

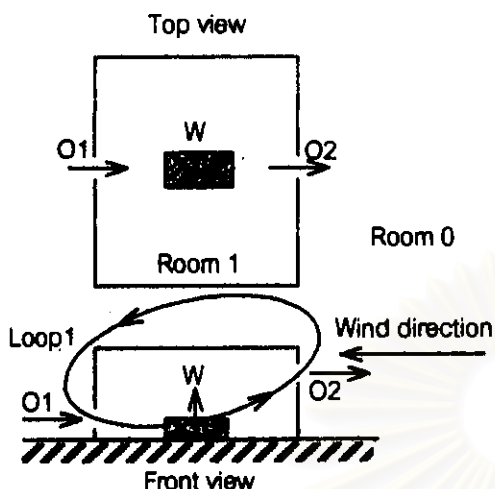
## บทที่ 4

### ผลการคำนวณและการอภิปรายผลการคำนวณ

จากทฤษฎีข้างต้น ระบุว่า รูปแบบการไหลของอากาศในอาคารโดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่เกิดเพลิงไหม้ นั้นมีโอกาสเกิดได้หลายรูปแบบ การวิจัยต่อไปนี้จะทำการคำนวณโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ได้พัฒนาขึ้นมาเพื่อศึกษาความหลากหลายของรูปแบบการไหลของอากาศในอาคาร และพยายามหาปัจจัย ที่ทำให้เกิดความหลากหลายของคำตอบ รวมทั้งพยายามหาวิธีการควบคุมการไหลให้ได้ตามที่เรากำลังต้องการต่อไป โดยจะคำนวณและวิเคราะห์สำหรับอาคารตัวอย่าง ขนาดเล็กจำนวน 3 หลัง ซึ่งสิ่งที่จะแสดงให้เห็น มีดังต่อไปนี้

1. แสดงให้เห็นถึงความหลากหลายของคำตอบและรูปแบบการไหลที่เป็นไปได้ โดยใช้โปรแกรมคำนวณ ในตัวอย่างอาคารที่เกิดเพลิงไหม้
2. สร้างแผนภาพแสดงถึงค่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความหลากหลายของคำตอบ
3. นำโปรแกรมมาใช้คำนวณเพื่อศึกษาว่าความเร็วลมภายนอกอาคารมีผลต่อรูปแบบและอัตราการไหลของอากาศหรือไม่ โดยปรับความเร็วลมแล้วหาคำตอบ
4. นำโปรแกรมมาใช้คำนวณเพื่อศึกษาว่า อัตราความร้อนที่เกิดขึ้นภายในห้อง (เช่นการเกิดเพลิงไหม้) นั้นมีผลต่อรูปแบบและอัตราการไหลของอากาศหรือไม่ โดยปรับค่าอัตราความร้อนแล้วคำนวณหาคำตอบ
5. ศึกษาผลของการนำความร้อนของผนังอาคารว่ามีผลต่อ การระบายอากาศหรือไม่ โดยปรับสัมประสิทธิ์การนำความร้อนผ่านผนังอาคารแล้วหาคำคำตอบ
6. ศึกษาผลของขนาดช่องเปิดว่าว่ามีผลต่อ การระบายอากาศหรือไม่ โดยปรับค่าขนาดช่องเปิดแล้วคำนวณหาคำตอบ
7. ศึกษาผลของพัดลมระบายอากาศที่มีต่ออัตราการไหลของอากาศในอาคาร โดยใช้พัดลมอัดอากาศ เข้า-ออก อาคาร แล้วหาคำคำตอบ
8. พยายามหา System Curve ของอาคาร เพื่อนำมาใช้ในการเลือกพัดลมที่เหมาะสม สำหรับการควบคุมการระบายอากาศได้
9. ทำการเปรียบเทียบผลการคำนวณที่ได้จากโปรแกรมนี้กับผลการคำนวณที่ได้จากโปรแกรม ASCOS ในสถานะต่างๆ

#### 4.1 อาคารตัวอย่าง ขนาด 1 ชั้น 1 Loop mass flow rate



รูปที่ 12. แสดงอาคารตัวอย่าง ขนาด 1ห้อง 2 ช่องเปิด และมีความร้อน  $W$  เกิดขึ้นจากในห้องโดยมีขนาดต่างๆของอาคารดังต่อไปนี้

- Building Width = 9 m.
- Building Length = 10 m.
- Building Height = 4 m.
- Opening 1 Height = 1 m.
- Opening 2 Height = 3 m.
- Effective Opening Area (OLA) = 2 m<sup>2</sup>

ให้ค่าคงที่สภาพอากาศภายนอกอาคาร (Room 0) ดังนี้

- ค่าอุณหภูมิอากาศภายนอก ( $T_o$ ) = 300 K
- ค่าความหนาแน่นของอากาศภายนอก ( $\rho_o$ ) = 1.1614 kg/m<sup>3</sup>
- ค่าความจุความร้อนจำเพาะอากาศ ( $C_p$ ) = 1,007 J/kg·K
- ค่าความดันบรรยากาศภายนอก ( $P_o$ ) = 101,325 N/m<sup>2</sup>
- ค่าความเร่งโน้มถ่วงโลก ( $g$ ) = 9.81 m/s<sup>2</sup>

นอกจากนี้ยังมีค่าตัวแปรอื่นๆที่เรากำหนดให้กับโปรแกรมอีกคือ

- Overall Coefficient of Heat Transfer ( $U$ ) = 1 W/m<sup>2</sup>·K
- Heat Supply Rate ( $W$ ) = 1,000 kW = 1,000,000 W
- Wind Velocity ( $V$ ) = 7.5 m/s (at 10 m. above ground level)

เมื่อเรากรอกข้อมูลอาคารให้กับโปรแกรมอย่างถูกต้องแล้ว โปรแกรมจะสร้างเมตริก และค่าต่างๆ ที่จำเป็นต่อการคำนวณ เพื่อนำไปคำนวณต่อไป โดย เมตริก ที่สำคัญ มีดังนี้

1. Incident Matrix [I] เป็นเมตริกแสดงการเชื่อมต่อของห้อง ผ่านทางช่องเปิดต่างๆ จากรูปที่ 12. จะเห็นได้ว่า ลูกศรที่ Opening 1 และ 2 แสดงทิศทางการไหลที่เรากำหนด เพื่อเป็นทิศทางอ้างอิงเช่น หากคำนวณ ได้อัตราการไหลที่ช่องเปิดใดมีค่ามากกว่า 0 แสดงว่า อากาศไหลที่ช่องเปิดนั้นตามทิศลูกศร และหากคำนวณได้อัตราการไหลที่ช่องเปิดใดมีค่าน้อยกว่า 0 แสดงว่า อากาศไหลที่ช่องเปิดนั้นตรงข้ามกับทิศของลูกศร

ดังนั้นจากรูปที่ 12. เรากำหนดให้อากาศไหลเข้าจากห้อง 0 (ภายนอก) เข้าสู่ห้อง 1 ผ่านช่องเปิด 1 และอากาศไหลออกจากห้อง 1 สู่อากาศห้อง 0 (ภายนอก) โดยผ่าน ช่องเปิด 2 เราเขียน Incident Matrix ได้ดังนี้

$$[I] = [-1 \quad 1]$$

2. Loop Matrix  $[L]$  เป็นเมตริกแสดง วงรอบการไหลของอากาศว่าผ่านทางช่องเปิด ที่เรากำหนดขึ้น เพื่อนำไปคำนวณความดันตกคร่อมครบวงจร (Loop Pressure) ต่อไป

จากรูปที่ 12. เราจะเห็นได้ว่าที่ช่องเปิด 1 และ 2 ทิศทางของ วงรอบ ตรงกับทิศทางของอากาศที่เรากำหนดไว้ ดังนั้น ตัวเลขของ Loop Matrix มีค่าเป็น 1 ทั้ง 2 ช่องเปิด โดยสามารถเขียน Loop Matrix ได้ดังนี้

$$[L] = [1 \quad 1]$$

3. Heat Conductance Matrix  $[U]$  จากรูปที่ 12. จะเห็นได้ว่าห้อง 1 มีพื้นที่ผนังติดต่อกับห้อง 0 (ภายนอก) ขนาด  $328 \text{ m}^2$  โดย ค่าสัมประสิทธิ์ การนำความร้อนผ่านผนังที่กำหนดไว้มีค่า  $1 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$  ถ้าอุณหภูมิห้อง 1 มากกว่าห้อง 0 อยู่  $1 \text{ K}$  จะทำให้มีความร้อนไหลออกจากห้อง 1  $= 328 \times 1 = 328 \text{ W}$  เราสามารถเขียน Matrix  $[U]$  ได้ดังนี้

$$[U] = [-328]$$

4. ความดันภายนอกอาคารเนื่องจากผลของลม เป็นสิ่งที่เราต้องใส่ให้กับโปรแกรม โดยเราสามารถคำนวณได้จากสมการความดันของลม (13)

$$\text{กำหนดให้} \quad \text{Wind Exponent (n)} = 0.16$$

$$\text{อ่านค่าได้} \quad C_{w2} (\text{Opening 2}) = 0.7$$

$$C_{w1} (\text{Opening 1}) = -0.2$$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น} \quad \text{ความดันลมที่ Opening 2} &= C_{w2} \times \frac{1}{2} \rho_0 V^2 \left( \frac{h_2}{h_m} \right)^{2n} \\ &= 15.5543 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

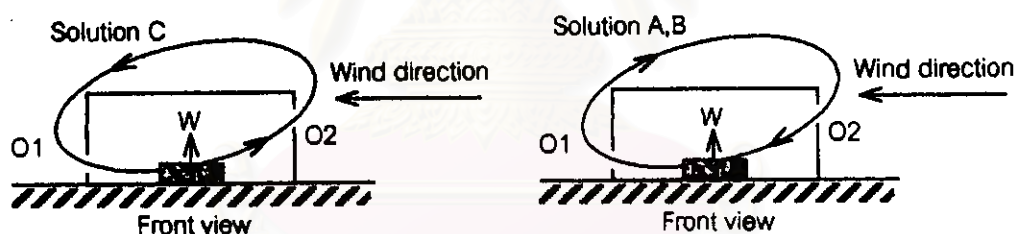
$$\begin{aligned} \text{ความดันลมที่ Opening 1} &= C_{w1} \times \frac{1}{2} \rho_0 V^2 \left( \frac{h_1}{h_m} \right)^{2n} \\ &= -3.1268 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

จากรูปที่ 12. เราจะเห็นได้ว่า การไหลของวงรอบที่เรากำหนดขึ้นมานั้นมีทิศไหลเข้าอาคารที่ ช่องเปิด 1 และ ไหลออกจากอาคารที่ช่องเปิด 2 ดังนั้นการกรอกค่าความดันลมของ วงรอบการไหลนี้ให้กับโปรแกรม จะมีความดันลมด้านเข้า ( $P_{win}$ )  $= -3.1268 \text{ N/m}^2$  และความดันด้านออก ( $P_{wout}$ )  $= 15.5543 \text{ N/m}^2$

### ผลการคำนวณการระบายอากาศรูปที่ 12. ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3. แสดงผลการคำนวณการระบายอากาศอาคารตัวอย่างรูปที่ 12.

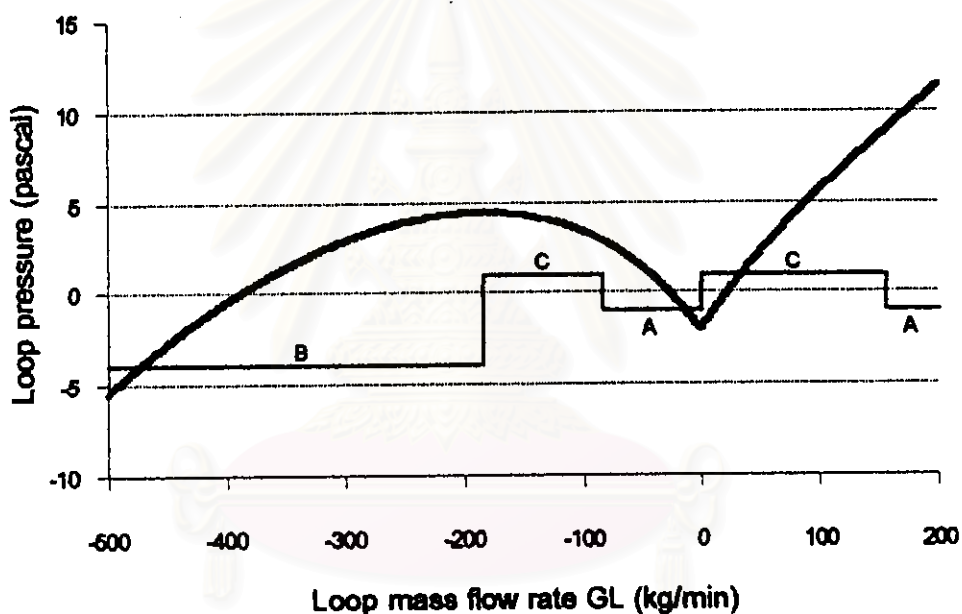
Number of solution	3 Solution		
Solution	1	2	3
Type	A	B	C
Loop mass flow rate (kg/min)	-25.76	-388.50	22.76
Mass flow rate of opening 1 (kg/min)	-25.76	-388.50	22.76
Mass flow rate of opening 2 (kg/min)	-25.76	-388.50	22.76
Pressure drop at opening 1 (N/m <sup>2</sup> )	-0.1068	-6.7087	0.0155
Pressure drop at opening 2 (N/m <sup>2</sup> )	-0.0198	-4.5123	0.0882
Room temperature relative with T0 (K)	1,315.23	146.02	1,408.32
Air density of room (kg/m <sup>3</sup> )	0.2157	0.7812	0.2040
Floor room pressure relative with P0 (N/m <sup>2</sup> )	-12.2972	-0.1481	-12.5348
Work index of flow (Watt)	-21.8012	39.0935	-29.7411



รูปที่ 13. แสดงรูปแบบการไหลที่คำนวณได้ต่างๆ

จากตารางที่ 3 เราจะเห็นได้ว่า มีคำตอบของสมการการระบายอากาศของสภาวะนี้อยู่ 3 คำตอบ ซึ่งคำตอบที่ A และ B มีค่า Loop mass flow rate เป็นลบ แสดงว่ามีทิศทางตรงข้ามกับทิศทางการไหลของ วงรอบที่เรากำหนดไว้ ในคำตอบ C มีค่าเป็นบวก แสดงว่ามีทิศทาง ตรงกับทิศทางการไหลของวงรอบที่เรากำหนดไว้ ดังแสดงในรูปที่ 13. และจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิห้องนั้นก็มีส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดการไหลต่างๆ เนื่องจาก อุณหภูมิห้องสูงทำให้ความหนาแน่นอากาศต่ำและอุณหภูมิห้องต่ำทำให้ความหนาแน่นอากาศสูง ทำให้แรงลอยตัวและความดันตกคร่อมช่องเปิดต่างกันไป จึงมีผลตรงต่อการคำนวณความดันในสมการ Loop Pressure Balance ทำให้เกิดหลายคำตอบ

หลักการคำนวณของโปรแกรมนี้เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบต่างๆ นั้น ทำได้โดยการสมมุติ อัตราการไหลเชิงมวลของวงรอบ (Loop mass flow rate) ขึ้นมาก่อนแล้วนำไปคำนวณ (โดย Subroutine Loop) เพื่อหาค่าต่างๆ เช่นอุณหภูมิห้อง และความดันตกคร่อมของเบ็ดเป็นต้น โดยสุดท้ายจะคำนวณได้ความดันตกคร่อมครบวงรอบ (Loop Pressure) ออกมา ซึ่งถ้าหากค่า Loop Pressure ที่ได้มามีค่าไม่เท่ากับศูนย์ จะทำการสมมุติ Loop mass flow rate ใหม่ด้วยวิธีการ ทำซ้ำแบบ Newton-Raphson จนกว่าจะคำนวณได้ Loop Pressure เท่ากับศูนย์ จึงได้คำตอบของ การไหลอากาศที่ต้องการ เพื่อให้เห็นถึงวิธีการคำนวณของโปรแกรมได้ชัดเจนขึ้น จึงทำการสร้าง แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Loop mass flow rate กับ Loop Pressure ที่เราคำนวณได้ โดย แสดงใน รูปที่ 14.



รูปที่ 14. ความสัมพันธ์ระหว่าง Loop pressure และ Assume Loop mass flow rate

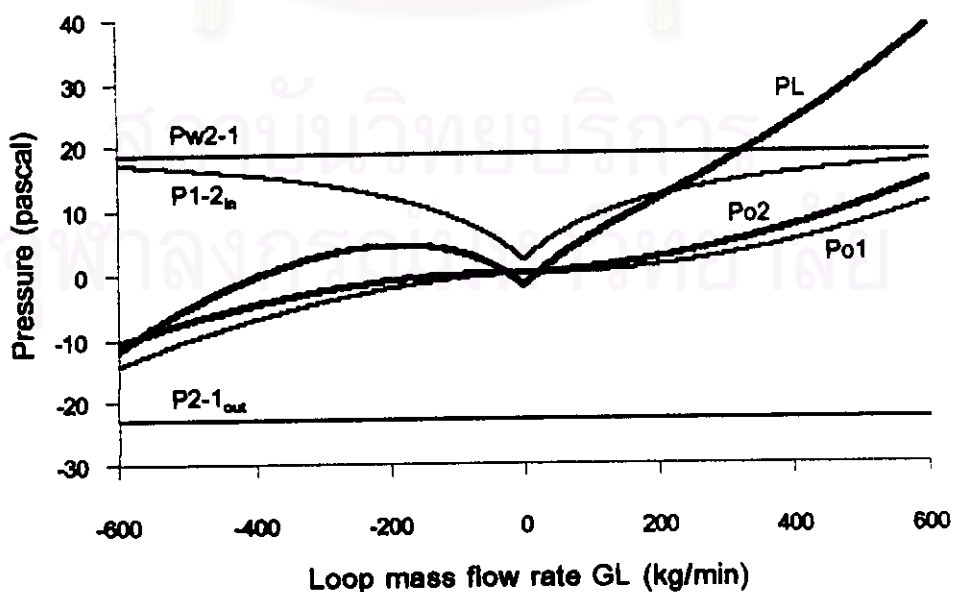
จากรูปที่ 14. เราจะเห็นได้ว่าเมื่อเราสมมุติค่า Loop mass flow rate ขึ้นมาและนำไปคำนวณหา Loop pressure จะได้ค่าแตกต่างกันไป ในกรณีที่ Loop pressure ไม่เท่ากับศูนย์ แสดงว่า Loop mass flow rate ที่จุดนี้ขัดแย้งกับสมการ Balance Loop pressure ทำให้ไม่อาจเกิดสภาวะนี้ได้ เรา สังเกต จากรูปพบว่า กราฟตัดแกน Loop pressure = 0 จำนวน 3 จุด คือที่ Loop mass flow rate ประมาณ -389, -26, 23 (kg/min) ตามลำดับ ซึ่งตรงกับคำตอบที่เป็นไปได้ ที่ โปรแกรมคำนวณไว้ดังตารางที่ 3 นั้นเอง โดย แนวเส้น A, B และ C แสดงว่าหากเราเริ่มต้นการ Iterate ที่ Loop mass flow rate นี้ จะทำให้เข้าสู่คำตอบ A, B และ C คือ -26, -389 และ 23 (kg/min) ตามลำดับ

เมื่อเราทราบแล้วการเกิดความหลากหลายของรูปแบบการไหลของอากาศในอาคารนั้นเกิดขึ้นได้แม้เรามีสถานะอากาศนอกอาคารและความร้อนที่เกิดขึ้นในห้องเหมือนกันก็ตามทั้งนี้ เราพบว่าในการได้มาซึ่ง Loop pressure นั้นเป็นการรวมกันของ ความดันตกคร่อมจุดต่างๆ เพื่อให้ครบวงจร ตามรูปที่ 12. จะเห็นว่า ประกอบด้วย

1. ความดันตกคร่อมช่องเปิด 1 และ 2 ( $P_{o1}$  &  $P_{o2}$ ) คือเมื่อมีอากาศไหลผ่านช่องเปิดจะทำให้เกิดความดันตกลง ซึ่งมีความสัมพันธ์กับ ปริมาณการไหลและความหนาแน่นอากาศ
2. ความดันแตกต่างจากช่องเปิด 1 ถึง 2 ภายในห้อง ( $P1-2_{in}$ ) ซึ่งเกิดจากแรงลอยตัวของอากาศภายในห้อง มีความสัมพันธ์กับ ความหนาแน่นของอากาศภายในห้อง (แปรตามอุณหภูมิ)
3. ความดันแตกต่างจากช่องเปิด 2 ถึง 1 ภายนอกห้อง ( $P2-1_{out}$ ) ซึ่งเกิดจากแรงลอยตัวของอากาศภายนอกห้องมีความสัมพันธ์กับ ความหนาแน่นอากาศภายนอกห้อง (คงที่)
4. ความดันแตกต่างจากช่องเปิด 2 ถึง 1 เนื่องจากความดันลมภายนอกห้อง ( $Pw2-1$ )

ดังนั้น Loop pressure เกิดจากการรวมกันของความดันในข้อ 1-4 ข้างต้นโดยสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้คือ  $PL=(Po1)+(P1-2_{in})+(Po2)+(P2-1_{out})+(Pw2-1)$

การเปลี่ยนแปลงของค่า Loop mass flow rate (GL) นั้นจะมีผลทำให้ค่าต่างๆเปลี่ยนแปลงไปเช่น อุณหภูมิห้อง ทำให้มีผลต่อความดันบางตัวที่กล่าวมาข้างต้น จึงทำให้มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า Loop pressure (PL) รูปที่ 15. แสดงความสัมพันธ์ของ Loop mass flow rate ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความดันต่างๆ จะทำให้เห็น และเข้าใจถึงการเปลี่ยนแปลงค่าต่างๆ ได้อย่างชัดเจนมากยิ่งขึ้น



รูปที่ 15. ความสัมพันธ์ของความดันที่ทำให้เกิดการไหลต่างๆกับ Loop mass flow rate

จากรูปที่ 15. เราจะเห็นได้ว่า เมื่อ Loop mass flow rate เปลี่ยนไปจะทำให้ความดันต่างๆ ที่มีผลต่อการคำนวณ Loop pressure บางตัวเปลี่ยนไปด้วยเราจะวิเคราะห์ความดันต่างๆ แต่ละตัวได้ดังนี้

1. ความดันตกคร่อมช่องเปิด 1 และ 2 ( $P_{o1}$  และ  $P_{o2}$ ) เราพบว่าค่า  $P_{o1}$  และ  $P_{o2} = 0$  เมื่อค่า  $GL = 0$  และจะมีค่าเป็นบวกมากขึ้นเมื่อค่า  $GL$  มีค่าเป็นบวกมากขึ้น ซึ่งลักษณะกราฟจะคล้ายกับ System curve ในระบบท่อน้ำโดยทั่วไป และถูกต้องตรงกับสมการการไหลของอากาศผ่านช่องเปิด และมีลักษณะกราฟถูกต้องแบบเดียวกันเมื่อ  $GL$  น้อยกว่า 0 จะเห็นได้ว่าเมื่อให้  $GL$  มากกว่า 0 พบว่าความดัน  $P_{o2}$  มีค่ามากกว่า  $P_{o1}$  ทั้งๆที่มีปริมาณการไหลของอากาศผ่านช่องเปิดทั้งสองเท่ากัน เนื่องจากอากาศที่ผ่านช่องเปิด 2 เป็นอากาศภายในห้องมีอุณหภูมิสูงทำให้มีความหนาแน่นน้อยกว่าความหนาแน่นของอากาศจากภายนอกอาคาร ซึ่งผ่านช่องเปิด 1 เมื่อนำค่าปริมาณการไหลผ่านช่องเปิด และ ความหนาแน่น มาแทนลงในสมการ การไหล ผ่านช่องเปิดจะพบว่า  $P_{o2}$  จะมากกว่า  $P_{o1}$  เหมือนกับรูปที่ 15. แต่เมื่อ  $GL$  น้อยกว่า 0 กลับกัน คืออากาศที่ไหลผ่านช่องเปิด 2 เป็นอากาศจากภายนอกซึ่งมีความหนาแน่นน้อยกว่า อากาศที่ผ่านช่องเปิด 1 ทำให้ค่า  $P_{o1}$  มีค่าเป็นลบมากกว่า  $P_{o2}$  (ค่าลบหมายถึงว่าการไหลผ่านช่องเปิดมีทิศทางตรงข้ามกับทิศทางอิงที่เรากำหนดไว้ ใน Incident Matrix [I])

2. ความดันแตกต่างจากช่องเปิด 1 ถึง 2 จากแรงลอยตัวของอากาศภายในห้อง ( $P_{1-2_{in}}$ ) มีความสัมพันธ์โดยตรงกับค่าความหนาแน่นของอากาศ เมื่อความสูงที่แตกต่างระหว่างช่องเปิดทั้งสองมีค่าเท่ากัน โดยเมื่อค่า  $GL = 0$  (ไม่มีการถ่ายเทอากาศ) อากาศภายในห้องจะมีอุณหภูมิสูง ความหนาแน่นน้อย ทำให้ค่า  $P_{1-2_{in}}$  มีค่าน้อยที่สุด และเมื่อ  $GL$  เป็นบวกหรือลบมากขึ้น จะทำให้มีการถ่ายเทอากาศมากขึ้น ทำให้อุณหภูมิห้องลดลงความหนาแน่นอากาศเพิ่มขึ้น และค่อยๆ เข้าสู่ค่า ความหนาแน่นอากาศภายนอกอาคาร ( $\rho_o$ ) จึงทำให้  $P_{1-2_{in}}$  มีค่าเพิ่มขึ้น และค่อยๆ เข้าสู่ค่าหนึ่งด้วย

3. ความดันแตกต่างจากช่องเปิด 2 ถึง 1 เนื่องจากแรงลอยตัวของอากาศภายนอกห้อง ( $P_{2-1_{out}}$ ) มีค่าคงที่ทุกค่า  $GL$  เพราะความหนาแน่นอากาศที่ใช้เป็นของภายนอกอาคารซึ่งเรากำหนดว่ามีค่าคงที่ และ  $P_{2-1_{out}}$  มีค่าลบเนื่องจากความสูงของช่องเปิด 2 มากกว่าช่องเปิด 1 ทำให้ความดันจากแรงลอยตัวของอากาศที่ช่องเปิด 2 มีค่าน้อยกว่า 1 เมื่อนำมาลบกันจึงได้ค่าลบ

4. ความดันแตกต่างจากช่องเปิด 2 ถึง 1 เนื่องจากความดันลมภายนอกห้อง ( $P_{w2-1}$ ) จะมีความสัมพันธ์กับความเร็วลมภายนอกอาคาร ในกรณีนี้มีค่า 7.5 m/s ทำให้เกิดค่าความดันลมที่ช่องเปิด 2 = 15.5543 N/m<sup>2</sup> และความดันลมที่ช่องเปิด 1 = -3.1268 N/m<sup>2</sup> เมื่อลบกันจะมีค่า ( $P_{w2-1}$ ) ประมาณ 18.68 N/m<sup>2</sup> คงที่ไม่ขึ้นกับค่า  $GL$  ตรงกับรูปที่ 15.

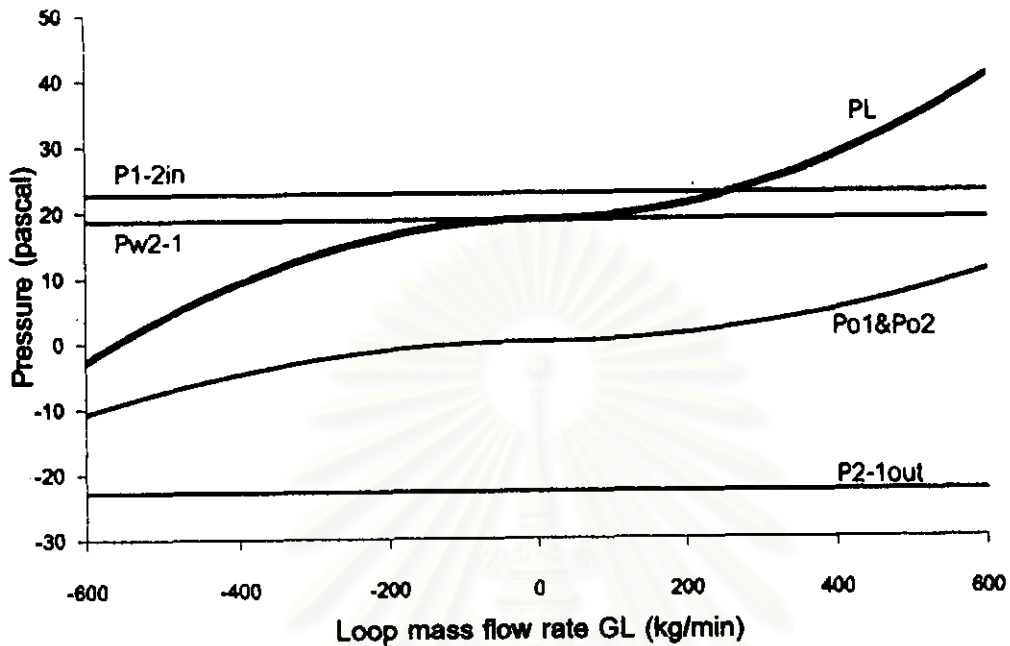
จากการแสดงภาพข้างต้นเป็นการคำนวณในกรณีที่กำหนด ค่าความเร็วลม 7.5 m/s และ ค่าความร้อนที่เกิดขึ้นเองภายในห้องเป็น 1,000 kW ในกรณีที่เราเปลี่ยนแปลงค่าความเร็วลมหรือ ค่าความร้อนที่เกิดขึ้นภายในห้อง จะทำให้มีผลต่อคำตอบและรูปแบบการไหลของอากาศได้ เราจะทำการเปลี่ยนแปลงค่า Heat supply rate ต่างๆ เมื่อความเร็วลมคงที่ ที่ 7.5 m/s โดยแสดงในรูปที่ 16 - 23 และทำการเปลี่ยนแปลงค่าความเร็วลมต่างๆ เมื่อ Heat supply rate คงที่ ที่ 1,000 kW โดยแสดงในรูปที่ 24 - 31 เพื่อศึกษาถึงผลของความเร็วลม และ Heat supply rate ต่อคำตอบ และรูปแบบการไหลของอากาศในอาคาร และอะไรเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเกิดความหลากหลายของคำตอบ



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

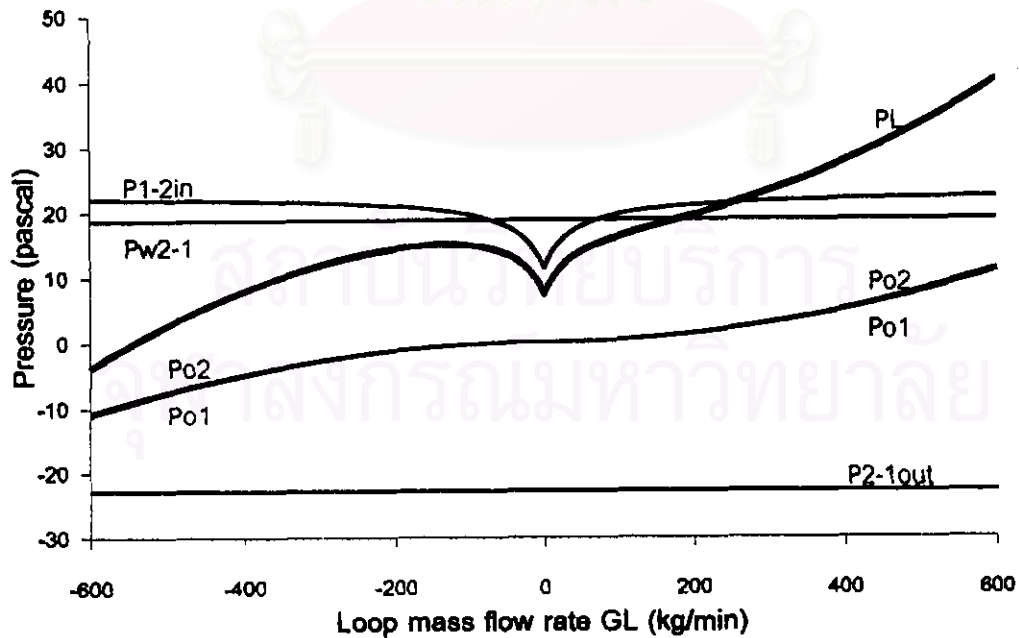


#### 4.1.1 ผลของค่าสมมุติอัตราการใช้พลังงานต่อความดันย่อยของวงรอบการไหล



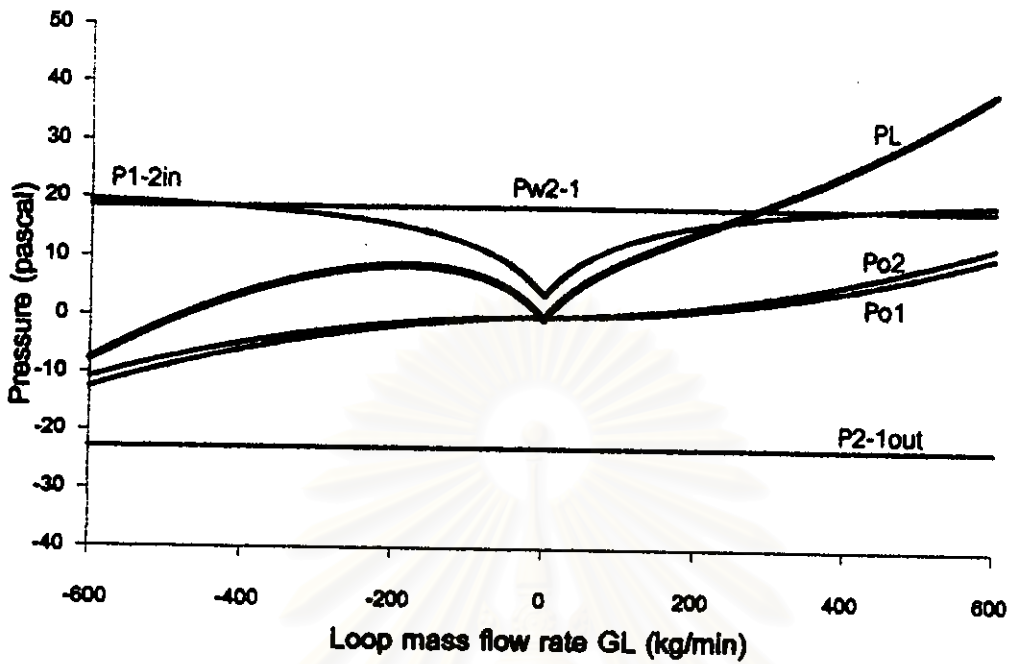
รูปที่ 16. ความสัมพันธ์ระหว่างความดันย่อยต่างๆ กับ อัตราการใช้พลังงานของอากาศ

$$V=7.5 \text{ m/s} , \quad Wr1=0 \text{ kW}$$



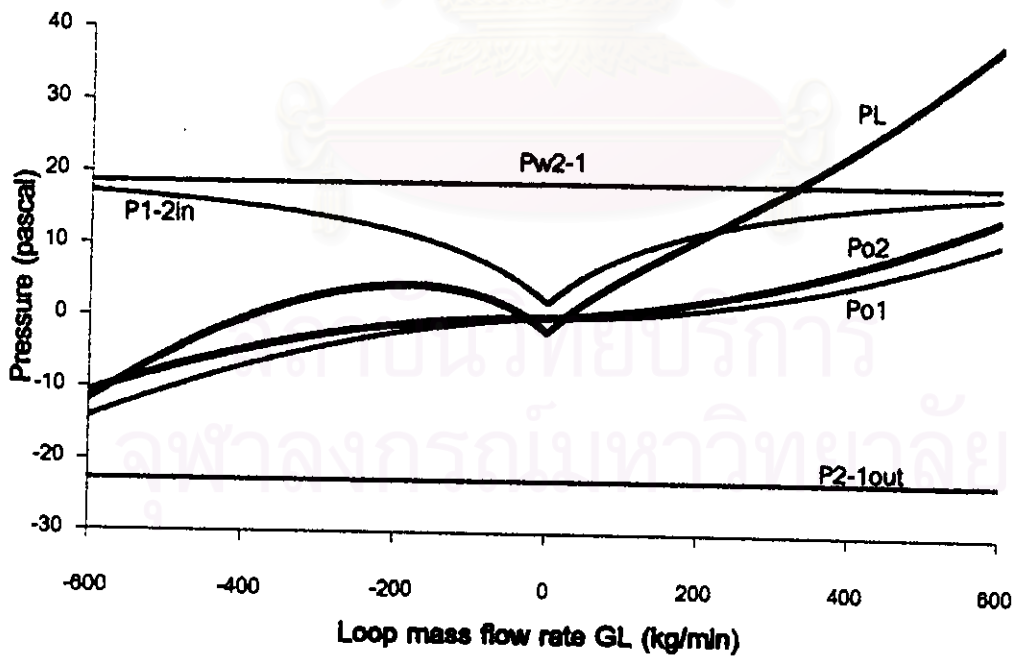
รูปที่ 17. ความสัมพันธ์ระหว่างความดันย่อยต่างๆ กับ อัตราการใช้พลังงานของอากาศ

$$V=7.5 \text{ m/s} , \quad Wr1=100 \text{ kW}$$



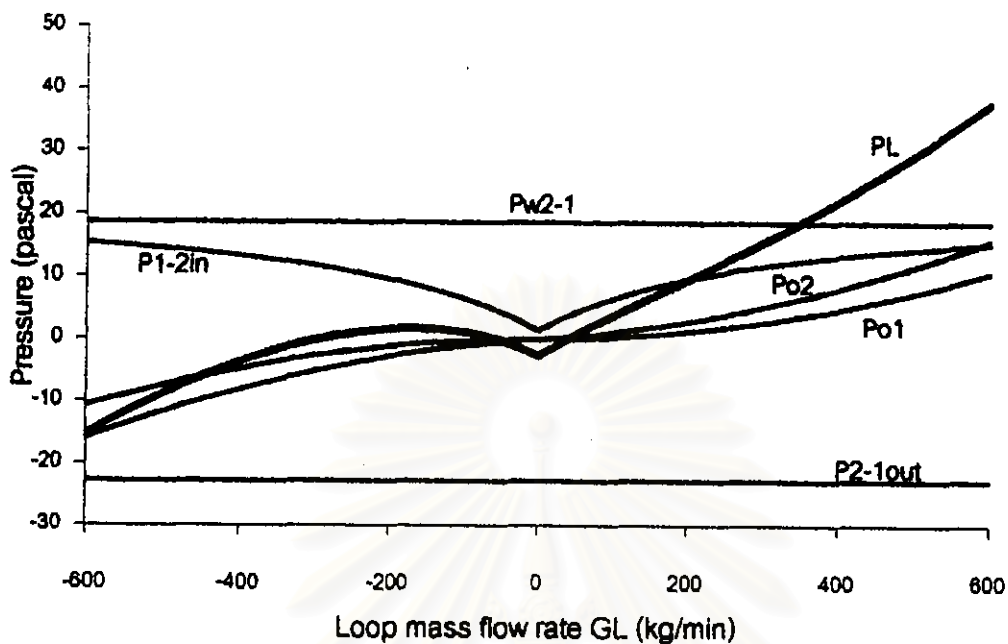
รูปที่ 18. ความสัมพันธ์ระหว่างความดันย่อยต่างๆ กับ อัตราการไหลของอากาศ

$V=7.5$  m/s ,  $Wr1=500$  kW



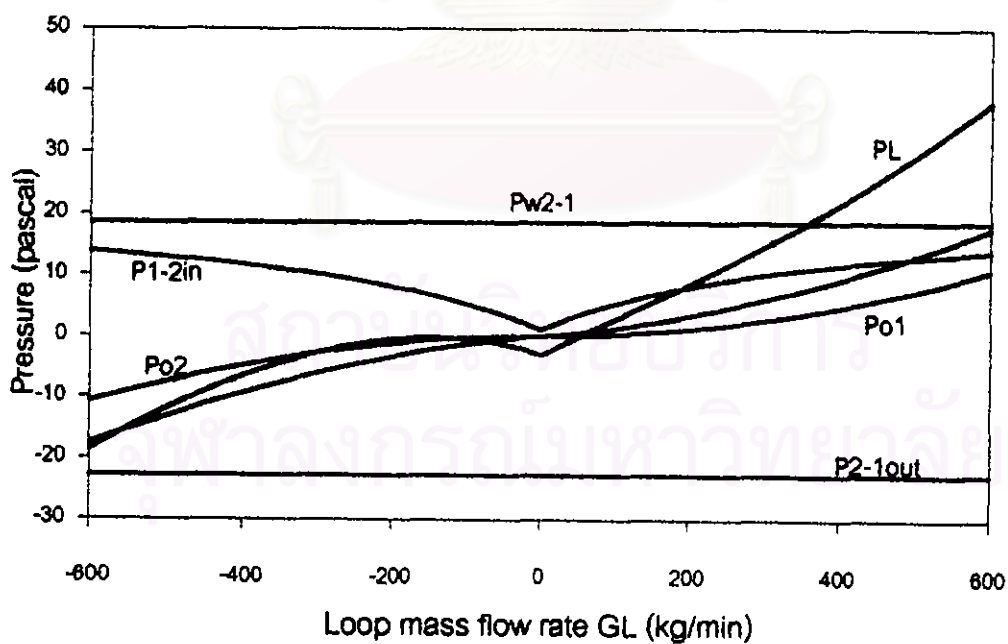
รูปที่ 19. ความสัมพันธ์ระหว่างความดันย่อยต่างๆ กับ อัตราการไหลของอากาศ

$V=7.5$  m/s ,  $Wr1=1000$  kW



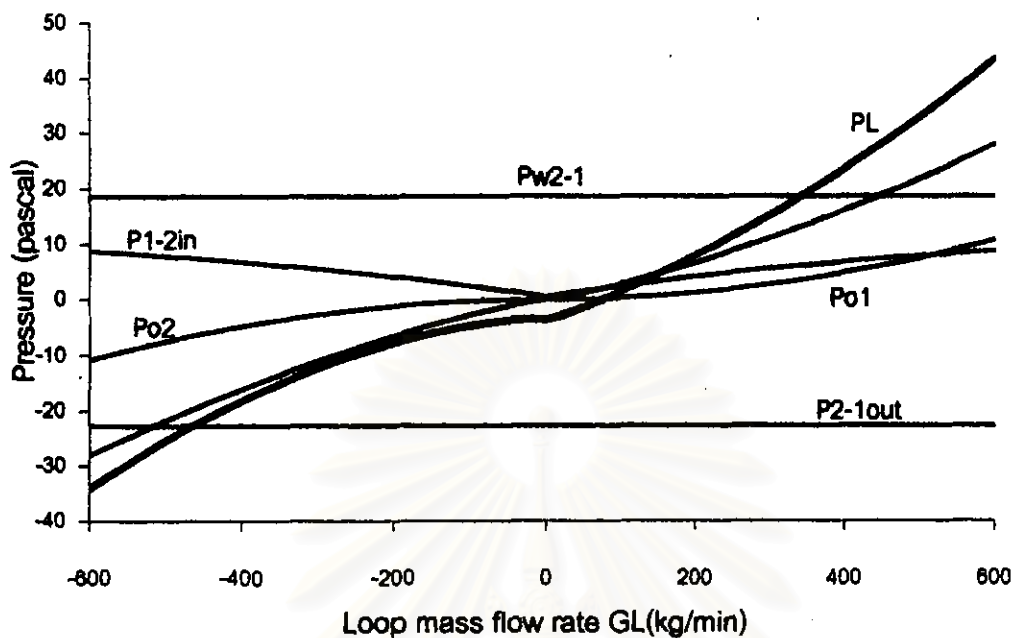
รูปที่ 20. ความสัมพันธ์ระหว่างความดันย่อยต่างๆ กับ อัตราการไหลของอากาศ

$V=7.5$  m/s ,  $Wr1=1500$  kW



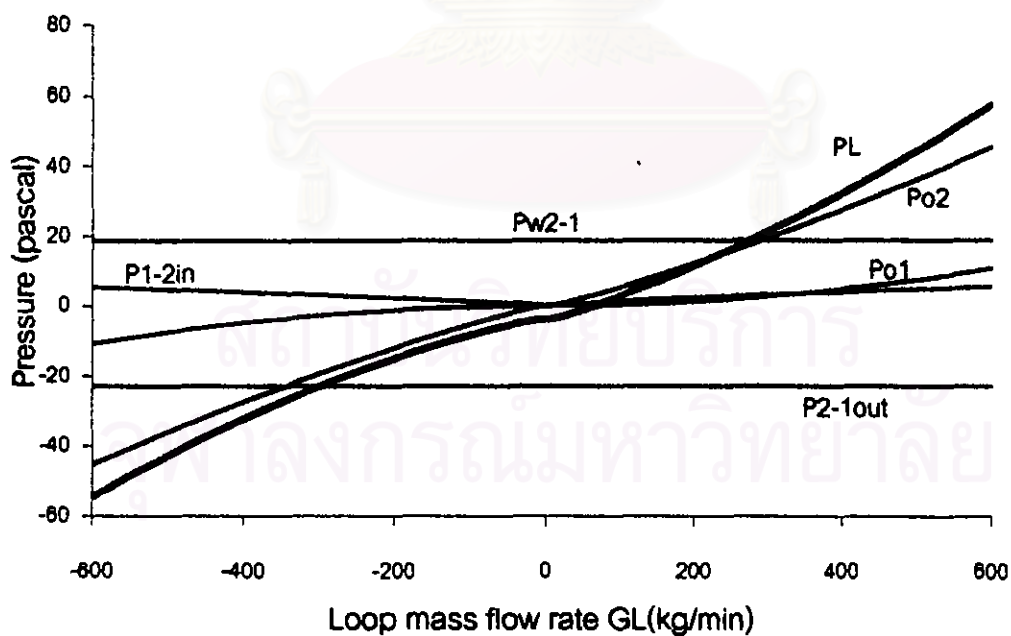
รูปที่ 21. ความสัมพันธ์ระหว่างความดันย่อยต่างๆ กับ อัตราการไหลของอากาศ

$V=7.5$  m/s ,  $Wr1=2000$  kW



รูปที่ 22. ความสัมพันธ์ระหว่างความดันย่อยต่างๆ กับ อัตราการไหลของอากาศ

$V=7.5$  m/s ,  $Wr1=5000$  kW



รูปที่ 23. ความสัมพันธ์ระหว่างความดันย่อยต่างๆ กับ อัตราการไหลของอากาศ

$V=7.5$  m/s ,  $Wr1=10000$  kW

จากรูปที่ 16-23 เราจะเห็นได้ว่า ค่า Heat supply rate นั้นจะมีผลต่อค่าความดันต่างๆ คือ ค่าความดันแตกต่างกันในห้อง P1-2<sub>n</sub> และค่าความดันคร่อมช่องเปิด เนื่องจากเมื่อมีความร้อนเกิดขึ้นในห้อง ซึ่งจะทำให้อุณหภูมิห้องมีค่าสูงขึ้นและยิ่งสูงมากเมื่ออัตราการระบายอากาศมีค่าน้อยๆ คือใกล้ 0 ซึ่งทำให้ความหนาแน่นอากาศมีค่าต่ำ ทำให้ค่า P1-2<sub>n</sub> มีค่าลดลงดังรูป

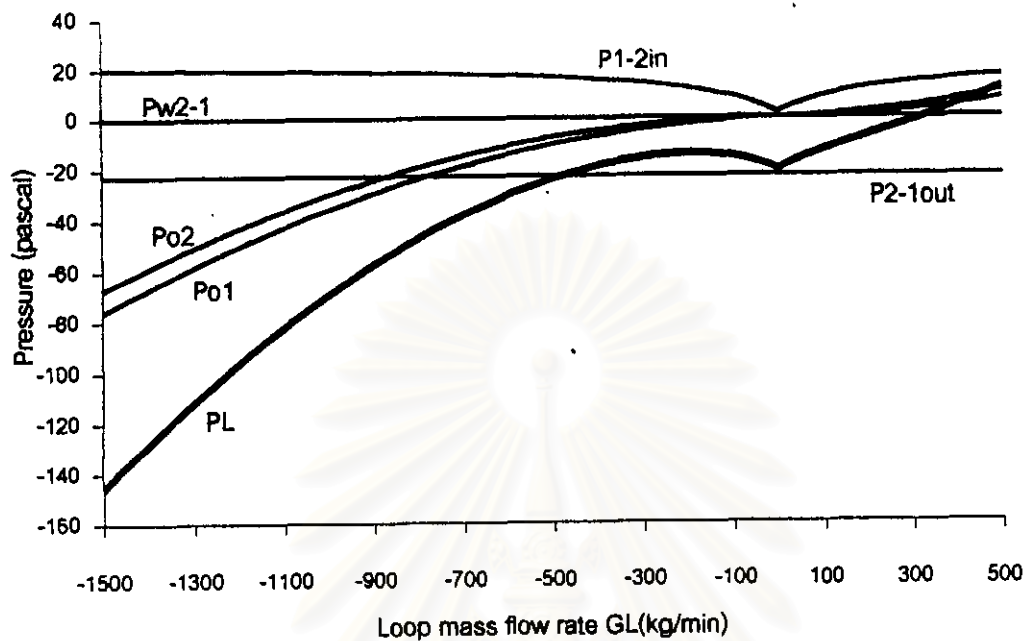
ในรูปที่ 16 ค่า Heat supply rate = 0 kW จะทำให้อุณหภูมิและความหนาแน่นอากาศภายในห้องเท่ากับภายนอก ดังนั้นขนาดของ P1-2<sub>n</sub> จึงเท่ากับขนาดของ P2-1<sub>out</sub> และค่า Po1 = Po2 เราจะเห็นได้ว่ากราฟของ PL จึงคล้ายกับกราฟของ (Po1, Po2) แต่จะสูงขึ้นไปเนื่องจากบวกด้วยความดันเนื่องจากความเร็วลม และคำตอบที่ได้ก็มีค่าเป็นลบ ซึ่งก็ตรงกับความรู้สึกคืออากาศไหลจากช่องเปิดด้านรับลมสู่ช่องเปิดด้านตรงข้าม

ในรูปที่ 19 เราจะเห็นได้ว่าค่า Heat supply rate นี้จะทำให้กราฟ ของ P1-2<sub>n</sub> และ ของ PL จะเว้าลงในบริเวณที่ ค่า GL ใกล้ 0 ซึ่งทำให้เกิดคำตอบของการไหลได้ 3 แบบ

เมื่อเราเพิ่มค่า Heat supply rate ขึ้นอีกจะทำให้คำตอบของการไหลมีคำตอบเดียว ดังเช่นในรูปที่ 23

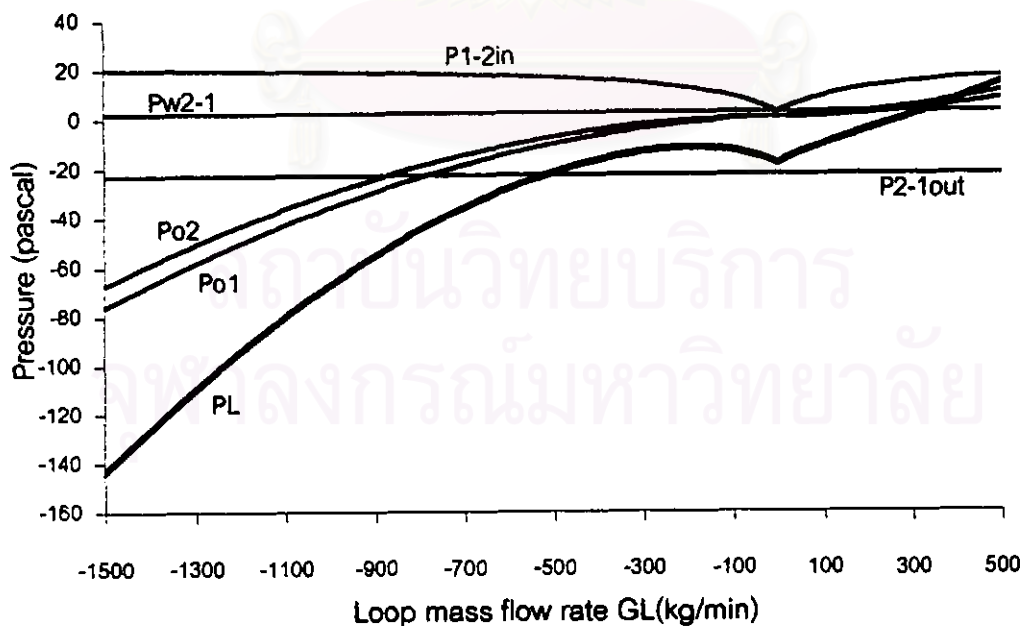
รูปที่ 24-31 จะแสดงให้เห็นว่า ความเร็วลมมีผลอย่างไรต่อการไหลของอากาศ

#### 4.1.2 ผลของความเร็วมต่อความดันย่อยของวงรอบการไหล



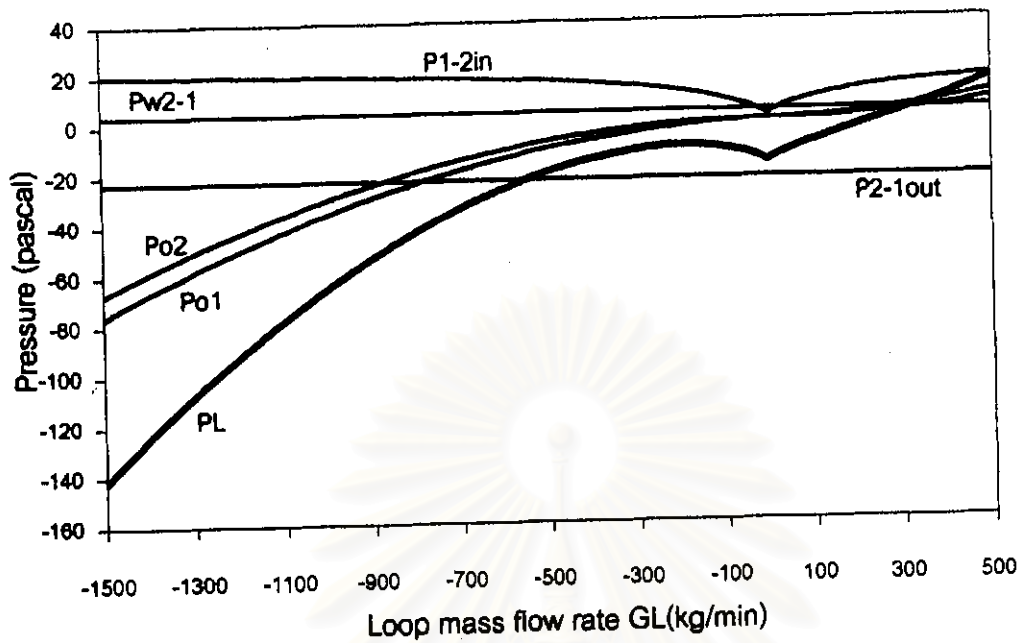
รูปที่ 24. ความสัมพันธ์ระหว่างความดันย่อยต่างๆ กับ อัตราการไหลของอากาศ

$V=0 \text{ m/s}$  ,  $Wr1=1000 \text{ kW}$



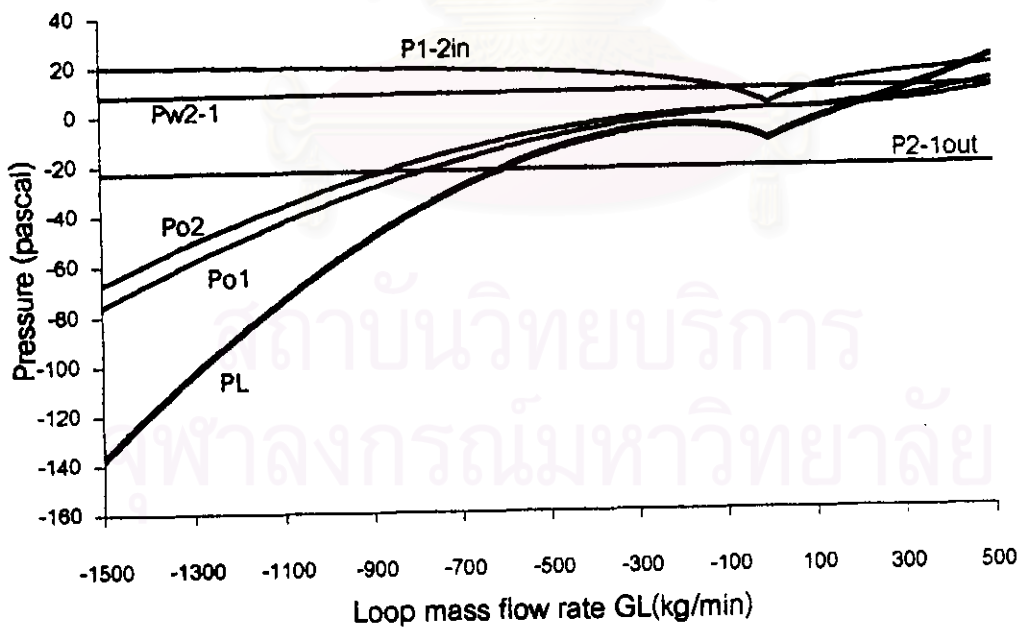
รูปที่ 25. ความสัมพันธ์ระหว่างความดันย่อยต่างๆ กับ อัตราการไหลของอากาศ

$V=2.5 \text{ m/s}$  ,  $Wr1=1000 \text{ kW}$



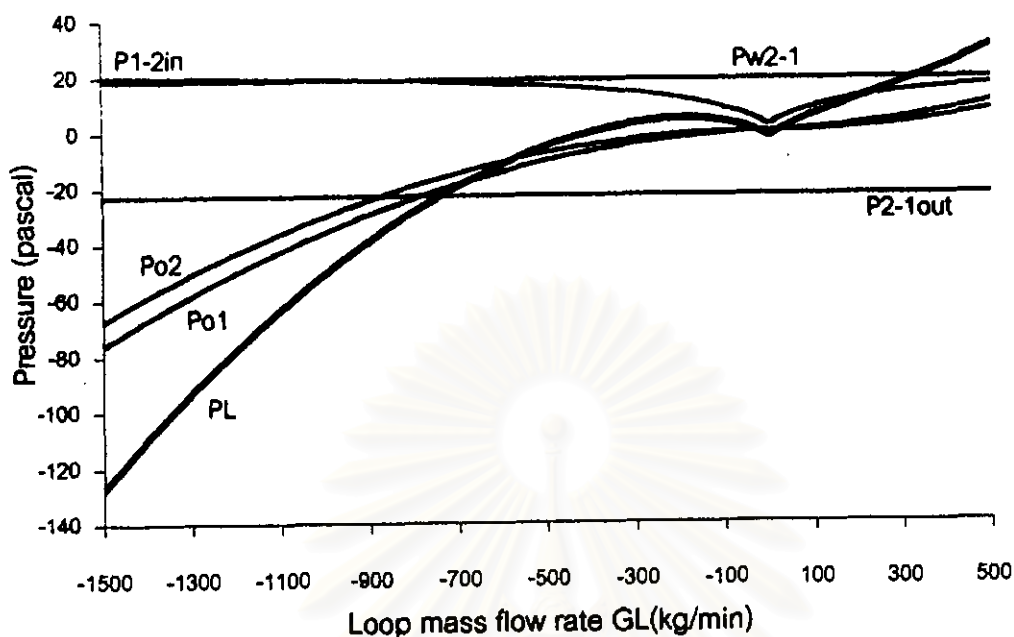
รูปที่ 26. ความสัมพันธ์ระหว่างความดันย่อยต่างๆ กับ อัตราการไหลของอากาศ

$V=3.5 \text{ m/s}$  ,  $Wr1=1000 \text{ kW}$



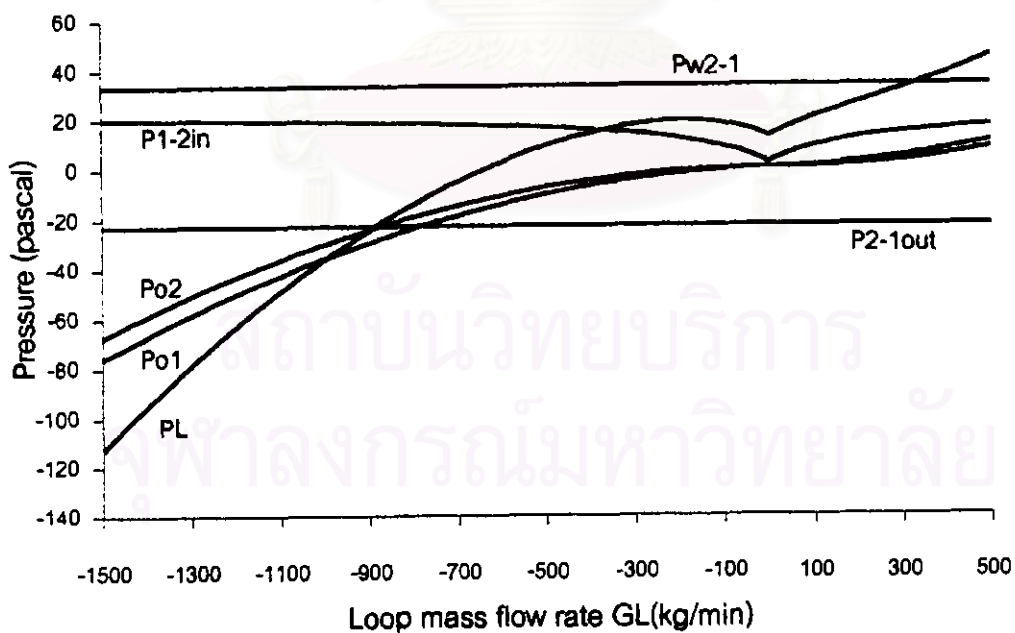
รูปที่ 27. ความสัมพันธ์ระหว่างความดันย่อยต่างๆ กับ อัตราการไหลของอากาศ

$V=5 \text{ m/s}$  ,  $Wr1=1000 \text{ kW}$



รูปที่ 28. ความสัมพันธ์ระหว่างความดันย่อยต่างๆ กับ อัตราการไหลของอากาศ

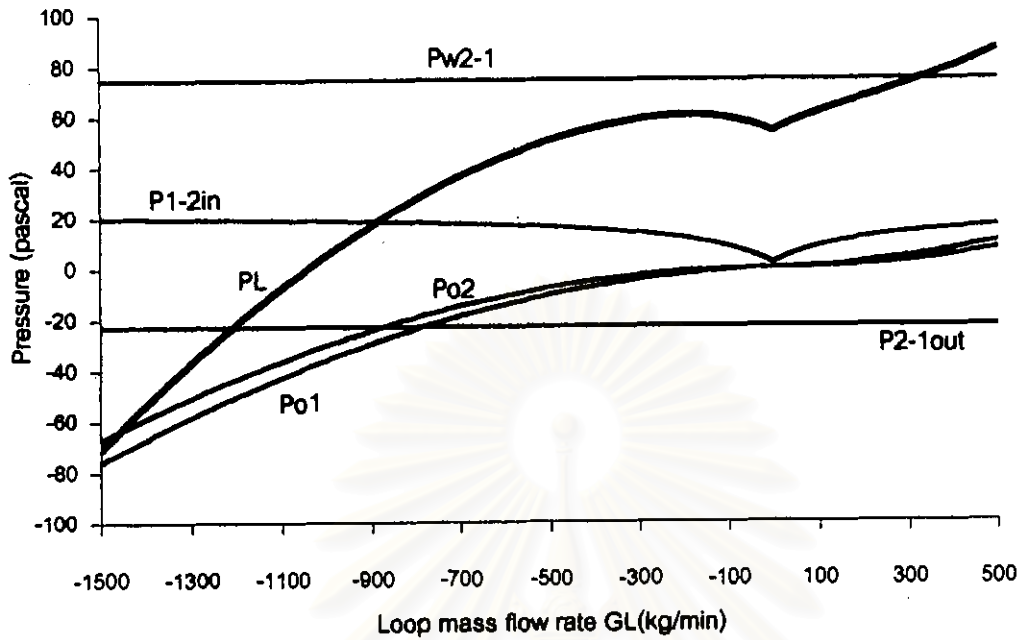
$V=7.5$  m/s ,  $Wr1=1000$  kW



รูปที่ 29. ความสัมพันธ์ระหว่างความดันย่อยต่างๆ กับ อัตราการไหลของอากาศ

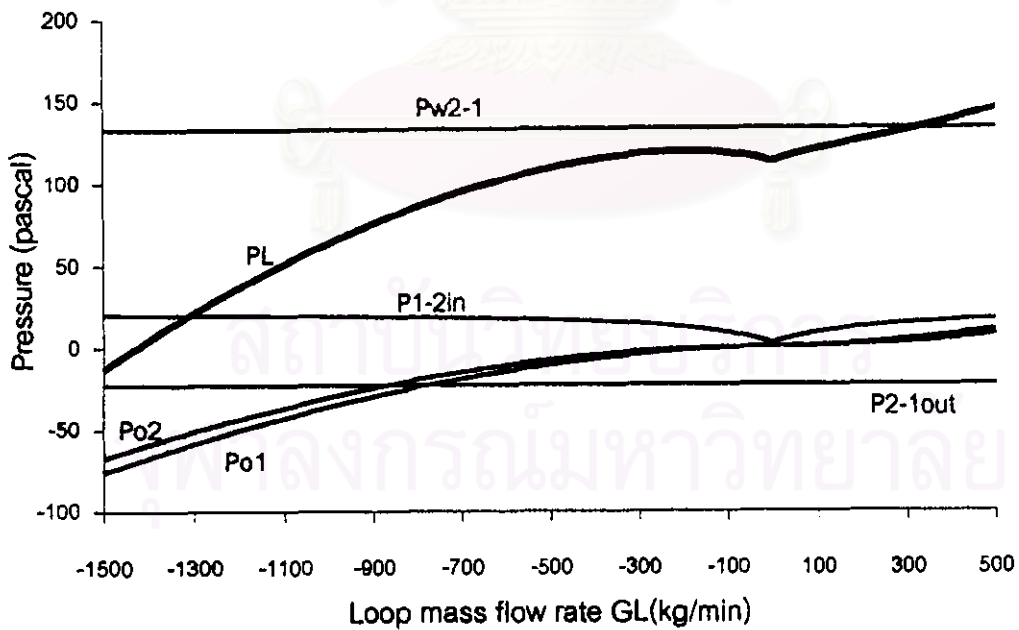
$V=10$  m/s ,  $Wr1=1000$  kW





**รูปที่ 30.** ความสัมพันธ์ระหว่างความดันย่อยต่างๆ กับ อัตราการไหลของอากาศ

$$V=15 \text{ m/s} , W_{r1}=1000 \text{ kW}$$



**รูปที่ 31.** ความสัมพันธ์ระหว่างความดันย่อยต่างๆ กับ อัตราการไหลของอากาศ

$$V=20 \text{ m/s} , W_{r1}=1000 \text{ kW}$$

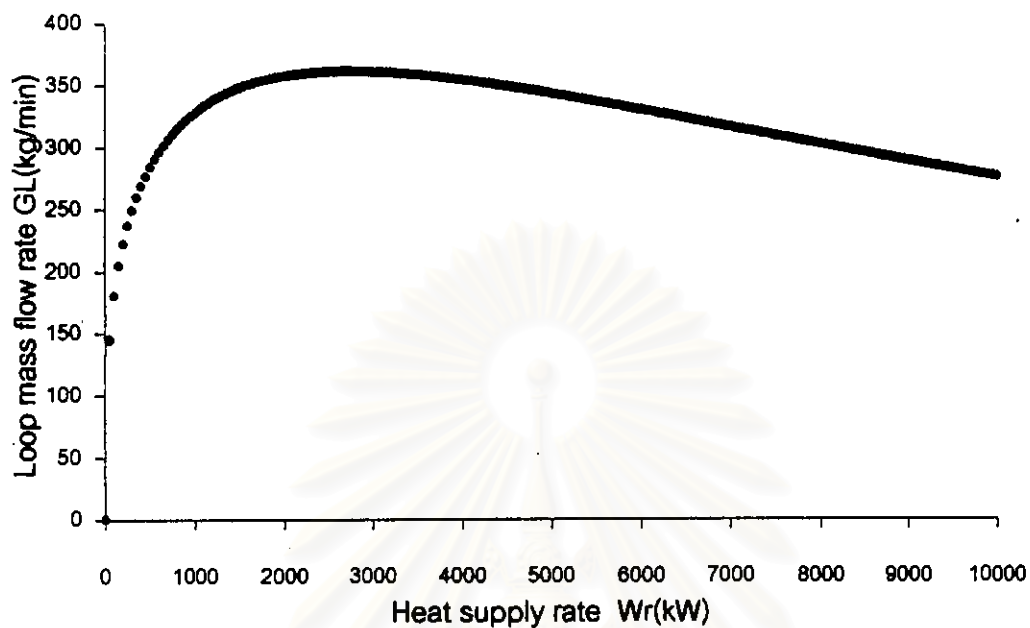
จากรูปที่ 24-31 เราจะเห็นได้ว่า การเปลี่ยนแปลงความเร็วลมนั้นจะไม่มีผลต่อความดันย่อยอื่นๆ นอกจากความดันย่อย Pw2-1 เท่านั้นซึ่งคำนวณจากสมการความดันลม (Eq. 13) แต่ความเร็วลมก็มีผลต่อการเกิดความหลากหลายของรูปแบบ ดังเช่นในรูปที่ 28 ซึ่งมีคำตอบ 3 แบบ

เราจะเห็นได้ว่า ที่ความเร็วลมต่ำๆ ดังเช่นในรูปที่ 24-27 นั้นจะทำให้เกิดคำตอบแบบเดียว โดยรูปแบบการไหลเป็นแบบ C ดังในรูปที่ 13 คือ ผลของแรงลอยตัวมีค่ามากกว่าผลของลม ทำให้อากาศไหลจากที่ต่ำไปสู่ที่สูงและออกจากห้องทางช่องเปิด 2

เมื่อเพิ่มความเร็วลมขึ้นอีกจะทำให้กราฟของ PL นั้น จะขยับสูงขึ้นแต่รูปร่างยังคงเหมือนเดิม และเมื่อความเร็วลม 7.5 m/s ดังในรูปที่ 28 กราฟของ PL จะตัดแกน PL=0 จำนวน 3 จุดซึ่งจะได้คำตอบ 3 คำตอบและมีรูปแบบ ทั้ง A,B และ C แต่หากเราเพิ่มความเร็วลมขึ้นอีกจะทำให้เหลือคำตอบการไหลเพียงแบบเดียวคือแบบ B ดังเช่นในรูปที่ 29-31 คือผลของความดันเนื่องจากลมนั้นมีมากกว่าผลของแรงลอยตัวเนื่องจากความร้อน ดังนั้นอากาศจึงไหลเข้าอาคารทางด้านที่รับลมและไหลออกในผนังด้านตรงข้าม

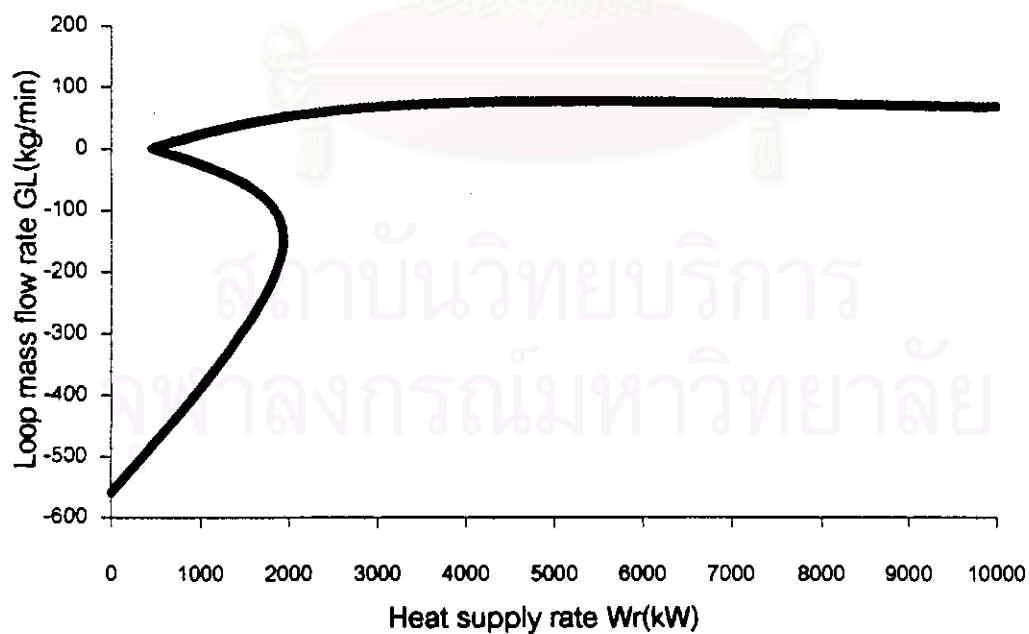
ดังนั้น การเกิดความหลากหลายของรูปแบบการไหลและคำตอบนั้นมีส่วนเกี่ยวข้องกับ ค่าความเร็วลมและค่า ความร้อนที่เกิดขึ้นภายในห้อง โดยในรูปที่ 32-34 แสดงผลของ Heat supply rate ที่มีต่อคำตอบอัตราการไหล ที่คำนวณได้ ส่วนในรูปที่ 35-37 แสดงผลของ ความเร็วลมต่อคำตอบอัตราการไหลที่คำนวณได้ (ที่จุดคำตอบนั้นเราจะคำนวณค่า Loop pressure =0 ด้วย)

### 4.1.3 ผลของความร้อนต่ออัตราการไหลของอากาศ



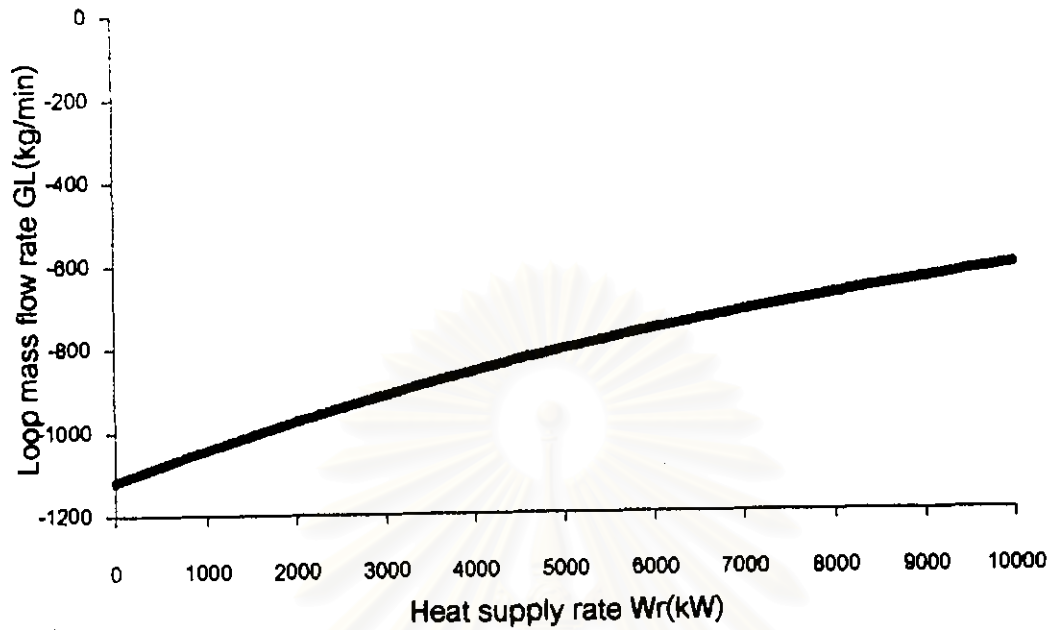
รูปที่ 32. ความสัมพันธ์ระหว่าง Loop mass flow rate กับ Heat supply rate

$V=0$  m/s



รูปที่ 33. ความสัมพันธ์ระหว่าง Loop mass flow rate กับ Heat supply rate

$V=7.5$  m/s

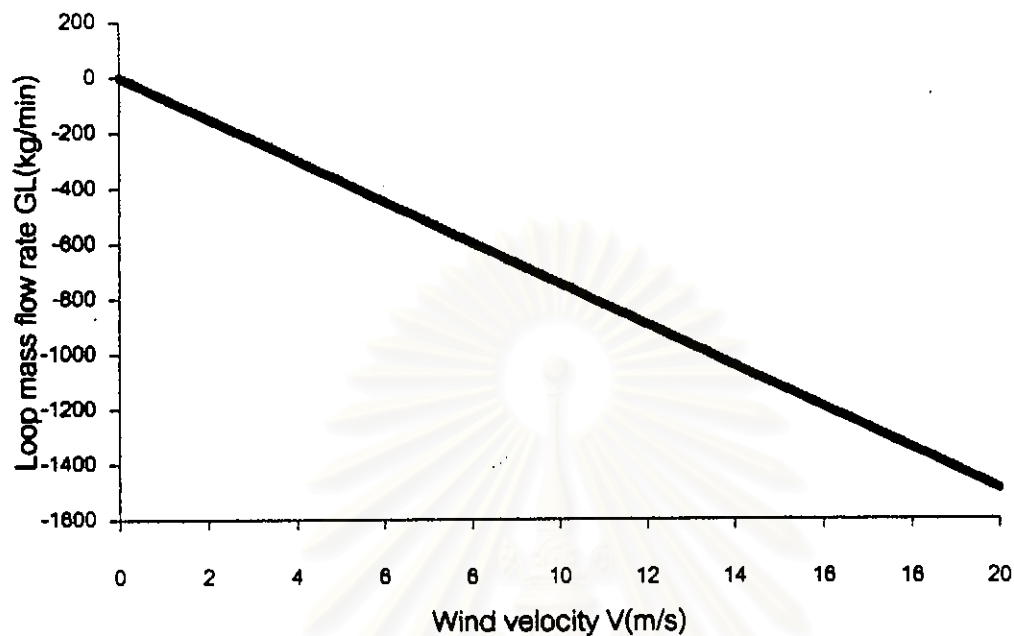


รูปที่ 34. ความสัมพันธ์ระหว่าง Loop mass flow rate กับ Heat supply rate

$V=15$  m/s

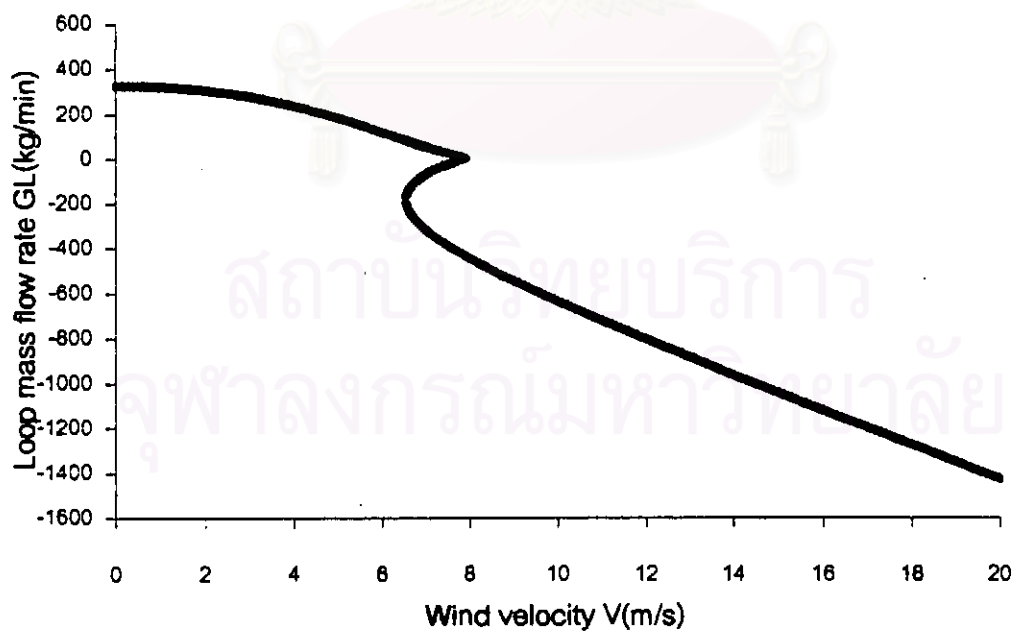
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

#### 4.1.4 ผลของความเร็วมต่ออัตราไหลของอากาศ



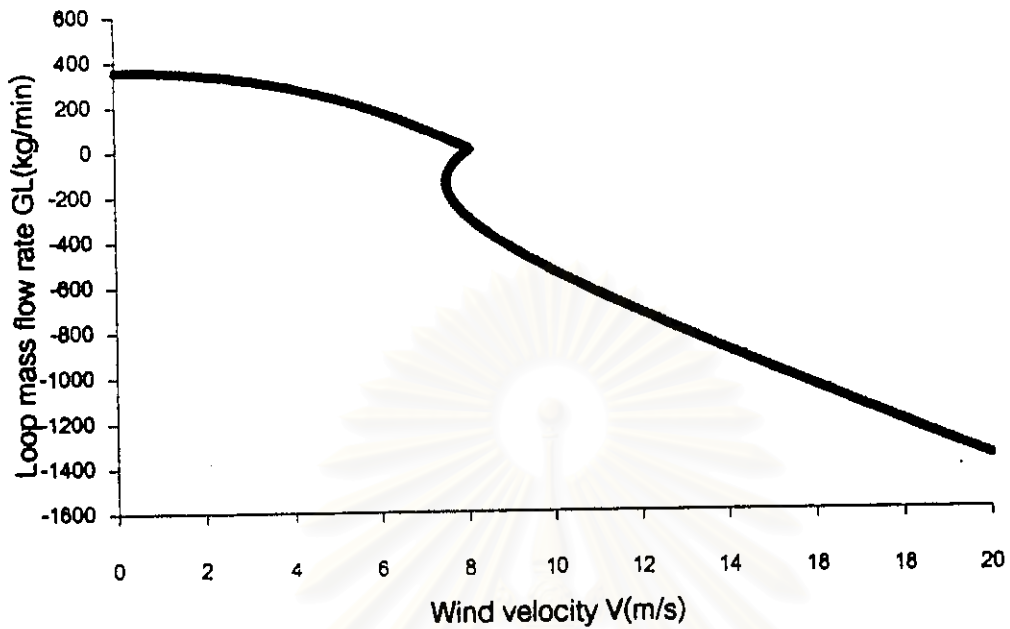
รูปที่ 35. ความสัมพันธ์ระหว่าง Loop mass flow rate กับ Wind velocity

$Wr_1=0$  kW



รูปที่ 36. ความสัมพันธ์ระหว่าง Loop mass flow rate กับ Wind velocity

$Wr_1=1000$  kW



รูปที่ 37. ความสัมพันธ์ระหว่าง Loop mass flow rate กับ Wind velocity

$W_{r1} = 2000 \text{ kW}$

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากรูปที่ 32 มีค่าความเร็วลม = 0 m/s เราจะเห็นว่า ในทุกการปรับค่า อัตราความร้อนที่เกิดขึ้นในห้องตั้งแต่ 0-10,000 kW จะทำให้ได้คำตอบการไหลที่ค่าอัตราความร้อนนั้นเพียงคำตอบเดียว โดยเมื่อความเร็วลมและ Heat supply rate เป็น 0 จะทำให้อัตราการไหลที่คำนวณได้เป็น 0 แต่เมื่อเพิ่มค่า Heat supply rate ขึ้นจะทำให้มีค่า อัตราการไหลของวงรอบคือ GL เพิ่มขึ้นเนื่องจากผลของแรงลอยตัวมีมากขึ้น และ ที่ อัตราความร้อน ประมาณ 2,500 kW จะเห็นว่ามีการวกกลับของกราฟ ทั้งนี้เนื่องมาจากผลของความดันตกคร่อมที่ช่องเปิด 2 มีมากขึ้นนั่นเองจึงทำให้ค่าอัตราการระบายอากาศค่อยๆ ลดลง โดยดูจากรูปที่ 24 จะทำให้เข้าใจมากขึ้น

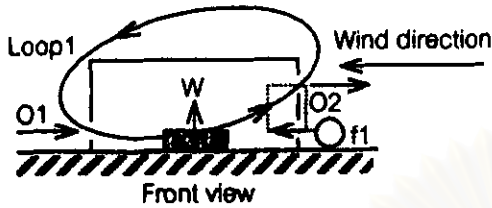
จากรูปที่ 33 ความเร็วลม = 7.5 m/s จะเห็นได้ว่าการเกิดความหลากหลายของคำตอบ ตั้งแต่ค่า Heat supply rate ประมาณ 450 kW ถึง 2,000 kW โดยสอดคล้องกับรูปที่ 28 และจะเห็นได้ว่า ที่ Heat supply rate น้อยๆ จะมีรูปแบบการไหลเป็นแบบ B ดังรูปที่ 13 และที่ค่า Heat supply rate มากกว่า 2,000 kW ขึ้นไปจะเห็นได้ว่า รูปแบบการไหลจะเป็นแบบ C และจะค่อยๆ ไถ่ลงดังรูป เนื่องจากความดันตกคร่อมที่ช่องเปิด 2 เช่นกัน เนื่องจากความหนาแน่นอากาศจะลดลงเมื่อเพิ่ม Heat supply rate จึงทำให้ค่า Po2 มากขึ้นนั่นเอง

จากรูปที่ 34 ที่ความเร็วลม = 15 m/s พบว่ารูปแบบการไหลของอากาศจะมีแบบเดียวคือแบบ B เท่านั้น ซึ่งค่าคำตอบเป็นลบหมายถึงอากาศไหลเข้าอาคารทางด้านรับลม (ช่องเปิด 2) และไหลออกทางช่องเปิด 1 จะเห็นว่าเมื่อ Heat supply rate น้อยๆ จะทำให้คำตอบมีขนาดลบมาก และ เมื่อเพิ่ม ค่า heat supply rate จะทำให้มีแรงลอยตัวมาด้านลมบ้าง ทำให้คำตอบที่ได้มีขนาดเป็นลบน้อยลง โดยดูรูปที่ 30 ประกอบจะทำให้เข้าใจมากขึ้น

จากรูปที่ 35 จะเห็นได้ว่าที่ค่าอัตราความร้อนที่เกิดขึ้นในห้อง เป็น ศูนย์ รูปแบบการไหลจะเป็นแบบ B เท่านั้น ความดันรวมของช่องเปิดทั้งสอง จะมีขนาดเท่ากับความดันแตกต่างเนื่องจากลม คือ  $Po1+Po2+Pw2-1=0$  ซึ่งจากรูป ที่ 35 เราเห็นว่ากราฟระหว่างความเร็วลมกับ อัตราการไหลเป็นแบบเส้นตรง ทั้งนี้เนื่องมาจาก ความดันรวมของช่องเปิด จะแปรผันกับ อัตราการไหลยกกำลัง 2 และมีขนาดเท่ากับความดันแตกต่างเนื่องจากลมซึ่งแปรผันกับ ความเร็วลมยกกำลัง 2 เช่นกัน ดังนั้นเมื่อถอดรากที่ 2 จะได้ว่า ค่า อัตราการไหลจึงแปรผันกับความเร็วลม และเป็นแบบสมการเส้นตรงตามรูป 35

รูปที่ 36 และ 37 จะมีลักษณะคล้ายกันคือ ที่ความเร็วลมน้อยๆ แรงลอยตัวของอากาศเนื่องจากอัตราความร้อนที่เกิดจะมีผลมากทำให้ รูปแบบการไหลเป็นแบบ C ตามรูปที่ 13 และเมื่อเราเพิ่มความเร็วลมถึงช่วงหนึ่งจะมีคำตอบหลายคำตอบ และเกิดรูปแบบการไหลหลายรูปแบบ แต่เมื่อเพิ่มความเร็วลมขึ้นอีกจะทำให้ ผลของความเร็วมียิ่งมากขึ้น ทำให้ความเร็วลมมีผลมากและรูปแบบที่เกิดจึงเป็นแบบ B โดยดูรูปที่ 19 และ 21 ประกอบจะเข้าใจมากขึ้น

จะเห็นได้ว่าความเร็วลมและความร้อนมีผลต่อรูปแบบการไหลของอากาศ ต่อไปเราจะมาดูผลของพัดลมอัดอากาศที่มีต่อการระบายอากาศในอาคาร โดยตำแหน่งการติดตั้งพัดลมดังรูปที่ 38



รูปที่ 38.

รูปที่ 38. แสดงตำแหน่งการติดตั้งพัดลมอัดอากาศ เข้ากับอาคารตามรูปที่ 12

- Building Height = 4 m.
- Opening 1 Height = 1 m.
- Opening 2 Height = 3 m.
- Height of fan = 1m.

จากรูปที่ 38 เรามีการเพิ่มพัดลมโดยกำหนดทิศทางเริ่มต้น ให้พัดลมอัดอากาศเข้าอาคาร และกำหนดวงรอบ ของพัดลมให้มีทิศเข้าอาคารทางช่องเปิดพัดลมและออกจากอาคารทางช่องเปิด 2 โดยเราสามารถเขียน Incident matrix และ Loop matrix ของพัดลมได้ว่า

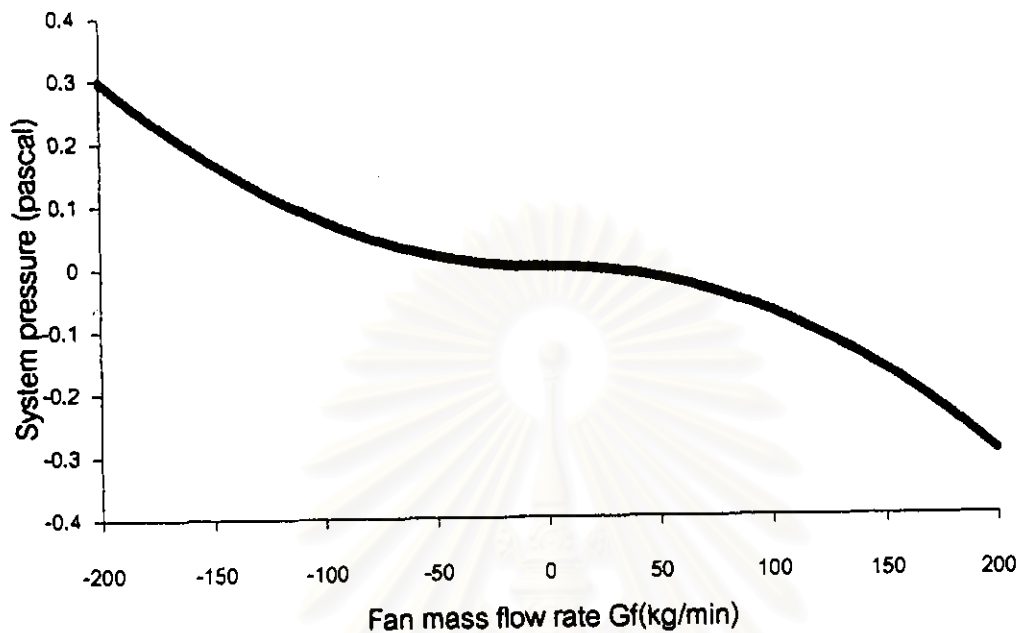
$$[I_f] = [-1] \text{ และ } [L_f] = [0 \ 1]$$

เมื่อเราทำการกำหนดค่าอัตราการไหลของอากาศผ่านพัดลม เช่น กำหนดให้พัดลมอัดอากาศเข้าอาคารคงที่ 100 kg/min แล้วทำการคำนวณสมการสมดุลวงรอบความดันของ วงรอบ 1 จะได้ อัตราการไหลของวงรอบ 1 ซึ่งก็คือค่าตอบการระบายอากาศที่สภาวะที่เราอัดอากาศเข้าอาคาร 100 kg/min และหากเราคำนวณความดันแตกต่างที่ตำแหน่งระหว่างทางออกและทางเข้าพัดลม จะทำให้ได้ความดันที่พัดลมต้องทำได้เพื่อให้ ความดันวงรอบของพัดลมมีความสมดุลด้วย ดังนั้นหากเราทำการปรับค่าอัตราการไหลของอากาศผ่านพัดลมต่างๆ และคำนวณหาคำตอบจากนั้นคำนวณหาค่าความดันแตกต่างระหว่างทางออกและทางเข้าพัดลม จากนั้นนำมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราการไหลผ่านพัดลมกับความดันแตกต่างนี้จะทำให้เราได้ System curve ของอาคารที่มองโดยพัดลมที่ตำแหน่งนี้ ซึ่งหากเรานำ System curve ที่ได้นี้มาเทียบกับ Fan curve ของพัดลมที่จะนำมาใช้ จุดตัดระหว่าง System curve และ Fan curve จะเป็นคำตอบและจุดทำงานของพัดลมสำหรับอาคารนี้

ดังนั้นเราจะแสดงผลของพัดลมต่ออาคารด้วย System curve และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Loop mass flow rate กับ Fan mass flow rate ที่สภาวะความเร็วลมและ Heat supply rate ต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 39-56

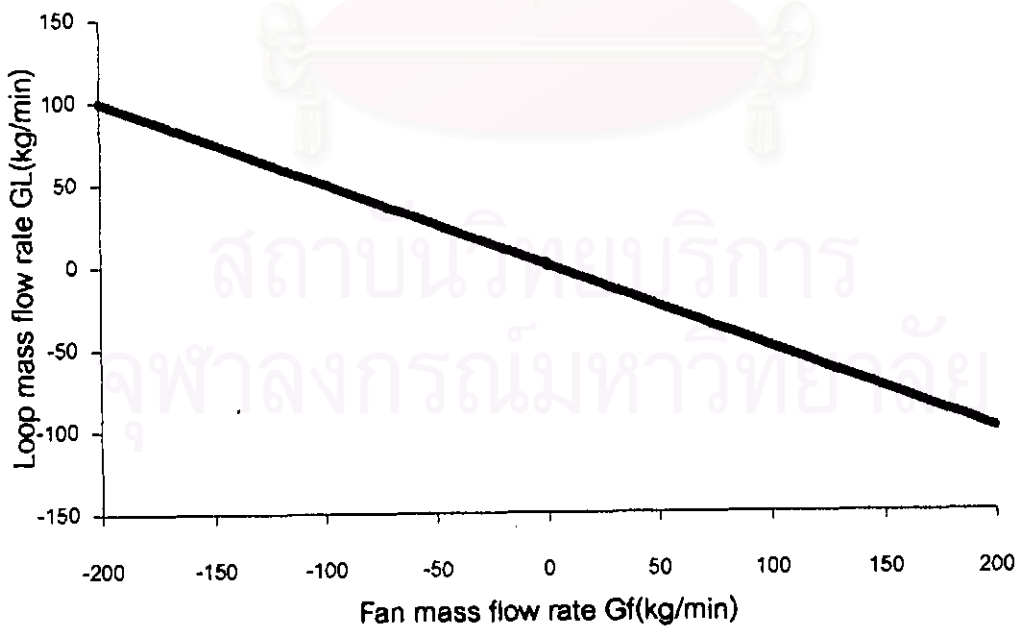


#### 4.1.5 ผลของพัดลมดูดอากาศต่ออัตราการไหลของอากาศ



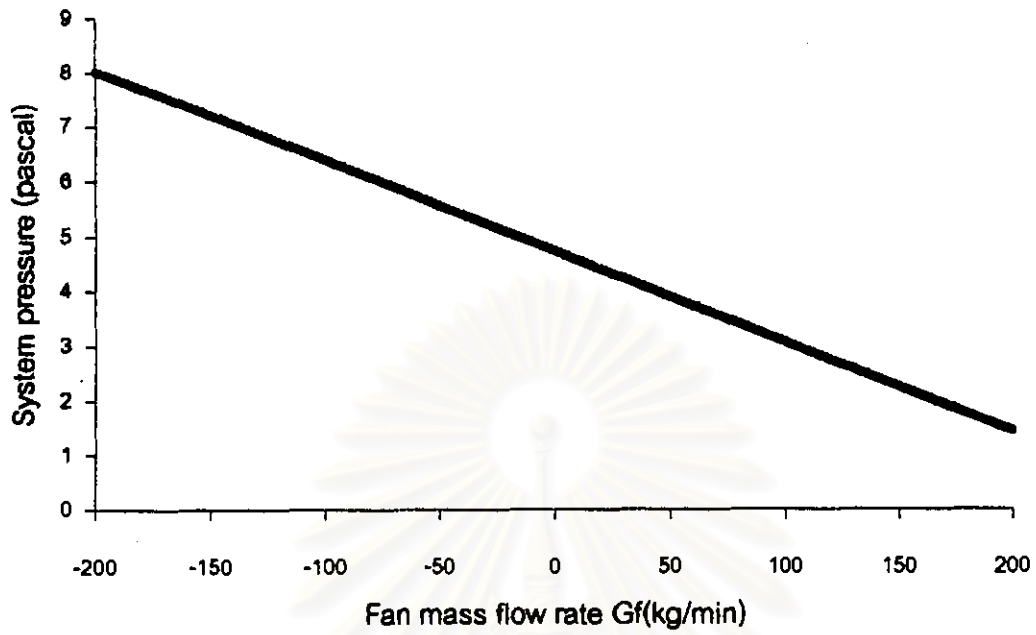
รูปที่ 39 แสดง System curve ของอาคารจากตำแหน่งติดตั้งพัดลม

$V=0$  m/s ,  $W_r=0$  kW



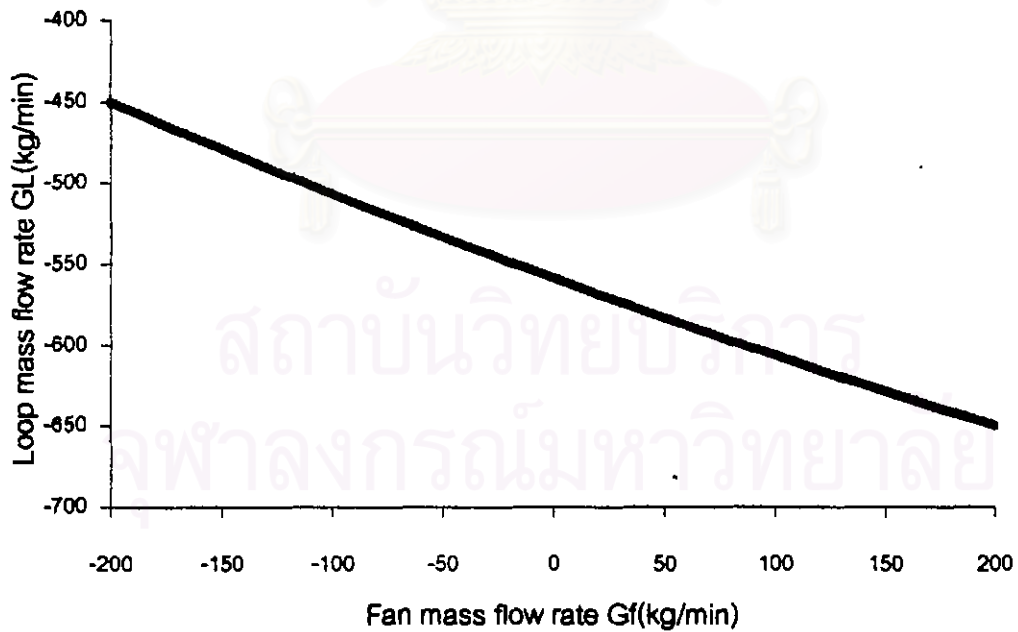
รูปที่ 40. ความสัมพันธ์ระหว่าง Loop mass flow rate กับ Fan mass flow rate

$V=0$  m/s ,  $W_r=0$  kW



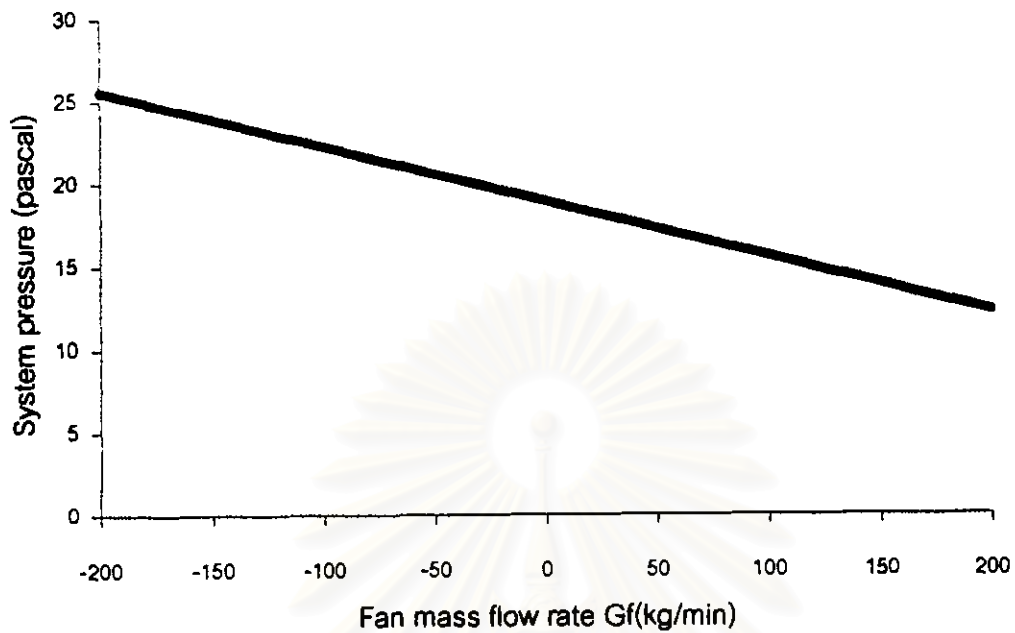
รูปที่ 41. แสดง System curve ของอาคารจากตำแหน่งติดตั้งพัดลม

$V=7.5$  m/s ,  $W_r=0$  kW



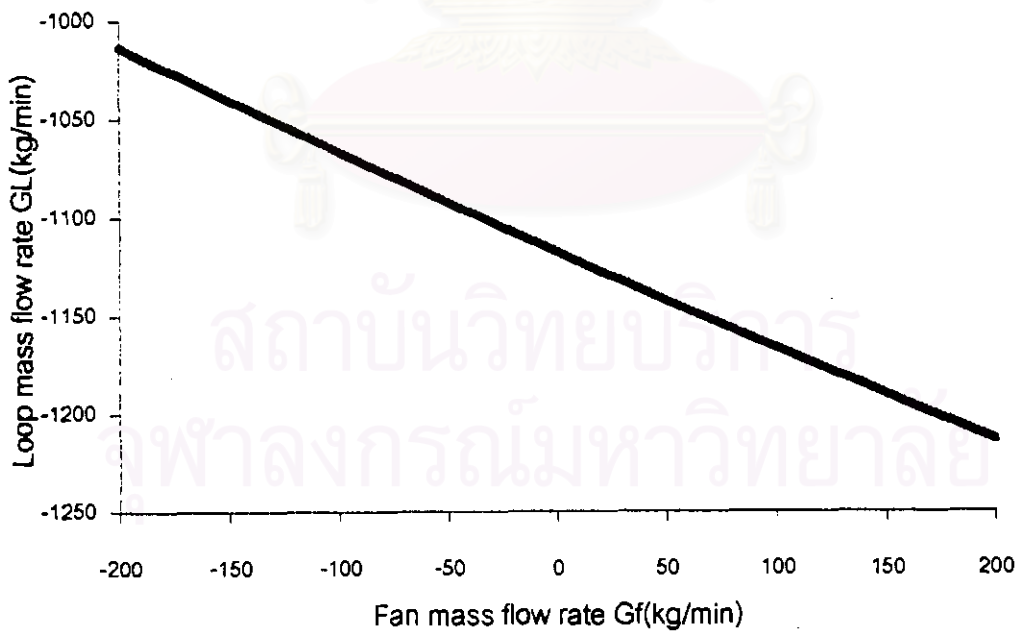
รูปที่ 42. ความสัมพันธ์ระหว่าง Loop mass flow rate กับ Fan mass flow rate

$V=7.5$  m/s ,  $W_r=0$  kW



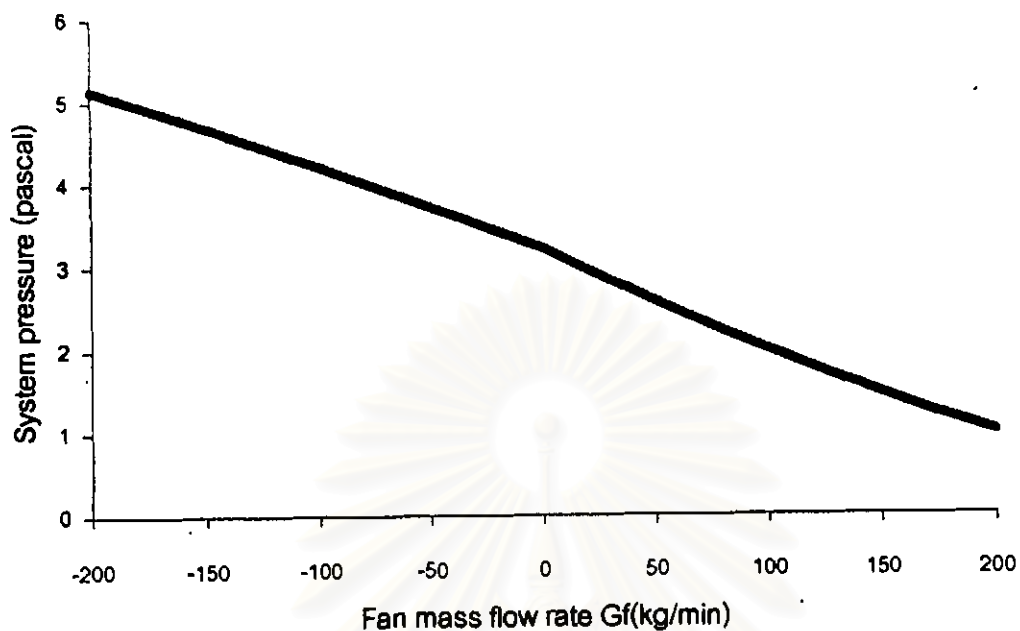
รูปที่ 43. แสดง System curve ของอาคารจากตำแหน่งติดตั้งพัดลม

$V=15 \text{ m/s}$  ,  $W_r=0 \text{ kW}$



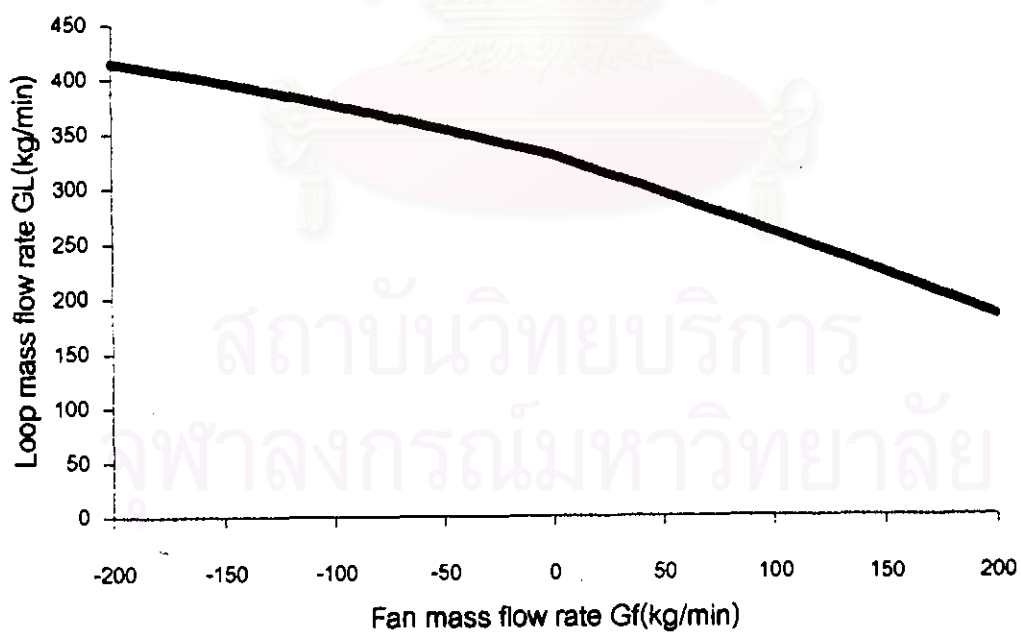
รูปที่ 44. ความสัมพันธ์ระหว่าง Loop mass flow rate กับ Fan mass flow rate

$V=15 \text{ m/s}$  ,  $W_r=0 \text{ kW}$



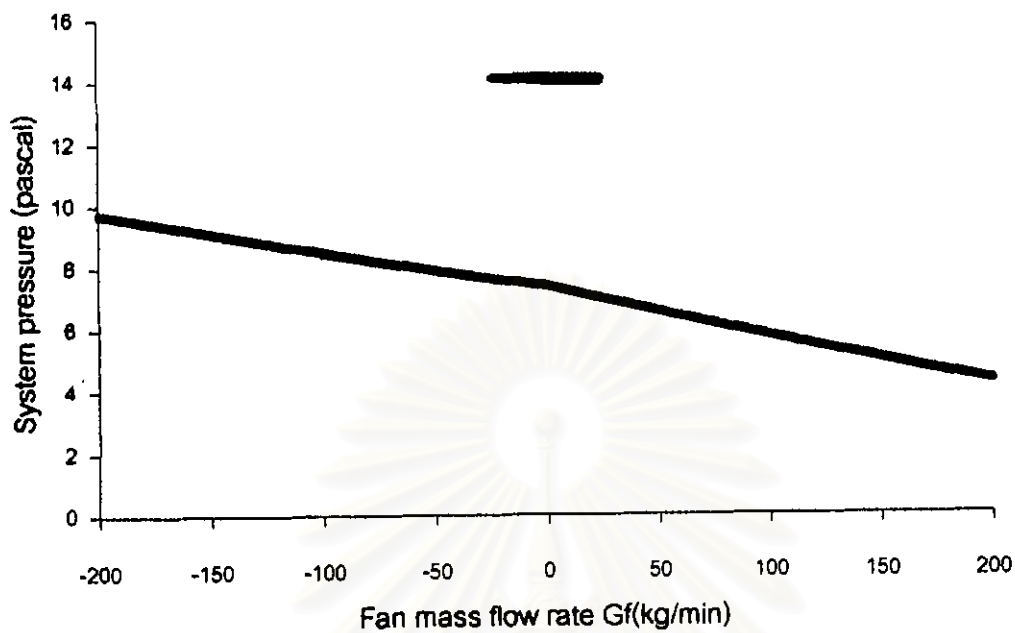
รูปที่ 45. แสดง System curve ของอาคารจากตำแหน่งติดตั้งพัดลม

$V=0$  m/s ,  $W_r=1000$  kW



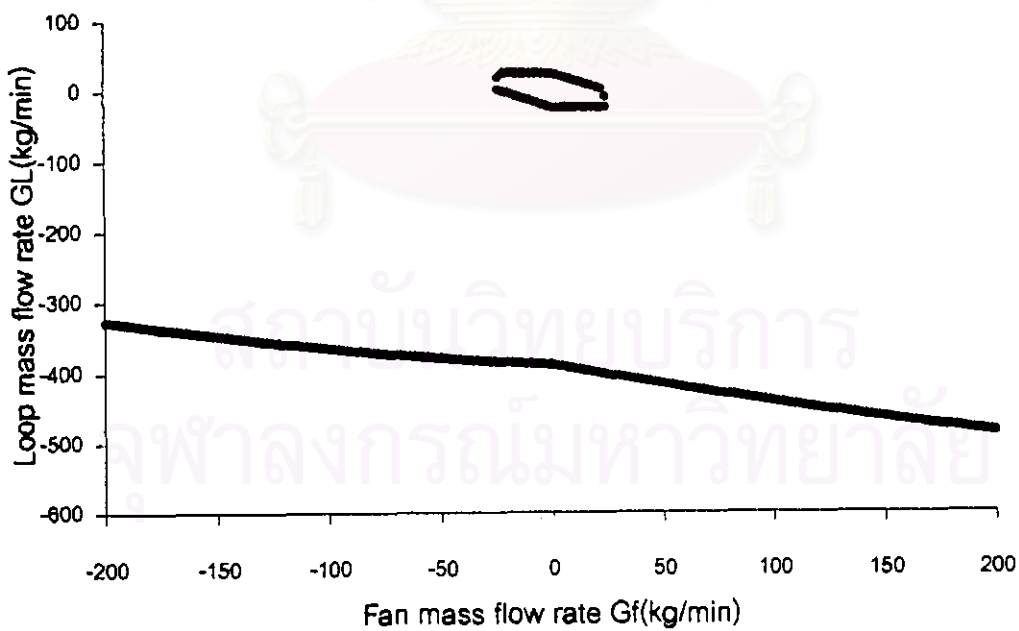
รูปที่ 46. ความสัมพันธ์ระหว่าง Loop mass flow rate กับ Fan mass flow rate

$V=0$  m/s ,  $W_r=1000$  kW



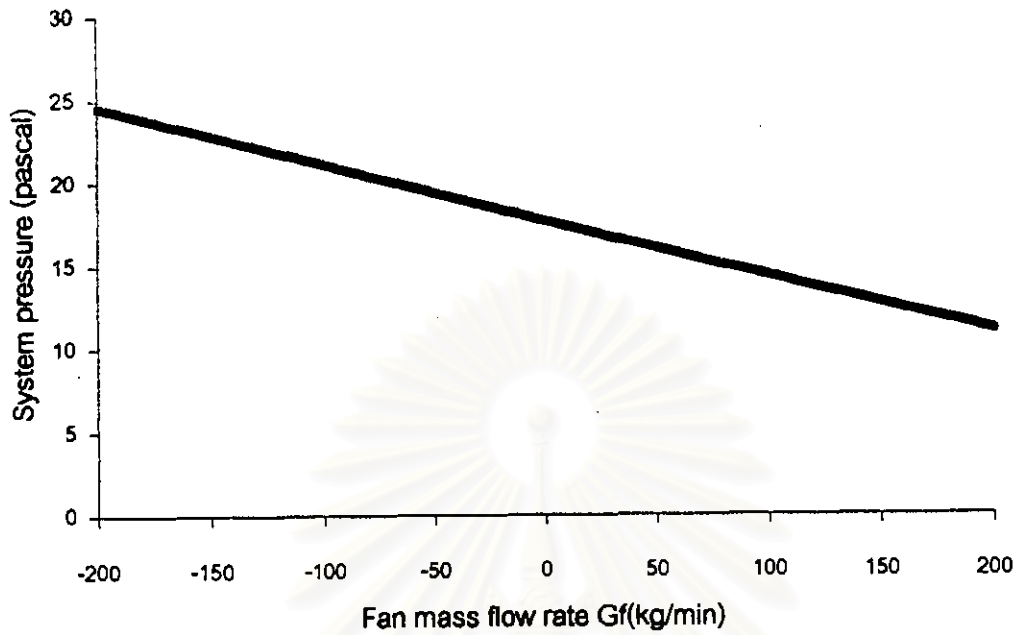
รูปที่ 47. แสดง System curve ของอาคารจากตำแหน่งติดตั้งพัดลม

$V=7.5$  m/s ,  $W_r=1000$  kW



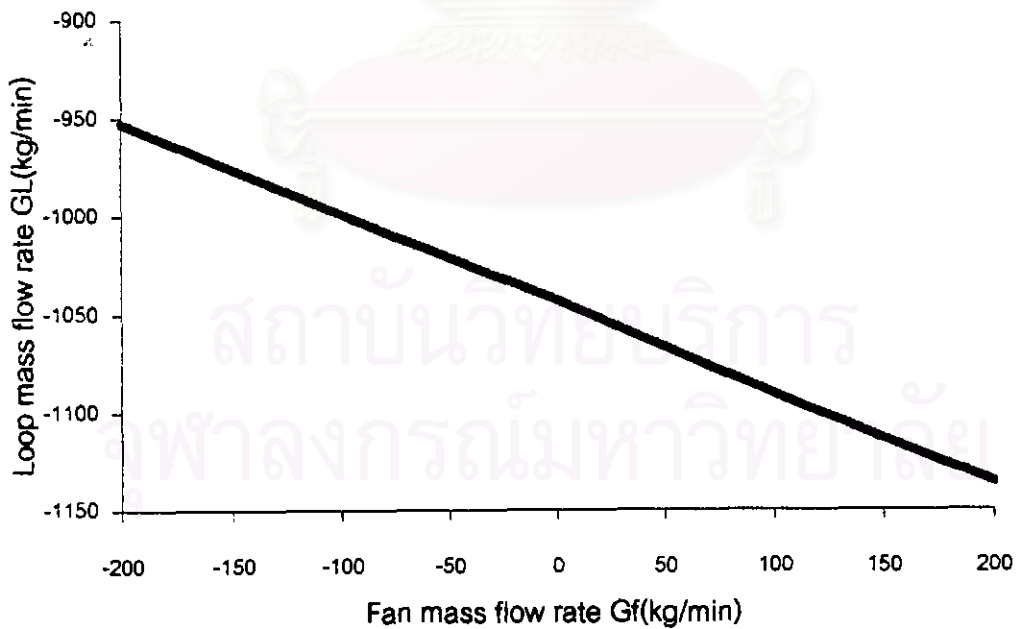
รูปที่ 48. ความสัมพันธ์ระหว่าง Loop mass flow rate กับ Fan mass flow rate

$V=7.5$  m/s ,  $W_r=1000$  kW



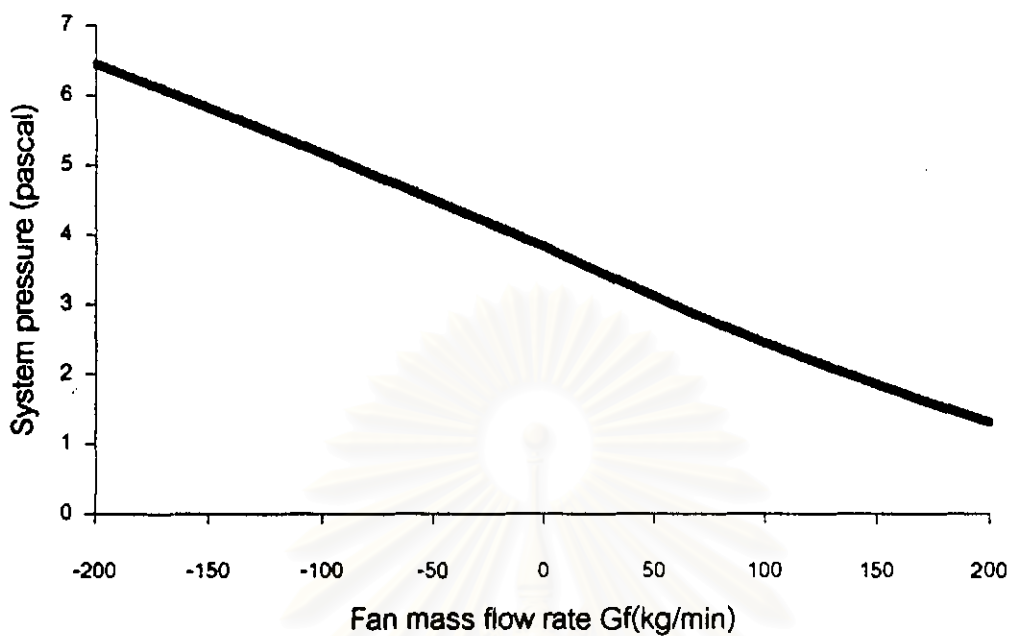
**รูปที่ 49.** แสดง System curve ของอาคารจากตำแหน่งติดตั้งพัดลม

$V=15 \text{ m/s}$  ,  $W_r=1000 \text{ kW}$



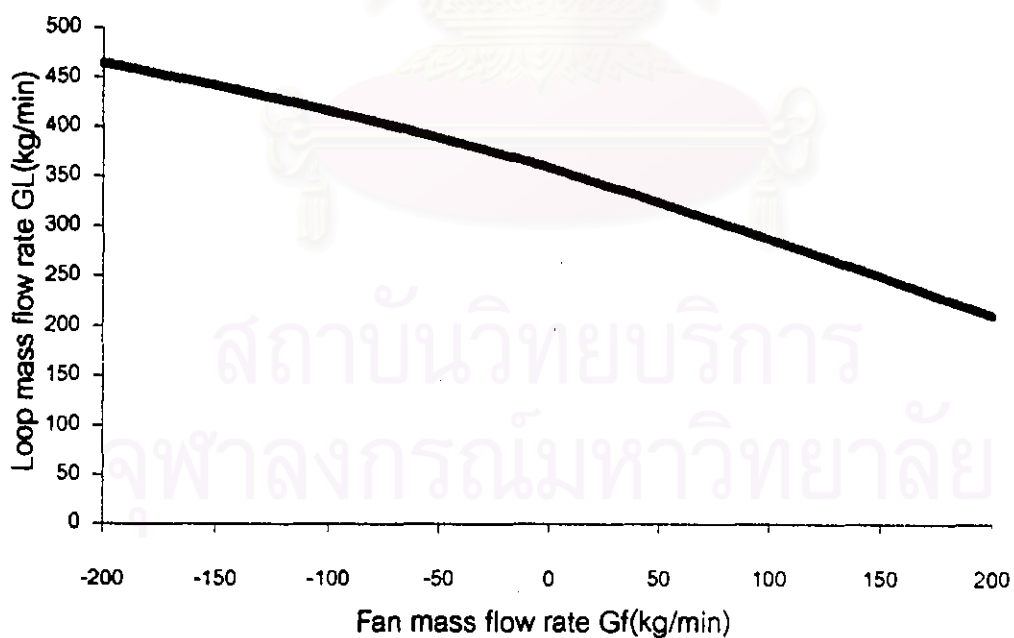
**รูปที่ 50.** ความสัมพันธ์ระหว่าง Loop mass flow rate กับ Fan mass flow rate

$V=15 \text{ m/s}$  ,  $W_r=1000 \text{ kW}$



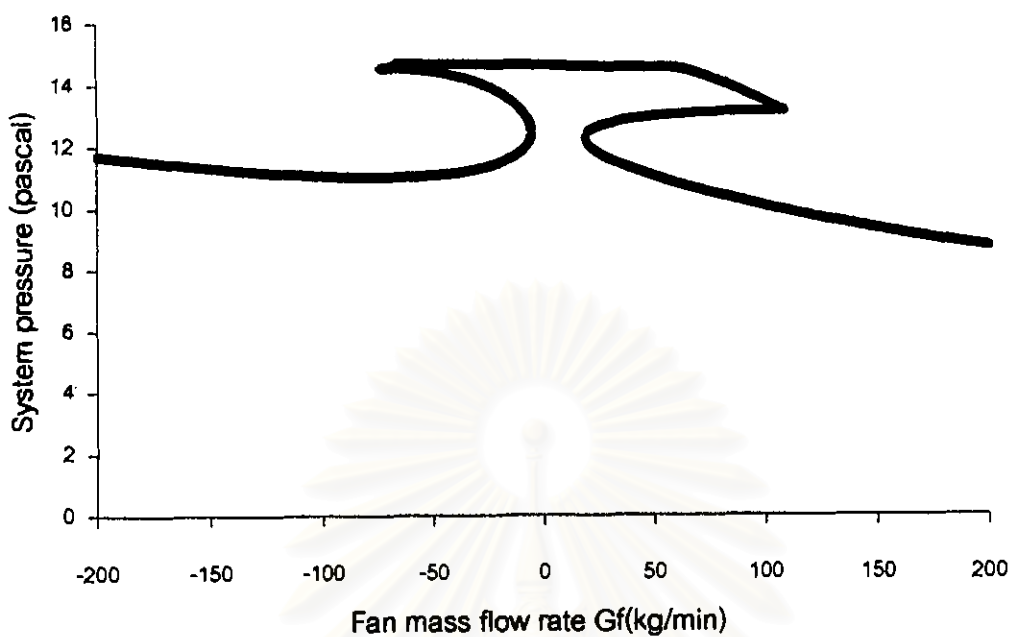
รูปที่ 51. แสดง System curve ของอาคารจากตำแหน่งติดตั้งพัดลม

$V=0$  m/s ,  $W_r=2000$  kW



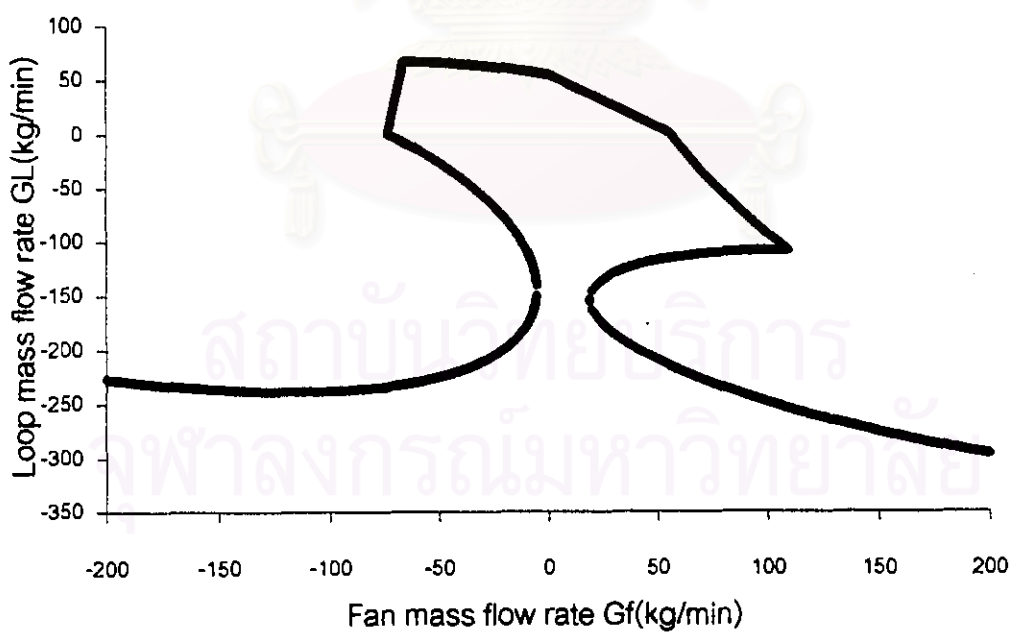
รูปที่ 52. ความสัมพันธ์ระหว่าง Loop mass flow rate กับ Fan mass flow rate

$V=0$  m/s ,  $W_r=2000$  kW



รูปที่ 53. แสดง System curve ของอาคารจากตำแหน่งติดตั้งพัดลม

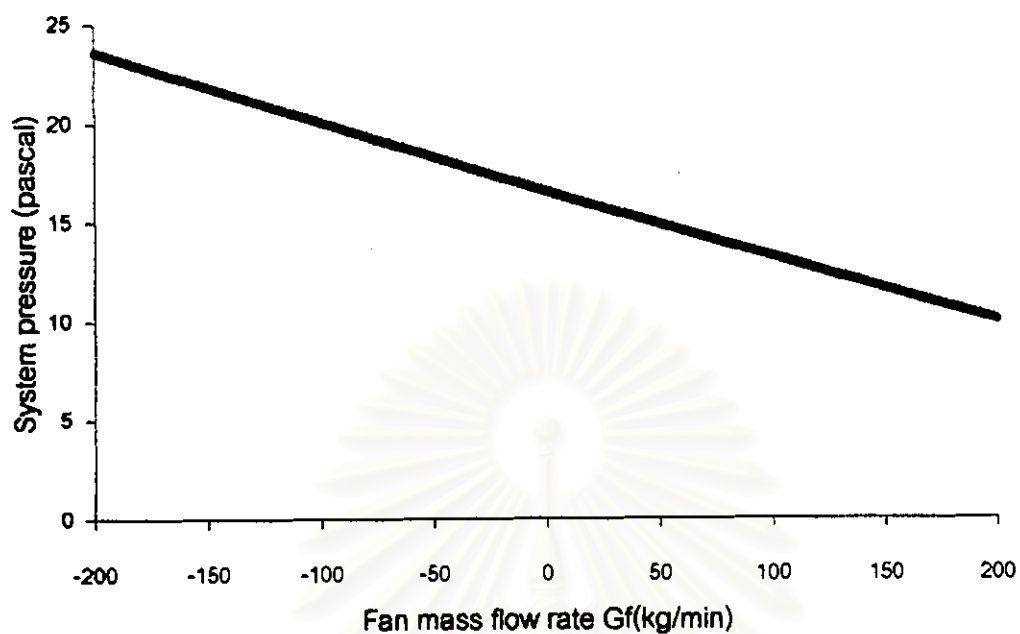
$V=7.5$  m/s ,  $W_r=2000$  kW



รูปที่ 54. ความสัมพันธ์ระหว่าง Loop mass flow rate กับ Fan mass flow rate

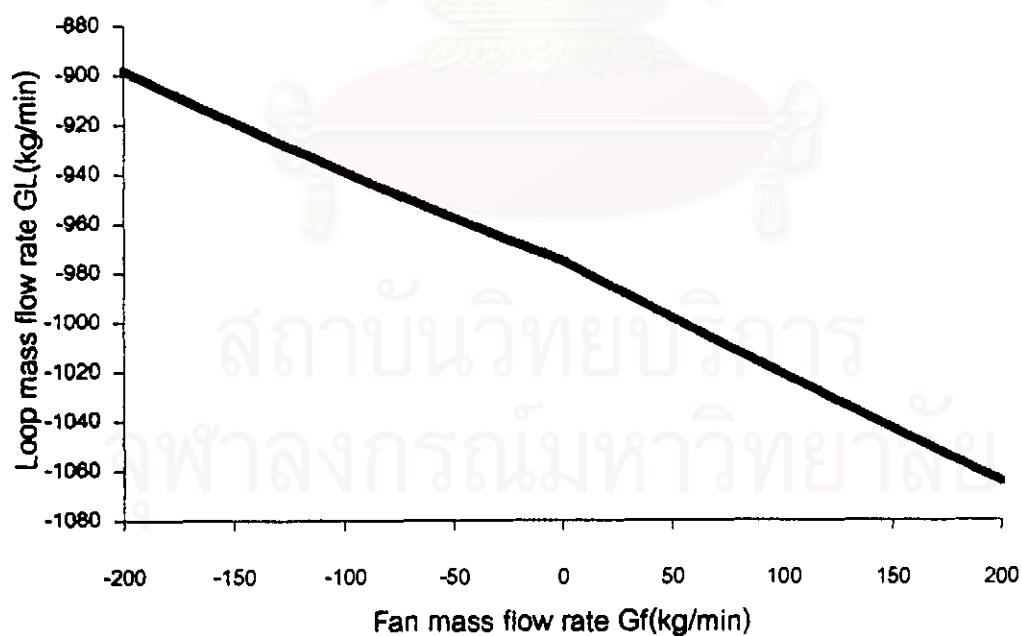
$V=7.5$  m/s ,  $W_r=2000$  kW





รูปที่ 55. แสดง System curve ของอาคารจากตำแหน่งติดตั้งพัดลม

$V=15$  m/s ,  $W_r=2000$  kW



รูปที่ 56. ความสัมพันธ์ระหว่าง Loop mass flow rate กับ Fan mass flow rate

$V=15$  m/s ,  $W_r=2000$  kW

จากรูปที่ 39 และ 40  $V=0$  และ Heat supply rate =0 เราจะเห็นได้ว่า Loop mass flow rate จะมีขนาดเป็นครึ่งหนึ่งของ Fan mass flow rate คือ หากพัดลมอัดอากาศเข้าอาคารเท่าไรก็จะแยกออกจากอาคารจากทั้ง 2 ช่องเปิดเท่าๆกัน โดย  $G_f > 0$  หมายถึงพัดลมอัดอากาศเข้าอาคาร และ  $G_f < 0$  หมายถึงพัดลมดูดอากาศออกจากอาคาร โดยที่ System pressure ก็คือความดันที่ช่องเปิดพัดลมควรเป็นเพื่อให้ผลรวมสมการวงรอบความดันขงพัดลมเท่ากับศูนย์ ดังนั้นเมื่อมองจากพัดลม System pressure จะเท่ากับ ลบของความดันตกคร่อมช่องเปิด 2 (-Po2) เท่านั้น เนื่องจากความหนาแน่นอากาศภายในและนอกเท่ากัน และความดันตกคร่อมช่องเปิด 2 นี้ จะคำนวณได้จากสมการช่องเปิดซึ่งขึ้นกับค่า Mass flow rate ยกกำลังสอง โดยเราจะเห็นว่าลักษณะกราฟคล้ายจะกับ System curve ทั่วไปแต่มีค่าเป็นลบเมื่อ Mass flow rate เป็นบวก ดังรูปที่ 40

จากรูปที่ 41-44 จะเห็นได้ว่าในทุกค่าของ  $G_f$  จะทำให้เกิดคำตอบ GL เป็นลบเนื่องจากผลของลมทำให้อากาศไหลเข้าด้านช่องเปิด 2 และไหลออกทางช่องเปิด 1 โดยจะเห็นว่าความเร็วลมยิ่งมากก็จะทำให้อากาศไหลออกทางช่องเปิด 1 มากขึ้น ส่วน System pressure จะมีขนาดมากขึ้นเมื่อมี Mass flow rate ผ่านช่องเปิด 1 มากขึ้น จะเห็นว่า System pressure มีค่าเป็นบวกเนื่องจากอากาศไหลเข้าอาคารทางช่องเปิด 1

รูปที่ 45 และ 46 มีค่า Heat supply rate = 1,000 kW โดยที่ความเร็วลม = 0 จะเห็นได้ว่าแรงลอยตัวจากความร้อนจะทำให้อากาศไหลเข้าทางช่องเปิด 1 และไหลออกทางช่องเปิด 2 ซึ่งอยู่สูงกว่า โดยหากเราอัดอากาศเข้าอาคารมากขึ้นจะทำให้อากาศไหลเข้าอาคารทางช่องเปิด 1 น้อยลง ส่วน System pressure จะขึ้นกับอัตราการไหลของอากาศที่ผ่านช่องเปิด 2 และอุณหภูมิของอากาศด้วย จะเห็นว่าอากาศไหลออกทางช่องเปิด 2 โดยปกติ ความดันระบบน่าจะเป็นลบ แต่มีความดันแตกต่างเนื่องจากแรงลอยตัวมาช่วยจึงทำให้ System pressure มีค่าเป็นบวกจะเห็นว่าเมื่อพัดลมอัดอากาศเข้าอาคารมากขึ้นจะทำให้ ค่า System pressure ลดลง จะเห็นว่ากราฟมีจุดหักมุมที่  $G_f = 0$  เนื่องจากผลของความหนาแน่นอากาศที่ผ่านพัดลมที่แตกต่างกันนั่นเองคือถ้าพัดลมอัดอากาศเข้าอาคาร ความหนาแน่นอากาศที่ผ่านพัดลมจะมีค่าคงที่เท่ากับความหนาแน่นอากาศภายนอกอาคาร ส่วนในกรณีที่พัดลมดูดอากาศออกจากอาคาร ความหนาแน่นอากาศที่ผ่านพัดลมจะเท่ากับความหนาแน่นของอากาศภายในห้องซึ่งมีอุณหภูมิสูง

รูปที่ 47 และ 48 เมื่อมีความเร็วลม ขนาด 7.5 m/s จะเห็นว่าผลของแรงลอยตัวและความเร็วลมมีพอกันทำให้มีคำตอบอยู่หลายคำตอบเมื่อมีขนาด  $G_f$  น้อยๆ และเราจะเห็นได้ว่าค่า System pressure ก็จะมีหลายค่าด้วย และเห็นว่าในบางสถานะ แม้มีพัดลมก็ยังมีคำตอบหลายคำตอบ ส่วนในรูปที่ 49 และ 50 ความเร็วลมมากขึ้นเป็น 15 m/s ทำให้ผลของความเร็วมมีมากกว่าผลของแรงลอยตัว ทำให้คำตอบที่ได้จึงมีคำตอบเดียวและอากาศเข้าทางด้านรับลมและออกจากอาคารทางอีกด้านหนึ่ง

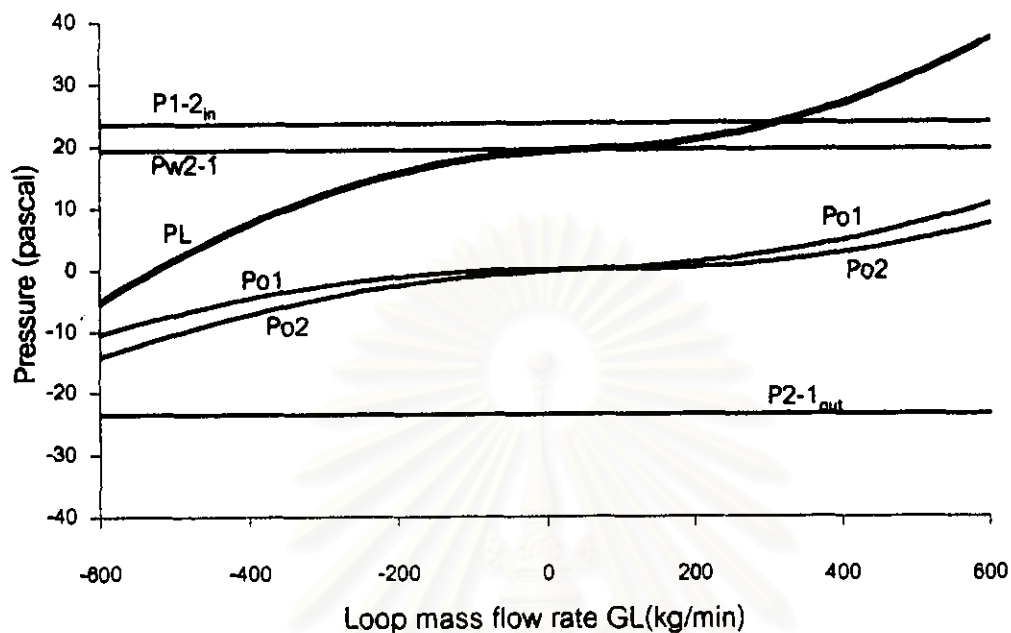
รูปที่ 51-56 เปรียบเทียบค่า Heat supply rate เป็น 2000 kW จะเห็นได้ว่าผลการคำนวณคล้ายกันกับเมื่อ Heat supply rate = 1000 kW ในรูปที่ 45-50 ผลของความชื้นซึ่งปกติจะทำให้อากาศลอยตัวขึ้นที่สูงทำให้ค่าที่ได้ต่างกัน โดยเมื่อความเร็วลมเท่ากับ 7.5 m/s ดังรูปที่ 53 และ 54 จะเห็นว่ามีการตอบสนองหลายคำตอบในช่วง  $G_f$  ประมาณช่วง -75 ถึง 110 kg/min และจะเห็นว่ากราฟนั้นมีจุดหักมุมหลายจุดและเกิดคำถามว่าเหตุใดจึงเกิดจุดหักมุมนี้

รูปที่ 57-65 แสดงค่าความดันย่อยของ Loop ที่ความเร็วลม 7.5 m/s และเปรียบเทียบค่า Fan mass flow rate และ Heat supply rate ต่างๆ เพื่อให้เห็นถึงสาเหตุที่ทำให้เกิดหลายคำตอบและการที่กราฟมีจุดหักมุมในรูปที่ 53 และ 54



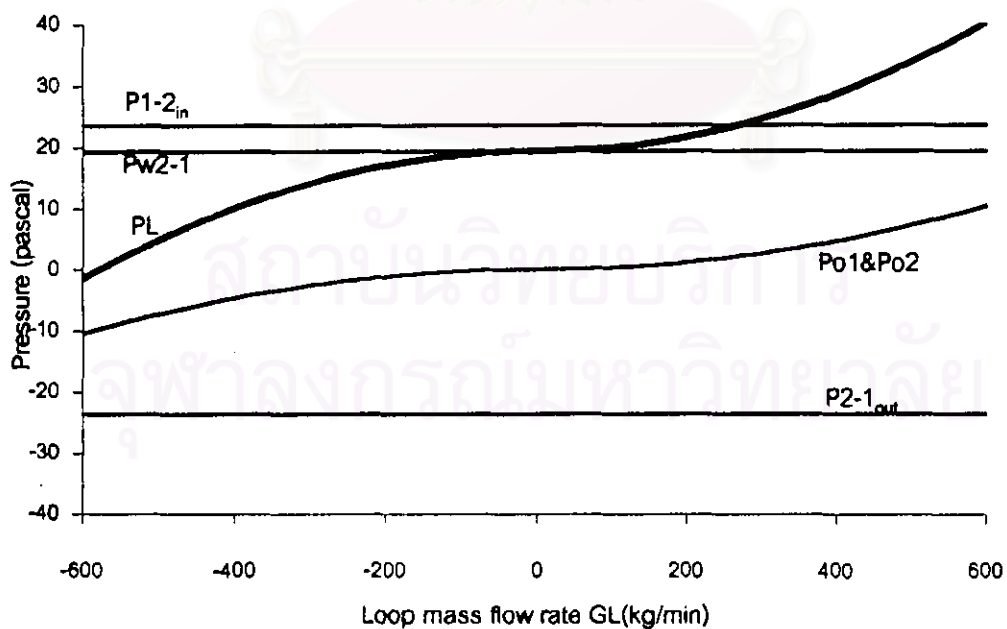
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

#### 4.1.6 ผลของอัตราไหลอากาศต่อความดันย่อยของวงรอบการไหลในกรณีที่มีพัดลม



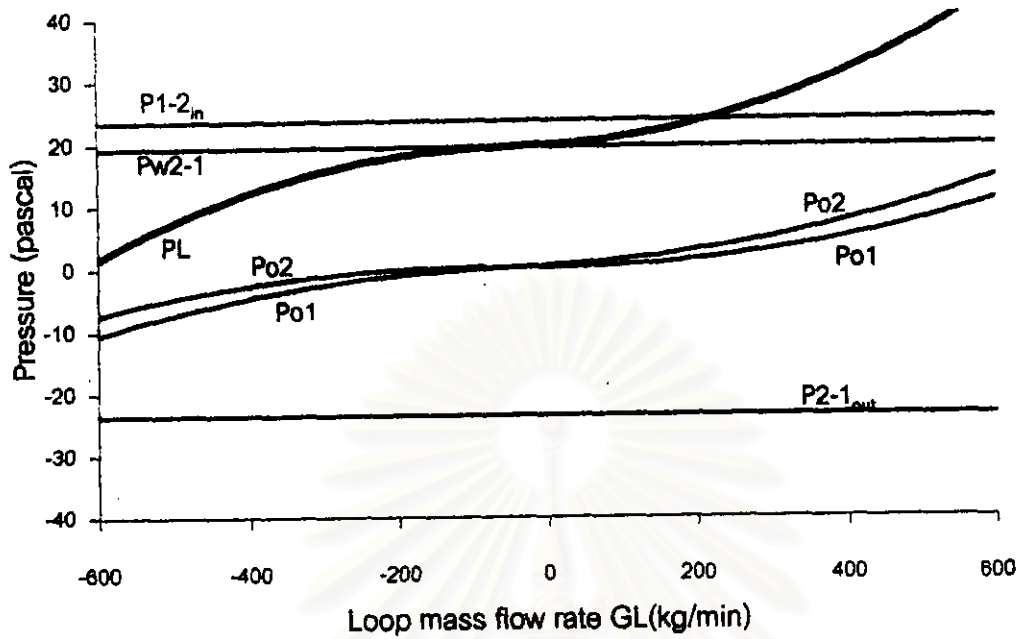
รูปที่ 57. แสดงความดันย่อยของ Loop เมื่อมีพัดลมดูดอากาศ

$V=7.5$  m/s ,  $W_r=0$  kW ,  $G_f=-100$  kg/min



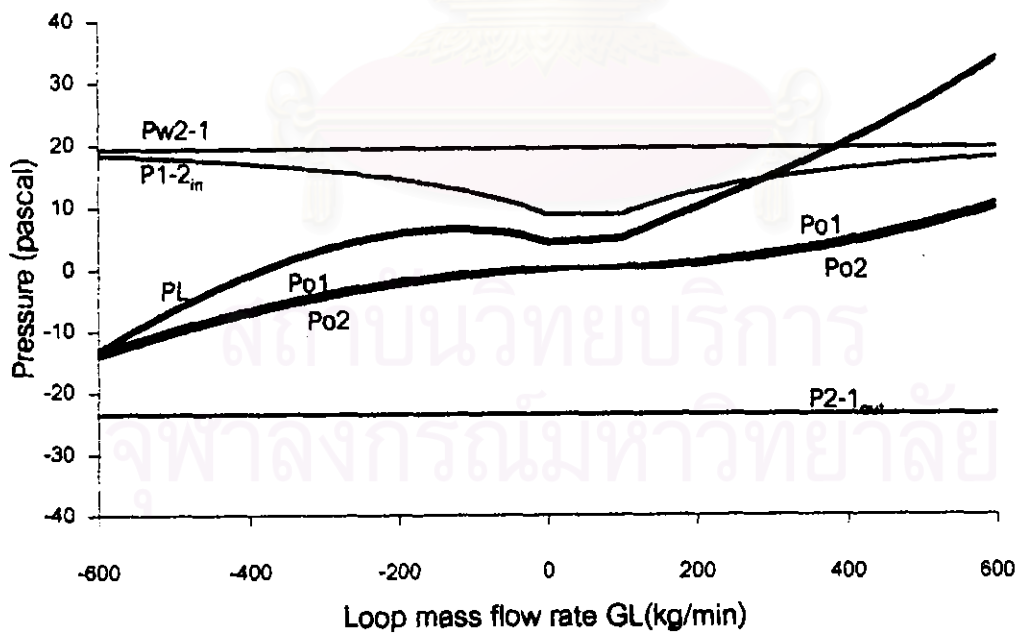
รูปที่ 58. แสดงความดันย่อยของ Loop เมื่อมีพัดลมดูดอากาศ

$V=7.5$  m/s ,  $W_r=0$  kW ,  $G_f=0$  kg/min



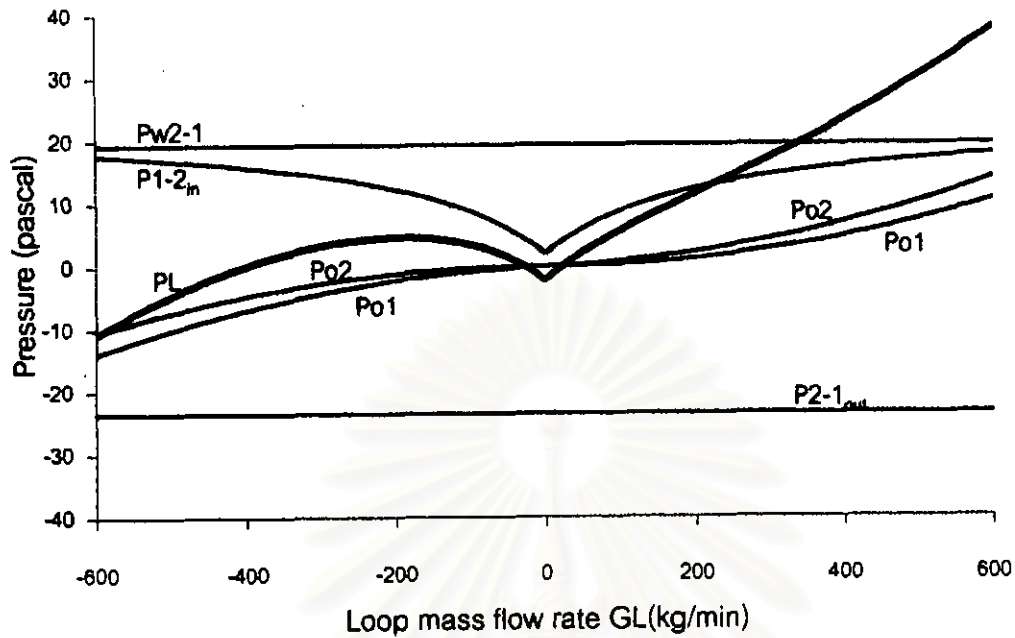
รูปที่ 59. แสดงความดันย่อยของ Loop เมื่อมีพัดลมดูดอากาศ

$V=7.5$  m/s ,  $Wr=0$  kW ,  $Gf=100$  kg/min



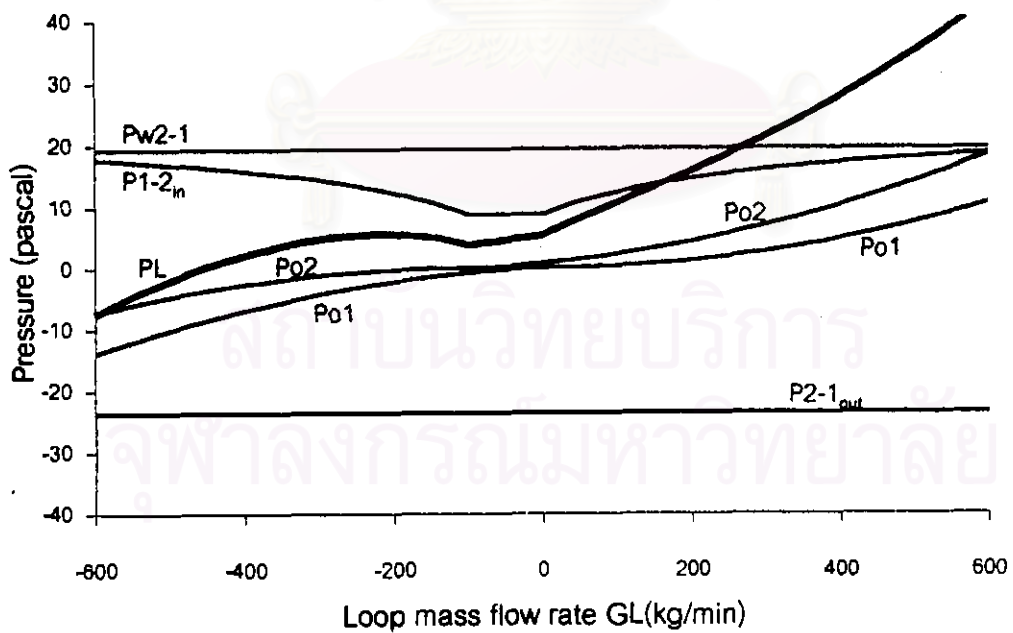
รูปที่ 60. แสดงความดันย่อยของ Loop เมื่อมีพัดลมดูดอากาศ

$V=7.5$  m/s ,  $Wr=1000$  kW ,  $Gf=-100$  kg/min



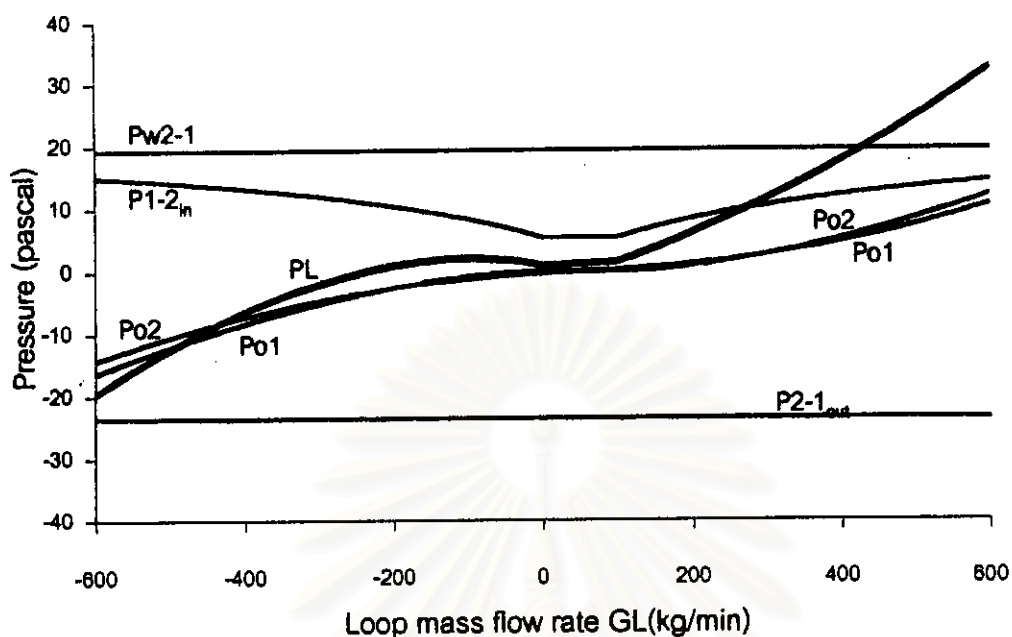
รูปที่ 61. แสดงความดันย่อยของ Loop เมื่อมีพัดลมดูดอากาศ

$V=7.5 \text{ m/s}$  ,  $Wr=1000 \text{ kW}$  ,  $Gf=0 \text{ kg/min}$



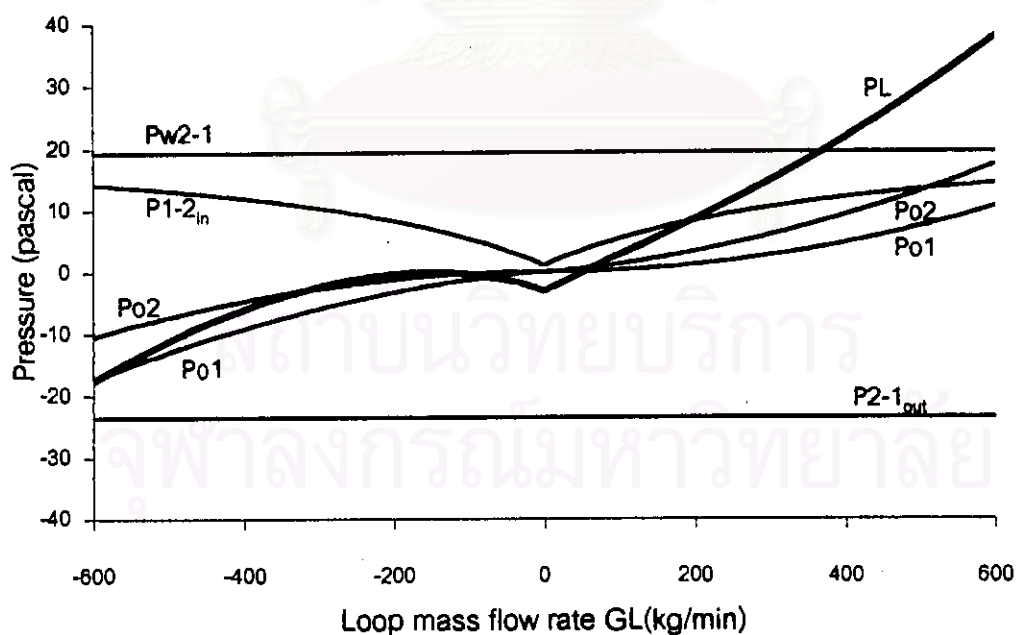
รูปที่ 62. แสดงความดันย่อยของ Loop เมื่อมีพัดลมดูดอากาศ

$V=7.5 \text{ m/s}$  ,  $Wr=1000 \text{ kW}$  ,  $Gf=100 \text{ kg/min}$



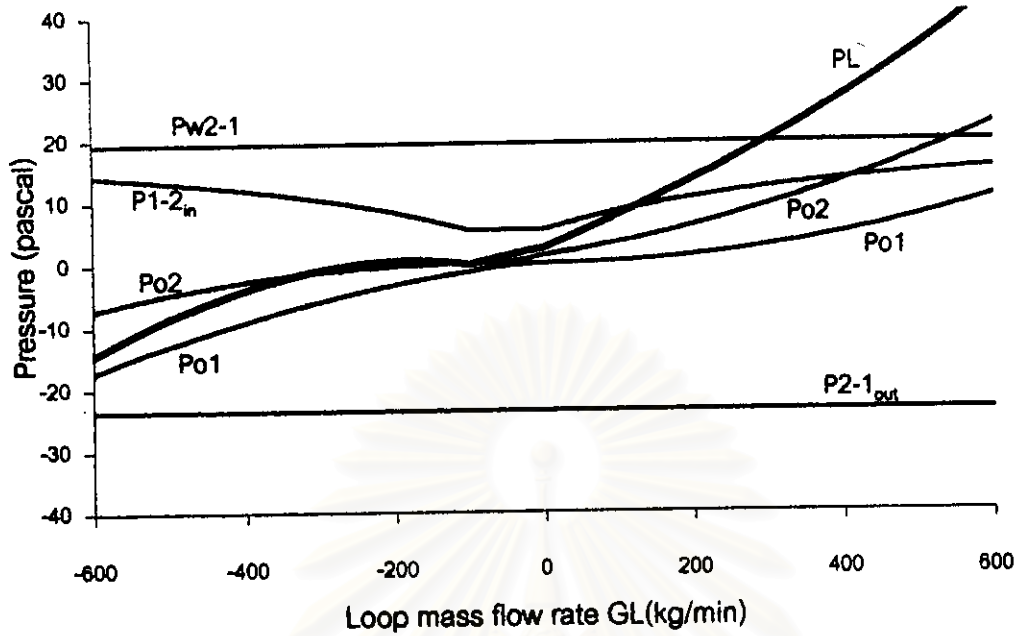
รูปที่ 63. แสดงความดันย่อยของ Loop เมื่อมีพัดลมดูดอากาศ

$V=7.5 \text{ m/s}$  ,  $W_r=2000 \text{ kW}$  ,  $G_f=-100 \text{ kg/min}$



รูปที่ 64. แสดงความดันย่อยของ Loop เมื่อมีพัดลมดูดอากาศ

$V=7.5 \text{ m/s}$  ,  $W_r=2000 \text{ kW}$  ,  $G_f=0 \text{ kg/min}$



รูปที่ 65. แสดงความดันย่อยของ Loop เมื่อมีพัดลมดูดอากาศ

$V=7.5$  m/s ,  $W_r=2000$  kW ,  $G_f=100$  kg/min

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 57 มีค่ากำหนด  $V=7.5$  m/s, Heat supply rate = 0 kW ,  $G_f = -100$  kg/min จะเห็นได้ว่าพัดลมดูดอากาศออกจากอาคาร จะได้ว่าอัตราการไหลของอากาศผ่านช่องเปิด 1 Go1 จะเท่ากับอัตราการไหลของวงรอบอากาศ GL ตามรูปที่ 38 และ  $G_{o2} = GL + G_f$  ดังนั้น Go1 จะเท่ากับ 0 เมื่อ  $GL = 0$  และ  $G_{o2}$  เท่ากับ 0 เมื่อ  $GL = 100$  ดังนั้นกราฟ ของ ความดันตกคร่อมช่องเปิด 1 และ 2 จึงมีความชันเท่ากับ 0 ที่  $GL=0$  และ 100 kg/min ตามลำดับ และค่าตอบการไหลที่สถานะนี้อยู่ที่จุดตัดแกน GL ของกราฟ PL คือประมาณ -550 นั้นเอง

รูปที่ 58. ค่า  $G_f = 0$  kg/min ลักษณะกราฟจะเหมือนกับในสถานะที่ไม่มีพัดลม ดังรูปที่ 16

รูปที่ 59. ค่า  $G_f = 100$  kg/min คือมีการอัดอากาศเข้าสู่อาคาร กราฟของ Po2 จึงเยื้องมาด้านซ้ายคือมีความชันเป็น 0 ที่ค่า  $GL = -100$  kg/min และทำให้ค่าตอบของการไหลคือ GL มีค่าประมาณ -800 kg/min

รูปที่ 60 มีค่ากำหนด  $V=7.5$  m/s, Heat supply rate = 1000 kW ,  $G_f = -100$  kg/min จะเห็นได้ว่ามีจุดหักมุมในกราฟ P1-2<sub>n</sub> ซึ่งจะเห็นว่าความดันย่อยนี้มีค่าคงที่ ในช่วง  $GL = 0$  ถึง 100 kg/min คือในช่วงนี้จะมีอัตราการไหลเข้าและออกจากอาคารเท่ากัน ทำให้อุณหภูมิคงที่ เราจึงคำนวณแรงลอยตัวได้คงที่เช่นกันและข้อนี้คงเป็นสาเหตุของการที่กราฟรูปที่ 53 และ 54 มีจุดหักมุมต่างๆ จะเห็นว่าแรงลอยตัวจากความร้อนช่วยให้ค่าคำตอบเยื้องมาทางด้านขวา คือมาอยู่ที่ประมาณ -400 kg/min

รูปที่ 61 กราฟจะเหมือนกับรูปที่ 19 เนื่องจากไม่มีผลของพัดลมมาเกี่ยวข้อง

รูปที่ 62  $G_f = 100$  kg/min คือพัดลมอัดอากาศเข้าอาคารทำให้มีช่วงที่อุณหภูมิห้องคงที่ คือช่วง  $GL = -100$  ถึง 0 kg/min และค่าตอบการไหลอยู่ที่ GL ประมาณ -420 kg/min

รูปที่ 63-65 มีค่า Heat supply rate = 2000 kW ทำให้ผลของแรงลอยตัวมีมากขึ้น และในรูปที่ 65 แสดงว่าเมื่อพัดลมอัดอากาศเข้าอาคาร 100 kg/min จะทำให้มีคำตอบเกิดขึ้น 3 คำตอบ คือ GL ประมาณ -250 , -120 และ -100 kg/min ซึ่งตรงกับคำตอบที่เกิดในรูปที่ 54

จากผลการคำนวณในอาคาร 1 Loop จะเห็นได้ว่าความหลากหลายของคำตอบสามารถเกิดขึ้นได้ โดยความร้อนจะเป็นตัวการที่ทำให้เกิดการไหลที่อากาศร้อนพยายามลอยขึ้นที่สูง ซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดความหลากหลายของคำตอบ ส่วนความเร็วลมนั้นก็เป็นตัวที่ทำให้เกิดความหลากหลายของคำตอบเมื่อมีความร้อนภายในอาคาร และความเร็วลมมากๆ จะทำให้ลดความหลากหลายของคำตอบลงได้

#### 4.1.7 การเปรียบเทียบผลการคำนวณที่ได้จากโปรแกรม MRVENT และ ASCOS

ตารางที่ 4 และ 5. จะแสดงการเปรียบเทียบผลการคำนวณที่ได้จากโปรแกรม MRVENT ที่เราสร้างขึ้น กับ โปรแกรม ASCOS สำหรับอาคารรูปที่ 12 และ 38 ว่ามีความแตกต่างกันมากน้อยอย่างไร ตามสถานะที่กำหนด โดยตารางที่ 4 จะคำนวณโดยไม่มีพัดลมและตารางที่ 5 จะมีพัดลมติดกับอาคารตามรูปที่ 38

ตารางที่ 4. เปรียบเทียบผลการคำนวณที่ได้จาก โปรแกรม MRVENT และโปรแกรม ASCOS  
สำหรับอาคารรูปที่ 12

1. Room temperature 294 K (=outside temp)				
Wind V (m/s)	Flow Rate (kg/min) of	MRVENT	ASCOS	% Diff
0	Opening 1	0.00	10.48	-
0	Opening 2	0.00	10.46	-
2.5	Opening 1	-192.51	-192.28	0.116
2.5	Opening 2	-192.51	-192.27	0.123
3.5	Opening 1	-269.52	-269.37	0.053
3.5	Opening 2	-269.52	-269.37	0.053
5	Opening 1	-385.02	-384.99	0.007
5	Opening 2	-385.02	-384.98	0.011
7.5	Opening 1	-577.53	-577.60	-0.012
7.5	Opening 2	-577.53	-577.58	-0.010
10	Opening 1	-770.03	-770.18	-0.019
10	Opening 2	-770.03	-770.16	-0.017
15	Opening 1	-1,155.06	-1,155.31	-0.022
15	Opening 2	-1,155.06	-1,155.30	-0.021
20	Opening 1	-1,540.07	-1,540.44	-0.024
20	Opening 2	-1,540.07	-1,540.43	-0.023
2. Room temperature 289 K (=outside temp-5)				
Wind V (m/s)	Flow Rate (kg/min) of	MRVENT	ASCOS	% Diff
0	Opening 1	-84.27	-83.61	0.787
0	Opening 2	-84.27	-83.59	0.805
2.5	Opening 1	-210.89	-210.69	0.097
2.5	Opening 2	-210.89	-210.67	0.103
3.5	Opening 1	-283.49	-283.36	0.047
3.5	Opening 2	-283.49	-283.34	0.052
5	Opening 1	-395.74	-395.70	0.009
5	Opening 2	-395.74	-395.69	0.013
7.5	Opening 1	-586.09	-586.15	-0.011
7.5	Opening 2	-586.09	-586.14	-0.008
10	Opening 1	-777.91	-778.05	-0.018
10	Opening 2	-777.91	-778.03	-0.016
15	Opening 1	-1,163.06	-1,163.31	-0.022
15	Opening 2	-1,163.06	-1,163.30	-0.020
20	Opening 1	-1,548.96	-1,549.32	-0.023
20	Opening 2	-1,548.96	-1,549.30	-0.022

## ตารางที่ 4. ต่อ

3. Room temperature 299 K (=outside temp+5)				
Wind V (m/s)	Flow Rate (kg/min) of	MRVENT	ASCOS	% Diff
0	Opening 1	82.15	82.81	0.800
0	Opening 2	82.15	82.79	0.782
2.5	Opening 1	-173.25	-172.96	0.168
2.5	Opening 2	-173.25	-172.94	0.177
3.5	Opening 1	-255.50	-255.36	0.054
3.5	Opening 2	-255.50	-255.35	0.059
5	Opening 1	-374.50	-374.46	0.011
5	Opening 2	-374.50	-374.44	0.015
7.5	Opening 1	-569.19	-569.26	-0.012
7.5	Opening 2	-569.19	-569.25	-0.010
10	Opening 1	-762.37	-762.52	-0.019
10	Opening 2	-762.37	-762.50	-0.017
15	Opening 1	-1,147.24	-1,147.49	-0.022
15	Opening 2	-1,147.24	-1,147.48	-0.021
20	Opening 1	-1,531.26	-1,531.73	-0.031
20	Opening 2	-1,531.26	-1,531.71	-0.030
4. Room temperature 319 K (=outside temp+25)				
Wind V (m/s)	Flow Rate (kg/min) of	MRVENT	ASCOS	% Diff
0	Opening 1	174.93	175.20	0.157
0	Opening 2	174.93	175.19	0.149
2.5	Opening 1	-70.46	-69.82	0.911
2.5	Opening 2	-70.46	-69.80	0.931
3.5	Opening 1	-197.72	-197.54	0.091
3.5	Opening 2	-197.72	-197.52	0.099
5	Opening 1	-334.08	-334.04	0.013
5	Opening 2	-334.08	-334.02	0.017
7.5	Opening 1	-537.92	-537.98	-0.011
7.5	Opening 2	-537.92	-537.96	-0.008
10	Opening 1	-733.62	-733.74	-0.017
10	Opening 2	-733.62	-733.73	-0.015
15	Opening 1	-1,117.66	-1,117.92	-0.023
15	Opening 2	-1,117.66	-1,117.90	-0.022
20	Opening 1	-1,498.17	-1,498.51	-0.023
20	Opening 2	-1,498.17	-1,498.50	-0.022

## ตารางที่ 4. ต่อ

5. Room temperature 344 K (=outside temp+50)				
Wind V (m/s)	Flow Rate (kg/min) of	MRVENT	ASCOS	% Diff
0	Opening 1	233.45	233.68	0.100
0	Opening 2	233.45	233.67	0.094
2.5	Opening 1	142.64	142.96	0.222
2.5	Opening 2	142.64	142.94	0.211
3.5	Opening 1	-111.56	-111.23	0.300
3.5	Opening 2	-111.56	-111.21	0.313
5	Opening 1	-826.58	-286.50	65.339
5	Opening 2	-826.58	-286.49	65.341
7.5	Opening 1	-502.90	-502.93	-0.007
7.5	Opening 2	-502.90	-502.92	-0.004
10	Opening 1	-701.42	-701.53	-0.016
10	Opening 2	-701.42	-701.52	-0.014
15	Opening 1	-1,084.02	-1,084.25	-0.021
15	Opening 2	-1,084.02	-1,084.23	-0.020
20	Opening 1	-1,459.95	-1,460.28	-0.022
20	Opening 2	-1,459.95	-1,460.26	-0.021
6. Room temperature 394 K (=outside temp+100)				
Wind V (m/s)	Flow Rate (kg/min) of	MRVENT	ASCOS	% Diff
0	Opening 1	297.08	297.24	0.055
0	Opening 2	297.08	297.23	0.051
2.5	Opening 1	237.86	238.05	0.078
2.5	Opening 2	237.86	238.03	0.072
3.5	Opening 1	161.79	162.01	0.134
3.5	Opening 2	161.79	161.99	0.125
5	Opening 1	-196.07	-195.96	0.055
5	Opening 2	-196.07	-195.95	0.062
7.5	Opening 1	-443.63	-443.66	-0.008
7.5	Opening 2	-443.63	-443.65	-0.004
10	Opening 1	-646.93	-647.04	-0.016
10	Opening 2	-646.93	-647.02	-0.014
15	Opening 1	-1,025.66	-1,025.86	-0.020
15	Opening 2	-1,025.66	-1,025.85	-0.018
20	Opening 1	-1,392.42	-1,392.71	-0.021
20	Opening 2	-1,392.42	-1,392.70	-0.020

ตารางที่ 5. เปรียบเทียบผลการคำนวณที่ได้จาก โปรแกรม MRVENT และโปรแกรม ASCOS

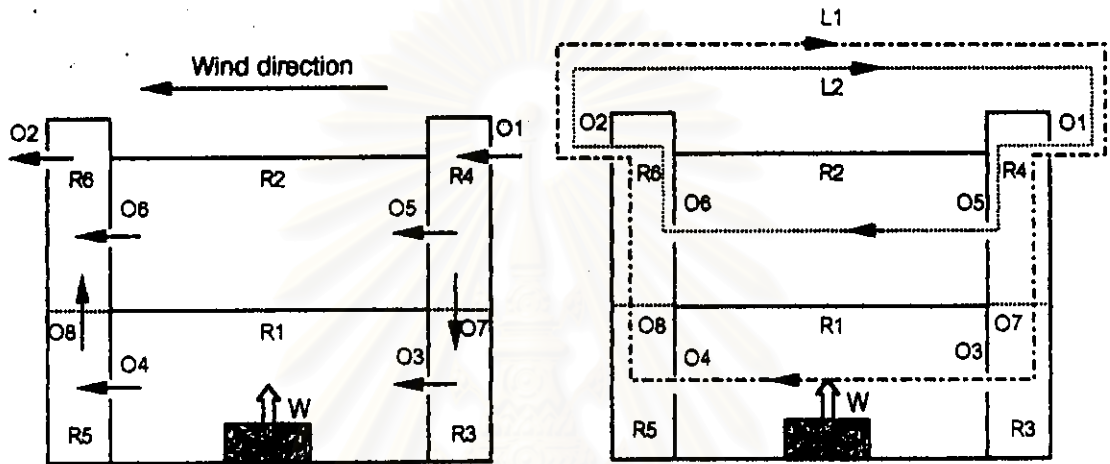
สำหรับอาคารรูปที่ 38

1. Room temperature 294 K (21 °C) (=outside temp )				
Fan flow rate (kg/min)	Flow Rate (kg/min) of	MRVENT	ASCOS	% Diff
-200	Opening 1	-468.8	-468.6	-
-200	Opening 2	-668.8	-668.7	-
-100	Opening 1	-525.4	-525.3	0.028
-100	Opening 2	-625.4	-625.3	0.021
0	Opening 1	-577.5	-577.6	-0.017
0	Opening 2	-577.5	-577.6	-0.017
100	Opening 1	-625.4	-625.4	0.007
100	Opening 2	-525.4	-525.3	0.011
200	Opening 1	-668.8	-668.9	-0.008
200	Opening 2	-468.8	-468.8	-0.008
2. Room temperature 323 K (50 °C) (=outside temp+29)				
Fan flow rate (kg/min)	Flow Rate (kg/min) of	MRVENT	ASCOS	% Diff
-200	Opening 1	-427.3	-427.2	0.024
-200	Opening 2	-627.3	-627.2	0.015
-100	Opening 1	-482.0	-482.0	0.002
-100	Opening 2	-582.0	-582.0	-0.001
0	Opening 1	-532.0	-532.0	-0.008
0	Opening 2	-532.0	-532.0	-0.006
100	Opening 1	-577.3	-577.4	-0.009
100	Opening 2	-477.3	-477.3	-0.008
200	Opening 1	-617.9	-617.9	-0.002
200	Opening 2	-417.9	-417.9	0.001
3. Room temperature 373 K (100 °C)(=outside temp+5)				
Fan flow rate (kg/min)	Flow Rate (kg/min) of	MRVENT	ASCOS	% Diff
-200	Opening 1	-368.2	-368.1	0.039
-200	Opening 2	-568.2	-568.1	0.022
-100	Opening 1	-420.3	-420.2	0.021
-100	Opening 2	-520.3	-520.2	0.014
0	Opening 1	-466.9	-467.0	-0.020
0	Opening 2	-466.9	-467.0	-0.017
100	Opening 1	-508.4	-508.5	-0.011
100	Opening 2	-408.4	-408.4	-0.010
200	Opening 1	-544.5	-544.5	-0.005
200	Opening 2	-344.5	-344.5	-0.004

#### 4.2 อาคารตัวอย่าง ขนาด 2 ชั้น 2 Loop mass flow rate

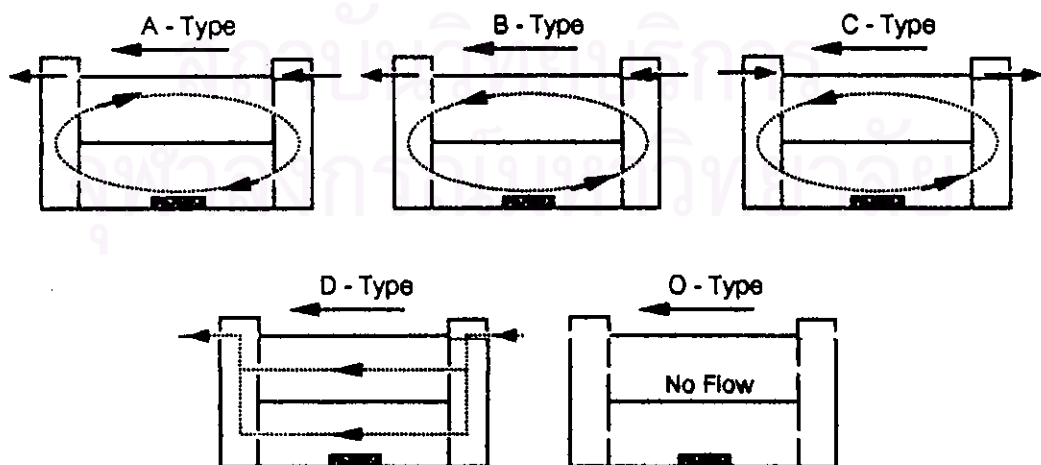
ในการศึกษารูปแบบการไหลสำหรับอาคาร 2 ชั้น 2 วงรอบการไหล ดังรูปที่ 66 นี้ เป็นตัวอย่างหนึ่งของการกำหนดทิศทางและวงรอบการไหล ซึ่งอาจจะกำหนดวงรอบการไหลแบบอื่นได้ แต่จะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดการสร้างวงรอบในบทที่ 2 ซึ่งเมื่อเราป้อนข้อมูลให้กับโปรแกรมเพื่อการคำนวณ จะได้ผลการคำนวณอัตราไหลอากาศผ่านช่องเปิดตรงกัน โดยทิศทางที่ลมพัดเราให้เป็นบวกถ้าลมพัดจากด้านช่องเปิด 1 สู่ด้านช่องเปิด 2 ดังรูปที่ 66

ตัวอย่างการสร้างเมตริกหลักที่ใช้ในการคำนวณแสดงในภาคผนวก จ.



รูปที่ 66. ภาพแสดงอาคารตัวอย่างขนาด 2 ชั้น พร้อมด้วยทิศทางข้างอิงสำหรับใช้สร้าง Incident matrix และ Loop matrix

จากรูปที่ 66 เราจะเห็นได้ว่าเป็นอาคารขนาด 2 ชั้น 2 Loop mass flow rate โดย จำนวนวงรอบมี 2 วงรอบ คำนวณจาก จำนวนช่องเปิด(8ช่อง) ลบด้วย จำนวนห้อง (6ห้อง) ซึ่งค่าตอบนั้นสามารถเกิดขึ้นได้หลายรูปแบบ ดังเช่นในรูปที่ 67



รูปที่ 67. ภาพแสดงรูปแบบการไหลต่างๆที่สามารถเกิดขึ้นได้

จากการศึกษาพบว่ารูปแบบการไหลสามารถเกิดขึ้นได้ทั้งแบบ A,B,C,D,O ดังนั้นเราจะทำการทดสอบผลของการระบายอากาศของอาคารนี้โดยใช้โปรแกรม MRVENT ช่วยคำนวณเพื่อศึกษาว่าเกิดความหลากหลายของค่าตอบหรือไม่และมีปัจจัยเกี่ยวข้องอย่างไร

กำหนดให้

1. ขนาดห้อง กว้างxสูงxลึก

$$\text{ห้อง 1,2} = 10\text{m} \times 4\text{m} \times 10\text{m}$$

$$\text{ห้อง 3,5} = 2\text{m} \times 4\text{m} \times 10\text{m}$$

2. ความสูงของช่องเปิด

$$\text{O1,O2} = 8 \text{ m}$$

$$\text{O3,O4} = 2 \text{ m}$$

$$\text{O5,O6} = 6 \text{ m}$$

$$\text{O7,O8} = 4 \text{ m}$$

3. ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนผนัง

$$\text{XCON} = 1 \text{ W/m}^2 \text{ (= RC wall หนา 15 cm)}$$

4. ค่า Effective opening area ( $\alpha A$ ) ของช่องเปิด

$$\text{O1-O6} = 2 \text{ m}^2$$

$$\text{O7,O8} = 20 \text{ m}^2$$

5. ค่าความร้อนที่เกิดขึ้นในห้อง Heat supply rate

$$W = 1000 \text{ kW}$$

6. ค่าอุณหภูมิและความหนาแน่นของอากาศภายนอก (อ่านค่าจากตารางที่ 2)

$$T_0 = 300 \text{ K}$$

$$\rho_0 = 1.1614 \text{ kg/m}^3$$

7. ค่าความเร็วลมภายนอกอาคาร

$$V = 3 \text{ m/s}$$

เราทำการใส่ข้อมูลอาคารให้กับโปรแกรมทำการคำนวณ เป็น 2 แบบ เพื่อศึกษาผลของตำแหน่งที่เกิดเพลิงไหม้ต่ออัตราการไหลของอากาศ คือมี Heat supply rate ที่ห้อง 1 และ 2 โดยผลจากการคำนวณดูได้จากตารางที่ 6

ตารางที่ 6. แสดงผลการคำนวณการระบายอากาศห้องปรับอากาศรูปที่ 68

Heat supply 1000 kW on		Room 1					Room 2
Number of solution		5 solution					1 solution
Solution	1	2	3	4	5	1	
Type	B	C	B	A	C	D	
<b>Loop mass flow rate (kg/min)</b>							
GL 1	-8.24	-283.75	-71.34	419.68	-152.39	345.17	
GL 2	217.42	121.58	154.12	-30.91	100.17	33.86	
<b>Opening mass flow rate (kg/min)</b>							
GO 1	209.18	-162.17	82.79	388.76	-52.22	379.02	
GO 2	209.18	-162.17	82.79	388.76	-52.22	379.02	
GO 3	-8.24	-283.75	-71.34	419.68	-152.39	345.17	
GO 4	-8.24	-283.75	-71.34	419.68	-152.39	345.17	
GO 5	217.42	121.58	154.12	-30.91	100.17	33.86	
GO 6	217.42	121.58	154.12	-30.91	100.17	33.86	
GO 7	-8.24	-283.75	-71.34	419.68	-152.39	345.17	
GO 8	-8.24	-283.75	-71.34	419.68	-152.39	345.17	
<b>Pressure drop at opening (pascal)</b>							
PO 1	1.3082	-1.5847	0.2049	4.5185	-0.2664	4.2949	
PO 2	1.7990	-0.7863	0.4871	6.6686	-0.0815	6.0658	
PO 3	-0.0177	-4.9307	-0.6684	5.4243	-2.3642	3.6385	
PO 4	-0.0048	-3.3600	-0.3584	7.8282	-1.5984	3.8475	
PO 5	1.6994	0.8908	1.7315	-0.0389	0.9803	0.0350	
PO 6	1.9542	0.8533	1.7157	-0.0422	0.9169	0.1592	
PO 7	-0.0001	-0.0489	-0.0064	0.0541	-0.0232	0.0364	
PO 8	0.0000	-0.0336	-0.0036	0.0780	-0.0161	0.0384	
<b>Room temperature relative with <math>T_o</math>(outside temperature) (K)</b>							
TR 1	2,317.08	314.50	1,018.06	145.99	721.56	24.05	
TR 2	114.82	279.25	424.76	107.92	817.02	1,093.89	
TR 3	1,619.22	309.60	959.05	9.04	701.03	6.45	
TR 4	60.72	304.66	431.46	8.40	680.40	6.42	
TR 5	410.64	118.75	406.70	144.44	390.65	23.75	
TR 6	112.56	119.08	413.12	142.76	397.35	123.69	



ตารางที่ 6. ต่อ

Heat supply 1000 kW on		Room 1					Room 2
Number of solution		5 solution					1 solution
Solution	1	2	3	4	5	1	
Type	B	C	B	A	C	D	
Room air density ( $\text{kg/m}^3$ )							
Room air density 1	0.1331	0.5670	0.2643	0.7812	0.3411	1.0752	
Room air density 2	0.8399	0.6015	0.4807	0.8541	0.3799	0.2500	
Room air density 3	0.1815	0.5716	0.2767	1.1274	0.3481	1.1369	
Room air density 4	0.9659	0.5762	0.4763	1.1298	0.3554	1.1371	
Room air density 5	0.4903	0.8321	0.4930	0.7839	0.5045	1.0762	
Room air density 6	0.8445	0.8314	0.4886	0.7869	0.4996	0.8223	
Room pressure at room floor (pascal)							
PR 1	-44.9546	-36.2266	-57.9631	-15.9573	-57.6210	-7.6898	
PR 2	-55.3173	-63.9394	-70.8990	-53.2956	-74.0273	-64.8569	
PR 3	-44.0225	-41.0678	-58.3885	-3.7404	-59.8479	-2.8396	
PR 4	-51.1464	-63.5446	-69.2538	-47.9266	-73.5288	-47.4170	
PR 5	-37.9423	-27.6662	-53.1180	-23.7321	-52.8169	-11.5164	
PR 6	-57.1813	-60.2823	-72.4606	-54.5721	-72.5961	-53.7855	
Work index of flow (Watt)							
windex	-109.4733	-189.7387	-154.5335	-214.0819	-145.1907	-183.8158	

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากตารางที่ 6 จะเห็นได้ว่า ที่ความเร็วลม 3 m/s เมื่อมี Heat supply rate 1,000 kW ที่ห้อง 1 จะมีค่าตอบของการไหลทั้งหมด 5 คำตอบและมีรูปแบบเป็น A,B,C ดังแสดงในตาราง และเมื่อมี Heat supply หรือเพลิงไหม้ที่ห้อง 2 จะทำให้เกิดรูปแบบการไหลแบบ D เพียงแบบเดียว

ห้องที่เกิดเพลิงไหม้จะมีอุณหภูมิสูงกว่าห้องอื่น และจะมีอุณหภูมิสูงมากเมื่อมีอากาศไหลผ่านห้องนั้นน้อย โดยอุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้ความหนาแน่นอากาศน้อยลง และจะทำให้ความดันตกคร่อมช่องเปิดมากขึ้นที่อัตราการไหลผ่านช่องเปิดเท่ากัน ซึ่งอุณหภูมิที่แสดงไว้ในตารางนี้เป็นอุณหภูมิเปรียบเทียบกับ อุณหภูมิอากาศภายนอกอาคาร( $T_o$ ) โดยอุณหภูมิจริงจะต้องนำ อุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารมาบวกเข้ากับอุณหภูมิในตาราง

ความดันบริเวณพื้นห้องในอาคารทั้งหมดมีค่าเป็นลบเทียบกับความดันบรรยากาศบริเวณพื้นภายนอก ( $P_o$ ) โดยความดันจริงบริเวณพื้นห้องจะเท่ากับ ความดันในตารางที่ 6 รวมกับความดันระดับพื้นภายนอกอาคาร หลักการหาค่าความดันที่พื้นห้องจะแสดงให้เห็นดังนี้

ในที่นี้เราจะใช้ข้อมูลการไหลจากตารางที่ 6 สำหรับ คำตอบที่ 3 ซึ่งมีค่า Loop mass flow rate 1 = -71.34 kg/min และ Loop mass flow rate 2 =154.12 kg/min เราสามารถคำนวณหา ค่าความดันภายนอกบริเวณช่องเปิด 1 =  $P_o - \rho gh_1 + P_{w1}$  โดยเพื่อความสะดวกในการคำนวณ ให้เรามองว่า  $P_o=0$  ก่อน แล้วเมื่อคำนวณเสร็จหากต้องการความดันจริงให้เราทำการนำคำตอบมาบวกกับค่าความดันบรรยากาศ  $P_o$  ต่อไป

$$\text{ความดันลมภายนอกบริเวณช่องเปิด 1} = 0.7 \times 0.5 \times 1.1614 \times 3^2 \times (0.8)^{0.32} = 3.4063$$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้นได้ความดันเกจ ภายนอกบริเวณช่องเปิด 1} &= 0 - 1.1614 \times 9.81 \times 8 + 3.4063 \\ &= -87.74 \text{ Pascal} \end{aligned}$$

เราจะเห็นว่าที่ช่องเปิด 1 อากาศไหลเข้าสู่อาคารดังนั้นความดันบริเวณช่องเปิด ภายในจะน้อยกว่าภายนอกดังนั้นความดันภายในบริเวณช่องเปิด 1 =  $-87.74 - 0.2049 = -87.9449$  Pascal

ดังนั้นเราจะหาความดันบริเวณพื้นห้อง 4 ได้ โดยนำความดันแตกต่างจากแรงลอยตัวมาบวก โดยจะคำนวณความดันพื้นห้อง 4 =  $-87.9449 + 0.4763 \times 9.81 \times 4$  ประมาณ  $-69.25$  ตรงกับความดันอากาศบริเวณพื้นห้อง 4 ที่แสดงในตาราง โดยความดันจริง =  $-69.25 + 101,325 = 101,255.75$  Pascal ส่วนความดันห้องอื่นๆ ก็สามารถคำนวณได้ด้วยหลักการเดียวกัน

ค่า Work index ที่แสดงในตารางนี้เป็นค่าที่เราสร้างขึ้นโดยสมมุติฐานว่าหากการไหลใดมีขนาดของ Work index มากกว่า ก็น่าจะมีโอกาสเกิดขึ้นในสถานการณ์จริง มากกว่า ซึ่งหมายถึงมีการถ่ายเทพลังงานระหว่างอาคารกับสิ่งแวดล้อมจากการไหลอากาศมากกว่า โดยจากตารางที่ 6 เราจะเห็นว่าเมื่อมีเพลิงไหม้ที่ห้อง 1 คำตอบที่ 4 จะมีขนาด Work index มากที่สุดและมีอุณหภูมิห้องโดยรวมต่ำที่สุด เราคิดว่าน่าจะมีโอกาสเกิดขึ้นจริงมากที่สุด

จากรูปที่ 67 รูปแบบการไหลแบบ O คือไม่มีการไหลของอากาศเลยจะมีโอกาสเกิดขึ้นได้ในกรณีที่ลมสงบหรือไม่มีลมพัด ซึ่งหากเกิดเหตุการณ์นี้จะทำให้อุณหภูมิห้องในอาคารมีค่าสูงมากได้ โดยหากเราคำนวณค่า Work index จะได้เท่ากับ 0 แสดงว่าน่าจะมีโอกาสเกิดขึ้นได้ยากที่สุด

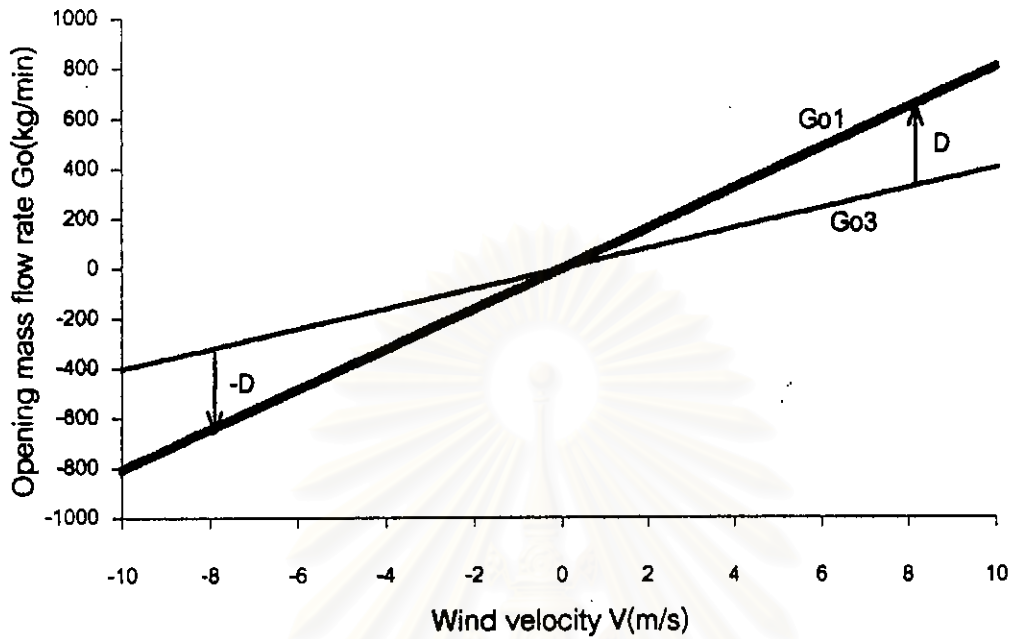
ในอาคาร 2 Loop mass flow rate นี้ก็มีโอกาสเกิดคำตอบที่หลากหลายได้โดยการไหลบางรูปแบบก็อาจเป็นแบบที่เราไม่ต้องการให้เป็นในยามในยามที่เกิดเพลิงไหม้เช่น หากเพลิงไหม้ที่ห้อง 1 จะเห็นว่ารูปแบบการไหลแบบ A,B,C ที่เกิดขึ้นนั้นจะทำให้ควันไฟไหลเข้าสู่ห้อง 2 ซึ่งอยู่ชั้นบนได้ ซึ่งจะทำให้คนที่อยู่ในห้อง 2 ได้รับอันตรายจากควันไฟด้วย

ต่อไปเราจะศึกษาผลของปัจจัยต่างๆ ต่อการระบายอากาศโดยการใส่โปรแกรม MRVENT ช่วยในการคำนวณ โดยปัจจัยที่เราสนใจคือ

1. ความเร็วลม เป็นตัวที่ในสภาวะจริงจะมีค่าไม่คงที่และขึ้นกับสภาพภูมิประเทศซึ่งน่าจะเป็นตัวที่ทำให้เกิดความหลากหลายของคำตอบมากที่สุดเนื่องจากมีผลต่อความดันของวงรอบที่กำหนดโดยตรง
2. อัตราความร้อนที่เกิดขึ้นในห้อง เป็นปัจจัยที่ทำให้ผลของแรงลอยตัวมีมากขึ้นซึ่งหากว่ามีเพลิงไหม้ที่ห้องใด ก็จะมีความร้อนเกิดขึ้นที่ห้องนั้นสูง และมีโอกาสที่จะทำให้เกิดคำตอบได้หลายรูปแบบ
3. ความแตกต่างของระดับความสูงของช่องเปิด จะทำให้ความดันที่ช่องเปิดภายในห้องเดียวกันมีค่าต่างกันซึ่งเป็นส่วนประกอบในการคำนวณในสมการลมดูดความดัน จึงน่าจะเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดคำตอบที่หลากหลายได้
4. ขนาดของช่องเปิดภายในอาคาร จะทำให้มีผล ต่อความดันตกคร่อมช่องเปิดซึ่งใช้ในการคำนวณ ในสมการลมดูดความดัน
5. สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของผนังอาคาร หรือวัสดุที่ใช้ทำผนังอาคารนั้น จะมีผลต่ออุณหภูมิของห้องต่างๆ ในอาคารซึ่งเราจะนำอุณหภูมิไปใช้ในการคำนวณต่อไป
6. การติดตั้งพัดลมช่วยในการระบายอากาศน่าจะเป็นปัจจัยที่ช่วยลดความหลากหลายรูปแบบของการไหล โดยเราจะลองทำการเพิ่มพัดลมให้กับโปรแกรมแล้วคำนวณหาคำตอบการไหลว่ามีความเป็นไปได้หรือไม่

โดยในการแสดงผลจะแสดงแบบแผนภาพ ซึ่งจะดูได้ต่อไป

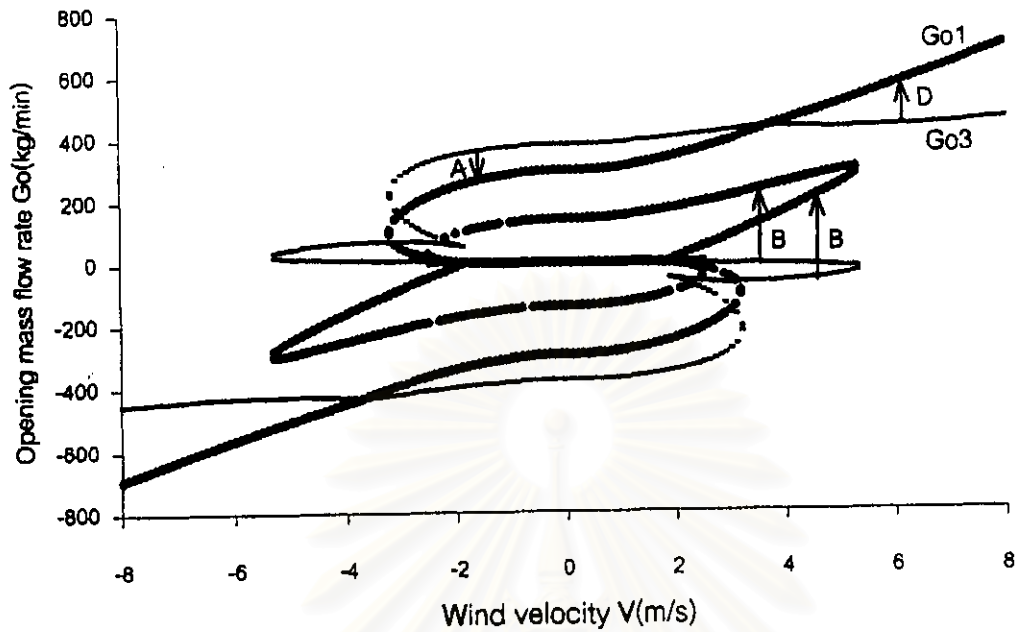
#### 4.2.1 ผลของความเร็วมต่ออัตราการไหลอากาศ



รูปที่ 68. แสดงผลของความเร็วมต่ออัตราการไหลผ่านช่องเปิด

$$W_{r1}=0 \text{ kW} , W_{r2}=0 \text{ kW}$$

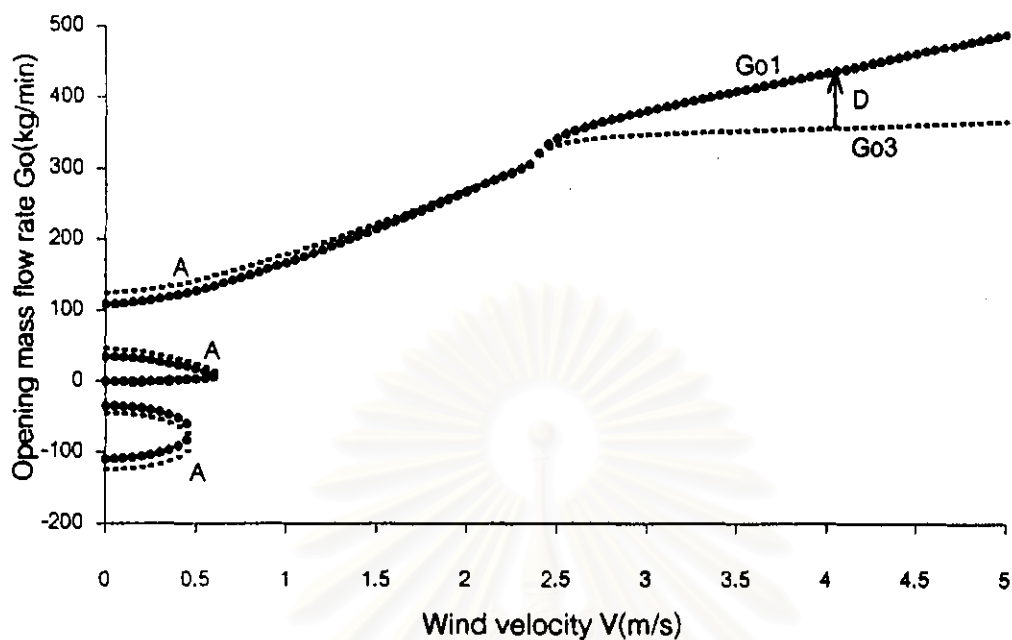
V	Go1	Go3	Type
-10.00	-806.48	-402.24	-D
-5.00	-403.24	-201.12	-D
0.00	0.00	0.00	O
5.00	403.24	201.12	D
10.00	806.48	402.24	D



รูปที่ 69. แสดงผลของความเร็วมต่ออัตราการไหลผ่านช่องเปิด

$Wr1=1000 \text{ kW}$  ,  $Wr2=0 \text{ kW}$

V	Go1	Go3	Type
-8.00	-692.47	-453.23	-D
-5.00	-289.71	17.46	-B
-5.00	-503.89	-427.54	-D
-5.00	-245.16	48.13	-B
0.00	0.00	0.00	O
0.00	140.28	-6.33	B
0.00	296.51	378.46	A
0.00	-140.28	6.33	-B
0.00	-296.51	-378.46	-A
5.00	289.71	-17.46	B
5.00	503.89	427.54	D
5.00	245.16	-48.13	B
8.00	692.47	453.23	D



รูปที่ 70. แสดงผลของความเร็วมต่ออัตราการไหลผ่านช่องเปิด

$Wr1=0 \text{ kW}$  ,  $Wr2=1000 \text{ kW}$

V	Go1	Go3	Type
0.00	0.00	0.00	O
0.00	-109.06	-124.59	-A
0.00	109.08	124.61	A
0.00	34.81	45.12	A
0.00	-34.80	-45.11	-A
0.20	-0.08	-0.07	-D
0.20	112.53	127.92	A
0.20	-105.28	-120.93	-A
0.20	31.75	41.33	A
0.20	-38.12	-49.16	-A
0.20	-1.27	-1.46	-A
0.50	127.86	142.48	A
0.50	17.93	23.57	A
1.00	166.94	178.62	A
5.00	484.97	362.19	D

จากรูปที่ 68-70 ซึ่งแสดงคำตอบที่คำนวณได้ โดย Go1 และ Go3 คืออัตราการไหลเชิงมวลผ่านช่องเปิด 1 และ 3 ตามลำดับ เปรียบเทียบกับทิศทางที่กำหนดให้ Incident Matrix ตามรูปที่ 66 โดยเส้นลูกศรที่แสดงในภาพบอกให้รู้ว่าเป็นคำตอบชุดใด และแสดงความแตกต่างของอัตราการไหลระหว่างช่องเปิด 1 และ 3 ซึ่งก็คืออัตราการไหลเชิงมวลของอากาศที่ผ่านช่องเปิด 5 นั่นเอง

จากรูปที่ 68 เมื่อไม่มีความร้อนเกิดขึ้นในห้องเลย จะเห็นว่า อัตราการไหลของอากาศจะแปรตามความเร็วลมอย่างชัดเจน หากความเร็วลมเป็นบวก จะทำให้อากาศไหลเข้าอาคารทางช่องเปิด 1 จากนั้นแบ่งเป็น 2 ทาง เข้าห้อง 1 และ 2 โดยจะไหลเข้าห้อง 2 มากกว่าเล็กน้อย เนื่องจากการใน วงรอบ 1 อากาศจะต้องผ่านช่องเปิดมากกว่าทำให้ความเสียดทานมากกว่า โดยคำตอบที่ได้จะเห็นว่ามีเพียงคำตอบเดียวเท่านั้น ในทุกค่าของความเร็วลม โดยรูปแบบการไหลเป็นแบบ D ยกเว้นที่ความเร็วลมเป็น 0 จะเป็นรูปแบบ O คือไม่มีการไหลเลย

จากรูปที่ 69 มีความร้อนเกิดขึ้นหรือเพลิงไหม้ที่ห้อง 1 จะเห็นได้ว่าที่ความเร็วลมน้อยๆ ในช่วง (-6, 6) จะมีความหลากหลายของคำตอบและหลากหลายรูปแบบ แต่เมื่อความเร็วลมมากกว่า 6 ขึ้นไปจะเห็นได้ว่าคำตอบการไหลจะเหลือเพียงคำตอบเดียวคือรูปแบบ D ซึ่งจะสังเกตได้ว่าความเร็วลมยิ่งมากจะทำให้แนวโน้มของการไหลของอากาศจะไหลจากช่องเปิดที่รับลมไปสู่ช่องเปิดอีกด้านหนึ่ง โดยเมื่อความเร็วลมเป็นลบคือลมไหลกลับกับทิศที่เขียนไว้ในรูปที่ 67 ซึ่งเราจะเห็นว่ากราฟจะมีลักษณะเหมือนกับทางด้านความเร็วลมเป็นบวกแต่มีทิศทางตรงกันข้าม ทั้งนี้เนื่องจากลักษณะของอาคารมีความสมมาตรกัน โดยรูปแบบการไหลของอากาศสามารถเกิดขึ้นได้ทุกแบบคือ A,B,C,D,O

ในรูปที่ 70 มีความร้อนเกิดที่ห้อง 2 จะเห็นได้ว่าที่ความเร็วต่ำๆ ก็มีความหลากหลายของคำตอบ และในช่วงความเร็วลม 0.75-2.5 m/s จะเห็นได้ว่ามีคำตอบการไหลแบบเดียวเป็นรูปแบบ A และหากความเร็วมากกว่า 2.5 จะเห็นว่ารูปแบบการไหลจะเป็นแบบ D และมีคำตอบเดียว

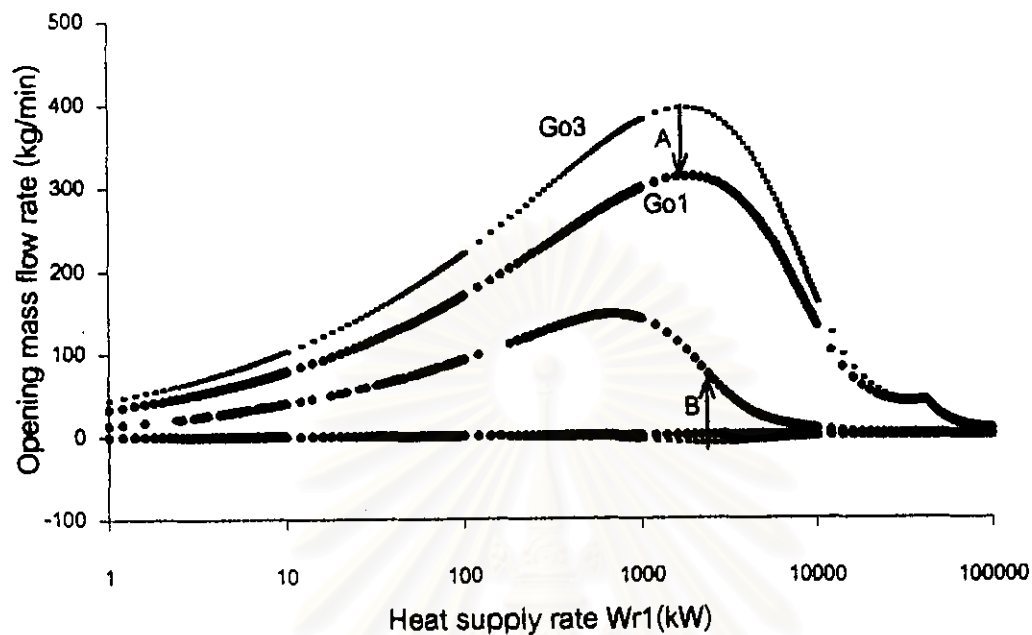
ความเร็วลม โดยทั่วไปจะอยู่ในช่วง 0-10 m/s ซึ่งจากรูปที่ 69 และ 70 จะเห็นว่าเมื่อเกิดเพลิงไหม้มีโอกาสมากที่จะเกิดการไหลในคำตอบอื่นที่เราไม่ต้องการและจะทำให้ควันไฟทำอันตรายต่อคนที่อยู่ในชั้นอื่นๆ ได้

ความร้อนที่เกิดขึ้นภายในห้องหรือ Heat supply rate นี้เราสมมุติว่าเป็นอัตราความร้อนที่ปลดปล่อยออกมาโดยเพลิงที่ไหม้ภายในห้อง ซึ่งมากหรือน้อยขึ้นกับชนิดของเชื้อเพลิง โดยรูปที่ 71 และ 72 จะแสดงผลของการเปลี่ยนแปลงความร้อนต่ออัตราการไหลของอากาศ



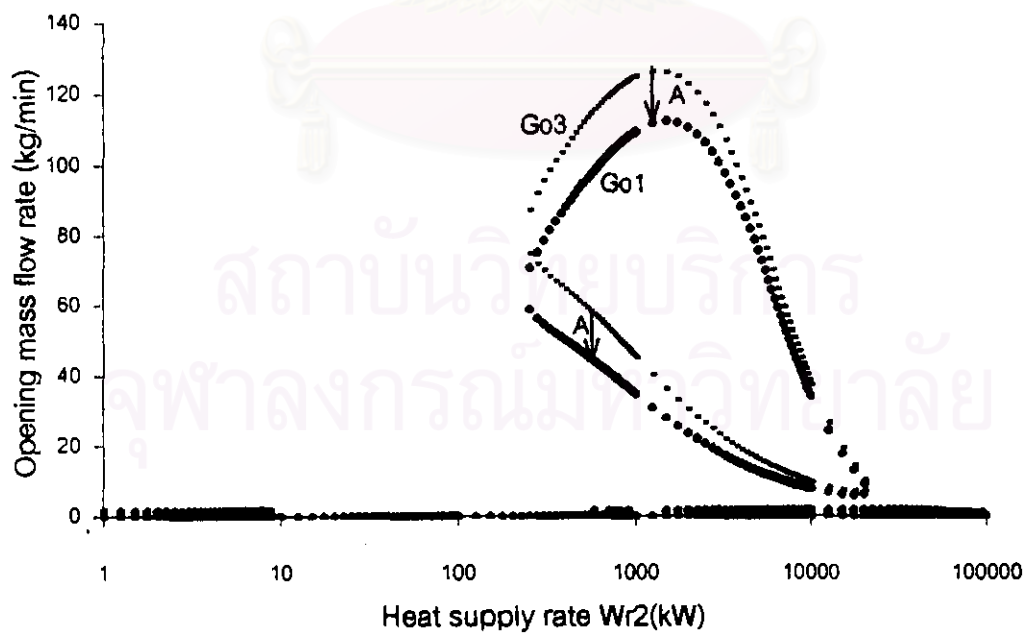


## 4.2.2 ผลของความร้อนต่ออัตราการไหลของอากาศ



รูปที่ 71. แสดงผลของความร้อนห้อง 1 ต่ออัตราการไหลผ่านช่องเปิด

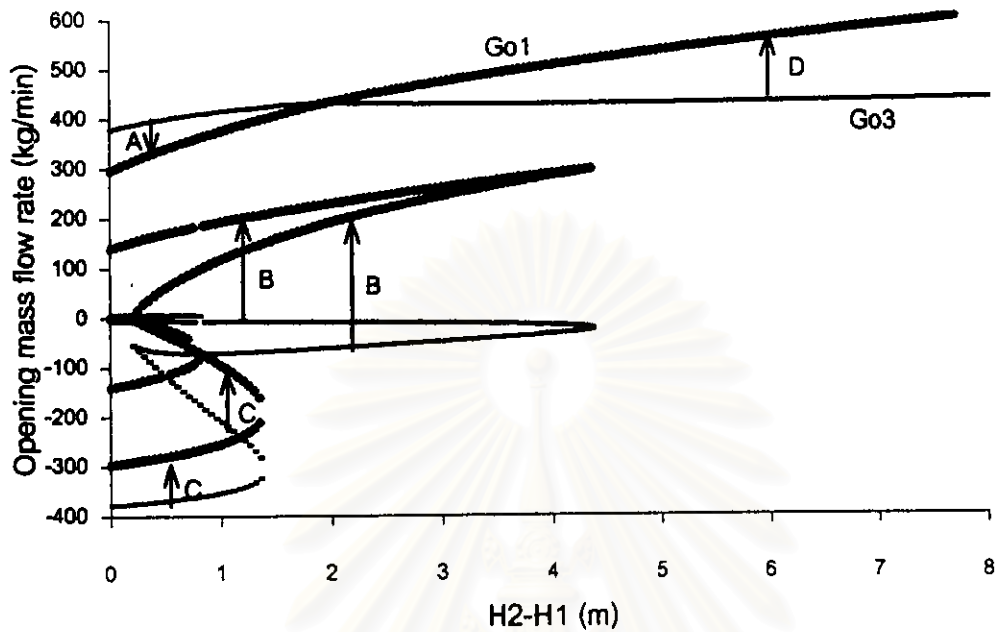
V=0 m/s



รูปที่ 72. แสดงผลของความร้อนห้อง 2 ต่ออัตราการไหลผ่านช่องเปิด

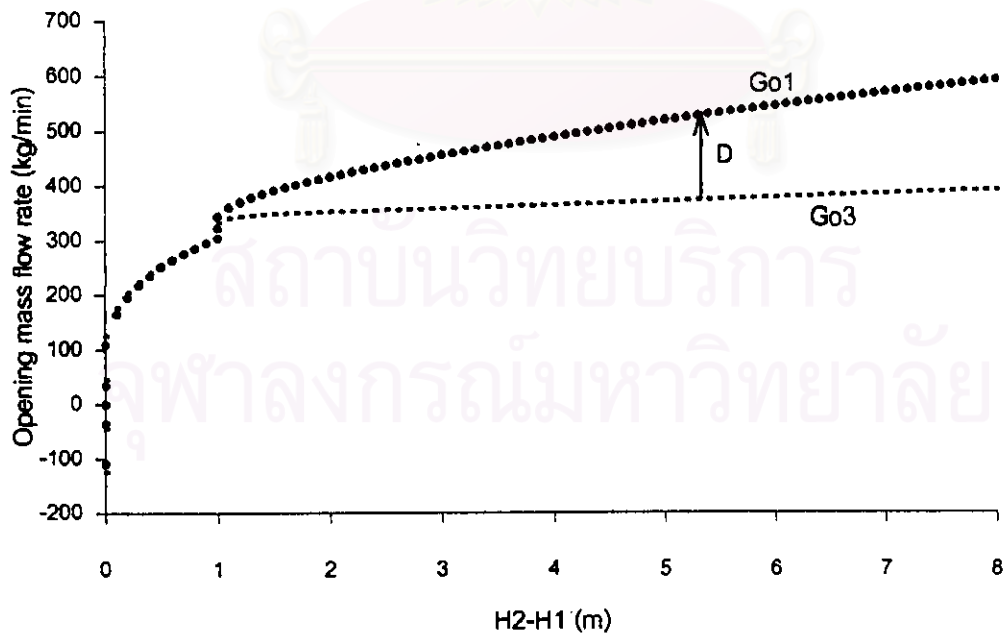
V=0 m/s

### 4.2.3 ผลของความสูงช่องเปิดต่ออัตราการไหลของอากาศ



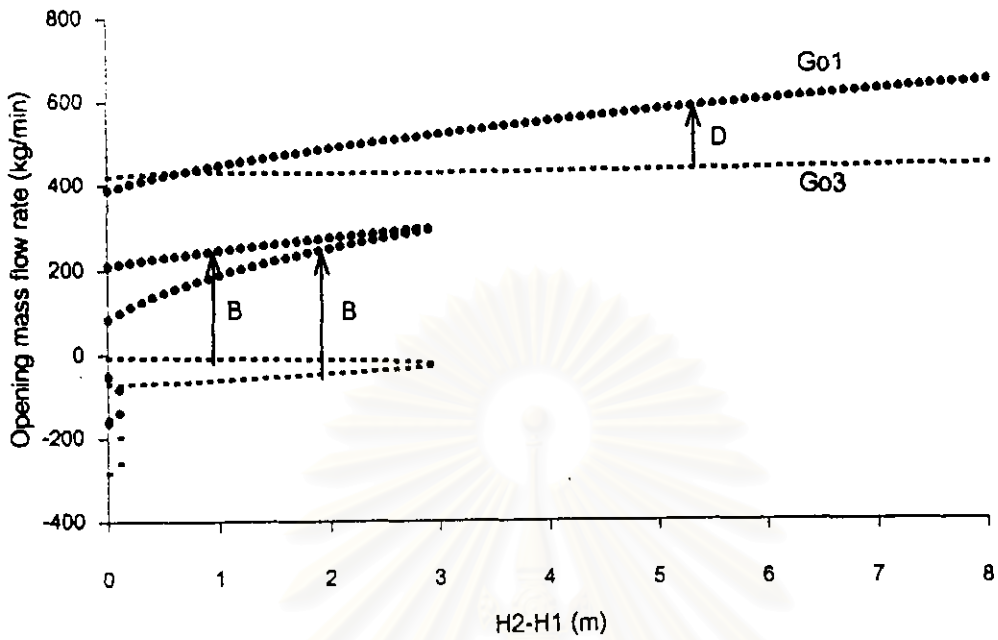
รูปที่ 73. แสดงผลของความสูงช่องเปิด 1 และ 2 ต่ออัตราการไหลผ่านช่องเปิด

$V=0$  m/s ,  $Wr1=1000$  kW



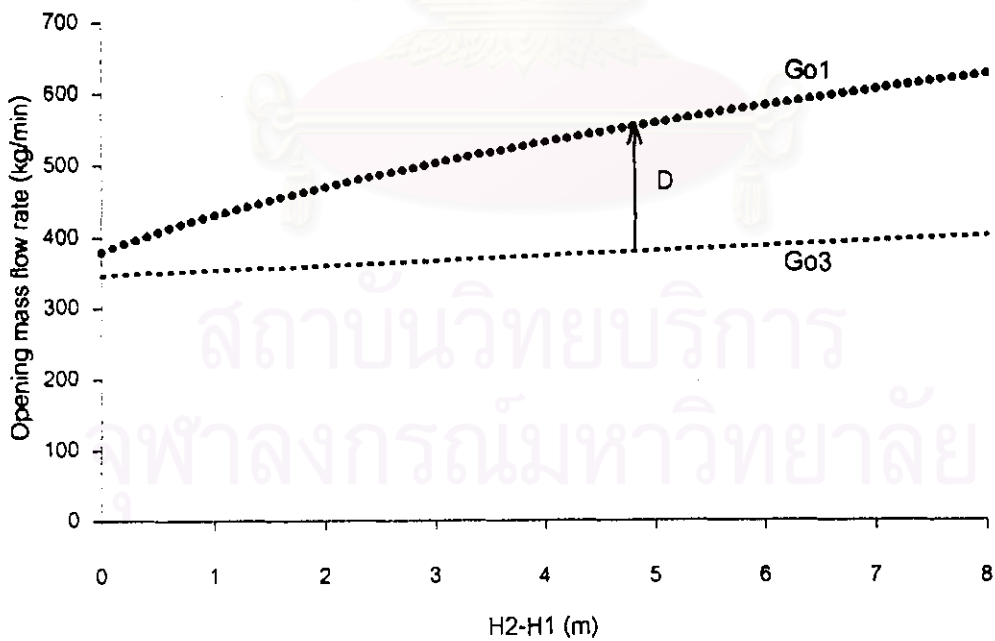
รูปที่ 74. แสดงผลของความสูงช่องเปิด 1 และ 2 ต่ออัตราการไหลผ่านช่องเปิด

$V=0$  m/s ,  $Wr2=1000$  kW



รูปที่ 75. แสดงผลของความสูงช่องเปิด 1 และ 2 ต่ออัตราการไหลผ่านช่องเปิด

$V=3$  m/s ,  $Wr_1=1000$  kW



รูปที่ 76. แสดงผลของความสูงช่องเปิด 1 และ 2 ต่ออัตราการไหลผ่านช่องเปิด

$V=3$  m/s ,  $Wr_2=1000$  kW

จากรูปที่ 73 จะเห็นว่าเมื่อมีความร้อนที่ห้อง 1 และความเร็วลมเท่ากับ 0 m/s ความแตกต่างของความสูงช่องเปิด 1 และ 2 จะมีผลต่อรูปแบบการไหลของอากาศ จะเห็นว่าเมื่อความแตกต่างของความสูงช่องเปิดมากกว่า 4.5 m รูปแบบการไหลจะเหลือเพียงแบบเดียวคือแบบ D คืออากาศจะไหลออกจากอาคารทางช่องเปิด 2

รูปที่ 74 จะเห็นว่าเมื่อมีความร้อนที่ห้อง 2 และความเร็วลมเท่ากับ 0 m/s จะเห็นว่าเมื่อมีความสูงแตกต่างจะทำให้คำตอบมีคำตอบเดียวและหากความสูงช่องเปิดแตกต่างกันมากๆจะทำให้รูปแบบการไหลเป็นแบบ D เหมือนในรูปที่ 73

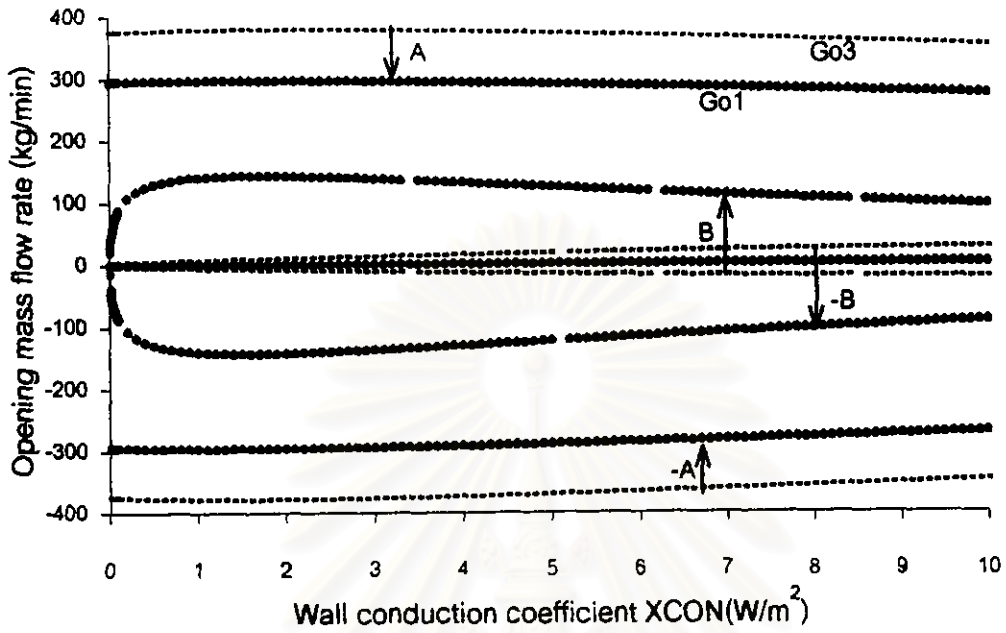
รูปที่ 75 มีความร้อนที่ห้อง 1 และความเร็วลมเท่ากับ 3 m/s จะเห็นว่ามีความหลากหลายของคำตอบอยู่ เมื่อความแตกต่างของความสูงช่องเปิดน้อยๆ แต่เมื่อความแตกต่างของความสูงมากขึ้นมากกว่า 3 m จะเหลือคำตอบเดียวเป็นรูปแบบ D

รูปที่ 76 มีความร้อนที่ห้อง 2 ความเร็วลมเท่ากับ 3 m/s จะเห็นได้ว่ารูปแบบการไหลของอากาศเป็นแบบ D เท่านั้น

เราจะเห็นได้ว่าความสูงของช่องเปิดมีผลต่อการไหลของอากาศในอาคาร ดังนั้นการออกแบบลักษณะอาคารที่ถูกต้องจะช่วยควบคุมการไหลของอากาศในยามเกิดเพลิงไหม้ได้

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

#### 4.2.4 ผลของการนำความร้อนของผนังต่ออัตราการไหลของอากาศ

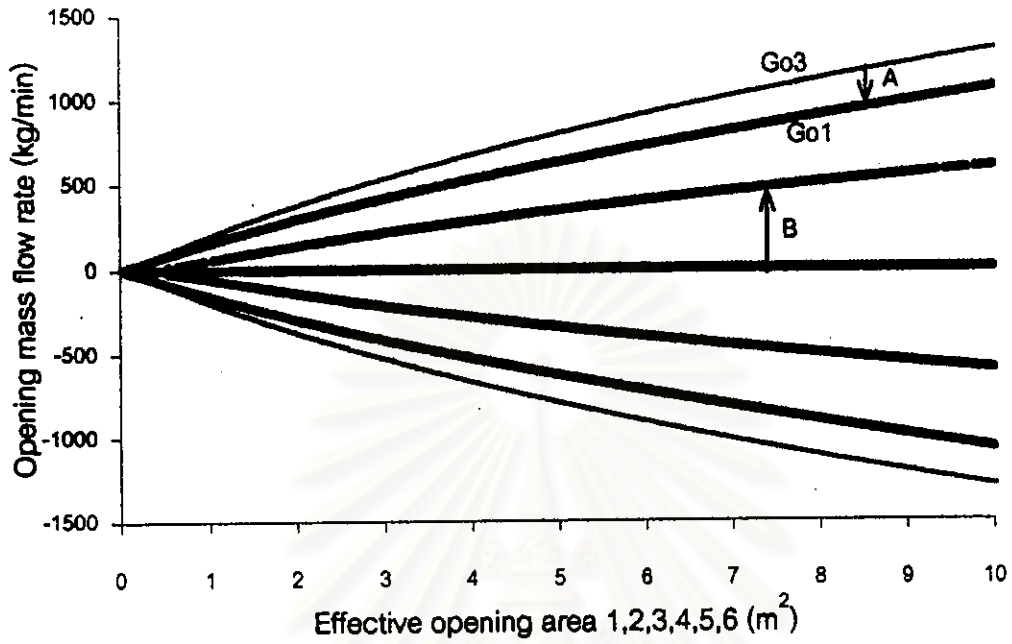


รูปที่ 77. แสดงผลของการนำความร้อนของผนังต่ออัตราการไหลผ่านช่องเปิด

$$V=0 \text{ m/s} , \text{ Wr1}=1000 \text{ kW}$$

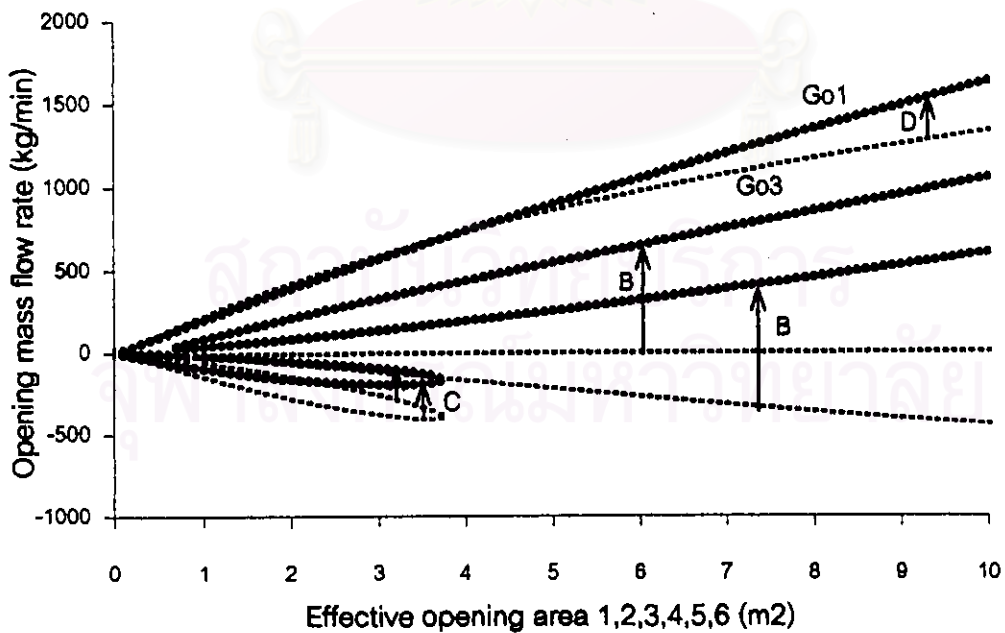
XCON	Go1	Go3	Type
1.00	0.00	0.00	O
1.00	296.51	378.46	A
1.00	-140.29	6.33	-B
1.00	-296.51	-378.46	-A
1.00	140.28	-6.33	B
5.00	0.00	0.00	O
5.00	-123.24	16.84	-B
5.00	-289.04	-370.83	-A
5.00	289.05	370.84	A
5.00	123.25	-16.84	B

#### 4.2.5 ผลของขนาดช่องเปิดต่ออัตราการไหลอากาศ



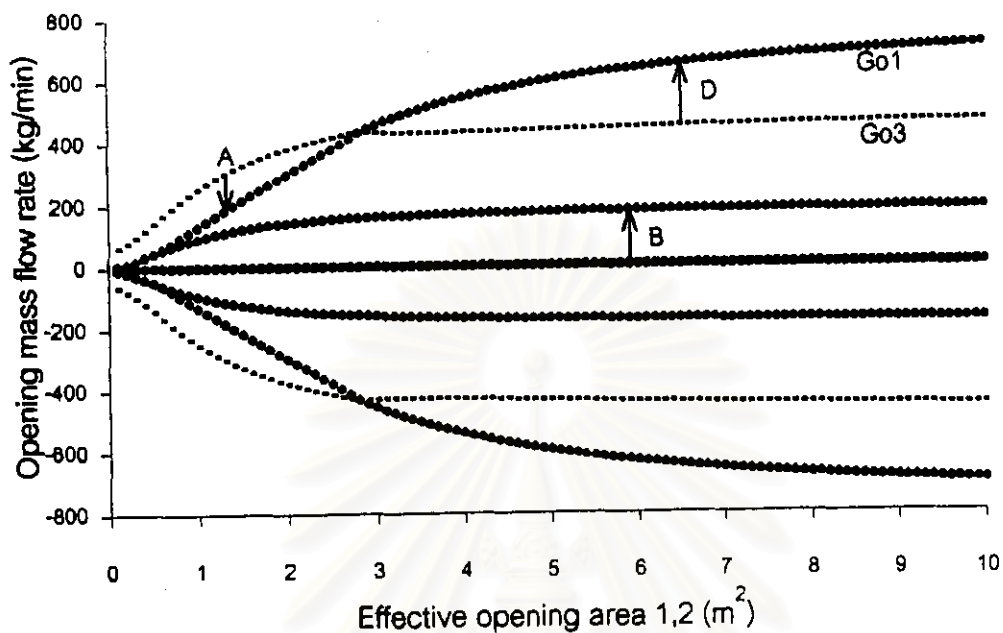
รูปที่ 78. แสดงผลของขนาดช่องเปิด 1-6 ต่ออัตราการไหลผ่านช่องเปิด

$V=0$  m/s ,  $Wr1=1000$  kW



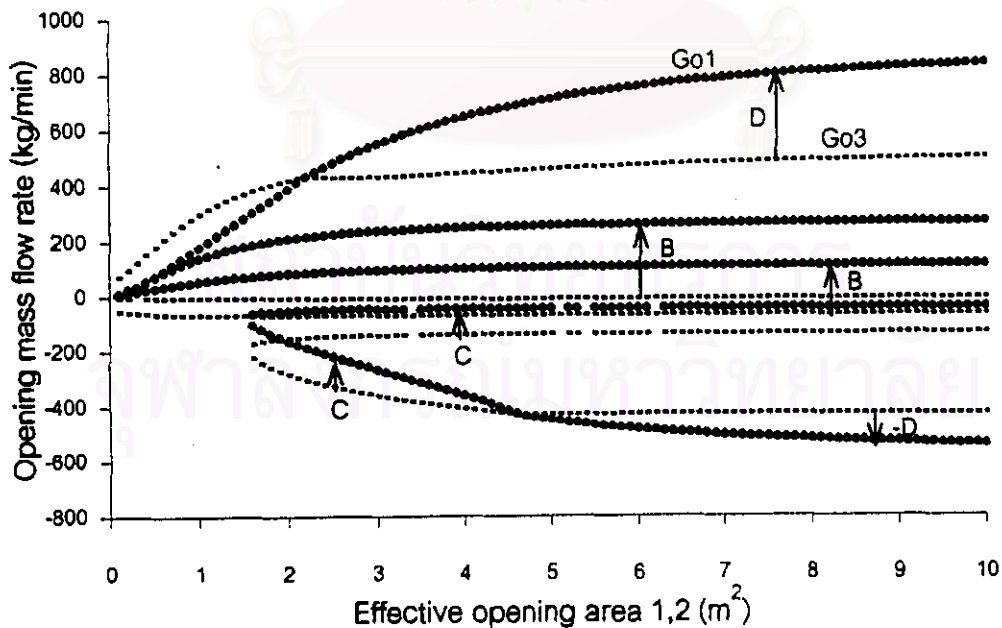
รูปที่ 79. แสดงผลของขนาดช่องเปิด 1-6 ต่ออัตราการไหลผ่านช่องเปิด

$V=3$  m/s ,  $Wr1=1000$  kW



รูปที่ 80. แสดงผลของขนาดช่องเปิด 1-2 ต่ออัตราการไหลผ่านช่องเปิด

V=0 m/s , Wr1=1000 kW



รูปที่ 81. แสดงผลของขนาดช่องเปิด 1-2 ต่ออัตราการไหลผ่านช่องเปิด

V=3 m/s , Wr1=1000 kW

จากรูปที่ 77 จะเห็นได้ว่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนผ่านผนังอาคารนั้นโดยทั่วไปจะไม่ค่อยมีผลต่อรูปแบบการไหลของอากาศมากนัก

จากรูปที่ 78-81 จะเห็นได้ว่าขนาดช่องเปิดมีผลอย่างชัดเจนต่ออัตราการไหลของอากาศ แต่ไม่ค่อยมีผลต่อรูปแบบการไหลของอากาศมากนัก

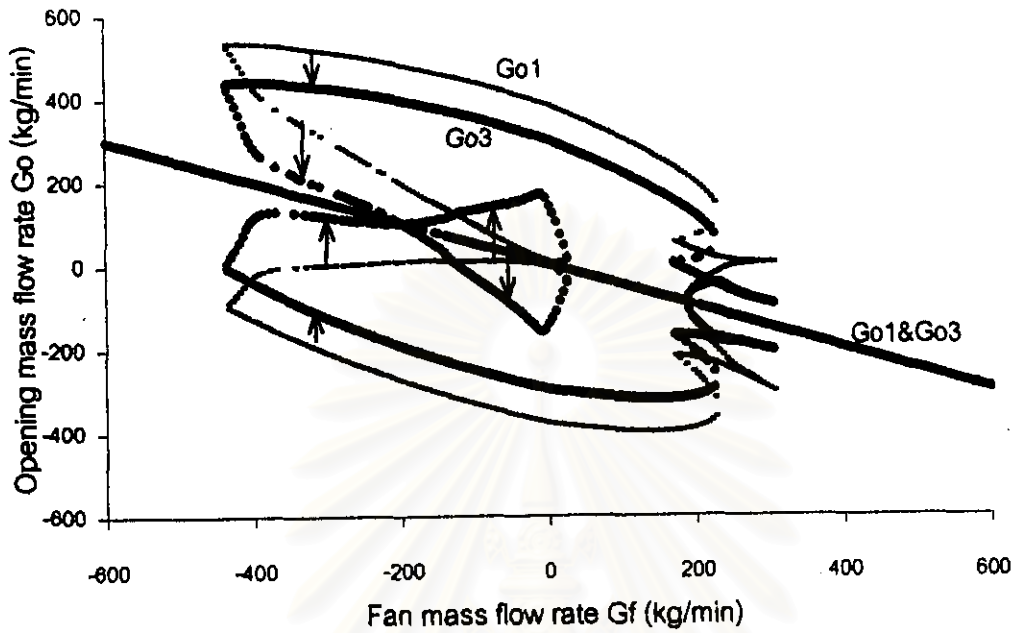
รูปที่ 82-85 จะแสดงผลของพัดลมระบายอากาศต่ออัตราการไหลของอากาศในอาคาร



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

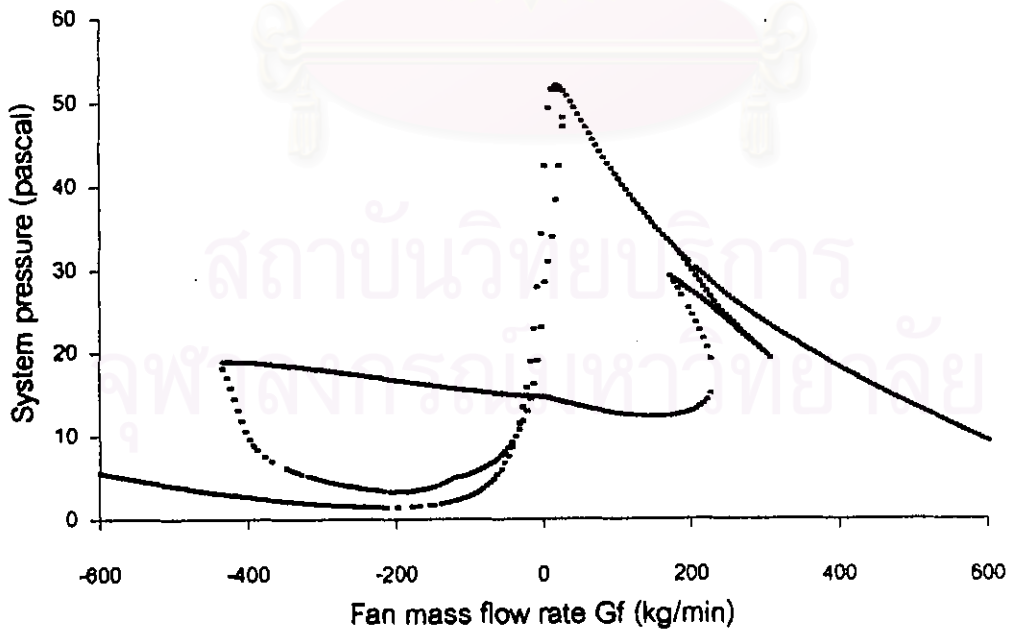


#### 4.2.6 ผลของพัดลมดูดอากาศต่ออัตราการไหลอากาศ



รูปที่ 82. ผลของพัดลมดูดอากาศต่ออัตราการไหลผ่านช่องเปิด โดยติดพัดลมที่ห้อง 1 ระดับสูง 2 m.

$V=0$  m/s ,  $W_{r1}=1000$  kW

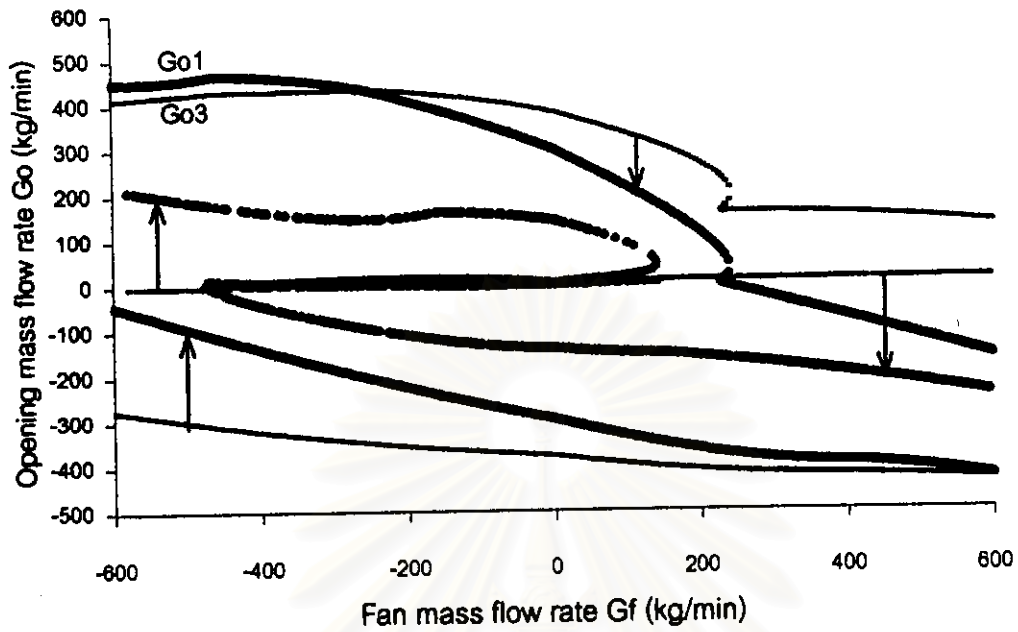


รูปที่ 83. ผลของพัดลมต่อ System pressure โดยติดพัดลมที่ห้อง 1 ระดับสูง 2 m.

$V=0$  m/s ,  $W_{r1}=1000$  kW

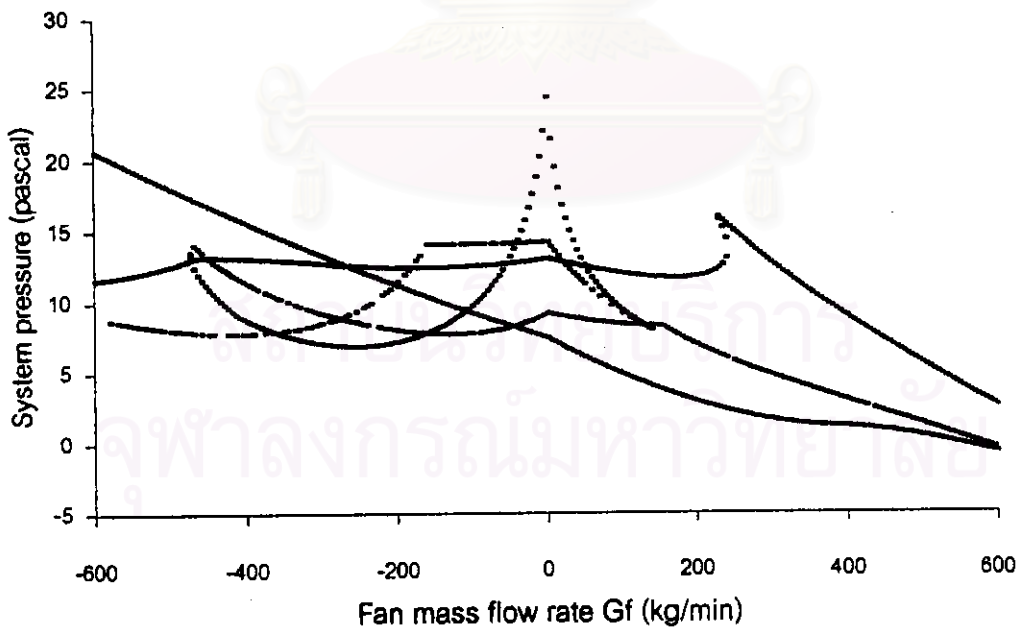
## ข้อมูลบางส่วนของสำเนาแบบที่ 82 และ 83

Gf	Go1	Go2	Go3	Go4	Go5	System pressure
-600.00	300.00	-300.00	300.00	-300.00	0.00	5.52
-500.00	250.00	-250.00	250.00	-250.00	0.00	3.91
-200.00	-193.27	-393.27	-276.72	-476.72	83.45	16.61
-200.00	393.26	193.26	476.72	276.72	-83.46	16.61
-200.00	99.38	-100.62	7.66	-192.34	91.72	3.27
-200.00	100.00	-100.00	100.01	-99.99	0.00	1.41
-200.00	100.62	-99.38	192.34	-7.66	-91.72	3.27
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	42.22
0.00	-296.51	-296.51	-378.47	-378.47	81.96	14.63
0.00	-140.29	-140.29	6.33	6.33	-146.62	28.39
0.00	140.28	140.28	-6.33	-6.33	146.61	28.39
0.00	296.51	296.51	378.46	378.46	-81.95	14.63
200.00	-61.55	138.45	-50.70	149.30	-10.85	29.71
200.00	114.95	314.95	190.42	390.42	-75.47	12.97
200.00	-314.96	-114.96	-390.44	-190.44	75.47	12.97
200.00	-138.46	61.54	-149.32	50.68	10.85	29.71
200.00	-171.92	28.08	-227.18	-27.18	55.25	27.16
200.00	-28.08	171.92	27.17	227.17	-55.25	27.16
200.00	9.97	209.97	66.12	266.12	-56.15	24.37
200.00	-209.97	-9.97	-266.12	-66.12	56.15	24.37
500.00	-250.00	250.00	-249.99	250.01	0.00	13.44
600.00	-300.00	300.00	-300.00	300.00	0.00	9.24



รูปที่ 84. ผลของพัดลมต่ออัตราการไหลผ่านช่องเปิด โดยติดพัดลมที่ห้อง 6 ระดับสูง 4 m.

$V=0$  m/s ,  $W_r1=1000$  kW



รูปที่ 85. ผลของพัดลมต่ออัตราการไหลผ่านช่องเปิด โดยติดพัดลมที่ห้อง 6 ระดับสูง 4 m.

$V=0$  m/s ,  $W_r1=1000$  kW

## ข้อมูลบางส่วนสำหรับรูปที่ 84 และ 85

Gf	Go1	Go2	Go3	Go4	Go5	System pressure
-500.00	456.84	-43.16	423.63	423.63	33.21	12.57
-500.00	-92.67	-592.67	-300.28	-300.26	207.61	18.00
-500.00	186.58	-311.42	-3.15	-3.15	191.73	8.03
-200.00	13.49	-186.51	0.68	0.68	12.81	7.15
-200.00	-224.35	-424.35	-355.39	-355.39	131.04	11.13
-200.00	407.47	207.47	425.89	425.89	-18.41	12.41
-200.00	-109.61	-309.81	7.34	7.34	-117.15	7.98
-200.00	150.88	-49.12	-4.74	-4.74	155.63	11.37
-100.00	10.74	-89.26	0.13	0.13	10.61	9.69
-100.00	356.82	256.82	407.29	407.29	-50.48	12.48
-100.00	-262.21	-362.21	-368.12	-368.12	105.91	9.16
-100.00	157.21	57.21	-6.62	-6.62	163.83	14.04
-100.00	-131.34	-231.34	6.82	6.82	-138.16	7.73
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.28
0.00	-296.51	-296.51	-378.47	-378.47	81.96	7.39
0.00	-140.29	-140.29	6.33	6.33	-146.62	9.16
0.00	140.28	140.28	-6.33	-6.33	146.61	14.15
0.00	296.51	296.51	378.46	378.46	-81.95	12.98
100.00	16.36	116.36	-0.38	-0.38	16.74	9.30
100.00	-334.31	-234.31	-397.37	-397.37	63.06	4.82
100.00	212.65	312.65	328.72	328.72	-116.07	11.91
100.00	87.70	187.70	-2.65	-2.65	90.35	9.09
100.00	-151.52	-51.52	6.51	6.51	-158.03	8.33
200.00	-160.13	39.87	6.85	6.85	-166.97	6.84
200.00	112.77	312.77	262.17	262.17	-149.40	11.67
200.00	-364.71	-164.71	-410.54	-410.54	45.83	2.86
500.00	-117.46	382.54	141.64	141.64	-259.10	5.53
500.00	-404.72	95.28	-426.02	-426.02	21.31	0.36
500.00	-218.34	281.66	8.65	8.65	-226.99	1.21

จากรูปที่ 82 และ 83 เราติดพัดลมระบายอากาศที่ห้อง 1 และลองเปลี่ยนค่าอัตราการไหลของพัดลมโดยค่าอัตราการไหลของพัดลมเป็นลบหมายถึงดูดอากาศออกจากอาคาร และค่าอัตราการไหลของพัดลมเป็นบวกหมายถึงอัดอากาศเข้าอาคารเราจะเห็นว่าพัดลมมีผลต่อรูปแบบการไหลของอากาศ และจากรูปที่ 83 แสดง ความดันของระบบหรือความดันคร่อมช่องเปิดพัดลมที่ทำให้ลมดูกับความดันอาคารในสภาวะนั้นๆ

รูปที่ 84 และ 85 เราติดพัดลมที่ห้อง 6 จะเห็นได้ว่าความหลากหลายรูปแบบของการไหลมีตลอดทุกค่า  $Gf$

หากเรานำ Performance Curve มาเทียบกับกราฟ System pressure รูปที่ 83 และ 85 จะทำให้เราได้จุดตัดเป็นจุดทำงานของพัดลมนั้นๆต่ออาคาร

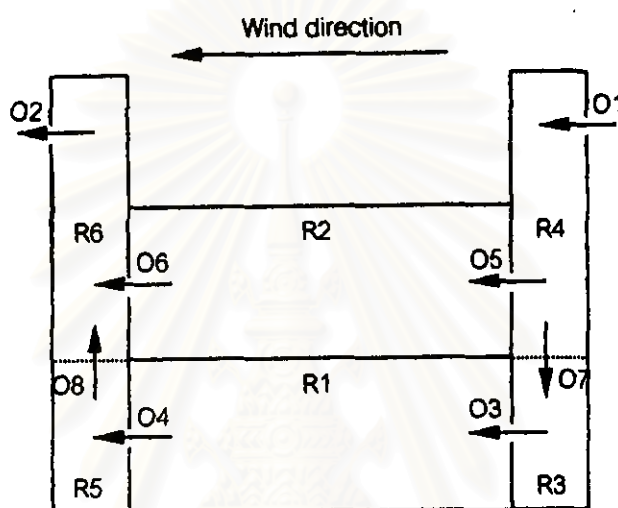
จะเห็นได้ว่าตำแหน่งติดตั้งพัดลมก็มีผลต่อการควบคุมการไหลของอากาศในอาคารดังนั้นการออกแบบระบบพัดลมระบายอากาศที่เหมาะสมจะช่วยให้ควบคุมการไหลของอากาศได้

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

#### 4.2.7 การเปรียบเทียบผลการคำนวณสำหรับ อาคาร 2 Loop mass flow rate

เพื่อให้รูปแบบอาคารเหมาะสมกับ การใส่ข้อมูลให้กับโปรแกรม ASCOS เราจึงเพิ่มความสูงของช่องเปิด 1 และ 2 อีก เป็นสูง 10 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 82

การใส่ข้อมูลจะใส่เหมือนในอาคารรูปที่ 66 ยกเว้นความสูงช่องเปิด 1,2 และให้ความหนาแน่นของอากาศภายนอกเท่ากับ  $1.2 \text{ kg/m}^3$  ที่อุณหภูมิของอากาศภายนอกเท่ากับ  $294 \text{ K}$  ( $21^\circ\text{C}$ )



รูปที่ 86. แสดงลักษณะอาคารที่ใช้เปรียบเทียบผลการคำนวณ

เนื่องจากโปรแกรม ASCOS ไม่มีการคิดผลของการถ่ายเทความร้อนดังนั้นเราจึงต้องทำการกำหนดอุณหภูมิห้องทุกห้องคงที่ให้กับโปรแกรมทั้งดองจากนั้นจึงทำการเปลี่ยนแปลงค่าความเร็วลมและอุณหภูมิห้องต่าง ๆ กัน แล้วคำนวณหาค่าอัตราการไหลของอากาศ โดยจะเปรียบเทียบกันด้วยค่าอัตราการไหลผ่านช่องเปิด 3 และ 5 (Opening mass flow rate)

ในการใส่ข้อมูลให้กับโปรแกรม ASCOS นั้นเราให้ห้อง 3,4 และ 5,6 เป็น ช่อง shaft โดยข้อมูลที่ให้กับโปรแกรมแสดงในภาคผนวก

โดยผลการเปรียบเทียบการคำนวณอัตราการระบายอากาศนั้นแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7. แสดงผลการเปรียบเทียบการคำนวณที่ได้จากโปรแกรม MRVENT และโปรแกรม ASCOS  
สำหรับอาคารรูปที่ 86

1. Temperature of room (1,3,4) = 294 K (=outside temp)				
Wind V (m/s)	Flow Rate (kg/min) of	MRVENT	ASCOS	% Diff
0	Opening 3	0.00	-0.01	-
0	Opening 5	0.00	-0.01	-
2.5	Opening 3	107.68	108.05	0.346
2.5	Opening 5	108.21	108.04	-0.165
5	Opening 3	215.36	216.12	0.356
5	Opening 5	216.43	216.08	-0.162
7.5	Opening 3	323.03	324.18	0.356
7.5	Opening 5	324.64	324.12	-0.161
10	Opening 3	430.71	432.24	0.356
10	Opening 5	432.86	432.17	-0.160
15	Opening 3	646.07	648.36	0.355
15	Opening 5	649.29	648.24	-0.161
20	Opening 3	861.42	864.48	0.355
20	Opening 5	865.72	864.32	-0.161
2. Temperature of room (1,3,4) = 289 K (=outside temp-5)				
Wind V (m/s)	Flow Rate (kg/min) of	MRVENT	ASCOS	% Diff
0	Opening 3	119.07	119.70	0.528
0	Opening 5	-0.42	-1.06	-151.133
2.5	Opening 3	153.72	154.31	0.381
2.5	Opening 5	97.30	96.94	-0.365
5	Opening 3	241.27	242.14	0.362
5	Opening 5	209.99	209.55	-0.210
7.5	Opening 3	341.28	342.16	0.256
7.5	Opening 5	320.07	319.48	-0.184
10	Opening 3	445.14	446.75	0.360
10	Opening 5	429.23	428.48	-0.175
15	Opening 3	656.96	659.32	0.358
15	Opening 5	646.54	645.45	-0.169
20	Opening 3	870.90	874.01	0.357
20	Opening 5	863.33	861.89	-0.167

## ตารางที่ 7. ต่อ

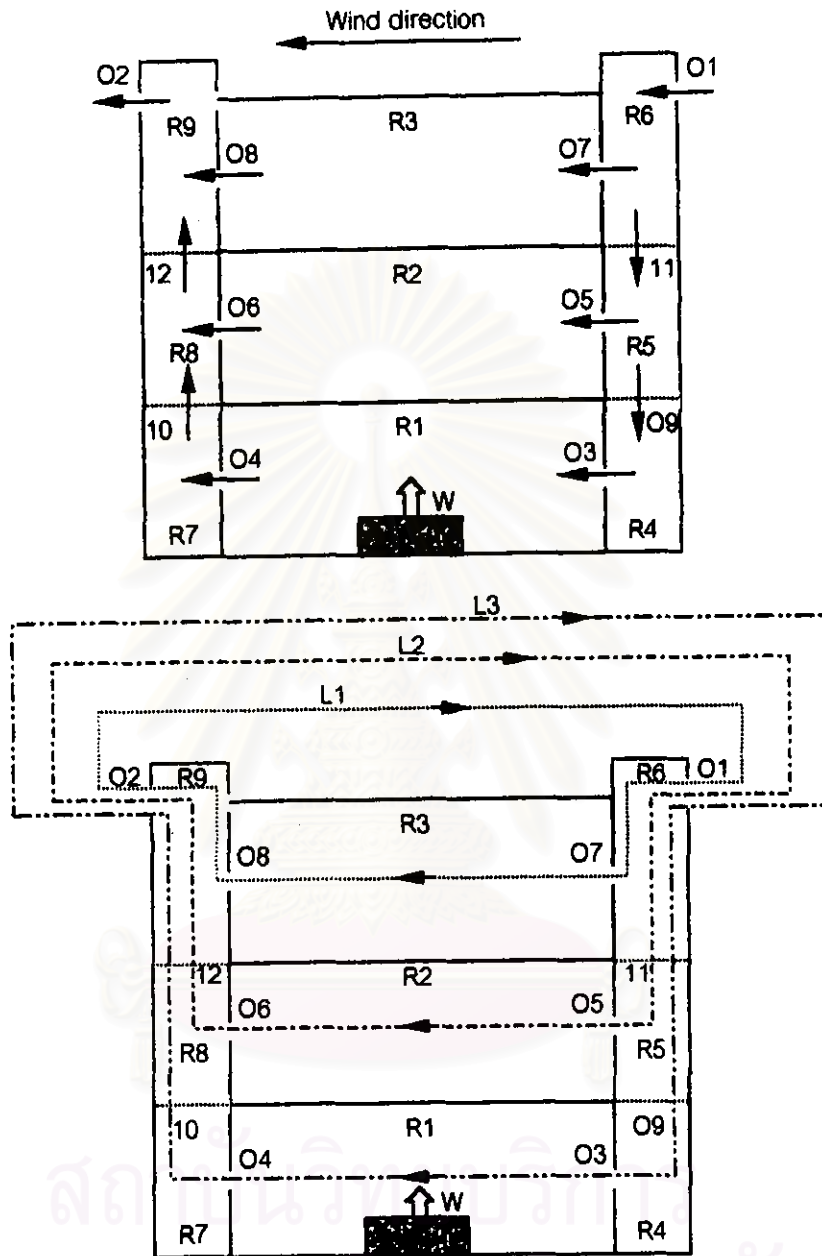
3. Temperature of room (1,3,4) = 294 K (=outside temp+5)				
Wind V (m/s)	Flow Rate (kg/min) of	MRVENT	ASCOS	% Diff
0	Opening 3	-115.58	-116.19	-0.524
0	Opening 5	-0.57	0.05	108.786
2.5	Opening 3	45.40	45.59	0.423
2.5	Opening 5	124.87	124.85	-0.020
5	Opening 3	188.67	189.34	0.353
5	Opening 5	223.04	222.78	-0.114
7.5	Opening 3	305.06	306.13	0.350
7.5	Opening 5	329.05	328.58	-0.142
10	Opening 3	416.70	418.18	0.354
10	Opening 5	436.27	435.63	-0.147
15	Opening 3	635.57	637.80	0.351
15	Opening 5	651.83	650.83	-0.154
20	Opening 3	852.30	855.31	0.353
20	Opening 5	867.93	866.58	-0.155
4. Temperature of room (1,3,4) = 319 K (=outside temp+25)				
Wind V (m/s)	Flow Rate (kg/min) of	MRVENT	ASCOS	% Diff
0	Opening 3	-246.10	-247.38	-
0	Opening 5	-1.22	0.10	-
2.5	Opening 3	-224.75	-225.63	-0.394
2.5	Opening 5	100.75	101.40	0.644
5	Opening 3	62.87	63.21	0.536
5	Opening 5	255.59	255.60	0.003
7.5	Opening 3	235.06	235.88	0.347
7.5	Opening 5	345.30	345.06	-0.068
10	Opening 3	364.44	365.69	0.344
10	Opening 5	448.02	447.57	-0.102
15	Opening 3	597.22	599.28	0.345
15	Opening 5	660.27	659.43	-0.127
20	Opening 3	818.98	821.80	0.345
20	Opening 5	875.19	873.99	-0.136



## ตารางที่ 7. ๑๑

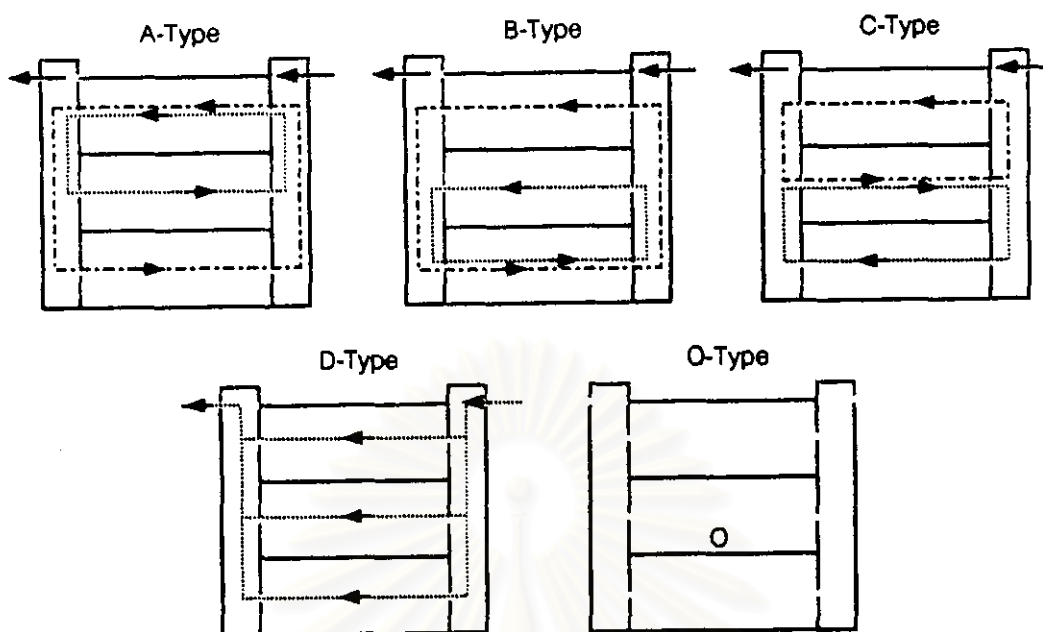
5. Temperature of room (1,3,4) = 344 K (=outside temp+50)				
Wind V (m/s)	Flow Rate (kg/min) of	MRVENT	ASCOS	% Diff
0	Opening 3	-328.52	-330.21	-0.517
0	Opening 5	-1.63	0.14	108.387
2.5	Opening 3	-320.20	-321.57	-0.428
2.5	Opening 5	73.82	75.02	1.632
5	Opening 3	-149.03	-149.16	-0.091
5	Opening 5	294.23	294.56	0.113
7.5	Opening 3	147.92	148.48	0.378
7.5	Opening 5	364.44	364.39	-0.012
10	Opening 3	306.12	307.14	0.335
10	Opening 5	459.34	459.05	-0.062
15	Opening 3	556.19	558.04	0.331
15	Opening 5	667.60	666.91	-0.104
20	Opening 3	783.34	785.94	0.333
20	Opening 5	881.39	880.34	-0.119
6. Temperature of room (1,3,4) = 394 K (=outside temp+100)				
Wind V (m/s)	Flow Rate (kg/min) of	MRVENT	ASCOS	% Diff
0	Opening 3	-418.04	-420.18	-0.513
0	Opening 5	-2.08	0.17	107.975
2.5	Opening 3	-414.51	-416.40	-0.456
2.5	Opening 5	54.47	56.27	3.297
5	Opening 3	-360.86	-362.17	-0.364
5	Opening 5	212.13	213.01	0.416
7.5	Opening 3	-70.85	-70.42	0.619
7.5	Opening 5	414.04	414.20	0.039
10	Opening 3	205.65	206.39	0.358
10	Opening 5	474.72	474.66	-0.014
15	Opening 3	491.36	492.94	0.321
15	Opening 5	674.87	674.39	-0.072
20	Opening 3	726.91	729.23	0.319
20	Opening 5	887.13	886.30	-0.093

### 4.3 อาคารตัวอย่าง ขนาด 3 ชั้น 3 Loop mass flow rate



รูปที่ 87. ภาพแสดงอาคารตัวอย่างขนาด 3 ชั้น พร้อมด้วยทิศทางอ้างอิงสำหรับใช้สร้าง Incident matrix และ Loop matrix

จากรูปที่ 87 เราจะเห็นได้ว่าเป็นอาคารขนาด 3 ชั้น 3 Loop mass flow rate โดย จำนวนวงรอบมี 3 วงรอบ จำนวนจาก จำนวนช่องเปิด(12ช่อง) ลบด้วย จำนวนห้อง (9ห้อง) ซึ่งคำตอบนั้นสามารถเกิดขึ้นได้หลายรูปแบบ ดังรูปที่ 88



รูปที่ 88. ภาพแสดงรูปแบบการไหลต่างๆที่เกิดขึ้น

จากการศึกษาพบว่ารูปแบบการไหลสามารถเกิดขึ้นได้ทั้งแบบ A,B,C,D,O ดังนั้นเราจะทำการทดสอบผลของการระบายอากาศของอาคารนี้โดยการใช้โปรแกรม MRVENT ช่วยคำนวณเพื่อศึกษาว่าเกิดความหลากหลายของคำตอบหรือไม่และมีปัจจัยเกี่ยวข้องอย่างไร

กำหนดให้

1. ขนาดห้อง กว้างxสูงxลึก

ห้อง 1,2,3 = 10m x 4m x 10m

ห้อง 4,5,7,8 = 2m x 4m x 10m

2. ความสูงของช่องเปิด

O1,O2 = 12 m

O3,O4 = 2 m

O5,O6 = 6 m

O7,O8 = 10 m

O9,O10 = 4 m

O11,O12 = 8 m

## 3. ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนผนัง

$$X_{CON} = 1 \text{ W/m}^2 \text{ (= RC wall หนา 15 cm)}$$

4. ค่า Effective opening area ( $\alpha A$ ) ของช่องเปิด

$$O1-O8 = 2 \text{ m}^2$$

$$O9-O12 = 20 \text{ m}^2$$

## 5. ค่าความร้อนที่เกิดขึ้นในห้อง Heat supply rate

$$W = 1000 \text{ kW}$$

## 6. ค่าอุณหภูมิและความหนาแน่นของอากาศภายนอก (อ่านค่าจากตารางที่ 2)

$$T_0 = 300 \text{ K}$$

$$\rho_0 = 1.1614 \text{ kg/m}^3$$

## 7. ค่าความเร็วลมภายนอกอาคาร

$$V = 0 \text{ m/s}$$

เราทำการใส่ข้อมูลอาคารให้กับโปรแกรมทำการคำนวณ เป็น 3 แบบคือ Heat supply rate มีที่ห้อง 1 , 2 และ 3 โดยผลจากการคำนวณดูได้จากตารางที่ 9

ตารางที่ 8. แสดงค่าตอบที่คำนวณได้จากอาคารรูปที่ 87

Fire on room 1 , $Wr1=1,000$ kW , $V=0$ m/s					
GL1(kg/min)	GL2(kg/min)	GL3(kg/min)	Tr1(K)	Tr2(K)	Tr3(K)
378.67	200.21	-234.33	206.28	63.78	143.62
66.44	-57.80	-94.41	1,588.11	1,236.88	171.17
50.43	-284.52	-69.53	1,018.10	175.65	14.98
16.46	-300.79	-5.15	1,812.74	109.71	33.89
3.02	-12.09	102.73	2,991.47	772.05	84.02
0.00	0.00	0.00	3,369.64	1,142.28	345.92
-3.02	12.09	-102.73	2,991.47	772.05	84.02
-16.46	300.79	5.15	1,812.74	109.71	33.89
-50.43	284.52	69.53	1,018.10	175.65	14.98
-66.44	57.80	94.41	1,588.10	1,236.88	171.17
-378.66	-200.21	234.33	206.28	63.78	143.63
Fire on room 2 , $Wr2=1,000$ kW , $V=0$ m/s					
GL1(kg/min)	GL2(kg/min)	GL3(kg/min)	Tr1(K)	Tr2(K)	Tr3(K)
335.56	200.87	-209.14	64.39	333.13	158.65
0.00	0.00	0.00	1,142.28	3,777.13	1,143.84
-335.56	-200.87	209.14	64.39	333.13	158.65
Fire on room 3 , $Wr3=1,000$ kW , $V=0$ m/s					
GL1(kg/min)	GL2(kg/min)	GL3(kg/min)	Tr1(K)	Tr2(K)	Tr3(K)
3.77	119.51	-16.28	104.86	303.11	1,803.66
0.20	38.65	-10.40	208.28	685.54	2,322.56
0.00	0.00	0.00	345.92	1,143.84	3,374.73
-0.20	-38.65	10.40	208.28	685.54	2,322.56
-3.78	-119.50	16.28	104.86	303.11	1,803.66

จากตารางที่ 8 เราจะเห็นได้ว่าความหลากหลายของค่าตอบเกิดขึ้นได้ในอาคาร 3 ชั้น ซึ่ง  
จะเห็นว่าค่าตอบที่คำนวณได้มีจำนวนมากกว่าในอาคาร 2 ชั้น