ประสิทธิภาพการระบายอากาศของปล่องระบายอากาศสำหรับอาคารอยู่อาศัยรวมในประเทศไทย

นายสุพจน์ ปริญญาเปรื่อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2553

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

VENTILATION EFFICIENCY OF STACK VENTILATION FOR APARTMENTS IN THAILAND

Mr. Supoj Parinyaprueang

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Architecture Program in Architecture
Department of Architecture
Faculty of Architecture
Chulalongkorn University
Academic Year 2010
Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ประสิทธิภาพการระบายอากาศของปล่องระบายอากาศสำหรับอาคารอยู่อาศัยรวมในประเทศไทย
โดย	นายสุพจน์ ปริญญาเปรื่อง
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ธนิต จินดาวณิค

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

....คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. บัณฑิต จุลาสัย)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรรจน์ เศรษฐบุตร)

....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ธนิต จินดาวณิค)

....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ พรรณชลัท สุริโยธิน)

....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(อาจารย์ ดร. โสภา วิศิษฏ์ศักดิ์)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สุพจน์ ปริญญาเปรื่อง: ประสิทธิภาพการระบายอากาศของปล่องระบายอากาศสำหรับอาคารอยู่อาศัยรวมในประเทศไทย (VENTILATION EFFICIENCY OF STACK VENTILATION FOR APARTMENTS IN THAILAND) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ.ธนิต จินดาวณิค, 129 หน้า.

ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้น ทำให้สภาพอากาศโดยทั่วไปของประเทศไทยมีลักษณะร้อนอบอ้าวเกือบตลอดทั้งปี ดังนั้นกระแสลมที่เข้าสู่อาคารจึงมีส่วนสำคัญในการช่วยระบายอากาศ การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบและวิธีการออกแบบปล่องระบายอากาศที่เหมาะสม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการระบายอากาศภายในห้องพัก สำหรับอาคารอยู่อาศัยรวมในประเทศไทยโดยงานวิจัยนี้ทำขึ้นเพื่อหาประสิทธิภาพการระบายอากาศของปล่องระบายอากาศสำหรับอาคารอยู่อาศัยรวม ซึ่งจะมีการทดลองโดยการก่อสร้างปล่องระบายอากาศในสภาพแวดล้อมและสถานที่จริง โดยเริ่มต้นการทดลองด้วยการคำนวณหาขนาดและรูปแบบของปล่องระบายอากาศที่แหมาะสม ด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ จากนั้นทำการก่อสร้างปล่องระบายอากาศจริงขนาดกว้าง 1.00 ม. ยาว 2.90 ม. สูง 2.80 ม. โดยติดตั้งปล่องบนดาดฟ้าอาคารและเชื่อมต่อท่อระบายอากาศพีวีซี ขนาด Ø 8 นิ้ว ยาว 10 ม. มายังห้องพักที่ใช้เป็นห้องทดลอง จากนั้นทำการเก็บข้อมูล อันได้แก่ อุณหภูมิอากาศ ความเร็วลม และอัตราการระบายอากาศที่เกิดขึ้นจริงในห้องพัก เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากห้องพักข้างเคียงซึ่งมีสภาพดั้งเดิม ผลการศึกษาพบว่าอัตราการระบายอากาศภายในห้องพักของห้องทดลองที่มีการติดตั้งปล่องระบายอากาศนั้น มีอัตราการระบายอากาศที่เพิ่มมากขึ้นกว่าห้องพักแบบดั้งเดิม โดยอัตราการระบายอากาศภายในห้องพักที่มีการติดตั้งท่อระบายอากาศมีค่าโดยเฉลี่ยเป็น 3 เท่าของอัตราการระบายอากาศภายในห้องพักแบบดั้งเดิมในช่วงเวลากลางคืน มีค่าโดยเฉลี่ยเป็น 8.75 เท่าในช่วงเวลากลางวันและมีค่าโดยเฉลี่ยเป็น 6 เท่าในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง จากผลการทดลองดังกล่าวทำให้ได้ข้อสรุปว่าปล่องระบายอากาศสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับอาคารอยู่อาศัยรวมในประเทศไทยเพื่อเพิ่มอัตราการระบายอากาศภายในห้องพักได้อย่างมีประสิทธิภาพในทุก ๆ ช่วงเวลา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงเวลากลางวัน ซึ่งอุณหภูมิอากาศภายในอาคารและภายนอกอาคารมีความแตกต่างกันมากที่สุด

ภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์ .... ลายมือชื่อนิสิต ....
สาขาวิชา สถาปัตยกรรม .... ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ....
ปีการศึกษา 2553

5074164925 : MAJOR ARCHITECTURE

KEYWORDS : NATURAL VENTILATION/NATURAL AIRFLOW/WIND/VENTILATION

SUPOJ PARINYAPRUEANG : VENTILATION EFFICIENCY OF STACK VENTILATION FOR APARTMENTS IN THAILAND. ADVISOR : ASSOC. PROF. THANIT CHINDAVANIG, 129 pp.

Since Thailand is in the tropical zone, drafts entering a building play an important role in cooling it. The Objectives of this study were to design an appropriate ventilation stack to increase the ventilation efficiency in apartments in Thailand and to determine the ventilation efficiency of stack ventilation in apartments. The ventilation stack, which was 1.00 m. in width x 2.90 m. in length x and 2.80 m. in height, was tested in the real setting. One end of the stack was on the rooftop and the other end was connected with a PVC tube Ø 8 inches x 10 m. in length, which ran to the experimental room. The collected data included the air temperature, the wind speed and the rate of ventilation. They were compared with those in the adjacent room whose ventilation system was not modified or the control room. It was found that the rate of the ventilation in the experimental room was three times as much as that in the control room during the night and 8.75 times as much as that of the control room during the day. During 24 hours, the rate of ventilation in the experimental room was six times as much as that in the control room. It can be concluded that the new ventilation stack can be used in an apartment to increase the ventilation efficiency at any time of the day, especially during days when the temperature outside the building and that inside the building is highly different.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department : Architecture .... Student's Signature ....

Field of Study : Architecture .... Advisor's Signature ....

Academic Year : 2010

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยคำแนะนำและความช่วยเหลือจากบุคคลและองค์กรต่างๆ ซึ่งผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ดังนี้

รศ.ธนิต จินดาวณิค อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ ตลอดจนคำติชมต่าง ๆ ในการทำงานวิจัยชิ้นนี้

คณาจารย์คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอนและประสิทธิ์ประสาทความรู้อันมีค่าในทุก ๆ ด้าน ของงานสถาปัตยกรรม

คุณตุ๋ม คุณฐา น้องกิ่ง และเพื่อนทุก ๆ คนในบริษัทคิวบิคดีไซด์ ที่คอยเป็นกำลังใจในการทำวิจัยชิ้นนี้

คุณพ่อ คุณแม่ เม้ง บุ้ง และแตง ที่คอยเป็นกำลังใจ ให้ความช่วยเหลือและดูแลด้วยดีตลอดมา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ฎ
สารบัญภาพ	ฐ
สารบัญแผนภูมิ	ณ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ปัญหาและความเป็นมาของการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 นิยามศัพท์	2
1.5 วิธีดำเนินการวิจัย	3
1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 กระแสลมในธรรมชาติ	5
2.1.1 ทฤษฎีการเกิดและการเคลื่อนที่ของกระแสลม	7
2.1.2 ลมสำคัญในประเทศไทย	9
2.2 กระแสลมกับการระบายอากาศ	12
2.2.1 การระบายอากาศ	12
2.2.2 การระบายอากาศธรรมชาติ	13
2.2.3 การระบายอากาศธรรมชาติภายในอาคาร	17
2.3 ศักยภาพการใช้ลมในการระบายอากาศในประเทศไทย	18
2.3.1 ความเร็วลม	19
2.3.2 ทิศทางลม	19
2.3.3 ความถี่ของลม	19
2.3.4 สรุปศักยภาพการใช้ลมเพื่อการระบายอากาศในประเทศไทย	19

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

2.4 อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศใหม่ภายในอาคาร.. 20
2.5 ลักษณะและรูปแบบของปล่องระบายอากาศ……………………………… 21
2.5.1 ปล่องดักอากาศเข้า.. 21
2.5.2 ปล่องระบายอากาศ... 23
2.6 การวิเคราะห์และการประเมินผลการระบายอากาศผ่านปล่องระบายอากาศ.. 26
2.6.1 การวิเคราะห์และประเมินผลการระบายอากาศโดยการสังเกตตรวจวัดค่าต่างๆ จากสถานที่จริง.. 26
2.6.2 การวิเคราะห์และประเมินผลโดยการใช้สมการทางคณิตศาสตร์คำนวณ.. 26
2.7 ตัวแปรที่ควรคำนึงถึงในการออกแบบปล่องระบายอากาศ......................... 32
2.7.1 อุณหภูมิภายในปล่องระบายอากาศ... 32
2.7.2 ความฝืดของปล่องระบายอากาศ………………………………… 32
2.7.3 ทิศทางการหันปากปล่องระบายอากาศ………………………….. 33
2.7.4 การสะท้อนเสียงภายในปล่องระบายอากาศ…………………….. 33
2.8 บทความทางวิชาการและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง... 33
2.8.1 การหาขนาดของปล่องระบายอากาศ.. 34
2.8.2 การศึกษาการเพิ่มอัตราการระบายอากาศที่เกิดจากความแตกต่างของช่องเปิดอากาศเข้าและช่องเปิดอากาศออก................................... 35
2.8.3 การเหนี่ยวนำให้เกิดการระบายอากาศตามธรรมชาติ โดยลมและอุณหภูมิ.. 35
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย
3.1 การดำเนินการวิจัย.. 37
3.2 การทดลอง.. 38
3.2.1 รูปแบบการวิจัยเพื่อทดลอง... 39
3.2.2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์.. 39
3.2.3 อาคารอยู่อาศัยรวม และห้องพักกรณีศึกษา................................ 41
3.2.4 ปล่องระบายอากาศ (ปล่องทดลอง).. 48
3.3 ตัวแปรในการวิจัย.. 50

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล.. 50
3.4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล.. 50
3.4.2 การตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องมือ.................................. 53
3.4.3 ตำแหน่งติดตั้งเครื่องมือวัด... 54
3.4.4 การกำหนดช่วงเวลาที่ใช้เก็บข้อมูล... 56
3.4.5 วิธีการทดลอง... 56
บทที่ 4 ผลการทดลอง
4.1 ผลการวิจัยจากอาคารอยู่อาศัยรวม.. 57
4.1.1 การทดลองที่ 1.. 57
4.1.2 การทดลองที่ 2.. 68
4.1.3 การทดลองที่ 3.. 73
4.2 การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการทดลอง.. 81
4.2.1 การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการทดลองทั้งวัน............................ 81
4.2.2 การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการทดลองในช่วงเวลากลางคืน......... 86
4.2.3 การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการทดลองในช่วงเวลากลางวัน......... 91
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ
5.1 สรุปผลการทดลอง.. 96
5.1.1 ผลการทดลองอัตราการระบายอากาศ....................................... 97
5.1.2 ผลการทดลองอุณหภูมิ... 98
5.2 การออกแบบปล่องระบายอากาศในอาคารอยู่อาศัยรวมที่กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย.. 99
5.2.1 ตัวอย่างการออกแบบปลองระบายอากาศในอาคารอยู่อาศัยรวมที่ กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย... 99
5.2.2 การประเมินปล่องระบายอากาศในอาคารอยู่อาศัยรวมที่ กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย... 107
5.3 ข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปใช้ในการวิจัย... 109
รายการอ้างอิง.. 111
ภาคผนวก... 114
ภาคผนวก ก.. 115

หน้า

ภาคผนวก ข... 118

ภาคผนวก ค... 121

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์... 129

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2-1 แสดงตัวเลขโบฟอร์ต ความเร็วลม ชื่อลม ลักษณะทะเล และลักษณะบนแผ่นดิน........ 6
ตารางที่ 2-2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมและสภาวะน่าสบาย........ 13
ตารางที่ 2-3 แสดงการศึกษาและวิเคราะห์เปรียบเทียบลักษณะภูมิอากาศตามช่วงเวลาของจังหวัดที่เป็นตัวแทนภาค........ 18
ตารางที่ 2-4 แสดงอัตราการระบายอากาศภายในอาคาร........ 20
ตารางที่ 2-5 แสดงอัตราการระบายอากาศโดยวิธีกล ภายในห้องต่างๆ........ 21
ตารางที่ 3-1 แสดงรูปแบบการทดลองและการคำนวณในงานวิจัย........ 38
ตารางที่ 4-1 แสดงผลการทดลองค่าอุณหภูมิ และค่าความเร็วลมเฉลี่ย ณ ตำแหน่งต่างๆ ในการทดลองที่ 1........ 60
ตารางที่ 4-2 แสดงความแตกต่างของอุณหภูมิที่ห้องทดลอง และปล่องกระจก และความเร็วลมในห้อง 512........ 62
ตารางที่ 4-3 แสดงความเร็วลมและอัตราการระบายอากาศที่ห้อง 512........ 65
ตารางที่ 4-4 แสดงผลการทดลอง ค่าอุณหภูมิ ค่าความเร็วลมเฉลี่ย และอัตราการระบายอากาศ ในการทดลองที่ 2........ 69
ตารางที่ 4-5 แสดงการเก็บข้อมูลอุณหภูมิอากาศภายในห้อง และอุณหภูมิภายนอก เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบปล่องระบายอากาศที่ใช้ในการทดลอง........ 74
ตารางที่ 4-6 แสดงการหาค่า Building load coefficient (BLC)........ 77
ตารางที่ 4-7 แสดงการหาค่า U ของผนังทิศตะวันออก........ 77
ตารางที่ 4-8 แสดงการหาค่า U ของผนังทิศตะวันตก........ 78
ตารางที่ 4-9 แสดงการหาค่า U ของผนังทิศเหนือ........ 78
ตารางที่ 4-10 แสดงการหาค่า U ของผนังทิศใต้........ 79
ตารางที่ 4-11 แสดงการหาค่า U ของหลังคา........ 79
ตารางที่ 4-12 แสดงการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการทดลอง ของการทดลองที่ 1 การทดลองที่ 2 และการทดลองที่ 3 ในช่วงเวลา ตั้งแต่วันที่ 30 ธันวาคม พ.ศ. 2553 เวลา 18:00 น. ถึงวันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2553 เวลา 17.30 น........ 81

หน้า

ตารางที่ 4-13 แสดงการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการทดลอง ของการทดลองที่ 1 การทดลองที่ 2 และการทดลองที่ 3 ในช่วงเวลา ตั้งแต่วันที่ 30 ธันวาคม พ.ศ. 2553 เวลา 18:00 น. ถึงวันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2553 เวลา 5.30 น................................ 86
ตารางที่ 4-14 แสดงการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการทดลอง ของการทดลองที่ 1 การทดลองที่ 2 และการทดลองที่ 3 ในช่วงเวลา ตั้งแต่วันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2553 เวลา 6:00 น. ถึงเวลา 17.30 น... 91
ตารางที่ 5-1 แสดงอัตราการระบายอากาศภายในห้องพักซึ่งติดตั้งปล่องระบายอากาศ ของอาคารอยู่อาศัยรวมกรณีศึกษา.. 107
ตารางที่ ก-1 แสดงข้อมูลอุณหภูมิในการทดลอง ณ ตำแหน่งต่างๆ.................................... 116
ตารางที่ ข-1 แสดงข้อมูลความเร็วลมในการทดลอง ณ ตำแหน่งต่างๆ.............................. 119
ตารางที่ ค-1 แสดงข้อมูลความเร็วลม บริเวณด้านท่อระบายอากาศ (ห้อง 512) ในการทดลองที่ 1.. 122

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 2-1 แสดงลักษณะการหมุนเวียนของบรรยากาศโลกซึ่งทำให้เกิดลมประจำปี.......... 7

รูปที่ 2-2 แสดงลักษณะการหมุนเวียนของบรรยากาศบนผิวโลกเนื่องจากแรงคอริออลิส... 8

รูปที่ 2-3 แสดงลักษณะการเกิดลมบก และลมทะเล.. 10

รูปที่ 2-4 แสดงลักษณะการเกิดลมภูเขา และลมหุบเขา... 11

รูปที่ 2-5 แสดงการเคลื่อนที่ของกระแสลมเนื่องจากแรงลม... 14

รูปที่ 2-6 แสดงลักษณะการไหลของอากาศรูปแบบต่างๆ.. 16

รูปที่ 2-7 แสดงลักษณะการระบายอากาศแบบพัดผ่านตลอด...................................... 17

รูปที่ 2-8 แสดงรายละเอียด และการทำงานของปล่องดักอากาศ.................................. 22

รูปที่ 2-9 แสดงปล่องดักอากาศที่มีทางติดต่อกับทางน้ำใต้ดิน เมื่อลมที่พัดผ่านน้ำใต้ดิน รวมกับลมที่มาทางปล่อง ก็จะเพิ่มความเย็นได้.. 22

รูปที่ 2-10 แสดงการไหลของอากาศเนื่องจากแรงลอยตัว ผ่านทางปล่องระบายอากาศ ซึ่งเกิดขึ้นจากความแตกต่างของอุณหภูมิ ในขณะที่ไม่มีลมพัด........................... 24

รูปที่ 2-11 การทำความเย็นภายในอาคาร โดยอาศัยการลอยตัวของอากาศที่เกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิ.. 25

รูปที่ 2-12 การเกิดโฟกัสรวมกันของเสียง และการสะท้อนของเสียงภายในปล่องเป็นสิ่งที่ควรหลีกเลี่ยง... 33

รูปที่ 3-1 แผนการดำเนินงาน... 37

รูปที่ 3-2 อาคารพักอาศัยรวมกรณีศึกษาเมื่อมองจากภายนอก.................................... 41

รูปที่ 3-3 ภายในห้องพักของอาคารพักอาศัยรวมกรณีศึกษา.. 42

รูปที่ 3-4 แปลนห้องพักอาศัยรวมกรณีศึกษา และรูปแบบ ลักษณะของช่องเปิดภายในห้องทดลอง.. 43

รูปที่ 3-5 แปลนพื้นชั้นที่ 1 ของอาคารพักอาศัยรวมกรณีศึกษา.................................... 43

รูปที่ 3-6 แปลนพื้นชั้นที่ 2 ถึงชั้นดาดฟ้าของอาคารพักอาศัยรวมกรณีศึกษา................... 44

รูปที่ 3-7 รูปด้าน 1 และรูปด้าน 2 ของอาคารพักอาศัยรวมกรณีศึกษา........................... 45

รูปที่ 3-8 รูปด้าน 3 และรูปด้าน 4 ของอาคารพักอาศัยรวมกรณีศึกษา........................... 46

รูปที่ 3-9 รูปตัด A และ B ของอาคารพักอาศัยรวมกรณีศึกษา..................................... 47

รูปที่ 3-10 จำลองปล่องระบายอากาศ พร้อมท่อระบายอากาศพีวีซี................................ 48

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

		หน้า
รูปที่ 3-11	จำลองการติดตั้งปล่องระบายอากาศบนดาดฟ้า พร้อมต่อท่อระบายอากาศลงมาภายในห้องพักบริเวณชั้นที่ 5 ของอาคารกรณีศึกษา................................	49
รูปที่ 3-12	เครื่องวัดอุณหภูมิและบันทึกข้อมูล..	50
รูปที่ 3-13	เครื่องวัดความเร็วลม..	51
รูปที่ 3-14	เครื่องวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และความเร็วลม พร้อมอุปกรณ์วัดความเร็วลมแบบปากกา..	52
รูปที่ 3-15	เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการประมวล...	53
รูปที่ 3-16	การติดตั้งอุปกรณ์เก็บข้อมูลอุณหภูมิอากาศ และความเร็วลมในการทดลองที่1.	54
รูปที่ 3-17	การติดตั้งอุปกรณ์เก็บข้อมูลอุณหภูมิอากาศ และความเร็วลมในการทดลองที่2.	55
รูปที่ 4-1	แบบแปลน รูปด้าน และรูปตัดของปล่องระบายอากาศ................................	57
รูปที่ 4-2	ปล่องระบายอากาศ และท่อระบายอากาศที่ใช้ในการทดลองที่ 1....................	59
รูปที่ 4-3	แสดงอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ ในการทดลองที่ 1.......................................	67
รูปที่ 4-4	แสดงความเร็วลมบริเวณปากท่อระบายอากาศภายในห้อง 512......................	67
รูปที่ 4-5	แสดงอัตราการระบายอากาศในห้อง 512...	68
รูปที่ 4-6	การติดตั้งเครื่องมือในการทดลองที่ 2..	69
รูปที่ 4-7	แสดงอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ ในการทดลองที่ 2.......................................	71
รูปที่ 4-8	แสดงความเร็วลมภายในห้อง 514..	72
รูปที่ 4-9	แสดงอัตราการระบายอากาศในห้อง 514...	72
รูปที่ 4-10	แสดงการหาค่า ΔT solar หรือ ผลต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยที่เกิดขึ้นภายในปล่องกระจกกับอุณหภูมิเฉลี่ยภายนอก (°F) จากค่าละติจูด และค่า LCR...............	76
รูปที่ 4-11	ภาพจำลองแสดงขนาด และวัสดุของปล่องระบายอากาศกระจก.....................	80
รูปที่ 4-12	แสดงการวิเคราะห์เปรียบเทียบอุณหภูมิ (ตลอด 24 ชั่วโมง)...........................	82
รูปที่ 4-13	แสดงการวิเคราะห์เปรียบเทียบ ΔT (°F) ของอุณหภูมิภายในห้องทดลองและปล่องระบายอากาศกระจก (ตลอด 24 ชั่วโมง)..	83
รูปที่ 4-14	แสดงการวิเคราะห์เปรียบเทียบความเร็วลม (ตลอด 24 ชั่วโมง).......................	84
รูปที่ 4-15	แสดงการวิเคราะห์เปรียบเทียบอัตราการระบายอากาศ (ตลอด 24 ชั่วโมง).......	85
รูปที่ 4-16	แสดงการวิเคราะห์เปรียบเทียบอุณหภูมิ (ช่วงเวลากลางคืน)..........................	87
รูปที่ 4-17	แสดงการวิเคราะห์เปรียบเทียบ ΔT (°F) ของอุณหภูมิภายในห้องทดลองและปล่องระบายอากาศกระจก (ช่วงเวลากลางคืน)...	88

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

รูปที่ 4-18 แสดงการวิเคราะห์เปรียบเทียบความเร็วลม (ช่วงเวลากลางคืน)...................... 89
รูปที่ 4-19 แสดงการวิเคราะห์เปรียบเทียบอัตราการระบายอากาศ (ช่วงเวลากลางคืน)...... 90
รูปที่ 4-20 แสดงการวิเคราะห์เปรียบเทียบอุณหภูมิ (ช่วงเวลากลางวัน)........................... 92
รูปที่ 4-21 แสดงการวิเคราะห์เปรียบเทียบ ΔT (°F) ของอุณหภูมิภายในห้องทดลองและปล่องระบายอากาศกระจก (ช่วงเวลากลางวัน).. 93
รูปที่ 4-22 แสดงการวิเคราะห์เปรียบเทียบความเร็วลม (ช่วงเวลากลางวัน)...................... 94
รูปที่ 4-23 แสดงการวิเคราะห์เปรียบเทียบอัตราการระบายอากาศ (ช่วงเวลากลางวัน)...... 95
รูปที่ 5-1 แปลน รูปด้าน และรูปตัดของอาคารพักอาศัยรวมกรณีศึกษา.......................... 100
รูปที่ 5-2 แปลน รูปด้าน และรูปตัดของอาคารพักอาศัยรวมที่ประยุกต์ใช้ปล่องระบายอากาศ... 105
รูปที่ 5-3 อัตราการระบายอากาศภายในห้องพักซึ่งติดตั้งปล่องระบายอากาศ ของอาคารอยู่อาศัยรวมกรณีศึกษา... 108

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญแผนภูมิ

หน้า

แผนภูมิที่ 2-1 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของทางเข้า-ออกของอากาศ กับอัตราส่วนร้อยละ (%) ระหว่างพื้นที่หน้าตัดปล่องกับพื้นที่ใช้งาน.. 34

แผนภูมิที่ 2-2 การเพิ่มอัตราการระบายอากาศที่เกิดจากความแตกต่างของขนาดช่องเปิดอากาศเข้าและออก.. 35

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ปัญหาและความเป็นมาของการวิจัย

ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้นคือ อยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 5-21° เหนือกับเส้นแวงที่ 90-106° ตะวันออก ซึ่งจัดว่าอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตร ทำให้สภาพอากาศโดยทั่วไปของประเทศไทยมีลักษณะร้อนอบอ้าวเกือบตลอดทั้งปี ดังนั้นทิศทางกระแสลมที่เข้าสู่อาคารจึงมีส่วนสำคัญในการช่วยระบายอากาศ โดยเฉพาะอาคารที่ไม่ใช้เครื่องปรับอากาศอยู่ตลอดเวลา จำเป็นต้องคำนึงถึงการถ่ายเทอากาศตามวิธีธรรมชาติโดยการเจาะช่องเปิดให้ลมพัดผ่านเข้ามาในอาคารให้มากที่สุด เพื่อช่วยลดความร้อนและความชื้นที่เกิดขึ้นภายในอาคาร และทำให้เกิดสภาวะน่าสบายแก่ผู้อยู่อาศัย

ในสภาพสังคมในปัจจุบันที่จำนวนประชากรมีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง แต่ที่ดินสำหรับสร้างที่อยู่อาศัยยังคงมีปริมาณเท่าเดิม ทำให้ลักษณะของที่อยู่อาศัยมีการปรับเปลี่ยนรูปแบบไปจากบ้านอยู่อาศัยขนาดเล็กไปเป็นอาคารอยู่อาศัยรวมนั้นมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ ดังนั้นการออกแบบงานสถาปัตยกรรมประเภทที่อยู่อาศัยรวม ในเขตร้อนชื้นอย่างในประเทศไทยเพื่อให้เกิดสภาวะน่าสบายขึ้นภายในอาคารโดยที่ไม่ต้องใช้เครื่องกล (Passive Cooling Design) เพื่อลดการใช้พลังงานจากการปรับอากาศโดยใช้เครื่องกล อันจะนำไปสู่เรื่องของการประหยัดพลังงานในอาคารนั้นจึงเป็นสิ่งจำเป็น โดยสามารถทำได้หลายวิธี ซึ่งหนึ่งในหลายวิธีนั้นก็คือ การใช้การระบายอากาศ (Ventilation) แต่เนื่องจากการศึกษาข้อมูลอากาศของประเทศไทย พบว่าสภาวะของลมในประเทศไทยนั้น ประมาณครึ่งหนึ่งเป็นลมสงบ อีกทั้งในบางพื้นที่ ทำเลที่ตั้งอาคารยังแวดล้อมไปด้วยอาคารสูงโดยรอบเป็นผลให้เกิดการบังทิศทางลมตามธรรมชาติซึ่งกันและกัน ทำให้ปริมาณลมที่สามารถนำมาใช้ในการออกแบบได้นั้นก็มีค่อนข้างน้อย ดังนั้น การระบายอากาศภายในอาคารโดยวิธีไม่ใช้เครื่องกล หรือใช้ลมที่เกิดโดยทั่วไปจากธรรมชาติแต่เพียงอย่างเดียว จึงอาจจะไม่เพียงพอ อย่างไรก็ตามลมสามารถที่จะเกิดขึ้นได้เองตามธรรมชาติ เมื่อมีความต่างกันของความดัน หรืออุณหภูมิ เราจึงสามารถที่จะอาศัยคุณสมบัติดังกล่าวมาเป็นตัวช่วยเสริมในการสร้างกระแสลม เพื่อทำเกิดสภาวะน่าสบายขึ้นภายในอาคาร โดยวิธีการที่จะนำมาศึกษานั้นก็คือการใช้ปล่องระบายอากาศ (Stack Ventilation) โดยมีหลักการพื้นฐาน คือ การเคลื่อนที่เข้ามาแทนที่กันของอากาศที่มีอุณหภูมิต่างกัน โดยที่อากาศร้อนกว่าจะลอยตัวสูงขึ้นและอากาศที่เย็น

กว่าจะเคลื่อนตัวเข้ามาแทนที่ (Stack Effect) ซึ่งทำให้อากาศเกิดการเคลื่อนตัวได้แม้ในเวลาที่ไม่มีลม

จากหลักการดังกล่าว ทำให้พบวิธีการหนึ่งในการนำประโยชน์จากธรรมชาติมาผสมผสานกับเทคโนโลยีในการออกแบบทางสถาปัตยกรรม ซึ่งถ้าหากได้มีการศึกษาถึงรูปแบบและวิธีในการออกแบบปล่องระบายอากาศที่เหมาะสม ย่อมทำให้เกิดแนวทางการออกแบบอาคารที่ช่วยในการประหยัดพลังงานและ เสริมสร้างภาวะน่าสบายให้กับผู้อยู่อาศัยได้มากยิ่งขึ้น โดยเริ่มทำการศึกษาจากอาคารอยู่อาศัยรวมสูง 7 ชั้นก่อน เพื่อใช้เป็นพื้นฐานในการพัฒนาต่อไปยังอาคารอยู่อาศัยรวมแบบอื่นๆ

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาวิธีการ ระบบการทำงาน และรายละเอียดต่างๆ ที่เกี่ยวข้องการระบายอากาศโดยใช้ปล่องระบายอากาศ ทั้งจากทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง หนังสือทางวิชาการตลอดจนสังเกตอัตราเร็วลมที่เกิดขึ้นจริงภายในการทดลอง ที่ทำขึ้นในสภาพอาคารและสถานที่จริง โดยทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการระบายอากาศ ของห้องพักที่มีการใช้ปล่องระบายอากาศ กับห้องพักแบบดั้งเดิม
2. เพื่อศึกษาตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการระบายอากาศของปล่องระบายอากา
3. เสนอแนะแนวทางในการออกแบบปล่องระบายอากาศ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายอากาศภายในห้องพัก สำหรับอาคารอยู่อาศัยรวมในประเทศไทย

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. การวิจัยนี้ จะทำการศึกษาเฉพาะปล่องระบายอากาศที่ใช้กับอาคารอยู่อาศัยรวมเท่านั้น
2. การวิจัยนี้ จะมุ่งเน้นเฉพาะการระบายอากาศโดยใช้หลักการของการลอยตัว หรือการเคลื่อนเข้าแทนที่กันของอากาศที่มีอุณหภูมิต่างกัน (Stack Effect) เท่านั้น
3. การวิจัยนี้ ไม่รวมถึงการระบายอากาศโดยวิธีการใช้ปล่องดักอากาศ เพื่อให้เกิดการเหนี่ยวนำอากาศจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคาร (Wind Scoop)
4. การวิจัยนี้ ไม่ได้รวมถึงการระบายอากาศโดยวิธีการออกแบบให้เกิดการพัดผ่านตลอด (Cross Ventilation)
5. การวิจัยนี้ จะมุ่งเน้นไปที่เรื่องของการสร้างสภาวะน่าสบาย ผ่านทางการระบายอากาศ และระดับความเร็วของลมภายในอาคาร โดยจะไม่รวมถึงผลกระทบจาก

การส่งผ่านความร้อน และค่า MRT (Mean Radiant Temperature) ซึ่งจะมีผลต่อสภาวะน่าสบายเช่นกัน

6. การวิจัยนี้ จะเป็นการศึกษาผ่านการทดลองสร้างปล่องระบายอากาศของห้องพักในสถานที่ และสภาพแวดล้อมจริง เพื่อหาอัตราการระบายอากาศที่เกิดขึ้นเพื่อนำมาวิเคราะห์ เปรียบเทียบกับอัตราการระบายอากาศในห้องพักที่ไม่มีการสร้างปล่องระบายอากาศในสถานที่ และสภาพแวดล้อมเดียวกัน
7. การวิจัยนี้ จะไม่ทำการศึกษาในเชิงเศรษฐศาสตร์อาคาร และการลงทุน

1.4 นิยามศัพท์

1. การระบายอากาศผ่านปล่องระบายอากาศ (Stack Ventilation) คือ การระบายอากาศที่อาศัยแรงขับเคลื่อนจากความแตกต่างระหว่างความดันอากาศ เนื่องมาจากความแตกต่างของอุณหภูมิภายในอาคารที่สูงกว่าภายนอกอาคาร โดยอากาศร้อนภายในอาคารจะลอยขึ้นที่สูง (buoyancy) แล้วอากาศเย็นภายนอกที่อุณหภูมิต่ำกว่าจะไหลเข้ามาแทนที่
2. ความสูงของปล่องระบายอากาศ คือ ระยะที่วัดตั้งแต่จุดกึ่งกลางของหน้าต่างลมเข้า ไปจนถึงจุดกึ่งกลางของหน้าต่างลมออก

1.5 วิธีดำเนินการวิจัย

เนื่องจากการวิจัยนี้ จะใช้การทดลองก่อสร้างปล่องระบายอากาศในสภาพแวดล้อมและสถานที่จริงดังนั้น ในเบื้องต้นจึงต้องเลือกอาคารอยู่อาศัยรวม กรณีศึกษา เพื่อเก็บข้อมูล อันได้แก่ อุณหภูมิอากาศ, ความเร็วลมที่เกิดขึ้นจริงในห้องพักและนำข้อมูลเหล่านี้มาใช้ในการศึกษาการออกแบบปล่องระบายอากาศ

1. ศึกษาศักยภาพการใช้ลมในประเทศไทย ทั้งในเรื่องของความเร็วลม ความถี่ ทิศทาง เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการออกแบบปล่องระบายอากาศ
2. ศึกษารายละเอียดของปล่องระบายอากาศ
   - 2.1 ศึกษารูปแบบการทำงาน ข้อดี-ข้อเสีย สมการการคำนวณ โดยจะทำการศึกษาทั้งในส่วนที่เป็น ทฤษฎี วิทยานิพนธ์ที่เกี่ยวข้อง วารสารสิ่งพิมพ์ และบทความทางวิชาการต่างๆ
   - 2.2 รวบรวมตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบปล่องระบายอากาศ อันได้แก่ ความสูงระหว่างหน้าต่างลมเข้าและลมออก ขนาดพื้นที่หน้าต่างลมเข้า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อุณหภูมิอากาศภายในอาคาร ณ ระดับหน้าต่างลมออก อุณหภูมิอากาศภายนอกอาคาร เพื่อนำไปเป็นตัวแปรในการทดสอบประสิทธิภาพของปล่องระบายอากาศ

3. เลือกอาคารอยู่อาศัยรวม รูปแบบมาตรฐานทั่วไป เพื่อเก็บข้อมูลอันได้แก่ อุณหภูมิอากาศภายในอาคาร, อุณหภูมิอากาศภายนอกอาคาร ความเร็วลมที่เกิดขึ้น ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะเป็นข้อมูลในเบื้องต้นที่จะ นำไปใช้ในการออกแบบปล่องระบายอากาศที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด
4. ออกแบบและก่อสร้างปล่องระบายอากาศในสถานที่จริง
5. ประเมินผลการระบายอากาศ ของห้องพักที่มีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงกับห้องพักในสภาพดั้งเดิม โดยพิจารณาจาก ความเร็วลม อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศต่อชั่วโมง (Air change per hour) และความสัมพันธ์ของอุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกอาคาร
6. สรุปประสิทธิภาพของปล่องระบายอากาศเพื่อนำไปสู่แนวทางการออกแบบปล่องระบายอากาศที่เหมาะสมสำหรับอาคารอยู่อาศัยรวม ในประเทศไทย

1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. ทราบถึงประโยชน์และศักยภาพของปล่องระบายอากาศ ที่จะมาเป็นส่วนช่วยในการระบายอากาศ และการสร้างสภาวะน่าสบายให้กับอาคารอยู่อาศัยรวม เพื่อช่วยลดภาระในการปรับอากาศ
2. เป็นแนวทางในการปรับปรุงองค์ประกอบของปล่องระบายอากาศ รวมทั้งปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้องที่จะมีผลต่อการออกแบบปล่องระบายอากาศ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงที่สุด
3. ผลการศึกษาสามารถที่จะเป็นแนวทางในการออกแบบ ตลอดจนเป็นเครื่องชี้วัดประสิทธิภาพปล่อง ระบายอากาศสำหรับสถาปัตยกรรมประเภทอาคารอยู่อาศัยรวม และสามารถที่จะพัฒนาและนำไปประยุกต์ใช้กับงานสถาปัตยกรรมรูปแบบต่างๆ ในภูมิภาคร้อนชื้นอย่างเช่นในประเทศไทย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงข้อมูลจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัย ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย ประกอบด้วยข้อมูล 8 ส่วน ได้แก่ 1) การศึกษากระแสลมในธรรมชาติ 2) การศึกษากระแสลมกับการระบายอากาศ 3) การศึกษาศักยภาพการใช้ลมในการระบายอากาศในประเทศไทย 4) การศึกษาอัตราการแลกเปลี่ยนของอากาศใหม่ภายในอาคาร 5) การศึกษาลักษณะและรูปแบบของปล่องระบายอากาศ 6) การวิเคราะห์และการประเมินผลการระบายอากาศผ่านปล่องระบายอากาศ 7) ตัวแปรที่คำนึงถึงในการออกแบบปล่องระบายอากาศ 8) การศึกษาบทความและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยข้อมูลทั้งหมดจะเป็นข้อมูลพื้นฐาน ที่จะทำให้ทราบถึงปัญหาและความเป็นมาของการวิจัย การกำหนดขอบเขตของการวิจัย การกำหนดตัวแปรในการวิจัย และการกำหนดเป้าหมายของการวิจัย

2.1 กระแสลมในธรรมชาติ

ลม (wind) คือ อากาศที่มีการเคลื่อนที่ที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการทางอุทก-อุตุนิยมวิทยา (Hydro meteorological) โดยเฉพาะอย่างยิ่งต่อการเปลี่ยนแปลง การเคลื่อนไหว การผสมผสานของความร้อนเย็น ความกดอากาศ การระเหยของน้ำ ความชื้นในอากาศ และการเกิดฝนในที่ต่างๆ (กีรติ ลีวัจนกุล, 2543:2-78)

ความเร็วลม เป็นปริมาณเวกเตอร์ (vector) มีทั้งขนาดและทิศทาง โดยขนาดของความเร็วลม (wind speed) ปกติจะมีหน่วยเป็น ft/s (feet per second), mi/hr (mile per hour), m/s (meters per second), km/hr (kilometers per hour) และ kn (knots)

ทิศทางลม จะเรียกตามทิศทางที่เกิดลมพัด โดยปกติเรียกตามเข็มทิศทั้ง 16 ทิศทาง เช่น ลมที่เกิดทางทิศใต้พัดไปทางทิศเหนือ เรียกว่า ลมฝ่ายใต้ (southerly wind) ใช้สัญลักษณ์ S และลมที่เกิดทางทิศตะวันตกพัดไปทางทิศตะวันออก เรียก ลมตะวันตก (westerly wind) เป็นต้น

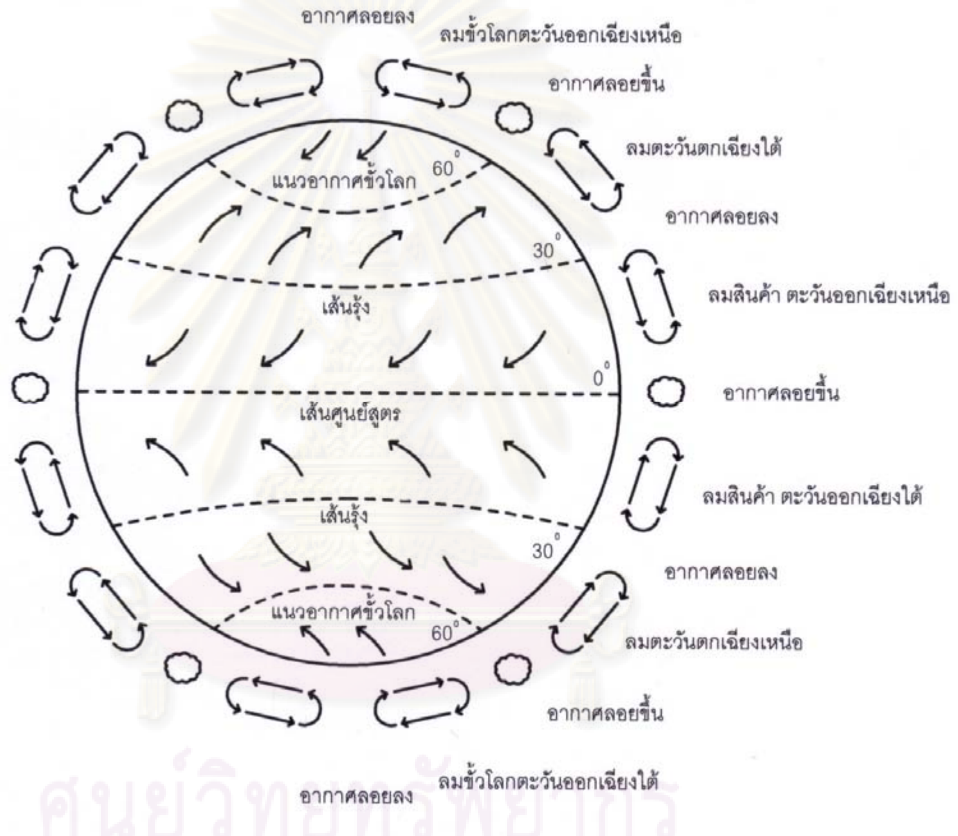
ลักษณะลม นิยมบอกเป็นตัวเลข เรียกว่า มาตราลมของ Beaufort (Beaufort wind scale) ดังตารางที่ 2-1 ซึ่งตัวเลข Beaufort จะบอกถึงความเร็วลม ชื่อลม ลักษณะที่เกิดขึ้นบนแผ่นดิน ลักษณะที่เกิดขึ้นในทะเล ทำให้สามารถใช้ในการประมาณการความเร็วลมที่เกิดขึ้นโดยไม่ต้องมีเครื่องวัดลม จึงเป็นที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง

ตัวเลข Beaufort	ความเร็วลม			ชื่อลม	ลักษณะทะเล	ลักษณะบนแผ่นดิน
	kmph	mph	knots			
0	น้อยกว่า 1	น้อยกว่า 1	น้อยกว่า 1	ลมสงบ (calm)	ทะเลเรียบ	สงบนิ่งไม่มีการเคลื่อนไหวของใบไม้ ควันลอยขึ้นตรงๆ
1	1 ถึง 5	1 ถึง 3	1 ถึง 3	ลมเบา (light air)	น้ำกระเพื่อมเล็กน้อย	ใบไม้ไหวเล็กน้อย ควันลอยตามลม ศรลม (wind vane) ไม่หมุนตามทิศทางที่ลมพัด
2	6 ถึง 11	4 ถึง 7	4 ถึง 6	ลมอ่อน (light breeze)	น้ำทะเลมีคลื่นลมเล็กๆ มองเห็นยอดคลื่นที่ไม่แตกตัว	ใบไม้ไหวและศรลมเริ่มหมุนวัดทิศทางลมได้
3	12 ถึง 19	8 ถึง 12	7 ถึง 10	ลมโชย (gentle breeze)	น้ำทะเลมีคลื่นโตขึ้น มองเห็นยอดคลื่นแตกเป็นฟอง	ใบไม้และกิ่งไม้เล็กๆ เคลื่อนไหว ธงบนยอดเสาเริ่มปลิว
4	20 ถึง 29	13 ถึง 18	11 ถึง 16	ลมปานกลาง (moderate breeze)	คลื่นขนาดเล็กแต่มีความยาวคลื่นมากขึ้น	กิ่งไม้ขนาดเล็กเคลื่อนไหว มีฝุ่นกระดาษและใบไม้แห้งปลิว
5	30 ถึง 38	19 ถึง 24	17 ถึง 21	ลมเฉื่อยค่อนข้างแรง (fresh breeze)	ทะเลมีคลื่นปานกลาง น้ำมีการกระเพื่อมและมีฟองสีขาวโดยทั่วไป	ต้นไม้ขนาดเล็กและกิ่งไม้เอนไปตามลม น้ำในแผ่นดินที่อยู่ตามแม่น้ำลำธารเริ่มมีคลื่นน้ำ
6	39 ถึง 49	25 ถึง 31	22 ถึง 27	ลมแรง (strong breeze)	ทะเลมีคลื่นขนาดใหญ่ มองเห็นยอดคลื่นโดยทั่วไป และมีการแตกตัวบ้าง	กิ่งไม้ขนาดใหญ่เอนไปมา ได้ยินเสียงหวิวตามสายโทรศัพท์ และใช้ร่มลำบาก
7	50 ถึง 61	32 ถึง 38	28 ถึง 33	ลมค่อนข้างจัด (moderate or near gale)	ทะเลมีคลื่นจัด ยอดคลื่นสูงตามทิศทางลม	ต้นไม้ทั้งหมดมีการเอนตัวตามลมพัดและเป็นการยากที่จะเดินทวนทิศทางที่ลมพัด
8	62 ถึง 74	39 ถึง 46	34 ถึง 40	ลมจัด (fresh gale or gale)	ทะเลมีคลื่นที่มีความยาวคลื่นมากและมีความสูงคลื่นปานกลาง ยอดคลื่นมีการแตกตัว	กิ่งไม้ขนาดเล็กหัก เดินทวนลมยากมาก ยวดยานพาหนะเริ่มสั่นคลอนตามลม
9	75 ถึง 87	47 ถึง 54	41 ถึง 47	ลมจัดมาก (strong gale)	ทะเลมีคลื่นสูง ยอดคลื่นแตกตัวและทะเลเริ่มเป็นระลอกขนาดใหญ่ ทัศนะวิสัยลดลง	สิ่งก่อสร้างที่ไม่แข็งแรงได้รับความเสียหาย เช่น หลังคาบ้านเริ่มปลิว
10	88 ถึง 101	55 ถึง 63	48 ถึง 55	พายุ (storm or whole gale)	ทะเลมีคลื่นสูงมากและเป็นคลื่นขนาดใหญ่ ท้องทะเลเป็นระลอก และมีฟองปกคลุมโดยทั่วไป ทัศนะวิสัยลดลง	ต้นไม้ถูกถอนรากถอนโคน สิ่งก่อสร้างได้รับความเสียหาย
11	102 ถึง 116	64 ถึง 73	56 ถึง 63	พายุใหญ่ (storm or violent storm)	คลื่นขนาดใหญ่ในทะเลมีการแตกตัว เรือขนาดเล็กและขนาดกลางอับปาง	เกิดความเสียหายเป็นบริเวณกว้าง
12 ถึง 17	มากกว่า 116	มากกว่า 73	มากกว่า 63	พายุใต้ฝุ่นหรือพายุเฮอร์ริเคน (typhoon or hurricane)	ทะเลปั่นป่วนมาก ทัศนะวิสัยเลวร้ายมาก	เกิดความเสียหายเป็นบริเวณกว้างและรุนแรงมาก

ตารางที่ 2-1 ตัวเลขโบฟอร์ต ความเร็วลม ชื่อลม ลักษณะทะเล และลักษณะบนแผ่นดิน (ที่มา: กีรติ ลีวัจนกุล, 2543:2-82)

2.1.1 ทฤษฎีการเกิดและการเคลื่อนที่ของกระแสลม

บรรยากาศที่ห่อหุ้มโลกอยู่มีการเคลื่อนไหวและหมุนอยู่เสมอ การหมุนเวียนของบรรยากาศมีทั้งในแนวราบและแนวดิ่ง การหมุนเวียนของบรรยากาศในแนวราบตามผิวโลก เรียกว่า ลม แต่การหมุนเวียนอย่างรวดเร็วและรุนแรง เรียกว่า พายุ ส่วนการหมุนเวียนของบรรยากาศในแนวตั้งกรณีเคลื่อนขึ้น เรียกว่า ดึงขึ้น (up draft) ส่วนกรณีเคลื่อนลง เรียกว่า ดึงลง (down draft) (ประเสริฐ วิทยรัฐ,2545:71)



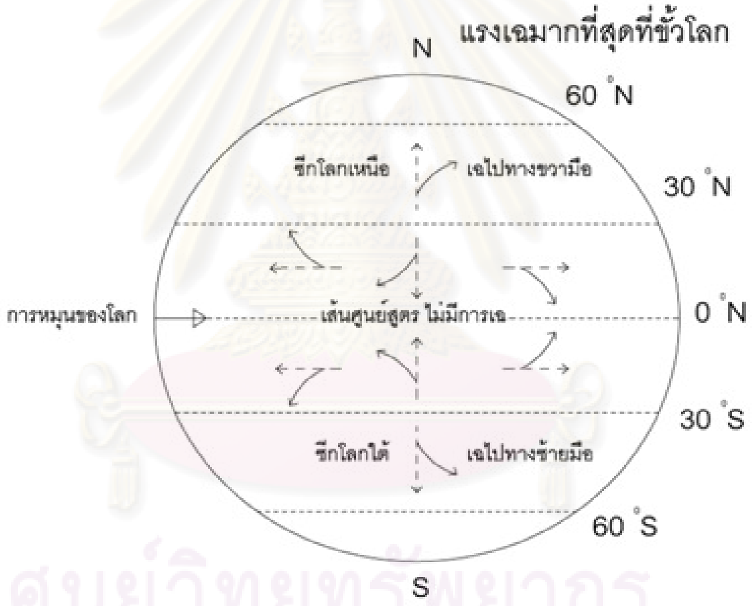
รูปที่ 2-1 แสดงลักษณะการหมุนเวียนของบรรยากาศโลกซึ่งทำให้เกิดลมประจำปี (ที่มา: กีรติ ลีวัจนกุล, 2543:2-99)

ลักษณะการเคลื่อนไหวของบรรยากาศ จะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ความแตกต่างของความกดอากาศ ความลาดชันของความกดอากาศ แรงคอริออลิส (coriolis force) และแรงเสียดทาน (friction force)

พื้นผิวโลกบริเวณต่างๆจะมีความกดอากาศที่แตกต่างกันได้เนื่องจากระดับความสูงและสภาพแผ่นดินและพื้นที่น้ำที่แตกต่างกัน ความกดอากาศที่แตกต่างกันจะทำให้เกิดการถ่ายเทของอากาศ จากบริเวณที่มีความกดอากาศสูง ไหลไปสู่ความกดอากาศต่ำ เกิดลมพัด ความแตกต่าง

ของความกดอากาศสูงและต่ำ และระยะห่างของตำแหน่งของความกดอากาศทั้งสองทำให้เกิดความลาดชันของความกดอากาศ หากมีความแตกต่างของความกดอากาศมาก และระยะห่างของตำแหน่งความกดอากาศไม่มาก จะทำให้ความลาดชันของความกดอากาศมาก ลมจะเคลื่อนที่อย่างรวดเร็วและรุนแรง จนเกิดพายุได้

การหมุนรอบตัวเองของโลก ทำให้เกิดแรงที่เรียกว่า แรงคอริออลิส ซึ่งมีผลทำให้การเคลื่อนที่ของลมมีทิศทางเบี่ยงเบนไป ทิศทางของการเบี่ยงเบนของลมได้กล่าวไว้เป็นกฎโดยเฟอร์เรล(Ferrel) ว่า วัตถุหรือของไหลใดๆที่เคลื่อนที่ในแนวราบทางซีกโลกเหนือจะเบี่ยงเบนไปทางขวาเมื่อหันหน้าไปตามเส้นทางการเคลื่อนที่ ส่วนในซีกโลกใต้จะเบี่ยงเบนไปทางซ้าย ทั้งนี้ไม่ว่าการเคลื่อนที่ไปทางทิศใด แรงคอริออลิสจะไม่ปรากฏที่ศูนย์สูตร แต่จะเพิ่มมากขึ้นไปทางขั้วโลก ดังรูปที่ 2-1



รูปที่ 2-2 แสดงลักษณะการหมุนเวียนของบรรยากาศบนผิวโลกเนื่องจากแรงคอริออลิส (ที่มา: ประเสริฐ วิทยรัฐ, 2545:72)

นอกจากนี้ลักษณะภูมิประเทศ และลักษณะผิวของพื้นโลก ยังทำให้เกิดแรงต้านทานระหว่างลมกับบริเวณที่ลมพัดผ่าน ในทิศทางตรงกันข้ามกับทิศทางที่ลมพัดผ่าน ซึ่งจะทำให้ความเร็วลมลดลง เรียกว่า แรงเสียดทาน โดยถ้าลมพัดผ่านบริเวณพื้นที่ราบหรือผิวน้ำ จะเกิดแรงเสียดทานน้อย ทำให้ลมพัดแรง และลมที่พัดในที่สูงจะพัดแรงกว่าลมที่พัดผ่านพื้นที่ผิวโลก ซึ่งพื้นผิวที่เกิดแรงเสียดทานจะสูงจากผิวโลกไม่เกิน 500 เมตร

2.1.2 ลมสำคัญในประเทศไทย

หลักเกณฑ์ที่อธิบายมาตอนต้น นำมาอธิบายกับลมสำคัญต่าง ๆ ในประเทศไทย ดังนี้

2.1.2.1 **ลมมรสุม** (Monsoon)

ลมมรสุม หมายถึง ลมที่พัดเปลี่ยนทิศทางกับการเปลี่ยนฤดู คือ ฤดูร้อนจะพัดอยู่ในทิศทางหนึ่ง และจะพัดเปลี่ยนทิศทางในทางตรงกันข้ามในฤดูหนาว (กีรติ ลีวัจนกุล, 2543:109) การเปลี่ยนแปลงลักษณะอากาศของประเทศไทยได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ดังนี้

พื้นที่ส่วนใหญ่ทางตอนเหนือของทวีปเอเชียเป็นพื้นดิน ส่วนตอนใต้เป็นพื้นน้ำ ดังนั้นในฤดูร้อนพื้นดินของทวีปเอเชียมีอุณหภูมิสูงจึงเป็นศูนย์กลางของความกดอากาศต่ำ ขณะที่พื้นน้ำอุณหภูมิต่ำกว่าจึงมีความกดอากาศสูงกว่า ดังนั้นจึงเกิดลมจากพื้นน้ำเคลื่อนเข้าสู่พื้นดินและนำเอาความชื้นจากพื้นน้ำเข้ามาด้วย เรียกว่า มรสุมตะวันตกเฉียงใต้ มรสุมดังกล่าวจะมีอิทธิพลอยู่ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมไปจนกระทั่งสิ้นเดือนกันยายนโดยประมาณ ทิศทางลมโดยรอบๆ จะมาจากทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ ช่วงอิทธิพลของมรสุมนี้จะมีฝนตกเกือบทุกพื้นที่ในประเทศไทย หรือเป็นที่ทราบกันว่าเป็นช่วงฤดูฝนเมื่อสิ้นฤดูร้อนแสงตั้งฉากของดวงอาทิตย์ได้เคลื่อนไปอยู่ทางใต้ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพื้นน้ำ ขณะเดียวกันพื้นดินของทวีปเอเชียได้รับแสงเฉียงและระยะเวลากลางวันสั้นทำให้อุณหภูมิบริเวณพื้นดินส่วนใหญ่ต่ำ พื้นดินของทวีปเอเชียจึงมีความกดอากาศสูงทำให้เกิดลมเคลื่อนที่จากพื้นดินไปสู่พื้นน้ำเรียกว่า ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งเป็นลมที่เคลื่อนที่จากพื้นดินไม่มีความชื้นจึงทำให้พื้นที่ส่วนใหญ่ของเอเชียแห้งแล้ง เว้นแต่ในบางบริเวณที่เมื่อลมพัดออกจากพื้นดินแล้วผ่านทะเลเข้าสู่พื้นดินอีกที จึงมีความชื้นเข้ามาและทำให้เกิดฝนตก เช่น บริเวณภาคใต้ฝั่งตะวันออกของประเทศไทย นอกจากนั้นลมที่พัดออกมาจากพื้นดินยังนำความหนาวเย็นมาด้วย ดังนั้นประเทศไทยมักจะมีอากาศหนาวเย็นบางส่วนแผ่เข้ามาเป็นระลอก มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือจะมีอิทธิพลอยู่ระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมีนาคม แต่สำหรับในประเทศไทยจะมีอิทธิพลอยู่แค่เดือนกุมภาพันธ์ ถัดจากนั้นอิทธิพลของอากาศท้องถิ่นจะเข้ามาแทน

2.1.2.2 **ลมประจำถิ่น** (Local wind)

ลมประจำถิ่น คือ ลมที่พัดประจำในถิ่นต่างๆ (กีรติ ลีวัจนกุล, 2543:2-109) ประกอบด้วย

1) **ลมบกและลมทะเล** (Land and sea breeze) คือ ลมที่เกิดขึ้นบริเวณชายฝั่งทะเล เป็นลมประจำถิ่นที่เกิดขึ้นทุกวัน เนื่องมาจากความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิและความดันของอากาศเหนือพื้นดินและเหนือพื้นน้ำ (กีรติ ลีวัจนกุล, 2543:2-109)

ลมบก เกิดขึ้นในเวลากลางคืน เมื่อพื้นดินคายความร้อนโดยการแผ่รังสีออกจะคายความร้อนออกได้เร็วกว่าพื้นน้ำ ทำให้มีอุณหภูมิต่ำกว่าพื้นน้ำอากาศเหนือพื้นน้ำที่ร้อนกว่าพื้นดินจะลอยตัวขึ้นสู่ด้านบน อากาศเหนือพื้นดินที่เย็นกว่าจะไหลเข้าไปแทนที่เกิดเป็นลมพัดจากฝั่งไปสู่ทะเล เรียกว่า ลมบก ดังรูปที่ 2-3 (ภาพซ้าย) ซึ่งลมบกจะมีความแรงของลมอ่อนกว่าลมทะเล จึงไม่สามารถพัดเข้าสู่ทะเลได้ระยะทางไกล โดยลมบกสามารถพัดเข้าสู่ทะเลที่ระยะทางเพียง 8-10 กิโลเมตร

ลมทะเล เกิดขึ้นในฤดูร้อนตามชายฝั่งทะเล ในเวลากลางวันเมื่อพื้นดินได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์จะมีอุณหภูมิสูงกว่าพื้นน้ำ และอากาศเหนือพื้นดินเมื่อได้รับความร้อนจะขยายตัวลอยสู่ด้านบน อากาศเหนือพื้นน้ำซึ่งเย็นกว่าจะไหลเข้าแทนที่เกิดลมจากทะเลพัดเข้าฝั่งเรียกว่าลมทะเล ดังรูปที่ 2-3 (ภาพขวา) ซึ่งมักจะเริ่มพัดในเวลาประมาณ 10.00 น. ลมทะเลสามารถพัดเข้าฝั่งมีระยะทางไกลถึง 16-48 กิโลเมตร และความแรงของลมจะลดลงเมื่อเข้าถึงฝั่ง ลมทะเลมีความสำคัญต่ออุณหภูมิของอากาศในบริเวณชายฝั่ง เนื่องมาจากทำให้อุณหภูมิของอากาศลดลง

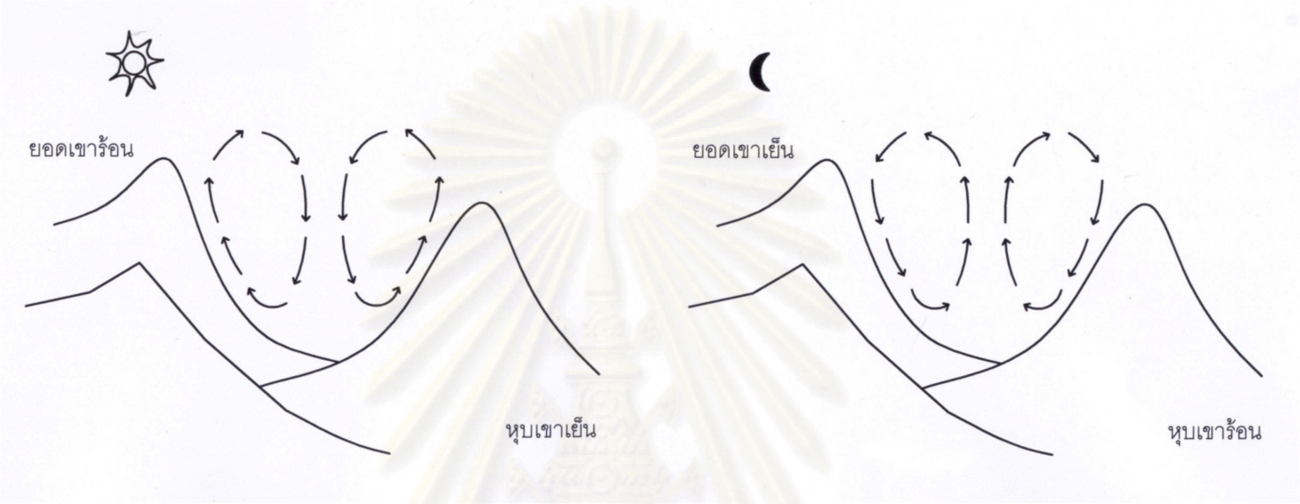
รูปที่ 2-3 แสดงลักษณะการเกิดลมบก(ภาพซ้าย) และลมทะเล(ภาพขวา) (ที่มา กีรติ ลีวัจนกุล, 2543:2-110)

2) **ลมภูเขาและลมหุบเขา** (Mountain and valley breeze) คือ ลมที่เกิดขึ้นบริเวณยอดเขาและหุบเขาเป็นลมประจำถิ่นที่เกิดขึ้นทุกวัน เนื่องมาจากความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิและความดันของอากาศบริเวณภูเขาและหุบเขา (กีรติ ลีวัจนกุล, 2543:2-111)

ลมภูเขา เกิดขึ้นในเวลากลางคืน คือ อากาศตามภูเขาและลาดเขาจะเย็นลงอย่างรวดเร็วด้วยการคายความร้อนออก อากาศตามลาดเขาที่เย็นและหนักกว่าอากาศบริเวณข้างเคียง

จึงไหลออกมา ทำให้มีลมพัดมาตามลาดเขาสู่หุบเขาเบื้องล่างเรียกว่าลมภูเขา ดังรูปที่ 2-4 (ภาพขวา)

ลมหุบเขา เกิดขึ้นในเวลากลางวัน คือ อากาศตามภูเขาและลาดเขาร้อนเพราะได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์เต็มที่ ส่วนอากาศที่หุบเขาเบื้องล่างมีความเย็นกว่าจึงไหลเข้ามาแทนที่ ทำให้มีลมเย็นจากหุบเขาเบื้องล่างพัดไปตามลาดเขาขึ้นสู่เบื้องบน ดังรูปที่ 2-4 (ภาพซ้าย)



รูปที่ 2-4 แสดงลักษณะการเกิดลมภูเขา (ภาพขวา) และลมหุบเขา (ภาพซ้าย) (ที่มา กีรติ ลีวัจนกุล, 2543:2-111)

3) ลมตะเภาหรือลมฝ่ายใต้

ลมตะเภา เป็นลมท้องถิ่นในประเทศไทย ที่พัดจากทิศใต้ไปยังทิศเหนือ ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน ซึ่งเป็นช่วงที่ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเปลี่ยนเป็นลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ เนื่องจากเป็นช่วงฤดูแล้งพื้นที่ภาคกลางตอนล่าง ตั้งแต่นครสวรรค์จนจรดอ่าวไทย ซึ่งเป็นพื้นที่ราบและเป็นช่วงที่แสงแดดส่องตั้งฉากกับพื้นที่ส่วนนี้ เกิดความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของพื้นดินและพื้นน้ำมาก เป็นผลให้มีลมพัดจากอ่าวไทยสู่ภาคกลางตอนล่าง เนื่องจากพัดมาจากทางทิศใต้ จึงเรียกว่าลมฝ่ายใต้ ซึ่งในสมัยโบราณลมนี้จะช่วยพัดเรือสำเภาซึ่งเข้ามาค้าขายให้แล่นไปตามแม่น้ำเจ้าพระยา จึงเรียกลมนี้อีกชื่อหนึ่งว่า ลมตะเภา ส่วนมากลมจะเริ่มพัดตั้งแต่ช่วงบ่ายโมงและค่อยๆ แรงขึ้นในเวลา 5 โมงถึง 6 โมงเย็นและลมจะพัดไปอย่างสม่ำเสมอจนกระทั่งใกล้กับเวลาเที่ยงคืนจึงสงบ ลมนี้จะนำความชื้นจากอ่าวไทยมาสู่ภาคกลางตอนล่างเป็น

จำนวนมาก แต่เนื่องจากอุณหภูมิในช่วงนี้สูงมากจึงไม่มีการเปลี่ยนความชื้นเป็นฝน ยกเว้นในบางปีที่สภาพอากาศเหมาะสมอาจเกิดฝนบ่อยครั้งได้ในช่วงเวลาดังกล่าว

ลมว่าว เป็นลมที่พัดจากทิศเหนือไปยังทิศใต้ เกิดระหว่างเดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายนเป็นลมเย็นที่พัดมาตามลำน้ำเจ้าพระยา และพัดในช่วงที่ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ จะเปลี่ยนเป็นลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ หรืออาจเรียกว่าลมข้าวเบา เพราะพัดในช่วงที่ข้าวกำลังออกรวง

จากการศึกษาทฤษฎีการเกิดลมและการเคลื่อนที่ของลมทำให้ทราบกระแสลมเป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดจากการหมุนเวียนของบรรยากาศอันเนื่องมาจากความแตกต่างกันของ อุณหภูมิ ความกดอากาศ แรงคอริออลิส ความลาดชันของความกดอากาศ และแรงเสียดทานของพื้นโลก ซึ่งปัจจัยดังกล่าวทำให้ลมในแต่ละตำแหน่งและแต่ละช่วงเวลาบนโลกมีความแตกต่างกัน สำหรับประเทศไทย การเปลี่ยนแปลงของกระแสลมขึ้นอยู่กับอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และตะวันออกเฉียงเหนือเป็นหลัก แต่กระแสลมอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้อีกเนื่องจากอิทธิพลของลมประจำถิ่น ซึ่งจะมีอิทธิพลมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับภูมิประเทศและสภาพแวดล้อมของแต่ละพื้นที่ด้วย

2.2 กระแสลมกับการระบายอากาศ

2.2.1 การระบายอากาศ (Ventilation)

การระบายอากาศ คือ การนำอากาศเก่าภายในห้องออกไป และนำอากาศใหม่ซึ่งสดชื่นกว่ามาแทนที่ ซึ่งเป็นกลไกสำคัญในการกำจัดหรือทำให้มลพิษต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายในอาคารเจือจาง (Sutthipong Boonyou, 1999:29) โดยการระบายอากาศ มีหน้าที่หลัก 3 ประการ คือ

1) ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนอากาศใหม่

โดยปกติอาคารที่มีการใช้งาน อากาศภายในอาคารจะมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ กลิ่นอันไม่พึงประสงค์ และมลพิษต่างๆ ทั้งจากสิ่งมีชีวิตที่เป็นพาหะนำโรค ก๊าซพิษ โลหะพิษ มากกว่าอากาศภายนอก ซึ่งอากาศที่ถูกปนเปื้อน สามารถทำให้เกิดปัญหาทางสุขภาพมากมาย ตั้งแต่ปวดศีรษะ คลื่นไส้ วิงเวียน ไปจนถึงเป็นสาเหตุของการเกิดมะเร็งที่ปอด จึงจำเป็นต้องอาศัยการระบายอากาศเพื่อนำเอาออกซิเจนจากภายนอกอาคารเข้ามาสู่ภายในอาคาร ทำให้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์และมลพิษต่างๆ ภายในอาคารเจือจางลง โดยปริมาณมลพิษดังกล่าวแปรผันตาม จำนวนคน กิจกรรม กลิ่น และปริมาณสารเป็นพิษ และขนาดของห้อง ฯลฯ

2) ทำให้มนุษย์รู้สึกเสมือนหนึ่งว่าอุณหภูมิลดลง

ความเร็วลม (wind speed) ที่ผ่านผู้อยู่อาศัยมีผลกระทบต่อสภาวะน่าสบาย ลมจะพัดพาความร้อนรอบตัวออกไปทำให้รู้สึกเย็นขึ้น นอกจากนั้นยังพัดพาเอาความชื้นบริเวณผิวร่างกายซึ่งจะช่วยให้การระเหยของเหงื่อดีขึ้น ร่างกายสูญเสียความร้อนได้ดีขึ้น ทำให้ความรู้สึกเย็นเนื่องจากการระเหยของน้ำ ซึ่งจากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า ความเร็วลม 1 กิโลเมตรต่อชั่วโมงจะทำให้ความรู้สึกเย็นลง 0.4 องศาเซลเซียส (สุนทร บุญญาธิการ, 2542) อย่างไรก็ตามความเร็วลมที่เหมาะสมเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการสร้างสภาวะน่าสบาย หากความเร็วลมน้อยเกินไปผู้อยู่อาศัยจะรู้สึกอึดอัดไม่มีอากาศถ่ายเท แต่หากความเร็วลมที่มากเกินไป ก็ทำให้รู้สึกรำคาญหรือรบกวนการทำงานและกิจกรรมต่างๆ โดยความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลม และสภาวะน่าสบายเป็นดังตารางที่ 2-2

ลำดับ	ความเร็วลม	ความรู้สึกถึงอุณหภูมิที่ลดลง	ผลที่อาจเกิดขึ้น
1	0-5 fpm หรือ 0-0.25 mps	ไม่เปลี่ยนแปลงในความรู้สึกน่าสบาย	ไม่สามารถสังเกตได้
2	50-100 fpm หรือ 0.25-0.5 mps	ต่ำลง 2-3 ℉	สบาย
3	100-200 fpm หรือ 0.5-1 mps	ต่ำลง 4-5 ℉	โดยทั่วไปรู้สึกสบาย แต่รับรู้ว่ามีการเคลื่อนไหวของอากาศ
4	200-300 fpm หรือ 1-1.5 mps	ต่ำลง 5-7 ℉	รู้สึกมีลมพัดเล็กน้อยจนถึงรู้สึกถูกรบกวนได้
5	สูงกว่า 300 fpm หรือ 1.5 mps	ต่ำลงมากกว่า 5-7 ℉	ต้องการการแก้ไขที่ถูกต้อง

ตารางที่ 2-2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมและสภาวะน่าสบาย (ที่มา: สุนทร บุญญาธิการ และธนิต จินดาวณิค : 2536)

3) ทำให้เกิดการถ่ายเทของความร้อน (Convection)

การระบายอากาศ ทำให้เกิดการถ่ายเทของความร้อน ระหว่างอากาศภายนอกอาคารกับอากาศภายในอาคารหรือกับโครงสร้างอาคาร ซึ่งเป็นไปในลักษณะ 2 ทาง ขึ้นอยู่กับว่าแหล่งใดมีความร้อนสูงกว่าก็จะถ่ายเทไปสู่อีกแหล่งซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่า ดังนั้นการระบายอากาศซึ่งทำให้อากาศในอาคารหรือโครงสร้างอาคารมีอุณหภูมิลดลง จำเป็นต้องอาศัยอากาศภายนอกซึ่งมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่า

2.2.2 การระบายอากาศธรรมชาติ (Natural ventilation)

การระบายอากาศธรรมชาติเป็นรูปแบบหนึ่งของการระบายอากาศ ที่ได้รับการพิสูจน์แล้วว่าเป็นทางเลือกในการใช้พลังงานที่มีประสิทธิภาพเพื่อลดภาระการทำความเย็นในอาคารเพื่อไปสู่ภาวะน่าสบายทางความร้อนและทำให้เกิดสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมภายในอาคาร สำหรับสถานที่ซึ่งสภาพอากาศภายนอกเหมาะสม

การระบายอากาศธรรมชาติอาศัยการเคลื่อนที่ของอากาศผ่านเปลือกอาคารทางช่องเปิดหน้าต่างหรือช่องเปิดเพื่อการระบายอากาศ อากาศนี้จะถูกสร้างด้วยความแตกต่างของความดันระหว่างภายนอกและภายในที่เกิดขึ้นด้วยแรงลมและความแตกต่างของอุณหภูมิ

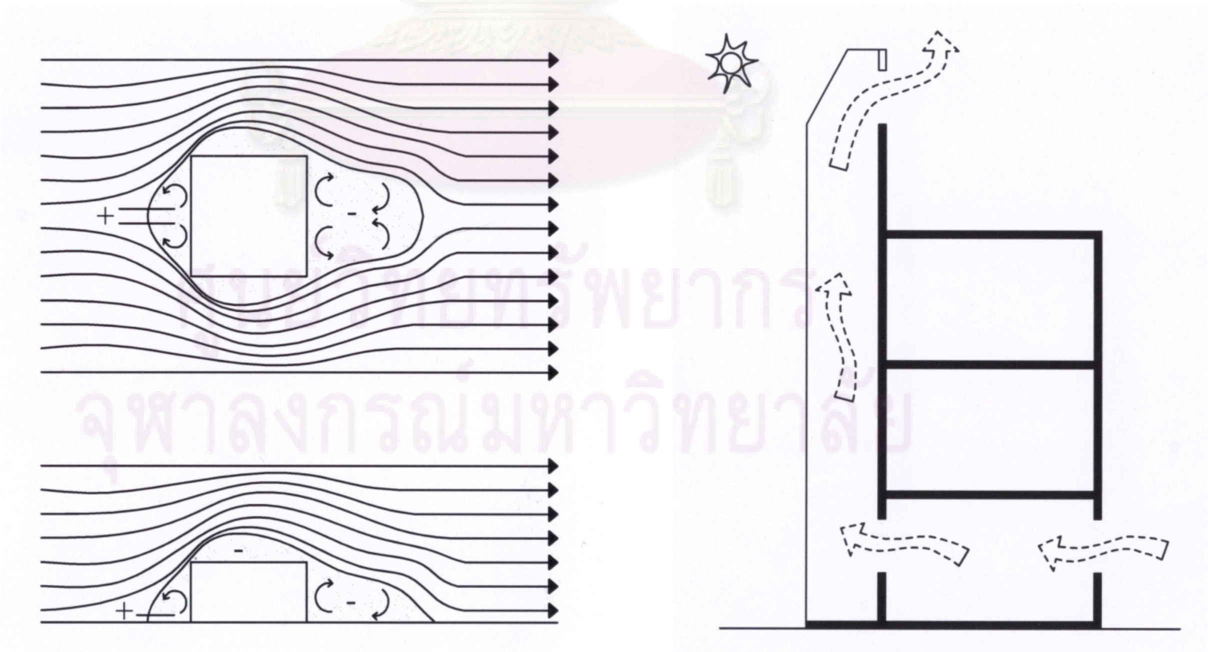
การใช้งานการะบายอากาศธรรมชาติให้มีประสิทธิภาพ จะต้องเข้าใจในหลักการเคลื่อนที่ของอากาศ ลักษณะการไหลของอากาศ รูปแบบการไหลของอากาศผ่านอาคาร และปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการไหลของอากาศผ่านอาคาร โดยมีรายละเอียด ดังนี้

2.2.2.1 หลักการเคลื่อนที่ของอากาศ

ในการออกแบบการระบายอากาศธรรมชาติ ต้องคำนึงถึงการไหลเวียนของอากาศผ่านพื้นที่ภายในอาคารซึ่งเกิดขึ้นจาก 2 ปัจจัย ได้แก่ การกระจายของความกดอากาศรอบอาคาร และแรงผลักเนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในอาคาร ดังนี้

1) แรงลม

การระบายอากาศธรรมชาติเนื่องจากแรงลมเกิดจากความแตกต่างของความดันอากาศระหว่างด้านตรงข้ามผิวภายนอกของอาคาร โดยทั่วไป ผิวอาคารด้านปะทะลมจะเกิดความดันอากาศสูงและด้านตรงกันข้ามและด้านขนานกับด้านปะทะลมจะเกิดความดันอากาศต่ำ



รูปที่ 2-5 แสดงการเคลื่อนที่ของกระแสลมเนื่องจากแรงลม (ภาพซ้าย) และจากความแตกต่างของอุณหภูมิ (ภาพขวา) ที่มา: Koenigsberger, cited in Sutthipong Boonyou, 1999:17,58)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2) แรงเนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิ

โดยทั่วไปแล้วอากาศที่มีอุณหภูมิสูงกว่าจะความหนาแน่นของอากาศน้อยกว่าอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ในกรณีที่มีพื้นที่สองส่วนมีอุณหภูมิอากาศแตกต่างกันก็จะทำให้ความดันอากาศแตกต่างกันด้วย โดยอากาศจะเคลื่อนที่จะบริเวณที่มีความดันอากาศสูงหรือบริเวณที่มีอุณหภูมิอากาศต่ำกว่าสู่บริเวณที่มีความดันอากาศต่ำ หรือบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงกว่านั่นเอง นอกจากนี้ความหนาแน่นอากาศบริเวณที่สูงจะต่ำกว่าบริเวณที่ต่ำกว่า ลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศจึงมีแนวโน้มขึ้นสู่บริเวณที่สูงกว่า

ดังนั้นในกรณีที่อากาศภายในอาคารมีอุณหภูมิสูงกว่าภายนอกอาคาร อากาศในระดับต่ำกว่าจะลอยตัวขึ้นสูงซึ่งเป็นบริเวณที่มีความกดอากาศต่ำกว่า ในขณะที่อากาศภายนอกในระดับเดียวกันซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่าจะเคลื่อนที่เข้ามาแทนที่อากาศร้อนที่ลอยตัวสูงขึ้น ซึ่งหากอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารสูงกว่าภายในอาคารก็จะเกิดปรากฏการณ์ในทางตรงกันข้าม ความแตกต่างของอุณหภูมิและความหนาแน่นของอากาศภายในอาคารและภายนอกอาคารซึ่งทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอากาศทางตั้งผ่านอาคารในลักษณะนี้ เรียกว่า stack effect

2.2.2.2 ลักษณะการไหลของอากาศ

1) อากาศจะเคลื่อนที่จากที่ที่มีความกดอากาศสูงไปยังที่ที่มีความกดอากาศต่ำ ดังรูปที่ 2-6(1)

2) การเคลื่อนที่ของอากาศ จะเคลื่อนเป็นแนวตรง และความเร็วที่แน่นอน จนกว่าจะมีสิ่งที่มากีดขวางแนวทางการเคลื่อนที่ ดังรูปที่ 2-6(2)

3) เมื่ออากาศเคลื่อนผ่านสิ่งกีดขวาง เช่น อาคาร หรือต้นไม้ จะเปลี่ยนทั้งทิศทางและความเร็วหลังจากนั้นอากาศจะกลับมาเคลื่อนที่ในทิศทางและความเร็วดังเดิม ดังรูปที่ 2-6(3)

4) ลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศแบบราบเรียบ เป็นแนวขนาน มีความเร็วสม่ำเสมอ เรียกว่า ลามิน่าร์ (laminar) ดังรูปที่ 2-6(4)

5) ลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศที่ถูกแยกออกจากกัน และไม่สามารถคาดหมายถึงแนวทางได้ เมื่ออากาศทั้งสองพบกันในด้านตรงกันข้าม บางส่วนจะหมุนวนเป็นวงกลม ก่อนจะเคลื่อนไปในแนวทางเดิม เรียกว่า เทอบิวเล็นท์โฟลท์ (turbulent flow) ดังรูปที่ 2-6(5)

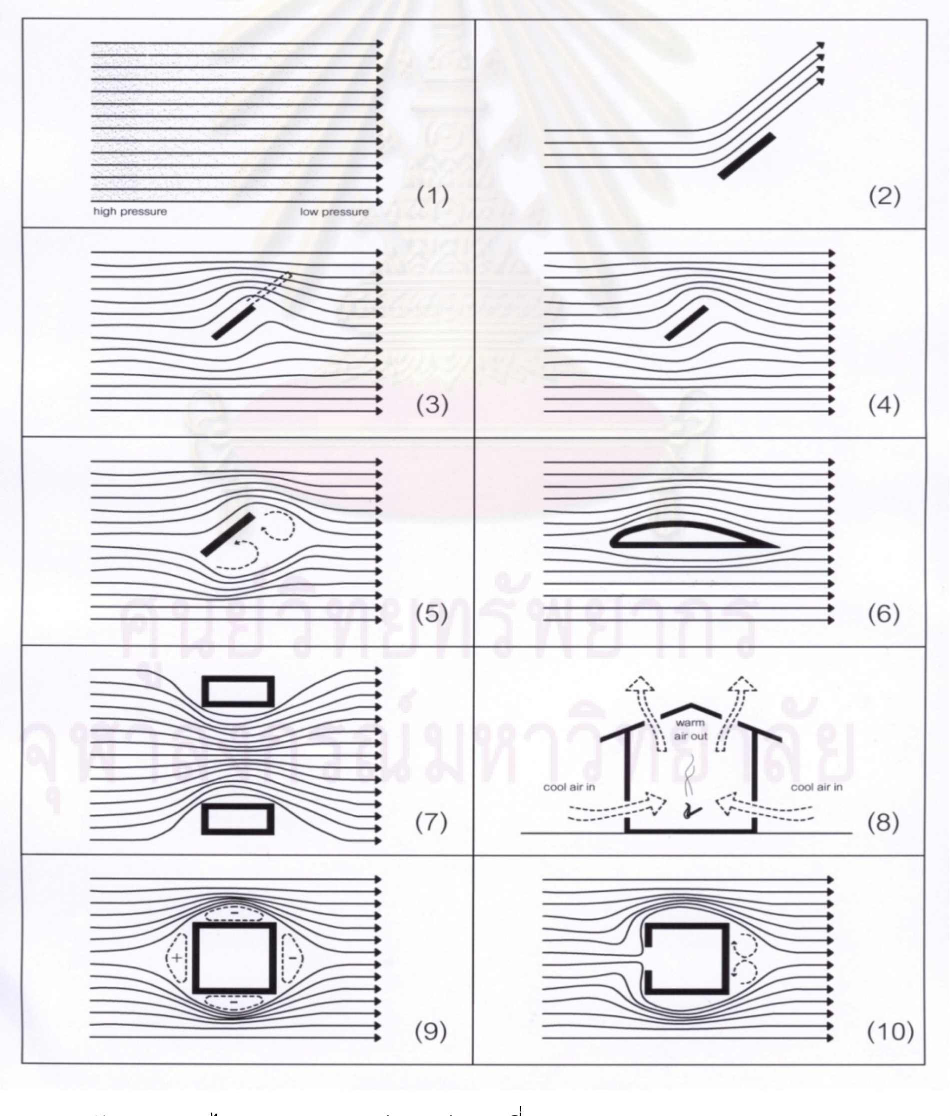
6) การเคลื่อนที่ของอากาศที่เคลื่อนตัวในระยะทางที่ไม่เท่ากัน ทำให้เกิดการลดความดันในอากาศที่เคลื่อนตัวในระยะทางที่ยาวกว่า เรียกว่า เบอเนาลิ แอฟเฟ็ค (bernoulli effect) ดังรูปที่ 2-6(6)

7) ลักษณะการเคลื่อนตัวของอากาศแบบลามินาร์ (laminar) ผ่านช่องเปิดของสิ่งกีดขวาง อากาศจะเบียดตัวผ่านพื้นที่เล็กกว่า จนเกิดอากาศแบบเทอบิวเล็นท์ (turbulent) ซึ่งจะเรียกว่าลักษณะการเกิดแบบนี้ว่า เวนทูรี แอฟเฟ็ค (venture effect) ดังรูปที่ 2-6(7)

8) ผลของอากาศร้อนในอาคารที่ลอยตัวสูงขึ้นทำให้ดึงดูดอากาศภายนอกอาคารเข้ามาแทนที่ เรียกว่าสแต็ค แอฟเฟ็ค (stack effect) ดังรูปที่ 2-6(8)

9) ลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศผ่านวัตถุทึบตัน จะปรากฏพื้นที่ที่มีความดันต่ำบริเวณด้านข้างหรือขนานกับทิศทางลม เรียกว่า พื้นที่เงาของลม (wind shadow) ซึ่งมีศักยภาพการไหลเวียนของกระแสอากาศน้อย ดังรูปที่ 2-6(9)

10) กระแสลมจะไม่สามารถเคลื่อนที่ผ่านบริเวณที่มีความดันอากาศเท่ากันได้ เรียกว่า ปรากฏการณ์สมดุลความดัน (pressure equalization) ดังรูปที่ 2-6(10)



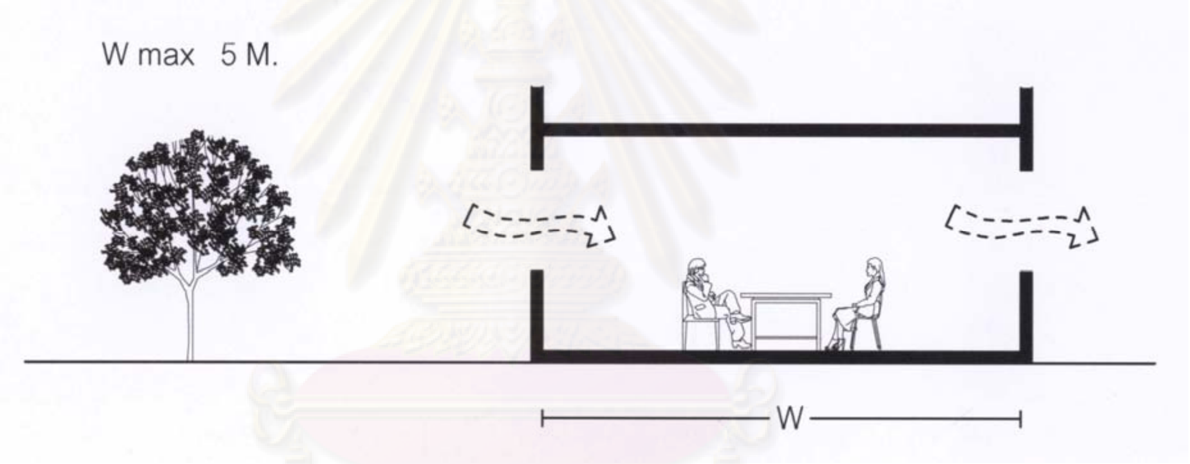
รูปที่ 2-6 แสดงลักษณะการไหลของอากาศรูปแบบต่างๆ (ที่มา: Bowen, cited in Moore, 1993:178.)

2.2.3 การระบายอากาศธรรมชาติภายในอาคาร

การระบายอากาศธรรมชาติภายในอาคารมี 3 รูปแบบ คือ

2.2.3.1 การระบายอากาศแบบพัดผ่านตลอด (Cross Ventilation)

เป็นการระบายอากาศจากที่หนึ่งไปสู่อีกที่หนึ่งโดยอาศัยการเจาะช่องเปิดตั้งแต่ 2 ช่องขึ้นไปเพื่อให้เกิดแรงดันอากาศที่แตกต่างกันแล้วเกิดการถ่ายเทอากาศภายในอาคารขึ้น โดยระยะห่างระหว่างช่องเปิดลมเข้าและลมออกที่ทำให้เกิดการระบายอากาศแบบพัดผ่านตลอดที่มีประสิทธิภาพต้องไม่มากกว่า 5 เท่าของความสูงจากพื้นถึงฝ้าเพดาน ดังรูปที่ 2-7 ซึ่งวิธีนี้เป็นวิธีการที่ใช้กันโดยทั่วไปในอาคารประเภทที่ใช้การระบายอากาศแบบธรรมชาติ แต่ก็มีข้อจำกัดอยู่ที่ไม่สามารถนำมาใช้กับภูมิอากาศในเขตตัวเมืองที่มีปริมาณมลภาวะมากและมักใช้กับอาคารที่มีลักษณะเหมาะกับการระบายอากาศในแนวราบ



รูปที่ 2-7 แสดงลักษณะการระบายอากาศแบบพัดผ่านตลอด (cross ventilation) (ที่มา:BRE digest 399, cited in Sutthipong Boonyou, 1999:62)

2.2.3.2 การระบายอากาศรูปแบบปล่องระบายอากาศ (Stack Effect)

เป็นการระบายอากาศที่อาศัยแรงขับเคลื่อนจากความแตกต่างระหว่างความดันอากาศ เนื่องมาจากความแตกต่างของอุณหภูมิภายในอาคารที่สูงกว่าภายนอกอาคาร โดยอากาศร้อนภายในอาคารจะลอยขึ้นที่สูง (buoyancy) แล้วอากาศเย็นภายนอกที่อุณหภูมิต่ำกว่าจะไหลเข้ามาแทนที่ ดังนั้นการระบายอากาศโดยอาศัยความแตกต่างของอุณหภูมิจึงต้องอาศัยช่องเปิดลมเข้าในระดับต่ำและช่องเปิดลมออกในระดับสูง โดยจะมีตัวแปรหลักที่ทำให้เกิดการหมุนเวียนของอากาศภายในอาคาร คือ ความสูงปล่องลม พื้นที่หน้าตัดปล่องลม อุณหภูมิอากาศภายในและ

ภายนอกอาคาร และระดับความเร็วลม เป็นต้น วิธีการนี้สามารถนำมาปรับใช้กับอาคารที่เป็นแนวตั้ง

2.2.3.3 การระบายอากาศแบบดาวน์ดราฟต์ (Downdraught Ventilation)

เป็นการระบายอากาศที่เกิดขึ้นเมื่อ มีการเคลื่อนที่ของอากาศจากด้านบนลงสู่ด้านล่าง อันเนื่องมาจากความแตกต่างของความกดดันทางอากาศ มักใช้กับอาคารแนวตั้ง เพราะต้องการใช้ความสูงของปล่องเพื่อเพิ่มความกดอากาศให้เกิดการระบายอากาศที่ดีขึ้น

2.3 ศักยภาพการใช้ลมในการระบายอากาศในประเทศไทย

ลักษณะ รูปแบบและอิทธิพลของกระแสลมในประเทศไทยนั้น ได้เคยมีการศึกษาโดยใช้ข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยามาทำการวิเคราะห์ และการคำนวณทางสถิติ โดยได้ทำการจัดตัวแทนจังหวัดของแต่ละภูมิภาคมาทำการศึกษา (มาลินี ศรีสุวรรณ, 2543) โดยจากเกณฑ์การจัดตัวแทนของแต่ละภูมิภาคนี้ ได้สรุปออกมาเป็นตารางแสดงการศึกษาและวิเคราะห์เปรียบเทียบลักษณะภูมิอากาศตามช่วงเวลาต่างๆ ดังนี้

ลำดับ	จังหวัด	ช่วงอุณหภูมิอยู่ในเดือน			ช่วงความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในเดือน			ความเร็วลม				ทิศทางลมเด่น
		<22 ℃	22-29 ℃	>29 ℃	<20%	20-75%	>75%	เฉลี่ย (m/s)	%	กลางวัน (m/s)	กลางคืน (m/s)	
1	เชียงใหม่	ม.ค.- ธ.ค.	ก.พ.- ธ.ค.	เม.ย.-มิ.ย.	-	ม.ค.- มิ.ย.	มิ.ย.- พ.ย.	0.347	24.26	1.72	1.4	ต.ต./ ต, ต, น
2	ขอนแก่น	-	ม.ค.- ธ.ค.	มี.ค.- ก.ค.	-	ม.ค.- มิ.ย. ต.ค.- ธ.ค.	เม.ย.- ธ.ค.	0.14	23.27	0.97	0.22	ต.ต./ ต
3	นครราชสีมา	-	ม.ค.- ธ.ค.	มี.ค.- ก.ค.	-	ม.ค.- ส.ค. ต.ค.- ธ.ค.	พ.ค.- พ.ย.	0.2	23.31	1.03	0.34	ต.อ./ น, ต.ต./ ต, ต
4	นครสวรรค์	-	ม.ค.- ก.พ. พ.ค.- ธ.ค.	ก.พ.- ก.ค.	-	ม.ค.- ก.ค. พ.ย.- ธ.ค.	พ.ค.- พ.ย.	0.44	36.15	0.96	0.67	ต
5	กรุงเทพฯ	-	ม.ค.- มี.ค. มิ.ย.- ธ.ค.	ม.ค.- ส.ค. ต.ค.- ธ.ค.	-	ม.ค.- ส.ค. ต.ค.- ธ.ค.	ก.พ.- ต.ค. ธ.ค.	0.52	37.44	1.48	0.92	ต
6	จันทบุรี	-	ม.ค.- ธ.ค.	มี.ค.- พ.ค.	-	ม.ค.- มี.ค. พ.ย.- ธ.ค.	ก.พ.- พ.ย.	0.1	33.82	0.8	0.29	ต.ต./ ต, ต, ต.อ./ น
7	กาญจนบุรี	-	ม.ค.- ก.พ. พ.ค.- ธ.ค.	ก.พ.- ส.ค.	-	ม.ค.- ส.ค. พ.ย.- ธ.ค.	มิ.ย.- พ.ย.	0.08	16.68	0.88	0.27	ต.ต., ต.อ./ ต
8	สงขลา	-	ม.ค.- มี.ค. พ.ค.- ธ.ค.	ก.พ.- ก.ค.	-	ม.ค.- ก.ย.	ม.ค.- ธ.ค.	0.28	20.67	2.13	1.34	ต.ต.,ต.อ., ต.อ./ น
9	ภูเก็ต	-	ม.ค.- ธ.ค.	ม.ค.- พ.ค.	-	ม.ค.- พ.ค. ธ.ค.	เม.ย.- พ.ค. ธ.ค.	0.29	26.47	1.75	0.45	ต

ตารางที่ 2-3 การศึกษาและวิเคราะห์เปรียบเทียบลักษณะภูมิอากาศตามช่วงเวลาของจังหวัดที่เป็นตัวแทนภาค (มาลินี ศรีสุวรรณ, 2543)

หมายเหตุ: 1. ความเร็วลมเฉลี่ย (m/s) และเปอร์เซนต์ เป็นความเร็วลมเฉลี่ยของทุกทิศทางลมเด่นที่สุด

2. ทิศทางลมเด่นเรียงลำดับจากความเร็วลมเฉลี่ยมากไปน้อย

3. ความเร็วลมเฉลี่ย (m/s) กลางวันและกลางคืนเป็นความเร็วลมเฉลี่ยทุกทิศทาง

2.3.1 ความเร็วลม

เมื่อพิจารณาความเร็วลมที่เกิดขึ้น พบว่าส่วนหนึ่งอยู่ในช่วงที่สามารถที่จะสร้างความสบายให้กับผู้อยู่อาศัยได้ โดยมนุษย์จะรู้สึกเย็นลงกว่าอุณหภูมิจริง 0.4 องศาเซลเซียส เมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้น 0.25 เมตรต่อวินาที หรือ 1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง แต่ปัญหาที่พบก็คือ ปริมาณลมในประเทศไทยนั้นประมาณครึ่งหนึ่งเป็นลมสงบ

2.3.2 ทิศทางลม

เมื่อพิจารณาจากทิศทางลมที่เกิดขึ้น พบว่าลมที่เกิดขึ้นมานั้นจะมาในเกือบทุกทิศ โดยส่วนมากจะมีทิศทางลมเด่นมากกว่า 1 ทิศทาง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับบริเวณที่ตั้ง ช่วงเวลา และฤดูกาล แต่ปัญหาที่พบก็คือ ในบริเวณชุมชนเมือง ที่มีปริมาณประชากรหนาแน่นแต่พื้นที่อยู่อาศัยเท่าเดิม เป็นผลให้จำนวนอาคารสูงในชุมชนเมืองมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น ซึ่งทำให้เกิดปัญหาในเรื่องการบดบังทิศทางลม

2.3.3 ความถี่ของลม

จากการสรุปผลความถี่ของลม(%) ตลอดทั้งปี พบว่าความถี่ของลมในปริมาณที่จะสามารถนำมาใช้ในการออกแบบได้นั้น จะมีค่อนข้างน้อย ดังนั้น การระบายอากาศที่เกิดขึ้นจากการใช้ลมจากธรรมชาติเพียงอย่างเดียว อาจจะไม่เพียงพอในการสร้างให้เกิดสภาวะน่าสบายภายในอาคาร

2.3.4 สรุปศักยภาพการใช้ลมเพื่อการระบายอากาศในประเทศไทย

ผลการศึกษาเกี่ยวกับคุณลักษณะของลมในประเทศไทย พบว่าความเร็วลมในช่วงเวลากลางวันจะสูง และมีปริมาณมากกว่าในเวลากลางคืน และปริมาณลมประมาณครึ่งหนึ่งเป็นลมสงบ ดังนั้นปริมาณลมที่สามารถนำมาใช้ในการออกแบบให้ได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้นมีปริมาณค่อนข้างน้อย ทำให้การออกแบบอาคารให้มีความสบายโดยการรับลมที่เกิดขึ้นโดยทั่วไปในธรรมชาติเพียงอย่างเดียวนั้นจึงอาจจะไม่เพียงพอ แต่การใช้ลมกับการออกแบบอาคารนั้นก็ยังสามารถทำได้ด้วยวิธีการอื่นๆ เนื่องจากลมสามารถที่จะเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติเมื่อมีความแตกต่างกันของอุณหภูมิ หรือความดัน ซึ่งคุณสมบัติของลมดังกล่าวนี้ ทำให้ผู้ออกแบบ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบอาคาร เพื่อเหนี่ยวนำให้เกิดกระแสลมและการระบายอากาศภายในอาคารได้ แม้ปริมาณลมและสภาพแวดล้อมภายนอกจะไม่เอื้ออำนวยก็ตามดังนั้น ถ้าหาก

ต้องการออกแบบอาคารที่คำนึงถึงเรื่องการสร้างสภาวะน่าสบายภายในอาคาร โดยไม่ใช้เครื่องกล (Passive Cooling Design) การนำคุณสมบัติเรื่องการเคลื่อนที่ของลมมาผสมผสานกับการออกแบบอาคาร ก็เป็นสิ่งที่น่านำมาศึกษาและพัฒนาต่อไป โดยหนึ่งในวิธีการออกแบบนั้นก็คือ การศึกษาเรื่อง การระบายอากาศผ่านทางปล่องระบายอากาศ (Stack Ventilation)

2.4 อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศใหม่ภายในอาคาร

อาคารทั่วไปเมื่อมีผู้เข้ามาใช้สอยภายในจะทำให้ปริมาณออกซิเจนที่มีอยู่เดิมลดลง และทำให้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มมากขึ้น ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการแลกเปลี่ยนอากาศใหม่ให้กับพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร ซึ่งโดยทั่วไปแล้วก็จะขึ้นอยู่กับลักษณะของพื้นที่ใช้งาน จำนวนคนและ ขนาดพื้นที่ใช้งาน

ASHRAE (2001) กล่าวว่าอัตราการระบายอากาศภายในอาคารสำหรับ ห้องพักในโรงแรมหรืออาคารชุด ควรมีอัตราการระบายอากาศไม่น้อยกว่า 30 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาทีต่อห้อง หรือ 15 ลิตรต่อวินาทีต่อห้อง หรือ 0.015 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีต่อห้อง ดังตารางที่ 2-4 สำหรับในประเทศไทยได้กำหนดมาตรฐานอัตราการระบายอากาศภายในอาคาร (กฎกระทรวงฉบับที่ 39 ในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522) สำหรับห้องพักในโรงแรมหรืออาคารชุด ที่มีช่องเปิดหรือช่องระบายอากาศด้านที่ติดกับอากาศภายนอกเป็นพื้นที่รวมกันไม่ถึงร้อยละสิบของพื้นที่ของห้องนั้น ต้องจัดให้มีการระบายอากาศโดยวิธีกลซึ่งใช้อุปกรณ์ขับเคลื่อนอากาศ กลอุปกรณ์นี้ต้องทำงานตลอดเวลาระหว่างที่ใช้สอยพื้นที่นั้น และการระบายอากาศต้องมีการนำอากาศภายนอกเข้ามาในพื้นที่ไม่น้อยกว่า 7 เท่าของปริมาตรของห้องใน 1 ชั่วโมง ดังตารางที่ 2-5

ลำดับ	**ลักษณะพื้นที่ใช้งาน (โรงแรม, รีสอร์ท, หอพัก, อพาร์ทเม้น)**	**จำนวนผู้ใช้อาคารสูงสุดโดยประมาณ (จำนวนคนต่อพื้นที่ 100 ตารางเมตร)**	**อัตราการระบายอากาศที่ต้องการ**				
			(ลูกบาศก์ฟุตต่อนาทีต่อคน)	**(ลิตรต่อวินาทีต่อคน)**	**(ลูกบาศก์ฟุตต่อนาทีต่อห้อง)**	**(ลิตรต่อวินาทีต่อห้อง)**	**(ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีต่อห้อง)**
1	ห้องนอน				30	15	0.015
2	ห้องนั่งเล่น				30	15	0.015
3	ห้องน้ำ				35	18	0.018

ตารางที่ 2-4 อัตราการระบายอากาศภายในอาคาร (ที่มา: ASHRAE 62, 2001)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ลำดับ	สถานที่ (ประเภทการใช้)	อัตราการระบายอากาศ ไม่น้อยกว่าจำนวน เท่าของปริมาตรของห้องใน 1 ชั่วโมง
1	ห้องน้ำ ห้องส้วมของที่พักอาศัยหรือสำนักงาน	2
2	ห้องน้ำ ห้องส้วมของอาคารสาธารณะ	4
3	ที่จอดรถที่อยู่ต่ำกว่าระดับพื้นดิน	4
4	โรงงาน	4
5	โรงมหรสพ	4
6	อาคารพาณิชย์	4
7	ห้างสรรพสินค้า	4
8	สถานที่จำหน่ายอาหารและเครื่องดื่ม	7
9	สำนักงาน	7
10	ห้องพักในโรงแรมหรืออาคารชุด	7
11	ห้องครัวของที่พักอาศัย	12
12	ห้องครัวของสถานที่จำหน่ายอาหารและเครื่องดื่ม	24

ตารางที่ 2-5 อัตราการระบายอากาศโดยวิธีกล ภายในห้องต่างๆ (ที่มา: กฎกระทรวงฉบับที่ 39 ใน พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร, 2522)

2.5 ลักษณะและรูปแบบของปล่องระบายอากาศ

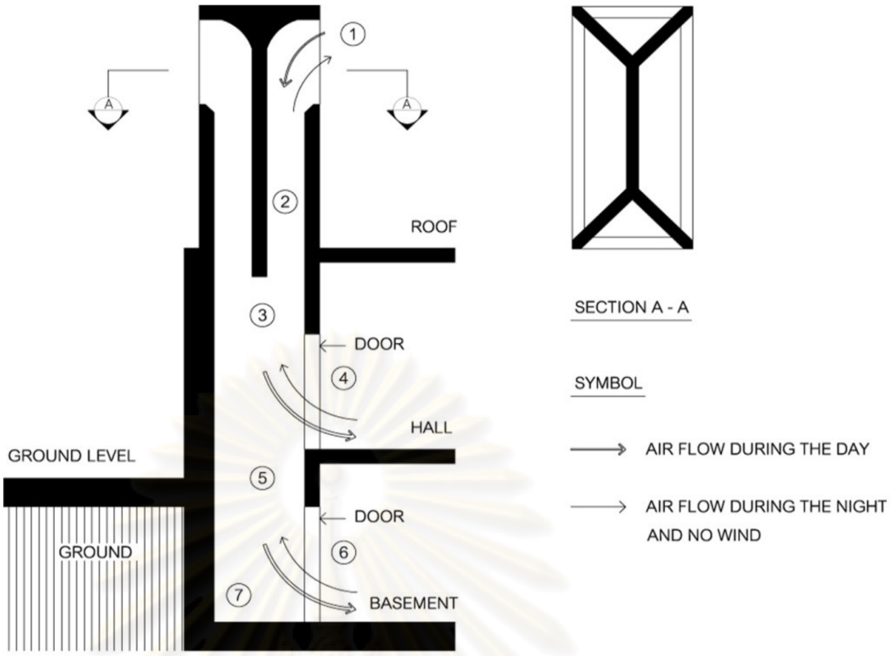
การใช้ปล่องระบายอากาศเพื่อประโยชน์ในเรื่องการปรับสภาวะน่าสบายภายในอาคาร สามารถพบได้ 2 ลักษณะ คือ

2.5.1 ปล่องดักอากาศเข้า

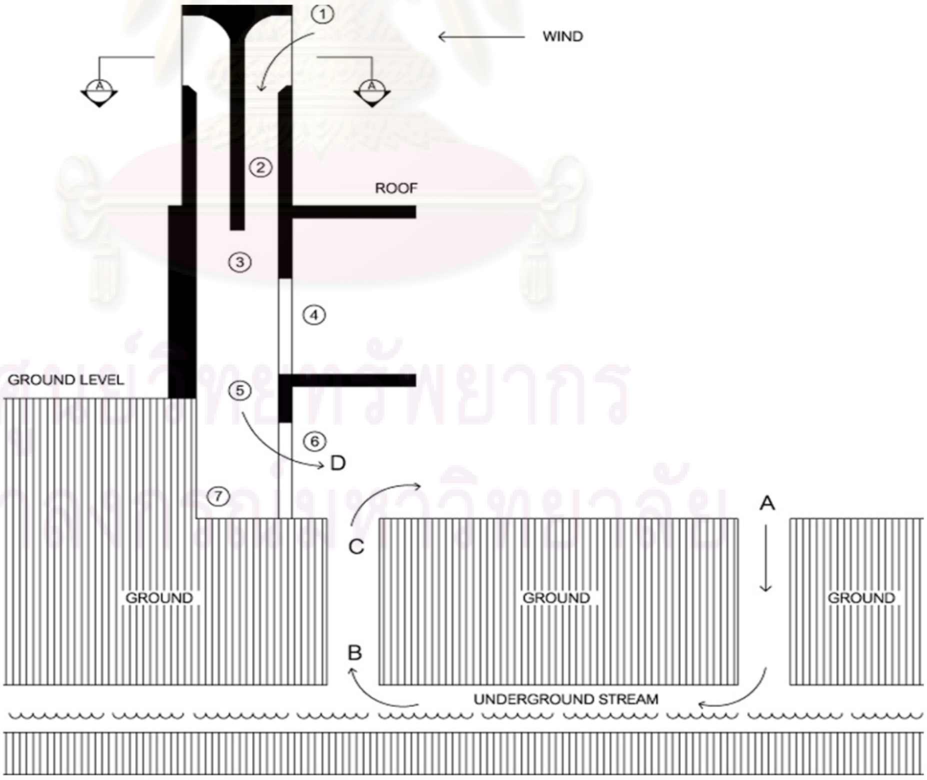
ปล่องลักษณะนี้ ถูกออกแบบขึ้นเพื่อให้เกิดการถ่ายเทของอากาศระหว่างภายนอก และภายในอาคาร ซึ่งพบมากในบริเวณที่มีสภาพภูมิอากาศแบบร้อน-แห้ง

2.5.1.1 หลักการทำงาน

สำหรับปล่องดักอากาศเข้านั้น ในช่วงเวลากลางวันที่อุณหภูมิภายนอกสูง แต่อุณหภูมิภายในปล่องจะต่ำกว่า อันเนื่องมาจากการที่ผนังของปล่องถูกทำให้เย็นในช่วงเวลากลางคืน ดังนั้นอากาศที่ร้อนจากภายนอกจะถูกเหนี่ยวนำลงสู่ปล่อง และเย็นลงเพราะความร้อนจะถ่ายเทเข้าสู่ผนังปล่องที่เย็นกว่า ส่วนในช่วงเวลากลางคืน ผนังปล่องก็จะคายความร้อนซึ่งสะสมตลอดช่วงเวลากลางวันออกสู่ภายนอกซึ่งมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่า ในขณะเดียวกันก็จะได้รับลมเย็นจากภายนอกที่พัดผ่านปล่องเข้าสู่ภายในอาคาร



รูปที่ 2-8 รายละเอียด และการทำงานของปล่องดักอากาศ (สมัยศารท สนิทวงศ์ ณ อยุธยา, 2523: 44)



รูปที่ 2-9 ปล่องดักอากาศที่มีทางติดต่อกับทางน้ำใต้ดิน เมื่อลมที่พัดผ่านน้ำใต้ดิน (A ไป C) รวมกับลมที่มาทางปล่อง (1 ไป D) ก็จะเพิ่มความเย็นได้ (สมัยศารท สนิทวงศ์ ณ อยุธยา, 2523: 47)

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.5.1.2 การวิเคราะห์ข้อดีของปล่องดักอากาศ

1) ทำให้เกิดกระแสลมภายในพื้นที่ที่ติดกับปล่อง

2) มีช่องเปิดในการควบคุมปริมาณลมจากปล่องที่จะพัดเข้าสู่อาคาร ทำให้สามารถควบคุมปริมาณลมได้ตามต้องการ และยังช่วยลดความเสียหายที่เกิดจากลมพายุได้ เพราะเมื่อปิดช่องเปิดนี้ก็จะทำให้ลมที่พัดเข้ามาในปล่องพัดผ่านออกไปยังช่องเปิดที่อยู่ด้านอับลม โดยจะไม่พัดผ่านเข้ามาในอาคาร

2.5.1.3 การวิเคราะห์ข้อเสียของปล่องดักอากาศ

1) ถ้าลมภายนอกมีอุณหภูมิสูงมาก ก็จะทำให้ลมที่พัดผ่านเข้ามาภายในอาคารยังมีอุณหภูมิที่สูงอยู่

2) ต้องติดตั้งมุ้งลวดบริเวณปากทางเข้าของช่องลม เพื่อป้องกันฝุ่น แมลง และสัตว์ต่างๆ ซึ่งจะมีผลทำให้ปริมาณลมที่เข้ามาภายในปล่องลดลง

3) พื้นที่ภายในอาคารจะเสียความอบอุ่นในช่วงฤดูหนาว ถ้าไม่สามารถปิดช่องเปิดที่ติดอยู่กับตัวปล่องได้สนิท

2.5.1.4 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายเทของอากาศ

1) ช่องดักลมเข้า ควรหันไปในทิศที่มีลมประจำพัดผ่าน

2) ช่องลมออกควรหันไปในทิศอับลม

2.5.2 ปล่องระบายอากาศ

การระบายอากาศผ่านทางปล่องระบายอากาศ (Stack Ventilation) นั้นใช้หลักการลอยตัวของอากาศ (Buoyancy) อันเนื่องมาจากความแตกต่าง ทางด้านอุณหภูมิ เพื่อทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอากาศภายในอาคาร โดยจะสามารถพบเห็นได้ทั่วไปตามตึกแถวเก่าๆ โรงงาน เป็นต้น

2.5.2.1 หลักการทำงาน

พิจารณาถึงเรื่องอุณหภูมิที่เกิดขึ้นภายในอาคารจะพบว่าความร้อนที่เกิดสะสมขึ้นนั้น มาจากมากมายหลายแหล่ง คือ

1) การนำความร้อน (Conduction heat gain)

2) การพาความร้อน (Ventilation heat gain)

3) การแผ่รังสีความร้อน (Solar heat gain)

4) การรั่วซึมของอากาศ (Infiltration heat gain)

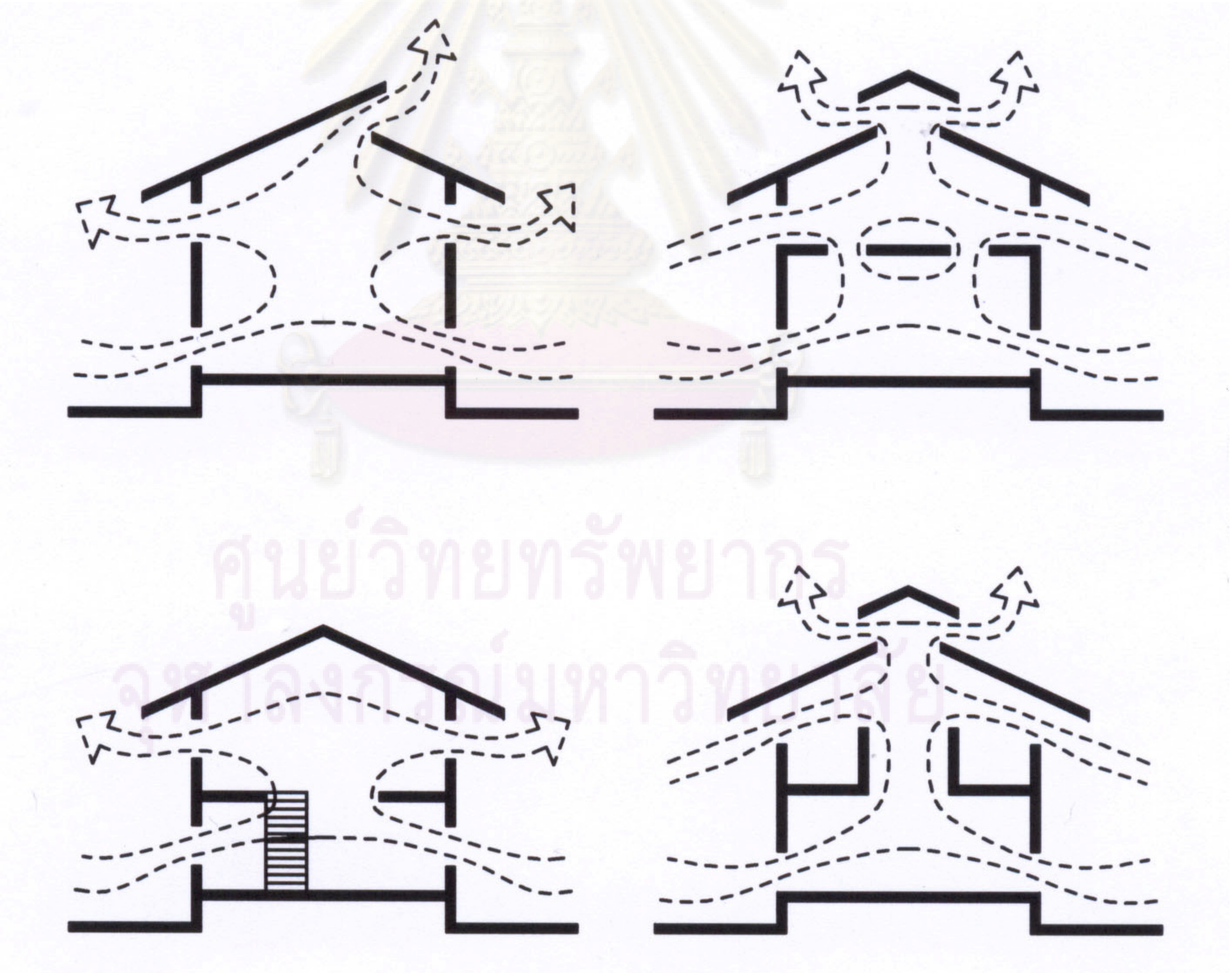
5) ความร้อนที่เกิดจากอุปกรณ์ไฟฟ้า (Occupancy heat gain)

6) ความร้อนที่เกิดจากไฟฟ้าแสงสว่าง (Lighting heat gain)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ดังนั้น เมื่ออุณหภูมิของอากาศภายในอาคารสูงขึ้น ความหนาแน่นของอากาศก็จะลดลง ทำให้ลอยตัวสูงขึ้น ส่งผลให้อากาศที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า และมีความหนาแน่นมากกว่าเคลื่อนตัวเข้ามาแทนที่ ทำให้เกิดการไหลเวียนของอากาศภายในอาคาร

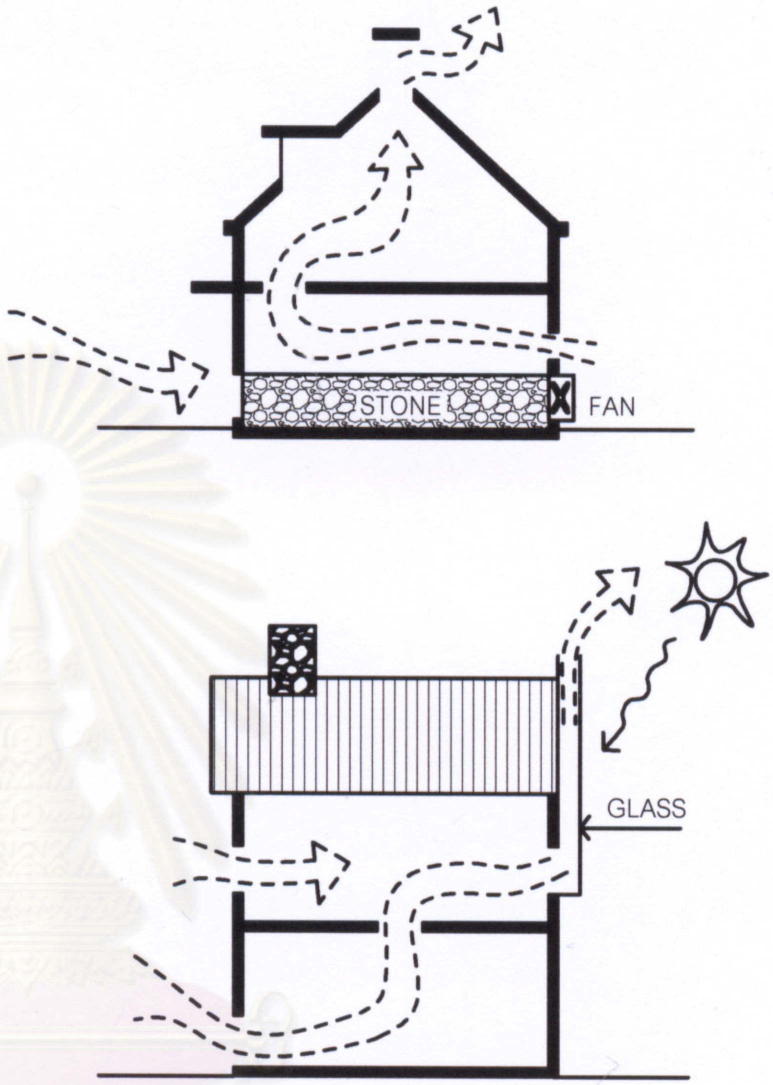
หลักการทำงานของปล่องระบายอากาศ คือ เมื่อมีความแตกต่างของระดับความสูงระหว่างหน้าต่างลมเข้าซึ่งอยู่ในระดับที่ต่ำกว่า และหน้าต่างลมออก ซึ่งอยู่ในระดับที่สูงกว่า และเมื่ออุณหภูมิภายนอกอาคารต่ำกว่าอุณหภูมิภายในอาคาร ณ ระดับหน้าต่างลมออกแล้ว การระบายอากาศตามธรรมชาติก็จะสามารถเกิดขึ้นได้ด้วยหลักการที่เรียกว่า “Stack Effect” หรือ “Buoyancy” ดังนั้น การที่ปล่องประเภทนี้จะใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้นก็จะต้องมีความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างภายนอกอาคารกับภายในอาคารบริเวณหน้าต่างลมเข้า หรือช่องเปิดด้านล่าง และหน้าต่างลมออก หรือปล่องระบายอากาศด้านบน ความสูงระหว่างหน้าต่างลมเข้าและหน้าต่างลมออก ขนาดหน้าต่างลมเข้าและลมออกที่มีความเหมาะสม



รูปที่ 2-10 การไหลของอากาศเนื่องจากแรงลอยตัว (Buoyancy Force) ผ่านทางปล่องระบายอากาศ ซึ่งเกิดขึ้นจากความแตกต่างของอุณหภูมิ ในขณะที่ไม่มีลมพัด (สมสิทธิ์ นิตยะ, 2523: 136)

การทำความเย็นโดยพื้นอาคาร
ด้วยก้อนหินที่อากาศไหลผ่านได้
(ตรึงใจ บูรณสมภพ, 2539: 116)

การทำปล่องโดยให้ผนังด้านนอก
เป็นกระจก มีช่องว่างอากาศไม่
น้อยกว่า 3 นิ้ว และติดฉนวนกัน
ความร้อนที่ผนังด้านในอาคาร
(ตรึงใจ บูรณสมภพ, 2539: 117)



รูปที่ 2-11 การทำความเย็นภายในอาคาร โดยอาศัยการลอยตัวของอากาศที่เกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิ (ตรึงใจ บูรณสมภพ, 2539)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.5.2.2 การวิเคราะห์ข้อดีของปล่องระบายอากาศ

1) ทำให้เกิดการระบายอากาศภายในอาคาร แม้ว่าความเร็วลมภายนอกอาคารตามธรรมชาติจะไม่เอื้อต่อการระบายอากาศก็ตาม

2.5.2.3 การวิเคราะห์ข้อเสียของปล่องระบายอากาศ

1) การที่ผนังปล่องระบายอากาศจำเป็นต้องสะสมความร้อนเพื่อเร่งแรงลอยตัวนั้น จะต้องตระหนักถึงการถ่ายเทความร้อนจากผนังปล่องเข้าสู่อาคาร ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องพิจารณาเมื่อทำการออกแบบ

2.6 การวิเคราะห์และการประเมินผลการระบายอากาศผ่านปล่องระบายอากาศ

2.6.1 การวิเคราะห์และประเมินผลการระบายอากาศโดยการสังเกต ตรวจวัดค่าต่างๆ จากสถานที่จริง

คือ การวิเคราะห์และประเมินผลการระบายอากาศโดยการสังเกต,ตรวจวัดค่าต่างๆ ที่จำเป็น เช่น ความเร็วลม อัตราการระบายอากาศ ความดัน และอุณหภูมิ ณ จุดต่างๆ จากสถานที่จริงที่ถูกกำหนดให้เป็นห้องทดลอง

2.6.2 การวิเคราะห์และประเมินผลโดยการใช้สมการทางคณิตศาสตร์คำนวณ

2.6.2.1 การคำนวณหาอัตราการระบายอากาศที่เกิดจากปล่องระบายอากาศ

$$Q = K(A)\sqrt{2(g)(\Delta Hnpl)\,\frac{(Ti - To)}{Ti}}$$

ที่มา: (ASHRAE, 1993: 23.9)

เมื่อ	Q	คือ	อัตราการระบายอากาศที่เกิดจากปล่องระบายอากาศ (SI Units: ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)
	K	คือ	ค่าสัมประสิทธิ์มีค่าเท่ากับ 0.40+0.0045 | $T_i - T_o$ |
	A	คือ	ขนาดพื้นที่ช่องเปิดลมเข้า (SI Units: ตารางเมตร)
	g	คือ	ค่าแรงโน้มถ่วง มีค่าเท่ากับ 9.865 เมตรต่อวินาที^{2}
	Hnpl	คือ	ระดับความสูงระหว่างทางเข้าของอากาศถึงทางออกของอากาศ (SI Units: เมตร)
	T_o	คือ	อุณหภูมิอากาศภายนอกอาคาร (SI Units: เคลวิน)
	T_i	คือ	อุณหภูมิอากาศภายในอาคารที่ความสูง Hnpl (SI Units: เคลวิน)

หมายเหตุ: สูตรการคำนวณอัตราการระบายอากาศดังกล่าว ใช้ในกรณีที่อุณหภูมิภายในอาคารที่ความสูง H_{NPL} มากกว่าอุณหภูมิภายนอกอาคาร แต่ถ้าหากว่าอุณหภูมิ

อากาศภายในอาคารที่ความสูง H_{NPL} มีค่าน้อยกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารให้เปลี่ยน $\frac{Ti-To}{Ti}$ เป็น $\frac{To-Ti}{To}$

$$Qs = (C)(A)\sqrt{\frac{(Ti-To)\,h}{Ti}}$$

ที่มา: (Stein, and Reynolds, 1992: 127)

เมื่อ	Qs	คือ	อัตราการระบายอากาศที่เกิดจากปล่องระบายอากาศ (SI Units: ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)
	C	คือ	ค่าสัมประสิทธิ์ซึ่งขึ้นอยู่กับสัดส่วนของช่องเปิด กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 91.1 (SI Units) โดยมีสมมติฐานว่า ประสิทธิผลการระบายอากาศจะเกิดขึ้นเท่ากับ 65% ของค่าสูงสุด เนื่องจาก ข้อจำกัดของช่องเปิดตามสภาพความเป็นจริง (แต่ถ้าประสิทธิผลการระบายอากาศจะเกิดขึ้นเท่ากับ 50% ค่าสัมประสิทธิ์จะเท่ากับ 70)
	A	คือ	พื้นที่ช่องเปิดลมออกหรือ หน้าตัดแนวขวางของปล่อง (SI Units: ตารางเมตร) โดยที่พื้นที่ช่องเปิดลมเข้าต้องมีขนาดอย่างน้อยเท่ากับพื้นที่ช่องเปิดลมออก หรือหน้าตัดแนวขวางของปล่อง
	h	คือ	ระดับความสูงระหว่างทางเข้าของอากาศถึงทางออกของอากาศ (SI Units: เมตร)
	To	คือ	อุณหภูมิภายนอกอาคาร (SI Units: เคลวิน)
	Ti	คือ	อุณหภูมิอากาศภายในอาคารที่ความสูง h (SI Units: เคลวิน)

2.6.2.2 การคำนวณหาอัตราการระบายอากาศภายในอาคารที่เกิดจากแรงลม

$$Qw = 1{,}000\,(Cv)\,(A)\,(V)$$

ที่มา: (Stein, and Reynolds, 1992: 127)

เมื่อ	Qw	คือ	อัตราการระบายอากาศที่เกิดจากแรงลม (SI Units: ลิตรต่อวินาที)
	1,000	คือ	ค่าที่นำไปคูณเพื่อทำลูกบาศก์เมตร ให้เป็นลิตร
	Cv	คือ	ค่าสัมประสิทธิ์ซึ่งขึ้นอยู่กับทิศทางของลมที่กระทำกับช่องเปิดโดย 1) ลมในทิศตั้งฉากกับช่องเปิด จะมีค่าเท่ากับ 0.5 - 0.6 2) ลมในทิศทางที่ไม่ตั้งฉากกับช่องเปิด จะมีค่าเท่ากับ 0.25 – 0.35
	A	คือ	พื้นที่ช่องเปิดทางเข้าของอากาศ (SI Units: ลิตรต่อวินาที)
	V	คือ	ความเร็วลม (SI Units: เมตรต่อวินาที)

2.6.2.3 การคำนวณหาอัตราการระบายอากาศรวมภายในอาคาร

$$Q_{\text{รวม}} = \sqrt{Q^2w + Q^2s}$$

ที่มา: (Stein, and Reynolds, 1992: 128)

เมื่อ	Qรวม	คือ	อัตราการระบายอากาศรวม (SI Units: ลิตรต่อวินาที)
	Qw	คือ	อัตราการระบายอากาศที่เกิดจากแรงลม (SI Units: ลิตรต่อวินาที)

Qs คือ อัตราการระบายอากาศที่เกิดจากปล่องระบายอากาศ (SI Units: ลิตรต่อวินาที)

2.6.2.4 การคำนวณหาระดับความเร็วลมภายในอาคารที่เกิดจากปล่องระบายอากาศ

$$VEr = \frac{9.4\ (Ao)\sqrt{(Tsa - (To)\ h}}{Ar}$$

ที่มา: (Meyer, 1983: 240)

เมื่อ VEr คือ ความเร็วลมภายในห้อง (ฟุตต่อนาที)

Ao คือ ประสิทธิผลพื้นที่ช่องเปิด ซึ่งถูกปรับโดยใช้แผนภูมิที่ 2.2

Ar คือ พื้นที่หน้าตัดของห้อง (ตารางฟุต)

Tsa คือ อุณหภูมิอากาศภายในอาคารที่ระดับความสูง h (องศาฟาเรนไฮต์)

To คือ อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยภายนอก (องศาฟาเรนไฮต์)

h คือ ระดับความสูงระหว่างทางเข้าของอากาศถึงทางออกของอากาศ (ฟุต)

9.4 คือ ค่าสัมประสิทธิ์ซึ่งขึ้นอยู่กับสัดส่วนของช่องเปิด โดยกรณีนี้สมมติว่าประสิทธิผลของช่องเปิดอากาศเข้าและช่องเปิดอากาศออกเป็น 65% (แต่ถ้าประสิทธิผลของช่องเปิดอากาศเข้าและช่องเปิดอากาศออกเป็น 50% ค่าสัมประสิทธิ์จะเท่ากับ 7.2)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หมายเหตุ:

$$Tsa = Toa + (\frac{\propto}{ho} \times I_H) - (\varepsilon \Delta \frac{R}{ho})$$

เมื่อ	Toa	คือ	อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยภายนอก (องศาฟาเรนไฮต์)
	ε	คือ	ค่าการดูดซับรังสีดวงอาทิตย์ของพื้นผิว (ไม่มีหน่วย)
	ho	คือ	ค่าการถ่ายเทความร้อนของพื้นผิว ที่เกิดจากการพาความร้อน (บีทียูต่อชั่วโมง องศาฟาเรนไฮต์ ตารางฟุต)
	I_H	คือ	ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่เกิดขึ้น ณ ระนาบพื้นผิว (บีทียูต่อชั่วโมง ตารางฟุต)
	$\propto$	คือ	การแผ่รังสีออกของพื้นผิว
	R	คือ	ความแตกต่างระหว่างรังสีคลื่นยาวบนพื้นผิว ที่เกิดจากสภาวะแวดล้อมภายนอกกับปริมาณรังสีที่แผ่ออกโดย Black Body ที่อุณหภูมิอากาศภายนอกอาคาร (บีทียูต่อชั่วโมง ตารางฟุต)

- สำหรับพื้นผิวระนาบนอน ค่า R = 20, ε = 1, ho = 3, และ $\propto \Delta R/ho$ = 7
- สำหรับพื้นผิวระนาบตั้ง ค่า R = 0 ดังนั้น $\propto \Delta R/ho$ = 0
- สำหรับพื้นผิวที่มีสีอ่อน ค่า $\propto$ / ho = 0.15
- สำหรับพื้นผิวที่มีสีเข้ม ค่า $\propto$ / ho = 0.3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.6.2.5 การคำนวณหาระดับความเร็วลมภายในอาคารที่มีแรงลมภายนอกช่วยเสริม

$$VEr = \frac{(Ao) + (VE)(E)}{Ar}$$

ที่มา: (Meyer, 1983: 234)

เมื่อ VEr คือ ความเร็วลมภายในห้อง (ฟุตต่อนาที)

Ao คือ ประสิทธิผลพื้นที่ช่องเปิด ซึ่งถูกปรับโดยใช้แผนภูมิที่ 2.2

Ar คือ พื้นที่หน้าตัดของห้อง (ตารางฟุต)

VE คือ ความเร็วลมเฉลี่ย (ฟุตต่อนาที)

E คือ ค่าสัมประสิทธิ์ซึ่งขึ้นอยู่กับทิศทางของลมที่กระทำกับช่องเปิดโดย

- ลมในทิศตั้งฉากกับช่องเปิด จะมีค่าเท่ากับ 0.55
- ลมในทิศทางที่ไม่ตั้งฉากกับช่องเปิด จะมีค่าเท่ากับ 0.35

2.6.2.6 การคำนวณปริมาณการแลกเปลี่ยนความร้อน เนื่องจากการระบายอากาศ

$$q_s = 1200\,(Q)\,(\Delta t)$$

ที่มา: (ASHRAE, 2001: 26.9)

เมื่อ qs คือ ปริมาณการแลกเปลี่ยนความร้อน เนื่องจากการระบายอากาศ (SI Units: วัตต์)

1200 คือ ค่าความจุความร้อนของอากาศ

Q คือ อัตราการระบายอากาศ (SI Units: ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Δt คือ ความแตกต่างของอุณหภูมิภายในอาคาร และภายนอกอาคาร (SI Units: เคลวิน)

2.6.2.7 การคำนวณอัตราการเปลี่ยนอากาศ

ACH (air change rate per hour) คือ จำนวนเท่าของปริมาตรอากาศที่นำมาแทนที่อากาศภายในห้องในเวลา 1 ชั่วโมง เมื่อ

$$\text{ACH} \quad = \quad Q\,/\,\text{ปริมาตรของห้อง}(\,\text{ft}^3)$$

ที่มา: (ASHRAE, 2001)

เมื่อ Q คือ อัตราการไหลเวียนอากาศ (ลูกบาศก์ฟุตต่อชั่วโมง)

2.7 ตัวแปรที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบปล่องระบายอากาศ

รศ. สมสิทธิ์ นิตยะ ได้ทำการศึกษาและออกแบบอาคารพักอาศัย โดยการใช้ปล่องระบายอากาศเพื่อช่วยในเรื่องการระบายอากาศภายในอาคาร ได้กล่าวถึงเรื่องตัวแปรที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบปล่องระบายอากาศ ดังนี้

2.7.1 อุณหภูมิภายในปล่องระบายอากาศ

ในการออกแบบปล่องระบายอากาศ ในกรณีที่เป็นปล่องระบายอากาศออก ควรทำให้พื้นผิวของผนังปล่องมีอุณหภูมิที่ค่อนข้างสูง เพราะจะมีผลต่อแรงลอยตัวของอากาศ ซึ่งสามารถทำได้โดยการเปลือยตัวปล่องให้ได้รับการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ให้มากที่สุด แต่ก็ต้องคำนึงถึงเรื่องของการป้องกันความร้อนที่จะเข้ามาภายในอาคาร

2.7.2 ความฝืดของปล่องระบายอากาศ

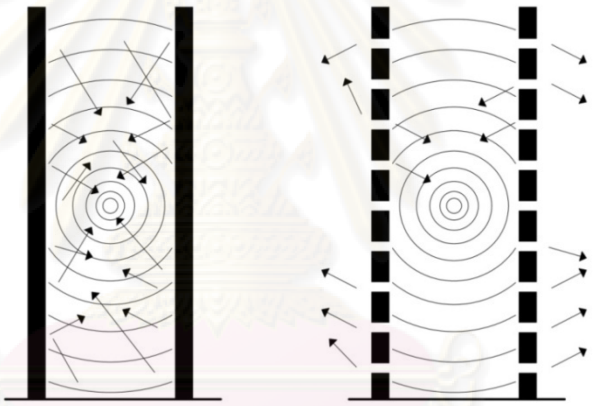
เพื่อประสิทธิภาพในการระบายอากาศ ควรออกแบบภายในปล่องให้มีความฝืดน้อยที่สุด โดยหลีกเลี่ยงการมีสิ่งกีดขวางทางลมภายในปล่อง และออกแบบพื้นที่หน้าตัดปล่องให้ใกล้เคียงกับรูปวงกลม หรือสี่เหลี่ยมจัตุรัสให้มากที่สุด เพราะจะทำให้มีอัตราส่วนพื้นที่ผิวกับพื้นที่หน้าตัดต่ำ

2.7.3 ทิศทางการหันปากปล่องระบายอากาศ

ถ้าเป็นปล่องส่วนที่ใช้เพื่อระบายอากาศออก ควรหลีกเลี่ยงการหันปากปล่องไปทางด้านที่มีความกดอากาศสูง เพราะถ้าความกดอากาศภายนอกสูงกว่าภายในปล่องมาก จะเกิดการดูดอากาศกลับเข้าปล่องได้ ทำให้ผู้ออกแบบปล่องจะต้องพิจารณาทิศทางการพัดของลมส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นในฤดูต่างๆ, ภูมิสถาปัตยกรรมรอบอาคาร และอาคารที่อยู่รายรอบที่ตั้ง ซึ่งล้วนแล้วแต่มีผลต่อการออกแบบปล่องระบายอากาศทั้งสิ้น

2.7.4 การสะท้อนของเสียงภายในปล่องระบายอากาศ

รูปแบบ, ลักษณะของปล่องที่มีความยาวและมีผนังที่ขนานกัน มีโอกาสสูงที่จะเกิดการสะท้อนของเสียงได้ ดังนั้น การออกแบบจึงควรหลีกเลี่ยงปล่องที่มีความยาวมากๆ และหากพื้นที่ใต้ปล่องเป็นพื้นที่ใช้สอยขนาดใหญ่ ก็สามารถช่วยลดปัญหาเรื่องเสียงลงได้



รูปที่ 2-12 การเกิดโฟกัสรวมกันของเสียง และการสะท้อนของเสียงภายในปล่องเป็นสิ่งที่ควรหลีกเลี่ยง (Wilson, 1972: 88-89 อ้างถึงใน สมสิทธิ์ นิตยะ, 2523: 150)

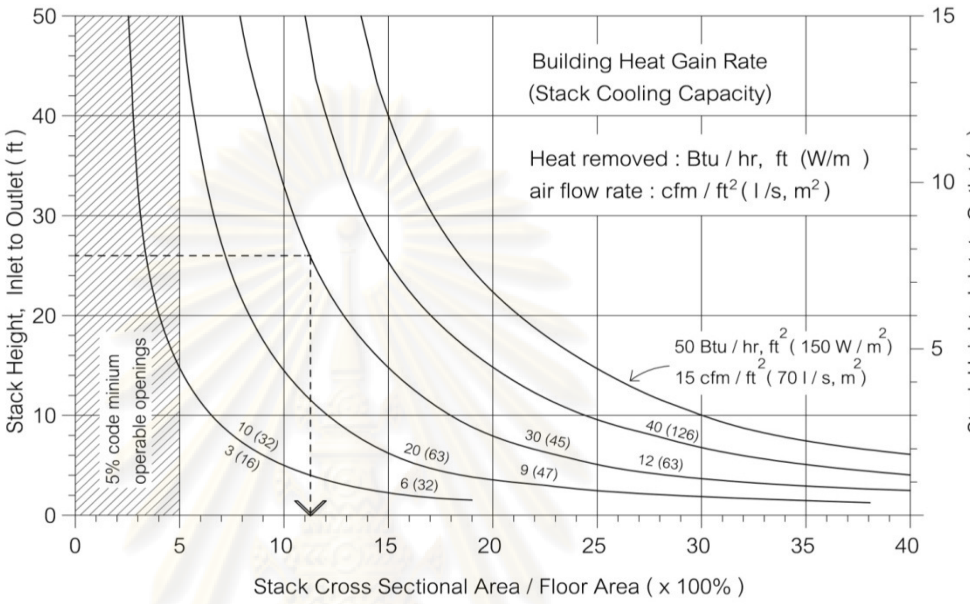
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.8 บทความทางวิชาการและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

รศ. สมสิทธิ์ นิตยะ ได้ทำการศึกษาและออกแบบอาคารพักอาศัย โดยการใช้ปล่องระบายอากาศเพื่อช่วยในเรื่องการระบายอากาศภายในอาคาร ได้กล่าวถึงเรื่องตัวแปรที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบปล่องระบายอากาศ ดังนี้

2.8.1 การหาขนาดของปล่องระบายอากาศ (Brown, and Dekay, 2001: 187)

งานวิจัยนี้เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างความสูงระหว่างทางเข้าของอากาศและทางออกของอากาศ กับอัตราส่วนร้อยละ (%) ระหว่างพื้นที่หน้าตัดปล่องกับพื้นที่ใช้งาน



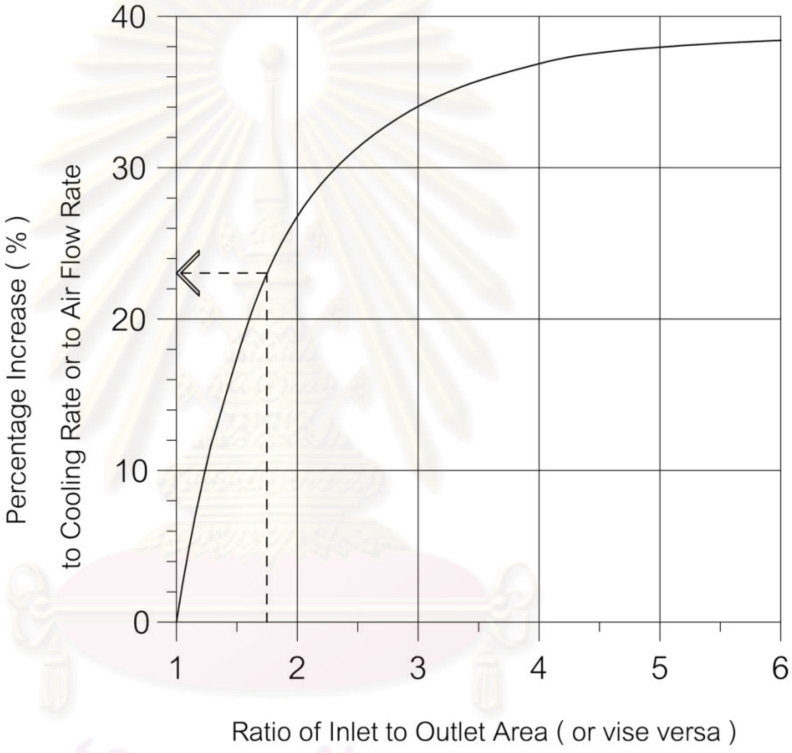
แผนภูมิที่ 2-1 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของทางเข้า-ออกของอากาศ กับอัตราส่วนร้อยละ (%) ระหว่างพื้นที่หน้าตัดปล่องกับพื้นที่ใช้งาน (Brown, and Dekay, 2001: 187)

งานวิจัยนี้ได้กำหนดความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายนอกและภายในอาคารไว้ที่ 3 องศาฟาเรนไฮต์ หรือ องศาเซลเซียส สำหรับกรณีที่ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิมีค่ามากกว่าที่กำหนดไว้ พื้นที่หน้าตัดของปล่องระบายอากาศที่ได้จากกราฟสามารถลดลงได้ โดยคูณด้วย

$$\sqrt{\frac{3\ ^{\circ}\mathrm{F}}{^{\circ}\mathrm{F}\ \text{ที่เกิดขึ้นจริง}}} \quad \text{หรือ} \quad \sqrt{\frac{1.7\ ^{\circ}\mathrm{C}}{^{\circ}\mathrm{C}\ \text{ที่เกิดขึ้นจริง}}}$$

2.8.2 การศึกษาการเพิ่มอัตราการระบายอากาศที่เกิดจากความแตกต่างของช่องเปิดอากาศเข้าและช่องเปิดอากาศออก (ASHRAE, 1997: 25.13 **อ้างถึงใน** Brown, and Dekay, 2001:187)

โดยทั่วไปอัตราการระบายอากาศจะเกิดขึ้นสูงสุดเมื่อซองเปิดอากาศเข้าและช่องเปิดอากาศออกมีขนาดเท่ากัน แต่ในทางปฏิบัตินั้นเป็นการยากที่จะออกแบบให้ช่องเปิดทั้ง 2 ตำแหน่งมีขนาดเท่ากัน จากการศึกษาจึงได้พบว่าการเพิ่มอัตราส่วนระหว่างช่องเปิดอากาศเข้าต่อช่องเปิดอากาศออกนั้นสามารถที่จะเพิ่มอัตราการระบายอากาศได้



แผนภูมิที่ 2-2 การเพิ่มอัตราการระบายอากาศที่เกิดจากความแตกต่างของขนาดช่องเปิดอากาศเข้าและออก (ASHRAE, 1997; 25.13 อ้างถึงใน Brown, and Dekay, 2001: 187)

2.8.3 การเหนี่ยวนำให้เกิดการระบายอากาศตามธรรมชาติ โดยลมและอุณหภูมิ (Yuguo Li and Delsante, 2001: 59-71)

การวิจัยนี้เป็นการคำนวณอัตราการไหลของอากาศและอุณหภูมิของอากาศ ในพื้นที่ที่มีช่องเปิด 2 จุด ตัวแปรอิสระของการทดลอง คือ ความเร็วลม และอุณหภูมิ โดยจะศึกษาที่

2.8.3.1 **การระบายอากาศ โดยอุณหภูมิเพียงอย่างเดียว** (Natural ventilation driven by thermal force alone) โดยผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าแรงลอยตัวของอากาศที่มากขึ้น จะส่งผลให้อัตราการระบายอากาศ และอุณหภูมิมากขึ้นตามไปด้วย แต่การแปรผันดังกล่าวจะไม่เป็นในลักษณะเส้นตรงและถ้าเกิดการสูญเสียความร้อนให้กับผนังอาคาร ก็จะทำให้อัตราการระบายอากาศลดลงด้วย

2.8.3.2 **การระบายอากาศโดยมีลมเข้ามาช่วย** (Natural ventilation driven by assisting winds) โดยผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าอัตราส่วนของแรงลอยตัวของอากาศกับแรงลมที่มากขึ้น จะส่งผลให้อัตราส่วนของการระบายอากาศกับแรงลม หรืออัตราส่วนระหว่างอุณหภูมิกับแรงลมยกกำลังสองมากขึ้นตามไปด้วย การระบายอากาศแบบนี้มีสิ่งที่แตกต่างจากแบบแรก 2 ประการ คือ การมีลมเข้ามาช่วยเพิ่มปริมาณของมวลรวมของอากาศที่จะเข้ามาในอาคาร จะทำให้อัตราการระบายอากาศมีค่าเพิ่มขึ้นเสมอและข้อแตกต่างอีกประการหนึ่ง คือ การระบายอากาศจะดีที่สุดเมื่อ อัตราส่วนระหว่างแรงลอยตัวของอากาศกับแรงลมมีค่าเข้าใกล้ “0”

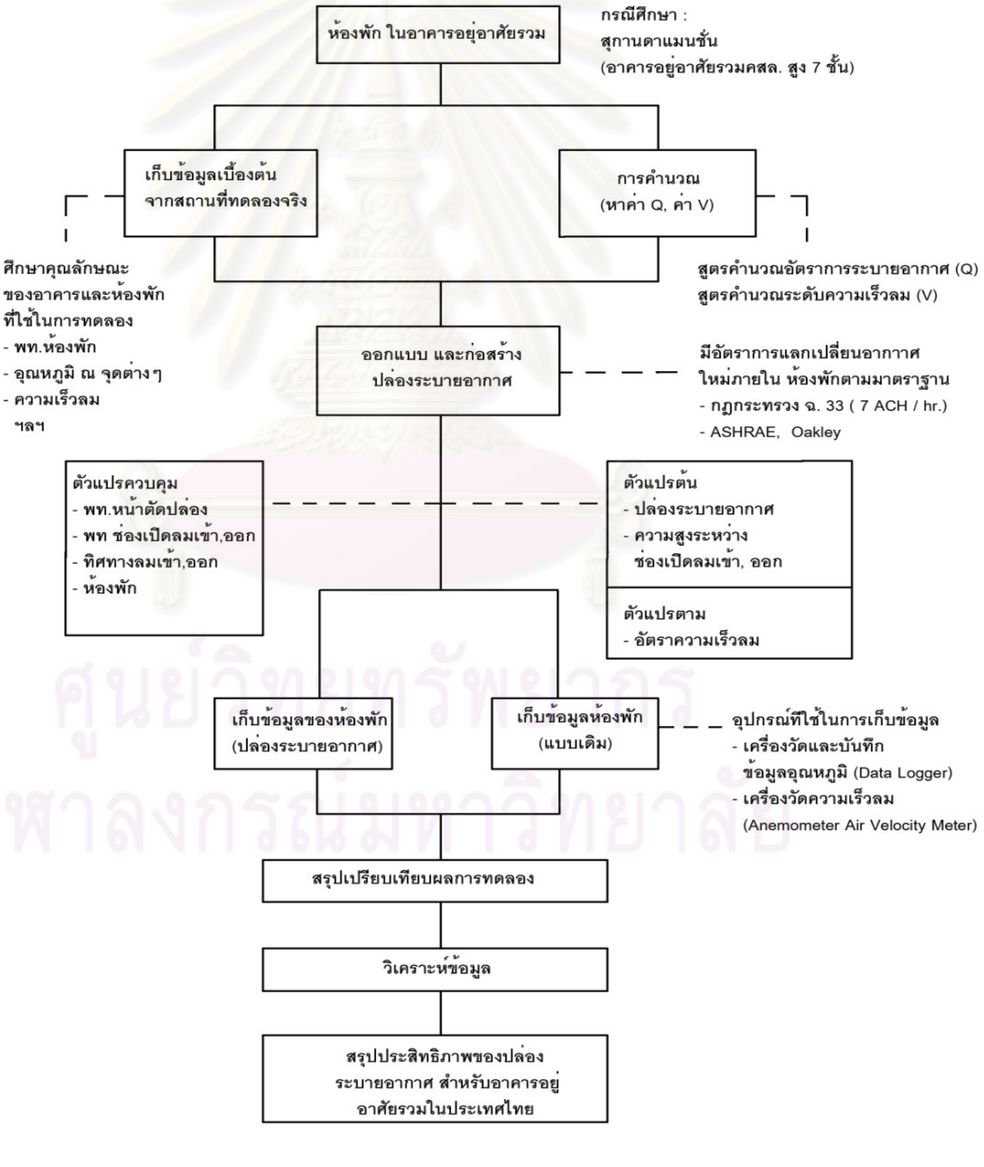
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 การดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้ ทำขึ้นเพื่อหาประสิทธิภาพการระบายอากาศของปล่องระบายอากาศสำหรับอาคารอยู่อาศัยรวม โดยจะมีการทดลองโดยการก่อสร้างปล่องระบายอากาศในสภาพแวดล้อมและสถานที่จริงเพื่อใช้เก็บข้อมูล อันได้แก่ อุณหภูมิอากาศ, ความเร็วลมที่เกิดขึ้นจริงในห้องพัก โดยมีขั้นตอนของการวิจัย ดังนี้



รูปที่ 3-1 แผนการดำเนินงาน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2 การทดลอง

เนื่องจากวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ต้องการเปรียบเทียบประสิทธิภาพอัตราการระบายอากาศของห้องพักในอาคารอยู่อาศัยรวมที่มีการติดตั้งปล่องระบายอากาศกับห้องพักในสภาพดั้งเดิมเพื่อนำไปใช้เป็นแนวทางในการออกแบบปล่องระบายอากาศในอาคารอยู่อาศัยรวมในประเทศไทยต่อไปจึงเกิดการทดลองย่อยในงานวิจัยนี้ทั้งสิ้น 3 การทดลอง โดยจากตารางที่ 3-1 จะทำให้สามารถสรุปได้ว่ามีการใช้กล่องทดลองและสมการในการทดลอง

การทดลองที่	ลักษณะการทดลอง	การศึกษา
1	ใช้ปล่องระบายอากาศขนาด กว้าง 1.00 ม. ยาว 2.90 ม. สูง 2.80 ม. ติดตั้งบนดาดฟ้าอาคาร และเชื่อมต่อท่อระบายอากาศ พีวีซี ขนาด Ø 8 นิ้ว มายังห้องพัก ที่ชั้น 5 ห้อง 512	การทดลองเพื่อหาอัตราการระบายอากาศจริง หลังจากมีการติดตั้งท่อระบายอากาศในห้องพัก
2	ห้องพักที่ชั้น 5 ห้อง 514 (ห้องพักที่ติดกับห้องทดลอง)	การทดลองเพื่อหาอัตราการระบายอากาศ ของห้องพักแบบดั้งเดิม
3	ใช้สมการที่ 3.1 ในการคำนวณ	การทดลองเพื่อหาอัตราการระบายอากาศในห้องพักที่มีการติดตั้งปล่องระบายอากาศ

ตารางที่ 3-1 รูปแบบการทดลองและการคำนวณในงานวิจัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2.1 รูปแบบการวิจัยเพื่อทดลอง

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการระบายอากาศภายในห้องพักของอาคารอยู่อาศัยรวม หลังจากที่มีการติดตั้งปล่องระบายอากาศ กับห้องพักในสภาพดั้งเดิม ซึ่งงานวิจัยนี้จัดเป็นการวิจัยเชิงทดลองซึ่งเป็นการศึกษาวิจัยในเชิงปริมาณ (Quantitative research) และเชิงคุณภาพ (Qualitative research) โดยนำผลการทดลองที่ได้มาเปรียบเทียบกับการคำนวณทางทฤษฎี

3.2.2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

จากการศึกษาและวิเคราะห์ผลของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในบทที่ 2 ทำให้ได้สมการที่จะนำใช้ในการคำนวณ 2 สมการ คือ

สมการคำนวณหาอัตราการระบายอากาศที่เกิดจากปล่องระบายอากาศ (สมการ 3.1)

$$Q = (Cd)(A)\sqrt{2\,(g)\,(\Delta Hnpl)\,\frac{(Ti-To)}{Ti}}$$

ที่มา: (ASHRAE, 2001: 26.11)

เมื่อ	Q	คือ	อัตราการระบายอากาศที่เกิดจากปล่องระบายอากาศ (SI Units: ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)
	Cd	คือ	ค่าสัมประสิทธิ์มีค่าเท่ากับ 0.40+0.0045 | $T_i - T_o$ |
	A	คือ	ขนาดพื้นที่ช่องเปิดลมเข้า (SI Units: ตารางเมตร)
	g	คือ	ค่าแรงโน้มถ่วง มีค่าเท่ากับ 9.865 เมตรต่อวินาที^{2}
	Hnpl	คือ	ระดับความสูงระหว่างทางเข้าของอากาศถึงทางออกของอากาศ (SI Units: เมตร)
	To	คือ	อุณหภูมิอากาศภายนอกอาคาร (SI Units: เคลวิน)
	Ti	คือ	อุณหภูมิอากาศภายในอาคารที่ความสูง H_{NPL} (SI Units: เคลวิน)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สมการคำนวณหาระดับความเร็วลมภายในอาคารที่เกิดจากปล่องระบายอากาศ (สมการ 3.2)

$$VEr = \frac{9.4\,(Ao)\sqrt{(Tsa\text{-}To)\,h}}{Ar}$$

ที่มา: (Meyer, 1983: 240)

เมื่อ	VEr	คือ	ความเร็วลมภายในห้อง (ฟุตต่อนาที)
	Ao	คือ	ประสิทธิผลพื้นที่ช่องเปิด
	Ar	คือ	พื้นที่หน้าตัดของห้อง (ตารางฟุต)
	Tsa	คือ	อุณหภูมิภายในอาคารที่ระดับความสูง h (องศาฟาเรนไฮต์)
	To	คือ	อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยภายนอก (องศาฟาเรนไฮต์)
	h	คือ	ระดับความสูงระหว่างทางเข้าของอากาศถึงทางออกของอากาศ (ฟุต)
	9.4	คือ	ค่าสัมประสิทธิ์ซึ่งขึ้นอยู่กับสัดส่วนของช่องเปิด โดยกรณีนี้สมมุติว่าประสิทธิผลของช่องเปิดอากาศเข้าและช่องเปิดอากาศออกเป็น 65 % (แต่ถ้าประสิทธิผลของช่องเปิดอากาศเข้าและช่องเปิดอากาศออกเป็น 50% ค่าสัมประสิทธิ์จะเท่ากับ 7.2)

หมายเหตุ: สูตรการคำนวณอัตราการระบายอากาศดังกล่าวใช้ในกรณีที่อุณหภูมิภายในอาคารที่ความสูง Hnpl มากกว่าอุณหภูมิภายนอกอาคาร แต่ถ้าหากว่าอุณหภูมิอากาศภายในอาคารที่ความสูง Hnpl มีค่าน้อยกว่าอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารให้เปลี่ยน $\frac{(Ti-To)}{Ti}$ เป็น $\frac{(To-Ti)}{To}$

ในการวิจัยนี้จะใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของสมการที่ 3.1 ในการคำนวณหาอัตราความเร็วลม และอุณหภูมิภายในอาคาร และสมการที่ 3.2 ในการคำนวณหาค่าระดับความเร็วลมภายในอาคาร โดยตัวแปรต่างๆ ที่เกิดขึ้นในสมการคำนวณเหล่านี้จะเป็นตัวแปรในการทดลองทั้งสิ้น ซึ่งผลที่ได้จากการทดลองจริง และจากการคำนวณจะทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบและสรุปผลต่อไป

3.2.3 อาคารอยู่อาศัยรวม และห้องพักกรณีศึกษา

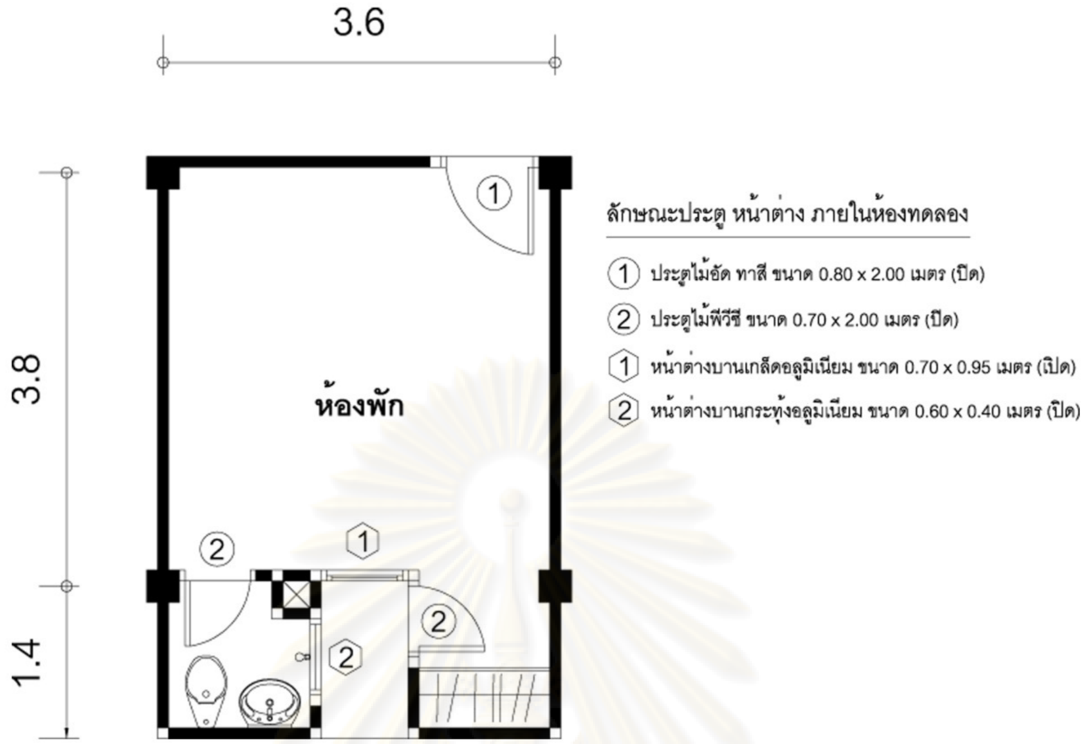
3.2.3.1 การเก็บข้อมูลเบื้องต้นของอาคารกรณีศึกษา

การเก็บข้อมูลเบื้องต้นนี้ จะทำการเลือกอาคารอยู่อาศัยรวม รูปแบบมาตรฐานทั่วไป ในที่นี้ได้เลือก ห้องพักภายในอาคาร สุกานดาแมนชั่น ซึ่งเป็นอาคารอยู่อาศัยรวมสูง 7 ชั้น ซึ่งในช่วงที่เก็บข้อมูลยังไม่มีผู้อยู่อาศัยในห้องพักดังกล่าว เพื่อเป็นฐานข้อมูลในการออกแบบปล่องระบายอากาศ ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยการศึกษาจะทำการวัดอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคาร, อุณหภูมิอากาศภายในห้องพัก, ความเร็วลมภายนอกอาคาร, ความเร็วลมที่เกิดขึ้นภายในห้องพัก โดยได้ทำการแบ่งขั้นตอนการเก็บข้อมูลดังนี้

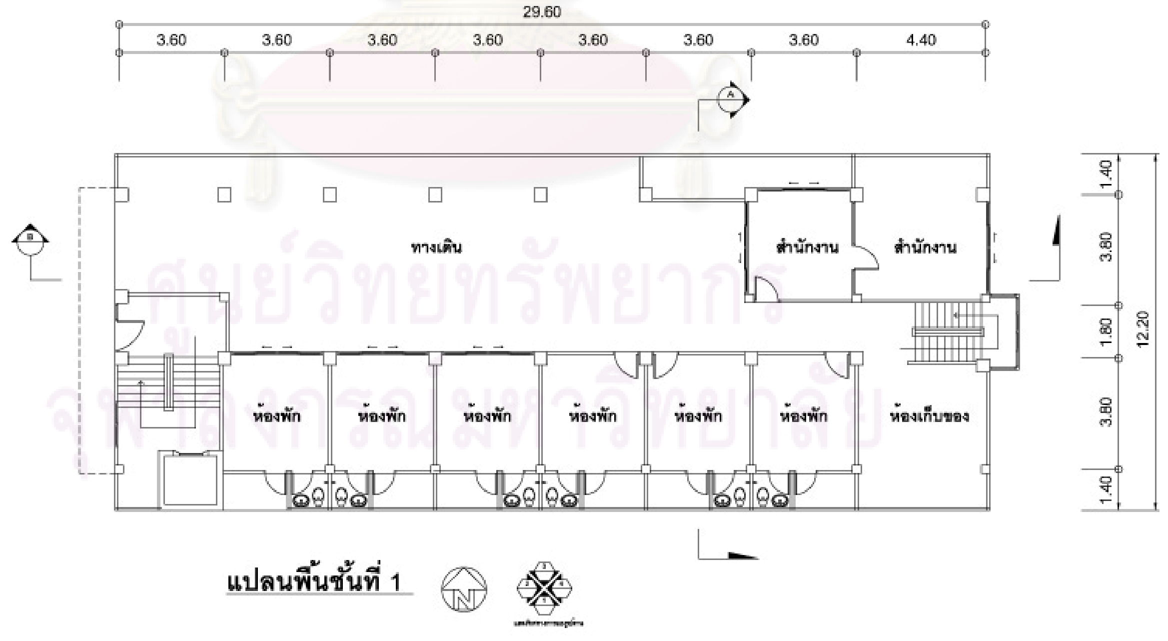
1) ภาพอาคารอยู่อาศัยรวมกรณีศึกษา

รูปที่ 3-2 อาคารพักอาศัยรวมกรณีศึกษาเมื่อมองจากภายนอก

รูปที่ 3-3 ภายในห้องพักของอาคารพักอาศัยรวมกรณีศึกษา



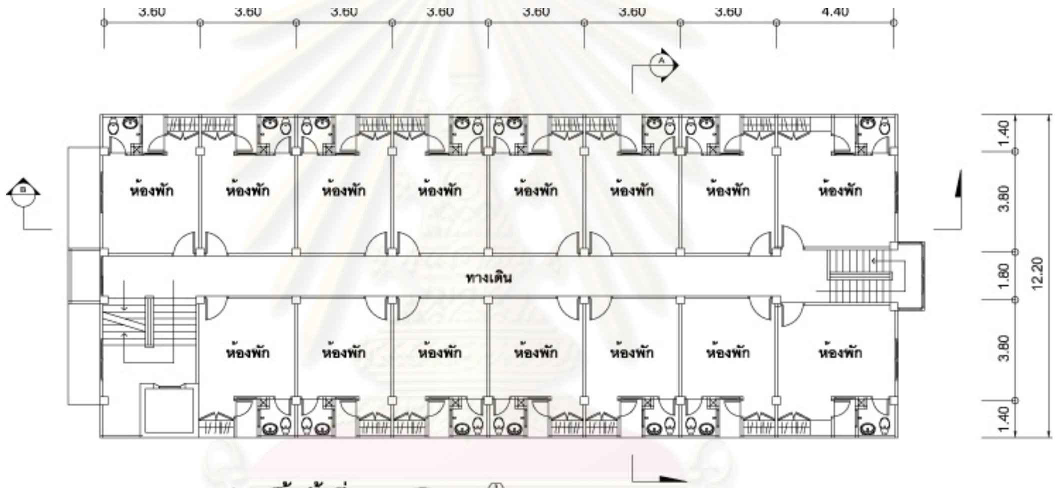
รูปที่ 3-4 แปลนห้องพักอาศัยรวมกรณีศึกษา และรูปแบบ ลักษณะของช่องเปิดภายในห้องทดลอง



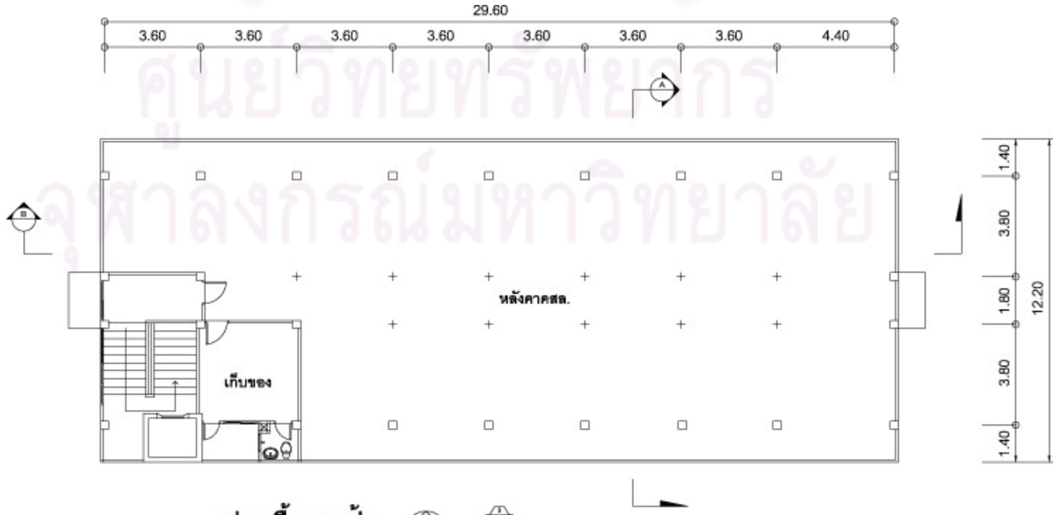
รูปที่ 3-5 แปลนพื้นชั้นที่ 1 ของอาคารพักอาศัยรวมกรณีศึกษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แปลนพื้นชั้นที่ 2-6



แปลนพื้นชั้นที่ 7



แปลนพื้นดาดฟ้า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3-6 แปลนพื้นชั้นที่ 2 ถึง ชั้นดาดฟ้าของอาคารพักอาศัยรวมกรณีศึกษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

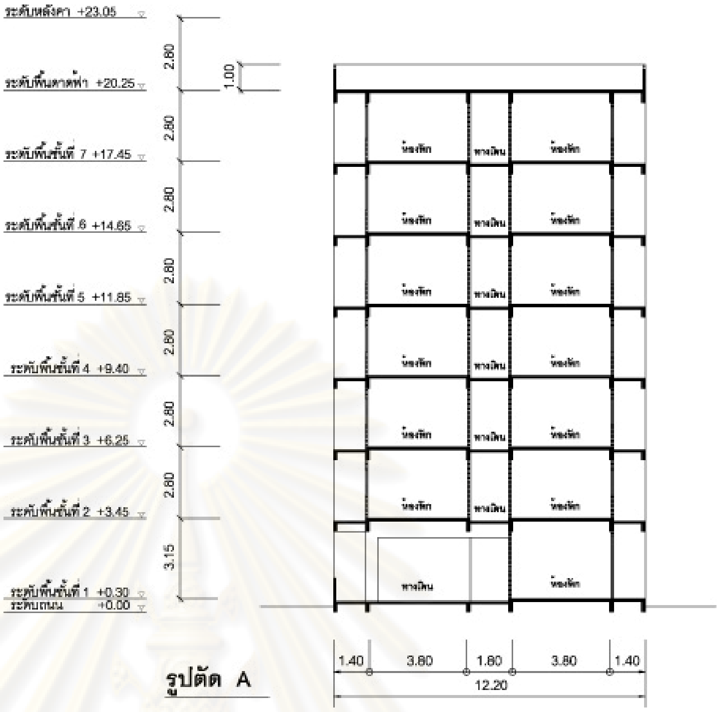
รูปที่ 3-7 รูปด้าน 1 และ รูปด้าน 2 ของอาคารพักอาศัยรวมกรณีศึกษา

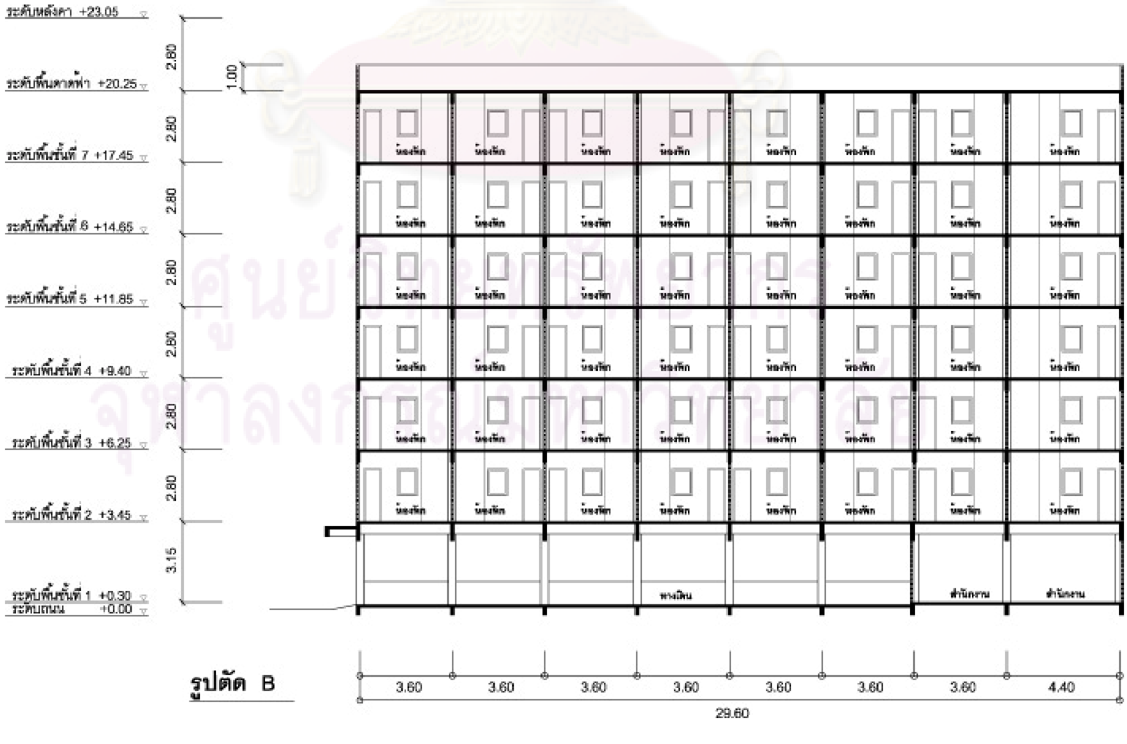
รูปด้าน 3

รูปด้าน 4

รูปที่ 3-8 รูปด้าน 3 และ รูปด้าน 4 ของอาคารพักอาศัยรวมกรณีศึกษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





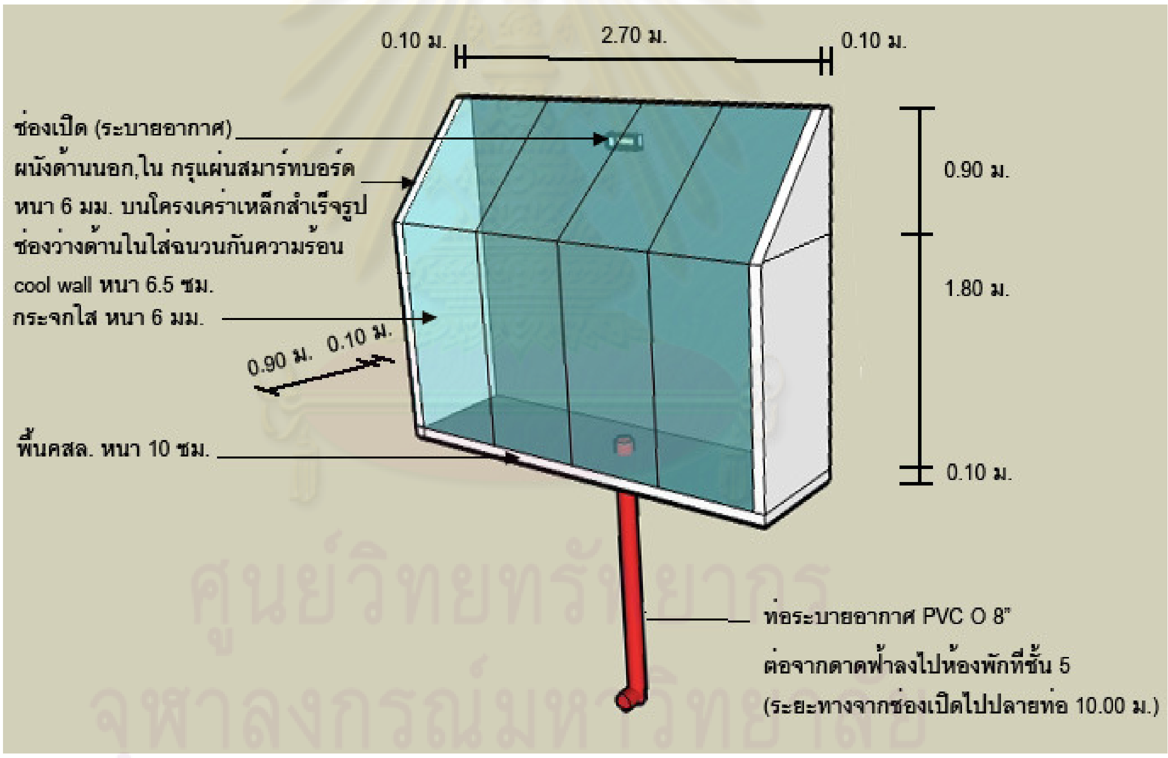
รูปที่ 3-9 รูปตัด A และ B ของอาคารพักอาศัยรวมกรณีศึกษา

3.2.4 ปล่องระบายอากาศ (ปล่องทดลอง)

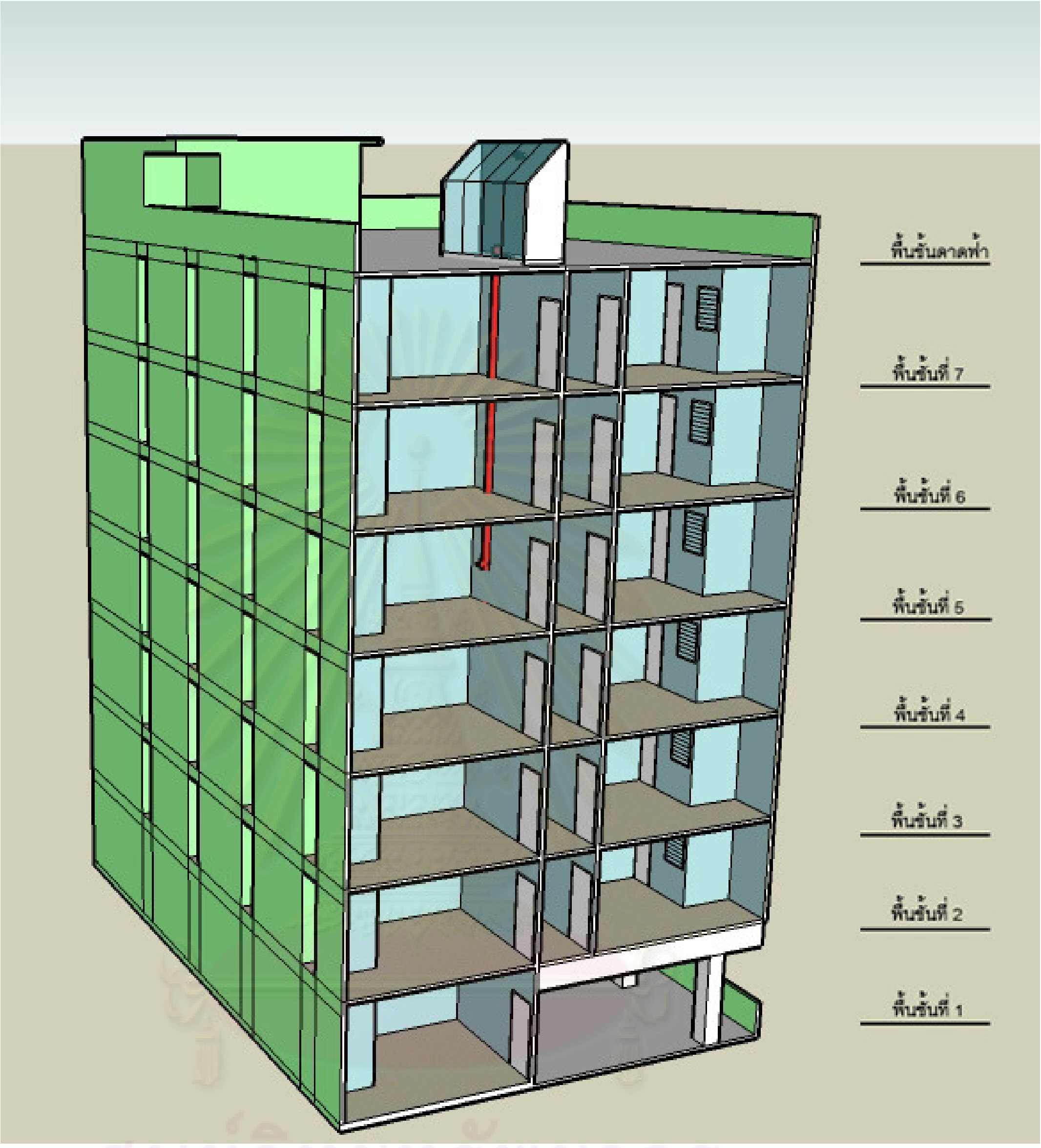
จากการสรุปการทดลองในตารางที่ 3-1 จะมีการทดลองที่ใช้ปล่องทดลองอยู่ 1 การทดลองซึ่งมีรูปแบบ ดังนี้

1) ปล่องระบายอากาศกระจก (สำหรับเก็บความร้อนไว้ภายในโดยมีขนาดตามที่ได้ข้อสรุปมาจากสมการทางคณิตศาสตร์) พร้อมท่อระบายอากาศสูง 10 เมตร

ทำการติดตั้งปล่องระบายอากาศกระจกขนาดกว้าง 1.00 ม. ยาว 2.90 ม. สูง 2.80 ม. บริเวณดาดฟ้าอาคาร และทำการเชื่อมต่อท่อระบายอากาศซึ่งทำจากท่อพีวีซีทรงกระบอกขนาด 8 นิ้ว ลงมายังห้องพักที่ใช้ในการทดลองบริเวณชั้น 5 ของอาคารอยู่อาศัยรวมกรณีศึกษา เพื่อใช้ในการทดลองและ เก็บข้อมูลอุณหภูมิ ความเร็วลม และอัตราการระบายอากาศที่เกิดขึ้นจริงภายในห้องพัก



รูปที่ 3-10 จำลองปล่องระบายอากาศ พร้อมท่อระบายอากาศพีวีซี



รูปที่ 3-11 จำลองการติดตั้งปล่องระบายอากาศบนดาดฟ้า พร้อมต่อท่อระบายอากาศลงมาภายในห้องพักบริเวณชั้นที่ 5 ของอาคารกรณีศึกษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3 ตัวแปรในการวิจัย

3.3.1 ตัวแปรต้น

1) ปล่องระบายอากาศกระจก

2) ความสูงระหว่างหน้าต่างลมเข้าและลมออก

3) อุณหภูมิอากาศภายในอาคาร ณ ระดับหน้าต่างลมออก, อุณหภูมิอากาศภายนอกอาคาร

3.3.2 ตัวแปรตาม

1) ความเร็วลม และอัตราการระบายอากาศภายในห้องพัก

3.3.3 ตัวแปรควบคุม

ตัวแปรควบคุมเป็นตัวแปรที่ทำข้อมูลมีความน่าเชื่อถือ อันได้แก่

1) อาคารอยู่อาศัยรวมกรณีศึกษา

2) ห้องพักและขนาดช่องเปิดภายในห้องพัก

3) ทิศทางลมเข้าและลมออก

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

1) เครื่องมือวัดอุณหภูมิ (Thermometer)

- HOBO RH TEMP เป็นเครื่องวัดแบบมัลติฟังก์ชันสามารถวัดและบันทึกค่าอุณหภูมิและความชื้น โดยสามารถวัดอุณหภูมิได้ตั้งแต่ -20 องศาเซลเซียสถึง +70 องศาเซลเซียส ความแม่นยำ ±0.7 องศาเซลเซียส ความละเอียด 0.4 องศาเซลเซียส และวัดความชื้นสัมพัทธ์ได้ตั้งแต่ 25 เปอร์เซ็นต์ถึง 95 เปอร์เซ็นต์ ความแม่นยำ ±5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งในการทดลองนี้จะใช้เครื่องวัดจำนวน 4 เครื่อง เพื่อวัดอุณหภูมิอากาศ

รูปที่ 3-12 เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ยี่ห้อ HOBO รุ่น multi channel reusable data logger

- โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ชื่อ BoxCar Pro for Window version 3.51 เพื่อใช้ในการประมวลผลค่าอุณหภูมิและความชื้น

2) เครื่องมือวัดความเร็วลม (Anemometer)

- Testo 405-V1 เป็นเครื่องวัดความเร็วลมแบบปากกา(Measuring stick for velocity)วัดความเร็วลมด้วยหลักการในการคงที่ของอุณหภูมิที่หัวเทอร์มิสเตอร์ (Thermistor)ขนาดเล็กที่ปลายแท่งทรงกระบอกที่สามารถหมุนเปิดและปิดได้เมื่ออากาศพัดผ่านหัววัดจะทำให้อุณหภูมิลดลง เครื่องวัดจะให้กระแสไฟฟ้าเพิ่มเพื่อรักษาอุณหภูมิของเซ็นเซอร์นั้นทำให้สามารถคำนวณค่าความเร็วของลมที่พัดผ่านได้ ความละเอียดในการวัด 0.01 m/s และสามารถวัดอุณหภูมิของอากาศที่เคลื่อนที่ผ่านที่ความละเอียด 0.1°C ช่วงความเร็วลมที่วัดได้ตั้งแต่ 0.00-10.00 m/s ที่อุณหภูมิ 0-50°C มีค่าความคลาดเคลื่อนของอุปกรณ์วัดไม่เกิน 5% of m.v. หรือ ±0.1 m/s ที่อุณหภูมิ ±0.5°C ใช้วัดค่าความเร็วลมที่เกิดขึ้นภายในช่องอากาศ

รูปที่ 3-13 เครื่องวัดความเร็วลม Testo 405-V1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3) เครื่องมือวัดอุณหภูมิ (Thermometer) **และความเร็วลม** (Anemometer)

- Testo 350-XL Control unit เป็นเครื่องวัดแบบมัลติฟังก์ชันสามารถวัดและบันทึกค่าอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และความเร็วลม CO, CO^2 มีหน่วยความจำ 250,000 หน่วยเป็นตัวควบคุมและแสดงผลสามารถเชื่อมต่อกับล็อกเกอร์เพื่อควบคุมการทำงานและอ่านค่า

อุณหภูมิที่วัดพร้อมอุปกรณ์ วัดความเร็วลมแบบปากกา โดยใช้เครื่องวัดจำนวน 1 เครื่อง เพื่อวัดความเร็วลม

- Testo 454 Logger เป็นตัวเก็บข้อมูลและเชื่อมต่อสายวัด ล็อคเกอร์ 1 ตัว สามารถต่อสายวัดได้ 4 สายโดยสายวัดที่ใช้เป็นแบบเทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple), NiCr-Ni, วัดอุณหภูมิได้ในช่วง -200 to +1000°C มีค่าความคลาดเคลื่อนของอุปกรณ์วัด ±5% ใช้วัดอุณหภูมิผิวและอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลอง

รูปที่ 3-14 เครื่องวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และความเร็วลม พร้อมอุปกรณ์วัดความเร็วลมแบบปากกา (Testo 350-XL Control Unit) และตัวเก็บข้อมูล Testo 454 Logger

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ชื่อ Testo Comfort Software เพื่อใช้ในการประมวลผลค่าอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และความเร็วลม

4) อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องคอมพิวเตอร์เน็ตบุ๊ค ของบริษัท Hewlett Packard รุ่น Intel (R) Atom (TM) CPU N450 @ 1.66 GHz, 988 MB of RAM ระบบปฏิบัติการ Microsoft Window XP Professional Version 2002 service

รูปที่ 3-15 เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการประมวลผล

3.4.2 การตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องมือ

สำหรับเครื่องวัดอุณหภูมิและความเร็วลม (Testo350-XL) มีการตรวจสอบความถูกต้องของสายวัดได้ในตัวเอง (Self calibrate) จึงไม่จำเป็นต้องทำการตรวจสอบ

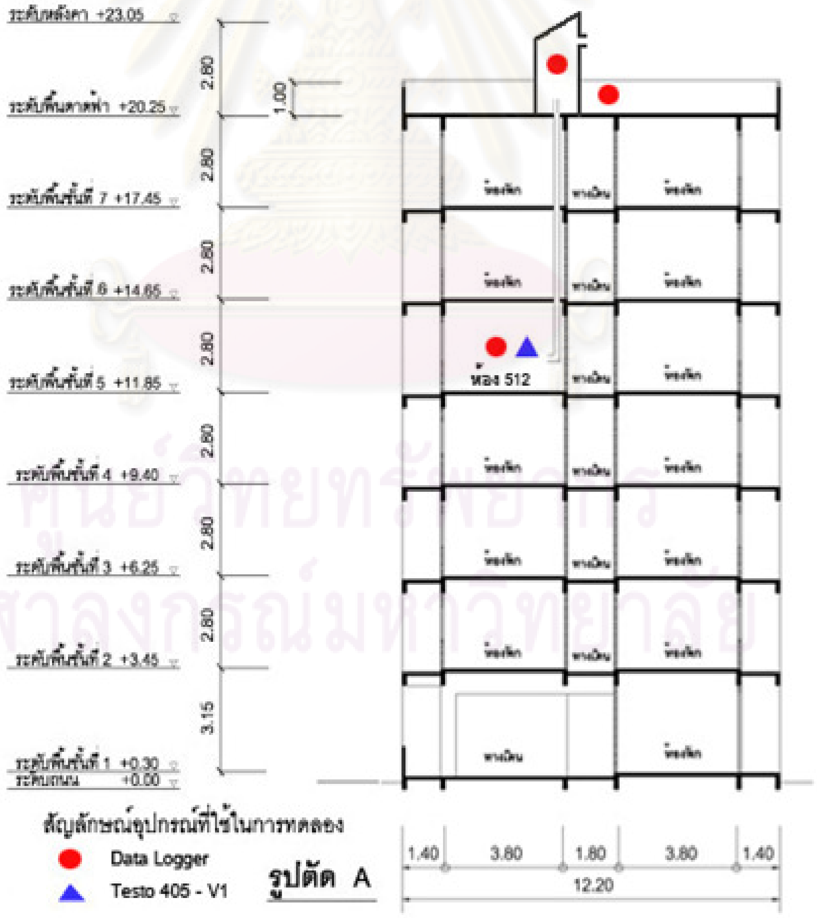
สำหรับเครื่องเก็บข้อมูลอุณหภูมิและความชื้น (HOBO RH TEMP) มีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลโดยเปรียบเทียบกับข้อมูลที่วัดได้กับเครื่องวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และความเร็วลม (Testo350-XL)

สำหรับเครื่องวัดความเร็วลม (Testo 405-V1) มีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลโดยเปรียบเทียบกับข้อมูลที่วัดได้กับเครื่องวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์และความเร็วลม (Testo350-XL)

3.4.3 ตำแหน่งติดตั้งเครื่องมือวัด

1) ในการทดลองที่ 1 กำหนดตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์เก็บข้อมูล และหัวสัญญาณ (Sensor) การเก็บข้อมูลในการศึกษาครั้งนี้ แบ่งออกเป็นการเก็บข้อมูลอุณหภูมิอากาศ และความเร็วลม โดยได้กำหนดตำแหน่งสำหรับติดตั้งอุปกรณ์ ดังนี้

- อุณหภูมิอากาศภายในปล่องระบายอากาศกระจก ที่ดาดฟ้าอาคาร โดยติดตั้งอุปกรณ์เก็บข้อมูลที่จุดกึ่งกลางปล่อง และสูงจากพื้นปล่อง 0.30 เมตร
- อุณหภูมิภายในห้องพัก 512 โดยติดตั้งอุปกรณ์เก็บข้อมูลที่จุดกึ่งกลางห้อง และสูงจากพื้น 0.10 เมตร
- อุณหภูมิภายนอกอาคาร บริเวณดาดฟ้า โดยติดตั้งอุปกรณ์เก็บข้อมูลที่จุดกึ่งกลางดาดฟ้า และสูงจากพื้น 0.10 เมตร
- ความเร็วลมภายในห้องพัก 512 โดยติดตั้งอุปกรณ์เก็บข้อมูลที่ด้านหน้าท่อระบายอากาศ และสูงจากพื้น 0.90 เมตร



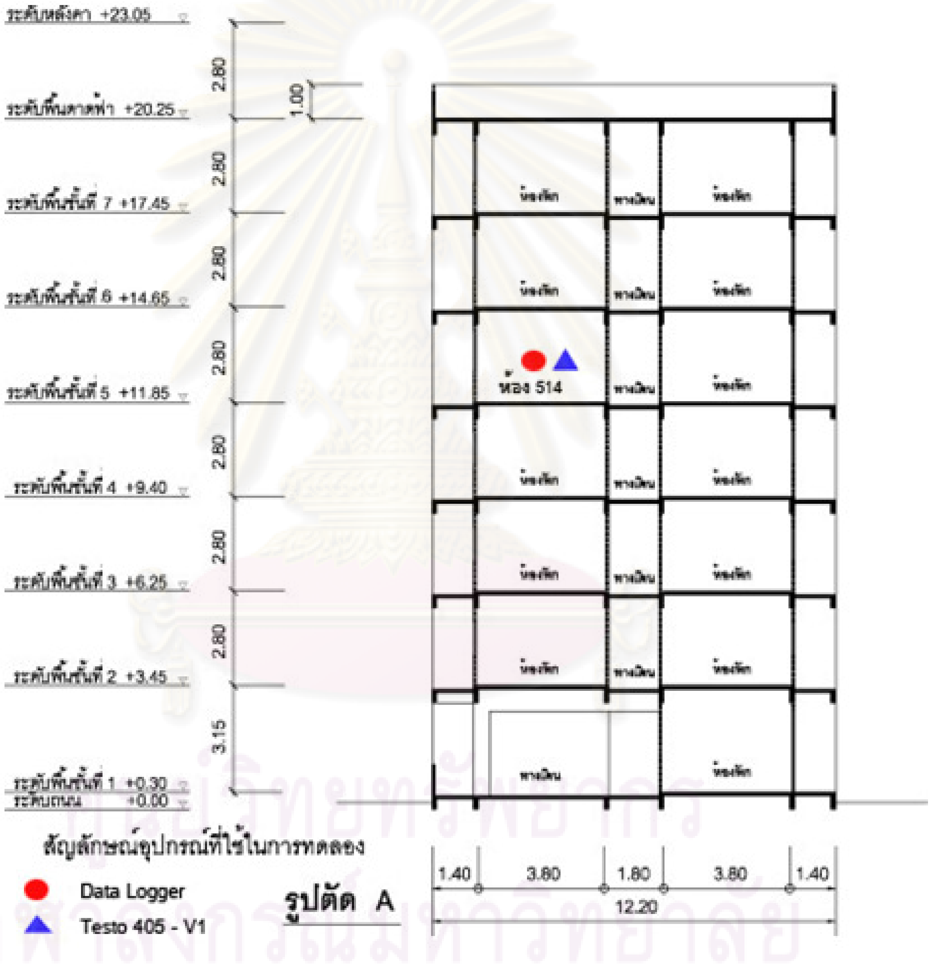
รูปที่ 3-16 การติดตั้งอุปกรณ์เก็บข้อมูลอุณหภูมิอากาศ และความเร็วลม ในการทดลองที่ 1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2) ในการทดลองที่ 2 กำหนดตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์เก็บข้อมูล และหัวสัญญาณ (Sensor) การเก็บข้อมูลในการศึกษาครั้งนี้ แบ่งออกเป็นการเก็บข้อมูลอุณหภูมิอากาศ และความเร็วลม โดยได้กำหนดตำแหน่งสำหรับติดตั้งอุปกรณ์ ดังนี้

- อุณหภูมิภายในห้องพัก 514 โดยติดตั้งอุปกรณ์เก็บข้อมูลที่จุดกึ่งกลางห้อง และสูงจากพื้น 0.10 เมตร

- ความเร็วลมภายในห้องพัก 514 โดยติดตั้งอุปกรณ์เก็บข้อมูลที่จุดกึ่งกลางห้อง และสูงจากพื้น 0.90 เมตร



รูปที่ 3-17 การติดตั้งอุปกรณ์เก็บข้อมูลอุณหภูมิอากาศ และความเร็วลม ในการทดลองที่ 2

3.4.4 การกำหนดช่วงเวลาที่ใช้เก็บข้อมูล

1) ในการทดลองที่ 1 และ 2 กำหนดช่วงเวลาเก็บข้อมูล 24 ชั่วโมง โดยให้เครื่องบันทึกข้อมูลทุก 30 นาที โดยเริ่มตั้งแต่วันที่ 30 ธันวาคม พ.ศ. 2553 เวลา 18.00 น. ถึงวันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2553 เวลา 17.30 น.

3.4.5 วิธีการทดลอง

3.4.5.1 ทำการวัด อุณหภูมิและความเร็วลมของจุดต่างๆ ภายในห้องพักและปล่องระบายอากาศ เป็นระยะเวลา 1 วัน โดยวัดและบันทึกค่าอุณหภูมิและความเร็วลมทุก 30 นาที

3.4.5.2 บันทึกผลและวิเคราะห์เปรียบเทียบข้อมูลอุณหภูมิ และความเร็วลมที่วัดได้ของห้องพักที่มีการติดตั้งปล่องระบายอากาศ กับห้องพักแบบเดิมที่มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติ

1) การวิเคราะห์เปรียบเทียบอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ

2) การวิเคราะห์เปรียบเทียบความเร็วลม ณ ตำแหน่งต่างๆ

3) การวิเคราะห์เปรียบเทียบอัตราการระบายอากาศภายในห้องพักของอาคารอยู่อาศัยรวมกรณีศึกษา ที่เกิดจากการติดตั้งปล่องระบายอากาศ กับห้องพักแบบเดิม

3.4.5.3 บันทึกผลและวิเคราะห์เปรียบเทียบข้อมูลอุณหภูมิ และความเร็วลมที่วัดได้ของห้องพักที่มีการติดตั้งปล่องระบายอากาศ กับข้อมูลที่ได้จากการคำนวณโดยสมการ 3.1

1) การวิเคราะห์เปรียบเทียบอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่างๆ

2) การวิเคราะห์เปรียบเทียบความเร็วลม ณ ตำแหน่งต่างๆ

3) การวิเคราะห์เปรียบเทียบอัตราการระบายอากาศภายในห้องพักของอาคารอยู่อาศัยรวมกรณีศึกษา ที่เกิดจากการติดตั้งปล่องระบายอากาศ กับข้อมูลที่ได้จากการคำนวณโดยสมการ 3.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

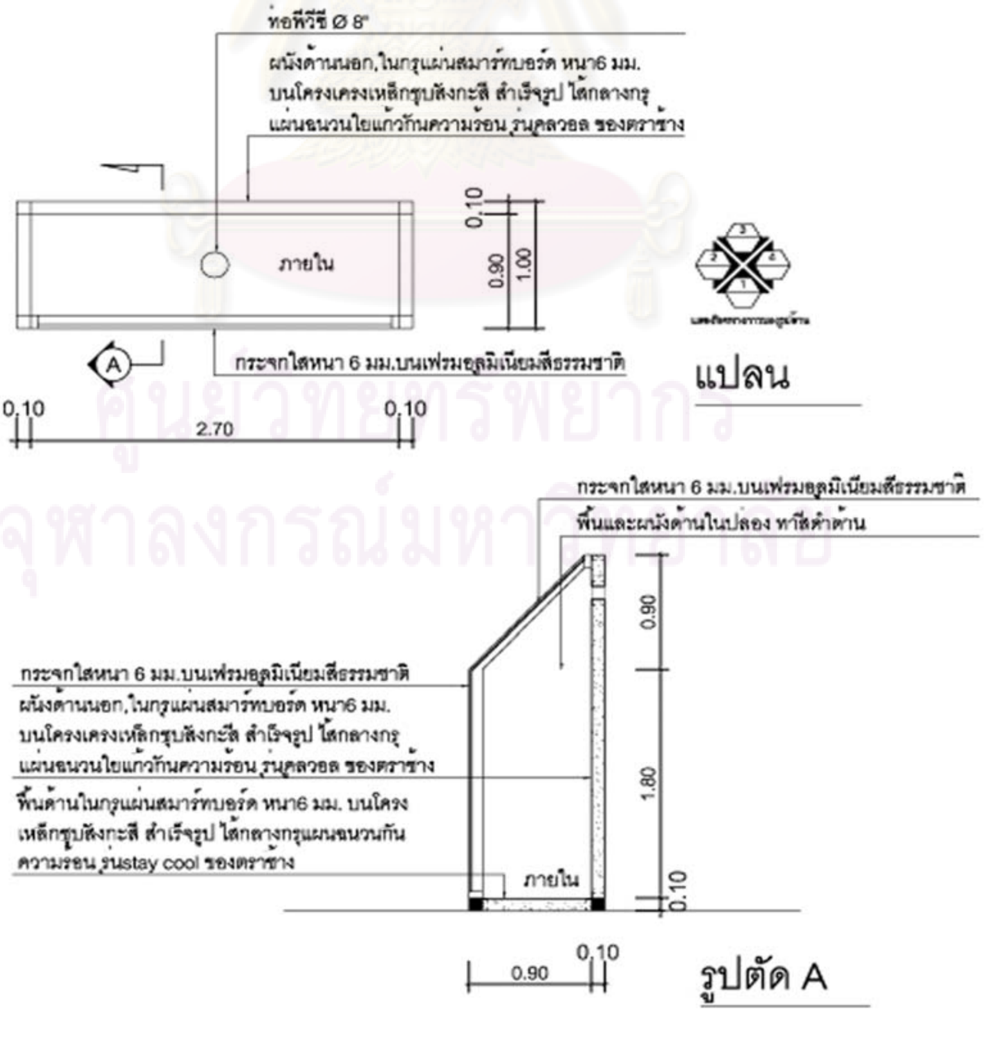
ผลการทดลอง

4.1 ผลการวิจัยจากอาคารอยู่อาศัยรวม

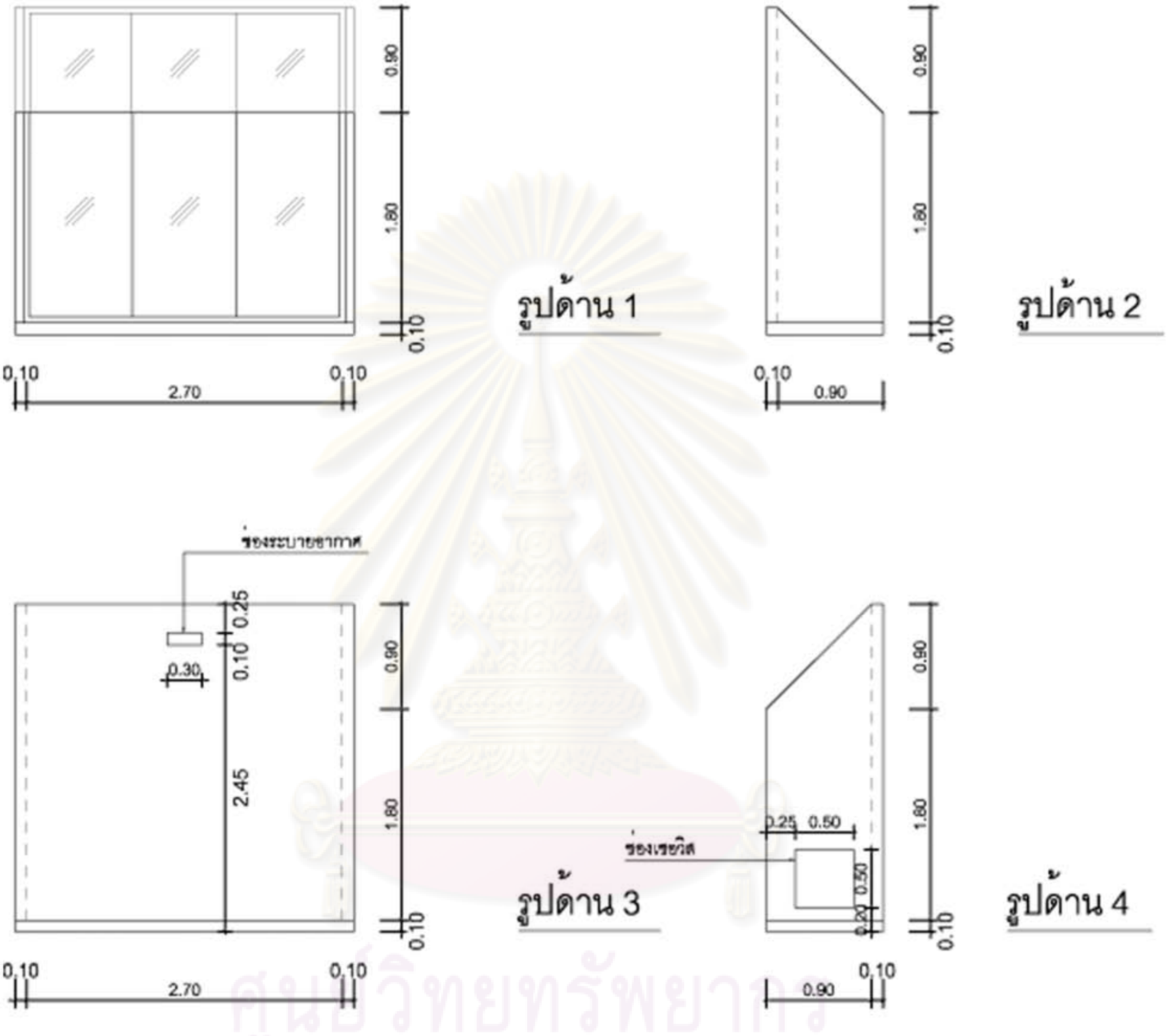
การทดลองในงานวิจัยนี้ แบ่งออกเป็น 3 การทดลองและได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

4.1.1 การทดลองที่ 1

การทดลองเพื่อหาอัตราการระบายอากาศจริง หลังจากมีการติดตั้งท่อระบายอากาศในห้องพัก โดยเริ่มต้นด้วยการก่อสร้างปล่องระบายอากาศขนาด กว้าง 1.00 ม. ยาว 2.90 ม. สูง 2.80 ม.ซึ่งมีผนังด้านทิศเหนือ ทิศตะวันออก ทิศตะวันตกเป็นผนังทึบโดยมีการเจาะช่องเปิดขนาด 0.10 x 0.30 เมตร บริเวณกึ่งกลางผนัง และสูงจากพื้น 2.45 เมตร ส่วนผนังทิศใต้กับหลังคาเป็นผนังกระจกใสหนา 6 ม.ม.โดยติดตั้งปล่องบนดาดฟ้าอาคารและเชื่อมต่อท่อระบายอากาศพีวีซี ขนาด Ø 8 นิ้ว ยาว 10 ม. มายังห้องพักที่ใช้เป็นห้องทดลอง จากนั้นทำการเก็บข้อมูล อันได้แก่ อุณหภูมิอากาศ, ความเร็วลม และอัตราการระบายอากาศที่เกิดขึ้นจริงในห้องพัก



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4-1 แบบแปลน รูปด้าน และรูปตัดของปล่องระบายอากาศ

รูปที่ 4-2 ปล่องระบายอากาศ และท่อระบายอากาศที่ใช้ในการทดลองที่ 1

4.1.1.1 วิธีการทดลองที่ 1

การทดลองเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการเกิดการระบายอากาศภายในห้องทดลองโดยบันทึกค่าอุณหภูมิและความเร็วลมตามตำแหน่งที่ระบุในรูป 4-2 ทุก ๆ 30 นาที เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งในการบันทึกค่าแต่ละครั้งจะทำการจดค่าความเร็วลมทุกๆ 5 วินาที เป็นจำนวน 30 ครั้งจากนั้นนำผลที่ได้มาสรุปหาค่าเฉลี่ยความเร็วลมที่เกิดขึ้น

4.1.1.2 ผลการทดลองที่ 1

วัน	เวลา	อุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ (°C)			ความเร็วลม (m/s) ด้านหน้าท่อระบายอากาศ
		ห้อง 512	ดาดฟ้า	ปล่องกระจก	ภายในห้อง 512
12/30/10	18:00	27.91	32.34	37.88	0.62
12/30/10	18:30	27.91	29.91	32.76	0.05
12/30/10	19:00	27.91	29.50	29.91	0.01
12/30/10	19:30	27.91	28.71	28.71	0.04
12/30/10	20:00	27.91	28.31	27.91	0.02
12/30/10	20:30	27.91	27.91	27.12	0.05
12/30/10	21:00	27.91	27.12	26.73	0.04
12/30/10	21:30	27.91	27.12	26.34	0.08
12/30/10	22:00	27.91	26.73	26.34	0.25
12/30/10	22:30	27.91	26.34	26.34	0.22
12/30/10	23:00	27.52	25.56	25.95	0.32
12/30/10	23:30	27.52	25.17	25.56	0.60
12/31/10	0:00	27.52	24.79	25.17	0.49
12/31/10	0:30	27.52	24.40	24.79	0.58
12/31/10	1:00	27.12	24.01	24.40	0.60
12/31/10	1:30	27.12	23.63	24.40	0.56
12/31/10	2:00	27.12	23.24	23.63	0.57
12/31/10	2:30	27.12	22.86	23.24	0.41
12/31/10	3:00	27.12	22.48	22.86	0.24
12/31/10	3:30	27.12	22.09	22.48	0.44
12/31/10	4:00	26.73	21.71	22.48	0.71
12/31/10	4:30	26.73	21.33	22.48	0.87

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

12/31/10	5:00	26.34	20.95	22.48	0.90
12/31/10	5:30	25.95	20.95	22.09	0.79
12/31/10	6:00	25.95	20.95	22.09	0.67
12/31/10	6:30	26.34	20.57	22.09	0.61
12/31/10	7:00	26.34	20.57	22.09	0.70
12/31/10	7:30	26.34	22.09	26.34	1.11
12/31/10	8:00	26.73	23.63	35.70	1.02
12/31/10	8:30	28.71	25.56	43.91	1.28
12/31/10	9:00	27.91	27.12	50.67	1.49
12/31/10	9:30	27.52	28.31	55.97	1.62
12/31/10	10:00	27.52	30.31	60.59	1.36
12/31/10	10:30	27.52	32.76	65.01	1.54
12/31/10	11:00	27.52	34.43	70.88	1.05
12/31/10	11:30	27.52	35.70	74.69	1.10
12/31/10	12:00	27.52	37.00	75.71	0.90
12/31/10	12:30	27.52	39.67	76.76	1.17
12/31/10	13:00	27.52	38.77	74.69	1.01
12/31/10	13:30	27.52	39.67	74.69	1.07
12/31/10	14:00	27.52	40.59	73.71	0.79
12/31/10	14:30	27.52	38.32	67.42	1.32
12/31/10	15:00	27.91	41.05	72.74	1.32
12/31/10	15:30	27.91	38.77	69.11	1.41
12/31/10	16:00	27.91	39.22	71.80	1.55
12/31/10	16:30	27.91	37.44	61.29	1.42
12/31/10	17:00	27.91	33.59	50.11	1.02
12/31/10	17:30	27.91	31.12	41.05	0.66

ตารางที่ 4-1 ผลการทดลองค่าอุณหภูมิและค่าความเร็วลมเฉลี่ย ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ในการทดลองที่ 1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วัน	เวลา	อุณหภูมิ (°C)		ΔT (°C) ของห้อง 512 และปล่องกระจก	ความเร็วลม (m/s) ด้านหน้าท่อระบายอากาศภายในห้อง 512
		ห้อง 512	ปล่องกระจก		
12/30/10	18:00	27.91	37.88	-9.97	0.62
12/30/10	18:30	27.91	32.76	-4.84	0.05
12/30/10	19:00	27.91	29.91	-1.99	0.01
12/30/10	19:30	27.91	28.71	-0.79	0.04
12/30/10	20:00	27.91	27.91	0.00	0.02
12/30/10	20:30	27.91	27.12	0.79	0.05
12/30/10	21:00	27.91	26.73	1.18	0.04
12/30/10	21:30	27.91	26.34	1.57	0.08
12/30/10	22:00	27.91	26.34	1.57	0.25
12/30/10	22:30	27.91	26.34	1.57	0.22
12/30/10	23:00	27.52	25.95	1.57	0.32
12/30/10	23:30	27.52	25.56	1.96	0.60
12/31/10	0:00	27.52	25.17	2.34	0.49
12/31/10	0:30	27.52	24.79	2.73	0.58
12/31/10	1:00	27.12	24.40	2.72	0.60
12/31/10	1:30	27.12	24.40	2.72	0.56
12/31/10	2:00	27.12	23.63	3.49	0.57
12/31/10	2:30	27.12	23.24	3.88	0.41
12/31/10	3:00	27.12	22.86	4.26	0.24
12/31/10	3:30	27.12	22.48	4.64	0.44
12/31/10	4:00	26.73	22.48	4.26	0.71
12/31/10	4:30	26.73	22.48	4.26	0.87
12/31/10	5:00	26.34	22.48	3.86	0.90

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

12/31/10	5:30	25.95	22.09	3.86	0.79
12/31/10	6:00	25.95	22.09	3.86	0.67
12/31/10	6:30	26.34	22.09	4.24	0.61
12/31/10	7:00	26.34	22.09	4.24	0.70
12/31/10	7:30	26.34	26.34	0.00	1.11
12/31/10	8:00	26.73	35.70	-8.97	1.02
12/31/10	8:30	28.71	43.91	-15.20	1.28
12/31/10	9:00	27.91	50.67	-22.76	1.49
12/31/10	9:30	27.52	55.97	-28.45	1.62
12/31/10	10:00	27.52	60.59	-33.07	1.36
12/31/10	10:30	27.52	65.01	-37.49	1.54
12/31/10	11:00	27.52	70.88	-43.37	1.05
12/31/10	11:30	27.52	74.69	-47.18	1.10
12/31/10	12:00	27.52	75.71	-48.19	0.90
12/31/10	12:30	27.52	76.76	-49.24	1.17
12/31/10	13:00	27.52	74.69	-47.18	1.01
12/31/10	13:30	27.52	74.69	-47.18	1.07
12/31/10	14:00	27.52	73.71	-46.19	0.79
12/31/10	14:30	27.52	67.42	-39.90	1.32
12/31/10	15:00	27.91	72.74	-44.83	1.32
12/31/10	15:30	27.91	69.11	-41.20	1.41
12/31/10	16:00	27.91	71.80	-43.89	1.55
12/31/10	16:30	27.91	61.29	-33.38	1.42
12/31/10	17:00	27.91	50.11	-22.20	1.02
12/31/10	17:30	27.91	41.05	-13.14	0.66
ค่าเฉลี่ย				**16.59**	**0.76**

ตารางที่ 4-2 ความแตกต่างของอุณหภูมิที่ห้องทดลองและปล่องกระจก (ΔT) และความเร็วลมในห้อง 512

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากตารางที่ 4.1และ 4.2 ผลการทดลองทำให้ทราบว่าอุณหภูมิของอากาศที่ปล่องกระจกบริเวณดาดฟ้ามีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศภายในห้อง 512 ในช่วงเวลา 8.30 น. ถึง 19.30 น. ดังนั้นจึงเกิดการลอยตัวของอากาศภายในห้อง 512 ผ่านท่อระบายอากาศขึ้นไปยังปล่องระบายอากาศกระจกบริเวณชั้นดาดฟ้า โดยที่ความเร็วลมที่เกิดขึ้นภายในห้อง 512 แปรผันตามความแตกต่างของอุณหภูมิที่เกิดขึ้น

ความเร็วลมภายในห้อง 512 จะมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นถ้าผลต่างของอุณหภูมิเพิ่มขึ้นและจะมีปริมาณลดลงถ้าผลต่างของอุณหภูมิน้อยลง

อัตราการระบายอากาศที่เกิดขึ้นในห้องทดลองนั้น ได้มาจากการวัดความเร็วลม (m/s) ที่เกิดขึ้นในห้องทดลอง ในบริเวณด้านหน้าท่อระบายอากาศ แล้วทำการคำนวณให้เป็นอัตราการะบายอากาศด้วยการคูณพื้นที่หน้าตัดของท่อระบายอากาศเข้าไป ตามสมการที่ 4.1 จึงได้ผลการทดลอง ดังตารางที่ 4.3

สมการคำนวณหาอัตราการระบายอากาศที่เกิดจากปล่องระบายอากาศ (สมการ 4.1)

$$Q = A^* \cdot V$$

(ที่มา: Olgyay, 1961: 104)

โดยที่ Q = อัตราการระบายอากาศ (m^3/s)

A* = ผลคูณของพื้นที่ช่องเปิดกับสัมประสิทธิ์ความฝืดของช่องเปิด (m^2)

V = อัตราเร็วลม (m/s)

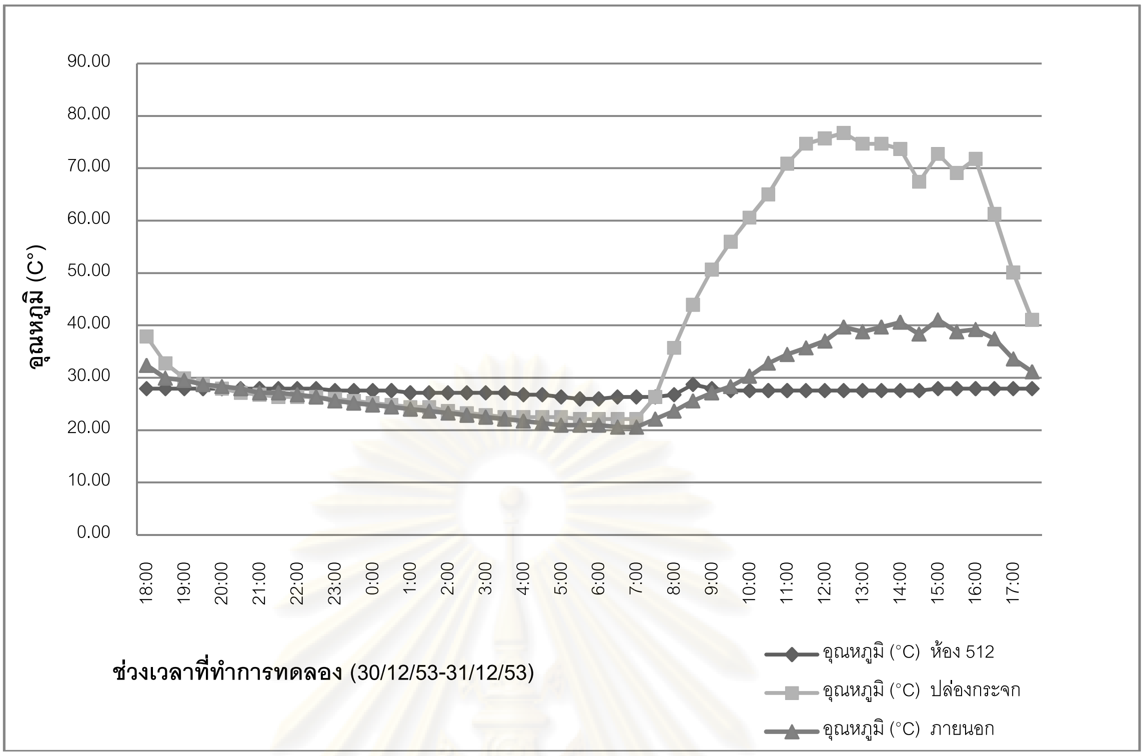
วัน	เวลา	ΔT (°C) ของห้อง 512 และปล่องกระจก	ความเร็วลม (m/s) ด้านหน้าท่อระบายอากาศภายในห้อง 512	พื้นที่หน้าตัดท่อระบายอากาศ (m^2)	อัตราการระบายอากาศ (m^3/s)
12/30/10	18:00	-9.97	0.62	0.031	0.019
12/30/10	18:30	-4.84	0.05	0.031	0.002
12/30/10	19:00	-1.99	0.01	0.031	0.000
12/30/10	19:30	-0.79	0.04	0.031	0.001
12/30/10	20:00	0.00	0.02	0.031	0.001
12/30/10	20:30	0.79	0.05	0.031	0.002
12/30/10	21:00	1.18	0.04	0.031	0.001
12/30/10	21:30	1.57	0.08	0.031	0.002
12/30/10	22:00	1.57	0.25	0.031	0.008
12/30/10	22:30	1.57	0.22	0.031	0.007
12/30/10	23:00	1.57	0.32	0.031	0.010
12/30/10	23:30	1.96	0.60	0.031	0.019
12/31/10	0:00	2.34	0.49	0.031	0.015
12/31/10	0:30	2.73	0.58	0.031	0.018
12/31/10	1:00	2.72	0.60	0.031	0.019
12/31/10	1:30	2.72	0.56	0.031	0.017
12/31/10	2:00	3.49	0.57	0.031	0.018
12/31/10	2:30	3.88	0.41	0.031	0.013
12/31/10	3:00	4.26	0.24	0.031	0.007
12/31/10	3:30	4.64	0.44	0.031	0.014
12/31/10	4:00	4.26	0.71	0.031	0.022
12/31/10	4:30	4.26	0.87	0.031	0.027
12/31/10	5:00	3.86	0.90	0.031	0.028

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

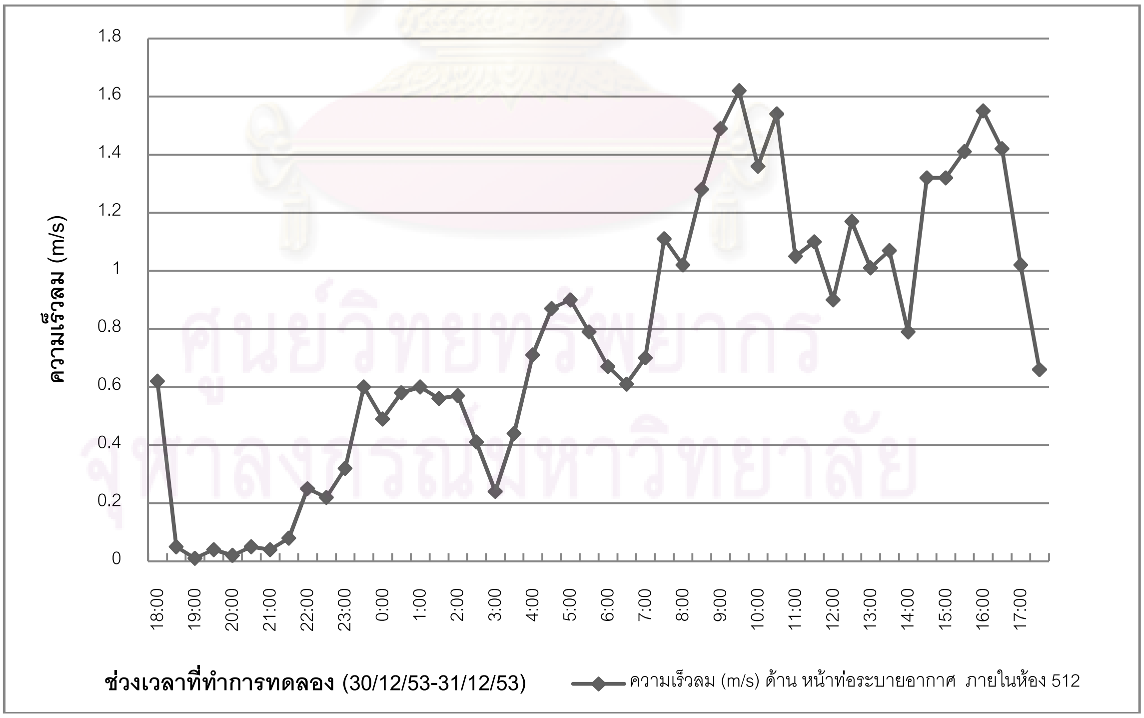
12/31/10	5:30	3.86	0.79	0.031	0.024
12/31/10	6:00	3.86	0.67	0.031	0.021
12/31/10	6:30	4.24	0.61	0.031	0.019
12/31/10	7:00	4.24	0.70	0.031	0.022
12/31/10	7:30	0.00	1.11	0.031	0.034
12/31/10	8:00	-8.97	1.02	0.031	0.032
12/31/10	8:30	-15.20	1.28	0.031	0.040
12/31/10	9:00	-22.76	1.49	0.031	0.046
12/31/10	9:30	-28.45	1.62	0.031	0.050
12/31/10	10:00	-33.07	1.36	0.031	0.042
12/31/10	10:30	-37.49	1.54	0.031	0.048
12/31/10	11:00	-43.37	1.05	0.031	0.033
12/31/10	11:30	-47.18	1.10	0.031	0.034
12/31/10	12:00	-48.19	0.90	0.031	0.028
12/31/10	12:30	-49.24	1.17	0.031	0.036
12/31/10	13:00	-47.18	1.01	0.031	0.031
12/31/10	13:30	-47.18	1.07	0.031	0.033
12/31/10	14:00	-46.19	0.79	0.031	0.024
12/31/10	14:30	-39.90	1.32	0.031	0.041
12/31/10	15:00	-44.83	1.32	0.031	0.041
12/31/10	15:30	-41.20	1.41	0.031	0.044
12/31/10	16:00	-43.89	1.55	0.031	0.048
12/31/10	16:30	-33.38	1.42	0.031	0.044
12/31/10	17:00	-22.20	1.02	0.031	0.032
12/31/10	17:30	-13.14	0.66	0.031	0.020
ค่าเฉลี่ย		**16.59**	**0.76**	**0.031**	**0.024**

ตารางที่ 4-3 ความเร็วลมและอัตราการระบายอากาศที่ห้อง 512

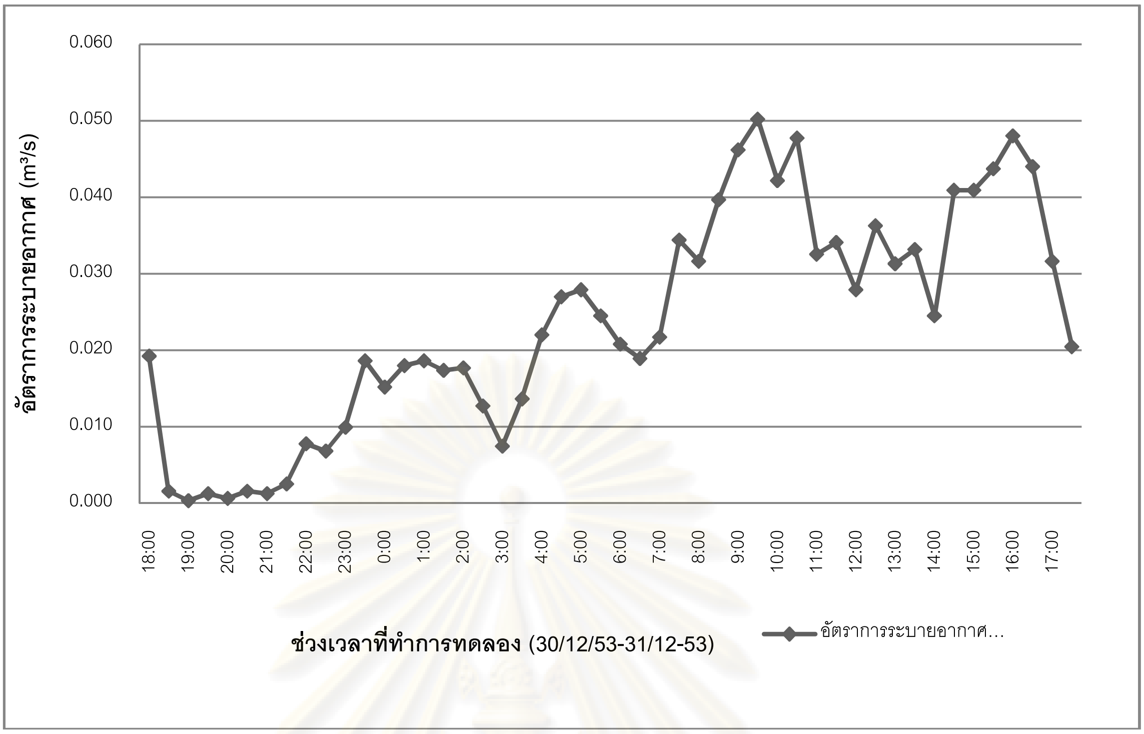
ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4-3 แสดงอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ในการทดลองที่ 1



รูปที่ 4-4 แสดงความเร็วลมบริเวณปากท่อระบายอากาศภายในห้อง 512



รูปที่ 4-5 แสดงอัตราการระบายอากาศในห้อง 512

4.1.2 การทดลองที่ 2

การทดลองเพื่อหาอัตราการระบายอากาศ ของห้อง 514 ซึ่งเป็นห้องพักแบบดั้งเดิม และเป็นห้องพักที่ติดกับห้องทดลองที่ใช้ในการทดลองที่ 1และมีรูปแบบ ลักษณะ และสภาพแวดล้อมทั้งภายใน และภายนอกเหมือนกับห้อง 512 โดยทำการเก็บข้อมูล อันได้แก่ อุณหภูมิอากาศ, ความเร็วลม และอัตราการระบายอากาศที่เกิดขึ้นจริงในห้อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.2.1 วิธีการทดลองที่ 2

การทดลองเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการเกิดการระบายอากาศภายในห้องทดลองโดยบันทึกค่าอุณหภูมิและความเร็วลมตามตำแหน่งที่ระบุในรูป 4-6 ทุกๆ 30 นาที เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งในการบันทึกค่าแต่ละครั้งจะทำการจดค่าความเร็วลมทุกๆ 5 วินาทีเป็นจำนวน 30 ครั้งจากนั้นนำผลที่ได้มาสรุปหาค่าเฉลี่ยความเร็วลมที่เกิดขึ้น

วัน	เวลา	อุณหภูมิ (°C) ห้อง 514	ความเร็วลม (m/s) ห้อง 514	พื้นที่ช่องระบายอากาศ (m^2)	อัตราการระบายอากาศ (m^3/s) ห้อง 514
12/30/10	18:00	27.31	0.01	0.67	0.003
12/30/10	18:30	27.31	0.01	0.67	0.003
12/30/10	19:00	27.31	0.00	0.67	0.000
12/30/10	19:30	27.31	0.01	0.67	0.003
12/30/10	20:00	27.31	0.02	0.67	0.007
12/30/10	20:30	27.46	0.01	0.67	0.003
12/30/10	21:00	27.61	0.01	0.67	0.003
12/30/10	21:30	27.61	0.01	0.67	0.003
12/30/10	22:00	27.61	0.02	0.67	0.007
12/30/10	22:30	27.51	0.01	0.67	0.003
12/30/10	23:00	27.42	0.00	0.67	0.000
12/30/10	23:30	27.42	0.01	0.67	0.003
12/31/10	0:00	27.42	0.01	0.67	0.003
12/31/10	0:30	27.27	0.02	0.67	0.007
12/31/10	1:00	27.12	0.01	0.67	0.003
12/31/10	1:30	27.17	0.01	0.67	0.003
12/31/10	2:00	27.22	0.02	0.67	0.007
12/31/10	2:30	27.22	0.01	0.67	0.003

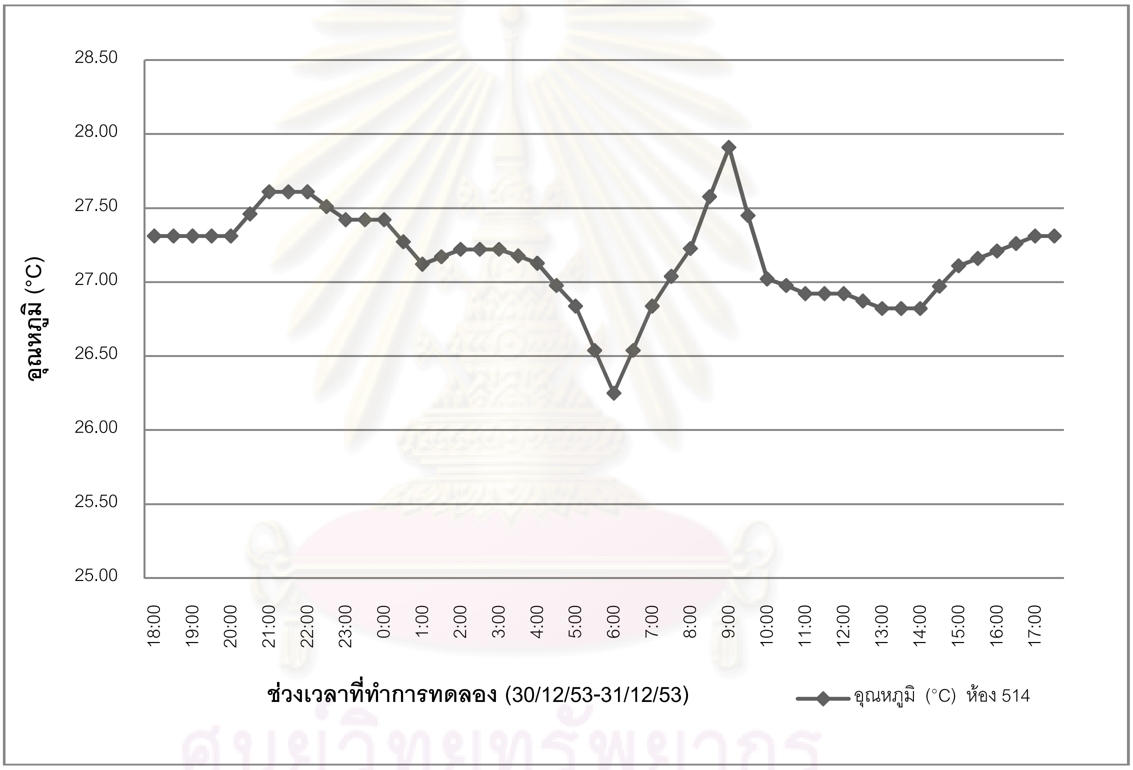
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

12/31/10	3:00	27.22	0.01	0.67	0.003
12/31/10	3:30	27.18	0.00	0.67	0.000
12/31/10	4:00	27.13	0.01	0.67	0.003
12/31/10	4:30	26.98	0.01	0.67	0.003
12/31/10	5:00	26.84	0.02	0.67	0.007
12/31/10	5:30	26.54	0.01	0.67	0.003
12/31/10	6:00	26.25	0.01	0.67	0.003
12/31/10	6:30	26.54	0.01	0.67	0.003
12/31/10	7:00	26.84	0.02	0.67	0.007
12/31/10	7:30	27.04	0.01	0.67	0.003
12/31/10	8:00	27.23	0.01	0.67	0.003
12/31/10	8:30	27.58	0.00	0.67	0.000
12/31/10	9:00	27.91	0.01	0.67	0.003
12/31/10	9:30	27.45	0.01	0.67	0.003
12/31/10	10:00	27.02	0.02	0.67	0.007
12/31/10	10:30	26.98	0.01	0.67	0.003
12/31/10	11:00	26.92	0.00	0.67	0.000
12/31/10	11:30	26.92	0.01	0.67	0.003
12/31/10	12:00	26.92	0.02	0.67	0.007
12/31/10	12:30	26.87	0.01	0.67	0.003
12/31/10	13:00	26.82	0.01	0.67	0.003
12/31/10	13:30	26.82	0.02	0.67	0.007
12/31/10	14:00	26.82	0.01	0.67	0.003
12/31/10	14:30	26.97	0.00	0.67	0.000
12/31/10	15:00	27.11	0.01	0.67	0.003
12/31/10	15:30	27.16	0.01	0.67	0.003

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

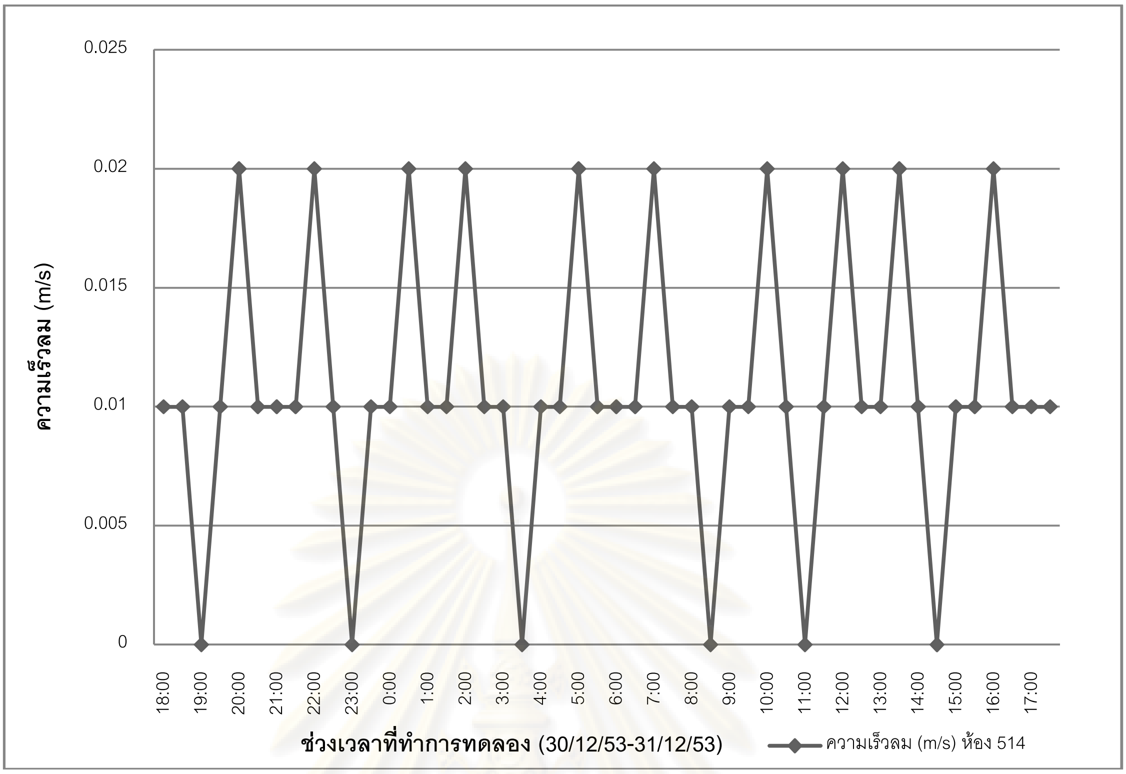
12/31/10	16:00	27.21	0.02	0.67	0.007
12/31/10	16:30	27.26	0.01	0.67	0.003
12/31/10	17:00	27.31	0.01	0.67	0.003
12/31/10	17:30	27.31	0.01	0.67	0.003
ค่าเฉลี่ย		**27.16**	**0.01**	**0.67**	**0.004**

ตารางที่ 4-4 ผลการทดลองค่าอุณหภูมิ ค่าความเร็วลมเฉลี่ย และอัตราการระบายอากาศ ในการทดลองที่ 2

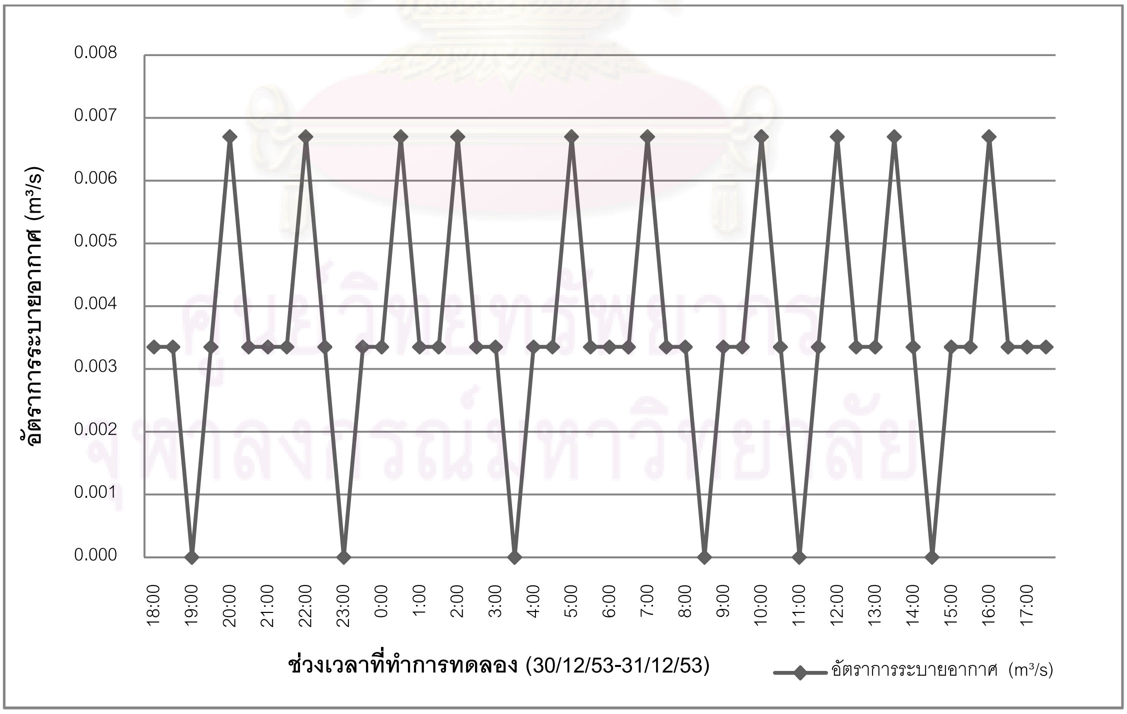


รูปที่ 4-7 แสดงอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ในการทดลองที่ 2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4-8 แสดงความเร็วลมภายในห้อง 514



รูปที่ 4-9 แสดงอัตราการระบายอากาศในห้อง 514

4.1.3 การทดลองที่ 3

การทดลองที่ 3 เป็นการคำนวณหา ค่าอุณหภูมิภายในปล่องกระจก ขนาด และรูปแบบของปล่องกระจกที่บริเวณดาดฟ้าอาคาร โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อทำให้ห้องทดลองมีอัตราการระบายอากาศที่ดีขึ้น และสามารถระบายอากาศจากภายในห้องไปสู่ภายนอกได้ไม่น้อยกว่า 7 เท่าของปริมาตรห้องภายใน 1 ชั่วโมง ตามข้อกำหนดของพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร เรื่องอัตราการระบายอากาศในห้องพักโรงแรมหรืออาคารชุด ตามตารางที่ 2-5

ลำดับ	สถานที่ (ประเภทการใช้)	อัตราการระบายอากาศ ไม่น้อยกว่าจำนวนเท่าของปริมาตรของห้องใน 1 ชั่วโมง
1	ห้องน้ำ ห้องส้วมของที่พักอาศัยหรือสำนักงาน	2
2	ห้องน้ำ ห้องส้วมของอาคารสาธารณะ	4
3	ที่จอดรถที่อยู่ต่ำกว่าระดับพื้นดิน	4
4	โรงงาน	4
5	โรงมหรสพ	4
6	อาคารพาณิชย์	4
7	ห้างสรรพสินค้า	4
8	สถานที่จำหน่ายอาหารและเครื่องดื่ม	7
9	สำนักงาน	7
10	ห้องพักในโรงแรมหรืออาคารชุด	7
11	ห้องครัวของที่พักอาศัย	12
12	ห้องครัวของสถานที่จำหน่ายอาหารและเครื่องดื่ม	24

ตารางที่ 2-5 อัตราการระบายอากาศโดยวิธีกลภายในห้องต่าง ๆ
(ที่มา: กฎกระทรวงฉบับที่ 39 ในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร, 2522)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปริมาตรของห้องพักในอาคารอยู่อาศัยรวมกรณีศึกษา คือ14.62 ม² x 2.7 ม. = 39.47 ม³ และอัตราการระบายอากาศของห้องพักในอาคารชุด ต้องมีจำนวนไม่น้อยกว่า 7 เท่าของปริมาตรห้องใน 1 ชั่วโมง ทำให้ได้ข้อสรุปว่าอัตราการระบายอากาศภายในห้องพักที่เราต้องการคือ 276.318 m^3/hr หรือ 0.077 m^3/s แต่เนื่องมาจากรูปแบบและลักษณะของห้องพักที่นำมาใช้ในการทดลองมีอัตราการระบายอากาศอันเนื่องมาจากช่องเปิดเดิม ซึ่งเมื่อทำการเก็บข้อมูลเบื้องต้นของค่าความเร็วลมภายในห้อง พื้นที่ช่องเปิดเดิม เพื่อนำมาใช้ในสมการคำนวณหาอัตราการระบายอากาศภายในอาคารที่เกิดจากแรงลม พบว่าห้องทดลองแบบเดิมมีอัตราการระบายอากาศ 0.013 m^3/s ดังนั้น เพื่อทำให้ห้องทดลองมีอัตราการระบายที่เหมาะสมตามที่กฎหมายกำหนด ทำให้ต้องออกแบบปล่องระบายอากาศที่สามารถระบายอากาศได้เพิ่มขึ้น 0.064 m^3/s

4.1.3.1 สมการคำนวณหาอัตราการระบายอากาศที่เกิดจากปล่องระบายอากาศ (สมการ 4.1)

$$Q = (Cd)(A)\sqrt{2\,(g)\,(\Delta Hnpl)\,\frac{(Ti - To)}{Ti}}$$

ที่มา: (ASHRAE, 2001: 26.11)

โดยที่ Q คือ อัตราการระบายอากาศที่เกิดจากปล่องระบายอากาศ (SI Units: ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)

C_d คือ ค่าสัมประสิทธิ์มีค่าเท่ากับ 0.40+0.0045 | $T_i - T_o$ |

A คือ ขนาดพื้นที่ช่องเปิดลมเข้า (SI Units: ตารางเมตร)

g คือ ค่าแรงโน้มถ่วง มีค่าเท่ากับ 9.865 เมตรต่อวินาที²

H_{npl} คือ ระดับความสูงระหว่างทางเข้าของอากาศถึงทางออกของอากาศ (SI Units: เมตร)

T_o คือ อุณหภูมิอากาศภายนอกอาคาร (SI Units: เคลวิน)

T_i คือ อุณหภูมิอากาศภายในอาคารที่ความสูง H_{NPL} (SI Units: เคลวิน)

Cd	A	g	ΔHnpl	To			Ti			ΔT	ΔT	Q
	m²	m/s²	m	˚C	˚F	˚K	˚C	˚F	˚K	˚F	˚C	m³/s
0.52	0.031	9.86	10	29.44	85	302	55.56	132	329	47	26.12	0.064
อัตราการระบายอากาศ แบบปล่องภายในห้อง 512												0.064

ตารางที่ 4-5 แสดงการเก็บข้อมูลอุณหภูมิอากาศภายในห้อง และอุณหภูมิภายนอก เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบปล่องระบายอากาศที่ใช้ในการทดลอง

* หมายเหตุ

พื้นที่ช่องเปิดลมเข้า (A_I) ใช้ท่อระบายอากาศขนาด Ø 0.2 m. จำนวน 1 ท่อ มีพื้นที่หน้าตัดรวม 0.031 m^2

พื้นที่ช่องเปิดลมออก (A_o) เจาะช่องเปิดบริเวณปล่องกระจก ต้องมีพื้นที่หน้าตัดอย่างน้อยเท่ากับพื้นที่ลมเข้า คือ 0.031 m^2

จากตารางที่ 4-5 ทำให้ได้ข้อสรุปว่า ผลต่างของอุณหภูมิภายในห้องพักกับปล่องกระจกบริเวณดาดฟ้าที่ต้องการคือ 47 °F (26.12 °C) และจากการเก็บข้อมูลเบื้องต้นเรื่องอุณหภูมิของภายในห้องพัก และภายนอกบริเวณดาดฟ้าพบว่าบริเวณทั้ง 2 ในช่วงเวลากลางวันมีความแตกต่างกันเฉลี่ย 30 °F ดังนั้น จึงต้องออกแบบให้อุณหภูมิภายในปล่องระบายอากาศบริเวณดาดฟ้ามีอุณหภูมิแตกต่างกับอุณหภูมิภายนอกบริเวณดาดฟ้า 17 °F

4.1.3.2 **การออกแบบปล่องระบายอากาศกระจกบริเวณดาดฟ้าอาคาร**

การคำนวณหาขนาด รูปแบบ และวัสดุของปล่องกระจกที่ตั้งบริเวณภายนอกอาคาร ที่สามารถทำให้อุณหภูมิภายในปล่องกระจกสูงกว่าอุณหภูมิภายนอกในบริเวณเดียวกัน 17 °F

สมการคำนวณ ค่าอุณหภูมิภายในปล่องกระจก (สมการ 4.2)

(Internal Temperatures: Passive Solar Heating Performance)

$$T_{PSHP} = T_{monthly\ average} + \Delta T_{solar} + \Delta T_{due}$$

ที่มา: (Mechanical and Eletrical equipment for buildings. 8th edition, 1992)

โดยที่	T_{PSHP}	คือ	ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นภายในปล่องกระจกในช่วงเดือนที่ทดลอง (F°)
	$T_{monthly\ average}$	คือ	ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิอากาศภายนอกของเดือนที่ทดลอง (F°)

Δ T solar	คือ	ผลต่างของค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นภายในปล่องกระจกกับค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิอากาศภายนอก (F°) โดยอ่านค่าได้จากกราฟ 5.17 ที่ละติจูด......., using a direct gain system, LCR = ... LCR = BLC / Ap , BLC = 24 x UAns
Δ T due	คือ	Total internal gains (Btu/day) / BLC + (UAs x 24)
UAns	คือ	ค่า U x A ของผนังด้านต่างๆ ยกเว้นผนังกระจกด้านทิศใต้ + UA ของหลังคา + infiltration loss
Ap	คือ	พื้นที่ผนังกระจกด้านทิศใต้
UAs	คือ	UA ของผนังกระจกด้านทิศใต้
U	คือ	ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม

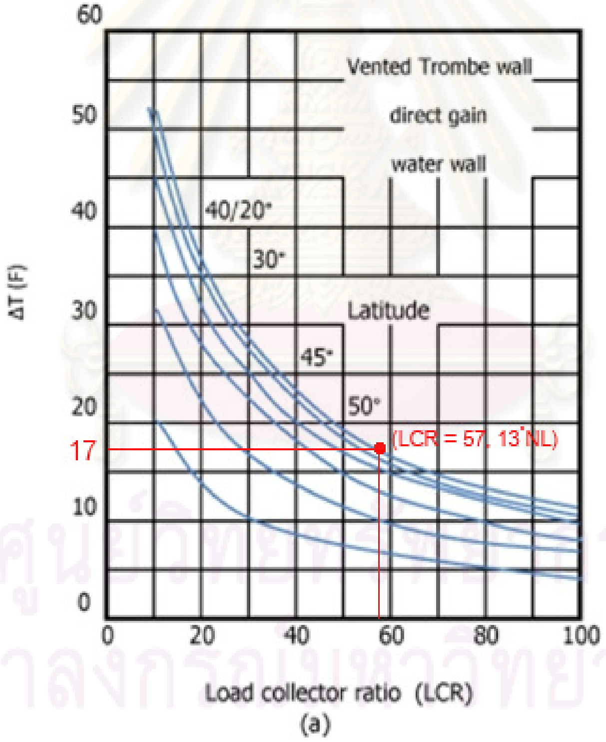


Fig. 5.17 Graphs of "ΔT soear" the temperature difference to be expected between the average inside temperature and the average outside temperature on a clear day. The curve marked " 40/20° " applies to both 40° and 20° latitude. (a) ΔT solar for direct gain, water wall, or vented Tromb wall systems. [From Balcomb et al. (1980).]

รูปที่ 4-10 แสดงการหาค่า Δ T solar หรือ ผลต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยที่เกิดขึ้นภายในปล่องกระจกกับอุณหภูมิเฉลี่ยภายนอก (°F) จากค่าละติจูด และค่า LCR

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.3.2.1 ขั้นตอนการคำนวณ ค่าอุณหภูมิภายในปล่องกระจก (T_{PSHP})

4.1.3.2.1.1 ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิอากาศภายนอก ($T_{monthly\ average}$) ของเดือนธันวาคม คือ 80.24 °F (26.8 °C)

4.1.3.2.1.2 ผลต่างของค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นภายในปล่องกระจกกับค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิอากาศภายนอก อันเนื่องมาจากแสงอาทิตย์ (ΔT_{solar}) (°F)

1) การหาค่า Building load coefficient (BLC)

BLC = 24 x UAns (ค่า U x Aของผนังด้านต่างๆ ยกเว้นผนังกระจกด้านทิศใต้ + UA ของหลังคา + infiltration loss)

	ผนังทิศตอ.	ผนังทิศตต.	ผนังทิศเหนือ	ผนังทิศใต้	หลังคา
ค่า U (Btu/h-ft²-°F)	0.081	0.081	0.081	1.034	0.906
ค่า A (ft²)	22.5	22.5	81	54	38.5
ค่า UA (Btu/h-°F)	1.824	1.824	6.567	55.827	34.871
ค่า h/day	24				
ค่า Infiltration loss (Btu/h-°F)	146.35				
ค่า BLC = 4595 Btu/DD					

ตารางที่ 4-6 แสดงการหาค่า Building load coefficient (BLC)

ผนังทิศตะวันออก (ใช้ผนังสมาร์ทบอร์ด+ฉนวนคูลวอล)		
ค่า R ของแผ่นสมาร์ทบอร์ดหนา 6 มม.	0.071	m²-°C/W
ค่า R ของฉนวนcool wall หนา 7.5 ซม.	1.857	m²-°C/W
ค่า R ของแผ่นสมาร์ทบอร์ดหนา 6 มม.	0.071	m²-°C/W
ค่า R ของฟิล์มอากาศด้านนอก	0.04	m²-°C/W
ค่า R ของฟิล์มอากาศด้านใน	0.120	m²-°C/W
ค่าความต้านทานความร้อนรวม (RT)	2.164	m²-°C/W
ค่า U ของผนังสมาร์ทบอร์ด+ฉนวนคูลวอล	0.462	W/m²-°C
	0.081	Btu/h-ft²-°F

ตารางที่ 4-7 แสดงการหาค่า U ของผนังทิศตะวันออก

ผนังทิศตะวันตก (ใช้ผนังสมาร์ทบอร์ด+ฉนวนคูลวอล)		
ค่า R ของแผ่นสมาร์ทบอร์ดหนา 6 มม.	0.071	m^2-°C/W
ค่า R ของฉนวนcool wall หนา 7.5 ซม.	1.857	m^2-°C/W
ค่า R ของแผ่นสมาร์ทบอร์ดหนา 6 มม.	0.071	m^2-°C/W
ค่า R ของฟิล์มอากาศด้านนอก	0.04	m^2-°C/W
ค่า R ของฟิล์มอากาศด้านใน	0.120	m^2-°C/W
ค่าความต้านทานความร้อนรวม (RT)	2.164	m^2-°C/W
ค่า U ของผนังสมาร์ทบอร์ด+ฉนวนคูลวอล	0.462	W/m^2-°C
	0.081	Btu/h-ft^2-°F

ตารางที่ 4-8 แสดงการหาค่า U ของผนังทิศตะวันตก

ผนังทิศเหนือ (ใช้ผนังสมาร์ทบอร์ด+ฉนวนคูลวอล)		
ค่า R ของแผ่นสมาร์ทบอร์ดหนา 6 มม.	0.071	m^2-°C/W
ค่า R ของฉนวนcool wall หนา 7.5 ซม.	1.857	m^2-°C/W
ค่า R ของแผ่นสมาร์ทบอร์ดหนา 6 มม.	0.071	m^2-°C/W
ค่า R ของฟิล์มอากาศด้านนอก	0.04	m^2-°C/W
ค่า R ของฟิล์มอากาศด้านใน	0.120	m^2-°C/W
ค่าความต้านทานความร้อนรวม (RT)	2.164	m^2-°C/W
ค่า U ของผนังสมาร์ทบอร์ด+ฉนวนคูลวอล	0.462	W/m^2-°C
	0.081	Btu/h-ft^2-°F

ตารางที่ 4-9 แสดงการหาค่า U ของผนังทิศเหนือ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผนังทิศใต้ (ใช้ผนังกระจกใส หนา 6 มม.)		
ค่า R ของกระจกใสหนา 6 มม.	0.006	m^2-°C/W
ค่า R ของฟิล์มอากาศด้านนอก	0.04	m^2-°C/W
ค่า R ของฟิล์มอากาศด้านใน	0.120	m^2-°C/W
ค่าความต้านทานความร้อนรวม (RT)	0.170	m^2-°C/W
ค่า U ของผนังกระจกใส หนา 6 มม.	5.893	W/m^2-°C
	1.034	Btu/h-ft^2-°F

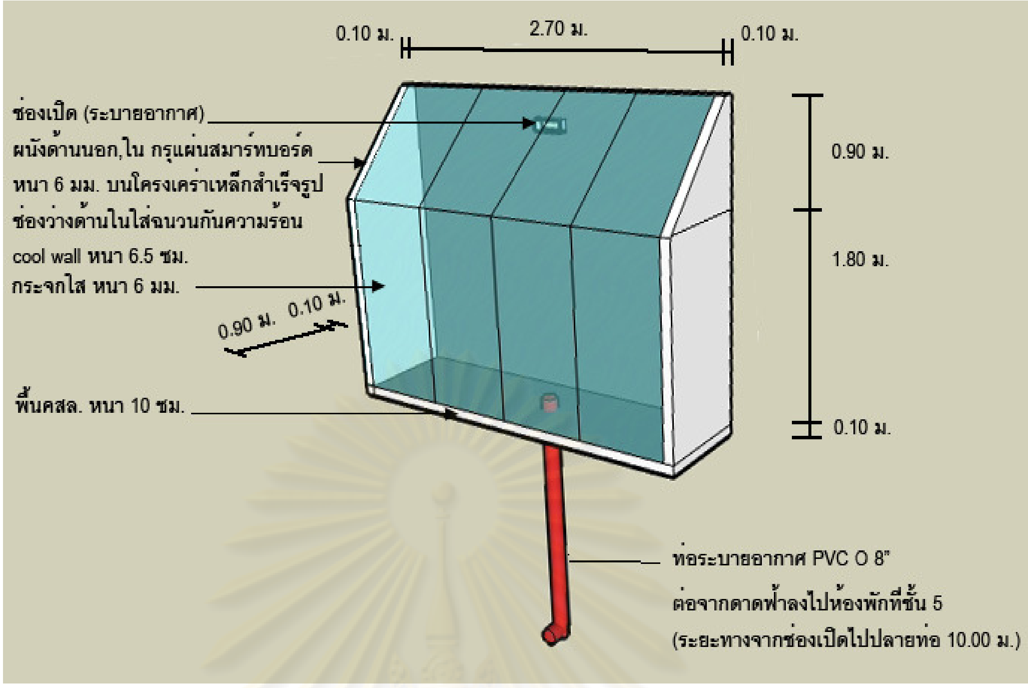
ตารางที่ 4-10 แสดงการหาค่า U ของผนังทิศใต้

หลังคา (ใช้หลังคากระจกใส หนา 6 มม.)		
ค่า R ของกระจกใสหนา 6 มม.	0.006	m^2-°C/W
ค่า R ของฟิล์มอากาศด้านนอก	0.06	m^2-°C/W
ค่า R ของฟิล์มอากาศด้านใน	0.133	m^2-°C/W
ค่าความต้านทานความร้อนรวม (RT)	0.194	m^2-°C/W
ค่า U ของหลังคากระจกใส หนา 6 มม.	5.163	W/m^2-°C
	0.906	Btu/h-ft^2-°F

ตารางที่ 4-11 แสดงการหาค่า U ของหลังคา

ค่า Infiltration loss (Btu/h-°F) เท่ากับ อัตราการระบายอากาศภายใน x 0.018 และอัตราการระบายอากาศภายในที่ต้องการ คือ 0.064 m^3/s (8131 ft^3/h) ดังนั้น ค่า Infiltration loss เท่ากับ 146.35 Btu/h-°F

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4-11 ภาพจำลองแสดงขนาด และวัสดุของปล่องระบายอากาศกระจก

ทำให้ได้ข้อสรุปว่า กรุงเทพฯ ตั้งอยู่ที่ละติจูดที่ 13 °NL, using a direct gain system, LCR = 57 ดังนั้น ผลต่างของค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นภายในปล่องกระจกกับค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิอากาศภายนอก (Δ T solar) คือ 17 °F

4.1.3.2.1.2 ผลต่างของค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นภายในปล่องกระจกกับค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิอากาศภายนอก อันเนื่องมาจากแหล่งกำเนิดความร้อนภายในอาคาร (Δ T due) เช่น คนอยู่อาศัย เครื่องใช้ไฟฟ้า และอุปกรณ์กำเนิดแสงสว่างภายในอาคาร

สมการคำนวณค่า Δ T due (สมการที่ 4.3)

$$\Delta \text{ T due คือ } \quad \text{Total internal gains (Btu/day) / BLC + (UAs x 24)}$$

แต่เนื่องมาจากปล่องกระจกที่นำมาใช้ทดลองไม่มีแหล่งกำเนิดความร้อนกลุ่มดังกล่าว ดังนั้นจึงไม่ต้องนำค่า Δ T due มาใช้ในการคำนวณค่า T_{PSHP}

4.2 การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการทดลอง

การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการทดลองที่ 1 การทดลองที่ 2 และการทดลองที่ 3 โดยแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 3 ช่วงเวลา คือ

1) การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการทดลองทั้งวัน คือ ตั้งแต่วันที่ 30 ธันวาคม พ.ศ. 2553 เวลา 18:00 น. ถึง วันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2553 เวลา 17:30 น.

2) การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการทดลองในช่วงเวลากลางคืน คือ ตั้งแต่วันที่ 30 ธันวาคม พ.ศ. 2553 เวลา 18:00 น. ถึง วันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2553 เวลา 5:30 น.

3) การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการทดลองในช่วงเวลากลางวัน คือ ตั้งแต่วันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2553 เวลา 6:00 น. ถึงเวลา 17:30 น.

โดยได้ผลการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

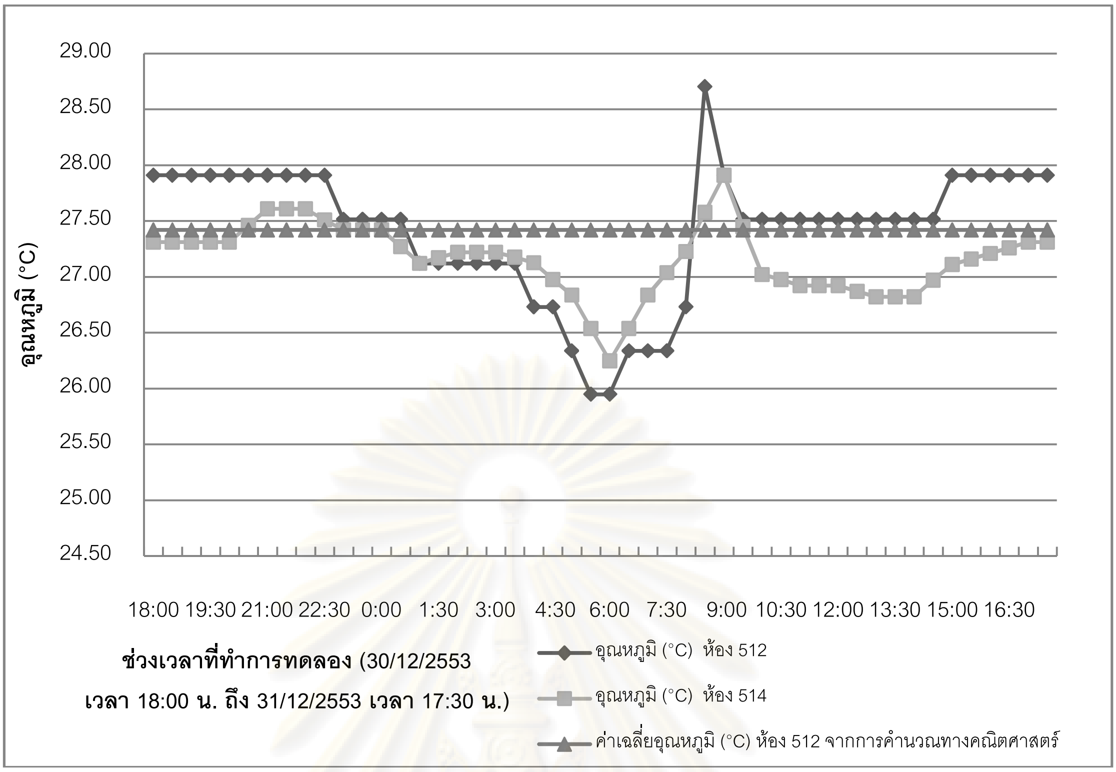
4.2.1 การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการทดลองทั้งวัน คือ ตั้งแต่วันที่ 30 ธันวาคม พ.ศ. 2553 เวลา 18:00 น. ถึง วันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2553 เวลา 17:30 น.

การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการทดลองนี้ ทำขึ้นเพื่อวิเคราะห์ อุณหภูมิภายในห้องทดลอง ΔT ของอุณหภูมิภายในห้องทดลองและปล่องระบายอากาศกระจกบนดาดฟ้า ความเร็วลม อัตราการระบายอากาศภายใน ของห้องพักที่มีการติดตั้งปล่องระบายอากาศ ห้องที่ไม่มีปล่องระบายอากาศ และผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณด้วยสมการทางคณิตศาสตร์

การทดลอง	รายละเอียด	อุณหภูมิ (°C)	ΔT (°C) ของอุณหภูมิภายในห้องทดลองและปล่องระบายอากาศกระจก	ความเร็วลม (m/s)	อัตราการระบายอากาศ (m^3/s)
1	ห้อง 512	27.42	16.59	0.76	0.024
2	ห้อง 514	27.16	0	0.01	0.004
3	รายการคำนวณทางคณิตศาสตร์	27.42	26.12	2.06	0.064

ตารางที่ 4-12 แสดงการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการทดลอง ของการทดลองที่ 1 การทดลองที่ 2 และการทดลองที่ 3 ในช่วงเวลา ตั้งแต่วันที่ 30 ธันวาคม พ.ศ. 2553 เวลา 18:00 น. ถึง วันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2553 เวลา 17:30 น.

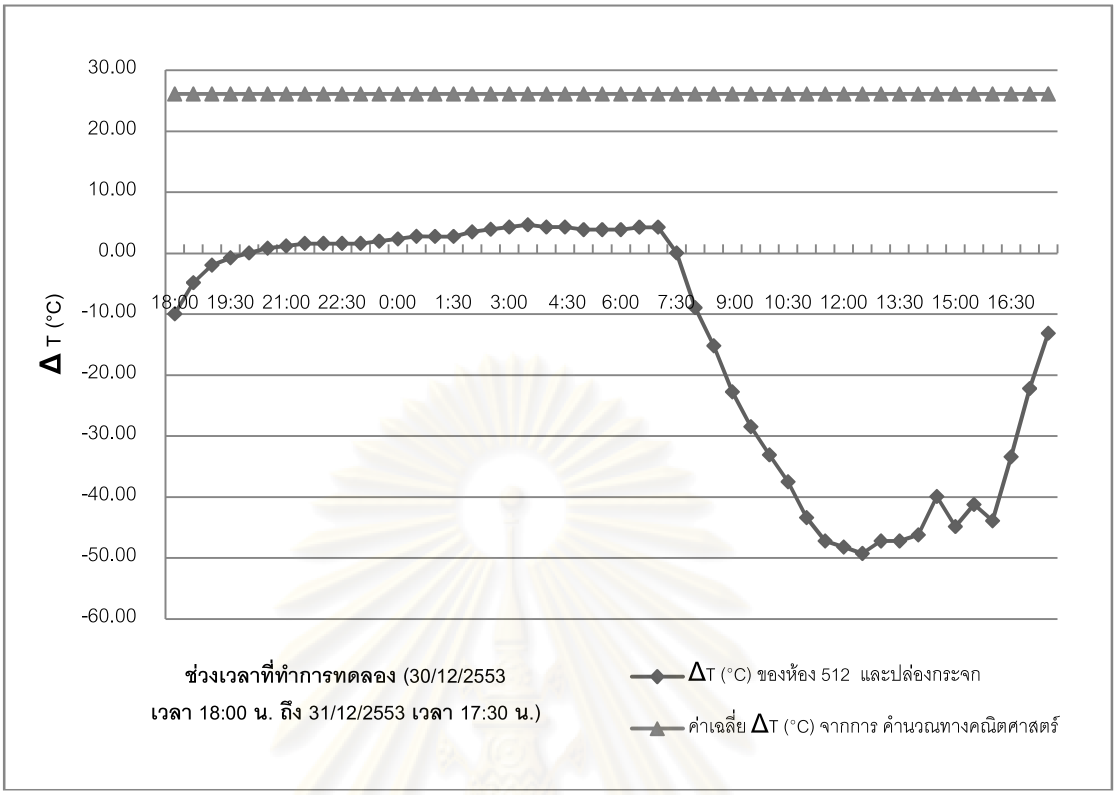
ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4-12 แสดงการวิเคราะห์เปรียบเทียบอุณหภูมิ (ตลอด 24 ชั่วโมง)

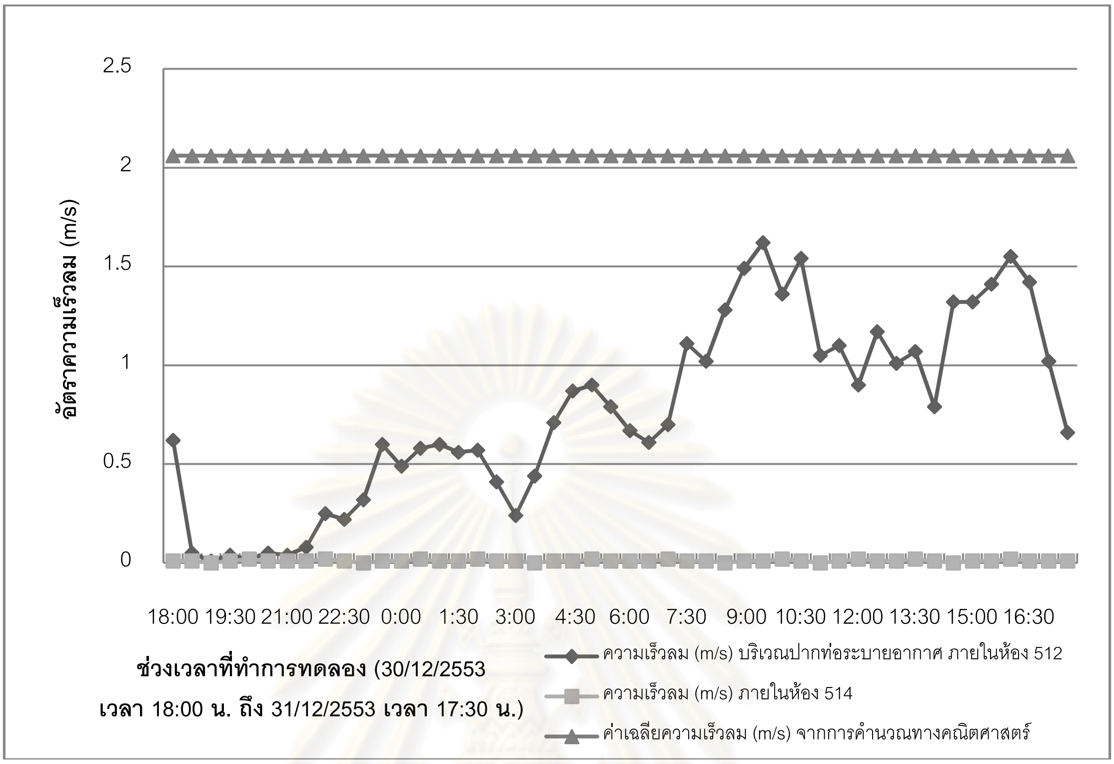
จากรูปที่ 4-12 พบว่าอุณหภูมิภายในห้องโดยเฉลี่ย 24 ชม.ของห้อง 512 ซึ่งมีการติดตั้งปล่องระบายอากาศเพิ่มเติมคือ 27.42 °C และอุณหภูมิภายในห้องโดยเฉลี่ย 24 ชม.ของห้อง 514 ซึ่งเป็นห้องพักแบบดั้งเดิม คือ 27.16 °C ความแตกต่างของอุณหภูมิโดยเฉลี่ยภายในห้องพักทั้งสองแบบ คือ 0.26 °C โดยมีรายละเอียดดังนี้

ในช่วงเวลา 18.00 น. ของวันที่ 30 ธันวาคม พ.ศ. 2553 ถึง เวลา 1.00 น. ของวันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2553 อุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้อง 512 จะสูงกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้อง 514 ราว 0.35 °C แต่พอถึงช่วงเวลา1.30 น. ถึง 8.00 น. ของวันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2553 อุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้อง 512 กลับลดต่ำกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้อง 514 ราว 0.31 °C และในช่วงสุดท้าย คือเวลา 8.30 น. ถึง 17.30 น. ของวันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2553 อุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้อง512 กลับขึ้นมาสูงกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้อง 514 ราว 0.60 °C



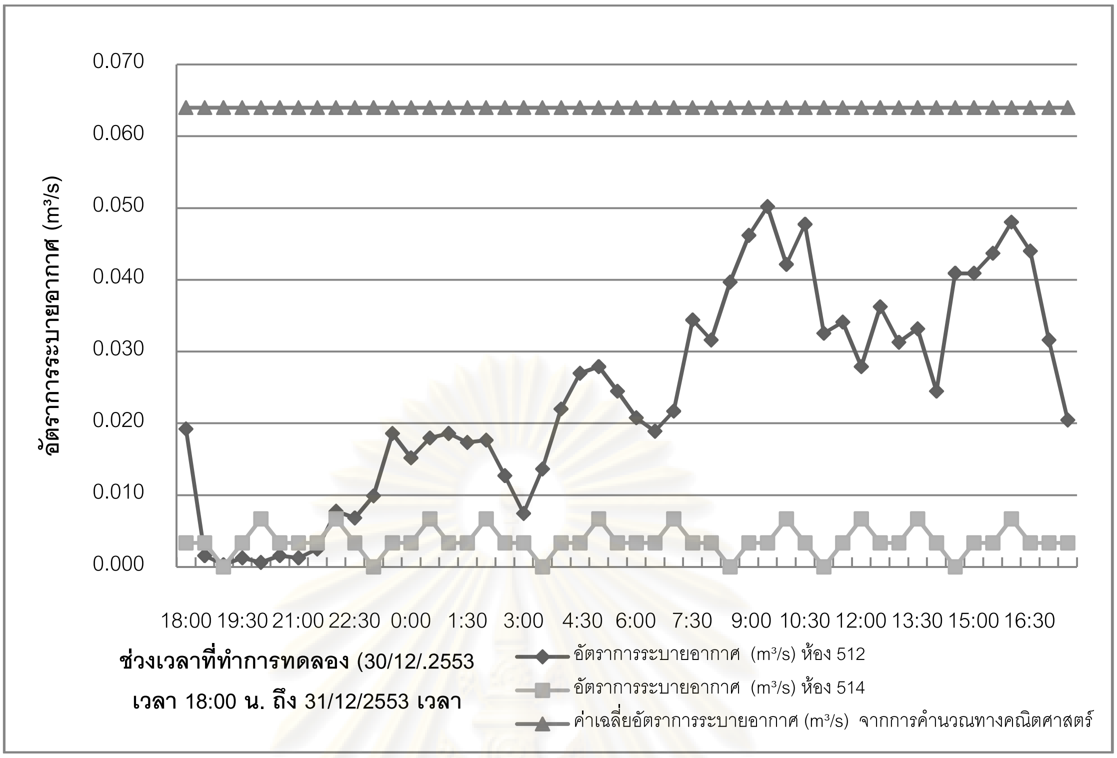
รูปที่ 4-13 แสดงการวิเคราะห์เปรียบเทียบ Δ T (°C) ของอุณหภูมิภายในห้องทดลองและปล่องระบายอากาศกระจก (ตลอด 24 ชั่วโมง)

จากรูปที่ 4-13 พบว่า Δ T (°C) ของอุณหภูมิภายในห้อง 512 และปล่องกระจก โดยเฉลี่ย 24 ชม.ซึ่งได้มาจากการวัดค่าในสถานที่จริง คือ 16.59 C° และ Δ T (°C) ของอุณหภูมิภายในห้อง512 และปล่องกระจกซึ่งได้มาจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์ คือ 26.12 °C ทำให้ได้ข้อสรุปว่า Δ T (°C) ของอุณหภูมิภายในห้อง 512 และปล่องกระจก โดยเฉลี่ย 24 ชม.ซึ่งได้มาจากการวัดค่าในสถานที่จริงนั้นมีค่าน้อยกว่า Δ T (°C) ซึ่งได้มาจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์เท่ากับ 9.53 °C หรือ น้อยกว่า 36.5 % ของค่าซึ่งได้มาจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์



รูปที่ 4-14 แสดงการวิเคราะห์เปรียบเทียบความเร็วลม (ตลอด 24 ชั่วโมง)

จากรูปที่ 4-14 พบว่าความเร็วลมโดยเฉลี่ย 24 ชม.บริเวณด้านหน้าท่อระบายอากาศภายในห้อง 512 ซึ่งมีการติดตั้งปล่องระบายอากาศเพิ่มเติมคือ 0.76 m/s และความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้อง 514 ตลอด 24 ชม.ซึ่งเป็นห้องพักแบบดั้งเดิม คือ 0.01 m/s และความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้องทดลอง ซึ่งได้มาจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์ คือ 2.06 m/s ทำให้ได้ข้อสรุปว่าความเร็วลมเฉลี่ยบริเวณด้านหน้าท่อระบายอากาศภายในห้อง 512 มีค่ามากกว่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้อง 514 เท่ากับ 0.75 m/s หรือความเร็วเฉลี่ยบริเวณด้านหน้าท่อระบายอากาศภายในห้อง 512 มีค่าประมาณ 76 เท่าของความเร็วลมภายในห้องพักแบบเดิม แต่ความเร็วลมเฉลี่ยบริเวณด้านหน้าท่อระบายอากาศภายในห้อง 512 ก็ยังมีปริมาณน้อยกว่าความเร็วลมเฉลี่ยที่ได้จากการคำนวณทางคณิตศาสตร์ เท่ากับ 1.3 m/s หรือความเร็วลมเฉลี่ยบริเวณด้านหน้าปล่องระบายอากาศภายในห้อง 512 มีค่าประมาณ 0.37 เท่าของความเร็วลมเฉลี่ยที่ได้จากการคำนวณทางคณิตศาตร์



รูปที่ 4-15 แสดงการวิเคราะห์เปรียบเทียบอัตราการระบายอากาศ (ตลอด 24 ชั่วโมง)

จากรูปที่ 4-15 พบว่าอัตราการระบายอากาศภายในห้องโดยเฉลี่ย 24 ชม.ของห้อง 512 ซึ่งมีการติดตั้งปล่องระบายอากาศเพิ่มเติมคือ 0.024 m^3/s และอัตราการระบายอากาศภายในห้องโดยเฉลี่ย 24 ชม.ของห้อง 514ซึ่งเป็นห้องพักแบบดั้งเดิม คือ 0.004 m^3/s และอัตราการระบายอากาศภายในห้องทดลองโดยเฉลี่ย ซึ่งได้มาจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์ คือ 0.064 m^3/s ทำให้ได้ข้อสรุปว่าอัตราการระบายอากาศภายในห้อง 512 มีค่ามากกว่าอัตราการระบายอากาศภายในห้อง 514 เท่ากับ 0.020 m^3/s หรืออัตราการการระบายอากาศภายในห้อง 512 มีค่าประมาณ 6 เท่าของอัตราการระบายอากาศภายในห้องพักแบบเดิมแต่อัตราการระบายอากาศที่เกิดขึ้นภายในห้อง 512 ก็ยังมีปริมาณน้อยกว่าอัตราการระบายอากาศที่ได้จากการคำนวณทางคณิตศาสตร์ เท่ากับ0.04 m^3/s หรืออัตราการการระบายอากาศภายในห้อง 512 มีค่าประมาณ 0.37 เท่าของอัตราการระบายอากาศที่ได้จากการคำนวณทางคณิตศาตร์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

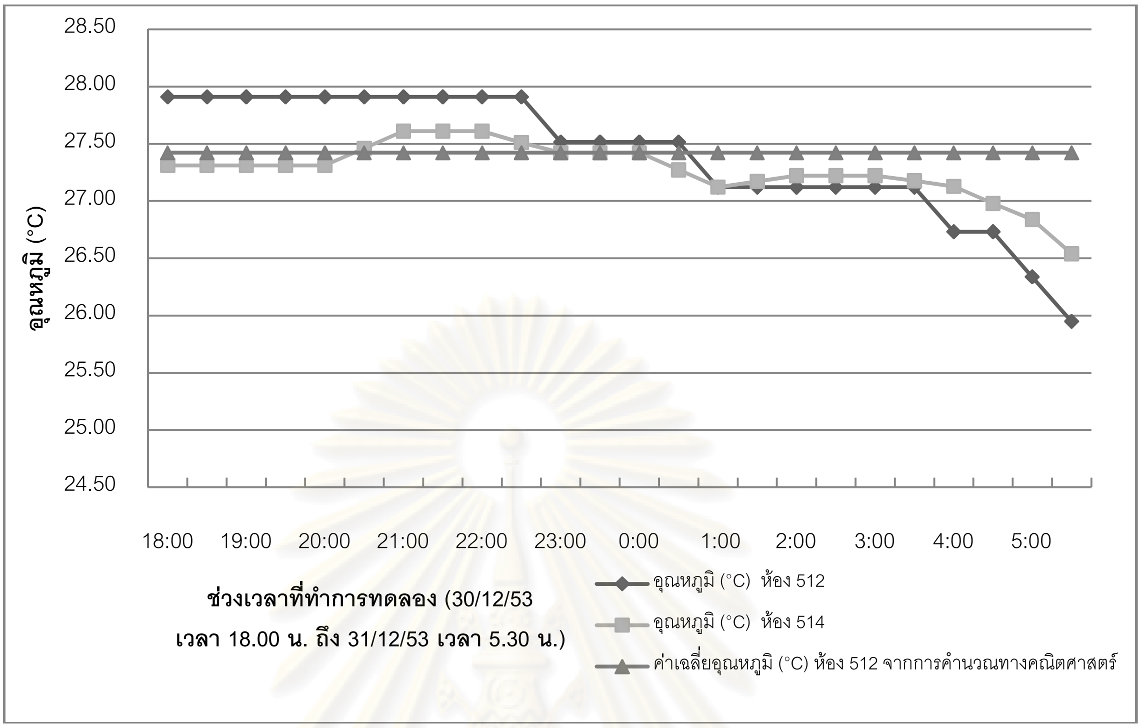
4.2.2 การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการทดลองในช่วงเวลากลางคืน คือ ตั้งแต่วันที่ 30 ธันวาคม พ.ศ. 2553 เวลา 18:00 น. ถึง วันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2553 เวลา 5:30 น.

การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการทดลองนี้ ทำขึ้นเพื่อวิเคราะห์ อุณหภูมิภายในห้องทดลอง ΔT ของอุณหภูมิภายในห้องทดลองและปล่องระบายอากาศกระจกบนดาดฟ้า ความเร็วลม อัตราการระบายอากาศภายใน ของห้องพักที่มีการติดตั้งปล่องระบายอากาศ ห้องที่ไม่มีปล่องระบายอากาศ และผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณด้วยสมการทางคณิตศาสตร์

การทดลอง	รายละเอียด	อุณหภูมิ (°C)	Δ T (°C) ของอุณหภูมิภายในห้องทดลองและปล่องระบายอากาศกระจก	ความเร็วลม (m/s)	อัตราการระบายอากาศ (m^3/s)
1	ห้อง 512	27.40	2.95	0.39	0.012
2	ห้อง 514	27.27	0	0.01	0.004
3	รายการคำนวณทางคณิตศาสตร์	27.40	26.12	2.06	0.064

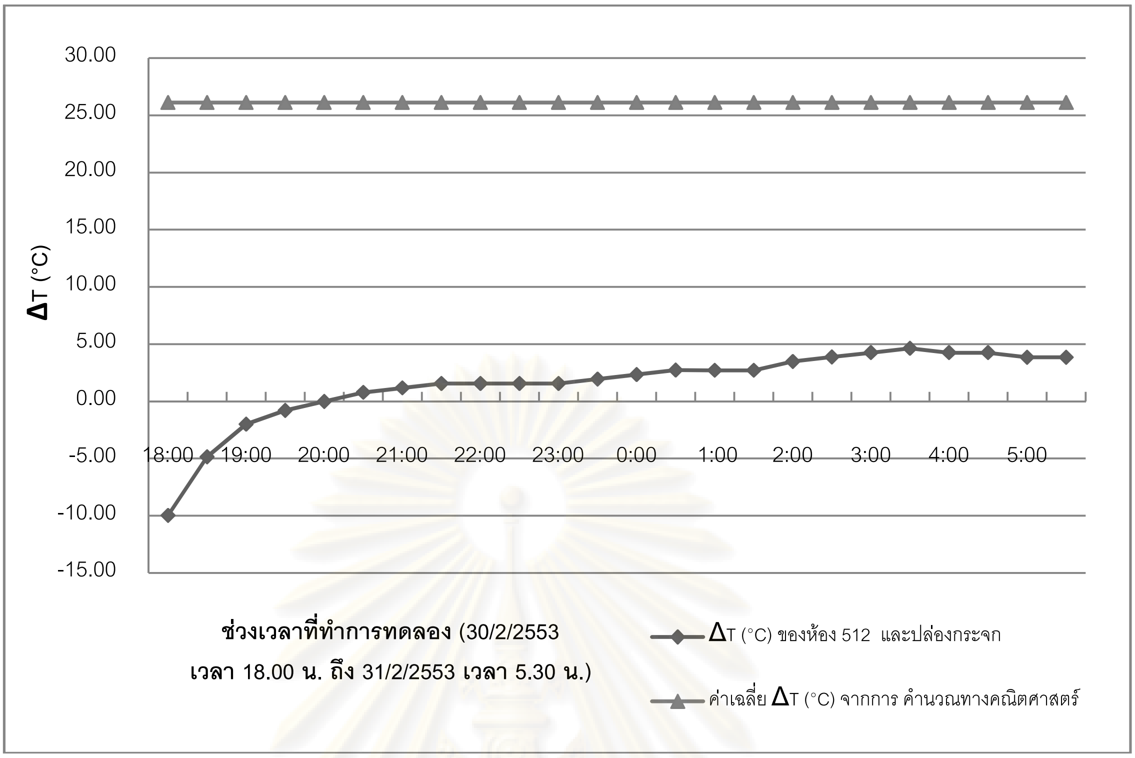
ตารางที่ 4-13 แสดงการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการทดลอง ของการทดลองที่ 1 การทดลองที่ 2 และการทดลองที่ 3 ในช่วงเวลา ตั้งแต่ วันที่ 30 ธันวาคม พ.ศ. 2553 เวลา 18:00 น. ถึง วันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2553 เวลา 5:30 น.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



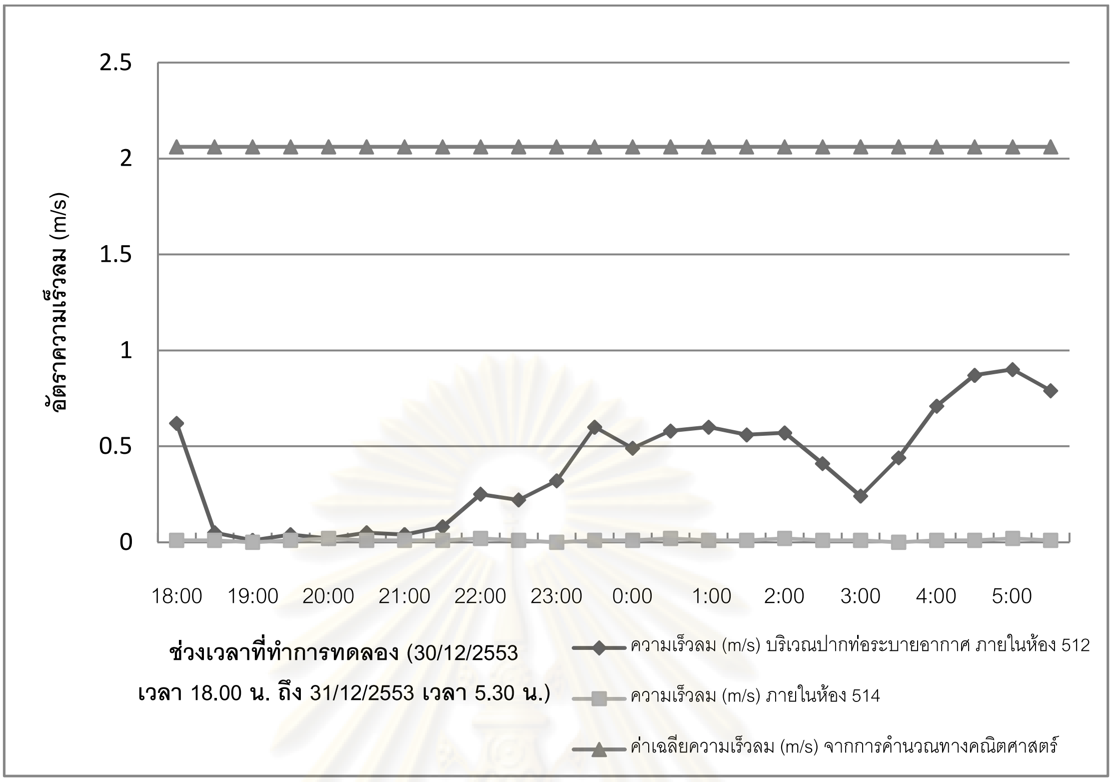
รูปที่ 4-16 แสดงการวิเคราะห์เปรียบเทียบอุณหภูมิ (ช่วงเวลากลางคืน)

จากรูปที่ 4-16 พบว่าอุณหภูมิโดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางคืนของห้อง 512 ซึ่งมีการติดตั้งปล่องระบายอากาศเพิ่มเติมคือ 27.40 °C และอุณหภูมิโดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางคืนของห้อง 514 ซึ่งเป็นห้องพักแบบดั้งเดิม คือ 27.27 °C ความแตกต่างของอุณหภูมิโดยเฉลี่ยภายในห้องพักทั้งสองแบบ คือ 0.13 °C โดยมีรายละเอียดดังนี้ ในช่วงเวลา 18.00 น. ของวันที่ 30 ธันวาคม พ.ศ. 2553 ถึง เวลา 1.00 น. ของวันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2553 อุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้อง 512 จะสูงกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้อง 514 ราว 0.35 °C แต่พอถึงช่วงเวลา1.30 น. ถึง 5.30 น. ของวันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2553 อุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้อง 512 กลับลดต่ำกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้อง 514 ราว 0.24 °C



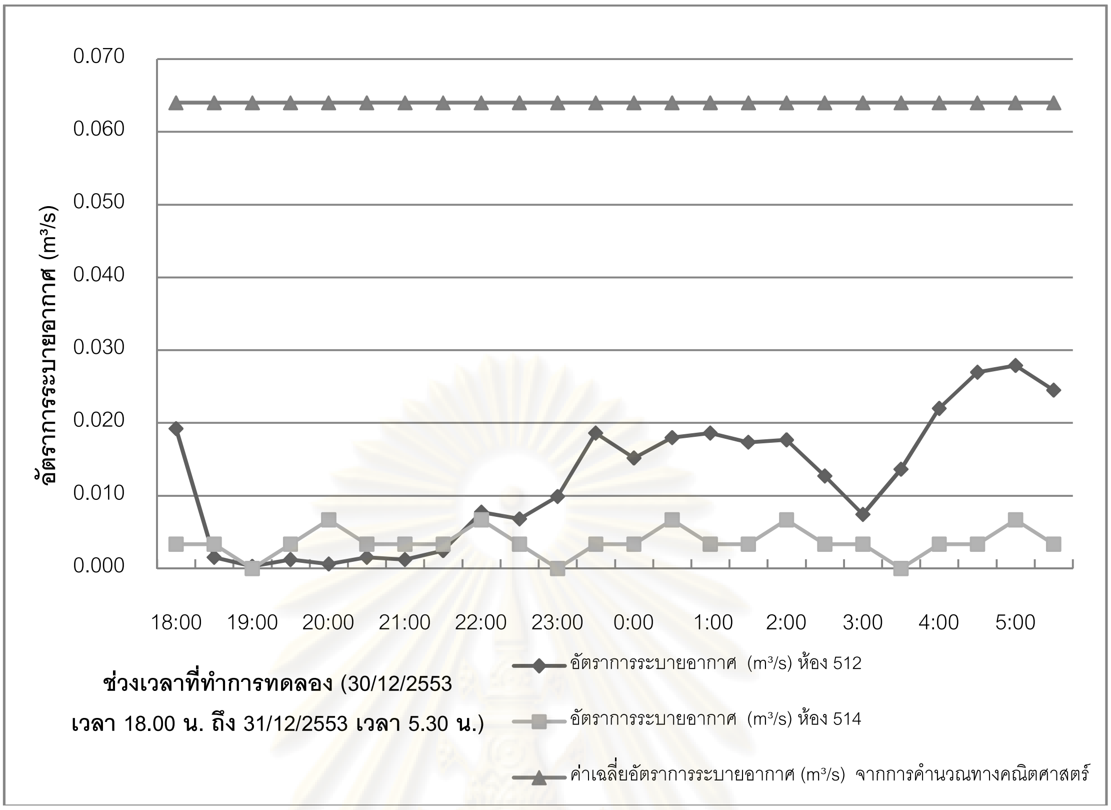
รูปที่ 4-17 แสดงการวิเคราะห์เปรียบเทียบ Δ T (°C) ของอุณหภูมิภายในห้องทดลองและปล่องระบายอากาศกระจก (ช่วงเวลากลางคืน)

จากรูปที่ 4-17 พบว่า Δ T (°C) ของอุณหภูมิภายในห้อง 512 และปล่องกระจก ในช่วงเวลากลางคืนซึ่งได้มาจากการวัดค่าในสถานที่จริง คือ 2.95 °C และ Δ T (°C) ของอุณหภูมิภายในห้อง512 และปล่องกระจกซึ่งได้มาจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์ คือ 26.12 °C ทำให้ได้ข้อสรุปว่า Δ T (°C) ของอุณหภูมิภายในห้อง 512 และปล่องกระจก ในช่วงเวลากลางคืนซึ่งได้มาจากการวัดค่าในสถานที่จริงนั้นมีค่าน้อยกว่า Δ T (°C) ซึ่งได้มาจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์ เท่ากับ 23.17 °C หรือ น้อยกว่า 88.7 % ของค่าซึ่งได้มาจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์



รูปที่ 4-18 แสดงการวิเคราะห์เปรียบเทียบความเร็วลม (ช่วงเวลากลางคืน)

จากรูปที่ 4-18 พบว่าความเร็วลมเฉลี่ยบริเวณด้านหน้าท่อระบายอากาศภายในห้อง 512 ในช่วงเวลากลางคืน ซึ่งมีการติดตั้งปล่องระบายอากาศเพิ่มเติมคือ 0.39 m/s และความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้อง 514 ในช่วงเวลากลางคืน ซึ่งเป็นห้องพักแบบดั้งเดิม คือ 0.01 m/s และความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้องทดลอง ซึ่งได้มาจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์ คือ 2.06 m/s ทำให้ได้ข้อสรุปว่าความเร็วลมเฉลี่ยบริเวณด้านหน้าท่อระบายอากาศภายในห้อง 512 มีค่ามากกว่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้อง 514 เท่ากับ 0.38 m/s หรือความเร็วลมเฉลี่ยบริเวณด้านหน้าท่อระบายอากาศภายในห้อง 512 มีค่าประมาณ 38 เท่าของความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้องพักแบบเดิม แต่ความเร็วลมเฉลี่ยบริเวณด้านหน้าท่อระบายอากาศภายในห้อง 512 ก็ยังมีปริมาณน้อยกว่าความเร็วลมเฉลี่ยที่ได้จากการคำนวณทางคณิตศาสตร์เท่ากับ 1.67 m/s หรือความเร็วลมเฉลี่ยบริเวณด้านหน้าท่อระบายอากาศภายในห้อง 512 มีค่าประมาณ 0.19 เท่าของความเร็วลมเฉลี่ยที่ได้จากการคำนวณทางคณิตศาตร์



รูปที่ 4-19 แสดงการวิเคราะห์เปรียบเทียบอัตราการระบายอากาศ (ช่วงเวลากลางคืน)

จากรูปที่ 4-19 พบว่าอัตราการระบายอากาศภายในห้อง 512 ในช่วงเวลากลางคืน ซึ่งมีการติดตั้งปล่องระบายอากาศเพิ่มเติมคือ 0.012 m^3/s และอัตราการระบายอากาศภายในห้อง 514 ในช่วงเวลากลางคืนซึ่งเป็นห้องพักแบบดั้งเดิม คือ 0.004 m^3/s และอัตราการระบายอากาศภายในห้องทดลองโดยเฉลี่ย ซึ่งได้มาจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์ คือ 0.064 m^3/s ทำให้ได้ข้อสรุปว่าอัตราการระบายอากาศภายในห้อง 512 มีค่ามากกว่าอัตราการระบายอากาศภายในห้อง 514 เท่ากับ 0.008 m^3/s หรืออัตราการการระบายอากาศภายในห้อง512 มีค่าประมาณ 3 เท่าของอัตราการระบายอากาศภายในห้องพักแบบเดิมแต่อัตราการระบายอากาศที่เกิดขึ้นภายในห้อง 512 ก็ยังมีปริมาณน้อยกว่าอัตราการระบายอากาศที่ได้จากการคำนวณทางคณิตศาสตร์ เท่ากับ0.052 m^3/s หรืออัตราการการระบายอากาศภายในห้อง 512 มีค่าประมาณ 0.19 เท่าของอัตราการระบายอากาศที่ได้จากการคำนวณทางคณิตศาตร์

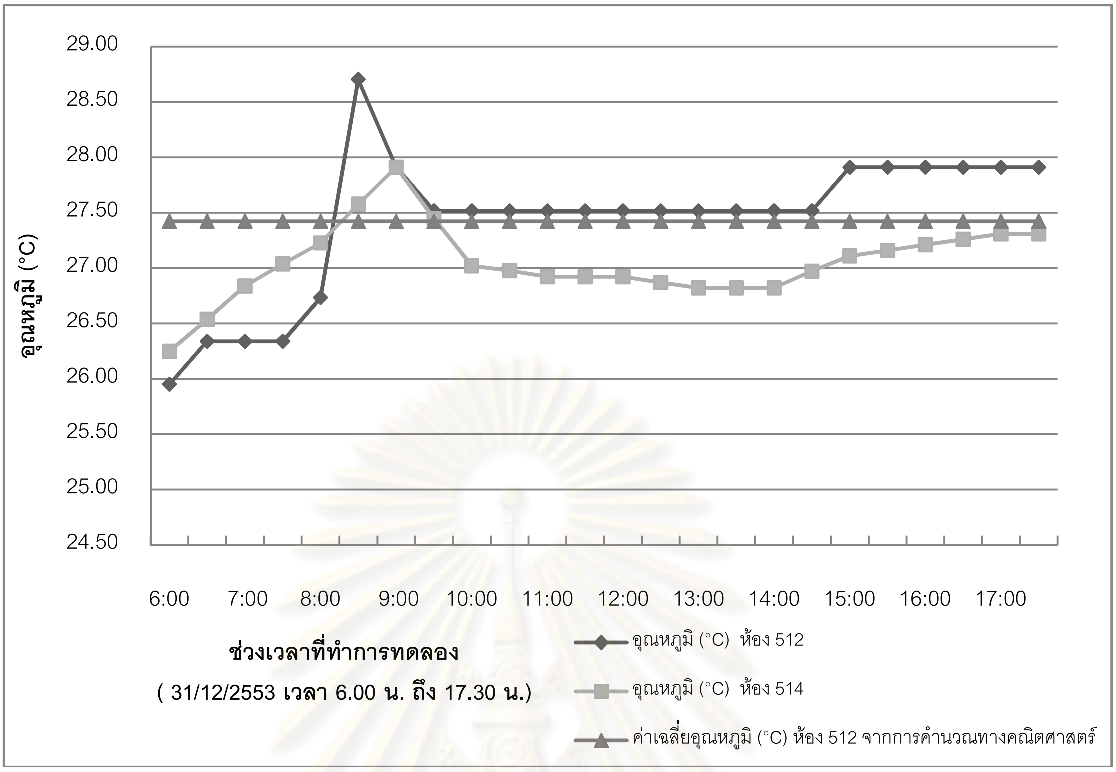
4.2.3 การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการทดลองในช่วงเวลากลางวัน คือ ตั้งแต่วันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2553 เวลา 6:00 น. ถึงเวลา 17:30 น.

การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการทดลองนี้ ทำขึ้นเพื่อวิเคราะห์ อุณหภูมิภายในห้องทดลอง ΔT ของอุณหภูมิภายในห้องทดลองและปล่องระบายอากาศกระจกบนดาดฟ้า ความเร็วลม อัตราการระบายอากาศภายใน ของห้องพักที่มีการติดตั้งปล่องระบายอากาศ ห้องที่ไม่มีปล่องระบายอากาศ และผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณด้วยสมการทางคณิตศาสตร์

การทดลอง	รายละเอียด	อุณหภูมิ (°C)	Δ T (°C) ของอุณหภูมิภายในห้องทดลองและปล่องระบายอากาศกระจก	ความเร็วลม (m/s)	อัตราการระบายอากาศ (m^3/s)
1	ห้อง 512	27.44	30.22	1.13	0.035
2	ห้อง 514	27.05	0	0.01	0.004
3	รายการคำนวณทางคณิตศาสตร์	27.44	26.12	2.06	0.064

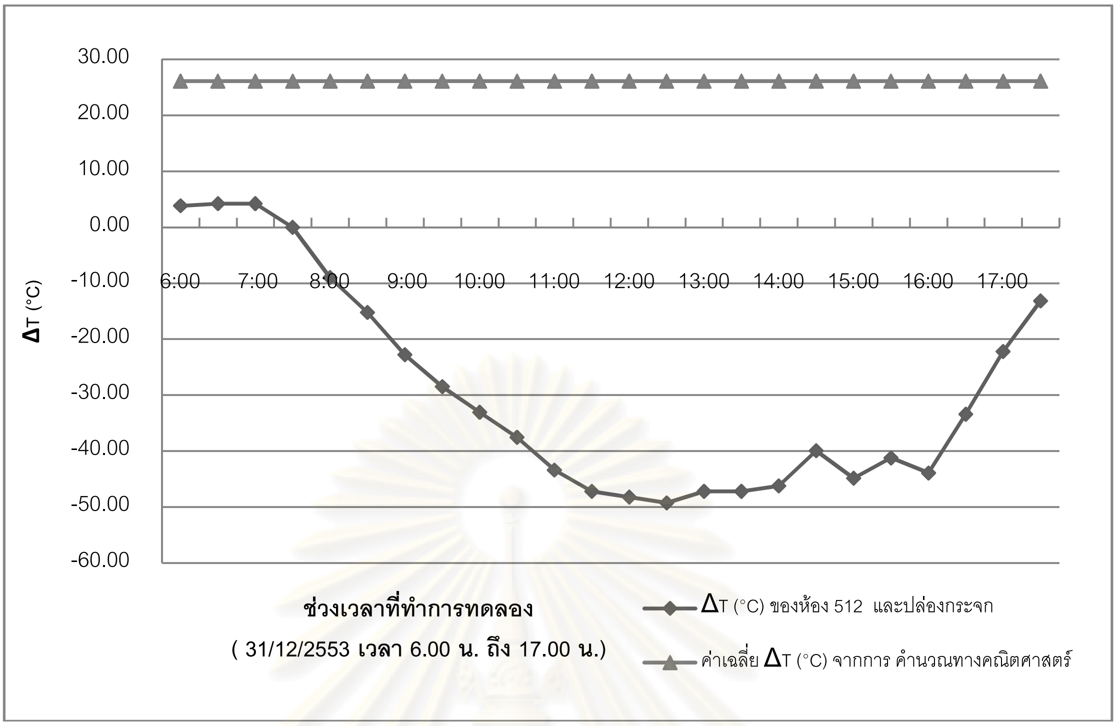
ตารางที่ 4-14 แสดงการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการทดลองของการทดลองที่ 1 การทดลองที่ 2 และการทดลองที่ 3 ในช่วงเวลา ตั้งแต่วันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2553 เวลา 6:00 น. ถึงเวลา 17:30 น.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



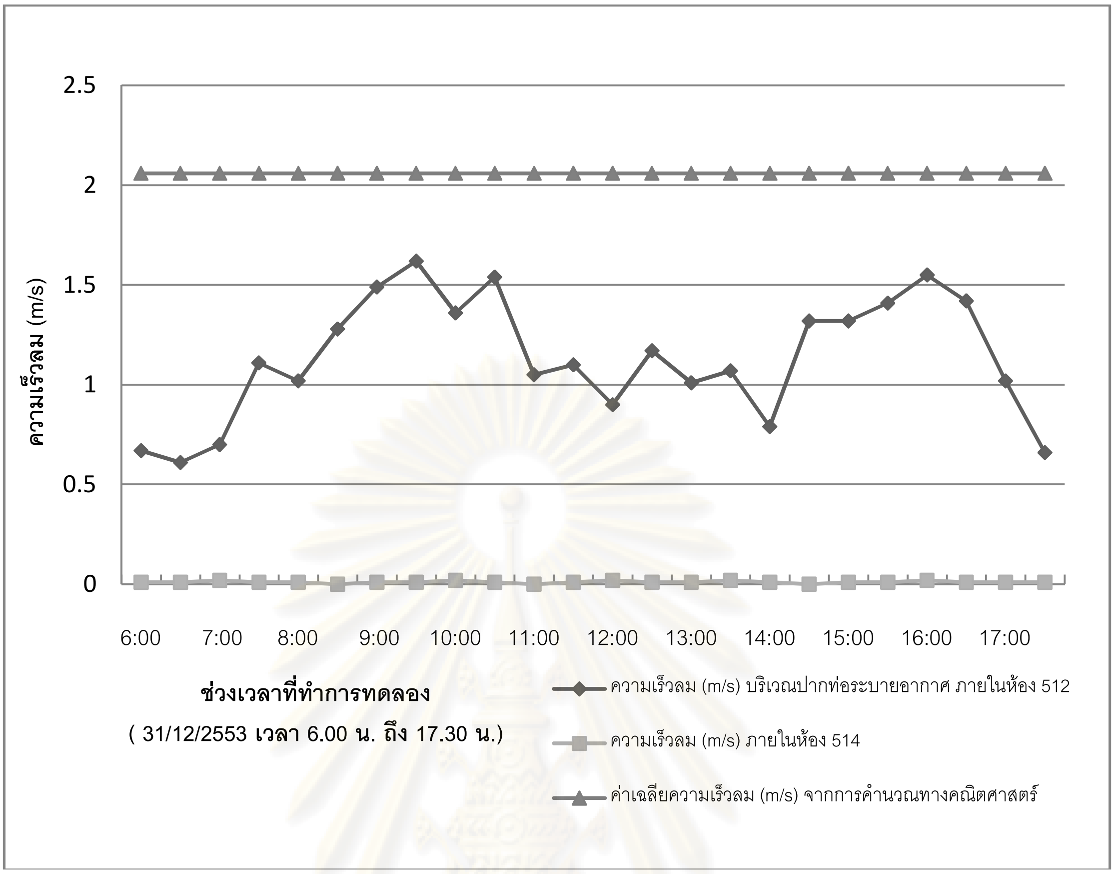
รูปที่ 4-20 แสดงการวิเคราะห์เปรียบเทียบอุณหภูมิ (ช่วงเวลากลางวัน)

จากรูปที่ 4-20 พบว่าอุณหภูมิโดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางวันของห้อง 512 ซึ่งมีการติดตั้งปล่องระบายอากาศเพิ่มเติมคือ 27.44 °C และอุณหภูมิโดยเฉลี่ยในช่วงเวลากลางวันของห้อง 514 ซึ่งเป็นห้องพักแบบดั้งเดิม คือ 27.05 °C ความแตกต่างของอุณหภูมิโดยเฉลี่ยภายในห้องพักทั้งสองแบบ คือ 0.39 °C โดยมีรายละเอียดดังนี้ ในช่วงเวลา 6.00 น. ถึง 8.00 น. ของวันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2553 อุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้อง 512 จะต่ำกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้อง 514 ราว 0.44 °C แต่พอถึงช่วงเวลา8.30 น. ถึง 17.30 น. ของวันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2553 อุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้อง 512 กลับสูงกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้อง 514 ราว 0.59 °C



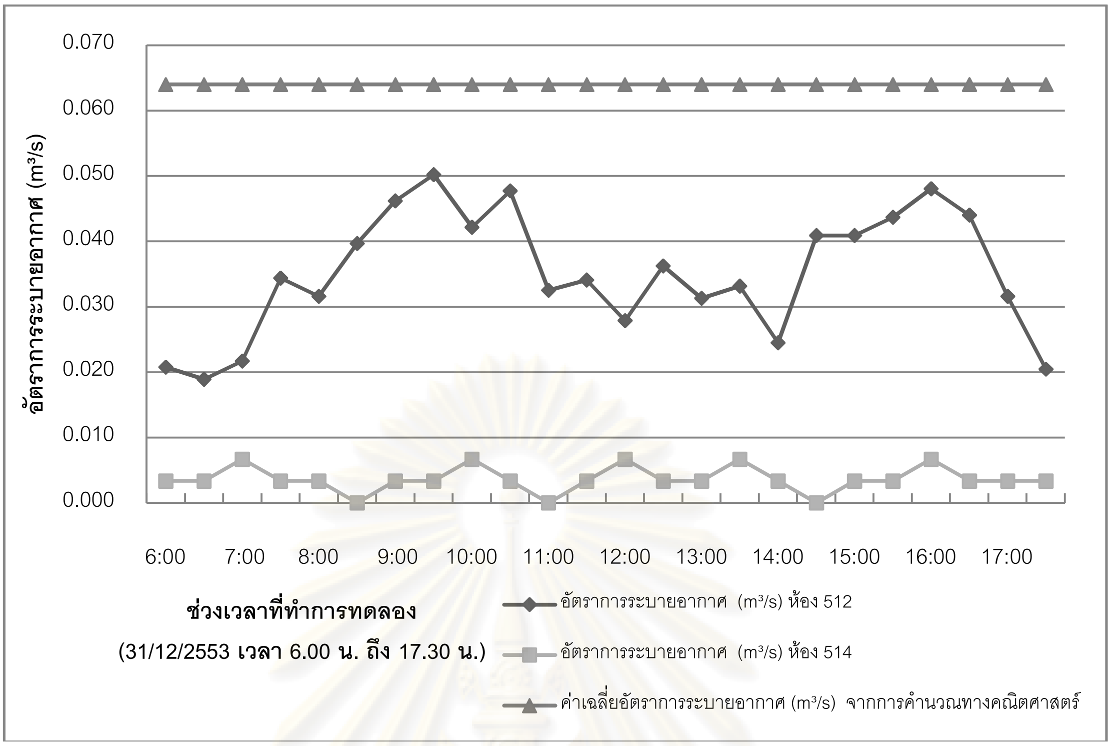
รูปที่ 4-21 แสดงการวิเคราะห์เปรียบเทียบ Δ T (°C) ของอุณหภูมิภายในห้องทดลองและปล่องระบายอากาศกระจก (ช่วงเวลากลางวัน)

จากรูปที่ 4-21 พบว่า Δ T (°C) ของอุณหภูมิภายในห้อง 512 และปล่องกระจก ในช่วงเวลากลางวันซึ่งได้มาจากการวัดค่าในสถานที่จริง คือ 30.22 °C และ Δ T (°C) ของอุณหภูมิภายในห้อง512 และปล่องกระจกซึ่งได้มาจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์ คือ 26.12 °C ทำให้ได้ข้อสรุปว่า Δ T (°C) ของอุณหภูมิภายในห้อง 512 และปล่องกระจก ในช่วงเวลากลางวันซึ่งได้มาจากการวัดค่าในสถานที่จริงนั้นมีค่ามากกว่า Δ T (°C) ซึ่งได้มาจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์ เท่ากับ 4.10 °C หรือ มากกว่า 15.70 % ของค่าซึ่งได้มาจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์



รูปที่ 4-22 แสดงการวิเคราะห์เปรียบเทียบความเร็วลม (ช่วงเวลากลางวัน)

จากรูปที่ 4-22 พบว่าความเร็วลมเฉลี่ยบริเวณด้านหน้าท่อระบายอากาศภายในห้อง 512 ซึ่งมีการติดตั้งปล่องระบายอากาศเพิ่มเติมในช่วงเวลากลางวัน คือ 1.13 m/s และความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้อง 514 ในช่วงเวลากลางวัน ซึ่งเป็นห้องพักแบบดั้งเดิม คือ 0.01 m/s และความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้องทดลอง ซึ่งได้มาจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์คือ 2.06 m/s ทำให้ได้ข้อสรุปว่าความเร็วลมเฉลี่ยบริเวณด้านหน้าท่อระบายอากาศภายในห้อง 512 มีค่ามากกว่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้อง 514 เท่ากับ 1.12 m/s หรือความเร็วลมเฉลี่ยบริเวณด้านหน้าท่อระบายอากาศภายในห้อง 512 มีค่าประมาณ 113 เท่าของความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้องพักแบบเดิม แต่ความเร็วลมเฉลี่ยบริเวณด้านหน้าปล่องระบายอากาศภายในห้อง 512 ก็ยังมีปริมาณน้อยกว่าความเร็วลมเฉลี่ยที่ได้จากการคำนวณทางคณิตศาสตร์ เท่ากับ 0.93 m/s หรือความเร็วลมเฉลี่ยบริเวณด้านหน้าท่อระบายอากาศภายในห้อง 512 มีค่าประมาณ 0.55 เท่า ของความเร็วลมเฉลี่ยที่ได้จากการคำนวณทางคณิตศาตร์



รูปที่ 4-23 แสดงการวิเคราะห์เปรียบเทียบอัตราการระบายอากาศ (ช่วงเวลากลางวัน)

จากรูปที่ 4-23 พบว่าอัตราการระบายอากาศภายในห้อง 512 ในช่วงเวลากลางวัน ซึ่งมีการติดตั้งปล่องระบายอากาศเพิ่มเติมคือ 0.035 m^3/s และอัตราการระบายอากาศภายในห้อง 514 ในช่วงเวลากลางวันซึ่งเป็นห้องพักแบบดั้งเดิม คือ 0.004 m^3/s และอัตราการระบายอากาศภายในห้องทดลองโดยเฉลี่ย ซึ่งได้มาจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์ คือ 0.064 m^3/s ทำให้ได้ข้อสรุปว่าอัตราการระบายอากาศภายในห้อง 512 มีค่ามากกว่าอัตราการระบายอากาศภายในห้อง 514 เท่ากับ 0.031 m^3/s หรืออัตราการการระบายอากาศภายในห้อง512 มีค่าประมาณ 8.75 เท่าของอัตราการระบายอากาศภายในห้องพักแบบเดิมแต่อัตราการระบายอากาศที่เกิดขึ้นภายในห้อง 512 ก็ยังมีปริมาณน้อยกว่าอัตราการระบายอากาศที่ได้จากการคำนวณทางคณิตศาสตร์ เท่ากับ0.029 m^3/s หรืออัตราการการระบายอากาศภายในห้อง 512 มีค่าประมาณ 0.55 เท่าของอัตราการระบายอากาศที่ได้จากการคำนวณทางคณิตศาตร์

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองพบว่าอัตราการระบายอากาศภายในห้องพักที่มีการติดตั้งปล่องระบายอากาศมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิภายในปล่องเพิ่มมากขึ้น และเมื่อทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการทดลองของห้องพักที่มีการติดตั้งปล่องระบายอากาศกับห้องพักแบบดั้งเดิมซึ่งไม่ได้ติดตั้งปล่องระบายอากาศพบว่า อัตราการระบายอากาศภายในห้องพักที่มีการติดตั้งปล่องระบายอากาศนั้น มีอัตราการระบายอากาศที่เพิ่มมากขึ้นกว่าห้องพักแบบดั้งเดิม โดยมีค่าเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยเป็น 3 เท่าในช่วงเวลากลางคืน และมีค่าเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยเป็น 8.75 เท่าในช่วงเวลากลางวัน และมีค่าเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยตลอดทั้งวันเป็น 6 เท่าของห้องพักแบบดั้งเดิม จากผลการทดลองดังกล่าวทำให้ได้ข้อสรุปว่าปล่องระบายอากาศสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับอาคารอยู่อาศัยรวมในประเทศไทยเพื่อเพิ่มอัตราการระบายอากาศภายในห้องพักได้อย่างมีประสิทธิภาพในทุก ๆ ช่วงเวลา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงเวลากลางวัน ซึ่งอุณหภูมิอากาศภายในอาคารและภายนอกอาคารมีความแตกต่างกันมากที่สุด

นอกจากนั้นจากการศึกษาเบื้องต้นในเรื่องปล่องระบายอากาศ ยังมีวัตถุประสงค์เพื่อการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการคำนวณด้วยสมการอัตราการระบายอากาศในปล่องระบายอากาศกับผลการทดลองในสถานที่จริงว่ามีผลไปในทิศทางเดียวกันและใกล้เคียงกันหรือไม่ ผลการทดลองทำให้ได้บทสรุปว่าอัตราการระบายอากาศภายในห้องพักนั้นมีทิศทางเดียวกับอัตราการระบายอากาศที่ได้จากการคำนวณด้วยสมการ โดยอัตราการระบายอากาศโดยเฉลี่ยของห้องพักที่มีการติดตั้งปล่องระบายอากาศนั้นมีค่าเป็น 0.37 เท่าของอัตราการระบายอากาศที่คำนวณด้วยสมการทางคณิตศาสตร์

สำหรับผลการทดลองอุณหภูมิ ที่เกิดขึ้นภายในห้องพักที่มีการติดตั้งปล่องระบายอากาศนั้น สามารถสรุปได้ว่า ปล่องระบายอากาศในช่วงเวลากลางวันเมื่อเกิดความร้อนขึ้นภายใน ทำให้เกิดการลอยตัวขึ้นของอากาศภายในปล่องจากด้านล่างขึ้นไปสู่ช่องเปิดด้านบนและดูดเอาอากาศร้อนจากภายนอกห้องให้เข้ามาภายในห้องพัก ทำให้อุณหภูมิภายในห้องพักที่มีการติดตั้งปล่องระบายอากาศ มีค่าสูงกว่าอุณหภูมิภายในห้องพักแบบเดิมซึ่งไม่ได้ติดตั้งปล่องระบายอากาศ แต่ในช่วงเวลากลางคืนเมื่ออุณหภูมิภายในห้องพัก สูงกว่าอุณหภูมิภายในปล่องกระจก ทำให้เกิดการลอยตัวลงของอากาศภายในปล่องกระจก จากด้านบนลงไปสู่ช่องเปิดด้านล่างและดูดเอาอากาศ

เย็นจากภายนอกเข้ามาภายในปล่องและไหลลงไปยังห้องพัก ทำให้อุณหภูมิภายในห้องพักที่มีการติดตั้งปล่องระบายอากาศ มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิภายในห้องพักแบบดั้งเดิมซึ่งไม่ได้ติดตั้งปล่องระบายอากาศ

5.1.1 ผลการทดลองอัตราการระบายอากาศ

1) ผลอัตราการระบายอากาศจากการวัดจริงตลอด 24 ชั่วโมงของห้องพักที่ติดตั้งปล่องระบายอากาศมีค่าเฉลี่ยที่ 0.024 m^3/s และอัตราการระบายอากาศภายในห้องพักแบบดั้งเดิมซึ่งไม่ได้มีการติดตั้งปล่องระบายอากาศ คือ 0.004 m^3/s และอัตราการระบายอากาศภายในห้องทดลองโดยเฉลี่ย ซึ่งได้มาจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์ คือ 0.064 m^3/s ทำให้ได้ข้อสรุปว่าอัตราการระบายอากาศภายในห้องพักที่ติดตั้งปล่องระบายมีค่ามากกว่าอัตราการระบายอากาศภายในห้องแบบเดิม เท่ากับ 0.020 m^3/s หรืออัตราการการระบายอากาศภายในห้องพักที่ติดตั้งปล่องระบายอากาศมีค่าประมาณ 6 เท่าของอัตราการระบายอากาศภายในห้องพักแบบเดิมแต่อัตราการระบายอากาศที่เกิดขึ้นภายในห้องพักที่ติดตั้งปล่องระบายอากาศก็ยังมีปริมาณน้อยกว่าอัตราการระบายอากาศที่ได้จากการคำนวณทางคณิตศาสตร์ เท่ากับ0.04 m^3/s หรืออัตราการการระบายอากาศภายในห้องพักที่ติดตั้งปล่องระบายอากาศมีค่าประมาณ 0.37 เท่าของอัตราการระบายอากาศที่ได้จากการคำนวณทางคณิตศาตร์

2) ผลอัตราการระบายอากาศจากการวัดจริงในช่วงเวลากลางคืน ของห้องพักที่ติดตั้งปล่องระบายอากาศมีค่าเฉลี่ยที่ 0.012 m^3/s และอัตราการระบายอากาศภายในห้องพักแบบดั้งเดิมซึ่งไม่ได้มีการติดตั้งปล่องระบายอากาศ คือ 0.004 m^3/s และอัตราการระบายอากาศภายในห้องทดลองโดยเฉลี่ย ซึ่งได้มาจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์ คือ 0.064 m^3/s ทำให้ได้ข้อสรุปว่าอัตราการระบายอากาศภายในห้องพักที่ติดตั้งปล่องระบายมีค่ามากกว่าอัตราการระบายอากาศภายในห้องแบบเดิม เท่ากับ 0.008 m^3/s หรืออัตราการการระบายอากาศภายในห้องพักที่ติดตั้งปล่องระบายอากาศมีค่าประมาณ 3 เท่าของอัตราการระบายอากาศภายในห้องพักแบบเดิมแต่อัตราการระบายอากาศที่เกิดขึ้นภายในห้องพักที่ติดตั้งปล่องระบายอากาศก็ยังมีปริมาณน้อยกว่าอัตราการระบายอากาศที่ได้จากการคำนวณทางคณิตศาสตร์ เท่ากับ0.052 m^3/s หรืออัตราการการระบายอากาศภายในห้องพักที่ติดตั้งปล่องระบายอากาศมีค่าประมาณ 0.19 เท่าของอัตราการระบายอากาศที่ได้จากการคำนวณทางคณิตศาตร์

3) ผลอัตราการระบายอากาศจากการวัดจริงในช่วงเวลากลางวัน ของห้องพักที่ติดตั้งปล่องระบายอากาศมีค่าเฉลี่ยที่ 0.035 m^3/s และอัตราการระบายอากาศภายในห้องพักแบบดั้งเดิมซึ่งไม่ได้มีการติดตั้งปล่องระบายอากาศ คือ 0.004 m^3/s และอัตราการระบายอากาศ

ภายในห้องทดลองโดยเฉลี่ย ซึ่งได้มาจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์ คือ 0.064 m^3/s ทำให้ได้ข้อสรุปว่าอัตราการระบายอากาศภายในห้องพักที่ติดตั้งปล่องระบายมีค่ามากกว่าอัตราการระบายอากาศภายในห้องแบบเดิม เท่ากับ 0.031 m^3/s หรืออัตราการการระบายอากาศภายในห้องพักที่ติดตั้งปล่องระบายอากาศมีค่าประมาณ 8.75 เท่าของอัตราการระบายอากาศภายในห้องพักแบบเดิมแต่อัตราการระบายอากาศที่เกิดขึ้นภายในห้องพักที่ติดตั้งปล่องระบายอากาศก็ยังมีปริมาณน้อยกว่าอัตราการระบายอากาศที่ได้จากการคำนวณทางคณิตศาสตร์ เท่ากับ0.029 m^3/s หรืออัตราการการระบายอากาศภายในห้องพักที่ติดตั้งปล่องระบายอากาศมีค่าประมาณ 0.55 เท่าของอัตราการระบายอากาศที่ได้จากการคำนวณทางคณิตศาตร์ ซึ่งเป็นอัตราเดียวกับมาตรฐานการระบายอากาศภายในอาคารของประเทศไทย (กฎกระทรวงฉบับที่ 39 ในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522)

5.1.2 ผลการทดลองอุณหภูมิ

1) ผลอุณหภูมิภายในห้องพักจากการวัดจริงตลอด 24 ชั่วโมงของห้องพักที่ติดตั้งปล่องระบายอากาศมีค่าเฉลี่ยที่ 27.42 °C และอุณหภูมิภายในห้องพักแบบดั้งเดิมซึ่งไม่ได้มีการติดตั้งปล่องระบายอากาศ คือ 27.16 °C ทำให้ได้ข้อสรุปว่าความแตกต่างของอุณหภูมิโดยเฉลี่ยภายในห้องพักทั้งสองแบบ คือ 0.26 °C โดยมีรายละเอียดดังนี้ ในช่วงเวลา 18.00 น. ของวันที่ 30 ธันวาคม พ.ศ. 2553 ถึงเวลา 1.00 น. ของวันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2553 อุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องพักที่ติดตั้งปล่องระบายอากาศจะสูงกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องพักแบบดั้งเดิมราว 0.35 °C แต่พอถึงช่วงเวลา 1.30 น. ถึง 8.00 น. ของวันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2553 อุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องพักที่ติดตั้งปล่องระบายอากาศ กลับลดต่ำกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องพักแบบดั้งเดิม ราว 0.31 °C และในช่วงสุดท้าย คือเวลา 8.30 น. ถึง 17.30 น. ของวันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2553 อุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องพักที่ติดตั้งปล่องระบายอากาศกลับขึ้นมาสูงกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องพักแบบดั้งเดิม ราว 0.60 °C

2) ผลอุณหภูมิภายในห้องพักจากการวัดจริงในช่วงเวลากลางคืน ของห้องพักที่ติดตั้งปล่องระบายอากาศมีค่าเฉลี่ยที่ 27.40 °C และอุณหภูมิภายในห้องพักแบบดั้งเดิมซึ่งไม่ได้มีการติดตั้งปล่องระบายอากาศ คือ 27.27 °C ทำให้ได้ข้อสรุปว่าความแตกต่างของอุณหภูมิโดยเฉลี่ยภายในห้องพักทั้งสองแบบ คือ 0.13 °C โดยมีรายละเอียดดังนี้ ในช่วงเวลา 18.00 น. ของวันที่ 30 ธันวาคม พ.ศ. 2553 ถึงเวลา 1.00 น. ของวันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2553 อุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องพักที่ติดตั้งปล่องระบายอากาศจะสูงกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องพักแบบดั้งเดิมราว 0.35 °C แต่พอถึงช่วงเวลา1.30 น. ถึง 5.30 น. ของวันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2553 อุณหภูมิเฉลี่ย

ภายในห้องพักที่ติดตั้งปล่องระบายอากาศกลับลดต่ำกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องพักแบบดั้งเดิมราว 0.24 °C

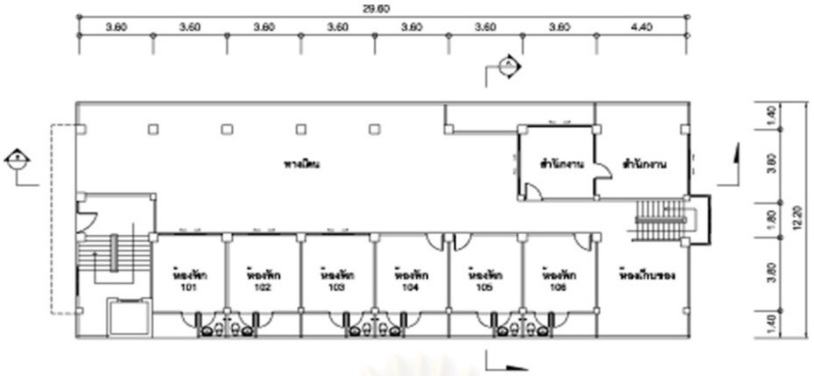
3) ผลอุณหภูมิภายในห้องพักจากการวัดจริงในช่วงเวลากลางวัน ของห้องพักที่ติดตั้งปล่องระบายอากาศมีค่าเฉลี่ยที่ 27.44 °C และอุณหภูมิภายในห้องพักแบบดั้งเดิมซึ่งไม่ได้มีการติดตั้งปล่องระบายอากาศ คือ 27.05 °C ทำให้ได้ข้อสรุปว่าความแตกต่างของอุณหภูมิโดยเฉลี่ยภายในห้องพักทั้งสองแบบ คือ 0.39 °C ในช่วงเวลา 6.00 น. ถึง 8.00 น. ของวันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2553 อุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องพักที่ติดตั้งปล่องระบายอากาศ จะต่ำกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องพักแบบดั้งเดิมราว 0.44 °C แต่พอถึงช่วงเวลา8.30 น. ถึง 17.30 น.ของวันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2553 อุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องพักที่ติดตั้งปล่องระบายอากาศกลับสูงกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยภายในห้องพักแบบดั้งเดิมราว 0.59 °C

5.2 การออกแบบปล่องระบายอากาศในอาคารอยู่อาศัยรวม

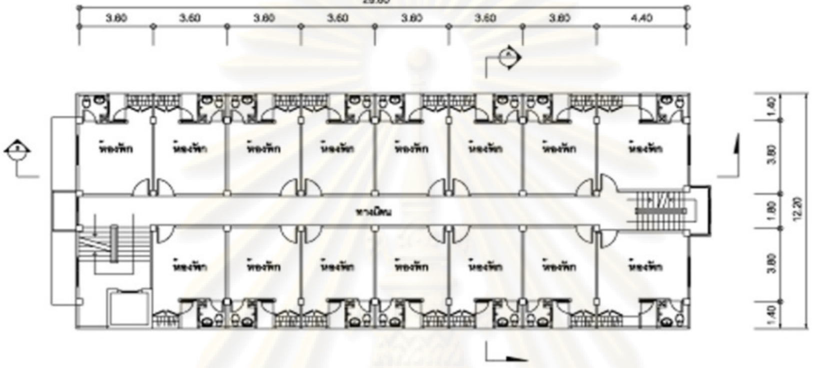
จากการทดลองและคำนวณในเรื่องการศึกษาประสิทธิภาพการระบายอากาศของปล่องระบายอากาศสำหรับอาคารอยู่อาศัยรวมในประเทศไทย ทำให้ทราบว่าปล่องระบายอากาศสามารถนำมาใช้ได้ดีกับอาคารแนวตั้งที่มีความสูงอาคารเหมาะ เพียงพอให้เกิดการระบายอากาศที่ดีภายในอาคาร เช่น หอพัก อพาร์ทเม้น อาคารชุดคอนโดมิเนียม เป็นต้น และเนื่องจากอาคารอยู่อาศัยรวมเหล่านี้เป็นอาคารที่มีการใช้งานมากขึ้นในปัจจุบัน ทั้งยังตั้งอยู่ในบริเวณชุมชนเมืองหรือพื้นที่ริมถนนหลักทำให้เกิดมลภาวะภายในอาคารได้ง่าย จึงได้ทำการผสมผสานการใช้ปล่องระบายอากาศเพื่อระบายอากาศในอาคารอยู่อาศัยรวม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการระบายอากาศภายในอาคาร

5.2.1 ตัวอย่างการออกแบบปล่องระบายอากาศในอาคารอยู่อาศัยรวมที่กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย

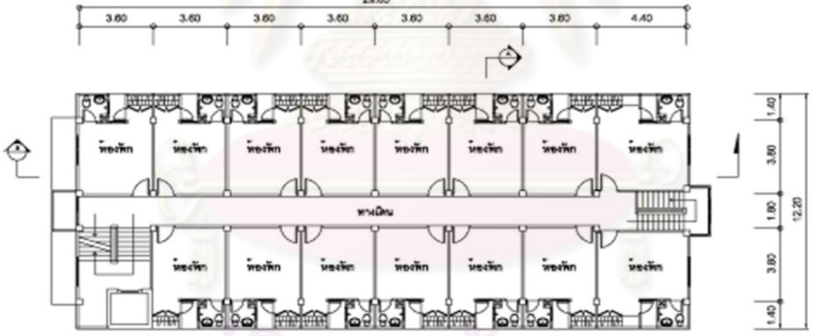
อาคารอยู่อาศัยรวมในประเทศไทยที่นำมาใช้เป็นกรณีตัวอย่างเป็นอาคารเดียวกับที่ได้ทำการทดลองเพื่อเก็บข้อมูลวิจัย โดยมีข้อมูลอาคาร คือ เป็นอพาร์ทเม้น 1 หลัง กว้าง 12.20 เมตร ยาว 29.60 เมตร มี 7 ชั้นและชั้นดาดฟ้าอีก 1 ชั้น ลักษณะของห้องพักภายในอาคาร กว้าง 3.60 เมตร ยาว 5.20 เมตร ความสูงระหว่างพื้นถึงฝ้าเพดานประมาณ 2.65 เมตร ภายในห้องพักมีหน้าต่างด้านเดียวบริเวณที่ติดกับกันสาดด้านนอก มีผนังด้านตรงข้ามเป็นประตูทางเข้าห้องซึ่งเชื่อมกับทางเดินภายในซึ่งลักษณะดังกล่าวเป็นลักษณะที่พบเห็นอยู่ทั่วไปในอาคารอยู่อาศัยรวมที่มีการวางแปลนเป็นทางเดินกลางและมีห้องพักขนาบอยู่ 2 ด้านยาวไปตลอดทางเดินกลาง โดยบริเวณที่สามารถนำมาสร้างปล่องระบายอากาศได้จะเป็นบริเวณดาดฟ้าอาคาร



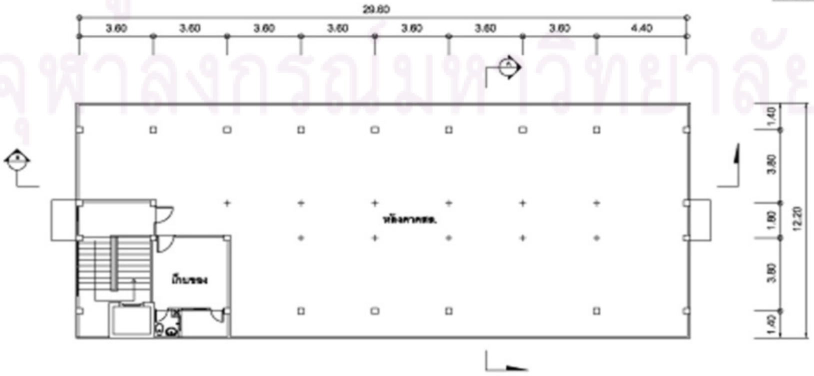
แปลนพื้นชั้นที่ 1



แปลนพื้นชั้นที่ 2-6

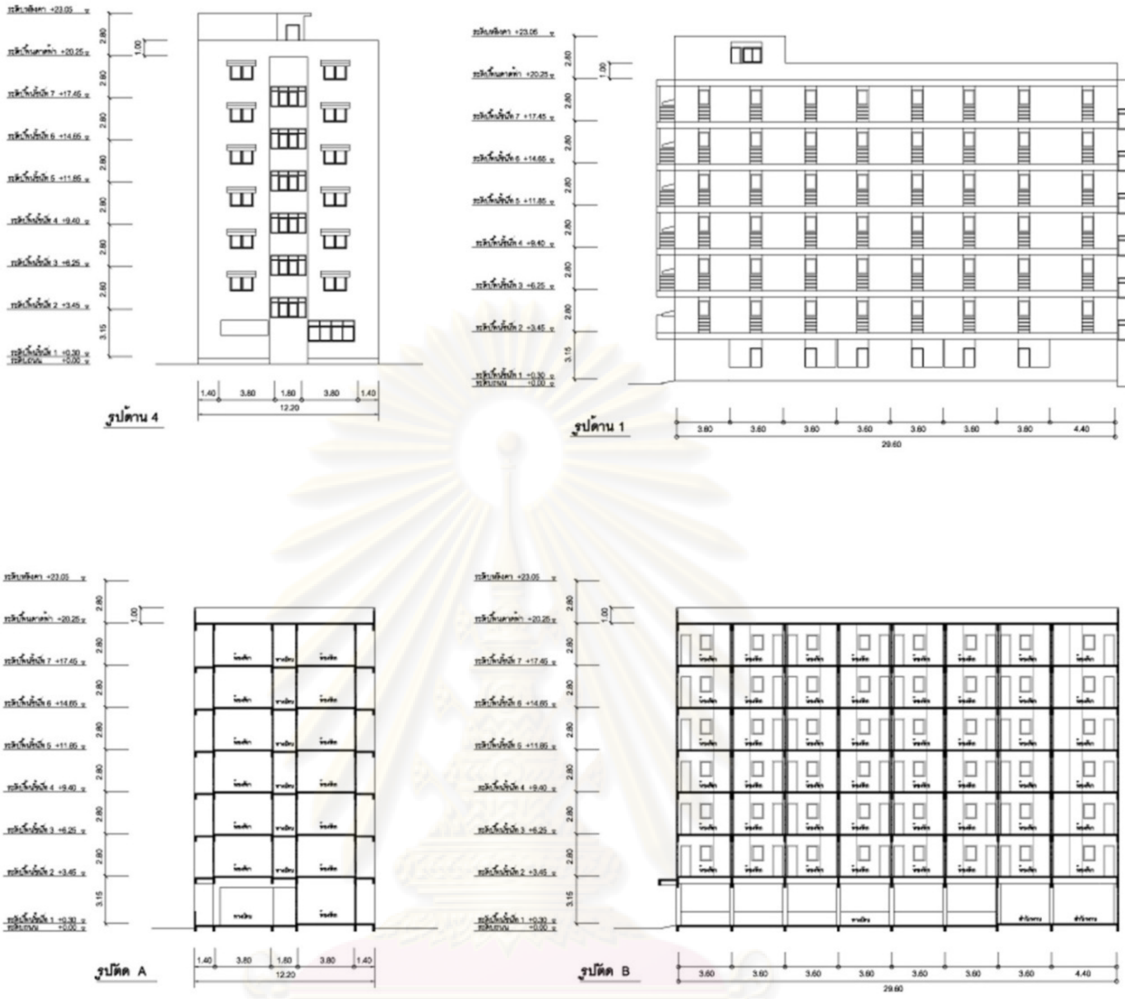


แปลนพื้นชั้นที่ 7



แปลนพื้นดาดฟ้า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5-1 แปลน รูปด้าน และรูปตัดของอาคารพักอาศัยรวมกรณีศึกษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากรูปที่ 5-1 จะสังเกตได้ว่าห้องพักภายในอาคารกรณีศึกษา ที่ไม่ได้อยู่บริเวณริมอาคาร จะเป็นห้องพักที่มีปัญหาในเรื่องการระบายอากาศเนื่องจากภายในห้องพักแต่ละห้อง จะมีหน้าต่างสำหรับระบายอากาศภายในห้องเพียงด้านเดียว แต่หากทำการแก้ไขการระบายอากาศโดยการก่อสร้างปล่องระบายอากาศด้านบน และต่อท่อระบายอากาศมายังห้องพักแต่ละห้องแล้ว จะทำให้ใช้ช่องเปิดในการระบายอากาศภายในห้องพักได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น พื้นที่อาคารส่วนที่จะติดตั้งปล่องระบายอากาศได้จะเป็นบริเวณดาดฟ้าอาคาร โดยจะกำหนดวัสดุ ขนาดและความสูงของปล่องระบายอากาศโดยอ้างอิงข้อมูลในการคำนวณ และผลจากการทดลองที่ได้จากการวิจัยเบื้องต้น

การออกแบบปล่องระบายอากาศในอาคารอยู่อาศัยรวม กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย สามารถทำได้ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) กำหนดอัตราการระบายอากาศภายในห้องพักที่ต้องการ โดยในการทดลองนี้ กำหนดให้มีค่าเฉลี่ยในการระบายภายในห้องพักต่ำสุดที่ 0.024 m^3/s

2) เริ่มออกแบบการคำนวณหาขนาด รูปแบบและวัสดุของปล่องกระจกที่ตั้งบริเวณภายนอกอาคารที่สามารถทำให้อุณหภูมิภายในปล่องกระจกสูงกว่าอุณหภูมิภายนอก เพื่อให้เกิดการระบายอากาศภายในห้องพัก โดยคำนวณจากสมการที่ 5.1

สมการคำนวณ ค่าอุณหภูมิภายในปล่องกระจก (สมการ 5.1)

(Internal Temperatures: Passive Solar Heating Performance)

$$T_{PSHP} = T_{monthly\ average} + \Delta T_{solar} + \Delta T_{due}$$

ที่มา: (Mechanical and Eletrical equipment for buildings. 8th edition, 1992)

โดยที่	T_{PSHP}	คือ	ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นภายในปล่องกระจกในช่วงเดือนที่ทดลอง (°F)
	$T_{monthly\ average}$	คือ	ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิอากาศภายนอกของเดือนที่ทดลอง (°F)
	ΔT_{solar}	คือ	ผลต่างของค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นภายในปล่องกระจกกับค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิอากาศภายนอก (°F) โดยอ่านค่าได้จากกราฟ 5.17 ที่ละติจูด......., using a direct gain system, LCR = ... LCR = BLC / Ap , BLC = 24 x UAns
	ΔT_{due}	คือ	Total internal gains (Btu/day) / BLC + (UAs x 24)
	UAns	คือ	ค่า U x A ของผนังด้านต่างๆ ยกเว้นผนังกระจกด้านทิศใต้ + UA ของหลังคา + infiltration loss
	Ap	คือ	พื้นที่ผนังกระจกด้านทิศใต้
	UAs	คือ	UA ของผนังกระจกด้านทิศใต้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3) นำค่าเฉลี่ยของผลต่างของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นภายในปล่องกระจกกับค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิอากาศภายนอก มารวมกับค่าเฉลี่ยของผลต่างของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นภายในห้องพักกับค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิอากาศภายนอก จากนั้นนำค่าเฉลี่ยที่ได้ กับอัตราการระบายอากาศที่กำหนดไว้เบื้องต้นมาแทนค่าลงในสมการที่ 5.2 เพื่อหาขนาด และความสูงของท่อระบายอากาศที่ต่อจากห้องพักไปยังปล่องระบายอากาศบริเวณดาดฟ้า

สมการคำนวณหาอัตราการระบายอากาศที่เกิดจากปล่องระบายอากาศ (สมการ 5.2)

$$Q = (Cd)(A)\sqrt{2\,(g)\,(\Delta Hnpl)\,\frac{(Ti-To)}{Ti}}$$

ที่มา: (ASHRAE, 2001: 26.11)

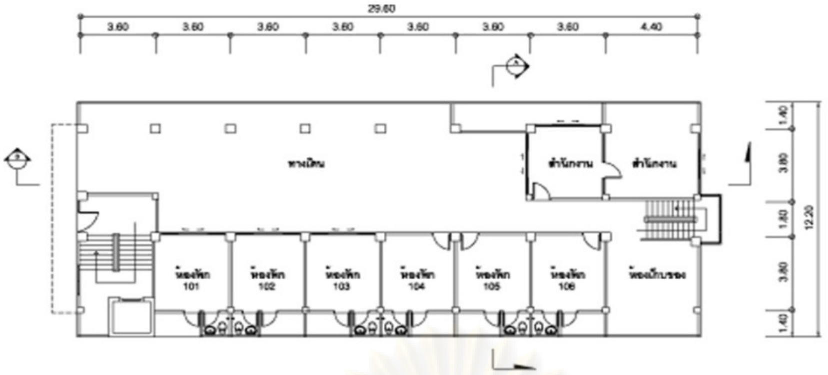
โดยที่	Q	คือ	อัตราการระบายอากาศที่เกิดจากปล่องระบายอากาศ (SI Units: ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที)
	Cd	คือ	ค่าสัมประสิทธิ์มีค่าเท่ากับ 0.40+0.0045 | $T_i - T_o$ |
	A	คือ	ขนาดพื้นที่ช่องเปิดลมเข้า (SI Units: ตารางเมตร)
	g	คือ	ค่าแรงโน้มถ่วง มีค่าเท่ากับ 9.865 เมตรต่อวินาที^{2}
	Hnpl	คือ	ระดับความสูงระหว่างทางเข้าของอากาศถึงทางออกของอากาศ (SI Units: เมตร)
	To	คือ	อุณหภูมิอากาศภายนอกอาคาร (SI Units: เคลวิน)
	Ti	คือ	อุณหภูมิอากาศภายในอาคารที่ความสูง H_{NPL} (SI Units: เคลวิน)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

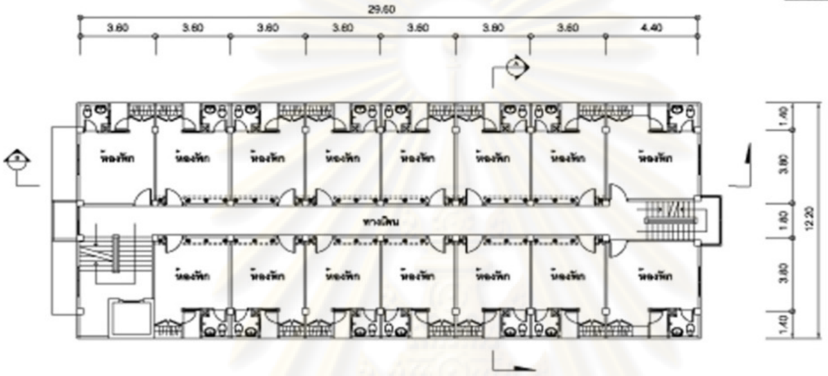
4) นำขนาดปล่องระบายอากาศที่ได้จากการคำนวณมาประยุกต์ให้เหมาะสมกับสถานที่ก่อสร้างจริง ความสะดวกในการก่อสร้าง งบประมาณการก่อสร้าง และการดูแลรักษา เพื่อหาข้อสรุปในเรื่องลักษณะและรูปแบบของปล่องระบายอากาศ

จากหลักการออกแบบเบื้องต้น จะได้ปล่องระบายอากาศบริเวณดาดฟ้าอาคาร จำนวน 2 ปล่องโดยแต่ละปล่องมีขนาด กว้าง 4.20 เมตร ยาว 21.60 เมตร ด้านหน้าสูง 3.90 เมตร และด้านหลังสูง 4.20 เมตร ภายในปล่องแต่ละชุด จะถูกกั้นแบ่งออกเป็นช่องเล็กๆ ขนาดกว้าง 0.90 เมตร จำนวน 22 ช่อง โดยผนังด้านทิศตะวันออก ทิศตะวันตก และทิศเหนือ เป็นผนังทึบทำจากแผ่นสมาร์ทบอร์ดหนา 6 ม.ม. บนโครงเคร่าเหล็กสำเร็จรูป ช่องว่างระหว่างแผ่นกรุแผ่นกันความร้อนคูลวอล์ด หนา 3” ของบริษัทปูนซีเมนต์ไทย ส่วนผนังด้านทิศใต้ และหลังคาใช้กระจกขนาด 6 มม. ภายในปล่องระบายอากาศย่อยแต่ละช่องจะเจาะช่องเปิดขนาดกว้าง 0.16 เมตร ยาว 0.20 เมตร บริเวณด้านบน เพื่อระบายอากาศออกไปยังด้านนอก ส่วนด้านล่างจะต่อท่อระบายอากาศขนาด Ø 8” เชื่อมต่อไปยังห้องพักแต่ละห้อง โดยเริ่มตั้งแต่ห้องพักบริเวณชั้นที่ 2 ถึงชั้นที่ 6 ของอาคาร ซึ่งปล่องระบายอากาศที่ 1 ที่ตั้งอยู่ทางทิศใต้จะทำการเชื่อมท่อระบายอากาศลงไปยังห้องพักด้านทิศใต้ และปล่องระบายอากาศที่ 2 ที่ตั้งอยู่ทางทิศเหนือจะทำการเชื่อมท่อระบายอากาศลงไปยังห้องพักด้านทิศเหนือ โดยปล่องระบายอากาศที่ 2 ซึ่งอยู่ทางทิศเหนือจะถูกออกแบบให้ยกลอยสูงขึ้นมาจากพื้น 2.80 เมตร เพื่อหลีกเลี่ยงการโดนบังแสงแดด โดยปล่องระบายอากาศที่ 1 ที่อยู่ทางทิศใต้ อันเนื่องมาจากดวงอาทิตย์ที่ทำมุมเอียงไปทางทิศใต้ในช่วงเดือนธันวาคมของทุกปี

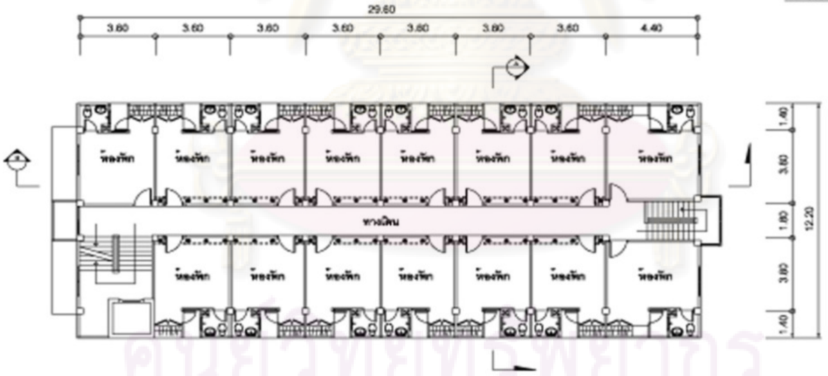
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



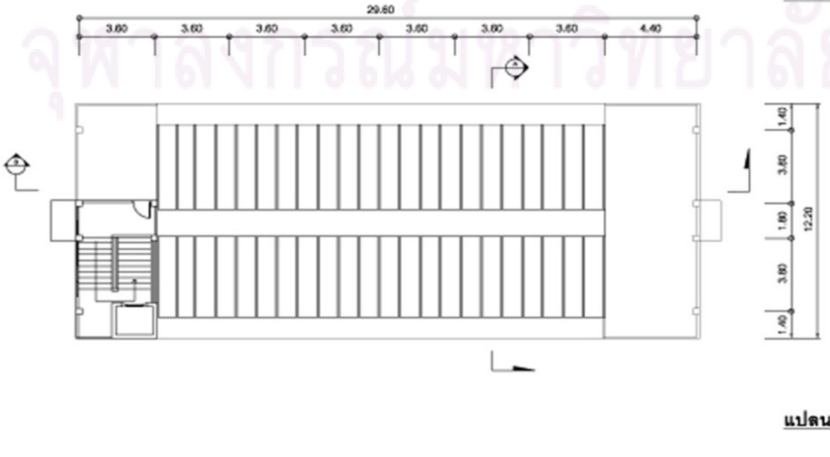
แปลนพื้นชั้นที่ 1



แปลนพื้นชั้นที่ 2-6

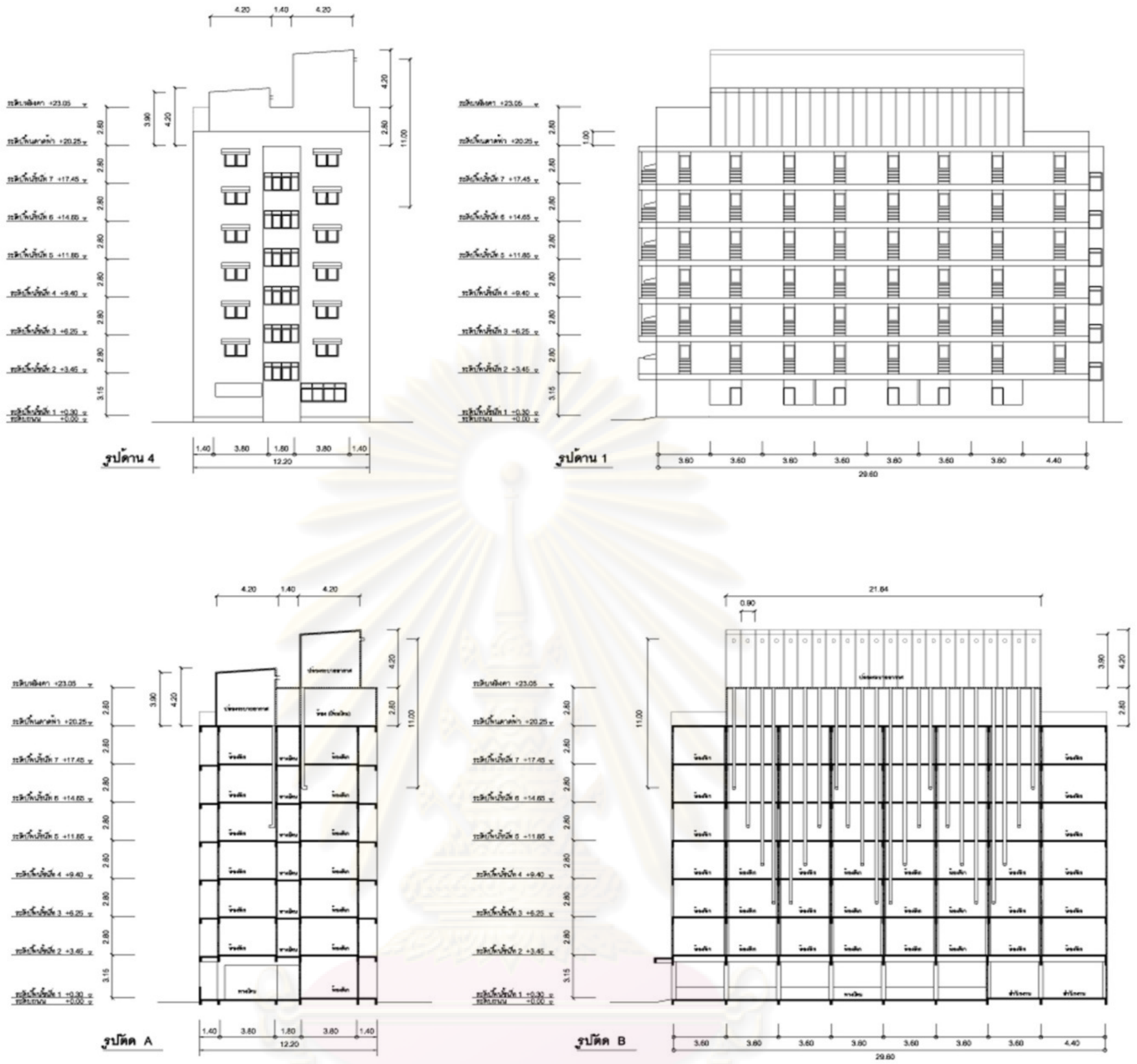


แปลนพื้นชั้นที่ 7



แปลนพื้นดาดฟ้า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5-2 แปลน รูปด้าน และรูปตัดของอาคารพักอาศัยรวมที่ประยุกต์ใช้ปล่องระบายอากาศ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

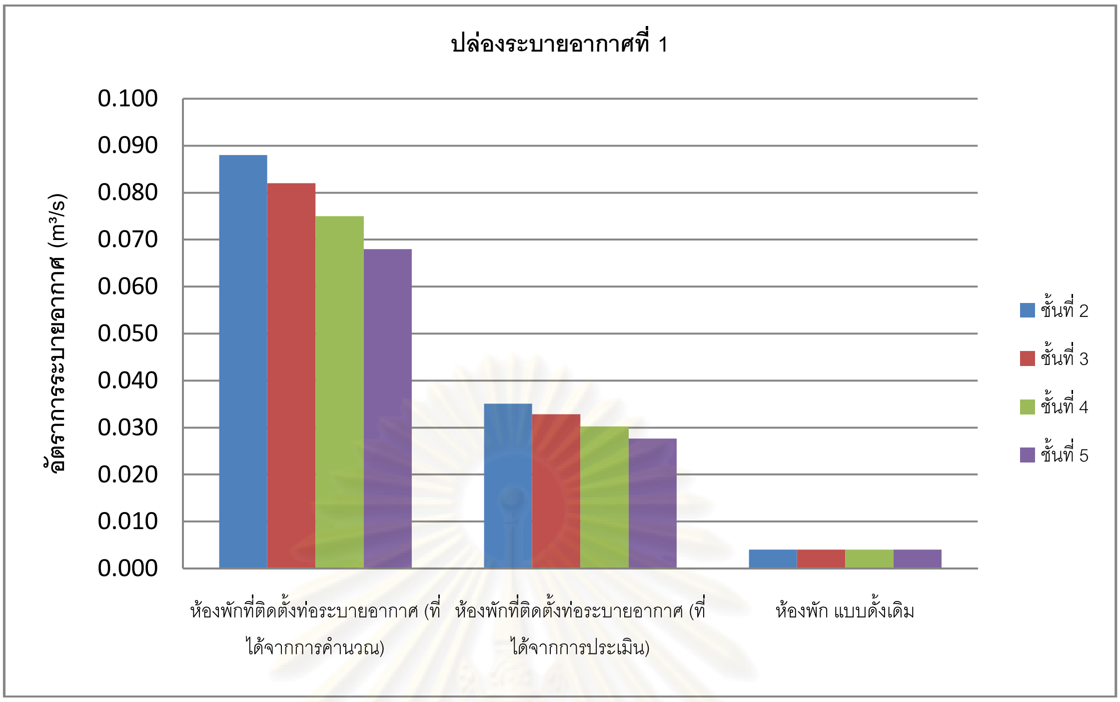
5.2.2 การประเมินปล่องระบายอากาศในอาคารอยู่อาศัยรวมที่ กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย

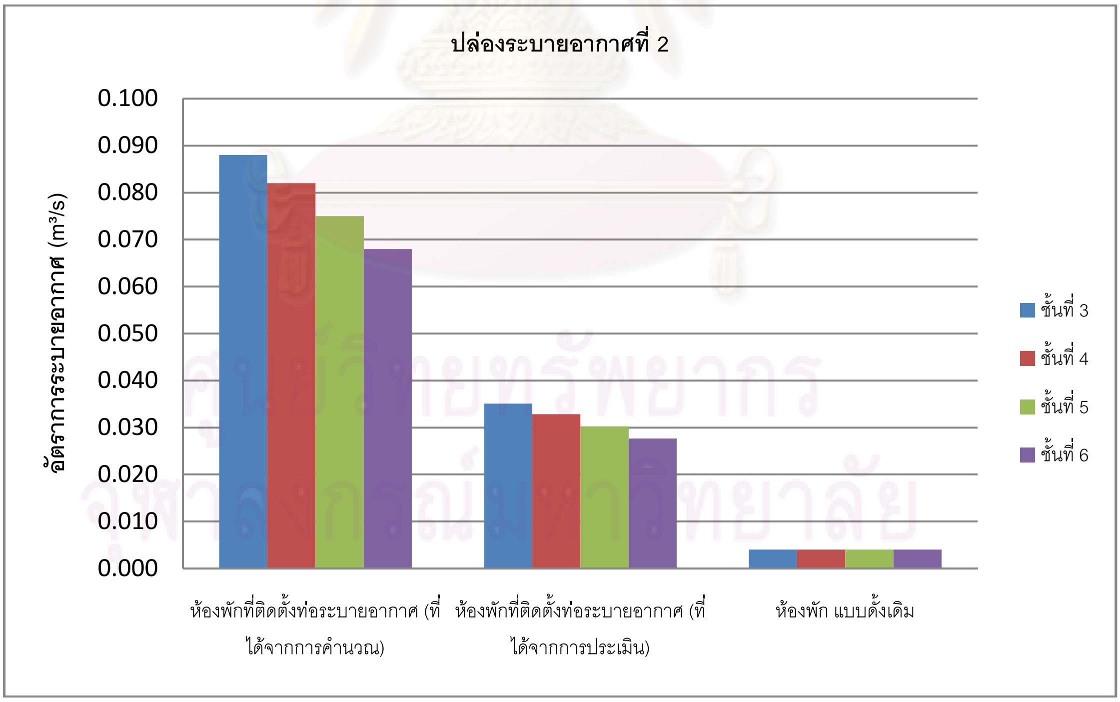
จากการออกแบบปล่องระบายอากาศที่ใช้ในอาคารอยู่อาศัยรวมกรณีศึกษา ในหัวข้อ 5.2.1 ทำสามารถประเมินอัตราการระบายอากาศโดยเฉลี่ยในช่วงปลายเดือนธันวาคม ภายในห้องพักซึ่งที่ได้ติดตั้งปล่องระบายอากาศได้ดังนี้

ปล่องระบาย อากาศที่ (บริเวณดาดฟ้า)	ท่อระบายอากาศ ที่ต่อไปยังห้องพักบริเวณชั้นที่	ความสูงของช่อง อากาศเข้าไปถึงช่องอากาศออก (m.)	อัตราการระบายอากาศภายใน ห้องพักที่ติดตั้งท่อระบายอากาศ (m^3/s) ที่ได้จากการคำนวณ	อัตราการระบายอากาศภายใน ห้องพักที่ติดตั้งท่อระบายอากาศ (m^3/s) ที่ได้จากการประเมิน	อัตราการระบายอากาศ ภายในห้องพัก (m^3/s) แบบดั้งเดิม
1	2	19.4	0.088	0.035	0.004
1	3	16.6	0.082	0.033	0.004
1	4	13.8	0.075	0.030	0.004
1	5	11	0.068	0.028	0.004
2	3	19.4	0.088	0.035	0.004
2	4	16.6	0.082	0.033	0.004
2	5	13.8	0.075	0.030	0.004
2	6	11	0.068	0.028	0.004

ตารางที่ 5-1 อัตราการระบายอากาศภายในห้องพักซึ่งติดตั้งปล่องระบายอากาศ ของอาคารอยู่อาศัยรวมกรณีศึกษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





รูปที่ 5-3 อัตราการระบายอากาศภายในห้องพักซึ่งติดตั้งปล่องระบายอากาศ ของอาคารอยู่อาศัยรวมกรณีศึกษา

สรุปได้ว่า ปล่องระบายอากาศสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับอาคารอยู่อาศัยรวมประเภทหอพัก อพาร์ทเม้น และคอนโดมิเนียม ในประเทศไทยได้ดีในช่วงที่อากาศภายในอาคารและภายนอกอาคารมีความแตกต่างกันมาก เช่น ในช่วงเวลากลางวัน และยังได้ผลดียิ่งขึ้นในอาคารอยู่อาศัยรวมที่มีความสูงของอาคารมาก เพราะทำให้ปล่องระบายอากาศที่อยู่บริเวณด้านบนอาคารสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เป็นผลให้ภายในห้องพักที่มีการติดตั้งท่อระบายอากาศเชื่อมต่อไปยังปล่องระบายอากาศด้านบนอาคาร มีอัตราการระบายอากาศภายในห้องที่ดีขึ้น

5.3 ข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปใช้ในงานวิจัย

เนื่องจากเป็นการศึกษาทดลองปล่องระบายอากาศในอาคารอยู่อาศัยรวม ซึ่งทำการทดลองในสถานที่จริงโดยเปรียบเทียบอัตราการระบายอากาศที่เกิดขึ้นจริงภายในห้องพัก ระหว่างห้องพักที่มีอยู่เดิมการกับห้องพักที่มีการปรับปรุงใหม่ และการคำนวณอัตราการระบายอากาศจากสมการทางคณิตศาสตร์ ทำให้พบปัญหาในการทดลอง ดังนี้

1) ความเร็วลมและอัตราการระบายอากาศที่คำนวณได้จากสมการทางคณิตศาสตร์นั้นเป็นค่าคงที่แต่ความเร็วลม และอัตราการระบายอากาศที่เกิดขึ้นจริงภายในห้องทดลองนั้นมีความแปรผันตลอดเวลาอันเนื่องมาจากปัจจัยภายนอกต่างๆ ทำให้ต้องทำการวัดค่าเป็นระยะ ๆ เพื่อนำมาสรุปเป็นค่าเฉลี่ย

2) การทดลองนั้นถูกทำขึ้นเมื่อวันที่ 30 ธันวาคม พ.ศ. 2553 ถึงวันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2553 ซึ่งเป็นการทดลองในช่วงเวลาสั้น ๆ เท่านั้นทำให้ผลการทดลองยังไม่สามารถครอบคลุมช่วงเวลาอื่น ๆ

3) การนำปล่องระบายอากาศไปประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงอาคารที่มีอยู่แล้ว ทำให้มีข้อจำกัดในเรื่องรูปแบบและลักษณะของปล่องระบายอากาศ จำนวนห้องพักที่สามารถปรับปรุงใหม่ อันเนื่องมาข้อจำกัดของขนาดอาคาร กฎหมายควบคุมอาคาร และพื้นที่ใช้สอยเดิมของอาคาร

4) การนำปล่องระบายอากาศไปประยุกต์ใช้ในอาคารที่ออกแบบใหม่นั้น สามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพกว่าเนื่องมาจากไม่มีข้อจำกัดในเรื่องขนาดอาคาร และพื้นที่ใช้สอยภายในของอาคารเดิม

5) การออกแบบปล่องระบายอากาศบนอาคาร ต้องคำนึงถึงสภาพแวดล้อมโดยรอบของสถานที่ตั้ง เช่น ป้ายโฆษณา ตึกสูงข้างเคียง ที่สามารถบังทิศทางของแดดที่จะส่องมายังปล่องระบายอากาศ เป็นผลให้ประสิทธิภาพในการระบายอากาศของปล่องลดลง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6) นอกจากการประยุกต์ใช้ปล่องระบายอากาศในอาคารอยู่อาศัยรวมแล้ว ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับอาคารที่มีพื้นที่ใช้สอยในแนวตั้งอื่น ๆ เช่น อาคารเรียน อาคารสำนักงาน เป็นต้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายอากาศภายในอาคาร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กีรติ ลีวัจกุล. อุทกวิทยา. กรุงเทพฯ: สยามสเตชั่นเนอร์ซัพพลาย, 2543.

จารุณี โรจนสวัสดิ์สุข. การระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติในโถงเอเตรียมเพื่อสร้างสภาวะน่าสบาย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2548.

จิฐิพร วงศ์วัชรไพบูลย์. ประสิทธิภาพการระบายอากาศของปล่องแสงอาทิตย์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2551.

จตุวัฒน์ วโรดม. การใช้การไหลเวียนอากาศธรรมชาติกับงานสถาปัตยกรรม. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.

เฉลิมวัฒน์ ตันตสวัสดิ์. “เครื่องช่วย (สลาย) ฝันสถาปนิก: การคำนวณพลศาสตร์ของไหล” ใน สร้างสรรค์ อาคารสบาย. กรุงเทพฯ: สมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์.

ชลธิษฐ์ ถนัดศิลปะกุล. แนวทางการออกแบบปล่องระบายอากาศสำหรับบ้านพักอาศัยในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.

ธนิต จินดาวณิค, คมกฤช ชูเกียรมั่น และ ร.อ.หญิง ปริมลาภ วสุวัต. ข้อมูลอากาศประเทศไทยสำหรับงานอนุรักษ์พลังงาน. กรุงเทพฯ: คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.

ธนิต จินดาวณิค. เอกสารคำสอนเรื่องการอนุรักษ์พลังงานในการออกแบบสถาปัตยกรรม. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550.

ตรึงใจ บูรณสมภพ. การออกแบบอาคารที่มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน. กรุงเทพฯ: อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง, 2539.

มาลินี ศรีสุวรรณ. การศึกษาความสัมพันธ์ของทิศทางกระแสลม กับการเจาะช่องเปิดที่ผนังอาคารสำหรับภูมิอากาศร้อนชื้นในประเทศไทย. วารสารวิชาการคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สาระศาสตร์: การประชุมวิชาการประจำปี สถาปัตยกรรมและศาสตร์ที่เกี่ยวเนื่อง ครั้งที่ 4 (ปีการศึกษา 2543): 234-248.

ณรงค์ชัย ประเสริฐศักดา. การออกแบบปรับปรุงความเร็วลมเพื่อภาวะน่าสบายใต้ถุนอาคารสูง.

วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550.

สุนทร บุญญาธิการ. การออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงานในสภาพภูมิอากาศร้อนชื้นแบบพิเศษ ครบรอบ 60 ปี (2536): 16-24

สุนทร บุญญาธิการ. เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงานเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.

สุนทร บุญญาธิการ และคนอื่นๆ. พลังงานใกล้ตัว. กรุงเทพฯ: เฟิสท์ ออฟเซท (1993), 2545.

สุนทร บุญญาธิการ และ ธนิต จินดาวณิค. รายงานผลการวิจัย การวิเคราะห์ภาวะน่าสบายและสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องของอาคารสถาปัตยกรรมไทย. กรุงเทพฯ: คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2536.

สุบิน วงศ์ฝั้น. แนวทางการใช้รูปแบบการไหลเวียนกระแสลมของเรือนไทยในบ้านพักอาศัย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.

สมสิทธิ์ นิตยะ. การระบายความร้อนด้วยปล่อง. วารสารวิชาการคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2523): 126-170.

สมสิทธิ์ นิตยะ. การออกแบบอาคารสำหรับภูมิอากาศเขตร้อนชื้น. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541.

สมัยศารท สนิทวงศ์ ณ อยุธยา. การทำความเย็นด้วยระบบ Passive. วารสารวิชาการคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2523): 38-56.

สมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์. กฎหมายอาคาร อาษา 2548 เล่ม 1. กรุงเทพฯ: เมฆาเพรส, 2548.

วรสันต์ ชื่นชีพ. การระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติของอาคารใต้ดิน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548.

อรรจน์ เศรษฐบุตร. เอกสารคำสอนเรื่องลมและการระบายอากาศ. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.

ภาษาอังกฤษ

American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineerings. ASHRAE Handbook Fundamentals. SI Edition. Atlanta: ASHARE, 1993.

American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineerings. ASHRAE Handbook Fundamentals. SI Edition. Atlanta: ASHARE, 2001.

Awbi, H. B. Ventilation of Buildings. London: E&FN Spon, 1988.

Boutet, T. S. Controlling Air Movement: a Manual for Architects and Builders. New York: McGraw-Hill Book, 1987.

Brown, G. Z. Sun, Wind and Light: Architectural Design Strategies. New York: John Wiley & Sons, 2001.

Brown, G. Z. Insideout : design procedures for passive environmental technologies. 2nd editon. New York: John Wiley & Sons, 1992.

Chen, Z. D., and Yuguo Li. Buoyancy-driven displacement natural ventilation in a single-zone building with three-level openings. Building and Environment Vol. 37, No. 3 (March 2002): 295-303.

Etheridge, D.W. Nondimensional methods for natural ventilation design. Building and Environment Vol. 37, No. 11 (November 2002): 1057-1072.

Fry, M., Drew, J. Tropical Architecture in the Humid Zones. New York: Van Nostrand Reinhold, 1956.

Givoni, B. Passive and low energy cooling of buildings. New York: Van Nostrand Reinhold, 1994.

Koenigsberger, O. H., T. Ingersoll, A Mayhew, and S. Szokolay. Manual of Tropical Housing and Building Part 1: Climatic Design. London: Longman Group, 1974.

Meyer, W.T. Energy economics and building design. New York: McGraw-Hill, 1983.

Santamouris, M., and Asimakopoulos, D. Passive cooling of buildings. London: James & James (Science Publishers), 1996.

Stein, B. and Reynolds, J.S. Mechanical and Electrical equipment for buildings. 8th edition, 1992. New York: John Wiley & Sons, 1992.

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก-1 แสดงข้อมูลอุณหภูมิในการทดลอง ณ ตำแหน่งต่างๆ

วัน	เวลา	อุณหภูมิ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ (°C)			
		ห้อง 512	ห้อง 514	ดาดฟ้า	ปล่องกระจก
12/30/10	18:00	27.91	27.31	32.34	37.88
12/30/10	18:30	27.91	27.31	29.91	32.76
12/30/10	19:00	27.91	27.31	29.50	29.91
12/30/10	19:30	27.91	27.31	28.71	28.71
12/30/10	20:00	27.91	27.31	28.31	27.91
12/30/10	20:30	27.91	27.46	27.91	27.12
12/30/10	21:00	27.91	27.61	27.12	26.73
12/30/10	21:30	27.91	27.61	27.12	26.34
12/30/10	22:00	27.91	27.61	26.73	26.34
12/30/10	22:30	27.91	27.51	26.34	26.34
12/30/10	23:00	27.52	27.42	25.56	25.95
12/30/10	23:30	27.52	27.42	25.17	25.56
12/31/10	0:00	27.52	27.42	24.79	25.17
12/31/10	0:30	27.52	27.27	24.40	24.79
12/31/10	1:00	27.12	27.12	24.01	24.40
12/31/10	1:30	27.12	27.17	23.63	24.40
12/31/10	2:00	27.12	27.22	23.24	23.63
12/31/10	2:30	27.12	27.22	22.86	23.24
12/31/10	3:00	27.12	27.22	22.48	22.86
12/31/10	3:30	27.12	27.18	22.09	22.48
12/31/10	4:00	26.73	27.13	21.71	22.48
12/31/10	4:30	26.73	26.98	21.33	22.48
12/31/10	5:00	26.34	26.84	20.95	22.48

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

12/31/10	5:30	25.95	26.54	20.95	22.09
12/31/10	6:00	25.95	26.25	20.95	22.09
12/31/10	6:30	26.34	26.54	20.57	22.09
12/31/10	7:00	26.34	26.84	20.57	22.09
12/31/10	7:30	26.34	27.04	22.09	26.34
12/31/10	8:00	26.73	27.23	23.63	35.70
12/31/10	8:30	28.71	27.58	25.56	43.91
12/31/10	9:00	27.91	27.91	27.12	50.67
12/31/10	9:30	27.52	27.45	28.31	55.97
12/31/10	10:00	27.52	27.02	30.31	60.59
12/31/10	10:30	27.52	26.98	32.76	65.01
12/31/10	11:00	27.52	26.92	34.43	70.88
12/31/10	11:30	27.52	26.92	35.70	74.69
12/31/10	12:00	27.52	26.92	37.00	75.71
12/31/10	12:30	27.52	26.87	39.67	76.76
12/31/10	13:00	27.52	26.82	38.77	74.69
12/31/10	13:30	27.52	26.82	39.67	74.69
12/31/10	14:00	27.52	26.82	40.59	73.71
12/31/10	14:30	27.52	26.97	38.32	67.42
12/31/10	15:00	27.91	27.11	41.05	72.74
12/31/10	15:30	27.91	27.16	38.77	69.11
12/31/10	16:00	27.91	27.21	39.22	71.80
12/31/10	16:30	27.91	27.26	37.44	61.29
12/31/10	17:00	27.91	27.31	33.59	50.11
12/31/10	17:30	27.91	27.31	31.12	41.05

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข-1 แสดงข้อมูลความเร็วลมในการทดลอง ณ ตำแหน่งต่างๆ

วัน	เวลา	ความเร็วลม (m/s) ด้านหน้าท่อระบายอากาศ ภายในห้อง 512	ความเร็วลม (m/s) ภายในห้อง 514
12/30/10	18:00	0.62	0.01
12/30/10	18:30	0.05	0.01
12/30/10	19:00	0.01	0.00
12/30/10	19:30	0.04	0.01
12/30/10	20:00	0.02	0.02
12/30/10	20:30	0.05	0.01
12/30/10	21:00	0.04	0.01
12/30/10	21:30	0.08	0.01
12/30/10	22:00	0.25	0.02
12/30/10	22:30	0.22	0.01
12/30/10	23:00	0.32	0.00
12/30/10	23:30	0.60	0.01
12/31/10	0:00	0.49	0.01
12/31/10	0:30	0.58	0.02
12/31/10	1:00	0.60	0.01
12/31/10	1:30	0.56	0.01
12/31/10	2:00	0.57	0.02
12/31/10	2:30	0.41	0.01
12/31/10	3:00	0.24	0.01
12/31/10	3:30	0.44	0.00
12/31/10	4:00	0.71	0.01
12/31/10	4:30	0.87	0.01

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

12/31/10	5:00	0.90	0.02
12/31/10	5:30	0.79	0.01
12/31/10	6:00	0.67	0.01
12/31/10	6:30	0.61	0.01
12/31/10	7:00	0.70	0.02
12/31/10	7:30	1.11	0.01
12/31/10	8:00	1.02	0.01
12/31/10	8:30	1.28	0.00
12/31/10	9:00	1.49	0.01
12/31/10	9:30	1.62	0.01
12/31/10	10:00	1.36	0.02
12/31/10	10:30	1.54	0.01
12/31/10	11:00	1.05	0.00
12/31/10	11:30	1.10	0.01
12/31/10	12:00	0.90	0.02
12/31/10	12:30	1.17	0.01
12/31/10	13:00	1.01	0.01
12/31/10	13:30	1.07	0.02
12/31/10	14:00	0.79	0.01
12/31/10	14:30	1.32	0.00
12/31/10	15:00	1.32	0.01
12/31/10	15:30	1.41	0.01
12/31/10	16:00	1.55	0.02
12/31/10	16:30	1.42	0.01
12/31/10	17:00	1.02	0.01
12/31/10	17:30	0.66	0.01

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-1 แสดงข้อมูลความเร็วลม บริเวณด้านท่อระบายอากาศ (ห้อง 512) ในการทดลองที่ 1

ลำดับ \ วันและเวลา		30/12/2554 18:00 น.	30/12/2554 18:30 น.	30/12/2554 19:00 น.	30/12/2554 19:30 น.	30/12/2554 20:00 น.	30/12/2554 20:30 น.	30/12/2554 21:00 น.
ความเร็วลม (m/s) ห้อง 512 โดยวัดทุก 5 วินาที จำนวน 30 ครั้ง	1	0.84	0.13	0.00	0.05	0.00	0.08	0.07
	2	0.93	0.01	0.00	0.08	0.00	0.06	0.06
	3	0.59	0.00	0.01	0.01	0.04	0.03	0.00
	4	0.56	0.02	0.02	0.09	0.01	0.00	0.04
	5	0.76	0.00	0.02	0.09	0.03	0.05	0.05
	6	0.73	0.01	0.01	0.03	0.00	0.03	0.01
	7	0.68	0.29	0.05	0.05	0.00	0.02	0.01
	8	0.65	0.07	0.06	0.08	0.04	0.04	0.04
	9	0.62	0.01	0.03	0.00	0.04	0.07	0.02
	10	0.82	0.19	0.01	0.00	0.01	0.06	0.00
	11	0.55	0.23	0.00	0.02	0.04	0.03	0.04
	12	0.48	0.00	0.00	0.03	0.01	0.04	0.00
	13	1.09	0.00	0.00	0.08	0.01	0.05	0.03
	14	0.48	0.15	0.00	0.04	0.02	0.04	0.03
	15	0.38	0.00	0.02	0.03	0.06	0.08	0.01
	16	0.60	0.00	0.01	0.04	0.05	0.02	0.03
	17	0.73	0.01	0.02	0.02	0.07	0.05	0.06
	18	0.50	0.03	0.02	0.07	0.04	0.06	0.06
	19	0.68	0.00	0.00	0.02	0.00	0.06	0.02
	20	0.36	0.01	0.00	0.05	0.01	0.02	0.02
	21	0.17	0.00	0.00	0.01	0.01	0.05	0.06
	22	0.30	0.00	0.00	0.08	0.08	0.11	0.03
	23	0.42	0.00	0.00	0.03	0.02	0.05	0.08
	24	0.28	0.01	0.01	0.01	0.00	0.03	0.00
	25	0.47	0.04	0.00	0.07	0.01	0.00	0.02
	26	0.52	0.01	0.00	0.06	0.00	0.04	0.07
	27	0.75	0.00	0.00	0.06	0.04	0.03	0.05
	28	0.81	0.18	0.01	0.04	0.01	0.06	0.03
	29	0.78	0.00	0.00	0.05	0.00	0.08	0.08
	30	0.93	0.00	0.03	0.01	0.03	0.03	0.04
	MIN	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	MAX	1.09	0.29	0.06	0.09	0.08	0.11	0.08

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ลำดับ \ วันและเวลา		30/12/2554 21:30 น.	30/12/2554 22:00 น.	30/12/2554 22:30 น.	30/12/2554 23:00 น.	30/12/2554 23:30 น.	30/12/2554 24:00 น.	31/12/2554 0:30 น.
ความเร็วลม (m/s) ห้อง 512 โดยวัดทุก 5 วินาที จำนวน 30 ครั้ง	1	0.08	0.32	0.10	0.06	0.96	0.31	0.21
	2	0.01	0.48	0.08	0.05	0.34	0.35	0.00
	3	0.05	0.16	0.00	0.06	0.24	0.43	0.02
	4	0.00	0.15	0.06	0.45	0.09	0.68	0.82
	5	0.00	0.01	0.07	0.27	0.40	0.26	0.86
	6	0.00	0.26	0.02	0.00	0.36	0.52	0.55
	7	0.02	0.47	0.22	0.35	0.55	0.91	0.28
	8	0.00	0.39	0.52	0.00	0.53	1.20	0.49
	9	0.01	0.65	0.54	0.03	1.02	0.93	0.64
	10	0.02	0.82	0.30	0.02	0.96	0.60	0.96
	11	0.02	0.36	0.12	0.09	1.21	0.51	0.88
	12	0.43	0.26	0.23	0.08	0.54	0.82	1.11
	13	0.35	0.19	0.00	0.36	0.33	0.63	1.06
	14	0.14	0.31	0.00	0.78	0.31	0.50	0.54
	15	0.01	0.03	0.00	0.49	0.96	0.41	0.92
	16	0.11	0.07	0.00	0.47	0.83	0.40	0.88
	17	0.23	0.19	0.60	0.39	0.25	0.41	0.75
	18	0.04	0.04	0.02	0.29	0.81	0.54	0.32
	19	0.00	0.02	0.12	0.32	0.53	0.47	0.57
	20	0.00	0.33	0.01	0.46	0.47	0.35	0.85
	21	0.06	0.08	0.16	0.24	0.22	0.43	0.47
	22	0.05	0.04	0.74	0.14	0.63	0.42	0.31
	23	0.45	0.06	0.26	0.22	0.97	0.12	0.24
	24	0.00	0.31	0.10	0.65	0.95	0.02	0.19
	25	0.07	0.47	0.07	0.79	0.70	0.40	0.66
	26	0.06	0.32	0.77	0.79	0.70	0.25	0.33
	27	0.00	0.16	0.14	0.45	0.49	0.49	0.50
	28	0.03	0.4	0.04	0.46	0.14	0.33	0.80
	29	0.03	0.16	0.48	0.50	0.55	0.57	0.73
	30	0.02	0.10	0.91	0.48	0.91	0.44	0.48
	MIN	0	0.01	0	0	0	0.02	0
	MAX	0.45	0.82	0.91	0.79	1.21	1.2	1.11

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ลำดับ \ วันและเวลา		31/12/2554 1:00 น.	31/12/2554 1:30 น.	31/12/2554 2:00 น.	31/12/2554 2:30 น.	31/12/2554 3:00 น.	31/12/2554 3:30 น.	31/12/2554 4:00 น.
ความเร็วลม (m/s) ห้อง 512 โดยวัดทุก 5 วินาที จำนวน 30 ครั้ง	1	0.92	0.59	0.88	0.01	0.19	0.53	0.69
	2	1.05	0.83	0.87	0.00	0.77	0.88	0.65
	3	0.51	0.30	0.43	0.00	0.44	0.55	0.81
	4	0.40	0.45	0.56	0.05	0.79	0.57	0.47
	5	0.33	0.99	1.02	0.00	0.32	0.20	0.79
	6	0.00	1.02	0.97	0.04	0.63	0.01	0.66
	7	0.28	0.78	0.67	0.54	0.59	0.31	0.81
	8	0.28	0.23	0.47	0.00	0.23	0.72	0.57
	9	0.17	0.55	0.43	0.24	0.09	0.67	0.53
	10	0.94	0.65	0.39	0.01	0.00	0.72	0.60
	11	0.93	0.36	0.41	0.01	0.00	0.40	0.52
	12	0.80	0.05	0.51	0.65	0.01	0.54	0.79
	13	0.45	0.29	0.01	0.60	0.00	0.45	0.80
	14	0.37	0.35	0.22	0.90	0.00	0.39	0.77
	15	0.43	0.76	0.10	0.98	0.03	0.52	0.71
	16	0.63	0.66	0.83	0.73	0.00	0.56	0.76
	17	0.60	1.30	0.95	0.30	0.57	0.44	0.72
	18	0.20	1.23	0.67	0.64	0.63	0.23	0.61
	19	1.03	0.42	0.74	0.95	0.48	0.36	0.78
	20	0.38	0.52	0.08	0.73	0.05	0.37	0.63
	21	0.88	0.19	0.32	0.75	0.01	0.58	0.76
	22	0.96	0.26	0.50	0.55	0.14	0.39	0.84
	23	0.09	0.77	0.53	0.56	0.64	0.01	0.77
	24	0.00	0.73	0.60	0.77	0.38	0.13	0.67
	25	0.67	0.13	0.80	0.82	0.14	0.51	0.75
	26	0.74	0.62	0.86	0.01	0.03	0.52	0.71
	27	0.57	0.55	0.66	0.01	0.00	0.57	0.89
	28	1.07	0.19	0.74	0.07	0.02	0.73	0.86
	29	1.62	0.25	0.53	0.33	0.04	0.16	0.81
	30	0.68	0.71	0.40	0.91	0.10	0.18	0.61
	MIN	0	0.05	0.01	0	0	0.01	0.47
	MAX	1.62	1.3	1.02	0.98	0.79	0.88	0.89

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ลำดับ \ วันและเวลา		31/12/2554 4:30 น.	31/12/2554 5:00 น.	31/12/2554 5:30 น.	31/12/2554 6:00 น.	31/12/2554 6:30 น.	31/12/2554 7:00 น.	31/12/2554 7:30 น.
ความเร็วลม (m/s) ห้อง 512 โดยวัดทุก 5 วินาที จำนวน 30 ครั้ง	1	0.95	1.01	0.99	0.80	0.87	0.79	0.75
	2	1.00	0.81	0.76	0.56	0.48	0.68	1.47
	3	0.79	0.65	0.48	0.89	0.27	0.77	1.38
	4	0.70	0.74	0.76	0.68	0.68	0.36	1.09
	5	0.97	0.55	0.78	0.39	0.79	0.93	1.71
	6	0.88	1.21	0.83	0.52	0.76	0.92	1.39
	7	0.76	1.17	0.69	0.76	0.36	0.92	1.09
	8	0.94	0.92	0.69	0.86	0.79	1.02	0.84
	9	0.84	0.83	1.03	0.86	0.95	0.77	1.18
	10	1.00	0.81	0.38	0.66	0.87	0.62	1.44
	11	0.94	0.92	0.52	0.98	0.72	0.64	0.82
	12	0.93	0.84	0.53	1.14	0.73	0.73	0.63
	13	0.81	1.06	0.76	0.98	0.71	0.68	1.56
	14	0.97	1.16	0.83	0.37	0.70	0.78	0.65
	15	0.67	0.94	0.81	0.79	0.80	0.75	0.68
	16	0.91	0.98	0.93	0.46	0.85	0.72	0.81
	17	0.87	1.04	1.00	0.49	0.75	0.88	1.52
	18	0.82	1.08	0.86	0.56	0.74	0.82	1.51
	19	0.46	0.95	0.53	0.98	0.50	0.97	1.79
	20	0.97	0.99	0.71	0.93	0.58	1.01	1.21
	21	1.06	0.58	0.91	0.78	0.75	0.78	0.89
	22	0.93	0.94	0.89	0.32	0.74	0.35	1.35
	23	1.01	0.56	0.93	0.87	0.53	0.42	0.56
	24	0.87	1.10	0.63	0.12	0.39	0.87	0.84
	25	0.83	0.96	0.88	0.05	0.70	0.58	1.42
	26	0.86	0.91	0.88	0.37	0.73	0.15	0.82
	27	1.01	1.01	0.84	0.77	0.23	0.70	1.23
	28	0.73	0.85	1.90	0.52	0.16	0.19	0.94
	29	0.84	0.55	0.77	0.50	0.19	0.20	0.88
	30	0.85	0.93	0.89	1.07	0.03	0.85	0.70
	MIN	0.46	0.55	0.38	0.05	0.03	0.15	0.56
	MAX	1.06	1.21	1.09	1.07	0.95	1.02	1.79

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

	วันและเวลา / ลำดับ	31/12/2554 8:00 น.	31/12/2554 8:30 น.	31/12/2554 9:00 น.	31/12/2554 9:30 น.	31/12/2554 10:00 น.	31/12/2554 10:30 น.	31/12/2554 11:00 น.
ความเร็วลม (m/s) ห้อง 512 โดยวัดทุก 5 วินาที จำนวน 30 ครั้ง	1	1.13	0.95	1.45	0.89	1.29	2.10	1.39
	2	1.07	1.46	1.43	0.70	2.16	2.20	0.98
	3	0.76	1.64	1.41	1.19	2.00	2.39	1.60
	4	1.12	0.46	1.96	0.10	1.23	2.09	0.81
	5	1.02	1.80	1.97	1.89	1.48	2.35	1.05
	6	0.97	1.49	1.33	1.26	1.19	1.23	0.99
	7	1.41	0.51	1.93	1.49	1.09	1.00	1.06
	8	0.87	0.75	0.96	0.85	1.13	1.10	0.92
	9	1.13	1.76	1.41	1.85	1.30	1.52	1.11
	10	0.12	1.48	1.55	1.80	1.26	1.59	1.30
	11	0.46	0.78	1.40	1.77	1.70	1.50	1.15
	12	1.22	1.78	1.25	2.56	1.39	1.24	1.43
	13	0.68	1.32	0.83	1.70	1.49	1.40	1.67
	14	1.02	1.83	2.15	1.64	1.59	1.71	1.47
	15	1.22	1.83	1.74	1.16	1.20	2.04	1.37
	16	1.23	1.05	1.60	1.38	0.97	1.78	0.76
	17	0.51	1.56	1.39	1.63	1.51	1.27	0.99
	18	1.05	1.44	1.42	1.30	1.30	1.17	0.95
	19	0.85	0.97	0.94	1.44	1.33	1.25	1.06
	20	1.31	1.47	1.41	1.60	1.11	1.57	1.06
	21	0.94	1.30	1.74	1.33	1.68	0.94	1.60
	22	1.01	0.97	1.82	1.29	1.67	1.90	0.56
	23	1.27	1.00	1.52	1.61	1.30	2.02	1.16
	24	1.33	1.06	1.87	1.95	1.47	1.67	0.99
	25	0.99	1.34	0.97	1.94	1.65	1.39	0.58
	26	1.42	1.53	1.60	2.49	0.64	0.87	1.39
	27	1.27	1.49	1.86	2.40	0.97	0.60	0.41
	28	1.08	0.97	1.36	2.18	1.72	1.40	0.26
	29	1.31	1.37	1.44	2.84	0.72	1.40	0.09
	30	0.85	1.06	0.97	2.33	1.27	1.52	1.28
	MIN	0.12	0.46	0.83	0.1	0.64	0.6	0.09
	MAX	1.42	1.83	2.15	2.84	2.16	2.39	1.67

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

	วันและเวลา / ลำดับ	31/12/2554 11:30 น.	31/12/2554 12:00 น.	31/12/2554 12:30 น.	31/12/2554 13:00 น.	31/12/2554 13:30 น.	31/12/2554 14:00 น.	31/12/2554 14:30 น.
ความเร็วลม (m/s) ห้อง 512 โดยวัดทุก 5 วินาที จำนวน 30 ครั้ง	1	1.70	0.56	1.94	0.76	1.45	0.88	0.72
	2	1.33	0.54	1.77	0.82	1.35	0.71	0.99
	3	1.53	0.86	1.96	1.39	1.40	0.43	1.05
	4	1.67	1.04	1.92	0.48	0.98	0.70	1.90
	5	1.66	1.49	1.08	0.98	0.89	0.84	1.62
	6	1.52	0.03	1.10	0.59	1.03	0.24	0.90
	7	1.47	1.19	0.93	0.03	1.01	0.16	0.86
	8	1.56	0.93	1.01	0.21	1.11	0.39	1.07
	9	1.48	0.61	1.60	0.28	1.04	0.11	1.42
	10	1.67	0.10	1.97	1.07	1.01	0.41	2.06
	11	1.02	0.09	0.26	1.05	1.15	0.92	1.99
	12	0.41	0.58	1.07	1.27	1.00	1.00	2.09
	13	0.83	0.13	1.43	1.75	0.68	0.63	1.90
	14	1.51	0.18	1.01	1.68	1.01	0.30	1.72
	15	1.27	0.99	0.37	2.17	1.39	0.41	0.88
	16	1.16	0.24	0.38	1.23	1.36	1.26	1.88
	17	0.90	0.81	0.62	1.65	1.01	1.38	1.80
	18	0.57	0.12	0.53	1.23	0.99	1.03	1.88
	19	0.81	0.49	1.32	0.46	0.81	0.89	1.46
	20	1.22	0.60	1.83	0.21	0.90	0.48	1.04
	21	0.86	1.18	1.40	1.08	1.01	1.00	1.11
	22	1.26	2.80	2.11	1.44	1.07	1.21	1.22
	23	0.98	1.82	2.08	1.13	1.23	1.27	1.47
	24	0.84	2.48	2.38	0.94	1.08	1.56	0.62
	25	0.06	2.22	1.99	0.73	1.23	0.91	0.85
	26	0.05	2.28	0.49	0.56	1.03	1.16	0.89
	27	0.35	1.83	0.08	1.13	0.73	0.91	1.05
	28	0.61	0.67	0.31	1.27	0.08	1.08	1.21
	29	1.13	0.06	0.07	1.34	1.58	0.81	0.82
	30	1.62	0.13	0.05	1.25	1.45	0.52	1.10
	MIN	0.05	0.06	0.05	0.05	0.08	0.11	0.62
	MAX	1.7	2.8	2.38	2.17	1.58	1.56	2.09

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วันและเวลา / ลำดับ		31/12/2554 15:00 น.	31/12/2554 15:30 น.	31/12/2554 16:00 น.	31/12/2554 16:30 น.	31/12/2554 17:00 น.	31/12/2554 17:30 น.	
ความเร็วลม (m/s) ห้อง 512 โดยวัดทุก 5 วินาที จำนวน 30 ครั้ง	1	1.29	1.52	2.08	1.99	0.71	0.94	
	2	1.16	1.81	1.34	2.66	0.78	0.76	
	3	1.52	1.27	2.12	1.19	0.80	0.32	
	4	1.73	1.3	2.14	0.80	0.85	0.33	
	5	1.22	1.27	0.31	1.63	0.85	0.78	
	6	1.96	1	0.19	1.57	1.05	0.88	
	7	1.71	1.09	0.17	1.97	0.96	0.98	
	8	1.31	1.19	1.64	1.74	0.28	0.80	
	9	1.47	2.08	1.48	2.11	0.65	0.55	
	10	0.91	1.73	0.45	1.78	0.59	0.54	
	11	0.65	1.73	1.44	1.93	1.19	0.62	
	12	0.92	2.39	0.93	1.42	1.39	0.55	
	13	1.34	1.66	1.50	1.07	1.88	0.62	
	14	1.48	2.25	1.52	0.51	1.63	0.49	
	15	0.33	1.53	0.96	0.02	0.60	0.69	
	16	0.22	0.84	0.99	0.70	0.94	0.67	
	17	0.99	1.41	1.19	1.38	0.83	0.44	
	18	1.69	1.62	1.33	0.92	0.10	0.49	
	19	2.31	0.55	2.11	1.39	1.42	0.74	
	20	1.45	1.28	1.83	1.80	1.98	0.62	
	21	2.39	1.08	1.70	1.41	1.67	0.86	
	22	1.97	1.37	1.78	1.51	1.30	0.76	
	23	1.59	1.5	2.55	2.00	1.96	0.64	
	24	0.68	1	1.94	2.45	1.08	0.69	
	25	0.63	0.55	1.45	1.73	0.55	0.56	
	26	0.88	1.83	2.74	0.77	0.86	0.59	
	27	1.13	1.38	2.65	1.41	1.34	0.87	
	28	0.8	1.12	2.23	0.79	0.80	1.04	
	29	1.69	1.68	2.15	0.75	0.90	0.68	
	30	2.31	1.41	1.45	1.22	0.65	0.32	
	MIN	0.22	0.55	0.17	0.02	0.1	0.32	
	MAX	2.39	2.39	2.74	2.66	1.98	1.04	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

สุพจน์ ปริญญาเปรื่อง เกิดเมื่อวันที่ 9 กรกฎาคม พ.ศ. 2520 กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี หลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จากมหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ ในปีการศึกษา 2543 ได้เข้ารับการศึกษาต่อในหลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2550

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย