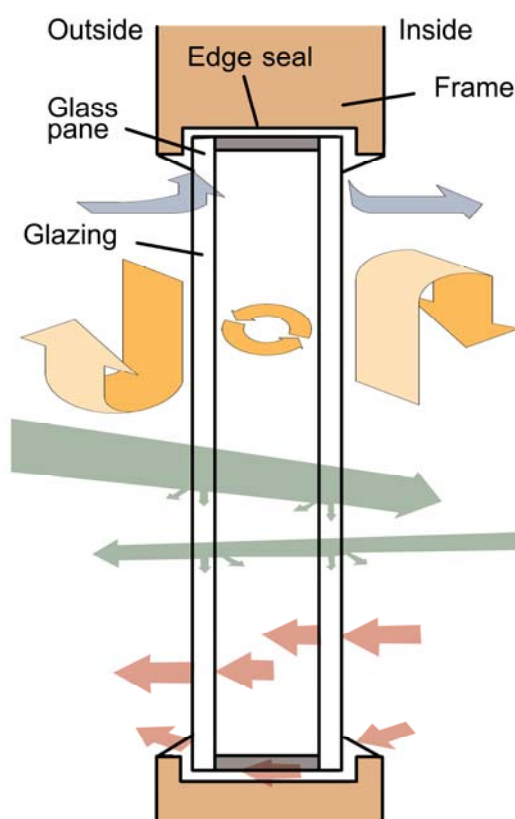


ภาพที่ 2.8  
ความร้อนเกิดขึ้นเมื่อผ่านกระจกสองชั้น



ที่มา: E Source Companies LLC, 2007. (ดัดแปลง)

ภาพที่ 2.5 ถึง 2.8 ความร้อนเกิดขึ้นเมื่อผ่านวัสดุทั้ง 4 ชนิด โดยมีความแตกต่างกันที่การสะท้อนความร้อนกลับของวัสดุแต่ละชนิด โดยค่าที่เกิดขึ้นจะสังเกตได้ว่าพฤติกรรมความร้อนเมื่อผ่านกระจกสองชั้นกับบล็อกแก้วมีความใกล้เคียงกันมาก แต่ในความเป็นจริงวัสดุทั้งสองชนิดจะเกิดค่าการรั่วซึมของขอบที่แตกต่างกัน เนื่องจากบล็อกแก้วจะมีการรั่วซึมของอากาศภายในสู่ภายนอกอาคารมากกว่ากระจกสองชั้น แต่ยังสามารถใช้สมการความร้อนเดียวกันได้

### 2.3 เทคนิคอื่นที่ใช้เกี่ยวกับการระบายอากาศด้วยแสงอาทิตย์

นอกจากการระบายอากาศแบบธรรมชาติในอาคารที่ได้กล่าวไปแล้วนั้น ยังมีเทคนิคในการระบายอากาศที่ถูกนำมาใช้ในการผลิตพลังงาน

หอคอยแดด (solar tower หรือ solar chimney) เป็นอุปกรณ์ทางเลือกหนึ่งที่ใช้ทำการผลิตไฟฟ้าโดยอาศัยแสงแดด โดยมีหลักการให้อากาศภายใต้ “หลังคารับแดด” รับพลังงานความร้อนจากแสงแดด เพื่อให้ลอยตัวขึ้นยังปล่องสูง ด้วยการไหลแบบการพาความร้อนธรรมชาติ (natural convection) จากนั้นใช้กังหันเทอร์ไบน์ดูดซับพลังงานจากการไหลเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า

จากความรู้ด้านเทคนิคหอคอยแดดทำให้เกิดการปรับปรุง และนำมาใช้กับงานสถาปัตยกรรมด้วยการใช้หลักการที่เพิ่มพื้นที่ให้อากาศโดนแสงอาทิตย์มากขึ้นทำให้อัตราการหมุนเวียนอากาศเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย โดยหากใช้เทคนิคนี้ร่วมกับการระบายอากาศแบบดาวน์ดราฟต์จะทำให้เกิดประสิทธิภาพในการระบายอากาศในเขตตัวเมืองมากขึ้น ซึ่งจะเป็นการช่วยลดปัญหาเรื่องความสูงของปล่องระบายอากาศได้

## 2.4 งานวิจัยอื่นที่เกี่ยวข้อง

โดยพื้นฐานของงานวิจัยในเรื่องการระบายอากาศแบบปล่องระบายอากาศด้วยแสงอาทิตย์นั้น จำเป็นต้องเข้าใจถึงระบบการระบายอากาศแบบปล่องโดยทั่วไปเสียก่อนจึงจะประยุกต์ใช้ปล่องแสงอาทิตย์ได้ โดยหลักการของปล่องระบายอากาศ มีการศึกษามา ดังนี้

Chenvidyakarn and Wood (2004) ได้ศึกษาเกี่ยวกับลักษณะการเกิดการระบายอากาศในพื้นที่เปิดโล่ง ซึ่งการระบายอากาศนั้นจะไหลผ่านปล่องระบายอากาศ 2 ปล่อง ด้านบนหลังคาและเจาะช่องเปิดที่บริเวณประตูทางเข้าชั้นล่างสุดของอาคารจะเกิดการระบายอากาศที่แตกต่างกัน 3 กรณี คือ กรณีที่ 1 อากาศเย็นจากภายนอกอาคารไหลเข้าสู่ตัวอาคารทางด้านปล่องสั้นและช่องเปิดด้านล่าง ขณะที่อากาศร้อนระบายตัวออกทางด้านปล่องสูง กรณีที่ 2 อากาศเย็นจากภายนอกเข้าสู่ตัวอาคารที่ช่องเปิดด้านล่างและอากาศร้อนระบายตัวออกทางปล่องทั้งสองด้านบนอาคาร และกรณีที่ 3 อากาศภายนอกผ่านเข้าอาคารทางด้านปล่องสูงและช่องเปิดด้านล่าง ในขณะที่อากาศร้อนภายในถูกระบายออกด้วยปล่องสั้น จากการทดลองดังกล่าวทำให้ทราบถึงปัจจัยที่ทำให้เกิดการระบายอากาศที่แตกต่างกันทั้ง 3 กรณีดังกล่าวนี้เกิดจากพื้นที่ช่องเปิดด้านล่างที่เป็นสัดส่วนกันกับพื้นที่หน้าตัดของปล่องสูงมีค่าแตกต่างกันโดยต้องนำมาเทียบเคียงกับความสูงจากจุดอ้างอิงถึงฐานปล่องทั้งสอง และความสูงปล่องทั้งสอง โดยมีสมการเชื่อมโยงที่แตกต่างกันทั้ง 3 กรณี

จารุณี โรจน์สวัสดิ์สุข (2549) ได้ศึกษาเพิ่มเติม เรื่องการนำความร้อนจากการแผ่รังสีอาทิตย์มาช่วยผลักดันการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติในโรงเอเตรียมที่มีด้านหนึ่ง

เป็นผนังกระจกแนวตั้งเพื่อรับแสงธรรมชาติจากภายนอก เพื่อควบคุมอัตราการระบายอากาศและลดความร้อนส่วนเกินให้เหมาะสมกับอุณหภูมิสภาพน่าสบายของคนที่อยู่ภายในโรงเอเตรียม ภายใต้สภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน ผลจากการศึกษาพบว่า เมืองที่อยู่ในเขตสภาพภูมิอากาศหนาวสามารถควบคุมอุณหภูมิ และอัตราการระบายอากาศในโรงเอเตรียมได้ดีกว่าเมืองที่อยู่ในเขตสภาพภูมิอากาศร้อน

