สภาวะน่าสบายของเรือนล้านนาร่วมสมัย : กรณีศึกษาเรือนพักอาศัย อำเภอเชียงคำ จังหวัดพะเยา

นายรชฏ ประทีป ณ ถลาง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2552

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

THERMAL COMFORT OF CONTEMPORARY NORTHERN THAI STYLE HOUSE : A CASE STUDY OF LOCAL RESEDENTS IN CHIANG KHAM PREFECTURE, PHAYAO PROVINCE

Mr.Rachot Prateep Na Talang

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Architecture Program in Architecture
Department of Architecture
Faculty of Architecture
Chulalongkorn University
Academic Year 2009

Copyright of Chulalongkorn Univisity

หัวข้อวิทยานิพนธ์	สภาวะน่าสบายของเรือนไม้ล้านนาร่วมสมัย : กรณีศึกษาเรือนพักอาศัย อำเภอเชียงคำ จังหวัดพะเยา
โดย	นายรชฎ ประทีป ณ ถลาง
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ธนิต จินดาวณิค

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต จุลาสัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ชวลิต นิตยะ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ ธนิต จินดาวณิค)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรรจน์ เศรษฐบุตร)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิจชัย จิตขจรวานิช)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รชฎ ประทีป ณ ถลาง : สภาวะน่าสบายของเรือนไม้ล้านนาร่วมสมัย : กรณีศึกษาเรือนพักอาศัย อำเภอเชียงคำ จังหวัดพะเยา (Thermal Comfort of Contemporary Northern Thai Style House : A Case Study of Local Residents in Chiang Kham Prefecture, Phayao Province) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ.ธนิต จินดาวณิค, 151 หน้า

การศึกษานี้ เป็นการวิจัยเชิงสำรวจและทดลอง (survey and experimental research) เพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงเรือนล้านนาทางด้านอุณหภาพ ให้มีความเหมาะสมกับสภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศ ในสภาวะปัจจุบัน วัสดุท้องถิ่นสมัยใหม่ที่หาได้ง่ายในท้องถิ่นที่คัดเลือกมา 3 ชนิด ได้แก่ แผ่นซีเมนต์จากใยไมยราฟยักษ์ อิฐดินเบาลำปาง และอิฐขี้เถ้าลอยแม่เมาะ นำมาเปรียบเทียบกับไม้จริงหนา ครึ่งนิ้ว ซึ่งเป็นวัสดุเดิมที่ใช้ประกอบเรือนล้านนา เพื่อปรับปรุงเรือนล้านนาให้มีสภาวะน่าสบายมากที่สุด

กระบวนการในการวิจัยประกอบด้วย ขั้นตอนที่ 1 การสำรวจเรือนล้านนาที่ยังมีการใช้งานในปัจจุบัน ขั้นตอนที่ 2 ศึกษารูปแบบการใช้งาน พื้นที่ใช้งานภายในเรือน วัสดุที่ใช้ประกอบเรือน และทำการเก็บข้อมูลอุณหภูมิอากาศ และความชื้นสัมพัทธ์ที่เกิดขึ้นภายในและภายนอกเรือน เรือนล้านนาที่ทำการศึกษามีทั้งหมด 5 เรือน ตั้งอยู่ที่ อำเภอเชียงคำ จังหวัดพะเยา ขั้นตอนที่ 3 ดำเนินการสำรวจวัสดุท้องถิ่นสมัยใหม่ที่หาได้ง่ายในภาคเหนือ คือ แผ่นซีเมนต์จากใยไมยราฟยักษ์ อิฐดินเบาลำปาง และอิฐขี้เถ้าลอยแม่เมาะ มาทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อน (k) ในห้องทดลอง และขั้นตอนสุดท้าย คือการศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติของวัสดุที่ส่งผลต่อสภาวะน่าสบายภายในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยกำหนดสภาวะน่าสบายอยู่ระหว่าง อุณหภูมิอากาศ 25.6 – 31.5 องศาเซลเซียส และมีความชื้นสัมพัทธ์ 62.2 – 90 เปอร์เซ็นต์

ผลจากการศึกษาพบว่า การระบายอากาศธรรมชาติ (natural ventilation) การรั่วซึมของผนัง (infiltration rate) ค่าการต้านทานความร้อนของวัสดุ และค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อน มีอิทธิพลต่อสภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้นภายในเรือนล้านนา ผลจากการจำลองในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ พบว่าเรือนล้านนาเดิม มีสภาวะน่าสบาย ตลอดทั้งปี ประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ โดยในช่วงฤดูฝนจะมีสภาวะน่าสบายมากที่สุด สภาวะที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่ตลอดทั้งปีจะอยู่ในช่วงต่ำกว่าสภาวะน่าสบาย โดยเฉลี่ยประมาณ 53 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถือได้ว่า เรือนล้านนายังมีคุณสมบัติทางด้านสภาวะน่าสบายเหมาะสมในระดับหนึ่ง จากการศึกษาวัสดุท้องถิ่นสมัยใหม่พบว่า แผ่นซีเมนต์จากใยไมยราฟยักษ์ มีคุณสมบัติทางด้านสภาวะน่าสบายใกล้เคียงกับไม้จริง หนาครึ่งนิ้ว และในส่วนอิฐดินเบาลำปาง และอิฐขี้เถ้าลอยแม่เมาะ กรณีไม่มีการระบายอากาศธรรมชาติ มีคุณสมบัติทางด้านสภาวะน่าสบายใกล้เคียงกันโดยดีกว่าไม้จริงที่ใช้ประกอบเรือนล้านนา ประมาณ 20 – 30 เปอร์เซ็นต์ และแนวทางที่ใช้ในการปรับปรุงสภาวะน่าสบายของเรือนล้านนา แนวทางแรกคือ ปรับปรุงการระบายอากาศธรรมชาติเนื่องจากพื้นที่ศึกษามีภูมิอากาศที่หนาวเย็น โดยการลดการระบายอากาศธรรมชาติ จะทำให้สัดส่วนสภาวะน่าสบายมีมากกว่ากรณีที่มีการระบายอากาศธรรมชาติ และเลือกใช้วัสดุที่มีอัตราการรั่วซึมของผนังที่ต่ำ แนวทางต่อมาคือการเลือกใช้วัสดุที่ความเป็นฉนวน และมีค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนที่เหมาะสม ซึ่งผนังอิฐขี้เถ้าลอยแม่เมาะจะเหมาะสมที่สุด รองลงมาคือ ผนังอิฐดินเบาลำปาง ผนังไม้จริง และผนังซีเมนต์จากใยไมยราฟยักษ์ ตามลำดับ

ภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต _____

สาขาวิชา สถาปัตยกรรม ลายมือชื่อ อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก _____

ปีการศึกษา 2552

5074145025 : MAJOR ARCHITECTURE

KEYWORDS : THERMAL COMFORT / NORTHERN THAI STYLE HOUSE / LOCALLY INTERNATIONAL MATERIALS

RACHOT PRATEEP NA TALANG : THERMAL COMFORT OF CONTEMPORARY NORTHERN THAI STYLE HOUSE : A CASE STUDY OF LOCAL RESEDENTS IN CHIANG KHAM PREFECTURE, PHAYAO PROVINCE. ADVISOR : ASSOC.PROF. THANIT CHINDAVANIG, 151 pp.

This study is a survey and experimental research conducted to find ways of the thermal adaptation of the traditional northern Thai style house to suit the present topography and climate conditions. Three inventive types of building materials available locally are chosen for this research, i.e., the cement planks mixed with Miyarap Giant fiber, Lampang light-weight bricks and Mae Moh fly-ash bricks, and are compared with half-inch thick genuine wood planks, the original building materials of the northern Thai style house, for the purpose of its optimal thermal comfort.

The research process consists of four steps: (1) survey the existing northern Thai style house at present; (2) examine its usability patterns, indoor space, building materials, and collect the data of both indoor and outdoor air temperature and relative humidity of five northern Thai style houses located in Chiang Kham district, Phayao; (3) explore those three inventive building materials in the northern region for testing their heat transmission coefficient (k) in a laboratory, and conduct the same testing with the original building materials of the Thai style house; and (4) compare the material properties that can affect the thermal comfort by using a computer simulation in which its setting air temperature is between 25.6 and 31.5 degree Celsius, and the relative humidity is between 62.2 and 90 percent.

The result of this study shows that natural air ventilation, infiltration rate, thermal resistance value, and time lag have an influence on the comfort condition inside the northern Thai style house. Based on the computer simulation, the northern Thai style house is found to contain the thermal comfort around 30 percent all year round with the maximum comfort range in the rainy season, and the lower comfort range on average 53 percent for most of the year. This implies a certain appropriate degree of the thermal comfort of the Thai style house. Comparing those three inventive building materials in terms of their thermal comfort characteristics, the cement planks mixed with Miyarap Giant fiber has characteristics close to the half-inch thick genuine wood planks. In case of Lampang light-weight bricks and Mae Moh fly-ash bricks with no natural ventilation, both have similar characteristics which are approximately 20 to 30 percent better than the genuine wood planks. From these results, two adaptations to improve the thermal comfort are suggested. The first alternative is to reduce natural ventilation. Due to the cold weather in the study area, such reduction will bring about higher thermal comfort if used with low infiltration rate materials. Another alternative is to choose materials with high thermal resistance rate and an appropriate time lag. It is found that Mae Moh fly-ash bricks have the most suitable characteristics, followed by Lampang light-weight bricks, half-inch thick genuine wood planks, and the cement planks mixed with Miyarap Giant fiber respectively.

Department : Architecture . Student's Signature _____

Field of Study : Architecture . Advisor's Signature _____

Academic Year : 2009 .

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลือ ของ รศ.ธนิต จินดาวณิค อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดร.อรรจน์ เศรษฐบุตร ที่ช่วยเหลือในส่วนโปรแกรมจำลองสภาวะน่าสบายของเรือนล้านนา ผศ. ดร. วิทยา วัณณสุโภประสิทธิ์ ที่ช่วยเหลือในส่วนการทดลองคุณสมบัติการส่งผ่านความร้อนของวัสดุท้องถิ่นสมัยใหม่ ดร.ปุ่น เที่ยงบูรณธรรม สำหรับตัวอย่างวัสดุผนังซีเมนต์จากใยไมยราฟยักษ์ ดร. เกศรินทร์ พิมรักษา สำหรับตัวอย่างวัสดุ อิฐดินเบาลำปาง และอิฐขี้เถ้าลอยแม่เมาะ และขอบพระคุณสถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้อุดหนุนทุนในการวิจัยนี้ด้วย

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ช่วยอุดหนุนทุนในการเรียน และพี่น้องทุกคนที่ช่วยงานต่างๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ญ

สารบัญแผนภูมิ..... ฎ

สารบัญภาพ..... ด

บทที่

1. บทนำ

1.1. ความเป็นมาของปัญหา..... 1

1.2. วัตถุประสงค์..... 2

1.3. ขอบเขตการศึกษา..... 2

1.4. ระเบียบวิธีวิจัย..... 2

1.5. ข้อจำกัดในการดำเนินการวิจัย..... 4

1.6. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 4

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1. ภูมิอากาศของประเทศไทย..... 5

2.2. อำเภอเชียงคำ จังหวัดพะเยา..... 6

2.3. ความหมายของ “สภาวะน่าสบาย”..... 7

2.4. ทฤษฎีสภาวะน่าสบาย..... 7

2.5. ปัจจัยที่ส่งผลต่อสภาวะน่าสบาย..... 8

2.6. ขอบเขตสภาวะน่าสบาย..... 10

2.7. คุณสมบัติของวัสดุที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน..... 11

2.8. ลักษณะเรือนล้านนาในอดีต..... 16

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1. ขั้นตอนการสำรวจเรือนล้านนา..... 30

3.2. ขั้นตอนการตรวจวัดและบันทึกข้อมูลอุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์ที่เกิดขึ้นภายใน และภายนอกเรือนล้านนา..... 44

3.3. ขั้นตอนการสำรวจวัสดุท้องถิ่นสมัยใหม่..... 49

3.4. ขั้นตอนการตรวจวัดและบันทึกข้อมูล ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนของวัสดุท้องถิ่นสมัยใหม่..... 52

3.5. ขั้นตอนการจำลองภายในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อทำนายอุณหภูมิที่เกิดขึ้นภายในเรือนล้านนา..... 55

4. ผลการวิจัย

4.1. สรุปรูปแบบการวางผังเรือนของเรือนล้านนา..... 61

4.2. เปรียบเทียบวัสดุประกอบเรือนล้านนา 66

4.3. เปรียบเทียบข้อมูลจากการตรวจสอบและบันทึกผลอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพันธ์..... 66

4.4. จำลองภายในโปรแกรม ENER-WIN EC..... 82

4.5. เปรียบเทียบสภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้นภายในเรือนล้านนาที่ใช้วัสดุเดิมกับวัสดุท้องถิ่นสมัยใหม่..... 87

4.6. ขั้นตอนวิเคราะห์ผลการทดลอง..... 105

5. บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1. บทสรุป..... 109

5.2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป..... 113

รายการอ้างอิง

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก..... 117

ภาคผนวก ข..... 120

ภาคผนวก ค..... 138

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

ประวัติผู้วิจัย..... 151

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
ตารางที่ 2.1	สภาวะน่าสบายที่แนะนำโดย ASHRAE 55 – 2004……..	11
ตารางที่ 2.2	ค่าการหน่วงเวลาของวัสดุผนัง……	14
ตารางที่ 2.3	ค่าการดูกลืนรังสีอาทิตย์ของวัสดุผนัง……	15
ตารางที่ 3.1	ที่อยู่ ขนาดพื้นที่เรือน และวัสดุประกอบเรือน ของเรือนที่ทำการศึกษา……..……	31
ตารางที่ 4.1	เปรียบเทียบประเภทของผังพื้นของเรือนไม้ล้านนา อ.เชียงคำ จ.พะเยา……...	61
ตารางที่ 4.2	วัสดุประกอบเรือนล้านนา ที่ทำการสำรวจ……	66
ตารางที่ 4.3	ความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย, ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยของพื้นที่ภายในห้องนอน 1 เปรียบเทียบกับภายนอกเรือน ในช่วงเวลากลางคืน ตั้งแต่ 18.00 – 6.00 น……..	74
ตารางที่ 4.4	ความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย, ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยของพื้นที่ภายในห้องนอน 2 เปรียบเทียบกับภายนอกเรือน……..	76
ตารางที่ 4.5	ความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย, ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยของพื้นที่เติ่นเปรียบเทียบกับภายนอกเรือน……	79
ตารางที่ 4.6	ความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย, ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยของพื้นที่ห้องครัวเปรียบเทียบกับภายนอกเรือน……	82
ตารางที่ 4.7	ข้อมูลวัสดุประกอบเรือนล้านนา ของเรือนนางพัน วงศ์ใหญ่ (กรณีเรือนล้านนาทั่วไป)……	83
ตารางที่ 4.8	ข้อมูลพื้นที่, LPD, EPD, ปริมาณคนในพื้นที่, อัตราการรั่วซึม (infiltration rate) ของเรือนนางพัน วงศ์ใหญ่ (กรณีเรือนล้านนาทั่วไป)……..	83
ตารางที่ 4.9	ความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย จากการบันทึกจริง เปรียบเทียบจากการจำลอง……..	85
ตารางที่ 4.10	ความแตกต่างของความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย จากการบันทึกจริง เปรียบเทียบจากการจำลอง……..	85
ตารางที่ 4.11	ข้อมูลวัสดุท้องถิ่นสมัยใหม่ ที่ใช้เปรียบเทียบกับ กรณีเรือนล้านนาทั่วไป……..	86

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง หน้า

ตารางที่ 4.12 อัตราการรั่วซึมของผนัง infiltration rate (ACH) ของกรณีต่างๆ ที่ได้จำลองในโปรแกรม ENER-WIN EC..... 87

ตารางที่ 4.13 สัดส่วนสภาวะน่าสบาย (เปอร์เซ็นต์) ที่เกิดขึ้น จากการจำลองในโปรแกรม ENER-WIN EC..... 104

ตารางที่ 4.14 ลำดับกรณีที่อยู่ในช่วงสภาวะน่าสบายมากที่สุด ถึงน้อยที่สุด ห้องนอน 1..... 106

ตารางที่ 4.15 ลำดับกรณีที่อยู่ในช่วงสภาวะน่าสบายมากที่สุด ถึงน้อยที่สุด ห้องนอน 2..... 107

ตารางที่ 4.16 ลำดับกรณีที่อยู่ในช่วงสภาวะน่าสบายมากที่สุด ถึงน้อยที่สุด พื้นที่เติ่น..... 107

ตารางที่ 4.17 ลำดับกรณีที่อยู่ในช่วงสภาวะน่าสบายมากที่สุด ถึงน้อยที่สุด พื้นที่ห้องครัว..... 108

ตารางผนวก

ตารางที่ ก1 แสดงหน่วยของข้อมูลที่จะต้องแปลง สำหรับโปรแกรม LS2TRY..... 118

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิ หน้า

แผนภูมิที่ 3.1 อุณหภูมิอากาศที่เกิดขึ้น ภายนอก, ห้องนอน 1 จากการวัดจริง เปรียบเทียบ กับจากการจำลองในโปรแกรม Ener-win EC และโปรแกรม Visual DOE 4.0 ในช่วงเดือนตุลาคม 2551..... 56

แผนภูมิที่ 4.1 อุณหภูมิอากาศที่เกิดขึ้น ภายนอก ห้องนอน 1 ห้องนอน 2 เติ๋น ห้องครัว เรือนนางพันวงศ์ใหญ่ตั้งแต่เวลา 0.00 น. วันที่ 5 ตุลาคม 2551 ถึงเวลา 0.00 น. วันที่ 10 ตุลาคม 2551..... 67

แผนภูมิที่ 4.2 แผนภูมิที่ 4.2 ความชื้นสัมพัทธ์ (%) ที่เกิดขึ้น ภายนอก ห้องนอน 1 ห้องนอน 2 เติ๋น ห้องครัว เรือนนางพัน วงศ์ใหญ่ ตั้งแต่เวลา 0.00 น. วันที่ 5 ตุลาคม 2551 ถึงเวลา 0.00 น. วันที่ 10 ตุลาคม 2551..... 67

แผนภูมิที่ 4.3 อุณหภูมิอากาศที่เกิดขึ้น ภายนอก ห้องนอน 1 ห้องนอน 2 เติ๋น ห้องครัว เรือนนายสุวรรณ สมฤทธิ์ตั้งแต่เวลา 0.00 น. วันที่ 2 พฤศจิกายน 2551 ถึงเวลา 0.00 น. วันที่ 6 พฤศจิกายน 2551..... 68

แผนภูมิที่ 4.4 แผนภูมิที่ 4.4 ความชื้นสัมพัทธ์ (%) ที่เกิดขึ้น ภายนอก ห้องนอน 1 ห้องนอน 2 เติ๋น ห้องครัว เรือนนายสุวรรณ สมฤทธิ์ ตั้งแต่เวลา 0.00 น. วันที่ 2 พฤศจิกายน ถึงเวลา 0.00 น. วันที่ 6 พฤศจิกายน 2551..... 68

แผนภูมิที่ 4.5 อุณหภูมิอากาศที่เกิดขึ้น ภายนอก, ห้องนอน 1 ห้องนอน 2 เติ๋น ห้องครัว เรือนนางคำใบ หอมนาน ตั้งแต่เวลา 0.00 น. วันที่ 19 ตุลาคม 2551 ถึงเวลา 0.00 น. วันที่ 23 ตุลาคม 2551..... 69

แผนภูมิที่ 4.6 ความชื้นสัมพัทธ์ (%) ที่เกิดขึ้น ภายนอก ห้องนอน 1 ห้องนอน 2 เติ๋น ห้องครัว เรือนนางคำใบ หอมนาน ตั้งแต่เวลา 0.00 น. วันที่ 19 ตุลาคม 2551 ถึงเวลา 0.00 น. วันที่ 23 ตุลาคม 2551..... 69

แผนภูมิที่ 4.7 อุณหภูมิอากาศที่เกิดขึ้น ภายนอก ห้องนอน 1 ห้องนอน 2 เติ๋น ห้องครัว เรือนนางคำจันทร์ สมฤทธิ์ตั้งแต่เวลา 0.00 น. วันที่ 12 ตุลาคม 2551 ถึงเวลา 0.00 น. วันที่ 16 ตุลาคม 2551..... 70

แผนภูมิ หน้า

แผนภูมิที่ 4.8 ความชื้นสัมพัทธ์ (%) ที่เกิดขึ้น ภายนอก ห้องนอน 1 ห้องนอน 2 เติ๋น ห้องครัว เรือนนางคำจันทร์ สมฤทธิ์ ตั้งแต่เวลา 0.00 น. วันที่ 12 ตุลาคม 2551 ถึงเวลา 0.00 น. วันที่ 16 ตุลาคม 2551..... 70

แผนภูมิที่ 4.9 อุณหภูมิอากาศที่เกิดขึ้น ภายนอก ห้องนอน 1 ห้องนอน 2 เติ๋น ห้องครัว เรือนนางแสงดา สมฤทธิ์ ตั้งแต่เวลา 0.00 น. วันที่ 25 ตุลาคม 2551 ถึงเวลา 0.00 น. วันที่ 29 ตุลาคม 2551..... 71

แผนภูมิที่ 4.10 ความชื้นสัมพัทธ์ (%) ที่เกิดขึ้น ภายนอก ห้องนอน 1 ห้องนอน 2 เติ๋น ห้องครัว เรือนนางแสงดา สมฤทธิ์ ตั้งแต่เวลา 0.00 น. วันที่ 25 ตุลาคม 2551 ถึงเวลา 0.00 น. วันที่ 29 ตุลาคม 2551..... 71

แผนภูมิที่ 4.11 อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย ที่เกิดขึ้นภายในห้องนอน 1 เปรียบเทียบกับภายนอก ของเรือนที่ทำการศึกษา..... 72

แผนภูมิที่ 4.12 ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย ที่เกิดขึ้นภายในห้องนอน 1 เปรียบเทียบกับภายนอก ของเรือนที่ทำการศึกษา..... 73

แผนภูมิที่ 4.13 อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย ที่เกิดขึ้นภายในห้องนอน 2 เปรียบเทียบกับภายนอก ของเรือนที่ทำการศึกษา..... 75

แผนภูมิที่ 4.14 ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย ที่เกิดขึ้นภายในห้องนอน 2 เปรียบเทียบกับภายนอก ของเรือนที่ทำการศึกษา..... 76

แผนภูมิที่ 4.15 อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย ที่เกิดขึ้นพื้นที่เติ๋น เปรียบเทียบกับภายนอก ของเรือนที่ทำการศึกษา..... 78

แผนภูมิที่ 4.16 ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย ที่เกิดขึ้นพื้นที่เติ๋น เปรียบเทียบกับภายนอก ของเรือนที่ทำการศึกษา..... 79

แผนภูมิที่ 4.17 อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย ที่เกิดขึ้นพื้นที่ห้องครัว เปรียบเทียบกับภายนอก ของเรือนที่ทำการศึกษา..... 80

แผนภูมิ หน้า

แผนภูมิที่ 4.18 ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย ที่เกิดขึ้นพื้นที่ห้องครัว เปรียบเทียบกับภายนอก ของเรือนที่ทำการศึกษา..... 81
แผนภูมิที่ 4.19 อุณหภูมิภายในห้องนอน 1 ภายนอก เปรียบเทียบระหว่างข้อมูลที่ได้ทำการบันทึกจริง และจำลองในโปรแกรม Ener-win EC..... 84
แผนภูมิที่ 4.20 ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องนอน 1 ภายนอก เปรียบเทียบระหว่างข้อมูลที่ได้ทำการบันทึกจริง และจำลองในโปรแกรม Ener-win EC..... 84
แผนภูมิที่ 4.21 สภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้นช่วงฤดูร้อน เวลากลางคืน ตั้งแต่เวลา 18.00 – 6.00 น.ปี พ.ศ. 2551 ภายในห้องนอน 1 กรณีมีการระบายอากาศธรรมชาติ..... 88
แผนภูมิที่ 4.22 สภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้นช่วงฤดูฝน เวลากลางคืน ตั้งแต่เวลา 18.00 – 6.00 น. ปี พ.ศ. 2551 ภายในห้องนอน 1 กรณีมีการระบายอากาศธรรมชาติ..... 88
แผนภูมิที่ 4.23 สภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้นช่วงฤดูหนาว เวลากลางคืน ตั้งแต่เวลา 18.00 – 6.00 น. ปี พ.ศ. 2551 ภายในห้องนอน 1 กรณีมีการระบายอากาศธรรมชาติ..... 89
แผนภูมิที่ 4.24 สภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้นช่วงฤดูร้อน เวลากลางคืน ตั้งแต่เวลา 18.00 – 6.00 น.ปี พ.ศ. 2551 ภายในห้องนอน 1 กรณีไม่มีการระบายอากาศธรรมชาติ..... 89
แผนภูมิที่ 4.25 สภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้นช่วงฤดูฝน เวลากลางคืน ตั้งแต่เวลา 18.00 – 6.00 น. ปี พ.ศ. 2551 ภายในห้องนอน 1 กรณีไม่มีการระบายอากาศธรรมชาติ..... 90
แผนภูมิที่ 4.26 สภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้นช่วงฤดูหนาว เวลากลางคืน ตั้งแต่เวลา 18.00 – 6.00 น.ปี พ.ศ. 2551 ภายในห้องนอน 1 กรณีไม่มีการระบายอากาศธรรมชาติ..... 90
แผนภูมิที่ 4.27 สัดส่วนสภาวะน่าสบาย ที่เกิดขึ้นเวลากลางคืน ตั้งแต่เวลา 18.00 – 6.00 น. ในฤดูร้อน ปี พ.ศ. 2551 ภายในห้องนอน 1 เปรียบเทียบกับภายนอกของกรณีต่างๆ..... 91
แผนภูมิที่ 4.28 สัดส่วนสภาวะน่าสบาย ที่เกิดขึ้นเวลากลางคืน ตั้งแต่เวลา 18.00 – 6.00 น. ในฤดูฝน ปี พ.ศ. 2551 ภายในห้องนอน 1 เปรียบเทียบกับภายนอกของกรณีต่างๆ..... 91
แผนภูมิที่ 4.29 สัดส่วนสภาวะน่าสบาย ที่เกิดขึ้นเวลากลางคืน ตั้งแต่เวลา 18.00 – 6.00 น. ในฤดูหนาว ปี พ.ศ. 2551 ภายในห้องนอน 1 เปรียบเทียบกับภายนอกของกรณีต่างๆ... 92
แผนภูมิที่ 4.30 สภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้นช่วงฤดูร้อน เวลากลางคืน ตั้งแต่เวลา 18.00 – 6.00 น. ปี พ.ศ. 2551 ภายในห้องนอน 2 กรณีมีการระบายอากาศธรรมชาติ..... 93

แผนภูมิ หน้า

แผนภูมิที่ 4.31 สภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้นช่วงฤดูฝน เวลากลางคืน ตั้งแต่เวลา 18.00 – 6.00 น. ปี พ.ศ. 2551 ภายในห้องนอน 2 กรณีมีการระบายอากาศธรรมชาติ..... 93
แผนภูมิที่ 4.32 สภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้นช่วงฤดูหนาว เวลากลางคืน ตั้งแต่เวลา 18.00 – 6.00 น. ปี พ.ศ. 2551 ภายในห้องนอน 2 กรณีมีการระบายอากาศธรรมชาติ..... 94
แผนภูมิที่ 4.33 สภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้นช่วงฤดูร้อน เวลากลางคืน ตั้งแต่เวลา 18.00 – 6.00 น..... 94
แผนภูมิที่ 4.34 สภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้นช่วงฤดูฝน เวลากลางคืน ตั้งแต่เวลา 18.00 – 6.00 น. ปี พ.ศ. 2551 ภายในห้องนอน 2 กรณีไม่มีการระบายอากาศธรรมชาติ..... 95
แผนภูมิที่ 4.35 สภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้นช่วงฤดูหนาว เวลากลางคืน ตั้งแต่เวลา 18.00 – 6.00 น. ปี พ.ศ. 2551 ภายในห้องนอน 2 กรณีไม่มีการระบายอากาศธรรมชาติ..... 95
แผนภูมิที่ 4.36 สัดส่วนสภาวะน่าสบาย ที่เกิดขึ้นเวลากลางคืน ตั้งแต่เวลา 18.00 – 6.00 น. ใน ฤดูร้อน ปี พ.ศ. 2551 ภายในห้องนอน 2 เปรียบเทียบกับภายนอกของกรณีต่างๆ..... 96
แผนภูมิที่ 4.37 สัดส่วนสภาวะน่าสบาย ที่เกิดขึ้นเวลากลางคืน ตั้งแต่เวลา 18.00 – 6.00 น. ใน ฤดูฝน ปี พ.ศ. 2551 ภายในห้องนอน 2 เปรียบเทียบกับภายนอกของกรณีต่างๆ..... 96
แผนภูมิที่ 4.38 สัดส่วนสภาวะน่าสบาย ที่เกิดขึ้นเวลากลางคืน ตั้งแต่เวลา 18.00 – 6.00 น. ใน ฤดูหนาว ปี พ.ศ. 2551 ภายในห้องนอน 2 เปรียบเทียบกับภายนอกของกรณีต่างๆ... 97
แผนภูมิที่ 4.39 สภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้นช่วงฤดูร้อน เวลากลางวัน ตั้งแต่เวลา 6.00 – 18.00 น. ปี พ.ศ. 2551 ภายในพื้นที่เติ๋น กรณีมีการระบายอากาศธรรมชาติ..... 98
แผนภูมิที่ 4.40 สภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้นช่วงฤดูฝน เวลากลางวัน ตั้งแต่เวลา 6.00 – 18.00 น. ปี พ.ศ. 2551 ภายในพื้นที่เติ๋น กรณีมีการระบายอากาศธรรมชาติ..... 98
แผนภูมิที่ 4.41 สภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้นช่วงฤดูหนาว เวลากลางวัน ตั้งแต่เวลา 6.00 – 18.00 น. ปี พ.ศ. 2551 ภายในพื้นที่เติ๋น กรณีมีการระบายอากาศธรรมชาติ.....99
แผนภูมิที่ 4.42 สัดส่วนสภาวะน่าสบาย ที่เกิดขึ้นเวลากลางวัน ตั้งแต่เวลา 6.00 – 18.00 น. ใน ฤดูร้อน ปี พ.ศ. 2551 พื้นที่เติ๋นเปรียบเทียบกับภายนอกของกรณีต่างๆ..... 99
แผนภูมิที่ 4.43 สัดส่วนสภาวะน่าสบาย ที่เกิดขึ้นเวลากลางวัน ตั้งแต่เวลา 6.00 – 18.00 น. ใน ฤดูฝน ปี พ.ศ. 2551 พื้นที่เติ๋นเปรียบเทียบกับภายนอกของกรณีต่างๆ..... 100

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภูมิ หน้า

แผนภูมิที่ 4.44 สัดส่วนสภาวะน่าสบาย ที่เกิดขึ้นเวลากลางวัน ตั้งแต่เวลา 6.00 – 18.00 น. ในฤดูหนาว ปี พ.ศ. 2551 พื้นที่เติ่นเปรียบเทียบกับภายนอกของกรณีต่างๆ..... 100
แผนภูมิที่ 4.45 สภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้นช่วงฤดูร้อน เวลากลางวัน ตั้งแต่เวลา 6.00 – 18.00 น. ปี พ.ศ. 2551 ภายในพื้นที่ห้องครัว กรณีมีการระบายอากาศธรรมชาติ..... 101
แผนภูมิที่ 4.46 สภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้นช่วงฤดูฝน เวลากลางวัน ตั้งแต่เวลา 6.00 – 18.00 น.ปี พ.ศ. 2551 ภายในพื้นที่ห้องครัว กรณีมีการระบายอากาศธรรมชาติ..... 102
แผนภูมิที่ 4.47 สภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้นช่วงฤดูหนาว เวลากลางวัน ตั้งแต่เวลา 6.00 – 18.00 น. ปี พ.ศ. 2551 ภายในพื้นที่ห้องครัว กรณีมีการระบายอากาศธรรมชาติ..... 102
แผนภูมิที่ 4.48 สัดส่วนสภาวะน่าสบาย ที่เกิดขึ้นเวลากลางวัน ตั้งแต่เวลา 6.00 – 18.00 น. ในฤดูร้อน ปี พ.ศ. 2551 พื้นที่ห้องครัวเปรียบเทียบกับภายนอก ของกรณีต่างๆ..... 103
แผนภูมิที่ 4.49 สัดส่วนสภาวะน่าสบาย ที่เกิดขึ้นเวลากลางวัน ตั้งแต่เวลา 6.00 – 18.00 น. ในฤดูฝน ปี พ.ศ. 2551 พื้นที่ห้องครัวเปรียบเทียบกับภายนอก ของกรณีต่างๆ..... 103
แผนภูมิที่ 4.50 สัดส่วนสภาวะน่าสบาย ที่เกิดขึ้นเวลากลางวัน ตั้งแต่เวลา 6.00 – 18.00 น. ในฤดูหนาว ปี พ.ศ. 2551 พื้นที่ห้องครัวเปรียบเทียบกับภายนอก ของกรณีต่างๆ..... 104
แผนภูมิที่ 4.51 สัดส่วนสภาวะน่าสบายเฉลี่ยตลอดทั้งปี ของกรณีต่างๆ ที่ได้จำลองในโปรแกรม Ener-win EC..... 105
แผนภูมิที่ 5.1 สัดส่วนสภาวะน่าสบายตลอดทั้งปี ช่วงกลางคืน จากการจำลองภายในโปรแกรม Ener-win EC ของกรณีเรือนล้านนาทั่วไป..... 110
แผนภูมิที่ 5.2 สัดส่วนสภาวะน่าสบายตลอดทั้งปี ช่วงกลางวัน จากการจำลองภายในโปรแกรม Ener-win EC ของกรณีเรือนล้านนาทั่วไป..... 110

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ		หน้า
ภาพที่ 2.1	การถ่ายเทความร้อนระหว่างร่างกายกับสิ่งแวดล้อม	8
ภาพที่ 2.2	แผนภูมิสภาวะน่าสบาย bioclimatic chart	10
ภาพที่ 2.3	ลักษณะการเลือกที่ตั้งที่ดี	17
ภาพที่ 2.4	ความเชื่อในการปลูกต้นไม้ และบริเวณโดยรอบเรือนล้านนา	19
ภาพที่ 2.5	การเชื่อมต่อของ ข่วงบ้าน (ลานกว้าง)	20
ภาพที่ 2.6	รายละเอียดโครงสร้างหลังคาเรือนไม้ล้านนา	23
ภาพที่ 2.7	ฝาไม้จริง (ฝาไม้แป้น) เรือนกาแล	24
ภาพที่ 2.8	ฝาไม้บัว เรือนกาแล	25
ภาพที่ 2.9	รายละเอียดโครงสร้างพื้นเรือนกาแล	26
ภาพที่ 2.10	พื้นไม้จริงขนาด 8” X 1” และฝากไม้ไผ่ทุบ ขนาดประมาณ 8 นิ้ว X 1 นิ้ว	27
ภาพที่ 3.1	อาณาเขตของ จังหวัดพะเยา	30
ภาพที่ 3.2	อำเภอเชียงคำ จังหวัดพะเยา	30
ภาพที่ 3.3	ตำแหน่งเรือนที่ทำการเลือก ภายใน อำเภอเชียงคำ จังหวัดพะเยา	31
ภาพที่ 3.4	พื้นที่การใช้งาน และผังหลังคาของเรือน นางพัน วงศ์ใหญ่	33
ภาพที่ 3.5	รูปภาพเรือนนางพัน วงศ์ใหญ่	34
ภาพที่ 3.6	พื้นที่การใช้งาน และผังหลังคา เรือนนายสุวรรณ สมฤทธิ์	35
ภาพที่ 3.7	รูปภาพเรือนนายสุวรรณ สมฤทธิ์	36
ภาพที่ 3.8	บริเวณด้านหน้า ของเรือนนางคำใบ หอมนาน	38
ภาพที่ 3.9	พื้นที่การใช้งาน และผังหลังคา เรือนนางคำใบ หอมนาน	38
ภาพที่ 3.10	รูปภาพเรือนนายคำใบ หอมนาน	39
ภาพที่ 3.11	พื้นที่การใช้งาน และผังหลังคา เรือนนางคำจันทร์ สมฤทธิ์	40
ภาพที่ 3.12	รูปภาพเรือนนายสุวรรณ สมฤทธิ์	41
ภาพที่ 3.13	พื้นที่การใช้งาน และผังหลังคา เรือนนางแสงดา สมฤทธิ์	43
ภาพที่ 3.14	รูปภาพเรือนนางแสงดา สมฤทธิ์	44

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพประกอบ หน้า

ภาพที่ 3.15 อุปกรณ์ data logger สำหรับเก็บข้อมูลอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ ภายนอกเรือน ยี่ห้อ HOBO รุ่น pro data logger HO8-032-08..... 45
ภาพที่ 3.16 อุปกรณ์ data logger สำหรับเก็บข้อมูลอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ ภายในเรือน ยี่ห้อ HOBO รุ่น multi-channel reusable data logger HO8-007-02..... 45
ภาพที่ 3.17 โปรแกรม boxcar pro 4.3.1.1 ที่ใช้สำหรับถ่ายโอนข้อมูลจาก data logger..... 46
ภาพที่ 3.18 การใช้โฟม 1" ปิดทั้ง 4 ด้านเพื่อป้องกันอิทธิพลจากรังสีอาทิตย์ที่ ส่งผลต่ออุณหภูมิอากาศ ของ data logger ยี่ห้อ HOBO รุ่น pro data logger..... 47
ภาพที่ 3.19 ลักษณะการติดตั้ง data logger ยี่ห้อ HOBO รุ่น multi-channel reusable data logger HO8-007-02 สูงจากพื้นเรือนประมาณ 30 cm.....47
ภาพที่ 3.20 ตำแหน่งที่ติดตั้งอุปกรณ์ data logger ในแต่ละเรือนที่ทำการศึกษา..... 48
ภาพที่ 3.21 ขั้นตอนการผลิตวัสดุท้องถิ่นสมัยใหม่ วัสดุผนังซีเมนต์จากใยไมยราฟยักษ์..... 50
ภาพที่ 3.22 วัสดุผนังซีเมนต์จากใยไมยราฟยักษ์..... 50
ภาพที่ 3.23 ห้องที่ใช้สำหรับการทดลองผลิต วัสดุอิฐมวลเบาชนิดไม่เผาจากดินเบาแหล่งลำปาง.. 51
ภาพที่ 3.24 อิฐมวลเบาชนิดไม่เผาจากดินเบาแหล่งลำปาง..... 51
ภาพที่ 3.25 อิฐขี้เถ้าลอยแม่เมาะ..... 52
ภาพที่ 3.26 เครื่องมือสำหรับทดสอบคุณสมบัติการต้านทานความร้อน (k) ของวัสดุ..... 52
ภาพที่ 3.27 วัสดุที่เตรียมสำหรับการทดสอบ จากซ้าย ไป ขวา วัสดุผนังซีเมนต์ใยไมยราฟยักษ์ อิฐดินเบาลำปาง อิฐจากขี้เถ้าลอยแม่เมาะ..... 53
ภาพที่ 3.28 เครื่องชั่งน้ำหนักชนิดละเอียด, เครื่องอบวัสดุ เพื่อหาค่าความชื้นของวัสดุ.....54
ภาพที่ 3.29 โปรแกรม ENER-WIN EC และ โปรแกรม Visual DOE 4.0..... 55
ภาพที่ 4.1 ข้อมูลอุณหภูมิอากาศ, จุดน้ำค้าง, ความเร็วลม จังหวัดเชียงราย ปี พ.ศ. 2551ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยาและรังสีอาทิตย์ จังหวัดเชียงใหม่ ปี พ.ศ. 2541 ข้อมูลจากข้อมูลอากาศประเทศไทยสำหรับงานอนุรักษ์พลังงาน เล่มที่ 2..... 59
ภาพที่ 4.2 พื้นที่ระเบียง ของเรือนนางพัน วงศ์ใหญ่ และเรือนนายสุวรรณ สมฤทธิ์..... 61
ภาพที่ 4.3 พื้นที่ระเบียง ของเรือนนางคำใบ หอมนาน, เรือนนางคำจันทร์ สมฤทธิ์ เรือนนางแสงดา สมฤทธิ์..... 62

ภาพประกอบ หน้า

ภาพที่ 4.4 พื้นที่เติ๋น ของเรือนที่ดำเนินการศึกษา..... 62
ภาพที่ 4.5 พื้นที่ห้องนอน 1 ของเรือนที่ดำเนินการศึกษา..... 63
ภาพที่ 4.6 พื้นที่ห้องนอน 2 ของเรือนที่ดำเนินการศึกษา..... 64
ภาพที่ 4.7 พื้นที่ห้องครัว ของเรือนที่ดำเนินการศึกษา..... 65
ภาพที่ 4.8 พื้นที่ใช้งานของเรือนนางพัน วงศ์ใหญ่ (กรณีเรือนล้านนาทั่วไป)..... 83

ภาพผนวก

ภาพที่ ก1 แสดงข้อมูล weather_file.dat ของโปรแกรม LS2TRY ที่ต้องแก้ไขในโปรแกรม excel.119

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของปัญหา

สถาปัตยกรรมล้านนา โดยเฉพาะอย่างยิ่งทางด้านเรือนของชาวล้านนาจะมีรูปแบบที่ตอบสนองวัฒนธรรมการกินอยู่ตามแบบวัฒนธรรมล้านนาอันเป็นประเพณีดั้งเดิมเฉพาะถิ่น เหมาะสมกับสภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศ ของชุมชนล้านนาในอดีตและมีการปรับปรุงรูปแบบให้ตอบสนองต่อสภาพการใช้งานในแต่ละประเภท ซึ่งเป็นภูมิปัญญาท้องถิ่นของล้านนา โดยสามารถแบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ๆ ได้ 3 ประเภทตามวัสดุการก่อสร้างและรูปทรงดังนี้[1]

1. เรือนชนบท เป็นเรือนทั่วไปของชาวบ้าน ส่วนประกอบส่วนใหญ่ของเรือนจะเป็นไม้ไผ่
2. เรือนไม้ เป็นเรือนของผู้มีอันจะกิน โดยที่ส่วนประกอบส่วนใหญ่ของเรือนจะเป็นไม้จริงเนื้อดี ทั้งเรือน
3. เรือนกาแล เป็นเรือนของผู้มีอันจะกินและผู้นำชุมชนหรือเป็นเรือนของบุคคลชั้นสูงในสังคม ใช้วัสดุก่อสร้างคุณภาพดีเยี่ยม การช่างฝีมือสูงประณีต

จนกระทั่งถึงสมัยรัชกาลที่ 5 เป็นต้นมา เริ่มได้รับอิทธิพลจากตะวันตกจึงมีการก่อสร้างเรือนแบบตะวันตกแทนที่เรือนล้านนาแบบเดิม ส่งผลเรือนล้านนาไม่มีการพัฒนารูปแบบการใช้งาน และวัสดุที่ใช้ประกอบเรือนไม่ได้มีการพัฒนาที่ต่อเนื่องทำให้ปัจจุบันพบเห็นเรือนล้านนาได้น้อยลง เพราะวัสดุที่ใช้นำมาประกอบเรือนคือ ไม้จริง หาได้ยากและมีราคาแพง ส่งผลทำให้การปรับปรุงเรือนเดิมมีค่าใช้จ่ายที่สูงและรูปแบบเรือนล้านนาดูล้าสมัยจึงนิยมก่อสร้างเรือนแบบตะวันตกแทนที่ เรือนล้านนาแบบดั้งเดิม[2]

ดังนั้นจึงเห็นควรที่จะหาแนวทางในการปรับปรุงเรือนไม้ให้เหมาะสมกับสภาพปัจจุบันโดยตอบสนองต่อภูมิประเทศ, ภูมิอากาศ และวิถีชีวิตในปัจจุบัน โดยจะทำการศึกษาเฉพาะทางด้านอุณหภาพ (thermal performance) คือ อุณหภูมิภายในเรือน และการสะสมความร้อนของเปลือกอาคาร ที่ส่งผลสภาวะน่าสบาย และหาแนวทางในการปรับปรุงสภาวะน่าสบายของเรือนล้านนา โดยการเลือกใช้วัสดุท้องถิ่นสมัยใหม่ เพื่อทดแทนวัสดุดั้งเดิมของเรือนล้านนา ที่ปัจจุบันหาได้ยากและมีราคาแพง และมุ่งเน้นศึกษาเฉพาะเรือนล้านนาเป็นหลักเนื่องจากเรือนล้านนา เป็นเรือนสำหรับชนชั้นกลางของสังคมในอดีต

---

[1] อนุวิทย์ เจริญศุภกุล วิวัตฒน์ เตมียพันธ์, **เรือนไทยล้านนาและประเพณีการปลูกเรือน**, (พิมพ์ครั้งที่ 2 กทม.: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ท่าพระจันทร์), 2539, หน้า 9

[2] ผศ.นุกูล ชมภูนิช, **บ้านไทย เอกลักษณ์ของชาติ**, (กทม: โอ.เอส.พริ้นติ้ง เฮ้าส์ เขตบางกอกน้อย), 2548, หน้า 3

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 ศึกษาและวิเคราะห์สภาวะน่าสบายของเรือนล้านนาในปัจจุบัน ถึงความเหมาะสมกับสภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศ ในปัจจุบันทางด้านอุณหภาพ

1.2.2 ศึกษาและวิเคราะห์วัสดุท้องถิ่นสมัยใหม่ ในการปรับใช้กับเรือนล้านนาในปัจจุบัน ให้มีความเหมาะสมทางด้านรูปแบบ และสภาวะน่าสบาย

1.2.3 ศึกษาและเสนอแนะแนวทางในการปรับปรุงสภาวะน่าสบายของเรือนล้านนา โดยมีความเหมาะสมกับภูมิประเทศ และภูมิอากาศในปัจจุบัน

1.3 ขอบเขตการศึกษา

งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาและปรับปรุงสภาวะน่าสบายทางด้านอุณหภาพของเรือนล้านนา ดังนั้นจึงกำหนดข้อจำกัดต่างๆ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.3.1 การศึกษาจะศึกษาเฉพาะเรือนล้านนา สำหรับครอบครัวเดี่ยว ภายในพื้นที่ อ.เชียงคำ จ.พะเยา เท่านั้น ไม่รวมถึงเรือนชนบทและเรือนกาแล

1.3.2 การศึกษาเฉพาะตัวแปรที่ทำให้เกิดสภาวะน่าสบายเชิงอุณหภาพ (thermal performance) เท่านั้น คือ อุณหภูมิภายในเรือน และการสะสมความร้อนของเปลือกอาคาร

1.4 ระเบียบวิธีวิจัย

งานวิจัยนี้ เป็นงานวิจัยสำรวจ – ทดลอง (survey and experimental research) เพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงเรือนล้านนา โดยสำรวจรูปแบบเรือนล้านนา วัสดุประกอบเรือนล้านนา ในปัจจุบัน ดำเนินการตรวจวัดและบันทึกข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นที่เกิดขึ้นภายในและภายนอกเรือน สำรวจวัสดุท้องถิ่นสมัยใหม่ที่สามารถผลิตได้เองภายในท้องถิ่น และนำข้อมูลวัสดุประกอบเรือน วัสดุท้องถิ่นสมัยใหม่จากการสำรวจ จำลองภายในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อทำนายสภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้นภายในเรือนล้านนาที่ใช้วัสดุท้องถิ่นสมัยใหม่เปรียบเทียบกับเรือนล้านนาที่ใช้วัสดุเดิม ถึงความเหมาะสมกับสภาพปัจจุบัน โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1.4.1 ดำเนินการสำรวจเรือนล้านนา เพื่อศึกษาวัสดุที่ใช้ประกอบเรือนภายในพื้นที่ และอุณหภูมิความชื้น ที่เกิดขึ้นจริงภายใน ภายนอกเรือนล้านนา เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อสภาวะน่าสบายของเรือนล้านนาในปัจจุบัน ว่ามีการเปลี่ยนแปลงไปจากอดีต และยังอยู่ในเขตสภาวะน่าสบายหรือไม่ โดยการใช้วิธีสุ่มเลือกเรือนล้านนา ภายในพื้นที่ที่ทำการศึกษา

1.4.1.1 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสภาวะน่าสบายภายในภูมิภาคเขตร้อนชื้น, เรือนพื้นถิ่นทางภาคเหนือของประเทศไทย (เรือนล้านนา) วัสดุก่อสร้างเรือนพื้นถิ่นทางภาคเหนือของประเทศไทย (เรือนล้านนา) เพื่อนำไปกำหนดขั้นตอนในการสำรวจและติดตั้งอุปกรณ์เก็บข้อมูลอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ที่เกิดขึ้นจริง

และอิทธิพลของวัสดุก่อสร้างเรือนล้านนาในปัจจุบัน ที่ส่งผลต่อสภาวะน่าสบายของเรือนล้านนา โดยการค้นคว้าหาข้อมูลจากหนังสือ เอกสารทางวิชาการ อินเตอร์เนท และจากสื่อต่างๆ

1.4.1.2 เลือกเรือนล้านนา เพื่อกำหนดเรือนที่จะทำการศึกษา

1.4.1.3 สำรวจ และเก็บข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นที่เกิดขึ้นภายในพื้นที่พื้นที่ต่างๆ ของเรือนล้านนาและภายนอกของเรือน และอิทธิพลของวัสดุก่อสร้างของเรือนล้านนาในปัจจุบัน เพื่อสรุปสภาวะน่าสบายของเรือนล้านนา โดยการติดตั้งเครื่องมือเก็บข้อมูลอุณหภูมิและความชื้น ที่เกิดขึ้นภายในและภายนอกของเรือนที่ได้ทำการเลือกมาแล้ว

1.4.1.3.1 สำรวจ และเก็บข้อมูลเรือนล้านนาในปัจจุบันที่ยังมีการใช้งาน โดยเป็นเรือนที่ได้ทำการเลือกมาแล้ว เพื่อศึกษาความเหมาะสมของเรือนล้านนาทางด้านสภาวะน่าสบายในปัจจุบัน โดยการเก็บข้อมูลจากเรือนที่ได้ดำเนินการเลือกมาแล้ว

1.4.1.3.1.1 สำรวจวัสดุประกอบเรือนล้านนาในปัจจุบัน เพื่อศึกษาอิทธิพลของวัสดุประกอบเรือนที่ส่งผลต่อสภาวะน่าสบายในปัจจุบัน โดยการเก็บข้อมูลจากเรือนที่ได้ดำเนินการสุ่มเลือกมาแล้ว

1.4.1.3.1.2 ตรวจวัดและบันทึกข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นที่เกิดขึ้นภายในและภายนอกเรือนล้านนาในปัจจุบัน เพื่อศึกษาสภาวะน่าสบายของเรือนล้านนาในปัจจุบัน โดยการติดตั้งอุปกรณ์เก็บข้อมูลอุณหภูมิ และความชื้น ที่เกิดขึ้นจริงภายในและภายนอกเรือนที่ได้ดำเนินการเลือกมาแล้ว

1.4.2 สำรวจวัสดุท้องถิ่นสมัยใหม่ ที่สามารถนำมาปรับใช้กับเรือนล้านนา เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติกับวัสดุประกอบเรือนล้านนา โดยการการค้นคว้าหาข้อมูลจากหนังสือ เอกสารทางวิชาการ อินเตอร์เนท และจากสื่อต่างๆ และติดต่อขอข้อมูลจากหน่วยงานที่วิจัยเกี่ยวกับวัสดุท้องถิ่นสมัยใหม่

1.4.3 ดำเนินการทดสอบคุณสมบัติสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อน (k) ของวัสดุประกอบเรือนล้านนา และวัสดุท้องถิ่นสมัยใหม่ โดยทดลองภายในห้องทดลองเพื่อศึกษาอิทธิพลที่ส่งผลต่อสภาวะน่าสบายของวัสดุ

1.4.3.1 วัสดุประกอบเรือนล้านนา ในปัจจุบัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.4.3.2 วัสดุก่อสร้างท้องถิ่นสมัยใหม่

1.4.4 จำลองและเปรียบเทียบสภาวะน่าสบายของเรือนล้านนา ภายในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อทำนายสภาวะน่าสบายที่จะเกิดขึ้น

1.4.4.1 เรือนล้านนาในปัจจุบัน

1.4.4.2 เรือนล้านนาที่ได้มีการปรับปรุงโดยการเลือกใช้วัสดุท้องถิ่นสมัยใหม่

1.4.5 สรุปผลและเสนอแนะแนวทางในการปรับปรุงสภาวะน่าสบาย (thermal comfort) ของเรือนล้านนา เพื่อให้เรือนล้านนามีความเหมาะสมกับสภาพภูมิประเทศและภูมิอากาศในปัจจุบัน โดยการเลือกใช้วัสดุท้องถิ่นสมัยใหม่มาปรับปรุงให้เหมาะสมกับเรือนล้านนา

1.5 ข้อจำกัดในการดำเนินการวิจัย

1.5.1 ข้อจำกัดทางด้านข้อมูลภูมิอากาศประจำปี เนื่องจากข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา ไม่มีข้อมูลรังสีอาทิตย์ของจังหวัดเชียงราย จึงใช้ข้อมูลรังสีอาทิตย์ จังหวัดเชียงใหม่ จากข้อมูลอากาศประเทศไทยสำหรับงานอนุรักษ์พลังงาน เล่มที่ 2[3] จัดทำโดย ธนิต จินดาวณิค, คมกฤช ชูเกียรติมั่น และร.อ.หญิง ปริมลาภ วสุวัต ข้อมูลปี พ.ศ. 2541

1.5.2 ข้อจำกัดทางด้านเวลา เนื่องจากข้อมูลที่ทำการตรวจสอบและบันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ของเรือนล้านนา จำนวน 5 หลัง ดำเนินการในช่วงเดือน ตุลาคม – พฤศจิกายน พ.ศ. 2551 จึงเป็นข้อมูลตัวอย่างและใช้เปรียบเทียบเท่านั้น

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 สามารถสรุปเรือนล้านนาในปัจจุบันมีความเหมาะสมกับสภาพภูมิประเทศ และภูมิอากาศในปัจจุบัน ทางด้านอุณหภาพ (thermal performance)

1.6.2 เป็นแนวทางในการพัฒนา และปรับปรุงเรือนล้านนาให้มีสภาวะน่าสบาย เหมาะสมกับสภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศในปัจจุบัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[3]ร.ศ ธนิต จินดาวณิค, คมกฤช ชูเกียรติมั่น และร.อ.หญิง ปริมลาภ วสุวัต, **ข้อมูลอากาศประเทศไทยสำหรับงานอนุรักษ์พลังงาน เล่มที่ 2**, (กทม : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย), หน้า 3

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาสภาวะน่าสบาย ของเรือนล้านนา เพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงเรือนล้านนา ให้มีความเหมาะสมกับสภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศ ในปัจจุบันทางด้านอุณหภาพ โดยเลือกใช้วัสดุท้องถิ่นสมัยใหม่ มาใช้แทนไม้จริง ที่ปัจจุบันหาได้ยาก และมีราคาแพง ในบทจึงนี้ได้รวบรวมทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่เคยทำวิจัยมาแล้วมีดังนี้

2.1 ภูมิอากาศของประเทศไทย

ประเทศไทย อยู่ในเขตร้อน ระหว่างเส้นรุ้ง (Latitude) ที่ 5 และ 21 องศาเหนือ เส้นแวง (Longitude) ที่ 97 – 106 องศาตะวันออก มีเนื้อที่ประมาณ 518,000 ตารางเมตร ภูมิอากาศอยู่ในเขตร้อนชื้น และกรมอุตุนิยมวิทยาได้แบ่งฤดูของประเทศไทย ออกเป็น 3 ฤดู[1] คือ

2.1.1 **ฤดูร้อน** - เริ่มประมาณกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงประมาณกลางเดือนพฤษภาคม ซึ่งเป็นช่วงที่เปลี่ยนจากมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (หรือที่เปลี่ยนจากฤดูหนาวเข้าสู่ฤดูฝน) เป็นระยะที่ขั้วโลกเหนือหันเข้าหาดวงอาทิตย์ โดยเฉพาะในเดือนเมษายนประเทศไทยจะเป็นประเทศหนึ่งที่ตั้งอยู่ในบริเวณที่ลำแสงของดวงอาทิตย์จะตั้งฉากกับผิวพื้นโลกในเวลาเที่ยงวัน ทำให้ได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์อย่างเต็มที่ จึงทำให้สภาวะอากาศร้อนอบอ้าวโดยทั่วไป ในฤดูนี้แม้ว่าประเทศไทยอากาศจะร้อนและแห้งแล้ง แต่ในบางครั้งอาจมีมวลอากาศเย็นจากประเทศจีนแผ่ลงมาถึงประเทศไทยตอนบนได้ ทำให้เกิดการปะทะกันระหว่างมวลอากาศเย็น ที่แผ่ลงมากับมวลอากาศร้อนที่ปกคลุมอยู่เหนือประเทศไทย ซึ่งก่อให้เกิดพายุฝนฟ้าคะนองและลมกรรโชกแรง หรืออาจมีลูกเห็บตกลงมาด้วย ก่อให้เกิดความเสียหายได้ พายุฝนฟ้าคะนองที่เกิดขึ้นในฤดูนี้มักเรียกว่า "พายุฤดูร้อน"

2.1.2 **ฤดูฝน** - เริ่มประมาณกลางเดือนพฤษภาคมถึงประมาณกลางเดือนตุลาคม ฤดูนี้จะเริ่มเมื่อมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งเป็นลมชื้นพัดปกคลุมประเทศไทย ขณะที่ร่องความกดอากาศต่ำ (แนวร่องที่ก่อให้เกิดฝน) พาดผ่านประเทศไทยทำให้มีฝนชุกทั่วไป ร่องความกดอากาศต่ำนี้ปกติจะเริ่มพาดผ่านภาคใต้ในเดือนเมษายน แล้วจึงเลื่อนขึ้นไปพาดผ่านภาคกลางและภาคตะวันออก ภาคเหนือ และตะวันออกเฉียงเหนือ ในเดือนพฤษภาคมและมิถุนายนตามลำดับประมาณปลายเดือนมิถุนายนจะเลื่อนขึ้นไปพาดผ่านบริเวณประเทศ

---

[1] **ฤดูของประเทศไทย**.[Online] . (2004). แหล่งที่มา http://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=23, 18 กรกฎาคม 2552

จีนตอนใต้ ทำให้ฝนในประเทศไทยลดลงระยะหนึ่งและเรียกว่าเป็น "ช่วงฝนทิ้ง" ซึ่งอาจนานประมาณ 1 – 2 สัปดาห์ หรือ บางปีอาจเกิดขึ้นรุนแรงและมีฝนน้อยนานนับเดือนได้ ประมาณเดือนสิงหาคมถึงพฤศจิกายนร่องความกดอากาศต่ำ จะเลื่อนกลับลงมาทางใต้พาดผ่านบริเวณประเทศไทยอีกครั้งหนึ่ง โดยจะพาดผ่านตามลำดับจากภาคเหนือลงไปภาคใต้ ทำให้ช่วงเวลาดังกล่าวประเทศไทยจะมีฝนชุกต่อเนื่อง โดยประเทศไทยตอนบนจะตกชุกช่วงเดือนสิงหาคมถึงกันยายน และภาคใต้จะตกชุกช่วงเดือนตุลาคมถึงพฤศจิกายน ตลอดช่วงเวลาที่ร่องความกดอากาศต่ำเลื่อนขึ้นลงนี้ ประเทศไทยจะได้รับอิทธิพลของมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ที่พัดปกคลุมอยู่ตลอดเวลา เพียงแต่บางระยะอาจมีกำลังแรง บางระยะอาจมีกำลังอ่อนขึ้นอยู่กับตำแหน่งของแนวร่องความกดอากาศต่ำ ประมาณกลางเดือนตุลาคมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งเป็นลมหนาวจะเริ่มพัดเข้ามาปกคลุมประเทศไทยแทนที่มรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งเป็นสัญญาณว่าได้เริ่มฤดูหนาวของประเทศไทยตอนบน เว้นแต่ทางภาคใต้จะยังคงมีฝนตกชุกต่อไปจนถึงเดือนธันวาคม ทั้งนี้เนื่องจากมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ที่พัดลงมาจากประเทศจีนจะพัดผ่านทะเลจีนใต้ และอ่าวไทยก่อนลงไปถึงภาคใต้ ซึ่งจะนำความชื้นลงไปด้วย เมื่อถึงภาคใต้ โดยเฉพาะภาคใต้ฝั่งตะวันออกจึงก่อให้เกิดฝนตกชุกดังกล่าวข้างต้น

2.1.3 **ฤดูหนาว** - เริ่มประมาณกลางเดือนตุลาคมถึงประมาณกลางเดือนกุมภาพันธ์ เมื่อมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเริ่มพัดปกคลุมประเทศไทยประมาณกลางเดือนตุลาคม ซึ่งจะนำความหนาวเย็นมาสู่ประเทศไทย เป็นระยะที่ขั้วโลกใต้หันเข้าหาดวงอาทิตย์ ตำแหน่งลำแสงของดวงอาทิตย์ทำมุมฉากกับผิวพื้นโลกขณะเที่ยงวันจะอยู่ทางซีกโลกใต้ ทำให้ลำแสงที่ตกกระทบกับพื้นที่ในประเทศไทยเป็นลำแสงเฉียงตลอดเวลา

2.2 อำเภอเชียงคำ จังหวัดพะเยา

ในอดีต อำเภอเชียงคำ เป็นส่วนหนึ่งของจังหวัดเชียงราย ต่อมาเมื่อปี พ.ศ. 2520 จังหวัดพะเยาได้รับการสถาปนาขึ้นเป็นจังหวัด อำเภอเชียงคำจึงเปลี่ยนมาขึ้นกับ จังหวัดพะเยา ในปี พ.ศ. 2520[2] อำเภอเชียงคำมีภูมิประเทศเป็นป่าไม้และเทือกเขาสูง ทำให้ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมจากทะเลน้อยมาก และยังผลให้ฤดูร้อนกับฤดูหนาวมีความแตกต่างกันค่อนข้างมาก คือ ประมาณเดือนธันวาคมของทุกปีอุณหภูมิจะต่ำมาก เฉลี่ยประมาณ 8.7 องศาเซลเซียส และในเดือนเมษายนจะมีอุณหภูมิค่อนข้างสูง โดยใน พ.ศ. 2541 เป็นปีที่มีอุณหภูมิสูงที่สุดของจังหวัดเชียงราย คือ 36.4 องศาเซลเซียส[3]

---

[2] **ประวัติเชียงคำ**. [online]. 2005. แหล่งที่มา : http://www.ckhealth.org/old/aboutme.htm, [23 กรกฎาคม 2552]

[3] **จังหวัดเชียงราย** [online]. 2005. แหล่งที่มา : http://th.wikipedia.org/wiki/จังหวัดเชียงราย, [23 กรกฎาคม 2552]

2.3 **ความหมายของ “สภาวะน่าสบาย”** (thermal comfort)

ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) ซึ่งเป็นสมาคมเกี่ยวกับวิศวกรรมระบบปรับอากาศของอเมริกา ได้นิยามสภาวะน่าสบายว่า “That condition of mind which expresses satisfaction with the thermal environment and is assessed by subjective evaluation”[4]

“สภาวะน่าสบายทางด้านอุณหภาพ” (thermal comfort) คือ “**สภาวะที่จิตใจแสดงความพึงพอใจกับสภาพแวดล้อมทางด้านอุณหภูมิหรือความร้อน ไม่รู้สึกร้อนหรือหนาว เป็นความรู้สึกของมนุษย์และไม่ใช่ทุกคนจะเห็นฟ้องว่าสภาพแวดล้อมหนึ่งๆ นั้นสบาย ซึ่งอาจมีความรู้สึกแตกต่างกัน**”[5] แต่อย่างไรก็ตามในสภาพแวดล้อมอุณหภูมิเหมือนกันบุคคลหนึ่งอาจรู้สึกว่ากำลังสบายแต่อีกคนหนึ่งอาจรู้สึกว่าไม่สามารถทนได้ ทั้งนี้เนื่องจากความแตกต่างในอัตราการเผาผลาญของร่างกาย (metabolism) และปัจจัยทางด้านวัฒนธรรมและจิตใจ

2.4 **ทฤษฎีสภาวะน่าสบาย**

ร่างกายมนุษย์มีอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส และต้องเสถียรอุณหภูมินี้เพื่อให้มีสภาพปกติ ภายในร่างกายมนุษย์จะผลิตความร้อนขึ้นมาเองโดยการเผาผลาญอาหารที่รับประทานเข้าไป เป็นกระบวนการสร้างพลังงานในร่างกาย โดยปกติร่างกายจะใช้พลังงานประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ และอีก 80เปอร์เซ็นต์ จะเป็นการถ่ายเทออกสู่สภาพแวดล้อม แม้ในขณะหลับในอุณหภูมิที่ค่อนข้างสูง ร่างกายยังต้องผลิตพลังงานความร้อนประมาณ 290 บีทียูต่อชั่วโมง เมื่อมีการเคลื่อนไหวร่างกายจะต้องผลิตพลังงานความร้อนประมาณ 400 บีทียูต่อชั่วโมง เดิน 760 - 1,400 บีทียูต่อชั่วโมง และวิ่ง 3,000 – 4,000 บีทียูต่อชั่วโมง[6] ความสัมพันธ์ของการถ่ายเทความร้อนระหว่างมนุษย์และสิ่งแวดล้อมแบ่งได้เป็น 4 ประเภท ดังนี้

2.4.1 การแผ่รังสีความร้อน (radiation) ร่างกายรับความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์และจากพื้นผิววัสดุที่ร้อน และถ่ายเทความร้อนออกโดยทางผิวหนัง ผ่านเสื้อผ้าเครื่องนุ่งห่ม และสภาพแวดล้อม

2.4.2 การพาความร้อน (convection) ร่างกายถ่ายเทความร้อนกับสภาพแวดล้อมโดยมีอากาศเป็นตัวกลาง เช่น การมีลมเย็นพัดมาถูกร่างกาย

---

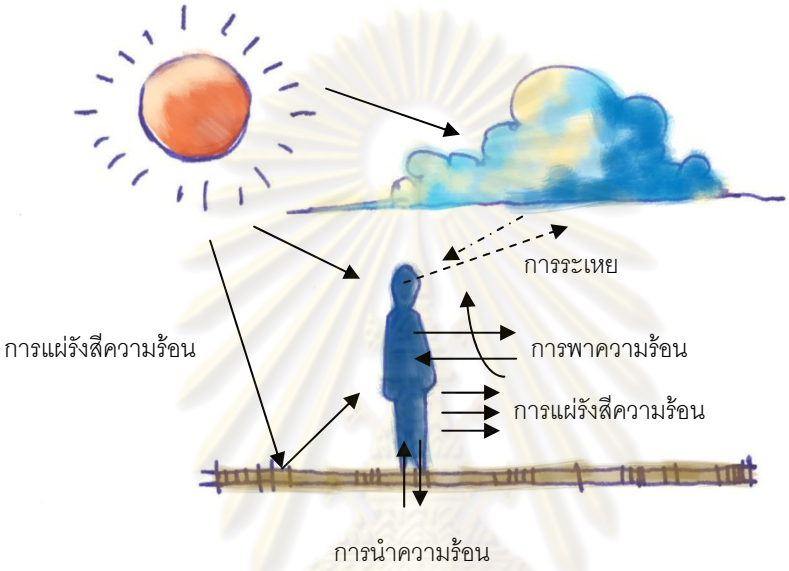
[4] American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., ASHRAE Standard 55-2004, (USA : 1791 Tullie Circle NE, Atlanta, GA 30329), Page 2

[5] ธนิต จินดาวณิค, **เอกสารคำสอน วิชา การอนุรักษ์พลังงานในการออกแบบสถาปัตยกรรม**, (กทม : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย), หน้า 27

[6] สมสิทธิ์ นิตยะ, **การออกแบบอาคารสำหรับภูมิอากาศเขตร้อนชื้น**, ครั้งที่ 1 (กทม : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541), หน้า 21

2.4.3 การระเหย (evaporation) ความร้อนออกจากร่างกายทางผิวหนังเป็นเหงื่อ และออกทางปอดทางการหายใจ

2.4.4 การนำความร้อน (conduction) การถ่ายเทความร้อนประเภทนี้ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติการนำความร้อนของสิ่งที่สัมผัสกับร่างกายโดยตรง โดยทั่วไปการถ่ายเทความร้อนโดยการนำจะมีเพียงเล็กน้อย



ภาพที่ 2.1 การถ่ายเทความร้อนระหว่างร่างกายกับสิ่งแวดล้อม

2.5 ปัจจัยที่ส่งผลต่อสภาวะน่าสบาย[7]

ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อสภาวะน่าสบาย สามารถแบ่งออกเป็นตัวแปรทางด้านสภาพแวดล้อมที่สามารถวัดได้ ตัวแปรทางด้านบุคคลหรือผู้ใช้อาคาร และอิทธิพลทางด้านจิตวิทยา ซึ่งอิทธิพลทางด้านจิตวิทยาเป็นการยากในการที่จะวัด แต่ในทางทฤษฎีสภาวะน่าสบายที่เป็นที่ยอมรับกันในสากลมีตัวแปรประกอบไปด้วยตัวแปรทางด้านสภาพแวดล้อม และตัวแปรทางด้านบุคคล ดังนี้

ตัวแปรทางด้านสภาพแวดล้อม

- อุณหภูมิอากาศ (ambient air temperature)
- อุณหภูมิจากการแผ่รังสีความร้อน (mean radiant temperature,MRT)
- กระแสลม (air movement)
- ความชื้น (humidity)

[7] ธนิต จินดาวณิค, **เอกสารคำสอน วิชา การอนุรักษ์พลังงานในการออกแบบสถาปัตยกรรม**, (กทม : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย), หน้า 27

ตัวแปรทางด้านบุคคล

- ระดับกิจกรรม (activity level)
- เสื้อผ้าที่สวมใส่ (clothing)

2.5.1 **อุณหภูมิอากาศ** (air temperature)

ช่วงสภาวะสบายจะอยู่ระหว่าง 20.00 องศาเซลเซียส จนถึง 26.60 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิพื้นผิวโดยรอบ ความชื้น และความเร็วลมสามารถเสริมสภาวะน่าสบายให้ดีขึ้นหรือทำให้แย่ลงได้

2.5.2 **อุณหภูมิจากการแผ่รังสีความร้อน** (mean radiant temperature,MRT)

สามารถคำนวณจากอุณหภูมิพื้นผิวของด้านต่างๆ ของห้องและตำแหน่งที่วัด และหาค่าเฉลี่ยออกมาเป็นค่า MRT ค่า MRT จะมีอิทธิพลต่อสภาวะน่าสบาย มากกว่าอุณหภูมิอากาศถึง 40 เปอร์เซ็นต์

2.5.3 **กระแสลม** (air movement)

กระแสลมเป็นปัจจัยอันหนึ่งของสภาวะน่าสบายของมนุษย์ โดยมีเหตุผลอยู่ 3 ประการ คือ อากาศที่เคลื่อนไหวจะพาความร้อนที่อยู่รอบๆ ตัวไป อากาศที่เคลื่อนไหวจะพัดพาความชื้น และทำให้เกิดสภาวะที่เหมาะสมขึ้นสำหรับร่างกายที่จะระบายความร้อนโดยการระเหยของน้ำด้วยตัวของมันเองในรูปแบบเหงื่อ และอากาศที่เคลื่อนไหวช่วยไม่ให้เกิดการสะสมของมลพิษ ความเร็วลมที่ทำให้เกิดสภาวะน่าสบายจะอยู่ระหว่าง 3 - 15 เมตรต่อนาที ถ้าความเร็วเกินกว่า 60 เมตรต่อนาที จะทำให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกลมแรง (drafty) และรบกวนการทำงานและกิจกรรมต่างๆ

2.5.4 **ความชื้น** (humidity)

คือระดับไอน้ำในอากาศ โดยถูกอธิบายในรูปของความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity,RH) ซึ่งหมายถึงสัดส่วนความชื้นในอากาศเมื่อเทียบกับปริมาณสูงสุดที่อากาศสามารถมีความชื้นได้ โดยปราศจากการกลั่นเป็นหยดน้ำ ความชื้นเมื่อเทียบแล้วมีผลน้อยในสภาพอากาศที่เย็น แต่ความชื้นจะมีความสำคัญมากในสภาพอากาศร้อน โดยการสูญเสียความร้อนจากการระเหยของเหงื่อ เช่น ในประเทศไทยเป็นต้น ความชื้นสัมพัทธ์ของเขตสภาวะน่าสบายจะอยู่ในช่วงประมาณ 20 - 80 เปอร์เซ็นต์

2.5.5 **ระดับกิจกรรม** (activity Level)

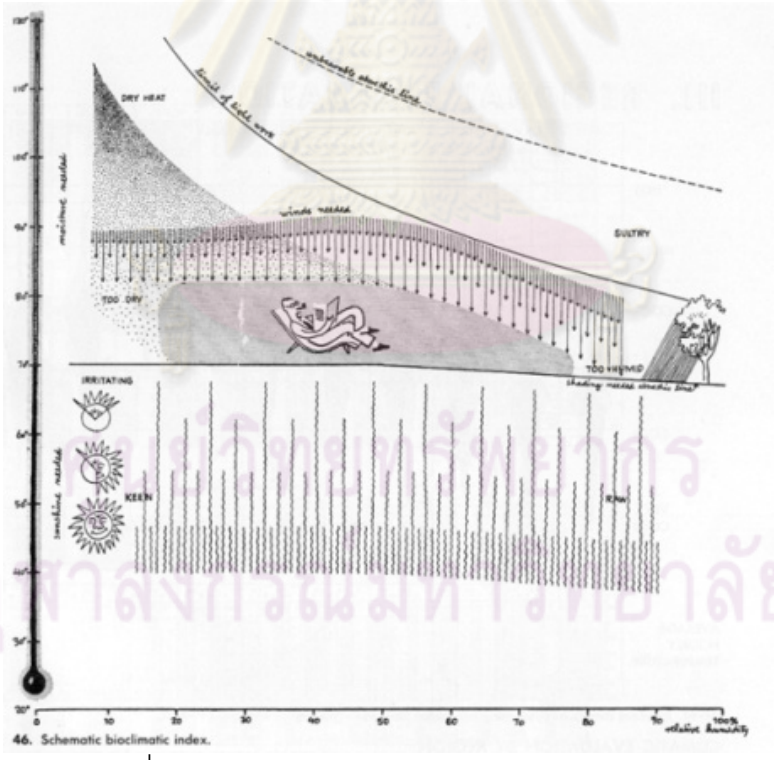
คืออัตราที่ร่างกายมนุษย์เราผลิตความร้อนออกมาส่วนมากขึ้นอยู่กับกิจกรรมของร่างกาย, อาหารที่รับประทาน, และเครื่องดื่มที่มนุษย์บริโภคเข้าไป โดยวัดเป็น metabolic หน่วยเป็น met โดยที่ 1 met เท่ากับ 58.2 วัตต์ต่อตารางเมตร ยิ่งร่างกายมีกิจกรรมมากความร้อนที่ร่างกายผลิตออกมาก็ยิ่งมากตาม

2.5.6 **เสื้อผ้าที่สวมใส่** (clothing)

โดยที่เสื้อผ้าที่สวมใส่ทำหน้าที่เหมือนฉนวน และมีผลอย่างมากต่อการถ่ายเทความร้อนของร่างกายไปสู่สภาพแวดล้อมโดยรอบตัวทั้งการแผ่รังสี การพาความร้อน การนำความร้อน โดยที่การต้านทานความร้อนของเสื้อผ้าวัดออกมาเป็นหน่วย ตารางเมตรองศาเซลเซียสต่อวัตต์ หน่วยในการวัดระดับเสื้อผ้าที่สวมใส่อยู่คือ Clo 1 Clo เท่ากับ 0.16 ตารางเมตรองศาเซลเซียสต่อวัตต์

2.6 **ขอบเขตสภาวะน่าสบาย**[8]

จากปัจจัยทั้ง 6 ที่ส่งผลต่อสภาวะน่าสบาย ทำให้เกิดความพยายามที่จะกำหนดขอบเขตของสภาวะน่าสบายโดยแสดงในแผนภูมิเดียว แผนภูมิสภาวะน่าสบายนี้ ได้แก่ bioclimatic chart (Olgyay 1963) ที่ขอบเขตของสภาวะน่าสบาย (comfort zone) อยู่ในอุณหภูมิระหว่าง 21 – 28 องศาเซลเซียส (ในเขตร้อนจะเลื่อนออกเป็น 24 – 30 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 30 เปอร์เซ็นต์ – 70 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีลมพัด และไม่ได้รับรังสีความร้อนใดๆ ระดับกิจกรรมที่ทำ 1.2 met และค่าความเป็นฉนวนของเสื้อผ้า 1.0 clo



ภาพที่ 2.2 แผนภูมิสภาวะน่าสบาย bioclimatic chart

ที่มา Olgyay [1963]

[8] กิจชัย จิตขจรวานิช, **สภาวะสบายและการปรับตัวเพื่ออยู่แบบสบายของคนในท้องถิ่น** (Thermal Comfort and Adaptability to Living for Local People), (กทม : คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2547), หน้า 9

และมาตรฐานสากล (ISO 7730: 2005)[9] ได้แนะนำสภาวะน่าสบายในช่วงฤดูหนาวมีอุณหภูมิ 20 – 24 องศาเซลเซียส และในฤดูร้อนมีอุณหภูมิ 23 -26 องศาเซลเซียส โดยมีความชื้นสัมพัทธ์ 30เปอร์เซ็นต์ - 70เปอร์เซ็นต์ ในทั้ง 2 ฤดู และสมาคมเกี่ยวกับวิศวกรรมระบบปรับอากาศของอเมริกา (ASHRAE 55 – 2004)[10] ได้กำหนดไว้ว่า

ตารางที่ 2.1 สภาวะน่าสบายที่แนะนำโดย ASHRAE 55 – 2004

	ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)	อุณหภูมิอากาศ (เปอร์เซ็นต์)
ฤดูร้อน (ค่าความเป็นฉนวน	30	24.5 - 28.0
ของเสื้อผ้า = 0.5 clo.	60	23.0 - 25.5
ฤดูหนาว (ค่าความเป็นฉนวน	30	20.5 – 25.5
ของเสื้อผ้า = 1.0 clo.	60	20.0 - 24.0

ที่มา : ASHRAE Standard 55- 2004, (USA : 1791 Tullie Circle NE, Atlanta, GA 30329)

อย่างไรก็ตามจากการศึกษาของ ผศ.ดร กิจชัย จิตขจรวานิช ถึงสภาวะน่าสบายและการปรับตัวเพื่ออยู่แบบสบายของคนในท้องถิ่น บริเวณ จังหวัดนครปฐม ราชบุรี เพชรบุรี และสุพรรณบุรี เป็นจังหวัดทางภาคตะวันตกของประเทศไทย ซึ่งเป็นการศึกษาสภาวะน่าสบายในเขตร้อนชื้น ได้เสนอสภาวะน่าสบายที่อุณหภูมิ 25.6 – 31.5 องศาเซลเซียส และมีความชื้นสัมพัทธ์ 62.2 เปอร์เซ็นต์ – 90 เปอร์เซ็นต์[11]

2.7 คุณสมบัติของวัสดุที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน

ผนังแต่ละชนิดมีคุณสมบัติในการถ่ายเทความร้อนด้วยการนำแตกต่างกันมาจากหลายองค์ประกอบ ดังนี้

- ความจุความร้อนของวัสดุ (heat capacity)
- การหน่วงเหนี่ยวความร้อนของผนัง (time lag)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[9] International Standard, ISO 7730:2005 Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and locol thermal comfort criteria, (Switzerland: Case postale 56.CH-1211 Geneva 20)

[10] American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., ASHRAE Standard 55-2004, (USA : 1791 Tullie Circle NE, Atlanta, GA 30329)

[11] กิจชัย จิตขจรวานิช, **สภาวะสบายและการปรับตัวเพื่ออยู่แบบสบายของคนในท้องถิ่น (Thermal Comfort and Adaptability to Living for Local People)**, (กทม : คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2547), หน้า ง

- อัตราการถ่ายเทความร้อนของวัสดุ (thermal conductivity: k)
- ค่าการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของวัสดุ (solar absorptance)
- ค่าความต้านทานความร้อน (R, resistance)
- ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของวัสดุ (thermal transmittance or u-value)

2.7.1 **ความจุความร้อนของวัสดุ** (heat capacity)

ค่าความจุความร้อนคือ ปริมาณความร้อนที่ทำให้วัสดุหนึ่งหน่วยปริมาตรหรือพื้นที่ผิว 1 หน่วยพื้นที่ มีอุณหภูมิสูงขึ้น 1 องศามีหน่วยเป็น กิโลแคลลอรี่ต่อลูกบาศก์เมตรองศาเซลเซียส สำหรับกรณีที่คิดค่าความจุความร้อนของวัสดุในหน่วยปริมาตร (C_V) และมีหน่วยเป็น กิโลแคลลอรี่ต่อตารางเมตรองศาเซลเซียส วัสดุที่มีค่าความจุความร้อนสูงจะเก็บกักความร้อนไว้ได้มาก ทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งช้าลง มีผลทำให้อุณหภูมิผิวของวัสดุที่มีค่าความจุความร้อนแตกต่างกันมีค่าต่างกัน โดยส่วนใหญ่วัสดุที่มีความหนาแน่นมาก (มวลสารมาก) เช่น อิฐ คอนกรีต หิน มักมีความจุความร้อนสูงกว่าวัสดุที่มีความหนาแน่นต่ำ (มวลสารน้อย) วัสดุที่มีค่าความเก็บความร้อนสูงจะกักเก็บความร้อนไว้ได้มาทำให้ความร้อนที่ไหลผ่านผนังนั้นช้าลงสำหรับการคิดค่าความจุความร้อนของผนัง (C_W) ค่าความจุความร้อนของวัสดุสามารถหาได้จากสมการ[12]

$$c = \rho s$$

C : ค่าความจุความร้อนของวัสดุหรือของผนัง (กิโลแคลลอรี่ต่อลูกบาศก์เมตรองศาเซลเซียส หรือ กิโลแคลลอรี่ต่อตารางเมตรองศาเซลเซียส)

ρ : ความหนาแน่นของวัสดุหรือของผนัง (กิโลกรรมต่อลูกบาศก์เมตร หรือกิโลกรัมต่อตารางเมตร)

S : ค่าความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุ (specific heat) (กิโลแคลลอรี่ต่อกิโลกรัมองศาเซลเซียส)

จากสูตรการหาค่าความจุความร้อนที่ขึ้นอยู่กับ 2 ปัจจัยคือ ค่าความจุความร้อนจำเพาะและค่าความหนาแน่นของวัสดุนั้น จะเห็นได้ว่า ค่าความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุใดๆ จะมีค่าในช่วงที่แตกต่างกันไม่มากนัก ในขณะที่ค่าความหนาแน่นของวัสดุต่างๆ จะมีช่วงที่แตกต่างกัน

[12] Givoni, B. Man, Climate and Architecture. (Amsterdam: Elseveir Publishing CompanyLimited, 1969), p. 105.

มาก โดยจะขึ้นอยู่กับมวลสารของวัสดุนั้นๆ เป็นหลัก จึงอาจกล่าวได้ว่า ค่าความจุความร้อนของวัสดุใดๆ จะแปรผันตามมวลสารของวัสดุนั้นๆ เป็นส่วนใหญ่

2.7.2 การหน่วงเหนี่ยวความร้อนของผนัง (time lag)

โดยปกติแล้ววัสดุที่มีมวลสารมากจะมีค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนไว้ได้นานกว่าวัสดุที่มีมวลสารน้อยกว่า แต่ในสภาพการใช้งานจริงการหน่วงเหนี่ยวความร้อนของวัสดุจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายประการ และที่สำคัญคือปริมาณความร้อนที่จะมากพอที่จะทำให้วัสุดในแต่ละชั้นร้อนขึ้นถึงจุดอิ่มตัว (fill up the heat capacity) ก่อนที่จะถ่ายลงไปในชั้นต่อไป ความร้อนที่กระทำด้านนอกผิวผนังอาคารจะเกิดการถ่ายเทความร้อน(heat transmission) เข้าสู่ผนังอาคาร ส่งผลให้เกิดดังนี้

1. คลื่นความร้อนจะจางลง ปริมาณความร้อนผ่านเข้ามาได้บางส่วน ปรากฏการณ์นี้ได้จากคุณสมบัติการเป็นฉนวนความร้อนของวัสดุ ที่ได้จากค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (u-value) ค่า u ยิ่งต่ำก็ยิ่งมีคุณสมบัติเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดี
2. เกิดช่วงเวลาที่ได้จากการหน่วงความร้อนของวัสดุด้านตรงข้ามจะไม่ร้อนทันทีที่ถูกความร้อนกระทำด้านนอก และจะกินเวลาชั่วระยะหนึ่งแล้วแต่คุณสมบัติของวัสดุการเก็บกักความร้อนยิ่งมากเท่าใดเวลาที่ได้จากการหน่วงเหนี่ยวก็เพิ่มขึ้น[13]

วัสดุที่มีความจุความร้อนมากจะสามารถเก็บสะสมความร้อนไว้ในเนื้อวัสดุได้มากจึงมีอัตราการถ่ายเทความร้อนได้ช้ากว่าวัสดุที่มีความจุความร้อนน้อย โดยอัตราในการถ่ายเทความร้อนของวัสดุนี้ จะแสดงออกมาในรูปของค่าการหน่วงเวลาหรือการหน่วงเหนี่ยวความร้อน (time – lag) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสูตร[14]

$$Time\ lag = 1.3 \times Thickness \sqrt{\frac{heat\ capacity}{conductivity}}$$

time lag : ค่าการหน่วงเวลา (ชั่วโมง)
thickness : ความหนา (ฟุต)
heat capacity : ความจุความร้อนจำเพาะ (บีทียูต่อลูกบาศก์ฟุตองศาฟาเรนไฮต์)
conductivity : สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (บีทียูฟุตต่อชั่วโมงตารางฟุตองศาฟาเรนไฮต์)

---

[13] รศ.สมสิทธิ์ นิตยะ, **การออกแบบอาคารสำหรับภูมิอากาศเขตร้อนชื้น**, ครั้งที่ 1 (กทม : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541), หน้า 139

[14] Donald Watson, **Climatic Design** (New York :McGraw-Hill Book Company, 1983), p. 152.

ตารางที่ 2.2 ค่าการหน่วงเวลาของวัสดุผนัง

วัสดุ	ความหนา (นิ้ว)	การหน่วเวลาของวัสดุผนัง(ชั่วโมง)
อิฐ	4	2 ½
	8	5 ½
	12	8 ½
ไม้	½	10 นาที
	1	25 นาที
	2	1

ทีมา : ตรึงใจ บูรณสมภพ, **การออกแบบอาคารที่มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน** (กทม : โรงพิมพ์บริษัทอัมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด, 2539), หน้า 39

2.7.3 ค่าการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของวัสดุ (solar absorptance)

คือค่าที่วัสดุดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ ยิ่งมีสีเข้ม ก็จะยิ่งมีค่าการดูดกลืนที่สูง เช่น สีดำผิวเรียบ มีค่าการดูดกลืนสูงรังสีอาทิตย์ถึง 95 เปอร์เซ็นต์ ในทางตรงกันข้ามยิ่งสีอ่อน ค่าการดูดกลืนก็จะน้อยลงไป เช่น สีขาว ผิวมัน มีค่าการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ 25 เปอร์เซ็นต์ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.3 ค่าการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของวัสดุผนัง

วัสดุ	**ค่าการดูดกลืนรังสีอาทิตย์**	**วัสดุ**	**ค่าการดูดกลืนรังสีอาทิตย์**
สีอลูมิเนียม	0.40	สีเขียวเคลือบเงา	0.79
สีดำผิวเรียบ	0.95	สีเขียวเข้ม เคลือบเงา	0.88
สีดำเคลือบเงา	0.92	สีเขียวอ่อน	0.47
สีดำมัน	0.90	สีเขียวเทา	0.59
สีดำ optical flat	0.98	สีเขียว	0.51
สีน้ำเงิน sky blue	0.88	สีเขียวเหลือง	0.89
สีน้ำเงินเข้ม	0.91	สีส้ม	0.58
สีฟ้า	0.51	สีแดงมัน	0.74
สีฟ้าเข้ม	0.88	สีสนิม	0.78
สีน้ำตาลเข้ม	0.88	สีเงิน	0.25

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สีน้ำตาลเคลือบเงา	0.79	สีขาวชนิดเงา	0.25
สีน้ำตาล	0.84	สีขาวเคลือบเงา	0.21
สีน้ำตาลอ่อน	0.80	สีขาวชนิดกึ่งเงากึ่งด้าน	0.30
สีเทาเข้ม	0.91	สีเหลือง	0.57
สีเทาอ่อน ชนิดมัน	0.75		

ที่มา : Architect Energy Corporation, Visual DOE 4.0 user manual,
(USA: 142 Minna street San Francisco, CA 91405), page 165

2.7.4 **อัตราการถ่ายเทความร้อนของวัสดุ** (thermal conductivity: k)

เป็นคุณสมบัติหนึ่งของวัสดุที่บอกถึง อัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุทึบตันที่มีเนื้อเดียวถูกกำหนดค่าเป็น k คือจำนวน British Thermal Units ต่อชั่วโมง (บีทียูต่อชั่วโมง) ที่ถ่ายเทผ่านวัสดุขนาด 1 ตารางฟุต ที่มีความหนา 1 นิ้ว เมื่อผ่านผ่านวัสดุนี้อุณหภูมิลดลง 1 องศาฟาเรนไฮต์ ภายใต้สภาพการถ่ายเทความร้อนคงที่ (steady stade conditions) หน่วยของค่า k คือ บีทียูต่อชั่วโมงฟุตองศาฟาเรนไฮต์ เทียบเท่ากับระบบเมตริกคือจำนวน 1 วัตต์ ถ่ายเทผ่านวัสดุขนาด 1 ตารางเมตร เมื่ออุณหภูมิลดลง 1 องศาเซลเซียส หน่วยของระบบเมตริกคือ วัตต์ต่อเมตรองศาฟาเรนไฮต์

2.7.5 **ค่าความต้านทานความร้อน** (R, resistance)

ค่า R เป็นค่าที่บอกให้รู้ว่าคุณสมบัติของวัสดุทึบตันนั้น มีประสิทธิภาพมากน้อยแค่ไหนในการเป็นฉนวน ค่า R จะถูกวัดในจำนวนชั่วโมงที่ต้องการสำหรับความร้อน 1 บีทียู ที่ถ่ายเทผ่านวัสดุความหนาหนึ่ง เมื่อมีความต่างของอุณหภูมิ 1 องศาฟาเรนไฮต์ หน่วยของ R คือ ชั่วโมงตารางฟุตต่อบีทียู ในระบบเมตริกคือ ตารางเมตรองศาเซลเซียสต่อวัตต์ ยิ่งวัสดุมีค่า R-value มากเท่าไร ประสิทธิภาพในความเป็นฉนวนก็ยิ่งมีมากขึ้นเท่านั้น สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$R = \frac{Thickness}{k}$$

2.7.6 **ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของวัสดุ** (thermal transmittance or u-value)

$$U = \frac{1}{\sum R}$$

เป็นค่าที่บอกความสามารถของวัสดุในการยอมให้ความร้อนถ่ายเทผ่านเนื้อวัสดุจากฟิล์มอากาศด้านที่ติดผิวด้านหนึ่งไปยังฟิล์มอากาศด้านที่ติดผิวอีกด้านหนึ่งของวัสดุมีค่าเป็นส่วนกลับของสัมประสิทธิ์การต้านทานความร้อน (R) มีหน่วยเป็น วัตต์ต่อตารางเมตรองศาเซลเซียส โดยเราสามารถคำนวณหาปริมาณความร้อนที่ผ่านเข้าผนังได้โดยการคำนวณ ดังสูตรเมื่อทราบค่าตัวแปรทั้งสาม จะสามารถคำนวณหาอัตราการถ่ายเทความร้อนได้จากสมการต่อไปนี้ การคำนวณหาอัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำผ่านเปลือกอาคาร[15]

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

Q	: อัตราการถ่ายเทความร้อน (วัตต์)
U	: ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของวัสดุ (วัตต์ต่อตารางเมตรองศาเซลเซียส)
A	: พื้นผิวผนัง (ตารางเมตร) ตั้งฉากกับทิศทางที่ความร้อนเดินทาง
ΔT	: ผลต่างระหว่างอุณหภูมิภายในกับภายนอก (องศาเซลเซียส)

2.8 ลักษณะเรือนล้านนา ในอดีต

จากการวิจัยของ รศ.อนุวิทย์ เจริญศุภกุล และรศ. วิวัฒน์ เตมียพันธ์ ที่ได้ตีพิมพ์ลงหนังสือ เรื่องเรือนล้านนาและประเพณีการปลูกเรือน สามารถสรุปลักษณะของเรือนล้านนาได้ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.8.1 ประเภทครอบครัว

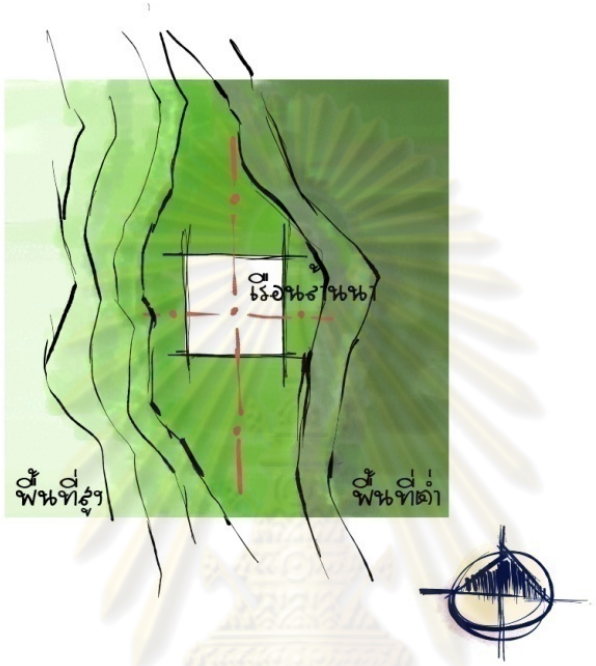
ครอบครัวของชาวล้านนา ส่วนใหญ่หญิงชายเมื่อแต่งงานกันแล้วมักจะอยู่ในเรือนของพ่อแม่ของฝ่ายหญิง อย่างน้อยก็จนเกิดลูกคนแรก แล้วจึงออกไปตั้งเรือนตามความพอใจของตน ในที่นี้ส่วนใหญ่มักเลือกที่จะอยู่กับญาติพี่น้องของฝ่ายหญิง เป็นลักษณะ **ครอบครัวเดี่ยวในครอบครัวขยาย** ซึ่งมีลักษณะเป็นเรือนพักอาศัยที่ก่อสร้างสำหรับครอบครัวเดี่ยวแต่อยู่ในบริเวณเดียวกับเรือนของครอบครัวอื่น เช่น เรือนญาติพี่

[15] American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., ASHRAE Handbook Fundamental SI Edition 1993, (USA : 1791 Tullie Circle NE, Atlanta, GA 30329)

น้องในลักษณะกลุ่ม (compound) ได้แก่ การแบ่งพื้นที่ดินขนาดใหญ่ออกเป็นแปลงย่อยๆ เพื่อสร้างกลุ่มของแต่ละครอบครัวเดี่ยวขนาดเล็กลงในพื้นที่ขนาดใหญ่

2.8.2 **รูปแบบที่ตั้งของเรือน**

2.8.2.1 **การเข้าถึงจากภายนอกสู่พื้นที่เรือน** สามารถเข้าได้จากทุกทิศ แต่เมื่อเข้ามาแล้วจะเจอพื้นที่บริเวณข่วนบ้าน (ลานบ้าน) ซึ่งเป็นลานโล่ง



ภาพที่ 2.3 ลักษณะการเลือกที่ตั้งที่ดี

2.8.2.2 **ทิศทางการวางเรือน** ลักษณะการวางเรือนของเรือนไม้ล้านนา จะวางตามแนวทิศเหนือและใต้ เป็นลักษณะ “วางเรือนขวางตะวัน” โดยการหันหน้าจั่วเรือนไปทางทิศเหนือและทิศใต้ ซึ่งจากการวิเคราะห์ของ ศ.อัน นิมมานเหมินทร์[16] ได้วิเคราะห์ไว้ว่า “ที่ชาวล้านนาได้ยึดถือแนวแกนนี้ จนกลายเป็น “แกนสัญลักษณ์” อันมีผลมาจากลักษณะภูมิศาสตร์และสภาพแวดล้อมที่ชาวล้านนาเดิมที่เชื่อในอำนาจลึกลับเหนือธรรมชาตินำมาปรับสู่คติความเชื่อในเชิงสัญลักษณ์เพื่อเกิดพลังอำนาจช่วยเสริมสร้างพลังชีวิต เนื่องจากบริเวณที่ตั้งชุมชนส่วนใหญ่จะอยู่บริเวณแอ่งในที่ราบลุ่มระหว่างหุบเขา ซึ่งเป็นที่ราบลุ่มที่มีความอุดมสมบูรณ์ โดยที่ลำน้ำและทิวเขาจะทอดตัวไปตามแนวแกนทิศเหนือใต้ ซึ่งส่งผลต่อการวางเรือน ตามทิศที่มีความอุดมสมบูรณ์ โดยมีความเชื่อว่า จะส่งผลต่อความอุดมสมบูรณ์ต่อไปของเจ้าของเรือนนั้นๆ ซึ่งจากการสันนิษฐานของ ศ.อัน นิมมานเห

[16] ศ. อัน นิมมานเหมินทร์, **เรือนไทยแบบดั้งเดิม**, อาษา ฉบับที่ 2, 2512, หน้า 8

มินทร์ คาดว่าน่าจะเกิดจากการที่ต้องการให้เรือนรับแสงแดดเพื่อให้เรือนเกิดความอบอุ่นแก่ตัวเรือน เนื่องจากในอดีตพื้นที่ล้านนา **มีป่าไม้หนาแน่นเป็นจำนวนมาก และมีอุณหภูมิเย็นกว่าปัจจุบันเป็นอย่างมาก**

การเลือกทำเลที่จะปลูกเรือน สถานที่ที่มีสภาพเหมาะสมสำหรับปลูกเรือนควรที่จะมีลักษณะดังนี้ คือ ทิศตะวันตกเฉียงใต้สูง ทิศตะวันออกเฉียงเหนือต่ำ และทิศตะวันตกเฉียงเหนือสูง ทิศตะวันตกเฉียงใต้ต่ำ[17] ถือว่าเป็นทำเลที่ดีในการปลูกสร้างเรือน ทำให้เกิดมงคลสำหรับชีวิต

2.8.2.3 **พื้นที่ว่างโดยรอบของเรือนและภูมิทัศน์โดยรอบของเรือน** เนื่องจากระบบเศรษฐกิจของล้านนา เป็นแบบการผลิตเพื่อเลี้ยงตัวเอง ซึ่งประชาชนส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรและหัตถกรรม ส่งผลให้ประชาชนส่วนใหญ่จะมีการปลูกทั้งไม้ยืนต้นและพืชสวนครัวท้องถิ่นเกือบทุกชนิดไว้บริโภคเอง โดยที่พืชผลเหล่านี้อาจจะปลูกในไร่ นา สวน หรือบริเวณลานบ้านขึ้นอยู่กับชนิดของพืชผล[18] และภายในบ้านจะมีลานกว้าง ซึ่งภาษาล้านนา จะเรียกว่า “ข่วงบ้าน” มีลักษณะลานดินกว้างเรียบกว้าง เป็นลานอเนกประสงค์ โดยสามารถเชื่อมต่อกับบริเวณเรือนข้างเคียง ซึ่งถือว่าเป็นพื้นที่สาธารณะโดยมีการใช้งานที่หลากหลาย สามารถใช้งานเป็นส่วนเล่นของเด็ก ลานตากพืชผลทางการเกษตร[19] และยังมีความเชื่อว่าไม่ควรปลูกต้นไม้ใหญ่บริเวณด้านทิศหัวนอน ซึ่งได้สันนิฐานว่าภาคเหนือมักมีพายุฝนอย่างหนัก ซึ่งชาวล้านนาเรียกว่า “ลมปีใหม่” ซึ่งจะพัดรุนแรงในช่วงหลังจากวันสงกรานต์ หรือช่วงปีใหม่ (เมือง) อาจทำให้ต้นไม้โค่นมาทับห้องนอนขณะหลับได้ ดังนั้นต้นไม้ใหญ่ส่วนใหญ่นิยมปลูกไม้ผล จะปลูกริมรั้ว และติดกับบริเวณ ข่วงบ้าน เพื่อให้ร่มเงากับ ข่วงบ้าน และบริเวณใดที่ติดกับทุ่งนาจะนิยมปลูกต้นไผ่เพื่อป้องกันลมที่กรรโชกมาจากทุ่งนา และยังนำไม้ไผ่มาใช้จักสานงานหัตกรรมต่างๆ และชาวบ้านยังนิยมปลูกต้นชาเป็นพุ่มแน่น แล้ว

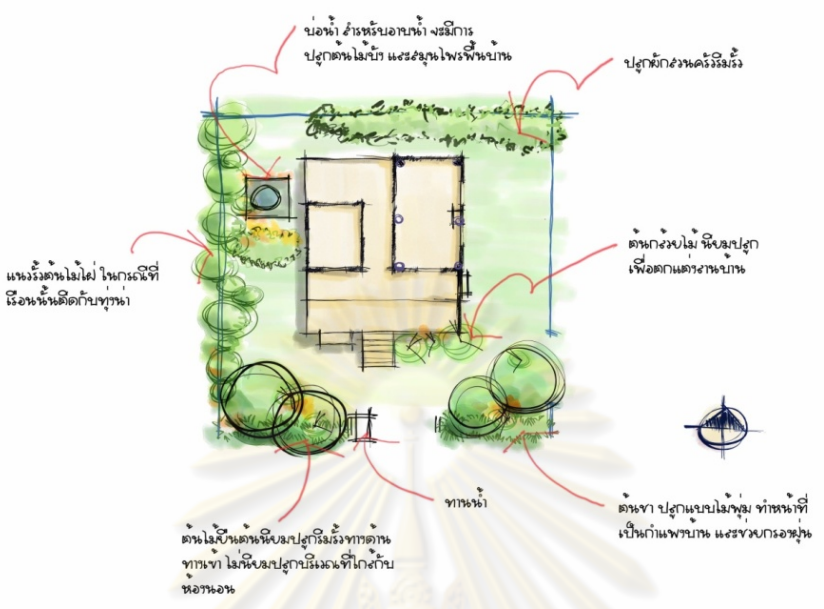
---

[17] อนุวิทย์ เจริญศุภกุล วิวัตฒน์ เตมียพันธ์, **<u>เรือนไทยล้านนาและประเพณีการ ปลูกเรือน</u>**, (พิมพ์ครั้งที่ 2 กทม.: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ท่าพระจันทร์), 2539, หน้า 35

[18] ชูสิทธิ์ ชูชาติ, **<u>การผลิตเพื่อเลี้ยตัวเองในสังคมศักดินา : ศึกษาเฉพาะการผลิตระดับหมู่บ้านในภาคเหนือของประเทศ พ.ศ. 1839 - 2475, ประวัติศาสตร์เศรษฐกิจไทยจนถึง พ.ศ. 2483</u>**, กทม. : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ และมูลนิธิโครงการตำราสังคมศาสตร์และมนุษย์ศาสตร์, 2527, หน้า 352

[19] อนุวิทย์ เจริญศุภกุล วิวัตฒน์ เตมียพันธ์, **<u>เรือนไทยล้านนาและประเพณีการ ปลูกเรือน</u>**, (พิมพ์ครั้งที่ 2 กทม.: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ท่าพระจันทร์), 2539, หน้า 63

ตัดให้เป็นแนวคล้ายกำแพง อย่างมีระเบียบเพื่อลดความกระด้างลงได้ และยังใช้กรองฝุ่นละอองออกจากถนนได้เป็นอย่างดี



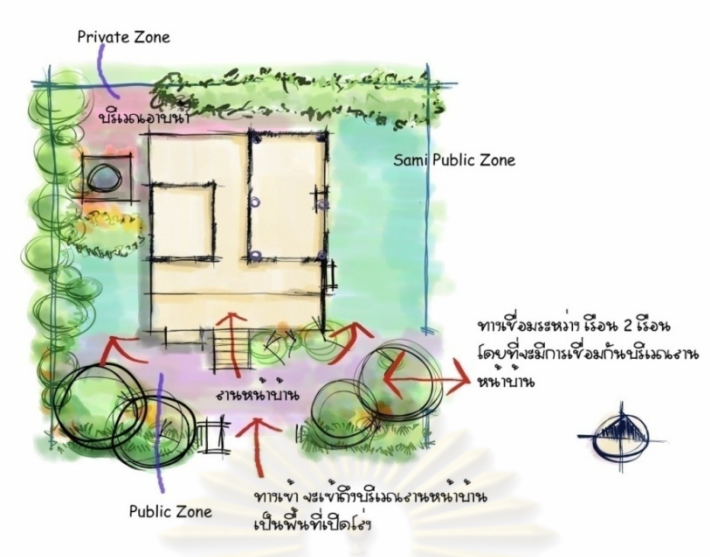
ภาพที่ 2.4 ความเชื่อในการปลูกต้นไม้ และบริเวณโดยรอบเรือนล้านนา

รั้วที่กั้นระหว่างบ้านต่อบ้านนิยมทำเป็นรั้วตาแสง ซึ่งมีลักษณะเป็นรั้วไม้ไผ่สานมีลักษณะโปร่ง ลมสามารถผ่านได้สะดวก และยังปลูกพืชผักสวนครัว ที่สามารถเลื้อยไปตามรั้วบ้านได้

บริเวณ ข่วงบ้าน นิยมนำกล้วยไม้ที่ได้มาจากในป่า มาปลูกเพื่อตกแต่งข่วงบ้าน และอาณาบริเวณเรือน

ภายในบริเวณเรือน ยังประกอบไปด้วย ตัวเรือน ยุ้งข้าว และบ่อน้ำและห้องอาบน้ำสำหรับหญิงสาว ซึ่งภาษาล้านนา เรียกว่า “ต๋อมอาบน้ำ” ซึ่งมักมีการปลูกไม้ล้มลุกและไม้ดอกต่างๆ เป็นการบังพื้นที่บริเวณ ต๋อมอาบน้ำ ใช้สำหรับบดบังสายตาและยังได้รับประโยชน์จากน้ำที่เหลือใช้ เป็นการใช้น้ำโดยไม่มีการเสียประโยชน์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 2.5 การเชื่อมต่อของ ข่วงบ้าน (ลานกว้าง)

2.8.3 อิทธิพลที่ส่งผลต่อรูปแบบเรือน

มีสาเหตุมาจากความเชื่อทางด้านโหราศาสตร์. สภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศ, และข้อจำกัดของวัสดุก่อสร้าง ส่งผลต่อรูปแบบเรือน โดยทั้ง 3 สาเหตุได้ผสมจนเป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน ทำให้ยากที่จะแยกสาเหตุออกมาได้อย่างชัดเจน[20] โดยส่งผลในการวางผังเรือน, ช่วงระยะเวลาต่างๆ ในการก่อสร้างเรือน

2.8.4 องค์ประกอบทางด้านสถาปัตยกรรม

ส่วนประกอบต่างๆ ของเรือนไม้ล้านนามีโครงสร้างเป็นไม้ทั้งหมด โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.8.4.1 หลังคา

2.8.4.1.1 **ทรงหลังคา** มีลักษณะทรงจั่วที่ครอบคลุมชิดตัวเรือน จึงทำให้หลังคาดูเหมือนครอบต่ำลงมา ซึ่งมีระดับชายคาสูงกว่าระดับชานฮ่อมประมาณ 175 เซนติเมตร เป็นเพราะเป็นการใช้ความสูงของผู้อยู่อาศัยเป็นตัวกำหนดระดับชายคา และในช่วงหลังเริ่มนิยมหลังคาทรงปั้นหยาแต่ลักษณะรูปแบบยังคล้ายกับหลังคาจั่วแบบดั้งเดิม

2.8.4.1.2 **องค์ประกอบทางด้านโครงสร้าง**

- **ขื่อและแปหัวเสา** ขื่อทำหน้าที่ยึดหัวเสาตามแนวสะกัดวางอยู่บนหัวเสาสวมหัวเทียน ส่วนแปหัวเสาเป็นไม้ยึดเสาตามแนวยาวโดยวางแปประกบเข้าตามที่บากไว้ ซ้อนบนขื่ออีกชั้นหนึ่ง และมี

---

[20] อนุวิทย์ เจริญศุภกุล วิวัตฒน์ เตมียพันธ์, **<u>เรือนไทยล้านนาและประเพณีการ ปลูกเรือน</u>**, (พิมพ์ครั้งที่ 2 กทม.: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ท่าพระจันทร์), 2539, หน้า 31

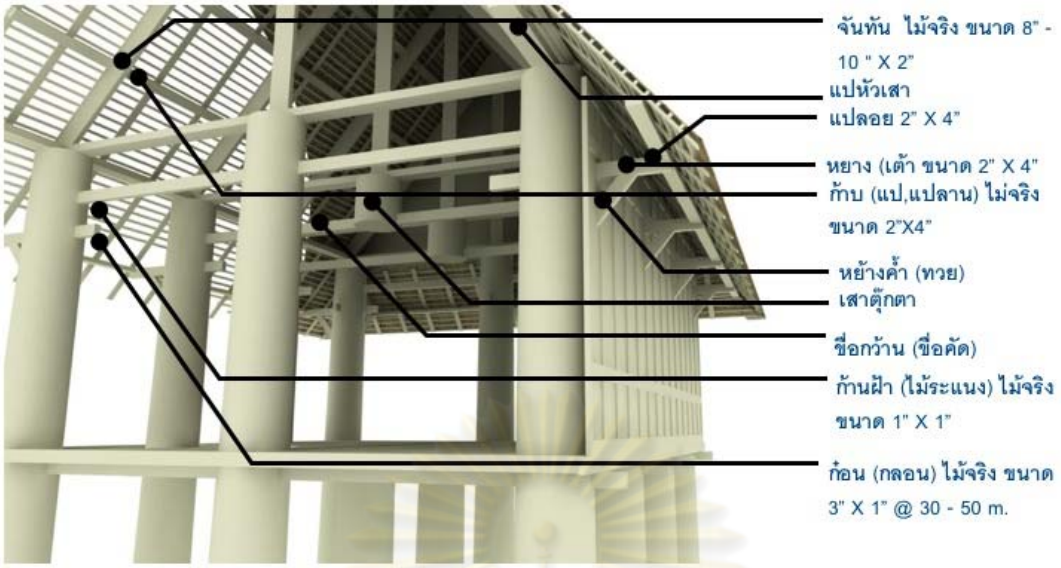
ความยาวเลยหัวเสาไปประมาณ 30 เซนติเมตร และจะวางบริเวณเส้นผ่าศูนย์กลางของเสาพอดี ส่งผลให้หลังคาเรือนไม้ล้านนาคลุมชิดตัวเรือนมากกว่าเรือนไทยภาคกลาง หลังคาเรือนไทยจะมีลักษณะตัดตรง

- **ขื่อกว้าน (ขื่อคัด) เสาไหมต่างม้า เสาป้อก (เสาตุ๊กตา)** ขื่อคัด เป็นโครงสร้างของเครื่องบนที่เป็นการปรับปรุงโครงสร้างเพื่อที่จะให้ลดเสาระหว่างกลางลงได้ 1 ต้น เป็นขื่อที่เพิ่มขึ้นจากปกติ โดยพาดทอดระหว่างเสาสองเสา ทำให้ลดการใช้เสาจากพื้นดิน ถึงโครงหลังคาที่อยู่ระหว่างกลางลงได้ 1 ต้นและใช้เพียงเสาป้อก ซึ่งจะตั้งอยู่บนขื่อเพื่อไปรับโครงสร้างของหลังคา ส่งผลให้ ไม่มีเสาจากพื้นขึ้นไปรับที่เกะกะห้อง ส่งผลให้ห้องนั้นดูกว้างขึ้น
- **ตังโย (จันทัน)** เป็นไม้เหลี่ยมแบนขนาด 8 นิ้ว – 10 นิ้ว X 2 นิ้ว ทำหน้าที่ยึดอกไก่กับขื่อและแปหัวเสา ปลายล่างอยู่บริเวณหัวเสาพอดี ทำหน้าที่รับน้ำหนักของหลังคาโดยมีแปลานหลายตัววางอยู่ โครงสร้างที่ประกอบรับน้ำหนักร่วมกับจันทัน คือ ดั้ง แขวน จันทันของเรือนไม้ล้านนาเป็นจันทันตรง
- **แป๋จ๋อง (อกไก่)** จะใช้ไม้สักรูปสี่เหลี่ยมเกือบจะด้านเท่าแต่งให้คล้ายกับสี่เหลี่ยมข้าวหลามตัด มีขนาดประมาณ 4 X 6 นิ้ว มีความยาวตลอดทั้งเรือน และยื่นหัวท้ายอีก 60 - 75 เซนติเมตร
- **ก้าบ (แป, ลาน)** มี 2 ชนิด คือ แปหัวเสา ส่วนอีกชนิดคือ แปลาน เป็นไม้เหลี่ยมขนาด 1.5 นิ้ว – 2 นิ้ว X 3 นิ้ว วางพาดตามแนวยาวบนจั่วและจันทัน โดยมีความยาวเท่ากับอกไก่
- **ก๋อน (กลอน) และก้านฝ้า (ไม้ระแนง)** เป็นไม้เหลี่ยมบางขนาด 3 นิ้ว X 1 นิ้ว วางตามแนวลาดชันของหลังคา ยึดติดบนแปลานด้วยตะปูวางไว้ระยะห่างกัน 30 - 50 เซนติเมตร ไม้ก้านฝ้า(ไม้ระแนง) เป็นไม้เหลี่ยมขนาดเล็กมีขนาดประมาณ 1 นิ้ว X 1 นิ้ว ตีตะปูติดบนไม้กลอนไปตามแนวยาวของหลังคา เป็นที่ไว้ให้กระเบื้องมุงหลังคาเกาะ จึงเว้นระยะให้สัมพันธ์กับความยาวของกระเบื้องที่ใช้มุงเรือนไม้ล้านนา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- **ขั่วย่าน** เป็นโครงสร้างส่วนประกอบของหลังคาเรือนไม้ล้านนา ขั่วย่านโดยทั่วไปใช้ไม้ไผ่ลำยาว 2 ลำ ยึดประกบประมาณกึ่งกลางใบดั้งตลอดความยาวของเรือน มักผูกยึดด้วยหวาย มีประโยชน์ทำให้โครงสร้างหลังคามั่นคงและสำหรับปีนขึ้นไปซ่อมหลังคาเปลี่ยนกระเบื้องได้สะดวก
- **ปั้นลม** เป็นไม้เหลี่ยมแบน วางพาดตั้งบนปลายของแปลานยาวตลอดความสูงของหลังคาไปบรรจบกันบนสันอกไก่ ส่วนใหญ่นิยมบากไขว้กันโดยส่วนที่ยื่นเลยหลังสันหลังคาขึ้นไป คือปลายบนแกะสลักเป็นไม้ล้านนา เนื่องจากทรงหลังคาเรือนไม้ล้านนาเป็นสามเหลี่ยมหน้าจั่วที่ไม่อ่อนช้อย ปั้นลมจึงรักษารูปตรงไว้ด้วยและความกว้างที่เท่ากันตลอด ไม่แต่งรูปร่างเหมือนชฎา เช่นเรือนไทยภาคกลาง
- **แหนบ (จั่ว)** เรือนไม้ล้านนาจะมีจั่ว 3 ใบคือ ด้านสกัดหัวท้ายเรือน และจั่วกรุกั้นห้อง แบ่งเติ๋นแยกจากห้องนอน และขนาดสัดส่วนของจั่วเรือนไม้ล้านนา มีความยาวเกือบ 2 เท่าของความสูง และลักษณะของจั่วกรุกั้นห้อง จะมีลักษณะพิเศษคือ มีการทำช่องให้อากาศสามารถถ่ายเทได้ โดยการไม่ใส่ลูกกรุ แต่เว้นช่องไว้ใส่ไม้กลึง เป็นระยะๆ
- **น้ำย้อย (เชิงชาย)** มีการใช้ไม้ที่หน้าแคบกว่าเรือนไทยภาคกลางและในบางหลังก็ไม่มี และลักษณะการติดตั้ง จะยึดตั้งฉากกับกลอน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 2.6 รายละเอียดโครงสร้างหลังคาเรือนไม้ล้านนา

2.8.4.1.3 **วัสดุมุงหลังคา**

- **ดินขอ** คือกระเบื้องมุงหลังคา และมีขอเกี่ยวมีขนาดประมาณ 10 - 20 เซนติเมตร เมื่อเทียบกับกระเบื้องมุงหลังคาของภาคกลางแล้วจะบางกว่ากันจนเห็นได้ชัด มีความหนาประมาณ 0.5 เซนติเมตร ส่วนใหญ่มีรูปร่างสี่เหลี่ยมคือตัดปลายตัด จะมีบ้างที่ปลายมนเล็กน้อย ถึงแม้ดินขอจะบางแต่เมื่อซ้อน 2 ชั้นก็ทนทานได้ดี
- **แป้นเกล็ด** เป็นแผ่นไม้ที่ใช้มุงหลังคา เป็นไม้ชิ้นเล็กๆ ขนาดเท่าๆ กับกระเบื้องมุงหลังคา

2.8.4.2 **ฝา** เป็นส่วนประกอบสำคัญของเรือน และมีลักษณะเฉพาะคือ ฝาจะทำเป็นแผงยาวตลอดทั้งความยาวหรือความกว้างของเรือน ไม่ได้แบ่งตามช่วงเสา จึงยาวเท่าความยาวของเรือน ประมาณ 5.50 - 12.50 เซนติเมตร และยาวเท่าตง การทำฝาเป็นแผงยกติดตั้งหุ้มรอบเสา โดยการวางบนแวงสำหรับฝาด้านยาวทุกหลัง และวางบนพื้นเรือนสำหรับฝาสะกัดด้านหน้า ส่วนฝาสะกัดด้านหลังยึดติดหุ้มหัวตง มีการบากไม้กรอบล่างให้ประกอบเข้าได้สนิทกับหัวตง และวัสดุจะใช้ไม้สัก และแบ่งลักษณะของฝาเรือนได้ 4 ชนิดคือ

2.8.4.2.1 **ฝาไม้จริง (ฝาไม้แป้น)** ใช้ไม้สักประกอบกันเป็นแผงมีขนาดเท่ากับส่วนที่จะกั้น แบ่งได้ 2 ลักษณะ คือ

2.8.4.2.2 **ฝาตาผ้า (ฝาจีบ)** เป็นฝาประกอบด้วยลูกตั้ง ลูกนอน และลูกฟัก เหมือนฝาลูกฟักของเรือนไทยภาคกลาง แต่ใช้ไม้ขนาดใหญ่และหนากว่า ไม้ลูกตั้งลูกนอนใช้ไม้ขนาด 2 นิ้ว X 4 นิ้ว ลูกฟักที่อยู่ส่วนบนและส่วนล่างของฝาจะมีลักษณะค่อนข้างจะเป็นสี่เหลี่ยมด้านเท่ามากกว่าคล้ายลูกฟักคอสองและตีนช้างของเรือนไทยภาคกลาง เป็นลักษณะของเรือนผู้มีอันจะกิน, ขุนนางหรือเจ้า

2.8.4.2.3 **ฝาตั้งและฝาแป้นหลั่งชนิดต่าง ๆ** เป็นฝาไม้ทำเป็นแผงมีความยาวตลอดตามความยาวหรือความกว้างของเรือน และได้แบ่งตามลักษณะรายละเอียดด้านโครงสร้างส่วนประกอบได้คือ ฝาประกอบด้วยไม้เซาะร่องรางลิ้นเป็นกรอบรอบทั้ง 4 ด้าน และมีไม้ฝาหน้ากว้างประมาณ 30 - 40 เซนติเมตร เป็นลูกกรุติดตามแนวตั้งภายในกรอบตามแนวรอยต่อของลูกกรุจะมีไม้แผ่นเล็กๆ ขนาดประมาณ 4 - 5 เซนติเมตร ติดประกบอยู่ด้านนอก

ภาพที่ 2.7 ฝาไม้จริง (ฝาไม้แป้น) เรือนกาแล

ที่มา ศ.นายแพทย์เฉลียว ปิยะชน, **เรือนกาแล**, (กทม : เมืองโบราณ, 2532), หน้า 105

2.8.4.2.4 **ฝาไม้บั่ว (ไม้ไผ่สาน)** ลักษณะฝาไม้บั่ว จะมีลักษณะฝาเป็นแผงประกอบด้วยไม้กรอบ และมีลูกนอนลูกตั้งเป็นระยะ แต่การจัดลูกนอน - ลูกตั้งไม่เหมือนกัน โดยเว้นช่วงกว้างและไม่เน้นให้ลูกตั้งเด่นชัด

เช่นเดียวกับฝาชนิดอื่น คือทำเป็นฝาเป็นแผงยาวตลอดความยาวของเรือน

ภาพที่ 2.8 ฝาไม้บัว เรือนกาแล

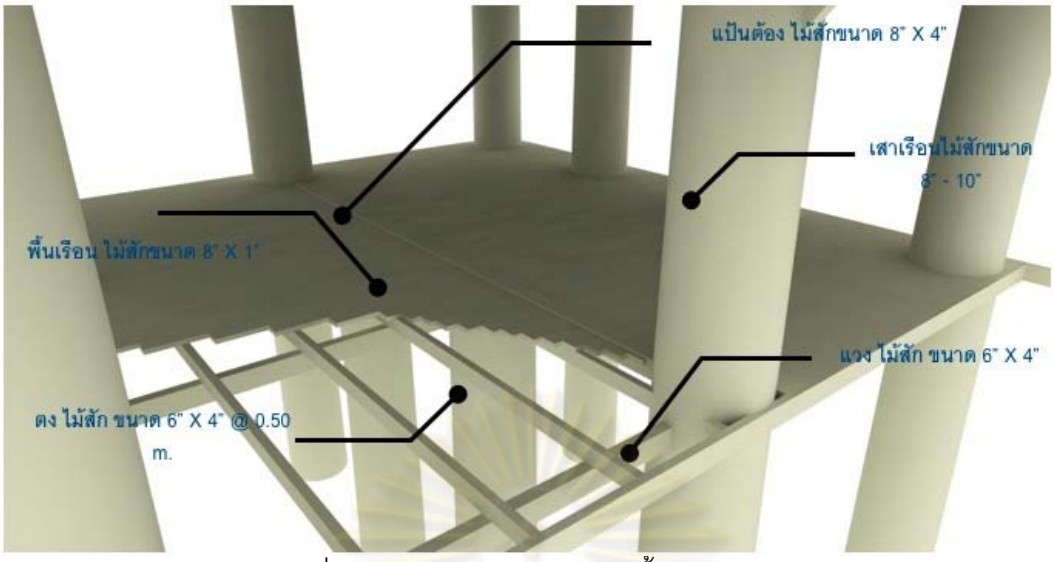
ที่มา ศ.นายแพทย์เฉลียว ปิยะชน, **เรือนกาแล**, (กทม : เมืองโบราณ, 2532), หน้า 105

2.8.4.3 **พื้น**

2.8.4.3.1 **องค์ประกอบทางด้านโครงสร้างของพื้น**

- **เสาเรือน** จะใช้ไม้กลม หรือแบบแปดเหลี่ยม มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 นิ้ว – 12 นิ้ว ซึ่งจะใช้ไม้สักและไม้เนื้อแข็งอื่นๆ เช่น ไม้เต็ง หรือไม้แดง เป็นต้น และมีเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากันตลอดทั้งต้น ไม่มีการแต่งให้เรียวเล็กลงเหมือนเรือนไทยภาคกลาง และเสามีขนาดใหญ่เมื่อเทียบกับขนาดเรือน และมีจำนวนเสาเป็นจำนวนมาก ทำให้เสามีลักษณะแข็งแรง ไม่เพรียว
- **เสาดั้ง ใบดั้ง** เป็นเสาที่อยู่กึ่งกลางของด้านสะกัด เสาดั้งของเรือนไม้ล้านนาส่วนใหญ่จะตั้งอยู่บนตอม่ออมแวง และเสาดั้งจะยาวขึ้นไปรับขื่อ สอดผ่ารูที่ขื่อโดยการบากให้แบนลง ปลายสุดไปรับอกไก่ เสาดั้งส่วนใหญ่เป็นเสาหน้าตัดสี่เหลี่ยม มีขนาดเล็กกว่าเสาต้นอื่น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 2.9 รายละเอียดโครงสร้างพื้นเรือนกาแล

- **แวง ตง** จะมีความยาวตลอดช่วงเท่ากับช่วงความยาวที่มีการใช้งาน ไม่มีการต่อแวง(รอด) จะยาวตลอดเท่ากับความกว้างของเรือนและปลายทั้งสองด้านจะเลยเสาไปเล็กน้อย และเนื่องจากมีเสา และ ต่อมอถี่ ทำให้แวงมีการใช้ขนาดหน้าไม้ไม่กว้างนัก ประมาณ 6 นิ้ว X 2 นิ้ว และในส่วนตงมีการวางในลักษณะแนวนอน ซึ่งเป็นการวางที่ไม่ค่อยดีนักในการรับน้ำหนักของพื้นอาจทำให้เกิดการแอ่นตัวได้ ซึ่งได้ทำการแก้ไขโดยการ วางตงให้ถี่ขึ้น โดยมีระยะห่างกันประมาณ 20 เซนติเมตร
- **พื้นเรือน** เนื่องจากพื้นเรือนไม้ล้านนามีตงวางตามแนวยาวของเรือน ฉะนั้นพื้นเรือนจึงต้องปูตามแนวขวางของเรือน เท่าที่พบจะไม่ใช้ไม้กว้างมากนัก จะใช้ประมาณ 8 นิ้ว X 1 นิ้ว

2.8.4.3.2 **องค์ประกอบทางด้านโครงสร้างของพื้น**

- ไม้จริง มีขนาดประมาณ 8 นิ้ว X 1 นิ้ว
- ฝากไม้ไผ่ทุบ เมื่อทุบแล้วมีขนาดประมาณ 8 นิ้ว X 1 นิ้ว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ 2.10 พื้นไม้จริงขนาด 8” X 1” และฝากไม้ไผ่ทุบ ขนาดประมาณ 8 นิ้ว X 1 นิ้ว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงสำรวจ - ทดลอง (survey and experimental research) เพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงเรือนล้านนา ให้มีความเหมาะสมกับสภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศ ในปัจจุบัน ทางด้านอุณหภาพ โดยเลือกใช้วัสดุท้องถิ่นสมัยใหม่ มาใช้แทนไม้จริง ที่ปัจจุบันหาได้ยากและมีราคาแพง การสำรวจเก็บข้อมูล อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ที่เกิดขึ้นจริง ทั้งภายในและภายนอกเรือนล้านนา รวมถึงวัสดุท้องถิ่นสมัยใหม่ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้นำไปทดลอง และจำลองในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อทำนายสภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้น ภายในเรือน เพื่อเปรียบเทียบวัสดุท้องถิ่นสมัยใหม่ และวัสดุดั้งเดิมของเรือนล้านนา ถึงความเหมาะสมกับสภาพปัจจุบัน โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. **ขั้นตอนการสำรวจเรือนล้านนา**

เป็นขั้นตอนในการสำรวจเรือนไม้ล้านนาที่ยังมีการใช้งานในปัจจุบัน เพื่อศึกษาอิทธิพลของวัสดุประกอบเรือนที่ส่งผลต่อสภาวะน่าสบายในปัจจุบัน โดยมีเกณฑ์ในการคัดเลือกดังต่อไปนี้

1. ประเภทครอบครัว พิจารณาจากขนาดของหน่วยครอบครัว ซึ่งเป็นผู้อาศัยและเป็นผู้ใช้สอยพื้นที่ในส่วนต่างๆ ของเรือน
2. รูปแบบลักษณะที่ตั้งของเรือน ทิศทางการวางอาคาร
3. รูปแบบการวางผังเรือน ซึ่งได้พิจารณาระบบสัญจรภายในอาคาร การจัดระบบพื้นที่ใช้สอย การจัดกลุ่มพื้นที่ใช้สอย และกิจกรรมที่เกิดขึ้นในแต่ละพื้นที่

2. **ขั้นตอนการตรวจวัดและบันทึกข้อมูลอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ที่เกิดขึ้นภายใน และภายนอกเรือนล้านนา**

เป็นขั้นตอนที่ดำเนินการติดตั้งอุปกรณ์วัดและบันทึกข้อมูลอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ที่เกิดขึ้นในพื้นที่ต่างๆ ภายในและภายนอกเรือน โดยระยะเวลาในการเก็บข้อมูลจะอยู่ในช่วงเวลาเดือนตุลาคม - พฤศจิกายน 2551 เพื่อศึกษาสภาวะน่าสบายของเรือนล้านนา ที่ยังมีการใช้งานอยู่จริงในปัจจุบัน

3. **ขั้นตอนการสำรวจวัสดุท้องถิ่นสมัยใหม่**

เป็นขั้นตอนในการสำรวจวัสดุท้องถิ่นสมัยใหม่ ที่สามารถหาได้ง่ายในท้องถิ่น โดยค้นคว้าจากเอกสาร รายงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง บทความทางวิชาการ บทความสัมมนาทางวิชาการต่างๆ และงานศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุท้องถิ่นสมัยใหม่ เพื่อศึกษา

เปรียบเทียบความเหมาะสมกับเรือนล้านนาในปัจจุบันกับสภาพภูมิอากาศ, ภูมิประเทศในปัจจุบัน โดยมีเกณฑ์ในการคัดเลือกดังนี้

1. งานวิจัยนั้นต้องใช้วัสดุที่หาได้ง่ายภายในภาคเหนือ
2. เจ้าของเรือนสามารถผลิตได้เองภายในท้องถิ่น

4. **ขั้นตอนการตรวจวัดและบันทึกข้อมูล ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนของวัสดุท้องถิ่นสมัยใหม่**

เป็นขั้นตอนที่นำวัสดุท้องถิ่นสมัยใหม่ที่สำรวจมาได้ในขั้นตอนการสำรวจวัสดุท้องถิ่นสมัยใหม่ มาทดลองในห้องทดลอง เพื่อศึกษาคุณสมบัติของวัสดุท้องถิ่นสมัยใหม่ โดยการทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อน (k) และตรวจสอบความชื้นของวัสดุท้องถิ่นสมัยใหม่

5. **ขั้นตอนการจำลองภายในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อทำนายอุณหภูมิที่เกิดขึ้นภายในเรือนล้านนา**

เป็นขั้นตอนในการจำลองภายในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ สำหรับเปรียบเทียบอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ที่เกิดขึ้นภายในเรือนล้านนาที่ใช้วัสดุเดิม และวัสดุท้องถิ่นสมัยใหม่ เพื่อศึกษาความเหมาะสมของวัสดุเดิมและวัสดุท้องถิ่นสมัยใหม่กับสภาพภูมิอากาศในปัจจุบัน โดยมีรายละเอียดที่จะต้องทำการเปรียบเทียบดังต่อไปนี้

1. เรือนล้านนาที่ใช้วัสดุเดิม
2. เรือนล้านนาที่ใช้วัสดุท้องถิ่นสมัยใหม่

6. **ขั้นตอนการวิเคราะห์ผลการทดลอง**

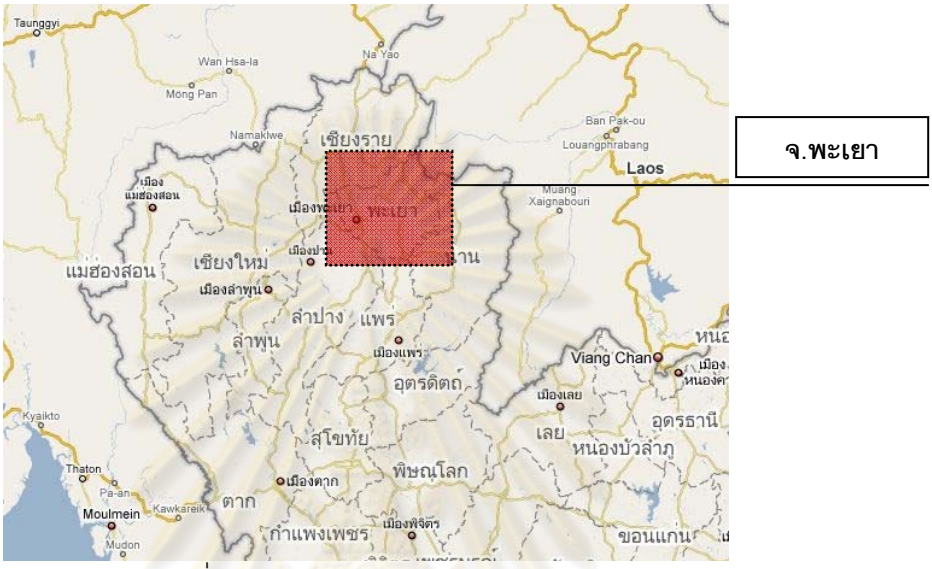
วิเคราะห์และเปรียบเทียบ ข้อมูลอุณหภูมิอากาศ และความชื้นสัมพัทธ์ ที่ได้จากการจำลองภายในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยอาศัยการเปรียบเทียบจากตาราง และแผนภูมิ

7. **ขั้นตอนการสรุปผลการทดลองและเสนอแนะแนวทาง**

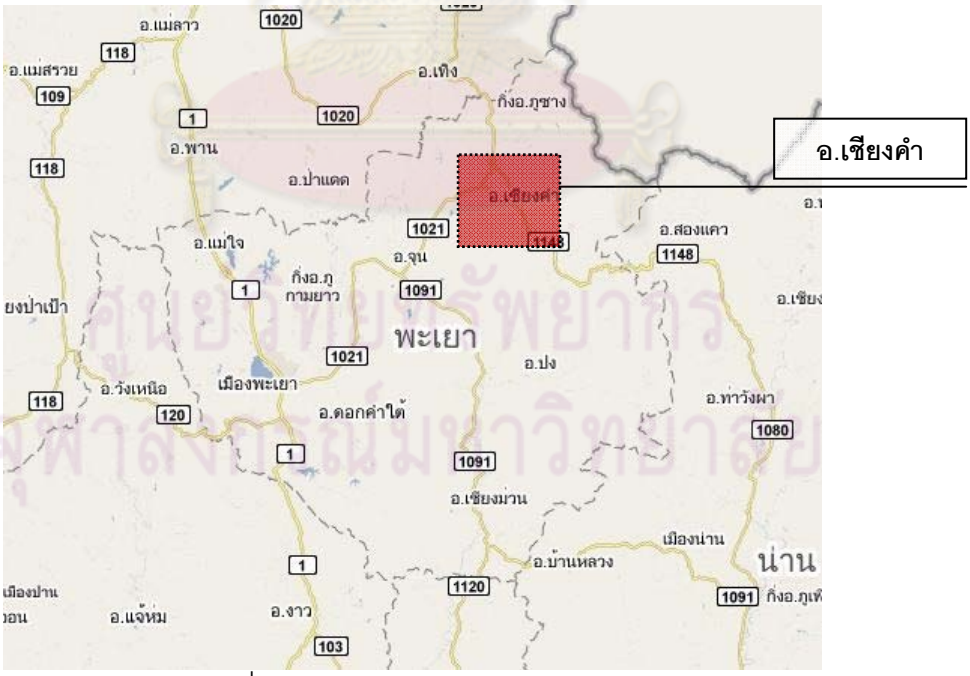
นำผลที่ได้มาสรุปผลวิเคราะห์เปรียบเทียบ ให้ข้อสังเกต ทดสอบสมมุติฐานการวิจัย หาข้อสรุป เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการนำผลที่ได้ไปใช้ในการออกแบบและการวิจัยในลำดับต่อไป รวมถึงอธิบายข้อผิดพลาดและความคลาดเคลื่อนต่างๆในการวิจัย

3.1 ขั้นตอนการสำรวจเรือนล้านนา

เป็นขั้นตอนในการสำรวจและเลือกเรือนล้านนา เพื่อศึกษาวัสดุที่ใช้ประกอบเรือนภายในพื้นที่ และอุณหภูมิ ที่เกิดขึ้นจริงภายใน, ภายนอกเรือนล้านนา โดยเลือกเรือนล้านนา ภายในพื้นที่ที่ทำการศึกษา



ภาพที่ 3.1 อาณาเขตของ จังหวัดพะเยา

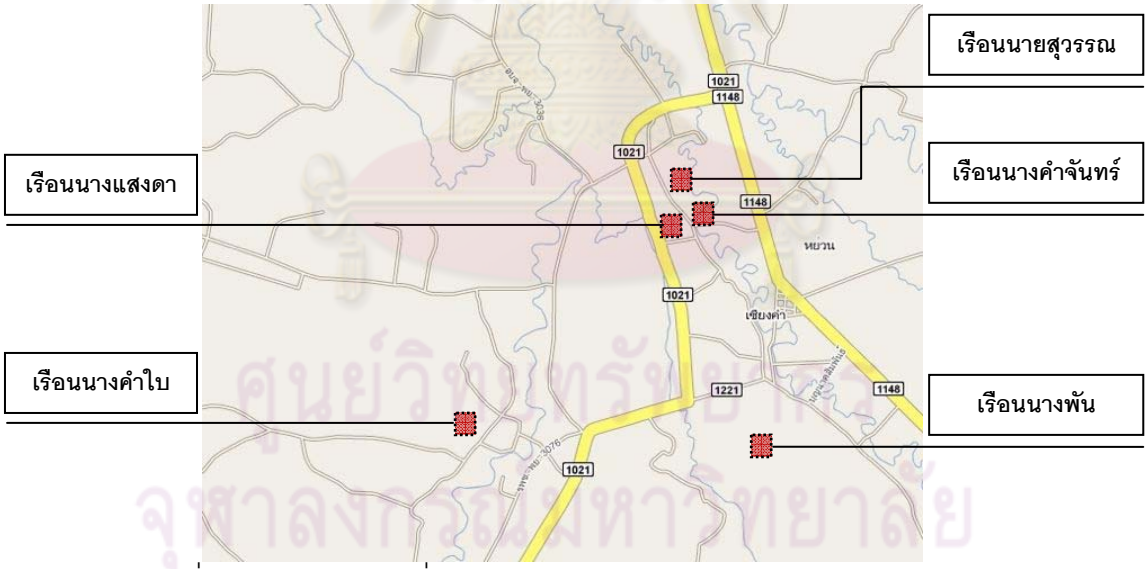


ภาพที่ 3.2 อำเภอเชียงคำ จังหวัดพะเยา

ดำเนินการเลือกเรือนล้านนา ประชากร คือ เรือนล้านนา สำหรับครอบครัวเดี่ยว อยู่ในพื้นที่ อำเภอเชียงคำ จังหวัดพะเยา โดยมีเรือนที่ได้เลือก มีทั้งหมด 5 เรือน โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3.1 ที่อยู่ ขนาดพื้นที่เรือน และวัสดุประกอบเรือน ของเรือนที่ทำการศึกษา

เจ้าของเรือน	ที่อยู่	ขนาดพื้นที่ (ตารางเมตร)	วัสดุประกอบเรือน		
			หลังคา	ผนัง	พื้น
นางพัน วงศ์ใหญ่	บ้านเลขที่ 204 ถนนพิศาล ต.หย่วน อ.เชียงคำ จ.พะเยา	94.34	**กระเบื้องลอนคู่**	**ไม้จริง หนา ½ นิ้ว**	**ไม้จริง หนา 1 นิ้ว**
นายสุวรรณ สมฤทธิ์	บ้านเลขที่ 33 ถนนสิทธิประชาราษฎร์ ต.หย่วน อ.เชียงคำ จ.พะเยา	142.50	**แป้นเกล็ด**	**ไม้จริง หนา ½ นิ้ว**	**ไม้จริง หนา 1 นิ้ว**
นางคำใบ หอมนาน	บ้านเลขที่ 12 ตำบลเชียงบาน จ.พะเยา	150.00	**ดินขอ**	**ไม้จริง หนา ½ นิ้ว**	**ไม้จริง หนา 1 นิ้ว**
นางคำจันทร์ สมฤทธิ์	บ้านเลขที่ 26 ถนนสิทธิประชาราษฎร์ ต.หย่วน อ.เชียงคำ จ.พะเยา	240.00	**แป้นเกล็ด**	**ไม้จริง หนา ½ นิ้ว**	**ไม้จริง หนา 1 นิ้ว**
นางแสงดา สมฤทธิ์	บ้านเลขที่ 31 หมู่ 2 ถนนสิทธิประชา-ราษฎร์ ต.หย่วน อ.เชียงคำ จ.พะเยา	262.00	**แป้นเกล็ด**	**ไม้จริง หนา ½ นิ้ว**	**ไม้จริง หนา 1 นิ้ว**



ภาพที่ 3.3 ตำแหน่งเรือนที่ทำการเลือก ภายใน อำเภอเชียงคำ จังหวัดพะเยา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1.1 เรือนนางพัน วงศ์ใหญ่[1]

เรือนนางพัน วงศ์ใหญ่ ก่อสร้างในปี พ.ศ. 2509 มีอายุเรือนประมาณ 42 ปี ปัจจุบันมีสมาชิกในครอบครัว 2 คน คือ นางพัน และลูกสาว ซึ่งปัจจุบันประกอบอาชีพรับจ้าง(รีดผ้า) ,และเกษตรกร อยู่บ้านเลขที่ 204 ถนนพิศาล ต.หย่วน อ.เชียงคำ จ.พะเยา มีพื้นที่ทั้งหมดภายในเรือน 94.34 ตร.ม.

3.1.1.1 **ประเภทครอบครัว** เป็นครอบครัวเดี่ยว ในอดีต มีสมาชิก 6 คน ปัจจุบันมีสมาชิกในครอบครัว 2 คน คือ เจ้าของเรือนและลูกสาว

3.1.1.2 **ลักษณะที่ตั้งของเรือน**

3.1.1.2.1 การเข้าถึงจากภายนอกสู่พื้นที่เรือน เข้าทางด้านทิศใต้ เมื่อเข้ามาแล้วจะเจอข่วงบ้านทางด้านทิศใต้

ทิศเหนือ ติดกับเรือนข้างเคียง
ทิศใต้ ติดกับถนน ทางสัญจรภายในหมู่บ้าน
ทิศตะวันออก ติดกับเรือนข้างเคียง
ทิศตะวันตก ติดกับคลองส่งน้ำ

3.1.1.2.2 ทิศทางการวางเรือน

เรือนหลังนี้หันด้านหน้าเรือนมาทางทิศใต้ ลักษณะการวางจั่วเรือนหันหน้าไปทางเหนือใต้

3.1.1.3 **รูปแบบการวางผังเรือน**

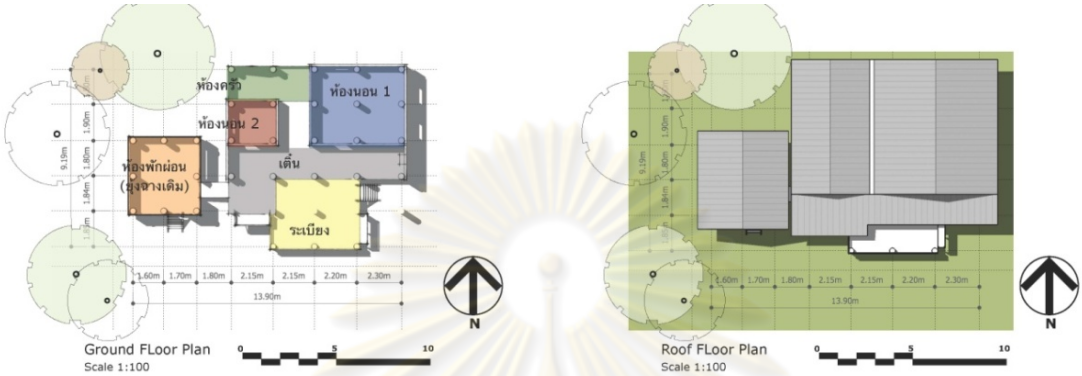
3.1.1.3.1 ลักษณะการวางผังเรือน

เรือนนางพัน วงค์ใหญ่ ในอดีตจะเป็นลักษณะผังพื้นแบบเกาะกลุ่ม (compact) แต่ปัจจุบันได้มีการเปลี่ยนแปลงการใช้งานส่วนยุ้งข้าว เป็นห้องพักผ่อน ทำให้รูปแบบเรือนมีการเปลี่ยนแปลงไปเป็นลักษณะผังพื้นแบบกลุ่มกระจาย โดยมีเติ๋นเป็นส่วนกลางในการกระจายไปยังพื้นที่ต่างๆ

ลักษณะการสัญจรของเรือนนางพัน วงศ์ใหญ่ จะไม่ซับซ้อน โดยการเข้าถึง ส่วนแรกจะเจอชานเรือนซึ่งอยู่ทั้งบริเวณใต้ชายคาและนอกชายคา และต่อมาคือเติ๋น ซึ่งจะเป็นส่วนที่อยู่ใต้ชายคาหลังคาแล้ว

[1] จากการสำรวจ วันที่ 18 พฤษภาคม พ.ศ. 2551

และในส่วนนี้ยังเป็นพื้นที่ที่มีการใช้งานที่หลากหลาย เป็นตัวศูนย์กลาง กลางในการกระจายไปสู่ ห้องนอน1,ห้องนอน 2, ครัวไฟ / ลานซักล้าง ที่อยู่บริเวณด้านหลัง, และห้องพักผ่อนบริเวณทิศตะวันตกของเรือน เรือนหลังนี้จะแยกห้องน้ำออกจากตัวเรือน



ภาพที่ 3.4 พื้นที่การใช้งาน และผังหลังคาของเรือน นางพัน วงศ์ใหญ่

3.1.1.3.2 การจัดกลุ่มพื้นที่ใช้สอยของเรือน

บริเวณสาธารณะ (public zone) เป็นบริเวณที่เจ้าของเรือน รวมทั้งบุคคลอื่นที่มาเยี่ยมเยือนสามารถเข้าถึงได้ ได้แก่

เติ่น	อยู่บริเวณทิศใต้
ระเบียง	อยู่บริเวณทิศใต้

บริเวณกึ่งสาธารณะ (sami-public zone) เป็นบริเวณที่เจ้าของเรือน รวมทั้งเพื่อนและญาติสนิทเท่านั้นที่เข้าถึงได้ เป็นบริเวณที่ค่อนข้างเป็นส่วนตัว ได้แก่

ระเบียงทางเดิน	อยู่บริเวณตรงกลางเรือน
พื้นที่พักผ่อน	

บริเวณส่วนตัว (private zone) เป็นบริเวณที่เจ้าของเรือนโดยเฉพาะเท่านั้น ได้แก่

ห้องนอน 1	อยู่บริเวณทิศตะวันออก
ห้องนอน 2	อยู่บริเวณทิศตะวันตก

บริเวณส่วนบริการ (service zone) เป็นส่วนสำหรับงานเรือนประจำวัน หรือเก็บของเครื่องใช้ต่างๆ ประกอบด้วย

ส่วนซักล้าง	อยู่บริเวณทิศเหนือ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ห้องครัวไฟ อยู่บริเวณทิศเหนือ

ใต้ถุนเรือน สำหรับเก็บของ, จอดรถ, ซักผ้า

ภาพที่ 3.5 รูปภาพเรือนนางพัน วงศ์ใหญ่

3.1.2 เรือนนายสุวรรณ สมฤทธิ์[2]

อยู่บ้านเลขที่ 33 ถนนสิทธิประชาราษฎร์ ต.หย่วน อ.เชียงคำ จ.พะเยา มีพื้นที่ทั้งสิ้น 142.50 ตารางเมตร

3.1.2.1 **ประเภทครอบครัว** เป็นครอบครัวเดี่ยว โดยมีสมาชิกในครอบครัวทั้งสิ้น 6 คน โดยมีพ่อ, แม่ ของนายสุวรรณ สมฤทธิ์, นายสุวรรณ สมฤทธิ์ และภรรยา พร้อมลูกอีก 2 คน

3.1.2.2 **ลักษณะที่ตั้งของเรือน**

3.1.2.2.1 การเข้าถึงจากภายนอกสู่พื้นที่เรือน เข้าทางด้านทิศใต้เป็นหลัก เมื่อเข้ามาแล้วจะเจอข่วงบ้านทางด้านทิศใต้

ทิศเหนือ ติดกับเรือนข้างเคียง

ทิศใต้ ติดกับถนน ทางสัญจรภายในหมู่บ้าน

ทิศตะวันออก ติดกับสวน

ทิศตะวันตก ติดเรือนที่อยู่ภายในรั้วเดียวกัน

3.1.2.2.2 ทิศทางการวางเรือน

เรือนหลังนี้หันด้านหน้าเรือนมาทางทิศใต้ ลักษณะการวางจั่วเรือนหันหน้าไปทางเหนือใต้

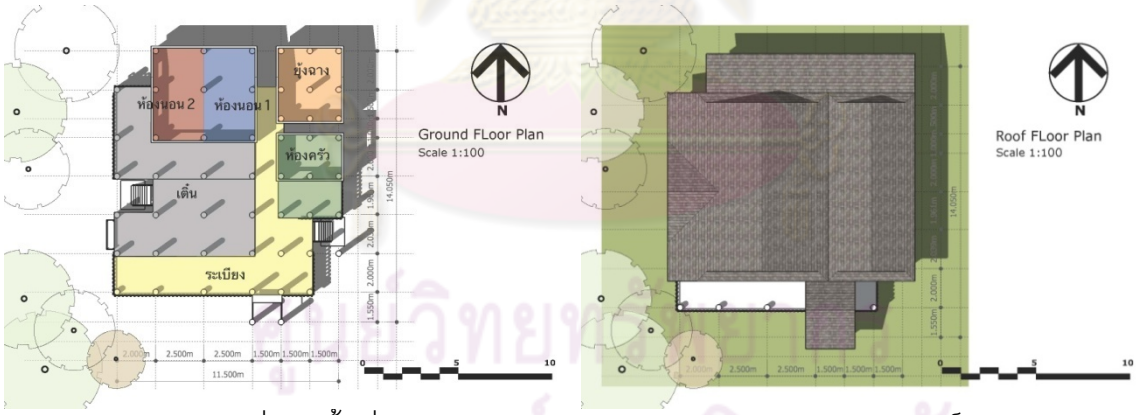
3.1.2.3 **รูปแบบการวางผังเรือน**

3.1.2.3.1 ลักษณะการวางผังเรือน

[2] จากการสำรวจ วันที่ 3 พฤศจิกายน พ.ศ. 2551

เรือนนายสุวรรณ สมฤทธิ์ มีเป็นลักษณะผังพื้นแบบเกาะกลุ่ม (compact) โดยหลังคา จะใช้หลังคาร่วมกันระหว่างเรือน กับยุ้งฉางเก็บข้าว โดยมียุ้งฉางอยู่บริเวณทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ของเรือน ซึ่งลักษณะของเรือนนายสุวรรณ สมฤทธิ์ จะมีลักษณะแตกต่างกับเรือนล้านนาตามประเพณี โดยปกติ ห้องนอนหลักจะอยู่บริเวณทางด้านทิศตะวันออก และห้องครัวจะอยู่ทางด้านทิศตะวันตก แต่ลักษณะของระเบียง ไปสู่เติ่น และไปสู่ห้องนอน มีลักษณะเหมือนกับเรือนล้านนาตามประเพณี

ลักษณะการสัญจรของเรือนนายสุวรรณ สมฤทธิ์ โดยการเข้าถึงส่วนแรกจะเจอชานเรือนซึ่งอยู่ทั้งบริเวณใต้ชายคาและนอกชายคา และต่อมาคือเติ่น ซึ่งจะเป็นส่วนที่อยู่ใต้ชายคาหลังคาแล้ว และในส่วนนี้ยังเป็นพื้นที่ที่มีการใช้งานที่หลากหลาย และสามารถเข้าสู่ห้องนอนโดยผ่านบริเวณเติ่น ส่วนครัวไฟ / ลานซักล้างจะบริเวณด้านทิศตะวันออก, และเรือนหลังนี้จะแยกห้องน้ำออกจากตัวเรือน



ภาพที่ 3.6 พื้นที่การใช้งาน และผังหลังคา เรือนนายสุวรรณ สมฤทธิ์

3.1.2.3.2 การจัดกลุ่มพื้นที่ใช้สอยของเรือน

บริเวณสาธารณะ (public zone) เป็นบริเวณที่เจ้าของเรือน รวมทั้งบุคคลอื่นที่มาเยี่ยมเยือนสามารถเข้าถึงได้ ได้แก่

เติ่น	อยู่บริเวณทิศใต้
ระเบียง	อยู่บริเวณทิศใต้, และกลางเรือน

บริเวณส่วนตัว (private zone) เป็นบริเวณที่เจ้าของเรือนโดยเฉพาะเท่านั้น ได้แก่

ห้องนอน 1 อยู่บริเวณทิศเหนือ

ห้องนอน 2 อยู่บริเวณทางด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือ

บริเวณส่วนบริการ (service zone) เป็นส่วนสำหรับงานเรือนประจำวัน หรือเก็บของเครื่องใช้ต่างๆ ประกอบด้วย

ส่วนซักล้าง อยู่บริเวณทิศตะวันออก

ห้องครัวไฟ อยู่บริเวณทิศตะวันออก

ยุ้งฉาง อยู่บริเวณทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ

ใต้ถุนเรือน สำหรับเก็บของ, จอดรถ

ภาพที่ 3.7 รูปภาพเรือนนายสุวรรณ สมฤทธิ์

3.1.3 เรือนนางคำใบ หอมนาน[3]

เรือนนางคำใบ หอมนาน ก่อสร้างในปี พ.ศ. 2504 มีอายุเรือนประมาณ 47 ปี ปัจจุบันมีสมาชิกในครอบครัว 2 คน คือ เจ้าของเรือนและหลานชาย ส่วนลูกๆ ได้ไปทำงานยังต่างประเทศ และสามีได้เสียชีวิตไปแล้ว ปัจจุบันประกอบอาชีพเกษตรกรและย้อมผ้า อยู่บ้านเลขที่ 12 ตำบลเชียงบาน จ.พะเยา มีพื้นที่ทั้งหมดภายในเรือน 150.00 ตร.ม.

3.1.3.1 **ประเภทครอบครัว** เป็นครอบครัวเดี่ยว ในอดีตมีสมาชิก 6 คน ปัจจุบันมีสมาชิกในครอบครัว 2 คน คือ เจ้าของเรือน และหลานชาย

3.1.3.2 **ลักษณะที่ตั้งของเรือน**

3.1.3.2.1 การเข้าถึงจากภายนอกสู่พื้นที่เรือน เข้าทางด้านทิศเหนือเป็นหลัก เมื่อเข้ามาแล้วจะเจอข่วงบ้านทางด้านทิศเหนือ

[3] จากการสำรวจ วันที่ 18 พฤษภาคม พ.ศ. 2551

ทิศเหนือ ติดกับถนนหมู่บ้าน และศาลาอเนกประสงค์ของหมู่บ้าน
ทิศใต้ ติดเรือนข้างเคียง
ทิศตะวันออก ติดเรือนข้างเคียง
ทิศตะวันตก ติดเรือนข้างเคียง

3.1.3.2.2 ทิศทางการวางเรือน

เรือนหลังนี้หันด้านหน้าเรือนมาทางทิศเหนือ ลักษณะการวางจั่วเรือนหันหน้าไปทางเหนือใต้ แต่จะมีจะมียุ้งข้าวอยู่บริเวณทางด้านทิศตะวันตกโดยสร้างติดกับโรงเก็บของและสำหรับย้อมผ้า

3.1.3.3 **รูปแบบการวางผังเรือน**

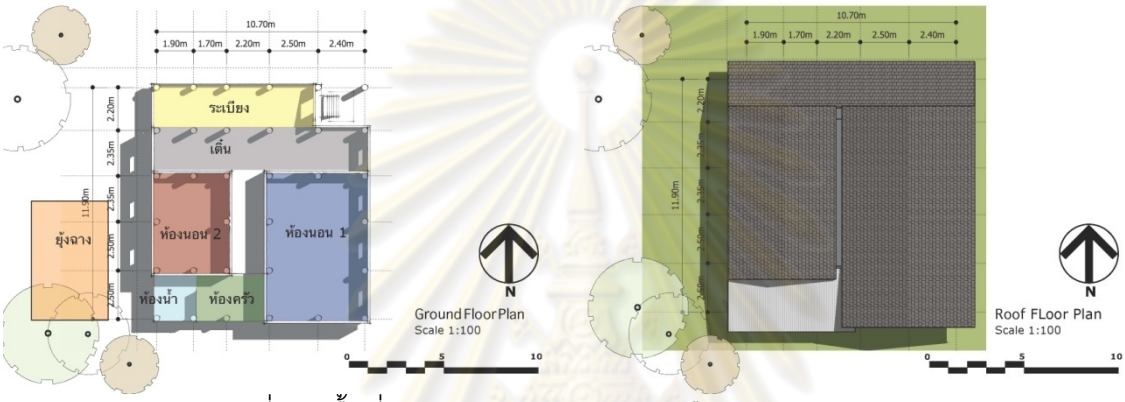
3.1.3.3.1 ลักษณะการวางผังเรือน

เรือนนางคำใบ หอมนาน เป็นลักษณะผังพื้นแบบเกาะกลุ่ม (compact) โดยรูปแบบผังเรือนจะเหมือนกันเรือนไม้ล้านนาตามประเพณี แต่ในส่วนชานบ้านจะมีพื้นที่ไม่มากนัก และมีการทำฝาโปร่งโดยการตีไม้ เว้นระยะห่างประมาณ 20-30 เซนติเมตร บริเวณชานบ้าน ทำให้เรือนมีลักษณะปิด จากการวิเคราะห์ คิดว่าสาเหตุที่ดำเนินการอย่างนั้นเนื่องจากต้องการป้องกันขโมย เพราะเจ้าของเรือนปัจจุบันอยู่กันแค่ 2 คน คือเจ้าของเรือนและหลานชาย ซึ่งเจ้าของเรือนปัจจุบันก็มีอายุมากแล้ว

ลักษณะการสัญจรของเรือนนางคำใบ หอมนาน โดยการเข้าถึงส่วนแรกจะเจอชานเรือนซึ่งอยู่ในชายคาหลังคา และต่อมาคือเติ๋น ส่วนนี้ยังเป็นพื้นที่ที่มีการใช้งานที่หลากหลาย เป็นตัวศูนย์กลางในการกระจายไปสู่ ห้องนอน1, ห้องนอน 2, ครัวไฟ , และห้องน้ำที่อยู่บริเวณด้านหลัง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.8 แสดงบริเวณด้านหน้า ของเรือนนางคำใบ หอมนาน



ภาพที่ 3.9 พื้นที่การใช้งาน และผังหลังคา เรือนนางคำใบ หอมนาน

3.1.3.3.2 การจัดกลุ่มพื้นที่ใช้สอยของเรือน

บริเวณสาธารณะ (public zone) เป็นบริเวณที่เจ้าของเรือน รวมทั้งบุคคลอื่นที่มาเยี่ยมเยือนสามารถเข้าถึงได้ ได้แก่

เติ่น	อยู่บริเวณด้านทิศเหนือ
ระเบียง	อยู่บริเวณด้านทิศเหนือ

บริเวณกึ่งสาธารณะ (sami-public zone) เป็นบริเวณที่เจ้าของเรือนรวมทั้งเพื่อนและญาติสนิทเท่านั้นที่เข้าถึงได้ เป็นบริเวณที่ค่อนข้างเป็นส่วนตัว ได้แก่

ระเบียง	อยู่บริเวณกลางเรือน

บริเวณส่วนตัว (private zone) เป็นบริเวณที่เจ้าของเรือนโดยเฉพาะเท่านั้น ได้แก่

ห้องนอน 1	อยู่บริเวณทิศตะวันออก
ห้องนอน 2	อยู่บริเวณทิศตะวันตก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บริเวณส่วนบริการ (service zone) เป็นส่วนสำหรับงานเรือนประจำวัน หรือเก็บของเครื่องใช้ต่างๆ ประกอบด้วย

ส่วนซักล้าง	อยู่บริเวณทิศใต้
ห้องน้ำ	อยู่บริเวณทิศตะวันตกเฉียงใต้
ห้องครัวไฟ	อยู่บริเวณทิศใต้
ใต้ถุนเรือน	สำหรับเก็บของ, เก็บฟืน, ทอผ้า

ภาพที่ 3.10 รูปภาพเรือนนายคำใบ หอมนาน

3.1.4 เรือนนางคำจันทร์ สมฤทธิ์[4]

อยู่บ้านเลขที่ 26 ถนนสิทธิประชาราษฎร์ ต.หย่วน อ.เชียงคำ จ.พะเยา มีพื้นที่ทั้งสิ้น 240.00 ตารางเมตร ปัจจุบันไม่มีผู้อาศัยอยู่ที่เรือน โดยเจ้าของเรือน ทำงานอยู่ที่ อ.เมือง จ. เชียงราย ช่วงเทศกาลก็จะกลับมาที่บ้านหลังนี้ครั้งหนึ่ง โดยเจ้าของเรือนได้ให้ญาติที่มีเรือนอยู่ในพื้นที่เดียวกัน เป็นคนดูแล

3.1.4.1 **ประเภทครอบครัว**

เป็นครอบครัวเดี่ยว ปัจจุบันไม่มีผู้อยู่อาศัย

3.1.4.2 **ลักษณะที่ตั้งของเรือน**

3.1.4.2.1 การเข้าถึงจากภายนอกสู่พื้นที่เรือน เข้าทางด้านทิศตะวันตก เมื่อเข้ามาแล้วจะเจอข่วนบ้านทางด้านทิศใต้ และเรือนของญาติ อยู่บริเวณทางด้านทิศใต้ ซึ่งอยู่ในพื้นที่เดียวกัน

[4] จากการสำรวจ วันที่ 4 พฤศจิกายน พ.ศ. 2551

ทิศเหนือ ติดกับเรือนข้างเคียง

ทิศใต้ ติดกับเรือนที่อยู่ในพื้นที่เดียวกัน

ทิศตะวันออก ติดกับเรือนข้างเคียง

ทิศตะวันตก ติดกับถนนภายในหมู่บ้าน

3.1.4.2.2 ทิศทางการวางเรือน

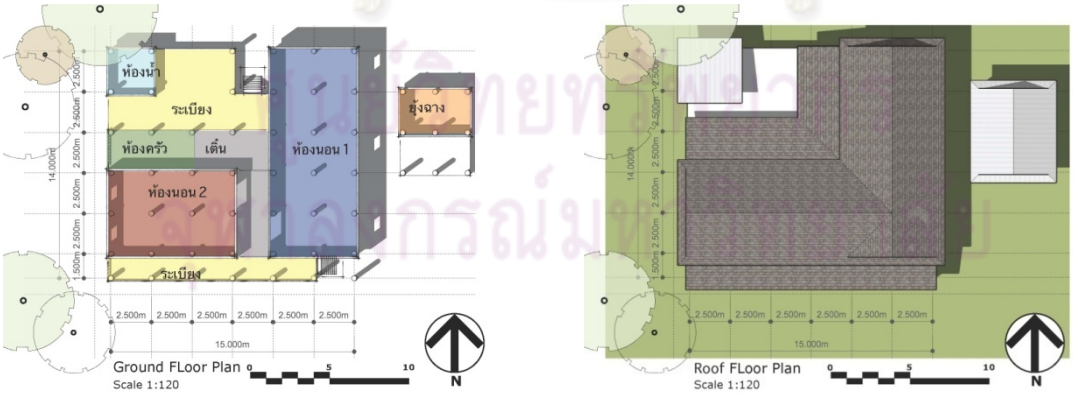
เรือนหลังนี้หันด้านหน้าเรือนมาทางทิศใต้ ลักษณะการวางจั่วเรือนจะเป็นรูปตัว L โดยจะมียุ้งฉางอยู่บริเวณทางด้านทิศตะวันออกของเรือน

3.1.4.3 **รูปแบบการวางผังเรือน**

3.1.4.3.1 ลักษณะการวางผังเรือน

เรือนนางคำจันทร์ สมฤทธิ์ มีเป็นลักษณะผังพื้นแบบเกาะกลุ่ม (compact) โดยรูปแบบผังเรือนจะเหมือนกันเรือนไม้ล้านนาตามประเพณี แต่จะมีลักษณะเด่น คือหลังคา เรือนไม้ล้านนาตามประเพณีจะเป็นหลังคาจั่วแฝด แต่เรือนนี้จะมีลักษณะหลังคาเป็นรูปตัว L

ลักษณะการสัญจรของเรือนนางคำจันทร์ สมฤทธิ์ จะไม่ซับซ้อน โดยการเข้าถึง ส่วนแรกจะเจอชานเรือนซึ่งอยู่ทั้งบริเวณใต้ชายคา และจะแจกเข้าเข้าสู่เติ๋น แล้วจึงแจกเข้าสู่ส่วนห้องนอน 1, 2 และห้องครัวจะอยู่บริเวณด้านตะวันตก และบริเวณด้านหลังทางด้านทิศเหนือ จะมีพื้นที่เป็นระเบียง โดยไม่มีหลังคาคลุม และมีห้องน้ำบริเวณด้านหลังทางด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือซึ่งเป็นการต่อเติมในภายใน



ภาพที่ 3.11 พื้นที่การใช้งาน และผังหลังคา เรือนนางคำจันทร์ สมฤทธิ์

3.1.4.3.2 การจัดกลุ่มพื้นที่ใช้สอยของเรือน

บริเวณสาธารณะ (public zone) เป็นบริเวณที่เจ้าของเรือน รวมทั้งบุคคลอื่นที่มาเยี่ยมเยือนสามารถเข้าถึงได้ ได้แก่

เติ่น อยู่บริเวณกลางเรือน

ระเบียง อยู่บริเวณทางด้านทิศใต้

บริเวณกึ่งสาธารณะ (sami-public zone) เป็นบริเวณที่เจ้าของเรือนรวมทั้งเพื่อนและญาติสนิทเท่านั้นที่เข้าถึงได้ เป็นบริเวณที่ค่อนข้างเป็นส่วนตัว ได้แก่

ระเบียง อยู่บริเวณกลางเรือนทางด้านทิศเหนือ

บริเวณส่วนตัว (private zone) เป็นบริเวณที่เจ้าของเรือนโดยเฉพาะเท่านั้น ได้แก่

ห้องนอน 1 อยู่บริเวณทิศตะวันออก

ห้องนอน 2 อยู่บริเวณทิศตะวันตก

บริเวณส่วนบริการ (service zone) เป็นส่วนสำหรับงานเรือนประจำวันหรือเก็บของเครื่องใช้ต่างๆ ประกอบด้วย

ส่วนซักล้าง อยู่บริเวณทิศตะวันตก

ห้องน้ำ อยู่บริเวณทิศตะวันตกเฉียงเหนือ

ห้องครัวไฟ อยู่บริเวณทิศตะวันตก

ใต้ถุนเรือน สำหรับเก็บของ, เก็บฟืน, จอดรถ

ภาพที่ 3.12 รูปภาพเรือนนายสุวรรณ สมฤทธิ์

3.1.5 เรือนนางแสงดา สมฤทธิ์[5]

เรือนนางแสงดา สมฤทธิ์ ก่อสร้างในปี พ.ศ. 2489 มีอายุเรือนประมาณ 62 ปี ปัจจุบันมีสมาชิกในครอบครัว 1 คน คือ เจ้าของเรือน โดยมีลูกอยู่ 4 คน ซึ่งปัจจุบันได้แยกย้ายไปอยู่ที่อื่นหมดแล้ว ยกเว้นลูกสาวได้ปลูกเรือนอีกหลังอยู่ในบริเวณที่ดินเดียวกัน

[5] จากการสำรวจ วันที่ 18 พฤษภาคม พ.ศ. 2551

เจ้าของเรือนประกอบอาชีพเกษตกร และค้าขาย อยู่บ้านเลขที่ 31 หมู่ 2 ถนนสิทธิประชาราษฎร์ ต.หย่วน อ.เชียงคำ จ.พะเยา มีพื้นที่ทั้งหมดภายในเรือน 241.00 ตร.ม.

3.1.5.1 **ประเภทครอบครัว**

ครอบครัวของนางแสงดา สมฤทธิ์ เป็นครอบครัวเดี่ยวในครอบครัวขยายในอดีต มีสมาชิก 6 คน ปัจจุบันมีสมาชิกในครอบครัว 1 คน คือ เจ้าของเรือน และมีครอบครัวลูกสาวอยู่ในที่ดินเดียวกัน

3.1.5.2 **ลักษณะที่ตั้งของเรือน**

3.1.5.2.1 การเข้าถึงจากภายนอกสู่พื้นที่เรือน เข้าทางด้านทิศตะวันออก เมื่อเข้ามาแล้วจะเจอข่วงบ้านทางด้านทิศตะวันออก และเรือนของลูกสาวจะอยู่บริเวณทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ เป็นเรือนสมัยใหม่ ชั้นเดียว

ทิศเหนือ ติดกับเรือนข้างเคียง
ทิศใต้ ติดกับเรือนข้างเคียง
ทิศตะวันออก ติดกับถนนภายในหมู่บ้าน
ทิศตะวันตก ติดกับคลองส่งน้ำ

3.1.5.2.2 ทิศทางการวางเรือน

เรือนหลังนี้หันด้านหน้าเรือนมาทางทิศใต้ ลักษณะการวางจั่วเรือนหันหน้าไปทางเหนือใต้ แต่จะมีเรือนอีกหลังสำหรับสอนดนตรีพื้นเมือง / กินข้าว / เป็นยุ้งเก็บข้าว อยู่ทางด้านทิศใต้ และจั่วของหลังคาจะหันไปทางทิศตะวันออก, ตะวันตก

3.1.5.3 **รูปแบบการวางผังเรือน**

3.1.5.3.1 ลักษณะการวางผังเรือน

ลักษณะการวางผังเรือน เรือนนางแสงดา สมฤทธิ์ เป็นลักษณะผังพื้นแบบกลุ่มกระจาย โดยมีระเบียงเป็นตัวเชื่อมเรือนสองหลังเข้าด้วยกัน แต่เป็นที่น่าสังเกตว่า เรือนหลักก็ยังคงยึดถือตามรูปแบบประเพณีของเรือนล้านนา ตามความเชื่อแบบดั้งเดิม แต่จะมีเรือนอีกหลังที่ต่อกับชานทางด้านทิศใต้ ซึ่งใช้พื้นที่เป็นยุ้งเก็บข้าวและครัวไฟ และยังเป็นที่อเนกประสงค์ในการสอนดนตรีพื้นเมืองและกิจกรรมสืบสานประเพณีไทลื้อ

ลักษณะการสัญจรของเรือนนางแสงดา สมฤทธิ์ จะไม่ซับซ้อน โดยการเข้าถึง ส่วนแรกจะเจอชานเรือนซึ่งอยู่ทั้งบริเวณใต้ชายคาและนอกชายคาโดยจะแจกออกไปยังเรือนหลักทางด้านทิศเหนือ และเรือนรองทางด้านทิศใต้ ในส่วน

เรือนหลักจะเจอเติ่นก่อน แล้วถึงจะเข้าห้องนอน 1, ห้องนอน 2 และห้องน้ำทางด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือ โดยเข้าได้จากระเบียงทางด้านทิศตะวันตก และส่วนเรือนรองทางด้านทิศใต้ จะมีเติ่นอีกส่วนซึ่งใช้ประโยชน์เป็นครัวไฟ / พื้นที่อเนกประสงค์ / สอนดนตรีพื้นเมือง

ภาพที่ 3.13 พื้นที่การใช้งาน และผังหลังคา เรือนนางแสงดา สมฤทธิ์

3.1.5.3.2 การจัดกลุ่มพื้นที่ใช้สอยของเรือน

บริเวณสาธารณะ (public zone) เป็นบริเวณที่เจ้าของเรือน รวมทั้งบุคคลอื่นที่มาเยี่ยมเยือนสามารถเข้าถึงได้ ได้แก่

เติ่น อยู่บริเวณกลางเรือน

ระเบียง อยู่บริเวณกลางเรือน

พื้นที่อเนกประสงค์ (ห้องครัว) อยู่บริเวณด้านทิศใต้

บริเวณกึ่งสาธารณะ (sami-public zone) เป็นบริเวณที่เจ้าของเรือนรวมทั้งเพื่อนและญาติสนิทเท่านั้นที่เข้าถึงได้ เป็นบริเวณที่ค่อนข้างเป็นส่วนตัว ได้แก่

ระเบียง อยู่บริเวณกลางเรือนทางด้านทิศเหนือ

บริเวณส่วนตัว (private zone) เป็นบริเวณที่เจ้าของเรือนโดยเฉพาะเท่านั้น ได้แก่

ห้องนอน 1 อยู่บริเวณทิศตะวันออก

ห้องนอน 2 อยู่บริเวณทิศตะวันตก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บริเวณส่วนบริการ (service zone) เป็นส่วนสำหรับงานเรือนประจำวันหรือเก็บของเครื่องใช้ต่างๆ ประกอบด้วย

ส่วนซักล้าง	อยู่บริเวณทิศตะวันตก
ห้องน้ำ	อยู่บริเวณทิศตะวันตกเฉียงเหนือ
ห้องครัวไฟ	อยู่บริเวณทิศใต้
ใต้ถุนเรือน	สำหรับเก็บของ, เก็บฟืน, จอดรถ

ภาพที่ 3.14 รูปภาพเรือนนางแสงดา สมฤทธิ์

3.2 ขั้นตอนการตรวจวัดและบันทึกข้อมูลอุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์ที่เกิดขึ้นภายใน และภายนอกเรือนล้านนา

3.2.1 ตัวแปรที่ทำการเก็บข้อมูล

- อุณหภูมิอากาศภายนอกเรือน (out side air temperature)
- อุณหภูมิอากาศภายในเรือน (in side air temperature)
- ความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกเรือน (out side relative humidity)
- ความชื้นสัมพัทธ์ภายในเรือน (in side relative humidity)

3.2.2 เครื่องมือเก็บข้อมูล

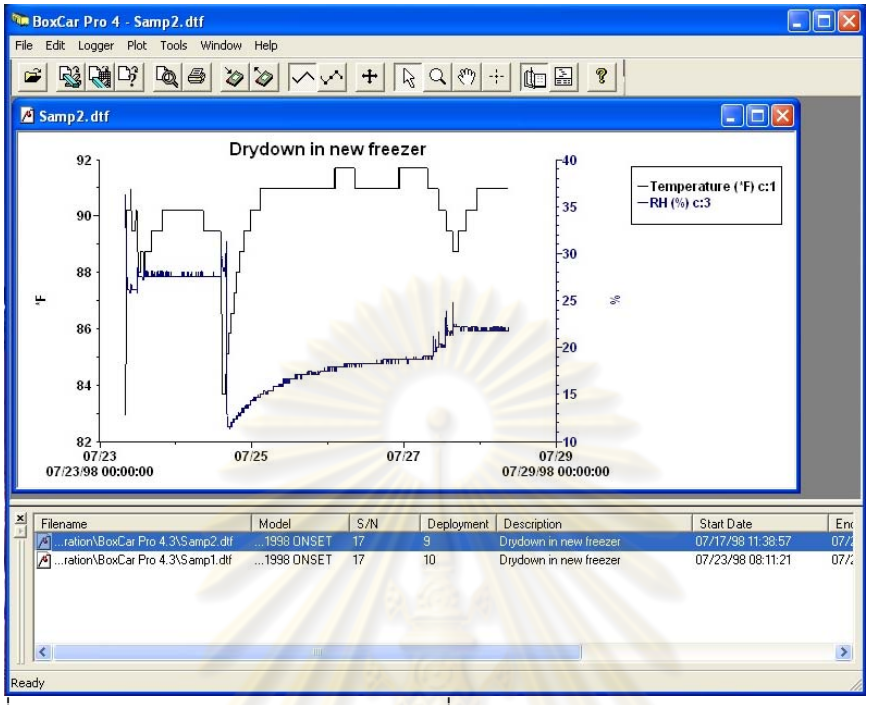
- HOBO รุ่น pro data logger HO8-032-08 เป็นรุ่นที่กันน้ำและสามารถเก็บข้อมูลได้เป็นระยะเวลานาน ใช้สำหรับวัดอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกเรือน โดยสามารถวัดอุณหภูมิได้ตั้งแต่ -30 องศาเซลเซียส ถึง +50 องศาเซลเซียส ความแม่นยำ ± 0.2 องศาเซลเซียส ความละเอียด 0.02 องศาเซลเซียส และวัดความชื้นสัมพัทธ์ได้ตั้งแต่ 0 เปอร์เซ็นต์ ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ ความแม่นยำ ± 3 เปอร์เซ็นต์

ภาพที่ 3.15 อุปกรณ์ data logger สำหรับเก็บข้อมูลอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกเรือน ยี่ห้อ HOBO รุ่น pro data logger HO8-032-08

- HOBO รุ่น multi-channel reusable data logger HO8-007-02 เป็นรุ่นที่ใช้สำหรับวัดอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ภายในเรือน โดยสามารถวัดอุณหภูมิได้ตั้งแต่ -20 องศาเซลเซียส ถึง +70 องศาเซลเซียส ความแม่นยำ ± 0.7 องศาเซลเซียส ความละเอียด 0.4 องศาเซลเซียส และวัดความชื้นสัมพัทธ์ได้ตั้งแต่ 25 เปอร์เซ็นต์ ถึง 95 เปอร์เซ็นต์ ความแม่นยำ ± 5 เปอร์เซ็นต์

ภาพที่ 3.16 อุปกรณ์ data logger สำหรับเก็บข้อมูลอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ภายในเรือน ยี่ห้อ HOBO รุ่น multi-channel reusable data logger HO8-007-02

- โปรแกรมที่ใช้ในการถ่ายโอนข้อมูลจาก อุปกรณ์ data logger ทั้ง 2 ชนิด ใช้โปรแกรม boxcar pro 4.3.1.1



ภาพที่ 3.17 โปรแกรม boxcar pro 4.3.1.1 ที่ใช้สำหรับถ่ายโอนข้อมูลจาก data logger

3.2.3 การทดสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูล

3.2.3.1 การทดสอบความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์ data logger

ก่อนทำการเก็บข้อมูลได้ทำการเปรียบเทียบมาตรฐานของอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเก็บข้อมูล อุณหภูมิอากาศ และความชื้นสัมพัทธ์ทั้งภายนอกและภายในเรือน โดยการนำ data logger ทั้ง 2 รุ่น ที่ใช้นำมาเก็บข้อมูล ในที่เดียวกับและช่วงเวลาเดียวกัน โดยติดตั้งอุปกรณ์ในการวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ให้รวมอยู่เป็นจุดเดียว อยู่ภายในวัสดุที่ป้องกันผลกระทบที่เกิดจากลมและปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลกระทบ (กล่องระบบปิด) เพื่อให้ได้อุณหภูมิอากาศ และความชื้นสัมพัทธ์ที่ถูกต้องใกล้เคียงกันมากที่สุด เพื่อควบคุมอากาศภายนอก เก็บข้อมูลเป็นเวลา 12 ชั่วโมง

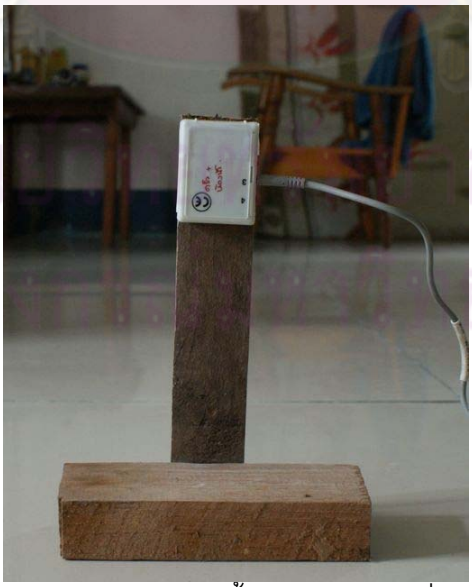
3.2.3.2 การป้องกันอิทธิพลและปัจจัยอื่นๆ ที่ส่งผลต่อข้อมูลที่ได้

- สำหรับอุปกรณ์ data logger ยี่ห้อ HOBO รุ่น pro data logger HO8-032-08 สำหรับเก็บอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกเรือนจะต้องป้องกันอิทธิพลจากรังสีอาทิตย์ที่จะส่งผลต่ออุปกรณ์ ทั้งจากท้องฟ้า และการสะท้อนจากผิวดิน โดยการใช้โฟมหนา 1 นิ้ว ปิด 4 ด้าน

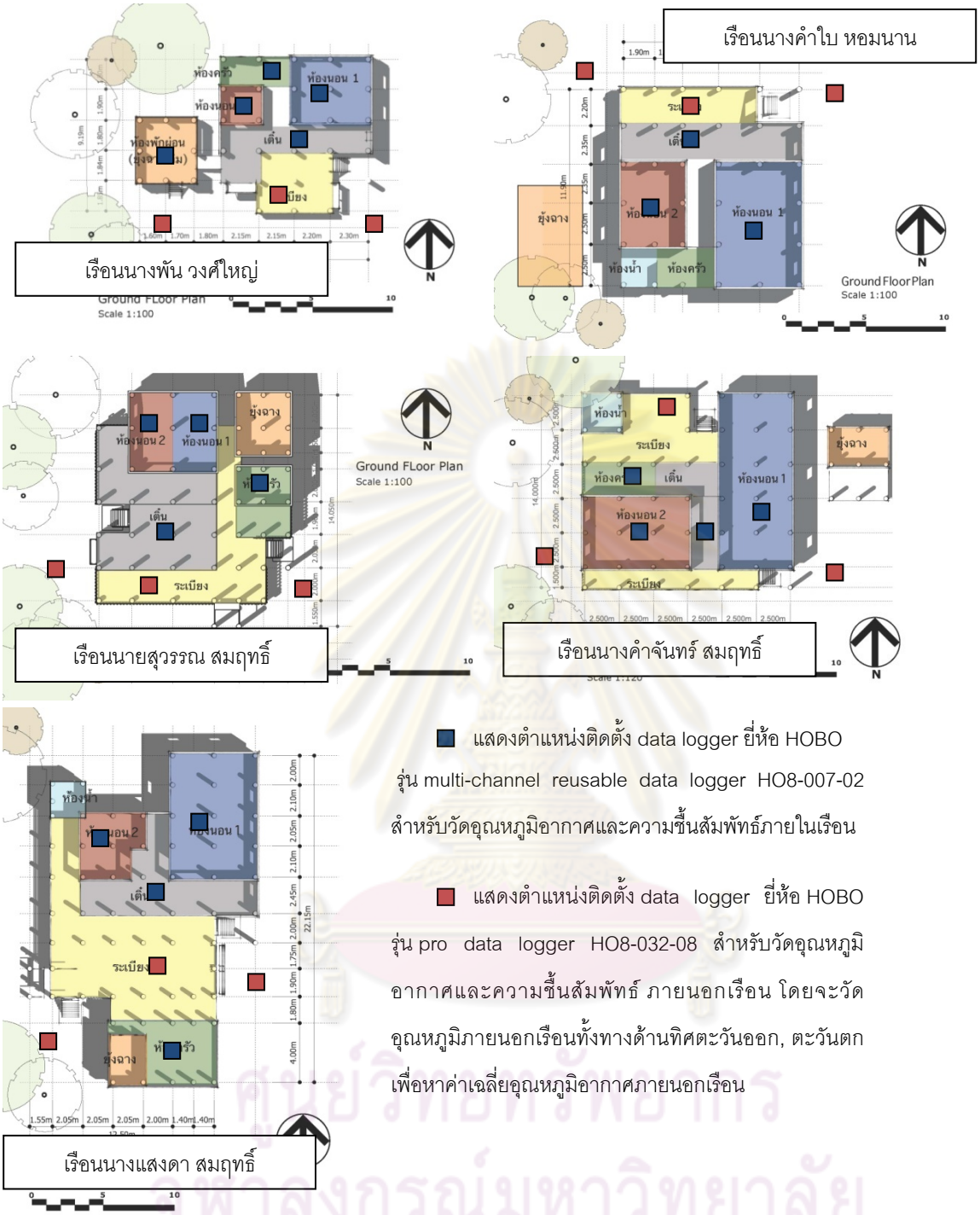
โดยเปิดช่อง 2 ด้าน เพื่อให้อากาศไหลผ่านได้ และติดตั้งสูงจากพื้นดินประมาณ 1.00 เมตร

ภาพที่ 3.18 การใช้โฟม 1 นิ้ว ปิดทั้ง 4 ด้านเพื่อป้องกันอิทธิพลจากรังสีอาทิตย์ที่ส่งผลต่ออุณหภูมิอากาศ ของ data logger ยี่ห้อ HOBO รุ่น pro data logger HO8-032-08

- สำหรับอุปกรณ์ data logger ยี่ห้อ HOBO รุ่น multi-channel reusable data logger HO8-007-02 สำหรับเก็บอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ภายในเรือน จะติดตั้งสูงจากพื้นเรือนประมาณ 30 เซนติเมตร เนื่องจากวิถีชีวิตของเจ้าของเรือน จะนั่ง, นอน บนพื้นเรือน และอุปกรณ์นี้จะติดตั้งอยู่บริเวณกลางห้อง จะไม่มีโฟมสำหรับป้องกันรังสีอาทิตย์ เนื่องจาก ไม่ได้รับอิทธิพลจากรังสีอาทิตย์



ภาพที่ 3.19 ลักษณะการติดตั้ง data logger ยี่ห้อ HOBO รุ่น multi-channel reusable data logger HO8-007-02 สูงจากพื้นเรือนประมาณ 30 เซนติเมตร



ภาพที่ 3.20 ตำแหน่งที่ติดตั้งอุปกรณ์ data logger ในแต่ละเรือนที่ทำการศึกษา

3.3 ขั้นตอนการสำรวจวัสดุท้องถิ่นสมัยใหม่

3.3.1 วัสดุผนังซีเมนต์จากใยไมยราฟยักษ์[6]

จากโครงการศึกษาวิจัยเคหะพื้นถิ่นแบบบูรณาการเพื่อการพึ่งพาตัวเอง โดย คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาปัตยกรรม เกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยได้รับการสนับสนุนจากการเคหะแห่งชาติ กระทรวงพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์

3.3.1.1 วัตถุประสงค์

- เพื่อพัฒนาองค์ความรู้ที่เหมาะสมในการสร้างระบบการก่อสร้างสำหรับบ้านในชนบท ตามแนวทางเศรษฐกิจพอเพียง โดยเฉพาะอย่างยิ่งจะส่งเสริมการใช้วัสดุพื้นถิ่น องค์ความรู้ในท้องถิ่น เพื่อพัฒนาท้องถิ่นอย่างยั่งยืน
- เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์หรือวัสดุก่อสร้าง ที่ใช้วัสดุพื้นถิ่นและองค์ความรู้พื้นถิ่น โดยที่ชาวบ้านสามารถผลิตวัสดุเหล่านี้ได้เองภายในชุมชน
- เพื่อพัฒนารูปแบบที่พักอาศัยของคนชนบทที่เหมาะสมกับพื้นถิ่น โดยยึดการมีส่วนร่วมกับชาวบ้าน เป็นหลักให้ความสำคัญถึงการใช้สอย การอยู่สบาย วัฒนธรรมและค่านิยมตามลำดับ
- เพื่อพัฒนาการระบวนการประเมินศักยภาพของพื้นที่ ระบบการผลิตพื้นฐานที่สามารถประยุกต์ใช้กับชุมชนต่างๆได้ โดยที่กระบวนการประเมินนี้เป็นการบ่งชี้ถึงศักยภาพของทรัพยากรภายในหมู่บ้าน รวมถึงอัตลักษณ์ที่จะเป็นแก่นหลักในการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมและรูปแบบที่พักอาศัยที่เหมาะสมของแต่ละพื้นถิ่น

3.3.1.2 ขั้นตอนการผลิต[7]

- นำต้นไมยราฟยักษ์ ไปย่อยให้กลายเป็นเศษไม้ชิ้นเล็กๆ โดยการใช้เครื่องหั่นย่อยซากพืช
- นำเศษไมยราฟยักษ์ที่ได้ดำเนินการย่อยแล้ว ไปตากแดด เพื่อลดความชื้นของวัสดุ
- นำเศษไมยราฟยักษ์ที่ตากแดดแล้ว มาผสมกับซีเมนต์ แล้วเทลงแม่พิมพ์และใช้เครื่องบดอัด และนำไปผึ่งลม ให้แห้ง ประมาณ 24 ชั่วโมง

---

[6] คณะวิศวกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, **โครงการศึกษาวิจัยเคหะพื้นถิ่นแบบบูรณาการเพื่อการพึ่งพาตัวเอง**, (เชียงใหม่ : 239 ถนนห้วยแก้ว ต.สุเทพ อ.เมือง , 2549)

[7] จากการสัมภาษณ์ วันที่ 16 มกราคม 2552

- แล้วนำแผ่นซีเมนต์จากใยไมยราฟยักษ์ ไปบ่มในบ่อน้ำเป็นระยะเวลาประมาณ 7 วัน

ภาพที่ 3.21 ขั้นตอนการผลิตวัสดุท้องถิ่นสมัยใหม่ วัสดุผนังซีเมนต์จากใยไมยราฟยักษ์

ภาพที่ 3.22 วัสดุผนังซีเมนต์จากใยไมยราฟยักษ์

3.3.2 วัสดุอิฐดินเบาลำปาง[8]

จากโครงการวิจัยการผลิตอิฐมวลเบาชนิดไม่เผาจากดินเบาแหล่งลำปาง (วัสดุอิฐมวลเบาชนิดไม่เผา) โดย ดร. เกศรินทร์ พิมรักษา รองหัวหน้าภาควิชา เคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

3.3.2.1 วัตถุประสงค์

- เพื่อพัฒนาวัสดุก่อสร้าง โดยสามารถหาวัสดุได้ในท้องถิ่น
- เพื่อพัฒนาวัสดุก่อสร้าง ให้มีน้ำหนักเบา และสามารถทดแทนอิฐมวลเบาได้

ภาพที่ 3.23 ห้องที่ใช้สำหรับการทดลองผลิต วัสดุอิฐมวลเบาชนิดไม่เผาจากดินเบาแหล่งลำปาง

ภาพที่ 3.24 อิฐมวลเบาชนิดไม่เผาจากดินเบาแหล่งลำปาง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

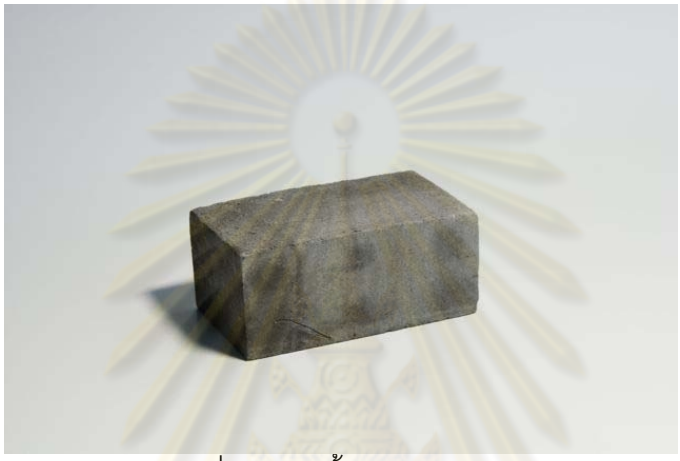
[8] จากการสัมภาษณ์ ดร.เกศรินทร์ พิมรักษา วันที่ 11 สิงหาคม 2551

3.3.3 วัสดุอิฐจากขี้เถ้าลอยแม่เมาะ[9]

จากโครงการปรับปรุงคุณภาพอิฐเบาเพื่องานก่อสร้างอาคารภายนอก (วัสดุอิฐขี้เถ้าลอยแม่เมาะ) ของ ดร. เกศรินทร์ พิมรักษา รองหัวหน้าภาควิชา เคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

3.3.3.1 วัตถุประสงค์

- เพื่อพัฒนาวัสดุก่อสร้าง โดยสามารถหาวัสดุได้ในท้องถิ่น
- เพื่อพัฒนาวัสดุก่อสร้าง ประหยัดพลังงาน



ภาพที่ 3.25 อิฐขี้เถ้าลอยแม่เมาะ

3.4 ขั้นตอนการตรวจวัดและบันทึกข้อมูล ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนของวัสดุท้องถิ่นสมัยใหม่

3.4.1 ตัวแปรที่ทำการทดลอง

- ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อน (k) ของวัสดุท้องถิ่นสมัยใหม่
- ค่าความชื้นของวัสดุท้องถิ่นสมัยใหม่

3.4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

ภาพที่ 3.26 เครื่องมือสำหรับทดสอบคุณสมบัติการต้านทานความร้อน (k) ของวัสดุ

[9] จากการสัมภาษณ์ ดร.เกศรินทร์ พิมรักษา วันที่ 11 สิงหาคม 2551

เครื่องมือที่ใช้สำหรับการทดลองคุณสมบัติค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อน (k) ของวัสดุท้องถิ่นสมัยใหม่ คือ Thermal Conductivity of Building and Insulating Materials Unit ของภาควิชาเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยมีขั้นตอนในการทดลองดังต่อไปนี้

- จัดเตรียมวัสดุที่จะทำการทดลอง โดยวัสดุที่จะใช้ในการทดลองต้องมีขนาด 30 X 30 เซนติเมตร เนื่องจากวัสดุอิฐดินเบาลำปาง และอิฐจากขี้เถ้าลอยแม่เมาะ มีขนาดเล็ก โดยมีขนาด 10 X 6 เซนติเมตร และสูง 4 เซนติเมตร โดยมีขนาดใกล้เคียงกับอิฐมอญ ดังนั้น จึงจำเป็นที่จะต้องทำการก่ออิฐฉาบปูน ให้มีขนาด 30 X 30 เซนติเมตร และหนา 15 เซนติเมตร และวัสดุผนังซีเมนต์จากใยไมยราฟยักษ์ เป็นวัสดุชิ้นเดียว ซึ่งได้ตัดตัวอย่างมาขนาด 30 X 30 เซนติเมตร โดยมีความหนา ทั้งสิ้น 1.4 เซนติเมตร

ภาพที่ 3.27 วัสดุที่เตรียมสำหรับการทดสอบ จากซ้าย ไป ขวา วัสดุผนังซีเมนต์ใยไมยราฟยักษ์ อิฐดินเบาลำปาง อิฐจากขี้เถ้าลอยแม่เมาะ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- ทำการทดลอง โดยดำเนินการเก็บข้อมูลที่วัดได้ ทุก ๆ ชั่วโมง โดยเริ่มเก็บข้อมูลตั้งแต่เวลา 10.00 – 16.00 น. โดยข้อมูลที่ดำเนินการทดลอง มีดังต่อไปนี้
  - T1 = temperature hot (องศาเซลเซียส)
  - T2 = temperature cold (องศาเซลเซียส)
  - HFM = Heat Flowmater Readly (mv)

  และมีสมการในการคำนวณ เพื่อหาสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อน (k) ของวัสดุดังต่อไปนี้

$$\lambda = \frac{ls \times \left(-7.5078 + (0.2272 \times T)\right) + (3.3226 + (0.0068 \times T) \times HFM) + ((0.0301 + (0.003 \times T)) \times HFMx^2}{dT}$$

โดยที่ λ = thermal conductivity (วัตต์ต่อเมตรองศาเซลเซียส)

ls = ความหนา (เมตร)

dT = T1 - T2

T = (T1+T2)/2

- ทำการทดสอบหาค่าความชื้นของวัสดุ โดยการนำวัสดุที่ทดลองมาย่อยให้ละเอียด แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก แล้วจึงนำไปอบเพื่อทำให้ความชื้นที่อยู่ในวัสดุออกไป แล้วนำมาชั่งน้ำหนักอีกครั้ง เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นในวัสดุ โดยมีวิธีการคำนวณ ดังนี้

$$\frac{\text{น้ำหนักก่อนที่จะเข้าเครื่องอบ} - \text{น้ำหนักหลังจากเข้าเครื่องอบ}}{\text{น้ำหนักก่อนที่จะเข้าเครื่องอบ}}$$

ภาพที่ 3.28 เครื่องชั่งน้ำหนักชนิดละเอียด เครื่องอบวัสดุ เพื่อหาค่าความชื้นของวัสดุ

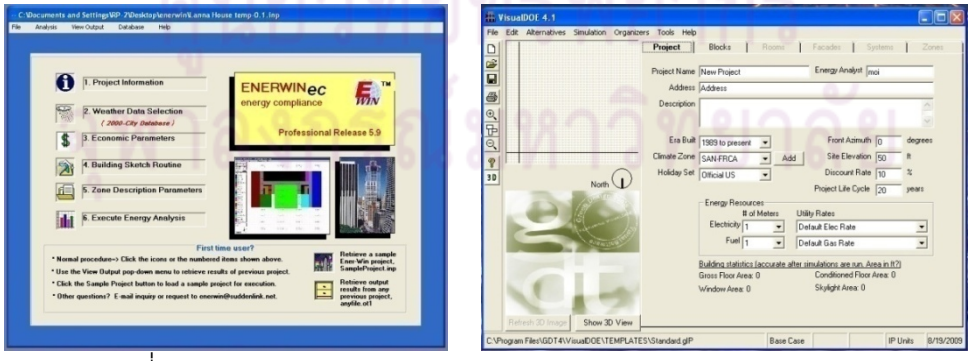
3.4.3 ผลการทดสอบ

- ผนังซีเมนต์จากใยไมยราฟยักษ์ มีค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อน (k) เท่ากับ 0.338 วัตต์ต่อเมตรองศาเซลเซียส และมีค่าความชื้น 3.765 เปอร์เซ็นต์
- อิฐดินเบาลำปาง มีค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อน (k) เท่ากับ 0.795 วัตต์ต่อเมตรองศาเซลเซียส และมีค่าความชื้น 4.41 เปอร์เซ็นต์
- อิฐจากขี้เถ้าลอยแม่เมาะ มีค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อน (k) เท่ากับ 0.629 วัตต์ต่อเมตรองศาเซลเซียส และมีค่าความชื้น 1.75 เปอร์เซ็นต์

3.5 ขั้นตอนการจำลองภายในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อทำนายอุณหภูมิที่เกิดขึ้นภายในเรือนล้านนา

3.5.1 ตัวแปรต่าง ๆ

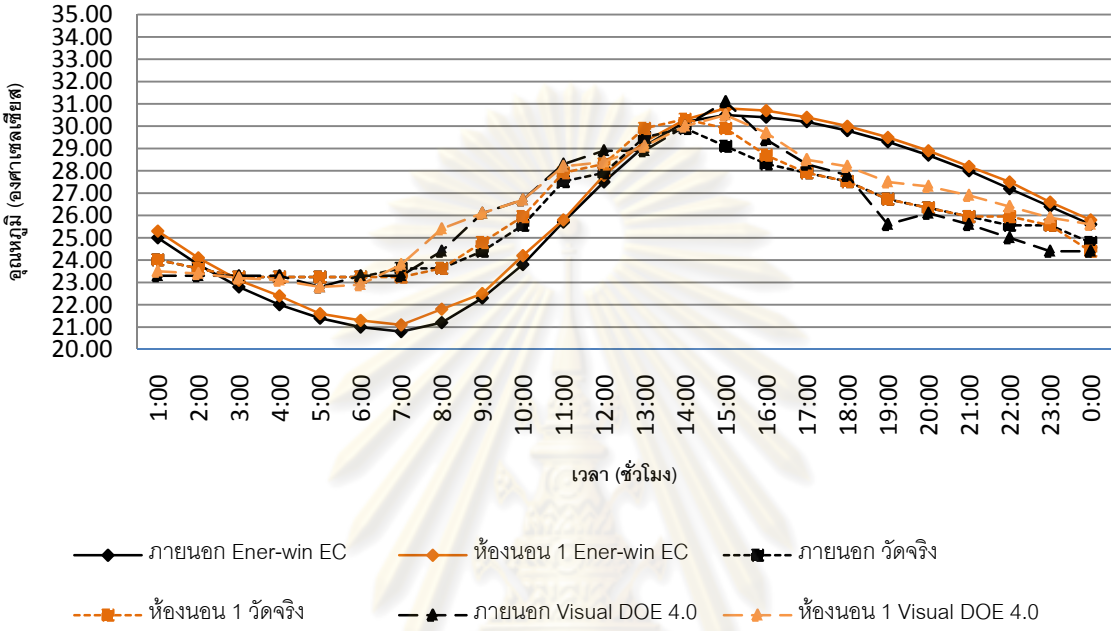
- ตัวแปรต้น
  - วัสดุผนังของเรือนล้านนา (ไม้จริง หนา 1/2 นิ้ว)
  - วัสดุผนังซีเมนต์จากใยไมยราฟยักษ์ หนา 1.4 เซนติเมตร
  - วัสดุอิฐดินเบาลำปาง หนา 15 เซนติเมตร
  - วัสดุอิฐจากขี้เถ้าลอยแม่เมาะ หนา 15 เซนติเมตร
- ตัวแปรตาม
  - อุณหภูมิอากาศภายในเรือน (in side air temperature) การจากเก็บข้อมูลในขั้นตอนที่ 3.2
  - ความชื้นสัมพัทธ์ภายในเรือน (in side relative humidity) จากการเก็บข้อมูลในขั้นตอนที่ 3.2
- ตัวแปรควบคุม
  - วัสดุหลังคา, วัสดุพื้น จากการสำรวจ
  - ข้อมูลอุณหภูมิอากาศ, ความชื้นสัมพัทธ์, จุดน้ำค้าง , ความเร็วลม ของจังหวัดเชียงราย ปี 2551 ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา
  - ข้อมูลตารางเวลาการใช้งาน แต่ละพื้นที่ จากการสำรวจ
  - ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าภายในเรือน (ไฟฟ้าแสงสว่าง, อุปกรณ์ไฟฟ้า) จากการสำรวจ



ภาพที่ 3.29 โปรแกรม ENER-WIN EC และ โปรแกรม Visual DOE 4.0

3.5.2 โปรแกรมที่ใช้

โปรแกรมที่ใช้สำหรับเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศ และความชื้นสัมพัทธ์ ที่เกิดขึ้นภายในและภายนอกเรือน ได้เปรียบเทียบโปรแกรมระหว่าง ENER-WIN EC[10] และ Visual DOE 4.0[11] โดยระยะเวลาในการจำลอง คือ ปี พ.ศ. 2551 เป็นระยะเวลา 1 ปี และไม่มีการใช้ระบบปรับอากาศ



แผนภูมิที่ 3.1 อุณหภูมิอากาศที่เกิดขึ้น ภายนอก, ห้องนอน 1 จากการวัดจริง เปรียบเทียบ กับจากการจำลองในโปรแกรม Ener-win EC และโปรแกรม Visual DOE 4.0 ในช่วงเดือนตุลาคม 2551

จากแผนภูมิที่ 3.1 จะเห็นได้ว่า จากการจำลองจากโปรแกรม Visual DOE 4.0 ในช่วงเวลาตั้งแต่ 0.00 – 18.00 อุณหภูมิระหว่างภายในห้องนอน 1 และภายนอกมีความใกล้เคียงกัน โดยมีความแตกต่างกันไม่มาก แต่ตั้งแต่เวลา 18.00 – 0.00 น. อุณหภูมิระหว่างภายในและห้องนอน 1 อุณหภูมิภายในห้องนอน 1 สูงกว่าอุณหภูมิภายนอกเฉลี่ยประมาณ 1.34 องศาเซลเซียส ลักษณะที่เกิดขึ้นเหมือนกับวัสดุมีการคายความร้อนออกมาภายในห้องนอน ทำให้อุณหภูมิภายในห้องนอน 1 สูงกว่าภายนอก ซึ่งจากข้อมูลจากการตรวจวัดและบันทึกผลอุณหภูมิที่เกิดขึ้นจริงภายในเรือนล้านนา พบว่าอุณหภูมิ

---

[10] Larry O. Degelman (2007)., ENER-WIN EC(energy compliance). **Degelman Engineering Group, Inc**, 2206 Quail Run College station Taxas 77845, USA. 2007

[11] Visual DOE 4.0, **Architectural Energy Corporation, 142 Minna St., San Francisco CA 94105**, USA. 2004

ภายในห้องนอน 1 และภายนอกแทบจะไม่แตกต่างกันตลอดทั้งวัน โดยแตกต่างกันเฉลี่ย 0.20 องศาเซลเซียส และเมื่อเปรียบเทียบกับโปรแกรม Ener-win EC ผลที่ได้อุณหภูมิภายในห้องนอน 1 และภายนอก มีอุณหภูมิใกล้เคียงกัน โดยแตกต่างกันเฉลี่ย 0.20 องศาเซลเซียส ตลอดทั้งวัน โดยเท่าๆ กับข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดและบันทึกผลอุณหภูมิที่เกิดขึ้นจริงภายในห้องนอน 1 และภายนอกเรือนล้านนา ดังนั้นจึงเลือกใช้โปรแกรม Ener-win EC

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

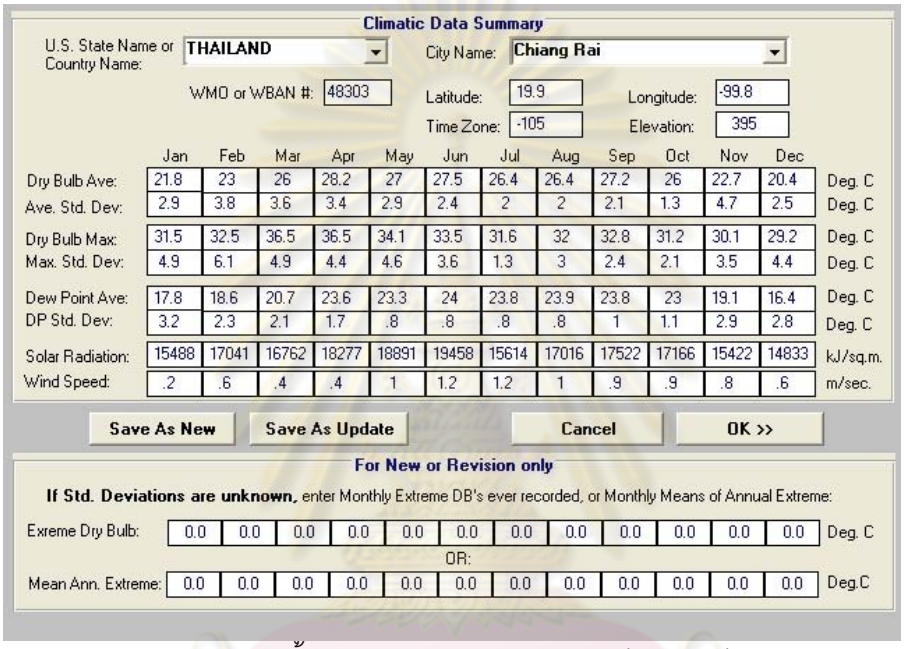
บทที่ 4

ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงเรือนล้านนา ให้มีความเหมาะสมกับสภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศในปัจจุบันทางด้านอุณหภาพ โดยทำการเปรียบเทียบวัสดุดั้งเดิมที่ใช้สำหรับเรือนล้านนา (ไม้จริง) และวัสดุที่ได้ทำการสำรวจในบทที่ 3 คือ ผนังซีเมนต์จากใยไมยราฟยักษ์ อิฐดินเบาลำปาง และอิฐจากขี้เถ้าลอยแม่เมาะ โดยมีกระบวนการในการดำเนินการดังต่อไปนี้

1. **เปรียบเทียบรูปแบบการวางผังเรือนของเรือนล้านนา** ที่ได้ดำเนินการสำรวจ เพื่อกำหนดรูปแบบเรือนที่จะจำลองภายในโปรแกรม ENER-WIN EC โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้
   - ลักษณะการวางผังเรือน
   - การจัดกลุ่มพื้นที่ใช้สอยของเรือน
     - พื้นที่สาธารณะ
     - พื้นที่ส่วนตัว
     - พื้นที่บริการ
   - สรุปรูปแบบเรือนที่จะใช้ในการจำลองภายในโปรแกรม
2. **เปรียบเทียบวัสดุประกอบเรือนของเรือนล้านนา** ที่ได้ดำเนินการสำรวจ เพื่อสรุปอิทธิพลที่มีผลต่ออุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ที่เกิดขึ้นภายในเรือนล้านนา
3. **เปรียบเทียบข้อมูลจากการตรวจสอบและบันทึกผลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์** เพื่อใช้สำหรับการทดสอบความน่าเชื่อถือของโปรแกรมในขั้นตอนต่อไป โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้
   - พื้นที่ภายในห้องนอน 1 เปรียบเทียบกับภายนอกเรือน
   - พื้นที่ภายในห้องนอน 2 เปรียบเทียบกับภายนอกเรือน
   - พื้นที่เติ่น เปรียบเทียบกับภายนอกเรือน
   - พื้นที่ห้องครัว เปรียบเทียบกับภายนอกเรือน
4. **จำลองภายในโปรแกรม** ENER-WIN EC เพื่อศึกษาสภาวะน่าสบาย ที่เกิดขึ้นภายในและภายนอกเรือน เปรียบเทียบระหว่างเรือนที่ใช้วัสดุแบบดั้งเดิม และเรือนที่ใช้วัสดุท้องถิ่นสมัยใหม่

- จากข้อมูลขั้นตอนที่ 1 – 2 นำมาจำลองภายในโปรแกรม และใช้ข้อมูลสภาพอากาศของ จ.เชียงราย จากกรมอุตุนิยมวิทยาประจำปี พ.ศ.2551 และข้อมูลรังสีอาทิตย์ จ.เชียงใหม่ พ.ศ. 2541 จากข้อมูลอากาศประเทศไทยสำหรับงานอนุรักษ์พลังงาน เล่มที่ 2 เพื่อจำลองอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ที่เกิดขึ้น ภายใน และภายนอกเรือน ตลอดทั้งปี พ.ศ. 2551 สำหรับใช้เปรียบเทียบเรือนล้านนาทั่วไป สำหรับเปรียบเทียบกับวัสดุท้องถิ่นสมัยใหม่ ในขั้นตอนต่อไป



Climatic Data Summary

U.S. State Name or Country Name: THAILAND — City Name: Chiang Rai

WMO or WBAN #: 48303 — Latitude: 19.9 — Longitude: -99.8 — Time Zone: -105 — Elevation: 395

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	
Dry Bulb Ave:	21.8	23	26	28.2	27	27.5	26.4	26.4	27.2	26	22.7	20.4	Deg. C
Ave. Std. Dev:	2.9	3.8	3.6	3.4	2.9	2.4	2	2	2.1	1.3	4.7	2.5	Deg. C
Dry Bulb Max:	31.5	32.5	36.5	36.5	34.1	33.5	31.6	32	32.8	31.2	30.1	29.2	Deg. C
Max. Std. Dev:	4.9	6.1	4.9	4.4	4.6	3.6	1.3	3	2.4	2.1	3.5	4.4	Deg. C
Dew Point Ave:	17.8	18.6	20.7	23.6	23.3	24	23.8	23.9	23.8	23	19.1	16.4	Deg. C
DP Std. Dev:	3.2	2.3	2.1	1.7	.8	.8	.8	.8	1	1.1	2.9	2.8	Deg. C
Solar Radiation:	15488	17041	16762	18277	18891	19458	15614	17016	17522	17166	15422	14833	kJ/sq.m.
Wind Speed:	.2	.6	.4	.4	1	1.2	1.2	1	.9	.9	.8	.6	m/sec.

