มีวัสดุผนังหลังคาแตกต่างกัน

เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 18 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 3:00 น. ถึงวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 9:00 น.



อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)

อุณหภูมิ(องศาฟาเรนไฮต์)



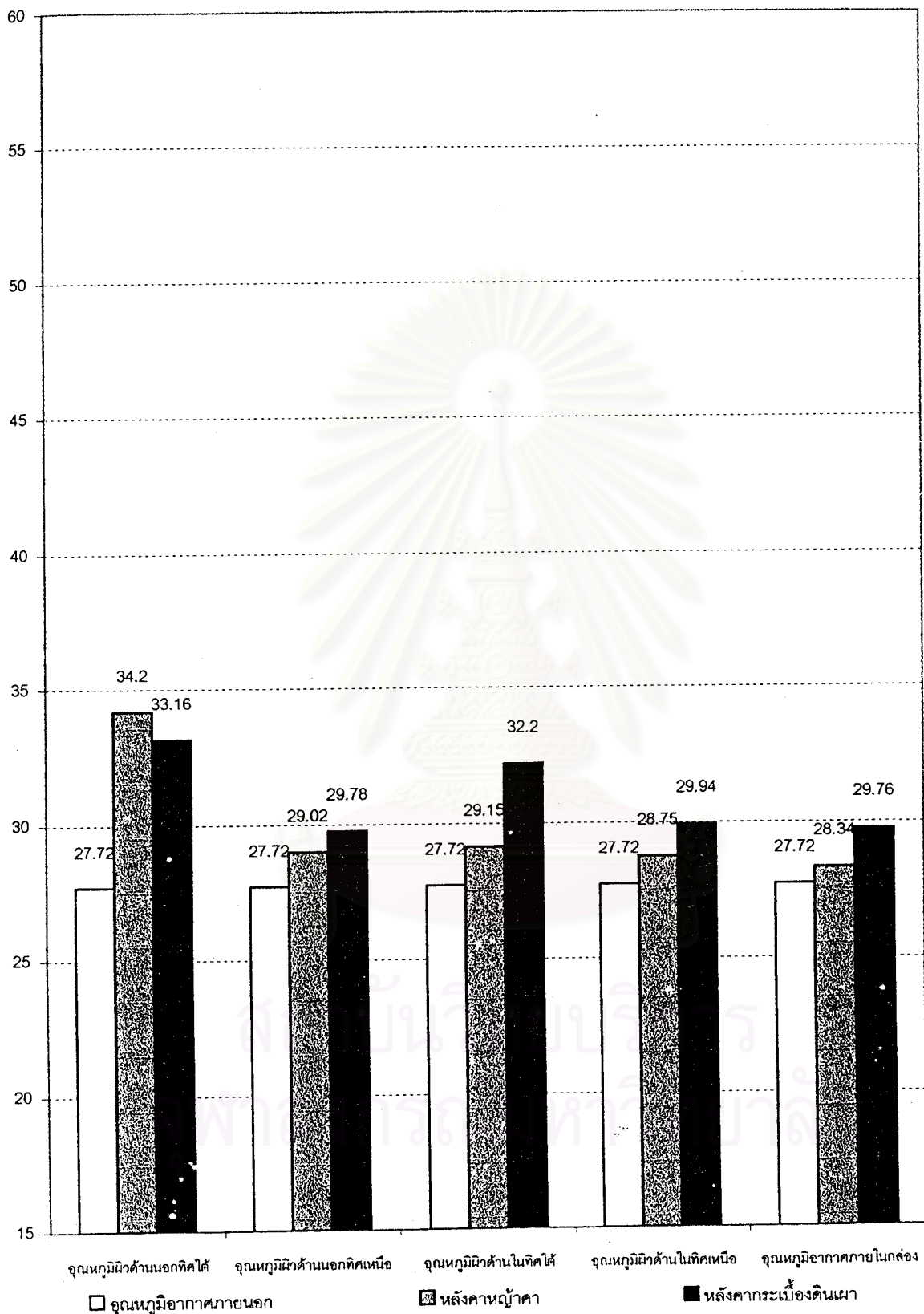
- ① อุณหภูมิอากาศภายนอก
- ② อุณหภูมิหลังคกระเบื้องดินเผา
- ③ อุณหภูมิหลังคาหน้าคา

สถาบันวิทยบริการ  
 วิทยาลัยเทคโนโลยีพระยาศรีสุนทรณรงค์

แผนภูมิที่ 4-5 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายใน  
 ของหลังคาที่มีวัสดุผนังหลังคาแตกต่างกัน

เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 18 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 3:00 น. ถึงวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 9:00 น.

## อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)



แผนภูมิที่ 4-6 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วง 24 ชั่วโมง

ของหลังคาที่มีวัสดุผนังแตกต่างกัน

## การวิเคราะห์พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคาที่มีวัสดุผนังแตกต่างกัน

เมื่อพิจารณาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคาที่มีวัสดุผนังแตกต่างกันพบว่า อุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดของกล่องทดลองหลังคาหญ้าคาจะต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดของกล่องทดลองหลังคากระเบื้องดินเผาถึง 5.37 องศาเซลเซียส โดยที่อุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดของหลังคาหญ้าคานี้เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุดพบว่าต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุดเล็กน้อยคือ 0.31 องศาเซลเซียส ในขณะที่อุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดของกล่องทดลองหลังคากระเบื้องดินเผาจะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุดถึงประมาณ 5 องศาเซลเซียส และความแปรปรวนของอุณหภูมิอากาศภายในหรือความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดและต่ำสุดของกล่องทดลองหลังคาหญ้าคาก็จะน้อยกว่าความแปรปรวนของอุณหภูมิของกล่องทดลองหลังคากระเบื้องดินเผา

ในการพิจารณาช่วงเวลาที่อุณหภูมิอากาศภายในต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกพบว่าเป็นในช่วงเวลา 08:45 น. ถึง 16:30 น. กล่องทดลองหลังคาหญ้าคาจะมีอุณหภูมิอากาศภายในต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก โดยคิดเป็นช่วงเวลาประมาณ 7 ชั่วโมง 45 นาที ขณะที่ช่วงเวลา 06:30 น. ถึง 13:15 น. อุณหภูมิอากาศในกล่องทดลองหลังคากระเบื้องดินเผาจะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก โดยคิดเป็นช่วงเวลาประมาณ 6 ชั่วโมง 45 นาที จะสังเกตได้ว่า ในช่วงเวลาที่อุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุดคือเวลา 14:00 น. นั้นอุณหภูมิอากาศภายในของกล่องทดลองหลังคาหญ้าคายังคงต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกจนกระทั่งถึงเวลาประมาณ 16:30 น. ในขณะที่ตั้งแต่ช่วงเวลา 14:00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่อุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุดอุณหภูมิอากาศภายในของหลังคากระเบื้องดินเผาจะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกไปจนกระทั่งถึงช่วงเช้าของวันรุ่งขึ้น โดยหลังคาหญ้าคาจะมีความเหมาะสมในการป้องกันความร้อนจากภายนอกได้ดีกว่าหลังคากระเบื้องดินเผา ในช่วงเวลาที่อุณหภูมิอากาศภายนอกขึ้นสูงสุดของวัน สำหรับระยะเวลาจากอุณหภูมิผิวภายนอกสูงสุดถึงอุณหภูมิผิวภายในสูงสุดของหลังคาทั้งสองชนิดจะเท่ากันคือประมาณ 1 ชั่วโมงซึ่งเป็นผลจากค่าความจุความร้อนของวัสดุ

อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยในช่วง 1 วันของกล่องทดลองหลังคาทั้ง 2 ชนิดมีค่าใกล้เคียงกัน โดยที่อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยของกล่องทดลองหลังคาหญ้าคาจะต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยของกล่องทดลองหลังคากระเบื้องดินเผา 1.42 องศาเซลเซียส

ในช่วงเวลาที่ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ (ตั้งแต่เวลา 06:00 น. ถึง 18:00 น.) พบว่า อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยของกล่องทดลองหญ้าคาจะต่ำกว่าค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของกล่องทดลองหลังคากระเบื้องดินเผา 1.9 องศาเซลเซียสและต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกประมาณ 0.76 องศาเซลเซียส ในขณะที่อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยของกล่องทดลองหลังคากระเบื้องดินเผาจะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย 1.14 องศาเซลเซียส และหากพิจารณาอุณหภูมิผิวหนังด้านในของหลังคาพบว่าอุณหภูมิผิวหนังด้านในของหลังคาหญ้าคาจะต่ำกว่าอุณหภูมิผิวหนังด้านในของหลังคากระเบื้องดินเผา โดยที่อุณหภูมิผิวหนังด้านในเฉลี่ยของหลังคาด้านทิศใต้จะต่ำกว่า 5.63 องศาเซลเซียส ขณะที่อุณหภูมิผิวหนังด้านในเฉลี่ยของหลังคาด้านทิศเหนือจะต่ำกว่าประมาณ 2 องศาเซลเซียส โดยที่อุณหภูมิผิวหนังด้านในจะส่งผลกระทบต่อการแผ่รังสีความร้อนของพื้นผิวโดยรอบ (mean radiant temperature, MRT)ต่อผู้ใช้สอยที่ว่างภายใน โดยความสำคัญของการแผ่รังสีความร้อนของพื้นผิวโดยรอบ ในเชิงทฤษฎีนั้นจะมีผลต่อความรู้สึกร้อนหนาวมากกว่าอุณหภูมิอากาศถึง 40 เปอร์เซ็นต์

ในช่วงเวลาที่ไม่มีได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ (ตั้งแต่เวลา 18:00 น. ถึง 06:00 น.) พบว่า อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยของกล่องทดลองหญ้าคาจะยังคงต่ำกว่าค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของกล่องทดลองหลังคากระเบื้องดินเผาเล็กน้อยคือ 0.92 องศาเซลเซียสในขณะที่เดียวกันจะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก 2.07 องศาเซลเซียส ในขณะที่อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยของกล่องทดลองหลังคากระเบื้องดินเผาจะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ยประมาณ 3 องศาเซลเซียส และหากพิจารณาอุณหภูมิผิวหนังด้านในของหลังคาพบว่าอุณหภูมิผิวหนังด้านในเฉลี่ยของหลังคาหญ้าคาจะยังคงต่ำกว่าอุณหภูมิผิวหนังด้านในของหลังคากระเบื้องดินเผา โดยที่อุณหภูมิผิวหนังด้านในของหลังคาด้านทิศใต้จะต่ำกว่า 0.47 องศาเซลเซียส ขณะที่อุณหภูมิผิวหนังด้านในเฉลี่ยของหลังคาด้านทิศเหนือจะต่ำกว่า 0.32 องศาเซลเซียส

จากผลการวิจัยพอจะสรุปได้ว่าหากเปรียบเทียบวัสดุผนังหลังคาที่นำมาทดสอบพบว่าหลังคาหญ้าคาจะมีความเหมาะสมในเชิงของการลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารได้ดีกว่าหลังคากระเบื้องดินเผา ซึ่งลักษณะที่แตกต่างกันของพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนเกิดจากคุณสมบัติทางความร้อนของวัสดุที่แตกต่างกันโดยที่หลังคาหญ้าคาีความเป็นฉนวนมากกว่าหลังคากระเบื้องดินเผา

## การทดลองชุดที่ 2

### วัตถุประสงค์ของการทดลอง

เพื่อที่จะศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคาที่มีมุมเอียงต่างกัน

### วิธีการทดลอง

ในการทดลองนี้ได้ทำการเลือกวัสดุผนังหลังคาที่นำมาทดสอบคือ กระเบื้องดินเผา โดยที่กำหนดมุมเอียงของหลังคาต่างๆกันคือ 60 องศา 45 องศาและ 30 องศา ลักษณะหลังคเป็นหลังคาจั่วโดยจะกำหนดให้วัสดุผนังหลังคาหันไปทางทิศเหนือและทิศใต้ ทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่เวลา 3:00 น. ถึงเวลา 9:00 น. ของวันรุ่งขึ้น (30 ชั่วโมง) โดยจะเก็บข้อมูลทุก 1 นาทีและบันทึกข้อมูลเป็นรายชั่วโมง

ข้อมูลที่ทำกรวัดและบันทึกคือ

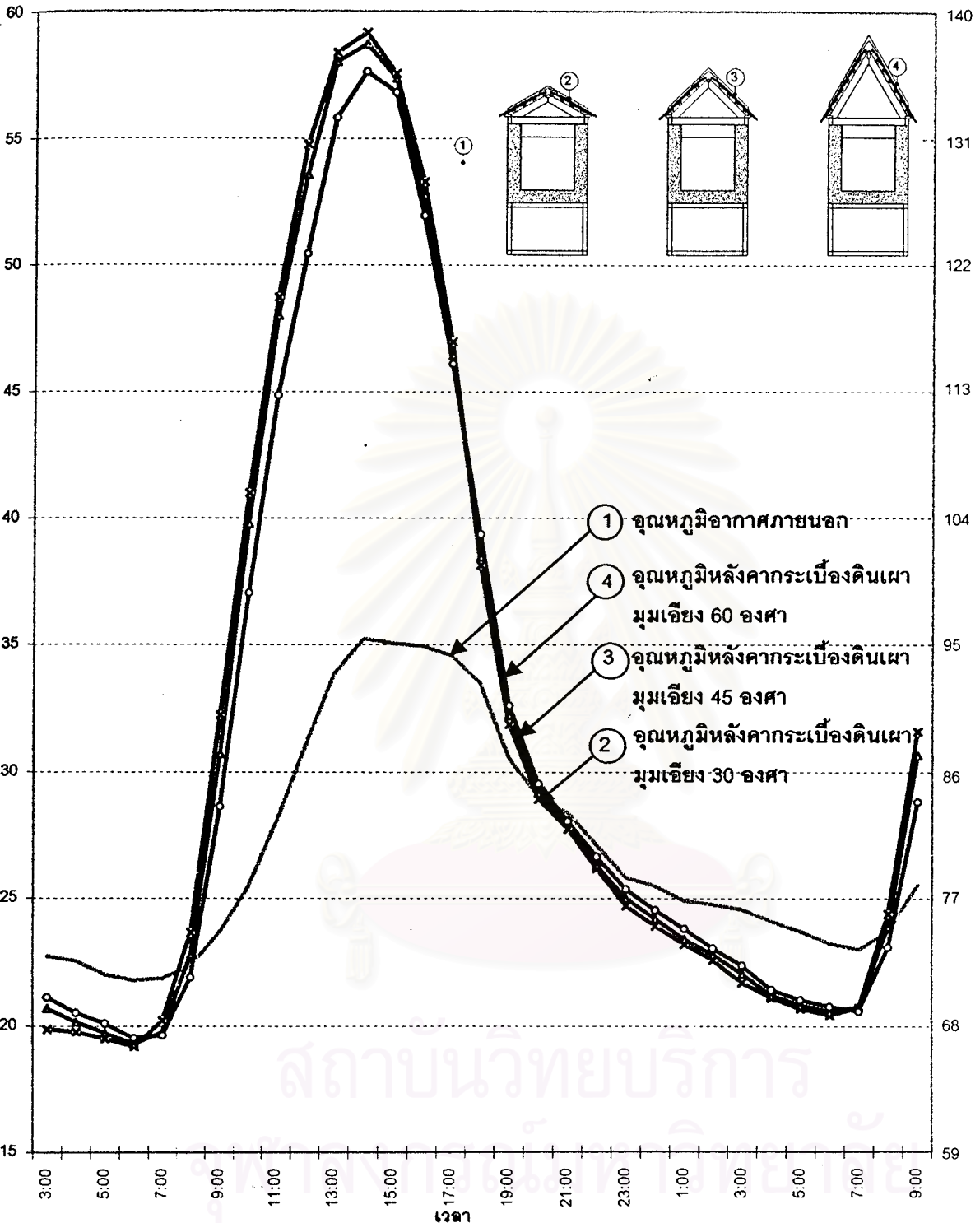
1. อุณหภูมิอากาศภายนอก
2. อุณหภูมิผิวภายนอกของหลังคาที่หันไปทางด้านทิศใต้
3. อุณหภูมิผิวภายในของหลังคาที่หันไปทางด้านทิศใต้
4. อุณหภูมิผิวภายนอกของหลังคาที่หันไปทางด้านทิศเหนือ
5. อุณหภูมิผิวภายในของหลังคาที่หันไปทางด้านทิศเหนือ
6. อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลอง

โดยได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)

อุณหภูมิ(องศาฟาเรนไฮต์)



18 กุมภาพันธ์ 2544 | 19 กุมภาพันธ์ 2544

- อุณหภูมิอากาศภายนอก
- x— อุณหภูมิหลังคากระเบื้องดินเผา มุมเอียง 30 องศา
- o— อุณหภูมิหลังคากระเบื้องดินเผา มุมเอียง 45 องศา
- อุณหภูมิหลังคากระเบื้องดินเผา มุมเอียง 60 องศา

แผนภูมิที่ 4-7 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวด้านนอกของหลังคาทางทิศใต้

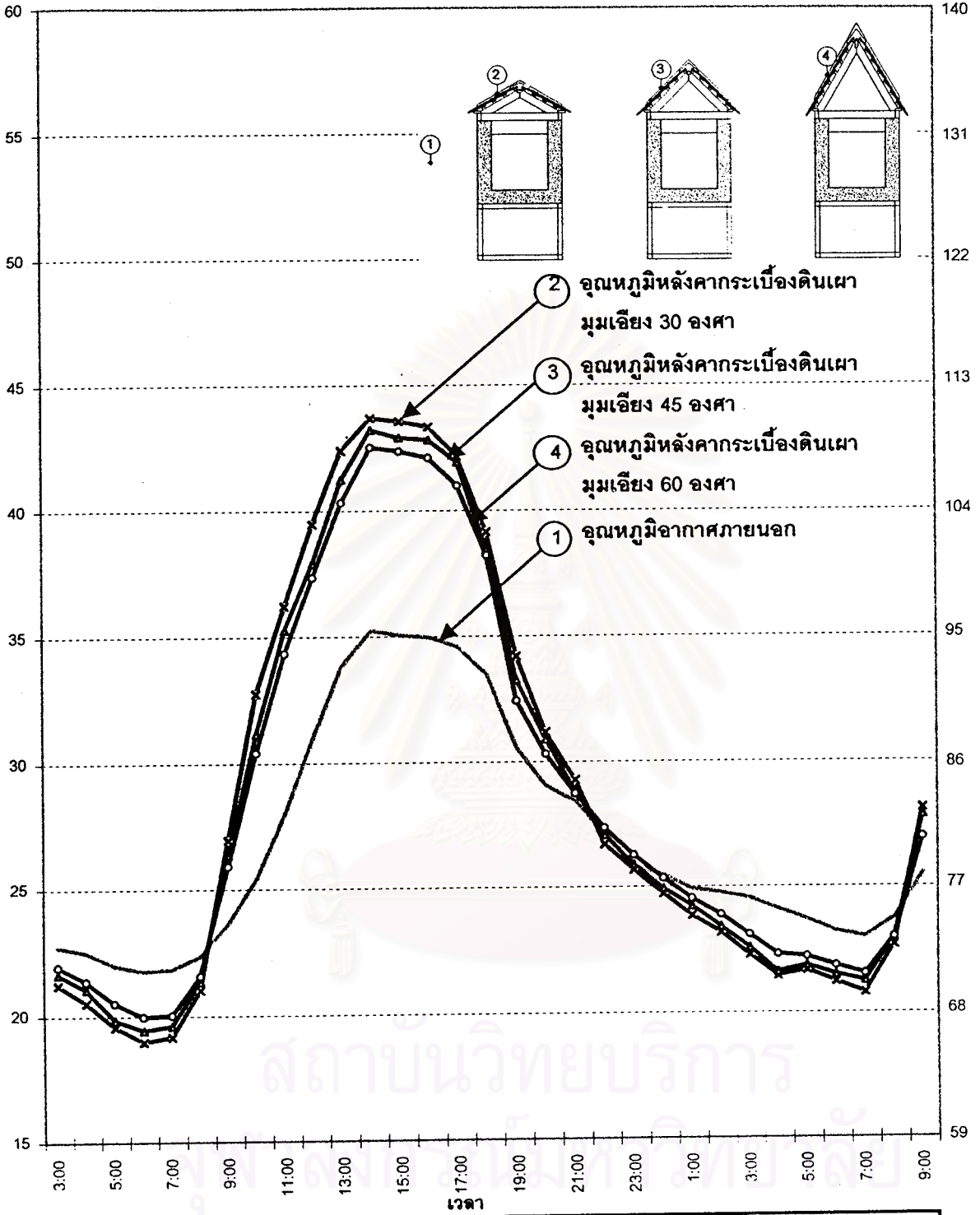
ของหลังคาที่มีมุมเอียงแตกต่างกัน

เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 18 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 3:00 น. ถึงวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 9:00 น.



อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)

อุณหภูมิ(องศาฟาเรนไฮด์)



18 กุมภาพันธ์ 2544	19 กุมภาพันธ์ 2544
--------------------	--------------------

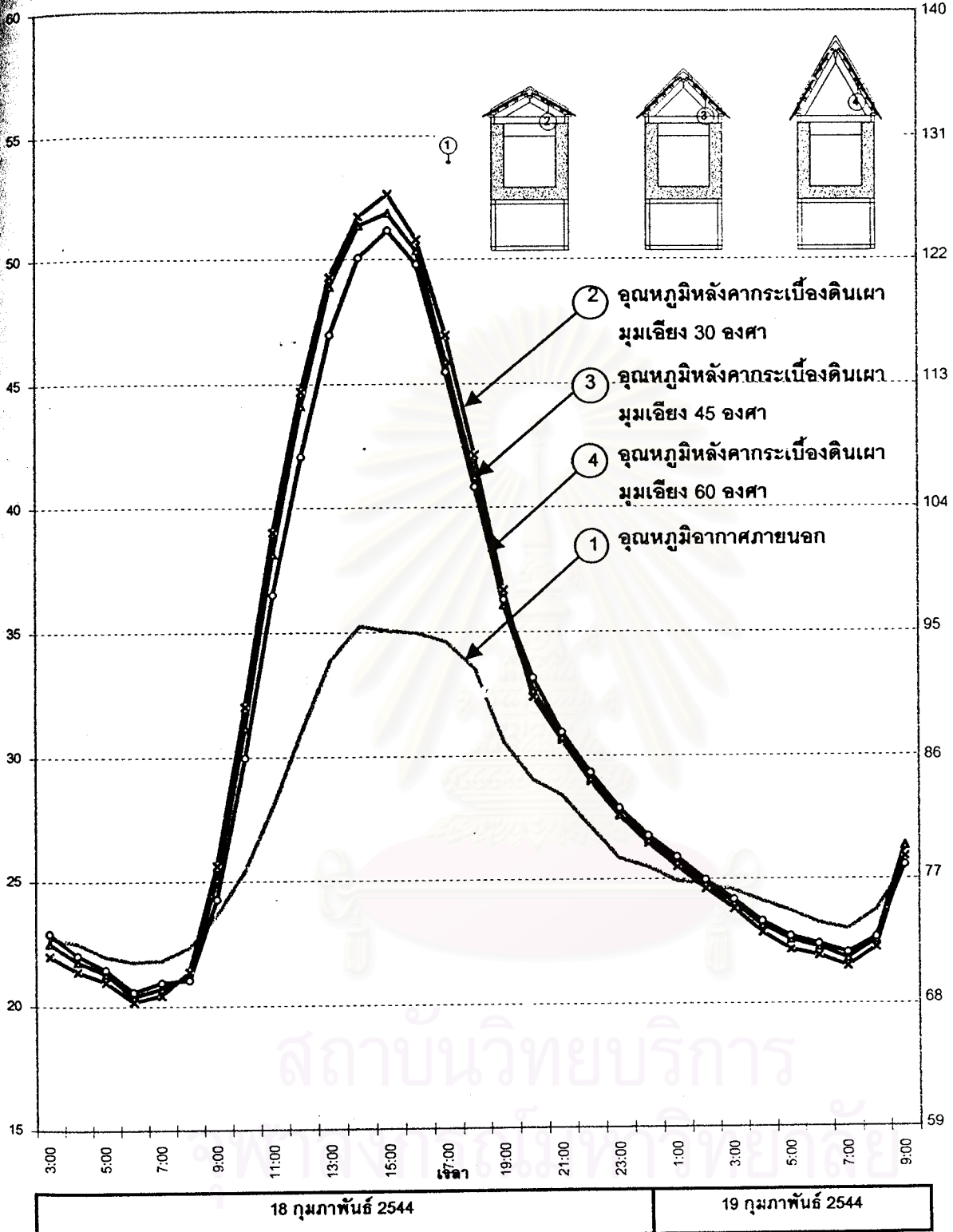
- อุณหภูมิอากาศภายนอก
- \*— อุณหภูมิหลังคากระเบื้องดินเผา มุมเอียง 30 องศา
- อุณหภูมิหลังคากระเบื้องดินเผา มุมเอียง 45 องศา
- อุณหภูมิหลังคากระเบื้องดินเผา มุมเอียง 60 องศา

แผนภูมิที่ 4-8 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวด้านนอกของหลังคาทางทิศเหนือ  
ของหลังคากระเบื้องดินเผาที่มีมุมเอียงแตกต่างกัน

เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 18 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 3:00 น. ถึงวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 9:00 น.

อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)

อุณหภูมิ(องศาฟาเรนไฮต์)



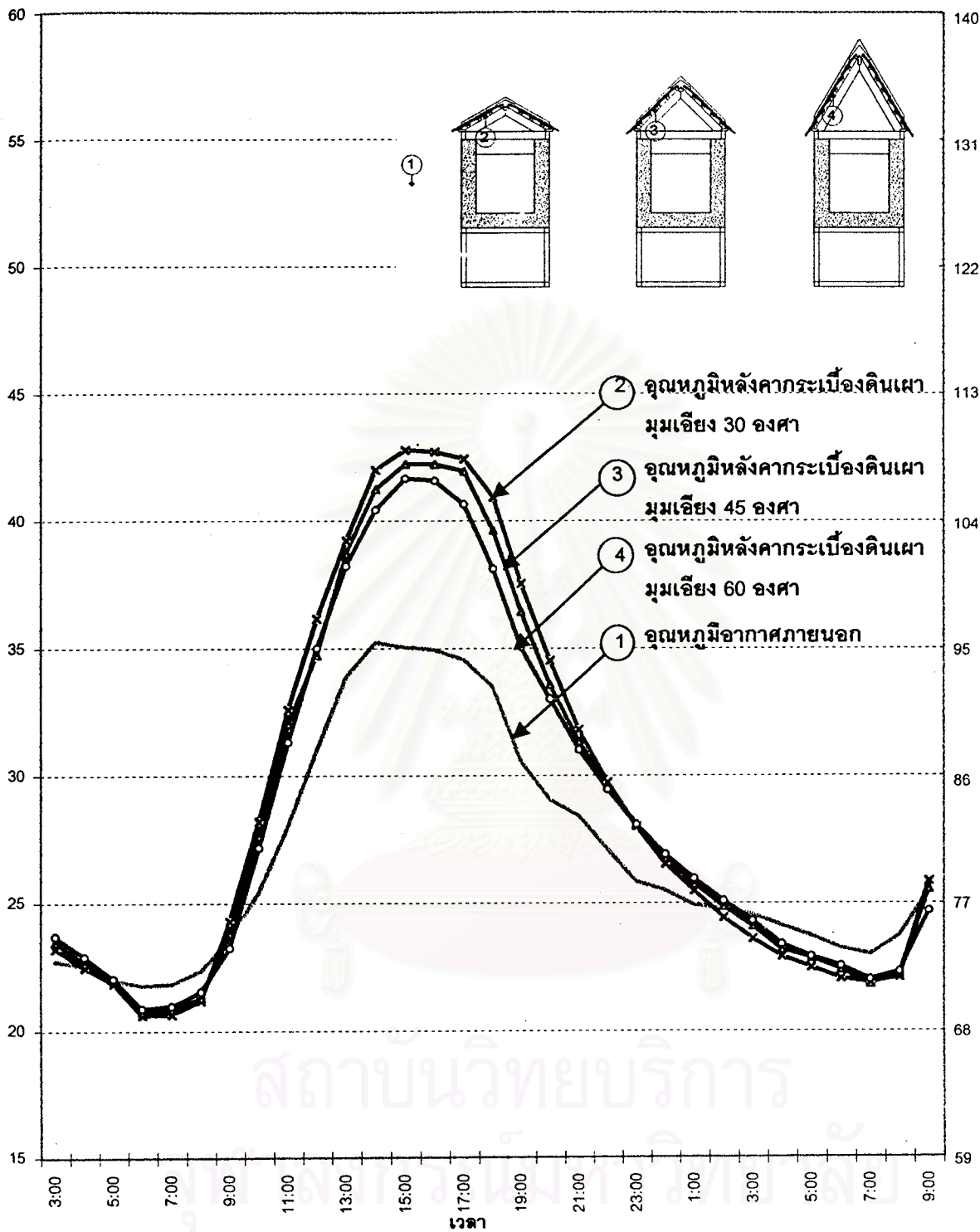
แผนภูมิที่ 4-9 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวด้านในของหลังคาทางทิศใต้

ของหลังคาที่มีมุมเอียงแตกต่างกัน

เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 18 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 3:00 น. ถึงวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 9:00 น.

อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)

อุณหภูมิ(องศาฟาเรนไฮต์)



18 กุมภาพันธ์ 2544 | 19 กุมภาพันธ์ 2544

○ อุณหภูมิอากาศภายนอก  
 ▲ อุณหภูมิหลังคากะเบื้องดินเผา มุมเอียง 30 องศา  
 ● อุณหภูมิหลังคากะเบื้องดินเผา มุมเอียง 45 องศา  
 ◐ อุณหภูมิหลังคากะเบื้องดินเผา มุมเอียง 60 องศา

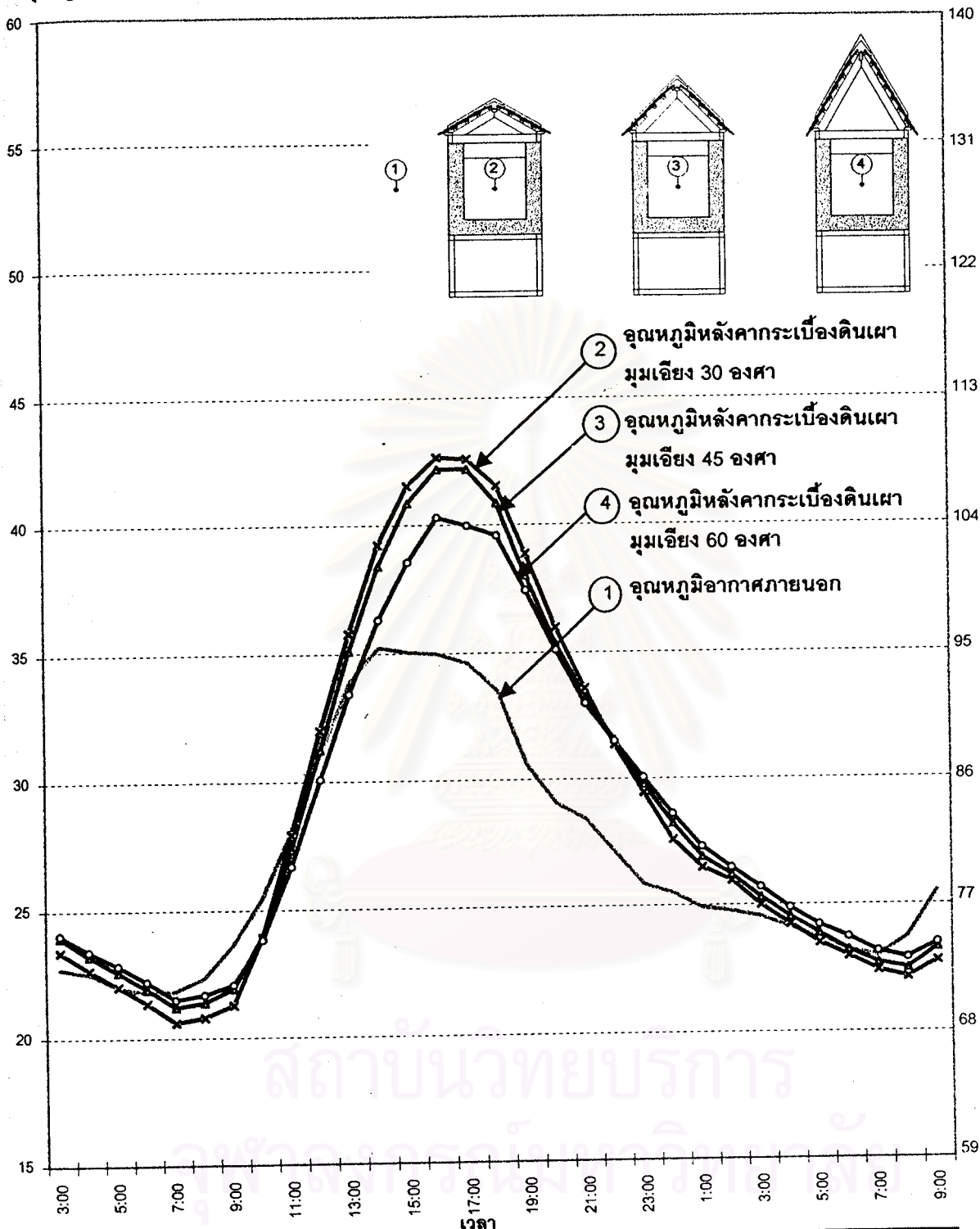
แผนภูมิที่ 4-10 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิในด้านในของหลังคาทางทิศเหนือ

ของหลังคากะเบื้องดินเผาที่มีมุมเอียงแตกต่างกัน

เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 18 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 3:00 น. ถึงวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 9:00 น.

อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)

อุณหภูมิ(องศาฟาเรนไฮต์)



18 กุมภาพันธ์ 2544

19 กุมภาพันธ์ 2544

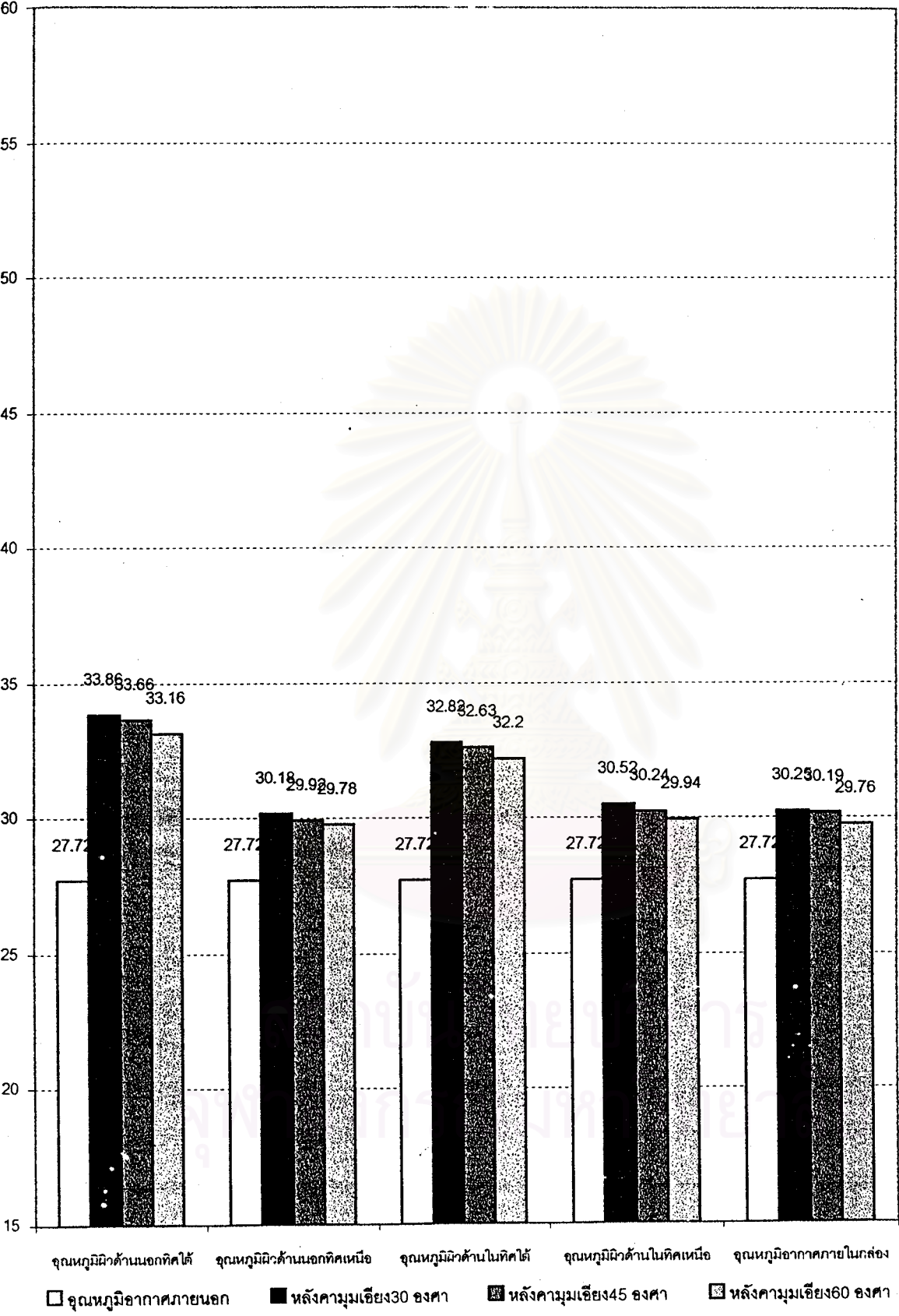
- อุณหภูมิอากาศภายนอก
- อุณหภูมิลหลังคากระเบื้องดินเผา มุมเอียง 45 องศา
- อุณหภูมิลหลังคากระเบื้องดินเผา มุมเอียง 30 องศา
- △— อุณหภูมิลหลังคากระเบื้องดินเผา มุมเอียง 60 องศา

แผนภูมิที่ 4-11 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายใน

ของหลังคากระเบื้องดินเผาที่มีมุมเอียงแตกต่างกัน

เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 18 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 3:00 น. ถึงวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 9:00 น.

อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)



แผนภูมิที่ 4-12 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วง 24 ชั่วโมง  
ของหลังคาที่มีมุมเอียงแตกต่างกัน



## การวิเคราะห์พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคาที่มีมุมเอียงแตกต่างกัน

เมื่อพิจารณาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคาที่มีมุมเอียงแตกต่างกันพบว่า อุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดของกล่องทดลองหลังคามุมเอียง 60 องศาจะต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดของกล่องทดลองหลังคามุมเอียง 45 องศา และ 30 องศา 2.17 องศาเซลเซียส และ 2.63 องศาเซลเซียสตามลำดับ โดยที่อุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดของหลังคามุมเอียง 60 องศาเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุดพบว่า จะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุด 5.06 องศาเซลเซียส ในขณะที่อุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดของกล่องทดลองหลังคามุมเอียง 45 องศาจะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุด 6.96 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดของกล่องทดลองหลังคามุมเอียง 30 องศาจะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุดถึง 7.42 องศาเซลเซียส ความแปรปรวนของอุณหภูมิอากาศภายในของกล่องทดลองหลังคามุมเอียง 60 องศาจะน้อยกว่าความแปรปรวนของอุณหภูมิของกล่องทดลองหลังคามุมเอียง 45 องศาและ 30 องศา โดยที่ความแปรปรวนของอากาศภายในกล่องทดลองหลังคามุมเอียง 60 องศา เป็น 18.79 องศาเซลเซียส ขณะที่ความแปรปรวนของอากาศภายในกล่องทดลองหลังคามุมเอียง 45 องศา และหลังคามุมเอียง 30 องศาเป็น 20.99 และ 22.04 องศาเซลเซียสตามลำดับ

ในการพิจารณาช่วงเวลาที่มีอุณหภูมิอากาศภายในต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกพบว่า ในช่วงเวลา 06:30 น. ถึง 13:15 น. (7 ชั่วโมง 45 นาที) กล่องทดลองหลังคามุมเอียง 60 องศาจะมีอุณหภูมิอากาศภายในต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก ขณะที่ช่วงเวลา 06:00 น. ถึง 11:45 น. (5 ชั่วโมง 45 นาที) อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองหลังคามุมเอียง 45 องศาจะต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก และในช่วงเวลา 05:00 น. ถึง 11:00 น. (6 ชั่วโมง) กล่องทดลองหลังคามุมเอียง 30 องศาจะมีอุณหภูมิอากาศภายในต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก จะสังเกตได้ว่า ในช่วงเวลาที่อุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุดคือตั้งแต่เวลา 14:00 น. นั้นอุณหภูมิอากาศภายในของกล่องทดลองหลังคามุมเอียงต่างๆจะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกทั้งสิ้น โดยที่กล่องทดลองหลังคามุมเอียง 45 องศาและ 30 องศาจะมีอุณหภูมิภายในที่ใกล้เคียงกัน ขณะที่กล่องทดลองหลังคามุมเอียง 60 องศาจะมีอุณหภูมิอากาศภายในที่ต่ำกว่ามุมเอียงทั้งสอง สำหรับระยะเวลาจากอุณหภูมิผิวภายนอกสูงสุดถึงอุณหภูมิผิวภายในสูงสุดของหลังคาทั้งสามมุมเอียงจะเท่ากันคือประมาณ 1 ชั่วโมง

อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยในช่วง 1 วันของกล่องทดลองหลังคาทั้งสามมีค่าใกล้เคียงกัน โดยที่อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยของกล่องทดลองหลังคามุมเอียง 60 องศาจะต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยของกล่องทดลองหลังคามุมเอียง 45 องศา 0.43 องศาเซลเซียส และต่ำกว่า



หลังคามุมเอียง 30 องศา 0.49 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยในช่วง 1 วันของหลังคาทั้งสามจะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย

ในช่วงเวลาที่ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ (ตั้งแต่เวลา 06:00 น. ถึง 18:00 น.) พบว่าอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยของกล่องทดลองหลังคามุมเอียง 60 องศาจะต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยของกล่องทดลองหลังคามุมเอียง 45 องศาและ 30 องศา 0.95 องศาเซลเซียสและ 1.16 องศาเซลเซียสตามลำดับ และหากพิจารณาอุณหภูมิผิวด้านในของหลังคาพบว่าอุณหภูมิผิวด้านในของหลังคามุมเอียง 60 องศาจะต่ำกว่าอุณหภูมิผิวด้านในของหลังคามุมเอียง 45 องศาและหลังคามุมเอียง 30 องศา โดยที่อุณหภูมิผิวด้านในเฉลี่ยของหลังคามุมเอียง 45 องศาและหลังคามุมเอียง 30 องศาจะใกล้เคียงกันมาก โดยหลังคาทั้งสามจะมีอุณหภูมิผิวด้านทิศใต้สูงกว่าอุณหภูมิผิวด้านทิศเหนือเนื่องจากหลังคาทางด้านทิศใต้จะได้รับรังสีดวงอาทิตย์มากกว่าหลังคาด้านทิศเหนือ

ในช่วงเวลาที่ไม่มีได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ (ตั้งแต่เวลา 18:00 น. ถึง 06:00 น.) พบว่า อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยของกล่องทดลองหลังคามุมเอียง 60 องศาจะมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยของกล่องทดลองหลังคามุมเอียง 45 องศาและหลังคามุมเอียง 30 องศา โดยที่กล่องทดลองหลังคามุมเอียง 30 องศาจะมีอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยต่ำที่สุดเนื่องจากมีมุมในการแลกเปลี่ยนความร้อนโดยการแผ่รังสีคลื่นยาวกับท้องฟ้ามากกว่าหลังคามุมเอียง 45 องศาและหลังคามุมเอียง 60 องศา ซึ่งอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยของกล่องทดลองทั้งสามจะยังคงสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกประมาณ 2.7 องศาเซลเซียสถึง 3 องศาเซลเซียส และหากพิจารณาอุณหภูมิผิวด้านในของหลังคาพบว่าอุณหภูมิผิวด้านในทางด้านทิศใต้ของหลังคามุมเอียง 60 องศาจะมีอุณหภูมิสูงกว่าหลังคามุมเอียง 45 องศาและ 30 องศา ในขณะที่อุณหภูมิผิวด้านในทางด้านทิศเหนือจะใกล้เคียงกัน

จากผลการวิจัยพอจะสรุปได้ว่าหลังคามุมเอียง 60 องศาจะมีความเหมาะสมในเชิงของการลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารในช่วงเวลากลางวัน (ช่วงเวลาที่ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์) ได้ดีกว่าหลังคามุมเอียง 45 องศาและ 30 องศา ขณะที่ในช่วงเวลากลางคืน (ช่วงเวลาที่ไม่มีได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์) หลังคามุมเอียง 30 องศาจะมีศักยภาพในการแลกเปลี่ยนความร้อนกับท้องฟ้าได้ดีกว่าหลังคามุมเอียง 45 องศาและ 60 องศา จึงทำให้อุณหภูมิอากาศภายในลดต่ำลงได้มากกว่า ในทางปฏิบัติการลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารในช่วงเวลากลางวันจะเป็นเกณฑ์ที่นำมาพิจารณามากกว่าเนื่องจากอุณหภูมิอากาศในช่วงกลางวันจะมี

อุณหภูมิที่ค่อนข้างสูง ในขณะที่อุณหภูมิอากาศในช่วงกลางคืนจะไม่สูงมาก ซึ่งลักษณะที่แตกต่างกันของพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนเกิดจากมุมเอียงของหลังคาซึ่งในช่วงกลางวันมุมเอียงที่แตกต่างกันก็จะส่งผลในการรับปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่แตกต่างกันในขณะที่ช่วงเวลากลางคืน ก็จะส่งผลถึงศักยภาพในการแลกเปลี่ยนความร้อนกับท้องฟ้าโดยการแผ่รังสีคลื่นยาวที่แตกต่างกัน



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

#### 4.2 การวิเคราะห์พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนัง มีตัวแปรที่ทำการวิเคราะห์คือ

1. ทิศทางของการวางผนัง
2. สภาพการได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง
3. สภาพการไหลเวียนอากาศ

