

การประเมินอัตราการระบายอากาศแบบธรรมชาติผ่านหลังคารับรังสีอาทิตย์ Assessment of Natural Ventilation Rate through the Roof Solar Collector

เอกศักดิ์ ชื่อสกุลไพศาล^{1*} และ วิทยา พวงสมบัติ²

^{1,2}ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต 1761 ถนนพัฒนาการ แขวงสวนหลวง กรุงเทพฯ 10250
โทร 02-321-6930-9 ต่อ 1203 โทรสาร 02-321-4444, *wpuangsombut@kbu.ac.th

Eakkasak Susakunphaisan^{1*} and Withaya Puangsombut²

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Kasem Bundit University, 1761 Pathanakarn Rd., Suanluang,
Bangkok 10250, Thailand, Tel: +662-321-6930-9 Ext. 1203 Fax: +662-321-4444, *wpuangsombut@kbu.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้ทำการประเมินอัตราการระบายอากาศแบบธรรมชาติผ่านหลังคารับรังสีอาทิตย์ โดยมุมเอียงของหลังคาบ้านที่ทำมุมกับแนวระดับเท่ากับ 25° และ 30° หลังคารับรังสีอาทิตย์ประกอบด้วย หลังคาชั้นบนและหลังคาชั้นล่าง ซึ่งเป็นวัสดุที่มีจำหน่ายในท้องตลาด โดยจะทำการศึกษาระยะห่างระหว่างหลังคาชั้นบนและหลังคาชั้นล่างตั้งแต่ 3, 7 และ 11 cm ซึ่งการระบายอากาศแบบธรรมชาตินั้นจะสามารถช่วยลดความร้อนรับผ่านหลังคาบ้านและทำให้เกิดความสบายเชิงความร้อนต่อผู้อยู่อาศัย

คำสำคัญ: หลังคารับรังสีอาทิตย์, การระบายอากาศแบบธรรมชาติ, ความร้อนรับ

Abstract

This paper assesses the natural ventilation rate through the roof solar collector. The angle inclinations are 25° and 30° from the horizontal plane. The roof solar collector composed of the upper and lower plates. The upper plate and the lower plate are commercial materials in the market. The distance between the upper and the lower plates are varies from 3, 7 and 11 cm. The natural ventilation can be reduced heat gain through the roof and providing thermal comfort for the resident.

Keywords: Roof Solar Collector, Natural ventilation, heat gain

1. บทนำ

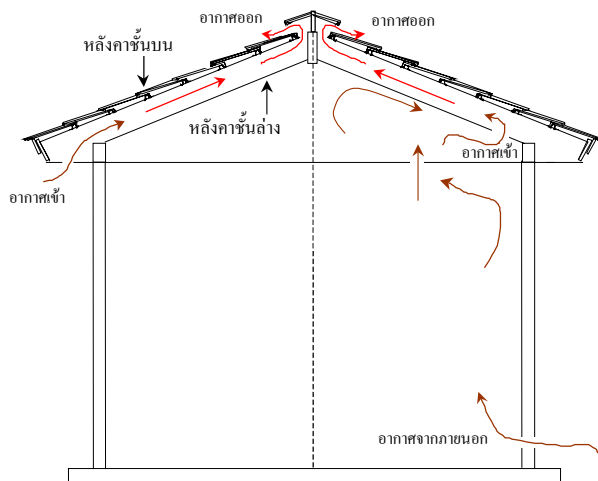
เนื่องจากหลังคาบ้านเป็นจุดที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงการรับความร้อนจากรังสีอาทิตย์ได้และเป็นส่วนที่รับความร้อนตลอดทั้งวันดังนั้นความร้อนที่ถ่ายเทผ่านหลังคาเข้าสู่ภายในห้องใต้หลังคาก่อนที่จะถ่ายเทความ

ร้อนเข้าสู่ห้องพักอาศัยในแต่ละห้องภายในบ้านและอีกส่วนหนึ่งที่มีความร้อนเข้าสู่ตัวบ้านคือผนังบ้านแต่ก็มีปริมาณน้อยกว่าส่วนของหลังคาซึ่งความร้อนเหล่านี้เมื่อสะสมภายในบ้านทำให้เกิดความไม่สบายต่อผู้อยู่อาศัยภายในบ้าน ดังนั้นในการลดความร้อนสะสมภายในบ้านพักอาศัยนั้นจึงมีด้วยกันหลายวิธีแต่วิธีที่คนไทยมักนิยมใช้มากที่สุดคือการเปิดพัดลมและการเปิดเครื่องปรับอากาศแต่เมื่อความร้อนที่สะสมภายในบ้านนั้นส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นในเวลากลางวันซึ่งเป็นเวลาที่ส่วนใหญ่แล้วมักจะไม่มีผู้อยู่อาศัยภายในบ้านเนื่องจากออกไปทำภารกิจนอกบ้าน ดังนั้นการระบายความร้อนสะสมภายในบ้านพักอาศัยโดยการระบายอากาศแบบธรรมชาติจึงเป็นวิธีการที่น่าสนใจ Waewsak J. et al. [1-2] ได้ทำการศึกษาออกแบบหลังคาระบายอากาศบรรยากาศชีวภาพ (Bio-Climatic Roof) สำหรับประเทศไทย ซึ่งการระบายอากาศผ่านหลังคานี้เป็นการระบายอากาศแบบธรรมชาติ จากการออกแบบสามารถนำแสงธรรมชาติไปใช้ประโยชน์ภายในตัวบ้านได้แต่ความร้อนของแสงนั้นผ่านหลังคาลงมาสู่ตัวบ้านน้อยแต่จะสะสมภายในช่องว่างอากาศและเป็นตัวช่วยเพิ่มอัตราการระบายอากาศผ่านหลังคารับรังสีอาทิตย์ จากการออกแบบหลังคาบรรยากาศชีวภาพ ซึ่งสามารถช่วยเพิ่มแสงธรรมชาติภายในตัวบ้านและเพิ่มอัตราการระบายอากาศผ่านหลังคาได้ W. Puangsombut et al. [3-4] ได้ทำการศึกษาระบายอากาศผ่านช่องสี่เหลี่ยมปลายเปิดที่มีการให้ความร้อนแบบคงที่ที่เพลาทางด้านบนและติดตั้งแผ่นสะท้อนความร้อนที่เพลาทางด้านล่างและช่องสี่เหลี่ยมปลายเปิดทำมุม 15° และ 30° กับแนวระดับ ซึ่งจากการศึกษาการพาความร้อนผ่านช่องสี่เหลี่ยมปลายเปิดนี้สามารถจำลองการระบายอากาศผ่านหลังคารับรังสีอาทิตย์ (Roof Solar Collector) ได้ ซึ่งจากการศึกษาสามารถเพิ่มอัตราการระบายอากาศผ่านหลังคารับรังสีอาทิตย์ได้

2. หลังคารับรังสีอาทิตย์

หลังคารับรังสีอาทิตย์คือหลังคาสองชั้นที่มีช่องว่างอากาศระหว่างหลังคาชั้นบนและหลังคาชั้นล่างและที่ปลายทั้งสองมีช่องเปิดสำหรับ

อากาศไหลผ่านเข้าและไหลออกจากหลังคารับรังสีอาทิตย์ โดยปกติหลังคารับรังสีอาทิตย์นั้นหลังคาชั้นบนจะเป็นหลังคาบ้านแบบปกติทั่วไปและหลังคาชั้นล่างเป็นวัสดุป้องกันความร้อนที่มีทั่วไปในท้องตลาด โดยปกติหลังคารับรังสีอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพในการระบายอากาศจะต้องมีการเลือกวัสดุที่เหมาะสมเพื่อใช้ร่วมกับหลังคาบ้านทุกแบบ แต่ในบทความนี้จะกล่าวถึงหลักการทำงานของหลังคารับรังสีอาทิตย์เพื่อลดความร้อนสะสมภายในบ้านเท่านั้น



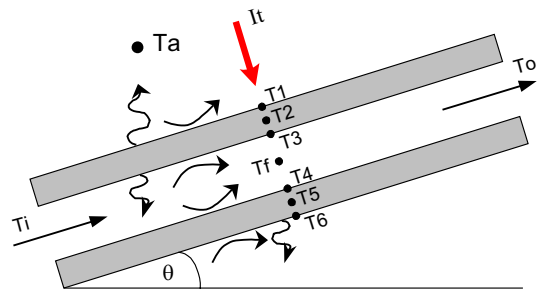
รูปที่ 1 หลังคารับรังสีอาทิตย์

ในรูปที่ 1 แสดงให้เห็นการระบายอากาศผ่านหลังคารับรังสีอาทิตย์สองแบบ ด้านซ้ายเป็นการระบายอากาศผ่านหลังคารับรังสีอาทิตย์โดยใช้อากาศจากภายนอกผ่านหลังคารับรังสีอาทิตย์โดยตรงซึ่งวิธีนี้อากาศที่ไหลผ่านจะรับความร้อนที่ผ่านหลังคาชั้นบนลงมาบางส่วนออกสู่สิ่งแวดล้อมและด้านขวาเป็นการระบายอากาศโดยอากาศจากภายนอกไหลผ่านเข้าตัวบ้านพาความร้อนที่สะสมภายในบ้านและไหลผ่านเข้าสู่ห้องใต้หลังคาก่อนไหลผ่านหลังคารับรังสีอาทิตย์ โดยหลักการการทำงานของหลังคารับรังสีอาทิตย์ทั้งสองแบบจะมีหลักการเดียวกันคือเมื่ออากาศรับความร้อนก็จะทำให้อากาศมีน้ำหนักเบาเกิดแรงลอยตัวของอากาศทำให้อากาศที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าเข้ามาแทนที่และพาความร้อนออกสู่สิ่งแวดล้อม

3. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของหลังคารับรังสีอาทิตย์

แบบจำลองของหลังคารับรังสีอาทิตย์ประกอบด้วยหลังคาชั้นบนเป็นหลังคากระเบื้องคอนกรีตและหลังคาชั้นล่างเป็นแผ่นยิปซัม แสดงในรูปที่ 2 โดยมีสมมติฐานในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

- หลังคารับรังสีอาทิตย์ดูดกลืนรังสีอาทิตย์เท่ากันทั่วทั้งแผ่น
- การถ่ายเทความร้อนเป็นแบบไม่คงตัวหนึ่งมิติ
- ไม่คำนึงถึงผลที่เกิดจากฝุ่นละอองที่ติดบนหลังคา
- ไม่คำนึงถึงเงาที่บังหลังคารับรังสีอาทิตย์



รูปที่ 2 แบบจำลองการถ่ายเทความร้อนของหลังคารับรังสีอาทิตย์

จากสมมติฐานสามารถเขียนสมการการถ่ายเทความร้อนแบบหนึ่งมิติโดยวิธีการสมดุลพลังงานได้ดังนี้

3.1 กระเบื้องหลังคาคอนกรีตและยิปซัม

สำหรับการถ่ายเทความร้อนภายในเนื้อด้านในของหลังคากระเบื้องคอนกรีต ที่ $0 < x_m < d_m$

$$\frac{1}{\alpha_m} \frac{\partial T_m}{\partial t} = \frac{\partial^2 T_m}{\partial x_m^2} \quad (1)$$

เมื่อ α_m คือ ค่าการแพร่ความร้อน (m^2/s)

T_m คือ อุณหภูมิในทิศทางการถ่ายเทความร้อน ($^{\circ}C$)

x_m คือ ความหนาของหลังคากระเบื้องคอนกรีต (m)

และในส่วนของการถ่ายเทความร้อนภายในเนื้อด้านในของยิปซัม ที่ $0 < x_g < d_g$

$$\frac{1}{\alpha_g} \frac{\partial T_g}{\partial t} = \frac{\partial^2 T_g}{\partial x_g^2} \quad (2)$$

เมื่อ α_g คือ ค่าการแพร่ความร้อน (m^2/s)

T_g คือ อุณหภูมิในทิศทางการถ่ายเทความร้อน ($^{\circ}C$)

x_g คือ ความหนาของหลังคากระเบื้องคอนกรีต (m)

3.2 อากาศที่เคลื่อนที่ผ่านช่องว่างอากาศ

อากาศที่เคลื่อนที่ผ่านช่องว่างอากาศสามารถสมดุลสมการพลังงานดังนี้

$$h_{c,3}(T_3 - T_f) + h_{c,4}(T_4 - T_f) = \frac{\dot{m}_f}{A_c} (T_o - T_i) \quad (3)$$

เมื่อ $h_{c,3}$ คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวด้านในของหลังคาชั้นบน ($W/m^2 \cdot K$)

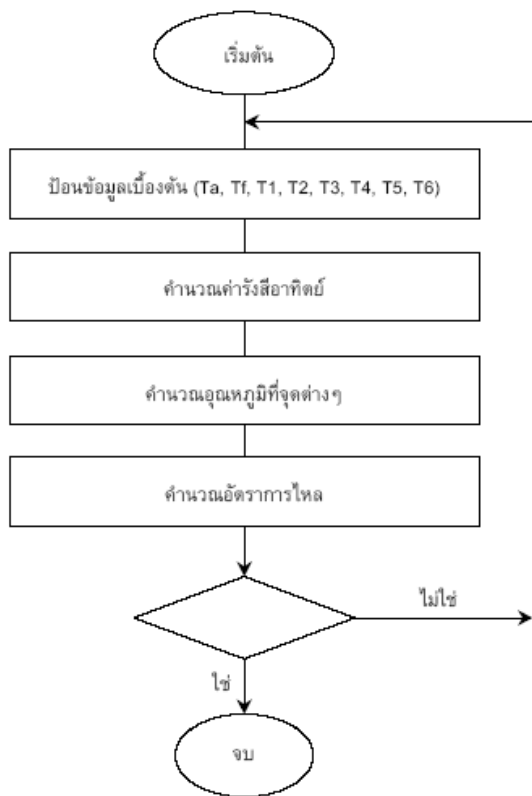
$h_{c,4}$ คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อนที่ผิวด้านในของหลังคาชั้นล่าง ($W/m^2 \cdot K$)

- T_i คือ อุณหภูมิอากาศที่เข้าหลังคาร์บริ่งสี่อาทิตย์ (°C)
- T_o คือ อุณหภูมิอากาศที่ออกจากหลังคาร์บริ่งสี่อาทิตย์ (°C)
- T_f คือ อุณหภูมิอากาศที่ไหลผ่านสี่เหลี่ยมปลายเปิด (°C)
- T₃ คือ อุณหภูมิที่ผิวด้านในของหลังคาชั้นบน (°C)
- T₄ คือ อุณหภูมิที่ผิวด้านในของหลังคาชั้นล่าง (°C)

อัตราการไหลผ่านหลังคาร์บริ่งสี่อาทิตย์สามารถคำนวณได้จาก Bansal et al. [5]

$$Q = C_d A_c \sqrt{\frac{2gH \left(\frac{T_o - T_i}{T_o} \right)}{(1 + A_r^2)}} \quad (4)$$

- เมื่อ Q คือ อัตราการไหลของอากาศ (kg/hr)
- C_d คือ สัมประสิทธิ์การไหลผ่าน
- A_c คือ พื้นที่หน้าตัดที่อากาศไหลผ่าน (m²)
- g คือ อัตราเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก (m/s²)
- H คือ ความยาวของหลังคาร์บริ่งสี่อาทิตย์ (m)
- A_r คือ อัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดของหลังคาร์บริ่งสี่อาทิตย์ที่ทางออกต่อทางเข้าของหลังคาร์บริ่งสี่อาทิตย์



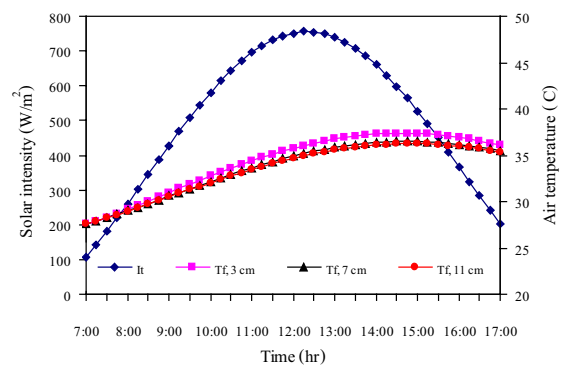
รูปที่ 3 Flow chart การคำนวณ

4. ผลและวิจารณ์

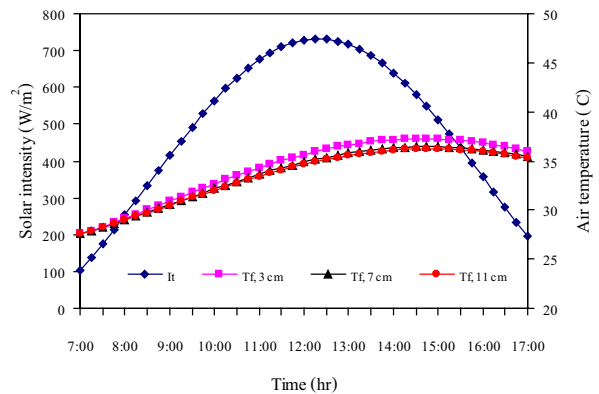
การประเมินอัตราการไหลผ่านหลังคาร์บริ่งสี่อาทิตย์โดยกำหนดมุมของหลังคาร์บริ่งสี่อาทิตย์ที่ขนาดมุม 25° และ 30° และช่องว่างระหว่างหลังคาชั้นบนและหลังคาชั้นล่างเท่ากับ 3, 7 และ 11 cm และมีความยาวและความกว้างของหลังคาร์บริ่งสี่อาทิตย์ 1.5 m และ 1.0 m ตามลำดับ

4.1 อุณหภูมิอากาศภายในช่องว่างอากาศ

ผลที่ได้ในรูปที่ 4 และ 5 แสดงอุณหภูมิของอากาศที่ไหลผ่านหลังคาร์บริ่งสี่อาทิตย์ที่ทำมุม 25° และ 30°



รูปที่ 4 อุณหภูมิอากาศในช่องว่างอากาศและค่ารังสีอาทิตย์ที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา (มุม 25°)

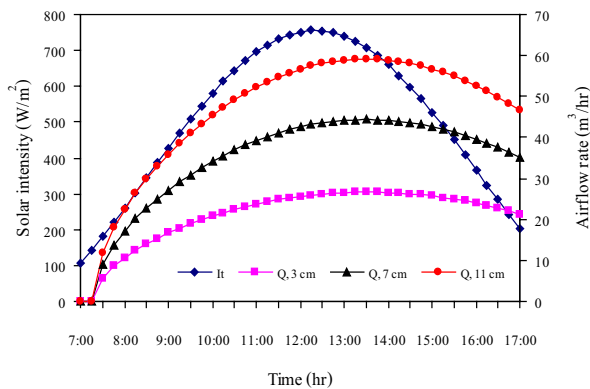


รูปที่ 5 อุณหภูมิอากาศในช่องว่างอากาศและค่ารังสีอาทิตย์ที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา (มุม 30°)

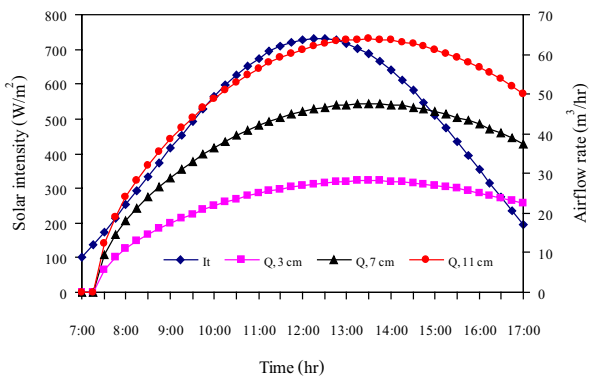
จะเห็นว่าในช่องว่างอากาศระหว่างหลังคาชั้นบนและหลังคาชั้นล่างที่ 11 cm จะมีอุณหภูมิอากาศในช่องว่างอากาศต่ำกว่าช่องว่างอากาศอื่นๆ ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อรับความร้อนที่มีปริมาณเท่ากันแต่ปริมาตรของอากาศในช่องว่างอากาศที่ 11 cm มากกว่าจึงทำให้อุณหภูมิของอากาศมีค่าน้อยกว่าช่องว่างขนาด 7 cm และ 3 cm และเมื่อพิจารณาที่ช่องว่างอากาศขนาด 3 cm จะมีอุณหภูมิอากาศที่ไหลผ่านช่องว่างอากาศสูงกว่าช่องว่างอากาศอื่นๆ ซึ่งจะทำให้แรงลอยตัว (Buoyancy force) ของอากาศมีค่าสูงขึ้นตามไปด้วย

4.2 อัตราการไหลของอากาศ

จากรูปที่ 6 – 7 จะเห็นว่าอัตราการไหลของอากาศผ่านหลังคาหลังรับรังสีอาทิตย์ที่ทำมุม 25° และ 30° กับแนวระดับที่ขนาดช่องว่าง 11 cm จะมีอัตราการไหลสูงกว่าขนาดช่องว่าง 3 cm และ 7 cm เนื่องจากที่ 11 cm มีพื้นที่การไหลผ่านของอากาศมากกว่าดังนั้นอัตราการไหลผ่านหลังคาหลังรับรังสีอาทิตย์จึงมีค่ามากกว่า



รูปที่ 6 อัตราการไหลของอากาศและค่ารังสีอาทิตย์ (มุม 25°)



รูปที่ 7 อัตราการไหลของอากาศและค่ารังสีอาทิตย์ (มุม 30°)

5. สรุป

จากการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แบบง่ายของหลังคาหลังรับรังสีอาทิตย์ที่ทำมุมกับแนวระดับเพื่อประเมินอัตราการไหลนั้นจะเห็นว่าที่มุม 30° และขนาดช่องว่างอากาศที่มีระยะห่างระหว่างหลังคาชั้นบนและหลังคาชั้นล่างเท่ากับ 11 cm จะมีอัตราการไหลผ่านหลังคาหลังรับรังสีอาทิตย์มากกว่าซึ่งจะทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคาเข้าสู่ตัวบ้านมีค่าน้อยลงซึ่งจะทำให้อุณหภูมิภายในห้องใต้หลังคามีค่าลดลงซึ่งจะมีผลถึงการลดอุณหภูมิภายในบ้านและลดความร้อนสะสมภายในตัวบ้านได้

เอกสารอ้างอิง

1. Waewsak, J., Hirunlabh, J. and Khedari, J., 2000, Designing of a Thai Bio-Climatic Roof, The World Renewable Energy Congress-VI, 1-7 July, Brighton, UK, pp. 1830-1833.
2. Waewsak, J., Hirunlabh, J. and Khedari, J. and Shin, U. C., 2003, Performance evaluation of the BSRC multi-purpose bio-climatic roof, Building and Environment, Vol. 38, pp. 1297-1302.
3. W. Puangsombut, J. Hirunlabh, J. Khedari and B. Zeghami, 2003, Experimental Investigation of Free Convection Produced by a Heated Top Plate in an Open Ended Inclined Rectangular Channel with Radiant Barrier, 1st International Conference on Sustainable Energy and Green Architecture, Bangkok, Thailand, 8-10 October, pp. 136-141.
4. W. Puangsombut, J. Hirunlabh, J. Khedari and B. Zeghami, 2005, An experimental study of free convection in an inclined rectangular channel open ended using radiant barrier, Proceedings of 4th International Conference on Heat Transfer, Fluid Mechanics and Thermodynamics (HEFAT2005), 19-22 September, Cairo, Egypt.
5. Bansal, N. K., Mathur, R., Bhandari, M. S., 1993, Solar chimney for enhanced stack ventilation, J. Building Environment. 28, 373-377.