

ปัจจัยกระทบต่อปริมาณการระบายอากาศในอาคารด้วยระบบปล่องแดด

Parameters Affecting Ventilation in Building using Solar Chimney

พรสวรรค์ ทองใบ^{1*} ทวีข จิตรสมบุญ²¹ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อ. เมือง จ. นครราชสีมา 30000

โทร 0-4422-3481 โทรสาร 0-4422-4413 *อีเมล ptongbai@hotmail.com

² สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อ. เมือง จ. นครราชสีมา 30000

โทร 0-4422-4410-1 โทรสาร 0-4422-4413 อีเมล tabon@sut.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ใช้ห้องหลังคาและปล่องแดดช่วยเพิ่มการระบายอากาศแบบธรรมชาติในอาคาร วิธีการหลักคือ การใช้หลังคาที่ทำจากวัสดุโปร่งใสเพื่อให้รับแสงแดดได้มากจากปรากฏการณ์เรือนกระจก และมีแผ่นโลหะสีดำเป็นอุปกรณ์ช่วยดูดซับความร้อนจากแสงแดด ระหว่างหลังคาโปร่งใสกับแผ่นโลหะดูดซับความร้อนจะคั่นด้วยช่องว่างเพื่อให้อากาศซึ่งรับความร้อนจากแผ่นดูดซับความร้อนไหลผ่าน และไหลออกผ่านช่องเปิดด้านบนของหลังคาด้วยแรงลอยตัว ซึ่งการไหลนี้เหนี่ยวนำอากาศเย็นในอาคารให้เกิดการถ่ายเทออกไปพร้อมกัน ได้ศึกษาเชิงตัวเลขถึงปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการไหล คือ ความกว้างของช่องอากาศ ความสูงของปล่องแดด การกระจายของพื้นที่หน้าตัดช่องทางไหลของอากาศ ตลอดจนความเข้มของแสงแดด พบว่าทุกปัจจัยศึกษามีผลต่ออัตราการระบายอากาศทั้งสิ้น

Abstract

This research utilizes solar attic and solar chimney to enhance the natural ventilation in building. The main idea is to use a transparent roof to absorb solar radiation by the greenhouse effect. Black metal sheet underneath the roof also helps to absorb more heat. The air gap between the roof and the metal sheet allows heated air to flow out at the opening on the top of the roof, inducing airflow out of the building in the process. Numerical method was used to study the flow rate that is affected by the various parameters, namely: air gap width, chimney height, cross sectional area distribution of the air gap, and solar intensity. It was found that all the studied parameters show strong effects on the ventilation rate.

1. คำนำ

ห้องหลังคาและปล่องถูกนำมาใช้ประโยชน์หลายด้าน เช่น เพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า [1,2,3] หรือเพื่อช่วยเพิ่มการระบายอากาศ [4-

17] ซึ่งมีลักษณะและตำแหน่งการติดตั้งเข้ากับอาคารที่แตกต่างกันออกไป หลักการทำงานของระบบนี้คือการใช้พื้นที่หลังคาที่รับแสงแดดเข้ามาทำให้อากาศในช่องหลังคาร้อนขึ้น อากาศร้อนนี้จะลอยตัวสูงขึ้นไปตามช่องหลังคา และถูกปล่อยออกที่ช่องทางออกด้านบน และในขณะเดียวกันก็เหนี่ยวนำอากาศเย็นเข้ามาสู่ช่องทางเข้าด้านล่าง (ดูรูปที่ 3) เมื่อช่องทางเข้าต่อกับด้านในของอาคารก็จะสามารถระบายอากาศในอาคารได้ จะเห็นได้ว่าหลักการทำงานของระบบนี้ค่อนข้างง่าย แต่การออกแบบให้ได้ประสิทธิภาพสูงนั้นไม่มากนัก

นักวิจัยได้ศึกษาแนวทางเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายอากาศโดยธรรมชาติในรูปแบบต่างๆ ทั้งการศึกษาเชิงทฤษฎี (ด้วยการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์) การศึกษาเชิงตัวเลข และการทดลอง Bansal และคณะ [4,5] ได้ศึกษาความเป็นไปได้ในการระบายอากาศโดยธรรมชาติด้วยการใช้ปล่องแดดเหนี่ยวนำให้เกิดการไหล โดยพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อหาอัตราไหลของอากาศที่เกิดจากปล่องแดด พบว่าปล่องแดดสามารถเหนี่ยวนำให้เกิดอัตราไหลได้ 50-165 m³/h ต่อพื้นที่ปล่องแดด 1 m² นอกจากนี้ยังพบว่าอัตราไหลของอากาศขึ้นอยู่กับปัจจัยโครงสร้างของปล่องแดด เช่น พื้นที่หน้าตัดของช่องทางไหลของอากาศ ตลอดจนประสิทธิภาพในการดูดซับความร้อนของปล่องแดด ต่อมาได้ศึกษาความเป็นไปได้ในการระบายอากาศด้วยปล่องแดดขนาดเล็กที่มีความยาว 1 m กว้าง 1 m พบว่าสามารถทำให้เกิดความเร็วสูงสุดภายในปล่องได้ 0.24 m/s ซึ่งสอดคล้องกับผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และจากการทดลอง Afonso และ Oliveira [6] เสนอว่าการออกแบบปล่องแดดที่เหมาะสมต่อการระบายอากาศควรพิจารณา 2 ปัจจัย คือ ความยาวและความกว้างของช่องทางไหล เพราะอัตราการระบายอากาศจะแปรผันตรงกับพื้นที่หน้าตัดของปล่อง Gan [7] ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการระบายอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิของแผ่นดูดกลืนความร้อน ปริมาณความร้อนที่ได้รับ ความสูงและความหนาของผนัง (ติดตั้งปล่องแดดเข้ากับผนังอาคาร) พบว่าความเข้มของแสงแดดช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้ปล่องแดดประมาณ 10% นอกจากนี้ยังพบว่าความกว้างของช่องทางไหลขนาด 0.55-0.6 m ทำให้เกิดอัตราการระบายอากาศสูงสุดเมื่อพิจารณาที่ความสูงปล่อง

6 m หากความกว้างปล่องมากกว่าช่วงดังกล่าวจะทำให้เกิดการไหลย้อนกลับที่บริเวณด้านบนของปล่อง Bouchair [8] พบว่าอัตราไหลสูงสุดที่ค่าความกว้างของปล่องประมาณ 1/10 ของความสูงปล่อง ซึ่งสัมพันธ์กับงานวิจัยของ Burek และ Habeb [9] ที่พบว่าอัตราการไหลของอากาศภายในปล่องขึ้นอยู่กับความกว้างของปล่องและปริมาณความร้อนที่ได้รับเช่นเดียวกับงานวิจัยของ Gan นอกจากนี้ Hamdy และ Fikry [10] ยังพบว่าอัตราการไหลขึ้นอยู่กับระยะในแนวดิ่งระหว่างช่องทางเข้าและช่องทางออกของปล่องแตก (stack height) และมุมเอียงของหลังคาปล่องแตกที่เหมาะสมที่สุดคือ 60° Zhai และคณะ [11] ศึกษาการใช้ปล่องแตกแบบช่องทางไหลเดี่ยว และแบบช่องทางไหลคู่ พบว่าปล่องแตกแบบช่องทางไหลคู่ สามารถทำให้เกิดการระบายอากาศได้ 20 ACH ที่มุมเอียงของหลังคาปล่องแตก 30° หากต้องการให้ปล่องแตกแบบช่องทางไหลเดี่ยวระบายอากาศได้ในปริมาณเท่ากันจะต้องเอียง 75° ซึ่งยากในการปฏิบัติ และยังคงไม่สวยงามอีกด้วย จากการคำนวณยังพบว่าปล่องแตกแบบช่องทางไหลคู่มีประสิทธิภาพในการระบายอากาศสูงกว่าแบบช่องทางไหลเดี่ยวถึง 10%

งานวิจัยของคนไทยที่เกี่ยวกับการระบายอากาศโดยธรรมชาติในปัจจุบันพบมากขึ้น อันจะเห็นได้จากกลุ่มงานวิจัยของ Khedari และคณะ [12,13,14,15,16] ซึ่งได้ศึกษาการระบายอากาศภายในบ้านพักอาศัยที่อยู่ในเขตกรุงเทพมหานคร ซึ่งแนะนำว่าปล่องแตกที่ดีควรมีขนาดความกว้างของช่องอากาศ 10-14 cm ยาว 1-2 m และมีมุมเอียงของหลังคา $20-45^\circ$ นอกจากนี้ พรสวรรค์ และ ทวีช [17] ยังได้เสนอวิธีการระบายอากาศด้วยห้องหลังคาและปล่องแตก ซึ่งพบว่าสามารถเหนี่ยวนำให้เกิดการระบายอากาศได้สูงเพียงพอต่อความต้องการอยู่อาศัย และยังพบว่าความสูงและพื้นที่หน้าตัดของปล่องตลอดจนความเข้มของแสงแดด ต่างส่งผลต่ออัตราการระบายอากาศและพบว่ามุมเอียงที่ดีที่สุดของหลังคา คือ 45°

จากงานวิจัยในอดีตสามารถสรุปได้ว่าปริมาณการระบายอากาศพิจารณาได้จากค่าอัตราไหลของอากาศที่เข้าสู่อาคาร ซึ่งขึ้นอยู่กับความเข้มของแสงแดด และปัจจัยโครงสร้าง (geometrical parameters) ของปล่องแตก ไม่ว่าจะเป็นระยะในแนวดิ่งระหว่างช่องทางเข้าและช่องทางออกของระบบ (stack height) หรือขนาดของช่องทางเข้าและช่องทางออกของอากาศ ตลอดจนความกว้างของช่องอากาศ (air gap width) และความยาวของปล่องแตก (ซึ่งอาจหมายถึงความยาวของหลังคาหากประยุกต์ปล่องแตกเป็นส่วนหนึ่งของหลังคา) งานวิจัยเร็ว ๆ นี้ของ พรสวรรค์ และ ทวีช [18] พบว่ากระจายพื้นที่หน้าตัดของช่องทางไหล โดยการเพิ่มมุมบานที่ทางออกของปล่อง สามารถเพิ่มอัตราการไหลได้ โดยร้อยละการเพิ่มขึ้นของอัตราการไหลเมื่อเทียบกับกรณีมุมบานเป็นศูนย์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อให้มีมุมบานเพียง $1-5^\circ$

