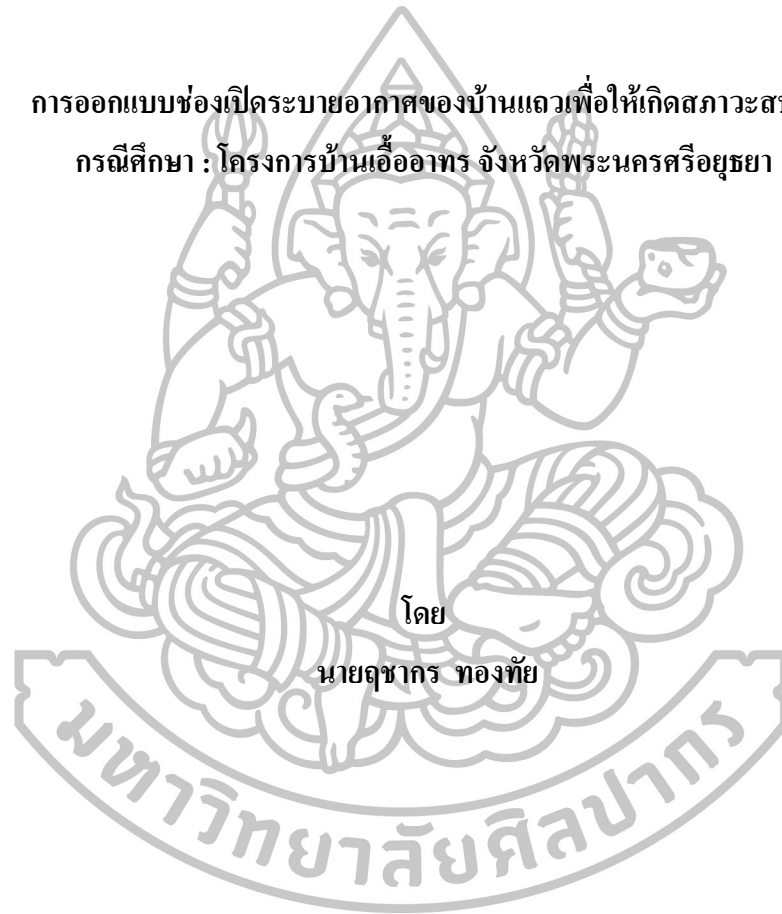




การออกแบบช่องเปิดระบายอากาศของบ้านแถวเพื่อให้เกิดสภาวะสบาย
กรณีศึกษา : โครงการบ้านเอื้ออาทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา



โดย
นายสุชากร ทองทัฬห

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถาปัตยกรรม

ภาควิชาสถาปัตยกรรม

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2558

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

การออกแบบช่องเปิดระบายอากาศของบ้านแถวเพื่อให้เกิดสภาวะสบาย
กรณีศึกษา : โครงการบ้านเอื้ออาทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถาปัตยกรรม

ภาควิชาสถาปัตยกรรม

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2558

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

THE OPENING DESIGN OF ROW HOUSES FOR COMFORT VENTILATION

CASE STUDY : BAAN EUA - ARTHORN PROJECT,

PHRA NAKHON SI AYUTTHAYA



By

Mr. Ruechakorn Thongthai

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree

Master of Architecture Program in Architecture

Department of Architecture

Graduate School, Silpakorn University

Academic Year 2015

Copyright of Graduate School, Silpakorn University

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร อนุมัติให้วิทยานิพนธ์เรื่อง “ การออกแบบช่องเปิด
ระบายอากาศของบ้านแถวเพื่อให้เกิดสภาวะสบาย กรณีศึกษา : โครงการบ้านเอื้ออาทร จังหวัด
พระนครศรีอยุธยา ” เสนอโดย นายฤชากร ทองทัช เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ปานใจ ชารัทสนวงศ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่.....เดือน..... พ.ศ.....

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

1. รองศาสตราจารย์มาลินี ศรีสุวรรณ
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรีชญา มหัทธนะทวี

คณะกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(อาจารย์ ดร.พิมลศิริ ประจงสาร)

...../...../.....

..... กรรมการ

(ศาสตราจารย์เกียรติคุณ อรศิริ ปาณินท์)

...../...../.....

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์มาลินี ศรีสุวรรณ)

...../...../.....

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรีชญา มหัทธนะทวี)

...../...../.....



54054222 : สาขาวิชาสถาปัตยกรรม

คำสำคัญ : บ้านเอื้ออาทร / บ้านแถว / การระบายอากาศ / การออกแบบช่องเปิด / พลศาสตร์ของไหล

ผู้จัดทำ : ฤชากร ทองทัช : การออกแบบช่องเปิดระบายอากาศของบ้านแถวเพื่อให้เกิดสภาวะสบาย
กรณีศึกษา : โครงการบ้านเอื้ออาทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา.

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : รศ. มาลินี ศรีสุวรรณ และ ผศ. ดร. ปรีชญานี มหัทธนนทวิ. 108 หน้า.

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการออกแบบช่องเปิดโดยคำนึงถึงการระบายอากาศให้มีประสิทธิภาพ และสร้างสภาวะสบายภายในอาคารบ้านแถว โครงการบ้านเอื้ออาทร อำเภอนครหลวง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา โดยใช้โปรแกรมพลศาสตร์ของไหล Design Builder CFD โดยเลือกศึกษายูนิตริมซ้ายสุด ยูนิตรตรงกลาง และยูนิตริมขวาสุด เพื่อทำการศึกษาประสิทธิภาพในการระบายอากาศของรูปแบบของช่องเปิดจากสภาพปัจจุบันและรูปแบบที่ปรับปรุงใหม่ โดยการเปลี่ยนรูปแบบช่องเปิดจากบานเกล็ดเป็นบานเปิด การเพิ่มพื้นที่บริเวณด้านล่างของช่องเปิด และการเพิ่มช่องเปิดเป็นบานเกล็ดระหว่างห้องนอนในชั้นบน โดยการจำลองจะใช้ค่าความเร็วลมและทิศทางลมเฉลี่ยในช่วงเวลา 10 ปี (พ.ศ.2544-2553) มาทำการศึกษา และนำผลค่าความเร็วลมภายในอาคารที่ได้จากการทดลองมาทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบกัน

ผลการศึกษาพบว่า รูปแบบช่องเปิดที่เหมาะสมกับบ้านแถวยูนิตริมซ้ายสุด คือช่องเปิดแบบบานเปิดมีลูกฟูกกระจกใสและติดตั้งบานเกล็ดกระจกเพิ่มเติมที่ส่วนล่างของช่องเปิด ซึ่งมีค่าความเร็วลมเฉลี่ยในชั้นล่างลดลงจากแบบเดิม 0.07 m/s และความเร็วลมเฉลี่ยในชั้นบนลดลงจากแบบเดิม 0.13 m/s แต่จะมีค่าคะแนนเฉลี่ยที่สูงขึ้นกว่าช่องเปิดแบบเดิม ส่วนยูนิตรตรงกลางจะเหมาะสมกับช่องเปิดแบบบานเปิดมีลูกฟูกกระจกใสและติดตั้งบานเกล็ดกระจกเพิ่มเติมที่ส่วนล่างของช่องเปิดแต่เพิ่มช่องเปิดบานเกล็ดระหว่างห้องนอนในชั้นบน ซึ่งมีค่าความเร็วลมเฉลี่ยในชั้นล่างสูงขึ้นกว่าแบบเดิม 0.12 m/s และความเร็วลมเฉลี่ยในชั้นบนสูงขึ้นกว่าแบบเดิม 0.09 m/s และมีค่าคะแนนสูงขึ้นกว่าแบบเดิม ส่วนยูนิตริมขวาสุดนั้น มีความเหมาะสมกับช่องเปิดรูปแบบเดิมของโครงการซึ่งมีค่าความเร็วลมเฉลี่ยในชั้นล่าง 1.74 m/s และความเร็วลมเฉลี่ยในชั้นบน 1.16 m/s

ภาควิชาสถาปัตยกรรม

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ลายมือชื่อนักศึกษา.....

ปีการศึกษา 2558

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ 1. 2.

54054222 : MAJOR : ARCHITECTURE

KEY WORD : BAAN EUA-ARTHORN PROJECT / ROW HOUSE / VENTILATION
/ OPENING DESIGNS / COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS

RUECHAKORN THONGTHAI : THE OPENING DESIGN OF ROW HOUSES FOR
COMFORT VENTILATION CASE STUDY : BAAN EUA - ARTHORN PROJECT, PHRA NAKHON
SI AYUTTHAYA. THESIS ADVISORS : ASSOC. PROF. MALINEE SRISUWAN AND ASST. PROF.
PRECHAYA MAHATTANATAWE, Ph.D. 108 pp.

The aim of this research is to study the design of openings by taking into account effective ventilation and generating comfort ventilation within row houses of Baan Eua-Arthorn Project in Nakhon Luang District of Phra Nakhon Si Ayutthaya Province. The DesignBuilder Program (Computational Fluid Dynamics; CFD) is applied to this research. The left end-unit, the middle unit, and the right end-unit of the existing design were selected in order to study the ventilation effectiveness of their openings compared with the modified design in which louvers were changed to glass mullion casement windows, the lower part of the openings were increased, and more louvers were added between bedrooms on the upper floor. The average wind speed and direction spanning a decade (between 2544 B.E. and 2553 B.E.) were studied as variables in the hypothesis. The results of wind speed inside the building through tests and experimentations were then analyzed and compared.

Research results showed that a suitable design of the openings for the left end- unit is glass mullion casement windows with louvers at the lower part. This design produced an increase in average wind speed compared to the existing design. The suitable design of the openings for the middle unit is a combination of glass mullion casement windows with louvers at the lower part and adding more louvers between bedrooms on the upper floor. This design increases wind speed downstairs by an average of 0.12 m/s, and 0.09 m/s upstairs, compared to the existing design. The existing design of openings for the right end-units is found to be adequately suitable.

Department of Architecture

Graduate School, Silpakorn University

Student's signature

Academic Year 2015

Thesis Advisors' signature 1. 2.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับคำแนะนำที่เป็นประโยชน์และความช่วยเหลือจากบุคคลและหน่วยงานเหล่านี้

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์มาลินี ศรีสุวรรณ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรีชญา มหัทธนะทวิ ที่ให้คำปรึกษา ข้อคิดเห็นและคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ ในการศึกษาวิจัยมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์เกียรติคุณ อรศิริ ปาณินท์ ที่ให้คำแนะนำและข้อคิดที่เป็นประโยชน์ ในเรื่องการเขียนวิทยานิพนธ์ ทำให้งานวิจัยครั้งนี้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ อาจารย์พิมพ์ลลิตี ประจงสาร ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ ในเรื่องการใช้โปรแกรม DesignBuilder ทำให้ได้ข้อมูลและแนวทางในการทำงานวิจัยที่สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ-คุณแม่ และครอบครัว ที่ให้การสนับสนุนการศึกษาในทุกๆด้าน และให้กำลังใจเสมอมา

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ฝ่ายข้อมูล กรมอุตุนิยมวิทยา สถานีบางนา และเจ้าหน้าที่ ของสำนักงานการเคหะแห่งชาติ กรุงเทพมหานคร สำหรับข้อมูล อันเป็นประโยชน์ในงานวิจัย

ขอขอบคุณเพื่อนๆ รุ่นพี่ และรุ่นน้องร่วมหลักสูตรทุกคน สำหรับความช่วยเหลือที่มีให้กันมาตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ฅ
สารบัญภาพ	ฉ
สารบัญแผนภูมิ	ค
บทที่	
1 บทนำ	1
ความเป็นมาและประเด็นสำคัญของปัญหา	1
ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
สมมติฐานของการศึกษา	3
ขอบเขตของการศึกษา	3
ขั้นตอนและวิธีการศึกษา	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
ข้อมูลเบื้องต้นของจังหวัดพระนครศรีอยุธยา	5
ขนาดและทำเลที่ตั้ง	5
ลักษณะภูมิอากาศ	7
ทฤษฎีเรื่องเขตสบายของประเทศไทย	9
เขตสบาย	9
ความเร็วลมที่มีผลต่อความรู้สึก	9
ขอบเขตของเขตสบายของประเทศไทย	10

บทที่	หน้า
2	ทฤษฎีเรื่องลมและการระบายอากาศ..... 11
	การระบายอากาศ (Ventilation) 11
	กระแสลม (Air Flow) 11
	การเคลื่อนไหวยของลม 13
	ลักษณะการเคลื่อนที่ของลม 13
	หลักการไหลของอากาศในภูมิประเทศและสิ่งแวดล้อม 15
	หลักการไหลของอากาศผ่านอาคาร 16
	ทฤษฎีการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ 18
	ทฤษฎีเรื่องช่องเปิดและทิศทางลมที่กระทำกับอาคาร 20
	ตำแหน่งของช่องเปิด 21
	ขนาดและจำนวนช่องเปิด 22
	ทิศทางการไหลของกระแสลมเมื่อมีสิ่งประกอบบริเวณช่องเปิดทางเข้าและทางออก 23
	ชนิดของบานเปิดที่ส่งผลต่อกระแสลมที่เข้ามาภายในห้อง 24
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 26
	มาลินี ศรีสุวรรณ 26
	กรรริษา อุ่นไพร 29
	มดี ศีตีสาร์ 33
	L. Pau Chung et. al 36
3	วิธีดำเนินการวิจัย..... 39
	การกำหนดขอบเขตของกรณีศึกษา 39
	ผังโครงการที่ใช้ในการศึกษา 40
	รูปแบบของอาคารกรณีศึกษา 40
	การกำหนดค่าความเร็วลม และทิศทางลม ที่ใช้ในการทดลอง 42
	การกำหนดรูปแบบของแบบจำลอง 46
	การกำหนดตัวแทนที่นำมาใช้ในการทดลอง 46
	การกำหนดตำแหน่งของช่องเปิดที่ใช้ในการทดลอง 47
	การกำหนดรูปแบบช่องเปิดที่ใช้ในการทดลอง 47

บทที่	หน้า
3	การกำหนดตำแหน่งที่วัดค่าความเร็วลมใน โปรแกรม 50
	เครื่องมือที่ใช้ในการจำลองค่าความเร็วลม 51
	ลักษณะการจำลองรูปแบบช่องเปิดใน โปรแกรม 55
	การให้คะแนนความเร็วลมเพื่อนำไปวิเคราะห์ผล..... 56
	วิธีการวิเคราะห์ผล..... 57
4	ผลการศึกษา..... 55
	การปรับปรุงรูปแบบช่องเปิดที่ผนังภายนอก 58
	รูปแบบช่องเปิดแบบเดิม..... 60
	รูปแบบช่องเปิดแบบ 1A..... 63
	รูปแบบช่องเปิดแบบ 2B..... 66
	รูปแบบช่องเปิดแบบ 3C..... 69
	เปรียบเทียบวิเคราะห์ค่าความเร็วลมและผลคะแนนของรูปแบบช่องเปิดที่ผนังภายนอก 72
	การปรับปรุงรูปแบบช่องเปิดที่ผนังภายนอกและผนังภายใน (แบบ 4D)..... 74
	ปรับปรุงรูปแบบช่องเปิดที่ผนังภายนอกเป็นแบบเดิมและผนังภายในแบบ 4D..... 74
	ปรับปรุงรูปแบบช่องเปิดที่ผนังภายนอกเป็นแบบ 1A และผนังภายในแบบ 4D..... 77
	ปรับปรุงรูปแบบช่องเปิดที่ผนังภายนอกเป็นแบบ 2B และผนังภายในแบบ 4D..... 80
	ปรับปรุงรูปแบบช่องเปิดที่ผนังภายนอกเป็นแบบ 3C และผนังภายในแบบ 4D..... 83
	เปรียบเทียบวิเคราะห์ค่าความเร็วลมและผลคะแนนของรูปแบบ
	ช่องเปิดที่ผนังภายนอกและภายใน 86
	การเปรียบเทียบค่าคะแนนและความเร็วลมของรูปแบบช่องเปิดในกรณีศึกษาทั้งหมด 88
5	สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ
	ประเภทอาคาร และอาคารกรณีศึกษา 94
	ภูมิประเทศและภูมิอากาศ 94
	รูปแบบช่องเปิดที่ใช้ในการศึกษา 95
	เครื่องมือที่ใช้ในการจำลองค่าความเร็วลม 95
	แนวทางในการวิเคราะห์ผลการศึกษา 95
	รูปแบบที่ได้คะแนนเฉลี่ยมากที่สุดของการทดลองทั้งหมด 92
	ผลการศึกษาที่ได้จากการทดลอง 96

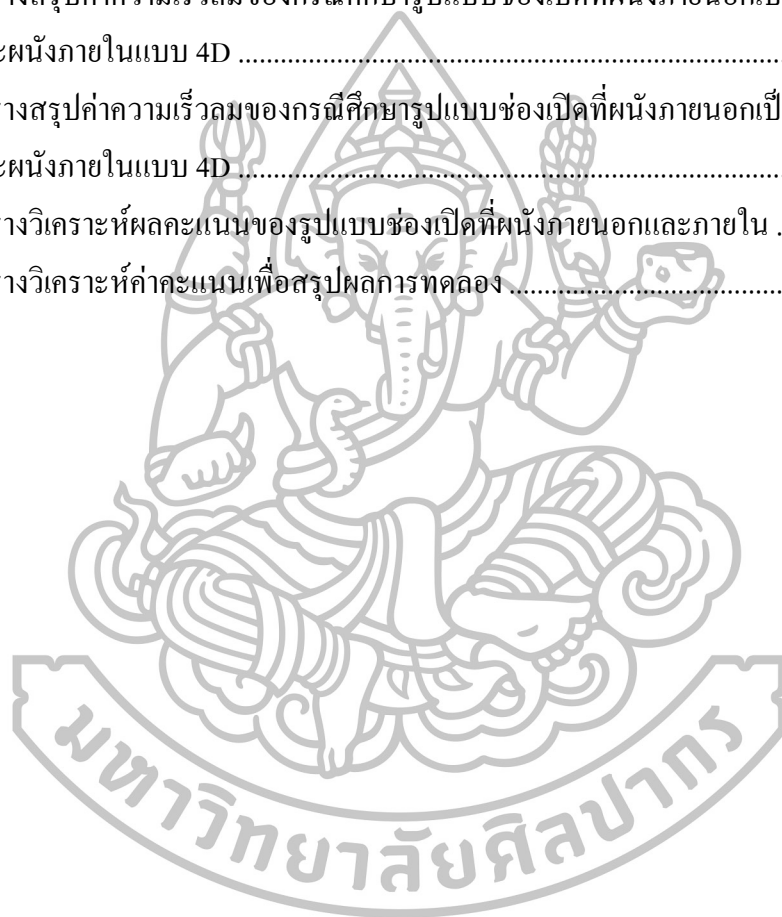
บทที่	หน้า
5 ขอบเขตการนำไปใช้	98
ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป.....	98
รายการอ้างอิง	100
ภาคผนวก	
การศึกษาเปรียบเทียบผลระหว่างโปรแกรม DesignBuilder กับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	104



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1	แสดงลักษณะภูมิอากาศโดยทั่วไปของจังหวัดพระนครศรีอยุธยาปี 2558.....7
2	ตารางแสดงทิศทางลมเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์) ของจังหวัดลพบุรีแต่ละทิศทางในช่วงเวลา 10 ปี.....8
3	ตารางแสดงความเร็วลมเฉลี่ย (เมตร/วินาที) ของจังหวัดลพบุรีแต่ละทิศทาง ในช่วงเวลา 10 ปี.....8
4	ความรู้สึกของมนุษย์ต่ออัตราความเร็วลมในเขตร้อนชื้น โดย Victor Olgyay.....10
5	เปรียบเทียบความเร็วลมและความรู้สึกเย็นลงกับการรับรู้ของมนุษย์ โดย Norbert Lechner.....18
6	ตารางแสดงขอบเขตความสบายของประเทศไทยโดยใช้ลมธรรมชาติ โดย โจเซฟ เคดาร์ และคณะ.....19
7	สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....38
8	แสดงการให้คะแนนสภาวะไม่สบายด้านอุณหภูมิเฉลี่ย 10 ปี (2544-2553).....42
9	แสดงการให้คะแนนสภาวะไม่สบายด้านความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี (2544-2553).....43
10	วิเคราะห์ผลรวมคะแนนสภาวะไม่สบายด้านอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี.....44
11	ตารางแสดงทิศทางลมเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์) เดือนพฤษภาคม ของจังหวัดลพบุรี แต่ละทิศทางในช่วงเวลา 10 ปี (พ.ศ. 2544-2553).....45
12	ตารางแสดงความเร็วลมเฉลี่ย (เมตร/วินาที) เดือนพฤษภาคม ของจังหวัดลพบุรี แต่ละทิศทางในช่วงเวลา 10 ปี (พ.ศ. 2544-2553).....45
13	เกณฑ์การให้ค่าคะแนนที่สัมพันธ์กับความเร็วลมของกรณีศึกษา.....56
14	แสดงรายละเอียดของการศึกษารูปแบบช่องเปิดที่ผนังภายนอก.....58
15	แสดงรายละเอียดของการศึกษารูปแบบช่องเปิดที่ผนังภายนอกและผนังภายใน.....59
16	ตารางค่าความเร็วลมและค่าคะแนนของกรณีศึกษารูปแบบช่องเปิดแบบเดิม.....62
17	ตารางสรุปค่าความเร็วลมของกรณีศึกษารูปแบบช่องเปิดแบบ 1A.....65
18	ตารางสรุปค่าความเร็วลมของกรณีศึกษารูปแบบช่องเปิดแบบ 2B.....68
19	ตารางสรุปค่าความเร็วลมของกรณีศึกษารูปแบบช่องเปิดแบบ 3C.....71
20	ตารางวิเคราะห์ค่าความเร็วลมและผลคะแนนของรูปแบบช่องเปิดที่ผนังภายนอก.....72

ตารางที่		หน้า
21	ตารางสรุปค่าความเร็วลมของกรณีศึกษารูปแบบช่องเปิดที่ผนังภายนอกเป็นแบบเดิม และผนังภายในแบบ 4D	76
22	ตารางสรุปค่าความเร็วลมของกรณีศึกษารูปแบบช่องเปิดที่ผนังภายนอกเป็นแบบ 1A และผนังภายในแบบ 4D.....	79
23	ตารางสรุปค่าความเร็วลมของกรณีศึกษารูปแบบช่องเปิดที่ผนังภายนอกเป็นแบบ 2B และผนังภายในแบบ 4D	82
24	ตารางสรุปค่าความเร็วลมของกรณีศึกษารูปแบบช่องเปิดที่ผนังภายนอกเป็นแบบ 3C และผนังภายในแบบ 4D	85
25	ตารางวิเคราะห์ผลคะแนนของรูปแบบช่องเปิดที่ผนังภายนอกและภายใน	86
26	ตารางวิเคราะห์ค่าคะแนนเพื่อสรุปผลการทดลอง	89



สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แสดงสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าของแต่ละกิจกรรม, 2558	1
2	แสดงพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย	6
3	แสดงพื้นที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา	6
4	แสดงทิศทางลมเฉลี่ย (ร้อยละ) ของจังหวัดลพบุรี เฉลี่ย 10 ปี พ.ศ. 2544-2553	8
5	การเกิดกระแสลมเนื่องจากความแตกต่างของความกดอากาศ.....	12
6	ขนาดของช่องเปิดและทิศทางลมที่มีผลกับปริมาณกระแสลมภายใน	13
7	แสดงการเคลื่อนที่ของลมแบบแนวเส้นตรงสม่ำเสมอ (Laminar)	13
8	แสดงการเคลื่อนที่ของลมแบบตรง แต่ไม่สม่ำเสมอ (Separated)	14
9	แสดงการเคลื่อนที่ของลมแบบกระแสวน (Turbulent)	14
10	แสดงการเคลื่อนที่ของลมแบบกระแสวน (Eddy)	14
11	แสดงภูมิประเทศ 3 แบบ กับความเร็วลมที่เข้าถึงในระดับความสูงที่ต่างกัน.....	15
12	แสดงอากาศไหลจากบริเวณที่มีความกดอากาศสูงไปยังบริเวณที่มีความกดอากาศต่ำ	16
13	แสดงหลักการไหลของอากาศผ่านอาคาร.....	17
14	แสดงปรากฏการณ์ Venturi Effect	17
15	แสดงลักษณะของลมที่เข้ามาในช่องเปิดทางเข้าและออกในตำแหน่งที่ต่างกัน มีผลกับกระแสลมที่จะเข้ามาภายในห้อง	21
16	ขนาดช่องเปิดที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณและความเร็วลมที่เข้าไปภายในห้อง	21
17	ขนาดของช่องลมเข้าและออกที่มีผลต่อปริมาณและความเร็วลมภายใน	22
18	ผลการทดสอบประสิทธิภาพในการใช้สิ่งประกอบช่องเปิดแนวตั้งต่อความเร็วลมภายใน	23
19	ลักษณะกระแสลมภายในที่เกิดจากการใช้บานเปิดชนิดต่างกัน	24
20	สัดส่วนพื้นที่ของบานเปิดแบบต่างๆ	25
21	แสดงแนวทิศทางการไหลของกระแสลมอันเนื่องมาจากสิ่งประกอบบริเวณ ช่องเปิดทางเข้าและช่องเปิดทางออก	27
22	แสดงลักษณะกระแสลมที่ผ่านหน้าต่างชนิดต่างๆ	28
23	แสดงลักษณะกระแสลมภายในห้องที่ไม่มีการกั้นและมีการกั้นผนังภายในห้อง	28

ภาพที่	หน้า
24	แสดงตำแหน่งที่มีการปรับปรุงช่องเปิดภายในอาคาร 30
25	ผังพื้นแสดงเปอร์เซ็นต์ของค่าความเร็วลมเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นจากช่องเปิดรูปแบบเดิม ภายในพื้นที่ใช้งานและภายนอกพื้นที่ใช้งาน ภายในห้องเรียน 1,2,3 และ 4 31
26	เปรียบเทียบลักษณะของกระแสลมลมที่เกิดขึ้นภายในผังพื้นของห้องเรียน ทั้ง 4 ห้อง ที่ระดับสูงจากพื้น 0.70 ม. ระหว่างช่องเปิดรูปแบบเดิมกับช่องเปิด รูปแบบที่มีการปรับปรุง 32
27	เปรียบเทียบลักษณะของกระแสลมลมที่เกิดขึ้นภายในผังพื้นของห้องเรียน ทั้ง 4 ห้อง ที่ระดับสูงจากพื้น 1.00 ม. ระหว่างช่องเปิดรูปแบบเดิมกับช่องเปิด รูปแบบที่มีการปรับปรุง 32
27	เปรียบเทียบลักษณะของกระแสลมลมที่เกิดขึ้นภายในรูปตัดของห้องเรียน ระหว่างช่องเปิดรูปแบบเดิมกับช่องเปิดรูปแบบที่มีการปรับปรุง 32
29	แสดงรูปแบบทาวเฮาส์กรณีศึกษาแบบที่ 1 และ แบบที่ 2 33
30	แสดงการทดลองการระบายอากาศ ด้วยโปรแกรม CFD กรณีแบบทาวน์เฮาส์ทั่วไป 34
31	แสดงการทดลองการระบายอากาศ ด้วยโปรแกรม CFD กรณีทาวน์เฮาส์แบบหลังคาเปิด... 35
32	แสดงผังพื้นอาคารที่ใช้ในการทดลอง 36
33	แสดงผังบริเวณ โครงการ 40
34	แสดงแปลนพื้นที่ 1-2 ของบ้านแถวกรณีศึกษา 41
35	แสดงรูปด้านและรูปตัดของบ้านแถวกรณีศึกษา 41
36	แสดงทิศทางลมเฉลี่ย (ร้อยละ) เดือนพฤษภาคม ของจังหวัดลพบุรี เฉลี่ย 10 ปี พ.ศ. 2544-2553 .. 44
37	แสดงตำแหน่งตัวแทนยูนิตของบ้านแถวหนึ่งหลังที่จะนำไปศึกษาจำนวน 3 ยูนิต..... 46
38	แสดงตำแหน่งช่องเปิดที่ใช้ในการศึกษา 47
39	ตารางสรุปรูปแบบช่องเปิดที่ผนังภายนอกที่ใช้ในการทดลอง 49
40	แสดงแปลนชั้นบน และรูปแบบช่องเปิดภายในอาคารระหว่างห้องนอนชั้นบน (แบบ 4D). 50
41	แสดงตำแหน่งจุดวัดค่าความเร็วลมชั้นล่าง..... 51
42	แสดงตำแหน่งจุดวัดค่าความเร็วลมชั้นบน 51
43	แสดงตัวอย่างขอบเขตที่กำหนด Site Domain Factors เพื่อใช้ในการทดลอง 53
43-2	แสดงการตั้งค่าข้อมูลใน โปรแกรม DesignBuilder 54
44	การแสดงผล เมื่อตั้งค่า Site Domain Factors ใน โปรแกรม DesignBuilder..... 54
45	แสดงการจำลองโมเดลอาคารและช่องเปิดแบบต่างๆใน โปรแกรม DesignBuilder 55

ภาพที่	หน้า
46	รูปด้านอาคารแสดงรูปแบบช่องเปิดแบบเดิม 60
47	แสดงตำแหน่งจุดวัดค่าความเร็วลม จำนวน 6 จุด ของแปลนพื้นที่ชั้นล่างทั้ง 3 ยูนิต กรณีศึกษารูปแบบของช่องเปิดแบบเดิม 61
48	แสดงตำแหน่งจุดวัดค่าความเร็วลมจำนวน 8 จุดของแปลนพื้นที่ชั้นบนทั้ง 3 ยูนิต กรณีศึกษารูปแบบของช่องเปิดแบบเดิม..... 61
49	รูปด้านอาคารแสดงรูปแบบช่องเปิดแบบ 1A..... 63
50	แสดงตำแหน่งจุดวัดค่าความเร็วลม จำนวน 6 จุด ของแปลนพื้นที่ชั้นล่างทั้ง 3 ยูนิต กรณีศึกษารูปแบบของช่องเปิดแบบ 1A..... 64
51	แสดงตำแหน่งจุดวัดค่าความเร็วลมจำนวน 8 จุดของแปลนพื้นที่ชั้นบนทั้ง 3 ยูนิต กรณีศึกษารูปแบบของช่องเปิดแบบ 1A..... 64
52	รูปด้านอาคารแสดงรูปแบบช่องเปิดแบบ 2B..... 66
53	แสดงตำแหน่งจุดวัดค่าความเร็วลม จำนวน 6 จุด ของแปลนพื้นที่ชั้นล่างทั้ง 3 ยูนิต กรณีศึกษารูปแบบของช่องเปิดแบบ 2B..... 67
54	แสดงตำแหน่งจุดวัดค่าความเร็วลมจำนวน 8 จุดของแปลนพื้นที่ชั้นบนทั้ง 3 ยูนิต กรณีศึกษารูปแบบของช่องเปิดแบบ 2B..... 67
55	รูปด้านหน้าอาคารแสดงรูปแบบช่องเปิดแบบ 3C..... 69
56	แสดงตำแหน่งจุดวัดค่าความเร็วลม จำนวน 6 จุด ของแปลนพื้นที่ชั้นล่างทั้ง 3 ยูนิต กรณีศึกษารูปแบบของช่องเปิดแบบ 3C..... 70
57	แสดงตำแหน่งจุดวัดค่าความเร็วลมจำนวน 8 จุดของแปลนพื้นที่ชั้นบนทั้ง 3 ยูนิต กรณีศึกษารูปแบบของช่องเปิดแบบ 3C..... 70
58	รูปด้านอาคารแสดงรูปแบบช่องเปิดที่ผนังภายนอกที่มีค่าคะแนนสูงสุด ของกรณีศึกษาแต่ละยูนิต 73
59	รูปด้านอาคารแสดงรูปแบบที่ผนังภายนอกเป็นแบบเดิมและผนังภายในแบบ 4D 74
60	แสดงตำแหน่งจุดวัดค่าความเร็วลม จำนวน 6 จุด ของแปลนพื้นที่ชั้นล่างทั้ง 3 ยูนิต กรณีศึกษารูปแบบช่องเปิดที่ผนังภายนอกเป็นแบบเดิมและผนังภายในแบบ 4D..... 75
61	แสดงตำแหน่งจุดวัดค่าความเร็วลมจำนวน 8 จุดของแปลนพื้นที่ชั้นบนทั้ง 3 ยูนิต กรณีศึกษารูปแบบช่องเปิดที่ผนังภายนอกเป็นแบบเดิมและผนังภายในแบบ 4D..... 75
62	รูปด้านอาคารแสดงรูปแบบที่ผนังภายนอกเป็นแบบ 1A และผนังภายในแบบ 4D 77

ภาพที่	หน้า
63	แสดงตำแหน่งจุดวัดค่าความเร็วลม จำนวน 6 จุด ของแปลนพื้นที่ชั้นล่างทั้ง 3 ยูนิต กรณีศึกษารูปแบบช่องเปิดที่ผนังภายนอกเป็นแบบ 1A และผนังภายในแบบ 4D..... 78
64	แสดงตำแหน่งจุดวัดค่าความเร็วลมจำนวน 8 จุดของแปลนพื้นที่ชั้นบนทั้ง 3 ยูนิต กรณีศึกษารูปแบบช่องเปิดที่ผนังภายนอกเป็นแบบ 1A และผนังภายในแบบ 4D..... 78
65	รูปด้านอาคารแสดงรูปแบบที่ผนังภายนอกเป็นแบบ 2B และผนังภายในแบบ 4D 80
66	แสดงตำแหน่งจุดวัดค่าความเร็วลม จำนวน 6 จุด ของแปลนพื้นที่ชั้นล่างทั้ง 3 ยูนิต กรณีศึกษารูปแบบช่องเปิดที่ผนังภายนอกเป็นแบบ 2B และผนังภายในแบบ 4D 81
67	แสดงตำแหน่งจุดวัดค่าความเร็วลมจำนวน 8 จุดของแปลนพื้นที่ชั้นบนทั้ง 3 ยูนิต กรณีศึกษารูปแบบช่องเปิดที่ผนังภายนอกเป็นแบบ 2B และผนังภายในแบบ 4D 81
68	รูปด้านอาคารแสดงรูปแบบที่ผนังภายนอกเป็นแบบ 3C และผนังภายในแบบ 4D 83
69	แสดงตำแหน่งจุดวัดค่าความเร็วลม จำนวน 6 จุด ของแปลนพื้นที่ชั้นล่างทั้ง 3 ยูนิต กรณีศึกษารูปแบบช่องเปิดที่ผนังภายนอกเป็นแบบ 3C และผนังภายในแบบ 4D 84
70	แสดงตำแหน่งจุดวัดค่าความเร็วลมจำนวน 8 จุดของแปลนพื้นที่ชั้นบนทั้ง 3 ยูนิต กรณีศึกษารูปแบบช่องเปิดที่ผนังภายนอกเป็นแบบ 3C และผนังภายในแบบ 4D 84
71	แสดงรูปแบบช่องเปิดที่ผนังภายนอกและภายในที่มีค่าคะแนนสูงสุดของแต่ละยูนิต 87
72	แสดงแปลนและรูปด้านกรณีศึกษารูปแบบช่องเปิดที่มีคะแนนรวมสูง ลำดับที่ 1 90
73	แสดงแปลนและรูปด้านกรณีศึกษารูปแบบช่องเปิดที่มีคะแนนรวมสูง ลำดับที่ 1 91
74	แปลนและรูปด้านกรณีศึกษารูปแบบช่องเปิดที่มีคะแนนรวมสูงลำดับที่ 2 (ช่องเปิดภายนอกรูปแบบเดิมทั้งหมด) 92
75	แสดงแปลนและรูปด้านกรณีศึกษารูปแบบช่องเปิดที่มีคะแนนรวมสูง ลำดับที่ 3 (ช่องเปิดภายนอกรูปแบบ 3C ทั้งหมด) 93
76	แสดงรูปแบบกล่องทดลองที่ใช้จำลองในโปรแกรม DesignBuilder 104
77	แสดงการกำหนดจุดวัดค่าความเร็วลมในแปลน รูปตัด และ Isometric 105
78	แสดงการไหลของลมภายในกล่องทดลองจากโปรแกรม DesignBuilder 106
79	สัดส่วนของลมจากจุดที่ปล่อยลม ของ Baruch Givoni เปรียบเทียบกับ DesignBuilder 106
80	เปรียบเทียบสัดส่วนความเร็วลมระหว่าง Baruch Givoni และ DesignBuilder 107

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิที่		หน้า
1	แสดงค่าความเร็วลมภายในห้องนอนที่วัดได้ และผลจากการจำลองด้วย Design Builder.....	36
2	แสดงความเร็วลมเฉลี่ย (เมตร/วินาที) เดือนพฤษภาคม ของจังหวัดลพบุรี แต่ละทิศทางในช่วงเวลา 10 ปี (พ.ศ. 2544-2553)	46
3	เปรียบเทียบสัดส่วนปริมาณลมระหว่างค่าที่ได้จากงานวิจัยของ Baruch Givoni และ โปรแกรม DesignBuilder	107

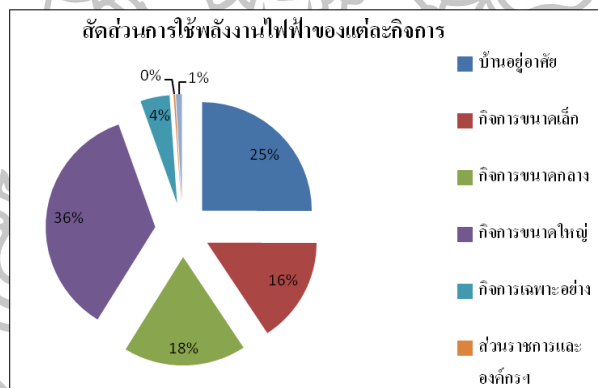


บทที่ 1

บทนำ

1. ความเป็นมาและประเด็นสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันสถิติการใช้พลังงานไฟฟ้าในภาคที่อยู่อาศัยมีการใช้พลังงานอยู่ในลำดับที่ 3 รองลงมาจากภาคอุตสาหกรรม และภาคขนส่ง และนับวันจะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องโดยมีสัดส่วนถึง 25% เมื่อเทียบกับการใช้พลังงานไฟฟ้าในกิจกรรมอื่นๆ¹ (ภาพที่ 1) โดยปริมาณการใช้ไฟฟ้าในที่อยู่อาศัยส่วนใหญ่ถูกใช้ไปกับระบบปรับอากาศถึง 78% เพื่อปรับอุณหภูมิภายในบ้านพักอาศัยให้ผู้อยู่อาศัยรู้สึกสบายขึ้น²



ภาพที่ 1 แสดงสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าของแต่ละกิจกรรม, 2558

ที่มา : การไฟฟ้านครหลวง, สถิติจำนวนหน่วยจำหน่ายแยกตามประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า (2558)

ราคาที่ดินในปัจจุบันมีการปรับตัวเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้ต้นทุนในการก่อสร้างอาคารและที่อยู่อาศัยมีแนวโน้มที่สูงขึ้นตามไปด้วย ทำให้ประชาชนเริ่มให้ความสนใจเลือกพักอาศัยในอาคารประเภทอาคารชุด หรือทาวน์เฮ้าส์ และบ้านแถว มากขึ้นเนื่องจากมีราคาที่ไม่สูงมากนัก เมื่อเทียบกับบ้านเดี่ยว

¹ การไฟฟ้านครหลวง, สถิติจำนวนหน่วยจำหน่ายแยกตามประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า 2558, เข้าถึงเมื่อ 20 เมษายน 2559, เข้าถึงได้จาก <http://www.mea.or.th/profile/index.php?tid=5&mid=125&pid=122>

² กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, สถิติและสถานการณ์พลังงาน, เข้าถึงเมื่อ 20 เมษายน 2559, เข้าถึงได้จาก http://www.dede.go.th/ewt_news.php?nid=42079

สำนักงานการเคหะแห่งชาติ ได้เล็งเห็นถึงปัญหาดังกล่าว จึงได้มีการพัฒนาออกแบบอาคารประเภทบ้านแถวขึ้น เพื่อกลุ่มผู้อาศัยที่มีรายได้น้อย ภายใต้ชื่อโครงการบ้านเอื้ออาทร ทำให้ประชาชนในกลุ่มนี้มีชีวิตที่สะดวกสบายขึ้น มีที่อยู่อาศัยเป็นของตนเองและใช้ชีวิตในสังคมอย่างมีความสุข

โครงการบ้านแถวเอื้ออาทร อำเภอนครหลวง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา เป็นโครงการของสำนักงานการเคหะแห่งชาติ ที่จัดตั้งขึ้นเป็นโครงการแรกในเขตปริมณฑล เพื่อใช้รองรับกลุ่มผู้อยู่อาศัยที่มีรายได้น้อยถึงปานกลาง³ โดยก่อสร้างเป็นบ้านแถว 2 ชั้น 10 ยูนิตต่อหลัง จำนวน 6 หลัง รวมทั้งหมด 60 ยูนิต โดยแต่ละยูนิตจะมีช่องเปิดบานเกล็ดระบายอากาศ 2 ด้าน คือด้านหน้าและด้านหลังของอาคาร ยกเว้นยูนิตที่อยู่ริมซ้ายและริมขวาของแต่ละหลังจะมีการติดตั้งช่องเปิดด้านข้างเพิ่มเติมเพื่อการระบายอากาศที่ดีขึ้น แต่เนื่องจากรูปแบบของอาคารประเภทบ้านแถวนั้นมีการจำกัดพื้นที่ในการเจาะช่องเปิด ทำให้การระบายอากาศไม่ดีเท่าที่ควรและเกิดการสะสมความร้อนภายในอาคาร จากปัญหาดังกล่าวผู้อาศัยมักจะแก้ไขด้วยการใช้เครื่องปรับอากาศเพื่อลดความร้อนภายในอาคาร

ในการศึกษารุ่นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเสนอแนะรูปแบบช่องเปิดของบ้านแถว กรณีศึกษาโครงการบ้านเอื้ออาทร อำเภอนครหลวง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบอาคารที่มีลักษณะเดียวกัน หรือใกล้เคียงกัน ให้เหมาะสม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายอากาศภายในอาคารให้ดีขึ้น

2. ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อศึกษารูปแบบช่องเปิดของบ้านแถว และการปรับปรุงช่องเปิด โดยคำนึงถึงการระบายอากาศให้มีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับพื้นที่ใช้สอยภายในของบ้านแถว

³ การเคหะแห่งชาติ. "รายละเอียดโครงการบ้านเอื้ออาทร ระยะที่3/1 จังหวัดพระนครศรีอยุธยา," 2550.

3. สมมติฐานของการศึกษา

- 3.1 รูปแบบช่องเปิดมีผลต่อความเร็วลม และประสิทธิภาพของการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ
- 3.2 การเพิ่มขนาดช่องเปิด สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ
- 3.3 การเพิ่มช่องเปิดระหว่างห้องภายในอาคาร สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ

4. ขอบเขตของการศึกษา

- 4.1 ศึกษาแบบมาตรฐานของอาคารประเภทบ้านแถว ของโครงการบ้านเอื้ออาทร อำเภอนครหลวง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา
- 4.2 ศึกษาการระบายอากาศผ่านช่องเปิดในส่วนของหน้าต่างที่ผนังภายนอกอาคารและช่องเปิดระหว่างห้องภายในอาคาร

5. ขั้นตอนและวิธีการศึกษา

- 5.1 เก็บรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการทำวิจัย
 - 5.1.1 ศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ และลักษณะการไหลของอากาศผ่านอาคาร
 - 5.1.2 ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - 5.1.3 ศึกษาข้อมูลสภาพภูมิอากาศ ความเร็วลม และทิศทางลมในพื้นที่กรณีศึกษา
 - 5.1.4 ศึกษาโปรแกรมการคำนวณพลศาสตร์ของไหล (CFD) เพื่อใช้ในการศึกษาหาค่าความเร็วลม และการไหลของอากาศ
- 5.2 การเตรียมการทดลอง
 - 5.2.1 คัดเลือกกรณีศึกษา แล้วกำหนดพื้นที่ในการศึกษา เพื่อมาทำการทดลองและวิเคราะห์ผล ในโปรแกรมพลศาสตร์ของไหล (Computational Fluid Dynamics; CFD)
 - 5.2.2 กำหนดรูปแบบของแบบจำลอง ทั้งการวางผัง การวางตัวอาคาร ตำแหน่งของช่องเปิด และรูปแบบช่องเปิดของอาคาร เพื่อมาทำการทดลองวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมพลศาสตร์ของไหล (CFD)

5.2.3 กำหนดค่าความเร็วลม และทิศทางลมภายนอกอาคาร ที่จะทำการศึกษาโดยใช้ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา

5.3 นำแบบจำลองของกรณีศึกษาแบบเดิม และรูปแบบของแบบจำลองที่เสนอแนะ มาทำการทดลอง ประมวลผลในโปรแกรมพลศาสตร์ของไหล CFD

5.4 นำผลค่าความเร็วลมที่ได้จากการทดลอง ทั้งของกรณีศึกษาแบบเดิม และแบบที่เสนอแนะ มาวิเคราะห์ผล

5.5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาต่อไป

6. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

6.1 ทราบถึงรูปแบบ และตำแหน่งของช่องเปิดที่เหมาะสมกับกรณีศึกษา เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายอากาศ และสร้างสภาวะสบายภายในอาคารให้ดีขึ้น

6.2 สามารถนำผลการศึกษานี้ไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบช่องเปิดและจัดวางตำแหน่งช่องเปิดของอาคารที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน



บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

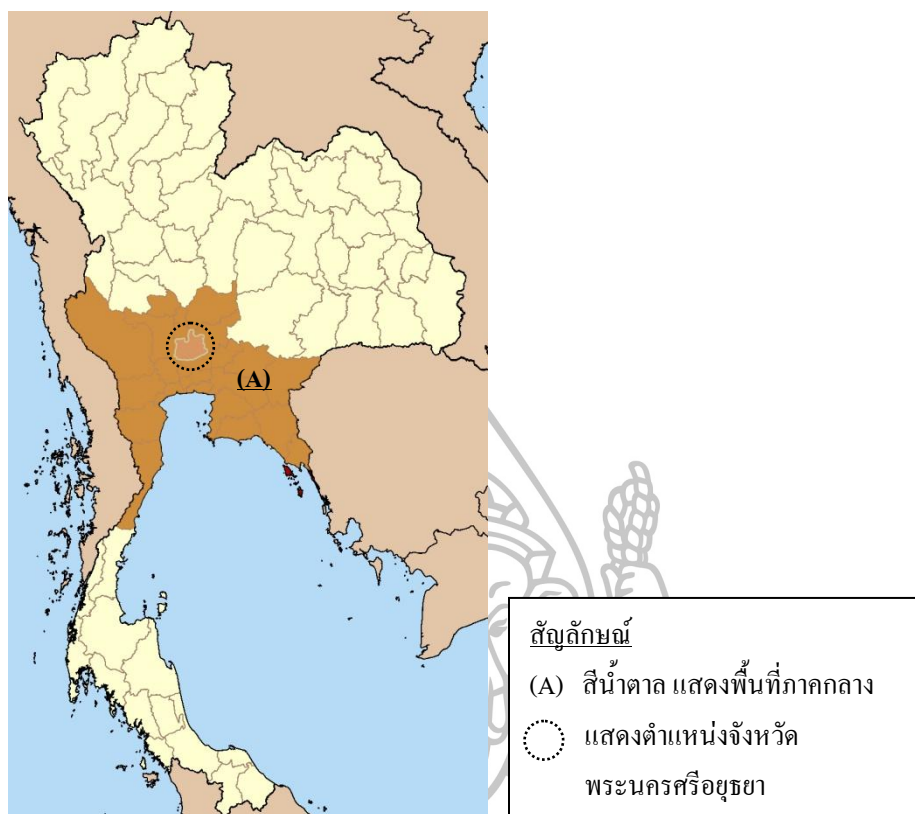
เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับสภาวะสบายด้านการระบายอากาศในอาคาร เนื้อหาในบทนี้จึงเป็นการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย ได้แก่การศึกษาสภาพทั่วไปของที่ตั้งกรณีศึกษา ทฤษฎีด้านการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ หลักการเคลื่อนที่และการไหลของอากาศ อัตราค่าความเร็วลมกับความรู้สึกของมนุษย์ รวมถึงผลงานวิจัยที่ผ่านมา ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยรวมถึงแนวทางการออกแบบอาคารในภูมิอากาศแบบร้อนชื้นให้มีประสิทธิภาพ ควบคู่กับการศึกษาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการจำลองด้านพลศาสตร์ของไหล (CFD) เพื่อให้สามารถปรับปรุงอาคารได้อย่างเหมาะสมต่อไป

1. ข้อมูลเบื้องต้นของจังหวัดพระนครศรีอยุธยา⁴

1.1 ขนาดและทำเลที่ตั้ง

จังหวัดพระนครศรีอยุธยาตั้งอยู่บริเวณที่ราบลุ่มภาคกลางตอนล่างของประเทศ (ภาพที่ 2) ห่างจาก กรุงเทพมหานคร ทางถนนสายเอเชีย ประมาณ 75 กิโลเมตร มีเนื้อที่ประมาณ 2,556.64 ตารางกิโลเมตร หรือ 1,579,900 ไร่ นับว่าเป็นจังหวัดที่มีขนาดใหญ่เป็นอันดับที่ 63 ของประเทศไทย และเป็นอันดับที่ 11 ของจังหวัดในภาคกลาง ลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบลุ่มน้ำท่วมถึง พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นทุ่งนา ไม่มีภูเขา ไม่มีป่าไม้ มีแม่น้ำไหลผ่าน 4 สาย ได้แก่ แม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำป่าสัก แม่น้ำลพบุรีและแม่น้ำน้อย รวมความยาวประมาณ 200 กิโลเมตร มีลำคลอง ใหญ่ น้อย ประมาณ 1,254 คลอง เชื่อมต่อกับแม่น้ำเกือบทั่วบริเวณพื้นที่

⁴ กลุ่มงานข้อมูลสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานจังหวัดพระนครศรีอยุธยา, ข้อมูลทั่วไปจังหวัดพระนครศรีอยุธยา, เข้าถึงเมื่อ 24 เมษายน 2559, เข้าถึงได้จาก <http://ayutthaya.go.th/Ayu/Landscape.html>



ภาพที่ 2 แสดงพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย

ที่มา: แผนที่ภาคกลาง, เข้าถึงเมื่อ มกราคม 2559, เข้าถึงได้จาก <https://th.wikipedia.org/wiki>



ภาพที่ 3 แสดงพื้นที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

ที่มา: แผนที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา, เข้าถึงเมื่อ มกราคม 2559, เข้าถึงได้จาก

<http://ayutthaya.go.th/Ayu/Landscape.html>

1.2 ลักษณะภูมิอากาศ

จังหวัดพระนครศรีอยุธยาอยู่ภายใต้อิทธิพลของมรสุม 2 ชนิด คือมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งพัดจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือปกคลุมในช่วงฤดูหนาว ทำให้บริเวณจังหวัดพระนครศรีอยุธยาประสบกับสภาวะอากาศหนาวเย็นและแห้งแล้ง และมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งพัดจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ปกคลุมในช่วงฤดูฝนทำให้อากาศชุ่มชื้นและมีฝน มีอุณหภูมิโดยเฉลี่ย 28.34 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 71.16 %

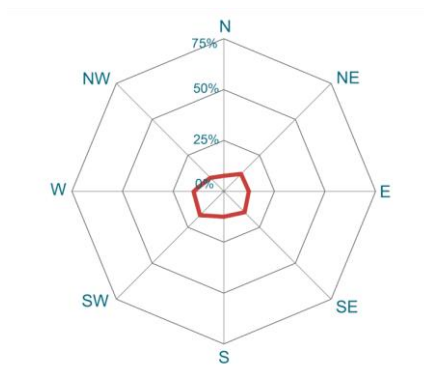
ตารางที่ 1 แสดงลักษณะภูมิอากาศโดยทั่วไปของจังหวัดพระนครศรีอยุธยาปี 2558

ข้อมูลภูมิอากาศ	วัดได้	เมื่อ
อุณหภูมิสูงสุด	39.7 องศาเซลเซียส	เดือนเมษายน 2558
อุณหภูมิต่ำสุด	16.0 องศาเซลเซียส	เดือนมกราคม 2558
ปริมาณฝนรวมทั้งปี	1152.7 มิลลิเมตร	
จำนวนวันฝนตก	95 วัน	
วันที่ฝนตกมากที่สุด	91.6 มิลลิเมตร	21 มีนาคม 2558
ความยาวนานแสงแดดมากที่สุดเฉลี่ย	8.2 ชั่วโมง	เดือนพฤศจิกายน 2558
ความยาวนานแสงแดดน้อยที่สุดเฉลี่ย	4.3 ชั่วโมง	เดือนมิถุนายน/กรกฎาคม 2558
ความยาวนานแสงแดดตลอดทั้งปีเฉลี่ย	6.4 ชั่วโมง	

ที่มา : สถานีอุตุนิยมวิทยา, เข้าถึงเมื่อ มกราคม 2559, เข้าถึงได้จาก

<http://ayutthaya.go.th/Ayu/Landscape.html>

เนื่องจาก ณ ช่วงเวลาที่ทำการศึกษานั้น ในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ยังไม่มีสถานีวัดความเร็วลมของกรมอุตุนิยมวิทยา ทำให้ไม่สามารถเก็บข้อมูลโดยละเอียดเพื่อนำมาทำการศึกษาค้นคว้าในการศึกษาในครั้งนี้จึงเลือกใช้ข้อมูลด้านภูมิอากาศและความเร็วลมจากสถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดลพบุรี ที่อยู่ใกล้เคียงกันมาใช้ในการศึกษาแทน โดยระยะทางจากสถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดลพบุรีห่างจากพื้นที่ทำการศึกษา อำเภอนครหลวง จังหวัดพระนครศรีอยุธยาประมาณ 60 กิโลเมตร



ภาพที่ 4 แสดงทิศทางลมเฉลี่ย (ร้อยละ) ของจังหวัดลพบุรี เฉลี่ย 10 ปี พ.ศ. 2544-2553

จากภาพที่ 4 ทิศทางลมที่พัฒนามีทั้งหมด 8 ทิศทาง แต่ทิศทางลมที่พัฒมาบ่อยมากที่สุดคือทิศตะวันตกเฉียงใต้ (SW) มีทิศทางลมเฉลี่ย 16.60% และน้อยที่สุดคือ ทิศเหนือ (N) มีทิศทางลมเฉลี่ย 7.59% (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ตารางแสดงทิศทางลมเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์) ของจังหวัดลพบุรีแต่ละทิศทางในช่วงเวลา 10 ปี

ปี พ.ศ.	ทิศทาง	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
2544		12.44	7.47	14.94	13.81	9.62	15.86	13.40	12.45
2545		4.39	10.30	7.78	15.83	5.94	17.81	20.77	17.19
2546		7.76	6.63	9.13	22.36	3.76	18.14	16.88	15.35
2547		6.45	8.60	13.64	14.04	12.23	17.25	14.88	12.89
2548		3.39	11.88	12.77	14.63	12.89	19.85	17.21	7.39
2549		3.78	12.23	16.39	11.10	13.38	14.82	18.74	9.56
2550		0.61	22.36	14.70	12.33	19.49	17.71	11.12	1.68
2551		12.29	13.15	13.74	9.97	14.97	16.25	14.62	5.02
2552		12.54	13.44	11.3	12.63	14.77	15.49	11.99	7.84
2553		12.25	14.66	9.17	19.21	17.78	12.8	9.72	4.4
	ทิศทางลมเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์)	7.59	12.07	12.36	14.59	12.48	16.60	14.93	9.38

ที่มา : กรมอุตุนิยมวิทยา, ข้อมูลทิศทางลมเฉลี่ย จ.ลพบุรี, 2554

ตารางที่ 3 ตารางแสดงความเร็วลมเฉลี่ย (เมตร/วินาที) ของจังหวัดลพบุรีแต่ละทิศทางในช่วงเวลา 10 ปี (พ.ศ. 2544 - 2553)

ปี พ.ศ.	ทิศทาง	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
2544		2.07	1.38	2.18	2.12	1.61	2.40	2.33	2.01
2545		0.88	2.18	1.65	2.91	1.14	2.73	3.45	2.89
2546		1.01	1.19	1.24	2.61	0.52	2.54	2.66	2.48
2547		1.33	1.82	2.43	2.32	2.02	2.90	2.69	2.47
2548		0.82	2.20	2.70	2.59	2.49	3.11	3.06	1.78
2549		1.03	2.82	4.09	2.44	2.78	3.07	4.21	2.46
2550		0.17	4.51	2.92	2.02	3.53	2.83	2.07	0.39
2551		3.20	3.39	3.92	2.40	3.27	3.62	3.55	1.45
2552		3.66	6.54	6.93	4.25	3.91	4.89	2.27	2.32
2553		2.62	5.28	3.61	4.13	4.77	3.15	1.8	0.9
	ความเร็วลมเฉลี่ย (เมตร/วินาที)	1.68	3.13	3.17	2.78	2.60	3.12	2.81	1.91

ที่มา : กรมอุตุนิยมวิทยา, ข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ย จ.ลพบุรี, 2554

2. ทฤษฎีเรื่องเขตสบายของประเทศไทย

2.1 เขตสบาย คือขอบเขตของสภาพอากาศในช่วงระยะที่ทำให้ร่างกายมนุษย์อยู่ในสภาวะที่สบาย ซึ่งสภาวะที่สบายนี้หมายถึง สภาวะที่อากาศมีอุณหภูมิ ความเร็วลม และความชื้นในอากาศที่เหมาะสม กับการที่จะทำให้ร่างกายมนุษย์รู้สึกสบายไม่ร้อนหรือหนาวจนเกินไป ร่างกายไม่มีเหงื่อ ไม่มีไอน้ำในอากาศที่มากเกินไปจนชื้นหรือน้อยเกินไป มีอัตราความเร็วลมอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมไม่รบกวนความรู้สึกได้

จากการศึกษาของ Olgyay (1969 : 14 - 17) พบว่าสภาวะสบายประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ สภาวะภายในร่างกาย และสภาวะภายนอกในร่างกาย ดังนี้

ส่วนที่ 1 สภาวะภายในร่างกาย ที่มีผลต่อสภาวะสบาย ได้แก่ สภาพร่างกายของคนในแต่ละพื้นที่ ดังนั้น สภาวะสบายภายในร่างกายของคนแต่ละพื้นที่จึงต่างกัน เช่น การทนต่ออุณหภูมิสูง - ต่ำของคนในเขตร้อนและเขตหนาว การจับเหงื่อของคนในเขตร้อนและเขตหนาว

ส่วนที่ 2 สภาวะภายนอกที่ส่งผลต่อสภาวะสบาย ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติและมนุษย์สร้างขึ้น ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ แสงแดด การแผ่รังสี วัสดุที่นำมาใช้ในอาคาร ความเร็วลมและทิศทางลม โดยลมที่พัดจะพาความร้อนรอบตัวออกไปจะทำให้รู้สึกเย็นสบาย และยังช่วยพัดพาความชื้นที่ผิวหนัง ทำให้การระเหยของเหงื่อดีขึ้น ความเร็วลมที่เหมาะสมนั้นเป็นสิ่งที่จำเป็นในการสร้างสภาวะน่าสบาย หากความเร็วลมน้อยจนเกินไปจะทำให้ผู้อยู่อาศัยเกิดความรู้สึกไม่สบายตัว และอึดอัดเนื่องจากไม่มีการถ่ายเทอากาศที่ดี แต่ถ้ามีลมมากเกินไปจะทำให้รู้สึกอึดอัดจนเกินไป⁵

2.2 ความเร็วลมที่มีผลต่อความรู้สึก อัตราความเร็วลมมีผลต่อความรู้สึกสบายของมนุษย์ ขึ้นอยู่กับกิจกรรมที่ทำ และสถานที่นั้นๆ ด้วย เช่น ภายในห้องสมุด ไม่ต้องการให้ลมแรงพัดผ่านบริเวณโต๊ะอ่านหนังสือเพราะอาจทำกระดาษปลิวและถูกรบกวนได้แต่ให้ลมพัดผ่านในระดับที่รู้สึกได้ก็เพียงพอ ระดับความเร็วลมยังมีส่วนช่วยให้มนุษย์รู้สึกเย็นลงได้ เมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้น 1 กม./ชม.หรือประมาณ 0.25 เมตร/วินาที จะรู้สึกเย็นลง 0.4 องศาเซนติเกรด เมื่อเปรียบเทียบกับสภาวะโดยทั่วไป (Victor Olgyay, 1969) (ตารางที่ 4)

⁵ มาลินี ศรีสุวรรณ, การศึกษาความสัมพันธ์ของทิศทางกระแสลมกับการเจาะช่องเปิดที่ผนังอาคารสำหรับภูมิอากาศร้อนชื้นในประเทศไทย, (กรุงเทพมหานคร : บริษัท J Print, 2543), 12-14

ตารางที่ 4 ความรู้สึกของมนุษย์ต่ออัตราความเร็วลมในเขตร้อนชื้น โดย Victor Olgyay

ความเร็วลม (เมตร / วินาที)	ความรู้สึก
0.00 - 0.25	จะไม่รู้สึกหรือสังเกตได้
0.25 - 0.50	รู้สึกสบาย
0.50 - 1.00	รู้สึกสบาย โดยสามารถรับรู้ว่าการเคลื่อนไหวของอากาศ
1.00 - 1.50	รู้สึกมีลมพัดเล็กน้อย จนถึงรู้สึกถูกรบกวนได้
>1.50	รู้สึกว่าถูกรบกวน

ที่มา : Olgyay, V. **Design With Climate**. Princeton , New Jersey : Princeton University Press, 1969

จากตารางที่ 4 พบว่าในเขตร้อนชื้นนั้นต้องการแรงลมมากกว่าเขตร้อนแห้ง เพราะมีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สูง ทำให้รู้สึกอับอ้าว กระแสลมจึงมีส่วนช่วยพาความชื้นออกไปทำให้รู้สึกเย็นสบายขึ้น ดังนั้นความเร็วลมในเขตร้อนชื้นอาจยอมให้ อัตราความเร็วลม 0.50-1.00 เมตร/วินาที เป็นความเร็วลมที่รู้สึกสบายโดยสามารถรับรู้ว่าการเคลื่อนไหวของอากาศ แต่ถ้าความเร็วลมเกิน 1.50 เมตร/วินาที จะทำให้รู้สึกถูกรบกวนได้

2.3 ขอบเขตสบายของประเทศไทย จากการศึกษาการวิเคราะห์หัดถึง ASHRAE Comfort Zone ของ Baruch Givoni, 1992 ได้กำหนดไว้ว่า ความเร็วลมในระดับคงที่ 0.15 เมตร / วินาที ในฤดูหนาวและ 0.25 เมตร / วินาที ในฤดูร้อน จะทำให้ขอบเขตความสบายที่ยอมรับได้ของอุณหภูมิเป็น 26 องศาเซลเซียส เมื่อความชื้นเท่ากับ 12 กรัม / กิโลกรัม และเป็น 27 องศาเซลเซียส เมื่อความชื้นเท่ากับ 4 กรัม/กิโลกรัม โดยหากความเร็วลมเพิ่มมากขึ้นครั้งละ 0.275 เมตร / วินาที อุณหภูมิที่ยอมรับได้จะเพิ่มขึ้นครั้งละ 1 องศาเซลเซียส แต่ความเร็วลมสูงสุดไม่เกิน 0.8 เมตร / วินาที และอุณหภูมิสูงสุดไม่เกิน 28 องศาเซลเซียส นั้น เมื่อนำมาใช้ประเมินสภาวะอาคารที่ไม่ปรับอากาศ ความชื้นและความเร็วลมสูงสุดที่กำหนดไว้จะไม่สอดคล้องกับสภาวะสบายในเขตร้อน ซึ่งจะมีขอบเขตความสบายที่สูงกว่าที่กำหนด โดยที่ความเร็วลมทั่วไปในอาคารที่มี CrossVentilation จะสูงได้ถึง 2 เมตร / วินาที⁶

⁶ มาลินี ศรีสุวรรณ ,การศึกษาความสัมพันธ์ของทิศทางกระแสลมกับการเจาะช่องเปิดที่ผนังอาคาร สำหรับภูมิอากาศร้อนชื้นในประเทศไทย, (กรุงเทพมหานคร : บริษัท J Print, 2543), 14, อ้างถึงใน Givoni, **B. Man, Energy and Building** "Comfort, climate analysis and building design guidelines". Amsterdam: Elsevier Sequoia. 1992.

หากพิจารณาจากสภาพภูมิอากาศ ประเทศไทยควรใช้ขอบเขตของเขตสบายที่อุณหภูมิเฉลี่ย 22 - 29 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 20 - 75% โดยที่อุณหภูมิอากาศ และอุณหภูมิพื้นผิวโดยรอบมีค่าเท่ากัน มีความเร็วลมค่อนข้างสงบ มีการแต่งกายแบบลำลองและทำกิจกรรมเบาๆ นอกจากนี้ยังมีตัวแปรอื่นๆ เช่น ความคุ้นเคย เสื้อผ้าที่สวมใส่ และสภาพแวดล้อมเป็นเกณฑ์ในการกำหนด ช่วงของเขตไม่สบายซึ่งต้องใช้กระแสลมมาช่วยให้เกิดความสบายต่อไป⁷

3. ทฤษฎีเรื่องลมและการระบายอากาศ

3.1 การระบายอากาศ (Ventilation) คือการเปลี่ยนเอาอากาศเก่าภายในห้องออกไป และมีอากาศใหม่ซึ่งสดชื่นกว่ามาแทนที่ การออกแบบอาคารในเขตร้อนชื้นนั้นควรคำนึงถึงการถ่ายเทอากาศตามวิถีธรรมชาติให้มากที่สุด และให้ลมพัดผ่านเข้ามาในห้อง โดยรอบร่างกายผู้ที่อยู่อาศัย เพื่อเพิ่มความสบายให้แก่ร่างกาย ทำให้ได้รับอากาศบริสุทธิ์จากภายนอก ช่วยลดความร้อนและความชื้น ประเทศในเขตร้อนชื้นนี้ส่วนใหญ่ต้องการลมตลอดปี แม้แต่ประเทศในเขตอบอุ่นก็ต้องการกระแสลมในหน้าร้อนเช่นเดียวกัน การออกแบบช่องเปิดในตัวอาคารจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการทำให้ผู้อยู่อาศัยได้รับความสบายด้านการระบายอากาศ⁸

3.2 กระแสลม (Air Flow) คืออากาศที่เคลื่อนไหวผ่านร่างกาย ในที่นี้จะกล่าวถึงแต่ลมเย็นที่ช่วยให้ร่างกายถ่ายเทความร้อนได้เร็วขึ้น และเพิ่มความสบาย การพัดผ่านของกระแสลมสามารถช่วยแก้ปัญหาในเขตร้อนชื้นได้หลายประการ เช่น การเคลื่อนที่ของลมทำให้เกิดความสดชื่น เพราะเป็นการระบายของเหงื่อให้กลายเป็นไอ ทำให้อุณหภูมิของผิวหนังลดลง ส่วนการลดอุณหภูมิโดยวิธีการพัดผ่านของลมจะเกิดผลก็ต่อเมื่ออุณหภูมิอากาศมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิที่ผิวหนัง เพราะถึงแม้ว่าลมจะทำให้เกิดการระเหยก็ไม่สมดุลกับความชื้นที่ได้รับจากอุณหภูมิสูงได้ ดังนั้นเราจึงใช้ลมแก้ปัญหาได้ในเขตร้อนชื้น แต่ตรงข้ามกับเขตร้อนแห้งที่ต้องป้องกันไม่ให้ลมพัดเข้าไปในอาคารตอนกลางวัน⁸

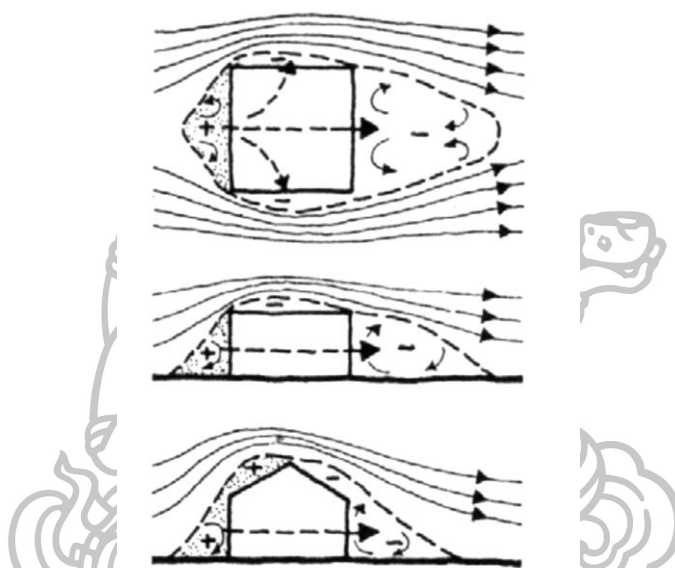
⁷ มาลินี ศรีสุวรรณ, การศึกษาความสัมพันธ์ของทิศทางกระแสลมกับการเจาะช่องเปิดที่ผนังอาคารสำหรับภูมิอากาศร้อนชื้นในประเทศไทย, (กรุงเทพมหานคร : บริษัท J Print, 2543), 16, อ้างถึงใน "The Center for Tropical and Near Eastern Architecture," Pratt Institute, Brooklyn, N.Y. 1967-1968

⁸ สมสิทธิ์ นิตยะ, การออกแบบอาคารสำหรับภูมิอากาศเขตร้อนชื้น, (กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541) 119.

สาเหตุของการเกิดลม⁹ แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

3.2.1 ความแตกต่างด้านความกดอากาศ (Wind Pressure Force) โดยอากาศจะเคลื่อนที่จากความกดอากาศสูงไปสู่ความกดอากาศต่ำเสมอ

3.2.2 ความแตกต่างด้านอุณหภูมิ (Ventilation by Thermal Force) อากาศจะเคลื่อนที่จากอุณหภูมิต่ำ ไปสู่อุณหภูมิสูงเสมอ โดยอากาศที่มีอุณหภูมิสูงจะมีความหนาแน่นน้อย ทำให้ลอยตัวขึ้นสู่ด้านบน และอากาศเย็นจะเข้ามาแทนที่



ภาพที่ 5 การเกิดกระแสลมเนื่องจากความแตกต่างของความกดอากาศ

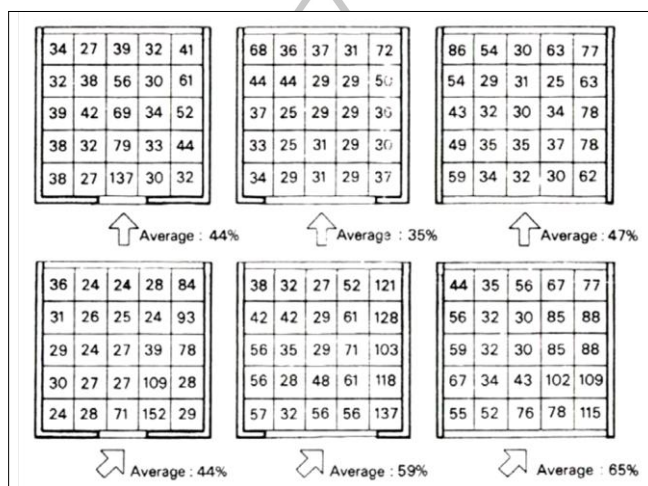
ที่มา : Allan Konya, **Design Primer for Hot Climates** (London : Architectural Press, 1980), 53.

ส่วนของอาคารที่กระแสลมพัดผ่านจะมีความเร็วลมที่ลดลง และทำให้ผนังด้านที่ปะทะลมเกิดความกดอากาศสูง (+) ส่วนด้านตรงข้ามกับด้านที่ปะทะลม นั้นจะเกิดบริเวณความกดอากาศต่ำ (-) รวมทั้งบริเวณด้านใต้ของลมก็จะเกิดความกดอากาศต่ำเช่นเดียวกัน เนื่องจากการไหลผ่านของลม (ดังภาพที่ 5) ซึ่งความดันของอากาศที่ต่างกันทั้งสองด้านนั้น จะทำให้เกิดการไหลเวียนของอากาศภายในอาคารดังนั้น “การวางตำแหน่งของทางเปิดเข้าของอากาศจะได้ผลดีที่สุดที่ตำแหน่งความกดอากาศสูง และทางออกที่ตำแหน่งความกดต่ำของอากาศ”¹⁰

⁹กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, **กระบวนการเกิดลม**, เข้าถึงเมื่อ 25 เมษายน 2559, เข้าถึงได้จาก <http://www2.dede.go.th/report/E2.pdf>

¹⁰ สมสิทธิ์ นิตยะ, **การออกแบบอาคารสำหรับภูมิอากาศเขตร้อนชื้น**, (กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541) 120.

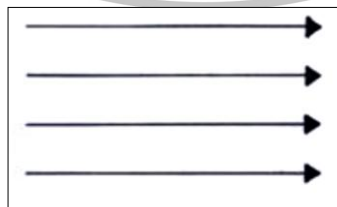
3.3 การเคลื่อนไหวของลม เมื่อกระแสลมปะทะอาคารโดยตรง เป็นมุม 90 องศาแล้ว จะทำให้เกิดบริเวณความกดอากาศสูงขึ้นที่บริเวณนี้ แต่หากเปลี่ยนให้กระแสลมปะทะกับผนังอาคาร เป็นมุม 45 องศาแล้ว ความกดอากาศจะลดลงเหลือ 50 % ในการเปิดช่องลมหรือทำช่องหน้าต่างให้ คัดลมได้มากที่สุด ได้มีการทำรายงานทดสอบกระแสลม โดยถือว่าความเร็วลมที่เข้าปะทะกับ อาคารเป็น 100% และทำการวัดที่ระดับความสูงจากพื้น 1.2 เมตร พบว่ากระแสลมที่ปะทะอาคาร เป็นมุม 45 องศา จะช่วยให้กระแสลมที่พัดเข้าภายในอาคารและมีการกระจายลมดีกว่า (ภาพที่ 6)



ภาพที่ 6 ขนาดของช่องเปิดและทิศทางลมที่มีผลกับปริมาณกระแสลมภายใน
ที่มา : Otto H Koenigsberger et al., Manual of Tropical Housing and Building (London : Longman, 1974), 123

3.4 ลักษณะการเคลื่อนที่ของลม¹¹ มี 4 รูปแบบ คือ

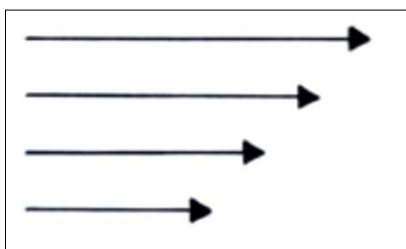
3.4.1 เคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงสม่ำเสมอ (Laminar) (ภาพที่ 7)



ภาพที่ 7 แสดงการเคลื่อนที่ของลมแบบแนวเส้นตรงสม่ำเสมอ (Laminar)

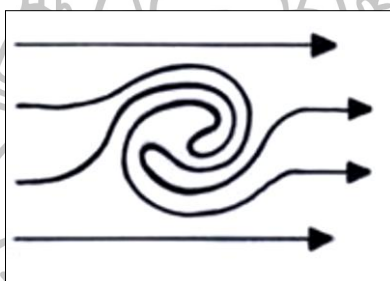
¹¹ Lechner N., Heating Cooling Lighting : Design method for architects (New York: John Wiley & Sons.,1991), 184.

3.4.2 เคลื่อนที่แบบเส้นตรง แต่ไม่สม่ำเสมอ (Separated) (ภาพที่ 8)



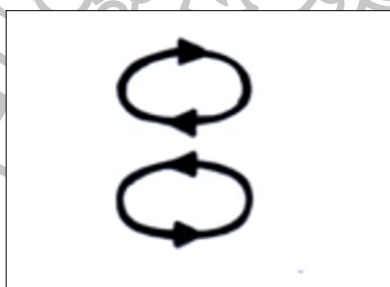
ภาพที่ 8 แสดงการเคลื่อนที่ของลมแบบตรง แต่ไม่สม่ำเสมอ (Separated)

3.4.3 เคลื่อนที่แบบกระแสวนวน (Turbulent) (ภาพที่ 9)



ภาพที่ 9 แสดงการเคลื่อนที่ของลมแบบกระแสวนวน (Turbulent)

3.4.4 เคลื่อนที่แบบกระแสวน (Eddy) (ภาพที่ 10)



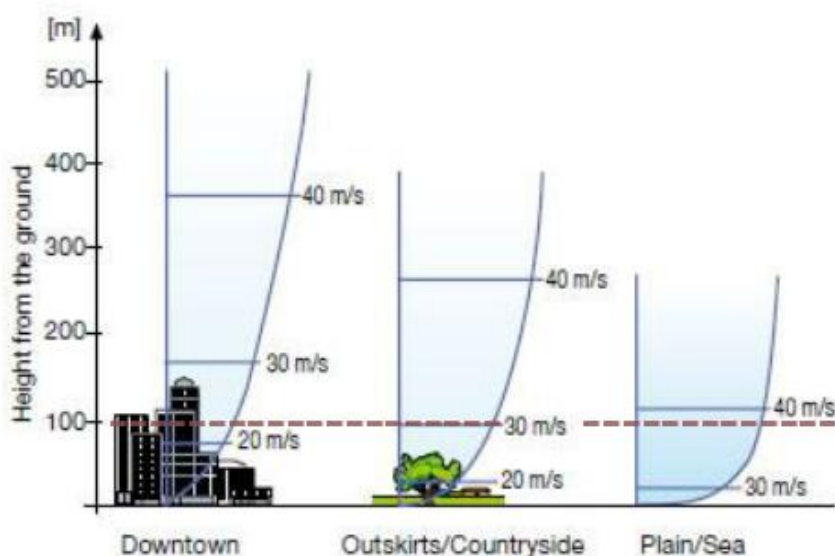
ภาพที่ 10 แสดงการเคลื่อนที่ของลมแบบกระแสวน (Eddy)

ที่มาภาพที่ 7-10 : Lechner N., Heating Cooling Lighting : Design method for architects (New York: John Wiley & Sons.,1991), 184.

3.5 หลักการไหลของอากาศในภูมิประเทศและสิ่งแวดล้อม¹²

ลักษณะการไหลของลมยังขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศ รวมไปถึงสิ่งแวดล้อม เช่น ในกรณีของกระแสลมที่เกิดขึ้นที่กรุงเทพฯ กับชนบทก็จะมี ความแตกต่างกัน เนื่องจากสิ่งแวดล้อมแต่ละพื้นที่ก็มีภูมิประเทศต่างกัน ส่งผลถึงเรื่องลมด้วย หลัก 3 ประการ ที่ควบคุมการเคลื่อนที่ของลม และความสัมพันธ์ของลมธรรมชาติกับภูมิประเทศและสิ่งแวดล้อม ได้แก่

หลักการข้อที่ 1 คือ เป็นผลจากแรงเสียดทาน ความเร็วลมจะช้าเมื่ออยู่ใกล้พื้นผิวของโลก และจะเพิ่มขึ้น เมื่อระดับความสูงเปลี่ยนไปสู่ชั้นบรรยากาศ ความลาดชันหรือความสูง-ต่ำของผิวดินเป็นตัวทำให้เกิดความเร็วลมที่แตกต่างกัน ดังนั้นลักษณะภูมิประเทศจึงมีผลต่อความเร็วลม (ภาพที่ 11)



ภาพที่ 11 แสดงภูมิประเทศ 3 แบบ กับความเร็วลมที่เข้าถึงในระดับความสูงที่ต่างกัน
ที่มา : Wind Profile (online), เข้าถึงได้จาก

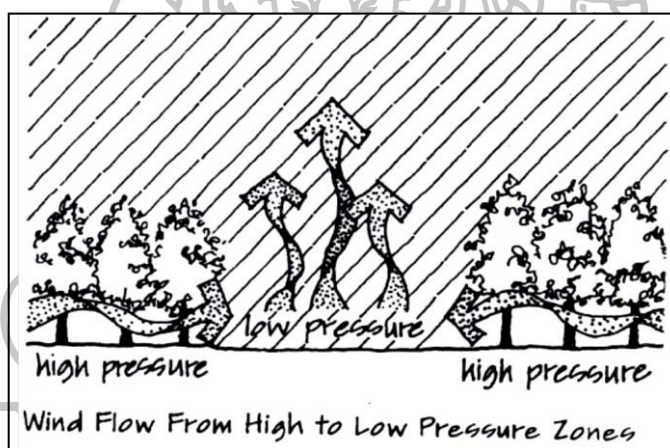
[http://www.cleanenergybrands.com/shoppingcart/categories/Wind-Turbines-\(Small\)/](http://www.cleanenergybrands.com/shoppingcart/categories/Wind-Turbines-(Small)/)

¹² G.Z. Brown and Mark Dekay, **Sun, Wind & Light : Architectural Design Strategies** second edition (USA: John Wiley & Sons, 2001), 17-18.

จากภาพที่ 11 แสดงลักษณะภูมิประเทศ และสภาพแวดล้อม 3 รูปแบบ ประกอบด้วย ตัวเมือง ชานเมือง และพื้นที่ราบหรือทะเล โดยในพื้นที่ราบที่ไม่มีอาคารหรือสิ่งใดบัง จะมีความเร็วลมที่สูงกว่าเสมอ เมื่อวัดความเร็วลมในระดับความสูงที่เท่ากัน เช่น ที่ระดับความสูง 100 ม.ตัวเมือง วัดค่าความเร็วลมได้ 23 m/s ชานเมืองวัดค่าความเร็วลมได้ 30 m/s และพื้นที่ราบไม่มีแนวกำบังวัดค่าความเร็วลมได้ 38 m/s เป็นต้น

หลักการข้อที่ 2 คือ เป็นผลจากแรงเฉื่อย อากาศมีแนวโน้มที่จะเคลื่อนย้ายในทิศทางเดียวกัน เมื่อพบสิ่งกีดขวาง ดังนั้นมันจะไหลไปรอบๆวัตถุ เช่นเดียวกับน้ำที่ไหลไปรอบๆหิน ในลำธาร แทนที่จะสะท้อนจากวัตถุในทิศทางที่ไม่มีแบบแผน

หลักการข้อที่ 3 คือ อากาศไหลจากบริเวณที่มีความกดอากาศสูงไปยังบริเวณที่มีความกดอากาศต่ำ (ภาพที่ 12)



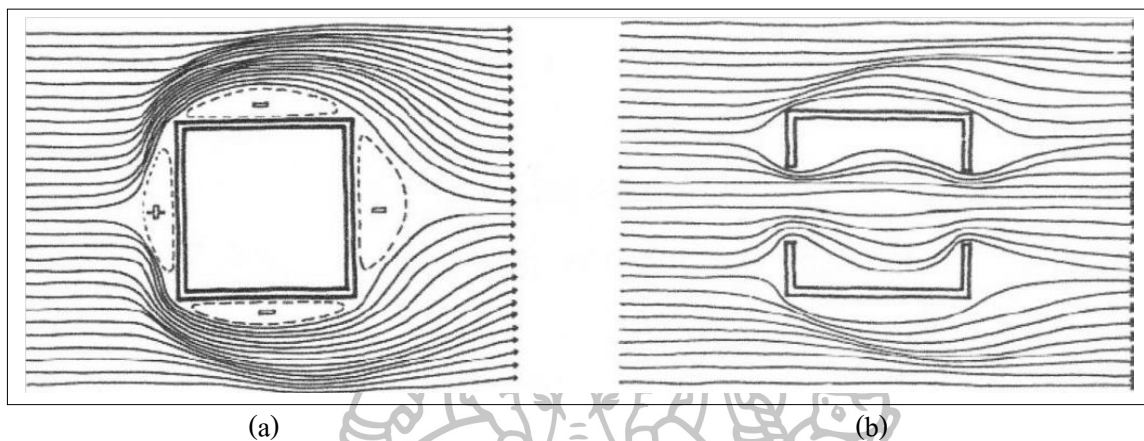
ภาพที่ 12 แสดงอากาศไหลจากบริเวณที่มีความกดอากาศสูงไปยังบริเวณที่มีความกดอากาศต่ำ ที่มา : G.Z. Brown and Mark Dekay, **Sun, Wind & Light** : Architectural Design Strategies second edition (USA: John Wiley & Sons, 2001), 17.

3.6 หลักการไหลของอากาศผ่านอาคาร¹³

การระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติต้องอาศัยหลักการไหลเวียนของอากาศผ่านพื้นที่อาคาร โดยอาศัยแรงลมซึ่งเกิดจากความแตกต่างของความกดอากาศ ดังที่กล่าวมาแล้ว เมื่อลมปะทะอาคารจะเกิดความกดอากาศสูงที่ด้านรับลม และเกิดความกดอากาศต่ำที่ด้านหลังอาคาร (ภาพที่ 13(a))

¹³ Moore F., **Environmental control system : Heating Cooling Lighting** (Singapore: McGraw – Hill,1993), 179-180.

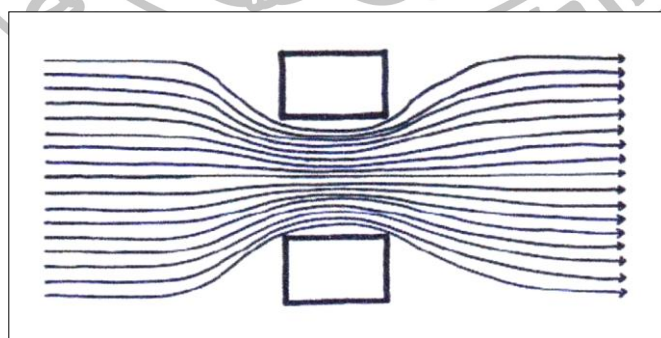
การเจาะช่องเปิดอาคาร จึงควรเลือกว่างตำแหน่งช่องเปิดที่ด้านตรงข้ามของความกดอากาศที่ผิวอาคาร ทำให้เกิดการระบายอากาศแบบข้ามฟาก (Cross Ventilation) (ภาพที่ 13 (b)) ซึ่งเป็นการระบายอากาศที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด



ภาพที่ 13 แสดงหลักการไหลของอากาศผ่านอาคาร

ที่มา : Moore F., **Environmental control system : Heating Cooling Lighting** (Singapore: McGraw – Hill,1993), 180.

ปรากฏการณ์ Venturi Effect (ภาพที่ 14) เกิดจากการที่อากาศเคลื่อนที่ผ่านช่องว่างระหว่างอาคาร หรือช่องทางที่คอดลง อากาศจะถูกบีบให้มีความเร็วเพิ่มขึ้น ซึ่งในการวางผังให้บ้านที่อยู่ได้ลม ได้รับลมมากขึ้นควรวางตำแหน่งบ้านให้อยู่ตรงกับช่องว่างระหว่างอาคารของบ้านที่อยู่เหนือลม



ภาพที่ 14 แสดงปรากฏการณ์ Venturi Effect

ที่มา : Moore F., **Environmental control system : Heating Cooling Lighting** (Singapore: McGraw – Hill,1993), 179.

4. ทฤษฎีการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ

การระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ คือ การเคลื่อนที่ของอากาศจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง เป็นวิธีที่ไม่ต้องใช้พลังงานกลและสามารถทำให้ผู้อยู่อาศัยรู้สึกสบายได้ เมื่อมีอุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลมที่เหมาะสม การระบายอากาศวิธีนี้จะลดการใช้พลังงานไฟฟ้า ดังนั้นการออกแบบผัง และอาคาร ควรทำให้สามารถใช้ประโยชน์จากลมธรรมชาติให้ได้มากที่สุด เพื่อสร้างความสบายให้กับผู้อยู่อาศัย

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบความเร็วลมและความรู้สึกเย็นลงกับการรับรู้ของมนุษย์ โดย Norbert Lechner

ความเร็วลม (เมตร/วินาที)	ความรู้สึกเย็นลง (องศาเซลเซียส)	ผลกระทบ
0.05	0.00	กระแสลมเบาไม่สังเกตเห็น ไม่รู้สึกสบาย
0.20	1.10	เกือบไม่สังเกตเห็น รู้สึกสบาย
0.40	1.90	สังเกตเห็น รู้สึกสบาย
0.80	2.80	สังเกตเห็นการพัดของกระแสลมแต่ยอมรับได้
1.00	3.30	สูงกว่าความเร็วลมของเครื่องปรับอากาศ
2.00	3.90	เป็นความเร็วลมที่เหมาะสม สำหรับการใช้ลมธรรมชาติของภูมิอากาศร้อนแห้ง
4.00	5.00	เป็นความเร็วลมที่พบภายนอกอาคาร

ที่มา : Lechner N., **Heating Cooling Lighting : Design method for architects** (New York: John Wiley & Sons.,1991), 196.

ข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 5 แสดงให้เห็นว่า เมื่อค่าความเร็วลมยิ่งสูงขึ้นจะทำให้รู้สึกเย็นลงได้เพิ่มมากขึ้น แต่ถ้าหากความเร็วลมสูงมากจนเกินไป จะทำให้รู้สึกเย็นลงได้ แต่ก็อาจทำให้รู้สึกถูกรบกวนได้

โจเซฟ เคะดารี และคณะ (Joseph Khedari et al.)¹⁴ ได้สำรวจขอบเขตความสบายของคนไทย โดยกำหนดระดับความเร็วลมในการทดสอบตั้งแต่ 0-3 เมตรต่อวินาที ที่ส่งผลต่อการยอมรับความสบายของคน ณ สภาพอากาศในช่วงต่าง ๆ พบว่า การยอมรับความสบายในพื้นที่ที่ไม่มีการปรับอากาศมีช่วงใกล้เคียงกับขอบเขตความสบายในเขตร้อนชื้นที่กำหนด (Baruch Givoni, 1969)¹⁵ คือ อยู่ในช่วงอุณหภูมิที่ 24-32.5 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 50-80 แต่ค่าดังกล่าวมีค่าเกินขอบเขตความสบายของสมาคมวิศวกรรมระบบปรับอากาศแห่งสหรัฐอเมริกา (ASHRAE)¹⁶ ซึ่งกำหนดอยู่ในช่วงอุณหภูมิที่ 20-26 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 20-80 เนื่องจากการทดสอบในสภาพแวดล้อม และลักษณะการแต่งกายที่แตกต่างกัน จึงส่งผลให้การยอมรับขอบเขตความสบายของคนที่อยู่ในประเทศแถบร้อน-ชื้น มีค่าสูงกว่าขอบเขตความสบายของคนในประเทศเขตกึ่งหนาว (ตารางที่ 6) การศึกษาครั้งนี้ จึงเลือกงานวิจัยนี้มาใช้ประกอบการกำหนดเกณฑ์การให้ค่าคะแนนตามเนื้อหาในบทต่อไป (รายละเอียดแสดงไว้ในบทที่ 3)

ตารางที่ 6 ตารางแสดงขอบเขตความสบายของประเทศไทยโดยใช้ลมธรรมชาติ โดย โจเซฟ เคะดารี และคณะ

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ (ร้อยละ)	ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)
22.0 – 29.5	50 – 80	0.00 – 0.25
29.5 – 30.7	50 – 80	0.25 – 0.50
30.7 – 32.5	50 – 80	0.50 – 1.00
32.5 – 34.0	50 – 80	1.00 – 1.50
34.0 – 36.0	50 – 80	1.50 – 2.00
36.0 – 36.5	50 – 80	2.00 – 3.00

ที่มา : Khedari, J., Yamtraipat, N., Pratintong, N., & Hirunlabh, J. (2000). Thailand ventilation comfort chart. *Energy and Buildings*, 32, 245–249.

¹⁴ Khedari, J., Yamtraipat, N., Pratintong, N., & Hirunlabh, J. (2000). **Thailand ventilation comfort chart**. *Energy and Buildings*, 32, 245–249.

¹⁵ Givoni, B. (1969). **Man, Climate and Architecture**. Amsterdam: Elsevier Publishing Company Limited.

¹⁶ ASHRAE. (2001). **2001 ASHRAE handbook–Fundamentals (SI)**. Atlanta: The American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers.

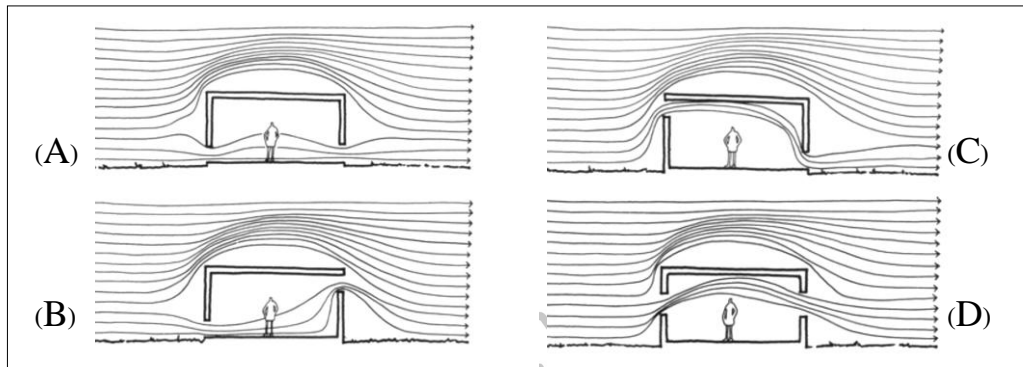
5. ทฤษฎีเรื่องช่องเปิดและทิศทางลมที่กระทำกับอาคาร

การออกแบบช่องเปิดของอาคารมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ลมจากภายนอกพัดผ่านเข้ามาภายในอาคาร และช่วยในการระบายอากาศ แต่ปริมาณความต้องการกระแสลมจะขึ้นอยู่กับฤดูกาลและกิจกรรมที่ทำอยู่ในแต่ละพื้นที่ภายในอาคาร และเพื่อให้ได้ความเร็วของกระแสลมตามความต้องการ สามารถนำปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการเบี่ยงเบนและการพัดพาของกระแสลมมาพิจารณาและประยุกต์ใช้ได้ ดังนี้

5.1 ตำแหน่งของช่องเปิด ตำแหน่งของช่องเปิดมีความสำคัญกับการระบายอากาศภายในอาคาร นอกจากเป็นตัวควบคุมให้เกิดความแตกต่างของความกดอากาศแล้วยังส่งผลไปถึงความเร็ว ปริมาณ และทิศทางที่จะเข้ามาภายในห้องอีกด้วย ถ้าตำแหน่งของช่องเปิดอำนวยต่อการถ่ายเทความร้อน กระแสลมก็จะสามารถนำความร้อนออกไปได้มาก และลมเย็นภายนอกก็จะไหลเวียนเข้ามาแทนที่ได้มากเช่นกัน

การออกแบบช่องเปิดควรให้ตำแหน่งของช่องเปิดทางเข้าอยู่ในตำแหน่งที่ลมพัดผ่านและหลีกเลี่ยงการเจาะช่องเปิดที่มีทางเข้าและทางออกของลมอยู่ในผนังด้านเดียวกันเพราะลมจะไม่สามารถไหลเข้าสู่ภายในอาคารได้ หรืออาจเข้ามาเพียงบริเวณใกล้ๆกับช่องเปิด เนื่องจากภายในห้องจะมีความกดอากาศสูง และควรหลีกเลี่ยงการเจาะช่องเปิดในตำแหน่งที่ชิดกับอาคารข้างเคียง เพราะลมจะไหลเข้าสู่อาคารได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น การเจาะช่องเปิดที่ดีควรอยู่ในระดับร่างกาย (Body Zone) หรือระดับที่มีการใช้งาน ตำแหน่งที่เหมาะสมคือทางเข้าอยู่ในระดับร่างกายทางออกอยู่เหนือระดับร่างกาย เพราะจะเกิดการไหลเวียนของอากาศที่ดี และต้องคำนึงถึงองค์ประกอบอื่นๆด้วย เช่น การกั้นผนังภายใน ตำแหน่งของเฟอร์นิเจอร์ กันสาด ลักชณะและชนิดของช่องเปิด และรูปทรงอาคาร เป็นต้น¹⁷

¹⁷ มาลินี ศรีสุวรรณ ,การศึกษาความสัมพันธ์ของทิศทางกระแสลมกับการเจาะช่องเปิดที่ผนังอาคารสำหรับภูมิอากาศร้อนชื้นในประเทศไทย, (กรุงเทพมหานคร : บริษัท J Print, 2543), 93,95

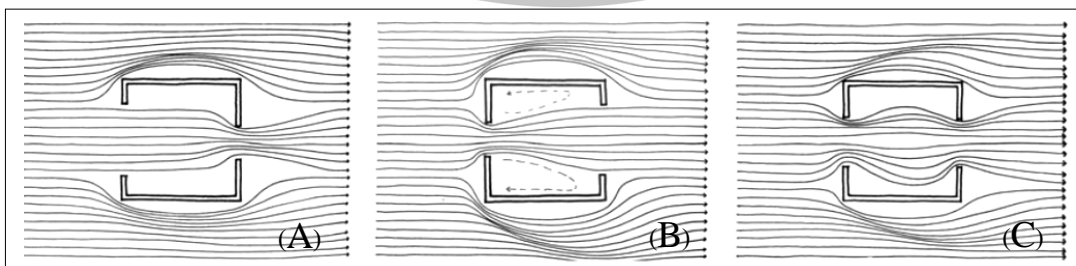


ภาพที่ 15 แสดงลักษณะของลมที่เข้ามาในช่องเปิดทางเข้าและออกในตำแหน่งที่ต่างกัน มีผลกับกระแสลมที่จะเข้ามาภายในห้อง

ที่มา : Fuller Moore, **Environmental Control Systems** (n.p. : McGraw Hill, 1993), 184.

การเจาะช่องลมให้ได้ประโยชน์สูงสุดควรให้ลมพัดผ่านในระดับร่างกายให้มากที่สุด จากภาพที่ 15 พบว่า หากตำแหน่งช่องเปิดทางเข้าและทางออกของลมอยู่ด้านล่าง (A) จะเกิดการพัดผ่านของกระแสลมที่ดีและลมจะพัดผ่านในระดับร่างกาย หากตำแหน่งของช่องเปิดทางเข้าอยู่ด้านล่างทางออกอยู่ด้านบน (B) จะทำให้กระแสลมอยู่ในระดับต่ำ ลมพัดผ่านในระดับที่มีการใช้งาน และหากตำแหน่งของช่องเปิดทางเข้าอยู่ด้านบน ทางออกอยู่ด้านล่าง (C) จะทำให้กระแสลมอยู่ในระดับเพดานและไม่พัดผ่านพื้นที่ที่มีการใช้งาน เช่นเดียวกับตำแหน่งช่องเปิดทางเข้าและทางออกอยู่ด้านบน (D) จะเป็นประโยชน์ในด้านของการระบายความร้อนบริเวณเพดานห้องซึ่งมีมาก เนื่องจากรับความร้อนมาจากหลังคานั้นเอง

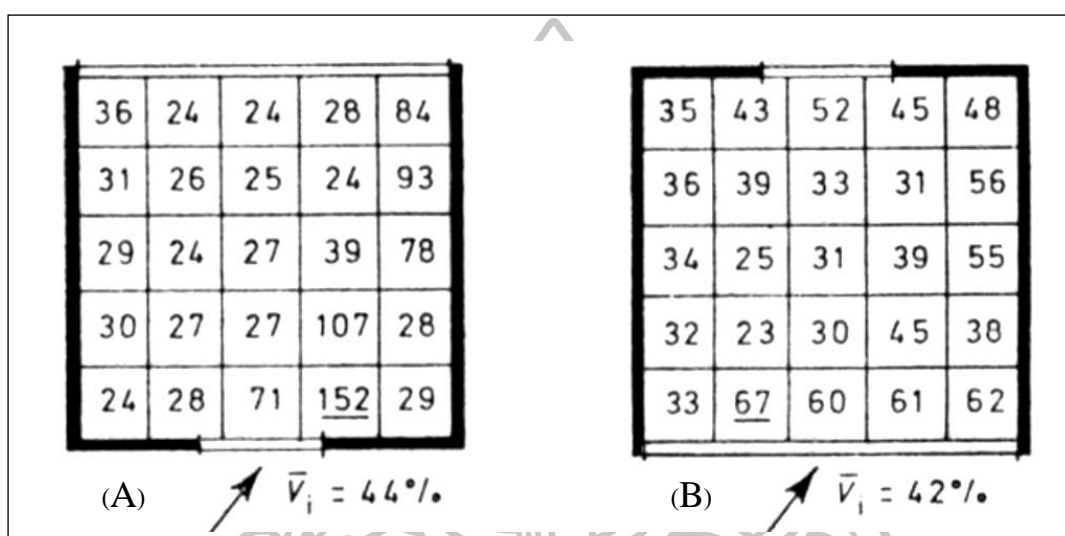
5.2 ขนาดและจำนวนช่องเปิด ขนาดและจำนวนช่องเปิด จะไม่เกิดผลกับกรณีที่มีช่องเปิดลมเข้าเพียงด้านเดียว แต่จะเกิดผลในแง่ปริมาณ ความเร็ว และความแรงลมก็ต่อเมื่อมีช่องทางออกของลมด้วย เพื่อให้เกิดการไหลเวียนของอากาศ (ภาพที่ 16)



ภาพที่ 16 ขนาดช่องเปิดที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณและความเร็วลมที่เข้าไปภายในห้อง

ที่มา : Fuller Moore, **Environmental Control Systems** (n.p. : McGraw Hill, 1993), 182.

จากภาพที่ 16 จะเห็นว่าขนาดของช่องเปิดนั้น สามารถควบคุมความเร็วและความแรงของกระแสลมได้ ซึ่งถ้ามีการเจาะช่องทางเข้าของลมใหญ่และช่องเปิดทางออกเล็ก (ภาพที่ 16-A) ลมที่เข้ามาภายในห้องจะครอบคลุมพื้นที่ได้มากกว่าการเจาะช่องเปิดทางเข้าเล็กทางออกใหญ่ (ภาพที่ 16-B) ซึ่งลมที่เข้ามาจะมีความแรงบริเวณปากทางเข้า และจะลดลงบริเวณช่องเปิดทางออก ส่วนการเจาะช่องเปิดที่เท่ากันทั้ง 2 ฝั่ง (ภาพที่ 16-C) ลมที่เข้ามาภายในห้อง จะมีความเร็วที่สม่ำเสมอ



ภาพที่ 17 ขนาดของช่องลมเข้าและออกที่มีผลต่อปริมาณและความเร็วลมภายใน

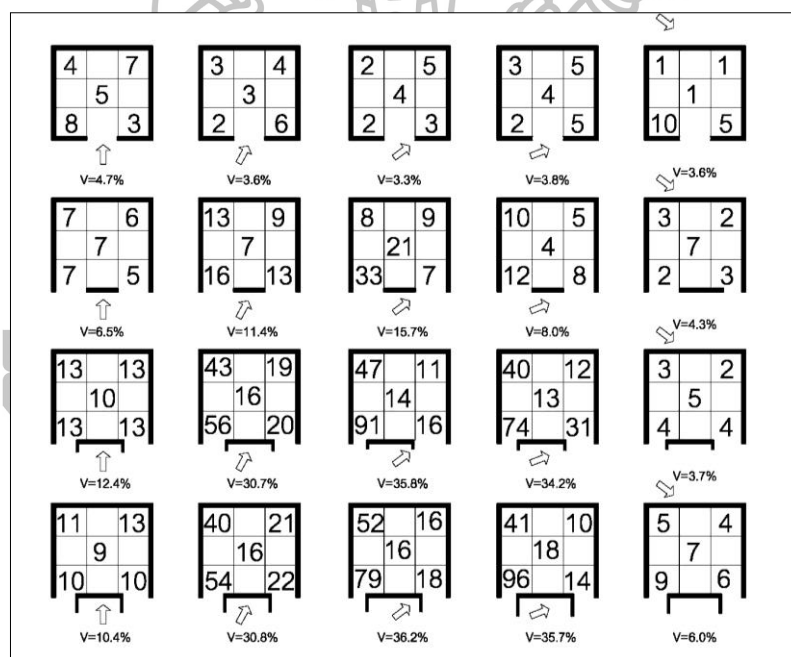
ที่มา : Baruch Givoni, Man, **Climate and Architecture**, 2 nd ed. (London : Applied Science, 1976), 264.

ความสัมพันธ์ของทิศทางลม และ ขนาดของช่องลมเข้าและออกที่มีผลต่อปริมาณและความเร็วลมภายในห้อง โดย จากภาพที่ 17 พบว่า เมื่อทิศทางลมเข้า ทำมุม 45 องศากับตัวอาคารนั้น กรณีช่องเปิดทางเข้าเล็กช่องเปิดทางออกใหญ่ (ภาพที่ 17-A) ความเร็วลมที่เข้ามาภายในห้องจะมีความเร็วและแรงในบริเวณปากทางเข้าและจะลดลงบริเวณช่องเปิดทางออก แต่การเจาะช่องเปิดที่ทางเข้าใหญ่แต่ทางออกเล็ก (ภาพที่ 17-B) ลมที่เข้ามาภายในห้องจะมีความเร็วลมที่ใกล้เคียงกันและครอบคลุมพื้นที่ได้ทั่วทั้งห้องแต่ความเร็วลมบริเวณช่องเปิดทางออกจะลดลงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับความเร็วลมบริเวณช่องเปิดทางเข้า

5.3 ทิศทางการไหลของกระแสลมเมื่อมีสิ่งประกอบบริเวณช่องเปิดทางเข้าและทางออก

สิ่งประกอบ เช่น แผงบังแดด กันสาด หรือรูปแบบช่องเปิดแบบบานเปิด จะมีผลต่อปริมาณกระแสลมและลักษณะการไหลของกระแสลมที่เข้ามาภายในห้องที่แตกต่างกันไป

ทิศทางลมและจำนวนช่องเปิดนั้น มีความสัมพันธ์กับความเร็วลมที่เข้ามาภายในห้อง สำหรับห้องที่มีช่องเปิดเพียงด้านเดียวนั้นจะมีการระบายอากาศไม่ดี เพราะความกดอากาศระหว่างภายนอกกับภายในมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ส่วนการเปิดช่องเปิด 2 ช่องที่ผนังเดียวกัน ลมจะเข้ามาภายในห้องได้มากขึ้นเล็กน้อย แต่หากมีการใช้สิ่งประกอบทางตั้งเข้ามาช่วย ก็จะทำให้กระแสลมไหลมาปะทะและไหลเข้าสู่ภายในห้องได้มากขึ้น เนื่องจากสิ่งประกอบนั้นจะช่วยให้เกิดความกดอากาศที่แตกต่างกันมากขึ้น และถ้าลมที่มาปะทะกับผนังห้องทำมุม 45 องศา โดยมีสิ่งประกอบทางตั้งของช่องเปิดมาช่วยบังคับทิศทาง ก็จะสามารถทำให้ลมไหลเข้ามาภายในห้องมากขึ้นได้ และสิ่งประกอบนี้จะเกิดผลเป็นอย่างมากก็ต่อเมื่ออยู่บริเวณช่องเปิดทางเข้าเป็นหลัก¹⁸ (ภาพที่ 18)

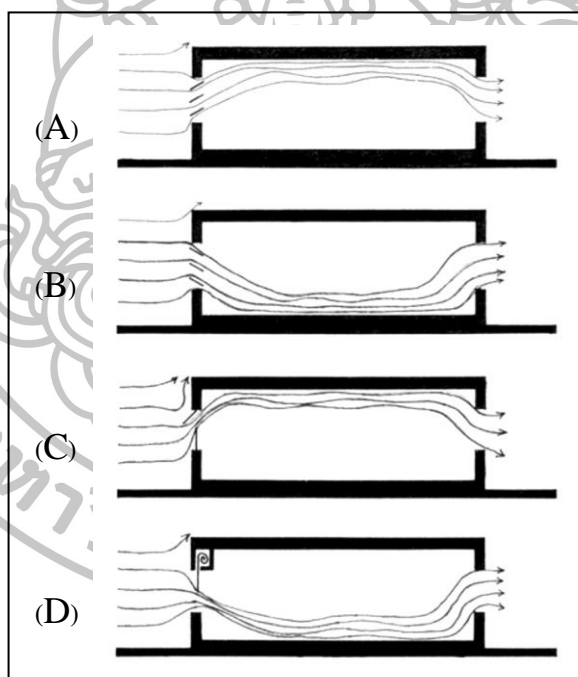


ภาพที่ 18 ผลการทดสอบประสิทธิภาพในการใช้สิ่งประกอบช่องเปิดแนวตั้งต่อความเร็วลมภายใน
ที่มา: Baruch Givoni, **Climate Considerations in Building and Urban Design.** (Canada: John Wiley & Sons, 1998), 102

¹⁸ มาลินี ศรีสุวรรณ ,การศึกษาความสัมพันธ์ของทิศทางกระแสลมกับการเจาะช่องเปิดที่ผนังอาคารสำหรับภูมิอากาศร้อนชื้นในประเทศไทย, (กรุงเทพมหานคร : บริษัท J Print, 2543), 112

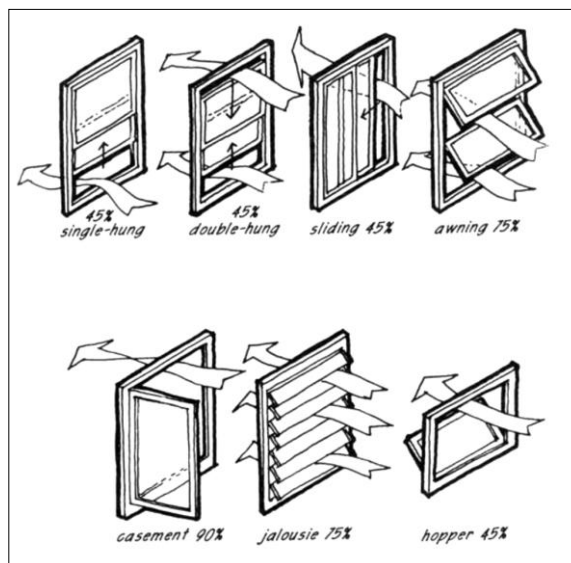
5.4 ชนิดของบานเปิดที่ส่งผลต่อกระแสลมที่เข้ามาภายในห้อง ทิศทาง ขนาด ปริมาณ ของกระแสลมที่จะเข้ามาภายในอาคารนั้นก็ขึ้นอยู่กับชนิดของบานเปิดด้วยเช่นกัน เพราะจะทำให้ ลักษณะของลมภายในอาคารมีความแตกต่างกันออกไป และจากรูปแบบพื้นฐานของช่องเปิดนั้น ผู้ใช้อาคารสามารถพิจารณาเลือกใช้รูปแบบของช่องเปิดที่มีความเหมาะสมกับอาคาร และการใช้ สอยได้

จากภาพที่ 19 ทิศทางและความเร็วลมจะมีการเปลี่ยนไปตามชนิดของบานเปิด ซึ่ง หน้าต่างบานเกล็ด (ภาพที่ 19-A,B) และบานกระทุ้ง (ภาพที่ 19-C) จะมีผลกับการเบี่ยงเบนทิศทาง ของกระแสลมมากกว่าหน้าต่างบานเปิด(ภาพที่ 19-D) เนื่องจากตัวบานเกล็ดและบานกระทุ้ง มีเกล็ด และตัวบานในแนวนอนที่บังคับให้ลมหักเหไปในทิศทางที่ต้องการได้ ทำให้เกิดการเบี่ยงเบนของ กระแสลม



ภาพที่ 19 ลักษณะกระแสลมภายในที่เกิดจากการใช้บานเปิดชนิดต่างกัน

ที่มา : Martin Evans, **Housing, Climate and Comfort** (London : Architectural Press, 1980), 130.



ภาพที่ 20 สัดส่วนพื้นที่ของบานเปิดแบบต่างๆ

ที่มา : Fuller Moore, **Environmental Control Systems** (n.p. : McGraw Hill, 1993), 193.

จากภาพที่ 20 แสดงถึงสัดส่วนพื้นที่ของบานเปิดแบบต่างๆ และสามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้ หน้าต่างบานกระทุ้งคู่ มีคุณสมบัติในการเบี่ยงเบนทิศทางของกระแสลมขึ้นข้างบนสามารถควบคุมการกระจายลมในแนวตั้งได้ โดยมีสัดส่วนของพื้นที่ช่องเปิด 75%

หน้าต่างบานเลื่อน แบบแนวตั้ง และแนวนอน มีสัดส่วนของพื้นที่ช่องเปิดในการรับลม น้อยที่สุด 45% และมีการเบี่ยงเบนทิศทางของกระแสลมได้น้อยกว่าแบบแรก เนื่องจากตัวบานจะตั้งฉากกับกระแสลม ทำให้ทิศทางเคลื่อนที่ของอากาศที่เข้ามาเป็นแนวระนาบทางนอนมีมากกว่าทางตั้ง

หน้าต่างบานเปิด บานเปิดชนิดนี้จะมีสัดส่วนของพื้นที่ช่องเปิดในการรับลม 90% ถือว่ามีสัดส่วนที่มากที่สุด เมื่อเทียบกับรูปแบบช่องเปิดแบบอื่น แต่หากเปิดหน้าต่าง 90 องศา ตัวบานเปิดนั้นจะทำหน้าที่คล้ายสิ่งประกอบทางตั้ง คือสามารถใช้เห็นยวนำกระแสลมเข้าสู่ภายในได้

หน้าต่างบานเกล็ด ลักษณะคล้ายกับบานกระทุ้งแต่สามารถควบคุมทิศทางของกระแสลมทางตั้งได้ ปรับมุมสูงต่ำได้เพื่อให้เกิดทิศทางและการกระจายตัวของลมภายในอาคารได้อย่างเหมาะสม มีสัดส่วนของพื้นที่ช่องเปิด 75%

จากรูปแบบช่องเปิดที่กล่าวมานั้น รูปแบบช่องเปิดแบบบานเปิดนั้นจะมีการระบายอากาศที่ดีที่สุด จึงสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงอาคารกรณีศึกษาได้

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

6.1 มาลินี ศรีสุวรรณ¹⁹ : การศึกษาความสัมพันธ์ของทิศทางกระแสลมกับการเจาะช่องเปิดที่ผนังอาคารสำหรับภูมิอากาศร้อนชื้นในประเทศไทย

ทำการวิเคราะห์ถึงขอบเขตสบาย (Comfort Zone) ของประเทศไทย และกำหนดจังหวัดตัวแทนแต่ละภาคจำนวน 9 จังหวัด โดยใช้ข้อมูลอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาในช่วง 30 ปี และใช้วิธีการทางสถิติทำการสรุปทิศทางและคุณสมบัติลมเด่นของแต่ละจังหวัด เพื่อวางทิศทางของอาคารและเจาะช่องเปิดให้สัมพันธ์กับทิศทางของกระแสลมเด่น เพื่อให้กระแสลมเข้าสู่ตัวอาคารได้มาก และเกิดสภาวะน่าสบายจากการระบายอากาศตามธรรมชาติ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาทิศทางกระแสลมที่เข้าสู่อาคารกับการเจาะช่องเปิดที่ผนังอาคารที่มีขนาด จำนวน และตำแหน่งที่แตกต่างกัน
2. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบทิศทางกระแสลมที่สัมพันธ์กับช่องเปิดรูปแบบต่างๆที่ผนังอาคารกับการกั้นห้องภายในอาคาร
3. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบปริมาณของกระแสลมที่เข้าสู่อาคารที่สัมพันธ์กับช่องเปิดรูปแบบต่างๆที่ผนังอาคารกับการกั้นห้องภายในอาคาร

วิธีการวิจัยมีดังนี้

1. ศึกษาวิเคราะห์รูปแบบการเจาะช่องเปิด กับผนังของอาคารในรูปแบบต่างๆ
2. จัดทำแบบและหุ่นจำลองที่ทำการทดลองเพื่อศึกษาถึงทิศทางลม และปริมาณกระแสลมที่เข้าสู่ช่องเปิด ตามที่กำหนดไว้ตามผังและรูปตัดของอาคาร
3. ดำเนินการทดลองโดยใช้ไต้ะน้ำ (Flow Visualisation Apparatus)
4. ถ่ายรูปผลการทดลอง และนำมาวิเคราะห์ วิจัย เพื่อสรุปผลและเสนอแนะ

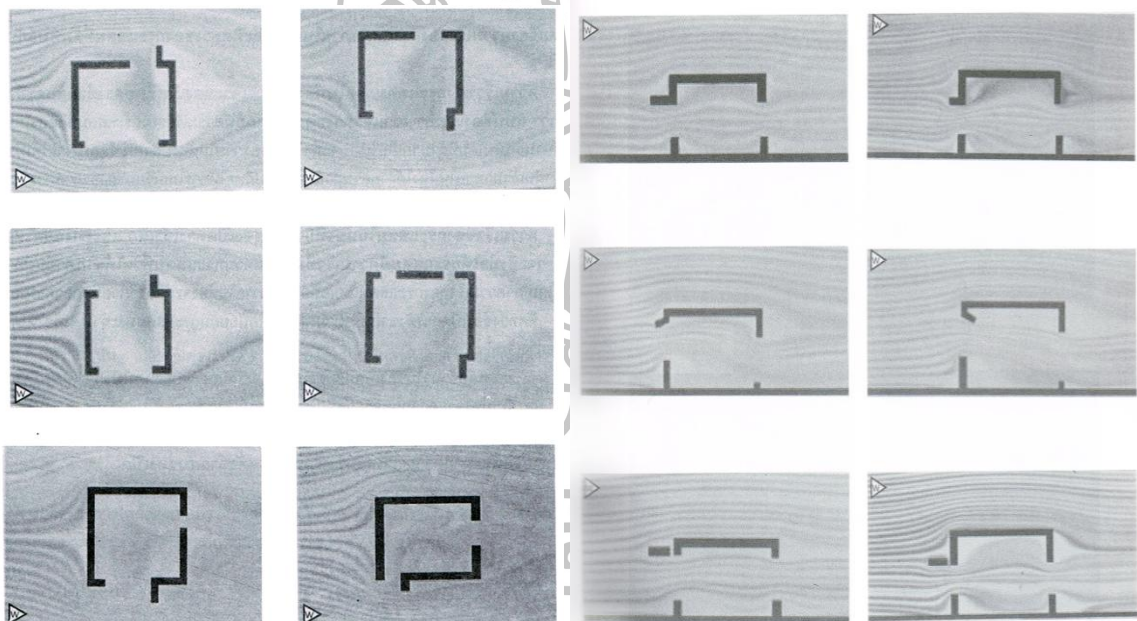
¹⁹ มาลินี ศรีสุวรรณ ,การศึกษาความสัมพันธ์ของทิศทางกระแสลมกับการเจาะช่องเปิดที่ผนังอาคารสำหรับภูมิอากาศร้อนชื้นในประเทศไทย, (กรุงเทพมหานคร : บริษัท J Print, 2543)

สรุปผลการศึกษา

1. การกำหนดขอบเขตสบาย (Comfort Zone) ของประเทศไทย โดยการวิเคราะห์จากการศึกษาของ Victor Olgyay ผสมกับการศึกษาอื่นๆ ทำให้ได้ข้อสรุปเป็นช่วงกว้างๆ ของขอบเขตสบาย (Comfort Zone) ของประเทศไทย ที่อุณหภูมิ 22-29 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 20-75 เปอร์เซ็นต์

2. การใช้กระแสลมในการช่วยลดความร้อนและความชื้นภายในอาคารผ่านตัวผู้อาศัยจะช่วยให้รู้สึกเย็นลงได้ โดยมนุษย์จะรู้สึกเย็นลงกว่าอุณหภูมิจริง 0.4 องศาเซลเซียสเมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้น 1 km/hr หรือ 0.25 m/s

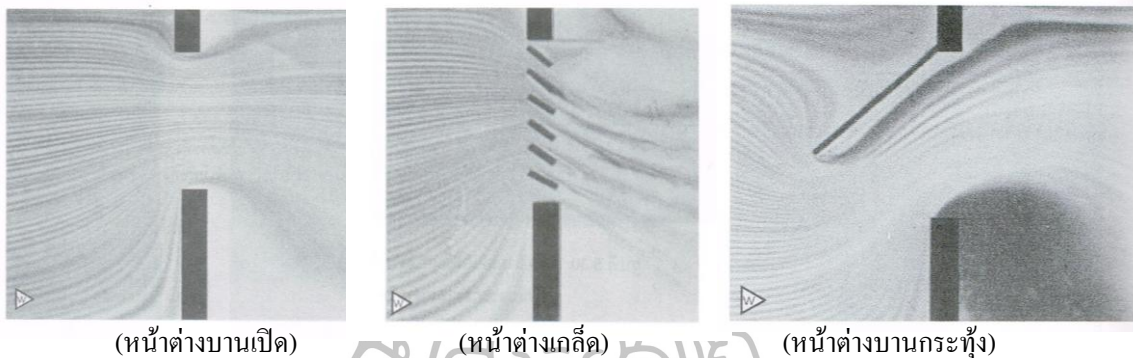
3. แนวทิศทางการไหลของกระแสลมอันเนื่องมาจากสิ่งประกอบบริเวณช่องเปิดทางเข้าและช่องเปิดทางออก เช่น ต้นไม้ กั้นสาด สามารถช่วยเบี่ยงเบนทิศทางการไหลของกระแสลมได้ และสิ่งประกอบจะเกิดผลอย่างมากก็ต่อเมื่ออยู่บริเวณช่องเปิดทางเข้าหลัก (ภาพที่ 21)



ภาพที่ 21 แสดงแนวทิศทางการไหลของกระแสลมอันเนื่องมาจากสิ่งประกอบบริเวณช่องเปิดทางเข้าและช่องเปิดทางออก

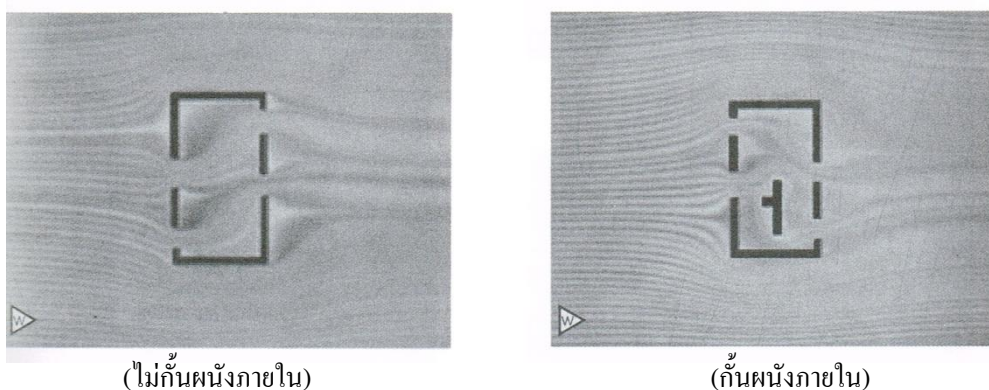
ที่มา : มาลินี ศรีสุวรรณ ,การศึกษาความสัมพันธ์ของทิศทางกระแสลมกับการเจาะช่องเปิดที่ผนังอาคารสำหรับภูมิอากาศร้อนชื้นในประเทศไทย, (กรุงเทพมหานคร : บริษัท J Print, 2543), 108-111

4. ชนิดของหน้าต่างที่เป็นบานเปิดหรือบานเฟี้ยม จะมีผลในแง่การเบี่ยงเบนทิศทางของกระแสลมน้อยกว่าหน้าต่างบานเกล็ดและบานกระทุ้ง ซึ่งจะมีผลกับทิศทางของกระแสลม ทำให้เกิดการเบี่ยงเบนของกระแสลมในแนวตั้ง (ขึ้น-ลง) (ภาพที่ 22)



ภาพที่ 22 แสดงลักษณะกระแสลมที่ผ่านหน้าต่างชนิดต่างๆ
ที่มา : มาลินี ศรีสุวรรณ ,การศึกษาความสัมพันธ์ของทิศทางกระแสลมกับการเจาะช่องเปิดที่ผนังอาคารสำหรับภูมิอากาศร้อนชื้นในประเทศไทย, (กรุงเทพมหานคร : บริษัท J Print, 2543), 112-113

5. การกั้นผนังภายในห้องนั้นมีผลต่อการไหลเวียนของกระแสลมภายในห้อง ขึ้นอยู่กับตำแหน่งและจำนวนของผนังกั้นที่ใช้ ยิ่งผนังกั้นอยู่ใกล้ช่องเปิดทางเข้ามาก ก็จะทำให้ผลกระทบต่อกระเบี่ยงเบนของกระแสลมมาก และกระแสลมที่เกิดขึ้นภายในห้องส่วนใหญ่จะมีความเร็วที่น้อยกว่าภายนอกเสมอ ดังนั้นการกั้นผนังไม่ชนฝาเพดานแต่ยังเหลือพื้นที่ให้กระแสลมผ่านได้ก็จะเป็นผลดีในด้านการระบายอากาศ อีกทั้ง ไม่ควรมีผนังกั้นภายในห้องมากเกินไป เพราะจะทำให้เกิดจุดอับลมขึ้นภายในห้อง (ภาพที่ 23)



ภาพที่ 23 แสดงลักษณะกระแสลมภายในห้องที่ไม่มีกั้นและมีการกั้นผนังภายในห้อง
ที่มา : มาลินี ศรีสุวรรณ ,การศึกษาความสัมพันธ์ของทิศทางกระแสลมกับการเจาะช่องเปิดที่ผนังอาคารสำหรับภูมิอากาศร้อนชื้นในประเทศไทย, (กรุงเทพมหานคร : บริษัท J Print, 2543), 115

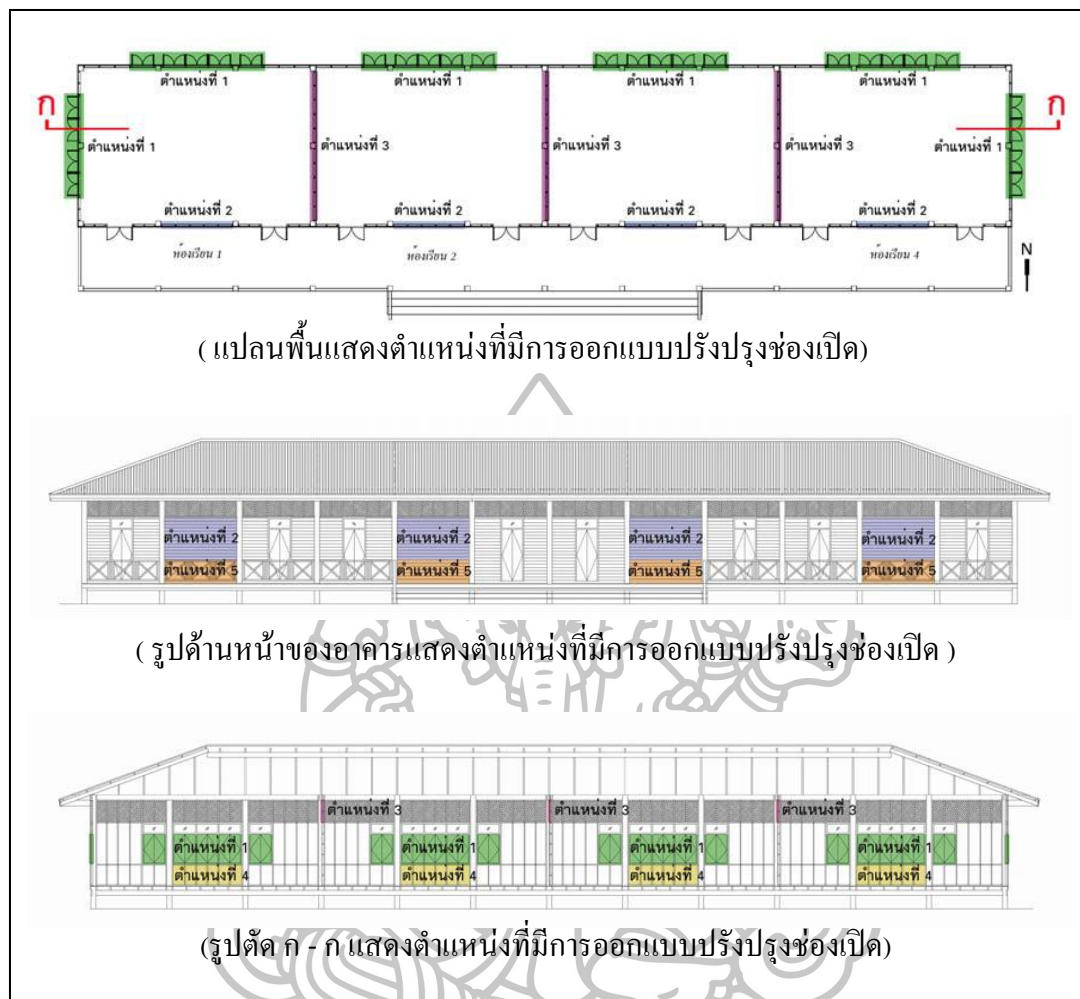
6.2 กรธิชา อุ๋นไพโร²⁰ : การออกแบบช่องเปิดสำหรับอาคารโรงเรียนในชนบท ภาคเหนือตอนล่าง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย คือ ศึกษารูปแบบของช่องเปิดที่มีความเหมาะสมกับ ลักษณะของห้องเรียนในชนบทภาคเหนือตอนล่าง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายอากาศ ภายในห้องเรียนด้วยวิธีธรรมชาติ และเพื่อให้ได้รับแสงจากธรรมชาติที่เพียงพอ ทั้งในกรณีที่เปิด หรือปิดช่องเปิดเพื่อกันลมหนาวในช่วงหน้าหนาว โดยทำการศึกษาเฉพาะอาคารเรียนของโรงเรียน ประถมศึกษา ซึ่งเป็นอาคารไม้ชั้นเดียวมีขนาดมาตรฐาน กว้าง 6.00 เมตร ยาว 36.00 เมตร สูง 3.55 เมตร ประกอบด้วยห้องเรียนทั้งหมด 4 ห้อง และมีการออกแบบปรับปรุงช่องเปิดทั้งหมด 5 ตำแหน่ง โดยด้านหน้าอาคารหันไปทางทิศใต้ (ภาพที่ 24)

วิธีการศึกษามีดังนี้คือ

1. สำรวจสภาพอาคารเรียนในปัจจุบัน จำนวน 21 อาคาร ที่ตั้งอยู่ในภาคเหนือ ตอนล่าง
2. คัดเลือกอาคารเรียน 3 หลัง ที่มีลักษณะตรงกับอาคารเรียนส่วนใหญ่ที่ได้ ทำการสำรวจทั้งหมด เพื่อศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับ ค่าอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และค่า ความสว่าง ทั้งภายในและภายนอกห้องเรียนทั้ง 4 ห้อง
3. ทำการออกแบบและปรับเปลี่ยนลักษณะของช่องเปิดของอาคารเรียน จำนวน 24 รูปแบบ เพื่อนำมาเปรียบเทียบผล
4. ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Desktop Radiance 2.0 จำลองสภาพแสงสว่าง ธรรมชาติในห้องเรียน
5. ใช้อุโมงค์ลมและโต๊ะน้ำ เพื่อจำลองความเร็วและทิศทางลมภายใน ห้องเรียน
6. วิเคราะห์ผลการทดลองที่ได้เพื่อหารูปแบบของช่องเปิดที่เหมาะสมกับ อาคารเรียนในชนบท โดยคำนึงถึงปริมาณแสงสว่างที่เหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนการสอน และ มีการระบายอากาศตามธรรมชาติที่ดีขึ้น

²⁰ กรธิชา อุ๋นไพโร , "การออกแบบช่องเปิดสำหรับอาคารโรงเรียนในชนบท ภาคเหนือ ตอนล่าง" (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2549).



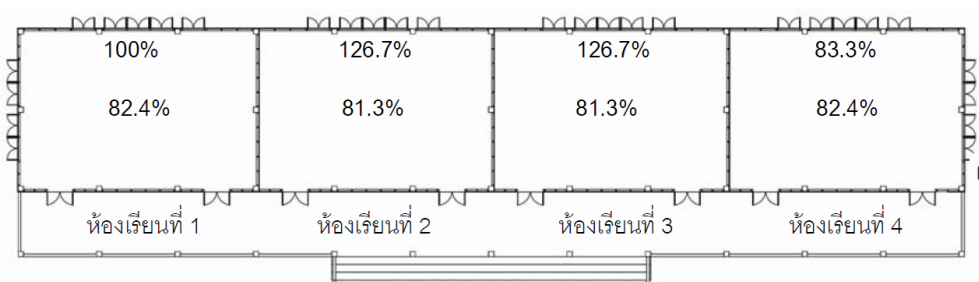
ภาพที่ 24 แสดงตำแหน่งที่มีการปรับปรุงช่องเปิดภายในอาคาร
 ที่มา : กรรชชา อุ่นไพบ , "การออกแบบช่องเปิดสำหรับอาคารโรงเรียนในชนบท ภาคเหนือตอนล่าง"
 (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารศึกษาศาสตร์ สาขาวิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย
 ศิลปากร, 2549), 144.

ผลการศึกษสามารถสรุปรูปแบบของช่องเปิดที่เหมาะสม ซึ่งทำให้ภายในห้องเรียน
 ทั้ง 4 ห้องมีการระบายอากาศที่ดีขึ้นได้ ดังนี้

1. รูปแบบของช่องเปิดที่เหมาะสมในห้องเรียนที่ 1 ได้แก่ รูปแบบการปรับปรุงช่องเปิดในกรณีที่มี 15 คือ ตำแหน่งที่ 2 เพิ่มบานเกล็ดกระจกปรับมุม (เปิด 90 องศา) ตำแหน่งที่ 4 และ 5 เพิ่มฝ้าไหล (เปิด) ทำให้ลมพัดผ่านพื้นที่ใช้งานมากขึ้น การกระจายตัวของกระแสลมครอบคลุมพื้นที่ภายในห้องได้มากขึ้น โดยมีค่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในพื้นที่ใช้งานเพิ่มขึ้นจากช่องเปิดรูปแบบเดิม 0.17 m/s เป็น 0.31 m/s คิดเป็น 82.4% และมีค่าความเร็วลมเฉลี่ยภายนอกพื้นที่ใช้งานเพิ่มขึ้นจากช่องเปิดรูปแบบเดิม 0.16 m/s เป็น 0.32 m/s คิดเป็น 100%

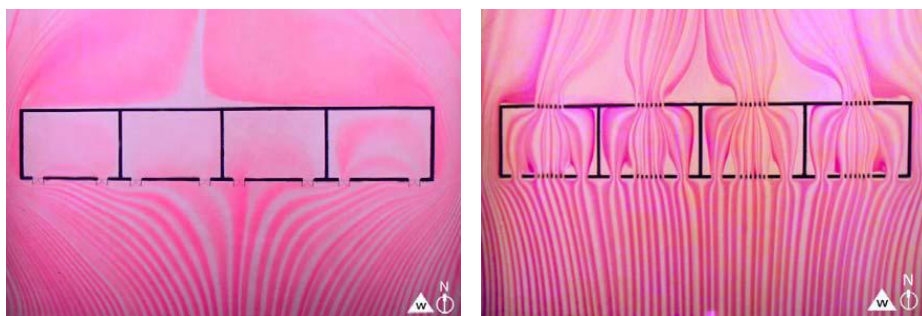
2. รูปแบบของช่องเปิดที่เหมาะสมในห้องเรียนที่ 2 และ 3 ได้แก่ รูปแบบการปรับปรุงช่องเปิดในกรณีที่ 15 คือ ตำแหน่งที่ 2 เพิ่มบานเกล็ดกระจกรับมุม (เปิด 90 องศา) ตำแหน่งที่ 4 และ 5 เพิ่มฝาไหล (เปิด) ทำให้ลมพัดผ่านพื้นที่ใช้งานมากขึ้น การกระจายตัวของกระแสลมครอบคลุมพื้นที่ภายในห้องได้มากขึ้น โดยค่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในพื้นที่ใช้งานเพิ่มขึ้นจากช่องเปิดรูปแบบเดิม 0.16 m/s เป็น 0.29 m/s คิดเป็น 81.3% และมีค่าความเร็วลมเฉลี่ยภายนอกพื้นที่ใช้งานเพิ่มขึ้นจากช่องเปิดรูปแบบเดิม 0.15 m/s เป็น 0.34 m/s คิดเป็น 126.7%

3. รูปแบบของช่องเปิดที่เหมาะสมในห้องเรียนที่ 4 ได้แก่ รูปแบบการปรับปรุงช่องเปิดในกรณีที่ 15 คือ ตำแหน่งที่ 2 เพิ่มบานเกล็ดกระจกรับมุม (เปิด 90 องศา) ตำแหน่งที่ 4 และ 5 เพิ่มฝาไหล (เปิด) ทำให้ลมพัดผ่านพื้นที่ใช้งานมากขึ้น การกระจายตัวของลมครอบคลุมพื้นที่ภายในห้องได้มากขึ้น โดยมีค่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในพื้นที่ใช้งานเพิ่มขึ้นจากช่องเปิดรูปแบบเดิม 0.17 m/s เป็น 0.31 m/s คิดเป็น 82.4% ภายนอกพื้นที่ใช้งานเพิ่มขึ้นจาก 0.18 m/s เป็น 0.33 m/s คิดเป็น 83.3%



ภาพที่ 25 ผังพื้นที่แสดงเปอร์เซ็นต์ของค่าความเร็วลมเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นจากช่องเปิดรูปแบบเดิมภายในพื้นที่ใช้งานและภายนอกพื้นที่ใช้งาน ภายในห้องเรียนที่ 1, 2, 3 และ 4

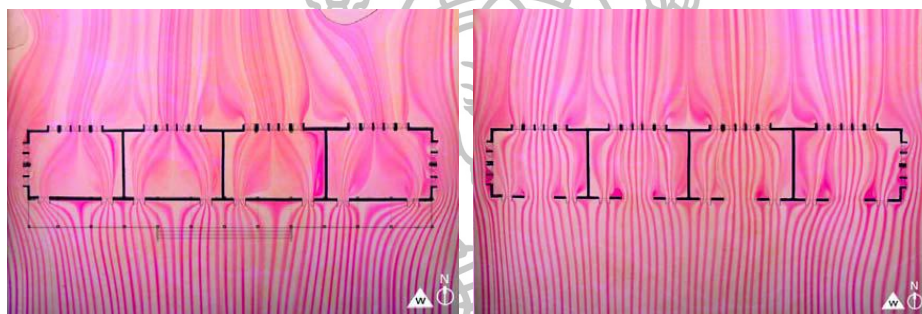
ที่มา : กรรชชา อุ่นไพร , "การออกแบบช่องเปิดสำหรับอาคารโรงเรียนในชนบท ภาคเหนือตอนล่าง" (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารศึกษาศาสตร์ สาขาวิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2549), 237.



ช่องเปิดรูปแบบเดิม

ช่องเปิดรูปแบบที่มีการปรับปรุง

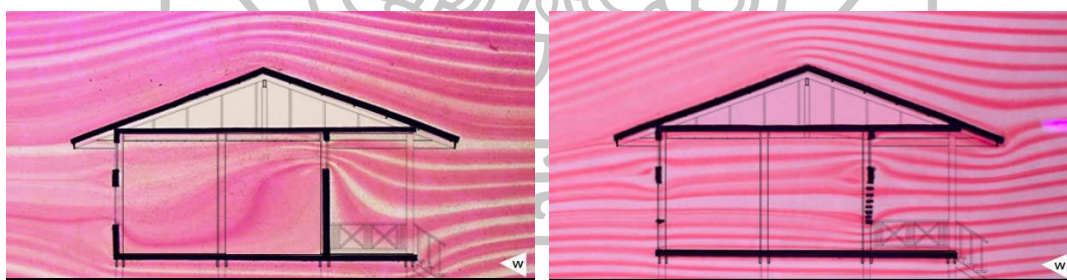
ภาพที่ 26 เปรียบเทียบลักษณะของกระแสลมที่เกิดขึ้นภายในผนังของห้องเรียนทั้ง 4 ห้อง ที่ระดับสูงจากพื้น 0.70 ม. ระหว่างช่องเปิดรูปแบบเดิมกับช่องเปิดรูปแบบที่มีการปรับปรุง



ช่องเปิดรูปแบบเดิม

ช่องเปิดรูปแบบที่มีการปรับปรุง

ภาพที่ 27 เปรียบเทียบลักษณะของกระแสลมที่เกิดขึ้นภายในผนังของห้องเรียนทั้ง 4 ห้อง ที่ระดับสูงจากพื้น 1.00 ม. ระหว่างช่องเปิดรูปแบบเดิมกับช่องเปิดรูปแบบที่มีการปรับปรุง



ช่องเปิดรูปแบบเดิม

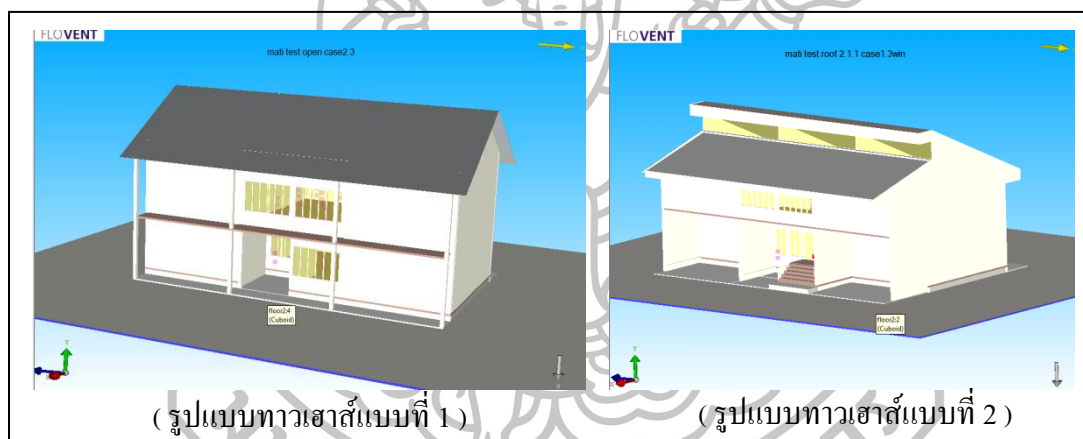
ช่องเปิดรูปแบบที่มีการปรับปรุง

ภาพที่ 28 เปรียบเทียบลักษณะของกระแสลมที่เกิดขึ้นภายในรูปตัดของห้องเรียน ระหว่างช่องเปิดรูปแบบเดิมกับช่องเปิดรูปแบบที่มีการปรับปรุง

ภาพที่ 26-28 ที่มา : กรรชชา อุ่นไพร , "การออกแบบช่องเปิดสำหรับอาคารโรงเรียนในชนบท ภาคเหนือตอนล่าง" (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2549).

6.3 มติ ศีติสาร²¹ : การศึกษารูปแบบและขนาดช่องเปิดเพื่อการระบายอากาศและความสบายทางอุณหภูมิ ในอาคารพักอาศัยประเภททาวน์เฮ้าส์ ในกรุงเทพฯ ด้วยโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อ การศึกษารูปแบบช่องเปิด และขนาดช่องเปิด เพื่อหาแนวทางในการแก้ไขปัญหาด้านความร้อน และ ความเร็วลมต่ำภายในอาคารประเภททาวน์เฮ้าส์ ด้วยการระบายอากาศแบบธรรมชาติ การศึกษาใช้รูปแบบอาคาร 2 แบบ แบบแรกเป็นแบบทาวน์เฮ้าส์ทั่วไปโดยมีหน้ากว้าง 6 เมตร ลึก 11 เมตร และแบบที่สองเป็นรูปแบบที่มีขนาดเท่ากับแบบที่ 1 คือมีหน้ากว้าง 6 เมตร ลึก 11 เมตร แต่ออกแบบต่างกันโดยเสนอแนะหลักการออกแบบ “จากหลักการไหลเนื่องจากความแตกต่างด้านอุณหภูมิ นำไปสู่การออกแบบให้อาคารมีฝ้าเพดานสูง ในสภาพแวดล้อมที่มีความร้อนสูง ห้องโถงบันได ควรมีการออกแบบให้เป็นเป็น โถงสูง เพื่อลดความร้อนใต้หลังคา ในฤดูร้อน ในเส้นรุ้งต่ำ ๆ เช่น กรุงเทพฯ ฯ “ (ภาพที่ 29)²¹



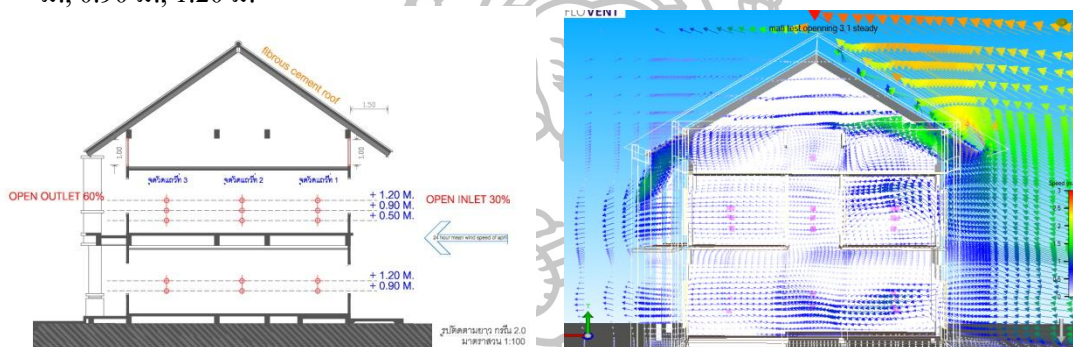
(รูปแบบทาวน์เฮ้าส์แบบที่ 1)

(รูปแบบทาวน์เฮ้าส์แบบที่ 2)

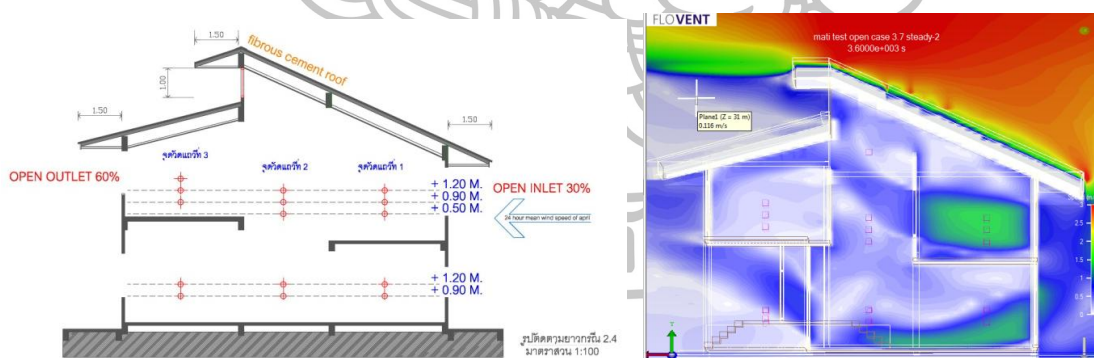
ภาพที่ 29 แสดงรูปแบบทาวน์เฮ้าส์กรณีศึกษาแบบที่ 1 และ แบบที่ 2
ที่มา : มติ ศีติสาร , "การศึกษารูปแบบและขนาดช่องเปิดเพื่อการระบายอากาศและความสบายทางอุณหภูมิ ในอาคารพักอาศัยประเภททาวน์เฮ้าส์ ในกรุงเทพฯ ด้วยโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล" (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2551), 129,134.

ทำการศึกษา

1. ศึกษาเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายในอาคาร กับช่องเปิดระบายอากาศใต้หลังคา เพื่อลดอุณหภูมิภายในอาคาร เพื่อสรุปหารูปแบบหลังคาที่เหมาะสม
2. ศึกษาเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายในอาคาร กับขนาดช่องเปิดทางเข้าและช่องเปิดทางออก โดยขนาดช่องเปิดให้อ้างอิงจากสัดส่วนขนาดช่องเปิดกับผนัง เท่ากับ 20%, 30% และ 60% เท่านั้น ทั้งช่องเปิดทางเข้าและช่องเปิดทางออก
3. ศึกษาเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างกระแสลมภายในอาคารกับตำแหน่งช่องเปิดทางเข้า ช่องเปิดทางออก และช่องเปิดกลางอาคาร กำหนดระดับจุดวัดความเร็วลม 3 ระดับ คือ 0.50 ม., 0.90 ม., 1.20 ม.



ภาพที่ 30 แสดงการทดลองการระบายอากาศ ด้วยโปรแกรม CFD กรณีแบบทาวน์เฮ้าส์ทั่วไป²¹

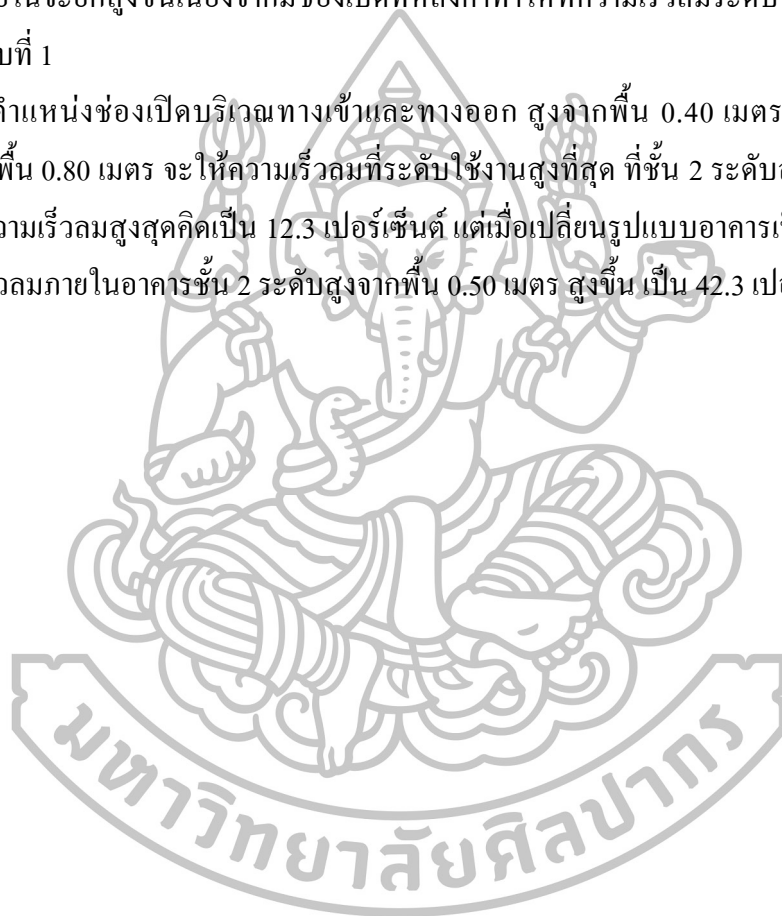


ภาพที่ 31 แสดงการทดลองการระบายอากาศ ด้วยโปรแกรม CFD กรณีทาวน์เฮ้าส์แบบหลังคาเปิด²¹

²¹ มติ คีตีสาร , "การศึกษารูปแบบและขนาดช่องเปิดเพื่อการระบายอากาศและความสบายทางอุณหภูมิ ในอาคารพักอาศัยประเภททาวน์เฮ้าส์ ในกรุงเทพฯ ด้วยโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล" (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2551).

สรุปผลการศึกษาวิจัยได้ว่าขนาดช่องเปิดทางเข้า 30% และขนาดช่องเปิดทางออก 60 % มีความเร็วลมภายในอาคารที่ระดับใช้งานสูงที่สุด โดยที่ชั้น 1 ระดับสูงจากพื้น 0.90 เมตร จะมีความเร็วลมสูงสุดคิดเป็น 31.5 % และชั้น 2 ระดับสูงจากพื้น 0.50 เมตร จะมีความเร็วลมสูงสุดคิดเป็น 11.2 % เมื่อใช้ขนาดช่องเปิดทางเข้า 30% และขนาดช่องเปิดทางออก 60% เท่าเดิม แต่เปลี่ยนรูปแบบอาคารเป็นแบบที่ 2 จะทำให้ความเร็วลมภายในอาคารสูงขึ้น กว่ารูปแบบอาคารแบบที่ 1 แต่กระแสลมภายในจะยกสูงขึ้นเนื่องจากมีช่องเปิดที่หลังคาทำให้ที่ความเร็วลมระดับใช้งานชั้น 2 ต่ำกว่าอาคารแบบที่ 1

ตำแหน่งช่องเปิดบริเวณทางเข้าและทางออก สูงจากพื้น 0.40 เมตร ช่องเปิดกลางอาคารสูงจากพื้น 0.80 เมตร จะให้ความเร็วลมที่ระดับใช้งานสูงที่สุด ที่ชั้น 2 ระดับสูงจากพื้น 0.50 เมตรที่สุดมีความเร็วลมสูงสุดคิดเป็น 12.3 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อเปลี่ยนรูปแบบอาคารเป็นแบบที่ 2 จะทำให้ความเร็วลมภายในอาคารชั้น 2 ระดับสูงจากพื้น 0.50 เมตร สูงขึ้น เป็น 42.3 เปอร์เซ็นต์²¹

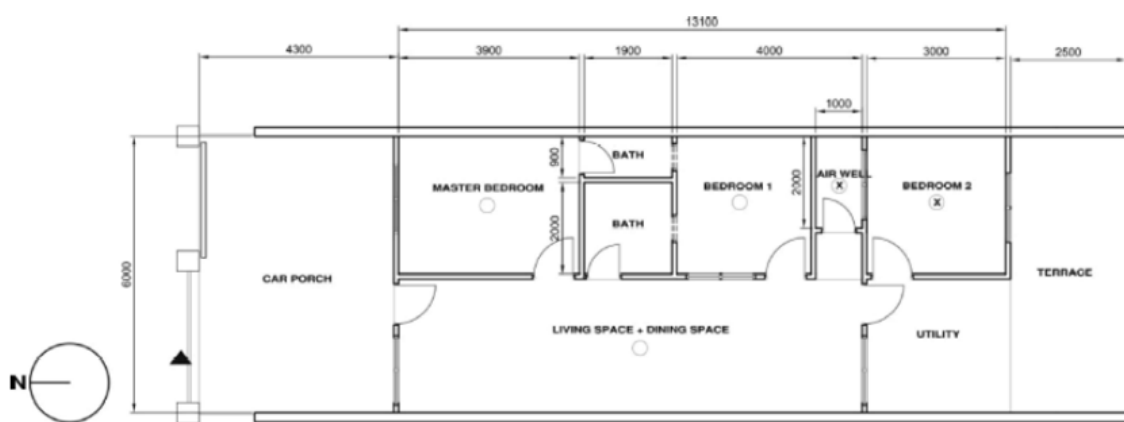


²¹ มติ คีตีสาร , "การศึกษารูปแบบและขนาดช่องเปิดเพื่อการระบายอากาศและความสบายทางอุณหภูมิ ในอาคารพักอาศัยประเภททาวน์เฮ้าส์ ในกรุงเทพฯ ด้วยโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล" (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2551).

6.4 L. Pau Chung et. al : การใช้โปรแกรม DesignBuilder วิเคราะห์ ด้านอุณหภูมิ และการระบายอากาศธรรมชาติ ภายในบ้านพักอาศัย

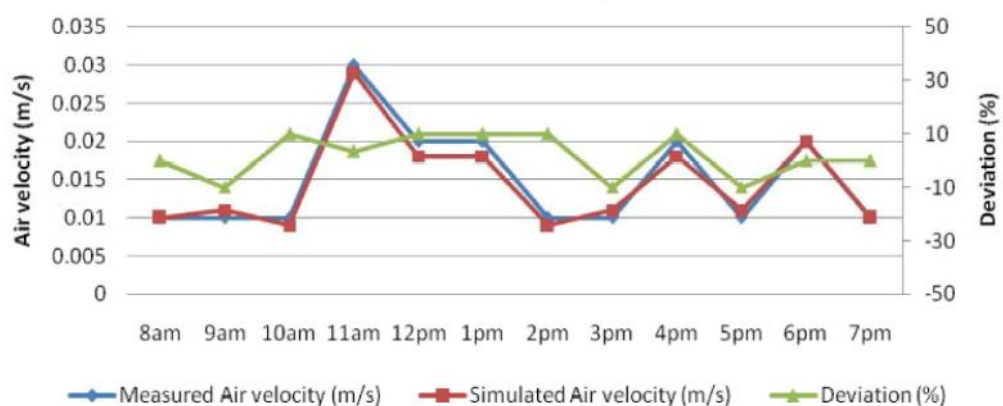
วัตถุประสงค์เพื่อ ทำการศึกษา วิเคราะห์ อุณหภูมิและการระบายอากาศธรรมชาติ ภายในบ้านพักอาศัย ที่มีส่วนเปิดโล่งภายในอาคาร (Air Well) ขนาดแตกต่างกัน โดยการจำลอง ผ่าน โปรแกรม DesignBuilder

โดยกำหนดส่วนเปิดโล่งภายในอาคาร (Air Well) ให้มี ขนาด 0.5 x 0.5 ม. ขนาด 1 x 0.5 ม. ขนาด 1 x 1 ม. ขนาด 2 x 0.5 ม. และขนาด 2 x 1 ม. (ขนาดเดิมของอาคาร)



ภาพที่ 32 แสดงผังพื้นอาคารที่ใช้ในการทดลอง

Comparison of the bedroom 2 air velocity result between field measurement and simulation on 16 May 2012



แผนภูมิที่ 2 แสดงค่าความเร็วลมภายในห้องนอนที่วัดได้ และผลจากการจำลองด้วย DesignBuilder¹⁵ ภาพที่ 32 และ แผนภูมิที่ 2 ที่มา : L. Pau Chung et al., **Application of CFD in Prediction of Indoor Building Thermal Performance as an Effective Pre-Design Tool Towards Sustainability**, World Applied Sciences Journal 30, 2014 : 269-279

ผลการศึกษา เปรียบเทียบข้อมูลการวัดค่าในสถานที่จริงและการคำนวณพลศาสตร์ของไหล ในแผนภูมิที่ 2 แสดงให้เห็นว่า ลักษณะของกราฟมีความสอดคล้องและเป็นไปในรูปแบบเดียวกัน แสดงให้เห็นว่าโปรแกรม DesignBuilder สามารถคาดการณ์ค่าอุณหภูมิในอาคารและความเร็วลมได้ใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริง สามารถช่วยประหยัดเวลา และค่าใช้จ่าย อีกทั้งสามารถนำมาใช้ในงานวิจัย และงานออกแบบ เพื่อการประเมินค่าอุณหภูมิและการระบายอากาศภายในอาคารหรือส่วนที่เกี่ยวข้องได้อย่างยั่งยืน²²



²²L. Pau Chung et al., **Application of CFD in Prediction of Indoor Building Thermal Performance as an Effective Pre-Design Tool Towards Sustainability**, World Applied Sciences Journal 30. 2014 : 269-279

ตารางที่ 7 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชื่อผู้แต่ง (ปี)	ชื่อเรื่อง	ตัวแปร	วิธีการ จำลองผล	ผลการศึกษา
1. มาลินี ศรีสุวรรณ (2543)	การศึกษาความสัมพันธ์ของทิศทางการแผ่ลมกับการเจาะช่องเปิดที่ผนังอาคารสำหรับภูมิอากาศร้อนชื้นในประเทศไทย	- รูปแบบช่องเปิด - ขนาดช่องเปิด - ศึกษาในประเทศไทย	- โຕ้ะน้ำ	ช่องเปิดทางเข้า-ออกของอาคาร รวมถึงรูปแบบช่องเปิด และขนาดของช่องเปิด มีผลต่อการระบายอากาศภายในอาคาร
2.กรธิชา อุ่นไพร (2549)	การออกแบบช่องเปิดสำหรับอาคารโรงเรียนในชนบทภาคเหนือตอนล่าง	- รูปแบบช่องเปิด - ขนาดช่องเปิด - ศึกษาในภาคเหนือ	- Radiance 2.0 - โຕ้ะน้ำ	การเปลี่ยนรูปแบบและเพิ่มขนาดช่องเปิด ช่วยให้การระบายอากาศดีขึ้น
2. มติ ศีตติสาร (2551)	การศึกษารูปแบบและขนาดช่องเปิดเพื่อการระบายอากาศและความสบายทางอุณหภูมิในอาคารพักอาศัยประเภททาวน์เฮ้าส์ในกรุงเทพฯ ด้วยโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล	- รูปแบบช่องเปิด - ขนาดช่องเปิด - ศึกษาใน กทม.	- Flovent CFD	ตำแหน่งช่องเปิดทางเข้า และออก ที่เหมาะสม จะช่วยให้การระบายอากาศภายในอาคารดีขึ้น
4. L. Pau Chung et. al (2014)	การใช้โปรแกรม Design Builder วิเคราะห์ ด้านอุณหภูมิและการระบายอากาศธรรมชาติ ภายในบ้านพักอาศัย	- ขนาดของส่วนเปิดโล่งภายในอาคาร (Air Well) - การระบายอากาศภายในอาคาร	- Design Builder CFD	โปรแกรม สามารถคาดการณ์ค่าอุณหภูมิและความเร็วลมได้แม่นยำ ใกล้เคียงกับการวัดค่าในสถานที่จริง

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

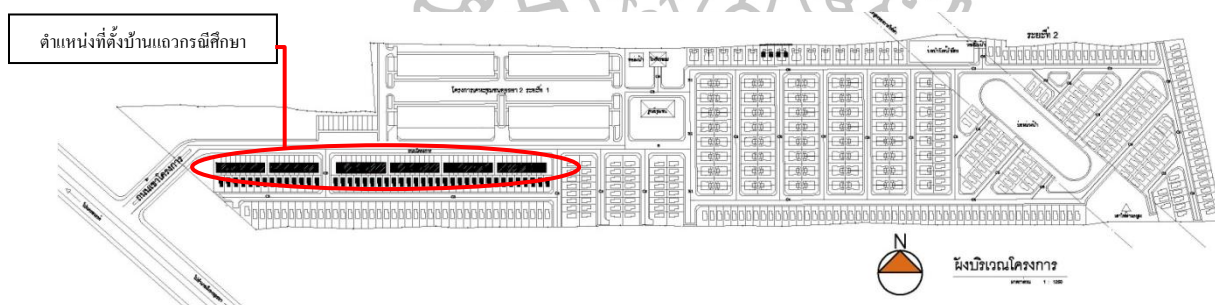
งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการออกแบบช่องเปิดโดยคำนึงถึงการระบายอากาศให้มีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารบ้านแถว ของ โครงการบ้านเอื้ออาทร อำเภอนครหลวง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา โดยศึกษารูปแบบของช่องเปิดจากสภาพปัจจุบันและรูปแบบที่ปรับปรุง โดยกำหนดรูปแบบและทิศทางลม เพื่อสร้างแบบจำลองที่นำมาทดลอง โดยใช้โปรแกรม Design Builder (CFD) นำผลค่าความเร็วลมภายในอาคารที่ได้จากการทดลองมาทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบกัน และนำค่าความเร็วลมที่ได้จากโปรแกรม ไปวิเคราะห์ผล โดยในบทนี้ จะแสดงรายละเอียด ดังนี้

1. การกำหนดขอบเขตของกรณีศึกษา
 - 1.1 ผังโครงการที่ใช้ในการศึกษา
 - 1.2 รูปแบบของอาคารกรณีศึกษา
 - 1.3 การกำหนดค่าความเร็วลม และทิศทางลม ที่ใช้ในการทดลอง
2. การกำหนดรูปแบบของแบบจำลอง
 - 2.1 การกำหนดตัวแทนที่นำมาใช้ในการทดลอง
 - 2.2 การกำหนดตำแหน่งของช่องเปิดที่ใช้ในการทดลอง
 - 2.3 การกำหนดรูปแบบช่องเปิดที่ใช้ในการทดลอง
3. การกำหนดตำแหน่งที่วัดค่าความเร็วลมในโปรแกรม
4. เครื่องมือที่ใช้ในการจำลองค่าความเร็วลม
5. หลักการให้ค่าคะแนนความเร็วลม เพื่อนำไปวิเคราะห์ผล
6. วิธีการวิเคราะห์ผล

1. การกำหนดขอบเขตของกรณีศึกษา

1.1 ผังโครงการที่ใช้ในการศึกษา

บ้านแถวกรณีศึกษาตั้งอยู่ที่ โครงการเคหะชุมชนอยุธยา อ.นครหลวง จ. พระนครศรีอยุธยา ซึ่งเป็นพื้นที่แถบชานเมือง ตัวอาคารตั้งอยู่บริเวณด้านหน้าของโครงการ โดยด้านหน้าของอาคารหันไปทางทิศเหนือ มีถนนโครงการ กว้าง 10 เมตร พร้อมทางเท้ากว้าง 2 เมตร สภาพแวดล้อมโดยรอบเป็นอาคารพักอาศัยลักษณะใกล้เคียงกัน ไม่มีไม้ยืนต้น ไม่มีแหล่งน้ำ หรือพื้นที่สีเขียวในละแวกใกล้เคียง โดยในการศึกษานี้ จะทำการเลือกบ้านแถวขึ้นมาเป็นกรณีศึกษา จำนวน 1 หลัง และนำมาทำการทดลองด้วยโปรแกรม Design Builder โดยเป็นการจำลองแบบไม่มีอาคารข้างเคียง ผังบริเวณและสภาพแวดล้อมของโครงการ ดังภาพที่ 33

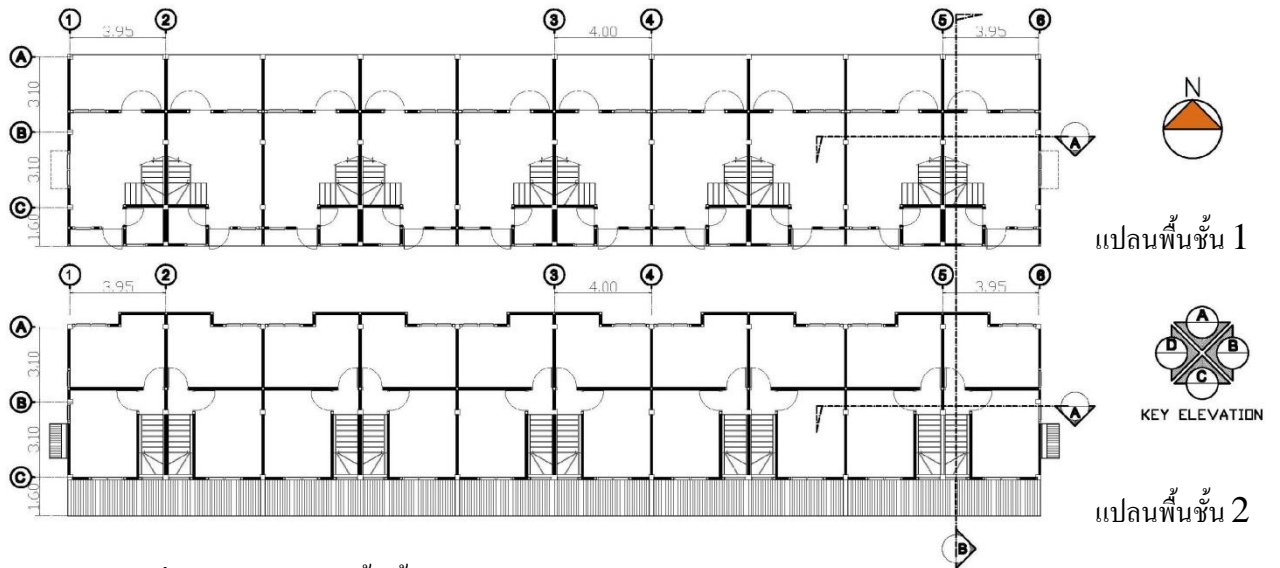


ภาพที่ 33 แสดงผังบริเวณ โครงการ

ที่มา : การเคหะแห่งชาติ, "โครงการบ้านเอื้ออาทร ระยะที่3/1 จังหวัดพระนครศรีอยุธยา," 2550.

1.2 รูปแบบของอาคารกรณีศึกษา

อาคารกรณีศึกษาเป็นบ้านแถว 2 ชั้น 10 ยูนิตต่อหลัง แต่ละยูนิตมีพื้นที่ 60 ตารางเมตร จำนวน 6 หลัง รวมทั้งหมด 60 ยูนิต โดยแต่ละยูนิตจะมีช่องเปิดบานเกล็ดระบายอากาศ 2 ด้าน คือด้านหน้าและด้านหลังของอาคาร ยกเว้นยูนิตที่อยู่ริมซ้ายและริมขวาของแต่ละหลังจะมีการติดตั้งช่องเปิดด้านข้างเพิ่มเติม (ภาพที่ 34-35)



ภาพที่ 34 แสดงแปลนพื้นที่ 1-2 ของบ้านแถวกรณีศึกษา



ภาพที่ 35 แสดงรูปด้านและรูปตัดของบ้านแถวกรณีศึกษา

1.3 การกำหนดค่าความเร็วลม และทิศทางลม ที่ใช้ในการทดลอง

เนื่องจากงานวิจัยนี้ ต้องการศึกษารอกแบบช่องเปิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและเพิ่มสถานะสบายในการระบายอากาศภายในอาคาร ดังนั้นในการกำหนดค่าความเร็วลมและทิศทางลมที่ใช้ในการทดลองจึงเลือกใช้ข้อมูลลมที่ไม่อยู่ในสถานะสบาย โดยการวิเคราะห์จากสถานะสบายด้านอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ตามทฤษฎีขอบเขตสบายของประเทศไทยในบทที่ 2²³ โดยการเปรียบเทียบออกมาเป็นค่าคะแนน ซึ่งเดือนที่อยู่ในสถานะไม่สบายคือเดือนที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่นอกขอบเขต 22-29 องศาเซลเซียส และมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยอยู่นอกขอบเขต 20-75% (ตารางที่ 8, 9)

ตารางที่ 8 แสดงการให้คะแนนสถานะไม่สบายด้านอุณหภูมิเฉลี่ย 10 ปี (2544-2553)

เดือน/ปี	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550	2551	2552	2553	คะแนนรวม
ม.ค.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ก.พ.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
มี.ค.	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
เม.ย.	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	8
พ.ค.	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	7
มิ.ย.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
ก.ค.	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	4
ส.ค.	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	4
ก.ย.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ต.ค.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
พ.ย.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ธ.ค.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

จากตารางที่ 8 เดือนที่อยู่ในสถานะไม่สบายคือเดือนที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่นอกขอบเขต 22-29 องศาเซลเซียส เครื่องหมาย 0 หมายถึงอยู่ในสถานะสบาย , เครื่องหมาย 1 หมายถึง ไม่อยู่ในสถานะสบาย และจากการสรุปค่าอุณหภูมิเฉลี่ยในแต่ละปีพบว่าในช่วงเดือน มี.ค. เม.ย. และ พ.ค. มีจำนวนเดือนที่เกิดสถานะไม่สบายมากที่สุดตามลำดับ

²³ มาลินี ศรีสุวรรณ, การศึกษาความสัมพันธ์ของทิศทางกระแสลมกับการเจาะช่องเปิดที่ผนังอาคารสำหรับภูมิอากาศร้อนชื้นในประเทศไทย, (กรุงเทพมหานคร : บริษัท J Print, 2543), 16, อ้างถึงใน "The Center for Tropical and Near Eastern Architecture," Pratt Institute, Brooklyn, N.Y. 1967-1968

ตารางที่ 9 แสดงการให้คะแนนสถานะไม่สบายด้านความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี (2544-2553)

เดือน/ปี	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550	2551	2552	2553	คะแนนรวม
ม.ค.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ก.พ.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
มี.ค.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
เม.ย.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
พ.ค.	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	6
มิ.ย.	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	7
ก.ค.	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	7
ส.ค.	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	8
ก.ย.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
ต.ค.	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	6
พ.ย.	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
ธ.ค.	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1

จากตารางที่ 9 เดือนที่อยู่ในสถานะไม่สบายคือเดือนที่มีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยอยู่นอกขอบเขต 20-75%²³ เครื่องหมาย 0 หมายถึงอยู่ในสถานะสบาย , เครื่องหมาย 1 หมายถึงไม่อยู่ในสถานะสบาย

จากการสรุปค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยในแต่ละปีพบว่าในช่วงเดือน ก.ย. ส.ค. และ ก.ค. มีจำนวนเดือนที่เกิดสถานะไม่สบายมากที่สุดตามลำดับ

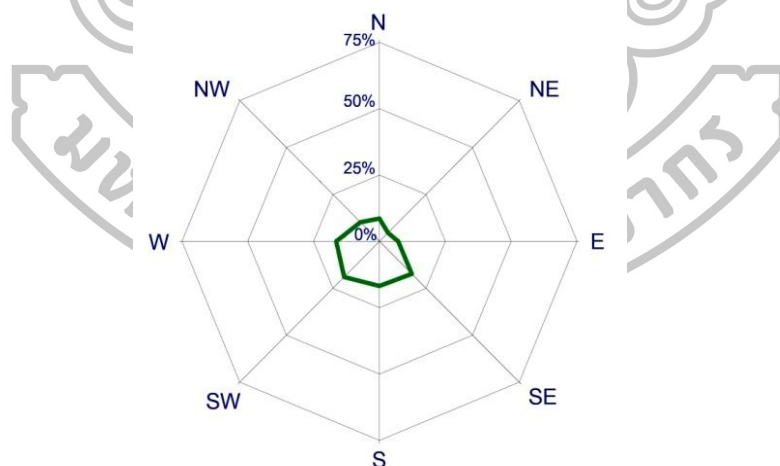
จากตารางที่ 8 และตารางที่ 9 นำผลคะแนนสถานะไม่สบายด้านอุณหภูมิ และ สถานะไม่สบายด้านความชื้นสัมพัทธ์ ของแต่ละปี มาทำการวิเคราะห์รวมกัน โดยหากผลรวมเท่ากับ 0 ถือว่า อยู่ในสถานะสบาย และหากผลรวมเท่ากับ 1 ถือว่า อยู่ในสถานะไม่สบายเพียงด้านเดียว(ด้านอุณหภูมิหรือด้านความชื้นสัมพัทธ์) แต่หากผลรวมเป็น 2 ถือว่าอยู่ในสถานะไม่สบายทั้ง 2 ด้าน (ตารางที่ 10)

²³ มาลินี ศรีสุวรรณ, การศึกษาความสัมพันธ์ของทิศทางกระแสลมกับการเจาะช่องเปิดที่ผนังอาคาร สำหรับภูมิอากาศร้อนชื้นในประเทศไทย, (กรุงเทพมหานคร : บริษัท J Print, 2543), 16, อ้างถึงใน "The Center for Tropical and Near Eastern Architecture," Pratt Institute, Brooklyn, N.Y. 1967-1968

ตารางที่ 10 วิเคราะห์ผลรวมคะแนนสภาวะไม่สบายด้านอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 10 ปี

เดือน/ปี	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550	2551	2552	2553	คะแนนรวม
ม.ค.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ก.พ.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
มี.ค.	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9
เม.ย.	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	8
พ.ค.	2	2	1	1	1	2	1	1	1	1	13
มิ.ย.	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	8
ก.ค.	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	11
ส.ค.	0	0	2	2	2	1	1	1	2	1	12
ก.ย.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
ต.ล.	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	6
พ.ย.	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
ธ.ค.	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1

จากตารางที่ 10 หากรวมคะแนนแล้วเดือนใดที่มีค่าคะแนนมากกว่า 2 จะตัดสินว่าเป็นเดือนที่ไม่อยู่ในสภาวะสบาย ซึ่งจากตารางพบว่าเดือนที่มีโอกาสอยู่ในสภาวะไม่สบายของ จ.ลพบุรี คือเดือนมีนาคม-เดือนตุลาคม และมีเดือนที่มีคะแนนสภาวะไม่สบายสูงสุดคือ เดือนพฤษภาคม รองลงมาคือเดือน สิงหาคม และกรกฎาคม ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงเลือกเดือนที่มีเกณฑ์สภาวะสบายน้อยที่สุดได้แก่เดือนพฤษภาคม มาใช้เป็นข้อมูลในการกำหนดค่าความเร็วลม และทิศทางลมที่ใช้ในการทดลองต่อไป



ภาพที่ 36 แสดงทิศทางลมเฉลี่ย (ร้อยละ) เดือนพฤษภาคม ของจังหวัดลพบุรี เฉลี่ย 10 ปี พ.ศ. 2544-2553

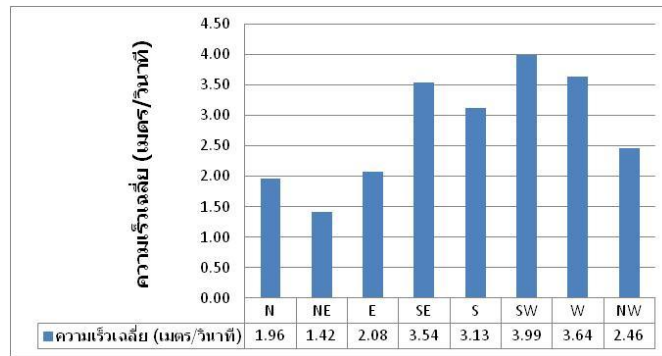
จากภาพที่ 36 แสดงทิศทางลมเฉลี่ย (ร้อยละ) เดือนพฤษภาคม ของจังหวัดลพบุรี โดยทิศทางลมที่พัดมามีทั้งหมด 8 ทิศทาง แต่ทิศทางลมที่พัดมาบ่อยมากที่สุด คือทิศตะวันตกเฉียงใต้ (SW) คิดเป็นทิศทางลมเฉลี่ย 18.98% และน้อยที่สุด คือทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (NE) คิดเป็นทิศทางลมเฉลี่ย 4.55% (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 11 ตารางแสดงทิศทางลมเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์) เดือนพฤษภาคม ของจังหวัดลพบุรี แต่ละทิศทางในช่วงเวลา 10 ปี (พ.ศ. 2544-2553)

ปี \ ทิศทาง	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
2544	33.17	0.00	0.00	14.51	12.44	13.27	13.48	13.13
2545	0.00	10.64	19.35	29.02	0.00	15.84	13.54	11.61
2546	0.00	0.00	0.00	25.53	0.00	26.51	25.38	22.58
2547	0.00	15.46	0.00	0.00	21.90	16.93	23.18	22.54
2548	0.00	0.00	0.00	35.83	27.65	36.52	0.00	0.00
2549	14.56	0.00	20.01	0.00	15.40	16.98	13.04	20.01
2550	0.00	0.00	0.00	13.99	27.75	25.14	33.12	0.00
2551	0.00	0.00	18.01	11.26	19.98	19.24	31.52	0.00
2552	0.00	19.38	13.73	12.60	11.91	19.38	10.90	12.11
2553	37.94	0.00	0.00	30.71	31.35	0.00	0.00	0.00
ทิศทางลมเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์)	8.57	4.55	7.11	17.34	16.84	18.98	16.42	10.20

ตารางที่ 12 ตารางแสดงความเร็วลมเฉลี่ย (เมตร/วินาที) เดือนพฤษภาคม ของจังหวัดลพบุรี แต่ละทิศทางในช่วงเวลา 10 ปี (พ.ศ. 2544-2553)

ปี \ ทิศทาง	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
2544	8.24	0.00	0.00	3.61	3.09	3.30	3.35	3.26
2545	0.00	2.83	5.15	7.73	0.00	3.30	3.61	3.09
2546	0.00	0.00	0.00	3.35	0.00	3.48	3.33	2.96
2547	0.00	3.09	0.00	0.00	4.38	3.38	4.64	4.51
2548	0.00	0.00	0.00	4.46	3.44	4.55	0.00	0.00
2549	4.12	0.00	5.67	0.00	4.36	4.81	3.69	5.67
2550	0.00	0.00	0.00	2.50	4.96	4.49	5.92	0.00
2551	0.00	0.00	4.12	2.58	0.00	4.40	7.21	0.00
2552	0.00	8.24	5.84	5.36	5.06	8.24	4.64	5.15
2553	7.21	0.00	0.00	5.84	5.96	0.00	0.00	0.00
ความเร็วเฉลี่ย (เมตร/วินาที)	1.96	1.42	2.08	3.54	3.13	3.99	3.64	2.46



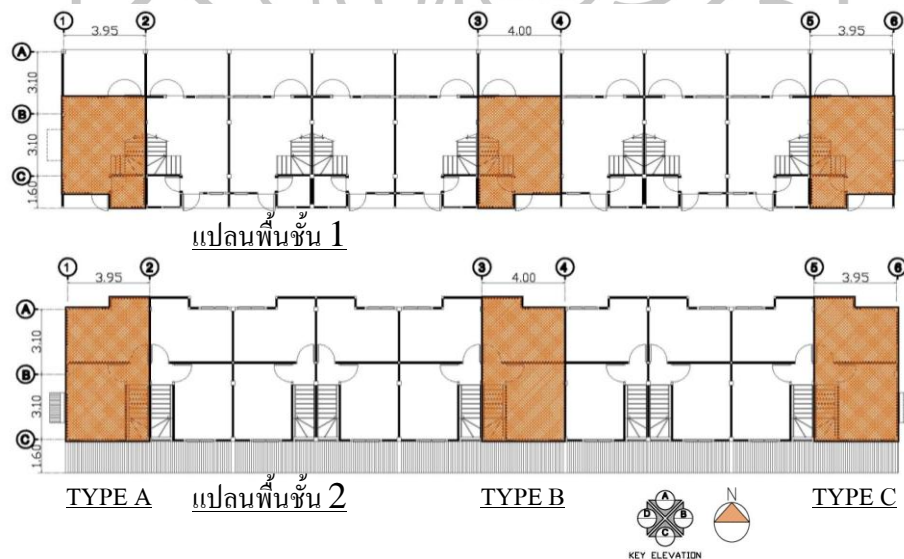
แผนภูมิที่ 2 แสดงความเร็วลมเฉลี่ย (เมตร/วินาที) เดือนพฤษภาคม ของจังหวัดลพบุรี แต่ละทิศทาง ในช่วงเวลา 10 ปี (พ.ศ. 2544-2553)

จากการวิเคราะห์ตารางที่ 12 และ แผนภูมิที่ 2 พบว่า ความเร็วลมเฉลี่ย 10ปี ในเดือนพฤษภาคม ของจังหวัดลพบุรี นั้นพัดเข้ามาทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ (SW) โดยมีความเร็วลมเฉลี่ย 3.99 เมตรต่อวินาที

2. การกำหนดรูปแบบของแบบจำลอง

2.1 การกำหนดตัวแทนที่นำมาใช้ในการทดลอง

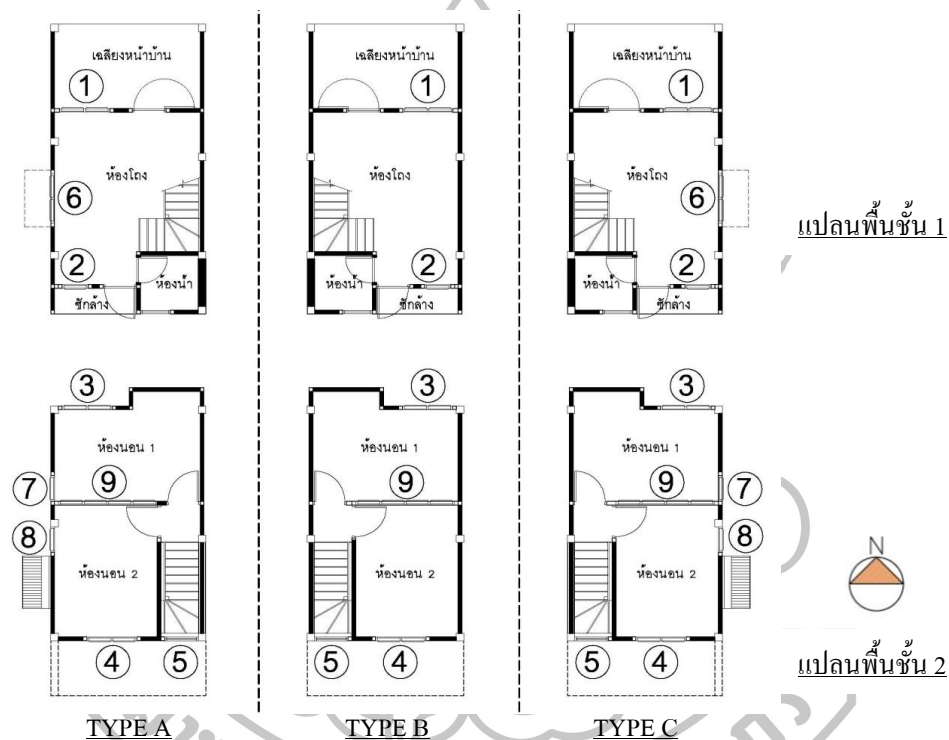
เลือกตัวแทนยูนิตของบ้านแถวหนึ่งหลังที่จะนำไปศึกษาจำนวน 3 ยูนิต ได้แก่ ยูนิตริมซ้ายสุด (Type A) ยูนิตตรงกลาง (Type B) และยูนิตริมขวาสุด (Type C) โดยในการศึกษานี้ จะศึกษาความเร็วลมที่ผ่านช่องเปิดในส่วนที่เป็นหน้าต่างของอาคารเท่านั้น ดังนั้นในการจำลองจึงทำการปิดประตูของบ้านแถวทุกจุด และในยูนิตที่นอกเหนือจาก 3 ยูนิตตัวแทน จะกำหนดให้เป็นกล่องอาคารทึบ และไม่มีการเจาะช่องเปิดใดๆ (ดูภาพที่ 37)



ภาพที่ 37 แสดงตำแหน่งตัวแทนยูนิตของบ้านแถวหนึ่งหลังที่จะนำไปศึกษาจำนวน 3 ยูนิต

2.2 การกำหนดตำแหน่งของช่องเปิดที่ใช้ในการทดลอง

กำหนดตำแหน่งของช่องเปิดที่ใช้ในการทดลองจำนวน 9 ตำแหน่ง โดยในตำแหน่งที่ 1-8 นั้น จะเป็นตำแหน่งของช่องเปิดเดิมของโครงการซึ่งเป็นช่องเปิดที่ผนังภายนอก ส่วนตำแหน่งที่ 9 นั้น จะเป็นการเสนอแนะติดตั้งช่องเปิดที่ผนังภายในอาคารระหว่างห้องนอนในชั้น 2 เพิ่มเติม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายอากาศของบ้านแถวยูนิตรตรงกลาง (Type B) ให้ดียิ่งขึ้น เนื่องจากเป็นยูนิตที่ไม่สามารถเปิดช่องเปิดด้านข้างอาคารได้ (ภาพที่ 38)



ภาพที่ 38 แสดงตำแหน่งช่องเปิดที่ใช้ในการศึกษา (ยูนิตริมซ้ายสุด (Type A) ยูนิตรตรงกลาง (Type B) และยูนิตริมขวาสุด (Type C))

2.3 การกำหนดรูปแบบช่องเปิดที่ใช้ในการทดลอง

จากการศึกษาทฤษฎีสัดส่วนพื้นที่ของบานเปิดในบทที่ 2 พบว่ารูปแบบช่องเปิดของโครงการเป็นแบบบานเกล็ดระจกใสซึ่งอาจทำให้การไหลของกระแสลมจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคารได้ไม่มากนัก และในห้องนอนชั้นบนมีการกั้นผนังภายใน ซึ่งทำให้เกิดขวางการไหลของกระแสลมและไม่มีการระบายอากาศแบบข้ามฟาก (Cross Ventilation)

ดังนั้นจึงได้เสนอแนะการปรับปรุงรูปแบบช่องเปิด โดยการเปลี่ยนรูปแบบช่องเปิดเป็นบานเปิด การเพิ่มพื้นที่ของช่องเปิดให้มากขึ้น และการเจาะช่องเปิดที่ผนังภายในเพื่อให้เกิด Cross Ventilation โดยแบ่งออกเป็น

1. เปลี่ยนรูปแบบการปรับปรุงตามชนิดของการเปิด ได้แก่ ช่องเปิดแบบบานเกล็ด และช่องเปิดแบบบานเปิด 90 องศา หรือ บานกระทุ้ง
2. ปรับปรุงโดยการเพิ่มพื้นที่ของช่องเปิด
3. ปรับปรุงโดยการเจาะช่องเปิดเพิ่มเติมที่ผนังภายใน ให้เกิดการระบายอากาศแบบข้ามฟาก (Cross Ventilation)

กำหนดรูปแบบช่องเปิดที่ใช้ในการศึกษา โดยแบ่งเป็นการปรับปรุงช่องเปิดที่ผนังภายนอก (ภาพที่ 39) และการปรับปรุงช่องเปิดที่ผนังภายใน(ภาพที่ 40)

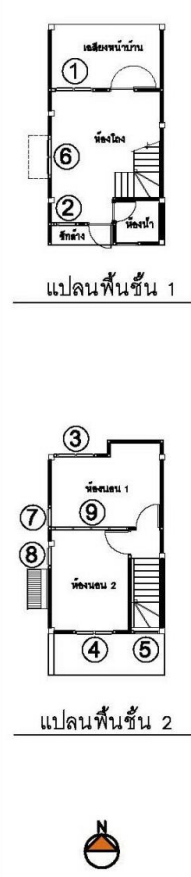
































2.3.1 รูปแบบปรับปรุงช่องเปิดที่ผนังภายนอก มีดังนี้ (ภาพที่ 39)

2.3.1.1 ช่องเปิดแบบเดิม คือ ช่องเปิดแบบบานเกล็ดกระจกใส

2.3.1.2 ช่องเปิดแบบ 1A คือ ช่องเปิดแบบบานเปิดมีลูกฟักกระจกใส ขนาดพื้นที่ช่องเปิดเท่าเดิม

2.3.1.3 ช่องเปิดแบบ 2B คือ ช่องเปิดแบบบานเกล็ดกระจกใสและเพิ่มขนาดพื้นที่ช่องเปิดที่ส่วนล่างเป็นบานเกล็ดกระจกใส ยกเว้นตำแหน่งที่ 5 ซึ่งเป็นชานพักบันได ช่องเปิดเป็นแบบบานเกล็ดกระจกใสที่มีขนาดใหญ่ขึ้น

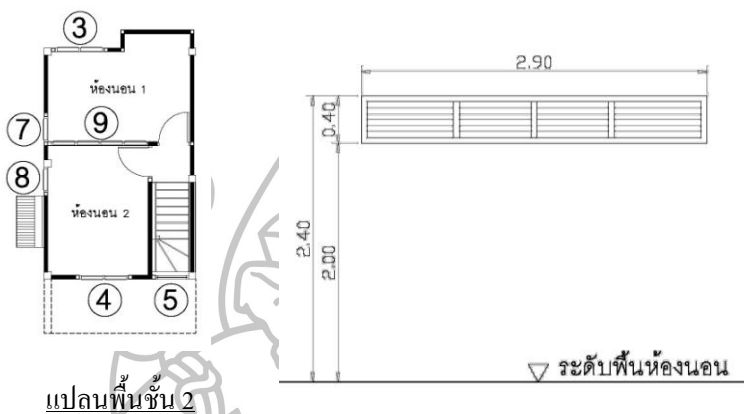
2.3.1.4 ช่องเปิดแบบ 3C คือ ช่องเปิดแบบบานเปิดมีลูกฟักกระจกใสและเพิ่มขนาดพื้นที่ช่องเปิดที่ส่วนล่างเป็นบานเกล็ดกระจกใส ยกเว้นตำแหน่งที่ 5 ซึ่งเป็นชานพักบันได ช่องเปิดเป็นแบบบานกระทุ้งกระจกใสที่มีขนาดใหญ่ขึ้น

ตำแหน่งช่องเปิด	ตำแหน่งที่	รูปแบบช่องเปิด			
		แบบเดิม	แบบ 1A	แบบ 2B	แบบ 3C
 <p>แปลนพื้นชั้น 1</p> <p>แปลนพื้นชั้น 2</p>	ตำแหน่งที่ ①				
	ตำแหน่งที่ ②				
	ตำแหน่งที่ ③				
	ตำแหน่งที่ ④				
	ตำแหน่งที่ ⑤				
	ตำแหน่งที่ ⑥				
	ตำแหน่งที่ ⑦				
	ตำแหน่งที่ ⑧				

ภาพที่ 39 ตารางสรุปรูปแบบช่องเปิดที่ผนังภายนอกที่ใช้ในการทดลอง (ในกรณีศึกษา ยูนิต Type B นั้น จะไม่มีตำแหน่งช่องเปิดที่ 6,7,8 เนื่องจากเป็นยูนิตตรงกลาง ไม่สามารถเปิดช่องเปิดด้านข้างได้)

2.3.2 รูปแบบปรับปรุงช่องเปิดที่ผนังภายนอกและที่ผนังภายใน (แบบ 4D)

ใช้รูปแบบช่องเปิดที่ผนังภายนอก ได้แก่ แบบเดิม แบบ 1A แบบ 2B และ 3C แต่เพิ่มช่องเปิดภายในอาคารระหว่างห้องนอนชั้นบน เป็นช่องเปิดแบบบานเกล็ดกระจกใส ขนาด 0.40 x 2.90 เมตร ติดตั้งสูงจากพื้นห้องนอน 2.00 เมตร โดยติดตั้งที่ตำแหน่งที่ 9 (ภาพที่ 40)



แปลนพื้นชั้น 2

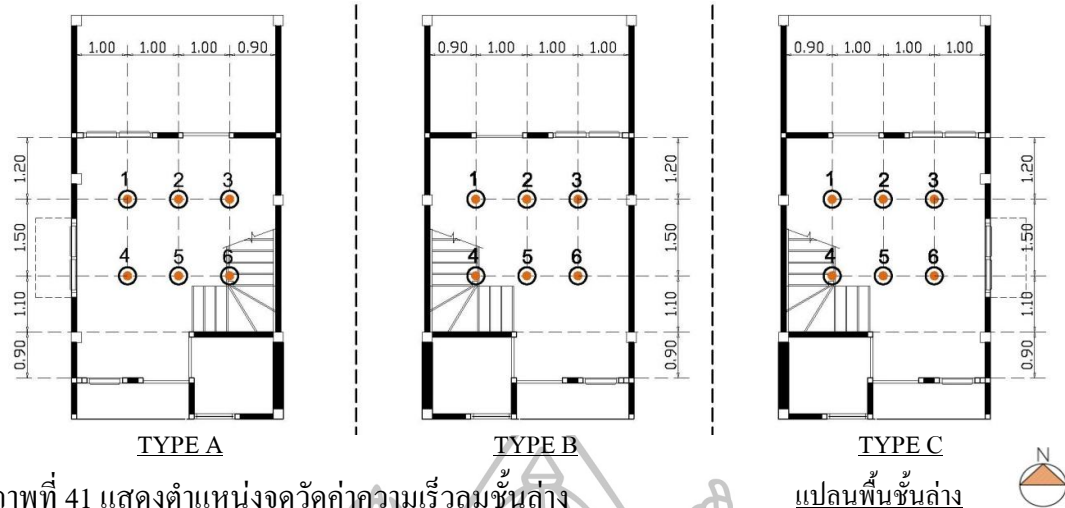
ภาพที่ 40 แสดงแปลนชั้นบน และรูปแบบช่องเปิดภายในอาคารระหว่างห้องนอนชั้นบน (แบบ 4D)

3. การกำหนดตำแหน่งที่วัดค่าความเร็วลมในโปรแกรม

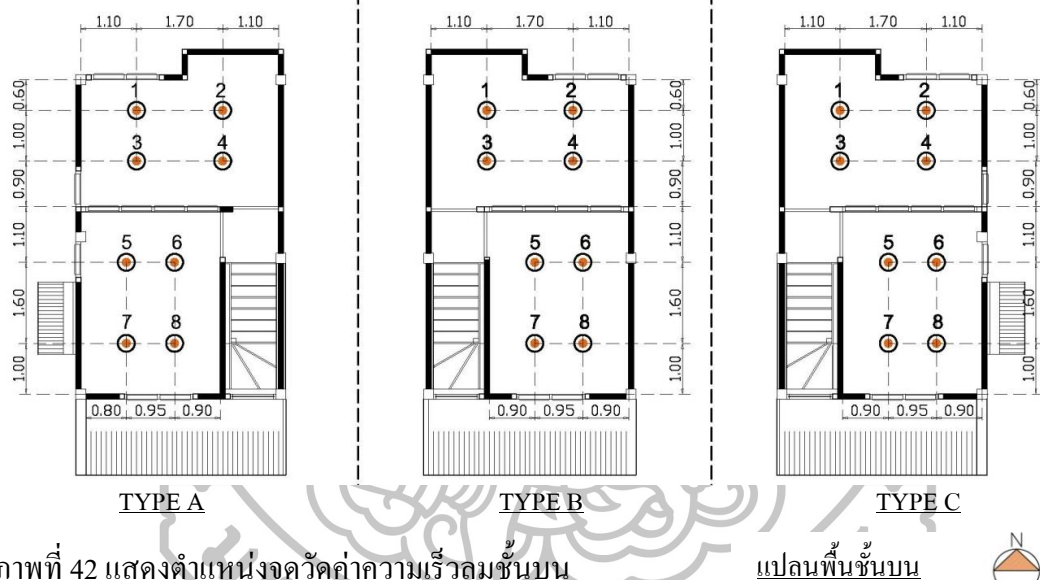
กำหนดตำแหน่งในการวัดค่าความเร็วลมใน โปรแกรม DesignBuilder โดยการทดลอง แต่ละยูนิตนั้นจะทดลองทั้งชั้นล่างและชั้นบน โดยการกำหนดจุดวัดค่าความเร็วลมไว้ในชั้นล่าง บริเวณห้องโถง ที่ระดับ +1.20 ม. ซึ่งอยู่ในระดับว่างภายในและเป็นระดับที่ใช้งาน โดยกำหนดจำนวน 6 จุด เพื่อให้สามารถเก็บข้อมูลความเร็วลมบริเวณส่วนกลางของห้องโถงได้ทั่วถึง และชั้นบนภายในห้องนอน ที่ระดับ +1.20 ม. จากระดับพื้นห้องนอนซึ่งอยู่ในระดับว่างภายในและเป็นระดับที่ใช้งาน โดยกำหนดห้องละ 4 จุด รวมเป็น 8 จุด โดยแต่ละจุดจะห่างจากผนังประมาณ 0.60-1.20 ม. และระยะห่างระหว่างจุด ประมาณ 1.00-1.60 ม. (ภาพที่ 41, ภาพที่ 42)

²⁴Moore F., **Environmental control system : Heating Cooling Lighting**

(Singapore: McGraw – Hill,1993), 179-180.



ภาพที่ 41 แสดงตำแหน่งจุดวัดค่าความเร็วลมชั้นล่าง



ภาพที่ 42 แสดงตำแหน่งจุดวัดค่าความเร็วลมชั้นบน

4. เครื่องมือที่ใช้ในการจำลองค่าความเร็วลม

การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการทดลองโดยใช้โปรแกรม DesignBuilder ซึ่งเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ด้านพลศาสตร์ของไหล Computational Fluid Dynamics (CFD)

Computational Fluid Dynamics (CFD) เป็นคำศัพท์เฉพาะที่ใช้บรรยายถึงกลุ่มวิธีการทางตัวเลข ที่ใช้ในการคำนวณอุณหภูมิ ความเร็วลมและของไหลอื่นๆ เมื่อประยุกต์มาใช้กับอาคาร โปรแกรม CFD สามารถช่วยผู้ออกแบบในการให้ข้อมูลที่จะเป็นไปได้ สำหรับค่าความเร็วลม ความดัน หรืออุณหภูมิที่จะเกิดขึ้น ณ จุดใดจุดหนึ่ง ตลอดจนปริมาณอากาศที่สามารถกำหนดได้ล่วงหน้า ทั้งภายในและภายนอกอาคาร ด้วยสภาวะขอบเขตเฉพาะ ซึ่งอาจรวมถึงผลกระทบของอุณหภูมิ การได้รับความร้อนภายใน และระบบ HVAC

DesignBuilder สามารถใช้วิเคราะห์การระบายอากาศได้ทั้งภายนอกและภายในอาคาร โดยการวิเคราะห์ภายนอกจะให้ข้อมูลการกระจายของความเร็วลม อุณหภูมิ และความดันโดยรอบอาคาร อันเนื่องมาจากผลกระทบของลม และการวิเคราะห์ภายในอาคารนั้น สามารถให้ข้อมูลความเร็วลม ความดัน และอุณหภูมิ ภายในบริเวณอาคารได้ และข้อมูลนี้สามารถนำไปใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของการออกแบบระบบ HVAC และใช้ประเมินค่าสภาวะสบายภายในอาคารได้อีกด้วย²⁵

4.1 ข้อกำหนดในการตั้งค่าการคำนวณ ในโปรแกรม DesignBuilder

ในการทดลองในครั้งนี้ จะเลือกการวิเคราะห์เป็นแบบภายนอกอาคาร (External CFD Analysis) เนื่องจากเป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของความเร็วลมธรรมชาติจากภายนอก ที่พัดเข้ามาสู่ภายในอาคาร และยังสามารถจำลองรูปแบบช่องเปิดในแบบต่างๆได้ เช่นบานเปิด บานเกล็ด หรือบานกระทุ้ง โดยในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการทดลองโปรแกรมเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Baruch Givoni (รายละเอียดตามภาคผนวก) ซึ่งในการตั้งค่าข้อมูลนั้นต้องมีการกำหนดระยะกริด (Grid) ที่สอดคล้องกับรูปแบบช่องเปิดที่นำมาศึกษา โดยอาจกำหนดระยะกริดที่มีความละเอียดมากเพื่อให้ผลการทดลองมีความละเอียดและแม่นยำมากขึ้น แต่ในการศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดระยะ Grid ไว้ที่ 0.40 m. เนื่องจากข้อจำกัดของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ไม่สามารถประมวลผลความละเอียดของค่า Grid ที่ต่ำกว่า 0.40 m. ได้ โดยในการศึกษานี้ใช้คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก มีหน่วยประมวลผล (CPU Core i7) มีหน่วยความจำหลัก (Ram 8 GB) ซึ่งการกำหนดข้อมูลมีดังนี้

4.1.1 ข้อกำหนดสำหรับการวิเคราะห์ CFD ภายนอกอาคาร (External CFD Analysis)

4.1.1.1 Grid type คือ ประเภทของกริด กำหนดเป็น 1-Non-Uniform คือการกำหนดระยะกริดแบบไม่สม่ำเสมอ

4.1.1.2 Default grid spacing (m.) คือ ระยะห่างระหว่างกริดที่ใช้ในการทดลอง(โดยในการศึกษาครั้งนี้ ผู้ศึกษาสามารถกำหนดระยะกริดได้ที่ 0.40 m. ซึ่งเป็นระยะต่ำสุดที่เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ทดลองสามารถประมวลผลได้

4.1.1.3 Grid line merge tolerance (m.) คือ ระยะของเส้นกริดที่ยอมให้เส้นที่ใกล้ชิดกันมากๆมาผสานกันได้โดยอัตโนมัติ กำหนดเป็น 0.40 m.

²⁵ DesignBuilder Simulation + CFD Training Guide , DesignBuilder Copyright ©

4.1.2 ข้อกำหนดสำหรับการตั้งค่าลม

4.1.2.1 Velocity (m/s) คือ ค่าความเร็วลม (ใช้ค่าความเร็วลมที่ทำการวิเคราะห์มาจากตารางที่ 13) กำหนดเป็น 3.99 m/s (หลังจากนั้นโปรแกรมจะทำการปิดจุดศนิยมจาก 3.99 m/s ให้กระจายเป็น 4 m/s)

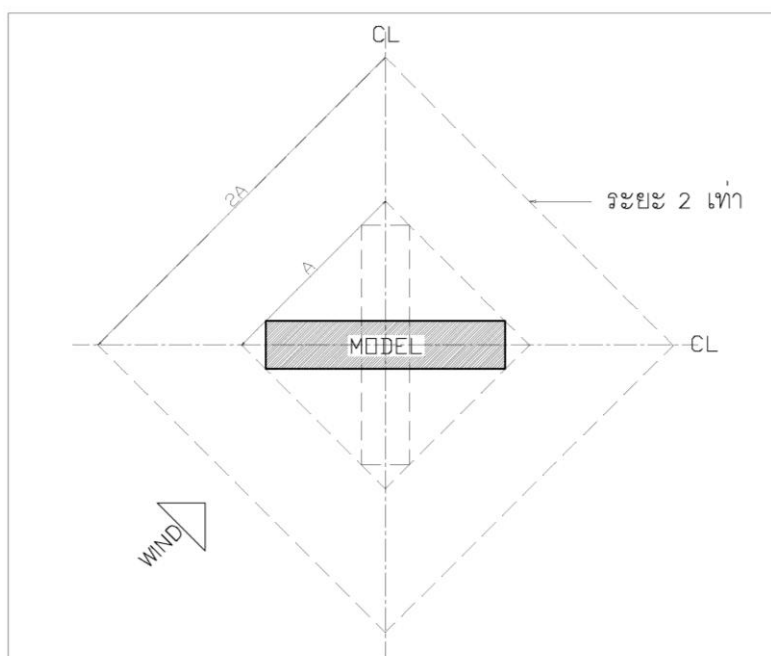
4.1.2.2 Direction (°) คือ ทิศทางลม วัดตามเข็มนาฬิกาจากทิศเหนือ (ใช้ข้อมูลทิศทางลมเฉลี่ยที่ทำการวิเคราะห์จากตารางที่ 2) โดยกำหนดเป็น 225° คือทิศตะวันตกเฉียงใต้ (SW)

4.1.2.3 Exposure คือ การกำหนดค่าความเร็วลมให้เหมาะสมกับภูมิประเทศโดยรอบ สามารถเลือกเป็นแบบ ในเมือง(Urban) หรือ ชานเมือง (Suburban) โดยในการศึกษานี้กำหนดเป็น Suburban คือชานเมือง เนื่องจากมีความใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงของกรณีศึกษา

4.1.3 ข้อกำหนดสำหรับข้อมูลใน Site Domain Factors (ภาพที่ 43)

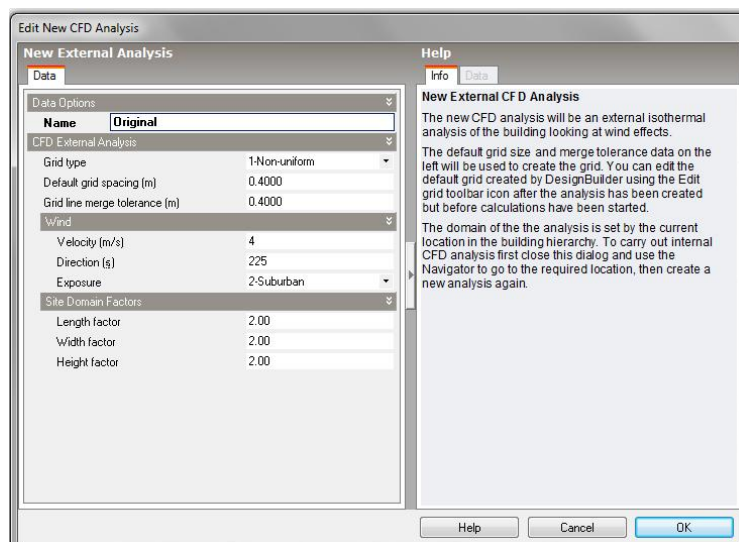
Site Domain Factors คือ การกำหนด ความกว้าง ความยาว และความสูงของกรอบการไหลของลม ซึ่งกำหนดขนาดเป็นเท่า (เป็นตัวคูณ) ของระยะแบบจำลองอาคาร กำหนดเป็น

- Length factors = 2.00
- Width factors = 2.00
- Height factors = 2.00

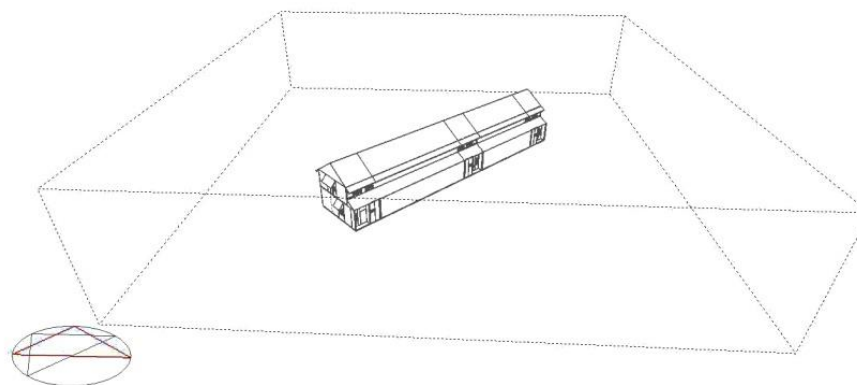


ภาพที่ 43 แสดงตัวอย่างขอบเขตที่กำหนด Site Domain Factors เพื่อใช้ในการทดลอง

เนื่องจากการศึกษานี้ ต้องการให้ลมสามารถกระจายผ่านตัวอาคารได้ครอบคลุม และทั่วถึง จึงกำหนดค่าเป็น 2 เท่าในทุกแกน



ภาพที่ 43-2 แสดงการตั้งค่าข้อมูลใน โปรแกรม DesignBuilder เพื่อใช้ในการทดลอง



ภาพที่ 44 การแสดงผล เมื่อตั้งค่า Site Domain Factors ในโปรแกรม DesignBuilder

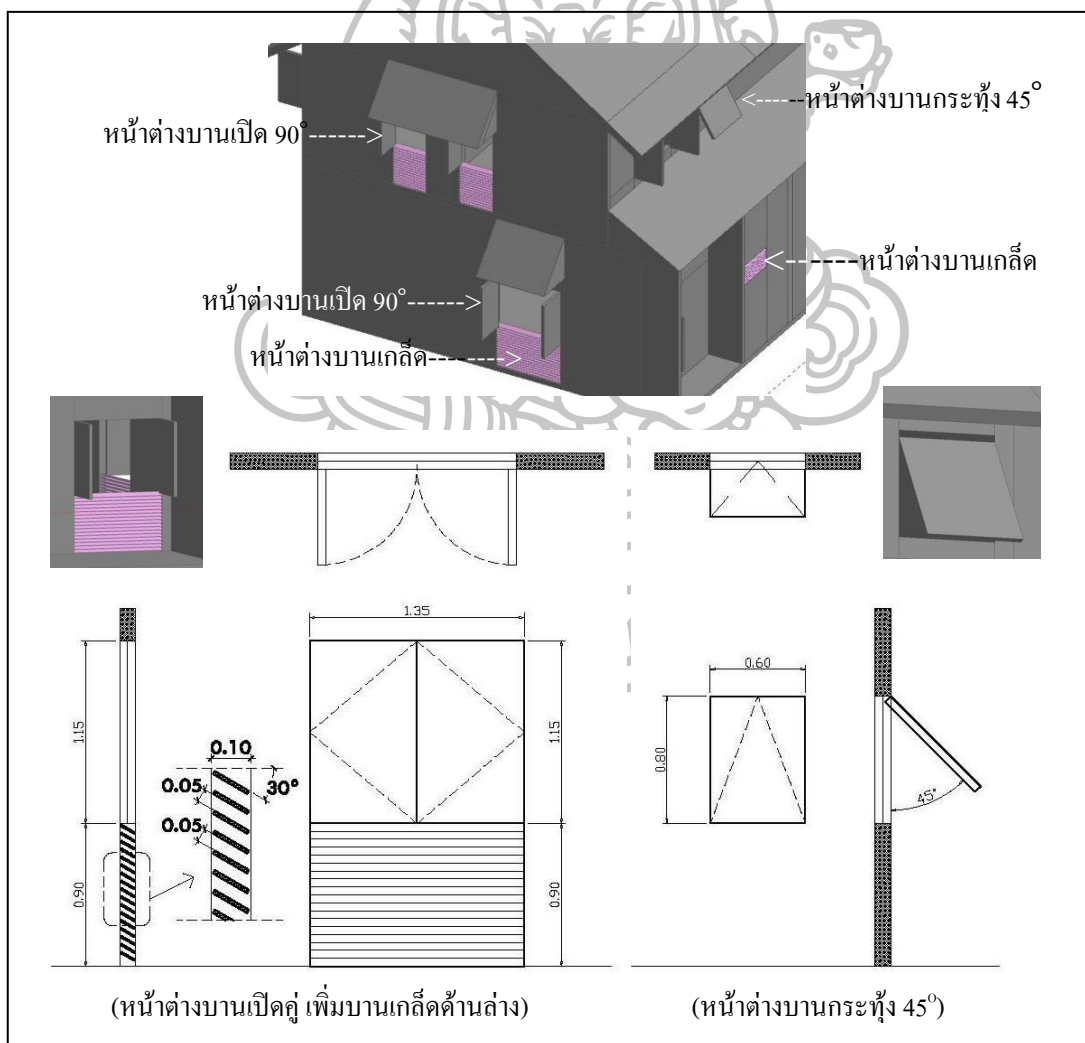
5. ลักษณะการจำลองรูปแบบช่องเปิดในโปรแกรม

ในโปรแกรม DesignBuilder นั้นสามารถแบ่งเครื่องมือการจำลองโมเดลออกเป็น 3 รูปแบบได้แก่

5.1 Building Blocks เป็นการจำลองโครงสร้างอาคารหลัก เช่น ผนังอาคาร เสา หรือพื้นของอาคาร สามารถกำหนดวัสดุ หรือขนาด ได้ตามความต้องการ

5.2 Outline Blocks เป็นการจำลองส่วนประกอบของอาคารอื่นๆ ที่ใช้ประกอบเข้ากับ Building Blocks โดยสามารถกำหนดค่าความละเอียดและขนาดของโมเดลเล็กๆได้

5.3 Component Blocks เป็นการจำลองส่วนประกอบที่มีความละเอียด และมีรูปทรงที่หลากหลาย แล้วนำมาประกอบเข้ากับ Block อื่นๆ ต่อไป



ภาพที่ 45 แสดงการจำลองโมเดลอาคาร และช่องเปิดแบบต่างๆ ในโปรแกรม DesignBuilder

การกำหนดรูปแบบช่องเปิดแบบบานเปิดนั้น จะใช้คำสั่ง Building Blocks เพื่อสร้างบานเปิดขนาดตามรูปแบบที่กำหนด และเปิดออกทำมุม 90 องศา และหน้าต่างบานกระทุ้ง จะเปิดออกทำมุม 45 องศากับแนวผนัง ส่วนช่องเปิดแบบบานเกล็ดนั้น จะใช้คำสั่ง Component Blocks เพื่อสร้างบานเกล็ดเล็กๆ โดยกำหนดให้แต่ละบานจะทำมุม 30 องศาและห่างกันระยะประมาณ 5 cm. โดยอ้างอิงขนาดช่องเปิดตามรูปแบบที่กำหนด

6. การให้ค่าคะแนนความเร็วลม เพื่อนำไปวิเคราะห์ผล

ตารางที่ 13 เกณฑ์การให้ค่าคะแนนที่สัมพันธ์กับความเร็วลมของกรณีศึกษา

ความเร็วลม (เมตร/วินาที)	ค่าคะแนน	ความเร็วลม (เมตร/วินาที)	ค่าคะแนน
0.00 – 0.10	0	1.21 - 1.40	9.5
0.11 – 0.20	1	1.41 - 1.60	9
0.21 – 0.30	2	1.61 - 1.80	8.5
0.31 – 0.40	3	1.81 - 2.00	8
0.41 - 0.50	4	2.01 - 2.20	7.5
0.51 - 0.60	5	2.21 - 2.40	7
0.61 - 0.70	6	2.41 - 2.60	6.5
0.71 - 0.80	7	2.61 - 2.80	6
0.81 - 0.90	8	2.81 - 3.00	5.5
0.91 - 1.00	9	มากกว่า 3.00	5
1.01 - 1.20	10		

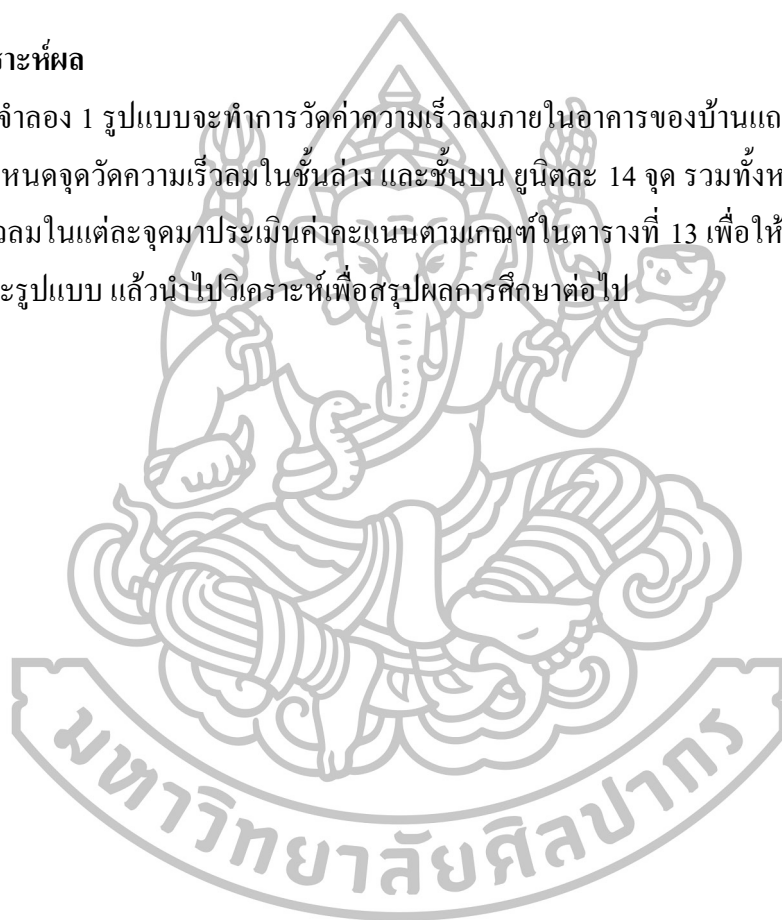
จากตารางที่ 13 แสดงการจัดลำดับการให้คะแนนความเร็วลม ในช่วง 0-3.00 m/s โดยจะกำหนดให้ ความเร็วลมในช่วง 1.01-1.20 m/s นั้น มีค่า 10 คะแนน ซึ่งเป็นคะแนนสูงสุด เนื่องจากเป็นค่าความเร็วลมที่เหมาะสม ทำให้รู้สึกสบายและยอมรับได้กับลักษณะภูมิอากาศแบบร้อนชื้นของประเทศไทย (รายละเอียดตามตารางที่ 4) และค่าความเร็วลมที่สูงกว่า 1.20 m/s จะมีค่าคะแนนที่ต่ำลง ช่วงละ 0.5 คะแนน ซึ่งจะเป็นช่วงที่น้อยกว่าค่าความเร็วลมที่ไม่ถึง 1.01 m/s ซึ่งจะมีคะแนนต่ำลงช่วงละ 1 คะแนน เนื่องจากถึงแม้ ค่าความเร็วลม จะสูงกว่า 1.20 m/s มนุษย์ก็ยังสามารถ

²⁷ Lechner N., **Heating Cooling Lighting : Design method for architects** (New York: John Wiley & Sons.,1991), 196.

ยอมรับได้ และ รู้สึกสบาย จากการศึกษาเปรียบเทียบความเร็วลมและความรู้สึกเย็นลงกับการรับรู้ของมนุษย์ พบว่าค่าความเร็วลม 2.00 m/s จะรู้สึกเย็นลง 3.90 °C ซึ่งจะกำหนดไว้ที่ 8 คะแนน และค่าความเร็วลม 4.00 m/s ขึ้นไป จะรู้สึกเย็นลงถึง 5.00 °C²⁷ กำหนดเป็น 5 คะแนน แต่เมื่อพิจารณาแล้วความเร็วลมที่สูงนี้จะทำให้รู้สึกเย็นลงจริง แต่ในขณะเดียวกันก็ทำให้รู้สึกถูกรบกวน จึงกำหนดค่าคะแนนให้ต่ำลง

6. วิธีการวิเคราะห์ผล

แบบจำลอง 1 รูปแบบจะทำการวัดค่าความเร็วลมภายในอาคารของบ้านแถวกรณีศึกษาทั้ง 3 ยูนิต โดยกำหนดจุดวัดความเร็วลมในชั้นล่าง และชั้นบน ยูนิตละ 14 จุด รวมทั้งหมด 42 จุด แล้วนำค่าความเร็วลมในแต่ละจุดมาประเมินค่าคะแนนตามเกณฑ์ในตารางที่ 13 เพื่อให้ได้คะแนนรวมเฉลี่ยของแต่ละรูปแบบ แล้วนำไปวิเคราะห์เพื่อสรุปผลการศึกษาต่อไป



บทที่ 4

ผลการศึกษา

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการออกแบบช่องเปิดโดยคำนึงถึงการระบายอากาศให้มีประสิทธิภาพและเกิดสภาวะสบายเหมาะสมกับพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารกรณีศึกษา ทำการศึกษา รูปแบบของช่องเปิดจากสภาพปัจจุบันและรูปแบบที่ปรับปรุง โดยกำหนดความเร็วลมและทิศทางลมเพื่อสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม DesignBuilder เพื่อนำผลค่าความเร็วลมภายในอาคารที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์เปรียบเทียบกัน แบ่งการศึกษา รูปแบบช่องเปิดออกเป็น การปรับปรุง รูปแบบช่องเปิดที่ผนังภายนอก (รายละเอียดตามตารางที่ 14) และการปรับปรุงรูปแบบช่องเปิดที่ ผนังภายนอกและผนังภายใน (รายละเอียดตามตารางที่ 15)

1. การปรับปรุงรูปแบบช่องเปิดที่ผนังภายนอก มีรูปแบบการปรับปรุง 4 รูปแบบ โดยผลการศึกษา สามารถดูรายละเอียดตามตารางที่ 14

ตารางที่ 14 แสดงรายละเอียดของการศึกษารูปแบบช่องเปิดที่ผนังภายนอก

ลำดับที่	รูปแบบช่องเปิด	ดูรายละเอียด หน้าที่
1.1	รูปแบบช่องเปิดแบบเดิม (ช่องเปิดแบบบานเกล็ดกระจกใส)	60
1.2	รูปแบบช่องเปิดแบบ 1A (ช่องเปิดแบบบานเปิดมีลูกฟูกกระจกใส ขนาดพื้นที่ช่องเปิดเท่าเดิม)	63
1.3	รูปแบบช่องเปิดแบบ 2B (ช่องเปิดแบบบานเกล็ดกระจกใสและเพิ่มขนาดพื้นที่ช่องเปิดที่ส่วนล่างเป็น บานเกล็ดกระจกใส ยกเว้นตำแหน่งที่ 5 ซึ่งเป็นชานพักบันได ช่องเปิดเป็น แบบบานเกล็ดกระจกใสที่มีขนาดใหญ่ขึ้น)	66
1.4	รูปแบบช่องเปิดแบบ 3C (ช่องเปิดแบบบานเปิดมีลูกฟูกกระจกใสและเพิ่มขนาดพื้นที่ช่องเปิดที่ส่วนล่าง เป็นบานเกล็ดกระจกใส ยกเว้นตำแหน่งที่ 5 ซึ่งเป็นชานพักบันได ช่องเปิดเป็น แบบบานกระทุ้งกระจกใสที่มีขนาดใหญ่ขึ้น)	69

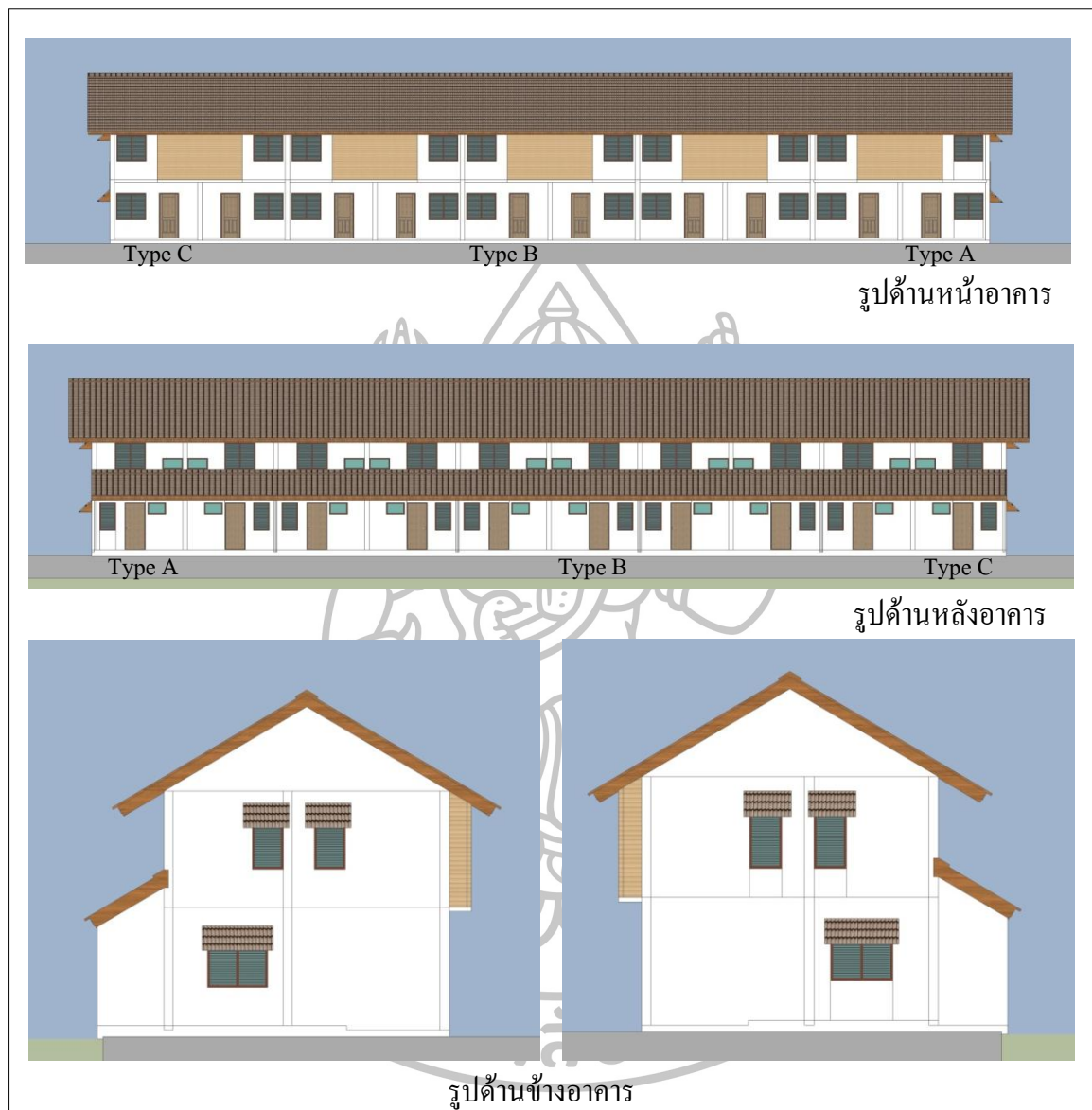
2. การปรับปรุงรูปแบบช่องเปิดที่ผนังภายนอกและผนังภายใน (แบบ 4D) คือใช้รูปแบบช่องเปิดที่ผนังภายนอกและเพิ่มช่องเปิดภายในอาคารระหว่างห้องนอนชั้นบน เป็นช่องเปิดแบบบานเกล็ดกระจกใส ขนาด 0.40 x 2.90 เมตร ติดตั้งสูงจากพื้นห้องนอน 2.00 เมตรรวมด้วย โดยผลการศึกษาสามารถดูรายละเอียดตามตารางที่ 15

ตารางที่ 15 แสดงรายละเอียดของการศึกษารูปแบบช่องเปิดที่ผนังภายนอกและผนังภายใน

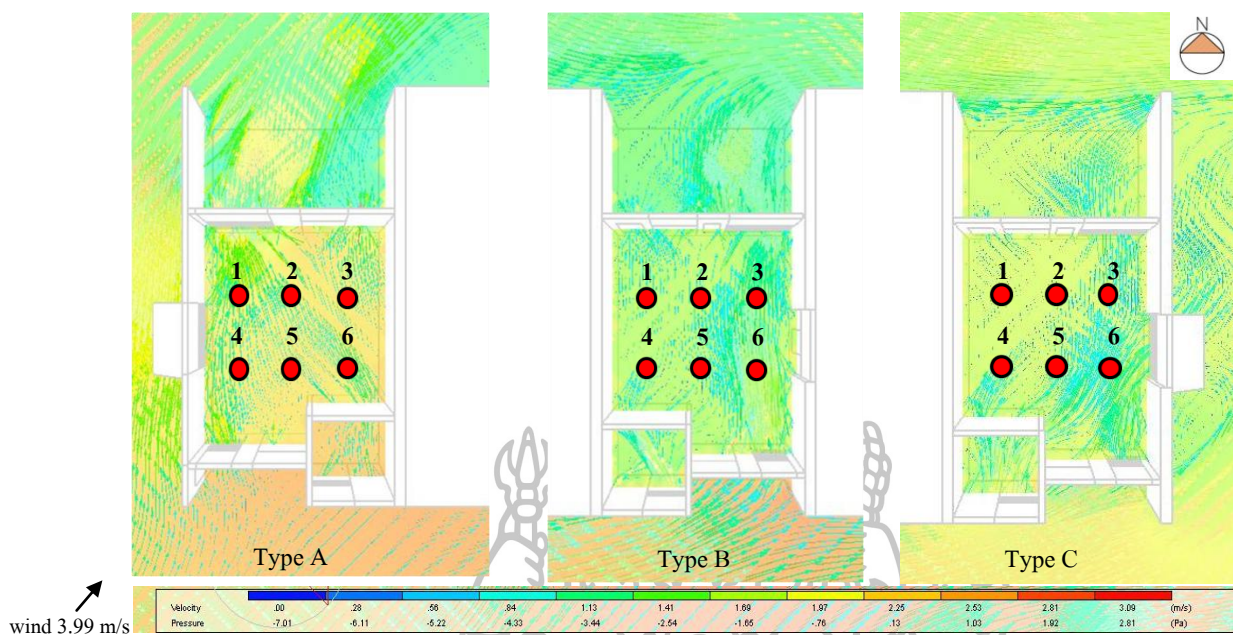
ลำดับที่	รูปแบบช่องเปิด	ดูรายละเอียด หน้าที่
2.1	รูปแบบช่องเปิดแบบเดิม + รูปแบบ 4D (ช่องเปิดแบบบานเกล็ดกระจกใส และเพิ่มช่องเปิดภายในอาคารระหว่างห้องนอนชั้นบน เป็นช่องเปิดแบบบานเกล็ดกระจกใส ขนาด 0.40 x 2.90 เมตร ติดตั้งสูงจากพื้นห้องนอน 2.00 เมตรรวมด้วย)	74
2.2	รูปแบบช่องเปิดแบบ 1A + รูปแบบ 4D (ช่องเปิดแบบบานเปิดมีลูกทึบกระจกใส ขนาดพื้นที่ช่องเปิดเท่าเดิม และเพิ่มช่องเปิดภายในอาคารระหว่างห้องนอนชั้นบน เป็นช่องเปิดแบบบานเกล็ดกระจกใส ขนาด 0.40 x 2.90 เมตร ติดตั้งสูงจากพื้นห้องนอน 2.00 เมตรรวมด้วย)	77
2.3	รูปแบบช่องเปิดแบบ 2B + รูปแบบ 4D (ช่องเปิดแบบบานเกล็ดกระจกใสและเพิ่มขนาดพื้นที่ช่องเปิดที่ส่วนล่างเป็นบานเกล็ดกระจกใส ยกเว้นตำแหน่งที่ 5 ซึ่งเป็นชานพักบันได ช่องเปิดเป็นแบบบานเกล็ดกระจกใสที่มีขนาดใหญ่ขึ้น และเพิ่มช่องเปิดภายในอาคารระหว่างห้องนอนชั้นบน เป็นช่องเปิดแบบบานเกล็ดกระจกใส ขนาด 0.40 x 2.90 เมตร ติดตั้งสูงจากพื้นห้องนอน 2.00 เมตรรวมด้วย)	80
2.4	รูปแบบช่องเปิดแบบ 3C + รูปแบบ 4D (ช่องเปิดแบบบานเปิดมีลูกทึบกระจกใสและเพิ่มขนาดพื้นที่ช่องเปิดที่ส่วนล่างเป็นบานเกล็ดกระจกใส ยกเว้นตำแหน่งที่ 5 ซึ่งเป็นชานพักบันได ช่องเปิดเป็นแบบบานกระทุ้งกระจกใสที่มีขนาดใหญ่ขึ้น และเพิ่มช่องเปิดภายในอาคารระหว่างห้องนอนชั้นบน เป็นช่องเปิดแบบบานเกล็ดกระจกใส ขนาด 0.40 x 2.90 เมตร ติดตั้งสูงจากพื้นห้องนอน 2.00 เมตรรวมด้วย)	83

โดยรูปแบบที่นำเสนอ นั้น จะแสดงทิศทางและความเร็วลมที่ได้จากโปรแกรม ในแนวระนาบ (ผังพื้น) ที่ความสูง 1.2 ม. จากระดับพื้นห้องชั้น 1 และชั้น 2 ในทุกรูปแบบ ของกรณีศึกษา ทั้ง 3 ยูนิต คือ Type A Type B และ Type C และวิเคราะห์ค่าความเร็วลมจากตารางสรุปค่าความเร็วลมของแต่ละรูปแบบ เพื่อนำมาใช้เป็นข้อสรุปในการศึกษาและเป็นข้อเสนอแนะต่อไป

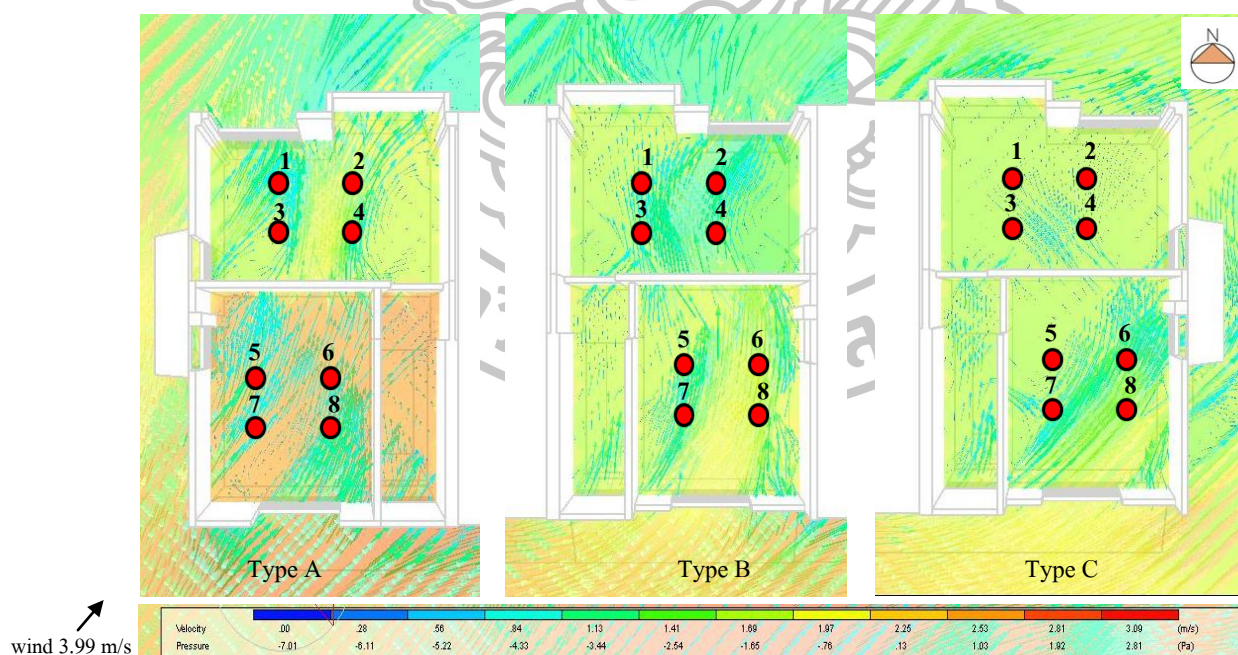
1.1 รูปแบบช่องเปิดแบบเดิม (ช่องเปิดแบบบานเกล็ดกระจกใส่)



ภาพที่ 46 รูปด้านอาคารแสดงรูปแบบช่องเปิดแบบเดิม



ภาพที่ 47 แสดงตำแหน่งจุดวัดค่าความเร็วลม จำนวน 6 จุด ของแปลนพื้นชั้นล่างทั้ง 3 ชนิด
(กรณีศึกษาแบบของช่องเปิดแบบเดิม (ตำแหน่งจุดวัดความเร็วลม ตามภาพที่ 41-42))



ภาพที่ 48 แสดงตำแหน่งจุดวัดค่าความเร็วลมจำนวน 8 จุดของแปลนพื้นชั้นบนทั้ง 3 ชนิด
(กรณีศึกษาแบบของช่องเปิดแบบเดิม (ตำแหน่งจุดวัดความเร็วลม ตามภาพที่ 41-42))

ตารางที่ 16 ตารางค่าความเร็วลมและค่าคะแนนของกรณีศึกษารูปแบบช่องเปิดแบบเดิม

กรณีศึกษารูปแบบช่องเปิดแบบเดิม																	
TYPE A	ชั้นที่ 1						ค่าเฉลี่ย (ชั้นที่1)	ชั้นที่ 2								ค่าเฉลี่ย (ชั้นที่2)	ค่าเฉลี่ยรวม
ตำแหน่งที่	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6	7	8		
ความเร็วลม	1.10	1.08	1.07	1.16	1.15	1.14	1.12	1.52	1.49	1.54	1.52	1.55	1.54	1.58	1.58	1.54	1.36
คะแนน	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.43
กรณีศึกษารูปแบบช่องเปิดแบบเดิม																	
TYPE B	ชั้นที่ 1						ค่าเฉลี่ย (ชั้นที่1)	ชั้นที่ 2								ค่าเฉลี่ย (ชั้นที่2)	ค่าเฉลี่ยรวม
ตำแหน่งที่	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6	7	8		
ความเร็วลม	0.35	0.77	1.13	0.44	0.74	1.07	0.75	0.05	0.27	0.05	0.35	0.73	1.06	0.98	0.05	0.44	0.57
คะแนน	3.00	7.00	10.00	4.00	7.00	10.00	6.83	0.00	2.00	0.00	3.00	7.00	10.00	9.00	0.00	3.88	5.14
กรณีศึกษารูปแบบช่องเปิดแบบเดิม																	
TYPE C	ชั้นที่ 1						ค่าเฉลี่ย (ชั้นที่1)	ชั้นที่ 2								ค่าเฉลี่ย (ชั้นที่2)	ค่าเฉลี่ยรวม
ตำแหน่งที่	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6	7	8		
ความเร็วลม	1.80	1.75	1.70	1.77	1.74	1.71	1.74	1.22	1.31	1.19	1.22	1.16	1.13	1.05	1.03	1.16	1.41
คะแนน	8.50	8.50	8.50	8.50	8.50	8.50	8.50	9.50	9.50	10.00	9.50	10.00	10.00	10.00	10.00	9.81	9.25

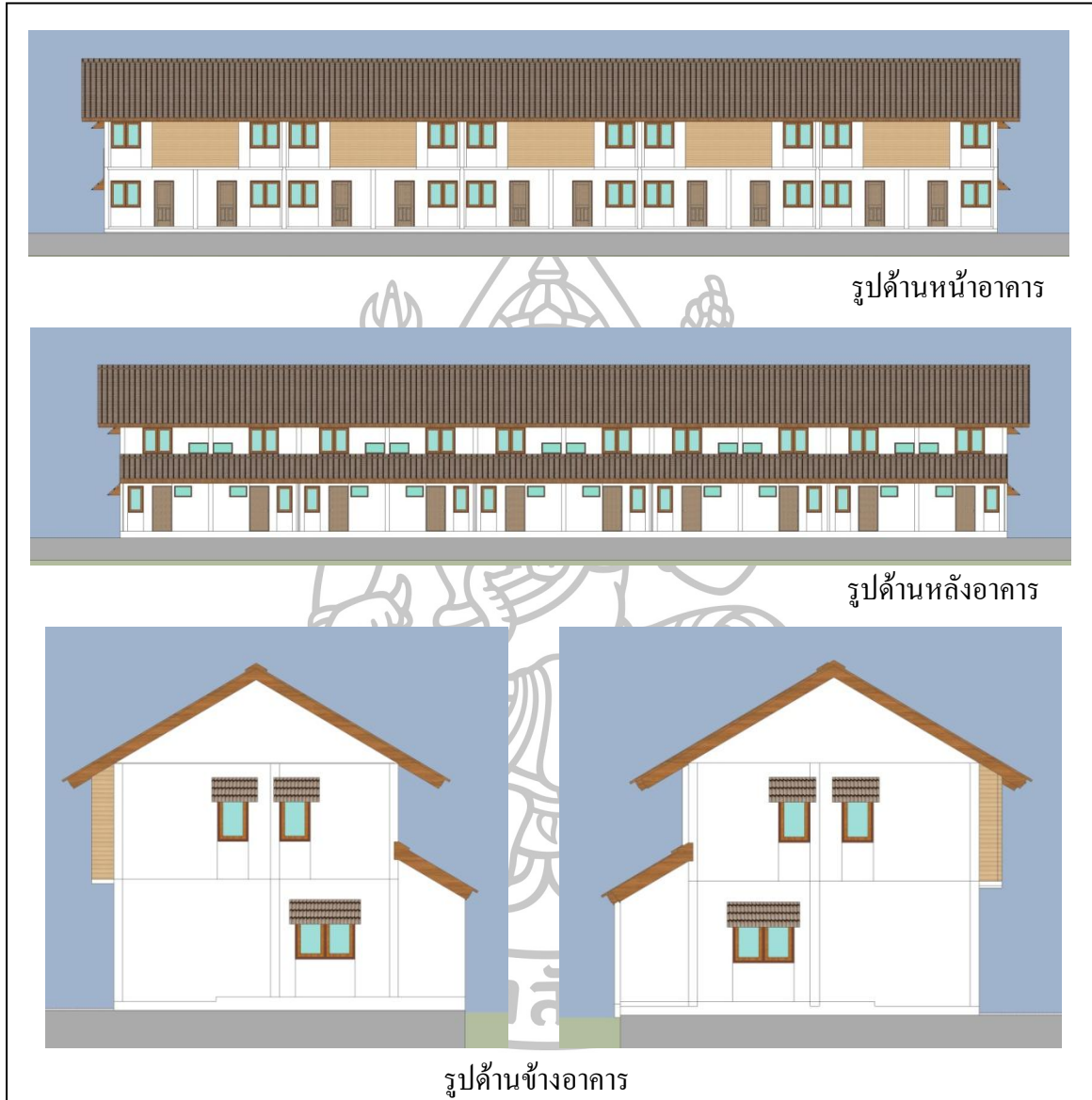
จากการวิเคราะห์ผลการศึกษาในตารางที่ 16 กรณีศึกษารูปแบบช่องเปิดแบบเดิมพบว่า บ้านแถว Type A ในชั้นล่างมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 1.12 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 10 คะแนน และชั้นบนมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 1.54 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 9.00 คะแนน เมื่อคิดคะแนนเฉลี่ยรวมของบ้านแถว Type A จะได้ 9.43 คะแนน ซึ่งเป็นคะแนนเฉลี่ยที่สูงที่สุดเมื่อเทียบกับบ้านแถว Type B และ Type C

บ้านแถว Type B ในชั้นล่างมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 0.75 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 6.83 คะแนน และชั้นบนมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 0.44 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 3.88 คะแนน เมื่อคิดคะแนนเฉลี่ยรวมของบ้านแถว Type B จะได้ 5.14 คะแนน ซึ่งเป็นคะแนนเฉลี่ยที่ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับบ้านแถว Type A และ Type C

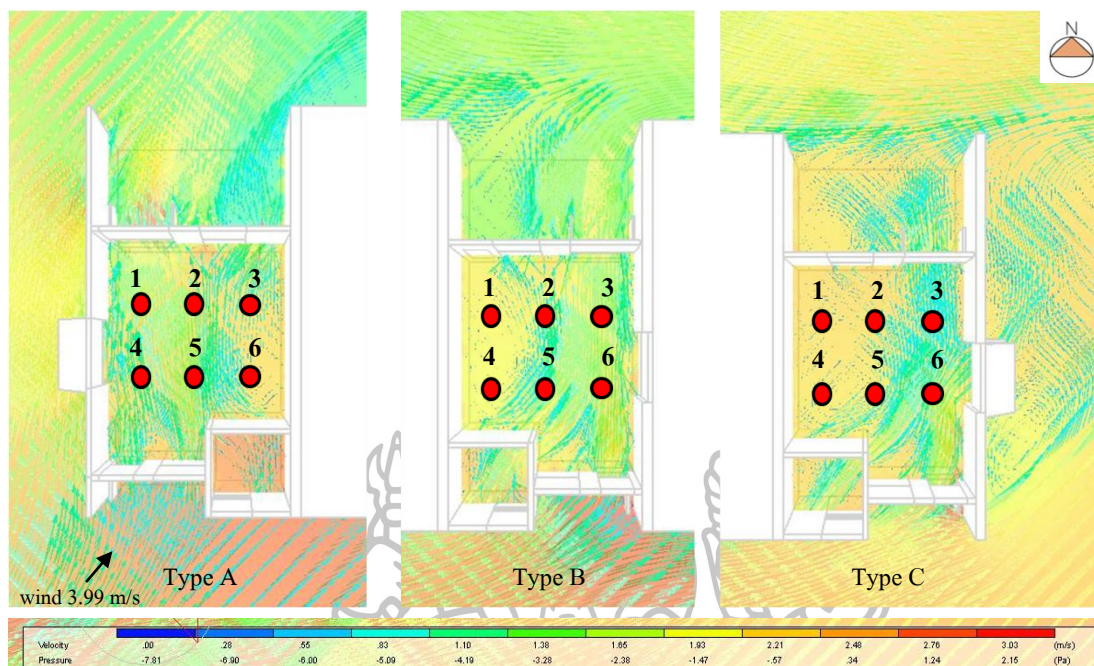
บ้านแถว Type C ในชั้นล่างมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 1.74 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 8.50 คะแนน และชั้นบนมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 1.16 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 9.81 คะแนน เมื่อคิดคะแนนเฉลี่ยรวมของบ้านแถว Type C จะได้ 9.25 คะแนน ถือเป็นลำดับที่ 2 รองจาก Type A

1.2 รูปแบบช่องเปิดแบบ 1A

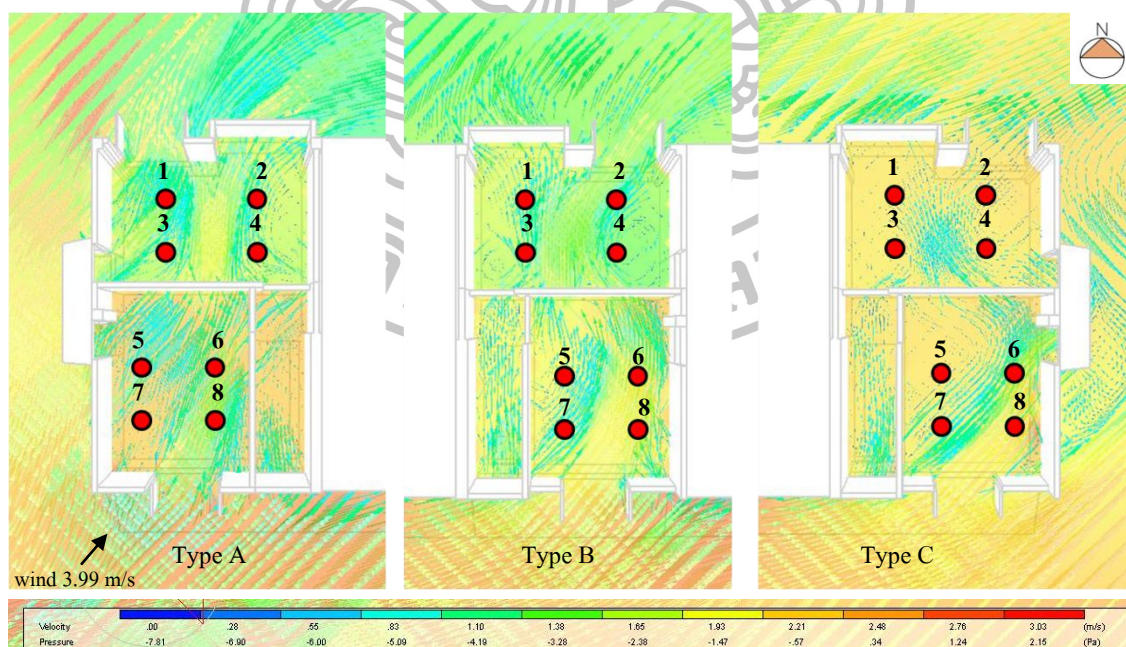
(ช่องเปิดแบบบานเปิดมีลูกฟักกระจกใส ขนาดพื้นที่ช่องเปิดเท่าเดิม)



ภาพที่ 49 รูปด้านอาคารแสดงรูปแบบช่องเปิดแบบ 1A



ภาพที่ 50 แสดงตำแหน่งจุดวัดค่าความเร็วลม จำนวน 6 จุด ของแปลนพื้นที่ชั้นล่างทั้ง 3 ยูนิต (กรณีศึกษา รูปแบบของช่องเปิดแบบ 1A (ตำแหน่งจุดวัดความเร็วลม ตามภาพที่ 41-42))



ภาพที่ 51 แสดงตำแหน่งจุดวัดค่าความเร็วลมจำนวน 8 จุดของแปลนพื้นที่ชั้นบนทั้ง 3 ยูนิต (กรณีศึกษา รูปแบบของช่องเปิดแบบ 1A (ตำแหน่งจุดวัดความเร็วลม ตามภาพที่ 41-42))

ตารางที่ 17 ตารางสรุปค่าความเร็วลมของกรณีศึกษารูปแบบของช่องเปิดแบบ 1A

กรณีศึกษารูปแบบช่องเปิดแบบ 1A																	
TYPE A	ชั้นที่ 1						ค่าเฉลี่ย (ชั้นที่1)	ชั้นที่ 2								ค่าเฉลี่ย (ชั้นที่2)	ค่าเฉลี่ยรวม
ตำแหน่งที่	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6	7	8		
ความเร็วลม	1.19	1.16	1.15	1.25	1.24	1.20	1.20	1.55	1.52	1.57	1.55	1.57	1.57	1.61	1.61	1.57	1.41
คะแนน	10.00	10.00	10.00	9.50	9.50	10.00	9.83	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	8.50	9.00	8.94	9.32
กรณีศึกษารูปแบบช่องเปิดแบบ 1A																	
TYPE B	ชั้นที่ 1						ค่าเฉลี่ย (ชั้นที่1)	ชั้นที่ 2								ค่าเฉลี่ย (ชั้นที่2)	ค่าเฉลี่ยรวม
ตำแหน่งที่	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6	7	8		
ความเร็วลม	0.04	1.06	1.26	0.24	0.96	2.11	0.94	0.05	0.35	0.05	0.47	1.06	1.25	0.90	0.17	0.54	0.71
คะแนน	0.00	10.00	9.50	2.00	9.00	7.50	6.33	0.00	3.00	0.00	4.00	10.00	9.50	8.00	1.00	4.44	5.25
กรณีศึกษารูปแบบช่องเปิดแบบ 1A																	
TYPE C	ชั้นที่ 1						ค่าเฉลี่ย (ชั้นที่1)	ชั้นที่ 2								ค่าเฉลี่ย (ชั้นที่2)	ค่าเฉลี่ยรวม
ตำแหน่งที่	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6	7	8		
ความเร็วลม	1.76	1.72	1.69	1.70	1.68	1.65	1.70	1.25	1.27	1.23	1.20	1.16	1.12	1.02	1.00	1.16	1.39
คะแนน	8.50	8.50	8.50	8.50	8.50	8.50	8.50	9.50	9.50	9.50	10.00	10.00	10.00	10.00	9.00	9.69	9.18

จากการวิเคราะห์ผลการศึกษาในตารางที่ 17 กรณีศึกษารูปแบบของช่องเปิดแบบบานเปิดมีลูกปีกกระจงกใส มีขนาดพื้นที่ช่องเปิดเท่าเดิม (รูปแบบ 1A) พบว่า

บ้านแถว Type A ในชั้นล่างมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 1.20 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 9.83 คะแนน และชั้นบนมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 1.57 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 8.94 คะแนน เมื่อคิดคะแนนเฉลี่ยรวมของบ้านแถว Type A จะได้ 9.32 คะแนน ซึ่งเป็นคะแนนเฉลี่ยที่สูงที่สุดเมื่อเทียบกับบ้านแถว Type B และ Type C

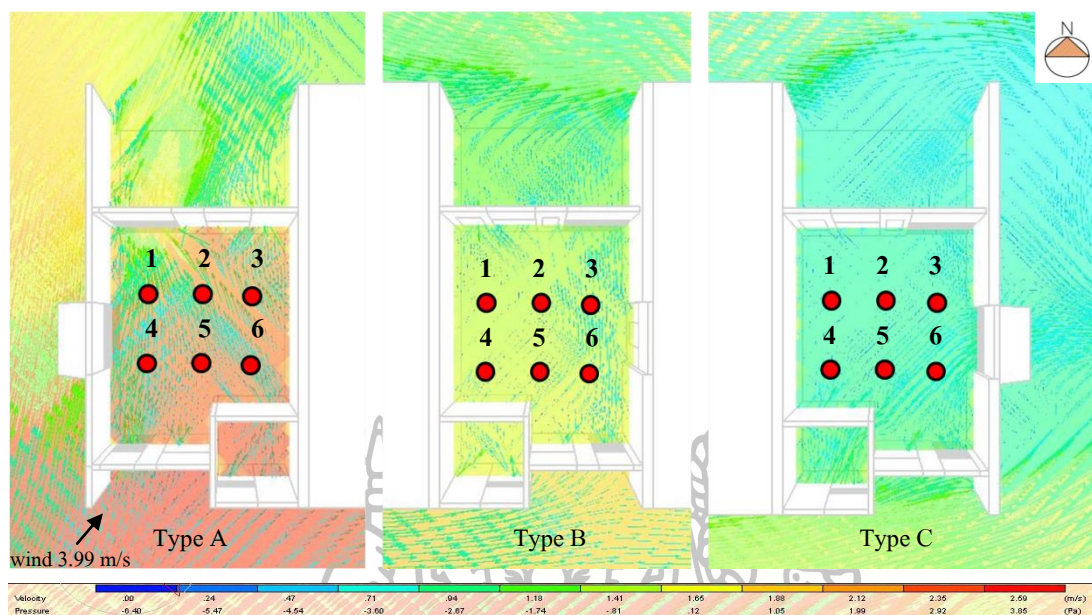
บ้านแถว Type B ในชั้นล่างมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 0.94 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 6.33 คะแนน และชั้นบนมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 0.54 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 4.44 คะแนน เมื่อคิดคะแนนเฉลี่ยรวมของบ้านแถว Type B จะได้ 5.25 คะแนน ซึ่งเป็นคะแนนเฉลี่ยที่ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับบ้านแถว Type A และ Type C

บ้านแถว Type C ในชั้นล่างมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 1.70 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 8.50 คะแนน และชั้นบนมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 1.16 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 9.69 คะแนน เมื่อคิดคะแนนเฉลี่ยรวมของบ้านแถว Type C จะได้ 9.18 คะแนน ถือเป็นลำดับที่ 2 รองจาก Type A

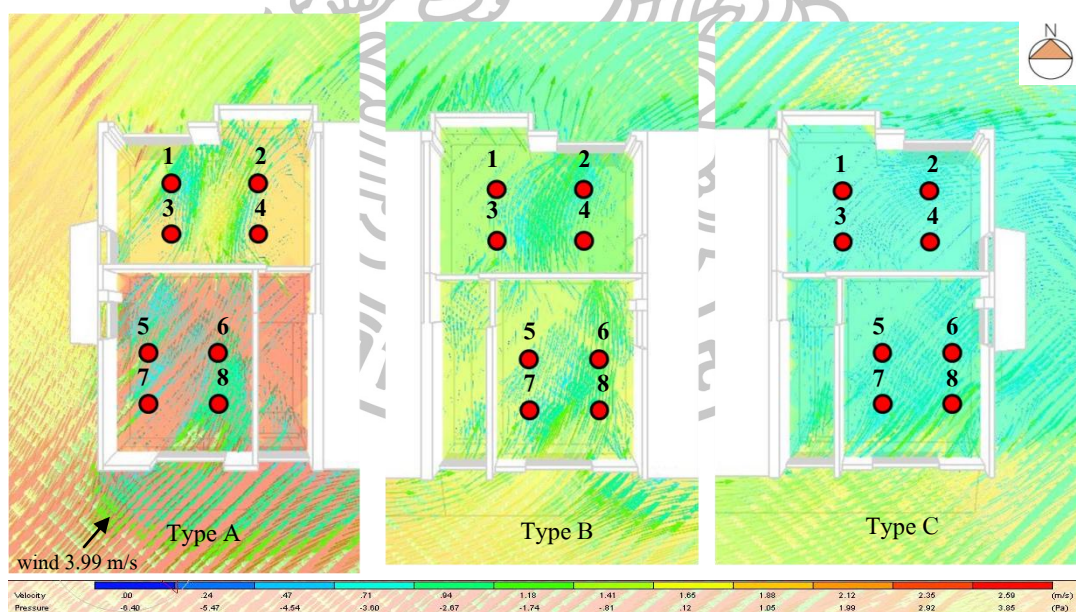
1.3 รูปแบบช่องเปิดแบบ 2B (ช่องเปิดแบบบานเกล็ดกระฉากใสและเพิ่มขนาดพื้นที่ช่องเปิดที่ส่วนล่างเป็นบานเกล็ดกระฉากใส ยกเว้นตำแหน่งที่ 5 ซึ่งเป็นชานพักบันได ช่องเปิดเป็นแบบบานเกล็ดกระฉากใสที่มีขนาดใหญ่ขึ้น)



ภาพที่ 52 รูปด้านอาคารแสดงรูปแบบช่องเปิดแบบ 2B



ภาพที่ 53 แสดงตำแหน่งจุดวัดค่าความเร็วลม จำนวน 6 จุดของแปลนพื้นที่ชั้นล่างทั้ง 3 ยูนิต (กรณีศึกษาแบบของช่องเปิดแบบ 2B (ตำแหน่งจุดวัดความเร็วลม ตามภาพที่ 41-42))



ภาพที่ 54 แสดงตำแหน่งจุดวัดค่าความเร็วลมจำนวน 8 จุดของแปลนพื้นที่ชั้นบนทั้ง 3 ยูนิต (กรณีศึกษาแบบของช่องเปิดแบบ 2B (ตำแหน่งจุดวัดความเร็วลม ตามภาพที่ 41-42))

ตารางที่ 18 ตารางสรุปค่าความเร็วลมของกรณีศึกษารูปแบบของช่องเปิดแบบ 2B

กรณีศึกษารูปแบบช่องเปิดแบบ 2B																	
TYPE A	ชั้นที่ 1						ค่าเฉลี่ย (ชั้นที่ 1)	ชั้นที่ 2								ค่าเฉลี่ย (ชั้นที่ 2)	ค่าเฉลี่ยรวม
ตำแหน่งที่	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6	7	8		
ความเร็วลม	0.95	0.92	0.88	0.99	0.97	0.94	0.94	1.35	1.33	1.38	1.36	1.39	1.38	1.42	1.42	1.38	1.19
คะแนน	9.00	9.00	8.00	9.00	9.00	9.00	8.83	9.50	9.50	9.50	9.50	9.50	9.50	9.00	9.00	9.38	9.14
กรณีศึกษารูปแบบช่องเปิดแบบ 2B																	
TYPE B	ชั้นที่ 1						ค่าเฉลี่ย (ชั้นที่ 1)	ชั้นที่ 2								ค่าเฉลี่ย (ชั้นที่ 2)	ค่าเฉลี่ยรวม
ตำแหน่งที่	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6	7	8		
ความเร็วลม	0.19	0.37	0.36	0.12	0.38	0.45	0.31	0.05	0.19	0.12	0.22	0.50	0.80	0.58	0.06	0.31	0.31
คะแนน	1.00	3.00	3.00	1.00	3.00	4.00	2.50	0.00	1.00	1.00	2.00	4.00	7.00	5.00	0.00	2.50	2.50
กรณีศึกษารูปแบบช่องเปิดแบบ 2B																	
TYPE C	ชั้นที่ 1						ค่าเฉลี่ย (ชั้นที่ 1)	ชั้นที่ 2								ค่าเฉลี่ย (ชั้นที่ 2)	ค่าเฉลี่ยรวม
ตำแหน่งที่	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6	7	8		
ความเร็วลม	1.78	1.74	1.72	1.84	1.81	1.80	1.78	1.40	1.46	1.27	1.31	1.03	1.08	0.85	0.94	1.17	1.43
คะแนน	8.50	8.50	8.50	8.00	8.00	8.50	8.33	9.50	9.00	9.50	9.50	10.00	10.00	8.00	9.00	9.31	8.89

จากการวิเคราะห์ผลการศึกษาในตารางที่ 18 กรณีศึกษาช่องเปิดแบบบานเกล็ดกระจกใสและเพิ่มขนาดพื้นที่ช่องเปิดที่ส่วนล่างเป็นบานเกล็ดกระจกใส ยกเว้นตำแหน่งที่ 5 ซึ่งเป็นชานพักบันได ช่องเปิดเป็นแบบบานเกล็ดกระจกใสที่มีขนาดใหญ่ขึ้น (รูปแบบ 2B) พบว่า

บ้านแถว Type A ในชั้นล่างมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 0.94 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 8.83 คะแนน และชั้นบนมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 1.38 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 9.38 คะแนน เมื่อคิดคะแนนเฉลี่ยรวมของบ้านแถว Type A จะได้ 9.14 คะแนน ซึ่งเป็นคะแนนเฉลี่ยที่สูงที่สุดเมื่อเทียบกับบ้านแถว Type B และ Type C

บ้านแถว Type B ในชั้นล่างมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 0.31 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 2.50 คะแนน และชั้นบนมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 0.31 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 2.50 คะแนน เมื่อคิดคะแนนเฉลี่ยรวมของบ้านแถว Type B จะได้ 2.50 คะแนน ซึ่งเป็นคะแนนเฉลี่ยที่ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับบ้านแถว Type A และ Type C

บ้านแถว Type C ในชั้นล่างมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 1.78 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 8.33 คะแนน และชั้นบนมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 1.17 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 9.31 คะแนน เมื่อคิดคะแนนเฉลี่ยรวมของบ้านแถว Type C จะได้ 8.89 คะแนน ถือเป็นลำดับที่ 2 รองจาก Type A

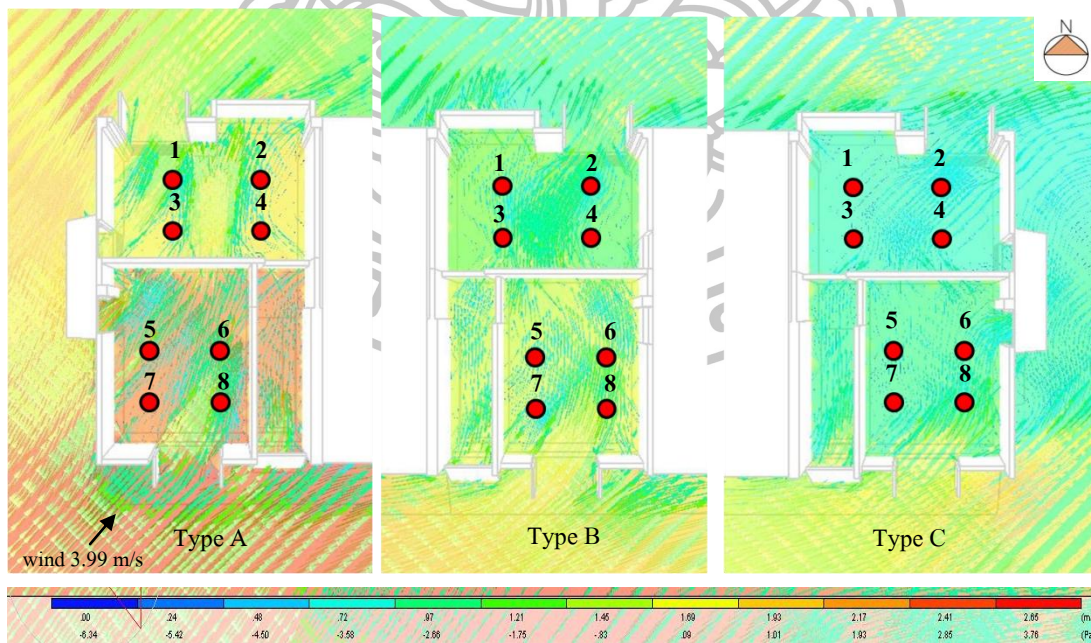
1.4 รูปแบบช่องเปิดแบบ 3C (ช่องเปิดแบบบานเปิดมีลูกฟักกระจกใสและเพิ่มขนาดพื้นที่ช่องเปิดที่ส่วนล่างเป็นบานเกล็ดกระจกใส ยกเว้นตำแหน่งที่ 5 ซึ่งเป็นชานพักบันได ช่องเปิดเป็นแบบบานกระทุ้งกระจกใสที่มีขนาดใหญ่ขึ้น)



ภาพที่ 55 รูปด้านอาคารแสดงรูปแบบช่องเปิดแบบ 3C



ภาพที่ 56 แสดงตำแหน่งจุดวัดค่าความเร็วลม จำนวน 6 จุดของแปลนพื้นชั้นล่างทั้ง 3 หน่วย
(กรณีศึกษาแบบของช่องเปิดแบบ 3C (ตำแหน่งจุดวัดความเร็วลม ตามภาพที่ 41-42))



ภาพที่ 57 แสดงตำแหน่งจุดวัดค่าความเร็วลมจำนวน 8 จุดของแปลนพื้นชั้นบนทั้ง 3 หน่วย
(กรณีศึกษาแบบของช่องเปิดแบบ 3C (ตำแหน่งจุดวัดความเร็วลม ตามภาพที่ 41-42))

ตารางที่ 19 ตารางสรุปค่าความเร็วลมของกรณีศึกษารูปแบบของช่องเปิดแบบ 3C

กรณีศึกษารูปแบบช่องเปิดแบบ 3C																	
TYPE A	ชั้นที่ 1						ค่าเฉลี่ย (ชั้นที่ 1)	ชั้นที่ 2								ค่าเฉลี่ย (ชั้นที่ 2)	ค่าเฉลี่ยรวม
ตำแหน่งที่	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6	7	8		
ความเร็วลม	1.03	1.03	1.01	1.10	1.09	1.06	1.05	1.39	1.37	1.42	1.40	1.41	1.41	1.44	1.44	1.41	1.26
คะแนน	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	9.50	9.50	9.00	9.50	9.00	9.50	9.00	9.00	9.25	9.57
กรณีศึกษารูปแบบช่องเปิดแบบ 3C																	
TYPE B	ชั้นที่ 1						ค่าเฉลี่ย (ชั้นที่ 1)	ชั้นที่ 2								ค่าเฉลี่ย (ชั้นที่ 2)	ค่าเฉลี่ยรวม
ตำแหน่งที่	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6	7	8		
ความเร็วลม	0.14	0.71	0.57	0.16	0.58	1.05	0.53	0.07	0.82	0.05	0.38	0.71	0.89	0.59	0.03	0.44	0.48
คะแนน	1.00	6.00	5.00	1.00	5.00	10.00	4.67	0.00	8.00	0.00	3.00	7.00	8.00	5.00	0.00	3.88	4.21
กรณีศึกษารูปแบบช่องเปิดแบบ 3C																	
TYPE C	ชั้นที่ 1						ค่าเฉลี่ย (ชั้นที่ 1)	ชั้นที่ 2								ค่าเฉลี่ย (ชั้นที่ 2)	ค่าเฉลี่ยรวม
ตำแหน่งที่	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6	7	8		
ความเร็วลม	1.77	1.74	1.72	1.82	1.80	1.78	1.77	1.49	1.53	1.37	1.40	1.16	1.18	0.90	0.99	1.25	1.47
คะแนน	8.50	8.50	8.50	8.00	8.50	8.50	8.42	9.00	9.00	9.50	9.50	10.00	10.00	8.00	9.00	9.25	8.89

จากการวิเคราะห์ผลการศึกษาในตารางที่ 19 กรณีศึกษาช่องเปิดแบบบานเปิดมีลูกพัก กระจกใสและเพิ่มขนาดพื้นที่ช่องเปิดที่ส่วนล่างเป็นบานเกล็ดกระจกใส ยกเว้นตำแหน่งที่ 5 ซึ่งเป็น ฐานพักบันได ช่องเปิดเป็นแบบบานกระทุ้งกระจกใสที่มีขนาดใหญ่ขึ้น (รูปแบบ 3C) พบว่า

บ้านแถว Type A ในชั้นล่างมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 1.05 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 10 คะแนน และชั้นบนมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 1.41 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 9.25 คะแนน เมื่อคิด คะแนนเฉลี่ยรวมของบ้านแถว Type A จะได้ 9.57 คะแนน ซึ่งเป็นคะแนนเฉลี่ยที่สูงที่สุดเมื่อเทียบกับบ้านแถว Type B และ Type C

บ้านแถว Type B ในชั้นล่างมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 0.53 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 4.67 คะแนน และชั้นบนมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 0.44 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 3.88 คะแนน เมื่อคิด คะแนนเฉลี่ยรวมของบ้านแถว Type B จะได้ 4.21 คะแนน ซึ่งเป็นคะแนนเฉลี่ยที่ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับบ้านแถว Type A และ Type C

บ้านแถว Type C ในชั้นล่างมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 1.77 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 8.42 คะแนน และชั้นบนมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 1.25 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 9.25 คะแนน เมื่อคิด คะแนนเฉลี่ยรวมของบ้านแถว Type C จะได้ 8.89 คะแนน ถือเป็นลำดับที่ 2 รองจาก Type A

1.5 เปรียบเทียบวิเคราะห์ค่าความเร็วลมและผลคะแนนของรูปแบบช่องเปิดที่ผนังภายนอก
เมื่อทำการศึกษาผลค่าคะแนนของรูปแบบช่องเปิดที่ผนังภายนอกแล้ว พบว่า

บ้านแถวศูนย์ทริมซ้ายสุด (Type A) รูปแบบช่องเปิดที่มีค่าคะแนนเฉลี่ยสูงสุดคือรูปแบบช่องเปิดแบบ 3C (ช่องเปิดแบบบานเปิดมีลูกพักกระจกใสและเพิ่มขนาดพื้นที่ช่องเปิดที่ส่วนล่างเป็นบานเกล็ดกระจกใส ยกเว้นตำแหน่งที่ 5 ซึ่งเป็นชานพักบันได ช่องเปิดเป็นแบบบานกระทุ้งกระจกใสที่มีขนาดใหญ่ขึ้น) โดยมีค่าความเร็วลมเฉลี่ยชั้นล่าง 1.05 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 10 คะแนน และชั้นบนมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 1.41 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 9.25 คะแนน เมื่อคิดคะแนนเฉลี่ยรวมของบ้านแถว Type A จะได้ 9.57 คะแนน ซึ่งมีค่าคะแนนเพิ่มขึ้นจากแบบเดิม 0.14 คะแนน (ตารางที่ 20)

บ้านแถวศูนย์ที่อยู่ตรงกลางอาคาร (Type B) รูปแบบช่องเปิดที่มีค่าคะแนนเฉลี่ยสูงสุดคือรูปแบบช่องเปิดแบบ 1A (ช่องเปิดแบบบานเปิดมีลูกพักกระจกใส ขนาดพื้นที่ช่องเปิดเท่าเดิม) โดยมีค่าความเร็วลมเฉลี่ยชั้นล่าง 0.94 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 6.33 คะแนน และชั้นบนมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 0.54 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 4.44 คะแนน เมื่อคิดคะแนนเฉลี่ยรวมของบ้านแถว Type B จะได้ 5.25 คะแนน ซึ่งมีค่าคะแนนเพิ่มขึ้นจากแบบเดิม 0.11 คะแนน (ตารางที่ 20)

บ้านแถวศูนย์ทริมขวาสุด (Type C) รูปแบบช่องเปิดที่มีค่าคะแนนเฉลี่ยสูงสุดคือรูปแบบช่องเปิดแบบเดิม โดยมีค่าความเร็วลมเฉลี่ยชั้นล่าง 1.74 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 8.50 คะแนน และชั้นบนมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 1.16 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 9.81 คะแนน เมื่อคิดคะแนนเฉลี่ยรวมของบ้านแถว Type C จะได้ 9.25 คะแนน (ตารางที่ 20)

ตารางที่ 20 ตารางวิเคราะห์ค่าความเร็วลมและผลคะแนนของรูปแบบช่องเปิดที่ผนังภายนอก

รูปแบบช่องเปิด	ค่าความเร็วลมเฉลี่ย (m/s)			ค่าคะแนนรวมเฉลี่ย		
	Type A	Type B	Type C	Type A	Type B	Type C
แบบเดิม	1.36	0.57	1.41	9.43	5.14	9.25
แบบ 1 A	1.41	0.71	1.39	9.32	5.25	9.18
แบบ 2 B	1.19	0.31	1.43	9.14	2.50	8.89
แบบ 3 C	1.26	0.48	1.47	9.57	4.21	8.89
ค่าสูงสุด	1.41	0.71	1.47	9.57	5.25	9.25
ผลต่างของค่าสูงสุด เปรียบเทียบกับแบบเดิม	0.05	0.14	0.06	0.14	0.11	0.00

จากตารางที่ 20 เมื่อทำการวิเคราะห์จากเกณฑ์ค่าคะแนนรวมเฉลี่ยสูงสุดสามารถเลือกตัวแทนรูปแบบช่องเปิดที่ผนังภายนอกที่เหมาะสมกับบ้านแถวกรณีศึกษาแต่ละยูนิต ดังแสดงในภาพที่ 58



ภาพที่ 58 รูปด้านอาคารแสดงรูปแบบช่องเปิดที่ผนังภายนอกที่มีค่าคะแนนสูงสุดของกรณศึกษาแต่ละชนิด

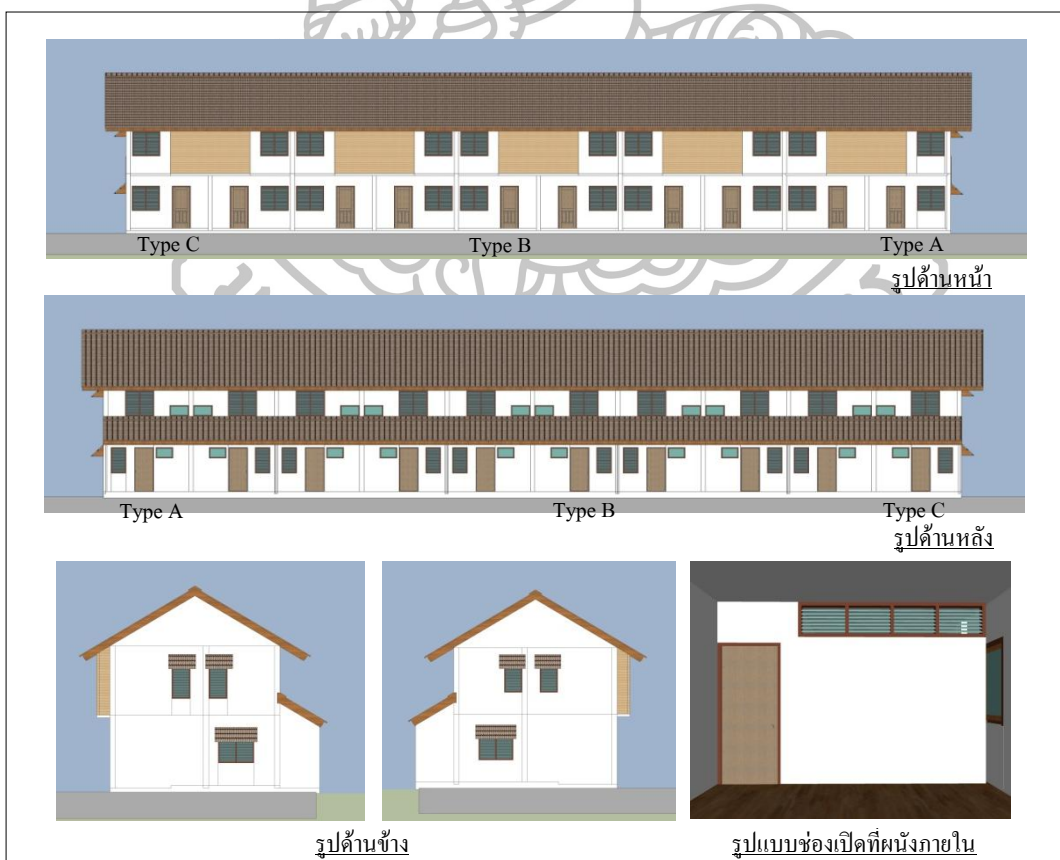
2. การปรับปรุงรูปแบบช่องเปิดที่ผนังภายนอกและผนังภายใน (แบบ 4D)

จากทฤษฎีหลักการไหลของอากาศผ่านอาคารในบทที่ 2 พบว่าการเจาะช่องเปิดของอาคาร ควรเลือกวางตำแหน่งช่องเปิดที่ด้านตรงข้ามของความกดอากาศที่ผิวอาคาร ทำให้เกิดการระบายอากาศแบบข้ามฟาก (Cross Ventilation) ซึ่งเป็นการระบายอากาศที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด

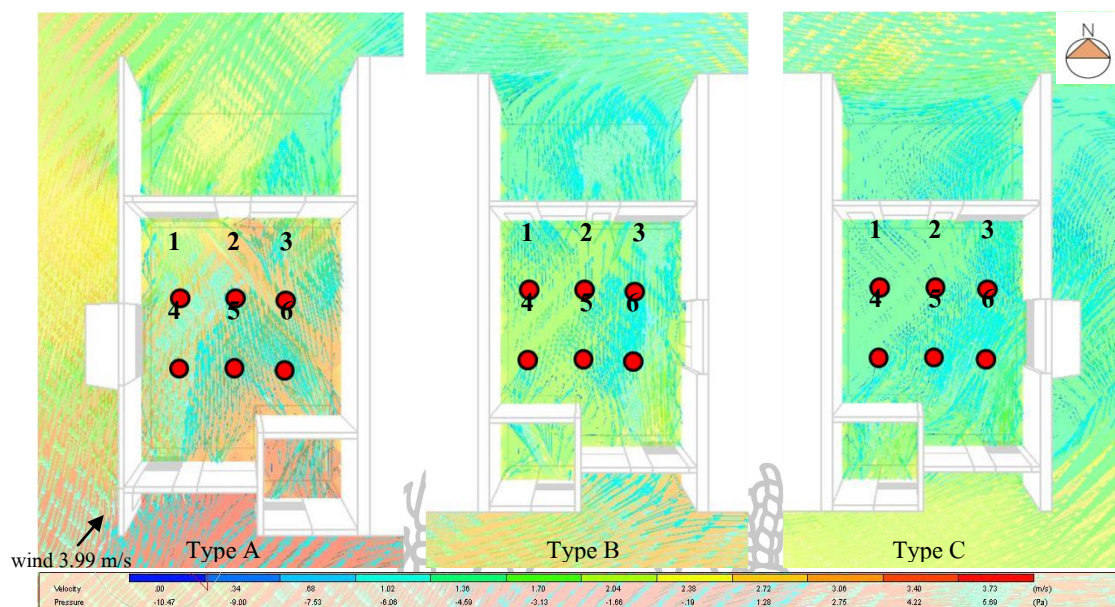
จากการศึกษารูปแบบช่องเปิดที่ผนังภายนอกที่ผ่านมา พบว่าบ้านแถวชนิดตรงกลาง (Type B) นั้น มีผลคะแนนในการระบายอากาศที่น้อยมากเนื่องจากไม่สามารถเปิดช่องเปิดด้านข้างเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายอากาศได้ ในการศึกษาครั้งนี้จึงได้เสนอแนะการปรับปรุงรูปแบบช่องเปิดที่ผนังภายนอกและภายใน(แบบ 4D) โดยการเพิ่มช่องเปิดภายในอาคารระหว่างห้องนอนชั้นบน เพื่อช่วยให้การระบายอากาศภายในอาคารดียิ่งขึ้น

2.1 ปรับปรุงรูปแบบช่องเปิดที่ผนังภายนอกเป็นแบบเดิมและผนังภายในแบบ 4D

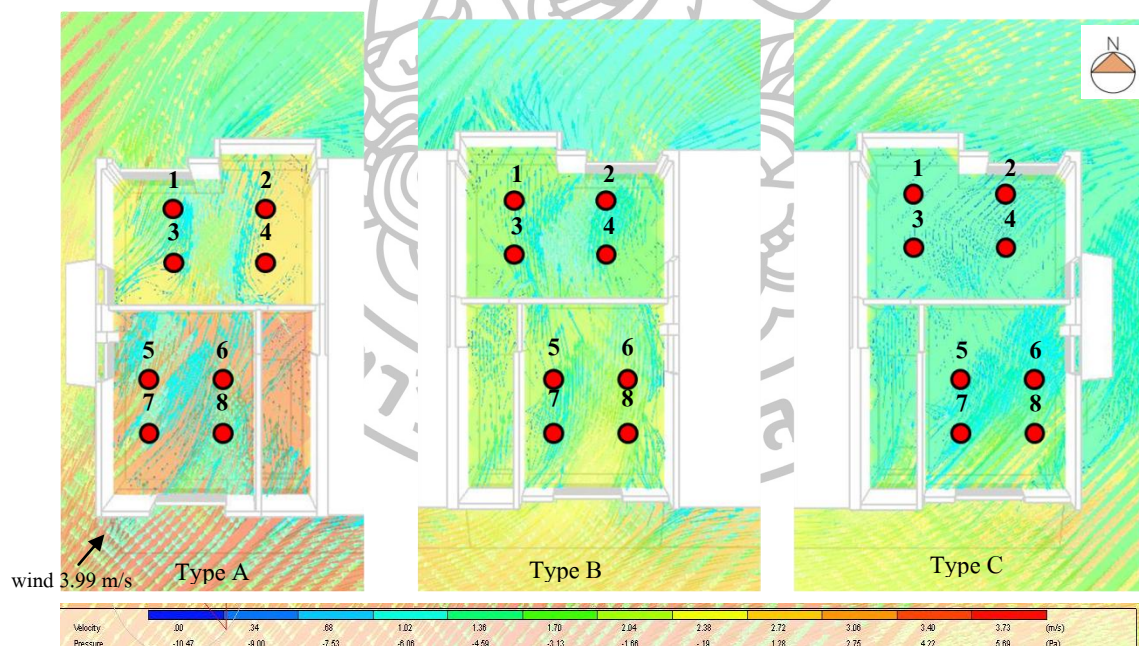
(ช่องเปิดแบบบานเกล็ดกระจกใส (แบบเดิม) และเพิ่มช่องเปิดภายในอาคารระหว่างห้องนอนชั้นบน เป็นช่องเปิดแบบบานเกล็ดกระจกใส ขนาด 0.40 x 2.90 เมตร ติดตั้งสูงจากพื้นห้องนอน 2.00 เมตร (4D))



ภาพที่ 59 รูปด้านอาคารแสดงรูปแบบที่ผนังภายนอกเป็นแบบเดิมและผนังภายในแบบ 4D



ภาพที่ 60 แสดงตำแหน่งจุดวัดค่าความเร็วลม จำนวน 6 จุด ของแปลนพื้นที่ชั้นล่างทั้ง 3 ชนิด (กรณีศึกษาแบบช่องเปิดที่ผนังภายนอกเป็นแบบเดิมและผนังภายในแบบ 4D (ตำแหน่งจุดวัดความเร็วลม ตามภาพที่ 41-42))



ภาพที่ 61 แสดงตำแหน่งจุดวัดค่าความเร็วลมจำนวน 8 จุดของแปลนพื้นที่ชั้นบนทั้ง 3 ชนิด (กรณีศึกษาแบบช่องเปิดที่ผนังภายนอกเป็นแบบเดิมและผนังภายในแบบ 4D (ตำแหน่งจุดวัดความเร็วลม ตามภาพที่ 41-42))

ตารางที่ 21 ตารางสรุปค่าความเร็วลมของกรณีศึกษารูปแบบช่องเปิดที่ผนังภายนอกเป็นแบบเดิม และผนังภายในแบบ 4D

กรณีศึกษารูปแบบช่องเปิด แบบเดิม+4D																	
TYPE A	ชั้นที่ 1						ค่าเฉลี่ย (ชั้นที่ 1)	ชั้นที่ 2								ค่าเฉลี่ย (ชั้นที่ 2)	ค่าเฉลี่ยรวม
ตำแหน่งที่	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6	7	8		
ความเร็วลม	1.36	1.34	1.32	1.46	1.45	1.42	1.39	1.92	1.89	1.95	1.93	1.96	1.96	2.00	2.00	1.95	1.71
คะแนน	9.50	9.50	9.50	9.00	9.00	9.00	9.25	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.54
กรณีศึกษารูปแบบช่องเปิด แบบเดิม+4D																	
TYPE B	ชั้นที่ 1						ค่าเฉลี่ย (ชั้นที่ 1)	ชั้นที่ 2								ค่าเฉลี่ย (ชั้นที่ 2)	ค่าเฉลี่ยรวม
ตำแหน่งที่	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6	7	8		
ความเร็วลม	0.44	0.92	1.14	0.45	0.73	1.16	0.81	0.11	0.28	0.12	0.43	0.82	1.09	1.04	0.10	0.50	0.63
คะแนน	4.00	9.00	10.00	4.00	7.00	10.00	7.33	1.00	2.00	1.00	4.00	8.00	10.00	10.00	0.00	4.50	5.71
กรณีศึกษารูปแบบช่องเปิด แบบเดิม+4D																	
TYPE C	ชั้นที่ 1						ค่าเฉลี่ย (ชั้นที่ 1)	ชั้นที่ 2								ค่าเฉลี่ย (ชั้นที่ 2)	ค่าเฉลี่ยรวม
ตำแหน่งที่	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6	7	8		
ความเร็วลม	2.31	2.28	2.25	2.35	2.34	2.33	2.31	1.87	1.98	1.77	1.82	1.60	1.59	1.33	1.39	1.67	1.94
คะแนน	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	8.00	8.00	8.50	8.00	9.00	9.00	9.50	9.50	8.69	7.96

จากผลการศึกษาในตารางที่ 21 พบว่าจากการทดลองรูปแบบช่องเปิดที่ผนังภายนอกเป็นแบบเดิมแล้วเพิ่มช่องเปิดที่ผนังภายในระหว่างห้องนอนชั้นบนร่วมด้วย (แบบเดิม+4D) นั้น

บ้านแถว Type A ในชั้นล่างมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 1.39 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 9.25 คะแนน และชั้นบนมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 1.95 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 8.00 คะแนน เมื่อคิดคะแนนเฉลี่ยรวมของบ้านแถว Type A จะได้ 8.54 คะแนน ซึ่งเป็นคะแนนเฉลี่ยที่สูงที่สุดเมื่อเทียบกับบ้านแถว Type B และ Type C

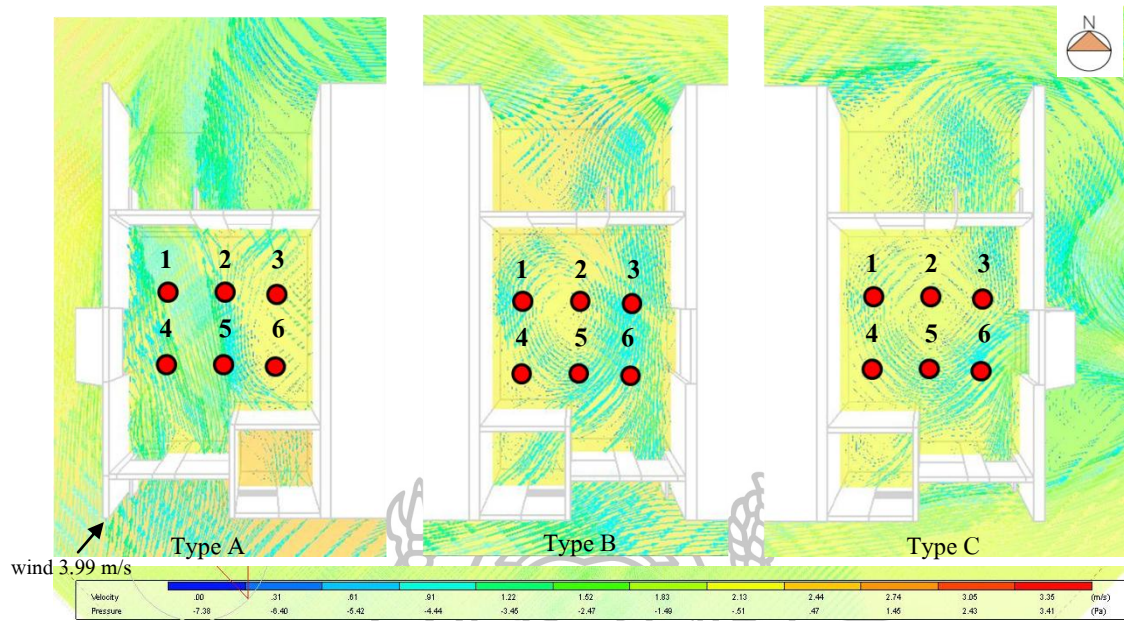
บ้านแถว Type B ในชั้นล่างมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 0.81 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 7.33 คะแนน และชั้นบนมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 0.50 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 4.50 คะแนน เมื่อคิดคะแนนเฉลี่ยรวมของบ้านแถว Type B จะได้ 5.71 คะแนน ซึ่งเป็นคะแนนเฉลี่ยที่ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับบ้านแถว Type A และ Type C

บ้านแถว Type C ในชั้นล่างมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 2.31 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 7.00 คะแนน และชั้นบนมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 1.67 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 8.69 คะแนน เมื่อคิดคะแนนเฉลี่ยรวมของบ้านแถว Type C จะได้ 7.96 คะแนน ถือเป็นลำดับที่ 2 รองจาก Type A

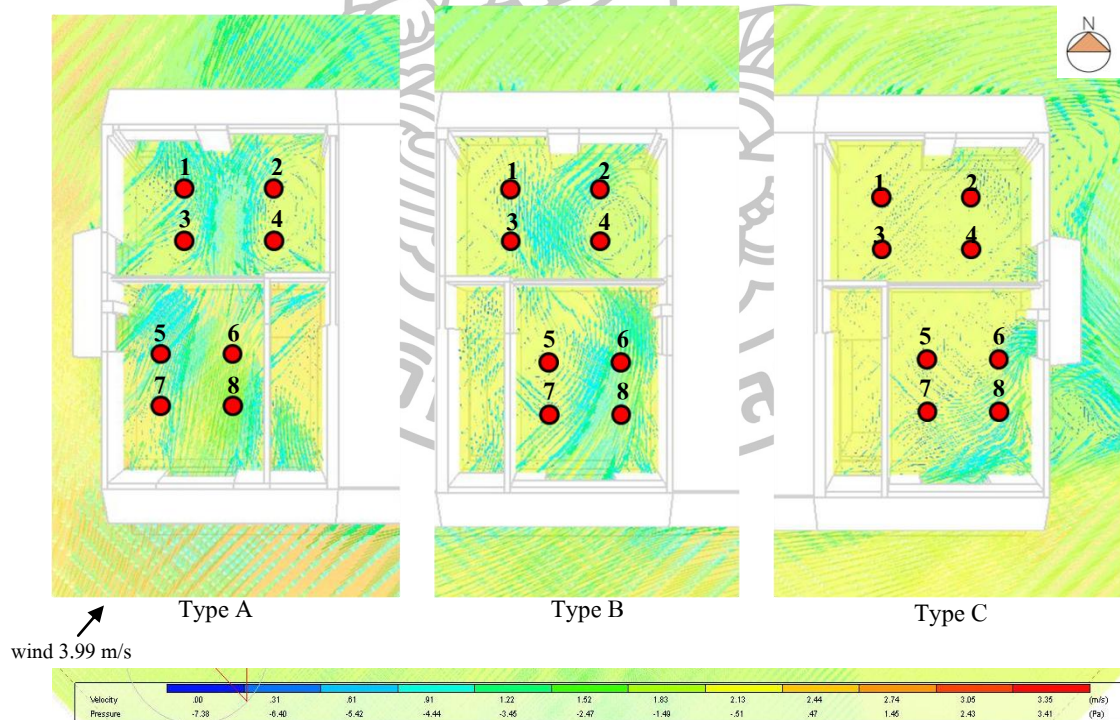
2.2 ปรับปรุงรูปแบบช่องเปิดที่ผนังภายนอกเป็นแบบ 1A และผนังภายในแบบ 4D (ช่องเปิดภายนอกแบบบานเปิดมีลูกฟูกกระจกใส ขนาดพื้นที่ช่องเปิดเท่าเดิม(1A) และเพิ่มช่องเปิดภายในอาคารระหว่างห้องนอนชั้นบน เป็นช่องเปิดแบบบานเกล็ดกระจกใส ขนาด 0.40 x 2.90 เมตร ติดตั้งสูงจากพื้นห้องนอน 2.00 เมตร (4D))



ภาพที่ 62 รูปด้านอาคารแสดงรูปแบบที่ผนังภายนอกเป็นแบบ 1A และผนังภายในแบบ 4D



ภาพที่ 63 แสดงตำแหน่งจุดวัดค่าความเร็วลม จำนวน 6 จุด ของแปลนพื้นที่ชั้นล่างทั้ง 3 หน่วย (กรณีศึกษาแบบช่องเปิดที่ผนังภายนอกเป็นแบบ 1A และผนังภายในแบบ 4D (ตำแหน่งจุดวัดความเร็วลม ตามภาพที่ 41-42))



ภาพที่ 64 แสดงตำแหน่งจุดวัดค่าความเร็วลมจำนวน 8 จุดของแปลนพื้นที่ชั้นบนทั้ง 3 หน่วย (กรณีศึกษาแบบช่องเปิดที่ผนังภายนอกเป็นแบบ 1A และผนังภายในแบบ 4D (ตำแหน่งจุดวัดความเร็วลม ตามภาพที่ 41-42))

ตารางที่ 22 ตารางสรุปค่าความเร็วลมของกรณีศึกษารูปแบบช่องเปิดที่ผนังภายนอกเป็นแบบ 1A และผนังภายในแบบ 4D

กรณีศึกษารูปแบบช่องเปิดแบบ 1A+4D																	
TYPE A	ชั้นที่ 1						ค่าเฉลี่ย (ชั้นที่ 1)	ชั้นที่ 2								ค่าเฉลี่ย (ชั้นที่ 2)	ค่าเฉลี่ยรวม
ตำแหน่งที่	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6	7	8		
ความเร็วลม	1.30	1.26	1.17	1.36	1.31	1.24	1.27	1.72	1.66	1.75	1.70	1.78	1.75	1.81	1.79	1.75	1.54
คะแนน	9.50	9.50	10.00	9.50	9.50	9.50	9.58	8.50	8.50	8.50	8.50	8.50	8.50	8.00	8.50	8.44	8.93
กรณีศึกษารูปแบบช่องเปิดแบบ 1A+4D																	
TYPE B	ชั้นที่ 1						ค่าเฉลี่ย (ชั้นที่ 1)	ชั้นที่ 2								ค่าเฉลี่ย (ชั้นที่ 2)	ค่าเฉลี่ยรวม
ตำแหน่งที่	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6	7	8		
ความเร็วลม	0.45	0.23	0.56	0.49	0.33	0.87	0.49	0.05	0.40	0.07	0.25	0.60	0.67	0.58	0.15	0.35	0.41
คะแนน	4.00	2.00	5.00	4.00	3.00	8.00	4.33	0.00	3.00	0.00	2.00	5.00	6.00	5.00	1.00	2.75	3.43
กรณีศึกษารูปแบบช่องเปิดแบบ 1A+4D																	
TYPE C	ชั้นที่ 1						ค่าเฉลี่ย (ชั้นที่ 1)	ชั้นที่ 2								ค่าเฉลี่ย (ชั้นที่ 2)	ค่าเฉลี่ยรวม
ตำแหน่งที่	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6	7	8		
ความเร็วลม	2.52	2.51	2.50	2.56	2.56	2.57	2.54	1.18	1.40	1.01	1.25	0.89	1.02	0.86	0.92	1.07	1.70
คะแนน	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	10.00	9.50	10.00	9.50	8.00	10.00	8.00	9.00	9.25	8.07

จากผลการศึกษาในตารางที่ 22 พบว่าจากการทดลองช่องเปิดภายนอกแบบบานเปิดมีลูกปีกกระจกลไส ขนาดพื้นที่ช่องเปิดเท่าเดิมและเพิ่มช่องเปิดภายในอาคารระหว่างห้องนอนชั้นบนเป็นช่องเปิดแบบบานเกล็ดกระจกลไส ขนาด 0.40 x 2.90 เมตร ติดตั้งสูงจากพื้นห้องนอน 2.00 เมตร (รูปแบบ 1A+4D) นั้น

บ้านแถว Type A ในชั้นล่างมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 1.27 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 9.58 คะแนน และชั้นบนมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 1.75 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 8.44 คะแนน เมื่อคิดคะแนนเฉลี่ยรวมของบ้านแถว Type A จะได้ 8.93 คะแนน ซึ่งเป็นคะแนนเฉลี่ยที่สูงที่สุดเมื่อเทียบกับบ้านแถว Type B และ Type C

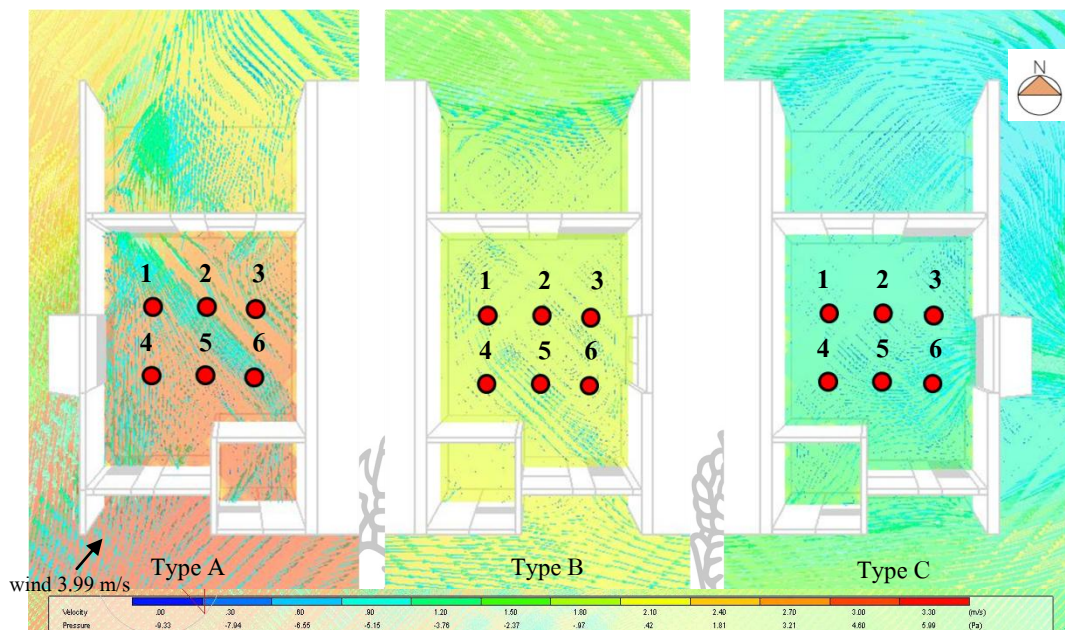
บ้านแถว Type B ในชั้นล่างมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 0.49 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 4.33 คะแนน และชั้นบนมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 0.35 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 2.75 คะแนน เมื่อคิดคะแนนเฉลี่ยรวมของบ้านแถว Type B จะได้ 3.43 คะแนน ซึ่งเป็นคะแนนเฉลี่ยที่ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับบ้านแถว Type A และ Type C

บ้านแถว Type C ในชั้นล่างมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 2.54 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 6.50 คะแนน และชั้นบนมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 1.07 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 9.25 คะแนน เมื่อคิดคะแนนเฉลี่ยรวมของบ้านแถว Type C จะได้ 8.07 คะแนน ถือเป็นลำดับที่ 2 รองจาก Type A

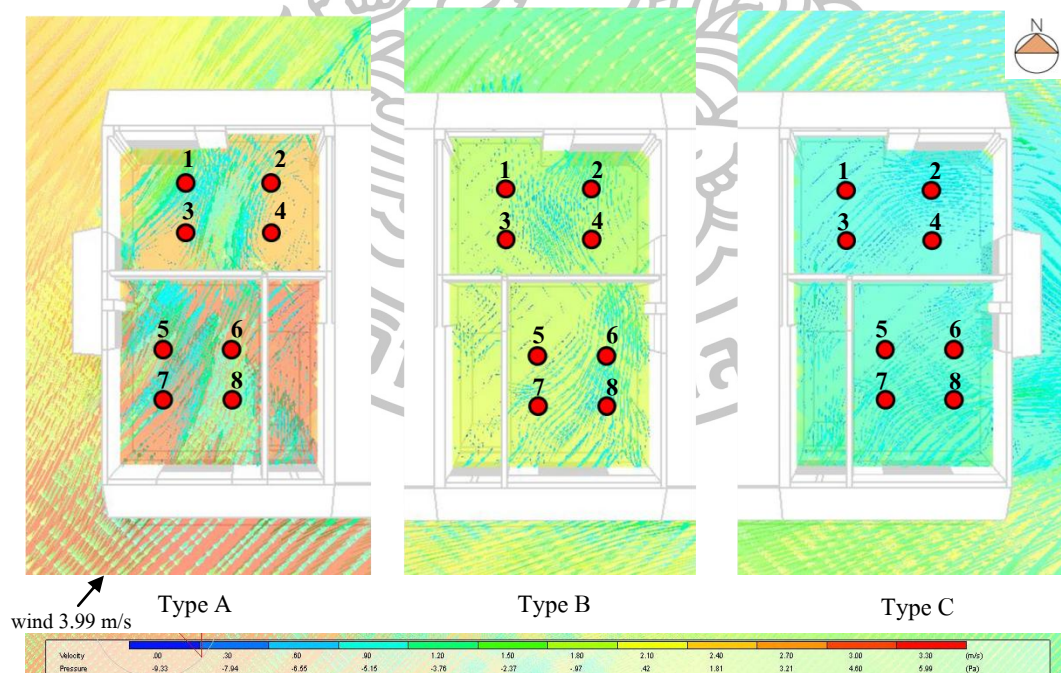
2.3 ปรับปรุงรูปแบบช่องเปิดที่ผนังภายนอกเป็นแบบ 2B และผนังภายในแบบ 4D (ช่องเปิดแบบบานเกล็ดกระจกไสและเพิ่มขนาดพื้นที่ช่องเปิดที่ส่วนล่างเป็นบานเกล็ดกระจกไส (2B) และเพิ่มช่องเปิดภายในอาคารระหว่างห้องนอนชั้นบน เป็นช่องเปิดแบบบานเกล็ดกระจกไส ขนาด 0.40 x 2.90 เมตร ติดตั้งสูงจากพื้นห้องนอน 2.00 เมตร (4D))



ภาพที่ 65 รูปด้านอาคารแสดงรูปแบบที่ผนังภายนอกเป็นแบบ 2B และผนังภายในแบบ 4D



ภาพที่ 66 แสดงตำแหน่งจุดวัดค่าความเร็วลม จำนวน 6 จุด ของแปลนพื้นที่ชั้นล่างทั้ง 3 ยูนิต (กรณีศึกษาแบบห้องเปิดที่ผนังภายนอกเป็นแบบ 2B และผนังภายในแบบ 4D (ตำแหน่งจุดวัดความเร็วลม ตามภาพที่ 41-42))



ภาพที่ 67 แสดงตำแหน่งจุดวัดค่าความเร็วลมจำนวน 8 จุดของแปลนพื้นที่ชั้นบนทั้ง 3 ยูนิต (กรณีศึกษาแบบห้องเปิดที่ผนังภายนอกเป็นแบบ 2B และผนังภายในแบบ 4D (ตำแหน่งจุดวัดความเร็วลม ตามภาพที่ 41-42))

ตารางที่ 23 ตารางสรุปค่าความเร็วลมของกรณีศึกษารูปแบบช่องเปิดที่ผนังภายนอกเป็นแบบ 2B และผนังภายในแบบ 4D

กรณีศึกษารูปแบบช่องเปิดแบบ 2B+4D																	
TYPE A	ชั้นที่ 1						ค่าเฉลี่ย (ชั้นที่ 1)	ชั้นที่ 2								ค่าเฉลี่ย (ชั้นที่ 2)	ค่าเฉลี่ยรวม
ตำแหน่งที่	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6	7	8		
ความเร็วลม	1.17	1.11	1.03	1.20	1.14	1.07	1.12	1.68	1.65	1.72	1.69	1.73	1.72	1.77	1.76	1.72	1.46
คะแนน	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	8.50	8.50	8.50	8.50	8.50	8.50	8.50	8.50	8.50	9.14
กรณีศึกษารูปแบบช่องเปิดแบบ 2B+4D																	
TYPE B	ชั้นที่ 1						ค่าเฉลี่ย (ชั้นที่ 1)	ชั้นที่ 2								ค่าเฉลี่ย (ชั้นที่ 2)	ค่าเฉลี่ยรวม
ตำแหน่งที่	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6	7	8		
ความเร็วลม	0.13	0.16	0.15	0.26	0.13	0.19	0.17	0.07	0.26	0.13	0.20	0.20	0.45	0.39	0.11	0.23	0.20
คะแนน	1.00	1.00	1.00	2.00	1.00	1.00	1.17	0.00	2.00	1.00	1.00	1.00	4.00	3.00	1.00	1.63	1.43
กรณีศึกษารูปแบบช่องเปิดแบบ 2B+4D																	
TYPE C	ชั้นที่ 1						ค่าเฉลี่ย (ชั้นที่ 1)	ชั้นที่ 2								ค่าเฉลี่ย (ชั้นที่ 2)	ค่าเฉลี่ยรวม
ตำแหน่งที่	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6	7	8		
ความเร็วลม	2.35	2.31	2.29	2.46	2.42	2.40	2.37	1.76	1.85	1.55	1.68	1.24	1.40	0.92	1.06	1.43	1.84
คะแนน	7.00	7.00	7.00	6.50	6.50	7.00	6.83	8.50	8.00	9.00	8.50	9.50	9.50	9.00	10.00	9.00	8.07

จากผลการศึกษาในตารางที่ 23 พบว่าจากการทดลองช่องเปิดภายนอกแบบบานเกล็ดกระจกใสและเพิ่มขนาดพื้นที่ช่องเปิดที่ส่วนล่างเป็นบานเกล็ดกระจกใส (2B) และเพิ่มช่องเปิดภายในอาคารระหว่างห้องนอนชั้นบน เป็นช่องเปิดแบบบานเกล็ดกระจกใส ขนาด 0.40 x 2.90 เมตร ติดตั้งสูงจากพื้นห้องนอน 2.00 เมตร (รูปแบบ 2B+4D) นั้น

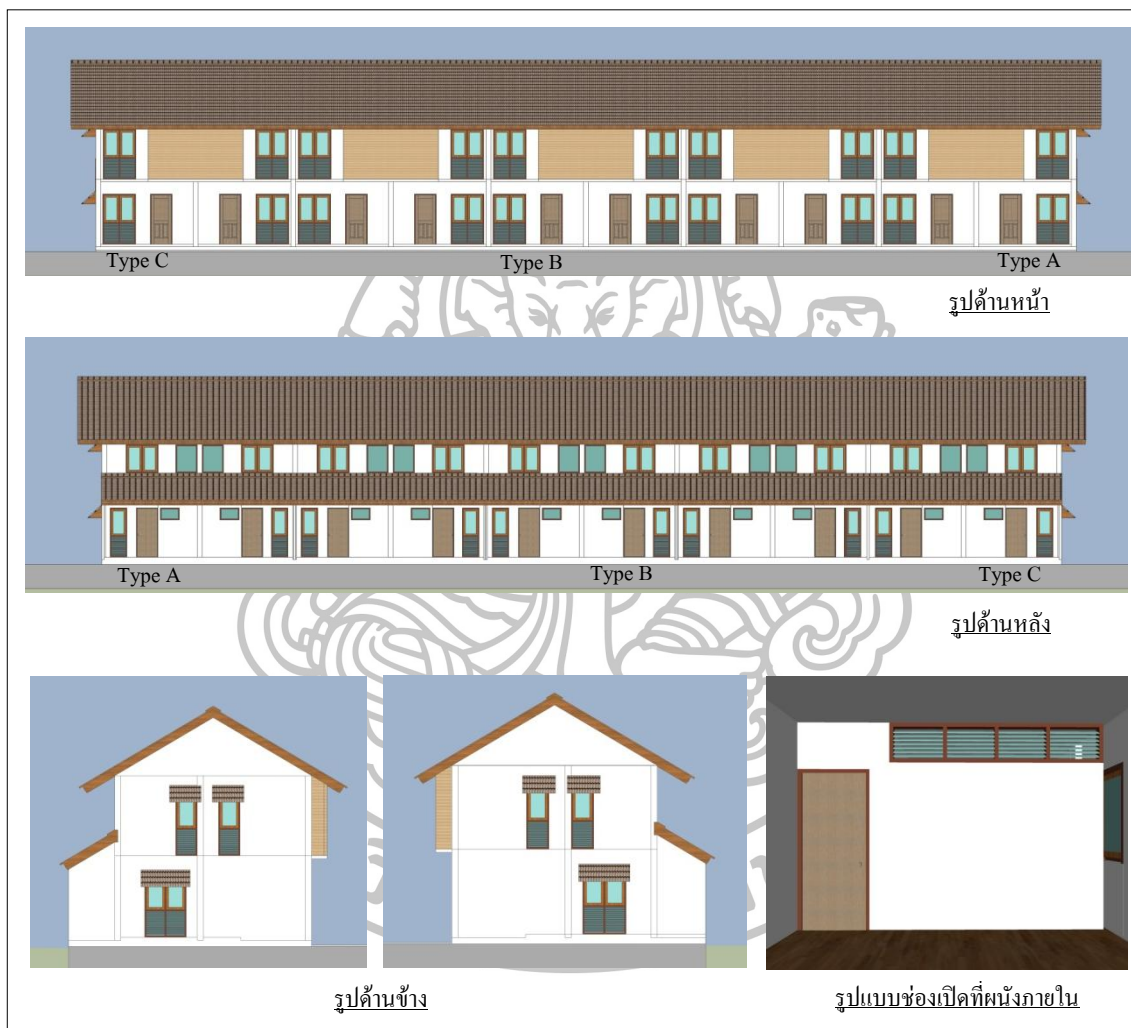
บ้านแถว Type A ในชั้นล่างมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 1.12 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 10 คะแนน และชั้นบนมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 1.72 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 8.50 คะแนน เมื่อคิดคะแนนเฉลี่ยรวมของบ้านแถว Type A จะได้ 9.14 คะแนน ซึ่งเป็นคะแนนเฉลี่ยที่สูงที่สุดเมื่อเทียบกับบ้านแถว Type B และ Type C

บ้านแถว Type B ในชั้นล่างมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 0.17 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 1.17 คะแนน และชั้นบนมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 0.23 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 1.63 คะแนน เมื่อคิดคะแนนเฉลี่ยรวมของบ้านแถว Type B จะได้ 1.43 คะแนน ซึ่งเป็นคะแนนเฉลี่ยที่ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับบ้านแถว Type A และ Type C

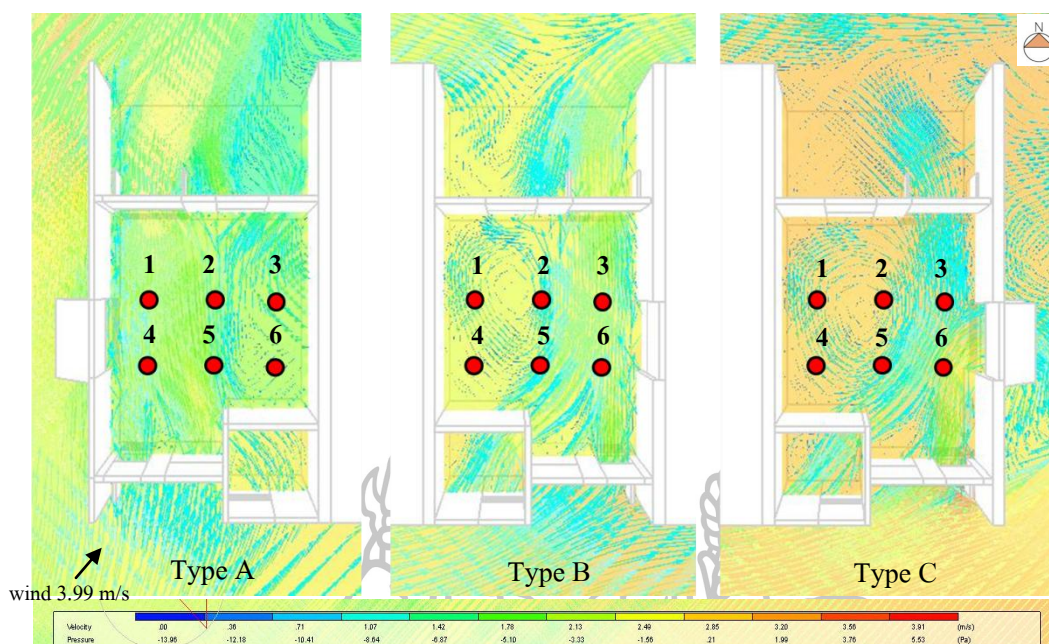
บ้านแถว Type C ในชั้นล่างมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 2.37 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 6.83 คะแนน และชั้นบนมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 1.43 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 9.00 คะแนน เมื่อคิดคะแนนเฉลี่ยรวมของบ้านแถว Type C จะได้ 8.07 คะแนน ถือเป็นลำดับที่ 2 รองจาก Type A

2.4 ปรับปรุงรูปแบบช่องเปิดที่ผนังภายนอกเป็นแบบ 3C และผนังภายในแบบ 4D

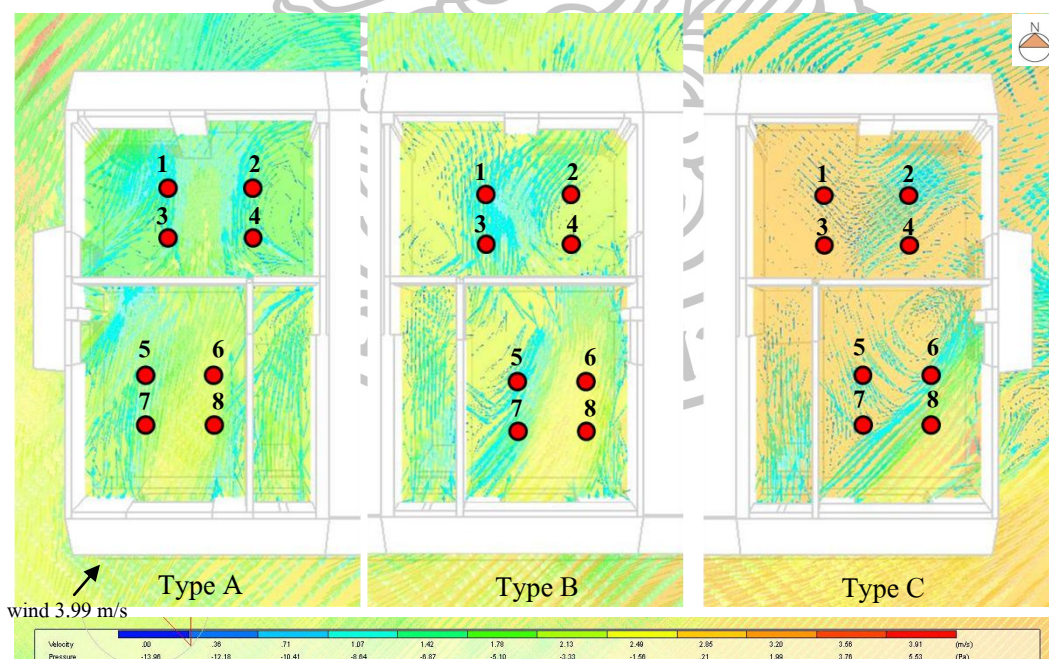
(ช่องเปิดแบบบานเปิดมีลูกฟักกระจกใสและเพิ่มขนาดพื้นที่ช่องเปิดที่ส่วนล่างเป็นบานเกล็ดกระจกใส (3C) และเพิ่มช่องเปิดภายในอาคารระหว่างห้องนอนชั้นบน เป็นช่องเปิดแบบบานเกล็ดกระจกใส ขนาด 0.40 x 2.90 เมตร ติดตั้งสูงจากพื้นห้องนอน 2.00 เมตร (4D))



ภาพที่ 68 รูปด้านอาคารแสดงรูปแบบที่ผนังภายนอกเป็นแบบ 3C และผนังภายในแบบ 4D



ภาพที่ 69 แสดงตำแหน่งจุดวัดค่าความเร็วลม จำนวน 6 จุด ของแปลนพื้นที่ชั้นล่างทั้ง 3 ยูนิต (กรณีศึกษารูปแบบช่องเปิดที่ผนังภายนอกเป็นแบบ 3C และผนังภายในแบบ 4D (ตำแหน่งจุดวัดความเร็วลม ตามภาพที่ 41-42))



ภาพที่ 70 แสดงตำแหน่งจุดวัดค่าความเร็วลมจำนวน 8 จุดของแปลนพื้นที่ชั้นบนทั้ง 3 ยูนิต (กรณีศึกษารูปแบบช่องเปิดที่ผนังภายนอกเป็นแบบ 3C และผนังภายในแบบ 4D (ตำแหน่งจุดวัดความเร็วลม ตามภาพที่ 41-42))

ตารางที่ 24 ตารางสรุปค่าความเร็วลมของกรณีศึกษารูปแบบช่องเปิดที่ผนังภายนอกเป็นแบบ 3C และผนังภายในแบบ 4D

กรณีศึกษารูปแบบช่องเปิดแบบ 3C+4D																	
TYPE A	ชั้นที่ 1						ค่าเฉลี่ย (ชั้นที่ 1)	ชั้นที่ 2								ค่าเฉลี่ย (ชั้นที่ 2)	ค่าเฉลี่ยรวม
ตำแหน่งที่	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6	7	8		
ความเร็วลม	1.57	1.51	1.42	1.65	1.59	1.51	1.54	2.08	2.01	2.10	2.03	2.11	2.09	2.14	2.11	2.08	1.85
คะแนน	9.00	9.00	9.00	8.50	9.00	9.00	8.92	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	8.11
กรณีศึกษารูปแบบช่องเปิดแบบ 3C+4D																	
TYPE B	ชั้นที่ 1						ค่าเฉลี่ย (ชั้นที่ 1)	ชั้นที่ 2								ค่าเฉลี่ย (ชั้นที่ 2)	ค่าเฉลี่ยรวม
ตำแหน่งที่	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6	7	8		
ความเร็วลม	0.52	0.52	1.02	0.40	0.92	1.84	0.87	0.03	0.94	0.04	0.35	0.75	1.01	0.92	0.21	0.53	0.68
คะแนน	5.00	5.00	10.00	3.00	9.00	8.00	6.67	0.00	9.00	0.00	3.00	7.00	10.00	9.00	2.00	5.00	5.71
กรณีศึกษารูปแบบช่องเปิดแบบ 3C+4D																	
TYPE C	ชั้นที่ 1						ค่าเฉลี่ย (ชั้นที่ 1)	ชั้นที่ 2								ค่าเฉลี่ย (ชั้นที่ 2)	ค่าเฉลี่ยรวม
ตำแหน่งที่	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6	7	8		
ความเร็วลม	2.51	2.53	2.54	2.36	2.41	2.44	2.47	1.52	1.48	1.45	1.39	1.44	1.35	1.53	1.47	1.45	1.89
คะแนน	6.50	6.50	6.50	7.00	6.50	6.50	6.58	9.00	9.00	9.00	9.50	9.00	9.50	9.00	9.00	9.13	8.04

จากผลการศึกษาในตารางที่ 24 พบว่าจากการทดลองช่องเปิดภายนอกแบบบานเปิดมีลูกปีกกระจกไสและเพิ่มขนาดพื้นที่ช่องเปิดที่ส่วนล่างเป็นบานเกล็ดกระจกไส (3C) และเพิ่มช่องเปิดภายในอาคารระหว่างห้องนอนชั้นบน เป็นช่องเปิดแบบบานเกล็ดกระจกไส ขนาด 0.40 x 2.90 เมตร ติดตั้งสูงจากพื้นห้องนอน 2.00 เมตร (รูปแบบ 3C+4D) นั้น

บ้านแถว Type A ในชั้นล่างมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 1.54 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 8.92 คะแนน และชั้นบนมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 2.08 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 7.50 คะแนน เมื่อคิดคะแนนเฉลี่ยรวมของบ้านแถว Type A จะ ได้ 8.11 คะแนน ซึ่งเป็นคะแนนเฉลี่ยที่สูงที่สุดเมื่อเทียบกับบ้านแถว Type B และ Type C

บ้านแถว Type B ในชั้นล่างมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 0.87 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 6.67 คะแนน และชั้นบนมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 0.53 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 5.00 คะแนน เมื่อคิดคะแนนเฉลี่ยรวมของบ้านแถว Type B จะ ได้ 5.71 คะแนน ซึ่งเป็นคะแนนเฉลี่ยที่ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับบ้านแถว Type A และ Type C

บ้านแถว Type C ในชั้นล่างมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 2.47 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 6.58 คะแนน และชั้นบนมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 1.45 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 9.13 คะแนน เมื่อคิดคะแนนเฉลี่ยรวมของบ้านแถว Type C จะ ได้ 8.04 คะแนน ถือเป็นลำดับที่ 2 รองจาก Type A

2.5 เปรียบเทียบวิเคราะห์ค่าความเร็วลมและผลคะแนนของรูปแบบช่องเปิดที่ผนังภายนอกและภายใน

สามารถวิเคราะห์ผลการศึกษาได้ดังนี้

บ้านแถวยูนิตริมซ้ายสุด (Type A) รูปแบบช่องเปิดที่มีค่าคะแนนเฉลี่ยสูงสุดคือรูปแบบ 2B+4D โดยมีค่าความเร็วลมเฉลี่ยในชั้นล่าง 1.12 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 10 คะแนน และชั้นบนมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 1.72 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 8.50 คะแนน เมื่อคิดคะแนนเฉลี่ยรวมของบ้านแถว Type A จะได้ 9.14 คะแนน เพิ่มขึ้นจากแบบเดิม 0.61 คะแนน (ตารางที่ 25)

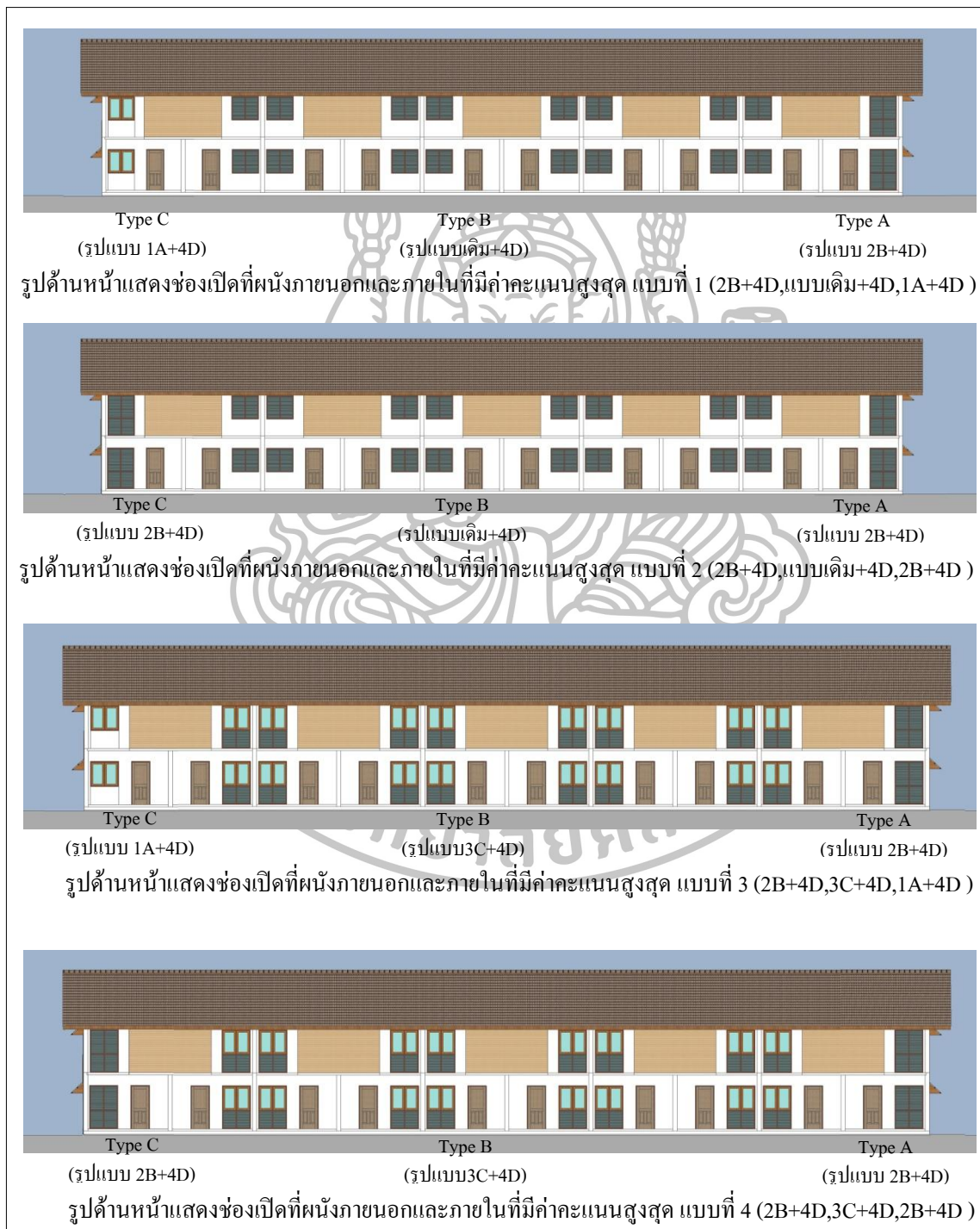
บ้านแถวยูนิตริมตรงกลางอาคาร (Type B) รูปแบบช่องเปิดที่มีค่าคะแนนเฉลี่ยสูงสุดมี 2 รูปแบบคือรูปแบบช่องเปิดแบบ เดิม+4D โดยในชั้นล่างมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 0.81 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 7.33 คะแนน และชั้นบนมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 0.50 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 4.50 คะแนน คิดเป็นคะแนนเฉลี่ยรวมได้ 5.71 คะแนน และช่องเปิดรูปแบบ 3C+4D โดยในชั้นล่างมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 0.87 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 6.67 คะแนน และชั้นบนมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 0.53 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 5.00 คะแนน เมื่อคิดคะแนนเฉลี่ยรวมแล้วจะได้ 5.71 คะแนน ซึ่งมีค่าคะแนนเท่ากันทั้ง 2 รูปแบบ (ตารางที่ 25)

บ้านแถวยูนิตริมขวาสุด (Type C) รูปแบบช่องเปิดที่มีค่าคะแนนเฉลี่ยสูงสุดมี 2 รูปแบบคือรูปแบบช่องเปิดแบบ 1A+4D โดยในชั้นล่างมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 2.54 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 6.50 คะแนน และชั้นบนมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 1.07 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 9.25 คะแนน เมื่อคิดคะแนนเฉลี่ยรวมจะได้ 8.07 คะแนน และรูปแบบช่องเปิดแบบ 2B+4D โดยในชั้นล่างมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 2.37 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 6.83 คะแนน และชั้นบนมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 1.43 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 9.00 คะแนน เมื่อคิดคะแนนเฉลี่ยรวมของบ้านแถว Type C จะได้ 8.07 คะแนน ซึ่งมีค่าคะแนนเท่ากันและมีคะแนนเพิ่มขึ้นจากแบบเดิม 0.11 คะแนน (ตารางที่ 25)

ตารางที่ 25 ตารางวิเคราะห์ผลคะแนนของรูปแบบช่องเปิดที่ผนังภายนอกและภายใน

รูปแบบช่องเปิด	ค่าความเร็วลมเฉลี่ย (m/s)			ค่าคะแนนรวมเฉลี่ย		
	Type A	Type B	Type C	Type A	Type B	Type C
แบบเดิม+4D	1.71	0.63	1.94	8.54	5.71	7.96
แบบ 1 A+4D	1.54	0.63	1.70	8.93	3.43	8.07
แบบ 2 B+4D	1.46	0.20	1.84	9.14	1.43	8.07
แบบ 3 C+4D	1.85	0.68	1.89	8.11	5.71	8.04
ค่าสูงสุด	1.85	0.68	1.94	9.14	5.71	8.07
ผลต่างของค่าสูงสุด	0.14	0.05	0.00	0.61	0.00	0.11

จากตารางที่ 25 โดยการวิเคราะห์จากเกณฑ์ค่าคะแนนรวมเฉลี่ยสูงสุดสามารถเลือกตัวแทนรูปแบบช่องเปิดที่ผนังภายนอกที่เหมาะสมกับบ้านแถวกรณีศึกษาแต่ละยูนิต ทั้งนี้มีบางยูนิตมีค่าคะแนนที่เท่ากัน ทำให้สามารถจัดรูปแบบออกมาได้ 4 รูปแบบ ดังแสดงในภาพที่ 71



ภาพที่ 71 แสดงรูปแบบช่องเปิดที่ผนังภายนอกและภายในที่มีค่าคะแนนสูงสุดของแต่ละยูนิต

3. การเปรียบเทียบค่าคะแนนและความเร็วลมของรูปแบบช่องเปิดในกรณีศึกษาทั้งหมด

จากการศึกษาผลค่าความเร็วลมที่ได้จากโปรแกรม DesignBuilder โดยการจำลองรูปแบบช่องเปิดทั้งหมด และนำมาเปรียบเทียบเป็นค่าคะแนน พบว่า

บ้านแถวยูนิตริมซ้ายสุด (Type A) รูปแบบช่องเปิดที่มีค่าคะแนนรวมเฉลี่ยสูงสุดคือรูปแบบช่องเปิดที่ผนังภายนอกแบบ 3C คือ ช่องเปิดแบบบานเปิดมีลูกฟูกกระจกใสและเพิ่มขนาดพื้นที่ช่องเปิดที่ส่วนล่างเป็นบานเกล็ดกระจกใส ยกเว้นตำแหน่งที่ 5 ซึ่งเป็นชานพักบันได ช่องเปิดเป็นแบบบานกระทุ้งกระจกใสที่มีขนาดใหญ่ขึ้น โดยได้คะแนนสูงสุดเป็นลำดับที่หนึ่ง 9.57 คะแนน ส่วนลำดับที่สองคือรูปแบบช่องเปิดแบบเดิมได้คะแนน 9.43 คะแนน (ตารางที่ 26)

บ้านแถวยูนิตรตรงกลาง (Type B) รูปแบบช่องเปิดที่มีค่าคะแนนรวมเฉลี่ยสูงสุดคือรูปแบบช่องเปิดที่ผนังภายนอกและภายใน ได้แก่ รูปแบบเดิม+4D คือ รูปแบบช่องเปิดแบบบานเกล็ดกระจกใสและเพิ่มช่องเปิดภายในอาคารระหว่างห้องนอนชั้นบน เป็นช่องเปิดแบบบานเกล็ดกระจกใส ขนาด 0.40 x 2.90 เมตรติดตั้งสูงจากพื้นห้องนอน 2.00 เมตร และ แบบ 3C+4D คือ ช่องเปิดแบบบานเปิดมีลูกฟูกกระจกใสและเพิ่มขนาดพื้นที่ช่องเปิดที่ส่วนล่างเป็นบานเกล็ดกระจกใสและเพิ่มช่องเปิดภายในอาคารระหว่างห้องนอนชั้นบน เป็นช่องเปิดแบบบานเกล็ดกระจกใส ขนาด 0.40 x 2.90 เมตรติดตั้งสูงจากพื้นห้องนอน 2.00 เมตร ซึ่งทั้งสองรูปแบบมีค่าคะแนนเท่ากัน คือ 5.71 คะแนน (ตารางที่ 26)

บ้านแถวยูนิตรขวาสุด (Type C) รูปแบบช่องเปิดที่มีค่าคะแนนรวมเฉลี่ยสูงสุดคือรูปแบบช่องเปิดที่ผนังภายนอก ได้แก่ รูปแบบเดิม คือ รูปแบบช่องเปิดแบบบานเกล็ดกระจกใส โดยได้คะแนนสูงสุดเป็นลำดับที่หนึ่ง 9.25 คะแนน ส่วนลำดับที่สองคือรูปแบบช่องเปิดแบบ 1A คือ ช่องเปิดแบบบานเปิดมีลูกฟูกกระจกใส ขนาดพื้นที่ช่องเปิดเท่าเดิม โดยมีค่าคะแนน 9.18 คะแนน (ตารางที่ 26)

จากการเปรียบเทียบข้างต้น พบว่า การปรับปรุงรูปแบบช่องเปิดที่ผนังภายนอกและผนังภายใน (แบบ 4D) นั้นมีเพียงยูนิตร Type B ซึ่งมีรูปแบบช่องเปิดภายนอกเป็นแบบเดิม กับแบบ 3C เท่านั้นที่เมื่อปรับปรุงโดยการเพิ่มช่องเปิดที่ผนังภายในระหว่างห้องนอนชั้นบนแล้ว ทำให้ได้ค่าความเร็วลมที่ดีขึ้นตามเกณฑ์ที่กำหนดในตารางเกณฑ์การให้ค่าคะแนนที่สัมพันธ์กับความเร็วลมของกรณีศึกษา (ตารางที่ 13) ในขณะที่ยูนิตรที่อยู่ด้านริมทั้ง 2 ด้าน คือยูนิตร Type A และ Type C นั้นมีความเร็วลมภายในอาคารโดยส่วนใหญ่เพิ่มสูงขึ้น เกินกว่าเกณฑ์สภาวะสบายที่กำหนดไว้ ทำให้ค่าคะแนนที่ได้ต่ำลงกว่าเดิม (ตารางที่ 26)

ตารางที่ 26 ตารางวิเคราะห์ค่าคะแนนเพื่อสรุปผลการทดลอง

รูปแบบช่องเปิด		ค่าคะแนนเฉลี่ยทั้ง 14 จุด / กรณีศึกษา			คะแนนรวม
		TYPE A	TYPE B	TYPE C	
รูปแบบปรับปรุง ช่องเปิดภายนอก อาคาร	แบบเดิม	9.43	5.14	9.25	23.82
	แบบ 1A	9.32	5.25	9.18	23.75
	แบบ 2B	9.14	2.50	8.89	20.53
	แบบ 3C	9.57	4.21	8.89	22.67
รูปแบบปรับปรุง ช่องเปิดที่ผนัง ภายนอกและ ภายในอาคาร (4D)	แบบเดิม + 4D	8.54	5.71	7.96	22.21
	แบบ 1A + 4D	8.93	3.43	8.07	20.43
	แบบ 2B + 4D	9.14	1.43	8.07	18.64
	แบบ 3C + 4D	8.11	5.71	8.04	21.86
คะแนนของรูปแบบช่องเปิดที่มีคะแนนรวมสูง ลำดับที่ 1* (รูปแบบ 3C, รูปแบบเดิม+4D, รูปแบบเดิม) (ทางเลือก 1)		9.57	5.71	9.25	24.53
คะแนนของรูปแบบช่องเปิดที่มีคะแนนรวมสูง ลำดับที่ 1* (รูปแบบ 3C, 3C+4D, รูปแบบเดิม) (ทางเลือก 2)		9.57	5.71	9.25	24.53
คะแนนของรูปแบบช่องเปิดที่มีคะแนนรวมสูง ลำดับที่ 2**		9.43	5.71	9.25	24.39
คะแนนของรูปแบบช่องเปิดที่มีคะแนนรวมสูง ลำดับที่ 3***		9.57	5.71	8.89	24.17

หมายเหตุ : * รูปด้านอาคารตามภาพที่ 72 และ 73 ** รูปด้านอาคารตามภาพที่ 74

*** รูปด้านอาคารตามภาพที่ 75

คะแนนของรูปแบบช่องเปิดที่มีคะแนนรวมสูง ลำดับที่ 2** และ 3*** เลือกลงมาจาก
รูปแบบของช่องเปิดที่มีลักษณะเหมือนกันทุกยูนิต

จากการศึกษาการออกแบบช่องเปิดโดยคำนึงถึงการระบายอากาศให้มีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารบ้านแถวกรณีศึกษาพบว่า บ้านแถวยูนิต Type A มีความเหมาะสมกับรูปแบบช่องเปิดแบบ 3C คือช่องเปิดแบบบานเปิดมีลูกฟูกที่กระจกไล่และเพิ่มขนาดพื้นที่ช่องเปิดที่ส่วนล่างเป็นบานเกล็ดกระจกไล่ ซึ่งมีค่าคะแนนสูงที่สุด 9.57 คะแนน ส่วนยูนิต Type B มีความเหมาะสมกับรูปแบบช่องเปิดแบบเดิมและเพิ่มช่องเปิดภายในอาคารระหว่างห้องนอนชั้นบน กับแบบ 3C และเพิ่มช่องเปิดภายในอาคารระหว่างห้องนอนชั้นบน เนื่องจากทั้ง 2 รูปแบบมีค่าคะแนนที่เท่ากันคือ 5.71 คะแนน ส่วนยูนิต Type C มีความเหมาะสมกับรูปแบบช่องเปิดแบบเดิมของโครงการซึ่งมีค่าคะแนน 9.25 คะแนน เมื่อรวมค่าคะแนนของทั้ง 3 ยูนิต จะมีคะแนนรวมสูงเป็นลำดับที่ 1 คือ 24.53 คะแนน แต่ทั้งนี้รูปด้านของอาคารจะมีบางยูนิตที่แตกต่างจากยูนิตอื่น (กรณีศึกษาที่มีคะแนนรวมสูงลำดับที่ 1 ทางเลือก 1 และ 2 ตามภาพที่ 72 และ 73)



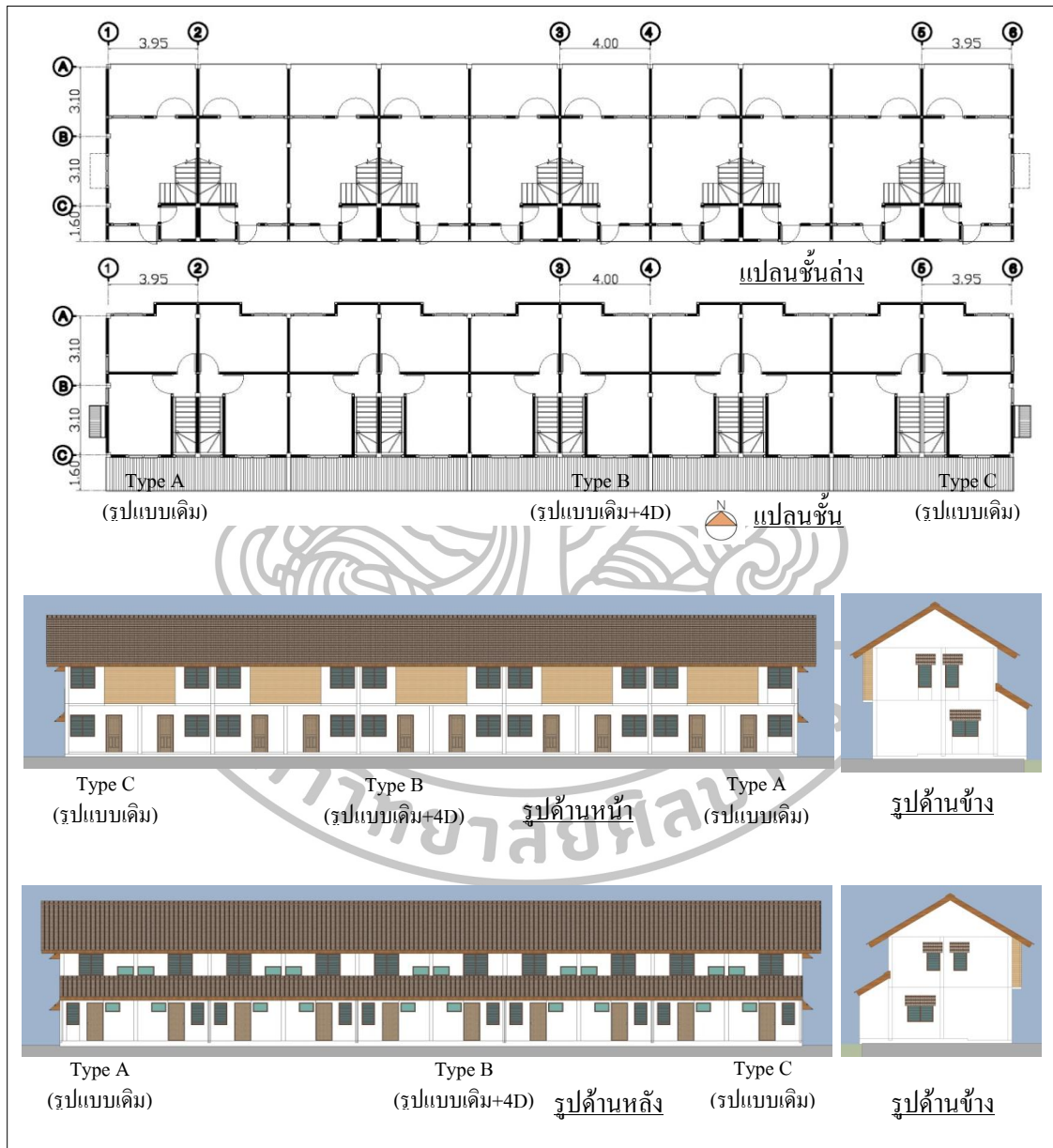
ภาพที่ 72 แสดงแปลนและรูปด้านกรณีศึกษาแบบช่องเปิดที่มีคะแนนรวมสูง ลำดับที่ 1

(ทางเลือก 1) (TypeA = รูปแบบ 3C, Type B = รูปแบบเดิม+4D, Type C = รูปแบบเดิม)



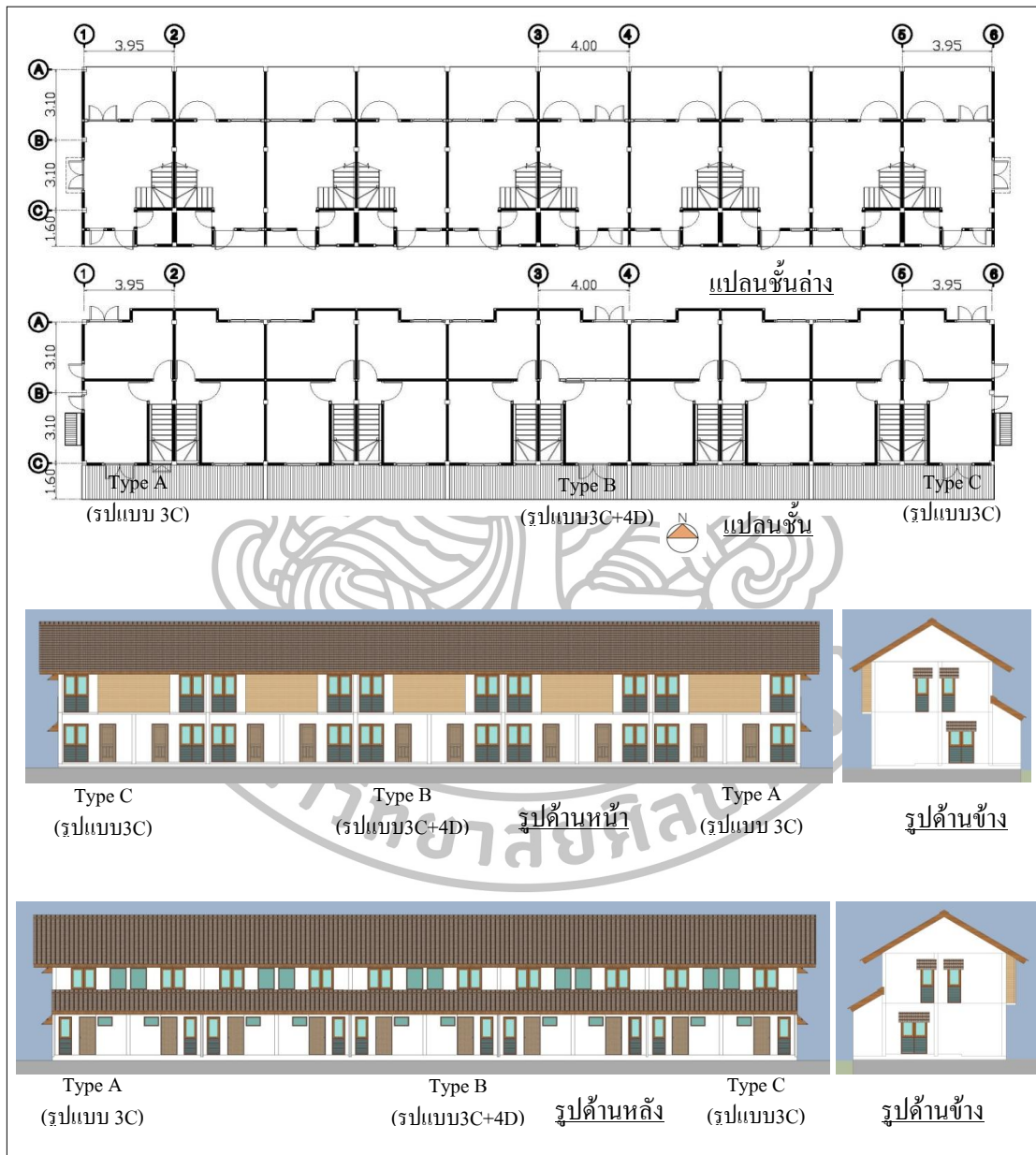
ภาพที่ 73 แสดงแปลนและรูปด้านกรณีศึกษารูปแบบช่องเปิดที่มีคะแนนรวมสูง ลำดับที่ 1 (ทางเลือก 2) (TypeA = รูปแบบ 3C, TypeB = 3C+4D, TypeC = รูปแบบเดิม)

ในกรณีที่ต้องการให้รูปด้านอาคารไม่แตกต่างกัน อาจจะได้เลือกรูปแบบที่ได้คะแนนรองลงมาเป็นลำดับที่ 2 คือใช้รูปแบบช่องเปิดแบบเดิมทั้งหมดยกเว้นยูนิตตรงกลาง Type B ที่ต้องการเพิ่มช่องเปิดภายในอาคารระหว่างห้องนอนชั้นบนร่วมด้วย (แบบเดิม + 4D) โดยมีคะแนนรวม 24.39 คะแนน อีกทั้งในรูปแบบนี้ยังเป็นการปรับปรุงที่มีการเปลี่ยนรูปแบบช่องเปิดที่น้อยที่สุด จึงถือว่าเป็นการปรับปรุงที่ประหยัดค่าใช้จ่ายมากที่สุดอีกด้วย (รูปที่ 74)



ภาพที่ 74 แปลนและรูปด้านกรณีศึกษาแบบช่องเปิดที่มีคะแนนรวมสูงลำดับที่ 2 (ช่องเปิดภายนอกแบบเดิมทั้งหมด)

รูปแบบที่ได้คะแนนเป็นลำดับที่ 3 คือ ใช้รูปแบบช่องเปิดแบบ 3C คือบานเปิดมีลูกพัก กระจกใสและเพิ่มขนาดพื้นที่ช่องเปิดที่ส่วนล่างเป็นบานเกล็ดกระจกใสทุกยูนิตยกเว้นยูนิตตรงกลาง Type B ที่ต้องมีการเพิ่มช่องเปิดภายในอาคารระหว่างห้องนอนชั้นบนร่วมด้วย (3C+4D) โดยมีคะแนนรวม 24.17 คะแนน ซึ่งรูปแบบนี้ ถือเป็นรูปแบบที่มีค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงน้อยที่สุดอีกด้วย (รูปที่ 75)



ภาพที่ 75 แสดงแปลนและรูปด้านกรณีศึกษารูปแบบช่องเปิดที่มีคะแนนรวมสูง ลำดับที่ 3 (ช่องเปิดภายนอกรูปแบบ 3C ทั้งหมด)

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ให้ความสำคัญกับการศึกษาการออกแบบช่องเปิดโดยคำนึงถึงการระบายอากาศให้มีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารบ้านแถว ของโครงการบ้านเอื้ออาทร อำเภอนครหลวง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา โดยใช้โปรแกรมด้านพลศาสตร์ของไหล(CFD) ศึกษารูปแบบของช่องเปิดจากสภาพปัจจุบันและรูปแบบที่ออกแบบปรับปรุงใหม่ ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ประเภทอาคาร และอาคารกรณีศึกษา

อาคารที่ใช้ในการศึกษานี้ คืออาคารบ้านแถว ของโครงการบ้านเอื้ออาทร อำเภอ นครหลวง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา เป็นบ้านแถว 2 ชั้น 10 ยูนิตต่อหลัง แต่ละยูนิตมีพื้นที่ 60 ตารางเมตร จำนวน 6 หลัง รวมทั้งหมด 60 ยูนิต โดยแต่ละยูนิตจะมีช่องเปิดบานเกล็ดระบายอากาศ 2 ด้าน คือด้านหน้าและด้านหลังของอาคาร ยกเว้นยูนิตที่อยู่ริมซ้ายและริมขวาของแต่ละหลังจะมีการติดตั้งช่องเปิดด้านข้างเพิ่มเติมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายอากาศที่ดีขึ้น

2. ภูมิประเทศและภูมิอากาศ

เนื่องจาก ณ ช่วงเวลาที่ทำการศึกษานั้น ในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ยังไม่มีสถานีวัดความเร็วลมของกรมอุตุนิยมวิทยา ทำให้ไม่สามารถเก็บข้อมูล โดยละเอียดเพื่อนำมาทำการศึกษได้ ดังนั้นในการศึกษาในครั้งนี้จึงเลือกใช้ข้อมูลด้านภูมิอากาศและความเร็วลมจากสถานี จังหวัดลพบุรี ที่อยู่ใกล้เคียงกันมาใช้ในการศึกษาแทน

ในการศึกษานี้เป็นการศึกษาการออกแบบช่องเปิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายอากาศภายในอาคาร ดังนั้นในการกำหนดค่าความเร็วลมและทิศทางลมที่ใช้ในการทดลองจึงเลือกใช้ข้อมูลลมที่ไม่อยู่ในสถานะสบาย โดยการวิเคราะห์จากสถานะสบายด้านอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

จากการวิเคราะห์ในบทที่ 3 พบว่าเดือนที่มีเกณฑ์สถานะสบายน้อยที่สุดในฤดูร้อน ของจังหวัดลพบุรี ได้แก่เดือน พฤษภาคม โดยมีความเร็วลมเฉลี่ย 10 ปี (พ.ศ.2544-2553) พัดเข้ามาทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ (SW) โดยมีความเร็วลมเฉลี่ยที่ 3.99 เมตรต่อวินาที

3. รูปแบบช่องเปิดที่ใช้ในการศึกษา

จากทฤษฎีเรื่องช่องเปิดและทิศทางลมที่กระทำกับอาคารในบทที่ 2 สามารถนำมาใช้กำหนดรูปแบบการปรับปรุงช่องเปิดที่ผนังภายนอก โดยแบ่งออกเป็น

- 1) การเปลี่ยนรูปแบบการปรับปรุงตามชนิดของการเปิด ได้แก่ ช่องเปิดแบบบานเกล็ด และช่องเปิดแบบบานเปิด 90 องศา หรือ บานกระทุ้ง
- 2) การปรับปรุงโดยการเพิ่มพื้นที่ของช่องเปิด
- 3) การปรับปรุงโดยการเปลี่ยนรูปแบบบานเปิดและเพิ่มพื้นที่ของช่องเปิดร่วมกัน โดยการปรับปรุงช่องเปิดที่ผนังภายนอกมีทั้งหมด 4 รูปแบบ(ภาพที่ 39)

รูปแบบปรับปรุงช่องเปิดที่ผนังภายนอกพร้อมกับผนังภายใน ใช้หลักการเจาะช่องเปิดแบบข้ามฟาก (Cross Ventilation) เพื่อช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายอากาศ โดยมีทั้งหมด 4 รูปแบบ(ภาพที่ 40)

4. เครื่องมือที่ใช้ในการจำลองค่าความเร็วลม

การวิจัยนี้ทำการทดลองโดยใช้โปรแกรมการ DesignBuilder ซึ่งเป็นโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล Computational Fluid Dynamics (CFD) โดยการจำลองได้กำหนดระยะกริด (Grid) ที่สอดคล้องกับรูปแบบช่องเปิดที่นำมาศึกษา โดยในการศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดระยะ Grid ไว้ที่ 0.40 m. กำหนดทิศทางลม (Direction) มาทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ ทำมุม 45° กับโมเดล ใช้ความเร็วลม (Velocity) 3.99 เมตร/วินาที และกำหนดขอบเขตในการจำลองโมเดล (Site Domain Factors) เป็น 2 เท่าของแบบจำลองเนื่องจากการศึกษานี้ ต้องการให้ลมสามารถกระจายผ่านตัวอาคารได้ครอบคลุมและทั่วถึง

5. แนวทางในการวิเคราะห์ผลการศึกษา

วิเคราะห์ผลการทดลองจากค่าความเร็วลมภายในอาคารกรณีศึกษาทั้ง 3 ยูนิต ในชั้นบนและชั้นล่าง แล้วนำค่าความเร็วลมมาประเมินค่าคะแนนตามเกณฑ์ในตารางที่ 13 เพื่อให้ได้คะแนนรวมเฉลี่ยของแต่ละรูปแบบ แล้วนำไปวิเคราะห์เพื่อสรุปผลการศึกษาต่อไป

6. ผลการศึกษาที่ได้จากการทดลอง

จากการทดลองรูปแบบจำลองทั้งหมด รูปแบบที่ได้คะแนนเฉลี่ยมากที่สุดของการทดลองแต่ละกรณีศึกษา (ดูค่าคะแนนในตารางที่ 27 ในบทที่ 4) มีดังนี้

6.1 กรณีศึกษาบ้านแถวยูนิตริมชายสุด (Type A) จากการศึกษาผลการทดลองพบว่าการปรับปรุงรูปแบบช่องเปิดที่ผนังภายนอกอย่างเดียวก็สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายอากาศภายในอาคารกรณีศึกษาบ้านแถว Type A ให้ดีขึ้นได้ โดยรูปแบบช่องเปิดที่มีค่าคะแนนเฉลี่ยมากที่สุด คือ ช่องเปิดแบบบานเปิดมีลูกฟูกกระจกใสและเพิ่มขนาดพื้นที่ช่องเปิดที่ส่วนล่างเป็นบานเกล็ดกระจกใส (รูปแบบช่องเปิดแบบ 3C) เนื่องจากมีการเปลี่ยนรูปแบบช่องเปิดเป็นบานเปิด 90 องศา และเพิ่มพื้นที่ช่องเปิดส่วนล่างให้มากขึ้นนั้น ทำให้ลมสามารถไหลเข้าสู่อาคารได้มาก และบ้านแถว Type A นี้ เป็นยูนิตที่อยู่ริมสุดจึงมีการติดตั้งช่องเปิดที่ผนังด้านข้างเพิ่มเติมด้วย ซึ่งจะช่วยให้กระแสลมสามารถไหลเข้าสู่อาคารได้อีกทางหนึ่ง โดยในชั้นล่างมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 1.05 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 10 คะแนน และชั้นบนมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 1.41 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 9.25 คะแนน เมื่อคิดคะแนนเฉลี่ยรวมของบ้านแถว Type A จะได้ 9.57 คะแนน

6.2 กรณีศึกษาบ้านแถวยูนิตตรงกลาง (Type B) จากการศึกษาผลการทดลองพบว่าบ้านแถว Type B นั้นเป็นยูนิตที่ไม่สามารถเจาะช่องเปิดที่ผนังด้านข้างได้ จึงทำให้กระแสลมไหลเข้ามาภายในอาคารได้น้อยมาก อีกทั้ง ในชั้นบน ยังมีการกั้นผนังภายในอาคารจึงยังทำให้เกิดการปิดกั้นกระแสลมจากภายนอกที่จะไหลเข้ามาภายในอาคาร ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงรูปแบบช่องเปิดที่ผนังภายนอกและภายในร่วมกัน เพื่อให้เกิดการระบายอากาศแบบข้ามฟาก (Cross Ventilation) สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายอากาศภายในอาคารให้ดีขึ้น โดยมีรูปแบบช่องเปิดที่มีค่าคะแนนเฉลี่ยมากที่สุดจำนวน 2 รูปแบบ คือ

6.2.1 ช่องเปิดแบบเดิมและเพิ่มช่องเปิดภายในอาคารระหว่างห้องนอนชั้นบน (รูปแบบเดิม+4D) ผลการทดลองพบว่าชั้นล่างจะมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 0.81 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 7.33 คะแนน และชั้นบนมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 0.50 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 4.50 คะแนน เมื่อคิดคะแนนเฉลี่ยรวมของบ้านแถว Type B จะได้ 5.71 คะแนน

6.2.2 ช่องเปิดแบบบานเปิดมีลูกฟูกกระจกใสและเพิ่มขนาดพื้นที่ช่องเปิดที่ส่วนล่างเป็นบานเกล็ดกระจกใสและเพิ่มช่องเปิดภายในอาคารระหว่างห้องนอนชั้นบน (รูปแบบ 3C+4D) ผลการทดลองพบว่าในชั้นล่างจะมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 0.87 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 6.67 คะแนน และชั้นบนมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 0.53 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 5.00 คะแนน เมื่อคิดคะแนนเฉลี่ยรวมของบ้านแถว Type B จะได้ 5.71 คะแนน ซึ่งเป็นค่าคะแนนที่เท่ากันทั้ง 2 รูปแบบ

6.3 กรณีศึกษาบ้านแถวยูนิตริมขวาสุด (Type C) จากการศึกษาผลการทดลองพบว่า ในบ้านแถว Type C นั้น ไม่จำเป็นต้องมีการปรับปรุงรูปแบบช่องเปิดของอาคาร เนื่องจากรูปแบบช่องเปิดแบบเดิมคือช่องเปิดแบบบานเกล็ดกระจกไส และสามารถเจาะช่องเปิดที่ผนังด้านข้างเพิ่มเติมได้ ทำให้อากาศสามารถไหลเข้าสู่ภายในอาคารได้ดี และให้ผลการทดลองที่ดีที่สุด โดยในชั้นล่างมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 1.74 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 8.50 คะแนน และชั้นบนมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 1.16 m/s คิดเป็นคะแนนเฉลี่ย 9.81 คะแนน เมื่อคิดคะแนนเฉลี่ยรวมของบ้านแถว Type C จะได้ 9.25 คะแนน

จากผลการศึกษาข้างต้นแสดงให้เห็นว่า การเปลี่ยนรูปแบบช่องเปิดนั้นสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายอากาศภายในอาคารได้ แต่เนื่องจากรูปแบบช่องเปิดในแต่ละยูนิตนั้นมีความแตกต่างกัน จึงทำให้มีผลต่อรูปด้านอาคาร ดังนั้นในกรณีที่ต้องการให้รูปด้านอาคารไม่แตกต่างกัน อาจเลือกรูปแบบที่ได้คะแนนรองลงมาเป็นลำดับที่ 2 คือใช้รูปแบบช่องเปิดแบบเดิมทั้งหมดยกเว้นยูนิตตรงกลาง Type B ที่ต้องมีการเพิ่มช่องเปิดภายในอาคารระหว่างห้องนอนชั้นบนร่วมด้วย (แบบเดิม + 4D) รูปแบบที่ได้คะแนนเป็นลำดับที่ 3 คือ ใช้รูปแบบช่องเปิดแบบ 3C คือบานเปิดมีลูกฟูกพักกระจกไสและเพิ่มขนาดพื้นที่ช่องเปิดที่ส่วนล่างเป็นบานเกล็ดกระจกไสทุกยูนิตยกเว้นยูนิตตรงกลาง Type B ที่ต้องมีการเพิ่มช่องเปิดภายในอาคารระหว่างห้องนอนชั้นบนร่วมด้วย (3C+4D)

จากสมมติฐานของการศึกษาในครั้งนี้ สามารถสรุปได้ว่า

- 1) การเปลี่ยนรูปแบบช่องเปิดนั้นมีผลต่อความเร็วลมภายในอาคาร และสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายอากาศภายในอาคารได้อีกด้วย
- 2) การเพิ่มพื้นที่ของช่องเปิดสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายอากาศภายในอาคารได้
- 3) การเพิ่มช่องเปิดที่ผนังระหว่างห้องภายในอาคาร สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายอากาศภายในอาคารได้

7. ขอบเขตการนำไปใช้

การศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดตัวแปร เป็นอาคารบ้านแถว 2 ชั้น 10 ยูนิต จำนวน 1 หลัง ทิศทางลมคือทิศตะวันตกเฉียงใต้ มีความเร็วลมที่ 3.99 m/s และทำมุม 45 องศา เข้ามาทางด้านหลังของอาคาร ทำการจำลองแบบไม่มีอาคารข้างเคียง ไม่มีรั้ว ไม่มีต้นไม้ใดๆ และเป็นการศึกษาเฉพาะยูนิตที่เป็นตัวแทนในกรณีศึกษาเท่านั้น ส่วนยูนิตอื่นจะเป็นรูปแบบปิดทึบ ไม่มีหน้าต่างหรือช่องเปิดใดๆ ดังนั้นการนำผลการศึกษาไปประยุกต์ใช้ในกรณีอื่นที่มีค่าตัวแปรแตกต่างจากนี้ ผลการศึกษาอาจจะมีผลที่แตกต่างออกไปได้

8. ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป

ในการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการออกแบบปรับปรุงรูปแบบช่องเปิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพด้านการระบายอากาศของบ้านแถว โดยใช้ทิศทางลมเพียงทิศทางเดียว ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาด้านความสัมพันธ์ของรูปแบบช่องเปิดกับทิศทางลมอื่นๆ หรือการศึกษาด้านอุณหภูมิในอาคาร การวางตัวอาคาร และลักษณะอาคารรูปแบบอื่นๆเพิ่มเติม เพื่อให้การศึกษาด้านการระบายอากาศของบ้านแถวสามารถนำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น



รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กรรริษา อุ๋นไพโร "การออกแบบช่องเปิดสำหรับอาคารโรงเรียนในชนบท ภาคเหนือตอนล่าง."

วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2548.

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. การใช้พลังงานจำแนกตามสาขาเศรษฐกิจ.

เข้าถึงเมื่อ 20 เมษายน 2559. เข้าถึงได้จาก

http://www.dede.go.th/ewt_news.php?nid=42079

กรมอุตุนิยมหาวิทยาลัย. "กระบวนการเกิดลม. เข้าถึงเมื่อ 25 เมษายน 2559. เข้าถึงได้จาก

<http://www.thaigoodview.com/library/contest2552/type1/science03/16/contents/p01.html>

การเคหะแห่งชาติ. "โครงการบ้านเอื้ออาทร ระยะที่3/1 จังหวัดพระนครศรีอยุธยา." (2550).

การไฟฟ้านครหลวง. สถิติจำนวนหน่วยจำหน่ายแยกตามประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า 2558.

เข้าถึงเมื่อ 20 เมษายน 2559. เข้าถึงได้จาก <http://www.mea.or.th>

กลุ่มงานข้อมูลสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานจังหวัดพระนครศรีอยุธยา.

ข้อมูลทั่วไปจังหวัดพระนครศรีอยุธยา. เข้าถึงเมื่อ 24 เมษายน 2559.

เข้าถึงได้จาก<http://ayutthaya.go.th/Ayu/Landscape.html>

มติ สืบตีสาร. "การศึกษารูปแบบและขนาดช่องเปิดเพื่อการระบายอากาศและความสบายทางด้าน

อุณหภูมิในอาคารพักอาศัยประเภททาวน์เฮ้าส์ ในกรุงเทพฯ ด้วยโปรแกรมคำนวณ

พลศาสตร์ของไหล." วิทยานิพนธ์ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สถาบัน

เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2549.

มาลีนี ศรีสุวรรณ. การศึกษาความสัมพันธ์ของทิศทางกระแสลมกับการเจาะช่องเปิดที่ผนังอาคาร

สำหรับภูมิอากาศร้อนชื้นในประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร : บริษัท J Print, 2543.

วรรณช ฤกษ์เสริมสุข "การปรับปรุงตึกแถวพักอาศัย เพื่อความสบายทางด้านอุณหภูมิ แสงสว่างและ

การระบายอากาศ." วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม คณะ

สถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.

ภาษาต่างประเทศ

- ASHRAE., **2001 ASHRAE handbook–Fundamentals (SI)**. Atlanta: **The American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers**, 2001.
- Bittencourt and Leonard S., “**Ventilation as a Cooling Resource for Waem-Humid Climates: An Investigation on Perforated Block Wall Geometry to Improve Ventilation Inside Low-Rise Building**” Doctoral Thesis, Architectural Association Graduate School, 1993.
- Evans, M., **Housing, Climate and Comfort**. London : Architectural Press, 1980.
- Givoni, B., **Man, climate and architecture**. Amsterdam: Elsevier Publishing Company Limited, 1969.
- Givoni, B., **Climate Considerations in Building and Urban Design**. Canada: John Wiley & Sons, companies, 1998.
- G.Z. Brown and Mark Dekay, **Sun, Wind & Light** : Architectural Design Strategies second edition. USA: John Wiley & Sons, 2001.
- Ian D. Collin and Eric J. Collins, **Window Selection A Guide for Architect and Designers** . London : Newnes - Butterworths, 1977.
- Khedari, J., Yamtraipat, N., Pratintong, N., & Hirunlabh, J. **Thailand ventilation comfort chart**. Energy and Buildings, 2000.
- Lechner N., **Heating Cooling Lighting** : Design method for architects
New York: John Wiley & Sons., 1991.
- Moore, F., **Environmental control system : Heating Cooling Lighting**
Singapore: McGraw – Hill, 1993.
- Pau Chung L., et al., **Application of CFD in Prediction of Indoor Building Thermal Performance as an Effective Pre-Design Tool Towards Sustainability**, World Applied Sciences Journal 30, 2014.
- Olgay, V., **Design With Climate**. Princeton , New Jersey : Princeton University Press, 1969.



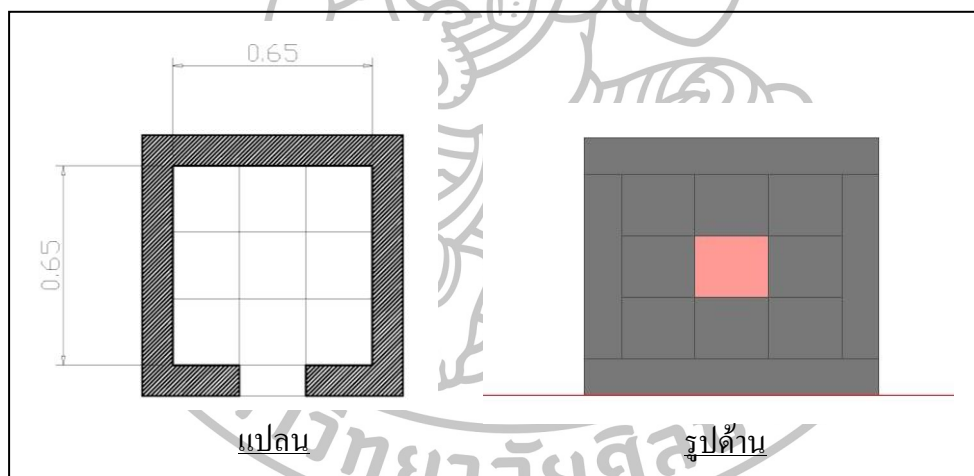
ภาคผนวก

การศึกษาเปรียบเทียบผลระหว่างโปรแกรม DesignBuilder กับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเปรียบเทียบผลระหว่างโปรแกรม DesignBuilder กับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วัตถุประสงค์เพื่อ ทำการศึกษา วิเคราะห์ ประสิทธิภาพของ โปรแกรม DesignBuilder โดย การเปรียบเทียบผลการทดลองกับงานวิจัย ของ Baruch Givoni เรื่อง Induced Cross-Ventilation in Rooms with an External Projection (Wing-Walls)²⁸ ที่ได้ทำการศึกษาการระบายอากาศโดยใช้อุโมงค์ลม ใช้กล่องขนาด 0.65x0.65x0.50 ม. เจาะช่องเปิดขนาด 1/9 ของผนัง และสูง 1/3 ของผนังห้อง

ในการศึกษาเปรียบเทียบนี้ได้เลือกแบบจำลองมา 1 แบบ จากงานวิจัยของ Baruch Givoni เพื่อนำมาจำลองใน โปรแกรม DesignBuilder โดยใช้ขนาดกล่องที่เท่ากันคือ 0.65x0.65x0.50 ม. และ กำหนดขนาดช่องเปิดให้มีขนาด 1/9 ของผนัง และสูง 1/3 ของผนัง กำหนดให้มีช่องเปิด 1 ช่องที่ผนัง ด้านเดียวโดยผนังด้านอื่นๆกำหนดให้เป็นผนังทึบทั้งหมดและมีความหนา 0.10 ม. เนื่องจากเป็นค่า ความหนาผนังต่ำสุดของ โปรแกรมที่สามารถกำหนดได้ และกำหนดความสูงของจุดวัดความเร็วลม ไว้ที่ระดับ 0.25 ม.

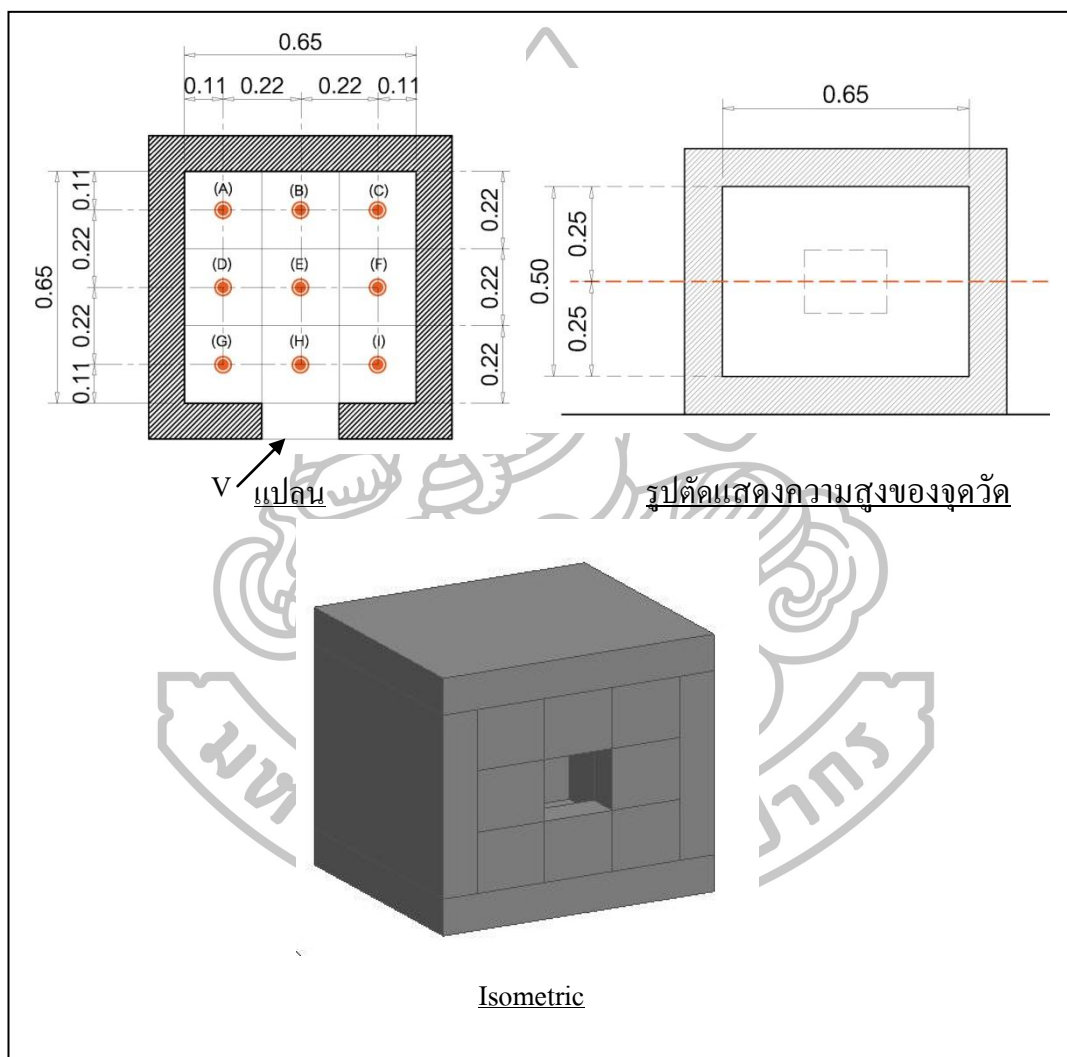


ภาพที่ 76 แสดงรูปแบบกล่องทดลองที่ใช้จำลองในโปรแกรม DesignBuilder

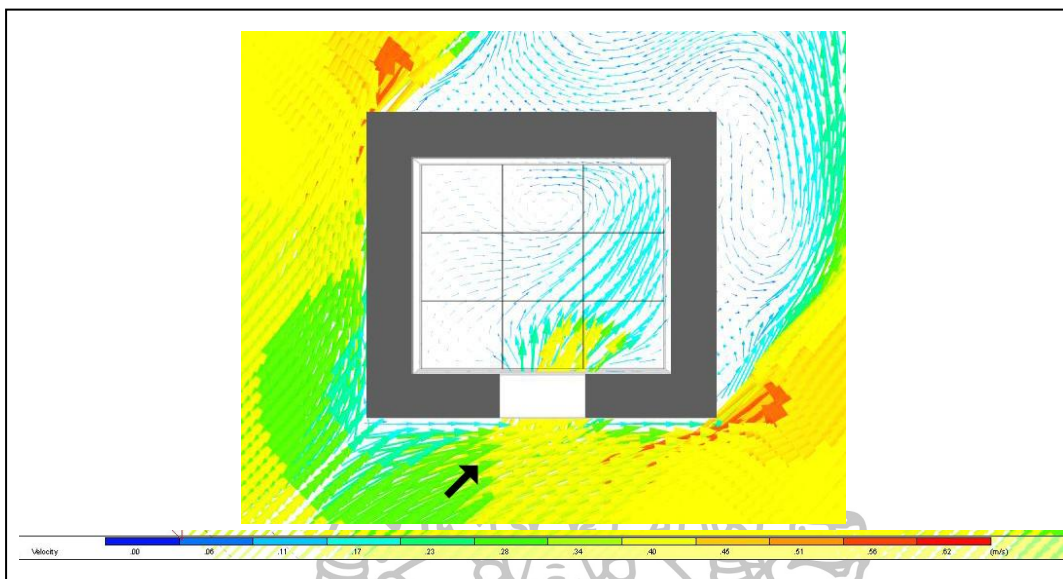
²⁸ Baruch Givoni, *Climate Considerations in Building and Urban Design*. (Canada: John Wiley & Sons, 1998), 102

กำหนดทิศทางลมให้เข้ามาทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ มีความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที และแบ่งตำแหน่งจุดวัดค่าความเร็วลมออกเป็น จำนวน 3 แถว รวมทั้งหมด 5 จุด ตามตำแหน่งที่แสดงในงานวิจัยของ Baruch Givoni

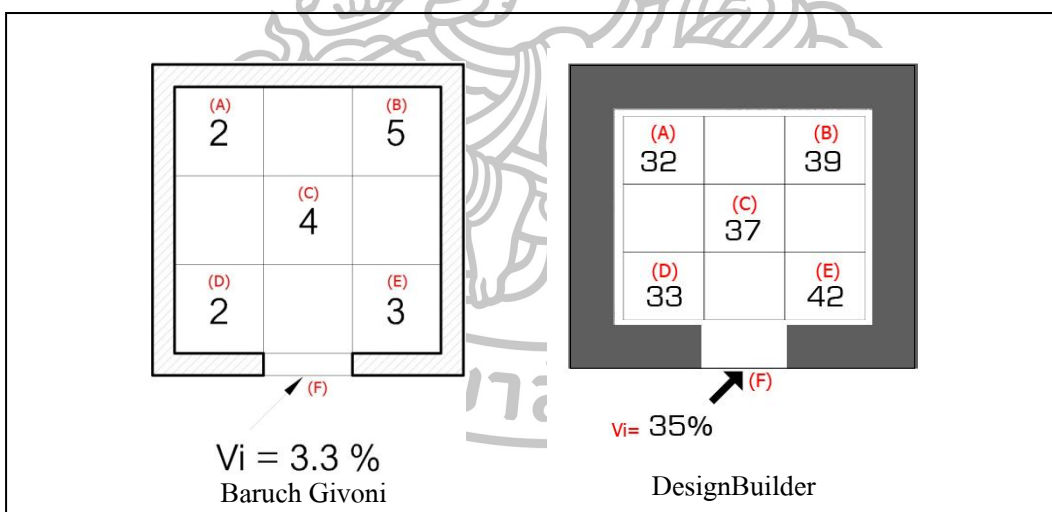
การเปรียบเทียบปริมาณลม จะวิเคราะห์จากจุดที่ลมเข้ามาปะทะกับช่องเปิดที่ผนัง (V) และเปรียบเทียบสัดส่วนกับค่าความเร็วลมภายในกล่องทดลอง (ดังภาพที่ 77)



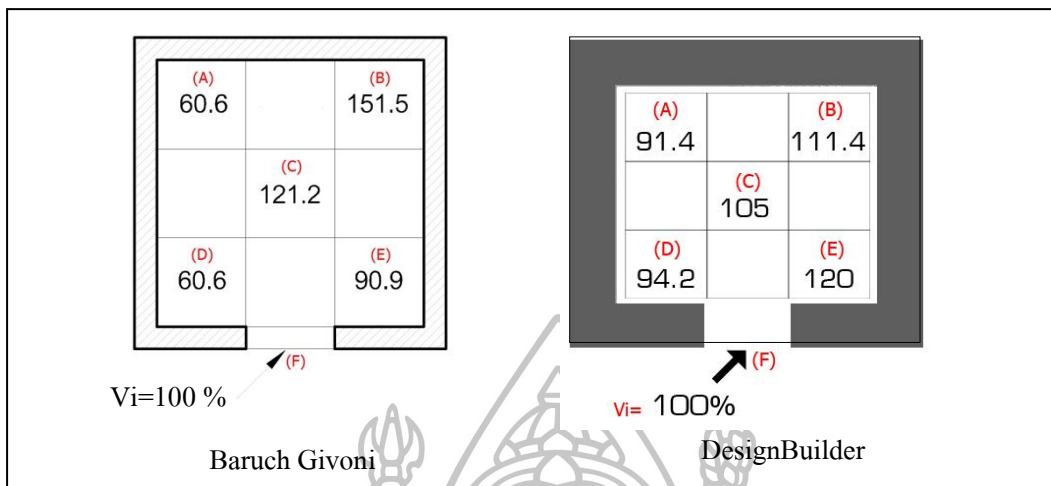
ภาพที่ 77 แสดงการกำหนดจุดวัดค่าความเร็วลมในแปลน รูปตัด และ Isometric



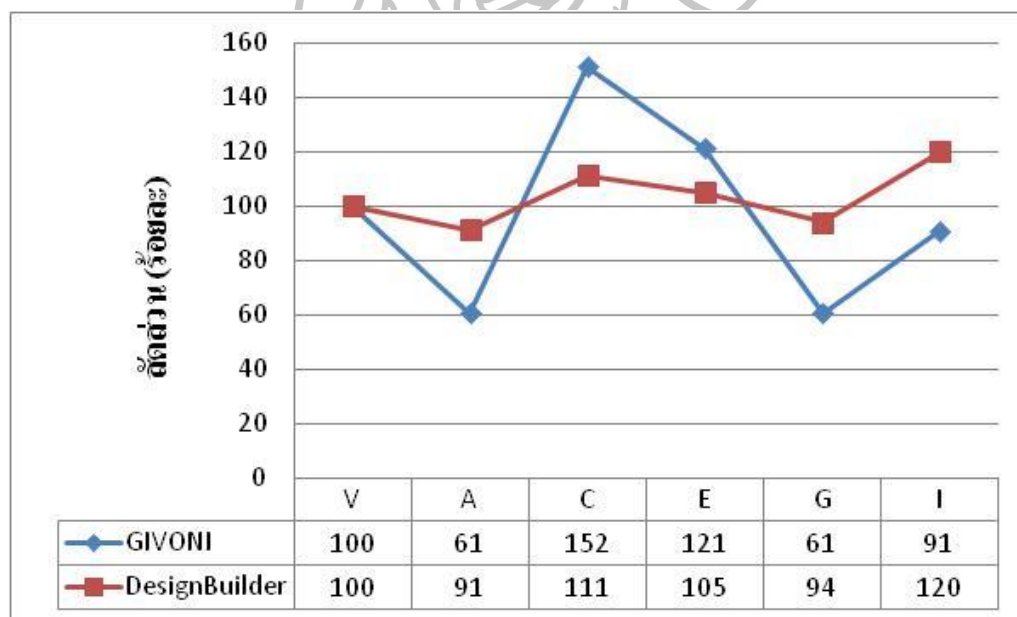
ภาพที่ 78 แสดงการไหลของลมภายในกล่องทดลอง จากโปรแกรม DesignBuilder



ภาพที่ 79 สัดส่วนของลมจากจุดที่ปล่อยลม ของ Baruch Givoni เปรียบเทียบกับ DesignBuilder
หมายเหตุ : การคำนวณผลที่ได้จากโปรแกรม DesignBuilder ให้เป็นค่าเปอร์เซ็นต์ใช้คิด
เทียบจากความเร็วลม ณ จุดที่ปล่อยลมที่ 1 m/s (จุดที่ปล่อยลมมีค่าเท่ากับ 100%)



ภาพที่ 80 เปรียบเทียบสัดส่วนความเร็วลมระหว่าง Baruch Givoni และ DesignBuilder
 หมายเหตุ : กำหนดให้จุดที่บริเวณผนังด้านนอก (จุด F) มีค่าเท่ากับ 100% และความเร็วลมภายในห้องคิดเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับจุด F



แผนภูมิที่ 3 เปรียบเทียบสัดส่วนปริมาณลมระหว่างค่าที่ได้จากงานวิจัยของ Baruch Givoni และโปรแกรม DesignBuilder

ผลการศึกษาโปรแกรม DesignBuilder โดยการเปรียบเทียบผลการทดลอง กับงานวิจัยของ Baruch Givoni แสดงให้เห็นว่าปริมาณลมภายในกล่องทดลองบริเวณตรงกลาง(จุด C) และด้านขวา (จุด B) จะมีความเร็วลมที่สูงขึ้นกว่าความเร็วลมจากภายนอก (จุด F) ส่วนทางด้านซ้ายของกล่อง (จุด A และจุด D) จะมีความเร็วลมที่ลดลง ซึ่งผลดังกล่าวมีแนวโน้มที่สอดคล้องกัน ยกเว้นจุด E ที่มีผลแตกต่างกัน เนื่องจากงานวิจัยของ Baruch Givoni ความเร็วลมที่จุด E จะต่ำกว่าความเร็วลมภายนอก (จุด F) ส่วนผลที่ได้จาก โปรแกรม DesignBuilder จะตรงกันข้าม ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความหนาของผนังที่ไม่เท่ากัน (ความหนาของผนังในโปรแกรม DesignBuilder สามารถกำหนดค่าต่ำสุดได้เพียง 0.10 m.) หรือ ปริมาณลมที่ป้อน ณ จุดเริ่มต้นอาจมีค่าที่ต่างกัน

