การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 22
15-17 ตุลาคม 2551 มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

# การศึกษาการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ เพื่อสร้างสภาวะสุขสบายเชิงความร้อนในอาคาร

# Study on Natural Ventilation For Thermal Comfort in Building

จักรกฤษณ์ ภูวราง, โรจน์รัตน์ ลีละตานนท์ และ เชิดพันธ์ วิทูราภรณ์[1]
[1]ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยี่อาคารและสิ่งแวดล้อม
[1] ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถ.พญาไท กรุงเทพมหานคร 10330
โทร 0-2218-6622 โทรสาร 0-2252-2889 [1]อีเมล์ chirdpun@hotmail.com

**บทคัดย่อ**

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาและวิเคราะห์ลักษณะของอาคารที่เหมาะสมที่ทำให้เกิดสภาวะสุขสบายเชิงความร้อนที่มากสุดด้วยวิธีการระบายอากาศโดยธรรมชาติ โดยเน้นการวิเคราะห์ถึงทิศทางการวางตัวและขนาดของช่องเปิดรับลมที่เหมาะสมที่สุด

โปรแกรม EnergyPlus ถูกนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์หาค่า PMV (Predicted Mean Vote) จากการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติที่เกิดขึ้นในแบบจำลองที่สร้างขึ้น 2 แบบ คือ อาคารพาณิชย์ 2 ชั้นและบ้านเดี่ยว 1 ชั้นในทิศทางการวางตัวต่าง ๆ ของอาคาร ดังนี้ 0 30 60 90 120 และ 150 องศา เทียบกับทิศเหนือโดยวัดตามเข็มนาฬิกา และใช้ทิศทางนี้ในการศึกษาผลกระทบต่อขนาดช่องเปิดต่อชั่วโมงความสุขสบายเชิงความร้อน

จากการศึกษาพบว่า ทิศทางการวางตัวที่เหมาะสมที่สุดสำหรับอาคารคือการวางตัวอาคารหรือบ้านในแนว 0 องศา เทียบกับทิศเหนือ และขนาดของช่องเปิดที่ดีที่สุดควรมีค่าของอัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังที่ใกล้เคียง 0.3

**Abstract**

A study and analysis on optimum building envelop that provides the most desirable thermal comfort condition through natural ventilation method is done in this research. The study is concentrated on building orientation and suitable dimension for building openings

The EnergyPlus program is used as a tool to analyze the PMV value (Predicted Mean Vote) resulted from natural ventilation for 2 building models, i.e., 2 story commercial building and single story residential building. These buildings are oriented as follow; 0 30 60 90 120 and 150 degree with respect to the north in the clockwise direction. These orientations are used to study the effect of opening dimension to the number of thermal comfort hours.

The study reveals that the appropriate orientation of the building is 0 degree with respect to the north direction and the optimum opening to wall ratio is close to 0.3.

## 1. บทนำ

การระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ เป็นกระบวนการที่อาศัยการเคลื่อนที่ของมวลอากาศในการพัดพาเอาความร้อนออกไปจากตัวอาคารโดยไม่อาศัยเครื่องมือหรืออุปกรณ์ทำความเย็นใดๆ แต่อาศัยความแตกต่างของความดันอากาศ ซึ่งทำให้เกิดผลทางธรรมชาติที่สำคัญ 2 ประการ คือ ผลจากกระแสลมและผลจากแรงลอยตัวของอากาศ ดังนี้

**- ผลจากกระแสลม**

เมื่อมีกระแสลมเคลื่อนที่ผ่านตัวอาคาร อากาศจะถูกบังคับให้หยุดนิ่งลงเนื่องจากเกิดการปะทะกับผนังของอาคาร ทำให้ความดันอากาศ ณ ตำแหน่งนี้เพิ่มสูงขึ้นกว่าความดันของกระแสลมที่พัดผ่านตัวบ้าน ในขณะเดียวกันความดันอากาศภายนอกอาคารอีกฝั่งก็จะมีค่าต่ำลง ดังนั้นจึงทำให้เกิดการไหลของอากาศเข้าสู่ตัวอาคารและผ่านออกไปอีกด้าน

**- ผลจากแรงลอยตัวของอากาศ**

โดยธรรมชาติอากาศร้อนจะมีความหนาแน่นต่ำกว่าอากาศที่เย็นกว่า ดังนั้นอากาศร้อนภายในตัวอาคารก็จะลอยตัวสูงขึ้น อากาศส่วนที่เย็นกว่าก็จะอยู่ด้านล่าง และถ้าอากาศที่อยู่ภายนอกอาคารมีอุณหภูมิต่ำกว่าอากาศภายในอาคารที่ระดับหน้าต่างหรือประตูเดียวกัน ซึ่งก็คือความหนาแน่นของอากาศภายนอกอาคารสูงกว่าอากาศภายในอาคาร ผลจากความแตกต่างของความหนาแน่นนี้จะทำให้เกิดความแตกต่าง

ของความดันอากาศขึ้น ทำให้มีอากาศไหลจากภายนอกอาคารเข้าสู่อาคารแล้วลอยตัวไหลต่อขึ้นสู่ด้านบนของตัวอาคารในที่สุด

การระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาตินั้น ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภายในอาคารหลายประการ ได้แก่ ประการแรกเพื่อรักษาคุณภาพความบริสุทธิ์ของอากาศในอาคาร เช่น ก๊าซออกซิเจน เป็นต้น ให้อยู่ในระดับที่เพียงพอกับความต้องการของมนุษย์ รวมทั้งระบายอากาศเสียและมลภาวะต่างๆออกจากตัวอาคาร จึงเรียกการระบายอากาศในลักษณะนี้ว่า การระบายอากาศเพื่อสุขภาพ (Health Ventilation) ประการที่สองเพื่อสร้างภาวะความสุขสบายเชิงความร้อนขึ้นในอาคารในแง่ของการถ่ายเทความร้อน ซึ่งโดยทั่วไปพิจารณาจากปัจจัยที่ก่อให้เกิดความสุขสบายเชิงความร้อนกับมนุษย์ที่สำคัญๆ 3 ปัจจัย ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม โดยอาศัยหลักการถ่ายเทความร้อนในแง่ของการพาความร้อนเป็นสำคัญ ซึ่งลักษณะการระบายอากาศนี้ จะถูกเรียกว่า การระบายอากาศเพื่อภาวะสุขสบายเชิงความร้อน (Thermal Comfort Ventilation) และประการสุดท้ายเพื่อรักษาสภาพความเย็น และระบายความร้อนแก่โครงสร้างอาคาร โดยที่เมื่อสภาพอุณหภูมิภายในอาคารสูงกว่าภายนอก การพัดพาของอากาศจะสามารถป้องกันการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในอาคาร ที่จะมีผลต่อผู้ใช้อาคาร ไม่ว่าจะเป็นการแผ่รังสีความร้อน หรือการนำความร้อนที่เกิดจากการเก็บกักความร้อนในตัววัสดุประกอบอาคาร การระบายอากาศในลักษณะนี้ เรียกว่า การระบายอากาศสำหรับโครงสร้าง (Structural Ventilation) [1]

**2 ความสุขสบายเชิงความร้อน (THERMAL COMFORT)**

ความสุขสบายเชิงความร้อน เป็นฟังก์ชั่นที่ขึ้นกับตัวแปร 6 ตัวคือ ความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity) อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (dry bulb temperature) ความเร็วลม (air velocity) อุณหภูมิเฉลี่ยของการแผ่รังสี (mean radiant temperature) ค่าความเป็นฉนวนของเครื่องแต่งกาย (clothing insulation) อัตราการเผาผลาญพลังงาน (metabolism rate) โดยตัวแปร 4 ตัวแรกเป็นตัวแปรภายนอกที่ใช้เครื่องมือวัดได้โดยตรง ส่วนตัวแปร 2 ตัวสุดท้ายเป็นตัวแปรภายในซึ่งขึ้นกับแต่ละบุคคล ตัวแปรทั้ง 6 ตัวได้ถูกนำมาวิเคราะห์และเก็บข้อมูลจากการทดลองเพื่อสร้างระดับความสุขสบายเชิงความร้อน วัดเป็นระดับคะแนน 7 ระดับได้ดังนี้ +3 = ร้อน +2 = อุ่น +1 = อุ่นเล็กน้อยแต่ยังมีความสบาย 0 = สบาย -1 = เย็นเล็กน้อยแต่ยังมีความสบาย -2 = เย็น -3 = หนาว

Fanger [3] ได้สร้างความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งหมดกับระดับความสุขสบายเชิงความร้อนดังกล่าว ในรูป PMV (Predicted Mean Vote) เพื่อใช้ในการคาดคะเนสภาวะแวดล้อมกับระดับความสุขสบายเชิงความร้อน โดยมีสมการดังนี้

$$PMV = [0.303\exp(-0.036M) + 0.028]L \qquad (1)$$

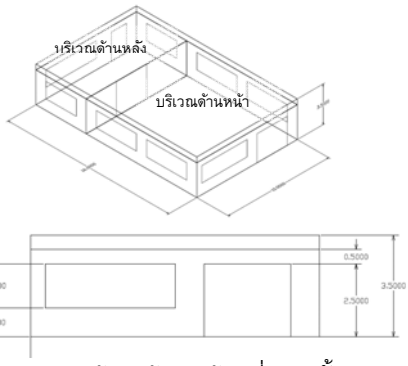
โดย

M = อัตราการเผาผลาญพลังงานในร่างกาย (rate of metabolic heat production, $W/m^2$)

L คือ ภาระความร้อนของร่างกายซึ่งมีค่าเท่ากับผลต่างระหว่างความร้อนที่เกิดขึ้นภายในกับความร้อนที่ร่างกายสูญเสียให้กับสภาพแวดล้อมจริง

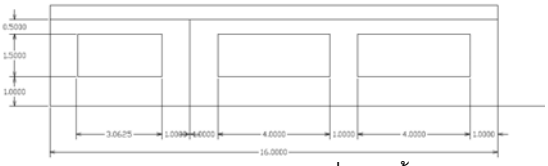
**3. รูปแบบจำลองบ้านและข้อกำหนด**

ลักษณะรูปแบบจำลองของอาคารได้ออกแบบไว้ 2 รูปแบบคือ แบบอาคารพาณิชย์สองชั้นและบ้านเดี่ยวชั้นเดียวดังแสดงในรูปที่ 1 โดยบ้านเดี่ยว 1 ชั้น มี 2 โซนความร้อน (Thermal Zone) คือ บริเวณด้านหน้าและด้านหลัง ส่วนอาคารพาณิชย์ 2 ชั้น มี 4 โซนความร้อน คือ บริเวณด้านหน้าชั้นบน ด้านหลังชั้นบน ด้านหน้าชั้นล่างและด้านหลังชั้นล่าง



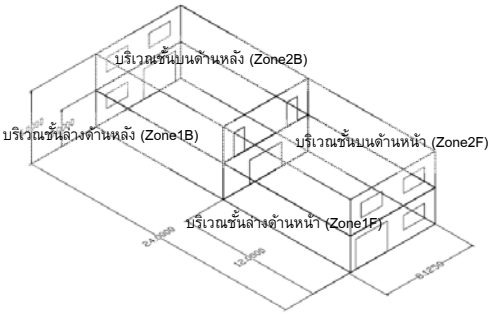


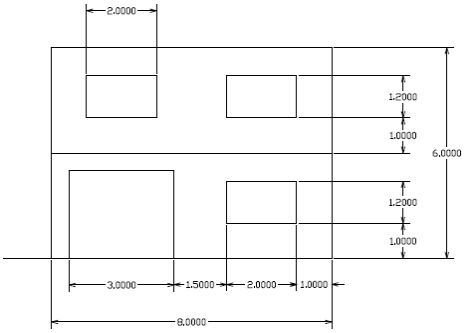

แสดงด้านหน้าของบ้านเดี่ยว 1 ชั้น



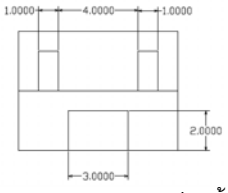
แสดงด้านข้างของบ้านเดี่ยว 1 ชั้น

ก.




แสดงด้านหน้าของอาคารพาณิชย์ 2 ชั้น




แสดงด้านหน้าของอาคารพาณิชย์ 2 ชั้น(ตอนกลาง)

ข.

รูปที่1 แสดงลักษณะขนาดของอาคาร

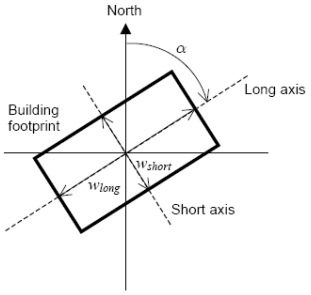
(ก) บ้านเดี่ยว 1 ชั้น (ข) อาคารพาณิชย์สองชั้น

**3.1 แนวการวางตัวของบ้าน**

งานวิจัยนี้พิจารณาแนวการวางตัวของบ้านเพื่อดูผลต่อสภาพอากาศภายในอาคารทั้ง 2 แบบข้างต้น ในทิศทางต่างๆ 6 ทิศทาง ด้วยกันโดยคิดจากการทำมุมของแกนตามยาวของบ้านกับทิศเหนือ (มุม$\alpha$) ในทิศตามเข็มนาฬิกา ดังแสดงในรูปที่ 2 ได้แก่

- แกนตามยาวของบ้านวางทำมุม 0 องศากับทิศเหนือ
- แกนตามยาวของบ้านวางทำมุม 30 องศากับทิศเหนือ
- แกนตามยาวของบ้านวางทำมุม 60 องศากับทิศเหนือ
- แกนตามยาวของบ้านวางทำมุม 90 องศากับทิศเหนือ
- แกนตามยาวของบ้านวางทำมุม 120 องศากับทิศเหนือ
- แกนตามยาวของบ้านวางทำมุม 150 องศากับทิศเหนือ

โดยที่ขนาดช่องเปิดของอาคารจะถูกกำหนดไว้คงที่ตามรูปที่ 1




รูปที่ 2 มุมของแกนตามยาวของบ้านกับทิศเหนือ (มุม$\alpha$)

**3.2 การเปิดของช่องเปิด**

ช่องเปิดทั้งหมดคือ หน้าต่างและประตูทั้งหมด ถูกกำหนดให้เปิดเต็มที่ตลอดทั้ง 24 ชม. ตลอดปี และเพื่อเป็นการศึกษาขนาดของช่องเปิดที่ส่งผลต่อสภาพอากาศภายในบ้าน ขนาดของช่องเปิดจะถูกเปลี่ยนแปลงไปทั้งหมด 4 เงื่อนไข นอกเหนือไปจากที่แสดงไว้ในรูปที่ 1 ภายหลังทราบทิศที่เหมาะสมสำหรับการวางตัวอาคารแล้ว โดยให้ค่าสัดส่วนของพื้นที่ช่องเปิดกับผนังด้านที่ช่องเปิดนั้นวางอยู่( $\frac{A_{opening}}{A_{wall}}$ ) มีค่าเท่ากับ 0.1 0.3 0.5 และ 0.7 ตามลำดับ

**3.3 ช่วงเวลาที่พิจารณา**

การวิเคราะห์กระทำทุกชั่วโมงในทุกวันตลอดทั้งปี

**3.4 ภาระความร้อน**

ในแบบจำลองนี้ได้กำหนดภาระความร้อนภายในที่จำเป็นไว้ 2 ชนิด ได้แก่ ภาระความร้อนจากคน และภาระความร้อนจากหลอดไฟ โดยมีรายละเอียดดังนี้

- ภาระความร้อนจากคน

กำหนดให้จำนวนคนในอาคารมีจำนวน 3 คนต่อพื้นที่ 96 ตารางเมตรซึ่งคิดเป็น 0.03125 คนต่อตารางเมตร โดยให้คนทั้งหมดอาศัยอยู่ในบ้านในเวลา 24.00 น. ถึง 6:00 น และ 16:00 น. ถึง 24:00 น. ส่วนในเวลา 6:00 น. ถึง 16:00 น. กำหนดให้มีคนอยู่ภายในบ้านเพียงครึ่งเดียว

กำหนดเสื้อผ้าของคนในบ้านเป็น 2 ชุด ดังนี้

1. ชุดใส่เวลากลางวัน (เวลา 6:00 น. ถึง 15:00 น.)

| | ค่าความเป็นฉนวนของเสื้อผ้า (clo) |
|---|---|
| men's brief | 0.04 |
| straight trouser | 0.24 |
| short sleeve | 0.19 |
| รวม | 0.57 |

2. ชุดใส่เวลากลางคืน (เวลา 24:00 น. ถึง 6:00 น. และ 15:00 น. ถึง 24:00 น.)

| | ค่าความเป็นฉนวนของเสื้อผ้า (clo) |
|---|---|
| men's brief | 0.04 |
| walking shorts | 0.15 |
| T-shirt | 0.08 |
| รวม | 0.27 |

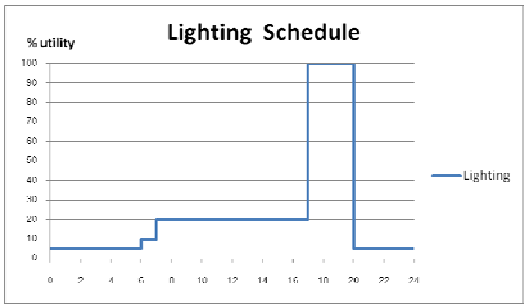
กำหนดให้กิจกรรมของคนภายในบ้านเป็นดังนี้

| เวลา | กิจกรรม | ระดับการเผาผลาญพลังงาน ($W/m^2$) |
|---|---|---|
| 24:00 – 6:00 | การนอนหลับ | 40 |
| 6:00 – 7:00 | การเดิน | 115 |
| 7:00 – 17:00 | ทำงานบ้าน | 115 |
| 17:00 – 18:00 | การทำอาหาร | 150 |
| 18:00 – 20:00 | พักผ่อน | 60 |
| 20:00 – 24:00 | การนอนหลับ | 40 |

- ภาระความร้อนจากหลอดไฟ

กำหนดให้ค่าการส่องสว่างภายในบ้านมีค่า 350 – 750 lux ทำให้ต้องใช้หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ 36 W ความส่องสว่าง 3250 lm จำนวน 6 หลอด รวมเป็น 216 W ในแต่ละบริเวณโซนความร้อนของอาคารพาณิชย์ สำหรับบ้านเดี่ยวนั้นมีค่า 432 W และ 216 W ในบริเวณด้านหน้าและด้านหลังตามลำดับ

การเปิดไฟในบ้านกำหนดให้มีปริมาณการเปิดไฟคิดเป็นร้อยละการใช้งานดังแสดงในรูปที่ 3 ซึ่งมีการให้เปิดใช้ไฟสูงสุดในช่วง 17:00 น. ถึง 20:00 น. และมีการใช้ไฟเล็กน้อยในช่วงเวลาอื่น




รูปที่ 3 ช่วงเวลาที่เปิดใช้หลอดไฟ

**3.5 สัมประสิทธิ์อัตราการไหลของช่องเปิด (Discharge Coefficient)**

รูปแบบของช่องเปิดแสดงไว้ในตารางที่ 1 โดยค่าสัมประสิทธิ์อัตราการไหลของช่องเปิดมีค่าระหว่าง 0.5342- 0.5725 ตามทิศทางของลมที่มาปะทะ

ตารางที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์ของอัตราการไหลของหน้าต่าง [1]

| Complex Opening | Number of Windows | Shape Factor | Angle (Degree) | CD from Equation | CD from Test | % Error |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2 | 1.1305 | 0 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| | 2 | 1.1305 | 30 | 0.5169 | 0.5342 | -3.2337 |
| | 2 | 1.1305 | 45 | 0.5277 | 0.5406 | -2.3830 |
| | 2 | 1.1305 | 60 | 0.5398 | 0.5576 | -3.1890 |
| | 2 | 1.1305 | 90 | 0.5507 | 0.5725 | -3.8049 |

**4 การวิเคราะห์สภาพอากาศกรุงเทพมหานคร**

จากสภาพอากาศภายในกรุงเทพมหานคร ณ ตำแหน่ง ละติดจูด 13.55 องศาเหนือ ลองติจูดที่ 100.35 องศาตะวันออก เวลามาตรฐาน +7 ชั่วโมง สามารถสรุปเป็นข้อมูลหลัก ๆ ได้ 4 ข้อมูล ได้แก่ อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ ทิศทางลม และความเร็วเฉลี่ยของลม ดังนี้

อุณหภูมิของอากาศจะมีค่าสูงสุดในช่วงเวลาประมาณ 12.00 น. ถึง 15.00 น. ซึ่งมีค่าสูงสุดในเดือนเมษายน และในเดือนธันวาคมอุณหภูมิเฉลี่ยมีค่าต่ำสุด

ความชื้นสัมพัทธ์ในกรุงเทพมหานครมีค่าอยู่ในช่วง 50-80% ซึ่งมีค่าสูงมาก โดยความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงเวลาเที่ยงคืนจนกระทั่ง 6.00 น. จะมีค่าสูงและจะลดลงเรื่อย ๆ จนมีค่าต่ำสุดที่ประมาณเวลา 15.00 น. หลังจากนั้นจะมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงเที่ยงคืน

ทิศทางหลักของลมตามธรรมชาติจะเปลี่ยนไปเรื่อยๆ ตลอดทั้งปี โดยในช่วงปลายปีทิศทางลมหลักจะพัดมาจากทางทิศเหนือและตะวันออกเฉียงเหนือ ในช่วงต้นปีทิศทางลมหลักจะเปลี่ยนเป็นทิศตะวันออกเฉียงใต้และทิศใต้ ในกลางปีทิศทางหลักของลมจะอยู่ในทิศใต้ตะวันตกเฉียงใต้ และตะวันตก หลังจากนั้นทิศทางลมหลักจะเปลี่ยนไปเป็นทิศเหนืออีกครั้งในช่วงปลายปี

ความเร็วลมเฉลี่ยในแต่ละเดือนมีค่าอยู่ในช่วง 2-4 เมตรต่อวินาที ซึ่งในเดือนที่มีความเร็วลมเฉลี่ยสูงอยู่ในช่วงเดือนเมษายนถึงเดือนสิงหาคม โดยเดือนมิถุนายน เป็นเดือนที่มีความเร็วลมสูงสุด ซึ่งในช่วงเดือนเหล่านี้ทิศทางหลักของลมมาจากทางทิศใต้

**5. ผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรม EnergyPlus**

จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม EnergyPlus โดยกำหนดให้การวางตัวของบ้านอยู่ในมุม 0 องศา 30 องศา 60 องศา 90 องศา 120 องศา และ 150 องศา กับทิศเหนือตามลำดับในทิศตามเข็มนาฬิกา และกำหนดผลลัพธ์ให้อยู่ในรูปของค่าจำนวนชั่วโมงที่เกิดความสบาย (ค่า PMV มีค่าระหว่าง -1.5 ถึง +1.5) จำนวนชั่วโมงที่ทำให้เกิดความรู้สึกร้อน (ค่า PMV มีค่ามากกว่า 1.5) และจำนวนชั่วโมงที่รู้สึกหนาว (ค่า PMV มีค่าน้อยกว่า-1.5) พบว่าความไม่สบายเนื่องจากความหนาวนั้นเกิดขึ้นในช่วงเวลา 21.00 น. ถึง 6.00 น. และในช่วงเวลาประมาณ 13.00 น. ถึง 15.00 น. ในบางวันจะมีค่า PMV อยู่ในช่วงที่รู้สึกร้อน สำหรับการวิเคราะห์ทิศทางการวางตัวของบ้านที่ดีที่สุดนั้นจะใช้เกณฑ์ 2 เกณฑ์ในการพิจารณาคือ ทิศทางการวางตัวที่ทำให้เกิดชั่วโมงความสุขสบายเชิงความร้อนสูงสุดและทิศทางการวางตัวที่ทำให้เกิดชั่วโมงที่รู้สึกร้อนน้อยที่สุด โดยจะไม่พิจารณาถึงจำนวนชั่วโมงที่รู้สึกหนาว เนื่องจากโดยปกติแล้วเราสามารถเปลี่ยนความหนาวให้รู้สึกสบายได้ง่าย เช่น การใส่เสื้อที่หนาขึ้น การปิดหน้าต่างให้มีขนาดช่องเปิดที่เล็กลง เป็นต้น

**5.1 ทิศทางการวางตัวของอาคารที่เหมาะสม**

สำหรับอาคารพาณิชย์สองชั้น

พบว่าทิศทางการวางตัวที่ 0 องศาเหนือ จะให้จำนวนชั่วโมงความสุขสบายเชิงความร้อนมากที่สุด นอกจากนี้ ชั้นล่างจะมีจำนวนชั่วโมงความสุขสบายเชิงความร้อนมากกว่าชั้นบนประมาณ 20% ดังแสดงในตารางที่ 2 และ 3

ตารางที่ 2 จำนวนชั่วโมงโดยเฉลี่ยของภาวะต่าง ๆ ณ บริเวณชั้นบนของอาคารที่ตำแหน่งต่าง ๆ ในการจัดวางอาคาร

| THERMAL SENSATION | AVERAGE HOURS (UPPER ZONE) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ORIENTATION | | | | | |
| | 0 | 30 | 60 | 90 | 120 | 150 |
| THERMAL COMFORT | 2833.5 | 2814 | 2785 | 2762 | 2730.5 | 2738 |
| HOT HOUR | 2142.5 | 2184 | 2244 | 2269.5 | 2272.5 | 2246 |
| COLD HOUR | 3784 | 3762 | 3731 | 3728.5 | 3757 | 3776 |

ตารางที่ 3 จำนวนชั่วโมงโดยเฉลี่ยของภาวะต่าง ๆ ณ บริเวณชั้นล่างของอาคารที่ตำแหน่งต่าง ๆ ในการจัดวางอาคาร

| THERMAL SENSATION | AVERAGE HOURS (LOWER ZONE) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ORIENTATION | | | | | |
| | 0 | 30 | 60 | 90 | 120 | 150 |
| THERMAL COMFORT | 3640 | 3599 | 3577 | 3565 | 3539.5 | 3539.5 |
| HOT HOUR | 990 | 1040 | 1066 | 1086 | 1115 | 1110.5 |
| COLD HOUR | 4130 | 4121 | 4117 | 4109 | 4105.5 | 4110 |

สำหรับบ้านเดี่ยว

พบว่าทิศทางการวางตัวของบ้านที่ 0 องศาเหนือจะให้จำนวนชั่วโมงเฉลี่ยของภาวะความสุขสบายเชิงความร้อนมากที่สุด ดังแสดงใน

ตารางที่ 4

ตารางที่ 4 จำนวนชั่วโมงโดยเฉลี่ยของภาวะต่าง ๆ ภายในบ้านที่ตำแหน่งการจัดวางบ้านเดี่ยวแต่ละตำแหน่ง

| THERMAL SENSATION | AVERAGE HOURS | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ORIENTATION | | | | | |
| | 0 | 30 | 60 | 90 | 120 | 150 |
| THERMAL COMFORT | 2559.5 | 2536 | 2505.5 | 2470.5 | 2433 | 2430.5 |
| HOT HOUR | 2263.5 | 2282.5 | 2317.5 | 2351 | 2390 | 2398.5 |
| COLD HOUR | 3937 | 3941.5 | 3937 | 3938.5 | 3937 | 3931 |

**5.2 ขนาดของช่องเปิดที่เหมาะสม**

การวิเคราะห์หาขนาดช่องเปิดที่เหมาะสม กระทำโดยการวางตัวของอาคารในทิศทาง 0 องศากับทิศเหนือ และเปลี่ยนค่าสัดส่วนของพื้นที่ช่องเปิดกับผนังด้านที่ช่องเปิดนั้นวางอยู่เป็น 0.1, 0.3, 0.5, และ 0.7 พบว่าสำหรับอาคารพาณิชย์สองชั้น ค่าอัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังเป็น 0.3 จะทำให้ได้ชั่วโมงความสุขสบายเชิงความร้อนที่มากที่สุดทั้งชั้นบนและชั้นล่างดังแสดงในตารางที่ 5 และ 6

ตารางที่ 5 จำนวนชั่วโมงโดยเฉลี่ยของภาวะต่าง ๆ ณ บริเวณชั้นบนของอาคารที่ขนาดอัตราส่วนต่าง ๆ ของช่องเปิด

| THERMAL SENSATION | AVERAGE HOURS (UPPER ZONE) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | OPENING TO WALL RATIO | | | |
| | 0.1 | 0.3 | 0.5 | 0.7 |
| THERMAL COMFORT | 2792.5 | 2934.5 | 2604.5 | 2513.5 |
| HOT HOUR | 2177.5 | 2022.5 | 2385.5 | 2495 |
| COLD HOUR | 3790 | 3803 | 3770 | 3751.5 |

ตารางที่ 6 จำนวนชั่วโมงโดยเฉลี่ยของภาวะต่าง ๆ ณ บริเวณชั้นล่างของอาคารที่ขนาดอัตราส่วนต่าง ๆ ของช่องเปิด

| THERMAL SENSATION | AVERAGE HOURS (LOWER ZONE) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | OPENING TO WALL RATIO | | | |
| | 0.1 | 0.3 | 0.5 | 0.7 |
| THERMAL COMFORT | 3579 | 4010.5 | 3510 | 3380.5 |
| HOT HOUR | 1062.5 | 549 | 1159 | 1307.5 |
| COLD HOUR | 4118.5 | 4200.5 | 4091 | 4072 |

สำหรับบ้านเดี่ยวพบว่าที่อัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังเป็น 0.3 จะทำให้ได้ชั่วโมงความสุขสบายเชิงความร้อนที่มากที่สุดดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 จำนวนชั่วโมงโดยเฉลี่ยของภาวะต่าง ๆ ของบ้านเดี่ยวที่ขนาดอัตราส่วนต่าง ๆ ของช่องเปิด

| THERMAL SENSATION | AVERAGE single house | | | |
|---|---|---|---|---|
| | OPENING TO WALL RATIO | | | |
| | 0.1 | 0.3 | 0.5 | 0.7 |
| THERMAL COMFORT | 2600 | 2915.5 | 2322.5 | 2139 |
| HOT HOUR | 2225 | 1920 | 2496 | 2676.5 |
| COLD HOUR | 3935 | 3924.5 | 3941.5 | 3944.5 |

**6. สรุป**

จากผลลัพธ์ที่ได้นำไปสู่ข้อสรุปดังต่อไปนี้

1. ทิศทางการวางตัวที่เหมาะสมเป็น 0 องศานั้น เนื่องจากลมในกลางปีมีความเร็วสูงและมีทิศทางพัดมาจากทางทิศใต้ ส่งผลให้เกิดปริมาณลมเพียงพอในระบายความร้อนที่เกิดขึ้นในบ้านจึงทำให้เกิดชั่วโมงความสุขสบายเชิงความร้อนสูงสุด

2. เมื่อพิจารณาอาคารพาณิชย์สองชั้น ชั้นล่างจะมีจำนวนชั่วโมงความสุขสบายเชิงความร้อนมากกว่าชั้นบน ทั้งนี้เนื่องจากความร้อนจากแสงอาทิตย์เข้ามาสู่ชั้นล่างได้น้อยกว่าชั้นบน เพราะชั้นบนมีเพดานซึ่งรับแสงแดดโดยตรงทำให้อุณหภูมิสูง และมีความไม่สบายมากกว่า

3. ขนาดช่องเปิดที่เหมาะสมที่สุดจะมีค่าขนาดช่องเปิดต่อผนังเป็น 0.3 โดยถ้ามีขนาดช่องเปิดมากกว่านี้ก็จะทำให้ลมเข้ามาสู่บ้านมากขึ้นแต่ก็ทำให้ความร้อนเข้าสู่บ้านมากด้วยเช่นกัน ที่ขนาดอัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังเป็น 0.5 และ 0.7 ปริมาณความร้อนที่ได้รับจากแสงอาทิตย์มีมากกว่าปริมาณความร้อนที่ลมโดยธรรมชาติสามารถถ่ายเทออกไปได้ จึงส่งผลต่อจำนวนชั่วโมงความสุขสบายเชิงความร้อนที่ลดลง ส่วนในกรณีอัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังเป็น 0.1 พบว่าปริมาณลมมีค่าน้อยเกินไปที่จะนำความร้อนออกจากบ้านได้ทัน จึงส่งผลให้อุณหภูมิในบ้านสูงขึ้นและจำนวนชั่วโมงความสุขสบายเชิงความร้อนลดลง

**7. เอกสารอ้างอิง**


[1] นาย ณัฐวุฒิ วลัยกนก. การระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ : การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ของอัตราการไหลในช่องเปิดที่ซับซ้อน (การไหลแบบราบเรียบ). วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.

[2] อ.ดร. เชิดพันธ์ วิทูราภรณ์. การระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติในอาคาร, การประชุมใหญ่วิชาการทางวิศวกรรมประจำปี 2542. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย

[3] 2000, 2001, 2002 and 2003 ASHRAE Handbook CD.

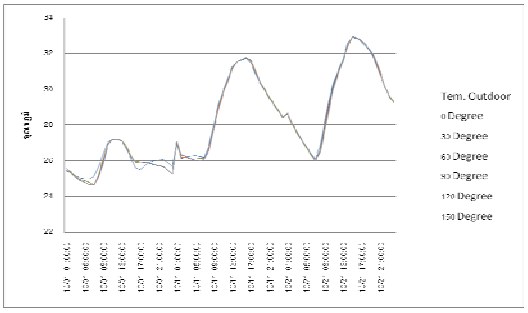
[4] Department of Energy, EnergyPlus Program version 2.0.

[5] Yunus A. Cengel. Heat transfer a practical approach. Second edition. Singapore: McGraw-Hill Companies,Inc., 2004

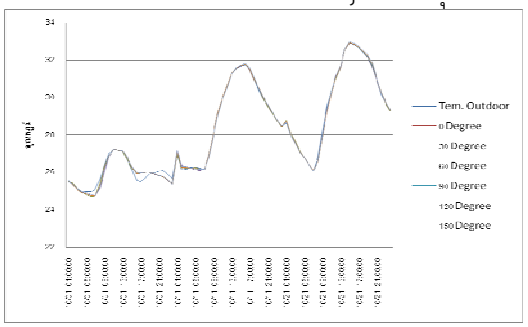
[6] http://www.simetric.co.uk/si_materials.htm

[7] http://www2.dede.go.th/newhomesafe/webban/book/material%20table.htm

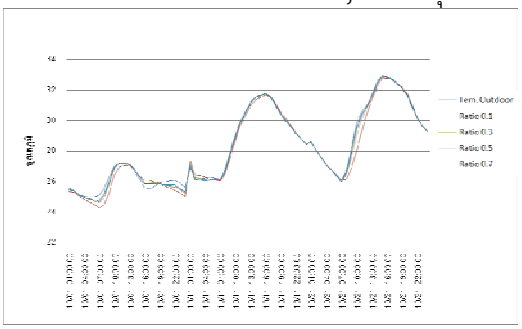
**8. ภาคผนวก**



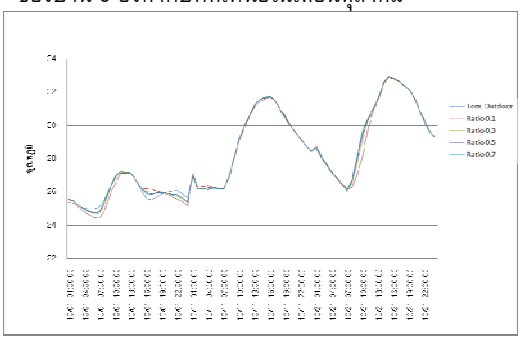

รูปที่ ก.1 อุณหภูมิของบ้านเดี่ยวบริเวณด้านหน้าที่มุมของแนวการวางตัวของบ้านกับทิศเหนือค่าต่าง ๆ ในเดือนตุลาคม



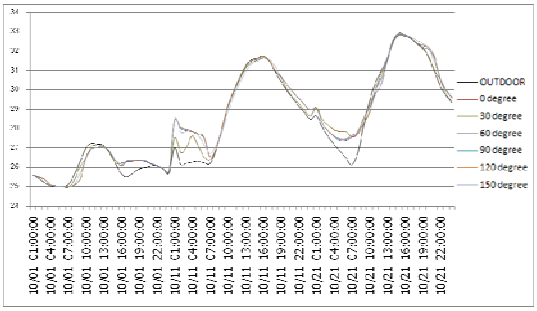

รูปที่ ก.2 อุณหภูมิของบ้านเดี่ยวบริเวณด้านหลังที่มุมของแนวการวางตัวของบ้านกับทิศเหนือค่าต่าง ๆ ในเดือนตุลาคม



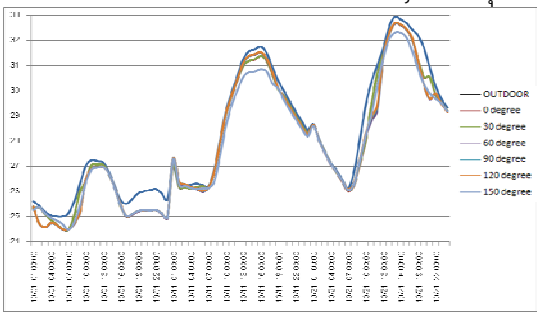

รูป ก 3 ผลของการเปลี่ยนแปลงขนาดสัดส่วนของช่องเปิดกับผนังต่ออุณหภูมิของบ้านเดี่ยวบริเวณด้านหน้าที่มุมของแนวการวางตัวของบ้าน 0 องศากับทิศเหนือในเดือนตุลาคม



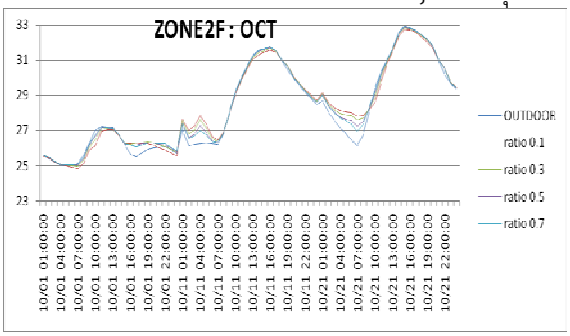
รูป ก 3 ผลของการเปลี่ยนแปลงขนาดสัดส่วนของช่องเปิดกับผนังต่ออุณหภูมิของบ้านเดี่ยวบริเวณด้านหน้าที่มุมของแนวการวางตัวของบ้าน 0 องศากับทิศเหนือในเดือนตุลาคม



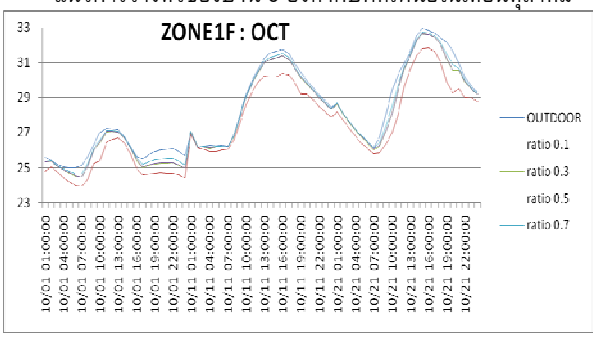

รูป ก.5 อุณหภูมิของอาคารพาณิชย์บริเวณด้านหน้าชั้นบนที่มุมของแนวการวางตัวของบ้านกับทิศเหนือค่าต่าง ๆในเดือนตุลาคม




รูป ก.6 อุณหภูมิของอาคารพาณิชย์บริเวณด้านหน้าชั้นล่างที่มุมของแนวการวางตัวของบ้านกับทิศเหนือค่าต่าง ๆในเดือนตุลาคม




รูป ก.7 ผลของการเปลี่ยนแปลงขนาดสัดส่วนของช่องเปิดกับผนังต่ออุณหภูมิของอาคารพาณิชย์บริเวณด้านหน้าชั้นบนที่มุมของแนวการวางตัวของบ้าน 0 องศากับทิศเหนือในเดือนตุลาคม




รูป ก.8 ผลของการเปลี่ยนแปลงขนาดสัดส่วนของช่องเปิดกับผนังต่ออุณหภูมิของอาคารพาณิชย์บริเวณด้านหน้าชั้นล่างที่มุมของแนวการวางตัวของบ้าน 0 องศากับทิศเหนือในเดือนตุลาคม