งานวิจัยนี้ทำการขยายขอบเขตการศึกษาจาก พรสวรรค์ และ ทวีช [18] นอกจากนี้ยังศึกษาผลกระทบจากการเพิ่มปล่องเข้ากับระบบโดยติดตั้งปล่องเข้ากับทางออกเดิม วิธีนี้ทำให้ระยะในแนวดิ่งของช่องเปิดทางเข้าและทางออกของระบบมากขึ้น ซึ่งพบว่าสามารถช่วยเพิ่มอัตราการไหลของอากาศได้มากพอสมควร โดยแรงดลใจในการศึกษานี้

เกิดจากการศึกษาเชิงทฤษฎี โดยในเอกสารอ้างอิง 1 ผู้วิจัยได้ทำนายการไหลในระบบปล่องแตกเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้าไว้เป็นสมการคือ

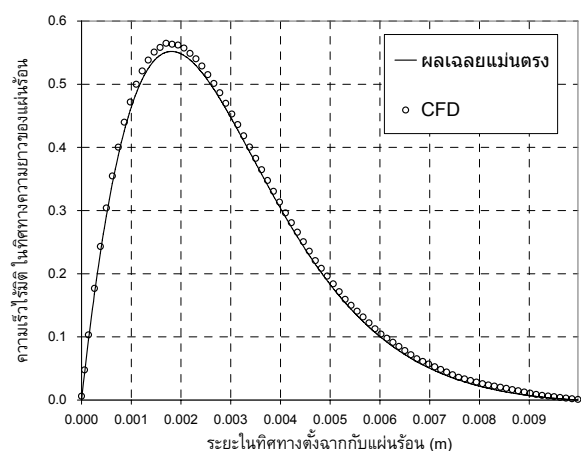
$$\frac{1}{2} \dot{m} V_1^2 \left[\rho_1 - 2\rho_1 A_1^2 \int_1^3 \frac{dA}{A^3} + \frac{2A_1 q''}{V_1 c_p T_1} \int_1^3 \frac{dA_r}{A^2} + \frac{2\rho_1 A_1^2 g h_c}{\gamma R T_1} \int_1^3 \frac{dA}{A^3} \right] = \frac{\rho_1 g h_c q''}{c_p T_3} \int_1^3 dA_r$$

ซึ่งสมการนี้เป็นผลจากการสังเคราะห์สมการอนุรักษ์มวล โมเมนตัมและพลังงานเข้าด้วยกัน และผลการทำนายของสมการนี้สอดคล้องกับการทำนายของการคำนวณเชิงตัวเลขเป็นอย่างดี จากการวิเคราะห์สมการเชิงลึกพบว่า ถ้าให้ช่องทางออกใหญ่กว่าช่องทางเข้า ($A_3 / A_1 > 1$) จะสามารถเพิ่มอัตราการไหล ($\dot{m}$) ได้

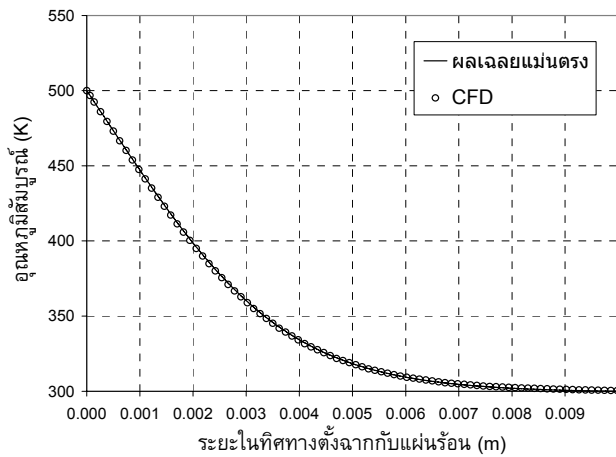
2. แนวทางการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงตัวเลข (CFD) โดยใช้โปรแกรมช่วยวิเคราะห์การไหล ANSYS CFX, Release 11.0 [19] ก่อนที่จะนำโปรแกรมฯ ไปจำลองการไหลผ่านระบบที่ต้องการศึกษา ได้ทำการทดสอบโปรแกรมฯ กับปัญหาการไหลแบบการพาอิสระผ่านแผ่นร้อนแนวดิ่ง ใน 2 มิติ ซึ่งเป็นปัญหาการไหลแบบคงตัวที่สามารถหาผลเฉลยแม่นยำได้จากกรณีวิธีความเหมือน (similarity method) [20]

การจำลองปัญหาการไหลที่ขับเคลื่อนด้วยแรงลอยตัวของโปรแกรม ANSYS CFX จะต้องจำลองด้วย Transient model เท่านั้น ผู้วิจัยได้ลองเปลี่ยนรูปแบบของเงื่อนไขขอบเขตจนกระทั่งได้รูปแบบที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับผลเฉลยแม่นยำ โดยเลือกใช้ Advection scheme เป็นแบบ Specified Blend Factor เท่ากับ 1.0 เทียบเท่ากับ second order ซึ่งเป็นรูปแบบที่มีความถูกต้องค่อนข้างสูง และใช้ Transient scheme เป็นแบบ Second Order Backward Euler ผลลัพธ์แสดงในรูปของตัวแปรไร้มิติของความเร็วและอุณหภูมิ ดังแสดงในรูปที่ 1 และ 2 พบว่ามีความสอดคล้องกันเป็นอย่างดีกับผลเฉลยแม่นยำ โดยมีค่าผิดพลาดอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ แสดงถึงความถูกต้องของคำตอบที่ได้จากการจำลองด้วยโปรแกรมฯ ตลอดจนทราบแนวทางในการกำหนดเงื่อนไขขอบเขตหรือกำหนดค่าต่างๆ ภายในโปรแกรมฯ ก่อนทำการจำลองปัญหาการไหลจริงต่อไป



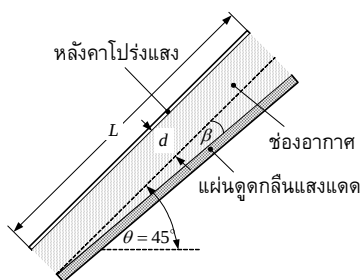
รูปที่ 1 ความเร็วไร้มิติที่คำนวณได้เทียบกับผลเฉลยแม่นยำ



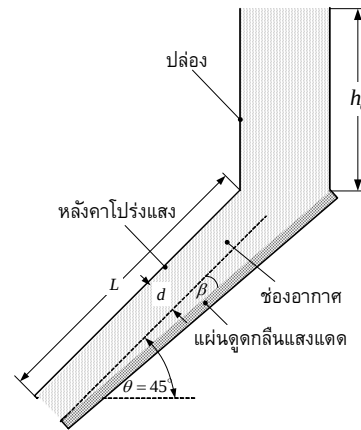
รูปที่ 2 อุณหภูมิสัมบูรณ์ที่คำนวณได้เทียบกับผลเฉลยแม่นยำ

ลักษณะของห้องหลังคาและปล่องแดดที่ศึกษาแสดงดังรูปที่ 3 และ 4 โดยในรูปที่ 3 เป็นห้องหลังคาที่ไม่มีการติดตั้งปล่อง ส่วนรูปที่ 4 เป็นห้องหลังคาที่ติดตั้งปล่องในแนวตั้งเข้ากับทางออก รูปแบบพื้นฐานของระบบที่ศึกษามี 2 รูปแบบ รูปแบบที่ 1 คือ ห้องหลังคาที่ไม่มีมุมบาน ($\beta = 0^\circ$) ช่องทางไหลกว้าง 14 cm มุมเอียงของหลังคาองค์ที่เท่ากับ 45° ส่วนรูปแบบที่ 2 เหมือนรูปแบบที่ 1 ทุกประการเพียงแต่เพิ่มปล่องเข้าไปที่ทางออก ได้ศึกษาการผลกระทบต่อปริมาณอัตราการไหลมวลของอากาศเมื่อเปลี่ยนแปลงปัจจัยต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- มุมบาน (β): $0 - 12^\circ$ เพิ่มขึ้นทีละ 1°
- ความกว้างของช่องอากาศ (d): 12 – 22 cm เพิ่มขึ้นทีละ 2 cm
- ความยาวของหลังคา (L): 1 - 4 m เพิ่มขึ้นทีละ 0.5 m
- ความสูงของปล่องแดด (h_c): 0 – 1.25 m เพิ่มขึ้นทีละ 0.25 m
- ความเข้มของแสงแดด: 500, 650, 800 และ 900 W/m^2



รูปที่ 3 ห้องหลังคาแบบไม่มีปล่อง



รูปที่ 4 ห้องหลังคาแบบมีปล่อง

การจำลองการไหล ได้กระทำภายใต้สมมุติฐานดังนี้

1. เป็นการไหลในระบบพิกัด 2 มิติ
2. อากาศภายในช่องอากาศของปล่องแดดได้รับความร้อนจากแสงแดดเป็นความร้อนต่อหน่วยปริมาตรแบบเอกรูป (uniform heat source)
3. เป็นการไหลแบบมีความหนืดที่ราบเรียบ (laminar) เพราะเป็นการไหลที่ขับเคลื่อนโดยแรงลอยตัวในระยะทางสั้น ๆ ที่ค่าเลขกราชอฟ (Grashof number) ต่ำ
4. ใช้ Boussinesq Model เพื่อประมาณการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของอากาศที่ได้รับความร้อน

การกำหนดเงื่อนไขขอบเขตใช้รูปแบบเดียวกับปัญหาการไหลที่ใช้ในการทดสอบโปรแกรม เนื่องจากเป็นปัญหาการไหลแบบการพาอิสระเช่นเดียวกัน

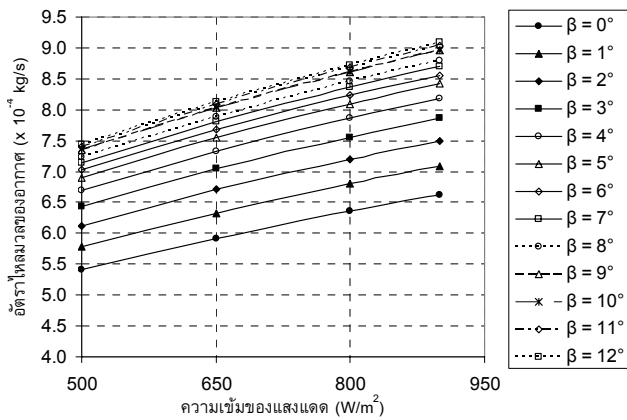
3. ผลลัพธ์และการอภิปรายผล

ความมั่นใจในผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองด้วยโปรแกรมฯ พิจารณาจาก 2 ปัจจัย หนึ่งคือ ค่าเศษตกค้าง (residual) ของสมการนาเวียร์-สโตกส์ โดยตรวจสอบได้จากลักษณะของเส้นกราฟที่โปรแกรมแสดงผลว่ามีการลู่เข้าหรือไม่ และมีค่าต่ำเพียงพอต่อการยอมรับได้หรือไม่ และสองคือ เนื่องจากการเป็นไหลในช่อง ดังนั้นอัตราการไหลเชิงมวลที่แต่ละหน้าตัดต้องมีค่าเท่ากันตามกฎการอนุรักษ์มวล (conservation of mass)

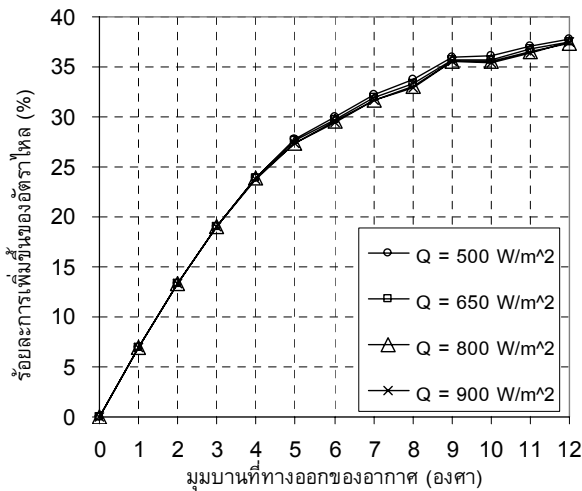
3.1 ผลกระทบจากการกระจายพื้นที่หน้าตัดของช่องทางไหล

ผลกระทบต่ออัตราการไหลเชิงมวลจากการเพิ่มมุมบานที่ทางออกแสดงไว้รูปที่ 5 ซึ่งเห็นได้ว่าการบานตัวออกสามารถเพิ่มอัตราการไหลได้ โดยเฉพาะช่วงมุมบานเล็กๆ $1 - 6^\circ$ สามารถเพิ่มอัตราการไหลได้สูงถึง 30% จะเห็นได้จากระยะห่างระหว่างเส้นกราฟแต่ละเส้น จากนั้นอัตราการเพิ่มจะเริ่มช้าลง หากเปรียบเทียบอัตราการไหลกับกรณีพื้นฐานที่มีมุมบานเป็นศูนย์องศา โดยคิดเป็นร้อยละการเพิ่มของอัตราการไหล จะได้ผลลัพธ์ดังแสดงในรูปที่ 6 ซึ่งพบว่าร้อยละของการเพิ่มของอัตราการไหลเป็นปฏิภาคกับมุมบาน น่าสังเกตว่าข้อมูลของสองกรณีความร้อนทับ

กัน ซึ่งแสดงว่าเกิดความเสมือนของข้อมูลตามระบบตัวแปรไร้มิติ โดยในช่วงแรกอัตราการเพิ่มขึ้นเกือบจะเป็นเชิงเส้นและมีค่าค่อนข้างสูง สังเกตได้จากความชันของเส้นกราฟ จากนั้นอัตราการเพิ่มเริ่มช้าลง



รูปที่ 5 ผลกระทบของมุมบานที่ทางออกต่ออัตราไหลมวล

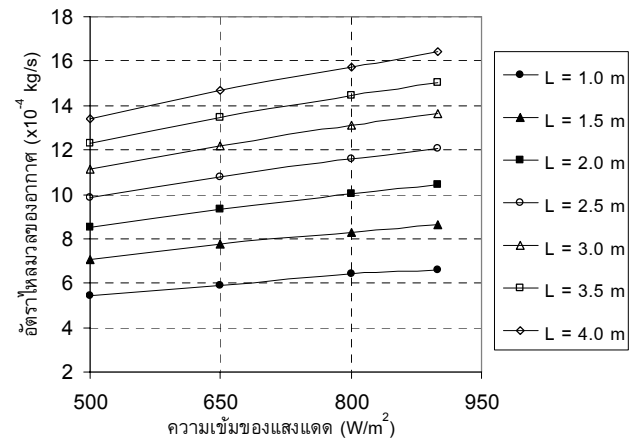


รูปที่ 6 ร้อยละการเพิ่มขึ้นของอัตราไหลมวลเทียบกับกรณีมุมบาน = 0°

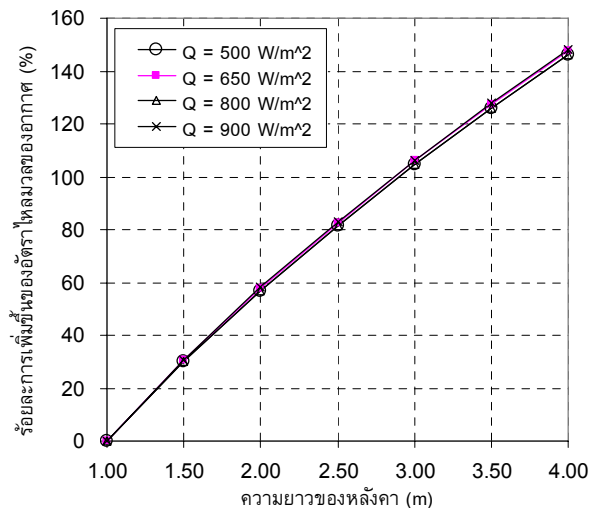
3.2 ผลกระทบจากความยาวหลังคา

เมื่อเพิ่มความยาวของหลังคาพบว่าสามารถเพิ่มอัตราไหลมวลของอากาศได้ดังแสดงในรูปที่ 7 และ 8 โดยความยาวของหลังคาที่ทำการศึกษาคือ 1-4 m ได้ศึกษาในกรณีที่ไม่มียูนบาน ความกว้างของช่องอากาศคงที่ที่ 14 cm ความเข้มของแสงแดด 500 W/m² และ 800 W/m² ตามลำดับ โดยภาพรวมเห็นได้ว่าอัตราไหลเพิ่มเมื่อเพิ่มความยาว (ซึ่งเป็นการเพิ่มความร้อนและความสูงโดยปริยายนั่นเอง) และเป็นการเพิ่มในอัตราที่ลดลงเล็กน้อย และยังเห็นว่าเส้นกราฟของกรณีความเข้มทั้งสองซ้อนทับกันซึ่งแสดงให้เห็นถึงความเสมือนของข้อมูล หากพิจารณาต่ออัตราไหลมวลเมื่อเพิ่มความยาวของหลังคาจาก 1 m เป็น 2 m (ความยาวเพิ่มขึ้น 2 เท่าตัว) พบว่าอัตราไหลมวลเพิ่มขึ้นประมาณ 60% หมายความว่าไม่ได้เพิ่ม 2 เท่าตามความยาว ซึ่งเป็นไปตามกฎของการบานตัวแบบไอเซนทรอปิก ($pv^k = c$) ที่กำหนดว่าความ

หนาแน่นจะลดลงในอัตราที่ช้ากว่าการลดความดัน ซึ่งส่งผลให้แรงลอยตัวซึ่งเกิดจากการลดลงของความหนาแน่นมีค่าน้อยลงที่ความสูงมากขึ้น



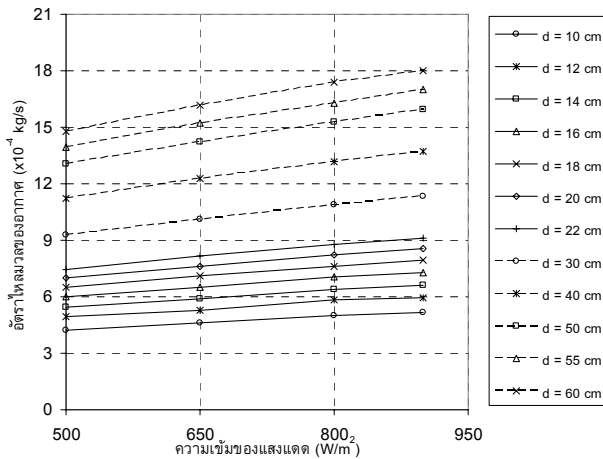
รูปที่ 7 ผลกระทบของความยาวหลังคาต่ออัตราไหลมวล



รูปที่ 8 ร้อยละการเพิ่มขึ้นของอัตราไหลมวลเทียบกับกรณีหลังคายาว 1 m

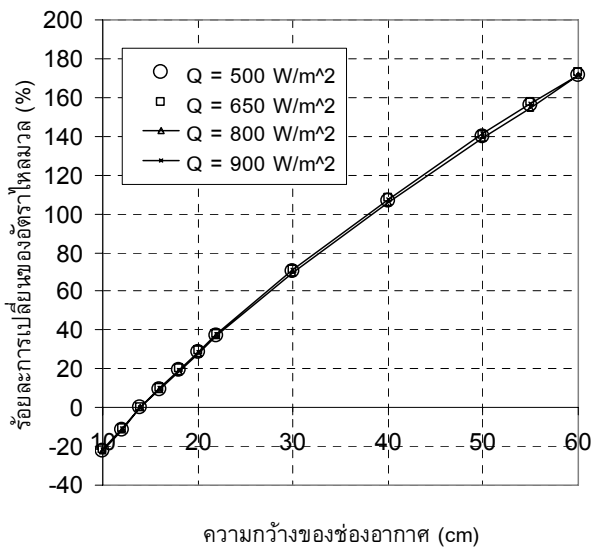
3.3 ผลกระทบจากความกว้างของช่องอากาศ

เมื่อเปลี่ยนแปลงขนาดความกว้างของช่องอากาศหรือช่องทางไหลจาก 12 ถึง 22 cm โดยเพิ่มขึ้นทีละ 2 cm พบว่าการเพิ่มความกว้างของช่องอากาศมีผลทำให้อัตราไหลมวลเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ดังจะเห็นได้จากกราฟในรูปที่ 9 และมีแนวโน้มว่าหากเพิ่มความกว้างของช่องอากาศมากขึ้นยังสามารถเพิ่มอัตราไหลมวลได้ต่อไป โดยสังเกตได้จากระยะห่างระหว่างเส้นกราฟซึ่งบ่งบอกถึงอัตราการเพิ่มขึ้นของอัตราไหลมวลของอากาศ



รูปที่ 9 ผลกระทบของความกว้างของช่องอากาศต่ออัตราไหลมวล

จากนั้นหาร้อยละการเพิ่มขึ้นของอัตราไหลมวลโดยคิดเทียบกับปล่องแดดที่มีความกว้างของช่องอากาศ 14 cm ดังแสดงผลที่ได้ในรูปที่ 10 จะเห็นว่าร้อยละการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของอัตราไหลมวลเกือบจะเป็นเชิงเส้น โดยหากให้ความกว้างของช่องอากาศเล็กลงจาก 14 cm เป็น 12 cm ทำให้อัตราไหลมวลของอากาศลดลงประมาณ 11.2% และเพิ่มขึ้นประมาณ 9.3% เมื่อให้ความกว้างของช่องอากาศเป็น 16 cm

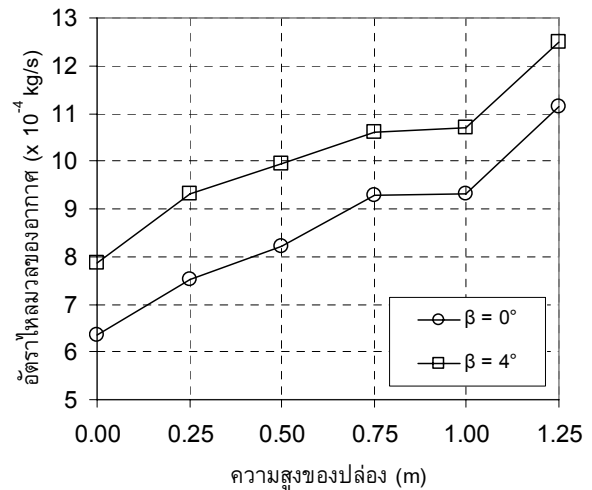


รูปที่ 10 ร้อยละการเพิ่มขึ้นของอัตราไหลมวลเทียบกับกรณี d = 14 cm

3.4 ผลกระทบจากความสูงของปล่อง

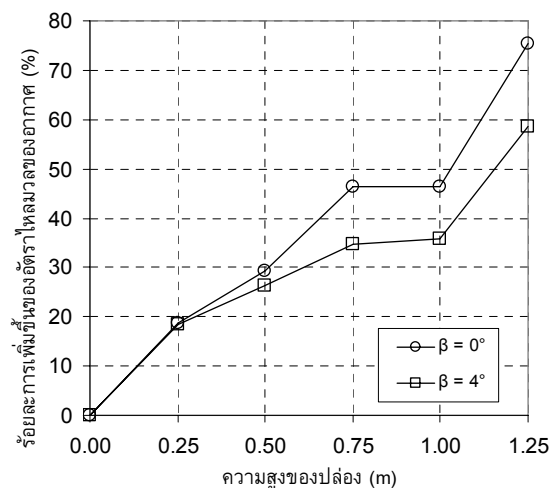
กรณีนี้กระทำขึ้นเพราะคาดหวังว่าการเพิ่มระยะในแนวตั้งระหว่างช่องทางเข้า/ออกของอากาศ (stack height) โดยไม่มีการให้พลังงานแสงแดดเพิ่ม จะสามารถเพิ่มอัตราไหลมวลได้มากขึ้น ซึ่งหากเป็นจริงก็จะเพิ่มแนวทางในการออกแบบระบบระบายอากาศได้มากยิ่งขึ้น จำลองการไหลเมื่อให้ปล่องสูง 0.25, 0.50, 0.75, 1.00, และ 1.25 m ตามลำดับความยาวของหลังคาและความกว้างของช่องอากาศคงที่เท่ากับ 1 m และ 14 cm ตามลำดับ กราฟแสดงอัตราไหลมวลเปรียบเทียบกับกรณี

ที่ไม่มีปล่อง ดังแสดงผลในรูปที่ 11 พบว่าระบบที่มีปล่องสามารถเพิ่มอัตราไหลมวลได้ค่อนข้างมาก การสูญเสียเนื่องจากแรงเสียดทานจากการเพิ่มความสูงปล่องนั้นถือว่ามีค่าน้อย เพราะปล่องไม่สูงมากนัก (ค่า h/d กรณีสูงสุดมีค่าประมาณ 10 เท่านั้น) จึงมีผลน้อยนั่นเอง นอกจากนี้ยังพบว่าที่ปล่องสูง 1 m แทบจะไม่เพิ่มอัตราไหลมวลเมื่อเทียบกับกรณีปล่องสูง 0.75 m ซึ่งคาดว่าเป็นผลจาก Transient model ซึ่งเกิดขึ้น ณ ความสูงนี้เท่านั้น ผู้วิจัยลองเพิ่มความสูงปล่องเป็น 1.25 m ระบบก็ยังสามารถเพิ่มอัตราไหลมวลต่อไปได้



รูปที่ 11 ผลกระทบของความสูงปล่องต่ออัตราไหลมวล

ร้อยละการเพิ่มขึ้นของอัตราไหลมวลเทียบกับกรณีที่ไม่มีปล่องดังแสดงในรูปที่ 12



รูปที่ 12 ร้อยละการเพิ่มขึ้นของอัตราไหลมวลเทียบกับกรณีไม่มีปล่อง

4. สรุปและข้อเสนอแนะ

สามารถสรุปผลลัพธ์จากการศึกษาเชิงตัวเลขของปัจจัยที่มีผลต่อการระบายอากาศโดยธรรมชาติ ได้ดังนี้

1. การเพิ่มมุมบานที่ช่องทางออกของหลังคาสามารถเพิ่มอัตราไหลมวลได้มากกว่า 30% ถือเป็นทางเลือกในการออกแบบการระบายอากาศที่ดีแนวทางหนึ่งที่ยังไม่พบในวรรณกรรม
2. ความยาวของหลังคามากขึ้นทำให้อัตราไหลมวลสูงขึ้น โดยหากเพิ่มความยาวของหลังคาจาก 1 m เป็น 2 m สามารถเพิ่มอัตราไหลมวลของอากาศได้ประมาณ 57%
3. การเพิ่มความกว้างของช่องอากาศสามารถเพิ่มอัตราไหลมวลได้ ปริมาณการเพิ่มเกือบเป็นเชิงเส้นกับความกว้างที่เพิ่มขึ้น
4. การติดตั้งปล่องแนวตั้งที่ทางออกของหลังคาสามารถเพิ่มอัตราไหลมวลได้มาก เพราะเป็นการเพิ่มระยะในแนวตั้งระหว่างช่องเปิดทางเข้าและทางออกของอากาศ (stack height) ในทางปฏิบัติการเลือกความสูงที่เหมาะสมของปล่องต้องคำนึงถึงความสวยงามและค่าวัสดุที่เพิ่มขึ้นด้วย

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการอุดหนุนเงินทุนวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เอกสารอ้างอิง

- [1] Chitsomboon, T. (2001). A Validated Analytical Model for Flow in Solar Chimney. *International Journal of Renewable Energy Engineering* 3(2): 339-346.
- [2] Chitsomboon, T., and Tongbai, P. (1998). A Mathematical Model of Solar Chimney for Electrical Energy Production. *Proceedings of the 12th National Mechanical Engineering Conference* (pp 14-20). Chulalongkorn University, Thailand.
- [3] Chitsomboon, T., and Tongbai, P. (1999). The Effect of Chimney-Top Convergence on Efficiency of a Solar Chimney. *Proceedings of the 13th National Mechanical Engineering Conference* (pp 263-268). Pataya, Thailand.
- [4] Bansal N.K., Methur R., Bhandari M.S. (1993). Solar chimney stack ventilation. *Building and Environment* 28(3): 373-377.
- [5] Bansal N.K., Methur J., Methur S., and Jane M. (2005). Modeling of window-sized solar chimneys for ventilation. *Building and Environment* 40: 373-377.
- [6] Afonso C., and Oliveira A. (2000). Solar chimneys: simulation and experiment. *Energy and Buildings* 32: 71-79.
- [7] Gan G. (1998). A parametric study of Trombe walls for passive cooling of buildings. *Energy and Buildings* 27: 37-43.
- [8] Bouchair A. Solar chimney for promoting cooling ventilation in southern Algeria.
- [9] Burek S. A.M., and Habeb A. (2007). Air flow and thermal efficiency characteristics in solar chimneys and Trombe Walls. *Energy and Buildings* 39: 128-135.
- [10] Hamdy L.F., and Fikry M.A. (1998). PASSIVE SOLAR VENTILATION. *Renewable Energy* 14(1-4): 381-386
- [11] Zhai X.Q., Dai Y.J., Wang R.Z. (2005). Comparison of heating and natural ventilation in a solar house induced by two roof solar collectors. *Applied Thermal Engineering* 25: 741-757.
- [12] Hirunlabh, J., Washirapuwadon, S., Pratinthong, N., and Khedary, J. (2001). New configurations of a roof solar collector maximizing natural ventilation. *Building and Environment* 36(3): 383-391.
- [13] Khedary, J., Hirunlabh, J., and Bunnag, T. (1997). Experimental study of a roof solar collector towards the natural ventilation of new houses. *Energy and Buildings* 26(2): 159-164.
- [14] Khedary, J., Mansirisub, W., Chaima, S., Pratinthong, N., and Hirunlabh, J. (2000). Field measurements of performance of roof solar collector. *Energy and Buildings* 31(3): 171-178.
- [15] Khedary, J., Ingkawanich, S., Waewsak, J., and Hirunlabh, J. (2002). A PV system enhanced the performance of roof solar collector. *Building and Environment* 37(12): 1317-1320.
- [16] Khedary, J., Yimsamerjit, P., and Hirunlabh, J. (2002). Experimental investigation of free convection in roof solar collector. *Building and Environment* 37(5): 455-459.
- [17] พรสวรรค์ ทองใบ และ ทวีช จิตรสมบูรณ์. (2004). การใช้ห้องหลังคาและปล่องช่วยในการถ่ายเทอากาศ : การวิเคราะห์เชิงตัวเลข. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 18. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- [18] พรสวรรค์ ทองใบ และ ทวีช จิตรสมบูรณ์. (2008). การเพิ่มประสิทธิภาพปล่องแดดเพื่อระบายอากาศในอาคาร. การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 4. มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- [9] ANSYS CFX, Release 11.0. ANSYS, Inc.
- [20] Kays, W.M. and Crawford M.E. (1993). *Convective heat and mass transfer*. (3rd ed.) Singapore: McGraw-Hill.