



การทดลองเพื่อศึกษาการระบายอากาศแบบธรรมชาติภายในอาคาร  
ด้วยระบบหลังคาแสงอาทิตย์ร่วมกับปล่อง

Experimental Investigation on the Natural Ventilation in Building  
by Using Integrated Roof Solar Collector and Chimney

พรสวรรค์ ทองใบ<sup>1\*</sup> และ ทวีศิลป์ เล็กประดิษฐ์<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี  
744 ถนนสุรนารายณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

\*ติดต่อ: E-mail: ptongbai@hotmail.com, เบอร์โทรศัพท์ 044 233 073 ต่อ 3410, เบอร์โทรสาร 044 233 074

**บทคัดย่อ**

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาการระบายอากาศแบบธรรมชาติภายในอาคารด้วยพลังงานแสงอาทิตย์โดยอาศัยการทำงานของหลังคาแสงอาทิตย์ร่วมกับปล่อง ทำการสร้างบ้านจำลองขนาดเล็ก กว้าง 1 m ยาว 1 m และสูง 1 m หลังคาแสงอาทิตย์เอียงทำมุม 45° อยู่ทางด้านทิศใต้ของอาคาร อากาศภายในช่องว่างที่อยู่ระหว่างหลังคาชั้นนอกและชั้นในของหลังคาแสงอาทิตย์ถูกอุ่นให้ร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ อากาศที่ร้อนนี้จะไหลไปตามช่องว่างผ่านเข้าไปในปล่องและไหลออกสู่ภายนอก ทำให้เกิดการดูดอากาศจากภายนอกเข้ามาแทนที่ผ่านช่องทางเข้าด้านล่างของอาคาร ส่งผลให้เกิดการระบายอากาศขึ้น ทำการบันทึกค่าอุณหภูมิของอากาศและอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศที่ไหลผ่านบ้านจำลองเพื่อศึกษาอิทธิพลของตัวแปรทางโครงสร้าง (geometric parameters) ต่ออัตราการระบายอากาศ ได้แก่ ความกว้างของช่องทางเข้า ความกว้างของช่องว่างอากาศ และความสูงของปล่อง ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองพบว่า ทุกตัวแปรต่างมีอิทธิพลต่ออัตราการระบายอากาศทั้งสิ้น จากผลลัพธ์ในการทดลองครั้งนี้สามารถยืนยันได้ถึงประสิทธิภาพของการระบายอากาศแบบธรรมชาติโดยอาศัยการทำงานร่วมกันของหลังคาแสงอาทิตย์และปล่อง

**คำหลัก:** การระบายอากาศแบบธรรมชาติ; หลังคาแสงอาทิตย์; หลังคาแสงอาทิตย์และปล่อง

**Abstract**

The aim of this research is to investigate the natural ventilation in building due to solar radiation by using integrated roof solar collector (RSC) and conventional chimney. The small model of house having a size 1 m x 1 m x 1 m was made. An RSC is inclined with 45° in the south roof of a building. The solar radiation is employed to heat the air in the channel is between outer and inner side of RSC. The hot air flow up the channel and into the chimney which can be used to induce flow out of the building in order to ventilate it. Experiment was conducted under the actual environment. The air temperature and the air mass flow rate were measured. The geometric parameters that affect the performance of this natural ventilation system were investigated, namely: inlet opening width, channel width and chimney height. All of the mention parameters were found to exhibit effect on the

ventilation. It can be concluded that an experimental results was shown the good performance of natural ventilation by using integrated RSC and chimney.

**Keywords:** natural ventilation; roof solar collector; integrated roof solar collector and chimney.

## 1. บทนำ

ระบบหลังคาแสงอาทิตย์ (Roof Solar Collector System) และปล่องแสงอาทิตย์ (solar chimney) ถูกนำมาใช้เพื่อเหนี่ยวนำให้เกิดการระบายอากาศแบบธรรมชาติภายในอาคาร เป็นการลดการใช้พลังงานทางหนึ่งเพราะเป็นระบบการระบายอากาศแบบพาสซีฟ (Passive Ventilation System) นั่นคือสามารถทำงานได้ด้วยตัวเองโดยไม่ต้องอาศัยพลังงานจากไฟฟ้า ระบบหลังคาแสงอาทิตย์ช่วยระบายอากาศโดยอาศัยหลักการพาความร้อนแบบธรรมชาติ (natural convection) อากาศจะไหลด้วยแรงลอยตัว (buoyancy force) ที่เกิดจากผลต่างของอุณหภูมิอากาศที่อยู่ภายในและภายนอกของระบบ สมการการคำนวณหาอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ หรือปริมาตรการไหลของอากาศเป็นฟังก์ชันของผลต่างของอุณหภูมิของอากาศภายในและภายนอก ระบบ และระยะในแนวตั้งระหว่างช่องทางเข้าและออกของอากาศของระบบ (stack height) ตลอดจนถึงพื้นที่หน้าตัดการไหลทางเข้าและทางออกของระบบ และจากการศึกษาวิจัยในอดีตยังพบว่าค่าอัตราการไหลของอากาศนี้ยังขึ้นอยู่กับความเข้มของแสงอาทิตย์ และขนาดของตัวแปรทางโครงสร้าง (geometric parameters) ของระบบด้วย

ระบบหลังคาแสงอาทิตย์ประกอบด้วยสามส่วนหลักคือ หลังคาโปร่งใส (transparent roof) ซึ่งมีค่าการส่งผ่านความร้อนสูงจึงยอมให้แสงอาทิตย์ทะลุผ่านได้มาก (ดูรูปที่ 1), ช่องอากาศ (air gap) หรือช่องทางไหลของอากาศ (air channel) ด้านในสุดคือแผ่นดูดกลืนแสงอาทิตย์ (absorber plate) ทำหน้าที่ดูดกลืนพลังงานแสงอาทิตย์ที่ทะลุผ่านวัสดุโปร่งใสเข้ามา จากนั้นจึงถ่ายเทความร้อนที่สะสมให้กับอากาศที่อยู่ในช่องอากาศต่อไป

โดยทั่วไปแผ่นดูดกลืนแสงอาทิตย์จะทำจากแผ่นโลหะที่เคลือบหรือทาด้วยสีดำเพื่อเพิ่มความสามารถในการดูดกลืนแสง ความร้อนจะถูกกักให้อยู่ในช่องอากาศโดยพฤติกรรมเรือนกระจก (greenhouse effect) อากาศภายในช่องว่างจะได้รับความร้อนจากแผ่นดูดกลืนแสงอาทิตย์ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ความหนาแน่นจึงลดลงอากาศเบาขึ้นจะลอยตัวขึ้นผ่านช่องทางไหลของอากาศและไหลออกสู่บรรยากาศผ่านช่องทางออกด้านบน หากประยุกต์ระบบหลังคาแสงอาทิตย์เข้ากับบ้านหรืออาคารทั่วไป ระบบนี้ก็จะสามารถเหนี่ยวนำอากาศเย็นจากด้านนอกเข้าสู่อาคารผ่านช่องเปิดทางด้านล่าง ช่วยระบายอากาศและทำความเย็นไปพร้อมกัน หลักการทำงานของระบบนี้ค่อนข้างง่าย แต่การออกแบบให้ได้ประสิทธิภาพสูงนั้นมีความยุ่งยากพอสมควร เพราะต้องมีทั้งทฤษฎี การคำนวณ และการทดลองที่ดีเป็นเครื่องมือในการทำงาน

จากการศึกษาวิจัยในอดีตพบความหลากหลายของผลลัพธ์เกี่ยวกับค่าที่เหมาะสมของตัวแปรทางโครงสร้างของระบบ [1,2,4,5,10,11] โดยเฉพาะค่าที่เหมาะสมของความกว้างของช่องอากาศหรือช่องทางไหล ตัวอย่างเช่น กลุ่มงานวิจัยในอดีตของ Khedari และคณะ [12,13,14,15,16] ซึ่งได้ศึกษาการระบายอากาศภายในบ้านพักอาศัยที่อยู่ในพื้นที่ของจังหวัดกรุงเทพมหานคร เสนอว่าปล่องแดดควรยาว 1-2 m ความกว้างของช่องอากาศ 10-14 cm และมุมเอียงของหลังคาอยู่ระหว่าง 20-45° (เพื่อความสวยงาม ประหยัดและง่ายในทางปฏิบัติ) ส่วน Bouchair [8] พบว่าอัตราการไหลสูงสุดเกิดขึ้นที่ความกว้างของปล่องประมาณ 1/10 ของความสูงปล่อง Burek และ Habeb [9] พบว่าอัตราการไหลของอากาศภายในปล่องขึ้นอยู่กับความกว้างของปล่องและปริมาณความร้อนที่เข้าสู่อาคาร

(heat gain) โดยไม่สรุปว่าค่าใดเป็นค่าที่เหมาะสมที่สุดต่อการระบายอากาศ Afonso และ Oliveira [6] พบว่าอัตราการระบายอากาศแปรผันตรงกับพื้นที่หน้าตัดของช่องอากาศเช่นเดียวกัน ส่วน Gan [7] ประยุกต์ปล่องแดดเข้ากับผนังอาคารเพื่อศึกษาอัตราการระบายอากาศพบว่าอัตราการระบายอากาศขึ้นอยู่กับความเข้มของแสงแดด โดยอัตราการระบายอากาศมากเมื่อความเข้มแสงแดดสูง และอัตราการระบายอากาศมีค่าสูงสุดที่ความสูงปล่อง 6 m เมื่อพิจารณาที่ความกว้างของช่องอากาศระหว่าง 0.55–0.6 m หากความสูงมากกว่าช่วงดังกล่าวจะทำให้เกิดการไหลย้อนกลับบริเวณด้านบนของปล่อง

ผลงานวิจัยในอดีตของ พรสวรรค์ และ ทวิช [17] เสนอวิธีการระบายอากาศด้วยห้องหลังคาและปล่องแดดซึ่งสามารถเหนี่ยวนำให้เกิดการระบายอากาศในปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการของผู้อาศัย นอกจากนี้ยังพบว่าความสูงและขนาดของปล่อง ตลอดจนความเข้มของแสงแดด ต่างส่งผลต่ออัตราการระบายอากาศ มุมเอียงที่ควรนำไปใช้ในทางปฏิบัติของหลังคาคือ 45° จากนั้นพบว่าผลลัพธ์งานวิจัยของ Chitsomboon [3] และ Koonsrisuk และ Chitsomboon [18] ซึ่งศึกษาการไหลของอากาศผ่านปล่องแดดเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้าพบว่าทำให้ช่องทางไหลของอากาศบานตัวออกสามารถเพิ่มอัตราการไหลของอากาศในปล่องได้ Tongbai และ Chitsomboon [19, 20] จึงนำแนวคิดนี้ไปใช้กับปล่องแดดเพื่อการระบายอากาศ พบว่าอัตราการไหลเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและเกือบจะเป็นเชิงเส้นที่มุมบานตัวของหลังคาในช่วง 1–5° พิจารณาที่มุมบานตัว 6° สามารถเพิ่มอัตราการไหลได้ 30% (เทียบกับกรณีไม่มีมุมบานตัว) เมื่อเพิ่มมุมบานตัวไปจนถึง 12° อัตราการไหลยังคงเพิ่มขึ้นแต่เพิ่มด้วยอัตราที่ลดลง จากนั้นศึกษาอัตราการเพิ่มขึ้นของการระบายอากาศเมื่อต่อปล่องแนวตั้งเข้ากับทางออกของห้องหลังคา โดยปล่องนี้เป็นปล่องแบบธรรมดาที่ช่วยเพิ่มความเร็วระหว่างช่องทางเข้าและออกของระบบเท่านั้น (ไม่ได้มีหน้าที่รับแสงแดดแต่

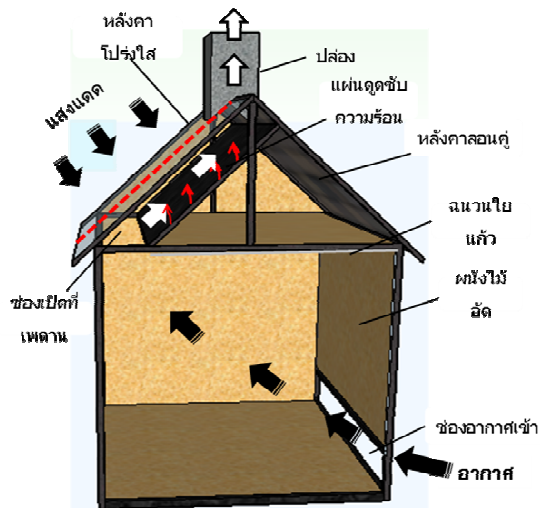
อย่างไร) ส่วนการเพิ่มปล่องแนวตั้งเข้ากับระบบนั้นช่วยเพิ่มอัตราการไหลได้ถึง 38% ที่ความสูงปล่อง 0.75 m นอกจากนี้ Tongbai และ Chitsomboon [21] ยังศึกษาเปรียบเทียบผลของลักษณะของหลังคาเอียงกับหลังคาแบบราบที่ต่อปล่องให้มีความสูงในแนวตั้งเท่ากัน ซึ่งพบว่าหลังคาแบบเอียงให้ค่าอัตราการไหลสูงกว่าหลังคาแบบราบที่มีปล่อง นับเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะสามารถนำไปช่วยตัดสินใจในการสร้างอาคารเพื่ออยู่อาศัยต่อไป

งานวิจัยที่ผ่านมาของ Tongbai และ Chitsomboon นั้น ล้วนเป็นการศึกษาเชิงตัวเลขด้วยโปรแกรมวิเคราะห์การไหลสำเร็จรูป ANSYS CFX และยังไม่มีการยืนยันผลลัพธ์ด้วยการทดลองแต่อย่างใด ดังนั้น ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจึงทำการศึกษาดังกล่าวด้วยวิธีการทดลองเพื่อศึกษาผลกระทบจากตัวแปรทางโครงสร้างต่ออัตราการระบายอากาศแบบธรรมชาติในอาคารด้วยระบบหลังคาแสงอาทิตย์ร่วมกับปล่อง โดยปล่องในระบบนี้เป็นปล่องธรรมดา ไม่ได้มีหน้าที่หลักในการรับแสงอาทิตย์แต่อย่างใด อาคารที่ใช้ในการทดลองถูกจำลองให้มีขนาดเล็กเท่ากับ 1 m<sup>3</sup> (กว้าง x ยาว x สูง = 1 m x 1 m x 1 m) และจากผลลัพธ์งานวิจัยของ Pornsawan และ Chitsomboon [22] ซึ่งทำการศึกษาใน 3 มิติ แล้วพบว่าตำแหน่งของปล่องบนหลังคาไม่มีผลอย่างมีนัยต่ออัตราการไหลที่เกิดขึ้นแต่อย่างใด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงติดตั้งปล่องไว้ตรงกลางของหลังคา ตัวแปรทางโครงสร้างที่ทำการศึกษา ได้แก่ ขนาดของช่องเปิดทางเข้าที่พื้นบ้าน ขนาดของช่องเปิดที่เพดาน ความสูงของปล่องบนหลังคา หากงานวิจัยนี้ได้ผลลัพธ์เป็นที่น่าพอใจ ก็จะช่วยเพิ่มทางเลือกในการออกแบบบ้าน หรืออาคารเพื่ออยู่อาศัย หรืออาจประยุกต์ใช้กับอาคารเชิงพาณิชย์ ตลอดจนโรงเรียนเลี้ยงสัตว์ หรือโรงเรียนบ่มเพาะเห็ด เป็นต้น

## 2. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

### 2.1 อุปกรณ์การทดลอง

รูปที่ 1 แสดงองค์ประกอบต่าง ๆ ของบ้านจำลองขนาดเล็ก ที่มีระบบหลังคาแสงอาทิตย์ ซึ่งประกอบด้วย หลังคาชั้นนอกทำจากวัสดุโปร่งใส และหลังคาชั้นในซึ่งทำหน้าที่ดูดกลืนความร้อนจากแสงแดดที่ทะลุผ่านเข้ามา ระหว่างหลังคาชั้นนอกและชั้นในจะมีช่องอากาศ ซึ่งจะได้รับความร้อนจากหลังคาชั้นใน อากาศในช่องว่างนี้เมื่อมีอุณหภูมิสูงขึ้น ความหนาแน่นจะลดลง เกิดเป็นก้อนมวลของอากาศเบา และลอยตัวขึ้นเข้าสู่ปล่องที่อยู่บนหลังคา ก่อนที่จะไหลออกสู่บรรยากาศต่อไป อากาศทางด้านนอกจะไหลผ่านช่องเปิดด้านล่างเข้ามาแทนที่อากาศที่หายไป เกิดเป็นกระแสอากาศที่ไหลเวียนเพื่อทำหน้าที่ระบายอากาศระบายเท่าที่มีความร้อนจากแสงแดด



รูปที่ 1 แสดงองค์ประกอบต่าง ๆ ของบ้านที่มีการระบายอากาศด้วยระบบหลังคาแสงอาทิตย์ร่วมกับปล่อง

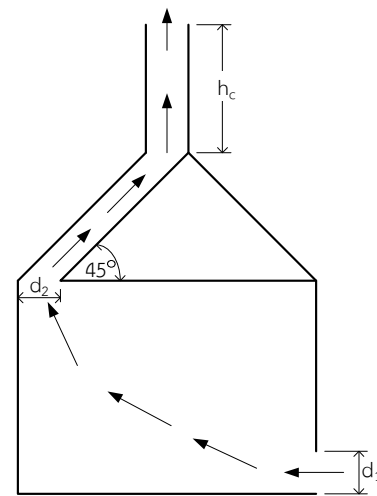
ทำการสร้างบ้านจำลองขนาดเล็กขนาด กว้าง x ยาว x สูง = 1 m x 1 m x 1 m หลังคาเอียงทำมุมคงที่ 45° กับแนวระดับ ช่องเปิดด้านล่างเปิดกว้างตลอดความกว้างของตัวบ้าน แต่ความสูงของช่อง ( $d_1$ ) สามารถปรับระดับได้ ความกว้างของช่องอากาศนิยามจากระยะ  $d_2$  ดังแสดงในรูปที่ 2 สามารถขยับปรับระยะได้ ตัวปล่องทำ

จากสังกะสีซึ่งปรับค่าความสูงได้ ผนังทุกด้านทำจากไม้อัด เพดานถูกบุด้วยฉนวนใยแก้ว เพื่อป้องกันความร้อนที่จะเข้าสู่ห้อง หลังคาด้านทิศเหนือทำจากกระเบื้องลอนคู่

### 2.2. วิธีการทดลอง

ช่วงเวลาของการทดลองเป็นธันวาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งเป็นช่วงฤดูหนาวของประเทศไทย โดยมีค่าความของแสงอาทิตย์เฉลี่ยอยู่ในช่วง 600-800 W/m<sup>2</sup> และอุณหภูมิของอากาศมีค่าเฉลี่ยประมาณ 30°-35°C ทำการทดลองศึกษาผลกระทบตัวแปรทางโครงสร้างทางอาคารต่าง ๆ (แสดงในรูปที่ 2) ได้แก่ ความสูงของปล่อง ( $h_c$ ) ความกว้างของช่องทางเข้า ( $d_1$ ) และ ความกว้างของช่องอากาศใต้หลังคา ( $d_2$ ) ดังนี้

1. ความสูงปล่อง: 0, 0.25, 0.5, 0.75 และ 1 m
2. ความกว้างของช่องทางเข้า: 5, 10 และ 15 cm
3. ความกว้างของช่องอากาศใต้หลังคา: 5, 10 และ 15 cm



รูปที่ 2 แสดงตำแหน่งของตัวแปรทางโครงสร้างของอาคารที่ทำการศึกษ

ทำการวัดค่าตัวแปรต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 3 ดังนี้ วัดอุณหภูมิทั้งสิ้น 10 จุด ด้วยเทอร์โมคัปเปิล Type K วัดความเร็วของอากาศที่ช่องเปิดทางเข้า และที่ปลายปล่องด้วยแอนนิมิเตอร์แบบเส้นลวดความร้อน (Hot-wire)

anemometer) วัดค่าความเข้มของแสงแดดภายนอก ด้วยไพรานอมิเตอร์ (Pyranometer) เก็บค่าต่าง ๆ ด้วยเครื่องบันทึกข้อมูล (Data-logger) ทุก ๆ 15 นาที



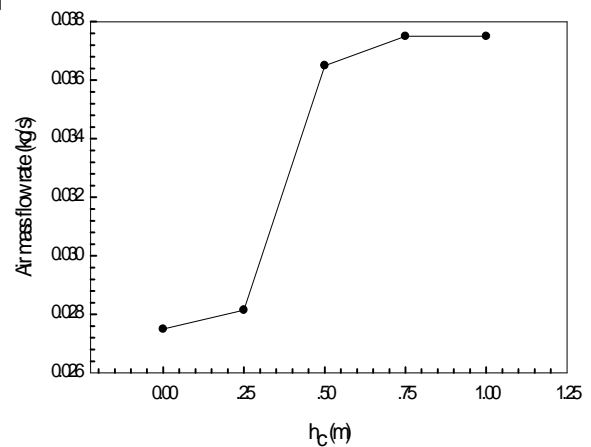
### 3. ผลลัพธ์และการวิจารณ์ผล

ตัวแปรที่ใช้บ่งชี้ค่าการระบายอากาศ คือ อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศที่ไหลผ่านอาคาร โดยสามารถคำนวณได้จากการนำค่าความเร็วเฉลี่ยจากการวัดที่ทางเข้าคูณกับพื้นที่หน้าตัดทางเข้าและความหนาแน่นของอากาศ ซึ่งใช้ค่าความหนาแน่นที่อุณหภูมิเฉลี่ยจากการวัด ณ ตำแหน่งดังกล่าว ตรวจสอบค่าอัตราการไหลที่ทาเข้าและที่ทางออกที่ปลายปล่องของแต่ละกรณีการทดลองพบว่ามีความเท่ากัน ซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์มวล จากนั้นนำค่าอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศที่คำนวณได้มาพล็อตเทียบกับตัวแปรทางโครงสร้างที่ทำการศึกษาเพื่อวิเคราะห์และวิจารณ์ผลตามลำดับดังรายละเอียดต่อไปนี้

#### 3.1 ผลกระทบจากความสูงปล่องต่อการระบายอากาศ

เพื่อศึกษาผลกระทบจากความสูงปล่องที่มีต่ออัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ ทำการปรับค่าความสูงของปล่องบนหลังคาเป็น 0, 0.25, 0.50, 0.75 และ 1.00 m ตามลำดับ โดยกำหนดให้มุมเอียงของหลังคาเท่ากับ

45° ความกว้างช่องอากาศใต้หลังคา ( $d_2$ ) เท่ากับ 15 cm ความกว้างของช่องทางเข้าของอากาศ ( $d_1$ ) เท่ากับ 15 cm ผลลัพธ์ที่ได้แสดงในรูปที่ 4 จะเห็นว่า อัตราการไหลของอากาศมากขึ้นเมื่อเพิ่มความสูงปล่อง โดยเฉพาะเมื่อเพิ่มความสูงปล่องจาก 0.25 m เป็น 0.5 m อัตราการไหลของอากาศมีการเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน ดังจะสังเกตได้จากความชันของเส้นกราฟที่ค่อนข้างมาก จากนั้นอัตราการเพิ่มขึ้นลดลง และเมื่อเพิ่มความสูงปล่องจาก 0.75 m เป็น 1 m พบว่าแทบจะไม่มี การเพิ่มขึ้นของอัตราการไหลเกิดขึ้นเลย หากพิจารณาเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นของอัตราการไหลเทียบกับกรณีไม่มีปล่อง พบว่าสามารถเพิ่มได้ถึง 32.7% ที่กรณีความสูงปล่องเท่ากับ 0.5 m

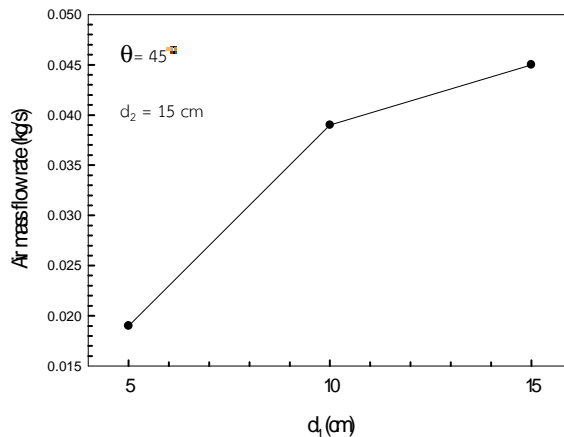


รูปที่ 4 อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศเทียบกับความสูงปล่อง

#### 3.2 ผลกระทบจากความกว้างของช่องทางเข้าต่อการระบายอากาศ

เพื่อศึกษาผลกระทบจากความกว้างของช่องทางเข้าของอากาศ ( $d_1$ ) จึงปรับค่า  $d_1$  เป็น 5 cm, 10 cm และ 15 cm ตามลำดับ โดยกำหนดให้ตัวแปรอื่นๆ คงที่ได้แก่ มุมเอียงของหลังคาเท่ากับ ( $\theta$ ) เท่ากับ 45° ความกว้างช่องอากาศใต้หลังคา ( $d_2$ ) เท่ากับ 15 cm และความสูงของปล่องเท่ากับ 1 m ผลลัพธ์ที่ได้แสดงในรูปที่ 5 ซึ่ง

พบว่าเมื่อทำการเพิ่มขนาดความกว้างของช่องทางเข้าของอากาศ (ซึ่งหมายถึงเพิ่มพื้นที่หน้าตัดการไหลเข้าของอากาศ) ขึ้นเรื่อย ๆ จะช่วยเพิ่มอัตราการไหลได้โดยเพิ่มอัตราการไหลได้มากในช่วงของการเพิ่มค่า  $d_1$  จาก 5 cm ไป 10 cm ซึ่งจะสังเกตได้จากความชันของเส้นกราฟที่ค่อนข้างมาก จากนั้นอัตราการเพิ่มขึ้นของอัตราการไหลลดลงเล็กน้อยเมื่อเพิ่ม  $d_1$  จาก 10 cm เป็น 15 cm โดยเมื่อพิจารณาที่  $d_1$  เท่ากับ 10 cm สามารถเพิ่มอัตราการไหลได้ถึง 105.3% เมื่อเทียบกับกรณี  $d_1$  เท่ากับ 5 cm สำหรับการทดลองนี้ช่องทางเข้าของอากาศขนาด 15 cm ให้ค่าอัตราการไหลได้สูงที่สุด ในการทดลองนี้ โดยสามารถเพิ่มอัตราการไหลได้สูงถึง 0.045 kg/s

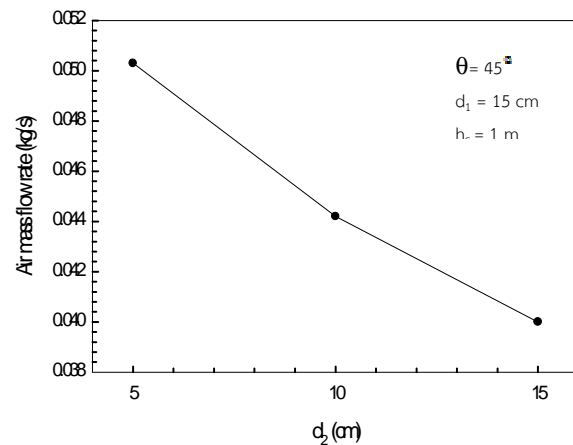


รูปที่ 5 อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศเทียบกับความกว้างของช่องทางเข้าของอากาศ

### 3.3 ผลกระทบจากความกว้างของช่องอากาศใต้หลังคาต่อการระบายอากาศ

เพื่อศึกษาผลกระทบจากความกว้างของช่องอากาศใต้หลังคา ( $d_2$ ) จึงทำการปรับค่า  $d_2$  เป็น 5 cm, 10 cm และ 15 cm เช่นเดียวกันกับ  $d_1$  และทำการศึกษาในกรณีที่บ้านมีมุมเอียงของหลังคาเท่ากับ  $45^\circ$  ความกว้างของช่องทางเข้าของอากาศเท่ากับ 15 cm และความสูงของปล่องเท่ากับ 1 m ผลลัพธ์ที่ได้แสดงในรูปที่ 6 ซึ่งพบว่าอัตราการไหลของอากาศสูงที่สุดเมื่อค่า  $d_2$  เท่ากับ 5 cm

โดยมีค่าสูงถึง 0.0503 kg/s แต่เมื่อปรับความกว้างของช่องทางเข้าของอากาศเป็น 10 cm และ 15 cm ทำให้อัตราการไหลลดลงอย่างรวดเร็ว จึงสามารถสรุปได้ว่าขนาดของช่องอากาศที่ใหญ่ขึ้นจึงทำให้การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของอากาศใต้หลังคาลดลงเนื่องจากมีก้อนมวลอากาศเย็นมากกว่า จึงส่งผลให้แรงขับเคลื่อนจากแรงลอยตัวเกิดขึ้นได้น้อยกว่า ส่งผลให้อัตราการไหลลดลง



รูปที่ 6 อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศเทียบกับความกว้างของช่องอากาศใต้หลังคา

## 4. สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการทดลองเพื่อศึกษาผลกระทบจากตัวแปรและผลกระทบต่าง ๆ ได้แก่ ความสูงของปล่อง ความกว้างของช่องทางเข้าของอากาศ และความกว้างของช่องอากาศใต้หลังคา ที่มีต่อการระบายอากาศแบบธรรมชาติ โดยใช้ระบบหลังคาแสงอาทิตย์ร่วมกับปล่องนั้น พบว่าทุกตัวแปรต่างส่งผลต่อการระบายอากาศทั้งสิ้น โดยสามารถสรุปได้ดังนี้

ความสูงของปล่องเพิ่มขึ้น การระบายอากาศเพิ่มขึ้น โดยที่ปล่องสูง 0.5 m สามารถเพิ่มอัตราการไหลได้ 32.7% เทียบกับกรณีที่ไม่มีปล่องอย่างไรก็ตามการเลือกใช้แนวทางปฏิบัติขึ้นอยู่กับความชอบส่วนบุคคลและต้นทุนในการก่อสร้างด้วย

ความกว้างของช่องทางเข้าของอากาศมากขึ้น ส่งผลให้อัตราการระบายอากาศมากขึ้นเมื่อเพิ่มค่าความกว้างของช่องทางเข้าของอากาศจาก 5 cm เป็น 10 cm สามารถเพิ่มอัตราการไหลได้ถึง 105.3% เทียบกับกรณีความกว้างของช่องทางเข้าเป็น 5 cm และพบว่าสำหรับการทดลองนี้ความกว้างของช่องอากาศได้หลังคาเท่ากับ 5 cm คือ ค่าที่ดีที่สุด โดยสามารถก่อให้เกิดอัตราการไหลของอากาศได้สูงที่สุดถึง 0.0503 kg/s

### 5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยในครั้งนี้

### 6. เอกสารอ้างอิง

[1] Schlaich, J. (1995). The Solar Chimney: Electricity from the Sun. *Edition Axel Menges*, Stuttgart, Germany.

[2] Padki, M. M., and Sherif, S. A. (1999). On a simple analytical model for solar chimneys. *International Journal of Energy Research*, Vol. (23), pp. 289-294.

[3] Chitsomboon, T. (2001). A Validated Analytical Model for Flow in Solar Chimney. *International Journal of Renewable Energy Engineering*, Vol. 3(2), pp. 339-346.

[4] Bansal N.K., Methur R. and Bhandari M.S. (1993). Solar chimney stack ventilation. *Building and Environment*, Vol. 28(3), pp. 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*, Vol. 40, pp. 373-377.

[6] Afonso C. and Oliviera A. (2000). Solar chimneys: simulation and experiment. *Energy*

*and Buildings*, Vol. 32, pp. 71-79.

[7] Gan G. (1998). A parametric study of Trombe walls for passive cooling of buildings. *Energy and Buildings*, Vol. 27, pp. 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*, Vol. 39, pp. 128-135.

[10] Hamdy L.F. and Fikry M.A. (1998). PASSIVE SOLAR VENTILATION. *Renewable Energy*, Vol. 14(1-4), pp. 381-386.

[11] Zhai X.Q., Dai Y.J. and Wang R.Z. (2005). Comparison of heating and natural ventilation in a solar house induced by two roof solar collectors, *Applied Thermal Engineering*, Vol. 25, pp. 741-757.

[12] Hirunlabh, J., Washirapuwadon, S., Pratinthong, N. and Khedari, J. (2001). New configurations of a roof solar collector maximizing natural ventilation. *Building and Environment*, Vol. 36(3), pp. 383-391.

[13] Khedari, J., Hirunlabh, J. and Bunnag, T. (1997). Experimental study of a roof solar collector towards the natural ventilation of new houses, *Energy and Buildings*, Vol. 26(2), pp. 159-164.

[14] Khedari, J., Mansirisub, W., Chaima, S., Pratinthong, N. and Hirunlabh, J. (2000). Field measurements of performance of roof solar collector, *Energy and Buildings*, Vol. 31(3), pp.



171-178.

[15] Khedari, J., Ingkawanich, S., Waewsak, J. and Hirunlabh, J. (2002). A PV system enhanced the performance of roof solar collector, *Building and Environment*, Vol. 37(12), pp. 1317-1320.

[16] Khedari, J., Yimsamerjit, P. and Hirunlabh, J. (2002). Experimental investigation of free convection in roof solar collector, *Building and Environment*, Vol. 37(5), pp. 455-459.

[17] Tongbai, P. and Chitsomboon, T. (2004). The Use of Attic and Chimney to Enhance Air Ventilation : A Numerical Analysis, *Proceedings of the 18<sup>th</sup> National Mechanical Engineering Conference*, Khonkaen, Thailand, pp. 263-268.

[18] Koonsrisuk A. and Chitsomboon, T. (2006). Effect of Tower Area Change on the Potential of Solar Tower. *The 2<sup>nd</sup> Joint International Conference on "Sustainable Energy and Environment"*, Bangkok, Thailand.

[19] Tongbai, P. and Chitsomboon, T. (2008). Enhancements of solar chimney for building ventilation, *The 4<sup>th</sup> Conference on Energy Network of Thailand*, Nakhon Pathom, Thailand.

[20] Tongbai, P. and Chitsomboon, T. (2008). Parameters Affecting Ventilation in Building using Solar Chimney, *Proceedings of the 22<sup>th</sup> National Mechanical Engineering Conference*, Thailand.

[21] Tongbai, P. and Chitsomboon, T. (2008). Efficiency Enhancement for Natural Ventilation in Building Using Solar Chimney System, *Proceedings of the 23<sup>th</sup> National Mechanical Engineering Conference*, Chiangmai, Thailand.

[22] Tongbai, P. and Chitsomboon, T. (2011). Three Dimensional Simulation of Natural

Ventilation in Building using Solar Chimney System, *Proceedings of the 25<sup>th</sup> National Mechanical Engineering Conference*, Krabi, Thailand.