

แนวทางการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านกระแสลมของอาคารต่อสภาพแวดล้อมเมือง



นางสาวสิริลักษณ์ วรรณธีระเดช

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)

เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR) are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2559

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ASSESSMENT GUIDELINE FOR WIND ENVIRONMENT IMPACT OF BUILDINGS ON URBAN SURROUNDING

Miss Sireeluk Wantheeradach



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Architecture Program in Architecture

Department of Architecture

Faculty of Architecture

Chulalongkorn University

Academic Year 2016

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	แนวทางการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม ของอาคารต่อสภาพแวดล้อมเมือง
โดย	นางสาวสิริลักษณ์ วรรณธีระเดช
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร. อรรถนธ์ เศรษฐบุตุตร

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบริหารธุรกิจ

.....คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. ปิ่นรัชฎ์ กาญจนนัฐติ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ พรรณชลัท สุริโยธิน)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร. อรรถนธ์ เศรษฐบุตุตร)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรภัทร์ อิงค์โรจน์ฤทธิ)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. พันธดา พุฒิปาโรจน์)

สิริลักษณ์ วรรณธีระเดช : แนวทางการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านกระแสลมของอาคารต่อสภาพแวดล้อมเมือง (ASSESSMENT GUIDELINE FOR WIND ENVIRONMENT IMPACT OF BUILDINGS ON URBAN SURROUNDING) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. ดร. อรรถจัน เศรษฐบุต, 141 หน้า.

การขยายตัวของอาคารประเภทต่างๆ ส่งผลให้เกิดผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมเดิม โดยเฉพาะการเคลื่อนที่ของกระแสลมในพื้นที่ซึ่งมีอาคารสูงค่อนข้างมาก และทำให้เกิดปัญหาในเรื่องของการบดบังลมหรือการเกิดช่องลมแรง ส่งผลกระทบต่อผู้ใช้พื้นที่ งานวิจัยนี้จึงมุ่งประเด็นในเรื่องของการศึกษาผลกระทบของรูปทรงและทิศทางการวางอาคารต่อสภาพแวดล้อมเมืองหรือพื้นที่โดยรอบอาคาร ซึ่งงานวิจัยนี้มีขอบเขตการศึกษาในพื้นที่กรุงเทพมหานคร โดยแบ่งตามความหนาแน่นหรืออัตราส่วนพื้นที่ปกคลุมดิน 6 ระดับ (GCR10-60%) ผลการจำลองด้วยโปรแกรมการคำนวณพลศาสตร์ของไหล (CFD) พบว่า พื้นที่ซึ่งมีความหนาแน่นของพื้นที่คลุมดินมาก หรือ GCR 30-60% ได้รับผลกระทบจากการออกแบบและทิศทางการวางอาคารต่างๆ ค่อนข้างน้อย ในขณะที่การสร้างอาคารบางรูปแบบ บนพื้นที่ซึ่งมีความหนาแน่นของพื้นที่คลุมดินน้อย หรือ GCR 10-30% ทำให้เกิดลมแรงหรือเกิดพื้นที่อับลมมาก และเป็นบริเวณกว้าง พื้นที่กรณีศึกษา GCR = 60% และ GCR = 40% สามารถสร้างอาคารที่มีรูปแบบและทิศทางหลากหลายกว่าพื้นที่อื่นๆ ซึ่งหมายความว่า ในสภาพแวดล้อมเมืองที่หนาแน่นอยู่แล้วอาคารใหม่ที่เพิ่มเติมเข้าไปจะไม่ส่งผลกระทบต่อพื้นที่ข้างเคียงมากนัก เมื่อเทียบกับการตั้งอาคารใหม่ลงบนพื้นที่ข้างเคียงที่มีความหนาแน่นน้อย ผลการศึกษาได้นำมาสู่ การประเมินผลกระทบของกระแสลมต่อสภาพแวดล้อมเมือง สามารถพิจารณา รูปแบบ และทิศทางการวางอาคารเบื้องต้นให้มีประสิทธิภาพในการใช้งานที่ดียิ่งขึ้น และส่งผลให้พื้นที่โดยรอบมีเปอร์เซ็นต์ acceptable period ของกระแสลมในปริมาณมาก และก่อผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมน้อยที่สุด โดยไม่เสียประโยชน์ด้านการใช้ที่ดิน รวมถึงสามารถลดขั้นตอนการยื่นเสนอรายงาน และสร้างมาตรฐานในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะประเด็นด้านกระแสลม

ภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์ ปลายมือชื่อนิสิต

สาขาวิชา สถาปัตยกรรม ปลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก

ปีการศึกษา 2559

5873593025 : MAJOR ARCHITECTURE

KEYWORDS: URBAN DENSITY / BUILDING FORM AND ORIENTATION / WIND ENVIRONMENT IMPACT

SIREELUK WANTHEERADACH: ASSESSMENT GUIDELINE FOR WIND ENVIRONMENT IMPACT OF BUILDINGS ON URBAN SURROUNDING. ADVISOR: ASST. PROF. ATCH SRESHTHAPUTRA, Ph.D., 141 pp.

The construction of a building inevitably changes the microclimate in its vicinity. In particular near high-rise buildings, high or low wind velocities are often introduced at pedestrian level that can be experienced as uncomfortable or even dangerous. Therefore, the design of building should not only focus on the building envelope and on providing good indoor environment, but should also include the effect of design on the outdoor environment or urban surrounding in Bangkok. The main purpose of this study is to reveal wind environment impact of building forms and orientations at pedestrian level on 6-level gross floor area (GCR) as 10-60% in Bangkok. This paper firstly presents results of CFD tests on 6 case study areas (200x200m) with 34 buildings, totally 204 case study. The results show low density area (GCR 10-30%) is effected from buildings more than high density area (GCR 40-60%). Secondary, The simulation results showed the suggestion building forms and orientations for each GCR-level and overall. The current study allows city planners and architects to improve the building porosity efficiently for better pedestrian-level urban ventilation. Without losing land used efficacy. Including, Suggestion assessment guideline for wind environment impact of buildings on urban surrounding for the standard of EIA report investigation.

Department: Architecture

Student's Signature

Field of Study: Architecture

Advisor's Signature

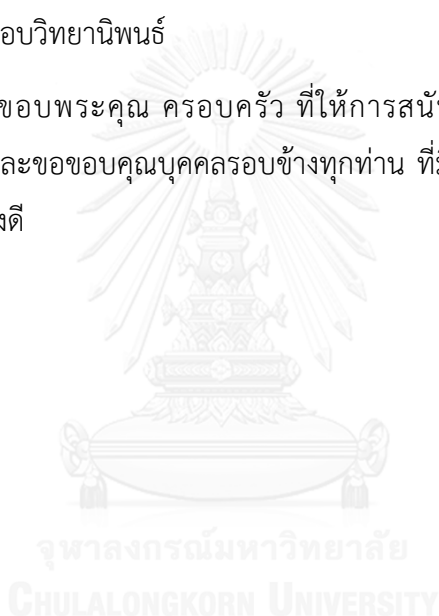
Academic Year: 2016

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความอนุเคราะห์เป็นอย่างยิ่งของ รศ. อรรถจัน เศรษฐบุตร์ ในฐานะอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้สั่งสอนให้วิชาความรู้ตั้งแต่เริ่มต้นเข้าศึกษา และให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยจนกระทั่งวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จ

ขอขอบคุณ รศ.พรพนชลัทธ์ สุริโยธิน ในฐานะประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และ ผศ.ดร.วรภัทร์ อิงค์โรจน์ฤทธิ ในฐานะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์และอาจารย์ ที่ให้คำแนะนำและความรู้ รวมทั้ง รศ.ดร.พันธุ์ดา พุฒิปาโรจน์ กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัยที่สละเวลาในการให้คำแนะนำและร่วมการสอบวิทยานิพนธ์

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ ครอบครัว ที่ให้การสนับสนุนและช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จ และขอขอบคุณบุคคลรอบข้างทุกท่าน ที่มีได้เอ่ยนามที่คอยให้กำลังใจและความช่วยเหลือเป็นอย่างดี



สารบัญ

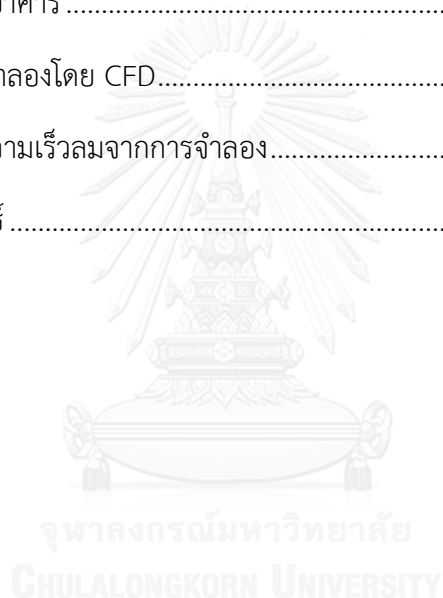
หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	1
สารบัญภาพ	3
สารบัญแผนภูมิ.....	5
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	7
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	12
1.2.1 ศึกษาความสัมพันธ์ของรูปแบบ-ทิศทางการวางอาคารและความหนาแน่นของ สภาพแวดล้อมเมืองที่แตกต่างกัน	12
1.2.2 ศึกษารูปแบบผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านกระแสลมอันเกิดจากรูปแบบ และทิศ ทางการวางอาคาร ต่อสภาพแวดล้อมเมือง.....	12
1.2.3 เสนอแนะแนวทางการประเมินสิ่งแวดล้อม ด้านกระแสลมของอาคารต่อ สภาพแวดล้อมเมือง	12
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	12
1.4 ระเบียบวิธีการศึกษา.....	13
1.4.1 ศึกษาทฤษฎีและงานวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย ดังนี้.....	13
1.4.1.1 ศึกษาพื้นฐานการไหลและลักษณะการเคลื่อนที่ของกระแสลม	13
1.4.1.2 ศึกษาเกณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบจากการเคลื่อนที่ของกระแสลม	13
1.4.1.3 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยในการออกแบบอาคาร ที่ส่งผล	13
กระทบสิ่งแวดล้อมด้านกระแสลม	13

1.4.2	สำรวจลักษณะทางกายภาพ และปริมาณความหนาแน่นของผังเมืองในกรุงเทพมหานคร เพื่อกำหนดเป็นกรณีศึกษาในปัจจุบันด้านความหนาแน่นของที่ตั้งอาคาร.....	13
1.4.3	กำหนดอาคารรูปแบบต่างๆ ที่สอดคล้องกับอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (floor area ratio: FAR) และอัตราส่วนของที่ว่างต่อพื้นที่อาคารรวม (open space ratio: OSR).....	13
1.4.4.1	จำลองการเคลื่อนที่ของกระแสลมบริเวณที่ตั้งอาคารก่อนสร้างอาคาร.....	13
1.4.4.2	จำลองการเคลื่อนที่ของกระแสลมบริเวณที่ตั้งอาคารหลังสร้างอาคาร.....	13
	รูปแบบต่างๆ.....	13
1.5	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	13
บทที่ 2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	16
2.1	พื้นฐานการไหลและลักษณะการเคลื่อนที่ของกระแสลม.....	16
2.1.1	ทฤษฎีการเกิดลมและการเคลื่อนที่ของกระแสลม.....	16
2.1.2	อาคารกับการเคลื่อนที่ของกระแสลม.....	17
2.2	เกณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบจากการเคลื่อนที่ของกระแสลม.....	23
2.2.1	การวัดการเคลื่อนที่ของกระแสลม.....	23
2.2.2	ระดับผลกระทบจากความเร็วลม.....	24
2.3	การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....	28
2.3.1	การศึกษาเรื่องลักษณะทางกายภาพของที่ตั้งอาคาร.....	28
2.3.2	การศึกษาเรื่องรูปทรง และทิศทางอาคาร กับการเคลื่อนที่ของกระแสลม.....	31
2.3.3	การศึกษาเรื่องการจัดทำแนวทางการประเมินผลกระทบด้านกระแสลม.....	35
บทที่ 3	วิธีการดำเนินงานวิจัย.....	39
3.1	ศึกษาทฤษฎีและงานวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย.....	39
3.2	เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	39

3.2.1 ระบบแสดงผลข้อมูลภูมิสารสนเทศ 3 มิติ (ArcGIS Explorer).....	39
3.2.2 การสร้างแบบจำลอง 3 มิติ.....	40
3.2.3 การคำนวณพลศาสตร์ของไหล (Computational Fluid Dynamic, CFD).....	41
3.3 กำหนดพื้นที่กรณีศึกษาที่ใช้ในการจำลอง.....	42
3.3.1 ลักษณะความหนาแน่นของสภาพแวดล้อมเมืองในกรุงเทพมหานคร.....	42
3.3.2 การเปรียบเทียบสัดส่วนตามปริมาณความสูงอาคารในพื้นที่.....	47
3.4 สร้างอาคารกรณีศึกษารูปทรงต่างๆ.....	50
3.5 ความเร็วลม และทิศทางลมที่ใช้ในการจำลอง.....	57
3.6 การจำลองการเคลื่อนที่ของกระแสลม.....	58
3.7 การเก็บข้อมูล และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของผลการจำลอง.....	58
3.7.1 การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ.....	58
3.7.2 การวิเคราะห์ในเชิงตัวเลข.....	59
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล.....	66
4.1 การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของกระแสลม.....	67
4.1.1 ระดับความหนาแน่นของพื้นที่กรณีศึกษา.....	67
4.1.2 รูปทรงอาคาร.....	68
4.1.3 ทิศทางการวางอาคาร.....	71
4.2 การวิเคราะห์ลักษณะของกระแสลมในเชิงตัวเลข.....	75
4.2.1 ความเร็วลมบริเวณพื้นที่ใต้ลม (V_o).....	75
4.2.2 อัตราส่วน V_o หลังและก่อนสร้างอาคาร.....	77
4.2.3 อัตราส่วน P_o หลังและก่อนสร้างอาคาร.....	79
4.2.4 อัตราส่วนค่าเฉลี่ยของ V_o กับ V_i	79
4.3 การอภิปรายผล.....	82

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	91
5.1.1 ความสัมพันธ์ของตัวแปรในงานวิจัย.....	91
5.1.2 การสังเคราะห์ข้อมูล และการนำไปใช้	99
5.2 ข้อเสนอแนะ	107
รายการอ้างอิง	108
ภาคผนวก ก นิยามศัพท์.....	112
ภาคผนวก ข รูปทรงอาคาร	115
ภาคผนวก ค ผลการจำลองโดย CFD.....	118
ภาคผนวก ง ข้อมูลความเร็วลมจากการจำลอง.....	131
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	141



สารบัญตาราง

ตารางที่ 1.1 ความสัมพันธ์ของวัตถุประสงค์ วิธีการศึกษา และประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย.....	14
ตารางที่ 2.1 ความสัมพันธ์ของอาคารเดี่ยว กับลักษณะการเคลื่อนที่ของกระแสลม.....	17
ตารางที่ 2.2 ความสัมพันธ์ของกลุ่มอาคาร กับลักษณะการเคลื่อนที่ของกระแสลม.....	19
ตารางที่ 2.3 ความสัมพันธ์ของรูปทรงอาคาร กับลักษณะการเคลื่อนที่ของกระแสลม.....	22
ตารางที่ 2.4 มาตรฐานโบฟอร์ด เปรียบเทียบความเร็วลมกับสิ่งที่กีดขวางทั้งบนบกและในทะเล	25
ตารางที่ 2.5 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระดับความเร็วลม (km/hr) ที่ส่งผลต่อกิจกรรมต่างๆ ในพื้นที่ โดยระบุเปอร์เซ็นต์ความถี่ของกระแสลม ณ ช่วงเวลาในแต่ละกิจกรรม (Yuan et al., 2012; Yuan et al., 2016).....	27
ตารางที่ 2.6 แสดงผลกระทบของระดับความเร็วลมต่อการใช้งานใน pedestrian level	28
ตารางที่ 2.7 แสดงสัดส่วนอาคารที่มีความสูงแตกต่างกันในแต่ละกรณีศึกษา.....	29
ตารางที่ 2.8 เกณฑ์การประเมินผลกระทบอันเกิดจากกระแสลม สำหรับคู่มือ Pedestrian Wind Comfort and Safety Studies, Mississauga.....	35
ตารางที่ 3.1 การจำแนกสีอาคารตามช่วงความสูง 5 ระดับโดยโปรแกรม ArcGIS Explorer	40
ตารางที่ 3.2 กำหนดพื้นที่กรณีศึกษาเพื่อใช้ในการจำลอง โดยแบ่งตามอัตราส่วนพื้นที่ปกคลุมดินของอาคาร (GCR) ช่วง 10-60% ในกรุงเทพมหานคร.....	45
ตารางที่ 3.3 ข้อมูลด้านความสูงอาคารในพื้นที่กรณีศึกษา GCR ช่วง 10-60% จากระบบแสดงผลข้อมูลภูมิสารสนเทศ 3 มิติ ของสำนักผังเมือง กรุงเทพมหานคร.....	46
ตารางที่ 3.4 แสดงสัดส่วนปริมาณกลุ่มความสูงอาคาร 3 ระดับ คือ อาคารเตี้ย (low), อาคารสูง (high) และอาคารสูงมาก (very high)	47
ตารางที่ 3.5 รูปทรงอาคารที่ทำการศึกษจำนวน 7 รูปแบบ	51
ตารางที่ 3.6 รูปทรงและทิศทางอาคารที่ทำการศึกษาทั้งหมด	51
ตารางที่ 3.7 รายละเอียดรูปทรงอาคารที่ทำการศึกษา	52

ตารางที่ 3.8	แสดงการกำหนดตัวแปรสำหรับตั้งค่าในโปรแกรม CFD	58
ตารางที่ 3.9	แสดงผลกระทบของระดับความเร็วลมต่อการใช้งานใน pedestrian level	59
ตารางที่ 3.10	แสดงช่วงระดับคะแนนที่ใช้ในการประเมินผลการวิเคราะห์ วิธีที่ 1-3	61
ตารางที่ 4.1	การจำลองพื้นที่กรณศึกษา GCR 10-60% โดยโปรแกรม CFD	68
ตารางที่ 4.2	ผลการจำลองลักษณะการเคลื่อนที่ของกระแสลม ณ ระดับความสูง 2 เมตรก่อน และหลังสร้างอาคาร F	72
ตารางที่ 4.3	ผลการจำลองลักษณะการเคลื่อนที่ของกระแสลมตามแนวตัด 1 (ซ้าย) และ 2 (ขวา) เปรียบเทียบก่อนและหลังสร้างอาคาร F	73
ตารางที่ 4.4	รายละเอียดข้อมูลทางสถิติของเปอร์เซ็นต์ acceptable period ในแต่ละ กรณศึกษา : ความเร็วลมบริเวณพื้นที่ได้ลม (V_o)	76
ตารางที่ 4.5	แสดงอัตราส่วน V_o ช่วง acceptable period ในแต่ละระดับ GCR	77
ตารางที่ 4.6	รายละเอียดข้อมูลทางสถิติของเปอร์เซ็นต์ acceptable period ในแต่ละ กรณศึกษา : อัตราส่วน V_o หลังและก่อนสร้างอาคาร	78
ตารางที่ 4.7	แสดงอัตราส่วน P_o ช่วง acceptable period ในแต่ละระดับ GCR	79
ตารางที่ 4.8	รายละเอียดข้อมูลทางสถิติของเปอร์เซ็นต์ acceptable period ในแต่ละ กรณศึกษา : อัตราส่วน P_o หลังและก่อนสร้างอาคาร	80
ตารางที่ 4.9	รายละเอียดข้อมูลทางสถิติของเปอร์เซ็นต์ acceptable period ในแต่ละ กรณศึกษา : อัตราส่วนค่าเฉลี่ยของ V_o กับ V_i	81

สารบัญภาพ

ภาพที่ 1.1	เปรียบเทียบความเร็วลมในแต่ละระดับความสูงจะแตกต่างกัน ตามลักษณะภูมิประเทศ 3 กรณี ได้แก่ เมือง ชานเมือง และพื้นที่เปิดโล่ง ตามลำดับ.....	8
ภาพที่ 1.2	แสดงรูปแบบการไหลของลมในกรณีที่ระยะห่างระหว่างอาคารแตกต่างกัน.....	9
ภาพที่ 1.3	การจำลองกระแสลมที่พัดผ่านอาคารที่ระดับความสูงต่างกันทุก 5 เมตร	10
ภาพที่ 1.4	กรณีศึกษาเพื่อศึกษาลักษณะของกระแสลมภายนอกอาคาร	11
ภาพที่ 1.5	พื้นที่กรณีศึกษาที่มีความหนาแน่นแตกต่างกัน	12
ภาพที่ 2.1	ผลของแรงต้านและแรง Coriolis (ภาพซ้าย).....	16
ภาพที่ 2.2	ความสัมพันธ์ของความเร็วลมกับระดับความสูง	30
ภาพที่ 2.3	การเปรียบเทียบผลการจำลองอาคารที่มีความสูงต่างกัน 5 ระดับ	32
ภาพที่ 2.4	การเปรียบเทียบผลการจำลองอาคารที่มีความกว้างต่างกัน 5 ระดับ	33
ภาพที่ 2.5	ลักษณะของรูปทรงอาคารที่ใช้ในการจำลอง ซึ่งมีสัดส่วนที่แตกต่างกัน	34
ภาพที่ 2.6	การเปรียบเทียบทิศทางของกระแสลมที่ส่งผลยังพื้นที่ในทิศทางที่แตกต่างกัน	34
ภาพที่ 2.7	ตัวอย่างการนำเสนอแนวทางการออกแบบโดย AVA เพื่อการผังเมืองที่เหมาะสม.....	37
ภาพที่ 2.8	ตัวอย่างรายการตรวจสอบ ในเรื่องของระยะห่างระหว่างอาคารที่เหมาะสม.....	38
ภาพที่ 3.1	แสดงข้อมูลด้านความสูงอาคารโดยโปรแกรม ArcGIS Explorer ของสำนักผังเมือง กทม.	39
ภาพที่ 3.2	แบบจำลอง 3 มิติเพื่อกำหนดขอบเขต รูปทรง และความสูงของสถาปัตยกรรม โดยใช้โปรแกรม Autodesk SimStudio Tools 2016	41
ภาพที่ 3.3	การจำแนกรูปแบบของพื้นที่กรณีศึกษาตามอัตราส่วนของพื้นที่ปกคลุมดินกับพื้นที่เปิดโล่ง (เขตวัฒนา กทม.)	43
ภาพที่ 3.4	การจำลอง CFD เปรียบเทียบพื้นที่ GCR 30%	48
ภาพที่ 3.5	แสดงตำแหน่งจุด Vi และ Vo ในแต่ละพื้นที่กรณีศึกษา ก่อนสร้างอาคาร	64
ภาพที่ 3.6	แสดงตำแหน่งจุด Pi และ Po ในแต่ละพื้นที่กรณีศึกษา ก่อนสร้างอาคาร.....	65

ภาพที่ 4.1	การเปรียบเทียบความสูงอาคารที่มีรูปทรงต่างกัน - 1 และ 2 tower.....	69
ภาพที่ 4.2	การจำลองอาคารกรณีศึกษาที่มีรูปทรงแตกต่างกัน	70
ภาพที่ 4.3	ผลการจำลองลักษณะการเคลื่อนที่ของกระแสลม ณ ระดับความสูง 2 เมตร.....	74
ภาพที่ 4.4	แสดงวิธีการแจกแจงระดับผลกระทบของความเร็วลม	84
ภาพที่ 4.5	แสดงวิธีการแสดงผลอัตราส่วนค่าเฉลี่ยของ V_o กับ V_i	85
ภาพที่ 5.1	ตัวอย่างแบบร่างโครงการ scheme 1	105
ภาพที่ 5.2	ตัวอย่างแบบร่างโครงการ scheme 2	105



สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิที่ 1.1	Flow Chart แสดงวิธีการวิจัย	15
แผนภูมิที่ 2.1	แสดงความสัมพันธ์ของระดับ GCR กับอัตราส่วนค่าเฉลี่ยความเร็วลม.....	31
แผนภูมิที่ 3.1	แสดงปริมาณอาคารในแต่ละระดับ GCR โดยจำแนกตามช่วงระดับความสูง	42
แผนภูมิที่ 3.2	เปรียบเทียบความเร็วลมบริเวณเหนือลม (Vi).....	49
แผนภูมิที่ 3.3	เปรียบเทียบความเร็วลมบริเวณใต้ลม (Vo).....	49
แผนภูมิที่ 4.1	ปริมาณเปอร์เซ็นต์ acceptable period จากการพิจารณาโดยวิธีที่ 1	82
แผนภูมิที่ 4.2	ปริมาณเปอร์เซ็นต์ acceptable period จากการพิจารณาโดยวิธีที่ 2	82
แผนภูมิที่ 4.3	ปริมาณเปอร์เซ็นต์ acceptable period จากการพิจารณาโดยวิธีที่ 3	83
แผนภูมิที่ 4.4	อัตราส่วนจากการพิจารณาโดยวิธีที่ 4 ของ SITE 1 (GCR 10%)	83
แผนภูมิที่ 4.5	แสดงระดับ Vo ช่วง acceptable period ในแต่ละระดับ GCR.....	86
แผนภูมิที่ 4.6	แสดงอัตราส่วน Vo ช่วง acceptable period ในแต่ละระดับ GCR.....	87
แผนภูมิที่ 4.7	แสดงอัตราส่วน Po ช่วง acceptable period ในแต่ละระดับ GCR.....	88
แผนภูมิที่ 4.8	แสดงอัตราส่วนค่าเฉลี่ยของ Vo กับ Vi ในแต่ละระดับ GCR.....	89
แผนภูมิที่ 5.1	การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์โดยวิธีที่ 1-4 : SITE 1 – GCR 10%	93
แผนภูมิที่ 5.2	การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์โดยวิธีที่ 1-4 : SITE 2 – GCR 20%.....	94
แผนภูมิที่ 5.3	การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์โดยวิธีที่ 1-4 : SITE 3 – GCR 30%.....	95
แผนภูมิที่ 5.4	การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์โดยวิธีที่ 1-4 : SITE 4 – GCR 40%.....	96
แผนภูมิที่ 5.5	การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์โดยวิธีที่ 1-4 : SITE 5 – GCR 50%.....	97
แผนภูมิที่ 5.6	การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์โดยวิธีที่ 1-4 : SITE 6 – GCR 60%.....	98
แผนภูมิที่ 5.7	ขั้นตอนการประเมินรูปแบบและทิศทางการวางอาคารที่เหมาะสม.....	100
แผนภูมิที่ 5.8	รูปแบบและทิศทางการวางอาคารที่เหมาะสมในพื้นที่ GCR 20%.....	101
แผนภูมิที่ 5.9	ขั้นตอนการประเมินอาคารที่ยื่นรายงาน EIA.....	102

แผนภูมิที่ 5.10 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ SCEME 1 และ 2	106
--	-----



บทที่ 1

บทนำ

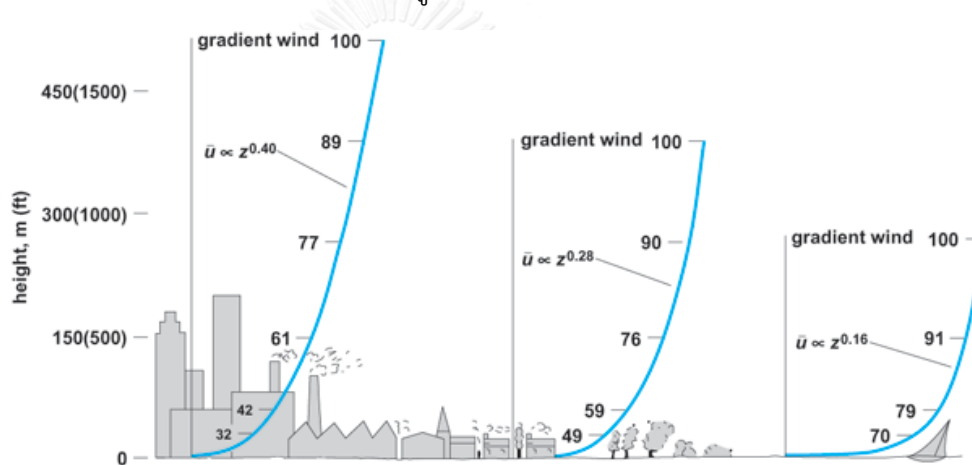
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การเปลี่ยนแปลงด้านความเป็นอยู่ อาชีพ เศรษฐกิจและสังคมเมืองในปัจจุบัน ส่งผลให้อาคารประเภทต่างๆ ขยายตัวอย่างรวดเร็ว กระทรวงวิทยาศาสตร์และสิ่งแวดล้อมจึงออกนโยบายเพื่อกำหนดมาตรการป้องกัน และแก้ไขปัญหาผลกระทบสิ่งแวดล้อม และใช้เป็นแนวทางประกอบการตัดสินใจในการพัฒนาโครงการ โดยโครงการที่อยู่ในขอบเขต ต้องจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม ทั้งก่อนและภายหลังการดำเนินโครงการ ตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2535 เพื่อเสนอต่อสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

การจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม ในส่วนของแบบสถาปัตยกรรมพบว่าการแสดงเนื้อหา และรายละเอียดของแบบไม่ครบถ้วนชัดเจน ทำให้เกิดอุปสรรคในการพิจารณาข้อมูล ส่งผลให้กระบวนการในการจัดทำโครงการเกิดความล่าช้า (ทรงพล จิตร์หาญ, 2550) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ประเด็นปัญหาที่เกิดจากผลกระทบด้านกระแสลมในรายงานฯ พบว่า มีวิธีการนำเสนอที่หลากหลายทั้งการแสดงรายละเอียดเป็น 2 และ 3 มิติ ซึ่งการแสดงผลเพียง 2 มิติ ไม่สามารถครอบคลุมถึงความสัมพันธ์ของโครงการที่ทำการศึกษากับสภาพแวดล้อมโดยแท้จริง ทำให้การวิเคราะห์โดยส่วนใหญ่ไม่สามารถระบุถึงผลกระทบที่ชัดเจน (พิมพ์ชนก สายพิมพ์, 2552) ทั้งนี้เนื่องจาก ไม่มีการจัดทำแนวทางเพื่อใช้ในการออกแบบในประเด็นเรื่องผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านกระแสลม ทำให้การประเมินไม่มีมาตรฐานและเกณฑ์ที่ชัดเจน

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของกระแสลมที่พัดผ่านอาคาร และสภาพแวดล้อมโดยรอบนั้น มีความซับซ้อนและยากในการคาดคะเนถึงผลกระทบที่เกิดขึ้น ทั้งในแง่ผลกระทบต่อพื้นที่ข้างเคียงจากการวางผังอาคารใหม่ และผลกระทบต่ออาคาร หรือพื้นที่ใช้งานที่เกิดจากลักษณะทางกายภาพของสภาพที่ตั้งโดยรอบ ซึ่งในการประเมินผลกระทบของกระแสลมที่เกิดจากการวางผังอาคาร ก่อนนำผลที่ได้ไปเทียบกับเกณฑ์ที่บอกถึงระดับความรุนแรงของผลกระทบจากกระแสลมนั้น ต้องอาศัยการทำการทดลองโดยใช้อุโมงค์ลม หรือจำลองโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Computational Fluid Dynamics, CFD) โดยผู้ชำนาญการ ส่งผลให้ผู้ออกแบบอาคารส่วนใหญ่ ไม่สามารถวางแผน และคิดครอบคลุมไปถึงผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นได้ในขั้นตอนเริ่มต้นของการออกแบบ การปรับแก้รูปทรงหรือทิศทางการวางอาคารภายหลังจึงทำได้ค่อนข้างยาก และใช้เวลานาน

ความเร็วและลักษณะของกระแสลมที่ไหลเวียนในระดับใกล้พื้นดิน เป็นปัจจัยสำคัญในการพิจารณาสภาพอากาศในบริเวณนั้นๆ โดยความเร็วลมในแต่ละระดับความสูงจะแตกต่างกัน ตามลักษณะภูมิประเทศ ดังภาพที่ 1.1 ในขณะเดียวกัน การพิจารณาการเปลี่ยนทิศทางของกระแสลมที่ปะทะมายังตัวอาคาร โดยเฉพาะทำเลที่ตั้งในเมือง ซึ่งมีความสูงต่ำและรูปทรงอาคารที่แตกต่างกัน ส่งผลกระทบต่อผู้ใช้พื้นที่ภายนอกอาคารโดยตรง กระแสลมที่พัดผ่านช่องว่างระหว่างอาคารหรือปรากฏการณ์ช่องลม (Venturi effect) และกระแสลมที่พัดตามแนวถนน เปรียบเสมือนช่องทางการไหลเวียนของลม (wind channel) ทำให้เกิดลมกรรโชกแรง รบกวนการใช้งานและกิจกรรมบริเวณรอบอาคาร รวมถึงอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ใช้พื้นที่ได้ รวมไปถึงการเกิดพื้นที่อับลม อันเนื่องมาจากการบดบังกระแสลมของอาคารสูง หรืออาคารขนาดใหญ่ในบริเวณใกล้เคียง ส่งผลกระทบต่อทั้งในแง่ปัญหาการระบายอากาศ และภาวะน่าสบายของผู้ใช้อาคาร

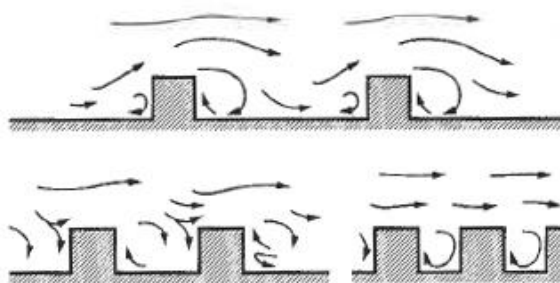


ภาพที่ 1.1 เปรียบเทียบความเร็วลมในแต่ละระดับความสูงจะแตกต่างกัน ตามลักษณะภูมิประเทศ 3 กรณี ได้แก่ เมือง ชานเมือง และพื้นที่เปิดโล่ง ตามลำดับ

(ที่มา: <http://septiankmasdi.files.wordpress.com/2012/05/profil-kecepatan.gif>)

รูปแบบและลักษณะการเคลื่อนที่ของกระแสลมที่เกิดขึ้นในเมือง ขึ้นกับอัตราส่วนของอาคารต่อพื้นที่เปิดโล่ง โดยอัตราส่วนอาคารหมายถึงรวมถึง ขนาดอาคาร รูปทรงอาคาร และช่องว่างระหว่างอาคาร จากการศึกษาทางวิจัย การประเมินผลกระทบของลมทั้ง 12 ทิศทางกับอาคารสูง ซึ่งทดลองโดยใช้อุโมงค์ลม (Gandemer, 1978) ผลการทดลองสามารถสรุปเป็นวิธีการประเมินเชิงปริมาณที่แสดงถึงระดับของลมที่ส่งผลกระทบต่อภาวะน่าสบาย เพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบเบื้องต้นจากการคำนวณอัตราส่วนระหว่างพื้นที่อาคาร กับความสูงเฉลี่ยของอาคารโดยรอบ โดยพบว่า พื้นที่ที่มีความสูงเฉลี่ยของอาคารโดยรอบมากกว่า 4 ชั้นขึ้นไป ซึ่งมักพบในสภาพแวดล้อมเมือง จะส่งผลกระทบต่อผู้ใช้งานนอกอาคารในแง่ต่างๆ นอกเหนือไปจากปัจจัยด้านทิศทางลม ตำแหน่งที่ตั้ง และขนาดของพื้นที่เปิดโล่ง

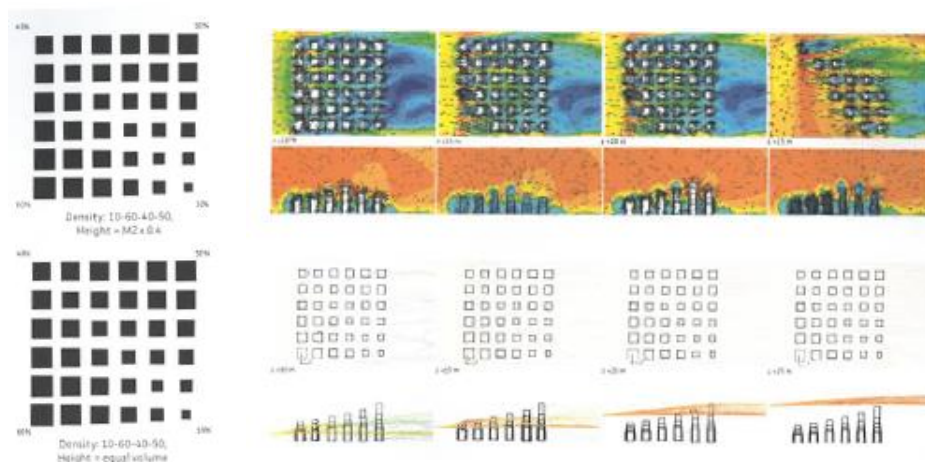
การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบของกระแสลมที่เกิดจากลักษณะ หรือรูปแบบของพื้นที่เปิดโล่งภายในเมือง (Hussain and B.E., 1980) โดยมุ่งประเด็นไปในเรื่องของความสัมพันธ์ของอัตราส่วนระหว่างความสูงอาคารกับความกว้างถนน ที่ส่งผลต่อพื้นที่ใช้งานโดยรอบอาคาร โดยผลจากการทดลองพบว่า กรณีอัตราส่วนของความสูงอาคารกับความกว้างถนน มากกว่า 2.4 ลักษณะของกระแสลม ไม่ส่งผลเสียต่อผู้ใช้งานโดยรอบอาคาร กรณีอัตราส่วนอยู่ในช่วงระหว่าง 1.4-2.4 พบว่ามีลมหมุนวน เกิดขึ้นในบางพื้นที่บริเวณรอบอาคาร และในกรณีที่อัตราส่วนน้อยกว่า 1.4 กระแสลมไม่สามารถพัดผ่านเข้าไปยังพื้นที่ใช้งานบริเวณอาคารได้ โดยสามารถสรุปเป็นรูปแบบการไหลของกระแสลมได้ 3 รูปแบบ ดังภาพที่ 1.2



ภาพที่ 1.2 แสดงรูปแบบการไหลของลมในกรณีที่ระยะห่างระหว่างอาคารแตกต่างกัน
3 รูปแบบ (Oke and T.R., 1988)

นอกจากปัจจัยด้านความสูงอาคาร และความกว้างถนนนั้น สัดส่วนของความกว้างและความสูงอาคาร เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อลักษณะของกระแสลมเช่นเดียวกัน (Walker et al., 1993) โดยผลการทดลอง พบว่า กระแสลมสามารถพัดผ่านพื้นที่โดยรอบอาคารลดลง เมื่อเพิ่มทั้งความสูงอาคาร และความกว้างของถนน ในทิศทางที่ลมพัดเข้า ทั้งนี้ระยะห่างระหว่างอาคาร หรือความกว้างของถนนที่เหมาะสม ทำให้โอกาสที่กระแสลมจะพัดผ่านเข้าสู่พื้นที่รอบอาคารมีมากขึ้นเช่นกัน

จากการศึกษาเรื่องความหนาแน่นของเมืองที่ส่งผลต่อการไหลของอากาศ (Yuan and Ng, 2012) โดยการกำหนดรูปร่างอาคารเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีขนาดแตกต่างกัน และเพิ่มปริมาณตามระดับความหนาแน่นของเมือง และจำลองในหลายๆ กรณีศึกษา พบว่า อัตราส่วนที่แตกต่างกันของพื้นที่ก่อสร้างหรือพื้นที่ปกคลุมดินต่อพื้นที่เปิดโล่ง ส่งผลให้ความเร็วลม และลักษณะการเคลื่อนที่ของลมมีความแตกต่างกัน จากนั้นจึงทำการเพิ่มสัดส่วนความสูงอาคารในหลายๆ ระดับ รวมถึงช่องว่างระหว่างอาคาร เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นจากปัจจัยด้านความสูง และช่องว่างระหว่างอาคาร ดังภาพที่ 1.3

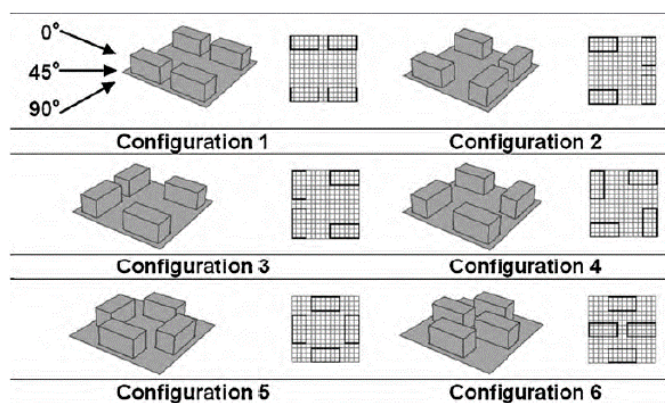


ภาพที่ 1.3 การจำลองกระแสลมที่พัดผ่านอาคารที่ระดับความสูงต่างกันทุก 5 เมตร

(Krautheim et al., 2014)

การออกแบบรูปทรง และการเรียงตัวของอาคาร เป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดลมในรูปแบบที่แตกต่างกัน จากการศึกษา พบว่าการใช้รูปทรงที่เหมาะสม สามารถลดปัญหาที่เกิดจากภาวะลมพัดผ่านไม่สม่ำเสมอได้ ซึ่งสามารถนำผลที่ได้เป็นแนวทางในการออกแบบเปลือกอาคาร การลดเหลี่ยมมุม บริเวณมุมอาคาร รวมถึงทิศทางการวางแนวอาคารที่สอดคล้องกับทิศทางลมที่ปะทะยังอาคาร (Krautheim et al., 2014)

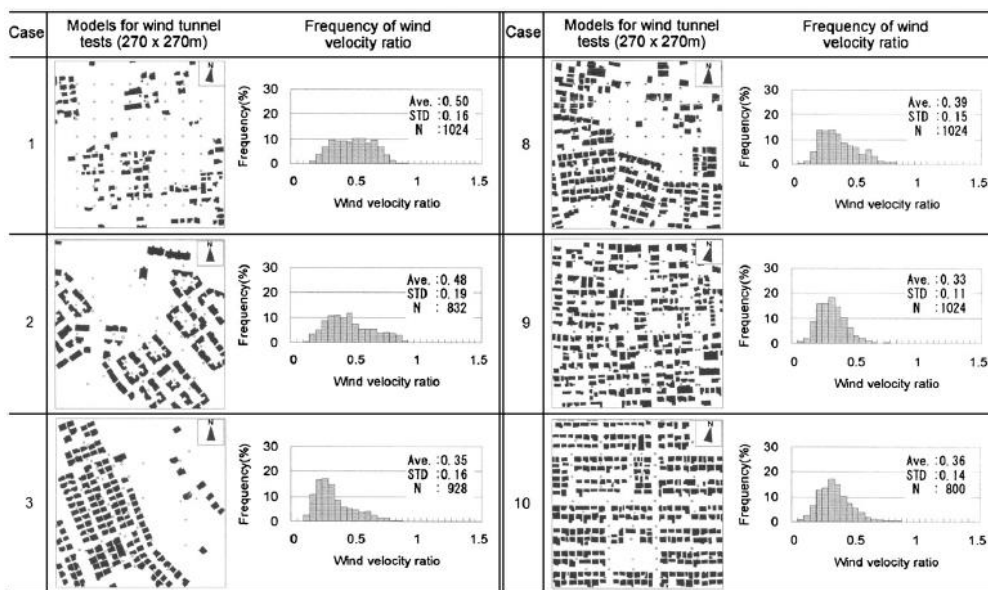
การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียงตัวของอาคาร (Asfour, 2010) เพื่อศึกษาผลกระทบของรูปแบบการวางกลุ่มอาคารต่อกระแสลมภายนอกอาคาร โดยจำลองลักษณะการวางผังอาคาร 4 อาคาร จำนวน 6 รูปแบบ โดยแต่ละรูปแบบจำลองทิศทางลมที่ปะทะยังอาคาร 3 ระดับ คือ 0 45 และ 90 องศา ดังภาพ 1.4 โดยทุกกรณีศึกษามีอัตราส่วนของพื้นที่อาคารต่อพื้นที่เปิดโล่งเท่ากับ 37% และทำการจำลองในระดับ 2 เมตรจากพื้นดิน พบว่าการวางอาคารในกรณีศึกษาที่ 5 (Configuration 5) ทิศทางลมที่ 0 องศา เป็นรูปแบบการจัดวางที่เกิดพื้นที่อับลมน้อยที่สุด รวมถึงเกิดพื้นที่ที่ลมค่อนข้างแรงน้อยที่สุดเช่นกัน ซึ่งจากผลการจำลองแสดงให้เห็นถึงผลกระทบของกระแสลมจากการแนววางอาคารในทิศทางที่แตกต่างกัน แม้ว่าอาคารมีอัตราส่วนพื้นที่อาคารต่อพื้นที่เปิดโล่งเท่ากัน



ภาพที่ 1.4 กรณีศึกษาเพื่อศึกษาลักษณะของกระแสมภายนอกอาคาร
ที่เกิดจากการเรียงตัวแตกต่างกัน (Asfour, 2010)

งานวิจัยในเรื่องของกระแสมที่ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมโดยรอบอาคาร โดยส่วนใหญ่ มีวัตถุประสงค์ในการศึกษา คือ การจำลองเพื่อหารูปแบบของลม ณ พื้นที่นั้นๆ ทั้งก่อนวางผังอาคาร และการคาดคะเนผลที่เกิดขึ้นภายหลังวางผังอาคาร เพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบ และวางผังในขั้นเริ่มต้น เช่นงานวิจัยเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นอาคาร และความเร็วลมในระดับทางเดิน (Kubota et al., 2008) เป็นการจำลองโดยใช้สภาพแวดล้อมที่จำแนกกรณีศึกษา ตามความหนาแน่นของอาคารในแต่ละทำเลที่ตั้งของประเทศญี่ปุ่น ดังภาพที่ 1.5 ซึ่งคำนวณจากอัตราส่วนของพื้นที่ปกคลุมดิน (Ground Coverage Ratio, GCR) เนื่องจากปัจจัยด้านความสูงของอาคารโดยรอบที่แตกต่างกันค่อนข้างมาก อาจส่งผลให้การจำลองคลาดเคลื่อนได้ ทั้งนี้เพื่อนำผลที่ได้จากการศึกษาจัดทำแนวทางสำหรับออกแบบอาคารให้สอดคล้องกับบริบทที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ของประเทศ

จากข้อมูลข้างต้น การศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้านกระแสม มีความสำคัญอย่างยิ่ง ในการออกแบบและวางผังอาคาร รวมถึงงานวิจัยที่ศึกษาผลกระทบของกระแสม โดยพิจารณาจากบริบทที่แตกต่างกันในระดับเมืองหรือครอบคลุมพื้นที่กว้างๆ ยังมีน้อย จึงเกิดความสนใจในการศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้านกระแสมจากการวางผัง และบริบทของเมืองในกรุงเทพมหานคร ซึ่งคาดว่าผลการศึกษาวิจัยสามารถประยุกต์ใช้เป็นแนวทางในการออกแบบ สร้างมาตรฐานและเกณฑ์ที่ชัดเจนในการวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้านกระแสม เพื่อคาดคะเนผลกระทบจากการวางผังอาคารเบื้องต้น โดยร่นระยะเวลาจากการทดลองโดยใช้อุโมงค์ลม หรือการจำลองโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ทั้งนี้เพื่อให้การวางผังอาคารมีประสิทธิภาพต่อผู้ใช้อาคารมากที่สุด และส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมและพื้นที่โดยรอบ โดยเฉพาะด้านกระแสมน้อยที่สุด



ภาพที่ 1.5 พื้นที่กรณีสึกษาที่มีความหนาแน่นแตกต่างกัน และกราฟแสดงอัตราส่วนความเร็วลม (Kubota et al., 2008)

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 ศึกษาความสัมพันธ์ของรูปแบบ-ทิศทางอาคารและความหนาแน่นของสภาพแวดล้อมเมืองที่แตกต่างกัน

1.2.2 ศึกษารูปแบบผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านกระแสลมอันเกิดจากรูปแบบ และทิศทางอาคาร ต่อสภาพแวดล้อมเมือง

1.2.3 เสนอแนะแนวทางการประเมินสิ่งแวดล้อม ด้านกระแสลมของอาคารต่อสภาพแวดล้อมเมือง

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 พื้นที่ที่ทำการศึกษาจัดลำดับกรณีสึกษาตามการพิจารณาถึงอัตราส่วนของพื้นที่ปกคลุมเฉพาะ พื้นที่สีน้ำตาลหรือบริเวณที่อยู่อาศัยหนาแน่นมาก และสีแดงหรือพื้นที่พาณิชยกรรมตามข้อกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดิน ตามผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ.2556 เท่านั้น

1.3.2 จำลองการเคลื่อนที่ของกระแสลมของพื้นที่กรณีสึกษา โดยใช้โปรแกรม CFD ซึ่งจำแนกตาม GCR จำนวน 6 ระดับ จากนั้นจึงจำลองการเคลื่อนที่ของกระแสลมภายหลังการสร้างอาคารรูปแบบและทิศทางต่างๆ ทั้ง 34 รูปแบบ รวมทั้งสิ้น 204 กรณีสึกษา

1.3.3 ใช้ข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยจากกรมอุตุนิยมวิทยา 2 m/s ในการจำลอง เพื่อศึกษา ลักษณะการเคลื่อนที่ของกระแสลม ณ ระดับทางเดิน (Pedestrian level) ที่ความสูง 2 เมตรจาก พื้นดิน

1.4 ระเบียบวิธีการศึกษา

1.4.1 ศึกษาทฤษฎีและงานวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย ดังนี้

1.4.1.1 ศึกษาพื้นฐานการไหลและลักษณะการเคลื่อนที่ของกระแสลม

1.4.1.2 ศึกษาเกณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบจากการเคลื่อนที่ของกระแสลม

1.4.1.3 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยในการออกแบบอาคาร ที่ส่งผล
กระทบสิ่งแวดล้อมด้านกระแสลม

1.4.2 สืบค้นลักษณะทางกายภาพ และปริมาณความหนาแน่นของผังเมืองใน กรุงเทพมหานคร เพื่อกำหนดเป็นกรณีศึกษาในปัจจัยด้านความหนาแน่นของที่ตั้งอาคาร

1.4.3 กำหนดอาคารรูปแบบต่างๆ ที่สอดคล้องกับอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (floor area ratio: FAR) และอัตราส่วนพื้นที่ว่างต่อพื้นที่อาคารรวม (open space ratio: OSR)

1.4.4 จำลองการเคลื่อนที่ของกระแสลมโดยใช้โปรแกรม CFD

1.4.4.1 จำลองการเคลื่อนที่ของกระแสลมบริเวณที่ตั้งอาคารก่อนสร้างอาคาร

1.4.4.2 จำลองการเคลื่อนที่ของกระแสลมบริเวณที่ตั้งอาคารหลังสร้างอาคาร
รูปแบบต่างๆ

1.4.5 เก็บข้อมูลและวิเคราะห์ผลจากการจำลองการเคลื่อนที่ของกระแสลม

1.4.6 เปรียบเทียบผลการจำลองการเคลื่อนที่ของกระแสลม อันเกิดจากความหนาแน่นของที่ตั้งและรูปแบบอาคารที่แตกต่างกัน

1.4.7 เสนอแนะแนวทางการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านกระแสลมของอาคารต่อสภาพแวดล้อมเมือง

1.4.8 สรุปผลการศึกษาวิจัย และขอเสนอแนะ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