#### การทดลองชุดที่ 3

##### วัตถุประสงค์ของการทดลอง

เพื่อที่จะศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังภายใต้สภาวะที่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีการไหลเวียนอากาศ

##### วิธีการทดลอง

ในการทดลองนี้ได้ทำการเลือกวัสดุที่นำมาทดสอบคือ ผนังไม้สักที่ทำการจำลองสภาพของฝาปะกนเป็นลักษณะผนังทึบเพื่อให้ไม่มีการไหลเวียนของอากาศ และไม่ใช้อุปกรณ์บังแดดเพื่อให้ผนังที่นำมาทดสอบได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์โดยตรง หนักห้องทดลองที่ใส่วัสดุผนังไปยังทิศหลักต่างๆคือทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตกทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 3:00 น. ถึงเวลา 9:00 น. ของวันรุ่งขึ้น (30 ชั่วโมง) โดยจะเก็บข้อมูลทุก 1 นาทีและบันทึกข้อมูลเป็นรายชั่วโมง

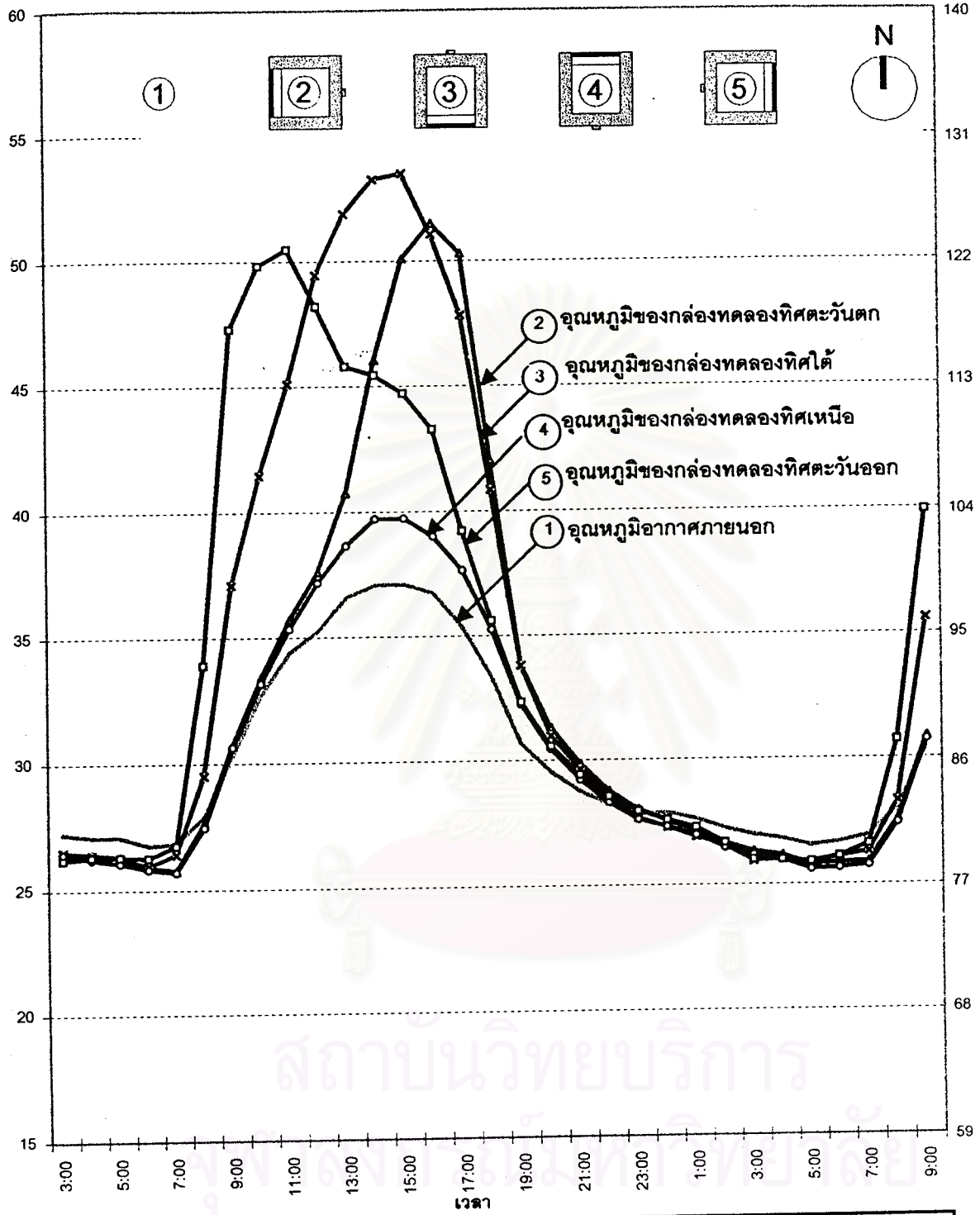
ข้อมูลทำการวัดและบันทึกคือ

1. อุณหภูมิอากาศภายนอก
2. อุณหภูมิผิวภายนอกของผนังที่หันไปทางทิศต่างๆ
3. อุณหภูมิผิวภายในของหลังคาที่หันไปทางทิศต่างๆ
4. อุณหภูมิอากาศภายในห้องทดลอง

โดยได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)

อุณหภูมิ(องศาฟาเรนไฮต์)



24 มกราคม 2544 | 25 มกราคม 2544

— อุณหภูมิอากาศภายนอก    — ◯ — ผนังทิศตะวันตก    — × — ผนังทิศใต้    — ◊ — ผนังทิศเหนือ    — □ — ผนังทิศตะวันออก

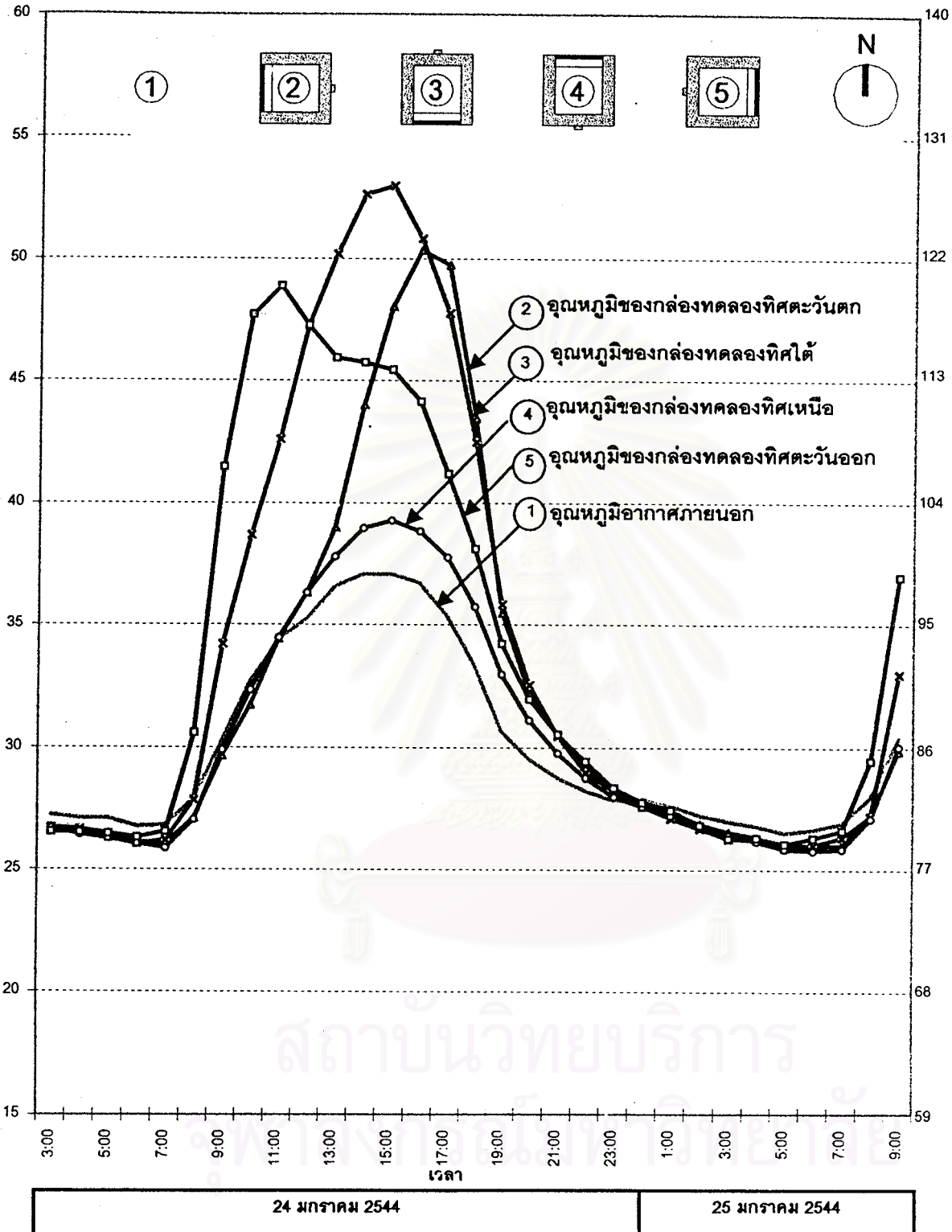
แผนภูมิที่ 4-13 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังด้านนอกของกล่องทดลองผนังที่หันไปทางทิศต่างๆ

ภายใต้สภาวะที่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีการไหลเวียนอากาศ

เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 24 มกราคม 2544 เวลา 3:00 น. ถึงวันที่ 25 มกราคม 2544 เวลา 9:00 น.

อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)

อุณหภูมิ(องศาฟาเรนไฮต์)



— อุณหภูมิอากาศภายนอก    —●— ผนังทิศตะวันตก    —×— ผนังทิศใต้    —○— ผนังทิศเหนือ    —□— ผนังทิศตะวันออก

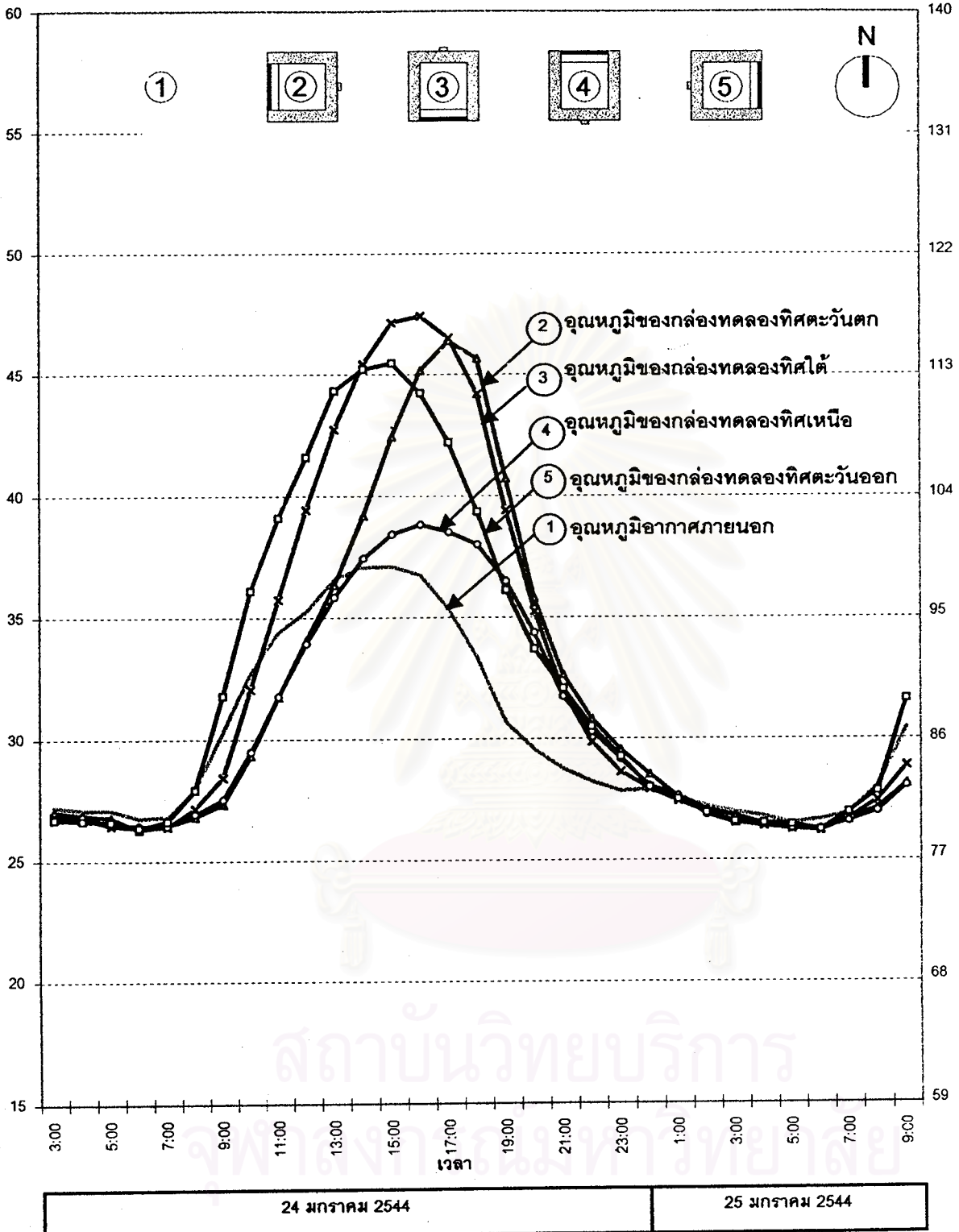
แผนภูมิที่ 4-14 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังด้านในของกล่องทดลองผนังที่หันไปทางทิศต่างๆ

ภายใต้สภาวะที่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีกำรไหลเวียนอากาศ

เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 24 มกราคม 2544 เวลา 3:00 น. ถึงวันที่ 25 มกราคม 2544 เวลา 9:00 น.

อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)

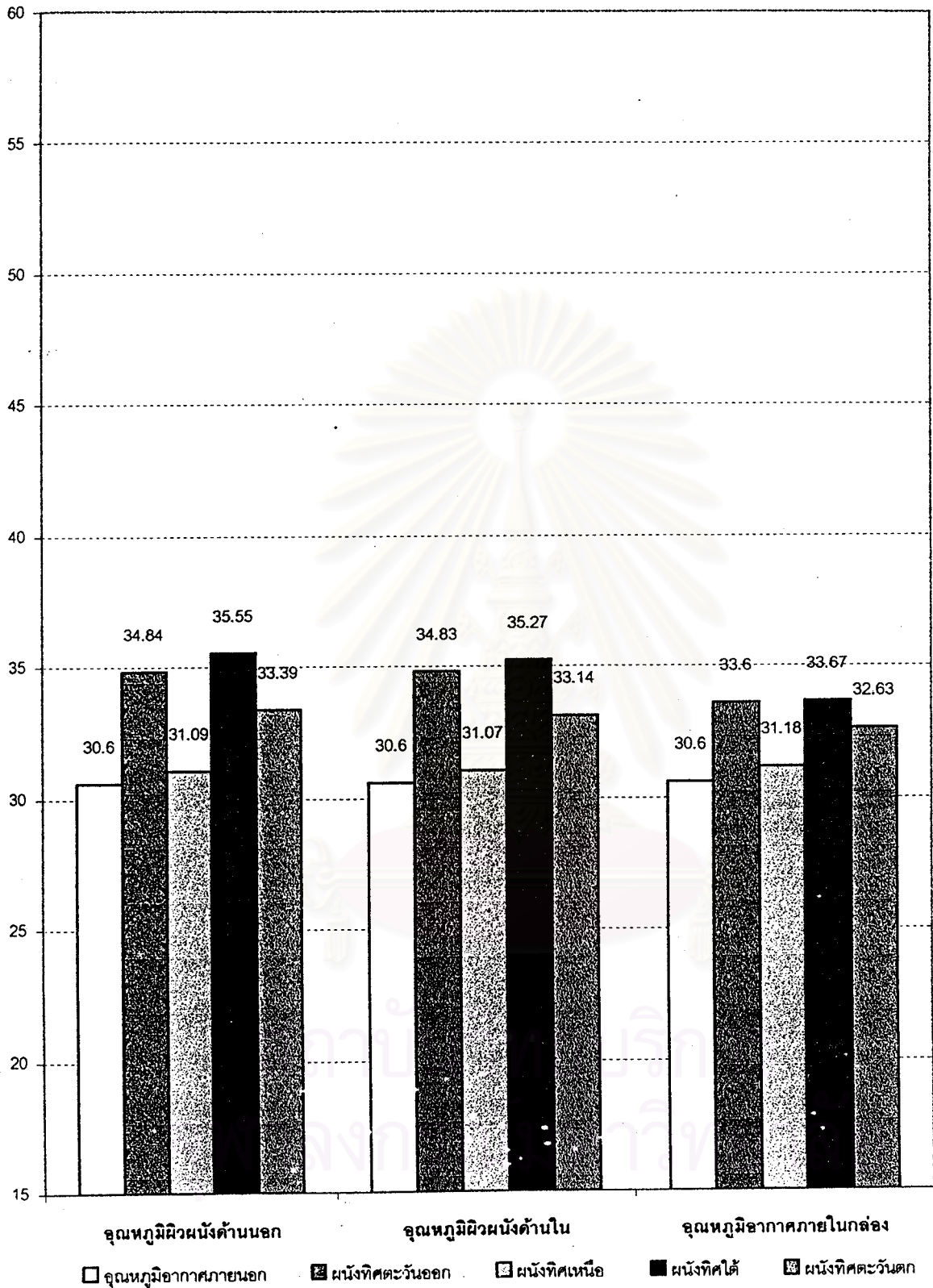
อุณหภูมิ(องศาฟาเรนไฮต์)



แผนภูมิที่ 4-15 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในของกล่องทดลองผนังที่หันไปทางทิศต่างๆ ภายใต้สภาวะที่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีกำบังหรือฉนวนอากาศ เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 24 มกราคม 2544 เวลา 3:00 น. ถึงวันที่ 25 มกราคม 2544 เวลา 9:00 น.



## อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)



แผนภูมิที่ 4-16 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงเวลา 24 ชั่วโมงของกล่องทดลองผนังทิศต่างๆ ภายใต้สภาวะที่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีการไหลเวียนอากาศ

## การวิเคราะห์พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังที่หันไปทางทิศต่างๆ ภายใต้สภาวะที่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีลมไหลเวียนอากาศ

เมื่อพิจารณาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังที่หันไปทางทิศต่างๆ ภายใต้สภาวะที่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีลมไหลเวียนอากาศพบว่า อุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดของกล่องทดลองผนังทิศเหนือจะต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดของกล่องทดลองผนังทิศอื่นๆ และมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุดเพียง 1.74 องศาเซลเซียส โดยที่กล่องทดลองผนังทิศใต้จะมีอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุด สูงกว่ากล่องทดลองผนังทิศอื่นๆ และมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุดถึง 10.33 องศาเซลเซียส ในขณะที่อุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดของกล่องทดลองผนังทิศตะวันออกและกล่องทดลองผนังทิศตะวันตกจะมีอุณหภูมิใกล้เคียงกัน โดยที่อุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดของกล่องทดลองผนังด้านทิศตะวันออกมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุด 8.37 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดของกล่องทดลองผนังด้านทิศตะวันตกมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุด 9.30 องศาเซลเซียส ความแปรปรวนของอุณหภูมิอากาศภายในของกล่องทดลองผนังทิศเหนือจะมีความแปรปรวนน้อยที่สุดคือ 12.56 องศาเซลเซียส ในขณะที่ความแปรปรวนของอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองผนังทิศตะวันออก ผนังทิศตะวันตกและผนังทิศใต้จะใกล้เคียงกัน โดยที่กล่องทดลองผนังทิศใต้จะมีความแปรปรวนของอุณหภูมิอากาศภายในมากที่สุดคือประมาณ 21.23 องศาเซลเซียส

ในการพิจารณาช่วงเวลาที่อุณหภูมิอากาศภายในต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกพบว่า กล่องทดลองผนังทิศตะวันออกจะมีช่วงเวลาที่อุณหภูมิอากาศภายในต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกน้อยที่สุดคือตั้งแต่เวลา 00:30 น. ถึง 8:00 น. (7 ชั่วโมง 30 นาที) กล่องทดลองผนังทิศเหนือจะมีช่วงเวลาที่อุณหภูมิอากาศภายในต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกใกล้เคียงกับกล่องทดลองผนังทิศตะวันตกคือประมาณ 12 ถึง 13 ชั่วโมง โดยที่กล่องทดลองผนังทิศเหนือจะมีช่วงเวลาที่อุณหภูมิอากาศภายในต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกตั้งแต่เวลา 01:00 น. ถึง 13:45 น. กล่องทดลองผนังทิศตะวันตกจะมีช่วงเวลาที่อุณหภูมิอากาศภายในต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกตั้งแต่เวลา 01:00 น. ถึง 13:00 น. ขณะที่กล่องทดลองผนังทิศใต้จะมีอุณหภูมิอากาศภายในต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกตั้งแต่เวลา 00:00 น. ถึง 10:15 น. (10 ชั่วโมง 15 นาที) สำหรับระยะเวลาจากอุณหภูมิผิวภายนอกสูงสุดถึงอุณหภูมิผิวภายในสูงสุดของกล่องทดลองผนังทั้งสี่ทิศนั้นแทบจะไม่มีกล่าวคือช่วงเวลาที่อุณหภูมิผิวภายนอกสูงสุดและอุณหภูมิผิวภายในสูงสุดเกิดขึ้นพร้อมๆ กัน

อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยในช่วง 1 วันของกล่องทดลองผนังทิศใต้จะมีอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยสูงที่สุดคือ 33.67 องศาเซลเซียส ในขณะที่กล่องทดลองผนังทิศตะวันออกจะมีอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ย 33.60 องศาเซลเซียส และกล่องทดลองผนังทิศตะวันตกมีอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ย 32.63 องศาเซลเซียส โดยที่กล่องทดลองผนังทิศเหนือจะมีอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ 31.18 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยในช่วง 1 วันของกล่องทดลองผนังทั้งสี่ทิศจะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย

ในช่วงเวลาที่ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ (ตั้งแต่เวลา 06:00 น. ถึง 18:00 น.) พบว่าอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยของกล่องทดลองผนังทิศตะวันออกและทิศใต้จะใกล้เคียงกันโดยที่อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยของกล่องทดลองผนังด้านทิศตะวันออกจะเป็น 37.72 องศาเซลเซียส ขณะที่อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยของกล่องทดลองผนังด้านทิศใต้จะเป็น 37.62 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เนื่องจากผนังด้านทิศตะวันออกได้รับพลังงานความร้อนตั้งแต่ช่วงเช้าพอลงถึงช่วงบ่ายซึ่งมีอุณหภูมิอากาศภายนอกค่อนข้างสูงก็จะส่งผลต่ออุณหภูมิของผนังทิศตะวันออกให้มีอุณหภูมิสูงเป็นช่วงเวลานาน ขณะที่ผนังด้านทิศใต้นั้นจะได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงตลอดทั้งช่วงเวลากลางวันทำให้มีอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยสูงเช่นกัน สำหรับกล่องทดลองผนังทิศตะวันตกนั้นมีอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ย 35.17 องศา ขณะที่กล่องทดลองผนังทิศเหนือมีอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ 33.04 องศาเซลเซียส ซึ่งใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย

หากพิจารณาอุณหภูมิผิวด้านในพบว่าอุณหภูมิผิวด้านในเฉลี่ยของผนังทิศใต้จะสูงที่สุดคือประมาณ 41.53 องศาเซลเซียส ขณะที่ผนังทิศทิศตะวันออกและผนังทิศตะวันตกมีอุณหภูมิผิวด้านในเฉลี่ยประมาณ 40.72 องศาเซลเซียส และ 37.39 องศาเซลเซียสตามลำดับและผนังด้านทิศเหนือมีอุณหภูมิผิวด้านในเฉลี่ยประมาณ 33.87 องศาเซลเซียส ซึ่งจะสังเกตเห็นว่าอุณหภูมิผิวด้านในของผนังทิศต่างๆในช่วงเวลากลางวันจะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายใน ซึ่งก็จะส่งผลกระทบต่อผู้ใช้สอยอาคารภายใน ในเรื่องของความรู้สึกร้อนที่เพิ่มขึ้นอันเนื่องมาจากการแผ่รังสีของอุณหภูมิพื้นผิวโดยรอบ

ในช่วงเวลาที่ไม่มีได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ (ตั้งแต่เวลา 18:00 น. ถึง 06:00 น.) พบว่าอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยของกล่องทดลองผนังทิศตะวันตกจะสูงที่สุดคือ 29.88 องศาเซลเซียสเนื่องจากว่าในช่วงบ่ายผนังด้านทิศตะวันตกได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์มากกว่าผนังทิศอื่น แต่จะพบว่าความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยของกล่องทดลองผนังจะ

ใกล้เคียงกันมากคือห่างกันไม่เกิน 1 องศาเซลเซียส เนื่องจากว่าผนังที่ใช้ทำการทดลองเป็นผนังไม้ ซึ่งมีมวลสารน้อยทำให้ไม่สะสมความร้อน เมื่ออุณหภูมิอากาศภายนอกลดต่ำลงก็จะทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนจากภายในสู่ภายนอกและสามารถตอบสนองต่ออากาศภายนอกได้รวดเร็ว แต่อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองผนังทั้งสี่ก็ยังคงสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกประมาณ 1 องศาเซลเซียส ถึง 2 องศาเซลเซียส และหากพิจารณาอุณหภูมิผิวด้านในของผนังพบว่าอุณหภูมิผิวด้านในผนังทั้งสี่ทิศค่อนข้างจะใกล้เคียงกันคืออยู่ในช่วง 28.03 องศาเซลเซียส ถึง 28.54 องศาเซลเซียส และมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายในรวมไปถึงอุณหภูมิผิวภายนอก (32 องศาเซลเซียส) ทำให้ในช่วงเวลาคืนจะมีการแลกเปลี่ยนความร้อนจากผิวภายนอกสู่ผิวผนัง และจะทำให้รู้สึกเย็น

จากผลการวิจัยพอจะสรุปได้ว่าภายใต้สภาวะที่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีการไหลเวียนอากาศ ผนังที่หันไปทางทิศต่างๆจะมีอุณหภูมิที่แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากตำแหน่งของดวงอาทิตย์ที่เปลี่ยนไปก็จะส่งผลต่อผนังในทิศต่างๆในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน และพลังงานของผนังแต่ละทิศที่ได้รับก็จะแตกต่างกัน โดยที่ในช่วงเวลาที่ทำการวิจัยนี้ ผนังทางด้านทิศใต้จะมีอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุด อุณหภูมิผิวด้านในสูงสุด และอุณหภูมิผิวด้านนอกสูงสุด สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับผนังทิศอื่นๆและมีอุณหภูมิสูงตลอดช่วงกลางวัน ขณะที่ผนังทางด้านทิศเหนือซึ่งไม่ได้รับรังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์จะได้รับผลกระทบเฉพาะจากอุณหภูมิอากาศภายนอกและรังสีกระจายของดวงอาทิตย์ มีอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลอง รวมไปถึงอุณหภูมิผิวด้านนอกจะลดต่ำลง และคุณสมบัติของผนังที่มีมวลสารน้อย ไม่สะสมความร้อน ทำให้มีการถ่ายเทความร้อนจากภายในสู่ภายนอกและมีการแลกเปลี่ยนความร้อนกับท้องฟ้าโดยการแผ่รังสีคลื่นยาว อุณหภูมิของผนังในแต่ละทิศจะใกล้เคียงกัน

สถาบันนวัตกรรมการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## การทดลองชุดที่ 4

### วัตถุประสงค์ของการทดลอง

เพื่อที่จะศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังภายใต้สภาวะที่ไม่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีกรไหลเวียนของอากาศ

### วิธีการทดลอง

ในการทดลองนี้ได้ทำการเลือกวัสดุที่นำมาทดสอบคือ ผนังไม้สักที่ทำการจำลองสภาพของฝาปะกนเป็นลักษณะผนังทึบเพื่อให้ไม่มีการไหลเวียนของอากาศ และใช้อุปกรณ์บังแดดเพื่อไม่ให้ผนังที่นำมาทดสอบได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์โดยตรง ผนังกล่องทดลองที่ใส่วัสดุผนังไปยังทิศหลักต่างๆคือทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตกทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 3:00 น. ถึงเวลา 9:00 น. ของวันรุ่งขึ้น (30 ชั่วโมง) โดยจะเก็บข้อมูลทุก 1 นาที และบันทึกข้อมูลเป็นรายชั่วโมง

ข้อมูลที่ทำกรวัดและบันทึกคือ

1. อุณหภูมิอากาศภายนอก
2. อุณหภูมิผิวภายนอกของผนังที่หันไปทางทิศต่างๆ
3. อุณหภูมิผิวภายในของหลังคาที่หันไปทางทิศต่างๆ
4. อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลอง

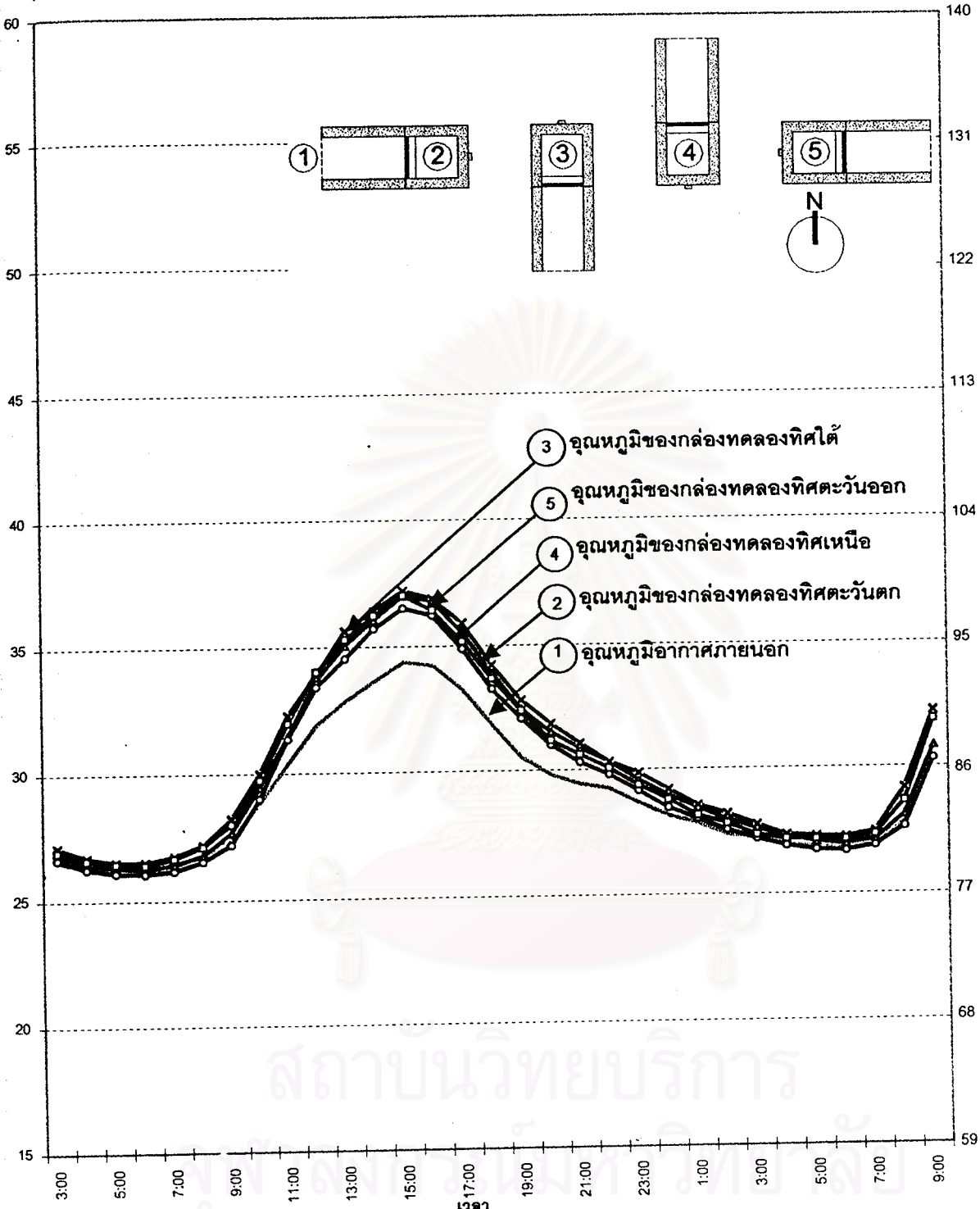
โดยได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)

อุณหภูมิ(องศาฟาเรนไฮต์)



สถาบันวิทยบริการ

19 มกราคม 2544 | 20 มกราคม 2544

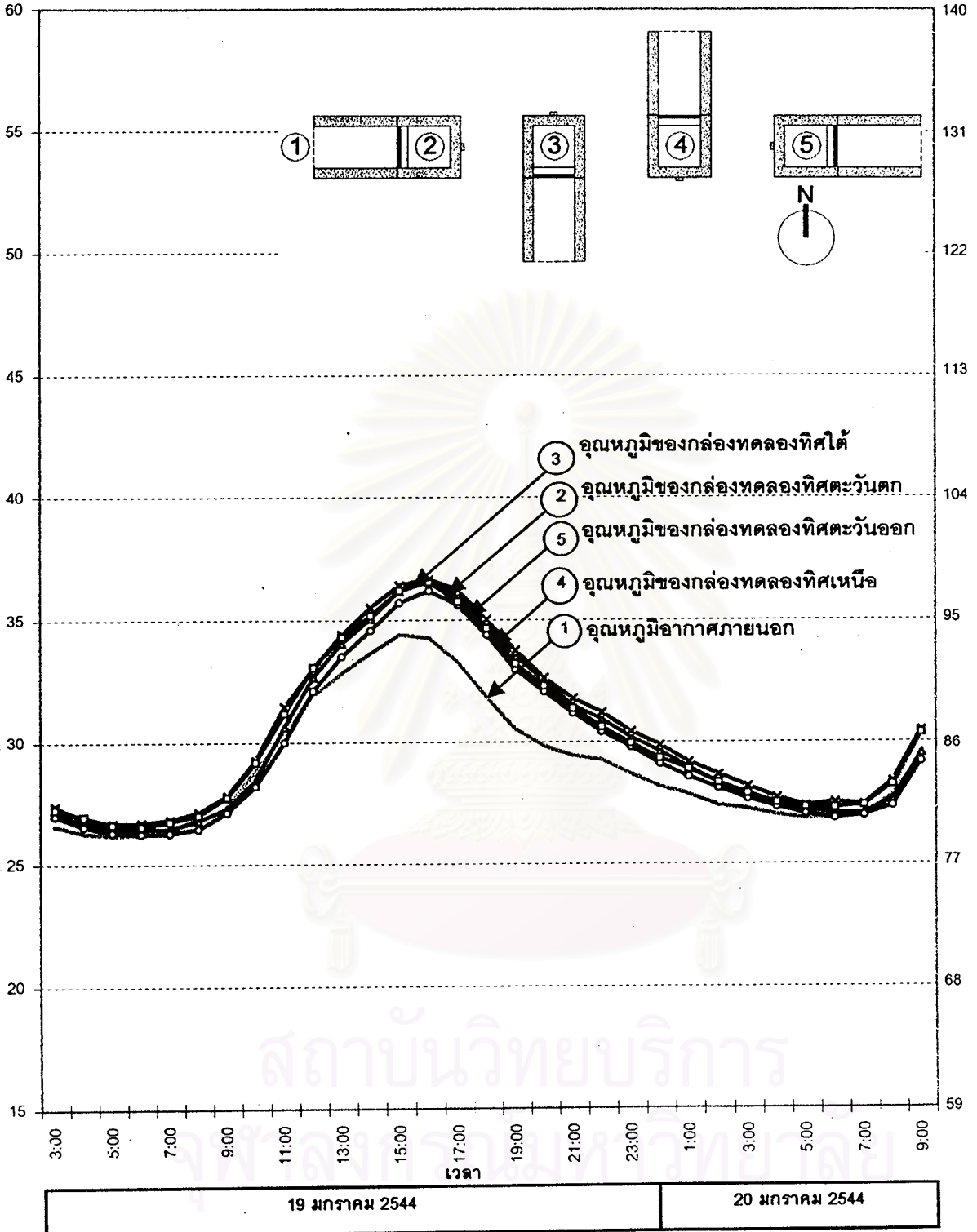
อุณหภูมิอากาศภายนอก    ผนังที่ศตะวันตก    ผนังที่ศได้    ผนังที่ศเหนือ    ผนังที่ศตะวันออก

แผนภูมิที่ 4-17 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังด้านนอกของกล่องทดลองผนังที่หันไปทางทิศต่างๆ ภายใต้สภาวะที่ไม่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีการไหลเวียนอากาศ เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 19 มกราคม 2544 เวลา 3:00 น. ถึงวันที่ 20 มกราคม 2544 เวลา 9:00 น.



อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)

อุณหภูมิ(องศาฟาเรนไฮต์)

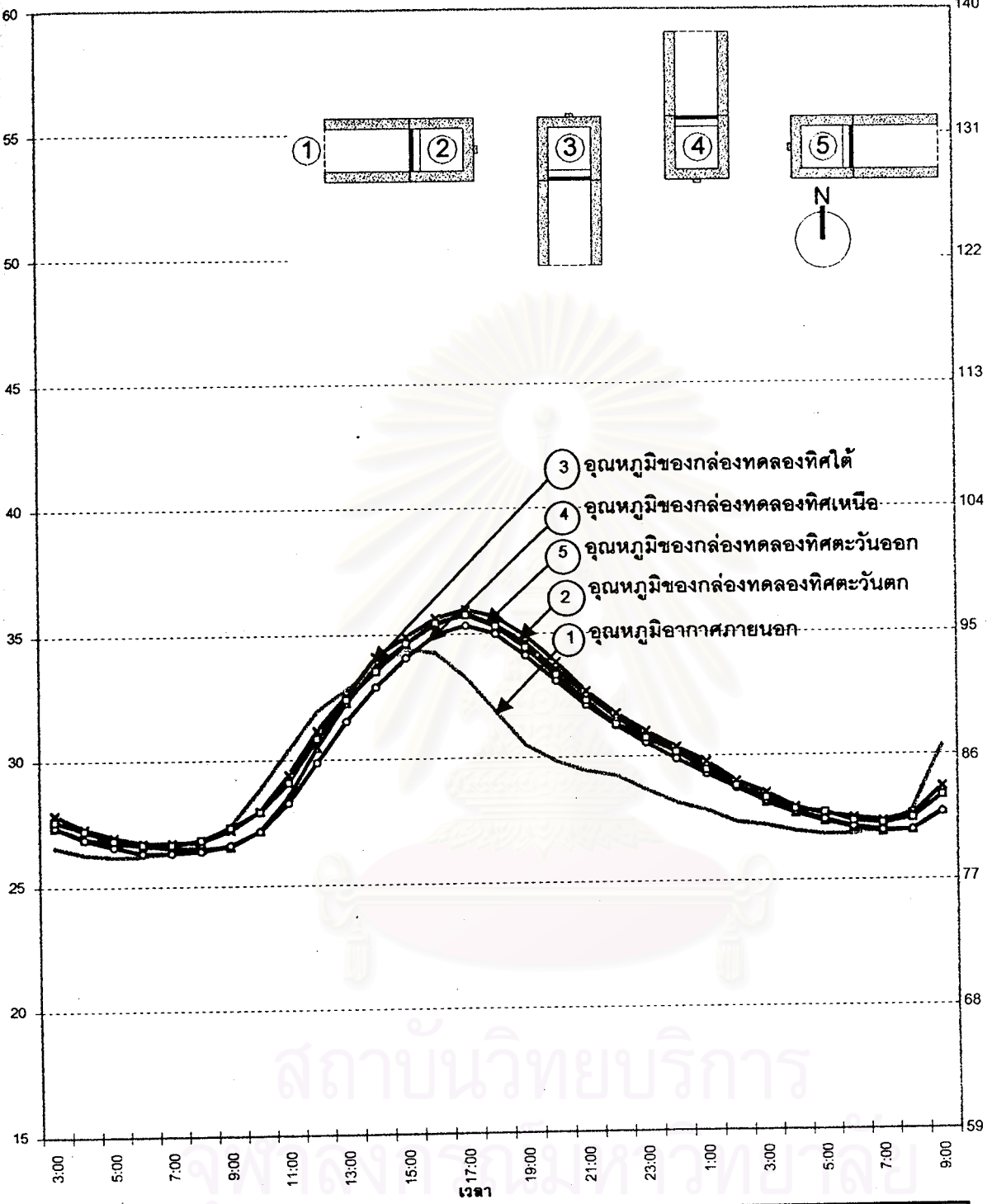


สถาบันวิทยบริการ

แผนภูมิที่ 4-18 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังด้านในของกล่องทดลองผนังที่หันไปทางทิศต่างๆ ภายใต้อาการที่ไม่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีการไหลเวียนอากาศ เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 19 มกราคม 2544 เวลา 3:00 น. ถึงวันที่ 20 มกราคม 2544 เวลา 9:00 น.

อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)

อุณหภูมิ(องศาฟาเรนไฮต์)

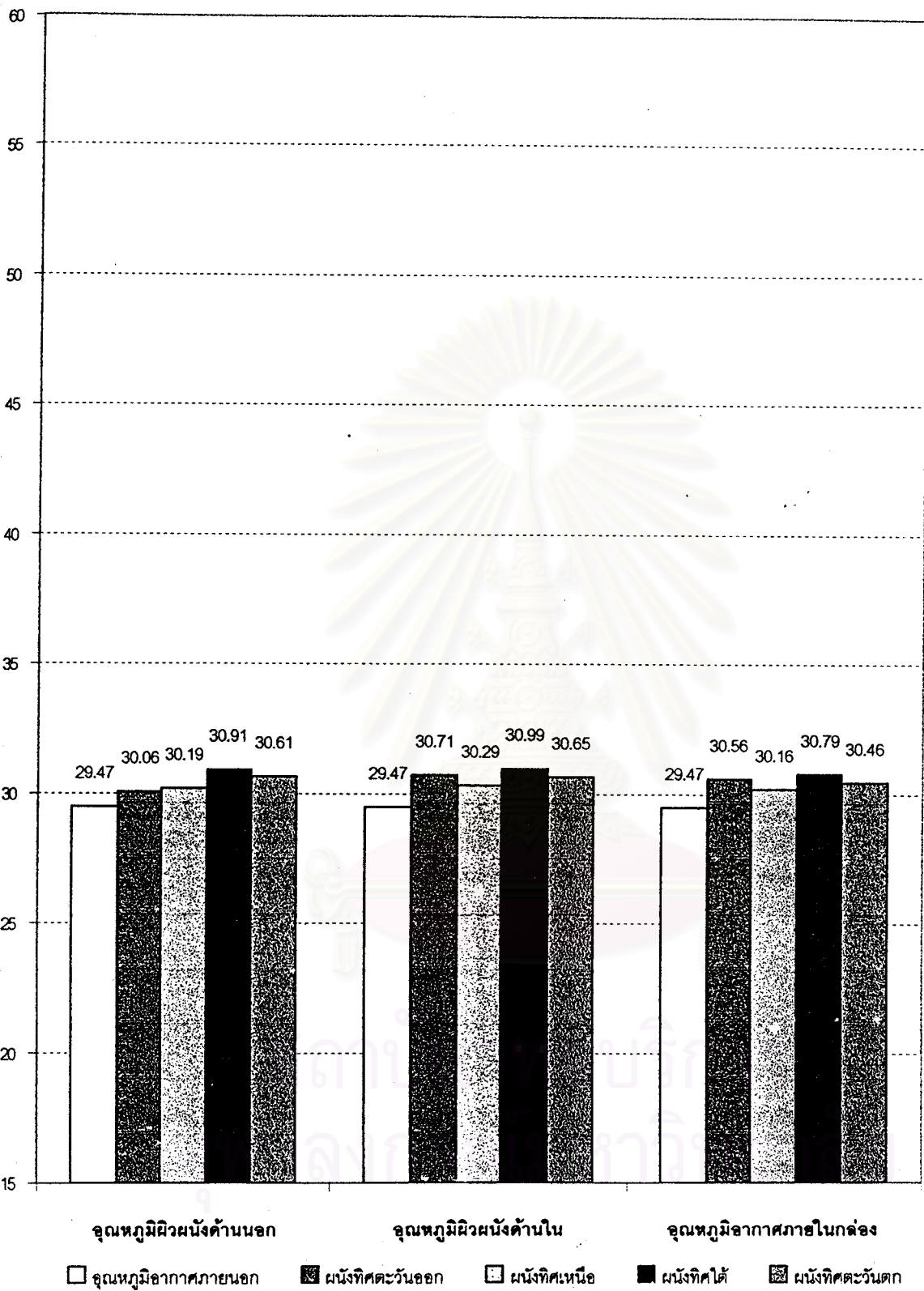


19 มกราคม 2544	20 มกราคม 2544
----------------	----------------

อุณหภูมิอากาศภายนอก    ผนังทิศตะวันตก    ผนังทิศใต้    ผนังทิศเหนือ    ผนังทิศตะวันออก

แผนภูมิที่ 4-19 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในของกล่องทดลองผนังที่หันไปทางทิศต่างๆ  
 ภายใต้สภาวะที่ไม่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีการไหลเวียนอากาศ  
 เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 19 มกราคม 2544 เวลา 3:00 น. ถึงวันที่ 20 มกราคม 2544 เวลา 9:00 น.

## อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)



แผนภูมิที่ 4-20 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงเวลา 24 ชั่วโมงของกล่องทดลองผนังทิศต่างๆ ภายใต้สภาวะที่ไม่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีการไหลเวียนอากาศ

## การวิเคราะห์พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังที่หันไปทางทิศต่างๆ ภายใต้สภาวะที่ไม่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีกรไหลเวียนอากาศ

เมื่อพิจารณาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังที่หันไปทางทิศต่างๆ ภายใต้สภาวะที่ไม่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีกรไหลเวียนอากาศพบว่า อุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดของกล่องทดลองผนังในแต่ละทิศใกล้เคียงกันมากโดยแตกต่างกันไม่เกิน 1 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดของกล่องทดลองผนังทิศใต้มีอุณหภูมิสูงที่สุดคือ 35.98 องศาเซลเซียส ในขณะที่อุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดของกล่องทดลองผนังทิศเหนือมีอุณหภูมิต่ำที่สุดคือ 35.33 องศาเซลเซียส สำหรับอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดของกล่องทดลองผนังทิศตะวันออกและตะวันตกเป็น 35.76 องศาเซลเซียส และ 35.81 องศาเซลเซียสตามลำดับ และความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดของกล่องทดลองผนังในแต่ละทิศก็สูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุด ไม่เกิน 1.6 องศาเซลเซียส โดยที่กล่องทดลองผนังทิศเหนือจะมีอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุด 0.94 องศาเซลเซียส ขณะที่กล่องทดลองผนังทิศตะวันออก กล่องทดลองผนังทิศตะวันตกและกล่องทดลองผนังทิศใต้ มีอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุดเป็น 1.37 องศาเซลเซียส 1.42 องศาเซลเซียส และ 1.59 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ความแปรปรวนของอุณหภูมิอากาศภายในหรือความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดและต่ำสุดของกล่องทดลองผนังแต่ละทิศก็ใกล้เคียงกันคือประมาณ 9 องศาเซลเซียส

ในการพิจารณาช่วงเวลาที่อุณหภูมิอากาศภายในต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกพบว่า กล่องทดลองผนังทิศตะวันออกจะมีช่วงเวลาที่อุณหภูมิอากาศภายในต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกประมาณ 5 ชั่วโมงคือตั้งแต่เวลา 09:00 น. ถึง 14:00 น. กล่องทดลองผนังทิศเหนือมีช่วงเวลาที่อุณหภูมิอากาศภายในต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก ประมาณ 8 ชั่วโมง 30 นาที คือตั้งแต่เวลา 07:00 น. ถึง 15:30 น. กล่องทดลองผนังทิศใต้จะมีอุณหภูมิอากาศภายในต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกประมาณ 5 ชั่วโมง 30 นาที ตั้งแต่เวลา 08:00 น. ถึง 13:30 น. ขณะที่กล่องทดลองผนังทิศตะวันตกจะมีช่วงเวลาที่อุณหภูมิอากาศภายในต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกประมาณ 6 ชั่วโมง 30 นาทีคือ ตั้งแต่เวลา 07:30 น. ถึง 14:00 น. สำหรับระยะเวลาจากอุณหภูมิผิวภายนอกสูงสุดถึงอุณหภูมิผิวภายในสูงสุดของกล่องทดลองผนังทั้งสี่ทิศนั้นใกล้เคียงกันคือประมาณ 1 ชั่วโมง

อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยในช่วง 1 วันของกล่องทดลองผนังทั้งสี่ทิศใกล้เคียงกันโดยมีความแตกต่างกันไม่ถึง 1 องศาเซลเซียส โดยที่กล่องทดลองผนังทิศใต้จะมีอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยสูงสุดคือ 30.79 องศาเซลเซียส ในขณะที่กล่องทดลองผนังทิศตะวันออกจะมีอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ย 30.56 องศาเซลเซียส และกล่องทดลองผนังทิศตะวันตกมีอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ย 30.46 องศาเซลเซียส โดยที่กล่องทดลองผนังทิศเหนือจะมีอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ 31.16 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยในช่วง 1 วันของกล่องทดลองผนังทั้งสี่ทิศจะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย ประมาณ 1 องศาเซลเซียส

ในช่วงเวลาที่ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ (ตั้งแต่เวลา 06:00 น. ถึง 18:00 น.) พบว่าอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยของกล่องทดลองผนังทั้งสี่ทิศใกล้เคียงกัน โดยที่อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยของกล่องทดลองผนังทิศใต้เป็น 31.14 องศาเซลเซียส สูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย 0.52 องศาเซลเซียส กล่องทดลองผนังทิศตะวันออกและกล่องทดลองทิศตะวันตกมีอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยเป็น 30.96 องศาเซลเซียส และ 30.73 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยที่อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยของกล่องทดลองผนังทิศตะวันออกสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย 0.34 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยของกล่องทดลองผนังทิศตะวันตกสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย 0.11 องศาเซลเซียส ขณะที่กล่องทดลองผนังทิศเหนือมีอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ย 30.37 องศาเซลเซียส ซึ่งต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย 0.25 องศาเซลเซียส หากพิจารณาอุณหภูมิผิวหนังด้านในพบว่าอุณหภูมิผิวหนังด้านในเฉลี่ยของผนังแต่ละทิศใกล้เคียงกัน แตกต่างกันไม่เกิน 1 องศาเซลเซียส

ในช่วงเวลาที่ไม่มีได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ (ตั้งแต่เวลา 18:00 น. ถึง 06:00 น.) พบว่าอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยของกล่องทดลองผนังทั้งสี่ทิศใกล้เคียงกัน โดยที่อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยของกล่องทดลองผนังทิศใต้เป็น 30.41 องศาเซลเซียส สูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย 2.17 องศาเซลเซียส กล่องทดลองผนังทิศตะวันตกและกล่องทดลองทิศตะวันออกมีอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยเป็น 30.17 องศาเซลเซียส และ 30.14 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยที่อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยของกล่องทดลองผนังทิศตะวันตกสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย 1.93 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยของกล่องทดลองผนังทิศตะวันออกสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย 1.9 องศาเซลเซียส ขณะที่กล่องทดลองผนังทิศเหนือมีอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ย 29.95 องศาเซลเซียส ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย 1.17 องศาเซลเซียส หากพิจารณาอุณหภูมิผิวหนังด้านในพบว่าอุณหภูมิผิวหนังด้านในเฉลี่ยของผนังแต่ละทิศใกล้เคียงกัน



เคียงกัน แตกต่างกันไม่เกิน 1 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิผิวด้านในของผนังต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายในสำหรับกล่องทดลองผนังแต่ละทิศ

จากผลการวิจัยพอจะสรุปได้ว่าภายใต้สภาวะที่ไม่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีการไหลเวียนอากาศ ผนังที่หันไปทางทิศต่างๆจะมีอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกันเนื่องจากผนังแต่ละทิศไม่ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง โดยอุณหภูมิผิวภายนอกของผนังแต่ละทิศจะได้รับความร้อนจากอุณหภูมิอากาศภายนอกและรังสีกระจายของดวงอาทิตย์รวมไปถึงรังสีสะท้อนจากสภาพแวดล้อม ซึ่งจากลักษณะของสถานที่ทำการทดลองซึ่งเป็นที่โล่ง รังสีกระจายของดวงอาทิตย์และรังสีสะท้อนจากสภาพแวดล้อมในแต่ละทิศจะใกล้เคียงกันส่งผลให้อุณหภูมิที่ผิวของผนังแต่ละทิศจะใกล้เคียงกันโดยจะมีอุณหภูมิผิวภายนอกสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกและความร้อนจะถ่ายเทผ่านผนังสู่อากาศภายในกล่องทดลอง ขณะที่ในช่วงเวลากลางคืนซึ่งไม่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์ อุณหภูมิอากาศภายนอกจะลดต่ำลง และคุณสมบัติของผนังที่มีมวลสารน้อย ไม่สะสมความร้อนทำให้มีการถ่ายเทความร้อนจากภายในสู่ภายนอก การแลกเปลี่ยนความร้อนกับท้องฟ้าโดยการแผ่รังสีคลื่นยาวจะมีศักยภาพไม่เต็มที่เนื่องจากอุปกรณ์บังแดดที่ป้องกันผนังจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงในช่วงเวลากลางวันจะเป็นตัวสกัดกั้นการแลกเปลี่ยนรังสีกับท้องฟ้าในตอนกลางคืน(มุมของผนังที่เปิดต่อท้องฟ้ามีน้อย) แต่อุณหภูมิของผนังในแต่ละทิศก็จะใกล้เคียงกัน

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## การทดลองชุดที่ 5

### วัตถุประสงค์ของการทดลอง

เพื่อที่จะศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังภายใต้สภาวะที่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการไหลเวียนอากาศ

### วิธีการทดลอง

ในการทดลองนี้ได้ทำการเลือกวัสดุที่นำมาทดสอบคือ ผนังไม้สักที่ทำการจำลองสภาพของฝาปะกนเป็นลักษณะตรงกลางโปร่งเพื่อให้มีการไหลเวียนของอากาศ และไม่ใช้อุปกรณ์บังแดดเพื่อให้ผนังที่นำมาทดสอบได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์โดยตรง หันกล่องทดลองที่ใส่วัสดุผนังไปยังทิศหลักต่างๆคือทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตกทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่เวลา 3:00 น. ถึงเวลา 9:00 น. ของวันรุ่งขึ้น (30 ชั่วโมง) โดยจะเก็บข้อมูลทุก 1 นาทีและบันทึกข้อมูลเป็นรายชั่วโมง

ข้อมูลที่ทำกรวัดและบันทึกคือ

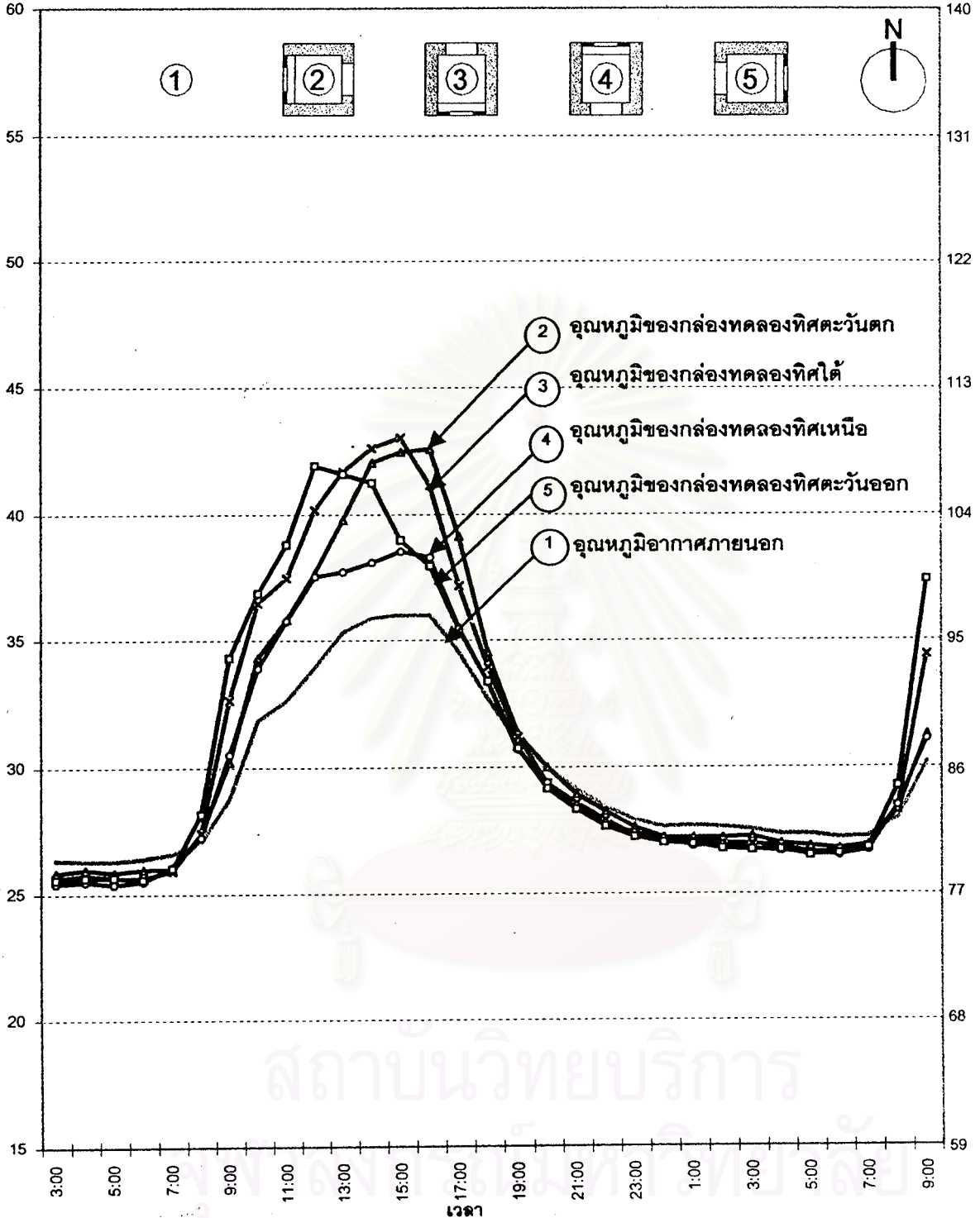
1. อุณหภูมิอากาศภายนอก
2. อุณหภูมิผิวภายนอกของผนังที่หันไปทางทิศต่างๆ
3. อุณหภูมิผิวภายในของหลังคาที่หันไปทางทิศต่างๆ
4. อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลอง

โดยได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)

อุณหภูมิ(องศาฟาเรนไฮต์)



สถาบันวิทยบริการ

วิทยาลัยเทคนิคสุพรรณบุรี

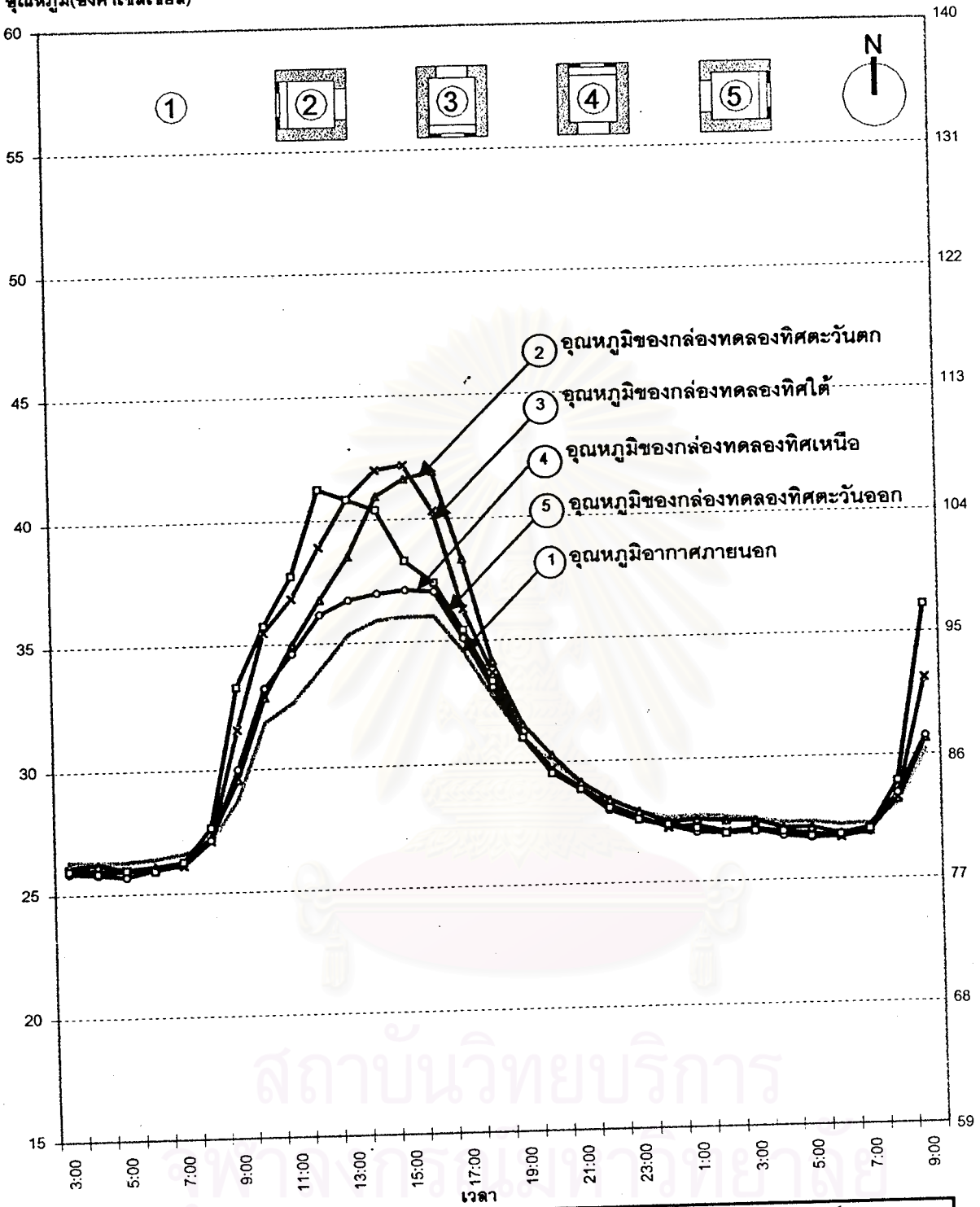
4 กุมภาพันธ์ 2544 | 5 กุมภาพันธ์ 2544

— อุณหภูมิอากาศภายนอก — ● — ทิศตะวันตก — × — ทิศใต้ — ○ — ทิศเหนือ — □ — ทิศตะวันออก

แผนภูมิที่ 4-21 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังด้านนอกของกล่องทดลองผนังที่หันไปทางทิศต่างๆ ภายใต้สภาวะที่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการไหลเวียนอากาศ เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 3:00 น. ถึงวันที่ 5 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 9:00 น.

อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)

อุณหภูมิ(องศาฟาเรนไฮต์)



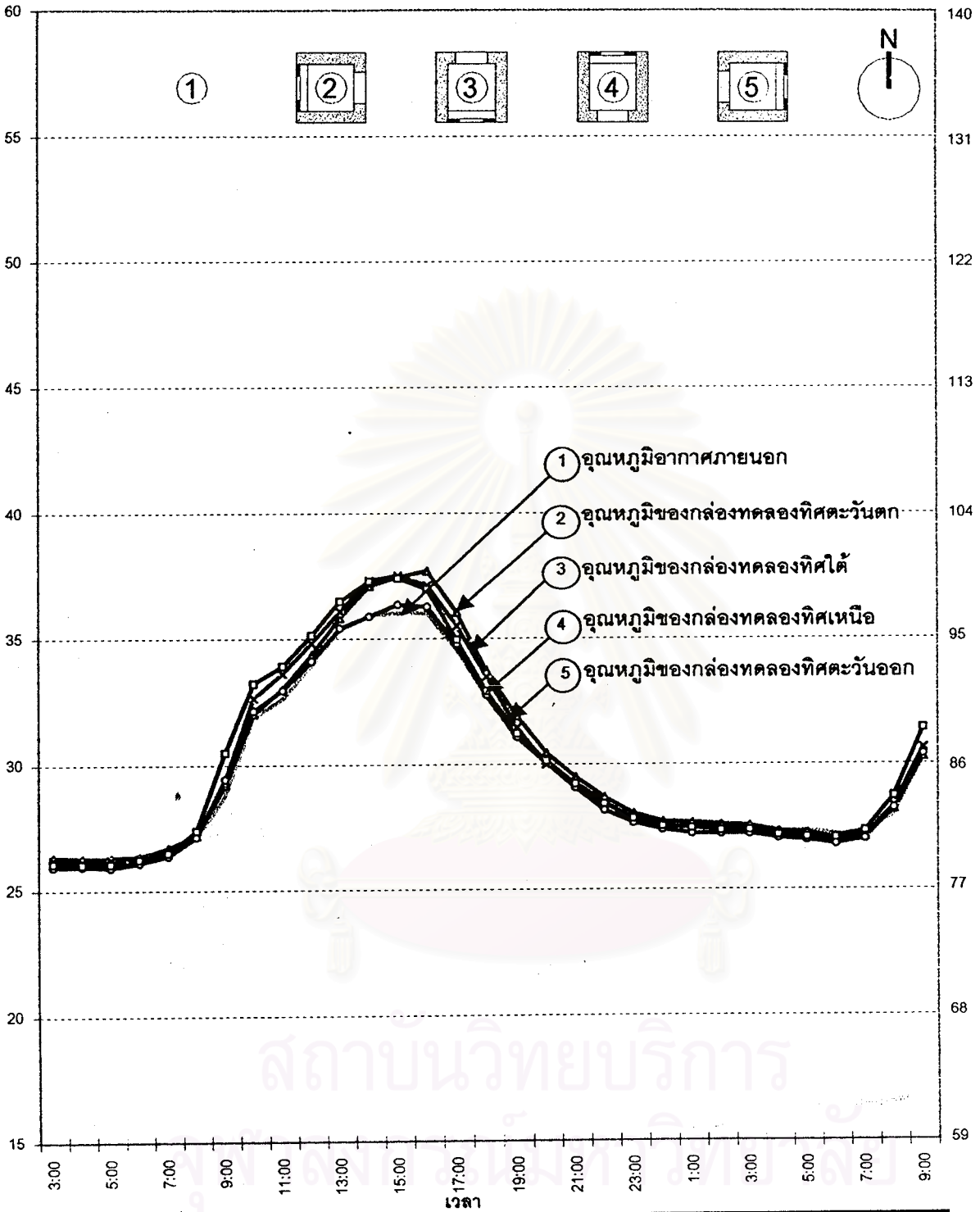
4 กุมภาพันธ์ 2544 | 5 กุมภาพันธ์ 2544

อุณหภูมิอากาศภายนอก    ผนังทิศตะวันตก    ผนังทิศใต้    ผนังทิศเหนือ    ผนังทิศตะวันออก

แผนภูมิที่ 4-22 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังด้านในของกล่องทดลองผนังที่หันไปทางทิศต่างๆ ภายใต้สภาวะที่ได้รับความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีกรไหลเวียนอากาศ เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 3:00 น. ถึงวันที่ 5 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 9:00 น.

อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)

อุณหภูมิ(องศาฟาเรนไฮต์)

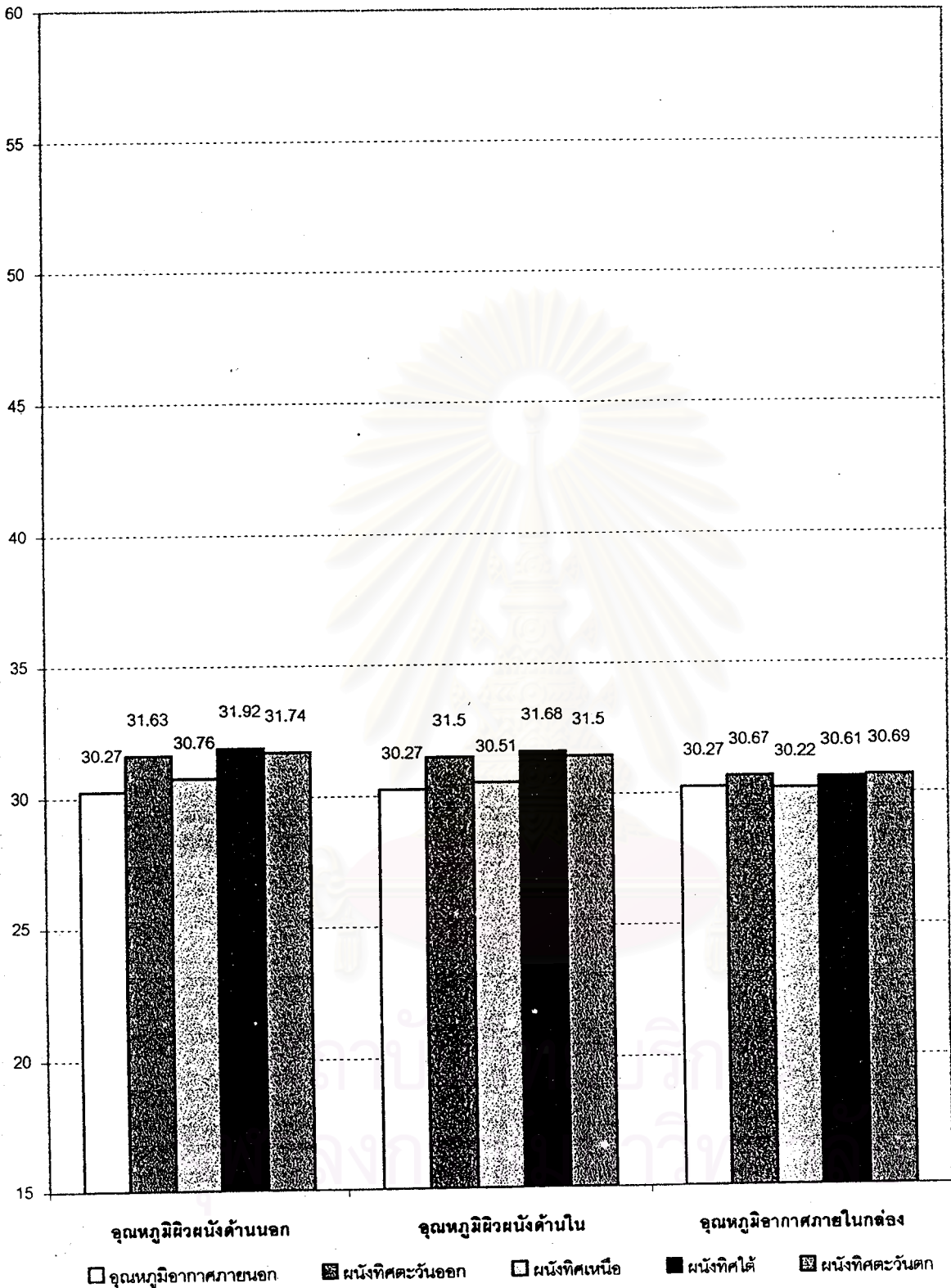


4 กุมภาพันธ์ 2544	5 กุมภาพันธ์ 2544
-------------------	-------------------

— อุณหภูมิอากาศภายนอก    ◻— ผนังทิศตะวันตก    ×— ผนังทิศใต้    ◯— ผนังทิศเหนือ    ◻— ผนังทิศตะวันออก

แผนภูมิที่ 4-23 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในของกล่องทดลองผนังที่หันไปทางทิศต่างๆ  
 ภายใต้สภาวะที่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการไหลเวียนอากาศ  
 เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 3:00 น. ถึงวันที่ 5 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 9:00 น.

## อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)



แผนภูมิที่ 4-24 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงเวลา 24 ชั่วโมงของกล่องทดลองผนังทิศต่างๆ ภายใต้สภาวะที่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการไหลเวียนอากาศ

## การวิเคราะห์พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังที่หันไปทางทิศต่างๆ ภายใต้สภาวะที่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการไหลเวียนอากาศ

เมื่อพิจารณาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังที่หันไปทางทิศต่างๆ ภายใต้สภาวะที่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการไหลเวียนอากาศพบว่า อุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดของกล่องทดลองผนังในแต่ละทิศใกล้เคียงกัน โดยอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดของกล่องทดลองผนังทิศตะวันตกมีอุณหภูมิสูงสุดคือ 37.69 องศาเซลเซียส ในขณะที่อุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดของกล่องทดลองผนังทิศเหนือมีอุณหภูมิต่ำที่สุดคือ 36.33 องศาเซลเซียส สำหรับอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดของกล่องทดลองผนังทิศตะวันออกและกล่องทดลองผนังทิศใต้จะเป็น 37.40 องศาเซลเซียส และ 37.52 องศาเซลเซียสตามลำดับ และความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดของกล่องทดลองผนังในแต่ละทิศก็สูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุดไม่เกิน 1.7 องศาเซลเซียส โดยที่กล่องทดลองผนังทิศเหนือจะมีอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุดประมาณ 0.32 องศาเซลเซียส ขณะที่กล่องทดลองผนังทิศตะวันออก กล่องทดลองผนังทิศตะวันตกและกล่องทดลองผนังทิศใต้ มีอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุด 1.39 องศาเซลเซียส 1.68 องศาเซลเซียส และ 1.51 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ความแปรปรวนของอุณหภูมิอากาศภายในของกล่องทดลองผนังแต่ละทิศก็ใกล้เคียงกันคือประมาณ 11 องศาเซลเซียส

ในการพิจารณาช่วงเวลาที่อุณหภูมิอากาศภายในต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกพบว่า กล่องทดลองผนังทิศตะวันออกจะมีช่วงเวลาที่อุณหภูมิอากาศภายในต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกประมาณ 9 ชั่วโมง 30 นาที คือตั้งแต่เวลา 22:00 น. ถึง 07:30 น. กล่องทดลองผนังทิศเหนือมีช่วงเวลาที่อุณหภูมิอากาศภายในต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก ประมาณ 12 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 20:00 น. ถึง 08:00 น. กล่องทดลองผนังทิศใต้จะมีอุณหภูมิอากาศภายในต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกประมาณ 9 ชั่วโมง 30 นาที ตั้งแต่เวลา 22:00 น. ถึง 07:30 น. ขณะที่กล่องทดลองผนังทิศตะวันตกจะมีช่วงเวลาที่อุณหภูมิอากาศภายในต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกประมาณ 6 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 01:00 น. ถึง 07:00 น. สำหรับระยะเวลาจากอุณหภูมิผิวภายนอกสูงสุดถึงอุณหภูมิผิวภายในสูงสุดของกล่องทดลองผนังทั้งสี่ทิศนั้นแทบจะไม่มีกล่าวคือช่วงเวลาที่อุณหภูมิผิวภายนอกสูงสุดและอุณหภูมิผิวภายในสูงสุดเกิดขึ้นพร้อมๆกัน

อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยในช่วง 1 วันของกล่องทดลองผนังทั้งสี่ทิศใกล้เคียงกันโดยมีความแตกต่างกันไม่ถึง 1 องศาเซลเซียส โดยที่กล่องทดลองผนังทิศตะวันตกจะมีอุณหภูมิอากาศ



ภายในเฉลี่ยสูงสุดคือ 30.69 องศาเซลเซียส ในขณะที่กล่องทดลองผนังทิศตะวันออกจะมี อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ย 30.67 องศาเซลเซียส และกล่องทดลองผนังทิศใต้มีอุณหภูมิอากาศ ภายในเฉลี่ย 30.61 องศาเซลเซียส โดยที่กล่องทดลองผนังทิศเหนือจะมีอุณหภูมิอากาศภายใน เฉลี่ยต่ำที่สุดคือ 30.22 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยในช่วง 1 วันของกล่อง ทดลองผนังทั้งสี่ทิศจะใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ยมาก โดยที่อุณหภูมิอากาศภายใน เฉลี่ยของกล่องทดลองผนังทิศตะวันตกสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ยเพียง 0.42 องศา เซลเซียส อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยของกล่องทดลองผนังทิศตะวันออก และกล่องทดลองผนัง ทิศใต้ สูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเป็น 0.4 องศาเซลเซียสและ 0.34 องศาเซลเซียสตามลำดับ ในขณะที่อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยของกล่องทดลองผนังทิศเหนือต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายใน นอกเฉลี่ย 0.05 องศาเซลเซียส

ในช่วงเวลาที่ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ (ตั้งแต่เวลา 06:00 น. ถึง 18:00 น.) พบว่า อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยของกล่องทดลองผนังทั้งสี่ทิศใกล้เคียงกัน โดยที่อุณหภูมิอากาศภายใน เฉลี่ยของกล่องทดลองผนังทิศตะวันออกเป็น 32.99 องศาเซลเซียส สูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายใน นอกเฉลี่ย 0.85 องศาเซลเซียส กล่องทดลองผนังทิศใต้และกล่องทดลองผนังทิศตะวันตกมีอุณหภูมิ อากาศภายในเฉลี่ยเป็น 32.88 องศาเซลเซียส และ 32.82 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยที่ อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยของกล่องทดลองผนังทิศใต้สูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย 0.74 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยของกล่องทดลองผนังทิศตะวันตกสูงกว่า อุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย 0.68 องศาเซลเซียส ขณะที่กล่องทดลองผนังทิศเหนือมีอุณหภูมิ อากาศภายในเฉลี่ย 32.28 องศาเซลเซียส ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย 0.14 องศา เซลเซียส

หากพิจารณาอุณหภูมิผิวหนังด้านในพบว่าอุณหภูมิผิวหนังด้านในเฉลี่ยของผนังทิศใต้จะสูงสุด คือ 35.18 องศาเซลเซียส ขณะที่ผนังทิศทิศตะวันออกและผนังทิศตะวันตกมีอุณหภูมิผิวหนังด้านใน เฉลี่ย 34.89 องศาเซลเซียส และ 34.55 องศาเซลเซียสตามลำดับและผนังด้านทิศเหนือมีอุณหภูมิ ผิวหนังด้านในเฉลี่ย 33.03 องศาเซลเซียส ซึ่งจะสังเกตเห็นว่าอุณหภูมิผิวหนังด้านในของผนังทิศต่างๆใน ช่วงเวลากลางวันจะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายใน ซึ่งก็จะส่งผลกระทบต่อผู้ใช้สอยอาคารภายใน ในเรื่องของอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ

ในช่วงเวลาที่ไม่มีได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ (ตั้งแต่เวลา 18:00 น. ถึง 06:00 น.) พบ ว่าอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยของกล่องทดลองผนังทั้งสี่ทิศใกล้เคียงกัน โดยที่อุณหภูมิอากาศ

ภายในเฉลี่ยของกล่องทดลองผนังทิศตะวันตกเป็น 28.38 องศาเซลเซียส สูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย 0.14 องศาเซลเซียส กล่องทดลองผนังทิศตะวันออกและกล่องทดลองทิศใต้มีอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยใกล้เคียงกันคือประมาณ 28 องศาเซลเซียส โดยที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ยประมาณ 0.09 องศาเซลเซียส ขณะที่กล่องทดลองผนังทิศเหนือมีอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ย 27.98 องศาเซลเซียส ซึ่งต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย 0.26 องศาเซลเซียส หากพิจารณาอุณหภูมิผิวด้านในพบว่าอุณหภูมิผิวด้านในเฉลี่ยของผนังแต่ละทิศใกล้เคียงกัน แตกต่างกันไม่เกิน 0.5 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิผิวด้านในของผนังต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายในสำหรับกล่องทดลองผนังแต่ละทิศ

จากผลการวิจัยพอจะสรุปได้ว่าภายใต้สภาวะที่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการไหลเวียนอากาศ ผนังที่หันไปทางทิศต่างๆจะมีอุณหภูมิอากาศภายในของกล่องทดลองที่ใกล้เคียงกันเนื่องจากการไหลเวียนอากาศซึ่งจะทำให้อุณหภูมิอากาศภายในเข้าใกล้อุณหภูมิอากาศภายนอก ขณะที่ผนังแต่ละทิศได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง โดยอุณหภูมิผิวภายนอกของผนังแต่ละทิศจะได้รับความร้อนจากอุณหภูมิอากาศภายนอกและรังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์ซึ่งจะส่งผลให้อุณหภูมิที่ผิวของผนังแต่ละทิศจะแตกต่างกันโดยจะมีอุณหภูมิผิวด้านนอกสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก ความร้อนจะถ่ายเทผ่านผนังสู่อากาศภายในกล่องทดลองยังคงส่งผลให้อุณหภูมิผิวด้านในของผนังแต่ละทิศทางแตกต่างกัน ซึ่งก็จะส่งผลโดยการแผ่รังสีความร้อนต่อผู้ใช้สอยอาคาร แต่การที่กล่องทดลองมีการไหลเวียนอากาศทำให้อุณหภูมิอากาศภายในของกล่องทดลองผนังแต่ละทิศมีความแตกต่างกันน้อยลงและใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศภายนอก ขณะที่ในช่วงเวลากลางคืนซึ่งไม่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์ อุณหภูมิอากาศภายนอกจะลดต่ำลง และคุณสมบัติของผนังที่มีมวลสารน้อย ไม่สะสมความร้อนทำให้มีการถ่ายเทความร้อนจากภายในสู่ภายนอกและมีการแลกเปลี่ยนความร้อนกับท้องฟ้าโดยการแผ่รังสีคลื่นยาว อุณหภูมิของผนังในแต่ละทิศจะใกล้เคียงกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## การทดลองชุดที่ 6

### วัตถุประสงค์ของการทดลอง

เพื่อที่จะศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังภายใต้สภาวะที่ไม่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการไหลเวียนของอากาศ

### วิธีการทดลอง

ในการทดลองนี้ได้ทำการเลือกวัสดุที่นำมาทดสอบคือ ผนังไม้สักที่ทำการจำลองสภาพของฝาปะกนเป็นลักษณะตรงกลางโปร่งเพื่อให้มีการไหลเวียนของอากาศ และใช้อุปกรณ์บังแดดเพื่อไม่ให้ผนังที่นำมาทดสอบได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์โดยตรง หันกล่องทดลองที่ใส่วัสดุผนังไปยังทิศหลักต่างๆคือทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตกทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่เวลา 3:00 น. ถึงเวลา 9:00 น. ของวันรุ่งขึ้น (30 ชั่วโมง) โดยจะเก็บข้อมูลทุก 1 นาทีและบันทึกข้อมูลเป็นรายชั่วโมง

ข้อมูลที่ทำกรวัดและบันทึกคือ

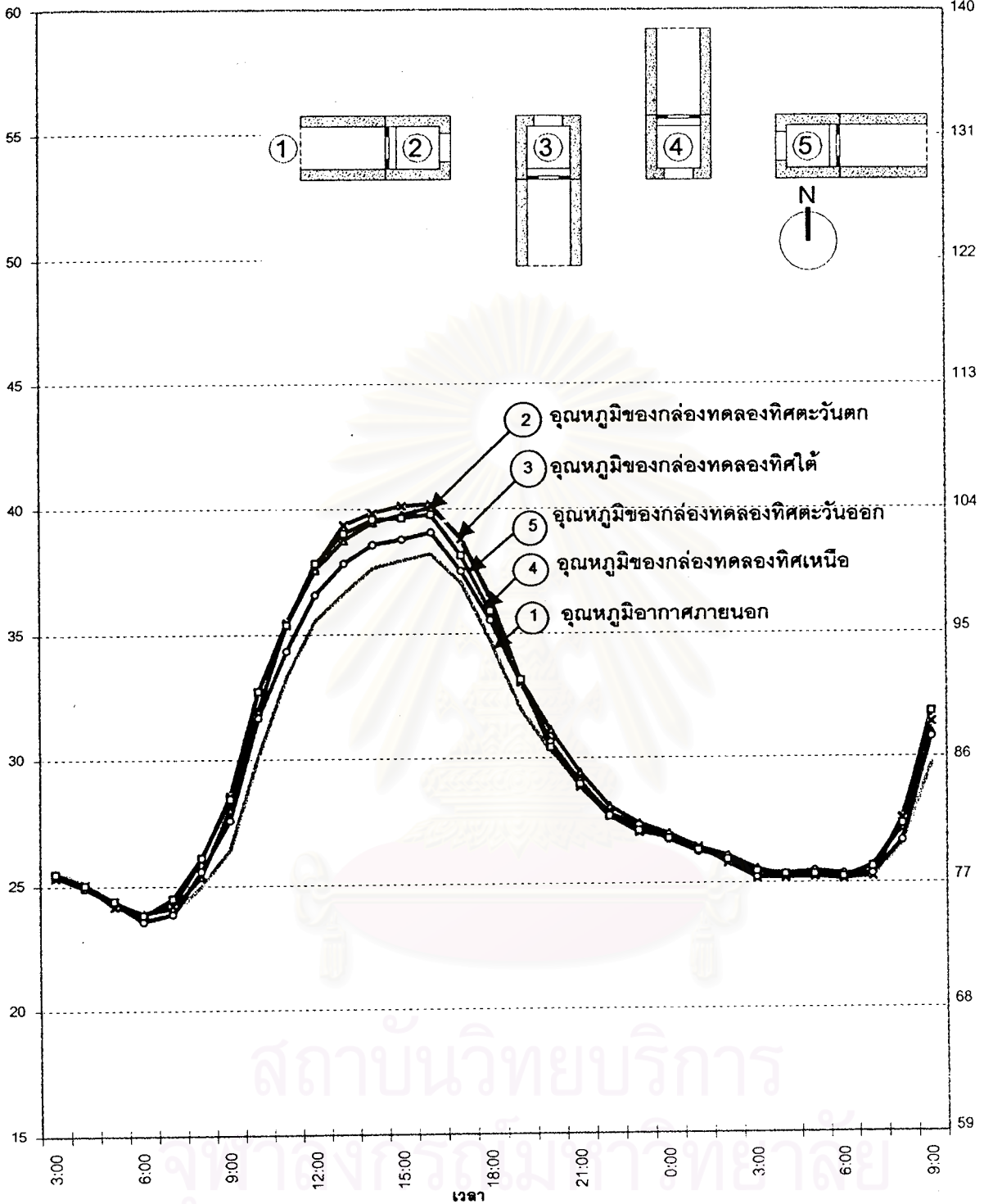
1. อุณหภูมิอากาศภายนอก
2. อุณหภูมิผิวภายนอกของผนังที่หันไปทางทิศต่างๆ
3. อุณหภูมิผิวภายในของหลังคาที่หันไปทางทิศต่างๆ
4. อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลอง

โดยได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)

อุณหภูมิ(องศาฟาเรนไฮต์)



2 กุมภาพันธ์ 2544

3 กุมภาพันธ์ 2544

อุณหภูมิอากาศภายนอก    ผนังทิศตะวันตก    ผนังทิศใต้    ผนังทิศเหนือ    ผนังทิศตะวันออก

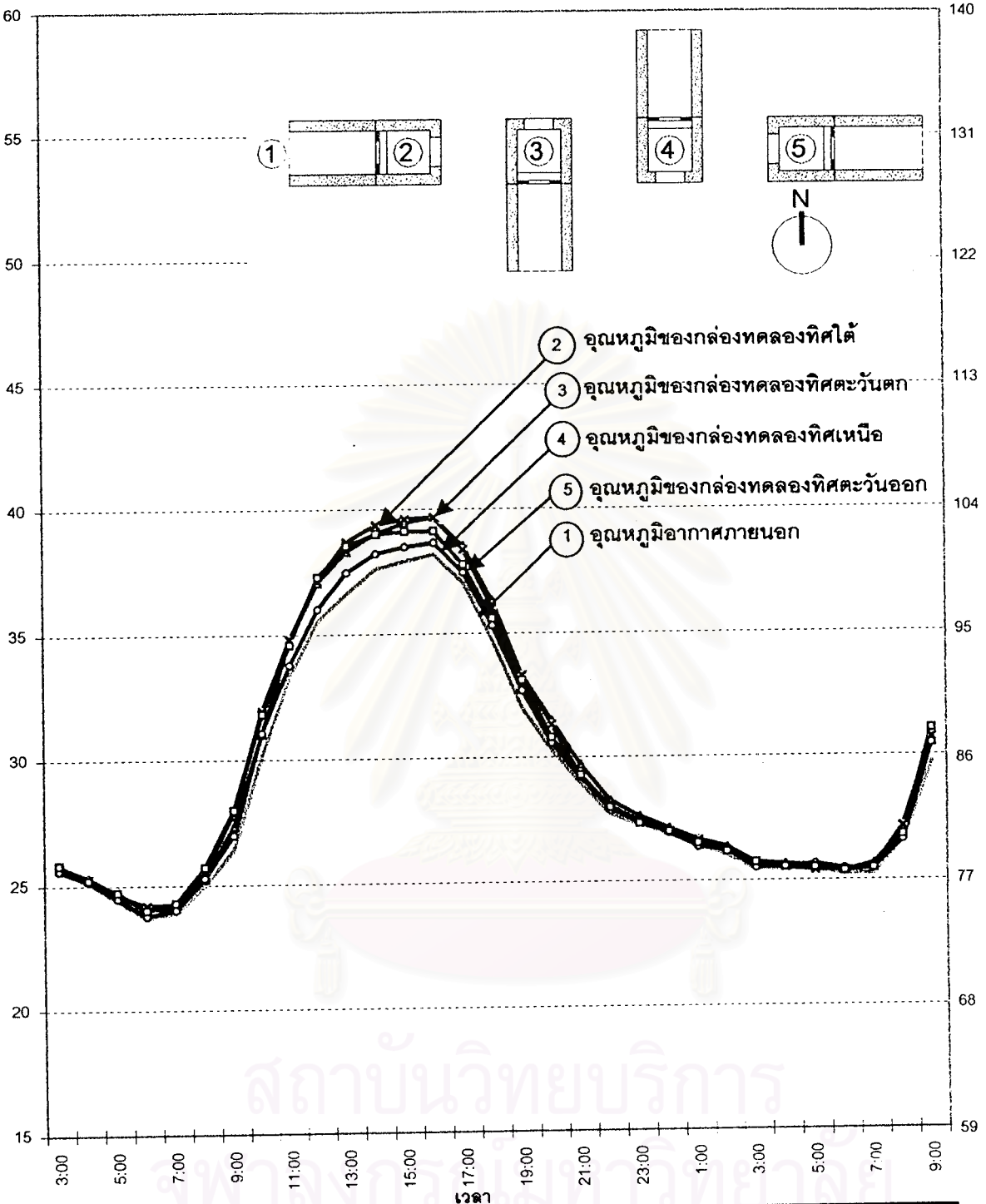
แผนภูมิที่ 4-25 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังด้านนอกของกล่องทดลองผนังที่หันไปทางทิศต่างๆ

ภายใต้สภาวะที่ไม่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการไหลเวียนอากาศ

เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 2 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 3:00 น. ถึงวันที่ 3 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 9:00 น.

อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)

อุณหภูมิ(องศาฟาเรนไฮต์)



สถาบันวิทยบริการ

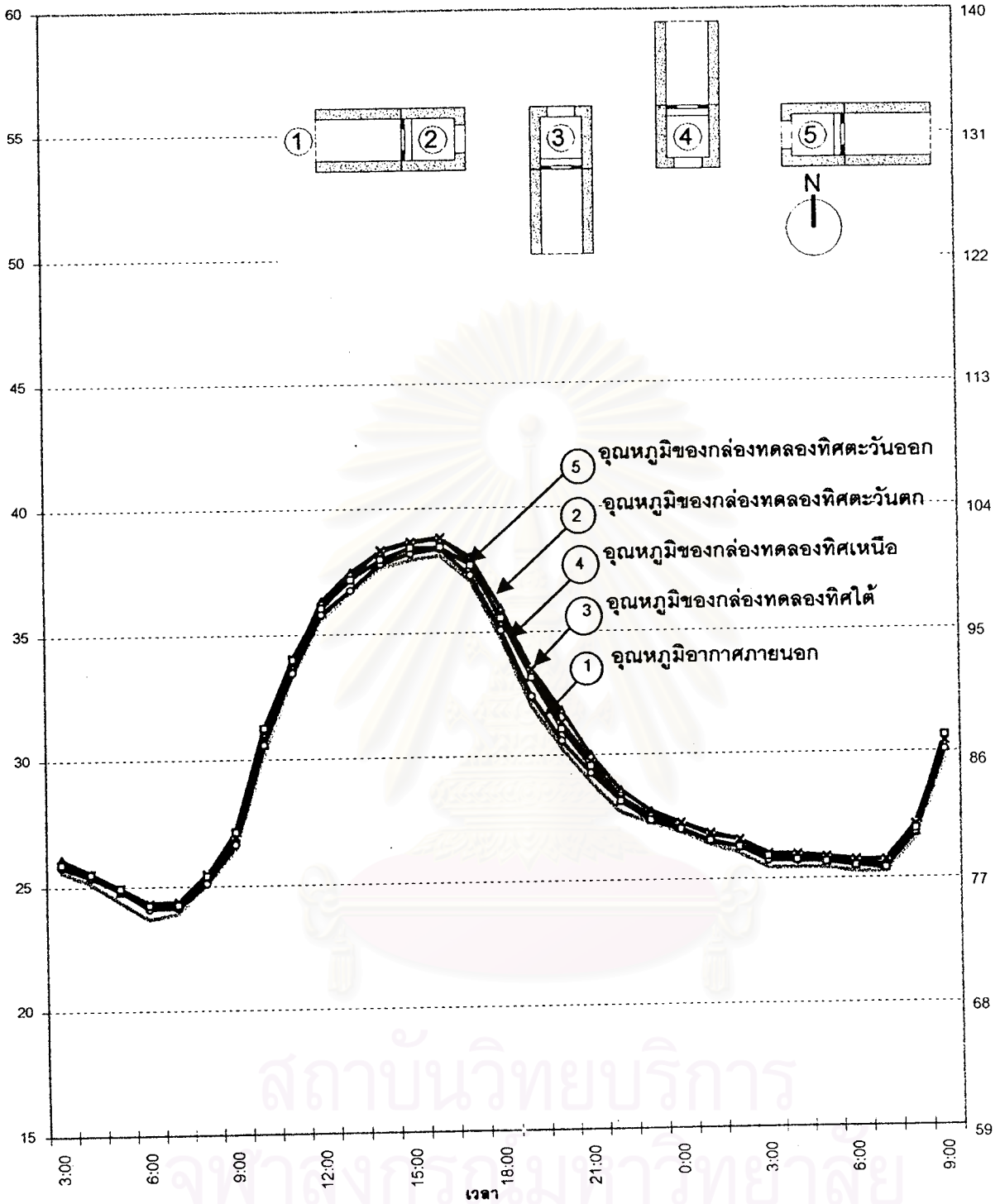
2 กุมภาพันธ์ 2544 | 3 กุมภาพันธ์ 2544

อุณหภูมิอากาศภายนอก    ■    ผนังทึบตะวันตก    ×    ผนังทึบได้    ◊    ผนังทึบเหนือ    □    ผนังทึบตะวันออก

แผนภูมิที่ 4-26 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังด้านในของกล่องทดลองผนังที่หันไปทางทิศต่างๆ ภายใต้สภาวะที่ไม่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการไหลเวียนอากาศ เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 2 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 3:00 น. ถึงวันที่ 3 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 9:00 น.

อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)

อุณหภูมิ(องศาฟาเรนไฮต์)



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

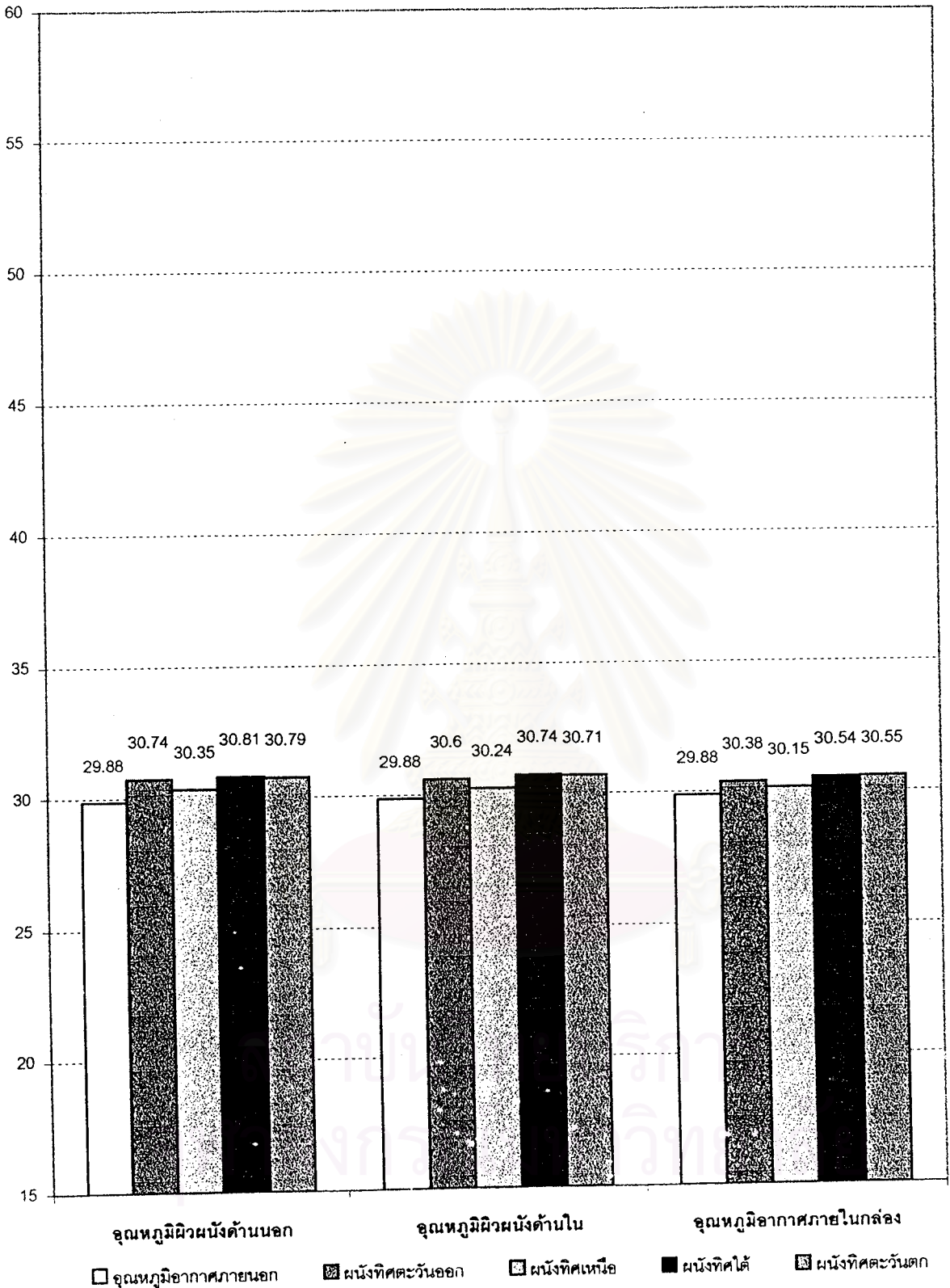
2 กุมภาพันธ์ 2544 | 3 กุมภาพันธ์ 2544

อุณหภูมิอากาศภายนอก    ผนังทิศตะวันตก    ผนังทิศใต้    ผนังทิศเหนือ    ผนังทิศตะวันออก

แผนภูมิที่ 4-27 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในของห้องทดลองผนังที่หันไปทางทิศต่างๆ ภายใต้สภาวะที่ไม่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีกรไหลเวียนอากาศ เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 2 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 3:00 น. ถึงวันที่ 3 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 9:00 น.



อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)



แผนภูมิที่ 4-28 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงเวลา 24 ชั่วโมงของกล่องทดลองผนังทึบต่างๆ ภายใต้สภาวะที่ไม่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการไหลเวียนอากาศ

## การวิเคราะห์พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังที่หันไปทางทิศต่างๆ ภายใต้สภาวะที่ไม่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการไหลเวียนอากาศ

เมื่อพิจารณาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังที่หันไปทางทิศต่างๆ ภายใต้สภาวะที่ไม่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการไหลเวียนอากาศพบว่า อุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดของกล่องทดลองผนังในแต่ละทิศก็ใกล้เคียงกันมากโดยแตกต่างกันไม่เกิน 0.5 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดของกล่องทดลองผนังทิศใต้มีอุณหภูมิสูงที่สุดคือ 38.83 องศาเซลเซียส ในขณะที่อุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดของกล่องทดลองผนังทิศเหนือมีอุณหภูมิต่ำที่สุดคือ 38.38 องศาเซลเซียส สำหรับอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดของกล่องทดลองผนังทิศตะวันออกและตะวันตกเป็น 38.45 องศาเซลเซียส และ 38.78 องศาเซลเซียสตามลำดับ และอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดของกล่องทดลองผนังในแต่ละทิศก็ใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุดมากคือแตกต่างกันไม่เกิน 0.7 องศาเซลเซียส โดยที่กล่องทดลองผนังทิศเหนือจะมีอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุด 0.17 องศาเซลเซียส ขณะที่กล่องทดลองผนังทิศตะวันออก กล่องทดลองผนังทิศตะวันตกและกล่องทดลองผนังทิศใต้ มีอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุด 0.24 องศาเซลเซียส 0.57 องศาเซลเซียส และ 0.62 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ความแปรปรวนของอุณหภูมิอากาศภายในของกล่องทดลองผนังแต่ละทิศก็ใกล้เคียงกันและใกล้เคียงกับความแปรปรวนของอุณหภูมิอากาศภายนอกคือประมาณ 14 องศาเซลเซียส

ในการพิจารณาช่วงเวลาที่อุณหภูมิอากาศภายในต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกพบว่า ไม่มีช่วงเวลาใดเลยที่อุณหภูมิอากาศภายในของกล่องทดลองผนังแต่ละทิศจะต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก กล่องทดลองผนังทุกทิศมีอุณหภูมิอากาศภายในสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกตลอดทั้งวันโดยจะมีอุณหภูมิสูงกว่าเพียงเล็กน้อยเท่านั้นคือไม่ถึง 1 องศาเซลเซียส สำหรับระยะเวลาจากอุณหภูมิผิวภายนอกสูงสุดถึงอุณหภูมิผิวภายในสูงสุดของกล่องทดลองผนังทั้งสี่ทิศนั้นแทบจะไม่มีกล่าวคือช่วงเวลาที่อุณหภูมิผิวภายนอกสูงสุดและอุณหภูมิผิวภายในสูงสุดเกิดขึ้นพร้อมๆ กัน

อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยในช่วง 1 วันของกล่องทดลองผนังทั้งสี่ทิศก็ใกล้เคียงกันโดยมีความแตกต่างกันไม่ถึง 0.5 องศาเซลเซียส โดยที่กล่องทดลองผนังทิศใต้และทิศตะวันตกจะมีอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ย 30.54 องศาเซลเซียส และ 30.55 องศาเซลเซียสตามลำดับ ในขณะที่กล่องทดลองผนังทิศตะวันออกจะมีอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ย 30.38 องศาเซลเซียส กล่อง

ทดลองผนังทิศเหนือจะมีอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ย 30.15 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยในช่วง 1 วันของกล่องทดลองผนังทั้งสี่ทิศจะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย ไม่ถึง 1 องศาเซลเซียส

ในช่วงเวลาที่ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ (ตั้งแต่เวลา 06:00 น. ถึง 18:00 น.) พบว่าอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยของกล่องทดลองผนังทั้งสี่ทิศใกล้เคียงกัน โดยที่อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยของกล่องทดลองผนังทิศใต้เป็น 32.98 องศาเซลเซียส สูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย 0.66 องศาเซลเซียส กล่องทดลองผนังทิศตะวันออกและกล่องทดลองทิศตะวันตกมีอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ย 32.89 องศาเซลเซียส และ 32.96 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยที่อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยของกล่องทดลองผนังทิศตะวันออกสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย 0.57 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยของกล่องทดลองผนังทิศตะวันตกสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย 0.64 องศาเซลเซียส ขณะที่กล่องทดลองผนังทิศเหนือมีอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ย 32.56 องศาเซลเซียส ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย 0.24 องศาเซลเซียส หากพิจารณาอุณหภูมิผิวด้านในพบว่าอุณหภูมิผิวด้านในเฉลี่ยของผนังแต่ละทิศใกล้เคียงกัน แตกต่างกันไม่เกิน 1 องศาเซลเซียส

ในช่วงเวลาที่ไม่มีได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ (ตั้งแต่เวลา 18:00 น. ถึง 06:00 น.) พบว่าอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยของกล่องทดลองผนังทั้งสี่ทิศใกล้เคียงกัน โดยที่อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยของกล่องทดลองผนังทิศตะวันตกเป็น 27.94 องศาเซลเซียส สูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย 0.70 องศาเซลเซียส กล่องทดลองผนังทิศใต้และกล่องทดลองทิศตะวันออกมีอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ย 27.89 องศาเซลเซียส และ 27.65 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยที่อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยของกล่องทดลองผนังทิศใต้สูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย 0.65 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยของกล่องทดลองผนังทิศตะวันออกสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย 0.41 องศาเซลเซียส ขณะที่กล่องทดลองผนังทิศเหนือมีอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ย 27.53 องศาเซลเซียส ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย 0.29 องศาเซลเซียส หากพิจารณาอุณหภูมิผิวด้านในพบว่าอุณหภูมิผิวด้านในเฉลี่ยของผนังแต่ละทิศใกล้เคียงกัน แตกต่างกันไม่เกิน 0.3 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิผิวด้านในของผนังจะใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศภายในสำหรับกล่องทดลองผนังแต่ละทิศ

จากผลการวิจัยพอจะสรุปได้ว่าภายใต้สภาวะที่ไม่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการไหลเวียนอากาศ ผนังที่หันไปทางทิศต่างๆจะมีอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกันเนื่องจาก ผนัง

แต่ละติศไม่ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง อุณหภูมิผิวภายนอกของผนังแต่ละทิศจะได้รับความร้อนจากอุณหภูมิอากาศภายนอกและรังสีกระจายของดวงอาทิตย์รวมไปถึงรังสีสะท้อนจากสภาพแวดล้อม ซึ่งจากลักษณะของสถานที่ทำการทดลองซึ่งเป็นที่โล่ง รังสีกระจายของดวงอาทิตย์และรังสีสะท้อนจากสภาพแวดล้อมในแต่ละทิศจะใกล้เคียงกันส่งผลให้อุณหภูมิที่ผิวของผนังแต่ละทิศจะใกล้เคียงกันโดยจะมีอุณหภูมิผิวภายนอกสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก และความร้อนจะถ่ายเทผ่านผนังสู่อากาศภายในกล่องทดลอง ในขณะที่เดียวกันการที่เป็นสภาวะที่มีการไหลเวียนอากาศก็จะทำให้อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศภายนอกเป็นอย่างมากโดยจะมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเล็กน้อย ขณะที่ในช่วงเวลากลางคืนซึ่งไม่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์ อุณหภูมิอากาศภายนอกจะลดต่ำลง และคุณสมบัติของผนังที่มีมวลสารน้อย ไม่สะสมความร้อนทำให้มีการถ่ายเทความร้อนจากภายในสู่ภายนอก การแลกเปลี่ยนความร้อนกับท้องฟ้าโดยการแผ่รังสีคลื่นยาวจะมีศักยภาพไม่เต็มที่เนื่องจากอุปกรณ์บังแดดที่ป้องกันผนังจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงในช่วงเวลากลางวันจะเป็นตัวสกัดกั้นการแลกเปลี่ยนรังสีกับท้องฟ้าในตอนกลางคืน(มุมของผนังที่เปิดต่อท้องฟ้าน้อย) แต่อุณหภูมิของผนังในแต่ละทิศก็จะใกล้เคียงกัน



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## การทดลองชุดที่ 7

### วัตถุประสงค์ของการทดลอง

เพื่อที่จะศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังภายใต้สภาวะในการได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและการไหลเวียนอากาศที่แตกต่างกัน

### วิธีการทดลอง

ในการทดลองนี้ได้จำลองสภาพของผนังทดสอบภายใต้สภาวะของการได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและการไหลเวียนที่แตกต่างกันโดยมีรายละเอียดดังนี้

กล่องทดลองที่1 วัสดุที่นำมาทดสอบคือ ผนังไม้สักที่ทำการจำลองสภาพของฝาปะกนเป็นลักษณะผนังทึบเพื่อให้ไม่มีการไหลเวียนของอากาศ และไม่ใช้อุปกรณ์บังแดดเพื่อให้ผนังที่นำมาทดสอบได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์โดยตรง

กล่องทดลองที่2 วัสดุที่นำมาทดสอบคือ ผนังไม้สักที่ทำการจำลองสภาพของฝาปะกนเป็นลักษณะผนังทึบเพื่อให้ไม่มีการไหลเวียนของอากาศ และใช้อุปกรณ์บังแดดเพื่อไม่ให้ผนังที่นำมาทดสอบได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์โดยตรง

กล่องทดลองที่3 วัสดุที่นำมาทดสอบคือ ผนังไม้สักที่ทำการจำลองสภาพของฝาปะกนเป็นลักษณะตรงกลางโปร่งเพื่อให้มีการไหลเวียนของอากาศ และไม่ใช้อุปกรณ์บังแดดเพื่อให้ผนังที่นำมาทดสอบได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์โดยตรง

กล่องทดลองที่4 วัสดุที่นำมาทดสอบคือ ผนังไม้สักที่ทำการจำลองสภาพของฝาปะกนเป็นลักษณะตรงกลางโปร่งเพื่อให้มีการไหลเวียนของอากาศ และใช้อุปกรณ์บังแดดเพื่อไม่ให้ผนังที่นำมาทดสอบได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์โดยตรง

กล่องทดลองทุกกล่องหันไปทางทิศใต้และข้อมูลที่ทำกรวัดและบันทึกคือ

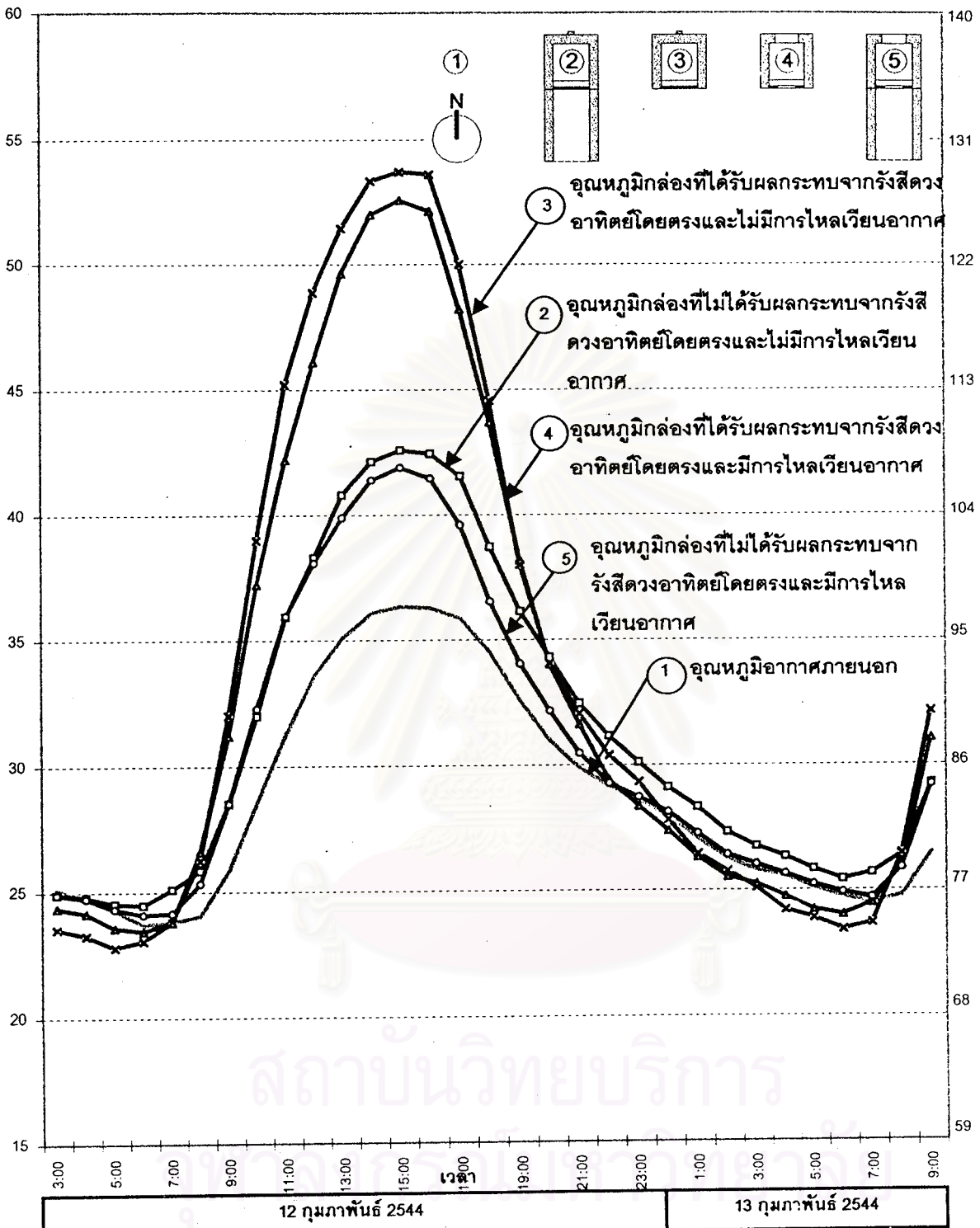
1. อุณหภูมิอากาศภายนอก
2. อุณหภูมิผิวภายนอกของผนังภายใต้สภาวะในการได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและการไหลเวียนอากาศที่แตกต่างกัน
3. อุณหภูมิผิวภายในของผนังภายใต้สภาวะในการได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและการไหลเวียนอากาศที่แตกต่างกัน
4. อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลอง

โดยได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้



อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)

อุณหภูมิ(องศาฟาเรนไฮต์)



- อุณหภูมิอากาศภายนอก
- อุณหภูมิห้องที่ไม่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีการไหลเวียนอากาศ
- ×— อุณหภูมิห้องที่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีการไหลเวียนอากาศ
- △— อุณหภูมิห้องที่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการไหลเวียนอากาศ
- อุณหภูมิห้องที่ไม่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการไหลเวียนอากาศ

แผนภูมิที่ 4-29 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวผนังด้านนอกของกล่องทดลองผนัง

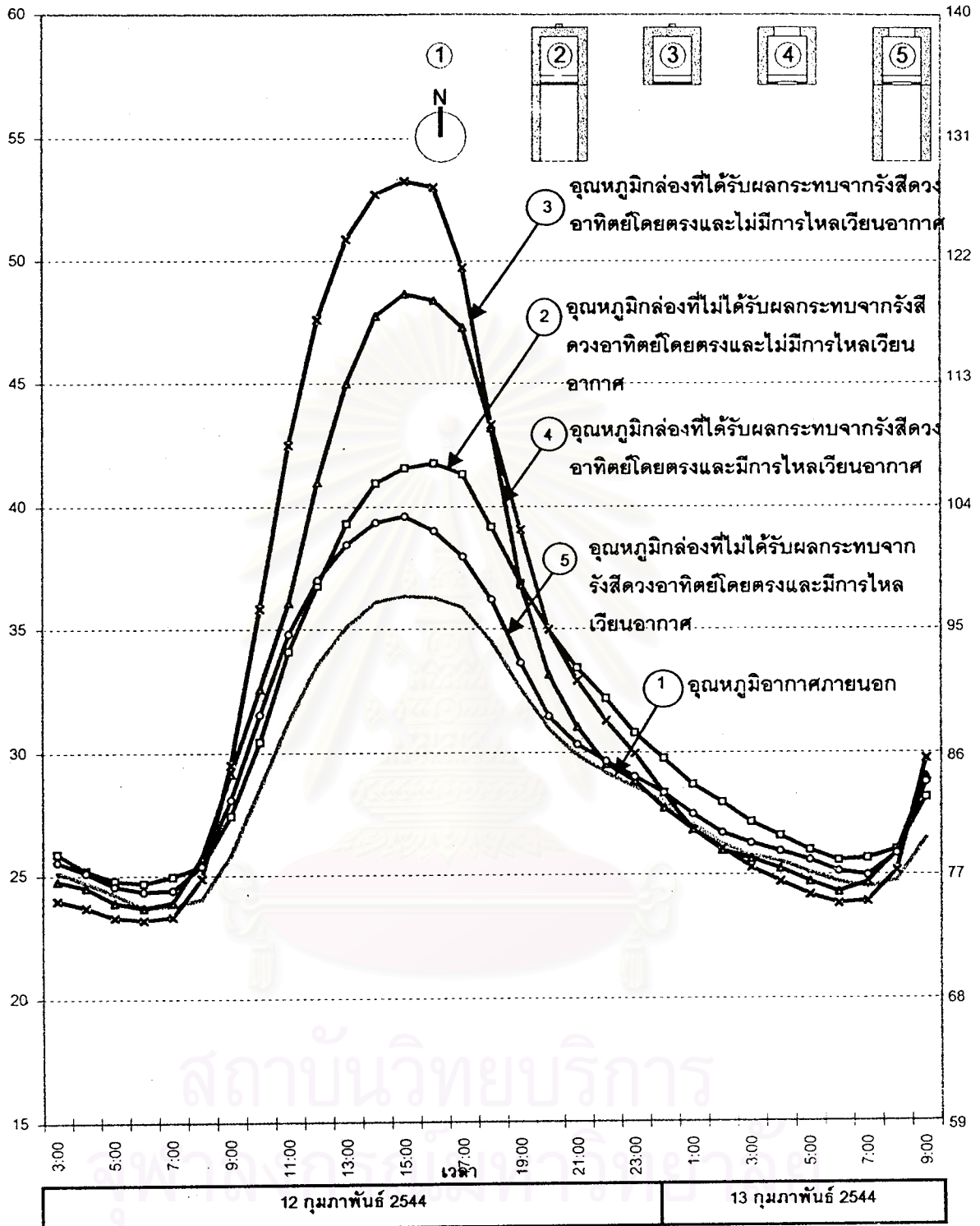
ภายใต้สภาวะที่ ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและการไหลเวียนอากาศที่แตกต่างกัน

เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 12 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 3:00 น. ถึงวันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 9:00 น.



อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)

อุณหภูมิ(องศาฟาเรนไฮต์)



- อุณหภูมิอากาศภายนอก
- อุณหภูมิห้องที่ไม่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีการไหลเวียนอากาศ
- x— อุณหภูมิห้องที่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีการไหลเวียนอากาศ
- อุณหภูมิห้องที่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการไหลเวียนอากาศ
- อุณหภูมิห้องที่ไม่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการไหลเวียนอากาศ

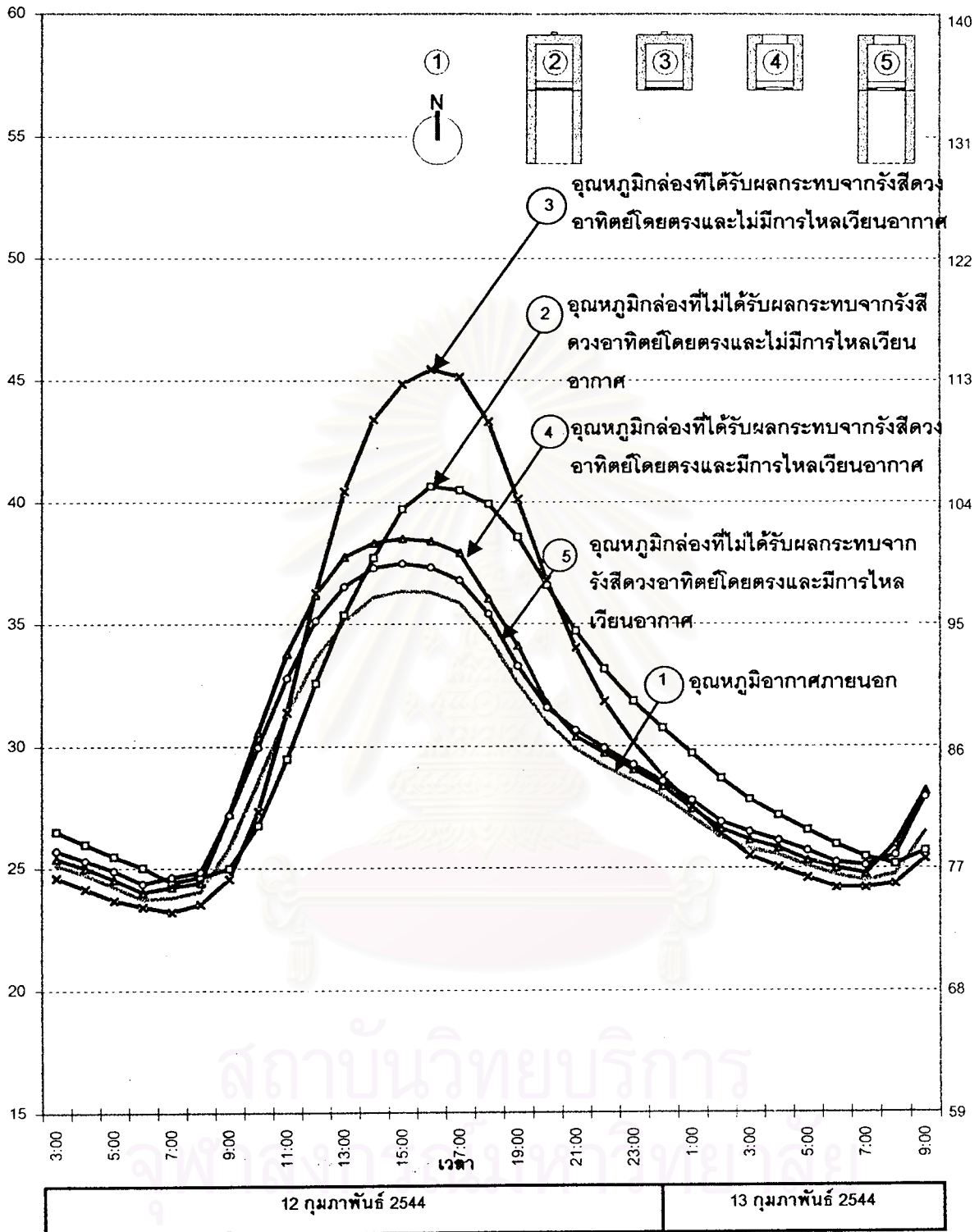
แผนภูมิที่ 4-30 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวหนังด้านในของกล่องทดลองผนัง

ภายใต้สภาวะที่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและการไหลเวียนอากาศที่แตกต่างกัน

เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 12 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 3:00 น. ถึงวันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 9:00 น.

อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)

อุณหภูมิ(องศาฟาเรนไฮต์)

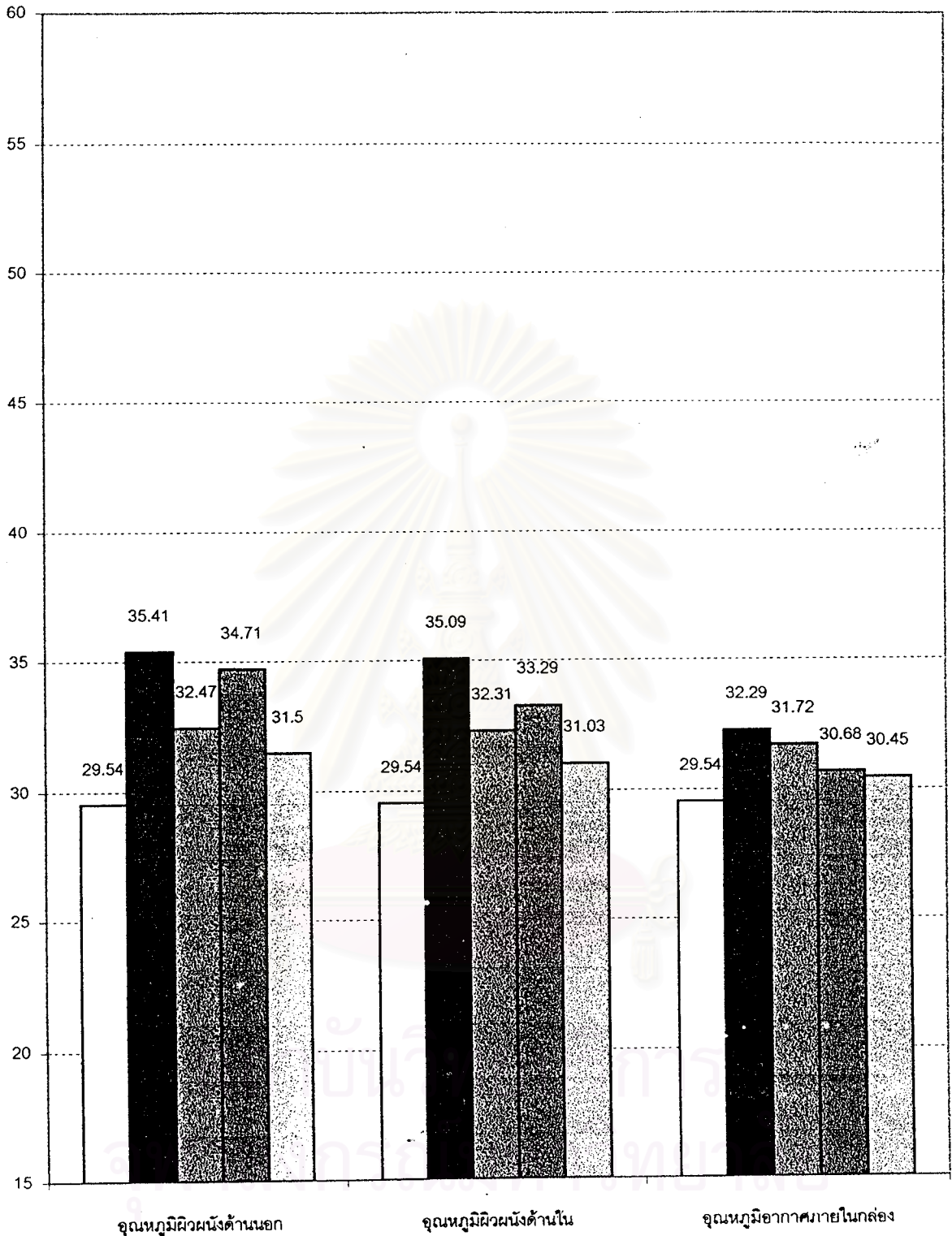


12 กุมภาพันธ์ 2544 | 13 กุมภาพันธ์ 2544

- อุณหภูมิอากาศภายนอก
- อุณหภูมิห้องที่ไม่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีการไหลเวียนอากาศ
- × อุณหภูมิห้องที่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีการไหลเวียนอากาศ
- ▲ อุณหภูมิห้องที่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการไหลเวียนอากาศ
- ◇ อุณหภูมิห้องที่ไม่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการไหลเวียนอากาศ

แผนภูมิที่ 4-31 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในของกล่องทดลองผนัง ภายใต้สภาวะที่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและการไหลเวียนอากาศที่แตกต่างกัน เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 12 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 3:00 น. ถึงวันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 9:00 น.

อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)



- อุณหภูมิอากาศภายนอก
- อุณหภูมิผิวน้ำที่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีการไหลเวียนอากาศ
- ▨ อุณหภูมิผิวน้ำที่ไม่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีการไหลเวียนอากาศ
- ▩ อุณหภูมิผิวน้ำที่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการไหลเวียนอากาศ
- ░ อุณหภูมิผิวน้ำที่ไม่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการไหลเวียนอากาศ

แผนภูมิที่ 4-32 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงเวลา 24 ชั่วโมงของกล่องทดลอง ภายใต้สภาวะที่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและการไหลเวียนอากาศที่แตกต่างกัน

## การวิเคราะห์พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังภายใต้สภาวะที่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและการไหลเวียนอากาศแตกต่างกัน

เมื่อพิจารณาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังภายใต้สภาวะที่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการไหลเวียนอากาศแตกต่างกันพบว่า อุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดของกล่องทดลองผนังที่ไม่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการไหลเวียนอากาศมีอุณหภูมิ 37.48 องศาเซลเซียส โดยจะต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดของกล่องทดลองผนังสภาวะอื่นๆและมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุดเพียง 1.13 องศาเซลเซียส ขณะที่กล่องทดลองผนังที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีมีการไหลเวียนอากาศจะมีอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุด โดยมีอุณหภูมิ 45.45 องศาเซลเซียส และมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุดถึง 9.10 องศาเซลเซียส ในขณะที่อุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดของกล่องทดลองผนังที่ไม่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีมีการไหลเวียนอากาศกับกล่องทดลองผนังที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการไหลเวียนอากาศจะมีอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุด 40.65 องศาเซลเซียส และ 38.50 องศาเซลเซียสตามลำดับ อุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดของกล่องทดลองผนังผนังที่ไม่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีมีการไหลเวียนอากาศมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุด 4.3 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดของกล่องทดลองผนังที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการไหลเวียนอากาศมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุด 2.15 องศาเซลเซียส ความแปรปรวนของอุณหภูมิอากาศภายในของกล่องทดลองผนังที่ไม่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการไหลเวียนอากาศจะมีความแปรปรวนน้อยที่สุดคือ 13.13 องศาเซลเซียส ในขณะที่ความแปรปรวนของอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองผนังที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการไหลเวียนอากาศเป็น 14.50 องศาเซลเซียส กล่องทดลองผนังที่ไม่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีมีการไหลเวียนอากาศจะมีความแปรปรวนของอุณหภูมิอากาศภายใน 16.24 องศาเซลเซียส โดยที่กล่องทดลองผนังที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีมีการไหลเวียนอากาศจะมีความแปรปรวนของอุณหภูมิอากาศภายในมากที่สุดคือ 22.25 องศาเซลเซียส

ในการพิจารณาช่วงเวลาที่อุณหภูมิอากาศภายในต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกพบว่า กล่องทดลองผนังที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีมีการไหลเวียนอากาศจะมีช่วงเวลาที่อุณหภูมิอากาศภายในต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกประมาณ 8 ชั่วโมง 30 นาทีคือตั้งแต่เวลา 02:30 น. ถึง 11:00 น. กล่องทดลองผนังที่ไม่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการไหลเวียนอากาศมีช่วงเวลาที่อุณหภูมิอากาศภายในต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก ประมาณ 4 ชั่วโมง 15 นาที คือตั้งแต่เวลา 08:30 น. ถึง 12:45 น. กล่องทดลองผนังที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมี



การไหลเวียนอากาศ กับกล่องทดลองผนังที่ไม่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการไหลเวียนอากาศจะมีอุณหภูมิอากาศภายในสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกตลอด 24 ชั่วโมง สำหรับระยะเวลาจากอุณหภูมิผิวภายนอกสูงสุดถึงอุณหภูมิผิวภายในสูงสุดของกล่องทดลองผนังในสภาวะต่างๆจะใกล้เคียงกันโดยที่กล่องทดลองผนังที่ไม่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีการไหลเวียนอากาศ มีระยะเวลาสำหรับระยะเวลาจากอุณหภูมิผิวภายนอกสูงสุดถึงอุณหภูมิผิวภายในสูงสุดประมาณ 1 ชั่วโมง ในขณะที่กล่องทดลองผนังภายใต้สภาวะอื่นๆ ช่วงเวลาที่อุณหภูมิผิวภายนอกสูงสุดและอุณหภูมิผิวภายในสูงสุดแทบจะเกิดขึ้นพร้อมๆกัน

อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยในช่วง 1 วันของกล่องทดลองผนังที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีการไหลเวียนอากาศจะมีอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยสูงสุดคือ 35.09 องศาเซลเซียส สูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย 2.75 องศาเซลเซียส ในขณะที่กล่องทดลองผนังที่ไม่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีการไหลเวียนอากาศจะมีอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ย 31.72 องศาเซลเซียส สูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย 2.18 องศาเซลเซียส กล่องทดลองผนังที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการไหลเวียนอากาศมีอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ย 30.68 องศาเซลเซียส สูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย 1.14 องศาเซลเซียส โดยที่กล่องทดลองผนังที่ไม่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการไหลเวียนอากาศจะมีอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ 30.45 องศาเซลเซียส สูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย 0.91 องศาเซลเซียส

ในช่วงเวลาที่ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ (ตั้งแต่เวลา 06:00 น. ถึง 18:00 น.) พบว่าอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยของกล่องทดลองผนังที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีการไหลเวียนอากาศเป็น 34.79 องศาเซลเซียส กล่องทดลองผนังที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการไหลเวียนอากาศมีอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ย 32.87 องศาเซลเซียส สำหรับกล่องทดลองผนังที่ไม่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีการไหลเวียนอากาศ และกล่องทดลองผนังที่ไม่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการไหลเวียนอากาศมีอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ย 32.44 องศาเซลเซียส และ 32.28 องศาเซลเซียสตามลำดับ

หากพิจารณาอุณหภูมิผิวด้านในพบว่าอุณหภูมิผิวด้านในเฉลี่ยของผนังที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงจะมีอุณหภูมิผิวด้านในจะสูง โดยผนังที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีการไหลเวียนอากาศจะมีอุณหภูมิสูงที่สุดคือ 40.75 องศาเซลเซียส ขณะที่กล่องทดลองผนังที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการไหลเวียนอากาศมีอุณหภูมิผิวด้านในเฉลี่ย 37.87 องศาเซลเซียส ผนังที่ไม่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงจะมีอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกันทั้งสภาวะที่ไม่มีมีการไหลเวียน

อากาศและมีการไหลเวียนอากาศโดยที่ผนังที่ไม่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีมีการไหลเวียนอากาศ มีอุณหภูมิผิวด้านใน 34.45 องศาเซลเซียส และผนังที่ไม่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการไหลเวียนอากาศ มีอุณหภูมิผิวด้านใน 33.55 องศาเซลเซียส ซึ่งแม้ว่าอุณหภูมิอากาศภายในของกล่องทดลองบางสภาวะอาจจะมีอุณหภูมิอากาศภายในที่ใกล้เคียงกันแต่ถ้ามีอุณหภูมิผิวภายในที่แตกต่างกัน ก็จะส่งผลต่อความรู้สึกร้อนหนาวที่แตกต่างกัน

ในช่วงเวลาที่ไม่ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ (ตั้งแต่เวลา 18:00 น. ถึง 06:00 น.) พบว่า อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยของกล่องทดลองผนังที่ไม่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีมีการไหลเวียนอากาศจะสูงที่สุดคือ 30.95 องศาเซลเซียส ขณะที่กล่องทดลองผนังที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีมีการไหลเวียนอากาศ และกล่องทดลองผนังที่ไม่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการไหลเวียนอากาศ มีอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ย 29.58 องศาเซลเซียส และ 28.45 องศาเซลเซียสตามลำดับ กล่องทดลองผนังที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการไหลเวียนอากาศจะมีอุณหภูมิต่ำที่สุดคือ 28.31 องศาเซลเซียส

จากผลการวิจัยพอจะสรุปได้ว่ากล่องทดลองผนังภายในได้สภาวะที่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการไหลเวียนอากาศที่แตกต่างกัน จะส่งผลให้มีอุณหภูมิที่แตกต่างกัน โดยในช่วงเวลากลางวันควรจะมีการป้องกันเพื่อไม่ให้ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงเพื่อลดอุณหภูมิอากาศสูงสุด ขณะที่การไหลเวียนอากาศก็จะทำให้อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองเข้าใกล้กับอุณหภูมิอากาศภายนอก ในช่วงเวลากลางคืนซึ่งไม่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์ อุณหภูมิอากาศภายนอกจะลดต่ำลง และคุณสมบัติของผนังที่มีมวลสารน้อย ไม่สะสมความร้อนทำให้มีการถ่ายเทความร้อนจากภายในสู่ภายนอกและมีการแลกเปลี่ยนความร้อนกับท้องฟ้าโดยการแผ่รังสีคลื่นยาว กล่องทดลองผนังที่มีการป้องกันอิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงในช่วงกลางวันด้วยอุปกรณ์บังแดด ก็จะเป็นการลดศักยภาพของการแลกเปลี่ยนความร้อนกับท้องฟ้าในตอนกลางคืนเช่นเดียวกัน แต่เกณฑ์ที่จะนำมาพิจารณาในทางปฏิบัติควรจะเป็นการลดอุณหภูมิอากาศสูงสุดในช่วงเวลากลางวัน ขณะที่ในช่วงกลางคืนควรจะให้มีการไหลเวียนอากาศเพื่อให้อุณหภูมิอากาศภายในใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศภายนอกซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ไม่สูงมาก



### 4.3 การวิเคราะห์พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านพื้น

#### การทดลองชุดที่ 8

##### วัตถุประสงค์ของการทดลอง

เพื่อที่จะศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านพื้นซึ่งเป็นเปลือกอาคารที่ไม่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการแลกเปลี่ยนความร้อนกับดิน

##### วิธีการทดลอง

ในการทดลองนี้ได้ทำการเลือกวัสดุที่นำมาทดสอบคือ พื้นไม้แดงหนา 1” คว่ำกล่องทดลองที่ใส่วัสดุพื้นลงและยกสูงจากระดับดิน 1.80 เมตรทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่เวลา 3:00 น. ถึงเวลา 9:00 น. ของวันรุ่งขึ้น (30 ชั่วโมง) โดยจะเก็บข้อมูลทุก 1 นาทีและบันทึกข้อมูลเป็นรายชั่วโมง

