

าศของปล่องแสงอาทิตย์ในประเทศไทย

VENTILATION POTENTIAL OF SOLAR CHIMNEY IN THAILAND

จิฐิพร วงศ์วัชรไพญญ์¹, อรรถนั ศรีษฐบุตร², เกลิมวัฒน์ ต้นตสวัสดิ์¹, ดารณิ จาริมิตร¹, สุดาภรณ์ หุ้งผู้¹

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาศักยภาพการระบายอากาศของปล่องแสงอาทิตย์ ที่เป็นผลมาจากการให้ความร้อนเทียบเคียงกับรังสีดวงอาทิตย์แก่ปล่องทดลองในระดับความเข้มตั้งแต่ 300- 800 วัตต์ต่อตารางเมตร โดยจำลองปล่องทดลองขนาดกว้าง 2 เมตร ยาว 2 เมตร สูง 2.4 เมตร เจาะช่องเปิดให้ลมเข้าด้านล่างปล่องขนาด 0.15 เมตร และต่อปล่องแสงอาทิตย์ที่ด้านบนปล่องขนาด กว้าง 0.2 เมตร ยาว 2 เมตร สูง 1.9 เมตร ส่วนในปล่องแสงอาทิตย์จะใช้วัสดุกระจกและแผ่นอลูมิเนียมพ่นสีดำทำให้เกิดการกักเก็บความร้อนไว้ในปล่องมากที่สุดเพื่อทำให้เกิดแรงผลักดันและดึงอากาศในปล่องทดลองมาแทนที่ จึงต้องควบคุมปัจจัยทางด้านสภาพอากาศโดยรอบปล่องทดลองด้วย จากนั้นนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สามารถใช้ทำนายอัตราการเร็วลมจากความร้อนที่ต่างกัน ได้ ผลจากการศึกษาพบว่า อัตราการระบายอากาศแปรผันตรงกับระดับระดับความเข้มรังสีอาทิตย์ โดยอัตราการระบายอากาศที่เกิดในปล่องทดลองมีค่าต่ำสุด 0.03 m³/s ที่ความร้อน 300 วัตต์ต่อตารางเมตร และมีค่าสูงสุด 0.11 m³/s ที่ความร้อน 800 วัตต์ต่อตารางเมตร และการเพิ่มความร้อน 100 วัตต์ต่อตารางเมตร จะทำให้อัตราการระบายอากาศสูงขึ้น 0.01 m³/s ผลที่ได้จากการทดลองนี้ สามารถนำไปเสนอเป็นแนวทางการออกแบบปล่องแสงอาทิตย์ที่ใช้กับตึกแถวในประเทศไทยได้ และจากการประเมินศักยภาพการใช้ปล่องแสงอาทิตย์ในตึกแถว ประเทศไทยนั้น สามารถใช้ได้ดีในช่วงเดือนมีนาคมถึงมิถุนายน เพราะจะทำให้อุณหภูมิที่หน้าผิวผนังอยู่ในสภาวะน่าสบายพอดี ส่วนช่วงเดือนอื่นๆ การใช้ปล่องแสงอาทิตย์จะทำให้อุณหภูมิที่ผิวผนังต่ำกว่าปกติ แต่สามารถนำมาใช้ระบายอากาศเพื่อให้เกิดคุณภาพอากาศที่ดีในอาคารได้ตลอดปี

คำสำคัญ: ศักยภาพการระบายอากาศ, ปล่องแสงอาทิตย์, อัตราความเร็วลม, ความร้อนแสงอาทิตย์

1. บทนำ

การระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติในประเทศไทยนั้น มีผู้ศึกษาวิจัยกันมาช้านานแล้ว แต่ผลการศึกษามักพบข้อจำกัดทางการศึกษาเกี่ยวกับ

¹ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ปทุมธานี 12121 JJpinx4391@hotmail.com

² คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สามารถใช้ในการศึกษานี้ได้จริงนั้นก็ทำให้เกิดอัตราความเร็วลมในอาคารที่ต่ำมาก นำไปสู่แนวความคิดที่จะหาตัวเร่งการเคลื่อนที่ของอากาศให้เกิดการหมุนเวียนที่ดีขึ้น โดยในที่นี้ศึกษาเรื่องความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่จะทำให้เกิดการหมุนเวียนของอากาศที่ดีขึ้น โดยนำมาใช้ควบคู่ไปกับการระบายอากาศแบบธรรมชาติในรูปแบบปล่องระบายอากาศ ซึ่งใช้ทั้งปล่องดันอากาศลงด้านล่างและปล่องระบายอากาศขึ้นข้างบน จากการใช้ปล่องแสงอาทิตย์(Solar chimney) ระบายอากาศนี้ทำให้เกิดข้อสังเกตด้านการใช้วัสดุในการรับแสงอาทิตย์เพื่อมาเพิ่มความร้อนให้กับอากาศภายในอาคารให้เกิดการขยายตัวของอากาศและลอยตัวขึ้นสูงเร็วขึ้น และในการวิจัยนี้จะทำการศึกษาถึงความแตกต่างในการใช้วัสดุรับแสงอาทิตย์ในอาคารโดยศึกษาถึงปัจจัยอัตราการระบายอากาศภายในอาคารและความร้อนที่เกิดจากการรับและสะสมในวัสดุเหล่านั้น ซึ่งจะสร้างผลกระทบต่ออุณหภูมิภายในอาคารได้

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การออกแบบอาคารเพื่อใช้ระบบระบายอากาศแบบธรรมชาติโดยใช้ปล่องแสงอาทิตย์จะมีความเหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศในประเทศไทยหรือไม่ อย่างไร เป็นเรื่องที่มีการศึกษาในรายละเอียดค่อนข้างน้อย ในงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาประสิทธิภาพการระบายอากาศของปล่องแสงอาทิตย์ในประเทศไทยเป็นหลักเพื่อวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

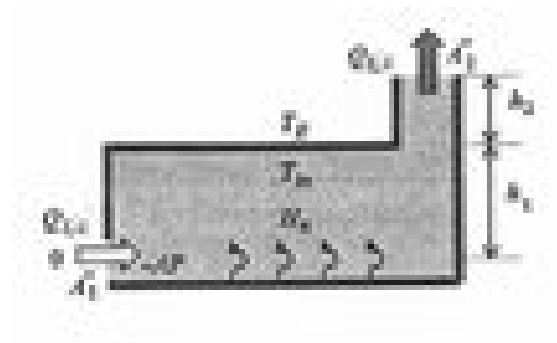
2.1 ศึกษาความสัมพันธ์และอิทธิพลร่วมของความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่ได้รับผ่านวัสดุต่าง ๆ กันที่ใช้ในการปิดผนังแนวตั้งในปล่องระบายอากาศแบบแสงอาทิตย์(Solar chimney) ซึ่งจะทำให้เกิดอัตราการระบายอากาศภายในอาคารที่แตกต่างกัน โดยอาศัยวิธีคำนวณทางทฤษฎีควบคู่ไปกับการทดลองในห้องทดลอง

2.2 ศึกษาผลกระทบต่อการใช้พลังงานภายในอาคารว่าการระบายอากาศธรรมชาติแบบปล่องระบายอากาศนี้จะเป็นการเพิ่มหรือลดปัญหาการใช้พลังงาน

2.3 สร้างแนวทางในการออกแบบที่อยู่อาศัยเพื่อลดการใช้พลังงานด้วยวิธีการระบายอากาศธรรมชาติด้วยปล่องแสงอาทิตย์ (Solar chimney)

3. การระบายอากาศในปล่องแสงอาทิตย์

การระบายอากาศรูปแบบปล่องระบายอากาศ [5] (Stack Effect) เป็นเทคนิคที่ใช้หลักการของอากาศร้อนที่ลอยขึ้นที่สูง (Buoyancy) แล้วอากาศที่เย็นกว่าจะเข้ามาแทนที่ ซึ่งจะมีตัวแปรหลักที่ทำให้เกิดการหมุนเวียนของอากาศภายในอาคารนั้นคือ ความสูงปล่องลม พื้นที่หน้าตัดปล่องลม อุณหภูมิอากาศภายนอกและภายในอาคาร ระดับความเร็วลม เป็นต้น



รูปที่ 1 การไหลของอากาศในปล่องแนวตั้ง

คณิตศาสตร์เกิดจากการเกิดการไหลของอากาศเข้าสู่อาคารและออกสู่ภายนอกอาคารทำให้เกิดการสูญเสียแรงดันในขณะที่อากาศไหลผ่านช่องเปิด ซึ่งแรงดันที่สูญเสียไปจะเท่ากับแรงดันที่ขับเคลื่อนภายในอาคาร ทำให้เกิดการไหลเวียนอากาศที่มีรูปแบบ [2] ดังรูปที่ 1 และเมื่อความดันที่สูญเสียไปทั้งหมดมีค่าเท่ากับความดันภายในอาคารจึงทำให้ความดัน ณ ช่องเปิดลมเข้ารวมกับความดัน ณ ช่องเปิดลมออก มีค่าเท่ากับความดันที่เกิดจากพลังงานศักย์ภายในอาคาร การเกิดหมุนเวียนของอากาศดังกล่าวจะเกิดขึ้นเมื่ออากาศร้อนลอยตัวสูงขึ้น (Buoyancy effect) และออกทางช่องเปิดด้านบน ซึ่งเกิดความสัมพันธ์กับความหนาแน่นและอัตราการขยายตัวของอากาศที่เกิดจากอุณหภูมิ ดังสมการ [2] ต่อไปนี้

$$P_1 = \frac{1}{2} \rho \left(\frac{Q}{A} \right)^2 \quad (1)$$

$$P_{total} = (\rho_{IN} - \rho_E) g (h_1 + h_2) \quad (2)$$

$$P_1 + P_2 = \int_0^Z P_{total} dz \quad (3)$$

$$\frac{1}{2} \rho Q^2 \left(\frac{1}{A_1} + \frac{1}{A_2} \right) = \frac{\Delta \rho}{\rho} g (h_1 + h_2) \quad (4)$$

$$Q = A^* \cdot \sqrt{g \frac{\Delta \rho (h_1 + h_2)}{\rho}} \quad (5)$$

$$A^* = \frac{\sqrt{2} a_1 c_1 a_2 c_2}{\sqrt{(a_1 c_1)^2 + (a_2 c_2)^2}} \quad (6)$$

$$g^* = g \left(\frac{\Delta \rho}{\rho_E} \right) = g \cdot \infty \cdot \Delta T \quad (7)$$

$$H_V = \rho \cdot C_p \cdot Q \cdot \Delta T \quad (8)$$

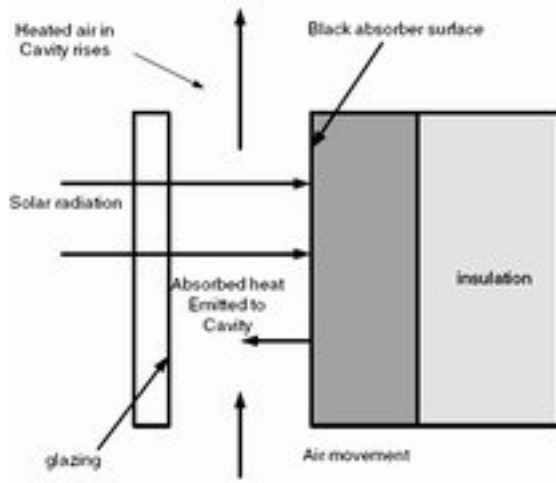
$$Q = [A^*]^{\frac{2}{3}} \cdot \left[\frac{g \cdot \infty}{\rho \cdot C_p} \right]^{\frac{1}{3}} \cdot [H_V]^{\frac{1}{3}} \cdot (h_1 + h_2)^{\frac{1}{3}} \quad (9)$$

$$\Delta T = \frac{H_V}{\rho \cdot C_p \cdot Q} \quad (10)$$

โดยที่ ρ = ความหนาแน่นของอากาศ (kg/m^3)
 Q = อัตราการระบายอากาศ (m^3/s)

A	= ผลคูณของพื้นที่ช่องเปิดกับ ความฝืดของช่องเปิด (m^2)
ρ_{IN}	= ความหนาแน่นของอากาศ ภายในอาคาร (kg/m^3)
ρ_E	= ความหนาแน่นของอากาศ ภายนอกอาคาร (kg/m^3)
g	= ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง ของโลก (m/s^2)
h_1	= ระยะระหว่างช่องเปิดด้านล่าง และฐานปล่องระบายอากาศ (m)
h_2	= ความสูงปล่องระบายอากาศ (m)
a	= พื้นที่หน้าตัดของช่องเปิด (m^2)
C	= สัมประสิทธิ์ความฝืดของช่องเปิด
g^*	= ความเร่งลอยตัว (m/s^2)
∞	= ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของ อากาศเนื่องจากอุณหภูมิ ($1/\text{K}$)
ΔT	= ผลต่างระหว่างอุณหภูมิ ภายนอกและภายใน (K)
C_p	= ความจุความร้อนจำเพาะของ อากาศ (J/kgK)
H_V	= ความร้อนที่ทำให้เกิดการ ลอยตัวของอากาศ (W)

ในงานวิจัยนี้จะใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของสมการที่ (9) ในการคำนวณค่าอัตราการระบายอากาศและอุณหภูมิภายในอาคารและใช้หลอดไฟแสงประดิษฐ์ขนาด 0-800 วัตต์ ซึ่งเป็นแสงเทียบเคียงปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่เกิดขึ้นตลอดวันได้ [3] ส่องปล่องแสงอาทิตย์เพื่อเป็นตัวกระตุ้นอุณหภูมิของอากาศบริเวณปล่องให้มีความร้อนสูงขึ้นจนเกิดการลอยตัวของอากาศและดึงให้อากาศภายในกล่องทดลองลอยตัวขึ้นไปด้วยโดยอากาศในกล่องทดลองจะมีอัตราการระบาย



รูปที่ 2 ภาพจำลองบริเวณปล่องรับแสงอาทิตย์

จากรูปที่ 2 [7] ทำให้ทราบลักษณะการเกิดความร้อนในปล่องซึ่งจะเกิดขึ้นทั้งความร้อนที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาการลอยตัวของอากาศและความร้อนที่สูญเสียไปจากการพัดพาของอากาศที่ผิวด้านนอกของกระจก โดยความร้อนที่เกิดในปล่องแสงอาทิตย์มี 2 รูปแบบหลักคือความร้อนที่มีผลเป็นตัวกระตุ้นการลอยตัวของอากาศและความร้อนที่สูญเสียไป [1] จะมีค่าผลรวม ดังสมการ [7] ต่อไปนี้

$$H_{air} = mc(T_{m,o} - T_{m,i}) \quad (11)$$

$$H_{loss(out)} = A_g U_g (T_g - T_{out}) \quad (12)$$

$$H_{loss(in)} = -H_g + H_{w-g} \quad (13)$$

$$H_r = A_w U_w (T_g - T_r) \quad (14)$$

$$H_g = A_g c (T_g - T_{air}) \quad (15)$$

$$H_w = A_w c (T_w - T_{air}) \quad (16)$$

$$H_{in} = \tau \cdot H_{sol} \quad (17)$$

$$H_{w-g} = \frac{\sigma (T_w^4 - T_g^4)}{\frac{1 - \epsilon_w}{\epsilon_w A_w} + \frac{1}{A_w F_{w-g}} + \frac{1 - \epsilon_g}{\epsilon_g A_g}} \quad (18)$$

โดยที่ H_{air} = ความร้อนที่อากาศภายในปล่องได้รับ (W)

$H_{loss(out)}$ = ความร้อนสูญเสียภายนอกปล่อง (W)

$H_{loss(in)}$ = ความร้อนสูญเสียภายในปล่อง (W)

H_r = ความร้อนที่วัสดุรับแสงอาทิตย์ (โลหะ) (W)

H_g = ความร้อนจากกระจก (W)

H_w = ความร้อนจากผนังภายใน (W)

H_{in} = ความร้อนเข้ามาในปล่อง (W)

H_{w-g} = ความร้อนสูญเสียของระบบ (W)

H_{sol} = ความร้อนจากแสงอาทิตย์ (W)

H_v = ความร้อนที่ทำให้เกิดการลอยตัวของอากาศ (W)

A_g = พื้นที่กระจก (m²)

A_w = พื้นที่ผนัง (m²)

U_g = ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของกระจก

U_w = ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนัง

c = ความนำความร้อนของอากาศ (W/mK)

$T_{m,o}$ = อุณหภูมิมวลอากาศออก (K)

$T_{m,i}$ = อุณหภูมิมวลอากาศเข้า (K)

T_g = อุณหภูมิกระจก (K)

T_{out} = อุณหภูมิอากาศภายนอก (K)

T_r = อุณหภูมิผิววัสดุรับแสงอาทิตย์ (โลหะ) (K)

T_{air} = อุณหภูมิอากาศในปล่อง (K)

T_w = อุณหภูมิผนัง (K)

τ = ค่าการส่องผ่านของรังสีความ

 = ค่าคงที่ของ Stefan-Boltzmann

$$(5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4)$$

ϵ_w = ค่าการปล่อยรังสีความร้อน
ของผนัง

ϵ_g = ค่าการปล่อยรังสีความร้อน
ของกระจก

F_{w-g} = the collector efficiency factor

กระจกใสหนา 6.0 mm. (กระจก 1 ชั้น)

$$H_V = H_{in} + H_{w-g} - H_g - H_r \quad (19)$$

กระจกสะท้อนความร้อน(กลับด้าน)

$$H_V = H_{in} + H_{w-g} - H_r - H_g + \gamma H_g \quad (20)$$

กระจกสองชั้นและบล็อกแก้ว

$$H_V = H_{in} + H_{w-g} - H_r - \tau H_g \quad (21)$$

รูปที่ 3-6 แสดงพฤติกรรมความร้อนเมื่อผ่านวัสดุทั้ง 4 ชนิด โดยมีความแตกต่างกันที่การสะท้อนความร้อนกลับของวัสดุแต่ละชนิด [8] โดยค่าที่เกิดขึ้นจะสังเกตได้ว่าพฤติกรรมความร้อนเมื่อผ่านกระจกสองชั้นกับบล็อกแก้วมีความใกล้เคียงกันมาก แต่ในความเป็นจริงวัสดุทั้งสองชนิดจะเกิดค่าการรั่วซึมของขอบที่แตกต่างกันอย่างมากระหว่างบล็อกแก้วมีรอยต่อระหว่างหน่วยมากกว่ากระจกสองชั้น จึงทำให้การรั่วซึมของอากาศภายในสู่ภายนอกอาคารมากกว่าด้วย แต่ยังสามารถใช้สมการความร้อนเดียวกันได้ ตารางที่ 1 สรุปความร้อนที่เกิดขึ้นในปล่องแสงอาทิตย์

สมการที่ (18) เป็นสมการค่าความร้อนที่ทำให้เกิดการลอยตัวของอากาศโดยคิดจากปล่องแสงอาทิตย์ที่ใช้กระจกชั้นเดียวทำการศึกษาในเบื้องต้น และจะทำการศึกษาปล่องแสงอาทิตย์ที่

วารสารวิจัยพลังงาน ปีที่ 6 ฉบับปี 2552/1

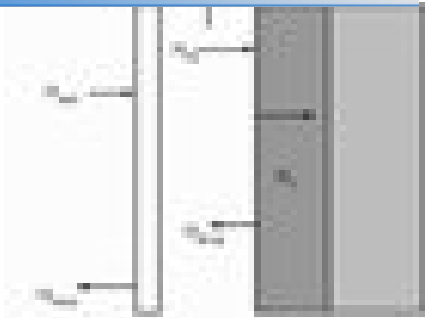
ใช้วัสดุอื่น ๆ อีก 3 ชนิด ได้แก่ กระจกสะท้อนความร้อน(กลับด้าน) กระจกสองชั้น บล็อกแก้ว ซึ่งจะมีภาพแสดงพฤติกรรมความร้อนที่เกิดขึ้นเมื่อผ่านกระจกชนิดต่าง ๆ ประกอบกับสมการความร้อนที่ใช้แตกต่างกันออกไปในแต่ละชนิด ดังนี้

ตารางที่ 1 ความร้อนที่เกิดขึ้นในปล่องแสงอาทิตย์

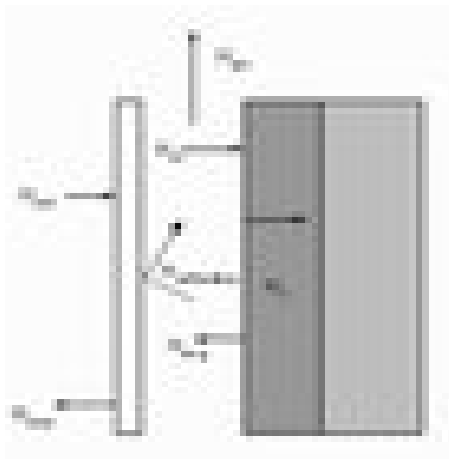
ตัวกลาง ความร้อน	Glass	Air	Wall(Metal)
Conduction	H_g	H_{air}	H_w
Radiation	H_{in}	-	-
Convection	$H_{loss(out)}$	$H_{loss(in)}$	H_r
Emission	-	-	H_{w-g}
	$\tau + \rho = 1$	-	$\rho = 1$

หมายเหตุ*  ความร้อนที่ใช้กระตุ้นการลอยตัวอากาศ
 ความร้อนสูญเสีย
 ความร้อนที่มีผลต่อสมการน้อยมากหรือไม่มีเลย

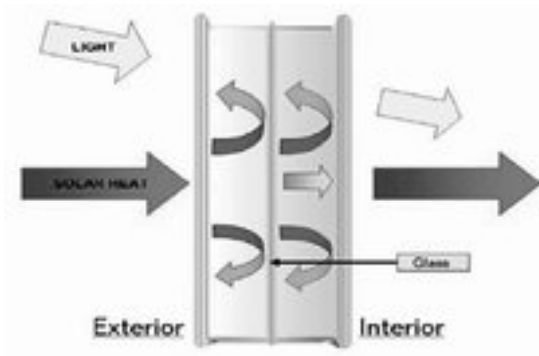
สมการที่ (19) ถึง (21) จะใช้ในการคำนวณค่าความร้อนในการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบผลความเร็วลมทั้ง 4 วัสดุ และศึกษาถึงผลกระทบทางด้านความร้อนที่เข้าสู่ตัวอาคารด้วย โดยจะใช้สมการดังกล่าวคำนวณผลความร้อน แล้วนำค่าที่ได้ไปใส่ในสมการอัตราการระบายอากาศเพื่อหาค่าอัตราการระบายอากาศที่ต้องการ เพื่อทำการเปรียบเทียบผลกับค่าในการทดลองต่อไป



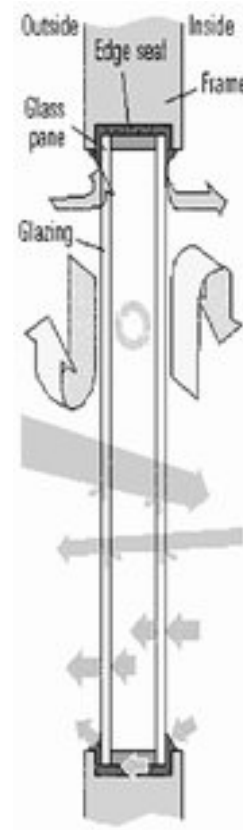
รูปที่ 3 ภาพแสดงพฤติกรรมความร้อนเมื่อผ่านกระจกชั้นเดียว



รูปที่ 4 ภาพแสดงพฤติกรรมความร้อนเมื่อผ่านกระจกสะท้อนความร้อนแบบวางกลับด้าน



รูปที่ 5 ภาพแสดงพฤติกรรมความร้อนเมื่อผ่านบล๊อคแก้ว

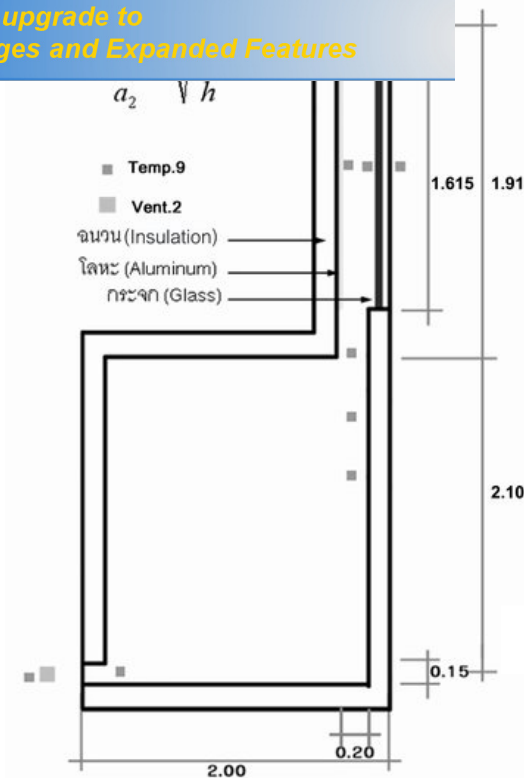


รูปที่ 6 ภาพแสดงพฤติกรรมความร้อนเมื่อผ่านกระจกสองชั้น

4. การทดลอง

4.1 กล้องทดลอง

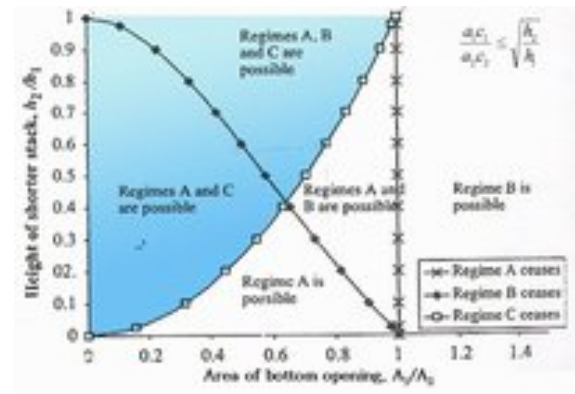
กล้องทดลองประกอบด้วยกล้องโฟมหนา 6 นิ้ว มีความกว้าง 2 เมตร ยาว 2 เมตร สูง 3.4 เมตร โดยมีช่องเปิดให้อากาศผ่านเข้าออกที่ระดับแตกต่างกัน โดยให้ผนังด้านหนึ่งเป็นวัสดุที่ได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์ (บล๊อคแก้ว, กระจก 1 ชั้นใส, กระจกสะท้อนความร้อนวางกลับด้าน, กระจก 2 ชั้น) และผนังด้านอื่นเป็นผนังที่ทนความร้อนได้ดีและไม่มีการสูญเสียความร้อน (heat loss) เข้าออกภายในและภายนอกอาคาร



รูปที่ 7 ท่อทดลองที่ใช้ศึกษา

เนื่องจากการทดลองจะสนใจปัจจัยสำคัญด้านอุณหภูมิและอัตราการระบายอากาศภายในอาคารเป็นหลัก และนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับผลการคำนวณ เพื่อให้เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างวัสดุและปัจจัยดังกล่าว การออกแบบท่อทดลองดังกล่าวอ้างอิงมาจากผล

การทดลองของ Chenvidyakarn and Woods (2004) ซึ่งแสดงค่าเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนความสูงปล่องกับสัดส่วนพื้นที่ขนาดช่องเปิดด้านบนและล่าง [2] ดังนี้



รูปที่ 8 ความสัมพันธ์อัตราความสูงปล่องกับอัตราพื้นที่ช่องเปิดคูลอง[2]

4.2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

จากการศึกษาและวิเคราะห์ผลของ Chenvidyakarn and Woods (2004) ได้สมการที่จะนำมาคำนวณ 2 สมการนั้นคือ

$$Q = [A']^{\frac{1}{3}} \cdot \left[\frac{g \cdot \infty}{\rho \cdot C_p} \right]^{\frac{1}{3}} \cdot [H_v]^{\frac{1}{3}} \cdot (h_1 + h_2)^{\frac{1}{3}} \quad (22)$$

$$\Delta T = \frac{H_v}{\rho \cdot C_p \cdot Q} \quad (23)$$

- โดยที่ g' = ความเร่งลอยตัว (m/s^2)
 ∞ = ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของอากาศเนื่องจากอุณหภูมิ ($1/K$)
 ΔT = ผลต่างระหว่างอุณหภูมิภายนอกและภายใน (K)
 C_p = ความจุความร้อนจำเพาะของอากาศ (J/kgK)
 H_v = ความร้อนจากดวงอาทิตย์ (W)

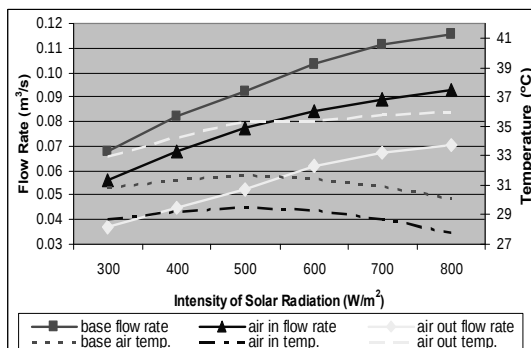
ในงานวิจัยนี้จะใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของสมการ (22) และ (23) ในการ

อุณหภูมิแตกต่างกัน 4 ชนิด จำนวนได้จากสมการ (19), (20) และ (21) ซึ่งจะทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบและสรุปผลต่อไป

5. ผลการทดลองและการอภิปรายผล

ผลการทดลองเรื่องความร้อนนั้น เกิดการสะสมและคายความร้อนในตัวปล่องแสงอาทิตย์เหมือนในทฤษฎีที่ใช้ทำการทดลองทำให้อุณหภูมิอากาศบริเวณปล่องแสงอาทิตย์มีอุณหภูมิมากขึ้นไปด้วย สำหรับผลการทดลองอุณหภูมิและอัตราการระบายอากาศสรุปได้ว่ากระจกชั้นเดียวให้อัตราเร็วลมในปล่องแสงอาทิตย์มากที่สุด รองลงมาเป็น บล็อกแก้ว กระจกสองชั้น และกระจกสะท้อนความร้อนวางกลับด้าน ตามลำดับ และยังสามารถสรุปได้อีกว่า กล่องทดลองนี้สามารถทำให้เกิดการลอยตัวของอากาศด้วยความร้อนจากปล่องแสงอาทิตย์ดังกล่าวได้อีกด้วย

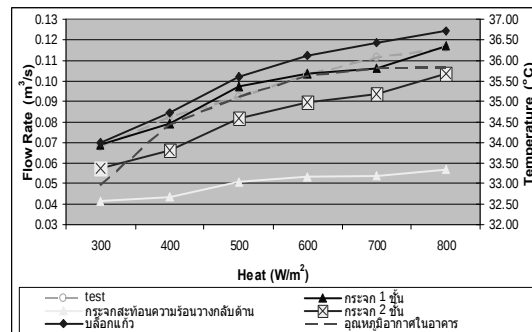
5.1 ผลด้านอัตราการระบายอากาศ



รูปที่ 9 ผลอัตราการระบายอากาศที่ได้จากการทดลอง

อัตราเร็วลมที่เกิดในกล่องทดลองมีค่ามากกว่าอัตราการระบายอากาศที่ได้จากการ

คำนวณประมาณ 0.01 m³/s และผลจากการวัดจริงในกล่องทดลองมีอัตราเร็วลมเฉลี่ยต่ำที่สุด 0.03 m³/s ที่ความร้อน 300 วัตต์ต่อตารางเมตร และมีอัตราการระบายอากาศเฉลี่ยมากที่สุด 0.11 m³/s ที่ความร้อน 800 วัตต์ต่อตารางเมตร ส่วนอัตราการระบายอากาศเฉลี่ยที่หาค่าได้จากสมการมีค่าต่ำสุดที่ 0.09 m³/s ที่ความร้อน 300 วัตต์ต่อตารางเมตร และมีค่าอัตราการระบายอากาศเฉลี่ยมากที่สุด 0.13 m³/s ที่ความร้อน 800 วัตต์ต่อตารางเมตร



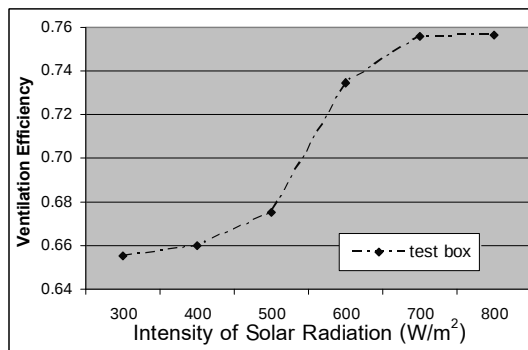
รูปที่ 10 การเปรียบเทียบผลการคำนวณอัตราการระบายอากาศจากปล่องแสงอาทิตย์ที่ใช้วัสดุแตกต่างกัน

ผลการทดลองจากกล่องทดลองแสดงให้เห็นว่าเมื่อให้ความร้อนที่ปล่องแสงอาทิตย์สูงขึ้นจะทำให้อัตราการระบายอากาศสูงขึ้นใกล้เคียงกับผลที่ได้จากการคำนวณตามรูปที่ 10 โดยเมื่อให้ความร้อนแก่ปล่องสูงขึ้นถึง 800 วัตต์ต่อตารางเมตร จะทำให้เกิดอัตราการระบายอากาศสูงขึ้นไปด้วยประมาณ 0.1 m³/s และวัสดุกระจกที่ใช้ในปล่องแสงอาทิตย์แล้วทำให้เกิดอัตราเร็วลมมากที่สุด คือ กระจก 1 ชั้น หนา 6 mm. ที่รองลงมาคือ บล็อกแก้ว และกระจกสองชั้นตามลำดับ และกระจกสะท้อนความร้อนวางกลับด้านมีอัตราการระบายอากาศน้อยที่สุด ไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ในปล่องแสงอาทิตย์

อากาศที่ได้จากการทดลองและการคำนวณ

Intensity of Solar Radiation (W/m ²)	อัตราการระบายอากาศ (m ³ /s)						
	Test box			คำนวณ			
	in	base	out	กระจก 1 ชั้น	กระจกสะท้อน	กระจก 2	บล็อกแก้ว
300	0.06	0.07	0.04	0.07	0.04	0.06	0.07
400	0.07	0.08	0.04	0.08	0.04	0.07	0.08
500	0.08	0.09	0.05	0.10	0.05	0.08	0.10
600	0.08	0.10	0.06	0.10	0.05	0.09	0.11
700	0.09	0.11	0.07	0.11	0.05	0.09	0.12
800	0.09	0.12	0.07	0.12	0.06	0.10	0.12

จากตารางที่ 2 ได้นำผลอัตราการระบายอากาศที่ฐานปล่องแสงอาทิตย์มาใช้เปรียบเทียบกับอัตราการระบายอากาศที่ได้จากการคำนวณของกระจก 1 ชั้น ซึ่งเหมือนวัสดุกระจกที่ใช้ในกล่องทดลอง ผลที่ได้มีแนวโน้มไปในทางเดียวกันและใกล้เคียงกันที่ความเข้มรังสีอาทิตย์ 300-800 W/m²



รูปที่ 11 ประสิทธิภาพการระบายอากาศของกล่องทดลอง

จากรูปที่ 11 ประสิทธิภาพอัตราการระบายอากาศที่เกิดในกล่องแสงอาทิตย์ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.65-0.75 โดยกล่องนี้จะมีประสิทธิภาพการระบายอากาศเพิ่มเมื่อเพิ่มความร้อนที่ให้แก่ปล่องแสงอาทิตย์ แต่เมื่อให้ความร้อนถึง 700

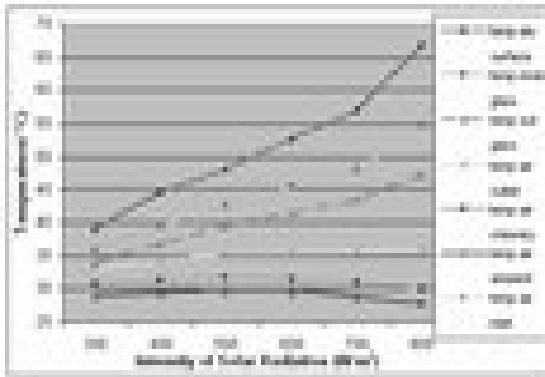
Watt ปัจจัยเรื่องความร้อนเริ่มจะมีผลน้อยลงจนในที่สุดก็คือ ไม่มีผลต่ออัตราการระบายอากาศในกล่องแสงอาทิตย์อีกต่อไปดังเส้นกราฟที่เริ่มคงที่ในช่วงนั้น

5.2 ผลด้านอุณหภูมิ

การวัดค่าอุณหภูมิในกล่องทดลองวัดค่าบริเวณ 7 จุด คือ ผิวโลหะ ผิวกระจกด้านใน ผิวกระจกด้านนอก ลมออก อากาศบริเวณฐานปล่องลมเข้า และอุณหภูมิรอบนอกกล่องทดลอง แสดงผลเป็นกราฟค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ ณ จุดตั้งเซนเซอร์ต่างๆ ดังรูปที่ 12

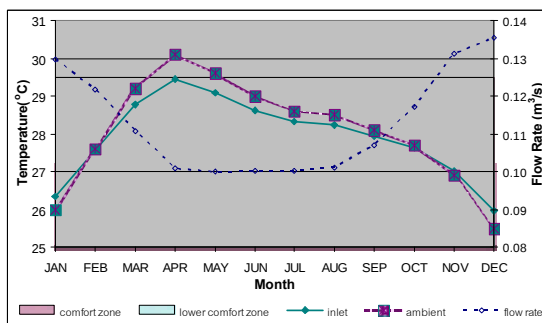
ผลการทดลองอุณหภูมิเมื่อให้ความเข้มรังสีแสงประดิษฐ์เพิ่มมากขึ้นแก่ปล่องแสงอาทิตย์ จะทำให้อุณหภูมิของวัสดุภายในปล่องแสงอาทิตย์ได้แก่ โลหะอลูมิเนียมฟอสไฟด์ กระจก มีอุณหภูมิผิวสูงขึ้น โดยผิวโลหะอลูมิเนียมมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงขึ้น 5.56 องศาเซลเซียสต่อการเพิ่มความร้อน 100 วัตต์ ส่วนกระจกมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงขึ้น 3.78 องศาเซลเซียสต่อการเพิ่มความร้อน 100 วัตต์ และส่งผลต่ออุณหภูมิอากาศในปล่องให้มีค่าเฉลี่ยสูงขึ้น 0.61 องศาเซลเซียสต่อการเพิ่มความร้อน 100 วัตต์ ซึ่ง

อุณหภูมิ
อากาศในกล่องทดลอง และ
ความร้อนจะมีผลต่ออัตราการระบายอากาศใน
กล่องทดลองมากที่สุดที่ระดับ 400-700 watt



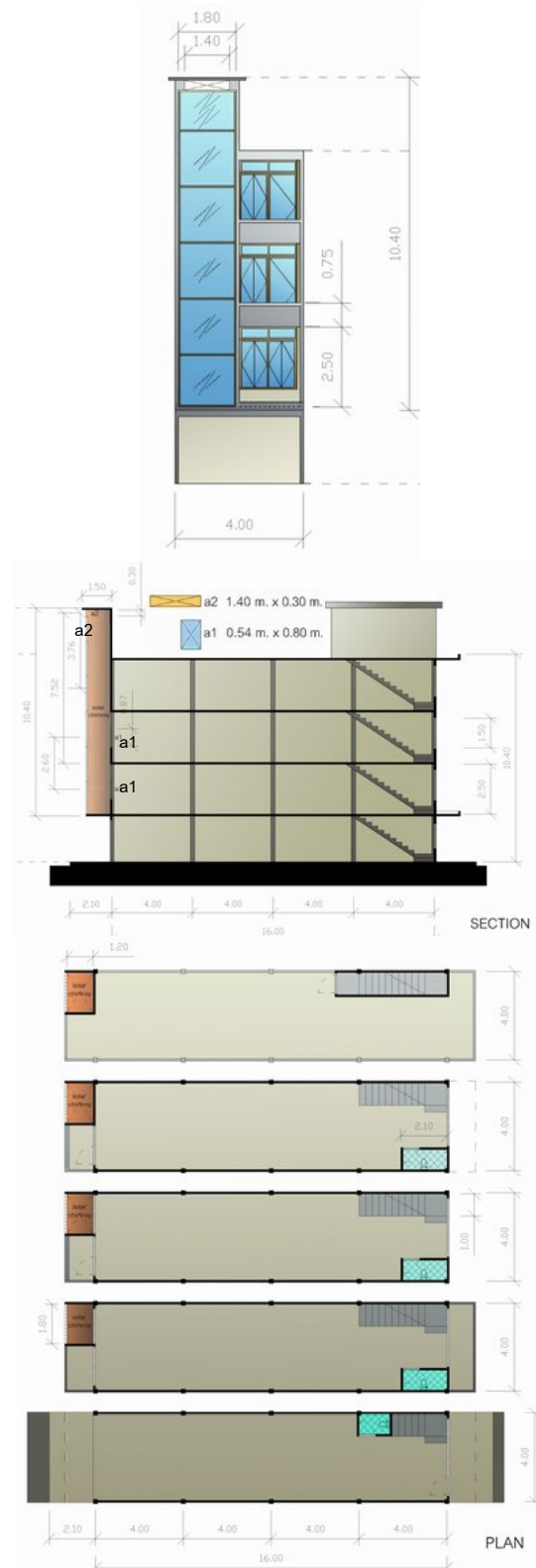
รูปที่ 12 อุณหภูมิวัสดุและอากาศเมื่อเพิ่มความ
ร้อนในปล่องแสงอาทิตย์

6. การออกแบบปล่องแสงอาทิตย์สำหรับ ประเทศไทย



รูปที่ 13 อุณหภูมิอากาศกรุงเทพมหานคร
ประเทศไทย

1) อุณหภูมิอากาศภายในอาคาร (indoor)
กรุงเทพมหานคร จะมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ
ทั่วไป (Ambient) และอุณหภูมิอากาศที่เข้าสู่
อาคาร (inlet) และเมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิ



รูปที่ 14 การประยุกต์ใช้ปล่องแสงอาทิตย์ระบาย
อากาศในตึกแถว ประเทศไทย

ได้ว่า
อุณหภูมิอากาศที่ควรจะมีค่าที่เหมาะสมสบายในช่วงต้นปีและปลายปี ซึ่งเป็นช่วงที่มีแสงอาทิตย์มาก ในขณะที่อุณหภูมิภายในอาคารจะสูงกว่าสภาวะน่าสบายเกือบตลอดทั้งปีดังรูปที่ 13 ยกเว้นช่วงต้นปีและปลายปีที่มีอุณหภูมิอากาศภายในอาคารจะลดลงจนเข้าสู่สภาวะน่าสบาย จึงเป็นช่วงที่เหมาะสมในการใช้ปล่องแสงอาทิตย์ระบายอากาศ

2) การทำให้อากาศภายในอาคารเข้าสู่สภาวะน่าสบายในช่วงกลางปีได้นั้น ต้องลดอุณหภูมิในอากาศลงประมาณ 2 °C หรือมากกว่าด้วยความเร็วลม 0.5 m/s [9] โดยใช้อุณหภูมิอากาศก่อนเข้าปล่องแสงอาทิตย์ เนื่องจากเป็นประเทศเขตร้อน อุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารจะสูงกว่าภายในอาคาร อากาศจะลอยตัวออกจากปล่องทางด้านบน

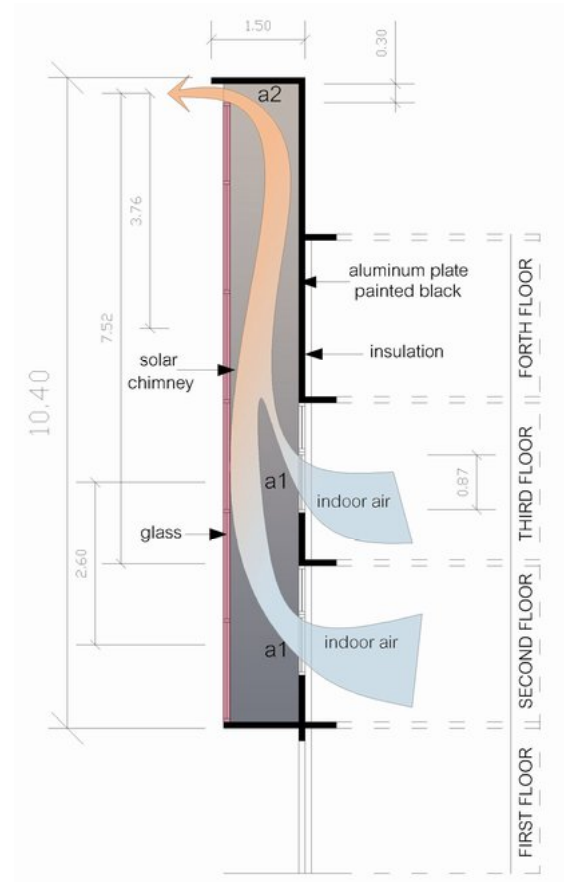
3) เมื่อกำหนดพื้นที่หน้าตัดปล่องและความสูงปล่องแล้ว จะได้ค่าพื้นที่กระจกและพื้นที่โลหะเพื่อคำนวณหาอุณหภูมิของอากาศเข้า – ออก ปล่องที่ได้จากสมการ 22 จากนั้นคำนวณหาพื้นที่ช่องเปิดด้านบนและล่างปล่องแสงอาทิตย์ตามสมการ 24 จะได้ค่าพื้นที่ช่องเปิดด้านล่างปล่องแสงอาทิตย์

$$\frac{a_1}{a_2} \leq (2.2) \sqrt{\frac{h_2}{h_1}} \quad (24)$$

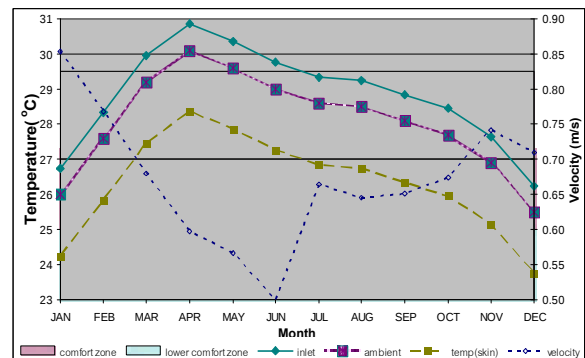
4) จากหลักการออกแบบนี้จะทำให้เกิดช่องเปิดอาคาร $a_1 = 0.92 \text{ m}^2$ และ $a_2 = 0.42 \text{ m}^2$ ซึ่งเป็นช่องเปิดอาคารที่เหมาะสมที่สุดที่จะทำให้เกิดอัตราเร็วลมภายในอาคารประมาณ 0.5 m/s ตลอดปีได้ ซึ่งจะทำให้อุณหภูมิสัมผัสที่ผิวหนัง

วารสารวิจัยพลังงาน ปีที่ 6 ฉบับปี 2552/1

มนุษย์ (Skin Temperature) ลดลงได้ประมาณ 2.5 - 3.00 °C [9] ในขณะที่อุณหภูมิอากาศจริงจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยไม่ถึง 1 °C



รูปที่ 15 ลักษณะปล่องแสงอาทิตย์ที่นำไปประยุกต์ใช้ในตึกแถว



รูปที่ 16 อุณหภูมิที่ผิวหนัง เมื่อใช้ปล่องแสงอาทิตย์ในอาคาร

ใช้ใน
การเลือก บริเวณที่เลือก พบว่าปริมาณแสงอาทิตย์ทำ
ให้เกิดอัตราการระบายอากาศและความเร็วลมใน
อาคารที่ทำให้อุณหภูมิอากาศที่ผิวมนุษย์เข้าสู่
สภาวะน่าสบายได้อย่างเหมาะสม โดยจากตาราง
ที่ 2 และ 3 อุณหภูมิอากาศที่ผิวผนังลดลงได้
ประมาณ 2.5 °C ซึ่งความเร็วลมที่ต่ำที่สุด
ประมาณ 0.5 m/s จะทำให้อุณหภูมิที่มนุษย์รู้สึก

เข้าสู่สภาวะน่าสบายได้ในเดือน มีนาคม-มิถุนายน
ส่วนเดือนที่เหลืออากาศจะมีอุณหภูมิที่มนุษย์รู้สึก
ว่าต่ำกว่าสภาวะน่าสบาย แต่สามารถปรับกลับป
ใช้การระบายอากาศแบบธรรมชาติได้จะทำให้
อุณหภูมิเข้าสู่สภาวะน่าสบายเกือบตลอดทั้งปี ดัง
รูปที่ 16 เปรียบเทียบกับรูปที่ 13 อุณหภูมิอากาศ
ทั่วไปที่ยังไม่ผ่านการใช้ปล่องแสงอาทิตย์

ตารางที่ 3 อัตราเร็วลมที่ได้จากการประเมินตึกแถว ประเทศไทย

เดือน	ปริมาณความเข้ม รังสีอาทิตย์(W/m ²)	อุณหภูมิอากาศปล่องแสงอาทิตย์ (°C)			อัตราเร็วลม (m/s)	อุณหภูมิอากาศที่ ผิวผนัง (°C)
		ambient	ลมออก	ลมเข้า		
มกราคม	551.83	26.00	55.52	26.70	0.85	24.23
กุมภาพันธ์	424.71	27.60	57.21	28.30	0.77	25.84
มีนาคม	286.94	29.20	58.92	29.90	0.68	27.44
เมษายน	180.98	30.10	59.90	30.80	0.60	28.35
พฤษภาคม	166.50	29.60	59.43	30.30	0.57	27.85
มิถุนายน	160.58	29.00	58.85	29.70	0.50	27.26
กรกฎาคม	160.54	28.60	58.45	29.30	0.66	26.84
สิงหาคม	169.87	28.50	58.35	29.20	0.65	26.74
กันยายน	225.08	28.10	57.90	28.80	0.65	26.34
ตุลาคม	334.23	27.70	57.40	28.40	0.67	25.94
พฤศจิกายน	523.08	26.90	56.43	27.60	0.74	25.14
ธันวาคม	591.62	25.50	54.99	26.20	0.71	23.74

ตารางที่ 4 ช่วงเดือนที่ผลการคำนวณอุณหภูมิอากาศภายในอาคารเข้าสู่สภาวะน่าสบาย



7. สรุปผลการศึกษา

สรุปได้ว่า ปล่องแสงอาทิตย์มีศักยภาพที่
ดีสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับอาคารที่มีพื้นที่ใช้
สอยแนวตั้งของประเทศไทยได้ในช่วงเดือน

มีนาคม-มิถุนายน ทำให้เกิดการประหยัดพลังงาน
ภายในอาคารและไม่เกิดมลพิษในการนำอากาศ
ธรรมชาติเข้ามาใช้ จึงเป็นวิธีที่เหมาะสมกับ
ประเทศที่มีปริมาณความเข้มรังสีอาทิตย์มากอย่าง

ารถใช้
บดองแสงอาทิตย์เพื่อเพิ่มอุณหภูมิอากาศที่ดีใน
อาคารได้

8. ข้อเสนอแนะ

8.1 สำหรับภูมิอากาศของประเทศไทย หากทำให้อากาศมีอุณหภูมิต่ำลงก่อนเข้ากล่อง ทดลองหรืออาคารจริงได้จะช่วยให้เกิดความแตกต่างอุณหภูมิมากขึ้นและทำให้อัตราความเร็วลมมากขึ้นด้วย เช่น การบังคับทิศทางลมให้ผ่าน บ่อน้ำเพื่อลดอุณหภูมิก่อนเข้าสู่ตัวอาคาร เป็นต้น

8.2 เนื่องจากปัจจัยเรื่องความร้อนที่ให้แก่ ปล่องแสงอาทิตย์จะมีผลต่ออัตราเร็วลมในบาง ช่วงเท่านั้น จึงควรใช้เทคนิคอื่นๆ เพิ่มเติมในช่วง เวลาที่ความร้อนจากแสงอาทิตย์ไม่เพียงพอจะทำให้ เกิดอัตราการระบายอากาศในอาคารได้

8.3 ปล่องแสงอาทิตย์สามารถใช้ได้ดีใน ประเทศไทย ณ ช่วงเวลา 10.00-16.00 น. ซึ่งเป็น ช่วงเวลาที่มีแสงอาทิตย์ $400-700 \text{ w/m}^2$ [3] และจะ ใช้ได้ดีกับพื้นที่ที่ไม่มีสิ่งกีดขวางบังแสงแดด และ พื้นที่ลมสงบด้วย

8.4 นอกจากการประยุกต์ใช้ปล่อง แสงอาทิตย์กับอาคารพาณิชย์ประเภทตึกแถวแล้ว ควรมีการประยุกต์ใช้กับอาคารที่มีพื้นที่ใช้สอย แนวตั้งประเภทอื่นๆ อีก เช่น อาคารชุดพักอาศัย คอนโดมิเนียม หอพัก อาคารเรียน อาคาร สำนักงาน เป็นต้น เพื่อลดการใช้พลังงานใน อาคารประเภทดังกล่าว

8.5 ผลการทดลองด้านอุณหภูมินั้น มี ข้อสังเกตได้ว่าเมื่อเพิ่มความเข้มรังสีอาทิตย์ให้แก่ ปล่องแสงอาทิตย์ จะทำให้อุณหภูมิภายในปล่อง สูงขึ้นมาก ซึ่งอาจทำให้อุณหภูมิอากาศภายใน

ห้องสูงขึ้นไม่เกิน 1°C แต่ควรมีการศึกษาเพิ่มเติม ในกรณีที่ไม่เกิดการระบายอากาศเลย อาจทำให้เกิด ความร้อนสะสมในตัวอาคารได้

9. ข้อจำกัดของผลการทดลอง

9.1 เครื่องมือวัดความเร็วลมที่ใช้ในการ ทดลองอ่านค่าได้ละเอียดถึง 0.01 m/s ทำให้ไม่ สามารถเก็บผลการทดลองที่มีความเร็วลมน้อยในช่วง ความเข้มรังสีอาทิตย์ที่ $0-300 \text{ W/m}^2$ ได้

9.2 เครื่องมือวัดอุณหภูมิที่ใช้ในการทดลอง อ่านค่าอุณหภูมิได้ดีที่สุดในช่วง -70°C ถึง 90°C ทำ ให้ผลการทดลองอุณหภูมิของวัสดุในปล่อง แสงอาทิตย์ที่ให้ความเข้มรังสีอาทิตย์มากกว่า 800 W/m^2 ขึ้นไป อาจเกิดความคลาดเคลื่อน จึงไม่ควรนำมา ทำการทดลองหรือควรต้องปรับเปลี่ยนเครื่องมือให้ เหมาะสมกับการทดลองมากขึ้นในงานวิจัยต่อไป

10. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน และได้รับความร่วมมือจากผู้เชี่ยวชาญทั้งภาครัฐและเอกชนที่ ร่วมให้ความเห็นต่อสมมติฐานของการศึกษา ซึ่ง ผู้วิจัยขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

11. เอกสารอ้างอิง

- [1] Cengel, Yunus A. (1998) **Heat transfer: a practical approach**. New York: McGraw-Hill.
- [2] Chenvidyakarn, T., & Woods, A. (2004) **Multiple study states in stack ventilation**. Building and Environment, 40, 399-410

- (2006)
**Application of passive cooling systems
in the hot and humid climate: The case
study of solar chimney and wetted roof
in Thailand.** Building and Environment,
42, 3341-3351
- [4] Fisk, Marian J. (1982) **Introduction to solar
technology.** New York: Addison-Wesley
Publishing Company
- [5] Givoni, B. (1994) **Passive and low energy
cooling of buildings.** New York: Van
Nostrand Reinhold
- [6] Hamdy, I.F., & Fikry, M.A. (1998). **Passive
Solar Ventilation.** Renewable Energy,
14, 381-386
- [7] Harris, D.J., & Helwig, N. (2007) **Solar
Chimney and Building Ventilation.**
Applied Energy, 84, 135-146
- [8] Incropera, Frank P., Dewitt, David P.,
Bergman, Theodore L., & Lavine,
Adrienne S. (2007) **Introduction to Heat
Transfer.** New York: John Wiley &
Sons(Asia)
- [9] Khedari, J., Yamtraipat, N., Pratintong, N.
and Hirunlabh J. (2000) **Thailand
ventilation comfort chart.** Energy and
Buildings. 32. Number 3: pp. 245-249(5)