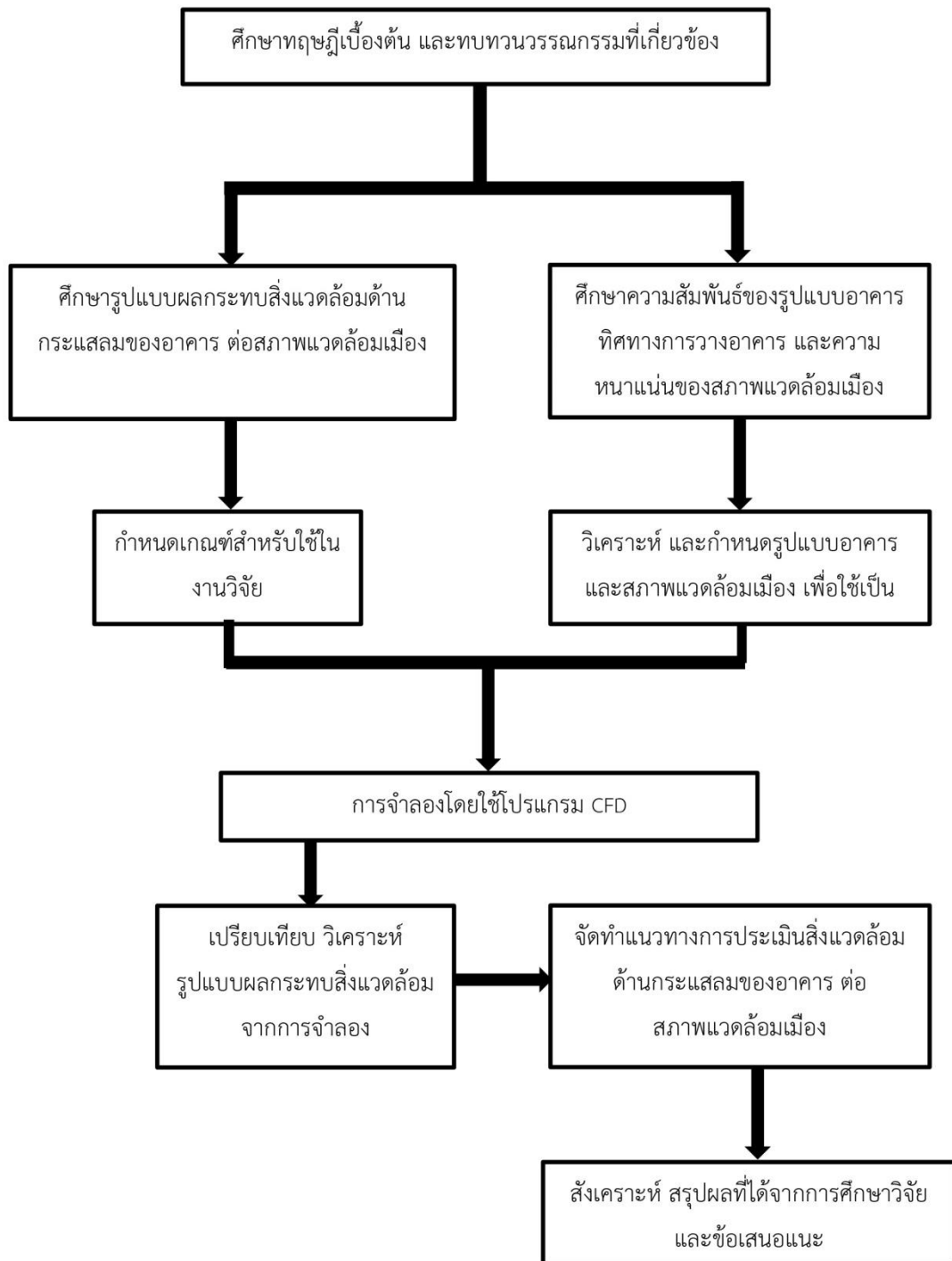
1.5.1 ทราบถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านกระแสลม อันเกิดจากรูปแบบ ทิศทางการวางอาคาร และระดับความหนาแน่นของสภาพแวดล้อมเมือง

1.5.2 ทราบถึงรูปแบบ และลักษณะการเคลื่อนที่ของกระแสลมที่ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม

1.5.3 เป็นแนวทางการออกแบบในประเด็นเรื่องผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านกระแสลม เพื่อให้มีมาตรฐาน และเกณฑ์ในการวิเคราะห์ที่ชัดเจนยิ่งขึ้น

ตารางที่ 1.1 ความสัมพันธ์ของวัตถุประสงค์ วิธีการศึกษา และประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

วัตถุประสงค์	วิธีการศึกษา	ประโยชน์
1. ศึกษาความสัมพันธ์ของรูปแบบ-ทิศทางการวางอาคารและความหนาแน่นของสภาพแวดล้อมเมืองที่แตกต่างกัน	1. ศึกษาทฤษฎีเบื้องต้น เกณฑ์สำหรับงานวิจัย และทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	1.ทราบถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อการวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ด้านกระแสลม อันเกิดจากรูปแบบ ทิศทางการวางอาคาร และระดับความหนาแน่นของสภาพแวดล้อมเมือง
	2. วิเคราะห์รูปแบบอาคาร และสภาพแวดล้อมเมือง เพื่อใช้เป็นกรณีศึกษา	
2. ศึกษารูปแบบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้านกระแสลมอันเกิดจากรูปแบบ และทิศทางการวางอาคาร ต่อสภาพแวดล้อมเมือง	3. จำลองโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์(Computational Fluid Dynamic หรือ CFD) ในแต่ละกรณีศึกษา เพื่อศึกษาลักษณะการเคลื่อนที่ ของกระแสลม	2. ทราบถึงรูปแบบ และลักษณะการเคลื่อนที่ของกระแสลมที่ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม
	4. เปรียบเทียบ วิเคราะห์รูปแบบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้านกระแสลมของอาคาร ต่อสภาพแวดล้อมเมือง	
3. เสนอแนะแนวทางการประเมินสิ่งแวดล้อมด้านกระแสลมของอาคาร ต่อสภาพแวดล้อมเมือง	5. สังเคราะห์ และสรุปผลที่ได้จากการจำลอง และจัดทำแนวทางการประเมินสิ่งแวดล้อมด้านกระแสลมของอาคาร ต่อสภาพแวดล้อมเมือง	3. เป็นแนวทางการออกแบบในประเด็นเรื่องผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้านกระแสลม เพื่อให้มีมาตรฐาน และเกณฑ์ในการวิเคราะห์ที่ชัดเจนยิ่งขึ้น



แผนภูมิที่ 1.1 Flow Chart แสดงวิธีการวิจัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านกระแสลมที่เกิดจากการวางผังอาคาร ประกอบด้วยการศึกษาพื้นฐานการไหลและลักษณะการเคลื่อนที่ของกระแสลมเกณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบจากการเคลื่อนที่ของกระแสลม รวมถึงการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง เพื่อกำหนดตัวแปรและค่าต่างๆ ที่ใช้ในการจำลอง

2.1 พื้นฐานการไหลและลักษณะการเคลื่อนที่ของกระแสลม

2.1.1 ทฤษฎีการเกิดลมและการเคลื่อนที่ของกระแสลม

การเกิดการเกิดลมและการเคลื่อนที่ของลม เป็นผลมาจากความแตกต่างของความกดอากาศ ซึ่งสามารถอธิบายได้โดยทฤษฎีทางฟิสิกส์ รวมถึงปัจจัยด้านการทรงตัวของสภาพอากาศ ความแตกต่างของอุณหภูมิ สิ่งกีดขวาง และความขรุขระของผิวพื้น ฯลฯ

กระแสลมที่ส่งผลต่อสภาวะแวดล้อมโดยทั่วไป เรียกว่า ลมผิวพื้น ซึ่งเป็นบริเวณที่มีความแปรปรวนของอากาศ และมีแรงเสียดทานอันเกิดจากการปะทะกับสิ่งกีดขวางร่วมกระทำด้วย ในระดับความสูงน้อย ทำให้แรงที่เกิดจากความแตกต่างของความกดอากาศในแนวนอนไม่สมดุล กับแรงคอริโอลิส (Coriolis) ลมผิวพื้นจะไม่พัดขนานกับเส้น Isobar ซึ่งเป็นเส้นระดับแนวนอนที่มีความกดอากาศคงที่ แต่จะพัดข้ามเส้น Isobar จากความกดอากาศสูงไปยังความกดอากาศต่ำ และทำมุมกับเส้น Isobar ดังภาพที่ 2.1 (ซ้าย)



ภาพที่ 2.1 ผลของแรงต้านและแรง Coriolis (ภาพซ้าย)

และลักษณะของความเร็วมภายในได้ Atmosphere Boundary Layer (ภาพขวา)

การทำมุมของลมผิวพื้นนั้น ขึ้นกับความขรุขระของผิวพื้น ถ้าเป็นทะเลที่ราบเรียบจะทำมุม 10-20 องศา พื้นดินที่ระดับความสูง 10 เมตร ทำมุม 20-40 องศา ส่วนบริเวณที่เป็นป่าไม้หนาที่บอาจทำมุมถึง 90 องศา ในขณะที่ระดับความสูงที่มากกว่า 10 เมตรขึ้นไป แรงต้านจะลดลง ความเร็ว

ลมจะเพิ่มมากขึ้น ดังภาพที่ 2.1 (ขวา) และมุมที่กระทำกับเส้น Isobar จะเล็กลง ส่วนที่ระดับความสูงใกล้ 1 กิโลเมตร เป็นระดับที่มีแรงฝัดน้อยมาก ดังนั้นกระแสลมจึงพัดขนานกับเส้น Isobar

การศึกษาเรื่องความสัมพันธ์ของความเร็วลมกับสภาพอากาศ และความขรุขระของพื้นผิวโลก (กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, 2551) ที่ความสูง 3 ระดับ คือ 100, 500 และ 1000 เมตร โดยกำหนดความขรุขระของพื้นผิว 3 ระดับ คือ 1, 3 และ 40 เมตร สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

ความกดอากาศและอุณหภูมิมีความสัมพันธ์กับความเร็วลม ที่สภาพอากาศคงตัวมาก ความเร็วลมจะเพิ่มขึ้นสูงมากกว่าสภาพอากาศที่ทรงตัวปานกลาง และในพื้นที่ซึ่งมีผิวพื้นขรุขระมาก ความเร็วลมที่อากาศชั้นบนจะลดลงเมื่อความสูงลดลง มากกว่าในพื้นที่ที่มีความขรุขระน้อย เนื่องจากยิ่งความสูงลดลง แรงต้านของพื้นผิวยิ่งเพิ่มมากขึ้น

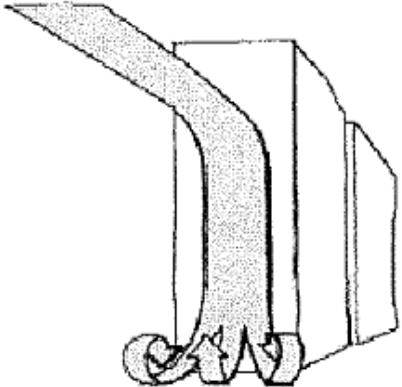
2.1.2 อาคารกับการเคลื่อนที่ของกระแสลม

ในการวางผังอาคารโดยทั่วไป มักก่อให้เกิดปัญหาด้านการไหลของกระแสลม เป็นสาเหตุของการเกิดความกดอากาศสูงในด้านที่ลมปะทะยังอาคาร และเกิดความกดอากาศต่ำ ในทิศทางตรงข้าม รวมถึงการเกิดความแปรปรวนของกระแสลม ณ จุดที่ความกดอากาศสูงและต่ำปะทะกัน การศึกษารูปแบบหรือลักษณะการเคลื่อนที่ของกระแสลมอันเกิดจากปัจจัยอาคารในแง่ต่างๆ จึงเป็นสิ่งสำคัญเพื่อการคาดคะเนและลดปัญหาข้างต้น โดยแบ่งเป็น 2 ประเด็น คือ จำนวนอาคาร และรูปร่างอาคาร (Bennet et al., 2007) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

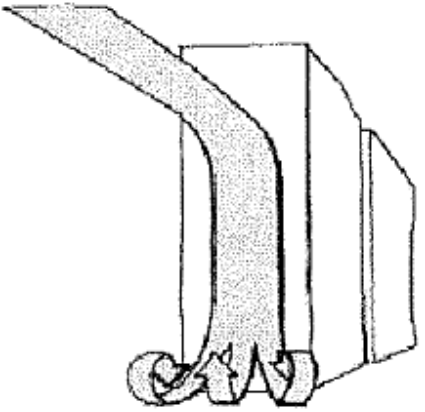
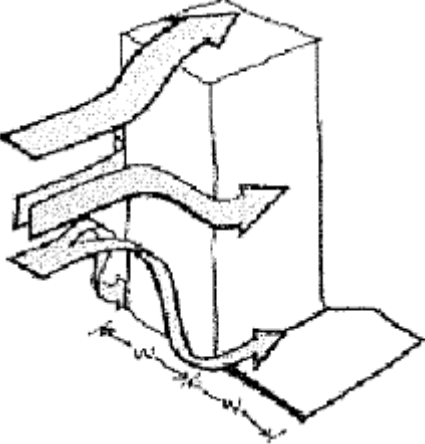
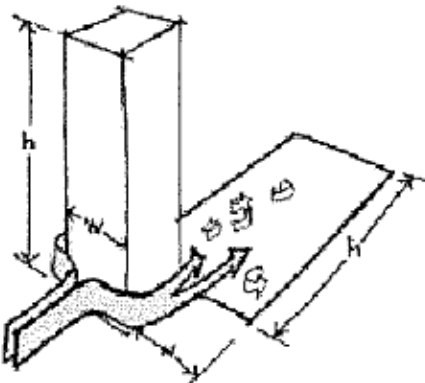
2.1.2.1 จำนวนอาคาร

“อาคารเดี่ยว” โดยส่วนใหญ่ในสภาพแวดล้อมเมือง มักมีอาคารโดยรอบเป็นปัจจัยประกอบด้วยเสมอ ในกรณีนี้เป็นการศึกษาโดยเน้นในแง่ของลักษณะของกระแสลมที่เกิดขึ้นยังตัวอาคารเอง ซึ่งมีลักษณะการเคลื่อนที่ดังตารางที่ 2.1 (Bennet et al., 2007)

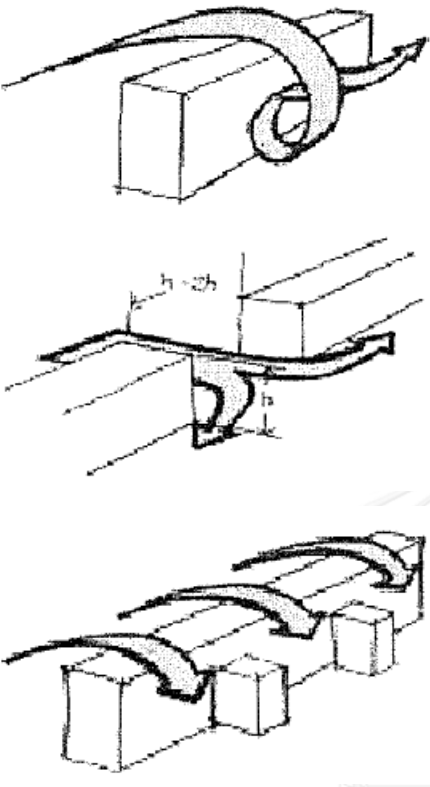
ตารางที่ 2.1 ความสัมพันธ์ของอาคารเดี่ยว กับลักษณะการเคลื่อนที่ของกระแสลม

ลักษณะการเคลื่อนที่ของกระแสลม	รายละเอียด
	<p>1. Downwash</p> <p>คือ การเคลื่อนที่ของกระแสลมซึ่งเกิดจากความกดอากาศด้านบนอาคารในทิศทางที่ลมปะทะมีมากกว่าในส่วนล่างของอาคาร ทำให้ความเร็วลมใน pedestrian level สูงกว่าบริเวณอื่น มักเกิดขึ้นในอาคารสูงเป็นส่วนใหญ่</p>

ตารางที่ 2.1 ความสัมพันธ์ของอาคารเดี่ยว กับลักษณะการเคลื่อนที่ของกระแสลม (ต่อ)

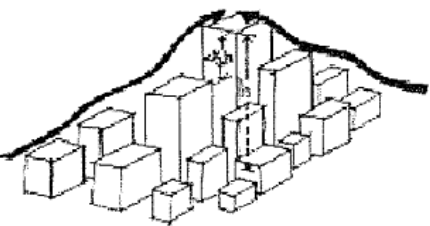
ลักษณะการเคลื่อนที่ของกระแสลม	รายละเอียด
	<p>จากการศึกษาพบว่า อาคารสูงประมาณ 5, 16 และ 35 ชั้น ส่งผลให้ภาวะน่าสบายในระดับ pedestrian level ลดลง 20, 50 และ 120% ตามลำดับ</p>
	<p>2. Downwash</p> <p>คือ การเคลื่อนที่ของกระแสลมซึ่งเกิดจากความกดอากาศด้านบนอาคารในทิศทางที่ลมปะทะมีมากกว่าในส่วนล่างของอาคาร ทำให้ความเร็วลมใน pedestrian level สูงกว่าบริเวณอื่น มักเกิดขึ้นในอาคารสูงเป็นส่วนใหญ่</p> <p>จากการศึกษาพบว่า อาคารสูงประมาณ 5, 16 และ 35 ชั้น ส่งผลให้ภาวะน่าสบายในระดับ pedestrian level ลดลง 20, 50 และ 120% ตามลำดับ</p>
	<p>3. The Corner Effect</p> <p>คือ การเคลื่อนที่ของกระแสลม ณ บริเวณด้านข้างหรือ มุมของอาคาร ทั้งนี้ความเร็วลมขึ้นกับความกดอากาศบริเวณทิศทางที่ลมปะทะ และทิศทางตรงข้าม โดยกระแสลมที่เกิดขึ้นอาจได้รับผลกระทบเป็นพื้นที่ยาวเท่ากับสัดส่วนความกว้างอาคาร การแก้ปัญหาอาจทำได้โดยลดพื้นที่ที่เป็นเหลี่ยมมุมของอาคาร การปลูกต้นไม้ หรือเพิ่มระแนงเพื่อลดทอนแรงปะทะข้างต้น</p>
	<p>4. The Wake Effect</p> <p>คือ กระแสลมที่เกิดจาก Downwash และ The Corner Effect ทำให้เกิดกระแสลมแปรปรวนบริเวณด้านข้างของอาคาร</p> <p>จากการศึกษาพบว่า อาคารสูงประมาณ 16 และ 30 ชั้น ส่งผลให้ภาวะน่าสบายในระดับ pedestrian level ลดลง 40 และ 120% ตามลำดับ</p>

ตารางที่ 2.1 ความสัมพันธ์ของอาคารเดี่ยว กับลักษณะการเคลื่อนที่ของกระแสลม (ต่อ)

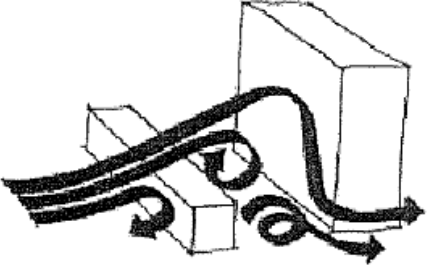
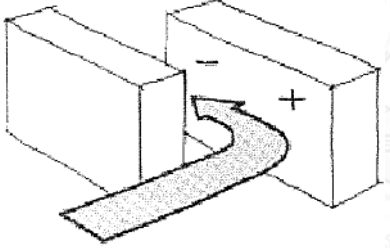
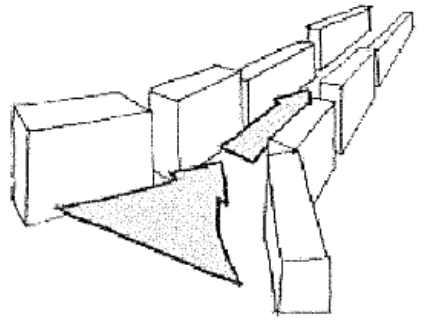
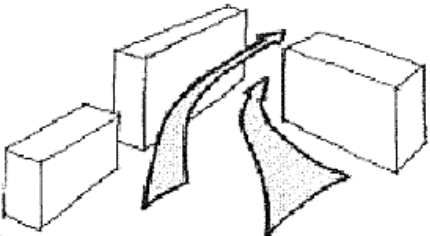
ลักษณะการเคลื่อนที่ของกระแสลม	รายละเอียด
	<p>1. Low Bar-Row Effect</p> <p>คือ กระแสลมที่เกิดขึ้นกับอาคารที่มีพื้นผิวในทิศทางลมปะทะค่อนข้างกว้าง และมีด้านสกัดแคบ ส่งผลให้เกิด Row Effect</p> <p>จากการศึกษาพบว่า อาคารสูงที่มีด้านสกัดแคบ หรือมีสัดส่วนด้านกว้างต่อด้านสกัด มากกว่าหรือเท่ากับ 8:1 และสูงน้อยกว่า 10 ชั้น ส่งผลให้ภาวะน่าสบายในระดับ pedestrian level ลดลง 40%</p> <p>รวมถึงช่องว่างระหว่างอาคาร หากมีความกว้างน้อยกว่าหรือเท่ากับ 2 เท่าของความสูงอาคาร ส่งผลให้ภาวะน่าสบายในระดับ pedestrian level ลดลง 30% เช่นกัน</p> <p>แนวทางการแก้ปัญหา ทำได้โดยออกแบบคืบยื่นจากอาคาร เพื่อลดผลกระทบที่เกิดขึ้นจากกระแสลม</p>

“กลุ่มอาคาร” เป็นการศึกษาลักษณะการเคลื่อนที่ของกระแสลม ที่มีโอกาสเกิดขึ้นในสภาพแวดล้อมเมือง ซึ่งประกอบด้วยอาคารหลากหลายแบบ ที่มีการเรียงตัวที่แตกต่างกัน โดยมีลักษณะการเคลื่อนที่ดังตารางที่ 2.2 (Bennet et al., 2007)

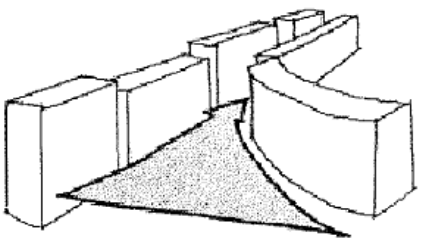
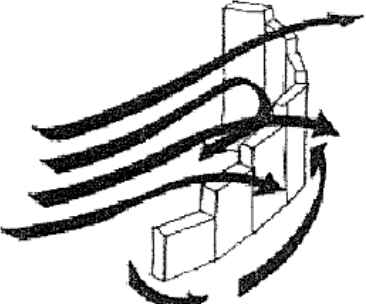
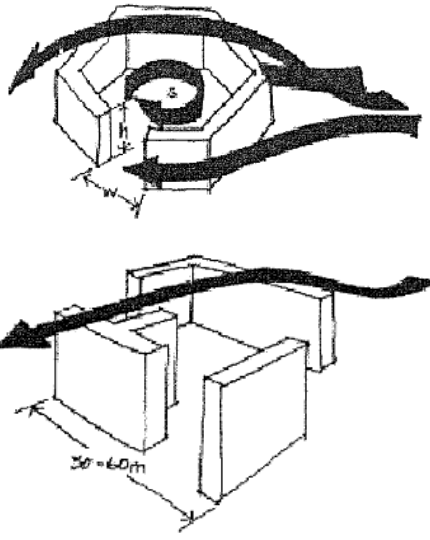
ตารางที่ 2.2 ความสัมพันธ์ของกลุ่มอาคาร กับลักษณะการเคลื่อนที่ของกระแสลม

ลักษณะการเคลื่อนที่ของกระแสลม	รายละเอียด
	<p>1. Cumulative Effect</p> <p>เกิดจากการพัดผ่านข้ามกลุ่มอาคารที่สูงน้อยกว่าไปยังอาคารสูงมากกว่า (อัตราส่วน 1:3) ทำให้เกิดความเร็วมวลที่เพิ่มมากขึ้น หากลักษณะทางกายภาพของผังเมืองไล่จากอาคารที่สูงน้อยไปยังกลุ่มอาคารที่สูงมากขึ้นเรื่อยๆ จะส่งผลให้ความเร็วลมมากขึ้นเรื่อยๆเช่นกัน</p>

ตารางที่ 2.2 ความสัมพันธ์ของกลุ่มอาคาร กับลักษณะการเคลื่อนที่ของกระแสลม (ต่อ)

ลักษณะการเคลื่อนที่ของกระแสลม	รายละเอียด
	<p>2. Low and High Building</p> <p>เกิดจากกรณีอาคารสูงกว่าอยู่ในทิศใต้ลมของอาคารเตี้ยกว่า ทำให้เกิดการสะสมของ row effect และ downwash ทำให้เกิดกระแสลมค่อนข้างแรงในช่องว่างระหว่างอาคาร</p> <p>จากการศึกษาพบว่า กระแสลม downwash ในทิศทางที่ลมปะทะอาคารสูง 20 ชั้น ส่งผลให้ภาวะน่าสบายในระดับ pedestrian level ลดลง 50% แต่หากมีอาคารเตี้ย ซึ่งสูงประมาณ 5 ชั้น ขวางทิศทางลมปะทะ ภาวะน่าสบายจะลดลง 80% รวมทั้งทำให้เกิด wake effect เช่นกัน</p>
	<p>3. Staggered Buildings</p> <p>คือกระแสลมที่เกิดบริเวณช่องว่างระหว่างอาคาร ซึ่งอาจทำให้เกิดทั้งผลดี หรือผลเสียด้านกระแสลม ทั้งนี้ ขึ้นกับทิศทางของลม ขนาด และระยะห่างของอาคาร</p>
	<p>4. Channelling</p> <p>เกิดจากช่องว่างจากการเรียงตัวในแนวเดียวกันของอาคาร เช่น แนวถนน ซอยต่างๆ มักเป็นบริเวณที่เกิดปัญหาด้านกระแสลมได้ ในกรณีที่อาคารที่เรียงตัวกันไม่มีช่องว่าง หรือมีช่องว่างเพียงเล็กน้อย หรือช่องว่างหรือแนวถนนดังกล่าวแคบเกินไป หรือน้อยกว่าอัตราส่วน 1:3 เมื่อเทียบกับความสูงอาคารทั้งสองข้าง</p>
	<p>5. Funnelling</p> <p>เกิดจากกรณีที่อาคารเรียงตัวกันในลักษณะค่อยๆ ลู่เข้าใกล้กันเรื่อยๆ หรือระยะห่างระหว่างอาคารค่อยๆ ลดลง จนเกิดช่องลมที่มีลักษณะเหมือนคอขวด ซึ่งยิ่งแคบมาก ส่งผลให้เกิดกระแสลมแปรปรวนมากเช่นเดียวกัน</p>

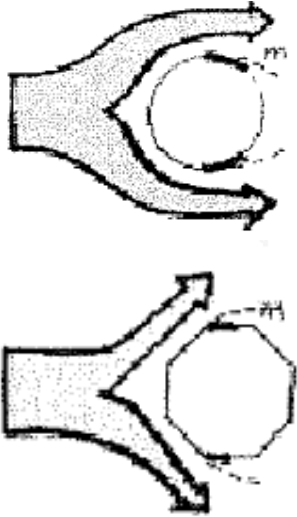
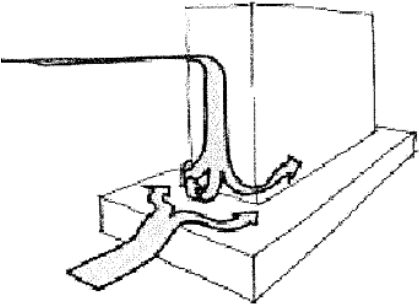
ตารางที่ 2.2 ความสัมพันธ์ของกลุ่มอาคาร กับลักษณะการเคลื่อนที่ของกระแสลม (ต่อ)

ลักษณะการเคลื่อนที่ของกระแสลม	รายละเอียด
	<p>การเกิดกระแสลมในลักษณะดังกล่าว จะเกิดขึ้นเมื่อบริเวณช่องแคบนั้น อาคารทั้งสองข้างสูงมากกว่า 5 ชั้น และเรียงตัวกันในระยะมากกว่า 100 เมตรขึ้นไป</p> <p>จากการศึกษาพบว่า อาคารที่สูง 8-10 ชั้น ส่งผลให้ภาวะน่าสบายในระดับ pedestrian level ลดลง 30% ในขณะที่ อาคารสูง 18 ชั้น ภาวะน่าสบายลดลง 60%</p> <p>ในกรณีที่หลังช่องว่างแคบที่มีลักษณะเป็นคอคอดเป็นพื้นที่ที่มีลักษณะเป็นช่องผายออก (รูปล่าง) ซึ่งเป็นสาเหตุของ venturi effect หรือปรากฏการณ์ช่องลมจากการศึกษาพบว่า อาคารที่สูงเพียง 5 ชั้น ส่งผลให้ภาวะน่าสบายในระดับ pedestrian level ลดลงได้ถึง 100%</p>
	<p>6. Funnelling</p> <p>คือ กระแสลมที่เกิดจาก การเรียงตัวของอาคารที่มีความสูงไล่ระดับไปเรื่อยๆ เมื่อลมปะทะยังกลุ่มอาคารดังกล่าว ที่มีความกดอากาศแตกต่างกันตามระดับความสูงอาคาร จึงทำให้เกิด row effect ขึ้น ณ ตำแหน่งดังกล่าว</p>
	<p>1. Courtyards</p> <p>คือ กระแสลมบริเวณพื้นที่เปิดโล่งกลางอาคาร ซึ่งการเคลื่อนที่ของกระแสลมสามารถเกิดได้ทั้งในกรณีพัดข้าม หรือพัดเข้ายังพื้นที่ใช้งาน ทั้งนี้ขึ้นกับปัจจัยต่างๆ ดังต่อไปนี้</p> <ul style="list-style-type: none"> - ขนาดของพื้นที่เปิดโล่งกลางอาคาร - ความสูงเฉลี่ยของอาคารโดยรอบ - ทิศทางลม <p>สัดส่วนความกว้างของช่องว่างที่ให้กระแสลมเข้าสู่พื้นที่เปิดโล่ง</p>

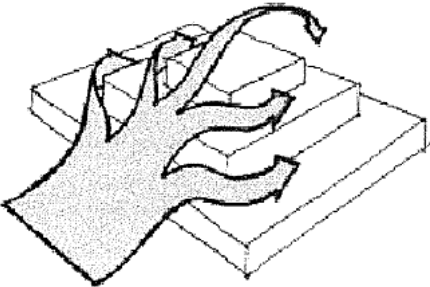
2.1.2.2 รูปทรงอาคาร

การออกแบบรูปทรงอาคารให้เหมาะสมกับทิศทางลม เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ผู้ใช้งานทั้งภายในและภายนอกอาคาร สามารถใช้พื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงลดผลกระทบบริบทโดยรอบเช่นกัน โดยรูปทรงอาคารรูปแบบต่างๆ ดังตารางที่ 2.3 มีความสัมพันธ์กับกระแสลมดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.3 ความสัมพันธ์ของรูปทรงอาคาร กับลักษณะการเคลื่อนที่ของกระแสลม

ลักษณะการเคลื่อนที่ของกระแสลม	รายละเอียด
	<p>1. รูปทรงสี่เหลี่ยม</p> <p>เป็นอาคารที่สามารถพบเห็นได้โดยทั่วไป เนื่องจากเป็นรูปทรงที่ใช้ประโยชน์ด้านที่ตั้งอาคารได้คุ้มค่าที่สุด ในขณะที่เป็นสาเหตุของการเกิดปัญหาด้านกระแสลมมากที่สุดเช่นกัน โดยเฉพาะอาคารที่มีสัดส่วนด้านใดด้านหนึ่งมากเกินไป ทั้งความยาว ความกว้าง รวมถึงความสูงเช่นกัน</p>
	<p>2. รูปทรงโค้ง หรือหลายเหลี่ยม</p> <p>เป็นรูปทรงที่ส่งผลดีกับการเคลื่อนที่ของกระแสลม เนื่องจากสามารถลดทอน ชะลอ ความแปรปรวนของกระแสลม จากพื้นผิวของอาคารได้</p> <p>สามารถใช้รูปทรงโค้งหรือหลายเหลี่ยม ในการออกแบบอาคารสูงที่มีอาคารเตี้ย ขวางทิศทางลมปะทะ เพื่อลดปัญหา low and high building ดังตารางที่ 2.2</p>
	<p>3. Tower Podium Buildings</p> <p>การออกแบบอาคารซึ่งมี podium ในสัดส่วนที่เหมาะสม สามารถลดทอนความเร็วลมที่เกิดจากลม downwash ได้</p>

ตารางที่ 2.3 ความสัมพันธ์ของรูปทรงอาคาร กับลักษณะการเคลื่อนที่ของกระแสลม (ต่อ)

ลักษณะการเคลื่อนที่ของกระแสลม	รายละเอียด
	<p>4. รูปทรงปิรามิด</p> <p>เป็นรูปทรงอาคารที่สามารถลดทอนความแปรปรวนของกระแสลมบริเวณ pedestrian level ได้ เนื่องจากลมสามารถเคลื่อนที่ไล่ระดับไปตามการลดทอนของรูปทรงอาคาร</p>

2.2 เกณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบจากการเคลื่อนที่ของกระแสลม

2.2.1 การวัดการเคลื่อนที่ของกระแสลม

การเคลื่อนที่ของกระแสลมนั้น สามารถทำการวัดได้ 2 ประเด็น คือ การวัดทิศทางลม และการวัดความเร็วลม โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.2.1.1 การวัดทิศทางลม เป็นการวัดเพื่อทราบถึงทิศทางที่กระแสลมพัดเข้าสู่พื้นที่ (inflow) ซึ่งสามารถเรียกชื่อตามทิศต่างๆ โดยอ้างอิงตามเข็มทิศ หรือเรียกเป็นองศาจากทิศจริง โดยการวัดจะแบ่งเป็นทิศหลัก 4 ทิศ คือ ทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก ซึ่งทิศทั้ง 4 ทิศ เมื่อแบ่งย่อยอีกจะเป็น 8 ทิศ โดยจะเพิ่มทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ และทิศตะวันตกเฉียงใต้ นอกจากนี้ยังสามารถแบ่งจาก 8 ทิศ ให้ย่อยเป็น 16 ทิศ หรือ 32 ทิศได้เช่นกัน ขึ้นกับความละเอียด หรือวัตถุประสงค์ในการวัด

ในขณะเดียวกัน การแสดงข้อมูลทิศทางโดยเรียกเป็นองศาจากทิศจริงนั้น เริ่มต้นจากทิศเหนือ และไล่เรียงองศาตามเข็มนาฬิกา ใช้สเกลจาก 0 องศา ไปจนถึง 360 องศา เช่น ลมทิศ 0 องศา หรือ 360 องศา เป็นทิศเหนือ, ลมทิศ 45 องศา เป็นทิศตะวันออกเฉียงเหนือ, ลมทิศ 90 องศา เป็นทิศตะวันออก, ลมทิศ 135 องศา เป็นทิศตะวันออกเฉียงใต้, ลมทิศ 180 องศา เป็นทิศใต้, ลมทิศ 225 องศา เป็นทิศตะวันตกเฉียงใต้, ลมทิศ 270 องศา เป็นทิศตะวันตก และลมทิศ 315 องศา เป็นทิศตะวันตกเฉียงเหนือ

2.2.1.2 การวัดความเร็วลม

ความเร็วลมคือ การเคลื่อนที่ของอากาศที่ทำให้เกิดแรง หรือความกดที่ผ่านจุดที่กำหนดให้บนพื้นผิวโลก และแรงหรือความกดเป็นสัดส่วนกับกำลัง 2 ของความเร็วลม อธิบายดังในรูปของสมการ

$$P = kv^2$$

P = ความกดที่เกิดจากการกระทำของลม

V = ความเร็วลม

K = ค่าคงที่ของหน่วยที่ใช้

ในกรณีที่ความกดอากาศมีหน่วยเป็นปอนด์ต่อตารางฟุต ความเร็วลมเป็นนอต (1 นอต หมายถึง 1 ไมล์ทะเล (6,080.20 ฟุต) ต่อชั่วโมง ซึ่งเป็นหน่วยมาตรฐานความเร็วลมที่ใช้ในสหรัฐอเมริกา) สมการจะเป็น $P = 0.0053 V^2$ โดยประมาณสำหรับผิวพื้นที่ราบเรียบ

ในขณะที่เดียวกันกรณีที่ความเร็วลมมีหน่วยเป็นไมล์ต่อชั่วโมง ค่า P ที่ได้จะเปลี่ยนไปเป็น $P = 0.004 V^2$ ดังนั้น แรงที่เกิดขึ้นเนื่องจากการกระทำของลม สามารถใช้ในการคำนวณหาความเร็วลมได้ โดยที่ไม่ต้องอาศัยเครื่องมือวัดใดๆ

2.2.2 ระดับผลกระทบจากความเร็วลม

ความเร็วลมในแต่ละระดับนั้น สังเกตได้จากปรากฏการณ์ของวัตถุที่อยู่รอบๆ ดังนั้นจึงมีการกำหนดมาตราความเร็วลมขึ้น เรียกว่ามาตราโบฟอร์ต (Beaufort Scale) ดังตารางที่ 2.4 โดยพลเรือเอก เซอร์ฟรานซิส โบฟอร์ต (Admiral Sir Francis Beaufort) ชาวอังกฤษ เป็นผู้คิดขึ้นใช้ในปี ค.ศ. 1805 สำหรับตรวจลมในทะเล และต่อมาได้ถูกดัดแปลงนำมาใช้ทั้งบนบกและในทะเล

มาตราโบฟอร์ต ใช้สำหรับเปรียบเทียบความเร็วลมกับสิ่งที่กีดขวางทั้งบนบกและในทะเล โดยสิ่งที่กีดขวางต่างๆ ได้แก่ ใบไม้ กิ่งไม้ สายโทรเลข สายโทรศัพท์ ธง สิ่งปรักหักพังต่างๆ และคลื่นในทะเล เกณฑ์ที่ใช้กำหนดความเร็วลม ได้มาจากการสังเกตกำลังลมเหนือพื้นดินและในทะเล มาตราโบฟอร์ต เริ่มต้นจากมาตราที่ 0 ไปจนถึงมาตราที่ 17 ความเร็วลมจะเพิ่มขึ้นคือ ที่มาตรา 0 จะเป็นเขตลมสงบ ไปจนถึงมาตราที่ 17 ลมมีกำลังแรงจัดกลายเป็นพายุเฮอริเคน

โดยนอกจากความเร็วลมที่ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมตามมาตราโบฟอร์ตข้างต้นนั้น ยังมีการศึกษาวิจัยมากมายเกี่ยวกับผลกระทบอันเกิดจากกระแสลมในด้านอื่นๆ เช่นงานวิจัยเพื่อการศึกษความสัมพันธ์ของระดับความเร็วของกระแสลมกับความสามารถในการรับรู้ของคน (Blocken and Carmeliet, 2004) ในระดับ pedestrian level หรือความสูงในระดับ 1.5-2.0 เมตรจากพื้นดิน โดยอ้างอิงเกณฑ์ของ Lawson และ Penwaden ในการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์อื่นๆ พบว่า ระดับผลกระทบอันเกิดจากกระแสลมต่อการทำกิจกรรม เช่น การนั่ง ยืน เดิน ในพื้นที่ระดับ pedestrian level นั้น มีการแจกแจงช่วงความเร็วลมไม่ตรง หรือคาดเคลื่อนกันในแต่ละระดับ ดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.4 มาตราโบฟอร์ต เปรียบเทียบความเร็วลมกับสิ่งที่กีดขวางทั้งบนบกและในทะเล

	ความเร็วลม		ชนิดลม	ลักษณะผลกระทบอันเกิดจากกระแสลม	
	km/hr	m/s		ในทะเล	บนบก
0	<1.85	0.51	ลมสงบ	ทะเลคล้ายกระจก	ลมสงบ คิว้นลอยขึ้นตรง
1	1.85-5.55	0.51-1.54	ลมเบา	ทะเลพริ้ว ยอดคลื่นไม่เป็นฟอง	ทิศทางลมสังเกตเห็นได้จากควันที่ แต่ไม่ใช่จากศรลม
2	>5.55-11.11	>1.54-3.08	ลมอ่อน	คลื่นเป็นระลอกเล็กๆ ปรากฏให้เห็นชัด แต่ยังไม่แตกเป็นฟอง	รู้สึกมีลมปะทะหน้า ใบไม้เคลื่อนไหว ศรลมเริ่มหันทิศทางไปตามลม
3	>11.11-18.52	>3.08-5.14	ลมเฉื่อย	คลื่นเป็นระลอกโตขึ้น คลื่นเริ่มแตกเป็นฟองขาว	ใบไม้และกิ่งไม้เล็กๆ เคลื่อนไหวตลอดเวลา ธงคลื่นออกตามลม
4	>18.52-29.63	>5.14-8.23	ลมปานกลาง	คลื่นขนาดเล็กใหญ่ขึ้น และเป็นฟองขาวมากขึ้น	ฝุ่นฟุ้ง กระจายปลิว กิ่งไม้เล็กๆ โยก
5	>29.63-38.89	>8.23-10.80	ลมกระโชก	คลื่นขนาดปานกลางยาวมากขึ้น โอกาสที่จะเป็นฝอยน้ำได้บ้าง	ต้นไม้อเล็กๆ เริ่มโยก แหล่งน้ำบนบก เช่น แม่น้ำ ลำคลองหนองบึง เป็นระลอก
6	>38.89-50.00	>10.80-13.89	ลมแรง	คลื่นมีขนาดใหญ่ขึ้น คลื่นแตกเป็นฟองขาวมากขึ้น เป็นฝอยน้ำมากขึ้น	กิ่งไม้ใหญ่โยก สายโทรเลขตั้งหือๆ ไม่สะดวกที่จะใช้ร่ม
7	>50.00-61.11	>13.89-16.97	พายุปานกลาง	น้ำทะเลสูงขึ้น และฟองแตกเป็นทาง เริ่มพัดกระจัดกระจายไปตามคลื่นหัวแตก	ต้นไม้อโยก เดินต้านลมไม่สะดวก
8	>61.11-74.08	>16.97-20.57	พายุกระโชก	คลื่นค่อนข้างสูง มีช่วงคลื่นขึ้น คลื่นที่ฟองน้ำแตกเป็นทางเห็นได้ชัดเจน	กิ่งไม้หัก เดินไปข้างหน้าไม่สะดวก

ตารางที่ 2.4 มาตราโบฟอร์ต เปรียบเทียบความเร็วลมกับสิ่งที่เกิดขวางทั้งบนบกและในทะเล (ต่อ)

	ความเร็วลม		ชนิดลม	ลักษณะผลกระทบอันเกิดจากกระแสลม	
	km/hr	m/s		ในทะเล	บนบก
9	>74.08-87.04	>20.57- 24.17	พายุแรง	คลื่นสูงยอดคลื่นเริ่มม้วนตัว คลื่นที่ฟองน้ำแตกเป็นทางหนาทึบ และฝอยน้ำที่พัดอยู่สูงในอากาศ ทำให้มีทัศนวิสัยเลว	สิ่งก่อสร้างเสียหายเล็กน้อย
10	>87.04-101.86	>24.17- 28.29	พายุจัด	คลื่นสูงมากมียอดคลื่นที่ยื่นออก ทะเลมีฟองขาวไปหมด การม้วนตัวของคลื่นมีมากขึ้น และทัศนวิสัยเลว	ต้นไม้ถอนราก สิ่งก่อสร้างเสียหายมาก
11	>101.86- 116.68	>28.29- 32.41	พายุจัด	คลื่นสูงใหญ่มาก ทะเลมีฟองขาวเต็มไปหมด ทัศนวิสัยเลว	สิ่งก่อสร้างเสียหายเป็นบริเวณกว้าง
12 - 17	>116.68	>32.41	เฮอริเคน	แตกเป็นฝอยน้ำอยู่ในอากาศเต็มไปหมด ทัศนวิสัยเลวลงมาก	สิ่งก่อสร้างเสียหายหนัก

นอกจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินระดับของผลกระทบต่อกิจกรรมด้านกระแสลมตามเกณฑ์ข้างต้น ยังมีงานวิจัยหลายงานซึ่งศึกษาในประเด็นของภาวะน่าสบาย รวมไปถึงการรวมประเด็นการศึกษาทั้ง 2 ประเด็น (Ng et al., 2008) โดยวิธีการลงพื้นที่จริงเพื่อสำรวจ ซึ่งพบว่าความเร็วลม และอุณหภูมิสามารถส่งผลต่อผู้ใช้พื้นที่ ทั้งในแง่ของการทำกิจกรรมและภาวะสบาย

โดยปกติ กระแสลมที่พัดผ่านและกระทบยังผู้ใช้พื้นที่ และส่งผลต่อภาวะน่าสบายในแง่บวกนั้นอยู่ในช่วงระหว่าง 1-2 m/s (Penwaden, 1973) ในกรณีที่กระแสลมช่วยในการพัดพาความร้อนรอบตัวออกไปทำให้รู้สึกเย็นขึ้น รวมถึงเป็นการพัดพาความชื้นบริเวณผิวของร่างกาย ทำให้การระเหยของเหงื่อดียิ่งขึ้น ในขณะที่ช่วงฤดูร้อนที่มีอุณหภูมิค่อนข้างสูง หากกระแสลมมากกว่า 3 m/s จะส่งผลให้ผู้ใช้พื้นที่รู้สึกไม่สบายเนื่องจากกระแสลมพัดพาความร้อนเข้าสู่พื้นที่ ซึ่งขัดแย้งเมื่อเทียบกับมาตราโบฟอร์ต ความเร็วลมระดับ 3 m/s อยู่ในระดับที่ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมเป็นต้น

ตารางที่ 2.5 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระดับความเร็วลม (km/hr) ที่ส่งผลต่อกิจกรรมต่างๆ ในพื้นที่ โดยระบุเปอร์เซ็นต์ความถี่ของกระแสลม ณ ช่วงเวลาในแต่ละกิจกรรม (Yuan et al., 2012; Yuan et al., 2016)

เกณฑ์ (แหล่งที่มา)	การนั่ง 20%	การยืน 20%	การเดิน 20%	ระดับรบกวน กิจกรรม 0.10%
Lawson and Penwaden	8.5	13.9	20.3	66.3
Penwaden and Wise	-	-	18	-
Hunt et al.	10.4	15.6	-	39.7
Melbourne	9.7	12.6	15.5	46.2
Davenport and Isyumov	8	14.5	19.5	49.3
Lawson	10.6	15.8	21.1	48.9
ค่าเฉลี่ยรวม	9.44	14.48	18.88	50.08

ดังนั้น จากประเด็นในเรื่องของเกณฑ์ที่มีที่มาต่างกัน แสดงผลที่คาดเคลื่อนกัน หรือไม่ครอบคลุมทั้งประเด็นของการรบกวนกิจกรรม กับภาวะน่าสบาย ส่งผลให้เกิดความยากในการนำข้อมูลไปใช้ จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของกระแสลมในเมือง (Yuan et al., 2012; Yuan et al., 2016) ซึ่งทำการรวบรวมเกณฑ์และงานวิจัยต่างๆ เพื่อจัดระดับความเร็วลมที่ส่งผลกระทบต่อโดยครอบคลุมทั้ง 2 ประเด็นข้างต้น ดังตารางที่ 2.6 สามารถแบ่งระดับผลกระทบได้ 6 ระดับ คือ กรณีความเร็วลมน้อยกว่า 0.3 m/s (stagnant) ผู้ใช้งานในพื้นที่จะรู้สึกถึงอากาศที่ไม่มีลมถ่ายเท กรณีความเร็วลมช่วง 0.3-3 m/s เป็นระดับที่อยู่ในช่วงภาวะน่าสบาย หรือกระแสลมไม่รบกวนการใช้งานหรือมีความเร็วลมที่อยู่ในช่วงที่รับได้ (acceptable period) โดยแบ่งออกเป็น 4 ระดับย่อย เพื่อลงรายละเอียดการพิจารณาในกรณีที่อุณหภูมิมากหรือน้อยเกินไป ในขณะที่ความเร็วลมที่มากกว่า 3 m/s (disturb) ส่งผลให้เกิดการรบกวนการทำงานหรือกิจกรรมต่างๆ

ตารางที่ 2.6 แสดงผลกระทบของระดับความเร็วลมต่อการใช้งานใน pedestrian level

stagnant	acceptable period				disturb
	poor	low	satisfactory	good	
Vo<0.3	0.6>Vo>=0.3	1>Vo>=0.6	1.3>Vo>=1	3>Vo>=1.3	Vo>=3
	3> Vo >= 0.3				

2.3 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.3.1 การศึกษาเรื่องลักษณะทางกายภาพของที่ตั้งอาคาร

ลักษณะพื้นผิวของเมือง หรือ urban roughness characteristics เป็นสิ่งสำคัญที่แสดงถึงความสัมพันธ์ของโครงสร้างผังเมือง กับปริมาณการพัดผ่านของกระแสลมในพื้นที่นั้นๆ โดยลักษณะที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ของเมือง อันเกิดจากปริมาณ และความสูงของอาคาร รวมไปถึงความกว้างของถนนที่ต่างกัน ส่งผลให้ลักษณะพื้นผิวของเมืองแตกต่างกัน โดยส่งผลกระทบต่อปัจจัยต่างๆ เช่น แรงต้านทานการเคลื่อนที่ (surface drag) ซึ่งเกิดจากความกดอากาศ และลักษณะของพื้นผิวของสิ่งกีดขวาง ขนาดและระดับความแปรปรวนของอากาศ ความเร็วลม (wind velocity) และลักษณะหรือรูปแบบของกระแสลม

จากการศึกษาวิจัยเรื่องลักษณะของกระแสลมอันเกิดจากความหนาแน่นของสภาพแวดล้อมเมืองที่แตกต่างกันนั้น แรงต้านทานการเคลื่อนที่ของกระแสลม คำนวณจากปัจจัยด้านความกดอากาศอันเกิดจากพื้นที่เท่านั้น เนื่องจากลักษณะพื้นผิวของสิ่งกีดขวาง ไม่สามารถควบคุมได้ในพื้นที่เมืองที่มีความหลากหลายของรูปแบบของอาคาร ซึ่งในการพิจารณาพื้นที่ที่ต้องการศึกษานั้น กำหนดขนาดพื้นที่อยู่ในช่วงระหว่าง 200x200 หรือ 300x300 เมตร เนื่องจากเป็นสัดส่วนพื้นที่ที่มีความสัมพันธ์เหมาะสม หรือมีค่า R² อยู่ในช่วงระหว่าง 87-96% โดยพิจารณาเลือกพื้นที่กรณีศึกษาจากอัตราส่วนของพื้นที่ปกคลุมดิน กับพื้นที่เปิดโล่งที่แตกต่างกันเพื่อศึกษาลักษณะของกระแสลมที่เกิดขึ้น จากสมการดังต่อไปนี้ (Ng et al., 2011)

$$GCR = \frac{A_b}{A_T} = \frac{w^2 \cdot n}{A_T}, \quad (n \geq 1)$$

GCR = Ground Coverage ratio

Ab = พื้นที่ปกคลุมดิน หรือพื้นที่ก่อสร้าง (ตร.ม.) n = จำนวนอาคารทั้งหมด

AT = พื้นที่ทำการศึกษา (ตร.ม.) w = ความกว้างเฉลี่ยของอาคาร

จากการศึกษาวิจัยเรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของอาคารในพื้นที่โดยรอบและความเร็วลมในระดับทางเดิน (Kubota et al., 2008) โดยจากการจำลองพื้นที่

กรณีศึกษาที่แตกต่างกันในแง่ของอัตราส่วนพื้นที่ปกคลุม และประเภทของอาคารในพื้นที่ คือ ส่วนพื้นที่บ้านพักอาศัย 1-2 ชั้น และส่วนพื้นที่อาคารสูงประเภทพักอาศัยรวม เนื่องจากผังเมืองประเทศญี่ปุ่นมีการแบ่งประเภทอาคารออกจากกันโดยชัดเจน โดยมีสัดส่วนดังตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 แสดงสัดส่วนอาคารที่มีความสูงแตกต่างกันในแต่ละกรณีศึกษา

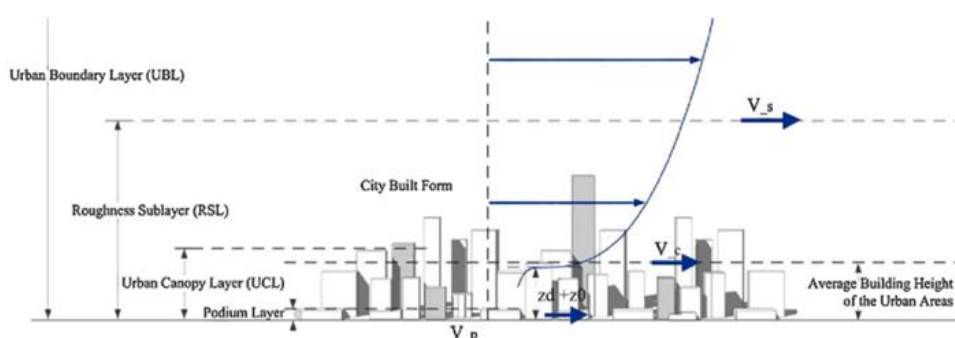
Case	Gross building coverage ratio (%)	Gross floor area ratio (%)	Proportion of buildings by height (%)			
			1-2 floor	3-5 floor	6-14 floor	>14 floor
<i>Detached houses</i>						
1	10	19	100	—	—	—
2	17	34	100	—	—	—
3	18	36	100	—	—	—
4	18	36	100	—	—	—
5	18	37	100	—	—	—
6	22	46	96	4	—	—
7	23	45	100	—	—	—
8	25	50	98	2	—	—
9	26	54	93	7	—	—
10	31	62	100	—	—	—
11	31	65	89	11	—	—
12	31	67	92	8	—	—
13	32	68	99	—	1	—
14	34	68	94	6	—	—
15	34	69	100	—	—	—
<i>Apartment houses</i>						
16	10	121	17	—	39	44
17	15	69	13	87	—	—
18	15	121	—	17	83	—
19	19	123	29	21	50	—
20	21	121	9	45	46	—
21	23	95	14	64	22	—
22	30	171	6	2	92	—

โดยผลการศึกษาพบว่า การหาความสัมพันธ์ดังกล่าว ควรคำนวณความหนาแน่นของพื้นที่ที่ทำการศึกษาจากอัตราส่วนของพื้นที่ปกคลุมดิน (Ground Coverage ratio: GCR) มากกว่าการคำนวณโดยใช้ขนาดของพื้นที่อาคารรวม (Gross Floor area) เนื่องจากความสูงที่แตกต่างกันของอาคารในพื้นที่ส่งผลให้การคำนวณอัตราส่วนมีความคลาดเคลื่อนได้

ในการพิจารณาการพัดผ่านของกระแสลมที่เกิดขึ้นนั้น จากทฤษฎีการเคลื่อนที่ของอากาศพลศาสตร์ (Aerodynamics) คือ การพิจารณาความเร็วลมที่พัดเข้า (inflow) และออก (outflow) สามารถทำการศึกษาได้ในหลายระดับ โดยจำแนกตามช่วงระดับความสูงตามลักษณะของพื้นผิวเมืองที่แตกต่างกัน ดังภาพที่ 2.2 ซึ่งในการศึกษาผลกระทบของกระแสลมต่อผู้ใช้งานภายนอกอาคารและสภาพแวดล้อมนั้น พิจารณาความเร็วลมที่พัดออก โดยใช้ความเร็วลมในระดับทางเดิน (pedestrian level หรือ V_p) ที่ระดับความสูงอ้างอิง 1.5-2.0 เมตร ซึ่งเป็นระดับที่ส่งผลกระทบต่อผู้ใช้งานภายนอกอาคารมากที่สุด (Kubota et al., 2008; Yuan et al., 2012) รวมไปถึงการศึกษา

ผลกระทบในช่วงระดับความสูงของฐานอาคาร (podium layer) เช่น ที่ระดับความสูงอ้างอิง 15 เมตร (Ng et al., 2011) เป็นต้น

ทั้งนี้ในการพิจารณาความเร็วลมที่พัดเข้า กรณีที่พื้นที่ที่ทำการศึกษามีขนาดพื้นที่ไม่ใหญ่มากนัก เช่น ขนาด 50x50 เมตร ความเร็วลม อ้างอิงจากระดับความสูงโดยเฉลี่ยของอาคาร ณ พื้นที่นั้นๆ (urban canopy layer) ในขณะเดียวกัน กรณีพื้นที่ที่ทำการศึกษามีขนาดพื้นที่ค่อนข้างใหญ่ เช่น 200x200 เมตร ความเร็วลมจึงอ้างอิงจากระดับความสูงที่ไม่ได้รับผลกระทบจากบริบทของเมือง หรือประมาณ 300-500 เมตรจากพื้นดิน (urban boundary layer) ขึ้นกับระดับความสูงของอาคารในบริเวณนั้นๆ



ภาพที่ 2.2 ความสัมพันธ์ของความเร็วลมกับระดับความสูง
อันเกิดจากลักษณะของพื้นผิวเมืองที่แตกต่างกัน (Ng et al., 2011)

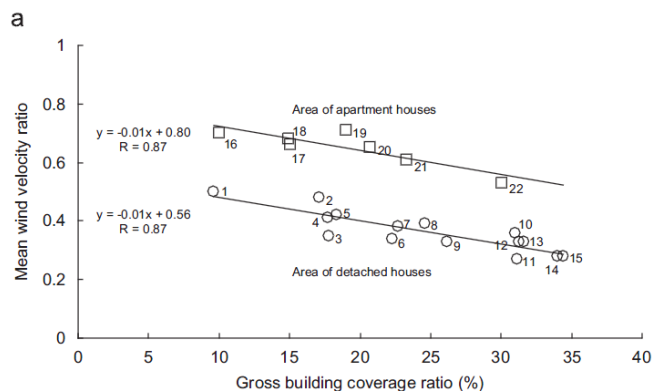
ทั้งนี้สามารถหาความสัมพันธ์ข้างต้น จากการคำนวณอัตราส่วนของลมที่พัดเข้าและออก (wind velocity ratio) และกำหนดทิศทางลมที่ทำการศึกษา 16 ทิศทาง เนื่องจากพื้นที่ที่มีบริเวณกว้าง และลักษณะของอาคารที่หลากหลายเช่นสภาพแวดล้อมเมือง มีทิศทางลมที่แปรปรวนจากปัจจัยต่างๆ ทำให้ไม่สามารถกำหนดทิศทางที่ชัดเจนได้ โดยอ้างอิงจากสมการต่อไปนี้

$$VR_{w,j} = \sum_{i=1}^{16} P_i \cdot VR_{500,i,j}$$

$$VR_{500,i,j} = \frac{V_{p,i,j}}{V_{500,i}}$$

จากสมการข้างต้น P คือกระแสลมที่พัดเข้าสู่พื้นที่ ในทิศทาง (i) ที่แตกต่างกัน 16 ทิศทาง โดยเป็นการเทียบอัตราส่วนของกระแสลมในระดับ 500 เมตร (urban boundary layer) กับตำแหน่งที่ทำการศึกษา หรือวัดความเร็วลม (j) ที่ระดับความสูง 2 เมตร จากพื้นดิน (pedestrian level) ทั้งนี้เพื่อใช้ในการหาอัตราส่วนความเร็วลมกับงานวิจัยที่มีพื้นที่กรณีศึกษาในประเทศญี่ปุ่นและ

ฮ่องกง ที่มีบริบทของสภาพแวดล้อมเมืองที่มีความหนาแน่น และเต็มไปด้วยอาคารที่มีความสูงค่อนข้างมาก



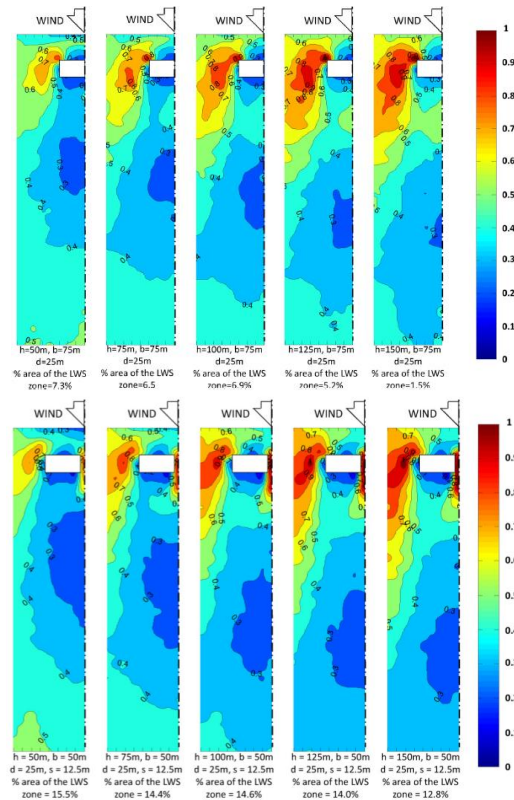
แผนภูมิที่ 2.1 แสดงความสัมพันธ์ของระดับ GCR กับอัตราส่วนค่าเฉลี่ยความเร็วลม

ดังนั้น ในการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพิจารณากระแสลมในพื้นที่ซึ่งค่อนข้างกว้าง หรือสภาพแวดล้อมระดับเมืองนั้น สามารถใช้ข้อมูล GCR ในการคำนวณลักษณะทางกายภาพ ด้านความหนาแน่นของพื้นที่ โดยลดทอนประเด็นด้านสัดส่วนความสูงอาคารข้างต้นได้ หากวัตถุประสงค์การวิจัยเป็นการหาแนวทางการพัฒนาหรือปรับปรุงการวางผัง หรือการออกแบบอาคารที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่นั้นๆ โดยที่ขอบเขตของงานวิจัยไม่รวมถึงความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ที่แตกต่างกัน เนื่องจากผลการวิจัยข้างต้น เมื่อพิจารณาอัตราส่วนค่าเฉลี่ยของความเร็วลม พบว่า ในพื้นที่ที่ GCR เท่ากัน แต่สัดส่วนพื้นที่ตามความสูงอาคารแตกต่างกัน กราฟที่ได้เป็นเส้นตรงที่ขนานกัน โดยพื้นที่ที่มีอาคารสูงมากกว่า อัตราส่วนค่าเฉลี่ยความเร็วลมจะสูงกว่าประมาณ 0.24 ดังแผนภูมิที่ 2.1

2.3.2 การศึกษาเรื่องรูปทรง และทิศทางอาคาร กับการเคลื่อนที่ของกระแสลม

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบด้านกระแสลมอันเกิดจากอาคาร โดยส่วนใหญ่เป็นงานวิจัยโดยใช้อาคารรูปทรงสมมุติ และลดทอนหรือเพิ่มสัดส่วนที่แตกต่างกัน เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรข้างต้น กับการเคลื่อนที่ของกระแสลม เช่นในงานวิจัยซึ่งทำการศึกษาในเรื่องของสัดส่วนของอาคารสูงที่ส่งผลต่อพื้นที่โดยรอบ (Tsang et al., 2012) โดยการจำลองด้วยโปรแกรม CFD จากนั้นจึงพิจารณาจากลักษณะการเคลื่อนที่และความเร็วที่เกิดขึ้น

ในการจำลองการเคลื่อนที่ของกระแสลมนั้น เน้นไปที่การพิจารณากระแสลมที่น้อยมาก (low wind speed: LWS) และแรงมาก (high wind speed: HWS) โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในกรณีที่เพิ่มสัดส่วนอาคาร ตัวอย่างเช่น การเพิ่มสัดส่วนความสูงอาคาร 5 ระดับ ได้แก่ ความสูง 50, 75, 100, 125 และ 150 เมตร เพื่อเปรียบเทียบกัน โดยสัดส่วนความกว้างและยาวคงเดิม ดังแสดงในภาพที่ 2.3 (บน)

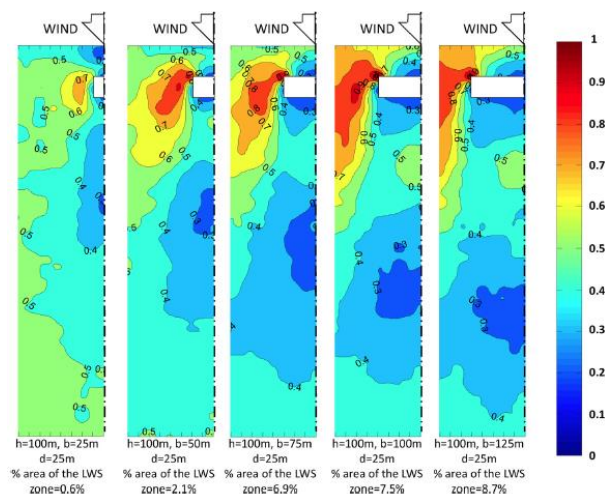


ภาพที่ 2.3 การเปรียบเทียบผลการจำลองอาคารที่มีความสูงต่างกัน 5 ระดับ

โดยตำแหน่งอาคารวางที่ระยะ 0 เมตร (บน) และ 12.5 เมตร (ล่าง)

จากผลการจำลองแสดงให้เห็นว่า อาคารที่มีความสูงน้อย ส่งผลให้เกิดพื้นที่ LWS ในระดับความเร็วที่ต่ำ ในบริเวณกว้างกว่า และใกล้อาคารมากกว่าอาคารที่มีความสูงมากขึ้น โดยเมื่อเพิ่มปัจจัยในเรื่องตำแหน่งการวางอาคารจากเดิมที่ระยะ 0 เมตร เป็น 12.5 เมตร ดังแสดงในภาพที่ 2.3 (ล่าง) ส่งผลให้การเคลื่อนที่ของกระแสลมในอาคารที่มีความสูง 3 ระดับแรก คือ 50, 75 และ 100 เมตร แปรผันเป็นไปในทิศทางเดิม โดยมีความเร็วลมในระดับที่ต่ำ และเป็นบริเวณกว้างกว่ากรณีแรก ซึ่งไม่เว้นระยะห่างเลย ประมาณ 2 เท่า

ในขณะที่อาคารที่สูง 125 และ 150 เมตร การปรับตำแหน่งการวางอาคารเพียง 12.5 เมตร กลับส่งผลให้เกิด LWS ประมาณ 3 และ 11 เท่าตามลำดับ และมีการกระจายตัวของพื้นที่ที่ความเร็วลมน้อยเป็นบริเวณกว้างขึ้นเช่นกัน นอกจากประเด็นเรื่องความสูง และตำแหน่งการวางอาคาร งานวิจัยชิ้นนี้ยังศึกษาเพิ่มเกี่ยวกับประเด็นในเรื่องความยาวของอาคาร โดยเปรียบเทียบ 5 ระดับ เช่นเดียวกับความสูงอาคาร คือ 25, 50, 75, 100 และ 125 ซึ่งจากผลการจำลอง ดังภาพที่ 2.4 พบว่า สัดส่วนความยาวของอาคารที่มากขึ้น ส่งผลให้เกิด LWS ในพื้นที่ที่เป็นบริเวณกว้างมากขึ้น เช่นกัน

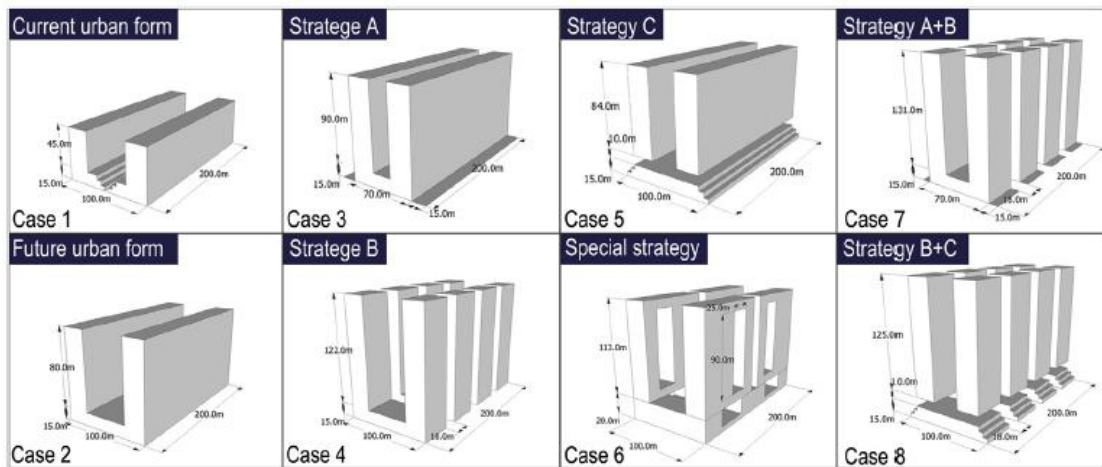


ภาพที่ 2.4 การเปรียบเทียบผลการจำลองอาคารที่มีความกว้างต่างกัน 5 ระดับ

นอกจากนั้น การศึกษาในประเด็นปัจจัยด้านช่องว่างระหว่างอาคาร ซึ่งกำหนดให้ทุกกรณีศึกษาที่มีความสูงที่ 125 เมตร และกว้าง 25 เมตร โดย case A ยาว 100 เมตร และ case B, C, D และ E ยาว 50 เมตร 2 อาคาร โดยมีช่องว่างระหว่างอาคารที่แตกต่างกัน ได้แก่ 6.25, 12.5, 18.75 และ 25 เมตร ตามลำดับ โดยผลการจำลองพบว่า case A ที่เป็นอาคารเดี่ยว ส่งผลให้เกิด LWS น้อยกว่า case B ซึ่งมี 2 อาคาร และมีช่องว่างระหว่างอาคารน้อยสุดเมื่อเทียบกับ case อื่นๆ

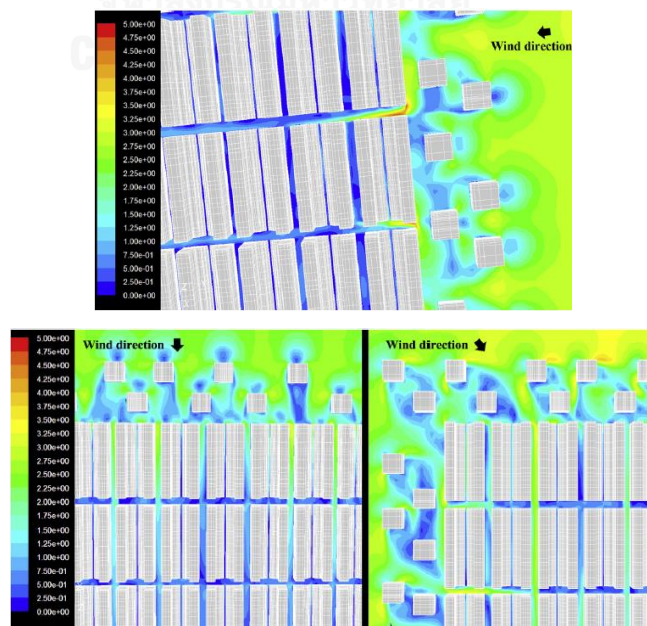
ในขณะที่ case C มีการเพิ่มระยะห่างระหว่างอาคาร เป็น 2 เท่าของ case B ซึ่งส่งผลให้พื้นที่ที่มีความเร็วระดับ LWS เท่ากับ case b แต่เกิด HWS ในบริเวณช่องว่างระหว่างอาคาร โดยที่ HWS เพิ่มพื้นที่มากขึ้น เมื่อเพิ่มระยะห่างระหว่างอาคาร ในกรณี case D และ E แต่ในขณะเดียวกัน LWS กลับมีพื้นที่ลดลงตามลำดับ

นอกจากนั้น การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับรูปทรงอาคาร ซึ่งเป็นการศึกษาในประเด็นของการปรับปรุงกลุ่มอาคาร จาก current urban form ให้มีความสูงที่มากขึ้นดังเช่น future urban form โดยจำลองเพื่อเปรียบเทียบอาคารในรูปแบบที่แตกต่างกัน ดังภาพที่ 2.5 โดยผลการวิจัยที่ได้พบว่า อาคารที่มีลักษณะไม่ทึบตัน ทั้งตัวอาคารและฐานอาคาร (podium) ดังเช่นในกรณีศึกษาที่ 6 และ 8 ส่งผลให้กระแสลมสามารถพัดผ่าน ไม่ส่งผลให้เกิดพื้นที่อับลม หรือบริเวณที่มีลมแรงเกินไป ซึ่งมักพบได้ตามมุมอาคารที่มีลักษณะเป็นแถบยาวและทึบตัน ดังเช่นกรณีศึกษา A และ C (Yuan et al., 2016)



ภาพที่ 2.5 ลักษณะของรูปทรงอาคารที่ใช้ในการจำลอง ซึ่งมีสัดส่วนที่ต่างต่างกัน

ปัจจัยในด้านทิศทางการวางอาคาร เป็นปัจจัยที่ส่งผลในแง่ของการเคลื่อนที่ของกระแสลมในเมืองเช่นกัน โดยงานวิจัยในเรื่องของการพัฒนาและแก้ไขปัญหาที่เกิดจากการวางผังอาคารในเมือง (Yuan et al., 2012) โดยผลการจำลองการเคลื่อนที่ของกระแสลมในเมืองพบว่า การวางผังเมืองโดยให้แนวอาคารขนานไปกับทิศทางลม inflow หรือทิศทางลมท่ามุม 0 องศา กับแนวอาคาร ส่งผลให้การเคลื่อนที่ของกระแสลมพัดผ่านได้ดี มีพื้นที่สีน้ำเงินหรือพื้นที่ที่อุณหภูมิต่ำกว่าอาคารที่วางในแนวขวางทางลม หรือท่ามุม 90 องศา กับแนวอาคาร เนื่องจากกระแสลมไม่สามารถเข้าสู่พื้นที่ได้ และในขณะที่ หากการวางผังอาคารสามารถท่ามุมมากกว่า 30 องศาขึ้นไป จะส่งผลให้กระแสลม สามารถพัดเข้าสู่พื้นที่ระดับทางเดิน หรือ pedestrian level ได้ดียิ่งขึ้นเช่นกัน ดังแสดงในภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 การเปรียบเทียบทิศทางของกระแสลมที่ส่งผลยังพื้นที่ในทิศทางที่ต่างต่างกัน

2.3.3 การศึกษาเรื่องการจัดทำแนวทางการประเมินผลกระทบด้านกระแสลม

การจัดทำแนวทางในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมในประเด็นต่างๆ เป็นสิ่งที่หลายประเทศให้ความสำคัญในการพัฒนา และส่งเสริมงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อสร้างเกณฑ์ และมาตรฐาน โดยมีวัตถุประสงค์คือการป้องกันการเกิดปัญหาอันเกิดจากการวางผังอาคาร หรือการพัฒนาพื้นที่ในระยะยาว

ตัวอย่างเช่น การจัดทำคู่มือโดยเน้นประเด็นในเรื่องกระแสลมในระดับ pedestrian level ที่ส่งผลต่อความสะดวกสบาย และความปลอดภัยในการใช้พื้นที่ ซึ่งจัดทำโดยสำนักผังเมือง Mississauga ประเทศแคนาดา โดยมีเนื้อหาสำคัญคือการป้องกันการผลกระทบที่มีเกิดขึ้นจากกระแสลมแรง โดยทำการจำลองเพื่อกำหนดความสูง รวมถึงลักษณะทางกายภาพของอาคารด้านอื่นๆ เช่น การกำหนดให้อาคารที่สูงมากกว่า 20 เมตร และอาคารที่มีความสูง 2 เท่าของอาคารโดยรอบ ต้องจัดทำ การจำลอง โดยใช้อุโมงค์ลมหรือ CFD และเทียบกับเกณฑ์ดังตารางที่ 2.8 ซึ่งในการกำหนดทิศทางของกระแสลมที่ใช้ในการจำลองนั้น พิจารณาจากข้อมูลของกระแสลมมรสุมทั้ง 2 ฤดู คือ ช่วงฤดูร้อน และฤดูหนาว และกำหนดระดับความสูงในการแสดงผลการเคลื่อนที่ของกระแสลมที่ระดับ 1.5 เมตร จากพื้นดิน

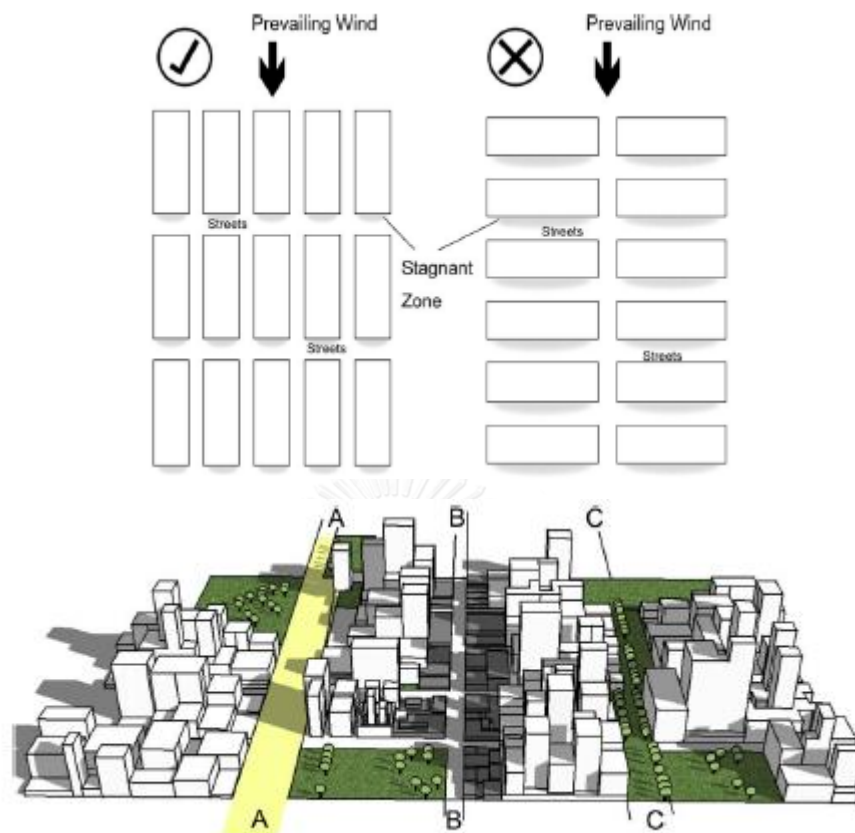
ตารางที่ 2.8 เกณฑ์การประเมินผลกระทบอันเกิดจากกระแสลม สำหรับคู่มือ Pedestrian Wind Comfort and Safety Studies, Mississauga

Comfort Category	GEM Speed (km/h)	Description
Sitting	≤ 10	Calm or light breezes desired for outdoor restaurants and seating areas where one can read a paper without having it blown away
Standing	≤ 15	Gentle breezes suitable for main building entrances and bus stops
Walking	≤ 20	Relatively high speeds that can be tolerated if one's objective is to walk, run or cycle without lingering
Uncomfortable	> 20	Strong winds of this magnitude are considered a nuisance for most activities, and wind mitigation is typically recommended
Notes: (1) Gust Equivalent Mean (GEM) speed = $\max(\text{mean speed}, \text{gust speed}/1.85)$; and (2) GEM speeds listed above are based on a seasonal exceedance of 20% of the time (e.g., between 6:00 and 23:00).		
Safety Criterion	Gust Speed (km/h)	Description
Exceeded	> 90	Excessive gust speeds that can adversely affect a pedestrian's balance and footing. Wind mitigation is typically required.
Note: Based on an annual exceedance of 9 hours or 0.1% of the time for 24 hours a day.		

นอกจากนี้ ประเทศฮ่องกง ซึ่งเป็นประเทศที่มีบริบทของสภาพแวดล้อมเมืองที่มีความหนาแน่น และเต็มไปด้วยอาคารที่มีความสูงค่อนข้างมาก ส่งผลให้เกิดการศึกษาวิจัยมากมายในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบด้านกระแสลมกับสภาพแวดล้อมเมือง ทั้งในด้านการป้องกันกระแสลมแรงที่เกิดขึ้น รวมถึงการแก้ไขพื้นที่ที่อับลม เนื่องจากก่อให้เกิดปัญหาในด้านมลภาวะทางอากาศ และการติดเชื้อทางอากาศได้ หากบริเวณนั้นๆ ไม่มีการไหลเวียนของอากาศในช่วงเวลาหนึ่ง (Ng, 2009) ดังนั้น จึงเกิดการเสนอนโยบายและแนวทางในการวางผังในสภาพแวดล้อมเมืองที่มีความหนาแน่น หรือมีชื่อเรียกว่า Air Ventilation Assessment (AVA) เพื่อป้องกันและแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นข้างต้น

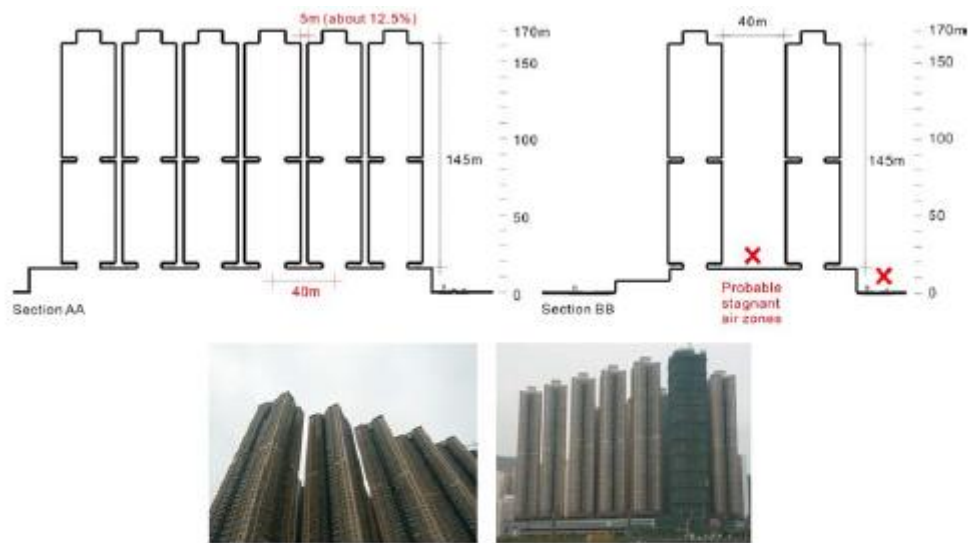
การวิเคราะห์ประเด็นด้านความหนาแน่นของพื้นที่ปกคลุมในแต่ละพื้นที่นั้น ใช้การคำนวณ GCR ในการแบ่งระดับความหนาแน่นของพื้นที่ เนื่องจากส่งผลต่อระดับ pedestrian level มากกว่า การพิจารณาความสูงอาคาร ซึ่งพื้นที่ที่มี GCR ในระดับที่มาก ไม่เพียงแต่ส่งผลต่อ การเทียบอัตราส่วนความเร็วลมในระดับ 300-500 เมตรกับระดับ pedestrian level ซึ่งมีความสูง 1.5-2 เมตรจากพื้นดิน หรือระดับความเร็วลมเฉลี่ยในแนวตั้งเท่านั้น ยังส่งผลกระทบในการบดบังการเคลื่อนที่ของกระแสลมในแนวนอน อันเกิดจากการวางอาคารในรูปแบบ ทิศทาง และระยะห่างที่ไม่เหมาะสม

ดังนั้น ในการจัดทำแนวทางข้างต้น เป็นการจัดทำในรูปแบบของการเสนอแนะรูปแบบการวางผังเมืองที่เหมาะสม ดังแสดงในภาพที่ 2.7 เช่น การออกแบบกลุ่มอาคารโดยการวางอาคารในทิศทางที่ขนานกับทิศทางลม inflow การเว้นระยะร่น หรือการออกแบบแนวถนนที่มีความกว้างที่เหมาะสม ซึ่งไม่เป็นสาเหตุของการเคลื่อนที่ของกระแสลมแบบ channelling effect รวมถึงการออกแบบอาคาร โดยเว้นระยะห่างที่เหมาะสม เพื่อให้ลมสามารถพัดผ่านไปยังพื้นที่อื่นๆได้ โดยมีกระแสลมที่แรง หรืออับลมในปริมาณที่น้อยที่สุด เป็นต้น



ภาพที่ 2.7 ตัวอย่างการนำเสนอแนวทางการออกแบบโดย AVA เพื่อการผังเมืองที่เหมาะสม

นอกจากการนำเสนอรูปแบบการวางผังเมืองที่เหมาะสมในรูปแบบกราฟฟิก เพื่อให้สามารถเข้าใจและนำไปใช้ได้โดยง่ายนั้น AVA ได้จัดทำรายการตรวจสอบอาคาร หรือการวางผังเมืองที่เข้าข่ายการพิจารณาพิเศษ ในแง่ผลกระทบต่อด้านกระแสลมในสภาพแวดล้อมเมือง โดยแบ่งเป็นประเด็นต่างๆ ตัวอย่างเช่น การออกแบบอาคาร 2 tower โดยมีระยะห่างน้อยกว่า $\frac{1}{3}$ ของความสูงอาคาร ซึ่งอาจทำให้เกิดพื้นที่อับลม หรือ stagnant แก่พื้นที่โดยรอบได้ ดังภาพที่ 2.8 หรือกรณีการออกแบบอาคารที่มีความยาวมาก โดยไม่มีช่องว่างให้ลมพัดผ่าน ส่งผลให้เกิดกระแสลมแรง หรือลมในระดับ disturb มาก เป็นต้น



1. Streets/Breezeways <input type="checkbox"/> 1.1 Road pattern <input type="checkbox"/> 1.2 Street width <input type="checkbox"/> 1.3 Breezeway	2. Land use disposition <input type="checkbox"/> 2.1 Open space <input type="checkbox"/> 2.2 Low-rise development/G.I.C. <input type="checkbox"/> 2.3 Polluting sources (e.g., P.T.I.)	3. Building height profile <input type="checkbox"/> 3.1 District level: building height <input type="checkbox"/> 3.2 Local level: building height
4. Tower structure <input checked="" type="checkbox"/> 4.1 Gaps between lowers <input type="checkbox"/> 4.2 Gaps between tower & podium <input type="checkbox"/> 4.3 Gaps in a tower	5. Podium structure <input type="checkbox"/> 5.1 Setback of podium <input type="checkbox"/> 5.2 Gaps in podium	6. Miscellaneous <input type="checkbox"/> 6.1 Wind/ventilation enhancing features <input type="checkbox"/> 6.2 Landscaping/greenery (streets/podium/sky-garden) <input type="checkbox"/> 6.3 Extensive deck structures over road/signboards/street stalls <input type="checkbox"/> 6.4 Building form/building orientation

ภาพที่ 2.8 ตัวอย่างรายการตรวจสอบ ในเรื่องของระยะห่างระหว่างอาคารที่เหมาะสม

จากการศึกษาทฤษฎี เภณท์ และทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องนั้น ส่งผลให้เกิดคำถามในการวิจัย หรือการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ทั้งประเด็นด้านความหนาแน่นของสภาพแวดล้อมเมือง และรูปแบบอาคารที่เหมาะสมกับพื้นที่นั้นๆ กับผลกระทบด้านกระแสลมที่เกิดขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการศึกษาประเด็นข้างต้นกับสภาพแวดล้อมเมืองในกรุงเทพมหานคร ซึ่งมีลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกัน หรือ GCR ในหลายระดับ รวมถึงสามารถเสนอแนะแนวทางการประเมิน เพื่อทำนายผลกระทบข้างต้น โดยลดขั้นตอนการ simulation ซึ่งมีความซับซ้อน และสร้างมาตรฐานในการประเมินรายงาน EIA ให้กับอาคารที่เข้าข่ายได้เช่นกัน

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยเรื่องแนวทางการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านกระแสลมของอาคารต่อสภาพแวดล้อมเมือง มีวิธีการศึกษาโดยใช้โปรแกรม CFD เพื่อจำลองหาค่าของความเร็วลมที่ส่งผลกระทบต่อการใช้งานพื้นที่โดยรอบอาคาร โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 ศึกษาทฤษฎีและงานวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

ศึกษาพื้นฐานการไหลและลักษณะการเคลื่อนที่ของกระแสลม และเกณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบจากการเคลื่อนที่ของกระแสลม รวมถึงทบทวนวรรณกรรมเพื่อทราบถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อกำหนดตัวแปรที่เหมาะสมในการศึกษาวิจัย

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 ระบบแสดงผลข้อมูลภูมิสารสนเทศ 3 มิติ (ArcGIS Explorer)

ระบบแสดงผลข้อมูลภูมิสารสนเทศ 3 มิติ บนระบบเครือข่าย คือ ระบบที่ให้บริการข้อมูลสารสนเทศ 3 มิติ ของสำนักผังเมือง กรุงเทพมหานคร โดยลักษณะการให้บริการแบบ Client-Server ผ่านระบบเครือข่าย Internet และ Intranet โดยเผยแพร่ข้อมูลผ่าน Web Service ในรูปแบบ Globe Service

ข้อมูลสำหรับให้บริการในระบบแสดงผลข้อมูลภูมิสารสนเทศ 3 มิติ บนระบบเครือข่ายในรูปแบบ Globe Service ประกอบด้วย ข้อมูลด้านความสูงอาคาร ขอบเขตอาคาร เส้นทางท่องเที่ยว สถานที่ท่องเที่ยว โบราณสถาน และหน่วยงานราชการ ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ประชาชนทั่วไป หรือบุคคลภายนอกสามารถใช้งานได้โดยการติดตั้งซอฟต์แวร์ ArcGIS Explorer และลงทะเบียนผ่านหน้าหลักของเว็บไซต์ของสำนักผังเมือง



ภาพที่ 3.1 แสดงข้อมูลด้านความสูงอาคารโดยโปรแกรม ArcGIS Explorer ของสำนักผังเมืองกทม.

การสำรวจข้อมูลด้านความสูง และขอบเขตอาคารในสภาพแวดล้อมเมือง เพื่อใช้เป็นตัวแปรในการศึกษาวิจัยนั้น โปรแกรมจะแสดงผลในรูปของแบบจำลอง 3 มิติ โดยแบ่งสีอาคารตามช่วงความสูง ดังตารางที่ 3.1 และตัวอย่างการแสดงผลดังภาพที่ 3.1 จากนั้นจึงนำข้อมูลความสูง และขอบเขตอาคารไปใช้ในการสร้างแบบจำลอง 3 มิติเพื่อการจำลองการเคลื่อนที่ของกระแสลมในขั้นต่อไป

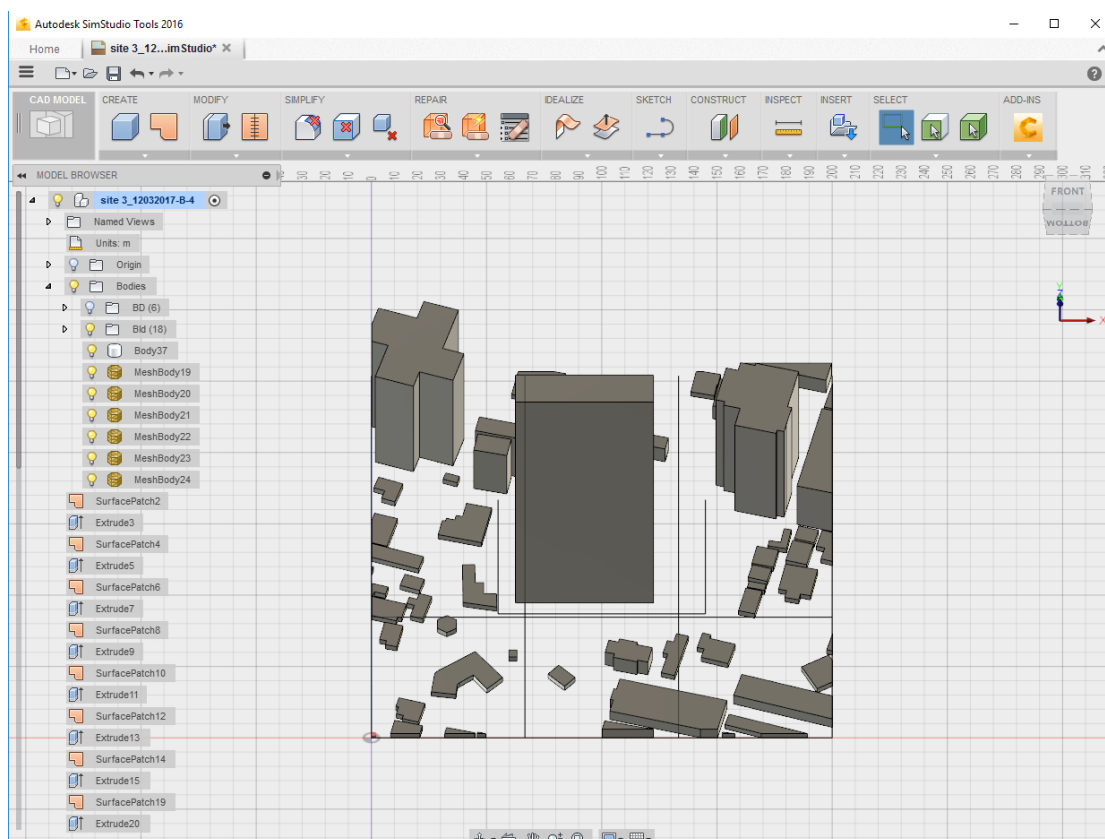
ตารางที่ 3.1 การจำแนกสีอาคารตามช่วงความสูง 5 ระดับโดยโปรแกรม ArcGIS Explorer

สีอาคาร	ช่วงความสูง (เมตร)
สีเขียวเข้ม	มากกว่า 3-6
สีเขียว	มากกว่า 6-9
สีเหลือง	มากกว่า 9-27
สีส้ม	มากกว่า 27-60
สีแดง	60 ขึ้นไป

3.2.2 การสร้างแบบจำลอง 3 มิติ

การสร้างแบบจำลอง 3 มิติ จากข้อมูลความสูงและขอบเขตอาคารในพื้นที่กรณีศึกษาที่ได้จากโปรแกรม ArcGIS Explorer ข้างต้น เพื่อใช้ในการจำลองการเคลื่อนที่ของกระแสลม โดย “Autodesk SimStudio Tools 2016” ซึ่งเป็นหนึ่งในโปรแกรมการสร้างแบบจำลอง 3 มิติเพื่อกำหนดขอบเขต รูปทรงของสถาปัตยกรรม ที่ต้องการใช้ในการจำลองการเคลื่อนที่ของกระแสลม ซึ่งเป็นโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นเพื่อลดความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นในกระบวนการสร้างแบบจำลอง และมีความเหมาะสมสำหรับใช้ในการเตรียมแบบก่อนการจำลองด้วย CFD ในขั้นต่อไป เนื่องจากแบบจำลองซึ่งส่งออกไปยัง CFD จะสามารถสร้าง Mesh หรือตาข่ายที่ครอบคลุมแบบจำลองที่มีคุณภาพความละเอียดสูง ทำให้ผลการจำลอง แม่นยำและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น

โดยการสร้างแบบจำลอง 3 มิติเพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยนั้น เป็นการสร้างโดยลดทอนรายละเอียดของอาคาร กล่าวคือ เป็นแบบจำลองที่มีเพียงขอบเขต รูปทรง และความสูงของอาคารเท่านั้น ไม่รวมถึงส่วนประกอบอื่นๆ ทางสถาปัตยกรรม เช่น ประตู หน้าต่าง หลังคา เป็นต้น ดังภาพที่ 3.2 เพื่อลดความผิดพลาดในขั้นตอนการจำลองกระแสลม อันเนื่องมาจากรายละเอียดอาคารที่มากเกินไป



ภาพที่ 3.2 แบบจำลอง 3 มิติเพื่อกำหนดขอบเขต รูปทรง และความสูงของสถาปัตยกรรม โดยใช้โปรแกรม Autodesk SimStudio Tools 2016

นอกจากนั้น การกำหนดความสูงของอาคารในพื้นที่กรณีศึกษาเพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลองการเคลื่อนที่ของกระแสลม จึงอ้างอิงจากข้อมูลที่ได้จากโปรแกรม ArcGIS Explorer ดังตารางที่ 3.1 ซึ่งแบบจำลอง 3 มิติในโปรแกรมเป็นการลดทอนการแสดงผลด้านความสูง โดยแสดงในระดับความสูงที่ต่ำสุดในแต่ละช่วงเท่านั้น ดังนั้น ความสูงอาคารที่แสดงในโปรแกรม และนำมาใช้ในงานวิจัย จึงสรุปได้ดังนี้ อาคารสี่เหลี่ยมจัตุรัสสูง 3 เมตร, สี่เหลี่ยมสูง 6 เมตร, สี่เหลี่ยมสูง 9 เมตร, สี่เหลี่ยมสูง 27 เมตร และสี่เหลี่ยมสูง 60 เมตร

3.2.3 การคำนวณพลศาสตร์ของไหล (Computational Fluid Dynamic, CFD)

การจำลองลักษณะการไหลเวียนอากาศโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการคำนวณ และจำลองสภาพการไหลเวียนของอากาศ โดยใช้โปรแกรม “Autodesk CFD 2016” ซึ่งเป็นหนึ่งโปรแกรมที่ใช้ในการจำลองการเคลื่อนที่ของของไหลทั้ง 2 และ 3 มิติ มีหลักการทำงาน คือ ปริมาตรต่างๆ ในที่ว่างที่ต้องการศึกษาจะแบ่งออกเป็นปริมาตรย่อยหรือเรียกว่าเซลล์ (cell) โดยในแต่ละเซลล์จะมีการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ ได้แก่ ความเร็วของอากาศในระนาบ x, y และ z รวมถึงระดับความกด

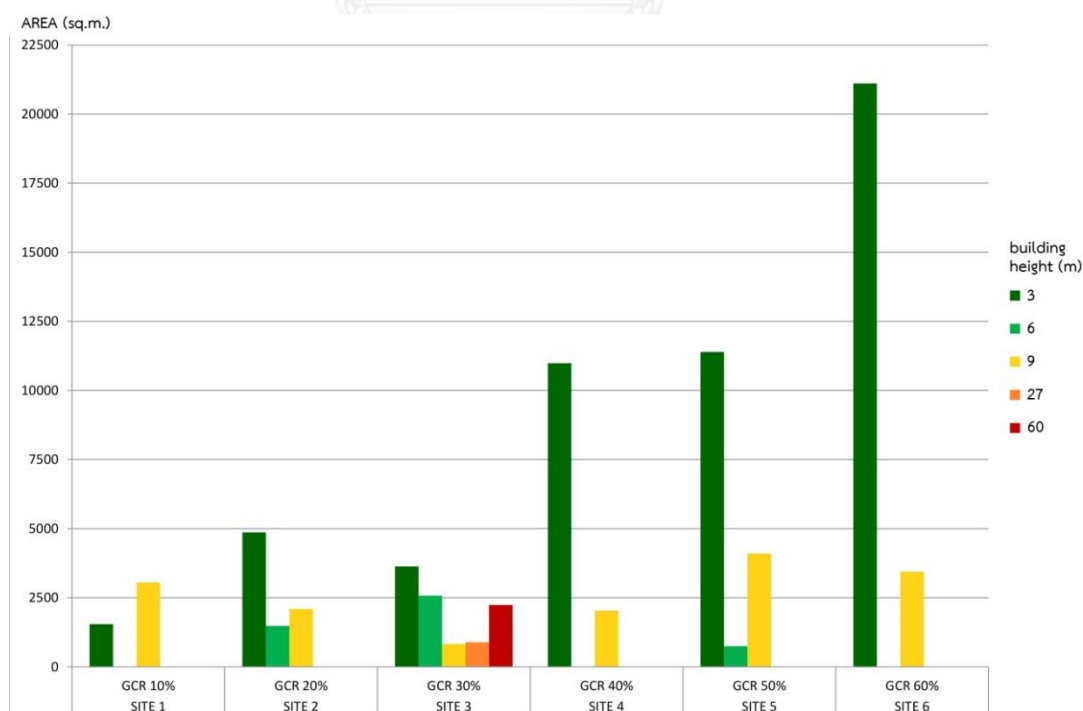
อากาศ และตัวแปรอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น อุณหภูมิ แรงเฉือนในระนาบต่างๆ รวมถึงความหนาแน่นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นต้น (สริน พินิจ, 2553)

ในแต่ละตัวแปรที่ต้องการทราบค่าในแต่ละเซลล์นั้น เป็นการสร้างสมการในโปรแกรม จากนั้นโปรแกรมจึงใช้ระเบียบวิธีเชิงตัวเลข (Numerical method) เพื่อแก้สมการนั้นๆ โดยผลที่ได้จากการวิเคราะห์ในโปรแกรม แสดงในรูปแบบของเวกเตอร์ของความเร็วอากาศ ในลักษณะภาพสีหรือขาว-ดำ ซึ่งสามารถนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบได้โดยง่าย จากนั้นจึงนำผลการจำลองที่ได้มาเปรียบเทียบโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel และวิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธีทางสถิติ

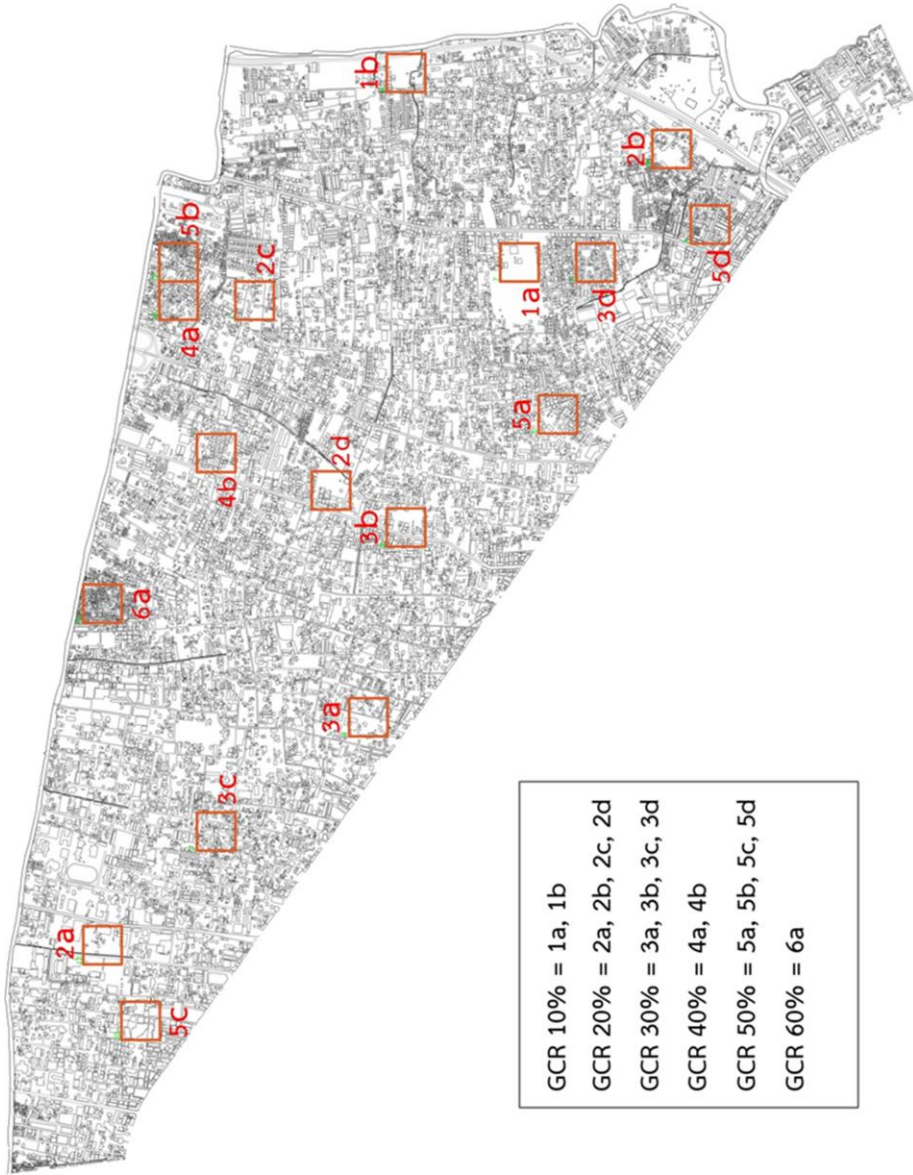
3.3 กำหนดพื้นที่กรณีศึกษาที่ใช้ในการจำลอง

3.3.1 ลักษณะความหนาแน่นของสภาพแวดล้อมเมืองในกรุงเทพมหานคร

จากการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาเรื่องกระแสลมที่เกิดขึ้นในเมืองที่มีความหนาแน่นแตกต่างกัน (บทที่ 2) กำหนดให้พื้นที่กรณีศึกษาที่ใช้ในการจำลองมีขนาด 200x200 เมตร โดยจากการสำรวจผังเมืองในกรุงเทพมหานคร พบว่า ปริมาณความหนาแน่นของพื้นที่กรณีศึกษาสามารถจำแนกตามอัตราส่วนพื้นที่ปกคลุมดิน จำนวน 6 ระดับ คือ GCR อยู่ในช่วง 10-60% ดังภาพที่ 3.3 ในขณะเดียวกันพื้นที่ที่มี GCR มากกว่า 60% หรือพื้นที่ที่มีความหนาแน่นมาก พบได้ค่อนข้างน้อยในกรุงเทพมหานคร เนื่องจากข้อจำกัดด้านระยะร่นอันเกิดจากระยะห่างอาคารและความกว้างถนน ตามกฎกระทรวงที่เกี่ยวข้องในการสร้างอาคาร



แผนภูมิที่ 3.1 แสดงปริมาณอาคารในแต่ละระดับ GCR โดยจำแนกตามช่วงระดับความสูง



ภาพที่ 3.3 การจำแนกรูปแบบของพื้นที่กรณีศึกษาตามอัตราส่วนพื้นที่ปกคลุมดินที่เปิดโล่ง (เขตพัฒนา กทม.)

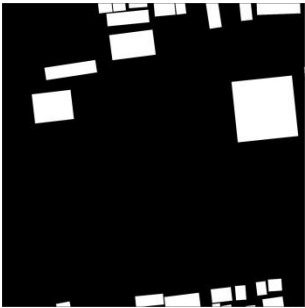
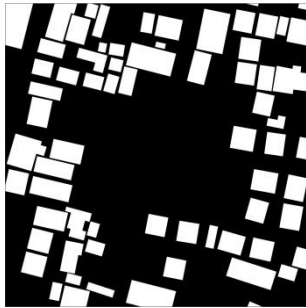
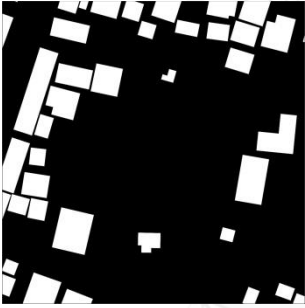
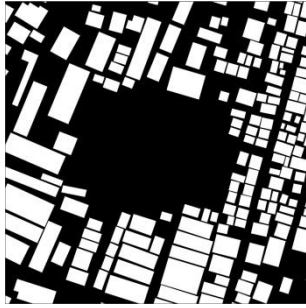

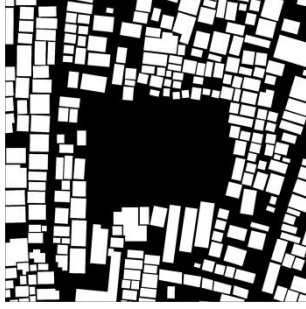
ในแต่ละพื้นที่ที่ทำการสำรวจโดยแบ่งตามระดับ GCR นั้น ประกอบด้วยอาคารที่มีความสูงแตกต่างกัน จากการสำรวจความสูงอาคารในโปรแกรม ArcGIS Explorer อาคารที่มีปริมาณมากที่สุดในแต่ละพื้นที่ เป็นอาคารที่มีความสูงอยู่ในช่วง 3-9 เมตร ซึ่งพบใน GCR 40-60% โดยส่วนใหญ่ เนื่องจากลักษณะการวางผังค่อนข้างหนาแน่น เป็นอาคารประเภทตึกแถว ร้านค้าขนาดเล็กถึงกลาง และมักเป็นพื้นที่ที่มีถนน ตรอก ซอย ค่อนข้างมาก ทำให้การขยายตัวของอาคารสูง ณ บริเวณนี้มีค่อนข้างน้อยกว่าพื้นที่ GCR ระดับอื่น โดยมักพบทั้งในเขตศูนย์กลางธุรกิจของกรุงเทพมหานคร (central business district, CBD) และแนวขอบ หรือชานเมือง

กรณีพื้นที่ GCR 10-20% อาคารที่มีปริมาณมากที่สุดในพื้นที่ เป็นอาคารที่มีความสูง 3-9 เมตรเช่นกัน และสามารถพบอาคารที่สูงในช่วง 27 หรือ 60 เมตรได้บ้างแต่ค่อนข้างน้อย เนื่องจากความโล่งของพื้นที่ส่งผลให้อาคารสามารถขยายตัวเพิ่มขึ้นได้ ในกรณีที่พื้นที่โล่งดังกล่าวเป็นที่ซึ่งไม่ได้รับการยกเว้นทางกฎหมาย เช่น เป็นพื้นที่สวนสาธารณะ หรือเป็นพื้นที่ส่วนราชการ สถานศึกษา เป็นต้น รวมถึงพื้นที่ที่มีระดับความหนาแน่นน้อยข้างต้น มักพบตามแนวขอบ หรือชานเมือง หรือบริเวณที่ค่อนข้างไกลจากย่าน CBD ทำให้ความต้องการในการลงทุนสร้างอาคารสูงน้อยลงเช่นกัน

ในขณะที่พื้นที่ GCR 30% เป็นพื้นที่ที่ประกอบด้วยอาคารที่มีความสูงทุกระดับ ซึ่งมักพบในย่าน CBD เป็นส่วนใหญ่ ทำให้ลักษณะของอาคารในบริเวณดังกล่าวมีความหลากหลาย ทั้งในแง่ธุรกิจและอสังหาริมทรัพย์ประเภทอาคารพักอาศัยรวม ซึ่งสาเหตุที่พื้นที่ที่มีความหนาแน่นน้อยกว่า GCR 40-60% นั้น เนื่องมาจากปัจจัยด้านความกว้างถนน ระยะร่น open space ratio (OSR) รวมถึงพื้นที่สีเขียว ตามกฎกระทรวงต่างๆ จึงทำให้อาคารประเภทที่ถูกบังคับใช้ ณ บริเวณนั้นๆ คงเหลือที่ว่างมากกว่าพื้นที่ GCR 40-60%

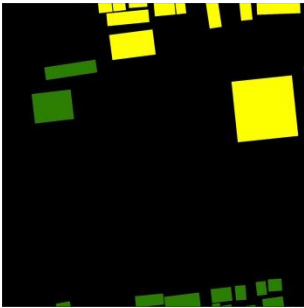
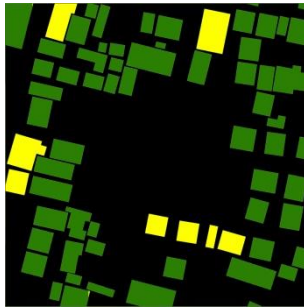
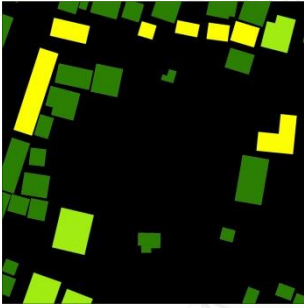
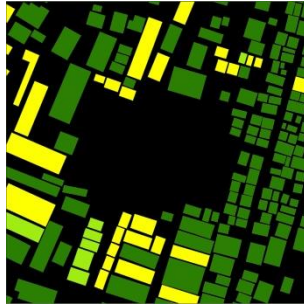
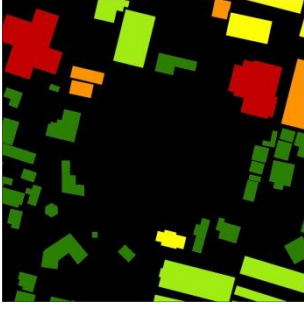
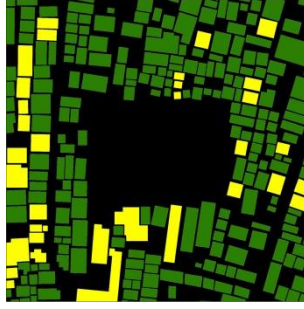
จากนั้นจึงกำหนดพื้นที่เพื่อใช้เป็นการจำลองจำนวน 6 ระดับตามปริมาณความหนาแน่นของพื้นที่ ดังตารางที่ 3.2 โดยเลือกพื้นที่กรณีศึกษาจากเขตวัฒนาในการพิจารณา ดังภาพที่ 3.3 เนื่องจากเป็นเขตที่มีการขออนุญาตปลูกสร้าง และมีแนวโน้มการขยายตัวของอาคารมากที่สุด โดยเฉพาะอาคารประเภทอาคารพหุสามารถทราบช่วงระดับความสูงของอาคาร โดยจำแนกตามสีในแต่ละพื้นที่กรณีศึกษา ซึ่งในแต่ละระดับ GCR นั้น ประกอบด้วยอาคารที่มีความสูงแตกต่างกัน ดังตารางที่ 3.2 และแผนภูมิที่ 3.1

ตารางที่ 3.2 กำหนดพื้นที่กรณศึกษาเพื่อใช้ในการจำลอง โดยแบ่งตามอัตราส่วนพื้นที่ปกคลุมดินของอาคาร (GCR) ช่วง 10-60% ในกรุงเทพมหานคร

ลำดับ	พื้นที่กรณศึกษา ขนาด 200x200 เมตร	ลำดับ	พื้นที่กรณศึกษา ขนาด 200x200 เมตร
SITE 1	 <p>GCR = 10%</p> <p>ตำแหน่ง : 1a</p>	SITE 4	 <p>GCR = 40%</p> <p>ตำแหน่ง : 4b</p>
SITE 2	 <p>GCR = 20%</p> <p>ตำแหน่ง : 2d</p>	SITE 5	 <p>GCR = 50%</p> <p>ตำแหน่ง : 5b</p>
SITE 3	 <p>GCR = 30%</p> <p>ตำแหน่ง : 3a</p>	SITE 6	 <p>GCR = 60%</p> <p>ตำแหน่ง : 6a</p>

หมายเหตุ: สีขาว = พื้นที่ปกคลุมดิน , สีดำ = พื้นที่เปิดโล่ง
(กำหนดให้ทิศเหนืออยู่ด้านบนของพื้นที่กรณศึกษา)

ตารางที่ 3.3 ข้อมูลด้านความสูงอาคารในพื้นที่การศึกษา GCR ช่วง 10-60% จากระบบแสดงผล ข้อมูลภูมิสารสนเทศ 3 มิติ ของสำนักผังเมือง กรุงเทพมหานคร

ลำดับ	พื้นที่การศึกษา ขนาด 200x200 เมตร	ลำดับ	พื้นที่การศึกษา ขนาด 200x200 เมตร
SITE 1	 <p>GCR = 10%</p> <p>ตำแหน่ง : 1a</p>	SITE 4	 <p>GCR = 40%</p> <p>ตำแหน่ง : 4b</p>
SITE 2	 <p>GCR = 20%</p> <p>ตำแหน่ง : 2d</p>	SITE 5	 <p>GCR = 50%</p> <p>ตำแหน่ง : 5b</p>
SITE 3	 <p>GCR = 30%</p> <p>ตำแหน่ง : 3a</p>	SITE 6	 <p>GCR = 60%</p> <p>ตำแหน่ง : 6a</p>

หมายเหตุ: อาคารสีเขียวเข้มสูง 3 เมตร, สีเขียวสูง 6 เมตร, สีเหลืองสูง 9 เมตร, สีส้มสูง 27 เมตร และสีแดงสูง 60 เมตร

3.3.2 การเปรียบเทียบสัดส่วนตามปริมาณความสูงอาคารในพื้นที่

จากข้อมูลด้านความสูงอาคารสามารถระบุสัดส่วนปริมาณกลุ่มความสูงอาคารเป็น 3 ระดับ คือ อาคารเตี้ย (low), อาคารสูง (high) และอาคารสูงมาก (very high) ดังตารางที่ 3.4 เพื่อความสะดวกในการเปรียบเทียบข้อมูลข้างต้น เนื่องจาก SITE 3 หรือ GCR = 30% เป็นพื้นที่ที่กรณีศึกษาที่ประกอบด้วยอาคารที่มีความสูงหลากหลาย โดยมสัดส่วนปริมาณกลุ่มความสูงอาคาร (low-high-very high) เท่ากับ 70-20-10 ในขณะที่พื้นที่กรณีศึกษาอื่นๆ ประกอบด้วยอาคารที่สูงประมาณ 3-9 เมตร หรือกลุ่มอาคารเตี้ยเท่านั้น ดังนั้นสัดส่วนจึงเท่ากับ 100-0-0

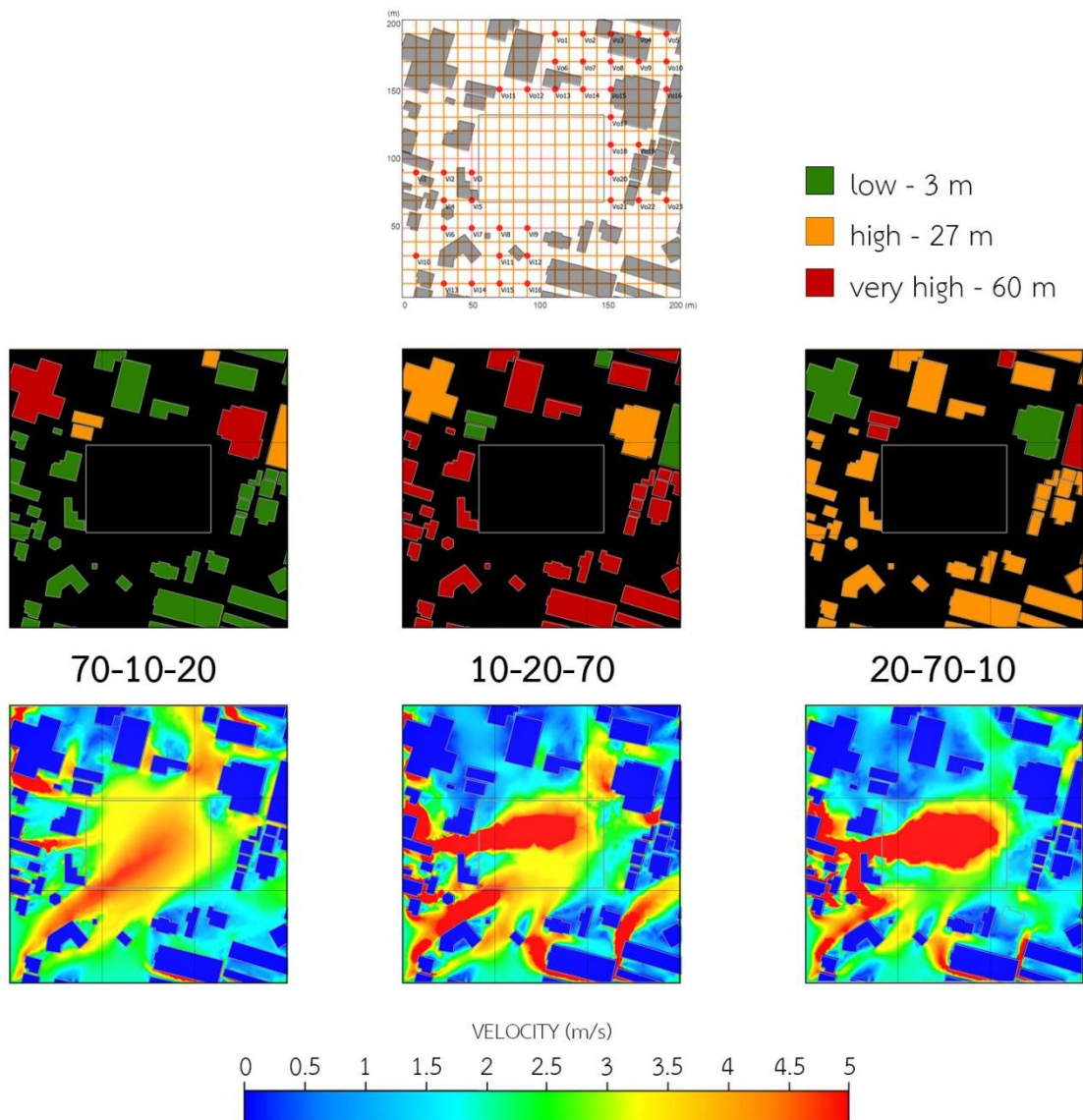
ตารางที่ 3.4 แสดงสัดส่วนปริมาณกลุ่มความสูงอาคาร 3 ระดับ คือ อาคารเตี้ย (low), อาคารสูง (high) และอาคารสูงมาก (very high)

level	bld height (m)	SITE 1	SITE 2	SITE 3	SITE 4	SITE 5	SITE 6
		GCR 10%	GCR 20%	GCR 30%	GCR 40%	GCR 50%	GCR 60%
low	3 to 9	100%	100%	70%	100%	100%	100%
high	27	0%	0%	20%	0%	0%	0%
very high	60	0%	0%	10%	0%	0%	0%

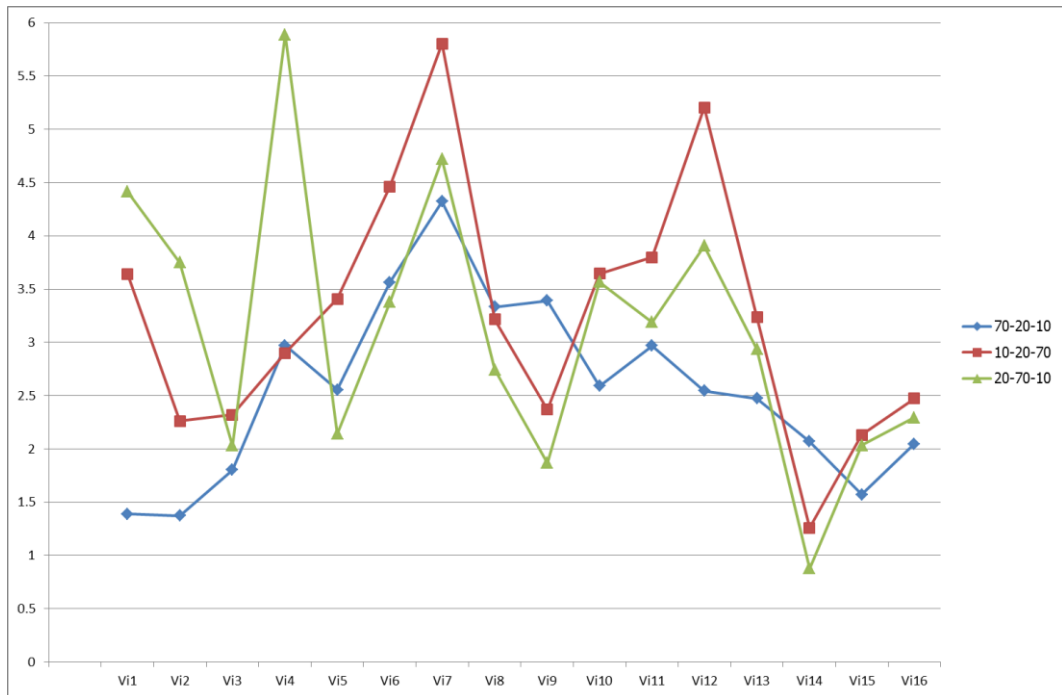
วัตถุประสงค์ในการวิจัย คือ ต้องการจัดทำแนวทางการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านกระแสลมต่อสภาพแวดล้อมในเมือง การเลือกพื้นที่ที่กรณีศึกษาจึงพิจารณาให้เป็นต้นแบบสามารถนำไปใช้ในการประเมินผลกระทบข้างต้นได้ โดยไม่ต้องทำการสร้างแบบจำลองด้วยตนเอง ดังนั้น จึงทำการจำลองเพื่อทดสอบอัตราส่วนปริมาณกลุ่มความสูงอาคารของ SITE 3 ซึ่งมีสัดส่วนตามพื้นที่จริงคือ 70-20-10 เปรียบเทียบกับสัดส่วนสมมุติ 2 กรณี คือ 10-20-70 และ 20-70-10 โดยที่ตำแหน่งอาคารในพื้นที่กรณีศึกษา และ GCR = 30% เช่นเดิม เพื่อพิจารณาเปรียบเทียบถึงลักษณะ และความเร็วในการเคลื่อนที่ของกระแสลมตามจุดที่กำหนด ทั้งบริเวณพื้นที่เหนือลม (V_i) และใต้ลม (V_o) ของทั้ง 3 กรณี ดังภาพที่ 3.4

ผลการจำลองพบว่า การเปลี่ยนแปลงสัดส่วนปริมาณกลุ่มความสูงอาคาร ส่งผลให้ลักษณะการเคลื่อนที่ของกระแสลมเปลี่ยนแปลง แต่ยังเป็นไปในลักษณะเดียวกัน จากภาพที่ 3.5 พื้นที่ 70-10-20 ซึ่งมีอาคารส่วนใหญ่เป็นอาคารเตี้ย การพัดของกระแสลมอยู่ในระดับปานกลาง และมีลมแรงบ้าง ในบริเวณพื้นที่ที่ลมพัดเข้า หรือพื้นที่ใต้ลม ในขณะที่เมื่อเพิ่มสัดส่วนของอาคารสูง 60 เมตร และ 27 เมตร ในพื้นที่ 10-20-70 และ 20-70-10 ตามลำดับนั้น กระแสลมในพื้นที่อยู่ในระดับที่สูงมากขึ้น โดยเฉพาะบริเวณช่องว่างระหว่างอาคาร

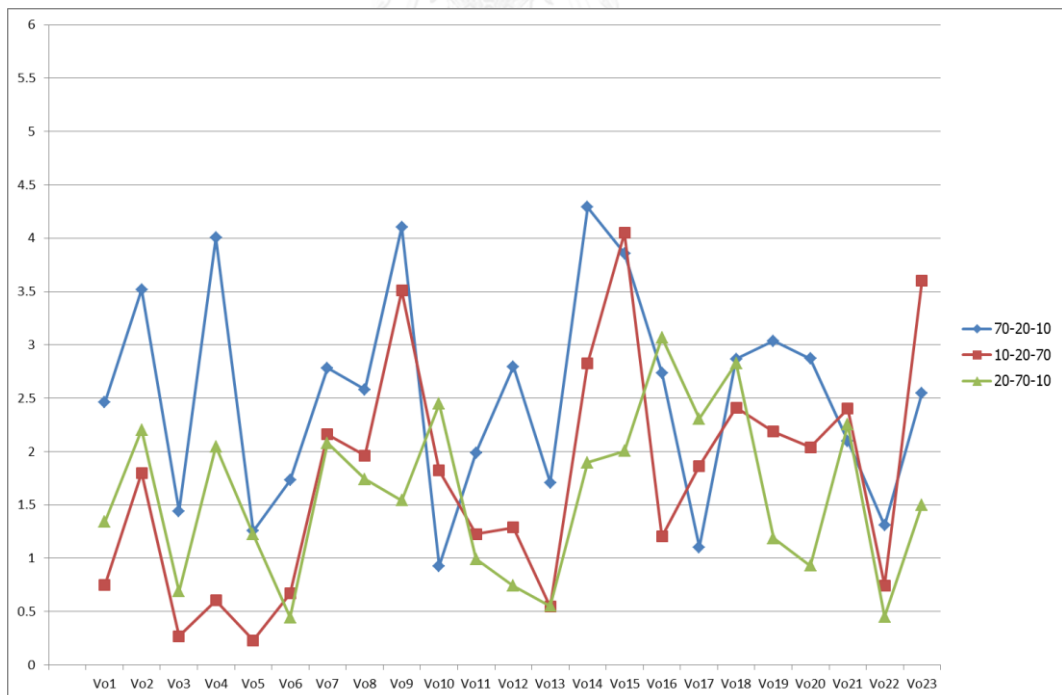
อย่างไรก็ตาม ผลการวิเคราะห์ในเชิงตัวเลข ดังแผนภูมิที่ 3.2 และ 3.3 พบว่าความเร็วลมในแต่ละจุดทั้ง Vi และ Vo ของพื้นที่ที่มีปริมาณสัดส่วนกลุ่มความสูงอาคารแตกต่างกัน โดยที่ตำแหน่งอาคารคงเดิม ค่อนข้างเป็นไปในทิศทางเดียวกัน จึงสามารถสรุปได้ว่า ในขอบเขตของงานวิจัยเพื่อการจัดทำแนวทางการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านกระแสลมในระดับเมืองโดยแบ่งระดับจาก GCR ของพื้นที่นั้น สามารถใช้สัดส่วนปริมาณกลุ่มความสูงใดๆ ในการพิจารณา ในกรณีที่พื้นที่ที่กรณีศึกษา มีการกระจายตัวของอาคารอย่างทั่วถึง สอดคล้องกับงานวิจัยเรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของอาคารในพื้นที่โดยรอบและความเร็วลมในระดับทางเดิน (Kubota et al., 2008)



ภาพที่ 3.4 การจำลอง CFD เปรียบเทียบพื้นที่ GCR 30% ที่มีสัดส่วนปริมาณกลุ่มความสูงอาคารแตกต่างกัน 3 ระดับ



แผนภูมิที่ 3.2 เปรียบเทียบความเร็วลมบริเวณเหนือลม (Vi)
ของพื้นที่ที่มีอัตราส่วนปริมาณกลุ่มความสูงอาคารต่างกัน 3 ระดับ



แผนภูมิที่ 3.3 เปรียบเทียบความเร็วลมบริเวณใต้ลม (Vo)
ของพื้นที่ที่มีอัตราส่วนปริมาณกลุ่มความสูงอาคารต่างกัน 3 ระดับ

3.4 สร้างอาคารกรณีศึกษารูปทรงต่างๆ

จากวัตถุประสงค์ของงานวิจัยซึ่งต้องการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านกระแสลม อันเกิดจากการวางผังอาคารและบริบทของทำเลที่ตั้ง จากนั้นเสนอแนะผลที่ได้จากการศึกษาเป็นแนวทางในการออกแบบและวางผังอาคาร ทั้งนี้เพื่อให้เกิดผลกระทบต่อพื้นที่โดยรอบน้อยที่สุด และลดอุปสรรคที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการเสนอรายงานการวิเคราะห์สิ่งแวดล้อมต่อสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (สผ.)

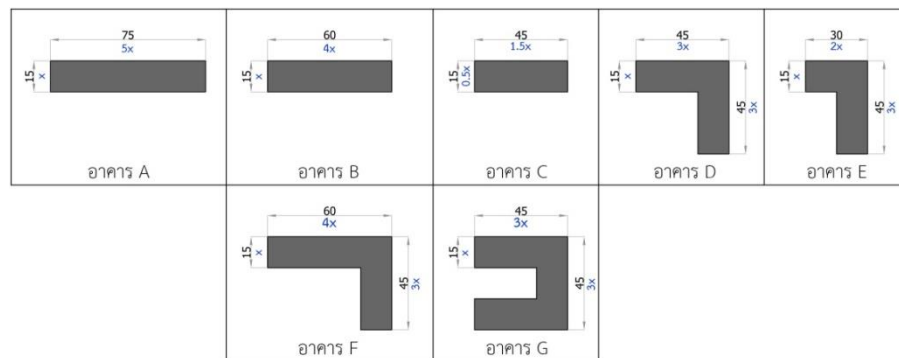
ดังนั้น การพิจารณารูปทรงอาคารเพื่อเป็นกรณีศึกษานั้น วิเคราะห์จากประเภทอาคารที่เข้าข่ายการเสนอรายงานฯ ข้างต้น โดยอาคารประเภทพักอาศัยรวมเป็นอาคารที่มีการยื่นรายงานฯ มากกว่าอาคารประเภทอื่น (สำนักวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม, 2559) รูปทรงอาคารที่เลือกใช้เป็นกรณีศึกษาจึงเป็นรูปทรงที่มีความเป็นไปได้ในการออกแบบ และมักพบเห็นในอาคารประเภทพักอาศัยรวมทั่วไป โดยมีขนาดพื้นที่มากกว่า 4,000 ตารางเมตร เนื่องจากเป็นขนาดพื้นที่ซึ่งเข้าข่ายเกณฑ์อาคารที่ต้องจัดทำรายงานฯ เช่นกัน

จากกฎกระทรวง การใช้ประโยชน์ผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร (รัฐมนตรีว่าการกระทรวงมหาดไทย, 2556) พื้นที่ทั้ง 6 กรณีศึกษา ดังตาราง 3.2 ตั้งอยู่ในเขตพื้นที่สีน้ำตาล หรือที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยหนาแน่นมาก มีรายละเอียดการใช้ประโยชน์ที่ดิน ให้มีอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (floor area ratio: FAR) ไม่เกิน 7:1 โดยประมาณ ในการศึกษาวิจัยกำหนดให้รูปแบบอาคารกรณีศึกษาเป็นอาคารสูง หรือเป็นอาคารที่มีความสูงมากกว่า 23 เมตรขึ้นไป ซึ่งตั้งอยู่บนพื้นที่ประมาณ 5,600 ตารางเมตร หรือ 3.5 ไร่ ซึ่ง (ขนาด 90x63 หรือ 3:2) เป็นขนาดที่ตั้งที่เหมาะสมในการสร้างอาคารพักอาศัยรวมในกรุงเทพมหานคร ดังนั้นจึงสามารถสร้างอาคารได้โดยพื้นที่ใช้สอยรวมไม่เกิน 39,200 ตารางเมตร โดยที่มีอัตราส่วนของที่ว่างต่อพื้นที่อาคารรวมไม่น้อยกว่าร้อยละ 4.5 หรือไม่น้อยกว่า 1,764 ตารางเมตร ตามกฎกระทรวงข้างต้น

รูปทรงอาคารที่ใช้ในการศึกษา ประกอบด้วยอาคารที่มีรูปทรงแตกต่างกัน 7 รูปแบบ ซึ่งเป็นรูปทรง และมีสัดส่วนที่เป็นไปได้ในการออกแบบอาคารพักอาศัยรวม ดังตารางที่ 3.5 กำหนดให้ด้านสกัดกว้าง 15 เมตร ซึ่งเป็นความกว้างที่สามารถวางผังอาคารแบบมีห้องพักสองฝั่ง โดยมีทางเดิน 1.50 เมตร กลางอาคาร (double corridor) และกำหนดให้อาคาร A มีความยาวมากที่สุดคือ 75 เมตร ซึ่งเป็นระยะที่เหมาะสมในการวางตำแหน่งบันไดหลัก และบันไดหนีไฟ ตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร กฎกระทรวงฉบับที่ 55

โดยอาคารแต่ละรูปแบบ มีพื้นที่ใช้สอยเต็มอัตราพื้นที่ที่สามารถสร้างได้ตามกฎกระทรวงฯ ทำให้ความสูงอาคาร และจำนวนอาคารแตกต่างกันตามขนาดพื้นที่ใช้สอยต่อชั้น¹ เช่น อาคาร A มีพื้นที่ต่อชั้น 1125 ตารางเมตร สามารถสร้างอาคารได้ 2 รูปแบบ คือ 17 ชั้น จำนวน 2 อาคาร (2 tower) หรือ 34 ชั้น จำนวน 1 อาคาร (1 tower) โดยมีพื้นที่รวมเท่ากับ 38250 ตารางเมตร ซึ่งเต็มอัตราส่วน พื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดินตามกฎกระทรวงฯ รวมถึงมีการจัดวางทิศทางอาคารและระยะห่างที่แตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากอาคารกรณีศึกษา เป็นอาคารที่มีความสูงเกิน 23 เมตร ดังนั้นจึงกำหนดให้มีการเว้นระยะร่นจากขอบเขตที่ดินไม่น้อยกว่า 6 เมตร ตามพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร กฎกระทรวงฉบับที่ 33 ดังตารางที่ 3.6 และ 3.7

ตารางที่ 3.5 รูปทรงอาคารที่ทำการศึกษจำนวน 7 รูปแบบ

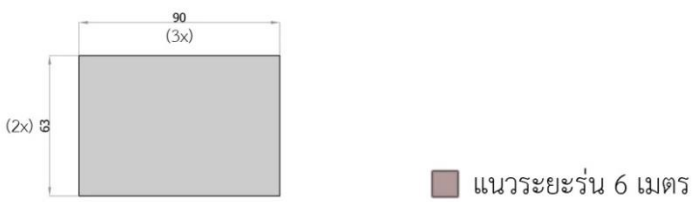
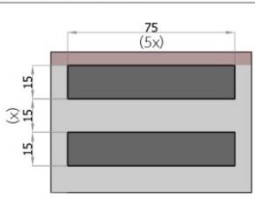
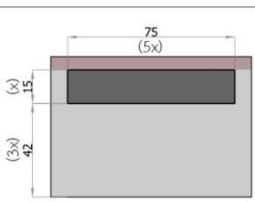
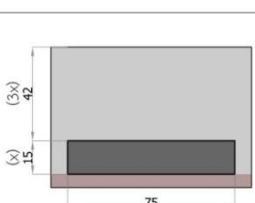
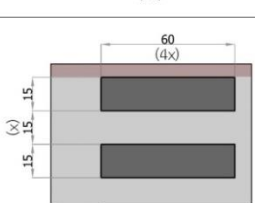
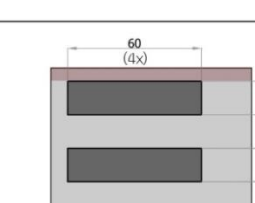


ตารางที่ 3.6 รูปทรงและทิศทางอาคารที่ทำการศึกษาทั้งหมด

A	
B	
C	
D	
E	
F	
G	

¹ รายละเอียดเพิ่มเติม ภาคผนวก ข

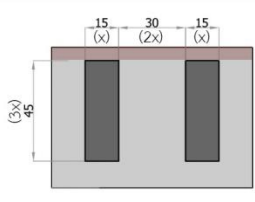
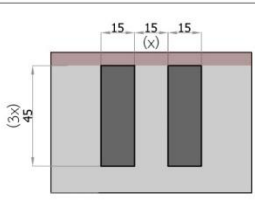
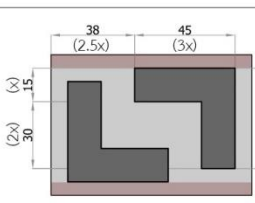
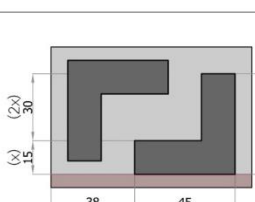
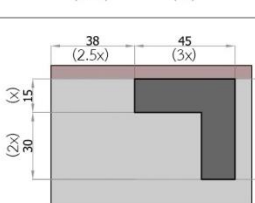
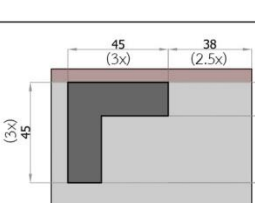
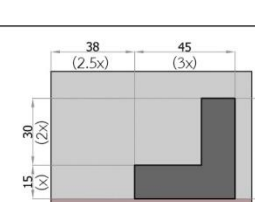
ตารางที่ 3.7 รายละเอียดรูปทรงอาคารที่ทำการศึกษา

				
รายละเอียดขนาดที่ดิน				
ขนาดพื้นที่ (ตร.ม.)		5670		
ขนาดพื้นที่ (ไร่)		3-2-17.5		
รายละเอียดขนาดอาคาร				
อาคาร A	AA		พื้นที่ใช้สอยรวม (ตร.ม.)	38250
			พื้นที่ต่อชั้น (ตร.ม.)	1125
	จำนวนชั้น	17		
	ความสูงอาคาร (ม.)	54.4		
	จำนวนอาคาร	2		
	A-1		พื้นที่ใช้สอยรวม (ตร.ม.)	38250
พื้นที่ต่อชั้น (ตร.ม.)			1125	
A-2		พื้นที่ใช้สอยรวม (ตร.ม.)	38250	
		พื้นที่ต่อชั้น (ตร.ม.)	1125	
อาคาร B	BB-1		พื้นที่ใช้สอยรวม (ตร.ม.)	39600
			พื้นที่ต่อชั้น (ตร.ม.)	900
	จำนวนชั้น	22		
	ความสูงอาคาร (ม.)	70.4		
	จำนวนอาคาร	2		
	BB-2		พื้นที่ใช้สอยรวม (ตร.ม.)	39600
พื้นที่ต่อชั้น (ตร.ม.)			900	
จำนวนชั้น	22			
ความสูงอาคาร (ม.)	70.4			
จำนวนอาคาร	2			

ตารางที่ 3.7 รายละเอียดรูปทรงอาคารที่ทำการศึกษา (ต่อ)

อาคาร B	B-1		พื้นที่ใช้สอยรวม (ตร.ม.)	39600	
			พื้นที่ต่อชั้น (ตร.ม.)	900	
			จำนวนชั้น	44	
			ความสูงอาคาร (ม.)	140.8	
อาคาร B	B-2		พื้นที่ใช้สอยรวม (ตร.ม.)	39600	
			พื้นที่ต่อชั้น (ตร.ม.)	900	
			จำนวนชั้น	44	
			ความสูงอาคาร (ม.)	140.8	
อาคาร B	B-3		พื้นที่ใช้สอยรวม (ตร.ม.)	39600	
			พื้นที่ต่อชั้น (ตร.ม.)	900	
			จำนวนชั้น	44	
			ความสูงอาคาร (ม.)	140.8	
อาคาร B	B-4		พื้นที่ใช้สอยรวม (ตร.ม.)	39600	
			พื้นที่ต่อชั้น (ตร.ม.)	900	
			จำนวนชั้น	44	
			ความสูงอาคาร (ม.)	140.8	
อาคาร C	CC-1		พื้นที่ใช้สอยรวม (ตร.ม.)	39150	
			พื้นที่ต่อชั้น (ตร.ม.)	675	
			จำนวนชั้น	29	
			ความสูงอาคาร (ม.)	92.8	
	อาคาร C	CC-2		พื้นที่ใช้สอยรวม (ตร.ม.)	39150
				พื้นที่ต่อชั้น (ตร.ม.)	675
				จำนวนชั้น	29
				ความสูงอาคาร (ม.)	92.8
	อาคาร C	CC-3		พื้นที่ใช้สอยรวม (ตร.ม.)	39150
พื้นที่ต่อชั้น (ตร.ม.)				675	
จำนวนชั้น				29	
ความสูงอาคาร (ม.)				92.8	
			จำนวนอาคาร	2	

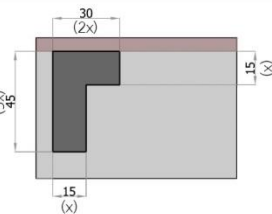
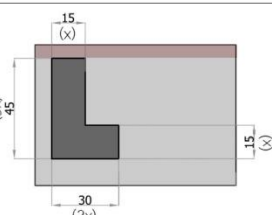
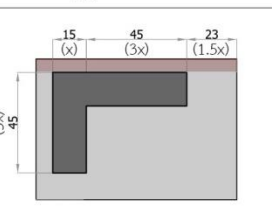
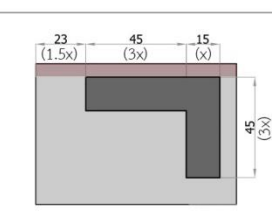
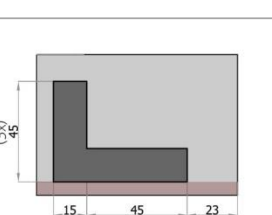
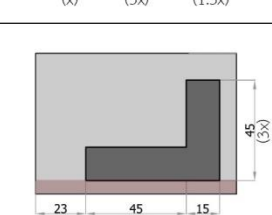
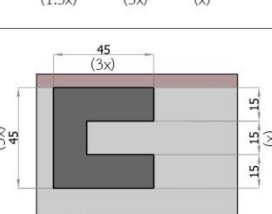
ตารางที่ 3.7 รายละเอียดรูปทรงอาคารที่ทำการศึกษา (ต่อ)

อาคาร C	CC-4		พื้นที่ใช้สอยรวม (ตร.ม.)	39150
			พื้นที่ต่อชั้น (ตร.ม.)	675
			จำนวนชั้น	29
			ความสูงอาคาร (ม.)	92.8
			จำนวนอาคาร	2
	CC-5		พื้นที่ใช้สอยรวม (ตร.ม.)	39150
			พื้นที่ต่อชั้น (ตร.ม.)	675
			จำนวนชั้น	29
			ความสูงอาคาร (ม.)	92.8
			จำนวนอาคาร	2
อาคาร D	DD-1		พื้นที่ใช้สอยรวม (ตร.ม.)	38250
			พื้นที่ต่อชั้น (ตร.ม.)	1125
			จำนวนชั้น	17
			ความสูงอาคาร (ม.)	54.4
			จำนวนอาคาร	2
	DD-2		พื้นที่ใช้สอยรวม (ตร.ม.)	38250
			พื้นที่ต่อชั้น (ตร.ม.)	1125
			จำนวนชั้น	17
			ความสูงอาคาร (ม.)	54.4
			จำนวนอาคาร	2
	D-1		พื้นที่ใช้สอยรวม (ตร.ม.)	38250
			พื้นที่ต่อชั้น (ตร.ม.)	1125
		จำนวนชั้น	34	
		ความสูงอาคาร (ม.)	108.8	
		จำนวนอาคาร	1	
D-2		พื้นที่ใช้สอยรวม (ตร.ม.)	38250	
		พื้นที่ต่อชั้น (ตร.ม.)	1125	
		จำนวนชั้น	34	
		ความสูงอาคาร (ม.)	108.8	
		จำนวนอาคาร	1	
D-3		พื้นที่ใช้สอยรวม (ตร.ม.)	38250	
		พื้นที่ต่อชั้น (ตร.ม.)	1125	
		จำนวนชั้น	34	
		ความสูงอาคาร (ม.)	108.8	
		จำนวนอาคาร	1	

ตารางที่ 3.7 รายละเอียดรูปทรงอาคารที่ทำการศึกษา (ต่อ)

อาคาร D	D-4		พื้นที่ใช้สอยรวม (ตร.ม.)	38250	
			พื้นที่ต่อชั้น (ตร.ม.)	1125	
อาคาร E	EE-1		พื้นที่ใช้สอยรวม (ตร.ม.)	39600	
			พื้นที่ต่อชั้น (ตร.ม.)	900	
	EE-2		พื้นที่ใช้สอยรวม (ตร.ม.)	39600	
			พื้นที่ต่อชั้น (ตร.ม.)	900	
	EE-3		พื้นที่ใช้สอยรวม (ตร.ม.)	39600	
			พื้นที่ต่อชั้น (ตร.ม.)	900	
	EE-4		พื้นที่ใช้สอยรวม (ตร.ม.)	39600	
			พื้นที่ต่อชั้น (ตร.ม.)	900	
	E-1		พื้นที่ใช้สอยรวม (ตร.ม.)	39600	
			พื้นที่ต่อชั้น (ตร.ม.)	900	
	E-2		พื้นที่ใช้สอยรวม (ตร.ม.)	39600	
			พื้นที่ต่อชั้น (ตร.ม.)	900	
				จำนวนชั้น	34
				ความสูงอาคาร (ม.)	108.8
			จำนวนอาคาร	1	
			จำนวนอาคาร	2	
			จำนวนอาคาร	2	
			จำนวนอาคาร	2	
			จำนวนอาคาร	2	
			จำนวนอาคาร	2	
			จำนวนอาคาร	1	
			จำนวนอาคาร	1	

ตารางที่ 3.7 รายละเอียดรูปทรงอาคารที่ทำการศึกษา (ต่อ)

อาคาร E	E-3		พื้นที่ใช้สอยรวม (ตร.ม.)	39600
			พื้นที่ต่อชั้น (ตร.ม.)	1125
			จำนวนชั้น	44
			ความสูงอาคาร (ม.)	140.8
จำนวนอาคาร	1			
อาคาร E	E-4		พื้นที่ใช้สอยรวม (ตร.ม.)	39600
			พื้นที่ต่อชั้น (ตร.ม.)	1125
			จำนวนชั้น	44
			ความสูงอาคาร (ม.)	140.8
จำนวนอาคาร	1			
อาคาร F	F-1		พื้นที่ใช้สอยรวม (ตร.ม.)	39150
			พื้นที่ต่อชั้น (ตร.ม.)	1350
			จำนวนชั้น	29
			ความสูงอาคาร (ม.)	92.8
	จำนวนอาคาร	1		
	F-2		พื้นที่ใช้สอยรวม (ตร.ม.)	39150
			พื้นที่ต่อชั้น (ตร.ม.)	1350
			จำนวนชั้น	29
			ความสูงอาคาร (ม.)	92.8
	จำนวนอาคาร	1		
	F-3		พื้นที่ใช้สอยรวม (ตร.ม.)	39150
			พื้นที่ต่อชั้น (ตร.ม.)	1350
จำนวนชั้น			29	
ความสูงอาคาร (ม.)			92.8	
จำนวนอาคาร	1			
F-4		พื้นที่ใช้สอยรวม (ตร.ม.)	39150	
		พื้นที่ต่อชั้น (ตร.ม.)	1350	
		จำนวนชั้น	29	
		ความสูงอาคาร (ม.)	92.8	
จำนวนอาคาร	1			
อาคาร G	G-1		พื้นที่ใช้สอยรวม (ตร.ม.)	39375
			พื้นที่ต่อชั้น (ตร.ม.)	1575
			จำนวนชั้น	25
			ความสูงอาคาร (ม.)	80
จำนวนอาคาร	1			

ตารางที่ 3.7 รายละเอียดรูปทรงอาคารที่ทำการศึกษ (ต่อ)

อาคาร G	G-2		พื้นที่ใช้สอยรวม (ตร.ม.)	39375
			พื้นที่ต่อชั้น (ตร.ม.)	1575
			จำนวนชั้น	25
			ความสูงอาคาร (ม.)	80
			จำนวนอาคาร	1

อาคารแต่ละกรณีศึกษา กำหนดให้มีชื่อเรียกและหมายเลขกำกับ ตัวอย่างเช่น อาคาร B หากมี 2 อาคาร และทิศทางการวางแบบที่ 1 กำหนดให้ชื่อ BB-1 แบบที่ 2 กำหนดให้ชื่อ BB-2 ในขณะเดียวกัน หากมี 1 อาคาร และทิศทางการวางแบบที่ 1 และ 2 กำหนดให้ชื่อ B-1 และ B-2 ตามลำดับ โดยกำหนดให้ทิศเหนืออยู่ที่ตำแหน่งด้านบนของผังอาคาร

3.5 ความเร็วลม และทิศทางลมที่ใช้ในการจำลอง

ในการพิจารณาการพัดผ่านของกระแสลมที่เกิดขึ้นนั้น จากทฤษฎีการเคลื่อนที่ของอากาศพลศาสตร์ (Aerodynamics) คือ การพิจารณาความเร็วลมที่พัดเข้า (inflow) และออก (outflow) สามารถทำการศึกษได้ในหลายระดับ โดยจำแนกตามช่วงระดับความสูงตามลักษณะของพื้นผิวเมืองที่แตกต่างกัน ดังภาพที่ 3.5 ซึ่งในการศึกษาผลกระทบของกระแสลมต่อผู้ใช้งานภายนอกอาคารและสภาพแวดล้อมนั้น พิจารณาความเร็วลมที่พัดออก โดยใช้ความเร็วลมในระดับทางเดิน (pedestrian level) ที่ระดับความสูงอ้างอิง 1.5-2.0 เมตร ซึ่งเป็นระดับที่ส่งผลกระทบต่อผู้ใช้งานภายนอกอาคารมากที่สุด (Kubota et al., 2008; Yuan et al., 2012)

จากการศึกษางานวิจัยข้อมูลอากาศในประเทศไทย กรุงเทพมหานคร พบว่าลักษณะการเคลื่อนที่ของกระแสลมนั้น จะพัดเข้ามาจากทุกทิศทาง ซึ่งทิศตะวันตกเฉียงใต้และทิศใต้เป็นทิศที่กระแสลมพัดเข้ามามากที่สุด และมีความเร็วลมเฉลี่ยที่ 1.7 m/s โดยวัดที่ระดับความสูง 10 เมตรจากพื้นดิน (กฤษณพงศ์ ทองศรี, 2549; ธนิต จินดาวงศ์, 2536) ในขณะเดียวกัน การจำลองกระแสลมภายนอกของกรุงเทพมหานครในช่วง 10 ปี คือช่วง พ.ศ. 2537-2547 ที่ระดับความสูง 5 เมตร โดยโปรแกรม CFD พบว่าความเร็วเฉลี่ยมีค่าประมาณ 2 m/s (สริน พิณีจ, 2553) รวมถึงข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยราย 3 ชั่วโมงของกรุงเทพมหานครของกรมอุตุนิยมวิทยา ซึ่งมีค่าเฉลี่ยรายปีประมาณ 1.5-2 m/s โดยวัดที่ระดับความสูง 10 เมตรจากพื้นดิน ดังนั้นในการพิจารณาความเร็วลมเพื่อใช้ในการวิจัย จึงกำหนดให้กระแสลมพัดจากทิศตะวันตกเฉียงใต้สู่พื้นที่กรณีศึกษา โดยมีความเร็วเฉลี่ยเท่ากับ 2 m/s

3.6 การจำลองการเคลื่อนที่ของกระแสลม

การจำลองการเคลื่อนที่ของกระแสลมของพื้นที่กรณีศึกษา โดยใช้โปรแกรม CFD ซึ่งจำแนกตาม GCR จำนวน 6 ระดับ ช่วง 10%-60% จากนั้นจึงจำลองการเคลื่อนที่ของกระแสลมภายหลังการสร้างอาคารรูปแบบและทิศทางต่างๆ ทั้ง 34 รูปแบบ รวมทั้งสิ้น 204 กรณีศึกษา เพื่อทำการเปรียบเทียบและหาความสัมพันธ์ของรูปแบบ-ทิศทางอาคาร และความหนาแน่นของสภาพแวดล้อมเมืองที่แตกต่างกัน โดยกำหนดค่าต่างๆ ดังตาราง 3.8

ตารางที่ 3.8 แสดงการกำหนดตัวแปรสำหรับตั้งค่าในโปรแกรม CFD

ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง	กำหนดตัวแปรสำหรับตั้งค่าในโปรแกรม CFD
Simulation boundary	200 x 200 x 150 เมตร (กว้าง x ยาว x สูง)
Inflow → outflow	ทิศตะวันตกเฉียงใต้ → ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ
ความเร็วลมเฉลี่ย	2 m/s หรือ 7.2 km/hr
ระดับความสูง (แสดงผลความเร็วลม)	2 เมตร จากระดับพื้นดิน

3.7 การเก็บข้อมูล และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของผลการจำลอง

การเก็บข้อมูลที่ได้จากการจำลอง เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของรูปแบบอาคาร และความหนาแน่นของสภาพแวดล้อมเมืองที่แตกต่างกันนั้น สามารถจำแนกการวิเคราะห์ได้ 2 แนวทาง คือ