ข้อมูลที่ทำกรวัดและบันทึกคือ

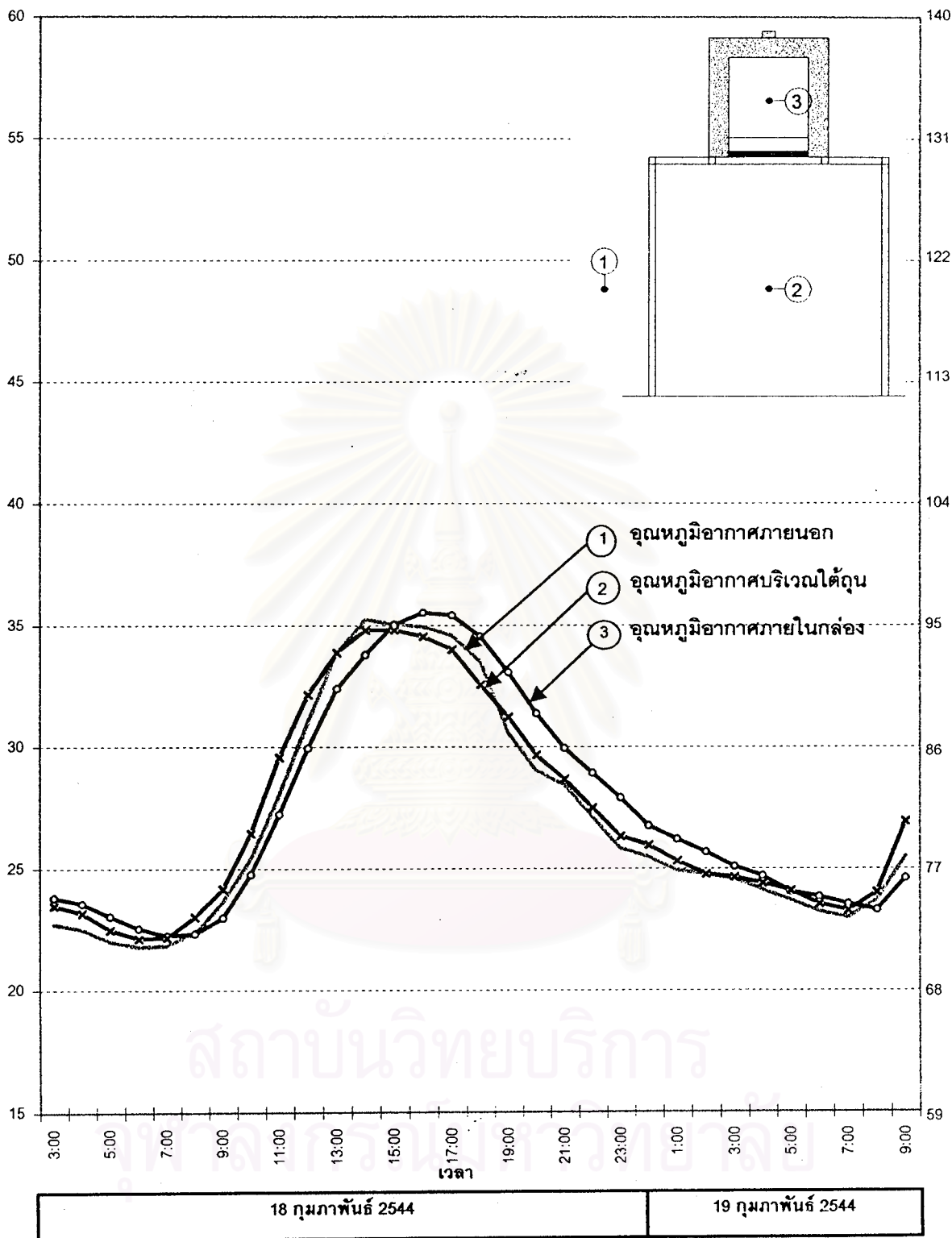
1. อุณหภูมิอากาศภายนอก
2. อุณหภูมิผิวดิน
3. อุณหภูมิอากาศระหว่างผิวดินและผิวพื้นด้านล่าง(ใต้ถุน)
4. อุณหภูมิผิวพื้นด้านล่าง(ด้านนอก)
5. อุณหภูมิผิวพื้นด้านบน (ด้านใน)
6. อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลอง

โดยได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)

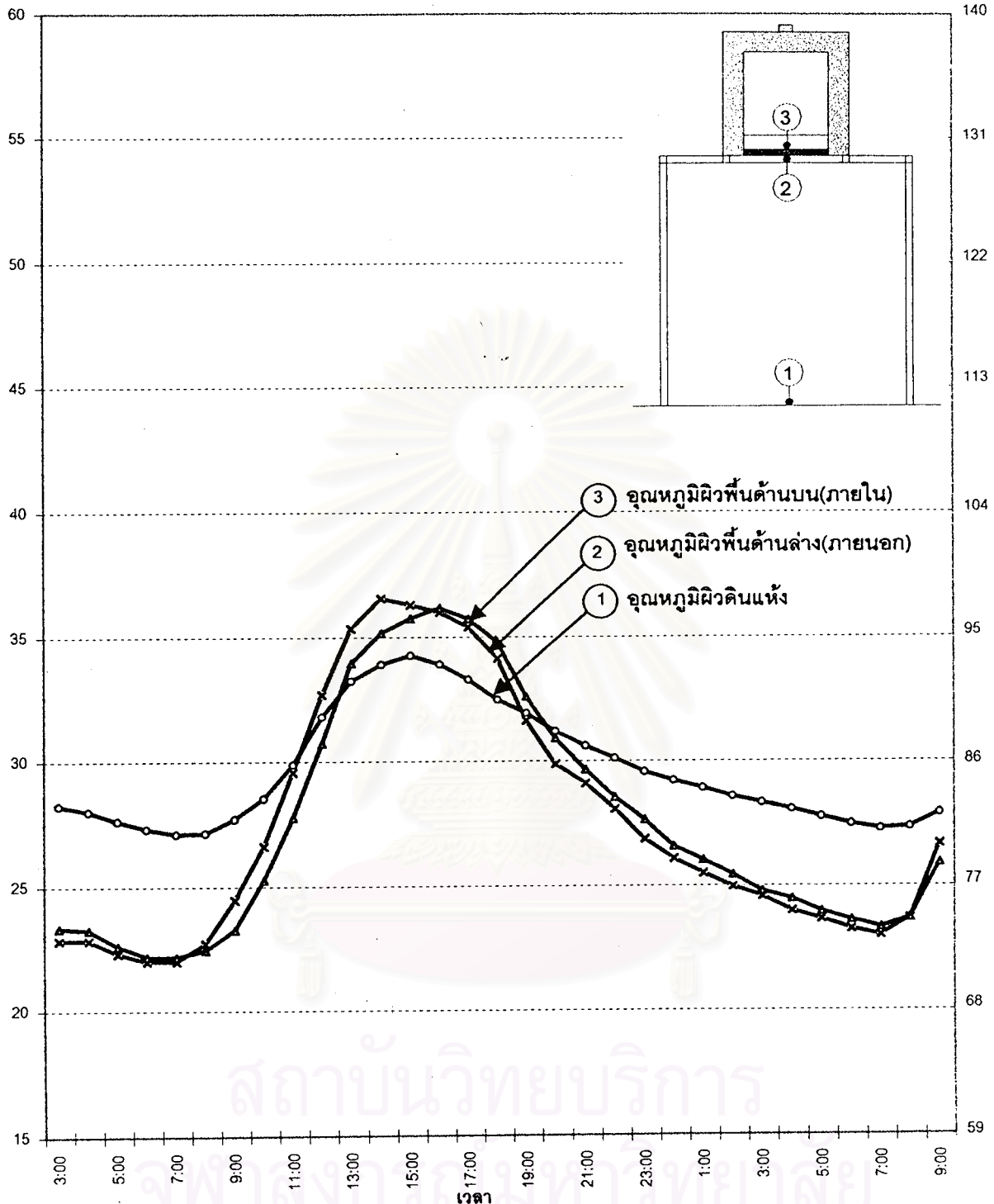
อุณหภูมิ(องศาฟาเรนไฮต์)



แผนภูมิที่ 4-33 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศ ณ ตำแหน่งต่างๆของกล่องทดลองพื้นที่เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 18 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 3:00 น. ถึงวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 9:00 น.

อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)

อุณหภูมิ(องศาฟาเรนไฮต์)



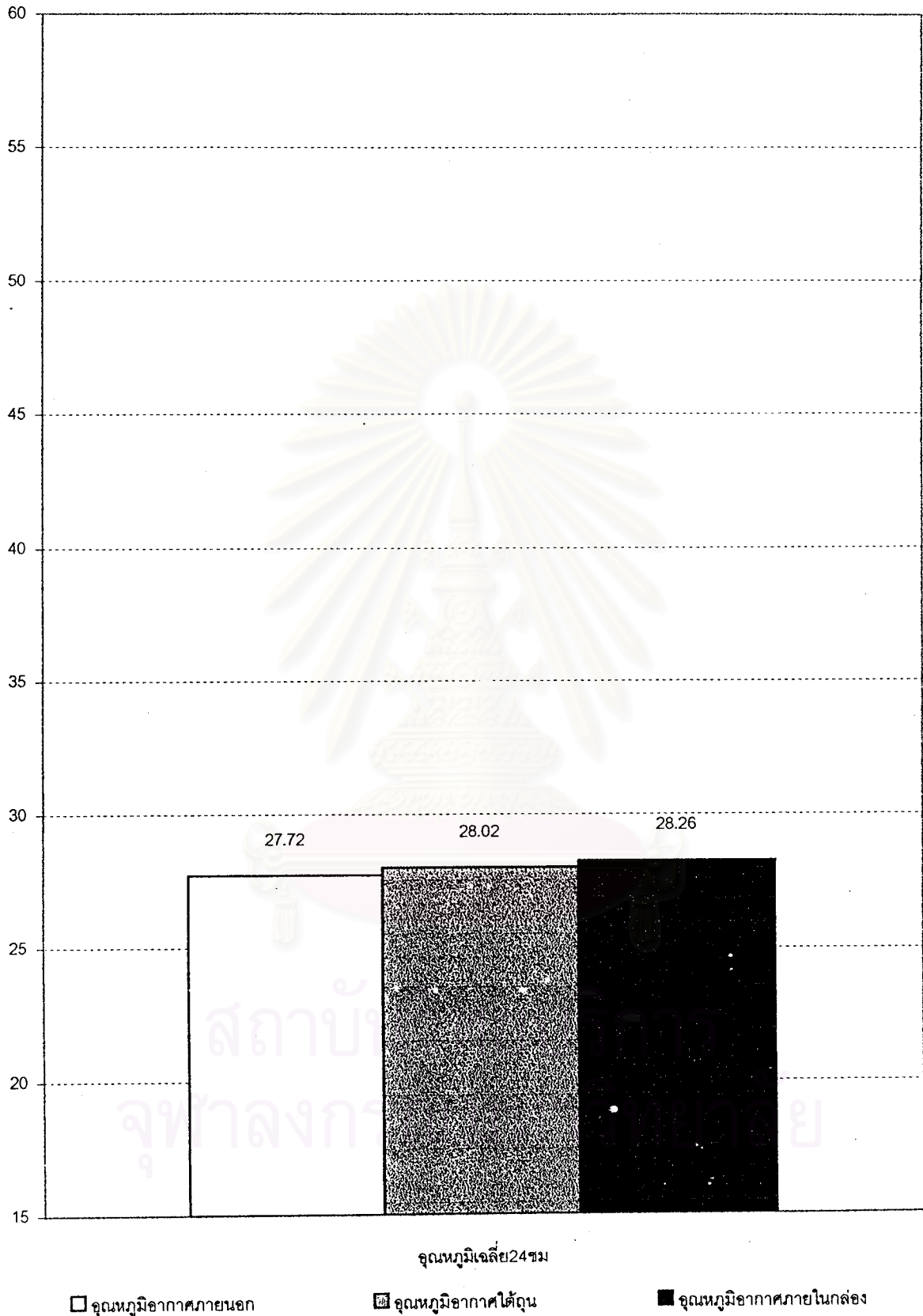
18 กุมภาพันธ์ 2544 | 19 กุมภาพันธ์ 2544

○ อุณหภูมิผิวพื้นดินแห้ง    × อุณหภูมิผิวพื้นด้านล่าง(ด้านนอก)    ◐ อุณหภูมิผิวพื้นด้านบน(ภายใน)

แผนภูมิที่ 4-34 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิว ณ ตำแหน่งต่างๆของกล่องทดลองพื้น

เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 18 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 3:00 น. ถึงวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2544 เวลา 9:00 น.

## อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)



แผนภูมิที่ 4-35 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศ ณ ตำแหน่งต่างๆ ในช่วง 24 ชั่วโมง  
ของกล่องทดลองพื้น

## การวิเคราะห์พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านพื้น

เมื่อพิจารณาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านพื้นซึ่งเป็นเปลือกอาคารที่ไม่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการแลกเปลี่ยนความร้อนกับดินพบว่า อุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดของกล่องทดลองเป็น 35.52 องศาเซลเซียส โดยมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุดเพียง 0.28 องศาเซลเซียส ความแปรปรวนของอุณหภูมิอากาศภายในเป็น 13.27 องศาเซลเซียส ในขณะที่ความแปรปรวนของอุณหภูมิอากาศภายนอกเป็น 13.46 องศาเซลเซียส ซึ่งค่อนข้างจะใกล้เคียงกัน

ในการพิจารณาช่วงเวลาที่มีอุณหภูมิอากาศภายในต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกพบว่ามีช่วงเวลาที่มีอุณหภูมิอากาศภายในต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกประมาณ 7 ชั่วโมงตั้งแต่วันที่ 08:00 น. ถึง 15:00 น. โดยมีระยะเวลาจากอุณหภูมิผิวภายนอกสูงสุดถึงอุณหภูมิผิวภายในสูงสุดประมาณ 2 ชั่วโมง

อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยในช่วง 1 วันของกล่องทดลองพื้นจะมีอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ย 28.26 องศาเซลเซียส สูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย 0.54 องศาเซลเซียสและสูงกว่าอุณหภูมิอากาศบริเวณใต้ถุนเฉลี่ย 0.24 องศาเซลเซียส อุณหภูมิผิวด้านในหรือผิวด้านบนเฉลี่ย 28.39 องศาเซลเซียส ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายใน 0.13 องศาเซลเซียส

ในช่วงเวลาที่ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ (ตั้งแต่วันที่ 06:00 น. ถึง 18:00 น.) พบว่ามีอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ย 29.14 องศาเซลเซียส ซึ่งต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ยประมาณ 0.20 องศาเซลเซียสและต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศใต้ถุนเฉลี่ย 0.4 องศาเซลเซียส หากพิจารณาอุณหภูมิผิวด้านในพบว่าอุณหภูมิผิวด้านในเฉลี่ยสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ย 0.51 องศาเซลเซียส

ในช่วงเวลาที่ไม่ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ (ตั้งแต่วันที่ 18:00 น. ถึง 06:00 น.) พบว่ามีอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ย 27.30 องศาเซลเซียส ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย 1.32 องศาเซลเซียสและสูงกว่าอุณหภูมิอากาศใต้ถุนเฉลี่ย 0.95 องศาเซลเซียส หากพิจารณาอุณหภูมิผิวด้านในพบว่าอุณหภูมิผิวด้านในเฉลี่ยต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ย 0.28 องศาเซลเซียส

จากผลการวิจัยพอจะสรุปได้ว่ากล่องทดลองพื้นซึ่งไม่ได้รับอิทธิพลรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง แต่จะได้รับผลจากรังสีสะท้อนจากผิวดิน โดยที่ในช่วงเวลากลางวันหรือช่วงที่ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ อุณหภูมิอากาศภายนอกก็จะสูงขึ้นเรื่อยๆจนกระทั่งขึ้นสูงที่สุดในช่วงเวลา 14:00 น. ซึ่งจะเป็นผลให้อุณหภูมิผิวด้านนอกหรืออุณหภูมิผิวพื้นด้านล่างค่อยๆสูงขึ้น และความร้อนก็จะถูกถ่ายเทผ่านพื้นเข้าสู่อากาศภายในกล่องทดลองโดยที่พื้นไม้ที่มีความหนา 1 นิ้วก็มีความจุความร้อนในระดับหนึ่งซึ่งปริมาณความร้อนที่ผิวด้านนอกมีไม่มากเกินไปจนความจุความร้อนของพื้นที่จะทำให้ให้อุณหภูมิผิวภายในสูงที่สุดในทันที ในช่วงเวลากลางคืนเมื่ออุณหภูมิอากาศภายนอกเริ่มลดลง ความร้อนก็จะถ่ายเทจากภายในสู่ภายนอกก็จะส่งผลให้อุณหภูมิอากาศภายในสูงกว่าอุณหภูมิผิวด้านในและอุณหภูมิผิวด้านนอก



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## บทที่ 5 กรณีศึกษา

ภายหลังจากการทดลองจะทำให้ทราบถึงอิทธิพลของตัวแปรที่มีต่อพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารของเรือนไทยในเงื่อนไขต่างๆ ซึ่งเป็นการศึกษาโดยการแยกเปลือกอาคารออกเป็นส่วนๆ ในเรือนไทยกรณีศึกษา นี้ จะเป็นการมองภาพรวมของผลการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารส่วนต่างๆ ที่เกิดขึ้นพร้อมๆ กัน

### วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อวิเคราะห์อิทธิพลหรือความสำคัญของตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่อพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารของเรือนไทย ภายใต้อุณหภูมิแวดล้อมจริง

### วิธีการศึกษา

ในการเก็บข้อมูลของเรือนไทยกรณีศึกษา นี้ จะทำการเก็บข้อมูลของเรือนไทยใน 2 สภาวะ คือ เรือนไทยที่ปิดหน้าต่างและเปิดหน้าต่าง

โดยข้อมูลที่ทำการบินก็คือ

1. อุณหภูมิอากาศภายนอก
2. อุณหภูมิผิวดิน
3. อุณหภูมิอากาศระหว่างผิวดินและผิวพื้นด้านล่าง (ใต้ถุน)
4. อุณหภูมิผิวพื้นชาน
5. อุณหภูมิอากาศเหนือชาน
6. อุณหภูมิผิวพื้นระเบียง
7. อุณหภูมิอากาศบริเวณระเบียง
8. อุณหภูมิผิวด้านในของหลังคาที่หันไปทางด้านทิศใต้
9. อุณหภูมิผิวด้านในของหลังคาที่หันไปทางด้านทิศเหนือ
10. อุณหภูมิผิวด้านนอกของผนังที่หันไปทางด้านทิศตะวันออก
11. อุณหภูมิผิวด้านในของผนังที่หันไปทางด้านทิศตะวันออก
12. อุณหภูมิผิวด้านนอกของผนังที่หันไปทางด้านทิศเหนือ
13. อุณหภูมิผิวด้านในของผนังที่หันไปทางด้านทิศเหนือ
14. อุณหภูมิผิวด้านนอกของผนังที่หันไปทางด้านทิศใต้

15. คุณทฤษฎีผิวด้านในของผนังที่หันไปทางด้านทิศใต้
16. คุณทฤษฎีผิวด้านนอกของผนังที่หันไปทางด้านทิศตะวันตก
17. คุณทฤษฎีผิวด้านในของผนังที่หันไปทางด้านทิศตะวันตก
18. คุณทฤษฎีผิวด้านล่าง(ด้านนอก)ของพื้น
19. คุณทฤษฎีผิวด้านบน(ด้านใน)ของพื้น
20. คุณทฤษฎีอากาศภายในเรือนไทยที่ระดับความสูง 1.50 เมตร
21. คุณทฤษฎีอากาศภายในเรือนไทยที่ระดับความสูง 4.00 เมตร

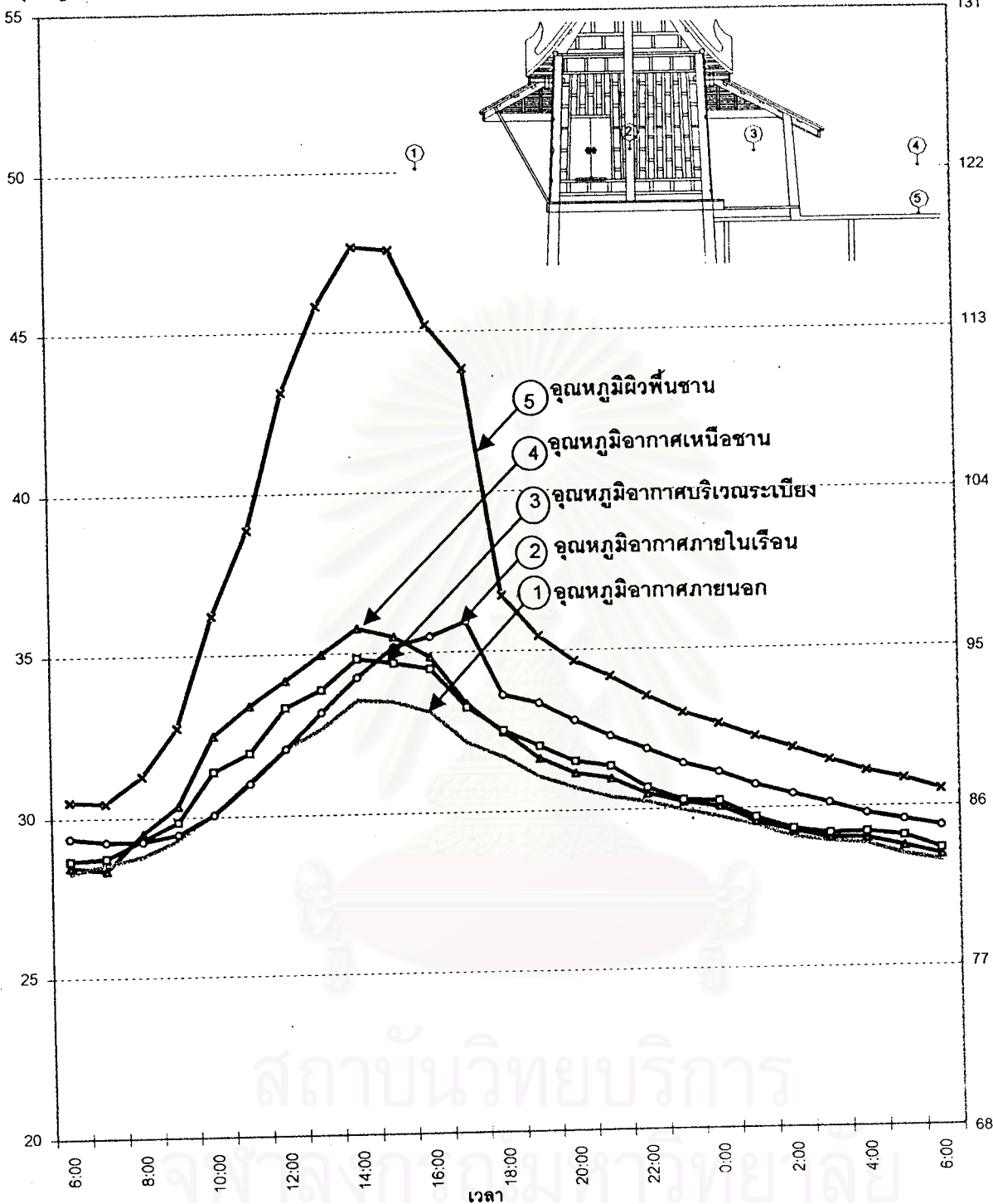
โดยได้ข้อมูลดังต่อไปนี้



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)

อุณหภูมิ(องศาฟาเรนไฮต์)



2 เมษายน 2544

3 เมษายน 2544

- อุณหภูมิอากาศเหนือชาน
- อุณหภูมิอากาศบริเวณระเบียง
- อุณหภูมิอากาศภายนอก
- อุณหภูมิอากาศภายในเรือน
- อุณหภูมิผิวพื้นชาน

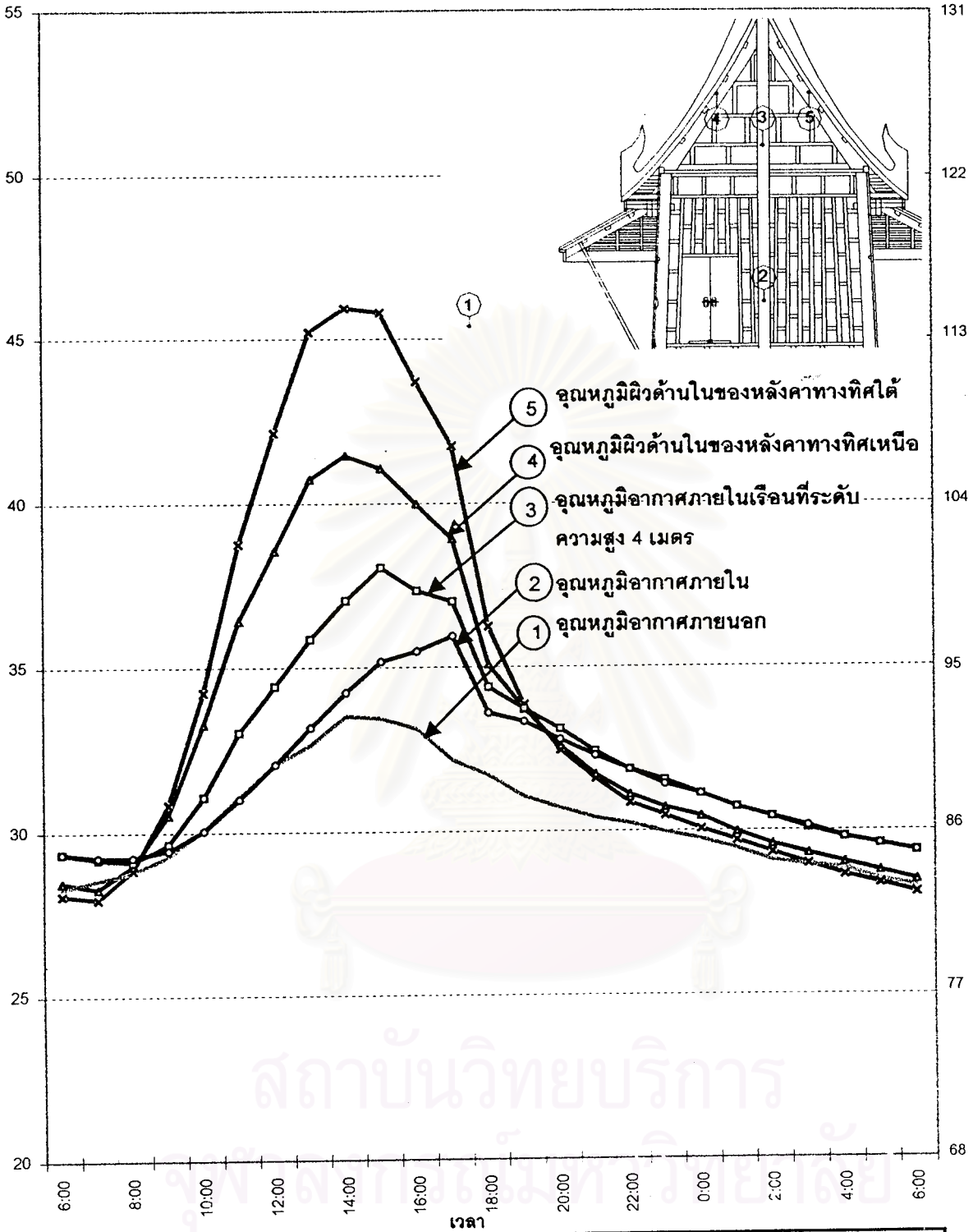
แผนภูมิที่ 5-1 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในเรือนไทยที่ปิดหน้าต่าง

และอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมบริเวณเรือนไทย

เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 2 เมษายน 2544 เวลา 6:00 น. ถึงวันที่ 3 เมษายน 2544 เวลา 6:00 น.

อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)

อุณหภูมิ(องศาฟาเรนไฮต์)



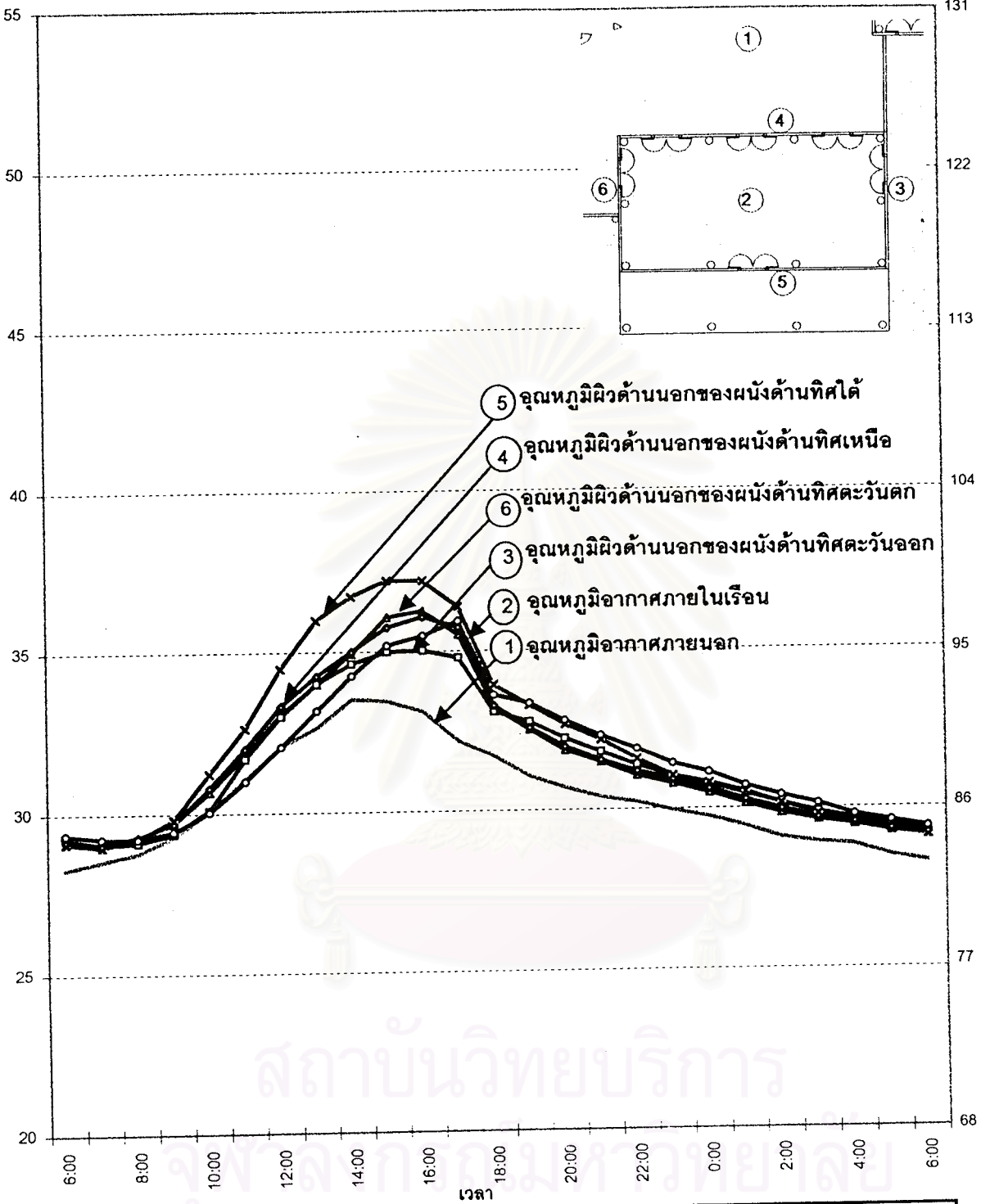
2 เมษายน 2544	3 เมษายน 2544
---------------	---------------

- x— อุณหภูมิผิวด้านในของหลังคาทางทิศใต้
- อุณหภูมิอากาศภายในเรือนที่ระดับความสูง 4 เมตร
- อุณหภูมิอากาศภายในเรือน
- อุณหภูมิผิวด้านในของหลังคาทางทิศเหนือ
- อุณหภูมิอากาศภายนอก

แผนภูมิที่ 5-2 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในเรือนไทยที่ปิดหน้าต่าง  
และอุณหภูมิผิวด้านในของหลังคาเรือนไทย  
เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 2 เมษายน 2544 เวลา 6:00 น. ถึงวันที่ 3 เมษายน 2544 เวลา 6:00 น.

อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)

อุณหภูมิ(องศาฟาเรนไฮต์)



2 เมษายน 2544 | 3 เมษายน 2544

- อุณหภูมิผิวด้านนอกของผนังทางทิศตะวันตก
- อุณหภูมิผิวด้านนอกของผนังทางทิศตะวันออก
- อุณหภูมิอากาศภายนอก
- อุณหภูมิอากาศภายในเรือน
- อุณหภูมิผิวด้านนอกของผนังทางทิศเหนือ
- อุณหภูมิผิวด้านนอกของผนังทางทิศใต้

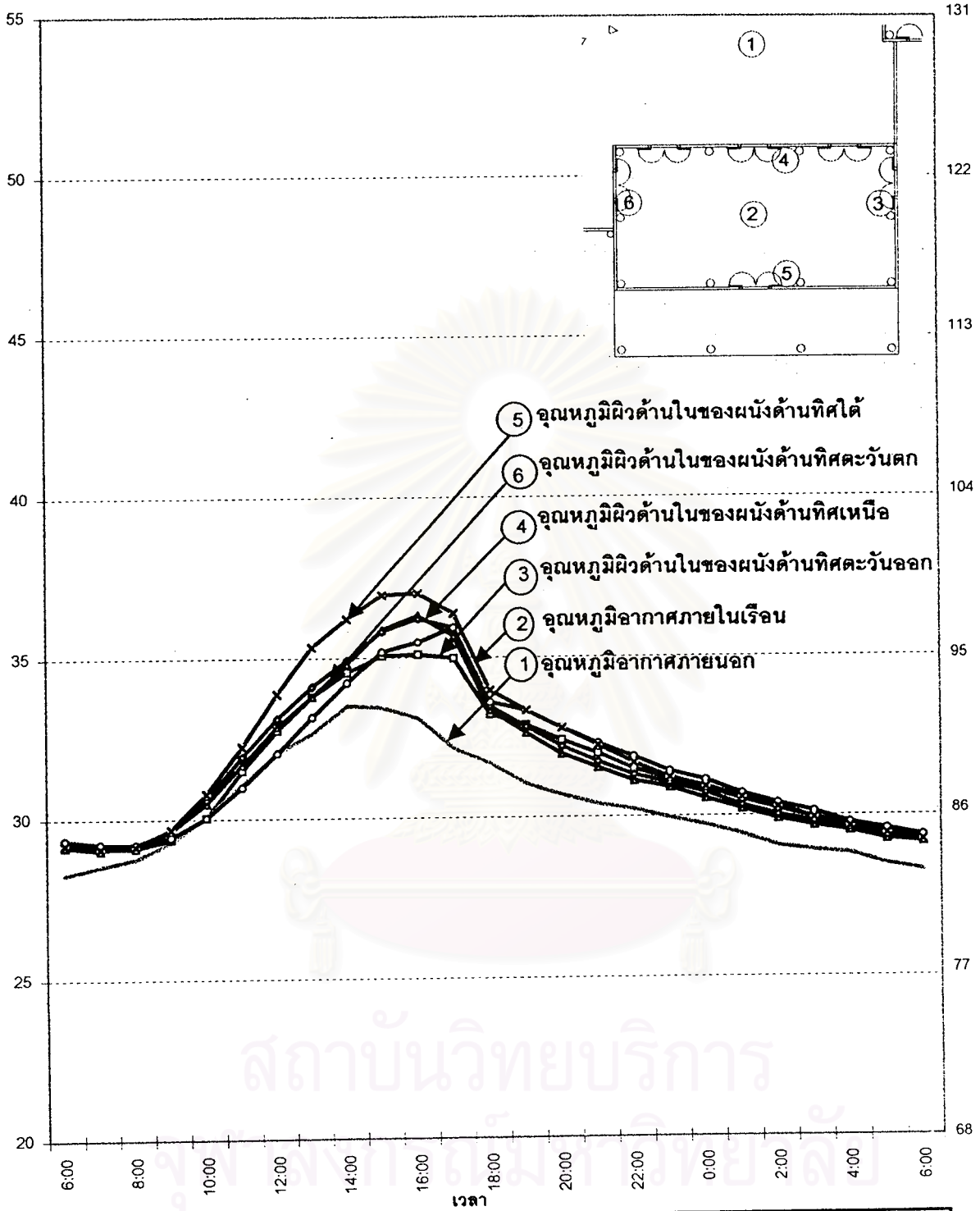
แผนภูมิที่ 5-3 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในเรือนไทยที่ปิดหน้าต่าง

และอุณหภูมิผิวด้านนอกของผนังเรือนไทย

เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 2 เมษายน 2544 เวลา 6:00 น. ถึงวันที่ 3 เมษายน 2544 เวลา 6:00 น.

อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)

อุณหภูมิ(องศาฟาเรนไฮต์)

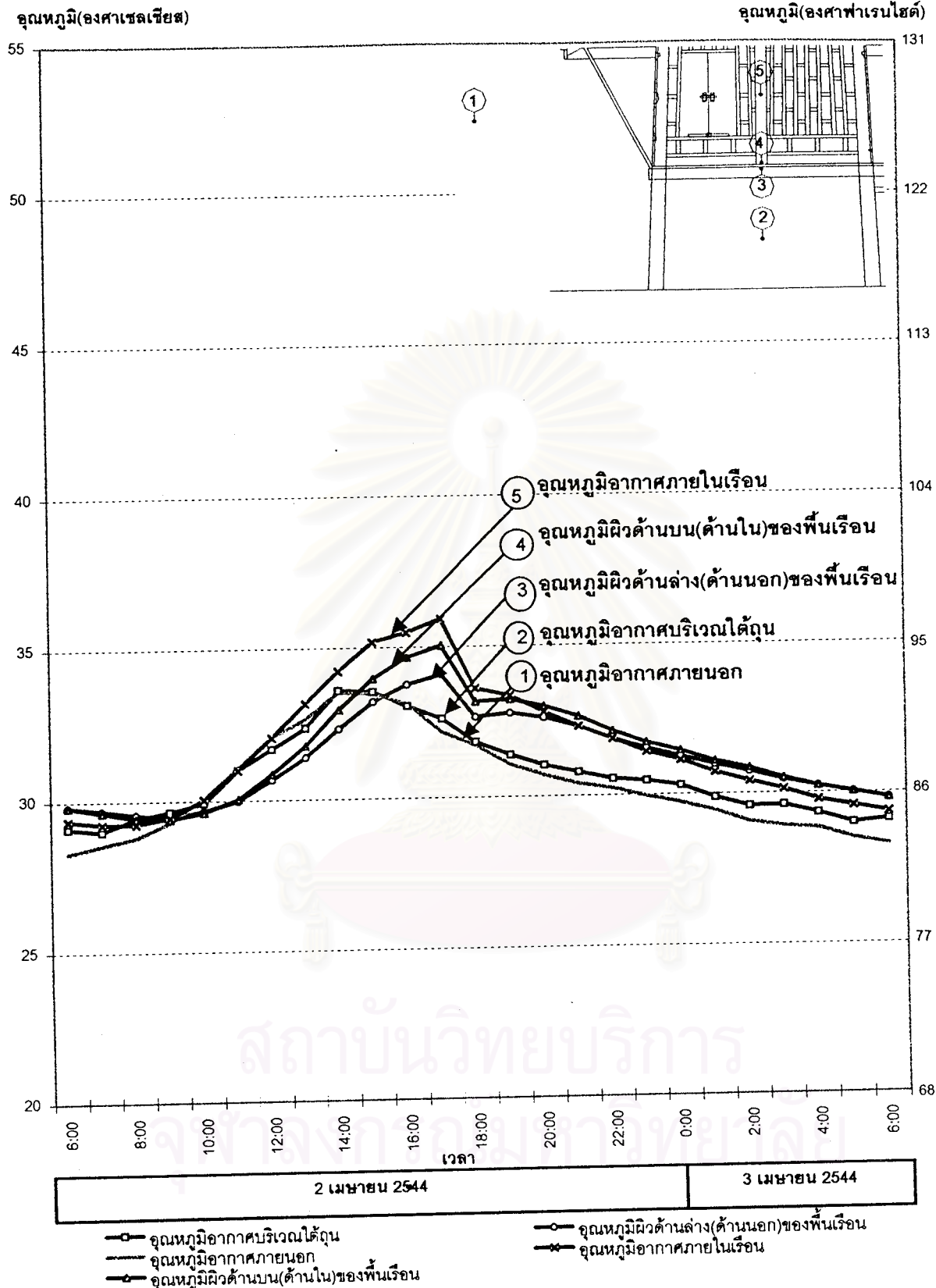


- อุณหภูมิผิวด้านในของผนังทางทิศตะวันออก
- อุณหภูมิอากาศภายนอก
- อุณหภูมิอากาศภายในเรือน
- อุณหภูมิผิวด้านในของผนังทางทิศตะวันตก
- อุณหภูมิผิวด้านในของผนังทางทิศเหนือ
- × อุณหภูมิผิวด้านในของผนังทางทิศใต้

แผนภูมิที่ 5-4 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในเรือนไทยที่เปิดหน้าต่าง และอุณหภูมิผิวด้านในของผนังเรือนไทย

เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 2 เมษายน 2544 เวลา 6:00 น. ถึงวันที่ 3 เมษายน 2544 เวลา 6:00 น.





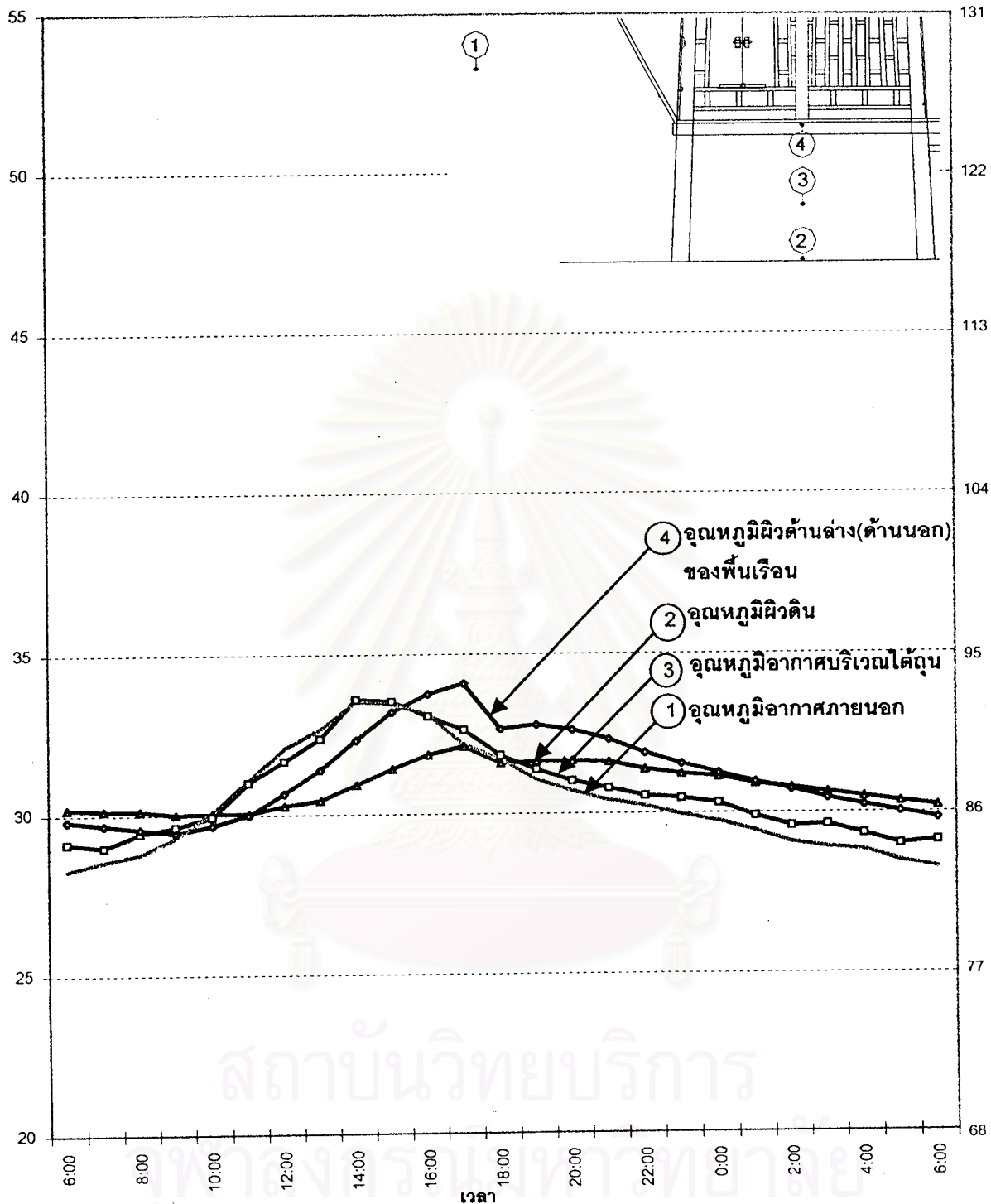
แผนภูมิที่ 5-5 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในเรือนไทยที่เปิดหน้าต่างต่าง

และอุณหภูมิพื้นของเรือนไทย

เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 2 เมษายน 2544 เวลา 6:00 น. ถึงวันที่ 3 เมษายน 2544 เวลา 6:00 น.

อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)

อุณหภูมิ(องศาฟาเรนไฮต์)



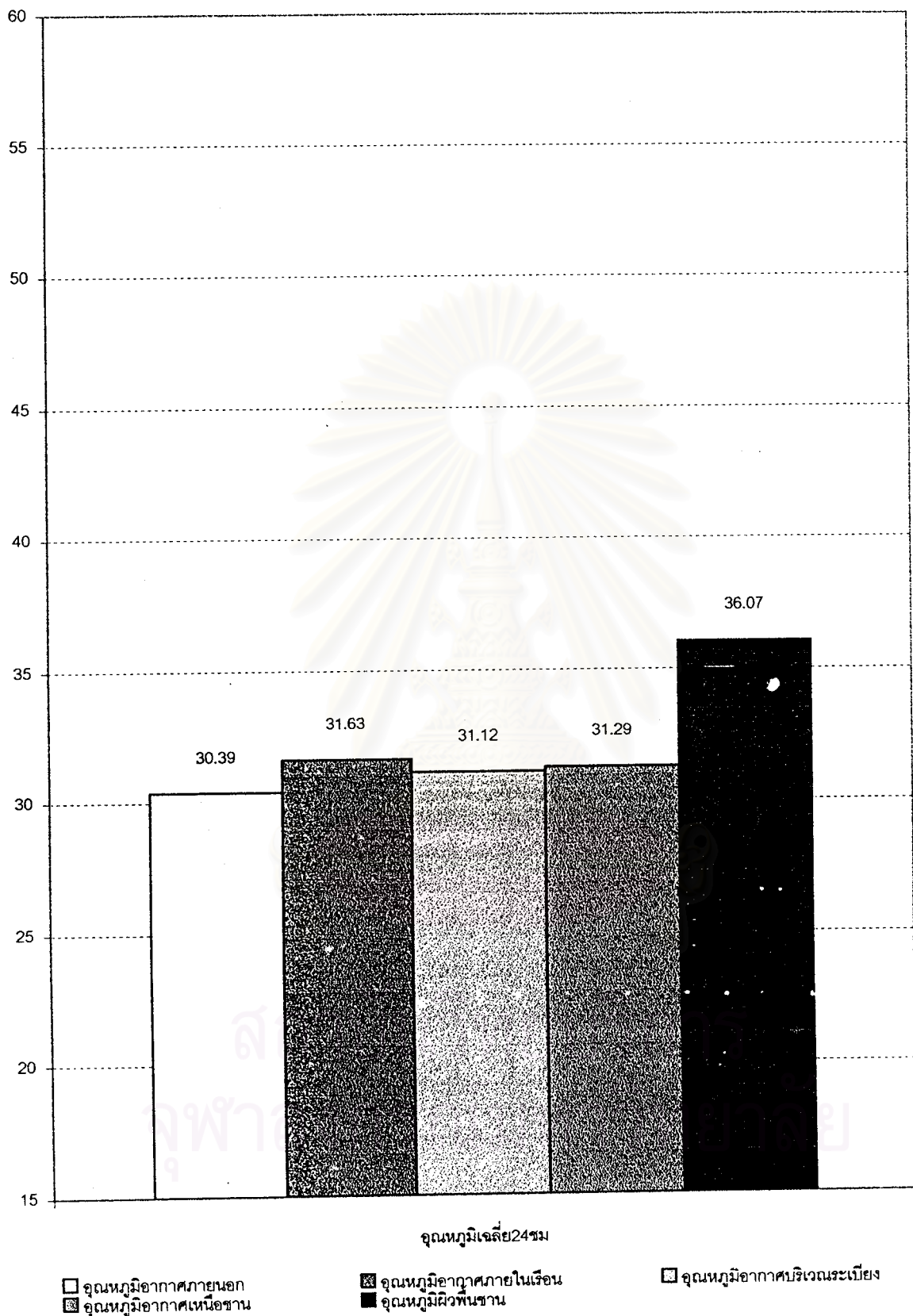
2 เมษายน 2544 3 เมษายน 2544

- อุณหภูมิผิวดิน
- อุณหภูมิอากาศบริเวณใต้ถุน
- อุณหภูมิผิวด้านล่าง(ด้านนอก)ของพื้นเรือน
- อุณหภูมิอากาศภายนอก

แผนภูมิที่ 5-6 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆบริเวณใต้ถุนของเรือนไทยที่ปิดหน้าต่าง เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 2 เมษายน 2544 เวลา 6:00 น. ถึงวันที่ 3 เมษายน 2544 เวลา 6:00 น.



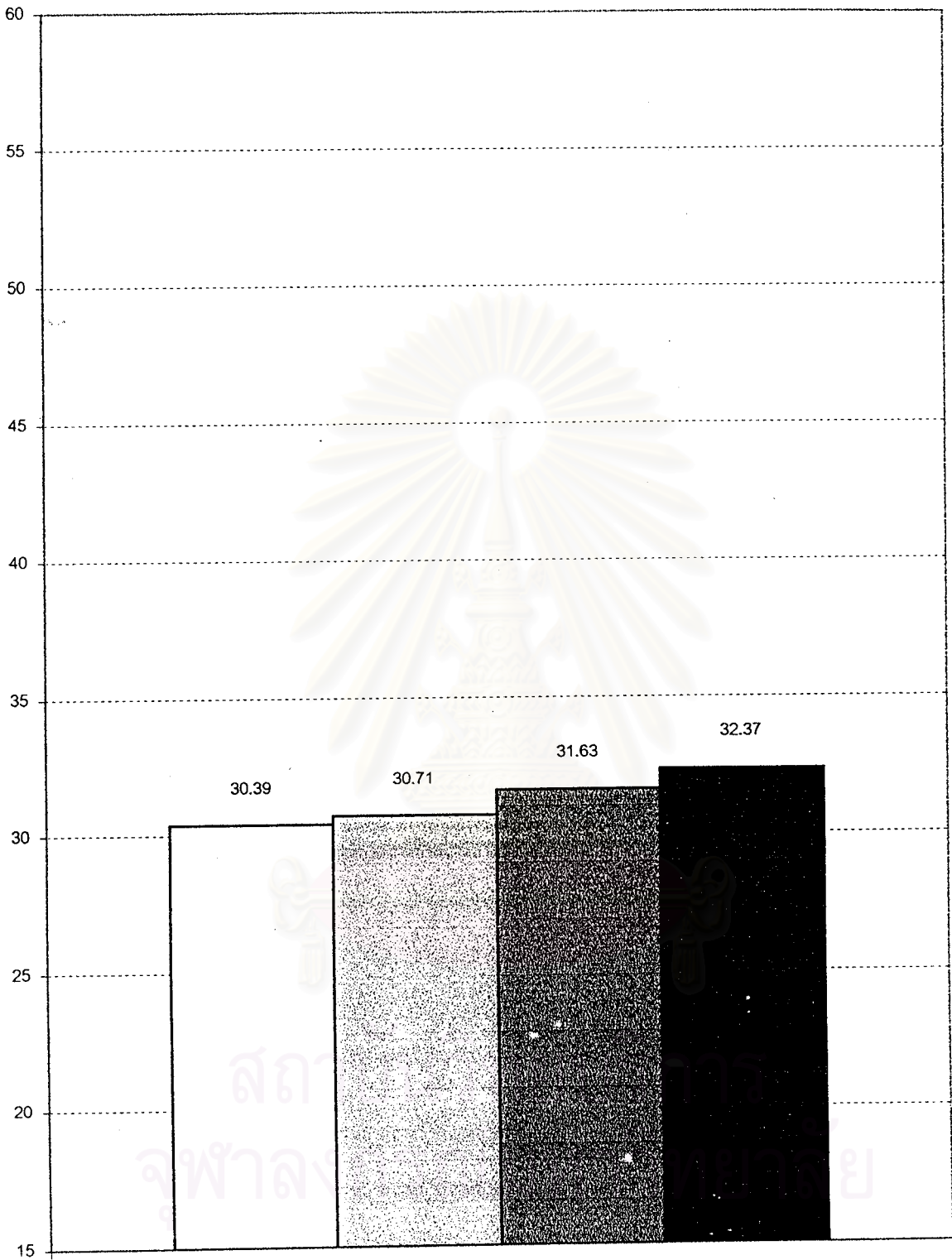
## อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)



แผนภูมิที่ 5-8 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วง 24 ชั่วโมง

ของอุณหภูมิอากาศภายในเรือนไทยที่ปิดหน้าต่างและสภาพแวดล้อมบริเวณเรือนไทย

อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)



อุณหภูมิเฉลี่ย 24 ชม

□ อุณหภูมิอากาศภายนอก

▨ อุณหภูมิอากาศภายในเรือน

▤ อุณหภูมิอากาศบริเวณใต้ถุน

■ อุณหภูมิอากาศภายในเรือนที่ระดับความสูง 4 เมตร

แผนภูมิที่ 5-9 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วง 24 ชั่วโมง

ของอุณหภูมิอากาศภายในเรือนไทยที่ปิดหน้าต่างและอุณหภูมิอากาศ ณ ระดับต่างๆของเรือนไทย



## 5.1 การวิเคราะห์พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารเรือนไทยที่ปิดหน้าต่าง

เมื่อพิจารณาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารเรือนไทยที่ปิดหน้าต่างพบว่า เรือนไทยซึ่งเลือกมาเป็นกรณีศึกษามีอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุด 35.93 องศาเซลเซียส โดยมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุด 2.39 องศาเซลเซียส ความแปรปรวนของอุณหภูมิอากาศภายในเป็น 6.69 องศาเซลเซียส

ในการพิจารณาช่วงเวลาที่อุณหภูมิอากาศภายในต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกพบว่า ไม่มีช่วงเวลาใดเลยที่อุณหภูมิอากาศภายในของเรือนไทยจะต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก โดยมีอุณหภูมิอากาศภายในสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเล็กน้อยตลอดทั้งวัน สำหรับระยะเวลาจากอุณหภูมิผิวภายนอกสูงสุดถึงอุณหภูมิผิวภายในสูงสุดของเปลือกอาคารแทบจะไม่มีกล่าวคือ ช่วงเวลาที่อุณหภูมิผิวภายนอกสูงสุดและอุณหภูมิผิวภายในสูงสุดเกิดขึ้นพร้อมๆกัน

อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยในช่วง 1 วัน เรือนไทยที่เป็นกรณีศึกษามีอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ย 31.63 องศาเซลเซียส สูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก 1.24 องศาเซลเซียส และสูงกว่าอุณหภูมิอากาศบริเวณใต้ถุน 0.92 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยบริเวณระเบียงและอุณหภูมิอากาศเหนือชาน อุณหภูมิอากาศภายในก็สูงกว่า 0.51 องศาเซลเซียสและ 0.34 องศาเซลเซียสตามลำดับ เมื่อพิจารณาพฤติกรรมของอุณหภูมิอากาศภายในและอุณหภูมิผิวด้านในจะพบว่า ในช่วงเวลากลางวันอุณหภูมิอากาศภายในจะต่ำกว่าอุณหภูมิผิวด้านในของผนัง โดยที่อุณหภูมิผิวด้านในทิศใต้จะมีอุณหภูมิสูงที่สุดเนื่องจากได้รับรังสีสะท้อนจากชานคอนกรีต ในช่วงเวลากลางคืนอุณหภูมิอากาศภายในก็จะสูงกว่าอุณหภูมิผิวด้านใน เพราะเกิดการถ่ายเทความร้อนสู่อากาศภายนอกซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่า

ในช่วงเวลาที่ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ (ตั้งแต่เวลา 06:00 น. ถึง 18:00 น.) พบว่ามีอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ย 32.16 องศาเซลเซียส ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกประมาณ 1 องศาเซลเซียส สูงกว่าอุณหภูมิอากาศใต้ถุน 0.87 องศาเซลเซียส และมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศบริเวณระเบียง 0.1 องศาเซลเซียส แต่ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศเหนือชาน 0.43 องศาเซลเซียส หากพิจารณาข้อมูลข้างต้นพบว่าในช่วงเวลากลางวันการใช้บริเวณใต้ถุนจะมีความเหมาะสม และช่วยให้เกิดความรู้สึกเย็นกว่าบริเวณอื่นอันเนื่องมาจากอุณหภูมิอากาศ



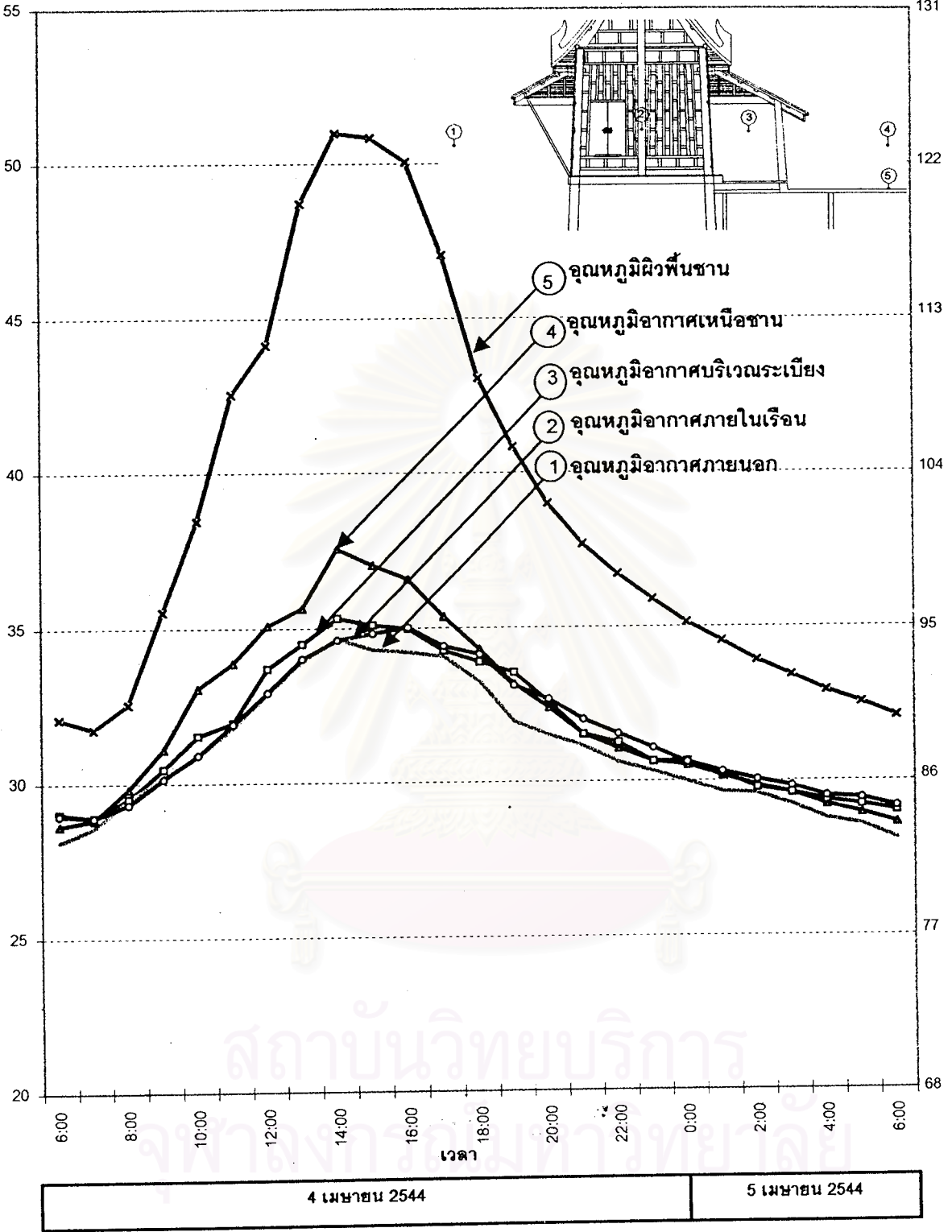
ในช่วงเวลาที่ไม่ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ (ตั้งแต่เวลา 18:00 น. ถึง 06:00 น.) พบว่ามีอุณหภูมิอากาศภายในเรือนเฉลี่ย 31.07 องศาเซลเซียส สูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก 1.48 องศาเซลเซียส สูงกว่าอุณหภูมิอากาศใต้ถุนประมาณ 1 องศาเซลเซียส โดยที่มีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศบริเวณระเบียง 0.97 องศาเซลเซียส และต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศเหนือชาน 1.19 องศาเซลเซียส หากพิจารณาข้อมูลข้างต้นพบว่าในช่วงเวลากลางคืนอุณหภูมิอากาศภายในตัวเรือนจะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศบริเวณอื่นๆเล็กน้อย ขณะที่จะมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศเหนือชาน ซึ่งเป็นผลจากการที่ชานซึ่งมีมวลสารมากเริ่มคายความร้อนออกมาในช่วงเวลากลางคืน



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)

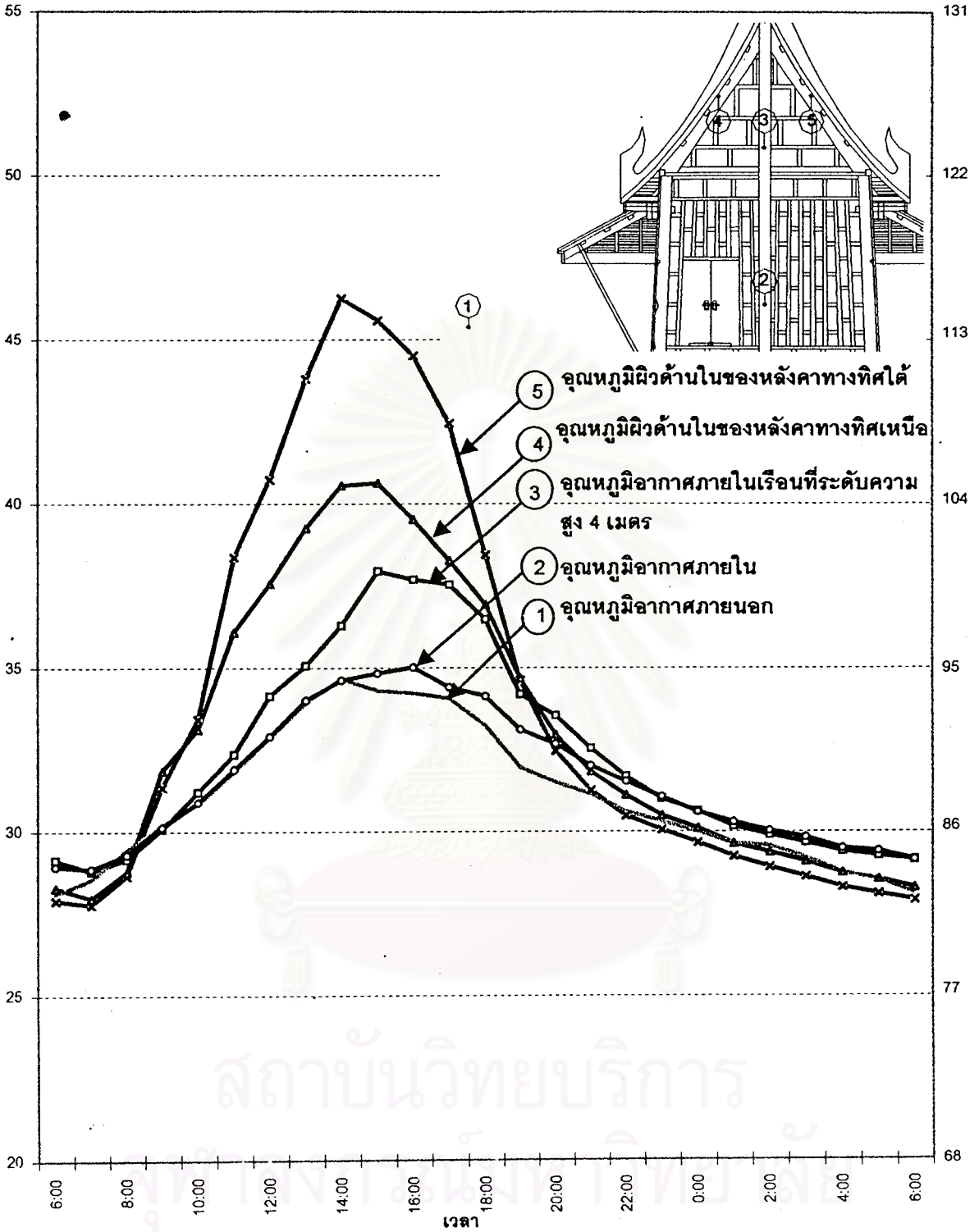
อุณหภูมิ(องศาฟาเรนไฮต์)



แผนภูมิที่ 5-10 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในเรือนไทยที่เปิดหน้าต่างต่าง และอุณหภูมิอากาศของสภาพแวดล้อมบริเวณเรือนไทย เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 4 เมษายน 2544 เวลา 6:00 น. ถึงวันที่ 5 เมษายน 2544 เวลา 6:00 น.

อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)

อุณหภูมิ(องศาฟาเรนไฮต์)



4 เมษายน 2544

5 เมษายน 2544

- x— อุณหภูมิผิวด้านในของหลังคาทางทิศใต้
- อุณหภูมิอากาศภายในเรือนที่ระดับความสูง 4 เมตร
- อุณหภูมิอากาศภายในเรือน
- △— อุณหภูมิผิวด้านในของหลังคาทางทิศเหนือ
- อุณหภูมิอากาศภายนอก

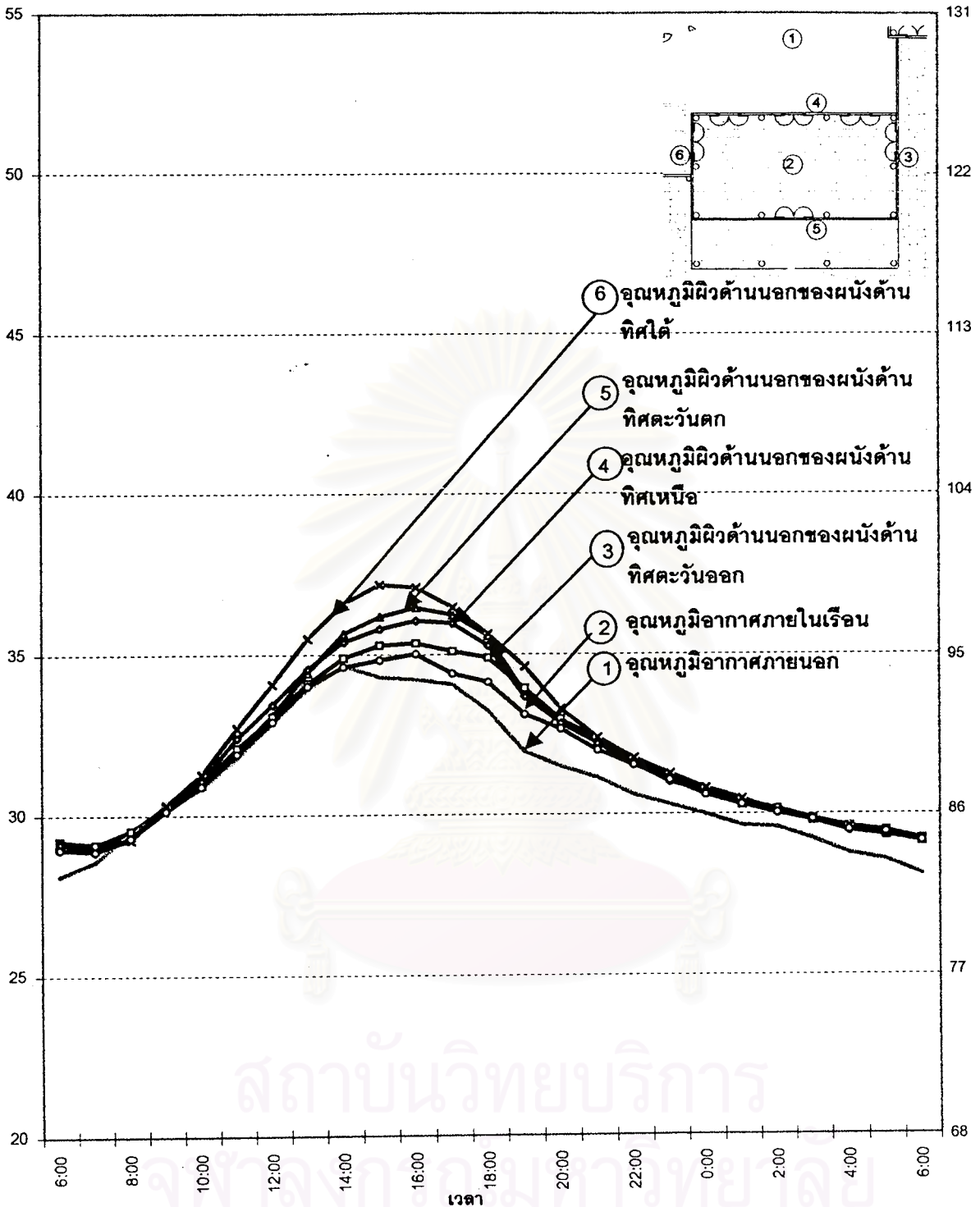
แผนภูมิที่ 5-11 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในเรือนไทยที่เปิดหน้าต่าง

และอุณหภูมิผิวด้านในของหลังคาเรือนไทย

เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 4 เมษายน 2544 เวลา 6:00 น. ถึงวันที่ 5 เมษายน 2544 เวลา 6:00 น.

อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)

อุณหภูมิ(องศาฟาเรนไฮต์)



- อุณหภูมิผนังด้านนอกของผนังทางทิศตะวันตก
- อุณหภูมิอากาศภายนอก
- อุณหภูมิผนังด้านนอกของผนังทางทิศใต้
- อุณหภูมิอากาศภายในเรียน
- อุณหภูมิผนังด้านนอกของผนังทางทิศเหนือ
- อุณหภูมิอากาศภายนอก

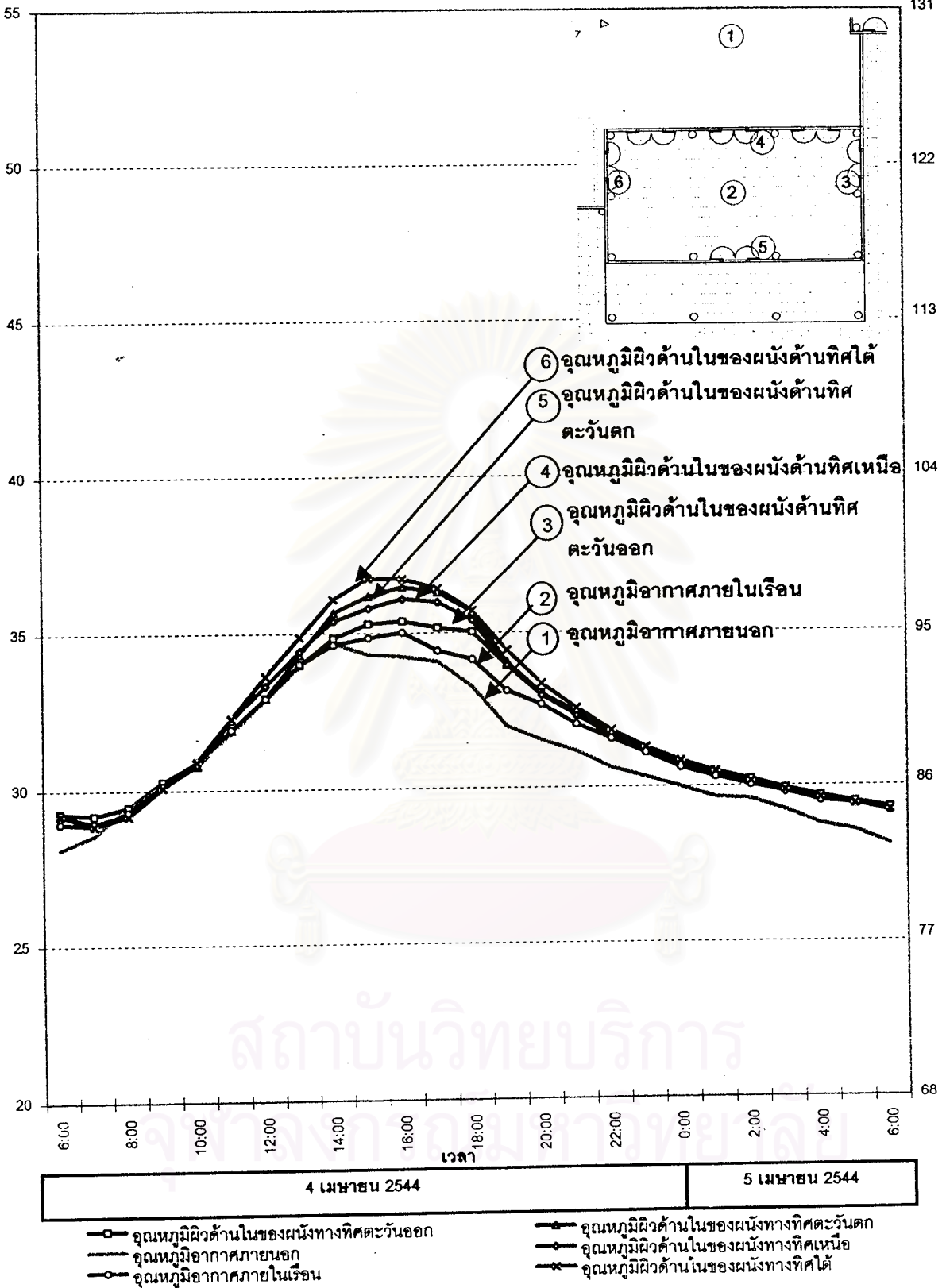
แผนภูมิที่ 5-12 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในเรียนไทยที่เปิดหน้าต่าง

และอุณหภูมิผนังด้านนอกของผนังเรียนไทย

เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 4 เมษายน 2544 เวลา 6:00 น. ถึงวันที่ 5 เมษายน 2544 เวลา 6:00 น.

อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)

อุณหภูมิ(องศาฟาเรนไฮต์)



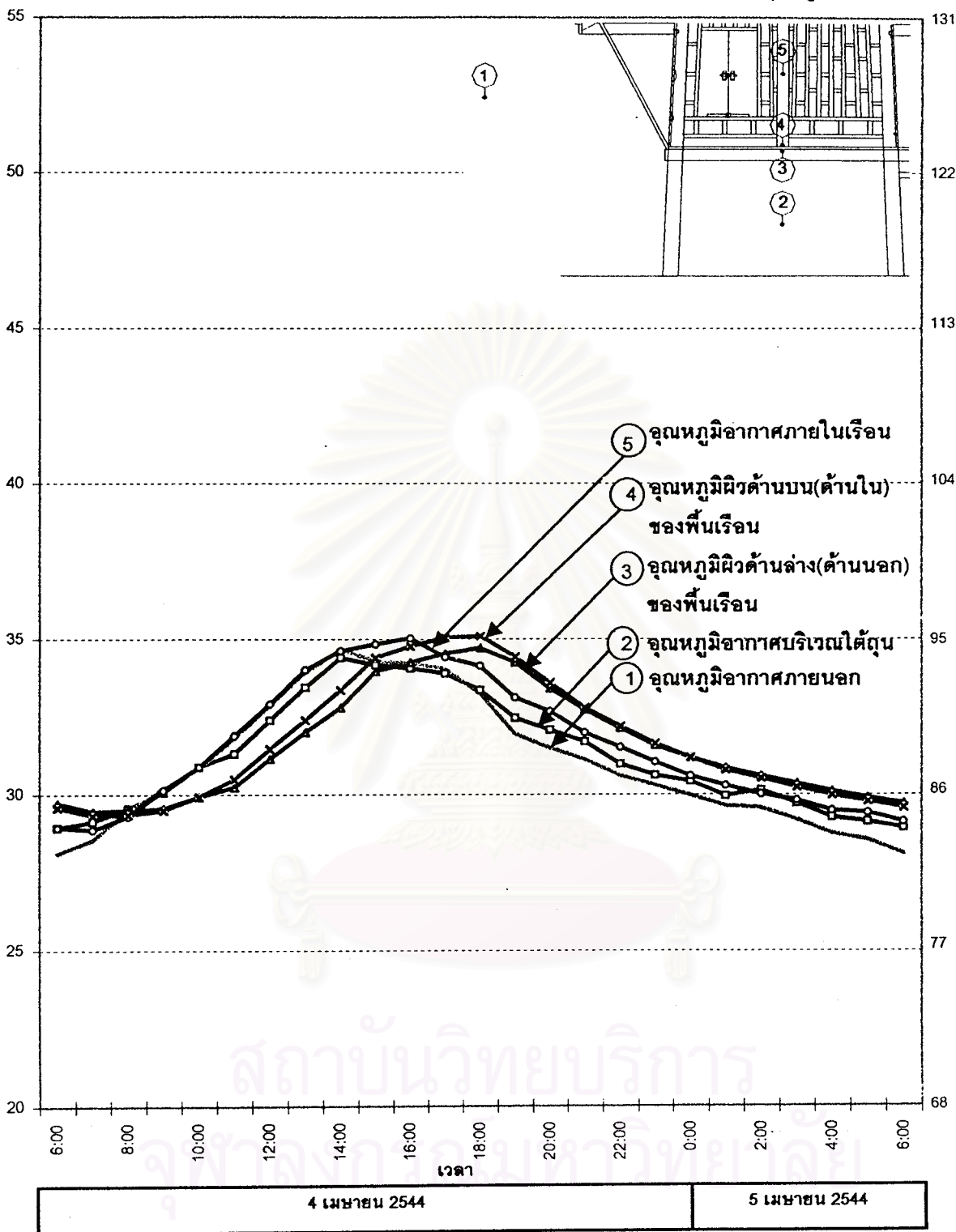
แผนภูมิที่ 5-13 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในเรือนไทยที่เปิดหน้าต่าง

และอุณหภูมิผิวด้านในของผนังเรือนไทย

เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 4 เมษายน 2544 เวลา 6:00 น. ถึงวันที่ 5 เมษายน 2544 เวลา 6:00 น.

อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)

อุณหภูมิ(องศาฟาเรนไฮต์)



- อุณหภูมิอากาศบริเวณใต้ถุน
- อุณหภูมิอากาศภายนอก
- × อุณหภูมิผิวด้านบน(ด้านใน)ของพื้นเรือน
- อุณหภูมิผิวด้านล่าง(ด้านนอก)ของพื้นเรือน
- ◇ อุณหภูมิอากาศภายในเรือน

แผนภูมิที่ 5-14 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในเรือนไทยที่เปิดหน้าต่าง

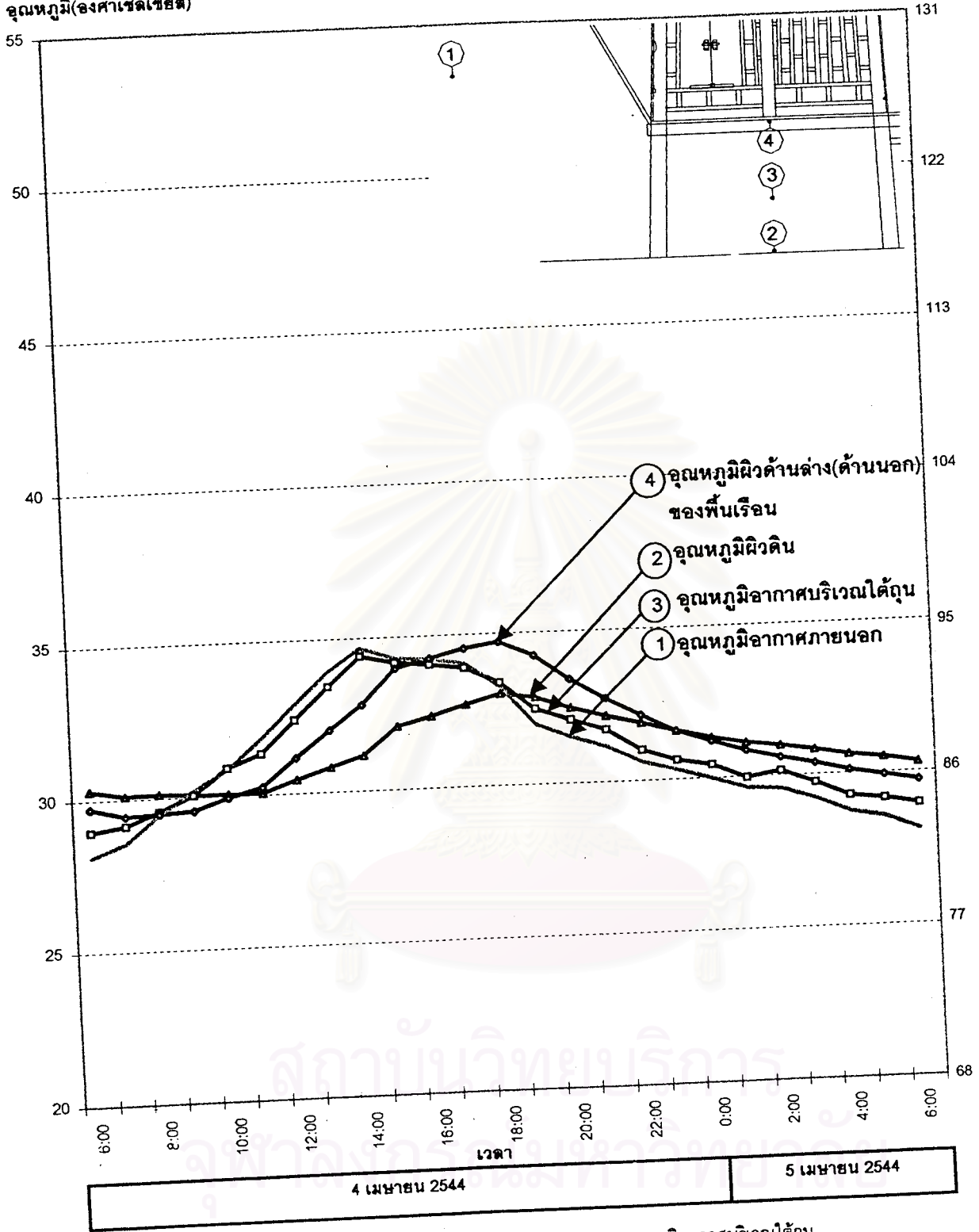
และอุณหภูมิพื้นของเรือนไทย

เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 4 เมษายน 2544 เวลา 6:00 น. ถึงวันที่ 5 เมษายน 2544 เวลา 6:00 น.



อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)

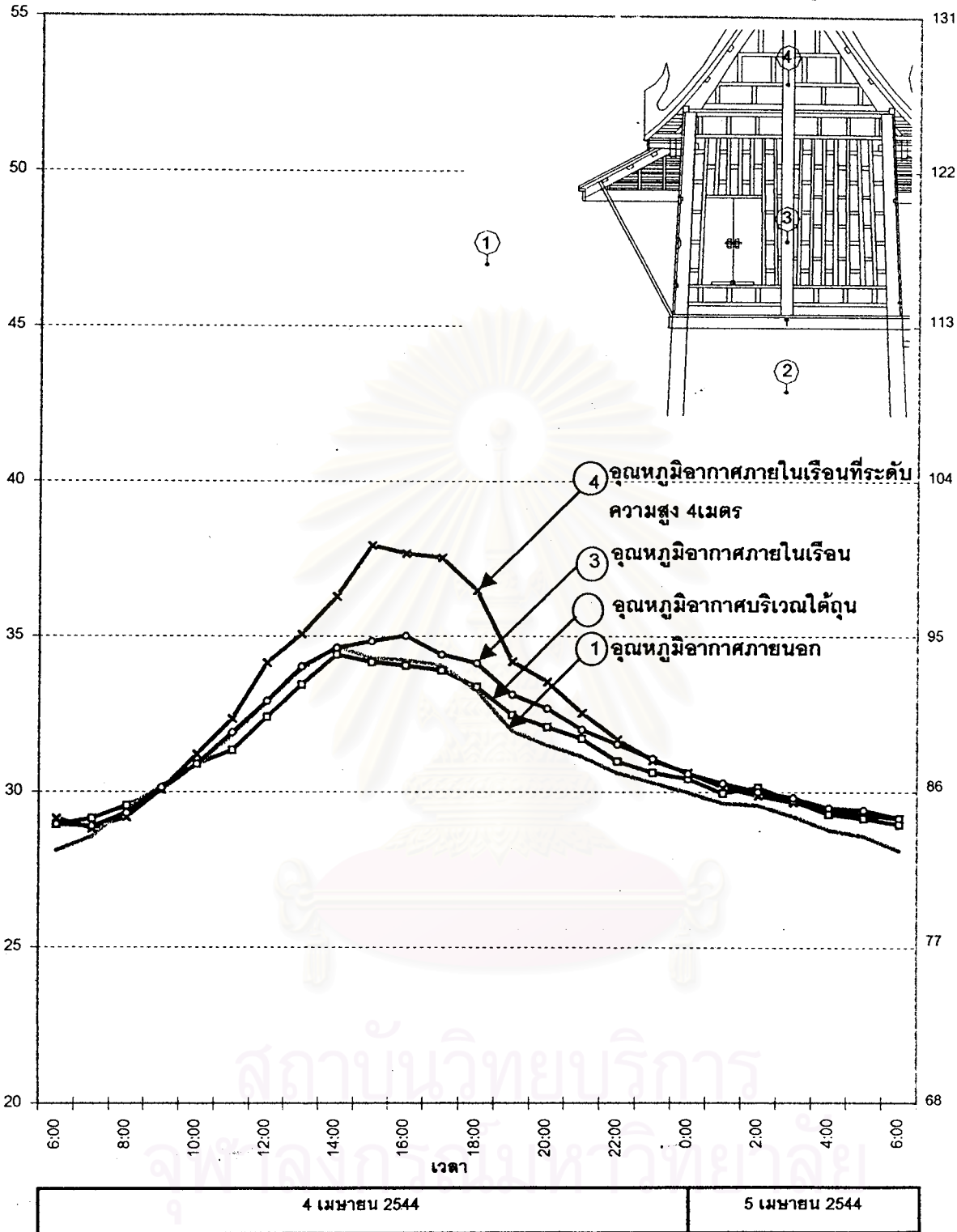
อุณหภูมิ(องศาฟาเรนไฮต์)



แผนภูมิที่ 5-15 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆบริเวณใต้ถุนของเรือนไทยที่เปิดหน้าต่างเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 4 เมษายน 2544 เวลา 6:00 น. ถึงวันที่ 5 เมษายน 2544 เวลา 6:00 น.

อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)

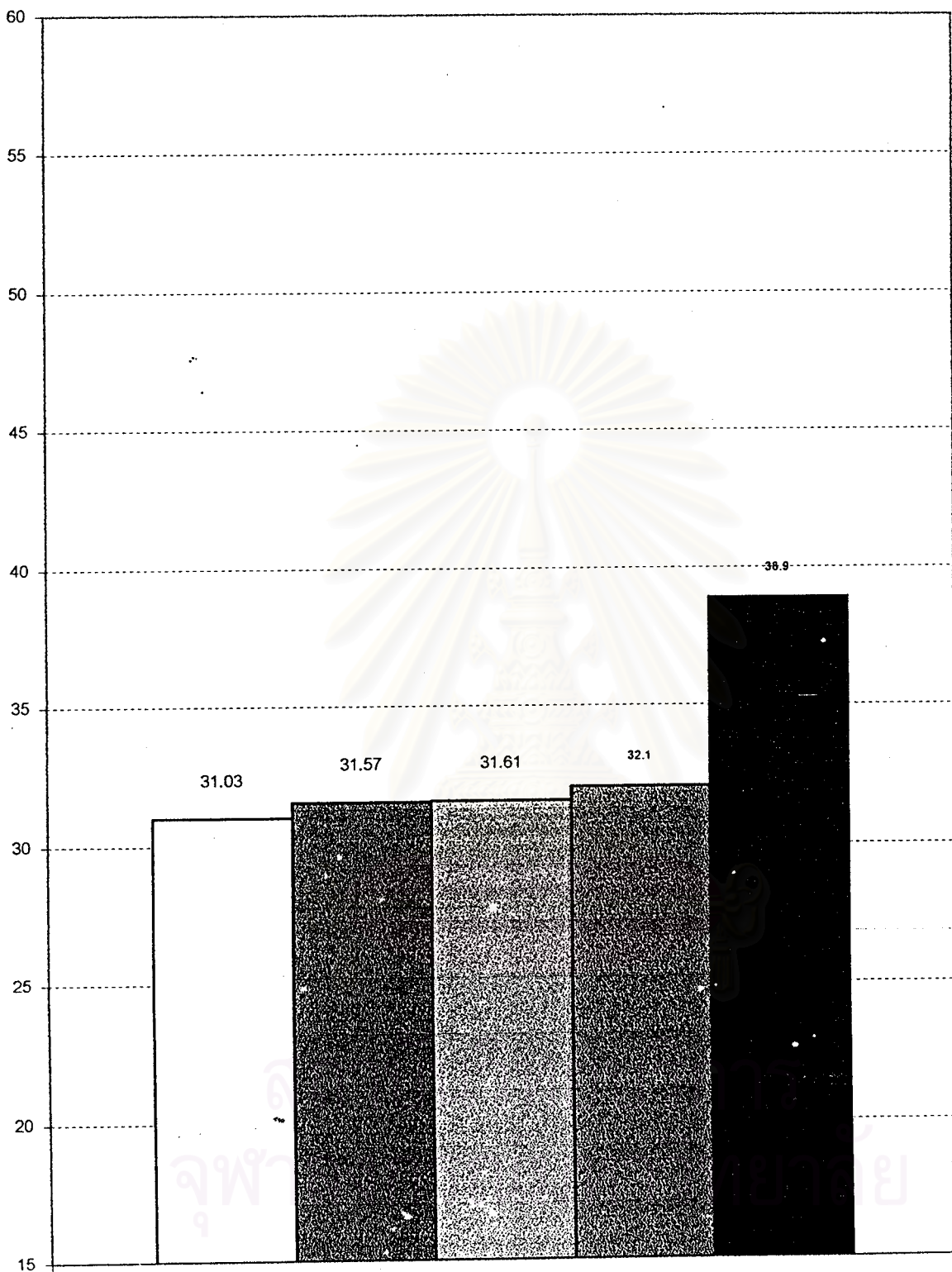
อุณหภูมิ(องศาฟาเรนไฮต์)



- x— อุณหภูมิอากาศภายในเรือนที่ระดับความสูง 4 เมตร
- o— อุณหภูมิอากาศภายในเรือน
- อุณหภูมิอากาศบริเวณใต้ถุน
- อุณหภูมิอากาศภายนอก

แผนภูมิที่ 5-16 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในเรือนไทยที่เปิดหน้าต่างต่าง และอุณหภูมิอากาศที่ระดับต่างๆ  
เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 4 เมษายน 2544 เวลา 6:00 น. ถึงวันที่ 5 เมษายน 2544 เวลา 6:00 น.

อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)

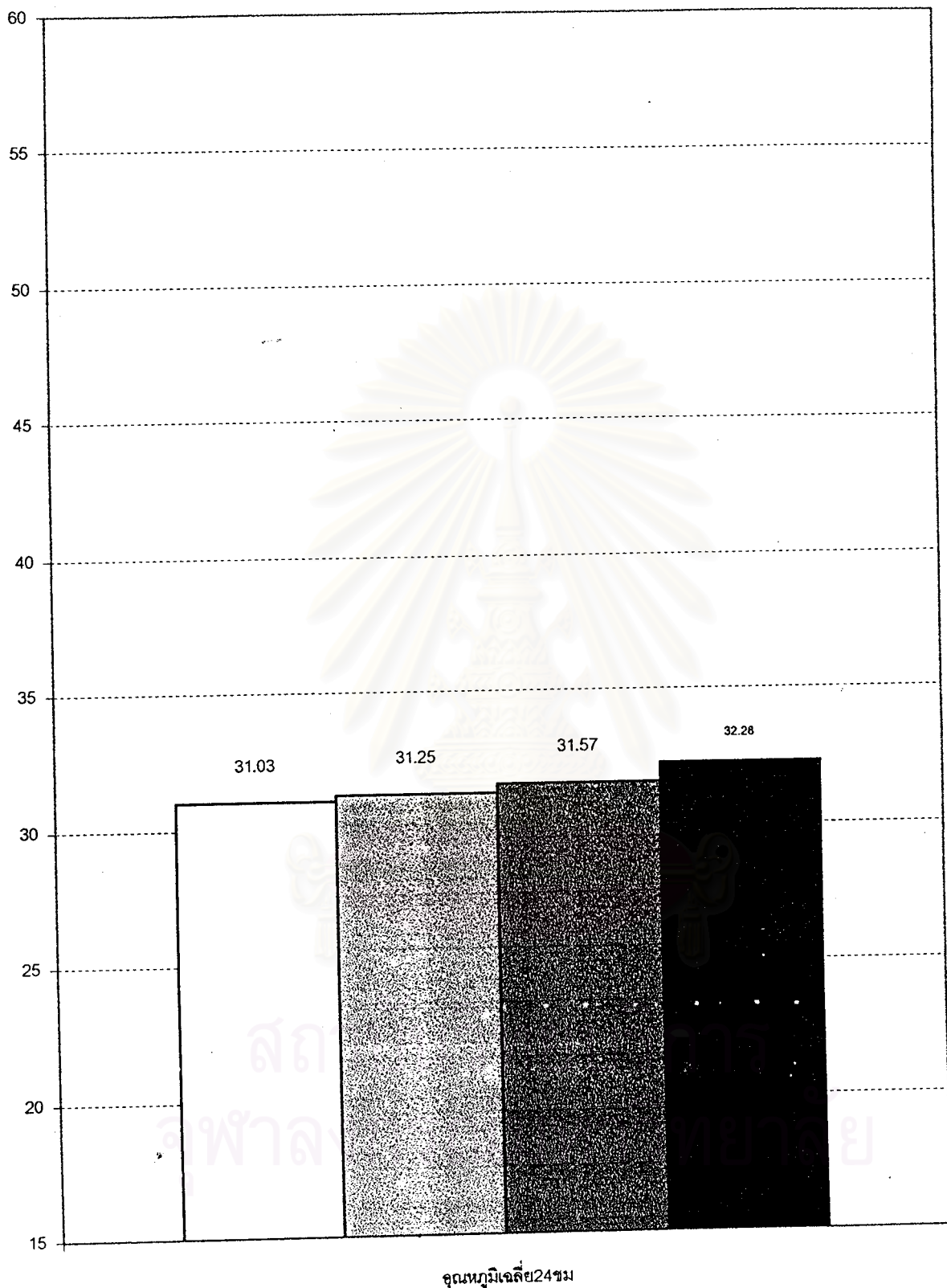


อุณหภูมิเฉลี่ย 24 ชม

- อุณหภูมิอากาศภายนอก
- ▨ อุณหภูมิอากาศภายในเรือน
- ▤ อุณหภูมิอากาศบริเวณระเบียง
- ▩ อุณหภูมิอากาศเหนือชาน
- อุณหภูมิผิวพื้นชาน

แผนภูมิที่ 5-17 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วง 24 ชั่วโมง  
 ของอุณหภูมิอากาศภายในเรือนไทยที่เปิดหน้าต่างและสภาพแวดล้อมบริเวณเรือนไทย

อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)



- อุณหภูมิอากาศภายนอก
- ▨ อุณหภูมิอากาศภายในเรือน
- ▩ อุณหภูมิอากาศบริเวณใต้ถุน
- อุณหภูมิอากาศภายในเรือนที่ระดับความสูง 4 เมตร

แผนภูมิที่ 5-18 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วง 24 ชั่วโมง

ของอุณหภูมิอากาศภายในเรือนไทยที่เปิดหน้าต่างและอุณหภูมิอากาศ ณ ระดับต่างๆของเรือนไทย

## 5.2 การวิเคราะห์พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารเรือนไทยที่เปิดหน้าต่างต่าง

เมื่อพิจารณาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารเรือนไทยที่เปิดหน้าต่างต่างพบว่า เรือนไทยซึ่งเลือกมาเป็นกรณีศึกษามีอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุด 35.02 องศาเซลเซียส โดยมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุด 0.36 องศาเซลเซียส ความแปรปรวนของอุณหภูมิอากาศภายในเรือนเป็น 6.13 องศาเซลเซียส

ในการพิจารณาช่วงเวลาที่มีอุณหภูมิอากาศภายในต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกพบว่า ไม่มีช่วงเวลาใดเลยที่มีอุณหภูมิอากาศภายในของเรือนไทยจะต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก โดยมีอุณหภูมิอากาศภายในสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเล็กน้อยตลอดทั้งวัน สำหรับระยะเวลาจากอุณหภูมิผิวภายนอกสูงสุดถึงอุณหภูมิผิวภายในสูงสุดของเปลือกอาคารแทบจะไม่มีกล่าวคือ ช่วงเวลาที่อุณหภูมิผิวภายนอกสูงสุดและอุณหภูมิผิวภายในสูงสุดเกิดขึ้นพร้อมๆกัน

อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยในช่วง 1 วัน เรือนไทยที่เป็นกรณีศึกษามีอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ย 31.57 องศาเซลเซียส สูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก 0.54 องศาเซลเซียส สูงกว่าอุณหภูมิอากาศบริเวณใต้ถุน 0.32 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยบริเวณระเบียงและอุณหภูมิอากาศเหนือชาน อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยจะต่ำกว่า 0.69 องศาเซลเซียส และ 0.53 องศาเซลเซียสตามลำดับ เมื่อพิจารณาพฤติกรรมของอุณหภูมิอากาศภายในและอุณหภูมิผิวด้านในจะพบว่า อุณหภูมิอากาศภายในจะมีอุณหภูมิอากาศต่ำกว่าอุณหภูมิผิวด้านในของผนังตลอดทั้งวัน โดยที่อุณหภูมิผิวด้านในทิศใต้จะมีอุณหภูมิสูงที่สุดเนื่องจากได้รับรังสีสะท้อนจากชานคอนกรีต

ในช่วงเวลาที่ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ (ตั้งแต่เวลา 06:00 น. ถึง 18:00 น.) พบว่ามีอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ย 32.31 องศาเซลเซียส สูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย 0.29 องศาเซลเซียส สูงกว่าอุณหภูมิอากาศใต้ถุน 0.34 องศาเซลเซียส โดยที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศบริเวณระเบียงเฉลี่ย 0.77 องศาเซลเซียส และต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศเหนือชาน 1.30 องศาเซลเซียส หากพิจารณาข้อมูลข้างต้นพบว่าในช่วงเวลากลางวันการใช้บริเวณใต้ถุนจะมีความเหมาะสม และช่วยให้เกิดความรู้สึกเย็นกว่าบริเวณอื่น



ในช่วงเวลาที่ไม่ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ (ตั้งแต่เวลา 18:00 น. ถึง 06:00 น.) พบว่ามีอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ย 30.76 องศาเซลเซียส สูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย 0.81 องศาเซลเซียส สูงกว่าอุณหภูมิอากาศใต้ถุน 0.30 องศาเซลเซียส โดยที่มีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศบริเวณระเบียงเฉลี่ย 0.15 องศาเซลเซียส และสูงกว่าอุณหภูมิอากาศเหนือชาน 0.29 องศาเซลเซียส หากพิจารณาข้อมูลข้างต้นพบว่าในช่วงเวลากลางคืนที่โล่งนอกตัวเรือนจะมีอุณหภูมิอากาศต่ำที่สุดเนื่องจากสามารถแลกเปลี่ยนความร้อนกับท้องฟ้าในช่วงเวลากลางคืน ในขณะที่อุณหภูมิอากาศเหนือชานแม้ว่าจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิภายในตัวเรือน อุณหภูมิใต้ถุนและอุณหภูมิบริเวณระเบียงแต่อุณหภูมิผิวที่สูงของพื้นชานซึ่งเกิดจากปริมาณความร้อนที่สะสมมาตั้งแต่ในช่วงกลางวันก็จะส่งผลให้รู้สึกร้อนอันเป็นผลมาจากการแผ่รังสีของอุณหภูมิพื้นผิวโดยรอบสำหรับบริเวณใต้ถุนแม้ว่าจะมีอุณหภูมิอากาศต่ำกว่าในตัวเรือนแต่ก็จะได้รับอิทธิพลจากการแผ่รังสีความร้อนจากผิวของพื้นเรือนด้านล่างและผิวดิน



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## บทที่ 6

### บทสรุปและข้อเสนอแนะ

#### 6.1 บทสรุป

จากผลการวิจัยทำให้ทราบถึงศักยภาพของเรือนไทยในเชิงพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคาร โดยจะมีตัวแปรหรือปัจจัยต่างๆที่เข้ามาเกี่ยวข้อง สามารถอภิปรายสรุปผลการวิจัยได้ดังต่อไปนี้

##### 1. การวิเคราะห์พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคา

ตัวแปรที่ทำการวิเคราะห์คือวัสดุผนังหลังคาและมุมเอียงของหลังคา

##### การวิเคราะห์ตัวแปรวัสดุผนังหลังคา

ในการวิเคราะห์พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุผนังหลังคาที่แตกต่างกันนั้นเป็นการศึกษาถึงคุณสมบัติทางความร้อน ของวัสดุ ซึ่งวัสดุแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติทางความร้อนที่แตกต่างกัน ในการวิจัยนี้ทำการวิเคราะห์หลังคาหน้าคาและหลังคากระเบื้องดินเผา

เนื่องจากการซ้อนทับกันหลายชั้นของหน้าคาทำให้เกิดอากาศนิ่งอยู่ภายใน ซึ่งอากาศนิ่งที่แทรกอยู่ในเนื้อวัสดุจะมีคุณสมบัติความเป็นฉนวน ลักษณะความเป็นฉนวนของหลังคาหน้าคาจะมีมากกว่าหลังคากระเบื้องดินเผา และลักษณะความเป็นฉนวนของวัสดุนี้จะช่วยลดปริมาณความร้อนจากภายนอกที่จะถ่ายเทเข้าสู่ภายใน ในช่วงเวลากลางคืน เมื่ออุณหภูมิอากาศภายนอกลดต่ำลง ก็จะมีการถ่ายเทความร้อนจากภายในออกสู่อากาศภายนอกซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่าผ่านหลังคา โดยที่หลังคากระเบื้องดินเผาจะมีอุณหภูมิเย็นลงได้เร็วกว่าหลังคาหน้าคาเนื่องจากว่าคุณสมบัติความเป็นฉนวนของหน้าคาจะสกัดกั้นไม่ให้ความร้อนจากภายในถ่ายเทสู่ภายนอกได้โดยง่าย

จากผลการวิจัยพบว่าในช่วงเวลาที่อุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดของกล่องทดลองหลังคาหน้าคาจะต่ำกว่าอุณหภูมิหลังคากระเบื้องดินเผาถึง 5.37 องศาเซลเซียส อุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดของหลังคาหน้าคานี้เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุดพบว่าต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเล็กน้อยคือ 0.31 องศาเซลเซียส ในขณะที่อุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดของกล่องทดลองหลังคากระเบื้องดินเผาจะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุดถึงประมาณ 5

องศาเซลเซียส อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยในช่วง 1 วันของกล่องทดลองหลังคาทั้ง 2 ชนิดมีค่าใกล้เคียงกัน โดยที่อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยของกล่องทดลองหลังคาหน้าคาจะต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยของกล่องทดลองหลังคากระเบื้องดินเผา 1.42 องศาเซลเซียส ความแปรปรวนของอุณหภูมิอากาศภายในของกล่องทดลองหลังคาหน้าคาจะน้อยกว่าความแปรปรวนของอุณหภูมิของกล่องทดลองหลังคากระเบื้องดินเผา

สรุปได้ว่าเมื่อเปรียบเทียบวัสดุผนังหลังคาที่นำมาวิเคราะห์ทั้งสองชนิด หลังคาหน้าคาจะมีความสามารถในการลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารได้ดีกว่าหลังคากระเบื้องดินเผา

### การวิเคราะห์ตัวแปรมุมเอียงของหลังคา

ในการวิเคราะห์พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคาที่มีมุมเอียงที่แตกต่างกันนั้น เป็นการศึกษาถึงเรื่องของมุมเอียงกับการรับรังสีดวงอาทิตย์ โดยหลังคาที่มีมุมเอียงที่ต่างกันจะได้รับปริมาณของรังสีดวงอาทิตย์ที่ต่างกัน และในช่วงเวลากลางคืนมุมเอียงที่ต่างกันก็จะมีศักยภาพในการแลกเปลี่ยนความร้อนกับท้องฟ้าที่ต่างกัน

จากสูตร

ในการหาค่ารังสีรวมของดวงอาทิตย์ตกกระทบบนพื้นผิว

$$E_t = E_{DN} \cos \theta + E_d + E_r \quad (\text{ASHRAE}, 1997:29.16)$$

จะเห็นว่ารังสีของดวงอาทิตย์รวมที่ตกกระทบบนพื้นผิวจะประกอบด้วยค่ารังสีตรงจากดวงอาทิตย์ ( $E_{DN}$ ) รังสีกระจาย ( $E_d$ ) รังสีกระจายที่สะท้อนจากสภาพแวดล้อม ( $E_r$ ) และค่ามุมตกกระทบ ( $\cos \theta$ ) โดยที่ในการวิจัยได้ทำการทดลองในสถานที่ และวันเวลาเดียวกัน ค่ารังสีตรงจากดวงอาทิตย์ รังสีกระจายและรังสีกระจายที่สะท้อนจากสภาพแวดล้อมของกล่องทดลองทุกกล่องจะได้รับใกล้เคียงกัน แต่มีค่ามุมตกกระทบ ( $\cos \theta$ ) ที่ต่างกัน โดยค่ามุมตกกระทบจะหาได้จากสูตร

$$\cos \theta = \cos \beta \cos \gamma \sin \Sigma + \sin \beta \cos \Sigma \quad (\text{ASHRAE}, 1997:29.16)$$

การวิจัยได้ทำการทดลองในสถานที่ และวันเวลาเดียวกัน กล่องทดลองทุกกล่องหันไปในทิศทางเดียวกันทำให้ค่า  $\beta$  (solar altitude) และ ค่า  $\gamma$  (solar azimuth – surface azimuth) เท่ากัน

โดยแต่ละกล่องจะมีค่า  $\Sigma$  (tilt angle) หรือมุมเอียงของพื้นผิวจากแนวระดับแตกต่างกันซึ่งจะส่งผลให้ค่า  $\cos\theta$  แตกต่างกัน และส่งผลให้ค่ารังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นผิวของหลังคาที่มีมุมเอียงที่ต่างกัน แตกต่างกัน

ในที่นี้ขอแสดงตัวอย่างการหาค่ามุมตกกระทบของกล่องทดลองหลังคามุมเอียง 30 องศา 45 องศา และ 60 องศา ณ เวลา 14:00 น. ซึ่งเป็นเวลาที่อุณหภูมิสูงที่สุดของวัน โดยจะหาค่ามุมตกกระทบของหลังคาที่หันไปทางทิศเหนือและทิศใต้ โดยใช้ค่าจากภาคผนวก ฉ ของวันที่ 21 กุมภาพันธ์แทนวันที่ทำการทดลองคือ 18 กุมภาพันธ์

**พื้นผิวหลังคาที่หันไปทางทิศใต้ของกล่องทดลองหลังคามุมเอียง 30 องศา**

$$\begin{aligned} \cos\theta &= \cos\beta \cos\gamma \sin\Sigma + \sin\beta \cos\Sigma \\ \text{โดยที่} \\ \beta &= 51 \text{ (ค่า solar altitude)} \\ \gamma &= (52-0) \text{ (solar azimuth - surface azimuth โดยในการแทนค่า solar azimuth ถ้าเป็นช่วงเช้าจะแทนด้วยค่าลบ และถ้าเป็นช่วงบ่ายจะแทนด้วยค่าบวก)} \\ \Sigma &= 30 \\ \text{ดังนั้น} \\ \cos\theta &= \cos 51 \cos 52 \sin 30 + \sin 51 \cos 30 \\ \cos\theta &= 0.861 \end{aligned}$$

**พื้นผิวหลังคาที่หันไปทางทิศใต้ของกล่องทดลองหลังคามุมเอียง 45 องศา**

$$\begin{aligned} \cos\theta &= \cos 51 \cos 52 \sin 45 + \sin 51 \cos 45 \\ \cos\theta &= 0.823 \end{aligned}$$

**พื้นผิวหลังคาที่หันไปทางทิศใต้ของกล่องทดลองหลังคามุมเอียง 60 องศา**

$$\begin{aligned} \cos\theta &= \cos 51 \cos 52 \sin 60 + \sin 51 \cos 60 \\ \cos\theta &= 0.721 \end{aligned}$$

พื้นผิวหลังคาที่หันไปทางทิศเหนือของกล่องทดลองหลังคามุมเอียง 30 องศา

$$\cos\theta = \cos\beta \cos\gamma \sin\Sigma + \sin\beta \cos\Sigma$$

โดยที่

$$\beta = 51 \text{ (ค่า solar altitude)}$$

$$\gamma = (52-180) \text{ (solar azimuth – surface azimuth)}$$

$$\Sigma = 30$$

ดังนั้น

$$\cos\theta = \cos 51 \cos(-128) \sin 30 + \sin 51 \cos 30$$

$$\cos\theta = 0.474$$

พื้นผิวหลังคาที่หันไปทางทิศเหนือของกล่องทดลองหลังคามุมเอียง 45 องศา

$$\cos\theta = \cos 51 \cos(-128) \sin 45 + \sin 51 \cos 45$$

$$\cos\theta = 0.277$$

พื้นผิวหลังคาที่หันไปทางทิศเหนือของกล่องทดลองหลังคามุมเอียง 60 องศา

$$\cos\theta = \cos 51 \cos(-128) \sin 60 + \sin 51 \cos 60$$

$$\cos\theta = 0.058$$

จากการคำนวณพบว่าค่ามุมตกกระทบของรังสีดวงอาทิตย์ต่อหลังคาที่หันไปทางทิศเหนือและทิศใต้ของหลังคามุมเอียง 30 องศาจะมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับทั้งสามมุมเอียง ในขณะที่ค่ามุมตกกระทบของหลังคามุมเอียง 60 องศาจะน้อยที่สุด ซึ่งจะส่งผลให้รังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบและอุณหภูมิผิวของหลังคามุมเอียง 30 องศา มากกว่าหลังคามุมเอียง 45 และ 60 องศา

จากการวิจัยพบว่าเมื่อพิจารณาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคาที่มีมุมเอียงแตกต่างกันพบว่า อุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดของกล่องทดลองหลังคามุมเอียง 60 องศาจะต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดของกล่องทดลองหลังคามุมเอียง 45 องศา และ 30 องศา 2.17 องศาเซลเซียส และ 2.63 องศาเซลเซียสตามลำดับ โดยเมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุด อุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดของหลังคามุมเอียง 60 องศาจะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ

ภายนอกสูงสุด 5.06 องศาเซลเซียส ในขณะที่อุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดของกล่องทดลองหลังคามุมเอียง 45 องศาจะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุด 6.96 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดของกล่องทดลองหลังคามุมเอียง 30 องศาจะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุดถึง 7.42 องศาเซลเซียส อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยในช่วง 1 วันของกล่องทดลองหลังคาทั้งสามมีค่าใกล้เคียงกัน โดยที่อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยของกล่องทดลองหลังคามุมเอียง 60 องศาจะต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยของกล่องทดลองหลังคามุมเอียง 45 องศา 0.43 องศาเซลเซียส และต่ำกว่าหลังคามุมเอียง 30 องศา 0.49 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยในช่วง 1 วันของหลังคาทั้งสามจะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย ความแปรปรวนของอุณหภูมิอากาศภายในหรือความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดและต่ำสุดของกล่องทดลองหลังคามุมเอียง 60 องศาจะน้อยกว่าความแปรปรวนของอุณหภูมิของกล่องทดลองหลังคามุมเอียง 45 องศาและหลังคามุมเอียง 30 องศา โดยที่ความแปรปรวนของอากาศภายในกล่องทดลองหลังคามุมเอียง 60 องศาเป็น 18.79 องศาเซลเซียส ขณะที่ความแปรปรวนของอากาศภายในกล่องทดลองหลังคามุมเอียง 45 องศาและหลังคามุมเอียง 30 องศาเป็น 20.99 และ 22.04 องศาเซลเซียสตามลำดับ

ในช่วงเวลาที่ไม่ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ (ตั้งแต่เวลา 18:00 น. ถึง 06:00 น.) พบว่า อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยของกล่องทดลองหลังคามุมเอียง 60 องศาจะมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยของกล่องทดลองหลังคามุมเอียง 45 องศาและหลังคามุมเอียง 30 องศา โดยที่กล่องทดลองหลังคามุมเอียง 30 องศาจะมีอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยต่ำที่สุดเนื่องจากมีมุมในการแลกเปลี่ยนความร้อนโดยการแผ่รังสีคลื่นยาวกับท้องฟ้ามากกว่าหลังคามุมเอียง 45 องศาและหลังคามุมเอียง 60 องศา ซึ่งอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยของกล่องทดลองทั้งสามจะยังคงสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกประมาณ 2.7 องศาเซลเซียสถึง 3 องศาเซลเซียส และหากพิจารณาอุณหภูมิผิวด้านในของหลังคาพบว่าอุณหภูมิผิวด้านในทางด้านทิศใต้ของหลังคามุมเอียง 60 องศาจะมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยของกล่องทดลองหลังคามุมเอียง 45 องศาและหลังคามุมเอียง 30 องศา ในขณะที่อุณหภูมิผิวด้านในทางด้านทิศเหนือจะใกล้เคียงกัน

สรุปได้ว่าเมื่อเปรียบเทียบมุมเอียงทั้งสามที่ทำการทดสอบ หลังคามุมเอียง 60 องศาจะมีความเหมาะสมในเชิงของการลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารในช่วงเวลากลางวัน (ช่วงเวลาที่ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์) ได้ดีกว่าหลังคามุมเอียง 45 องศาและ 30 องศา ขณะที่ในช่วงเวลากลางคืน (ช่วงเวลาที่ไม่มีได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์) หลังคามุมเอียง 30 องศาจะมีศักยภาพในการแลกเปลี่ยนความร้อนกับท้องฟ้าได้ดีกว่าหลังคามุมเอียง 45 องศาและ 60 องศา จึง

ทำให้อุณหภูมิอากาศภายในลดต่ำลงได้มากกว่า ในทางปฏิบัติการลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารในช่วงเวลากลางวันจะเป็นเกณฑ์ที่นำมาพิจารณามากกว่าเนื่องจากอุณหภูมิอากาศในช่วงกลางวันจะมีอุณหภูมิที่ค่อนข้างสูง ในขณะที่อุณหภูมิอากาศในช่วงกลางคืนจะไม่สูงมาก

## 2. การวิเคราะห์พฤติกรรมของการถ่ายเทความร้อนผ่านผนัง

ตัวแปรที่ทำการวิเคราะห์คือทิศทางของการวางผนัง สภาวะการได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง และสภาวะการไหลเวียนอากาศ ตัวแปรต่างๆจะมีความสัมพันธ์กันโดยที่การวางตำแหน่งหรือทิศทางผนังจะมีผลต่อสภาวะอากาศภายในโดยเป็นผลจากปัจจัยทางภูมิอากาศที่ชัดเจนคือ

1. รังสีดวงอาทิตย์ และผลของความร้อนที่เกิดขึ้นบนผนังที่หันไปสู่ทิศทางต่างๆ
2. การไหลเวียนอากาศ ที่เข้ามาเกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ระหว่างทิศทางของที่ตั้งอาคาร

อุณหภูมิผิวภายนอกขึ้นอยู่กับอุณหภูมิอากาศภายนอกและรังสีของดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบ อุณหภูมิอากาศโดยรอบจะเป็นอิสระกับทิศทางของผนัง และผลของความเร็วมักจะทำให้ศักยภาพของการพาความร้อนที่ความแตกต่างในที่มีแตกต่างกัน หากไม่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์ รูปแบบของอุณหภูมิของพื้นผิวผนังในแต่ละทิศทางค่อนข้างจะใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศภายนอก แต่หากได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง การวางทิศทางของผนังจะทำให้รูปแบบของอุณหภูมิของผนังในแต่ละทิศทางจะแตกต่างกัน

จากสูตร

$$\cos\theta = \cos\beta \cos\gamma \sin\Sigma + \sin\beta \cos\Sigma$$

เมื่อผนังเป็นพื้นผิวที่ตั้งฉากกับแนวระดับ ค่า  $\Sigma$  จะเป็น  $90^\circ$  และ

$$\cos\theta = \cos\beta \cos\gamma$$

ในที่นี้ขอแสดงตัวอย่างการหาค่ามุมตกกระทบของกล่องทดลองผนังที่หันไปยังทิศทางต่างๆ ณ เวลา 14:00 น. โดยใช้ค่าจากภาคผนวก ข ของวันที่ 21 มกราคมแทนวันที่ทำการทดลองคือ 24 มกราคม



## ผนังที่หันไปทางทิศตะวันออก

$$\cos\theta = \cos\beta \cos\gamma$$

โดยที่

$$\beta = 45 \text{ (ค่า solar altitude)}$$

$$\gamma = (42 - (-90)) \text{ (solar azimuth – surface azimuth)}$$

ดังนั้น

$$\cos\theta = \cos 45 \cos 132$$

$$\cos\theta = -0.473$$

## ผนังที่หันไปทางทิศเหนือ

$$\cos\theta = \cos\beta \cos\gamma$$

โดยที่

$$\beta = 45 \text{ (ค่า solar altitude)}$$

$$\gamma = (42 - 180) \text{ (solar azimuth – surface azimuth)}$$

ดังนั้น

$$\cos\theta = \cos 45 \cos(-138)$$

$$\cos\theta = -0.525$$

## ผนังที่หันไปทางทิศใต้

$$\cos\theta = \cos\beta \cos\gamma$$

โดยที่

$$\beta = 45 \text{ (ค่า solar altitude)}$$

$$\gamma = (42 - 0) \text{ (solar azimuth – surface azimuth)}$$

ดังนั้น

$$\cos\theta = \cos 45 \cos 42$$

$$\cos\theta = 0.525$$

ผนังที่หันไปทางทิศตะวันตก

$$\cos\theta = \cos\beta \cos\gamma$$

โดยที่

$$\beta = 45 \text{ (ค่า solar altitude)}$$

$$\gamma = (42 - 90) \text{ (solar azimuth - surface azimuth)}$$

ดังนั้น

$$\cos\theta = \cos 45 \cos 48$$

$$\cos\theta = 0.473$$

จากการคำนวณพบว่าค่ามุมตกกระทบของรังสีดวงอาทิตย์ต่อผนังที่หันไปยังทิศทางต่างๆ จะแตกต่างกันและส่งผลให้ผนังที่หันไปในแต่ละทิศทางได้รับรังสีดวงอาทิตย์ไม่เท่ากัน

จากสูตร

ในการหาค่ารังสีรวมของดวงอาทิตย์ตกกระทบบนพื้นผิว

$$E_t = E_{DN} \cos\theta + E_d + E_r$$

จากการคำนวณข้างต้นจะเห็นว่าค่าของมุมตกกระทบของผนังทิศตะวันออกและทิศเหนือ เป็นลบแสดงให้เห็นว่า ในเวลา 14:00น. ผนังทิศตะวันออกและทิศเหนือจะได้รับอิทธิพลรังสี กระจาย ( $E_d$ ) และรังสีกระจายที่สะท้อนจากสภาพแวดล้อม ( $E_r$ ) ขณะที่ผนังทิศใต้และผนังทิศ ตะวันตกซึ่งมีค่าของมุมตกกระทบเป็นบวกจะได้รับอิทธิพลจากรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ ( $E_{DN}$ ) รังสี กระจาย และรังสีกระจายที่สะท้อนจากสภาพแวดล้อม โดยในช่วงเวลาดังกล่าวผนังด้านทิศใต้จะ ได้รับรังสีดวงอาทิตย์มากที่สุด รองลงมาคือ ผนังทิศตะวันตก ผนังทิศตะวันออกและผนังทิศเหนือ ตามลำดับ

ในการอธิบายเปรียบเทียบอิทธิพลของการได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง

จากสูตร

$$\text{sol-air temperature } (t_e) = t_o + \alpha l / h_o - \epsilon \Delta R / h_o \text{ (ASHRAE, 1997:28.5)}$$

สำหรับพื้นผิวในแนวตั้งจะได้รับรังสีคลื่นยาวจากพื้นดิน และจากท้องฟ้าทำให้ยากที่จะหาค่า  $\Delta R$  เมื่อรังสีดวงอาทิตย์มีความเข้มสูง อุณหภูมิที่ผิวภายนอกของวัตถุก็จะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ ด้วยเหตุนี้รังสีคลื่นยาวบางส่วนจะแผ่กลับไปยังท้องฟ้าที่มีค่าการแผ่รังสีต่ำกว่า ซึ่งจะกำหนดให้ค่า  $\Delta R$  เท่ากับ 0 สำหรับผิววัตถุในแนวตั้ง

สีของพื้นผิว ค่า sol-air temperature ได้ถูกกำหนดสำหรับตัวแปร  $\alpha / h_o$  ไว้ 2 ค่า คือ เมื่อ  $\alpha / h_o$  มีค่า 0.15 สำหรับผิวของวัตถุสีอ่อน และค่า  $\alpha / h_o$  มีค่า 0.30 ซึ่งเป็นค่าสูงสุดเมื่อผิวของวัตถุมีสีเข้ม ซึ่งในการวิจัยนี้ผิวของวัสดุจะมีสีที่เหมือนกันคือสีของไม้กำหนดให้ค่า  $\alpha / h_o$  มีค่าประมาณ 0.15 และค่ารังสีดวงอาทิตย์รวมของผนังที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง(โดนแดด) เป็น 250 Btu/ h. ft<sup>2</sup> ค่ารังสีดวงอาทิตย์รวมของผนังที่ไม่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง(ไม่โดนแดด) เป็น 50 Btu/ h. ft<sup>2</sup> อุณหภูมิอากาศ 95°F โดยแทนค่าในสูตรจะพบว่า

ผนังที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง(โดนแดด)

$$\text{sol-air temperature } (t_e) = 95 + (250 \cdot 0.15) - 0$$

$$\text{sol-air temperature } (t_e) = 95 + (250 \cdot 0.15) - 0$$

$$\text{sol-air temperature } (t_e) = 132.5^\circ\text{F}$$

ผนังที่ไม่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง(ไม่โดนแดด)

$$\text{sol-air temperature } (t_e) = 95 + (50 \cdot 0.15) - 0$$

$$\text{sol-air temperature } (t_e) = 95 + (50 \cdot 0.15) - 0$$

$$\text{sol-air temperature } (t_e) = 102.5^\circ\text{F}$$

จากการคำนวณจะเห็นถึงความแตกต่างของอุณหภูมิผิวด้านนอกของผนังทั้งสองสถานะ โดยที่ผนังทั้งที่ ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงจะมีอุณหภูมิผิวที่สูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก

### การวิเคราะห์ผนังภายใต้สภาวะที่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีกรไหลเวียนอากาศ

จากผลการวิจัยพบว่าเมื่อพิจารณาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังที่หันไปทางทิศต่างๆ ภายใต้อุณหภูมิที่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีกรไหลเวียนอากาศพบว่า อุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดของกล่องทดลองผนังทิศเหนือจะต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดของกล่องทดลองผนังทิศอื่นๆและมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุดเพียง 1.74 องศาเซลเซียส โดยที่กล่องทดลองผนังทิศใต้จะมีอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุด สูงกว่ากล่องทดลองผนังทิศอื่นๆ และมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุดถึง 10.33 องศาเซลเซียส อุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดของกล่องทดลองผนังทิศตะวันออกและกล่องทดลองผนังทิศตะวันตกจะมีอุณหภูมิใกล้เคียงกัน โดยที่อุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดของกล่องทดลองผนังด้านทิศตะวันออกมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุด 8.37 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดของกล่องทดลองผนังด้านทิศตะวันตกมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุด 9.30 องศาเซลเซียส อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยในช่วง 1 วันของกล่องทดลองผนังทิศใต้จะมีอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยสูงที่สุดคือ 33.67 องศาเซลเซียส ในขณะที่กล่องทดลองผนังทิศตะวันออกจะมีอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ย 33.60 องศาเซลเซียส และกล่องทดลองผนังทิศตะวันตกมีอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ย 32.63 องศาเซลเซียส โดยที่กล่องทดลองผนังทิศเหนือจะมีอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ 31.18 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยในช่วง 1 วันของกล่องทดลองผนังทั้งสี่ทิศจะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย ความแปรปรวนของอุณหภูมิอากาศภายในหรือความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดและต่ำสุดของกล่องทดลองผนังทิศเหนือจะมีความแปรปรวนน้อยที่สุดคือ 12.56 องศาเซลเซียส ในขณะที่ความแปรปรวนของอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองผนังทิศตะวันออก กล่องทดลองผนังทิศตะวันตกและกล่องทดลองผนังทิศใต้จะใกล้เคียงกัน โดยที่กล่องทดลองผนังทิศใต้จะมีความแปรปรวนของอุณหภูมิอากาศภายในมากที่สุดคือ 21.23 องศาเซลเซียส

สรุปได้ว่าภายใต้อุณหภูมิที่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีกรไหลเวียนอากาศ ผนังที่หันไปทางทิศต่างๆจะมีอุณหภูมิที่แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากตำแหน่ง

ของดวงอาทิตย์ที่เปลี่ยนไปในช่วงวันจะส่งผลต่อผนังในทิศต่างๆในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน และพลังงานของผนังแต่ละทิศที่ได้รับก็จะแตกต่างกัน โดยที่ในช่วงเวลาที่ทำการวิจัยนี้ ผนังทางด้านทิศใต้จะมีอุณหภูมิสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับผนังทิศอื่นๆและมีอุณหภูมิสูงตลอดช่วงกลางวัน ขณะที่ผนังทางด้านทิศเหนือซึ่งไม่ได้รับรังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์จะได้รับผลกระทบจากอุณหภูมิอากาศภายนอกและรังสีกระจายของดวงอาทิตย์ มีอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลอง รวมไปถึงอุณหภูมิผิวต่ำกว่าผนังทิศอื่นๆ ในช่วงเวลากลางคืนซึ่งไม่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์ อุณหภูมิอากาศภายนอกจะลดต่ำลง และคุณสมบัติของผนังที่มีมวลสารน้อย ไม่สะสมความร้อน ทำให้มีการถ่ายเทความร้อนจากภายในสู่ภายนอกและมีการแลกเปลี่ยนความร้อนกับท้องฟ้าโดยการแผ่รังสีคลื่นยาว อุณหภูมิของผนังในแต่ละทิศจะใกล้เคียงกัน

### **การวิเคราะห์ผนังภายใต้สภาวะที่ไม่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีการไหลเวียนอากาศ**

จากผลการวิจัยพบว่าเมื่อพิจารณาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังที่หันไปทางทิศต่างๆ ภายใต้สภาวะที่ไม่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีการไหลเวียนอากาศ พบว่า อุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดของกล่องทดลองผนังในแต่ละทิศใกล้เคียงกันมากโดยแตกต่างกันไม่เกิน 1 องศาเซลเซียส อุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดของกล่องทดลองผนังทิศใต้มีอุณหภูมิสูงที่สุดคือ 35.98 องศาเซลเซียส ในขณะที่อุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดของกล่องทดลองผนังทิศเหนือมีอุณหภูมิต่ำที่สุดคือ 35.33 องศาเซลเซียส สำหรับอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดของกล่องทดลองผนังทิศตะวันออกและตะวันตกเป็น 35.76 องศาเซลเซียส และ 35.81 องศาเซลเซียสตามลำดับ ความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดของกล่องทดลองผนังในแต่ละทิศก็สูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุด ไม่เกิน 1.6 องศาเซลเซียส โดยที่กล่องทดลองผนังทิศเหนือจะมีอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุดคือ 0.94 องศาเซลเซียส ขณะที่กล่องทดลองผนังทิศตะวันออก กล่องทดลองผนังทิศตะวันตกและกล่องทดลองผนังทิศใต้ มีอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุด 1.37 องศาเซลเซียส 1.42 องศาเซลเซียส และ 1.59 องศาเซลเซียส ตามลำดับ อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยในช่วง 1 วันของกล่องทดลองผนังทั้งสี่ทิศใกล้เคียงกันโดยมีความแตกต่างกันไม่ถึง 1 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยของกล่องทดลองผนังทั้งสี่ทิศจะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ยประมาณ 1 องศาเซลเซียส ความแปรปรวนของอุณหภูมิอากาศภายในหรือความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดและต่ำสุดของกล่องทดลองผนังแต่ละทิศก็ใกล้เคียงกันคือประมาณ 9 องศาเซลเซียส

สรุปได้ว่าภายใต้สภาวะที่ไม่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีการไหลเวียนอากาศ ผั่งที่หันไปทางทิศต่างๆจะมีอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกันเนื่องจาก ผั่งแต่ละทิศไม่ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง โดยอุณหภูมิผิวภายนอกของผั่งแต่ละทิศจะได้รับความร้อนจากอุณหภูมิอากาศภายนอกและรังสีกระจายของดวงอาทิตย์รวมไปถึงรังสีสะท้อนจากสภาพแวดล้อม ซึ่งจากลักษณะของสถานที่ทำการทดลองซึ่งเป็นที่โล่ง รังสีกระจายของดวงอาทิตย์และรังสีสะท้อนจากสภาพแวดล้อมในแต่ละทิศจะใกล้เคียงกันส่งผลให้อุณหภูมิที่ผิวของผั่งแต่ละทิศจะใกล้เคียงกันโดยจะมีอุณหภูมิผิวภายนอกสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก และความร้อนจะถ่ายเทผ่านผั่งสู่อากาศภายในกล่องทดลอง ขณะที่ในช่วงเวลากลางคืนซึ่งไม่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์ อุณหภูมิอากาศภายนอกจะลดต่ำลง ทำให้มีการถ่ายเทความร้อนจากภายในสู่ภายนอกและมีการแลกเปลี่ยนความร้อนกับท้องฟ้าโดยการแผ่รังสีคลื่นยาว อุณหภูมิของผั่งในแต่ละทิศจะใกล้เคียงกัน

### การวิเคราะห์ผั่งภายใต้สภาวะที่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมี การไหลเวียนอากาศ

จากการวิจัยพบว่าเมื่อพิจารณาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผั่งที่หันไปทางทิศต่างๆ ภายใต้สภาวะที่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมี การไหลเวียนอากาศพบว่า อุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดของกล่องทดลองผั่งในแต่ละทิศใกล้เคียงกัน โดยอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดของกล่องทดลองผั่งทิศตะวันตกมีอุณหภูมิสูงที่สุดคือ 37.69 องศาเซลเซียส ในขณะที่อุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดของกล่องทดลองผั่งทิศเหนือมีอุณหภูมิต่ำที่สุดคือ 36.33 องศาเซลเซียส สำหรับอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดของกล่องทดลองผั่งทิศตะวันออกและกล่องทดลองผั่งทิศใต้เป็น 37.40 องศาเซลเซียส และ 37.52 องศาเซลเซียสตามลำดับ และความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดของกล่องทดลองผั่งในแต่ละทิศก็สูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุดไม่เกิน 1.7 องศาเซลเซียส โดยที่กล่องทดลองผั่งทิศเหนือจะมีอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุด 0.32 องศาเซลเซียส ขณะที่กล่องทดลองผั่งทิศตะวันออกกล่องทดลองผั่งทิศตะวันตกและกล่องทดลองผั่งทิศใต้ มีอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุด 1.39 องศาเซลเซียส 1.68 องศาเซลเซียส และ 1.51 องศาเซลเซียสตามลำดับ อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยในช่วง 1 วันของกล่องทดลองผั่งทั้งสี่ทิศใกล้เคียงกันโดยมีความแตกต่างกันไม่ถึง 1 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยในช่วง 1 วันของกล่องทดลองผั่งทั้งสี่ทิศจะใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ยมาก โดยที่อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยของกล่องทดลองผั่งทิศตะวันตกสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ยเพียง 0.42 องศา



เซลเซียส อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยของกล่องทดลองผนังทิศตะวันออก และกล่องทดลองผนังทิศใต้ สูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเป็น 0.4 องศาเซลเซียสและ 0.34 องศาเซลเซียสตามลำดับ ในขณะที่อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยของกล่องทดลองผนังทิศเหนือต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย 0.05 องศาเซลเซียส ความแปรปรวนของอุณหภูมิอากาศภายในหรือความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดและต่ำสุดของกล่องทดลองผนังแต่ละทิศก็ใกล้เคียงกันคือประมาณ 11 องศาเซลเซียส

สรุปได้ว่าภายใต้สภาวะที่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการไหลเวียนอากาศ ผนังที่หันไปทางทิศต่างๆจะมีอุณหภูมิอากาศภายในของกล่องทดลองที่ใกล้เคียงกันเนื่องจากมีการไหลเวียนอากาศซึ่งจะทำให้อุณหภูมิอากาศภายในเข้าใกล้อุณหภูมิอากาศภายนอก ขณะที่ผนังแต่ละทิศได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง อุณหภูมิผิวภายนอกของผนังแต่ละทิศจะได้รับความร้อนจากอุณหภูมิอากาศภายนอกและรังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์ซึ่งจะส่งผลให้อุณหภูมิที่ผิวของผนังแต่ละทิศจะแตกต่างกันโดยจะมีอุณหภูมิผิวด้านนอกสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก และความร้อนจะถ่ายเทผ่านผนังสู่อากาศภายในกล่องทดลอง ซึ่งการที่กล่องทดลองมีการไหลเวียนอากาศทำให้อุณหภูมิอากาศภายในของกล่องทดลองผนังแต่ละทิศมีความแตกต่างกันน้อยลงและใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศภายนอกมากขึ้น ในช่วงเวลากลางคืนซึ่งไม่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์ อุณหภูมิอากาศภายนอกจะลดต่ำลง และคุณสมบัติของผนังที่มีมวลสารน้อย ไม่สะสมความร้อนทำให้มีการถ่ายเทความร้อนจากภายในสู่ภายนอกและมีการแลกเปลี่ยนความร้อนกับท้องฟ้าโดยการแผ่รังสีคลื่นยาว อุณหภูมิของผนังในแต่ละทิศจะใกล้เคียงกัน

#### **การวิเคราะห์ผนังภายใต้สภาวะที่ไม่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการไหลเวียนอากาศ**

เมื่อพิจารณาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังที่หันไปทางทิศต่างๆ ภายใต้สภาวะที่ไม่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการไหลเวียนอากาศพบว่า อุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดของกล่องทดลองผนังในแต่ละทิศก็ใกล้เคียงกันมากโดยแตกต่างกันไม่เกิน 0.5 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดของกล่องทดลองผนังทิศใต้มีอุณหภูมิสูงสุดคือ 38.83 องศาเซลเซียส ในขณะที่อุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดของกล่องทดลองผนังทิศเหนือมีอุณหภูมิต่ำที่สุดคือ 38.38 องศาเซลเซียส สำหรับอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดของกล่องทดลองผนังทิศตะวันออกและตะวันตกเป็น 38.45 องศาเซลเซียส และ 38.78 องศาเซลเซียสตามลำดับ และอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดของกล่องทดลองผนังในแต่ละทิศก็ใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุด

มากคือแตกต่างกัน ไม่เกิน 0.7 องศาเซลเซียส โดยที่กล่องทดลองผนังทึบเหนือจะมีอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุด 0.17 องศาเซลเซียส ขณะที่กล่องทดลองผนังทึบตะวันออก กล่องทดลองผนังทึบตะวันตกและกล่องทดลองผนังทึบใต้ มีอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุด 0.24 องศาเซลเซียส 0.57 องศาเซลเซียส และ 0.62 องศาเซลเซียส ตามลำดับ อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยในช่วง 1 วันของกล่องทดลองผนังทึบทั้งสี่ทิศใกล้เคียงกันโดยมีความแตกต่างกันไม่ถึง 0.5 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยในช่วง 1 วันของกล่องทดลองผนังทึบทั้งสี่ทิศจะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย ไม่ถึง 1 องศาเซลเซียส ความแปรปรวนของอุณหภูมิอากาศภายในหรือความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดและต่ำสุดของกล่องทดลองผนังแต่ละทิศก็ใกล้เคียงกันและใกล้เคียงกับความแปรปรวนของอุณหภูมิอากาศภายนอกคือประมาณ 14 องศาเซลเซียส

สรุปได้ว่าภายใต้สภาวะที่ไม่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการไหลเวียนอากาศ ผนังที่หันไปทางทิศต่างๆจะมีอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกันตลอดทั้งวันเนื่องจาก ผนังแต่ละทิศไม่ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง ในขณะที่เดียวกันการที่เป็นสภาวะที่มีการไหลเวียนอากาศก็จะทำให้อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศภายนอกเป็นอย่างมาก

#### **การวิเคราะห์ผนังภายใต้สภาวะการได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและการไหลเวียนอากาศที่แตกต่างกัน**

เมื่อพิจารณาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังภายใต้สภาวะที่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการไหลเวียนอากาศแตกต่างกันพบว่า อุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดของกล่องทดลองผนังที่ไม่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการไหลเวียนอากาศมีอุณหภูมิเป็น 37.48 องศาเซลเซียส โดยจะต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดของกล่องทดลองผนังสภาวะอื่นๆ และมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุดเพียง 1.13 องศาเซลเซียส ขณะที่กล่องทดลองผนังที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีการไหลเวียนอากาศจะมีอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดคือ 45.45 องศาเซลเซียส สูงกว่ากล่องทดลองผนังสภาวะอื่นๆ โดยมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุดถึง 9.10 องศาเซลเซียส ในขณะที่อุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดของกล่องทดลองผนังที่ไม่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีการไหลเวียนอากาศกับกล่องทดลองผนังที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการไหลเวียนอากาศจะมีอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุด 40.65 องศาเซลเซียส และ 38.50 องศาเซลเซียสตามลำดับ โดยที่อุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดของ

กล่องทดลองผนังผนังที่ไม่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการไหลเวียนอากาศมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุด 4.3 องศาเซลเซียส อุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดของกล่องทดลองผนังที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการไหลเวียนอากาศมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุด 2.15 องศาเซลเซียส อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยในช่วง 1 วันของกล่องทดลองผนังที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีการไหลเวียนอากาศจะมีอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยสูงที่สุดสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย 2.75 องศาเซลเซียส ในขณะที่กล่องทดลองผนังที่ไม่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีการไหลเวียนอากาศจะมีอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ย สูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย 2.18 องศาเซลเซียส กล่องทดลองผนังที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการไหลเวียนอากาศมีอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ย สูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย 1.14 องศาเซลเซียส โดยที่กล่องทดลองผนังที่ไม่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการไหลเวียนอากาศจะมีอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยต่ำที่สุดคือสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย 0.91 องศาเซลเซียส ความแปรปรวนของอุณหภูมิอากาศภายในหรือความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดและต่ำสุดของกล่องทดลองผนังที่ไม่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการไหลเวียนอากาศจะมีความแปรปรวนน้อยที่สุดคือ 13.13 องศาเซลเซียส ในขณะที่ความแปรปรวนของอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองผนังที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการไหลเวียนอากาศเป็น 14.50 องศาเซลเซียส กล่องทดลองผนังที่ไม่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีการไหลเวียนอากาศจะมีความแปรปรวนของอุณหภูมิอากาศภายใน 16.24 องศาเซลเซียส โดยที่กล่องทดลองผนังที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีการไหลเวียนอากาศจะมีความแปรปรวนของอุณหภูมิอากาศภายในมากที่สุดคือ 22.25 องศาเซลเซียส

สรุปได้ว่ากล่องทดลองผนังภายใต้สภาวะที่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการไหลเวียนอากาศที่แตกต่างกัน จะส่งผลให้มีอุณหภูมิที่แตกต่างกัน โดยในช่วงเวลากลางวันควรจะมีการป้องกันเพื่อไม่ให้ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงเพื่อลดอุณหภูมิอากาศสูงสุด ขณะที่การไหลเวียนอากาศก็จะทำให้อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองเข้าใกล้กับอุณหภูมิอากาศภายนอก ในช่วงเวลากลางคืนซึ่งไม่ได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์ อุณหภูมิอากาศภายนอกจะลดต่ำลง และคุณสมบัติของผนังที่มีมวลสารน้อย ไม่สะสมความร้อนทำให้มีการถ่ายเทความร้อนจากภายในสู่ภายนอกและมีการแลกเปลี่ยนความร้อนกับท้องฟ้าโดยการแผ่รังสีคลื่นยาว กล่องทดลองผนังที่มีการป้องกันอิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงในช่วงกลางวันด้วยอุปกรณ์บังแดด ก็จะเป็นการลดศักยภาพของการแลกเปลี่ยนความร้อนกับท้องฟ้าในตอนกลางวันเช่นเดียวกัน แต่เกณฑ์ที่จะนำมาพิจารณาในทางปฏิบัติควรจะเป็นการลดอุณหภูมิอากาศ

สูงสุดในช่วงเวลากลางวัน ขณะที่ในช่วงกลางคืนควรจะให้มีการไหลเวียนอากาศเพื่อให้อุณหภูมิอากาศภายในใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศภายนอกซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ไม่สูงมาก

จากผลของการวิเคราะห์พฤติกรรมของผนังภายใต้สภาวะต่างๆสามารถที่จะสรุปได้ว่าทั้งการป้องกันการได้รับอิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและการไหลเวียนอากาศประเด็นที่สำคัญต่อการวางทิศทางผนังในกำหนดพฤติกรรมของอุณหภูมิอากาศภายใน ในอาคารที่มีการไหลเวียนอากาศและมีการป้องกันการได้รับอิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงอย่างมีประสิทธิภาพ อุณหภูมิอากาศภายในจะเป็นอิสระต่อการวางทิศทางผนัง ถ้าหากไม่มีการป้องกันการได้รับอิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงแต่ผนังมีการไหลเวียนอากาศจะมีความแตกต่างเล็กน้อยในอุณหภูมิอากาศกับทิศทางผนัง

### 3. การวิเคราะห์พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านพื้น

จากการวิจัยพบว่าเมื่อพิจารณาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านพื้นซึ่งเป็นเปลือกที่ไม่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและมีการแลกเปลี่ยนความร้อนกับดินพบว่าจะมีพฤติกรรมที่ใกล้เคียงกับการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังที่ไม่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและไม่มีการไหลเวียนอากาศแต่จะมีตัวแปรที่เพิ่มมาคืออุณหภูมิดินซึ่งจะช่วยให้เปลือกอาคารมีอุณหภูมิสูงขึ้นหรือลดลง โดยอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุดเป็น 35.52 องศาเซลเซียส สูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุดเพียง 0.28 องศาเซลเซียส อุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยในช่วง 1 วันของกล่องทดลองพื้นจะมีอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ย 28.26 องศาเซลเซียส สูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย 0.54 องศาเซลเซียส และมีอุณหภูมิผิวด้านในหรือผิวพื้นด้านบนเฉลี่ย 28.39 องศาเซลเซียส ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายใน 0.13 องศาเซลเซียส ความแปรปรวนของอุณหภูมิอากาศภายในเป็น 13.27 องศาเซลเซียส ในขณะที่ความแปรปรวนของอุณหภูมิอากาศภายนอกเป็น 13.46 องศาเซลเซียส ซึ่งค่อนข้างจะใกล้เคียงกัน

สรุปได้ว่าในช่วงเวลากลางวันหรือช่วงที่ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ อุณหภูมิอากาศภายนอกก็จะสูงขึ้นเรื่อยๆจนกระทั่งขึ้นสูงที่สุดในช่วงเวลา 14:00 น.กล่องทดลองพื้นซึ่งไม่ได้รับอิทธิพลรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงแต่จะได้รับผลจากรังสีสะท้อนจากผิวดิน จะมีอุณหภูมิผิวด้านนอกหรืออุณหภูมิผิวด้านล่างค่อยๆสูงขึ้น และความร้อนก็จะถูกถ่ายเทผ่านพื้นเข้าสู่อากาศภายในกล่องทดลอง ในช่วงเวลากลางคืนเมื่ออุณหภูมิอากาศภายนอกเริ่มลดลงความร้อนก็จะถ่ายเทจาก

ภายในสู่ภายนอกก็จะส่งผลให้อุณหภูมิอากาศภายในสูงกว่าอุณหภูมิผิวด้านในและอุณหภูมิผิวด้านนอก

#### 4. การวิเคราะห์พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารของเรือนไทย

ในการวิเคราะห์พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารของเรือนไทยจะเป็นการมองภาพรวมของการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารส่วนต่างๆที่เกิดขึ้นพร้อมกัน โดยจะทำให้ทราบถึงระดับความสัมพันธ์และความสำคัญของตัวแปรภายใต้สภาวะแวดล้อมจริง

จากการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลจากเรือนไทยกรณีศึกษาที่ปิดหน้าต่างพบว่า มีอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุด 35.93 องศาเซลเซียส โดยมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุด 2.39 องศาเซลเซียส เรือนไทยที่เป็นกรณีศึกษามีอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยในช่วง 1 วัน เป็น 31.63 องศาเซลเซียส สูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก 1.24 องศาเซลเซียส ความแปรปรวนของอุณหภูมิอากาศภายในเป็น 6.69 องศาเซลเซียส

ในช่วงเวลาที่ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ (ตั้งแต่เวลา 06:00 น. ถึง 18:00 น.) พบว่ามีอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ย 32.16 องศาเซลเซียส ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย 1.02 องศาเซลเซียส สูงกว่าอุณหภูมิอากาศใต้ถุนเฉลี่ย 0.87 องศาเซลเซียส และมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศบริเวณระเบียงเฉลี่ย 0.1 องศาเซลเซียส โดยจะต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศเหนือชาน 0.43 องศาเซลเซียส หากพิจารณาข้อมูลข้างต้นพบว่าในช่วงเวลากลางวันการใช้บริเวณใต้ถุนจะมีความเหมาะสม และช่วยทำให้เกิดความรู้สึกเย็นกว่าบริเวณอื่น

ในช่วงเวลาที่ไม่ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ (ตั้งแต่เวลา 18:00 น. ถึง 06:00 น.) พบว่ามีอุณหภูมิอากาศภายในเรือนเฉลี่ย 31.07 องศาเซลเซียส ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย 1.48 องศาเซลเซียส สูงกว่าอุณหภูมิอากาศใต้ถุนเฉลี่ย 0.99 องศาเซลเซียส และมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศบริเวณระเบียงเฉลี่ย 0.97 องศาเซลเซียส แต่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศเหนือชานประมาณ 1.19 องศาเซลเซียส หากพิจารณาข้อมูลข้างต้นพบว่าในช่วงเวลากลางคืนอุณหภูมิอากาศภายในตัวเรือนจะสูงกว่าอุณหภูมิอากาศบริเวณอื่นๆเล็กน้อย ขณะที่จะมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศเหนือชาน ซึ่งเป็นผลจากการที่ชานซึ่งมีมวลสารมากเริ่มคายความร้อนออกมาในช่วงเวลากลางคืน



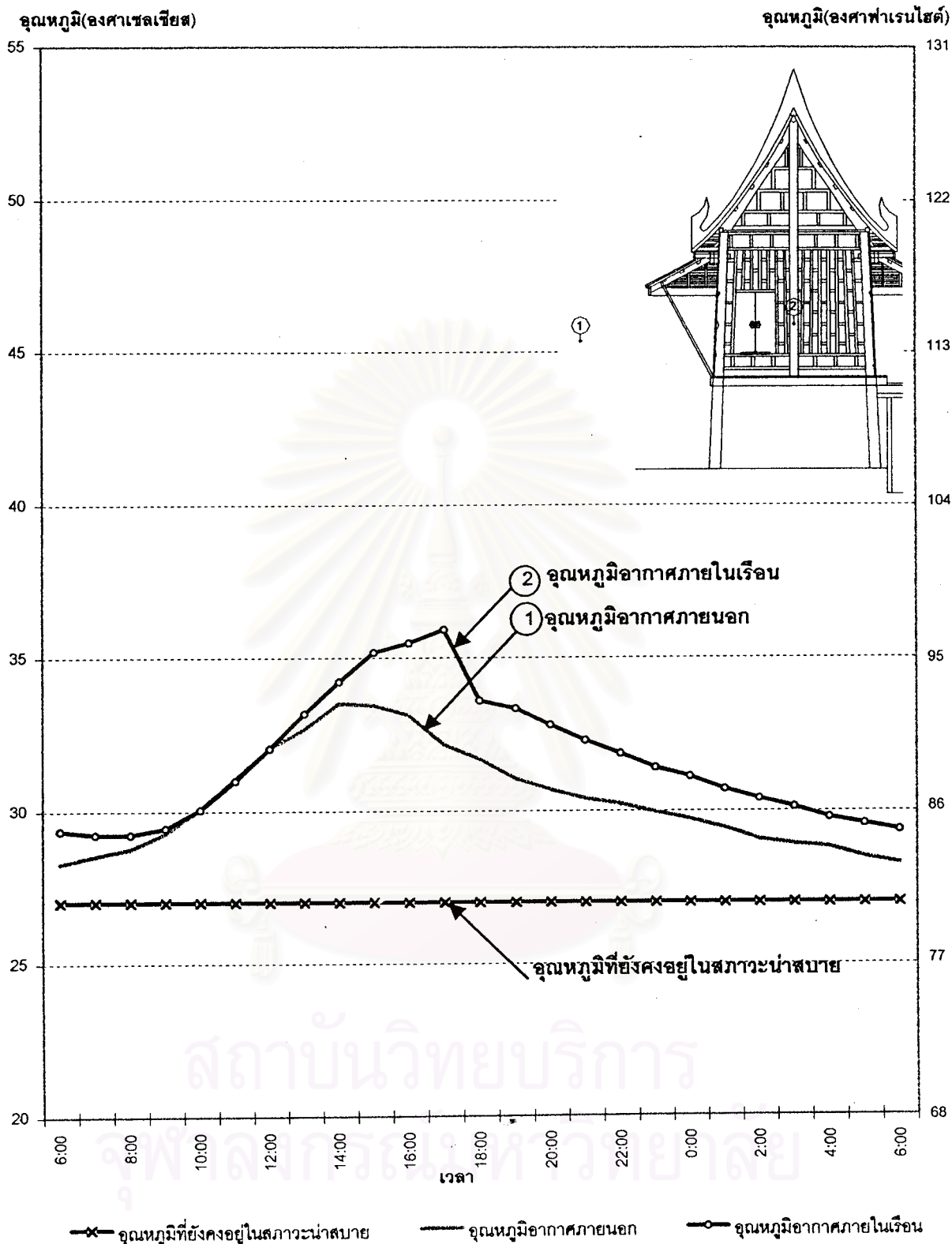
ในเรือนไทยกรณีศึกษาที่เปิดหน้าต่างพบว่า จะมีอุณหภูมิอากาศภายในสูงสุด 35.02 องศาเซลเซียส และมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุด 0.36 องศาเซลเซียส โดยมีอุณหภูมิอากาศภายในเฉลี่ยในช่วง 1 วัน เป็น 31.57 องศาเซลเซียส สูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก 0.54 องศาเซลเซียส ความแปรปรวนของอุณหภูมิอากาศภายในประมาณ 6.13 องศาเซลเซียส

ในช่วงเวลาที่ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ (ตั้งแต่เวลา 06:00 น. ถึง 18:00 น.) พบว่ามีอุณหภูมิอากาศภายในเรือนเฉลี่ย 32.31 องศาเซลเซียส ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย 0.29 องศาเซลเซียส สูงกว่าอุณหภูมิอากาศใต้ถุน 0.34 องศาเซลเซียส โดยที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศบริเวณระเบียง 0.77 องศาเซลเซียส และต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศเหนือชาน 1.30 องศาเซลเซียส หากพิจารณาข้อมูลข้างต้นพบว่าในช่วงเวลากลางวันการใช้บริเวณใต้ถุนจะมีความเหมาะสม และช่วยให้เกิดความรู้สึกเย็นกว่าบริเวณอื่น

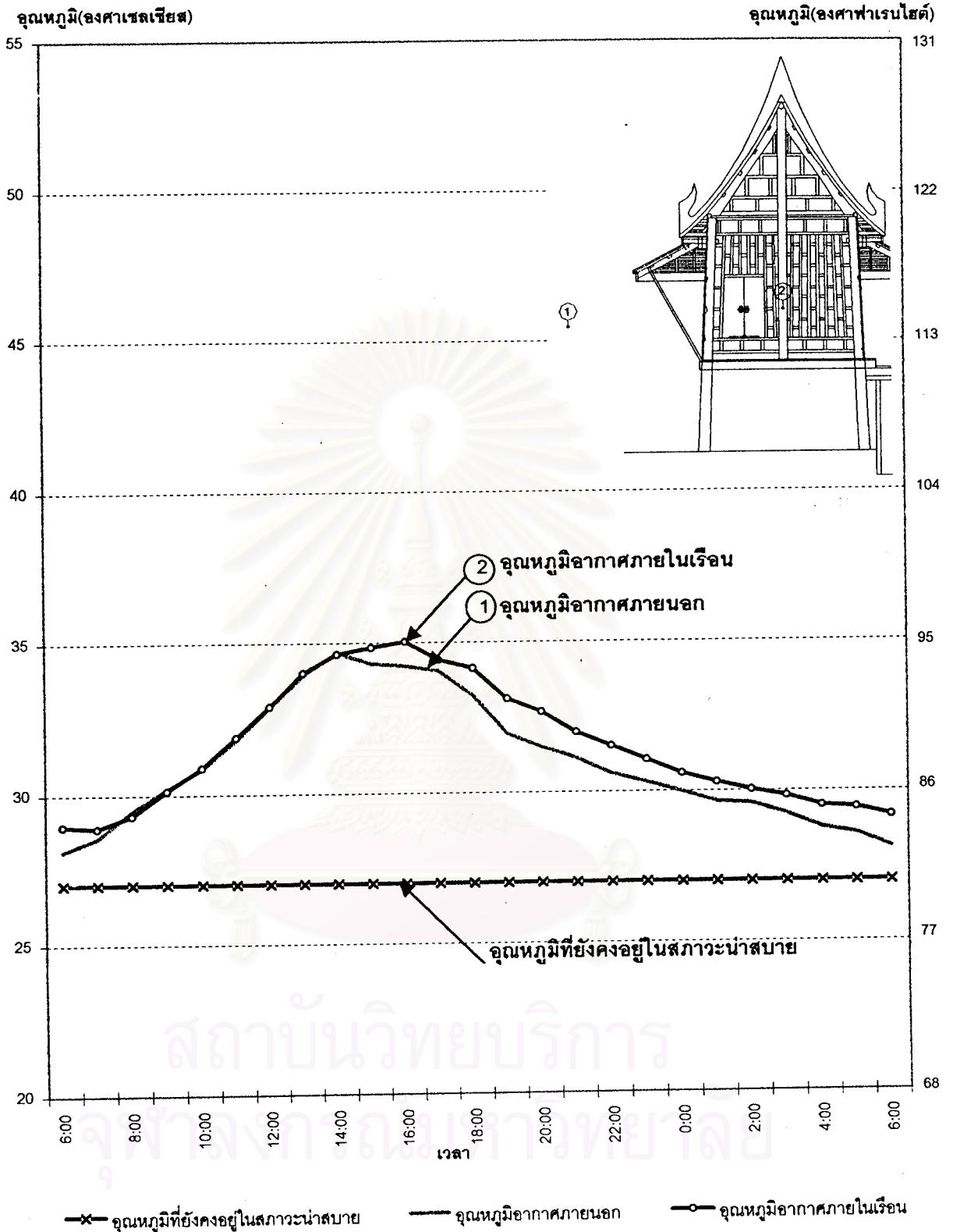
ในช่วงเวลาที่ไม่มีได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ (ตั้งแต่เวลา 18:00 น. ถึง 06:00 น.) พบว่ามีอุณหภูมิอากาศภายในเรือนเฉลี่ย 30.76 องศาเซลเซียส ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ย 0.81 องศาเซลเซียส สูงกว่าอุณหภูมิอากาศใต้ถุน 0.30 องศาเซลเซียส และมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศบริเวณระเบียง 0.15 องศาเซลเซียส ทั้งยังสูงกว่าอุณหภูมิอากาศเหนือชานประมาณ 0.29 องศาเซลเซียส หากพิจารณาข้อมูลข้างต้นพบว่าในช่วงเวลากลางคืนที่โล่งนอกตัวเรือนจะมีอุณหภูมิอากาศต่ำที่สุดเนื่องจากสามารถแลกเปลี่ยนความร้อนกับท้องฟ้าในช่วงเวลากลางคืน ในขณะที่อุณหภูมิอากาศเหนือชานแม้ว่าจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิภายในตัวเรือนและอุณหภูมิอากาศบริเวณระเบียงแต่อุณหภูมิผิวที่สูงของพื้นชานซึ่งเกิดจากปริมาณความร้อนที่สะสมมาตั้งแต่ในช่วงกลางวัน สำหรับบริเวณใต้ถุนแม้ว่าจะมีอุณหภูมิอากาศต่ำกว่าในตัวเรือนแต่ก็จะได้รับอิทธิพลจากการแผ่รังสีความร้อนจากผิวของพื้นเรือนด้านล่างและผิวดิน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





แผนภูมิที่ 6-1 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในเรือนไทยที่เปิดหน้าต่างต่าง  
 กับอุณหภูมิอากาศภายนอกและอุณหภูมิอากาศที่ยังคงอยู่ในสภาวะน่าสบาย  
 เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 2 เมษายน 2544 เวลา 6:00 น. ถึงวันที่ 3 เมษายน 2544 เวลา 6:00 น.



แผนภูมิที่ 6-2 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศภายในเรือนไทยที่เปิดหน้าต่างต่าง  
กับอุณหภูมิอากาศภายนอกและอุณหภูมิอากาศที่ยังคงอยู่ในสภาวะนำสบาย  
เก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 4 เมษายน 2544 เวลา 6:00 น. ถึงวันที่ 5 เมษายน 2544 เวลา 6:00 น.

เรือนไทยกรณีศึกษานี้มีการปรับเปลี่ยนวัสดุโครงสร้างเพื่อความเหมาะสมกับประโยชน์ใช้สอย ในขณะที่เดียวกันก็จะส่งผลกระทบต่อพฤติกรรมของการถ่ายเทความร้อนที่แตกต่างจากเรือนไทยในอดีต ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยจึงสามารถสรุปเฉพาะเรือนไทยกรณีศึกษานี้เท่านั้น โดยสรุปได้ว่า อุณหภูมิอากาศภายในเรือนไทยทั้งที่ปิดหน้าต่างและเปิดหน้าต่างจะมีแปรผันตามสภาพอากาศภายนอก โดยจะมีอุณหภูมิที่สูงกว่าอุณหภูมิอากาศของสภาพแวดล้อมภายนอกองค์ประกอบที่มีผลต่อสภาพอากาศภายนอกประกอบด้วย ลักษณะรูปทรงผืนดิน พืชพรรณ แหล่งน้ำ และสิ่งแวดล้อมที่มนุษย์สร้างขึ้น จากเรือนไทยกรณีศึกษาจะพบว่าบริเวณโดยรอบมีองค์ประกอบที่มีผลต่อสภาพอย่างครบถ้วน ถึงแม้ว่าจะมีแหล่งน้ำขนาดใหญ่และต้นไม้หนาแน่นปานกลางก็มีอิทธิพลน้อยกว่าชานคอนกรีตขนาดใหญ่ที่ติดอยู่กับตัวเรือน ซึ่งชานคอนกรีตนี้จะส่งผลให้ อุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบตัวเรือนสูงขึ้นและส่งผลให้อากาศบริเวณนั้นสูงขึ้นด้วย และผลกระทบอีกประการหนึ่งคือผิวของพื้นชานจะสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบสู่ตัวเรือนทำให้ผนังเรือนร้อนขึ้น ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อความรู้สึกร้อนหนาวของผู้อยู่อาศัย หากพิจารณาตัวแปรอุณหภูมิอากาศที่ยังอยู่ในขอบเขตของสภาวะน่าสบาย โดยกำหนดที่ 27 องศาเซลเซียส (Olgay,1973 อ้างถึงใน สุนทร บุญญาธิการ,2542:34) เรือนไทยกรณีศึกษาทั้งสภาวะที่ปิดหน้าต่างและเปิดหน้าต่างมีอุณหภูมิอากาศภายในสูงกว่าสภาวะน่าสบายตลอดทั้งวัน

## 6.2 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากข้อจำกัดในเรื่องของเวลาและเครื่องมือในการทำวิจัยทำให้นักวิจัยสามารถบรรลุถึงวัตถุประสงค์ได้ในขอบเขตที่กำหนดขึ้นเท่านั้น ในการวิจัยนี้เป็นกรณีวิเคราะห์ถึงพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารของเรือนไทย เพื่อถึงตัวแปรและระดับความสำคัญของตัวแปรที่ส่งผลกระทบต่อพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารรวม ทำให้ศักยภาพและข้อจำกัดของเปลือกอาคารที่เป็นไปตามแบบแผนของเรือนไทยประเพณีภายใต้ตัวแปรและสภาวะต่างๆ โดยการวิเคราะห์จะเน้นที่อุณหภูมิอากาศซึ่งเป็นตัวแปรหนึ่งที่ใช้ในการบ่งชี้ถึงสภาวะน่าสบายเท่านั้น จากงานวิจัยจะพบว่าเรือนไทยกรณีศึกษานี้มีการปรับเปลี่ยนโครงสร้างและวัสดุบางส่วนทำให้ผลพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนอาจจะแตกต่างจากเรือนไทยที่มีการใช้วัสดุแบบดั้งเดิม โดยอุณหภูมิอากาศภายในเรือนไทยนั้นสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกและอยู่สูงกว่าขอบเขตสภาวะน่าสบายตลอดเวลา ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิอากาศภายในเรือนไทยไม่ได้ส่งเสริมให้เกิดสภาวะน่าสบายแก่ผู้อยู่อาศัย สำหรับการวิจัยเพื่อที่จะขยายผลต่อไปน่าที่จะมีการศึกษาถึงตัวแปรอื่นๆโดยละเอียดเพื่อจะให้เห็นว่าตัวแปรใดที่ส่งเสริมให้เกิดสภาวะน่าสบายภายในเรือนไทย ไม่ว่าจะเป็นในเรื่องของความเร็วลม (ในงานวิจัยนี้ไม่ได้ศึกษาในรายละเอียดเรื่อง

ความเร็วลม) หรือเรื่องของคุณภูมิผิวเฉลี่ยโดยรอบ เป็นต้น การเก็บข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างที่มากขึ้นโดยทำการเก็บข้อมูลจากเรือนไทยที่มีลักษณะการวางผังที่แตกต่างกันออกไป เช่นเรือนไทยที่มีขนาดชานเรือนที่แตกต่างกัน เรือนไทยที่มีการปลูกต้นไม้ที่กลางชาน หรือการสร้างเป็นศาลาโถงที่กลางชาน และการเก็บข้อมูลควรทำการเก็บข้อมูลตลอดทั้งปีเพื่อให้ทราบถึงพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารในฤดูกาลต่างๆ



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## รายการอ้างอิง

### ภาษาไทย

- จุไรพร ตุ่มพสุพรรณ. พฤติกรรมกรถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุผนังหลังคาบ้านพักอาศัยในเขตร้อนชื้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2540.
- ทิพย์สุดา ปทุมานนท์. กำเนิดสถาปัตยกรรม. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2539.
- ทิพย์สุดา ปทุมานนท์. สถาปัตยกรรมกัมปนาทแห่งความสงบ. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2540.
- ทิพย์สุดา ปทุมานนท์. สถาปัตยกรรมกึ่งศาลแห่งความคิด. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2543.
- ปิยลัดดา เทวกุล,มล. ว่าด้วยความงามและที่ว่างในเรือนไทย. เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการเรื่องความหลากหลายของเรือนพื้นถิ่นไทย. หน้า 67-79.22-23 มิถุนายน 2543 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- พัฒนาและส่งเสริมพลังงาน,กรม. การอนุรักษ์พลังงานในอาคาร. กรุงเทพมหานคร : กองอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, 2535.
- วันเอก กิจสมใจ. ปัจจัยที่มีผลต่ออุณหภูมิผิวภายนอกของอาคาร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2539.
- วิวัฒน์ เตมียพันธ์. ความสำคัญของสถาปัตยกรรมท้องถิ่น. อาษา วารสารสถาปัตยกรรม (เดือนพฤศจิกายน) :43-52.
- สมภพ ภิรมย์. ปกิณกคดี หมายเลข 13 บ้านไทยภาคกลาง. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร : องค์การคำครุสภา, 2538.
- สมศรี จรุงเรือง. ระเบียบวิธีวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อน. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2542.
- สินีรัตน์ ภัทรธรรมกุล. ผลของมวลสารและสีของผนังต่อพฤติกรรมกรถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2537.
- สุนทร บุญญาธิการ และธนิต จินดาวณิก. การวิเคราะห์สภาวะน่าสบายและสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องของอาคารสถาปัตยกรรมไทย. กรุงเทพมหานคร : คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2536.

- สุนทร บุญญาธิการ. เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงานเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2542.
- สุนทร บุญญาธิการ. การออกแบบอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานในสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้นแบบไทย. วารสารวิชาการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฉบับพิเศษครบรอบ 60 ปี (2536) : 16-24.
- อรศิริ ปาณินท์. บ้านและหมู่บ้านพื้นถิ่น. กรุงเทพมหานคร : สมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์, 2539.
- ฤทัย ใจจงรัก. เรือนไทยเดิม. กรุงเทพมหานคร : สมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์, 2539.

### ภาษาอังกฤษ

- America Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers. 1997 ASHRAE Handbook Fundamental. I-P Edition. Atlanta Georgia, 1997.
- Beckman,A.William, and John,A.Duffie. Solar Engineering of Thermal Processes. New York: John Wiley & Sons,1980.
- Donald,W. Energy Conservation Through Building Design. New York: McGraw-Hill, 1979.
- Givoni,B. Man Climate and Architecture. London: Elsevier Architectural Science, 1969.
- Kwang – Woo Kim. Thermal Performance Simulation of Opaque Building Envelope: D.Arch. Dissertation. University of Michigan,1984.
- Moore,Fuller. Environmental Control Systems: Heating Cooling Lighting . New York: McGraw-Hill, 1993.
- Olgay, V. Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism. 2<sup>nd</sup> ed. New York: Van Nostrand reinhold,1992.
- Oliver,Paul.editor. Encyclopedia of Vernacular Architecture of the World: Volume 1 Theories and Principles. Cambridge: Cambridge University Press, 1997
- Pratt, A.W. Heat Transmission in Buildings. Chichester: John Wiley & Sons,1981.
- Rohsenow,Warren M.,et al ,editors. Handbook of Heat Transfer Fundamentals. 2<sup>nd</sup> ed. New York: McGraw-Hill, 1985.
- Stein, B. and Reynolds, J. S. Mechanical and Electrical Equipment for Buildings, 8<sup>th</sup> ed. New York: John Wiley & Sons,1992.





ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ภาคผนวก ก

Description	Density lb / ft <sup>3</sup>	Conductivity (k) Btu in/h ft <sup>2</sup> °F	Conductance (C) Btu/h ft <sup>2</sup> °F	Resistance (R)		Specific Heat Btu/lb °F
				(1/k) °F ft <sup>2</sup> /h/ Btu in	(1/C) °F ft <sup>2</sup> /h/ Btu	
<b>FINISH FLOORING MATERIALS</b>						
Tarrazzo 1 in.	-	-	12.50	-	0.08	0.19
Tile – asphalt, lionoleum, vinyl, rubber	-	-	20.00	-	0.05	0.30
Vinyl asbestos						0.24
ceramic						0.19
Wood, hardwood finish 0.75 in.	-	-	1.47	-	0.68	
<b>ROOFING</b>						
Asbestos-cement shingles	120	-	4.76	-	0.21	0.24
Asphalt roll roofing	70	-	6.50	-	0.15	0.36
Asphalt shingles	70	-	2.27	-	0.44	0.30
Built-up roofing 0.375 in.	70	-	3.00	-	0.33	0.35
Slate 0.5 in.	-	-	20.00	-	0.05	0.30
Wood shingles, plain and plastic film faced	-	-	1.06	-	0.94	0.31
<b>MASONRY MATERIALS</b>						
<i>Masonry Units</i>						
Brick, fired clay	150	8.4-10.2	-	0.12- 0.10	-	-
	140	7.4-9.0	-	0.14- 0.11	-	-
	130	6.4-7.8	-	0.16- 0.12	-	-
	120	5.6-6.8	-	0.18- 0.15	-	0.19
	110	4.9-5.9	-	0.20- 0.17	-	-
	100	4.2-5.1	-	0.24- 0.20	-	-
	90	3.6-4.3	-	0.28- 0.24	-	-

ตารางแสดงคุณสมบัติมาตรฐานทางความร้อนของวัสดุอาคารทั่วไป

ที่มา: American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineerings.1997 ASHRAE

Handbook Fundamentals.I-P Edition. (Atlanta Georgia,1997),p.24.4-24.7.

Description	Density lb / ft <sup>3</sup>	Conductivity (k) Btu in/h ft <sup>2</sup> °F	Conductance (C) Btu/h ft <sup>2</sup> °F	Resistance (R)		Specific Heat Btu/lb °F
				(1/k) °F ft <sup>2</sup> /h/ Btu in	(1/C) °F ft <sup>2</sup> /h/ Btu	
<i>Concretes</i>						
Sand and gravel or stone aggregate	150	10.0-20.0	-	0.10-	-	-
concretes(concretes with more than 50 % quartz or quartzite sand have conductivities in higher end of the range)	140	9.0-18.0	-	0.11-	-	0.19-0.24
	130	7.0-13.0	-	0.14-	-	-
				0.05		
				0.06		
				0.08		
<b>WOODS (12% moisture content)</b>						
<i>Hardwoods</i>						0.39
Oak	41.2-	1.12-1.25	-	0.89-	-	
	46.8			0.80		
Birch	42.6-	1.16-1.22	-	0.87-	-	
	45.4			0.82		
Maple	39.8-	1.09-1.19	-	0.92-	-	
	44.0			0.84		
Ash	38.4-	1.06-1.14	-	0.94-	-	
	41.9			0.88		
<i>Softwoods</i>						0.39
Southern Pine	35.6-	1.00-1.12	-	1.00-	-	
	41.2			0.89		
Douglas Fir-Larch	33.5-	0.95-1.01	-	1.06-	-	
	36.3			0.99		
Southern Cypress	31.4-	0.90-0.92	-	1.11-	-	
	32.1			1.09		
Hem-Fir, Spruce-Pine-Fir	24.5-	0.74-0.90	-	1.35-	-	
	31.4			1.11		
West Coast Woods, Cedars	21.7-	0.68-0.90	-	1.48-	-	
	31.4			1.11		
California Redwood	24.5-	0.74-0.82	-	1.35-	-	
	28.0			1.22		

ตาราง แสดงคุณสมบัติมาตรฐานทางความร้อนของวัสดุอาคารทั่วไป(ต่อ)

ที่มา: American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers.1997 ASHRAE Handbook Fundamentals.I-P Edition. (Atlanta Georgia,1997),p.24.4-24.7.

## ภาคผนวก ข

SURFACE	PERCENT OF REFLECTIVITY		PERCENT OF EMISSIVITY
	Solar radiation	Thermal Radiation	Thermal Radiation
Silver, polished	93	98	2
Aluminum, polished	85	92	8
Whitewash	80	-	-
Copper, polished	75	85	15
Chromium plate	72	80	20
White lead plain	71	11	89
White marble	54	5	95
Light green paint	50	5	5
Aluminum paint	45	45	55
Indiana limestone	43	5	95
Wood, pine	40	5	95
Asbestos cement, aged 1 year	29	5	95
Red clay brick	23-30	6	94
Gray paint	25	5	95
Galvanized iron, aged (oxidized)	10	72	28
Black matte	3	5	95

ตารางแสดงผลของวัสดุที่ตอบสนองต่อ รังสีดวงอาทิตย์และรังสีความร้อน

ที่มา: Olgyay, V. *Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism*. 2<sup>nd</sup> ed. (New York: Van Nostrand reinhold, 1992), p.114.

## ภาคผนวก ค

Surrounding Surface Temperature, °F	Surface Heat Flux, Btu/h ft <sup>2</sup>				
	75	70	65	60	50
Convection	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6
Radiation	4.4	8.6	12.8	17.0	24.9
Total	11.0	15.2	19.4	23.6	31.5

ตารางแสดงความแตกต่างของค่า Surface Heat Flux สำหรับพื้นผิวในแนวตั้งที่อุณหภูมิ 80°F ต่ออุณหภูมิพื้นผิวโดยรอบต่างๆ (70°F Ambient Still Air ; 0.83 Emittance)

ที่มา: American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers.1997 ASHRAE Handbook Fundamentals.I-P Edition. (Atlanta Georgia,1997),p.22.6.

Position of Surface	Direction of Heat Flow	Surface Emittance, $\epsilon$					
		Non-Radiative		Reflective			
		$\epsilon = 0.90$		$\epsilon = 0.20$		$\epsilon = 0.05$	
		$h_i$	R	$h_i$	R	$h_i$	R
STILL AIR							
Horizontal	Upward	1.63	0.61	0.91	1.10	0.76	1.32
Sloping – 45°	Upward	1.60	0.62	0.88	1.14	0.73	1.37
Vertical	Horizontal	1.46	0.68	0.74	1.35	0.59	1.70
Sloping – 45°	Downward	1.32	0.76	0.60	1.67	0.45	2.22
Horizontal	Downward	1.08	0.92	0.37	2.70	0.22	4.55
MOVING AIR (Any position)		$h_o$	R				
15-mph Wind (for winter)	Any	6.00	0.17	-	-	-	-
7.5-mph Wind (for summer)	Any	4.00	0.25	-	-	-	-

ตารางแสดงค่าความสามารถในการนำความร้อนของพื้นผิวและความสามารถในการต้านทานความร้อนของอากาศ

ที่มา: American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers.1997 ASHRAE Handbook Fundamentals.I-P Edition. (Atlanta Georgia,1997),p.24.2.

## ภาคผนวก ง

Material	Thickness (Inches)	U Value (Btu h /ft <sup>2</sup> )	Time lag (hours)
Solid Concrete	2	0.98	1.1
	4	0.84	2.5
	6	0.74	3.8
	8	0.66	5.1
	12	0.54	7.8
	16	0.46	10.2
Common Brick	4	0.60	2.3
	8	0.41	5.5
	12	0.31	8.5
	16	0.25	12.0
Face Brick	4	0.77	2.4
Wood	0.5	0.68	0.17
	1	0.48	0.45
	2	0.30	1.3
Insulating Board	0.5	0.42	0.08
	1	0.26	0.23
	2	0.14	0.77
	4	0.08	2.7
	6	0.05	5.0

ตารางแสดงค่าความสามารถในการส่งผ่านความร้อน(U) และ ค่าเวลาในการหน่วงเหนี่ยวความร้อน(time lag) สำหรับผนังเนื้อเดียว (homogeneous wall)

ที่มา: Heating, Ventilating, Air Conditioning Guide,1952 อ้างถึงใน Olgyay, V. *Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism*. 2<sup>nd</sup> ed. (New York: Van Nostrand reinhold,1992),p.119.



## ภาคผนวก จ

Description	Density (lb / ft <sup>3</sup> )	Thermal Diffusivity (ft <sup>2</sup> / h)	Specific Heat Btu / lb °F
Concrete	140	0.27-0.054	0.22
Steel	484	0.038	0.12
Wood	22-44	0.005-0.006	0.40
Insulation	0.6-2.0	0.22-0.027	0.2-0.38

ตารางแสดงค่าความหนาแน่นมาตรฐาน (typical densities) ค่าการกระจายความร้อน (thermal diffusivities) และค่าความร้อนจำเพาะ (specific heat) ของวัสดุอาคารโดยทั่วไป

ที่มา: American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers.1997 ASHRAE Handbook Fundamentals.I-P Edition. (Atlanta Georgia,1997),p.39.12.

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฉ

Date	Solar time	Solar Position		Profile (Shadow Line) Angles																Solar Position				Solar time	
		ALT	AZ	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	HOR	AZ	ALT			
DEC	7	8	63			23	11	9	8	8	10	17	62								70	58	20	8	
	8	20	56			59	33	24	21	21	25	35	66								58	50	32	9	
	9	32	50			82	54	39	33	32	36	44	64								48	38	43	10	
	10	43	38				74	56	46	43	44	49	62	83							40	22	50	11	
	11	50	22					73	59	53	50	52	59	72							37	0	53	12	
	12	53	0					90	74	62	55	53	55	62	74						40	22	50	13	
	13	50	22									52	50	53	59	73					48	36	43	14	
	14	43	38									46	44	43	46	56	74				58	50	32	15	
	15	32	50									44	36	32	33	39	54	82			70	58	20	16	
	16	20	58									35	25	21	21	24	33	59			82	63	8	17	
	17	8	63									17	10	8	8	9	11	23			81	67	9	7	
	JAN + NOV	7	9	67			23	12	10	9	10	12	21	60								68	62	22	8
		8	22	62			55	33	25	22	23	27	40	75								56	53	34	9
		9	34	53			76	53	40	35	33	39	49	70								46	42	45	10
		10	45	42				72	57	48	45	47	53	66	75							37	24	53	11
		11	53	24				69	73	61	55	53	55	62	65	75						34	0	56	12
		12	56	0				90	75	65	58	58	58	65	61	73	89					37	24	53	13
13		53	24									53	53	55	61	73	89				46	42	45	14	
14		45	42									53	47	45	49	57	72				56	53	34	15	
15		34	53									49	39	34	35	40	53	78			88	62	22	16	
16		22	62									40	27	23	22	25	33	55			81	67	9	17	
17		9	67									21	12	10	9	10	12	23			79	76	12	7	
FEB + OCT		7	12	76			56	22	15	12	12	14	19	40								65	71	26	8
		8	26	71			84	48	33	27	28	28	35	56								51	64	39	9
		9	39	64				69	51	43	39	40	47	64	78							39	52	51	10
		10	51	52				85	69	58	52	51	55	64	78							29	32	61	11
		11	61	32					85	74	68	62	62	66	72	83						25	0	65	12
		12	65	0						90	80	72	67	65	67	72	80					29	32	61	13
	13	61	32									65	62	66	66	74	85				39	52	51	14	
	14	51	42									64	55	51	52	58	69	85			51	64	39	15	
	15	39	64									61	47	40	39	43	51	69			65	71	26	16	
	16	26	71									55	35	28	26	27	33	48	84		65	79	76	12	17
	17	12	76									40	19	14	12	12	15	22	56		76	87	14	7	
	MAR + SEP	7	14	87			39	21	16	14	15	19	31	76								61	82	29	8
		8	29	82			66	43	33	29	30	35	47	76								47	77	43	9
		9	43	77			81	61	50	44	44	48	58	76								33	67	57	10
		10	57	67				76	66	59	57	59	66	76								21	49	69	11
		11	69	49					81	74	71	70	72	76	83							14	0	76	12
		12	76	0						90	85	80	77	76	77	80	85					21	49	69	13
13		69	49									76	72	70	71	74	81				33	67	57	14	
14		57	67									76	66	59	57	59	66	76			47	77	43	15	
15		43	77									76	58	48	44	44	50	61	81		47	77	43	16	
16		29	82									76	47	35	30	29	33	43	66		61	82	29	16	
17		14	87									76	31	19	15	14	16	21	39		76	87	14	17	
APR + AUG		6	3	101	14	5	4	3	4	5	6	11	56									87	101	3	5
		7	17	94	66	31	22	18	18	20	27	51										73	98	17	7
		8	32	85	82	53	38	33	32	35	44	64										58	95	32	8
		9	46	82	86	68	55	48	46	49	57	72										44	92	46	9
		10	61	69	78	69	63	61	63	68	78											29	80	61	10
		11	75	63	86	81	77	75	76	78	83											15	83	75	11
	12	86	0				63	66	65	62		65	65	65	90						4	0	86	12	
	13	75	83									65	65	65	65	90					15	83	75	13	
	14	61	89									72	57	49	46	48	55	68			44	92	46	14	
	15	46	92	88								64	44	35	32	33	39	53			44	92	46	15	
	16	32	95	82								51	27	20	18	18	22	31			73	98	17	17	
	17	17	98	66								14	5	4	3	3	4	5			87	101	3	18	
	18	3	101	14	7	5	5	5	6	11	56										86	109	5	6	
	MAY + JUL	6	5	109	14	7	5	5	5	6	11	56										86	109	5	6
		7	19	107	49	26	21	19	20	24	36	73										72	107	19	7
		8	33	105	68	47	36	33	34	39	52	79										58	105	33	8
		9	47	104	77	61	51	47	48	53	64	83										44	104	47	9
10		61	106	81	71	64	61	62	67	75											30	106	61	10	
11		74	114	83	78	76	74	76	80	86											16	114	74	11	
12		84	180	84	84	86	87	89													69	87	86	64	
13		74	114	83																	64	76	78	16	
14		61	106	81																	61	64	71	30	
15		47	104	77																	61	64	71	30	
16		33	105	68																	47	58	105	33	
17		19	107	49																	28	72	107	19	
18		5	109	14																	7	86	109	5	
JUN		6	5	113	14	8	6	5	6	8	14	84										85	113	5	6
		7																							

## ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายดิเรก วงศ์พนิตกฤต เกิดวันที่ 27 ตุลาคม พ.ศ. 2517 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาสถาปัตยกรรมศาสตร์บัณฑิต จากคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ในปีการศึกษา 2540 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ณ สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2542 ปี 2539 ได้รับคัดเลือกในการประกวดแบบทางสถาปัตยกรรมในหัวข้อ “TOMORROW WHERE SHALL WE LIVE?” เพื่อแสดงงาน INSTALLATION ภายในงานจุฬาริชาการ ปี 2542 ได้รับรางวัลรองชนะเลิศในการประกวดแบบของสมาคมสถาปนิกสยามฯ ในหัวข้อ PUBLIC PARK – the 11<sup>th</sup> ASA DESIGN COMPETITION 1999 ปี 2544 ได้รับรางวัลชมเชยในการประกวดแบบ ทาวน์เฮาส์หาร 2



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย