แนวทางการปรับปรุงเพื่อสภาวะความสบายในอาคารพักอาศัย ด้วยมวลอุณหภาพ ในพื้นที่อำเภอเถิน จังหวัดลำปาง

GUIDELINES FOR IMPROVING THERMAL COMFORT IN RESIDENTIAL BUILDINGS WITH THERMAL MASS IN THOEN DISTRICT, LAMPANG PROVINCE, THAILAND

ฐานัตถ์ เค้าฉิม
TANAT KAOCHIM

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2559

KMITL-2016-AR-M-002-024

แนวทางการปรับปรุงเพื่อสภาวะความสบายในอาคารพักอาศัย ด้วยมวลอุณหภาพ ในพื้นที่อำเภอเถิน จังหวัดลำปาง

GUIDELINES FOR IMPROVING THERMAL COMFORT
IN RESIDENTIAL BUILDINGS WITH THERMAL MASS
IN THOEN DISTRICT, LAMPANG PROVINCE, THAILAND

ฐานัตถ์ เค้าฉิม
TANAT KAOCHIM

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2559

KMITL-2016-AR-M-002-024

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

GUIDELINES FOR IMPROVING THERMAL COMFORT IN RESIDENTIAL BUILDINGS WITH THERMAL MASS IN THOEN DISTRICT, LAMPANG PROVINCE, THAILAND

TANAT KAOCHIM

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FUFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ARCHITECTURE PROGRAM IN TROPICAL ARCHITECTURE
FACULTY OF ARCHITECTURE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2016

KMITL-2016-AR-M-002-024

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2016

FACULTY OF ARCHITECTURE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ แนวทางการปรับปรุงเพื่อสภาวะความสบายในอาคารพักอาศัยด้วยมวลอุณหภาพ ในพื้นที่อำเภอเถิน จังหวัดลำปาง
GUIDELINES FOR IMPROVING THERMAL COMFORT IN RESIDENTIAL BUILDING WITH THERMAL MASS IN THOEN DISTRICT, LAMPANG PROVINCE, THAILAND

นักศึกษา นายฐานัตถ์ เค้าฉิม
รหัสประจำตัว 54620503
ปริญญา สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา สถาปัตยกรรมเขตร้อน
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ศุทธา ศรีเผด็จ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม -

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รองศาสตราจารย์ศุทธา	ศรีเผด็จ	
รองศาสตราจารย์สุพัฒน์	บุณยฤทธิกิจ	
รองศาสตราจารย์ชนินทร์	ทิพโยภาส	
อาจารย์ ดร.รวิช	ควรประเสริฐ	
รองศาสตราจารย์ ดร.ปรีชญา	รังสิรักษ์	

วัน / เดือน/ ปี ที่สอบ 21 มิถุนายน 2559 เวลา 11.00 น.
สถานที่สอบ กลุ่มวิชาสถาปัตยกรรม

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์รับรองแล้ว

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์พิเชฐ โสวิทยสกุล)
คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
วันที่ 29 **เดือน** กรกฎาคม **พ.ศ.** 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	แนวทางการปรับปรุงเพื่อสภาวะความสบายในอาคารพักอาศัยด้วยมวลอุณหภาพในพื้นที่อำเภอเถิน จังหวัดลำปาง
นักศึกษา	นายฐานัตถ์ เค้าฉิม
รหัสประจำตัว	54620503
ปริญญา	สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรมเขตร้อน
พ.ศ.	2559
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รศ.ศุทธา ศรีเผด็จ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีแนวคิดในการนำลักษณะภูมิอากาศรายวันของอำเภอเถินซึ่งมีความแตกต่างของอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดมาก มาใช้ให้เกิดประโยชน์ในการสร้างความสบายให้ผู้อยู่อาศัย โดยทำการสำรวจเก็บข้อมูลอาคารพักอาศัยและสภาพอากาศ เพื่อตรวจสอบ วิเคราะห์และกำหนดขอบเขตความสบาย และเสนอแนวทางแก้ปัญหาด้วยมวลอุณหภาพ จากผลการเก็บข้อมูลสภาพอากาศของบ้านตัวอย่างในช่วงฤดูร้อนของวันที่ 28-30 พฤษภาคม พ.ศ. 2558 พบว่าในรอบหนึ่งวันจะมีอุณหภูมิภายในบ้านสูงเกินขอบเขตความสบาย ตั้งแต่ช่วงเวลา 9.00 น. จนถึง 19.00 น. ผลการจำลองบ้านตัวอย่างในโปรแกรม Ecotect V.5.20 เสนอแนวทางการปรับปรุงอาคารพักอาศัยด้วยการใช้มวลอุณหภาพชนิดต่างๆ ของผนัง หลังคาและฝ้าเพดาน ผลการจำลองแบบจำลองผนังทางด้านทิศใต้ร่วมกับการเพิ่มฉนวนของฝ้าเพดานและหลังคา สามารถความร้อนได้ผลดีในช่วงเวลา 9.00-19.00น.ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ความร้อนเข้าสู่อาคารและอุณหภูมิภายนอกสูงเกินสภาวะสบาย โดยสามารถทำให้อุณหภูมิภายในอาคารต่ำกว่าอุณหภูมิภายนอกในช่วงเวลาดังกล่าว ตั้งแต่ 1-2°c ในขณะเดียวกันช่วงเวลา 19.00-9.00 น. กลับทำให้มีอุณหภูมิเฉลี่ยภายในสูงขึ้นด้วยเช่นกัน ตั้งแต่ 2-3.6°c เทียบกับอุณหภูมิภายนอกในช่วงเวลาเดียวกัน โดยผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้นมีช่องอากาศภายใน 5 เซนติเมตร มีประสิทธิภาพในการชะลอความร้อนมากที่สุด ในขณะเดียวกันก็เป็นการเพิ่มอุณหภูมิเฉลี่ยภายในได้ในช่วงกลางคืนด้วยเช่นกัน ทั้งนี้ทุกแบบจำลองที่ได้ทำการจำลองนั้น จะเพิ่มจำนวนชั่วโมงที่อุณหภูมิสูงเกินขอบเขตสภาวะสบายตลอดทั้งปีประมาณร้อยละ 1-2 ต่อปี เทียบกับจำนวนชั่วโมงที่สูงกว่าสภาวะสบายของบ้านเดิมไม่มากนัก ในขณะเดียวกันก็สามารถลดจำนวนชั่วโมงที่ต่ำกว่าสภาวะสบายตลอดทั้งปีได้ด้วยเช่นกัน โดยสามารถลดได้ร้อยละ 3-22 ต่อปีเทียบกับจำนวนชั่วโมงที่ต่ำกว่าสภาวะสบายของบ้านเดิม ดังนั้นการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของส่วนประกอบอาคารสามารใช้ลดอุณหภูมิภายในช่วงเวลากลางวันได้และควรใช้การระบายความร้อนในช่วงกลางคืนร่วมด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Guidelines For Improving Thermal Comfort In Residential Buildings With Thermal Mass In Thoen District, Lampang Province, Thailand
Student	Mr. Tanat Kaochim
Student ID	54620503
Degree	Master of Architecture
Program	Tropical Architecture
Year	2016
Thesis Advisor	Assoc. Prof.Sutta Sriphadej

ABSTRACT

The main aim of this thesis is study in a daily thermal fluctuation due to highest and lowest temperature differences in “Thoen” area, which may be able to improve and compromise with comfort condition in residential. Collected data were pointed out to Building and Climate specimen by site survey methodology. They were analyzed and measured comfort conditions of a residential for humanity and proposed a solution by Thermal Mass. Regarding to result of the sample that was measured in summer season during 28th – 30th May 2015 presented an uncomforted conditions was taken place between 9.00 am-7.00 pm everyday, the house’s temperature would be increased over the comfort zone limitation. The simulation software Ecotect V.5.20 proposed a solution that thermal mass-wall and ceiling with insulation can reduce heat transfer to the south facade of the house at period 9.00 am-7.00 pm, meanwhile, inside temperature was lower than outside around 1-2 degree of time. On the other hand, in 7:00 pm-9:00 am, the average temperatures of inside house was still increasing around 2-3.6 °c than outer. In addition, the experiment found that the double brick wall with 5 cm. air gap is the best effective function in term of heat reduction at a daytime, but it can also increases the highest average temperature inside the house at a nighttime. For the comfort yearly hour, all models will increase the higher-comfort temperature hours but not too much compare with existing house, about 1-2 percent, meanwhile also decrease lower comfort temperature hours about 3-22 percent per year. Thermal mass can reduce heat transfer in day time, the heat should be released by ventilation at night time.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ รศ.ศุทธา ศรีเผด็จ อาจารย์ที่ปรึกษาและผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยความอนุเคราะห์ ความรู้ ข้อมูล คำปรึกษา การอำนวยความสะดวก และกำลังใจ จากทุกท่านที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. รศ.สุพัฒน์ บุณยฤทธิกิจ ประธานคณะกรรมการ
2. รศ. ดร.ปรีชญา รังสิรักษ์ คณะกรรมการ
3. รศ.ชนินทร์ ทิพโยภาส คณะกรรมการ
4. ดร.รวิช ควรประเสริฐ คณะกรรมการ
5. คณาอาจารย์ภาควิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อนทุกท่าน
6. นายนภดล วาสวงค์ ผู้ใหญ่บ้าน หมู่ที่ 10 บ้านสบคือ
7. นางเพ็ญนภา ธาวงค์ ผู้ใหญ่บ้าน หมู่ที่ 12 บ้านหนองเชียงราน
8. เจ้าหน้าที่ฝ่ายปกครองทุกท่านของอำเภอเถิน
9. เจ้าของบ้านทุกหลังในหมู่บ้านสบคือ ที่อนุญาตให้ทำการสำรวจและทำการสอบถาม
10. คุณชริญญา สุวรรณดี และเจ้าพนักงานอุตุนิยมวิทยาทุกท่าน
11. คุณบุญมี อินทร์สิทธิ์ และเจ้าหน้าที่คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สจล. ทุกท่าน
12. เพื่อน พี่ น้อง สถาปัตยกรรมเขตร้อนรหัสปี 54 ทุกท่าน

ขอขอบคุณ คุณจารุทรรศน์ ห้องสวัสดิ์ คุณนพพน สัมฤทธิ์สุวรรณ และคุณจักรพงษ์ หนูเนียม สำหรับคำปรึกษาการพิมพ์วิทยานิพนธ์ นางวีณา เค้าฉิม และเด็กชายแดนอรัญ เค้าฉิม ภรรยาและลูกชาย สำหรับกำลังใจ สำหรับคุณประโยชน์และคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้บิดามารดา ผู้เป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูบาอาจารย์ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่ข้าพเจ้ามาจนตลอดจนถึงทุกวันนี้

ฐานัตถ์ เค้าฉิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II
กิตติกรรมประกาศ III
สารบัญ IV
สารบัญตาราง VIII
สารบัญรูป XI

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ที่มาของปัญหาและความสำคัญของการทำวิจัย 1
1.1.1 สภาพภูมิอากาศในอำเภอเถิน 1
1.1.2 ปัญหาสภาวะสบายของผู้อยู่อาศัยในอาคารพักอาศัย พื้นที่อำเภอเถิน 4
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา 5
1.3 ขอบเขตการศึกษา 5
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 6
1.5 วิธีการดำเนินงานวิจัย 7

บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรมและกรอบแนวคิด 8
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 8
2.1.1 กรอบแนวคิดจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 11
2.2 ข้อมูลทั่วไป สภาพภูมิอากาศทั่วไปและอาคารพักอาศัยของอำเภอเถิน จังหวัดลำปาง 12
2.2.1 ข้อมูลทั่วไป 12
2.2.2 อาคารพักอาศัยและวัสดุที่นิยมใช้ในหมู่บ้านสบคือ ตำบลล้อมแรด 13
2.2.3 สภาพภูมิอากาศทั่วไปของอำเภอเถิน 18
2.2.4 กรอบแนวคิดจากข้อมูลทั่วไป สภาพภูมิอากาศทั่วไปและอาคารพักอาศัย ของอำเภอเถิน จังหวัดลำปาง 30
2.3 สภาวะความสบาย (Thermal Comfort) 30
2.3.1 ปัจจัยที่มีผลต่อสภาวะความสบาย 31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.3.2 ขอบเขตสภาวะความสบาย (Comfort Zone) 33
2.3.3 การหาขอบเขตสภาวะความสบายด้วยวิธีการของ Auliciems และ Szokolay 34
2.3.4 กรอบแนวคิดการตรวจสอบและการหาขอบเขตสภาวะความสบายภายในอาคารพักอาศัยภายในพื้นที่อำเภอเถิน 35
2.4 การถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer) 35
2.4.1 หลักการการถ่ายเทความร้อน 35
2.4.2 พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุ 37
2.4.3 วัฏจักรการถ่ายเทความร้อน (Periodic Heat Flow) 40
2.4.4 คุณสมบัติทางความร้อนของวัสดุที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน 43
2.4.5 การถ่ายเทความร้อนสู่อาคาร 47
2.4.6 กรอบแนวคิดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในอาคาร 49
2.5 มวลอุณหภาพ (Thermal Mass) 49
2.5.1 กรอบแนวคิดการปรับปรุงอาคารพักอาศัยเพื่อสภาวะสบายทางอุณหภูมิด้วยมวลอุณหภาพ 51
2.6 สรุปกรอบแนวคิดงานวิจัย 52

บทที่ 3 การสร้างเครื่องมือและวิธีการวิจัย 53
3.1 วิธีการสำรวจ ตรวจสอบและหาความสบายที่เหมาะสมของอาคารพักอาศัยในพื้นที่อำเภอเถิน จังหวัดลำปาง 53
3.1.1 การคัดเลือกบ้านตัวอย่างเพื่อทำการติดตั้งเครื่องมือวัดอุณหภูมิ 53
3.1.2 การตรวจวัดและบันทึกข้อมูลอุณหภูมิของบ้านตัวอย่าง 63
3.1.3 การหาความสบายที่เหมาะสมทางอุณหภูมิของอำเภอเถิน 66
3.2 วิธีการจำลองการปรับปรุงอาคารด้วยมวลอุณหภาพของส่วนประกอบต่างๆของอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ 69
3.2.1 การเลือกโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการจำลองการปรับปรุงอาคารด้วยมวลอุณหภาพ 70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2.2 การสำรวจ คัดเลือกวัสดุ และพิจารณาเพื่อนำมาเป็นแบบจำลองของส่วนประกอบอาคารเพื่อการจำลองการใช้มวลอุณหภาพในการหน่วงความร้อน 71

3.2.3 การจำลองการปรับปรุงอาคารด้วยมวลอุณหภาพของส่วนประกอบต่างๆ ของอาคารด้วยโปรแกรม Ecotect V.5.20 75

บทที่ 4 การวิเคราะห์ผลการทดสอบ **89**

4.1 การดำเนินการตรวจสอบสภาวะความสบายทางอุณหภูมิในอาคารพักอาศัยในพื้นที่อำเภอเถิน จังหวัดลำปาง และหาความสบายทางอุณหภูมิที่เหมาะสม 89

4.1.1 การดำเนินการหาขอบเขตสภาวะความสบายทางอุณหภูมิในอำเภอเถิน 89

4.1.2 การตรวจสอบสภาวะความสบายทางอุณหภูมิภายในบ้านตัวอย่าง 92

4.2 การปรับปรุงอาคารด้วยมวลอุณหภาพในส่วนประกอบต่างๆ ของอาคารเพื่อสภาวะความสบาย 97

4.2.1 การวิเคราะห์ความแม่นยำของโปรแกรม Ecotect V.5.20 98

4.2.2 แนวทางที่ 1 - ผลการจำลองและวิเคราะห์การหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังรูปแบบต่างๆ ด้วยโปรแกรม Ecotect V.5.20 101

4.2.3 แนวทางที่ 2 - ผลการจำลองและวิเคราะห์การหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังร่วมกับการเพิ่มฉนวนที่หลังคาและฝ้าเพดานด้วยโปรแกรม Ecotect V.5.20 114

4.2.4 ผลการจำลองและวิเคราะห์จำนวนชั่วโมงที่เกินขอบเขตความสบายของอาคารจากมวลอุณหภาพในส่วนประกอบต่างๆ ของอาคารด้วยโปรแกรม Ecotect V.5.20 130

บทที่ 5 สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ **143**

5.1 สรุปผลงานวิจัย 143

5.1.1 สรุปผลการตรวจสอบสภาวะความสบายทางอุณหภูมิในอาคารพักอาศัยและความสบายทางอุณหภูมิที่เหมาะสมในพื้นที่อำเภอเถิน จังหวัดลำปาง 143

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.1.2 สรุปผลแนวทางการปรับปรุงอาคารด้วยมวลอุณหภาพในส่วนประกอบต่างๆ ของอาคารเพื่อสภาวะความสบาย 144
5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยต่อๆ ไป 145

บรรณานุกรม **147**
ภาคผนวก **149**
ภาคผนวก ก 150
ภาคผนวก ข 154
ภาคผนวก ค 156
ประวัติผู้เขียน **165**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 แสดงจำนวนอาคารบ้านเรือนในแต่ละหมู่บ้านของตำบลล้อมแรด 14

2.2 แสดงอาคารพักอาศัยชนิดต่างๆ ในหมู่บ้านสบคือ แบ่งตามวัสดุก่อสร้างผนัง 15

2.3 แสดงข้อมูลภูมิอากาศ อำเภอเถิน จังหวัดลำปาง ปี พ.ศ. 2547 - 2557 22

2.4 แสดงความถี่ (ร้อยละ) ของลมประจำถิ่นในแต่ละเดือน พ.ศ. 2547 - 2557 (มกราคม-มิถุนายน) 28

2.5 แสดงความถี่ (ร้อยละ) ของลมประจำถิ่นในแต่ละเดือน พ.ศ. 2547 - 2557 (กรกฎาคม-ธันวาคม) 29

2.6 แสดงวิกฤติความร้อนในร่างกายมนุษย์ 32

2.7 ตัวอย่างค่าการนำความร้อน (k) ในวัสดุต่างๆ 36

2.8 แสดงความสัมพันธ์ของเวลากับอุณหภูมิภายในและภายนอกอาคาร 39

2.9 แสดงระยะเวลาการหน่วงความร้อนที่ความร้อนไหลผ่านวัสดุ 42

2.10 แสดงตัวอย่างค่าความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุชนิดต่างๆ 46

3.1 แสดงข้อมูลเบื้องต้นของบ้านที่ทำการสำรวจเพื่อเลือกเป็นบ้านตัวอย่างในการติดตั้งเครื่องมือวัดอุณหภูมิ 53

3.2 แสดงการกำหนดค่า To.av. เพื่อใช้ในการคำนวณหาขอบเขตความสบาย 69

3.3 แสดงรายละเอียดของวัสดุภายในพื้นที่ที่ใช้ในการก่อสร้างส่วนประกอบอาคารต่างๆ 72

3.4 แสดงรายละเอียดของวัสดุฉนวนในพื้นที่ที่ใช้ในการก่อสร้างส่วนประกอบอาคารต่างๆ 74

3.5 แสดงตัวอย่างข้อมูลอุณหภูมิอากาศราย 3 ชั่วโมงของเดือนมกราคม ปี พ.ศ. 2557 76

3.6 แสดงตัวอย่างข้อมูลอุณหภูมิอากาศราย 1 ชั่วโมงของเดือนมกราคม ปี พ.ศ. 2557 ซึ่งเป็นผลจากการประมาณค่าในช่วงของข้อมูลราย 3 ชั่วโมง 78

3.7 แสดงวัสดุเดิมของส่วนประกอบต่างๆ ของบ้านเลขที่ 170 เพื่อใช้จำลองโดยโปรแกรม Ecotect V.5.20 80

3.8 แสดงคุณสมบัติของวัสดุชนิดต่างๆ ที่ใช้ในการสร้างส่วนประกอบอาคารใหม่สำหรับโปรแกรม Ecotec V.5.20 81

3.9 แสดงคุณสมบัติทางความร้อนในแต่ละชั้นของส่วนประกอบอาคารต่างๆ 85

3.10 แสดงคุณสมบัติทางความร้อนของส่วนประกอบอาคารต่างๆ 86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

3.11 แสดงการกำหนดค่าตั้งต้นเพื่อใช้จำลองผลการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของพื้นที่ต่างๆ ของบ้านเลขที่ 170 87
4.1 แสดงผลการคำนวณหาขอบเขตความสบายในพื้นที่อำเภอเถิน 92
4.2 แสดงผลเปรียบเทียบอุณหภูมิวันที่ 29 พฤษภาคม 2558 ระหว่างการติดตั้งเครื่องมือวัดจริงกับการจำลองด้วยโปรแกรม Ecotect V.5.20 100
4.3 แสดงผลการจำลองการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังชนิดต่างๆ วันที่ 29 พฤษภาคม พ.ศ. 2558 101
4.4 แสดงผลการจำลองการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังชนิดต่างๆ วันที่ 30 มีนาคม พ.ศ. 2557 103
4.5 แสดงผลการจำลองการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังชนิดต่างๆ วันที่ 24 ม.ค. พ.ศ. 2557 105
4.6 แสดงความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างผลการจำลองผนังหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังชนิดต่างๆ กับอุณหภูมิภายนอก 112
4.7 แสดงความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างผลการจำลองผนังหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังชนิดต่างๆ กับผลการจำลองผนังเดิมของบ้านตัวอย่าง 113
4.8 แสดงผลการจำลองการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังร่วมกับการเพิ่มฉนวนที่หลังคาและฝ้าเพดาน วันที่ 29 พ.ค. 2558 114
4.9 แสดงผลการจำลองการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังร่วมกับการเพิ่มฉนวนที่หลังคาและฝ้าเพดาน วันที่ 30 มี.ค. 2557 116
4.10 แสดงผลการจำลองการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังร่วมกับการเพิ่มฉนวนที่หลังคาและฝ้าเพดานวันที่ วันที่ 24 ม.ค. 2557 118
4.11 แสดงความแตกต่างอุณหภูมิ ระหว่างผลการจำลองผนังหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังชนิดต่างๆ ร่วมกับการเพิ่มฉนวนหลังคาและฝ้าเพดานกับอุณหภูมิภายนอก 127
4.12 แสดงความแตกต่างอุณหภูมิ ระหว่างผลการจำลองผนังหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังชนิดต่างๆ ร่วมกับการเพิ่มฉนวนหลังคาและฝ้าเพดานกับผลการจำลองวัสดุผนังเดิมของแบบจำลองบ้านตัวอย่าง 128

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.13 ผลการจำลองจำนวนชั่วโมงที่เกินขอบเขตความสบายตลอดปี พ.ศ. 2557 จากการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนัง ตามแนวทางที่ 1 130

4.14 ผลการจำลองจำนวนชั่วโมงที่เกินขอบเขตความสบายตลอดปี พ.ศ. 2557 จากการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังร่วมกับการเพิ่มฉนวนที่หลังคาและฝ้าเพดาน ตามแนวทางที่ 2 132

4.15 แสดงจำนวนชั่วโมงที่อยู่นอกขอบเขตสภาวะสบาย ปี พ.ศ. 2557 135

4.16 แสดงจำนวนชั่วโมงที่แตกต่างของสภาวะไม่สบายของผลการจำลองความร้อนแบบต่างๆ โดยเทียบกับการจำลองบ้านตัวอย่างเดิม (บ้านเลขที่ 170) ตลอดทั้งปี 2557 137

4.17 แสดงผลการจำลองจำนวนชั่วโมงที่อยู่นอกขอบเขตสภาวะสบายเป็นรายเดือน ปี พ.ศ. 2557 138

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

1.1 แสดงแผนที่อากาศอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดคาบ 30 ปี (พ.ศ. 2524-2553) ของภาคเหนือ 2

1.2 แผนภูมิแสดงอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด รายปี พ.ศ. 2547 - 2557 3

1.3 แผนภูมิแสดงค่าพิสัยสูงสุด - ต่ำสุดรายวัน เฉลี่ย ปี พ.ศ. 2547 - 2557 4

1.4 แสดงแผนการดำเนินงานวิจัย 7

2.1 แสดงแผนที่สังเขปอำเภอเถิน 13

2.2 แสดงการแบ่งเขตหมู่บ้านตำบลล้อมแรดและพื้นที่ที่ทำการสำรวจ (หมู่บ้านสบคือ) 14

2.3 แสดงตัวอย่างบ้านที่มีใต้ถุนต่ำกว่า 2 เมตร 16

2.4 แสดงตัวอย่างบ้านที่มีใต้ถุนสูงกว่า 2 เมตร 17

2.5 แสดงตัวอย่างบ้าน 2 ชั้นครึ่งปูนครึ่งไม้ 17

2.6 แสดงตัวอย่างบ้านปูน 2 ชั้น 18

2.7 แผนภูมิแสดงอุณหภูมิเฉลี่ยในฤดูต่างๆ ของอำเภอเถิน พ.ศ. 2547-2557 19

2.8 แผนภูมิแสดงอุณหภูมิเฉลี่ยราย 3 ชั่วโมงปี ของอำเภอเถิน พ.ศ. 2557 20

2.9 แผนภูมิแสดงค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือน พ.ศ. 2547-2557 23

2.10 แผนภูมิแสดงค่าพิสัยอุณหภูมิสูงสุด – ต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือน พ.ศ. 2547-2557 23

2.11 แผนภูมิแสดงค่าการแผ่รังสีอาทิตย์เฉลี่ยรายเดือน พ.ศ. 2547-2557 24

2.12 แผนภูมิแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยรายเดือน พ.ศ. 2547-2557 24

2.13 แผนภูมิแสดงค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายเดือน พ.ศ. 2547-2557 25

2.14 แผนภูมิแสดงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน พ.ศ. 2547-2557 25

2.15 แผนภูมิแสดงทิศและความเร็วลมเฉลี่ยรายเดือนของอำเภอเถิน พ.ศ. 2547 - 2557 (มกราคม-มิถุนายน) 26

2.16 แผนภูมิแสดงทิศและความเร็วลมเฉลี่ยรายเดือนของอำเภอเถิน พ.ศ. 2547 - 2557 (กรกฎาคม-ธันวาคม) 27

2.17 แสดงแผนภาพชีวะอากาศ (Bioclimatic Chart) ของกรุงเทพมหานคร 34

2.18 แสดงการความสัมพันธ์ของอาคารกับการถ่ายเทความร้อน โดยการนำ การพา และการแผ่รังสีความร้อน 38

2.19 แสดงพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุผนัง 38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

2.20 แผนภูมิแสดง Time-lag และ Decrement Factor 40
2.21 แสดงวัสดุผนังที่เป็นมวลสาร ผนังโครงเคร่า และผนังประกอบ ตามลำดับ 48
3.1 แสดงรูปด้านหน้าของบ้านตัวอย่างที่ทำการสำรวจทั้งหมด 54
3.2 แสดงด้านหน้า บ้านเลขที่ 170 56
3.3 แสดงระเบียงด้านหน้า บ้านเลขที่ 170 57
3.4 แสดงด้านข้างทิศใต้ บ้านเลขที่ 170 57
3.5 แสดงที่รับประทานอาหาร บ้านเลขที่ 170 58
3.6 แสดงพื้นที่นั่งเล่นภายใน บ้านเลขที่ 170 58
3.7 แสดงพื้นที่ทางเดินภายใน บ้านเลขที่ 170 59
3.8 แสดงพื้นที่บริเวณใต้หลังคาบ้านเลขที่ 170 59
3.9 แสดงผังพื้นและผังหลังคา บ้านเลขที่ 170 60
3.10 แสดงผังพื้นและผังหลังคาแบบไอโซเมตริก บ้านเลขที่ 170 61
3.11 แสดงรูปด้าน บ้านเลขที่ 170 62
3.12 แสดงเครื่องมือวัด Hobo รุ่น H08-007-02 พร้อมสายสัญญาณ 63
3.13 แสดงเครื่องมือบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ (Data logger) OPUS200 พร้อมชุดหม้อแปลงสายเชื่อมข้อมูลกับคอมพิวเตอร์และสายตรวจวัดอุณหภูมิเทอร์โมคัปเปิลแบบ K 64
3.14 แสดง Thermo-hygrometer, Rixen รุ่น TH-380 65
3.15 แสดงตำแหน่งติดตั้งเครื่องมือวัด บ้านเลขที่ 170 66
3.16 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดรายเดือน ปี พ.ศ. 2547-2557 68
3.17 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดรายเดือน ปี พ.ศ. 2547-2557 68
3.18 แสดงหน้าโปรแกรม Ecotect V.5.20 70
3.19 แสดงการแปลงข้อมูลนามสกุล *.prn ให้เป็นข้อมูลนามสกุล *.wea ในโปรแกรม Weather Tool 79
3.20 แสดงตัวอย่างคุณสมบัติทางความร้อนของผนังที่สร้างด้วยโปรแกรม Ecotect V.5.20 84
4.1 แสดงตำแหน่งการติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิที่ผนังทั้ง 4 ตำแหน่ง ภายในบ้านตัวอย่าง 92
4.2 แสดงการติดตั้งเครื่องมือวัด บ้านเลขที่ 170 93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.3 แผนภูมิเส้นแสดงอุณหภูมิผนังภายในด้านทิศใต้กับอุณหภูมิอากาศภายนอก บ้านเลขที่ 170 วันที่ 28 - 30 พฤษภาคม 2558 94
4.4 แผนภูมิเส้นแสดงอุณหภูมิผนังภายในด้านทิศต่างๆ บ้านเลขที่ 170 วันที่ 28 - 30 พฤษภาคม 2558 95
4.5 แผนภูมิเส้นผลการวัดอุณหภูมิผิวผนังด้านทิศใต้และระดับฝ้าเพดาน บ้านเลขที่ 170 วันที่ 28 - 30พฤษภาคม 2558 96
4.6 การจำลองบ้านเลขที่ 170 ด้วยโปรแกรม Ecotect ในผนังด้านทิศใต้ (เส้นทึบ) 97
4.6 แสดงผลการจำลองอุณหภูมิผนังทางด้านทิศใต้ภายในของบ้านเลขที่ 170 วันที่ 29 พฤษภาคม พ.ศ. 2558 ด้วยโปรแกรม Ecotect 98
4.8 แผนภูมิเส้นแสดงเปรียบเทียบผลการวัดจริงกับผลการจำลองด้วยโปรแกรม Ecotect ของบ้านเลขที่ 170 วันที่ 29 พฤษภาคม 2558 99
4.9 แผนภูมิเส้นแสดงผลการจำลองการใช้มวลอุณหภาพของผนังด้านทิศใต้แบบต่างๆ หน่วงความร้อนวันที่ 29 พ.ค. 2558 102
4.10 แผนภูมิเส้นแสดงผลการจำลองการใช้มวลอุณหภาพของผนังด้านทิศใต้แบบต่างๆ หน่วงความร้อนวันที่ 30 มี.ค. 2557 104
4.11 แผนภูมิเส้นแสดงผลการจำลองการใช้มวลอุณหภาพของผนังด้านทิศใต้แบบต่างๆ หน่วงความร้อนวันที่ 24 ม.ค. 2557 106
4.12 แสดงการวิเคราะห์ผลการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังชนิดต่างๆ ใน วันที่ 29 พ.ค. 2558 107
4.13 แสดงการวิเคราะห์ผลการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังชนิดต่างๆ ใน วันที่ 30 มี.ค. 2557 108
4.14 แสดงผลการจำลองอุณหภูมิภายในบ้านตัวอย่างด้วยผนังก่ออิฐฉาบปูน 2 ชั้น เว้นช่องอากาศไว้ภายใน 5 เซนติเมตร วันที่ 30 มีนาคม 2557 109
4.15 แสดงผลการจำลองอุณหภูมิภายในบ้านตัวอย่างด้วยผนังมอญครึ่งแผ่นฉาบปูน วันที่ 30 มีนาคม 2557 109
4.16 แสดงการวิเคราะห์ผลการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของแบบจำลองผนังชนิดต่างๆ ในวันที่ 24 มกราคม 2557 111

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.17 แสดงผลการจำลองอุณหภูมิภายในบ้านตัวอย่างด้วยผนังก่ออิฐมอญและอิฐบล็อก เว้นช่องอากาศไว้ภายใน 5 เซนติเมตร วันที่ 24 มกราคม 2557 112
4.18 แผนภูมิเส้นแสดงผลการใช้มวลอุณหภาพของผนังด้านทิศใต้แบบต่างๆ ร่วมกับการเพิ่มฉนวนที่หลังคาและฝ้าเพดาน หน่วงความร้อนวันที่ 29 พ.ค. 2557 115
4.19 แผนภูมิเส้นแสดงผลการใช้มวลอุณหภาพของผนังด้านทิศใต้แบบต่างๆ ร่วมกับการเพิ่มฉนวนที่หลังคาและฝ้าเพดาน หน่วงความร้อนวันที่ 30 มี.ค. 2557 117
4.20 แผนภูมิเส้นแสดงผลการใช้มวลอุณหภาพของผนังด้านทิศใต้แบบต่างๆ ร่วมกับการเพิ่มฉนวนที่หลังคาและฝ้าเพดาน หน่วงความร้อนวันที่ 24 ม.ค. 2557 119
4.21 แสดงการวิเคราะห์ผลการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของแบบจำลองผนังชนิดต่างๆ ร่วมกับการเพิ่มฉนวนหลังคาและฝ้าเพดาน ในวันที่ 29 พ.ค. 2558 121
4.22 แสดงการวิเคราะห์ผลการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของแบบจำลองผนังชนิดต่างๆ ร่วมกับการเพิ่มฉนวนหลังคาและฝ้าเพดาน ในวันที่ 30 มี.ค. 2557 121
4.23 แสดงผลการจำลองอุณหภูมิภายในบ้านตัวอย่างด้วยผนังก่ออิฐฉาบปูน 2 ชั้น เว้นช่องอากาศไว้ภายใน 5 เซนติเมตรร่วมกับการเพิ่มฉนวนหลังคาและฝ้าเพดาน วันที่ 30 มีนาคม 2557 122
4.24 แสดงผลการจำลองอุณหภูมิภายในบ้านตัวอย่างด้วยผนังก่ออิฐมอญและอิฐบล็อก เว้นช่องอากาศไว้ภายใน 5 เซนติเมตรร่วมกับการเพิ่มหลังคาและฝ้าเพดาน วันที่ 30 มีนาคม 2557 124
4.25 แสดงการวิเคราะห์ผลการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของแบบจำลองผนังชนิดต่างๆ ร่วมกับการเพิ่มฉนวนหลังคาและฝ้าเพดานในวันที่ 24 ม.ค. 2557 125
4.26 แสดงผลการจำลองอุณหภูมิภายในบ้านตัวอย่างด้วยผนังไม้เดิมร่วมกับการเพิ่มฉนวนหลังคาและฝ้าเพดาน วันที่ 24 มกราคม 2557 126
4.27 แสดงผลการจำลองอุณหภูมิภายในบ้านตัวอย่างด้วยผนังก่ออิฐมอญและอิฐบล็อก เว้นช่องอากาศไว้ภายใน 5 เซนติเมตรร่วมกับการเพิ่มฉนวนหลังคาและฝ้าเพดาน วันที่ 24 มกราคม 2557 126
4.28 จำนวนชั่วโมงที่อยู่นอกขอบเขตความสบายหลังการจำลองการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของแบบจำลองผนังด้านทิศใต้ ตลอดปี 2557 131

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.29 จำนวนชั่วโมงที่อยู่นอกขอบเขตความสบายหลังการจำลองการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังด้านทิศใต้ร่วมกับการเพิ่มฉนวนหลังคาและฝ้าเพดานตลอดปี 2557 133

4.30 แผนภูมิเส้นแสดงจำนวนชั่วโมงที่อยู่นอกขอบเขตความสบายของผนังหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพแบบต่างๆ เป็นรายเดือน ปี พ.ศ. 2557 140

4.31 แผนภูมิเส้นแสดงจำนวนชั่วโมงที่อยู่นอกขอบเขตความสบายของผนังหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพแบบต่างๆ ร่วมกับการเพิ่มฉนวนหลังคาและฝ้าเพดานเป็นรายเดือน ปี พ.ศ. 2557 141

4.32 แผนภูมิเส้นแสดงการเปรียบเทียบจำนวนชั่วโมงที่อยู่นอกขอบเขตความสบายของวิธีการจำลองผลการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพแบบต่างๆ ตลอดปี พ.ศ. 2557 141

4.33 เปรียบเทียบจำนวนชั่วโมงที่สูงเกินขอบเขตความสบายของการจำลองผลการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพแบบต่างๆ ตลอดปี พ.ศ. 2557 142

4.34 เปรียบเทียบจำนวนชั่วโมงที่ต่ำกว่าขอบเขตความสบายของการจำลองผลการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพแบบต่างๆ ตลอดปี พ.ศ. 2557 142

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาของปัญหาและความสำคัญของการทำวิจัย

ปัจจุบันสภาวะโลกร้อน (Global Warming) มีแนวโน้มที่จะทวีความรุนแรงมากขึ้น โดยมีการคาดคะเนภูมิอากาศจาก คณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (The Intergovernmental Panel on Climate Change : IPCC) บ่งชี้ว่าอุณหภูมิโลกโดยเฉลี่ยที่ผิวโลกจะเพิ่มขึ้น 2.4 ถึง 6.4 °c[1] ในช่วงคริสต์ศตวรรษที่ 21 (พ.ศ. 2544 - 2643) ซึ่งจะส่งผลกระทบโดยตรงต่อสภาวะความสบายในการอยู่อาศัยของคนทั้งโลก รวมทั้งประเทศไทยด้วย และถึงแม้ว่า IPCC จะให้ความหมายของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) ซึ่งเป็นสาเหตุหลักของสภาวะโลกร้อนไว้ว่า เกิดได้ทั้งจากกิจกรรมของมนุษย์ หรือเกิดจากความผันแปรตามธรรมชาติอย่างใดอย่างหนึ่งหรือจากทั้งคู่นั้น แต่ดูเหมือนว่ามนุษย์และสิ่งมีชีวิตบนโลกใบนี้เท่านั้นที่จำเป็นต้องปรับตัวเพื่อความอยู่รอด หรืออีกในนัยหนึ่งสำหรับมนุษย์ก็คือ ต้องปรับสภาพแวดล้อมหรือที่อยู่อาศัยให้อยู่สบายได้ในสภาวะที่โลกร้อนขึ้นในทุกวันนี้ การปรับสภาพแวดล้อมหรือที่อยู่อาศัยให้มนุษย์สามารถอยู่ได้อย่างสบายนั้น สามารถทำได้หลายวิธีไม่ว่าจะเป็นการใช้เครื่องมือกลเข้าช่วย หรือการใช้วิธีจากธรรมชาติ แต่ละวิธีมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกัน แต่ที่ชัดเจนคือเรื่องของการใช้พลังงานในการจัดการกับวิธีการนั้นๆ วิธีสร้างสภาวะความสบายให้กับผู้อยู่อาศัยด้วยวิธีธรรมชาตินั้นมีความโดดเด่นเรื่องการใช้พลังงานที่น้อยหรือแทบไม่ใช้เลย เนื่องจากเป็นการใช้ประโยชน์จากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นประจำในธรรมชาติ หรือในสภาวะแวดล้อมนั้นๆ ให้เกิดประโยชน์กับผู้อยู่อาศัยทางด้านความสบาย

1.1.1 สภาพภูมิอากาศในอำเภอเถิน

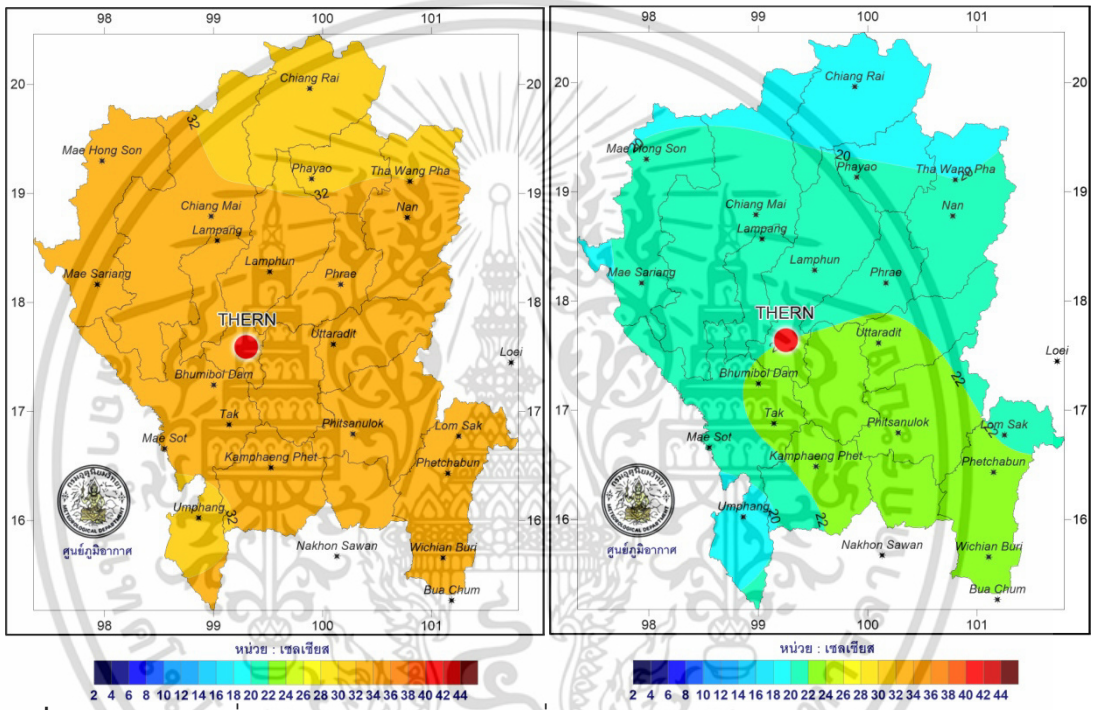
จากการศึกษาข้อมูลสถิติคาบ 30 ปี (พ.ศ. 2524-2553) ของกรมอุตุนิยมวิทยา พบว่า อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยในประเทศไทยนั้น ภาคเหนือตอนบนและภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงที่สุด โดยอยู่ที่ประมาณ 32-34°c ในขณะที่อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยภาคเหนือตอนบนจะมีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำที่สุดในประเทศ โดยมีอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 20-22°c รองลงมา

---

[1] IPCC, The Intergovernmental Panel on Climate Change : Projections of Future Changes in Climate ,table SPM.3. Projected global average surface warming and sea level rise at the end of the 21st century. Retrieved https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/spmsspm-projections-of.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คือภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และเมื่อพิจารณาข้อมูลสถิติอุณหภูมิสูงที่สุดในช่วงฤดูร้อนของประเทศไทย ระหว่าง พ.ศ. 2494 - 2557 ของกรมอุตุนิยมวิทยาเฉพาะภาคเหนือจะพบว่าพื้นที่ที่มีสถิติอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยมากที่สุดคือจังหวัดตาก อุตรดิตถ์ ลำปาง แม่ฮ่องสอน และอำเภอเถิน ตามลำดับ ในขณะที่สถิติอุณหภูมิต่ำที่สุดในช่วงฤดูหนาวของประเทศไทย ระหว่าง พ.ศ. 2494 - 2557 พบว่าจังหวัด น่าน เชียงราย ตาก มีสถิติอุณหภูมิต่ำสุดตามลำดับ เมื่อพิจารณาข้อมูลทั้งหมดประกอบกันแล้วพบว่าพื้นที่บริเวณจังหวัด ตาก ลำปางและอำเภอเถิน เป็นพื้นที่มีความแตกต่างของอุณหภูมิค่อนข้างสูง ดังแสดงในรูปที่ 1.1

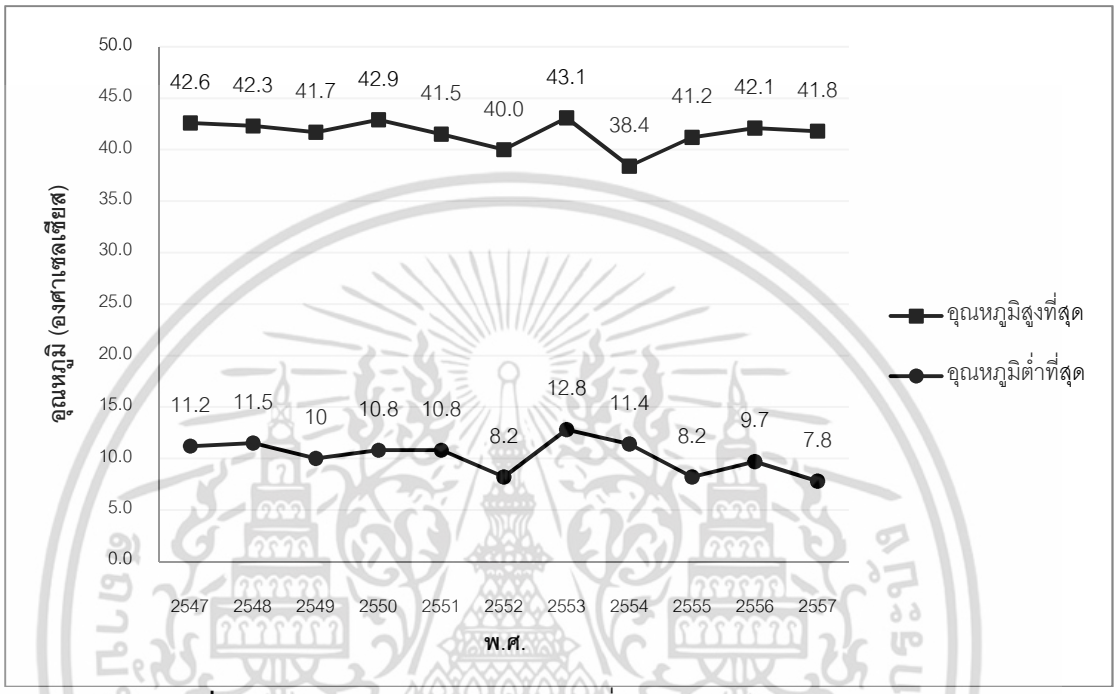


รูปที่ 1.1 แสดงแผนที่อากาศอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดคาบ 30 ปี (พ.ศ. 2524-2553) ของภาคเหนือ
ที่มา: ศูนย์ภูมิอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา (2557)

อำเภอเถิน จังหวัดลำปาง เป็นเมืองในหุบเขาวางตัวขนานไปกับแม่น้ำวัง พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ป่าเขา สภาพอากาศโดยทั่วไปร้อนอบอ้าว จากข้อมูลสถิติอุณหภูมิต่ำที่สุดในช่วงฤดูหนาวและอุณหภูมิสูงที่สุดในช่วงฤดูร้อนของประเทศไทยคาบ 63 ปี พ.ศ. 2494 - 2556 แสดงให้เห็นว่า พื้นที่อำเภอเถินในช่วงเวลากลางวันของฤดูร้อนมีอุณหภูมิสูง ร้อนจนถึงร้อนจัด ส่งผลต่อความสบายทางอุณหภูมิต่อผู้อยู่อาศัยในอาคารพักอาศัย ในขณะที่ช่วงเวลากลางคืนของฤดูหนาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีอุณหภูมิต่ำ หนาวจนถึงหนาวจัด[2] ซึ่งส่งผลต่อความสบายทางอุณหภูมิของผู้อยู่อาศัยในอาคารอีกเช่นกัน และจากข้อมูลสถานีอุตุนิยมวิทยาเถินตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547 - 2557 พบว่าในแต่ละปีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 41.6 °c ในขณะที่อุณหภูมิต่ำสุดในแต่ละปีเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 10.2 °c ดังแสดงในรูปที่ 1.2



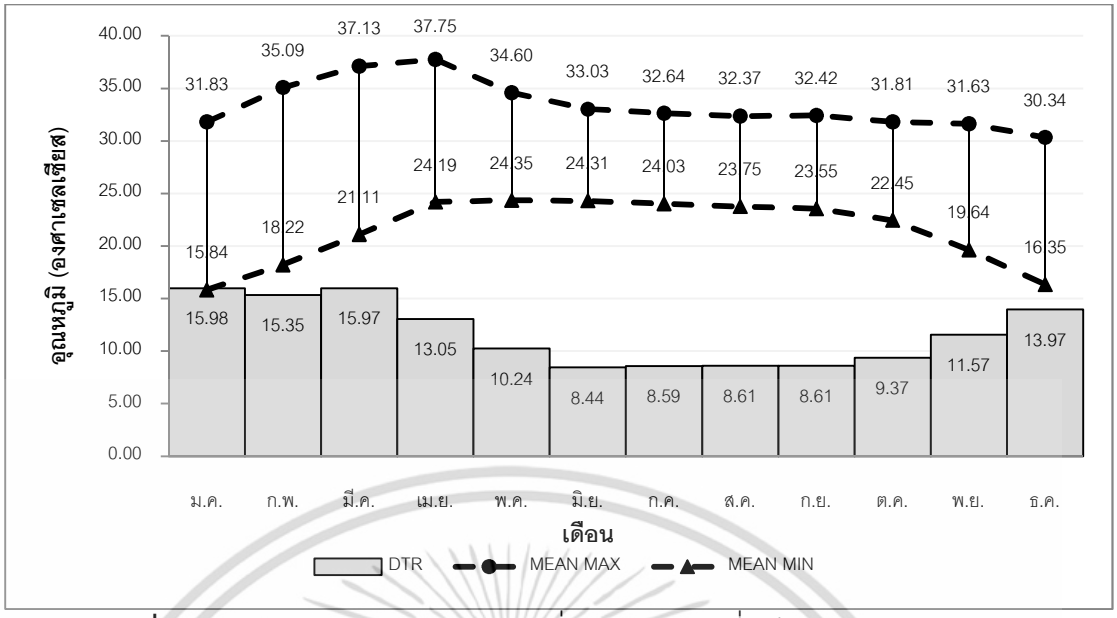
รูปที่ 1.2 แผนภูมิแสดงอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด รายปี พ.ศ. 2547 - 2557

ที่มา: สถานีอุตุนิยมวิทยาเถิน (2557)

ผลที่อุณหภูมิสูงและอุณหภูมิต่ำเกิดขึ้นในช่วงเวลาระหว่างวัน ทำให้ค่าความต่าง (พิสัย) ของอุณหภูมิสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุดรายวันโดยเฉลี่ยนั้นสูงตามไปด้วย โดยอยู่ที่ประมาณ 11.65°c โดยค่าพิสัยสูงสุดที่เดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม สามารถสูงได้ถึงประมาณ 16°c ดังแสดงในรูปที่ 1.3 ดังนั้น การปรับสภาพแวดล้อมหรือที่อยู่อาศัย ให้มนุษย์สามารถอยู่ได้อย่างสบายด้วยวิธีธรรมชาติสำหรับพื้นที่อำเภอเถินนั้น ก็ควรจะนำข้อมูลเหล่านี้มาพิจารณาและจัดการออกแบบร่วมกัน เพื่อจัดการกับความต่างของอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดรายวันนี้ ให้เกิดประโยชน์สูงสุดแก่ผู้ใช้อาคาร

[2] อากาศเย็น คือ อากาศที่มีอุณหภูมิต่ำสุดอยู่ระหว่าง 16 – 22.9 °c อากาศหนาว คือ อากาศที่มีอุณหภูมิต่ำสุดอยู่ระหว่าง 8 – 15.9 °c อากาศหนาวจัด คือ อากาศที่มีอุณหภูมิต่ำสุดน้อยกว่า 8 °c อากาศร้อน คือ อากาศที่มีอุณหภูมิสูงสุดอยู่ระหว่าง 35 – 39.9 °c อากาศร้อนจัด คือ อากาศที่มีอุณหภูมิสูงสุดตั้งแต่ 40 °c ขึ้นไป (กรมอุตุนิยมวิทยาประเทศไทย, 2558)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.3 แผนภูมิแสดงค่าพิสัยสูงสุด - ต่ำสุดรายวัน เฉลี่ย ปี พ.ศ. 2547 - 2557
ที่มา: สถานีอุตุนิยมวิทยาเถิน (2557)

1.1.2 **ปัญหาสภาวะสบายของผู้อยู่อาศัยในอาคารพักอาศัย พื้นที่อำเภอเถิน**

จากปัญหาสภาพอากาศที่ร้อนจนถึงร้อนจัดในช่วงเวลากลางวันและมีอากาศเย็นจนถึงหนาวในตอนกลางคืน ประกอบกับอาคารพักอาศัยส่วนใหญ่ใช้วัสดุก่อสร้างทำจากไม้ จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องพบว่า ไม้เป็นวัสดุที่มีความสามารถในการชะลอความร้อนได้ไม่มากนัก หรือประมาณ 30 นาทีเท่านั้น ส่งผลให้อุณหภูมิอากาศภายนอกและภายในใกล้เคียงกันในช่วงเวลาเดียวกัน เช่น ในเวลากลางวัน ในช่วงเวลาที่อุณหภูมิภายนอกสูง อุณหภูมิภายในก็จะสูงใกล้เคียงกันด้วยในเวลาเดียวกัน หรือเมื่อเวลาค่ำที่อุณหภูมิภายนอกลดต่ำลงจนหนาว อุณหภูมิภายในก็จะต่ำลงใกล้เคียงกับอุณหภูมิภายนอกในช่วงเวลาเดียวกันด้วย ปรากฏการณ์เหล่านี้ส่งผลโดยตรงต่อความสบายของผู้อยู่อาศัยในอาคาร

การใช้ประโยชน์เพื่อสร้างสภาวะความสบายให้กับผู้ใช้อาคารนั้น มีหลายวิธีที่ได้มีการทำการศึกษาวิจัยจากอุณหภูมิที่ต่างกัน หนึ่งในวิธีการนั้น คือการใช้คุณสมบัติในการดูดกลืนและสะสมความร้อนของวัสดุหรือที่เรียกกันว่า *มวลอุณหภาพ (Thermal Mass)* ในกระบวนการถ่ายเทความร้อนในส่วนประกอบต่างๆ ของอาคาร เพื่อชะลอเวลาและลดความร้อนจากการดูดกลืนของวัสดุในการถ่ายเทความร้อน จากภายนอกอาคารเข้าสู่ภายในอาคารให้ได้ช่วงเวลาที่เหมาะสมในการสร้างความสบายให้กับผู้ใช้งานภายในอาคาร หรือเรียกกันว่า การหน่วงความร้อนก็ได้ ซึ่งในพื้นที่ที่มีสภาพอากาศที่มีค่าพิสัยของอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด ระหว่างวันมากกว่า 10 °c ขึ้นไป การใช้มวลอุณหภาพในการหน่วงความร้อนจะสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ *(Reardon, 2013)*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานวิจัยนี้จึงมุ่งที่จะศึกษาถึงแนวทางในการใช้ประโยชน์จากความต่างของอุณหภูมิที่ต่างกันในช่วงอุณหภูมิสูงสุดและในช่วงอุณหภูมิต่ำสุดระหว่างวันในพื้นที่อำเภอเถิน ร่วมกับคุณสมบัติทางความร้อนของวัสดุในส่วนประกอบต่างๆ ของอาคารที่อยู่อาศัย ซึ่งในที่นี้คือผนังและหลังคาของอาคาร เพื่อหาแนวทางในการสร้างสภาวะความสบายทางอุณหภูมิให้แก่ผู้ใช้งานอาคาร ซึ่งเป็นอาคารพักอาศัยเก่า มีอายุในการใช้งานมานาน และยังไม่เคยได้รับการปรับปรุงใดๆ และมีอุณหภูมิเฉลี่ยภายในที่ร้อนเกินไปหรือหนาวเกินไปจนส่งผลต่อความสบายต่อผู้อยู่อาศัย จึงเป็นที่มาของการทำวิทยานิพนธ์ “**แนวทางการปรับปรุงเพื่อสภาวะความสบายในอาคารพักอาศัยด้วยมวลอุณหภาพ ในพื้นที่อำเภอเถิน จังหวัดลำปาง**”

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อตรวจสอบสภาวะความสบายทางอุณหภูมิในอาคารพักอาศัยในพื้นที่อำเภอเถิน จังหวัดลำปางและหาความสบายทางอุณหภูมิที่เหมาะสม
2. เพื่อศึกษาแนวทางการปรับปรุงอาคารด้วยมวลอุณหภาพในส่วนประกอบต่างๆ ของอาคารเพื่อเพิ่มสภาวะความสบาย

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1. ศึกษาข้อมูลสภาพอากาศของสถานีอุตุนิยมวิทยาเถิน พ.ศ. 2547 - 2557 ยกเว้นการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ใช้ข้อมูลสถานีอุตุนิยมวิทยาเชียงใหม่ พ.ศ. 2552 - 2556 และสถานีอุตุนิยมวิทยากรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2557 เนื่องจากสถานีอุตุนิยมวิทยาเถินไม่มีการเก็บข้อมูลในส่วนนี้
2. ทำการสำรวจ คัดเลือกอาคารพักอาศัย และวัดสภาพอากาศในอาคารพักอาศัย ในพื้นที่หมู่ที่ 10 หมู่บ้านสบคือ ตำบลล้อมแรด อำเภอเถิน จังหวัดลำปาง ช่วงเวลาเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2558
3. ศึกษาความสบายในอาคารพักอาศัย
4. ศึกษาแนวทางการปรับปรุงอาคารพักอาศัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อศึกษาทำความเข้าใจถึงมวลอุณหภาพของส่วนประกอบต่างๆ ของอาคาร รวมถึงการนำคุณสมบัติดังกล่าวไปใช้ให้เกิดประโยชน์ทางความสบายด้านอุณหภูมิ

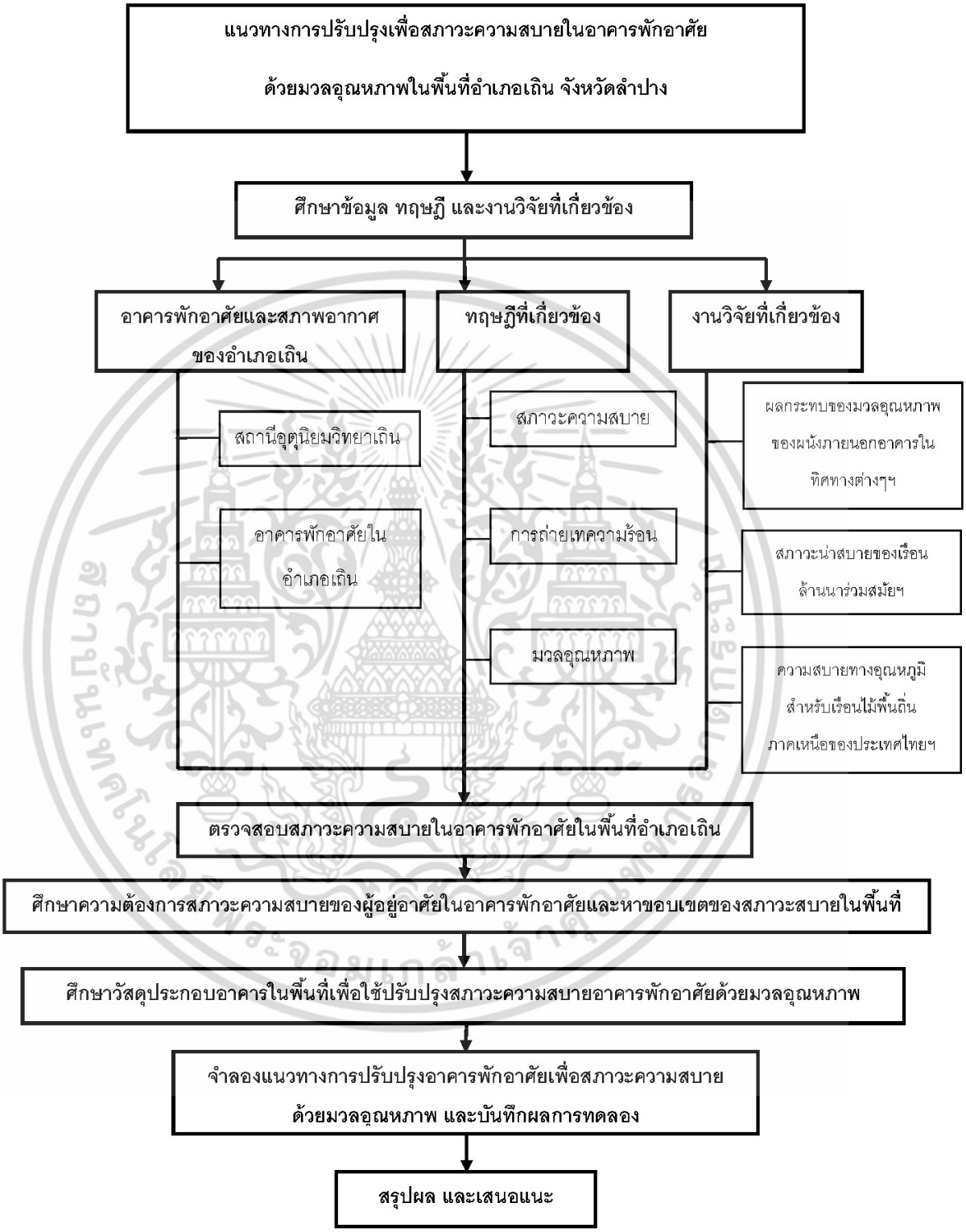
2. เพื่อเป็นแนวทางในการใช้สภาพอากาศที่เกิดขึ้นรายวันในพื้นที่ที่อยู่อาศัย ให้เกิดประโยชน์ ในด้านการสร้างความสบายทางอุณหภูมิแก่ผู้ใช้งานอาคารในพื้นที่อำเภอเถิน จังหวัดลำปาง หรือพื้นที่ที่มีสภาพอากาศใกล้เคียง

3. เพื่อเสนอแนวทางการปรับปรุงอาคารพักอาศัยในพื้นที่อำเภอเถินหรือพื้นที่ที่มีสภาพอากาศใกล้เคียง เพื่อสร้างสภาวะสบายทางอุณหภูมิ

4. เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบ ประยุกต์ เพื่อสร้างสภาวะสบายให้แก่ผู้ใช้อาคาร หรือเป็นการสร้างแนวทางให้แก่ผู้สนใจเพื่อทำการวิจัยในสภาพภูมิอากาศต่างๆ ต่อๆ ไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 วิธีการดำเนินงานวิจัย



รูปที่ 1.4 แสดงแผนการดำเนินงานวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
การทบทวนวรรณกรรมและกรอบแนวคิด

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัย "ผลกระทบของมวลอุณหภาพของผนังภายนอกอาคารในทิศทางต่างๆ ที่มีผลต่อการใช้พลังงานของอาคารในเขตร้อนชื้น" ของพิชญะ เพียรพัฒนางกูร (2554)[3]

งานวิจัยนี้ศึกษามวลอุณหภาพ (Thermal Mass) ของผนังภายนอกอาคารในทิศทางต่างๆ ที่มีผลต่อการใช้พลังงานภายในอาคาร 2 ประเภท คือ บ้านพักอาศัย และอาคารสำนักงาน โดยทำการศึกษาด้วยการจำลองผลจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ VisualDOE4.0 เพื่อเปรียบเทียบมวลอุณหภาพของวัสดุ (Density, Specific Heat Product: DSH) ของวัสดุที่สอดคล้องกับความหนาผนัง ความหนาแน่น ความจุความร้อนจำเพาะและสัมพันธ์กับสูตรการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร ที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนของผนังจนถึงการใช้พลังงานการทำความเย็นภายในอาคาร จากตัวแปรที่ศึกษาทำให้จำลองผลกรณีศึกษาไปทั้งสิ้น 5,184 กรณี โดยทำการศึกษาตัวแปรเปรียบเทียบวัสดุเป็นสองกลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่หนึ่งวัสดุคอนกรีตบล็อก ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U-Value) สูงที่มีขนาดความหนา ความหนาแน่น และความจุความร้อนจำเพาะต่างๆ กัน และส่วนกลุ่มที่สองวัสดุคอนกรีตมวลเบาที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมต่ำที่มีขนาดความหนา ความหนาแน่นและความจุความร้อนจำเพาะต่างๆ กันเช่นกัน โดยการกำหนดให้มีตัวแปรควบคุม คือทิศทั้ง 8 ทิศ รายละเอียดของวัสดุอื่นที่ใช้ประกอบอาคาร ช่วงของค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม และประเภทของอาคาร รวมถึงตารางเวลาการใช้งานและพื้นที่ใช้สอยในการปรับอากาศ โดยการกำหนดให้อาคารบ้านพักอาศัยแทนอาคารที่มีการใช้งานพื้นที่และการปรับอากาศในช่วงกลางคืน ในขณะที่อาคารสำนักงานมีการใช้งานพื้นที่และมีการปรับอากาศในช่วงกลางวัน เพื่อหาค่าการใช้พลังงานของการทำความเย็นภายในอาคารของอาคารที่ทำการทดลอง

ผลการทดลองพบว่ามวลอุณหภาพยิ่งมาก (DSH) ยิ่งมีผลกับการลดการใช้พลังงานทำความเย็น โดยพบว่าการเพิ่มความหนาผนังมีประสิทธิภาพสูงสุด ส่วนการเพิ่มความหนาแน่นและความจุความร้อนจำเพาะในผนังที่มีความหนา 10 ซม. ลดพลังงานมากกว่าการเพิ่มในผนังที่มี

---

[3] พิชญะ เพียรพัฒนางกูร. (2554). "ผลกระทบของมวลอุณหภาพของมวลผนังภายนอกอาคารในทิศทางต่างๆ ที่มีผลต่อการใช้พลังงานของอาคารในเขตร้อนชื้น". วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาสถาปัตยกรรม บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความหนา 20, 30 ซม. และทิศที่ลดพลังงานมากที่สุดให้กับทั้งบ้านพักอาศัยและอาคารสำนักงาน คือทิศตะวันตก หรือทิศตะวันตกเฉียงใต้ หากพิจารณาปัจจัยเหล่านี้ร่วมกันในการก่อสร้างกับอาคารทั้งสองประเภทนี้ จะมีประสิทธิภาพในการลดการใช้พลังงานเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ผลการทดลองยังพบว่าในกรณีบ้านพักอาศัย การใช้วัสดุคอนกรีตบล็อก ช่วยลดพลังงานมากกว่าการใช้วัสดุคอนกรีตมวลเบา ในขณะที่กรณีของอาคารสำนักงาน การใช้วัสดุคอนกรีตมวลเบา ช่วยลดพลังงานมากกว่าการใช้วัสดุคอนกรีตบล็อก

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องนี้ จึงมีกรอบแนวคิดงานวิจัยในเรื่องของการนำคุณสมบัติของวัสดุประกอบผนังภายนอกอาคาร ได้แก่ ความหนาผนัง ความหนาแน่น และความจุความร้อนของวัสดุ ซึ่งส่งผลต่อมวลอุณหภาพ มาใช้ปรับปรุงอาคารพักอาศัยเพื่อลดความร้อนให้กับอาคารได้ โดยจำลองผลการปรับปรุงอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และทิศที่ได้รับผลกระทบความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์มากที่สุดคือ ทิศตะวันตก หรือทิศตะวันตกเฉียงใต้

งานวิจัยสภาวะน่าสบายของเรือนล้านนาร่วมสมัย: กรณีศึกษาเรือนพักอาศัย อำเภอเชียงคำ จังหวัดพะเยา ของรชฎ ประทีป ณ ถลาง (2552)[4]

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงสำรวจและทดลองเพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงเรือนล้านนาทางด้านอุณหภาพ ให้มีความเหมาะสมกับสภาพภูมิประเทศในสภาวะปัจจุบัน โดยใช้วัสดุสมัยใหม่ที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น ซึ่งผู้วิจัยได้สำรวจวัสดุและคัดเลือกมา 3 ชนิด ได้แก่ แผ่นซีเมนต์จากใยไมยราพยักษ์ อิฐดินเบาลำปาง และอิฐขี้เถ้าลอยแม่เมาะ โดยนำมาเปรียบเทียบกับไม้จริงหนาครึ่งนิ้วซึ่งเป็นวัสดุที่นิยมนำมาสร้างเรือนล้านนา กระบวนการวิจัยเริ่มจากการสำรวจเรือนล้านนาที่มีการใช้งานในพื้นที่อำเภอเชียงคำ จังหวัดพะเยา และศึกษารูปแบบการใช้งาน พื้นที่ใช้งานภายในเรือนและวัสดุก่อสร้าง จากนั้นจึงทำการเก็บข้อมูลอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ที่เกิดขึ้นทั้งภายนอกและภายใน เพื่อตรวจสอบสภาวะความสบายที่เกิดขึ้นจริง ก่อนจะนำวัสดุสมัยใหม่ที่คัดเลือกมา 3 ชนิด ตามที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ที่ผ่านการตรวจสอบหาค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนมาแล้ว มาเปรียบเทียบคุณสมบัติของวัสดุที่ส่งผลต่อสภาวะความสบายด้วยโปรแกรม ENER-WIN EC และ Visual DOE 4.0 โดยทำการทดลองเปรียบเทียบจำลองระยะเวลา 1 ปี และไม่มีการใช้ระบบปรับอากาศ

ผลการตรวจสอบสภาวะความสบายของเรือนล้านนาเดิมด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์พบว่าตลอดทั้งปีจะอยู่ในสภาวะความสบายประมาณร้อยละ 30 โดยฤดูฝนมีค่าสภาวะสบายมากที่สุด

---

[4] รชฎ ประทีป ณ ถลาง. (2552). “สภาวะน่าสบายของเรือนล้านนาร่วมสมัย : กรณีศึกษาเรือนพักอาศัย อำเภอเชียงคำ จังหวัด พะเยา”. วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาสถาปัตยกรรม บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในขณะที่ค่าเฉลี่ยประมาณร้อยละ 53 จะต่ำกว่าสภาวะสบาย แต่ก็โดยรวมแล้วก็ยังถือว่าเรือนล้านนาที่ทำการสำรวจนั้นอยู่ในสภาวะสบายเหมาะสมในระดับหนึ่ง โดยอิทธิพลที่มีผลต่อสภาวะความสบายของเรือนล้านนานั้น ได้แก่ การระบายอากาศธรรมชาติ การรั่วซึมของผนัง ค่าการต้านทานของวัสดุและค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนในส่วนของการศึกษาวัสดุท้องถิ่นสมัยใหม่ 3 ชนิดนั้นพบว่า แผ่นซีเมนต์จากใยไมยราพยักษ์มีคุณสมบัติทางด้านสภาวะความสบายใกล้เคียงกับไม้จริงหนาครึ่งนิ้ว ส่วนอิฐดินเบาลำปาง และอิฐขี้เถ้าลอยแม่เมาะในสภาวะการทดลองที่ไม่มีการระบายอากาศโดยธรรมชาติ มีคุณสมบัติทางด้านสภาวะสบายใกล้เคียงกันและดีกว่าไม้จริงประมาณร้อยละ 20-30 ผู้วิจัยเสนอแนะแนวทางในการปรับปรุงเรือนล้านนาเพื่อเพิ่มสภาวะสบายโดยการปรับปรุงการระบายอากาศด้วยการลดการระบายอากาศธรรมชาติ เนื่องจากพื้นที่ที่ทำการศึกษามีสภาพอากาศที่หนาวเย็น รวมถึงการเลือกใช้วัสดุที่มีอัตราการรั่วซึมของผนังต่ำและวัสดุที่มีความเป็นฉนวนและมีค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อนที่เหมาะสม ซึ่งผนังอิฐขี้เถ้าลอยแม่เมาะ จะเหมาะสมที่สุด รองลงมาคือ ผนังอิฐดินเบาลำปาง ผนังไม้จริง และผนังซีเมนต์จากใยไมยราพยักษ์ ตามลำดับ

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องนี้ จึงมีกรอบแนวคิดงานวิจัยในเรื่องของการเก็บข้อมูลอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ โดยการติดตั้งเครื่องมือวัด เพื่อตรวจสอบสภาวะความสบายและการเสนอแนวทางการปรับปรุงอาคารพักอาศัยด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยใช้วัสดุใหม่ ซึ่งเป็นวัสดุประกอบผนัง โดยคัดเลือกจากวัสดุในท้องถิ่น และเป็นวัสดุที่มีความเป็นฉนวนและมีการหน่วงความร้อนหรือการหน่วงเวลาที่เหมาะสมในการสร้างสภาวะความสบายให้กับผู้ใช้อาคาร โดยทำการเปรียบเทียบกับวัสดุดั้งเดิมของอาคารพักอาศัย

งานวิจัยการศึกษาความสบายทางอุณหภูมิสำหรับเรือนไม้พื้นถิ่นภาคเหนือของประเทศไทย กรณีศึกษา: เรือนไม้จังหวัดเชียงใหม่ ของบุญอนันต์ ประภาศิริ (2546)[5]

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาค้นคว้าหาปัจจัยที่จะสร้างสรรค์ความสบายทางอุณหภูมิและช่วงทางอุณหภูมิความสบาย สำหรับเรือนไม้พื้นถิ่นของจังหวัดเชียงใหม่ ผู้ทำการวิจัยต้องการใช้ผลวิจัยที่ได้เพื่อเสนอแนวทางในการออกแบบในการสร้างสภาวะความสบายสำหรับเรือนไม้พื้นถิ่นโดยใช้วิธีธรรมชาติเป็นหลัก ขณะเดียวกันก็ยังรักษาขนบธรรมเนียม วัฒนธรรมการดำเนินชีวิตของคนพื้นถิ่นไว้ได้อย่างสมบูรณ์ โดยใช้การตรวจสอบแนวทางการออกแบบด้วยโปรแกรม Archi-pak เพื่อประเมินประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาความสบายทางอุณหภูมิ วิธีการศึกษาทำโดยการ

[5] บุญอนันต์ ประภาศิริ. (2546). “การศึกษาความสบายทางอุณหภูมิสำหรับเรือนไม้พื้นถิ่นภาคเหนือของประเทศไทย กรณีศึกษา: เรือนไม้จังหวัดเชียงใหม่”. วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คัดเลือกบ้านไม้พื้นถิ่นที่มีอายุมากกว่า 50 ปีขึ้นไป ในอำเภอดอยสะเก็ดมา 3 หลัง เพื่อทำการวัดอุณหภูมิภายใน อุณหภูมิที่ผิวผนัง อุณหภูมิหลังคา ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ทั้งภายนอกและภายในตัวบ้านรวมถึงการวัดอุณหภูมิสภาพแวดล้อมรอบๆ ตัวเรือน เพื่อคำนวณหาค่าช่วงความสบายทางภูมิอากาศของจังหวัดเชียงใหม่ โดยพบว่าค่าความสบายของจังหวัดเชียงใหม่นั้นอยู่ที่ 22.1-29.4 °c และเมื่อเปรียบเทียบกับบ้านพื้นถิ่นที่คัดเลือกมานั้น พบว่าช่วงเวลากลางวัน (8.00-17.00 น.) เป็นช่วงที่มีอุณหภูมิสูงเกินขอบเขตความสบายถึงร้อยละ 40.2 โดยมีอุณหภูมิสูงสุดคือ 40.0°c นอกจากนี้ผู้วิจัยยังพบว่าสภาพแวดล้อมต่างๆ รอบเรือน อันประกอบด้วยพรรณไม้และวัฒนธรรมการอยู่อาศัยในเรือนมีส่วนสำคัญในการส่งเสริมให้เกิดสภาวะความสบายด้วย

หลังจากนำผลมาวิเคราะห์ เสนอแนวทางการออกแบบแก้ปัญหาและตรวจสอบประสิทธิภาพของแนวทางการแก้ปัญหาด้วยโปรแกรม Archipak แล้ว พบว่าสามารถที่จะแก้ปัญหาความสบายทางอุณหภูมิได้ โดยการปรับเปลี่ยนวัสดุร่วมกับการป้องกันแสงแดดและการปรับปรุงสภาพแวดล้อม โดยไม่จำเป็นต้องปรับเปลี่ยนรูปแบบบ้านพื้นถิ่นดั้งเดิม โดยสามารถลดช่วงเวลาที่อุณหภูมิสูงเกินขอบเขตความสบายให้เหลือเพียงร้อยละ 10 จากร้อยละ 40.2 ได้และยังสามารถลดอุณหภูมิในช่วงเวลาที่มีอุณหภูมิสูงสุดได้ถึง 6 °c

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องนี้ จึงมีกรอบแนวคิดงานวิจัยในเรื่องของตรวจสอบสภาวะความสบายทางอุณหภูมิในอาคารพักอาศัยและการหาความสบายของพื้นที่ที่ทำการศึกษา โดยเสนอแนวทางการปรับเปลี่ยนวัสดุ โดยไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนรูปแบบบ้านเดิม

2.1.1 กรอบแนวคิดจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังที่กล่าวมา จึงมีกรอบแนวคิดงานวิจัยเกี่ยวกับการติดตั้งเครื่องมือวัดสภาพอากาศเพื่อหาอุณหภูมิที่เกิดขึ้นจริงภายในอาคารพักอาศัย เพื่อตรวจสอบความสบายของอาคารพักอาศัยในพื้นที่ โดยพิจารณาทิศที่ได้รับผลกระทบความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์มากที่สุดคือ ทิศตะวันตก หรือทิศตะวันตกเฉียงใต้ และหาขอบเขตสภาวะความสบายทางด้านอุณหภูมิที่เหมาะสมในพื้นที่โดยการคำนวณ และการจำลองการปรับปรุงอาคารพักอาศัยเพื่อสร้างสภาวะความสบายทางอุณหภูมิด้วยมวลอุณหภาพ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งจำลองโดยการใช้วัสดุที่มีความหนา ความหนาแน่น และความจุความร้อนแตกต่างกัน ประกอบเป็นผนังรูปแบบต่างๆ เปรียบเทียบกับผนังเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ข้อมูลทั่วไป สภาพภูมิอากาศทั่วไปและอาคารพักอาศัยของอำเภอเถิน จังหวัดลำปาง

2.2.1 ข้อมูลทั่วไป

อำเภอเถิน มีเนื้อที่ทั้งหมดประมาณ 1,158,750 ไร่ หรือประมาณ 1,854 ตารางกิโลเมตร พิกัดละติจูดที่ 17.36 ลิปดาเหนือ ลองติจูดที่ 99.12 ลิปดาตะวันออก วางตัวขนานไปกับแม่น้ำวังและทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 1 มีความสูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 170 เมตร อยู่ห่างจากจังหวัดลำปาง (ศาลากลาง) ลงมาทางใต้ประมาณ 90 กิโลเมตร ห่างจากกรุงเทพมหานครประมาณ 514 กิโลเมตร พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ป่าเขา และมีที่ราบสำหรับทำการเกษตรอยู่บ้าง

อาณาเขตติดต่อ

ทิศเหนือ	ติดต่อกับ	อ.เสริมงาม อ.สบปราบ จ.ลำปาง และ อ.วังชิ้น จ.แพร่
ทิศใต้	ติดต่อกับ	อ.สามเงา อ.บ้านตาก จ.ตาก และ อ.บ้านด่านลานหอย จ.สุโขทัย
ทิศตะวันออก	ติดต่อกับ	อ.ทุ่งเสลี่ยม อ.ศรีสัชชนาลัย จ.สุโขทัย
ทิศตะวันตก	ติดต่อกับ	อ.แม่พริก จ.ลำปาง และ อ.ลี้ จ.ลำพูน

สภาพภูมิประเทศ

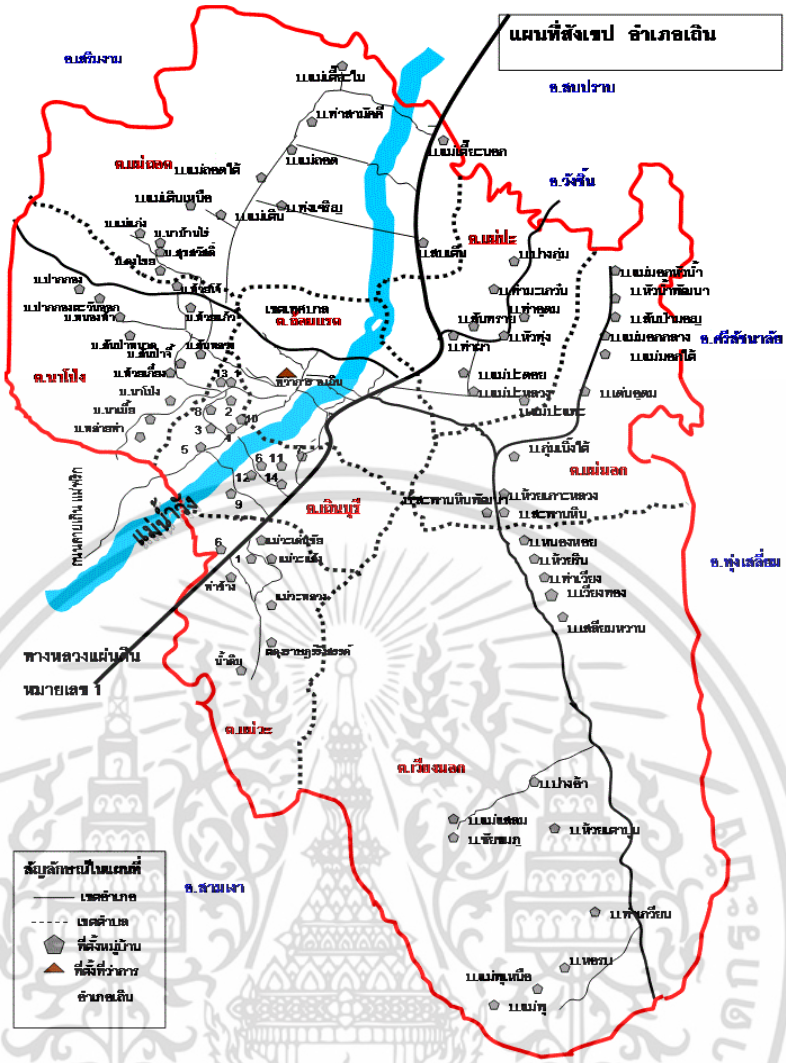
อำเภอเถินเป็นพื้นที่ป่าเขา และมีพื้นที่ราบที่ทำการเกษตรได้อยู่ตามหุบเขาและริมฝั่งแม่น้ำ โดยมีพื้นที่ทำการเกษตรประมาณร้อยละ 22 ของพื้นที่ทั้งหมด

การปกครองและประชากร

อำเภอเถินแบ่งออกเป็น 8 ตำบล 95 หมู่บ้าน แยกเป็น 4 เทศบาลตำบล 4 องค์การบริหารส่วนตำบล เมื่อปี 2557 อำเภอเถินมีประชากรจำนวน 60,292 คน เป็นชาย 29,630 คน เป็นหญิง 30,662 คน ตำบลที่มีประชากรมากที่สุด ได้แก่ ตำบลล้อมแรด[6]

[6] ที่มา: เอกสารบรรยายสรุปอำเภอเถิน (2557)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 แสดงแผนที่สังเขปอำเภอเถิน

ที่มา: เอกสารบรรยายสรุปอำเภอเถิน (2557)

2.2.2 อาคารพักอาศัยและวัสดุที่นิยมใช้ในหมู่บ้านสบคือ ตำบลล้อมแรด

งานวิจัยนี้เลือกพื้นที่ตำบลล้อมแรด เป็นตัวแทนของพื้นที่อำเภอเถินในการศึกษาวิจัย เนื่องจากตำบลล้อมแรดเป็นตำบลศูนย์กลางของอำเภอเถินและเป็นที่ตั้งของสถานที่ราชการหลายแห่ง เช่น สถานีตำรวจภูธร โรงเรียน โรงพยาบาล สถานีอุตุนิยมวิทยา รวมถึงที่ว่าการอำเภอเถิน และเป็นตำบลที่มีผู้อยู่อาศัยหนาแน่นที่สุดในอำเภอ มีจำนวนครัวเรือนทั้งสิ้น 6,575 ครัวเรือนและมีประชากรอาศัยอยู่ประมาณ 15,081 คน ตำบลล้อมแรด แบ่งได้ 14 หมู่บ้าน[7] ตามตารางที่ 2.1

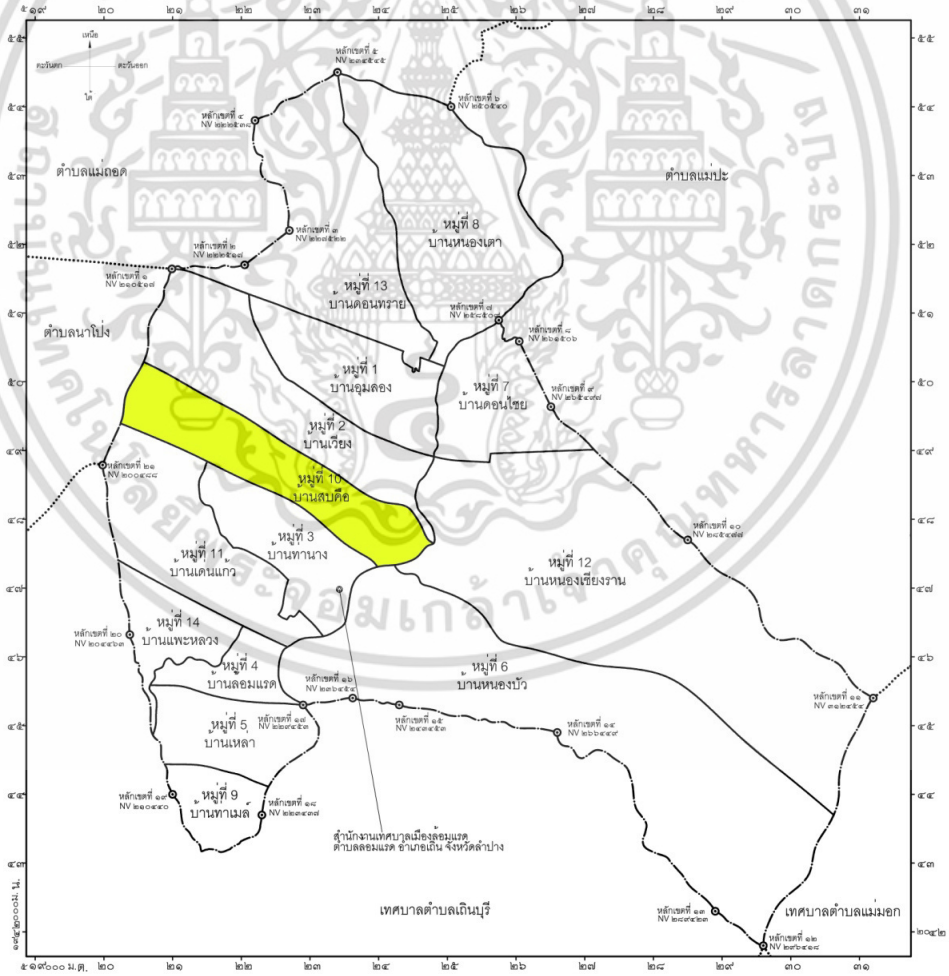
[7] ที่มา: เอกสารบรรยายสรุปอำเภอเถิน (2557)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 แสดงจำนวนอาคารบ้านเรือนในแต่ละหมู่บ้านของตำบลล้อมแรด

หมู่ที่	หมู่บ้าน	หลังคาเรือน	หมู่ที่	หมู่บ้าน	หลังคาเรือน
1	บ้านอุมลอง	386	8	บ้านหนองเตา	300
2	บ้านเวียง	398	9	บ้านท่าเมล์	137
3	บ้านท่านาง	401	10	บ้านสบคือ	289
4	บ้านล้อมแรด	492	11	บ้านเด่นแก้ว	541
5	บ้านเหล่า	393	12	บ้านหนองเชียงราน	261
6	บ้านหนองบัว	222	13	บ้านดอนทราย	189
7	บ้านดอนไชย	783	14	บ้านแพะหลวง	153

ที่มา: งานแผนที่ภาษีและทะเบียนทรัพย์สิน เทศบาลตำบลล้อมแรด (2558)



รูปที่ 2.2 แสดงการแบ่งเขตหมู่บ้านตำบลล้อมแรดและพื้นที่ที่ทำการสำรวจ (หมู่บ้านสบคือ)

ที่มา: กองช่าง เทศบาลตำบลล้อมแรด (2557)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมู่บ้านสบคือ

งานวิจัยนี้เลือกศึกษาพื้นที่ของหมู่บ้านสบคือเนื่องจากเป็นหมู่บ้านเก่าแก่ของตำบลล้อมแรด มีการปลูกสร้างอาคารพักอาศัยของประชาชนอย่างหนาแน่น โดยหมู่บ้านสบคือเป็นหมู่บ้านหมู่ที่ 10 ในตำบลล้อมแรด มีจำนวนบ้านเรือนที่อยู่อาศัย 289 หลังคาเรือน มีประชากรประมาณ 1,140คน ทิศเหนือ ติดกับหมู่บ้านเวียง ทิศใต้ ติดกับหมู่บ้านท่านาง ทิศตะวันออก ติดกับแม่น้ำวัง ทิศตะวันตก ติดกับทุ่งนาและป่าละเมาะ มีถนน เถินบุรีและถนนราษฎร์บำรุง ผ่านกลาง ผังรวมของหมู่บ้านวางตัวตามแนวแม่น้ำวังและถนนหลักทั้ง 2 เส้นคือถนนเถินบุรี และถนนราษฎร์อุทิศ อาคารพักอาศัยส่วนใหญ่เป็นอาคารไม้ และไม้ครึ่งปูน ตั้งแต่ 1 ชั้นถึง 2 ชั้น มีรูปแบบการยกพื้นอาคารแบบใต้ถุนไม่เกิน 1 เมตร แบบใต้ถุนไม่เกิน 2 เมตรจนถึงใต้ถุนสูงมากกว่า 2 เมตร มีวัดสำคัญในหมู่บ้านชื่อเดียวกันกับหมู่บ้านชื่อวัดสบคือ โดยมีรายละเอียดตามผลการสำรวจอาคารพักอาศัยในหมู่บ้านสบคือตามตารางที่ 2.2[8]

ตารางที่ 2.2 แสดงอาคารพักอาศัยชนิดต่างๆ ในหมู่บ้านสบคือ แบ่งตามวัสดุก่อสร้างผนัง

จำนวนชั้น	วัสดุผนังหลัก							
	ไม้		ไม้ครึ่งปูน		ปูน		อื่น ๆ	
	หลัง	ร้อยละ	หลัง	ร้อยละ	หลัง	ร้อยละ	หลัง	ร้อยละ
1ชั้น ใต้ถุนสูงไม่เกิน 2 เมตร	44	16	5	2	73	26		
1ชั้น ใต้ถุนสูงเกิน 2 เมตร			36	13	1	0		
2 ชั้น	7	3	75	27	21	8		
อื่นๆ							18	6
รวม	51	18	116	41	95	34	18	6
	280							

ผลการสำรวจอาคารพักอาศัยในหมู่บ้านสบคือ (ตารางที่ 2.2) พบว่ามีทั้งสิ้น 280 หลัง ถ้าพิจารณาที่วัสดุก่อสร้างผนังเป็นหลัก พบว่าอาคารส่วนใหญ่ใช้วัสดุก่อสร้างผนังด้วยไม้ร่วมกับอิฐบล็อกหรืออิฐมอญฉาบผิวเรียบ ในขณะที่บ้านที่ใช้อิฐบล็อกหรืออิฐมอญฉาบผิวเรียบในการก่อสร้างผนังทั้งหลังเป็นวัสดุที่นิยมใช้รองลงมา ทั้งนี้ถ้าพิจารณาจากจำนวนชั้นเป็นหลักพบว่าบ้าน 1 ชั้นที่มีใต้ถุนสูงไม่เกิน 2 เมตร (ส่วนใหญ่เป็นบ้านที่มีการก่อสร้างขึ้นใหม่) นิยมใช้อิฐบล็อก

[8] ผลการสำรวจ (ตารางที่ 2.2) ได้จำนวนอาคารพักอาศัยในพื้นที่ต่างกันกับจำนวนที่พักอาศัยของงานแผนที่ภาษีและทะเบียนทรัพย์สิน (ตารางที่ 2.1) เทศบาลตำบลล้อมแรด เนื่องจากมีวิธีการนับอาคารพักอาศัยต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรืออิฐมอญฉาบผิวเรียบในการก่อสร้างผนังทั้งหลัง รองลงมาเป็นบ้านที่มีการก่อสร้างมาตั้งแต่ดั้งเดิม มีอายุการใช้งานมานานและยังไม่ได้รับการปรับปรุงใดๆ มักนิยมใช้ไม้เป็นวัสดุหลักในการก่อสร้างผนัง ในขณะที่บ้าน 1 ชั้นที่มีใต้ถุนสูงเกินกว่า 2 เมตร (ส่วนใหญ่จะเป็นการต่อเติมในชั้นใต้ถุน) มักนิยมใช้อิฐบล็อกหรืออิฐมอญฉาบผิวเรียบในการต่อเติมชั้นใต้ถุนในขณะที่ชั้นบนเรือนจะยังคงนิยมใช้ไม้เป็นวัสดุก่อสร้างผนังเป็นหลักอยู่ (คำว่าใต้ถุนสูงไม่เกิน 2 เมตร หมายความถึงบ้านที่มีพื้นชั้นที่ 1 สูงจากระดับพื้นชั้นใต้ถุนตั้งแต่ +0.00 เมตรขึ้นไปจนถึงระดับไม่เกิน +2.00 เมตร ในทางกลับกันคำว่าใต้ถุนสูงเกิน 2 เมตรหมายความว่าบ้านที่มีพื้นชั้นที่ 1 สูงกว่าระดับพื้นชั้นใต้ถุนเกิน +2.00 เมตร) รูปแบบการก่อสร้างผนังที่นิยมที่สุดในบ้าน 2 ชั้นคือชั้นที่ 1 เป็นอิฐบล็อกหรืออิฐมอญฉาบผิวเรียบในขณะที่ชั้น 2 ใช้วัสดุก่อสร้างผนังเป็นไม้ ดังแสดงในรูปที่ 2.3 - 2.6

รูปที่ 2.3 แสดงตัวอย่างบ้านที่มีใต้ถุนต่ำกว่า 2 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.4 แสดงตัวอย่างบ้านที่มีใต้ถุนสูงกว่า 2 เมตร

รูปที่ 2.5 แสดงตัวอย่างบ้าน 2 ชั้นครึ่งปูนครึ่งไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.6 แสดงตัวอย่างบ้านปูน 2 ชั้น

ที่มา:https://www.google.co.th/maps/@17.6213432,99.2251343,3a,73.9y,267.92h,78.77t/data=!3m6!1e1!3m4!1sBCgsfbhZAx6rG2lE1pQoow!2e0!7i13312!8i6656!6m1!1e1

จากตารางที่ 2.2 อาคารพักอาศัยในหมู่บ้านสบคือ เมื่อแบ่งตามวัสดุก่อสร้างแล้วพบว่าบ้านไม้ครึ่งปูนมีจำนวนมากที่สุดคือ 116 หลัง รองลงมาคือ บ้านปูน 95 หลัง และบ้านไม้ทั้งหลังมีทั้งหมด 51 หลัง และบ้านไม้ทั้งหลังแบ่งได้เป็น บ้านไม้ทั้งหลัง 1 ชั้นจำนวน 44 หลัง และบ้านไม้ทั้งหลัง 2 ชั้นจำนวน 7 หลัง

2.2.3 สภาพภูมิอากาศทั่วไปของอำเภอเถิน

เนื่องจากสภาพพื้นที่อยู่ในหุบเขาเป็นแอ่งกระทะ จึงทำให้อากาศโดยทั่วไปร้อนอบอ้าว อุณหภูมิสูงสุดที่เคยวัดได้ 43.1 °c เมื่อวันที่ 6และ8 เมษายน 2553 อุณหภูมิต่ำสุดที่เคยวัดได้ 7.8 °c เมื่อวันที่ 24 มกราคม 2557 ฝนจะตกตั้งแต่เดือนเมษายน จนถึงเดือนตุลาคม ปริมาณฝนเฉลี่ยต่อปีอยู่ที่ประมาณ 1,238.5 มิลลิเมตร ฝนตกหนักที่สุดภายใน 1 วัน วัดได้ 156.5 มิลลิเมตร เมื่อวันที่ 21 สิงหาคม 2553 ฝนรวมรายเดือนมากที่สุด วัดได้ 373.8 มิลลิเมตร เมื่อพฤษภาคม พ.ศ. 2547 ฝนรวมรายปีมากที่สุด วัดได้ 1,461.8 มิลลิเมตร เมื่อ พ.ศ. 2549 (ข้อมูลพื้นฐานสถานีอุตุนิยมวิทยาเถิน, 2557)[9]

[9]ข้อมูลพื้นฐานสถานีอุตุนิยมวิทยาเถิน 2557 ที่มา : http://www.tmd.go.th/stations.php?id=48324

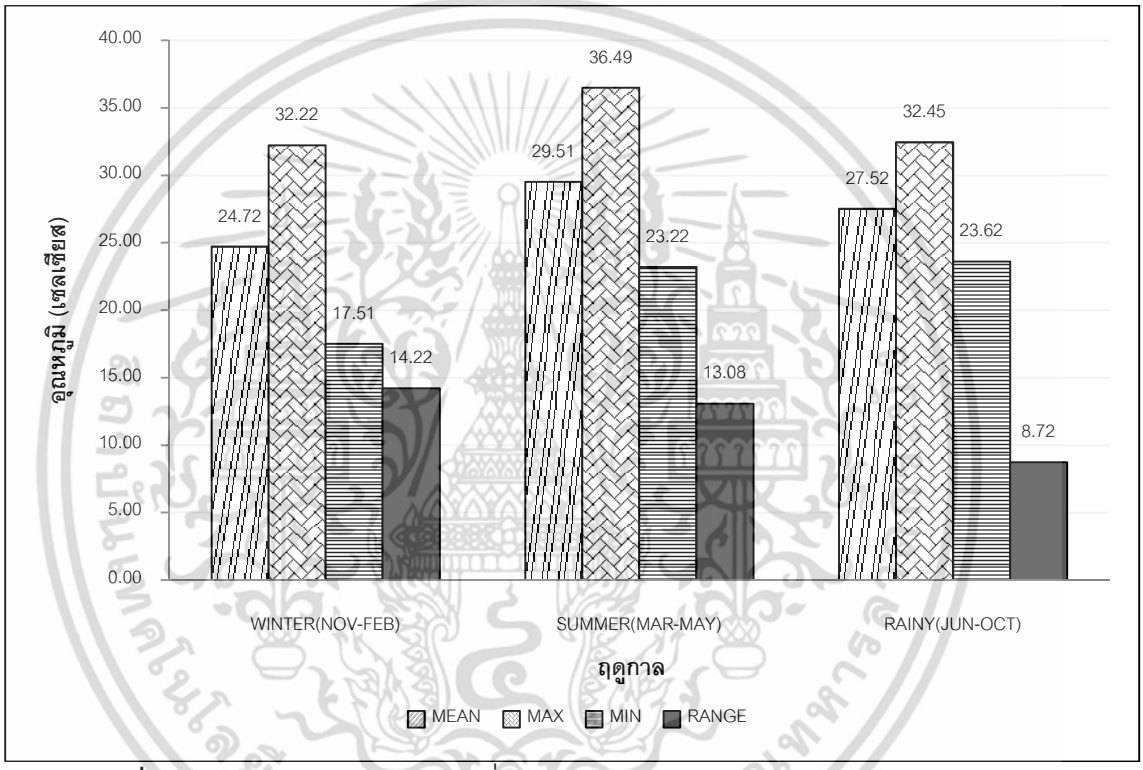
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะภูมิอากาศ แบ่งเป็น 3 ฤดู คือ

ฤดูหนาว เริ่มประมาณเดือนตุลาคมจนถึงเดือนกุมภาพันธ์ อากาศจะหนาวที่สุดในช่วงเดือน มกราคม

ฤดูร้อน เริ่มประมาณกลางเดือนกุมภาพันธ์จนถึงกลางเดือนพฤษภาคม อากาศจะร้อนอบอ้าวมากที่สุดในช่วงเดือน เมษายน

ฤดูฝน เริ่มประมาณกลางเดือนพฤษภาคมจนถึงกลางเดือนตุลาคม ช่วงที่มีฝนตกมากที่สุดคือ เดือน พฤษภาคม



รูปที่ 2.7 แผนภูมิแสดงอุณหภูมิเฉลี่ยในฤดูต่างๆ ของอำเภอเถิน พ.ศ. 2547-2557
ที่มา: สถานีอุตุนิยมวิทยาเถิน (2557)

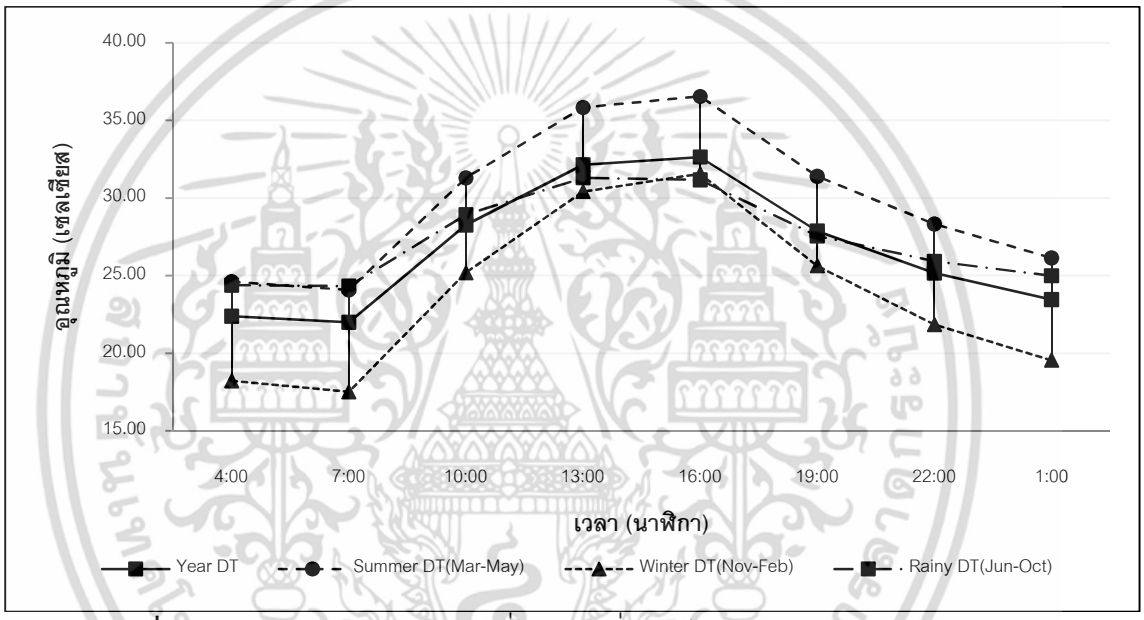
ข้อมูลสภาพอากาศ ปี พ.ศ. 2547 - 2557

จากข้อมูลสภาพอากาศอากาศของสถานีอุตุนิยมวิทยาเถิน จังหวัดลำปาง ในระหว่างปี พ.ศ. 2547 - 2557 สรุปข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาที่สำคัญได้ดังนี้

1.อุณหภูมิ อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปีประมาณ 27.08 °c อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 21.48 °c อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 33.39 °c เดือนที่มีอากาศอบอ้าวมากที่สุดคือเดือนเมษายน อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 37.75 °c ในขณะที่อุณหภูมิสูงสุดที่เคยวัดได้เท่ากับ 43.10 °c เมื่อวันที่ 6 และ 8 เมษายน 2553 ส่วนในฤดูหนาวเดือนที่หนาวที่สุด คือ เดือนมกราคมอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 15.84 °c

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในขณะที่อุณหภูมิต่ำสุดที่เคยวัดได้เท่ากับ 7.8 °c เมื่อวันที่ 24 มกราคม 2557 เดือนมกราคมมีค่าพิสัยอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดรายวันเฉลี่ยสูงที่สุดคือ 15.98 °c ในขณะที่ เดือนมิถุนายนมีค่าพิสัยอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดรายวันเฉลี่ยน้อยที่สุดเท่ากับ 8.44 °c ในช่วงฤดูหนาว ฤดูร้อน โดยมีความต่างอุณหภูมิเท่ากับ 14.25, 13.20 °c ตามลำดับ ในขณะที่หน้าฝนจะมีค่าพิสัยอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดรายวันเฉลี่ยน้อยที่สุดเท่ากับ 7.94 °c ดังแสดงในรูปที่ 2.8 แสดงข้อมูลเฉลี่ยราย 3 ชั่วโมงปี พ.ศ. 2557 พบว่าอุณหภูมิรายวันจะมีอุณหภูมิสูงสุดตอนเวลาประมาณ 16.00 น. มีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 32.64 °c ยกเว้นในช่วงฤดูฝนเท่านั้นที่อุณหภูมิสูงสุดจะเกิดขึ้นในตอน 13.00 น. ในขณะที่อุณหภูมิต่ำสุดของทั้งปีจะเกิดขึ้นในตอนเวลาประมาณ 7.00 น. มีอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 21.99 °c



รูปที่ 2.8 แผนภูมิแสดงอุณหภูมิเฉลี่ยราย 3 ชั่วโมงปี ของอำเภอเถิน พ.ศ. 2557
ที่มา: สถานีอุตุนิยมวิทยาเถิน (2557)

2.ความชื้นสัมพัทธ์ ค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยตลอดทั้งปีเท่ากับร้อยละ 71.33 ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 84.17 เดือนที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดเฉลี่ยมากที่สุด คือ เดือนตุลาคม เท่ากับร้อยละ 92.72 ในขณะที่ค่าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุดเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 60.20 เดือนที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุดเฉลี่ยน้อยที่สุดคือเดือนมีนาคมเท่ากับร้อยละ 40.58

3.ฝน ปริมาณฝนเฉลี่ยตลอดทั้งปีมีค่าประมาณ 1,238.5 มิลลิเมตร และมีจำนวนวันที่ฝนตกเฉลี่ย 109.45 วัน เดือนที่มีฝนตกมากที่สุด คือ เดือนกันยายน มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 154.16 มิลลิเมตร ในขณะที่เดือนที่มีฝนตกน้อยที่สุด คือ เดือนกุมภาพันธ์ มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 6.00 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.ลม ลมส่วนใหญ่เป็นลมตะวันตกเฉียงใต้ มีความเร็วลมเฉลี่ยประมาณ 6.6 m/s ซึ่งพัดปกคลุมในช่วงเดือนกลางกุมภาพันธ์ถึงปลายเดือนกันยายน ในช่วงตอนต้นของฤดูร้อนจนถึงปลายต้นฤดูฝน โดยลมจะเปลี่ยนเป็นทิศตะวันออกเฉียงเหนือในช่วงต้นฤดูหนาวระหว่างเดือนต้นตุลาคมถึงเดือนกลางเดือนกุมภาพันธ์ กำลังเฉลี่ยประมาณ 5.6 m/s

สำหรับความเร็วลมสูงที่สุดที่เคยตรวจได้ในฤดูต่างๆ มีดังนี้ ฤดูหนาวตรวจวัดลมสูงสุดได้ 7.1 m/s ทิศตะวันออกเฉียงเหนือในเดือนตุลาคม ฤดูร้อนตรวจวัดลมสูงสุดได้ 8.8 m/s ทิศตะวันตกเฉียงใต้ในเดือนเมษายน ส่วนในฤดูฝนตรวจวัดลมสูงสุดได้ 8.0 m/s ทิศตะวันตกเฉียงใต้ในเดือนมิถุนายน

5.การแผ่รังสีดวงอาทิตย์ เนื่องจากสถานีอุตุนิยมวิทยาเถิน ไม่มีการวัดการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ ดังนั้นจึงต้องใช้ข้อมูลจากสถานีอุตุนิยมวิทยาเชียงใหม่ ซึ่งใกล้กับพื้นที่ศึกษาที่สุดในการอ้างอิง โดยเป็นการเก็บข้อมูลการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ในจังหวัดเชียงใหม่ช่วงปี พ.ศ. 2552 - 2556 พบว่า ค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยตลอดปี เท่ากับ 16.24 MJ/m^2 เดือนพฤษภาคมมีค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์สูงที่สุด เท่ากับ 18.91 MJ/m^2 ในขณะที่เดือนธันวาคมมีค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์น้อยที่สุด เท่ากับ 14.66 MJ/m^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 แสดงข้อมูลภูมิอากาศ อำเภอเถิน จังหวัดลำปาง ปี พ.ศ. 2547 - 2557
(หมายเหตุ: การแผ่รังสีดวงอาทิตย์ ใช้ข้อมูลของสถานีอุตุนิยมวิทยาเชียงใหม่)

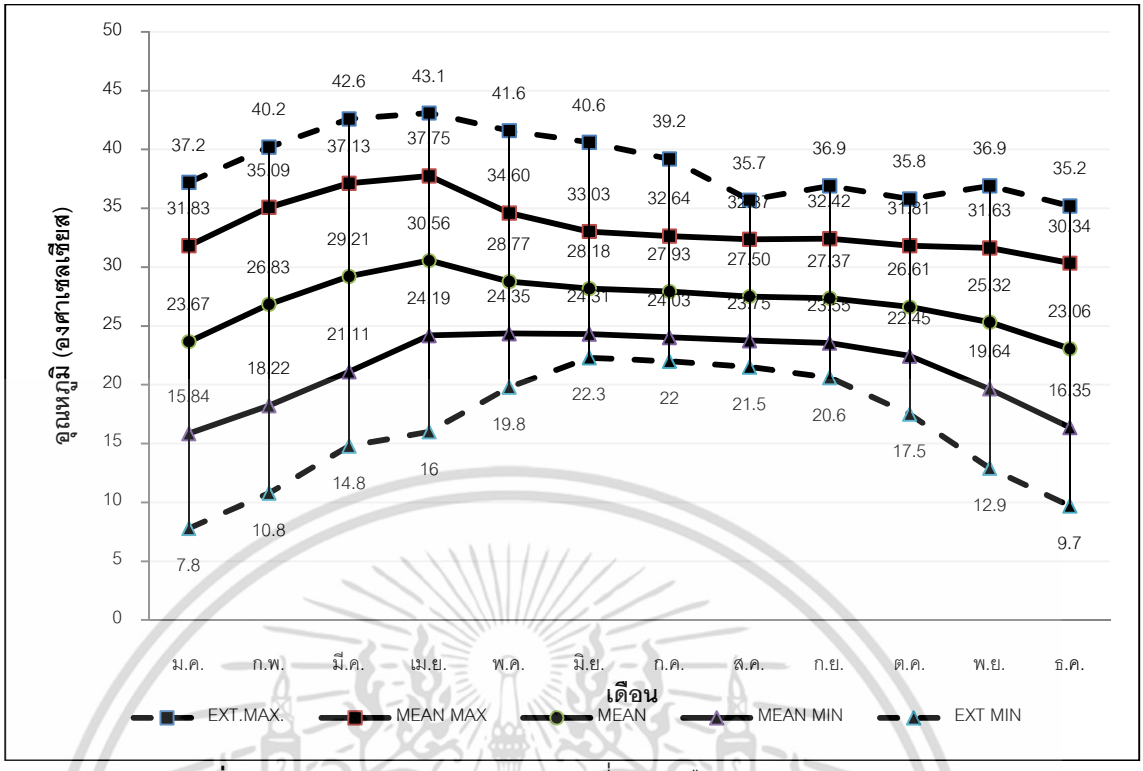
ข้อมูลที่ตั้ง สถานีอุตุนิยมวิทยาเถิน

ละติจูด	17° 38' 11.8"	องศาเหนือ	ความสูงของสถานีจากระดับน้ำทะเล	190.89	เมตร
ลองติจูด	99° 14' 41.1"	องศาตะวันออก	ความสูงของกระปุกปรอทจากระดับน้ำทะเล	192.03	เมตร
			ความสูงของฐานเรือนเทอร์โมมิเตอร์	1.55	เมตร
			ความสูงของศรลมจากพื้นดิน	11.00	เมตร
			ความสูงของเครื่องวัดลมจากพื้นดิน	11.00	เมตร

	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	เฉลี่ย
อุณหภูมิ													
อุณหภูมิสูงสุดที่เคยวัดได้ (เซลเซียส)	37.2	40.2	42.6	43.1	41.6	40.6	39.2	35.7	36.9	35.8	36.9	35.2	38.75
อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย (เซลเซียส)	31.83	35.09	37.13	37.75	34.60	33.03	32.64	32.37	32.42	31.81	31.63	30.34	33.39
อุณหภูมิเฉลี่ย (เซลเซียส)	23.67	26.83	29.21	30.56	28.77	28.18	27.93	27.50	27.37	26.61	25.32	23.06	27.08
อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย (เซลเซียส)	15.84	18.22	21.11	24.19	24.35	24.31	24.03	23.75	23.55	22.45	19.64	16.35	21.48
อุณหภูมิต่ำสุดที่เคยวัดได้ (เซลเซียส)	7.8	10.8	14.8	16	19.8	22.3	22	21.5	20.6	17.5	12.9	9.7	16.31
พิสัยสูงสุด-ต่ำสุดรายวันเฉลี่ย (เซลเซียส)	15.98	15.35	15.97	13.05	10.24	8.44	8.59	8.61	8.61	9.37	11.57	13.97	11.65
ความชื้น													
ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดเฉลี่ย (%)	81.35	72.89	71.60	72.31	88.57	89.76	90.38	90.70	91.92	92.72	86.52	81.32	84.17
ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย (%)	66.48	57.83	53.92	60.20	73.63	77.11	77.20	79.48	81.32	81.33	75.80	71.63	71.33
ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุดเฉลี่ย (%)	56.86	45.66	40.58	40.96	58.72	66.25	65.59	69.81	72.51	73.31	68.29	63.84	60.20
ลม													
ความเร็วลมเฉลี่ย (นอต)	10.16	11.10	12.72	13.78	13.10	13.12	12.95	12.69	12.61	11.56	10.69	11.03	12.13
ทิศทางลมประจำเดือน (องศา)	NE	SW	SW	SW	SW	SW	SW	SW	SW	NE	NE	NE	
ฝน													
ปริมาณน้ำฝนโดยเฉลี่ย (มม.)	10.19	6.00	23.85	88.59	242.90	141.59	128.65	157.59	254.16	151.07	25.42	8.51	103.21
จำนวนวันที่ฝนตกโดยเฉลี่ย (วัน)	1.27	0.82	3.64	7.36	14.82	15.36	15.00	17.36	18.27	11.36	3.18	1.00	9.12
ปริมาณฝนรายวันสูงสุด (มม.)	50.40	30.00	32.00	80.10	99.40	68.20	112.60	156.50	97.20	84.30	108.20	24.60	78.63
ความเข้มรังสีดวงอาทิตย์													
ปริมาณความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ (MJ/m2)	15.11	17.23	16.58	18.83	18.91	16.24	15.53	14.71	16.27	15.15	15.63	14.66	16.24
ฤดูกาล	หนาว	หนาว/ร้อน	ร้อน	ร้อน	ร้อน/ฝน	ฝน	ฝน	ฝน	ฝน	ฝน/หนาว	หนาว	หนาว	

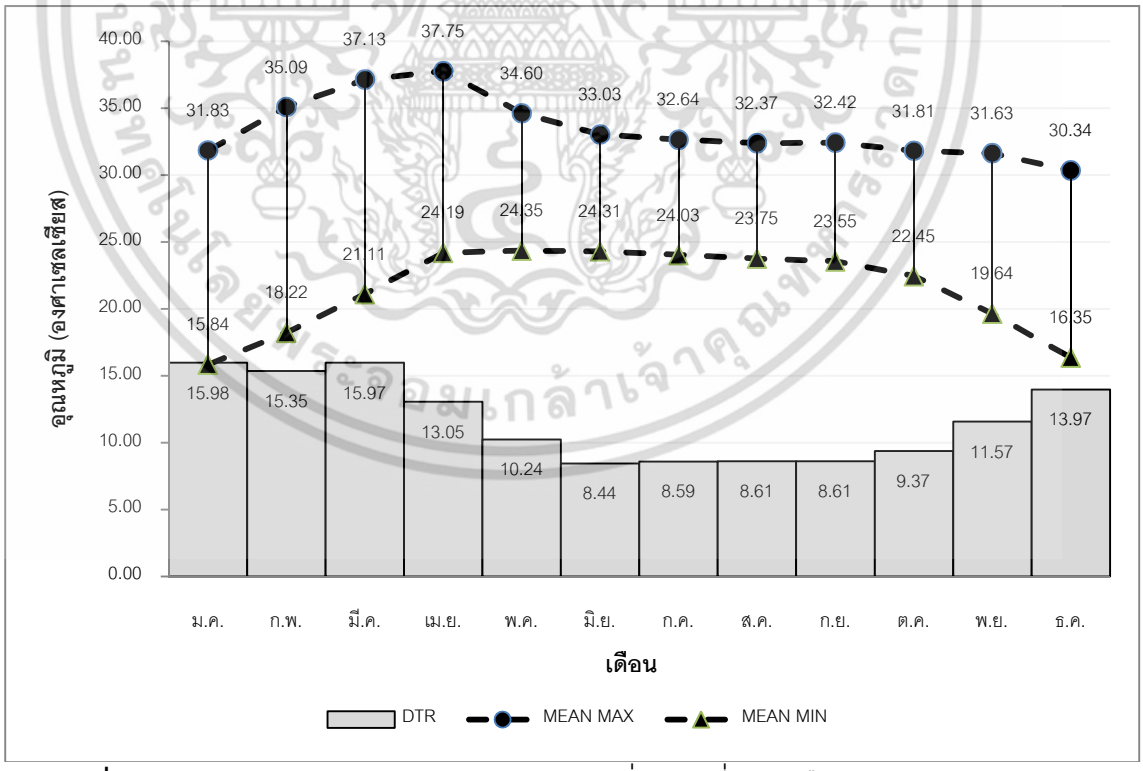
ที่มา: สถานีอุตุนิยมวิทยาเถิน (2557)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 แผนภูมิแสดงค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือน พ.ศ. 2547-2557

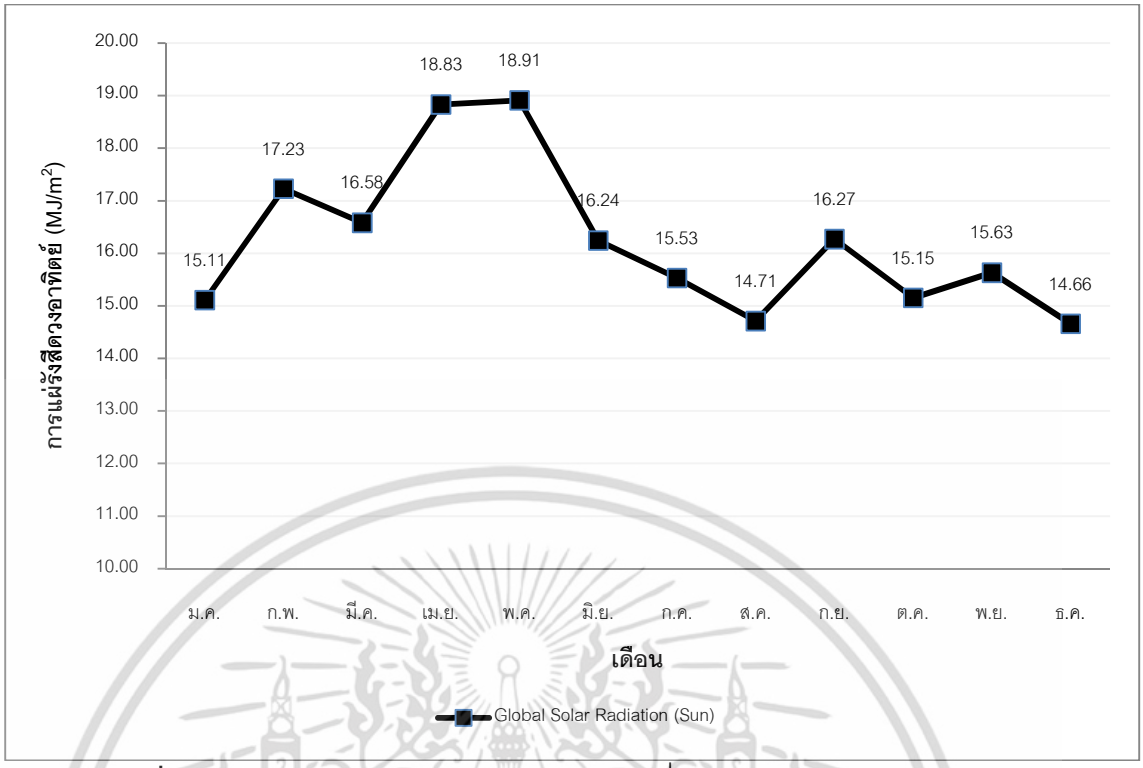
ที่มา: สถานีอุตุนิยมวิทยาเถิน (2557)



รูปที่ 2.10 แผนภูมิแสดงค่าพิสัยอุณหภูมิสูงสุด – ต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือน พ.ศ. 2547-2557

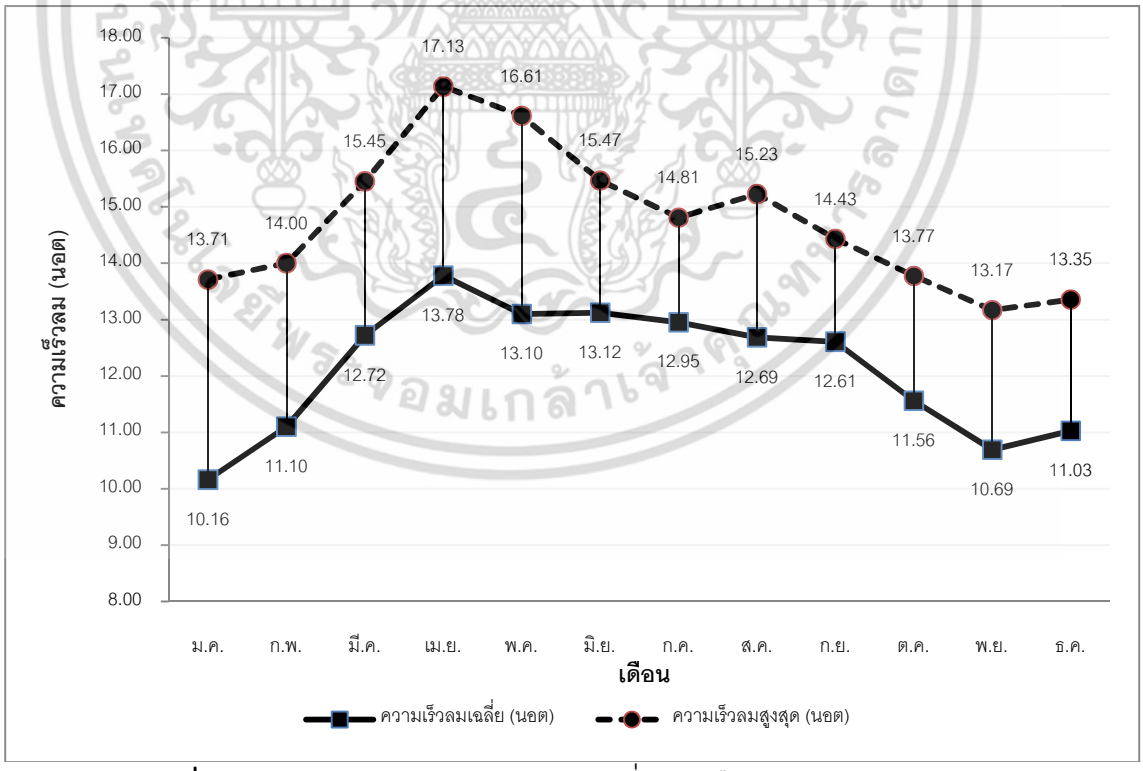
ที่มา: สถานีอุตุนิยมวิทยาเถิน (2557)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 แผนภูมิแสดงค่าการแผ่รังสีอาทิตย์เฉลี่ยรายเดือน พ.ศ. 2547-2557

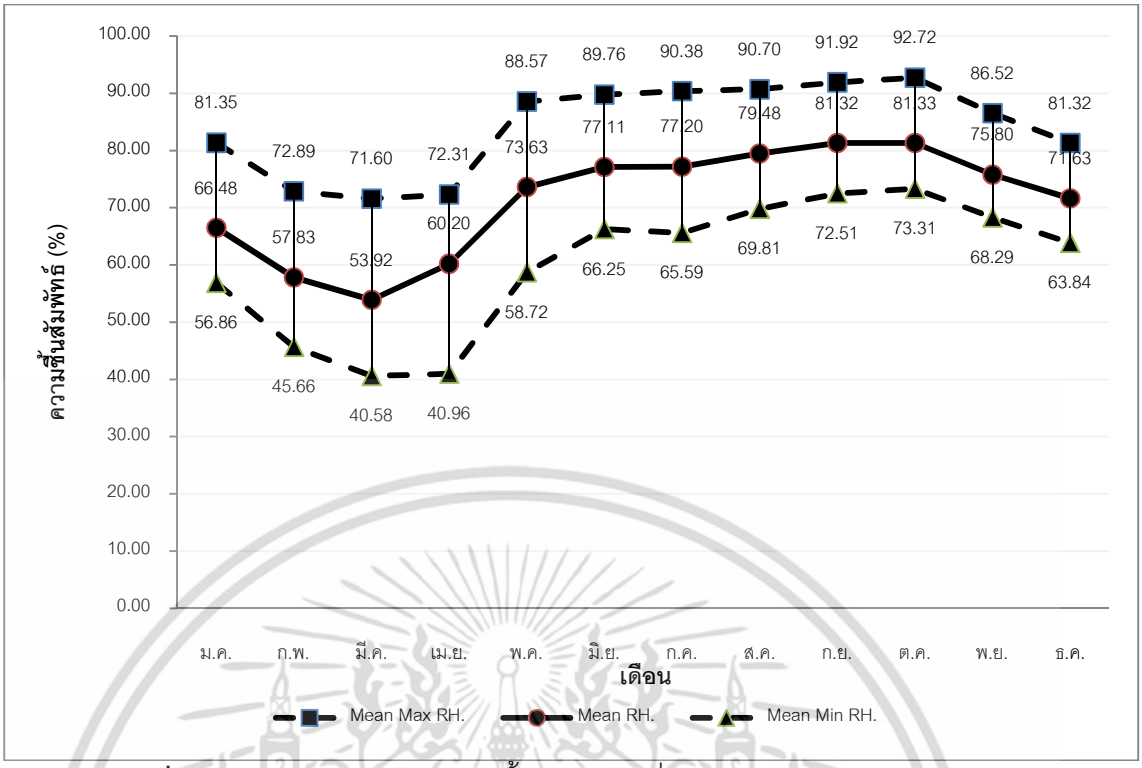
ที่มา: สถานีอุตุนิยมวิทยาเถิน (2557)



รูปที่ 2.12 แผนภูมิแสดงค่าความเร็วลมเฉลี่ยรายเดือน พ.ศ. 2547-2557

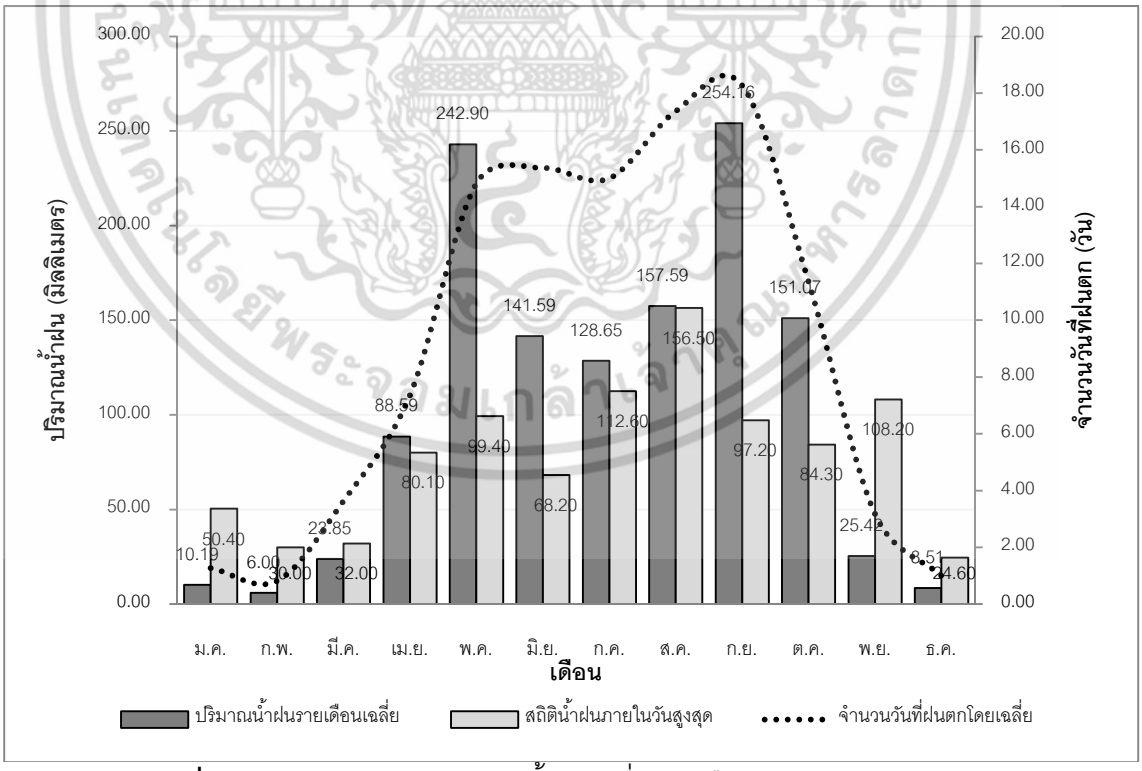
ที่มา: สถานีอุตุนิยมวิทยาเถิน (2557)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 แผนภูมิแสดงค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายเดือน พ.ศ. 2547-2557

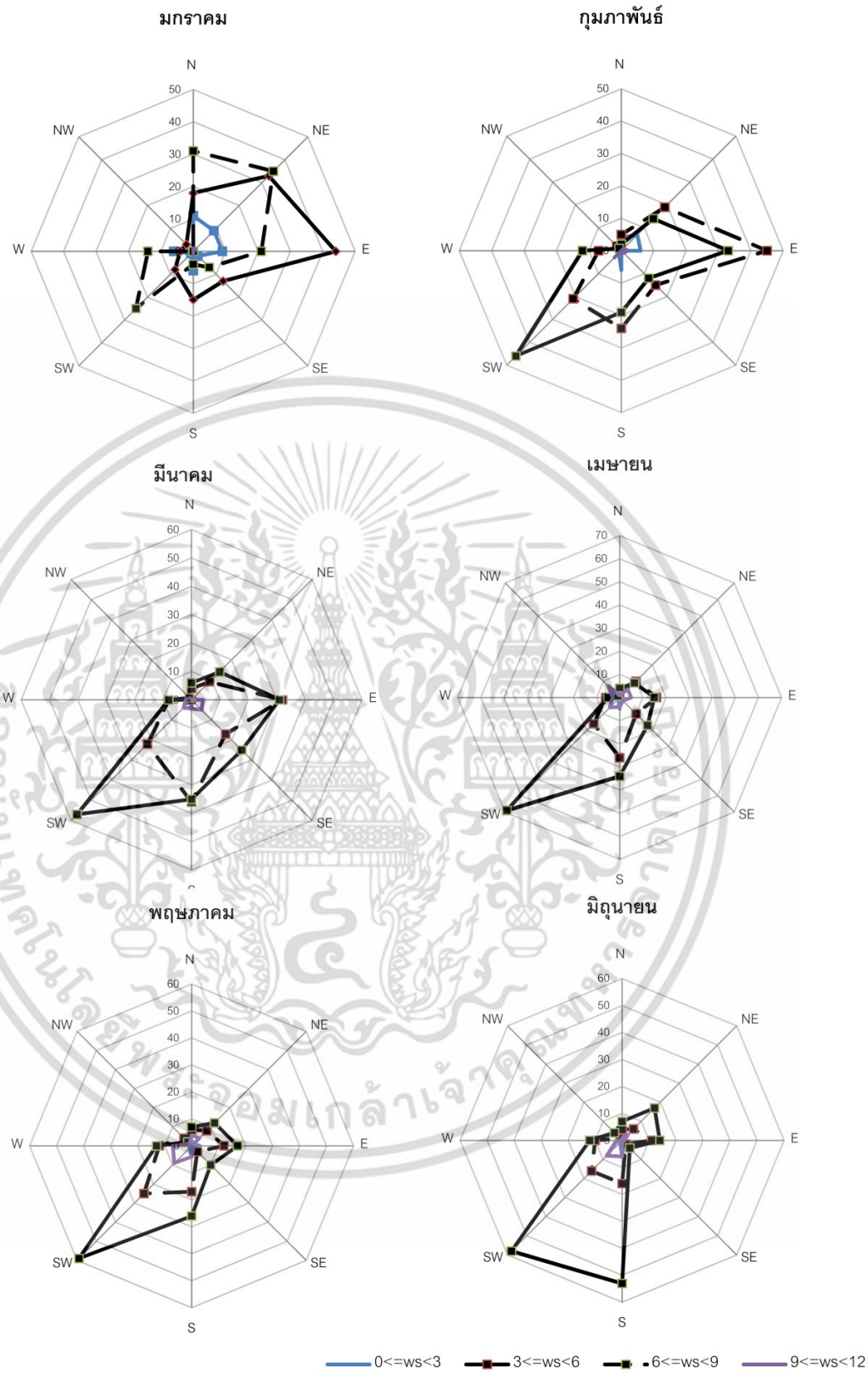
ที่มา: สถานีอุตุนิยมวิทยาเถิน (2557)



รูปที่ 2.14 แผนภูมิแสดงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน พ.ศ. 2547-2557

ที่มา: สถานีอุตุนิยมวิทยาเถิน (2557)

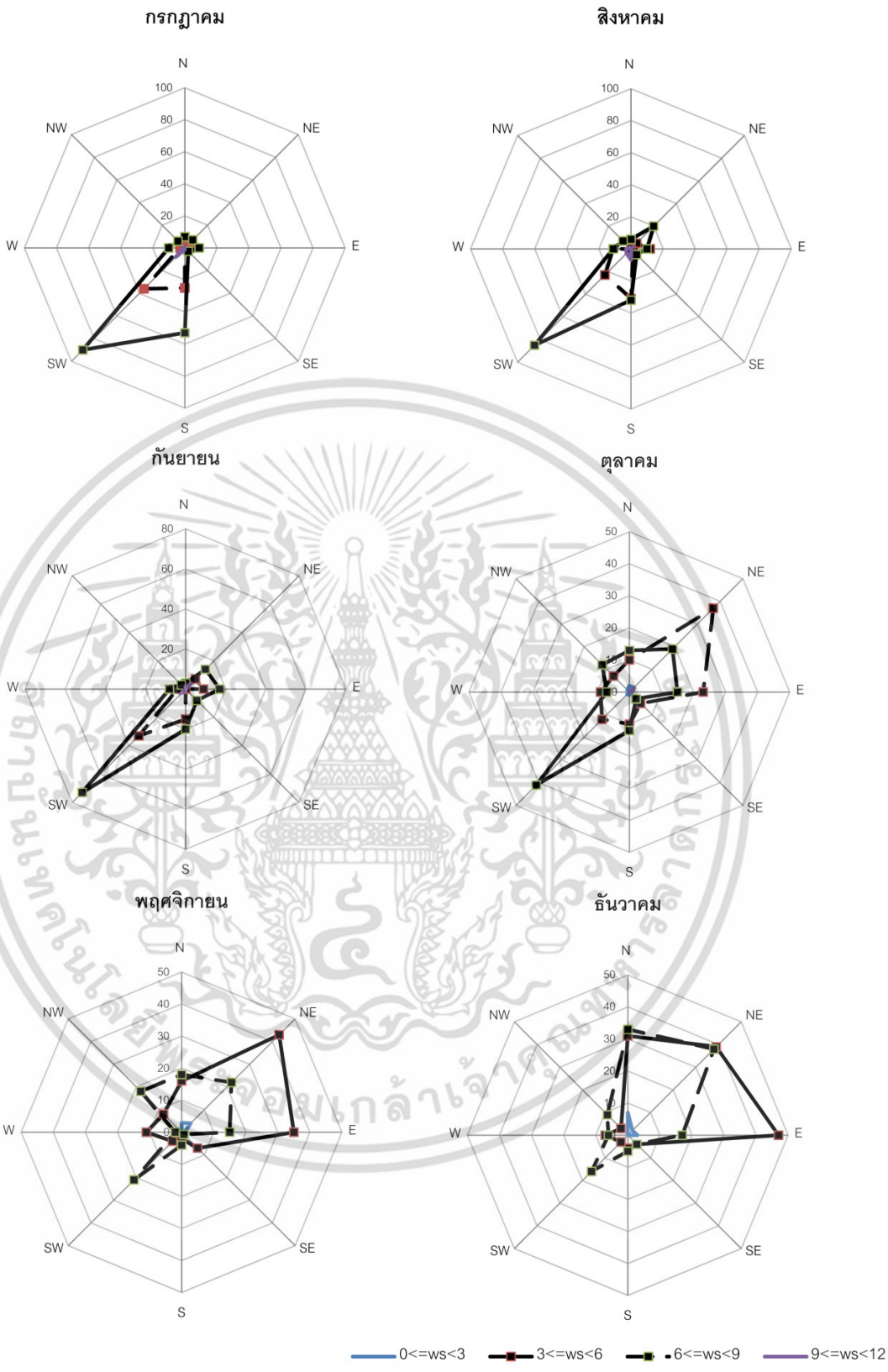
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 แผนภูมิแสดงทิศและความเร็วลมเฉลี่ยรายเดือนของอำเภอเถิน พ.ศ. 2547 - 2557 (มกราคม-มิถุนายน)

ที่มา: สถานีอุตุนิยมวิทยาเถิน (2557)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 แผนภูมิแสดงทิศและความเร็วลมเฉลี่ยรายเดือนของอำเภอเถิน พ.ศ. 2547 - 2557 (กรกฎาคม-ธันวาคม)

ที่มา: สถานีอุตุนิยมวิทยาเถิน (2557)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 แสดงความถี่ (ร้อยละ) ของลมประจำถิ่นในแต่ละเดือน พ.ศ. 2547 - 2557 (มกราคม-มิถุนายน)

JANUARY

Wind Speed (m/s)/ Direction	0-3	3-6	6-9	9-12	All
N	3	6	10	0	19
NE	3	10	11	0	24
E	3	14	7	0	23
SE	1	4	2	0	7
S	2	5	1	0	8
SW	0	2	8	0	11
W	2	1	4	0	7
NW	0	1	0	0	1
All	14	43	43	1	100

FEBBUARY

Wind Speed (m/s)/ Direction	0-3	3-6	6-9	9-12	All
N	1	2	1	0	4
NE	2	6	5	0	13
E	2	15	11	1	28
SE	0	5	4	0	9
S	2	8	6	0	16
SW	0	7	15	1	23
W	0	2	4	0	6
NW	0	1	0	0	1
All	8	45	45	2	100

MARCH

Wind Speed (m/s)/ Direction	0-3	3-6	6-9	9-12	All
N	0	1	2	0	3
NE	0	3	4	0	7
E	1	10	9	1	21
SE	0	5	8	2	14
S	1	11	11	1	23
SW	0	7	17	1	25
W	0	2	2	1	5
NW	0	0	0	0	1
All	2	39	54	6	100

APRIL

Wind Speed (m/s)/ Direction	0-3	3-6	6-9	9-12	All
N	0.00	0.71	1.41	0.35	2.47
NE	0.00	3.53	3.18	1.77	8.48
E	0.35	5.65	5.30	1.77	13.07
SE	0.00	3.53	6.01	0.71	10.25
S	1.77	9.19	12.01	1.41	24.38
SW	0.35	5.65	24.38	2.12	32.51
W	0.35	2.12	1.77	1.06	5.30
NW	0.00	0.71	0.35	2.47	3.53
All	2.83	31.10	54.42	11.66	100.00

MAY

Wind Speed (m/s)/ Direction	0-3	3-6	6-9	9-12	All
N	1	2	3	1	7
NE	0	3	4	1	9
E	1	4	6	0	12
SE	0	1	4	0	5
S	1	6	9	1	18
SW	0	9	21	3	34
W	0	4	5	3	12
NW	0	1	1	0	3
All	5	32	53	11	100

JUNE

Wind Speed (m/s)/ Direction	0-3	3-6	6-9	9-12	All
N	0	2	3	0	5
NE	0	2	6	1	10
E	0	4	5	0	10
SE	0	1	2	0	3
S	2	6	20	2	30
SW	0	6	22	3	31
W	0	4	5	1	9
NW	0	0	2	0	2
All	4	25	64	8	100

ที่มา: สถานีอุตุนิยมวิทยาเถิน (2557)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 แสดงความถี่ (ร้อยละ) ของลมประจำถิ่นในแต่ละเดือน พ.ศ. 2547 - 2557 (กรกฎาคม-ธันวาคม)

JULY

Wind Speed (m/s)/ Direction	0-3	3-6	6-9	9-12	All
N	0	0	3	0	3
NE	0	1	3	0	4
E	0	2	3	0	5
SE	0	0	1	0	1
S	1	9	19	0	29
SW	1	13	32	3	49
W	0	1	4	0	5
NW	0	0	2	0	3
All	2	27	67	4	100

AUGUST

Wind Speed (m/s)/ Direction	0-3	3-6	6-9	9-12	All
N	0	0	2	0	2
NE	0	2	7	1	10
E	0	4	3	0	8
SE	0	1	2	0	2
S	2	11	11	2	27
SW	0	8	30	1	39
W	0	4	4	1	9
NW	0	0	2	0	3
All	4	29	61	6	100

SEPTEMBER

Wind Speed (m/s)/ Direction	0-3	3-6	6-9	9-12	All
N	1	0	1	0	3
NE	0	3	6	2	11
E	1	4	7	0	12
SE	0	0	3	0	3
S	1	6	8	0	16
SW	0	14	31	1	46
W	1	2	3	0	6
NW	0	1	1	0	3
All	5	30	62	4	100

OCTOBER

Wind Speed (m/s)/ Direction	0-3	3-6	6-9	9-12	All
N	1	4	5	0	10
NE	1	15	8	1	24
E	0	9	6	0	16
SE	0	2	1	0	3
S	0	4	5	0	9
SW	0	5	17	0	22
W	0	4	3	0	7
NW	0	3	5	0	8
All	3	46	50	1	100

NOVEMBER

Wind Speed (m/s)/ Direction	0-3	3-6	6-9	9-12	All
N	1	7	8	0	15
NE	2	18	9	0	29
E	0	15	6	0	21
SE	0	3	0	0	3
S	2	1	2	0	5
SW	0	2	9	0	10
W	0	5	1	0	5
NW	0	3	8	0	11
All	5	53	42	0	100

DECEMBER

Wind Speed (m/s)/ Direction	0-3	3-6	6-9	9-12	All
N	3	11	12	0	26
NE	1	14	14	0	28
E	1	17	6	0	24
SE	0	1	1	0	3
S	0	1	2	0	3
SW	0	1	6	0	7
W	0	3	2	0	5
NW	0	1	3	0	4
All	4	50	46	0	100

ที่มา: สถานีอุตุนิยมวิทยาเถิน (2557)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 กรอบแนวคิดจากข้อมูลทั่วไป สภาพภูมิอากาศทั่วไปและอาคารพักอาศัยของอำเภอเถิน จังหวัดลำปาง

จากการศึกษาข้อมูลทั่วไป และข้อมูลสภาพอากาศย้อนหลัง 10 ปีของอำเภอเถิน (ปี พ.ศ. 2547 - 2557) พบว่าอำเภอเถินเป็นอำเภอที่มีสภาพอากาศทั่วไปร้อนอบอ้าว มีอุณหภูมิในช่วงกลางวันของฤดูร้อน ร้อนจนถึงร้อนจัด และมีอุณหภูมิของฤดูหนาว เย็นจนถึงหนาว ส่งผลต่อความสบายทางอุณหภูมิต่อผู้ที่อยู่ในอาคารบ้านพักอาศัยในพื้นที่ และจากการศึกษาอาคารพักอาศัยของอำเภอเถิน จังหวัดลำปาง จึงมีกรอบแนวคิดงานวิจัยเกี่ยวกับการศึกษาอาคารพักอาศัยที่มีลักษณะของอาคารเป็นจำนวนมากในพื้นที่ ซึ่งตัวอาคารสร้างจากวัสดุชนิดเดียวกัน มีอายุการใช้งานมาก และยังไม่ได้รับการปรับปรุงใดๆ

2.3 สภาวะความสบาย (Thermal Comfort)

Stein (1982) ได้ให้คำจำกัดความเกี่ยวกับสภาวะความสบายไว้ว่า การที่ตัวเราไม่รู้สึกอยู่ในสภาวะไม่น่าสบายคือความรู้สึกไม่ร้อนและไม่หนาว หรือไม่รู้สึกตัวเองว่าเราได้สูญเสียความร้อนหรือได้รับความร้อนจากสภาพแวดล้อม เป็นสภาวะที่สมดุลทางอุณหภูมิหรือระหว่างร่างกายกับสภาพแวดล้อม

ส่วน *Givoni (1998)* ได้ให้คำจำกัดความไว้ว่า สภาวะความสบายเป็นช่วงเวลาของสภาพอากาศที่มนุษย์พิจารณาว่า น่าสบายและยอมรับได้ โดยปราศจากความรู้สึกร้อนและเปียกชื้นที่ผิวหนัง ซึ่งความเปียกชื้นที่ผิวหนังก็คือ เหงื่อที่ตกค้าง ไม่อาจระเหยจากผิวหนังได้โดยเร็ว

อุณหภูมิของอากาศ ความชื้น ความเร็วลม และความร้อนจากดวงอาทิตย์ ล้วนมีผลกระทบต่อความสบายของมนุษย์ทั้งทางด้านกายภาพและทางด้านความรู้สึกทั้งสิ้น ดังนั้นจึงควรนำมาพิจารณาพร้อมๆ กัน ในการออกแบบอาคารที่ต้องการความสบายแก่ผู้ที่อยู่อาศัยให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ สภาพอากาศนั้นถือว่าเป็นปัจจัยทางด้านสภาพแวดล้อม ยังมีปัจจัยที่จำเป็นต้องนำมาพิจารณาร่วมกัน นั่นคือ ปัจจัยทางด้านบุคคล เช่น การเปลี่ยนแปลงความร้อนของร่างกายมนุษย์ การผลิตและสูญเสียความร้อนจากร่างกาย นอกจากนี้ยังมีปัจจัยประกอบร่วมอย่างอื่นอีก เช่น เสื้อผ้าที่ใส่ ลักษณะของอาหารและเครื่องดื่มที่รับประทาน อายุ เพศ การสะสมของไขมันในร่างกาย รูปทรงร่างกาย ความเคยชินกับสภาพอากาศ โดยมีรายละเอียดดังนี้[10]

[10] ปรีชญา รังสิรักษ์. (2545). เอกสารคำสอนวิชาภูมิอากาศชั้นสูง. กรุงเทพฯ : งานสิ่งพิมพ์เอกสารตำรา สำนักงานคณบดี คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 ปัจจัยที่มีผลต่อสภาวะความสบาย

2.3.1.1 ปัจจัยทางด้านสภาพแวดล้อม

ปัจจัยทางด้านสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับสภาวะความสบายมีด้วยกัน 4 ด้าน ดังนี้

1. อุณหภูมิอากาศ (Air Temperature) กล่าวได้ว่าเป็นปัจจัยที่สามารถชี้บ่งความสบายได้เลย เนื่องจากมีผลกระทบทบต่อการสูญเสียความร้อนกับร่างกายมนุษย์โดยตรง โดยวิธีการพาและการระเหย สามารถหาได้ด้วยการวัดจากเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะแห้ง ความชื้น และความเร็วลมสามารถที่จะส่งเสริมความสบายหรือทำให้ไม่สบายเพิ่มขึ้นได้

2. ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) หมายถึง สัดส่วนของความชื้นในอากาศเมื่อเทียบกับปริมาณสูงสุดที่อากาศสามารถมีความชื้นได้ โดยปราศจากการกลั่นตัวเองเป็นหยดน้ำ *(ธนิต จินดาวณิค, 2536: 7)* การควบคุมความชื้นในอาคารเป็นสิ่งสำคัญ ความชื้นที่สูงจะทำรู้สึกหายใจได้ลำบากและทำให้รู้สึกเหนียวเหนอะหนะตัว เนื่องจากการระบายน้ำผ่านทางผิวหนังด้วยวิธีการระเหยทางผิวหนังทำได้ไม่ดีเท่าที่ควร จึงทำให้อยู่ในสภาวะไม่สบายตัวของผู้ใช้อาคารได้

3. อุณหภูมิพื้นผิวโดยรอบ (Mean Radiant Temperature) คือ อุณหภูมิที่เกิดจากการแผ่รังสีความร้อนต่อพื้นผิวของวัตถุ ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิของทุกพื้นผิวโดยรอบคูณด้วยมุมกระทำ (Solid Angle) ของขอบพื้นผิวนั้นๆ ณ จุดที่ทำการวัด อุณหภูมิพื้นผิวโดยรอบนั้นมีผลต่อความรู้สึกสบายทางอุณหภูมิมากกว่าอุณหภูมิอากาศถึงร้อยละ 40 ยกตัวอย่างเช่น อุณหภูมิห้องในอากาศ 26 °c แต่พื้นผิวโดยรอบนั้นจะสูงถึง 32 °c ที่อุณหภูมิพื้นผิวโดยรอบนั้นเองที่จะทำให้ผู้ที่อยู่ในห้องยังรู้สึกร้อนอยู่ *(ธนิต จินดาวณิค, 2536: 7)* เนื่องจากการแผ่รังสีความร้อนของพื้นผิววัสดุเข้าสู่ภายในห้องนั่นเอง

4. ความเร็วลม (Wind Speed) เป็นอีกหนึ่งปัจจัยของความสบายทางอุณหภูมิ แม้ว่าจะไม่มีผลมากนักหากเทียบกับอุณหภูมิ ความชื้นสัมพันธ์ หรือ อุณหภูมิพื้นผิวโดยรอบ แต่ลมนั้นเป็นอากาศที่เคลื่อนที่ได้ โดยสามารถที่จะพาความร้อนมาสู่อาคารทำให้รู้สึกร้อนขึ้น หรือจะพาความร้อนรอบตัวออกไปทำให้รู้เย็นลงได้ นอกจากการพาความร้อนที่ส่งผลกระทบต่อผู้ใช้อาคารโดยตรงแล้ว ลมยังส่งผลกระทบทางอ้อมต่อผู้ใช้อาคารได้โดยการพัดพาความชื้นบริเวณผิวกายของผู้ใช้อาคารออกไป ทำให้การระเหยของน้ำที่ผิวหนังทำได้ดีขึ้น ร่างกายก็จะสูญเสียความร้อนได้ดีขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1.2 ปัจจัยทางด้านบุคคล

1. การผลิตความร้อนจากร่างกายจากการเผาผลาญสารอาหารในร่างกาย หรือ Metabolism เช่น สารอาหารโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เพื่อให้เกิดพลังงาน และเป็นการสร้างเซลล์ใหม่ หรือซ่อมแซมเซลล์ที่สึกหรอ คนปกติจะมีความร้อนซึ่งถูกผลิตจากการเผาผลาญสารอาหารตลอดเวลา จากอาหารที่มนุษย์บริโภคเข้าไปนั้นร่างกายจะใช้พลังงานที่ได้จากขบวนการเผาผลาญอาหารแค่ร้อยละ 20 นอกนั้นที่เหลือร้อยละ 80 ร่างกายจะขับออกเป็นความร้อนออกสู่สิ่งแวดล้อมภายนอกร่างกายเพื่อที่จะรักษาระดับอุณหภูมิของร่างกายให้คงที่ รวมถึงความร้อนจากสิ่งแวดล้อมภายนอกที่เข้าสู่ของร่างกาย ก็จะต้องได้รับการขับออกด้วย

2. การสูญเสียความร้อนจากร่างกาย ร่างกายของเรานั้นต้องถ่ายเทความร้อนส่วนที่เหลือจากกระบวนการเผาผลาญพลังงานร้อยละ 80 ให้กับสิ่งแวดล้อม ในร้อยละ 80 ของความร้อนที่ถูกถ่ายเทออกมานั้น จะถ่ายเทความร้อนได้โดยกระบวนการพาความร้อนและการแผ่รังสีความร้อนเป็นส่วนใหญ่ ส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 20 จะระบายออกไปโดยการระเหย จะมีบ้างเป็นส่วนเล็กน้อยที่ถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อน

3. การสมดุลความร้อนของร่างกาย จะเกิดขึ้นต่อเมื่อผลรวมความร้อนที่เพิ่มขึ้นหรือระบายออกมีค่าเท่ากับศูนย์ ถ้าความสมดุลของร่างกายไม่เท่ากับศูนย์จะทำให้รู้สึกอึดอัดและเหงื่อจะเริ่มออก เช่นเดียวกันเมื่อร่างกายระบายความร้อนออกไปมากกว่าการเพิ่มความร้อนของร่างกาย อุณหภูมิของร่างกายจะลดลง ทำให้เกิดอาการหนาวสั่น ตารางที่ 2.6 แสดงถึงวิกฤติความร้อนในร่างกายมนุษย์ การปรับสมดุลความร้อนของร่างกายมีผลต่อการทำงานของร่างกาย โดยปรกติแล้วอุณหภูมิที่ผิวหนังควรจะมีอุณหภูมิน้อยกว่าภายในร่างกาย และอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมก็ควรที่จะน้อยกว่าอุณหภูมิที่ผิวหนังอีกที *(Auliciems and Szokolay, 1997)*

ตารางที่ 2.6 แสดงวิกฤติความร้อนในร่างกายมนุษย์

	อุณหภูมิที่ผิวหนัง (°c)	**อุณหภูมิภายในร่างกาย**(°c)	**ผลทางกายภาพของมนุษย์**
สูงกว่า	45		ตาย
	45	42	เจ็บปวด (ป่วย)
	31 - 34	37	สบาย
	10	25	เจ็บปวด (ป่วย)
น้อยกว่า	10		ตาย

ที่มา: ปรีชญา รังสิรักษ์ (2545)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1.3 ปัจจัยของแต่ละบุคคลที่มีผลต่อความสมดุลความร้อนในร่างกาย

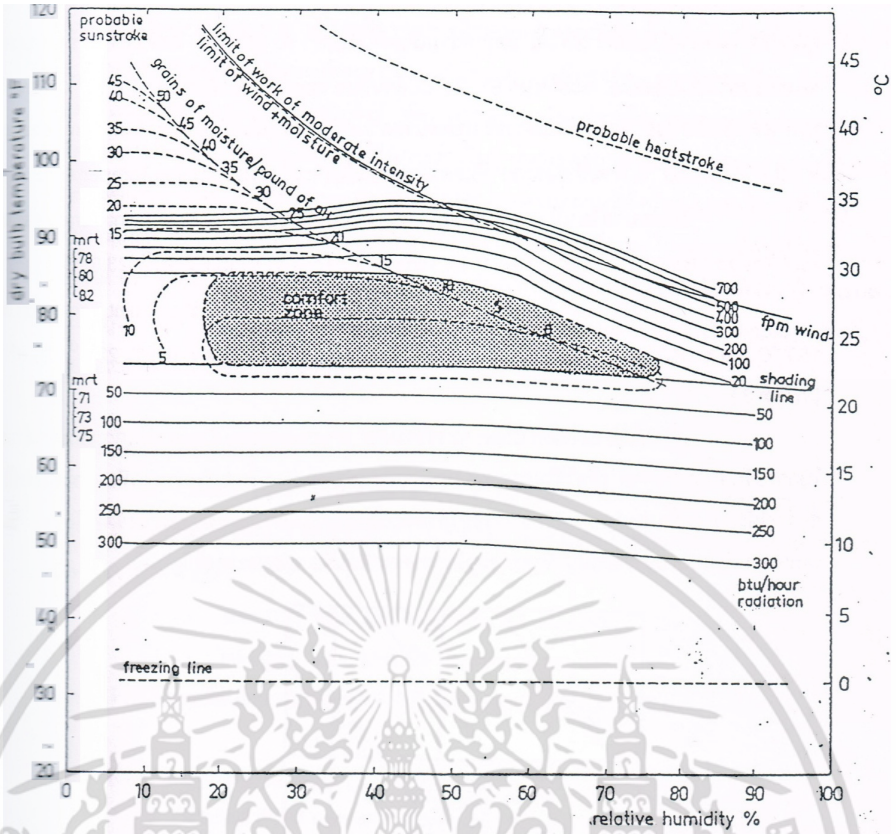
สภาพส่วนตัวของแต่ละบุคคลส่งผลต่อความสมดุลความร้อนในร่างกาย มีอยู่ 4 ปัจจัยที่นำมาพิจารณา ปัจจัยที่หนึ่งคือ เสื้อผ้า ซึ่งได้มีการค้นพบว่าเสื้อผ้ามีผลอย่างมากต่อความรู้สึกสบายหรือไม่สบายของมนุษย์ ปัจจัยที่สองคือ การปรับตัวให้เข้ากับสภาวะแวดล้อมของอากาศ ผู้คนที่อยู่ในเขตภูมิอากาศอบอุ่นจะรู้สึกสบายในอุณหภูมิแวดล้อมที่อบอุ่นมากกว่าผู้คนที่อยู่ในเขตอากาศหนาว ปัจจัยที่สาม คือเรื่องเพศและอายุ เช่น มีผลการศึกษาของ ASHRAE พบว่าผู้หญิงในทุกกลุ่มอายุมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่าผู้ชาย 1 °c ปัจจัยที่สี่คือ ขนาดและรูปร่างของแต่ละคน เช่นคนผอมจะมีพื้นที่ผิวของร่างกายในการถ่ายเทความร้อนมากกว่าคนอ้วนเตี้ย ซึ่งมีมวลของร่างกายเท่ากัน รวมถึงจะมีความอดทนต่ออุณหภูมิที่สูงกว่า

2.3.2 **ขอบเขตสภาวะความสบาย** (Comfort Zone)

ตามที่ได้ศึกษาถึงการหาความสบายของมนุษย์นั้นมี 2 วิธี คือ การทำแบบสอบถาม เช่น การทำแบบสอบถามจากกลุ่มตัวอย่างในพื้นที่อยู่อาศัยในสภาพอากาศนั้นจริงๆ และวิธีทำการทดลองตรวจความเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของมนุษย์ในห้องทดลอง (*ปรีชญา รังสิรักษ์, 2545)* กล่าวไว้ว่า การกำหนดขอบเขตของสภาวะที่ร่างกายรู้สึกสบาย ให้ตอบสนองเหมือนกันทั้งหมดทุกคนนั้นเป็นไปได้ยาก การสุ่มตัวอย่างจากความรู้สึกของคน เพื่อพิจารณาพิสัยของความสบายในแต่ละท้องถิ่น อัตราส่วนความพอใจในสภาวะสบายนั้นๆ ตั้งแต่ร้อยละ 70 ขึ้นไป จึงจะจัดได้ว่าเป็นสภาวะความสบาย

อย่างไรก็ตาม Victor Olgyay ได้ศึกษาและจัดทำแผนภาพชีวะอากาศ (Bioclimatic Chart) เพื่อแสดงขอบเขตของเขตสบายในระดับที่ร่างกายรู้สึกสบาย และองค์ประกอบของสภาพแวดล้อมที่ช่วยให้ร่างกายมนุษย์รู้สึกสบาย โดยการพิจารณาความสบายในทางภูมิศาสตร์ พบว่า ผู้อยู่อาศัยในเขตร้อนจะมีความเคยชินและมีสภาวะความสบายในระดับที่สูงกว่าเขตอบอุ่น โดยกำหนดให้เขตภูมิอากาศอื่นๆ สามารถปรับขอบเขตความสบายในแผนภาพชีวะอากาศให้สูงขึ้นได้ โดยทุก 5 ° ของเส้นรุ้งที่ต่ำกว่าเส้นรุ้งที่ 40 ° ให้ปรับแผนภาพให้สูงขึ้น 0.42 °c ซึ่งแผนภาพชีวะอากาศของกรุงเทพมหานครที่เส้นรุ้ง 13 องศาเหนือ เมื่อปรับระดับขอบเขตแล้ว จะได้เขตสบายที่มีอุณหภูมิระหว่าง 22.22 °c - 29.44 °c และความชื้นสัมพัทธ์ระหว่างร้อยละ 20-75 *(ปรีชญา รังสิรักษ์, 2545)* และเมื่อพิจารณาเส้นละติจูด (เส้นรุ้ง) ของเถินที่ 17.36 องศาเหนือ ตามเงื่อนไขของ Victor Olgyay แล้วสามารถใช้ขอบเขตความสบายเดียวกันกับของกรุงเทพมหานครได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 แสดงแผนภาพชีวะอากาศ (Bioclimatic Chart) ของกรุงเทพมหานคร

ที่มา: ปรีชญา รังสิรักษ์ (2545)

2.3.3 **การหาขอบเขตสภาวะความสบายด้วยวิธีการของ** Auliciems **และ** Szokolay

จากการศึกษาของ Auliciems[11] ด้วยวิธีการตอบแบบสอบถามของผู้คนตามสภาพอากาศจริงของผู้ตอบแบบสอบถาม แทนการตอบแบบสอบถามในห้องทดลองพบว่า ปัจจัยอุณหภูมิพื้นผิวโดยรอบ (Mean Radian Temperature: MRT) มีผลต่อสภาวะสบายมากที่สุด และเนื่องจากอุณหภูมิพื้นผิวโดยรอบ (MRT) แปรผันตามอุณหภูมิของอากาศ ดังนั้นจึงได้สมการสำหรับหาสภาวะสบายสำหรับสภาพอากาศในเขตร้อนชื้นดังนี้คือ

$$Tn = 17.6 + (0.31 \times To.av)$$

เมื่อ Tn = อุณหภูมิที่สบาย (Neutrality Temperature)

$To.av$ = อุณหภูมิภายนอกเฉลี่ยรายเดือน

[11] Auliciems, Andris and Szokolay, Steven V. (1997). Thermal Comfort. Queensland : The University of Queensland Printery.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย 1. อุณหภูมิที่สบาย (Tn) จะต้องไม่น้อยกว่า 18.5 °c และไม่เกิน 28.5 °c

2. อุณหภูมิที่สบาย (Tn) สามารถขยายขอบเขตของช่วงอุณหภูมิได้โดยให้มีช่วงเท่ากับ Tn-2.5 ถึง Tn+2.5 °c

2.3.4 กรอบแนวคิดการตรวจสอบและการหาขอบเขตสภาวะความสบายภายในอาคารพักอาศัยภายในพื้นที่อำเภอเถิน

จากการศึกษาแนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จึงมีกรอบแนวคิดงานวิจัยเกี่ยวกับการติดตั้งเครื่องมือวัดสภาพอากาศภายในอาคารพักอาศัยในพื้นที่ และการหาขอบเขตความสบายทางอุณหภูมิที่เหมาะสมภายในด้วยวิธีการของ Auliciems และ Szokolay (1981) คือ $Tn. = 17.6 + (0.31 \times To.av.)$ โดยใช้ข้อมูลสภาพอากาศย้อนหลังของสถานีอุตุนิยมวิทยาเถิน เพื่อทำการเปรียบเทียบสภาวะความสบายกับผลการติดตั้งเครื่องมือวัดอุณหภูมิภายในอาคารพักอาศัย ซึ่งแสดงผลการคำนวณและเปรียบเทียบในบทที่ 4 (การวิเคราะห์ผลการทดสอบ)

2.4 การถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer)

2.4.1 หลักการการถ่ายเทความร้อน

การถ่ายเทความร้อน คือ การถ่ายเทพลังงานระหว่างบริเวณสองบริเวณที่มีอุณหภูมิต่างกัน โดยมีวัตถุเป็นตัวกลาง เช่น จากวัตถุหนึ่งซึ่งร้อนกว่าไปยังวัตถุอีกหนึ่งซึ่งเย็นกว่า หรือจากส่วนของวัตถุที่ร้อนกว่าไปสู่ส่วนของอีกวัตถุที่เย็นกว่า หรือจากที่ที่มีอุณหภูมิสูงไปสู่อุณหภูมิต่ำ การถ่ายเทความร้อนมี 3 วิธีด้วยกัน คือ การถ่ายเทความร้อนโดยการนำ การถ่ายเทความร้อนโดยการพา และการแผ่รังสีความร้อน

2.4.1.1 การถ่ายเทความร้อนโดยการนำ (Conduction Heat Transfer)

การถ่ายเทความร้อนโดยการนำ คือ ปรากฏการณ์ที่พลังงานความร้อนถ่ายเทภายในวัตถุหนึ่งๆ หรือระหว่างวัตถุสองชิ้นที่สัมผัสกัน โดยมีทิศทางของการเคลื่อนที่ของพลังงานความร้อนจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงกว่าไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า โดยที่ตัวกลางไม่มีการเคลื่อนที่ วัสดุใดจะนำความร้อนดีหรือไม่ดีนั้น ขึ้นอยู่กับค่าการนำความร้อน หรือที่ใช้สัญลักษณ์ k ของแข็งจะเป็นวัตถุที่นำความร้อนได้ดี เพราะมีค่าการนำความร้อนสูง เช่น ทองแดง เงิน คอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 ตัวอย่างค่าการนำความร้อน (k) ในวัสดุต่างๆ

วัสดุ	ค่าการนำความร้อน (k)(W/mk)
อากาศ (ที่ความดันบรรยากาศ)	0.026
อลูมิเนียม	237
คอนกรีต	1.82
ทองแดง	401
กระดาษ	0.05
ไม้	0.1-0.35
เงิน	429

ที่มา: Bailyn (1994)

2.4.1.2 การถ่ายเทความร้อนโดยการพา (Convection Heat Transfer)

การถ่ายเทความร้อนโดยการพาเป็นการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นได้ในสสารของของไหลเท่านั้น ของไหลในที่นี้ คือ ของเหลวและก๊าซ เนื่องจากสสารสองสถานะนี้เป็นสสารที่เคลื่อนที่ได้ เมื่อได้รับความร้อนก็จะเคลื่อนที่พาความร้อนไปด้วย

หลักการพาความร้อนนั้นสามารถนำมาใช้กับการระบายอากาศภายในอาคารได้ กล่าวคือเมื่ออากาศร้อนที่ได้รับความร้อนจะมีความหนาแน่นของอนุภาคน้อย และจะลอยสูงขึ้นในแนวดิ่ง ในขณะที่มวลของอากาศที่เย็นจะมีความหนาแน่นของอนุภาคสูงกว่า ก็จะไหลเข้ามาแทนที่มวลอากาศร้อนที่เพิ่งลอยขึ้นไป หลักการพาของอากาศนี้เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดลม รวมไปถึงการเกิดลมบกลมทะเลด้วยนั่นเองทั้งนี้การพาความร้อนนั้นสามารถใช้แรงเครื่องกลเข้ามาช่วยได้ เช่นการใช้พัดลม การใช้เครื่องอัดอากาศ

2.4.1.3 การแผ่รังสีความร้อน (Radiation Heat Transfer)

การแผ่รังสี เป็นการเคลื่อนที่ของพลังงานในรูปแบบแม่คลื่นเหล็กไฟฟ้า โดยเป็นการถ่ายเทความร้อนออกรอบตัวทุกทิศทุกทาง โดยไม่ต้องอาศัยตัวกลางในการส่งถ่ายพลังงาน จึงสามารถถ่ายเทความร้อนผ่านสุญญากาศได้ หรืออวกาศได้ วัตถุทุกชนิดที่มีอุณหภูมิสูงกว่า -270 °c หรือ 0 K ย่อมมีการแผ่รังสี

ความร้อนที่เกิดจากดวงอาทิตย์เป็นการถ่ายเทความร้อนแบบการแผ่รังสีคลื่นแม่เหล็ก ส่งผ่านอวกาศ เมื่อกระทบพื้นผิวใดๆ จะมีส่วนหนึ่งที่ถูกดูดซับความร้อนนั้นไว้และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนหนึ่งจะถูกสะท้อนออกไป ในส่วนของวัสดุโปร่งใสหรือโปร่งแสงนั้นจะมีการส่องผ่านตัววัสดุด้วย ดังนั้น ผลรวมของการดูดซับ การสะท้อน และการทะลุผ่าน ของวัตถุนั้น จะมีค่ารวมเท่ากับ 1 หรือร้อยละ 100 ตามสมการดังนี้

$$\alpha + \beta + \tau = 1$$

เมื่อ α = การดูดซับรังสีความร้อนของวัสดุ

β = การสะท้อนรังสีความร้อนของวัสดุ

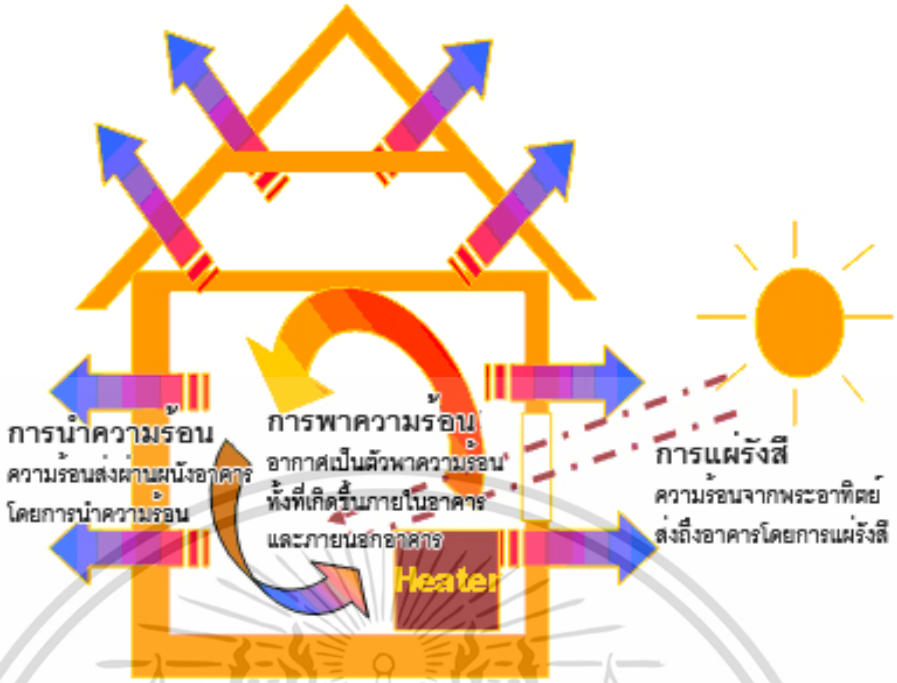
τ = การทะลุผ่านรังสีความร้อนของวัสดุ

จากสมการที่กล่าวมานี้ทำให้สามารถอธิบายความสามารถในการดูดซับ สะท้อนกลับ และทะลุผ่าน ของรังสีความร้อน ในวัสดุแต่ละชนิดได้ โดยวัสดุแต่ละชนิดจะมีค่าต่างๆ เหล่านี้ไม่เท่ากัน ทำให้ความสามารถดูดซับ สะท้อนกลับ และทะลุผ่าน ไม่เท่ากันด้วยเช่นกัน เช่น สีของวัสดุ วัสดุสีดำหรือสีเข้มดูดกลืนความร้อนได้ดีกว่าวัสดุสีขาวหรือสีอ่อน หรือ ผิววัสดุ วัสดุผิวขรุขระดูดกลืนความร้อนได้ดีกว่าวัสดุผิวเรียบและขัดมัน ความสามรถต่างๆ เหล่านี้ของวัสดุสามารถนำไปใช้ร่วมกับการออกแบบ โดยใช้การแผ่รังสีความร้อนเกิดประโยชน์กับอาคารได้

2.4.2 **พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุ**

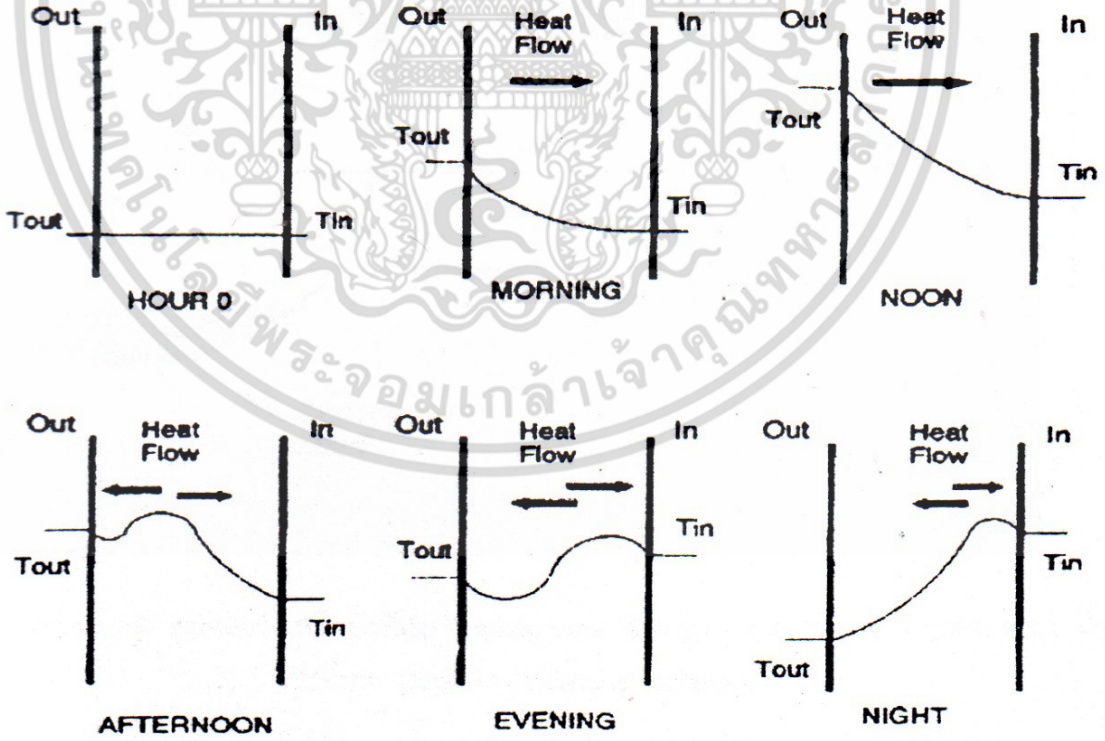
การถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุนั้น จะประกอบด้วย การนำ การพา และการแผ่รังสีความร้อนด้วยกันทั้ง 3 ทาง อย่างที่กล่าวจำแนกไปแล้ว ซึ่งความร้อนที่เกิดขึ้นกับตัวอาคารส่วนใหญ่แล้ว จะเกิดจากดวงอาทิตย์ โดยสามารถส่งผ่านวัสดุและเข้าสู่ภายในอาคารได้ดังนี้ ขั้นตอนแรก ความร้อนจากการแผ่รังสีความร้อนของแสงอาทิตย์จะแผ่ความร้อนให้กับวัสดุของอาคาร ขั้นตอนที่สอง เมื่อวัสดุของอาคารได้รับความร้อนจากการแผ่รังสีของแสงอาทิตย์แล้วนั้น จะนำความร้อนความร้อนผ่านสสารของตัววัสดุเองโดยจะเคลื่อนที่จากอนุภาคที่มีอุณหภูมิสูงไปสู่อนุภาคที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า หลังจากนั้นขั้นตอนที่สาม ตัวของวัสดุเองจะเป็นตัวแผ่รังสีความร้อนให้กับภายในอาคารต่อไป นอกจากนี้การถ่ายเทความร้อนสามารถผ่านเข้าสู่อาคารผ่านการแผ่รังสีความร้อน และการพาความร้อนโดยตรงได้ ผ่านทางช่องเปิดต่างๆ เช่น การที่ลมพามวลของอากาศร้อนเข้าสู่ตัวอาคาร หรือการที่แสงอาทิตย์ผ่านช่องเปิดของอาคารเข้าสู่ภายในอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 แสดงการความสัมพันธ์ของอาคารกับการถ่ายเทความร้อน โดยการนำ การพา และการแผ่รังสีความร้อน

ที่มา: https://www.e-education.psu.edu/egee102/node/2053



รูปที่ 2.19 แสดงพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุผนัง

ที่มา: Passive cooling of building (n.d.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.19 ที่แสดงพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังในช่วงเวลาต่างๆ ของวัน ซึ่งตามที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นว่าการถ่ายเทความร้อนนั้นจะถ่ายเทจากอนุภาคที่มีอุณหภูมิสูงไปอนุภาคที่มีอุณหภูมิต่ำ ถ้ากำหนดให้อุณหภูมิของความร้อนเป็นอุณหภูมิภายนอกอาคาร (T out) และอุณหภูมิภายในอาคาร (T in) จะเห็นว่าในขั้นตอนแรกนั้นอุณหภูมิอากาศภายนอก (T out)และภายใน (T in) จะเท่ากัน โดยเมื่อเวลาผ่านไปในช่วงเช้าอุณหภูมิผิวผนังภายนอก (T out) ที่ได้ความร้อนจากรังสีของแสงอาทิตย์มาจะเริ่มสูงขึ้นและจะสูงสุดในช่วงเที่ยง จากนั้นความร้อนจะส่งผ่านจากผิวผนังไปสู่อนุภาคภายในที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าในช่วงบ่าย ในช่วงเวลาเย็นขณะที่อุณหภูมิผิวผนังภายนอก (T out) เริ่มเย็นลง ความร้อนที่ถูกนำไปนั้นจะส่งต่ออนุภาคไปยังอนุภาคภายในผนังจนถึงที่ผิวผนังด้านในอาคารอีกทีในเวลาหัวค่ำ และจากอุณหภูมิผิวผนังภายใน (T in) นี้เองที่จะเป็นตัวแผ่รังสีความร้อนให้กับภายในอาคารต่อไป โดยสามารถสรุปความสัมพันธ์ของการถ่ายเทความร้อนในผนังในช่วงเวลาต่างๆ ได้ตามตารางที่ 2.8

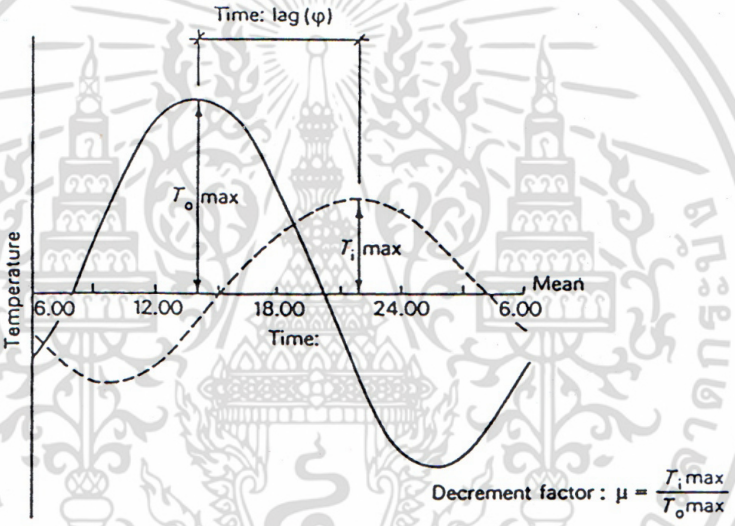
ตารางที่ 2.8 แสดงความสัมพันธ์ของเวลากับอุณหภูมิภายในและภายนอกอาคาร

ช่วงเวลา	**อุณหภูมิผิวภายนอกอาคาร** (T out)	**อุณหภูมิผิวภายในอาคาร** (T in)	**ผลของความสัมพันธ์**
ช่วงเช้า	อุณหภูมิภายนอกเริ่มสูง	อุณหภูมิภายในต่ำ	อุณหภูมิใกล้เคียงกัน
ช่วงเที่ยง	อุณหภูมิภายนอกสูงสุด	อุณหภูมิภายในต่ำ	การถ่ายเทความร้อนเริ่มจากภายนอกอาคารเข้าสู่ภายในอาคาร ผ่านเปลือกของอาคารโดยการนำ
ช่วงบ่าย	อุณหภูมิภายนอกเริ่มลดลง	อุณหภูมิภายในเริ่มสูง	วัสดุเปลือกอาคารทำการถ่ายเทความร้อนโดยการนำ
ช่วงเย็น	อุณหภูมิภายนอกลดลง	อุณหภูมิภายในสูงสุด	ผิวผนังภายในอาคารเริ่มการถ่ายเทความร้อนให้กับภายในอาคารโดยการแผ่รังสีความร้อน
ช่วงหัวค่ำ	อุณหภูมิภายนอกต่ำ	อุณหภูมิภายในสูง	อุณหภูมิภายในสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 **วัฏจักรการถ่ายเทความร้อน** (Periodic Heat Flow)

จากหัวข้อ 2.4.2 พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของวัสดุ เมื่อพิจารณาลักษณะการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นซ้ำๆ ของอาคารร่วมกับช่วงเวลาในรอบวัน ทำให้เกิดวัฏจักรการถ่ายเทความร้อนได้ โดยปรกติของธรรมชาติ สภาพอากาศไม่มีความคงที่อยู่ตลอดเวลา เช่นสภาพอากาศในรอบวัน ที่ตลอด 24 ชั่วโมง มีทั้งช่วงที่อุณหภูมิอากาศสูงในช่วงเวลากลางคืนและมีช่วงที่มีอุณหภูมิอากาศลดต่ำลงมาในช่วงเวลากลางคืนอย่างนี้ซ้ำๆ ไปทุกวัน จากลักษณะของอากาศในรอบวันที่เกิดซ้ำๆอย่างนี้ ส่งผลต่อการถ่ายเทความร้อนของอาคารเช่นกัน โดยความร้อนจะถ่ายสู่ตัวอาคารและบางส่วนก็จะถูกสะสมอยู่ในอาคารนั้น พอตกช่วงเวลากลางคืนเมื่ออุณหภูมิเย็นลง ความร้อนจะกลายเป็นการถ่ายจากอาคารกลับสู่ภายนอกอาคาร



รูปที่ 2.20 แผนภูมิแสดง Time-lag และ Decrement Factor

ที่มา: ปรีชญา รังสิรักษ์ (2545)

จากรูปที่ 2.20 แสดงให้เห็นว่าวัฏจักรการถ่ายเทความร้อน (Periodic Heat Flow) แสดงอุณหภูมิแตกต่างใน 24 ชั่วโมงของอุณหภูมิภายนอกและภายใน ในตอนเช้าขณะที่อุณหภูมิภายนอกเริ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ ความร้อนจะค่อยๆ ถูกถ่ายเทเข้าสู่อาคารทางผิวนอกของกำแพง เมื่อผ่านเข้าสู่อาคารจึงแผ่ความร้อนเข้าสู่ภายในอาคาร ทำให้อุณหภูมิภายในอาคารสูงขึ้นด้วยดังเส้นประ เมื่ออุณหภูมิภายนอกขึ้นสูงสุดประจำแล้วจึงเริ่มลดลง ก่อนที่อุณหภูมิภายในจะมีอุณหภูมิสูงในระดับเท่ากับภายนอกนั้น อุณหภูมิภายนอกได้ลดลงแล้ว ทำให้ความร้อนภายในกำแพงส่วนหนึ่งถูกระบายสู่ภายนอกอาคารที่เย็นกว่า เมื่ออุณหภูมิภายนอกเย็นกว่าผิวกำแพงภายนอก อุณหภูมิผิวภายนอกกำแพงก็จะถูกลดอุณหภูมิให้ลดลงตามด้วยเช่นกัน จนถึงในตอนเช้าอีกครั้ง ซึ่งจะเป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นซ้ำๆ อย่างนี้ทุกวัน เมื่อพิจารณาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนที่ผิวนอกและผิว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้านในของอาคารในรอบวันแล้วจะสังเกตได้ว่า อุณหภูมิภายในจะอาคารนั้นจะไม่สูงหรือต่ำ ถึงอุณหภูมิภายนอกเลย มีตัวแปรที่สำคัญของวัฏจักรการถ่ายเทความร้อนอยู่สองตัวคือ ระยะการเดินทางของความร้อนหรือค่าการหน่วงความร้อน (Time-Lag : ϕ) กับอัตราส่วนของความร้อนที่ขึ้นสูงสุดระหว่างผิวกำแพงที่ภายนอกกับภายใน (Decrement factor : μ) ที่ได้มาจากอุณหภูมิเฉลี่ยทั้งวัน[12] *(ปรีชญา รังสิรักษ์, 2545)*

2.4.3.1 ระยะเวลาการเดินทางความร้อนหรือค่าการหน่วงความร้อน (Time-lag : ϕ)

หมายถึง ช่วงเวลาที่ผิวภายนอกของอาคารได้รับความร้อนจนอุณหภูมิผิวสูงสุดและเริ่มถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ผ่านในอาคารจนถึงช่วงเวลาที่ผิวภายในอาคารมีอุณหภูมิผิวสูงสุดและเริ่มถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในอาคาร ปรากฏการณ์ของการชะลอตัวหรือการหน่วงของการถ่ายเทความร้อนในวัสดุ โดยวัสดุเมื่อได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์และจุความร้อนไว้กับตัว เมื่อถึงจุดที่การกักเก็บความร้อนเต็มที่แล้ว จะคายความร้อนออกมา และวัสดุนั้นก็จะเป็นวัตถุต้นกำเนิดถ่ายเทความร้อนต่อไป ความจุความร้อนความหนาและความหนาแน่นของวัสดุส่งผลต่อระยะเวลาการหน่วงความร้อนโดยตรง วัสดุที่มีความจุความร้อนสูง มีความหนาและมีความหนาแน่นสูงจะมีระยะเวลาการหน่วงความร้อนจากผิวด้านนอกสู่ผิวด้านในนานกว่าวัสดุที่มีความจุความร้อน ความหนาแน่นและความหนาน้อยกว่า สมการที่เป็นการคำนวณระยะเวลาการส่งผ่านความร้อนมีดังนี้ *(ปรีชญา รังสิรักษ์, 2545)*

$$dt = Dx \bullet \sqrt{\frac{\rho \bullet Cp}{2k \bullet \omega}}$$

เมื่อ dt = การหน่วงความร้อน (sec)

Dx = ความหนา (m.)

ρ = ความหนาแน่น (kg/m^3)

k = ค่าการนำความร้อน (W/m°K)

Cp = ค่าความจุความร้อนจำเพาะ (J/kg°K)

ω = $2 \bullet \frac{\pi}{24}$ (angular velocity of the diurnal temperature wave)

[12] ปรีชญา รังสิรักษ์. (2545). เอกสารคำสอนวิชาภูมิอากาศชั้นสูง. กรุงเทพฯ : งานสิ่งพิมพ์เอกสารตำรา สำนักงานคณบดี คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การนำประโยชน์ของระยะเวลาการหน่วงความร้อนในวัสดุมาใช้ประกอบออกแบบนั้น ต้องพิจารณาคุณสมบัติของวัสดุทางด้านความหนาและความหนาแน่น ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ถ้าต้องการให้พื้นที่ใช้งานภายในให้มีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าอุณหภูมิภายนอก หรือต้องการให้ความร้อนจากภายนอกถ่ายเทเข้าสู่อาคารได้ช้า ควรเลือกใช้วัสดุที่มีความหนาและหนาแน่นมาก แต่ควรระมัดระวังเมื่อถึงจุดที่ความร้อนถ่ายเทถึงอีกด้านหนึ่งของผิววัสดุ ซึ่งส่วนใหญ่ก็จะคือภายในอาคาร ผิววัสดุภายในอาคารจะแผ่รังสีความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารต่อไป ในกรณีที่ไม่ต้องการความร้อนนั้น ควรจะต้องมีการใช้ลมจากภายนอกเข้ามาระบายความร้อนในอาคาร เพื่อพาความร้อนออกไปจากภายนอกอาคาร[13] (ตรึงใจ บูรณสมภพ, 2539)

ตารางที่ 2.9 แสดงระยะเวลาการหน่วงความร้อนที่ความร้อนไหลผ่านวัสดุ

วัสดุ	**ความหนา (นิ้ว)**	U-value (W/m2K)	Time-lag
อิฐ	4	0.61	2 1/2 ชั่วโมง
	8	0.41	5 1/2 ชั่วโมง
	12	0.31	8 1/2 ชั่วโมง
คอนกรีต (ผสมแล้ว)	4	0.85	2 1/2 ชั่วโมง
	8	0.67	5 ชั่วโมง
	12	0.55	8 ชั่วโมง
แผ่นฉนวนกันความร้อน	2	0.16	40 นาที
	4	0.09	3 ชั่วโมง
ไม้	1/2	0.68	10 นาที
	1	0.47	25 นาที
	2	0.3	1 ชั่วโมง

ที่มา: ตรึงใจ บูรณสมภพ (2539)

จากตารางที่ 2.9 แสดงความสัมพันธ์ของค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-value) กับระยะเวลาการหน่วงความร้อน (Time-lag) ในวัสดุแต่ละชนิด ซึ่งวัสดุที่มีสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนต่ำ มักจะมีน้ำหนักเบาและมีความหนาแน่นต่ำ ในขณะที่วัสดุที่มีน้ำหนักมากและมีความหนาแน่นสูง จะมีสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนสูง

[13] ตรึงใจ บูรณสมภพ (2539). การออกแบบอาคารที่มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน. กรุงเทพ : อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3.2 อัตราส่วนของความร้อนที่ขึ้นสูงสุดระหว่างผิวกำแพงที่ภายนอกกับภายในหรือตัวทอนคงที่ (Decrement factor: μ)

อัตราส่วนของความร้อนที่ขึ้นสูงสุดระหว่างผิวกำแพงที่ภายนอกกับภายในคือ อัตราส่วนความร้อนที่ขึ้นสูงสุดที่บริเวณผิวกำแพงภายนอกเทียบกับความร้อนที่ขึ้นสูงสุดเปรียบเทียบกับผิวกำแพงภายในสามารถเรียกว่าตัวทอนคงที่ได้ มีค่าตั้งแต่ 0-1 หากวัสดุใดมีค่าเท่ากับ 1 เท่ากับวัสดุนั้นมีอุณหภูมิสูงสุดที่ผิวภายนอกนอกเท่ากับอุณหภูมิสูงสุดที่ผิวภายในเมื่อได้รับการถ่ายเทความร้อนมาแล้ว พิจารณาได้ว่ามีคุณสมบัติในหน่วงเหนี่ยวความร้อนได้ไม่ดีเนื่องจากตัววัสดุไม่สามารถหน่วงเหนี่ยวความร้อนไว้ให้ทันช่วงเวลาที่อากาศภายนอกเย็นลงจนสามารถทำให้ผิวผนังภายเย็นลงตามและสามารถดึงความร้อนจากภายในผนังออกไปด้วยได้สามารถเรียกว่าตัวทอนคงที่ได้ ใช้สัญลักษณ์แทนคือตัว μ ไม่มีหน่วย

จากตัวแปรที่เกี่ยวกับการเกิดวัฏจักรการถ่ายเทความร้อน ไม่ว่าจะเป็นอัตราส่วนของความร้อนที่ขึ้นสูงสุดระหว่างผิวกำแพงที่ภายนอกกับภายใน หรือตัวทอนคงที่ (μ) ระยะเวลาการเดินทางความร้อน (ϕ) สำหรับวัสดุที่แตกต่างกัน หรือความหนาและการใช้วัสดุหลายชนิดรวมกัน ล้วนเป็นสิ่งสำคัญที่จะกำหนดให้ความร้อนเดินทางเข้าถึงบริเวณภายในอาคารเมื่ออุณหภูมิภายนอกเปลี่ยนใหม่เสียแล้ว ที่กระบวนการดังกล่าวอาจจะเรียกว่า *สมดุลทางเวลา* ได้ โดยมีการตรวจสอบวิธีการใช้ Thermal Capacity สำหรับควบคุมความร้อน ซึ่งเป็นค่าที่สามารถบอกว่าความร้อนความร้อนที่เกิดขึ้นจะคงอยู่เร็วหรือช้า *(ปรีชญา รังสิรักษ์, 2545)*

2.4.4 คุณสมบัติทางความร้อนของวัสดุที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน

คุณสมบัติทางความร้อนของวัสดุก่อสร้างที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน มีดังนี้

- ค่าการนำความร้อน (Thermal Conductivity: k)
- ความนำความร้อน (Thermal Conductance: C)
- ความต้านทานความร้อน (Thermal Resistance: R)
- ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (Overall Heat Transfer Coefficient: U)
- ปริมาณการถ่ายเทความร้อนของวัตถุ (Heat Transfer: Q)
- ความจุความร้อนจำเพาะ (Specific Heat Capacity: c)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4.1 ค่าการนำความร้อน (Thermal Conductivity: k)

เป็นค่าที่บอกความสามารถในการนำความร้อนของวัสดุต่างๆ นั่นคือ การถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อนผ่านสสารในความหนา ช่วงเวลา พื้นที่ และความแตกต่างอุณหภูมิหนึ่งๆ เรียกว่าค่า k (k-value) มีหน่วยคือ วัตต์ต่อเมตร-เคลวิน (W/mK)

ค่าการนำความร้อนเป็นค่าที่จะบอกว่าวัสดุนั้นมีความเหมาะสมในการถ่ายเทความร้อนให้ได้ระยะเวลาตามความต้องการที่ได้ออกแบบไว้หรือไม่ ถ้าค่าการนำความร้อนต่ำ การถ่ายเทความร้อนอาจจะเกิดขึ้นไม่มากในวัสดุหรือถ้าเกิดขึ้นก็อาจจะไม่สามารถส่งผ่านความหนาของวัสดุไปอีกด้านหนึ่งตามระยะเวลาที่ต้องการได้ ในขณะที่วัสดุที่มีค่าการนำความร้อนสูง อย่างเช่น เหล็ก จะส่งผ่านความร้อนจากผิววัสดุด้านหนึ่งไปถึงอีกด้านหนึ่งได้อย่างเร็ว เกินกว่าระยะเวลาที่ต้องการให้ความร้อนนั้นสร้างความสบายภายในอาคาร

2.4.4.2 ค่าความนำความร้อน (Thermal Conductance: C)

เป็นค่าที่บอกการนำความร้อนของวัสดุใดๆ นั่นคือ อัตราความร้อนที่ไหลผ่านวัตถุพื้นที่ 1 ตารางหน่วย ที่ทำให้อุณหภูมิภายนอกและภายในแตกต่างกัน 1 องศา ที่ความหนาใดๆ ค่าความนำความร้อน หรือ C-value มีหน่วยคือ วัตต์ต่อตารางเมตร-เคลวิน (W/m^2K) สามารถหาได้จาก อัตราส่วนระหว่างค่าการนำความร้อนต่อความหนาของวัสดุ ดังจะแสดงเป็นสมการได้ดังนี้

$$C = \frac{k}{n}$$

เมื่อ C = ความนำความร้อน (W/m^2K)

k = ค่าการนำความร้อน (W/mK)

n = ความหนาของวัสดุ (m)

2.4.4.3 ค่าความต้านทานความร้อน (Thermal Resistance: R)

เป็นส่วนกลับของค่าความนำความร้อน (C) ความต้านทานความร้อนแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิภายในและภายนอกที่แตกต่างกัน 1 องศา ในกำหนดระยะเวลาที่ใช้สำหรับให้ความร้อนผ่านวัสดุพื้นที่ 1 ตารางหน่วย โดยปรกติความต้านทานความร้อนจะเรียกกันว่า R-Value มีหน่วยเป็น ตารางเมตร-เคลวินต่อวัตต์ (m^2K/W) ดังจะแสดงเป็นสมการได้ดังนี้

$$R = \frac{1}{C} \text{ หรือ } \frac{n}{k}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ R = ค่าความต้านทานความร้อน (m^2K/W)

C = ความนำความร้อน (W/m^2K)

n = ความหนาของวัสดุ (m)

k = ค่าการนำความร้อน (W/mK)

ส่วนการหาค่าความต้านทานความร้อนรวม (R_T) จะได้จากการนำความต้านทานความร้อนของวัตถุแต่ละชั้นมารวมกัน รวมถึงความต้านทานของชั้นอากาศที่เคลือบวัสดุ

2.4.4.4 ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (Overall Heat Transfer Coefficient : U)

เป็นส่วนกลับของความต้านทานความร้อนรวมของผนังตั้งแต่หนึ่งชั้นขึ้นไป (Composite Wall) โดยแสดงให้เห็นว่าการไหลของความร้อนที่เกิดขึ้นในกำหนดระยะเวลา ผ่านวัสดุ 1 ตารางหน่วย นั้นทำให้อุณหภูมิแตกต่างระหว่างด้านนอกและด้านใน 1 องศา โดยปรกติสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมจะเรียกกันว่า U-Value มีหน่วยเป็น วัตต์ต่อตารางเมตร-เคลวิน (W/m^2K) ดังจะแสดงเป็นสมการได้ดังนี้

$$U = \frac{1}{R_T}$$

เมื่อ U = ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (W/m^2K)

R_T = ความต้านทานความร้อนรวมของผนังหลายชั้น (m^2K/W)

2.4.4.5 ค่าปริมาณการถ่ายเทความร้อนของวัตถุ (Heat Transfer: Q)

ปริมาณการถ่ายเทความร้อนของวัตถุ หรือปริมาณความร้อนที่เข้าออกอาคารนั้นมีผลมาจากความสามารถในการถ่ายเทความร้อนของวัตถุ (U) ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายนอกและภายใน และพื้นผิวที่ได้รับความร้อนของวัตถุ ในกรณีที่ค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายนอกและภายในคงที่ (Steady State) หรือมีอิทธิพลจากองค์ประกอบภายนอกไม่รุนแรงนัก จะใช้สมการในการคำนวณปริมาณการถ่ายเทความร้อนดังนี้

$$Q = U \times A \times (T_o - T_i)$$

เมื่อ Q = ปริมาณการถ่ายเทความร้อน (W)

U = ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (W/m^2K)

A = พื้นผิวที่ได้รับความร้อน (m^2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

T_o = อุณหภูมิอากาศภายนอก (K)

T_i = อุณหภูมิอากาศภายใน (K)

2.4.4.6 ค่าความจุความร้อนจำเพาะ (Specific Heat Capacity: c)

ความจุความร้อนจำเพาะ คือ ค่าที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างความร้อนและอุณหภูมิ โดยปริมาณความร้อนที่ทำให้วัสดุหนึ่งหน่วยปริมาตร ที่ทำให้มวล 1 หน่วย มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 องศา การเลือกใช้วัสดุที่มีความจุความร้อนมากจะช่วยหน่วงเหนี่ยวให้ความร้อนสะสมอยู่ได้นาน และในทางกลับกัน หากต้องการให้การถ่ายเทความร้อนเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วก็ควรเลือกใช้วัสดุที่มีความจุความร้อนต่ำ ซึ่งความจุความร้อนจำเพาะ มีหน่วยเป็น จูลต่อกิโลกรัม-เคลวิน (J/kg.K) โดยสามารถแสดงเป็นสมการได้ดังนี้

$$c = \frac{\Delta Q}{m \times \Delta T}$$

เมื่อ c = ความจุความร้อนจำเพาะ (J/kgK)

m = จำนวนมวล (kg)

ΔQ = ความร้อนที่ให้แก่วัสดุ (J)

ΔT = อุณหภูมิของวัตถุที่เปลี่ยนไป (K)

ตารางที่ 2.10 แสดงตัวอย่างค่าความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุชนิดต่างๆ

วัสดุ	**ความจุความร้อนจำเพาะ** (J./kg.K.)
น้ำ	4186
คอนกรีต	2060
หินทราย	1800
อิฐดินอัดแน่น	1740
ผนังรับน้ำหนักดินอัด	1673
แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์(อัดแน่น)	1530
อิฐดินเผา	1360
ผนังอิฐดินดิบ	1300
คอนกรีตมวลเบา	550

ที่มา: Baggs and Mortensen (2006)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะเวลาการหน่วงความร้อน (Time-lag) สัมพันธ์กับความจุความร้อน ดังนั้นการออกแบบเพื่อการใช้ประโยชน์จากการหน่วงความร้อนจึงต้องพิจารณาเลือกวัสดุที่มีค่าความจุความร้อนต่างๆ ตามความต้องการ เช่นหากต้องการลดการถ่ายเทความร้อนมากในช่วงกลางวัน การใช้ความจุความร้อนมากจะช่วยหน่วงเหนี่ยวให้ความร้อนอยู่สะสมนานจนไปถึงกลางคืน ในกรณีที่ใช้งานอาคารช่วงกลางวัน ซึ่งเหมาะกับสภาพอากาศที่แตกต่างกันมากๆ และในทางกลับกัน หากต้องการให้การถ่ายเทความร้อนเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ก็ควรเลือกใช้วัสดุที่มีความจุความร้อนต่ำ ซึ่งเหมาะสมกับสภาพอากาศที่มีความใกล้เคียงกันตลอดทั้งวัน[14] *(กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2555)*

2.4.5 **การถ่ายเทความร้อนสู่อาคาร**

ความร้อนที่อยู่ภายในอาคารมาจากแหล่งกำเนิดความร้อน 2 ส่วน หลักๆ คือ ความร้อนจากภายนอก และความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคารเอง โดยทั่วไปส่วนมากแล้ว ความร้อนรวมในอาคารจะมาจากภายนอกมากกว่าและเป็นความร้อนที่ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ โดยการส่งผ่านความร้อนจะมาจากตัวกลางหลายชนิดมาสู่อาคาร และความร้อนเหล่านั้นก็จะส่งผ่านทางเปลือกอาคารสู่ภายในอีกขั้นหนึ่ง ซึ่งเปลือกอาคารสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิดใหญ่ได้แก่ ผนังและหลังคา โดยระบบของวัสดุเปลือกอาคารที่ใช้กันอยู่ทั่วไป แบ่งตามวัสดุผนังและหลังคาดังนี้[15] *(กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2547)*

2.4.5.1 ผนัง

ผนังเป็นพื้นที่ในระนาบแนวตั้งที่ได้รับการถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบ โดยส่วนหนึ่งจะถูกสะท้อนออกไป อีกส่วนหนึ่งจะถูกดูดกลืนและสะสมไว้ และทำให้ผิวผนังด้านนอกมีอุณหภูมิสูงขึ้นการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อนของผนังเป็นผลจากทั้งพลังงานความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ผนังดูดกลืนไว้ และผลต่างระหว่างอุณหภูมิภายนอกและภายในอาคาร โดยวัสดุผนังแบ่งออกเป็น

---

[14] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, อะไรคือ "มวลอุณหภาพ" และ "การแผ่รังสี", ที่มา http://www.2e-building.com/article.php?cat=knowledge&id=159#

[15] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2547). เอกสารเผยแพร่แนวทางการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างและฉนวนเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน. กรุงเทพฯ : แกรนด์เพรส แอนด์ แพคกิ้ง.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ผนังที่เป็นมวลสาร (Mass Wall) หมายถึง ผนังที่มีมวลสารยึดติดกันทั่วทั้งผนังโดยการก่อหรือการหล่อเข้าด้วยกัน เช่น ผนังก่ออิฐมอญ ผนังก่อคอนกรีตบล็อก ผนังก่อคอนกรีตมวลเบา และผนังคอนกรีตสำเร็จรูป เป็นต้น

2. ผนังที่เป็นโครงเคร่า (Framing Wall) หมายถึง ผนังที่มีโครงเคร่าเป็นโครงสร้างของผนัง และบุแผ่นวัสดุปิดผิวด้านนอกและด้านใน วัสดุที่ใช้เป็นโครงเคร่า เช่น เหล็ก เหล็กชุบสังกะสีอลูมิเนียมและไม้ เป็นต้น ส่วนวัสดุปิดผิวที่ใช้กันทั่วไปตามความเหมาะสมในการใช้งาน ได้แก่ แผ่นไม้สังเคราะห์ แผ่นยิปซั่มบอร์ด แผ่นกระเบื้องใยหิน และแผ่นไฟเบอร์บอร์ด

3. ผนังประกอบ (Composite Wall) หมายถึง ผนังที่ประกอบด้วยผนังมวลสารและผนังโครงเคร่าเข้าด้วยกัน อาจจะรวมถึงการบุด้วยฉนวนกันความร้อนชนิดต่างๆ ระหว่างโครงเคร่าด้วย

รูปที่ 2.21 แสดงวัสดุผนังที่เป็นมวลสาร ผนังโครงเคร่า และผนังประกอบ ตามลำดับ
ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (2547)

2.4.5.2 หลังคา

หลังคาเป็นพื้นที่ที่มีระดับใกล้เคียงแนวนอนจึงมีผลให้มีปริมาณการดูดซับรังสีดวงอาทิตย์สูงกว่าพื้นที่ในแนวระนาบตั้ง เช่น ผนังอาคาร นอกจากนี้หลังคายังเป็นส่วนบนสุดของอาคารซึ่งทำหน้าที่ป้องกันแสงอาทิตย์ให้กับอาคารทั้งหลัง หลังคาจึงเป็นส่วนที่มีความร้อนสูงที่สุดในองค์ประกอบทั้งหมดของอาคาร วัสดุหลังคาที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน ได้แก่

วัสดุมุงหลังคา (Roofing) หมายถึง วัสดุที่ใช้มุงหลังคาของอาคาร เป็นส่วนที่รองรับการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์โดยตรง ประเภทวัสดุมุงหลังคาที่ใช้กันอยู่ทั่วไปได้แก่ กระเบื้องซีเมนต์ใยหิน กระเบื้องคอนกรีต กระเบื้องเซรามิค กระเบื้องดินเผาแผ่นหลังคาแอสฟัลท์ และหลังคาแผ่นโลหะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฉนวนกันความร้อน (Insulation) ฉนวนกันความร้อนที่ใช้กันอยู่ทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ฉนวนแบบมีมวลและฉนวนแบบสะท้อนความร้อน

1) ฉนวนกันความร้อนแบบมีมวล (Mass Insulation) หมายถึง วัสดุที่ใช้ป้องกันความร้อนที่ถ่ายเทผ่านวัสดุ โดยอาศัยความเป็นฉนวนของวัสดุที่มีคุณสมบัติการต้านทานความร้อนที่สูงของตัววัสดุเอง วัสดุส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็นเส้นใย มีโพรง หรือช่องกลางอากาศ ฉนวนใยแก้ว(Fiber Glass) ฉนวนใยหิน(Rock Fiber) ฉนวนใยเซลลูโลส (Cellulose Fiber) โฟมโพลีสไตรีน(Polystyrene Foam/PS) โฟมโพลียูรีเทน (Polyurethane Foam/PU) และโฟมโพลีเอทธีลีน (Polyethelene Foam/PE)

2) ฉนวนแบบสะท้อนความร้อน (Reflective Sheet) หมายถึง วัสดุที่ใช้ป้องกันความร้อนที่ถ่ายเทผ่านวัสดุ โดยอาศัยคุณสมบัติการสะท้อนรังสีความร้อนของวัสดุเพื่อที่จะลดค่าพลังงานความร้อนไม่ให้ถูกดูดซับ และทะลุผ่านเข้าไปในวัสดุ ส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็นแผ่นบาง หรือมีผิวที่มีการสะท้อนสูง เช่น แผ่นอลูมินั่มฟอยล์ (Aluminium Foil Sheet) เซรามิคโค้ทติ้ง (Ceramic Coating) เป็นต้น

2.4.6 **กรอบแนวคิดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในอาคาร**

จากการศึกษาแนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร จึงมีกรอบแนวคิดในการตรวจสอบสภาพอากาศภายในอาคารพักอาศัยด้วยการติดตั้งเครื่องมือวัดที่ผนังและฝ้าเพดานซึ่งเป็นส่วนประกอบของอาคารที่ได้รับผลกระทบจากการถ่ายเทความร้อนจากรังสีของดวงอาทิตย์มากที่สุด

2.5 **มวลอุณหภาพ** (Thermal Mass)

คุณสมบัติของวัสดุมวลอุณหภาพ

ปัจจัยที่มีผลต่อมวลอุณหภาพของวัสดุหรือส่วนประกอบอาคารต่างๆ มีดังนี้[16]

- ความหนาของวัสดุ (Thickness)
- ความหนาแน่นและน้ำหนักของวัสดุ (Density and Weight)
- ความจุความร้อนจำเพาะ (Specific Heat Capacity: c)

---

[16] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, เอกสารเผยแพร่ โครงการอบรมเชิงปฏิบัติการการตรวจประเมินอาคารที่จะก่อสร้างหรือดัดแปลงเพื่อการอนุรักษ์พลังงานตามกฎหมาย, การประเมินประสิทธิภาพพลังงานของกรอบอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.ความหนา (Thickness) คุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุที่ผลต่อมวลอุณหภาพ ความหนาของวัสดุจะมีผลต่อระยะเวลาในการถ่ายเทความร้อนภายในวัสดุประกอบอาคารต่างๆ วัสดุที่มีความหนามากจะใช้เวลาถ่ายเทความร้อนจากผิวด้านนอกสู่ผิวด้านในอาคารมากกว่าวัสดุชนิดเดียวกันที่มีความหนาน้อยกว่า

2.ความหนาแน่นและน้ำหนักของวัสดุ (Density and Weight) คุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุที่ผลต่อมวลอุณหภาพ โดยวัสดุที่มีน้ำหนักและความหนาแน่นมากจะมีมวลอุณหภาพสูง ซึ่งจะมีความสามารถในการกักเก็บความร้อนไว้ได้มาก เช่น คอนกรีตที่มีความหนาแน่นมากกว่าอิฐมวลเบา จะมีมวลอุณหภาพมากกว่าอิฐมวลเบาด้วย ในขณะที่วัสดุประเภทฉนวนกันความร้อนที่มีน้ำหนักและความหนาแน่นน้อยจะแทบไม่มีมวลอุณหภาพเลย

3.ความจุความร้อนจำเพาะ (Specific Heat Capacity: c) ความจุความร้อนจำเพาะ คือ ค่าที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างความร้อนและอุณหภูมิ โดยปริมาณความร้อนที่ทำให้วัสดุหนึ่งหน่วยปริมาตร ที่ทำให้มวล 1 หน่วย มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 องศา การเลือกใช้วัสดุที่มีความจุความร้อนมากจะช่วยหน่วงเหนี่ยวให้ความร้อนสะสมอยู่ได้นาน และในทางกลับกัน หากต้องการให้การถ่ายเทความร้อนเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ก็ควรเลือกใช้วัสดุที่มีความจุความร้อนต่ำ

การออกแบบด้วยการใช้มวลอุณหภาพ

การออกแบบด้วยการใช้มวลอุณหภาพของวัสดุต่างจากการออกแบบฉนวนกันความร้อน ตรงที่มวลอุณหภาพของวัสดุเป็นคุณสมบัติในการดูดกลืน สะสมความร้อนของวัสดุแต่ละชนิด จึงเท่ากับเป็นการหน่วงเหนี่ยวความร้อนไว้ภายในตัววัสดุประกอบอาคารเอง ก่อนจะมีการปล่อยความร้อนออกไปสู่ภายในอาคาร ในขณะที่ฉนวนกันความร้อนนั้นเป็นการออกแบบเพื่อหยุดความร้อน หรือป้องกันไม่ให้ความร้อนเข้าสู่อาคาร *(Reardon, 2013)*

การออกแบบด้วยการใช้มวลอุณหภาพของวัสดุให้ได้ประสิทธิภาพตามอุดมคติ จะต้องสามารถดูดซับความร้อนในช่วงตอนกลางวัน ในช่วงที่อุณหภูมิอากาศภายนอกสูงเกินขอบเขตความสบาย เพื่อให้ภายในอาคารอยู่ในอุณหภูมิที่เย็นสบาย โดยจะเก็บกักและหน่วงการถ่ายเทความร้อนไว้กับตัวภายในวัสดุประกอบอาคารเอง เมื่อได้ระยะเวลาที่การถ่ายเทความร้อนส่งผ่านถึงผิววัสดุด้านใน ผิววัสดุด้านในจะปล่อยความร้อนด้วยวิธีการแผ่รังสี เพื่อสร้างความอบอุ่นให้กับผู้ใช้อาคาร พอดีกับช่วงเวลากลางคืน ที่อุณหภูมิภายในอาคารต่ำลงกว่าขอบเขตของความสบาย

ค่าความต่าง (พิสัย) ของอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด ระหว่างวันมีผลอย่างมากต่อประสิทธิภาพของการใช้มวลอุณหภาพในการหน่วงเวลาการถ่ายเทความร้อน ถ้าค่าพิสัยของอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด ระหว่างวัน อยู่ที่ น้อยกว่า 6 °c การใช้มวลอุณหภาพในการหน่วงความร้อนจะไม่ได้ประสิทธิภาพเท่าที่ควรนัก ในขณะที่ถ้าค่าพิสัยของอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด ระหว่างวันอยู่ที่ประมาณ 7-10 °c ก็สามารถจะนำมาปรับใช้ได้ แต่ต้องพิจารณาสภาพอากาศร่วมด้วย ในขณะที่ถ้าค่าพิสัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด ระหว่างวันมากกว่า 10 °c ขึ้นไป การใช้มวลอุณหภาพในการหน่วงความร้อนจะสามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มที่ *(Reardon, 2013)* อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง พบว่าการใช้มวลอุณหภาพในการหน่วงความร้อนนั้น เหมาะสำหรับพื้นที่ภูมิอากาศหนาวเย็น ในส่วนพื้นที่เขตร้อนที่มี ค่าพิสัยของอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด ระหว่างวันอยู่ที่ประมาณ 7-8 °c การออกแบบโดยการใช้มวลอุณหภาพในการหน่วงความร้อน ต้องออกแบบโดยใช้องค์ประกอบอื่นของอาคารร่วมด้วย เช่น การระบายลมการใช้ฉนวนกันความร้อน หรือการใช้ร่มเงา มิเช่นนั้นแล้วมวลอุณหภาพของวัสดุนี่เองที่จะเป็นตัวสร้างสภาวะความไม่สบายให้กับผู้ใช้อาคารเสียเอง[17] *(Reardon, 2013)*

สำหรับพื้นที่อำเภอเถิน แม้จะอยู่ในประเทศที่มีภาพรวมของอากาศร้อนชื้นอย่างประเทศไทย แต่ก็มีภูมิอากาศในรายละเอียดที่แตกต่างกันออกไป เนื่องจากองค์ประกอบหลายอย่าง เช่น การรับแสงแดดจากพระอาทิตย์ระหว่างวัน ความสูงจากระดับน้ำทะเล สภาพภูมิประเทศ อิทธิพลจากลมมรสุมประจำปี ปริมาณน้ำฝน ระยะห่างจากทะเล ดังนั้นจึงทำให้ภาพรวมของภูมิอากาศในอำเภอเถินนั้นมีอากาศร้อนอบอ้าวในตอนกลางวัน และมีอากาศเย็นในตอนกลางคืน ทำให้มีค่าพิสัยของอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดเฉลี่ยแล้ว มากกว่า 11°c ต่อปี จึงมีแนวทางเป็นไปได้ในการออกแบบอาคารที่พักอาศัยโดยการใช้มวลอุณหภาพในการหน่วงความร้อนเพื่อสร้างสภาวะสบายให้กับผู้ใช้อาคารได้

2.5.1 กรอบแนวคิดการปรับปรุงอาคารพักอาศัยเพื่อสภาวะสบายทางอุณหภูมิด้วยมวลอุณหภาพ

การปรับปรุงอาคารพักอาศัยเพื่อสภาวะสบายทางอุณหภูมิด้วยมวลอุณหภาพ คือ การปรับปรุงอาคารโดยการใช้มวลอุณหภาพของวัสดุเพื่อหน่วงความร้อนโดยใช้ประโยชน์ในทางอุณหภูมิสำหรับผู้ใช้อาคารตามหลักการการถ่ายเทความร้อน โดยใช้คุณสมบัติทางด้านการดูดซับและการกักเก็บความร้อน

จากการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับการถ่ายเทความร้อนที่ถูกถ่ายเทเข้าสู่อาคารพักอาศัย ส่วนใหญ่เป็นความร้อนจากภายนอกอันเป็นอิทธิพลจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ผ่านเปลือกของอาคาร ซึ่งได้แก่ ผนังและหลังคา จึงมีกรอบแนวคิดสำหรับงานวิจัยในการปรับปรุงอาคารพักอาศัยเพื่อสภาวะสบายทางอุณหภูมิด้วยมวลอุณหภาพในพื้นที่อำเภอเถิน ด้วยการใช้วัสดุที่หาได้ภายในพื้นที่ ซึ่งมีคุณสมบัติความหนา ความหนาแน่น และความจุความร้อน

---

[17] Reardon, Chris; McGee, Caitlin and Milne. Geoff. (2013). “Thermal Mass”. Your Home: Australia’s Guide to Environmentally Sustainable Homes. 5th edition : 178 -187. Canberra : Canprint Communications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำเพาะต่างกันๆ นำมาทำเป็นส่วนประกอบของผนัง หลังคาและฝ้าเพดาน และเปรียบเทียบสภาวะสบายกับวัสดุเดิมของอาคารพักอาศัยภายในพื้นที่อำเภอเถิน

2.6 **สรุปกรอบแนวคิดงานวิจัย**

1.การตรวจสอบสภาวะความสบายทางอุณหภูมิในอาคารพักอาศัยในพื้นที่อำเภอเถิน จังหวัดลำปาง และหาความสบายที่เหมาะสม

จากการศึกษาแนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จึงมีกรอบแนวคิดงานวิจัยเกี่ยวกับการติดตั้งเครื่องมือวัดอุณหภูมิที่ผนังและที่ฝ้าเพดานในอาคารพักอาศัย เพื่อหาอุณหภูมิในรอบวันที่เกิดขึ้นจริง และพิจารณาทิศที่ได้รับผลกระทบความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์มากที่สุด คือทิศตะวันตก หรือทิศตะวันตกเฉียงใต้ โดยศึกษาอาคารพักอาศัยที่มีลักษณะอาคารเป็นจำนวนมากในพื้นที่ ตัวอาคารสร้างจากวัสดุชนิดเดียวกัน มีอายุการใช้งานมาก และยังไม่ได้รับการปรับปรุงใดๆ และหาขอบเขตความสบายที่เหมาะสมด้วยสมการของ Auliciems และ Szokolay (1981) โดยใช้ข้อมูลสภาพอากาศย้อนหลังของสถานีอุตุนิยมวิทยาเถิน เพื่อตรวจสอบสภาวะความสบายทางอุณหภูมิภายในอาคารพักอาศัยในพื้นที่อำเภอเถิน จังหวัดลำปาง และหาความสบายที่เหมาะสม

2.แนวทางการปรับปรุงอาคารด้วยมวลอุณหภาพในส่วนประกอบต่างๆ ของอาคารเพื่อสภาวะความสบาย

จากการศึกษาแนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จึงมีกรอบแนวคิดงานวิจัยเกี่ยวกับแนวทางการปรับปรุงอาคารพักอาศัยที่ได้ติดตั้งเครื่องมือวัด โดยนำมาจำลองผลการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งวัสดุที่ใช้เป็นส่วนประกอบของผนังและฝ้าเพดานมีคุณสมบัติทางมวลอุณหภาพ ได้แก่ ความหนา ความหนาแน่น และความจุความร้อนจำเพาะแตกต่างกัน และนำผลที่ได้เปรียบเทียบความสบายทางอุณหภูมิกับวัสดุดั้งเดิมของอาคาร โดยมีแนวทางการปรับปรุงอาคารด้วยมวลอุณหภาพในส่วนประกอบต่างๆ ของอาคารเพื่อสภาวะความสบาย 2 แนวทาง ดังนี้

แนวทางที่ 1 การปรับปรุงอาคารที่พักอาศัยด้วยมวลอุณหภาพของผนังแบบต่างๆ

แนวทางที่ 2 การปรับปรุงอาคารที่พักอาศัยด้วยมวลอุณหภาพของผนังแบบต่างๆ ร่วมกับการเพิ่มฉนวนหลังคาและฝ้าเพดาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การสร้างเครื่องมือและวิธีการวิจัย

3.1 วิธีการสำรวจ ตรวจสอบและหาความสบายที่เหมาะสมของอาคารพักอาศัย ในพื้นที่อำเภอเถิน จังหวัดลำปาง

3.1.1 การคัดเลือกบ้านตัวอย่างเพื่อทำการติดตั้งเครื่องมือวัดอุณหภูมิ

จากกรอบแนวคิดการตรวจสอบสภาวะความสบายทางอุณหภูมิในอาคารพักอาศัยในพื้นที่อำเภอเถิน โดยการติดตั้งเครื่องมือวัดทางอุณหภูมิในอาคารพักอาศัย ซึ่งอาคารพักอาศัยเป็นลักษณะอาคารที่มีจำนวนมากในพื้นที่และตัวอาคารสร้างจากวัสดุชนิดเดียวกัน จึงได้เลือกอาคารพักอาศัยที่เป็นบ้านไม้ 1 ชั้น มีใต้ถุนสูงไม่เกิน 2 เมตร เป็นกรณีศึกษา อาคารพักอาศัยในกลุ่มที่สนใจศึกษานี้มีจำนวนทั้งหมด 44 หลัง จากข้อจำกัดด้านเวลาและความสะดวกในการให้เข้าสำรวจของเจ้าของบ้าน จึงทำการสำรวจบ้าน 12 หลัง ตามตารางที่ 3.1 เพื่อคัดเลือกเป็นบ้านตัวอย่างเพื่อติดตั้งเครื่องมือวัดอุณหภูมิได้ดังนี้

ตารางที่ 3.1 แสดงข้อมูลเบื้องต้นของบ้านที่ทำการสำรวจเพื่อเลือกเป็นบ้านตัวอย่างในการติดตั้งเครื่องมือวัดอุณหภูมิ

บ้านเลขที่	ที่อยู่	อายุบ้าน (ปี)	ขนาดพื้นที่ (ตารางเมตร)	วัสดุประกอบเรือน		
				พื้น	ผนัง	ผลังคา
30	บ้านเลขที่ 30 ถนนเถินบุรี	60	128	ไม้เนื้อแข็งหนา 1"	ไม้เจริงหนา 1/2"	กระเบื้องลอนคู่
32	บ้านเลขที่ 32 ถนนเถินบุรี	60	129	ไม้เนื้อแข็งหนา 1"	ไม้เจริงหนา 1/2"	กระเบื้องปูนลูกพูก/กระเบื้องลอนคู่
57	บ้านเลขที่ 57 ถนนเถินบุรี	45	99	ไม้เนื้อแข็งหนา 1"	ไม้เจริงหนา 1/2"	กระเบื้องปูนลูกพูก/กระเบื้องลอนคู่
65	บ้านเลขที่ 57 ถนนเถินบุรี	34	150	ไม้เนื้อแข็งหนา 1"	ไม้เจริงหนา 1/2"	กระเบื้องลอนคู่
80/3	บ้านเลขที่ 80/3 ถนนเถินบุรี	18	115	ไม้เนื้อแข็งหนา 1"	ไม้เจริงหนา 1/2"	กระเบื้องลอนคู่
85	บ้านเลขที่ 85 ถนนราษฎร์อุทิศ	50	135	ไม้เนื้อแข็งหนา 1"	ไม้เจริงหนา 1/2"	กระเบื้องลอนคู่
105	บ้านเลขที่ 105 ถนนราษฎร์อุทิศ	30	112	ไม้เนื้อแข็งหนา 1"	ไม้เจริงหนา 1/2"	กระเบื้องลอนคู่
106	บ้านเลขที่ 106 ถนนเถินบุรี	-	57	ไม้เนื้อแข็งหนา 1"	ไม้เจริงหนา 1/2"	กระเบื้องลอนคู่
114	บ้านเลขที่ 114 สบคือซอย 9	50	119	ไม้เนื้อแข็งหนา 1"	ไม้เจริงหนา 1/2"	กระเบื้องลอนคู่
152	บ้านเลขที่ 152 ถนนเถินบุรี	30	78	ไม้เนื้อแข็งหนา 1"	ไม้เจริงหนา 1/2"	กระเบื้องปูนลูกพูก/กระเบื้องลอนคู่
169	บ้านเลขที่ 169 ถนนเถินบุรี	50	87	ไม้เนื้อแข็งหนา 1"	ไม้เจริงหนา 1/2"	กระเบื้องลอนคู่
170	บ้านเลขที่ 170 ถนนเถินบุรี	58	161	ไม้เนื้อแข็งหนา 1"	ไม้เจริงหนา 1/2"	กระเบื้องเกล็ดปลา/กระเบื้องลอนคู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.1 แสดงรูปด้านหน้าของบ้านตัวอย่างที่ทำการสำรวจทั้งหมด

เมื่อพิจารณาจากบ้านทั้ง 12 หลังที่เข้าสำรวจเพื่อคัดเลือกเป็นบ้านตัวอย่างสำหรับทำการติดตั้งเครื่องมือวัดอุณหภูมิ จึงได้คัดเลือกบ้านตัวอย่าง 1 หลัง ได้แก่ บ้านเลขที่ 170 เนื่องจากเป็นอาคารพักอาศัยที่สร้างจากวัสดุชนิดเดียวกัน มีอายุการใช้งานมาก ยังไม่ได้รับการปรับปรุงใดๆ และเจ้าของบ้านยินดีให้เข้าทำการติดตั้งเครื่องมือวัด

บ้านเลขที่ 170

ความเป็นมา เป็นบ้านไม้ 1 ชั้นก่อสร้างด้วยไม้สักทั้งหลัง ก่อสร้างมาแล้วประมาณ 58 ปี พื้นชั้นหนึ่งอยู่ในระดับสูงกว่าระดับถนนประมาณ 10 เซนติเมตร หลังคาทรงปั้นหยา มีผู้อยู่อาศัยประจำ 3 คน เจ้าของบ้านมีอายุประมาณ 70 กว่าปี ในอดีตทำอาชีพล่องไม้สักจากลำปางขายทางแม่น้ำวัง

การจัดผังบริเวณ บ้านเลขที่ 170 ตั้งอยู่ติดกับถนนเถินบุรีซึ่งเป็นถนนสายหลักของตำบลล้อมแรด พื้นที่ตั้งอาคารมีลักษณะเป็นทางลาดจากถนนหน้าบ้านลุ่มไปทางด้านลึกของบ้าน จึงทำให้พื้นชั้น 1 บริเวณด้านหน้าของบ้านอยู่ในระดับสูงกว่าระดับถนนประมาณ 10 เซนติเมตร ในขณะที่พื้นที่ดินทางด้านหลังบ้านห่างจากระดับถนนประมาณ -1.5 เมตร การวางผังบริเวณของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บ้านหันหน้าบ้านไปทางทิศตะวันตก มีด้านหน้าบ้านติดถนนประมาณ 7.50 เมตร และมีด้านลึกของบ้านประมาณ 22 เมตรอยู่ในทางทิศตะวันออก ด้านข้างบ้านทางทิศเหนือติดร้านรับทำงานเหล็ก ด้านข้างบ้านทางทิศใต้ เป็นทางดินอัดแน่น ใช้เข้าสู่บ้านข้างเคียง

ลักษณะอาคาร เป็นบ้านไม้ 1 ชั้น พื้นชั้น 1 บริเวณด้านหน้าของบ้านอยู่ในระดับสูงกว่าระดับถนนประมาณ 10 เซนติเมตร ในขณะที่ทางด้านหลังบ้านระดับพื้นชั้น 1 ห่างจากระดับดินประมาณ 1.5 เมตร วัสดุก่อสร้างส่วนใหญ่เป็นไม้ ยกเว้นในส่วนของห้องน้ำบริเวณหลังบ้านที่ใช้สังกะสีทำผนัง ด้านหน้าบ้านหันไปทางทิศตะวันตก หลังคาใช้กระเบื้องเกล็ดปลามุง ยกเว้นในส่วนของห้องครัว รับประทานอาหาร และห้องน้ำหลังบ้านใช้หลังคากระเบื้องลอนคู่

ผังพื้นชั้น 1 ทางหน้าบ้านมาจะมีระเบียงและที่นั่งพักผ่อน ถัดจากระเบียงเข้ามาด้านในบ้านจะเป็น พื้นที่นั่งเล่น/รับแขก โดยจัดให้มีทางเดินหลักภายในบ้านอยู่ทางด้านทิศเหนือของบ้านขนานไปกับแนวบ้านทางด้านลึก และจัดให้ห้องนอนอยู่ทางทิศใต้ทั้งสามห้อง เมื่อออกมาทางด้านระเบียงหลังบ้านจะเป็นพื้นที่ระเบียงพักผ่อนก่อนถึงพื้นที่รับประทานอาหาร พื้นที่ทำครัว และห้องน้ำอยู่ในทางทิศตะวันออกของบ้าน โดยพื้นที่ส่วนนี้เป็นพื้นที่กึ่งเปิดโล่ง มีการกั้นไม้สำหรับกันตกเรือนและกั้นประตูตรงบริเวณบันไดหลังบ้านเท่านั้น

โครงสร้างอาคาร โครงสร้างของบ้านหลักๆ แล้วเป็นไม้เนื้อแข็งทั้งหลัง จากการสัมภาษณ์ลูกสาวของเจ้าของบ้านพบว่าบ้านทั้งหลังเป็นไม้สัก เนื่องจากในอดีตเจ้าของบ้านมีอาชีพร่องซุงทางแม่น้ำวังจากลำปางนำไม้สักมาขายในอำเภอเถิน จึงมีไม้สักเยอะ โดยมีโครงสร้างไม้ตั้งอยู่บนเสาตอม่อไม้เนื้อแข็งโดยมีรายระเอียดดังนี้

เสา เป็นเสาไม้เนื้อแข็ง หน้าตัดประมาณ 6X6 นิ้ว มีการใช้เสาบริเวณระเบียงครัวหลังบ้านมีขนาดประมาณ 4x4 นิ้ว

พื้น พื้นและโครงสร้างพื้นเป็นไม้เนื้อแข็ง โดยแผ่นพื้นเป็นไม้เนื้อแข็งขนาดหน้าตัดประมาณ 1x6 นิ้ว วางชิด ในส่วนบริเวณระเบียงครัวหลังบ้านใช้แผ่นไม้เนื้อแข็งขนาดประมาณ 1x4 นิ้ววางชิด พื้นห้องน้ำใช้พื้นไม้ตีเว้นร่อง เพื่อระบายน้ำ

ผนัง ผนังบ้านส่วนใหญ่เป็นผนังไม้ตีนอนซ้อนเกล็ด (รายละเอียดตามรูปที่ 3.1) บนโครงเคร่าไม้เนื้อแข็ง ในส่วนของพื้นที่ระเบียงครัวและพื้นที่รับประทานอาหาร ใช้ผนังระแนงไม้กั้นไว้แทนกันตก ห้องน้ำใช้สังกะสีบุกับโครงเคร่าไม้

หลังคา หลังคาหลักของบ้านเป็นทรงปั้นหยาผสมกับหลังคาจั่วในส่วนของหลังคาลดระดับและหลังคาระเบียงครัวหลังบ้าน โดยหลังคาส่วนหน้าจั่วหันไปทางทิศเหนือและใต้ ไม่มีฝ้าเพดาน โครงสร้างหลังคาเป็นไม้เนื้อแข็ง ในส่วนของหลังคาหลัก (ปั้นหยา) ของบ้านมุงด้วยกระเบื้องเกล็ดปลา และหลังคาจั่วมุงด้วยกระเบื้องลอนคู่ เพื่อลดขนาดของหลังคาไม่ให้ใหญ่เกินไป มีการแบ่งหลังคาเป็นสามส่วนใหญ่เชื่อมด้วยรางน้ำฝนสังกะสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประตู-หน้าต่าง ประตูและหน้าต่างและวงกบเป็นไม้ทุกชุด ที่หน้าต่างเป็นบานเปิดมีช่องแสงทุกชุดเพื่อเพิ่มแสงสว่างเข้าสู่ภายในบ้าน ประตูหน้าบ้านและหลังบ้านเป็นประตูไม้บานเฟี้ยม มีช่องระบายลม เพื่อระบายอากาศ นอกจากนี้มีการใช้ผ้าปิดหน้านอนแทนการใช้ประตูไม้

รูปที่ 3.2 แสดงด้านหน้า บ้านเลขที่ 170

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.3 แสดงระเบียงด้านหน้า บ้านเลขที่ 170

รูปที่ 3.4 แสดงด้านข้างทิศใต้ บ้านเลขที่ 170

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.5 แสดงที่รับประทานอาหาร บ้านเลขที่ 170

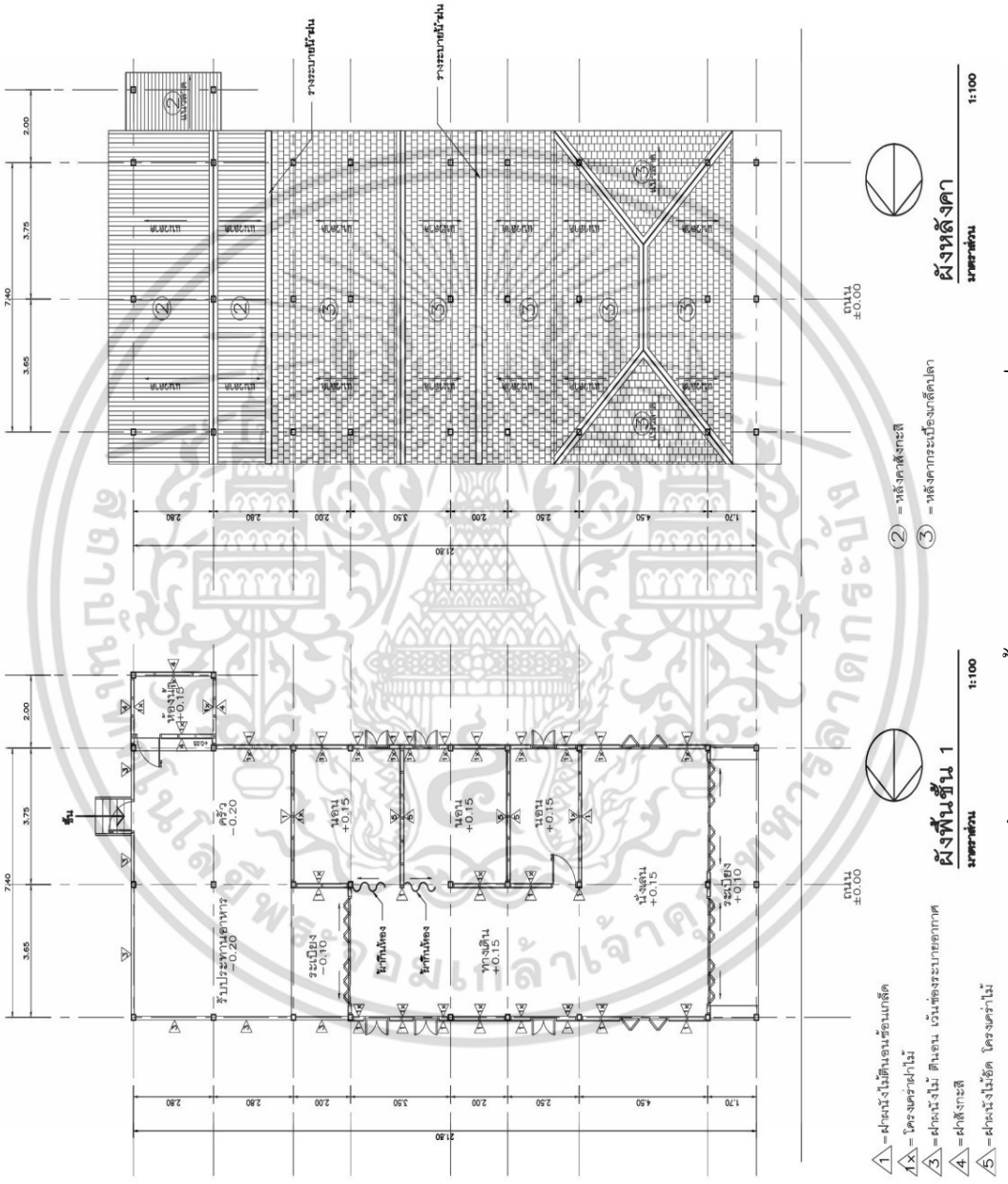
รูปที่ 3.6 แสดงพื้นที่นั่งเล่นภายใน บ้านเลขที่ 170

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.7 แสดงพื้นที่ทางเดินภายใน บ้านเลขที่ 170

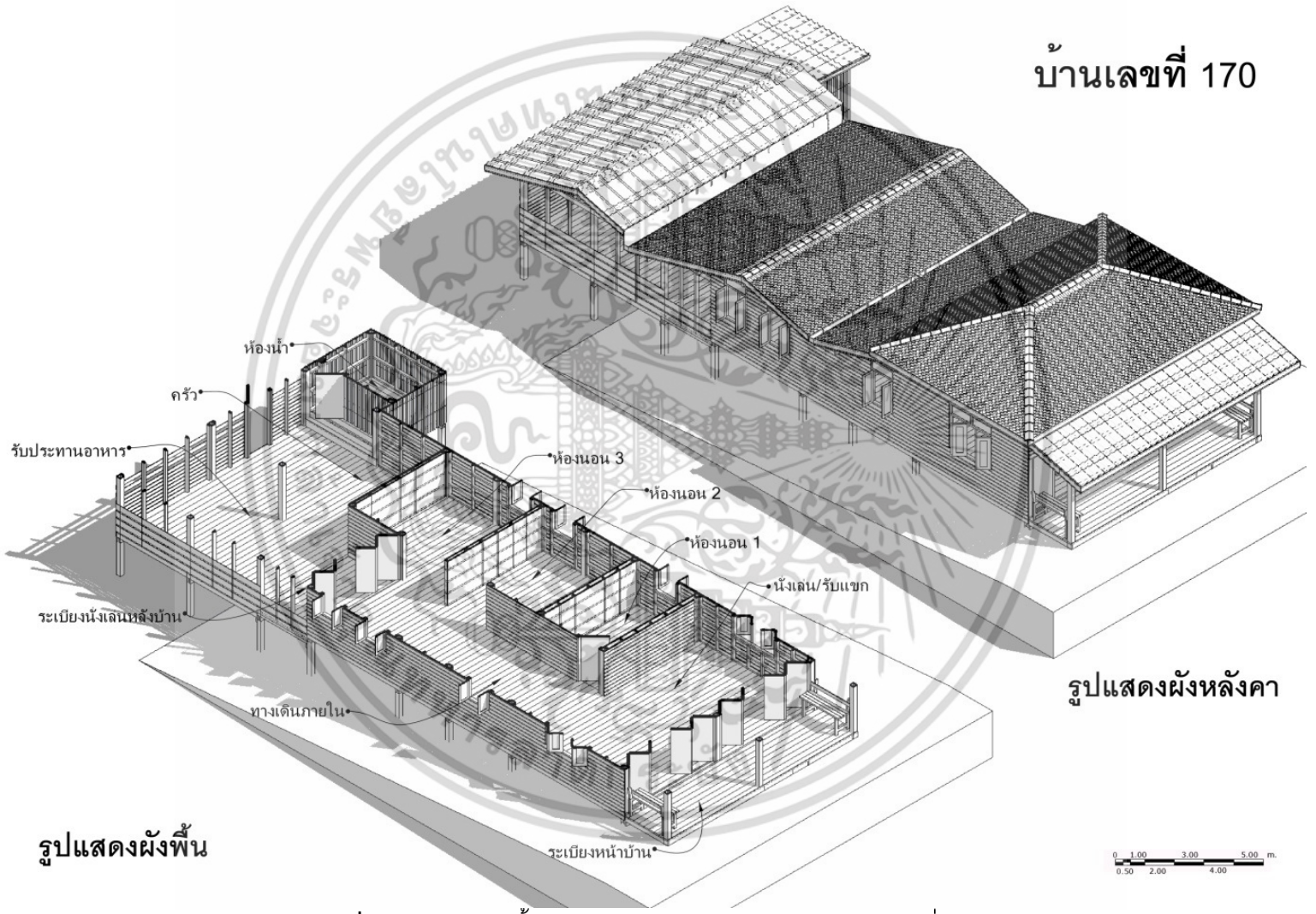
รูปที่ 3.8 แสดงพื้นที่บริเวณใต้หลังคาบ้านเลขที่ 170

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

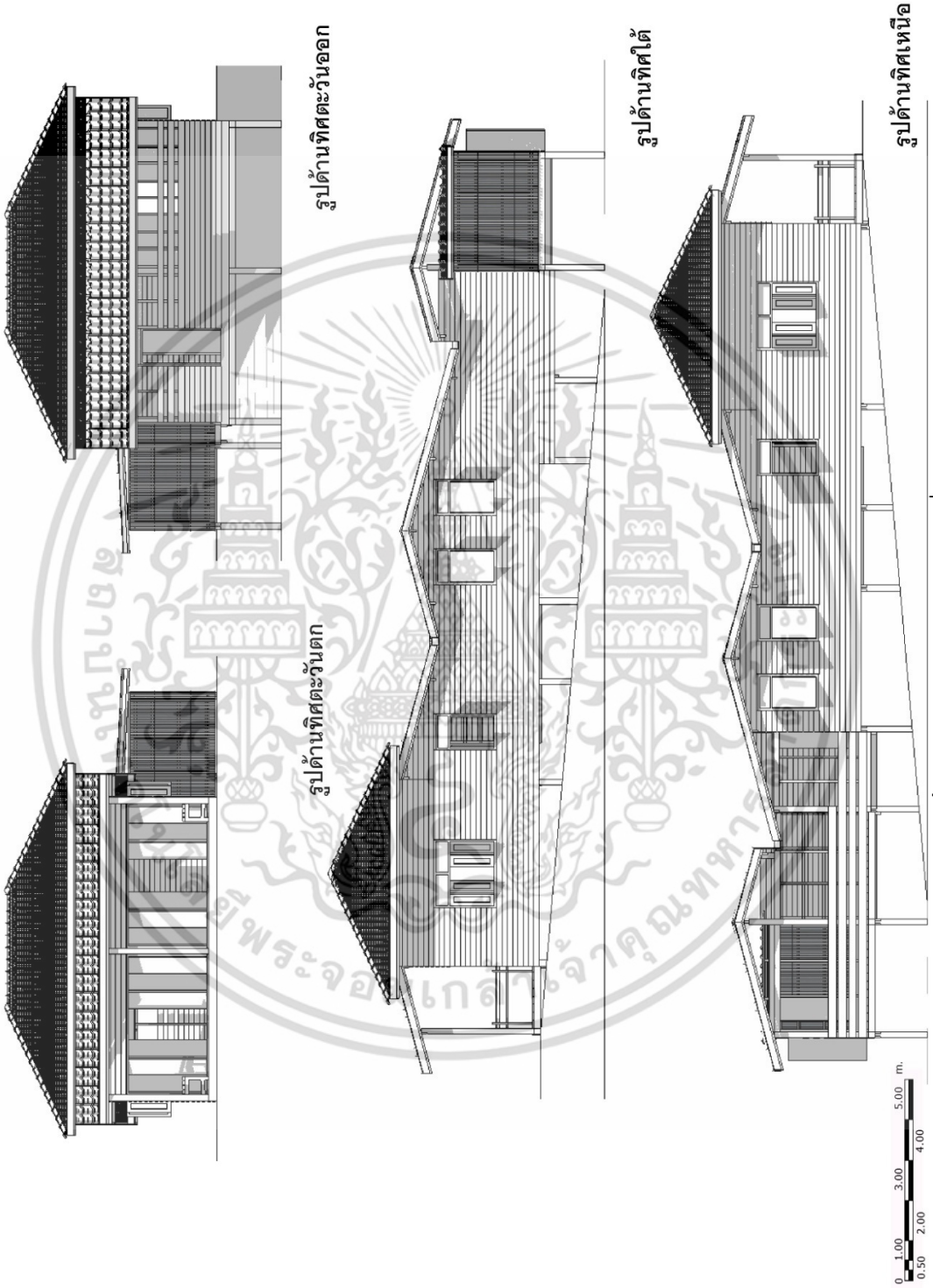


รูปที่ 3.9 แสดงผังพื้นและผังหลังคา บ้านเลขที่ 170

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 แสดงผังพื้นและผังหลังคาแบบไอโซเมตริก บ้านเลขที่ 170



รูปที่ 3.11 แสดงรูปด้าน บ้านแดงที่ 170

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 การตรวจวัดและบันทึกข้อมูลอุณหภูมิของบ้านตัวอย่าง

3.1.2.1 การเลือกเครื่องมือวัดเพื่อบันทึกข้อมูลอุณหูมิบ้านตัวอย่าง

จากกรอบแนวคิดงานวิจัยเกี่ยวกับการติดตั้งเครื่องมือวัดอุณหภูมิที่ผนังและที่ฝ้าเพดานในอาคารพักอาศัย เพื่อหาอุณหภูมิในรอบวันที่เกิดขึ้นจริง และนำข้อมูลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับขอบเขตความสบายที่หาได้จากสมการของ Auliciems และ Szokolay เพื่อนำข้อมูลมาตรวจสอบสภาวะความสบายของอาคารพักอาศัย จึงได้เลือกเครื่องมือวัดที่สามารถติดตั้งเพื่อวัดและบันทึกผลอุณหภูมิที่ผนังและที่ระดับฝ้าเพดานภายในบ้านตัวอย่างได้ตลอดระยะเวลาที่ต้องการเก็บข้อมูล โดย Hobo และ Opus เป็นเครื่องมือที่ใช้บันทึกผลอุณหภูมิตามที่ต้องการได้

3.1.2.2 เครื่องมือวัดอุณหภูมิ

1. Hobo รุ่น H08-007-02

Hobo เป็นเครื่องมือที่สามารถวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ได้ พร้อมช่องสายสัญญาณจากภายนอกเพิ่มเติมอีก 2 ช่อง เป็นรุ่นที่เหมาะกับการใช้ภายในเท่านั้น เนื่องจากไม่กันน้ำ หากจะใช้ภายนอกอาคารต้องอยู่ในที่ร่ม ไม่โดนฝน สามารถใช้วัดอุณหภูมิได้ตั้งแต่ -20 °c ถึง +70 °c ความแม่นยำ ±0.7 °c ความละเอียดละเอียด 0.4 °c และวัดความชื้นสัมพัทธ์ได้ตั้งแต่ร้อยละ 25 ถึง 95 ความแม่นยำร้อยละ ±5 น้ำหนักประมาณ 1 ออนซ์ มีน้ำหนักเบา ติดตั้งง่าย

ในการเก็บข้อมูลอุณหภูมิภายในบ้านตัวอย่าง เครื่องมือชนิดนี้ใช้สำหรับวัดอุณหภูมิภายในและภายนอก (ในร่ม/ไม่โดนฝน) บ้านตัวอย่าง โปรแกรมที่ใช้สำหรับตั้งค่าก่อนใช้งานและอ่านค่าหรือถ่านโอนข้อมูล ใช้โปรแกรม BoxCar Pro version 4.3.1.1

รูปที่ 3.12 แสดงเครื่องมือวัด Hobo รุ่น H08-007-02 พร้อมสายสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Data logger, OPUS200

OPUS200 เป็นเครื่องมือบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ มีช่องต่อรับสายสัญญาณ 2 ช่อง สำหรับต่ออุปกรณ์ตรวจวัด (Sensor) ได้หลายชนิดตามการใช้งาน โดยสามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ตรวจวัดชนิดต่างๆ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วลม สามารถต่อพ่วงกันได้ถึง 150 เครื่องในคราวเดียวกัน โดยจะนำมาทำการบันทึกข้อมูลในส่วนของการวัดอุณหภูมิผิวของผนังทางด้านทิศใต้และอุณหภูมิผิวระดับฝ้าเพดานของบ้านตัวอย่าง

สำหรับเครื่องมือวัดอุณหภูมิที่ใช้ต่อเชื่อมเข้ากับ OPUS200 นั้น ใช้สายเทอร์โมคัปเปิลแบบ K (Thermocouple Type K) เซนเซอร์สำหรับวัดอุณหภูมิ โดยใช้หลักการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ หรือความร้อนเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า ประกอบด้วย ลวดโลหะตัวนำ 2 ชนิดที่แตกต่างกันทางโครงสร้างของอะตอม นำมาเชื่อมปลายทั้ง 2 เข้าด้วยกัน โดยเทอร์โมคัปเปิลแบบ K เป็นลวดโลหะผสม Chromel (ขั้วบวก)และโลหะผสม Alumel (ขั้วลบ) สามารถวัดอุณหภูมิสูงสุด ประมาณ 1300 °c และที่อุณหภูมิต่ำสุด -250 °c โปรแกรมที่ใช้สำหรับตั้งค่าก่อนการใช้งานและอ่านผล รวมถึงถ่ายโอนข้อมูลของ OPUS200 ใช้โปรแกรม SmartControl 1.23

รูปที่ 3.13 แสดงเครื่องมือบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ (Data logger) OPUS200 พร้อมชุดหม้อแปลง สายเชื่อมข้อมูลกับคอมพิวเตอร์และสายตรวจวัดอุณหภูมิเทอร์โมคัปเปิลแบบ K

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3 Thermo-hygrometer, Rixen รุ่น TH-380

Rixen คือ เครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้นแบบมือถือ หรือพกพาได้ สามารถตรวจวัดค่าที่ต้องการและอ่านได้ทันที สามารถใช้วัดอุณหภูมิได้ตั้งแต่ -40 °c ถึง +85 °c ความแม่นยำ ±0.3 °c ความละเอียดละเอียด 0.1 °c และวัดความชื้นสัมพัทธ์ได้ตั้งแต่ร้อยละ 0 ถึง 100 ความแม่นยำร้อยละ ±2 ความละเอียดร้อยละ 0.1 เครื่องมือนี้ใช้สำหรับตรวจสอบสภาพอากาศเบื้องต้นของบ้านตัวอย่าง รวมถึงใช้สำหรับตรวจทานความแม่นยำของเครื่องมือวัดชนิดอื่นในเบื้องต้นได้

รูปที่ 3.14 แสดง Thermo-hygrometer, Rixen รุ่น TH-380

3.1.2.3 การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของเครื่องมือวัด

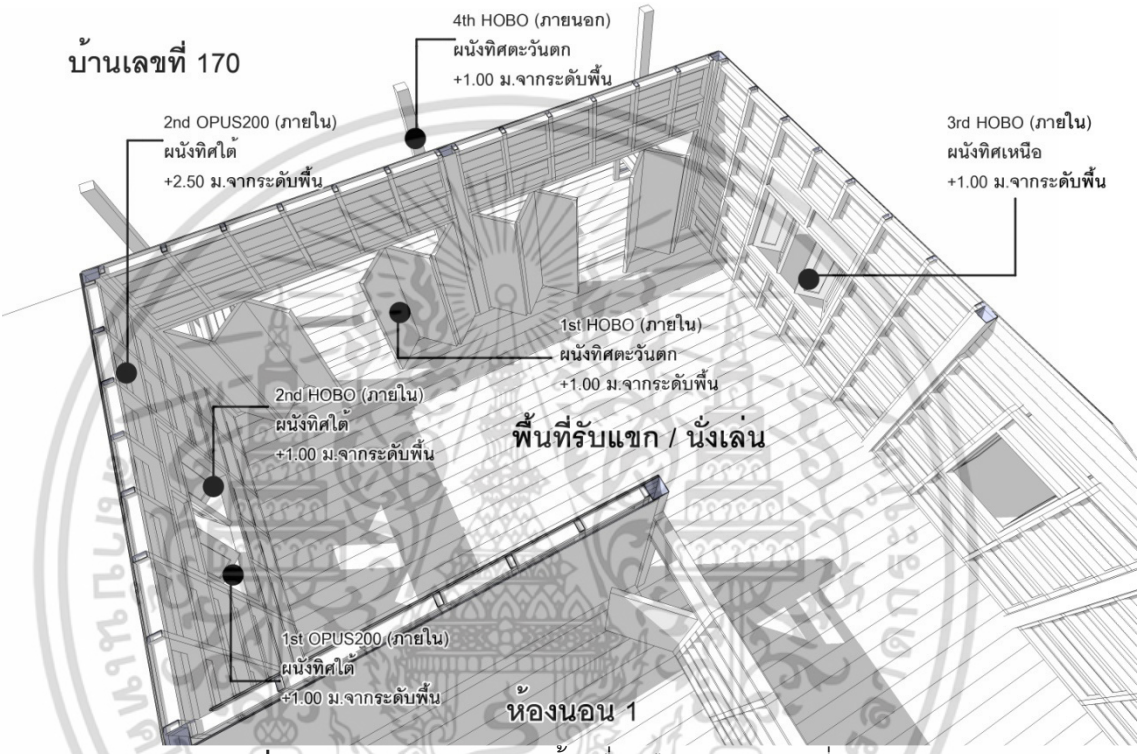
เครื่องมือวัดทุกชนิดได้ทำการตรวจสอบสอบความน่าเชื่อถือของและปรับตั้งค่าให้ได้มาตรฐานการวัดที่ตรงกันแล้ว ตามมาตรฐานการใช้งานของเครื่องมือวัดแต่ละชนิด

3.1.2.4 การติดตั้งเครื่องมือวัด

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าทิศที่ได้รับผลกระทบความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์มากที่สุดคือทิศตะวันตก หรือทิศตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งบ้านตัวอย่างที่คัดเลือกมาเพื่อติดตั้งเครื่องมือวัดมีลักษณะการจัดผังบริเวณ โดยวางตัวอาคารตามทอดยาวขนานกับทิศใต้ ผนัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาคารของบ้านตัวอย่างทางด้านทิศใต้จึงมีพื้นที่ในการรับความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์มากที่สุด ดังนั้นข้อมูลอุณหภูมิที่ต้องการเก็บบันทึกมีดังนี้ อุณหภูมิภูมิอากาศภายนอกเรือน (ในที่ร่ม) อุณหภูมิภูมิอากาศภายในเรือน อุณหภูมิผิวผนังภายในอาคารด้านทิศใต้ และอุณหภูมิระดับฝ้าเพดาน จึงกำหนดให้ติดตั้งเครื่องมือวัดอุณหภูมิในบ้านตัวอย่าง โดยพิจารณาตำแหน่งการติดตั้งไม่ให้เป็นการรบกวนกิจวัตรประจำวันของสมาชิกภายในบ้าน โดยมีตำแหน่งตามรูปที่ 3.15 ดังนี้



รูปที่ 3.15 แสดงตำแหน่งติดตั้งเครื่องมือวัด บ้านเลขที่ 170

3.1.3 **การหาความสบายที่เหมาะสมทางอุณหภูมิของอำเภอเถิน**

การหาความสบายที่เหมาะสมทางอุณหภูมิใช้วิธีการของ Auliciems และ Szokolay (1981) เนื่องจากเป็นวิธีการที่เหมาะสมกับการหาสภาวะความสบายในเขตร้อนชื้น[18]

[18] Auliciems, Andris and Szokolay, Steven V. (1997). Thermal Comfort. Queensland : The University of Queensland Printery.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3.1 การหาขอบเขตสภาวะความสบายด้วยวิธีการของ Auliciems และ Szokolay (1981)

วิธีการของ Auliciems และ Szokolay (1981) คำนวณหาอุณหภูมิที่เหมาะสมได้โดยการใส่ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิในช่วงเวลาที่ต้องการหาขอบเขตความสบาย (To.av.) ลงในสมการที่กำหนดให้ ดังนี้

$$Tn. = 17.6 + (0.31 \times To.av.)$$

โดยที่ Tn. = อุณหภูมิที่เหมาะสม (Neutrality Temperature)

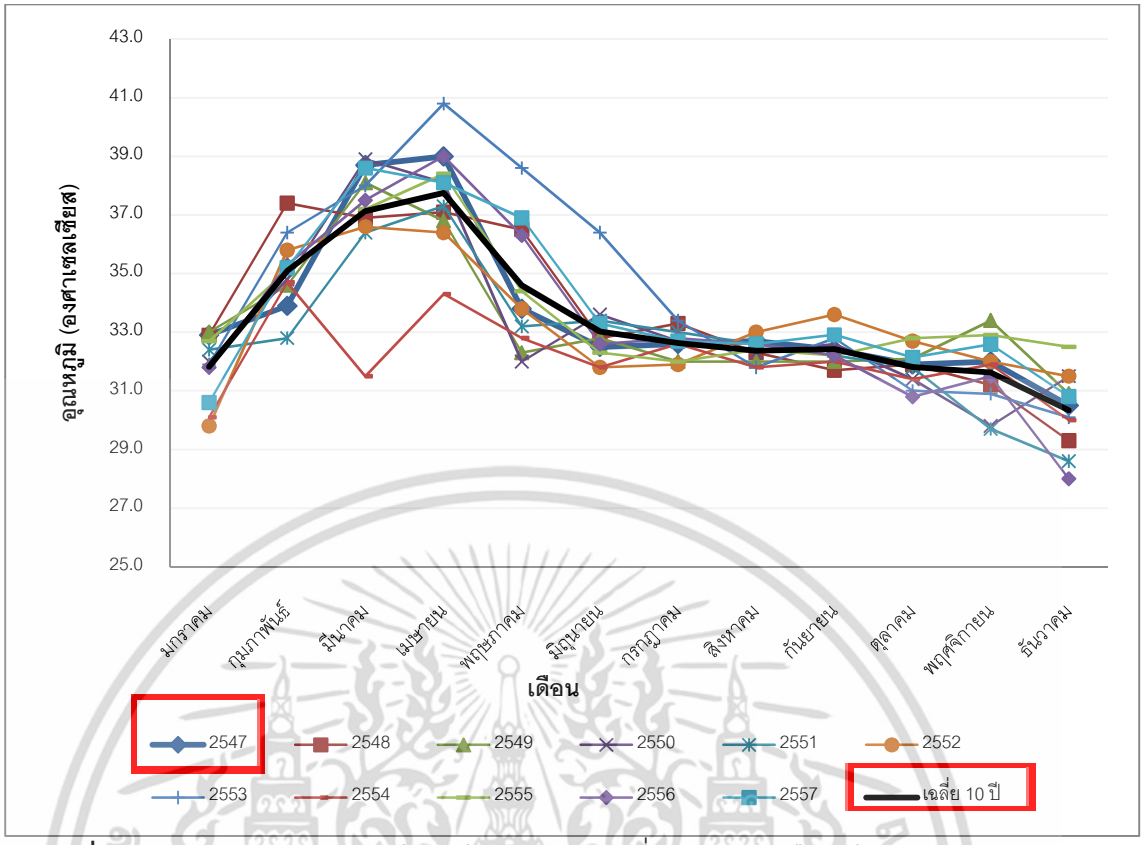
To.av. = ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิในช่วงเวลาที่ต้องการหาขอบเขตความสบาย (Mean Temperature มี 2 ค่า คือ Mean Max Temperature และค่า Mean Min Temperature)

3.1.3.2 ข้อมูลสำหรับการหาขอบเขตสภาวะความสบายด้วยวิธีการของ Auliciems และ Szokolay

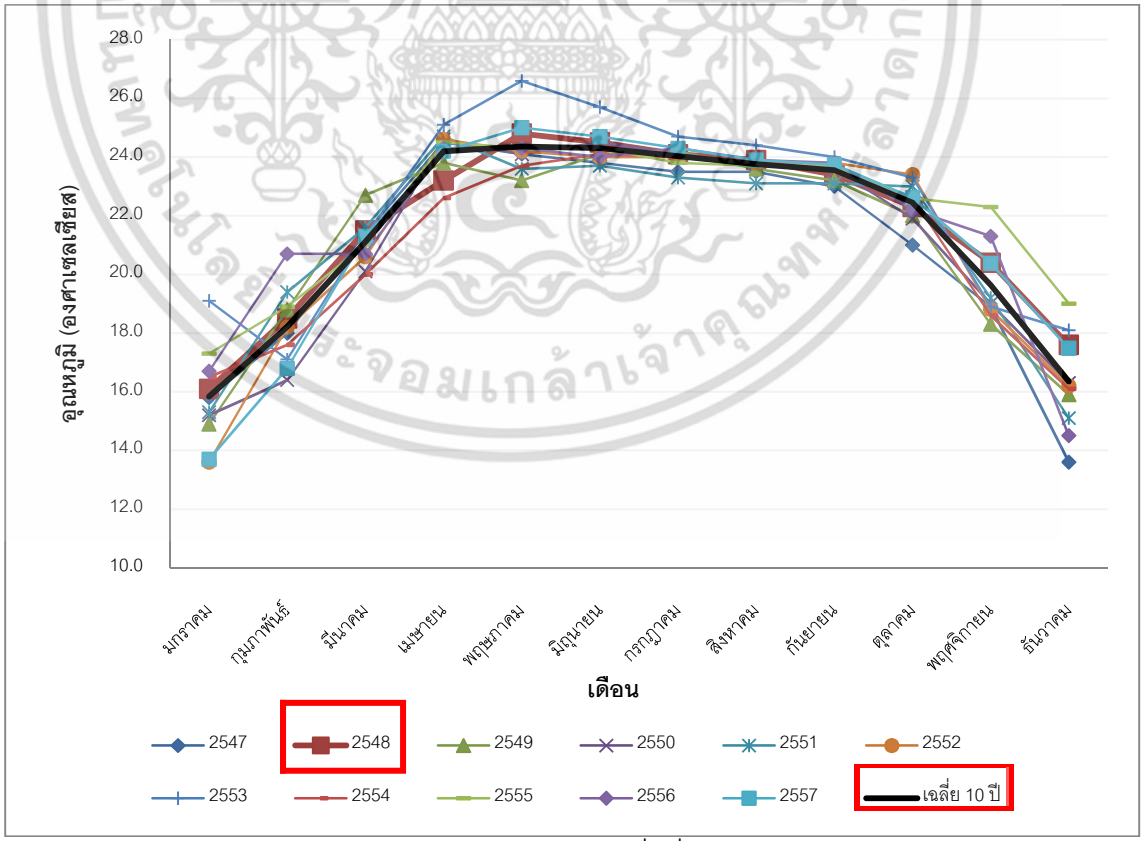
ข้อมูลสำหรับการหาขอบเขตสภาวะความสบายด้วยวิธีการของ Auliciems และ Szokolay ได้แก่ ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิในช่วงเวลาที่ต้องการหาขอบเขตความสบาย (To.av.) ซึ่งค่าเฉลี่ยอุณหภูมินั้นมี 2 ค่า คือ ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด (Mean Max Temperature) และค่าอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุด (Mean Min Temperature)

ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิตลอดทั้งปี ทั้งค่าอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดและค่าอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุด เลือกมาจากข้อมูลของปีที่มีค่านั้นๆ ใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยอุณหภูมิทั้ง 10 ปี *(ปรีชญา รังสิรักษ์,* 2545) ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547 - 2557 ของสถานีอุตุนิยมวิทยาเถิน ดังที่แผนภูมิเส้นรูปที่ 3.16 และ 3.17 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดและอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดรายเดือน ปี พ.ศ. 2547-2557



รูปที่ 3.17 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดรายเดือน ปี พ.ศ. 2547-2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดรายเดือน และอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดรายเดือน ของปี พ.ศ. 2547-2557 กับอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดรายเดือน และอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดรายเดือน ของแต่ละปี พบว่า อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนของปี พ.ศ. 2547 (ในกรอบสีแดงตามรูปที่ 3.16) ใกล้เคียงกับอุณหภูมิเฉลี่ย 10 ปีมากที่สุด และอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดของปี พ.ศ. 2548 (ในกรอบสีแดงตามรูปที่ 3.17) ใกล้เคียงกับอุณหภูมิเฉลี่ย 10 ปีมากที่สุด จึงเลือกใช้อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดในปี พ.ศ. 2547 แทนค่า To.av. mean max temperature และใช้อุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดในปี พ.ศ. 2548 แทนค่า To.av. mean min temperature

อุณหภูมิเฉลี่ยของช่วงเวลาที่ต้องการหาขอบเขตความสบายแบ่งเป็น 2 ฤดูกาล คือ ฤดูร้อน ตั้งแต่ช่วงต้นเดือน มีนาคมถึงปลายเดือนกันยายน และฤดูหนาว ตั้งแต่ช่วงต้นเดือนตุลาคม ถึงปลายเดือนกุมภาพันธ์ จึงกำหนดค่า To.av. โดยมีรายละเอียดตามตารางที่ 3.2 ดังนี้

ตารางที่ 3.2 แสดงการกำหนดค่า To.av. เพื่อใช้ในการคำนวณหาขอบเขตความสบาย

To.av.	ตลอดปี	ฤดูร้อน	ฤดูหนาว
Mean Max Temp. (°C)	33.6	34.5	32.2
Mean Min Temp. (°C)	21.7	23.6	19.0
Formula	Tn. = 17.6 + (0.31xTo.av.)		

วิธีการตรวจสอบสภาวะสบายของบ้านตัวอย่าง

การตรวจสอบสภาวะความสบายของบ้านตัวอย่างที่ทำการติดตั้งเครื่องมือมือวัดทำได้โดยการเปรียบเทียบอุณหภูมิที่วัดได้จริงกับขอบเขตความสบายที่หาได้ด้วยวิธีการคำนวณเพื่อพิจารณาสภาวะความสบายภายในรอบวันที่เกิดขึ้นจริงในบ้านตัวอย่าง

3.2 วิธีการจำลองการปรับปรุงอาคารด้วยมวลอุณหภาพของส่วนประกอบต่าง ๆ ของอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

จากกรอบแนวคิดเกี่ยวกับแนวทางการปรับปรุงอาคารพักอาศัยที่ได้ติดตั้งเครื่องมือวัดโดยนำมาจำลองผลการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ มีขั้นตอนดำเนินการดังนี้

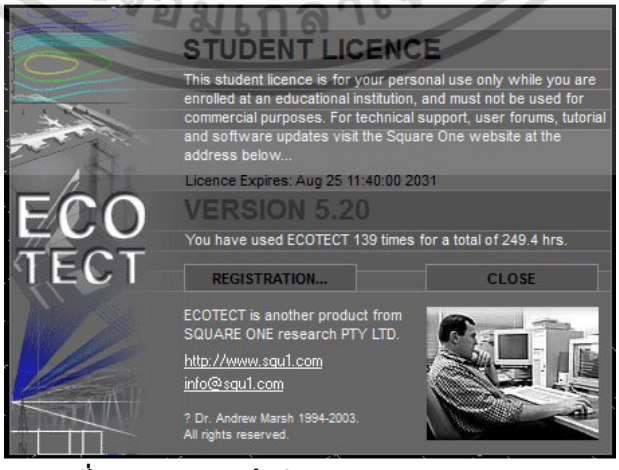
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1 การเลือกโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการจำลองการปรับปรุงอาคารด้วยมวลอุณหภาพ

การจำลองการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนัง หลังคาและฝ้าเพดานั้นต้อง ใช้การเปรียบเทียบคุณสมบัติของมวลอุณหภาพของวัสดุต่างๆ ในการหน่วงความร้อนในช่วงเวลา 1 วัน ซึ่งต้องทำการเปรียบเทียบอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกอาคารพักอาศัยตลอดช่วงเวลา 1 วัน ซึ่งมีโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สามารถ สร้างวัสดุเพื่อจำลองการถ่ายเทความร้อนได้หลายโปรแกรม

ในงานวิจัยนี้เลือกใช้โปรแกรม Ecotect V.5.20 รุ่นสำหรับนักศึกษาใช้ในสถานศึกษา เนื่องจากเป็นโปรแกรมที่สามารถสร้างหุ่นจำลองของอาคารได้ในขั้นตอนที่ไม่ยุ่งยาก และสามารถวิเคราะห์สิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการใช้พลังงานของอาคารได้ โดยมีความโดดเด่นตรงการผสมผสานระหว่างการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการจำลองและแสดงผลในรูปแบบที่เข้าใจง่าย

โปรแกรม Ecotect V.5.20 เป็นโปรแกรมที่มีหลักการใช้งานรูปแบบ BIM (Building Information Modeling) โดยการเชื่อมต่อข้อมูลสภาพอากาศและการใช้งานด้วยระบบฐานข้อมูลส่วนกลาง และมีความสามารถในการวิเคราะห์สิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการใช้พลังงานของอาคารแบบต่างๆ ได้ เช่น การการวิเคราะห์พลังงานทั้งอาคาร การวิเคราะห์สถานที่ก่อสร้างทางด้านมุมมอง การคำนวณค่าคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ทั้งของอาคาร การคำนวณการใช้น้ำทั้งของอาคาร การคำนวณกำลังความร้อนและความเย็นในอาคาร การแสดงภาพจำลองแสงแดดกับอาคาร การวิเคราะห์ปัจจัยแสงสว่างในช่วงเวลากลางวันและระดับความเข้มของแสงสว่างของอาคารและการแสดงเงาและการสะท้อนของอาคาร ซึ่งงานวิจัยนี้ใช้ความสามารถของโปรแกรมในการคำนวณกำลังความร้อนและความเย็นในอาคาร (Thermal Performance) โดยสามารถวิเคราะห์ผลกระทบของการถ่ายเทความร้อนกับพื้นที่ วัสดุ และส่วนประกอบต่างๆ ของอาคาร



รูปที่ 3.18 แสดงหน้าโปรแกรม Ecotect V.5.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การสำรวจ คัดเลือกวัสดุ และพิจารณาเพื่อนำมาเป็นแบบจำลองของส่วนประกอบอาคารเพื่อการจำลองการใช้มวลอุณหภาพในการหน่วงความร้อน

3.2.2.1 วัสดุเดิมของส่วนประกอบอาคารภายในพื้นที่

จากการสำรวจบ้านตัวอย่างพบว่า ลักษณะของวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างของบ้านตัวอย่างส่วนใหญ่ใช้ไม้เป็นส่วนประกอบหลักของบ้านในส่วนของพื้น และผนัง ในขณะที่หลังคามีการใช้ทั้ง หลังคากระเบื้องลอนคู่ กระเบื้องสังกะสี กระเบื้องปูนลูกฟูก กระเบื้องเกล็ดปลา และกระเบื้องดินขอ โดยกระเบื้องลอนคู่เป็นวัสดุมุงหลังคาที่นิยมใช้มากที่สุด ไม่นิยมทำฝ้าเพดาน นิยมปล่อยโล่งจนโมงเห็นโครงหลังคา ในส่วนของตอม่อฐานรากนิยมใช้ตอม่อคอนกรีต

3.2.2.2 การสำรวจและการพิจารณาเลือกวัสดุเพื่อนำมาเป็นแบบจำลองของส่วนประกอบอาคารเพื่อในการจำลองการใช้มวลอุณหภาพในการหน่วงความร้อนภายในพื้นที่

ปัจจัยที่ส่งผลต่อมวลอุณหภาพของวัสดุ ได้แก่ ความหนา ความหนาแน่น และความจุความร้อนจำเพาะ เมื่อนำวัสดุมาประกอบกันเป็นส่วนประกอบของอาคาร เช่น ผนัง หรือหลังคา มวลอุณหภาพของวัสดุแต่ละชนิดจะส่งผลต่อระยะเวลาในการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง หลังคานั้นๆ ซึ่งสามารถเรียกว่าเป็นการหน่วงความร้อนหรือชะลอความร้อนได้ โดยวัสดุนั้นต้องมีให้เห็นทั่วไปตามท้องตลาดและร้านวัสดุก่อสร้าง มีความนิยมโดยทั่วไปในประเทศไทยและอำเภอเถินในการใช้ก่อสร้างผนัง มีความเหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศในประเทศไทยและอำเภอเถิน รวมถึงมีความสามารถในการใช้งานในการก่อสร้างจริง

จากสำรวจอาคารพักอาศัยในพื้นที่อำเภอเถิน ตามที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 2 งานวิจัยนี้เลือกใช้วัสดุที่นิยมในการก่อสร้างทั่วไปในอำเภอเถิน ได้แก่ ไม้ (วัสดุเดิม) อิฐมอญ คอนกรีตบล็อก คอนกรีตมวลเบา แผ่นยิบซัมบอร์ด ฉนวนใยแก้วและแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ เป็นวัสดุหลักเพื่อนำมาประกอบเป็นส่วนประกอบของอาคารรูปแบบต่างๆ ตามวิธีการก่อสร้างที่นิยมในพื้นที่อำเภอเถิน โดยพิจารณาจากแนวทางการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างและฉนวนเพื่อการอนุรักษ์พลังงานของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน ตามตารางที่ 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 แสดงรายละเอียดของวัสดุภายในพื้นที่ที่ใช้ในการก่อสร้างส่วนประกอบอาคารต่างๆ

รูปแบบทางกายภาพ	ไม้เนื้อแข็ง	อิฐมอญ	คอนกรีตบล็อก	อิฐมวลเบา	ยิบซัมบอร์ด (ชนิดกันความร้อน)
ราคาต่อหน่วย(บาท)	vary	0.6	4.5	25.21-37.80	230
ราคารวมต่อ ตร.ม. (บาท)	vary	100-190	200	315-412	23
ค่าวัสดุ+ค่าแรง/ตร.ม. (บาท)	vary	425-440	390	450-646	320
ขนาด (Volume) (cm^3)	vary	7x16x3.5	7x19x39	7.5x20x60	0.12x120x240
ความหนาแน่น (kg/m^3)	600	1615-1650	765	550-640	80
จำนวนก้อนต่อ ตร.ม. (ก้อน.แผ่น)	-	145	14	8	0.35
น้ำหนักต่อ ตร.ม. (kg/m^2)	22	130	90	46.5	8.33
น้ำหนักรวมปูนฉาบต่อ ตร.ม. (kg/m^2)	-	200	130	90-100	30-35
ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม "Q" (Thermal transfer) ($Watt/m^2$)	-	30-45	-	32-45 15	-
ค่าการนำความร้อน "K" (Conductivity -K value) (W/m.K)	0.176	0.473	0.519	0.089-0.132	0.14-0.19
ค่าการต้านทานความร้อน "R" (Resistivity - R value) (m^2K/W)	vary	0.15	0.149	0.58	0.04
*สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม "U" (Overall Heat Transfer Coefficient - U value) (W/m^2K)	vary	6.67	6.71	1.72	-
ค่าความจุความร้อน "C" (Thermal Capacity) (J/kg.K.)	1300	800-1000	-	น้อยกว่าอิฐมอญ 2.5 เท่า	840
ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัว	-	$4.6x10^{-6}$	$4.5x10^{-6}$	$8x10^{-6}$	0.14-0.19
(Thermal Expansion/°C)	-	-	-	0.13	-
การหดตัวเมื่อแห้ง	-	1.8	0.8	0.2	-
การต้านทานแรงอัด ($kg./cm^2$)	-	35 $kg./cm^2$	-	40-50	-
ความแข็งแรงทางกล $(kg./cm)^2$	-	-	-	23	-
การกันเสียง (dB)	-	36-40	-	38-43	35-65
*สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม "U" (Overall Heat Transfer Coefficient - U value) ไม่มีอยู่ในตารางต้นฉบับ จึงใช้ส่วนกลับของค่าความต้านทานความร้อน R หรือ 1/R เพื่อคำนวณค่า					

ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน (2558)

ตารางที่ 3.3 (ต่อ)

รูปแบบทางกายภาพ	ไม้เนื้อแข็ง	อิฐมอญ	คอนกรีตบล็อก	อิฐมวลเบา	ยิบซัมบอร์ด (ชนิดกันความร้อน)
การทนไฟ (ชั่วโมง)	-	0.5-2	-	4	1/2 - 4
การปลอดกลิ่น	ไม่มีกลิ่น	ไม่มีกลิ่น	ไม่มีกลิ่น	-	ไม่มีกลิ่น
ความต้านทานแมลง เชื้อรา และความปลอดภัยต่อธรรมชาติ	-	-	-	-	ไม่ขึ้นราเนื่องจากผสมสารกันเชื้อรา
อัตราการซึมน้ำ (%)	-	30-40%	30%	30%	-
การยืดหดตัวของวัสดุ (มม./ม.)	-	0.18	-0.8	0.2	-
จำนวนผู้ผลิต	มาก	มาก	มาก	มาก	มาก
ปริมาณการผลิตเทียบกับความต้องการ	-	เพียงพอ	เพียงพอ	กำลังผลิตไม่เพียงพอ	เพียงพอ
ขั้นตอนการก่อสร้าง	ง่าย	ง่าย	ง่าย	ต้องการช่างเฉพาะ	ง่าย สะดวก
การบำรุงรักษา	ง่าย	ง่าย	ง่าย	ง่าย	ง่าย
อายุการใช้งาน	มากกว่า 50 ปี	มากกว่า 50 ปี	มากกว่า 50 ปี	ยังไม่คงที่	-
ข้อดี	สวยงาม	เป็นที่ยอมรับทั่วไป	แข็งแรง	คุณภาพคงที่	ป้องกันความร้อนและเสียงรบกวน
	ไม่เป็นพิษ	แข็งแรง , ทน	ราคาถูก	น้ำหนักรวมน้อย	ประหยัด
	ช่างชำนาญ	มีคุณสมบัติในการป้องกันความร้อน	มีช่องอากาศที่ช่วยลดความร้อนได้	ป้องกันความร้อนดี	ง่ายต่อการรักษา
	น้ำหนักน้อย	ไม่เป็นพิษ			ทนไฟไม่ลามไฟ
	ยืดหยุ่นสูง	ช่างชำนาญ			สะดวก ติดตั้งง่าย
		ราคาถูก			
		หาซื้อง่าย			
ข้อเสีย	ราคาแพง	คุณภาพและขนาดไม่แน่นอน	อายุการใช้งานไม่มีการยืนยัน	ไม่ค่อยแข็งแรง	หากชื้นมากจะบิดงอ เปลี่ยนรูป
	เริ่มหายาก	ใช้เวลานานในการก่อสร้าง	ต้องใช้ปูนฉาบเฉพาะ	ไม่ทนน้ำ	อาจมีรา หากขาดการป้องกัน
	บิด งอ ตามธรรมชาติ	เสียหายขณะขนส่ง		ราคาสูง	
		น้ำหนักมาก		ขั้นตอนการก่อสร้างยุ่งยาก	
		ขาดแคลนช่วงฤดูฝน		ผู้ผลิตน้อย เกิดการผูกขาดทางการตลาด	

ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน (2558)

ตารางที่ 3.4 แสดงรายละเอียดของวัสดุฉนวนในพื้นที่ที่ใช้ในการก่อสร้างส่วนประกอบอาคารต่างๆ

รูปแบบทางกายภาพ	ฉนวนใยแก้ว	อลูมิน้ัมฟอยล์	รูปแบบทางกายภาพ	ฉนวนใยแก้ว	อลูมิบั้มฟอยล์
ราคาต่อหน่วย(บาท)	165	2700-4500	การทนไฟ	ใยแก้วไม่ติดไฟ แต่ตัวประสานติดไฟได้	ชะลอการลามไฟ
ราคารวมต่อ ตร.ม. (บาท)	75	40-60	การปลอดกลิ่น	ไม่มีกลิ่น	ไม่มีกลิ่น
ค่าวัสดุ+ค่าแรง/ตร.ม. (บาท)	95	80	การทานต่อการกัดกร่อน	ไม่กัดกร่อนโลหะ	ทนกรด ด่าง สารเคมี
ขนาด (Volume) (cm³)	5 x 60 x 400	หนา x 125 x6000	ความต้านทานแมลง เชื้อรา	ไม่ขึ้นรา	ไม่ขึ้นรา
หนา x กว้าง x ยาว	>50 มม. (หุ้ม)	หนา x 150 ไมครอน	และความปลอดภัยต่อธรรมชาติ		
cm. x cm. x cm.	>50 มม. (ปู)		อัตราการซึมน้ำ (%)	< 3 %	
	>75 มม. (ปู)		การยืดหดตัวของวัสดุ (มม./ม.)	คืนรูปดีไม่หดตัว แต่เมื่อหมดอายุการ	ไม่หดตัว แต่จะเสียรูป หรือหย่อน
	>50 มม. (แผ่น)			ใช้งาน	เนื่องจากการติดตั้งไม่ดี
น้ำหนักต่อ ตร.ม. (kg/m²)	0.5-0.8	0.25	จำนวนผู้ผลิต	มาก	ค่อนข้างน้อย
ค่าอุณหภูมิใช้งานที่เหมาะสม (°C)	- 51 ถึง 204		ปริมาณการผลิตเทียบกับความต้องการ	เพียงพอ	เพียงพอ
ความหนาแน่น (kg/m³)	16		ขั้นตอนการก่อสร้าง	ง่าย	ง่าย
	>64 มม. (หุ้ม)		การบำรุงรักษา	-	ทำความสะอาดได้
	>24 มม. (ปู)		อายุการใช้งาน	ประมาณ 5-8 ปี	-
	>16 มม. (ปู)				
	>32 มม. (แผ่น)		ข้อดี	มีคุณสมบัติฉนวนที่ดี	ทน UV ไม่ติดไฟ
วัสดุปิดผิว	อลูมิเนียมฟอยล์			หาซื้อง่าย	ป้องกันการกัดกร่อนของสนิม
ค่าการสะท้อนความร้อน (%)	95	95		ติดตั้งง่าย	น้ำหนักเบา
การดูดกลืนความร้อน (%)	5	5		มีรูปแบบให้เลือกมาก	
ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม "Q"	1.451 (ปู)		ข้อเสีย	น้ำหนักมาก	ถ้ามีฝุ่นเกาะคุณสมบัติจะลดลงเรื่อยๆ
(Thermal transfer) (Watt/m²)	0.696 (ปู)			เป็นสารก่ออันตรายต่อร่างกาย และสภาแวดล้อม	
	1.539 (แผ่น)				
ค่าการนำความร้อน "K"	0.0365			ย่อยสลายไม่ได้	
(Conductivity -K value) (W/m.K)	0.035 (ปู)			มีกลิ่น	
	0.0365 (ปู)			สัตว์เล็กทำรังภายใน	
	0.033 (แผ่น)			เมื่อชื้นคุณสมบัติจะลดลง	
ค่าการต้านทานความร้อน "R"	1.392			ตัวประสาน (Binder)ลุกไหม้ได้	
(Resistivity - R value) (m²K/W)					
*สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม "U"	0.72				
(Overall Heat Transfer Coefficient - U value) (W/m²K)					
ค่าความจุความร้อน "C"	0.04				
(Thermal Capacity) (J/kg.K.)					

*สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม "U" (Overall Heat Transfer Coefficient - U value)
ไม่มีอยู่ในตารางต้นฉบับ จึงใช้ส่วนกลับของค่าความต้านทานความร้อน R หรือ 1/R เพื่อคำนวณค่า

ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน (2558)

3.2.3 การจำลองการปรับปรุงอาคารด้วยมวลอุณหภาพของส่วนประกอบต่างๆ ของอาคารด้วยโปรแกรม Ecotect V.5.20

3.2.3.1 การเตรียมข้อมูลสำหรับโปรแกรม Ecotect V.5.20

3.2.3.1.1 ข้อมูลสภาพอากาศ

งานวิจัยนี้เลือกใช้ข้อมูลสภาพอากาศแบ่งเป็น 2 ชุดสำหรับโปรแกรม Ecotect V.5.20 ดังนี้

1. ข้อมูลสภาพอากาศจากสถานีอุตุนิยมวิทยาเถิน วันที่ 29 พฤษภาคม พ.ศ. 2558 ยกเว้นข้อมูลการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ ที่สถานีอุตุนิยมวิทยาเถินไม่ได้มีการเก็บบันทึกไว้จึงใช้ข้อมูลของสถานีอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพมหานคร ซึ่งเป็นสถานีที่ใกล้ที่สุดที่มีการเก็บบันทึกไว้แทน

2. ข้อมูลสภาพอากาศจากสถานีอุตุนิยมวิทยาเถินปี พ.ศ. 2557 เนื่องจากเป็นปีล่าสุดที่ได้มีการบันทึกข้อมูลสภาพอากาศครบทั้งปี ยกเว้นข้อมูลการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ที่สถานีอุตุนิยมวิทยาเถินไม่ได้มีการเก็บบันทึกไว้จึงใช้ข้อมูลของสถานีอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพมหานคร ซึ่งเป็นสถานีที่ใกล้ที่สุดที่มีการเก็บบันทึกไว้แทน

โดยข้อมูลสภาพอากาศที่จำเป็นต้องมีสำหรับการใช้งานโปแกรม Ecotect V.5.20 มีดังนี้

- อุณหภูมิอากาศ (Air Temperature) (°C)
- ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ (Relative Humidity) (ร้อยละ)
- ปริมาณการแผ่รังสีตรงของดวงอาทิตย์ (Direct Solar Radiation) (Wh)
- ปริมาณการแผ่รังสีกระจายของดวงอาทิตย์ (Diffuse Horizontal Solar Radiation) (Wh)
- ความเร็วลม (Wind Speed) (Km/h)

ข้อมูลอุณหภูมิอากาศใช้ข้อมูลอุณหภูมิอากาศ ปี พ.ศ. 2557 ของสถานีอุตุนิยมวิทยาเถิน (2557) ดังตัวอย่างข้อมูลของเดือนมกราคมในตารางที่ 3.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.5 แสดงตัวอย่างข้อมูลอุณหภูมิอากาศราย 3 ชั่วโมงของเดือนมกราคม ปี พ.ศ. 2557

อุณหภูมิตุ้มแห้ง(เซลเซียส)
ราย 3 ชั่วโมง

ที่	รหัสสถานี-สถานี-จังหวัด	วันที่	เวลาทำการตรวจ								เฉลี่ย
			0100	0400	0700	1000	1300	1600	1900	2200	
1	328202-เถิน จ.ลำปาง	1/1/2014	15.5	14.3	13.8	21.7	28.5	28.8	22.8	18.4	20.5
2	328202-เถิน จ.ลำปาง	2/1/2014	16.0	14.8	13.8	22.0	28.0	30.4	24.5	19.7	21.2
3	328202-เถิน จ.ลำปาง	3/1/2014	17.6	16.0	15.5	22.9	29.9	31.8	26.2	21.8	22.7
4	328202-เถิน จ.ลำปาง	4/1/2014	18.8	17.8	17.0	22.5	30.0	32.1	26.3	22.3	23.4
5	328202-เถิน จ.ลำปาง	5/1/2014	19.3	18.4	17.3	24.4	29.7	30.4	25.1	21.4	23.3
6	328202-เถิน จ.ลำปาง	6/1/2014	18.7	17.7	17.1	23.5	29.2	32.3	26.7	22.0	23.4
7	328202-เถิน จ.ลำปาง	7/1/2014	19.3	17.7	16.2	23.0	31.0	34.0	26.4	20.6	23.5
8	328202-เถิน จ.ลำปาง	8/1/2014	18.6	16.4	15.4	22.2	30.8	33.7	25.9	20.2	22.9
9	328202-เถิน จ.ลำปาง	9/1/2014	18.0	16.2	15.8	23.0	30.8	32.1	26.1	22.1	23.0
10	328202-เถิน จ.ลำปาง	10/1/2014	19.3	18.4	17.5	23.8	29.0	30.1	25.5	21.8	23.2
11	328202-เถิน จ.ลำปาง	11/1/2014	19.0	18.5	17.0	24.8	30.6	31.8	24.7	19.7	23.3
12	328202-เถิน จ.ลำปาง	12/1/2014	16.7	16.5	15.4	23.3	30.2	31.0	24.5	19.8	22.2
13	328202-เถิน จ.ลำปาง	13/1/2014	16.8	15.4	15.0	24.4	28.9	30.1	24.4	19.4	21.8
14	328202-เถิน จ.ลำปาง	14/1/2014	17.0	16.1	15.6	24.7	26.8	28.5	23.5	18.3	21.3
15	328202-เถิน จ.ลำปาง	15/1/2014	15.7	14.6	13.8	21.3	25.7	27.2	22.2	17.3	19.7
16	328202-เถิน จ.ลำปาง	16/1/2014	15.1	14.2	12.9	18.8	25.5	28.3	22.3	17.6	19.3
17	328202-เถิน จ.ลำปาง	17/1/2014	14.3	13.1	12.2	20.6	28.0	29.1	22.8	17.4	19.7
18	328202-เถิน จ.ลำปาง	18/1/2014	15.4	13.4	13.1	23.6	26.9	27.5	22.6	17.5	20.0
19	328202-เถิน จ.ลำปาง	19/1/2014	15.0	15.0	14.9	22.1	24.0	24.1	21.8	16.1	19.1
20	328202-เถิน จ.ลำปาง	20/1/2014	13.0	11.8	10.4	20.0	26.3	27.2	22.0	17.0	18.5
21	328202-เถิน จ.ลำปาง	21/1/2014	14.3	13.9	14.5	22.2	24.7	25.8	21.2	16.5	19.1
22	328202-เถิน จ.ลำปาง	22/1/2014	14.1	12.6	11.6	20.2	24.8	25.2	20.2	15.5	18.0
23	328202-เถิน จ.ลำปาง	23/1/2014	12.4	10.9	9.1	18.4	25.8	27.3	21.6	15.3	17.6
24	328202-เถิน จ.ลำปาง	24/1/2014	11.2	10.0	8.2	17.8	26.0	28.4	22.1	15.8	17.4
25	328202-เถิน จ.ลำปาง	25/1/2014	12.5	10.9	9.5	20.4	28.2	31.2	24.6	18.2	19.4
26	328202-เถิน จ.ลำปาง	26/1/2014	14.9	13.6	12.5	20.2	29.4	31.3	24.8	19.4	20.8
27	328202-เถิน จ.ลำปาง	27/1/2014	15.5	13.6	13.0	20.2	29.6	31.2	25.9	19.6	21.1
28	328202-เถิน จ.ลำปาง	28/1/2014	16.5	14.5	13.8	21.4	30.0	31.7	26.0	20.1	21.7
29	328202-เถิน จ.ลำปาง	29/1/2014	17.5	16.1	14.3	22.8	30.7	32.4	27.0	21.4	22.8
30	328202-เถิน จ.ลำปาง	30/1/2014	18.2	16.3	15.5	24.2	30.8	31.7	26.9	21.4	23.1
31	328202-เถิน จ.ลำปาง	31/1/2014	18.3	16.8	15.4	23.2	30.7	32.2	27.2	23.1	23.4

ที่มา: สถานีอุตุนิยมวิทยาเถิน (2557)

เนื่องจากการใช้งานโปรแกรม Ecotect V.5.20 นั้นมีความจำเป็นต้องใช้ข้อมูลสภาพอากาศเป็นรายชั่วโมงตลอดทั้งปี ในขณะที่ข้อมูลสภาพอากาศจากสถานีอุตุนิยมวิทยาเถิน ปี พ.ศ. 2557 มีการจัดเก็บข้อมูลเป็นราย 3 ชั่วโมงเท่านั้น ดังนั้นจึงต้องใช้วิธีการประมาณค่าในช่วง (Interpolation) เพื่อประมาณค่าของข้อมูลจากราย 3 ชั่วโมง ให้เป็นรายชั่วโมง

การประมาณค่าในช่วง (Interpolation)

การประมาณค่าในช่วง คือ การหาข้อมูลที่น่าจะเกิดขึ้นในช่วงของแผนภูมิเส้นของข้อมูลที่มีอยู่ 2 จุดของข้อมูลที่มีอยู่ โดยการประมาณค่าในช่วงจะเลือกใช้วิธี *"การประมาณค่าด้วยพหุนามลากรองจ์ (Lagrange Polynomial)"* มีหลักการในการหาข้อมูลในช่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยใช้ข้อมูลเมื่อทราบจุดข้อมูล 2 จุดคือ $(x_0, f(x_0))$ และ $(x_1, f(x_1))$ ต้องการหาพหุนาม ดีกรีหนึ่ง $P_1(x)$ (คือเส้นตรง) ที่ผ่านทั้งสองจุด โดยมีสมการดังนี้

$$P(x) = \frac{x - x_1}{x_0 - x_1} f(x_0) + \frac{x - x_0}{x_1 - x_0} f(x_1)$$

เมื่อ P(x) = พหุนามดีกรีหนึ่ง (เส้นตรง) ที่ผ่านข้อมูลทั้ง 2 จุด

x = ตำแหน่งข้อมูลที่ทำการประมาณบนแกน x

x_0 = ตำแหน่งข้อมูลหน้าช่วงบนแกน x

x_1 = ตำแหน่งข้อมูลหลังช่วงบนแกน x

$f(x_0)$ = ตำแหน่งของข้อมูลหน้าช่วงบนแกน y

$f(x_1)$ = ตำแหน่งของข้อมูลหลังช่วงบนแกน y

ผลการประมาณค่าในช่วงของข้อมูลอุณหภูมิอากาศราย 3 ชั่วโมง (เวลา 1.00, 4.00, 7.00, 10.00, 13.00, 16.00, 19.00 และ 22.00 น.) ปี พ.ศ. 2557 ให้เป็นราย 1 ชั่วโมง แสดงตัวอย่างข้อมูลของเดือนมกราคมในตารางที่ 3.6

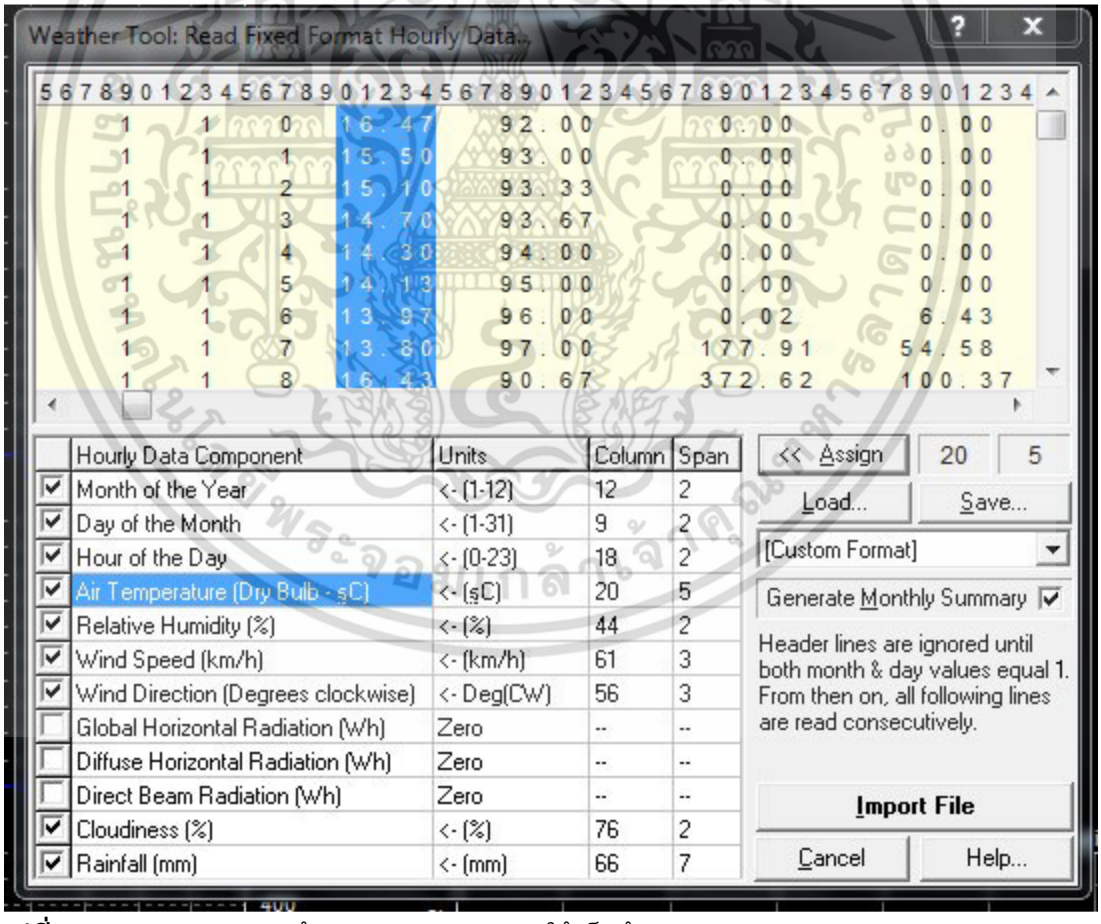
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.6 แสดงตัวอย่างข้อมูลอุณหภูมิอากาศราย 1 ชั่วโมงของเดือนมกราคม ปี พ.ศ. 2557 ซึ่งเป็นผลจากการประมาณค่าในช่วงของข้อมูลราย 3 ชั่วโมง

ที่	รหัสสถานี-สถานี-จังหวัด	วันที่	เวลาทำการตรวจ																								เฉลี่ย
			2300	000	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	
1	328202-เถิน จ.ลำปาง	1/1/2014	17.43	16.47	15.50	15.10	14.70	14.30	14.13	13.97	13.80	16.43	19.07	21.70	23.97	26.23	28.50	28.60	28.70	28.80	26.80	24.80	22.80	21.33	19.87	18.40	20.50
2	328202-เถิน จ.ลำปาง	2/1/2014	18.47	17.23	16.00	15.60	15.20	14.80	14.47	14.13	13.80	16.53	19.27	22.00	24.00	26.00	28.00	28.80	29.60	30.40	28.43	26.47	24.50	22.90	21.30	19.70	21.20
3	328202-เถิน จ.ลำปาง	3/1/2014	20.40	19.00	17.60	17.07	16.53	16.00	15.83	15.67	15.50	17.97	20.43	22.90	25.23	27.57	29.90	30.53	31.17	31.80	29.93	28.07	26.20	24.73	23.27	21.80	22.70
4	328202-เถิน จ.ลำปาง	4/1/2014	21.13	19.97	18.80	18.47	18.13	17.80	17.53	17.27	17.00	18.83	20.67	22.50	25.00	27.50	30.00	30.70	31.40	32.10	30.17	28.23	26.30	24.97	23.63	22.30	23.40
5	328202-เถิน จ.ลำปาง	5/1/2014	20.70	20.00	19.30	19.00	18.70	18.40	18.03	17.67	17.30	19.67	22.03	24.40	26.17	27.93	29.70	29.93	30.17	30.40	28.63	26.87	25.10	23.87	22.63	21.40	23.30
6	328202-เถิน จ.ลำปาง	6/1/2014	20.90	19.80	18.70	18.37	18.03	17.70	17.50	17.30	17.10	19.23	21.37	23.50	25.40	27.30	29.20	30.23	31.27	32.30	30.43	28.57	26.70	25.13	23.57	22.00	23.40
7	328202-เถิน จ.ลำปาง	7/1/2014	20.17	19.73	19.30	18.77	18.23	17.70	17.20	16.70	16.20	18.47	20.73	23.00	25.67	28.33	31.00	32.00	33.00	34.00	31.47	28.93	26.40	24.47	22.53	20.60	23.50
8	328202-เถิน จ.ลำปาง	8/1/2014	19.67	19.13	18.60	17.87	17.13	16.40	16.07	15.73	15.40	17.67	19.93	22.20	25.07	27.93	30.80	31.77	32.73	33.70	31.10	28.50	25.90	24.00	22.10	20.20	22.90
9	328202-เถิน จ.ลำปาง	9/1/2014	20.73	19.37	18.00	17.40	16.80	16.20	16.07	15.93	15.80	18.20	20.60	23.00	25.60	28.20	30.80	31.23	31.67	32.10	30.10	28.10	26.10	24.77	23.43	22.10	23.00
10	328202-เถิน จ.ลำปาง	10/1/2014	20.97	20.13	19.30	19.00	18.70	18.40	18.10	17.80	17.50	19.60	21.70	23.80	25.53	27.27	29.00	29.37	29.73	30.10	28.57	27.03	25.50	24.27	23.03	21.80	23.20
11	328202-เถิน จ.ลำปาง	11/1/2014	19.47	19.23	19.00	18.83	18.67	18.50	18.00	17.50	17.00	19.60	22.20	24.80	26.73	28.67	30.60	31.00	31.40	31.80	29.43	27.07	24.70	23.03	21.37	19.70	23.30
12	328202-เถิน จ.ลำปาง	12/1/2014	18.77	17.73	16.70	16.63	16.57	16.50	16.13	15.77	15.40	18.03	20.67	23.30	25.60	27.90	30.20	30.47	30.73	31.00	28.83	26.67	24.50	22.93	21.37	19.80	22.20
13	328202-เถิน จ.ลำปาง	13/1/2014	18.53	17.67	16.80	16.33	15.87	15.40	15.27	15.13	15.00	18.13	21.27	24.40	25.90	27.40	28.90	29.30	29.70	30.10	28.20	26.30	24.40	22.73	21.07	19.40	21.80
14	328202-เถิน จ.ลำปาง	14/1/2014	17.87	17.43	17.00	16.70	16.40	16.10	15.93	15.77	15.60	18.63	21.67	24.70	25.40	26.10	26.80	27.37	27.93	28.50	26.83	25.17	23.50	21.77	20.03	18.30	21.30
15	328202-เถิน จ.ลำปาง	15/1/2014	16.77	16.23	15.70	15.33	14.97	14.60	14.33	14.07	13.80	16.30	18.80	21.30	22.77	24.23	25.70	26.20	26.70	27.20	25.53	23.87	22.20	20.57	18.93	17.30	19.70
16	328202-เถิน จ.ลำปาง	16/1/2014	16.77	15.93	15.10	14.80	14.50	14.20	13.77	13.33	12.90	14.87	16.83	18.80	21.03	23.27	25.50	26.43	27.37	28.30	26.30	24.30	22.30	20.73	19.17	17.60	19.30
17	328202-เถิน จ.ลำปาง	17/1/2014	16.37	15.33	14.30	13.90	13.50	13.10	12.80	12.50	12.20	15.00	17.80	20.60	23.07	25.53	28.00	28.37	28.73	29.10	27.00	24.90	22.80	21.00	19.20	17.40	19.70
18	328202-เถิน จ.ลำปาง	18/1/2014	16.80	16.10	15.40	14.73	14.07	13.40	13.30	13.20	13.10	16.60	20.10	23.60	24.70	25.80	26.90	27.10	27.30	27.50	25.87	24.23	22.60	20.90	19.20	17.50	20.00
19	328202-เถิน จ.ลำปาง	19/1/2014	15.73	15.37	15.00	15.00	15.00	15.00	14.97	14.93	14.90	17.30	19.70	22.10	22.73	23.37	24.00	24.03	24.07	24.10	23.33	22.57	21.80	19.90	18.00	16.10	19.10
20	328202-เถิน จ.ลำปาง	20/1/2014	15.67	14.33	13.00	12.60	12.20	11.80	11.33	10.87	10.40	13.60	16.80	20.00	22.10	24.20	26.30	26.60	26.90	27.20	25.47	23.73	22.00	20.33	18.67	17.00	18.50
21	328202-เถิน จ.ลำปาง	21/1/2014	15.77	15.03	14.30	14.17	14.03	13.90	14.10	14.30	14.50	17.07	19.63	22.20	23.03	23.87	24.70	25.07	25.43	25.80	24.27	22.73	21.20	19.63	18.07	16.50	19.10
22	328202-เถิน จ.ลำปาง	22/1/2014	15.03	14.57	14.10	13.60	13.10	12.60	12.27	11.93	11.60	14.47	17.33	20.20	21.73	23.27	24.80	24.93	25.07	25.20	23.53	21.87	20.20	18.63	17.07	15.50	18.00
23	328202-เถิน จ.ลำปาง	23/1/2014	14.33	13.37	12.40	11.90	11.40	10.90	10.30	9.70	9.10	12.20	15.30	18.40	20.87	23.33	25.80	26.30	26.80	27.30	25.40	23.50	21.60	19.50	17.40	15.30	17.60
24	328202-เถิน จ.ลำปาง	24/1/2014	14.27	12.73	11.20	10.80	10.40	10.00	9.40	8.80	8.20	11.40	14.60	17.80	20.53	23.27	26.00	26.80	27.60	28.40	26.30	24.20	22.10	20.00	17.90	15.80	17.40
25	328202-เถิน จ.ลำปาง	25/1/2014	16.30	14.40	12.50	11.97	11.43	10.90	10.43	9.97	9.50	13.13	16.77	20.40	23.00	25.60	28.20	29.20	30.20	31.20	29.00	26.80	24.60	22.47	20.33	18.20	19.40
26	328202-เถิน จ.ลำปาง	26/1/2014	17.90	16.40	14.90	14.47	14.03	13.60	13.23	12.87	12.50	15.07	17.63	20.20	23.27	26.33	29.40	30.03	30.67	31.30	29.13	26.97	24.80	23.00	21.20	19.40	20.80
27	328202-เถิน จ.ลำปาง	27/1/2014	18.23	16.87	15.50	14.87	14.23	13.60	13.40	13.20	13.00	15.40	17.80	20.20	23.33	26.47	29.60	30.13	30.67	31.20	29.43	27.67	25.90	23.80	21.70	19.60	21.10
28	328202-เถิน จ.ลำปาง	28/1/2014	18.90	17.70	16.50	15.83	15.17	14.50	14.27	14.03	13.80	16.33	18.87	21.40	24.27	27.13	30.00	30.57	31.13	31.70	29.80	27.90	26.00	24.03	22.07	20.10	21.70
29	328202-เถิน จ.ลำปาง	29/1/2014	20.10	18.80	17.50	17.03	16.57	16.10	15.50	14.90	14.30	17.13	19.97	22.80	25.43	28.07	30.70	31.27	31.83	32.40	30.60	28.80	27.00	25.13	23.27	21.40	22.80
30	328202-เถิน จ.ลำปาง	30/1/2014	20.33	19.27	18.20	17.57	16.93	16.30	16.03	15.77	15.50	18.40	21.30	24.20	26.40	28.60	30.80	31.10	31.40	31.70	30.10	28.50	26.90	25.07	23.23	21.40	23.10
31	328202-เถิน จ.ลำปาง	31/1/2014	21.50	19.90	18.30	17.80	17.30	16.80	16.33	15.87	15.40	18.00	20.60	23.20	25.70	28.20	30.70	31.20	31.70	32.20	30.53	28.87	27.20	25.83	24.47	23.10	23.40

นอกจากข้อมูลอุณหภูมิอากาศแล้ว ข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศและข้อมูลความเร็วลม ก็ต้องประมาณค่าในช่วงข้อมูลราย 3 ชั่วโมง ให้เป็นราย 1 ชั่วโมง ตลอดทั้งปีเช่นกัน (ยกเว้นข้อมูลการแผ่รังสีดวงอาทิตย์จากสถานีอุตุนิยมวิทยากรุงเทพมหานคร ซึ่งเป็นข้อมูลรายชั่วโมงอยู่แล้ว) เพื่อเตรียมข้อมูลสำหรับการนำไปทำเป็นฐานข้อมูลสภาพอากาศของโปรแกรม Ecotect V.5.20 ด้วยโปรแกรม Weather Tool

สำหรับข้อมูลสภาพอากาศของอำเภอเถินที่ได้จากสถานีอุตุนิยมวิทยาเถินนั้น ได้มาในรูปแบบของไฟล์นามสกุล *.xls หรือไฟล์ Microsoft Office Excel ซึ่งเป็นไฟล์ที่โปรแกรม Weather Tool ไม่ได้รองรับการแปลงไฟล์อัตโนมัติไว้ จึงจำเป็นต้องจัดเรียงข้อมูลและแปลงไฟล์ให้อยู่ในรูปของนามสกุล *.prn (Formatted Text (Space delimited)) เสียก่อน จึงจะนำข้อมูลเข้าสู่โปรแกรม Weather Tool เพื่อทำเป็นฐานข้อมูลสภาพอากาศ ในรูปของนามสกุล *.wea เพื่อใช้งานในโปรแกรม Ecotect V.5.20 ต่อไป



รูปที่ 3.19 แสดงการแปลงข้อมูลนามสกุล *.prn ให้เป็นข้อมูลนามสกุล *.wea ในโปรแกรม Weather Tool

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3.1.2 ข้อมูลของวัสดุเดิม

การจำลองอุณหภูมิภายในบ้านตัวอย่างเลขที่ 170 กำหนดวัสดุของส่วนประกอบของบ้านต่างๆ ให้ตรงกันกับบ้านตัวอย่างจริงเพื่อใช้เปรียบเทียบกับผลการจำลองการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของงานวิจัย ตามตารางที่ 3.7 ดังนี้

ตารางที่ 3.7 แสดงวัสดุเดิมของส่วนประกอบต่างๆ ของบ้านเลขที่ 170 เพื่อใช้จำลองโดยโปรแกรม Ecotect V.5.20

ส่วนประกอบอาคาร	**บ้านเลขที่ 170**	width	ΔR	u-value
	วัสดุเดิม	(m)		(W/m²°K)
พื้น	ไม้เนื้อแข็งหนา 1 นิ้ว โครงไม้เนื้อแข็ง	0.05	0.39	2.54
ผนัง	ไม้ฝาหนา 1/2 นิ้ว โครงเคร่าไม้	0.0125	0.25	3.98
ฝ้าเพดาน	ไม่มี	0.1	0.18	5.6
หลังคา	กระเบื้องลอนคู่	0.006	0.2	5.12
ประตู-หน้าต่าง	วงกบไม้เนื้อแข็ง บานไม้	0.025	0.33	3.07
*หมายเหตุ : 1.หลังคาอาคารกำหนดให้ใช้หลังคาลอนคู่เป็นวัสดุเดิมแทนกระเบื้องเกล็ดปลา				
2.ค่าการนำความร้อน (k) , ความหนาแน่น (ρ) และค่าความร้อนจำเพาะ (Cp) อ้างอิงจาก ประกาศกระทรวงพลังงาน เรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณในการออกแบบอาคารแต่ละระบบการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร พ.ศ. 2552				
3.ค่า U และ ΔR เกิดจากการคำนวณอัตโนมัติ จากโปรแกรม ecotect V5.20				

3.2.3.1.3 ข้อมูลของวัสดุใหม่

ข้อมูลของวัสดุที่ใช้สำหรับการสร้างวัสดุใหม่ อ้างอิงจาก *ประกาศกระทรวงพลังงาน เรื่องหลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณในการออกแบบอาคารแต่ละระบบการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร พ.ศ. 2552* และตามตารางที่ 3.3 โดยสามารถสรุปได้ตามตารางที่ 3.7 ซึ่งเป็นข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการสร้างวัสดุใหม่ของโปรแกรม Ecotec V.5.20 โดยต้องเตรียมข้อมูลของวัสดุดังนี้

- *ความหนาของวัสดุ (Width)* มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร (mm.)
- *ความหนาแน่นของวัสดุ (Density)* มีหน่วยเป็น kg/m³
- *ความความร้อนจำเพาะ (Sp. Heat / Specific Heat)* มีหน่วยเป็น J/kg°C
- *ค่าการนำความร้อน หรือ k-value (Conduct. / Conductivity)* มีหน่วยเป็น W/m°C.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.8 แสดงคุณสมบัติของวัสดุชนิดต่างๆ ที่ใช้ในการสร้างส่วนประกอบอาคารใหม่สำหรับโปรแกรม Ecotec V.5.20

วัสดุ	คุณสมบัติของวัสดุ			
	ความหนาแน่น (kg/m³)	ความจุความร้อนจำเพาะ (J/kg°C)	ค่าการนำความร้อน (W/m°C)	ความหนา (mm.)
ไม้ฝาหนา 1/2 นิ้ว (ไม้เนื้อแข็งปานกลาง)	600	1300	0.176	12.5
อิฐมอญก่อครึ่งแผ่น	1600	790	0.473	70
อิฐมอญเต็มแผ่น	1600	790	0.473	170
คอนกรีตบล็อก	2210	920	0.546	80
คอนกรีตมวลเบา หนา 7.5 ซม.	620	840	0.18	75
คอนกรีตมวลเบา หนา 20 ซม.	620	840	0.18	200
แผ่นยิบซั่มบอร์ด	800	1090	0.282	9
ฉนวนใยแก้วหนา 2 นิ้ว	24	960	0.035	50
กระเบื้องลอนคู่	2000	1000	0.395	6
อลูมิเนียมฟอยล์	2698	920	225	0.6
ปูนฉาบ	1860	840	0.72	15
ปูนฉาบ(มวลเบา)	1200	840	0.326	12.5
ฉาบผิวยิบซั่มบอร์ด	720	1090	0.23	1

3.2.3.4 วัสดุประกอบอาคารเพื่อการจำลองการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพ

วัสดุประกอบอาคารเพื่อการจำลองการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพ ได้แก่ ไม้ อิฐมอญ คอนกรีตบล็อก คอนกรีตมวลเบา แผ่นยิบซัมบอร์ด ฉนวนใยแก้ว และแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ ซึ่งเป็นวัสดุที่หาได้ทั่วไปในพื้นที่อำเภอเถิน โดยนำมาประกอบกันเป็นส่วนประกอบของผนัง หลังคา และฝ้าเพดาน ในรูปแบบต่างๆ เพื่อทดสอบการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพด้วยโปรแกรม Ecotect V.5.20 โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.2.3.4.1 *ผนัง* วัสดุเพื่อนำมาประกอบเป็นผนังนั้นต้องมีคุณสมบัติของมวลอุณหภาพในการหน่วงเวลาให้ได้ระยะเวลาที่เหมาะสมการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคาร เพื่อสร้างอุณหภูมิที่เหมาะกับสภาวะสบายให้ผู้อยู่อาศัย โดยวัสดุเพื่อประกอบเป็นผนังที่ได้ทำการคัดเลือกมาคือ ไม้ อิฐมอญ คอนกรีตบล็อก คอนกรีตมวลเบา โดยนำมาประกอบเป็นผนังรูปแบบต่างๆ ด้วยวิธีการก่อสร้างที่นิยมทำและสามารถทำได้โดยช่างทั่วไปในพื้นที่ เมื่อนำวัสดุตั้งต้นมาประกอบเป็นผนังเพื่อเป็นแบบจำลองสำหรับโปรแกรม Ecotect V.5.20 สามารถออกแบบแบบจำลองของผนังเพื่อทำการจำลองได้ 11 แบบจำลอง โดยแบ่งตามลักษณะของวัสดุตั้งที่นำมาประกอบเป็นหลักได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผนังเบา ได้แก่

1. ผนังเดิมของบ้านตัวอย่าง ซึ่งเป็นผนังไม้หนา ½ นิ้วติดตั้งบนโครงเคร่าไม้เนื้อแข็ง
2. ผนังเดิมของบ้านตัวอย่าง ซึ่งเป็นผนังไม้หนา ½ นิ้วติดตั้งบนโครงเคร่าไม้เนื้อแข็ง กรุยิบซัมบอร์ดหนา 9 มม.ภายใน

ผนังก่อ ได้แก่

1. ผนังก่ออิฐมอญครึ่งแผ่นฉาบปูนเรียบ
2. ผนังก่ออิฐมอญเต็มแผ่นฉาบปูนเรียบ
3. ผนังก่ออิฐบล็อกฉาบปูนเรียบ
4. ผนังก่ออิฐมวลเบาฉาบปูนเรียบ
5. ผนังก่ออิฐมอญครึ่งแผ่นฉาบปูนเรียบกรุยิบซัมบอร์ดหนา 9 มม.ภายใน
6. ผนังก่ออิฐมอญครึ่งแผ่นฉาบปูนเรียบตีผนังไม้หนา ½ นิ้วบนโครงเคร่าไม้ภายนอก
7. ผนัง 2 ชั้นก่ออิฐมอญครึ่งแผ่นฉาบปูนเรียบเว้นช่องอากาศภายใน 5 ซม.
8. ผนัง 2 ชั้นก่ออิฐมอญครึ่งแผ่นภายในก่ออิฐบล็อกภายนอกฉาบปูนเรียบเว้นช่องอากาศภายใน 5 ซม.
9. ผนังก่ออิฐมวลเบาหนา 20 เซนติเมตร ฉาบปูนเรียบ

3.2.3.4.2 *หลังคา* วัสดุของหลังคาเพื่อนำมาจำลองการหน่วงความร้อนนั้นใช้วัสดุเดิมของบ้านตัวอย่างที่นำมาทำหุ่นจำลอง นั่นคือ กระเบื้องลอนคู่ โดยทำการจำลองร่วมกับการติดตั้งฉนวนใยแก้วหนา 5 เซนติเมตร บนฝ้าเพดานยิบซั่มบอร์ด และแบบจำลองของผนังชนิดต่างๆ เพื่อเพิ่มมวลอุณหภาพให้กับหุ่นจำลองของบ้านตัวอย่าง โดยเป็นการเพิ่มฉนวนอลูมิเนียมฟอยล์ที่บริเวณบนแปหลังคา หรือข้างใต้แผ่นกระเบื้องลอนคู่นั่นเอง

3.2.3.4.3 *ฝ้าเพดาน* เนื่องจากบ้านตัวอย่างเดิมไม่มีการติดตั้งฝ้าเพดาน วัสดุตั้งต้นของฝ้าเพดานเพื่อนำมาจำลองการหน่วงความร้อนนั้น จึงเลือกใช้แผ่นยิบซั่มบอร์ดร่วมกับฉนวนใยแก้วหนา 5 เซนติเมตร โดยทำการจำลองร่วมการติดตั้งฉนวนอลูเมียมฟอยล์บนแปหลังคา และแบบจำลองของผนังชนิดต่างๆ เพื่อเพิ่มมวลอุณหภาพให้กับหุ่นจำลองของบ้านตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3.5 การสร้างวัสดุประกอบอาคารด้วยโปรแกรม Ecotec V.5.20

การสร้างวัสดุประกอบอาคารด้วยโปรแกรม Ecotec V.5.20 ทำโดยการนำข้อมูลวัสดุแต่ละชนิดมาป้อนข้อมูลคุณสมบัติทางความร้อนของวัสดุในแต่ละชั้นในหน้า*ชั้นของวัสดุ* แล้วกดปุ่ม*คำนวณคุณสมบัติทางความร้อน*ของส่วนประกอบอาคารที่เพิ่งสร้าง โปรแกรมจะทำการคำนวณคุณสมบัติทางความร้อนส่วนประกอบอาคารให้อัตโนมัติ โดยมีรายละเอียดดังนี้

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U-value) คือค่าการส่งผ่านความร้อนจากฟิล์มอากาศของผิวด้านหนึ่งถึงฟิล์มอากาศของผิวอีกด้านหนึ่ง มีหน่วยเป็น $W/m^2 \cdot K$

ค่ามันประสิทธิ์การดูดซับความร้อน (Admittance) คือ ค่าการดูดซับความร้อนและปลดปล่อยออกของวัสดุ มีหน่วยเป็น $W/m^2 \cdot K$.

ค่าการดูดซับรังสีดวงอาทิตย์ (Solar Absorption) คือ ค่าส่วนหนึ่งของรังสีดวงอาทิตย์ที่ถูกผิวของวัสดุนั้นดูดซับไว้โดยไม่ถูกสะท้อนออกไปหรือถูกส่งผ่านตัววัสดุข้าไป มีค่าตั้งแต่ 0-1

ค่าความโปร่งใส (Transparency) คือ ค่าที่แสดงคุณสมบัติของวัสดุในการยอมให้แสงผ่านไปได้ มีค่าตั้งแต่ 0-1 โดยวัสดุทึบจะมีค่าเท่ากับ 0 ในขณะที่วัสดุโปร่งใส เช่น กระจกใสหนา 3 มม.จะมีค่าเท่ากับ 0.96

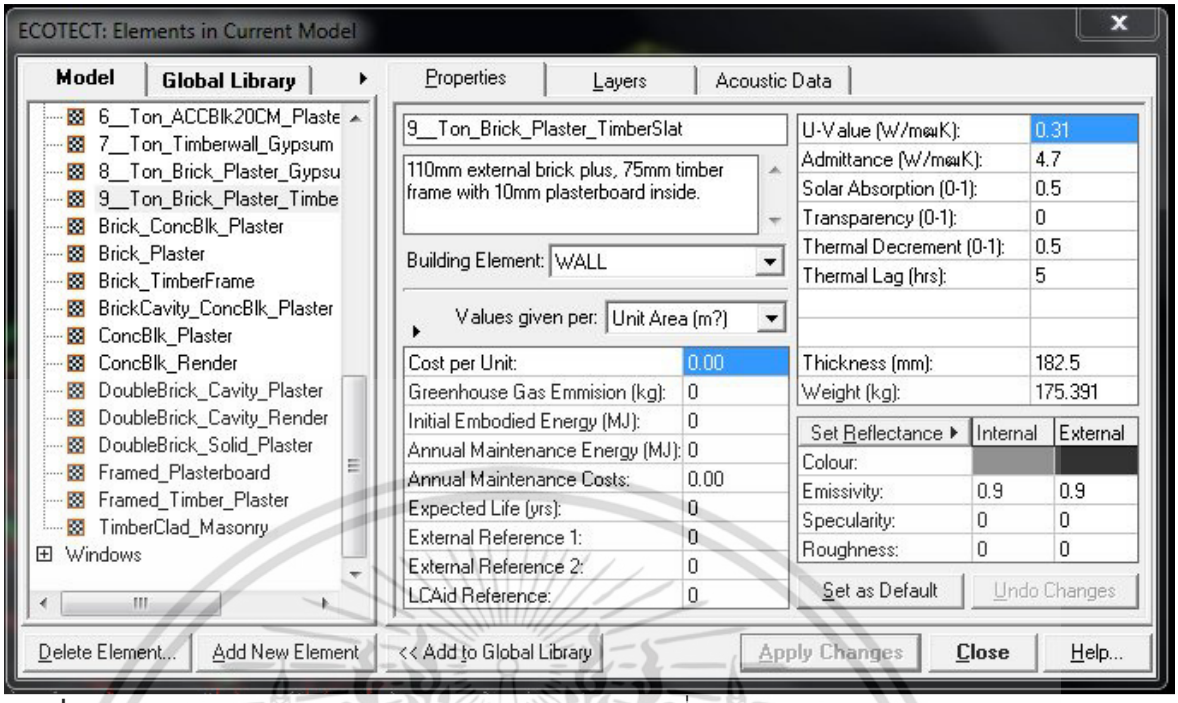
อัตราส่วนของความร้อนที่ขึ้นสูงสูดระหว่างผิวกำแพงที่ภายนอกกับภายใน (Thermal Decrement) มีค่าตั้งแต่ 0-1

ระยะเวลาการเดินทางของความร้อน (Thermal Lag) คือ ระยะเวลาที่ความร้อนเดินทางจากผิววัสดุด้านหนึ่งถึงผิววัสดุอีกด้านหนึ่ง มีหน่วยเป็นชั่วโมง (hours) เป็นค่าตัวเดียวที่โปรแกรมไม่ทำการคำนวณอัตโนมัติ

ความหนารวมของวัสดุประกอบ (Thickness) มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร (mm.)

น้ำหนักรวมของวัสดุประกอบ (Weight) มีหน่วยเป็นกิโลกรัม (kg.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

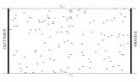
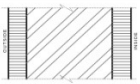
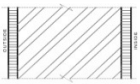
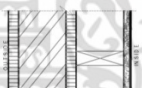
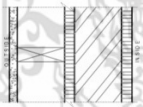
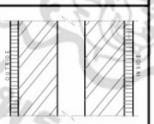
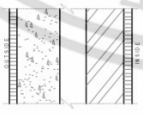
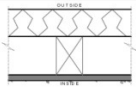
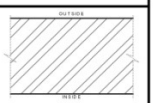
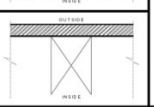


รูปที่ 3.20 แสดงตัวอย่างคุณสมบัติทางความร้อนของผนังที่สร้างด้วยโปรแกรม Ecotect V.5.20

การสร้างส่วนประกอบต่างๆ ของอาคารต่างๆ เพื่อใช้ในการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพ เมื่อกำหนดรหัสเพื่อใช้เรียกในการจำลองผลแล้ว โปรแกรม Ecotec V.5.20 จะแสดงรายละเอียดของส่วนประกอบอาคารต่างๆ ดังตารางที่ 3.9 และ 3.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

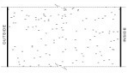
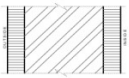
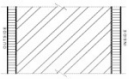
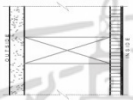
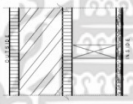
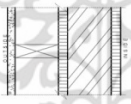
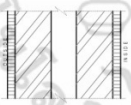
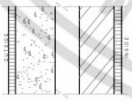
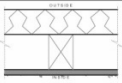
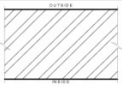
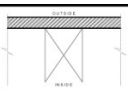
ตารางที่ 3.9 แสดงคุณสมบัติทางความร้อนในแต่ละชั้นของส่วนประกอบอาคารต่างๆ

ส่วนประกอบอาคาร	รหัสการจำลองผล	แบบแสดง	Matterial	Layers Properties			
				Width (mm.)	Density (kg/m³)	Specific Heat (J/kg°C)	Conductivity (W/m°C)
ผนัง	ExWall 1		ไม้ฝาหนา 1/2 นิ้ว (ไม้เนื้อแข็งปานกลาง)	12.5	600	1300	0.176
	Test 2		ปูนฉาบ	15	1860	840	0.72
			อิฐมอญก่อครึ่งแผ่น	70	1600	790	0.473
			ปูนฉาบ	15	1860	840	0.72
	Test 3		ปูนฉาบ	15	1860	840	0.72
			อิฐมอญเต็มแผ่น	170	1600	790	0.473
			ปูนฉาบ	15	1860	840	0.72
	Test 4		ปูนฉาบ	10	1860	840	0.72
			คอนกรีตบล็อก	80	2210	920	0.546
			ปูนฉาบ	10	1860	840	0.72
	Test 5		ปูนฉาบ(มวลเบา)	12.5	1200	840	0.326
			คอนกรีตมวลเบา หนา 7.5 ซม.	75	620	840	0.18
			ปูนฉาบ(มวลเบา)	12.5	1200	840	0.326
	Test 6		ปูนฉาบ(มวลเบา)	12.5	1200	840	0.326
			คอนกรีตมวลเบา หนา 20 ซม.	200	620	840	0.18
			ปูนฉาบ(มวลเบา)	12.5	1200	840	0.326
	Test 7		ไม้ฝาหนา 1/2 นิ้ว (ไม้เนื้อแข็งปานกลาง)	12.5	600	1300	0.176
			โครงเคร่าไม้	70	1.3	1004	0.025
			แผ่นยิบซั่มบอร์ด	9	800	1090	0.282
			ฉาบผิวยิบซั่มบอร์ด	1	720	1090	0.23
	Test 8		ปูนฉาบ	15	1860	840	0.72
			อิฐมอญก่อครึ่งแผ่น	70	1600	790	0.473
			ปูนฉาบ	15	1860	840	0.72
			โครงเคร่า	70	1.3	1004	0.025
			แผ่นยิบซั่มบอร์ด	9	800	1090	0.282
			ฉาบผิวยิบซั่มบอร์ด	1	720	1090	0.23
	Test 9		ไม้ฝาหนา 1/2 นิ้ว (ไม้เนื้อแข็งปานกลาง)	12.5	600	1300	0.176
			โครงเคร่าไม้	70	1.3	1004	0.025
			ปูนฉาบ	15	1860	840	0.72
			อิฐมอญก่อครึ่งแผ่น	70	1600	790	0.473
			ปูนฉาบ	15	1860	840	0.72
	Test 10		ปูนฉาบ	15	1860	840	0.72
			อิฐมอญก่อครึ่งแผ่น	70	1600	790	0.473
			ช่องอากาศหนา 5 ซม.	50	1.3	1004	0.025
			อิฐมอญก่อครึ่งแผ่น	70	1600	790	0.473
			ปูนฉาบ	15	1860	840	0.72
	Test 11		ปูนฉาบ	15	1860	840	0.72
			คอนกรีตบล็อก	80	2210	920	0.546
			ช่องอากาศหนา 5 ซม.	50	1.3	1004	0.025
			อิฐมอญก่อครึ่งแผ่น	70	1600	790	0.473
			ปูนฉาบ	15	1860	840	0.72
ผ้าเพดาน	(Test...)+Ro		ฉนวนใยแก้วหน้า 2 นิ้ว	50	24	960	0.035
			โครงเคร่า	70	1.3	1004	0.025
			แผ่นยิบซั่มบอร์ด	9	800	1090	0.282
			ฉาบผิวยิบซั่มบอร์ด	1	720	1090	0.23
หลังคา	ExRoof		กระเบื้องลอนคู่	6	2000	1000	0.395
	(Test...)+Ro		กระเบื้องลอนคู่	6	2000	1000	0.395
			อลูมิเนียมฟอยล์	0.6	2698	920	225
			โครงเคร่า	50	1.3	1004	0.025

Layers *(ค่าพิจารณาจากค่าความต้านทานความร้อนรวมที่ต่ำที่สุดในแต่ละส่วนประกอบอาคารที่ให้ค่า U-Value)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.10 แสดงคุณสมบัติทางความร้อนของส่วนประกอบอาคารต่างๆ

ประเภทองค์ประกอบ	รหัสการจำลองผล	แบบแสดง	วัสดุประกอบอาคาร	Properties							
				U-value (W/m^2 °K)	Admittance (W/m^2 °K)	Solar Absorption	Transparency	Thermal Decrement	Thermal Lag (hours)	Thickness (mm.)	Weight (kg.)
ผนัง	ExWall 1		ไม้ฝาหนา 1/2 นิ้ว (ฝาไม้เดิม)	3.98	3.99	0.4	0	1.00	0.4	13	8
	Test 2		ผนังอิฐมอญครึ่งแผ่น ฉาบผิวเรียบ	2.71	3.83	0.5	0	0.87	3.0	100	168
	Test 3		ผนังก่ออิฐมอญเต็มแผ่น ฉาบผิวเรียบ	1.72	4.23	0.5	0	0.53	6.5	200	328
	Test 4		ผนังคอนกรีตบล็อก ฉาบปูนเรียบ	2.82	4.42	0.4	0	0.76	2.4	100	214
	Test 5		ผนังคอนกรีตมวลเบา ฉาบปูนเรียบ	1.49	2.16	0.4	0	0.94	4.8	100	77
	Test 6		ผนังคอนกรีตมวลเบา หนา 20 ซม.ฉาบปูนเรียบ	0.73	2.46	0.4	0	0.56	8.0	225	154
	Test 7		ผนังฝาไม้หนา ½ นิ้ว กรุแผ่นยิบซัมบอร์ด หนา 9 มม.ภายใน	0.33	0.68	0.4	0	0.98	0.8	93	16
	Test 8		ผนังอิฐมอญครึ่งแผ่น ฉาบผิวเรียบกรุแผ่นยิบซัมบอร์ด หนา 9 มม.ภายใน	0.31	0.69	0.6	0	0.64	2.9	180	176
	Test 9		ไม้ฝาหนา 1/2 นิ้ว โครงเคร่าไม้ ตีบนผนังก่ออิฐมอญครึ่งแผ่น ฉาบปูนเรียบ	0.31	4.70	0.5	0	0.50	5.0	183	175
	Test 10		ผนัง 2 ชั้นก่ออิฐมอญครึ่งแผ่น ฉาบปูนเรียบ เว้นช่องอากาศ 5 ซม. ภายใน	1.76	4.17	0.5	0	0.62	9.2	220	280
	Test 11		ผนัง 2 ชั้นก่ออิฐมอญครึ่งแผ่นภายใน อิฐบล็อกภายนอกฉาบปูนเรียบ เว้นช่องอากาศ 5 ซม. ภายใน	1.77	4.15	0.5	0	0.49	9.4	230	345
ฝ้าเพดาน	(Test...)+Ro		ฝ้าเพดานยิบซัมบอร์ดหนา 9 มม. ปูฉนวนใยแก้วหนา 2 นิ้ว	0.23	0.65	0.4	0	0.98	0.6	130	9
หลังคา	ExRoof		หลังคากระเบื้องลอนคู่ (หลังคาเดิม)	5.12	5.13	0.5	0	1.00	0.1	6	12
	(Test...)+Ro		หลังคากระเบื้องลอนคู่เดิม ปูอลูมิเนียมฟอยล์บนแป	0.46	0.46	0.5	0	0.99	0.6	61	21

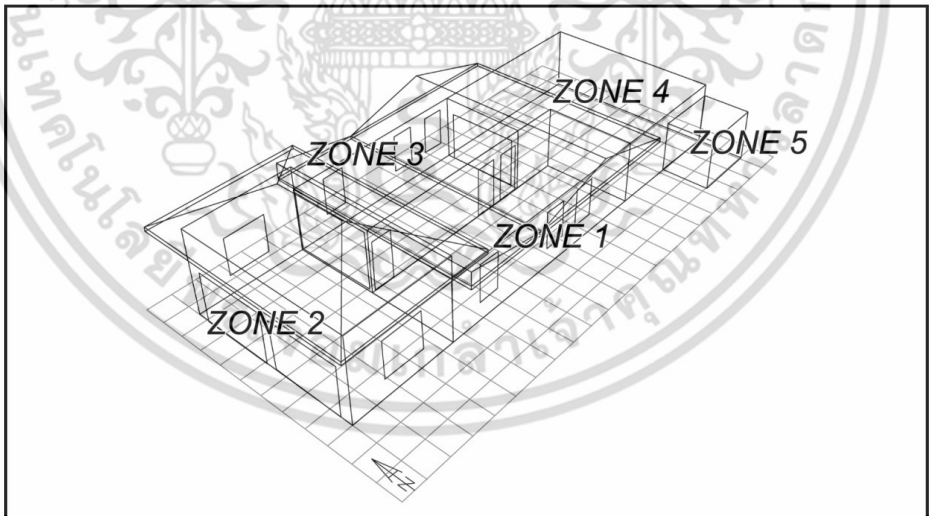
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3.6 การกำหนดพื้นที่เพื่อจำลองผลด้วยโปรแกรม Ecotec V.5.20

โปรแกรม Ecotect V.5.20 เมื่อทำการประมวลผลความร้อนภายในอาคาร จะเป็นการประมวลของอุณหภูมิเฉลี่ยภายในของแต่ละพื้นที่ (zone) ต่างๆ ที่กำหนดไว้ ซึ่งพื้นที่ (zone) ในความหมายของโปรแกรม คือ พื้นที่ที่ถูกปิดล้อมด้วยพื้น ผนัง ฝ้าเพดานและหลังคา ซึ่งความร้อนที่เกิดขึ้นกับแต่ละพื้นที่มีปัจจัยส่งผลหลายอย่าง เช่น อุณหภูมิภายนอก การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ ความร้อนจากเครื่องกล ความร้อนจากการพาความร้อนโดยลม รวมถึงความร้อนที่เกิดจากการนำความร้อนของตัวอาคารเอง ทั้งนี้การกำหนดพื้นที่เพื่อประมวลผลการการจำลองนั้น จะต้องกำหนดจำนวนผู้ใช้งานและจำนวนชั่วโมงการใช้งานลงไปด้วย หากไม่กำหนดข้อมูลดังกล่าวโปรแกรมจะไม่ประมวลผลเนื่องจากเข้าใจว่าไม่มีมนุษย์เข้าใช้งานในพื้นที่

ซึ่งการจำลองบ้านเลขที่ 170 ด้วยโปรแกรม Ecotect V.5.20 นั้น กำหนดให้มีทั้งหมด 5 พื้นที่ โดยเรียงลำดับพื้นที่ (1) ห้องนอน (2) ห้องนั่งเล่น/รับแขก (3) นั่งเล่น/ทางเดิน (4) ครัว/รับประทานอาหาร (5) ห้องน้ำ กำหนดให้ผู้ใช้งานภายในบ้านมีทั้งหมด 4 คน (จากการสอบถาม) และกำหนดชั่วโมงการใช้งานตามรายละเอียดที่แสดงในตารางที่ 3.11

ตารางที่ 3.11 แสดงการกำหนดค่าตั้งต้นเพื่อใช้จำลองผลการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของพื้นที่ต่างๆ ของบ้านเลขที่ 170



โซน	พื้นที่/การใช้งาน	ขอบเขตความสบาย		จำนวนผู้ใช้งาน(คน)	ช่วงเวลาการใช้งาน	พิจารณาความร้อน
		หน้าร้อน (°C)	หน้าหนาว (°C)			
1	ห้องนอน	30.2-22.9	29.6-21.3	4	18.00-9.00	ทำ
2	นั่งเล่น/รับแขก	30.2-22.9	29.6-21.3	4	6.00-21.00	ทำ
3	นั่งเล่น/ทางเดิน	30.2-22.9	29.6-21.3	4	6.00-21.00	ทำ
4	ครัว/รับประทานอาหาร	30.2-22.9	29.6-21.3	4	6.00-21.00	ไม่ทำ
5	ห้องน้ำ	30.2-22.9	29.6-21.3	4	6.00-21.00	ไม่ทำ
หลังคา	-	-	-	-	0.00-24.00	ทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3.7 การกำหนดเวลาในการจำลองผลด้วยโปรแกรม Ecotec V.5.20

การจำลองการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของบ้านตัวอย่างนั้น แบ่งออกเป็น 4 ช่วง โดยมีรายละเอียดได้ดังนี้

1. วันที่ 29 พฤษภาคม พ.ศ. 2558 ซึ่งเป็นวันที่ทำการติดตั้งเครื่องมือวัดเพื่อเก็บข้อมูลตัวอย่างสภาพอากาศภายในรอบวันที่บ้านตัวอย่าง โดยทำการเปรียบเทียบกับผลการจำลองการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของส่วนประกอบอาคารชนิดต่างๆภายในวันเดียวกัน

2. วันที่ 30 มีนาคม พ.ศ. 2557 ซึ่งเป็นวันที่มีอุณหภูมิร้อนที่สุดในรอบปี 2557 เป็นตัวแทนของสภาพภูมิอากาศในฤดูร้อนของปี 2557

3. วันที่ 24 มกราคม พ.ศ. 2557 ซึ่งเป็นวันที่มีอุณหภูมิหนาวที่สุดในรอบปี 2557 เป็นตัวแทนของสภาพภูมิอากาศในฤดูหนาวของปี 2557

4. ปี พ.ศ. 2557 สำหรับการประมวลผลการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของส่วนประกอบอาคารต่างๆ ที่ส่งผลต่อความสบายตลอดทั้งปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การวิเคราะห์ผลการทดสอบ

4.1 การดำเนินการตรวจสอบสภาวะความสบายทางอุณหภูมิในอาคารพักอาศัยในพื้นที่อำเภอเถิน จังหวัดลำปาง และหาความสบายทางอุณหภูมิที่เหมาะสม

4.1.1 การดำเนินการหาขอบเขตสภาวะความสบายทางอุณหภูมิในอำเภอเถิน

การหาขอบเขตสภาวะความสบายในอำเภอเถินด้วยวิธีการ Auliciems และ Szokolay นั้น ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิที่ใช้ในการคำนวณ ได้แก่ อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด แทนค่า To.av. mean max temperature และอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุด แทนค่า To.av. mean min temperature ซึ่งขอบเขตความสบายประกอบด้วยขอบเขตความสบายตลอดทั้งปี ขอบเขตความสบายในฤดูร้อน ตั้งแต่ช่วงต้นเดือนมีนาคมถึงปลายเดือนกันยายน และขอบเขตความสบายในฤดูหนาว ตั้งแต่ช่วงต้นเดือนตุลาคม ถึงปลายเดือนกุมภาพันธ์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

การหาขอบเขตสภาวะสบายตลอดทั้งปี

จากการเตรียมข้อมูลค่า To.av ในบทที่ 3 เพื่อใช้ในการคำนวณขอบเขตสบาย จึงกำหนดให้อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดตลอดทั้งปี พ.ศ. 2547 = 33.6 °c แทนค่า Mean Max Temperature และอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดของปี พ.ศ. 2548 = 21.7 °c แทนค่า Mean Min Temperature โดยแทนลงในสมการ

$$Tn. = 17.6 + (0.31 \times To.av.)$$

โดยที่ Tn. = อุณหภูมิที่เหมาะสม (Neutrality Temperature)

To.av. = ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิตลอดทั้งปี

Tn. mean max temp. = 17.6 + (0.31 X 33.6) = 28.0 °c

Tn. mean min temp. =17.6 + (0.31 X 21.7) = 24.3 °c

Tn. = 28.0 °c ถึง 24.3 °c

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขอบเขตของอุณหภูมิที่เหมาะสม = *Tn.+2.5 และ Tn.-2.5*

แทนค่า Tn ในสมการโดย Tn = 28.0 °c ถึง 24.3 °c

Tn.-2.5 = (28.0-2.5) °c ถึง (24.3-2.5) °c

= 25.5 °c ถึง 21.8 °c

Tn.+2.5 = (28.0+2.5) °c ถึง (24.3+2.5) °c

= 30.5 °c ถึง 26.8 °c

ดังนั้น **Tn. max = 30.5 °c ถึง 26.8 °c**

Tn. min = 25.5 °c ถึง 21.8 °c

การหาขอบเขตสภาวะสบายของฤดูร้อน

จากการเตรียมข้อมูลค่า To.av ในบทที่ 3 เพื่อใช้ในการคำนวณขอบเขตสบาย จึงกำหนดให้อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดของฤดูร้อนปี พ.ศ. 2547 = 34.5 °c แทนค่า Mean Max Temperature และอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดของฤดูร้อนปี พ.ศ. 2548 = 23.6 °c แทนค่า Mean Min Temperature โดยแทนลงในสมการ

$$Tn. = 17.6 + (0.31 \times To.av.)$$

โดยที่ Tn. = อุณหภูมิที่เหมาะสม (Neutrality Temperature)

To.av. = ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของฤดูร้อน

Tn. mean max temp. = 17.6 + (0.31 X 34.5) = 28.3 °c

Tn. mean min temp. =17.6 + (0.31 X 23.6) = 24.9 °c

Tn. = 28.3 °c ถึง 24.9 °c

ขอบเขตของอุณหภูมิที่เหมาะสม = *Tn.+2.5 และ Tn.-2.5*

แทนค่า Tn ในสมการโดย Tn = 28.3 °c ถึง 24.9 °c

Tn.-2.5 = (28.3-2.5) °c ถึง (24.9-2.5) °c

= 25.8 °c ถึง 22.4 °c

Tn.+2.5 = (28.3+2.5) °c ถึง (24.9+2.5) °c

= 30.8 °c ถึง 27.4 °c

ดังนั้น **Tn. max = 30.8 °c ถึง 27.4 °c**

Tn. min = 25.8 °c ถึง 22.4 °c

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาขอบเขตสภาวะสบายของฤดูหนาว

จากการเตรียมข้อมูลค่า To.av ในบทที่ 3 เพื่อใช้ในการคำนวณขอบเขตสบาย จึงกำหนดให้อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดของฤดูหนาวปี พ.ศ. 2547 = 32.2 °c แทนค่า Mean Max Temperature และอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดของฤดูหนาวปี พ.ศ. 2548 = 19.0 °c แทนค่า Mean Min Temperature โดยแทนลงในสมการ

$$Tn. = 17.6 + (0.31 \times To.av.)$$

โดยที่ Tn. = อุณหภูมิที่เหมาะสม (Neutrality Temperature)

To.av. = ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของฤดูหนาว

Tn. mean max temp. = 17.6 + (0.31 X 32.2) = 27.6 °c

Tn. mean min temp. =17.6 + (0.31 X 19.0) = 23.5 °c

Tn. = 27.6 °c - 23.5 °c

ขอบเขตของอุณหภูมิที่เหมาะสม = Tn.+2.5 และ Tn.-2.5

แทนค่า Tn ในสมการโดย Tn = 27.6 °c ถึง 23.5 °c

Tn.-2.5 = (27.6-2.5) °c ถึง (23.5-2.5) °c

= 25.1 °c ถึง 21.0 °c

Tn.+2.5 = (27.6+2.5) °c ถึง (23.5+2.5) °c

= 30.1 °c- 26.0 °c

ดังนั้น

Tn. max = 30.1 °c ถึง 26.0 °c

Tn. min = 25.1 °c ถึง 21.0 °c

ค่าที่ใช้ในการคำนวณขอบเขตความสบาย และขอบเขตความสบายตลอดปี ในฤดูร้อน และในฤดูหนาว สรุปได้ดังตารางที่ 4.1

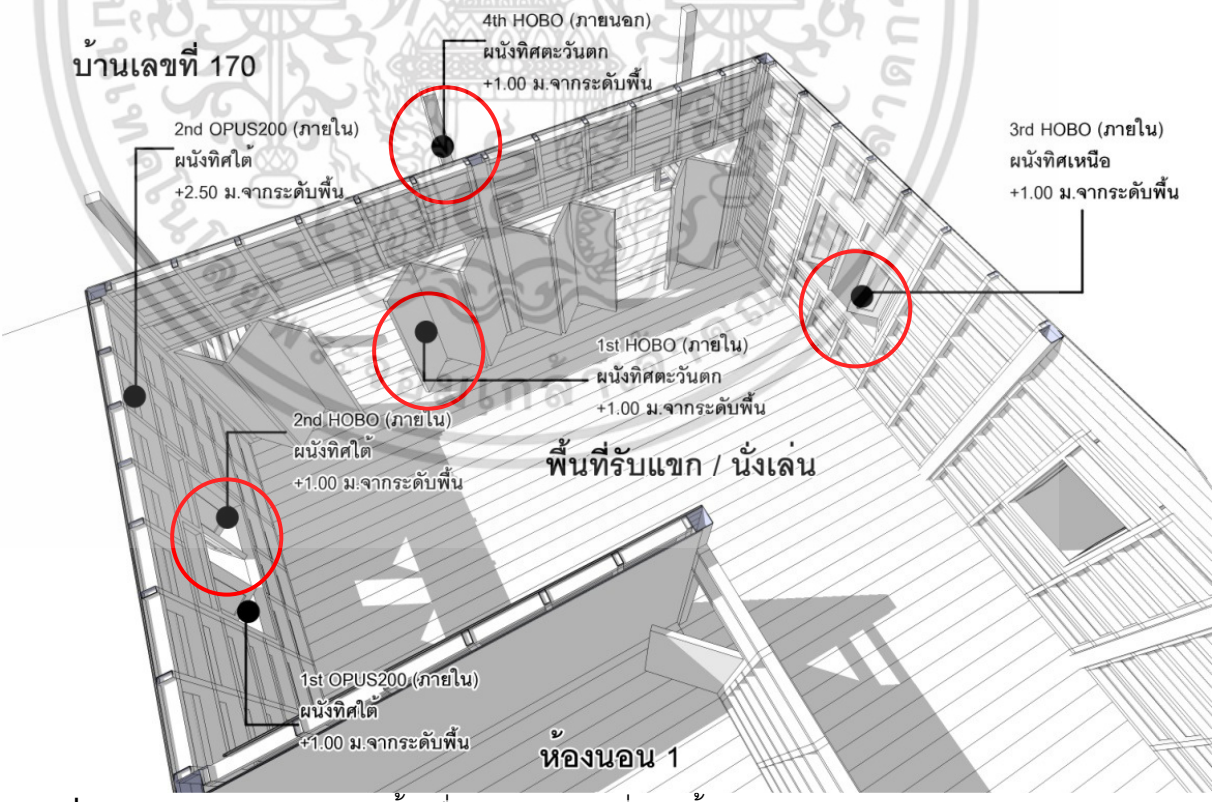
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการคำนวณหาขอบเขตความสบายในพื้นที่อำเภอเถิน

	ตลอดปี	ฤดูร้อน	ฤดูหนาว
Mean Max Temp. (°C)	33.6	34.5	32.2
Mean Min Temp. (°C)	21.7	23.6	19.0
Formula	Tn. = 17.6 + (0.31xTo.av.)		
Tn. mean max temp. (°C)	28.0	28.3	27.6
Tn. mean min temp. (°C)	24.3	24.9	23.5
Tn. (°C)	28.0 - 24.3	28.3 - 24.9	27.6-23.5
ขอบเขตความสบาย Tn. mean max temp. ±2.5 (°C)	30.5 ถึง 26.8	30.8 ถึง 27.4	30.1 ถึง 26.0
ขอบเขตความสบาย Tn. mean min temp. ±2.5 (°C)	25.5 ถึง 21.8	25.8 ถึง 22.4	25.1 ถึง 21.0

4.1.2 การตรวจสอบสภาวะความสบายทางอุณหภูมิภายในบ้านตัวอย่าง

จากการติดตั้งเครื่องมือวัดในบ้านตัวอย่างเพื่อบันทึกอุณหภูมิตามตำแหน่งที่แสดงในรูปที่ 4.1 และ 4.2 (ผลการวัดแสดงในภาคผนวก ข) เป็นการวัดอุณหภูมิในในฤดูร้อน ดังนั้น การตรวจสอบสภาวะความสบายของบ้านตัวอย่างจึงวิเคราะห์โดยใช้ขอบเขตความสบายของฤดูร้อน



รูปที่ 4.1 แสดงตำแหน่งการติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิที่ผนังทั้ง 4 ตำแหน่ง ภายในบ้านตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.2 แสดงการติดตั้งเครื่องมือวัด บ้านเลขที่ 170

จากการหาขอบเขตสภาวะความสบายในพื้นที่อำเภอเถินโดยการคำนวณด้วยวิธีการของการของ Auliciems และ Szokolay ขอบเขตความสบายของฤดูร้อนเท่ากับ 30.8-22.4 °c

ดังนั้น การตรวจสอบสภาวะความสบายของบ้านตัวอย่างกระทำได้ดังนี้

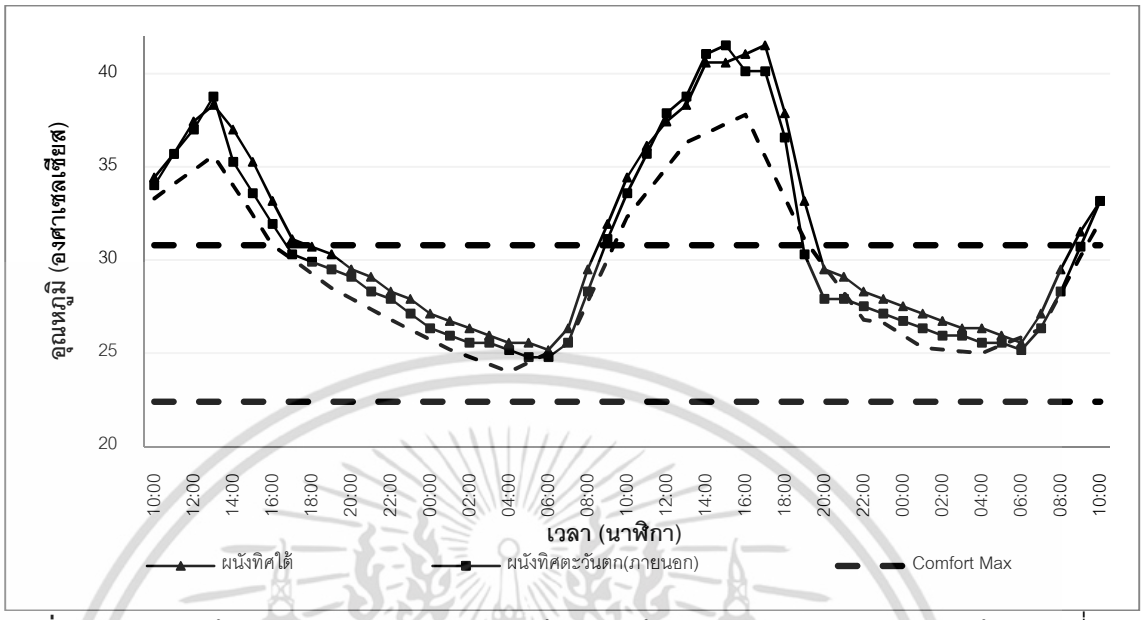
1.การเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในและภายนอกของบ้านตัวอย่าง เพื่อหาความแตกต่างของอุณหภูมิในช่วงเวลาต่างๆ ระหว่างวัน และช่วงเวลาที่อยู่ในขอบเขตสบายของบ้านตัวอย่าง

2.การเปรียบเทียบอุณหภูมิผนังภายในด้านทิศต่างๆ ของบ้านตัวอย่าง เพื่อหาทิศที่มีผลกระทบทางด้านอุณหภูมิภายในบ้านตัวอย่าง และช่วงเวลาที่อยู่ในขอบเขตสบายของบ้านตัวอย่าง

3.การเปรียบเทียบอุณหภูมิระหว่างผนังภายในด้านทิศใต้และที่ระดับฝ้าเพดานของบ้านตัวอย่าง เพื่อหาความแตกต่างระหว่างความร้อนจากเปลือกอาคาร และช่วงเวลาที่อยู่ในขอบเขตสบายของบ้านตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2.1 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในและภายนอกของบ้านตัวอย่าง



รูปที่ 4.3 แผนภูมิเส้นแสดงอุณหภูมิผนังภายในด้านทิศใต้กับอุณหภูมิอากาศภายนอกบ้านเลขที่ 170 วันที่ 28 - 30 พฤษภาคม 2558

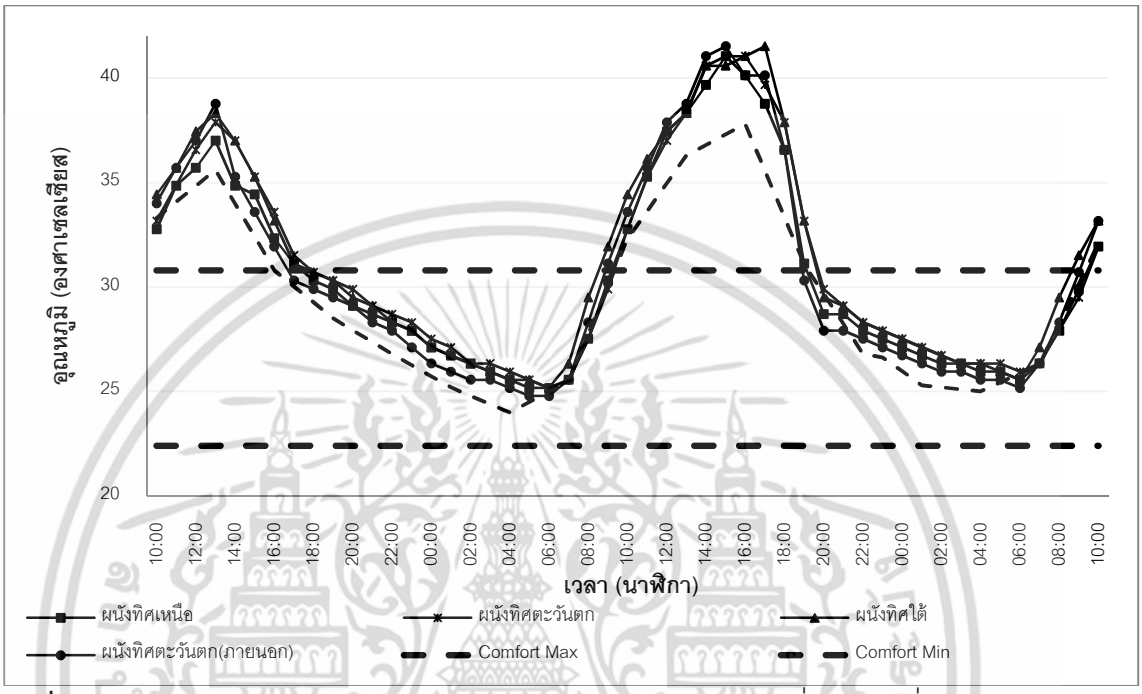
ตามรูปแสดงที่ 4.3 เมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิโดยให้อุณหภูมิผนังภายในด้านทิศใต้แทนอุณหภูมิภายในบ้านตัวอย่างและให้อุณหภูมิภายนอกทางด้านทิศตะวันตกแทนอุณหภูมิภายนอก พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยทั้งวันของผนังภายในด้านทิศใต้ประมาณ 31.2 °c มีอุณหภูมิสูงสุดประมาณ 41.2 °c ในเวลา 17.00 น. มีอุณหภูมิต่ำสุดเท่ากับ 21.2 °c ในช่วงเวลา 6.00 น. และพบว่าทั้งอุณหภูมิภายนอกและภายในบ้านตัวอย่างมีความใกล้เคียงกัน โดยอุณหภูมิที่ผนังด้านทิศใต้ภายในจะสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกบ้านตัวอย่างด้านทิศตะวันตกอยู่ประมาณ 0.7°c เมื่อเทียบกับอุณหภูมิภายนอกของสถานีอุตุนิยมวิทยาเถินในวันเดียวกันพบว่า อุณหภูมิของผนังด้านทิศใต้ภายในบ้านตัวอย่างมีอุณหภูมิเฉลี่ยทั้งวันสูงกว่าประมาณ 1 °c โดยจะมีความแตกต่างของอุณหภูมิมากที่สุดในช่วงเวลา 12.00-18.00 น. ซึ่งภายในบ้านตัวอย่างจะมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิภายนอก (สถานีอุตุนิยมวิทยาเถิน) ประมาณ 1.4 °c

เมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิของผนังภายในด้านทิศใต้เทียบกับขอบเขตความสบายพบว่ามีอุณหภูมิสูงเกินขอบเขตความสบาย (30.8 °c สำหรับฤดูร้อน) ในช่วงเวลาประมาณ 9.00 น.ถึง 19.00 น. โดยจะมีอุณหภูมิสูงสุดระหว่างวันอยู่ที่เวลาประมาณ 15.00 น. ประมาณ 41°c หลังจากนั้น อุณหภูมิจะค่อยๆ เย็นลง จนผ่านช่วง 19.00 น.จึงจะเข้าสู่ช่วงขอบเขตความสบาย และจะมีอุณหภูมิต่ำสุดอยู่ที่เวลาประมาณ 6.00 น.ประมาณ 25 °c ก่อนที่อุณหภูมิจะค่อยๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูงขึ้นจนเริ่มเกินขอบเขตความสบายอีกครั้งหนึ่งที่เวลาประมาณ 9.00 น. บ้านตัวอย่างมีค่าพิสัยอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดระหว่างวันเฉลี่ยประมาณ 13.89 °c

4.1.2.2 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิผนังภายในด้านทิศต่างๆ ของบ้านตัวอย่าง



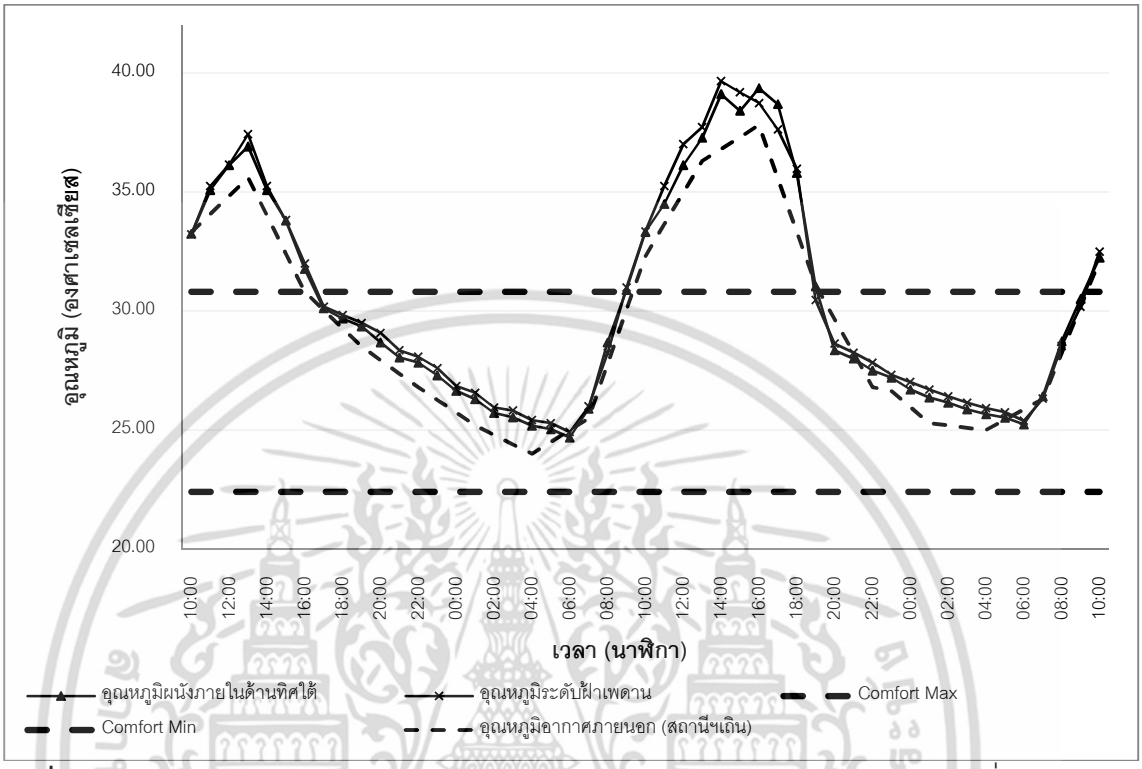
รูปที่ 4.4 แผนภูมิเส้นแสดงอุณหภูมิผนังภายในด้านทิศต่างๆ บ้านเลขที่ 170 วันที่ 28 - 30 พฤษภาคม 2558

ดังรูปแสดงที่ 4.4 เมื่อพิจารณาอุณหภูมิผนังภายในของบ้านตัวอย่าง พบว่าผนังด้านทิศใต้มีความร้อนสูงกว่าผนังด้านทิศอื่นๆ แทบจะตลอดทั้งวันประมาณ 0.70°c โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 31.25°c ในขณะที่ผนังด้านทิศตะวันตกมีความร้อนสูงกว่าผนังด้านทิศอื่นๆ ในช่วงเวลาตั้งแต่เวลาประมาณ 15.00 ถึง 6.00 น. ซึ่งมากกว่าผนังด้านอื่นๆ อยู่ประมาณ 0.40°c โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 29.31°c

ผนังทุกด้านมีอุณหภูมิสูงเกินขอบเขตสบายตั้งแต่ช่วงเวลา 9.00-19.00 โดยมีอุณหภูมิสูงสุดในช่วงเวลาประมาณ 14.00 - 17.00 น.และมีอุณหภูมิต่ำสุดในช่วงเวลาประมาณ 5.00-6.00 น. อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิของผนังด้านในทุกด้านที่ทำการติดตั้งเครื่องมือวัดกับอุณหภูมิภายนอกของสถานีอุตุนิยมวิทยาเถิน พบว่าทุกด้านมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกในช่วงเวลาเดียวกัน เมื่อเฉลี่ยทั้งวันแล้วมีอุณหภูมิสูงกว่าประมาณ 1.7°c โดยช่วงเวลาที่มีอุณหภูมิแตกต่างกันมากที่สุดอยู่ในช่วงเวลา 10.00-18.00 น.โดยเฉลี่ยแล้วประมาณ 2.5°c ซึ่งเป็นช่วงเวลาเดียวกันที่อุณหภูมิร้อนเกินขอบเขตสบาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2.3 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิระหว่างผนังภายในด้านทิศใต้และที่ระดับฝ้าเพดานของบ้านตัวอย่าง



รูปที่ 4.5 แผนภูมิเส้นผลการวัดอุณหภูมิผิวผนังด้านทิศใต้และระดับฝ้าเพดาน บ้านเลขที่ 170 วันที่ 28 - 30พฤษภาคม 2558

ดังรูปแสดงที่ 4.5 เมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิของอุณหภูมิผนังภายในด้านทิศใต้และที่ระดับฝ้าเพดาน พบว่าอุณหภูมิผิวผนังทางด้านทิศใต้มีอุณหภูมิเฉลี่ยทั้งวันประมาณ 30.2 °c มีอุณหภูมิสูงสุด 39.4 °cเวลาประมาณ 16.00 น. ต่ำสุด 24.7 °c เวลาประมาณ 6.00 น. ในขณะที่อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งวันที่ระดับฝ้าประมาณ 30.4 °c มีอุณหภูมิสูงสุด 39.7 °cเวลาประมาณ 14.00 น. ต่ำสุด 24.9 °c เวลาประมาณ 6.00 น.

เมื่อพิจารณาความร้อนที่เกิดขึ้นภายในบ้านตัวอย่างระหว่างผนังและความร้อนที่ระดับฝ้าเพดานนั้นพบว่ามีความแตกต่างกันน้อยมาก เฉลี่ยทั้งวันแล้วประมาณ 0.3 °c เท่านั้น โดยจะมีความแตกต่างกันมากที่สุดในช่วงเวลาประมาณ 11.00 น.ถึง 17.00 น.เฉลี่ยประมาณ ประมาณ 0.7 °c โดยในช่วงเวลาประมาณ 17.00 น บ้านตัวอย่างจะมีความแตกต่างของอุณหภูมิสูงสุดที่ระดับฝ้าเพดานและผิวผนังทางด้านทิศใต้ประมาณ 1 °c และช่วงเวลาประมาณ 10.00 น.เป็นช่วงเวลาที่มีอุณหภูมิแตกต่างกันน้อยที่สุดคือ ประมาณ 0.03 °c เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

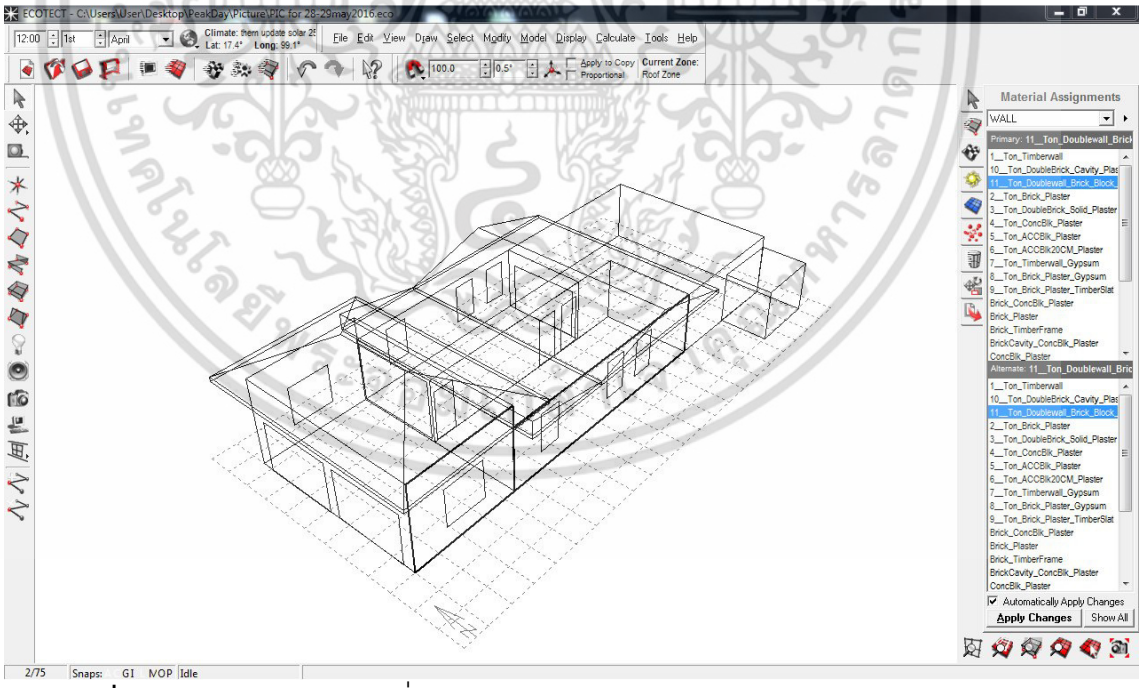
4.2 การปรับปรุงอาคารด้วยมวลอุณหภาพในส่วนประกอบต่าง ๆ ของอาคาร เพื่อสภาวะความสบาย

จากกรอบแนวคิดแนวทางการปรับปรุงอาคารพักอาศัยด้วยมวลอุณหภาพ แบ่งเป็น 2 แนวทางดังที่กล่าวมาแล้ว คือ

แนวทางที่ 1 การหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังรูปแบบต่างๆ

แนวทางที่ 2 การหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังรูปแบบต่างๆ ร่วมกับการเพิ่มฉนวนที่หลังคาและฝ้าเพดาน

การจำลองการปรับปรุงอาคารพักอาศัยด้วยมวลอุณหภาพทำโดยการใช้โปรแกรม Ecotect V5.20 จากการเตรียมข้อมูลสำหรับการจำลองผลด้วยโปรแกรม Ecotect ในบทที่ 3 เมื่อทำการทดสอบความแม่นยำของโปรแกรมแล้ว จึงทำการจำลองผลการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพแล้วนำผลที่ได้วิเคราะห์ความสามารถในการลดความร้อนของผนังชนิดต่างๆ

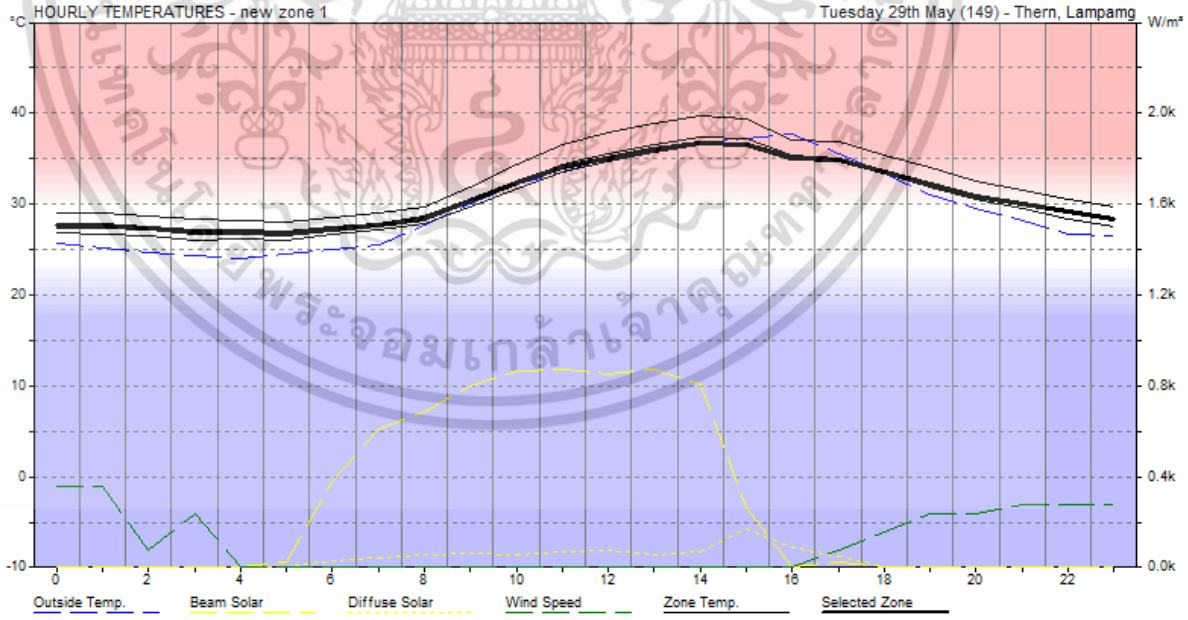


รูปที่ 4.6 การจำลองบ้านเลขที่ 170 ด้วยโปรแกรม Ecotect ในผนังด้านทิศใต้ (เส้นทึบ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

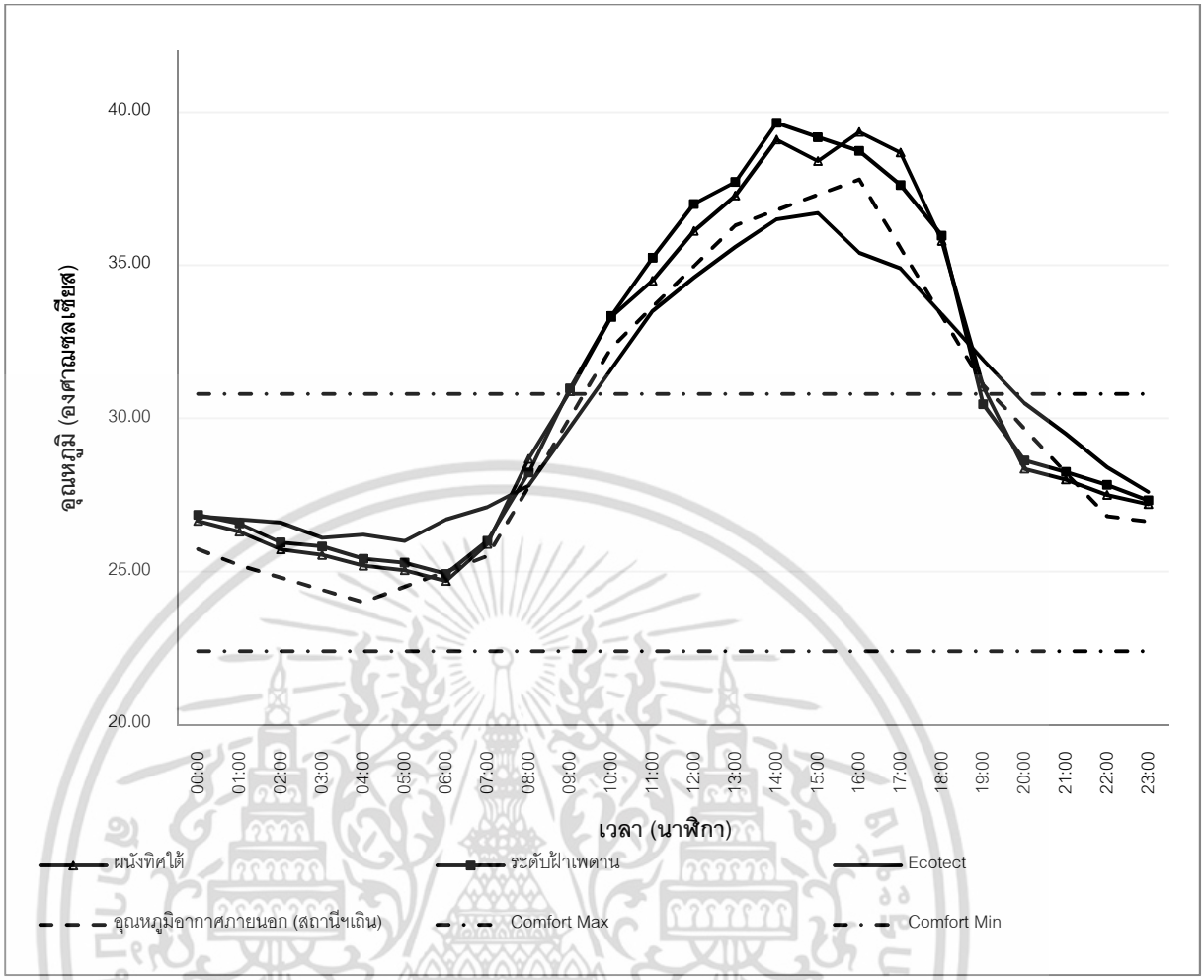
4.2.1 การวิเคราะห์ความแม่นยำของโปรแกรม Ecotect V.5.20

เนื่องจากการปรับปรุงอาคารด้วยมวลอุณหภาพในส่วนประกอบต่างๆ ของอาคารเพื่อสภาวะความสบายกระทำโดยการจำลองด้วยโปรแกรม Ecotect V.5.20 จึงวิเคราะห์บ้านตัวอย่างด้วยโปรแกรม Ecotect V.5.20 สำหรับเปรียบเทียบกับข้อมูลที่วัดได้จริง เพื่อทดสอบความแม่นยำของโปรแกรม ซึ่งผลการจำลองด้วยโปรแกรม Ecotect V.5.20 โดยทำการจำลองผลในวันที่ 29 พฤษภาคม พ.ศ. 2558 ตามรูปที่ 4.6 พบว่าลักษณะของอุณหภูมิภายในบ้านเลขที่ 170 นั้น มีความคล้ายคลึงกันกับอุณหภูมิที่วัดจริงในเรื่องช่วงเวลาของสภาวะความสบาย กล่าวคือ เมื่อเวลาประมาณ 9.00 - 19.00 น. อุณหภูมิภายในบ้านจะเริ่มสูงขึ้นเกินขอบเขตสบายจนมีอุณหภูมิสูงสุดในช่วงเวลาประมาณ 16.00 น. หลังจากนั้นอุณหภูมิภายในบ้านตัวอย่างเริ่มลดลงจนมีอุณหภูมิต่ำสุดที่เวลาประมาณ 6.00 น. ก่อนจะค่อยๆ สูงขึ้นจนเกินขอบเขตสบายอีกครั้งในช่วงเวลาประมาณ 9.00 น. โดยอุณหภูมิของผนังด้านทิศใต้เมื่อจำลองด้วยโปรแกรมมีอุณหภูมิเฉลี่ยทั้งวันประมาณ 30.41 °c มีอุณหภูมิสูงสุดประมาณ 37.70 °c เวลาประมาณ 16.00 น. และต่ำสุด 24.00 °c เวลาประมาณ 4.00 น. ในขณะที่อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งวันของผิวผนังภายในด้านทิศใต้ประมาณ 30.8 °c มีอุณหภูมิสูงสุดประมาณ 39.4 °c ในเวลา 16.00 น. มีอุณหภูมิต่ำสุดเท่ากับ 24.7 °c ในช่วงเวลา 6.00 น.



รูปที่ 4.7 แสดงผลการจำลองอุณหภูมิผนังทางด้านทิศใต้ภายในของบ้านเลขที่ 170 วันที่ 29 พฤษภาคม พ.ศ. 2558 ด้วยโปรแกรม Ecotect

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 แผนภูมิเส้นแสดงเปรียบเทียบผลการวัดจริงกับผลการจำลองด้วยโปรแกรม Ecotect ของบ้านเลขที่ 170 วันที่ 29 พฤษภาคม 2558

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบอุณหภูมิเฉลี่ยที่วัดได้จริงกับผลการจำลองด้วยโปรแกรม Ecotect V.5.20 ตามรูปที่ 4.7 พบว่าตลอดทั้งวันการจำลองด้วยโปรแกรมนั้นมีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำกว่าการวัดได้จริงประมาณ 0.4-0.55 °c โดยจะมีความแตกต่างมากที่สุดระหว่างอุณหภูมิที่จำลองได้กับอุณหภูมิที่วัดได้จริงในช่วงเวลาประมาณ 9.00-19.00 น.โดยอุณหภูมิที่จำลองด้วยโปรแกรมจะมีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำกว่าอุณหภูมิที่วัดได้จริงในบ้านตัวอย่างประมาณ 1.90-2.00°c ในขณะเดียวกันในช่วงเวลาประมาณ 20.00-8.00 น. กลับพบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยที่จำลองด้วยโปรแกรมนั้นกลับสูงกว่าอุณหภูมิที่วัดได้จริงประมาณ 0.70-0.90 °c (ตามตารางที่ 4.2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงผลเปรียบเทียบอุณหภูมิวันที่ 29 พฤษภาคม 2558 ระหว่างการติดตั้งเครื่องมือวัดจริงกับการจำลองด้วยโปรแกรม Ecotect V.5.20

		อุณหภูมิเฉลี่ย (°C)	อุณหภูมิสูงสุด (°C)	อุณหภูมิต่ำสุด (°C)	ค่าพิสัยอุณหภูมิ (°C)	อุณหภูมิเฉลี่ย ช่วงเช้า(°C) 9.00-19.00	อุณหภูมิเฉลี่ย ช่วงค่ำ(°C) 20.00-8.00
จากการจำลองใน Ecotect v.5.20	ผนังด้านทิศใต้	30.41	36.70	26.00	10.70	33.98	27.38
จากการวัดจริง	ผนังด้านทิศใต้	30.80	39.35	24.69	14.66	35.86	26.52
	ระดับฝ้าเพดาน	30.96	39.65	24.92	14.73	35.99	26.70
ความแตกต่าง ระหว่างการวัดจริง - Ecotect	ผนังด้านทิศใต้	0.39	2.65	-1.31	3.96	1.88	-0.86
	ระดับฝ้าเพดาน	0.55	2.95	-1.08	4.03	2.01	-0.68

ทั้งนี้หากพิจารณาสภาวะความสบายของบ้านเลขที่ 170 ในวันดังกล่าวที่ทำการจำลองด้วยโปรแกรม Ecotect แล้วพบว่ามีจำนวนชั่วโมงที่เกินขอบเขตสบายเท่ากันกับการวัดจริง โดยมีช่วงที่เกินสภาวะสบายในช่วงเวลาเดียวกัน คือ เวลาประมาณ 9.00-19.00 น.นั่นคือโปรแกรม Ecotect V.5.20 สามารถจำลองผลอุณหภูมิภายในได้ใกล้เคียงกับค่าที่วัดจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 แนวทางที่ 1 - ผลการจำลองและวิเคราะห์การหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังรูปแบบต่างๆ ด้วยโปรแกรม Ecotect V.5.20

4.2.2.1 ผลการจำลองการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนัง
วันที่ 29 พฤษภาคม พ.ศ. 2558 (วันที่ติดตั้งเครื่องมือวัด)

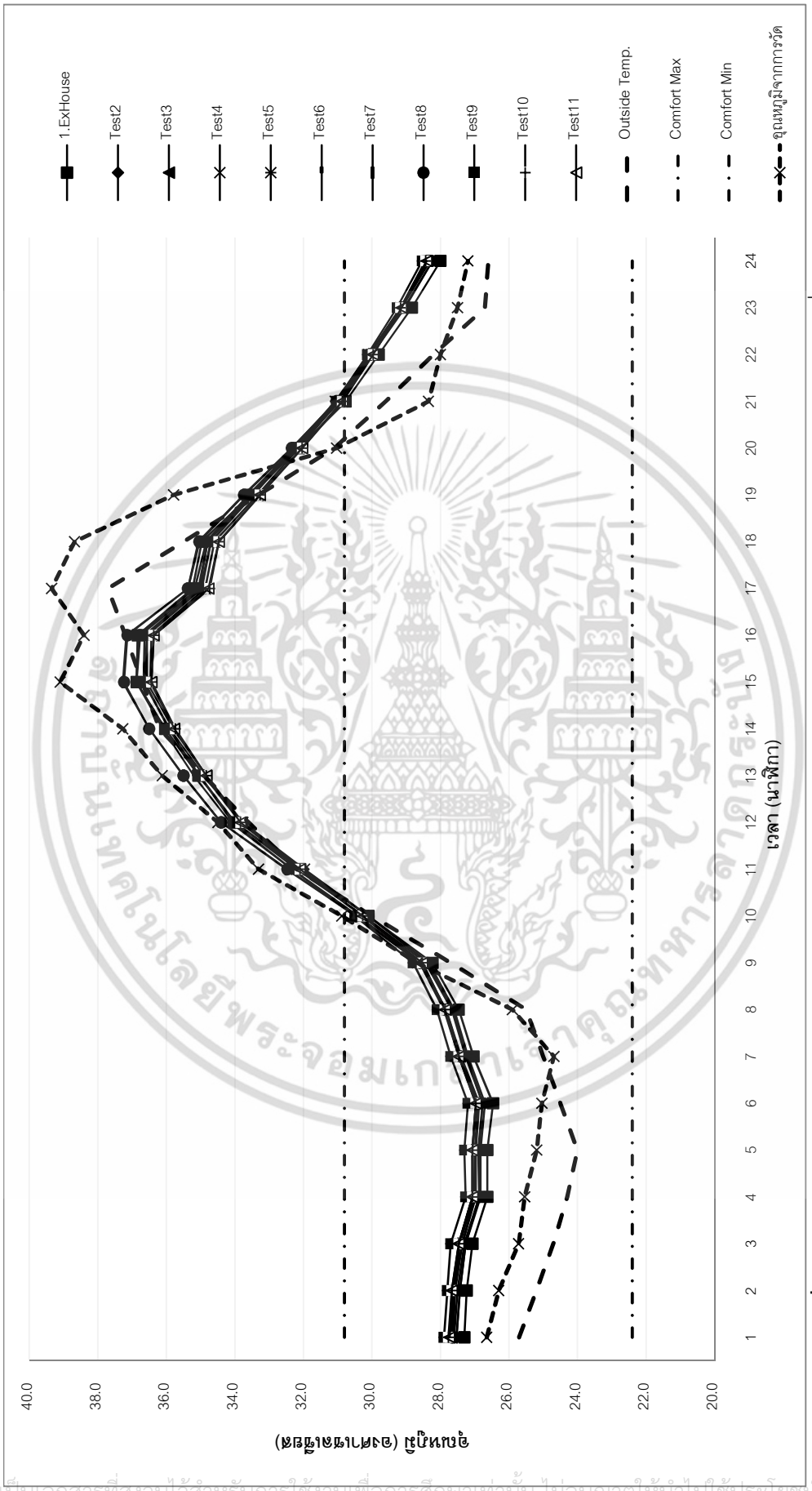
การจำลองการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังวันที่ 29 พฤษภาคม พ.ศ. 2558 (วันที่ติดตั้งเครื่องมือวัด) เพื่อใช้เปรียบเทียบมวลอุณหภาพของผนังชนิดต่างๆ กับวัสดุดั้งเดิมของบ้าน

เมื่อใช้ข้อมูลสภาพอากาศของวันที่ 29 พฤษภาคม พ.ศ. 2558 (วันที่ติดตั้งเครื่องมือวัด) โปรแกรม Ecotect V.5.20 แสดงผลการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังทั้ง 11 แบบ ตามตารางที่ 4.3 ซึ่งสามารถแสดงข้อมูลรวมแบบแผนภูมิเส้นได้ดังรูปที่ 4.9

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการจำลองการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังชนิดต่างๆ
วันที่ 29 พฤษภาคม พ.ศ. 2558

จำลองการทดสอบวันที่ 29 พ.ค. 2558		MEAN	MAX	MIN	DTR	in comfort zone	over comfort zone	under comfort zone
ปรับปรุงผนังทิศใต้		(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(Hours)	(Hours)	(Hours)
รหัสทดลอง	อุณหภูมิอากาศภายนอก (กรมอุตุฯเดิน)	29.8	37.7	24.0	13.7	14	10	0
วัดจริง	อุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องนั่งเล่น	30.8	39.4	24.7	14.7	13	11	0
1. ExHouse	ผนังไม้ (เดิม) หนา1/2 นิ้ว	30.8	37.3	26.0	11.3	13	11	0
Test 2	ผนังอิฐมอญครึ่งแผ่นฉาบผิวเรียบ	30.8	37.1	26.2	10.9	13	11	0
Test 3	ผนังอิฐมอญเต็มแผ่นฉาบผิวเรียบ	30.9	36.9	26.3	10.6	12	12	0
Test 4	ผนังคอนกรีตบล็อกฉาบปูนเรียบ	30.8	37.1	26.2	10.9	13	11	0
Test 5	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูนเรียบ	30.9	37.3	26.2	11.1	12	12	0
Test 6	ผนังคอนกรีตมวลเบาหนา 20 ซม.ฉาบปูนเรียบ	31.0	37.4	26.3	11.1	12	12	0
Test 7	ผนังฝาไม้หนา1/2นิ้วกรุแผ่นยิบซัมบอร์ดภายใน	31.1	38.2	26.2	12.0	12	12	0
Test 8	ผนังอิฐมอญครึ่งแผ่นฉาบผิวเรียบ กรุแผ่นยิบซัมบอร์ดภายใน	31.1	38.2	26.3	11.9	12	12	0
Test 9	ผนังฝาไม้หนา1/2นิ้วกรุภายนอก ผนังก่ออิฐมอญครึ่งแผ่นฉาบปูนเรียบ	31.0	37.0	26.4	10.6	12	12	0
Test 10	ผนัง2ชั้นก่ออิฐมอญครึ่งแผ่นฉาบปูนเรียบ เว้นช่องอากาศภายใน 5 ซม.	30.8	36.9	26.4	10.5	12	12	0
Test 11	ผนัง2ชั้นก่ออิฐมอญครึ่งแผ่นภายในอิฐบล็อกภายนอก ฉาบปูนเรียบเว้นช่องอากาศภายใน 5 ซม.	30.8	36.9	26.4	10.5	12	12	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 แสดงกราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิของผนังด้านทิศใต้แบบต่างๆ หน่วยความร้อนวันที่ 29 พ.ค. 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2.2 ผลการจำลองการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนัง
วันที่ 30 มีนาคม พ.ศ. 2557 (วันที่มีอุณหภูมิสูงที่สุดในรอบปี)

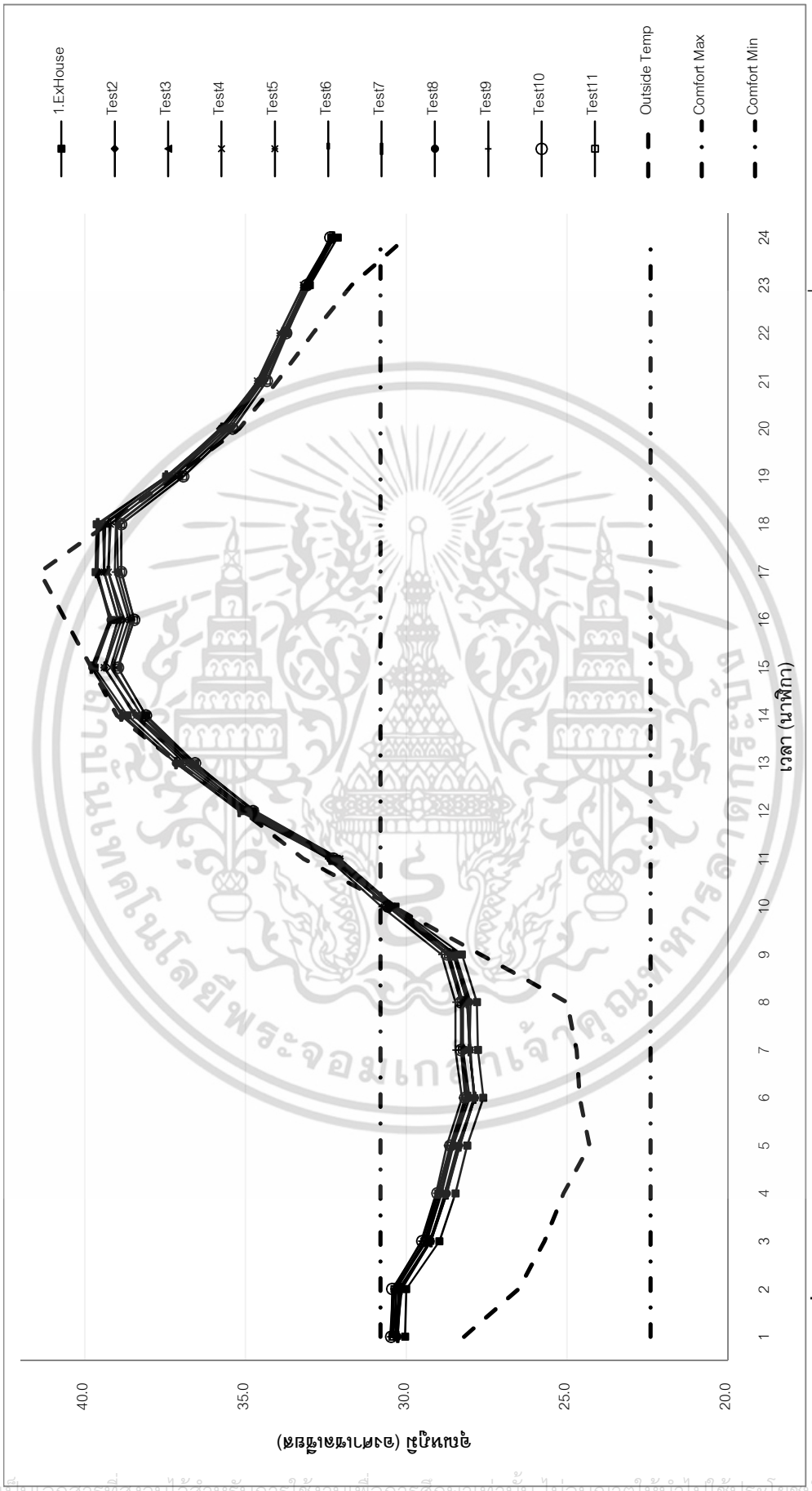
การจำลองการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังวันที่ 30 มีนาคม พ.ศ. 2557 (วันที่มีอุณหภูมิสูงที่สุดในรอบปี) เพื่อใช้เปรียบเทียบมวลอุณหภาพของผนังชนิดต่างๆ กับวัสดุดั้งเดิมของบ้านในวันที่อุณหภูมิสูงที่สุดของปี

เมื่อใช้ข้อมูลสภาพอากาศของวันที่ 30 มีนาคม พ.ศ. 2557 (วันที่มีอุณหภูมิสูงที่สุดในรอบปี) โปรแกรม Ecotect V.5.20 แสดงผลการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังทั้ง 11 แบบ ตามตารางที่ 4.4 ซึ่งสามารถแสดงข้อมูลรวมแบบแผนภูมิเส้นได้ดังรูปที่ 4.10

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการจำลองการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังชนิดต่างๆ
วันที่ 30 มีนาคม พ.ศ. 2557

จำลองการทดสอบวันที่ 30 มี.ค. 2557		MEAN	MAX	MIN	DTR	in comfort zone	over comfort zone	under comfort zone
ปรับปรุงผนังทิศใต้		(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(Hours)	(Hours)	(Hours)
รหัสทดลอง	**อุณหภูมิอากาศภายนอก (กรมอุตุฯเถิน)**	32.0	41.4	24.3	17.1	10	14	0
1. ExHouse	ผนังไม้ (เดิม) หนา1/2 นิ้ว	33.1	40.2	27.3	12.9	9	15	0
Test 2	ผนังอิฐมอญครึ่งแผ่นฉาบผิวเรียบ	33.2	39.9	27.5	12.4	7	17	0
Test 3	ผนังอิฐมอญเต็มแผ่นฉาบผิวเรียบ	33.1	39.6	27.7	11.9	7	17	0
Test 4	ผนังคอนกรีตบล็อกฉาบปูนเรียบ	33.1	39.8	27.5	12.3	8	16	0
Test 5	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูนเรียบ	33.2	39.9	27.6	12.3	8	16	0
Test 6	ผนังคอนกรีตมวลเบาหนา 20 ซม.ฉาบปูนเรียบ	33.2	39.7	27.7	12.0	7	17	0
Test 7	ผนังฝาไม้หนา1/2นิ้วกรุแผ่นยิบซัมบอร์ดภายใน	33.3	40.4	27.6	12.8	8	16	0
Test 8	ผนังอิฐมอญครึ่งแผ่นฉาบผิวเรียบ กรุแผ่นยิบซัมบอร์ดภายใน	33.3	40.3	27.6	12.7	8	16	0
Test 9	ผนังฝาไม้หนา1/2นิ้วกรุภายนอก ผนังก่ออิฐมอญครึ่งแผ่นฉาบปูนเรียบ	33.2	39.6	27.8	11.8	7	17	0
Test 10	ผนัง2ชั้นก่ออิฐมอญครึ่งแผ่นฉาบปูนเรียบ เว้นช่องอากาศภายใน 5 ซม.	33.1	39.5	27.8	11.7	7	17	0
Test 11	ผนัง2ชั้นก่ออิฐมอญครึ่งแผ่นภายใน อิฐบล็อกภายนอก ฉาบปูนเรียบเว้นช่องอากาศภายใน 5 ซม.	33.1	39.5	27.8	11.7	7	17	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 แผนภูมิเส้นแสดงผลการจำลองการใช้มวลอุณหภาพของผนังด้านทิศใต้แบบต่างๆ หน่วงความร้อนวันที่ 30 มี.ค. 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2.3 ผลการจำลองการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนัง
วันที่ 24 มกราคม พ.ศ. 2557 (วันที่มีอุณหภูมิต่ำที่สุดในรอบปี)

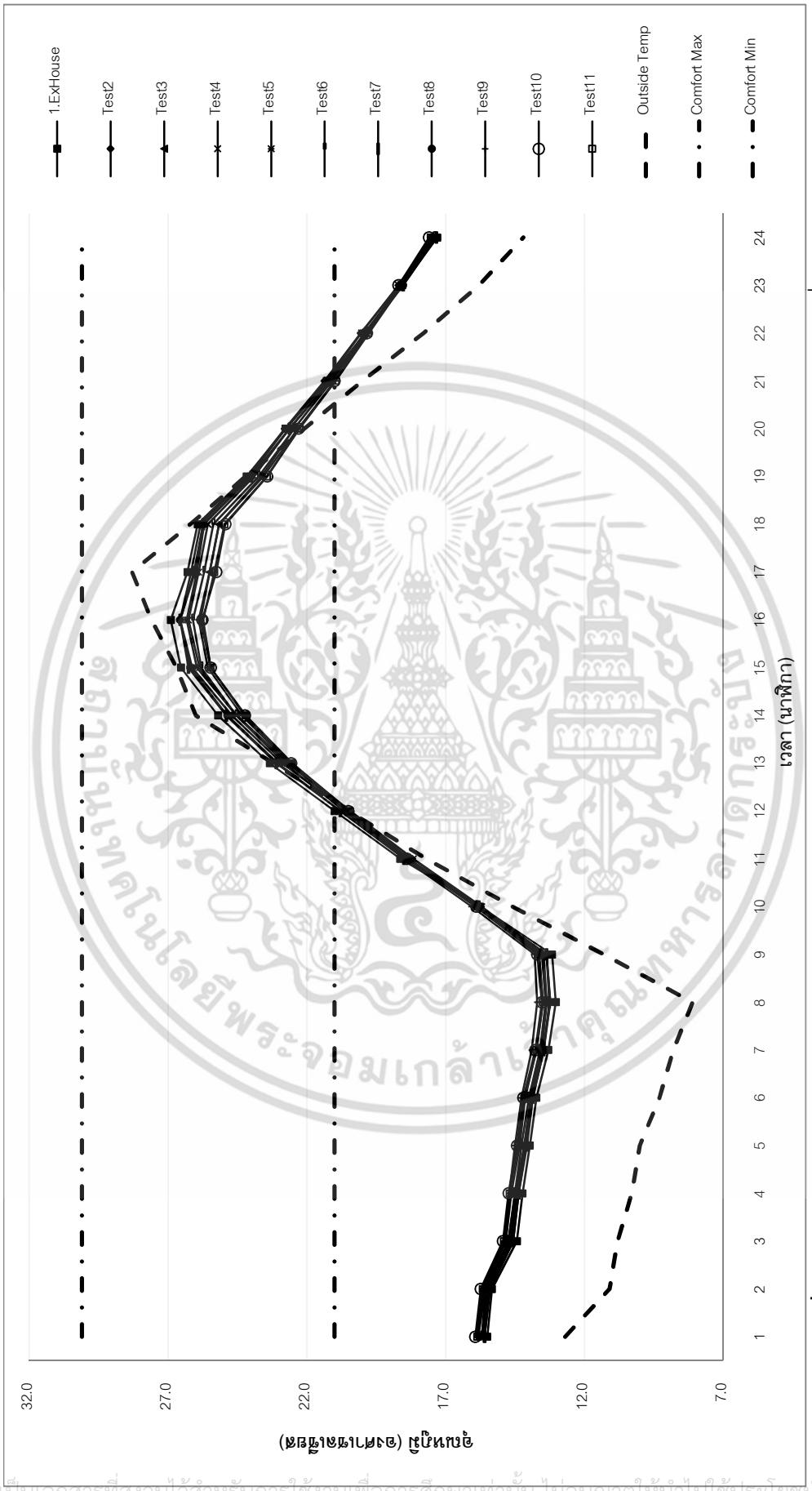
การจำลองการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังวันที่ 24 มกราคม พ.ศ. 2557 (วันที่มีอุณหภูมิต่ำที่สุดในรอบปี) เพื่อใช้เปรียบเทียบมวลอุณหภาพของผนังชนิดต่างๆ กับวัสดุดั้งเดิมของบ้านในวันที่อุณหภูมิต่ำที่สุดของปี

เมื่อใช้ข้อมูลสภาพอากาศของวันที่ 24 มกราคม พ.ศ. 2557 (วันที่มีอุณหภูมิต่ำที่สุดในรอบปี) โปรแกรม Ecotect V.5.20 แสดงผลการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังทั้ง 11 แบบ ตามตารางที่ 4.5 ซึ่งสามารถแสดงข้อมูลรวมแบบแผนภูมิเส้นได้ดังรูปที่ 4.11

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการจำลองการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังชนิดต่างๆ
วันที่ 24 ม.ค. พ.ศ. 2557

จำลองการทดสอบวันที่ 24 ม.ค. 2557		MEAN	MAX	MIN	DTR	in comfort zone	over comfort zone	under comfort zone
ปรับปรุงผนังทิศใต้		(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(Hours)	(Hours)	(Hours)
รหัสทดลอง	**อุณหภูมิอากาศภายนอก (กรมอุตุฯเถิน)**	**17.4**	**28.3**	**8.1**	**20.2**	**8**	**0**	**16**
1. ExHouse	ผนังไม้ (เดิม) หนา1/2 นิ้ว	19.2	27.2	12.5	14.7	8	0	16
Test 2	ผนังอิฐมอญครึ่งแผ่นฉาบผิวเรียบ	19.2	26.8	12.8	14.0	7	0	17
Test 3	ผนังอิฐมอญเต็มแผ่นฉาบผิวเรียบ	19.0	26.2	12.9	13.3	6	0	18
Test 4	ผนังคอนกรีตบล็อกฉาบปูนเรียบ	19.1	26.6	12.8	13.8	6	0	18
Test 5	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูนเรียบ	19.1	26.5	12.7	13.8	6	0	18
Test 6	ผนังคอนกรีตมวลเบาหนา 20 ซม.ฉาบปูนเรียบ	19.1	26.3	12.9	13.4	6	0	18
Test 7	ผนังฝาไม้หนา1/2นิ้วกรุแผ่นยิบซัมบอร์ดภายใน	19.1	26.9	12.8	14.1	7	0	17
Test 8	ผนังอิฐมอญครึ่งแผ่นฉาบผิวเรียบ กรุแผ่นยิบซัมบอร์ดภายใน	19.1	26.9	12.8	14.1	7	0	17
Test 9	ผนังฝาไม้หนา1/2นิ้วกรุภายนอก ผนังก่ออิฐมอญครึ่งแผ่นฉาบปูนเรียบ	19.1	26.2	13.0	13.2	6	0	18
Test 10	ผนัง2ชั้นก่ออิฐมอญครึ่งแผ่นฉาบปูนเรียบ เว้นช่องอากาศภายใน 5 ซม.	19.0	26.1	12.9	13.2	6	0	18
Test 11	ผนัง2ชั้นก่ออิฐมอญครึ่งแผ่นภายใน อิฐบล็อกภายนอก ฉาบปูนเรียบเว้นช่องอากาศภายใน 5 ซม.	19.0	26.1	12.9	13.2	6	0	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



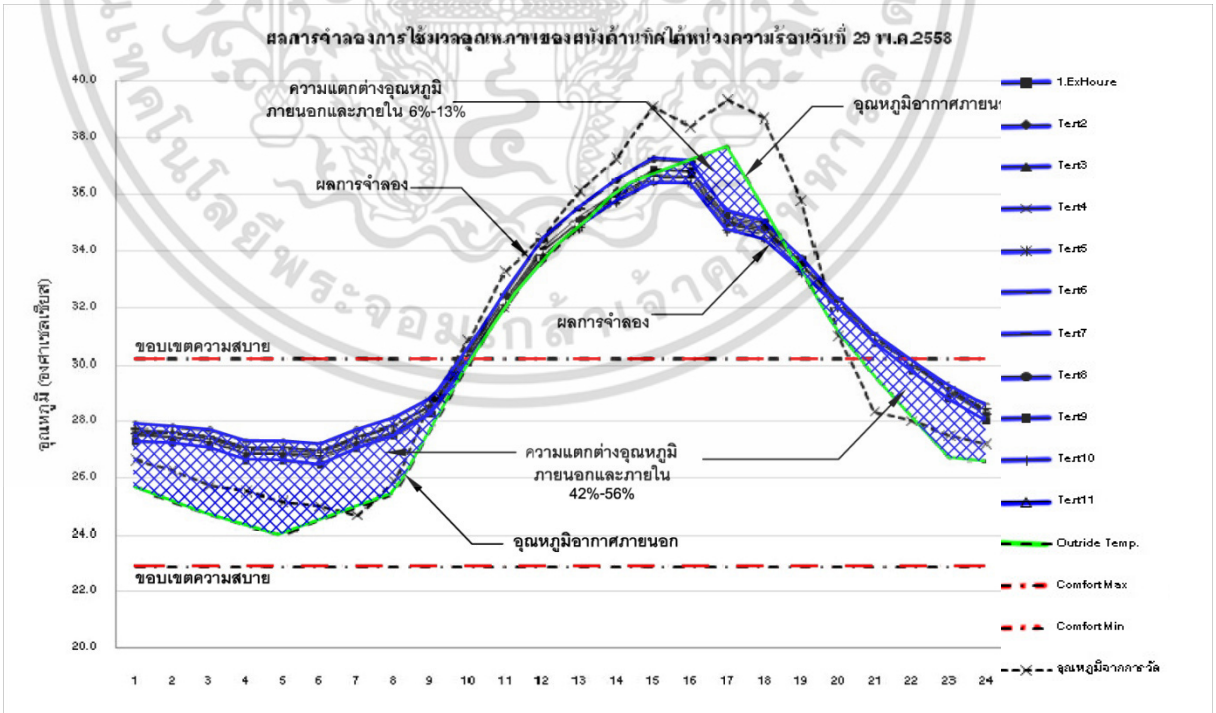
รูปที่ 4.11 แผนภูมิเส้นแสดงผลการจำลองการใช้มวลอุณหภาพของผนังด้านทิศใต้แบบต่างๆ หน่วงความร้อนวันที่ 24 ม.ค. 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2.4 วิเคราะห์ผลการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังรูปแบบต่างๆ ในแนวทางที่ 1

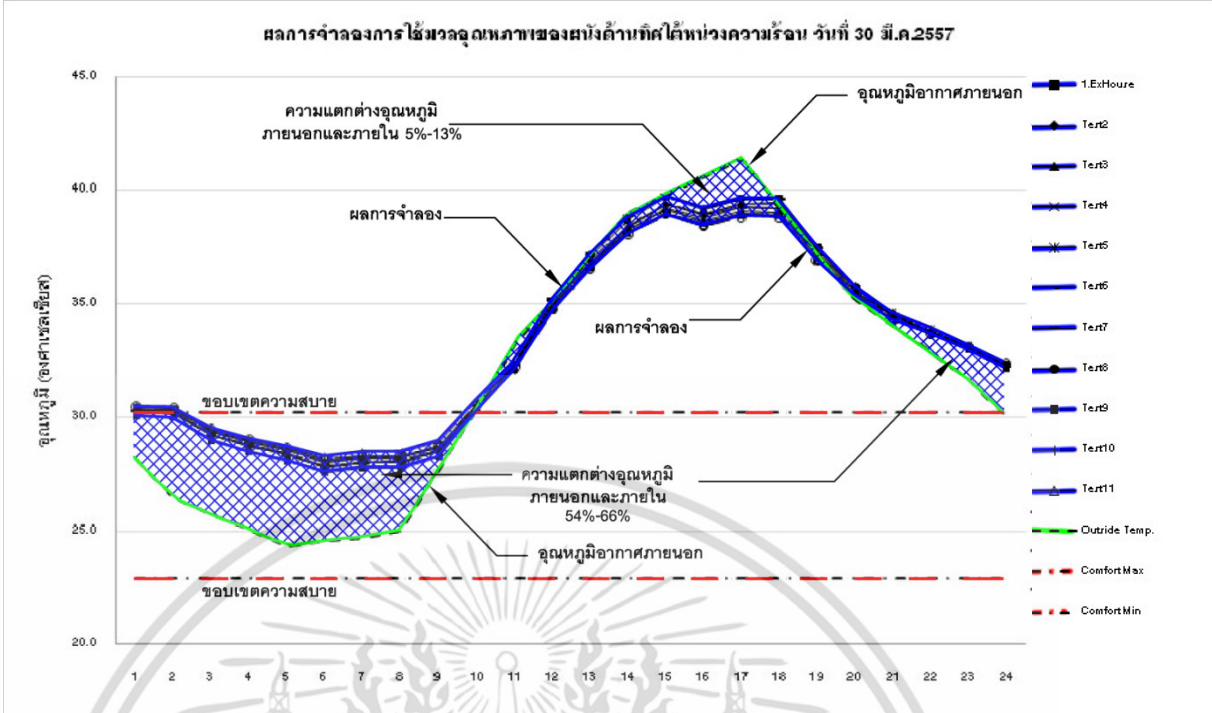
วิเคราะห์ผลการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพในฤดูร้อน

ผลการจำลองแนวทางการปรับปรุงอาคารที่พักอาศัยด้วยวิธีการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังอาคาร วันที่ 29 พฤษภาคม 2558 และวันที่ 30 มีนาคม 2557 ซึ่งเป็นวันในฤดูร้อนที่มีอุณหภูมิสูงที่สุดในรอบปี พบว่ามวลอุณหภาพของแบบจำลองผนังทุกชนิดที่ใช้ในการหน่วงความร้อนทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งวันภายในบ้านตัวอย่างสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกประมาณ 1-1.3 °c และหน่วงเวลาการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกอาคารสู่ภายในอาคารได้ โดยทำให้อุณหภูมิอากาศภายในบ้านตัวอย่างที่ทำการจำลองต่ำกว่าอุณหภูมิภายนอกตั้งแต่ 0.1-0.8 °c หรือประมาณร้อยละ 5-13 หากเทียบกับอุณหภูมิอากาศภายนอก ในช่วงเวลากลางวันนี้ (9.00-19.00 น.) ซึ่งเป็นช่วงเวลาอุณหภูมิร้อนเกินขอบเขตความสบาย ในขณะเดียวกันเมื่ออุณหภูมิอากาศภายนอกเย็นลงแล้วในช่วงค่ำ (19.00-9.00 น.) ความร้อนที่ถูกหน่วงไว้ด้วยมวลอุณหภาพของผนังได้ถูกถ่ายเทเข้าสู่ภายในอาคาร ส่งผลให้อุณหภูมิภายในบ้านตัวอย่างที่ได้ทำการจำลองสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกตั้งแต่ 2.0-2.7 °c หรือประมาณร้อยละ 42-66 ของช่วงเวลานี้ หากเทียบกับอุณหภูมิอากาศภายนอก ดังรูปที่ 4.12 - 4.13 แสดง



รูปที่ 4.12 แสดงการวิเคราะห์ผลการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังชนิดต่างๆ ใน วันที่ 29 พ.ค. 2558

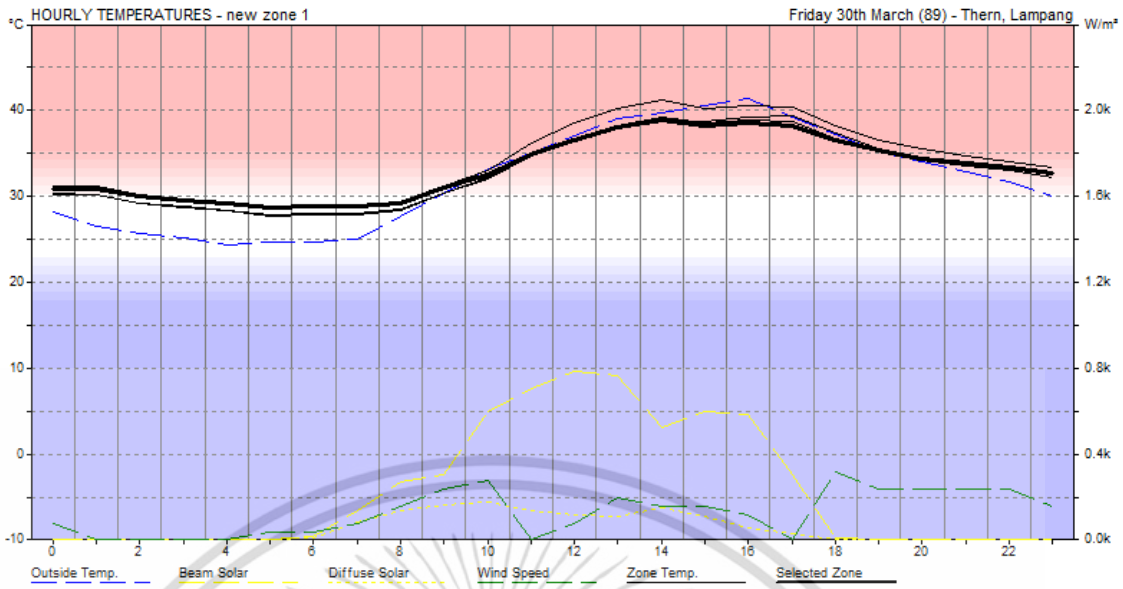
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



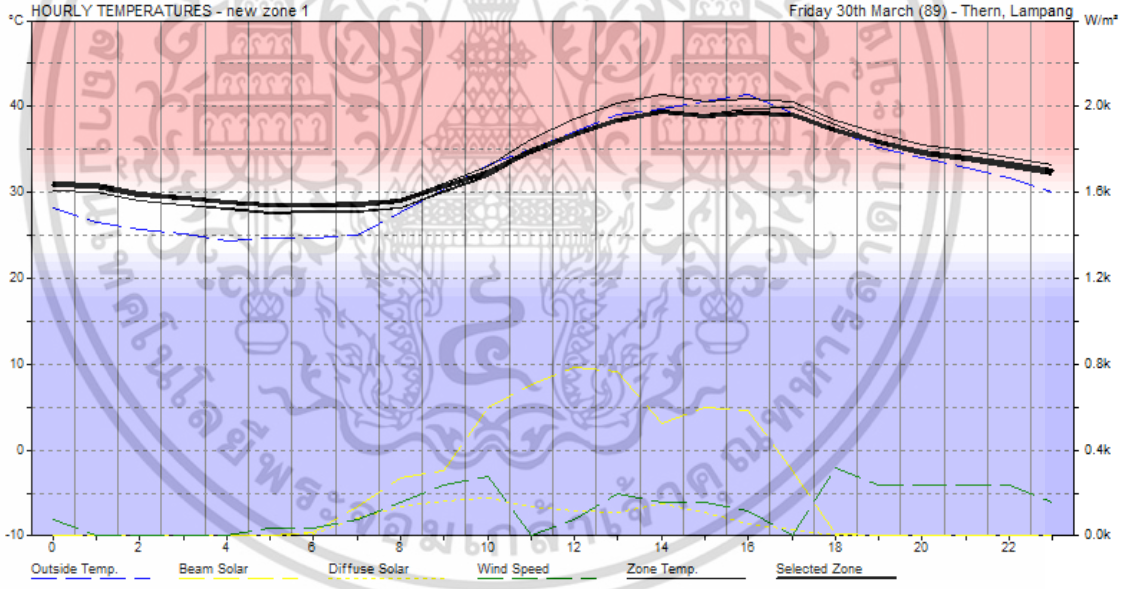
รูปที่ 4.13 แสดงการวิเคราะห์ผลการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังชนิดต่างๆ ในวันที่ 30 มี.ค. 2557

ผลการจำลองการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังชนิดต่างๆ ด้านทิศใต้ พบว่าความแตกต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยภายในรอบวันนั้นมีความแตกต่างอย่างเห็นได้ชัด โดยสามารถแบ่งเป็น 2 ช่วงเวลา คือ เวลา 9.00-19.00 น. และ เวลา 19.00-9.00 โดยผลการจำลองการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังเกือบทุกชนิดสามารถลดความร้อน ในช่วงเวลา 9.00-19.00 น. ได้ตั้งแต่ 0.1-0.8 °c หรือประมาณร้อยละ 5-13 (รูปที่ 4.12 - 4.13) หากเทียบกับอุณหภูมิภายนอกในช่วงเวลาเดียวกัน โดยผลการจำลองพบว่า ในวันที่ 30 มีนาคม 2557 ผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้น เว้นช่องอากาศไว้ภายใน 5 เซนติเมตร และผนังก่ออิฐมอญและอิฐบล็อก เว้นช่องอากาศไว้ภายใน 5 เซนติเมตร สามารถทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยภายในบ้านตัวอย่างต่ำกว่าอุณหภูมิภายนอก 0.8 °c ซึ่งต่ำกว่าผนังประเภทอื่นๆ ที่ทำการจำลองผล ดังแสดงในรูป 4.14 - 4.15 ในขณะที่แบบจำลองผนังบ้านไม้เดิมบุแผ่นยิบซั่มบอร์ดและผนังก่ออิฐฉาบปูน กลับทำให้อุณหภูมิภายในเฉลี่ยในช่วงเวลาดังกล่าวสูงขึ้นมากกว่าผนังชิดอื่นๆ แต่ไม่มากนักประมาณ 0.2-0.3 °c

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 แสดงผลการจำลองอุณหภูมิภายในบ้านตัวอย่างด้วยผนังก่ออิฐฉาบปูน 2 ชั้น เว้นช่องอากาศไว้ภายใน 5 เซนติเมตร วันที่ 30 มีนาคม 2557



รูปที่ 4.15 แสดงผลการจำลองอุณหภูมิภายในบ้านตัวอย่างด้วยผนังมอญครึ่งแผ่นฉาบปูน วันที่ 30 มีนาคม 2557

ในขณะเดียวกันช่วงเวลา 19.00-9.00 น.ผนังทุกแบบจำลองการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพ กลับทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยภายในบ้านตัวอย่างสูงขึ้นมากกว่าอุณหภูมิภายนอกตั้งแต่ 2.0-2.7 °c หรือประมาณร้อยละ 33-66 ของช่วงเวลานี้ (รูปที่ 4.12-4.13) ซึ่งเป็นผลจากความร้อนที่ถูกมวลอุณหภาพของผนังหน่วงหรือชะลอไว้ เริ่มถ่ายเทเข้าสู่ภายในอาคาร โดยผนังก่ออิฐฉาบปูน 2 ชั้นเว้นช่องอากาศไว้ภายในหนา 5 เซนติเมตร และผนังก่ออิฐฉาบปูนตีผนังไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไว้ภายนอก สามารถทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยภายใน ในช่วงเวลานี้มีความแตกต่างกับอุณหภูมิภายนอกสูงที่สุด เท่ากับ 2.7 °c ซึ่งมากกว่าผนังชนิดอื่นๆ ที่ได้ทำการจำลอง โดยผนังก่ออิฐบล็อกและอิฐมอญครึ่งแผ่นมีผลให้อุณหภูมิภายในแตกต่างจากอุณหภูมิภายนอกในช่วงเวลาดังกล่าวน้อยที่สุดหากเทียบกับผนังชนิดอื่นๆ

ทั้งนี้หากเปรียบเทียบผลของการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของแบบจำลองผนังแบบต่างๆ กับวัสดุเดิมของบ้านตัวอย่าง (ผนังไม้ หนา1/2 นิ้ว) ซึ่งทำการจำลองอุณหภูมิเฉลี่ยภายในด้วยกันนั้น พบว่าแบบจำลองการใช้มวลอุณหภาพของผนังแบบต่างๆ ในการหน่วงความร้อนนั้น มีความแตกต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยทั้งวันภายในบ้านตัวอย่างน้อยมากประมาณ 0-0.3 °c เท่านั้น ซึ่งผนังก่ออิฐมอญครึ่งแผ่น ผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้นเว้นช่องอากาศไว้ภายใน 5 เซนติเมตร และผนังก่ออิฐมอญและอิฐบล็อก เว้นช่องอากาศไว้ภายใน 5 เซนติเมตร มีอุณหภูมิเฉลี่ยภายในต่ำกว่าอุณหภูมิภายนอกมากที่สุดหากเทียบกับแบบจำลองของผนังชนิดอื่นๆ โดยมีอุณหภูมิประมาณ 0.4 °c ในช่วงเวลา 9.00-19.00 น.

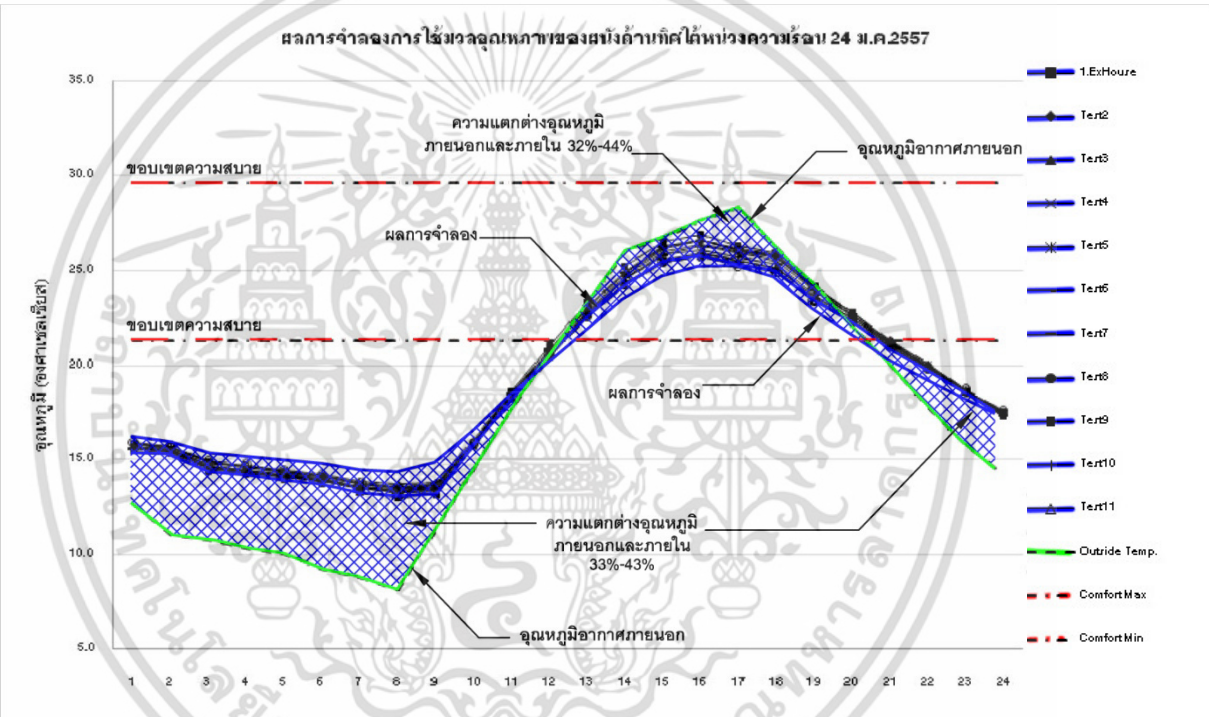
วิเคราะห์ผลการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพในฤดูหนาว

ผลการจำลองการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังชนิดต่างๆในวันที่ 24 มกราคม พ.ศ. 2557 ซึ่งเป็นวันในฤดูหนาวที่มีอุณหภูมิต่ำที่สุดในรอบปี พบว่าผนังทุกชนิดมีความแตกต่างของอุณหภูมิภายในเฉลี่ยทั้งวันมากกว่าในช่วงฤดูร้อน โดยผนังทุกชนิดทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งวันภายในบ้านตัวอย่างสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกประมาณ 1.6-1.8 °c

ผลการจำลองการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังชนิดต่างๆของวันในฤดูหนาวแตกต่างกับฤดูร้อนในเรื่องที่เห็นได้ชัดคือช่วงเวลา หากพิจารณาโดยใช้ช่วงเวลาที่อยู่นอกขอบเขตความสบาย (สำหรับฤดูหนาว เท่ากับ 30.1 - 21.0 °c) ความแตกต่างของผลการจำลองการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังชนิดต่างๆ ระหว่างอุณหภูมิเฉลี่ยภายในของบ้านตัวอย่างและอุณหภูมิภายนอกในรอบวัน สามารถแบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงเวลา 12.00-20.00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ อุณหภูมิทั้งภายในและภายนอกของแบบจำลองอยู่ในขอบเขตความสบายในขณะที่ช่วงเวลา 20.00 -12.00 น. อุณหภูมิทั้งภายในและภายนอกของแบบจำลองต่ำกว่าขอบเขตสบาย โดยช่วงเวลา 12.00 -20.00 น. มวลอุณหภาพของผนังทุกชนิดที่ใช้ในการจำลอง สามารถหน่วงเวลาการถ่ายเทความร้อน ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยภายในบ้านตัวอย่างต่ำกว่าอุณหภูมิภายนอกตั้งแต่ 0.2-0.8 °c หรือประมาณร้อยละ 32-44 หากเทียบกับอุณหภูมิภายนอกในช่วงเวลาเดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.16 ซึ่งแบบจำลองของผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้น เว้นช่องอากาศไว้ภายใน 5 เซนติเมตร และผนังก่ออิฐมอญและอิฐบล็อก เว้นช่องอากาศไว้ภายใน 5 เซนติเมตร

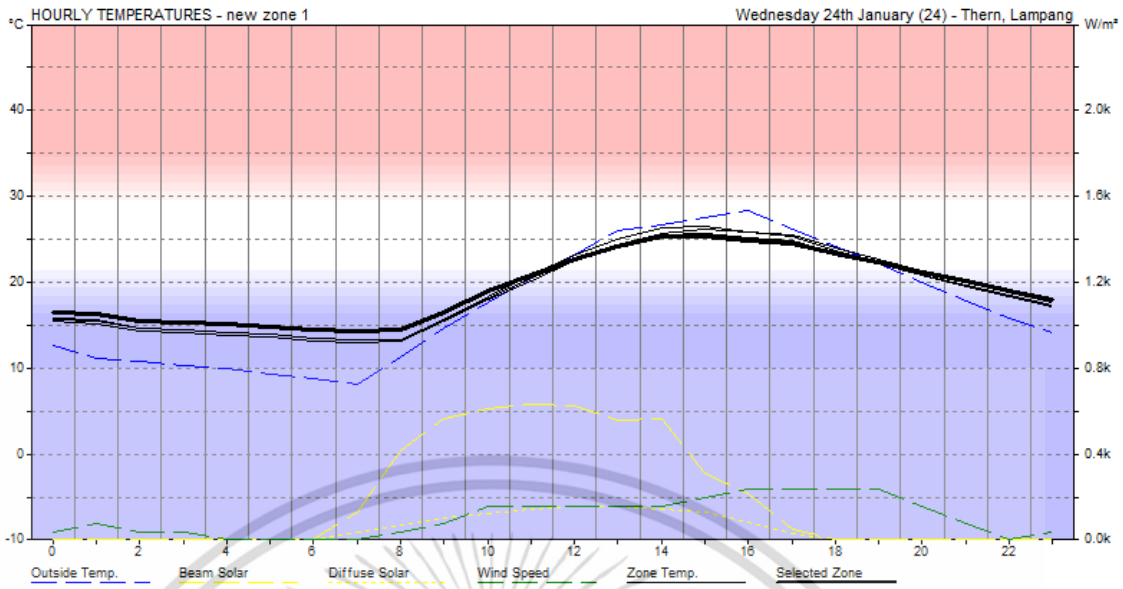
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยภายในแบบจำลองของบ้านตัวอย่างต่ำกว่าผนังชนิดอื่นๆ 0.8°c ในช่วงเวลาเดียวกัน ในขณะเดียวกันในช่วงเวลา 21.00 - 11.00 น. ดังรูปแสดงที่ 4.17 ผลการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของแบบจำลองผนังทุกชนิดทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยภายในบ้านตัวอย่างสูงขึ้นมากกว่าอุณหภูมิภายนอกตั้งแต่ 3.5-3.7 °c หรือประมาณร้อยละ 33-43 ดังแสดงในรูปที่ 4.16 หากเทียบกับอุณหภูมิอากาศภายนอกในช่วงเวลาเดียวกัน โดยผนังก่ออิฐฉาบปูน 2 ชั้น เว้นช่องอากาศไว้ภายในหนา 5 เซนติเมตร และผนังก่ออิฐฉาบปูนตีผนังไม้ไว้ภายนอก สามารถทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยภายใน ในช่วงเวลานี้แตกต่างโดยมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก สูงที่สุดซึ่งเท่ากับ 3.7°c ซึ่งมากกว่าแบบจำลองของผนังชนิดอื่นๆ



รูปที่ 4.16 แสดงการวิเคราะห์ผลการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของแบบจำลองผนังชนิดต่างๆ ในวันที่ 24 มกราคม 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.17 แสดงผลการจำลองอุณหภูมิภายในบ้านตัวอย่างด้วยผนังก่ออิฐมอญและอิฐบล็อกเว้นช่องอากาศไว้ภายใน 5 เซนติเมตร วันที่ 24 มกราคม 2557

สรุปผลการจำลองการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังชนิดต่างๆ โดยใช้อุณหภูมิภายในบ้านตัวอย่างเปรียบเทียบกับอุณหภูมิภายนอกในช่วงเวลาเดียวกัน ซึ่งทำให้มีความแตกต่างของอุณหภูมิดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 แสดงความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างผลการจำลองผนังหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังชนิดต่างๆ กับอุณหภูมิภายนอก

ผนังหน่วงความร้อน - อุณหภูมิภายนอก	วันที่ทำการจำลอง	อุณหภูมิภายนอก	ความต่างอุณหภูมิ	รหัสทดลอง											เฉลี่ย
				1.ExHouse	Test2	Test3	Test4	Test5	Test6	Test7	Test8	Test9	Test10	Test11	
	29 พ.ค. 2558	29.8	ความต่างอุณหภูมิเฉลี่ย	0.9	1.0	1.0	1.0	1.1	1.2	1.2	1.3	1.2	1.0	1.0	1.1
		37.7	ความต่างอุณหภูมิมากสุด	2.6	2.8	3.1	2.9	2.9	3.1	3.0	3.0	3.3	3.1	3.1	3.0
		24.0	ความต่างอุณหภูมิน้อยสุด	-2.5	-2.7	-2.8	-2.7	-2.5	-2.6	-2.3	-2.3	-2.7	-3.0	-2.9	-2.6
			ความต่างอุณหภูมิในช่วงเวลา 9.00-19.00	-0.1	-0.2	-0.3	-0.3	-0.1	-0.1	0.2	0.2	-0.2	-0.4	-0.4	-0.2
			ความต่างอุณหภูมิในช่วงเวลา 20.00-8.00	1.8	2.0	2.2	2.0	2.1	2.2	2.2	2.2	2.4	2.2	2.2	2.1
	24 ม.ค. 2557	17.4	ความต่างอุณหภูมิเฉลี่ย	1.8	1.8	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.6	1.6	1.7
		28.3	ความต่างอุณหภูมิมากสุด	4.9	5.3	5.4	5.3	5.1	5.3	5.2	5.1	5.6	5.4	5.4	5.3
		8.1	ความต่างอุณหภูมิน้อยสุด	-2.0	-2.1	-2.8	-2.4	-2.3	-2.6	-2.2	-2.3	-2.8	-3.0	-3.0	-2.5
			ความต่างอุณหภูมิในช่วงเวลา 9.00-19.00	-0.1	-0.3	-0.7	-0.5	-0.4	-0.5	-0.2	-0.3	-0.6	-0.8	-0.8	-0.5
			ความต่างอุณหภูมิในช่วงเวลา 20.00-8.00	3.3	3.6	3.6	3.5	3.5	3.5	3.4	3.4	3.7	3.7	3.6	3.5
	30 มี.ค. 2557	32.0	ความต่างอุณหภูมิเฉลี่ย	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1
		41.4	ความต่างอุณหภูมิมากสุด	3.8	4.0	4.3	4.1	4.1	4.2	4.0	4.1	4.4	4.3	4.3	4.2
		24.3	ความต่างอุณหภูมิน้อยสุด	-1.7	-2.0	-2.4	-2.1	-2.0	-2.1	-1.8	-1.8	-2.3	-2.5	-2.5	-2.1
			ความต่างอุณหภูมิในช่วงเวลา 9.00-19.00	-0.3	-0.5	-0.7	-0.6	-0.5	-0.5	-0.2	-0.3	-0.6	-0.8	-0.8	-0.5
			ความต่างอุณหภูมิในช่วงเวลา 20.00-8.00	2.3	2.5	2.6	2.5	2.5	2.6	2.5	2.5	2.7	2.7	2.6	2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการจำลองการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังชนิดต่างๆ เปรียบเทียบกับอุณหภูมิภายในบ้านตัวอย่างซึ่งเป็นวัสดุดั้งเดิม ในช่วงเวลาเดียวกัน ซึ่งทำให้มีความแตกต่างของอุณหภูมิดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 แสดงความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างผลการจำลองผนังหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังชนิดต่างๆ กับผลการจำลองผนังเดิมของบ้านตัวอย่าง

ผนังบ้านเดิม - ผนังหน่วงความร้อน	วันที่ทำการจำลอง	อุณหภูมิภายนอก	ความต่างอุณหภูมิ	รหัสทดลอง											เฉลี่ย
				1.ExHouse	Test2	Test3	Test4	Test5	Test6	Test7	Test8	Test9	Test10	Test11	
	29 พ.ค. 2558	29.8	ความต่างอุณหภูมิเฉลี่ย	-	-0.1	-0.1	0.0	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3	-0.1	-0.1	-0.2
		37.7	ความต่างอุณหภูมิมากสุด	-	0.2	0.4	0.3	0.1	0.2	-0.1	-0.1	0.3	0.5	0.5	0.2
		24.0	ความต่างอุณหภูมิน้อยสุด	-	-0.3	-0.5	-0.3	-0.3	-0.5	-0.5	-0.5	-0.7	-0.5	-0.5	-0.5
			ความต่างอุณหภูมิในช่วงเวลา 9.00-19.00	-	0.1	0.2	0.2	0.0	0.0	-0.3	-0.3	0.0	0.3	0.2	0.0
			ความต่างอุณหภูมิในช่วงเวลา 20.00-8.00	-	-0.2	-0.4	-0.2	-0.3	-0.4	-0.3	-0.3	-0.6	-0.4	-0.4	-0.3
	24 ม.ค. 2557	17.4	ความต่างอุณหภูมิเฉลี่ย	-	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1
		28.3	ความต่างอุณหภูมิมากสุด	-	0.5	1.1	0.7	0.7	0.8	0.3	0.3	1.0	1.1	1.2	0.8
		8.1	ความต่างอุณหภูมิน้อยสุด	-	-0.3	-0.5	-0.3	-0.2	-0.4	-0.2	-0.2	-0.7	-0.5	-0.5	-0.4
			ความต่างอุณหภูมิในช่วงเวลา 9.00-19.00	-	0.3	0.6	0.4	0.4	0.5	0.2	0.2	0.6	0.7	0.7	0.5
			ความต่างอุณหภูมิในช่วงเวลา 20.00-8.00	-	-0.2	-0.3	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2
	30 มี.ค. 2557	32.0	ความต่างอุณหภูมิเฉลี่ย	-	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.1	-0.2	-0.1	-0.1	0.0	0.0	-0.1
		41.4	ความต่างอุณหภูมิมากสุด	-	0.4	0.7	0.5	0.3	0.4	0.0	0.1	0.6	0.8	0.8	0.5
		24.3	ความต่างอุณหภูมิน้อยสุด	-	-0.3	-0.5	-0.3	-0.3	-0.5	-0.3	-0.3	-0.7	-0.6	-0.5	-0.4
			ความต่างอุณหภูมิในช่วงเวลา 9.00-19.00	-	0.2	0.4	0.3	0.2	0.2	-0.1	-0.1	0.3	0.4	0.4	0.2
			ความต่างอุณหภูมิในช่วงเวลา 20.00-8.00	-	-0.2	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3	-0.2	-0.2	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 แนวทางที่ 2 - ผลการจำลองและวิเคราะห์การหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังร่วมกับการเพิ่มฉนวนที่หลังคาและฝ้าเพดานด้วยโปรแกรม Ecotect V.5.20

4.2.3.1 ผลการจำลองการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังร่วมกับการเพิ่มฉนวนที่หลังคาและฝ้าเพดานวันที่ 29 พฤษภาคม 2558 (วันที่ติดตั้งเครื่องมือวัด)

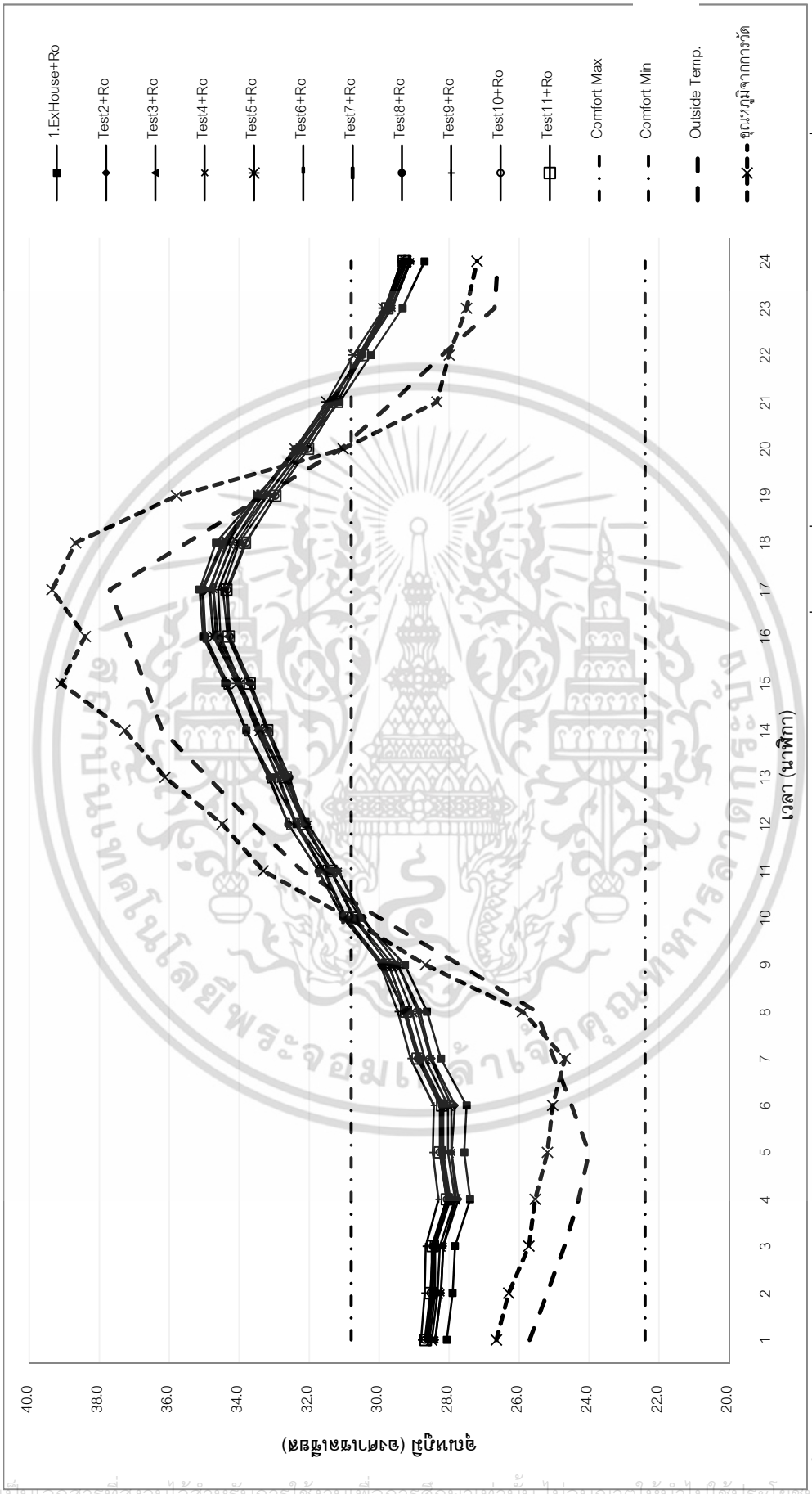
การจำลองการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังร่วมกับการเพิ่มฉนวนที่หลังคาและฝ้าเพดานวันที่ 29 พฤษภาคม 2558 (วันที่ติดตั้งเครื่องมือวัด) เพื่อใช้เปรียบเทียบมวลอุณหภาพของผนังชนิดต่างๆ ร่วมกับการเพิ่มฉนวนที่หลังคาและฝ้าเพดาน กับวัสดุดั้งเดิมร่วมกับการเพิ่มฉนวนที่หลังคาและฝ้าเพดาน

เมื่อใช้ข้อมูลสภาพอากาศของวันที่ 29 พฤษภาคม 2558 (วันที่ติดตั้งเครื่องมือวัด) โปรแกรม Ecotect V.5.20 แสดงผลการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังทั้ง 11 แบบ ร่วมกับการเพิ่มฉนวนที่หลังคาและฝ้าเพดาน ตามตารางที่ 4.8 ซึ่งสามารถแสดงข้อมูลรวมแบบแผนภูมิเส้นได้ดังรูปที่ 4.18

ตารางที่ 4.8 แสดงผลการจำลองการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังร่วมกับการเพิ่มฉนวนที่หลังคาและฝ้าเพดาน วันที่ 29 พ.ค. 2558

เพิ่มการปรับปรุงฉนวนบริเวณหลังคาและฝ้าเพดาน หลังคาปูอลูมิเนียมฟอยล์บนแป+ฉนวนใยแก้ว+ยิบซัมบอร์ด		MEAN (°C)	MAX (°C)	MIN (°C)	DTR (°C)	in comfort zone (Hours)	over comfort zone (Hours)	under comfort zone (Hours)
รหัสทดลอง	อุณหภูมิอากาศภายนอก	29.8	37.7	24.0	13.7	14	10	0
วัดจริง	อุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องนั่งเล่น	30.8	39.4	24.7	14.7	13	11	0
1. ExHouse+ro	ผนังไม้ (เดิม) หนา1/2 นิ้ว	30.7	36.1	26.2	9.9	11	13	0
Test 2+ro	ผนังอิฐมอญครึ่งแผ่นฉาบผิวเรียบ	30.8	35.8	26.5	9.3	11	13	0
Test 3+ro	ผนังอิฐมอญเต็มแผ่นฉาบผิวเรียบ	30.9	35.4	26.7	8.7	11	13	0
Test 4+ro	ผนังคอนกรีตบล็อกฉาบปูนเรียบ	30.8	35.7	26.5	9.2	11	13	0
Test 5+ro	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูนเรียบ	30.9	35.8	26.5	9.3	11	13	0
Test 6+ro	ผนังคอนกรีตมวลเบาหนา 20 ซม.ฉาบปูนเรียบ	31.0	35.6	26.6	9.0	11	13	0
Test 7+ro	ผนังฝาไม้หนา1/2นิ้วกรุแผ่นยิบซัมบอร์ดภายใน	31.1	35.9	26.5	9.4	11	13	0
Test 8+ro	ผนังอิฐมอญครึ่งแผ่นฉาบผิวเรียบ กรุแผ่นยิบซัมบอร์ดภายใน	31.1	35.8	26.5	9.3	11	13	0
Test 9+ro	ผนังฝาไม้หนา1/2นิ้วกรุภายนอก ผนังก่ออิฐมอญครึ่งแผ่นฉาบปูนเรียบ	31.0	35.3	26.8	8.5	11	13	0
Test 10+ro	ผนัง2ชั้นก่ออิฐมอญครึ่งแผ่นฉาบปูนเรียบ เว้นช่องอากาศภายใน 5 ซม.	30.8	35.2	26.7	8.5	11	13	0
Test 11+ro	ผนัง2ชั้นก่ออิฐมอญครึ่งแผ่นภายในอิฐบล็อกภายนอก ฉาบปูนเรียบเว้นช่องอากาศภายใน 5 ซม.	30.8	35.3	26.7	8.6	11	13	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.18 แผนภูมิเส้นแสดงผลการใช้ประโยชน์ของหน้าต่างบริเวณต่างๆ ร่วมกับการเพิ่มฉนวนที่หลังคาและน้ำพุเพดาน หน่วงความร้อนวันที่ 29 พ.ค. 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3.2 ผลการจำลองการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังร่วมกับการเพิ่มฉนวนที่หลังคาและฝ้าเพดานวันที่ 30 มีนาคม 2557 (วันที่มีอุณหภูมิสูงที่สุดในรอบปี)

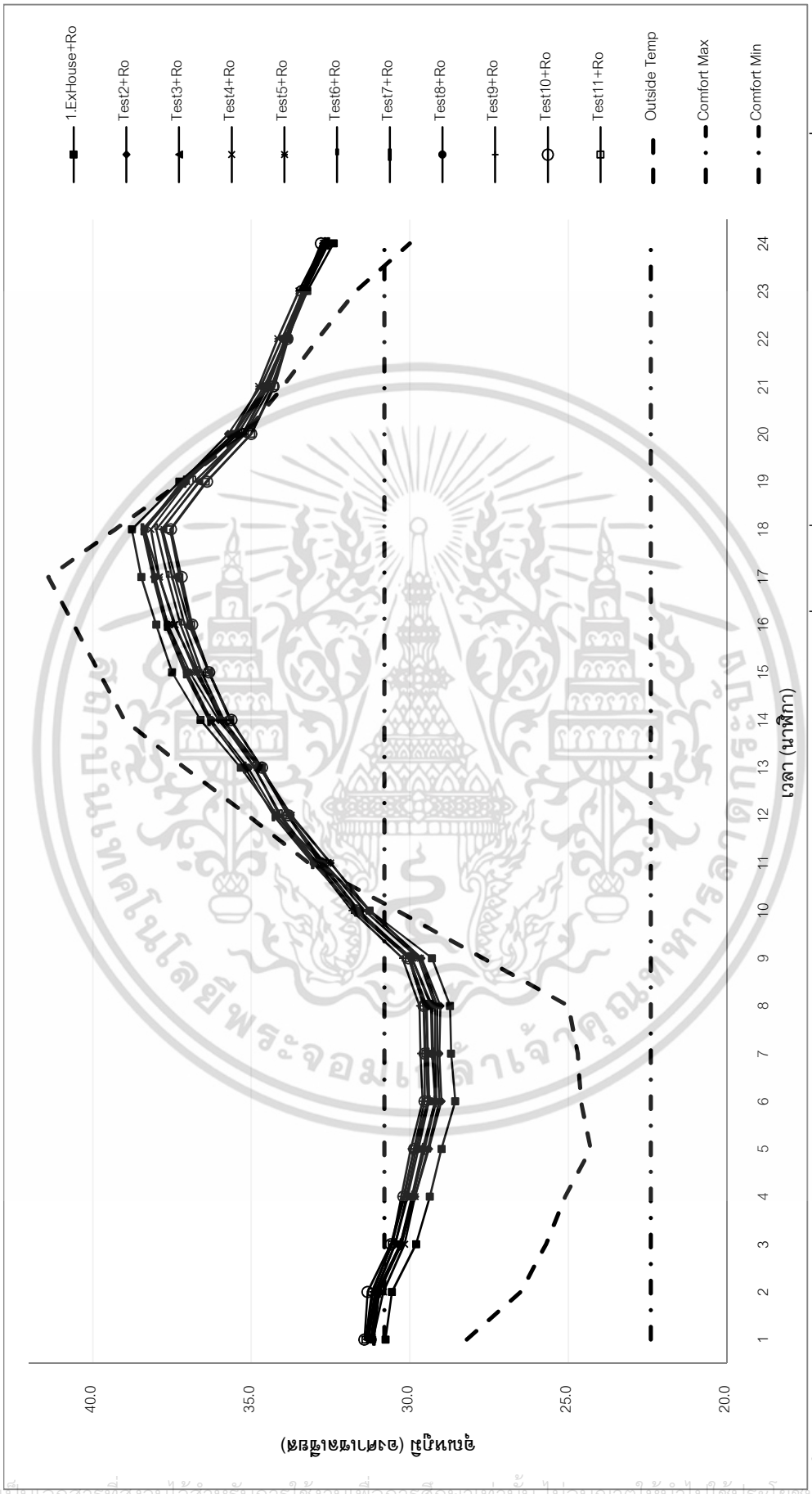
การจำลองการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังร่วมกับการเพิ่มฉนวนที่หลังคาและฝ้าเพดานวันที่ 30 มีนาคม 2557 (วันที่มีอุณหภูมิสูงที่สุดในรอบปี) เพื่อใช้เปรียบเทียบมวลอุณหภาพของผนังชนิดต่างๆ ร่วมกับการเพิ่มฉนวนที่หลังคาและฝ้าเพดาน ในวันที่มีอุณหภูมิสูงที่สุด

เมื่อใช้ข้อมูลสภาพอากาศของวันที่ 30 มีนาคม 2557 (วันที่มีอุณหภูมิสูงที่สุดในรอบปี) โปรแกรม Ecotect V.5.20 แสดงผลการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังทั้ง 11 แบบ ร่วมกับการเพิ่มฉนวนที่หลังคาและฝ้าเพดาน ตามตารางที่ 4.9 ซึ่งสามารถแสดงข้อมูลรวมแบบแผนภูมิเส้นได้ดังรูปที่ 4.19

ตารางที่ 4.9 แสดงผลการจำลองการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังร่วมกับการเพิ่มฉนวนที่หลังคาและฝ้าเพดาน วันที่ 30 มี.ค. 2557

เพิ่มการปรับปรุงฉนวนบริเวณหลังคาและฝ้าเพดาน หลังคาปูอลูมิเนียมฟอยล์บนแป+ฉนวนใยแก้ว+ยิบซัมบอร์ด		MEAN (°C)	MAX (°C)	MIN (°C)	DTR (°C)	in comfort zone (Hours)	over comfort zone (Hours)	under comfort zone (Hours)
รหัสทดลอง	**อุณหภูมิอากาศภายนอก**	32.0	41.4	24.3	17.1	10	14	0
1. ExHouse+ro	ผนังไม้ (เดิม) หนา1/2 นิ้ว	33.1	40.8	27.4	13.4	7	17	0
Test 2+ro	ผนังอิฐมอญครึ่งแผ่นฉาบผิวเรียบ	33.1	40.4	27.8	12.6	6	18	0
Test 3+ro	ผนังอิฐมอญเต็มแผ่นฉาบผิวเรียบ	33.1	39.9	28.2	11.7	6	18	0
Test 4+ro	ผนังคอนกรีตบล็อกฉาบปูนเรียบ	33.1	40.2	27.9	12.3	7	17	0
Test 5+ro	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูนเรียบ	33.2	40.4	27.9	12.5	6	18	0
Test 6+ro	ผนังคอนกรีตมวลเบาหนา 20 ซม.ฉาบปูนเรียบ	33.2	40.1	28.1	12.0	6	18	0
Test 7+ro	ผนังฝาไม้หนา1/2นิ้วกรุแผ่นยิบซัมบอร์ดภายใน	33.3	40.5	27.9	12.6	6	18	0
Test 8+ro	ผนังอิฐมอญครึ่งแผ่นฉาบผิวเรียบ กรุแผ่นยิบซัมบอร์ดภายใน	33.2	40.5	27.9	12.6	6	18	0
Test 9+ro	ผนังฝาไม้หนา1/2นิ้วกรุภายนอก ผนังก่ออิฐมอญครึ่งแผ่นฉาบปูนเรียบ	33.2	39.8	28.3	11.5	4	20	0
Test 10+ro	ผนัง2ชั้นก่ออิฐมอญครึ่งแผ่นฉาบปูนเรียบ เว้นช่องอากาศภายใน 5 ซม.	33.1	39.6	28.3	11.3	6	18	0
Test 11+ro	ผนัง2ชั้นก่ออิฐมอญครึ่งแผ่นภายในอิฐบล็อกภายนอก ฉาบปูนเรียบเว้นช่องอากาศภายใน 5 ซม.	33.1	39.7	28.2	11.5	6	18	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.19 แผนภูมิเส้นแสดงผลการใช้มาตรฐานสภาพของผนังด้านทิศใต้แบบต่างๆ ร่วมกับการเพิ่มฉนวนที่หลังคาและน้ำพาเพดาน หน่วงความร้อนวันที่ 30 มี.ค. 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3.3 ผลการจำลองการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังร่วมกับการเพิ่มฉนวนที่หลังคาและฝ้าเพดานวันที่ 24 มกราคม 2557 (วันที่มีอุณหภูมิต่ำที่สุดในรอบปี)

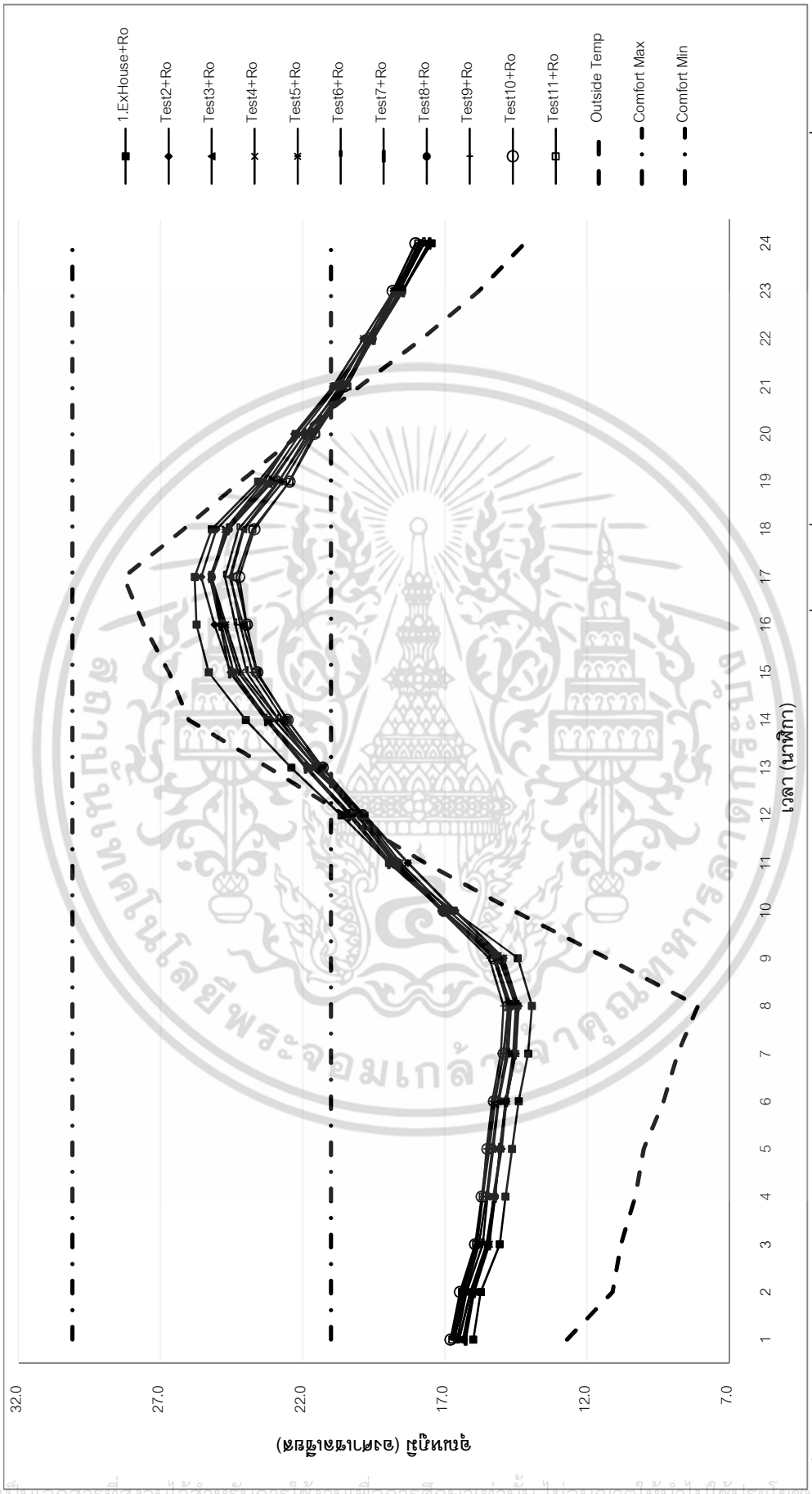
การจำลองการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังร่วมกับการเพิ่มฉนวนที่หลังคาและฝ้าเพดานวันที่ 24 มกราคม 2557 (วันที่มีอุณหภูมิต่ำที่สุดในรอบปี)เพื่อใช้เปรียบเทียบมวลอุณหภาพของผนังชนิดต่างๆ ร่วมกับการเพิ่มฉนวนที่หลังคาและฝ้าเพดาน ในวันที่มีอุณหภูมิต่ำที่สุด

เมื่อใช้ข้อมูลสภาพอากาศของวันที่ 24 มกราคม 2557 (วันที่มีอุณหภูมิต่ำที่สุดในรอบปี) โปรแกรม Ecotect V.5.20 แสดงผลการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังทั้ง 11 แบบ ร่วมกับการเพิ่มฉนวนที่หลังคาและฝ้าเพดาน ตามตารางที่ 4.10 ซึ่งสามารถแสดงข้อมูลรวมแบบแผนภูมิเส้นได้ดังรูปที่ 4.20

ตารางที่ 4.10 แสดงผลการจำลองการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังร่วมกับการเพิ่มฉนวนที่หลังคาและฝ้าเพดานวันที่ วันที่ 24 ม.ค. 2557

เพิ่มการปรับปรุงฉนวนบริเวณหลังคาและฝ้าเพดาน หลังคาปูอลูมิเนียมฟอยล์บนแป+ฉนวนใยแก้ว+ยิบซัมบอร์ด		MEAN (°C)	MAX (°C)	MIN (°C)	DTR (°C)	in comfort zone (Hours)	over comfort zone (Hours)	under comfort zone (Hours)
รหัสทดลอง	**อุณหภูมิอากาศภายนอก**	17.4	28.3	8.1	20.2	8	0	16
1. ExHouse+ro	ผนังไม้ (เดิม) หนา1/2 นิ้ว	19.2	27.6	12.5	15.1	8	0	16
Test 2+ro	ผนังอิฐมอญครึ่งแผ่นฉาบผิวเรียบ	19.2	27.3	12.9	14.4	8	0	16
Test 3+ro	ผนังอิฐมอญเต็มแผ่นฉาบผิวเรียบ	19.0	26.4	13.2	13.2	8	0	16
Test 4+ro	ผนังคอนกรีตบล็อกฉาบปูนเรียบ	19.1	27.0	13.0	14.0	8	0	16
Test 5+ro	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูนเรียบ	19.1	27.0	12.9	14.1	8	0	16
Test 6+ro	ผนังคอนกรีตมวลเบาหนา 20 ซม.ฉาบปูนเรียบ	19.1	26.6	13.1	13.5	8	0	16
Test 7+ro	ผนังฝาไม้หนา1/2นิ้วกรุแผ่นยิบซัมบอร์ดภายใน	19.1	27.1	12.8	14.3	8	0	16
Test 8+ro	ผนังอิฐมอญครึ่งแผ่นฉาบผิวเรียบ กรุแผ่นยิบซัมบอร์ดภายใน	19.1	27.1	12.9	14.2	8	0	16
Test 9+ro	ผนังฝาไม้หนา1/2นิ้วกรุภายนอก ผนังก่ออิฐมอญครึ่งแผ่นฉาบปูนเรียบ	19.1	26.3	13.3	13.0	8	0	16
Test 10+ro	ผนัง2ชั้นก่ออิฐมอญครึ่งแผ่นฉาบปูนเรียบ เว้นช่องอากาศภายใน 5 ซม.	19.0	26.1	13.2	12.9	8	0	16
Test 11+ro	ผนัง2ชั้นก่ออิฐมอญครึ่งแผ่นภายในอิฐบล็อกภายนอก ฉาบปูนเรียบเว้นช่องอากาศภายใน 5 ซม.	19.0	26.2	13.2	13.0	8	0	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.20 แผนภูมิเส้นแสดงผลการใช้ประโยชน์จากแนวคิดการออกแบบอาคารเพื่อลดภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ | ความแปรปรวนของอุณหภูมิภายในห้องต่างๆ ร่วมกับการเพิ่มขนาดของหน้าต่างที่ผนังด้านทิศใต้และทิศเหนือ | ความแปรปรวนของอุณหภูมิภายนอกอาคาร หน่วงความร้อนด้วยน้ำเพื่อลดความร้อนที่ 24 ม.ค. 2557

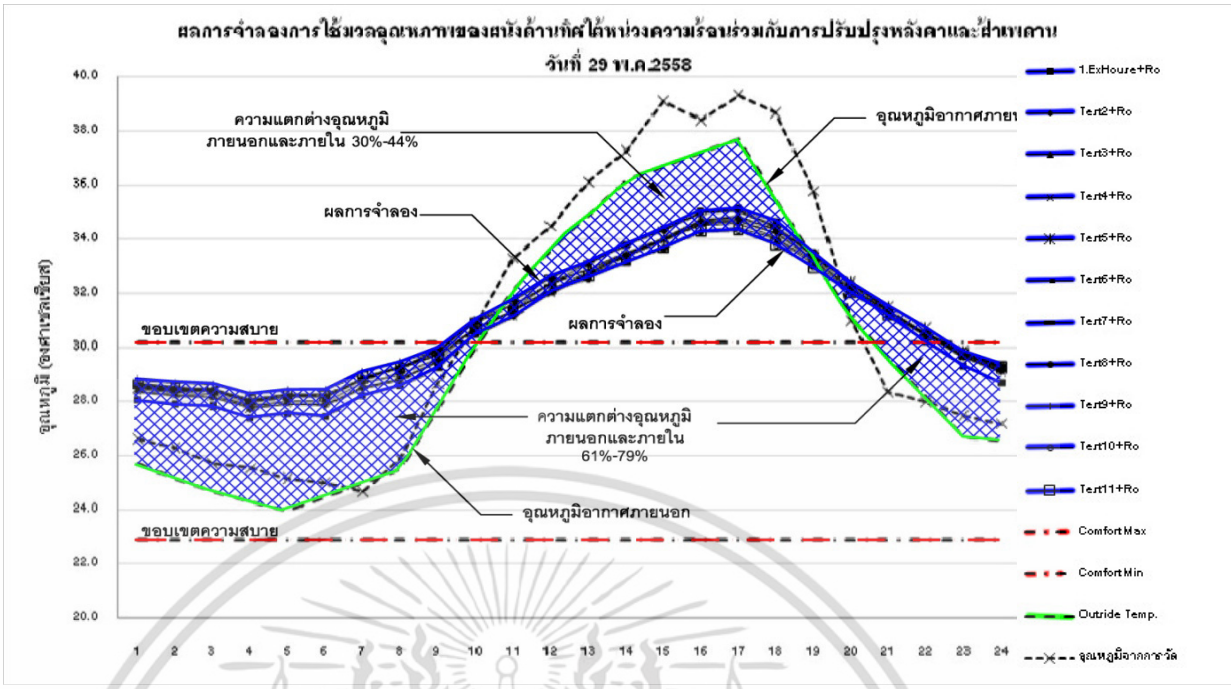
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3.4 วิเคราะห์ผลการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังร่วมกับการเพิ่มฉนวนที่หลังคาและฝ้าเพดาน ในแนวทางที่ 2

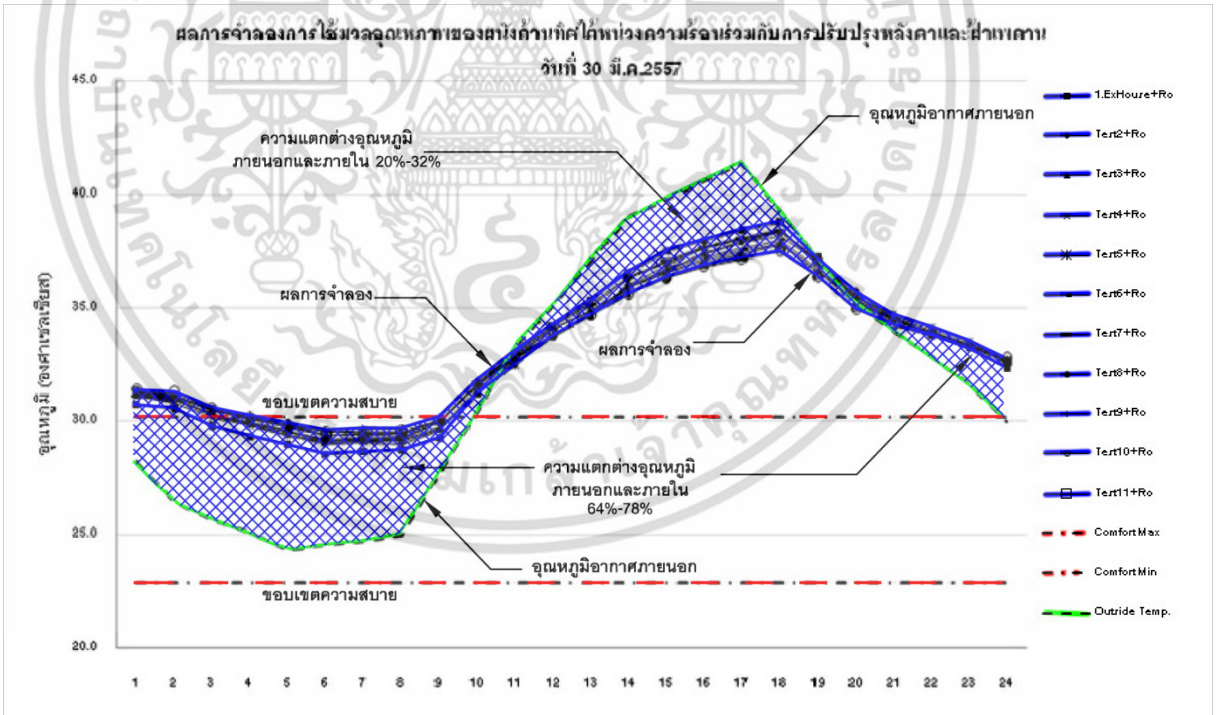
วิเคราะห์ผลการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพในฤดูร้อน

ผลการจำลองแนวทางการปรับปรุงอาคารที่พักอาศัยด้วยมวลอุณหภาพของผนังแบบต่างๆ ร่วมกับการเพิ่มฉนวนหลังคาและฝ้าเพดาน โดยการเพิ่มฉนวนอลูมิเนียมฟอยล์บนแปหลังคาและปูฉนวนใยแก้วหนา 5 เซนติเมตรบนฝ้าเพดานยิบซั่มบอร์ด ของวันที่ 29 พฤษภาคม 2558 และวันที่ 30 มีนาคม 2557 ซึ่งเป็นวันในฤดูร้อนที่มีอุณหภูมิสูงที่สุดในรอบปี พบว่ามวลอุณหภาพของแบบจำลองผนังทุกชนิดที่ร่วมกับการเพิ่มฉนวนที่หลังคาและฝ้าเพดาน ซึ่งใช้ในการหน่วงหรือชะลอความร้อนในการถ่ายเทเข้าสู่อาคาร ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งวันภายในแบบจำลองบ้านตัวอย่างสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกประมาณ 1-1.2 °c และหน่วงเวลาในการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกอาคารสู่ภายในอาคารได้ โดยทำให้อุณหภูมิอากาศภายในบ้านตัวอย่างที่ทำการจำลองต่ำกว่าอุณหภูมิภายนอกตั้งแต่ 1-1.9 °c หรือประมาณร้อยละ 20-44 หากเทียบกับอุณหภูมิอากาศภายนอก ในช่วงเวลากลางวันนี้ (9.00-19.00น.) ซึ่งเป็นช่วงเวลาอุณหภูมิร้อนเกินขอบเขตความสบาย ในขณะเดียวกันเมื่ออุณหภูมิอากาศภายนอกเย็นลงแล้วในช่วงค่ำ (20.00-8.00 น.) ความร้อนที่ถูกหน่วงไว้ด้วยมวลอุณหภาพของส่วนประกอบอาคารได้ถูกถ่ายเทเข้าสู่ภายในอาคาร ส่งผลให้อุณหภูมิภายในบ้านตัวอย่างที่ได้ทำการจำลองสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกตั้งแต่ 2.9-3.6 °cหรือประมาณร้อยละ 61-79 ของช่วงเวลานี้ หากเทียบกับอุณหภูมิอากาศภายนอก ดังรูปที่ 4.21 - 4.22 แสดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



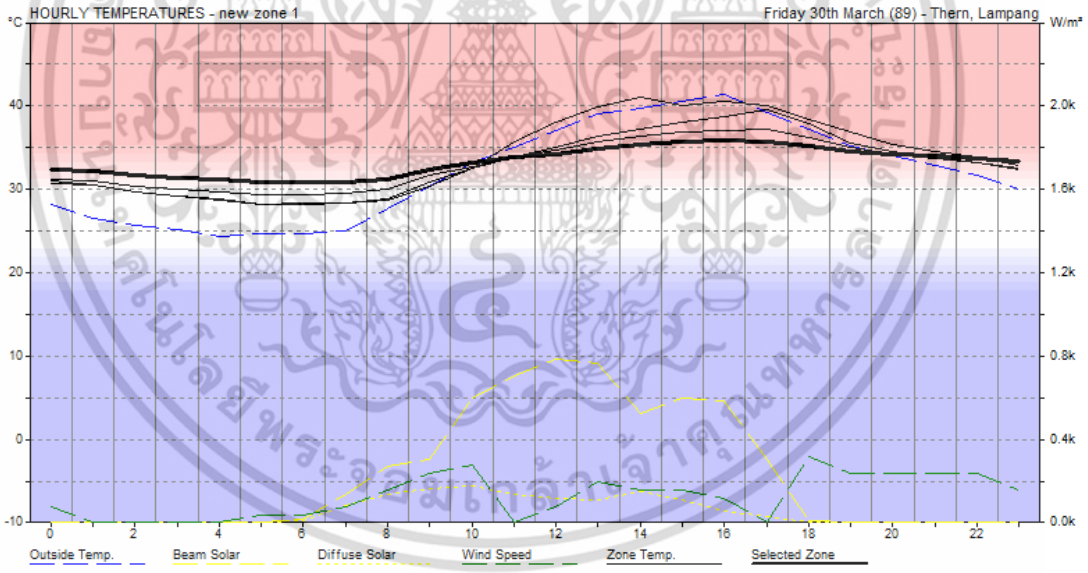
รูปที่ 4.21 แสดงการวิเคราะห์ผลการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของแบบจำลองผนังชนิดต่างๆ ร่วมกับการเพิ่มฉนวนหลังคาและฝ้าเพดาน ในวันที่ 29 พ.ค. 2558



รูปที่ 4.22 แสดงการวิเคราะห์ผลการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของแบบจำลองผนังชนิดต่างๆ ร่วมกับการเพิ่มฉนวนหลังคาและฝ้าเพดาน ในวันที่ 30 มี.ค. 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการจำลองการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังชนิดต่างๆ ด้านทิศใต้ร่วมกับการเพิ่มฉนวนหลังคาและฝ้าเพดาน พบว่าความแตกต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยภายในรอบวันนั้นมีความแตกต่างอย่างเห็นได้ชัด โดยสามารถแบ่งเป็น 2 ช่วงเวลา คือ เวลา 9.00-19.00 น. และ เวลา 19.00 - 9.00 โดยผลการจำลองการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังเกือบทุกชนิดร่วมกับการเพิ่มฉนวนที่หลังคาและฝ้าเพดาน สามารถลดความร้อน ในช่วงเวลา 9.00-19.00 น.ได้ตั้งแต่ 1 - 1.9 °c หรือประมาณร้อยละ 20-44 (รูปที่ 4.21 - 4.22) หากเทียบกับอุณหภูมิภายนอกในช่วงเวลาเดียวกัน โดยผลการจำลองพบว่า ในวันที่ 30 มีนาคม 2557 ผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้น เว้นช่องอากาศไว้ภายใน 5 เซนติเมตรร่วมกับการเพิ่มฉนวนที่หลังคาและฝ้าเพดาน สามารถทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยภายในบ้านตัวอย่างต่ำกว่าอุณหภูมิภายนอก 1.9 °c ดังรูปแสดงที่ 4.23 ซึ่งต่ำกว่าผนังประเภทอื่นๆ ที่ทำการจำลองผล ในขณะที่แบบจำลองผนังบ้านไม้เดิมบุแผ่นยิบซั่มบอร์ดและผนังก่ออิฐฉาบปูนกรุยิบซั่มบอร์ดภายใน ร่วมกับการเพิ่มฉนวนหลังคาและฝ้าเพดานนั้น สามารถลดอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงเวลาดังกล่าวภายในบ้านตัวอย่างได้น้อยที่สุดคือ 1.0°c หากเทียบกับแบบจำลองของผนังชนิดต่างๆ ซึ่งร่วมกับการเพิ่มฉนวนหลังคาและฝ้าเพดาน



รูปที่ 4.23 แสดงผลการจำลองอุณหภูมิภายในบ้านตัวอย่างด้วยผนังก่ออิฐฉาบปูน 2 ชั้นเว้นช่องอากาศไว้ภายใน 5 เซนติเมตรร่วมกับการเพิ่มฉนวนหลังคาและฝ้าเพดาน วันที่ 30 มีนาคม 2557

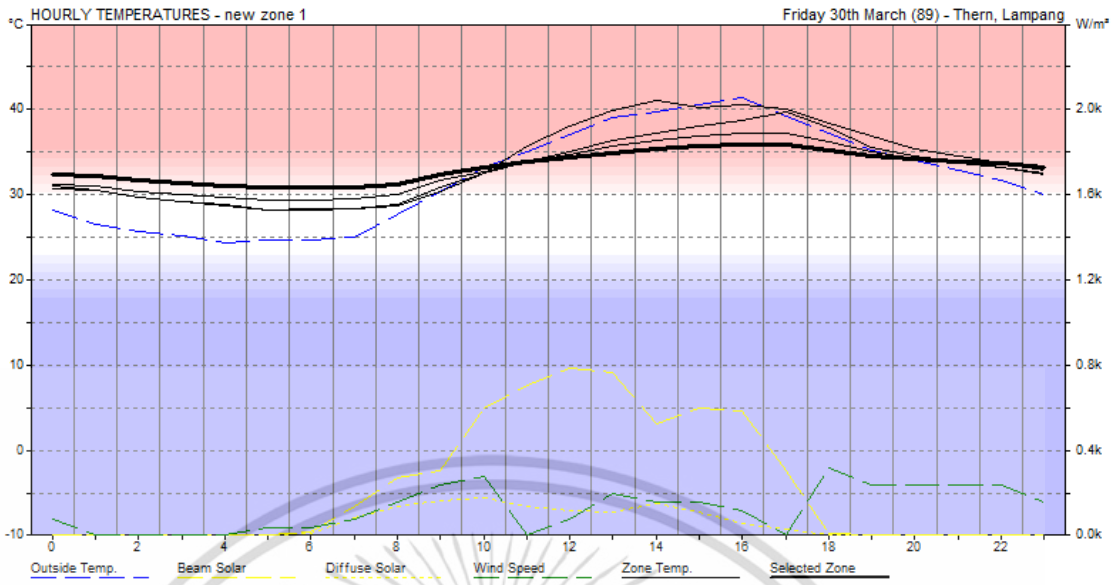
ในขณะเดียวกันช่วงเวลา 19.00-9.00 น.ผนังทุกแบบจำลองการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพร่วมกับการเพิ่มฉนวนที่หลังคาและฝ้าเพดาน กลับทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยภายในบ้านตัวอย่างสูงขึ้นมากกว่าอุณหภูมิภายนอกตั้งแต่ 2.9 - 3.6 °c หรือประมาณร้อยละ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

61-79 ของช่วงเวลานี้ (รูปที่ 4.21 - 4.22) ซึ่งเป็นผลจากความร้อนที่ถูกมวลอุณหภาพของผนังหลังคา และฝ้าเพดาน หน่วงหรือชะลอไว้ เริ่มถ่ายเทเข้าสู่ภายในอาคาร โดยแบบจำลองผนังก่ออิฐฉาบปูนตีผนังไม้ไว้ภายนอกร่วมกับการเพิ่มฉนวนของหลังคาและฝ้าเพดาน สามารถทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยภายใน ในช่วงเวลานี้มีความแตกต่างกับอุณหภูมิภายนอกสูงที่สุด เท่ากับ 3.6 °c ซึ่งมากกว่าผนังชนิดอื่นๆ ที่ได้ทำการจำลอง โดยแบบจำลองผนังบ้านไม้เดิมบุแผ่นยิบซั่มบอร์ดและผนังก่ออิฐฉาบปูนกรุยิบซั่มบอร์ดภายในซึ่งร่วมกับการเพิ่มฉนวนหลังคาและฝ้าเพดานนั้น มีผลให้อุณหภูมิภายในแตกต่างจากอุณหภูมิภายนอกในช่วงเวลาดังกล่าวน้อยที่สุดหากเทียบกับผนังชนิดอื่นๆ ประมาณ 1.00-1.30 °c

ทั้งนี้หากเปรียบเทียบผลของการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของแบบจำลองผนังแบบต่างๆ ร่วมกับการเพิ่มฉนวนที่หลังคาและฝ้าเพดาน กับวัสดุเดิมของบ้านตัวอย่าง (ผนังไม้ หนา1/2 นิ้ว) ซึ่งทำการจำลองอุณหภูมิเฉลี่ยภายในด้วยกันนั้น พบว่าแบบจำลองการหน่วงความร้อนโดยใช้มวลอุณหภาพของผนังแบบต่างๆ ร่วมกับการเพิ่มฉนวนที่หลังคาและฝ้าเพดานนั้น มีความแตกต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยทั้งวันภายในบ้านตัวอย่างน้อยมาก ประมาณ 0 - 0.3 °c เท่านั้น ซึ่งหากพิจารณาโดยการแบ่งช่วงเวลา พบว่า ในช่วงเวลา 9.00-19.00 น. ผลการจำลองผนังหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของทุกแบบจำลองผนังแบบต่างๆ ร่วมกับการเพิ่มฉนวนที่หลังคาและฝ้าเพดานนั้น มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยภายในซึ่งจำลองด้วยวัสดุเดิมของบ้านตัวอย่าง ประมาณ 0.9-1.5 °c โดยแบบจำลองผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้น เว้นช่องอากาศไว้ภายใน 5 เซนติเมตร และ ผนังก่ออิฐมอญและอิฐบล็อก เว้นช่องอากาศไว้ภายใน 5 เซนติเมตร ซึ่งร่วมกับการเพิ่มฉนวนของหลังคาและฝ้าเพดาน มีอุณหภูมิเฉลี่ยภายในต่ำกว่าแบบจำลองวัสดุผนังเดิมของบ้านมากที่สุดประมาณ 1.5 °c ในช่วงเวลานี้ดังรูปแสดงที่ 4.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.24 แสดงผลการจำลองอุณหภูมิภายในบ้านตัวอย่างด้วยผนังก่ออิฐมอญและอิฐบล็อกเว้นช่องอากาศไว้ภายใน 5 เซนติเมตรร่วมกับการเพิ่มหลังคาและฝ้าเพดาน วันที่ 30 มีนาคม 2557

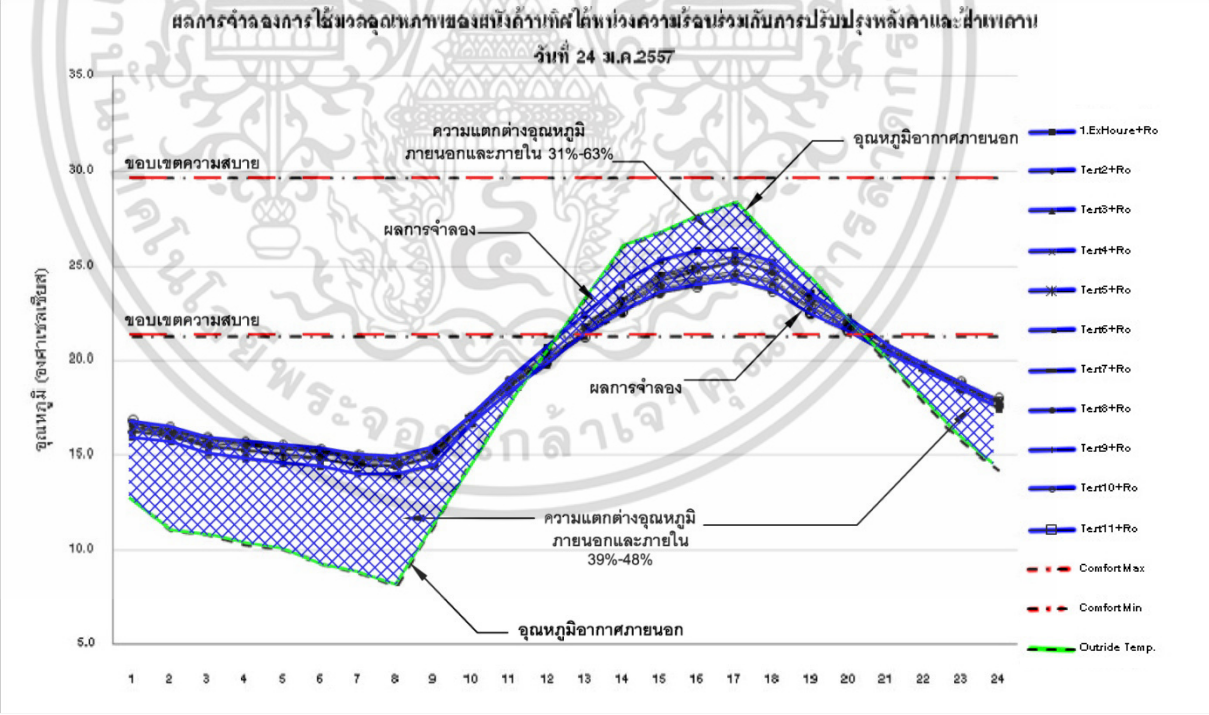
วิเคราะห์ผลการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพในฤดูหนาว

ผลการจำลองการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังชนิดต่างๆ ร่วมกับการเพิ่มฉนวนที่หลังคาและฝ้าเพดานในวันที่ 24 มกราคม พ.ศ. 2557 ซึ่งเป็นวันในฤดูหนาวที่มีอุณหภูมิต่ำที่สุดในรอบปี พบว่าแบบจำลองของผนังทุกชนิดซึ่งร่วมกับการเพิ่มฉนวนที่หลังคาและฝ้าเพดานนั้น มีความแตกต่างของอุณหภูมิภายในเฉลี่ยทั้งวันมากกว่าในช่วงฤดูร้อน โดยแบบจำลองทุกชนิดทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งวันภายในบ้านตัวอย่างสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกประมาณ 1.6-1.8 °c

ผลการจำลองการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังชนิดต่างๆ ร่วมกับการเพิ่มฉนวนที่หลังคาและฝ้าเพดานของวันในฤดูหนาวแตกต่างกับฤดูร้อนในเรื่องที่เห็นได้ชัดคือช่วงเวลา หากพิจารณาโดยใช้ช่วงเวลาที่อยู่นอกขอบเขตความสบาย (สำหรับฤดูหนาวเท่ากับ 30.1 - 21.0 °c) ความแตกต่างของผลการจำลองการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังชนิดต่างๆ ร่วมกับการเพิ่มฉนวนที่หลังคาและฝ้าเพดาน ระหว่างอุณหภูมิเฉลี่ยภายในของบ้านตัวอย่างและอุณหภูมิภายนอกในรอบวัน สามารถแบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือช่วงเวลา 12.00-20.00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ อุณหภูมิทั้งภายในและภายนอกของแบบจำลองอยู่ในขอบเขตความสบาย ในขณะที่ช่วงเวลา 20.00 -12.00 น.อุณหภูมิทั้งภายในและภายนอกของแบบจำลองต่ำกว่าขอบเขตสบาย โดยช่วงเวลา 12.00 -20.00 น. มวลอุณหภาพของแบบจำลองผนังทุกชนิดที่ร่วมกับ

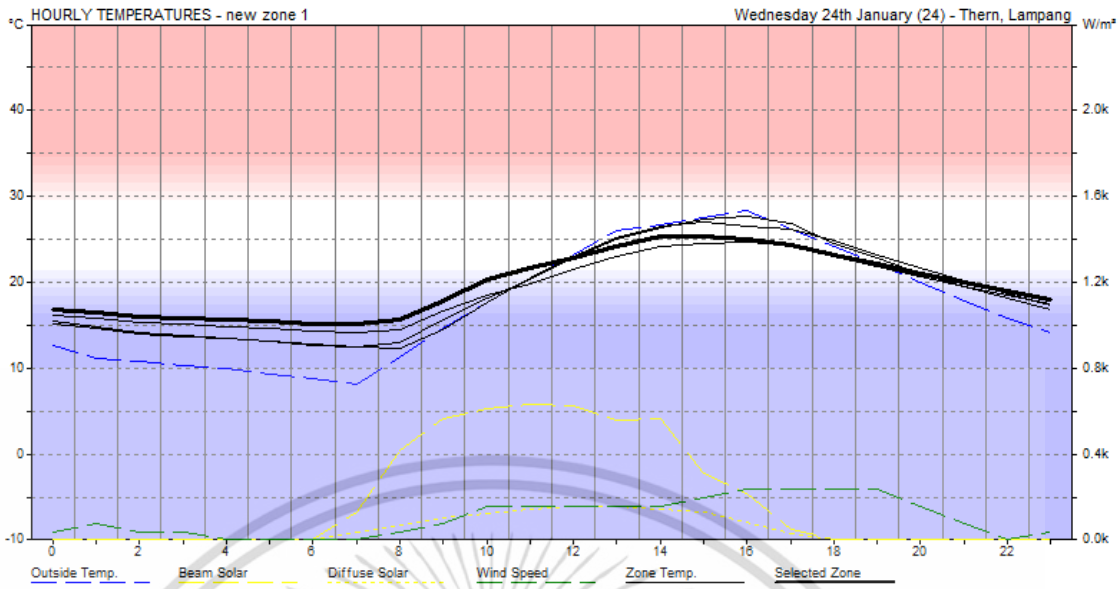
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเพิ่มฉนวนที่หลังคาและฝ้าเพดานซึ่งใช้ในการจำลอง สามารถหน่วงเวลาการถ่ายเทความร้อน ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยภายในบ้านตัวอย่างต่ำกว่าอุณหภูมิภายนอกตั้งแต่ 1-1.6 °c หรือประมาณร้อยละ 31-63 หากเทียบกับอุณหภูมิภายนอกในช่วงเวลาเดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.25 ซึ่งแบบจำลองของผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้น เว้นช่องอากาศไว้ภายใน 5 เซนติเมตร และผนังก่ออิฐมอญและอิฐบล็อก เว้นช่องอากาศไว้ภายใน 5 เซนติเมตร สามารถทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยภายในแบบจำลองของบ้านตัวอย่างต่ำกว่าผนังชนิดอื่นๆ 1.6 °c ในช่วงเวลาเดียวกัน ดังรูปแสดงที่ 4.27 ในขณะเดียวกันในช่วงเวลา 21.00 - 11.00 น. ผลการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของแบบจำลองผนังทุกชนิดร่วมกับการเพิ่มฉนวนที่หลังคาและฝ้าเพดาน ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยภายในบ้านตัวอย่างสูงขึ้นมากกว่าอุณหภูมิภายนอกตั้งแต่ 4.1 - 4.4 °c หรือประมาณร้อยละ 39-48 ดังแสดงในรูปที่ 4.25 หากเทียบกับอุณหภูมิอากาศภายนอกในช่วงเวลาเดียวกัน โดยแบบจำลองผนังก่ออิฐฉาบปูน 2 ชั้นเว้นช่องอากาศไว้ภายในหนา 5 เซนติเมตร และผนังก่ออิฐมอญและอิฐบล็อกเว้นช่องอากาศไว้ภายใน 5 เซนติเมตร และผนังก่ออิฐฉาบปูนตีผนังไม้ไว้ภายนอก สามารถทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยภายใน ในช่วงเวลานี้แตกต่างโดยมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก สูงที่สุดซึ่งเท่ากับ 4.4°c ซึ่งมากกว่าแบบจำลองของผนังชนิดอื่นๆ หากเปรียบเทียบกันในช่วงเวลาดังกล่าว

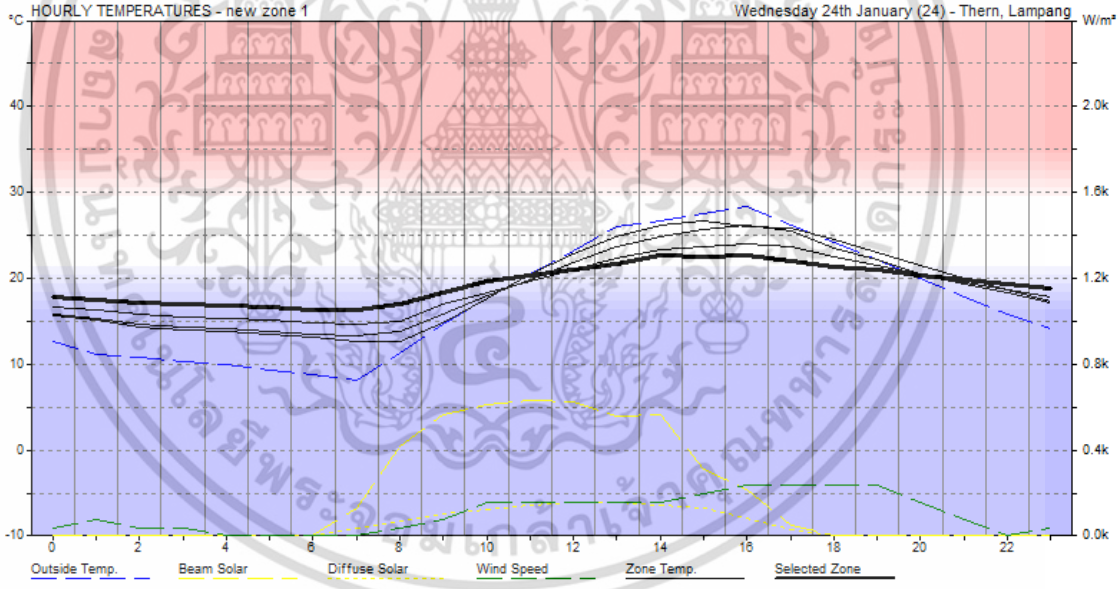


รูปที่ 4.25 แสดงการวิเคราะห์ผลการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของแบบจำลองผนังชนิดต่างๆ ร่วมกับการเพิ่มฉนวนหลังคาและฝ้าเพดานในวันที่ 24 ม.ค. 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.26 แสดงผลการจำลองอุณหภูมิภายในบ้านตัวอย่างด้วยผนังไม้เดิมร่วมกับการเพิ่มฉนวนหลังคาและฝ้าเพดาน วันที่ 24 มกราคม 2557



รูปที่ 4.27 แสดงผลการจำลองอุณหภูมิภายในบ้านตัวอย่างด้วยผนังก่ออิฐมอญและอิฐบล็อกเว้นช่องอากาศไว้ภายใน 5 เซนติเมตรร่วมกับการเพิ่มฉนวนหลังคาและฝ้าเพดาน วันที่ 24 มกราคม 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการจำลองการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังชนิดต่างๆ ร่วมกับการเพิ่มฉนวนหลังคาและฝ้าเพดาน โดยใช้อุณหภูมิภายในบ้านตัวอย่างเปรียบเทียบกับอุณหภูมิภายนอกในช่วงเวลาเดียวกัน ซึ่งทำให้มีความแตกต่างของอุณหภูมิดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 แสดงความแตกต่างอุณหภูมิ ระหว่างผลการจำลองผนังหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังชนิดต่างๆ ร่วมกับการเพิ่มฉนวนหลังคาและฝ้าเพดานกับอุณหภูมิภายนอก

(ผนังหน่วงความร้อน+ปรับปรุงหลังคาและฝ้าเพดาน) - อุณหภูมิภายนอก	วันที่ทำการจำลอง	อุณหภูมิภายนอก	ความต่างอุณหภูมิ	รหัสทดลอง											เฉลี่ย
				1.ExHouse+Ro	Test2+Ro	Test3+Ro	Test4+Ro	Test5+Ro	Test6+Ro	Test7+Ro	Test8+Ro	Test9+Ro	Test10+Ro	Test11+Ro	
	29 พ.ค. 2558	29.8	ความต่างอุณหภูมิเฉลี่ย	0.9	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.0	1.0	1.1
		37.7	ความต่างอุณหภูมิมากสุด	3.6	3.9	4.2	3.9	4.0	4.3	4.2	4.2	4.5	4.3	4.3	4.1
		24.0	ความต่างอุณหภูมิน้อยสุด	-2.6	-2.9	-3.2	-3.0	-2.8	-3.0	-2.6	-2.7	-3.1	-3.4	-3.3	-3.0
			ความต่างอุณหภูมิในช่วงเวลา 9.00-19.00	-1.1	-1.3	-1.5	-1.4	-1.3	-1.3	-1.0	-1.0	-1.3	-1.6	-1.6	-1.3
			ความต่างอุณหภูมิในช่วงเวลา 20.00-8.00	2.6	2.9	3.2	2.9	3.1	3.2	3.1	3.2	3.3	3.2	3.2	3.1
	24 ม.ค. 2557	17.4	ความต่างอุณหภูมิเฉลี่ย	1.8	1.8	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.6	1.6	1.7
		28.3	ความต่างอุณหภูมิมากสุด	5.8	6.3	6.6	6.3	6.3	6.6	6.3	6.4	6.8	6.7	6.6	6.4
		8.1	ความต่างอุณหภูมิน้อยสุด	-2.5	-2.8	-3.7	-3.1	-3.2	-3.6	-3.0	-3.1	-3.8	-4.1	-4.0	-3.3
			ความต่างอุณหภูมิในช่วงเวลา 9.00-19.00	-0.6	-1.0	-1.5	-1.2	-1.2	-1.3	-1.0	-1.1	-1.5	-1.6	-1.6	-1.2
			ความต่างอุณหภูมิในช่วงเวลา 20.00-8.00	3.8	4.2	4.3	4.1	4.2	4.3	4.1	4.1	4.4	4.4	4.4	4.2
	30 มี.ค. 2557	32.0	ความต่างอุณหภูมิเฉลี่ย	1.1	1.1	1.1	1.0	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1
		41.4	ความต่างอุณหภูมิมากสุด	4.7	5.1	5.5	5.1	5.2	5.4	5.3	5.3	5.7	5.6	5.6	5.3
		24.3	ความต่างอุณหภูมิน้อยสุด	-2.9	-3.3	-4.0	-3.5	-3.5	-3.8	-3.3	-3.4	-3.9	-4.2	-4.1	-3.6
			ความต่างอุณหภูมิในช่วงเวลา 9.00-19.00	-1.1	-1.5	-1.8	-1.6	-1.5	-1.6	-1.3	-1.3	-1.6	-1.9	-1.8	-1.5
			ความต่างอุณหภูมิในช่วงเวลา 20.00-8.00	3.0	3.3	3.5	3.3	3.4	3.5	3.3	3.4	3.6	3.5	3.5	3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการจำลองการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังชนิดต่างๆ ร่วมกับการเพิ่มฉนวนหลังคาและฝ้าเพดาน เปรียบเทียบกับอุณหภูมิภายในบ้านตัวอย่างซึ่งเป็นวัสดุดั้งเดิม ในช่วงเวลาเดียวกัน ซึ่งทำให้มีความแตกต่างของอุณหภูมิดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 แสดงความแตกต่างอุณหภูมิ ระหว่างผลการจำลองผนังหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังชนิดต่างๆ ร่วมกับการเพิ่มฉนวนหลังคาและฝ้าเพดานกับผลการจำลองวัสดุผนังเดิมของแบบจำลองบ้านตัวอย่าง

(ผนังหน่วงความร้อน+ปรับปรุงหลังคาและฝ้าเพดาน) - อุณหภูมิภายนอก	วันที่ทำการจำลอง	อุณหภูมิภายนอก	ความต่างอุณหภูมิ	รหัสทดลอง											เฉลี่ย
				1.ExHouse+Ro	Test2+Ro	Test3+Ro	Test4+Ro	Test5+Ro	Test6+Ro	Test7+Ro	Test8+Ro	Test9+Ro	Test10+Ro	Test11+Ro	
	29 พ.ค. 2558	29.8	ความต่างอุณหภูมิเฉลี่ย	-	0.0	-0.1	0.0	-0.1	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3	-0.1	-0.1	-0.2
		37.7	ความต่างอุณหภูมิมากสุด	-	2.8	3.1	2.9	2.8	2.8	2.5	2.5	2.9	3.2	3.2	2.9
		24.0	ความต่างอุณหภูมิน้อยสุด	-	-1.5	-1.8	-1.5	-1.7	-1.9	-1.8	-1.9	-2.1	-1.8	-1.9	-1.8
			ความต่างอุณหภูมิในช่วงเวลา 9.00-19.00	-	1.2	1.4	1.3	1.1	1.1	0.9	0.9	1.2	1.4	1.4	1.2
			ความต่างอุณหภูมิในช่วงเวลา 20.00-8.00	-	-1.1	-1.3	-1.1	-1.2	-1.4	-1.3	-1.3	-1.5	-1.3	-1.3	-1.3
	24 ม.ค. 2557	17.4	ความต่างอุณหภูมิเฉลี่ย	-	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1
		28.3	ความต่างอุณหภูมิมากสุด	-	2.0	2.9	2.3	2.4	2.6	2.0	2.1	2.8	2.9	2.9	2.5
		8.1	ความต่างอุณหภูมิน้อยสุด	-	-1.8	-2.1	-1.8	-1.8	-2.1	-1.9	-1.9	-2.3	-2.1	-2.1	-2.0
			ความต่างอุณหภูมิในช่วงเวลา 9.00-19.00	-	1.0	1.5	1.2	1.2	1.3	1.0	1.0	1.4	1.6	1.6	1.3
			ความต่างอุณหภูมิในช่วงเวลา 20.00-8.00	-	-0.8	-1.0	-0.8	-0.8	-0.9	-0.7	-0.7	-1.0	-1.1	-1.0	-0.9
	30 มี.ค. 2557	32.0	ความต่างอุณหภูมิเฉลี่ย	-	0.0	0.0	0.1	0.0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0
		41.4	ความต่างอุณหภูมิมากสุด	-	2.8	3.4	2.9	3.0	3.0	2.6	2.7	3.1	3.4	3.4	3.0
		24.3	ความต่างอุณหภูมิน้อยสุด	-	-1.4	-1.8	-1.5	-1.6	-1.8	-1.7	-1.7	-2.0	-1.9	-1.8	-1.7
			ความต่างอุณหภูมิในช่วงเวลา 9.00-19.00	-	1.1	1.4	1.2	1.2	1.2	0.9	1.0	1.3	1.5	1.5	1.2
			ความต่างอุณหภูมิในช่วงเวลา 20.00-8.00	-	-1.0	-1.2	-1.0	-1.1	-1.2	-1.0	-1.1	-1.3	-1.2	-1.2	-1.1

วิเคราะห์ผลการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพทั้งสองแนวทาง

หากพิจารณาผลการจำลองอุณหภูมิเฉลี่ยทั้งวันภายในแบบจำลองบ้านตัวอย่าง พบว่าทุกวิธีการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพทั้งสองแนวทาง ทั้งแนวทางที่ 1 การใช้มวลอุณหภาพของผนังด้านทิศใต้อย่างเดียว และ แนวทางที่ 2 การใช้มวลอุณหภาพของผนังด้านทิศใต้ร่วมการเพิ่มฉนวนที่ฝ้าเพดานและหลังคาร่วมด้วยนั้น ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งวันภายในแบบจำลองของบ้านตัวอย่างสูงขึ้นประมาณ 1 - 2 °c หากเปรียบเทียบกับอุณหภูมิภายนอก โดยเกิดจากความร้อนที่ถูกหน่วงหรือชะลอไว้ด้วยมวลอุณหภาพของส่วนประกอบอาคารต่างๆ (ในที่นี้คือ ผนัง หลังคา และฝ้าเพดาน) ซึ่งถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารในช่วงค่ำหรือในช่วงเวลา 19.00 - 9.00 น. เป็นส่วนใหญ่ โดยแบบจำลองของผนังก่ออิฐฉาบปูนตีฝาไม้ภายนอก ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยภายในช่วงเวลาดังกล่าวสูงขึ้นมากที่สุด มากกว่าแบบจำลองของผนังชนิดอื่นๆ

ซึ่งหากพิจารณาเปรียบเทียบระหว่าง แนวทางทั้งสองแนวทาง พบว่าแนวทางที่ 1 การแก้ปัญหาด้วยมวลอุณหภาพของผนังอย่างเดียวกับแนวทางที่ 2 ซึ่งนำการเพิ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฉนวนที่ฝ้าเพดานและหลังคามาร่วมด้วยนั้น พบว่ามีความแตกต่างอย่างเห็นได้ชัดในผลการจำลองการหน่วงหรือชะลอความร้อนในช่วงเวลา 9.00 - 19.00 น.โดยแนวทางที่ 2 ซึ่งรวมการเพิ่มฉนวนฝ้าเพดานและหลังคาร่วมกับการใช้มวลอุณหภาพของผนังชนิดต่างๆ มีอุณหภูมิภายในอาคารสูงสุดในช่วงเวลาดังกล่าว น้อยกว่า แนวทางที่ 1 การใช้มวลอุณหภาพของผนังด้านทิศใต้อย่างเดียว ประมาณ 1 °c ในขณะเดียวกันในเวลา 19.00 - 9.00 น.แนวทางที่ 1 การใช้มวลอุณหภาพของผนังทางด้านทิศใต้อย่างเดียวมีผลให้อุณหภูมิเฉลี่ยภายในแบบจำลองบ้านตัวอย่างน้อยกว่าผลอุณหภูมิลี่ยภายในของ แนวทางที่ 2 การใช้มวลอุณหภาพของผนังชนิดต่างๆ ร่วมกับการเพิ่มฉนวนที่หลังคาและฝ้าเพดานประมาณ 0.9 °c

จากผลการจำลองของทั้งสองแนวทางในการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพทั้งหมดนั้น มีผลทำให้ค่าเฉลี่ยของค่าพิสัยอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดระหว่างวันต่างกันประมาณ 2 °c กล่าวคือผลของแนวทางที่ 1 การหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังชนิดต่างๆ ด้านทิศใต้อย่างเดียวนั้น จะมีค่าเฉลี่ยของค่าพิสัยอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดประมาณ 11 °c ในขณะที่ผลของแนวทางที่ 2 การหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังชนิดต่างๆ ด้านทิศใต้ซึ่งร่วมกับการเพิ่มฉนวนที่ฝ้าเพดานและหลังคาร่วมด้วยจะมีค่าเฉลี่ยของค่าพิสัยอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดประมาณ 9 °c

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 ผลการจำลองและวิเคราะห์จำนวนชั่วโมงที่เกินขอบเขตความสบายของอาคารจากมวลอุณหภาพในส่วนประกอบต่าง ๆ ของอาคารด้วยโปรแกรม Ecotect V.5.20

4.2.4.1 ผลการจำลองจำนวนชั่วโมงที่เกินขอบเขตความสบายตลอดปี พ.ศ. 2557 จากการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนัง ตามแนวทางที่ 1

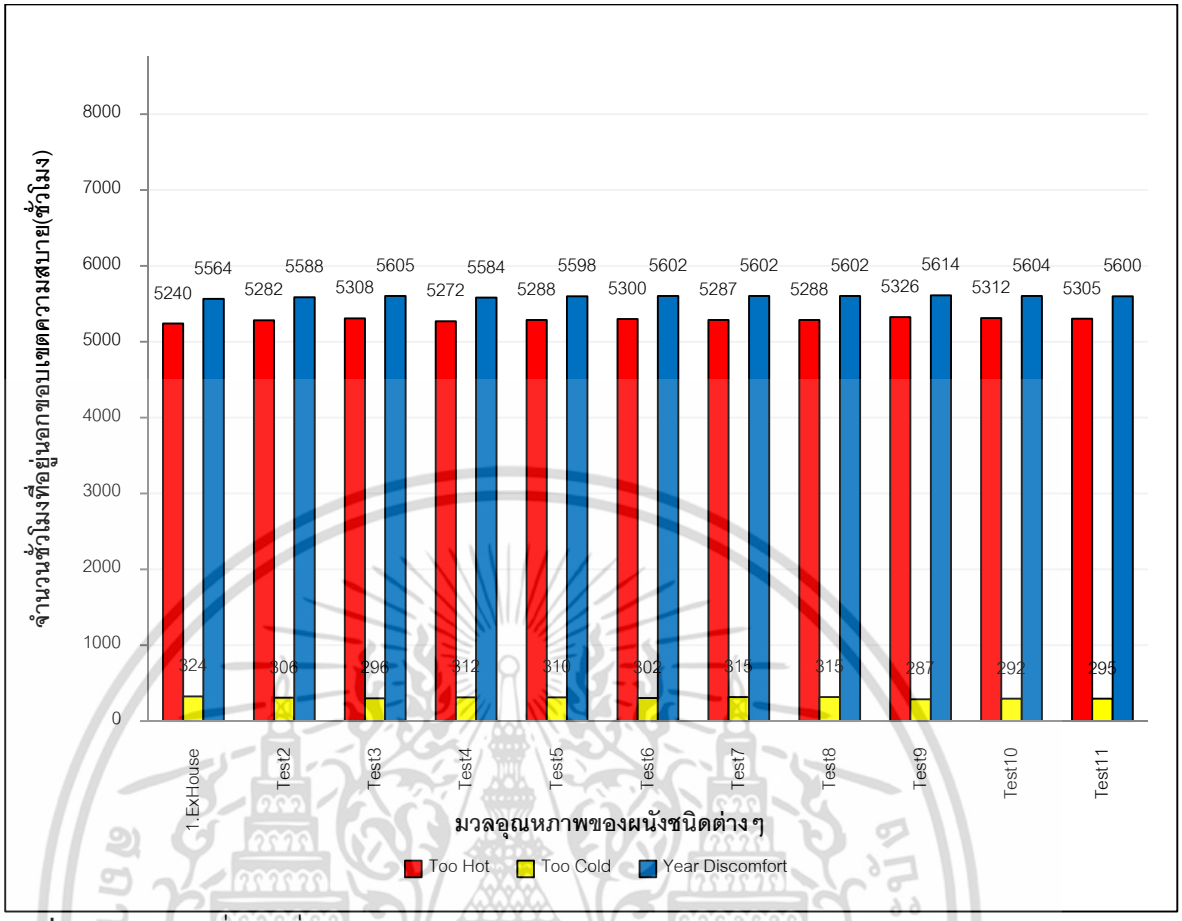
การจำลองจำนวนชั่วโมงที่เกินขอบเขตความสบายตลอดปี พ.ศ. 2557 จากการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังชนิดต่างๆ เพื่อเปรียบเทียบกับจำนวนชั่วโมงที่เกินขอบเขตความสบายของวัสดุดั้งเดิมของบ้านตัวอย่าง

เมื่อจำลองจำนวนชั่วโมงที่เกินขอบเขตความสบายตลอดปี พ.ศ. 2557 จากการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนัง โปรแกรม Ecotect V.5.20 แสดงผลดังตารางที่ 4.13 ซึ่งสามารถแสดงแบบแผนภูมิแท่งได้ดังรูปที่ 4.28

ตารางที่ 4.13 ผลการจำลองจำนวนชั่วโมงที่เกินขอบเขตความสบายตลอดปี พ.ศ. 2557 จากการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนัง ตามแนวทางที่ 1

จำลองการทดสอบปีพ.ศ. 2557		over comfort zone		under comfort zone		Discomfort Hour	
ปรับปรุงผนังทิศใต้		(Hours/Year)	(%/Year)	(Hours/Year)	(%/Year)	(Hours/Year)	(%/Year)
รหัสทดลอง	อุณหภูมิอากาศภายนอก (กรมอุตุฯเถิน)	-	52	-	14	-	66
1. ExHouse	ผนังไม้ (เดิม) หนา1/2 นิ้ว	5240	60	324	4	5564	64
Test 2	ผนังอิฐมอญครึ่งแผ่นฉาบผิวเรียบ	5282	60	306	3	5588	64
Test 3	ผนังอิฐมอญเต็มแผ่นฉาบผิวเรียบ	5308	61	296	3	5604	64
Test 4	ผนังคอนกรีตบล็อกฉาบปูนเรียบ	5272	60	312	4	5584	64
Test 5	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูนเรียบ	5288	60	310	4	5598	64
Test 6	ผนังคอนกรีตมวลเบาหนา 20 ซม.ฉาบปูนเรียบ	5300	61	302	3	5602	64
Test 7	ผนังฝาไม้หนา1/2นิ้วกรุแผ่นยิบซัมบอร์ดภายใน	5287	60	315	4	5602	64
Test 8	ผนังอิฐมอญครึ่งแผ่นฉาบผิวเรียบ กรุแผ่นยิบซัมบอร์ดภายใน	5288	60	315	4	5603	64
Test 9	ผนังฝาไม้หนา1/2นิ้วกรุภายนอก ผนังก่ออิฐมอญครึ่งแผ่นฉาบปูนเรียบ	5326	61	287	3	5613	64
Test 10	ผนัง2ชั้นก่ออิฐมอญครึ่งแผ่นฉาบปูนเรียบ เว้นช่องอากาศภายใน 5 ซม.	5312	61	292	3	5604	64
Test 11	ผนัง2ชั้นก่ออิฐมอญครึ่งแผ่นภายใน อิฐบล็อกภายนอก ฉาบปูนเรียบเว้นช่องอากาศภายใน 5 ซม.	5305	61	295	3	5600	64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.28 จำนวนชั่วโมงที่อยู่นอกขอบเขตความสบายหลังการจำลองการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของแบบจำลองผนังด้านทิศใต้ ตลอดปี 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4.2 ผลการจำลองจำนวนชั่วโมงที่เกินขอบเขตความสบายตลอดปี พ.ศ. 2557 จากการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังร่วมกับการเพิ่มฉนวนที่หลังคาและฝ้าเพดาน ตามแนวทางที่ 2

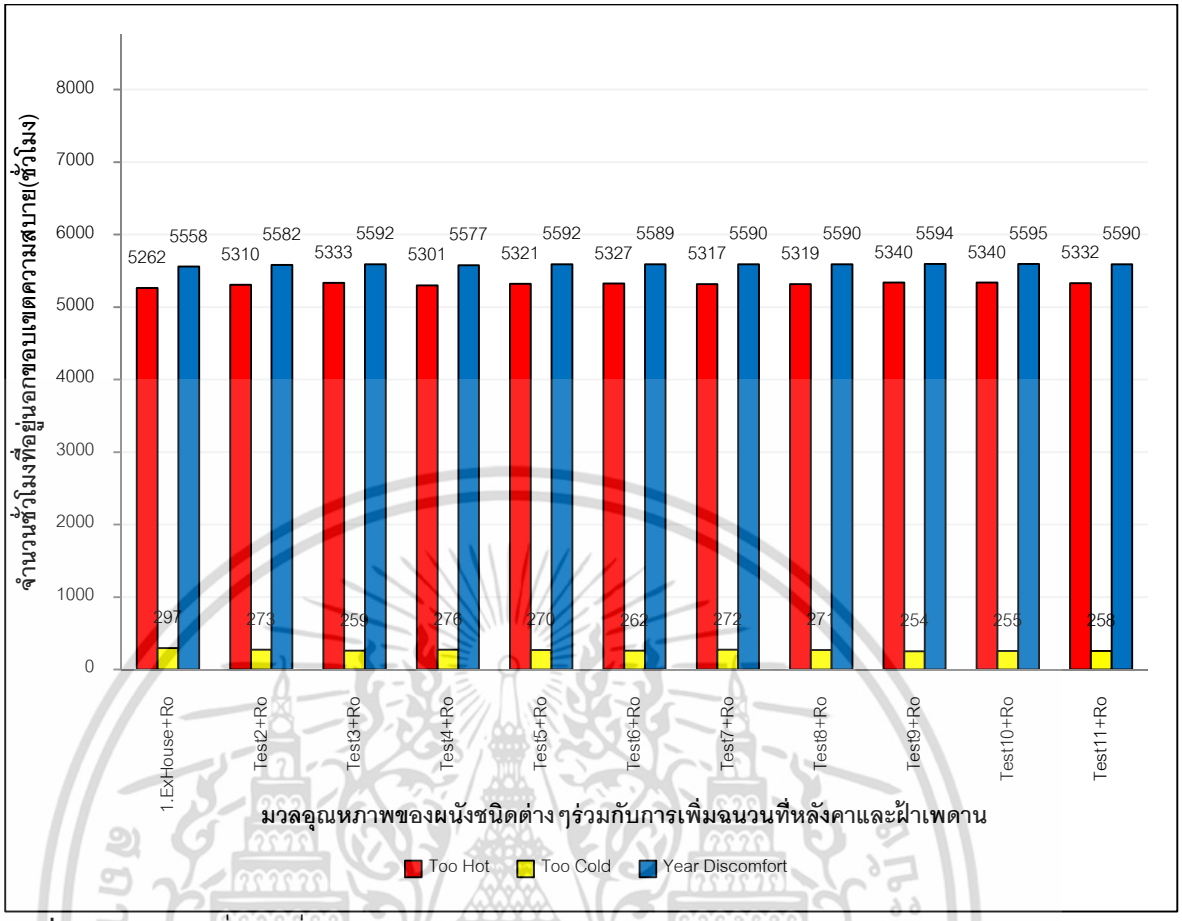
การจำลองจำนวนชั่วโมงที่เกินขอบเขตความสบายตลอดปี พ.ศ. 2557 จากการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังร่วมกับการเพิ่มฉนวนที่หลังคาและฝ้าเพดาน เพื่อเปรียบเทียบกับจำนวนชั่วโมงที่เกินขอบเขตความสบายของวัสดุดั้งเดิมของบ้านตัวอย่าง

เมื่อจำลองจำนวนชั่วโมงที่เกินขอบเขตความสบายตลอดปี พ.ศ. 2557 จากการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังร่วมกับการเพิ่มฉนวนที่หลังคาและฝ้าเพดาน โปรแกรม Ecotect V.5.20 แสดงผลดังตารางที่ 4.14 ซึ่งสามารถแสดงแบบแผนภูมิแท่งได้ดังรูปที่ 4.29

ตารางที่ 4.14 ผลการจำลองจำนวนชั่วโมงที่เกินขอบเขตความสบายตลอดปี พ.ศ. 2557 จากการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังร่วมกับการเพิ่มฉนวนที่หลังคาและฝ้าเพดาน ตามแนวทางที่ 2

เพิ่มการปรับปรุงฉนวนบริเวณหลังคาและฝ้าเพดาน หลังคาปูอลูมิเนียมฟอยล์บนแป+ฉนวนใยแก้ว+ยิบซัม		over comfort zone		under comfort zone		Discomfort Hour	
		(Hours/Year)	(%/Year)	(Hours/Year)	(%/Year)	(Hours/Year)	(%/Year)
รหัสทดลอง	อุณหภูมิอากาศภายนอก	-	52	-	14	-	66
1. ExHouse+ro	ผนังไม้ (เดิม) หนา1/2 นิ้ว	5262	60	297	3	5559	63
Test 2+ro	ผนังอิฐมอญครึ่งแผ่นฉาบผิวเรียบ	5310	61	273	3	5583	64
Test 3+ro	ผนังอิฐมอญเต็มแผ่นฉาบผิวเรียบ	5333	61	259	3	5592	64
Test 4+ro	ผนังคอนกรีตบล็อกฉาบปูนเรียบ	5301	61	276	3	5577	64
Test 5+ro	ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูนเรียบ	5321	61	270	3	5591	64
Test 6+ro	ผนังคอนกรีตมวลเบาหนา 20 ซม.ฉาบปูนเรียบ	5327	61	262	3	5589	64
Test 7+ro	ผนังฝาไม้หนา1/2นิ้วกรุแผ่นยิบซัมบอร์ดภายใน	5317	61	272	3	5589	64
Test 8+ro	ผนังอิฐมอญครึ่งแผ่นฉาบผิวเรียบ กรุแผ่นยิบซัมบอร์ดภายใน	5319	61	271	3	5590	64
Test 9+ro	ผนังฝาไม้หนา1/2นิ้วกรุภายนอก ผนังก่ออิฐมอญครึ่งแผ่นฉาบปูนเรียบ	5340	61	254	3	5594	64
Test 10+ro	ผนัง2ชั้นก่ออิฐมอญครึ่งแผ่นฉาบปูนเรียบ เว้นช่องอากาศภายใน 5 ซม.	5340	61	255	3	5595	64
Test 11+ro	ผนัง2ชั้นก่ออิฐมอญครึ่งแผ่นภายใน อิฐบล็อกภายนอก ฉาบปูนเรียบเว้นช่องอากาศภายใน 5 ซม.	5332	61	258	3	5590	64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.29 จำนวนชั่วโมงที่อยู่นอกขอบเขตความสบายหลังการจำลองการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังด้านทิศใต้ร่วมกับการเพิ่มฉนวนหลังคาและฝ้าเพดานตลอดปี 2557

4.2.4.3 วิเคราะห์ผลการจำลองจำนวนชั่วโมงที่เกินขอบเขตความสบายจากการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพ ในรอบปี พ.ศ. 2557

ผลการจำลองการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังแบบต่างๆ และของผนังร่วมกับการเพิ่มฉนวนของหลังคาและฝ้าเพดานนั้น โดยรวมพบว่า ผลจากการจำลองซึ่งทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยภายในของแบบจำลองบ้านตัวอย่างที่สูงขึ้นนั้น สูงมากกว่าผลการจำลองอุณหภูมิเฉลี่ยภายในของแบบจำลองผนังซึ่งเป็นวัสดุดั้งเดิมของบ้านตัวอย่าง ส่งผลให้จำนวนชั่วโมงที่อยู่ในสภาวะไม่สบายของทุกแบบจำลองที่ได้ทำการจำลองแบบจำลองการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังด้านทิศใต้อย่างเดียวและแบบจำลองซึ่งใช้การเพิ่มฉนวนของหลังคาและฝ้าเพดานร่วมด้วยนั้น เพิ่มขึ้นหมด โดยแบบจำลองการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังแบบต่างๆ ร่วมกับการเพิ่มฉนวนของหลังคาและฝ้าเพดาน ทำให้จำนวนชั่วโมงที่อยู่ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาวะไม่สบายเพิ่มขึ้นมากกว่าแบบจำลองการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังด้านทิศใต้อย่างเดียว

จากตารางที่ 4.15 ซึ่งแสดงผลจำนวนชั่วโมงที่อยู่นอกขอบเขตสภาวะสบาย ปี พ.ศ. 2557 จากแบบจำลองการจำลองการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพต่างๆ แสดงให้เห็นว่าบ้านเดิมที่ใช้วัสดุเดิมก่อนทำการจำลองการปรับปรุงใดๆ มีจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในสภาวะไม่สบายน้อยที่สุดคือ 5564 ชั่วโมง หากเทียบกับแบบจำลองทุกแบบที่ได้ทำการจำลอง ในขณะที่เมื่อพิจารณาแบบจำลองของการจำลองการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังทางด้านทิศใต้อย่างเดียวนั้น พบว่า ผนังฝาไม้หนา1/2นิ้วกรุภายนอกผนังก่ออิฐมอญครึ่งแผ่นฉาบปูนเรียบทำให้จำนวนชั่วโมงที่อยู่ในสภาวะไม่สบายเพิ่มขึ้นมากที่สุด เท่ากับ 124 ชั่วโมงหรือประมาณร้อยละ 2 หากเทียบกับจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในสภาวะไม่สบายของแบบจำลองบ้านเดิม ในขณะที่แบบจำลองผนังคอนกรีตบล็อกฉาบปูนเรียบทำให้จำนวนชั่วโมงที่อยู่ในสภาวะไม่สบายเพิ่มขึ้นน้อยที่สุดเท่ากับ 44 ชั่วโมง หรือประมาณร้อยละ 0.8 หากเทียบกับจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในสภาวะไม่สบายของแบบจำลองบ้านเดิม

ในขณะเดียวกันผลการจำลองของแบบจำลองการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังด้านทิศใต้ร่วมกับการเพิ่มฉนวนของหลังคาและฝ้าเพดานนั้น ก็เป็นเพิ่มจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในสภาวะไม่สบายให้มากขึ้นด้วยเช่นกัน โดยแบบจำลองผนัง2ชั้นก่ออิฐมอญครึ่งแผ่นฉาบปูนเรียบเว้นช่องอากาศภายใน 5 ซม.และผนังฝาไม้หนา1/2นิ้วกรุภายนอกผนังก่ออิฐมอญครึ่งแผ่นฉาบปูนเรียบทำให้จำนวนชั่วโมงที่อยู่ในสภาวะไม่สบายเพิ่มขึ้นมากที่สุดใกล้เคียงกันคือ 169-170 ชั่วโมง หรือประมาณร้อยละ 3 หากเทียบกับจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในสภาวะไม่สบายของแบบจำลองบ้านเดิม ในขณะที่การปรับปรุงบ้านเดิมโดยใช้ผนังไม้หนา ½ นิ้วเดิมร่วมกับการเพิ่มฉนวนที่หลังคาและฝ้าเพดาน ทำให้จำนวนชั่วโมงที่อยู่ในสภาวะไม่สบายเพิ่มขึ้นน้อยที่สุดเท่ากับ 49 ชั่วโมง หรือประมาณร้อยละ 0.9 หากเทียบกับจำนวนชั่วโมงที่อยู่ในสภาวะไม่สบายของแบบจำลองบ้านเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.15 แสดงจำนวนชั่วโมงที่อยู่นอกขอบเขตสภาวะสบาย ปี พ.ศ. 2557

ผนังหน่วงความร้อน	สภาวะไม่สบาย			ผนังหน่วงความร้อน+เพิ่มฉนวนหลังคาและฝ้าเพดาน	สภาวะไม่สบาย		
รหัสทดลอง	ร้อนเกินไป (ชั่วโมง)	หนาวเกิน (ชั่วโมง)	รวม (ชั่วโมง)	รหัสทดลอง	ร้อนเกินไป (ชั่วโมง)	หนาวเกิน (ชั่วโมง)	รวม (ชั่วโมง)
1.ExHouse	5240	324	5564	1.ExHouse+Ro	5262	297	5558
Test2	5282	306	5588	Test2+Ro	5310	273	5582
Test3	5308	296	5605	Test3+Ro	5333	259	5592
Test4	5272	312	5584	Test4+Ro	5301	276	5577
Test5	5288	310	5598	Test5+Ro	5321	270	5592
Test6	5300	302	5602	Test6+Ro	5327	262	5589
Test7	5287	315	5602	Test7+Ro	5317	272	5590
Test8	5288	315	5602	Test8+Ro	5319	271	5590
Test9	5326	287	5614	Test9+Ro	5340	254	5594
Test10	5312	292	5604	Test10+Ro	5340	255	5595
Test11	5305	295	5600	Test11+Ro	5332	258	5590

อย่างไรก็ตาม แม้ว่าทุกแบบจำลองของการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพที่ได้ทำการจำลองโดยโปรแกรม Ecotect V.5.20 จะเป็นการเพิ่มจำนวนชั่วโมงรวมที่อยู่ในสภาวะไม่สบายให้มากขึ้นกว่าแบบจำลองของบ้านเดิมนั้น แต่เมื่อแยกพิจารณาชั่วโมงที่อยู่ในสภาวะไม่สบายตามขอบเขตความสบาย โดยแยกเป็นจำนวนชั่วโมงที่ร้อนเกินไปและจำนวนชั่วโมงที่หนาวเกินไป พบว่าแนวทางในการใช้การหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพทั้งสองแนวทาง ไม่ว่าจะเป็นการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังทางทิศใต้ หรือรวมการเพิ่มฉนวนที่หลังคาและฝ้าเพดานเพิ่มนั้น ต่างก็เป็นการเพิ่มจำนวนชั่วโมงที่ร้อนเกินสภาวะความสบายทั้งหมดหากเทียบกับจำนวนชั่วโมงที่ร้อนเกินสภาวะสบายของแบบจำลองบ้านเดิม จากตารางที่ 4.16 ซึ่งแสดงผลเปรียบเทียบจำนวนชั่วโมงที่อยู่สภาวะไม่สบายของผลการจำลองความร้อนด้วยมวลอุณหภาพแบบต่างๆ กับแบบจำลองของวัสดุดั้งเดิมของบ้านตัวอย่าง แสดงให้เห็นว่า ในแนวทางที่ 1 แบบจำลองของวิธีการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังด้านทิศใต้อย่างเดียวนั้น ผนังฝาไม้หนา 1/2 นิ้ว กรุภายนอกผนังก่ออิฐมอญครึ่งแผ่นฉาบปูนเรียบ สามารถเพิ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนชั่วโมงที่ร้อนเกินสภาวะสบายได้มากที่สุดเท่ากับ 86 ชั่วโมงหรือประมาณร้อยละ 2 หากเทียบกับจำนวนชั่วโมงที่ร้อนเกินสภาวะสบายของแบบจำลองบ้านเดิม ในขณะที่ผนังคอนกรีตบล็อกฉาบผิวเรียบสามารถเพิ่มจำนวนชั่วโมงที่ร้อนเกินขอบเขตสบายได้น้อยที่สุด โดยเพิ่ม 32 ชั่วโมง หรือประมาณร้อยละ 0.6 หากเทียบกับจำนวนชั่วโมงที่ร้อนเกินสภาวะสบายของแบบจำลองบ้านเดิม และเมื่อพิจารณาแนวทางที่ 2 แบบจำลองการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังชนิดต่างๆ ร่วมกับการเพิ่มฉนวนของหลังคาและฝ้าเพดาน พบว่าทุกแบบจำลองดังกล่าวสามารถเพิ่มจำนวนชั่วโมงที่ร้อนเกินสภาวะสบายได้มากกว่าการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังทางด้านทิศใต้เพียงอย่างเดียว โดยแบบจำลองผนังฝาไม้หนา1/2 นิ้ว กรุภายนอกผนังก่ออิฐมอญครึ่งแผ่นฉาบปูนเรียบและแบบจำลองผนัง 2 ชั้นก่ออิฐมอญครึ่งแผ่นฉาบปูนเรียบเว้นช่องอากาศภายใน 5 ซม.สามารถเพิ่มชั่วโมงที่ร้อนเกินสภาวะสบายได้มากที่สุดเท่ากันคือ 100 ชั่วโมงหรือประมาณร้อยละ 2 หากเทียบกับจำนวนชั่วโมงที่ร้อนเกินสภาวะสบายของแบบจำลองบ้านเดิม ในขณะที่แบบจำลองการใช้วัสดุเดิมบ้านตัวอย่าง ซึ่งเป็นผนังไม้หนา ½ นิ้วเดิมร่วมกับการปรับปรุงฉนวนที่หลังคาและฝ้าเพดาน ทำให้จำนวนชั่วโมงที่ร้อนเกินสภาวะสบายเพิ่มขึ้นน้อยที่สุดเท่ากับ 22 ชั่วโมง หรือประมาณร้อยละ 0.4 หากเทียบกับจำนวนชั่วโมงที่ร้อนเกินสภาวะสบายของแบบจำลองบ้านเดิม

ในขณะเดียวกันเมื่อพิจารณาจำนวนชั่วโมงที่หนาวเกินสภาวะความสบายกลับพบว่าวิธีการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพทั้งสองแนวทางที่ได้ทำการจำลองผลสามารถลดจำนวนชั่วโมงที่หนาวเกินสภาวะสบายได้หากเทียบกับจำนวนชั่วโมงที่หนาวเกินสภาวะสบายของแบบจำลองบ้านเดิม จากตารางที่ 4.16 ซึ่งแสดงผลเปรียบเทียบจำนวนชั่วโมงที่อยู่สภาวะไม่สบายของผลการจำลองความร้อนด้วยมวลอุณหภาพแบบต่างๆ กับแบบจำลองของวัสดุดั้งเดิมของบ้านตัวอย่าง แสดงให้เห็นว่า ในแบบจำลองของวิธีการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังด้านทิศใต้อย่างเดียวนั้น ผนังฝาไม้หนา 1/2 นิ้วกรุภายนอกผนังก่ออิฐมอญครึ่งแผ่นฉาบปูนเรียบ สามารถลดจำนวนชั่วโมงที่หนาวเกินสภาวะสบายได้มากที่สุดเท่ากับ 37 ชั่วโมงหรือประมาณร้อยละ 11 หากเทียบกับจำนวนชั่วโมงที่หนาวเกินสภาวะสบายของแบบจำลองบ้านเดิม ในขณะที่ผนังฝาไม้หนา1/2 นิ้วกรุแผ่นยิบซัมบอร์ดภายในและผนังอิฐมอญครึ่งแผ่นฉาบผิวเรียบกรุแผ่นยิบซัมบอร์ดภายในสามารถลดจำนวนชั่วโมงที่หนาวเกินขอบเขตสบายได้น้อยที่สุด โดยลดได้ 9 ชั่วโมงเท่ากัน หรือประมาณร้อยละ 3 หากเทียบกับจำนวนชั่วโมงที่หนาวเกินสภาวะสบายของแบบจำลองบ้านเดิม และเมื่อพิจารณาแบบจำลองการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังชนิดต่างๆ ร่วมกับการเพิ่มฉนวนของหลังคาและฝ้าเพดาน พบว่าทุกแบบจำลองดังกล่าวสามารถลดจำนวนชั่วโมงที่หนาวเกินสภาวะสบายได้มากกว่าการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังทางด้านทิศใต้เพียงอย่างเดียว โดยแบบจำลองผนังฝาไม้หนา1/2นิ้วกรุภายนอกผนังก่ออิฐ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มอญครึ่งแผ่นฉาบปูนเรียบและแบบจำลองผนัง 2 ชั้นก่ออิฐมอญครึ่งแผ่นฉาบปูนเรียบเว้นช่องอากาศภายใน 5 ซม.สามารถลดชั่วโมงที่หนาวเกินสภาวะสบายได้มากที่สุดใกล้เคียงกันคือ 69-70 ชั่วโมงหรือประมาณร้อยละ 21-22 หากเทียบกับจำนวนชั่วโมงที่หนาวเกินสภาวะสบายของแบบจำลองบ้านเดิม ในขณะที่แบบจำลองการใช้วัสดุเดิมบ้านตัวอย่าง ซึ่งเป็นผนังไม้หนา ½ นิ้วเดิมร่วมกับการปรับปรุงฉนวนที่หลังคาและฝ้าเพดาน ทำให้จำนวนชั่วโมงที่หนาวเกินสภาวะสบายลดลงได้น้อยที่สุดเท่ากับ 27 ชั่วโมง หรือประมาณร้อยละ 8 หากเทียบกับจำนวนชั่วโมงที่หนาวเกินสภาวะสบายของแบบจำลองบ้านเดิม

ตารางที่ 4.16 แสดงจำนวนชั่วโมงที่แตกต่างของสภาวะไม่สบายของผลการจำลองความร้อนแบบต่างๆ โดยเทียบกับการจำลองบ้านตัวอย่างเดิม (บ้านเลขที่ 170) ตลอดทั้งปี 2557

ผนังหน่วงความร้อน							ผนังหน่วงความร้อน+ปรับปรุงหลังคาและฝ้าเพดาน						
รหัสทดลอง	มากกว่า Base (ชม.)	%	น้อยกว่า Base (ชม.)	%	รวม	%	รหัสทดลอง	มากกว่า Base (ชม.)	%	น้อยกว่า Base (ชม.)	%	รวม	%
1.ExHouse	BASE						1.ExHouse+Ro	22	0.4	27	8.3	49	0.9
Test2	42	0.8	18	5.6	60	1.1	Test2+Ro	70	1.3	51	15.7	121	2.2
Test3	68	1.3	28	8.6	96	1.7	Test3+Ro	93	1.8	65	20.1	158	2.8
Test4	32	0.6	12	3.7	44	0.8	Test4+Ro	61	1.2	48	14.8	109	2.0
Test5	48	0.9	14	4.3	62	1.1	Test5+Ro	81	1.5	54	16.7	135	2.4
Test6	60	1.1	22	6.8	82	1.5	Test6+Ro	87	1.7	62	19.1	149	2.7
Test7	47	0.9	9	2.8	56	1.0	Test7+Ro	77	1.5	52	16.0	129	2.3
Test8	48	0.9	9	2.8	57	1.0	Test8+Ro	79	1.5	53	16.4	132	2.4
Test9	86	1.6	37	11.4	123	2.2	Test9+Ro	100	1.9	70	21.6	170	3.1
Test10	72	1.4	32	9.9	104	1.9	Test10+Ro	100	1.9	69	21.3	169	3.0
Test11	65	1.2	29	9.0	94	1.7	Test11+Ro	92	1.8	66	20.4	158	2.8

เมื่อพิจารณาผลการจำลองชั่วโมงที่อยู่นอกขอบเขตความสบายตลอดทั้งปี พ.ศ. 2557 เป็นรายเดือนตามตารางที่ 4.17 แล้วพบว่าแนวทางทั้งสองแนวทางในการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังชนิดต่างๆ ด้านทิศใต้และแบบจำลองซึ่งเพิ่มฉนวนหลังคาและฝ้าเพดานร่วมด้วยนั้น ผลการจำลองตลอดทั้งปี พ.ศ. 2557 มีจำนวนชั่วโมงที่ร้อนเกินสภาวะสบายเป็นจำนวนใกล้เคียงกัน เฉลี่ยเดือนละ 441-443 ชั่วโมงในทุกแบบจำลอง และมีจำนวนชั่วโมงที่หนาวเกินสภาวะสบายเฉลี่ยแล้วใกล้เคียงกันด้วยเช่นกัน คือ 22-25 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.17 แสดงผลการจำลองจำนวนชั่วโมงที่อยู่นอกขอบเขตสภาวะสบายเป็นรายเดือน ปี พ.ศ. 2557

ผนังและหลังคาไม่มีฉนวนกันความร้อน	รหัสทดลอง	มกราคม		กุมภาพันธ์		มีนาคม		เมษายน		พฤษภาคม		มิถุนายน		กรกฎาคม		สิงหาคม		กันยายน		ตุลาคม		พฤศจิกายน		ธันวาคม	
		ร้อนเกิน	หนาวเกิน	ร้อนเกิน	หนาวเกิน	ร้อนเกิน	หนาวเกิน	ร้อนเกิน	หนาวเกิน	ร้อนเกิน	หนาวเกิน	ร้อนเกิน	หนาวเกิน	ร้อนเกิน	หนาวเกิน	ร้อนเกิน	หนาวเกิน	ร้อนเกิน	หนาวเกิน	ร้อนเกิน	หนาวเกิน	ร้อนเกิน	หนาวเกิน	ร้อนเกิน	หนาวเกิน
	1.ExHouse	225	176	312	50	489	1	496	0	529	0	517	0	530	0	525	0	506	0	454	0	375	17	283	82
	Test2	223	169	317	46	497	1	499	0	530	0	517	0	531	0	526	0	507	0	465	0	384	14	287	78
	Test3	220	168	322	42	502	0	501	0	531	0	517	0	531	0	529	0	509	0	472	0	388	11	287	75
	Test4	220	174	316	47	497	0	499	0	530	0	517	0	531	0	527	0	508	0	465	0	383	14	281	78
	Test5	223	174	317	47	497	0	500	0	530	0	517	0	531	0	527	0	508	0	467	0	385	13	288	77
	Test6	220	171	321	44	500	0	501	0	530	0	517	0	531	0	528	0	509	0	473	0	387	11	284	75
	Test7	222	175	318	48	496	0	501	0	530	0	517	0	531	0	527	0	508	0	471	0	383	14	286	78
	Test8	221	175	318	48	497	0	501	0	530	0	517	0	531	0	527	0	508	0	471	0	384	13	286	78
	Test9	217	166	325	40	505	0	503	0	531	0	517	0	532	0	529	0	510	0	478	0	394	10	287	71
	Test10	218	167	323	42	503	0	501	0	531	0	517	0	532	0	529	0	509	0	474	0	389	11	286	73
	Test11	216	168	322	43	503	0	501	0	531	0	517	0	532	0	529	0	509	0	473	0	388	11	284	74

ผนังและหลังคามีฉนวนกันความร้อนและแผ่นสะท้อนรังสีอินฟราเรดไว้ด้านในห้อง	รหัสทดลอง	มกราคม		กุมภาพันธ์		มีนาคม		เมษายน		พฤษภาคม		มิถุนายน		กรกฎาคม		สิงหาคม		กันยายน		ตุลาคม		พฤศจิกายน		ธันวาคม	
		ร้อนเกิน	หนาวเกิน	ร้อนเกิน	หนาวเกิน	ร้อนเกิน	หนาวเกิน	ร้อนเกิน	หนาวเกิน	ร้อนเกิน	หนาวเกิน	ร้อนเกิน	หนาวเกิน	ร้อนเกิน	หนาวเกิน	ร้อนเกิน	หนาวเกิน	ร้อนเกิน	หนาวเกิน	ร้อนเกิน	หนาวเกิน	ร้อนเกิน	หนาวเกิน	ร้อนเกิน	หนาวเกิน
	1.ExHouse+Ro	215	164	325	42	500	1	499	0	528	0	515	0	529	0	521	0	503	0	465	0	380	15	285	75
	Test2+Ro	211	156	336	36	505	1	503	0	528	0	516	0	529	0	522	0	504	0	474	0	390	14	293	66
	Test3+Ro	205	152	343	32	509	0	504	0	529	0	516	0	529	0	524	0	506	0	477	0	395	13	296	63
	Test4+Ro	207	159	334	36	506	1	504	0	528	0	516	0	529	0	523	0	505	0	474	0	388	14	289	68
	Test5+Ro	211	155	339	35	506	1	504	0	528	0	516	0	529	0	523	0	505	0	475	0	392	14	296	66
	Test6+Ro	205	153	343	32	508	0	504	0	529	0	516	0	529	0	524	0	506	0	477	0	394	13	295	64
	Test7+Ro	208	157	340	35	506	1	504	0	528	0	516	0	529	0	523	0	505	0	475	0	391	14	293	66
	Test8+Ro	207	157	341	34	506	1	504	0	528	0	516	0	529	0	523	0	505	0	476	0	392	14	294	66
	Test9+Ro	202	151	346	30	510	0	504	0	529	0	516	0	529	0	524	0	507	0	478	0	399	12	298	61
	Test10+Ro	204	150	345	31	509	0	504	0	529	0	516	0	529	0	525	0	506	0	477	0	399	12	297	62
	Test11+Ro	202	152	344	31	509	0	504	0	529	0	516	0	529	0	525	0	506	0	477	0	397	12	294	63

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาแยกกันไปเป็นรายเดือนแล้วพบว่าในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนกันยายนเป็นช่วงที่มีอุณหภูมิสูงเกินสภาวะสบายมากในรอบปี โดยเดือนกรกฎาคมเป็นเดือนที่มีจำนวนชั่วโมงที่ร้อนเกินสภาวะสบายมากที่สุดเฉลี่ยแล้วประมาณ 530 ชั่วโมงในทุกวิธีการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพที่ได้ทำการจำลองผล ในขณะที่เดือนมกราคมซึ่งเป็นเดือนที่มีจำนวนชั่วโมงที่ร้อนเกินสภาวะสบายเฉลี่ยจากผลการจำลองทุกแบบแล้วน้อยที่สุด ประมาณ 207-220 ชั่วโมง กลับมีจำนวนชั่วโมงที่หนาวเกินสภาวะสบายมากที่สุดด้วยเช่นกัน โดยมีจำนวนชั่วโมงซึ่งหนาวเกินสภาวะสบายของทุกแบบจำลอง เฉลี่ยประมาณ 155-171 ชั่วโมง โดยช่วงเดือน มีนาคมถึงเดือนตุลาคมเป็นช่วงเดือนที่ไม่มีจำนวนชั่วโมงที่หนาวเกินสภาวะสบายเลย

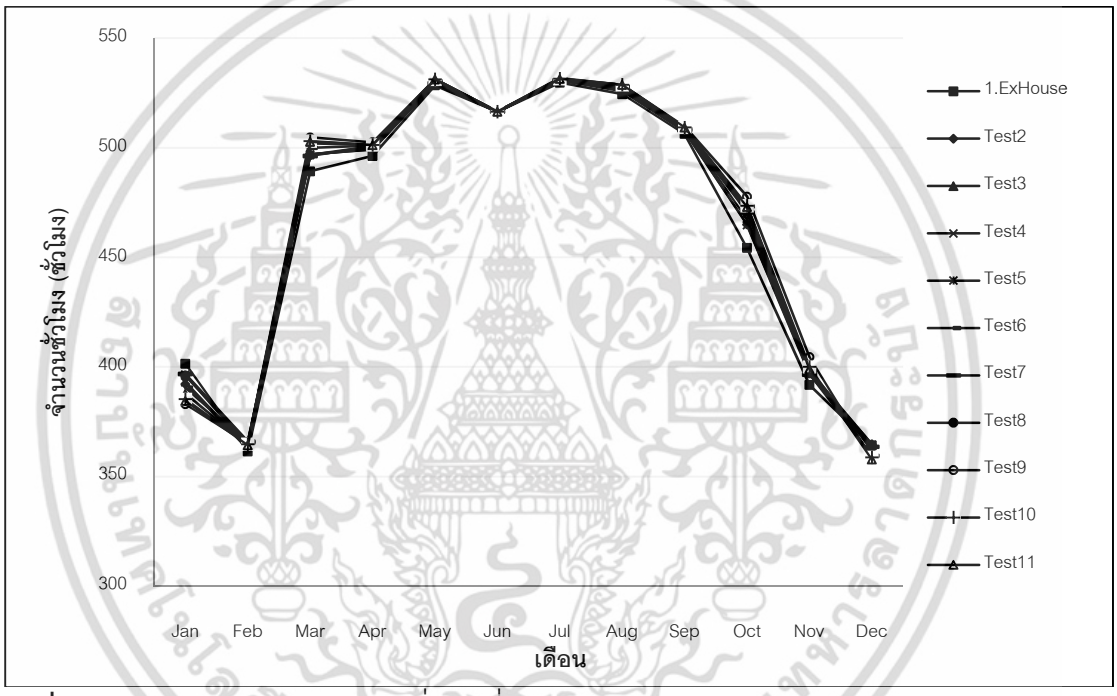
เมื่อพิจารณาผลของการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังชนิดต่างๆ แล้วพบว่าในเดือนกรกฎาคม ทุกแบบจำลองการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพในผนังด้านทิศใต้มีจำนวนชั่วโมงที่ร้อนเกินสภาวะสบายใกล้เคียงกัน ตั้งแต่ 530 - 532 ชั่วโมง โดยแบบจำลองผนังฝาไม้หนา1/2 นิ้ว กรุภายนอกผนังก่ออิฐมอญครึ่งแผ่นฉาบปูนเรียบ แบบจำลองผนัง2ชั้นก่ออิฐมอญครึ่งแผ่นฉาบปูนเรียบเว้นช่องอากาศภายใน 5 ซม.และแบบจำลองผนัง2ชั้นก่ออิฐมอญครึ่งแผ่นภายในอิฐบล็อกภายนอกฉาบปูนเรียบเว้นช่องอากาศภายใน 5 ซม. มีจำนวนชั่วโมงที่ร้อนเกินสภาวะสบายมากที่สุดจากทั้งหมด 12 เดือน ในขณะที่ผลการจำลองของแบบจำลองการหน่วงความร้อนโดยการเพิ่มการเพิ่มฉนวนของหลังคาและฝ้าเพดานร่วมด้วย ทุกแบบจำลองพบว่าทั้งเดือนเมษายนและเดือนกรกฎาคมมีจำนวนชั่วโมงที่ร้อนเกินสภาวะสบายมากที่สุดในรอบปี เฉลี่ยแล้วประมาณ 528-529 ชั่วโมงโดยเฉพาะในเดือนกรกฎาคม ซึ่งทุกวิธีการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังแบบต่างๆ ร่วมกับการเพิ่มฉนวนของหลังคาและฝ้าเพดาน มีจำนวนชั่วโมงที่ร้อนเกินสภาวะสบายเท่ากันทุกวิธีคือ 529 ชั่วโมง ทั้งนี้เมื่อพิจารณาจำนวนชั่วโมงที่หนาวเกินสภาวะสบายแบบรายเดือนแล้วพบว่า เดือนมกราคมมีจำนวนชั่วโมงที่หนาวเกินสภาวะสบายเยอะที่สุดในรอบปี ทั้งผลของแบบจำลองการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพขของผนังด้านทิศใต้อย่างเดียวและผลของแบบจำลองซึ่งใช้การเพิ่มฉนวนที่หลังคาและฝ้าเพดานร่วมด้วย

อย่างที่กล่าวมาแล้ว คือ แนวทางการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพทั้งสองแนวทาง ที่ได้ทำการจำลองด้วยโปรแกรม Ecotectg V.5.20 มีผลให้จำนวนชั่วโมงที่หนาวเกินสภาวะสบายลดน้อยลงกว่าผลการจำลองด้วยวัสดุดั้งเดิมบ้านตัวอย่าง

เมื่อพิจารณาโดยสรุปพบว่าในแนวทางที่ 1 แบบจำลองการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังด้านทิศใต้อย่างเดียว แบบจำลองของผนัง 2 ชั้นก่ออิฐมอญครึ่งแผ่นฉาบปูนเรียบเว้นช่องอากาศภายใน 5 ซม. สามารถเพิ่มจำนวนชั่วโมงที่ร้อนเกินสภาวะสบายมากที่สุด หากเทียบกับแบบจำลองผนังชนิดต่างๆ ในขณะที่ผนังคอนกรีตบล็อกฉาบปูนเรียบเพิ่ม

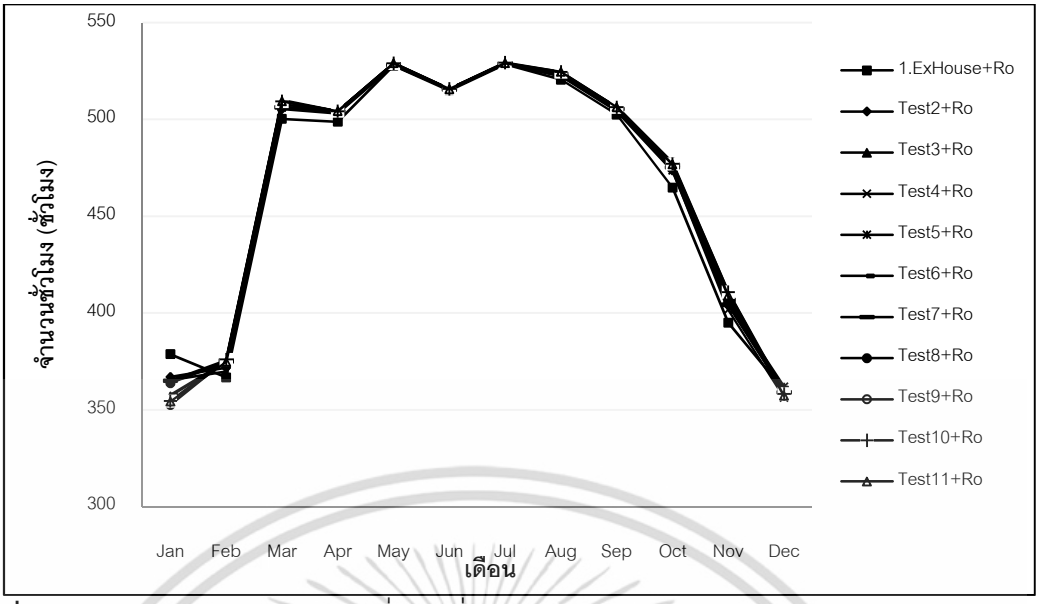
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนชั่วโมงที่ร้อนเกินสภาวะสบายน้อยได้ที่สุดหากเทียบกับแบบจำลองผนังชนิดต่างๆ ในขณะที่เมื่อพิจารณาในแนวทางที่ 2 แบบจำลองซึ่งเพิ่มฉนวนของหลังคาและฝ้าเพดานร่วมกับการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพของผนังทางทิศใต้นั้น พบว่าผนังฝาไม้หนา 1/2 นิ้ว กรุภายนอกผนังก่ออิฐมอญครึ่งแผ่นฉาบปูนเรียบและผนัง 2 ชั้นก่ออิฐมอญครึ่งแผ่นฉาบปูนเรียบเว้นช่องอากาศภายใน 5 ซม. สามารถเพิ่มจำนวนชั่วโมงที่ร้อนเกินสภาวะสบายมากที่สุดหากเทียบกับแบบจำลองผนังชนิดต่างๆ ในขณะที่ผนังอิฐมอญครึ่งแผ่นฉาบผิวเรียบและผนังคอนกรีตบล็อกฉาบปูนเรียบเพิ่มจำนวนชั่วโมงที่ร้อนเกินสภาวะสบายน้อยที่สุดหากเทียบกับแบบจำลองผนังชนิดต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 4.30 - 4.31



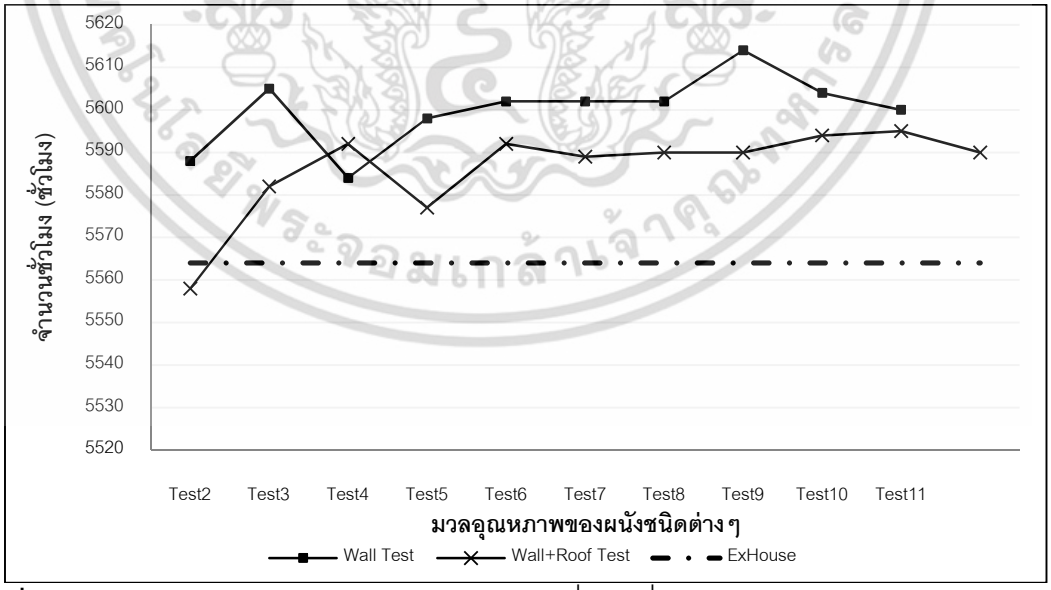
รูปที่ 4.30 แผนภูมิเส้นแสดงจำนวนชั่วโมงที่อยู่นอกขอบเขตความสบายของผนังหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพแบบต่างๆ เป็นรายเดือน ปี พ.ศ. 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.31 แผนภูมิเส้นแสดงจำนวนชั่วโมงที่อยู่นอกขอบเขตความสบายของผนังหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพแบบต่างๆ ร่วมกับการเพิ่มฉนวนหลังคาและฝ้าเพดานเป็นรายเดือน ปี พ.ศ. 2557

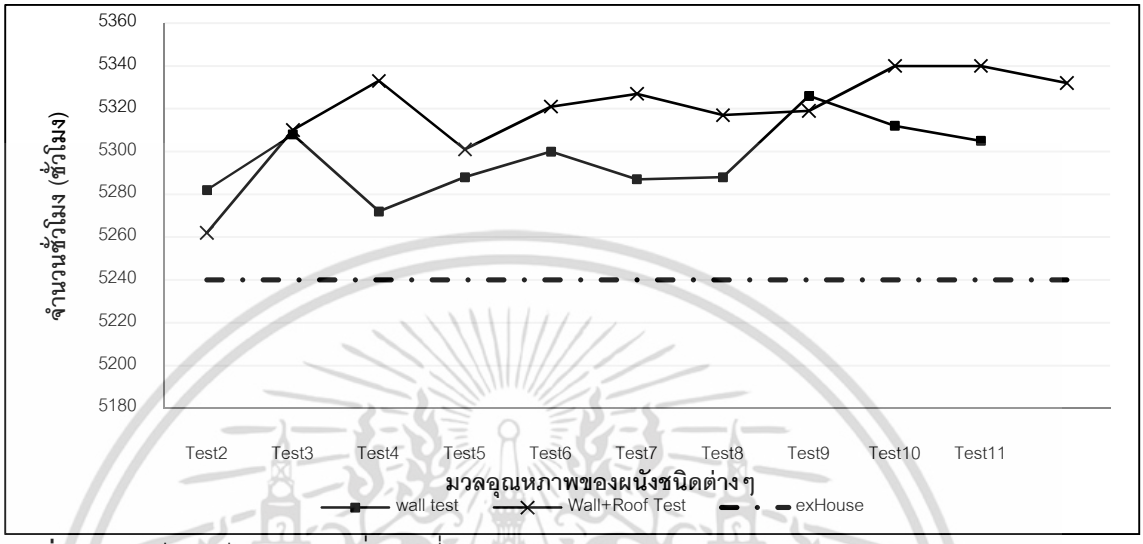
เมื่อนำแนวทางที่ 1 และแนวทางที่ 2 มาเปรียบเทียบจำนวนชั่วโมงที่อยู่นอกขอบเขตความความสบาย พบว่า แนวทางที่ 1 มีจำนวนชั่วโมงที่อยู่นอกขอบเขตความสบายมากกว่าแนวทางที่ 2 เป็นส่วนใหญ่ ดังรูปที่ 4.32



รูปที่ 4.32 แผนภูมิเส้นแสดงการเปรียบเทียบจำนวนชั่วโมงที่อยู่นอกขอบเขตความสบายของวิธีการจำลองผลการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพแบบต่างๆ ตลอดปี พ.ศ. 2557

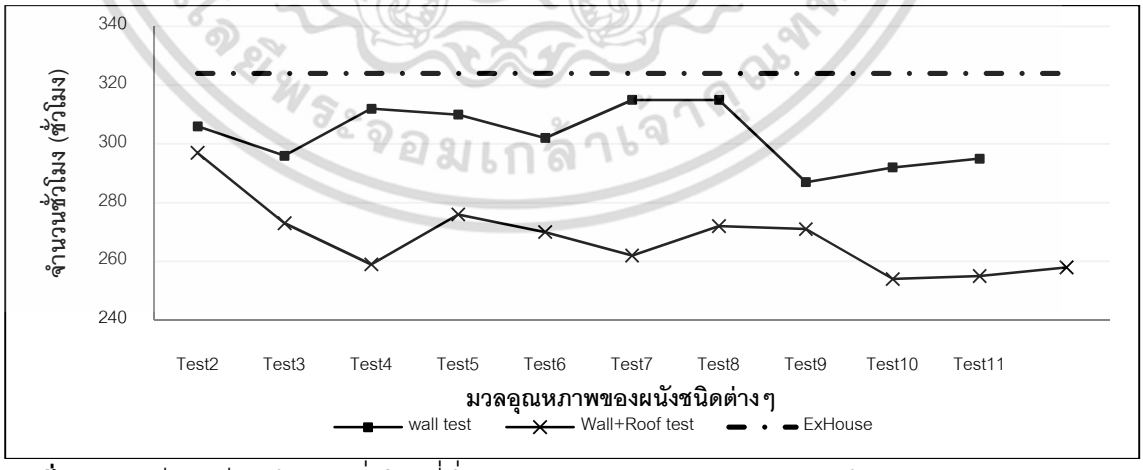
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบจำนวนชั่วโมงที่สูงเกินขอบเขตความสบายของแนวทางที่ 1 และแนวทางที่ 2 พบว่า แนวทางที่ 2 มีจำนวนชั่วโมงที่สูงเกินขอบเขตความสบายมากกว่าแนวทางที่ 1 เป็นส่วนใหญ่ ดังรูปที่ 4.33



รูปที่ 4.33 เปรียบเทียบจำนวนชั่วโมงที่สูงเกินขอบเขตความสบายของการจำลองผลการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพแบบต่างๆ ตลอดปี พ.ศ. 2557

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบจำนวนชั่วโมงที่ต่ำกว่าขอบเขตความสบายของแนวทางที่ 1 และแนวทางที่ 2 พบว่า แนวทางที่ 1 มีจำนวนชั่วโมงที่ต่ำกว่าขอบเขตความสบายมากกว่าแนวทางที่ 2 เป็นส่วนใหญ่ ดังรูปที่ 4.34



รูปที่ 4.34 เปรียบเทียบจำนวนชั่วโมงที่ต่ำกว่าขอบเขตความสบายของการจำลองผลการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพแบบต่างๆ ตลอดปี พ.ศ. 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลงานวิจัย

5.1.1 สรุปผลการตรวจสอบสภาวะความสบายทางอุณหภูมิในอาคารพักอาศัย และความสบายทางอุณหภูมิที่เหมาะสมในพื้นที่อำเภอเถิน จังหวัดลำปาง

ความสบายทางอุณหภูมิที่เหมาะสมพื้นที่อำเภอเถิน จังหวัดลำปาง จากวิธีการหาขอบเขตความสบายของ Auliciems และ Szokolay โดยใช้ข้อมูลสภาพอากาศปี พ.ศ. 2547 - 2557 ของสถานีอุตุนิยมวิทยาเถิน มีรายละเอียดดังนี้

	อุณหภูมิที่เหมาะสมสูงสุด (Tn. Max °C)	อุณหภูมิที่เหมาะสมต่ำสุด (Tn. Min °C)
ตลอดปี	30.5	21.8
ฤดูร้อน	30.8	22.4
ฤดูหนาว	30.1	21.0

ผลการการตรวจสอบสภาวะความสบายทางอุณหภูมิของบ้านตัวอย่าง สรุปได้ดังนี้

อุณหภูมิภายในบ้านตัวอย่าง เมื่อเทียบกับขอบเขตความสบาย มีอุณหภูมิสูงเกินขอบเขตความสบาย โดยมีอุณหภูมิสูงสุดในช่วงเวลาประมาณ 17.00 น. หลังจากนั้นอุณหภูมิจะค่อยๆ เย็นลง จนผ่านช่วง 19.00 น.จึงจะเข้าสู่ช่วงขอบเขตความสบาย และจะมีอุณหภูมิต่ำสุดอยู่ที่เวลาประมาณ 6.00 น. ก่อนที่อุณหภูมิจะค่อยๆ สูงขึ้นจนเริ่มเกินขอบเขตความสบายอีกครั้งหนึ่งที่เวลาประมาณ 9.00 น. โดยมีช่วงเวลาที่เกินสภาวะสบายโดยเฉลี่ยประมาณวันละ 11 ชั่วโมง

ผลการวัดอุณหภูมิของผนังภายในบ้านตัวอย่างทั้ง 3 ด้าน ผนังด้านทิศใต้มีความร้อนสูงกว่าผนังด้านทิศอื่นๆ เมื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิที่ผิวผนังด้านทิศใต้และอุณหภูมิที่ระดับฝ้าเพดาน มีความแตกต่างกันไม่มาก โดยจะมีความแตกต่างกันมากที่สุดในช่วงเวลาประมาณ 11.00 น. ถึง 17.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.2 สรุปผลแนวทางการปรับปรุงอาคารด้วยมวลอุณหภาพในส่วนประกอบต่าง ๆของอาคารเพื่อสภาวะความสบาย

สรุปผลการทดลองตามแนวทางที่ 1 การปรับปรุงอาคารที่พักอาศัยด้วยมวลอุณหภาพของผนังแบบต่างๆ ในช่วงเวลากลางวันของฤดูร้อน ผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้น เว้นช่องอากาศไว้ภายใน 5 เซนติเมตร และผนังก่ออิฐมอญและอิฐบล็อก เว้นช่องอากาศไว้ภายใน 5 เซนติเมตร สามารถทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยภายในบ้านตัวอย่างต่ำกว่าอุณหภูมิภายนอกมากกว่าผนังประเภทอื่นๆ ส่วนในช่วงกลางคืน ผนังก่ออิฐฉาบปูน 2 ชั้นเว้นช่องอากาศไว้ภายในหนา 5 เซนติเมตร และผนังก่ออิฐฉาบปูนตีผนังไม้ไว้ภายนอก ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยภายในสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกมากกว่าผนังชนิดอื่นๆ

ส่วนในเวลากลางวันของฤดูหนาว ผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้น เว้นช่องอากาศไว้ภายใน 5 เซนติเมตร และผนังก่ออิฐมอญและอิฐบล็อก เว้นช่องอากาศไว้ภายใน 5 เซนติเมตร สามารถทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยภายในแบบจำลองของบ้านตัวอย่างต่ำกว่าผนังชนิดอื่นๆ สำหรับช่วงกลางคืน ผนังก่ออิฐฉาบปูน 2 ชั้นเว้นช่องอากาศไว้ภายในหนา 5 เซนติเมตร และผนังก่ออิฐฉาบปูนตีผนังไม้ไว้ภายนอก สามารถทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยภายในสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกมากกว่าผนังชนิดอื่นๆ

ผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้น เว้นช่องอากาศไว้ภายใน 5 เซนติเมตร และผนังก่ออิฐมอญและอิฐบล็อก เว้นช่องอากาศไว้ภายใน 5 เซนติเมตร จึงสามารถลดความร้อนในเวลากลางวันได้มากที่สุด

สรุปผลการทดลองตามแนวทางที่ 2 การปรับปรุงอาคารที่พักอาศัยด้วยมวลอุณหภาพของผนังแบบต่างๆ ร่วมกับการเพิ่มฉนวนหลังคาและฝ้าเพดาน ในช่วงกลางวันของฤดูร้อน ผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้น เว้นช่องอากาศไว้ภายใน 5 เซนติเมตรร่วมกับการเพิ่มฉนวนที่หลังคาและฝ้าเพดาน สามารถทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยภายในบ้านตัวอย่างต่ำกว่าอุณหภูมิภายนอกมากกว่าผนังประเภทอื่นๆ ในช่วงกลางคืน ผนังก่ออิฐฉาบปูนตีผนังไม้ไว้ภายนอกร่วมกับการเพิ่มฉนวนของหลังคาและฝ้าเพดาน สามารถทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยภายในสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกมากกว่าผนังชนิดอื่นๆ

ส่วนในช่วงกลางวันของฤดูหนาว ผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้น เว้นช่องอากาศไว้ภายใน 5 เซนติเมตร และผนังก่ออิฐมอญและอิฐบล็อก เว้นช่องอากาศไว้ภายใน 5 เซนติเมตร ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยภายในต่ำกว่าผนังชนิดอื่นๆ ในขณะที่ช่วงกลางคืน ผนังก่ออิฐฉาบปูน 2 ชั้นเว้นช่องอากาศไว้ภายในหนา 5 เซนติเมตร และผนังก่ออิฐมอญและอิฐบล็อก เว้นช่องอากาศไว้ภายใน 5 เซนติเมตร และผนังก่ออิฐฉาบปูนตีผนังไม้ไว้ภายนอก ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยภายในสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกมากกว่าผนังชนิดอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้น เว้นช่องอากาศไว้ภายใน 5 เซนติเมตรร่วมกับการเพิ่มฉนวนที่หลังคาและฝ้าเพดาน จึงสามารถลดความร้อนในเวลากลางวันได้มากที่สุด

การเปรียบเทียบระหว่างแนวทางทั้งสอง พบว่า ผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้น เว้นช่องอากาศไว้ภายใน 5 เซนติเมตร ร่วมกับการเพิ่มฉนวนที่หลังคาและฝ้าเพดาน สามารถลดความร้อนในเวลากลางวันได้มากกว่าผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้น เว้นช่องอากาศไว้ภายใน 5 เซนติเมตร และผนังก่ออิฐมอญและอิฐบล็อก เว้นช่องอากาศไว้ภายใน 5 เซนติเมตร

เมื่อเปรียบเทียบทั้งสองแนวทางพบว่า แนวทางที่ 1 อุณหภูมิภายในเข้าใกล้อุณหภูมิสบายน้อยกว่าแนวทางที่ 2 ในช่วงเวลากลางวัน (9.00-19.00 น.) และเข้าใกล้อุณหภูมิสบายมากกว่าแนวทางที่ 2 ในช่วงเวลากลางคืน (19.00-9.00 น.) ดังนั้นแนวทางที่ 2 (มวลอุณหภาพของผนังร่วมกับการเพิ่มฉนวนที่หลังคาและฝ้าเพดาน) จึงเป็นแบบที่เหมาะสมกว่าในการนำมาพิจารณาปรับปรุงอาคารเพื่อเพิ่มภาวะสบาย เนื่องจากในเวลากลางวันเป็นเวลาที่ผู้ใช้อาคารทำกิจกรรมประจำวันมากกว่า ส่วนในเวลากลางคืน ในแนวทางที่สองถึงแม้จะมีอุณหภูมิสูงกว่าแนวทางที่ 1 แต่ยังอยู่ในเขตสบายและสูงกว่าอากาศภายนอก ซึ่งในช่วงเวลานี้สามารถเปิดช่องอาคารเพื่อให้อากาศภายนอกเข้ามาภายในอาคารได้

5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยต่อ ๆ ไป

1. การออกแบบแก้ปัญหาความร้อนในอาคารด้วยวิธีการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพในประเทศไทยนั้น ควรจะใช้วิธีการอื่นมาร่วมด้วย เช่นการเพิ่มการระบายลมความร้อนด้วยลมธรรมชาติ เพื่อลดอุณหภูมิที่เริ่มสูงขึ้นโดยการส่งผ่านผนังและหลังคาของอาคารเข้าสู่ภายในอาคารช่วงหัวค่ำ

2. ภาพรวมของผลการทดลองของทุกวิธีการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพนั้น แม้ว่าจะสามารถลดอุณหภูมิภายในบ้านตัวอย่างในช่วงเวลาที่มีอุณหภูมิสูงสุดระหว่างวันได้แต่อุณหภูมิเฉลี่ยภายในทั้งวันกลับสูงขึ้น โดยเฉพาะในช่วงหัวค่ำ ถ้าเทียบกับวัสดุเดิมที่ใช้ก่อสร้าง ดังนั้นวิธีการเพิ่มสภาวะความสบายให้กับที่พักอาศัยด้วยวิธีการหน่วงความร้อน น่าจะเหมาะกับพื้นที่ที่ต้องเพิ่มสภาวะสบายโดยการเพิ่มอุณหภูมิเฉลี่ยภายในในช่วงเวลาดังกล่าว

3. เนื่องจากตำบลล้อมแรด อำเภอเถินมีลักษณะของผังเมืองที่วางตัวขนานไปในทิศทางเดียวกับแม่น้ำวัง จึงทำให้ถนน และอาคาร บ้านเรือนอยู่ในทิศทางที่ขนานไปกับแม่น้ำวังด้วย จึงทำให้บ้านเรือนส่วนใหญ่ หันหน้าทางตะวันตกกับทิศตะวันออกเท่านั้น ประกอบกับลักษณะของเรือนมีรูปแบบและการใช้งานคล้ายๆ กัน ความร้อนที่เกิดกับบ้านตัวอย่างที่ทำการติดตั้งเครื่องมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัดนั้นน่าจะเกิดขึ้นกับอาคารพักอาศัยส่วนใหญ่ของทั้งตำบลด้วย จึงควรจะนำเรื่องการวางผังเมืองเข้ามาพิจารณาเหตุปัจจัยของความร้อนที่เกิดกับอาคารพักอาศัยได้

4. ผู้ใช้งานอาคารพักอาศัยของอำเภอเถิน โดยเฉพาะในตอนกลางวันนั้น ส่วนใหญ่เป็นผู้สูงอายุ เนื่องจากคนหนุ่มสาววัยทำงานได้ไปทำงานประจำหรือทำงานนอกพื้นที่กัน จากการสำรวจพื้นที่และสอบถามเบื้องต้นพบว่าเป็นผู้สูงอายุ อายุตั้งแต่ 50- 80 ปีเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นนอกจากการพิจารณาความร้อนที่เกิดขึ้นภายในตัวอาคารพักอาศัยแล้วควรจะพิจารณาความร้อนที่มีผลกระทบกับผู้สูงอายุร่วมด้วย

5. แบบจำลองของผนังชนิดต่างๆ ที่ใช้ในการจำลองในโปรแกรม Ecotect V.5.20 แบ่งเป็น 2 ชนิดหลักตาม วัสดุและลักษณะของการก่อสร้าง คือผนังเบา และผนังก่อ ซึ่งผนังแต่ละชนิดมีน้ำหนักต่อตารางเมตรต่างๆ กัน ส่งผลต่อโครงสร้างเดิมของบ้านตัวอย่างที่ศึกษา ซึ่งมีโครงสร้างเดิมเป็นไม้เนื้อแข็ง ดังนั้นหากนำผลงานวิจัยไปปรับใช้กับสถานที่ก่อสร้าง ควรจะตรวจสอบโครงสร้างของบ้านให้เหมาะสมกับแบบจำลองของผนังในแต่ละชนิดให้ถูกต้องตามหลักวิศวกรรม เพื่อให้เกิดความแข็งแรงปลอดภัยกับโครงสร้างและผู้ใช้อาคาร

6. ปัจจัยสภาพอากาศอื่นๆ ที่ส่งผลต่อสภาวะความสบายของผู้ใช้อาคาร เช่น ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม อุณหภูมิพื้นผิวโดยรอบ ควรนำมาพิจารณาร่วมกันด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2547). **เอกสารเผยแพร่แนวทางการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างและฉนวนเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน**. กรุงเทพฯ : แกรนด์เพรส แอนด์ แพคกิ้ง.

บุญอนันต์ ประภาศิริ. (2546). "**การศึกษาความสบายทางอุณหภูมิสำหรับเรือนไม้พื้นถิ่นภาคเหนือของประเทศไทย กรณีศึกษา: เรือนไม้จังหวัดเชียงใหม่**". วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรม ศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ประกาศกระทรวงพลังงาน. (2552). **หลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณในการออกแบบอาคารแต่ละระบบ การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร และการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่าง ๆ ของอาคาร พ.ศ. 2552**. กระทรวงพลังงาน

ปรีชญา รังสิรักษ์. (2545). **เอกสารคำสอนวิชาภูมิอากาศชั้นสูง**. กรุงเทพฯ : งานสิ่งพิมพ์เอกสารตำรา สำนักงานคณบดี คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สจล.

พิชญะ เพียรพัฒนางกูร. (2554). "**ผลกระทบของมวลอุณหภาพของมวลผนังภายนอกอาคารในทิศทางต่าง ๆ ที่มีผลต่อการใช้พลังงานของอาคารในเขตร้อนชื้น**". วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาสถาปัตยกรรม บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.

รชฎ ประทีป ณ ถลาง. (2552). "**สภาวะน่าสบายของเรือนล้านนาร่วมสมัย : กรณีศึกษาเรือนพักอาศัย อำเภอเชียงคำ จังหวัด พะเยา**". วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาสถาปัตยกรรม บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.

สรญา ประวิตรางกูร. (2543). "**อิทธิพลของมวลสารผนังภายนอกที่มีต่อสภาวะน่าสบายและภาระการปรับอากาศในการออกแบบอาคาร**". วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาสถาปัตยกรรม บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.

Auliciems, Andris and Szokolay, Steven V. (1997). **Thermal Comfort.** Queensland : The University of Queensland Printery.

Docherty, Michael and Szokolay, Steven V. (1999). **Climate Analysis.** Queensland : The University of Queensland Printery.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม (ต่อ)

Reardon, Chris; McGee, Caitlin and Milne. Geoff. (2013). **“Thermal Mass”. Your Home: Australia’s Guide to Environmentally Sustainable Homes.** 5th edition : 178 -187. Canberra : Canprint Communications.

Zold, Andras and Szokolay, Steven V. (1997). **Thermal Insulation.** Queensland : The University of Queensland Printery.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก คุณสมบัติทางความร้อนของวัสดุชนิดต่างๆ

ภาคผนวก ข ผลการวัดสภาพอากาศบ้านตัวอย่าง

ภาคผนวก ค ผลการจำลองการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพ โดยโปรแกรม Ecotect V.5.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
คุณสมบัติทางความร้อนของวัสดุชนิดต่าง ๆ

ที่มา : ประกาศกระทรวงพลังงาน. (2552). หลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณในการออกแบบอาคารแต่ละระบบ การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร และการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่างๆ ของอาคาร พ.ศ. 2552. กระทรวงพลังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) ความหนาแน่น (ρ) และค่าความร้อนจำเพาะ (c_p) ของวัสดุชนิดต่าง ๆ

ลำดับ	วัสดุ	k (W/(m . °C))	ρ (kg/m^3)	c_p (kJ/(kg. °C))
๑	วัสดุมุงหลังคา/ดาดฟ้า			
	(ก) กระเบื้องหลังคาคอนกรีต	๐.๙๙๓	๒๔๐๐	๐.๗๙
	(ข) กระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนเล็ก	๐.๓๘๔	๑๗๐๐	๑.๐๐
	(ค) กระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนใหญ่	๐.๔๔๑	๒๐๐๐	๑.๐๐
	(ง) กระเบื้องซีเมนต์ใยหินลอนคู่	๐.๓๙๕	๒๐๐๐	๑.๐๐
	(จ) วัสดุหลังคาแอสฟัลต์	๐.๔๒๑	๑๕๐๐	๑.๕๑
	(ฉ) กระเบื้องปูดาดฟ้ามวลเบา	๐.๓๔๑	๙๓๐	๐.๘๘
	(ช) กระเบื้องใยแก้วโปร่งแสงเรียบ	๐.๒๑๓	๑๓๔๐	๑.๘๘
	(ซ) กระเบื้องใยแก้วโปร่งแสงลอนใหญ่	๐.๑๘๑	๑๗๐๐	๑.๘๘
	(ฌ) กระเบื้องลูกฟูกโปร่งแสง	๐.๑๖๐	๑๓๔๐	๑.๘๘
	(ญ) กระเบื้องใยแก้วลอนคู่สีขาวขุ่น	๐.๒๐๘	๑๕๐๐	๑.๘๘
๒	วัสดุปูพื้น/ผนัง			
	(ก) ไลโนเลียม (พรมน้ำมัน)	๐.๒๒๗	๑๒๐๐	๑.๒๖
	(ข) กระเบื้องยาง	๐.๕๗๓	๑๙๐๐	๑.๒๖
	(ค) กระเบื้องเซรามิค	๐.๓๓๘	๒๑๐๐	๐.๘๐
	(ง) หินอ่อน	๑.๒๕๐	๒๗๐๐	๐.๘๐
	(จ) หินแกรนิต	๑.๒๗๖	๒๖๐๐	๐.๗๙
	(ฉ) หินกาบ	๐.๒๙๐	๒๖๔๐	๐.๙๖
	(ช) หินทราย	๐.๗๒๑	๒๔๔๐	๐.๙๖
	(ซ) ไม้ปาร์เก้	๐.๑๖๗	๖๐๐	๐.๙๖
๓	ผนังอิฐ/คอนกรีต			
	(ก) อิฐมอญไม่ฉาบ	๐.๔๗๓	๑๖๐๐	๐.๗๙
	(ข) อิฐมอญฉาบปูนสองหน้า	๑.๑๐๒	๑๗๐๐	๐.๗๙
	(ค) อิฐฉาบปูนหรือปิดด้วยแผ่นโมเสดหรือกระเบื้องหน้าเดียว	๐.๘๐๗	๑๗๖๐	๐.๘๔
	(ง) คอนกรีตบล็อกกลวง ๘๐ มม. ไม่ฉาบ	๐.๕๔๖	๒๒๑๐	๐.๙๒

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) ความหนาแน่น (ρ) และค่าความร้อนจำเพาะ (c_p) ของวัสดุชนิดต่าง ๆ (ต่อ)

ลำดับ	วัสดุ	k (W/(m . °C))	ρ (kg/m^3)	c_p (kJ/(kg.°C))
	(จ) คอนกรีตสแลบ	๑.๔๔๒	๒๔๐๐	๐.๙๒
	(ฉ) ปูนฉาบ (ซีเมนต์ผสมทราย)	๐.๗๒	๑๘๖๐	๐.๘๔
๔	คอนกรีตมวลเบา ความหนาแน่นต่างๆ			
	(ก) ๖๒๐ กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	๐.๑๘๐	๖๒๐	๐.๘๔
	(ข) ๗๐๐ กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	๐.๒๑๐	๗๐๐	๐.๘๔
	(ค) ๙๖๐ กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	๐.๓๐๓	๙๖๐	๐.๘๔
	(ง) ๑๑๒๐ กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	๐.๓๔๖	๑๑๒๐	๐.๘๔
	(จ) ๑๒๘๐ กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	๐.๔๗๖	๑๒๘๐	๐.๘๔
	(ฉ) ปูนฉาบสำหรับคอนกรีตมวลเบา	๐.๓๒๖	๑๒๐๐	๐.๘๔
๕	วัสดุทำฝ้าเพดาน/ผนัง			
	(ก) แผ่นยิปซั่ม	๐.๒๘๒	๘๐๐	๑.๐๙
	(ข) กระเบื้องซีเมนต์ใยหินแผ่นเรียบ	๐.๓๙๗	๑๗๐๐	๑.๐๐
	(ค) ไม้อัด	๐.๒๑๓	๙๐๐	๑.๒๑
	(ง) แผ่นไฟเบอร์ (fiber board)	๐.๐๕๒	๒๖๔	๑.๓๐
	(จ) เซลโลกรีตชนิดธรรมดา	๐.๑๐๖	๕๐๐	๑.๓๐
	(ฉ) เซลโลกรีตชนิดโฟม	๐.๐๖๘	๓๐๐	๑.๓๐
	(ช) แผ่นไฟเบอร์ซานอ้อย	๐.๐๕๒	๒๕๐	๑.๒๖
	(ซ) แผ่นไม้ก๊อก	๐.๐๔๒	๑๔๔	๒.๐๑
	(ฌ) พลาสเตอร์ฉาบยิปซั่ม	๐.๒๓๐	๗๒๐	๑.๐๙
๖	ฉนวนใยแก้ว (ไฟเบอร์กลาส) แบบม้วน (blanket) แบบแผ่น (rigid board) และแบบท่อสำเร็จ (rigid pipe section)			
	(ก) ความหนาแน่น ๑๐ กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	๐.๐๔๖	๑๐	๐.๙๖
	(ข) ความหนาแน่น ๑๒ กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	๐.๐๔๒	๑๒	๐.๙๖
	(ค) ความหนาแน่น ๑๖ กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	๐.๐๓๘	๑๖	๐.๙๖
	(ง) ความหนาแน่น ๒๔ กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	๐.๐๓๕	๒๔	๐.๙๖

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) ความหนาแน่น (ρ) และค่าความร้อนจำเพาะ (c_p) ของวัสดุชนิดต่าง ๆ (ต่อ)

ลำดับ	วัสดุ	k (W/(m . °C))	ρ (kg/m^3)	c_p (kJ/(kg.°C))
	(จ) ความหนาแน่น ๓๒-๔๘ กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	๐.๐๓๓	๓๒-๔๘	๐.๙๖
	(ฉ) ความหนาแน่น ๕๖-๖๙ กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	๐.๐๓๑	๕๖-๖๙	๐.๙๖
๗	ฉนวนใยหินแบบม้วน (blanket) และแบบแผ่น (rigid board)			
	ความหนาแน่น ๖.๔-๓๒	๐.๐๓๙	๖.๔-๓๒	๐.๘
๘	ฉนวนชนิดโฟมโพลีสไตรีน แบบขยายตัว			
	(ก) ความหนาแน่น ๙ กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	๐.๐๔๗	๙	๑.๒๑
	(ข) ความหนาแน่น ๑๖ กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	๐.๐๓๗	๑๖	๑.๒๑
	(ค) ความหนาแน่น ๒๐ กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	๐.๐๓๖	๒๐	๑.๒๑
	(ง) ความหนาแน่น ๒๔-๓๒ กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร	๐.๐๓๕	๒๔-๓๒	๑.๒๑
๙	โฟมโพลีเอทิลีน	๐.๐๒๙	๔๕	๑.๒๑
๑๐	โฟมโพลียูรีเทน	๐.๐๒๓- ๐.๐๒๖	๒๔-๔๐	๑.๕๙
๑๑	ไม้			
	(ก) ไม้เนื้อแข็ง	๐.๒๑๗	๘๐๐	๑.๓๐
	(ข) ไม้เนื้อแข็งปานกลาง	๐.๑๗๖	๖๐๐	๑.๓๐
	(ค) ไม้เนื้ออ่อน	๐.๑๓๑	๕๐๐	๑.๓๐
	(ง) ไม้อัดซิพบอร์ด	๐.๑๔๔	๘๐๐	๑.๓๐
๑๒	กระดาษอัด	๐.๐๘๖	๔๐๐	๑.๓๘
๑๓	แผ่นกระจก			
	(ก) กระจกใส	๐.๙๖๐	๒๕๐๐	๐.๘๘
	(ข) กระจกสีชา	๐.๙๑๓	๒๕๐๐	๐.๘๘
	(ค) กระจกสะท้อนแสง	๐.๙๓๑	๒๕๐๐	๐.๘๘
	(ง) กระจกเงา	๐.๘๕๓	๒๕๐๐	๐.๘๘
๑๔	โลหะ			
	(ก) โลหะผสมของอลูมิเนียม แบบธรรมดา	๒๑๑	๒๖๗๒	๐.๘๙๖
	(ข) ทองแดง	๓๘๘	๘๗๘๔	๐.๓๙๐
	(ค) เหล็กกล้า	๔๗.๖	๗๘๔๐	๐.๕๐๐

กรณีที่ใช้วัสดุผนังแตกต่างไปจากวัสดุที่กำหนดในตารางที่ ๑.๓ ให้ใช้ผลจากการทดสอบหรือค่าที่ได้รับการรับรองจากหน่วยงานที่เชื่อถือได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ผลการวัดสภาพอากาศบ้านตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

File:	170 HOUSE		
Edited on:	31/5/2015		
	Device Address:	Thern 28	Thern 28
	Description	Thern 28may2015 no2	Thern 28may2015 no2
	Channel Number:	WhiteSe	BlueSen
	Sensor:	Thermocouple K	Thermocouple K
	Unit:	℃	℃
	Comment:	Thermocouple K	Thermocouple K
	Description:	White Sensor Thern 28may2015	Blue Sensor Thern 28may2015
		SOUTH WALL	**CEILING LEVEL**
	Date/Time:	**Measuring Value: CH1**	**Measuring Value: CH2**
28/5/2015	10:00	33.24	33.21
	11:00	35.07	35.24
	12:00	36.12	36.15
	13:00	36.90	37.42
	14:00	35.07	35.24
	15:00	33.79	33.82
	16:00	31.76	31.99
	17:00	30.11	30.18
	18:00	29.68	29.83
	19:00	29.35	29.50
	20:00	28.68	29.08
	21:00	28.05	28.35
	22:00	27.83	28.08
	23:00	27.30	27.60
29/5/2015	00:00	26.65	26.85
	01:00	26.30	26.57
	02:00	25.72	25.95
	03:00	25.54	25.82
	04:00	25.19	25.42
	05:00	25.04	25.29
	06:00	24.69	24.92
	07:00	25.90	26.00
	08:00	28.68	28.23
	09:00	30.88	30.98
	10:00	33.31	33.34
	11:00	34.49	35.24
	12:00	36.12	37.00
	13:00	37.27	37.72
	14:00	39.10	39.65
	15:00	38.40	39.18
	16:00	39.35	38.73
	17:00	38.68	37.62
	18:00	35.79	35.97
	19:00	31.03	30.46
	20:00	28.35	28.63
	21:00	28.00	28.25
	22:00	27.50	27.83
	23:00	27.20	27.32
30/5/2015	00:00	26.70	27.02
	01:00	26.37	26.70
	02:00	26.15	26.42
	03:00	25.87	26.15
	04:00	25.67	25.92
	05:00	25.52	25.75
	06:00	25.24	25.39
	07:00	26.42	26.32
	08:00	28.73	28.53
	09:00	30.51	30.18
	10:00	32.24	32.49

	HOBO5		HOBO6		HOBO7		HOBO8	
Date Time	**Temperature (*C)**	**RH (%)**	**Temperature (*C)**	**RH (%)**	**Temperature (*C)**	**RH (%)**	**Temperature (*C)**	**RH (%)**
05/28/15 10:00:00.0	32.76	37.2	33.17	40.9	34.01	38.7	34.43	29.8
05/28/15 11:00:00.0	34.85	32.7	34.85	35.6	35.7	34.9	35.7	27
05/28/15 12:00:00.0	35.7	29.5	36.57	31.3	37	31.4	37.44	25
05/28/15 13:00:00.0	37	26.6	37.88	27.8	38.77	27.8	38.32	24.1
05/28/15 14:00:00.0	34.85	30.9	37	29.9	35.27	35.9	37	25
05/28/15 15:00:00.0	34.43	34.9	35.27	35.6	33.59	42.2	35.27	28.1
05/28/15 16:00:00.0	32.34	41.3	33.59	42.1	31.93	49.4	33.17	33
05/28/15 17:00:00.0	31.12	48.3	31.52	49.5	30.31	58.3	31.12	39.8
05/28/15 18:00:00.0	30.31	50.4	30.71	52	29.9	59	30.71	41.6
05/28/15 19:00:00.0	29.9	53.3	30.31	55.1	29.5	61.6	30.31	43.7
05/28/15 20:00:00.0	29.1	57.1	29.9	58.1	29.1	65.2	29.5	47.1
05/28/15 21:00:00.0	28.7	62.6	29.1	63.3	28.31	71.3	29.1	51.7
05/28/15 22:00:00.0	28.31	63	28.7	64.3	27.91	73.8	28.31	52.8
05/28/15 23:00:00.0	27.91	66.4	28.31	67.4	27.12	77.9	27.91	55.5
05/29/15 00:00:00.0	27.12	69.4	27.52	70.7	26.34	81.9	27.12	59
05/29/15 01:00:00.0	26.73	70.1	27.12	71.5	25.95	81.9	26.73	60.7
05/29/15 02:00:00.0	26.34	71.5	26.34	72.3	25.56	83.5	26.34	61.1
05/29/15 03:00:00.0	25.95	73.1	26.34	74.8	25.56	85.3	25.95	63.1
05/29/15 04:00:00.0	25.56	74.9	25.95	75.8	25.17	87.3	25.56	64.4
05/29/15 05:00:00.0	25.17	76.9	25.56	78	24.79	89.6	25.56	66.8
05/29/15 06:00:00.0	25.17	76.9	25.17	79.2	24.79	89.6	25.17	67.3
05/29/15 07:00:00.0	25.56	78	25.56	80.5	25.56	83.5	26.34	66.1
05/29/15 08:00:00.0	27.52	65	27.52	70	28.31	66.9	29.5	50.6
05/29/15 09:00:00.0	30.31	46.3	29.9	50.7	31.12	47.6	31.93	35.1
05/29/15 10:00:00.0	32.76	38.2	32.76	41	33.59	40.2	34.43	29.6
05/29/15 11:00:00.0	35.27	30.2	35.27	32.4	35.7	32	36.13	25.5
05/29/15 12:00:00.0	37.44	25.1	37	26.8	37.88	26.5	37.44	23.9
05/29/15 13:00:00.0	38.32	24.4	38.32	25.5	38.77	26	38.32	23.9
05/29/15 14:00:00.0	39.67	24	40.59	24.3	41.05	24.3	40.59	24.5
05/29/15 15:00:00.0	41.05	24	41.05	24.2	41.52	24.4	40.59	25
05/29/15 16:00:00.0	40.13	24.2	41.05	24.4	40.13	25.4	41.05	24.5
05/29/15 17:00:00.0	38.77	24.8	39.67	25.4	40.13	25.4	41.52	24.6
05/29/15 18:00:00.0	36.57	26.1	37.88	26.5	36.57	29.3	37.88	23.9
05/29/15 19:00:00.0	31.12	43.6	33.17	39.8	30.31	54.6	33.17	31.6
05/29/15 20:00:00.0	28.7	57.7	29.9	55.5	27.91	70	29.5	44.7
05/29/15 21:00:00.0	28.7	62.6	29.1	62.9	27.91	76.7	29.1	50
05/29/15 22:00:00.0	27.91	66.9	28.31	68.6	27.52	81.9	28.31	54.6
05/29/15 23:00:00.0	27.52	70	27.91	71.4	27.12	83.5	27.91	57.9
05/30/15 00:00:00.0	27.12	72.2	27.52	73.8	26.73	85.3	27.52	60.5
05/30/15 01:00:00.0	26.73	73.1	27.12	73.9	26.34	87.3	27.12	62.1
05/30/15 02:00:00.0	26.34	75.8	26.73	76.8	25.95	89.7	26.73	64.2
05/30/15 03:00:00.0	26.34	75.8	26.34	77.9	25.95	89.7	26.34	65.2
05/30/15 04:00:00.0	25.95	78	26.34	79.1	25.56	89.6	26.34	66.6
05/30/15 05:00:00.0	25.95	78	26.34	79.1	25.56	92.4	25.95	68.3
05/30/15 06:00:00.0	25.56	79.2	25.95	80.5	25.17	92.4	25.56	69.6
05/30/15 07:00:00.0	26.34	80.4	26.34	83.5	26.34	87.3	27.12	70.1
05/30/15 08:00:00.0	27.91	68.7	27.91	72.9	28.31	72.1	29.5	52.9
05/30/15 09:00:00.0	29.9	50.9	29.5	57	30.71	53.1	31.52	38.7
05/30/15 10:00:00.0	31.93	42.7	31.93	46.4	33.17	43.5	33.17	33

ภาคผนวก ค

ผลการจำลองการหน่วงความร้อนด้วยมวลอุณหภาพ โดยโปรแกรม Ecotect V.5.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่ 29 พฤษภาคม พ.ศ. 2558

		1.ExHouse				Test2				Test3			
HOUR	OUTSIDE	new zone 1	new zone2	new zone 3	Roof Zone	new zone 1	new zone2	new zone 3	Roof Zone	new zone 1	new zone2	new zone 3	Roof Zone
0	25.7	27.7	26.8	27.4	29	28	27	27.6	29.1	28.3	27	27.7	29.2
1	25.2	27.6	26.7	27.4	29	28	26.8	27.5	29.1	28.3	26.9	27.6	29.1
2	24.7	27.4	26.6	27.2	28.7	27.8	26.7	27.3	28.8	28.1	26.8	27.4	28.9
3	24.3	27	26.1	26.8	28.3	27.4	26.2	26.9	28.4	27.8	26.3	27	28.5
4	24	27	26.2	26.7	28.2	27.3	26.3	26.9	28.3	27.7	26.5	27	28.4
5	24.5	26.8	26	26.6	28.1	27.2	26.2	26.7	28.2	27.6	26.4	26.9	28.3
6	25	27.3	26.7	27.1	28.5	27.6	26.8	27.2	28.6	28	27	27.3	28.7
7	25.5	27.8	27.1	27.5	29	28	27.2	27.6	29	28.4	27.4	27.7	29.1
8	27.7	28.6	27.8	28.3	29.8	28.8	27.9	28.3	29.8	29.2	28	28.5	29.9
9	30	30.4	29.7	30.2	31.9	30.5	29.6	30.2	31.8	30.8	29.7	30.3	31.9
10	32.2	32.3	31.6	32.4	34.3	32.3	31.5	32.2	34.2	32.5	31.5	32.3	34.2
11	33.6	34.1	33.5	34.4	36.5	34	33.3	34.2	36.4	34.1	33.2	34.1	36.4
12	34.9	35.1	34.6	35.5	37.8	35	34.4	35.3	37.7	35	34.3	35.2	37.6
13	36.2	36	35.6	36.5	38.9	36	35.4	36.3	38.8	35.9	35.2	36.2	38.7
14	36.7	36.8	36.5	37.3	39.7	36.7	36.2	37.1	39.6	36.5	36	36.9	39.5
15	37.2	36.6	36.7	37.2	39.4	36.5	36.5	36.9	39.2	36.4	36.2	36.7	39.1
16	37.7	35	35.4	35.3	37	34.9	35.1	35.1	36.9	34.8	34.9	34.9	36.7
17	35.5	34.9	34.9	35.1	36.9	34.8	34.7	34.9	36.7	34.7	34.4	34.7	36.6
18	33.3	33.5	33.4	33.7	35.4	33.6	33.4	33.6	35.4	33.5	33.1	33.4	35.3
19	31.1	32.2	31.9	32.3	34	32.5	32	32.4	34	32.4	31.8	32.2	33.9
20	29.6	30.9	30.5	30.9	32.6	31.3	30.7	31.1	32.7	31.3	30.6	31	32.6
21	28.2	30	29.5	29.9	31.6	30.3	29.6	30.1	31.7	30.5	29.6	30.1	31.6
22	26.7	29.1	28.4	29	30.6	29.5	28.6	29.1	30.7	29.7	28.6	29.2	30.7
23	26.6	28.3	27.6	28.1	29.7	28.7	27.7	28.3	29.8	29	27.9	28.4	29.9

		1.ExHouse+Ro				Test2+Ro				Test3+Ro			
HOUR	OUTSIDE	new zone 1	new zone2	new zone 3	Roof Zone	new zone 1	new zone2	new zone 3	Roof Zone	new zone 1	new zone2	new zone 3	Roof Zone
0	25.7	28.7	27	28.5	28.5	29.3	27.3	28.6	28.6	29.7	27.5	28.7	28.7
1	25.2	28.6	26.8	28.3	28.3	29.1	27.1	28.5	28.4	29.6	27.2	28.6	28.4
2	24.7	28.5	26.8	28.2	28.1	29	27.1	28.4	28.1	29.5	27.3	28.5	28.2
3	24.3	28.1	26.2	27.9	27.7	28.7	26.5	28	27.8	29.3	26.7	28.1	27.9
4	24	28.1	26.6	28	27.5	28.8	26.9	28.1	27.6	29.3	27.1	28.2	27.7
5	24.5	28.1	26.5	27.9	27.5	28.7	26.8	28	27.6	29.3	27	28.2	27.7
6	25	28.5	27.3	28.9	27.8	29	27.5	29	27.8	29.6	27.7	29.2	27.9
7	25.5	28.8	27.7	29.4	28.3	29.2	27.8	29.5	28.3	29.9	28.1	29.7	28.4
8	27.7	29.7	28.3	29.8	29.1	30.1	28.4	29.9	29.2	30.6	28.6	30	29.2
9	30	31	29.7	30.9	31.1	31	29.6	30.8	31.1	31.5	29.8	30.9	31.2
10	32.2	31.8	31	31.4	33.6	31.5	30.8	31.2	33.6	31.9	30.9	31.3	33.7
11	33.6	32.5	32.3	32.3	35.8	32.1	32	32.1	35.7	32.3	31.9	32.1	35.8
12	34.9	32.9	33.3	33	37.2	32.4	32.9	32.8	37.1	32.4	32.8	32.7	37.1
13	36.2	33.5	34.2	33.7	38.3	33.1	33.8	33.5	38.2	32.8	33.5	33.3	38.2
14	36.7	34	35	34.2	39.1	33.5	34.6	34	39	33.2	34.2	33.8	39
15	37.2	34.4	36	34.7	38.8	34	35.7	34.5	38.7	33.5	35.2	34.3	38.6
16	37.7	34.5	36.1	34.8	36.8	34.1	35.8	34.6	36.7	33.6	35.4	34.4	36.6
17	35.5	34.3	35.2	34.5	36.7	33.9	34.9	34.3	36.6	33.4	34.5	34.1	36.5
18	33.3	33.3	33.8	33.4	35.4	33.3	33.7	33.3	35.3	32.8	33.3	33.1	35.2
19	31.1	32.2	32.3	32.3	33.8	32.6	32.4	32.3	33.8	32.2	32.1	32.1	33.7
20	29.6	31.3	30.9	31.2	32.4	31.8	31.2	31.3	32.4	31.6	31	31.3	32.3
21	28.2	30.5	29.8	30.4	31.2	31	30	30.5	31.3	31.2	30	30.5	31.3
22	26.7	29.8	28.6	29.6	30.2	30.3	28.9	29.7	30.3	30.7	29	29.8	30.3
23	26.6	29.2	27.9	29	29.3	29.9	28.2	29.2	29.3	30.4	28.4	29.3	29.4

		Test4				Test5				Test6			
HOUR	OUTSIDE	new zone 1	new zone2	new zone 3	Roof Zone	new zone 1	new zone2	new zone 3	Roof Zone	new zone 1	new zone2	new zone 3	Roof Zone
0	25.7	28	27	27.6	29.1	28.2	27	27.6	29.1	28.5	27	27.6	29.1
1	25.2	28	26.8	27.5	29.1	28.1	26.9	27.5	29.1	28.4	26.9	27.6	29.1
2	24.7	27.8	26.7	27.3	28.8	27.9	26.7	27.3	28.8	28.2	26.8	27.4	28.9
3	24.3	27.5	26.2	26.9	28.5	27.5	26.2	26.9	28.4	27.9	26.3	27	28.5
4	24	27.4	26.4	26.9	28.3	27.4	26.3	26.9	28.3	27.8	26.4	27	28.4
5	24.5	27.3	26.2	26.8	28.2	27.3	26.2	26.8	28.2	27.7	26.3	26.8	28.2
6	25	27.7	26.8	27.2	28.6	27.8	26.8	27.2	28.6	28.2	26.9	27.3	28.7
7	25.5	28.1	27.2	27.6	29.1	28.2	27.2	27.6	29.1	28.6	27.4	27.7	29.1
8	27.7	28.8	27.9	28.4	29.8	29	27.9	28.4	29.8	29.3	28	28.5	29.9
9	30	30.5	29.6	30.2	31.9	30.8	29.7	30.2	31.9	31.1	29.8	30.3	31.9
10	32.2	32.3	31.4	32.2	34.2	32.7	31.6	32.3	34.2	33	31.6	32.4	34.3
11	33.6	33.9	33.2	34.2	36.4	34.5	33.3	34.2	36.4	34.8	33.4	34.2	36.4
12	34.9	34.9	34.3	35.3	37.7	35.5	34.4	35.2	37.7	35.8	34.5	35.3	37.7
13	36.2	35.8	35.3	36.3	38.8	36.5	35.4	36.2	38.7	36.7	35.4	36.2	38.7
14	36.7	36.5	36.1	37.1	39.6	37.3	36.3	37	39.6	37.4	36.2	37	39.5
15	37.2	36.4	36.4	36.9	39.2	37.1	36.5	36.9	39.2	37.1	36.4	36.8	39.1
16	37.7	34.8	35.1	35.1	36.8	35.3	35.1	35.1	36.8	35.3	35	34.9	36.8
17	35.5	34.7	34.6	34.8	36.7	35.1	34.6	34.8	36.7	35.2	34.5	34.7	36.6
18	33.3	33.5	33.3	33.6	35.4	33.9	33.3	33.6	35.4	34	33.2	33.4	35.3
19	31.1	32.4	32	32.3	34	32.6	31.9	32.3	34	32.7	31.8	32.1	33.9
20	29.6	31.2	30.6	31	32.6	31.5	30.7	31	32.6	31.5	30.5	30.9	32.6
21	28.2	30.3	29.6	30.1	31.6	30.6	29.6	30.1	31.7	30.7	29.5	30	31.6
22	26.7	29.5	28.5	29.1	30.7	29.7	28.6	29.2	30.7	29.9	28.5	29.1	30.7
23	26.6	28.7	27.7	28.3	29.8	28.9	27.8	28.3	29.8	29.1	27.8	28.3	29.8

		Test4+Ro				Test5+Ro				Test6+Ro			
HOUR	OUTSIDE	new zone 1	new zone2	new zone 3	Roof Zone	new zone 1	new zone2	new zone 3	Roof Zone	new zone 1	new zone2	new zone 3	Roof Zone
0	25.7	29.3	27.3	28.6	28.6	29.6	27.3	28.6	28.7	29.9	27.4	28.7	28.6
1	25.2	29.1	27.1	28.5	28.4	29.4	27.1	28.5	28.4	29.8	27.2	28.5	28.4
2	24.7	29	27.1	28.4	28.2	29.3	27.1	28.4	28.1	29.8	27.2	28.5	28.2
3	24.3	28.8	26.5	28.1	27.8	29	26.5	28	27.8	29.5	26.6	28.1	27.8
4	24	28.8	26.9	28.1	27.6	29.1	26.9	28.1	27.6	29.6	27	28.2	27.6
5	24.5	28.8	26.9	28.1	27.6	29.1	26.9	28.1	27.6	29.6	27	28.2	27.6
6	25	29.1	27.5	29	27.9	29.4	27.6	29.1	27.9	29.9	27.7	29.1	27.9
7	25.5	29.3	27.9	29.5	28.4	29.7	27.9	29.6	28.4	30.2	28.1	29.6	28.4
8	27.7	30.1	28.4	29.9	29.2	30.5	28.4	29.9	29.2	31	28.6	30	29.2
9	30	31.1	29.6	30.8	31.1	31.5	29.7	30.9	31.1	32	29.9	30.9	31.2
10	32.2	31.5	30.8	31.2	33.6	31.9	30.9	31.3	33.6	32.4	31	31.3	33.7
11	33.6	32.1	31.9	32.1	35.7	32.4	32	32.1	35.8	32.8	32.1	32.2	35.8
12	34.9	32.4	32.9	32.8	37.1	32.6	32.9	32.8	37.1	32.9	32.9	32.8	37.2
13	36.2	33	33.7	33.4	38.2	33.1	33.7	33.4	38.2	33.4	33.7	33.4	38.2
14	36.7	33.4	34.5	34	39	33.6	34.6	34	39	33.7	34.5	33.9	39
15	37.2	33.8	35.5	34.5	38.7	34.1	35.6	34.5	38.7	34.1	35.5	34.4	38.6
16	37.7	33.9	35.7	34.6	36.7	34.2	35.8	34.6	36.7	34.1	35.6	34.5	36.6
17	35.5	33.7	34.7	34.2	36.6	34	34.8	34.2	36.6	33.9	34.6	34.1	36.5
18	33.3	33.1	33.6	33.3	35.3	33.4	33.6	33.3	35.3	33.2	33.4	33.1	35.2
19	31.1	32.5	32.3	32.3	33.8	32.6	32.3	32.3	33.8	32.5	32.1	32.1	33.7
20	29.6	31.7	31.1	31.3	32.4	32	31.2	31.3	32.4	31.8	30.9	31.2	32.3
21	28.2	31	30	30.5	31.3	31.5	30.1	30.6	31.3	31.3	29.9	30.5	31.2
22	26.7	30.3	28.9	29.7	30.3	30.8	29	29.8	30.3	30.8	28.8	29.7	30.2
23	26.6	29.9	28.2	29.2	29.3	30.3	28.2	29.2	29.4	30.4	28.2	29.2	29.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่ 29 พฤษภาคม พ.ศ. 2558 (ต่อ)

		Test7				Test8				Test9			
HOUR	OUTSIDE	new zone 1	new zone2	new zone 3	Roof Zone	new zone 1	new zone2	new zone 3	Roof Zone	new zone 1	new zone2	new zone 3	Roof Zone
0	25.7	28.4	27	27.5	29.1	28.4	27	27.6	29.1	28.9	27.1	27.7	29.2
1	25.2	28.3	26.9	27.5	29	28.4	26.9	27.5	29	28.8	27	27.6	29.1
2	24.7	28.1	26.7	27.3	28.8	28.1	26.7	27.3	28.8	28.7	26.9	27.5	28.9
3	24.3	27.8	26.2	26.9	28.4	27.8	26.3	26.9	28.4	28.3	26.4	27.1	28.5
4	24	27.7	26.3	26.9	28.3	27.7	26.4	26.9	28.3	28.3	26.6	27	28.4
5	24.5	27.6	26.2	26.8	28.2	27.6	26.3	26.8	28.2	28.2	26.5	26.9	28.3
6	25	28.1	26.9	27.2	28.7	28.1	26.9	27.3	28.7	28.6	27.1	27.4	28.7
7	25.5	28.5	27.3	27.7	29.1	28.6	27.3	27.7	29.1	29	27.5	27.8	29.2
8	27.7	29.3	28	28.5	29.9	29.3	28	28.5	29.9	29.8	28.1	28.5	29.9
9	30	31.2	29.8	30.4	32	31.2	29.8	30.4	31.9	31.4	29.8	30.3	31.9
10	32.2	33.3	31.8	32.4	34.3	33.3	31.7	32.4	34.3	33.1	31.6	32.3	34.3
11	33.6	35.3	33.6	34.3	36.5	35.3	33.6	34.3	36.5	34.7	33.3	34.2	36.4
12	34.9	36.4	34.7	35.4	37.7	36.4	34.7	35.4	37.7	35.5	34.3	35.3	37.7
13	36.2	37.4	35.7	36.4	38.8	37.4	35.7	36.4	38.8	36.3	35.3	36.2	38.7
14	36.7	38.2	36.5	37.1	39.6	38.2	36.4	37.1	39.6	37	36	36.9	39.5
15	37.2	37.9	36.6	37	39.2	37.9	36.6	36.9	39.2	36.8	36.2	36.7	39.1
16	37.7	35.9	35.1	35.1	36.9	35.9	35.1	35.1	36.9	35.2	34.9	34.8	36.7
17	35.5	35.7	34.7	34.8	36.7	35.7	34.6	34.8	36.7	35.1	34.4	34.6	36.6
18	33.3	34.4	33.3	33.5	35.3	34.4	33.3	33.5	35.3	33.9	33.1	33.4	35.2
19	31.1	33	31.8	32.2	33.9	33	31.8	32.2	33.9	32.8	31.8	32.1	33.9
20	29.6	31.7	30.5	30.9	32.5	31.7	30.5	30.9	32.6	31.7	30.5	30.9	32.5
21	28.2	30.8	29.5	29.9	31.6	30.8	29.5	29.9	31.6	30.9	29.5	30	31.6
22	26.7	29.9	28.5	29	30.6	29.9	28.5	29	30.6	30.1	28.6	29.1	30.7
23	26.6	29	27.7	28.2	29.8	29.1	27.7	28.2	29.8	29.5	27.8	28.3	29.8

		Test7+Ro				Test8+Ro				Test9+Ro			
HOUR	OUTSIDE	new zone 1	new zone2	new zone 3	Roof Zone	new zone 1	new zone2	new zone 3	Roof Zone	new zone 1	new zone2	new zone 3	Roof Zone
0	25.7	29.9	27.2	28.6	28.6	29.9	27.3	28.6	28.6	30.2	27.5	28.7	28.6
1	25.2	29.8	27	28.4	28.4	29.8	27.1	28.5	28.4	30.2	27.3	28.6	28.4
2	24.7	29.7	27.1	28.4	28.1	29.8	27.1	28.4	28.1	30.1	27.4	28.5	28.2
3	24.3	29.4	26.5	28	27.8	29.5	26.5	28	27.8	29.9	26.8	28.2	27.9
4	24	29.5	26.9	28.1	27.6	29.6	26.9	28.1	27.6	29.9	27.2	28.3	27.7
5	24.5	29.5	26.9	28.1	27.6	29.6	26.9	28.1	27.6	29.9	27.2	28.2	27.7
6	25	29.9	27.6	29.1	27.8	30	27.6	29.1	27.9	30.2	27.9	29.2	27.9
7	25.5	30.2	28	29.6	28.4	30.2	28	29.6	28.4	30.5	28.2	29.7	28.4
8	27.7	31.1	28.6	30	29.2	31.2	28.6	30	29.2	31.2	28.7	30	29.3
9	30	32.2	29.9	31	31.1	32.2	29.9	31	31.1	32.1	29.9	30.9	31.2
10	32.2	32.7	31.1	31.4	33.7	32.7	31.1	31.4	33.7	32.5	31	31.3	33.7
11	33.6	33.2	32.3	32.3	35.8	33.2	32.3	32.3	35.8	32.9	32.1	32.2	35.8
12	34.9	33.4	33.2	32.9	37.2	33.4	33.1	32.9	37.2	33	32.9	32.8	37.1
13	36.2	33.9	34	33.5	38.3	33.9	34	33.5	38.3	33.4	33.6	33.4	38.2
14	36.7	34.3	34.8	34.1	39.1	34.3	34.7	34	39.1	33.7	34.3	33.9	39
15	37.2	34.7	35.8	34.5	38.7	34.6	35.8	34.5	38.7	34	35.3	34.3	38.6
16	37.7	34.7	35.9	34.6	36.7	34.7	35.8	34.6	36.7	34.1	35.3	34.4	36.6
17	35.5	34.4	34.9	34.2	36.6	34.3	34.8	34.2	36.6	33.8	34.4	34	36.5
18	33.3	33.6	33.6	33.2	35.3	33.6	33.6	33.2	35.3	33.2	33.3	33.1	35.2
19	31.1	32.7	32.2	32.1	33.8	32.8	32.2	32.1	33.8	32.5	32	32.1	33.7
20	29.6	32	30.9	31.2	32.3	32	30.9	31.2	32.3	31.9	30.9	31.2	32.3
21	28.2	31.3	29.8	30.4	31.2	31.4	29.8	30.4	31.2	31.4	29.9	30.4	31.2
22	26.7	30.7	28.7	29.6	30.2	30.8	28.7	29.7	30.2	30.9	28.9	29.7	30.2
23	26.6	30.3	28	29.1	29.3	30.4	28.1	29.1	29.3	30.6	28.3	29.2	29.3

		Test10				Test11			
HOUR	OUTSIDE	new zone 1	new zone2	new zone 3	Roof Zone	new zone 1	new zone2	new zone 3	Roof Zone
0	25.7	28.4	27.1	27.8	29.2	28.4	27.1	27.7	29.2
1	25.2	28.3	27	27.7	29.2	28.3	27	27.7	29.2
2	24.7	28.1	26.8	27.5	28.9	28.1	26.8	27.5	28.9
3	24.3	27.7	26.4	27.1	28.5	27.7	26.4	27.1	28.5
4	24	27.7	26.5	27	28.4	27.7	26.5	27	28.4
5	24.5	27.6	26.4	26.9	28.3	27.6	26.4	26.9	28.3
6	25	28	27	27.4	28.7	28	27	27.4	28.7
7	25.5	28.4	27.4	27.8	29.2	28.4	27.4	27.8	29.2
8	27.7	29.1	28	28.5	29.9	29.1	28	28.5	29.9
9	30	30.8	29.7	30.3	31.9	30.8	29.7	30.3	31.9
10	32.2	32.5	31.5	32.3	34.3	32.5	31.5	32.3	34.3
11	33.6	34.1	33.2	34.2	36.4	34.1	33.2	34.2	36.4
12	34.9	35	34.3	35.2	37.6	35	34.3	35.2	37.6
13	36.2	35.8	35.2	36.2	38.7	35.9	35.2	36.2	38.7
14	36.7	36.5	35.9	36.9	39.5	36.5	35.9	36.9	39.5
15	37.2	36.3	36.1	36.7	39.1	36.3	36.1	36.7	39.1
16	37.7	34.6	34.8	34.8	36.7	34.7	34.8	34.8	36.7
17	35.5	34.5	34.3	34.6	36.6	34.5	34.3	34.6	36.6
18	33.3	33.4	33	33.4	35.2	33.4	33	33.4	35.2
19	31.1	32.3	31.7	32.1	33.9	32.3	31.7	32.1	33.9
20	29.6	31.2	30.5	30.9	32.6	31.2	30.5	30.9	32.6
21	28.2	30.4	29.5	30	31.6	30.4	29.5	30	31.6
22	26.7	29.7	28.6	29.2	30.7	29.6	28.6	29.2	30.7
23	26.6	29	27.9	28.4	29.9	29	27.8	28.4	29.9

		Test10+Ro				Test11+Ro			
HOUR	OUTSIDE	new zone 1	new zone2	new zone 3	Roof Zone	new zone 1	new zone2	new zone 3	Roof Zone
0	25.7	29.8	27.5	28.8	28.7	29.8	27.5	28.7	28.7
1	25.2	29.7	27.3	28.6	28.5	29.7	27.3	28.6	28.5
2	24.7	29.6	27.3	28.5	28.2	29.6	27.3	28.5	28.2
3	24.3	29.3	26.7	28.2	27.9	29.3	26.7	28.2	27.9
4	24	29.4	27.1	28.3	27.7	29.4	27.1	28.3	27.7
5	24.5	29.3	27.1	28.2	27.7	29.3	27.1	28.2	27.7
6	25	29.6	27.8	29.2	27.9	29.7	27.8	29.2	27.9
7	25.5	29.9	28.1	29.7	28.4	29.9	28.1	29.7	28.4
8	27.7	30.6	28.6	30	29.3	30.6	28.6	30	29.3
9	30	31.5	29.8	30.9	31.2	31.5	29.8	30.9	31.2
10	32.2	31.9	30.9	31.3	33.7	31.9	30.9	31.3	33.7
11	33.6	32.3	31.9	32.2	35.8	32.3	32	32.2	35.8
12	34.9	32.3	32.7	32.7	37.1	32.4	32.8	32.8	37.1
13	36.2	32.7	33.5	33.3	38.2	32.8	33.5	33.3	38.2
14	36.7	33	34.2	33.8	39	33.1	34.2	33.8	39
15	37.2	33.3	35.2	34.3	38.6	33.4	35.2	34.3	38.6
16	37.7	33.4	35.2	34.4	36.6	33.4	35.3	34.4	36.6
17	35.5	33.1	34.3	34	36.4	33.2	34.3	34	36.5
18	33.3	32.6	33.2	33.1	35.1	32.6	33.2	33.1	35.1
19	31.1	32	32	32.1	33.7	32	32	32.1	33.7
20	29.6	31.5	30.9	31.2	32.3	31.5	30.9	31.2	32.3
21	28.2	31.1	29.9	30.5	31.2	31	29.9	30.5	31.2
22	26.7	30.6	28.9	29.8	30.2	30.6	28.9	29.8	30.2
23	26.6	30.4	28.4	29.3	29.4	30.3	28.3	29.3	29.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่ 30 มีนาคม พ.ศ. 2557

		1.ExHouse				Test2				Test3			
HOUR	OUTSIDE	new zone 1	new zone2	new zone 3	Roof Zone	new zone 1	new zone2	new zone 3	Roof Zone	new zone 1	new zone2	new zone 3	Roof Zone
0	28.2	30.4	29.8	29.9	31	30.8	30.1	30.1	31.1	30.8	30.2	30.2	31.2
1	26.5	30.4	29.8	29.8	30.9	30.7	30	30	31.1	30.7	30.1	30.1	31.1
2	25.7	29.4	28.7	28.8	29.9	29.8	29	29	30	29.9	29.1	29.2	30.1
3	25.1	28.9	28.2	28.3	29.3	29.3	28.5	28.5	29.5	29.5	28.6	28.7	29.6
4	24.3	28.6	27.8	27.9	28.9	28.9	28	28.1	29.1	29.1	28.2	28.4	29.2
5	24.6	28.1	27.3	27.4	28.4	28.5	27.5	27.6	28.6	28.7	27.7	27.9	28.7
6	24.7	28.3	27.4	27.6	28.6	28.6	27.7	27.8	28.7	28.8	27.9	28	28.9
7	25	28.3	27.5	27.6	28.7	28.6	27.6	27.8	28.8	28.9	27.9	28.1	28.9
8	27.7	28.7	28	28.1	29	29	28.2	28.2	29.1	29.2	28.4	28.4	29.3
9	30.4	30.7	30.2	30.1	31.1	30.8	30.2	30.1	31.1	31	30.4	30.3	31.2
10	33.2	32.5	32.2	32	33.1	32.4	32	31.8	33	32.5	32.1	32	33.1
11	35.1	35.2	34.9	35	36.4	34.9	34.6	34.7	36.2	34.9	34.6	34.7	36.2
12	37.1	37.1	36.9	37.1	38.8	36.8	36.5	36.7	38.5	36.6	36.4	36.7	38.5
13	39	38.7	38.5	38.8	40.6	38.4	38.3	38.5	40.4	38	38	38.3	40.2
14	39.8	39.7	39.6	39.8	41.6	39.4	39.3	39.5	41.4	38.8	38.9	39.2	41.2
15	40.6	39	39.4	39.1	40.6	38.9	39.1	38.9	40.5	38.3	38.8	38.6	40.3
16	41.4	39.4	40	39.6	41	39.2	39.7	39.3	40.9	38.6	39.3	39	40.6
17	39.3	39.2	40.2	39.5	40.8	39	39.9	39.2	40.6	38.5	39.6	38.9	40.4
18	37.2	37.2	37.9	37.3	38.4	37.2	37.8	37.2	38.4	36.8	37.5	36.9	38.2
19	35.2	35.7	35.8	35.6	36.8	35.9	35.9	35.6	36.9	35.5	35.6	35.4	36.7
20	34	34.6	34.6	34.3	35.5	34.8	34.6	34.4	35.6	34.6	34.5	34.3	35.5
21	32.9	33.9	33.7	33.6	34.8	34	33.8	33.6	34.8	33.9	33.8	33.6	34.8
22	31.7	33.2	33	32.8	34	33.4	33.1	32.9	34.1	33.3	33.1	33	34.1
23	30	32.4	32	32	33.2	32.6	32.1	32.1	33.2	32.6	32.2	32.2	33.3

		1.ExHouse+Ro				Test2+Ro				Test3+Ro			
HOUR	OUTSIDE	new zone 1	new zone2	new zone 3	Roof Zone	new zone 1	new zone2	new zone 3	Roof Zone	new zone 1	new zone2	new zone 3	Roof Zone
0	28.2	31.3	30.1	30.9	31	32	30.5	31.1	31	32.2	30.6	31.2	31.1
1	26.5	31.1	29.9	30.7	30.4	31.8	30.3	30.9	30.5	32	30.4	30.9	30.5
2	25.7	30.4	29	30	29.5	31.2	29.4	30.2	29.6	31.5	29.6	30.3	29.7
3	25.1	30	28.5	29.6	28.9	30.8	28.9	29.8	29	31.2	29.1	30	29.1
4	24.3	29.7	28	29.3	28.5	30.4	28.4	29.4	28.6	31	28.7	29.7	28.7
5	24.6	29.4	27.4	28.9	28	30.1	27.8	29.1	28.1	30.7	28.2	29.3	28.2
6	24.7	29.5	27.6	29	28	30.1	27.9	29.2	28.1	30.7	28.2	29.4	28.2
7	25	29.6	27.5	29.1	28.1	30.1	27.8	29.2	28.2	30.8	28.2	29.5	28.3
8	27.7	30	28.3	29.6	28.5	30.6	28.5	29.8	28.6	31.1	28.9	30	28.7
9	30.4	31.8	30.5	31.5	30.2	31.9	30.5	31.5	30.3	32.4	30.8	31.6	30.4
10	33.2	33.1	32.4	32.7	32.5	32.7	32.2	32.6	32.5	33.2	32.4	32.7	32.6
11	35.1	34.5	34.2	34	35.7	33.8	33.8	33.7	35.6	33.9	33.8	33.8	35.7
12	37.1	35.4	35.6	35	38.2	34.4	35.1	34.7	38.1	34.3	35	34.7	38.1
13	39	36.5	37.2	36.1	40.1	35.6	36.7	35.8	39.9	34.9	36.4	35.7	39.9
14	39.8	37.3	38.2	37	41.2	36.4	37.7	36.7	41.1	35.4	37.2	36.4	41
15	40.6	37.5	39.1	37.4	40.4	37	38.7	37.2	40.3	35.8	38.2	36.9	40.1
16	41.4	37.8	39.9	37.7	40.8	37.3	39.4	37.5	40.7	36.1	38.9	37.2	40.6
17	39.3	37.7	40.8	37.8	40.3	37.1	40.4	37.6	40.2	36.2	39.9	37.3	40
18	37.2	36.6	38.6	36.6	38.7	36.5	38.5	36.6	38.6	35.7	38	36.3	38.5
19	35.2	35.4	36	35.2	37.1	35.7	36.2	35.3	37	35	35.7	35.1	36.9
20	34	34.5	34.8	34.3	35.5	34.8	34.9	34.4	35.6	34.5	34.7	34.3	35.4
21	32.9	33.9	34	33.7	34.6	34.2	34.1	33.8	34.6	34.1	34	33.7	34.6
22	31.7	33.4	33.2	33.1	33.8	33.6	33.3	33.2	33.8	33.7	33.3	33.2	33.8
23	30	32.7	32.1	32.4	32.9	33.1	32.3	32.5	32.9	33.3	32.4	32.5	33

		Test4				Test5				Test6			
HOUR	OUTSIDE	new zone 1	new zone2	new zone 3	Roof Zone	new zone 1	new zone2	new zone 3	Roof Zone	new zone 1	new zone2	new zone 3	Roof Zone
0	28.2	30.7	30.1	30.1	31.1	30.7	30.1	30.1	31.1	30.8	30.1	30.1	31.1
1	26.5	30.5	29.9	30	31	30.6	30	30	31.1	30.8	30.1	30.1	31.1
2	25.7	29.7	29	29	30	29.7	29	29.1	30	29.9	29.1	29.1	30.1
3	25.1	29.3	28.5	28.6	29.5	29.2	28.5	28.6	29.5	29.4	28.6	28.7	29.6
4	24.3	28.9	28.1	28.2	29.1	28.8	28.1	28.2	29.1	29.1	28.2	28.3	29.2
5	24.6	28.4	27.5	27.7	28.6	28.4	27.6	27.7	28.6	28.6	27.7	27.8	28.7
6	24.7	28.6	27.7	27.8	28.8	28.5	27.7	27.8	28.8	28.8	27.9	28	28.9
7	25	28.6	27.7	27.9	28.8	28.6	27.7	27.9	28.8	28.8	27.9	28	28.9
8	27.7	29	28.2	28.3	29.2	28.9	28.2	28.3	29.2	29.2	28.4	28.4	29.3
9	30.4	30.7	30.2	30.1	31.1	30.8	30.3	30.2	31.1	31	30.4	30.3	31.2
10	33.2	32.3	32	31.9	33	32.5	32.1	31.9	33	32.7	32.2	32.1	33.1
11	35.1	34.8	34.6	34.7	36.2	35.2	34.7	34.7	36.2	35.3	34.8	34.8	36.3
12	37.1	36.6	36.5	36.7	38.5	37.1	36.6	36.7	38.5	37.2	36.7	36.8	38.6
13	39	38.1	38.2	38.4	40.3	38.6	38.3	38.3	40.3	38.7	38.3	38.4	40.3
14	39.8	39	39.2	39.4	41.4	39.6	39.3	39.3	41.3	39.6	39.2	39.3	41.3
15	40.6	38.5	39	38.8	40.4	39	39.1	38.8	40.4	38.9	39	38.7	40.3
16	41.4	38.9	39.6	39.3	40.8	39.4	39.6	39.2	40.8	39.2	39.5	39.1	40.7
17	39.3	38.7	39.8	39.1	40.6	39.2	39.9	39.2	40.6	39	39.7	39	40.5
18	37.2	37	37.7	37.1	38.4	37.3	37.7	37.1	38.4	37.2	37.6	36.9	38.2
19	35.2	35.7	35.8	35.6	36.8	35.9	35.8	35.5	36.8	35.8	35.6	35.4	36.7
20	34	34.6	34.6	34.4	35.6	34.8	34.7	34.4	35.6	34.7	34.5	34.2	35.5
21	32.9	33.9	33.8	33.6	34.8	34.2	33.9	33.7	34.8	34.1	33.7	33.5	34.7
22	31.7	33.2	33	32.9	34.1	33.5	33.1	33	34.1	33.4	33	32.9	34
23	30	32.5	32.1	32.1	33.2	32.7	32.2	32.1	33.3	32.7	32.2	32.1	33.2

		Test4+Ro				Test5+Ro				Test6+Ro			
HOUR	OUTSIDE	new zone 1	new zone2	new zone 3	Roof Zone	new zone 1	new zone2	new zone 3	Roof Zone	new zone 1	new zone2	new zone 3	Roof Zone
0	28.2	31.9	30.5	31.1	31	32.1	30.5	31.1	31	32.3	30.5	31.1	31
1	26.5	31.5	30.2	30.8	30.5	31.9	30.3	30.9	30.5	32	30.3	30.9	30.5
2	25.7	31	29.3	30.2	29.6	31.3	29.4	30.2	29.6	31.6	29.5	30.3	29.6
3	25.1	30.8	28.9	29.8	29	31	28.9	29.8	29	31.3	29	29.9	29.1
4	24.3	30.4	28.4	29.5	28.6	30.7	28.4	29.5	28.6	31	28.6	29.6	28.6
5	24.6	30.2	27.9	29.1	28.1	30.4	27.9	29.2	28.1	30.8	28.1	29.3	28.2
6	24.7	30.2	28	29.2	28.2	30.4	28	29.2	28.2	30.8	28.2	29.3	28.2
7	25	30.2	27.9	29.3	28.2	30.4	27.9	29.3	28.2	30.9	28.1	29.4	28.3
8	27.7	30.6	28.6	29.8	28.6	30.8	28.6	29.8	28.6	31.3	28.9	29.9	28.7
9	30.4	31.8	30.5	31.5	30.3	32.2	30.6	31.5	30.3	32.6	30.9	31.7	30.4
10	33.2	32.7	32.2	32.6	32.5	33.1	32.3	32.7	32.5	33.5	32.5	32.8	32.6
11	35.1	33.7	33.7	33.8	35.6	33.9	33.8	33.8	35.6	34.3	34	33.9	35.7
12	37.1	34.3	35.1	34.7	38.1	34.4	35.1	34.7	38.1	34.7	35.2	34.8	38.1
13	39	35.3	36.6	35.8	39.9	35.3	36.6	35.7	39.9	35.5	36.6	35.8	39.9
14	39.8	36.1	37.6	36.6	41.1	36	37.6	36.5	41	36	37.5	36.5	41
15	40.6	36.6	38.5	37.1	40.3	36.6	38.6	37.1	40.2	36.3	38.4	37	40.2
16	41.4	36.9	39.3	37.5	40.7	36.9	39.4	37.4	40.7	36.5	39.1	37.3	40.6
17	39.3	36.8	40.2	37.5	40.2	37.1	40.4	37.6	40.2	36.5	40.1	37.4	40.1
18	37.2	36.2	38.4	36.5	38.6	36.4	38.5	36.5	38.6	35.9	38.2	36.3	38.5
19	35.2	35.4	36	35.3	37	35.5	36	35.2	37	35	35.7	35.1	36.9
20	34	34.6	34.8	34.4	35.5	34.9	35	34.4	35.5	34.5	34.7	34.2	35.4
21	32.9	34	34	33.7	34.6	34.5	34.2	33.8	34.6	34.1	33.9	33.7	34.6
22	31.7	33.5	33.2	33.2	33.8	33.9	33.4	33.2	33.9	33.7	33.2	33.1	33.8
23	30	32.9	32.3	32.5	32.9	33.3	32.4	32.5	33	33.2	32.3	32.5	32.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่ 30 มีนาคม พ.ศ. 2557 (ต่อ)

		Test7				Test8				Test9			
HOUR	OUTSIDE	new zone 1	new zone2	new zone 3	Roof Zone	new zone 1	new zone2	new zone 3	Roof Zone	new zone 1	new zone2	new zone 3	Roof Zone
0	28.2	30.7	30.1	30	31	30.7	30.1	30	31.1	31.1	30.2	30.2	31.1
1	26.5	30.6	30	29.9	31	30.6	30	30	31	31	30.1	30.1	31.1
2	25.7	29.7	29	29	30	29.7	29	29	30	30.2	29.2	29.2	30.1
3	25.1	29.2	28.5	28.5	29.5	29.2	28.5	28.5	29.5	29.8	28.7	28.7	29.6
4	24.3	28.8	28.1	28.1	29.1	28.8	28.1	28.2	29.1	29.5	28.3	28.4	29.2
5	24.6	28.3	27.6	27.7	28.6	28.3	27.6	27.7	28.6	29.1	27.8	27.9	28.8
6	24.7	28.5	27.8	27.8	28.8	28.5	27.8	27.8	28.8	29.3	28	28.1	28.9
7	25	28.6	27.8	27.9	28.8	28.6	27.8	27.9	28.8	29.3	28	28.1	29
8	27.7	29	28.3	28.3	29.2	29	28.3	28.3	29.2	29.7	28.5	28.5	29.3
9	30.4	30.9	30.4	30.3	31.2	30.9	30.4	30.3	31.2	31.4	30.5	30.4	31.3
10	33.2	32.7	32.3	32.1	33.1	32.7	32.3	32.1	33.1	32.9	32.3	32.1	33.1
11	35.1	35.7	35	34.9	36.3	35.6	34.9	34.9	36.3	35.3	34.7	34.8	36.3
12	37.1	37.7	36.9	36.9	38.7	37.7	36.9	36.9	38.6	36.9	36.5	36.8	38.6
13	39	39.4	38.6	38.6	40.4	39.4	38.5	38.5	40.4	38.3	38.1	38.3	40.3
14	39.8	40.4	39.5	39.5	41.4	40.3	39.5	39.5	41.4	39.1	39	39.3	41.3
15	40.6	39.6	39.2	38.9	40.5	39.6	39.2	38.8	40.5	38.5	38.8	38.6	40.3
16	41.4	39.9	39.7	39.3	40.8	39.9	39.7	39.2	40.8	38.8	39.4	39	40.6
17	39.3	39.7	39.9	39.2	40.6	39.7	39.9	39.1	40.6	38.6	39.6	38.9	40.4
18	37.2	37.6	37.7	37.1	38.3	37.6	37.7	37.1	38.3	37	37.5	36.8	38.2
19	35.2	36.1	35.7	35.4	36.7	36.1	35.7	35.4	36.7	35.7	35.5	35.3	36.6
20	34	34.9	34.5	34.2	35.5	34.9	34.5	34.3	35.5	34.7	34.4	34.2	35.5
21	32.9	34.2	33.8	33.5	34.7	34.2	33.8	33.5	34.7	34.1	33.7	33.5	34.7
22	31.7	33.5	33	32.8	34	33.5	33	32.8	34	33.5	33	32.8	34
23	30	32.7	32.1	32	33.2	32.7	32.1	32	33.2	32.8	32.1	32.1	33.2

		Test7+Ro				Test8+Ro				Test9+Ro			
HOUR	OUTSIDE	new zone 1	new zone2	new zone 3	Roof Zone	new zone 1	new zone2	new zone 3	Roof Zone	new zone 1	new zone2	new zone 3	Roof Zone
0	28.2	32.1	30.3	31	31	32.1	30.4	31	31	32.4	30.6	31.1	31
1	26.5	31.9	30.2	30.8	30.4	31.9	30.2	30.8	30.4	32.2	30.4	30.9	30.5
2	25.7	31.4	29.3	30.1	29.6	31.4	29.3	30.2	29.6	31.8	29.6	30.3	29.7
3	25.1	31.1	28.8	29.8	29	31.1	28.9	29.8	29	31.6	29.2	30	29.1
4	24.3	30.8	28.4	29.5	28.6	30.9	28.4	29.5	28.6	31.4	28.8	29.7	28.7
5	24.6	30.6	27.9	29.1	28.1	30.6	27.9	29.1	28.1	31.2	28.3	29.3	28.2
6	24.7	30.6	28	29.2	28.1	30.7	28	29.2	28.1	31.2	28.4	29.4	28.3
7	25	30.7	27.9	29.3	28.2	30.7	28	29.3	28.2	31.2	28.4	29.5	28.3
8	27.7	31.2	28.7	29.9	28.6	31.2	28.7	29.9	28.6	31.6	29.1	30	28.7
9	30.4	32.7	30.8	31.6	30.4	32.7	30.8	31.6	30.4	32.8	31	31.7	30.5
10	33.2	33.8	32.6	32.8	32.6	33.7	32.6	32.8	32.6	33.6	32.6	32.8	32.6
11	35.1	34.7	34.2	34	35.7	34.6	34.1	33.9	35.7	34.4	34	33.9	35.7
12	37.1	35.2	35.5	34.9	38.2	35.1	35.4	34.8	38.2	34.8	35.2	34.7	38.1
13	39	36.1	37	35.9	40	36	36.9	35.9	40	35.4	36.5	35.7	39.9
14	39.8	36.7	37.9	36.7	41.1	36.6	37.9	36.6	41.1	35.9	37.3	36.5	41
15	40.6	37	38.9	37.2	40.3	37	38.8	37.1	40.3	36.2	38.2	36.9	40.2
16	41.4	37.2	39.6	37.5	40.7	37.2	39.5	37.4	40.7	36.4	38.9	37.2	40.6
17	39.3	37.2	40.5	37.6	40.2	37.1	40.5	37.5	40.2	36.4	39.8	37.3	40
18	37.2	36.4	38.5	36.4	38.6	36.3	38.5	36.4	38.6	35.8	37.9	36.2	38.4
19	35.2	35.3	35.9	35.1	37	35.3	35.9	35.1	37	35	35.6	35	36.9
20	34	34.6	34.7	34.2	35.5	34.6	34.7	34.2	35.5	34.4	34.5	34.2	35.4
21	32.9	34.2	34	33.6	34.6	34.2	34	33.6	34.6	34.1	33.8	33.6	34.5
22	31.7	33.7	33.2	33.1	33.8	33.7	33.2	33.1	33.8	33.7	33.2	33.1	33.8
23	30	33.1	32.2	32.4	32.9	33.2	32.2	32.4	32.9	33.2	32.2	32.4	32.9

		Test10				Test11			
HOUR	OUTSIDE	new zone 1	new zone2	new zone 3	Roof Zone	new zone 1	new zone2	new zone 3	Roof Zone
0	28.2	30.9	30.2	30.3	31.2	30.9	30.2	30.2	31.2
1	26.5	30.9	30.2	30.2	31.2	30.8	30.1	30.2	31.2
2	25.7	30	29.2	29.3	30.2	29.9	29.2	29.2	30.1
3	25.1	29.6	28.7	28.8	29.7	29.5	28.7	28.8	29.6
4	24.3	29.2	28.3	28.4	29.3	29.1	28.3	28.4	29.3
5	24.6	28.8	27.8	27.9	28.8	28.7	27.8	27.9	28.8
6	24.7	28.9	27.9	28.1	28.9	28.8	27.9	28.1	28.9
7	25	28.9	27.9	28.1	29	28.9	27.9	28.1	29
8	27.7	29.3	28.4	28.5	29.3	29.2	28.4	28.5	29.3
9	30.4	31	30.4	30.3	31.2	31	30.4	30.3	31.2
10	33.2	32.5	32.2	32.1	33.1	32.5	32.2	32.1	33.1
11	35.1	34.9	34.6	34.8	36.2	34.9	34.6	34.8	36.3
12	37.1	36.6	36.4	36.7	38.5	36.6	36.5	36.7	38.5
13	39	38	38	38.3	40.2	38	38	38.3	40.2
14	39.8	38.8	38.9	39.2	41.2	38.8	38.9	39.2	41.2
15	40.6	38.2	38.7	38.5	40.2	38.2	38.7	38.5	40.3
16	41.4	38.5	39.2	38.9	40.6	38.5	39.2	38.9	40.6
17	39.3	38.3	39.5	38.8	40.3	38.3	39.5	38.8	40.3
18	37.2	36.6	37.4	36.8	38.1	36.6	37.4	36.8	38.1
19	35.2	35.4	35.5	35.3	36.6	35.3	35.5	35.3	36.6
20	34	34.4	34.4	34.2	35.5	34.4	34.4	34.2	35.5
21	32.9	33.9	33.7	33.6	34.8	33.8	33.7	33.6	34.7
22	31.7	33.3	33	33	34.1	33.3	33	32.9	34.1
23	30	32.7	32.2	32.2	33.3	32.6	32.2	32.2	33.3

		Test10+Ro				Test11+Ro			
HOUR	OUTSIDE	new zone 1	new zone2	new zone 3	Roof Zone	new zone 1	new zone2	new zone 3	Roof Zone
0	28.2	32.4	30.7	31.2	31.1	32.3	30.7	31.2	31
1	26.5	32.3	30.6	31.1	30.6	32.1	30.5	31	30.6
2	25.7	31.7	29.7	30.4	29.7	31.6	29.7	30.4	29.7
3	25.1	31.4	29.2	30	29.1	31.3	29.2	30	29.1
4	24.3	31.1	28.8	29.7	28.7	31.1	28.8	29.7	28.7
5	24.6	30.9	28.3	29.4	28.2	30.8	28.2	29.3	28.2
6	24.7	30.9	28.3	29.4	28.3	30.8	28.3	29.4	28.3
7	25	30.9	28.3	29.5	28.3	30.9	28.3	29.5	28.3
8	27.7	31.2	28.9	30	28.7	31.2	28.9	30	28.7
9	30.4	32.4	30.8	31.7	30.4	32.4	30.8	31.7	30.4
10	33.2	33.2	32.5	32.8	32.6	33.2	32.5	32.8	32.6
11	35.1	33.9	33.8	33.8	35.7	33.9	33.9	33.8	35.7
12	37.1	34.3	35	34.7	38.1	34.3	35	34.7	38.1
13	39	34.9	36.3	35.7	39.9	34.9	36.4	35.7	39.9
14	39.8	35.4	37.2	36.4	41	35.4	37.2	36.4	41
15	40.6	35.7	38.1	36.8	40.1	35.7	38.1	36.9	40.1
16	41.4	35.8	38.7	37.1	40.5	35.9	38.8	37.1	40.5
17	39.3	35.8	39.6	37.2	40	35.8	39.7	37.2	40
18	37.2	35.2	37.8	36.2	38.4	35.3	37.8	36.2	38.4
19	35.2	34.5	35.5	35	36.8	34.5	35.5	35	36.8
20	34	34.2	34.5	34.2	35.4	34.1	34.5	34.2	35.4
21	32.9	34	33.9	33.7	34.5	33.9	33.9	33.7	34.5
22	31.7	33.7	33.3	33.2	33.8	33.6	33.2	33.2	33.8
23	30	33.4	32.4	32.6	32.9	33.2	32.3	32.5	32.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่ 24 มกราคม พ.ศ. 2557

		1ExHouse				test2				test3			
HOUR	OUTSIDE	new zone 1	new zone2	new zone 3	Roof Zone	new zone 1	new zone2	new zone 3	Roof Zone	new zone 1	new zone2	new zone 3	Roof Zone
0	12.7	16.2	15.1	15.2	15.4	16.6	15.4	15.5	15.6	16.5	15.4	15.6	15.7
1	11.1	16.1	14.9	15	15.3	16.4	15.1	15.2	15.5	16.3	15.2	15.4	15.6
2	10.8	15.2	14	14.1	14.4	15.6	14.2	14.4	14.5	15.6	14.3	14.6	14.7
3	10.3	15	13.8	13.9	14.2	15.3	14	14.2	14.3	15.4	14.1	14.4	14.5
4	10	14.8	13.5	13.6	13.9	15	13.7	13.8	14	15.1	13.8	14.1	14.2
5	9.3	14.6	13.2	13.4	13.6	14.8	13.4	13.6	13.8	14.9	13.6	13.9	13.9
6	8.8	14.1	12.8	13	13.2	14.5	13	13.2	13.4	14.5	13.2	13.5	13.5
7	8.1	13.9	12.5	12.7	12.9	14.3	12.8	13	13.1	14.3	12.9	13.3	13.2
8	11.3	14	12.7	12.8	12.8	14.4	13	13.1	13	14.5	13.1	13.3	13.1
9	14.6	16.5	15.4	15.4	15.4	16.5	15.3	15.4	15.4	16.6	15.5	15.6	15.6
10	17.7	19.4	18.2	18.3	18.4	18.9	17.8	17.9	18.2	19	18	18.2	18.4
11	20.5	21.6	20.7	20.7	21.1	21.1	20.3	20.3	20.8	20.9	20.2	20.4	20.9
12	23.2	23.7	23.2	23.1	23.5	23.2	22.8	22.7	23.3	22.7	22.5	22.5	23.2
13	26	25.4	25.2	25	25.5	24.9	24.7	24.5	25.2	24.2	24.3	24.2	25
14	26.7	26.7	26.6	26.3	26.8	26.3	26.2	25.9	26.6	25.3	25.6	25.5	26.3
15	27.6	26.9	27.2	26.6	27.1	26.6	26.8	26.3	26.9	25.5	26.2	25.8	26.6
16	28.3	26.2	26.8	25.9	26.3	26.1	26.6	25.8	26.2	25.2	26	25.3	25.9
17	26.2	25.8	26.4	25.6	26	25.8	26.2	25.5	25.9	24.9	25.6	25	25.7
18	24.2	24.3	24.3	23.9	24.3	24.3	24.3	23.8	24.3	23.6	23.8	23.5	24.1
19	22.1	23	22.8	22.5	22.9	23.1	22.8	22.5	23	22.6	22.5	22.3	22.8
20	20	21.7	21.1	21	21.5	21.8	21.2	21.1	21.5	21.4	21	21	21.5
21	17.8	20.4	19.7	19.6	20.1	20.6	19.8	19.8	20.1	20.3	19.7	19.8	20.2
22	15.8	19.1	18.3	18.3	18.7	19.3	18.4	18.4	18.8	19.1	18.3	18.5	18.8
23	14.2	17.9	17	17	17.4	18.2	17.2	17.2	17.5	18.1	17.1	17.3	17.6

		1.ExHouse+Ro				Test2+Ro				Test3+Ro			
HOUR	OUTSIDE	new zone 1	new zone2	new zone 3	Roof Zone	new zone 1	new zone2	new zone 3	Roof Zone	new zone 1	new zone2	new zone 3	Roof Zone
0	12.7	16.8	15.1	16.1	15.5	17.6	15.5	16.4	15.6	17.8	15.7	16.5	15.6
1	11.1	16.6	14.7	15.9	14.9	17.2	15	16.1	15	17.4	15.2	16.2	15.1
2	10.8	16	13.9	15.3	14.1	16.8	14.3	15.5	14.2	17.1	14.6	15.7	14.3
3	10.3	15.8	13.7	15.1	13.7	16.5	14	15.3	13.9	16.8	14.3	15.5	14
4	10	15.6	13.4	14.9	13.5	16.2	13.7	15.1	13.6	16.7	14	15.3	13.7
5	9.3	15.4	13.1	14.7	13.2	16.1	13.5	14.9	13.3	16.5	13.8	15.1	13.4
6	8.8	15.1	12.7	14.4	12.8	15.8	13.1	14.6	12.9	16.3	13.4	14.8	13
7	8.1	15.1	12.5	14.2	12.4	15.9	12.9	14.4	12.5	16.3	13.2	14.7	12.7
8	11.3	15.7	13.1	14.5	12.4	16.5	13.5	14.8	12.5	16.9	13.8	15	12.6
9	14.6	17.8	15.6	16.7	14.5	17.8	15.5	16.6	14.7	18.3	15.9	16.9	14.8
10	17.7	20.3	18.2	18.4	17.6	19.2	17.6	18.1	17.6	19.7	17.9	18.4	17.7
11	20.5	21.6	20.4	19.9	20.5	20.4	19.7	19.5	20.3	20.4	19.8	19.6	20.4
12	23.2	22.9	22.8	21.5	23	21.7	22.2	21.1	22.8	21	21.9	21	22.8
13	26	24.1	24.9	23	25.1	22.9	24.2	22.6	24.9	21.7	23.6	22.3	24.9
14	26.7	25.4	26.4	24.1	26.5	24.2	25.7	23.7	26.3	22.6	24.9	23.3	26.2
15	27.6	25.4	27.3	24.5	27.1	24.4	26.7	24.2	26.9	22.7	25.8	23.8	26.7
16	28.3	25.1	27.6	24.7	26.5	24.8	27.3	24.6	26.3	23.1	26.4	24.2	26.1
17	26.2	24.4	26.9	24.3	26.2	24.3	26.6	24.2	26.2	22.7	25.8	23.8	25.9
18	24.2	23.2	24.5	23	24.8	23	24.4	22.9	24.8	22	23.8	22.7	24.6
19	22.1	22.1	22.8	21.8	23.2	22.2	22.9	21.8	23.2	21.4	22.4	21.7	23
20	20	21	21	20.6	21.7	21.2	21	20.6	21.7	20.7	20.8	20.6	21.6
21	17.8	20	19.5	19.5	20.1	20.3	19.7	19.6	20.1	20.1	19.5	19.6	20.1
22	15.8	19	18.1	18.4	18.6	19.5	18.3	18.6	18.7	19.3	18.3	18.6	18.7
23	14.2	18.1	16.8	17.5	17.2	18.7	17.1	17.7	17.3	18.7	17.2	17.8	17.3

		test4				test5				test6			
HOUR	OUTSIDE	new zone 1	new zone2	new zone 3	Roof Zone	new zone 1	new zone2	new zone 3	Roof Zone	new zone 1	new zone2	new zone 3	Roof Zone
0	12.7	16.3	15.3	15.4	15.6	16.3	15.3	15.5	15.6	16.3	15.3	15.5	15.7
1	11.1	16.1	15	15.3	15.5	16.2	15	15.3	15.5	16.2	15.1	15.4	15.5
2	10.8	15.4	14.2	14.4	14.6	15.3	14.2	14.4	14.6	15.4	14.3	14.5	14.6
3	10.3	15.2	14	14.2	14.4	15.1	14	14.2	14.3	15.2	14	14.3	14.4
4	10	14.9	13.7	13.9	14	14.8	13.7	13.9	14	14.9	13.8	14.1	14.1
5	9.3	14.7	13.4	13.7	13.8	14.6	13.4	13.7	13.8	14.7	13.5	13.8	13.9
6	8.8	14.3	13	13.3	13.4	14.2	13	13.3	13.4	14.3	13.1	13.4	13.5
7	8.1	14.2	12.8	13.1	13.1	14	12.7	13	13.1	14.1	12.9	13.2	13.2
8	11.3	14.3	13	13.1	13	14.1	12.9	13.1	13	14.2	13.1	13.3	13.1
9	14.6	16.4	15.3	15.4	15.5	16.4	15.4	15.5	15.5	16.5	15.5	15.6	15.6
10	17.7	18.7	17.8	18	18.2	18.9	18	18.1	18.3	19	18.1	18.3	18.4
11	20.5	20.8	20.2	20.3	20.8	21	20.2	20.3	20.8	21.1	20.4	20.5	20.9
12	23.2	22.8	22.6	22.6	23.2	23	22.6	22.5	23.2	23.1	22.7	22.6	23.3
13	26	24.5	24.6	24.5	25.2	24.8	24.5	24.3	25.1	24.7	24.5	24.4	25.1
14	26.7	25.8	26	25.8	26.5	26.2	26	25.7	26.5	25.9	25.9	25.6	26.4
15	27.6	26	26.6	26.2	26.8	26.4	26.5	26.1	26.8	26.1	26.3	25.9	26.7
16	28.3	25.6	26.4	25.7	26.1	26	26.3	25.6	26.1	25.6	26.1	25.4	25.9
17	26.2	25.3	26	25.4	25.9	25.7	26	25.4	25.9	25.3	25.7	25.1	25.7
18	24.2	23.9	24.1	23.7	24.2	24.3	24.1	23.8	24.3	23.9	23.8	23.5	24.1
19	22.1	22.7	22.7	22.5	22.9	23.1	22.7	22.5	23	22.7	22.4	22.3	22.8
20	20	21.5	21.1	21	21.5	21.7	21.1	21.1	21.5	21.5	20.9	20.9	21.4
21	17.8	20.3	19.7	19.7	20.1	20.5	19.8	19.8	20.2	20.3	19.6	19.7	20.1
22	15.8	19.1	18.3	18.4	18.8	19.2	18.4	18.5	18.8	19.1	18.3	18.4	18.7
23	14.2	18	17.1	17.2	17.5	18.1	17.1	17.3	17.5	18	17	17.2	17.5

		Test4+Ro				Test5+Ro				Test6+Ro			
HOUR	OUTSIDE	new zone 1	new zone2	new zone 3	Roof Zone	new zone 1	new zone2	new zone 3	Roof Zone	new zone 1	new zone2	new zone 3	Roof Zone
0	12.7	17.3	15.4	16.4	15.6	17.6	15.5	16.4	15.6	17.7	15.5	16.5	15.6
1	11.1	17	15	16.1	15	17.2	15	16.1	15	17.4	15.1	16.2	15
2	10.8	16.5	14.3	15.5	14.2	16.7	14.3	15.5	14.2	17	14.4	15.6	14.3
3	10.3	16.4	14.1	15.4	13.9	16.5	14	15.3	13.9	16.8	14.2	15.5	13.9
4	10	16.2	13.8	15.1	13.6	16.3	13.7	15.1	13.6	16.7	13.9	15.3	13.7
5	9.3	16	13.5	15	13.4	16.2	13.5	14.9	13.4	16.5	13.7	15.1	13.4
6	8.8	15.8	13.1	14.7	13	15.9	13	14.6	12.9	16.2	13.3	14.8	13
7	8.1	15.8	13	14.5	12.6	15.9	12.9	14.5	12.6	16.3	13.1	14.6	12.6
8	11.3	16.4	13.5	14.9	12.5	16.6	13.5	14.9	12.5	17	13.7	15	12.6
9	14.6	17.7	15.6	16.7	14.7	18.1	15.7	16.8	14.7	18.4	15.9	16.9	14.8
10	17.7	19.1	17.6	18.2	17.6	19.6	17.8	18.3	17.6	20	18	18.4	17.7
11	20.5	20.2	19.7	19.5	20.3	20.3	19.7	19.5	20.4	20.7	19.9	19.7	20.4
12	23.2	21.3	22.1	21.1	22.8	21	21.9	21	22.8	21.4	22.1	21.1	22.9
13	26	22.5	24	22.5	24.9	22.2	23.9	22.4	24.8	22.2	23.9	22.4	24.9
14	26.7	23.7	25.4	23.7	26.3	23.5	25.4	23.6	26.2	23.2	25.2	23.5	26.2
15	27.6	23.8	26.4	24.1	26.9	23.7	26.4	24	26.8	23.1	26.1	23.9	26.8
16	28.3	24.2	27	24.5	26.3	24.1	27	24.5	26.3	23.4	26.6	24.2	26.2
17	26.2	23.7	26.3	24.1	26.1	23.7	26.4	24.1	26.1	22.9	26	23.9	26
18	24.2	22.6	24.2	22.9	24.7	22.9	24.3	22.9	24.7	22	23.9	22.7	24.6
19	22.1	21.8	22.7	21.8	23.1	22.1	22.8	21.9	23.2	21.3	22.3	21.6	23
20	20	20.9	20.9	20.6	21.6	21.1	21	20.7	21.7	20.6	20.6	20.5	21.6
21	17.8	20	19.6	19.6	20.1	20.3	19.7	19.6	20.1	19.9	19.4	19.5	20
22	15.8	19.2	18.3	18.6	18.7	19.5	18.3	18.6	18.7	19.2	18.1	18.5	18.6
23	14.2	18.5	17.1	17.7	17.3	18.7	17.1	17.7	17.3	18.5	17	17.7	17.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่ 24 มกราคม พ.ศ. 2557 (ต่อ)

		test7				test8				test9			
HOUR	OUTSIDE	new zone	new zone2	new zone 3	Roof Zone	new zone	new zone2	new zone 3	Roof Zone	new zone	new zone2	new zone 3	Roof Zone
0	12.7	16.2	15.2	15.4	15.6	16.2	15.2	15.4	15.6	16.7	15.3	15.6	15.7
1	11.1	16	15	15.2	15.4	16	15	15.2	15.5	16.5	15.1	15.4	15.6
2	10.8	15.2	14.1	14.4	14.5	15.2	14.1	14.4	14.5	15.8	14.3	14.6	14.7
3	10.3	15	13.9	14.2	14.3	15	13.9	14.2	14.3	15.6	14.1	14.4	14.5
4	10	14.7	13.6	13.9	14	14.7	13.7	13.9	14	15.4	13.9	14.2	14.2
5	9.3	14.5	13.4	13.7	13.8	14.5	13.4	13.7	13.8	15.2	13.6	14	14
6	8.8	14.1	13	13.3	13.4	14.1	13	13.3	13.4	14.9	13.2	13.6	13.6
7	8.1	13.9	12.8	13.1	13.1	13.8	12.8	13.1	13.1	14.7	13	13.4	13.3
8	11.3	13.9	13	13.2	13.1	13.9	13	13.2	13.1	14.8	13.2	13.4	13.2
9	14.6	16.3	15.5	15.6	15.6	16.3	15.5	15.6	15.6	16.9	15.6	15.7	15.6
10	17.7	19	18.2	18.3	18.5	19	18.1	18.3	18.4	19.2	18.1	18.2	18.4
11	20.5	21.3	20.5	20.6	21	21.3	20.5	20.6	21	21.1	20.3	20.4	20.9
12	23.2	23.6	22.9	22.8	23.4	23.5	22.8	22.8	23.3	22.8	22.5	22.6	23.2
13	26	25.3	24.8	24.6	25.3	25.3	24.7	24.6	25.2	24.3	24.4	24.3	25
14	26.7	26.7	26.2	25.9	26.6	26.6	26.1	25.9	26.6	25.5	25.7	25.5	26.3
15	27.6	26.9	26.6	26.2	26.9	26.9	26.6	26.2	26.8	25.7	26.2	25.8	26.6
16	28.3	26.3	26.3	25.6	26.1	26.2	26.3	25.6	26.1	25.2	26	25.3	25.8
17	26.2	26	25.9	25.3	25.8	26	25.9	25.3	25.8	24.9	25.6	25	25.6
18	24.2	24.4	24	23.6	24.2	24.4	24	23.6	24.2	23.6	23.7	23.4	24.1
19	22.1	23.1	22.5	22.3	22.8	23.1	22.5	22.3	22.8	22.5	22.3	22.2	22.8
20	20	21.7	20.9	20.9	21.4	21.7	20.9	20.9	21.4	21.3	20.8	20.8	21.4
21	17.8	20.4	19.6	19.6	20	20.4	19.6	19.6	20	20.2	19.5	19.6	20.1
22	15.8	19.1	18.2	18.3	18.7	19.1	18.2	18.3	18.7	19.1	18.2	18.4	18.7
23	14.2	17.9	17	17.1	17.4	17.9	17	17.1	17.4	18.1	17	17.2	17.5

		Test7+Ro				Test8+Ro				Test9+Ro			
HOUR	OUTSIDE	new zone	new zone2	new zone 3	Roof Zone	new zone	new zone2	new zone 3	Roof Zone	new zone	new zone2	new zone 3	Roof Zone
0	12.7	17.3	15.2	16.3	15.5	17.4	15.3	16.3	15.5	17.9	15.6	16.5	15.6
1	11.1	17.1	14.8	16	15	17.1	14.8	16	15	17.6	15.2	16.2	15.1
2	10.8	16.7	14.1	15.5	14.2	16.7	14.2	15.5	14.2	17.3	14.6	15.7	14.3
3	10.3	16.5	13.9	15.3	13.8	16.5	13.9	15.3	13.9	17.2	14.3	15.5	14
4	10	16.4	13.7	15.1	13.6	16.4	13.7	15.1	13.6	17.1	14.1	15.4	13.7
5	9.3	16.2	13.4	14.9	13.3	16.2	13.4	15	13.4	16.9	13.9	15.2	13.5
6	8.8	16	13	14.6	12.9	16	13.1	14.7	12.9	16.7	13.5	14.9	13.1
7	8.1	16	12.8	14.5	12.6	16.1	12.9	14.5	12.6	16.7	13.3	14.8	12.7
8	11.3	16.8	13.5	14.9	12.5	16.9	13.5	14.9	12.5	17.3	13.9	15.1	12.7
9	14.6	18.5	15.8	16.9	14.7	18.5	15.8	16.9	14.7	18.5	16	16.9	14.8
10	17.7	20.3	18.1	18.5	17.7	20.2	18	18.5	17.7	19.9	18	18.4	17.7
11	20.5	21.2	20.1	19.8	20.5	21	20.1	19.7	20.4	20.6	19.9	19.6	20.4
12	23.2	22	22.4	21.3	22.9	21.9	22.4	21.2	22.9	21.3	22	21	22.8
13	26	23	24.3	22.6	25	22.8	24.2	22.6	25	22	23.7	22.3	24.9
14	26.7	24.1	25.8	23.8	26.4	23.9	25.7	23.7	26.3	22.9	25	23.4	26.2
15	27.6	24	26.6	24.1	26.9	23.9	26.6	24.1	26.9	23	25.8	23.8	26.7
16	28.3	24.2	27.1	24.5	26.3	24.1	27.1	24.4	26.3	23.2	26.3	24.1	26.1
17	26.2	23.5	26.4	24	26.1	23.5	26.3	24	26.1	22.7	25.7	23.8	25.9
18	24.2	22.5	24.1	22.8	24.7	22.4	24.1	22.7	24.7	21.9	23.6	22.6	24.5
19	22.1	21.6	22.5	21.7	23.1	21.6	22.5	21.7	23.1	21.3	22.1	21.6	23
20	20	20.6	20.7	20.5	21.6	20.6	20.7	20.5	21.6	20.5	20.5	20.4	21.5
21	17.8	19.8	19.3	19.4	20	19.8	19.3	19.5	20	19.8	19.3	19.5	20
22	15.8	19	18	18.4	18.6	19	18	18.5	18.6	19.2	18.1	18.5	18.6
23	14.2	18.3	16.8	17.5	17.2	18.3	16.8	17.6	17.3	18.6	17	17.7	17.3

		test10				test11			
HOUR	OUTSIDE	new zone	new zone2	new zone 3	Roof Zone	new zone	new zone2	new zone 3	Roof Zone
0	12.7	16.6	15.5	15.7	15.8	16.5	15.4	15.7	15.7
1	11.1	16.4	15.3	15.5	15.7	16.3	15.2	15.5	15.6
2	10.8	15.7	14.4	14.7	14.7	15.6	14.4	14.7	14.7
3	10.3	15.5	14.2	14.5	14.5	15.4	14.2	14.5	14.5
4	10	15.2	13.9	14.2	14.2	15.1	13.9	14.2	14.2
5	9.3	15	13.6	14	14	14.9	13.6	14	14
6	8.8	14.6	13.2	13.5	13.6	14.5	13.2	13.5	13.6
7	8.1	14.4	12.9	13.3	13.3	14.3	12.9	13.3	13.3
8	11.3	14.5	13.2	13.4	13.2	14.4	13.1	13.4	13.2
9	14.6	16.6	15.5	15.6	15.6	16.6	15.5	15.7	15.6
10	17.7	19	18	18.2	18.4	18.9	18	18.2	18.4
11	20.5	20.9	20.2	20.4	20.9	20.8	20.2	20.4	20.9
12	23.2	22.7	22.5	22.5	23.2	22.6	22.5	22.5	23.2
13	26	24.2	24.3	24.2	25	24.1	24.3	24.2	25
14	26.7	25.3	25.6	25.5	26.3	25.3	25.6	25.5	26.3
15	27.6	25.5	26.1	25.7	26.5	25.4	26.1	25.7	26.6
16	28.3	24.9	25.8	25.1	25.8	24.9	25.9	25.2	25.8
17	26.2	24.6	25.4	24.8	25.5	24.6	25.4	24.9	25.5
18	24.2	23.4	23.6	23.3	24	23.3	23.6	23.4	24
19	22.1	22.4	22.3	22.2	22.8	22.3	22.3	22.2	22.7
20	20	21.3	20.8	20.9	21.4	21.2	20.8	20.9	21.4
21	17.8	20.2	19.6	19.7	20.1	20.1	19.6	19.7	20.1
22	15.8	19.2	18.4	18.5	18.8	19	18.3	18.5	18.8
23	14.2	18.2	17.2	17.4	17.6	18	17.2	17.4	17.6

		Test10+Ro				Test11+Ro			
HOUR	OUTSIDE	new zone	new zone2	new zone 3	Roof Zone	new zone	new zone2	new zone 3	Roof Zone
0	12.7	18	15.8	16.6	15.6	17.9	15.7	16.6	15.6
1	11.1	17.7	15.4	16.3	15.1	17.6	15.3	16.3	15.1
2	10.8	17.3	14.7	15.8	14.3	17.2	14.7	15.8	14.3
3	10.3	17.1	14.4	15.6	14	17	14.4	15.6	14
4	10	16.9	14.2	15.4	13.7	16.8	14.1	15.4	13.7
5	9.3	16.7	13.9	15.2	13.5	16.6	13.9	15.2	13.5
6	8.8	16.4	13.5	14.9	13.1	16.4	13.5	14.9	13.1
7	8.1	16.4	13.2	14.7	12.7	16.3	13.2	14.7	12.7
8	11.3	17	13.8	15	12.6	17	13.8	15.1	12.6
9	14.6	18.3	15.9	16.9	14.8	18.3	15.9	16.9	14.8
10	17.7	19.8	18	18.4	17.7	19.7	18	18.4	17.7
11	20.5	20.3	19.8	19.6	20.4	20.3	19.8	19.6	20.4
12	23.2	21	21.9	21	22.8	21	21.9	21	22.8
13	26	21.7	23.6	22.3	24.9	21.7	23.6	22.3	24.9
14	26.7	22.6	24.9	23.3	26.2	22.6	24.9	23.4	26.2
15	27.6	22.5	25.7	23.7	26.7	22.5	25.7	23.7	26.7
16	28.3	22.6	26.1	24	26.1	22.7	26.2	24.1	26.1
17	26.2	22.1	25.4	23.6	25.9	22.1	25.5	23.7	25.9
18	24.2	21.4	23.5	22.5	24.5	21.4	23.5	22.5	24.5
19	22.1	21	22.2	21.6	22.9	20.9	22.1	21.6	23
20	20	20.5	20.6	20.5	21.5	20.3	20.5	20.5	21.5
21	17.8	20	19.4	19.6	20	19.8	19.4	19.5	20
22	15.8	19.5	18.3	18.7	18.6	19.3	18.3	18.6	18.6
23	14.2	19	17.3	17.8	17.4	18.8	17.2	17.8	17.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนชั่วโมงที่อยู่นอกขอบเขตความสบายตลอดปี พ.ศ. 2557

	1.ExHouse			Test2			Test3		
	TOO HOT	TOO COOL	TOTAL	TOO HOT	TOO COOL	TOTAL	TOO HOT	TOO COOL	TOTAL
Jan	225.25	176.25	401.5	223.25	169	392.25	219.5	168.25	387.75
Feb	312	49.5	361.5	317	45.5	362.5	322	42.25	364.25
Mar	488.75	0.5	489.25	496.5	0.5	497	502	0	502
Apr	496.25	0	496.25	499.25	0	499.25	501.25	0	501.25
May	528.5	0	528.5	529.5	0	529.5	531.25	0	531.25
Jun	516.5	0	516.5	516.5	0	516.5	516.5	0	516.5
Jul	529.75	0	529.75	530.75	0	530.75	531.25	0	531.25
Aug	524.5	0	524.5	525.75	0	525.75	528.5	0	528.5
Sep	506.25	0	506.25	507.25	0	507.25	509.25	0	509.25
Oct	454.25	0	454.25	465	0	465	472.25	0	472.25
Nov	375.25	16.5	391.75	384	13.5	397.5	388	10.75	398.75
Dec	282.5	81.75	364.25	286.75	78	364.75	286.5	75.25	361.75
TOTAL	5240	324	5564	5282	306	5588	5308	296	5605

	1.ExHouse+Ro			Test2+Ro			Test3+Ro		
	TOO HOT	TOO COOL	TOTAL	TOO HOT	TOO COOL	TOTAL	TOO HOT	TOO COOL	TOTAL
Jan	214.5	164.25	378.75	210.75	156.25	367	204.75	152.25	357
Feb	324.75	42	366.75	336	35.75	371.75	343.25	31.5	374.75
Mar	499.5	0.75	500.25	504.75	0.5	505.25	509.25	0	509.25
Apr	498.75	0	498.75	503	0	503	504.25	0	504.25
May	527.75	0	527.75	528	0	528	528.75	0	528.75
Jun	515	0	515	515.5	0	515.5	515.5	0	515.5
Jul	528.5	0	528.5	529	0	529	529	0	529
Aug	520.5	0	520.5	522.25	0	522.25	524.25	0	524.25
Sep	502.5	0	502.5	504.25	0	504.25	506	0	506
Oct	464.75	0	464.75	473.5	0	473.5	477	0	477
Nov	380.25	14.75	395	390	14	404	395	12.5	407.5
Dec	284.75	75.25	360	292.75	66.25	359	295.75	63	358.75
TOTAL	5262	297	5558	5310	273	5582	5333	259	5592

	Test4			Test5			Test6		
	TOO HOT	TOO COOL	TOTAL	TOO HOT	TOO COOL	TOTAL	TOO HOT	TOO COOL	TOTAL
Jan	219.5	173.5	393	223	173.5	396.5	219.5	171	390.5
Feb	316	46.75	362.75	317.25	46.5	363.75	321.25	44.25	365.5
Mar	496.75	0.25	497	496.5	0.25	496.75	500	0	500
Apr	499.25	0	499.25	499.75	0	499.75	501	0	501
May	529.5	0	529.5	529.5	0	529.5	530.25	0	530.25
Jun	516.5	0	516.5	516.5	0	516.5	516.5	0	516.5
Jul	530.75	0	530.75	530.75	0	530.75	531.25	0	531.25
Aug	526.75	0	526.75	526.75	0	526.75	528	0	528
Sep	507.5	0	507.5	508.25	0	508.25	508.5	0	508.5
Oct	464.75	0	464.75	467.25	0	467.25	473.25	0	473.25
Nov	383.25	13.5	396.75	385	13.25	398.25	386.75	11	397.75
Dec	281.25	78.25	359.5	287.5	77	364.5	284.25	75.25	359.5
TOTAL	5272	312	5584	5288	310	5598	5300	302	5602

	Test4+Ro			Test5+Ro			Test6+Ro		
	TOO HOT	TOO COOL	TOTAL	TOO HOT	TOO COOL	TOTAL	TOO HOT	TOO COOL	TOTAL
Jan	206.5	158.75	365.25	210.5	154.75	365.25	205	152.75	357.75
Feb	333.75	36	369.75	338.75	35.25	374	342.75	32.25	375
Mar	505.75	0.5	506.25	505.75	0.5	506.25	507.5	0.25	507.75
Apr	503.75	0	503.75	503.75	0	503.75	504.25	0	504.25
May	528.25	0	528.25	528	0	528	528.5	0	528.5
Jun	515.5	0	515.5	515.5	0	515.5	515.5	0	515.5
Jul	529	0	529	528.75	0	528.75	529	0	529
Aug	522.75	0	522.75	522.5	0	522.5	523.5	0	523.5
Sep	505	0	505	505	0	505	505.5	0	505.5
Oct	473.75	0	473.75	475	0	475	476.5	0	476.5
Nov	388	13.75	401.75	392	13.75	405.75	394	12.75	406.75
Dec	288.75	67.5	356.25	295.75	66.25	362	295	64	359
TOTAL	5301	276	5577	5321	270	5592	5327	262	5589

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนชั่วโมงที่อยู่นอกขอบเขตความสบายตลอดปี พ.ศ. 2557 (ต่อ)

	Test7			Test8			Test9		
	TOO HOT	TOO COO	TOTAL	TOO HOT	TOO COO	TOTAL	TOO HOT	TOO COO	TOTAL
Jan	221.75	175	396.75	221	175	396	217.25	165.75	383
Feb	317.75	48.25	366	317.5	48.25	365.75	325.25	39.75	365
Mar	496	0.25	496.25	496.5	0.25	496.75	504.75	0	504.75
Apr	500.75	0	500.75	500.75	0	500.75	502.5	0	502.5
May	529.5	0	529.5	529.5	0	529.5	531.25	0	531.25
Jun	516.5	0	516.5	516.5	0	516.5	516.5	0	516.5
Jul	530.75	0	530.75	530.75	0	530.75	531.75	0	531.75
Aug	526.75	0	526.75	527	0	527	528.75	0	528.75
Sep	508	0	508	508	0	508	509.75	0	509.75
Oct	470.5	0	470.5	471	0	471	477.75	0	477.75
Nov	383	13.5	396.5	383.75	13.25	397	394.25	10.25	404.5
Dec	285.75	77.75	363.5	285.5	78	363.5	286.75	71.25	358
TOTAL	5287	315	5602	5288	315	5602	5326	287	5614

	Test7+Ro			Test8+Ro			Test9+Ro		
	TOO HOT	TOO COO	TOTAL	TOO HOT	TOO COO	TOTAL	TOO HOT	TOO COO	TOTAL
Jan	208	157	365	207	156.75	363.75	202	150.5	352.5
Feb	340.25	35.25	375.5	340.5	34.25	374.75	345.75	30	375.75
Mar	505.75	0.5	506.25	506	0.5	506.5	510	0	510
Apr	504	0	504	504	0	504	504.25	0	504.25
May	528.25	0	528.25	528.25	0	528.25	528.75	0	528.75
Jun	515.5	0	515.5	515.5	0	515.5	515.5	0	515.5
Jul	528.75	0	528.75	528.75	0	528.75	529	0	529
Aug	522.5	0	522.5	522.75	0	522.75	523.75	0	523.75
Sep	505.25	0	505.25	505.25	0	505.25	506.5	0	506.5
Oct	475.25	0	475.25	475.75	0	475.75	477.75	0	477.75
Nov	390.75	13.5	404.25	391.5	13.5	405	398.75	12.25	411
Dec	293	66	359	293.75	66.25	360	298.25	61	359.25
TOTAL	5317	272	5590	5319	271	5590	5340	254	5594

	Test10			Test11		
	TOO HOT	TOO COO	TOTAL	TOO HOT	TOO COO	TOTAL
Jan	218.25	167	385.25	216.25	168.25	384.5
Feb	323	41.75	364.75	321.75	42.5	364.25
Mar	503	0	503	502.75	0	502.75
Apr	501.25	0	501.25	501.25	0	501.25
May	531.25	0	531.25	531.25	0	531.25
Jun	516.5	0	516.5	516.5	0	516.5
Jul	531.5	0	531.5	531.5	0	531.5
Aug	528.75	0	528.75	528.75	0	528.75
Sep	509.25	0	509.25	509.25	0	509.25
Oct	473.5	0	473.5	473	0	473
Nov	389.25	10.75	400	388.25	10.75	399
Dec	286.25	72.5	358.75	284.25	73.5	357.75
TOTAL	5312	292	5604	5305	295	5600

	Test10+Ro			Test11+Ro		
	TOO HOT	TOO COO	TOTAL	TOO HOT	TOO COO	TOTAL
Jan	204.25	150.25	354.5	202.25	152	354.25
Feb	345	31	376	343.75	31	374.75
Mar	509.25	0	509.25	509.25	0	509.25
Apr	504.25	0	504.25	504.25	0	504.25
May	529	0	529	529	0	529
Jun	515.75	0	515.75	515.5	0	515.5
Jul	529.25	0	529.25	529	0	529
Aug	524.5	0	524.5	524.5	0	524.5
Sep	506.25	0	506.25	506.25	0	506.25
Oct	477	0	477	476.75	0	476.75
Nov	398.5	12.25	410.75	396.75	12.25	409
Dec	296.5	61.75	358.25	294.25	63	357.25
TOTAL	5340	255	5595	5332	258	5590

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นาย ฐานัตถ์ เค้าฉิม
วัน-เดือน-ปีเกิด	วันที่ 10 กันยายน พ.ศ. 2523
สถานที่เกิด	โรงพยาบาลศิริราช กรุงเทพมหานคร
ที่อยู่ปัจจุบัน	ตำบลเชิงดอย อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่
ประวัติการศึกษา	ปีการศึกษา 2535 สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษา โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายประถม) ปีการศึกษา 2541 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) ปีการศึกษา 2548 สำเร็จการศึกษาสถาปัตยกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ประวัติการทำงาน	ปี พ.ศ. 2549 ขึ้นทะเบียนวิชาชีพเป็นภาคีสถาปนิก ใบอนุญาตเป็นผู้ประกอบการวิชาชีพสถาปัตยกรรมควบคุมสาขาสถาปัตยกรรมหลัก ปี พ.ศ. 2549 - 2557 ทำงานในบริษัทเอกชน ในตำแหน่งสถาปนิก ปี พ.ศ. 2557 - 2559 สถาปนิกอิสระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้