

พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนและความชื้นผ่านผนังจากขวดแก้ว Behavior of Heat and Moisture Transfer Through Walls from Glass Bottles

เทอดพงษ์ ไชยณรงค์* และ ชูพงษ์ ทองคำสมุทร**

Therdpong Chainarong* and Choopong Thongkamsamut**

Received: August 9, 2022

Revised: October 7, 2022

Accepted: October 25, 2022

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้ศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนและความชื้นผ่านผนังจากขวดแก้ว เพื่อเป็นแนวทางในการนำขยะประเภทขวดแก้วกลับมาประยุกต์ใช้กับงานก่อสร้างด้านผนังอาคาร เนื่องจากการลดการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคารช่วยให้เกิดการประหยัดพลังงานและเกิดสภาวะน่าสบายภายในอาคาร จึงแสดงให้เห็นว่าวัสดุที่ใช้ในการป้องกันความร้อนและความชื้นด้านผนังอาคาร มีบทบาทต่อการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร จึงเกิดแนวทางในการศึกษาเกี่ยวกับวัสดุป้องกันความร้อนและความชื้นผ่านผนังจากขวดแก้วที่ใช้แล้ว

เพื่อให้เกิดความเหมาะสมและนำไปปรับใช้ได้ตรงความต้องการ จึงได้ทำการศึกษาจากอาคารตัวอย่าง โดยทำการสำรวจภาคสนาม ศึกษาอาคารที่ตั้งอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยเก็บข้อมูลด้านกายภาพจากอาคารตัวอย่าง จำนวน 3 อาคาร คือ 1. วัดปามหาเจดีย์แก้ว จังหวัดศรีสะเกษ 2. วัดลาดเก่า จังหวัดยโสธร 3. แหล่งเรียนรู้การตัดขวดแก้วด้วยมือ จังหวัดสุรินทร์ ดำเนินการบันทึกและวัดค่าอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ด้วยอุปกรณ์สำหรับเก็บข้อมูลเพื่อประมวลผลเพื่อนำมาเปรียบเทียบผลการทดลอง กับวัสดุผนังทดสอบที่สร้างขึ้นมา โดยกล่องที่ใช้มีขนาดพื้นที่บริเวณช่องเปิดด้านหน้าสำหรับการติดตั้งวัสดุทดสอบเท่ากับ $0.60 \times 0.60 \times 0.60$ เมตร ความหนาของกล่อง 0.15 เมตร โดยทำการศึกษามัณฑลทดสอบ 3 ชนิด คือ 1. ทดสอบผนังก่ออิฐบล็อกฉาบปูนเรียบ 2. ทดสอบผนังก่ออิฐบล็อกก่อปิดทับด้านหน้าด้วยขวดแก้ว 3. ผนังก่อด้วยขวดแก้วตัด การทดสอบแบ่งออกเป็น 2 ส่วน โดยในส่วนที่ 1 เป็นการสำรวจตรวจวัดค่าเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศและความชื้นภายนอก ส่วนที่ 2 เป็นการทดสอบในกล่องทดลองเพื่อควบคุมตัวแปร ทำการวัดค่าอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ทุกๆ 5 นาที ด้วยอุปกรณ์สำหรับเก็บข้อมูล ทำการเก็บผลการทดลองในช่วงฤดูร้อน ระหว่างวันที่ 19-21 กุมภาพันธ์ 2565

* นักศึกษาหลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002 ประเทศไทย

** อาจารย์ประจำหลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002 ประเทศไทย

* Master of Architecture Program in Building technology, Faculty of Architecture, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002, Thailand

** Master of Architecture Program in Building technology, Faculty of Architecture, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002, Thailand

Corresponding author E-mail: therdpong_ch@kkumail.com, choopong7@gmail.com

ผลจากการสำรวจและวัดค่าจากอาคารตัวอย่างพบว่าช่วงเวลากลางคืนผนังก่ออิฐบล็อกก่อปิดทับด้านหน้าด้วยขวดแก้ว จะสามารถช่วยชะลอความร้อนของสภาพอากาศได้ดีเช่นเดียวกับผลจากการทดลองกับกล่องทดลองจากการสำรวจจากอาคารตัวอย่างและการทดลองกับกล่องทดลอง ผนังอาคารขนาดพื้นที่ 1x1 ตร.ม. จะสามารถช่วยลดระยะประเภขวดแก้ว ขนาด 620 มล. ได้จำนวน 100 ขวด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับรูปแบบและระยะห่างในการจัดวางขวดแก้วด้วย ผนังก่ออิฐบล็อกก่อปิดทับด้านหน้าด้วยขวดแก้วจะมีค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างสูงกว่าผนังก่ออิฐฉาบปูนประมาณ 500-600 บาท เหมาะกับการนำไปปรับใช้กับอาคารที่มีการใช้งานในช่วงเวลากลางคืน จะสามารถช่วยชะลอความร้อนของสภาพอากาศได้ดีในช่วงเวลาหนึ่ง โดยที่จะช่วยป้องกันอากาศหนาวเย็นจากภายนอกในช่วงฤดูหนาวหรือช่วงกลางคืนได้ประมาณ 2-4 องศาเซลเซียส

Abstract

This research examines the behavior of heat and moisture transfer through the walls of glass flasks. To be a guideline for reusing glass bottle waste to be applied to the construction of the building wall. This is because reducing the heat transfer through the walls of the building helps to save energy and create comfortable conditions inside the building. Therefore, it shows that the materials used to prevent heat and moisture in the building walls. Play a role in the transfer of heat into the building. Therefore, guidelines for the study of heat and moisture barrier materials from used glass bottles have been developed.

In order to be appropriate and adaptable to meet the needs Therefore, a study was conducted from the sample building. by conducting field surveys Study the building located in the northeastern region. By collecting physical data from 3 sample buildings, namely 1. Wat Pa Maha Chedi Kaew. Sisaket Province 2. Lat Kao Temple, Yasothon Province 3. Learning center for cutting glass bottles by hand Surin The air temperature and relative humidity were recorded and measured with a data acquisition device for processing for comparison of the experimental results. with the test wall material created The box used has the area size of the front opening for the installation of test materials equal to 0.60 x 0.60 x 0.60 meters, the thickness of the box 0.15 meters. Three types of test walls were studied as follows: 1. Test the walls of bricks and blocks with smooth plaster 2. Test the block masonry walls and cover the front with glass bottles. 3. The walls are made of cut glass bottles. The test was divided into 2 parts, the first part was a survey to measure the measurements comparing outdoor air temperature and humidity, and the second part was an experiment in an experimental box to control the variables. Air temperature and relative humidity were measured every 5 minutes with a data acquisition device. The experimental results were collected during the summer. Between 19-21 February 2022

The results of surveys and measurements from the sample buildings showed that at night, the block brick wall was covered with glass bottles. It can help to slow down the severity of the weather as well as the results of the experiment with the test box. from surveys from the sample building and from experiments with experimental boxes The wall of the building with an area of

1x1 sq. m. will be able to reduce the waste of 100 bottles of 620 ml glass bottles, depending on the style and spacing of the glass bottles. Brick block wall covering the front with glass bottles will cost about 500-600 baht higher than the construction cost than plaster block walls. Suitable for adapting to buildings that are used during night time. It can help slow down the severity of the weather for a period of time. This will help prevent cold weather from outside during the winter or at night around 2-4 degrees Celsius.

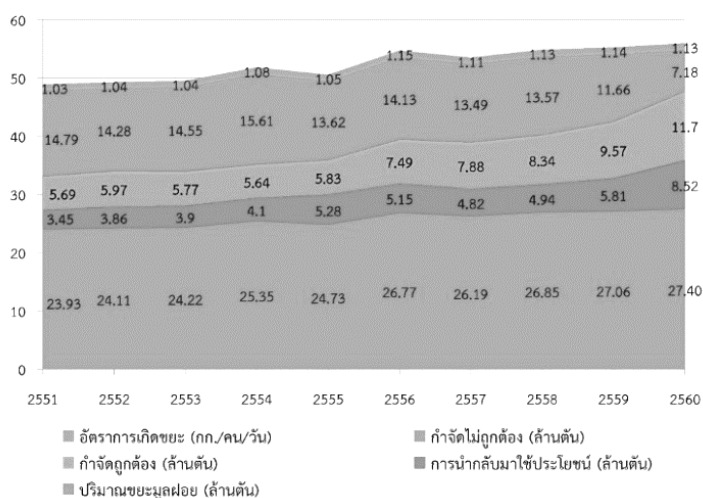
คำสำคัญ: ถ่ายเทความร้อน ความชื้น ขวดแก้ว

Keywords: Heat transfer, Moisture, Glass Bottles

บทนำ

ขยะเป็นปัญหาสำคัญของหลายประเทศรวมถึงประเทศไทยด้วย เนื่องจากปริมาณขยะมีปริมาณเพิ่มขึ้นทุกปีและมีแนวโน้มทวีความรุนแรงมากขึ้น สาเหตุจากการมุ่งเน้นการพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และแนวโน้มการบริโภคของประชากรที่เพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้ ข้อมูลจากกรมควบคุมมลพิษ รายงานว่า มีปริมาณขยะมูลฝอยทั่วประเทศเพิ่มสูงอย่างต่อเนื่องในระยะเวลากว่า 10 ปีที่ผ่านมา ปี 2559 มีขยะมูลฝอย 27.04 ล้านตัน โดยมีอัตราการเกิดขยะมูลฝอย 1.14 กิโลกรัมต่อคนต่อหนึ่งวัน (นิชา บุรณสิงห์, 2560)

กระบวนการของการจัดการขยะมูลฝอยที่ถูกนำไปกำจัดอย่างถูกต้องมีอัตราเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น จึงทำให้เกิดปัญหาขยะตกค้างและขยะที่ไม่สามารถย่อยสลายได้เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง หนึ่งในนั้นคือ ขยะประเภทแก้ว แก้วไม่สามารถย่อยสลายได้แต่สามารถนำกลับไปหลอมใหม่หรือนำกลับมาใช้ใหม่ได้ (Recycle) การนำขวดแก้วที่ใช้แล้วนำกลับมาใช้ใหม่จึงเป็นอีกหนึ่งแนวทางในลดการทิ้งขยะ อีกทั้งยังเป็นการลดพลังงานในการขนส่งหรือการทำลายขยะไปด้วยในตัว



อัตราการเกิดขยะ ปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้น การนำกลับมาใช้ประโยชน์ การกำจัดถูกต้องและไม่ถูกต้อง ปี 2551-2560

ภาพที่ 1 รายการสถานการณ์ขยะมูลฝอยในประเทศไทย ปี 2560 (ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ)

แก้วเป็นวัสดุผิวเรียบ แข็งใส แต่เปราะบางแตกร้าวง่ายแก้วเป็นขยะที่ไม่ย่อยสลายแต่นำไปรีไซเคิลได้ทีนิยมกันได้แก่ขวดแก้วต่างๆ เช่น ขวดน้ำอัดลม ขวดสุรา ขวดเบียร์ ขวดโซดา ขวดน้ำเปล่า ขวดซอส ขวดเครื่องดื่มบำรุงกำลังต่างๆ ขวดยา ฯลฯ การตระหนักถึงความสำคัญของทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่อย่างจำกัด จึงเกิดการนำวัสดุรีไซเคิลที่ไม่ย่อยสลายและหาได้ง่าย เช่น ขวดแก้ว มาปรับและประยุกต์ใช้กับงานทางด้านอาคารหรือที่พักอาศัย

การวิจัยครั้งนี้จึงต้องการศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน ความชื้น ผ่านผนังจากขวดแก้วที่ใช้แล้ว โดยการสำรวจและศึกษาจากอาคารตัวอย่างในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 3 ที่ ได้แก่ วัดป่ามหาเจดีย์แก้ว อ.ขุนหาญ จ.ศรีสะเกษ วัดลาดเก่า อ.ทรายมูล จ.ยโสธร และแหล่งเรียนรู้ การตัดขวดแก้วด้วยมือ อ.สำโรงทาบ จ.สุรินทร์ โดยทำการศึกษาศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน ความชื้น วิธีการก่อสร้างและราคาก่อสร้าง เพื่อเสนอแนะแนวทางในการนำไปใช้กับอาคารทั่วไปได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงสุด

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนและความชื้นจากอาคารตัวอย่าง
2. เพื่อศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนและความชื้นจากกล่องทดลอง
3. เพื่อศึกษาวิธีการก่อสร้างและงบประมาณในการก่อสร้างด้านผนังอาคารจากขวดแก้วที่ใช้แล้ว
4. เพื่อเสนอแนะแนวทางที่เหมาะสมในการนำขวดแก้วที่ใช้แล้ว กลับมาใช้ใหม่ทางด้านผนังอาคารในรูปแบบที่เหมาะสม

ระเบียบวิธีวิจัย

ระเบียบวิธีวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การลงพื้นที่สำรวจอาคารตัวอย่างและการสร้างผนังทดสอบ วัดค่าจากกล่องทดลอง ศึกษาด้านพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนและความชื้นจากขวดแก้วที่ใช้แล้ว โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ส่วนที่ 1 การศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลจากอาคารตัวอย่าง ข้อมูลขั้นปฐมภูมิเป็นข้อมูลการตรวจภาคสนาม การสังเกต การบันทึกภาพ การรังวัดวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของอาคารตัวอย่างทั้ง 3 ประเภท ได้แก่ ข้อมูลขั้นทุติยภูมิเป็นข้อมูลที่ได้จากการค้นคว้าเอกสารบทความ หนังสือ และงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับ อุณหภูมิ ความชื้น สภาวะน่าสบาย ของอาคารรวมถึงข้อมูล ที่ตั้งของอาคาร สภาพแวดล้อมทั่วไป ของอาคารตัวอย่างทั้ง 3 อาคาร ได้แก่

1. วัดป่ามหาเจดีย์แก้ว(วัดล้านขวด) อ.ขุนหาญ จ.ศรีสะเกษ
2. วัดลาดเก่า(วัดล้านขวด) อ.ทรายมูล จ.ยโสธร
3. แหล่งเรียนรู้ การตัดขวดแก้วด้วยมือ อ.สำโรงทาบ จ.สุรินทร์

กำหนดช่วงเวลาของฤดูร้อนคือวันที่ 14-17 มี.ค. 2563 และช่วงฤดูหนาวคือวันที่ 19-22 ธ.ค. 2563 โดยทั้งสองช่วงเวลานั้นนับเป็นตัวแทนของฤดูร้อนและฤดูหนาวในการเก็บข้อมูล เก็บข้อมูลด้านกายภาพ ได้แก่ ขนาดภายนอกอาคาร ขนาดภายในอาคาร ตำแหน่งหน้าต่างช่องเปิด บริบทโดยรอบอาคาร โดยกำหนดจุดบันทึกค่าอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ทั้งภายในและภายนอกอาคารตัวอย่างทั้ง 3 อาคาร ตามช่วงเวลาเดียวกัน บันทึกค่าทุกๆ 5 นาที เป็นระยะเวลา 36 ชั่วโมง



(ဂ)



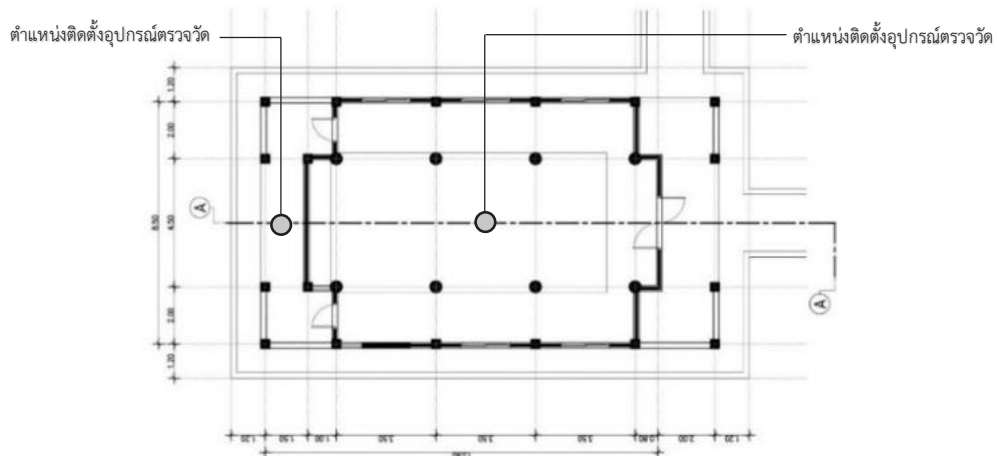
(၂)

ภาพที่ 2 อุปกรณ์ในการลงพื้นที่สำรวจ (ก) อุปกรณ์วัดระยะเลเซอร์ และ (ข) เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้น

1. วัดป่ามหาเจติย์แก้ว (วัดล้านขวด) อ.ขุนหาญ จ.ศรีสะเกษ

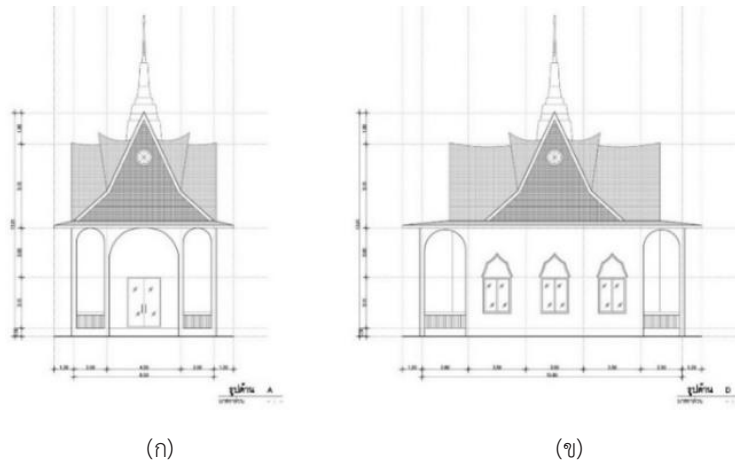


ภาพที่ 3 แปลนอาคารตัวอย่างที่ 1



ภาพที่ 4 แปลนอาคารตัวอย่างที่ 1

พฤติกรรมกรรณการถ่ายเทความร้อนและความชื้นผ่านผนังจากขวดแก้ว
เทอดพงษ์ ไชยณรงค์ และ ชูพงษ์ ทองคำสมุทร

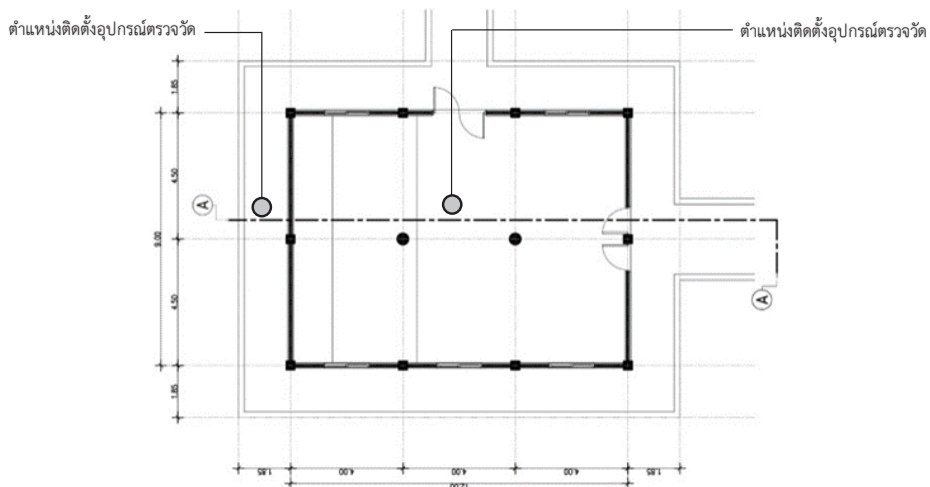


ภาพที่ 5 (ก) แปลนอาคารตัวอย่างที่ 1 วัดป่ามหาเจดีย์แก้ว (ข) รูปด้านอาคารตัวอย่างที่ 1 วัดป่ามหาเจดีย์แก้ว

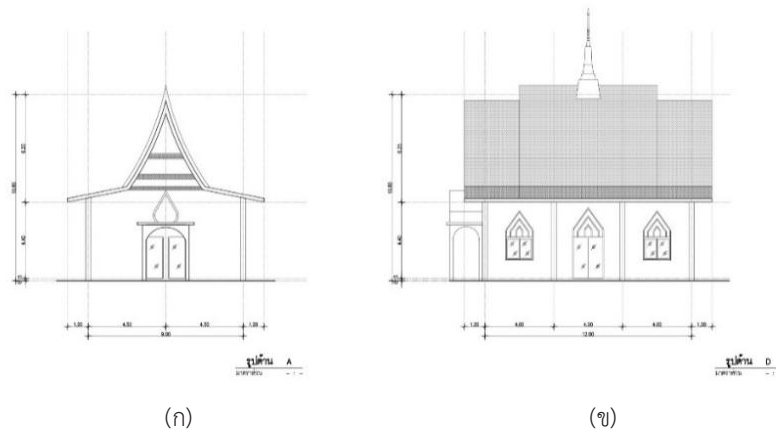
2. วัดลาดเก่า (วัดล้านขวด) อ.ทรายมูล จ.ยโสธร



ภาพที่ 6 แปลนอาคารตัวอย่างที่ 2



ภาพที่ 7 แปลนอาคารตัวอย่างที่ 2

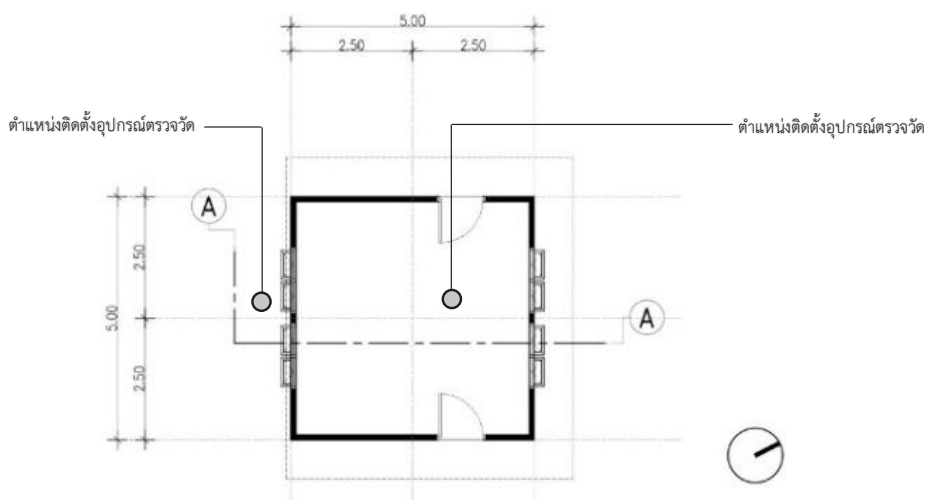


ภาพที่ 8 (ก) แปลนอาคารตัวอย่างที่ 2 วัดลาดเก่า (ข) รูปด้านอาคารตัวอย่างที่ 2 วัดลาดเก่า

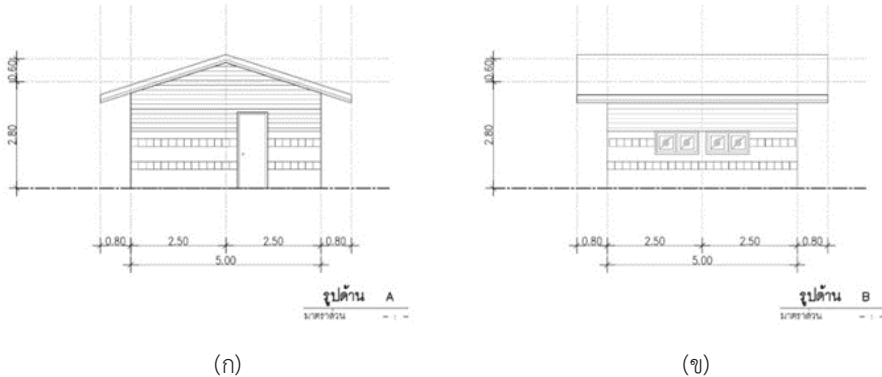
3. แหล่งเรียนรู้ การตัดขวดแก้วด้วยมือ อ.สำโรงทาบ จ.สุรินทร์



ภาพที่ 9 แปลนอาคารตัวอย่างที่ 3

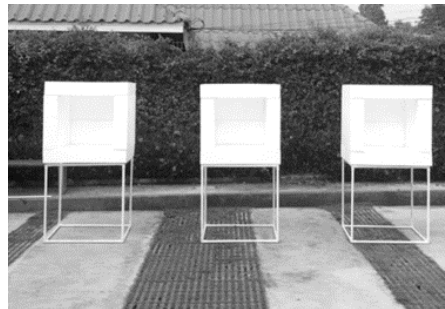
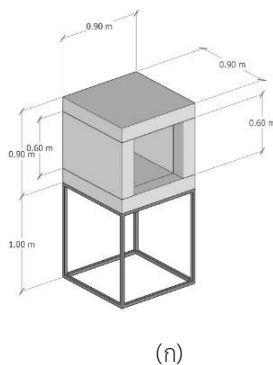


ภาพที่ 10 แปลนอาคารตัวอย่างที่ 3



ภาพที่ 11 (ก) แปลนอาคารตัวอย่างที่ 3 (ข) รูปด้านอาคารตัวอย่างที่ 3 แหล่งเรียนรู้ การตัดขวดแก้วด้วยมือ จ.สุรินทร์

ส่วนที่ 2 การทดลองการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังอาคาร ใช้กล่องทดสอบด้านความร้อนมีคุณสมบัติเป็นฉนวนที่ดี เพื่อลดผลกระทบจากปริมาณความร้อนที่เข้าสู่กล่องทดสอบ จึงเลือกใช้กล่องทดลองที่ทำจากโฟมโพลีสไตรีนที่มีคุณสมบัติการนำความร้อนต่ำและป้องกันความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายใน และยังทนต่อความชื้นและการซึมผ่านของน้ำได้เป็นอย่างดี (สินีรัตน์ ภัทรธรรมกุล, 2537) โดยกล่องทดลองนั้นมีขนาด $0.90 \times 0.90 \times 0.90$ เมตร ความหนาของกล่อง 0.15 เมตร โดยมีพื้นที่บริเวณช่องเปิดด้านหน้าสำหรับการติดตั้งวัสดุทดสอบเท่ากับ $0.60 \times 0.60 \times 0.60$ เมตร (อุทัย, 2543)



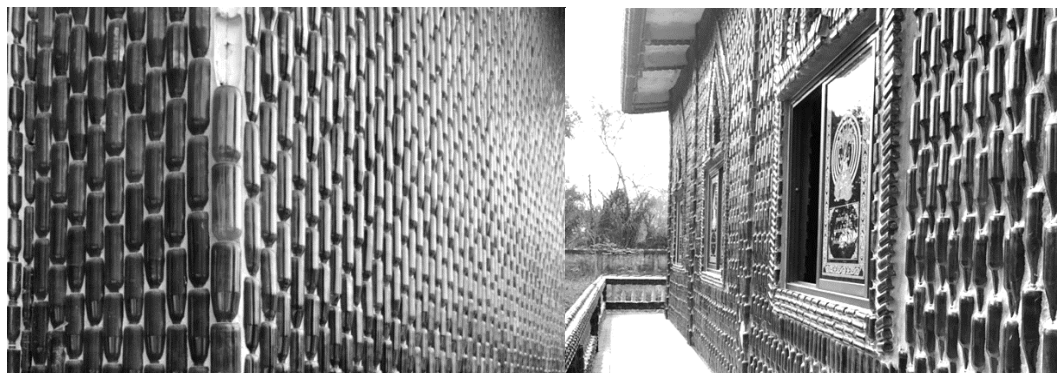
ภาพที่ 12 (ก) กล่องทดลองขนาด $0.90 \times 0.90 \times 0.90$ เมตร (ข) เตรียมกล่องทดลอง 3 กล่องสำหรับสร้างผนังทดลอง

ผลการศึกษารูปแบบของผนังจากอาคารตัวอย่าง

1. รูปแบบผนังแบบที่ 1

วิธีการก่อสร้างของอาคารตัวอย่าง หลังที่ 1 วัดป่ามหาเจดีย์แก้ว (วัดล้านขวด) จ.ศรีสะเกษ และรูปแบบวิธีการก่อสร้างของอาคารตัวอย่าง หลังที่ 2 วัดลาดเก่า (วัดล้านขวด) จ.ยโสธร มีลักษณะที่คล้ายกัน คือการใช้ผนังก่ออิฐ

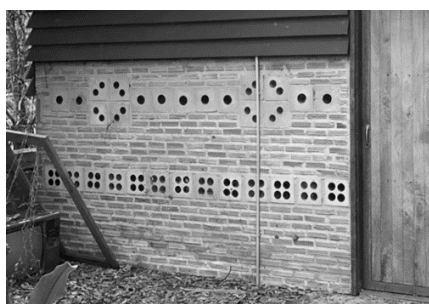
บล็อก ขนาด $19 \times 39 \times 7$ ซม. โดยใช้การก่ออิฐบล็อกเป็นผนังหลักใช้คอนกรีตฉาบผิวให้มีความหนาประมาณ 3-5 ซม. ใช้ปูนซีเมนต์เป็นตัวยึดติดระหว่างขวดแก้วกับผนังบล็อกคอนกรีต ขวดที่ใช้เป็นฉนวนภายนอกและภายในคือขวดแก้วที่มีขนาดบรรจุ 620 มล. ใช้การเรียงต่อขวดโดยใช้ด้านปากขวดคว่ำลงเรียงสลับกันตามแนวตั้งของขวดแก้ว โดยพื้นที่ 1 ตารางเมตร จะใช้ขวดรวมทั้งสิ้น 100 ขวดต่อผนัง 1 ด้าน



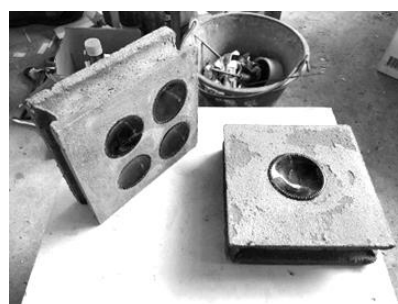
ภาพที่ 13 การเรียงต่อขวดโดยใช้ด้านปากขวดคว่ำลงเรียงสลับพื้นปลา

2. รูปแบบผนังแบบที่ 2

อาคารตัวอย่าง หลังที่ 3 แหล่งเรียนรู้ การตัดขวดแก้วด้วยมือ จ.สุรินทร์ วิธีการก่อสร้างใช้การทำเป็นบล็อกคอนกรีตมีขนาด $20 \times 20 \times 7$ ซม. เพื่อนำมาใช้ก่อเป็นผนัง ในแต่ละบล็อกจะมีการใช้ขวดแก้วตัด ให้มีความหนา 7 ซม. วัดจากกันขวดขึ้นมาเท่ากับความหนาของบล็อก ใช้ขวดแก้วตัดจำนวน 4 ขวด ต่อ 1 บล็อก พื้นที่ 1 ตารางเมตร จะใช้บล็อกจำนวน 25 บล็อกและจะใช้ขวดแก้วตัด ทั้งสิ้นจำนวน 100 ขวด



(ก)



(ข)

ภาพที่ 14 (ก) ผนังบล็อกขวดแก้วจากอาคารตัวอย่าง (ข) บล็อกขวดแก้วขนาด $20 \times 20 \times 7$ ซม.

ผลการศึกษาวัสดุและรูปแบบที่ใช้ในการก่อสร้างจากอาคารตัวอย่าง

ศึกษารูปแบบและวัสดุในการก่อสร้างอาคารรวมถึงเทคนิคและประมาณราคาทางด้านการก่อสร้าง เพื่อนำมาศึกษาวิเคราะห์ถึงวิธีการจำลองใช้กับกล่องทดลองเพื่อเปรียบเทียบค่าที่วัดได้จากอาคารตัวอย่างและค่าที่ได้จากกล่องทดลอง

ตารางที่ 1 ประมาณราคาก่อสร้างจากอาคารตัวอย่างที่ 1 และอาคารตัวอย่างที่ 2 ต่อพื้นที่ผนัง 1 ตารางเมตร

รายการ	จำนวน	หน่วย	วัสดุ/หน่วย	รวมราคาวัสดุ	ค่าแรง	รวมเงิน
อิฐบล็อก	12	ก้อน	6	72	80	152
ปูนก่อฉาบ 2 ฝั่ง	1	ตร.ม.	-	190	80	270
ขวดแก้วเปล่า	100	ขวด	2	200	500	700
รวม				462	660	1,122

ตารางที่ 2 ประมาณราคาก่อสร้างจากอาคารตัวอย่างที่ 3 ต่อพื้นที่ผนัง 1 ตารางเมตร

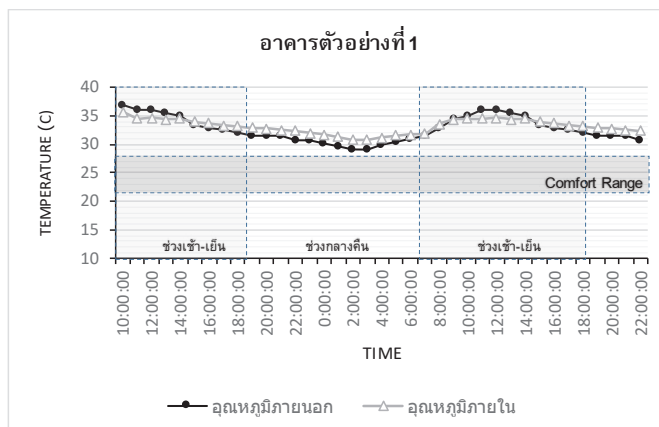
รายการ	จำนวน	หน่วย	วัสดุ/หน่วย	รวมราคาวัสดุ	ค่าแรง	รวมเงิน
ปูน + ทราาย	250	เหมา	-	250	400	650
ขวดแก้วเปล่า	100	ขวด	2	200	-	200
ค่าตัดขวดแก้ว	100	ขวด	5	-	500	500
รวม				450	900	1,350

ที่มา: บัญชีราคามาตรฐานสิ่งก่อสร้าง ปี พ.ศ. 2561 และบัญชีราคาวัสดุก่อสร้าง กระทรวงพาณิชย์

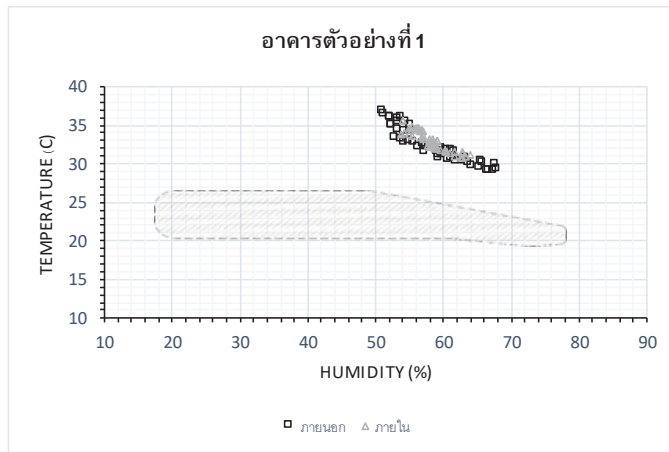
เปรียบเทียบราคาก่อสร้างจากอาคารตัวอย่าง เนื่องจากอาคารที่ 1 วัดป่ามหาเจดีย์แก้ว จ.ศรีสะเกษ กับอาคารตัวอย่างที่ 2 วัดลาดเก่า จ.ยโสธร ใช้วิธีการก่อสร้างในรูปแบบเดียวกัน คือการใช้ขวดแก้วที่ใช้แล้ว ขนาด 620 โดยใช้ขวดแก้วไปทั้งสิ้น 100 ขวด ราคาก่อสร้าง 1,122 บาท โดยประมาณ ต่อพื้นที่ผนัง 1 ตารางเมตร อาคารตัวอย่างที่ 3 แหล่งเรียนรู้การตัดขวดแก้วด้วยมือ จ.สุรินทร์ ใช้การทำผนังจากขวดแก้วที่ตัดแล้วนำมาใช้เป็นบล็อกมีความหนาของผนัง 7 ซม. ราคาก่อสร้าง 1,350 บาท โดยประมาณ ต่อพื้นที่ผนัง 1 ตารางเมตร โดยใช้ขวดแก้วไปทั้งสิ้น 100 ขวด

ผลการศึกษาจากอาคารตัวอย่าง ช่วงฤดูร้อน

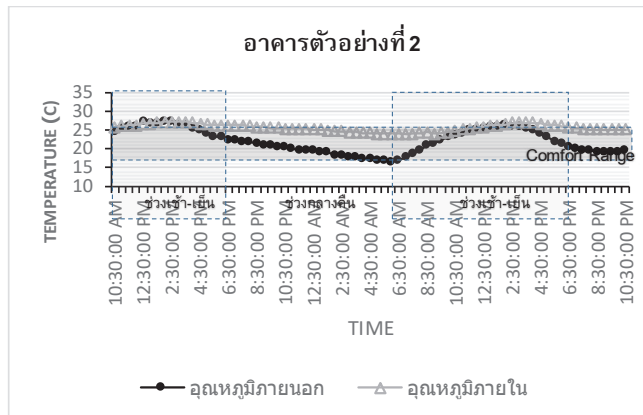
จากการเก็บข้อมูลเบื้องต้นด้านอุณหภูมิในช่วงฤดูร้อน เริ่มตั้งแต่วันที่ 14 มี.ค. 2563 ถึงเวลา 10:00 น. วันที่ 17 มี.ค. 2563 จึงได้นำผลการศึกษามาสรุปเกี่ยวกับอุณหภูมิและความชื้นของอากาศของอาคารตัวอย่างทั้ง 3 อาคาร ตามพื้นที่ใช้งานได้ติดตั้งเครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้น USB Data logger ไว้โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้



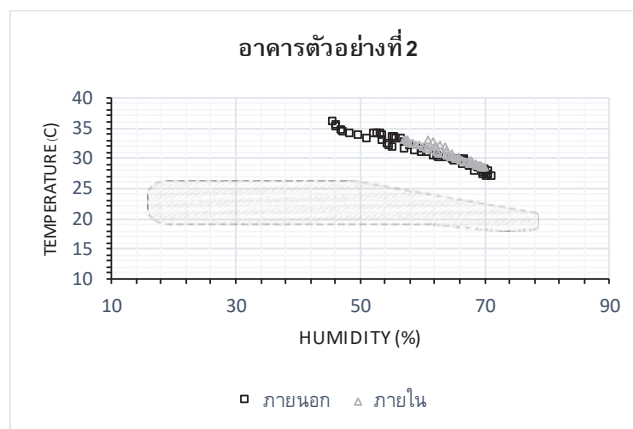
ภาพที่ 15 แสดงค่าอุณหภูมิอากาศในช่วงฤดูร้อน อาคารตัวอย่างที่ 1 วัดป่ามหาเจดีย์แก้ว



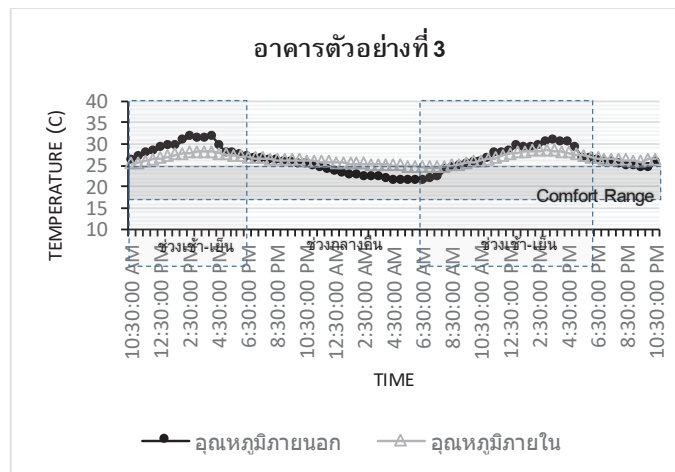
ภาพที่ 16 แสดงสถานะน่าสบายในช่วงฤดูร้อน อาคารตัวอย่างที่ 1 วัดป่ามหาเจดีย์แก้ว



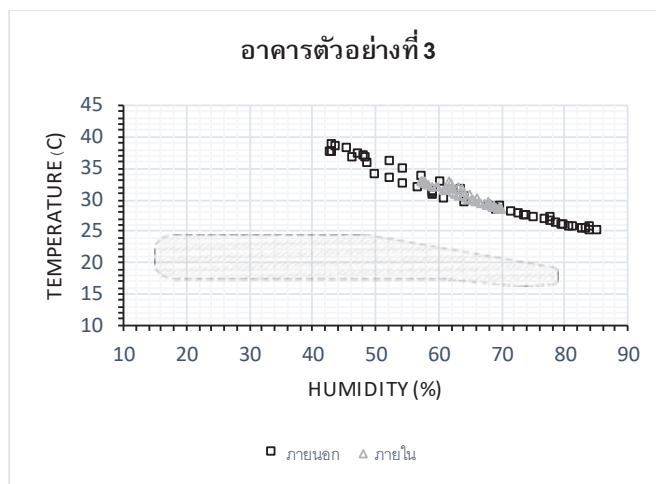
ภาพที่ 17 แสดงค่าอุณหภูมิอากาศในช่วงฤดูร้อน อาคารตัวอย่างที่ 2 วัดลาดเกล้า



ภาพที่ 18 แสดงสถานะน่าสบายในช่วงฤดูร้อน อาคารตัวอย่างที่ 2 วัดลาดเกล้า



ภาพที่ 19 แสดงค่าอุณหภูมิอากาศในช่วงฤดูร้อน อาคารตัวอย่างที่ 3 แหล่งเรียนรู้ การตัดขวดแก้วด้วยมือ

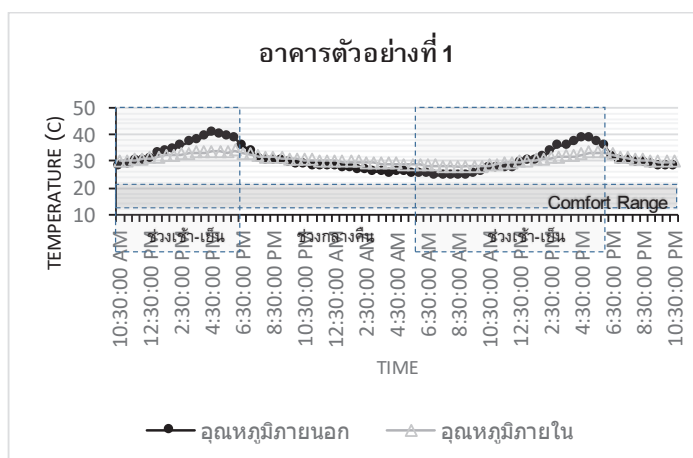


ภาพที่ 20 แสดงสถานะน่าสบายในช่วงฤดูร้อน อาคารตัวอย่างที่ 3 แหล่งเรียนรู้ การตัดขวดแก้วด้วยมือ

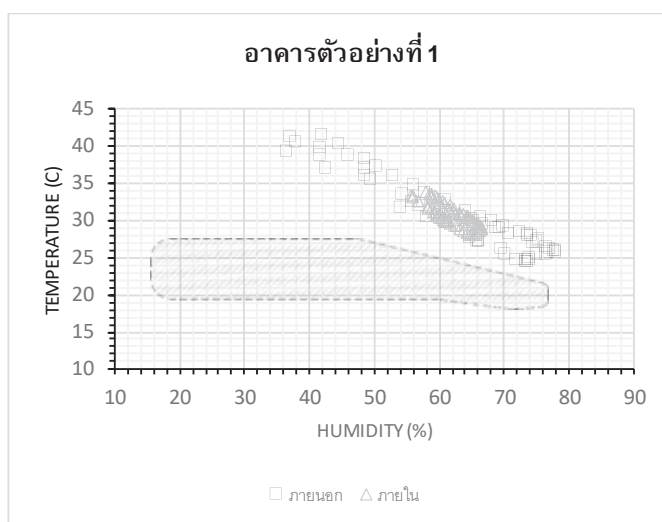
จากการเก็บข้อมูลด้านอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงฤดูร้อน วันที่ 14 มี.ค. 2563 ถึงวันที่ 17 มี.ค. 2563 จากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้พบว่า อาคารตัวอย่างที่ 1 วัดป่ามหาเจดีย์แก้ว จ.ศรีสะเกษ และอาคารตัวอย่างที่ 2 วัดลาดเก่า จ.ยโสธร มีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิภายในที่ใกล้เคียงกัน คือ อุณหภูมิระหว่าง 30.70 องศาเซลเซียส ถึง อุณหภูมิ 32.90 องศาเซลเซียส อาคารตัวอย่างที่ 3 แหล่งเรียนรู้ การตัดขวดแก้วด้วยมือ จ.สุรินทร์ ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิภายในที่ 30.71 องศาเซลเซียส จากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากอาคารตัวอย่างทั้ง 3 อาคาร พบว่าอุณหภูมิภายในอาคารตั้งแต่ช่วงเวลาประมาณ 18.00 น. ไปจนถึงช่วงเวลา 06.00 น. มีอุณหภูมิภายในที่สูงกว่าสภาพอากาศภายนอก ซึ่งมีค่าความต่างระหว่างอุณหภูมิภายนอกและภายในประมาณ 3-5 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่าความต่างระหว่างอุณหภูมิภายนอกและภายในประมาณ 2-4 องศาเซลเซียส

ผลการศึกษาจากอาคารตัวอย่าง ช่วงฤดูหนาว

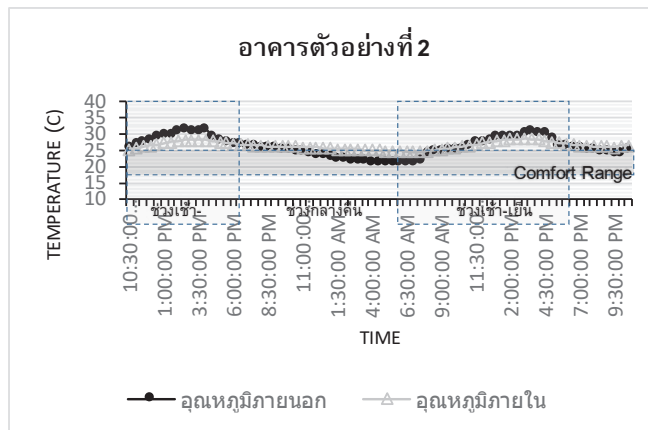
จากการเก็บข้อมูลเบื้องต้นด้านอุณหภูมิในช่วงฤดูหนาว เริ่มตั้งแต่วันที่ 19 ธ.ค. 2563 ถึงเวลา 10:00 น. วันที่ 22 ธ.ค. 2563 จึงได้นำผลการศึกษามาสรุปรเกี่ยวกับอุณหภูมิและความชื้นของอากาศตัวอย่างทั้ง 3 รูปแบบ ตามพื้นที่ใช้งานได้ติดตั้งเครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้น USB Data logger ไว้โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้



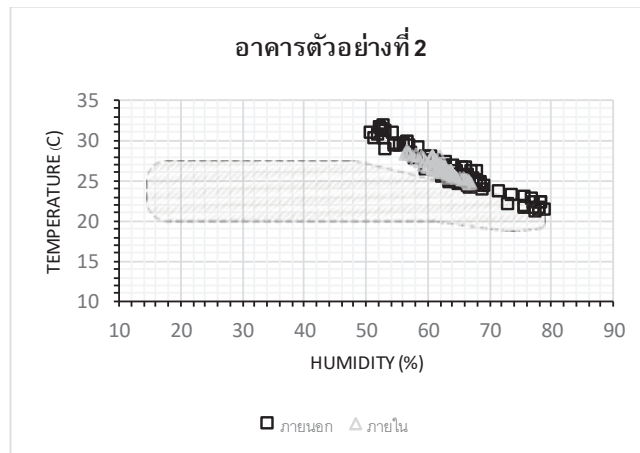
ภาพที่ 21 แสดงค่าอุณหภูมิอากาศในช่วงฤดูหนาว อาคารตัวอย่างที่ 1 วัดป่ามหาเจดีย์แก้ว



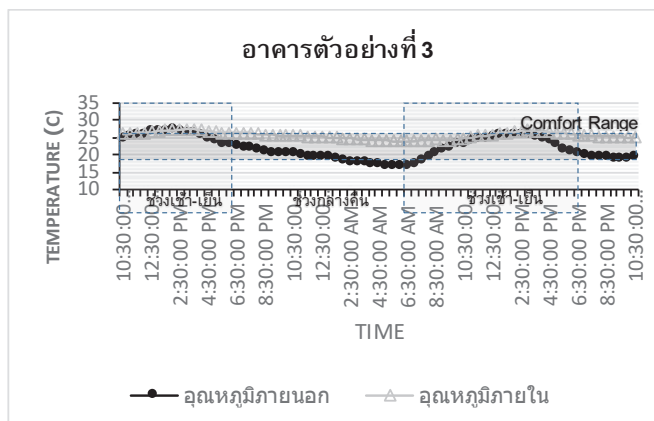
ภาพที่ 22 แสดงสภาวะน่าสบายในช่วงฤดูหนาว อาคารตัวอย่างที่ 1 วัดป่ามหาเจดีย์แก้ว



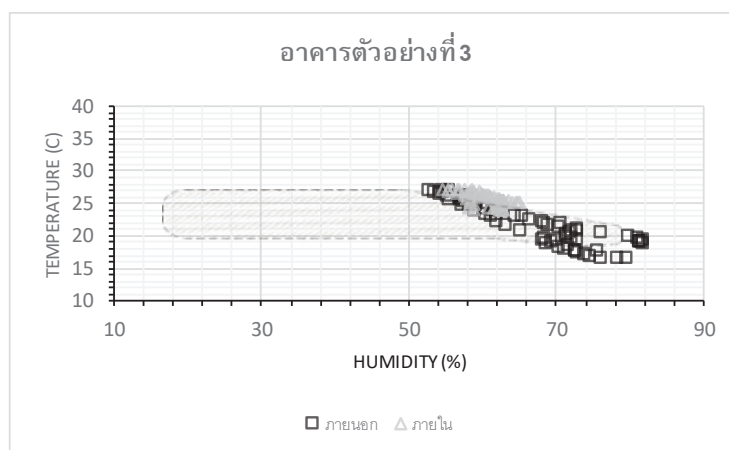
ภาพที่ 23 แสดงค่าอุณหภูมิอากาศในช่วงฤดูหนาว อาคารตัวอย่างที่ 2 วัดลาดแก้ว



ภาพที่ 24 แสดงสภาวะน่าสบายในช่วงฤดูหนาว อาคารตัวอย่างที่ 2 วัดลาดแก้ว



ภาพที่ 25 แสดงค่าอุณหภูมิอากาศในช่วงฤดูหนาว อาคารตัวอย่างที่ 3 แหล่งเรียนรู้ การตัดขวดแก้วด้วยมือ



ภาพที่ 26 แสดงสถานะน่าสบายในช่วงฤดูหนาว อาคารตัวอย่างที่ 3 แหล่งเรียนรู้ การตัดขวดแก้วด้วยมือ

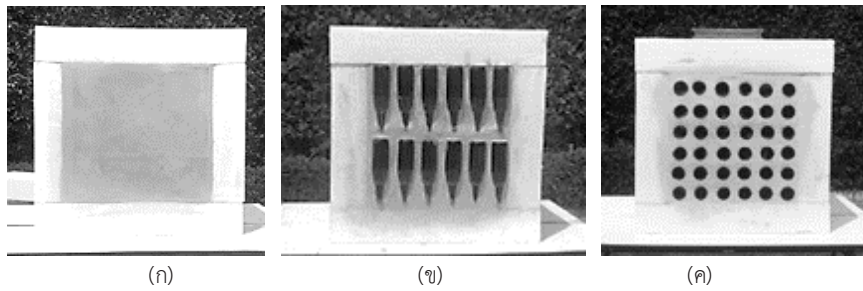
จากการเก็บข้อมูลด้านอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงฤดูร้อน วันที่ 19 ธ.ค. 2563 ถึงวันที่ 22 มี.ค. 2563 จากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้พบว่า อาคารตัวอย่างที่ 1 วัดป่ามหาเจดีย์แก้ว จ.ศรีสะเกษ และอาคารตัวอย่างที่ 2 วัดลาดเก่า จ.ยโสธร มีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิภายในที่ใกล้เคียงกัน คือ อุณหภูมิระหว่าง 30.90 องศาเซลเซียส ถึงอุณหภูมิ 26.59 องศาเซลเซียส อาคารตัวอย่างที่ 3 แหล่งเรียนรู้ การตัดขวดแก้วด้วยมือ จ.สุรินทร์ ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิภายในที่ 25.63 องศาเซลเซียส

ผลจากการสำรวจและวิเคราะห์ข้อมูลอาคารตัวอย่างทั้ง 3 อาคาร พบว่ามีอาคารตัวอย่างที่ 2 และ 3 อยู่ในสภาวะน่าสบาย ในช่วงฤดูหนาว อุณหภูมิภายในอาคารตั้งแต่ช่วงเวลาประมาณ 17.00 น. ไปจนถึงช่วงเวลา 07.00 น. มีอุณหภูมิภายในที่สูงกว่าสภาพอากาศภายนอก ซึ่งมีค่าความต่างระหว่างอุณหภูมิภายนอกและภายในประมาณ 5-8 องศาเซลเซียส เหมาะกับการใช้งานในช่วงเวลากลางคืนที่ต้องการความอบอุ่นและความหนาวเย็นจากภายนอก หลังจากช่วงเวลา 07.00 น. อุณหภูมิภายในจะลดต่ำกว่าอุณหภูมิภายนอก ซึ่งมีค่าความต่างระหว่างอุณหภูมิภายนอกและภายในประมาณ 4-6 องศาเซลเซียส เหมาะกับการใช้งานในช่วงเวลากลางวัน ซึ่งจะช่วยประหยัดพลังงานความร้อนได้ในเวลาหนึ่งหลังจากนั้นอุณหภูมิจะค่อยๆ สูงขึ้น

ผลการทดสอบที่ได้จากกล่องทดลอง

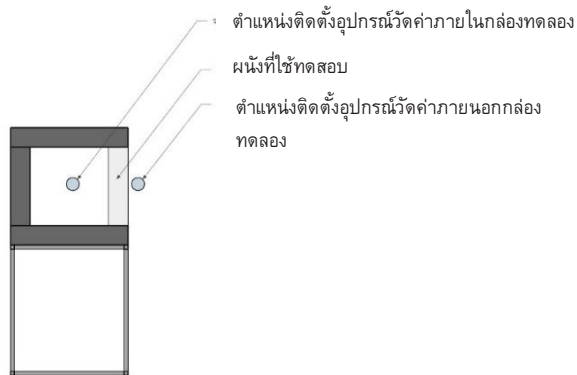
จากการเก็บข้อมูลเบื้องต้นด้านอุณหภูมิในช่วงฤดูร้อน เริ่มตั้งแต่วันที่ 08:00 น. วันที่ 19 ก.พ. 2565 ถึงเวลา 08:00 น. วันที่ 21 ก.พ. 2565 จึงได้นำผลการศึกษามาสรุปเกี่ยวกับอุณหภูมิและความชื้นของผนังทั้ง 3 รูปแบบ โดยใช้เครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้น USB Data logger ทดสอบผนังทดลองทั้ง 3 รูปแบบได้แก่

1. วัสดุผนังก่ออิฐบล็อกจากปูนเรียบ
2. วัสดุผนังก่ออิฐบล็อกปิดทับด้านหน้าด้วยขวดแก้ว
3. ผนังก่อด้วยขวดแก้ว

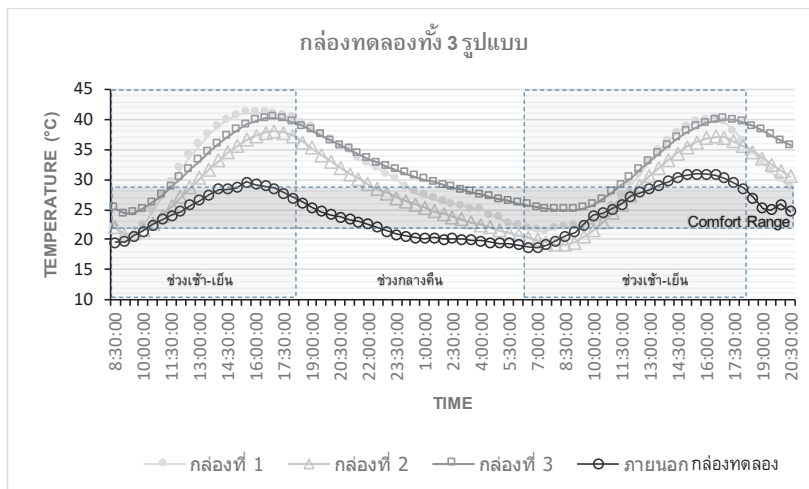


ภาพที่ 27 (ก) ผนังก่ออิฐบล็อกฉาบปูนเรียบ (ข) ผนังก่ออิฐบล็อกปิดทับด้านหน้าด้วยขวดแก้ว (ค) ผนังก่อด้วยขวดแก้ว

วัดค่าอุณหภูมิอากาศภายในกล่องเพื่อทดสอบถึงอุณหภูมิอากาศในกล่องทดลองซึ่งได้รับอิทธิพลจากการแผ่รังสีของวัสดุภายในกล่อง พิจารณาถึงค่าความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศ ความชื้นภายในกล่อง สูงสุดและต่ำสุดเทียบกับอุณหภูมิอากาศ ความชื้นภายนอกที่สามารถป้องกันอิทธิพลจากสภาพแวดล้อมภายนอกได้แตกต่างกันอย่างไร



ภาพที่ 28 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์วัดค่าอุณหภูมิและความชื้นภายในและภายนอกกล่องทดลอง



ภาพที่ 29 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศทั้ง 3 กล่องทดลอง

ในงานวิจัยนี้แบ่งผนังทดสอบออกเป็น 2 ชนิด เพื่อนำมาวิเคราะห์พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนและความชื้นกับผนังก่ออิฐบล็อกฉาบเรียบที่นิยมใช้ทั่วไป ว่ามีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใด วัสดุผนังที่ใช้ทดสอบ ได้แก่

1. วัสดุผนังก่ออิฐบล็อกปิดทับด้านหน้าด้วยขวดแก้ว

ทดสอบผนังก่ออิฐบล็อกก่อปิดทับด้านหน้าด้วยขวดแก้วมีอุณหภูมิสูงที่สุดในช่วงเวลา 16.30 น. และจะค่อยๆ ลดต่ำลงจนถึงช่วงเวลา 8.30 น. จึงจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นอีกครั้ง สามารถวิเคราะห์ได้ว่า เมื่อผนังได้รับความร้อนในตอนเช้า เป็นผลทำให้ผิวผนังภายนอกได้รับความร้อนเพิ่มขึ้น และมีการสะสมความร้อน เป็นผลทำให้มีอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก แต่ในช่วงเย็นเมื่ออุณหภูมิลดลงวัสดุคายความร้อนที่ถูกสะสมอยู่ออกมา เป็นผลทำให้อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบลดลงไปเช่นกันแต่จะค่อยๆ ลดลงอย่างช้าๆ จนถึงช่วงเวลาเช้าที่อุณหภูมิภายนอกกล่องทดสอบสูงขึ้นเช่นกัน

2. ผนังก่อด้วยขวดแก้ว

ทดสอบผนังก่อด้วยขวดแก้วมีอุณหภูมิสูงที่สุดในช่วงเวลา 17.00 น. และจะค่อยๆ ลดต่ำลงจนถึงช่วงเวลา 8.30 น. จึงจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นอีกครั้ง อุณหภูมิเฉลี่ยภายในกล่องทดลอง 29.20 องศาเซลเซียส สามารถวิเคราะห์ได้ว่า เมื่อผนังได้รับความร้อนในตอนเช้า เป็นผลทำให้ผิวผนังภายนอกได้รับความร้อนเพิ่มขึ้น และมีการสะสมความร้อน เป็นผลทำให้มีอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอก แต่ในช่วงเย็นเมื่ออุณหภูมิลดลงวัสดุคายความร้อนที่ถูกสะสมอยู่ออกมา เป็นผลทำให้อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดสอบลดลงไปเช่นกันแต่จะค่อยๆ ลดลงอย่างช้าๆ จนถึงช่วงเวลาเช้าที่อุณหภูมิภายนอกกล่องทดลองสูงขึ้นเช่นกัน แต่อุณหภูมิเฉลี่ยของผนังก่อด้วยขวดแก้วจะสูงกว่าผนังก่ออิฐบล็อกก่อปิดทับด้านหน้าด้วยขวด ประมาณ 1-2 องศาเซลเซียส

จากการทดลองในกล่องทดลองเป็นระบบปิดทำให้การวัดค่าความชื้นด้านในกล่อง แตกต่างจากสภาวะอากาศของกรณีศึกษาที่มีการถ่ายเทความชื้นได้จากการรั่วซึมผ่านช่องว่างผนัง ดังนั้นจึงวิเคราะห์ผลและเปรียบเทียบด้านอุณหภูมิอากาศเท่านั้น สรุปได้ว่ามีการหน่วงความร้อนจากเดิมประมาณ 5 ชั่วโมง เพิ่มมาเป็น 6 ชั่วโมง ทำให้สามารถใช้ประโยชน์จากการหน่วงความร้อนนี้ได้ โดยการนำไปใช้ในพื้นที่ที่มีความรุนแรงสภาพอากาศในช่วงวันสูง (Diurnal Swing) หรือใช้สำหรับอาคารที่มีการใช้งานช่วงกลางวันเป็นหลัก

สรุปผลการศึกษา

ผลสรุปจากการวิเคราะห์พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนและความชื้น จากการวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลที่ได้จากการสำรวจอาคารตัวอย่างและผลที่ได้จากกล่องทดลองแล้วนั้น ผนังอาคารที่ปิดผิวด้วยขวดแก้วเหมาะแก่การนำไปใช้กับอาคารที่มีการใช้งาน ในช่วงเวลากลางคืนเป็นส่วนใหญ่ เพราะมีประสิทธิภาพในการลดและป้องกันความรุนแรงจากสภาพอากาศภายนอกอาคารได้เป็นอย่างดีในช่วงเวลากลางคืนและช่วงฤดูหนาว ที่ภายนอกอาคารมีอุณหภูมิต่ำ เนื่องจากขวดแก้วที่หน่วงเหนี่ยวความร้อนไว้ในช่วงเวลาหนึ่งและจะแผ่เข้าไปยังภายในอาคารในช่วงเวลากลางคืนทำให้ภายในมีอุณหภูมิที่สูงกว่าภายนอก โดยในฤดูร้อนจะมีอุณหภูมิเฉลี่ยต่างกันอยู่ที่ 2-4 องศาเซลเซียส ในช่วงฤดูหนาวจะมีอุณหภูมิเฉลี่ยต่างกันอยู่ที่ 4-6 องศาเซลเซียส

ประมาณราคาค่าก่อสร้างจากอาคารตัวอย่างที่ 1 วัดป่ามหาเจดีย์แก้ว จ.ศรีสะเกษ กับอาคารตัวอย่างที่ 2 วัดลาดเก่า จ.ยโสธร ใช้วิธีการก่อสร้างในรูปแบบเดียวกัน คือการใช้ขวดแก้วที่ใช้แล้ว ขนาด 620 มิลลิเมตร ก่อปิดทับผนังอิฐบล็อกทั้งภายในและภายนอก ราคาค่าก่อสร้าง 1,122 บาทโดยประมาณ โดยใช้ขวดแก้วไปทั้งสิ้น 100 ขวด ต่อพื้นที่ผนัง 1 ตารางเมตร อาคารตัวอย่างที่ 3 แหล่งเรียนรู้การตัดขวดแก้วด้วยมือ จ.สุรินทร์ ใช้การทำผนังจากขวด

แก้วที่ตัดขวดแล้ว นำมาใช้เป็นบล็อกมีความหนาของผนัง 7 เซนติเมตร ราคาค่าก่อสร้าง 1,350 บาท โดยประมาณ โดยใช้ขวดแก้วไปทั้งสิ้น 100 ขวดต่อพื้นที่ผนัง 1 ตารางเมตร โดยจะมีค่าใช้จ่ายที่สูงกว่าผนังทั่วไป 1-2 เท่า เนื่องจากจะมีขั้นตอนในการตัดขวดแก้วและการติดขวดแก้วเข้าไปที่ผนังซึ่งต้องใช้เวลาในการทำ จึงมีค่าใช้จ่ายที่เพิ่มเติมในส่วนนี้

การนำไปปรับใช้กับอาคารทั่วไปเหมาะที่จะนำไปใช้งานในส่วนพื้นที่ที่ความอบอุ่นในช่วงเวลากลางคืนหรือพื้นที่ที่ต้องการแสงสว่างจากภายนอกแต่ไม่ต้องการลมโดยการใส่ขวดแก้วตัดเป็นช่องแสง นำไปใช้งานในส่วนระเบียง รั้ว ทิศทางที่เหมาะสมกับการนำไปใช้งาน คือทิศใต้และทิศตะวันตกเนื่องจากได้รับผลกระทบจากความร้อนจากดวงอาทิตย์ตลอดทั้งปี

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะกรรมการสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่อนุเคราะห์ ให้การสนับสนุน และอำนวยความสะดวกเครื่องมือในการสำรวจภาคสนาม เจ้าของาสวดป่ามหาเจดีย์แก้ว เจ้าของาสวดลาดเก่าและขอขอบคุณลุงปิ่น แผล่งเรียนรู้ การตัดขวดแก้วด้วยมือ ที่เสียสละเวลาในการให้คำแนะนำขั้นตอนการตัดขวดแก้วและการก่อสร้างผนังจากขวดแก้วในศึกษางานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. (2563). รายงานสถานการณ์ขยะมูลฝอยชุมชนของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2563. ค้นเมื่อ

17 มีนาคม 2564, จาก <https://www.pcd.go.th/publication/14100>

กรมอุตุนิยมวิทยา. (2563). ภูมิอากาศของประเทศไทย. ค้นเมื่อ 17 มีนาคม 2564, จาก <https://www3.tmd.go.th/info>

กิจชัย จิตขจรวานิช. (2547). สภาพาสบายและการปรับตัวเพื่อยู่แบบสบายของคนในท้องถิ่น. นครปฐม:

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ระบบศูนย์ภูมิอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา. (ม.ป.ป.). ลักษณะภูมิอากาศของจังหวัดนครราชสีมา สถิติข้อมูล

พ.ศ. 2524-2553. ค้นเมื่อ 17 มีนาคม 2564, จาก <http://climate.tmd.go.th/map/thailand>

สมสิทธิ์ นิตยะ. (2541). การออกแบบอาคารสำหรับภูมิอากาศเขตร้อนชื้น. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สินีรัตน์ ภัทรธรรมกุล. (2537). ผลของมวลสารและสีของผนังต่อพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร.

วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อุทัย ศุภิสกุลวงศ์. (2543). การศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังวัสดุก่อของอาคารพักอาศัยในเขตร้อน

ชื้น. วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วีระยุทธ พันธุ์ศรี. (2556). อิทธิพลของมวลสารและองค์หลังคาต่อพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อน. รายงานการ

ศึกษาอิสระ ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

- จุไรพร ตุ่มพสุพรรณ. (2540). พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุผนังหลังคาบ้านพักอาศัยในเขตร้อนชื้น. วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์. อมลวรรณ แสนนวล. (2560). การทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้านการป้องกันความร้อนผ่านผนังอาคาร กรณีศึกษาวัสดุไม้ประกอบพลาสติกปิดผิวผนังแบบไม่ใช่โครงเคร่า. วิทยานิพนธ์ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- สำรวย ภูบาล และปรีดา จันทวงศ์. (2554). การศึกษาอิทธิพลของผนัง Trombe ที่มีผลต่อสภาวะอากาศภายในบ้านจำลองภายใต้สภาวะอากาศแบบร้อนชื้นของประเทศไทย. วารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบัง ปี ที่ 20 ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม-มิถุนายน 2554
- Auliciems, A. (1981). Towards a Psycho-Physiological Model of Thermal Perception. *International Journal of Biometeorology*, 25, 109-12.
- Humphreys, & Nicol, J.F. (1998). Understanding the adaptive approach to thermal comfort. *ASHRAE Transactions*, 104(1), 991-1004.
- Jitkhajornwanick, K., Pitts, A. C., Malama, A., & Sharples, S. (1998). Thermal Comfort in Transitional Spaces in the Cold Season of Bangkok. *ASHRAE Transactions*, 104(1), 1181-1193.
- Kwong, J. Q. & Adam, M. N. (2011). Perception of Thermal Comfort in the Enclosed Transitional Space of Tropical Buildings. *Indoor and Built Environment*, 20(5), 524-533.

