

การลดการถ่ายเทความร้อนผ่านฝ้าเพดานด้วยระบบระบายอากาศ เซลล์แสงอาทิตย์

จิระศักดิ์ พุกคำ^{1*}, สมชาย ทิพย์อ้าย², ดิณณภพ แพงผม³

¹สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรอาคาร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

²สถาปัตยกรรมและการออกแบบชุมชนเมือง คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

³วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนรัตนโกสินทร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

Email : Jirasak.puk@rmutr.ac.th^{1*}

Received: May 28, 2020

Revised: June 23, 2020

Accepted: June 24, 2020

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการลดความร้อนและการพาความร้อนผ่านฝ้าเพดานที่มีการระบายอากาศซึ่งใช้ระบบระบายอากาศเซลล์แสงอาทิตย์ มุมหลังคาที่ใช้ในการทดสอบคือ 30° โดยขนาดของตัวห้อง กว้าง 1 m ยาว 1 m สูง 1 m ผลการศึกษาพบว่าอุณหภูมิสูงห้องใต้หลังคามีค่า 47-48°C อุณหภูมิผิวเพดานด้านบนบ้านอ้างอิงมีค่าสูงสุด 44.5°C ซึ่งสูงกว่าบ้านทดสอบ 3.2°C ผิวเพดานด้านล่างของบ้านทดสอบมีค่าอุณหภูมิสูงสุด 41.5°C ค่าอุณหภูมิแตกต่างสูงสุดที่ผิวเพดานด้านล่างมีค่า 4.3°C จากการถ่ายเทความร้อนผ่านเพดาน บ้านที่ติดตั้งด้วยระบบระบายอากาศด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ แสดงค่าอุณหภูมิที่ต่ำกว่า โดยความแตกต่างของอุณหภูมิห้องสูงสุดของบ้านทั้งสองคือ 4.2°C จำนวนอากาศเปลี่ยนแปลง (ACH) คือ 127-132 m³/hr ค่าการพาความร้อนของบ้านที่ติดตั้งระบบระบายจะมีค่าต่ำกว่าบ้านอ้างอิงเฉลี่ยตลอดทั้งวัน 190 W/m².K และเปอร์เซ็นต์การลดการถ่ายเทความร้อนผ่านฝ้าเพดานเฉลี่ยทั้งวันมีค่า 30-34 % ผลจากการติดตั้งระบบระบายอากาศเซลล์แสงอาทิตย์สามารถลดปริมาณความร้อนสะสมภายในห้องทดสอบ

คำสำคัญ : ระบบระบายอากาศเซลล์แสงอาทิตย์, การถ่ายเทความร้อน, การพาความร้อน

Heat gain reduction through ceiling by PV ventilation system

Jirasak Pukdum^{1*}, Somchai Thiye², Tinnapob Phengpom³

¹Department of Facility Management, Faculty of Architecture and Design Rajamangala University of Technology Rattanakosin, Salaya, Puthamonthon, Nakhonpathom, Thailand

²Department of Architecture Urban Design, Faculty of Architecture and Design Rajamangala University of Technology Rattanakosin, Salaya, Puthamonthon, Nakhonpathom, Thailand

³Rattanakosin College for Sustainable Energy and Environment (RCSEE), Rajamangala University of Technology Rattanakosin, Salaya, Puthamonthon, Nakhonpathom, Thailand

Email : Jirasak.puk@rmutr.ac.th^{1*}

Received: May 28, 2020

Revised: June 23, 2020

Accepted: June 24, 2020

Abstract

The objective of this research is to study heat gain reduction and convective heat transfer through the ceiling by PV ventilation system. The roof of the test house is an angle of 30 degrees. The dimension of the room as (W:1xL:1 xH:1 m). The results indicated that the attic temperature is 47-48°C. The upper ceiling surface temperature of reference house is 44.5°C, which is higher than the test house 3.2°C. The bottom ceiling surface of the test house has a maximum temperature of 41.5°C. The maximum temperature difference at the bottom ceiling surface is 4.3°C. From heat transfer through the ceiling, the house was equipped with a PV ventilation system shown lower temperature values. The highest room temperature difference of both houses is 4.2 °C. The number of air changes (ACH) is 127-132 m³/hr. The convective heat transfer of the house with PV ventilation system is lower than the reference house throughout the day about 190 W/m². K. The average percentage of heat gain reduction through the ceiling during the day is 30-34%. The result of installing a PV ventilation system can reduce the amount of heat accumulated in the house.

Keywords : PV ventilation system, Heat transfer, The convective heat transfer

บทนำ

ด้วยอิทธิพลจากค่ารังสีอาทิตย์จะแผ่เข้ามาสู่ตัวอาคารหรือที่พักอาศัย หลังคาจึงเป็นส่วนหนึ่งที่มีสัมผัสกับแสงแดดมากที่สุด [1] ความร้อนส่วนนี้จะถูกถ่ายเทเข้ามาสู่บริเวณห้องใต้หลังคา และไปยังบรรยากาศของห้อง ด้วยวิธีการนำ การพา และการแผ่รังสี เหตุนี้จึงนำไปสู่การใช้วัสดุผนังหลังคาเพื่อลดการแผ่รังสีอาทิตย์เข้าสู่ตัวบ้าน การใช้หลังคาสะท้อนแสง และการควบคุมการแผ่รังสีเพื่อลดภาระระบบปรับอากาศภายในบ้าน [2] การปรับปรุงคุณสมบัติการสะท้อนรังสีอาทิตย์ของวัสดุหลังคาเพื่อช่วยป้องกันความร้อนสะสมของพื้นผิวภายนอก [3] นอกจากการเลือกใช้วัสดุในการมุงหลังคาเพื่อลดค่าการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ตัวบ้านแล้ว [4] ยังพัฒนาการระบายความร้อนออกจากห้องใต้หลังคาหรือตัวบ้านโดยใช้ระบบพัดลมระบายอากาศร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อลดภาระความร้อนที่สะสมอยู่ภายในหลังคา การควบคุมของระบบเป็นการทำงานร่วมกันของพัดลมระบายอากาศ จากการทดลองพบว่าระบบนี้ใช้พลังงานไฟฟ้าเพียง 30 W และลดภาระความร้อนประมาณ 250 W ที่พื้นที่เพดาน 100 m² สามารถคืนทุนภายใน 1 - 1.34 ปี เมื่อใช้ในห้องที่มีการปรับอากาศวันละ 4 - 8 hr/day นอกจากนี้ [5] ทดสอบติดตั้งพัดลมพัดผนังชนิดดูดอากาศ (Propeller Ventilation Fan) จำนวน 7 ตัวจากพื้นที่ที่ครอบคลุมระยะความยาวทั้งหมด 225 m โดยอุณหภูมิอากาศลดลงคิดเป็นร้อยละ 26.6 ซึ่งต่อมา [6] ได้ทำการทดสอบเปรียบเทียบระหว่างหลังคาคอนกรีตทั่วไป (SRC) กับหลังคาฉนวนกันความร้อนอากาศแบบธรรมชาติร่วมกับพัดลมกระแสตรง (RSCTV) ผลการทดลองพบว่าบ้านที่ติดตั้งหลังคาฉนวนกันความร้อนอากาศ มีอุณหภูมิและความชื้นภายในห้องต่ำกว่าบ้านที่ติดตั้งหลังคาคอนกรีตทั่วไป

สำหรับประเทศไทยแล้วค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ทั่วประเทศมีค่ารายวันเฉลี่ยต่อปีเท่ากับ 18.0 MJ/m²-day [7] จะเห็นว่าประเทศไทยมีค่า

ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ค่อนข้างสูง จึงมีการพัฒนาการใช้ระบบเซลล์แสงอาทิตย์มาติดตั้งเพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้า ซึ่งทำให้มีการนำระบบหลังคาเซลล์แสงอาทิตย์มาประยุกต์ใช้ระบายอากาศห้องใต้หลังคาพร้อมกับพัดลมไฟฟ้า ซึ่งสามารถช่วยลดความร้อน ผ่านหลังคาเข้าสู่ตัวบ้านได้ดีกว่า เมื่อทดลองเปรียบเทียบกับหลังคาคอนกรีตทั่วไปประมาณร้อยละ 56.45 [8] แต่ปัญหาการระบายอากาศเกินความจำเป็นออกจากห้องปรับอากาศนั้นเป็นการสิ้นเปลืองพลังงานของระบบปรับอากาศ ชุดควบคุมพัดลมระบายอากาศได้ถูกพัฒนาเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว โดยการควบคุมการระบายอากาศสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าจากการระบายอากาศเย็นทั้งได้ประมาณ 15% [9] ซึ่งจะเห็นได้จากการติดตั้งพัดลมระบายอากาศสามารถลดความร้อนภายในห้องใต้หลังคาหรือภายในบ้านได้ งานวิจัยนี้จึงศึกษาการลดการถ่ายเทความร้อนจากการพาความร้อนผ่านฝ้าเพดานโดยการติดตั้งระบบพัดลมระบายอากาศด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาการลดการถ่ายเทความร้อนจากห้องใต้หลังคาผ่านฝ้าเพดานโดยใช้ระบบเซลล์แสงอาทิตย์ และศึกษาผลของการถ่ายเทความร้อนผ่านฝ้าเพดานเข้าสู่ตัวบ้านด้วยวิธีการพาความร้อน

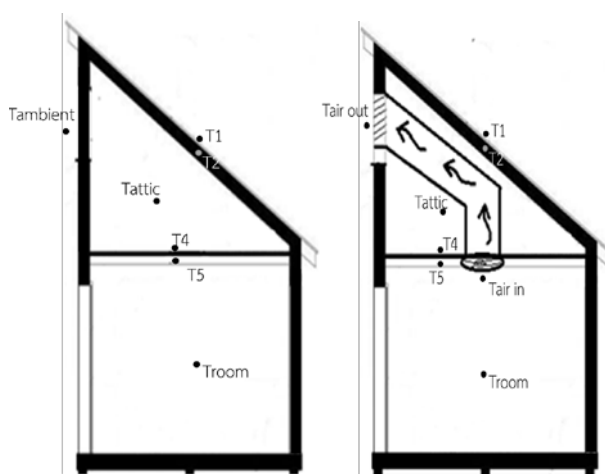
ลักษณะของบ้านทดสอบและการติดตั้งเครื่องมือสำหรับทดลอง

ในการดำเนินการทดลองได้ทำการทดสอบกับบ้านขนาดเล็กจำนวนสองหลังซึ่งแสดงดังรูปที่ 1 โดยแต่ละหลังมีขนาด 1 m³ ผนังบ้านทั้งสี่ด้านทำจากแผ่นสมาร์ทบอร์ด และหลังคาบ้านทดสอบทำจากแผ่นเมทัลชีทไม่มีฉนวนติดตั้งในพื้นที่ใต้หลังคา และมีมุมหลังคา 30° [10] จำนวน 2 หลัง โดยที่ 1 หลัง จะไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์ระบายอากาศ หลังที่ 2 จะทำการติดตั้งอุปกรณ์ระบายอากาศด้วยเซลล์

แสงอาทิตย์ขนาด 32 W ใ้บริเวณฝ้าเพดานมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 15.24 cm ซึ่งระบบระบายอากาศด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 50 Wp อุปกรณ์ควบคุมการประจุไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar charge controller) ต่อเข้ากับพัดลมระบายอากาศ

การเก็บข้อมูลนั้นสายเทอร์โมคัปเปิ้ลชนิด K (ช่วง: 0 - 800 ° C, ± 0.4 ° C) ติดตั้งที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของบ้าน ติดตั้งตัววัดค่ารังสีอาทิตย์ (Kipp & Zonen :

รุ่น CMP11, <2%) หัววัดการถ่ายเทความร้อน (EKO: MF-180 $\pm 2\%$) ดังแสดงในรูปที่ 1 อุปกรณ์ทั้งหมดเชื่อมต่อกับเครื่องบันทึกข้อมูล (Hioki: รุ่น LR8422 - 20, $\pm 0.7\%$) บันทึกข้อมูลทุก 5 นาที ทำการทดลอง ณ ชั้น 10 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ อ.ศาลายา จ. นครปฐม ที่ละติจูด 13 ° 47'41.3 "N และลองจิจูด 100 ° 17'56.7" E ในช่วงเดือนเมษายน 2562



รูปที่ 1 การติดตั้งอุปกรณ์เครื่องมือวัดของบ้านตัวอย่างและบ้านทดสอบ

ในช่วงเวลากลางวันการถ่ายเทความร้อนภายในบ้านพักอาศัยจะเกิดขึ้นโดย การแผ่รังสีอาทิตย์ตกกระทบบนผิวหลังคาบางส่วนโดยถูกดูดกลืนและแผ่รังสีเข้าสู่ตัวห้องใต้หลังคาเข้าไปสู่ตัวบ้าน ความร้อนเคลื่อนที่จากผิวหลังคาด้านบนสู่ผิวด้านล่าง และเกิดการพาความร้อน ระหว่างอากาศใต้หลังคา กับผิวหลังคาด้านล่าง ทำให้อากาศบริเวณนั้นมีอุณหภูมิสูงขึ้น และทำให้เกิดการพาความร้อนระหว่างอากาศใต้หลังคาและเพดานเกิดการนำความร้อนขึ้นภายในเนื้อวัสดุฝ้าเพดาน ส่งผลให้ความร้อนเคลื่อนตัวสู่เพดานด้านล่าง จากเพดานจะเกิดการพาความร้อนระหว่างอากาศภายในบ้านกับเพดาน เป็นผลให้อุณหภูมิภายในบ้านเพิ่มขึ้น

การถ่ายเทความร้อนโดยการพาความร้อนระหว่างพื้นผิวเพดานและชั้นอากาศใกล้เคียงเพดานสามารถคำนวณได้โดยใช้สมการที่ (1)

$$Q_{cc} = A_c h_{cc} (t_{ac} - t_c) \quad (1)$$

เมื่อ A_c คือ พื้นที่ของเพดาน (m^2)
 h_{cc} คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อนระหว่างพื้นผิวเพดานและชั้นอากาศใกล้เคียง ($W/m.K$)
 t_c คือ อุณหภูมิผิวเพดาน ($^{\circ}C$)
 t_{ac} คือ อุณหภูมิอากาศใกล้เคียงผิวเพดาน ($^{\circ}C$)

ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนระหว่างพื้นผิวเพดานและชั้นอากาศใกล้เคียงสำหรับบ้านที่ติดตั้งพัดลมระบายอากาศด้วยเซลล์แสงอาทิตย์สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (2) ซึ่งแนะนำโดย [11]

$$h_{cc} = 0.49ACH^{0.8} \quad (2)$$

สำหรับบ้านที่ไม่ได้ติดตั้งพัดลมระบายอากาศสัมประสิทธิ์การพาความร้อนระหว่างพื้นผิวเพดานและชั้นอากาศใกล้เคียง (h_{cc}) สามารถหาได้จาก

$$Nu = \frac{h.L}{k} \quad (3)$$

เมื่อ Nu คือ ค่านัสเซลน์เบอร์

h คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อนระหว่างพื้นผิวเพดานและชั้น อากาศใกล้เคียง ($W/m.K$)

k คือ สัมประสิทธิ์การนำความร้อน ($W/m.K$)

ค่าเรย์เลห์ (Rayleigh Number) หรือค่า Ra_L สามารถหาได้จาก

$$Ra_L = \frac{g\beta(T_s - T_\alpha)L^3}{\alpha\nu} \quad (4)$$

เมื่อ g คือ ความเร่งเนื่องจากความโน้มถ่วง (m/s^2)

B คือ สัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงปริมาตรของอากาศ ($1/K$)

L คือ ค่าความยาวของฝ้าเพดาน (m)

T_s คือ อุณหภูมิผิวเพดาน ($^{\circ}C$)

T_α คือ อุณหภูมิอากาศใกล้เคียงผิว เพดาน ($^{\circ}C$)

α คือ ค่าการแพร่ความร้อน (m/s^2)

ν คือ ความหนืดคินแมติก (m/s^2)

สำหรับค่า $10^5 \leq Ra_L \leq 10^{10}$ เนื่องจากลักษณะการถ่ายเทความร้อนผ่านฝ้าเพดานเข้าสู่ตัวบ้านมีลักษณะการจัดวางเป็นแบบผิวร้อนคว่ำลงดังนั้น

$$Nu = 0.27 Ra_L^{1/4} \quad (5)$$

$$h = \frac{Nu.k}{L} \quad (6)$$

จำนวนการเปลี่ยนอากาศ (Number of air change, ACH) ในบ้านทดสอบคำนวณจาก

$$ACH = Q/V \quad (7)$$

เมื่อ V คือ ปริมาตรของบ้านทดสอบ (m^3)

Q คือ อัตราการระบายอากาศ (m^3/hr)

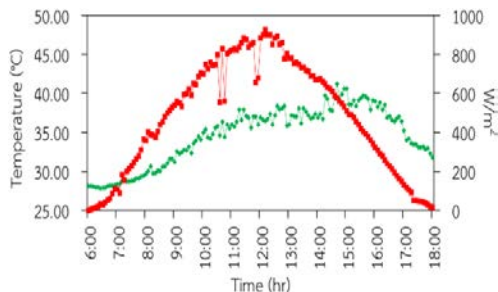
อัตราการไหลของอากาศผ่านฝ้าเพดานที่มีการระบายอากาศโดยใช้ระบบระบายอากาศเซลล์แสงอาทิตย์ สามารถคำนวณได้จาก

$$Q = A_c v \quad (8)$$

เมื่อ v คือ ความเร็วของอากาศผ่านช่องเปิด (m/s)

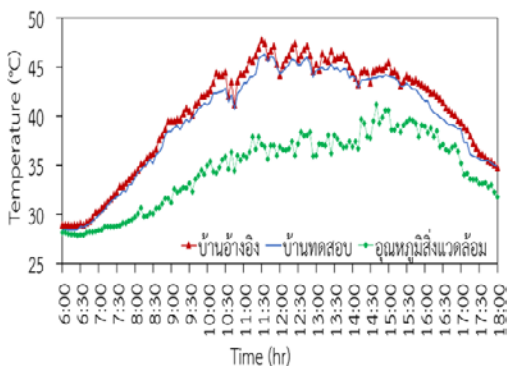
ผลการวิจัย

การเปลี่ยนแปลงของค่าความเข้มรังสีอาทิตย์และอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม แสดงดังรูปที่ 2 พบว่าในช่วงเวลาเช้า ค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ และอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและมีค่าสูงสุดที่ $920 W/m^2$ ที่เวลา 12.10 น. ตั้งแต่ช่วงเวลา 13:00 น. ค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ค่อย ๆ ลดลง สำหรับค่าอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมสูงสุด $41.2^{\circ}C$ และมีค่าเฉลี่ยประมาณ $36^{\circ}C$ ค่าความเข้มแสงรังสีอาทิตย์เฉลี่ยทั้งวันประมาณ $650 W/m^2$ ตามลำดับ



รูปที่ 2 ค่ารังสีอาทิตย์ ค่าอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม

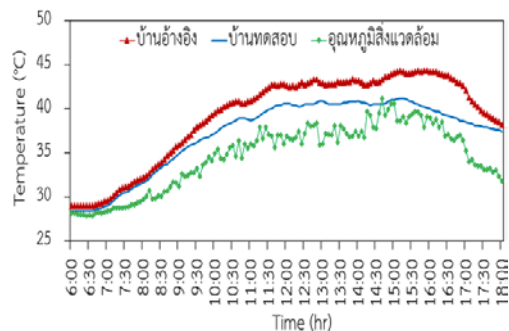
ค่าอุณหภูมิในบริเวณห้องใต้หลังคาได้รับอิทธิพลโดยตรงจากอุณหภูมิด้านล่างของแผ่นวัสดุหลังคา โดยที่วัสดุหลังคาทำมาจากแผ่นเมทัลชีสซึ่งแสดงดังรูปที่ 3 จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิห้องใต้หลังคาของบ้านอ้างอิง และบ้านทดสอบจะมีค่าใกล้เคียงกันในช่วงเช้าในช่วง 8.40 น. บ้านอ้างอิงเริ่มมีอุณหภูมิที่สูงกว่าเล็กน้อย มีการสะสมความร้อนเพิ่มสูงขึ้นในช่วงเวลากลางวันโดยมีค่าอุณหภูมิสูงประมาณ 47-48°C ในขณะที่บ้านทดสอบจะมีค่าอุณหภูมิสะสมที่ห้องใต้หลังคาต่ำกว่าบ้านอ้างอิงตลอดทั้งวันเฉลี่ย 0.7°C เนื่องจากอากาศบริเวณรอบ ๆ ห้องใต้หลังคาถูกดึงผ่านท่อของระบบระบายอากาศ



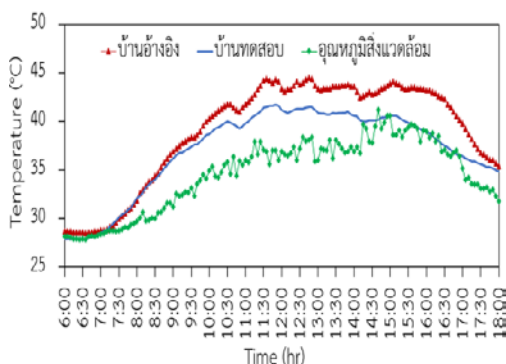
รูปที่ 3 เปรียบเทียบค่าอุณหภูมิห้องใต้หลังคา

การถ่ายเทความร้อนของอุณหภูมิอากาศบริเวณห้องใต้หลังคาและอุณหภูมิห้อง เมื่อพิจารณาแล้วอุณหภูมิผิวเพดานด้านบนและผิวเพดานด้านล่างซึ่งแสดงดังรูปที่ 4 และ 5 ในช่วงเวลาเริ่มต้นตั้งแต่

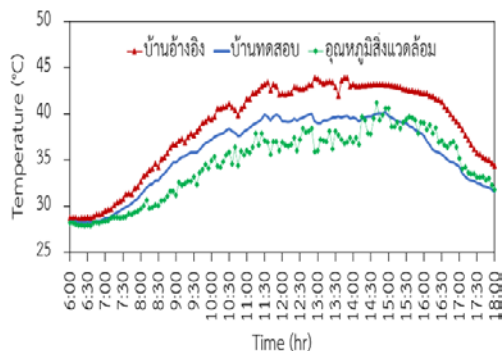
06:00 - 9:00 น. พบว่าเป็นช่วงที่อุณหภูมิสะสมที่บริเวณพื้นผิวด้านบนของฝ้าเพดาน และอุณหภูมิค่อย ๆ เพิ่มขึ้นตั้งแต่ในช่วงเวลา 10:00 น. โดยอุณหภูมิที่ผิวด้านบนและด้านล่างของฝ้าเพดานบ้านทั้ง 2 หลัง มีแนวโน้มในการเพิ่มขึ้นและลดลงไปในทิศทางเดียวกันและมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิสถานะแวดล้อม โดยบ้านอ้างอิงมีค่าอุณหภูมิผิวเพดานด้านบนสูงสุด 44.5°C ซึ่งสูงกว่าบ้านทดสอบ 3.2°C ความร้อนจากพื้นผิวด้านบนถ่ายเทผ่านเนื้อวัสดุฝ้าเพดาน จากนั้นก็จะเกิดการสะสมความร้อนและการนำความร้อนผ่านเนื้อวัสดุมายังผิวเพดานด้านล่าง โดยที่ผิวเพดานด้านล่างของบ้านทดสอบมีค่าอุณหภูมิสูงสุด 41.5°C ซึ่งในช่วงบ่ายค่าอุณหภูมิแตกต่างสูงสุดที่ผิวเพดานด้านล่างมีค่า 4.3°C เนื่องจากในช่วงบ่ายอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมเพิ่มสูงขึ้นจึงทำให้อุณหภูมิที่ผิวเพดานมีค่าเพิ่มสูงขึ้นตาม ในขณะที่บ้านอ้างอิงนั้นมีการติดตั้งพัดลมระบายอากาศจึงทำให้ค่าอุณหภูมิไม่ได้สูงขึ้นตามไปด้วย