3.7.1 การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ

การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ หรือรูปแบบการเคลื่อนที่ของกระแสลม จากผลที่ได้จากการจำลองในรูปแบบกราฟฟิก เพื่อแสดงถึงการเปลี่ยนแปลง การเคลื่อนที่ของระดับความเร็วลมในพื้นที่ โดยแบ่งการพิจารณาเป็น 3 ประเด็น ดังต่อไปนี้

3.7.1.1 ระดับความหนาแน่นของพื้นที่กรณีศึกษา

การพิจารณาระดับความหนาแน่นของพื้นที่กรณีศึกษา โดยเปรียบเทียบผลการจำลอง SITE 1-6 หรือ GCR 10-60% ก่อนสร้างอาคาร เพื่อศึกษาลักษณะความแตกต่างของการเคลื่อนที่ของกระแสลมในแต่ละระดับความหนาแน่นของเมือง

3.7.1.2 รูปทรงอาคาร

การพิจารณารูปทรงอาคารกรณีศึกษาที่แตกต่างกัน เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนความกว้าง ความยาว และความสูงอาคาร กับระดับความหนาแน่นของพื้นที่กรณีศึกษา

3.7.1.3 ทิศทางการวางอาคาร

การพิจารณาทิศทาง และตำแหน่งการวางอาคารจากขอบเขตที่ดินที่แตกต่างกัน รวมถึงในบางรูปแบบ เป็นการวางผังอาคารแบบ 2 อาคาร (2tower) เช่น รูปแบบ AA, BB-1, BB-2 เป็นต้น ทำให้สามารถพิจารณาประเด็นในเรื่องระยะห่างระหว่างอาคารทั้ง 2 เพิ่มเติมได้เช่นกัน

3.7.2 การวิเคราะห์ในเชิงตัวเลข

การวิเคราะห์ในเชิงตัวเลขซึ่งได้จากการกำหนดจุดจำนวน 17-23 จุด เพื่อทราบค่าความเร็วลมของแต่ละจุดในพื้นที่ ทั้งพื้นที่เหนือลม (Velocity inflow, V_i) และพื้นที่ใต้ลม (Velocity outflow, V_o) รวมถึงค่าความกดอากาศของแต่ละจุดในพื้นที่ ทั้งพื้นที่เหนือลม (Pressure inflow, P_i) และพื้นที่ใต้ลม (Pressure outflow, P_o) ในแต่ละพื้นที่กรณีศึกษาดังภาพที่ 3.4 และ 3.5 ตามลำดับ เพื่อพิจารณาด้านผลกระทบต่ออันเกิดจากกระแสลมในแต่ละจุด

การกำหนดตำแหน่งของจุดเพื่อใช้ในการพิจารณาในแต่ละพื้นที่กรณีศึกษานั้น ขึ้นอยู่กับขอบเขตของงานวิจัย และขนาดของพื้นที่ที่ทำการศึกษา (Yuan et al., 2016) ซึ่งการศึกษาในระดับเมือง หรือ resolution 200x200 เมตรนั้น ระยะห่างของความเร็วลม หรือความกดอากาศในแต่ละจุดที่นำมาพิจารณา ควรอยู่ในช่วง 5-20 เมตร ซึ่งในงานวิจัยกำหนดให้ระยะห่างของแต่ละจุดเท่ากับ 10-20 เมตร เนื่องจากเป็นระยะที่เหมาะสมในทุกระดับของ GCR หรือสามารถกำหนดตำแหน่งโดยที่ไม่ถูกกีดขวางโดยอาคารรอบๆมากนัก

โดยการประเมินผลกระทบของระดับความเร็วลมต่อการใช้งานในระดับทางเดิน (pedestrian level) สามารถแบ่งระดับผลกระทบได้ 3 ระดับ (Yuan et al., 2012) คือ กรณีความเร็วลมน้อยกว่า 0.3 m/s (stagnant) ผู้ใช้งานในพื้นที่จะรู้สึกถึงอากาศที่ไม่มีการถ่ายเท กรณีความเร็วลมช่วง 0.3-3 m/s เป็นระดับที่อยู่ในช่วงภาวะน่าสบาย หรือกระแสลมไม่รบกวนการใช้งาน หรือมีความเร็วลมที่อยู่ในช่วงที่รับได้ (acceptable period) ในขณะที่ความเร็วลมที่มากกว่า 3 m/s (disturb) ส่งผลให้เกิดการรบกวนการทำงานหรือกิจกรรมต่างๆ ดังตารางที่ 3.9

ตารางที่ 3.9 แสดงผลกระทบของระดับความเร็วลมต่อการใช้งานใน pedestrian level

stagnant	acceptable period				disturb
	poor	low	satisfactory	good	
$V_o < 0.3$	$0.6 > V_o \geq 0.3$	$1 > V_o \geq 0.6$	$1.3 > V_o \geq 1$	$3 > V_o \geq 1.3$	$V_o \geq 3$
	$3 > V_o \geq 0.3$				

พิจารณาความเร็วลมและลักษณะการเคลื่อนที่ของกระแสลม เพื่อหาจำนวนจุด acceptable period เป็นร้อยละ โดยแบ่งการวิเคราะห์ได้เป็น 4 วิธี ดังต่อไปนี้

3.7.2.1 พิจารณาความเร็วลม V_o

การพิจารณาความเร็วลม V_o แต่ละจุดหลังสร้างอาคารรูปแบบ และทิศทางต่างๆ เป็นวิธีการที่สามารถบอกปริมาณ acceptable period เป็นเปอร์เซ็นต์ของจำนวนจุดทั้งหมดในพื้นที่ โดยไม่เทียบกับความเร็วลม ณ จุดนั้นๆ ก่อนสร้างอาคาร

3.7.2.2 พิจารณาอัตราส่วน V_o หลังและก่อนสร้างอาคาร

การพิจารณาอัตราส่วนความเร็วลม V_o หลังและก่อนสร้างอาคาร เป็นวิธีการที่สามารถบอกปริมาณ acceptable period เป็นเปอร์เซ็นต์ของจำนวนจุดทั้งหมดในพื้นที่ โดยเทียบกับความเร็วลม ณ จุดนั้นๆ หลังและก่อนการสร้างอาคาร

อัตราส่วนความเร็วลม



$$\frac{V_o (\text{ก่อนสร้างอาคาร})}{V_o (\text{หลังสร้างอาคาร})}$$

3.7.2.3 พิจารณาอัตราส่วน P_o หลังและก่อนสร้างอาคาร

การพิจารณาอัตราส่วน P_o หลังและก่อนสร้างอาคาร เป็นวิธีการที่สามารถบอกลักษณะ ความแปรปรวนของกระแสลมในพื้นที่ รวมถึงปริมาณ acceptable period เป็นเปอร์เซ็นต์ของจำนวนจุดทั้งหมดในพื้นที่ โดยเทียบกับความกดอากาศ ณ จุดนั้นๆ หลังและก่อนการสร้างอาคาร

อัตราส่วนความกดอากาศ



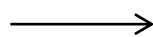
$$\frac{P_o (\text{ก่อนสร้างอาคาร})}{P_o (\text{หลังสร้างอาคาร})}$$

3.7.2.4 พิจารณาอัตราส่วนค่าเฉลี่ยของ V_o กับ V_i

การพิจารณาอัตราส่วนค่าเฉลี่ยของความเร็วลม ของ V_o และ V_i เป็นวิธีการที่ใช้ประกอบการพิจารณาถึงความเปลี่ยนแปลงของบริเวณพื้นที่เหนือลม และบริเวณพื้นที่ใต้ลม ซึ่งถูกบดบัง และกีดขวางทิศทางเคลื่อนที่ของกระแสลมจากการสร้างอาคาร โดยนำค่าเฉลี่ยของความเร็วลม V_i ที่มีความแตกต่างกันตาม GCR ของแต่ละพื้นที่กรณีศึกษาที่ใช้ในการคำนวณ

อัตราส่วนค่าเฉลี่ยความเร็วลม

outflow : inflow



$$\frac{V_o (\text{average})}{V_i (\text{average})}$$

จากนั้นจึงนำผลการพิจารณาผลกระทบด้านกระแสลมอันเกิดจากรูปแบบและทิศทางการวางอาคารต่างๆ ที่ได้จากการวิเคราะห์วิธีที่ 1-3 มาจัดลำดับข้อมูลโดยวิธีทางสถิติ เพื่อเปรียบเทียบผลอันเกิดจากวิธีการวิเคราะห์ที่แตกต่างกัน โดยการตัดเกรดด้วยคะแนนมาตรฐานที่ หรือ T-score ซึ่งคุณลักษณะสำคัญ คือ มี ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 50 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 10 และมีการแจกแจงเป็นโค้งปกติ (Normal Distribution) โดยคำนวณได้จากสูตร ดังต่อไปนี้

$$T = 50 + 10Z$$

และ
$$Z = \frac{x - \bar{X}}{S}$$

เมื่อ Z คือ คะแนนมาตรฐานซี หรือ Z-score

x คือ คะแนนดิบ

\bar{X} คือ ค่าเฉลี่ย

S คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ซึ่ง
$$s = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{N - 1}}$$

การประเมินคะแนน T-score สามารถกำหนดระดับคุณภาพ หรือเกรดได้หลายระดับ ซึ่งในงานวิจัยชิ้นนี้ เป็นการจัดลำดับรูปแบบและทิศทางการวางอาคารที่ส่งผลต่อกระแสลมระดับเปอร์เซ็นต์ acceptable period โดยเรียงจากมากไปน้อย (A-B-C-D) โดยกำหนดช่วงระดับคะแนนดังตารางที่ 3.10 จากนั้นจึงแสดงผลในรูปตาราง และแผนภูมิ เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบข้อมูล

ตารางที่ 3.10 แสดงช่วงระดับคะแนน T-score ที่ใช้ในการประเมินผลการวิเคราะห์ วิธีที่ 1-3

ระดับคะแนน T-score	เกรด
มากกว่า 60	A
50-59	B
40-49	C
น้อยกว่า 40	D

ในขณะเดียวกัน การประเมินผลจากการวิเคราะห์วิธีที่ 4 ไม่สามารถแสดงผลโดยการจัดลำดับคะแนนได้ เนื่องจากการพิจารณาอัตราส่วนค่าเฉลี่ย เพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความเร็วลมในพื้นที่เหนือลมและใต้ลมนั้น ทั้งนี้ขึ้นกับปัจจัยในด้านอื่นๆ ประกอบการพิจารณาตัวอย่างเช่น ลักษณะและความเร็วของกระแสลมในพื้นที่โดยรอบโครงการ อันเกิดจากระดับความหนาแน่นของอาคารที่แตกต่างกัน ซึ่งในกรณีที่ความเร็วลมเฉลี่ยในพื้นที่ที่มีค่าค่อนข้างต่ำหรืออยู่ใน

ระดับ stagnant โดยอัตราส่วนของค่าเฉลี่ย V_o และ V_i ภายหลังการสร้างอาคาร F-1 มีค่าค่อนข้างน้อยเช่นกัน แสดงถึงความเร็วลมที่ลดลงอันเนื่องมาจากการสร้างอาคาร ในทางกลับกัน กรณีที่ภายหลังการสร้างอาคาร F-2 ส่งผลให้อัตราส่วนข้างต้นอยู่ในระดับที่ค่อนข้างสูง ความเร็วลมในพื้นที่ใต้ลมจึงมีระดับที่สูงขึ้นจนอยู่ในระดับ acceptable period หรือในระดับ disturb ได้เช่นกัน

3.8 การประเมินผลและสรุปผลการศึกษาวิจัย

การสรุปผลการวิเคราะห์ในเชิงตัวเลขโดยวิธีที่ 1-3 นั้น สามารถจัดลำดับรูปแบบและทิศทางอาคารที่ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมด้านกระแสลมโดยรอบน้อยที่สุด คืออาคารที่ได้คะแนนจากการประเมินในระดับคะแนน A ทั้งวิธีที่ 1 2 และ 3 หรือมีคะแนนรวมเท่ากับ 12 คะแนน ในขณะที่อาคารที่ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมมากที่สุด คือ อาคารที่ได้คะแนน D จากการวิเคราะห์ทั้ง 3 วิธี หรือมีคะแนนรวมเท่ากับ 3 คะแนน ทั้งนี้สามารถจัดลำดับความน่าจะเป็นของคะแนนที่ได้จากการวิเคราะห์โดยวิธีที่ 1-3 โดยกำหนดช่วงระดับคะแนน ดังตารางที่ 3.11 และ 3.12

จากนั้นรวบรวมผลที่ได้จากการวิเคราะห์ที่แตกต่างกัน 4 วิธีข้างต้น โดยจัดทำแนวทางการออกแบบรูปทรง และทิศทางอาคารที่เหมาะสมในแต่ละพื้นที่ตามระดับ GCR ในรูปแบบแผนภูมิที่แสดงถึงระดับคะแนน A-D ซึ่งได้จากการวิเคราะห์โดยวิธีที่ 1-3 และระดับคะแนนรวม A-F จาก 3 วิธีข้างต้น รวมถึงการแสดงผลหรือเปอร์เซ็นต์ของกระแสลมระดับ acceptable period ระดับ stagnant และ disturb ในสภาพแวดล้อมโดยรอบอันเกิดจากรูปแบบและทิศทางอาคารที่แตกต่างกัน เพื่อความสะดวกในการนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ ซึ่งส่งผลให้การออกแบบและการวางผังอาคารเกิดผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมเมืองหรือพื้นที่โดยรอบน้อยที่สุด รวมถึงสามารถประเมินรูปแบบ และทิศทางอาคารที่เหมาะสมในแต่ละพื้นที่ที่มีระดับ GCR แตกต่างกันได้

ตารางที่ 3.11 แสดงความน่าจะเป็นของคะแนนรวมที่ได้จากผลการวิเคราะห์โดยวิธีที่ 1-3 และการจัดลำดับเกรดโดยคะแนน T-score

คะแนนการวิเคราะห์โดยวิธีที่ 1-3			คะแนนรวม	Z-score	T-score	เกรด
4	4	4	12	0.80	58.04	A
4	4	3	11	0.72	57.21	A
4	4	2	10	0.64	56.37	B
4	3	3	10	0.64	56.37	B
4	4	1	9	0.55	55.54	B
4	3	2	9	0.55	55.54	B
3	3	3	9	0.55	55.54	B
4	3	1	8	0.47	54.71	C
4	2	2	8	0.47	54.71	C
3	3	2	8	0.47	54.71	C
4	2	1	7	0.39	53.87	C
3	3	1	7	0.39	53.87	C
3	2	2	7	0.39	53.87	C
3	2	1	6	0.30	53.04	C
2	2	2	6	0.30	53.04	C
1	4	1	6	0.30	53.04	C
3	1	1	5	0.22	52.21	D
2	2	1	5	0.22	52.21	D
2	1	1	4	0.14	51.37	D
1	1	1	3	0.05	50.54	F
mean			8	0.43	54.29	
sd			2	0.20	1.96	
max			12	0.80	58.04	
min			3	0.05	50.54	

A

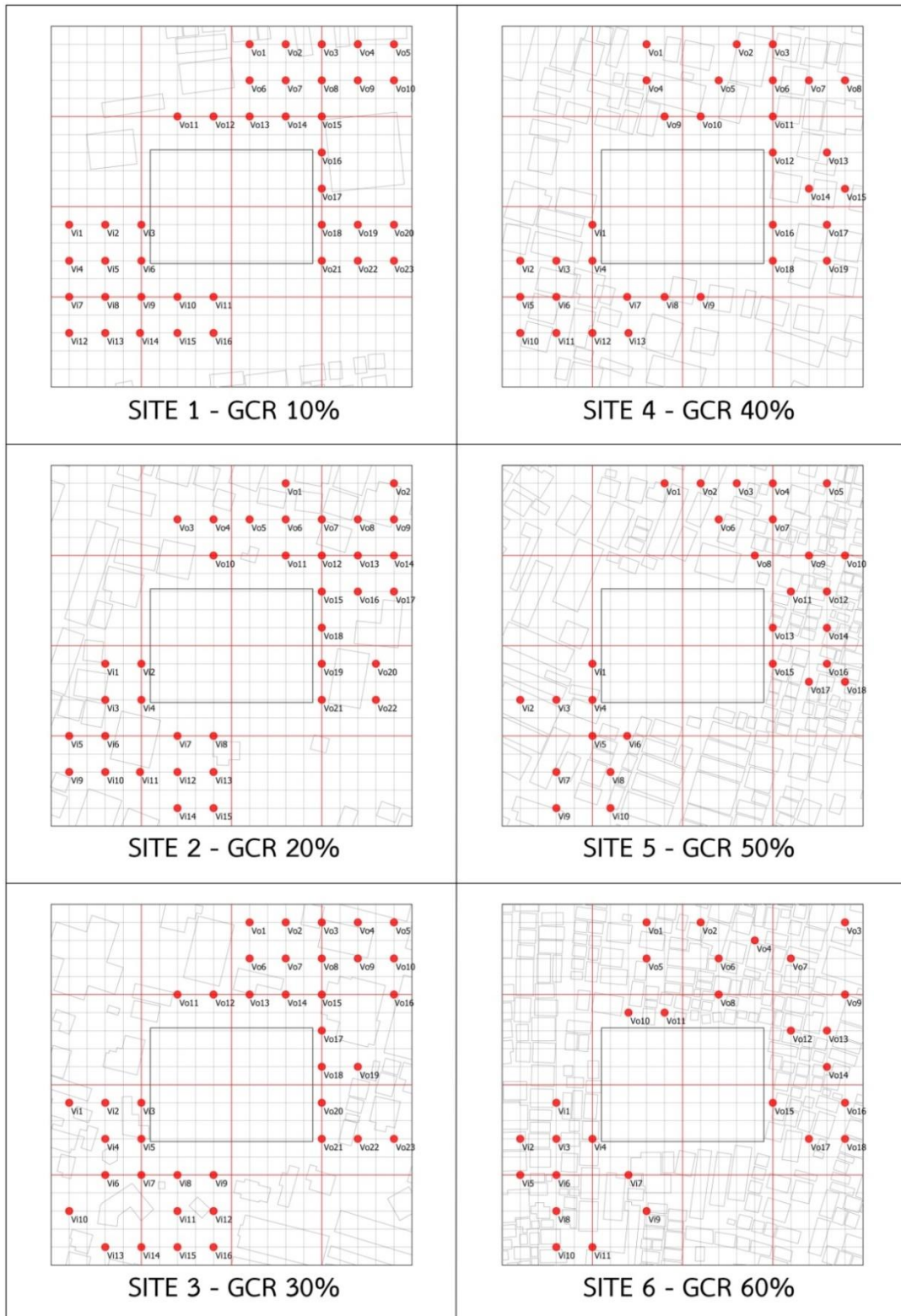
B

C

D

ตารางที่ 3.12 แสดงช่วงระดับคะแนน T-score ที่ใช้ในการประเมินคะแนนรวมจากผลการวิเคราะห์โดยวิธีที่ 1-3

ระดับคะแนน T-score	เกรด
มากกว่า 57	A
55-56	B
53-54	C
51-52	D
น้อยกว่า 51	F



ภาพที่ 3.5 แสดงตำแหน่งจุด Vi และ Vo ในแต่ละพื้นที่กรณีศึกษา ก่อนสร้างอาคาร โดยกำหนดให้ทิศตะวันตกเฉียงใต้เป็นทิศลมพัดเข้า



ภาพที่ 3.6 แสดงตำแหน่งจุด Pi และ Po ในแต่ละพื้นที่กรณีศึกษา ก่อนสร้างอาคาร โดยกำหนดให้ทิศตะวันตกเฉียงใต้เป็นทิศลมพัดเข้า

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การจำลองการเคลื่อนที่ของกระแสลมของพื้นที่กรณีศึกษา เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลง และผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมที่ระดับ 2 เมตรจากพื้นดิน ก่อนและหลังการสร้างอาคาร ทั้ง 204 กรณีศึกษา ด้วยโปรแกรม CFD โดยกำหนดให้ความเร็วลมที่พัดเข้าสู่พื้นที่กรณีศึกษาเท่ากับ 2 m/s ซึ่งเป็นค่าความเร็วลมเฉลี่ยจากข้อมูลกรมอุตุนิยมวิทยาบริเวณกรุงเทพมหานคร โดยทำการวิเคราะห์ผลการจำลองตามหัวข้อดังต่อไปนี้

4.1 การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของกระแสลม

4.2 การวิเคราะห์ลักษณะของกระแสลมในเชิงตัวเลข

4.2.1 พิจารณาความเร็วลมของ V_o

4.2.2 พิจารณาอัตราส่วนความเร็วลม หลังและก่อนสร้างอาคาร

4.2.3 พิจารณาอัตราส่วนความกดอากาศ หลังและก่อนสร้างอาคาร

4.2.4 พิจารณาอัตราส่วนค่าเฉลี่ยของ V_o กับ V_i

4.3 การอภิปรายผล

ในรายละเอียดส่วนผลการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล กำหนดนิยามและความหมายของคำดังต่อไปนี้

“GCR” ย่อมาจาก Ground Coverage Ratio หมายถึง อัตราส่วนพื้นที่ปกคลุมดิน

“FAR” ย่อมาจาก Floor Area Ratio หมายถึง อัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน

“Wind Velocity” หมายถึง ความเร็วลม มีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที (m/s) หรือ กิโลเมตรต่อชั่วโมง (km/hr)

“Vo” ย่อมาจาก Velocity outflow หมายถึง ความเร็วลมที่พัดออก ซึ่งในงานวิจัยนี้ กำหนดให้เป็นพื้นที่ใต้ลม ซึ่งอยู่ในทิศตะวันออกเฉียงเหนือของพื้นที่กรณีศึกษา

“Vi” ย่อมาจาก Velocity inflow หมายถึง ความเร็วลมที่พัดเข้า ซึ่งในงานวิจัยนี้ กำหนดให้เป็นพื้นที่เหนือลม ซึ่งอยู่ในทิศตะวันตกเฉียงใต้ของพื้นที่กรณีศึกษา

“Po” ย่อมาจาก Pressure outflow หมายถึง ความกดอากาศ ณ บริเวณพื้นที่เหนือลม ซึ่งอยู่ในทิศทิศตะวันออกเฉียงเหนือของพื้นที่กรณีศึกษา

“Pre-dev” ย่อมาจาก Pre-develop หมายถึง ช่วงก่อนสร้างอาคาร

“Post-dev” ย่อมาจาก Post-develop หมายถึง ช่วงหลังสร้างอาคาร

“Pedestrian Level” หมายถึง ระดับความสูงที่อยู่ในระดับทางเท้า ทางเดินทั่วไป ซึ่งในงานวิจัยนี้ กำหนดให้เป็นความสูงที่ระดับ 2 เมตรจากพื้นดิน

“Acceptable Period” หมายถึง ความเร็วลมที่อยู่ในช่วงที่รับได้ (0.3-3.0 m/s) ไม่อยู่ในระดับที่อับลม หรือรบกวนการทำงานหรือกิจกรรม

“Stagnant” หมายถึง ความเร็วลมอยู่ในระดับที่น้อยมาก (น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.3 m/s) ส่งผลให้ผู้ในพื้นที่รู้สึกอากาศไม่ถ่ายเท

“Disturb” หมายถึง ความเร็วลมอยู่ในระดับที่ค่อนข้างสูง (มากกว่า 3 m/s) ส่งผลให้ผู้ใช้งานกระแสมรบกวนการทำงานหรือกิจกรรม

“ผลกระทบ” หมายถึง การเป็นสาเหตุของความแปรปรวน เปลี่ยนแปลง ของกระแสมรบกวน ส่งผลให้ความเร็วลมอยู่ในระดับ stagnant หรือ disturb

“คะแนน” หมายถึง คะแนนที่ได้จากการประเมินโดยวิธีทางสถิติ โดยใช้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อแสดงถึงปริมาณ Acceptable Period เป็นเปอร์เซ็นต์ โดยแบ่งเป็น 4 ช่วงคะแนน คือ A B C D เรียงจากมากไปน้อยตามลำดับ

4.1 การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของกระแสมรบกวน

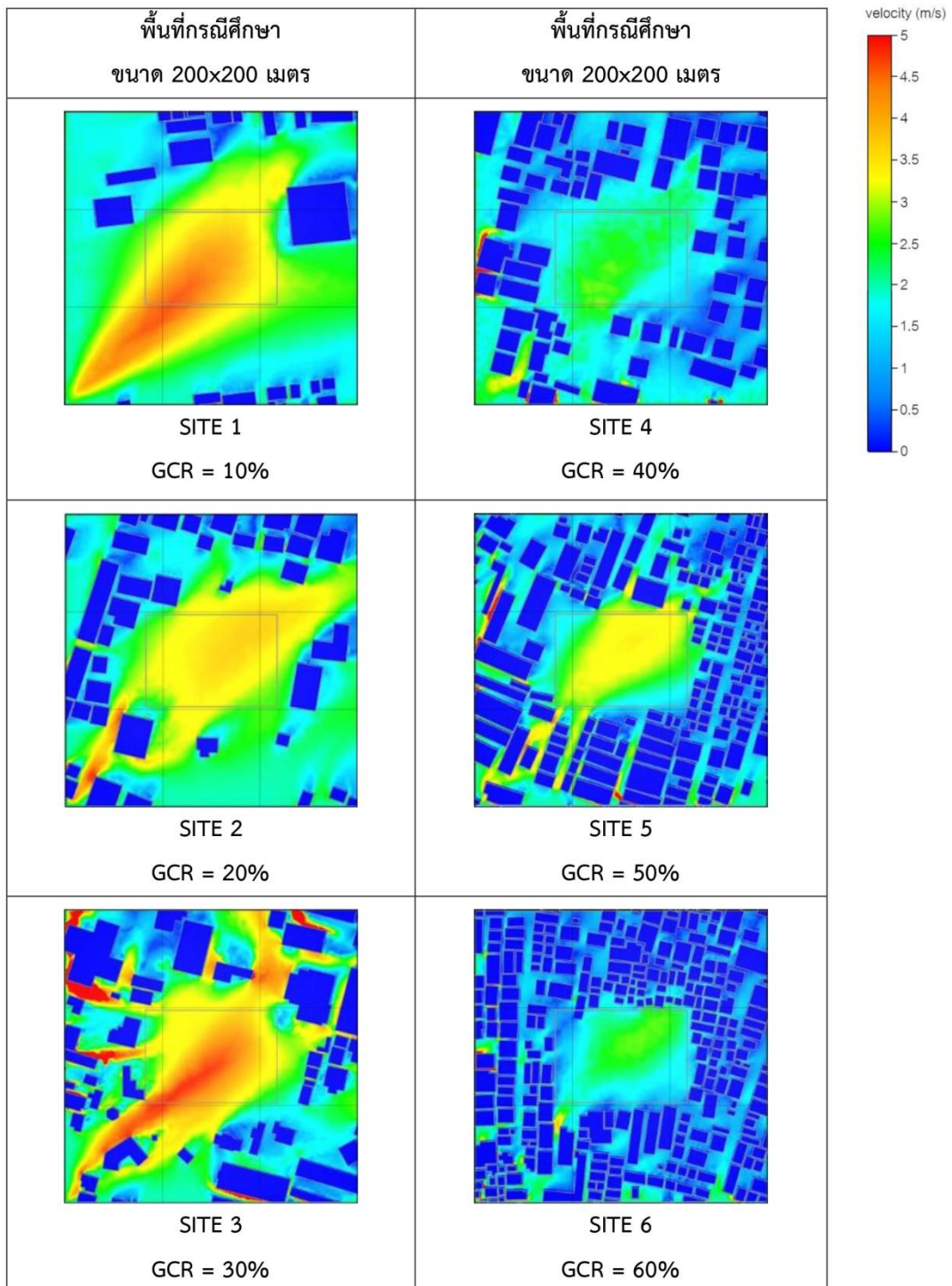
4.1.1 ระดับความหนาแน่นของพื้นที่การศึกษา

ผลการจำลองการเคลื่อนที่ของกระแสมรบกวนก่อนสร้างอาคารซึ่งตั้งอยู่ในพื้นที่ที่มีระดับ GCR แตกต่างกัน คือ ช่วง 10-60% จากตารางที่ 4.1 สามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้

การเคลื่อนที่ของกระแสมรบกวนใน SITE 1-3 หรือ GCR = 10 20 และ 30% ตามลำดับ กระแสมรบกวนในพื้นที่เหนือลม (Vi) หรือทิศตะวันตกเฉียงใต้ของพื้นที่การศึกษา (กำหนดให้ทิศเหนืออยู่ด้านบนของพื้นที่การศึกษา) มีความเร็วลมค่อนข้างแรง การแสดงผลจึงมีพื้นที่สีเหลืองเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งมีความเร็วของกระแสมรบกวนในช่วง 3-3.5 m/s ส่งผลให้พื้นที่บริเวณใต้ลม (Vo) มีความเร็วลมอยู่ในช่วง 2-3 m/s ทั้ง 3 พื้นที่การศึกษา ในขณะที่พื้นที่ GCR 10% และ 30% การแสดงผลมีสีส้มและสีแดงแทรกในบริเวณพื้นที่ Vi ซึ่งหมายถึงความเร็วของกระแสมรบกวนที่มากกว่า 3.5 m/s ในบางพื้นที่ โดยเฉพาะ SITE 3 หรือ GCR = 30% เกิดการเคลื่อนที่ของกระแสมรบกวนแรงในพื้นที่มาก เนื่องจากความสูงต่ำของอาคารในพื้นที่ซึ่งมักพบความแปรปรวนมากกว่าพื้นที่ GCR อื่นๆ ส่งผลให้พบการเคลื่อนที่ของกระแสมรบกวน แบบ corner หรือ wake effect ตามมุม และช่องว่างของอาคารทั้งพื้นที่ Vi และ Vo

ในขณะเดียวกัน SITE 4-6 หรือ GCR = 40 50 และ 60% ตามลำดับ กระแสมรบกวนในพื้นที่ Vi การแสดงผลเป็นสีฟ้าและเขียวเป็นส่วนใหญ่ คือมีความเร็วอยู่ในช่วง 2-3 m/s ส่วนพื้นที่ Vo การแสดงผลเป็นสีฟ้าค่อนข้างเข้มในบางบริเวณ เนื่องจากความหนาแน่นของพื้นที่

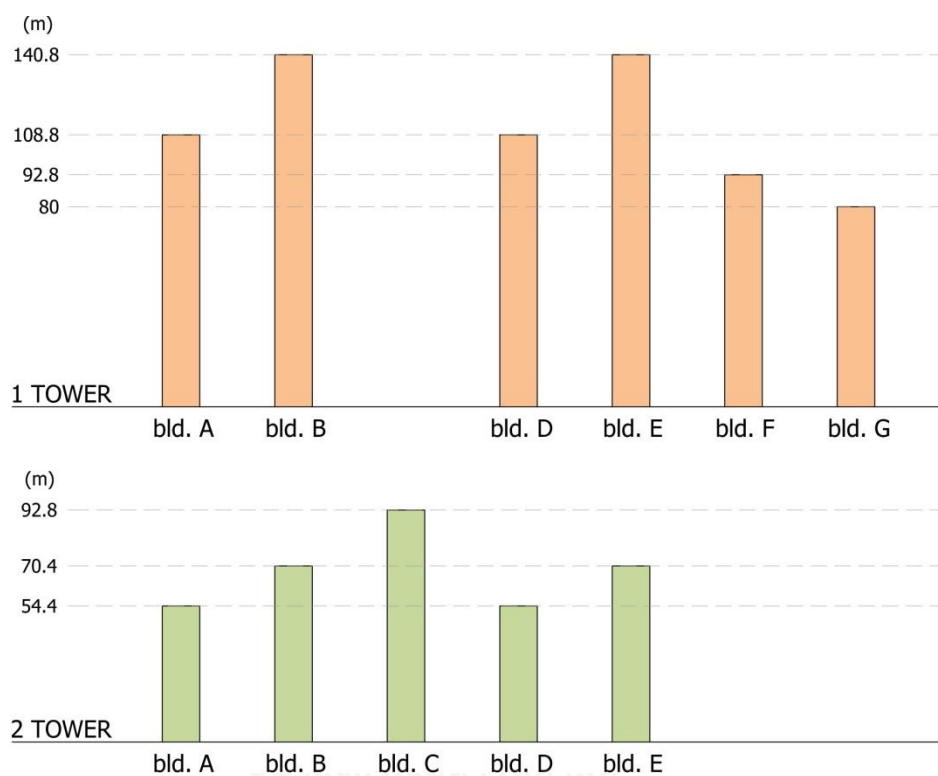
ตารางที่ 4.1 การจำลองพื้นที่กรณศึกษา GCR 10-60% โดยโปรแกรม CFD



4.1.2 รูปทรงอาคาร

จากผลการจำลองการเคลื่อนที่ของกระแสลมหลังสร้างอาคาร จึงทำการเปรียบเทียบวิเคราะห์ประเด็นรูปทรงอาคารซึ่งแตกต่างกัน 6 รูปแบบ คือ อาคาร A, B, D, E, F และ G ซึ่งมีความ

สูงแตกต่างกันดังภาพที่ 4.1 โดยไม่เปรียบเทียบอาคาร C เพราะเป็นรูปทรงที่มีพื้นที่ต่อชั้นค่อนข้างน้อย ดังตารางที่ 3.6 การกำหนดกรณีศึกษาจึงมีเฉพาะอาคาร 2 tower เท่านั้น เนื่องจากหากต้องการสร้างเต็มอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (FAR) อาคารจะสูงถึง 58 ชั้น หรือ 185.6 เมตรโดยประมาณ (กำหนดให้ความสูงต่อชั้น เท่ากับ 3.2 เมตร) ซึ่งไม่เหมาะสมในการสร้างอาคารพักอาศัย ทั้งในแง่ของการใช้ประโยชน์ที่ดิน และใช้งบประมาณลงทุนกับอาคารที่สูงเกินความจำเป็น



ภาพที่ 4.1 การเปรียบเทียบความสูงอาคารที่มีรูปทรงต่างกัน - 1 และ 2 tower

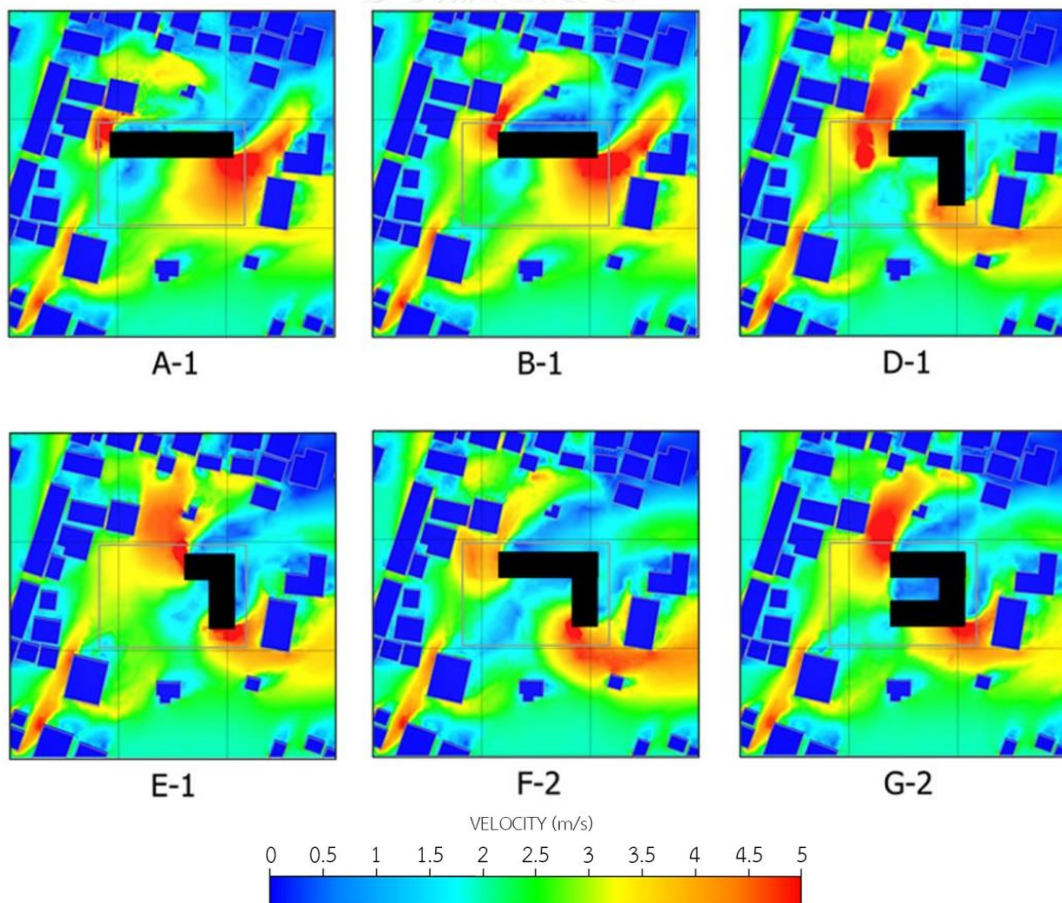
จากภาพที่ 4.2 รูปทรงอาคารทั้ง 6 รูปแบบมีการวางในแนววางทิศทางลมจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ และมีตำแหน่งในการวางค่อนข้างไปในทางขวาของขอบเขตที่ดิน จากผลการจำลองพบว่า อาคารทั้ง 6 รูปแบบ มีกระแสลมที่ค่อนข้างแรง ในทิศทางที่ใกล้เคียงกัน อาคาร A และ B มีลักษณะการเคลื่อนที่ของกระแสลมไปในลักษณะเดียวกัน คือ corner effect บริเวณด้านข้างของอาคาร ทำให้เกิดกระแสลมที่แรง และพัดไปยังพื้นที่ V_0 ฝั่งทิศตะวันออกเฉียงเหนือ เนื่องจากมีสัดส่วนด้านยาวของอาคารค่อนข้างมาก โดยอาคาร A และ สัดส่วนด้านกว้างต่อด้านยาวเท่ากับ 1:5 และ 1:4 ตามลำดับ

ในกรณีของอาคาร F ซึ่งมีสัดส่วนใกล้เคียงกับอาคาร B คือ ด้านกว้างต่อด้านยาวเท่ากับ 1:4 ซึ่งแตกต่างกันคือ อาคาร F เตี้ยกว่า 48 เมตร และเพิ่มแนวอาคารในด้านตะวันออกโดยมีสัดส่วนความยาวของอาคารเท่ากับ 1:3 ส่งผลให้การเคลื่อนที่ของลมมีทิศทางเปลี่ยนจากพัดไปยังพื้นที่ V_0

ฝั่งทิศตะวันออกเฉียงเหนือในกรณีอาคาร B เป็นพัดไปทางทิศตะวันออกของพื้นที่กรณีศึกษา โดยมีความเร็วลมที่ค่อนข้างแรงเช่นเดียวกัน

เมื่อพิจารณารูปทรงของอาคาร D และ G ซึ่งมีสัดส่วนกว้างยาว และมีความสูงที่ใกล้เคียงกัน โดยทั้ง 2 อาคารมีสัดส่วนด้านกว้างต่อด้านยาวเท่ากับ 1:3 ทั้งแนวอาคารด้านทิศเหนือ และทิศตะวันออก ในขณะที่อาคาร G เพิ่มแนวอาคารในทิศใต้โดยมีสัดส่วนความยาวของอาคารเท่ากับ 1:3 เช่นกัน ทำให้การเคลื่อนที่ของกระแสลมค่อนข้างแรงในด้านทิศเหนือของอาคาร รวมถึงทิศตะวันออก ซึ่งรูปทรงของอาคาร G ทำให้กระแสลมแรงบริเวณทิศตะวันออกกว้าง และแรงกว่าอาคาร D

ในขณะเดียวกันอาคาร E เป็นอาคารที่มีสัดส่วนใกล้เคียงกับอาคาร D โดยอาคาร E สูงกว่า 32 เมตร และมีแนวอาคารด้านทิศเหนือสัดส่วนความยาวของอาคารเท่ากับ 1:2 ซึ่งสั้นกว่าทิศเหนือของอาคาร D ส่งผลให้ผลกระทบด้านกระแสลมในพื้นที่ V_0 ฝั่งทิศเหนือและทิศตะวันออก น้อยกว่าอาคาร D และรูปทรงอื่นๆ



ภาพที่ 4.2 การจำลองอาคารกรณีศึกษาที่มีรูปทรงแตกต่างกัน
ใน SITE 2 หรือ GCR = 20%

4.1.3 ทิศทางการวางอาคาร

การเคลื่อนที่ของกระแสลมในกรณีอาคารมีรูปทรงเหมือนกัน แต่ทิศทางในการวางอาคารแตกต่างกัน หากพิจารณาภาพรวมของผลการจำลอง² ในแนวตัด 1 และ 2 ของพื้นที่กรณีศึกษา ซึ่งมี boundary simulation ที่ความสูง 150 เมตร ดังตัวอย่างการแสดงผลในตารางที่ 4.3 พบว่า การวางอาคาร F-1, F-3 และ F-4 ในพื้นที่ GCR ระดับต่างๆ ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของกระแสลมแบบ downwash effect และ wake effect ในปริมาณมาก ในขณะที่อาคาร F-2 เกิดกระแสลมลักษณะดังกล่าวน้อยกว่าทิศทางอื่นๆ

ทั้งนี้เมื่อพิจารณาผลการจำลองในระดับ pedestrian level หรือระดับสูง 2 เมตรจากพื้นดิน ดังตารางที่ 4.2 พบว่า บริเวณพื้นที่เหนือลมหลังสร้างอาคาร F ใน SITE 4 และ 6 หรือ หรือ GCR = 40% และ 60% ตามลำดับ การวางอาคารในแต่ละทิศทาง ส่งผลให้ความเร็วลมมีลักษณะใกล้เคียงกัน คือความเร็วลมค่อนข้างคงที่ ไม่แปรปรวน ทั้งก่อนและหลังสร้างอาคาร โดยลักษณะการเคลื่อนที่ของกระแสลมหลังสร้างอาคาร มีความเร็วลมที่เพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 3-3.5 m/s บริเวณรอบๆ อาคาร F เท่านั้น

ในขณะที่ SITE 5 หรือ GCR = 50% หลังสร้างอาคาร F ในทิศทางที่แตกต่างกัน ส่งผลให้มีการแสดงผลเป็นพื้นที่สีเหลือง หรือความเร็วลมในช่วง 3-3.5 m/s เป็นบริเวณกว้างกว่าการวางอาคารใน SITE 4 และ 6 เล็กน้อย และเกิดพื้นที่สีแดง หรือความเร็วลมที่ค่อนข้างแรงในกรณีอาคาร F-3 และ F-4 ณ บริเวณรอบอาคาร

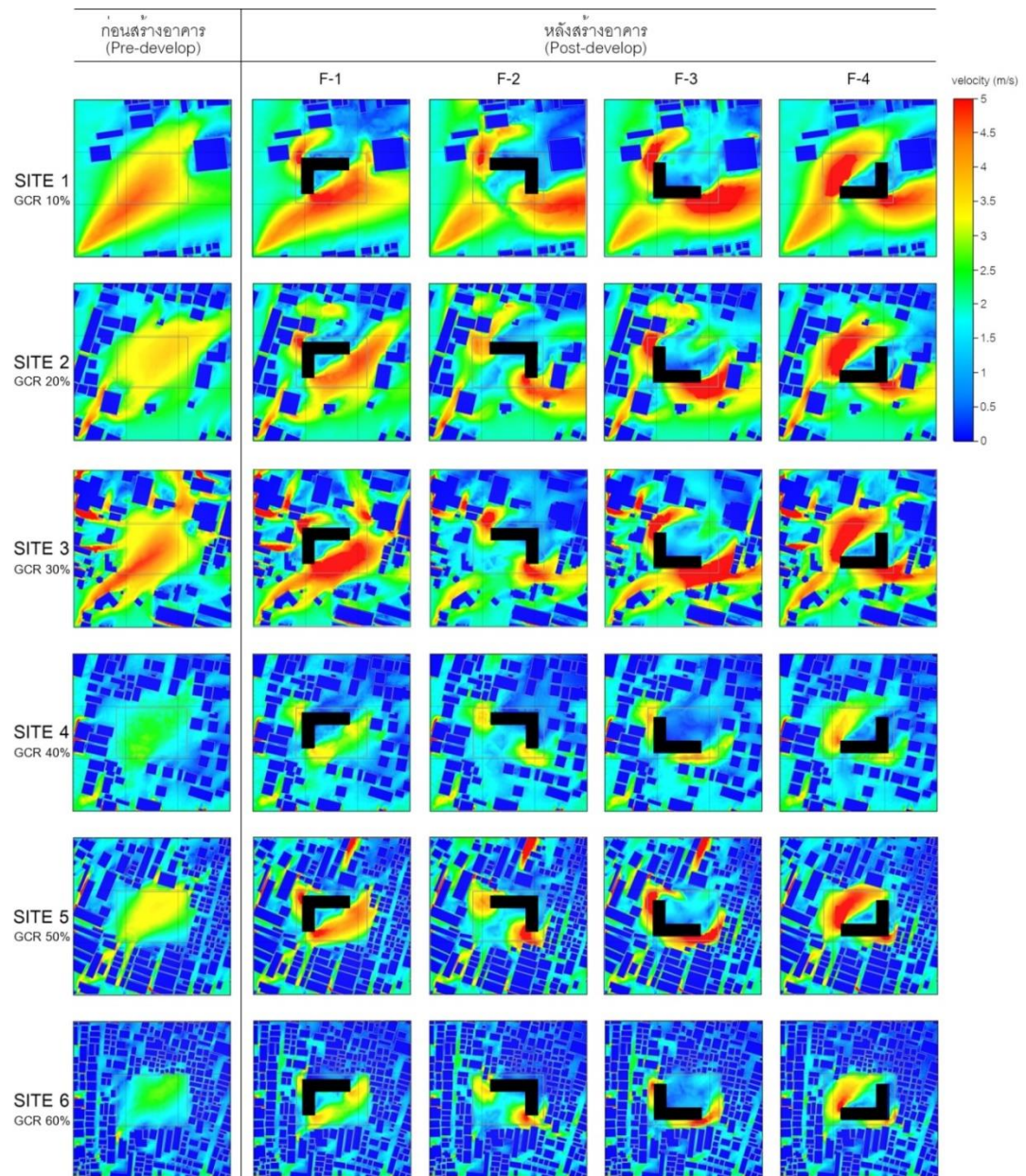
กรณี SITE 1-3 หรือ GCR = 10%, 20% และ 30% ตามลำดับ เป็นพื้นที่ที่มีกระแสลมมีความเร็วในระดับที่ค่อนข้างสูง และปกคลุมเป็นบริเวณกว้าง ซึ่งหลังสร้างอาคารส่งผลให้เกิดกระแสลมที่สูงมากบริเวณ V_0 ฝั่งตะวันออกของพื้นที่กรณีศึกษา โดยอาคาร F-2 เกิดกระแสลมแรงในพื้นที่ GCR 10-30% น้อยกว่าอาคารทิศทางอื่นๆ แต่ส่งผลให้เกิดพื้นที่อับลมบริเวณ V_0 ฝั่งตะวันออกเฉียงเหนือของพื้นที่กรณีศึกษามากกว่าทิศทางอื่นๆเช่นกัน

ผลการจำลองแสดงให้เห็นว่า การสร้างอาคารในรูปแบบและทิศทางอาคารที่แตกต่างกัน พื้นที่กรณีศึกษา SITE 6 หรือ GCR = 60% ได้รับผลกระทบจากอาคารน้อยที่สุด รองลงมาคือ SITE 4 หรือ GCR = 40% และ SITE 5 หรือ GCR = 50% ซึ่งสามารถพบกระแสลมที่ค่อนข้างแรง ในบริเวณมุม และพื้นที่โดยรอบอาคาร สำหรับพื้นที่กรณีศึกษาที่มี GCR ตั้งแต่ 10-30% หรือ SITE 1-3 นั้น การสร้างอาคารในบางรูปแบบ ส่งผลให้เกิดลมแรงหรือเกิดพื้นที่อับลม แก่สภาพแวดล้อมโดยรอบใน

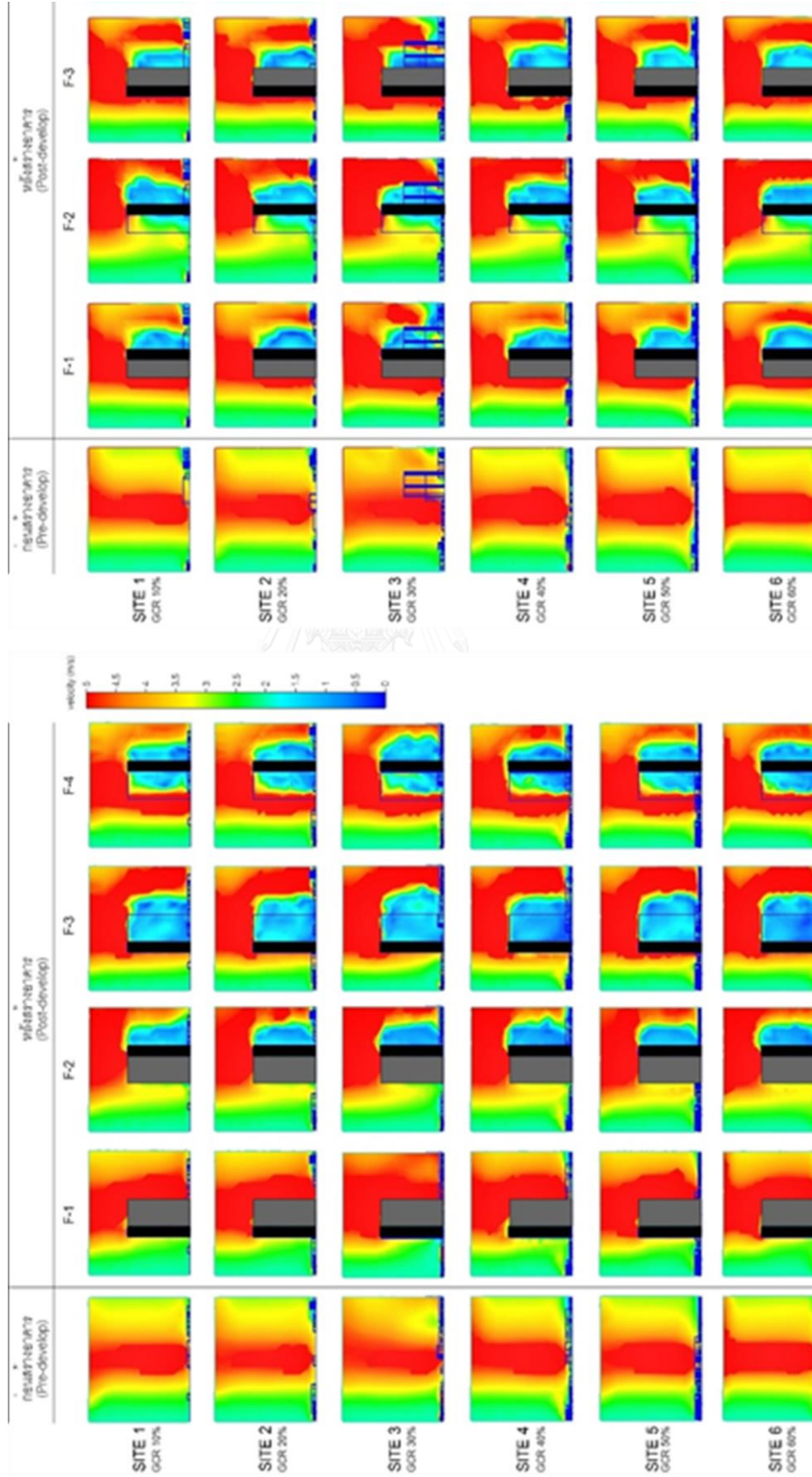
² รายละเอียดเพิ่มเติม ภาคผนวก ค

บริเวณกว้าง ดังนั้น ในการออกแบบอาคารในพื้นที่ดังกล่าว ควรพิจารณาถึงรูปแบบและทิศทางอาคาร เนื่องจากกระแสลมมีความแปรปรวนมากกว่าพื้นที่ซึ่งมีความหนาแน่นค่อนข้างน้อย

ตารางที่ 4.2 ผลการจำลองลักษณะการเคลื่อนที่ของกระแสลม ณ ระดับความสูง 2 เมตรก่อนและหลังสร้างอาคาร F



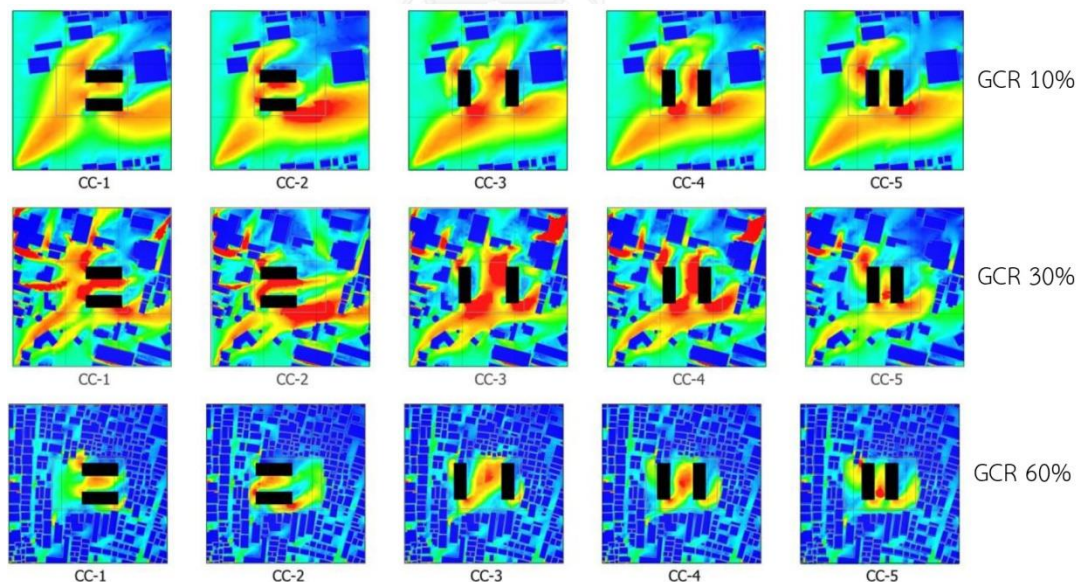
ตารางที่ 4.3 ผลการจำลองลักษณะการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำตามแนวตัด 1 (ซ้าย) และ 2 (ขวา) เปรียบเทียบก่อนและหลังสร้างอาคาร F



ในขณะเดียวกัน การเคลื่อนที่ของกระแสลมในกรณีอาคารมีรูปทรงเหมือนกัน โดยมี 2 อาคาร และมีทิศทางในการวางอาคารแตกต่างกัน เช่นกรณีอาคาร C ซึ่งมีการวางอาคารเฉพาะแบบ 2 tower เท่านั้น (หัวข้อที่ 4.1.2) จากตัวอย่างการวางอาคาร C รูปแบบต่างๆ ใน 3 พื้นที่กรณีศึกษา ซึ่งมีระดับ GCR ต่างกัน คือ 10, 20 และ 30% สามารถวิเคราะห์ที่ได้ดังนี้

การวางอาคารในแนวเหนือ-ใต้ โดยมีระยะห่างระหว่างอาคารครึ่งหนึ่งของความกว้าง (W) อาคาร เช่นกรณีอาคาร CC-1 และ CC-2 ซึ่งแตกต่างกันโดย CC-1 วางอาคารชิดขอบที่ดินด้านทิศตะวันออก ส่วน CC-2 ชิดขอบที่ดินด้านทิศตะวันตก จากผลการจำลองดังภาพที่ 4.3 พบว่าการวางอาคารรูปแบบ CC-1 ส่งผลให้เกิดกระแสลมแรงน้อยกว่า CC-2

การวางอาคารในแนวตะวันออก-ตะวันตก ได้แก่อาคาร CC-3, CC-4 และ CC-5 โดยมีอัตราส่วนระยะห่างระหว่างอาคารกับความกว้าง (W) เท่ากับ $W:W$, $(2/3)W:W$ และ $(1/3)W:W$ ตามลำดับ จากผลการจำลองพบว่า อาคารที่มีระยะห่างระหว่างอาคารที่ค่อนข้างกว้าง เช่น อาคาร CC-3 และ 4 ส่งผลให้กระแสลมในทิศตะวันตกเฉียงใต้สูงขึ้น เมื่อพัดผ่านบริเวณมุมอาคาร และไหลเข้าสู่ช่องว่างระหว่างอาคารด้วยความเร็วที่มากขึ้น ในขณะที่อาคาร CC-5 เป็นอาคารที่มีระยะห่างระหว่างอาคารน้อย ส่งผลให้กระแสลมมีความเร็วเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเท่านั้น เมื่อเทียบกับก่อนสร้างอาคาร



ภาพที่ 4.3 ผลการจำลองลักษณะการเคลื่อนที่ของกระแสลม ณ ระดับความสูง 2 เมตร หลังสร้างอาคาร C ในพื้นที่ GCR 10%, 20% และ 30%

4.2 การวิเคราะห์ลักษณะของกระแสน้ำในเชิงตัวเลข



































การวิเคราะห์ลักษณะของกระแสน้ำในเชิงตัวเลขนั้น เกิดจากการกำหนดจุดที่ต้องการทราบความเร็วลมจำนวน 17-23 จุด ในบริเวณพื้นที่โดยรอบ ทั้งพื้นที่เหนือลม (Vi) และพื้นที่ใต้ลม (Vo) จากนั้นจึงนำค่าความเร็วลมของอาคารที่มีรูปทรง และทิศทางการวางที่แตกต่างกัน ในแต่ละพื้นที่กรณีศึกษาที่มีระดับความหนาแน่นแตกต่างกัน 6 ระดับ (GCR 10-60%) มาประเมินระดับผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม สามารถจำแนกการวิเคราะห์เป็น 4 วิธี ได้แก่ การวิเคราะห์ความเร็วลมบริเวณพื้นที่ใต้ลม (Vo), อัตราส่วน Vo หลังและก่อนสร้างอาคาร, อัตราส่วน Po หลังและก่อนสร้างอาคาร และ อัตราส่วนค่าเฉลี่ยของ Vo กับ Vi ดังแสดงในหัวข้อที่ 3.7.2 โดยมีรายละเอียดผลการจำลองดังต่อไปนี้

4.2.1 ความเร็วลมบริเวณพื้นที่ใต้ลม (Vo)

จากผลการจำลองความเร็วลม ณ บริเวณพื้นที่ใต้ลม โดยแสดงเปอร์เซ็นต์ acceptable period ของจำนวนจุดที่กำหนดในแต่ละพื้นที่ซึ่งมีระดับ GCR แตกต่างกัน 6 ระดับ เพื่อเปรียบเทียบผลกระทบอันเกิดจากการสร้างอาคารที่มีรูปแบบและทิศทางแตกต่างกัน ทั้ง 34 กรณีศึกษา ดังแสดงในตารางที่ 4.4 พบว่า พื้นที่กรณีศึกษา SITE 4 หรือ GCR = 40% และ SITE 6 หรือ GCR = 60% ได้รับผลกระทบจากรูปแบบและทิศทางอาคารน้อยที่สุด หรือมีเปอร์เซ็นต์ความเร็วลม acceptable period ค่อนข้างมากในอาคารทั้ง 34 กรณีศึกษา รองลงมาคือ SITE 5 หรือ GCR = 50% ซึ่งมีความเร็วลมระดับ disturb เล็กน้อย คือ 5-10% และ 20% ในบางอาคาร

โดย SITE 4 หรือ GCR = 40% และ SITE 6 หรือ GCR = 60% อาคารที่มีเปอร์เซ็นต์ความเร็วลม acceptable period มากที่สุด คือสูงถึง 100% จำนวน 6 และ 7 อาคารตามลำดับ ในขณะที่เดียวกันการสร้างอาคารแต่ละกรณีศึกษาส่งผลให้ SITE 1-3 หรือ GCR = 10, 20 และ 30% โดยรวมมีลมระดับ disturb ค่อนข้างมาก และมีลมระดับ stagnant มากเช่นกันในบางอาคาร เช่น กรณีอาคาร CC-2 ในพื้นที่ GCR 10% มี acceptable period มีเพียง 39% เท่านั้น ในขณะที่หากสร้างอาคาร CC-2 ในพื้นที่ GCR 40% ส่งผลให้พื้นที่ใต้ลมมี acceptable period ค่อนข้างสูงถึง 89%

ตารางที่ 4.4 รายละเอียดข้อมูลทางสถิติของเปอร์เซ็นต์ acceptable period ในแต่ละกรณีศึกษา :
ความเร็วลมบริเวณพื้นที่ใต้ลม (Vo)

building			SITE 1	SITE 2	SITE 3	SITE 4	SITE 5	SITE 6
			GCR 10%	GCR 20%	GCR 30%	GCR 40%	GCR 50%	GCR 60%
A	AA		65	82	87	89	94	76
	A-1		57	77	70	95	78	100
	A-2		48	91	74	79	89	88
B	BB-1		61	68	78	95	89	88
	BB-2		57	82	78	95	78	94
	B-1		57	77	52	95	78	88
	B-2		48	59	70	89	78	100
	B-3		65	82	61	89	94	82
	B-4		65	86	65	95	94	76
C	CC-1		61	68	57	100	83	94
	CC-2		39	77	78	89	83	82
	CC-3		70	77	70	95	83	94
	CC-4		61	82	78	95	83	100
	CC-5		65	77	65	95	83	94
D	DD-1		65	91	70	100	83	88
	DD-2		57	82	83	84	94	59
	D-1		61	64	70	100	94	76
	D-2		87	82	61	95	94	82
	D-3		65	82	57	95	89	88
	D-4		65	73	74	95	83	94
E	EE-1		70	82	78	100	94	88
	EE-2		57	73	78	89	89	82
	EE-3		65	82	83	84	89	88
	EE-4		70	86	83	89	78	88
	E-1		65	59	48	100	83	71
	E-2		57	77	74	95	94	88
	E-3		87	86	61	89	83	88
	E-4		48	68	61	95	72	100
F	F-1		57	68	65	89	72	100
	F-2		57	73	74	89	83	88
	F-3		61	82	70	95	83	100
	F-4		61	86	70	95	89	82
G	G-1		61	77	70	95	78	100
	G-2		57	64	83	100	83	82
Mean			62	77	70	93	85	88
SD			9	8	9	5	7	9
MAX			87	91	87	100	94	100
MIN			39	59	48	79	72	59

4.2.2 อัตราส่วน Vo หลังและก่อนสร้างอาคาร

การหาอัตราส่วนของ Vo ที่อยู่ในระดับ acceptable period นั้น พิจารณาจาก Vo ก่อนสร้างอาคาร ซึ่งหากความเร็วลมเฉลี่ยทั่วไปเท่ากับ 2 m/s อัตราส่วนของ Vo หลังสร้างอาคาร จึงเท่ากับ 0.15 ถึง 1.5 เท่า ซึ่งจากผลการจำลอง Vo เฉลี่ยในแต่ละ GCR มีค่าแตกต่างกัน ส่งผลให้อัตราส่วน ของ Vo ในแต่ละ GCR มีช่วงที่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 4.5

โดย SITE 5 หรือ GCR = 50% และ SITE 6 หรือ GCR = 60% อาคารที่มีเปอร์เซ็นต์ความเร็วลม acceptable period มากที่สุด คือสูงถึง 100% จำนวน 16 และ 5 อาคารตามลำดับ ดังตารางที่ 4.6 รวมถึงเป็นพื้นที่ซึ่งมีระดับความหนาแน่นที่ได้รับผลกระทบจากอาคารน้อยที่สุด หรือมีเปอร์เซ็นต์ความเร็วลม acceptable period ค่อนข้างมากในอาคารทั้ง 34 กรณีศึกษา รองลงมาคือ SITE 4 หรือ GCR = 40% ซึ่งมีความเร็วลมระดับ disturb เล็กน้อย คือ 5-10% และ ประมาณ 30% ในบางอาคาร



































ตารางที่ 4.5 แสดงอัตราส่วน Vo ช่วง acceptable period ในแต่ละระดับ GCR

		ACCEPTABLE PERIOD					
		pre-dev	post-develop		post-dev : pre-dev		
		Vo(AVR.) (m/s)	Vo-min (m/s)	Vo-max (m/s)	min	max	range
Ideal Velocity		2.00	0.30	3.00	0.15	1.50	1.35
site 1	GCR 10%	2.24	0.30	3.00	0.13	1.34	1.21
site 2	GCR 20%	2.19	0.30	3.00	0.14	1.37	1.23
site 3	GCR 30%	2.52	0.30	3.00	0.12	1.19	1.07
site 4	GCR 40%	1.20	0.30	3.00	0.25	2.50	2.25
site 5	GCR 50%	1.28	0.30	3.00	0.23	2.34	2.11
site 6	GCR 60%	0.80	0.30	3.00	0.38	3.75	3.38

ในขณะที่เดียวกันการสร้างอาคารแต่ละกรณีศึกษาส่งผลให้ SITE 1-3 หรือ GCR = 10, 20 และ 30% มีเปอร์เซ็นต์ acceptable period ค่อนข้างน้อย โดยส่วนใหญ่มีความเร็วลมในระดับ disturb ในบริเวณพื้นที่ได้ลมค่อนข้างมาก เนื่องจากลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ซึ่งหนาแน่นน้อยกว่า SITE 4-6 ทำให้มีบริเวณพื้นที่โล่งมากจึงมีโอกาสเกิดกระแสลมที่แรงมากเช่นกัน

ตัวอย่างเช่น กรณีอาคาร B-2 ตั้งอยู่ใน SITE 4-6 หรือ GCR = 40, 50 และ 60% ส่งผลให้มีเปอร์เซ็นต์ acceptable period ในพื้นที่ได้ลมประมาณ 88-95% ซึ่งมากกว่า SITE 1-3 หรือ GCR = 10, 20 และ 30% ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ acceptable period ในพื้นที่ได้ลมเพียง 45-57%

ตารางที่ 4.6 รายละเอียดข้อมูลทางสถิติของเปอร์เซ็นต์ acceptable period ในแต่ละกรณีศึกษา : อัตราส่วน Vo หลังและก่อนสร้างอาคาร

building			SITE 1	SITE 2	SITE 3	SITE 4	SITE 5	SITE 6
			GCR 10%	GCR 20%	GCR 30%	GCR 40%	GCR 50%	GCR 60%
A	AA		39	68	74	95	100	76
	A-1		43	64	52	79	94	88
	A-2		26	77	70	68	94	82
B	BB-1		48	50	74	89	100	100
	BB-2		43	68	74	63	94	88
	B-1		48	55	39	84	89	82
	B-2		52	45	57	95	89	88
	B-3		57	77	52	84	94	82
	B-4		52	77	65	84	94	71
	C	CC-1		61	64	48	84	100
	CC-2		61	73	65	84	67	88
	CC-3		65	68	61	84	100	100
	CC-4		65	77	57	84	100	100
	CC-5		52	59	57	95	100	82
D	DD-1		48	68	70	89	94	82
	DD-2		30	68	78	74	94	65
	D-1		57	55	65	89	100	88
	D-2		78	86	70	100	100	88
	D-3		61	86	61	84	100	88
	D-4		61	68	57	89	100	88
E	EE-1		48	68	74	89	94	94
	EE-2		43	59	74	79	100	88
	EE-3		70	82	83	74	100	88
	EE-4		39	59	78	79	89	94
	E-1		74	59	52	84	94	82
	E-2		83	68	52	89	100	88
	E-3		96	86	65	95	100	94
	E-4		65	68	57	84	94	94
F	F-1		65	73	61	95	100	94
	F-2		52	55	70	84	83	82
	F-3		43	68	70	84	89	88
	F-4		48	82	70	89	89	82
G	G-1		65	73	61	95	100	76
	G-2		39	55	83	79	94	100
Mean			55	68	65	85	95	87
SD			15	11	10	8	7	8
MAX			96	86	83	100	100	100
MIN			26	45	39	63	67	65

4.2.3 อัตราส่วน Po หลังและก่อนสร้างอาคาร

การหาอัตราส่วนของ Po ที่อยู่ในระดับ acceptable period นั้น พิจารณาจาก Po ก่อนสร้างอาคาร เช่นเดียวกับการวิเคราะห์ในข้อที่ 4.2.2 ซึ่งหากความเร็วลมเฉลี่ยทั่วไปเท่ากับ 2 m/s ความกดอากาศเฉลี่ยจะเท่ากับ 2.58 Pa ดังนั้นอัตราส่วนของ Po หลังสร้างอาคารจึงเท่ากับ 0.058 ถึง 5.815 เท่า ซึ่งจากผลการจำลอง Vo เฉลี่ยในแต่ละ GCR มีค่าแตกต่างกัน ส่งผลให้อัตราส่วนของ Vo ในแต่ละ GCR มีช่วงที่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 4.7

จากผลการจำลอง ดังตารางที่ 4.8 พบว่า การสร้างอาคารส่งผลให้พื้นที่โดยรอบมีเปอร์เซ็นต์ acceptable period ค่อนข้างน้อย โดยมีความเร็วลมระดับ stagnant ในปริมาณค่อนข้างมากในทุกพื้นที่ที่กรณีศึกษา โดย SITE 3 หรือ GCR = 30% และ SITE 6 หรือ GCR = 60% มีลมระดับ disturb ประมาณ 10-20% ซึ่งขัดแย้งกับตารางที่ 4.6 ในขณะเดียวกัน การสร้างอาคารทั้ง 34 กรณีศึกษา ใน SITE 4 หรือ GCR = 40% ส่งผลให้การเปลี่ยนแปลงความกดอากาศในพื้นที่อยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกันมากกว่าพื้นที่ GCR ระดับอื่น

ตารางที่ 4.7 แสดงอัตราส่วน Po ช่วง acceptable period ในแต่ละระดับ GCR

		ACCEPTABLE PERIOD					
		pre-dev	post-develop		post-dev : pre-dev		
		Po(AVR.) (Pa)	Po-min (Pa)	Po-max (Pa)	min	max	range
Ideal Pressure		2.580	0.058	5.815	0.022	2.254	2.231
site 1	GCR 10%	1.742	0.058	5.815	0.033	3.338	3.305
site 2	GCR 20%	1.588	0.058	5.815	0.037	3.662	3.625
site 3	GCR 30%	3.290	0.058	5.815	0.018	1.767	1.750
site 4	GCR 40%	0.983	0.058	5.815	0.059	5.916	5.857
site 5	GCR 50%	0.976	0.058	5.815	0.059	5.958	5.899
site 6	GCR 60%	0.951	0.058	5.815	0.061	6.115	6.054

4.2.4 อัตราส่วนค่าเฉลี่ยของ Vo กับ Vi




































การหาอัตราส่วนค่าเฉลี่ยของ Vo และ Vi นั้น เป็นการพิจารณาในเรื่องของการเปลี่ยนแปลงของกระแสลมในทิศเหนือลม หรือทิศที่ไม่ถูกรบกวนโดยตรง เทียบกับทิศใต้ลม ซึ่งเป็นทิศที่มีอาคารกีดขวางการพัดผ่านของกระแสลมข้างต้น ดังนั้น การที่อัตราส่วนเท่ากับ 1 หรือใกล้เคียง 1 หมายความว่า การสร้างอาคาร ไม่ส่งผลต่อความเร็วของกระแสลม ณ บริเวณนั้นๆ

จากผลการจำลอง ดังแสดงในตารางที่ 4.9 พบว่า SITE 1-3 หรือ GCR = 10 20 และ 30% ตามลำดับ มีอัตราส่วนค่าเฉลี่ยของ Vo และ Vi ค่อนข้างสูง ในขณะที่ SITE 4-6 หรือ GCR = 40 50 และ 60% ตามลำดับ มีอัตราส่วนค่อนข้างต่ำ โดยเฉพาะ SITE 6 หรือ GCR = 60% มีอัตราส่วนของอาคารทั้ง 34 กรณีศึกษา เฉลี่ยเท่ากับ 0.55 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่ค่อนข้างต่ำกว่าพื้นที่กรณีศึกษาอื่นๆ

ตารางที่ 4.8 รายละเอียดข้อมูลทางสถิติของเปอร์เซ็นต์ acceptable period ในแต่ละกรณีศึกษา : อัตราส่วน Po หลังและก่อนสร้างอาคาร

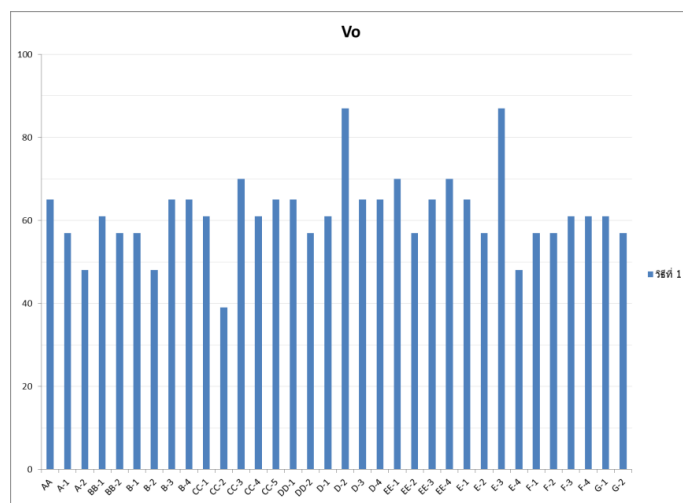
building			SITE 1	SITE 2	SITE 3	SITE 4	SITE 5	SITE 6
			GCR 10%	GCR 20%	GCR 30%	GCR 40%	GCR 50%	GCR 60%
A	AA		61	36	65	42	56	29
	A-1		52	50	83	47	61	24
	A-2		43	41	57	53	28	35
B	BB-1		61	41	39	42	50	29
	BB-2		70	59	78	53	61	24
	B-1		52	45	65	42	61	24
	B-2		52	64	61	47	61	29
	B-3		70	55	43	63	22	41
	B-4		70	77	70	53	44	47
C	CC-1		70	50	57	58	61	41
	CC-2		57	73	87	47	61	41
	CC-3		74	45	48	63	39	47
	CC-4		65	55	35	58	39	41
	CC-5		61	55	39	47	56	41
D	DD-1		74	36	57	47	33	18
	DD-2		70	41	52	47	28	24
	D-1		61	55	22	58	44	41
	D-2		87	86	74	63	83	47
	D-3		78	64	52	74	50	65
	D-4		57	41	43	47	28	24
E	EE-1		70	55	30	53	28	35
	EE-2		61	55	52	47	39	24
	EE-3		74	55	43	53	39	24
	EE-4		70	41	13	47	33	29
	E-1		52	50	26	58	44	18
	E-2		70	59	43	58	44	35
	E-3		91	86	70	84	83	47
	E-4		70	64	74	53	67	24
F	F-1		83	64	78	42	61	29
	F-2		57	23	22	32	39	29
	F-3		57	32	35	37	33	12
	F-4		78	55	57	68	33	53
G	G-1		57	59	57	47	61	18
	G-2		65	41	17	53	33	29
Mean			66	53	51	52	47	33
SD			11	14	20	10	16	12
MAX			91	86	87	84	83	65
MIN			43	23	13	32	22	12

ตารางที่ 4.9 รายละเอียดข้อมูลทางสถิติของเปอร์เซ็นต์ acceptable period ในแต่ละกรณีศึกษา : อัตราส่วนค่าเฉลี่ยของ V_o กับ V_i

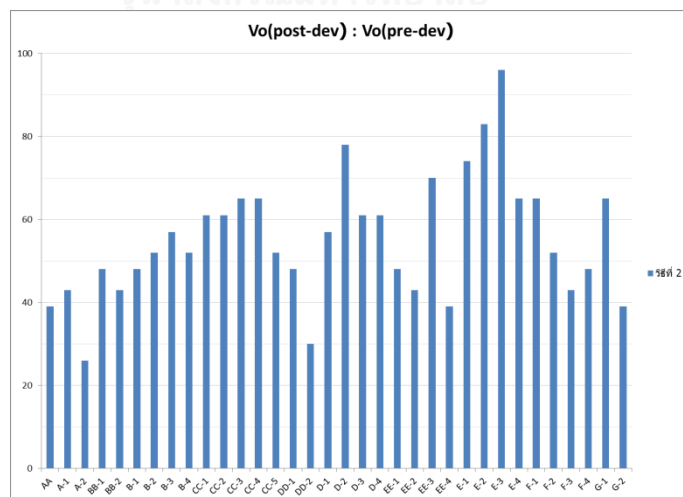
building			SITE 1	SITE 2	SITE 3	SITE 4	SITE 5	SITE 6
			GCR 10%	GCR 20%	GCR 30%	GCR 40%	GCR 50%	GCR 60%
A	AA		0.76	0.66	0.64	0.55	0.62	0.49
	A-1		0.78	0.88	0.84	0.69	0.93	0.68
	A-2		0.96	0.75	0.93	0.63	0.56	0.4
B	BB-1		0.65	0.73	0.87	0.54	0.71	0.53
	BB-2		0.69	0.71	0.70	0.59	0.76	0.51
	B-1		0.82	0.92	1.12	0.75	0.91	0.61
	B-2		0.74	1.01	0.96	0.64	0.88	0.64
	B-3		0.79	0.82	1.17	0.69	0.52	0.43
	B-4		0.78	0.75	0.99	0.62	0.55	0.43
C	CC-1		0.69	0.78	0.95	0.7	0.71	0.57
	CC-2		0.65	0.83	0.87	0.54	0.68	0.48
	CC-3		0.69	0.79	1.09	0.72	0.71	0.65
	CC-4		0.70	0.74	0.99	0.66	0.66	0.57
	CC-5		0.72	0.76	0.61	0.71	0.74	0.51
D	DD-1		0.65	0.75	0.65	0.63	0.73	0.48
	DD-2		0.60	0.68	0.52	0.55	0.6	0.41
	D-1		0.72	0.84	0.83	0.78	0.65	0.6
	D-2		0.68	0.87	0.91	0.58	0.52	0.5
	D-3		0.80	0.77	1.06	0.73	0.48	0.43
	D-4		0.75	0.85	0.89	0.62	0.88	0.56
E	EE-1		0.66	0.73	0.89	0.7	0.72	0.57
	EE-2		0.62	0.72	0.66	0.64	0.58	0.69
	EE-3		0.71	0.69	0.74	0.62	0.6	0.53
	EE-4		0.67	0.72	0.80	0.66	0.74	0.61
	E-1		0.81	0.85	0.87	0.81	0.64	0.63
	E-2		0.83	0.80	0.96	0.8	0.65	0.57
	E-3		0.67	0.82	0.97	0.58	0.54	0.5
	E-4		0.65	0.93	1.03	0.58	0.86	0.73
	E-5		0.65	0.94	0.95	0.53	0.78	0.57
F	F-1		0.65	0.94	0.95	0.53	0.78	0.57
	F-2		0.66	0.81	0.70	0.74	0.8	0.53
	F-3		0.82	0.85	0.81	0.74	0.95	0.62
	F-4		0.75	0.80	0.92	0.69	0.47	0.4
G	G-1		0.73	0.87	0.77	0.54	0.89	0.61
	G-2		0.73	0.86	0.71	0.78	0.81	0.75
Mean			0.72	0.80	0.86	0.66	0.70	0.55
SD			0.08	0.08	0.16	0.08	0.14	0.09
MAX			0.96	1.01	1.17	0.81	0.95	0.75
MIN			0.60	0.66	0.52	0.53	0.47	0.40

4.3 การอภิปรายผล

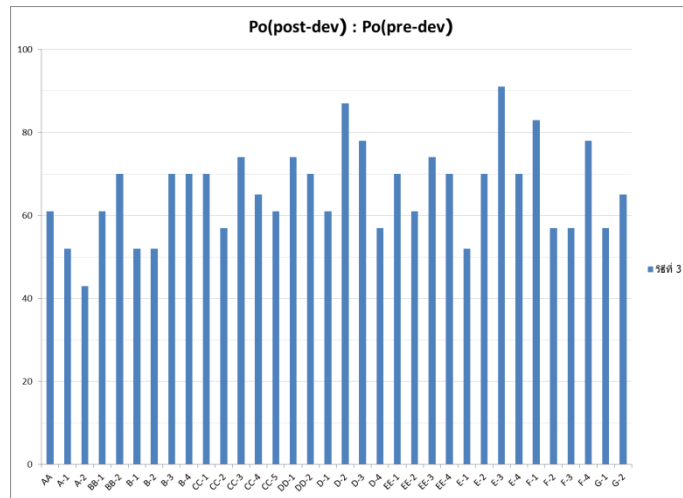
การแสดงผลการวิเคราะห์เชิงตัวเลขวิธีที่ 1-3 คือ การพิจารณา V_o , อัตราส่วน V_o และ P_o หลังและก่อนสร้างอาคาร ตามลำดับ แสดงในรูปแผนภูมิแท่งแสดงเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ซึ่งมีระดับความเร็วลม acceptable period หรือความเร็วลมในช่วง 0.3-3.0 เมตรต่อวินาที ซึ่งรูปแบบอาคารที่มีเปอร์เซ็นต์ข้างต้นมาก แสดงถึงการส่งผลกระทบต่อความเร็วลมต่อการใช้งานใน pedestrian level ค่อนข้างน้อย ในขณะที่เปอร์เซ็นต์น้อยแสดงถึงการส่งผลกระทบต่อความเร็วลมต่อการใช้งานใน pedestrian level ค่อนข้างมาก ดังแผนภูมิที่ 4.1-4.3



แผนภูมิที่ 4.1 ปริมาณเปอร์เซ็นต์ acceptable period จากการพิจารณาโดยวิธีที่ 1 ของ SITE 1 (GCR 10%)

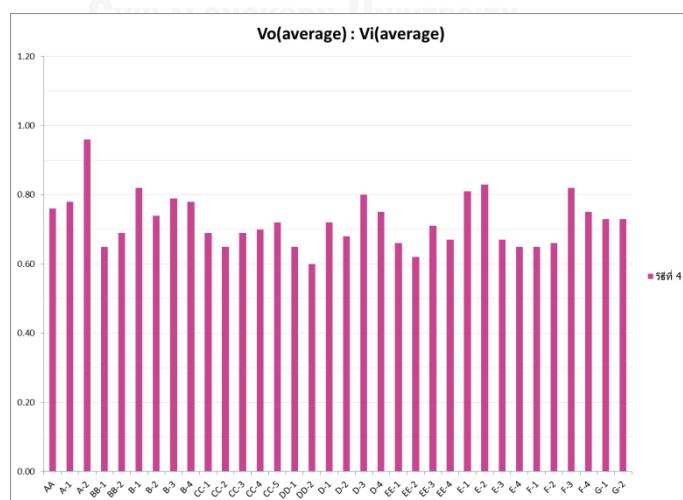


แผนภูมิที่ 4.2 ปริมาณเปอร์เซ็นต์ acceptable period จากการพิจารณาโดยวิธีที่ 2 ของ SITE 1 (GCR 10%)



แผนภูมิที่ 4.3 ปริมาณเปอร์เซ็นต์ acceptable period จากการพิจารณาโดยวิธีที่ 3 ของ SITE 1 (GCR 10%)

ในขณะเดียวกัน การแสดงผลการวิเคราะห์ของวิธีที่ 4 เป็นการพิจารณาอัตราส่วนโดยใช้ค่าเฉลี่ยของ V_o และ V_i การแสดงผลจึงแตกต่างจากวิธีที่ 1-3 โดยแสดงในรูปของอัตราส่วน ซึ่งกำหนดให้แกน y มีค่าเริ่มจาก 0 ไปจนถึง 1.2 เท่า เพื่อพิจารณาในเรื่องของการเปลี่ยนแปลง หรือความคงที่ของกระแสลม ตัวอย่างเช่น รูปแบบอาคารที่มีอัตราส่วนเท่ากับ 1.1 แสดงถึงระดับของกระแสลมซึ่งค่อนข้างคงที่ หรือเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อย ในขณะที่รูปแบบอาคารที่มีอัตราส่วน 0.6 แสดงถึงระดับของกระแสลมซึ่งลดลงประมาณ 0.4 เท่า เมื่อเปรียบเทียบความเร็วลมในพื้นที่เหนือลม และใต้ลม ดังแผนภูมิที่ 4.4

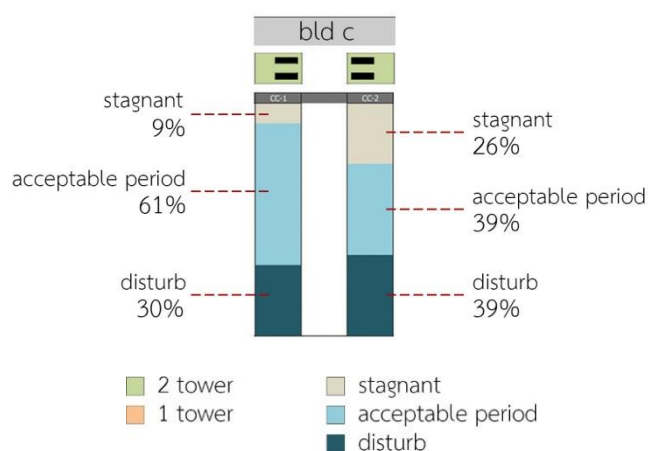


แผนภูมิที่ 4.4 อัตราส่วนจากการพิจารณาโดยวิธีที่ 4 ของ SITE 1 (GCR 10%)

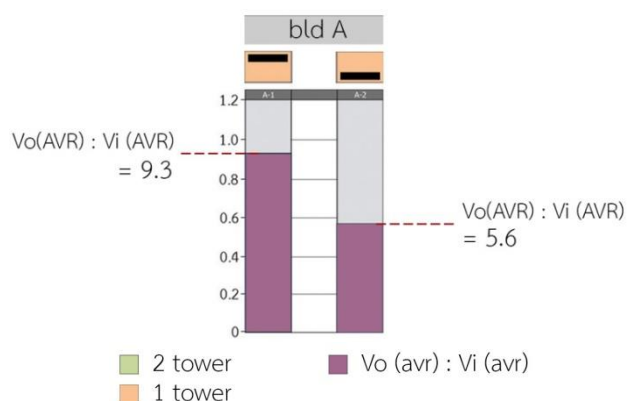
ในการจัดทำแนวทางการประเมินผลกระทบด้านกระแสลมต่อสภาพแวดล้อมเมืองอันเกิดจากอาคารที่มีรูปแบบและทิศทางที่แตกต่างกันนั้น การแสดงผลการจำลองจึงควรมีรูปแบบที่สามารถเข้าใจได้ง่าย และครอบคลุมในประเด็นการนำไปประยุกต์ใช้ ซึ่งในการแสดงผลเป็นตัวเลข ดังตารางที่ 4.4, 4.6 และ 4.8 รวมถึงแผนภูมิที่ 4.1-4.3 นั้น อาจส่งผลให้เกิดความยุ่งยากในการลำดับ และเปรียบเทียบข้อมูล

ดังนั้น จึงนำเสนอโดยการแปลงเปอร์เซ็นต์ acceptable period ที่ได้จากการจำลองมาจัดลำดับข้อมูลโดยวิธีทางสถิติ โดยการประเมินคะแนน T-score ดังแสดงช่วงระดับคะแนน ในตารางที่ 3.10 สำหรับใช้ในการประเมินผลการจากวิธีการวิเคราะห์ที่แตกต่างกัน ซึ่งการวิเคราะห์โดยวิธีที่ 1-3 แสดงผลการจัดกลุ่มคะแนนโดยเรียงเปอร์เซ็นต์ acceptable period จากมากไปน้อย หรือจากคะแนน A ไปยังคะแนน D กล่าวคือ กลุ่มอาคารกรณีศึกษาที่ได้คะแนน A เป็นอาคารที่มีเปอร์เซ็นต์ acceptable period ในพื้นที่โดยรอบมากกว่ากลุ่มอาคารกรณีศึกษาที่ได้คะแนน B C และ D ตามลำดับ

นอกจากการนำเสนอผลการจำลองในลักษณะของการจัดลำดับเกรด A-D เพื่อความสะดวกในการลำดับ และง่ายต่อการเปรียบเทียบข้อมูลนั้น การแสดงผลการวิเคราะห์โดยวิธีที่ 1-3 จึงแจกแจงช่วงของความเร็วมระดับ stagnant และ disturb นอกเหนือจาก acceptable period เพื่อความครอบคลุมในการนำไปประยุกต์ใช้ ตัวอย่างเช่น กรณีอาคาร CC-1 และ CC-2 ซึ่งมี acceptable period เท่ากับ 61 และ 39% การแสดงผลโดยแจกแจงช่วงระดับของความเร็วมในพื้นที่ ดังภาพที่ 4.4 นั้น สามารถระบุถึงรายละเอียดของช่วงความเร็วมได้ โดยอาคาร CC-1 นั้นส่งผลให้เกิดกระแสลมในระดับ disturb 30% ของพื้นที่โดยรอบ ในขณะที่อาคาร CC-2 ส่งผลให้เกิดกระแสลมทั้งในระดับ stagnant และ disturb ในปริมาณ 26 และ 39% ของพื้นที่โดยรอบ เป็นต้น

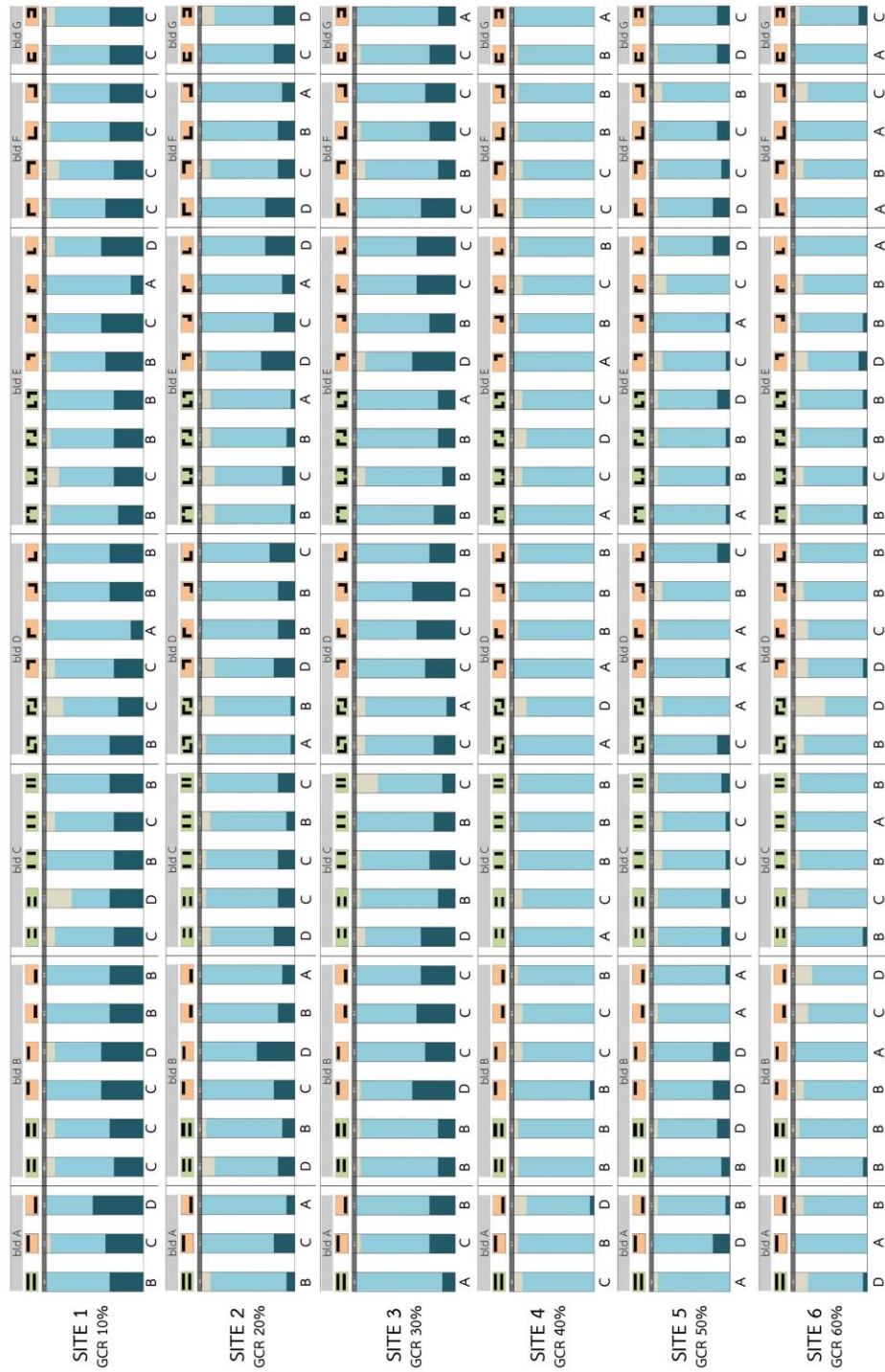


ภาพที่ 4.4 แสดงวิธีการแจกแจงระดับผลกระทบของความเร็วม



ภาพที่ 4.5 แสดงวิธีการแสดงผลอัตราส่วนค่าเฉลี่ยของ Vo กับ Vi

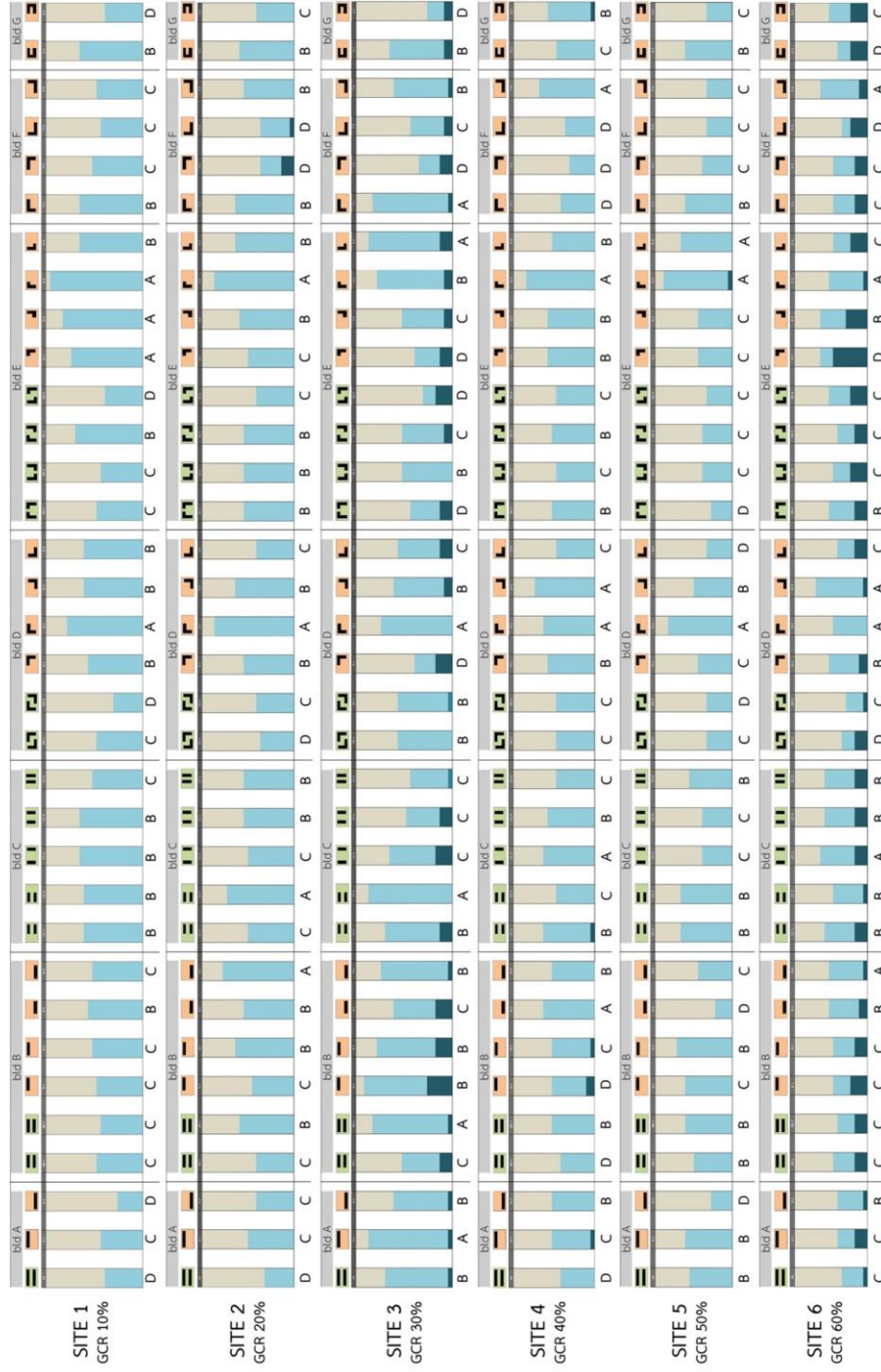
ในขณะเดียวกันการแสดงผลการวิเคราะห์โดยวิธีที่ 4 จึงแสดงในรูปแบบของแผนภูมิแท่งซึ่งเป็นไปในแนวทางเดียวกันกับการแสดงผลการวิเคราะห์โดยวิธีที่ 1-3 ดังภาพที่ 4.5 โดยที่ไม่จัดลำดับคะแนน A-D เช่นเดียวกับการวิเคราะห์วิธีที่ 1-3 เนื่องจากอัตราส่วนของค่าเฉลี่ย Vo และ Vi ไม่สามารถจัดลำดับคะแนนโดยใช้วิธีทางสถิติได้ ทั้งนี้ขึ้นกับปัจจัยพิจารณาอื่น ๆ ตัวอย่างเช่น ในกรณีที่อัตราส่วนเท่ากับ 1.1 ในพื้นที่ซึ่งมีความเร็วลมเฉลี่ย ณ พื้นที่เหนือลม เท่ากับ 3.5 เมตรต่อวินาที แสดงถึงความเร็วลมบริเวณพื้นที่ใต้ลมในระดับ disturb ในขณะที่หากความเร็วลมเฉลี่ย ณ พื้นที่เหนือลม เท่ากับ 1.5 แสดงถึงความเร็วลมบริเวณพื้นที่ใต้ลมในระดับ acceptable period เป็นต้น รวมถึงการเพิ่มเติมกราฟฟิกของรูปทรงและทิศทางการวางอาคารที่แตกต่างกันแทนการแสดงชื่ออาคาร รวมถึงการจำแนกอาคารกรณีศึกษา 1 และ 2 อาคาร โดยใช้โทนสีที่แตกต่างกัน เพื่อความง่ายในการวิเคราะห์ และเปรียบเทียบผลที่ได้จากการจำลอง



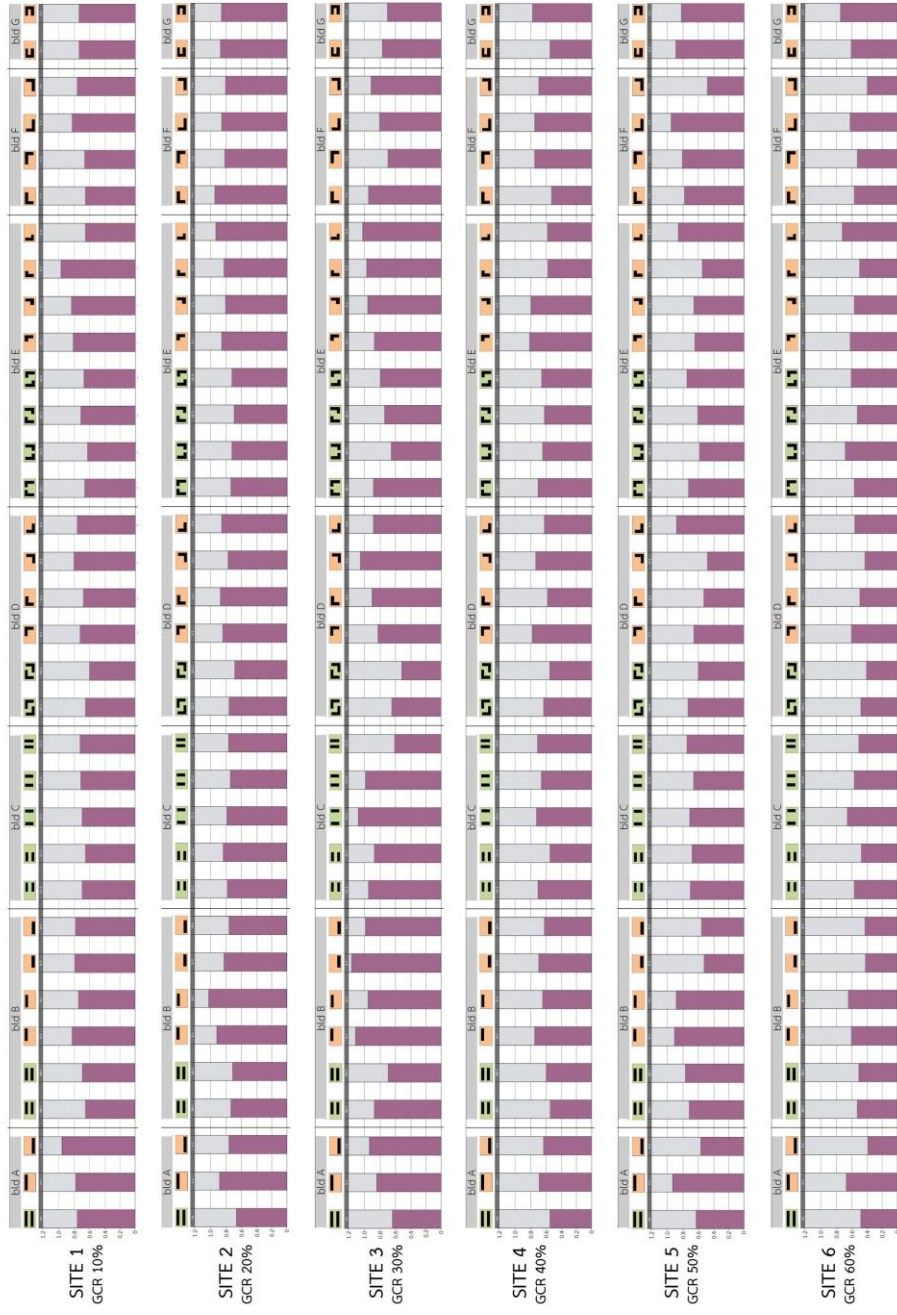
แผนภูมิที่ 4.5 แสดงระดับ Vo ช่วง acceptable period ในแต่ละระดับ GCR



แผนภูมิที่ 4.6 แสดงอัตราส่วน Vo ช่วง acceptable period ในแต่ละระดับ GCR



แผนภูมิที่ 4.7 แสดงอัตราส่วน Po ช่วง acceptable period ในแต่ละระดับ GCR



แผนภูมิที่ 4.8 แสดงอัตราส่วนค่าเฉลี่ยของ Vo กับ Vi ในแต่ละระดับ GCR

จากการวิเคราะห์ผลการจำลองเชิงตัวเลข ซึ่งสามารถแบ่งได้ 4 วิธี คือ การพิจารณา V_o , อัตราส่วน V_o หลังและก่อนสร้างอาคาร, อัตราส่วน P_o หลังและก่อนสร้างอาคาร และอัตราส่วนค่าเฉลี่ยของ V_o และ V_i ตามลำดับ พบว่าผลที่ได้จากการวิเคราะห์ วิธีที่ 1 และ 2 รวมถึงการวิเคราะห์ทางกายภาพเพื่อดูความเร็วและลักษณะการเคลื่อนที่ของกระแสลมประกอบการวิเคราะห์ในเชิงตัวเลข เป็นไปในทิศทางเดียวกัน ดังแผนภูมิที่ 4.3 และ 4.4

