

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษานำร่องเรื่องปล่องแสงอาทิตย์ระบายนํ้าอากาศนั้นมีวัตถุประสงค์เพื่อการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการคำนวณจากสมการอัตราความเร็วลมกับผลการทดลองจากกล่องทดลองว่ามีผลไปในทางเดียวกันและใกล้เคียงกันนั้น ทำให้ได้บทสรุปว่าผลการทดลองเรื่องอุณหภูมิความร้อนนั้น เกิดการสะสมและคายความร้อนในตัวปล่องแสงอาทิตย์เหมือนในทฤษฎีที่ใช้ทำการทดลองทำให้อุณหภูมิอากาศบริเวณปล่องแสงอาทิตย์มีอุณหภูมิมากขึ้นไปด้วย

สำหรับผลการทดลองอุณหภูมิ และความเร็วลมที่ได้มาจากกล่องทดลองนั้นยังสามารถสรุปได้ว่า กล่องทดลองนี้สามารถทำให้เกิดการลอยตัวของอากาศด้วยความร้อนจากปล่องแสงอาทิตย์ดังกล่าวได้อีกด้วย ซึ่งในการทดลองถัดไป จะต้องทำการทดลองเพิ่มขึ้นในการเปลี่ยนวัสดุกระจกอีก 4 ชนิด เข้ามาแทนที่เพื่อดูผลที่แตกต่างกันออกไป และเปรียบเทียบว่าวัสดุใดจะทำให้เกิดความเร็วลมในกล่องทดลองได้มากที่สุด

5.1.1 ผลการทดลองอัตราการระบายนํ้าอากาศ

1. ผลอัตราการระบายนํ้าอากาศจากการวัดจริงในกล่องทดลองมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด 0.03 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ที่ความร้อน 300 วัตต์ต่อตารางเมตร และมีค่าอัตราการระบายนํ้าอากาศเฉลี่ยมากที่สุด 0.12 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ที่ความร้อน 800 วัตต์ต่อตารางเมตร ส่วนอัตราการระบายนํ้าอากาศเฉลี่ยที่หาค่าได้จากสมการมีค่าต่ำสุดที่ 0.07 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ที่ความร้อน 300 วัตต์ต่อตารางเมตร และมีค่าอัตราการระบายนํ้าอากาศเฉลี่ยมากที่สุด 0.12 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ที่ความร้อน 800 วัตต์ต่อตารางเมตร และการเพิ่มความร้อน 100 วัตต์ต่อตารางเมตร จะทำให้ ความเร็วลมเฉลี่ยจากการทดลองเพิ่มขึ้น 0.01 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

2. ผลอัตราการระบายนํ้าอากาศจากการคำนวณที่ใช้วัสดุกระจกในปล่องแสงอาทิตย์ที่แตกต่างกัน เมื่อใช้วัสดุกระจก 1 ชั้น มีค่าอัตราการระบายนํ้าอากาศเฉลี่ยต่ำที่สุด 0.07 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ที่ความร้อน 300 วัตต์ต่อตารางเมตร และมีค่าอัตราการระบายนํ้าอากาศเฉลี่ยมากที่สุด

ที่สุด 0.11 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ที่ความร้อน 800 วัตต์ต่อตารางเมตร เมื่อใช้วัสดุกระจกสะท้อนความร้อนวางกลับด้านมีค่าอัตราการระบายอากาศเฉลี่ยต่ำที่สุด 0.05 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ที่ความร้อน 300 วัตต์ต่อตารางเมตร และมีค่าอัตราการระบายอากาศเฉลี่ยมากที่สุด 0.06 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ที่ความร้อน 800 วัตต์ต่อตารางเมตร วัสดุกระจกสะท้อนความร้อนวางกลับด้านเป็นวัสดุที่ให้อัตราการระบายอากาศต่ำที่สุด เมื่อใช้วัสดุกระจก 2 ชั้น มีค่าอัตราการระบายอากาศเฉลี่ยต่ำที่สุด 0.07 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ที่ความร้อน 300 วัตต์ต่อตารางเมตร และมีค่าอัตราการระบายอากาศเฉลี่ยมากที่สุด 0.09 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ที่ความร้อน 800 วัตต์ต่อตารางเมตร เมื่อใช้วัสดุบล็อกแก้วมีค่าอัตราการระบายอากาศเฉลี่ยต่ำที่สุด 0.07 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ที่ความร้อน 300 วัตต์ต่อตารางเมตร และมีค่าอัตราการระบายอากาศเฉลี่ยมากที่สุด 0.09 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ที่ความร้อน 800 วัตต์ต่อตารางเมตร

สรุปได้ว่าวัสดุกระจก 1 ชั้น ให้อัตราการระบายอากาศในอาคารมากที่สุด ในขณะที่กระจกสะท้อนความร้อนให้อัตราการระบายอากาศในอาคารที่ต่ำที่สุด ส่วนบล็อกแก้ว และกระจก 2 ชั้น มีค่าอัตราการระบายอากาศสูงรองจากอัตราการระบายอากาศที่ได้จากกระจก 1 ชั้น ตามลำดับ แต่ผลที่ได้จากทั้ง 3 กรณี คือ บล็อกแก้ว กระจก 1 ชั้น และกระจก 2 ชั้น มีค่าไม่ต่างกันมากนัก และเนื่องจากผลการทดลองในกล่องทดลองเบื้องต้นใช้กระจก 1 ชั้น ในการทดลองศึกษา จึงได้ใช้กระจก 1 ชั้น ในการคำนวณอัตราการระบายอากาศของเขตสภาพภูมิอากาศทั่วโลกต่อไป

3. ผลอัตราการระบายอากาศจากการคำนวณปล่อยแสงอาทิตย์ที่ใช้ในภูมิอากาศแตกต่างกันทั่วโลก เมื่อใช้วัสดุกระจก 1 ชั้น กรุงเทพมหานครมีค่าอัตราการระบายอากาศเฉลี่ยต่ำที่สุด 0.10 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ที่ความเข้มรังสีอาทิตย์ 160 วัตต์ต่อตารางเมตร ในเดือนมีนาคมถึงเดือนกันยายน และมีค่าอัตราการระบายอากาศเฉลี่ยมากที่สุด 0.13 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ที่ความเข้มรังสีอาทิตย์ 590 วัตต์ต่อตารางเมตร ในเดือนพฤศจิกายนถึงธันวาคม และเดือนมกราคม เมืองการาจมีค่าอัตราการระบายอากาศเฉลี่ยต่ำที่สุด 0.10 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ที่ความเข้มรังสีอาทิตย์ 170 วัตต์ต่อตารางเมตร ในเดือนเมษายนถึงเดือนมิถุนายน และมีค่าอัตราการระบายอากาศเฉลี่ยมากที่สุด 0.14 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ที่ความเข้มรังสีอาทิตย์ 660 วัตต์ต่อตารางเมตร ในเดือนมกราคม เมืองลอนดอนมีค่าอัตราการระบายอากาศเฉลี่ยต่ำที่สุด 0.11 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ที่ความเข้มรังสีอาทิตย์ 260 วัตต์ต่อตารางเมตร เกือบตลอดทั้งปี ยกเว้นในเดือนมกราคม เมษายน กันยายน และตุลาคมมีค่าอัตราการระบายอากาศเฉลี่ยมากที่สุด 0.12 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ที่ความเข้มรังสีอาทิตย์ 430 วัตต์ต่อตารางเมตร เมืองซิดนีย์มีค่าอัตราการระบายอากาศเฉลี่ยต่ำที่สุด 0.10 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ที่ความเข้มรังสีอาทิตย์ 200 วัตต์ต่อ

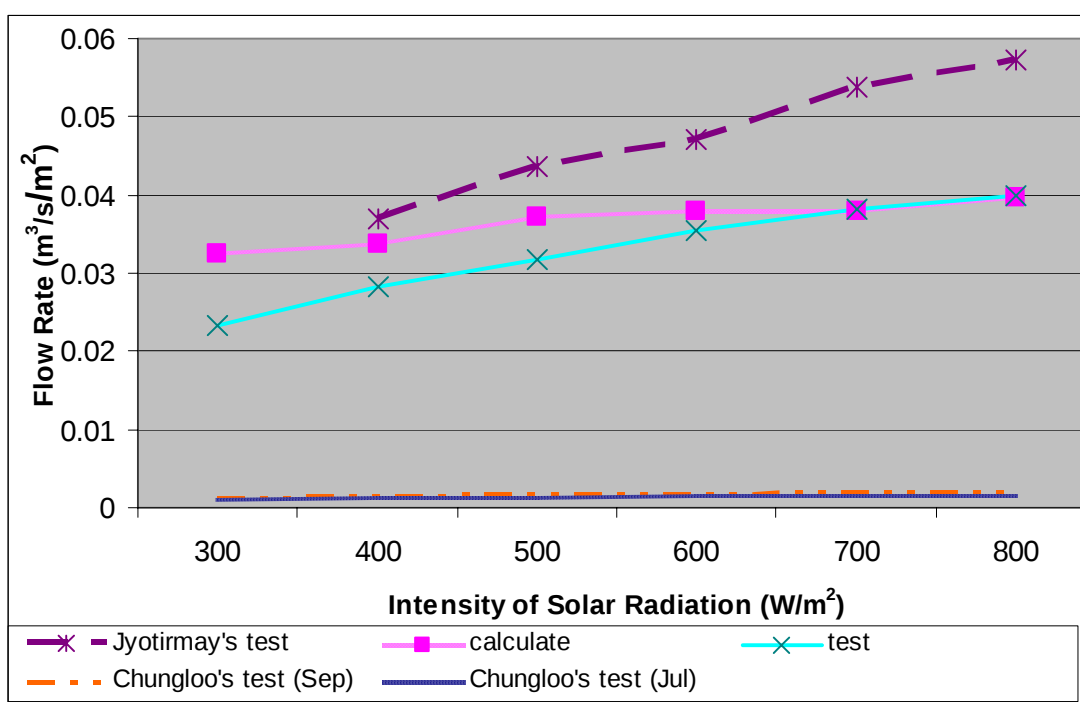
ตารางเมตร ในเดือนพฤศจิกายนถึงธันวาคม และเดือนมกราคม มีค่าอัตราการระเหยอากาศเฉลี่ยมากที่สุด 0.14 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ที่ความเข้มรังสีอาทิตย์ 580 วัตต์ต่อตารางเมตร ในเดือนมิถุนายนถึงสิงหาคม เมืองเฮลซิงกิมีค่าอัตราการระเหยอากาศเฉลี่ยต่ำที่สุด 0.08 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ที่ความเข้มรังสีอาทิตย์ 60 วัตต์ต่อตารางเมตร ในเดือนพฤศจิกายนถึงธันวาคม มีค่าอัตราการระเหยอากาศเฉลี่ยมากที่สุด 0.13 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ที่ความเข้มรังสีอาทิตย์ 490 วัตต์ต่อตารางเมตร ในเดือนสิงหาคม

5.1.2 การเปรียบเทียบผลกับงานวิจัยอื่นๆ

ผลการทดลองที่ได้สามารถนำไปเปรียบเทียบกับผลการทดลองในงานวิจัย Chungloo, 2007 และ Jyotirmay, 2006 พบว่า ค่าอัตราการระเหยอากาศที่ได้มีแนวโน้มไปในทางเดียวกันกับผลการทดลองทั้งสอง มีค่ามากกว่า Chungloo, 2007 แต่น้อยกว่า Jyotirmay, 2006 เนื่องจากขนาดช่องเปิดกล่องทดลองที่แตกต่างกัน

ภาพที่ 5.1

การเปรียบเทียบผลการทดลอง



จากภาพที่ 5.1 ผลการทดลองของ Chungloo, 2007 แบ่งเป็นผลจาก 2 เดือนที่แตกต่างกันเล็กน้อย ผลที่ได้จากเดือนกันยายนจะมีผลมากกว่าในเดือนกรกฎาคมในช่วงปริมาณความเข้มรังสี 300 - 800 วัตต์ต่อตารางเมตร อัตราการระบายอากาศที่ได้มีค่าน้อยกว่าการทดลองอื่น เนื่องจากทำการศึกษาเฉพาะส่วนปล่องแสงอาทิตย์ที่มีช่องเปิดขนาดเล็กกว่าการทดลองอื่น คือ 0.00756 ตารางเมตร ผลการทดลองของ Jyotirmay, 2006 ที่ใช้กล่องทดลองขนาดกว้าง 1 เมตร ยาว 1 เมตร สูง 1 เมตร เพื่อทดลองการเกิดอัตราการระบายอากาศในปล่องแสงอาทิตย์ที่มีลักษณะการเอียงและรูปแบบเรขาคณิตของปล่อง (ทรงกระบอกและทรงเหลี่ยมแบน) ที่แตกต่างกัน ในที่นี้นำผลการทดลองรูปแบบที่ไม่มีมุมองศาเอียงและรูปแบบปล่องเป็นทรงเหลี่ยมแบนมาใช้เปรียบเทียบผล ซึ่งมีผลอัตราการระบายอากาศในปล่องมากที่สุด เนื่องจากขนาดช่องเปิดกล่องทดลองมากที่สุด

จึงสรุปได้ว่าผลการทดลองที่ได้เมื่อผ่านการเปรียบเทียบกับผลการทดลองอื่นแล้วมีความสอดคล้องกับผลการทดลองด้วย และส่วนที่ผลที่แตกต่างกันนั้นมาจากขนาดช่องเปิดกล่องทดลองที่แตกต่างกันออกไป

5.1.3 ผลการทดลองอุณหภูมิ

ผลการทดลองจากกล่องทดลอง พบว่า เมื่อให้แสงที่มีความร้อนเพิ่มมากขึ้นแก่ปล่องแสงอาทิตย์ จะทำให้อุณหภูมิของวัสดุภายในปล่องแสงอาทิตย์ ได้แก่ โลหะอลูมิเนียมพ่นสีดำ กระฉก มีอุณหภูมิผิวสูงขึ้น โดยผิวโลหะอลูมิเนียมมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงขึ้น 6.19 องศาเซลเซียส ต่อการเพิ่มความร้อน 100 วัตต์ ส่วนกระฉกมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงขึ้น 3.79 องศาเซลเซียส ต่อการเพิ่มความร้อน 100 วัตต์ และส่งผลต่ออุณหภูมิอากาศในปล่องให้มีค่าเฉลี่ยสูงขึ้น 0.96 องศาเซลเซียส ต่อการเพิ่มความร้อน 100 วัตต์

ข้อสังเกตในเรื่องปัจจัยที่ทำให้เกิดอัตราการระบายอากาศในการคำนวณนี้ ได้จากการเปรียบเทียบเส้นกราฟของอัตราการระบายอากาศและปริมาณความเข้มรังสีอาทิตย์ กับอัตราการระบายอากาศและส่วนต่างอุณหภูมิเข้า-ออกอาคาร โดยความแตกต่างอุณหภูมิอากาศเข้าและออกจากปล่องแสงอาทิตย์จะเป็นอีกปัจจัยที่ทำให้เกิดอัตราการระบายอากาศภายในอาคารมากหรือน้อย อุณหภูมิของอากาศเข้าอาคารซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศทั่วไปมาก จะสร้างความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิอากาศในปล่องแสงอาทิตย์ที่ได้จากแสงอาทิตย์โดยตรงและ

วัสดุช่วยเพิ่มอุณหภูมิในปล่องจะทำให้อุณหภูมิอากาศออกมากกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป รวมถึงอุณหภูมิอากาศเข้าด้วย

สรุปได้ว่าปล่องแสงอาทิตย์ระบายอากาศจะใช้ได้ดีในช่วงที่มีปริมาณความชื้นแสงอาทิตย์มาก และผลอัตราการระบายอากาศในแต่ละประเทศนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นรังสีอาทิตย์ และอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยทั่วไปของแต่ละภูมิภาค ตามลำดับ แต่ความร้อนจากปล่องแสงอาทิตย์จะไม่ส่งผลกระทบต่ออุณหภูมิอากาศภายในกล่องที่ระดับห่างจากปล่อง 0.30 เมตร

5.2 การออกแบบปล่องแสงอาทิตย์ระบายอากาศในตึกแถว

จากการทดลองและการคำนวณในเรื่องการศึกษาประสิทธิภาพการระบายอากาศของปล่องแสงอาทิตย์ ทำให้ทราบว่าปล่องแสงอาทิตย์สามารถนำมาใช้ได้ดีกับอาคารแนวตั้ง ที่มีความสูงอาคารเหมาะสมเพียงพอให้เกิดการระบายอากาศที่เหมาะสมในอาคารได้ เช่น ตึกแถว อาคารชุดคอนโดมิเนียม เป็นต้น และเนื่องจากอาคารพาณิชย์ประเภทตึกแถวเป็นอาคารที่มีการใช้งานมากในปัจจุบัน ทั้งยังตั้งอยู่บริเวณชุมชนเมืองหรือพื้นที่ริมถนนหลัก ทำให้เกิดมลภาวะภายในอาคารได้ง่าย จึงได้ทำการผสมผสานการใช้ปล่องแสงอาทิตย์เพื่อระบายอากาศในอาคารพาณิชย์ประเภทตึกแถว เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการระบายอากาศในตึกแถวด้วย

5.2.1 หลักการออกแบบปล่องแสงอาทิตย์ในตึกแถว

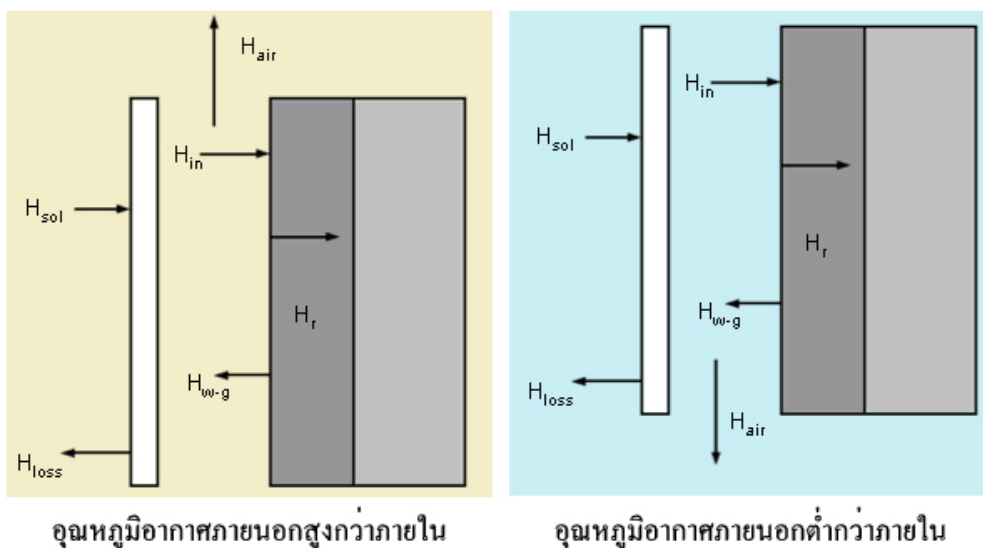
การออกแบบปล่องแสงอาทิตย์ในอาคารตึกแถวจะทำได้ตั้งแต่บริเวณระเบียง หรือพื้นที่ที่ติดกับภายนอกอาคารชั้นที่ 2 ขึ้นไป เพื่อไม่ลดพื้นที่ทางเข้าออกอาคารเดิมที่มีอยู่แล้วทั้งด้านหน้าและด้านหลังอาคาร โดยตั้งปล่องแสงอาทิตย์ในทางทิศทางที่โดนแสงแดดมากที่สุด สำหรับประเทศเหนือเส้นศูนย์สูตร คือ ทางทิศใต้ และประเทศใต้เส้นศูนย์สูตร คือ ทางทิศเหนือ

1) สำรวจอุณหภูมิอากาศในรอบปีของเมืองดังกล่าวว่า ต้องการอุณหภูมิอากาศสูงขึ้นหรือต่ำลงเพื่อให้อากาศอยู่ในสภาวะน่าสบาย โดยในประเทศที่มีภูมิอากาศร้อนจะต้องลดอุณหภูมิอากาศลงเพื่อให้อุณหภูมิอากาศอยู่ในสภาวะน่าสบาย อากาศจะลอยขึ้นสู่ด้านบนปล่อง ส่วนประเทศที่มีภูมิอากาศหนาวจะต้องเพิ่มอุณหภูมิอากาศขึ้นเพื่อให้อุณหภูมิอากาศอยู่ในสภาวะน่าสบาย อากาศจะลงสู่ด้านล่างปล่องแทน ดังภาพที่ 5.1

ภาพที่ 5.2 แม้ว่าอากาศจะเคลื่อนที่ขึ้นลงแตกต่างกันตามอุณหภูมิอากาศภายนอก แต่สมการที่ใช้ในการคำนวณเหมือนกัน ที่ต่างกัน คือ ค่าความร้อนที่ได้จากการคำนวณปริมาณความเข้มรังสีอาทิตย์ด้วยการคูณสมการ 5.1 ซึ่งจะเป็นความร้อนที่เกิดขึ้นในปล่องแสงอาทิตย์ทั้งหมด โดยสมมติให้ A_g และ A_w เท่ากัน จะหาค่า T_g , T_r , T_w และ T_{out} ได้

ภาพที่ 5.2

การเคลื่อนที่ของอากาศออกจากปล่องแสงอาทิตย์เมื่ออุณหภูมิอากาศภายนอกแตกต่างกัน



$$H_V = H_{in} + H_{w-g} - H_r - H_g + \gamma H_g - H_{inf} \quad (\text{สมการ 5.1})$$

$$H_{air} = mc_p (T_{m,o} - T_{m,i}) \quad (\text{สมการ 5.2})$$

$$H_{loss(out)} = A_g U_g (T_g - T_{out}) \quad (\text{สมการ 5.3})$$

$$H_{loss(in)} = -H_g + H_{w-g} \quad (\text{สมการ 5.4})$$

$$H_r = A_w U_w (T_g - T_r) \quad (\text{สมการ 5.5})$$

$$H_g = A_g h (T_g - T_{air}) \quad (\text{สมการ 5.6})$$

$$H_w = A_w h (T_w - T_{air}) \quad (\text{สมการ 5.7})$$

$$H_{in} = \tau \cdot H_{sol} \quad (\text{สมการ 5.8})$$

$$H_{inf} = \rho \cdot C_p \cdot Q_{inf} \cdot (T_{out} - T_{in}) \quad (\text{สมการ 5.9})$$

$$H_{w-g} = \frac{\sigma(T_w^4 - T_g^4)}{\frac{1 - \epsilon_w}{\epsilon_w A_w} + \frac{1}{A_w F_{w-g}} + \frac{1 - \epsilon_g}{\epsilon_g A_g}} \quad (\text{สมการ 5.9})$$

2) ทำการกำหนดค่าอัตราการระบายอากาศที่เกิดขึ้น โดยใช้ความเร็วลมที่ทำให้มนุษย์รู้สึกสบายที่ประมาณ 0.2 - 3.0 เมตรต่อวินาที ดังตารางที่ 5.1 หรืออัตราการระบายอากาศที่พอเพียงที่ 3.0 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

ตารางที่ 5.1

ความเร็วลมที่ทำให้เกิดการเพิ่มขอบเขตอุณหภูมิที่มนุษย์รู้สึกสบาย

ความเร็วลม (m/s)	อุณหภูมิที่มนุษย์รู้สึกสบาย (°C)
0.2	27.0-29.5
0.5	28.5-30.8
1.0	29.5-32.5
1.5	31.0-33.8
2.0	31.2-36.0
3.0	31.6-36.3

ที่มา: Khedari et al., 2000.