รูปที่ 4 เปรียบเทียบอุณหภูมิผิวเพดานด้านบน

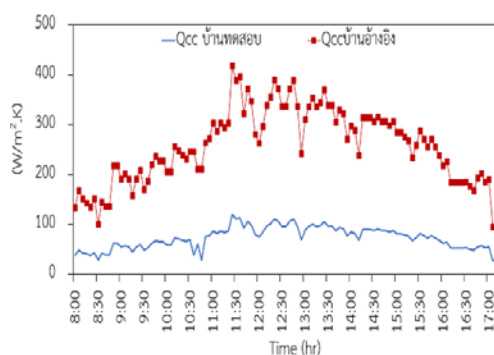


รูปที่ 5 เปรียบเทียบอุณหภูมิผิวเพดานด้านล่าง



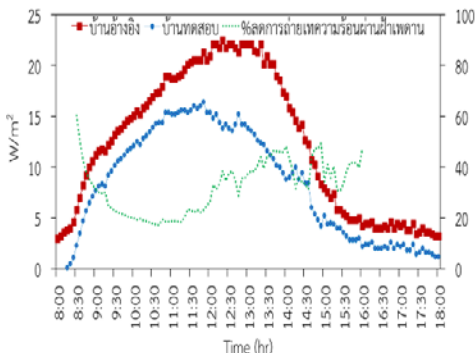
รูปที่ 6 เปรียบเทียบค่าอุณหภูมิห้อง

อุณหภูมิที่กลางห้องทดสอบของบ้านแสดงดังรูปที่ 6 เมื่อเพดานด้านล่างได้ถ่ายเทความร้อนเข้ามายังภายในห้อง ทำให้เห็นได้ว่าในช่วงเวลา 6:00-7:00 น. มีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อค่ารังสีอาทิตย์และอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้น อุณหภูมิห้องของบ้านอ้างอิงและทดสอบจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้น จนกระทั่งมีค่าเพิ่มสูงกว่าอุณหภูมิสภาพแวดล้อม โดยบ้านอ้างอิงมีอุณหภูมิสูงกว่าบ้านทดสอบประมาณ 1-2°C และค่าความแตกต่างของอุณหภูมิสูงสุด 4.2°C เนื่องจากการดึงความร้อนผ่านฝ้าเพดานด้วยระบบระบายอากาศเซลล์แสงอาทิตย์จากภายในห้องออกไปยังภายนอกของบ้านทดสอบ ในขณะที่อัตราการไหลของอากาศผ่านฝ้าเพดาน (Q) และจำนวนการเปลี่ยนอากาศ (ACH) ในบ้านที่ติดตั้งพัดลมระบายมีการระบายอากาศโดยใช้ระบบระบายอากาศเซลล์แสงอาทิตย์จากสมการที่ (7) และ (8) มีค่า 127-132 m³/hr ทั้งนี้จะเห็นได้ว่าอัตราการระบายอากาศในบ้านทดสอบเมื่อมีค่าสูง จะส่งผลให้ค่าอุณหภูมิห้องบ้านทดสอบจะลดลงโดยมีความสอดคล้องกัน และผลจากระบายอากาศด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ส่งผลให้ค่าการพาความร้อนผ่านผิวเพดานของบ้านทั้ง 2 หลัง ซึ่งคำนวณจากสมการที่ (1) ถึง (6) จะมีค่าที่แตกต่างกัน โดยค่าการพาความร้อนของบ้านที่ติดตั้งพัดลมระบายอากาศด้วยเซลล์แสงอาทิตย์จะมีค่าต่ำกว่าบ้านอ้างอิงเฉลี่ยตลอดทั้งวัน 190 W/m².K ซึ่งแสดงดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 เปรียบเทียบค่าการพาความร้อน

ค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านฝ้าเพดานโดยการใช้หวัตการถ่ายเทความร้อนติดตั้งที่บริเวณด้านล่างของผิวฝ้าเพดาน ซึ่งแสดงดังรูปที่ 8 ค่าการถ่ายเทความร้อนของบ้านที่ติดตั้งระบบระบายอากาศด้วยเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าต่ำกว่า บ้านอ้างอิง 5-7 W/m² โดยจะเห็นได้ชัดในช่วงเวลา 12:00น.-14:00น. และมีค่าเปอร์เซ็นต์การลดการถ่ายเทความร้อนผ่านฝ้าเพดานเฉลี่ยทั้งวันมีค่า 30-34 %



รูปที่ 8 ค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผิวด้านล่าง ฝ้าเพดาน

สรุปและอภิปรายผล

จากการทดลองเพื่อศึกษาการลดค่าการถ่ายเทความร้อนจากห้องใต้หลังคาผ่านฝ้าเข้าสู่ตัวบ้านโดยใช้ระบบเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตพลังงานไฟฟ้าให้กับพัดลมระบายอากาศขนาด 32 W เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้พัดลมระบายอากาศแบบใช้ไฟฟ้าทั่วไปสามารถช่วยการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 140.16 kWh/year สำหรับการวิเคราะห์ผลของการถ่ายเทความร้อนผ่านเข้าสู่ตัวบ้านด้วยวิธีการพาความร้อน พบว่าระบบพัดลมระบายอากาศเซลล์แสงอาทิตย์สามารถเพิ่มอัตราการระบายอากาศ และเพิ่มจำนวนอัตราการเปลี่ยนอากาศ ซึ่งส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนอากาศภายในบ้านทดสอบ 127-132 m³/hr และทำให้อุณหภูมิที่ผิวเพดานด้านบนและด้านล่างภายในบ้านทดสอบมีค่าลดลงประมาณ 1.9-2.0°C มีค่าการพาความร้อนต่ำกว่าบ้านอ้างอิงเฉลี่ยตลอดทั้งวัน 190 W/m².K และค่าเปอร์เซ็นต์การลดการถ่ายเทความร้อนผ่านฝ้าเพดานเฉลี่ยทั้งวันมีค่า 30-34% จึงส่งผลให้อุณหภูมิห้องของบ้านทดสอบมีค่าต่ำกว่าบ้านอ้างอิงเฉลี่ย 2.9°C ซึ่งผลจากการติดตั้งพัดลมระบายอากาศเซลล์แสงอาทิตย์สามารถลดปริมาณความร้อนสะสมภายในห้องทดสอบที่มีผลต่อการออกแบบขนาดของเครื่องปรับอากาศ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ที่ได้ให้การสนับสนุนงานวิจัยในครั้งนี้

References

- [1] M. D'Orazio, C. Di Perna, P. Principi and A. Stazi, "Effects of roof tile permeability on the thermal performance of ventilated roofs: analysis of annual performance," *Energy Build*, pp. 911-916, 2008.
- [2] Haider I. Mohameda, Jeehwan Leea, and Jae D. Changb, (2016). The Effect of Exterior and Interior Roof Thermal Radiation on Buildings Cooling Energy, International Conference on Sustainable Design, *Engineering and Construction*, pp 987 – 994.
- [3] A.L. Pisello, V.L. Castaldo, G. Pignatta, F. Cotana, and M. Santamouris, Experimental in-lab and in-field analysis of waterproof membranes for cool roof application and urban heat island mitigation, *Energy Build*, 114: pp. 180-190, 2016.
- [4] Hataitap Wongsuwarn, "Automatic Air Ventilation System for Air Space under Roof with Microcontroller," The 24th Conference on Mechanical Engineering Network of Thailand 20-22 Oct., Ubon Ratchathani, 2009.
- [5] Velapon Buranakitvisut and Sompong Putvisutisak, "The Evaluation of Temperature Reduction Effectiveness in Warehouse by Ventilation Improvement," *Energy Research Institute*, Vol.8, No1, pp.58-62, 2011.

- [6] Preeda Chantawong and Vichan Vimanjan, "Natural Ventilation of Houses Model by a Roof Solar Cells Turbine Ventilator Assisted with DC Fan under Climate of Bangkok," The Journal of KMUTNB., Vol. 22, No. 2, pp.305-314, May - Aug, 2012.
- [7] Department of Alternative Energy Development and Efficiency, Ministry of Energy, The Renewable and Alternative Energy Development Plan for 25 Percent in 10 Years (AEDP 2012–2021). Bangkok: Department of Alternative Energy Development and Efficiency, Ministry of Energy, 2012.
- [8] Preeda Chantawong and Boonchorb Sotprawati, "Field Study of Cooling Load Reduction and Thermal Performance of Simple Roof Concrete and Roof Solar Cells Attic Ventilation Assisted with DC Fan of Two Models," Ladkrabang Engineering Journal, vol.22, no.1, pp.53 – 70, 2013.
- [9] Akekachai Deesiri, Thanapat Promwatanapakde and Prakt Liengpradis, "Improving an Automatic Air Ventilation Control System for Energy Saving Using Oxygen Sensor and Carbon Dioxide Sensor," 13th National and International Conference of Sripatum University, 2019, pp.2469-2478.
- [10] Sahachai Phiraphata, Ratthasak Prommasa and Withaya Puangsombut, (2017). Experimental study of natural convection in PV roof solar collector, *International Communications in Heat and Mass Transfer*, Vol. 89, pp. 31-38.
- [11] Sheng Zhanga, Yong Chengb, Chao Huanc, Zhang Lin, "Heat removal efficiency based multi-node model for both stratum ventilation and displacement ventilation," *Building and Environment*, No.143, pp.24–35, 2018.