ส่วนการพัฒนาเทคนิคปล่องแสงอาทิตย์ระบายอากาศเพื่อประยุกต์ใช้กับในส่วนประกอบของตัวอาคาร เช่น หลังคา ผนัง หน้าต่าง นั้น ก็ได้มีการค้นคว้าศึกษามาบ้างแล้ว โดยส่วนมากให้ความสำคัญกับการระบายอากาศเพื่อให้เกิดสภาพน่าสบาย และยังมีงานวิจัยบางชิ้นให้ความสำคัญกับการระบายอากาศในผนัง หรือกระจกสองชั้นเพื่อเป็นฉนวนกันความร้อนเข้าสู่อาคาร

Hamdy and Fikry (1998) ศึกษาเทคนิคการระบายอากาศแบบปล่องแสงอาทิตย์ระบายอากาศ (Solar chimney) กับหลังคาเอียงในแถบเมดิเตอร์เรเนียน ซึ่งขึ้นอยู่กับความแตกต่างของอุณหภูมิภายในกับภายนอกอาคาร และอัตราความเร็วลมจะเพิ่มขึ้นเมื่อความสูงปล่องระบายอากาศเพิ่มขึ้นด้วย โดยในงานวิจัยนี้ได้สนใจศึกษามุมองศาความเอียงของปล่องที่ดีที่สุดเพื่อประยุกต์ใช้กับปัจจัยความร้อนสูญเสีย (solar heat gain factor, SHGF) และความสูงปล่องให้เกิดแรงลมที่เหมาะสมในอาคาร รวมถึงองศาของปล่องที่เหมาะสมที่สุดอยู่ที่  $60^\circ$  เมื่อใช้กับภูมิอากาศในแบบเมดิเตอร์เรเนียนเท่านั้น ซึ่งมีการแนะนำให้ใช้ปล่องแสงอาทิตย์ระบายอากาศนี้เพื่อปรับใช้กับองค์ประกอบต่าง ๆ ของอาคาร เช่น ปล่องลม สวน และโรงบันได เพื่อนำอากาศธรรมชาติเข้ามาใช้ในอาคาร

Chungloo and Limmeechokchai (2006) ได้ศึกษาการควบคุมลักษณะของผนังและหลังคาในสภาพภูมิอากาศเขตร้อนชื้น โดยการใช้ปล่องแสงอาทิตย์ระบายอากาศ โดยพ่นละอองน้ำบนหลังคาก่อให้เกิดการทดลอง ซึ่งผลที่ได้พบว่าการใช้ทั้งสองวิธีสามารถสร้างสภาพน่าสบายทางด้านอุณหภูมิได้ โดยใช้การพ่นละอองน้ำในช่วงเวลากลางวันจะทำให้อุณหภูมิ  $31.0 - 36.5^\circ\text{C}$  ลดลงไปได้  $1.0 - 3.5^\circ\text{C}$  เปรียบเทียบผลกับการทดลองในโปรแกรมจำลองของไหล ซึ่งสามารถลดอุณหภูมิไปได้  $2 - 4^\circ\text{C}$

ในขณะที่ Harris and Helwig (2007) ได้ศึกษาองศาความเอียงของปล่องระบายอากาศแสงอาทิตย์ และกระจกสองชั้นในโปรแกรมจำลองของไหลแล้วพบว่า เมื่อใช้ปล่องแสงอาทิตย์ระบายอากาศที่มีอาคารด้านทิศใต้ทำให้ปล่องที่ทำมุม  $67.5^\circ$  จากแนวราบจะเกิดประสิทธิภาพสูงที่สุด ส่วนการใช้กระจกสองชั้นไม่แตกต่างจากการใช้กระจกแบบปกติเท่าใดนัก จึง

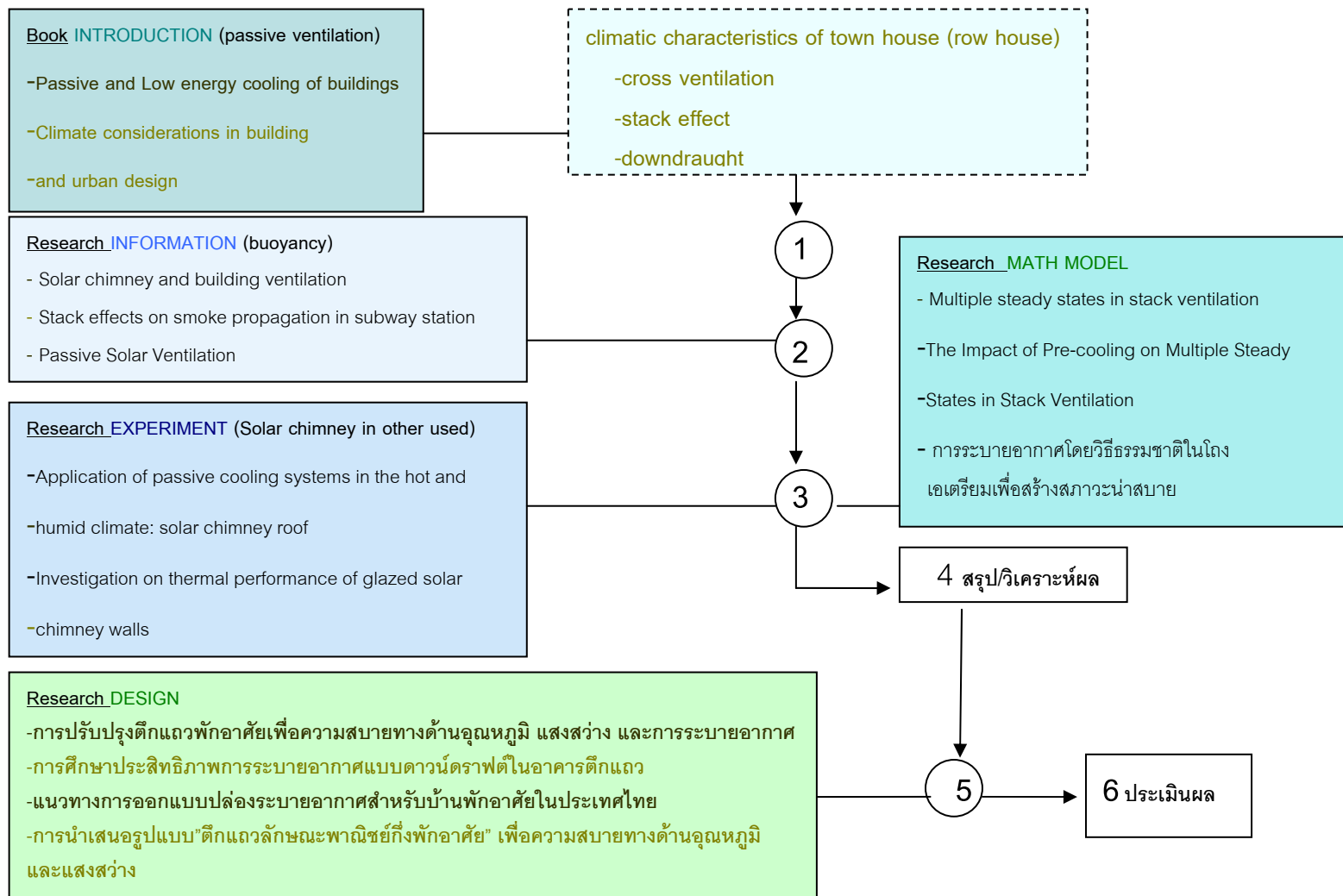
ไม่แนะนำให้ใช้กระจกสองชั้นในปล่องแสงอาทิตย์ระบายนํ้าอากาศ แต่ผลการใช้วัสดุกระจกในปล่องแสงอาทิตย์ในการทดลองนี้ไม่ได้มีการเปรียบเทียบกับวัสดุกระจกแบบอื่นอีก ซึ่งน่าจะมีผลต่อความเร็วลมในกล่องทดลองจึงเป็นปัจจัยที่ผู้วิจัยได้นำมาศึกษาต่อ

ส่วนในเรื่องของการประยุกต์ใช้การระบายอากาศแนวตั้งเข้ากับอาคารจริงนั้น ได้มีการศึกษากันมาบ้างแล้วในประเทศไทย แต่ไม่มีการใช้ปล่องแสงอาทิตย์เข้ามาประยุกต์ใช้งานด้วย ดังเช่น การศึกษาของ ดร.ณิ มงคลสวัสดิ์ (2546) ที่ทำการศึกษากการระบายอากาศรูปแบบดาวน์ดราฟต์กับตึกแถวในประเทศไทย ซึ่งมีผลสรุปแบบรูปแบบตึกแถวในแบบที่เหมาะสมกับการระบายอากาศในประเทศไทยมากที่สุด โดยที่ชวลิษฐ์ ฤกษ์ศิลป์ (2546) ได้ทำงานวิจัยเพื่อสรุปหาความสูงปล่องที่เหมาะสมที่สุดในการเกิดการระบายอากาศแนวตั้งได้ที่ระยะ 9 เมตร

ในส่วนสภาวะนํ้าสลายในอาคารประเภทตึกแถว นั้น มีชนินทร์ ทิพย์ภาส (2537) และ วรณัฐ ฤกษ์เสริมสุข (2547) ศึกษาเป็นแนวทางในการออกแบบ หรือปรับปรุงตึกแถว เพื่อให้เกิดสภาวะนํ้าสลายทางด้านอุณหภูมิจึงแสงสว่าง และการระบายอากาศ ในเขตกรุงเทพมหานคร

โดยงานวิจัยทั้งหมดที่กล่าวมานี้ มีความเชื่อมโยงกับงานวิจัย และการศึกษานํ้าร่องเรื่องการศึกษาประสิทธิภาพการระบายอากาศปล่องแสงอาทิตย์ในตึกแถว ดังภาพที่ 2.9

ภาพที่ 2.9  
ความเชื่อมโยงงานกับวิจัยอื่น



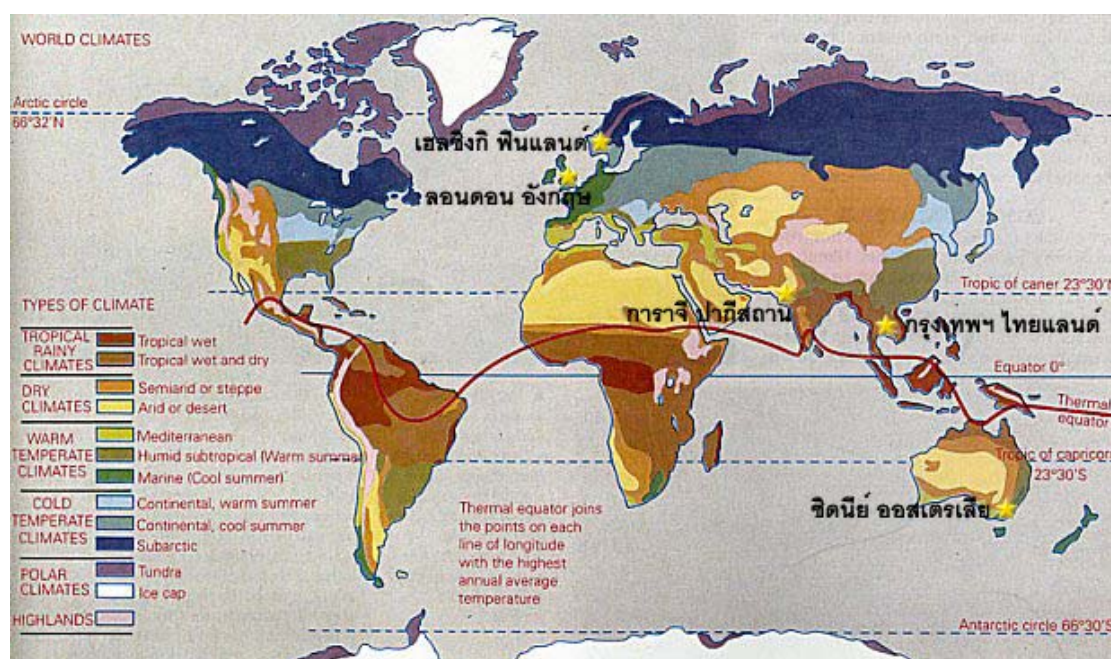
## 2.5 การวิเคราะห์สภาพภูมิอากาศ

### 2.5.1 อุณหภูมิอากาศโลก

การศึกษานี้ทำการพิจารณาการแบ่งโซนโลกตามสภาพภูมิอากาศที่แตกต่างกัน ซึ่งสามารถแบ่งได้ 5 โซน และได้เลือกพื้นที่ที่เป็นตัวแทนของแต่ละภูมิอากาศมาโซนละ 1 ประเทศ สำหรับพื้นที่ที่มีสภาพอากาศหนาวจัดแบบขั้วโลก (polar climate) จะไม่เลือกมาทำการศึกษา

ภาพที่ 2.10

แผนที่สภาพเขตภูมิอากาศร้อนชื้น ร้อนแห้ง ออบอุ่น หนาวและเขตขั้วโลก และระบุตำแหน่งของเมืองที่เลือกศึกษา



ที่มา: Wikimedia Foundation Inc., 2551

พื้นที่ที่นำมาทำการศึกษามี 5 ประเทศ ได้แก่

1) กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย ตั้งอยู่ที่ละติจูด 13 องศา 9 ลิปดาเหนือ ลองติจูด 100 องศา 6 ลิปดาตะวันออก เป็นตัวแทนของเขตสภาพภูมิอากาศร้อนชื้น (tropical rainy climates)

2) การราจี ประเทศปากีสถาน ตั้งอยู่ที่ละติจูด 24 องศา 51 ลิปดาเหนือ ลองติจูด 67 องศา 2 ลิปดาตะวันออก เป็นตัวแทนของเขตสภาพภูมิอากาศร้อนแห้ง (dry climates)

3) ลอนดอน ประเทศอังกฤษ ตั้งอยู่ที่ละติจูด 51 องศา 48 ลิปดาเหนือ ลองติจูด 0 องศา 40 ลิปดาตะวันตก เป็นตัวแทนของเขตสภาพภูมิอากาศอบอุ่น (warm temperature climates) ชีกโลกเหนือ

4) ซิดนีย์ ประเทศออสเตรเลีย ตั้งอยู่ที่ละติจูด 33 องศา 95 ลิปดาใต้ ลองติจูด 151 องศา 10 ลิปดาตะวันออก เป็นตัวแทนของเขตสภาพภูมิอากาศอบอุ่น (warm temperature climates) ชีกโลกใต้

5) เฮลซิงกิ ประเทศฟินแลนด์ ตั้งอยู่ที่ละติจูด 60 องศา 32 ลิปดาเหนือ ลองติจูด 24 องศา 90 ลิปดาตะวันออก เป็นตัวแทนของเขตสภาพภูมิอากาศหนาว (cold temperature climate)

## ตารางที่ 2.2

อุณหภูมิภายนอกเฉลี่ยรายเดือน ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน

| เดือน      | อุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือน °C |                     |                     |                      |                       |
|------------|---------------------------|---------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|
|            | กรุงเทพ <sup>1</sup>      | การาจี <sup>1</sup> | ลอนดอน <sup>1</sup> | ซิดนีย์ <sup>1</sup> | เฮลซิงกิ <sup>1</sup> |
| มกราคม     | 26.00                     | 17.90               | 4.90                | 22.10                | -6.10                 |
| กุมภาพันธ์ | 27.60                     | 20.20               | 4.60                | 22.00                | -6.50                 |
| มีนาคม     | 29.20                     | 24.60               | 7.10                | 20.90                | -3.50                 |
| เมษายน     | 30.10                     | 28.20               | 9.00                | 18.30                | 2.00                  |
| พฤษภาคม    | 29.60                     | 30.70               | 12.60               | 15.20                | 8.50                  |
| มิถุนายน   | 29.00                     | 31.30               | 15.60               | 12.80                | 14.00                 |
| กรกฎาคม    | 28.60                     | 30.20               | 18.40               | 11.80                | 16.80                 |
| สิงหาคม    | 28.50                     | 28.90               | 17.80               | 13.00                | 15.50                 |
| กันยายน    | 28.10                     | 28.90               | 15.20               | 15.20                | 10.70                 |
| ตุลาคม     | 27.70                     | 27.60               | 12.00               | 17.60                | 5.50                  |
| พฤศจิกายน  | 26.90                     | 23.70               | 7.70                | 19.40                | 0.40                  |
| ธันวาคม    | 25.50                     | 19.50               | 6.10                | 21.20                | -3.50                 |

ที่มา: <sup>1</sup> Wikimedia Foundation Inc, March 1, 2008.

### ตารางที่ 2.3

อุณหภูมิภายในสภาน้ำสลาย ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน

| เดือน      | อุณหภูมิในสภาน้ำสลาย(°C) |                    |                     |             |                       |
|------------|--------------------------|--------------------|---------------------|-------------|-----------------------|
|            | กรุงเทพ <sup>f</sup>     | การาจ <sup>g</sup> | ลอนดอน <sup>h</sup> | ซิดนีย์     | เฮลซิงกิ <sup>i</sup> |
| มกราคม     | 27.00-29.50              | 25.00-25.80        | 20.00-23.00         | 24.50-27.50 | 17.00-22.00           |
| กุมภาพันธ์ | 27.00-29.50              | 25.00-25.80        | 20.00-23.00         | 24.50-27.50 | 17.00-22.00           |
| มีนาคม     | 27.00-29.50              | 27.10-29.80        | 20.00-23.00         | 21.50-24.50 | 17.00-22.00           |
| เมษายน     | 27.00-29.50              | 27.10-29.80        | 20.00-23.00         | 21.50-24.50 | 17.00-22.00           |
| พฤษภาคม    | 27.00-29.50              | 27.10-29.80        | 20.00-23.00         | 21.50-24.50 | 17.00-22.00           |
| มิถุนายน   | 27.00-29.50              | 27.10-29.80        | 20.00-23.00         | 21.50-24.50 | 20.00-25.00           |
| กรกฎาคม    | 27.00-29.50              | 27.10-29.80        | 20.00-23.00         | 21.50-24.50 | 20.00-25.00           |
| สิงหาคม    | 27.00-29.50              | 27.10-29.80        | 20.00-23.00         | 21.50-24.50 | 20.00-25.00           |
| กันยายน    | 27.00-29.50              | 27.10-29.80        | 20.00-23.00         | 21.50-24.50 | 17.00-22.00           |
| ตุลาคม     | 27.00-29.50              | 27.10-29.80        | 20.00-23.00         | 21.50-24.50 | 17.00-22.00           |
| พฤศจิกายน  | 27.00-29.50              | 27.10-29.80        | 20.00-23.00         | 21.50-24.50 | 17.00-22.00           |
| ธันวาคม    | 27.00-29.50              | 25.00-25.80        | 20.00-23.00         | 24.50-27.50 | 17.00-22.00           |

ที่มา: <sup>f</sup> Joseph Khedari และคณะ (2000)

<sup>g</sup> J.Furgus Nicol และ Iftikhar A. Raja (2004)

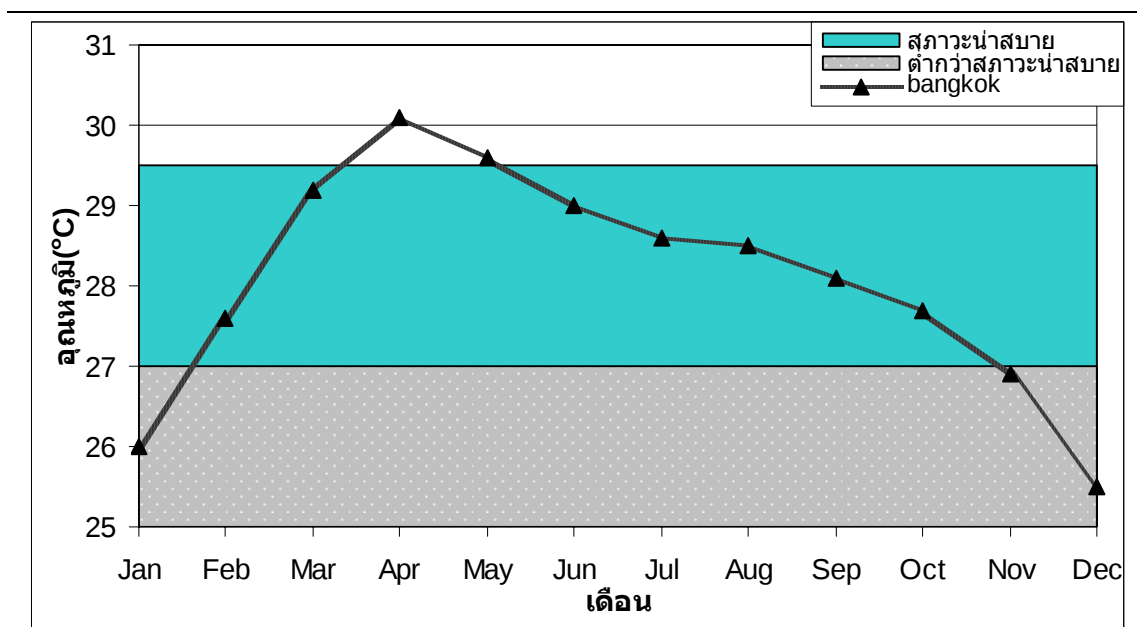
<sup>h</sup> T Chenvidyakarn และ Woods (2004)

<sup>i</sup> De Dear และคณะ (1999)

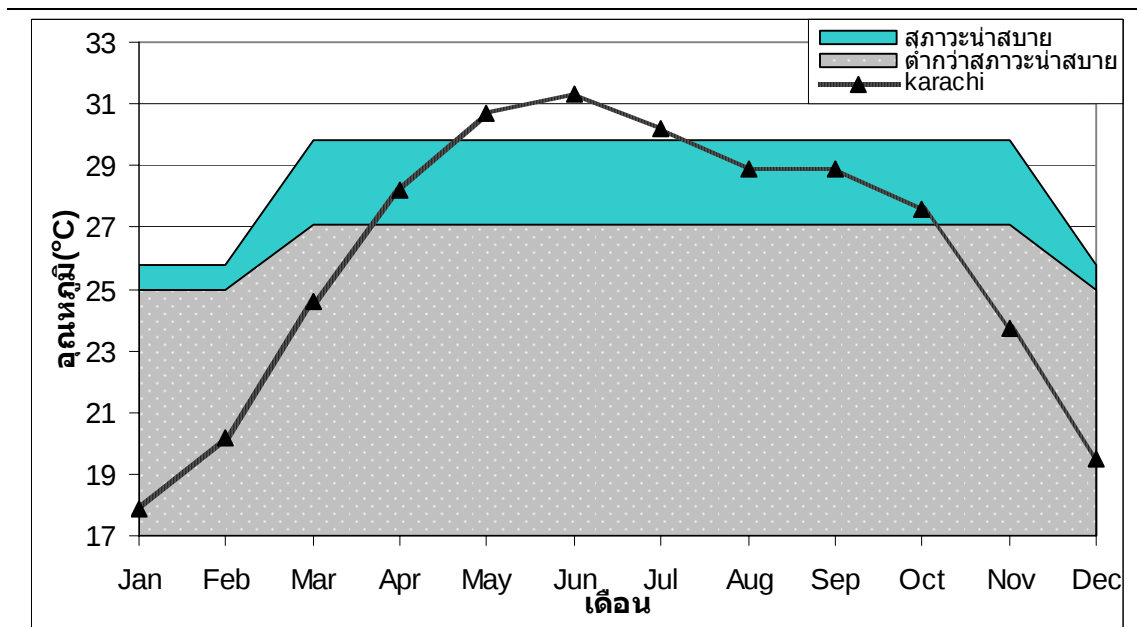
<sup>j</sup> Brager and de Gear (2002)

ภาพที่ 2.11

อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยของประเทศตัวแทนภูมิภาคต่าง ๆ เทียบกับสภาวะน้ำสบาย

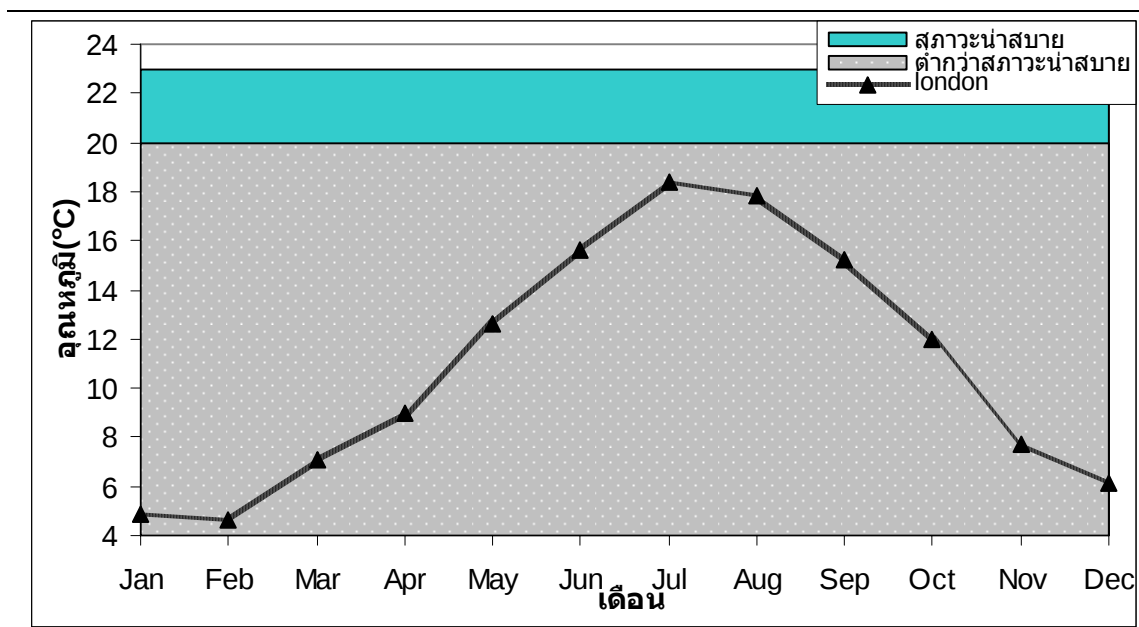


กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย

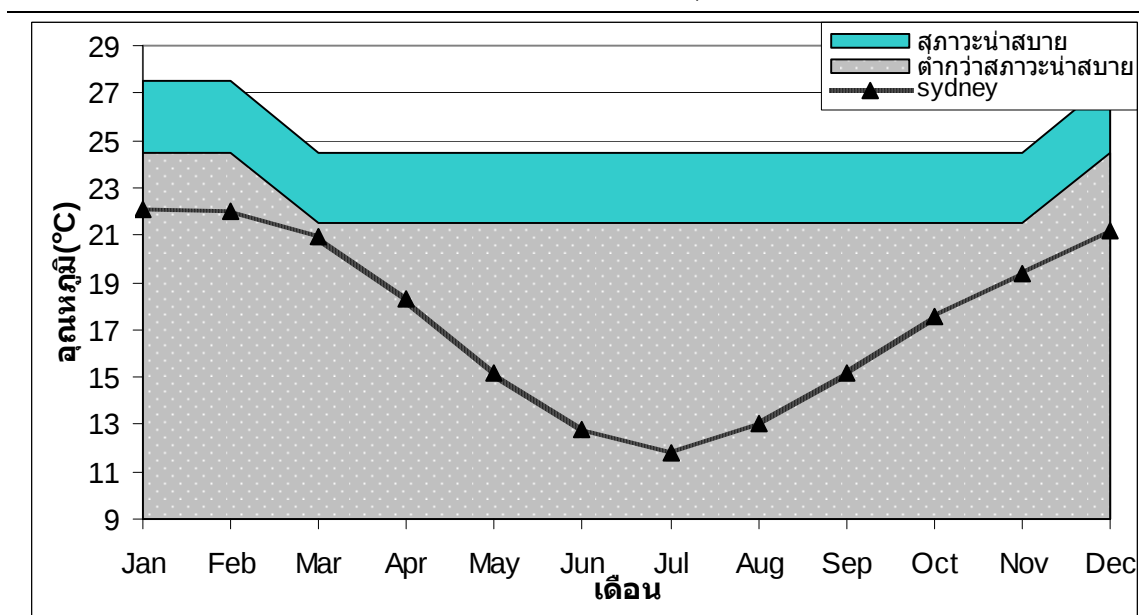


การากี ประเทศปากีสถาน

ภาพที่ 2.11 (ต่อ)

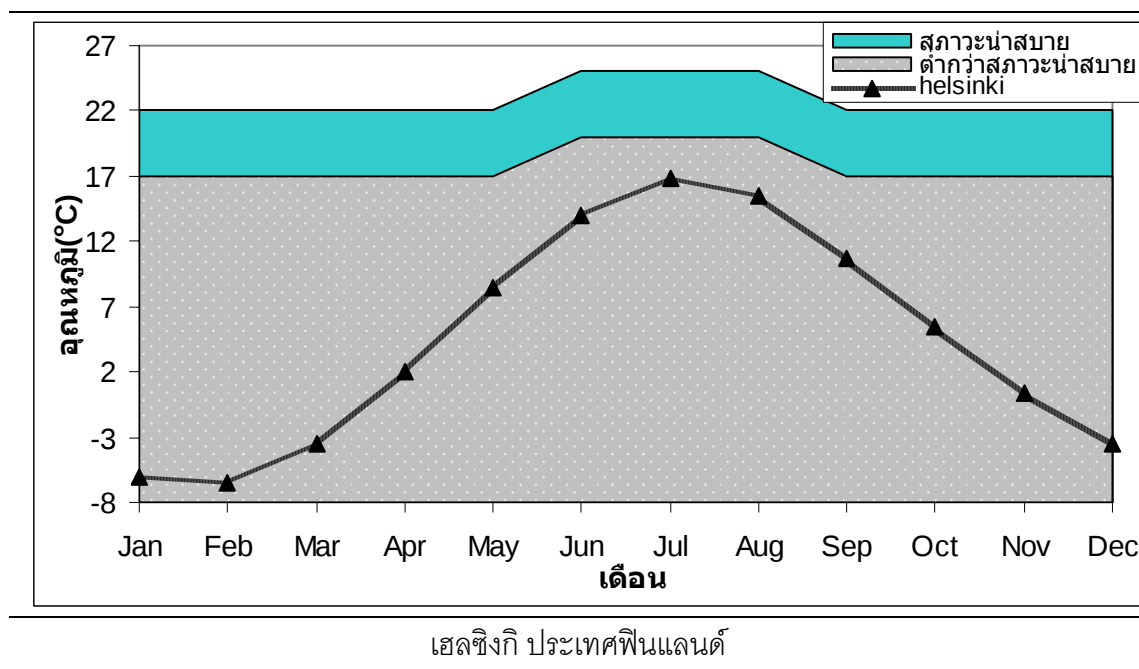


ลอนดอน ประเทศอังกฤษ



ซิดนีย์ ประเทศออสเตรเลีย

ภาพที่ 2.11 (ต่อ)



### 2.5.2 ค่าปริมาณรังสีความร้อน

ปริมาณรังสีอาทิตย์ที่หาได้นี้เป็นการคำนวณด้วยการจำลองในโปรแกรมคำนวณการใช้พลังงานในอาคาร (DOE-2) ของ จารุณี โรจนสวัสดิ์สุข (2548) ซึ่งเป็นอาคารลักษณะเป็นโรงที่มีความสูงใกล้เคียงกัน มีแสงอาทิตย์ส่องเข้าอาคารที่ผนังกระจกตั้งฉากกับพื้นดินด้านหน้าอาคาร โดยจำลองให้แสงอาทิตย์ส่องเข้าทางด้านทิศใต้ (ในประเทศทางซีกโลกใต้ จะใช้จำลองทางด้านทิศเหนือ) เพื่อหาปริมาณรังสีอาทิตย์เฉลี่ยรายเดือนที่ส่องลงผนังกระจกแนวตั้งด้านหน้าอาคาร

ภาพที่ 2.12 และตารางที่ 2.4 สังเกตได้ว่า ปริมาณความเข้มรังสีอาทิตย์ในเขตร้อนจะสูงในฤดูหนาว โดยปริมาณรังสีอาทิตย์ในเขตนี้จะแปรผกผันกับอุณหภูมิอากาศในเขตร้อน พื้นที่ในเขตอบอุ่นเหนือเส้นศูนย์สูตรปริมาณความเข้มรังสีอาทิตย์ค่อนข้างคงที่ตลอดปี เมื่อเทียบกับภูมิภาคอื่น ๆ ของโลก และพื้นที่เขตอบอุ่นใต้เส้นศูนย์สูตร มีปริมาณความเข้มแสงอาทิตย์มากในช่วงฤดูหนาวหรือในช่วงกลางปี ซึ่งจะแปรผกผันกับอุณหภูมิในเขตนี้ด้วย ส่วนในเขตร้อนจะมี

ปริมาณรังสีอาทิตย์สูงในช่วงฤดูร้อน ซึ่งในเขตนี้อัตราความเข้มรังสีอาทิตย์จะแปรผันตรงกับ  
อุณหภูมิในพื้นที่เดียวกัน

#### ตารางที่ 2.4

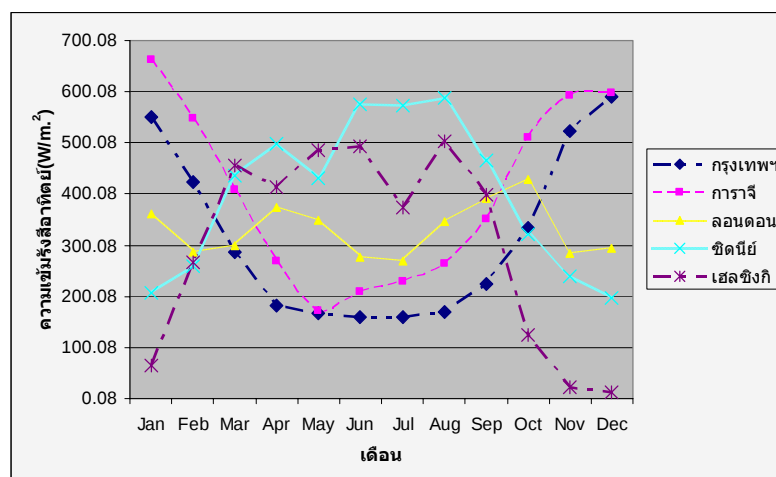
ค่าปริมาณรังสีอาทิตย์เฉลี่ยรายเดือน ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน

| เดือน      | ปริมาณรังสีอาทิตย์เฉลี่ยรายเดือน Watt/sqm. |         |        |         |          |
|------------|--------------------------------------------|---------|--------|---------|----------|
|            | กรุงเทพ                                    | การาจี้ | ลอนดอน | ซิดนีย์ | เฮลซิงกิ |
| มกราคม     | 551.83                                     | 663.18  | 361.90 | 206.13  | 64.91    |
| กุมภาพันธ์ | 424.71                                     | 547.19  | 286.99 | 258.75  | 266.50   |
| มีนาคม     | 286.94                                     | 409.75  | 298.38 | 435.47  | 456.53   |
| เมษายน     | 180.98                                     | 269.65  | 374.64 | 499.15  | 412.41   |
| พฤษภาคม    | 166.50                                     | 171.45  | 347.88 | 431.17  | 486.97   |
| มิถุนายน   | 160.58                                     | 208.86  | 277.74 | 574.67  | 492.22   |
| กรกฎาคม    | 160.54                                     | 228.39  | 267.93 | 573.86  | 373.26   |
| สิงหาคม    | 169.87                                     | 263.63  | 346.33 | 588.03  | 503.24   |
| กันยายน    | 225.08                                     | 352.25  | 390.23 | 465.94  | 397.57   |
| ตุลาคม     | 334.23                                     | 511.94  | 428.36 | 322.14  | 123.91   |
| พฤศจิกายน  | 523.08                                     | 591.77  | 284.66 | 238.91  | 21.47    |
| ธันวาคม    | 591.62                                     | 597.22  | 294.78 | 197.76  | 12.01    |

ที่มา: จารุณี โรจนสวัสดิ์สุข, 2548

#### ภาพที่ 2.12

ความเข้มรังสีอาทิตย์เฉลี่ยรายเดือนของแต่ละภูมิภาคทั่วโลก



จากการพิจารณาสภาพภูมิอากาศและปริมาณความชื้นรังสีอาทิตย์ในแต่ละเมืองพบว่า

1) กรุงเทพมหานครเป็นเมืองที่อยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตรมีอุณหภูมิสูงตลอดปี มีอุณหภูมิที่อยู่ในสภาน้ำสบายทั้งสิ้น 8 เดือน ช่วงต้นปีและปลายปีจะเป็นฤดูหนาว อุณหภูมิอากาศต่ำ แต่ปริมาณความชื้นรังสีอาทิตย์สูงกว่าช่วงอื่นของปี ส่วนช่วงกลางปีจะเป็นฤดูร้อน แต่จะมีปริมาณความชื้นรังสีอาทิตย์ต่ำที่สุดในรอบปี

2) การากี อยู่ในเขตสภาพภูมิอากาศร้อนแห้งแล้ง มีสภาพอากาศรุนแรง คือ ช่วงฤดูหนาวสภาพอากาศหนาวจัด เนื่องจากลมมรสุม อุณหภูมิที่ลดลงมากจึงมาจากพายุฝนในช่วงต้นปีและปลายปี ส่วนในฤดูร้อนสภาพอากาศร้อนแห้งแล้ง ทำให้มีสภาวะอากาศอยู่ในช่วงสภาน้ำสบายเพียง 4 เดือนเท่านั้น ในช่วงก่อนกลางปีและก่อนปลายปีอย่างละ 2 เดือน

3) ลอนดอน อยู่ในเขตสภาพภูมิอากาศอบอุ่นเหนือเส้นศูนย์สูตร มีอุณหภูมิอากาศทั่วไปแปรเปลี่ยนตามฤดูกาล คือ ในช่วงกลางปีเป็นช่วงฤดูร้อน อากาศมีอุณหภูมิสูง ช่วงปลายปีและต้นปีเป็นช่วงฤดูหนาวที่มีอุณหภูมิต่ำ แต่ปริมาณความชื้นแสงอาทิตย์มีค่าไม่คงที่เนื่องจากเป็นเมืองที่มีหมอกปกคลุมตลอดปี จึงทำให้อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยตลอดทั้งปีต่ำกว่าสภาน้ำสบายทุกเดือน

4) ซิดนีย์ เป็นเมืองที่อยู่ในเขตภูมิอากาศอบอุ่นใต้เส้นศูนย์สูตร มีฤดูหนาวอยู่ในช่วงกลางปีทำให้อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยสูงในช่วงนี้ มีฤดูร้อนอยู่ในช่วงปลายปี และต้นปีทำให้อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยในช่วงนี้ต่ำ ในขณะที่ปริมาณความชื้นรังสีอาทิตย์มีปริมาณมากในช่วงกลางปี รวมถึงมีเดือนที่อยู่ในช่วงสภาน้ำสบาย 3 เดือน ในช่วงฤดูร้อน

5) เฮลซิงกิ เป็นเมืองที่มีสภาพภูมิอากาศแถบขั้วโลก คือ มีอากาศหนาวเย็นตลอดปี แม้ว่าจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นในช่วงกลางปี แต่ก็ยังไม่อยู่ในสภาน้ำสบาย อุณหภูมิที่สูงขึ้นในช่วงกลางปี เนื่องจากปริมาณความชื้นรังสีอาทิตย์ที่มีมากกว่าช่วงอื่นของปี

## 2.6 ตัวอย่างอาคารที่ใช้ระบบปล่องแสงอาทิตย์ระบายอากาศ

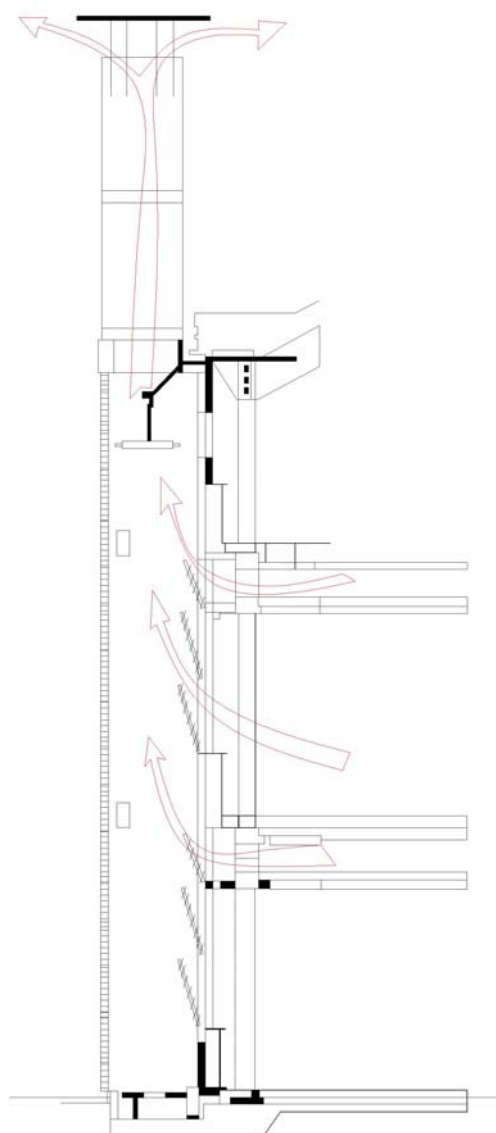
### 2.6.1 BRE (Building Research Establishment)

อาคาร BRE ประเทศอังกฤษ มีการใช้ระบบระบายอากาศหลักเป็นแบบธรรมชาติ คือ การเจาะช่องเปิดหน้าต่างเพื่อรับลมธรรมชาติ การระบายอากาศแบบปล่องระบายอากาศ

ผ้าเพดานถูกคลื่นเพื่อกักเก็บอากาศเย็นในตอนกลางคืนไว้ และช่องเปิดขนาดเล็กจากปล่องที่จะปล่อยลมผ่านเพื่อให้เกิดการเคลื่อนที่ของอากาศภายในอาคาร

ภาพที่ 2.13

รูปตัดปล่องระบายอากาศอาคาร BRE



ที่มา: London Metropolitan University, October 27, 2007.

ฤดูหนาวจะใช้การระบายอากาศเพียงเพื่อให้เกิดคุณภาพอากาศที่ดีภายในอาคาร ส่วนในฤดูร้อนจะใช้การทำความเย็นของอาคารในตอนกลางคืนเข้ามาช่วยบางส่วน โดยส่วน

ระบายอากาศหลักจะเป็นหน้าต่างบริเวณพื้นที่สำนักงานที่เปิดโล่งสู่ภายนอกอาคารและใช้การปิดเปิดด้วยมือ

ในกรณีที่ลมสงบการระบายอากาศแบบปล่องในทางทฤษฎีได้จะช่วยทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอากาศในช่วงหน้าร้อน โดยใช้ระบบอัตโนมัติในการเปิดปิดช่องเปิดระหว่างปล่องกับบริเวณภายในอาคาร ส่วนผนังภายนอกของปล่องระบายอากาศทำด้วยบล็อกแก้วเพื่อให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิในปล่อง และจะมีพัดลมเป็นตัวช่วยให้เกิดการหมุนเวียนของกระแสลมในกรณีที่ลมสงบจริงๆ หรือในกรณีที่อุณหภูมิต่ำมากจนไม่สามารถทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอากาศได้

นอกจากนี้ยังสามารถใช้การระบายอากาศในตอนกลางวันเมื่ออุณหภูมิอากาศภายในสูงมากหรือนำความเย็นจากอาคารในตอนกลางคืนมาใช้ได้ด้วย ส่วนชั้นบนสุดของอาคารไม่ใช่ฝ้าเพดานแบบลูกคลื่นและไม่เชื่อมต่อกับปล่องระบายอากาศเพราะในชั้นนี้มีหลังคาเอียงสูงถึง 5 เมตร ซึ่งสามารถเกิดการระบายอากาศได้ดีอยู่แล้ว

ภาพที่ 2.14

ปล่องระบายอากาศด้านทิศใต้ของอาคาร



ที่มา: London Metropolitan University, October 27, 2007.

### 2.6.2 Queen Building

อาคารเรียนรวมของคณะวิศวกรรมศาสตร์ที่ชื่อว่า Queen Building ของมหาวิทยาลัย De Montfort มีการออกแบบให้อาคารมีมวลหนาแน่นเพื่อใช้ในการกักเก็บความร้อนไว้ได้ดีในช่วงหน้าหนาว และเพดานอาคารสูงเพื่อใช้ในการระบายอากาศในช่วงหน้าร้อน โดยการเคลื่อนของอากาศแนวตั้ง (stack effect) จะนำความร้อนที่สะสมอยู่ในมวลอาคารนั้นออกสู่ภายนอกอาคาร ในเวลากลางวันด้วยปล่องระบายอากาศ และจะมีพัดลมเข้ามาช่วยในการระบายอากาศในปล่องระบายอากาศในกรณีที่กระแสลมไม่เพียงพอ

ภาพที่ 2.15

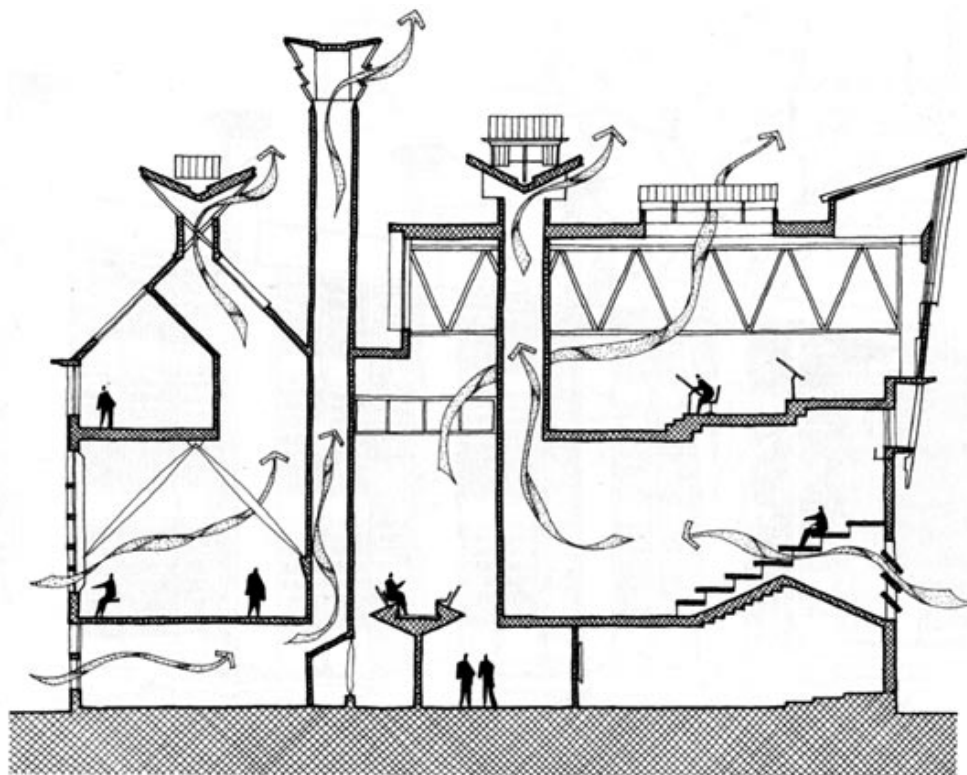
อาคาร Queen Building



ที่มา: Wikipedia Foundation Inc., October 27, 2007

ภาพที่ 2.16

การระบายอากาศภายในอาคาร



ที่มา: Owen A. Rose., October 27, 2007

## 2.7 สรุปทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผลจากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยเกี่ยวกับการระบายอากาศด้วยปล่องระบายอากาศพบว่า ปัจจัยความร้อนมีผลต่ออัตราการระบายอากาศในปล่องระบายอากาศ โดยความร้อนจะทำให้เกิดแรงดันอากาศภายในปล่องจากด้านล่างปล่องขึ้นสู่ด้านบนปล่อง ในกรณีที่อากาศภายนอกปล่องมีอุณหภูมิสูงกว่าด้านในปล่อง และในขณะที่สภาพแวดล้อมที่อุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารต่ำกว่าภายในอาคารจะทำให้เกิดผลในทางกลับกัน คือ แรงดันอากาศด้านบนปล่องจะมากกว่าด้านล่างปล่องจนเกิดการหมุนเวียนอากาศลงสู่ด้านล่างปล่องแทน ซึ่งในงานวิจัยนี้จะใช้การคำนวณตามสมการ ต่อไปนี้

$$Q = [A^*]^{\frac{2}{3}} \cdot \left[ \frac{g \cdot \infty}{\rho \cdot C_p} \right]^{\frac{1}{3}} \cdot [H_v]^{\frac{1}{3}} \cdot (h_1 + h_2)^{\frac{1}{3}} \quad (\text{สมการ 2.20})$$

|        |          |                                                                             |
|--------|----------|-----------------------------------------------------------------------------|
| โดยที่ | $Q$      | = อัตราการระบายอากาศ ( $\text{m}^3/\text{s}$ )                              |
|        | $A^*$    | = ผลคูณของพื้นที่ช่องเปิดกับสัมประสิทธิ์ความฝืดของช่องเปิด ( $\text{m}^2$ ) |
|        | $g$      | = แรงโน้มถ่วงของโลก ( $9.81 \text{ m/s}^2$ )                                |
|        | $\infty$ | = ค่าคงที่อัตราการขยายตัวของอุณหภูมิ ( $1/\text{K}$ )                       |
|        | $\rho$   | = ความหนาแน่น ( $\text{kg/m}^3$ )                                           |
|        | $C_p$    | = ความจุความร้อนจำเพาะของอากาศ ( $\text{J/kgK}$ )                           |
|        | $H_v$    | = ความร้อนที่ทำให้เกิดการลอยตัวของอากาศ ( $\text{W}$ )                      |
|        | $h_1$    | = ระยะระหว่างช่องเปิดด้านล่างและฐานปล่องระบายอากาศ ( $\text{m.}$ )          |
|        | $h_2$    | = ความสูงปล่องระบายอากาศ ( $\text{m.}$ )                                    |

หมายเหตุ สมการดังกล่าวจะเกิดเมื่อ  $\frac{a_1 c_1}{a_2 c_2} \leq \sqrt{\frac{h_2}{h}}$

สำหรับปัจจัยความร้อนที่ได้จากความเข้มรังสีอาทิตย์ส่องผ่านวัสดุโปร่งแสง (ในที่นี้คือ กระจกใส 1 ชั้น กระจกใส 2 ชั้น กระจกสะท้อนความร้อนวางกลับด้าน และบล็อกแก้ว) เข้ามาด้านปล่องแสงอาทิตย์ โดยตกกระทบบัสดูโลหะอลูมิเนียมหนา 0.001 เมตร พลาสติกด้านจะทำให้เกิดความร้อนในอาคารตามสมการ ต่อไปนี้

$$H_v = H_{in} + H_{w-g} - H_r - H_g + \gamma H_g - H_{inf} \quad (\text{สมการ 2.21})$$

|        |           |                                                |
|--------|-----------|------------------------------------------------|
| โดยที่ | $H_g$     | = ความร้อนจากกระจก (Watt)                      |
|        | $H_{in}$  | = ความร้อนเข้ามาในปล่อง (Watt)                 |
|        | $H_{w-g}$ | = ความร้อนสูญเสียของระบบ (Watt)                |
|        | $H_r$     | = ความร้อนที่วัสดุโลหะรับแสงอาทิตย์ (Watt)     |
|        | $H_v$     | = ความร้อนที่ทำให้เกิดการลอยตัวของอากาศ (Watt) |
|        | $H_{inf}$ | = ความร้อนที่สูญเสียไปกับการรั่วซึม (Watt)     |
|        | $\gamma$  | = ค่าการสะท้อนรังสีความร้อนของกระจก            |

จากสมการ 2.21 ผลความร้อนที่ได้จากการคำนวณของวัสดุโปร่งแสงที่ต่างกัน 4 ชนิด โดยจะทำให้เกิดอัตราการระบายอากาศที่แตกต่างกัน ในวัสดุกระจก 1 ชั้น จะยอมให้ความร้อนผ่านเข้ามาในปล่องแสงอาทิตย์มากกว่าวัสดุอื่น ๆ ส่วนวัสดุสะท้อนความร้อนวางกลับด้านจะทำให้ความร้อนที่เข้ามาในปล่องแสงอาทิตย์กลับออกนอกปล่องน้อยที่สุด และบล็อกแก้วจะทำให้เกิดการรั่วซึมของอากาศที่บริเวณรอยต่อระหว่างบล็อกมากที่สุด ซึ่งทำให้เกิดการสูญเสียความร้อนในส่วนนี้มาก

ผลจากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งหมด ทำให้เกิดสมมติฐานดังต่อไปนี้

1. กระจกชั้นเดียวที่นำมาใช้เป็นผนังรับแสงอาทิตย์จะเป็นวัสดุที่ทำให้เกิดความเร็วลมภายในอาคารมากที่สุด ส่วนบล็อกแก้วจะทำให้เกิดการรั่วซึมของอากาศ และความร้อนมากที่สุด
2. การใช้กระจกสองชั้น (ค่า  $\tau = 0.61$ ,  $U = 3.56 \text{ Watt/m}^2\text{K}$ ) ในการทดลองจะมีค่าความเร็วลมไม่แตกต่างจากการใช้กระจกชั้นเดียว (ค่า  $\tau = 0.80$ ,  $U = 5.83 \text{ Watt/m}^2\text{K}$ )
3. ประสิทธิภาพการระบายอากาศของปล่องแสงอาทิตย์ในประเทศไทยจะใช้ได้ดีในช่วงความเข้มรังสีอาทิตย์มากกว่า  $300 \text{ Watt/m}^2$  เป็นต้นไป
4. การระบายอากาศธรรมชาติแบบปล่องแสงอาทิตย์ในเขตร้อนชื้น และร้อนแห้งแล้งจะมีอัตราการระบายอากาศภายในตึกแถวสูงกว่าในเขตอบอุ่นและหนาว