ตารางที่ 5.2

ความเร็วลมที่ทำให้เกิดความรู้สึกถึงอุณหภูมิที่ลดลง

ความเร็วลม (m/s)	ความรู้สึกเย็นลง (°C)
0.2	1.0-2.0
0.5	2.5-3.0
1.0	3.0-5.0
1.5	5.0-6.0
2.0	5.0-8.0
3.0	5.5-8.0

ที่มา: Khedari et al., 2000.

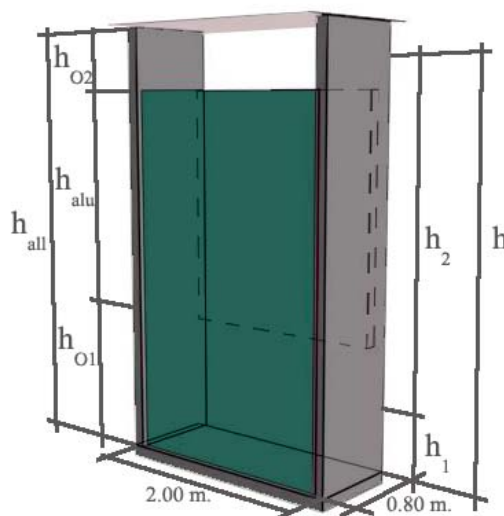
ค่าความเร็วลมที่กำหนดค่าได้ ต้องนำมาปรับเป็นค่าอัตราการระบายอากาศด้วยการคูณค่า A* เพื่อสามารถนำไปคำนวณหาค่าพื้นที่ต่อไป

3) สำรวจพื้นที่ระเหยด้านนอกอาคารที่อยู่ติดกับพื้นที่ที่ต้องการการระบายอากาศ เพื่อให้เกิดความเหมาะสมกับปล่องแสงอาทิตย์ และจำเป็นต้องอ้างอิงขนาดของปล่องเบื้องต้น

จากการทดลองโดยกำหนดให้พื้นที่หน้าตัดปล่องเป็นดังภาพที่ 5.3 เพื่อใช้ทำนายค่าช่องเปิดและความสูงของปล่องแสงอาทิตย์ จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราความสูงปล่องกับอัตราพื้นที่ช่องเปิดกล่อง ดังภาพที่ 5.4 เพื่อให้เกิดการระบายอากาศในปล่องแสงอาทิตย์

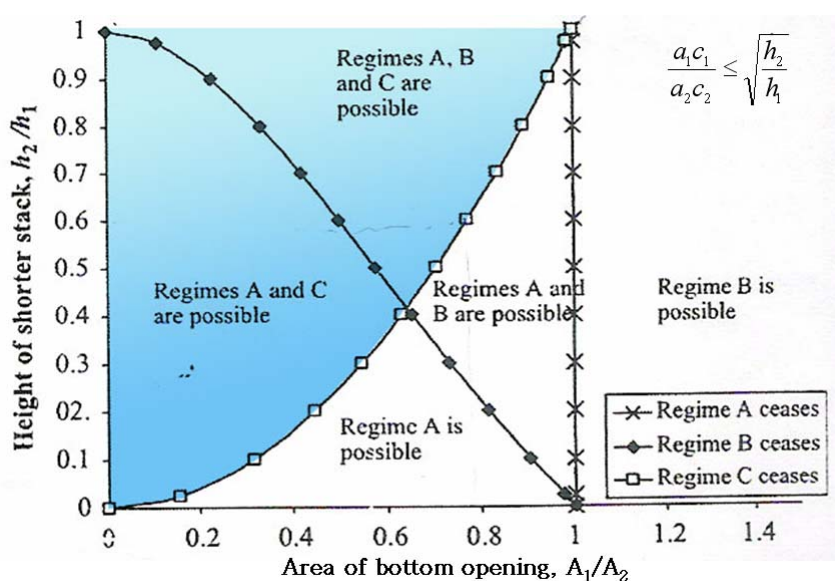
ภาพที่ 5.3

ขนาดพื้นที่หน้าตัดของปล่องแสงอาทิตย์



ภาพที่ 5.4

ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราความสูงปล่องกับอัตราพื้นที่ช่องเปิดกล่อง



ที่มา: Chenvidyakarn and Woods, 2004.

จากภาพที่ 5.4 การศึกษาเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างอัตราความสูงปล่องกับอัตราพื้นที่ช่องเปิดกล่องของ Chenvidyakarn and Woods ได้กำหนดไว้ว่ารูปแบบ A เป็นลักษณะปล่องที่เกิดทิศทางการระบายอากาศลงด้านล่างปล่อง ในขณะที่รูปแบบ C เกิดทิศทางการระบายอากาศขึ้นสู่ด้านบนปล่อง แต่ในรูปแบบ A จะเกิดได้เฉพาะในเขตที่อุณหภูมิภายนอกอาคารต่ำกว่าภายในอาคาร การทดลองครั้งนี้จึงครอบคลุมเฉพาะรูปแบบพื้นที่สี่เหลี่ยม ดังภาพที่ 5.4 เท่านั้น ซึ่งจะสามารถเกิดขึ้นได้ทั้งรูปแบบ A และ B โดยระบุให้ค่าสัมประสิทธิ์ความฝืดช่องเปิด $c_1 = 0.35$ และ $c_2 = 0.77$ (ค่าที่ได้จากการทดลอง) ดังนั้น อัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดจะเป็น ดังสมการ 5.10

$$\frac{a_1}{a_2} \leq (2.2) \sqrt{\frac{h_2}{h_1}} \quad (\text{สมการ 5.10})$$

$$A^* = \frac{\sqrt{2}a_1c_1a_2c_2}{\sqrt{(a_1c_1)^2 + (a_2c_2)^2}} \quad (\text{สมการ 5.11})$$

$$Q = [A^*]^{\frac{2}{3}} \cdot \left[\frac{g \cdot \infty}{\rho \cdot C_p} \right]^{\frac{1}{3}} \cdot [H_v]^{\frac{1}{3}} \cdot (h_1 + h_2)^{\frac{1}{3}} \quad (\text{สมการ 5.12})$$

$$Q = [A^*]^{\frac{2}{3}} \cdot \left[\frac{g \cdot \infty}{\rho \cdot C_p} \right]^{\frac{1}{3}} \cdot [H_{in} + H_{w-g} - H_r - H_g + \gamma H_g - H_{inf}]^{\frac{1}{3}} \cdot (h_1 + h_2)^{\frac{1}{3}} \quad (\text{สมการ 5.13})$$

เมื่อนำค่าอัตราการระบายอากาศที่ได้จากข้อ 2) มาใส่ในสมการที่ 5.12 และความร้อนที่ได้จากสมการ 5.1 มาใส่ในสมการ 5.12 จะได้เป็นสมการ 5.13 ซึ่งจะใช้ในการคำนวณเพื่อหาพื้นที่ช่องเปิด ซึ่งต้องสอดคล้องกับสมการ 5.10 ด้วย

4) การใช้ค่าอุณหภูมิอากาศที่คำนวณได้นั้น สำหรับในประเทศหนาวจะใช้อุณหภูมิอากาศที่ออกจากปล่องแสงอาทิตย์ทางด้านล่าง ส่วนประเทศที่มีภูมิอากาศร้อนจะใช้อุณหภูมิอากาศก่อนเข้าปล่องแสงอาทิตย์ทางด้านล่างเช่นกัน

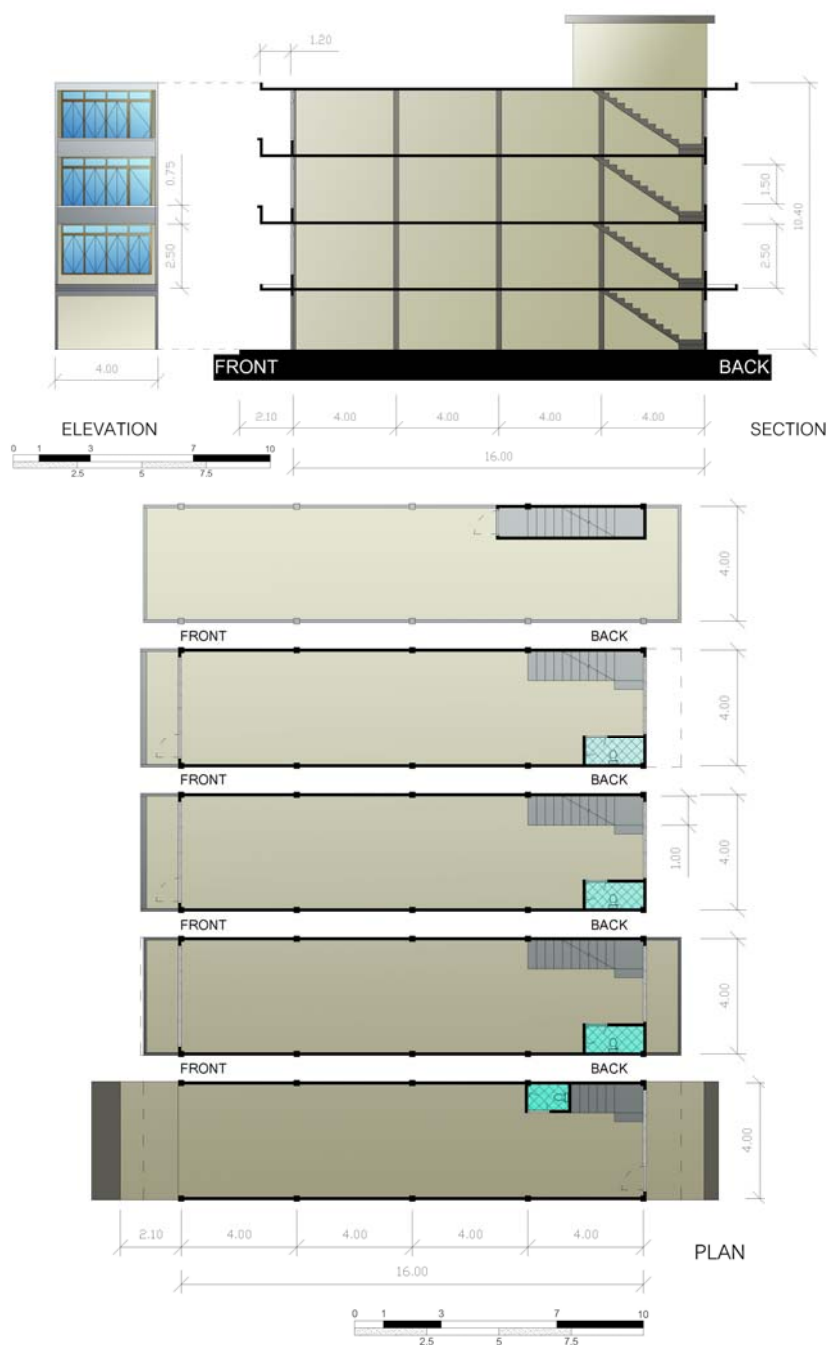
5.2.2 ตัวอย่างการออกแบบปล่องแสงอาทิตย์ในตึกแถวที่กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย

อาคารตึกแถวในประเทศไทยมีลักษณะเป็นตึกแถว 1 คูหา กว้าง 4 เมตร ลึก 16 เมตร มี 4 ชั้น และชั้นดาดฟ้าอีก 1 ชั้น มีระเบียงด้านหน้าอาคาร มีหน้าต่างทั้งด้านหน้า และด้านหลังอาคารเพื่อระบายอากาศภายในอาคาร แต่โดยส่วนมากผู้ใช้อาคารจะปิดช่องเปิดเพื่อ

ระบายอากาศเหล่านั้น เนื่องจากปัญหาทางมลภาวะจากสิ่งแวดล้อมรอบอาคาร โดยบริเวณที่สามารถนำมาสร้างปล่องแสงอาทิตย์ระบายอากาศได้จะเป็นบริเวณระเบียงด้านหน้า หรือด้านหลังอาคาร (ดูทิศทางใต้หรือตะวันตกเป็นหลัก) ในที่นี้สมมติให้ทางด้านหน้าอาคารเป็นทิศใต้

ภาพที่ 5.5

รูปด้าน รูปตัด และผังพื้นที่แถว กรุงเทพฯ ประเทศไทย



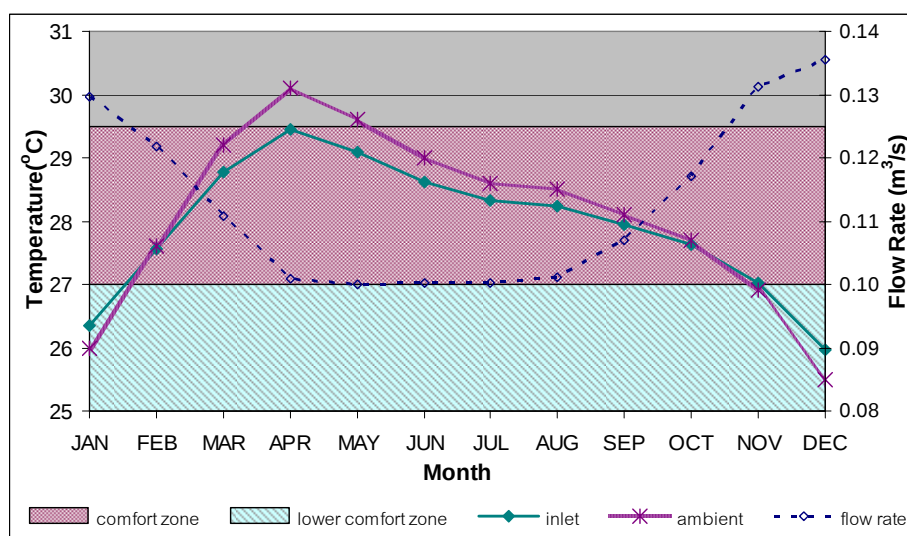
จากภาพที่ 5.5 จะสังเกตได้ว่าอาคารตึกแถวเป็นอาคารสี่เหลี่ยมผืนผ้าวางตัวในแนว ยาว มีช่องเปิดระบายอากาศในอาคารในช่วงแคบของอาคาร (4 เมตร) ทั้งยังเปิดช่อง ระบายอากาศทางด้านหน้าอาคารไม่ได้ เนื่องจากควันและฝุ่นจากถนนทางด้านหน้าจะลอยเข้ามา กับอากาศหมุนเวียน แต่หากทำการแก้ไขการระบายอากาศให้ใช้ปล่องแสงอาทิตย์ระบายอากาศ ติดตั้งในส่วนด้านหน้าอาคารแล้ว จะทำให้ใช้ช่องเปิดในการระบายอากาศภายในอาคารได้อย่างมี ประสิทธิภาพมากขึ้น พื้นที่อาคารส่วนที่จะติดตั้งปล่องแสงอาทิตย์ได้เป็นบริเวณระเบียงตั้งแต่ชั้น 2 เป็นต้นไป โดยจะกำหนดความสูงปล่องเท่าความสูงอาคาร คือ 10.40 เมตร โดยใช้ขนาดความ กว้างกล่องเท่ากับกล่องทดลอง คือ 2.00 เมตร แต่ส่วนลึกของกล่องกำหนดตามความลึกของ ระเบียง คือ 1.20 เมตร

การออกแบบปล่องแสงอาทิตย์ในตึกแถว กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย สามารถทำได้ ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) อุณหภูมิอากาศภายในอาคารกรุงเทพมหานคร ประเทศไทย จะมีค่าสูงกว่า อุณหภูมิอากาศทั่วไปและอุณหภูมิอากาศที่เข้าสู่อาคาร และเมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศ ในสภาวะน่าสบายแล้ว สังเกตได้ว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไปจะต่ำกว่าสภาวะน่าสบายในช่วงต้นปี และปลายปี ซึ่งเป็นช่วงที่มีแสงอาทิตย์มาก ในขณะที่อุณหภูมิภายในอาคารจะสูงกว่าสภาวะ น่าสบายเกือบตลอดทั้งปี ยกเว้นช่วงต้นปีและปลายปี que อุณหภูมิอากาศภายในอาคารจะลดลงจน เข้าสู่สภาวะน่าสบาย จึงเป็นช่วงที่เหมาะสมในการใช้ปล่องแสงอาทิตย์ระบายอากาศ

ภาพที่ 5.6

อุณหภูมิที่เข้าสู่สภาวะน่าสบายเมื่อใช้ปล่องแสงอาทิตย์ในกรุงเทพมหานคร ประเทศไทย



2) การทำให้อากาศภายในอาคารเข้าสู่สภาวะน่าสบายในช่วงกลางปีได้นั้น จากภาพที่ 5.6 ต้องลดอุณหภูมิในอากาศลงประมาณ 2 องศาเซลเซียส หรือมากกว่า ด้วยความเร็วลม 0.5 เมตรต่อวินาที (Khedari et al., 2000.) โดยใช้อุณหภูมิอากาศก่อนเข้าปล่องแสงอาทิตย์ เนื่องจากเป็นประเทศเขตร้อน อุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารจะสูงกว่าภายในอาคาร อากาศจะลอยตัวออกจากปล่องทางด้านบน

ตารางที่ 5.3

อุณหภูมิอากาศในปล่องแสงอาทิตย์ กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย

เดือน	ปริมาณความ เข้มรังสีอาทิตย์ (W/m ²)	อุณหภูมิอากาศจากปล่องแสงอาทิตย์ (°C)		
		ambient	ลมออก	ลมเข้า
มกราคม	551.83	26.00	55.52	26.70
กุมภาพันธ์	424.71	27.60	57.21	28.30
มีนาคม	286.94	29.20	58.92	29.90
เมษายน	180.98	30.10	59.90	30.80
พฤษภาคม	166.50	29.60	59.43	30.30
มิถุนายน	160.58	29.00	58.85	29.70
กรกฎาคม	160.54	28.60	58.45	29.30
สิงหาคม	169.87	28.50	58.35	29.20
กันยายน	225.08	28.10	57.90	28.80
ตุลาคม	334.23	27.70	57.40	28.40
พฤศจิกายน	523.08	26.90	56.43	27.60
ธันวาคม	591.62	25.50	54.99	26.20

3) เมื่อกำหนดพื้นที่หน้าตัดปล่องและความสูงปล่องแล้ว จะได้ค่าพื้นที่กระจกและพื้นที่โลหะเพื่อคำนวณหาอุณหภูมิของอากาศเข้า - ออกปล่องที่ได้จากสมการ 5.1 - 5.9 และได้ค่าตามตารางที่ 5.3 จากนั้นคำนวณหาพื้นที่ช่องเปิดด้านบนและล่างปล่องแสงอาทิตย์ตามสมการ 5.14 จะได้ค่าพื้นที่ช่องเปิดด้านล่างปล่องแสงอาทิตย์ ซึ่งต้องสอดคล้องกับสมการที่ 5.15 ด้วย ตามตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.4
พื้นที่ช่องเปิดปล่อยแสงอาทิตย์

เดือน	H_v	h_1+h_2	v	A^*	c_1	a_1	c_2	a_2	a_1/a_2
มกราคม	1155.20	10.40	0.50	3.09	0.35	0.87	0.77	0.42	2.1
กุมภาพันธ์	1028.53	10.40	0.50	2.80	0.35	0.88	0.77	0.42	2.1
มีนาคม	898.03	10.40	0.50	2.49	0.35	0.88	0.77	0.42	2.1
เมษายน	777.33	10.40	0.50	2.21	0.35	0.89	0.77	0.42	2.1
พฤษภาคม	732.57	10.40	0.50	2.10	0.35	0.90	0.77	0.42	2.1
มิถุนายน	632.56	10.40	0.50	1.87	0.35	0.91	0.77	0.42	2.2
กรกฎาคม	874.50	10.40	0.50	2.44	0.35	0.88	0.77	0.42	2.1
สิงหาคม	847.08	10.40	0.50	2.37	0.35	0.89	0.77	0.42	2.1
กันยายน	856.37	10.40	0.50	2.39	0.35	0.89	0.77	0.42	2.1
ตุลาคม	889.84	10.40	0.50	2.47	0.35	0.88	0.77	0.42	2.1
พฤศจิกายน	989.09	10.40	0.50	2.70	0.35	0.88	0.77	0.42	2.1
ธันวาคม	942.91	10.40	0.50	2.59	0.35	0.88	0.77	0.42	2.1

จากตารางที่ 5.4 เมื่อได้ค่าพื้นที่ช่องเปิดลมเข้า – ออกจากปล่องจำเป็นต้องหาค่า a_1/a_2 เพื่อตรวจสอบว่าเป็นไปตามกฎของสมการ 5.15 โดยให้ค่า $h_2/h_1 = 1$ และค่า $a_1/a_2 = 2.18$ (ตารางที่ 5.4) ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 2.2 จึงถือว่าสามารถใช้ค่า a_1 และ a_2 ในตาราง 5.4 ได้

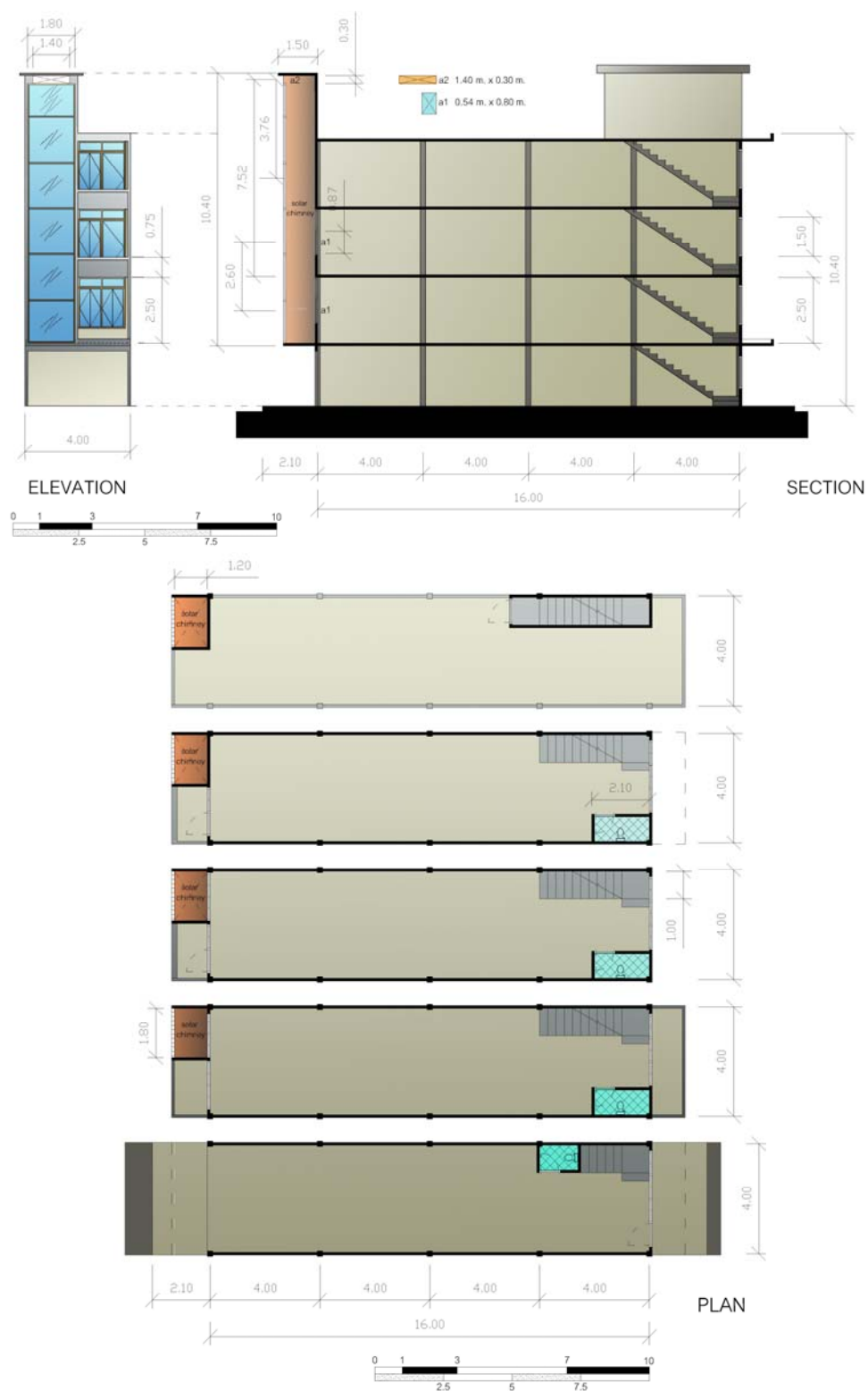
$$\frac{a_1}{a_2} \leq (2.2) \sqrt{\frac{h_2}{h_1}} \quad (\text{สมการ 5.15})$$

4) ประเทศที่มีภูมิอากาศร้อนจะใช้อุณหภูมิอากาศก่อนเข้าปล่องแสงอาทิตย์ทางด้านล่าง

จากหลักการออกแบบนี้จะได้ช่องเปิดอาคาร $a_1 = 0.92$ ตารางเมตร และ $a_2 = 0.42$ ตารางเมตร ซึ่งเป็นช่องเปิดอาคารที่เหมาะสมที่สุดที่ทำให้เกิดอัตราเร็วลมภายในอาคารประมาณ 0.5 เมตรต่อวินาที ตลอดปีได้ ซึ่งจะส่งผลให้อุณหภูมิสัมผัสที่ผิวผนังมนุษย์ลดลงได้ประมาณ 2.5 - 3.00 องศาเซลเซียส ในขณะที่อุณหภูมิอากาศจริงจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยไม่ถึง 1 องศาเซลเซียส

ภาพที่ 5.7

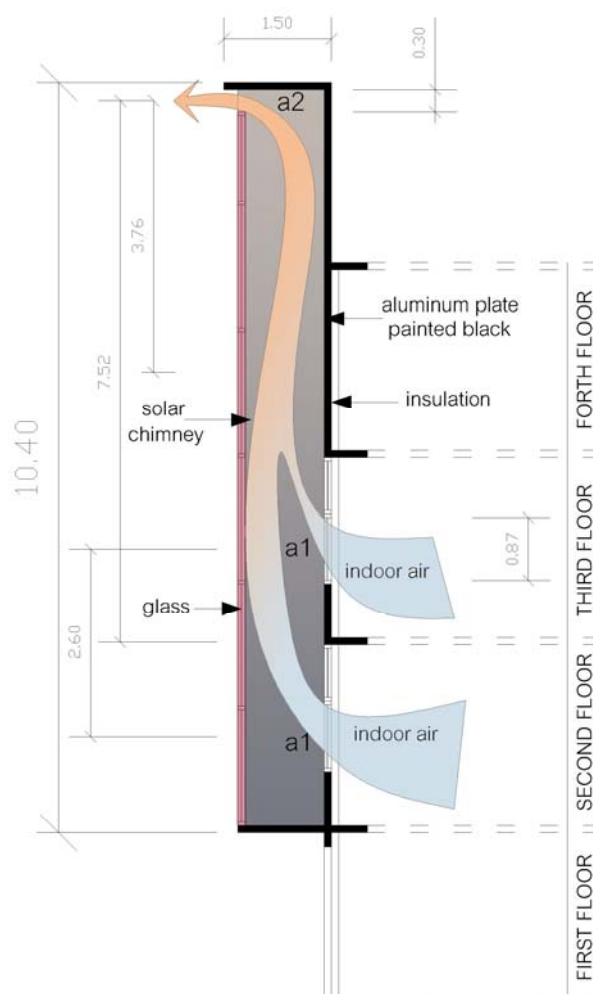
รูปด้าน รูปตัด และผังพื้นตึกแถวที่ประยุกต์ใช้ปล่องแสงอาทิตย์ระบายอากาศ กรุงเทพมหานคร



จากการออกแบบปล่องแสงอาทิตย์ระบายอากาศเพื่อใช้ในอาคารตึกแถวทำให้เกิดการระบายอากาศในอาคารและปล่องแสงอาทิตย์ ดังนี้

ภาพที่ 5.8

ปล่องแสงอาทิตย์ระบายอากาศในตึกแถว กรุงเทพมหานคร



5.3 การประเมินปล่องแสงอาทิตย์ที่ใช้ในตึกแถวภูมิอากาศต่าง ๆ

จากการออกแบบปล่องแสงอาทิตย์ที่ใช้ในประเทศต่าง ๆ ในข้อ 5.2 ทำให้เกิดอัตราการระบายอากาศ และความเร็วลมในอาคารที่ทำให้อุณหภูมิอากาศที่ผิวมนุษย์เข้าสู่สภาวะ

นำสบายได้อย่างเหมาะสม โดยใช้การระบายอากาศภายในอาคารอย่างผสมผสานกับการระบายอากาศแบบช่องเปิดธรรมชาติตามแต่ฤดูกาล

การประเมินความเร็วลมที่ได้จากการออกแบบในอาคารด้วยขั้นตอนทั้ง 4 ขั้นตอน หากเกิดอุณหภูมิอากาศและความเร็วลมตามที่กำหนด จะถือว่านำปล่องแสงอาทิตย์นี้มาใช้งานจริงได้ ซึ่งผลที่ได้จากการประเมินอาคารจะเน้นให้ความสำคัญกับอุณหภูมิอากาศ และอัตราเร็วลมที่เกิดขึ้น

ตารางที่ 5.5

อุณหภูมิอากาศ อัตราการระบายอากาศ และอัตราเร็วลมที่ได้จากการประเมินตึกแถว
กรุงเทพมหานคร

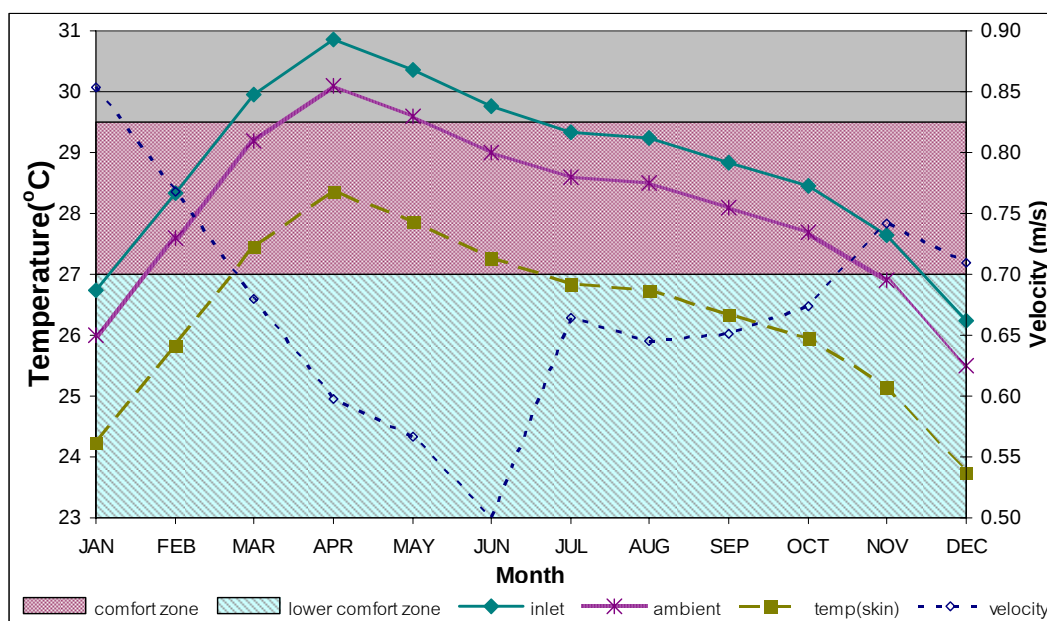
เดือน	ปริมาณความ เข้มรังสีอาทิตย์ (W/m ²)	อุณหภูมิอากาศปล่อง แสงอาทิตย์ (°C)			อัตราการ ระบายอากาศ (m ³ /s)	อัตราเร็ว ลม (m/s)	อุณหภูมิ อากาศที่ ผิวผนัง (°C)
		ambient	ลมออก	ลมเข้า			
มกราคม	551.83	26.00	55.52	26.70	1.48	0.85	24.23
กุมภาพันธ์	424.71	27.60	57.21	28.30	1.33	0.77	25.84
มีนาคม	286.94	29.20	58.92	29.90	1.18	0.68	27.44
เมษายน	180.98	30.10	59.90	30.80	1.03	0.60	28.35
พฤษภาคม	166.50	29.60	59.43	30.30	0.98	0.57	27.85
มิถุนายน	160.58	29.00	58.85	29.70	0.86	0.50	27.26
กรกฎาคม	160.54	28.60	58.45	29.30	1.15	0.66	26.84
สิงหาคม	169.87	28.50	58.35	29.20	1.12	0.65	26.74
กันยายน	225.08	28.10	57.90	28.80	1.13	0.65	26.34
ตุลาคม	334.23	27.70	57.40	28.40	1.17	0.67	25.94
พฤศจิกายน	523.08	26.90	56.43	27.60	1.28	0.74	25.14
ธันวาคม	591.62	25.50	54.99	26.20	1.23	0.71	23.74

จากตารางที่ 5.5 และ ภาพที่ 5.9 อุณหภูมิอากาศที่ผิวผนังลดลงได้ประมาณ 2.5 องศาเซลเซียส ซึ่งความเร็วลมที่ต่ำที่สุดประมาณ 0.5 เมตรต่อวินาที จะทำให้อุณหภูมิที่มนุษย์รู้สึกเข้าสู่สภาวะน่าสบายได้ในเดือน มีนาคม-มิถุนายน ส่วนเดือนที่เหลืออากาศจะมีอุณหภูมิที่ผิวผนังต่ำกว่าสภาวะน่าสบาย แต่สามารถปรับกลับไปใช้การระบายอากาศแบบธรรมชาติได้จะทำให้อุณหภูมิเข้าสู่สภาวะน่าสบายเกือบตลอดทั้งปีตามภาพที่ 5.10 นอกจากนั้นในเดือนมกราคม

และธันวาคมที่อุณหภูมิอากาศภายในอาคารต่ำกว่าสภาวะน่าสบายจะสามารถปรับเพิ่มอุณหภูมิอากาศภายในอาคารได้ด้วยการเปิดหน้าต่าง

ภาพที่ 5.9

อุณหภูมิอากาศ และอัตราเร็วลมที่ได้จากการประเมินตึกแถว กรุงเทพฯ



ภาพที่ 5.10

ช่วงเดือนที่ผลการคำนวณอุณหภูมิอากาศภายในอาคารและอากาศทั่วไปเข้าสู่สภาวะน่าสบาย



สรุปได้ว่า ปล่องแสงอาทิตย์สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับอาคารพาณิชย์ประเภท ตึกแถวประเทศไทยได้ดีในช่วงเดือน มีนาคม-มิถุนายน ทำให้เกิดการประหยัดพลังงานภายใน อาคารและไม่เกิดมลพิษในการนำอากาศธรรมชาติเข้ามาใช้ และในช่วงเดือนที่มีอากาศอยู่ใน สภาวะน่าสบายหรือต่ำกว่าสภาวะน่าสบายสามารถใช้การเปิดหน้าต่างเพื่อระบายอากาศและ

ปรับอุณหภูมิให้อยู่ในสภาวะน่าสบายได้ ปล่องแสงอาทิตย์จึงเป็นวิธีที่เหมาะสมกับประเทศที่มีปริมาณความเข้มรังสีอาทิตย์มากอย่างประเทศไทย ส่วนในประเทศที่มีอากาศอบอุ่น หรือหนาว อาจนำไปประยุกต์ใช้เพื่อให้เกิดการระบายอากาศที่มีคุณภาพในอาคารได้ และยังสามารถนำความร้อนที่เกิดจากปล่องแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์เพื่อเพิ่มอุณหภูมิในอาคารได้

5.4 ข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปใช้ในงานวิจัย

เนื่องจากการศึกษาทดลองปล่องแสงอาทิตย์ระบายอากาศ ซึ่งทำการทดลองกับกล่องทดลองเปรียบเทียบกับสมการอัตราความเร็วลม ทำให้เกิดข้อจำกัดในการนำไปใช้ต่อไป ดังนี้

1. จากการทดลองพบข้อจำกัดในเรื่องเครื่องมือที่ใช้วัดความเร็วลม ซึ่งเป็นแบบมือถือ และมีความสามารถในการวัดความเร็วลมได้ละเอียดเพียง 0.01 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ที่ระดับอุณหภูมิ -20 ถึง 70 องศาเซลเซียส เท่านั้น แต่ผลการอ่านค่าอุณหภูมิที่ระดับความร้อนจากแสง 800 วัตต์ นั้น มีค่าเฉลี่ยสูงถึง 78 องศาเซลเซียส ค่าความเร็วที่วัดได้ ณ ช่วงเวลานั้นจึงอาจเกิดความคลาดเคลื่อนได้

2. กล่องทดลองที่สร้างขึ้นนี้อยู่ในห้องทดลองที่ควบคุมอุณหภูมิ ซึ่งจะทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายในกับภายนอกอาคารได้โดยง่าย จึงควรศึกษาเพิ่มเติมที่อุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารจริงด้วยว่าจะทำให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิจนทำให้เกิดการลอยตัวของอากาศได้หรือไม่

3. จากการทดลองเบื้องต้นพบว่า ที่ระดับความเข้มแสงอาทิตย์ต่ำกว่า 300 วัตต์ต่อตารางเมตร มีอัตราการระบายอากาศต่ำจนไม่สามารถวัดค่าได้ และในผลการคำนวณก็เป็นช่วงที่ติดลบ จึงไม่ควรนำมาคำนวณตามสมการ

4. การประยุกต์ใช้ปล่องแสงอาทิตย์ระบายอากาศในอาคารทั่วไป ควรต้องทำการคำนวณอย่างละเอียดรอบคอบอีกครั้งก่อนนำไปใช้งานจริง

5. นอกจากการประยุกต์ใช้ปล่องแสงอาทิตย์กับอาคารพาณิชย์ประเภทตึกแถวแล้ว ควรมีการประยุกต์ใช้กับอาคารที่มีพื้นที่ใช้สอยแนวตั้งประเภทอื่น ๆ อีก เช่น อาคารชุดพักอาศัย คอนโดมิเนียม หอพัก อาคารเรียน อาคารสำนักงาน เป็นต้น เพื่อลดการใช้พลังงานในอาคารประเภทดังกล่าว