ในขณะเดียวกัน การวิเคราะห์โดยวิธีที่ 3 คือ การพิจารณาอัตราส่วน P_o หลังและก่อนสร้างอาคาร ดังแผนภูมิที่ 4.5 นั้น ผลที่ได้ไม่สอดคล้องกับวิธีที่ 1 และ 2 รวมถึงผลจากการวิเคราะห์ทางกายภาพ แต่ประโยชน์ที่ได้จากการใช้ข้อมูล P_o ในการวิเคราะห์ คือการพิจารณาในเรื่องของความแปรปรวนของกระแสลมอันเกิดจากความเปลี่ยนแปลงของความกดอากาศ ร่วมกับความเร็วมวลที่เกิดขึ้นจากรูปแบบและทิศทางการวางอาคารต่างๆ

นอกจากนั้น วิธีที่ 4 เป็นการหาอัตราส่วนของค่าเฉลี่ย V_o และ V_i โดยคำนึงถึงกระแสลม ณ พื้นที่เหนือลม ซึ่งเปลี่ยนแปลงตามความหนาแน่นของสภาพแวดล้อม หรือ GCR จากการวิเคราะห์ ผลที่ได้คือพื้นที่ที่มี GCR น้อย เช่น GCR 10% และ 20% มีอัตราส่วนที่ค่อนข้างคงที่หรือใกล้เคียงกับ 1 ในขณะที่ GCR มาก เช่น GCR 40 50 และ 60% ซึ่งมีอัตราส่วนที่น้อยลง โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.66 0.70 และ 0.55 ตามลำดับ ดังแผนภูมิที่ 4.6

ทั้งนี้การที่อัตราส่วนที่คงที่หรือใกล้เคียงกับ 1 นั้น อาจจะไม่ส่งผลดีกับพื้นที่ใต้ลมหรือ V_o เสมอไป เช่น จากการจำลองความเร็วลมในพื้นที่เหนือลมหรือ V_i ของ SITE 1 หรือ GCR = 10% มี V_i เฉลี่ย เท่ากับ 3 m/s ลมใน V_o จะมีค่าใกล้เคียงกับ 3 m/s แต่หากกรณีที่มี V_i มีความเร็วลมเพิ่มมากขึ้น ลมใน V_o จะมีค่ามากกว่า 3 m/s ซึ่งอยู่ในระดับ disturb ได้เช่นกัน

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ในการออกแบบอาคาร นอกจากการให้ความสำคัญในเรื่องของกฎหมาย การเข้าถึง การใช้งานภายในอาคาร และความคุ้มทุนนั้น การพิจารณารูปแบบและทิศทางการวางอาคารซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อที่ยังพื้นที่โดยรอบ เป็นการส่งเสริมให้การออกแบบอาคารมีประสิทธิภาพ และลดปัญหาที่เกิดขึ้น ทั้งในขั้นตอนการจัดทำรายงานผลกระทบสิ่งแวดล้อม หรือในการร้องเรียนปัญหาอันเกิดจากการเคลื่อนที่ของกระแสดลม

งานวิจัยชิ้นนี้จึงทำการศึกษาในเรื่องของผลกระทบด้านกระแสดลมต่อสภาพแวดล้อมเมืองอันเกิดจากรูปทรงและทิศทางการวางอาคารที่แตกต่างกัน เพื่อเป็นแนวทางการประเมินระดับผลกระทบด้านกระแสดลมต่อสภาพแวดล้อมหรือบริบทโดยรอบที่มีความหนาแน่นแตกต่างกัน โดยสามารถลดขั้นตอนการจำลองโดย CFD ในทุกครั้งที่ต้องการคาดคะเนผลกระทบที่จะเกิดขึ้นหากมีการสร้างอาคาร รวมถึงเป็นการสร้างแนวทางการออกแบบและเกณฑ์พิจารณาเพื่อการประเมินรายงานผลกระทบสิ่งแวดล้อมในเรื่องของลมได้

ดังนั้นระเบียบวิธีในการศึกษาวิจัยจึงเป็นการจำลองการเคลื่อนที่ของกระแสดลมของพื้นที่กรณีศึกษา โดยใช้โปรแกรม CFD ซึ่งจำแนกตาม GCR จำนวน 6 ระดับ จากนั้นจึงจำลองการเคลื่อนที่ของกระแสดลมภายหลังการสร้างอาคารรูปแบบและทิศทางต่างๆ ทั้ง 34 รูปแบบ รวมทั้งสิ้น 204 กรณีศึกษา เพื่อทำการเปรียบเทียบและหาความสัมพันธ์ของรูปแบบอาคารและความหนาแน่นของสภาพแวดล้อมเมืองที่แตกต่างกัน

การอภิปรายผลการวิจัย แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

- 5.1 สรุปผลการวิจัย ในเรื่องของแนวทางการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านกระแสดลมต่อสภาพแวดล้อมเมือง
- 5.2 ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

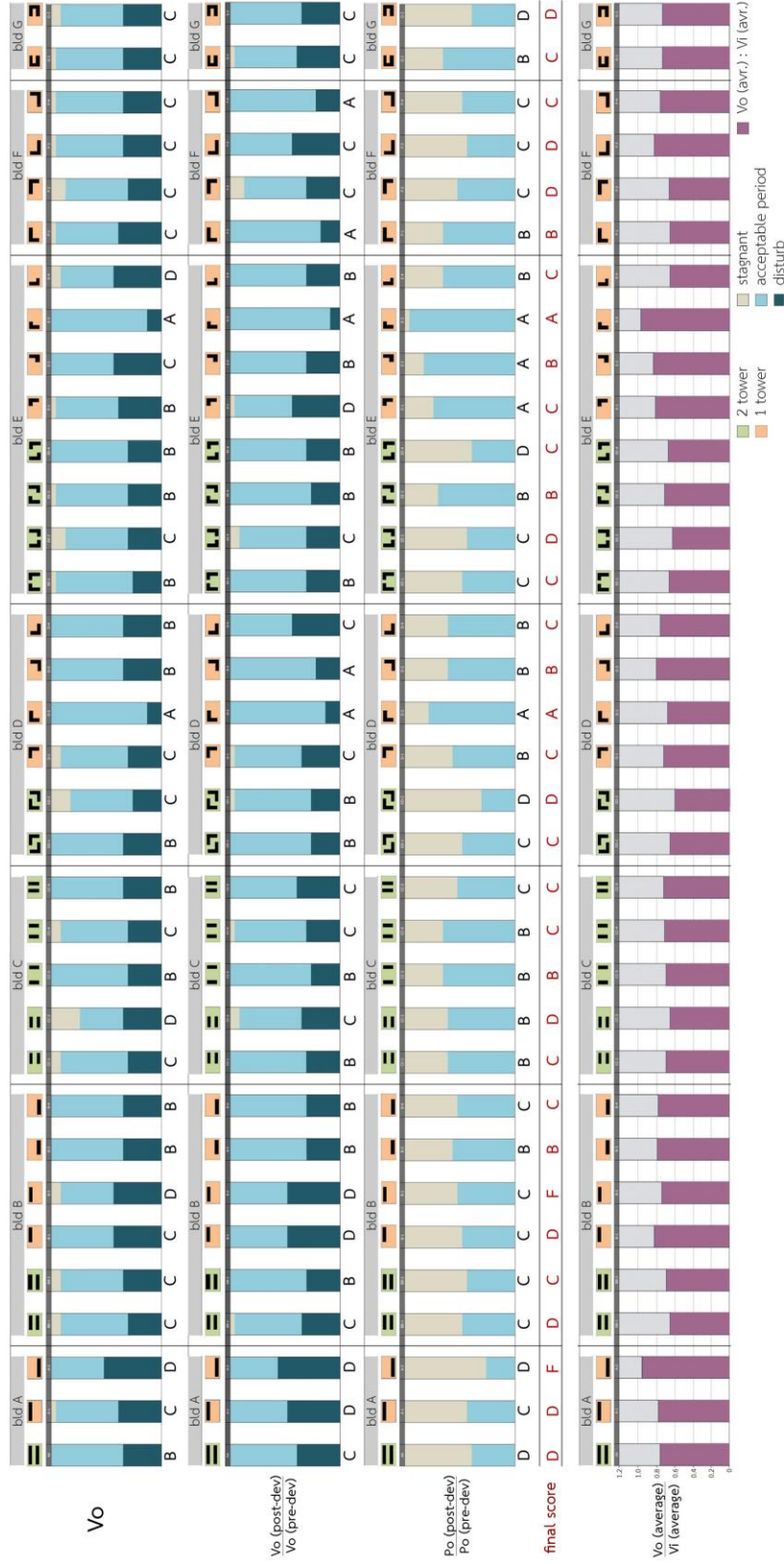
5.1.1 ความสัมพันธ์ของตัวแปรในงานวิจัย

อัตราส่วนของพื้นที่ปกคลุมดินของพื้นที่กรณีศึกษาที่แตกต่างกัน ส่งผลให้ความเร็วและลักษณะการเคลื่อนที่ของกระแสดลมแตกต่างกัน เมื่อสร้างอาคารรูปแบบและทิศทางการวางที่แตกต่างกัน ระดับความเร็วลมโดยรอบเปลี่ยนแปลง และส่งผลกระทบต่อบริบทโดยรอบในระดับที่ต่างกันเช่นกัน

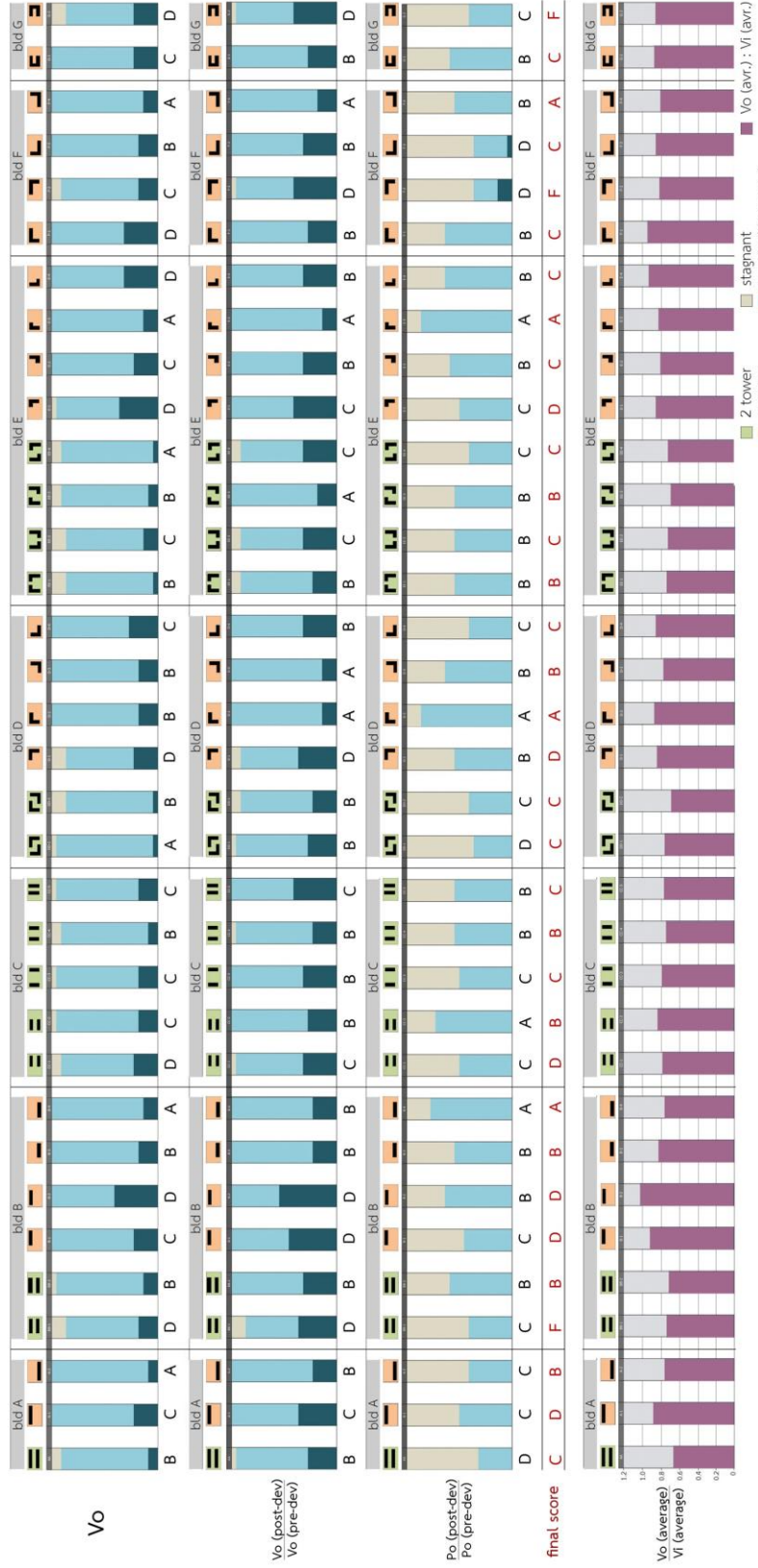
จากผลการจำลองและจัดลำดับผลกระทบต่อบริบทโดยรอบอาคาร อันเกิดจากรูปแบบและการวางทิศทางอาคารรูปแบบต่างๆ ทั้ง 34 กรณีศึกษาในพื้นที่ซึ่งมีระดับ GCR แตกต่างกัน 6 ระดับ ซึ่งได้จากวิธีการวิเคราะห์ที่แตกต่างกัน 4 วิธีนั้น การนำผลการวิจัยข้างต้นไปใช้ในการประเมินรูปแบบและทิศทางอาคารที่เหมาะสมกับระดับความหนาแน่นของพื้นที่โดยรอบ หรือสภาพแวดล้อมอาคาร จึงทำการรวมแผนภูมิแห่งจากการวิเคราะห์วิธีที่ 1-4 เข้าด้วยกัน เพื่อสามารถพิจารณา เปรียบเทียบผลอันเกิดจากการวิธีในการวิเคราะห์ที่แตกต่างกัน ดังแผนภูมิที่ 5.1-5.6

เนื่องจากพื้นที่กรณีศึกษา SITE 4-6 หรือ GCR = 40 50 และ 60% รูปแบบและทิศทางอาคารส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของกระแสลมในพื้นที่ค่อนข้างน้อย หรือพื้นที่โดยส่วนใหญ่มีความเร็วลมในระดับ acceptable period ส่งผลให้สามารถสร้างอาคารที่มีรูปแบบและทิศทางหลากหลายกว่าพื้นที่กรณีศึกษาอื่นๆ ดังแสดงในแผนภูมิที่ 5.4-5.6 โดยอาคารที่ได้คะแนน A และ B จากการวิเคราะห์โดยวิธี 1-3 ส่วนใหญ่มีอัตราส่วนค่าเฉลี่ย V_i และ V_o จากการวิเคราะห์โดยวิธีที่ 4 ประมาณ 0.5-0.7 ซึ่งหมายความว่า การสร้างอาคารข้างต้นส่งผลให้ความเร็วลมในพื้นที่ได้ลม ลดลงประมาณ 0.3-0.5 เท่า เมื่อเทียบกับความเร็วลมในพื้นที่เหนือลม ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสม และส่งผลดีกับบริเวณพื้นที่ได้ลมภายหลังการสร้างอาคาร

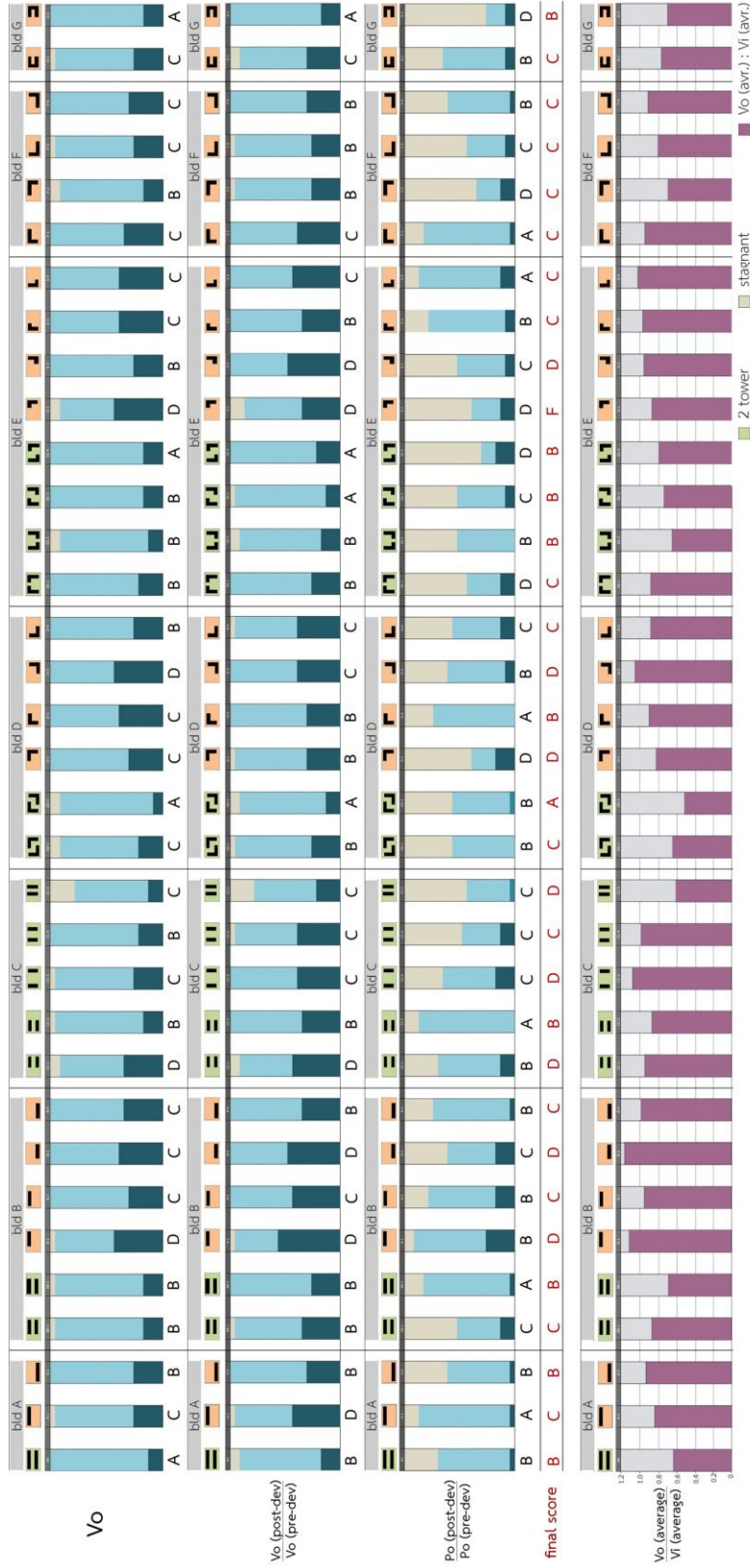
ในขณะเดียวกัน พื้นที่กรณีศึกษา SITE 1-3 หรือ GCR = 10 20 และ 30% รูปแบบและทิศทางอาคารส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของกระแสลมในพื้นที่ค่อนข้างมาก ดังแสดงในแผนภูมิที่ 5.1-5.3 โดยอาคารที่ได้คะแนน A และ B จากการวิเคราะห์โดยวิธี 1-3 ส่วนใหญ่มีอัตราส่วนค่าเฉลี่ย V_i และ V_o จากการวิเคราะห์โดยวิธีที่ 4 ประมาณ 0.7-0.8 ซึ่งหมายความว่า การสร้างอาคารข้างต้นส่งผลให้ความเร็วลมในพื้นที่ได้ลม ลดลงประมาณ 0.2-0.3 เท่า เมื่อเทียบกับความเร็วลมในพื้นที่เหนือลม ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสม และส่งผลดีกับบริเวณพื้นที่ได้ลมภายหลังการสร้างอาคาร



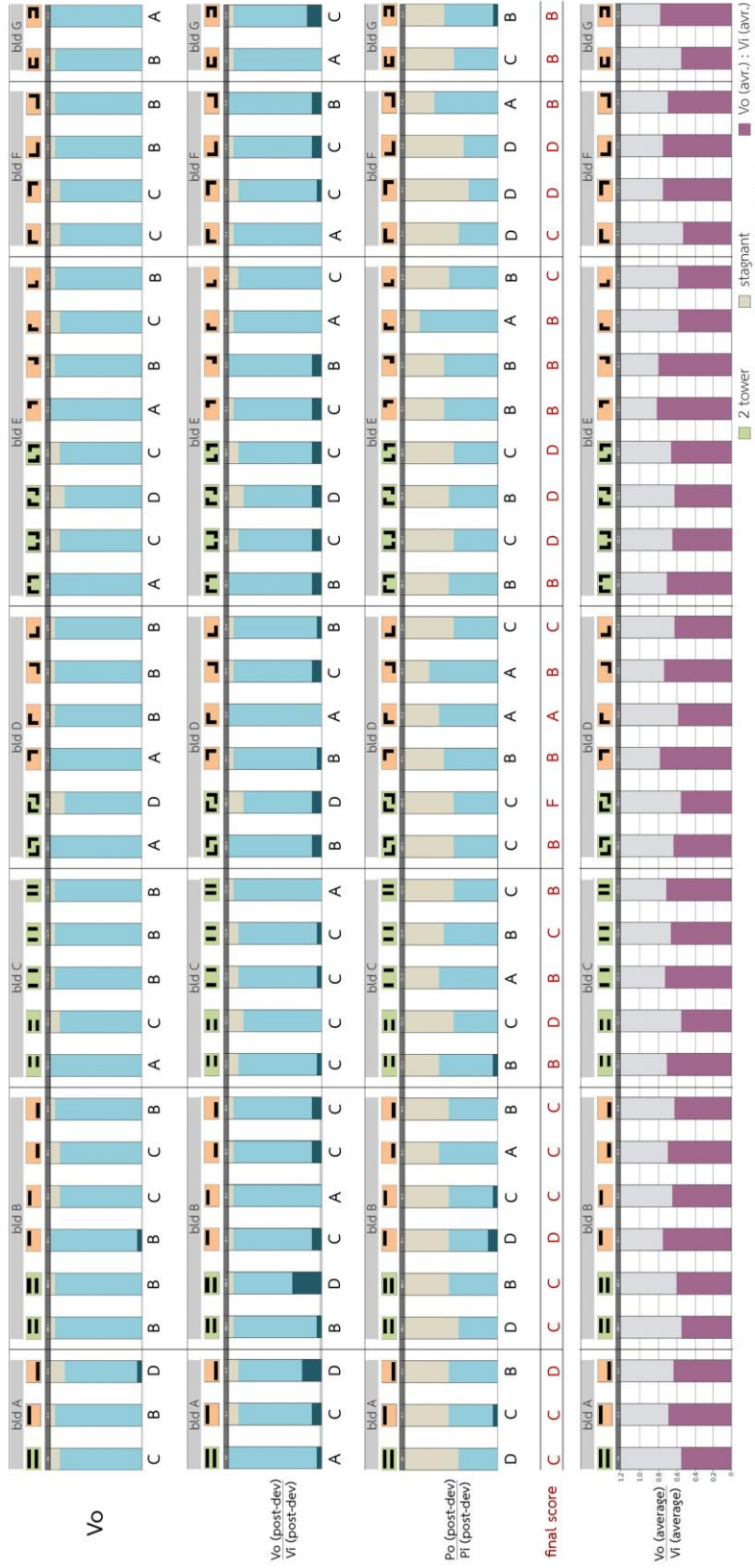
แผนภูมิที่ 5.1 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์โดยวิธีที่ 1-4 : SITE 1 – GCR 10%



แผนภูมิที่ 5.2 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์โดยวิธีที่ 1-4 : SITE 2 – GCR 20%



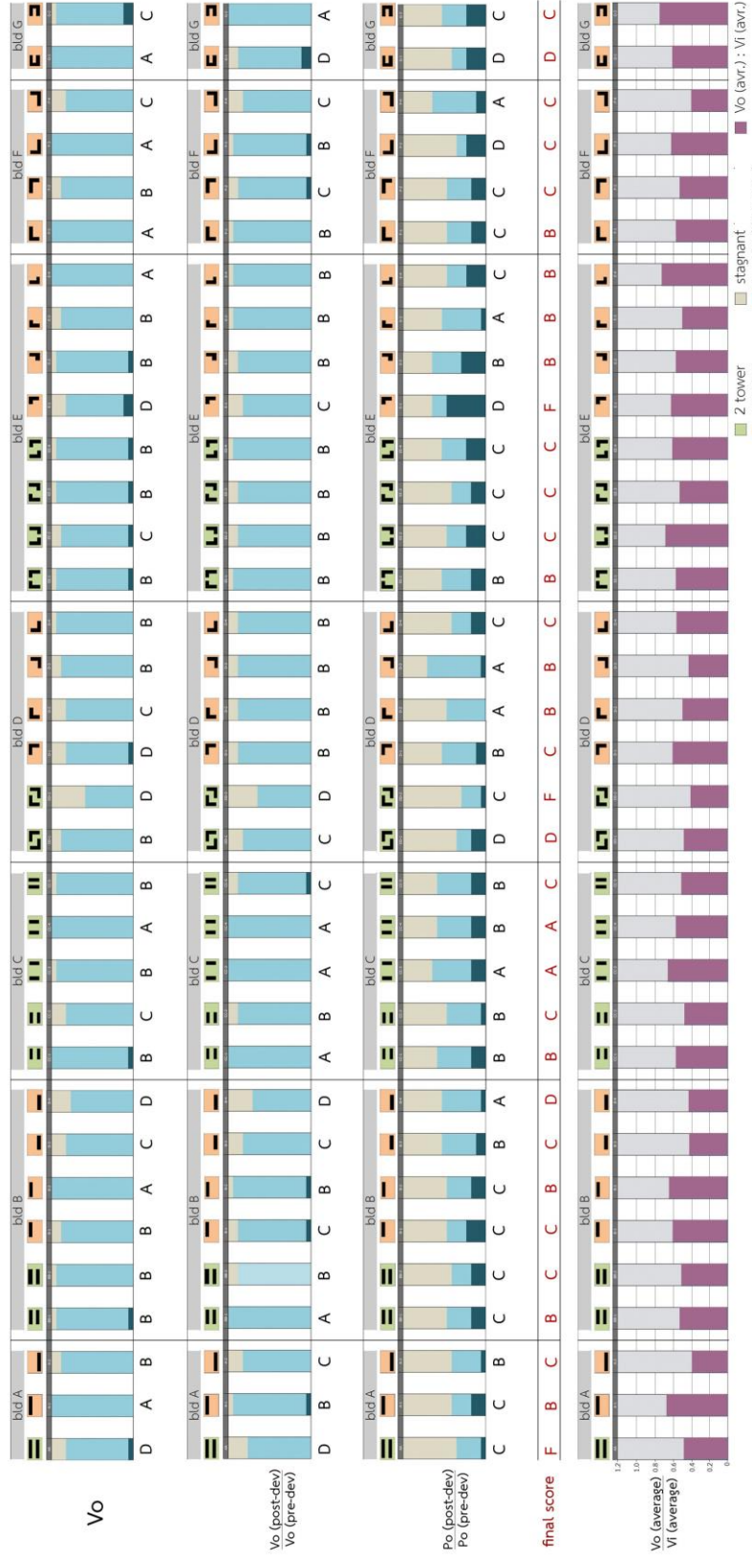
แผนภูมิที่ 5.3 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์โดยวิธีที่ 1-4 : SITE 3 – GCR 30%



แผนภูมิที่ 5.4 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์โดยวิธีที่ 1-4 : SITE 4 – GCR 40%



แผนภูมิที่ 5.5 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์โดยวิธีที่ 1-4 : SITE 5 – GCR 50%



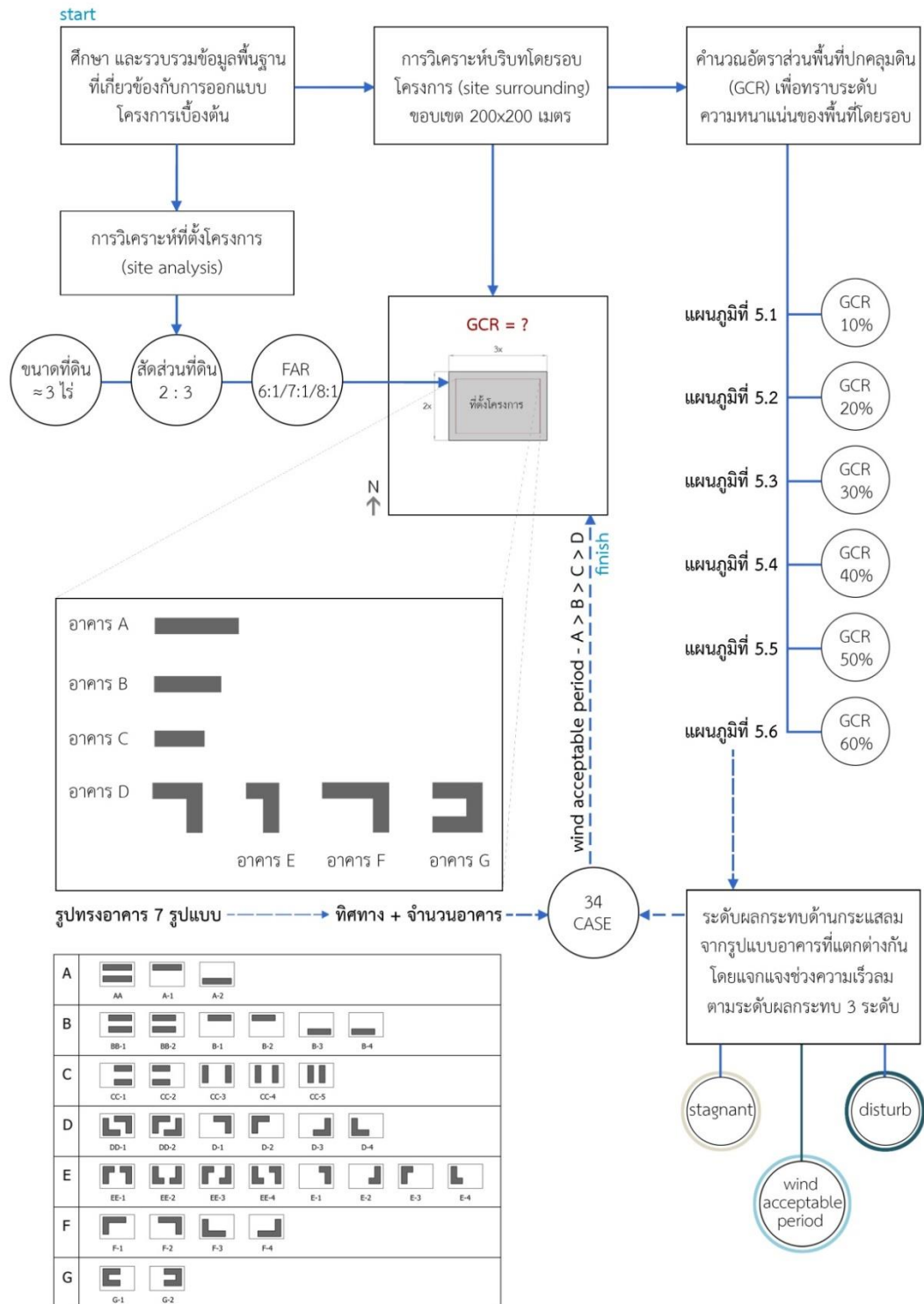
แผนภูมิที่ 5.6 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์โดยวิธีที่ 1-4 : SITE 6 – GCR 60%

5.1.2 การสังเคราะห์ข้อมูล และการนำไปใช้

การเสนอแนะวิธีการประเมินสิ่งแวดล้อมด้านกระแสลมของอาคาร ต่อสภาพแวดล้อมเมือง เพื่อสร้างแนวทางการออกแบบและเกณฑ์พิจารณาเพื่อการประเมินรายงานผลกระทบสิ่งแวดล้อมในเรื่องของลมนั้น จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (บทที่ 2) พบว่า การนำเสนอมีหลายรูปแบบ ทั้งการจัดทำในรูปแบบของรายการตรวจสอบ (checklist) และการไล่เรียงจากลำดับขั้นตอนการพิจารณาในแง่ของการออกแบบอาคาร โดยเริ่มจากการวิเคราะห์ที่ตั้ง และบริบทโดยรอบของอาคาร การตรวจสอบข้อมูลด้านกฎหมาย กฎกระทรวง พรบ. ที่เกี่ยวข้องในการสร้างอาคาร รวมถึงปัจจัยด้านอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง จากนั้นจึงทำการเปรียบเทียบข้อมูลข้างต้น กับระดับผลกระทบด้านกระแสลมที่ได้จากการวิจัย เพื่อหาแนวทางการป้องกันแก้ไขในขั้นต่อไป

ในการจัดทำแนวทางการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านกระแสลมอันเกิดขึ้นจากรูปแบบ และทิศทางอาคาร ซึ่งขอบเขตของงานวิจัยนี้ระบุประเภทอาคารเป็นอาคารพักอาศัยรวมในกรุงเทพมหานครนั้น สามารถนำเสนอขั้นตอนการประเมินอาคารที่เหมาะสม ดังแสดงในแผนภูมิที่ 5.7 ซึ่งเป็นการแจกแจงขั้นตอนการออกแบบอาคารประเภทพักอาศัยรวม การวิเคราะห์เบื้องต้น แบ่งเป็น 2 ประเด็นหลัก คือ ประเด็นที่ตั้งโครงการ และบริบทโดยรอบโครงการ

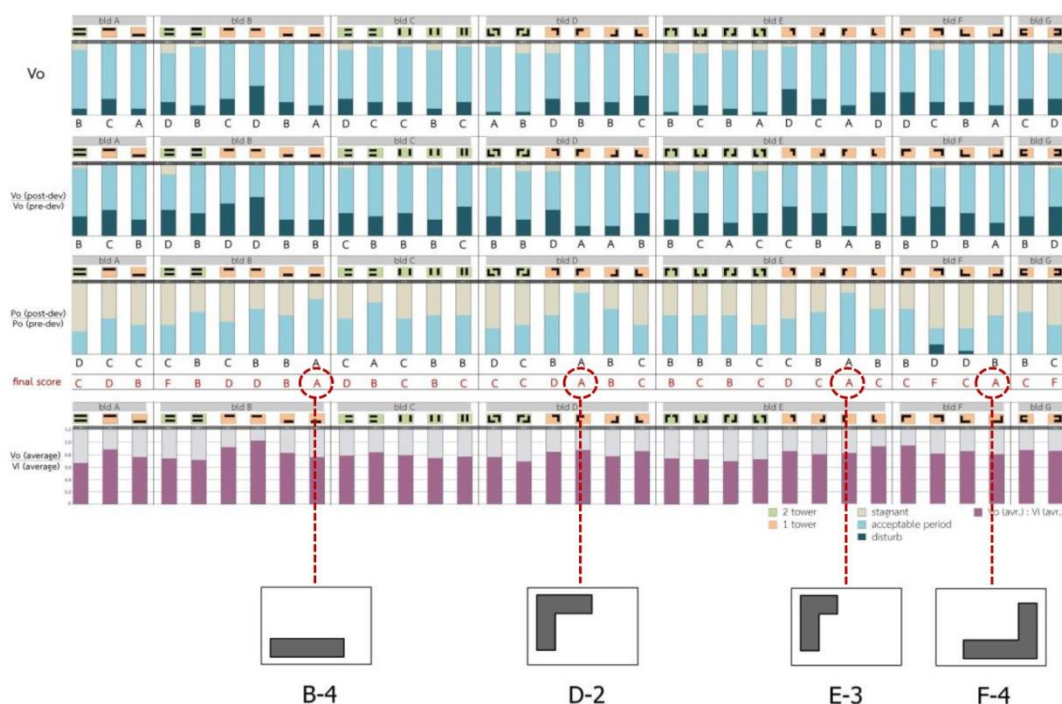
จากแผนภูมิที่ 5.7 การวิเคราะห์ประเด็นที่ตั้งอาคาร เป็นการนำเสนอในขอบเขตงานวิจัยขั้นนี้เท่านั้น ดังนั้นจึงกำหนดให้แผนภูมิข้างต้นเป็นแนวทางการพิจารณาสำหรับที่ดินที่มีขนาดประมาณ 3 ไร่ โดยที่อัตราส่วนด้านกว้างต่อด้านยาวประมาณ 2:3 ในขณะเดียวกัน การสร้างอาคารพักอาศัยรวมมักถูกสร้างในพื้นที่ที่สีน้ำตาลหรือบริเวณที่อยู่อาศัยหนาแน่นมาก และสีแดงหรือพื้นที่พาณิชยกรรมตามข้อกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดิน ตามผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ.2556 เนื่องจากเป็นบริเวณที่กำหนดให้มีอัตราส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดิน (FAR) มากกว่าบริเวณอื่นๆ คืออยู่ในช่วง 6:1, 7:1 และ 8:1 ส่งผลให้อาคารมีพื้นที่สำหรับขายเยอะขึ้น และนำไปสู่ความคึกคักที่มากขึ้นเช่นกัน



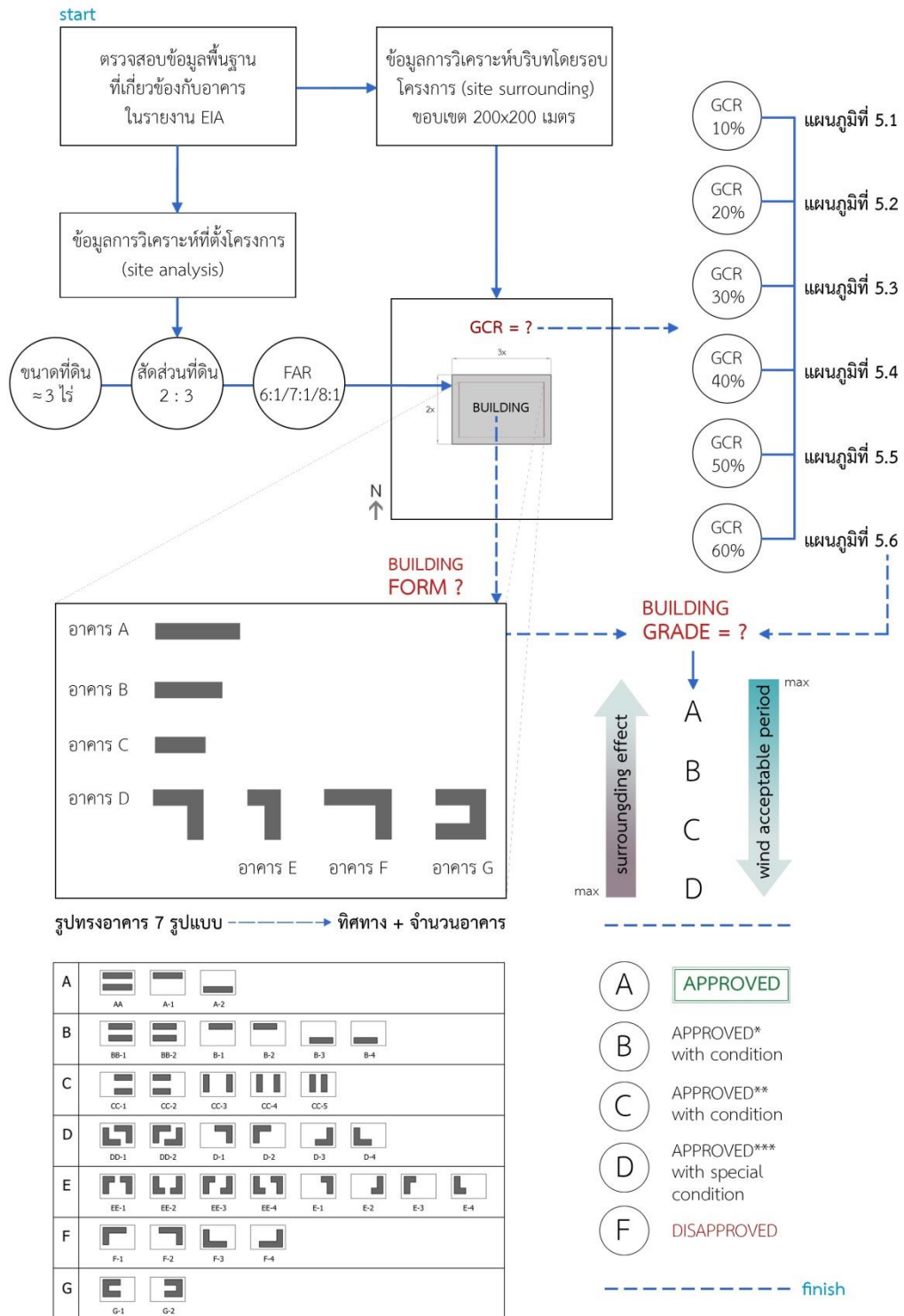
แผนภูมิที่ 5.7 ขั้นตอนการประเมินรูปแบบและทิศทางการวางอาคารที่เหมาะสมในเรื่องผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านกระแสลม

ส่วนประเด็นการวิเคราะห์บริบทโดยรอบนั้น เป็นขั้นตอนที่ผู้ออกแบบมักนำมาพิจารณาในเชิงการตลาด หรือในแง่ของผลกระทบจากบริบทโดยรอบต่ออาคาร เช่น ประเภทอาคารข้างเคียง มุมมอง การเข้าถึงโครงการ เป็นต้น โดยมีขอบเขตหรือระยะโดยรอบจากที่ตั้งโครงการที่หลากหลายไม่ชัดเจน ซึ่งในการกำหนดขอบเขตของพื้นที่โดยรอบ จึงกำหนดให้พิจารณาในระยะ 200x200 เมตร เพื่อวิเคราะห์ระดับความหนาแน่น หรือ GCR ของพื้นที่เพื่อเป็นข้อมูลในการประเมินรูปแบบอาคารที่เหมาะสมในขั้นต่อไป

ตัวอย่างเช่น หากต้องการสร้างอาคารพักอาศัยรวมในที่ดินแปลงหนึ่ง ซึ่งมีลักษณะทางกายภาพ ดังแผนภูมิที่ 5.7 ในกรณีที่คำนวณ GCR ได้เท่ากับ 20% ขั้นตอนที่ต่อไป คือ การพิจารณาผลคะแนนซึ่งได้จากการพิจารณาโดยวิธีต่างๆ ในแผนภูมิที่ 5.2 เพื่อทราบรูปแบบและทิศทางการวางที่เหมาะสมในแง่ของผลกระทบด้านกระแสลมต่อบริบทโดยรอบ ดังนั้น รูปทรงและทิศทางการวางอาคารที่เหมาะสม โดยส่งผลกระทบต่อบริบทโดยรอบน้อย หรือมีการประเมินคะแนนรวมอยู่ในระดับคะแนน A ดังแสดงในแผนภูมิที่ 5.8 โดยอาคารข้างต้นมีอัตราส่วนของค่าเฉลี่ย V_o และ V_i เท่ากับ 0.8 หมายความว่ารูปแบบ และทิศทางอาคารส่งผลให้ค่าเฉลี่ยของความเร็วลมในพื้นที่ใต้ลม ลดลง 0.2 เท่าเมื่อเทียบกับพื้นที่เหนือลม ซึ่งส่งผลดีกับบริเวณพื้นที่ใต้ลมภายหลังการสร้างอาคาร



แผนภูมิที่ 5.8 รูปแบบและทิศทางการวางอาคารที่เหมาะสมในพื้นที่ GCR 20%



แผนภูมิที่ 5.9 ขั้นตอนการประเมินอาคารที่ยื่นรายงาน EIA ในเรื่องผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้านกระแสลม

เนื่องจากอาคารประเภทพักอาศัยรวมที่มีพื้นที่รวมมากกว่า 4,000 ตารางเมตรหรือมีจำนวนห้องพักอาศัยมากกว่า 80 ห้องขึ้นไป เป็นอาคารที่เข้าข่ายอาคารประเภทที่ต้องจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม หรือ EIA (Environmental Impact Assessment) ทั้งก่อนและภายหลังการดำเนินโครงการ เพื่อยื่นต่อสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมเพื่อพิจารณาถึงผลกระทบในแง่ต่างๆ

ดังนั้น จากวัตถุประสงค์ของงานวิจัยซึ่งต้องการเสนอแนวทางการประเมินผลกระทบด้านกระแสลมอันเกิดจากอาคารต่อสภาพแวดล้อมโดยรอบ โดยนอกจากการเสนอขั้นตอนการประเมินสำหรับผู้ออกแบบ ในการพิจารณารูปแบบและทิศทางอาคารที่เหมาะสมกับที่ตั้งและบริบทโดยรอบอาคารนั้น การเสนอแนะแนวทางในการประเมิน หรือตรวจสอบอาคารที่เสนอรายงาน EIA นับเป็นสิ่งสำคัญเช่นเดียวกัน เพื่อสร้างมาตรฐานและเกณฑ์ในการวิเคราะห์ที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

จากแผนภูมิที่ 5.9 เป็นการแสดงขั้นตอนในการประเมินอาคารที่ยื่นรายงาน EIA ในเรื่องผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านกระแสลม โดยเริ่มจากขั้นตอนการตรวจสอบข้อมูลในรายงาน ทั้งในเรื่องข้อมูลพื้นฐานด้านที่ตั้ง และความหนาแน่นของบริบทโดยรอบ พิจารณารูปทรง และทิศทางอาคารที่ใกล้เคียงกับสัดส่วนของอาคารในรายงานฯ จากนั้นจึงเทียบแผนภูมิที่ 5.1-5.6 ข้างต้น ซึ่งแตกต่างกันตามเปอร์เซ็นต์ GCR ของพื้นที่โดยรอบ เพื่อทราบถึงคะแนนการประเมินเปอร์เซ็นต์ acceptable period อันเกิดจากการพิจารณาโดยวิธีที่แตกต่างกัน 3 วิธี รวมถึงอัตราส่วนค่าเฉลี่ยความเร็วลมของพื้นที่เหนือลมและใต้ลม หรือวิธีที่ 4 เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการวิเคราะห์ และคาดคะเนถึงระดับผลกระทบด้านกระแสลมอันเกิดจากรูปทรง และทิศทางอาคารที่แตกต่างกัน

ในการพิจารณารูปทรง และทิศทางอาคารที่เหมาะสมนั้น คะแนนการประเมินเปอร์เซ็นต์ acceptable period โดยส่วนใหญ่ควรอยู่ในช่วงคะแนน A หรือระดับคะแนนที่สูง ซึ่งเป็นการครอบคลุมในแง่ของการวิเคราะห์โดยวิธีที่แตกต่างกัน ทั้งนี้กำหนดให้อาคารที่ได้คะแนนในระดับ A เป็นอาคารที่ผ่านการตรวจสอบการประเมินผลกระทบด้านกระแสลมโดยไม่มีเงื่อนไข ในขณะที่อาคารที่ได้คะแนนระดับ B และ C กำหนดให้เป็นอาคารที่ผ่านการตรวจสอบการประเมินผลกระทบด้านกระแสลมโดยมีเงื่อนไข โดยที่กำหนดให้เงื่อนไข สำหรับอาคารคะแนน C มากกว่า B เช่น กรณีอาคารที่ได้คะแนน C ต้องทำการเสนอรายงานเพิ่มเติมเกี่ยวกับวิธีการแก้ปัญหาในเรื่องของการสร้างสิ่งกีดขวางทิศทางลมหรือ buffer ในกรณีอาคารดังกล่าวมีปริมาณลมระดับ disturb ในปริมาณมาก โดยสามารถทราบได้จากการแจกแจงช่วงความเร็วลม 3 ระดับ ในแผนภูมิที่แตกต่างกันตามระดับ GCR ในขณะที่อาคารที่ได้คะแนน B อาจจัดทำรายงานเพิ่มเติมในเรื่องของการระบุตำแหน่งประเภทอาคารสำคัญ ซึ่งอยู่ในพื้นที่ขอบเขต 200 x 200 เมตรเท่านั้น

ในขณะเดียวกัน อาคารที่ได้คะแนนในระดับ D การที่จะผ่านการตรวจสอบการประเมินได้นั้น ขึ้นกับการพิจารณาเพิ่มเติมในปัจจุบัน หรือข้อจำกัดอื่นๆที่เกี่ยวข้อง เช่น การเสนอรายงานเพิ่มเติมในเรื่องของการสำรวจประเภทอาคารโดยรอบ ในปัจจุบันด้านประเภทอาคาร ความสูง เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบโดยลงรายละเอียดมากขึ้นไปจนถึงขั้นการจำลองด้วย CFD รวมถึงการวางแผนเพื่อหามาตรการเยียวยาพื้นที่ที่อาจได้รับผลกระทบจากการสร้างอาคาร ในขณะที่อาคารที่มีรูปแบบและทิศทางอาคารที่ได้คะแนนในระดับ F นั้น เป็นอาคารที่ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมโดยรอบในด้านกระแสลมมากที่สุด ดังนั้นจึงไม่เหมาะสมในการเลือกใช้ในการออกแบบอาคาร ณ บริเวณนั้นๆ ซึ่งส่งผลให้ไม่ผ่านการตรวจสอบการประเมินผลกระทบข้างต้นได้

ตัวอย่างการนำไปใช้

ในการประเมินอาคารที่เข้าข่ายการยื่นเสนอรายงาน EIA ตัวอย่างเช่น การประเมินโครงการอาคารพักอาศัยรวม ดังภาพที่ 5.1 และ 5.2 เป็นโครงการที่มีพื้นที่สีน้ำตาล ตามผังเมืองรวมกทม. โดยมี FAR เท่ากับ 7:1 และมีขนาดที่ตั้งโครงการประมาณ 3 ไร่ ส่งผลให้สามารถสร้างอาคารได้โดยมีพื้นที่รวมไม่เกิน 7 เท่า ของขนาดที่ตั้งโครงการ ซึ่งเท่ากับ 33,684 ตร.ม. ในขณะที่ยึดส่วนความกว้างและความยาว เท่ากับ 2:3 โดยการออกแบบขั้นต้น (preliminary design) เสนอเป็น 2 รูปแบบ โดย SCHEME 1 มีพื้นที่รวม 32,625 ตร.ม. สูง 29 ชั้น ในขณะที่ SCHEME 2 มีพื้นที่รวม 33,120 ตร.ม. สูง 32 ชั้น ในกรณีที่สร้างเต็มอัตราส่วนของพื้นที่ FAR

จากสัดส่วนรูปทรงอาคาร และทิศทางอาคารข้างต้น เมื่อเทียบกับอาคารกรณีศึกษาพบว่า รูปแบบอาคารใน SCHEME 1 และ 2 มีลักษณะใกล้เคียงกับอาคาร D-2 และ A-1 ตามลำดับ ซึ่งตั้งอยู่ในพื้นที่โดยรอบที่มีระดับ GCR เท่ากับ 30% ดังนั้น เมื่อเทียบกับแผนภูมิที่ 5.3 พบว่า SCHEME 1 และ SCHEME 2 การวิเคราะห์ด้วยวิธีที่ 1 และ 2 ส่งผลให้อาคารทั้ง 2 SCHEME ได้คะแนนประเมินในระดับเท่ากัน รวมถึงการพิจารณาอัตราส่วนของค่าเฉลี่ยของ V_o และ V_i หรือวิธีที่ 4 ส่งผลให้อาคารทั้ง 2 SCHEME มีอัตราส่วนใกล้เคียงกัน คือ 0.91 และ 0.84 ในขณะที่ยังการวิเคราะห์ด้วยวิธีที่ 3 ซึ่งเป็นการพิจารณาอัตราส่วนความเร็วลมในพื้นที่ใต้ลม ก่อนและหลังการสร้างอาคาร พบว่า SCHEME 1 และ 2 ได้คะแนน D และ B ตามลำดับ หรือได้คะแนนรวมอยู่ในระดับ B และ C ตามลำดับ