Save As New | Save As Update | Cancel | OK >>

For New or Revision only

If Std. Deviations are unknown, enter Monthly Extreme DB's ever recorded, or Monthly Means of Annual Extreme:

Exreme Dry Bulb:	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Deg. C
OR:													
Mean Ann. Extreme:	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Deg.C

ภาพที่ 4.1 ข้อมูลอุณหภูมิอากาศ, จุดน้ำค้าง, ความเร็วลม จังหวัดเชียงราย ปี พ.ศ. 2551 ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยาและรังสีอาทิตย์ จังหวัดเชียงใหม่ ปี พ.ศ. 2541 ข้อมูลจาก ข้อมูลอากาศประเทศไทยสำหรับงานอนุรักษ์พลังงาน เล่มที่ 2

- ดำเนินการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของโปรแกรม โดยการนำข้อมูลอุณหภูมิและความชื้น ในขั้นตอนที่ 3 ที่เกิดขึ้นจริง มาเปรียบเทียบกับอุณหภูมิและความชื้นที่ได้จำลองในโปรแกรม ในช่วงเดือนเดียวกัน
- เปรียบเทียบเรือนล้านนาทั่วไป กับเรือนล้านนา ที่ใช้วัสดุผนังซีเมนต์จากใยไมยราฟยักษ์ ผนังจากอิฐดินเบาลำปาง และผนังจากอิฐขี้เถ้าลอยแม่เมาะ

1. **เปรียบเทียบสภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้นภายในเรือนล้านนาที่ใช้วัสดุเดิม กับวัสดุท้องถิ่นสมัยใหม่** โดยกำหนดอุณหภูมิน่าสบายตามงานวิจัยของ ผศ.ดร กิจชัย จิตขจรวานิช ที่อุณหภูมิอากาศ 25.6 – 31.5 องศาเซลเซียส และมีความชื้นสัมพัทธ์ 62.2 – 90

เปอร์เซ็นต์[1] เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมกับเรือนล้านนาในสภาพภูมิอากาศและภูมิประเทศในปัจจุบัน

2. **ขั้นตอนการวิเคราะห์ผลการทดลอง** จากข้อมูลสภาวะน่าสบายของกรณีต่างๆ ที่ได้จากการจำลองในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ นำมาวิเคราะห์ เปรียบเทียบ เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกใช้สำหรับปรับปรุงเรือนล้านนา ต่อไป

ข้อจำกัดทางด้านข้อมูลภูมิอากาศประจำปี

เนื่องจากข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา ไม่มีข้อมูลรังสีอาทิตย์ของจังหวัดเชียงราย จึงใช้ข้อมูลรังสีอาทิตย์ จังหวัดเชียงใหม่ จากข้อมูลอากาศประเทศไทยสำหรับงานอนุรักษ์พลังงาน เล่มที่ 2[2] จัดทำโดย ธนิต จินดาวณิค, คมกฤช ชูเกียรติมั่น และร.อ.หญิง ปริมลาภ วสุวัต ข้อมูลปี พ.ศ. 2541

ข้อจำกัดทางด้านเวลา

เนื่องจากข้อมูลที่ทำการตรวจสอบและบันทึกอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ของเรือนล้านนา จำนวน 5 หลัง ดำเนินการในช่วงเดือน ตุลาคม – พฤศจิกายน พ.ศ. 2551 จึงเป็นข้อมูลตัวอย่างและใช้เปรียบเทียบเท่านั้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[1] กิจชัย จิตขจรวานิช, **สภาวะสบายและการปรับตัวเพื่ออยู่แบบสบายของคนในท้องถิ่น (Thermal Comfort and Adaptability to Living for Local People)**, (กทม : คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2547), หน้า ง

[2] ธนิต จินดาวณิค, คมกฤช ชูเกียรติมั่น และร.อ.หญิง ปริมลาภ วสุวัต, **ข้อมูลอากาศประเทศไทยสำหรับงานอนุรักษ์พลังงาน เล่มที่ 3**, (กทม : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย), หน้า 3

4.1 สรุปรูปแบบการวางผังเรือนของเรือนล้านนา

4.1.1 ลักษณะการวางผังเรือน

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบประเภทของผังพื้นของเรือนไม้ล้านนา อ.เชียงคำ จ.พะเยา

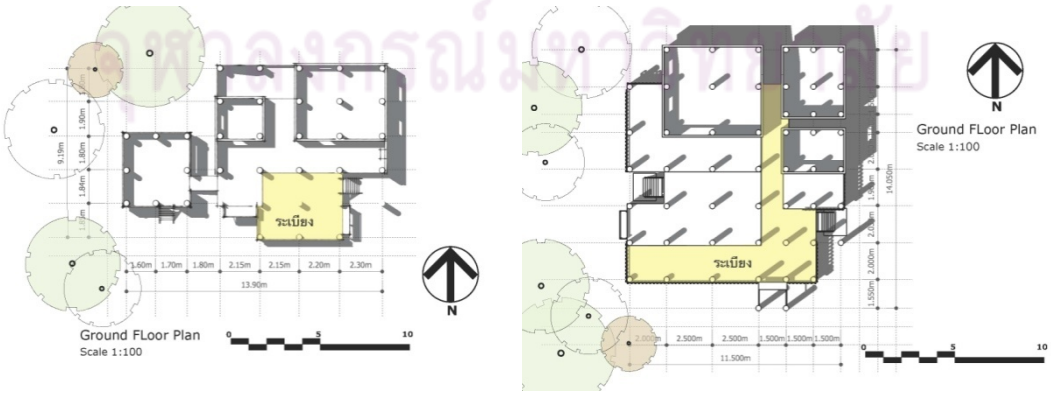
เรือน นางพัน วงศ์ใหญ่	เรือน นายสุวรรณ สมฤทธิ์	เรือน นางคำใบ หอมนาน	เรือน นางคำจันทร์ สมฤทธิ	เรือน นางแสงดา สมฤทธิ์
ผังแบบเกาะกลุ่ม (compact)	ผังแบบเกาะกลุ่ม (compact)	ผังแบบเกาะกลุ่ม (compact)	ผังแบบเกาะกลุ่ม (compact)	ผังพื้นแบบกลุ่มกระจาย (cluster)

รูปแบบการวางผังเรือน โดยส่วนใหญ่จะมีการวางผังเรือนแบบเกาะกลุ่ม (compact) แต่จะมีเรือนของนางแสงดา สมฤทธิ์ ที่มีการวางผังเรือนแบบกลุ่มกระจาย (cluster) โดยเมื่อพิจารณาแล้วจะพบว่าเรือนของนางแสงดา สมฤทธิ์ พื้นที่ที่เป็นครัว, อเนกประสงค์ นั้นในอดีตเป็นยุ้งฉางเดิม แต่ปัจจุบันไม่มีการใช้งานแล้ว เลยเปลี่ยนการใช้พื้นที่เป็นพื้นที่เอนกประสงค์ และมีการใช้ระเบียงในการเชื่อมพื้นที่ทั้ง 2 ส่วนเข้าด้วยกัน ซึ่งคล้ายคลึงกับเรือนนางพัน วงศ์ใหญ่ ที่ใช้พื้นที่ยุ้งฉางเดิมเป็น พื้นที่พักผ่อนและมีทางเชื่อมระหว่าง ยุ้งฉางเดิม กับเรือนหลัก

4.1.2 การจัดกลุ่มพื้นที่ใช้สอย

4.1.2.1 พื้นที่สาธารณะ

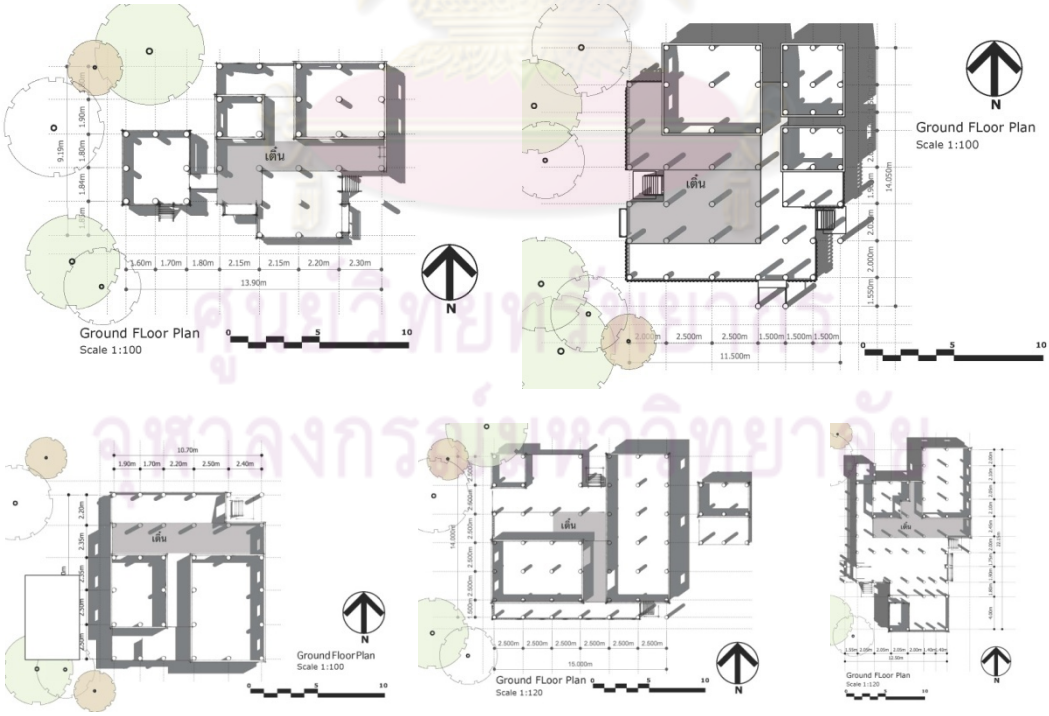
<u>ระเบียง</u> จะเป็นส่วนแรกที่สามารถเข้าถึงตัวเรือนได้ โดยที่ส่วนใหญ่จะเข้าถึงระเบียงในส่วนที่อยู่ใต้ชายคา โดยที่ระเบียงจะสัมพันธ์กับการหันหน้าของเรือนว่าหันไปทางทิศไหน ทางหน้าเรือนหันหน้าไปทางทิศใต้ระเบียงก็จะอยู่ด้านทิศใต้ของเรือน หรือถ้าหันหน้าเรือนไปทางทิศเหนือระเบียงก็จะอยู่ทางด้านทิศเหนือ แต่จะมีเรือนของนางคำจันทร์ สมฤทธิ์ ที่จะมีระเบียง 2 ด้าน คือด้านหน้าเรือน และหลังเรือน ซึ่งเป็นเหมือนพื้นที่กึ่งสาธารณะ ในส่วนบันไดหลัก สำหรับขึ้นเรือน ทุกเรือนจะหันหน้าไปทางด้านทิศตะวันออก



ภาพที่ 4.2 พื้นที่ระเบียง ของเรือนนางพัน วงศ์ใหญ่ และเรือนนายสุวรรณ สมฤทธิ์

ภาพที่ 4.3 พื้นที่ระเบียง ของเรือนนางคำใบ หอมนาน เรือนนางคำจันทร์ สมฤทธิ์ เรือนนางแสงดา สมฤทธิ์

เติ่น จะเป็นส่วนต่อจากระเบียงซึ่งจะเป็นพื้นที่อเนกประสงค์ มีการใช้งานที่หลากหลาย ทั้งรับแขก นั่งพักผ่อน กินข้าว เป็นต้น ซึ่งจะสัมพันธ์กับการหันหน้าของเรือนว่าหันไปทางทิศไหน ทางหน้าเรือนหันหน้าไปทางทิศใต้เติ่นก็จะอยู่ด้านทิศใต้ของเรือน หรือถ้าหันหน้าเรือนไปทางทิศเหนือเติ่นก็จะอยู่ทางด้านทิศเหนือ โดยเรือนของนางคำจันทร์ สมฤทธิ์ จะมีลักษณะแตกต่างจากเรือนหลังอื่น คือ พื้นที่ของเติ่นจะอยู่ตรงกลางระหว่างระเบียงทั้งด้านหน้าและด้านหลัง และห้องนอน1 ห้องนอน 2 ซึ่งเรือนอื่นจะอยู่ทางบริเวณด้านหน้าเรือน ถัดจากพื้นที่ของระเบียง แต่ลักษณะการใช้พื้นที่จะเหมือนกันในทุกเรือน คือเป็นพื้นที่อเนกประสงค์ ใช้งานได้หลากหลาย

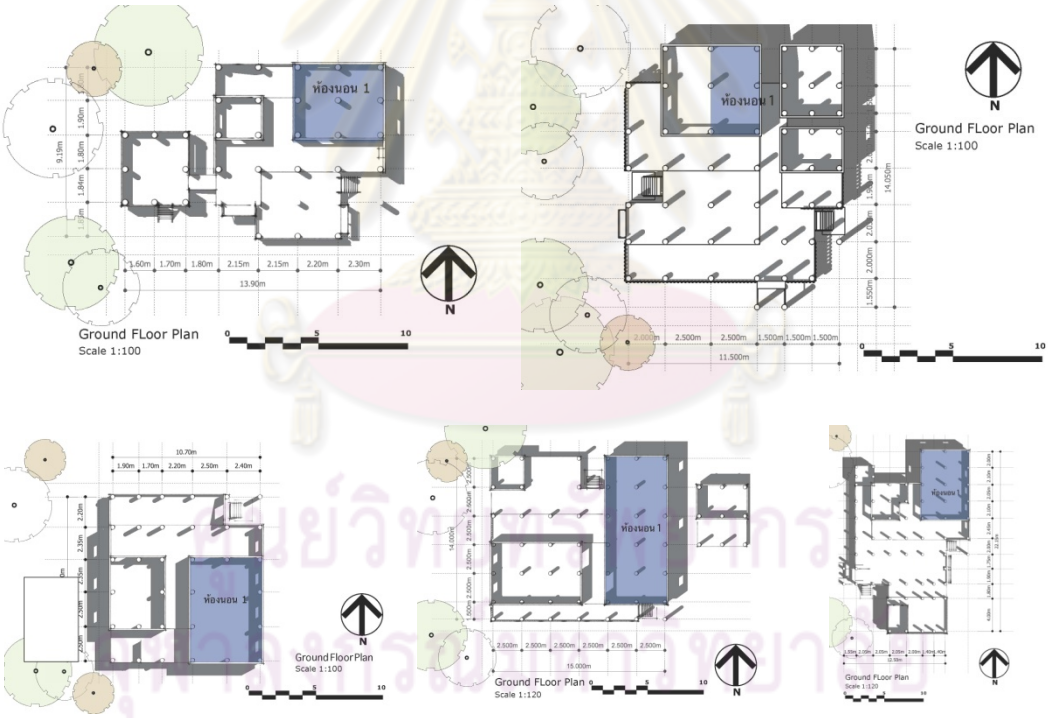


ภาพที่ 4.4 พื้นที่เติ่น ของเรือนที่ดำเนินการศึกษา

<u>พื้นที่อเนกประสงค์ (ห้องครัว)</u> จะมีเฉพาะเรือนของนางแสงดา สมฤทธิ์ เท่านั้นที่มีการใช้พื้นที่ห้องครัว เป็นพื้นที่อเนกประสงค์ มีการใช้งานพื้นที่ที่หลากหลาย ตั้งแต่ กินข้าว ทำอาหาร สอนดนตรีพื้นเมือง นั่งเล่น เป็นต้น ซึ่งสาเหตุน่าจะมาจากการเปลี่ยนแปลพื้นที่การใช้งาน

4.1.2.2 พื้นที่ส่วนตัว

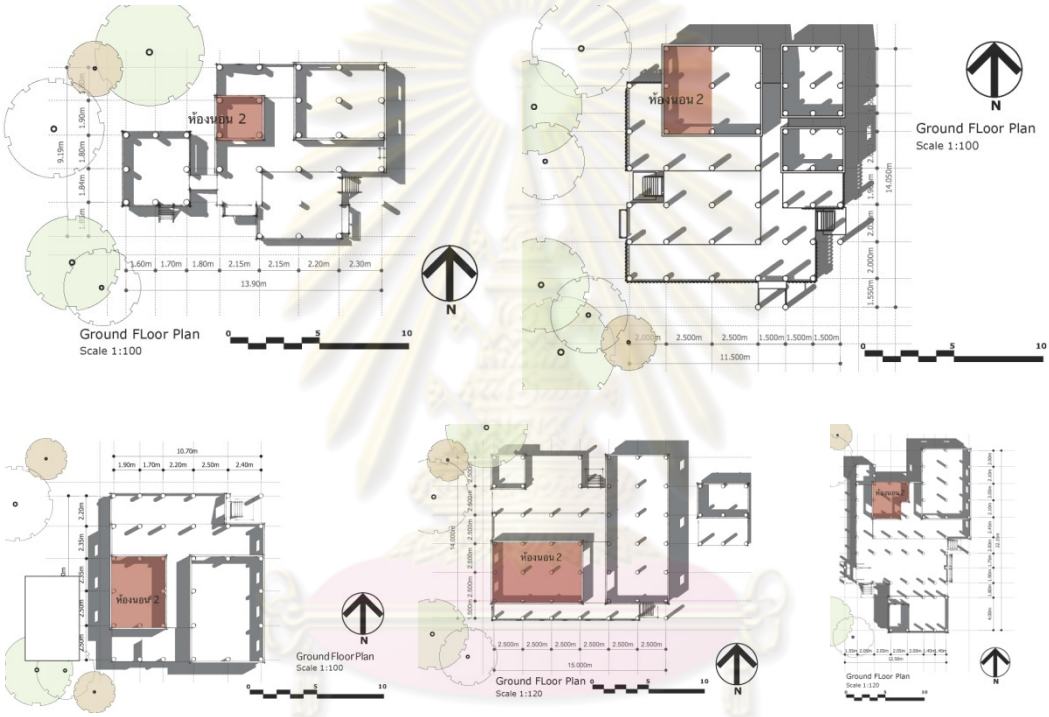
<u>พื้นที่ห้องนอน 1</u> โดยเรือนทุกหลักจะอยู่ในทิศตะวันออกและหันหัวนอนไปทางทิศตะวันออกเหมือนกันหมด ไม่ว่าหน้าเรือนจะหันไปทางทิศเหนือหรือใต้ก็ตาม ซึ่งสาเหตุคาดว่ามาจากความเชื่อ จากการวิเคราะห์ของ รศ.อนุวิทย์ เจริญศุภกุล[3] แต่จะมีเรือนของนายสุวรรณ สมฤทธิ์ ที่ห้องนอนจะอยู่บริเวณกลางเรือน โดยมียุ้งฉาง มาบังทางด้านทิศตะวันออก ลักษณะจะใกล้เคียงกับเรือนของนางคำจันทร์ สมฤทธิ์ ที่มียุ้งฉางอยู่ทางด้านตะวันออก แต่ไม่ได้ใช้หลังคาร่วมกับตัวเรือน เหมือนกับเรือนของนายสุวรรณ สมฤทธิ์



ภาพที่ 4.5 พื้นที่ห้องนอน 1 ของเรือนที่ดำเนินการศึกษา

[3] อนุวิทย์ เจริญศุภกุล วิวัฒน์ เตมียพันธ์, **เรือนไทยล้านนาและประเพณีการ ปลูกเรือน**, (พิมพ์ครั้งที่ 2 กทม.: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ท่าพระจันทร์), 2539, หน้า 35

<u>ห้องนอน 2</u> อยู่บริเวณทิศตะวันตกของเรือน ซึ่งจากการสำรวจพบว่าในอดีตห้องนอนจะมีอยู่แค่ห้องนอนเดียว คือ ห้องนอน 1 และพื้นที่ห้องนอน 2 ในอดีต จะใช้งานเป็นห้องครัวไฟ ซึ่งปัจจุบันจะมีการปรับการใช้งานเป็นห้องนอน ซึ่งจะอยู่ในทิศตะวันตกของเรือน สาเหตุส่วนใหญ่มาจากสมาชิกในครอบครัวได้แต่งงาน ยังไม่สามารถปลูกเรือนได้เอง จึงอาศัยอยู่กับบิดา มารดา แต่ก็ต้องการความเป็นส่วนตัว จึงมีการปรับเปลี่ยนพื้นที่การใช้งานในส่วนห้องครัวไฟเป็นห้องนอน 2 จะมีเฉพาะเรือนของนายสุวรรณ สมฤทธิ์ ที่ใช้ลักษณะการแบ่งพื้นที่ภายในห้องนอน 1

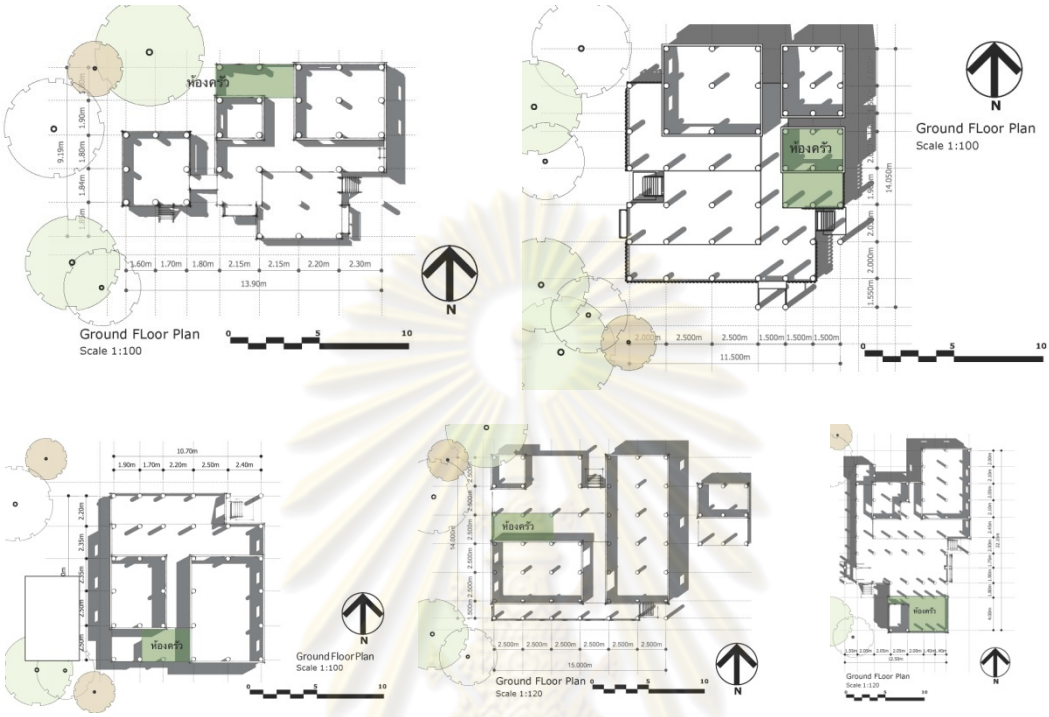


ภาพที่ 4.6 พื้นที่ห้องนอน 2 ของเรือนที่ดำเนินการศึกษา

4.1.2.3 บริเวณส่วนบริการ

<u>ครัวไฟ</u> ส่วนครัวไฟของแต่ละเรือน เรือนที่มีการใช้งานจริงจะมีการเปลี่ยนแปลงแทบทั้งหมด โดยไม่ได้ทำครัวแบบเดิม ส่วนใหญ่จะลดพื้นที่การทำครัวลง จะใช้พื้นที่บริเวณชานหลังเรือนในการทำครัว เช่น เรือนของนางพัน วงศ์ใหญ่ และเรือนนางคำใบ หอมนาน และเรือนของนางคำจันทร์ สมฤทธิ์ ส่วนเรือนของนางแสงดา สมฤทธิ์ จะใช้พื้นที่บริเวณห้องครัว / พื้นที่สอนดนตรีพื้นเมือง / พื้นที่กินข้าว ซึ่งเป็นพื้นที่อเนกประสงค์ มีกิจกรรมเกิดขึ้นมากมายในบริเวณนั้น และจะมีในส่วนเรือนของนายสุวรรณ สมฤทธิ์ ที่จะอยู่

บริเวณทางด้านทิศตะวันออก มีลักษณะเป็นสัดเป็นส่วน คล้ายกับพื้นที่ของเรือนนางแสงดา สมฤทธิ์



ภาพที่ 4.7 พื้นที่ห้องครัว ของเรือนที่ดำเนินการศึกษา

<u>พื้นที่เก็บของ</u> ส่วนใหญ่จะใช้พื้นที่ใต้ถุนเรือนในการเก็บของ หรือเก็บผืน โดยจะกันเป็นห้องสำหรับเก็บของ และยังใช้ประโยชน์สำหรับจอดรถยนต์ รถไถ หรืออุปกรณ์เครื่องมือต่างๆ ซึ่งเรือนที่ทำการสำรวจและเก็บข้อมูลมานั้น พื้นที่ใต้ถุนเรือนไม่ค่อยนิยมใช้พักผ่อนในตอนกลางวัน ส่วนใหญ่จะใช้พื้นที่สำหรับพักผ่อนในส่วนใต้ต้นไม้ใหญ่เท่านั้น และใต้ถุนเรือนก็ไม่สูงมาก จะมีที่แตกต่างก็คือ เรือนของนางแสงดา สมฤทธิ์ ที่เรือนได้รับอิทธิพลของ ไทลื้อ ผสมผสานกับเรือนไม้ล้านนา ทำให้ใต้ถุนสูงกว่าใต้ถุนเรือนล้านนา ของเรือนอื่นๆที่ได้ทำการศึกษา

4.1.3 สรุปรูปแบบเรือนที่จะใช้ในการจำลองในโปรแกรม

จากการเปรียบเทียบพื้นที่การใช้งาน จะมีเรือนของนางพัน วงศ์ใหญ่ ที่ยังคงมีรูปแบบเดิมตามประเพณีมากที่สุด รองลงมาคือเรือนของนางคำใบ หอมนาน ส่วนเรือนของนางคำจันทร์ สมฤทธิ์ และนางแสงดา สมฤทธิ์ จะมีลักษณะรูปแบบผสมผสานกับเรือนไทลื้อ ส่วนเรือนของนายสุวรรณ สมฤทธิ์ รูปแบบเรือน จะมีลักษณะหลายส่วนที่ไม่เหมือนกับ

เรือนตามประเพณี แต่ก็ยังคงมีองค์ประกอบที่เป็นเรือนล้านนาอยู่หลายส่วน เช่น ลักษณะการเข้าถึงพื้นที่ต่างๆ จากระเบียง – เติ๋น – ห้องนอน ก็ยังเหมือนกับเรือนอื่นๆ ที่ทำการศึกษา ดังนั้น จึงเลือก**เรือนของนางพัน วงศ์ใหญ่** ที่มีรูปแบบเหมือนเรือนล้านนาแบบดั้งเดิมมากที่สุด

4.2 เปรียบเทียบวัสดุประกอบเรือนล้านนา

ดำเนินการเปรียบเทียบวัสดุประกอบเรือนล้านนาที่ทำการศึกษาทั้ง 5 เรือน และแบ่งประเภทของวัสดุออกเป็น ผนัง พื้น หลังคา และโครงสร้างของเรือน โดยมีรายละเอียดของวัสดุดังต่อไปนี้

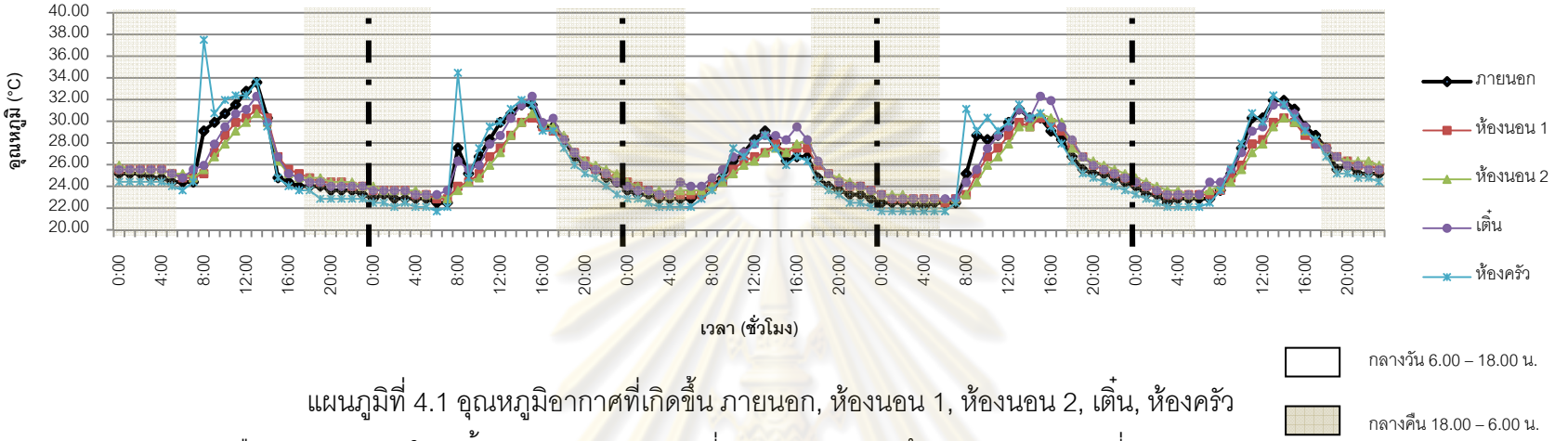
ตารางที่ 4.2 วัสดุประกอบเรือนล้านนา ที่ทำการสำรวจ

เรือน	ผนัง (นิ้ว)	พื้น (นิ้ว)	หลังคา	โครงสร้าง
เรือนนางพัน วงศ์ใหญ่	ไม้จริง หนา ½ สังกะสี	ไม้จริงหนา 1	กระเบื้องลอนคู่	ไม้
เรือนนายสุวรรณ สมฤทธิ์	ไม้จริง หนา ½	ไม้จริงหนา 1	แป้นเกล็ดไม้	ไม้
เรือนนางคำใบ หอมนาน	ไม้จริง หนา ½ สังกะสี	ไม้จริงหนา 1	กระเบื้องดินขอ	ไม้
เรือนนางคำจันทร์ สมฤทธิ์	ไม้จริง หนา ½ สังกะสี	ไม้จริงหนา 1	แป้นเกล็ดไม้	ไม้
เรือนนางแสงดา สมฤทธิ์	ไม้จริง หนา ½ สังกะสี	ไม้จริงหนา 1	แป้นเกล็ดไม้	ไม้

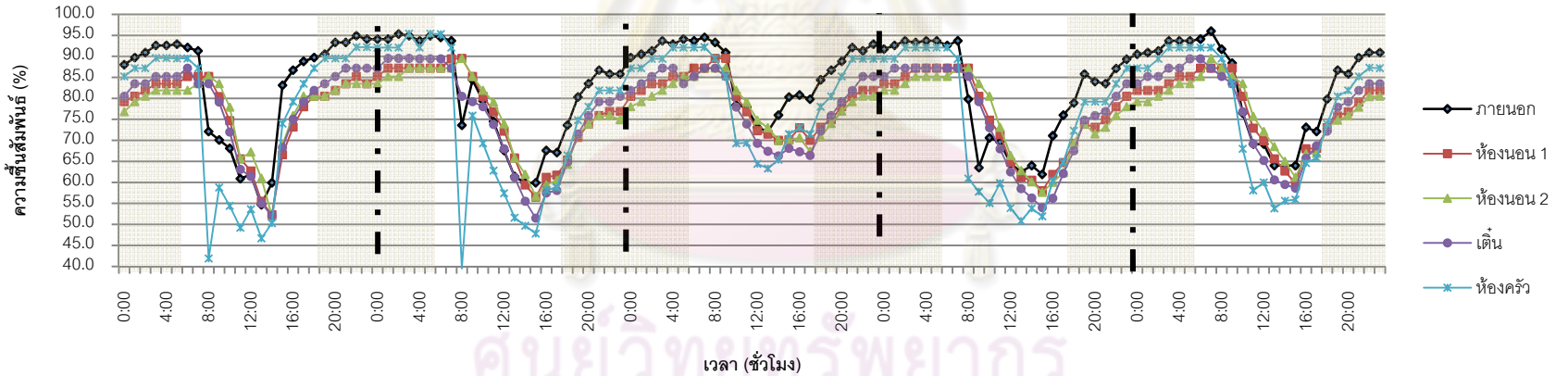
จากตารางจะเห็นได้ว่า วัสดุโดยทั่วไปของทุกเรือน จะใช้ไม้จริงแทบทั้งสิ้น จะมีแตกต่างก็คือ หลังคา ที่มีการปรับปรุงไปตามกาลเวลา ซึ่งปัจจุบัน มีเฉพาะเรือนของนางพัน วงศ์ใหญ่ที่เปลี่ยนวัสดุมุงหลังคา แบบเดิมไปใช้วัสดุสมัยใหม่ คือ กระเบื้องลอนคู่ ส่วนเรือนที่เหลือยังใช้วัสดุแบบดั้งเดิม แต่ในปัจจุบันวัสดุแบบดั้งเดิมเริ่มหาได้ยาก และมีราคาแพง

4.3 เปรียบเทียบข้อมูลจากการตรวจสอบและบันทึกผลอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพันธ์

นำข้อมูลอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ที่ได้ทำการตรวจสอบ และบันทึกจากเรือนที่ทำการศึกษาทั้ง 5 เรือน ในช่วงตุลาคม ถึงธันวาคม ปี พ.ศ. 2551 โดยแต่ละเรือนมีระยะเวลาเก็บข้อมูล 5 วัน ตลอด 24 ชั่วโมง มาแสดงผลเป็นแผนภูมิที่ 4.1 ถึงแผนภูมิที่ 4.10 โดยจำแนกออกเป็นพื้นที่ห้องนอน 1 พื้นที่ห้องนอน 2 พื้นที่เติ๋น และพื้นที่ห้องครัว

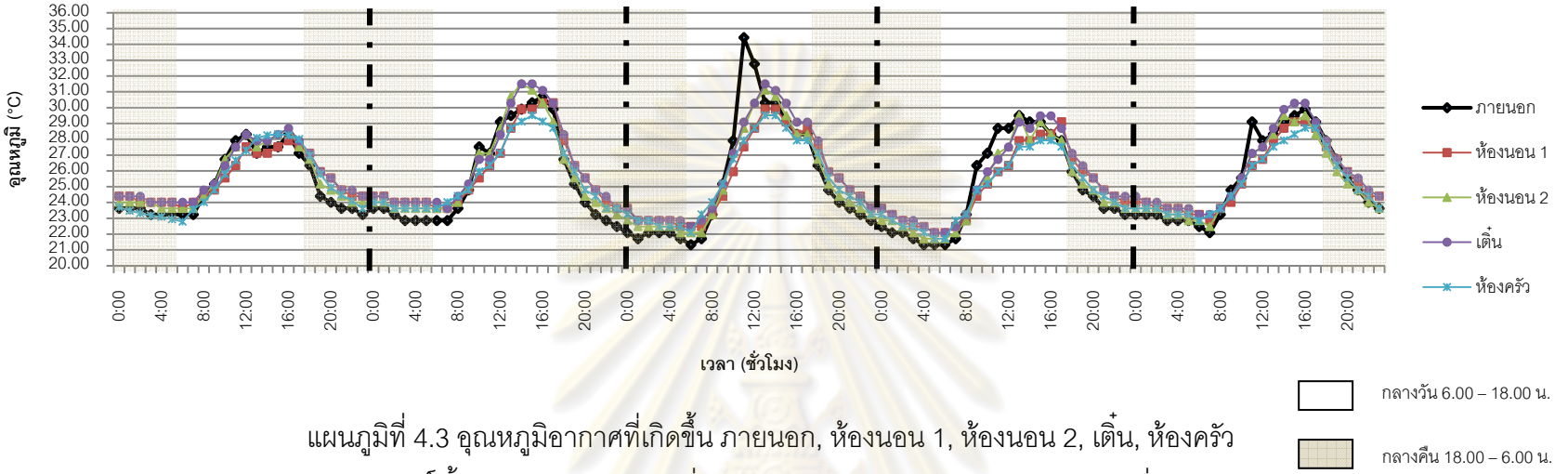


แผนภูมิที่ 4.1 อุณหภูมิอากาศที่เกิดขึ้น ภายนอก, ห้องนอน 1, ห้องนอน 2, เติ๋น, ห้องครัว
เรือนนางพัน วงศ์ใหญ่ตั้งแต่เวลา 0.00 น. วันที่ 5 ตุลาคม 2551 ถึงเวลา 0.00 น. วันที่ 10 ตุลาคม 2551

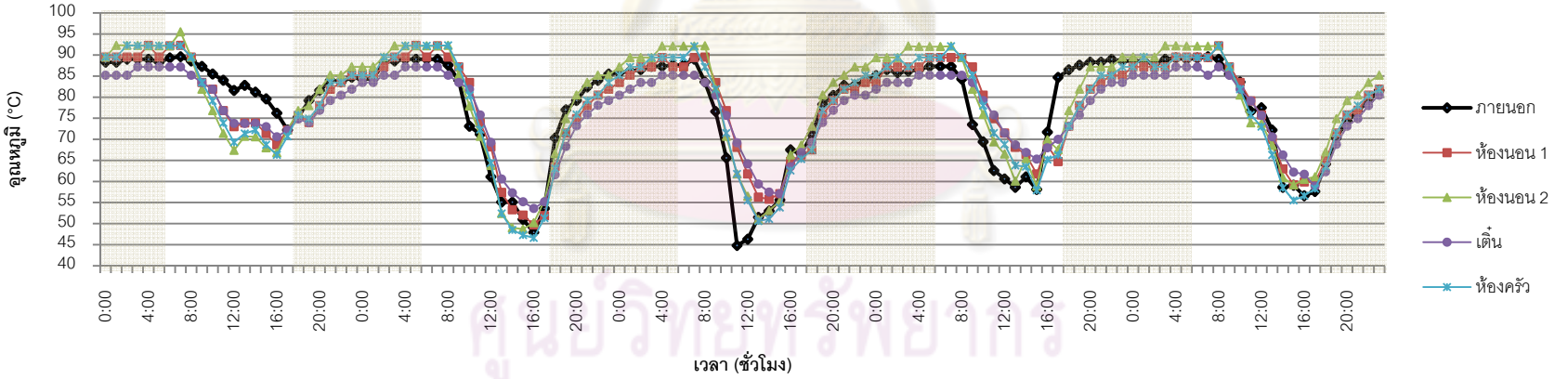


แผนภูมิที่ 4.2 ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์) ที่เกิดขึ้น ภายนอก, ห้องนอน 1, ห้องนอน 2, เติ๋น, ห้องครัว
เรือนนางพัน วงศ์ใหญ่ ตั้งแต่เวลา 0.00 น. วันที่ 5 ตุลาคม 2551 ถึงเวลา 0.00 น. วันที่ 10 ตุลาคม 2551

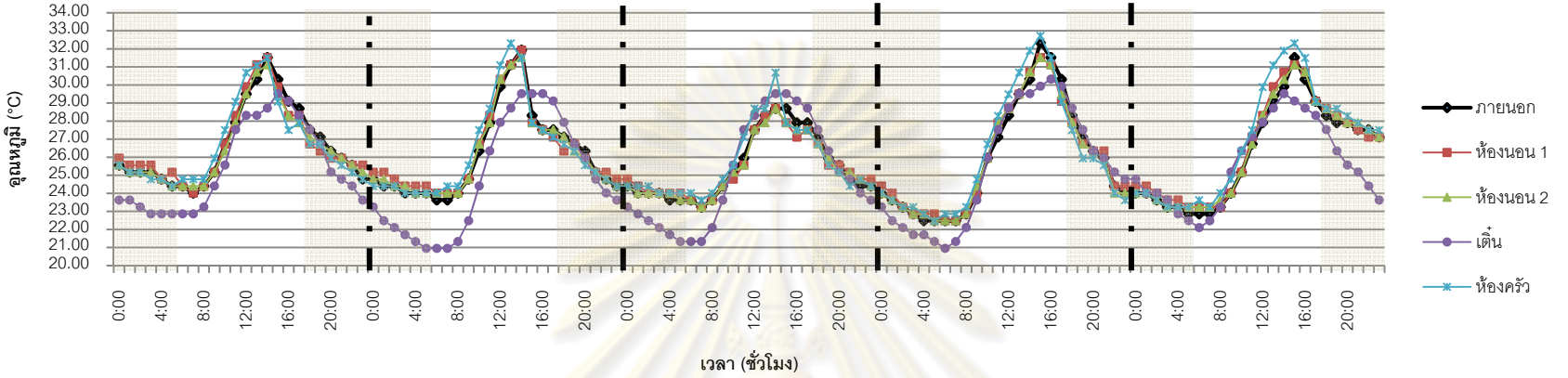
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



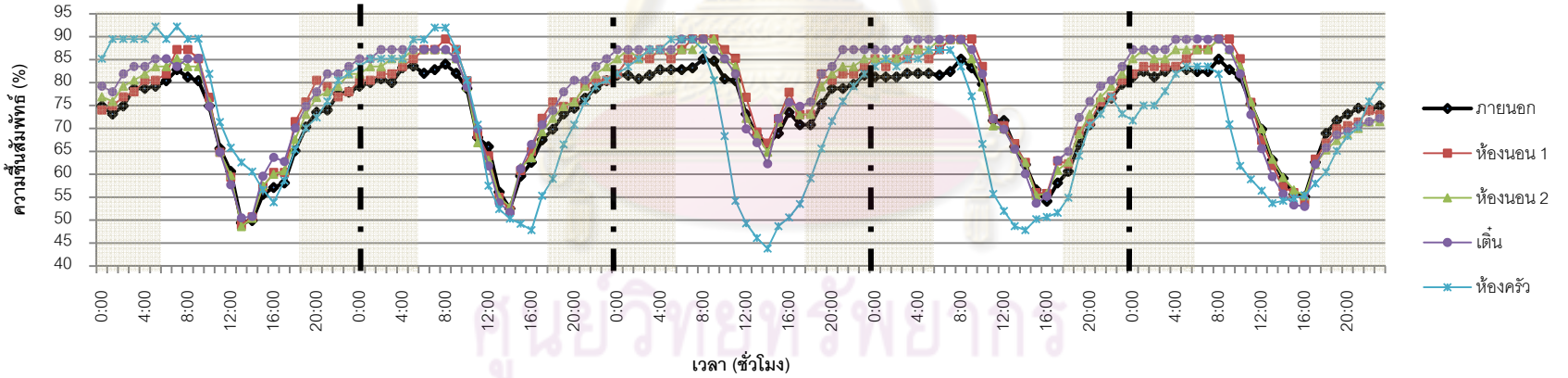
แผนภูมิที่ 4.3 อุณหภูมิอากาศที่เกิดขึ้น ภายนอก, ห้องนอน 1, ห้องนอน 2, เติ๋น, ห้องครัว
เรือนนายสุวรรณ สมฤทธิ์ ตั้งแต่เวลา 0.00 น. วันที่ 2 พฤศจิกายน 2551 ถึงเวลา 0.00 น. วันที่ 6 พฤศจิกายน 255



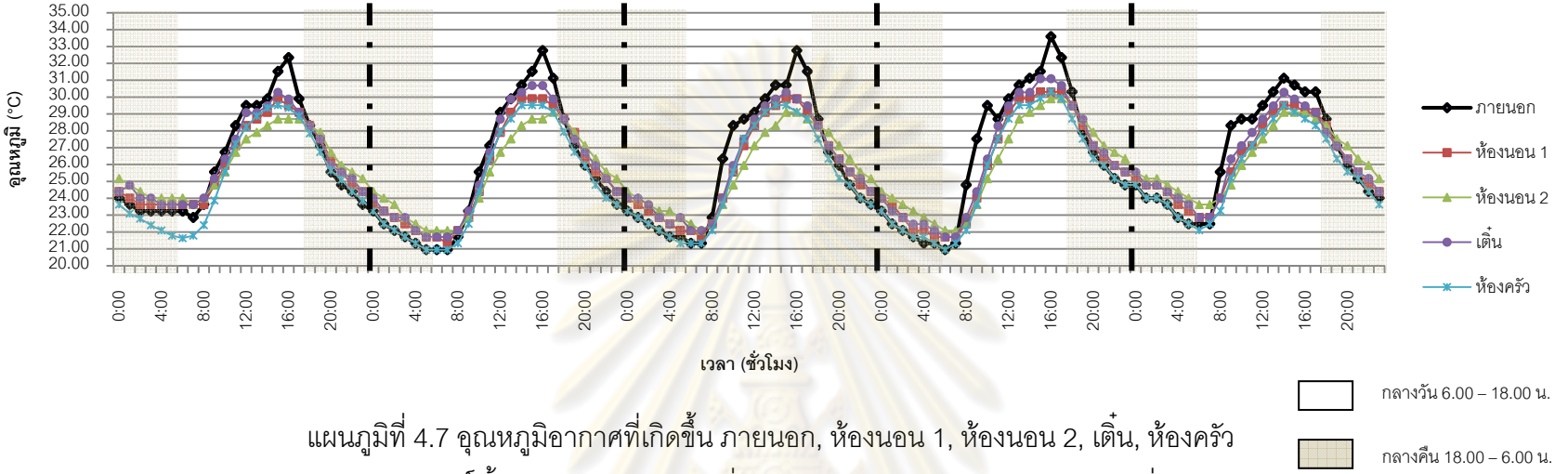
แผนภูมิที่ 4.4 ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์) ที่เกิดขึ้น ภายนอก, ห้องนอน 1, ห้องนอน 2, เติ๋น, ห้องครัว
เรือนนายสุวรรณ สมฤทธิ์ ตั้งแต่เวลา 0.00 น. วันที่ 2 พฤศจิกายน ถึงเวลา 0.00 น. วันที่ 6 พฤศจิกายน 2551



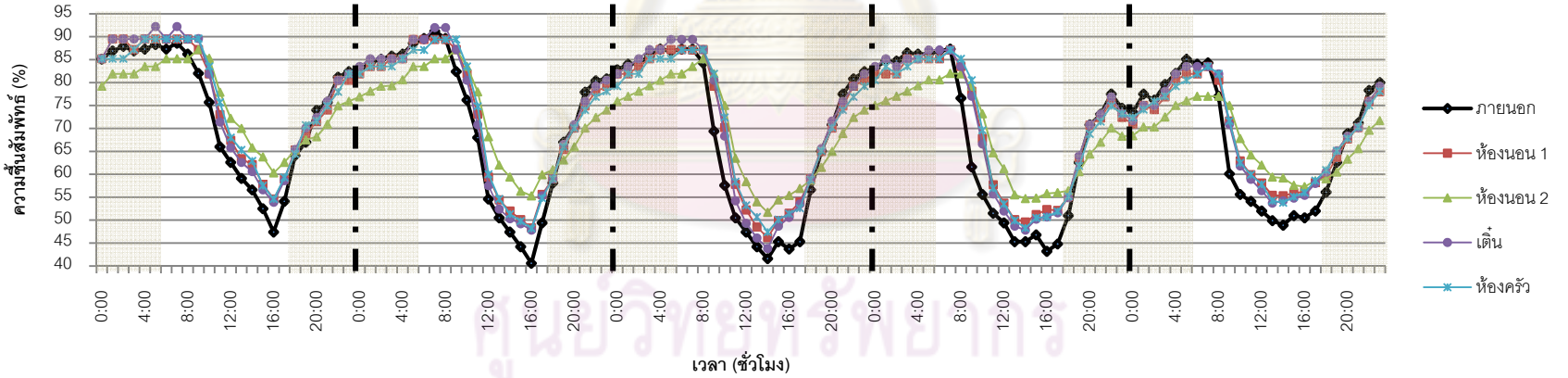
แผนภูมิที่ 4.5 อุณหภูมิอากาศที่เกิดขึ้น ภายนอก, ห้องนอน 1, ห้องนอน 2, เติ๋น, ห้องครัว
เรือนนางคำใบ หอมนาน ตั้งแต่เวลา 0.00 น. วันที่ 19 ตุลาคม 2551 ถึงเวลา 0.00 น. วันที่ 23 ตุลาคม 2551



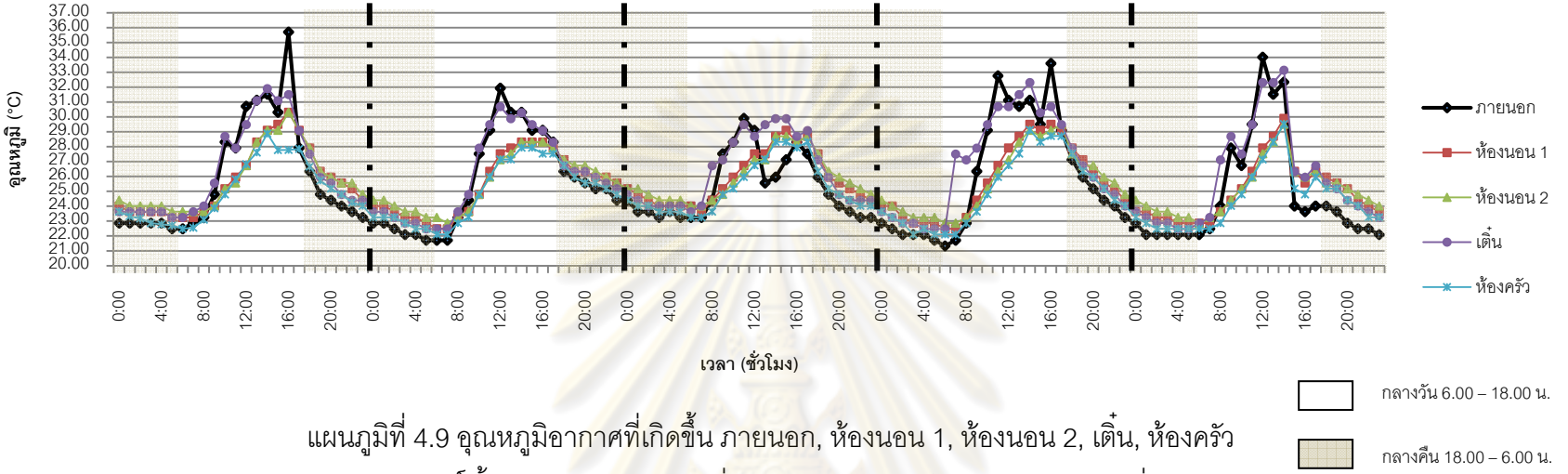
แผนภูมิที่ 4.6 ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์) ที่เกิดขึ้น ภายนอก, ห้องนอน 1, ห้องนอน 2, เติ๋น, ห้องครัว
เรือนนางคำใบ หอมนาน ตั้งแต่เวลา 0.00 น. วันที่ 19 ตุลาคม 2551 ถึงเวลา 0.00 น. วันที่ 23 ตุลาคม 2551



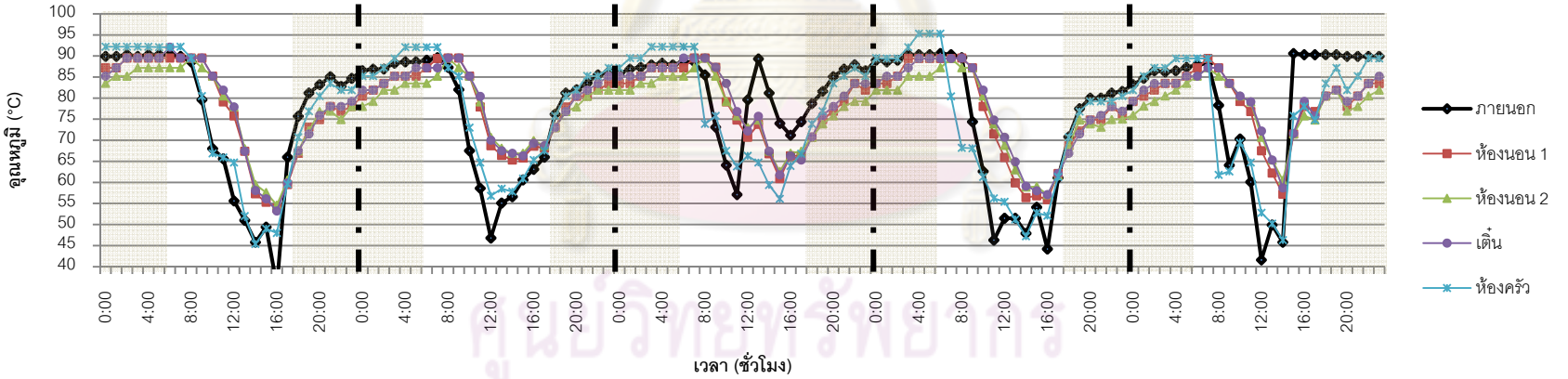
แผนภูมิที่ 4.7 อุณหภูมิอากาศที่เกิดขึ้น ภายนอก, ห้องนอน 1, ห้องนอน 2, เติ๋น, ห้องครัว
เรือนนางคำจันทร์ สมฤทธิ์ ตั้งแต่เวลา 0.00 น. วันที่ 12 ตุลาคม 2551 ถึงเวลา 0.00 น. วันที่ 16 ตุลาคม 2551



แผนภูมิที่ 4.8 ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์) ที่เกิดขึ้น ภายนอก, ห้องนอน 1, ห้องนอน 2, เติ๋น, ห้องครัว
เรือนนางคำจันทร์ สมฤทธิ์ ตั้งแต่เวลา 0.00 น. วันที่ 12 ตุลาคม 2551 ถึงเวลา 0.00 น. วันที่ 16 ตุลาคม 2551

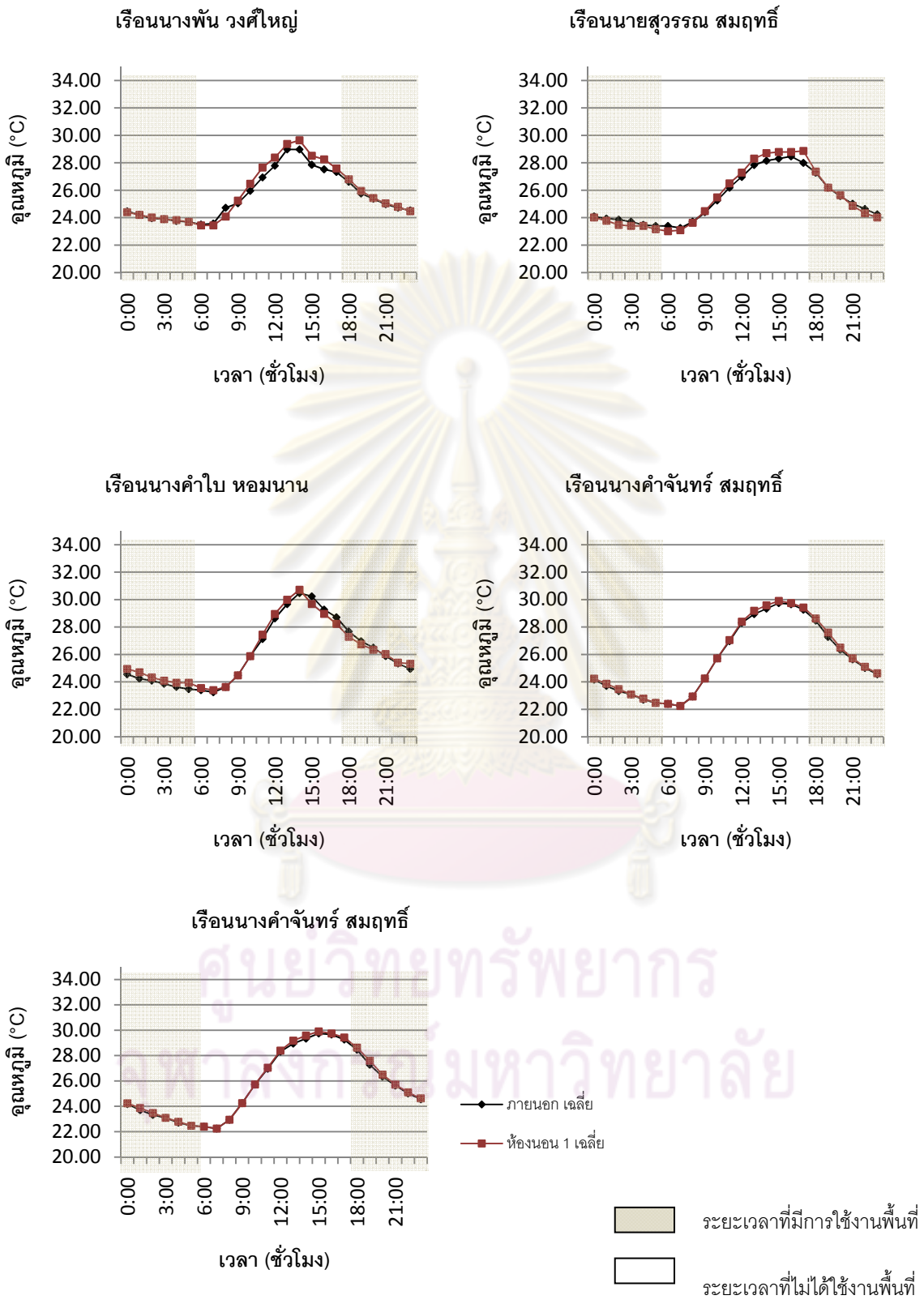


แผนภูมิที่ 4.9 อุณหภูมิอากาศที่เกิดขึ้น ภายนอก, ห้องนอน 1, ห้องนอน 2, เติ๋น, ห้องครัว
เรือนนางแสงดา สมฤทธิ์ ตั้งแต่เวลา 0.00 น. วันที่ 25 ตุลาคม 2551 ถึงเวลา 0.00 น. วันที่ 29 ตุลาคม 2551

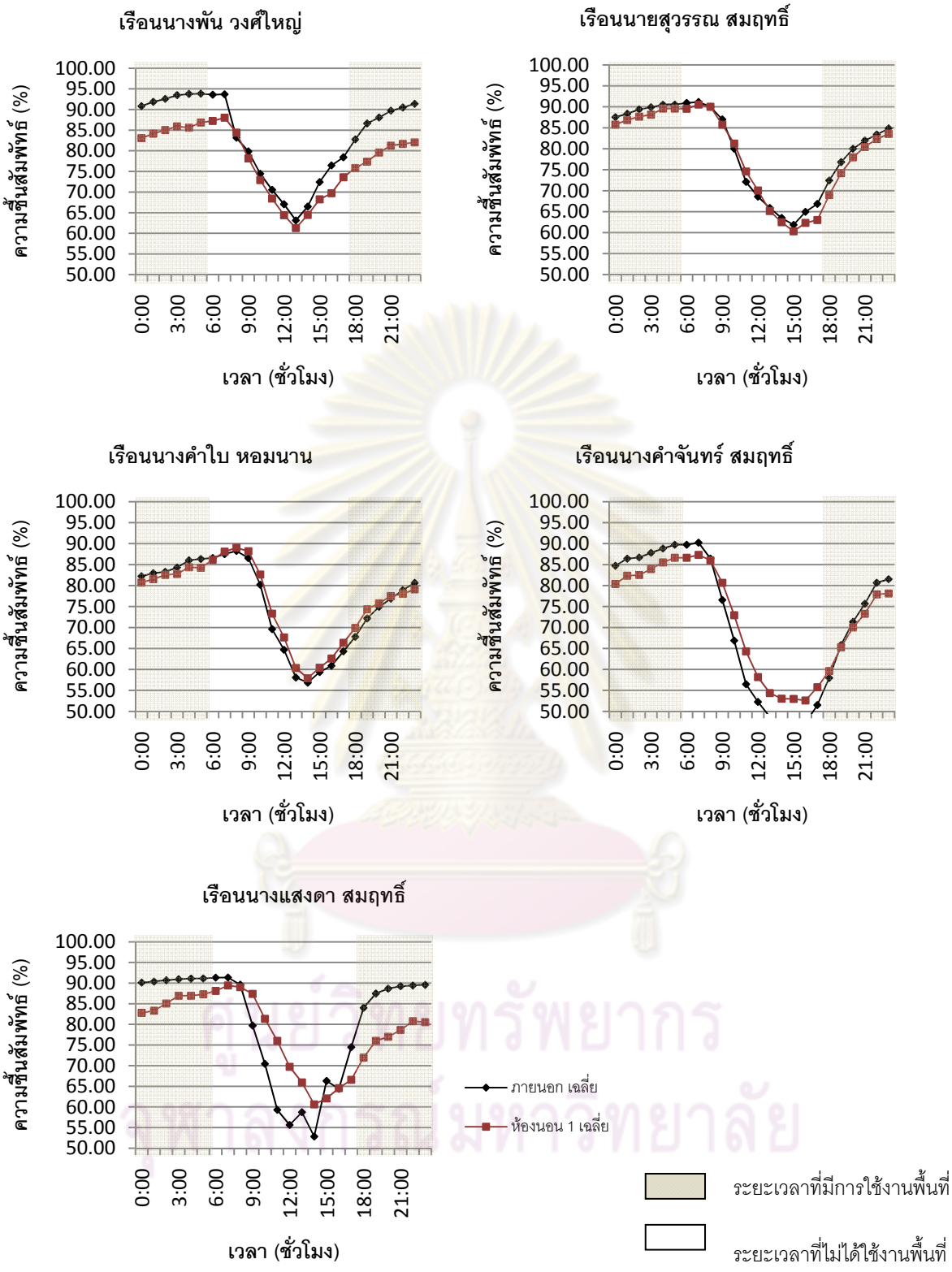


แผนภูมิที่ 4.10 ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์) ที่เกิดขึ้น ภายนอก, ห้องนอน 1, ห้องนอน 2, เติ๋น, ห้องครัว
เรือนนางแสงดา สมฤทธิ์ ตั้งแต่เวลา 0.00 น. วันที่ 25 ตุลาคม 2551 ถึงเวลา 0.00 น. วันที่ 29 ตุลาคม 2551

4.3.1 พื้นที่ภายในห้องนอน 1 เปรียบเทียบกับภายนอกเรือน



แผนภูมิที่ 4.11 อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย ที่เกิดขึ้นภายในห้องนอน 1 เปรียบเทียบกับภายนอก ของเรือนที่ทำการศึกษา



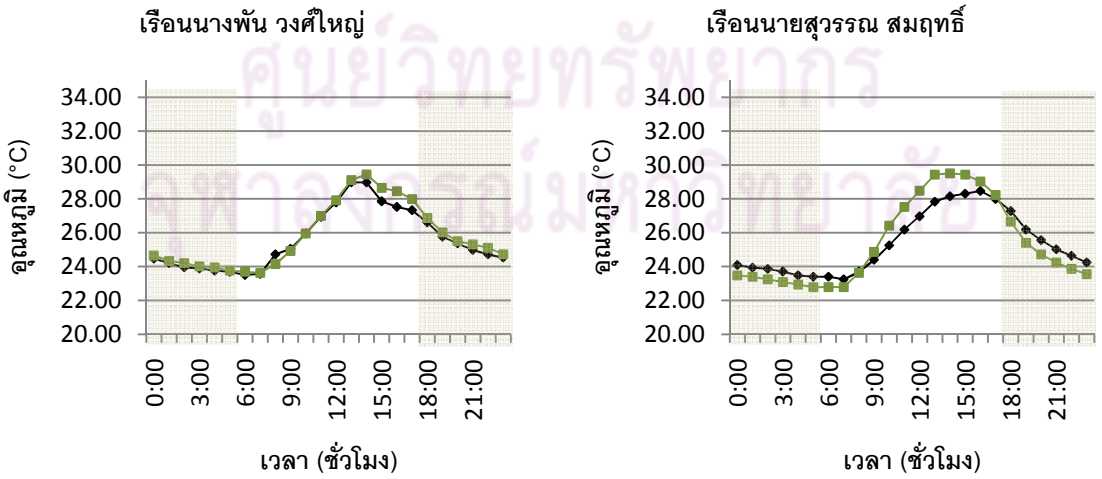
แผนภูมิที่ 4.12 ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย ที่เกิดขึ้นภายในห้องนอน 1 เปรียบเทียบกับภายนอก ของเรือนที่ทำการศึกษา

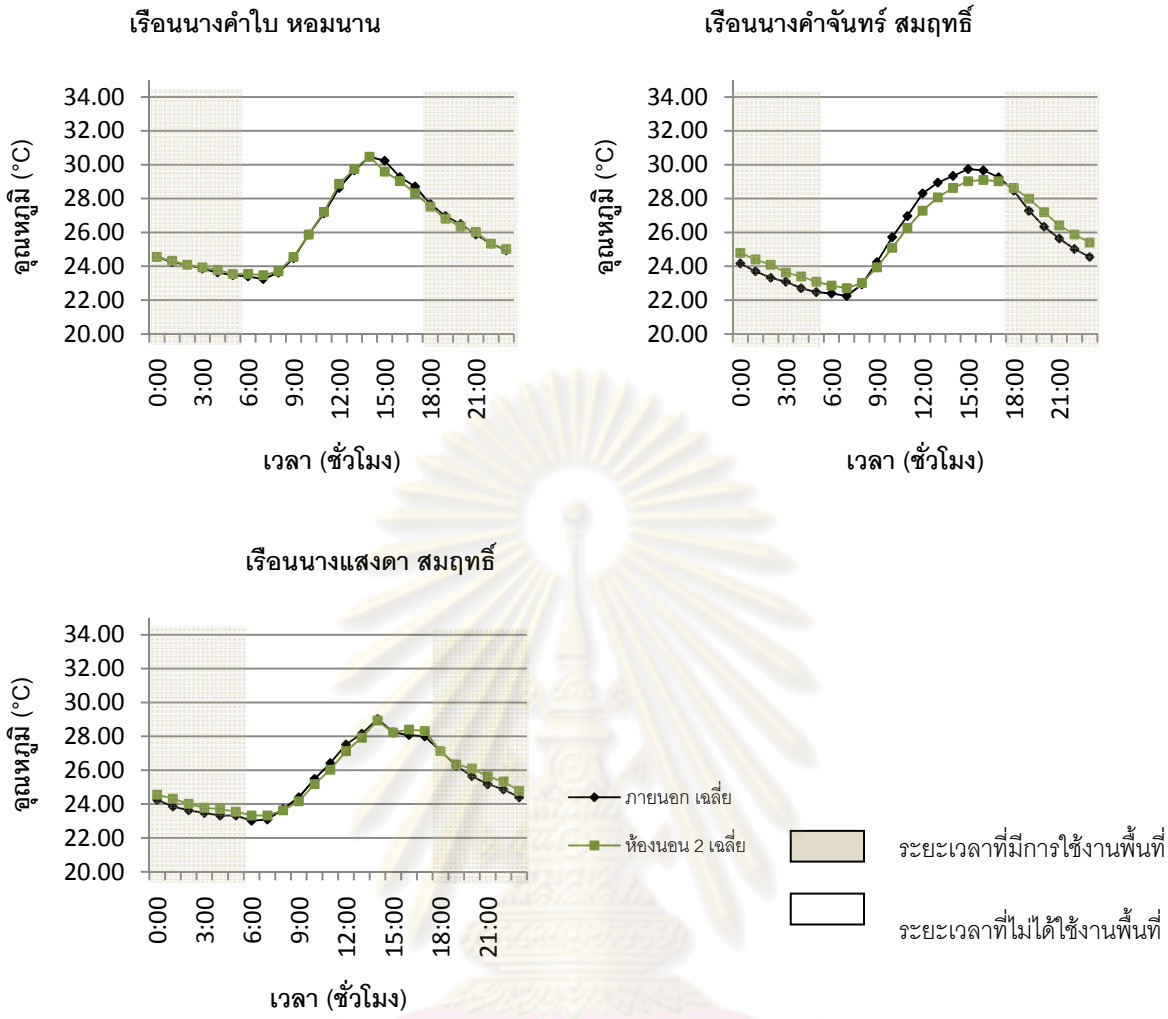
ตารางที่ 4.3 แสดงความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย, ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย ของพื้นที่ภายในห้องนอน 1 เปรียบเทียบกับภายนอกเรือน ในช่วงเวลากลางคืน ตั้งแต่ 18.00 – 6.00 น.

เรือน	ความแตกต่างของ อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย (°C)	ความแตกต่างของ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย (%)
เรือนนางพัน วงศ์ใหญ่	0.09	8.94
เรือนนายสุวรรณ สมฤทธิ์	0.91	1.88
เรือนนางคำใบ หอมนาน	0.30	2.36
เรือนนางคำจันทร์ สมฤทธิ์	0.60	1.45
เรือนนางแสงดา สมฤทธิ์	1.11	3.92

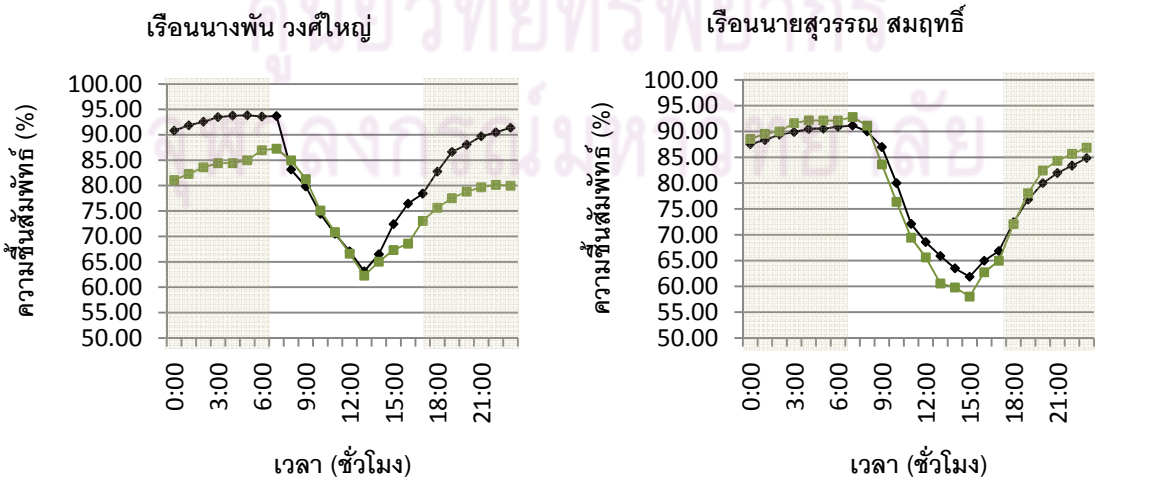
จากแผนภูมิที่ได้ทำการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศ, ความชื้นสัมพัทธ์ ระหว่างภายในห้องนอน 1 กับภายนอกเรือน ในช่วงเวลากลางคืน ตั้งแต่เวลา 18.00 – 6.00 น. และตารางแสดงความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย, ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย พบว่าลักษณะอุณหภูมิอากาศ ภายในห้องนอน 1 และภายนอก ในช่วงเวลากลางคืน ตั้งแต่เวลา 18.00 – 6.00 น. มีความแตกต่างกันของอุณหภูมิอากาศระหว่างภายในห้องนอน 1 กับภายนอก ตั้งแต่ 0.09 – 1.11 องศาเซลเซียส โดยเรือนนางพัน วงศ์ใหญ่ จะมีความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยน้อยที่สุด มากที่สุด คือเรือนของนางแสงดา สมฤทธิ์ และในส่วนความชื้นสัมพัทธ์ เรือนที่ใช้วัสดุหลังคาแบบดั้งเดิม มีความความแตกต่างของความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องนอน 1 กับภายนอก ระหว่าง 1.45 – 3.92 เปอร์เซ็นต์

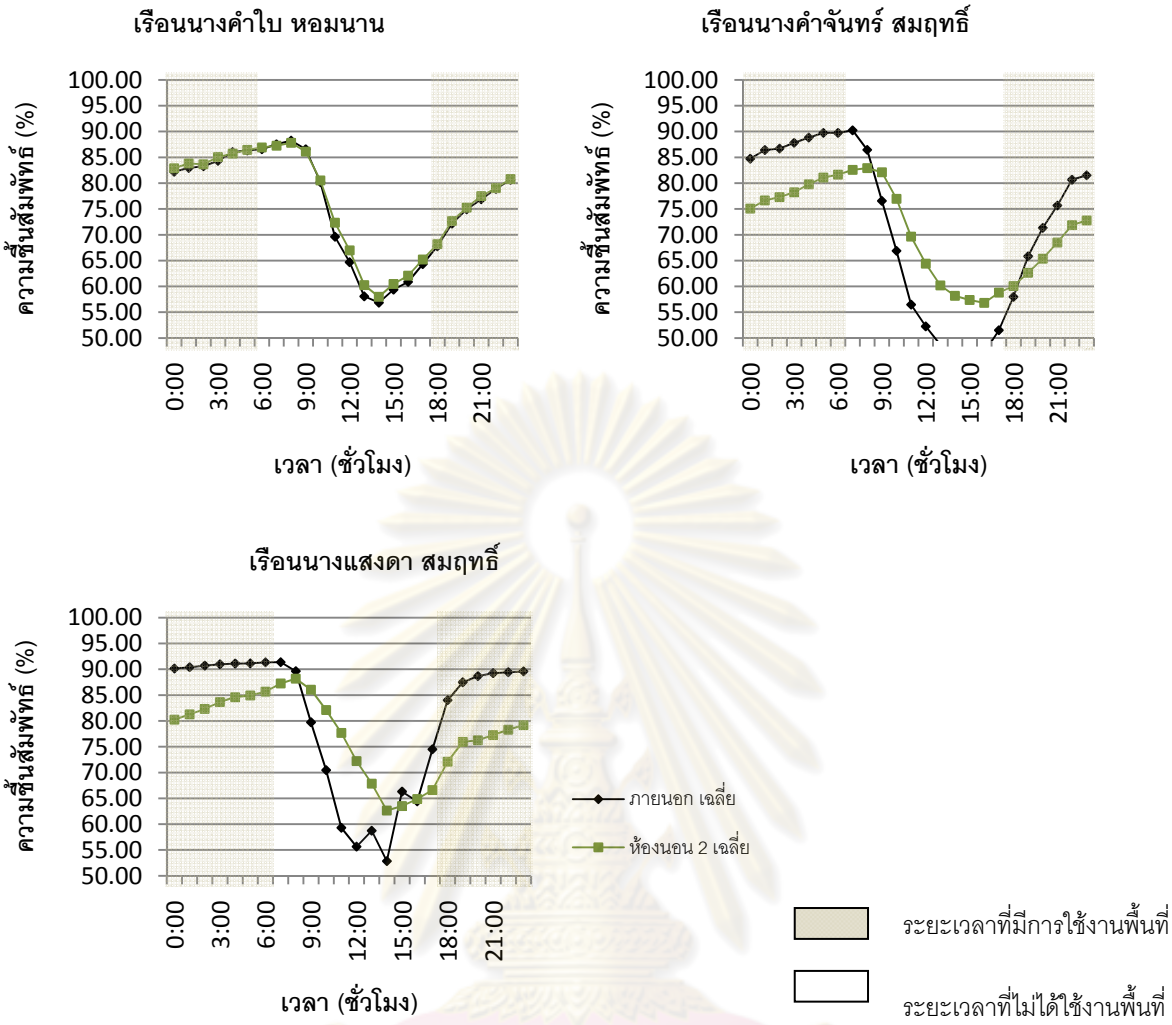
4.3.2 พื้นที่ภายในห้องนอน 2 เปรียบเทียบกับภายนอกเรือน





แผนภูมิที่ 4.13 อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย ที่เกิดขึ้นภายในห้องนอน 2 เปรียบเทียบกับภายนอก ของเรือนที่ทำการศึกษา





แผนภูมิที่ 4.14 ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย ที่เกิดขึ้นภายในห้องนอน 2 เปรียบเทียบกับภายนอก ของเรือนที่ทำการศึกษา

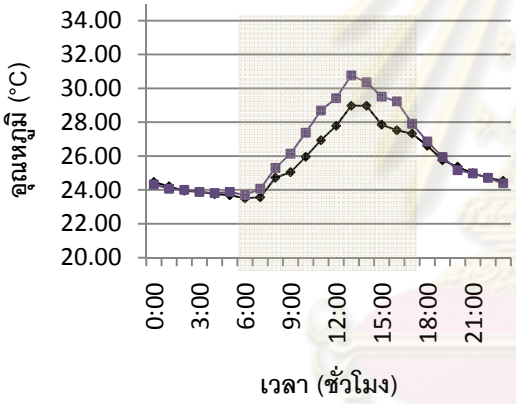
ตารางที่ 4.4 ความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย, ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยของพื้นที่ภายในห้องนอน 2 เปรียบเทียบกับภายนอกเรือน

เรือน	ความแตกต่างของ อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย (°C)	ความแตกต่างของ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย (%)
เรือนนางพัน วงศ์ใหญ่	0.21	10.33
เรือนนายสุวรรณ สมฤทธิ์	0.47	2.87
เรือนนางคำใบ หอมนาน	0.12	3.68
เรือนนางคำจันทร์ สมฤทธิ์	1.20	6.10
เรือนนางแสงดา สมฤทธิ์	1.43	5.91

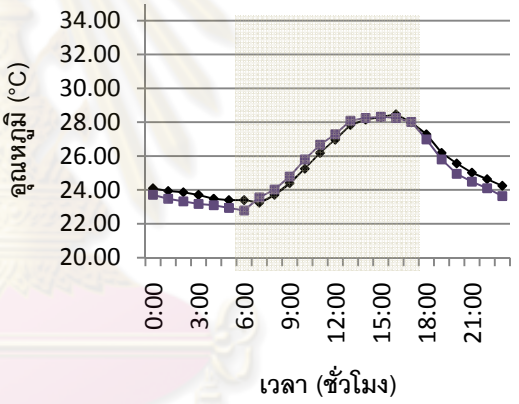
จากแผนภูมิที่ได้ทำการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศ, ความชื้นสัมพัทธ์ ระหว่างภายในห้องนอน 2 กับภายนอกเรือน ในช่วงเวลากลางคืน ตั้งแต่เวลา 18.00 – 6.00 น. และตารางแสดงความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย, ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย พบว่าลักษณะอุณหภูมิอากาศ ภายในห้องนอน 2 และภายนอก ในช่วงเวลากลางคืน ตั้งแต่เวลา 18.00 – 6.00 น. มีความแตกต่างกันของอุณหภูมิอากาศระหว่างห้องนอน 2 กับภายนอก ตั้งแต่ 0.21 – 1.43 องศาเซลเซียส โดยเรือนนางคำใบ หอมนาน จะมีความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยน้อยที่สุด มากที่สุด คือ เรือนของนายแสงดา สมฤทธิ์ และในส่วนความชื้นสัมพัทธ์ เรือนที่ใช้วัสดุหลังคาแบบดั้งเดิม มีความความแตกต่างของความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องนอน 2 กับภายนอก ระหว่าง 2.87 – 6.10 เปอร์เซ็นต์

4.3.3 พื้นที่เติ่น เปรียบเทียบกับภายนอกเรือน

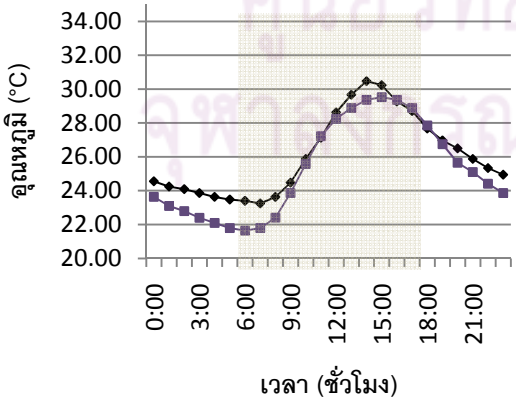
เรือนนางพัน วงศ์ใหญ่



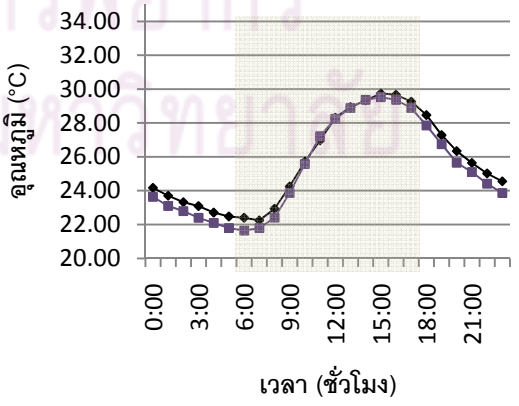
เรือนนายสุวรรณ สมฤทธิ์

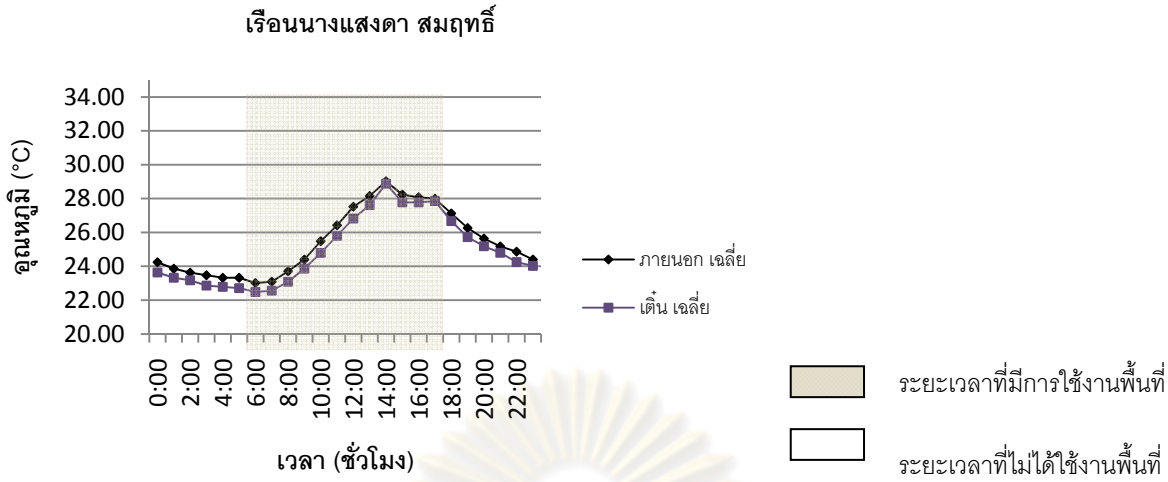


เรือนนางคำใบ หอมนาน

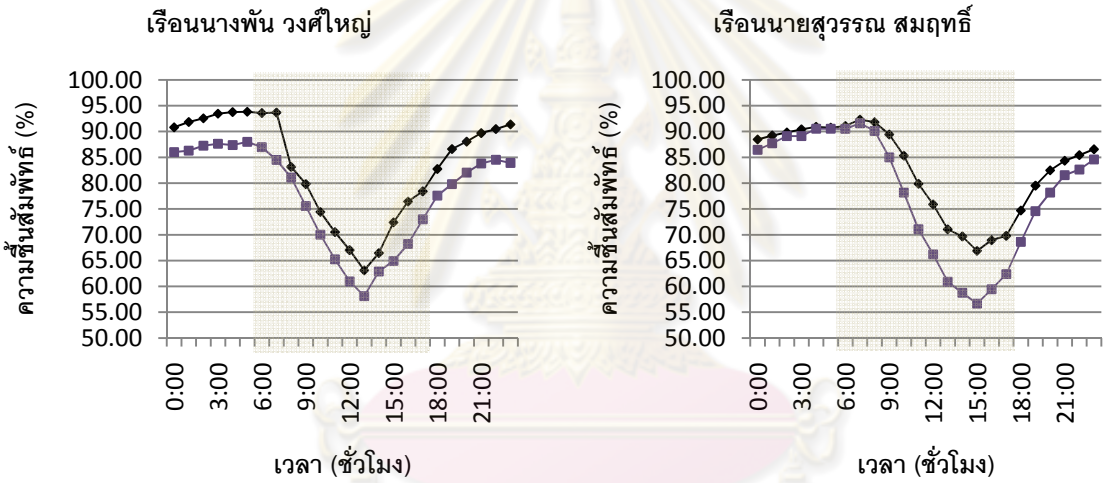


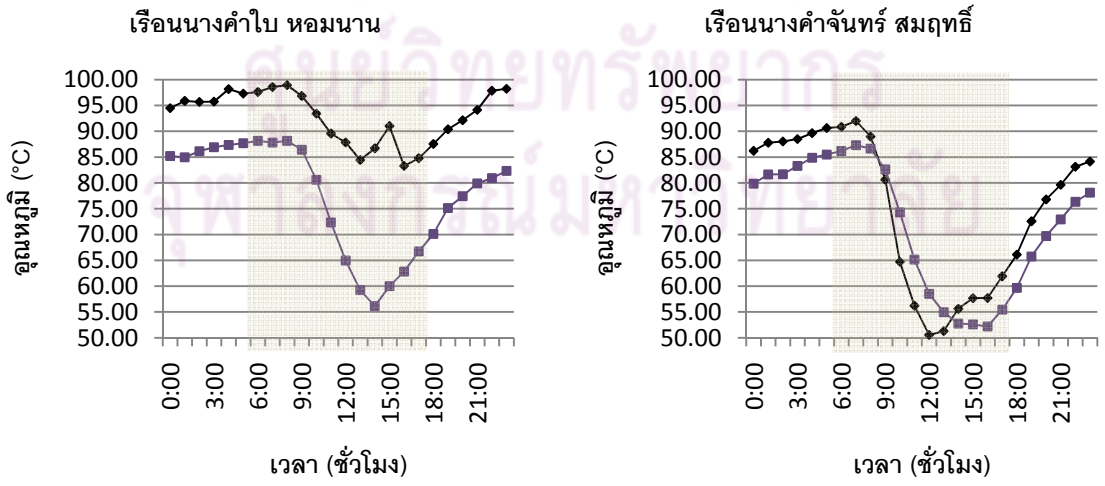
เรือนนางคำจันทร์ สมฤทธิ์

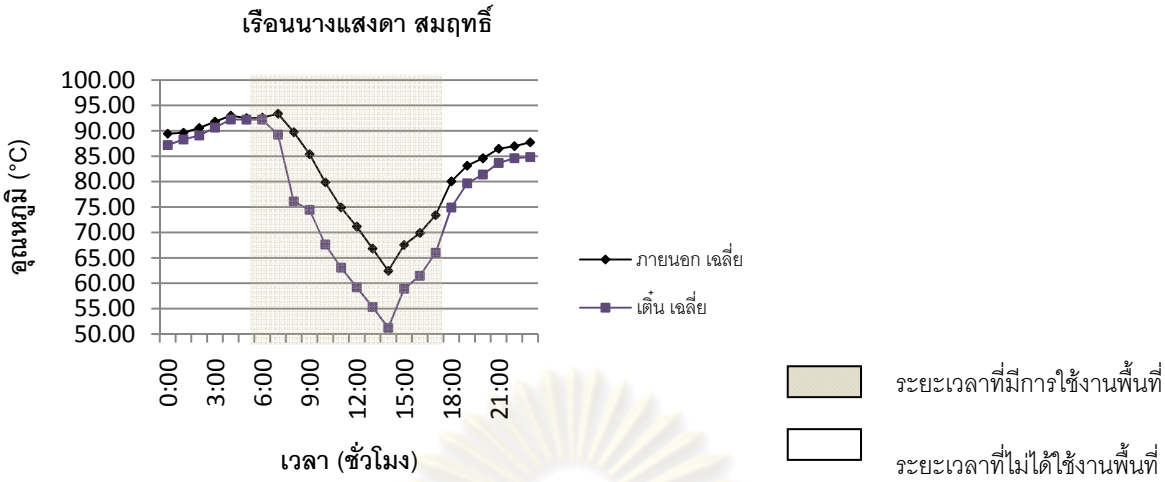




แผนภูมิที่ 4.15 อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย ที่เกิดขึ้นพื้นที่เติ้น เปรียบเทียบกับภายนอก ของเรือนที่ทำการศึกษา







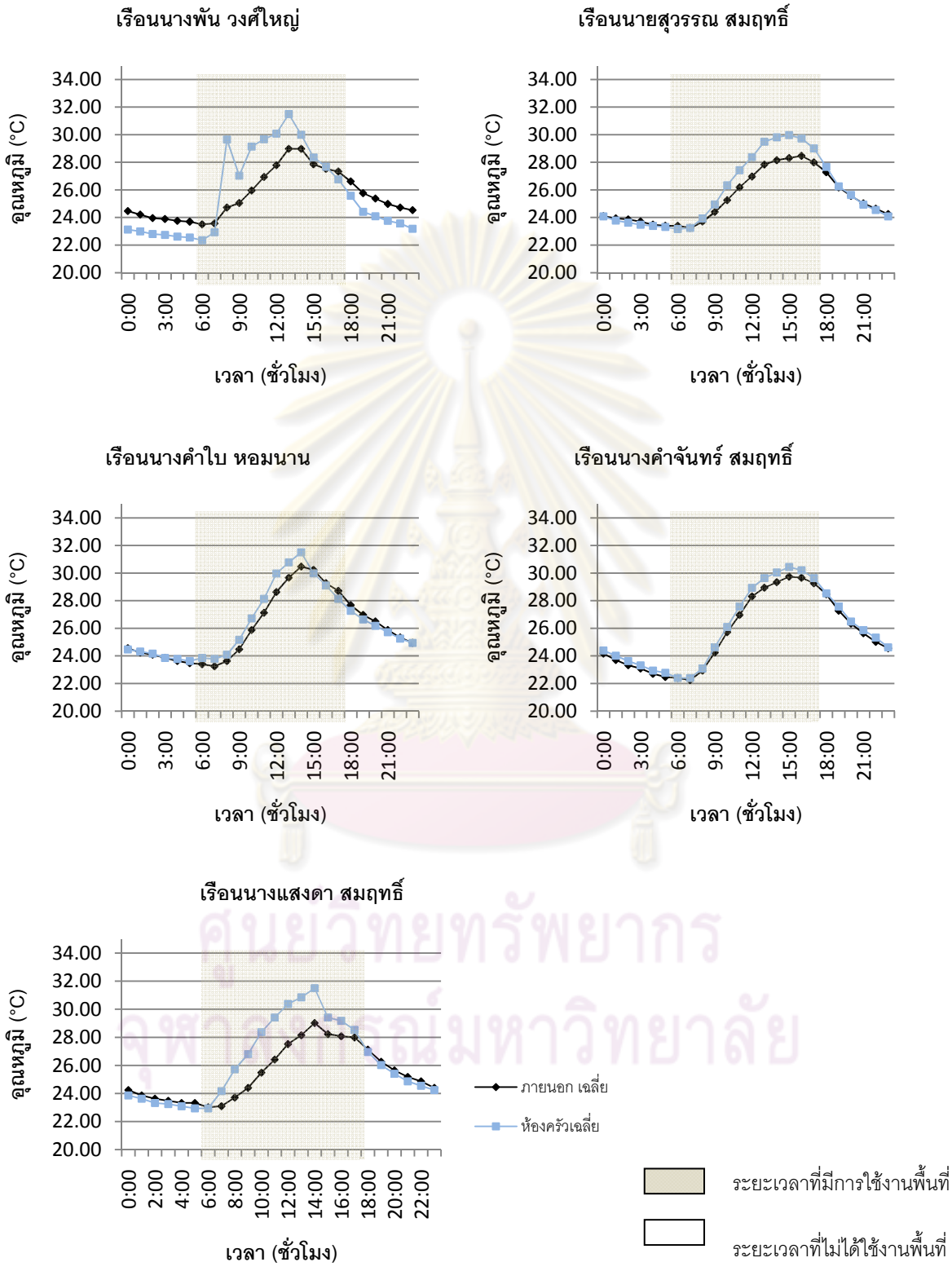
แผนภูมิที่ 4.16 ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย ที่เกิดขึ้นภายในพื้นที่เติ๋น เปรียบเทียบกับภายนอก ของเรือนที่ทำการศึกษา

ตารางที่ 4.5 แสดงความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย, ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย ของพื้นที่เติ๋น เปรียบเทียบกับภายนอกเรือน

เรือน	ความแตกต่างของ อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย (°C)	ความแตกต่างของ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย (%)
เรือนนางพัน วงศ์ใหญ่	1.26	6.52
เรือนนายสุวรรณ สมฤทธิ์	0.83	5.45
เรือนนางคำใบ หอมนาน	1.08	3.09
เรือนนางคำจันทร์ สมฤทธิ์	0.98	4.67
เรือนนางแสงดา สมฤทธิ์	1.22	5.86

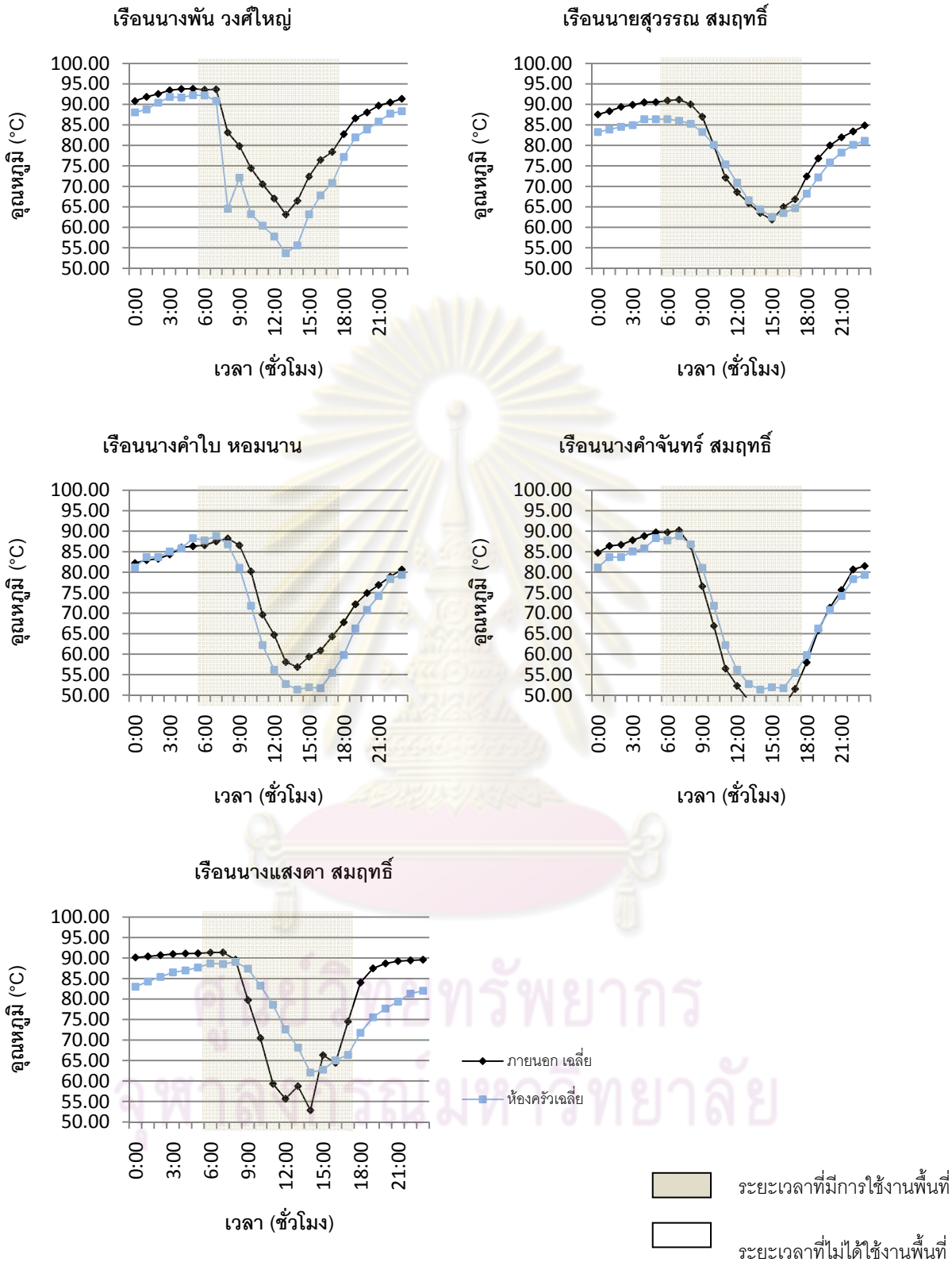
จากแผนภูมิที่ได้ทำการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศ, ความชื้นสัมพัทธ์ ระหว่างพื้นที่เติ๋น กับภายนอกเรือน ในช่วงเวลากลางวัน ตั้งแต่เวลา 6.00 – 18.00 น. และตารางแสดงความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย, ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย พบว่าลักษณะอุณหภูมิอากาศ พื้นที่เติ๋น และภายนอก ในช่วงเวลากลางวัน ตั้งแต่เวลา 6.00 – 18.00 น. มีความแตกต่างกันของอุณหภูมิอากาศระหว่างเติ๋นกับภายนอก ตั้งแต่ 0.83 – 1.26 องศาเซลเซียส โดยแทบทุกเรือนจะมีความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศใกล้เคียงกัน โดยเรือนนายสุวรรณ สมฤทธิ์ จะมีความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยน้อยที่สุด มากที่สุด คือเรือนของนายพัน วงศ์ใหญ่ และในส่วนความชื้นสัมพัทธ์ มีความความแตกต่างของความชื้นสัมพัทธ์พื้นที่เติ๋น กับภายนอก ระหว่าง 3.09 – 6.52 เปอร์เซ็นต์ โดยเรือนนางคำใบ หอมนาน จะมีความแตกต่างของความชื้นสัมพัทธ์น้อยที่สุด มากที่สุดคือเรือนนางพัน วงศ์ใหญ่

4.3.4 พื้นที่ห้องครัว เปรียบเทียบกับภายนอกเรือน



แผนภูมิที่ 4.17 อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย ที่เกิดขึ้นพื้นที่ห้องครัว เปรียบเทียบกับภายนอก ของเรือนที่ทำการศึกษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 4.18 ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย ที่เกิดขึ้นภายในพื้นที่ห้องครัว เปรียบเทียบกับภายนอก ของเรือนที่ทำการศึกษา

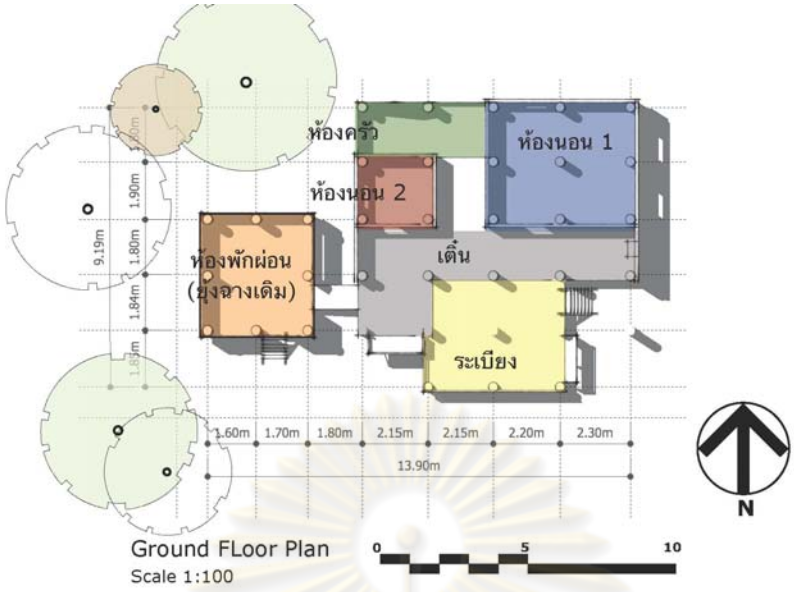
ตารางที่ 4.6 ความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย, ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย ของพื้นที่ห้องครัว เปรียบเทียบกับภายนอกเรือน

เรือน	ความแตกต่างของ อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย (°C)	ความแตกต่างของ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย (%)
เรือนนางพัน วงศ์ใหญ่	1.98	9.26
เรือนนายสุวรรณ สมฤทธิ์	1.08	5.01
เรือนนางคำใบ หอมนาน	0.81	9.40
เรือนนางคำจันทร์ สมฤทธิ์	1.55	5.78
เรือนนางแสงดา สมฤทธิ์	2.15	5.86

จากแผนภูมิที่ได้ทำการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศ, ความชื้นสัมพัทธ์ ระหว่างพื้นที่ห้องครัว กับภายนอกเรือน ในช่วงเวลากลางวัน ตั้งแต่เวลา 6.00 – 18.00 น. และตารางแสดงความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย, ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย พบว่าลักษณะอุณหภูมิอากาศพื้นที่ห้องครัว และภายนอก ในช่วงเวลากลางวัน ตั้งแต่เวลา 6.00 – 18.00 น. มีความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศห้องครัว กับภายนอก กันตั้งแต่ 0.81 – 2.15 องศาเซลเซียส โดยเรือนนายคำใบ หอมนาน จะมีความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยน้อยที่สุด มากที่สุด คือเรือนของนายแสงดา สมฤทธิ์ และในส่วนความชื้นสัมพัทธ์ มีความความแตกต่างของความชื้นสัมพัทธ์พื้นที่ห้องครัว กับภายนอก ระหว่าง 5.01 – 9.40 เปอร์เซ็นต์ โดยเรือนนายสุวรรณ สมฤทธิ์ จะมีความแตกต่างของความชื้นสัมพัทธ์น้อยที่สุด มากที่สุดคือเรือนนางคำใบ หอมนาน จากความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศ และความชื้นสัมพัทธ์ ของพื้นที่ห้องครัว เปรียบเทียบกับภายนอก อิทธิพลที่คาดว่าจะส่งผลคาดว่ามาจากตำแหน่งของห้องครัวในแต่ละเรือน เนื่องจากตำแหน่งของห้องครัวในแต่ละเรือนไม่ได้อยู่ในทิศทางเดียวกัน เหมือนเช่น ห้องนอน 1, ห้องนอน 2, หรือว่าเติ๋น

4.4 จำลองภายในโปรแกรม ENER-WIN EC

4.4.1 จากข้อมูลที่ได้ดำเนินการสรุปในขั้นตอนที่ 1 และ 2 สามารถสรุปกรณีเรือนล้านนาทั่วไป และสภาพอากาศประจำปี (weather data) สำหรับใช้จำลองในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยใช้รูปแบบเรือนและวัสดุของ เรือนนางพัน วงศ์ใหญ่ และใช้ข้อมูลสภาพอากาศของ จ. เชียงราย ปี พ.ศ. 2552 จากกรมอุตุนิยมวิทยา และข้อมูลรังสีอาทิตย์ จ. เชียงใหม่ ปี พ.ศ. 2541 จากข้อมูลอากาศประเทศไทยสำหรับงานอนุรักษ์พลังงาน เล่มที่ 2 โดยมีข้อมูลดังต่อไปนี้



รูปภาพที่ 4.8 พื้นที่ใช้งานของเรือนนางพัน วงศ์ใหญ่ (กรณีเรือนล้านนาทั่วไป)

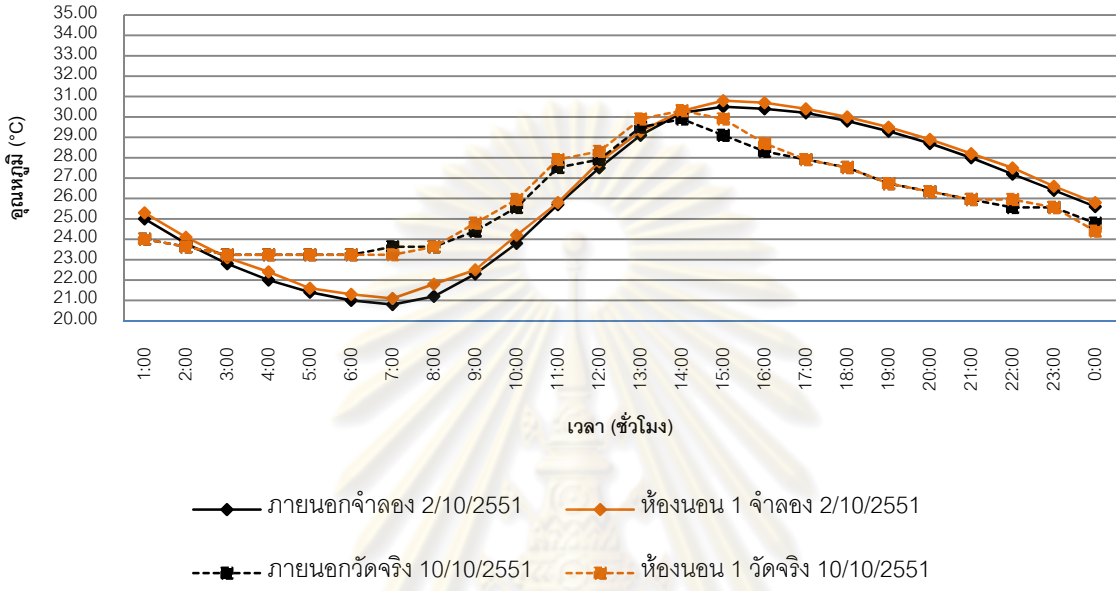
ตารางที่ 4.7 แสดงข้อมูลวัสดุประกอบเรือนล้านนา ของเรือนนางพัน วงศ์ใหญ่ (กรณีเรือนล้านนาทั่วไป)

วัสดุประกอบเรือน	**ความหนา** (m.)	**สัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อน** (k) (w/m^{o}C)	**ค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนของผนัง** (time lag) (hr)	**ค่าการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของวัสดุ** (solar absorptance) (%)	**ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของวัสดุ** (U-value) (w/m^{2o}C)
ผนังไม้จริง	0.012	0.125	10 นาที	79%	2.709
พื้นไม้จริง	0.025	0.125	10 นาที	-	2.000
หลังคากระเบื้องลอนคู่	0.005	0.836	0.0	65%	4.855

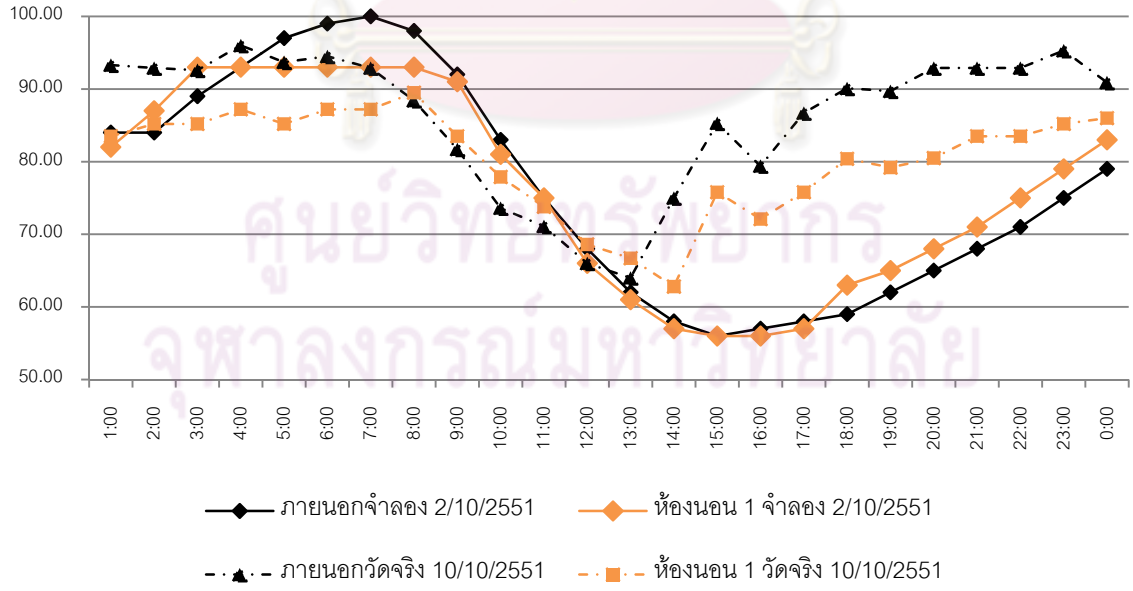
ตารางที่ 4.8 ข้อมูลพื้นที่, LPD, EPD, ปริมาณคนในพื้นที่, อัตราการรั่วซึม (infiltration rate) ของเรือนนางพัน วงศ์ใหญ่ (กรณีเรือนล้านนาทั่วไป)

พื้นที่ใช้งาน	**พื้นที่** (m^2)	LPD (W/m^2)	EPD (W/M^2)	**ปริมาณคนในพื้นที่ (คน)**	**อัตราการรั่วซึม** (ACH)
ห้องนอน 1	32.00	1.12	0.00	1	120
ห้องนอน 2	20.00	2.88	0.00	1	120
เติ่น	30.00	1.12	0.00	2	292
ห้องครัว	7.74	4.80	0.00	1	117
พักผ่อน	12.00	1.12	0.00	1	150

4.4.2 ดำเนินการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของโปรแกรม โดยการใช้ข้อมูลจากการตรวจสอบและบันทึกอุณหภูมิอากาศและความชื้น ในขั้นตอนที่ 3 มาเปรียบเทียบกับอุณหภูมิและความชื้นที่ได้จำลองในโปรแกรม ในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2552 โดยดำเนินการเปรียบเทียบ พื้นที่ภายนอกกับพื้นที่ภายในห้องนอน 1



แผนภูมิที่ 4.19 อุณหภูมิอากาศภายในห้องนอน 1, ภายนอก เปรียบเทียบระหว่างข้อมูลที่ได้ทำการบันทึกจริง และจำลองในโปรแกรม Enerwin



แผนภูมิที่ 4.20 ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องนอน 1, ภายนอก เปรียบเทียบระหว่างข้อมูลที่ได้ทำการบันทึกจริง และจำลองในโปรแกรม Enerwin

ตารางที่ 4.9 ความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย จากการบันทึกจริง เปรียบเทียบจากการจำลอง

	ความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย (°C)	**ภายในห้องนอน 1**		
		อุณหภูมิอากาศสูงที่สุด (°C)	**อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย** (°C)	**อุณหภูมิอากาศต่ำที่สุด** (°C)
จากการบันทึกจริง	0.20	30.31	25.98	23.24
จากการจำลองในโปรแกรม ENER-WIN	0.26	30.80	26.21	21.10

ตารางที่ 4.10 ความแตกต่างของความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย จากการบันทึกจริง เปรียบเทียบจากการจำลอง

	ความแตกต่างของความชื้นสัมพัทธ์ (%)	**ภายในห้องนอน 1**		
		ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุด (%)	**ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย** (%)	**ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุด** (%)
จากการบันทึกจริง	7.36	89.50	80.23	62.80
จากการจำลองในโปรแกรม ENER-WIN	2.71	93.00	76.29	56.00

จากข้อมูลที่ได้จากการบันทึกจริง และจากการจำลองภายในโปรแกรม Ener-win EC ข้อมูลที่ใส่เข้าไปในโปรแกรมให้ผลที่ใช้ได้ โดยอุณหภูมิที่ได้จากการจำลองมีความใกล้เคียงกับข้อมูลที่ได้จากการบันทึกจริง และนำแบบจำลองที่ได้ภายในโปรแกรม ไปใช้สำหรับการเปรียบเทียบวัสดุประกอบเรือนล้านนาดั้งเดิม กับวัสดุท้องถิ่นสมัยใหม่ ในขั้นตอนต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.3 จำลองเรือนล้านนา ที่ใช้วัสดุท้องถิ่นสมัยใหม่ เปรียบเทียบกับกรณีเรือนล้านนาทั่วไปที่จำลองในโปรแกรม ENER-WIN EC โดยมีกรณีที่ทำการศึกษาดังต่อไปนี้

- กรณีเรือนล้านนาทั่วไป ไม่มีการระบายอากาศโดยธรรมชาติ
- ผนังซีเมนต์จากใยไมยราฟยักษ์ มีการระบายอากาศโดยธรรมชาติ
- ผนังซีเมนต์จากใยไมยราฟยักษ์ ไม่มีการระบายอากาศโดยธรรมชาติ
- ผนังจากอิฐดินเบาลำปาง มีการระบายอากาศโดยธรรมชาติ
- ผนังจากอิฐดินเบาลำปาง ไม่มีการระบายอากาศโดยธรรมชาติ
- ผนังจากอิฐขี้เถ้าลอยแม่เมาะ มีการระบายอากาศโดยธรรมชาติ
- ผนังจากอิฐขี้เถ้าลอยแม่เมาะ ไม่มีการระบายอากาศโดยธรรมชาติ

เปรียบเทียบกับ

- กรณีเรือนล้านนาทั่วไป (ผนังไม้จริงตีซ้อนเกล็ด หนา ½")

และได้กำหนดตัวแปรควบคุมไว้ คือ วัสดุพื้นไม้จริง หนา 1", หลังคากระเบื้องลอนคู่, พื้นที่ใช้งาน, LPD, EPD, ปริมาณคนในพื้นที่, ตารางการใช้งานในแต่ละพื้นที่ โดยรายละเอียดของตัวแปรที่ทำการศึกษา มีดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.11 ข้อมูลวัสดุท้องถิ่นสมัยใหม่ ที่ใช้เปรียบเทียบกับ กรณีเรือนล้านนาทั่วไป

วัสดุประกอบเรือน	**ความหนา (เมตร)**	**สัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อน (k) (วัตต์ต่อเมตรองศาเซลเซียส)**	**ค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนของผนัง** (time lag) **(ชั่วโมง)**	**ค่าการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของวัสดุ** (solar absorptance) **(เปอร์เซ็นต์)**	**ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของวัสดุ** (U-value) **(วัตต์ต่อตารางเมตรองศาเซลเซียส)**
ผนังซีเมนต์จากใยไมยราฟยักษ์	0.014	0.338	10 นาที	65%	3.254
ผนังอิฐดินเบาลำปาง	0.100	0.795	2.5	65%	2.328
ผนังอิฐขี้เถ้าลอยแม่เมาะ	0.100	0.629	2.5	65%	2.180

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.12 แสดงอัตราการรั่วซึมของผนัง infiltration rate (ACH) ของกรณีต่างๆ ที่ได้จำลองในโปรแกรม ENER-WIN EC

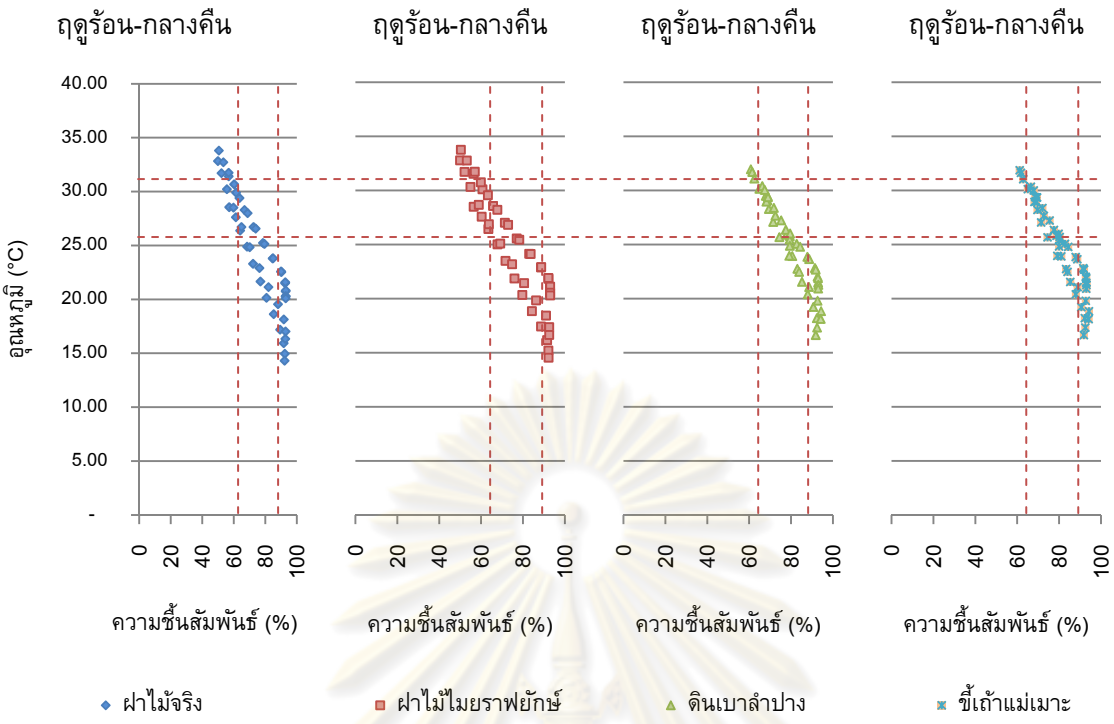
พื้นที่ใช้งาน	กรณีเรือนล้านนาทั่วไป	กรณีผนังซีเมนต์จากใยไมยราฟยักษ์	กรณีผนังอิฐดินเบาลำปาง	กรณีผนังอิฐขี้เถ้าลอยแม่เมาะ
ห้องนอน 1	120	120	0.30	0.30
ห้องนอน 2	120	120	0.30	0.30
เติ่น	292	292	292	292
ห้องครัว	117	117	117	117
พักผ่อน	150	150	150	150

4.5 เปรียบเทียบสภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้นภายในเรือนล้านนาที่ใช้วัสดุเดิม กับวัสดุท้องถิ่นสมัยใหม่

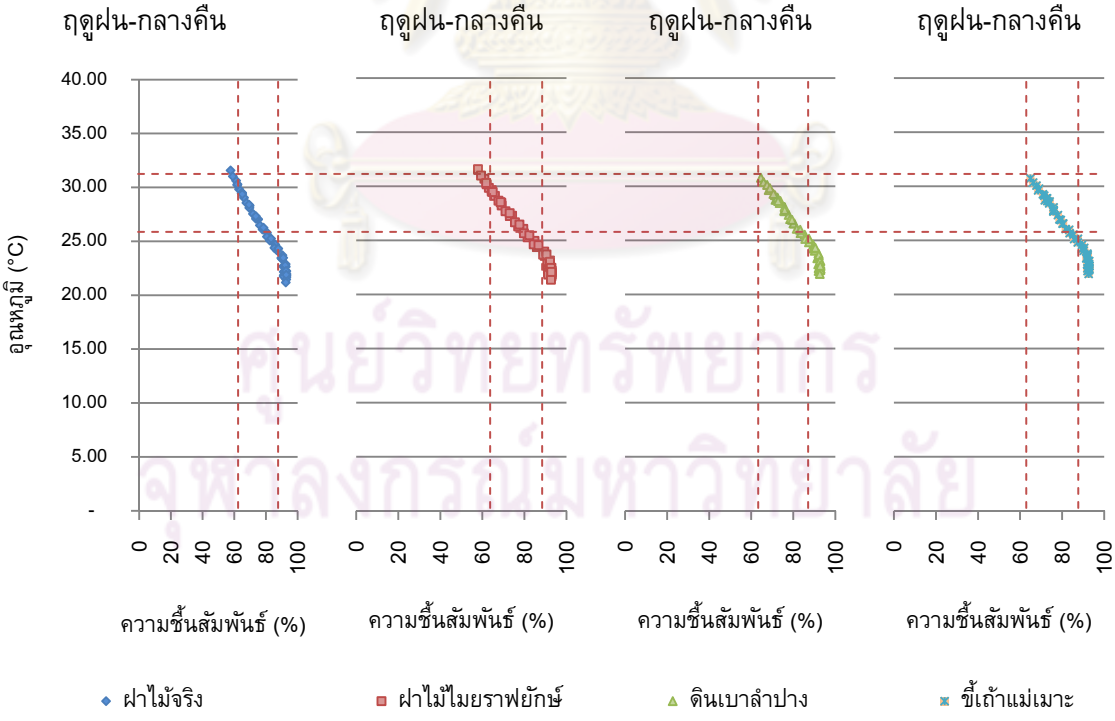
จากผลงานวิจัยของ ผศ.ดร กิจชัย จิตขจรวานิช ได้กำหนดสภาวะน่าสบายที่อุณหภูมิอากาศ 25.6 – 31.5 องศาเซลเซียส และมีความชื้นสัมพัทธ์ 62.2 – 90 เปอร์เซ็นต์ และผลจากการศึกษาจะแบ่งช่วงสภาวะน่าสบายเป็น 3 ช่วง คือ ช่วงอุณหภูมิต่ำกว่าสภาวะน่าสบาย ช่วงอยู่ในสภาวะน่าสบาย และช่วงอุณหภูมิสูงกว่าสภาวะน่าสบาย เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบสภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้นของแต่ละกรณี

4.5.1 ห้องนอน 1

สภาวะน่าสบาย ที่เกิดขึ้นภายในห้องนอน 1 จากแผนภูมิ 4.21 ถึง 4.23 จะเห็นได้ว่า กรณีมีการระบายอากาศธรรมชาติ สัดส่วนที่อยู่ในเขตสภาวะน่าสบายจะใกล้เคียงกัน ห่างกันไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ โดยอิฐดินเบาลำปาง และอิฐขี้เถ้าลอยแม่เมาะ มีสัดส่วนสภาวะน่าสบายมากที่สุด ในช่วงฤดูร้อนและฤดูฝน แต่ในส่วนฤดูหนาว ผนังไม้จริงและผนังซีเมนต์จากใยไมยราฟยักษ์ จะมีสภาวะน่าสบายมากที่สุด และจากแผนภูมิ 4.24 ถึง 4.26 กรณีที่ไม่มีการระบายอากาศธรรมชาติ วัสดุอิฐดินเบาลำปาง และอิฐขี้เถ้าลอยแม่เมาะ จะมีสภาวะน่าสบายมากที่สุดตลอดทั้งปี โดยมีสัดส่วนมากกว่าไม้จริง ประมาณ 20 – 30 เปอร์เซ็นต์

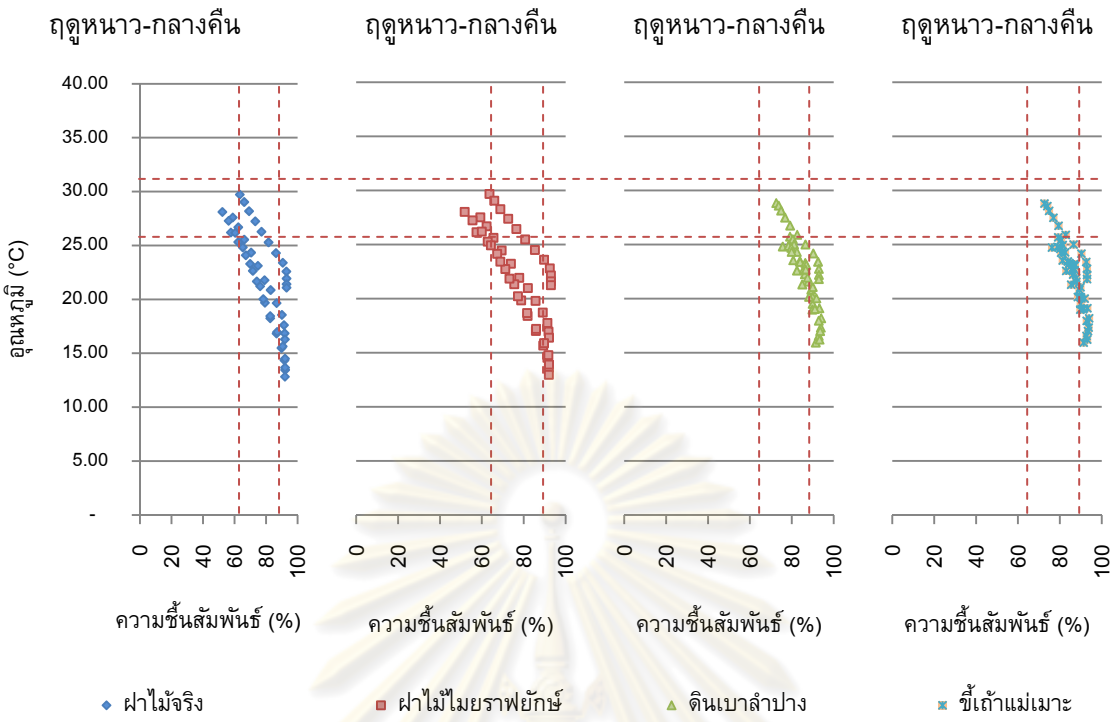


แผนภูมิที่ 4.21 สภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้นช่วงฤดูร้อน เวลากลางคืน ตั้งแต่เวลา 18.00 – 6.00 น. ปี พ.ศ. 2551 ภายในห้องนอน 1 กรณีมีการระบายอากาศธรรมชาติ

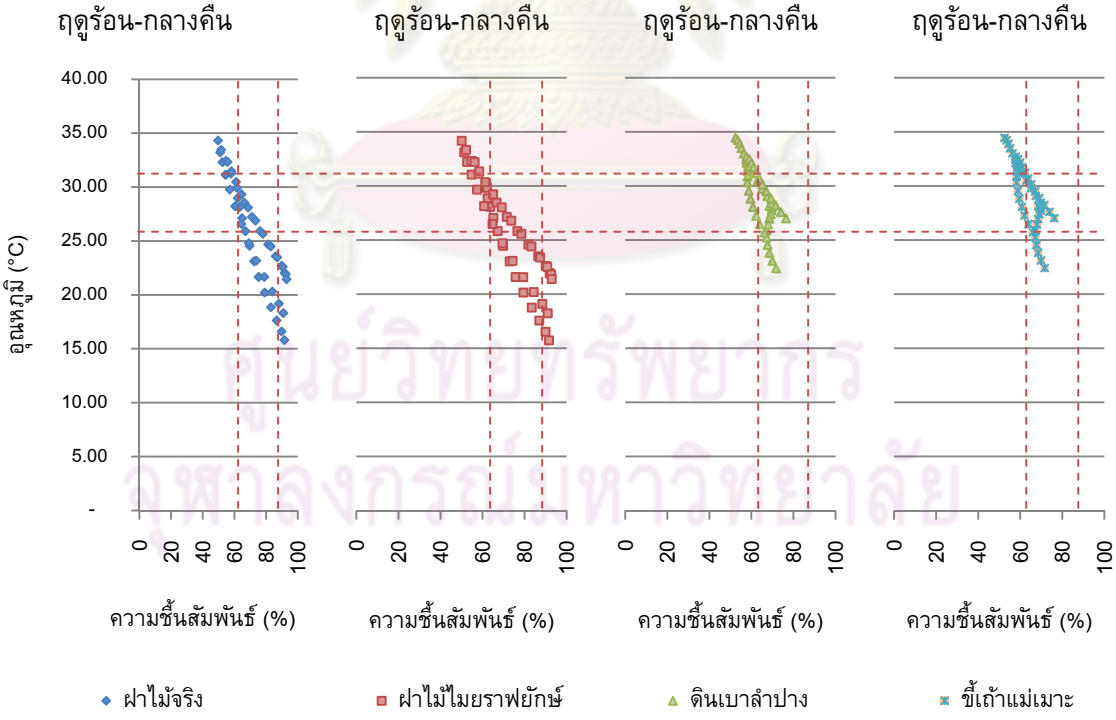


แผนภูมิที่ 4.22 สภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้นช่วงฤดูฝน เวลากลางคืน ตั้งแต่เวลา 18.00 – 6.00 น. ปี พ.ศ. 2551 ภายในห้องนอน 1 กรณีมีการระบายอากาศธรรมชาติ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

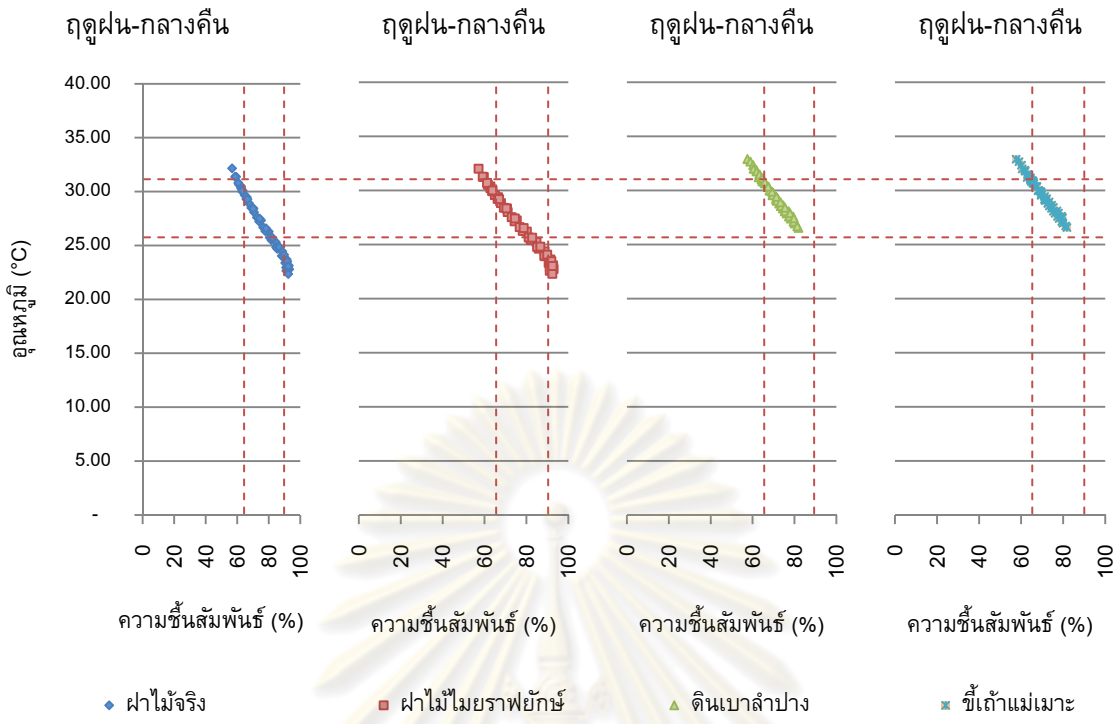


แผนภูมิที่ 4.23 สภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้นช่วงฤดูหนาว เวลากลางคืน ตั้งแต่เวลา 18.00 – 6.00 น. ปี พ.ศ. 2551 ภายในห้องนอน 1 กรณีมีการระบายอากาศธรรมชาติ

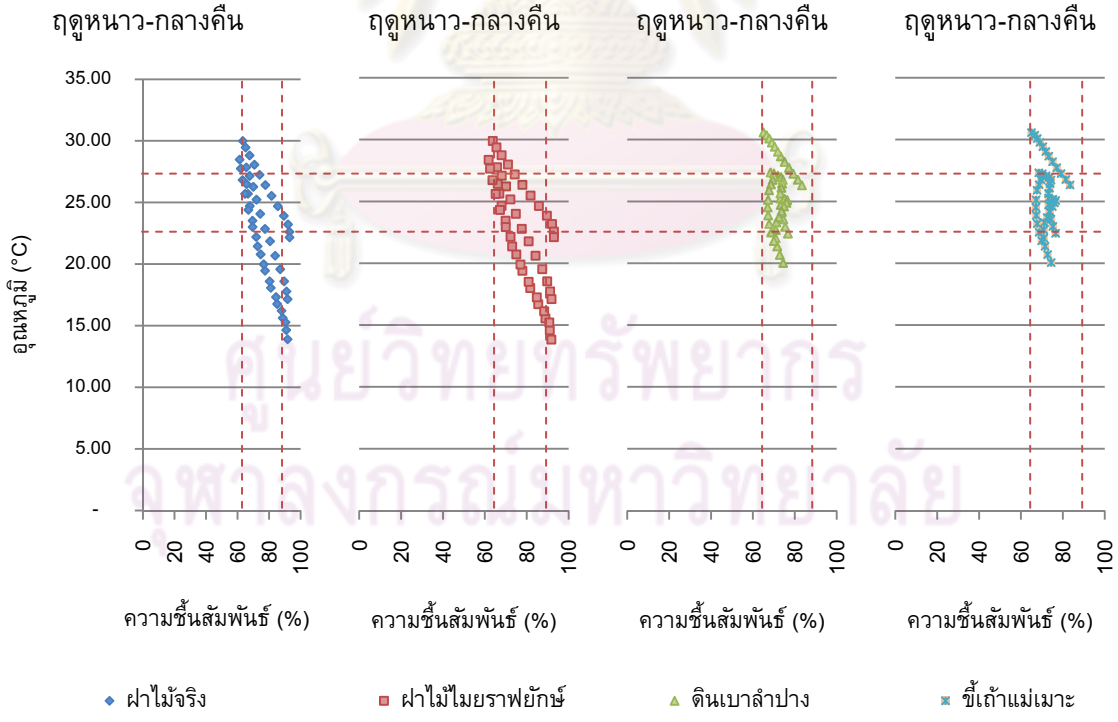


แผนภูมิที่ 4.24 สภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้นช่วงฤดูร้อน เวลากลางคืน ตั้งแต่เวลา 18.00 – 6.00 น. ปี พ.ศ. 2551 ภายในห้องนอน 1 กรณีไม่มีการระบายอากาศธรรมชาติ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

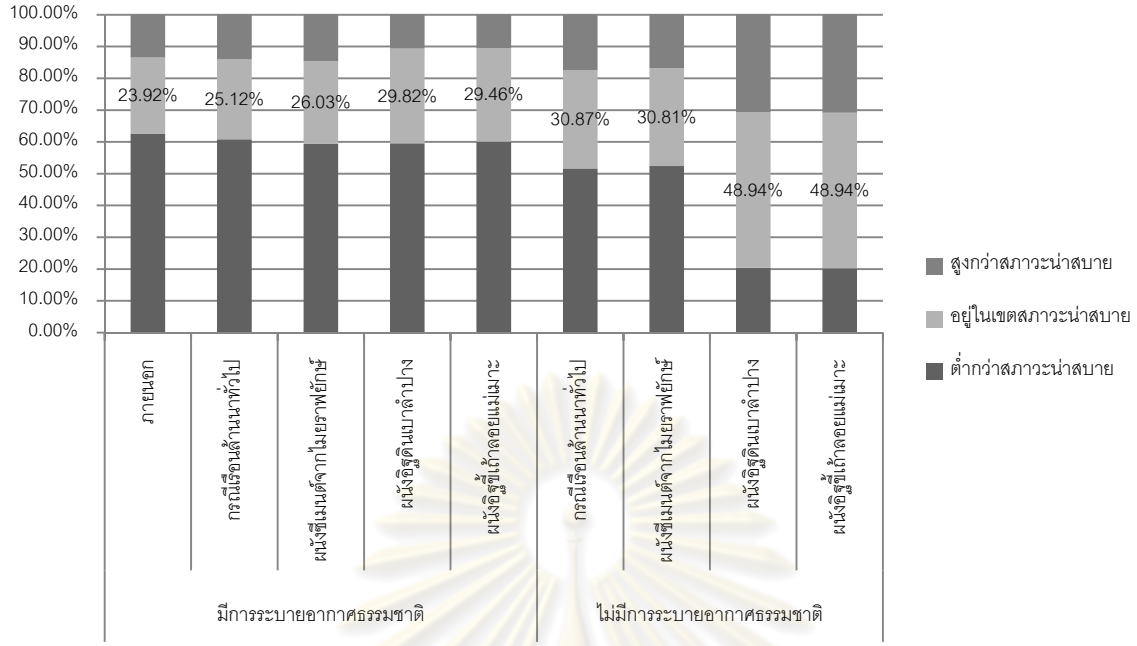


แผนภูมิที่ 4.25 สภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้นช่วงฤดูฝน เวลากลางคืน ตั้งแต่เวลา 18.00 – 6.00 น. ปี พ.ศ. 2551 ภายในห้องนอน 1 กรณีไม่มีการระบายอากาศธรรมชาติ

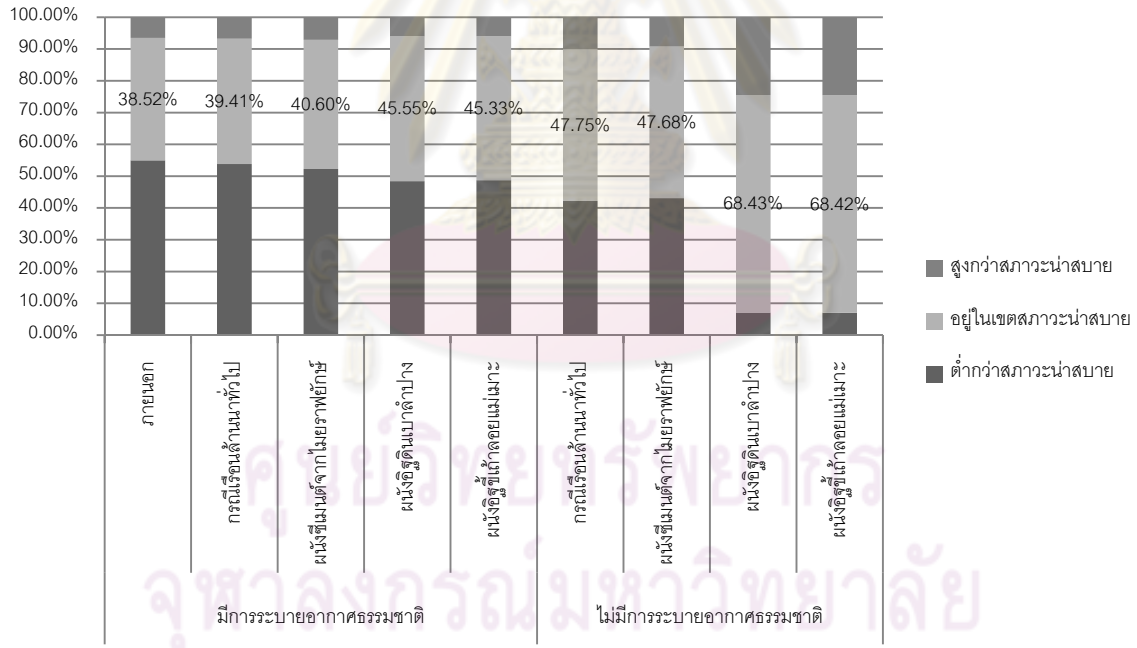


แผนภูมิที่ 4.26 สภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้นช่วงฤดูหนาว เวลากลางคืน ตั้งแต่เวลา 18.00 – 6.00 น. ปี พ.ศ. 2551 ภายในห้องนอน 1 กรณีไม่มีการระบายอากาศธรรมชาติ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

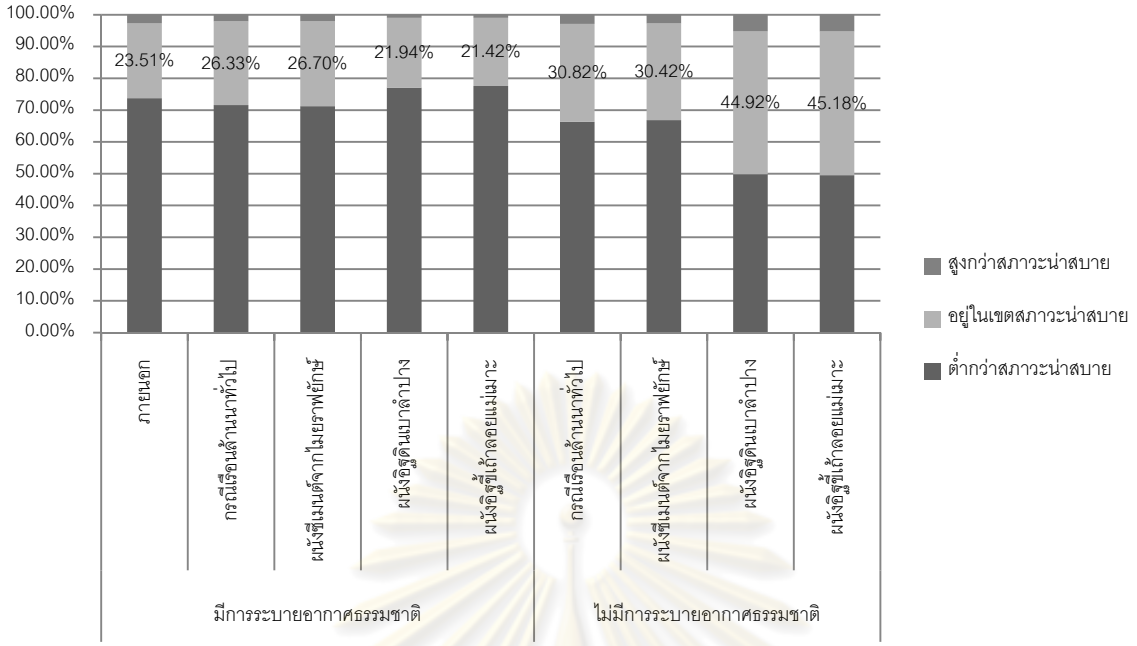


แผนภูมิที่ 4.27 สัดส่วนสภาวะน่าสบาย ที่เกิดขึ้นเวลากลางคืน ตั้งแต่เวลา 18.00 – 6.00 น. ในฤดูร้อน ปี พ.ศ. 2551 ภายในห้องนอน 1 เปรียบเทียบกับภายนอกของกรณีต่างๆ



แผนภูมิที่ 4.28 สัดส่วนสภาวะน่าสบาย ที่เกิดขึ้นเวลากลางคืน ตั้งแต่เวลา 18.00 – 6.00 น. ในฤดูฝน ปี พ.ศ. 2551 ภายในห้องนอน 1 เปรียบเทียบกับภายนอกของกรณีต่างๆ

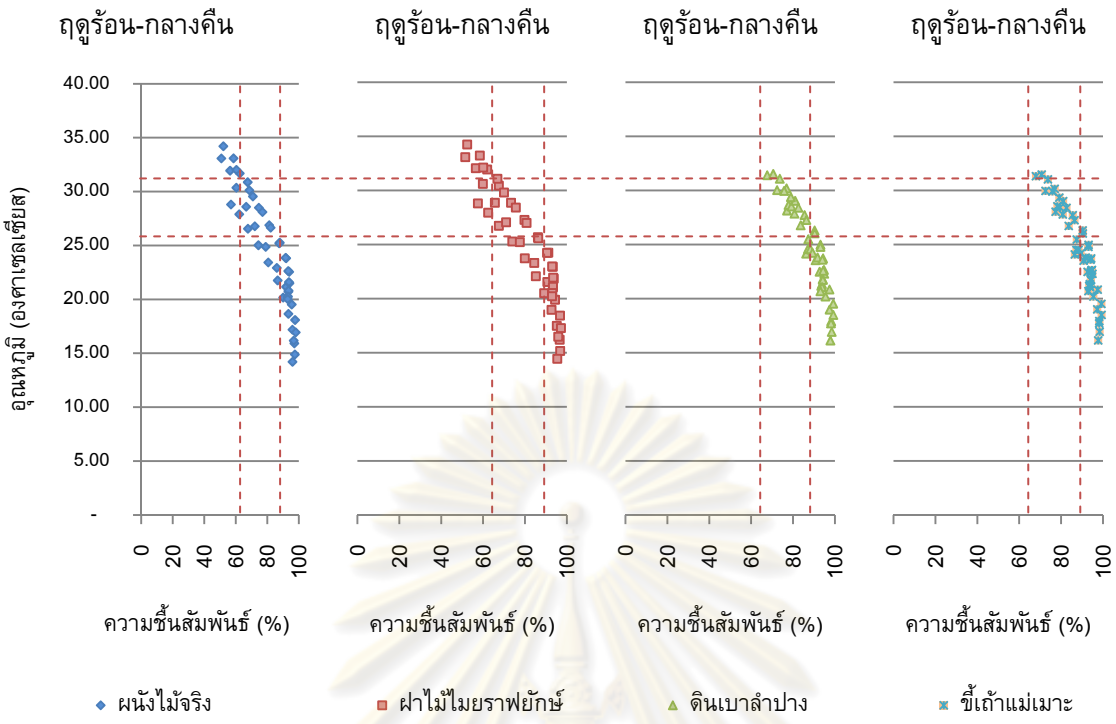
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



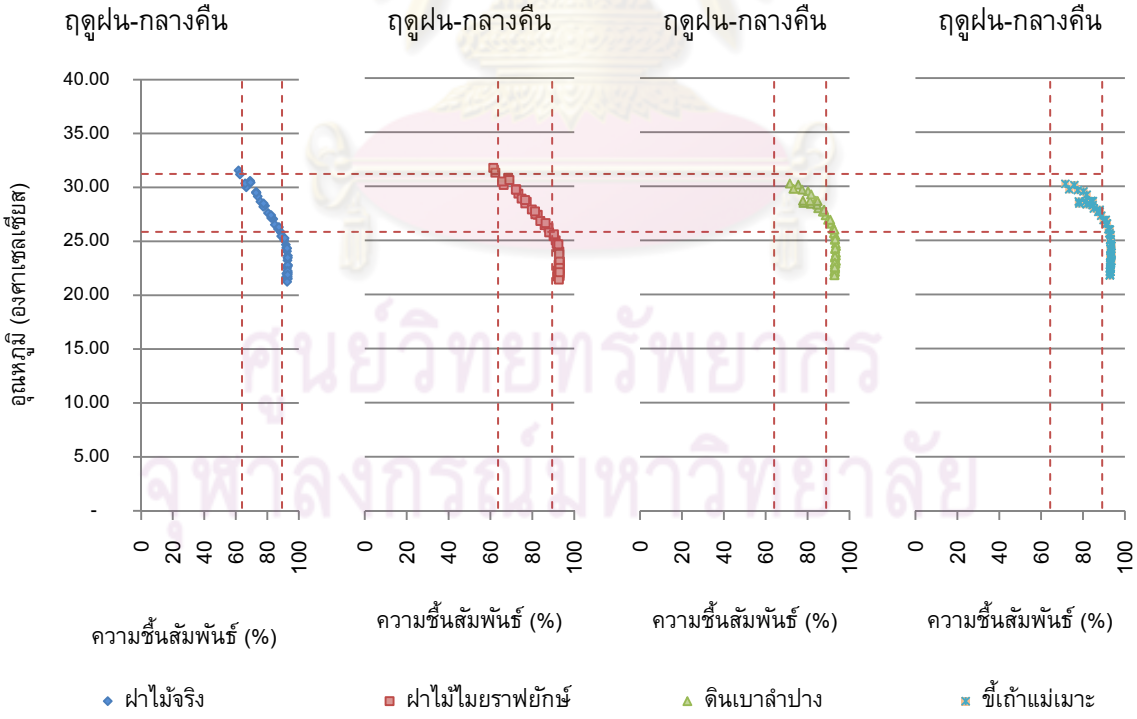
แผนภูมิที่ 4.29 สัดส่วนสภาวะน่าสบาย ที่เกิดขึ้นเวลากลางคืน ตั้งแต่เวลา 18.00 – 6.00 น. ในฤดูหนาว ปี พ.ศ. 2551 ภายในห้องนอน 1 เปรียบเทียบกับภายนอกของกรณีต่างๆ

4.5.2 **ห้องนอน** 2

สภาวะน่าสบาย ที่เกิดขึ้นภายในห้องนอน 2 จากแผนภูมิ 4.29 ถึง 4.31 จะเห็นได้ว่า กรณีมีการระบายอากาศธรรมชาติ สัดส่วนที่อยู่ในเขตสภาวะน่าสบายจะใกล้เคียงกัน ห่างกันไม่เกิน 2 เปอร์เซ็นต์ โดยอิฐดินเบาลำปาง และอิฐขี้เถ้าลอยแม่เมาะ มีสัดส่วนสภาวะน่าสบายมากที่สุด ในช่วงฤดูร้อนและฤดูฝน แต่ในส่วนฤดูหนาว ผนังไม้จริงและผนังซีเมนต์จากใยไมยราฟยักษ์ จะมีสภาวะน่าสบายมากที่สุด และจากแผนภูมิ 4.32 ถึง 4.34 กรณีที่ไม่มีการระบายอากาศธรรมชาติ วัสดุอิฐดินเบาลำปาง และอิฐขี้เถ้าลอยแม่เมาะ จะมีสภาวะน่าสบายมากที่สุดตลอดทั้งปี โดยมีสัดส่วนมากกว่าไม้จริง ประมาณ 20 – 30 เปอร์เซ็นต์ แต่ในช่วงฤดูหนาวสัดส่วนสภาวะน่าสบาย ของผนังอิฐดินเบาลำปาง อิฐขี้เถ้าลอยแม่เมาะ จะสูงกว่า ผนังไม้จริง และผนังซีเมนต์จากใยไมยราฟยักษ์ อยู่แค่ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ สาเหตุมาจาก วัสดุอิฐดินเบาลำปาง และผนังอิฐขี้เถ้าลอยแม่เมาะ มีการรั่วซึมของอากาศจากภายนอกต่ำทำให้อากาศเย็นจากภายนอกเข้าสู่ภายในพื้นที่ได้ยาก และยังเป็นวัสดุทึบตัน ซึ่งจะสะสมความร้อน โดยมีค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อน ได้ประมาณ 2 ½ ชั่วโมง

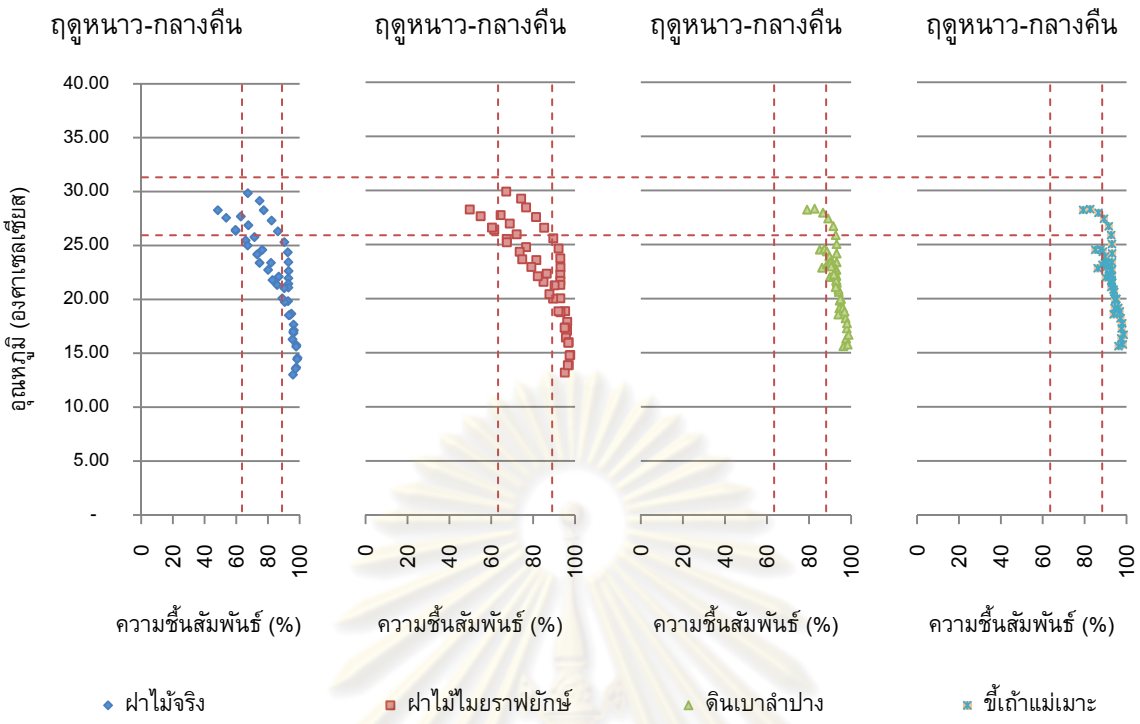


แผนภูมิที่ 4.30 สภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้นช่วงฤดูร้อน เวลากลางคืน ตั้งแต่เวลา 18.00 – 6.00 น. ปี พ.ศ. 2551 ภายในห้องนอน 2 กรณีมีการระบายอากาศธรรมชาติ

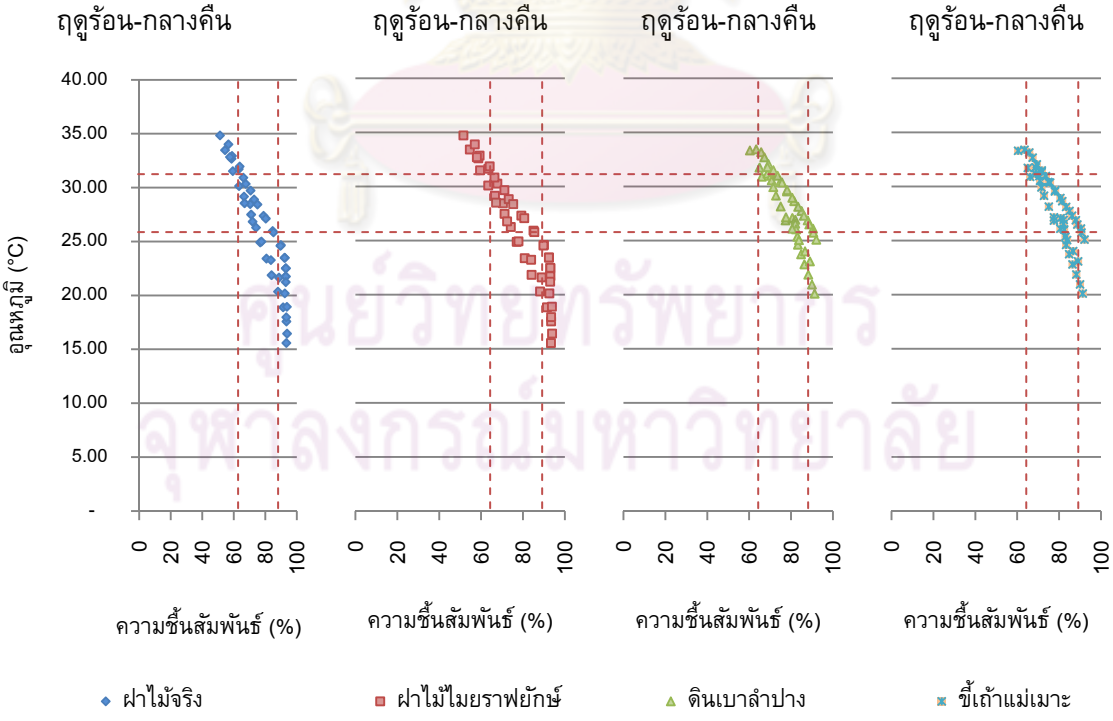


แผนภูมิที่ 4.31 สภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้นช่วงฤดูฝน เวลากลางคืน ตั้งแต่เวลา 18.00 – 6.00 น. ปี พ.ศ. 2551 ภายในห้องนอน 2 กรณีมีการระบายอากาศธรรมชาติ

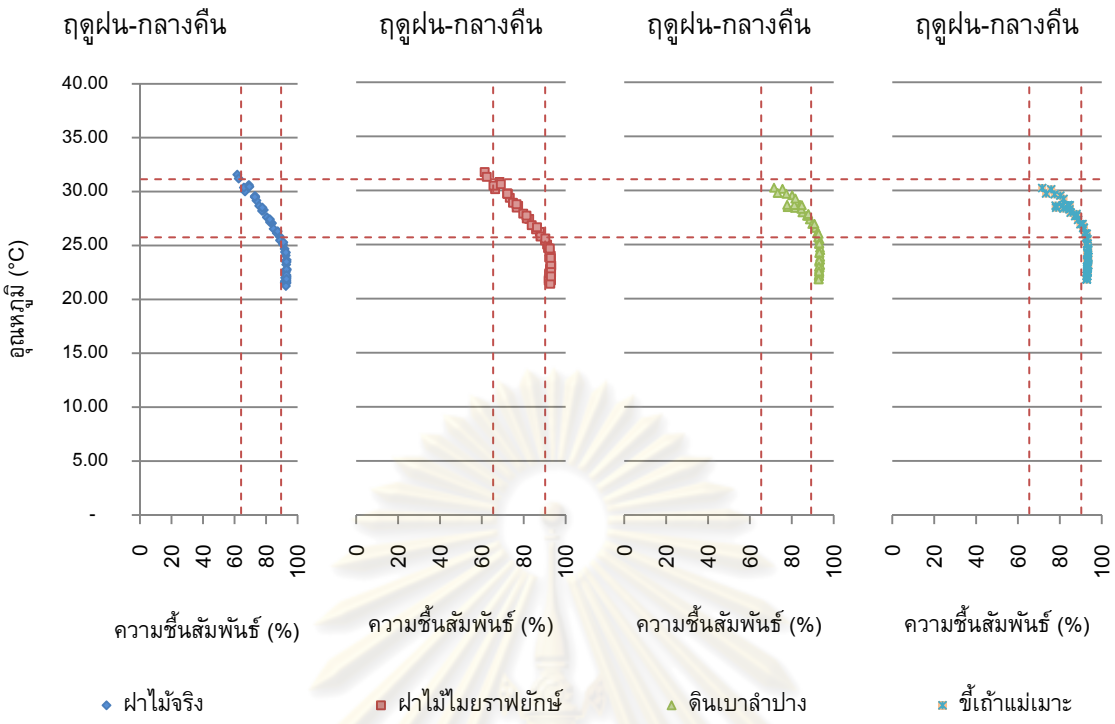
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



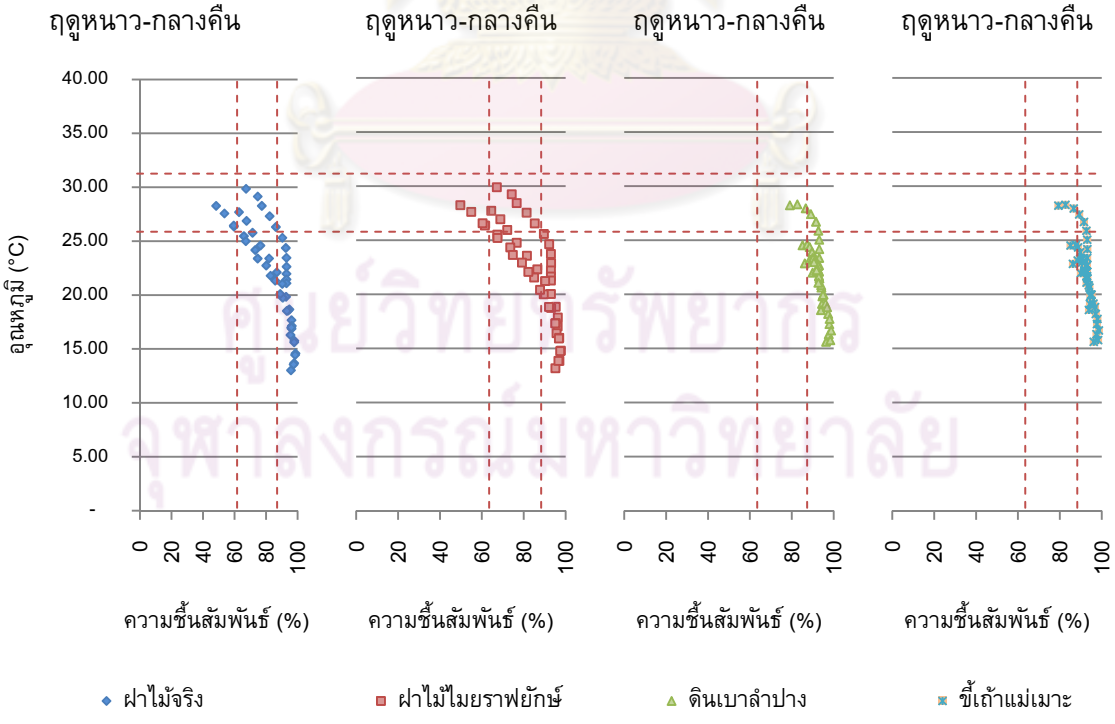
แผนภูมิที่ 4.32 สภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้นช่วงฤดูหนาว เวลากลางคืน ตั้งแต่เวลา 18.00 – 6.00 น. ปี พ.ศ. 2551 ภายในห้องนอน 2 กรณีมีการระบายอากาศธรรมชาติ



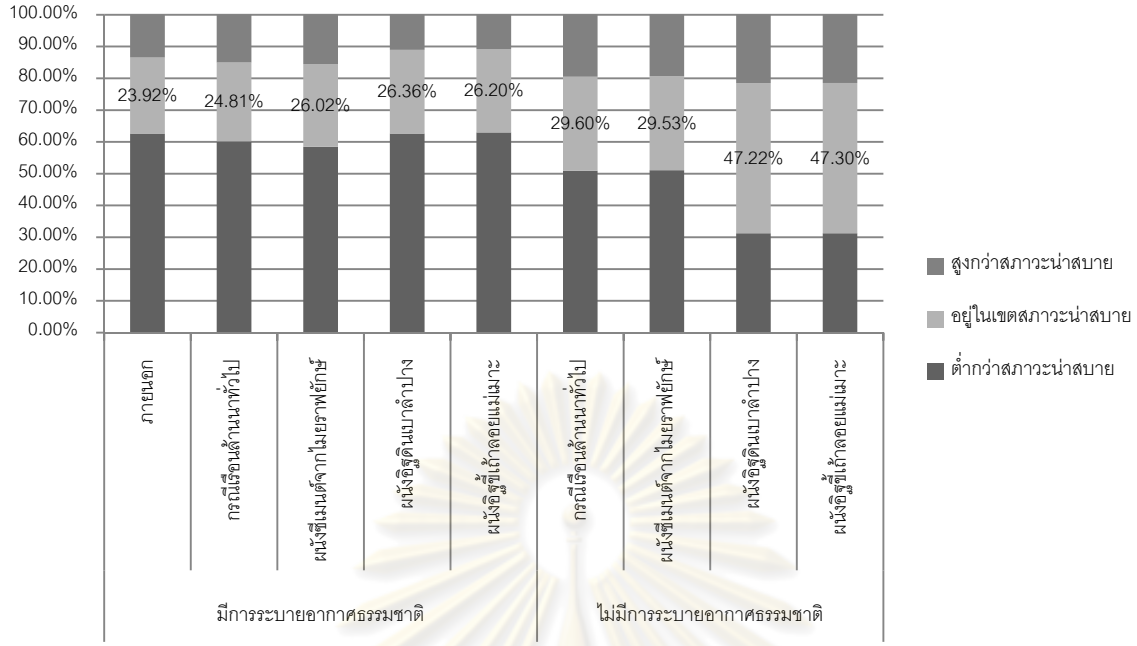
แผนภูมิที่ 4.33 สภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้นช่วงฤดูร้อน เวลากลางคืน ตั้งแต่เวลา 18.00 – 6.00 น. ปี พ.ศ. 2551 ภายในห้องนอน 2 กรณีไม่มีการระบายอากาศธรรมชาติ



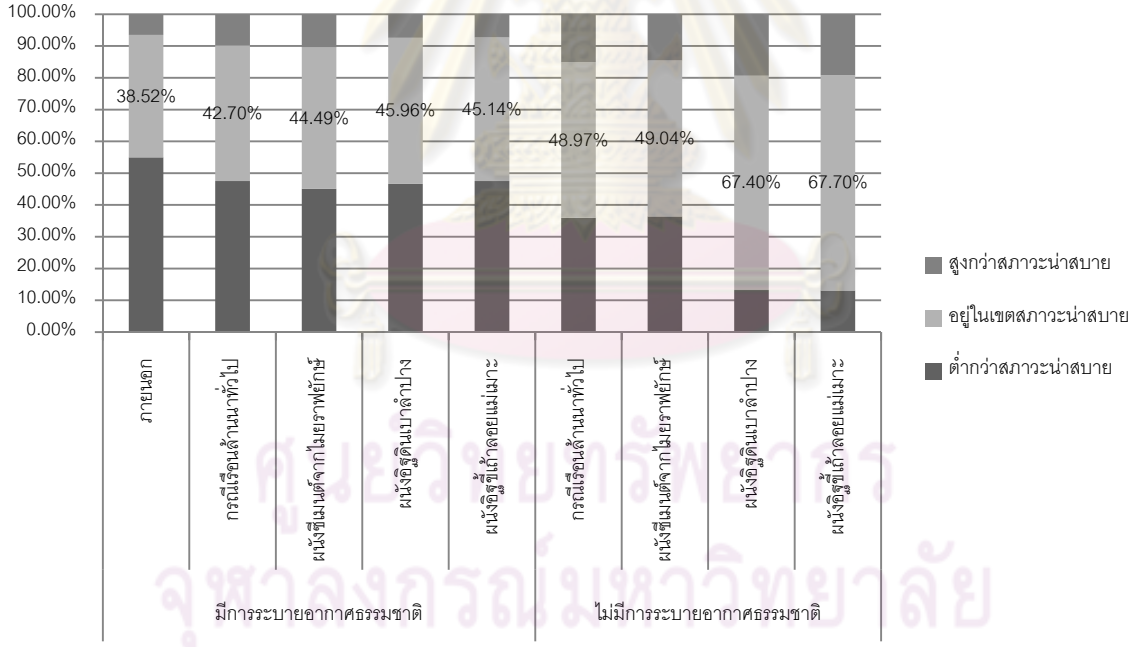
แผนภูมิที่ 4.34 สภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้นช่วงฤดูฝน เวลากลางคืน ตั้งแต่เวลา 18.00 – 6.00 น.
ปี พ.ศ. 2551 ภายในห้องนอน 2 กรณีไม่มีการระบายอากาศธรรมชาติ



แผนภูมิที่ 4.35 สภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้นช่วงฤดูหนาว เวลากลางคืน ตั้งแต่เวลา 18.00 – 6.00 น.
ปี พ.ศ. 2551 ภายในห้องนอน 2 กรณีไม่มีการระบายอากาศธรรมชาติ

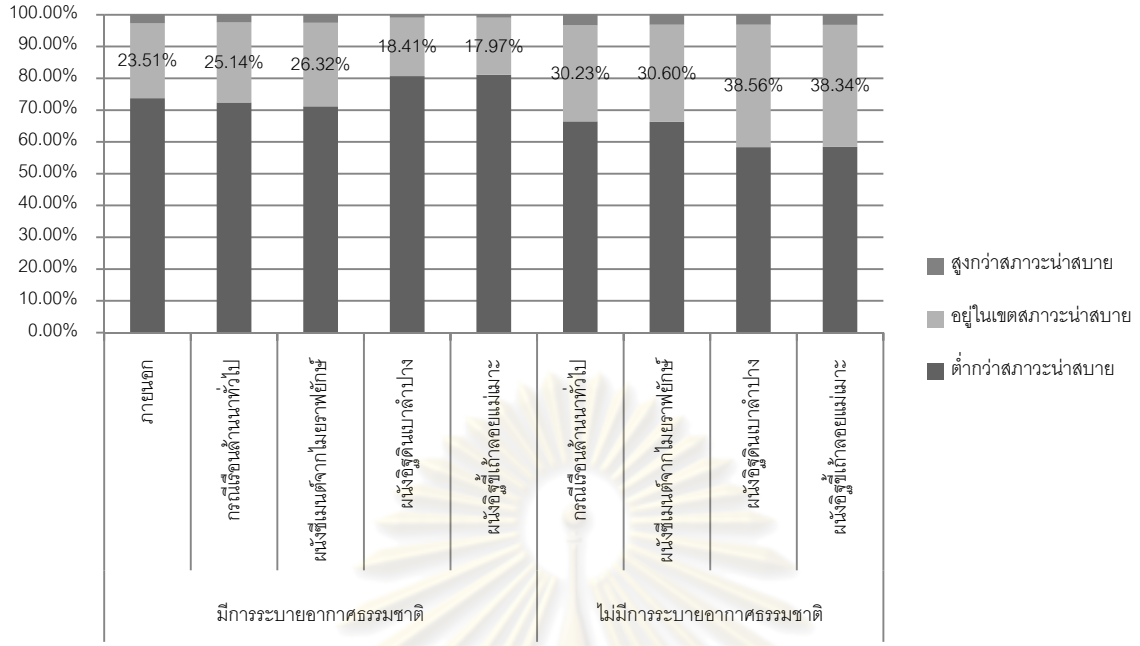


แผนภูมิที่ 4.36 สัดส่วนสภาวะน่าสบาย ที่เกิดขึ้นเวลากลางคืน ตั้งแต่เวลา 18.00 – 6.00 น. ในฤดูร้อน ปี พ.ศ. 2551 ภายในห้องนอน 2 เปรียบเทียบกับภายนอกของกรณีต่างๆ



แผนภูมิที่ 4.37 สัดส่วนสภาวะน่าสบาย ที่เกิดขึ้นเวลากลางคืน ตั้งแต่เวลา 18.00 – 6.00 น. ในฤดูฝน ปี พ.ศ. 2551 ภายในห้องนอน 2 เปรียบเทียบกับภายนอกของกรณีต่างๆ

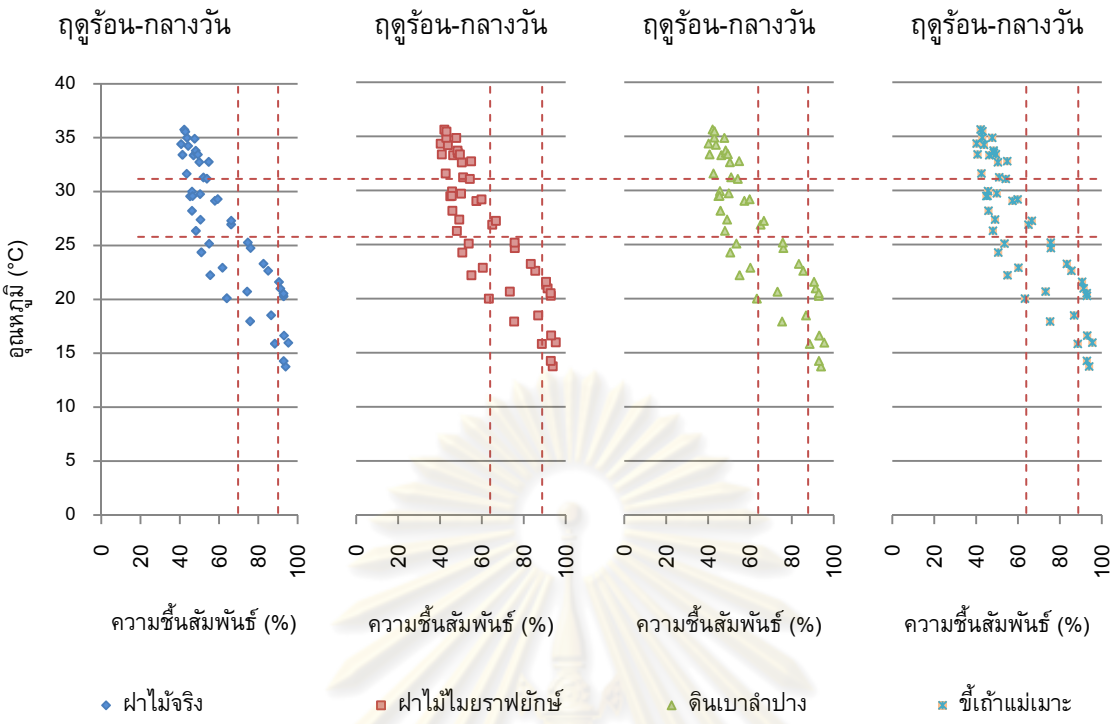
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



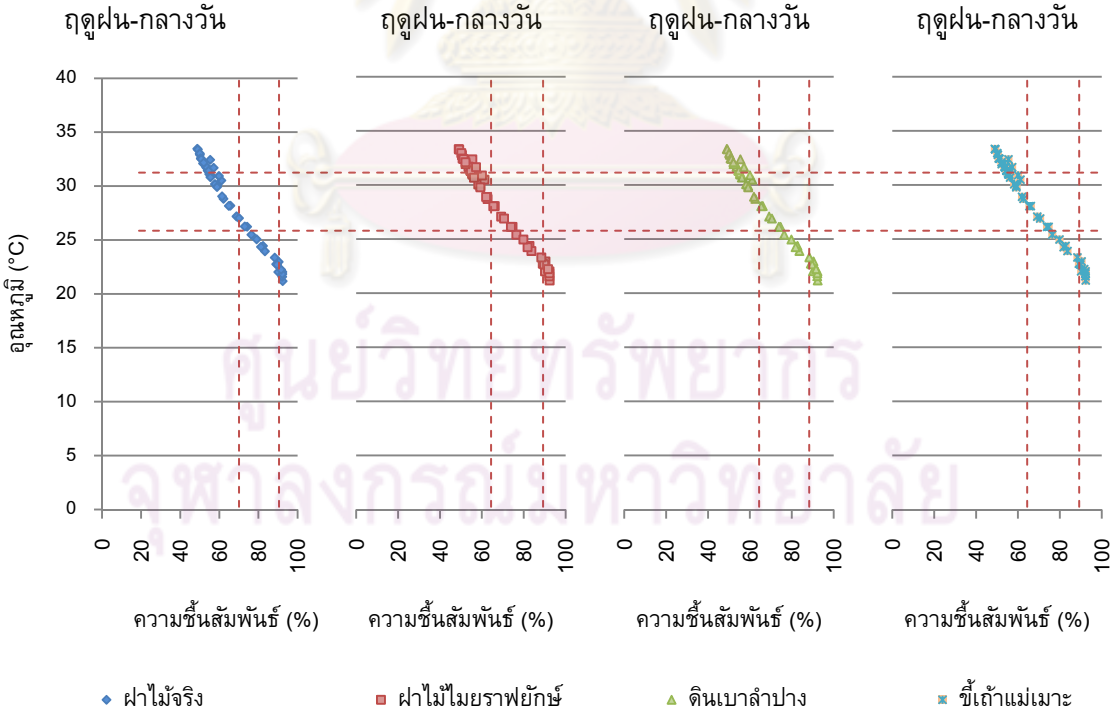
แผนภูมิที่ 4.38 สัดส่วนสภาวะน่าสบาย ที่เกิดขึ้นเวลากลางคืน ตั้งแต่เวลา 18.00 – 6.00 น. ในฤดูหนาว ปี พ.ศ. 2551 ภายในห้องนอน 2 เปรียบเทียบกับภายนอกของกรณีต่างๆ

4.5.3 เติ่น

สภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้นภายในพื้นที่เติ่น แต่ละกรณีจะมีสภาวะน่าสบายที่ใกล้เคียงกัน เนื่องจากพื้นที่เติ่น เป็นพื้นที่เปิดโล่ง จะได้รับอิทธิพลจากภายนอกได้โดยตรง ทำให้กระแสลมพัดพาเอาทั้งอุณหภูมิที่สูง และต่ำเข้าสู่พื้นที่ได้ง่าย ทำให้อุณหภูมิและความชื้นที่เกิดขึ้นภายในพื้นที่นี้ จะมีความใกล้เคียงกันในทุกๆกรณี โดยในช่วงฤดูร้อน สภาวะที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วงอุณหภูมิที่สูงกว่าสภาวะน่าสบาย รองลงมาจะอยู่ในช่วงที่ต่ำกว่าสภาวะน่าสบาย แต่จะสังเกตได้ว่า จะมีบางส่วนอยู่ในช่วงที่อุณหภูมิอยู่ในช่วงสภาวะน่าสบาย แต่ความชื้นสัมพัทธ์จะต่ำกว่าสภาวะน่าสบาย และในช่วงฤดูฝน สภาวะที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่จะอยู่ในเขตสภาวะน่าสบาย โดยเฉลี่ยประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ของตลอดทั้งฤดู และในส่วนฤดูหนาว สภาวะที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่จะอยู่ต่ำกว่าสภาวะน่าสบายประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์

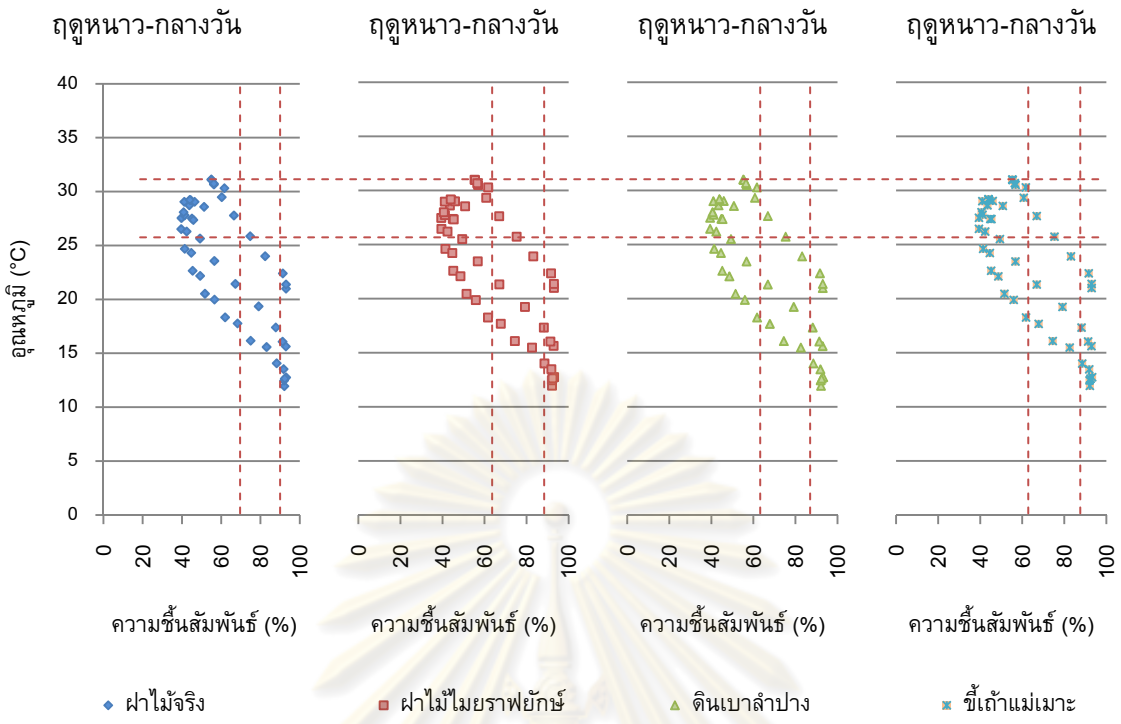


แผนภูมิที่ 4.39 สภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้นช่วงฤดูร้อน เวลากลางวัน ตั้งแต่เวลา 6.00 – 18.00 น. ปี พ.ศ. 2551 ภายในพื้นที่เติ๋น กรณีมีการระบายอากาศธรรมชาติ

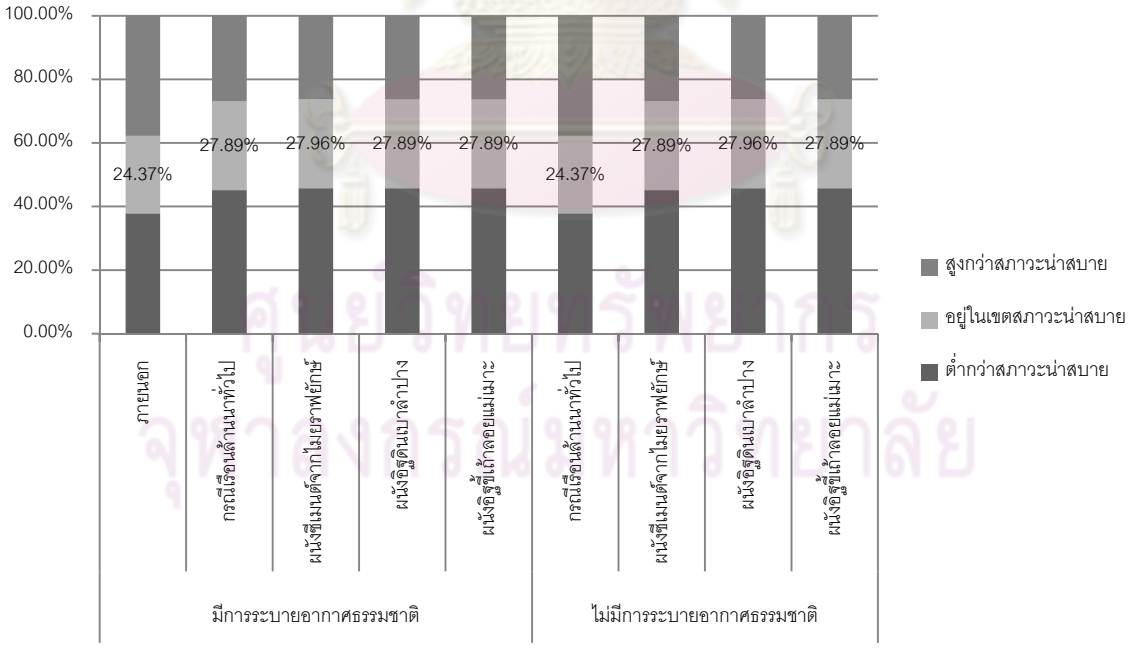


แผนภูมิที่ 4.40 สภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้นช่วงฤดูฝน เวลากลางวัน ตั้งแต่เวลา 6.00 – 18.00 น. ปี พ.ศ. 2551 ภายในพื้นที่เติ๋น กรณีมีการระบายอากาศธรรมชาติ

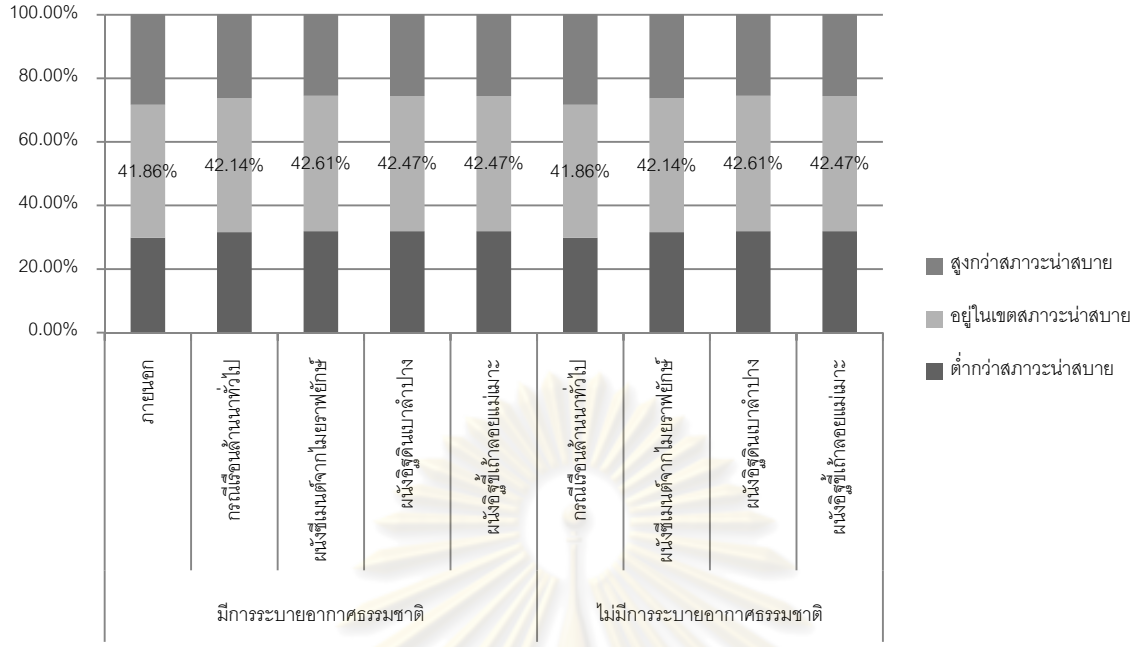
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



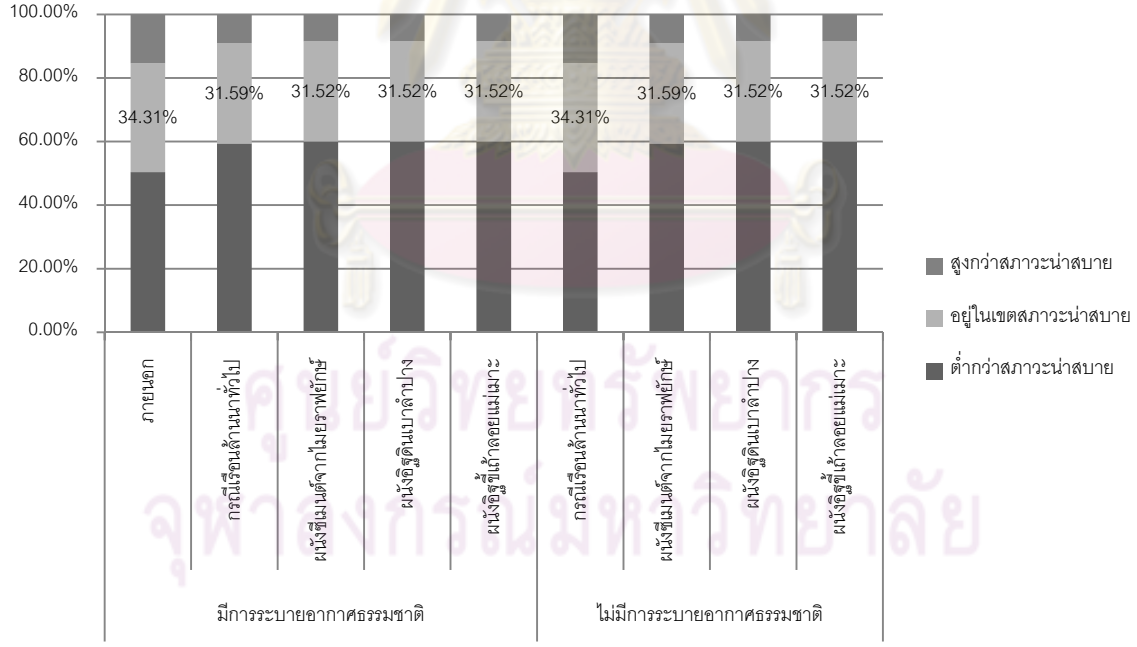
แผนภูมิที่ 4.41 สภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้นช่วงฤดูหนาว เวลากลางวัน ตั้งแต่เวลา 6.00 – 18.00 น. ปี พ.ศ. 2551 ภายในพื้นที่เต็น กรณีมีการระบายอากาศธรรมชาติ



แผนภูมิที่ 4.42 สัดส่วนสภาวะน่าสบาย ที่เกิดขึ้นเวลากลางวัน ตั้งแต่เวลา 6.00 – 18.00 น. ในฤดูร้อน ปี พ.ศ. 2551 พื้นที่เต็นเปรียบเทียบกับภายนอกของกรณีต่างๆ



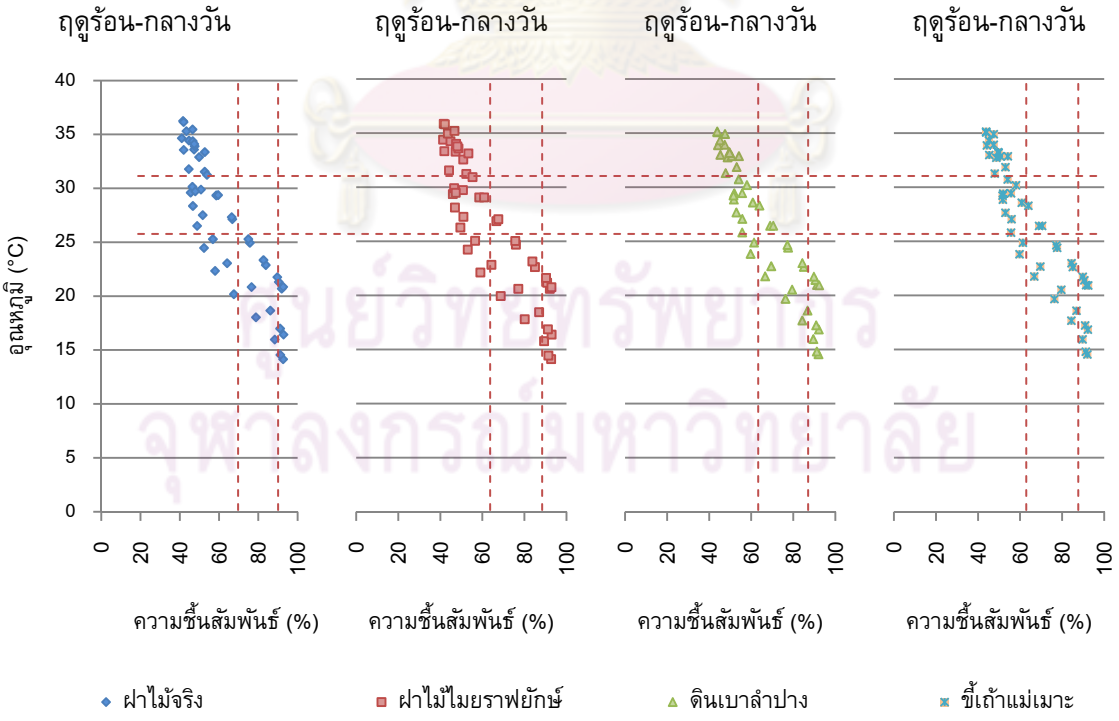
แผนภูมิที่ 4.43 สัดส่วนสภาวะน่าสบาย ที่เกิดขึ้นเวลากลางวัน ตั้งแต่เวลา 6.00 – 18.00 น. ในฤดูฝน ปี พ.ศ. 2551 พื้นที่เติ่นเปรียบเทียบกับภายนอกของกรณีต่างๆ



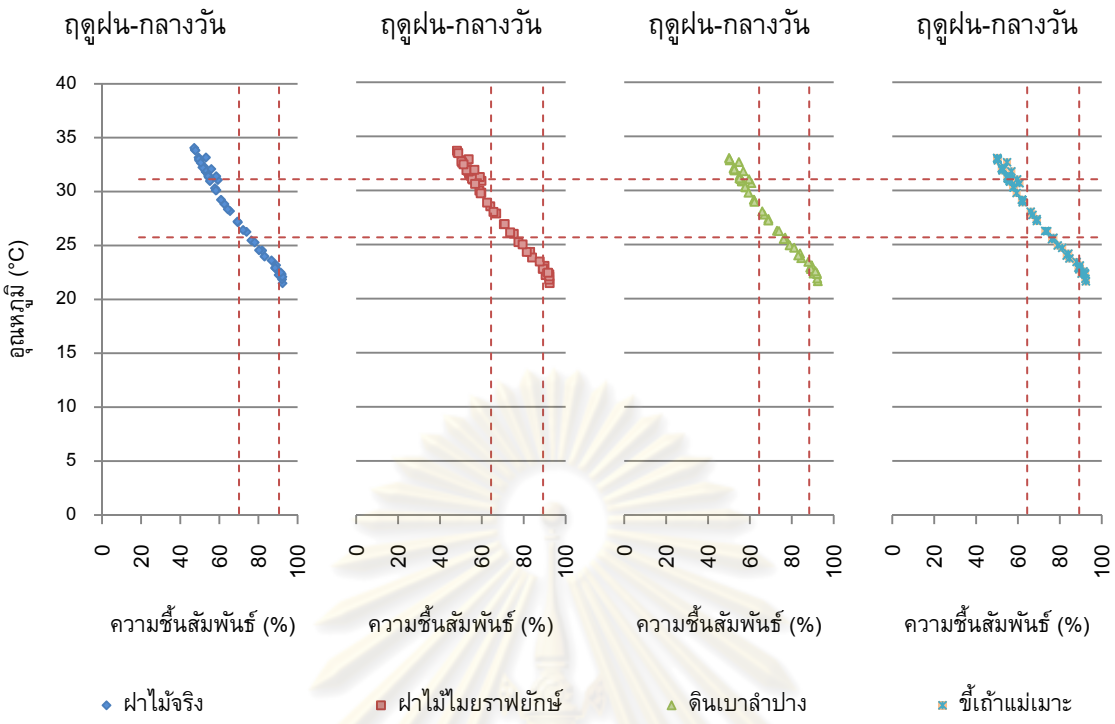
แผนภูมิที่ 4.44 สัดส่วนสภาวะน่าสบาย ที่เกิดขึ้นเวลากลางวัน ตั้งแต่เวลา 6.00 – 18.00 น. ในฤดูหนาว ปี พ.ศ. 2551 พื้นที่เติ่นเปรียบเทียบกับภายนอกของกรณีต่างๆ

4.5.4 ห้องครัว

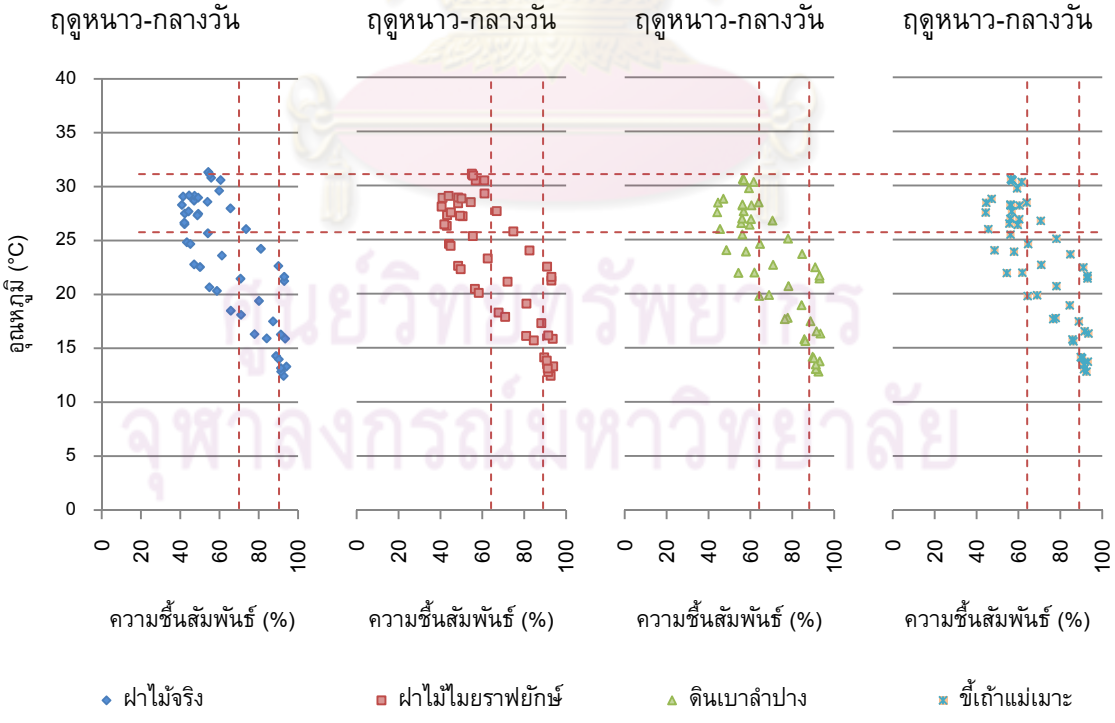
สภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้นภายในพื้นที่ห้องครัว แต่ละกรณีจะมีสภาวะน่าสบายที่ใกล้เคียงกัน เนื่องจากพื้นที่นี้เป็นพื้นที่กึ่งเปิดโล่ง อากาศสามารถเข้ามาจากบริเวณทางเดินระหว่างห้องนอน 1 และห้องนอน 2 และออกไปทางหน้าต่างทางด้านหลังเรือน ซึ่งสภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้น ทุกๆกรณีจะมีสัดส่วนที่อยู่ในเขตสภาวะน่าสบายเท่าๆ กัน แตกต่างกัน ไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ แต่จะมีความแตกต่างกันในส่วนที่อยู่ในเขตอุณหภูมิสูงและต่ำกว่าสภาวะน่าสบาย โดยกรณีเรือนล้านนาทั่วไป จะอยู่ในช่วงอุณหภูมิสูงกว่าสภาวะน่าสบาย มากกว่าผนังอิฐดินเบาลำปาง และผนังอิฐขี้เถ้าลอยแม่เมาะ และผนังอิฐดินเบาลำปาง ผนังอิฐขี้เถ้าลอยแม่เมาะมีสัดส่วนที่อยู่ในช่วงต่ำกว่าสภาวะน่าสบายมากกว่ากรณีเรือนล้านนาทั่วไป สาเหตุมาจากพื้นที่ห้องครัวจะอยู่ทางด้านตะวันตกของเรือน จะได้รับอิทธิพลจากดวงอาทิตย์ในเวลาช่วงบ่าย ถึงช่วงพลบค่ำของวัน ผนังอิฐดินเบาลำปาง และผนังอิฐขี้เถ้าลอยแม่เมาะ เป็นวัสดุทึบตัน และมีค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนได้ ประมาณ 2½ ชั่วโมง และไม้จริงที่ใช้เป็นวัสดุประกอบเรือนล้านนาทั่วไป มีค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อน ประมาณ 10 นาที ทำให้กรณีที่ใช้อิฐดินเบาลำปาง และอิฐขี้เถ้าลอยแม่เมาะมีสภาวะที่เกิดขึ้นในช่วงสูงกว่าสภาวะน่าสบาย มีสัดส่วนน้อยกว่ากรณีเรือนล้านนาทั่วไป



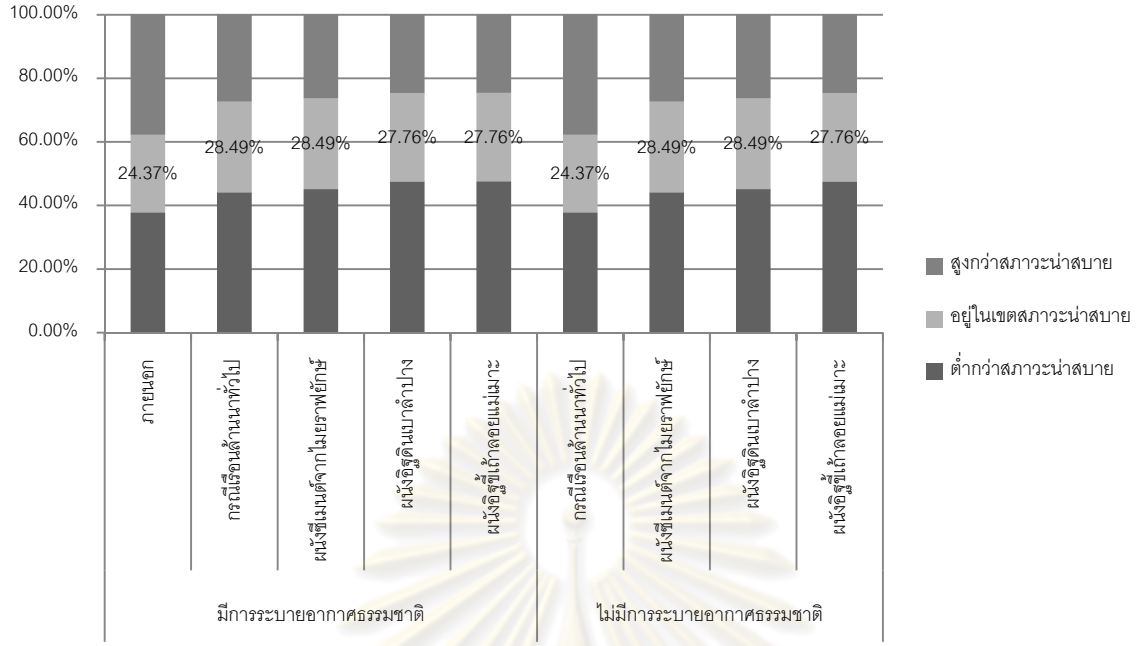
แผนภูมิที่ 4.45 สภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้นช่วงฤดูร้อน เวลากลางวัน ตั้งแต่เวลา 6.00 – 18.00 น. ปี พ.ศ. 2551 ภายในพื้นที่ห้องครัว กรณีมีการระบายอากาศธรรมชาติ



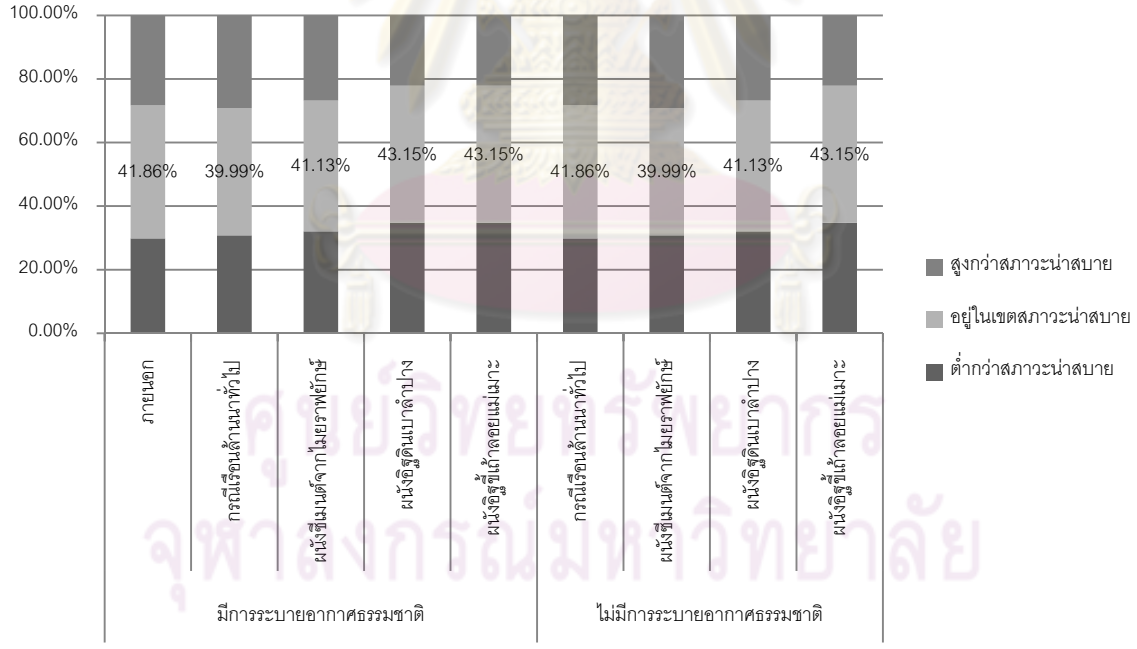
แผนภูมิที่ 4.46 สภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้นช่วงฤดูฝน เวลากลางวัน ตั้งแต่เวลา 6.00 – 18.00 น. ปี พ.ศ. 2551 ภายในพื้นที่ห้องครัว กรณีมีการระบายอากาศธรรมชาติ



แผนภูมิที่ 4.47 สภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้นช่วงฤดูหนาว เวลากลางวัน ตั้งแต่เวลา 6.00 – 18.00 น. ปี พ.ศ. 2551 ภายในพื้นที่ห้องครัว กรณีมีการระบายอากาศธรรมชาติ

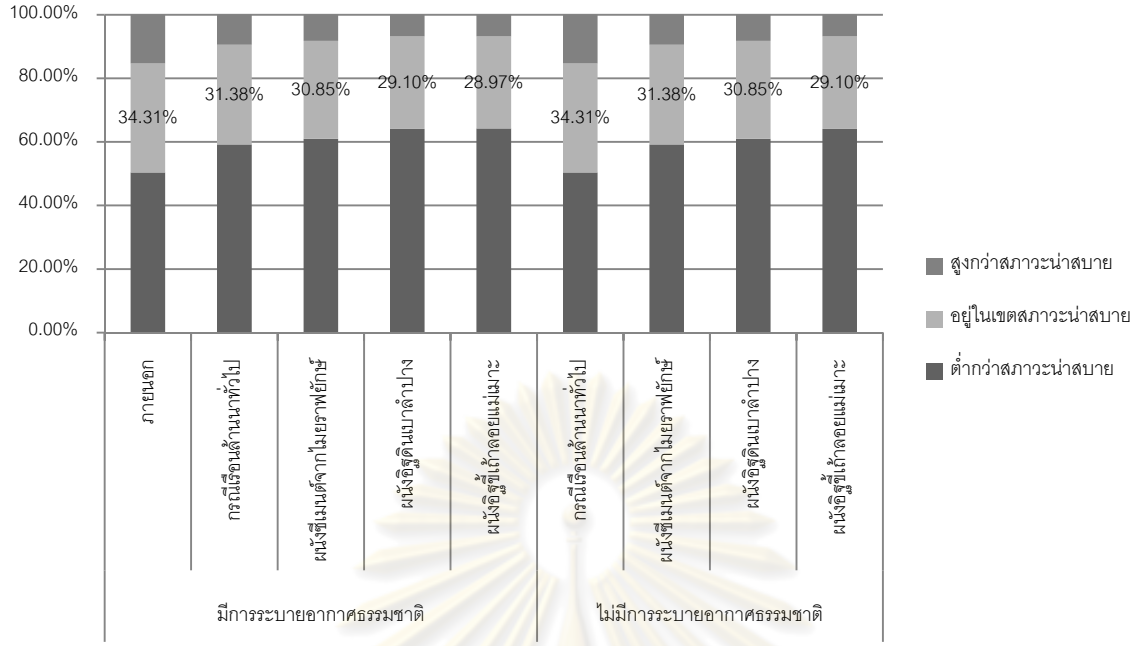


แผนภูมิที่ 4.48 สัดส่วนสภาวะน่าสบาย ที่เกิดขึ้นเวลากลางวัน ตั้งแต่เวลา 6.00 – 18.00 น. ในฤดูร้อน ปี พ.ศ. 2551 พื้นที่ห้องครัวเปรียบเทียบกับภายนอก ของกรณีต่างๆ



แผนภูมิที่ 4.49 สัดส่วนสภาวะน่าสบาย ที่เกิดขึ้นเวลากลางวัน ตั้งแต่เวลา 6.00 – 18.00 น. ในฤดูฝน ปี พ.ศ. 2551 พื้นที่ห้องครัวเปรียบเทียบกับภายนอก ของกรณีต่างๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

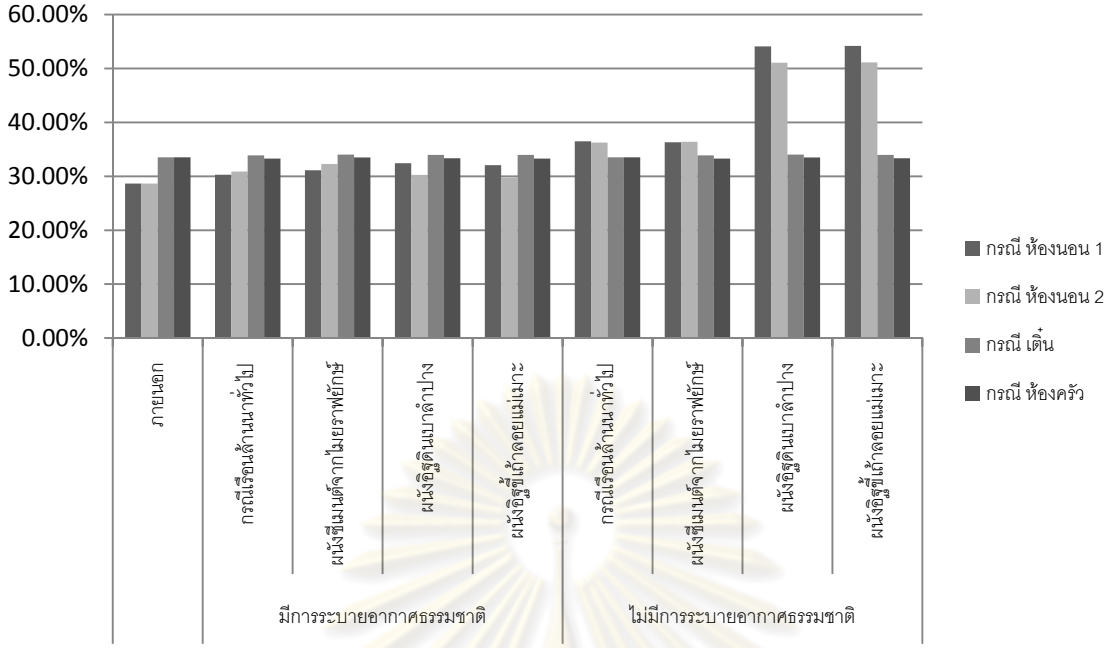


แผนภูมิที่ 4.50 สัดส่วนสภาวะน่าสบาย ที่เกิดขึ้นเวลากลางวัน ตั้งแต่เวลา 6.00 – 18.00 น. ในฤดูหนาว ปี พ.ศ. 2551 พื้นที่ห้องครัวเปรียบเทียบกับภายนอก ของกรณีต่างๆ

จากข้อมูลที่ได้ดำเนินการสรุปสภาวะน่าสบายภายในพื้นที่ต่างๆ สามารถมาสรุปได้ตามตารางที่ 4.13 โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.13 สัดส่วนสภาวะน่าสบาย (เปอร์เซ็นต์) ที่เกิดขึ้น จากการจำลองในโปรแกรม ENER-WIN EC

	กรณี	ห้องนอน 1			ห้องนอน 2			เติ้น			ห้องครัว		
		ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน	ฤดูฝน	ฤดูหนาว
มีการระบายอากาศธรรมชาติ	กรณีเรือนล้านนาทั่วไป	25	39	26	25	43	25	28	42	32	28	40	31
	ผนังซีเมนต์จากไมยราฟยักษ์	26	41	27	26	44	26	28	42	32	28	41	31
	ผนังอิฐดินเบาลำปาง	30	46	22	26	46	18	28	45	32	28	43	29
	ผนังอิฐขี้เถ้าลอยแม่เมาะ	29	45	22	26	45	18	28	42	32	28	43	29
ไม่มีการระบายอากาศธรรมชาติ	กรณีเรือนล้านนาทั่วไป	31	48	31	27	49	30	24	42	34	24	42	34
	ผนังซีเมนต์จากไมยราฟยักษ์	31	48	30	30	49	31	28	42	32	28	40	31
	ผนังอิฐดินเบาลำปาง	49	68	45	47	67	39	28	43	32	28	41	31
	ผนังอิฐขี้เถ้าลอยแม่เมาะ	49	68	45	47	68	38	28	42	32	28	43	29



แผนภูมิที่ 4.51 สัดส่วนสภาวะน่าสบายเฉลี่ยตลอดทั้งปี ของกรณีต่างๆ ที่ได้จำลองในโปรแกรม Ener-win EC

4.6 ขั้นตอนวิเคราะห์ผลการทดลอง

ผลการจำลองเปรียบเทียบวัสดุท้องถิ่นสมัยใหม่กับวัสดุไม้จริงที่ใช้ประกอบเรือนล้านนา โดยเปรียบเทียบ พื้นที่ห้องนอน 1 ห้องนอน 2 เติ๋น และห้องครัว ผลที่ได้มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.6.1 ห้องนอน 1

สภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้นภายในห้อง 1 ได้เรียงลำดับกรณีที่มีสัดส่วนสภาวะน่าสบายมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด ตามตารางที่ 4.14 จะเห็นได้ว่า สภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้นกรณีที่ไม่มีการระบายอากาศธรรมชาติ จะมีสัดส่วนสภาวะน่าสบายมากกว่ากรณีที่มีการระบายอากาศธรรมชาติ และกรณีที่วัสดุมีค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนสูง จะมีสภาวะน่าสบายมากกว่ากรณีที่มีค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนต่ำ และกรณีที่มีอัตราการรั่วซึมต่ำจะมีสภาวะน่าสบายมากกว่ากรณีที่มีอัตราการรั่วซึมสูง ซึ่งกรณีที่ใช้ผนังอิฐดินขี้เถ้าลอยแม่เมาะ ไม่มีการระบายอากาศธรรมชาติ และกรณีที่ใช้ผนังอิฐดินเบาลำปาง ไม่มีการระบายอากาศธรรมชาติ จะมีสัดส่วนสภาวะน่าสบายมากที่สุดจากกรณีที่ทำการศึกษา โดยมีสภาวะน่าสบายใกล้เคียงกันคือ 54.18 และ 54.10 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และรองลงมาจะเป็นกรณีเรือนล้านนาทั่วไป ไม่มีการระบายอากาศธรรมชาติ และกรณีใช้ผนังซีเมนต์จากใยไผ่ยักษ์ ไม่มีการระบายอากาศ โดยมีสภาวะน่าสบายใกล้เคียงกันคือ

36.48 และ 36.30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และในส่วนกรณีที่มีการระบายอากาศธรรมชาติ สภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้นทุกๆ กรณีจะมีความใกล้เคียงกัน โดยอยู่ระหว่าง 30.29 – 32.44 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.14 ลำดับกรณีที่อยู่ในช่วงสภาวะน่าสบายมากที่สุด ถึงน้อยที่สุด ห้องนอน 1

ลำดับ		กรณี	สัดส่วนสภาวะน่าสบาย	ค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อน (ชั่วโมง)	อัตราการรั่วซึมของผนัง	ความหนา (เซนติเมตร)
1	ไม่มีการระบายอากาศธรรมชาติ	ผนังอิฐขี้เถ้าลอยแม่เมาะ	54.18%	2 ½	0.30	10
2		ผนังอิฐดินเบาลำปาง	54.10%	2 ½	0.30	10
3		กรณีเรือนล้านนาทั่วไป	36.48%	10 นาที	120	1.25
4		ผนังซีเมนต์จากไมยราฟยักษ์	36.30%	10 นาที	120	1.25
5	มีการระบายอากาศธรรมชาติ	ผนังอิฐดินเบาลำปาง	32.44%	2 ½	0.30	10
6		ผนังอิฐขี้เถ้าลอยแม่เมาะ	32.07%	2 ½	0.30	10
7		ผนังซีเมนต์จากไมยราฟยักษ์	31.11%	10 นาที	120	1.25
8		กรณีเรือนล้านนาทั่วไป	30.29%	10 นาที	120	1.25

4.6.2 **ห้องนอน** 2

สภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้นภายในห้อง 2 ได้เรียงลำดับกรณีที่มีสัดส่วนสภาวะน่าสบายมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด ตามตารางที่ 4.15 จะเห็นได้ว่า สภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้นกรณีที่ไม่มีการระบายอากาศธรรมชาติ จะมีสัดส่วนสภาวะน่าสบายมากกว่ากรณีที่มีการระบายอากาศธรรมชาติ และกรณีที่วัสดุมีค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนสูง จะมีสภาวะน่าสบายมากกว่ากรณีที่มีค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนต่ำ และกรณีที่มีอัตราการรั่วซึมต่ำจะมีสภาวะน่าสบายมากกว่ากรณีที่มีอัตราการรั่วซึมสูง ซึ่งกรณีที่ใช้ผนังอิฐดินขี้เถ้าลอยแม่เมาะ ไม่มีการระบายอากาศธรรมชาติ และกรณีที่ใช้ผนังอิฐดินเบาลำปาง ไม่มีการระบายอากาศธรรมชาติ จะมีสัดส่วนสภาวะน่าสบายมากที่สุดจากกรณีที่ทำการศึกษา โดยมีสภาวะน่าสบายใกล้เคียงกันคือ 51.11 และ 51.06 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และรองลงมาจะเป็น กรณีใช้ผนังซีเมนต์จากใยไมยราฟยักษ์ ไม่มีการระบายอากาศ และกรณีเรือนล้านนาทั่วไป ไม่มีการระบายอากาศธรรมชาติ โดยมีสภาวะน่าสบายใกล้เคียงกันคือ 36.39 และ 36.27 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และในส่วนกรณีที่มีการระบายอากาศธรรมชาติ

สภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้นทุกๆ กรณีจะมีความใกล้เคียงกัน โดยอยู่ระหว่าง 29.77 – 32.28 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.15 ลำดับกรณีที่อยู่ในช่วงสภาวะน่าสบายมากที่สุด ถึงน้อยที่สุด ห้องนอน 2

ลำดับ			กรณี	สัดส่วนสภาวะน่าสบาย	ค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อน (ชั่วโมง)	อัตราการรั่วซึมของผนัง	ความหนา (เซนติเมตร)
1	ไม่มีการระบายอากาศธรรมชาติ		ผนังอิฐขี้เถ้าลอยแม่เมาะ	51.11	2 ½	0.30	10
2			ผนังอิฐดินเบาลำปาง	51.06	2 ½	0.30	10
3			ผนังซีเมนต์จากไมยราฟยักษ์	36.39	10 นาที	120	1.25
4			กรณีเรือนล้านนาทั่วไป	36.27	10 นาที	120	1.25
5	มีการระบายอากาศธรรมชาติ		ผนังซีเมนต์จากไมยราฟยักษ์	32.28	2 ½	0.30	10
6			กรณีเรือนล้านนาทั่วไป	30.88	2 ½	0.30	10
7			ผนังอิฐดินเบาลำปาง	30.25	10 นาที	120	1.25
8			ผนังอิฐขี้เถ้าลอยแม่เมาะ	29.77	10 นาที	120	1.25

4.6.3 เติ๋น

สภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้นภายในพื้นที่เติ๋น ทุกกรณีมีสภาวะน่าสบายใกล้เคียงกัน โดยมีสัดส่วนสภาวะน่าสบาย 33.51 – 34.03 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากพื้นที่เติ๋น เป็นพื้นที่เปิดโล่ง ซึ่งจะได้รับอิทธิพลจากภายนอกได้โดยตรง

ตารางที่ 4.16 ลำดับกรณีที่อยู่ในช่วงสภาวะน่าสบายมากที่สุด ถึงน้อยที่สุด พื้นที่เติ๋น

ลำดับ			กรณี	สัดส่วนสภาวะน่าสบาย	ค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อน (ชั่วโมง)	อัตราการรั่วซึมของผนัง	ความหนา (เซนติเมตร)
1	มีการระบายอากาศธรรมชาติ		ผนังซีเมนต์จากไมยราฟยักษ์	34.03	10 นาที	120	1.25
2			ผนังอิฐขี้เถ้าลอยแม่เมาะ	33.96	2 ½	0.30	10
3			ผนังอิฐดินเบาลำปาง	33.96	2 ½	0.30	10
4			กรณีเรือนล้านนาทั่วไป	33.51	10 นาที	120	1.25

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.6.4 ห้องครัว

สภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้นภายในพื้นที่ห้องครัว ทุกกรณีมีสภาวะน่าสบายใกล้เคียงกัน โดยมีสัดส่วนสภาวะน่าสบาย 33.49 – 33.29 เปอร์เซ็นต์ และพื้นที่นี้เป็นพื้นที่กึ่งเปิดโล่ง โดยอากาศสามารถเข้ามาจากบริเวณทางเดินระหว่างห้องนอน 1 และห้องนอน 2 และออกไปทางหน้าต่างทางด้านหลังเรือน

ตารางที่ 4.17 ลำดับกรณีที่อยู่ในช่วงสภาวะน่าสบายมากที่สุด ถึงน้อยที่สุด พื้นที่ห้องครัว

ลำดับ		กรณี	สัดส่วนสภาวะน่าสบาย	ค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อน (ชั่วโมง)	อัตราการรั่วซึมของผนัง	ความหนา (เซนติเมตร)
1	มีการระบายอากาศธรรมชาติ	ผนังซีเมนต์จากไมยราฟยักษ์	33.49	10 นาที	120	1.25
2		ผนังอิฐดินเบาลำปาง	33.33	2 ½	0.30	10
3		ผนังอิฐขี้เถ้าลอยแม่เมาะ	33.29	2 ½	0.30	10
4		กรณีเรือนล้านนาทั่วไป	33.29	10 นาที	120	1.25

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุป

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงสำรวจ - ทดลอง (survey and experimental research) เพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงเรือนล้านนา ให้มีความเหมาะสมกับสภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศ ในปัจจุบันทางด้านอุณหภาพ โดยเลือกใช้วัสดุท้องถิ่นสมัยใหม่ มาใช้แทนไม้จริง ที่ปัจจุบันหาได้ยาก และมีราคาแพง และได้จำลองภายในโปรแกรม ENERWIN-EC โดยมีกรณีที่ได้จำลองอยู่ 8 กรณี โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

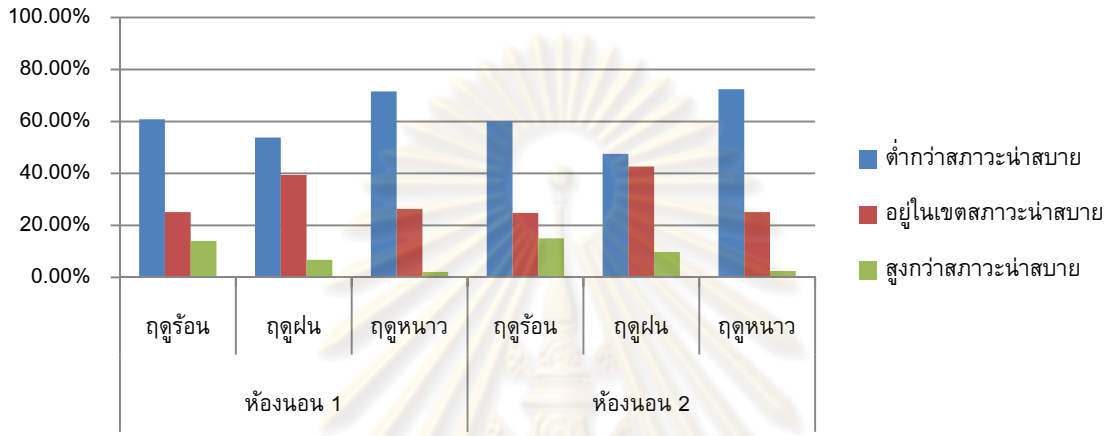
- กรณีเรือนล้านนาทั่วไป มีการระบายอากาศโดยธรรมชาติ
- กรณีเรือนล้านนาทั่วไป ไม่มีการระบายอากาศโดยธรรมชาติ
- ผนังซีเมนต์จากใยไมยราฟยักษ์ มีการระบายอากาศโดยธรรมชาติ
- ผนังซีเมนต์จากใยไมยราฟยักษ์ ไม่มีการระบายอากาศโดยธรรมชาติ
- ผนังจากอิฐดินเบาลำปาง มีการระบายอากาศโดยธรรมชาติ
- ผนังจากอิฐดินเบาลำปาง ไม่มีการระบายอากาศโดยธรรมชาติ
- ผนังจากอิฐขี้เถ้าลอยแม่เมาะ มีการระบายอากาศโดยธรรมชาติ
- ผนังจากอิฐขี้เถ้าลอยแม่เมาะ ไม่มีการระบายอากาศโดยธรรมชาติ

โดยเรือนที่ใช้สำหรับการจำลองภายในโปรแกรม ENER-WIN EC คือ เรือนของนางพันวงศ์ใหญ่ มีพื้นที่ทั้งสิ้น 94.34 ตร.ม. โดยแบ่งพื้นที่ที่ทำการศึกษาออกเป็น 4 ส่วนคือ ห้องนอน 1, ห้องนอน 2, เติ๋น, และห้องครัว เนื่องจากพื้นที่พักผ่อน เป็นลักษณะการเปลี่ยนแปลงการใช้งานของยุ้งฉาง ซึ่งถือว่าเป็นพื้นที่ขยาย จากรูปแบบเรือนตามประเพณี จึงไม่ทำการศึกษาในบริเวณนั้น

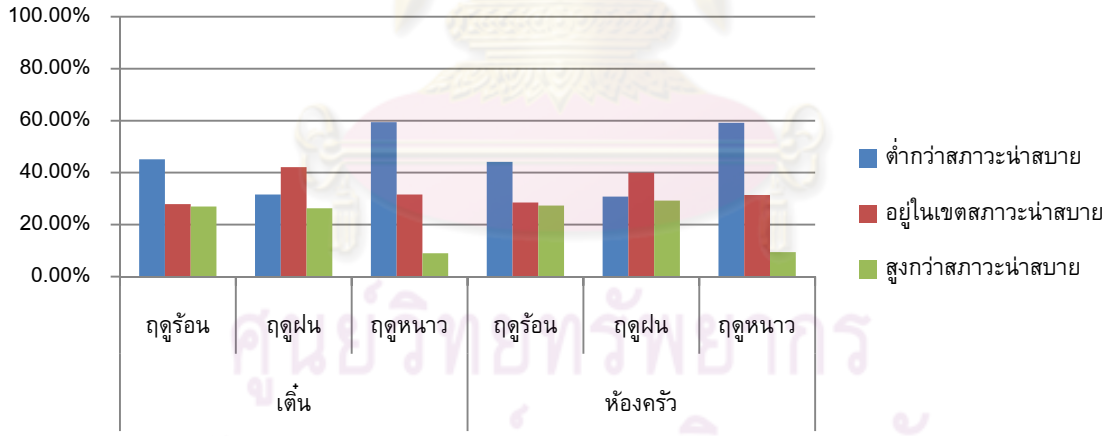
5.1.1 ความเหมาะสมทางด้านอุณหภาพ ของเรือนล้านนาในปัจจุบัน กับสภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศ

จากการจำลองภายในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ พบว่า เรือนล้านนาในปัจจุบัน มีสภาวะน่าสบายตลอดทั้งปี ประมาณ 30 เปอร์เซนต์ และจำแนกออกเป็นพื้นที่ห้องนอน 1 ห้องนอน 2 เติ๋น และห้องครัว โดยมีสภาวะน่าสบายเฉลี่ยตลอดทั้งปี 30.29 เปอร์เซ็นต์ 30.88 เปอร์เซ็นต์ 33.87 เปอร์เซ็นต์ และ 33.29 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าเรือน

ล้านนาในปัจจุบัน ยังมีความเหมาะสมในระดับหนึ่ง โดยในช่วงฤดูฝนจะมีสัดส่วนสภาวะน่าสบายมากที่สุด และสภาวะที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่ตลอดทั้งปีของเรือนล้านนาทั่วไป จะอยู่ในช่วงอุณหภูมิต่ำกว่าสภาวะน่าสบาย โดยเฉลี่ยตลอดทั้งปี ห้องนอน1 62 เปอร์เซ็นต์ ห้องนอน2 60 เปอร์เซ็นต์ เติ่น 45.39 เปอร์เซ็นต์ ห้องครัว 44.71 เปอร์เซ็นต์



แผนภูมิที่ 5.1 สัดส่วนสภาวะน่าสบายตลอดทั้งปี ช่วงกลางคืน จากการจำลองภายในโปรแกรม Ener-win EC ของกรณีเรือนล้านนาทั่วไป



แผนภูมิที่ 5.2 สัดส่วนสภาวะน่าสบายตลอดทั้งปี ช่วงกลางวัน จากการจำลองภายในโปรแกรม Ener-win EC ของกรณีเรือนล้านนาทั่วไป

5.1.2 ความเหมาะสมของวัสดุท้องถิ่นสมัยใหม่ สำหรับการปรับปรุงเรือนล้านนาในปัจจุบัน ทางด้านรูปแบบ และสภาวะน่าสบาย

จากผลการทดลอง สามารถสรุปความเหมาะสมของวัสดุท้องถิ่นสมัยใหม่ทั้ง 3 ชนิด คือ ผนังซีเมนต์จากใยไมยราฟยักษ์ ผนังอิฐดินเบาลำปาง และผนังอิฐขี้เถ้าลอยแม่เมาะ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.1.2.1 ผนังซีเมนต์จากใยไมยราฟยักษ์ มีคุณสมบัติทางด้านสภาวะน่าสบายใกล้เคียงไม้จริงหนา ½ นิ้ว ซึ่งเป็นวัสดุเดิมที่ใช้ประกอบเรือนล้านนา จากข้อ 5.1.1 พบว่า วัสดุเดิมที่ใช้มีความเหมาะสมทางด้านสภาวะน่าสบายในระดับหนึ่ง โดยมีสัดส่วนสภาวะน่าสบายตลอดทั้งปี ประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ และวัสดุชนิดนี้สามารถทดแทนไม้จริงทางด้านรูปแบบ เนื่องจากวัสดุมีน้ำหนักเบา สามารถติดตั้งได้ทันที่ โดยไม่ต้องทำการปรับปรุงโครงสร้างเดิมของเรือนล้านนา

5.1.2.2 ผนังอิฐดินเบาลำปางและผนังอิฐขี้เถ้าลอยแม่เมาะ มีคุณสมบัติทางด้านสภาวะน่าสบายใกล้เคียงกัน ซึ่งทั้ง 2 ชนิด มีคุณสมบัติดีกว่าไม้จริงหนา ½ นิ้ว ซึ่งเป็นวัสดุเดิมที่ใช้ประกอบเรือนล้านนามาก โดยมีสภาวะน่าสบายมากกว่ากรณีเรือนล้านนาทั่วไป ประมาณ 20 -30 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้มีความเหมาะสมในการใช้สำหรับปรับปรุงเรือนล้านนาทางด้านสภาวะน่าสบาย แต่ในแง่การใช้งานวัสดุทั้ง 2 ชนิดมีน้ำหนักมาก โดยที่อิฐดินเบาลำปาง จะมีน้ำหนักน้อยกว่าอิฐขี้เถ้าลอยแม่เมาะ ซึ่งวัสดุทั้ง 2 ชนิดจะต้องมีการปรับปรุงโครงสร้างของเรือนล้านนาใหม่ เพื่อสามารถที่จะรับน้ำหนักของผนังได้

5.1.3 แนวทางในการปรับปรุงสภาวะน่าสบายของเรือนล้านนา

5.1.3.1 แนวทางแรก คือการปรับปรุงการระบายอากาศธรรมชาติ (natural ventilation) และอัตราการรั่วซึมของผนัง (infiltration rate) เนื่องจากภูมิอากาศของ อำเภอเชียงคำ จังหวัดพะเยา ภูมิอากาศส่วนใหญ่จะหนาวเย็น ทำให้มีความต้องการการป้องกันกระแสลมที่จะเข้าสู่ภายในเรือน และจากผลการจำลองในโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะเห็นได้ว่าสัดส่วนสภาวะน่า

สบายของกรณีที่ไม่มีการระบายอากาศธรรมชาติ จะมีสัดส่วนสภาวะน่าสบายมากกว่ากรณีที่มีการระบายอากาศธรรมชาติ และถ้าวัสดุนั้นมีค่าการรั่วซึมต่ำก็จะช่วยให้สภาวะน่าสบายเพิ่มมากขึ้นได้อีก ซึ่งวัสดุอิฐดินเบาลำปาง และวัสดุอิฐขี้เถ้าลอยแม่เมาะ มีอัตราการรั่วซึมที่ต่ำ เมื่อเทียบกับผนังซีเมนต์จากใยไมยราฟยักษ์และไม้จริง ทำให้วัสดุอิฐขี้เถ้าลอยแม่เมาะ และอิฐดินเบาลำปาง มีความเหมาะสมมากกว่า ผนังไม้จริงและผนังซีเมนต์จากใยไมยราฟยักษ์ และถ้ากรณีมีการปรับปรุงอัตราการรั่วซึมของผนังซีเมนต์จากใยไมยราฟยักษ์และไม้จริง สัดส่วนสภาวะน่าสบายก็จะเพิ่มขึ้นได้

5.1.3.2 แนวทางที่ 2 คือการเลือกใช้วัสดุที่มีความเป็นฉนวน และมีการหน่วงเหนี่ยวความร้อนที่เหมาะสม โดยวัสดุที่ทำการศึกษาทั้ง 4 ชนิด มีค่าการต้านทานความร้อนดังนี้

- ผนังไม้จริง หนา ½ นิ้ว มีค่าการต้านทานความร้อน 10 ตารางเมตรองศาเซลเซียสต่อวัตต์ และมีค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนได้ 10 นาที
- ผนังซีเมนต์จากใยไมยราฟยักษ์ มีค่าการต้านทานความร้อน 3.70 ตารางเมตรองศาเซลเซียสต่อวัตต์ และมีค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนได้ 10 นาที
- ผนังอิฐดินเบาลำปาง มีค่าการต้านทานความร้อน 12.58 ตารางเมตรองศาเซลเซียสต่อวัตต์ และมีค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนได้ 2 ½ ชั่วโมง
- ผนังอิฐขี้เถ้าลอยแม่เมาะ มีค่าการต้านทานความร้อน 15.90 ตารางเมตรองศาเซลเซียสต่อวัตต์ และมีค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนได้ 2 ½ ชั่วโมง

จะเห็นได้ว่า ผนังอิฐขี้เถ้าลอยแม่เมาะ จะมีค่าการต้านทานความร้อนมากที่สุด รองลงมาคืออิฐดินเบาลำปาง ผนังไม้จริง และผนังซีเมนต์จากใยไมยราฟยักษ์ ตามลำดับ และผนังอิฐดินเบาลำปาง ผนังอิฐขี้เถ้าลอยแม่เมาะมีค่า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การหน่วงเหนี่ยวความร้อน 2½ ชั่วโมง มากกว่าผนังซีเมนต์จากใยไมยราฟยักษ์และผนังไม้จริง ที่มีค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อน 10 นาที ซึ่งจะช่วงให้ผนังสะสมความร้อน และคายความร้อนในช่วงหัวค่ำของวัน จะช่วยให้ความอบอุ่นภายในห้องนอนได้ ดังนั้นผนังอิฐขี้เถ้าลอยแม่เมาะจะมีความเหมาะสมที่สุด รองลงมาคือผนังอิฐดินเบาลำปาง ผนังไม้จริง และผนังซีเมนต์จากใยไมยราฟยักษ์ ตามลำดับ

5.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

5.2.1 ควรเก็บข้อมูลตัวแปรเพิ่ม คือ รังสีอาทิตย์ ความเร็วลม ทิศทางลม จากสถานที่ที่ทำการศึกษาจริง เนื่องจากตัวแปรที่มีผลต่อสภาพภูมิอากาศภายนอกเป็นอย่างมาก

5.2.2 การวิจัยนี้ ศึกษาเฉพาะตัวเรือนล้านนาเท่านั้น ไม่ได้รวมสิ่งแวดล้อมภายนอก ภายในอาณาเขตของเรือน วิถีชีวิต การแต่งกาย ของเจ้าของเรือน ซึ่งเป็นตัวแปรหนึ่งที่ส่งผลต่อสภาวะน่าสบายภายในเรือนล้านนา

5.2.3 วัสดุท้องถิ่นสมัยใหม่ ที่นำมาศึกษา เป็นแค่วัสดุตัวอย่าง มีเฉพาะผนังซีเมนต์จากใยไมยราฟยักษ์เท่านั้น ที่มีการผลิตและใช้งานจริงแล้ว ซึ่งใน อ.เชียงคำ จ.พะเยา ก็ยังมีวัสดุที่จะนำมาใช้เป็นเส้นใยได้ แต่ในส่วนอิฐดินเบาลำปาง และอิฐขี้เถ้าลอยแม่เมาะ ไม่สามารถหาได้ใน อ.เชียงคำ แต่หาได้ง่ายในจังหวัดใกล้เคียง คือจังหวัดลำปาง และจากการสัมภาษณ์ ดร. เกศรินทร์ พิมรักษา รองหัวหน้าภาควิชา เคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ วัสดุที่จะใช้ในการทำอิฐดินเบาลำปาง สามารถที่จะใช้ดินภายในพื้นที่ อ. เชียงคำ ได้ แต่คุณสมบัติอาจจะเปลี่ยนไป

5.2.4 ควรทำการศึกษาเปรียบเทียบวัสดุหลังคาเพิ่ม เนื่องจากหลังคาเป็นตัวแปรหนึ่งที่ส่งผลต่อสภาวะน่าสบาย ที่ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ตรงมากที่สุด

5.2.5 ควรทำการทดสอบวัสดุท้องถิ่นสมัยใหม่ ที่จะใช้ในการปรับปรุงเรือนล้านนา ในสถานที่จริง เพื่อจะได้ข้อมูลสภาวะน่าสบายที่เกิดขึ้นจริงภายในเรือนล้านนา

5.2.6 ควรทำการศึกษาเปรียบเทียบสภาวะน่าสบาย ของเรือนล้านนาในปัจจุบัน กับเรือนสมัยใหม่ ที่ใช้วัสดุก่ออิฐฉาบปูนเป็นส่วนใหญ่

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กิจชัย จิตขจรวานิช. สภาวะสบายและการปรับตัวเพื่ออยู่แบบสบายของคนในท้องถิ่น (Thermal Comfort and Adaptability to Living for Local People). กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2547

ดร.เกศรินทร์ พิมรักษา. วัสดุท้องถิ่นสมัยใหม่, วันที่ 11 สิงหาคม พ.ศ. 2552

คณะวิศวกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. โครงการศึกษาวิจัยเคหะพื้นถิ่นแบบบูรณาการเพื่อการพึ่งพาตัวเอง. เชียงใหม่ : 239 ถนนห้วยแก้ว ต.สุเทพ อ.เมือง, 2549

จังหวัดเชียงราย [online]. 2005. แหล่งที่มา : http://th.wikipedia.org/wiki/จังหวัดเชียงราย, 23 กรกฎาคม 2552.

ชูสิทธิ์ ชูชาติ. การผลิตเพื่อเลี้ยตัวเองในสังคมศักดินา : ศึกษาเฉพาะการผลิตระดับหมู่บ้านในภาคเหนือของประเทศ พ.ศ. 1839 - 2475, ประวัติศาสตร์เศรษฐกิจไทยจนถึง พ.ศ. 2483. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ และมูลนิธิโครงการตำราสังคมศาสตร์และมนุษย์ศาสตร์, 2527

ธนิต จินดาวณิค. เอกสารคำสอน วิชา การอนุรักษ์พลังงานในการออกแบบสถาปัตยกรรม. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ธนิต จินดาวณิค. คมกฤช ชูเกียรติมั่น และร.อ.หญิง ปริมลาภ วสุวัต, ข้อมูลอากาศประเทศไทยสำหรับงานอนุรักษ์พลังงาน เล่มที่ 3. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นุกูล ชมภูนิช. บ้านไทย เอกลักษณ์ของชาติ. กรุงเทพฯ : โอ.เอส.พริ้นติ้ง เฮ้าส์ เขตบางกอกน้อย, 2548

ประวัติเชียงคำ. [online]. 2005. แหล่งที่มา : http://www.ckhealth.org/old/aboutme.htm, 23 กรกฎาคม 2552.

รศ.สมสิทธิ์ นิตยะ. การออกแบบอาคารสำหรับภูมิอากาศเขตร้อนชื้น. ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541

ฤดูของประเทศไทย.[Online] . (2004). แหล่งที่มา http://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=23, 18 กรกฎาคม 2552

อนุวิทย์ เจริญศุภกุล วิวัตฒน์ เตมียพันธ์. เรือนไทยล้านนาและประเพณีการปลูกเรือน. พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ท่าพระจันทร์, 2539

ศ. อัน นิมมนานเหมินทร์. เรือนไทยแบบดั้งเดิม. อาษา ฉบับที่ 2, 2512

ภาษาอังกฤษ

American Society of Heating. Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc. ASHRAE Standard 55-2004. USA : 1791 Tullie Circle NE, Atlanta, GA 30329

Bronson, D. 1992. Calibrating DOE-2 to weather and non-weather-dependent loads for a commercial building: Data processing routines to calibrate a DOE-2 model, volume II. Energy Systems Laboratory Technical Report No. ESL-TR-92/04-02. Texas A&M University, College Station.

Donald Watson. Climatic Design. New York :McGraw-Hill Book Company, 1983

Givoni, B. Man. Climate and Architecture. Amsterdam: Elseveir Publishing CompanyLimited, 1969

Humphreys, M A and J F Nicol. Field study of Thermal Comfort and Adaptation ASHRAE Technical data Bulletin Vol. 14 no.1. USA : 1791 Tullie Circle NE. Atlanta. GA 30329

International Standard. ISO 7730:2005 Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and locol thermal comfort criteria. Switzerland: Case postale 56. CH-1211 Geneva 20

Larry O. Degelman (2007). ENER-WIN EC(energy compliance). Degelman Engineering Group, Inc, 2206 Quail Run College station Taxas 77845, USA. 2007

Sreshthaputra, A. (2003). Building design and operation for improving thermal comfort in naturally ventilated buildings in a hot-humid climate. Ph.D. Dissertation. Texas A&M University, College Station, USA.

Visual DOE 4.0. Architectural Energy Corporation 142 Minna St., San Francisco CA 94105. USA. 2004

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การแก้ไข ฐานข้อมูลสภาพอากาศ (weather data) **จ.เชียงราย สำหรับโปรแกรม** Visual DOE 4.1

พื้นที่ที่ทำการศึกษา สภาวะน่าสบายของเรือนล้านนาร่วมสมัย อยู่ในพื้นที่ อำเภอเชียงคำ จังหวัดพะเยา ซึ่งในอดีต อำเภอเชียงคำ อยู่ในพื้นที่จังหวัดเชียงราย และในปี พ.ศ. 2520 จังหวัดพะเยา ได้สถาปนาเป็นจังหวัด ทำให้อำเภอเชียงคำ กลายเป็นส่วนหนึ่งของ จังหวัดพะเยา ดังนั้นจึงสามารถที่จะใช้ข้อมูลสภาพอากาศของจังหวัดเชียงรายได้ และเนื่องจาก โปรแกรม Visual DOE 4.1 ไม่มีฐานข้อมูล ของจังหวัดเชียงราย จึงใช้ข้อมูลสภาพอากาศ ของจังหวัดเชียงราย จากกรมอุตุนิยมวิทยา โดยมีข้อมูลอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ กระแสลม รายชั่วโมง ตลอดทั้งปี พ.ศ. 2552 แต่เนื่องจากจังหวัดเชียงราย ไม่มีข้อมูลรังสีอาทิตย์ และกรมอุตุนิยมวิทยา มีข้อมูลรังสีอาทิตย์เฉพาะ จังหวัดกรุงเทพมหานคร จึงเลือกใช้ข้อมูลรังสีอาทิตย์ของจังหวัดกรุงเทพมหานคร แทน และมีขั้นตอนในการแก้ไขฐานข้อมูลสภาพอากาศ ให้สามารถใช้งานในโปรแกรม Visual DOE 4.1 ดังต่อไปนี้

1. นำข้อมูลอุณหภูมิ ความชื้นสัมพันธ์ และความเร็วลม ของปี พ.ศ. 2552 ของจังหวัดเชียงราย และข้อมูลรังสีอาทิตย์ ของปี พ.ศ. 2552 ของจังหวัดกรุงเทพมหานคร กรมอุตุนิยมวิทยา มาปรับหน่วยให้ตรงกับโปรแกรม LS2TRY[1] โดยที่จะต้องแปลงหน่วยข้อมูลต่างๆ ดังต่อไปนี้

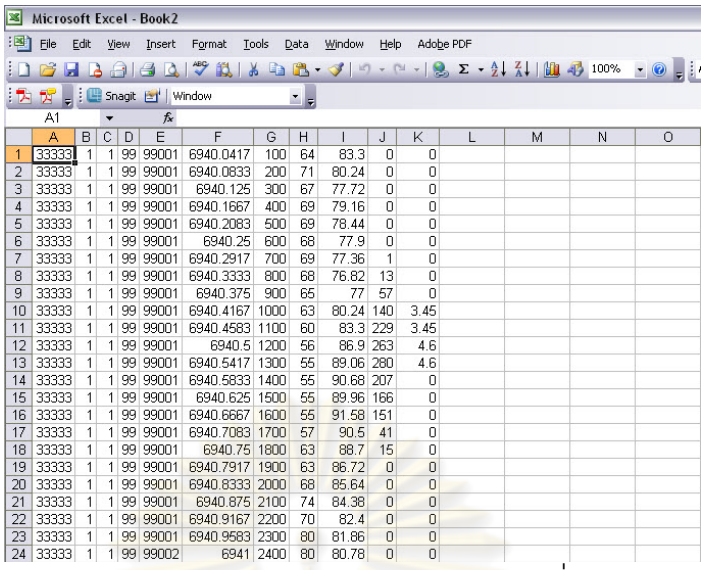
ตารางที่ ก1 แสดงหน่วยของข้อมูลที่จะต้องแปลง สำหรับโปรแกรม LS2TRY

หน่วย	ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา	โปรแกรม LS2TRY
RH	%	%
อุณหภูมิกระเปาะแห้ง	°C	°F
ค่าการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์	mj/m^2	w/m^2
ความเร็วลม	knot	mph

2. ใช้โปรแกรม Excel แก้ไข weather_file.dat ของโปรแกรม LS2TRY โดยแก้ไขให้เป็นข้อมูลสภาพอากาศของ จ.เชียงราย โดยแก้ไขในแต่ละ column โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

STATION,MM,DM,YR,JULDY,DECTIME,HD,RH,F,IG,WSP

[1] Bronson, D. 1992. **Calibrating DOE-2 to weather and non-weather-dependent loads for a commercial building: Data processing routines to calibrate a DOE-2 model, volume II. Energy Systems Laboratory Technical Report No. ESL-TR-92/04-02**. Texas A&M University, College Station.



Microsoft Excel - Book2

File Edit View Insert Format Tools Data Window Help Adobe PDF

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	33333	1	1	99	99001	6940.0417	100	64	83.3	0	0				
2	33333	1	1	99	99001	6940.0833	200	71	80.24	0	0				
3	33333	1	1	99	99001	6940.125	300	67	77.72	0	0				
4	33333	1	1	99	99001	6940.1667	400	69	79.16	0	0				
5	33333	1	1	99	99001	6940.2083	500	69	78.44	0	0				
6	33333	1	1	99	99001	6940.25	600	68	77.9	0	0				
7	33333	1	1	99	99001	6940.2917	700	69	77.36	1	0				
8	33333	1	1	99	99001	6940.3333	800	68	76.82	13	0				
9	33333	1	1	99	99001	6940.375	900	65	77	57	0				
10	33333	1	1	99	99001	6940.4167	1000	63	80.24	140	3.45				
11	33333	1	1	99	99001	6940.4583	1100	60	83.3	229	3.45				
12	33333	1	1	99	99001	6940.5	1200	56	86.9	263	4.6				
13	33333	1	1	99	99001	6940.5417	1300	55	89.06	280	4.6				
14	33333	1	1	99	99001	6940.5833	1400	55	90.68	207	0				
15	33333	1	1	99	99001	6940.625	1500	55	89.96	166	0				
16	33333	1	1	99	99001	6940.6667	1600	55	91.58	151	0				
17	33333	1	1	99	99001	6940.7083	1700	57	90.5	41	0				
18	33333	1	1	99	99001	6940.75	1800	63	88.7	15	0				
19	33333	1	1	99	99001	6940.7917	1900	63	86.72	0	0				
20	33333	1	1	99	99001	6940.8333	2000	68	85.64	0	0				
21	33333	1	1	99	99001	6940.875	2100	74	84.38	0	0				
22	33333	1	1	99	99001	6940.9167	2200	70	82.4	0	0				
23	33333	1	1	99	99001	6940.9583	2300	80	81.86	0	0				
24	33333	1	1	99	99002	6941	2400	80	80.78	0	0				

ภาพที่ ก1 แสดงข้อมูล weather_file.dat ของโปรแกรม LS2TRY ที่ต้องแก้ไขในโปรแกรม excel

MM = เดือน

DM = วัน

DECTIME = DECIMAL TIME/PASSED THRU THE PROGRAM

HD = ชั่วโมงภายในหนึ่งวัน

JULDY = JULIAN DATE

YR = ปี

RH = ความชื้นสัมพันธ์ (%)

F = อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (F)

IG = ค่าการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ (W/M^2)

WSP = ความเร็วลม (MPH)

4. เมื่อแก้ไขข้อมูลไพล์ weather_file.dat ได้แล้วให้รันไพล์ LS2TRY.EXE จะได้ไพล์ weather_try.seq
5. ให้แก้ไขนามสกุลไพล์ weather_try.seq เป็นนามสกุล .fmt
6. เปิดโปรแกรม visual doe 4.1 แล้วเลือก tool / weather file converter เพื่อเปลี่ยนนามสกุล จาก .fmt เป็น .bin เพื่อให้โปรแกรม visual doe 4.1 สามารถใช้ได้[2]

[2] Sreshthaputra, A. (2003). **Building design and operation for improving thermal comfort in naturally ventilated buildings in a hot-humid climate**. Ph.D. Dissertation. Texas A&M University, College Station, USA.

ภาคผนวก ข

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อมูลที่ป้อนเข้าไปในโปรแกรม Visual DOE 4.1

```
$DOE-2.1E Input File
$Created by VisualDOE Jun 29, 2009
$
##write


$=======================================
$
$         Project Description
$=======================================
$
$

$=======================================
$
$           DOE-2 INPUT
$=======================================
$
TITLE
  LINE-1 = *Green Design Tools*
  LINE-3 = *Base Case*
  LINE-4 = * House\Lanna Thai House -
infil3.gph*
  LINE-5 = *VisualDOE 4.1.0 * ..

$=======================================
$
$         LOADS INPUT
$=======================================
$
INPUT LOADS
    INPUT-UNITS METRIC
    OUTPUT-UNITS METRIC
..
ABORT ERRORS ..

RUN-PERIOD    JAN  1, 1995 THRU DEC 31, 1995 ..

BUILDING-LOCATION
$Building Azimuth is corrected for DOE2.1
by 180? (Entered Value = 180)
   AZIMUTH = 0
   ALTITUDE = 800 $ Site Altitude
   DAYLIGHT-SAVINGS = YES
   HOLIDAY = NO
   SURF-TEMP-CALC = YES
..
$=======================================
$
$   Window shade defaults & schedules
$=======================================
$

SET-DEFAULT
$Set window shade defaults
FOR WINDOW
MAX-SOLAR-SCH = SOLGAIN1-SCH
OPEN-SHADE-SCH = OPENSHADE1-SCH
VIS-TRANS-SCH = VISTRAN1-SCH
..

$=======================================
$
$       Window Shade Schedules
$=======================================
$

SHADE1-SCH = SCHEDULE
THRU DEC 31 (ALL) (1,24) VALUES = (0.8) ..

SOLGAIN1-SCH = SCHEDULE
THRU DEC 31 (ALL) (1,24) VALUES = (30) ..

OPENSHADE1-SCH = SCHEDULE
THRU DEC 31 (ALL) (1,24) VALUES = (0.7) ..

VISTRAN1-SCH = SCHEDULE
THRU DEC 31 (ALL) (1,24) VALUES = (0.6) ..


$=======================================
$
$           LOADS Schedules
$=======================================
$

OffOcc = SCHEDULE
THRU Dec 31
(WD) (1,24) VALUES =
(0., 0., 0., 0., 0., 0., 0.1, 0.2
, 0.95, 0.95, 0.95, 0.95, 0.5, 0.95, 0.95, 0.95
, 0.95, 0.3, 0.1, 0.1, 0.1, 0.1, 0.05, 0.05)
(SAT) (1,24) VALUES =
(0., 0., 0., 0., 0., 0., 0.1, 0.1
, 0.3, 0.3, 0.3, 0.3, 0.1, 0.1, 0.1, 0.1
, 0.1, 0.05, 0.05, 0., 0., 0., 0., 0.)
(SUN) (1,24) VALUES =
(0., 0., 0., 0., 0., 0., 0.05, 0.05
, 0.05, 0.05, 0.05, 0.05, 0.05, 0.05, 0.05, 0.05
, 0.05, 0.05, 0., 0., 0., 0., 0., 0.)
(HOL) (1,24) VALUES =
(0., 0., 0., 0., 0., 0., 0.05, 0.05
, 0.05, 0.05, 0.05, 0.05, 0.05, 0.05, 0.05, 0.05
, 0.05, 0.05, 0., 0., 0., 0., 0., 0.)
..
Thai_House_Occu = SCHEDULE
THRU Dec 31
(WD) (1,24) VALUES =
(1., 1., 1., 1., 1., 1., 1., 0.
, 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0.
, 0., 1., 1., 1., 1., 1., 1., 1.)
(WEH) (1,24) VALUES =
(1., 1., 1., 1., 1., 1., 1., 1.
, 1., 1., 1., 1., 1., 1., 1., 1.
, 1., 1., 1., 1., 1., 1., 1., 1.)
..
Thai_House_Light = SCHEDULE
THRU Dec 31
(WD) (1,24) VALUES =
(0., 0., 0., 0., 0., 1., 1., 0.
, 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0.
, 0., 1., 1., 1., 1., 1., 0., 0.)
```

```
(WEH) (1,24) VALUES =
(0., 0., 0., 0., 0., 1., 1., 0.
, 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0.
, 0., 1., 1., 1., 1., 1., 0., 0.)
..
Thai_House_Infi = SCHEDULE
THRU Dec 31
(WD) (1,24) VALUES =
(0.7, 0.7, 0.7, 0.7, 0.7, 1., 0.3, 0.3
, 0.3, 0.3, 0.3, 0.3, 0.3, 0.3, 0.3, 0.3
, 0.3, 1., 1., 0.7, 0.7, 0.7, 0.7, 0.7)
(SAT) (1,24) VALUES =
(0.7, 0.7, 0.7, 0.7, 0.7, 1., 0.3, 0.3
, 0.3, 0.3, 0.3, 0.3, 0.3, 0.3, 0.3, 0.3
, 0.3, 1., 1., 0.7, 0.7, 0.7, 0.7, 0.7)
(SUN) (1,24) VALUES =
(0.7, 0.7, 0.7, 0.7, 0.7, 1., 0.3, 0.3
, 0.3, 0.3, 0.3, 0.3, 0.3, 0.3, 0.3, 0.3
, 0.3, 1., 1., 0.7, 0.7, 0.7, 0.7, 0.7)
(HOL) (1,24) VALUES =
(0.7, 0.7, 0.7, 0.7, 0.7, 1., 0.3, 0.3
, 0.3, 0.3, 0.3, 0.3, 0.3, 0.3, 0.3, 0.3
, 0.3, 1., 1., 0.7, 0.7, 0.7, 0.7, 0.7)
..

$=======================================
$
$         Construction Materials
$=======================================
$

$ Built-up Roofing 3/8 in.
BR01_408 = MATERIAL
THICKNESS = .0095
CONDUCTIVITY = .1625
DENSITY = 1121.26
SPECIFIC-HEAT = 1465.275
..

$ Gypsum Board 5/8 in.
GP02_409 = MATERIAL
THICKNESS = .0159
CONDUCTIVITY = .1602
DENSITY = 800.9
SPECIFIC-HEAT = 837.3
..

$ CMU Medium Wt. 8 in. Concrete Filled
CB32_456 = MATERIAL
THICKNESS = .2032
CONDUCTIVITY = .8578
DENSITY = 1970.214
SPECIFIC-HEAT = 837.3
..

$ Wall Metal Framing  w/ R-30
WMF30_457 = MATERIAL
RESISTANCE = 3.6682
..

$ Polyurethane, Expanded, 2 in.
IN45_479 = MATERIAL
THICKNESS = .0508
CONDUCTIVITY = .023
DENSITY = 24.027
SPECIFIC-HEAT = 1590.87
..

$ Aluminum or Steel Siding
AS01_480 = MATERIAL
THICKNESS = .0015
CONDUCTIVITY = 44.9904
DENSITY = 7688.64
SPECIFIC-HEAT = 418.65
..


$=======================================
$
$         Constructions
$=======================================
$

ASM129455-LAYR = LAYERS
MATERIAL = (
CB32_456 $ CMU Medium Wt. 8 in. Concrete
Filled
, WMF30_457 $ Wall Metal Framing  w/ R-30
, GP02_409 $ Gypsum Board 5/8 in.
)
INSIDE-FILM-RES = 0.12
..

$ CMU grouted, Int. R-30 Mtl., 70% abs.
CMU_GROUTED_455 = CONSTRUCTION
LAYERS = ASM129455-LAYR
ABSORPTANCE = 0.7
ROUGHNESS = 3
..

ASM193478-LAYR = LAYERS
MATERIAL = (
BR01_408 $ Built-up Roofing 3/8 in.
, IN45_479 $ Polyurethane, Expanded, 2 in.
, AS01_480 $ Aluminum or Steel Siding
)
INSIDE-FILM-RES = 0.107
..

$ Mtl Deck, 2 in. insul., Blt-up
MTL_DECK_2_I478 = CONSTRUCTION
LAYERS = ASM193478-LAYR
ABSORPTANCE = 0.7
ROUGHNESS = 1
..

$ Thai Roof 01
THAI_ROOF_0112184 = CONSTRUCTION
ABSORPTANCE = 0.5
ROUGHNESS = 1
$ Overall Uvalue = 4.8570
U-VALUE = 5.6842 $ excluding outside air
film
..
```

```
$ Thai Floor - Wood 01
THAI_FLOOR_W12185 = CONSTRUCTION
ABSORPTANCE = 0.92
ROUGHNESS = 4
$ Overall Uvalue = 2.0010
U-VALUE = 2.1286 $ excluding outside air
film
..

$ Thai Wall - Wood 01
THAI_WALL_WO12186 = CONSTRUCTION
ABSORPTANCE = 0.78
ROUGHNESS = 3
$ Overall Uvalue = 2.7110
U-VALUE = 2.9507 $ excluding outside air
film
..


$ Air construction
AIRCONS = CONSTRUCTION
U-VALUE = 14.75
..

$ Adiabatic construction
ADIABCONS = CONSTRUCTION
U-VALUE = 0.0006
..

$=======================================
$
$             Glazing Materials
$=======================================
$


$=======================================
$
$         Building Shade
$=======================================
$

  $Shade_21001
  SHADE21001 = BUILDING-SHADE
    X = -0.7
    Y = 6.7
    Z = 4.4
    HEIGHT = 2.41
    WIDTH = 5.4
    AZIMUTH = 270
    TILT = 33
    TRANSMITTANCE = 0
    SHADE-VIS-REFL = 0.6
  ..

  $Shade_34002
  SHADE34002 = BUILDING-SHADE
    X = 12
    Y = -3.5
    Z = 0
    HEIGHT = 7
    WIDTH = 16
    AZIMUTH = 90
    TILT = 90
    TRANSMITTANCE = 0
    SHADE-VIS-REFL = 0.8
..

  $Shade_59005
  SHADE59005 = BUILDING-SHADE
    X = -10
    Y = -3.5
    Z = 0
    HEIGHT = 5
    WIDTH = 5
    AZIMUTH = 90
    TILT = 90
    TRANSMITTANCE = 0
    SHADE-VIS-REFL = 0.8
..

  $Shade_67006
  SHADE67006 = BUILDING-SHADE
    X = 3.25
    Y = 1.4
    Z = 4.4
    HEIGHT = 2.41
    WIDTH = 5.4
    AZIMUTH = 90
    TILT = 33
    TRANSMITTANCE = 0
    SHADE-VIS-REFL = 0.6
..

  $Shade_67007
  SHADE67007 = BUILDING-SHADE
    X = 3.25
    Y = 6.7
    Z = 4.4
    HEIGHT = 3.83
    WIDTH = 5.4
    AZIMUTH = 270
    TILT = 33
    TRANSMITTANCE = 0
    SHADE-VIS-REFL = 0.6
..

  $Shade_67008
  SHADE67008 = BUILDING-SHADE
    X = 9.4
    Y = 1.4
    Z = 4.4
    HEIGHT = 3.83
    WIDTH = 5.4
    AZIMUTH = 90
    TILT = 33
    TRANSMITTANCE = 0
    SHADE-VIS-REFL = 0.6
..

  $Shade_67009
  SHADE67009 = BUILDING-SHADE
    X = 0
    Y = 0
    Z = 4.4
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
    HEIGHT = 1.61
    WIDTH = 8
    AZIMUTH = 180
    TILT = 14
    TRANSMITTANCE = 0
    SHADE-VIS-REFL = 0.6
  ..


$=======================================
$
$          Space Descriptions
$=======================================
$

$---------------------------------------
$
$        Room: Air
$---------------------------------------
$
Air_C = SPACE
  AREA = 25.0
  VOLUME = 50.0
  AZIMUTH = 0
  MULTIPLIER = 1
  FLOOR-MULTIPLIER = 1
  ZONE-TYPE = CONDITIONED
$Internal Loads
  LIGHTING-W/AREA = 6.00
  LIGHTING-SCHEDULE = Thai_House_Light
  LIGHTING-TYPE = REC-FLUOR-RV
  LIGHT-TO-SPACE = 1
  LIGHT-TO-RETURN = 0
  EQUIPMENT-W/AREA = 8.073
  EQUIP-SCHEDULE = Thai_House_Light
  INF-SCHEDULE = Thai_House_Infi
  PEOPLE-SCHEDULE = Thai_House_Occu
  PEOPLE-HG-SENS = 67.4006092681885
  PEOPLE-HG-LAT = 55.7004999694824
  AREA/PERSON = 25.0
$Infiltration
  INF-METHOD = AIR-CHANGE
  AIR-CHANGES/HR = 0.2
$Mass
  FLOOR-WEIGHT = 0
  FURNITURE-TYPE = LIGHT
  FURN-FRACTION = 1
  FURN-WEIGHT = 1
  TEMPERATURE = (21.11111)
..


$--------------------$
$ Air-01
$--------------------$
Wall1025 = EXTERIOR-WALL
  SHADING-SURFACE = YES
$ Construction: CMU grouted, Int. R-30
Mtl., 70% abs.
CONSTRUCTION = CMU_GROUTED_455
  X = -15.00
  Y = 5.00
  Z = 0.00
  HEIGHT = 2.000
  WIDTH = 5.000
  TILT = 90.00
  AZ = 270.00
  MULTIPLIER = 1
  INSIDE-VIS-REFL = 0.50
  OUTSIDE-EMISS = 0.9
..


$--------------------$
$ Air-02
$--------------------$
Wall1026 = EXTERIOR-WALL
  SHADING-SURFACE = YES
$ Construction: CMU grouted, Int. R-30
Mtl., 70% abs.
CONSTRUCTION = CMU_GROUTED_455
  X = -10.00
  Y = 5.00
  Z = 0.00
  HEIGHT = 2.000
  WIDTH = 5.000
  TILT = 90.00
  AZ = .00
  MULTIPLIER = 1
  INSIDE-VIS-REFL = 0.50
  OUTSIDE-EMISS = 0.9
..


$--------------------$
$ Air-03
$--------------------$
Wall1027 = EXTERIOR-WALL
  SHADING-SURFACE = YES
$ Construction: CMU grouted, Int. R-30
Mtl., 70% abs.
CONSTRUCTION = CMU_GROUTED_455
  X = -10.00
  Y = 0.00
  Z = 0.00
  HEIGHT = 2.000
  WIDTH = 5.000
  TILT = 90.00
  AZ = 90.00
  MULTIPLIER = 1
  INSIDE-VIS-REFL = 0.50
  OUTSIDE-EMISS = 0.9
..


$--------------------$
$ Air-04
$--------------------$
Wall1028 = EXTERIOR-WALL
  SHADING-SURFACE = YES
$ Construction: CMU grouted, Int. R-30
Mtl., 70% abs.
CONSTRUCTION = CMU_GROUTED_455
  X = -15.00
  Y = 0.00
  Z = 0.00
  HEIGHT = 2.000
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
  WIDTH = 5.000
  TILT = 90.00
  AZ = 180.00
  MULTIPLIER = 1
  INSIDE-VIS-REFL = 0.50
  OUTSIDE-EMISS = 0.9
..


$--------------------$
$ Surface_74175
$--------------------$
Roof74175 = ROOF
  SHADING-SURFACE = NO
$ Construction: Mtl Deck, 2in. insul.,
Blt-up
CONSTRUCTION = MTL_DECK_2_I478
  X = 0.00
  Y = 0.00
  Z = 2.00
  HEIGHT = 5.000
  WIDTH = 5.000
  TILT = 0.00
  AZ = 180.00
  INSIDE-VIS-REFL = 0.70
  OUTSIDE-EMISS = 0.9
..


$--------------------$
$ Surface_74182
$--------------------$
Floor74182 = EXTERIOR-WALL $ Floor
  SHADING-SURFACE = NO
$ Construction: Thai Floor - Wood 01
CONSTRUCTION = THAI_FLOOR_W12185
  X = 0.00
  Y = 0.00
  Z = 0.00
  HEIGHT = 5.000
  WIDTH = 5.000
  TILT = 180.00
  AZ = 180.00
  INSIDE-VIS-REFL = 0.20
..

$---------------------------------------
$
$        Room: Bed Rm.
$---------------------------------------
$
Bed_Rm__U = SPACE
  AREA = 6.3
  VOLUME = 17.5
  AZIMUTH = 0
  MULTIPLIER = 1
  FLOOR-MULTIPLIER = 1
  ZONE-TYPE = UNCONDITIONED
$Internal Loads
  LIGHTING-W/AREA = 2.88
  EQUIPMENT-W/AREA = 0.00
  LIGHTING-SCHEDULE = Thai_House_Light
  EQUIP-SCHEDULE = Thai_House_Light
  INF-METHOD = AIR-CHANGE
  AIR-CHANGES/HR = 120.
$Mass
  FLOOR-WEIGHT = 100
  TEMPERATURE = (21.11111)
..


$--------------------$
$ Bed_W
$--------------------$
Wall1065 = EXTERIOR-WALL
  SHADING-SURFACE = YES
$ Construction: Thai Wall - Wood 01
CONSTRUCTION = THAI_WALL_WO12186
  X = 0.00
  Y = 4.50
  Z = 2.00
  HEIGHT = 2.800
  WIDTH = 2.500
  TILT = 90.00
  AZ = 270.00
  MULTIPLIER = 1
  INSIDE-VIS-REFL = 0.50
  OUTSIDE-EMISS = 0.9
..


$--------------------$
$ Bed_N
$--------------------$
Wall1066 = EXTERIOR-WALL
  SHADING-SURFACE = YES
$ Construction: Thai Wall - Wood 01
CONSTRUCTION = THAI_WALL_WO12186
  X = 2.50
  Y = 4.50
  Z = 2.00
  HEIGHT = 2.800
  WIDTH = 2.500
  TILT = 90.00
  AZ = .00
  MULTIPLIER = 1
  INSIDE-VIS-REFL = 0.50
  OUTSIDE-EMISS = 0.9
..


$--------------------$
$ Bed_E
$--------------------$
Wall1067 = EXTERIOR-WALL
  SHADING-SURFACE = YES
$ Construction: Thai Wall - Wood 01
CONSTRUCTION = THAI_WALL_WO12186
  X = 2.50
  Y = 2.00
  Z = 2.00
  HEIGHT = 2.800
  WIDTH = 2.500
  TILT = 90.00
  AZ = 90.00
  MULTIPLIER = 1
  INSIDE-VIS-REFL = 0.50
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
  OUTSIDE-EMISS = 0.9
..


$--------------------$
$ Bed_S
$--------------------$
Wall1068 = EXTERIOR-WALL
  SHADING-SURFACE = YES
$ Construction: Thai Wall - Wood 01
CONSTRUCTION = THAI_WALL_WO12186
  X = 0.00
  Y = 2.00
  Z = 2.00
  HEIGHT = 2.800
  WIDTH = 2.500
  TILT = 90.00
  AZ = 180.00
  MULTIPLIER = 1
  INSIDE-VIS-REFL = 0.50
  OUTSIDE-EMISS = 0.9
..


$--------------------$
$ Surface_74176
$--------------------$
Roof74176 = ROOF
  SHADING-SURFACE = NO
$ Construction: Thai Roof 01
CONSTRUCTION = THAI_ROOF_0112184
  X = 0.00
  Y = 0.00
  Z = 4.80
  HEIGHT = 2.500
  WIDTH = 2.500
  TILT = 0.00
  AZ = 180.00
  INSIDE-VIS-REFL = 0.70
  OUTSIDE-EMISS = 0.9
..


$--------------------$
$ Surface_74183
$--------------------$
Floor74183 = EXTERIOR-WALL $ Floor
  SHADING-SURFACE = NO
$ Construction: Thai Floor - Wood 01
CONSTRUCTION = THAI_FLOOR_W12185
  X = 0.00
  Y = 0.00
  Z = 2.00
  HEIGHT = 2.500
  WIDTH = 2.500
  TILT = 180.00
  AZ = 180.00
  INSIDE-VIS-REFL = 0.20
..

$--------------------------------------
$
$        Room: Kitchen
$--------------------------------------
$
Kitchen_U = SPACE
  AREA = 3.8
  VOLUME = 10.5
  AZIMUTH = 0
  MULTIPLIER = 1
  FLOOR-MULTIPLIER = 1
  ZONE-TYPE = UNCONDITIONED
$Internal Loads
  LIGHTING-W/AREA = 4.80
  EQUIPMENT-W/AREA = 0.00
  LIGHTING-SCHEDULE = Thai_House_Light
  EQUIP-SCHEDULE = Thai_House_Light
  INF-METHOD = AIR-CHANGE
  AIR-CHANGES/HR = 117.27
$Mass
  FLOOR-WEIGHT = 100
  TEMPERATURE = (21.11111)
..


$--------------------$
$ Kitchen_W
$--------------------$
Wall1081 = EXTERIOR-WALL
  SHADING-SURFACE = YES
$ Construction: Thai Wall - Wood 01
CONSTRUCTION = THAI_WALL_WO12186
  X = 0.00
  Y = 6.00
  Z = 2.00
  HEIGHT = 2.800
  WIDTH = 1.500
  TILT = 90.00
  AZ = 270.00
  MULTIPLIER = 1
  INSIDE-VIS-REFL = 0.50
  OUTSIDE-EMISS = 0.9
..


$--------------------$
$ Kitchen_N
$--------------------$
Wall1082 = EXTERIOR-WALL
  SHADING-SURFACE = YES
$ Construction: Thai Wall - Wood 01
CONSTRUCTION = THAI_WALL_WO12186
  X = 2.50
  Y = 6.00
  Z = 2.00
  HEIGHT = 2.800
  WIDTH = 2.500
  TILT = 90.00
  AZ = .00
  MULTIPLIER = 1
  INSIDE-VIS-REFL = 0.50
  OUTSIDE-EMISS = 0.9
..


$--------------------$
$ Kitchen_E
```

```
$--------------------$
Wall1083 = EXTERIOR-WALL
  SHADING-SURFACE = YES
$ Construction: Thai Wall - Wood 01
CONSTRUCTION = THAI_WALL_WO12186
  X = 2.50
  Y = 4.50
  Z = 2.00
  HEIGHT = 2.800
  WIDTH = 1.500
  TILT = 90.00
  AZ = 90.00
  MULTIPLIER = 1
  INSIDE-VIS-REFL = 0.50
  OUTSIDE-EMISS = 0.9
..


$--------------------$
$ Kitchen_S
$--------------------$
Wall1084 = EXTERIOR-WALL
  SHADING-SURFACE = YES
$ Construction: Thai Wall - Wood 01
CONSTRUCTION = THAI_WALL_WO12186
  X = 0.00
  Y = 4.50
  Z = 2.00
  HEIGHT = 2.800
  WIDTH = 2.500
  TILT = 90.00
  AZ = 180.00
  MULTIPLIER = 1
  INSIDE-VIS-REFL = 0.50
  OUTSIDE-EMISS = 0.9
..


$--------------------$
$ Surface_74177
$--------------------$
Roof74177 = ROOF
  SHADING-SURFACE = NO
$ Construction: Thai Roof 01
CONSTRUCTION = THAI_ROOF_0112184
  X = 0.00
  Y = 0.00
  Z = 4.80
  HEIGHT = 1.500
  WIDTH = 2.500
  TILT = 0.00
  AZ = 180.00
  INSIDE-VIS-REFL = 0.70
  OUTSIDE-EMISS = 0.9
..


$--------------------$
$ Surface_74184
$--------------------$
Floor74184 = EXTERIOR-WALL $ Floor
  SHADING-SURFACE = NO
$ Construction: Thai Floor - Wood 01
CONSTRUCTION = THAI_FLOOR_W12185
  X = 0.00
  Y = 0.00
  Z = 2.00
  HEIGHT = 1.936
  WIDTH = 1.936
  TILT = 180.00
  AZ = 180.00
  INSIDE-VIS-REFL = 0.20
..


$---------------------------------------
$
$        Room: Master Bed Rm.
$---------------------------------------
$
Master_Bed_Rm__U = SPACE
  AREA = 16.0
  VOLUME = 44.8
  AZIMUTH = 0
  MULTIPLIER = 1
  FLOOR-MULTIPLIER = 1
  ZONE-TYPE = UNCONDITIONED
$Internal Loads
  LIGHTING-W/AREA = 1.125
  EQUIPMENT-W/AREA = 0.00
  LIGHTING-SCHEDULE = Thai_House_Light
  EQUIP-SCHEDULE = Thai_House_Light
  INF-METHOD = AIR-CHANGE
  AIR-CHANGES/HR = 120.
$Mass
  FLOOR-WEIGHT = 100
  TEMPERATURE = (21.11111)
..


$--------------------$
$ Master Bed_W
$--------------------$
Wall1097 = EXTERIOR-WALL
  SHADING-SURFACE = YES
$ Construction: Thai Wall - Wood 01
CONSTRUCTION = THAI_WALL_WO12186
  X = 4.50
  Y = 6.00
  Z = 2.00
  HEIGHT = 2.800
  WIDTH = 4.000
  TILT = 90.00
  AZ = 270.00
  MULTIPLIER = 1
  INSIDE-VIS-REFL = 0.50
  OUTSIDE-EMISS = 0.9
..


$--------------------$
$ Master Bed_N
$--------------------$
Wall1098 = EXTERIOR-WALL
  SHADING-SURFACE = YES
$ Construction: Thai Wall - Wood 01
CONSTRUCTION = THAI_WALL_WO12186
  X = 8.50
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
  Y = 6.00
  Z = 2.00
  HEIGHT = 2.800
  WIDTH = 4.000
  TILT = 90.00
  AZ = .00
  MULTIPLIER = 1
  INSIDE-VIS-REFL = 0.50
  OUTSIDE-EMISS = 0.9
..


$--------------------$
$ Master Bed_E
$--------------------$
Wall1099 = EXTERIOR-WALL
  SHADING-SURFACE = YES
$ Construction: Thai Wall - Wood 01
CONSTRUCTION = THAI_WALL_WO12186
  X = 8.50
  Y = 2.00
  Z = 2.00
  HEIGHT = 2.800
  WIDTH = 4.000
  TILT = 90.00
  AZ = 90.00
  MULTIPLIER = 1
  INSIDE-VIS-REFL = 0.50
  OUTSIDE-EMISS = 0.9
..


$--------------------$
$ Master Bed_S
$--------------------$
Wall1100 = EXTERIOR-WALL
  SHADING-SURFACE = YES
$ Construction: Thai Wall - Wood 01
CONSTRUCTION = THAI_WALL_WO12186
  X = 4.50
  Y = 2.00
  Z = 2.00
  HEIGHT = 2.800
  WIDTH = 4.000
  TILT = 90.00
  AZ = 180.00
  MULTIPLIER = 1
  INSIDE-VIS-REFL = 0.50
  OUTSIDE-EMISS = 0.9
..


$--------------------$
$ Surface_74178
$--------------------$
Roof74178 = ROOF
  SHADING-SURFACE = NO
$ Construction: Thai Roof 01
CONSTRUCTION = THAI_ROOF_0112184
  X = 0.00
  Y = 0.00
  Z = 4.80
  HEIGHT = 4.000
  WIDTH = 4.000
  TILT = 0.00
  AZ = 180.00
  INSIDE-VIS-REFL = 0.70
  OUTSIDE-EMISS = 0.9
..


$--------------------$
$ Surface_74185
$--------------------$
Floor74185 = EXTERIOR-WALL $ Floor
  SHADING-SURFACE = NO
$ Construction: Thai Floor - Wood 01
CONSTRUCTION = THAI_FLOOR_W12185
  X = 0.00
  Y = 0.00
  Z = 2.00
  HEIGHT = 4.000
  WIDTH = 4.000
  TILT = 180.00
  AZ = 180.00
  INSIDE-VIS-REFL = 0.20
..

$---------------------------------------
$
$        Room: Terrace
$---------------------------------------
$
Terrace_U = SPACE
  AREA = 16.0
  VOLUME = 44.8
  AZIMUTH = 0
  MULTIPLIER = 1
  FLOOR-MULTIPLIER = 1
  ZONE-TYPE = UNCONDITIONED
$Internal Loads
  LIGHTING-W/AREA = 1.125
  EQUIPMENT-W/AREA = 0.00
  LIGHTING-SCHEDULE = Thai_House_Light
  EQUIP-SCHEDULE = Thai_House_Light
  INF-METHOD = AIR-CHANGE
  AIR-CHANGES/HR = 292.8
$Mass
  FLOOR-WEIGHT = 100
  TEMPERATURE = (21.11111)
..


$--------------------$
$ Terrace_W
$--------------------$
Wall1113 = EXTERIOR-WALL
  SHADING-SURFACE = YES
$ Construction: Thai Wall - Wood 01
CONSTRUCTION = THAI_WALL_WO12186
  X = 0.00
  Y = 2.00
  Z = 2.00
  HEIGHT = 2.800
  WIDTH = 2.000
  TILT = 90.00
  AZ = 270.00
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
  MULTIPLIER = 1
  INSIDE-VIS-REFL = 0.50
  OUTSIDE-EMISS = 0.9
..


$--------------------$
$ Terrace_N
$--------------------$
Wall1114=EXTERIOR-WALL
  SHADING-SURFACE = YES
$ Construction: Thai Wall - Wood 01
CONSTRUCTION = THAI_WALL_WO12186
  X = 8.00
  Y = 2.00
  Z = 2.00
  HEIGHT = 2.800
  WIDTH = 8.000
  TILT = 90.00
  AZ = .00
  MULTIPLIER = 1
  INSIDE-VIS-REFL = 0.50
  OUTSIDE-EMISS = 0.9
..


$--------------------$
$ Terrace_E
$--------------------$
Wall1115=EXTERIOR-WALL
  SHADING-SURFACE = YES
$ Construction: Thai Wall - Wood 01
CONSTRUCTION = THAI_WALL_WO12186
  X = 8.00
  Y = 0.00
  Z = 2.00
  HEIGHT = 2.800
  WIDTH = 2.000
  TILT = 90.00
  AZ = 90.00
  MULTIPLIER = 1
  INSIDE-VIS-REFL = 0.50
  OUTSIDE-EMISS = 0.9
..


$--------------------$
$ Terrace_S
$--------------------$
Wall1116=EXTERIOR-WALL
  SHADING-SURFACE = YES
$ Construction: Thai Wall - Wood 01
CONSTRUCTION = THAI_WALL_WO12186
  X = 0.00
  Y = 0.00
  Z = 2.00
  HEIGHT = 2.800
  WIDTH = 8.000
  TILT = 90.00
  AZ = 180.00
  MULTIPLIER = 1
  INSIDE-VIS-REFL = 0.50
  OUTSIDE-EMISS = 0.9
..


$--------------------$
$ Surface_74179
$--------------------$
Roof74179=ROOF
  SHADING-SURFACE = NO
$ Construction: Thai Roof 01
CONSTRUCTION = THAI_ROOF_0112184
  X = 0.00
  Y = 0.00
  Z = 4.80
  HEIGHT = 2.000
  WIDTH = 8.000
  TILT = 0.00
  AZ = 180.00
  INSIDE-VIS-REFL = 0.70
  OUTSIDE-EMISS = 0.9
..


$--------------------$
$ Surface_74186
$--------------------$
Floor74186=EXTERIOR-WALL $ Floor
  SHADING-SURFACE = NO
$ Construction: Thai Floor - Wood 01
CONSTRUCTION = THAI_FLOOR_W12185
  X = 0.00
  Y = 0.00
  Z = 2.00
  HEIGHT = 4.000
  WIDTH = 4.000
  TILT = 180.00
  AZ = 180.00
  INSIDE-VIS-REFL = 0.20
..


$---------------------------------------
$
$        Room: Walk Way
$---------------------------------------
$
Walk_Way_U = SPACE
  AREA = 6.0
  VOLUME = 16.8
  AZIMUTH = 0
  MULTIPLIER = 1
  FLOOR-MULTIPLIER = 1
  ZONE-TYPE = UNCONDITIONED
$Internal Loads
  LIGHTING-W/AREA = 3.00
  EQUIPMENT-W/AREA = 0.00
  LIGHTING-SCHEDULE = Thai_House_Light
  EQUIP-SCHEDULE = Thai_House_Light
  INF-METHOD = AIR-CHANGE
  AIR-CHANGES/HR = 50.
$Mass
  FLOOR-WEIGHT = 100
  TEMPERATURE = (21.11111)
..
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
$--------------------$
$ Walkway_W
$--------------------$
Wall1141 = EXTERIOR-WALL
  SHADING-SURFACE = YES
$ Construction: Thai Wall - Wood 01
CONSTRUCTION = THAI_WALL_WO12186
  X = 2.50
  Y = 6.00
  Z = 2.00
  HEIGHT = 2.800
  WIDTH = 4.000
  TILT = 90.00
  AZ = 270.00
  MULTIPLIER = 1
  INSIDE-VIS-REFL = 0.50
  OUTSIDE-EMISS = 0.9
..


$--------------------$
$ Walkway_N
$--------------------$
Wall1142 = EXTERIOR-WALL
  SHADING-SURFACE = YES
$ Construction: Thai Wall - Wood 01
CONSTRUCTION = THAI_WALL_WO12186
  X = 4.00
  Y = 6.00
  Z = 2.00
  HEIGHT = 2.800
  WIDTH = 1.500
  TILT = 90.00
  AZ = .00
  MULTIPLIER = 1
  INSIDE-VIS-REFL = 0.50
  OUTSIDE-EMISS = 0.9
..


$--------------------$
$ Walkway_E
$--------------------$
Wall1143 = EXTERIOR-WALL
  SHADING-SURFACE = YES
$ Construction: Thai Wall - Wood 01
CONSTRUCTION = THAI_WALL_WO12186
  X = 4.00
  Y = 2.00
  Z = 2.00
  HEIGHT = 2.800
  WIDTH = 4.000
  TILT = 90.00
  AZ = 90.00
  MULTIPLIER = 1
  INSIDE-VIS-REFL = 0.50
  OUTSIDE-EMISS = 0.9
..


$--------------------$
$ Walkway_S
$--------------------$
Wall1144 = EXTERIOR-WALL
  SHADING-SURFACE = YES
$ Construction: Thai Wall - Wood 01
CONSTRUCTION = THAI_WALL_WO12186
  X = 2.50
  Y = 2.00
  Z = 2.00
  HEIGHT = 2.800
  WIDTH = 1.500
  TILT = 90.00
  AZ = 180.00
  MULTIPLIER = 1
  INSIDE-VIS-REFL = 0.50
  OUTSIDE-EMISS = 0.9
..


$--------------------$
$ Surface_74180
$--------------------$
Roof74180 = ROOF
  SHADING-SURFACE = NO
$ Construction: Thai Roof 01
CONSTRUCTION = THAI_ROOF_0112184
  X = 0.00
  Y = 0.00
  Z = 4.80
  HEIGHT = 4.000
  WIDTH = 1.500
  TILT = 0.00
  AZ = 180.00
  INSIDE-VIS-REFL = 0.70
  OUTSIDE-EMISS = 0.9
..


$--------------------$
$ Surface_74187
$--------------------$
Floor74187 = EXTERIOR-WALL $ Floor
  SHADING-SURFACE = NO
$ Construction: Thai Floor - Wood 01
CONSTRUCTION = THAI_FLOOR_W12185
  X = 0.00
  Y = 0.00
  Z = 2.00
  HEIGHT = 2.449
  WIDTH = 2.449
  TILT = 180.00
  AZ = 180.00
  INSIDE-VIS-REFL = 0.20
..

$---------------------------------------
$
$        Room: Living
$---------------------------------------
$
Living_U = SPACE
  AREA = 14.8
  VOLUME = 41.4
  AZIMUTH = 0
  MULTIPLIER = 1
```

```
  FLOOR-MULTIPLIER = 1
  ZONE-TYPE = UNCONDITIONED
$Internal Loads
  LIGHTING-W/AREA = 1.216
  EQUIPMENT-W/AREA = 0.00
  LIGHTING-SCHEDULE = Thai_House_Light
  EQUIP-SCHEDULE = Thai_House_Light
  INF-METHOD = AIR-CHANGE
  AIR-CHANGES/HR = 100.
$Mass
  FLOOR-WEIGHT = 100
  TEMPERATURE = (21.11111)
..


$--------------------$
$ Living_W
$--------------------$
Wall60479 = EXTERIOR-WALL
  SHADING-SURFACE = YES
$ Construction: Thai Wall - Wood 01
CONSTRUCTION = THAI_WALL_WO12186
  X = -6.50
  Y = 4.00
  Z = 2.00
  HEIGHT = 2.800
  WIDTH = 4.000
  TILT = 90.00
  AZ = 270.00
  MULTIPLIER = 1
  INSIDE-VIS-REFL = 0.50
  OUTSIDE-EMISS = 0.9
..


$--------------------$
$ Living_N
$--------------------$
Wall60480 = EXTERIOR-WALL
  SHADING-SURFACE = YES
$ Construction: Thai Wall - Wood 01
CONSTRUCTION = THAI_WALL_WO12186
  X = -2.80
  Y = 4.00
  Z = 2.00
  HEIGHT = 2.800
  WIDTH = 3.700
  TILT = 90.00
  AZ = .00
  MULTIPLIER = 1
  INSIDE-VIS-REFL = 0.50
  OUTSIDE-EMISS = 0.9
..


$--------------------$
$ Living_E
$--------------------$
Wall60481 = EXTERIOR-WALL
  SHADING-SURFACE = YES
$ Construction: Thai Wall - Wood 01
CONSTRUCTION = THAI_WALL_WO12186
  X = -2.80
  Y = 0.00
  Z = 2.00
  HEIGHT = 2.800
  WIDTH = 4.000
  TILT = 90.00
  AZ = 90.00
  MULTIPLIER = 1
  INSIDE-VIS-REFL = 0.50
  OUTSIDE-EMISS = 0.9
..


$--------------------$
$ Living_S
$--------------------$
Wall60482 = EXTERIOR-WALL
  SHADING-SURFACE = YES
$ Construction: Thai Wall - Wood 01
CONSTRUCTION = THAI_WALL_WO12186
  X = -6.50
  Y = 0.00
  Z = 2.00
  HEIGHT = 2.800
  WIDTH = 3.700
  TILT = 90.00
  AZ = 180.00
  MULTIPLIER = 1
  INSIDE-VIS-REFL = 0.50
  OUTSIDE-EMISS = 0.9
..


$--------------------$
$ Surface_74181
$--------------------$
Roof74181 = ROOF
  SHADING-SURFACE = NO
$ Construction: Thai Roof 01
CONSTRUCTION = THAI_ROOF_0112184
  X = 0.00
  Y = 0.00
  Z = 4.80
  HEIGHT = 4.000
  WIDTH = 3.700
  TILT = 0.00
  AZ = 180.00
  INSIDE-VIS-REFL = 0.70
  OUTSIDE-EMISS = 0.9
..


$--------------------$
$ Surface_74188
$--------------------$
Floor74188 = EXTERIOR-WALL $ Floor
  SHADING-SURFACE = NO
$ Construction: Thai Floor - Wood 01
CONSTRUCTION = THAI_FLOOR_W12185
  X = 0.00
  Y = 0.00
  Z = 2.00
  HEIGHT = 3.847
  WIDTH = 3.847
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
  TILT = 180.00
  AZ = 180.00
  INSIDE-VIS-REFL = 0.20
..


$======================================
$
$          Loads Hourly Reports
$======================================
$

$Hourly report schedule for: Loads
Global, Outdoor Conditions
  RPRTSCH19211 = SCHEDULE
  THRU DEC 31
(ALL) (1,24) VALUES (1)
  ..

LDSHRLY19211 = HOURLY-REPORT
    REPORT-SCHEDULE = RPRTSCH19211
    REPORT-BLOCK = (LDSRPT19211)
..
LDSRPT19211 = REPORT-BLOCK
    VARIABLE-TYPE = GLOBAL
    VARIABLE-LIST = (
4
3
12
15
17
18
9
14
) ..

$======================================
$
$          LOADS Standard Reports
$
$======================================
$

LOADS-REPORT
V=(
LV-A
)
  H-D-S = FORMATTED
..

END ..
COMPUTE LOADS  ..
SAVE-FILES  ..


$======================================
$
$          SYSTEMS INPUT
$======================================
$

INPUT SYSTEMS
    INPUT-UNITS METRIC
    OUTPUT-UNITS METRIC
..

$======================================
$
$               System Schedules
$======================================
$

OffOcc = SCHEDULE
THRU Dec 31
(WD) (1,24) VALUES =
(0., 0., 0., 0., 0., 0., 0.1, 0.2
, 0.95, 0.95, 0.95, 0.95, 0.5, 0.95, 0.95, 0.95
, 0.95, 0.3, 0.1, 0.1, 0.1, 0.1, 0.05, 0.05)
(SAT) (1,24) VALUES =
(0., 0., 0., 0., 0., 0., 0.1, 0.1
, 0.3, 0.3, 0.3, 0.3, 0.1, 0.1, 0.1, 0.1
, 0.1, 0.05, 0.05, 0., 0., 0., 0., 0.)
(SUN) (1,24) VALUES =
(0., 0., 0., 0., 0., 0., 0.05, 0.05
, 0.05, 0.05, 0.05, 0.05, 0.05, 0.05, 0.05, 0.05
, 0.05, 0.05, 0., 0., 0., 0., 0., 0.)
(HOL) (1,24) VALUES =
(0., 0., 0., 0., 0., 0., 0.05, 0.05
, 0.05, 0.05, 0.05, 0.05, 0.05, 0.05, 0.05, 0.05
, 0.05, 0.05, 0., 0., 0., 0., 0., 0.)
..
OffDHW = SCHEDULE
THRU Dec 31
(WD) (1,24) VALUES =
(0.05, 0.05, 0.05, 0.05, 0.05, 0.1, 0.05, 0.2
, 0.35, 0.4, 0.4, 0.45, 0.6, 0.55, 0.35, 0.35
, 0.45, 0.25, 0.2, 0.15, 0.15, 0.1, 0.05, 0.05)
(SAT) (1,24) VALUES =
(0., 0., 0., 0., 0., 0., 0.05, 0.1
, 0.15, 0.2, 0.2, 0.25, 0.2, 0.2, 0.15, 0.1
, 0.15, 0.05, 0., 0., 0., 0., 0., 0.)
(SUN) (1,24) VALUES =
(0.05, 0.05, 0.05, 0.05, 0.05, 0.05, 0.05, 0.05
, 0.05, 0.05, 0.05, 0.05, 0.05, 0.1, 0.05, 0.05
, 0.05, 0.05, 0.05, 0.05, 0.05, 0.05, 0.05, 0.05)
(HOL) (1,24) VALUES =
(0.05, 0.05, 0.05, 0.05, 0.05, 0.05, 0.05, 0.05
, 0.05, 0.05, 0.05, 0.05, 0.05, 0.1, 0.05, 0.05
, 0.05, 0.05, 0.05, 0.05, 0.05, 0.05, 0.05, 0.05)
..
OffFan = SCHEDULE
THRU Dec 31
(WD) (1,24) VALUES =
(0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1
, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1
, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0)
(SAT) (1,24) VALUES =
(0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1
, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1
, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0)
(SUN) (1,24) VALUES =
(0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0
, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0
, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0)
(HOL) (1,24) VALUES =
(0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0
, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0)
..
OffHtT = SCHEDULE
THRU Dec 31
(WD) (1,24) TEMP =
(12.78, 12.78, 12.78, 12.78, 12.78, 12.78, 21.11, 21.11
, 21.11, 21.11, 21.11, 21.11, 21.11, 21.11, 21.11, 21.11
, 21.11, 21.11, 21.11, 21.11, 21.11, 21.11, 12.78, 12.78)
(SAT) (1,24) TEMP =
(12.78, 12.78, 12.78, 12.78, 12.78, 12.78, 21.11, 21.11
, 21.11, 21.11, 21.11, 21.11, 21.11, 21.11, 21.11, 21.11
, 21.11, 21.11, 12.78, 12.78, 12.78, 12.78, 12.78, 12.78)
(SUN) (1,24) TEMP =
(12.78, 12.78, 12.78, 12.78, 12.78, 12.78, 12.78, 12.78
, 12.78, 12.78, 12.78, 12.78, 12.78, 12.78, 12.78, 12.78, 12.78
, 12.78, 12.78, 12.78, 12.78, 12.78, 12.78, 12.78, 12.78)
(HOL) (1,24) TEMP =
(12.78, 12.78, 12.78, 12.78, 12.78, 12.78, 12.78, 12.78
, 12.78, 12.78, 12.78, 12.78, 12.78, 12.78, 12.78, 12.78, 12.78
, 12.78, 12.78, 12.78, 12.78, 12.78, 12.78, 12.78, 12.78)
..
OffClT = SCHEDULE
THRU Dec 31
(WD) (1,24) TEMP =
(37.22, 37.22, 37.22, 37.22, 37.22, 37.22, 23.89, 23.89
, 23.89, 23.89, 23.89, 23.89, 23.89, 23.89, 23.89, 23.89, 23.89
, 23.89, 23.89, 23.89, 23.89, 23.89, 23.89, 37.22, 37.22)
(SAT) (1,24) TEMP =
(37.22, 37.22, 37.22, 37.22, 37.22, 37.22, 23.89, 23.89
, 23.89, 23.89, 23.89, 23.89, 23.89, 23.89, 23.89, 23.89, 23.89
, 23.89, 23.89, 37.22, 37.22, 37.22, 37.22, 37.22, 37.22)
(SUN) (1,24) TEMP =
(37.22, 37.22, 37.22, 37.22, 37.22, 37.22, 37.22, 37.22
, 37.22, 37.22, 37.22, 37.22, 37.22, 37.22, 37.22, 37.22, 37.22
, 37.22, 37.22, 37.22, 37.22, 37.22, 37.22, 37.22, 37.22)
(HOL) (1,24) TEMP =
(37.22, 37.22, 37.22, 37.22, 37.22, 37.22, 37.22, 37.22
, 37.22, 37.22, 37.22, 37.22, 37.22, 37.22, 37.22, 37.22, 37.22
, 37.22, 37.22, 37.22, 37.22, 37.22, 37.22, 37.22, 37.22)
..
OffOA = SCHEDULE
THRU Dec 31
(WD) (1,24) VALUES =
(0., 0., 0., 0., 0., 0., -999., -999.
, -999., -999., -999., -999., -999., -999., -999., -999.
, -999., -999., -999., -999., -999., -999., 0., 0.)
(SAT) (1,24) VALUES =
(0., 0., 0., 0., 0., 0., -999., -999.
, -999., -999., -999., -999., -999., -999., -999., -999.
, -999., -999., 0., 0., 0., 0., 0., 0.)
(SUN) (1,24) VALUES =
(0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0.
, 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0.
, 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0.)
(HOL) (1,24) VALUES =
(0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0.
, 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0.
, 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0.)
..
OffPIU = SCHEDULE
THRU Dec 31
(WD) (1,24) TEMP =
(15.56, 15.56, 15.56, 15.56, 15.56, 15.56, 25.0, 25.0
, 25.0, 25.0, 25.0, 25.0, 25.0, 25.0, 25.0, 25.0
, 25.0, 25.0, 25.0, 25.0, 25.0, 25.0, 15.56, 15.56)
(SAT) (1,24) TEMP =
(15.56, 15.56, 15.56, 15.56, 15.56, 15.56, 25.0, 25.0
, 25.0, 25.0, 25.0, 25.0, 25.0, 25.0, 25.0, 25.0
, 25.0, 25.0, 15.56, 15.56, 15.56, 15.56, 15.56, 15.56)
(SUN) (1,24) TEMP =
(15.56, 15.56, 15.56, 15.56, 15.56, 15.56, 15.56, 15.56
, 15.56, 15.56, 15.56, 15.56, 15.56, 15.56, 15.56, 15.56, 15.56
, 15.56, 15.56, 15.56, 15.56, 15.56, 15.56, 15.56, 15.56)
(HOL) (1,24) TEMP =
(15.56, 15.56, 15.56, 15.56, 15.56, 15.56, 15.56, 15.56
, 15.56, 15.56, 15.56, 15.56, 15.56, 15.56, 15.56, 15.56, 15.56
, 15.56, 15.56, 15.56, 15.56, 15.56, 15.56, 15.56, 15.56)
..
Thai_House_Occu = SCHEDULE
THRU Dec 31
(WD) (1,24) VALUES =
(1., 1., 1., 1., 1., 1., 1., 0.
, 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0., 0.
, 0., 1., 1., 1., 1., 1., 1., 1.)
(WEH) (1,24) VALUES =
(1., 1., 1., 1., 1., 1., 1., 1.
, 1., 1., 1., 1., 1., 1., 1., 1.
, 1., 1., 1., 1., 1., 1., 1., 1.)
..
Thai_House_Temp = SCHEDULE
THRU Dec 31
(WD) (1,24) TEMP =
(25.0, 25.0, 25.0, 25.0, 25.0, 25.0, 25.0, 25.0
, 25.0, 25.0, 25.0, 25.0, 25.0, 25.0, 25.0, 25.0
, 25.0, 25.0, 25.0, 25.0, 25.0, 25.0, 25.0, 25.0)
(WEH) (1,24) TEMP =
(25.0, 25.0, 25.0, 25.0, 25.0, 25.0, 25.0, 25.0
, 25.0, 25.0, 25.0, 25.0, 25.0, 25.0, 25.0, 25.0
, 25.0, 25.0, 25.0, 25.0, 25.0, 25.0, 25.0, 25.0)
..

$=======================================
$
$      Natural Ventilation Schedule
$=======================================
$
  VENT-1 = SCHEDULE
  THRU DEC 31
 (ALL) (1,24) VALUES = (1) ..


$Natural vent temp
  VTEMP-1 = SCHEDULE
  THRU DEC 31
 (ALL) (1,24) TEMP =
 (22.1) ..

$Natural vent open
  VOPEN-1 = SCHEDULE
  THRU DEC 31 (ALL)
    (1,6) VALUES = (0)
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
    (7,23) VALUES = (1)
    (24)  VALUES = (0)
  ..

$=======================================
$
$            Zone Data
$=======================================
$


$---------------------------------------
$
$       Zone:Air
$---------------------------------------
$
Air_C = ZONE
  ZONE-TYPE = CONDITIONED
  COOL-TEMP-SCH = Thai_House_Temp
  HEAT-TEMP-SCH = Thai_House_Temp
  DESIGN-HEAT-T = 21.11
  DESIGN-COOL-T = 25
  SIZING-OPTION = ADJUST-LOADS
  $No Zone Reheat
  $Thermostat
  THERMOSTAT-TYPE = REVERSE-ACTION
  THROTTLING-RANGE = 2
  $Supply Air
  MIN-CFM-RATIO = 0.3
$  Program to calculate supply air for
this zone
  $Outside Air
  OA-CHANGES = 0.5
  $No Exhaust Air
  $No PIU
  $No Baseboard Heating
 ..

$---------------------------------------
$
$       Zone:Bed Rm.
$---------------------------------------
$
Bed_Rm__U = ZONE
  ZONE-TYPE = UNCONDITIONED
  DESIGN-HEAT-T = 10
  DESIGN-COOL-T = 32.22222
  $No Exhaust Air
  $No PIU
  $No Baseboard Heating
 ..

$---------------------------------------
$
$       Zone:Kitchen
$---------------------------------------
$
Kitchen_U = ZONE
  ZONE-TYPE = UNCONDITIONED
  DESIGN-HEAT-T = 10
  DESIGN-COOL-T = 32.22222
  $No Exhaust Air
  $No PIU
  $No Baseboard Heating
 ..

$---------------------------------------
$
$       Zone:Master Bed Rm.
$---------------------------------------
$
Master_Bed_Rm__U = ZONE
  ZONE-TYPE = UNCONDITIONED
  DESIGN-HEAT-T = 10
  DESIGN-COOL-T = 32.22222
  $No Exhaust Air
  $No PIU
  $No Baseboard Heating
 ..

$---------------------------------------
$
$       Zone:Terrace
$---------------------------------------
$
Terrace_U = ZONE
  ZONE-TYPE = UNCONDITIONED
  DESIGN-HEAT-T = 10
  DESIGN-COOL-T = 32.22222
  $No Exhaust Air
  $No PIU
  $No Baseboard Heating
 ..

$---------------------------------------
$
$       Zone:Walk Way
$---------------------------------------
$
Walk_Way_U = ZONE
  ZONE-TYPE = UNCONDITIONED
  DESIGN-HEAT-T = 10
  DESIGN-COOL-T = 32.22222
  $No Exhaust Air
  $No PIU
  $No Baseboard Heating
 ..

$---------------------------------------
$
$       Zone:Living
$---------------------------------------
$
Living_U = ZONE
  ZONE-TYPE = UNCONDITIONED
  DESIGN-HEAT-T = 10
  DESIGN-COOL-T = 32.22222
  $No Exhaust Air
  $No PIU
  $No Baseboard Heating
 ..
$=======================================
$
$            System Data
$=======================================
$


$Description of System: System_4001
"System_4001" = SYSTEM
SYSTEM-TYPE = PSZ
ZONE-NAMES = (
Air_C
Bed_Rm__U
Kitchen_U
Master_Bed_Rm__U
Terrace_U
Walk_Way_U
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
Living_U
)
  RETURN-AIR-PATH = DUCT
$No Air-to-Air Heat Pump
$Cooling
  MIN-SUPPLY-T = 12.8 $ used for
autosizing and dehumidification control
  COOL-SET-T = 12.8
  COIL-BF = 0.19
  COOL-SIZING-RATI = 1
  $ COOLING-EIR = (0.9 / (EER + 0.1))
  COOLING-EIR = 0.32871
$ No Crankcase electricity heating
  CRANKCASE-HEAT = 0
$Economizer
  OA-CONTROL = TEMP
  DRYBULB-LIMIT = 22.2
  ECONO-LOW-LIMIT = -17.8
  ECONO-LOCKOUT = NO
$No Evaporative Cooler
$Supply Fan
$ Air flow autosized
  FAN-SCHEDULE = OffFan
  MIN-AIR-SCH = OffOA
  SUPPLY-KW = 0.00021 $Fan energy included
in EER (Cooling EIR)
  FAN-PLACEMENT = BLOW-THROUGH
  MOTOR-PLACEMENT = IN-AIRFLOW
  INDOOR-FAN-MODE = CONTINUOUS
  FAN-CONTROL = CONSTANT-VOLUME
  NIGHT-CYCLE-CTRL = STAY-OFF
$Heating
  MAX-SUPPLY-T = 46.1
  $ Temperature control not applicable
for this system
  HEAT-SIZING-RATI = 1.2
  HEAT-SOURCE = FURNACE
  FURNACE-HIR = 1.25
  FURNACE-AUX-KW = 0
  FURNACE-AUX = 146.55
$No Heat Recovery
$No Humidifier
$No hydronic heat pump
$No Evaporative Precooler
$ PreHeat Coil not applicable to this
system type
$No Return Fan
  $ Default Natural Ventilation
  VENT-METHOD = S-G
  FRAC-VENT-AREA = .055
  MAX-VENT-RATE = 20
  NATURAL-VENT-SCH = VENT-1
  VENT-TEMP-SCH = VTEMP-1
  OPEN-VENT-SCH = VOPEN-1
$ Cooling always available
$ Heating always available
$ If autosized, VisualDOE defaults
system sizing to be the NON-COINCIDENT
of zones loads.
$ For VAV systems, sizing can be
COINCIDENT
$ SIZING-OPTION = COINCIDENT
..

$=======================================
$
$            Plant Assignments
$=======================================
$

PA0 = PLANT-ASSIGNMENT
SYSTEM-NAMES = (
"System_4001"
)

$Domestic Hot Water
DHW-TYPE = GAS
DHW-SUPPLY-T = 45
DHW-EIR = 1.39
$ DHW-SIZE = autosized to meet the peak
hot water load in liters
$ DHW-INLET-T-SCH = defaults to the
ground temperature in the weather file
DHW-LOSS = 0.03
DHW-FLOW = 90.0
DHW-SCH = OffDHW
..

$=======================================
$
$         Systems Hourly Reports
$=======================================
$


$Hourly report schedule for:
Master_Bed_Rm__U, zone temperature
  RPRTSCH19213 = SCHEDULE
  THRU DEC 31
 (ALL) (1, 24) VALUES (1)
 ..


SYSHRLY19213 = HOURLY-REPORT
    REPORT-SCHEDULE = RPRTSCH19213
    REPORT-BLOCK = (SYSRPT19213)
..
SYSRPT19213 = REPORT-BLOCK
    VARIABLE-TYPE = "Master_Bed_Rm__U"
    VARIABLE-LIST = (
6
91
) ..


$Hourly report schedule for: Bed_Rm__U,
zone temperature
  RPRTSCH19214 = SCHEDULE
  THRU DEC 31
 (ALL) (1, 24) VALUES (1)
 ..


SYSHRLY19214 = HOURLY-REPORT
    REPORT-SCHEDULE = RPRTSCH19214
    REPORT-BLOCK = (SYSRPT19214)
..
SYSRPT19214 = REPORT-BLOCK
    VARIABLE-TYPE = "Bed_Rm__U"
    VARIABLE-LIST = (
6
91
) ..
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
$Hourly report schedule for: Terrace_U,
zone temperature
  RPRTSCH19215 = SCHEDULE
  THRU DEC 31
(ALL) (1,24) VALUES (1)
 ..

SYSHRLY19215 = HOURLY-REPORT
    REPORT-SCHEDULE = RPRTSCH19215
    REPORT-BLOCK = (SYSRPT19215)
..
SYSRPT19215 = REPORT-BLOCK
    VARIABLE-TYPE = "Terrace_U"
    VARIABLE-LIST = (
6
91
) ..


$Hourly report schedule for: Kitchen_U,
zone temperature
  RPRTSCH19216 = SCHEDULE
  THRU DEC 31
(ALL) (1,24) VALUES (1)
 ..

SYSHRLY19216 = HOURLY-REPORT
    REPORT-SCHEDULE = RPRTSCH19216
    REPORT-BLOCK = (SYSRPT19216)
..
SYSRPT19216 = REPORT-BLOCK
    VARIABLE-TYPE = "Kitchen_U"
    VARIABLE-LIST = (
6
91
) ..

$=======================================
$
$         SYSTEMS Standard Reports
$
$=======================================
$

SYSTEMS-REPORT
S=(
SS-F
SS-A
SS-G
)
H-D-S = FORMATTED
..

END ..
COMPUTE SYSTEMS  ..
SAVE-FILES  ..


$=======================================
$
$         PLANT INPUT
$=======================================
$

TITLE
  LINE-1 = *Green Design Tools*
  LINE-3 = *Base Case*
  LINE-4 = *House\Lanna Thai House -
infil3.gph*
  LINE-5 = *VisualDOE ver 4.1.0 * ..
INPUT PLANT
    INPUT-UNITS METRIC
    OUTPUT-UNITS METRIC
..

PA0 = PLANT-ASSIGNMENT ..


$=======================================
$
$             Plant Curves
$=======================================
$

$CCAPT3
  C192 = CURVE-FIT
    TYPE = BI-QUADRATIC
    COEF (-1.74204, 0.029292, -0.000067, 0.048054, -0.000291, -
0.000106)
 ..
$EIRPLR3
  C193 = CURVE-FIT
    TYPE = QUADRATIC
    COEF (0.222903, 0.313387, 0.46371)
 ..
$EIRT3
  C194 = CURVE-FIT
    TYPE = BI-QUADRATIC
    COEF (3.1175, -0.109236, 0.001389, 0.00375, 0.00015, -0.000375)
 ..
$=======================================
$
$             Plant Schedules
$=======================================
$



$=======================================
$
$    PLANT Equipment & Part Load
$=======================================
$
$ Plant Dummy needed for packaged
equipment
DUMMY = PLANT-EQUIPMENT
  TYPE = DHW-HEATER
  SIZE = 0.0000001
..
$=======================================
$
$         PLANT Parameters
$=======================================
$

PLANT-PARAMETERS


..
$=======================================
$
$            PLANT Management
```

```
$=======================================
$
$ Default Gas Rate Fuel Units
ENERGY-RESOURCE
  FUEL-METERS (M1)
  RESOURCE = NATURAL-GAS
  UNIT-NAME = M3
  DEM-UNIT-NAME = M3/H
  SOURCE-SITE-EFF = 1
  ENERGY/UNIT = 37102.34
  $ BTU/M3, based on 10.871 kWh/m3
..
$Equipment Curves

EQUIPMENT-QUAD
$Custom curves

  OPEN-CENT-CAP-FT = C192
$Custom curves

  OPEN-CENT-EIR-FPLR = C193
$Custom curves

  OPEN-CENT-EIR-FT = C194
..

$=======================================
$
$          Plant Hourly Reports
$=======================================
$

$=======================================
$
$         PLANT Standard Reports
$
$=======================================
$

PLANT-REPORT
S=(BEPS BEPU
PS-E
)
  H-D-S = FORMATTED
..

END  ..
COMPUTE PLANT  ..

$=======================================
$
$         ECONOMICS INPUT
$=======================================
$
TITLE
  LINE-1=*Green Design Tools*
  LINE-3=*Base Case*
  LINE-4=*House\Lanna Thai House -
infil3.gph*
  LINE-5=*VisualDOE ver 4.1.0*..
INPUT ECONOMICS
    INPUT-UNITS METRIC
    OUTPUT-UNITS METRIC
..


$=======================================
$
$       ELECTRICITY Utility Rate
$=======================================
$


$ ELEC- Rate Schedule
ELEC-1 UTILITY-RATE
 RESOURCE  = ELECTRICITY
METERS = (M1)
ENERGY-CHG = 0.11
MONTH-CHGS = (0)
DEMAND-CHGS = (0)
ESCALATION = 0
..

$=======================================
$
$       NATURAL-GAS Utility Rate
$=======================================
$


$ FUEL- Rate Schedule
FUEL-1 UTILITY-RATE
 RESOURCE  = NATURAL-GAS
METERS = (M1)
ENERGY-CHG = 1.6
MONTH-CHGS = (0)
DEMAND-CHGS = (0)
ESCALATION = 0
..
ECONOMICS-REPORT SUMMARY (ES-D,ES-E,ES-
F)  ..
END ..
COMPUTE ECONOMICS  ..
STOP ..
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อมูลที่ป้อนเข้าไปในโปรแกรม Ener-Win EC

```
ENER-WIN  .83774665  4  SI
Bld. Type Residential:
single/multi-family 31
Proj.Name Lanna Thai House 01
Proj.Desc 2 Bed RM./ 1 Terrace / 1
Kitchen
Location  Chiang Rai, THAILAND !
Dsgn. Stg Preliminary
Schm. Num 1
Con. Year 2008
Orient.    0
FloorArea   1519.9
Con. Cost   0
Occ. Days 7
An Hldays 0
WEATHER

WMO#  Lat. Long.  STM.  Elev
Chiang Rai, THAILAND !
48303  19.9 -99.8  -105    1295
          Jan   Feb   Mar   Apr
May   Jun   Jul   Aug   Sep   Oct
Nov   Dec
DB Ave   71.2  73.4  78.8  82.8
80.6  81.5  79.5  79.5    81  78.8
72.9  68.7
Ave std   5.2   6.8   6.5   6.1
5.2   4.3   3.6   3.6   3.8   2.3
8.5   4.5
DB Max   88.7  90.5  97.7  97.7
93.4  92.3  88.9  89.6    91  88.2
86.2  84.6
Max std   8.8    11   8.8   7.9
8.3   6.5   2.3   5.4   4.3   3.8
6.3   7.9
DP Ave     64  65.5  69.3  74.5
73.9  75.2  74.8    75  74.8  73.4
66.4  61.5
DP std    5.8   4.1   3.8   3.1
1.4   1.4   1.4   1.4   1.8     2
5.2     5
SOLAR    1364  1501  1476  1609
1663  1713  1375  1498  1543  1512
1358  1306
WIND       .4   1.3    .9    .9
2.2   2.7   2.7   2.2     2     2
1.8   1.3
DesTemps   116.2   81.3     37
ECONOMICS
Econ.Life 20
Mech.Life 15
SolarLife 10
Disc.Rate 0.07
Cost Esc. 0.05
Elec.Cost 0.08
Elec.Esc. 0.05
Gas  Cost   .6
Gas  Esc. 0.05
WaterCost   .04
WaterEsc. 0.03
DemCharge  N
WALL AND ROOF PROPERTIES
ID. #     1
Descript. Thai Wood 12 mm. + Wood
Frame
U-Factor    .477
Solar Abs 0.79
Time Lag  0.4
Dec. Fact 0.0
Ins. Cost   65.03
ID. #     2
Descript. Fiber Cement + Wood
Frame
U-Factor    .573
Solar Abs 0.65
Time Lag  0.4
Dec. Fact 0.0
Ins. Cost   74.32
ID. #     3
Descript. Lampang Soil
U-Factor    .41
Solar Abs 0.65
Time Lag  2.5
Dec. Fact 0.0
Ins. Cost   8.5
ID. #     4
Descript. Ashes
U-Factor    .384
Solar Abs 0.65
Time Lag  2.5
Dec. Fact 0.0
Ins. Cost   5.5
ID. #     5
Descript. Plastwood
U-Factor    .5
Solar Abs 0.65
Time Lag  .4
Dec. Fact 0.0
Ins. Cost   5
ID. #     8
Descript. Thai Roof 0.05 mm.
U-Factor    .855
Solar Abs 0.65
Time Lag  0
Dec. Fact 0.0
Ins. Cost   10.63
ID. #     10
Descript. User-defined roof
U-Factor    0
Solar Abs 0.0
Time Lag  0.0
Dec. Fact 0.0
Ins. Cost   0
```

```
ID. #     14
Descript. Thai Floor - Wood
U-Factor    .352
Solar Abs 0.0
Time Lag  0
Dec. Fact 0.0
Ins. Cost   65.03
9999
WINDOW PROPERTIES
ID. #      1
Descript. 1/4" (6mm) clear plate
U-Factor    1.13
S.H.G.C.  0.83
Emissiv.  0.84
DL. Trans 0.87
Ins. Cost   7.3
9999
PROFILES
Occ
 31
100 100 100 100 100 100 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 100 100 100 100 100
100 100
 32
5 5 0 0 0 10 20 20 20 20 60 90 90
35 35 35 60 60 60 40 30 10 10 5
99
HW
 31
6 6 6 6 6 28 49 42 32 27 33 41 35
34 29 32 50 49 40 36 45 30 8 6
99
Vent
 26
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
1 1 1 1 1 1 1
 31
100 100 100 100 100 100 100 0 0 0
0 0 0 0 0 0 100 100 100 100 100
100 100 100
99
Lite
 31
0 0 0 0 0 100 100 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 100 100 100 100 100 0 0
99
Temp
 1
  77  77  77  77  77  77  77  77
77  77  77  77  77  77  77  77  77
77  77  77  77  77  77  77
 2
  77  77  77  77  77  77  77  77
77  77  77  77  77  77  77  77  77
77  77  77  77  77  77  77
 3
  77  77  77  77  77  77  77  77
77  77  77  77  77  77  77  77  77
77  77  77  77  77  77  77
 4
  77  77  77  77  77  77  77  77
77  77  77  77  77  77  77  77  77
77  77  77  77  77  77  77
99
ZONES
Zone No.  12
Zone Name Space under Thai House
Flr. Area  759.9
Int. Mass  75
No.People 1
Occ. Prof 31
HW/person  19
HW.  Prof 31
OA CFM    CP14.8
Vent Prof 31
Lite Type   1
Cost/sqft  0
Watt/sqft  0
EquipLoad  0
Lite Prof 31
S-Occ.    1
W-Occ.    2
S-Unocc.  3
W-Unocc.  4
Cool.Type 6
Heat.Type 1
Nat. Vent Yes
CFM/sqft.  3.9
Inf. Rate 100
Daylight  No
DL Depth   8.9
Target FC  40
Econ.CycleNo
Stat.Pres  1.5
Cool SEER  13
Heat COP   .8
1st Cost   1200
Maint Cost 54
Wall ID.   10
Wall Area  251.9
WallOrien  0
Surf Exp.  2
Ext. Shd. N0. N0. N0.
Window ID  1
Win. Area  0
Rf/Wl Slp  90
S/W/B      B
Ven. Blnd  0
DiffTrans  0
Sill High  2.5
Window Ht  7.4
Grnd Refl  0
Wall ID.   10
Wall Area  91.5
WallOrien  270
Surf Exp.  2
Ext. Shd. R1. N0. N0.
Window ID  1
Win. Area  0
Rf/Wl Slp  90
S/W/B      B
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
Ven. Blnd  0
DiffTrans  0
Sill High  2.5
Window Ht  7.4
Grnd Refl  0
Wall ID.   10
Wall Area  253
WallOrien  180
Surf Exp.  2
Ext. Shd. N0. N0. N0.
Window ID  1
Win. Area  0
Rf/Wl Slp  90
S/W/B      B
Ven. Blnd  0
DiffTrans  0
Sill High  2.5
Window Ht  7.4
Grnd Refl  0
Wall ID.   10
Wall Area  54.9
WallOrien  90
Surf Exp.  2
Ext. Shd. R1. N0. N0.
Window ID  1
Win. Area  0
Rf/Wl Slp  90
S/W/B      B
Ven. Blnd  0
DiffTrans  0
Sill High  2.5
Window Ht  7.4
Grnd Refl  0
Wall ID.   10
Wall Area  53.8
WallOrien  90
Surf Exp.  2
Ext. Shd. R1. L1. F1.
Window ID  1
Win. Area  0
Rf/Wl Slp  90
S/W/B      B
Ven. Blnd  0
DiffTrans  0
Sill High  2.5
Window Ht  7.4
Grnd Refl  0
Wall ID.   10
Wall Area  96.9
WallOrien  270
Surf Exp.  2
Ext. Shd. N0. N0. N0.
Window ID  1
Win. Area  0
Rf/Wl Slp  90
S/W/B      B
Ven. Blnd  0
DiffTrans  0
Sill High  2.5
Window Ht  7.4
Grnd Refl  0
Wall ID.   10
Wall Area  138.9
WallOrien  90
Surf Exp.  2
Ext. Shd. N0. N0. N0.
Window ID  1
Win. Area  0
Rf/Wl Slp  90
S/W/B      B
Ven. Blnd  0
DiffTrans  0
Sill High  2.5
Window Ht  7.4
Grnd Refl  0
Wall ID.   10
Wall Area  54.9
WallOrien  180
Surf Exp.  2
Ext. Shd. N0. L1. N0.
Window ID  1
Win. Area  0
Rf/Wl Slp  90
S/W/B      B
Ven. Blnd  0
DiffTrans  0
Sill High  2.5
Window Ht  7.4
Grnd Refl  0
Wall ID.   10
Wall Area  42
WallOrien  270
Surf Exp.  2
Ext. Shd. N0. L1. F1.
Window ID  1
Win. Area  0
Rf/Wl Slp  90
S/W/B      B
Ven. Blnd  0
DiffTrans  0
Sill High  2.5
Window Ht  7.4
Grnd Refl  0
Wall ID.   10
Wall Area  42
WallOrien  90
Surf Exp.  2
Ext. Shd. R1. N0. F1.
Window ID  1
Win. Area  0
Rf/Wl Slp  90
S/W/B      B
Ven. Blnd  0
DiffTrans  0
Sill High  2.5
Window Ht  7.4
Grnd Refl  0
Wall ID.   10
Wall Area  53.8
WallOrien  0
Surf Exp.  2
Ext. Shd. N0. L1. N0.
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
Window ID  1
Win. Area  0
Rf/Wl Slp  90
S/W/B     B
Ven. Blnd  0
DiffTrans  0
Sill High  2.5
Window Ht  7.4
Grnd Refl  0
Wall ID.   10
Wall Area  42
WallOrien  270
Surf Exp.  2
Ext. Shd. R1. N0. F1.
Window ID  1
Win. Area  0
Rf/Wl Slp  90
S/W/B     B
Ven. Blnd  0
DiffTrans  0
Sill High  2.5
Window Ht  7.4
Grnd Refl  0
Wall ID.   10
Wall Area  14
WallOrien  270
Surf Exp.  2
Ext. Shd. R1. L1. F1.
Window ID  1
Win. Area  0
Rf/Wl Slp  90
S/W/B     B
Ven. Blnd  0
DiffTrans  0
Sill High  2.5
Window Ht  7.4
Grnd Refl  0
Wall ID.   14
Wall Area  369.2
WallOrien  0
Surf Exp.  7
Ext. Shd. N0. N0. N0.
Window ID  1
Win. Area  0
Rf/Wl Slp  0
S/W/B     B
Ven. Blnd  0
DiffTrans  0
Sill High  2.5
Window Ht  7.4
Grnd Refl  0
Wall ID.   14
Wall Area  14
WallOrien  0
Surf Exp.  72
Ext. Shd. N0. N0. N0.
Window ID  1
Win. Area  0
Rf/Wl Slp  0
S/W/B     B
Ven. Blnd  0
DiffTrans  0
Sill High  2.5
Window Ht  7.4
Grnd Refl  0
9999
Zone No.  21
Zone Name Master Bed RM.
Flr. Area  215.3
Int. Mass  75
No.People 1
Occ. Prof  31
HW/person  19
HW.  Prof 31
OA CFM    CP14.8
Vent Prof  31
Lite Type   1
Cost/sqft  1.58
Watt/sqft  .1
EquipLoad  0
Lite Prof  31
S-Occ.    1
W-Occ.    2
S-Unocc.  3
W-Unocc.  4
Cool.Type 6
Heat.Type 1
Nat. Vent Yes
CFM/sqft.  3.9
Inf. Rate 120
Daylight  No
DL Depth   8.9
Target FC  40
Econ.CycleNo
Stat.Pres  1.5
Cool SEER  13
Heat COP   .8
1st Cost   1200
Maint Cost 54
Wall ID.   1
Wall Area  150.7
WallOrien  90
Surf Exp.  4
Ext. Shd. N0. T.4 N0.
Window ID  1
Win. Area  0
Rf/Wl Slp  90
S/W/B     B
Ven. Blnd  0
DiffTrans  0
Sill High  2.5
Window Ht  7.4
Grnd Refl  0
Wall ID.   1
Wall Area  188.4
WallOrien  0
Surf Exp.  4
Ext. Shd. N0. T.4 N0.
Window ID  1
Win. Area  0
Rf/Wl Slp  90
S/W/B     B
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
Ven. Blnd  0
DiffTrans  0
Sill High  2.5
Window Ht  7.4
Grnd Refl  0
Wall ID.   8
Wall Area  105.5
WallOrien  0
Surf Exp.  6
Ext. Shd. N0. N0. N0.
Window ID  1
Win. Area  0
Rf/Wl Slp  0
S/W/B      B
Ven. Blnd  0
DiffTrans  0
Sill High  2.5
Window Ht  7.4
Grnd Refl  0
9999
Zone No.  22
Zone Name Bed RM.
Flr. Area  66.7
Int. Mass  75
No.People 1
Occ. Prof 31
HW/person  19
HW.  Prof 31
OA CFM     CP14.8
Vent Prof  31
Lite Type   1
Cost/sqft  1.58
Watt/sqft  .27
EquipLoad  0
Lite Prof 31
S-Occ.     1
W-Occ.     2
S-Unocc.   3
W-Unocc.   4
Cool.Type 6
Heat.Type 1
Nat. Vent Yes
CFM/sqft.  3.9
Inf. Rate 120
Daylight  No
DL Depth   8.9
Target FC  40
Econ.CycleNo
Stat.Pres  1.5
Cool SEER  13
Heat COP   .8
1st Cost   1200
Maint Cost 54
Wall ID.   1
Wall Area  5.4
WallOrien  270
Surf Exp.  4
Ext. Shd. R1. T.4 F1.
Window ID  1
Win. Area  0
Rf/Wl Slp  90
S/W/B      B
Ven. Blnd  0
DiffTrans  0
Sill High  2.5
Window Ht  7.4
Grnd Refl  0
Wall ID.   1
Wall Area  85
WallOrien  270
Surf Exp.  4
Ext. Shd. R1. T.4 N0.
Window ID  1
Win. Area  0
Rf/Wl Slp  90
S/W/B      B
Ven. Blnd  0
DiffTrans  0
Sill High  2.5
Window Ht  7.4
Grnd Refl  0
Wall ID.   8
Wall Area  32.3
WallOrien  0
Surf Exp.  6
Ext. Shd. N0. N0. N0.
Window ID  1
Win. Area  0
Rf/Wl Slp  0
S/W/B      B
Ven. Blnd  0
DiffTrans  0
Sill High  2.5
Window Ht  7.4
Grnd Refl  0
9999
Zone No.  23
Zone Name Terrace
Flr. Area  222.8
Int. Mass  75
No.People 2
Occ. Prof 31
HW/person  19
HW.  Prof 31
OA CFM     CP25.4
Vent Prof  26
Lite Type   1
Cost/sqft  1.58
Watt/sqft  .1
EquipLoad  0
Lite Prof 31
S-Occ.     1
W-Occ.     2
S-Unocc.   3
W-Unocc.   4
Cool.Type 6
Heat.Type 1
Nat. Vent Yes
CFM/sqft.  2.4
Inf. Rate 292
Daylight  No
DL Depth   8.9
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
Target FC  40
Econ.CycleNo
Stat.Pres  1.5
Cool SEER  13
Heat COP   .8
1st Cost   1200
Maint Cost 54
Wall ID.   10
Wall Area  65.7
WallOrien  90
Surf Exp.  4
Ext. Shd. N0. T.4 N0.
Window ID  1
Win. Area  0
Rf/Wl Slp  90
S/W/B      B
Ven. Blnd  0
DiffTrans  0
Sill High  2.5
Window Ht  7.4
Grnd Refl  0
Wall ID.   10
Wall Area  65.7
WallOrien  270
Surf Exp.  4
Ext. Shd. T.4 L1. F1.
Window ID  1
Win. Area  0
Rf/Wl Slp  90
S/W/B      B
Ven. Blnd  0
DiffTrans  0
Sill High  2.5
Window Ht  7.4
Grnd Refl  0
Wall ID.   10
Wall Area  75.3
WallOrien  180
Surf Exp.  4
Ext. Shd. T.4 L1. N0.
Window ID  1
Win. Area  0
Rf/Wl Slp  90
S/W/B      B
Ven. Blnd  0
DiffTrans  0
Sill High  2.5
Window Ht  7.4
Grnd Refl  0
Wall ID.   10
Wall Area  21.5
WallOrien  270
Surf Exp.  4
Ext. Shd. R1. L1. F1.
Window ID  1
Win. Area  0
Rf/Wl Slp  90
S/W/B      B
Ven. Blnd  0
DiffTrans  0
Sill High  2.5
Window Ht  7.4
Grnd Refl  0
Wall ID.   10
Wall Area  57
WallOrien  270
Surf Exp.  4
Ext. Shd. R1. T.4 F1.
Window ID  1
Win. Area  0
Rf/Wl Slp  90
S/W/B      B
Ven. Blnd  0
DiffTrans  0
Sill High  2.5
Window Ht  7.4
Grnd Refl  0
Wall ID.   10
Wall Area  75.3
WallOrien  90
Surf Exp.  4
Ext. Shd. R1. T.4 N0.
Window ID  1
Win. Area  0
Rf/Wl Slp  90
S/W/B      B
Ven. Blnd  0
DiffTrans  0
Sill High  2.5
Window Ht  7.4
Grnd Refl  0
Wall ID.   10
Wall Area  263.7
WallOrien  180
Surf Exp.  4
Ext. Shd. N0. T.4 N0.
Window ID  1
Win. Area  0
Rf/Wl Slp  90
S/W/B      B
Ven. Blnd  0
DiffTrans  0
Sill High  2.5
Window Ht  7.4
Grnd Refl  0
Wall ID.   8
Wall Area  111.9
WallOrien  0
Surf Exp.  6
Ext. Shd. N0. N0. N0.
Window ID  1
Win. Area  0
Rf/Wl Slp  0
S/W/B      B
Ven. Blnd  0
DiffTrans  0
Sill High  2.5
Window Ht  7.4
Grnd Refl  0
9999
Zone No.  24
Zone Name Kitchen
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
Flr. Area  64.6
Int. Mass  75
No.People 1
Occ. Prof 31
HW/person  19
HW.  Prof 31
OA CFM    CP25.4
Vent Prof  26
Lite Type   1
Cost/sqft  1.58
Watt/sqft  .45
EquipLoad  0
Lite Prof 31
S-Occ.    1
W-Occ.    2
S-Unocc.  3
W-Unocc.  4
Cool.Type 6
Heat.Type 1
Nat. Vent Yes
CFM/sqft.  2.4
Inf. Rate 117
Daylight  No
DL Depth   8.9
Target FC  40
Econ.CycleNo
Stat.Pres  1.5
Cool SEER  13
Heat COP   .8
1st Cost   1200
Maint Cost 54
Wall ID.   1
Wall Area  57
WallOrien  270
Surf Exp.  4
Ext. Shd. R1. T.4 N0.
Window ID  1
Win. Area  0
Rf/Wl Slp  90
S/W/B     B
Ven. Blnd  0
DiffTrans  0
Sill High  2.5
Window Ht  7.4
Grnd Refl  0
Wall ID.   1
Wall Area  150.7
WallOrien  0
Surf Exp.  4
Ext. Shd. N0. T.4 N0.
Window ID  1
Win. Area  0
Rf/Wl Slp  90
S/W/B     B
Ven. Blnd  0
DiffTrans  0
Sill High  2.5
Window Ht  7.4
Grnd Refl  0
Wall ID.   8
Wall Area  32.3
WallOrien  0
Surf Exp.  6
Ext. Shd. N0. N0. N0.
Window ID  1
Win. Area  0
Rf/Wl Slp  0
S/W/B     B
Ven. Blnd  0
DiffTrans  0
Sill High  2.5
Window Ht  7.4
Grnd Refl  0
9999
Zone No.  25
Zone Name Walk way
Flr. Area  39.8
Int. Mass  75
No.People 1
Occ. Prof 31
HW/person  19
HW.  Prof 31
OA CFM    CP14.8
Vent Prof  26
Lite Type   1
Cost/sqft  1.58
Watt/sqft  .28
EquipLoad  0
Lite Prof 31
S-Occ.    1
W-Occ.    2
S-Unocc.  3
W-Unocc.  4
Cool.Type 6
Heat.Type 1
Nat. Vent Yes
CFM/sqft.  3.9
Inf. Rate 50
Daylight  No
DL Depth   8.9
Target FC  40
Econ.CycleNo
Stat.Pres  1.5
Cool SEER  13
Heat COP   .8
1st Cost   1200
Maint Cost 54
Wall ID.   8
Wall Area  25.8
WallOrien  0
Surf Exp.  6
Ext. Shd. N0. N0. N0.
Window ID  1
Win. Area  0
Rf/Wl Slp  0
S/W/B     B
Ven. Blnd  0
DiffTrans  0
Sill High  2.5
Window Ht  7.4
Grnd Refl  0
9999
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Zone No. 26
Zone Name Living RM
Flr. Area 150.7
Int. Mass 75
No.People 2
Occ. Prof 31
HW/person 19
HW. Prof 31
OA CFM CP53
Vent Prof 26
Lite Type 1
Cost/sqft 1.58
Watt/sqft .1
EquipLoad 0
Lite Prof 31
S-Occ. 1
W-Occ. 2
S-Unocc. 3
W-Unocc. 4
Cool.Type 6
Heat.Type 1
Nat. Vent Yes
CFM/sqft. 3.9
Inf. Rate 100
Daylight No
DL Depth 8.9
Target FC 40
Econ.CycleNo
Stat.Pres 1.5
Cool SEER 13
Heat COP .8
1st Cost 1200
Maint Cost 54
Wall ID. 1
Wall Area 47.4
WallOrien 0
Surf Exp. 4
Ext. Shd. N0. T.4 N0.
Window ID 1
Win. Area 0
Rf/Wl Slp 90
S/W/B B
Ven. Blnd 0
DiffTrans 0
Sill High 2.5
Window Ht 7.4
Grnd Refl 0
Wall ID. 1
Wall Area 150.7
WallOrien 270
Surf Exp. 4
Ext. Shd. N0. T.4 N0.
Window ID 1
Win. Area 0
Rf/Wl Slp 90
S/W/B B
Ven. Blnd 0
DiffTrans 0
Sill High 2.5
Window Ht 7.4
Grnd Refl 0
Wall ID. 1
Wall Area 85
WallOrien 90
Surf Exp. 4
Ext. Shd. R1. L1. F1.
Window ID 1
Win. Area 0
Rf/Wl Slp 90
S/W/B B
Ven. Blnd 0
DiffTrans 0
Sill High 2.5
Window Ht 7.4
Grnd Refl 0
Wall ID. 1
Wall Area 85
WallOrien 0
Surf Exp. 4
Ext. Shd. T.4 L1. N0.
Window ID 1
Win. Area 0
Rf/Wl Slp 90
S/W/B B
Ven. Blnd 0
DiffTrans 0
Sill High 2.5
Window Ht 7.4
Grnd Refl 0
Wall ID. 1
Wall Area 133.5
WallOrien 180
Surf Exp. 4
Ext. Shd. N0. T.4 N0.
Window ID 1
Win. Area 0
Rf/Wl Slp 90
S/W/B B
Ven. Blnd 0
DiffTrans 0
Sill High 2.5
Window Ht 7.4
Grnd Refl 0
Wall ID. 1
Wall Area 65.7
WallOrien 90
Surf Exp. 4
Ext. Shd. R1. T.4 F1.
Window ID 1
Win. Area 0
Rf/Wl Slp 90
S/W/B B
Ven. Blnd 0
DiffTrans 0
Sill High 2.5
Window Ht 7.4
Grnd Refl 0
Wall ID. 8
Wall Area 73.2
WallOrien 0
Surf Exp. 6
Ext. Shd. N0. N0. N0.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
Window ID  1                                    00000000000000000000000000000000
Win. Area  0                                    00000000000000000000000000000000
Rf/Wl Slp  0                                    000000000000
S/W/B     B                                     00000000000000000000000000000000
Ven. Blnd  0                                    00000000000000000000000000000000
DiffTrans  0                                    000000000000
Sill High  2.5                                  00000000000000000000000000000000
Window Ht  7.4                                  00000000000000000000000000000000
Grnd Refl  0                                    000000000000
9999                                            00000000000000000000000000000000
BUILDING MATRIX                                 00000000000000000000000000000000
Grid Size   : 0.6                               000000000000
Orientation : 0                                 00000000000000000000000000000000
No. of Flrs : 2                                 00000000000000000000000000000000
Room Height : 5.2                               000000000000
Floor Area  : 0                                 00000000000000000000000000000000
Section Area: 0                                 00000000000000000000000000000000
ZoneName[1 ]: Zone 1-1                          000000000000
ZoneName[2 ]: Zone 1-2                          00000000000000000000000002222222222
ZoneName[3 ]: Zone 1-3                          22222222222222222222222200000000000
ZoneName[4 ]: Zone 1-4                          000000000000
ZoneName[5 ]: Zone 1-5                          00000000000000000000000002222222222
ZoneName[6 ]: Zone 1-6                          22222222222222222222222200000000000
ZoneName[7 ]: Zone 1-7                          000000000000
ZoneName[8 ]: Zone 1-8                          00000000000000000000000002222222222
ZoneName[9 ]: Zone 1-9                          22222222222222222222222200000000000
ZoneName[10]: Zone 1-10                         000000000000
ZoneName[11]: Zone 1-11                         00000000000000000000000002222222222
ZoneName[12]: Zone 1-12                         22222222222222222222222200000000000
ZoneName[13]: Zone 1-13                         000000000000
ZoneName[14]: Zone 1-14                         00000000000000000000000002222222222
ZoneName[15]: Zone 1-15                         22222222222222222222222200000000000
ZoneName[16]: Zone 1-16                         000000000000
ZoneName[17]: Zone 1-17                         00000000000000000000000002222222222
ZoneName[18]: Zone 1-18                         22222222222222222222222200000000000
ZoneName[19]: Zone 1-19                         000000000000
ZoneName[20]: Zone 1-20                         00000000000000000000000002222222222
ZoneName[21]: Zone 1-21                         22222222222222222222222200000000000
ZoneName[22]: Zone 1-22                         000000000000
ZoneName[23]: Zone 1-23                         00000000000000000000000002222222222
ZoneName[24]: Zone 1-24                         22222222222222222222222200000000000
ZoneName[25]: Zone 1-25                         000000000000
00000000000000000000000000000000000             00000000000000000000000002222222222
00000000000000000000000000000000000             22222222222222222222222200000000000
000000000000                                    000000000000
00000000000000000000000000000000000             00000000000000000000000002222222222
00000000000000000000000000000000000             22222222222222222222222200000000000
000000000000                                    000000000000
00000000000000000000000000000000000             00000000000000000000000002222222222
00000000000000000000000000000000000             22222222222222222222222200000000000
000000000000                                    000000000000
00000000000000000000000000000000000             00000000000000000000000002222222222
00000000000000000000000000000000000             22222222222222222222222200000000000
000000000000                                    000000000000
00000000000000000000000000000000000             00000000000000000000000002222222222
00000000000000000000000000000000000             22222222222222222222222200000000000
000000000000                                    000000000000
00000000000000000000000000000000000             00000000000000000000000002222222222
00000000000000000000000000000000000             22222222222222222222222200000000000
000000000000                                    000000000000
```

```
0000000000000000000000002222222222
2222222222222222222222222200000000
000000000000
0000222222222222220000002222222222
2222222222222222222222222200000000
000000000000
0000222222222222220000002222222222
2222222222222222222222222200000000
000000000000
0000222222222222220000002222222222
2222222222222222222222222200000000
000000000000
0000222222222222220000002222222222
2222222222222222222222222200000000
000000000000
0000222222222222220000002222222222
2222222222222222222222222200000000
000000000000
0000222222222222220000002222222222
2222222222222222222222222200000000
000000000000
0000222222222222220000002222222222
2222222222222222222222222200000000
000000000000
0000222222222222220000002222222222
2222222222222222222222222200000000
000000000000
0000222222222222220000002222222222
0000000000000000000000000000000000
000000000000
0000222222222222220000002222222222
0000000000000000000000000000000000
000000000000
0000222222222222220000002222222222
0000000000000000000000000000000000
000000000000
0000222222222222220000002222222222
0000000000000000000000000000000000
000000000000
0000222222222222220000002222222222
0000000000000000000000000000000000
000000000000
0000222222222222220000002222222222
0000000000000000000000000000000000
000000000000
0000222222222222220000002222222222
0000000000000000000000000000000000
000000000000
0000222222222222220000002222222222
0000000000000000000000000000000000
000000000000
0000000000000000000000000000000000
0000000000000000000000000000000000
000000000000
0000000000000000000000000000000000
0000000000000000000000000000000000
000000000000
0000000000000000000000000000000000
0000000000000000000000000000000000
000000000000
0000000000000000000000000000000000
0000000000000000000000000000000000
000000000000
0000000000000000000000000000000000
0000000000000000000000000000000000
000000000000
0000000000000000000000000000000000
0000000000000000000000000000000000
000000000000
0000000000000000000000000000000000
0000000000000000000000000000000000
000000000000
0000000000000000000000000000000000
0000000000000000000000000000000000
000000000000
0000000000000000000000000000000000
0000000000000000000000000000000000
000000000000
0000000000000000000000000000000000
0000000000000000000000000000000000
000000000000
0000000000000000000000000000000000
0000000000000000000000000000000000
000000000000
0000000000000000000000000000000000
0000000000000000000000000000000000
000000000000
0000000000000000000000000000000000
0000000000000000000000000000000000
000000000000
0000000000000000000000000000000000
0000000000000000000000000000000000
000000000000
0000000000000000000000000000000000
0000000000000000000000000000000000
000000000000
0000000000000000000000000000000000
0000000000000000000000000000000000
000000000000
0000000000000000000000000000000000
0000000000000000000000000000000000
000000000000
Grid Size   : 13.1
Orientation : 0
No. of Flrs : 2
Room Height : 8.2
Floor Area  : 194955.9
Section Area: 389911.9
ZoneName[1 ]: Zone 2-1
ZoneName[2 ]: Zone 2-2
ZoneName[3 ]: Zone 2-3
ZoneName[4 ]: Zone 2-4
ZoneName[5 ]: Zone 2-5
ZoneName[6 ]: Zone 2-6
ZoneName[7 ]: Zone 2-7
ZoneName[8 ]: Zone 2-8
ZoneName[9 ]: Zone 2-9
ZoneName[10]: Zone 2-10
ZoneName[11]: Zone 2-11
ZoneName[12]: Zone 2-12
ZoneName[13]: Zone 2-13
```

```
ZoneName[14]: Zone 2-14                 000000000000000000000004444444444
ZoneName[15]: Zone 2-15                 444444111111111111111111100000000
ZoneName[16]: Zone 2-16                 000000000000
ZoneName[17]: Zone 2-17                 000000000000000000000004444444444
ZoneName[18]: Zone 2-18                 444444111111111111111111100000000
ZoneName[19]: Zone 2-19                 000000000000
ZoneName[20]: Zone 2-20                 000000000000000000000002222222222
ZoneName[21]: Zone 2-21                 555555111111111111111111100000000
ZoneName[22]: Zone 2-22                 000000000000
ZoneName[23]: Zone 2-23                 000000000000000000000002222222222
ZoneName[24]: Zone 2-24                 555555111111111111111111100000000
ZoneName[25]: Zone 2-25                 000000000000
00000000000000000000000000000000000     000000000000000000000002222222222
00000000000000000000000000000000000     555555111111111111111111100000000
000000000000                            000000000000
00000000000000000000000000000000000     000000000000000000000002222222222
00000000000000000000000000000000000     555555111111111111111111100000000
000000000000                            000000000000
00000000000000000000000000000000000     000000000000000000000002222222222
00000000000000000000000000000000000     555555111111111111111111100000000
000000000000                            000000000000
00000000000000000000000000000000000     000000000000000000000002222222222
00000000000000000000000000000000000     555555111111111111111111100000000
000000000000                            000000000000
00000000000000000000000000000000000     000000000000000000000002222222222
00000000000000000000000000000000000     555555111111111111111111100000000
000000000000                            000000000000
00000000000000000000000000000000000     000000000000000000000002222222222
00000000000000000000000000000000000     555555111111111111111111100000000
000000000000                            000000000000
00000000000000000000000000000000000     000066666666666666000002222222222
00000000000000000000000000000000000     555555111111111111111111100000000
000000000000                            000000000000
00000000000000000000000000000000000     000066666666666666000003333333333
00000000000000000000000000000000000     333333333333333333333333300000000
000000000000                            000000000000
00000000000000000000000000000000000     000066666666666666000003333333333
00000000000000000000000000000000000     333333333333333333333333300000000
000000000000                            000000000000
00000000000000000000000000000000000     000066666666666666000003333333333
00000000000000000000000000000000000     333333333333333333333333300000000
000000000000                            000000000000
00000000000000000000000000000000000     000066666666666666000003333333333
00000000000000000000000000000000000     333333333333333333333333300000000
000000000000                            000000000000
00000000000000000000000004444444444     000066666666666666000003333333333
44444411111111111111111111100000000     333333333333333333333333300000000
000000000000                            000000000000
00000000000000000000000004444444444     000066666666666666000003333333333
44444411111111111111111111100000000     333333333333333333333333300000000
000000000000                            000000000000
00000000000000000000000004444444444     000066666666666666000003333333333
44444411111111111111111111100000000     333333333333333333333333300000000
000000000000                            000000000000
00000000000000000000000004444444444     000066666666666666000003333333333
44444411111111111111111111100000000     000000000000000000000000000000000
000000000000                            000000000000
```

0000666666666666660000003333333333
0000000000000000000000000000000000
000000000000
0000666666666666660000003333333333
0000000000000000000000000000000000
000000000000
0000666666666666660000003333333333
0000000000000000000000000000000000
000000000000
0000666666666666660000003333333333
0000000000000000000000000000000000
000000000000
0000666666666666660000003333333333
0000000000000000000000000000000000
000000000000
0000666666666666660000003333333333
0000000000000000000000000000000000
000000000000
0000666666666666660000003333333333
0000000000000000000000000000000000
000000000000
0000000000000000000000000000000000
0000000000000000000000000000000000
000000000000
0000000000000000000000000000000000
0000000000000000000000000000000000
000000000000
0000000000000000000000000000000000
0000000000000000000000000000000000
000000000000
0000000000000000000000000000000000
0000000000000000000000000000000000
000000000000
0000000000000000000000000000000000
0000000000000000000000000000000000
000000000000
0000000000000000000000000000000000
0000000000000000000000000000000000
000000000000
0000000000000000000000000000000000
0000000000000000000000000000000000
000000000000
0000000000000000000000000000000000
0000000000000000000000000000000000
000000000000
0000000000000000000000000000000000
0000000000000000000000000000000000
000000000000
0000000000000000000000000000000000
0000000000000000000000000000000000
000000000000
0000000000000000000000000000000000
0000000000000000000000000000000000
000000000000
0000000000000000000000000000000000
0000000000000000000000000000000000
000000000000
0000000000000000000000000000000000
0000000000000000000000000000000000
000000000000
0000000000000000000000000000000000
0000000000000000000000000000000000
000000000000
0000000000000000000000000000000000
0000000000000000000000000000000000
000000000000
0000000000000000000000000000000000
0000000000000000000000000000000000
000000000000
0000000000000000000000000000000000
0000000000000000000000000000000000
000000000000

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายรชฎ ประทีป ณ ถลาง เกิด 12 ตุลาคม 2521 จังหวัดเชียงราย สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี สถาปัตยกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะ สถาปัตยกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยรังสิต ในปีการศึกษา 2545 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2550

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย