

การออกแบบผนังของบ้านเพื่อการระบายอากาศโดยธรรมชาติ สำหรับบ้านในเขตภูมิอากาศร้อนชื้น

A design of Wall for Natural Ventilation of Houses Under Hot and Humid Climate

ภาคพล ทิพย์สุนา¹ จุฬารักษ์ เบญจปิยะพร^{2*} และ กิตติกร วงษ์มณี³

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40002

E-mail: Tipsuna_2233@hotmail.com¹, jukae@kku.ac.th^{2*}, kuk.en.kku@hotmail.com³ เบอร์โทรศัพท์: 085-2032246

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้นำแนวคิดเกี่ยวกับระบบผนังระบายอากาศแบบทรอเมบ์ (Trombe wall) มาใช้เพื่อปรับปรุงการระบายอากาศโดยธรรมชาติภายในบ้านที่ตั้งอยู่ในเขตภูมิอากาศร้อนชื้น โดยทำการศึกษา การไหลของอากาศภายในระบบผนังที่เป็น 3 มิติ ในสภาวะคงตัว สำหรับแบบจำลองของห้องที่มีขนาด เท่ากับ 8 เมตร³ ด้วยการใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์วอลุ่ม (Finite Volume Methods) เพื่อทำนายรูปแบบการไหลของอากาศภายในระบบผนัง ซึ่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงรูปทรงทางเรขาคณิตของระบบผนังและค่ารังสีอาทิตย์ที่จะส่งผลต่อ ประสิทธิภาพในการระบายอากาศให้กับห้องในรูปแบบของ อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ และค่าการเปลี่ยนแปลงของอากาศต่อชั่วโมง (Air change per hour, ACH) จากการกำหนดความกว้างของช่องว่างระหว่างผนังและกระจก (Air gap) และความสูงของ ช่องระบายอากาศจากห้องเข้าสู่ระบบผนัง ที่มีค่า ตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.3 เมตร รวมถึงกำหนดค่ารังสีอาทิตย์ (Solar Radiation) ตั้งแต่ 300 ถึง 900 W/m² โดยผลจากการศึกษา พบว่า ที่ Air gap เท่ากับ 0.2 เมตร และค่าความสูงของช่องระบายอากาศจากห้องเข้าสู่ระบบผนัง เท่ากับ 0.3 เมตร ที่ค่ารังสีอาทิตย์ เท่ากับ 900 W/m² เป็นกรณีที่ได้ค่าอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ และค่า ACH มากที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.048 kg/s และ 19.24 1/h

คำหลัก: ผนังระบายอากาศแบบทรอเมบ์, ระเบียบวิธีไฟไนต์วอลุ่ม, การเปลี่ยนแปลงของอากาศต่อชั่วโมง

Abstract

A concept of trombe wall is applied to improve natural ventilation of houses under hot and humid climate. The steady state three-dimension air flow within the trombe wall and the 8m³ room size was simulated using Finite Volume Methods. To study the effect of the trombe wall geometry and solar radiation on ventilation efficiency through the room in terms of mass flow rate and flow patterns of air, the width and the inlet height of air gap are varied from 0.1 to 0.3 m, and solar radiation is varied from 300 to 900 W/m². The results showed that the 0.2 m width and 0.3 m inlet height of air gap with solar radiation at 900 W/m² give the maximum mass flow rate at 0.048 kg/s and Air change per hour (ACH) at 19.241/h.

Keywords: Trombe wall, Finite Volume Methods, Air change per hour (ACH)

CST-51

1. บทนำ

ในการออกแบบสร้างบ้านหรืออาคารพักอาศัยในปัจจุบันนี้ได้รับวัฒนธรรมจากประเทศแถบทวีปยุโรป โดยเน้นความสวยงามและรูปทรงทันสมัย เช่นการใช้ชายคาหลังคาที่ทำให้แดดส่องผ่านเข้าสู่ภายในอาคารได้ง่ายหรือการใช้วัสดุก่อสร้างจำพวกอิฐหรือคอนกรีตที่มีมวลสารสูง เป็นต้นซึ่งวัสดุเหล่านี้จะกักเก็บความร้อนในช่วงเวลากลางวันไว้และถ่ายเทให้กับพื้นที่ใช้สอยภายในบ้านในช่วงกลางคืน ซึ่งจะก่อให้เกิดการสะสมความร้อนภายในบ้านทำให้ผู้อยู่อาศัยนิยมใช้เครื่องปรับอากาศ เพื่อช่วยทำให้เกิดสภาวะสบายเชิงความร้อน [1] แต่จะส่งผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น โดยทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในส่วนของระบบปรับอากาศ คือ การใช้ประโยชน์จากการระบายอากาศโดยธรรมชาติเพื่อลดการสะสมความร้อน และทำให้เกิดการไหลเวียนของอากาศตามธรรมชาติภายในบ้าน ซึ่งสามารถทำได้โดยการใช้ ระบบผนังระบายอากาศแบบทอรั่ม ซึ่งเป็นการการระบายความร้อนโดยใช้ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์ (Passive solar cooling) [2-4] ระบบผนังระบายอากาศแบบทอรั่ม โดยทั่วไปมีองค์ประกอบของระบบอยู่ 5 ส่วน ได้แก่ กระจก (Glazing) ช่องอากาศระหว่างผนังและกระจก (Air gap) ช่องระบายอากาศด้านบน (Outlet vent) ช่องระบายอากาศจากห้องเข้าสู่ระบบด้านล่าง (Inlet vent) และผนังดูดซับรังสีอาทิตย์ (Absorber wall) [2-4]

จากการศึกษาทั้งในทางทฤษฎีและการทดลองต่าง ๆ ในช่วงสองทศวรรษที่ผ่านมา ซึ่งได้การศึกษาเพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดขนาดของ ระบบผนังระบายอากาศแบบทอรั่ม ที่ใช้สำหรับการระบายความร้อนภายในบ้าน โดยในการกำหนดขนาดที่เหมาะสมจะส่งผลต่อความเร็วในการไหลของอากาศและอัตราการไหลเชิงมวลในช่องอากาศระหว่างผนังและกระจก โดย Gan [4] ได้ทำการศึกษา โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์วอลุ่ม (Finite Volume Methods) โดยกำหนดความสูง ตั้งแต่ 2-4 เมตร และความกว้างของช่องอากาศระหว่างผนังและกระจกตั้งแต่ 10-40

เซนติเมตร ซึ่งพบว่า อัตราการระบายอากาศโดยธรรมชาติ จะขึ้นอยู่กับผลของแรงลอยตัว อันเนื่องมาจาก ความสูง ที่เพิ่มขึ้น และความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ผนังดูดซับได้รับ โดยที่ ความกว้างของช่องอากาศระหว่างผนังและกระจกที่เพิ่มขึ้นจะทำให้อัตราการไหลของอากาศเพิ่มขึ้น Hirunlabh [5] ได้ทำการศึกษาด้วยการทดลองในสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย เพื่อเปรียบเทียบระหว่างผนังทอรั่มที่มีความสูง 1 และ 2 เมตร และกำหนดความกว้างของช่องอากาศระหว่างผนังและกระจกเท่ากับ 10 และ 14.5 เซนติเมตร พบว่า อุณหภูมิในระบบผนังจะเพิ่มขึ้นเมื่อความสูงเพิ่มขึ้นและความกว้างของ ช่องอากาศระหว่างผนังและกระจกลดลง โดยที่อัตราการไหลเชิงมวลจะเพิ่มขึ้นเมื่อความสูงและความกว้างของช่องอากาศระหว่างผนังและกระจก เพิ่มขึ้น และค่าที่เหมาะสมต่อการระบายอากาศโดยธรรมชาติ คือ ที่ความสูง 2 เมตร และ ความกว้างของ ช่องอากาศระหว่างผนังและกระจก 14.5 เซนติเมตร Ong [6] ได้ทำการศึกษาด้วยการทดลอง โดยสร้าง ระบบผนังระบายอากาศ แบบทอรั่ม ที่มีขนาด ความสูง เท่ากับ 2 เมตร และทำการเปรียบเทียบความกว้างของ ช่องอากาศระหว่างผนังและกระจก ตั้งแต่ 10-30 เซนติเมตรจากการทดลอง พบว่า ขนาดความกว้างของช่องอากาศระหว่างผนังและกระจกที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลทำให้อัตราการไหลของอากาศภายในระบบสูงขึ้น ซึ่งจะส่งผลต่อการระบายความร้อนของระบบที่ดีขึ้น Mathur [7] และ Bassiouny [8] ได้ทำการศึกษาทั้งในรูปแบบการทดลองและใช้ ระเบียบวิธีไฟไนต์วอลุ่มเพื่อศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการใช้ผนังทอรั่มที่มีขนาดเล็กกว่า 1 เมตร โดยกำหนดความสูงตั้งแต่ 0.85-0.95 เมตร และความกว้างของ ช่องอากาศระหว่างผนังและกระจกตั้งแต่ 10-30 เซนติเมตร ซึ่งพบว่า ผนังทอรั่มขนาดเล็กถือว่ามียุทธภาพที่จะใช้ในการระบายอากาศโดยธรรมชาติ โดยจะขึ้นอยู่กับตัวแปร เช่น พื้นที่ขาเข้าและขาออกของอากาศในระบบ ความสูงและความกว้างของ ช่องอากาศระหว่างผนังและกระจก ซึ่งเหมาะที่จะสร้างในรูปแบบที่เป็น

CST-51

หน้าต่างเพื่อรับแสงแดดโดยตรงสำหรับบ้านในภูมิภาคประเทศเขตร้อน

โดยในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับแนวทางในการออกแบบผนังของบ้านเพื่อใช้ประโยชน์จากการระบายอากาศโดยธรรมชาติ ในรูปแบบของการใช้ผนังระบายอากาศแบบทอรั่ม ซึ่งเป็นการศึกษาโดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์วอลุ่ม เพื่อให้ทราบถึงลักษณะของการระบายอากาศที่เกิดจากระบบผนัง โดยในการกำหนดขนาดของผนังทอรั่มจะขึ้นอยู่กับการศึกษาจากงานวิจัย ที่ผ่านมาเพื่อนำมาใช้กับห้องที่มีขนาดกว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 8 เมตร³ ซึ่งผลที่ได้จากการสร้างแบบจำลองในงานวิจัยนี้ จะช่วยให้เข้าใจเกี่ยวกับลักษณะการระบายอากาศที่เกิดจากระบบผนังได้มากขึ้น เพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบผนังของบ้าน

2. ทฤษฎีที่ใช้ในงานวิจัย

โดยในการจำลองการไหลของอากาศในช่องอากาศนั้น ทำศึกษา ในกรณีการไหลของอากาศแบบการพาโดยธรรมชาติ (Natural convection) ที่เกิดขึ้นจากระบบผนังระบายอากาศแบบทอรั่มในระบบปิด 3 มิติ ซึ่งทฤษฎีที่ใช้อธิบายปรากฏการณ์นี้ร่วมกับสมการควบคุมคือทฤษฎีการไหลแบบปั่นป่วน (Standard $k - \epsilon$ model) ภายใต้สภาวะคงที่ (steady state) และอากาศมีลักษณะเป็นการไหลแบบอัดตัวไม่ได้ (Incompressible flow) ซึ่งจะมีรูปแบบของสมการควบคุมหลัก (สมการอนุรักษ์มวล โมเมนตัม และ พลังงาน) ดังนี้

$$\frac{\partial(u)}{\partial x} + \frac{\partial(v)}{\partial y} + \frac{\partial(w)}{\partial z} = 0 \quad (1)$$

$$u \frac{\partial(u)}{\partial x} + v \frac{\partial(u)}{\partial y} + w \frac{\partial(u)}{\partial z} = g\beta(T - T_\infty) + \nu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) \quad (2)$$

$$\rho C_p \left(u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} + w \frac{\partial T}{\partial z} \right) = K_f \left(\frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) \quad (3)$$

เมื่อ u, v, w คือ อัตราเร็วในทิศ x, y, z ตามลำดับ, g คือ ค่าแรงโน้มถ่วงของโลก, β คือ ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน ซึ่งหาได้จากสมการ $\beta = -\frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial \rho}{\partial T} \right)$ โดยที่ $\rho = \rho_0(1 - \beta \Delta T)$, T คือ ค่า

อุณหภูมิอากาศในระบบ, T_∞ คือ ค่าอุณหภูมิ อากาศภายนอก, ν คือ ค่า kinematic viscosity, ρ คือ ความหนาแน่นของของไหล, C_p คือ ค่าความจุความร้อนจำเพาะของอากาศที่ความดันคงที่ และ K_f คือ ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของอากาศ โดยที่ เทอมของแรงลอยตัว คือ $g\beta(T - T_\infty)$ ซึ่งได้ปรากฏอยู่ใน momentum conservation equation โดยเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของความหนาแน่น และประกอบกับการใช้ ทฤษฎีการประมาณของบัสสิเนส (Boussinesq Approximation) โดยในการไหลที่เกิดจากการพาความร้อนโดยจะถือว่าความหนาแน่นเป็นค่าคงที่ในการแก้ปัญหาทุกสมการ ยกเว้นในเทอมของแรงลอยตัวในสมการโมเมนตัม ซึ่งหาได้จาก

$$(\rho - \rho_0)g \approx -\rho_0\beta(T - T_0)g \quad (4)$$

เมื่อ ρ_0 คือ ค่าคงที่ของ ความหนาแน่นของของไหล และ T_0 คือ ค่าอุณหภูมิในการทำงาน ซึ่งในการประมาณ ค่าด้วยวิธี นี้จะมีความแม่นยำ ตราบใดที่ ค่าความหนาแน่นที่เกิดขึ้น นั้นมีการเปลี่ยนแปลง เพียงเล็กน้อยโดยเฉพาะเมื่อ $\beta(T - T_0) \ll 1$

ในการพาความร้อนโดยธรรมชาติความแรงของการไหลที่เกิดขึ้นจากผลของแรงลอยตัว สามารถวัดได้จากค่า Rayleigh number (ANSYS, Inc., 2012) ซึ่งหาได้จากสมการ

$$Ra = \frac{g\beta \Delta T L^3 \rho}{\mu \alpha} \quad (5)$$

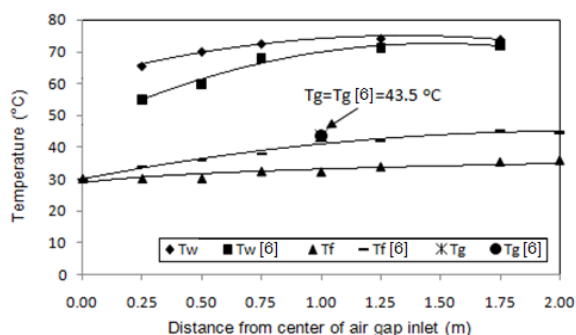
เมื่อ μ คือ ค่าความหนืดพลศาสตร์, α คือ ค่าการแพร่ความร้อน ซึ่งสามารถคำนวณได้จาก $\alpha = k/\rho C_p$ ถ้าค่า Rayleigh number น้อยกว่า 10^8 แสดงว่า การไหลที่เกิดขึ้นจากผลของแรงลอยตัวนี้จะเป็นการไหลในแบบราบเรียบ (Laminar flow) โดยที่ช่วงของการไหลในช่วงเปลี่ยนแปลง (Transition flow) ไปยังการไหลในแบบปั่นป่วน (Turbulence flow) จะเกิดขึ้นในช่วงระหว่าง $10^8 < Ra < 10^{10}$

ในการระบายอากาศโดยธรรมชาติสิ่งที่ถือว่ามี ความสำคัญอีกอย่างหนึ่งที่เราจะรู้เกี่ยวกับอัตราการแลกเปลี่ยนของอากาศ ซึ่งเป็นอัตราส่วนของปริมาตร การไหลของอากาศต่อพื้นที่ของห้อง โดยการแสดงผล

CST-51

4. ใช้ Boussinesq Model เพื่อประมาณการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของอากาศที่ได้รับความร้อนจากรังสีอาทิตย์

ความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณสามารถทราบได้จากค่าอุณหภูมิที่ได้ในแต่ละส่วนเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Ong [6] ซึ่งผลการเปรียบเทียบแสดงในรูปที่ 3 ซึ่งจากการทำนายด้วยการคำนวณ พบว่า ผลของอุณหภูมิกระจกที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ มีค่าเท่ากับกับผลของอุณหภูมิกระจกที่ได้จากการทดลองของ Ong [6] คือ 43.5 องศาเซลเซียส ณ ตำแหน่งของการวัดค่าเดียวกันคือ ที่ระยะของความสูง 1 เมตร แต่จากการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิในส่วนของอุณหภูมิอากาศภายในช่องว่างระหว่างผนังและกระจก พบว่า มีความแตกต่างกันเนื่องจากในการศึกษาได้มีการกำหนดคุณสมบัติของอากาศเป็นการไหลแบบอัดตัวไม่ได้ ซึ่งส่งผลทำให้ค่าความหนาแน่นของอากาศนั้นจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิผนังที่ได้รับความร้อนจากรังสีอาทิตย์ แต่ถ้าเป็นผลในการทดลอง [6] ค่าความหนาแน่นของอากาศนั้นจะสามารถเพิ่มขึ้นได้ตามอุณหภูมิของผนังจึงเป็นสาเหตุที่ทำให้ค่าอุณหภูมิของอากาศภายในช่องว่างระหว่างผนังและกระจกที่ได้จากการทดลองมีค่ามากกว่าอุณหภูมิของอากาศที่ได้จากการคำนวณเชิงตัวเลข



รูปที่ 3 การเปรียบเทียบอุณหภูมิในแต่ละส่วนของระบบผนัง ที่ค่าความกว้างของช่องว่างระหว่างผนังและกระจกเท่ากับ 0.1 เมตร และได้รับค่ารังสีอาทิตย์เท่ากับ 670 W/m^2

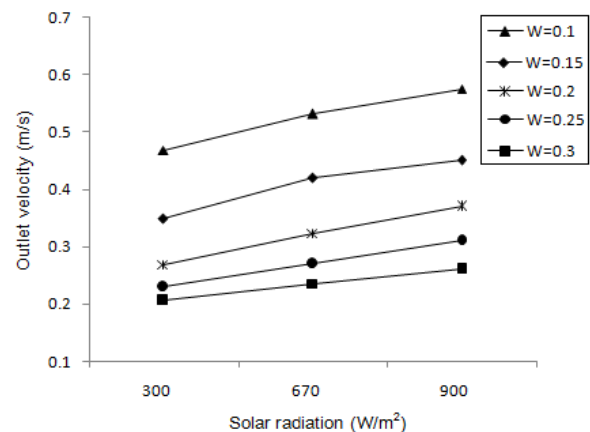
เมื่อ T_w คือ อุณหภูมิของผนัง, T_f คือ อุณหภูมิของอากาศภายในช่องว่างระหว่างผนังและกระจก และ T_g คือ อุณหภูมิของกระจก

ซึ่งความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณจะสามารถทราบได้อีกทางหนึ่งคือ อัตราการไหลเชิงมวลในทางเข้าและทางออกของการไหลของอากาศ ต้องมีค่าเท่ากันตามกฎการอนุรักษ์มวล (conservation of mass) เนื่องจากการไหลในช่องทางดังนั้นจึงตรวจสอบได้โดยดูจากค่าอัตราการไหลบริเวณทางเข้ากับทางออกซึ่งต้องได้ค่าเท่ากัน

4. ผลลัพธ์และการอภิปรายผล

4.1 ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงความกว้างของช่องว่างระหว่างผนังและกระจก

จากการเปลี่ยนแปลงความกว้างของช่องว่างระหว่างผนังและกระจก และการกำหนดค่ารังสีอาทิตย์ตามที่ได้กล่าวมาข้างต้น พบว่า ทั้งสองปัจจัยมีผลต่อความสามารถในการระบายอากาศโดยธรรมชาติของระบบผนัง ซึ่งสามารถบ่งบอกได้โดย ผลของความเร็วการไหลของอากาศภายในระบบผนัง ผลของอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ และค่าการเปลี่ยนแปลงของอากาศต่อชั่วโมง (Air change per hour, ACH) ดังแสดงในรูปที่ 4 และ 5

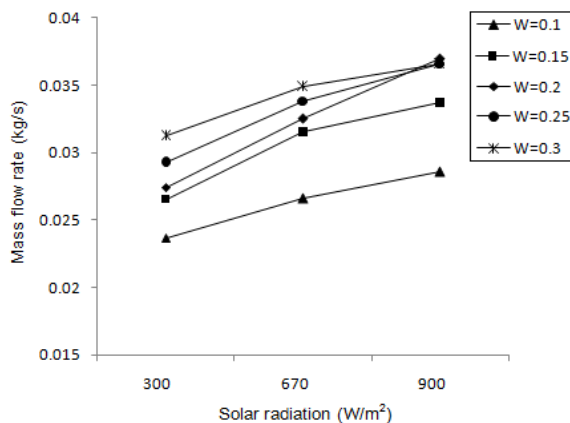


รูปที่ 4 ความเร็วเฉลี่ยของอากาศที่ออกจากระบบผนังเทียบกับค่ารังสีอาทิตย์ที่ได้รับ

จากรูปที่ 4 พบว่า ความเร็วเฉลี่ยของอากาศที่ออกจากระบบผนังมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อค่ารังสีอาทิตย์เพิ่มและระยะห่างของช่องว่างระหว่างผนังและกระจกลดลง

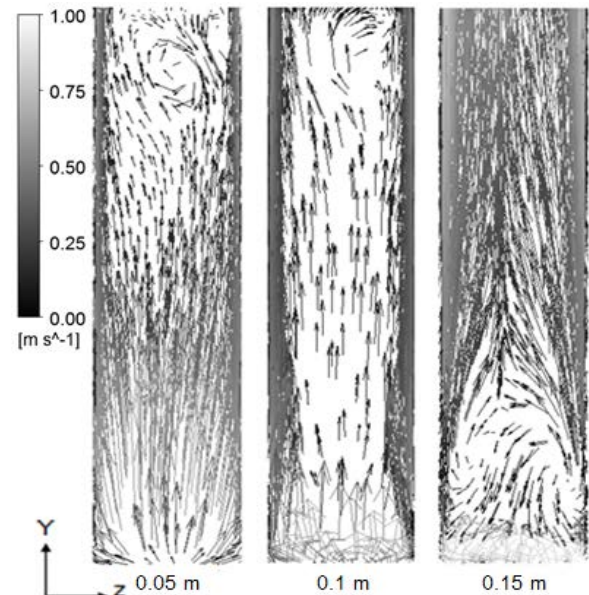
CST-51

ซึ่งค่าความเร็วเฉลี่ยของอากาศที่ออกจากระบบผนังมากที่สุด เท่ากับ 0.58 m/s ที่ความกว้างของช่องว่างระหว่างผนังและกระจก (W) เท่ากับ 0.1 เมตร และค่ารังสีอาทิตย์อยู่ที่ 900 W/m^2 ซึ่งจากผลลัพธ์ที่ได้จะมีผลสอดคล้องกับผลของ Hirunlabh. [5] และ Larbi. [9] โดยในการทำนายอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศจะเพิ่มขึ้นตาม ค่ารังสีอาทิตย์ ที่ได้รับ ซึ่งผลของอัตราการไหลเชิงมวลจะมีการเพิ่มขึ้นจาก ความกว้างของช่องว่างระหว่างผนังและกระจก ตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.2 เมตร ซึ่งได้ค่ามากที่สุด เท่ากับ 0.037 kg/s ที่ได้รับค่ารังสีอาทิตย์ เท่ากับ 900 W/m^2 ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศภายในระบบผนังเทียบกับค่ารังสีอาทิตย์ที่ได้รับ

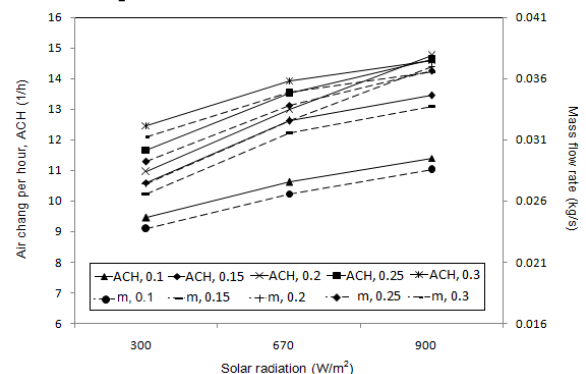
โดยที่ค่าอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศจะลดลงเมื่อมีการเพิ่มความกว้างของ Air gap เนื่องจากการเพิ่มขนาดความกว้างที่มากกว่า 0.2 เมตร จะส่งผลทำให้เกิดการไหลย้อนกลับของอากาศ (reverse flow) ดังในรูปที่ 6



รูปที่ 6 รูปแบบการไหลของอากาศภายใน Air gap เท่ากับ 0.3 m ในระนาบแนวตั้งตามแนวแกน z ที่ได้รับค่ารังสีอาทิตย์ เท่ากับ 900 W/m^2

จากรูปที่ 6 พบว่า การไหลย้อนกลับของอากาศที่เกิดขึ้นภายใน Air gap เนื่องจากผลของแรงลอยตัวทำให้อากาศไหลขึ้นในส่วนที่ใกล้กับผนังและกระจกที่มีความร้อนสูง แต่ในระยะกึ่งกลางของ Air gap อากาศจะเกิดการไหลลง [11]

สำหรับ ค่าการเปลี่ยนแปลงของอากาศต่อชั่วโมงนั้นจะแปรผันตามค่าอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ ดังแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 7 ค่าการเปลี่ยนแปลงของอากาศต่อชั่วโมงเทียบกับอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ ในแต่ละความกว้างของ Air gap และค่ารังสีอาทิตย์ที่ได้รับ

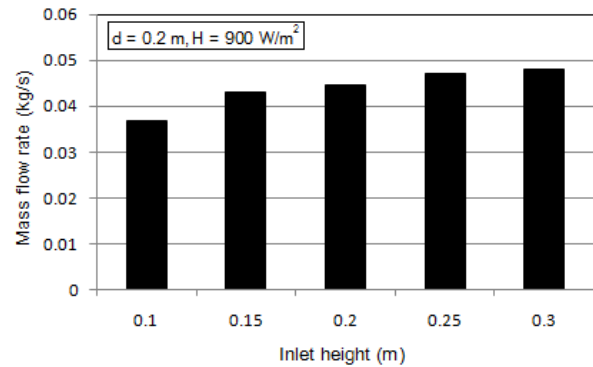
จากรูปที่ 7 เมื่อ ACH คือ ค่าการเปลี่ยนแปลงของอากาศต่อชั่วโมง (แทนด้วยสัญลักษณ์เส้นทึบ) และ m คือ ค่าอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ (แทนด้วย

CST-51

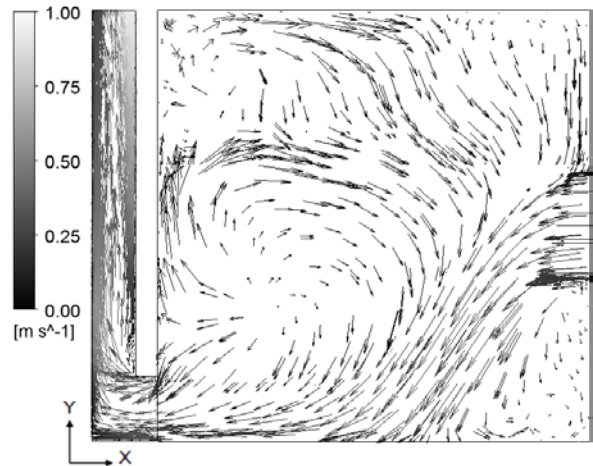
สัญลักษณ์เส้นประ) ซึ่งพบว่า ค่า ACH และ ค่า m นั้น มีแนวโน้มในการเพิ่มขึ้นที่เหมือนกัน โดย ค่า ACH มากที่สุด เท่ากับ 14.75 1/h ที่ความกว้างของช่องว่างระหว่างผนังและกระจก เท่ากับ 0.2 เมตร และค่ารังสีอาทิตย์ ที่ได้รับ เท่ากับ 900 W/m^2 ซึ่งเป็นค่าที่เพียงพอสำหรับการระบายอากาศใน ห้องเรียน ห้องรับแขก และห้องนอน โดยที่ค่าการเปลี่ยนแปลงของอากาศต่อชั่วโมง คือ ค่าของการทำให้เกิดการระบายอากาศไม่น้อยกว่าจำนวนเท่าของปริมาตรของห้องใน 1 ชั่วโมง ตลอดเวลาที่มีการใช้งานห้องนั้น ๆ ซึ่งค่ามาตรฐานที่มีการกำหนดไว้ [12]

4.2 ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงขนาดช่องระบายอากาศจากห้องเข้าสู่ระบบผนัง

จากการศึกษา ผลกระทบ ของกำหนดความกว้างของช่องว่างระหว่างผนังและกระจก พบว่า ระยะความกว้างที่เหมาะสม คือ 0.2 เมตร ซึ่งได้ค่า อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ ที่มากที่สุด แต่ยังมีอีกหลายปัจจัยที่จะส่งผลทำให้ค่า อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศสามารถเพิ่มขึ้นได้ซึ่งจาก Bassiouny. [8] พบว่า ปัจจัยอีกอย่างหนึ่งที่ส่งผลโดยตรงต่อการระบายอากาศโดยธรรมชาติคือ การเพิ่มขนาดของช่องระบายอากาศจากห้องเข้าสู่ระบบผนัง โดยในการศึกษาได้มีการกำหนดอัตราการเพิ่ม ขนาดของช่องตั้งแต่ 0.1 , 0.15, 0.2, 0.25 และ 0.3 เมตร ตามลำดับ แต่จะศึกษาเฉพาะที่ระยะความกว้างของ ช่องว่างระหว่างผนังและกระจก เท่ากับ 0.2 เมตร และระบบผนังจะได้รับค่ารังสีอาทิตย์ เท่ากับ 900 W/m^2 เท่านั้น เพื่อที่จะได้ทราบค่าของ อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศที่เกิดขึ้นในระบบที่มากที่สุดอย่างแท้จริง ซึ่งจากการศึกษา พบว่า ผลของการเพิ่มขนาดช่องระบายอากาศจากห้องเข้าสู่ระบบผนัง สามารถทำให้ค่า อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ เพิ่มขึ้นมากที่สุด เท่ากับ 0.048 kg/s และได้ค่าการเปลี่ยนแปลงของอากาศต่อชั่วโมง เท่ากับ 19.24 1/h ที่ขนาดของช่องระบายอากาศจากห้องเข้าสู่ระบบผนัง เท่ากับ 0.3 เมตรดังแสดงดังรูปที่ 8

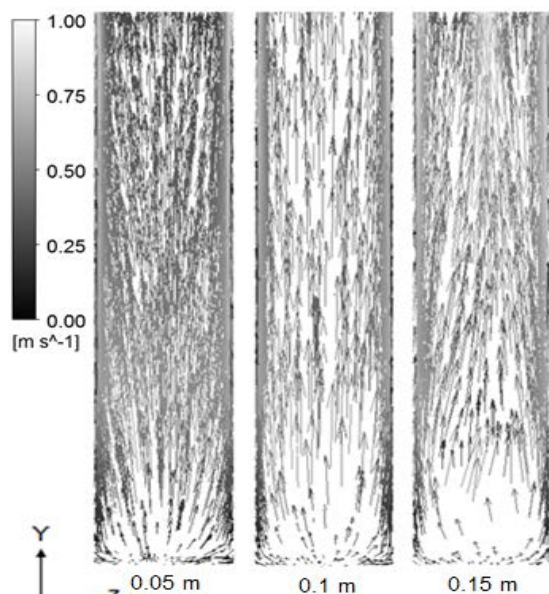


รูปที่ 8 ค่า อัตราการไหลเชิงมวล ที่เป็นผลมาจากการเพิ่มขนาดช่องระบายอากาศจากห้องเข้าสู่ระบบผนัง จากผลของ การเพิ่มขนาดช่องระบายอากาศจากห้องเข้าสู่ระบบผนัง จะส่งผลโดยตรงทำให้อากาศสามารถไหลผ่าน ช่องว่างระหว่างผนังและกระจก ได้มากขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 9 และ 10



รูปที่ 9 รูปแบบการไหลของอากาศภายในระบบ ผนัง ในระนาบแนวตั้งตามแนวแกน x ที่ระยะเท่ากับ 1 เมตร และ $b = 0.3$ เมตร

CST-51



รูปที่ 10 รูปแบบการไหลของอากาศภายใน ช่องว่างระหว่างผนังและกระจกในระนาบแนวตั้งตามแนวแกน z ที่ $b = 0.3$ เมตร

5. สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาเชิงตัวเลข โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์วอลุ่ม เพื่อทำนายรูปแบบการไหลของอากาศภายในระบบ ผนังระบายอากาศแบบทรมอบในงานวิจัยนี้ โดยรวมสอดคล้องกับผลลัพธ์จากงานวิจัยในอดีต นั่นคือ อัตราการไหลของอากาศจะเพิ่มขึ้นตามความเข้มของค่ารังสีอาทิตย์ นอกจากนั้นการศึกษาค้างนี้ยังพบว่า ค่าอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศที่มากที่สุดไม่ได้ขึ้นอยู่กับพื้นที่ ความกว้างของช่องว่างระหว่างผนังและกระจกที่มากที่สุดเสมอไป แต่ยังมีปัจจัยอื่นที่ต้องนำมาพิจารณาสำหรับการออกแบบระบบผนังระบายอากาศแบบทรมอบ เช่น ขนาดของห้องที่ใช้ งานร่วมกับระบบผนัง ความสูงของระบบผนัง ขนาดของหน้าต่าง และขนาดของช่องระบายอากาศจากห้องเข้าสู่ระบบผนัง เป็นต้น

จากผลลัพธ์ที่ได้จากการศึกษาค้างนี้แสดงให้เห็นว่า ที่ค่าความกว้างของช่องว่างระหว่างผนังและกระจกเท่ากับ 0.2 เมตร และค่า ความสูงของ ช่องระบายอากาศจากห้องเข้าสู่ระบบผนัง เท่ากับ 0.3 เมตร ที่ได้รับค่ารังสีอาทิตย์ เท่ากับ 900 W/m^2 ถือว่าเป็นกรณีที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานร่วมกับห้องที่มีขนาด

กว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 8 เมตร³ มากที่สุด โดยมีค่าอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ และ ค่าการเปลี่ยนแปลงของอากาศต่อชั่วโมง เท่ากับ 0.048 kg/s และ 19.24 1/h ตามลำดับ

จากการคาดการณ์เชิงตัวเลขของรูปแบบการไหลได้แสดงให้เห็นถึงผลของความสามารถในการระบายอากาศโดยธรรมชาติที่เกิดจากระบบผนังระบายอากาศแบบทรมอบ ซึ่งถือว่ามีที่น่าสนใจเป็นอย่างยิ่งที่จะศึกษาเพิ่มเติม เพื่อพัฒนา ระบบผนังนี้ ให้สามารถนำมาสร้างใช้จริง ได้ในอนาคต เพื่อช่วยลดการใช้พลังงานในส่วนเครื่องปรับอากาศ

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] C. Tantasavasdi. (2001). Natural Ventilation Design for Houses in Thailand. Energy and Building, 33 815-824.
- [2] H. Chan. (2010). Review of passive solar heating and cooling technologies. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14 781-789.
- [3] O. Saadatian. (2012). Trombe walls: A review of opportunities and challenges in research and development, Renewable and Sustainable Energy Reviews 16 6340-6351.
- [4] G. Gan. (1998). A parametric study of Trombe walls for passive cooling of building. Energy and Buildings, 27 37-43.
- [5] J. Hirunlabh. (1999). Study of natural ventilation of houses by a metallic solar wall under tropical climate. Renewable Energy, 18 109-119
- [6] K. S. Ong. (2003). Performance of a solar chimney. Solar Energy, 74 1-17.
- [7] J. Mathur. (2006). Experimental investigations on solar chimney for room ventilation. Solar Energy, 927-935.

CST-51

- [8] R. Bassiouny. (2008). An analytical and numerical study of solar chimney use for room natural ventilation. *Solar Energy*, 865–873.
- [9] S. Larbi. (2013). Thermo-fluid aspect analysis of passive cooling system case using solar chimney in the south regions of Algeria. *Energy Procedia*, 36 628 – 637.
- [10] J. Hirunlabh. (2006). Investigation on thermal performance of glazed solar chimney walls. *Solar Energy*, 80 288–297.
- [11] G. Gan. (1998). A numerical study of solar chimney for natural ventilation of buildings with heat recovery. *Applied Thermal Engineering*, 18 1171-1187.
- [12] A.Srisutapan (2004). Healthy Architecture: The Vital Sign for New World. *Architectural Research and Studies*, 2 45-67.