ซึ่งหมายความว่า รูปทรงและทิศทางอาคารใน SCHEME 1 ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมโดยรอบน้อยกว่า เนื่องจากรูปทรงและทิศทางอาคารใน SCHEME 2 ส่งผลให้อัตราส่วน V_o หลังและก่อนการสร้างอาคาร เกิดพื้นที่ที่มีความเร็วลมระดับ stagnant และมีเปอร์เซ็นต์ความเร็วลมในระดับ

disturb สูงกว่า SCHEME 1 ดังแผนภูมิที่ 5.10 ดังนั้น อาคารใน SCHEME 1 จึงถือเป็นอาคารที่เหมาะสมในแง่ของผลกระทบต่อด้านกระแสลม มากกว่า SCHEME 2

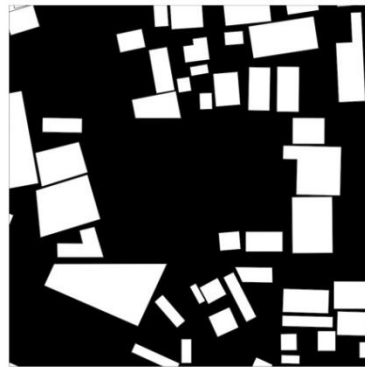
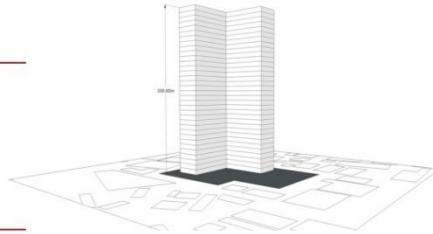
ข้อมูลพื้นฐานโครงการ (แบบร่าง scheme 1)

SEGMENT CLASS : LUXURY CLASS

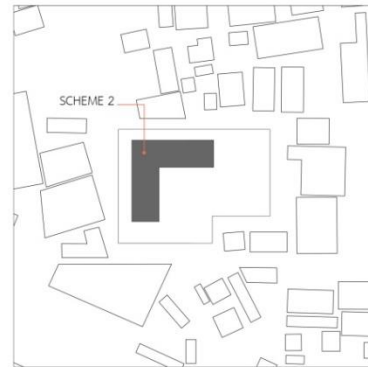
TYPE: อาคารพักอาศัยรวม high rise 29 ชั้น

SITE : 3-0-3 ไร่ (กว้าง : ยาว = 2:3)

TOTAL AREA : 32,625 sq.m. (FAR 7:1)



GCR = 30%



LAY OUT

ภาพที่ 5.1 ตัวอย่างแบบร่างโครงการ scheme 1

พร้อมข้อมูล ลักษณะทางกายภาพเบื้องต้น และบริบทโดยรอบ

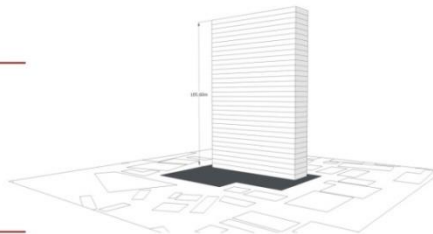
ข้อมูลพื้นฐานโครงการ (แบบร่าง scheme 2)

SEGMENT CLASS : LUXURY CLASS

TYPE: อาคารพักอาศัยรวม high rise 32 ชั้น

SITE : 3-0-3 ไร่ (กว้าง : ยาว = 2:3)

TOTAL AREA : 33,120 sq.m. (FAR 7:1)



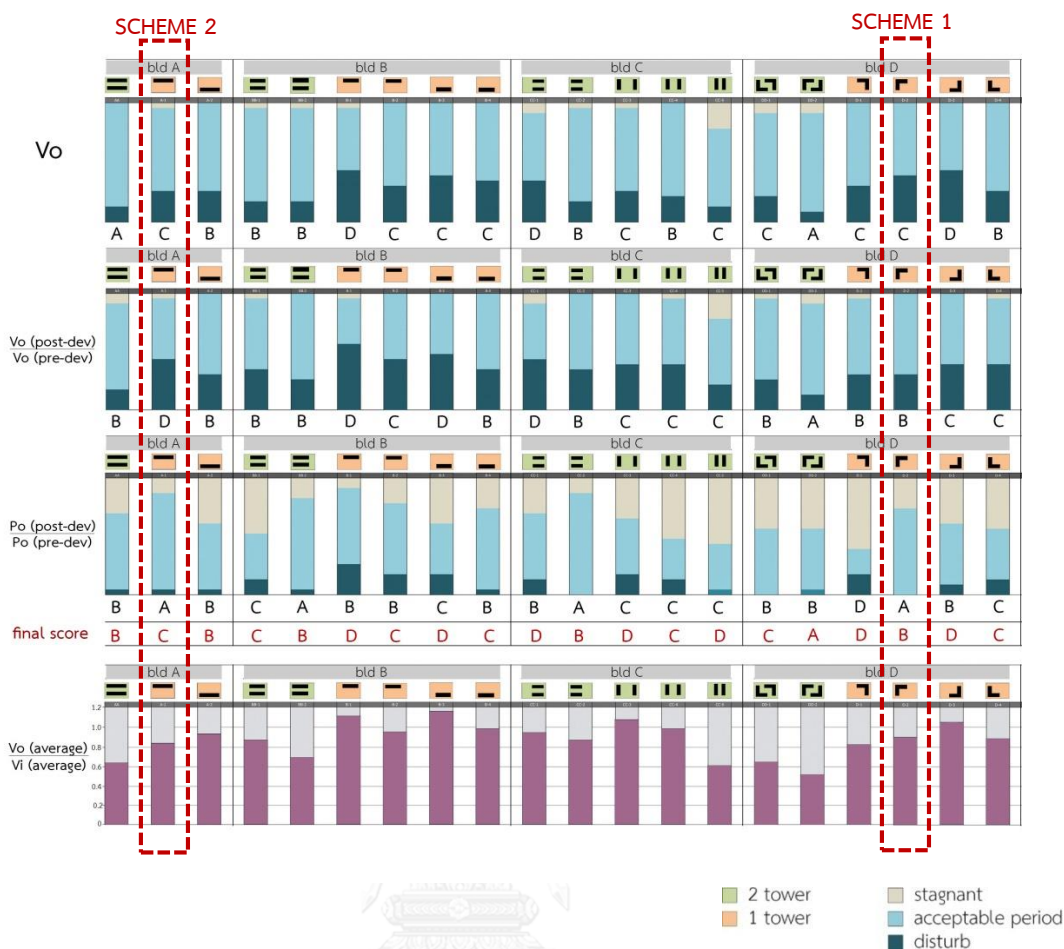
GCR = 30%



LAY OUT

ภาพที่ 5.2 ตัวอย่างแบบร่างโครงการ scheme 2

พร้อมข้อมูล ลักษณะทางกายภาพเบื้องต้น และบริบทโดยรอบ



แผนภูมิที่ 5.10 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ SCHEME 1 และ 2

โดยวิธีที่ 1-4 : SITE 3 – GCR 30%

จากการศึกษาวิจัยข้างต้น พบว่า การพิจารณารูปแบบและทิศทางอาคารในแง่ของผลกระทบด้านกระแสลม ต่อสภาพแวดล้อมเมืองที่มีความหนาแน่นต่างกันเช่นในกรุงเทพมหานคร เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้สามารถลดปัญหาที่เกิดขึ้นทั้งก่อนและหลังการสร้างอาคาร ไม่ว่าจะเป็นการจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม เพื่อเสนอต่อสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม หรือการร้องเรียนจากผู้ใช้พื้นที่โดยรอบอาคาร ทั้งในแง่ของกระแสลมที่รบกวนกิจกรรม หรือการสูญเสียภาวะน่าสบายในพื้นที่นั้นๆ

ในขณะเดียวกัน การนำผลการวิจัยไปใช้เพื่อเป็นแนวทางในการพิจารณารูปแบบ และทิศทางอาคารวางอาคารในขั้นตอนการออกแบบ วางผังโครงการเบื้องต้น ประกอบกับการวิเคราะห์ที่ตั้งอาคาร เช่น ระยะร่นตามกฎหมาย ทิศทางแดดลมฝน การเข้าถึงอาคาร เป็นต้น ส่งผลให้อาคารมีประสิทธิภาพในการใช้งานที่ดียิ่งขึ้นโดยครอบคลุมทั้งต่อผู้ใช้งานอาคาร และผู้ใช้พื้นที่โดยรอบ รวมถึงสามารถลดปัญหาต่อสภาพแวดล้อมทั้งในระยะสั้นระยะยาว โดยเฉพาะด้านกระแสลมได้มากขึ้นเช่นกัน

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 งานวิจัยนี้ จำลองการเคลื่อนที่ของกระแสลม โดยกำหนดทิศทางลมพัดเข้า (inflow) ในทิศตะวันตกเฉียงใต้เท่านั้น ดังนั้นควรศึกษาเพิ่มเติมในกรณีทิศตะวันออกเฉียงเหนือ หรือทางอื่นๆ เพื่อผลการวิจัยที่ครอบคลุมมากยิ่งขึ้น

5.2.2 ประเภทของอาคารที่ทำการศึกษาวิจัย คือ อาคารประเภทพักอาศัยรวมเพียงอย่างเดียว ดังนั้น ในการศึกษาวิจัยในอนาคต อาจศึกษาเพิ่มเติมในอาคารประเภทอื่น เช่น อาคารสำนักงาน โรงแรม เนื่องจากเป็นอาคารที่มีสัดส่วน รูปทรงอาคารที่แตกต่างกันออกไป เพื่อเป็นการขยายขอบเขตงานวิจัยที่กว้างขึ้น

5.2.3 การพิจารณาพื้นที่กรณีศึกษาที่ใช้ในงานวิจัยนี้ กำหนดให้อยู่ในพื้นที่สีน้ำตาลหรือบริเวณที่อยู่อาศัยหนาแน่นมาก และสีแดงหรือพื้นที่พาณิชยกรรมตามข้อกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดินตามผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ.2556 เท่านั้น ในการศึกษาวิจัยขั้นต่อไป ควรศึกษาเพิ่มเติมในพื้นที่ผังสีอื่นๆ ซึ่งส่งผลต่อการกำหนดอัตราส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดิน (FAR)

5.2.4 ทิศทางการวางอาคารที่ใช้ในการศึกษาวิจัย เป็นการวางในแนวตั้งฉากกับทิศเหนือ-ใต้เท่านั้น ในอนาคตอาจศึกษาเพิ่มเติมในองศาการวางอาคารที่แตกต่างกันออกไป

5.2.5 การศึกษาวิจัยนี้ กำหนดสัดส่วนที่ดินเท่ากับ 2:3 โดยมีขนาดที่ประมาณ 3 ไร่เท่านั้น รวมถึงเป็นการพิจารณาการวางอาคารเฉพาะแนวระยะรัน 6 เมตร โดยรอบตามกฎกระทรวงเท่านั้น ดังนั้น การเพิ่มเติมการศึกษาสัดส่วนที่ดินอื่นๆ และลงรายละเอียดในเรื่องของระยะรันอันเกิดจากความกว้างถนน ซึ่งส่งผลต่อความสูง (h) อาคาร ในอัตราส่วน $h:2h$ เพื่อผลการวิจัยที่ชัดเจนยิ่งขึ้น สามารถจัดทำแนวทางการประเมินผลกระทบด้านกระแสลมอันเกิดจากอาคารต่อสภาพแวดล้อมเมืองได้โดยครอบคลุมและมีประสิทธิภาพมากขึ้นเช่นกัน

5.2.6 การพิจารณาผลการวิเคราะห์ และจัดลำดับคะแนนรวมของเปอร์เซ็นต์ acceptable period ที่ได้จากวิธีที่ 1-3 ในงานวิจัยนั้น กำหนดให้ค่าน้ำหนักของในแต่ละวิธีเท่ากัน โดยงานวิจัยต่อไป สามารถศึกษาเพิ่มเติมโดยใช้แบบสอบถามเปรียบเทียบเชิงคู่ (Pairwise Comparison) เพื่อระบุค่าน้ำหนักการวิเคราะห์ในแต่ละวิธีได้อย่างมีประสิทธิภาพ และชัดเจนมากยิ่งขึ้น

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. (2551). แผนที่ศักยภาพพลังงานลมของประเทศไทย. Retrieved from 30 พฤศจิกายน 2559

กฤษณพงศ์ ทองศรี. (2549). การศึกษาผลกระทบของกระแสลมต่อผู้ใช้พื้นที่ภายนอกอาคาร: กรณีศึกษาโรงพยาบาลศิริราช. วารสารวิชาการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย02, 49-78.

ทรงพล จิตร์หาญ. (2550). แนวทางการจัดทำรูปแบบรายการประกอบรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม ประเภทโครงการพักอาศัยรวม. (ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.

ธนิต จินดาวณิก. (2536). การแสวงหาประโยชน์จากสภาพแวดล้อมเพื่อสร้างภาวะน่าสบายและประหยัดพลังงาน. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พิมพ์ชนก สายพิมพ์. (2552). แนวทางการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม: การบังลม. (ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.

กฎกระทรวง ให้ใช้บังคับผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ.2556, (2556).

สริน พินิจ. (2553). การระบายอากาศโดยวิธีทางธรรมชาติ แนวทางการออกแบบปรับปรุงผังอาคารชุดพักอาศัย กรณีศึกษาโครงการบ้านเอื้ออาทร. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สำนักวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม. (2559). ประเภทอาคารที่มีการยื่นรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม. Retrieved 5 พฤศจิกายน 2559

ภาษาอังกฤษ

Asfour, Omar S. (2010). Prediction of wind environment in different grouping patterns of housing blocks. *Energy and Buildings*, 42(11), 2061-2069. doi:10.1016/j.enbuild.2010.06.015

Bennet, Jessica, Kepka, B., Wang, F and Watt, R. (2007). *Wind Design Guide*.

Blocken, B. and Carmeliet, J. . (2004). Pedestrian Wind Environment around Buildings: Literature Review and Practical Examples. *Journal of Building Physics*, 28(2), 107-159. doi:10.1177/1097196304044396

- Gandemer, J. (1978). Discomfort due to wind near buildings: aerodynamic concepts. Dept. of Commerce, National Bureau of standards.
- Hussain, M. and B.E., Lee. (1980). An investigation of wind forces on three dimensional roughness elements in simulated atmospheric boundary layer. Retrieved from Dept. of building Science:
- Krautheim, Mareike , Pasel, Raft , Pfeiffer, Sven and Schultz-Granberg, Joachim (2014). City and Wind Climate as an Architectural Instrument: DOM publishers.
- Kubota, Tetsu, Miura, Masao , Tominaga, Yoshihide and Mochida, Akashi. (2008). Wind tunnel tests on the relationship between building density and pedestrian-level wind velocity: Development of guidelines for realizing acceptable wind environment in residential neighborhoods. *Building and Environment*, 43(10), 1699-1708. doi:10.1016/j.buildenv.2007.10.015
- Ng, Edward. (2009). Policies and technical guidelines for urban planning of high-density cities – air ventilation assessment (AVA) of Hong Kong. *Building and Environment*, 44(7), 1478-1488. doi:10.1016/j.buildenv.2008.06.013
- Ng, Edward, Cheng, V. and Chan, C. (2008). Urban Climatic map and standards for wind environment-feasibility study. Technical in put report no.1: methodologies and finds of user’s wind comfort level survey. Retrieved from Hong kong Planning department: มหาวิทยาลัย
- Ng, Edward, Yuan, Chao, Chen, Liang, Ren, Chao and Fung, Jimmy C. H. (2011). Improving the wind environment in high-density cities by understanding urban morphology and surface roughness: A study in Hong Kong. *Landscape and Urban Planning*, 101(1), 59-74. doi:10.1016/j.landurbplan.2011.01.004
- Oke and T.R. (1988). Street design and urban canopy layer climate. *Energy and Buildings*, 11(1-3), 103-113.
- Penwaden, A.D. (1973). Acceptable Wind Speeds in Towns. *Building Science*, 8, 259-267.
- Tsang, C. W., Kwok, K. C. S. and Hitchcock, P. A. (2012). Wind tunnel study of pedestrian level wind environment around tall buildings: Effects of building dimensions, separation and podium. *Building and Environment*, 49, 167-181. doi:10.1016/j.buildenv.2011.08.014

Walker, R, L, Shao and M, Woolliscrot. (1993). Natural ventilation via courtyards: Theory & Measurements. Paper presented at the 14 AIVC Conference, Copenhagen, Denmark.

Yuan, Chao and Ng, Edward. (2012). Building porosity for better urban ventilation in high-density cities – A computational parametric study. *Building and Environment*, 50, 176-189. doi:10.1016/j.buildenv.2011.10.023

Yuan, Chao, Norford, Leslie, Britter, Rex and Ng, Edward. (2016). A modelling-mapping approach for fine-scale assessment of pedestrian-level wind in high-density cities. *Building and Environment*, 97, 152-165. doi:10.1016/j.buildenv.2015.12.006







“Isobar” หมายถึง เส้นระดับแนวนอนที่มีความกดอากาศคงที่

“Surface wind” หรือ ลมผิวพื้น หมายถึง ลมในบริเวณพื้นผิวโลกภายใต้ความสูงประมาณ 1 กิโลเมตรเหนือพื้นดิน

“Coriolis” หมายถึง แรงต้านทานตามธรรมชาติอันเกิดจากแรงหมุนของโลก

“Porosity” หมายถึง ความสามารถในการไหลของกระแสลมผ่านพื้นผิวหรือวัตถุใดๆ

“Surface Roughness” หมายถึง ลักษณะของพื้นผิวเมือง แตกต่างกันตามความหนาแน่นและความสูงต่ำของอาคารในพื้นที่

“Turbulence” หมายถึง กระแสลมแปรปรวน อันเป็นสาเหตุของลมกรรโชกแรง (gust)

“Viscosity” หมายถึง ความสามารถในการพัดผ่านของกระแสลม

“Windward Face” หมายถึง พื้นผิวอาคารในทิศทางที่ลมปะทะเข้า

“Pedestrian Level” หมายถึง ระดับความสูงที่อยู่ในระดับทางเท้า ทางเดินทั่วไป หรือความสูงที่ระดับ 1.5- 2 เมตรจากพื้นดิน

“GCR” ย่อมาจาก Ground Coverage Ratio หมายถึง อัตราส่วนพื้นที่ปกคลุมดิน

“FAR” ย่อมาจาก Floor Area Ratio หมายถึง อัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน

“Wind Velocity” หมายถึง ความเร็วลม มีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที (m/s) หรือ กิโลเมตรต่อชั่วโมง (km/hr)

“Vo” ย่อมาจาก Velocity outflow หมายถึง ความเร็วลมที่พัดออก ซึ่งในงานวิจัยนี้กำหนดให้เป็นพื้นที่ใต้ลม ซึ่งอยู่ในทิศตะวันออกเฉียงเหนือของพื้นที่กรณีศึกษา

“Vi” ย่อมาจาก Velocity inflow หมายถึง ความเร็วลมที่พัดเข้า ซึ่งในงานวิจัยนี้กำหนดให้เป็นพื้นที่เหนือลม ซึ่งอยู่ในทิศตะวันตกเฉียงใต้ของพื้นที่กรณีศึกษา

“Po” ย่อมาจาก Pressure outflow หมายถึง ความกดอากาศ ณ บริเวณพื้นที่เหนือลม ซึ่งอยู่ในทิศทิศตะวันออกเฉียงเหนือของพื้นที่กรณีศึกษา

“Pre-dev” ย่อมาจาก Pre-develop หมายถึง ช่วงก่อนสร้างอาคาร

“Post-dev” ย่อมาจาก Post-develop หมายถึง ช่วงหลังสร้างอาคาร

“Pedestrian Level” หมายถึง ระดับความสูงที่อยู่ในระดับทางเท้า ทางเดินทั่วไป ซึ่งในงานวิจัยนี้ กำหนดให้เป็นความสูงที่ระดับ 2 เมตรจากพื้นดิน

“Acceptable Period” หมายถึง ความเร็วลมที่อยู่ในช่วงที่รับได้ (0.3-3.0 m/s) ไม่อยู่ในระดับที่อับลม หรือรบกวนการทำกิจกรรม

“Stagnant” หมายถึง ความเร็วลมอยู่ในระดับที่น้อยมาก (น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.3 m/s) ส่งผลให้ผู้ในพื้นที่รู้สึกอากาศไม่ถ่ายเท

“Disturb” หมายถึง ความเร็วลมอยู่ในระดับที่ค่อนข้างสูง (มากกว่า 3 m/s) ส่งผลให้ผู้ใช้งานกระแสมรบกวนการทำงานหรือกิจกรรม

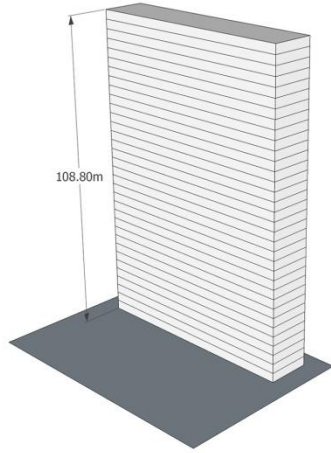
“ผลกระทบ” หมายถึง การเป็นสาเหตุของความแปรปรวน เปลี่ยนแปลง ของกระแสม ส่งผลให้ความเร็วลมอยู่ในระดับ stagnant หรือ disturb

“คะแนน” หมายถึง คะแนนที่ได้จากการประเมินโดยวิธีทางสถิติ โดยใช้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อแสดงถึงปริมาณ Acceptable Period เป็นเปอร์เซ็นต์ โดยแบ่งเป็น 4 ช่วงคะแนน คือ A B C D เรียงจากมากไปน้อยตามลำดับ

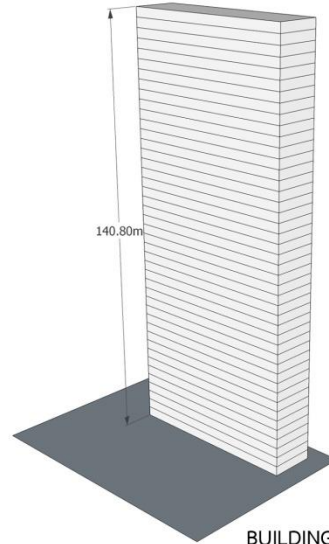




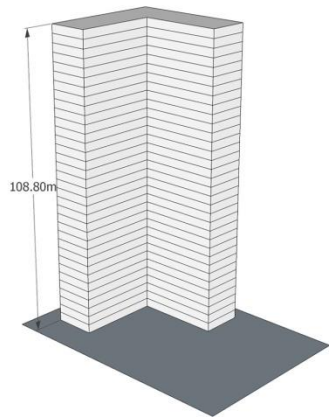
1 TOWER



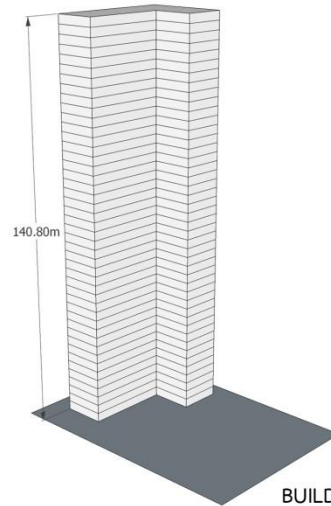
BUILDING A



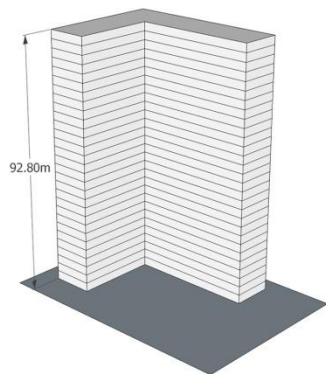
BUILDING B



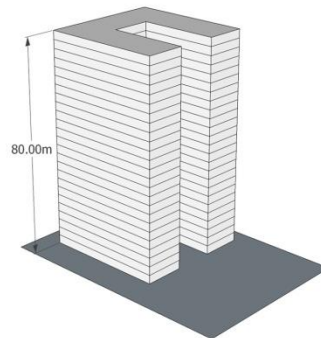
BUILDING D



BUILDING E

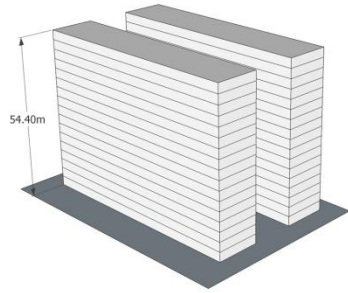


BUILDING F

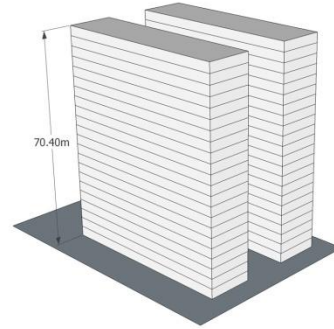


BUILDING G

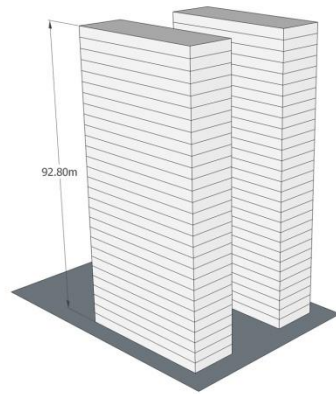
2 TOWER



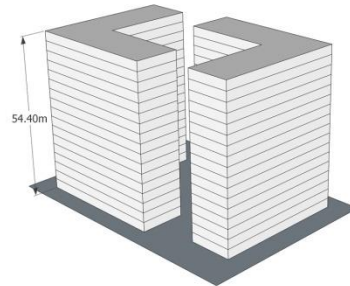
BUILDING A



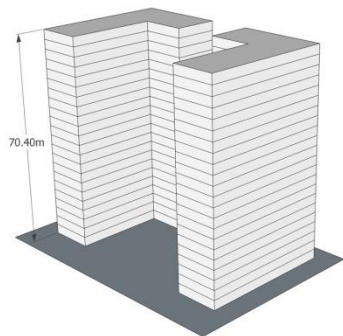
BUILDING B



BUILDING C

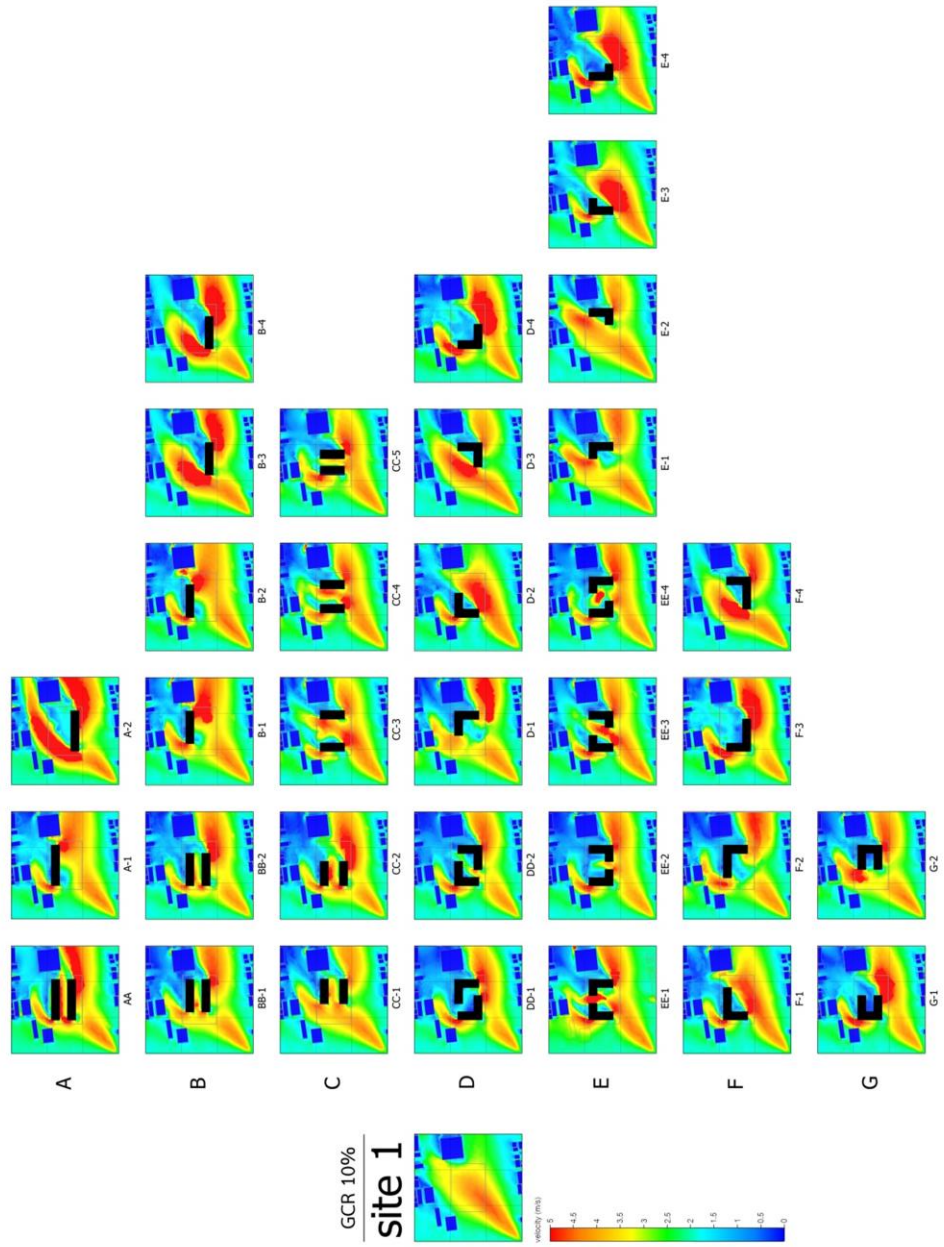


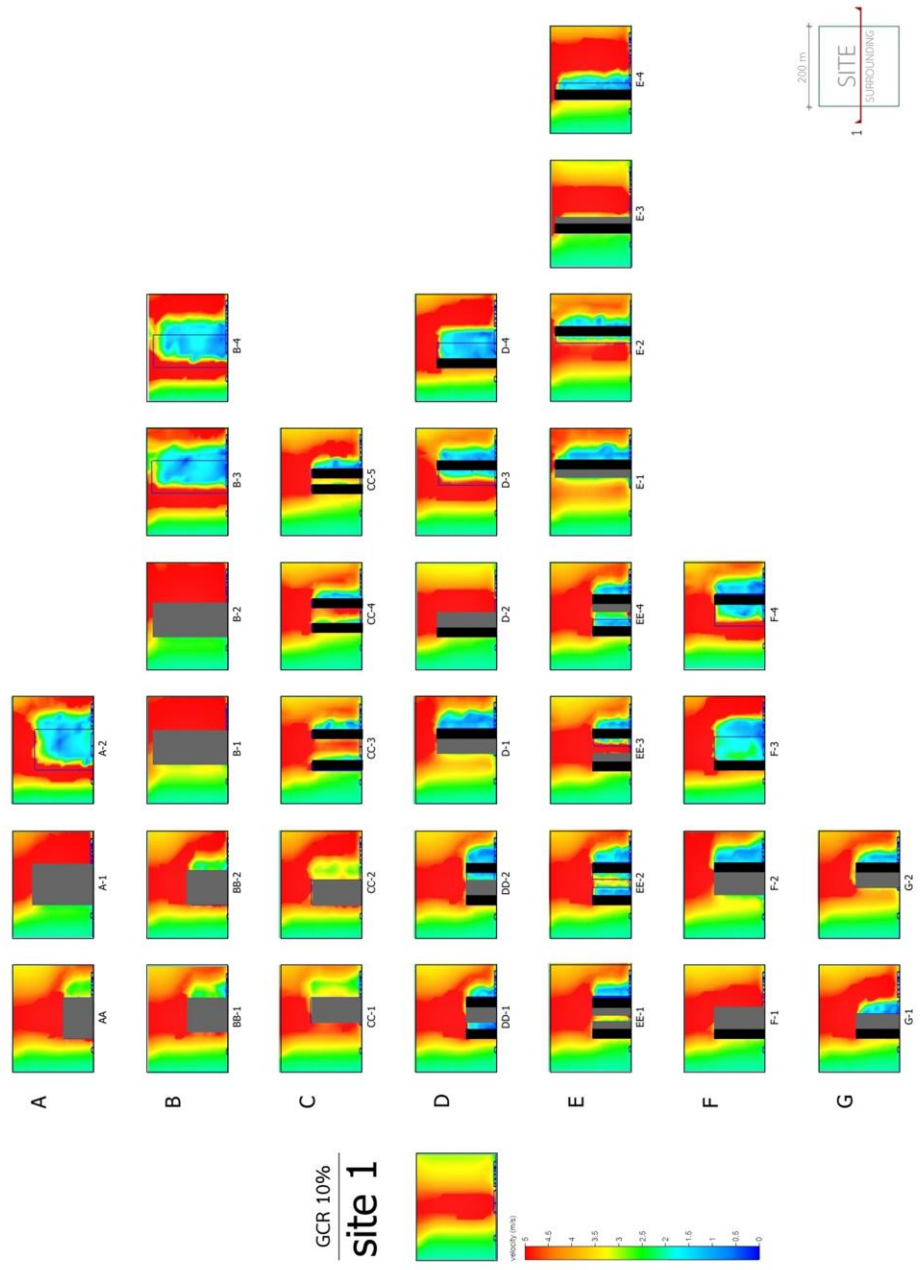
BUILDING D



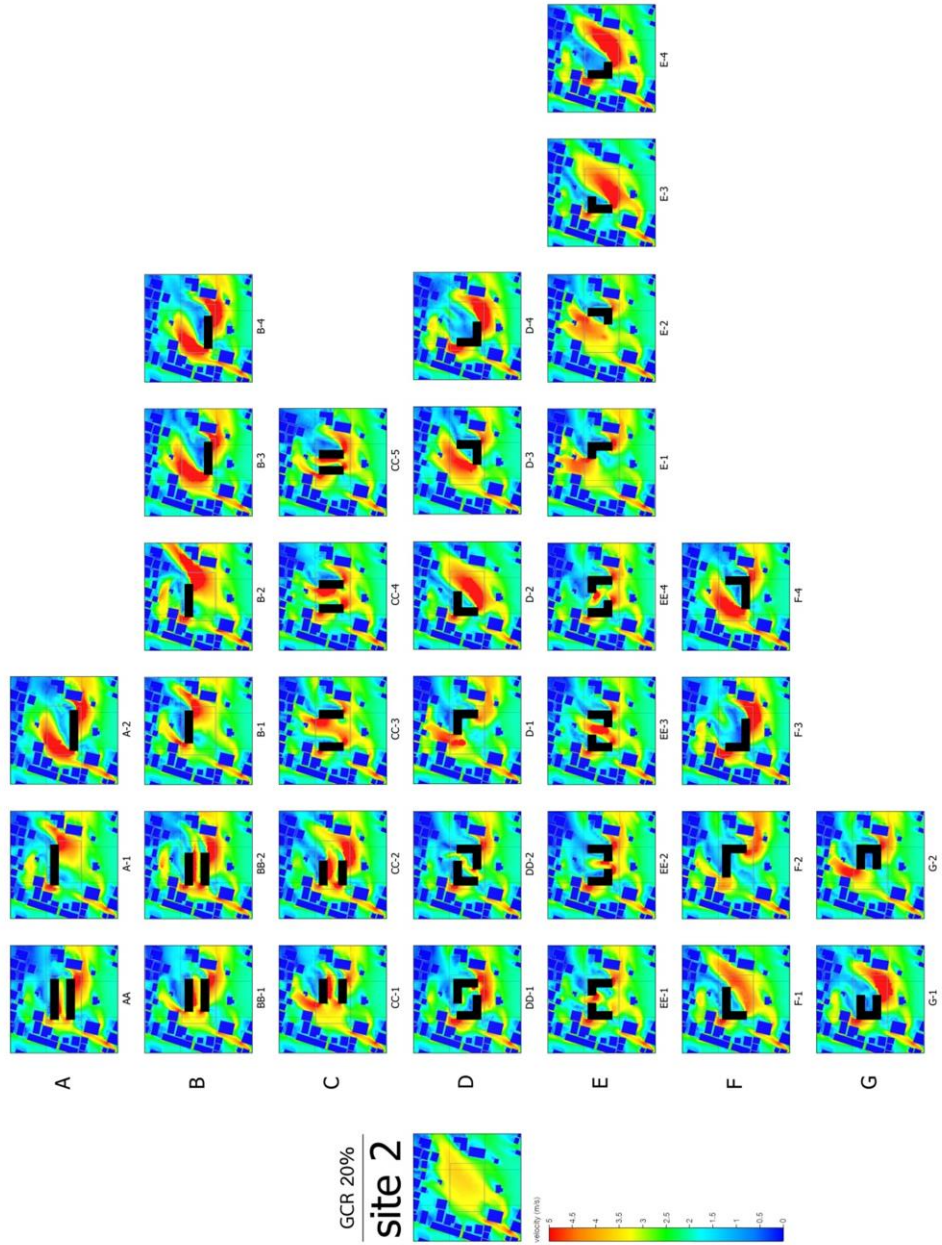
BUILDING E

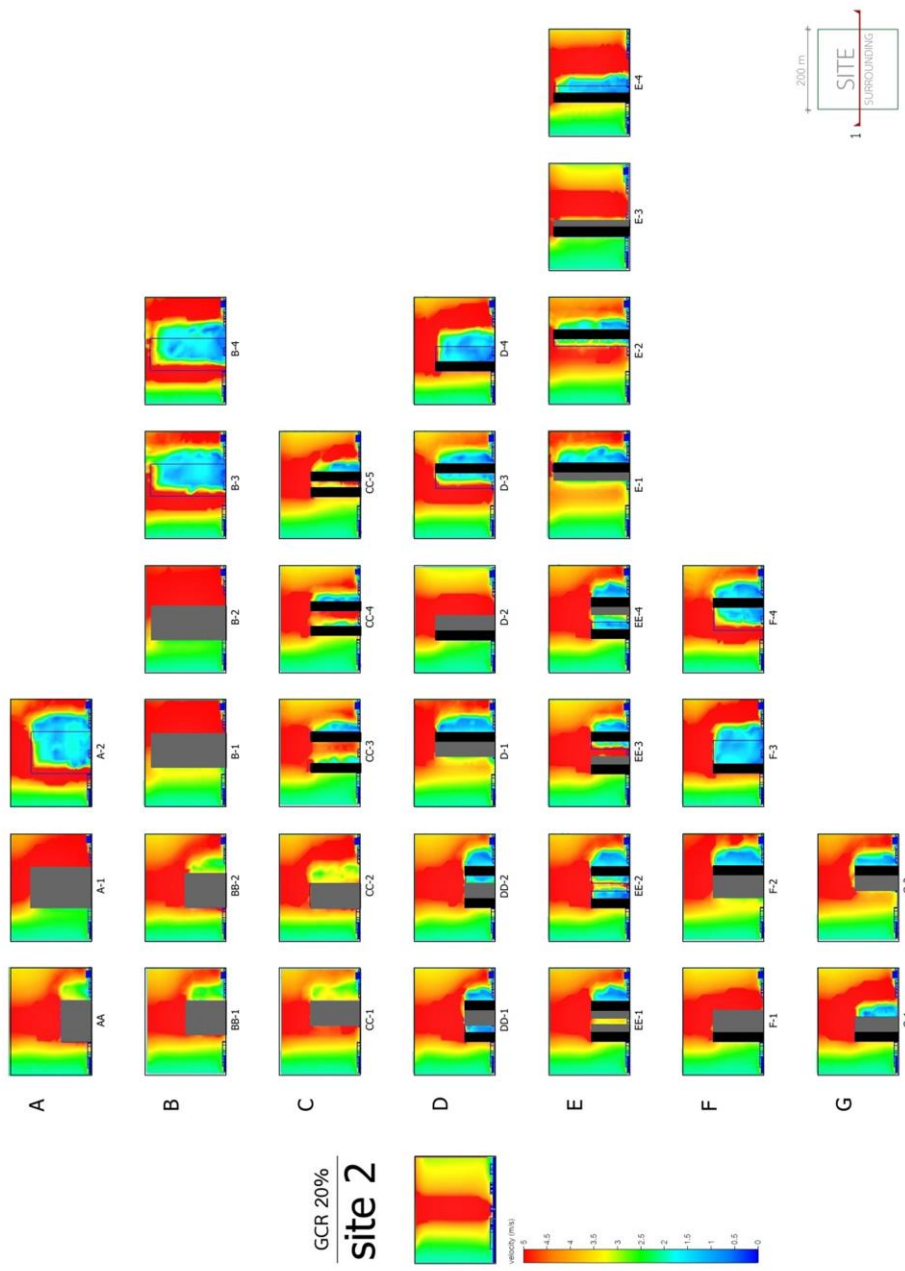


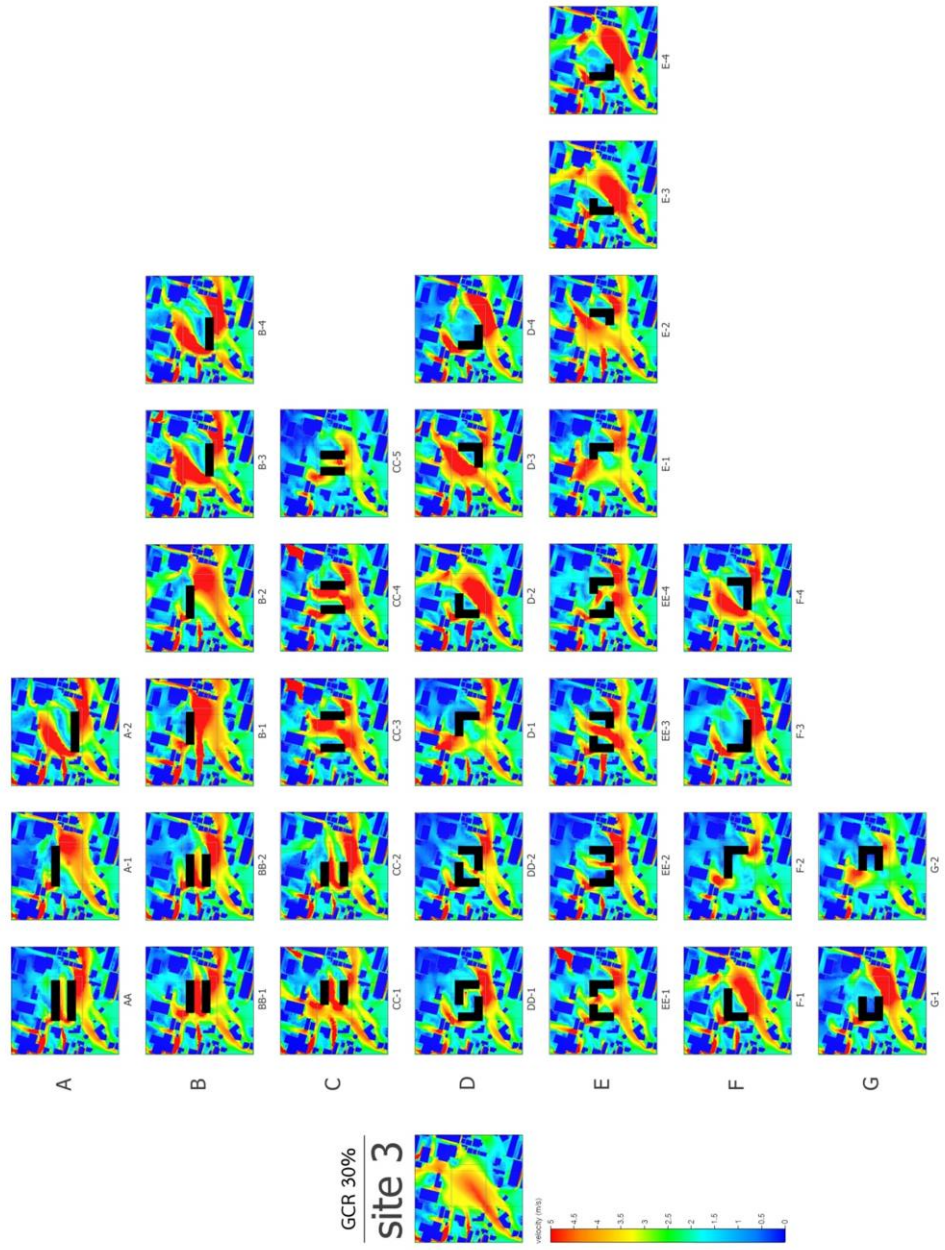


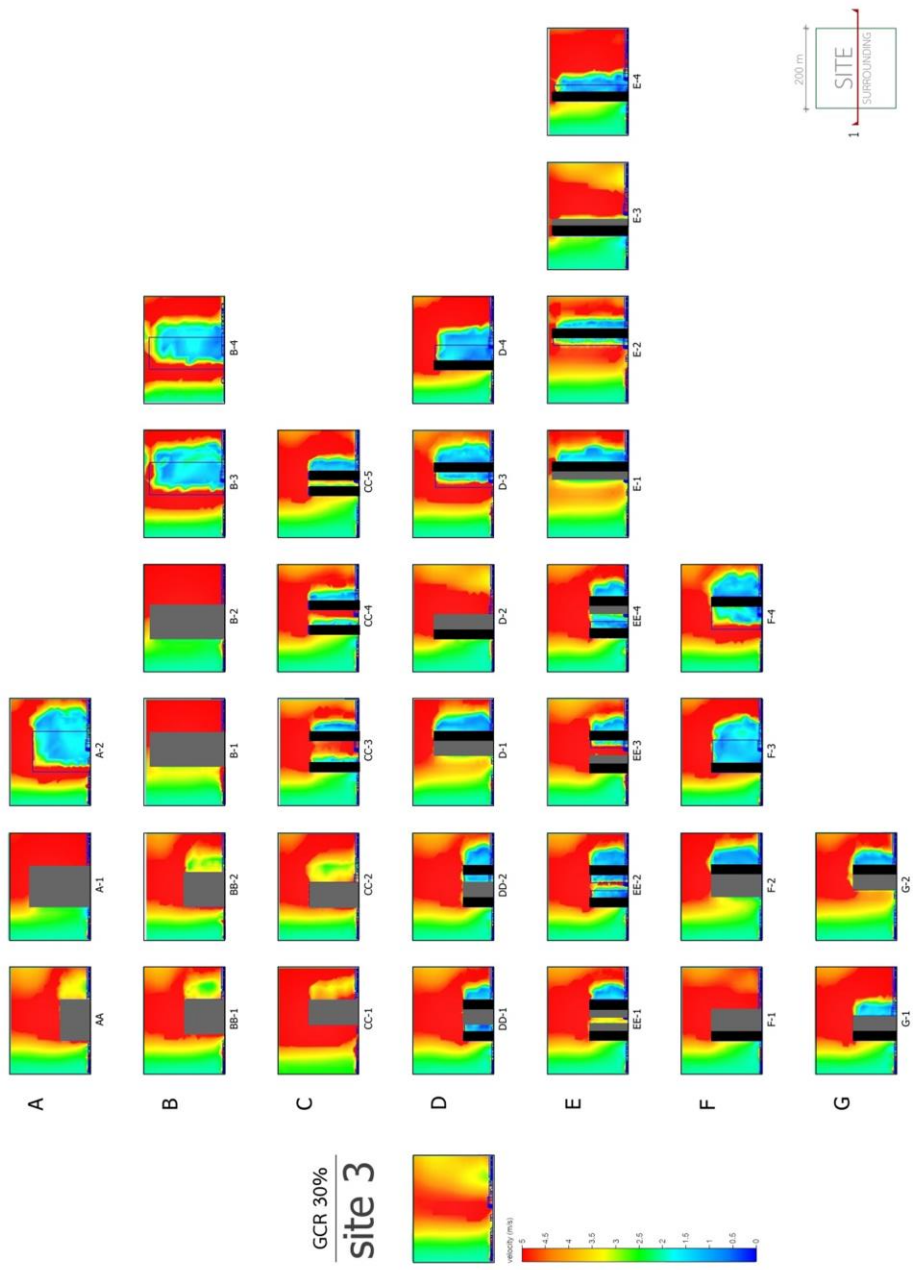


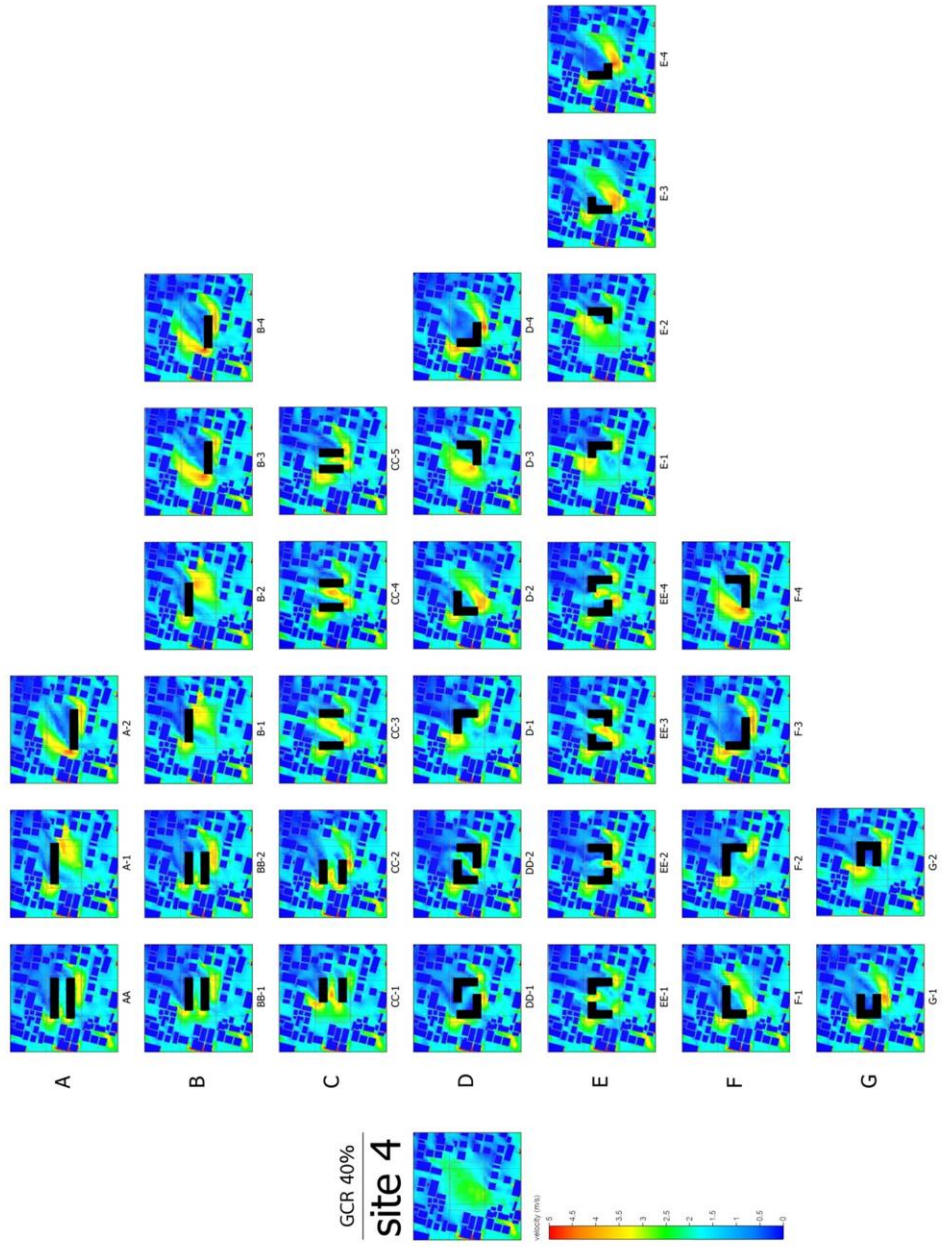
GCR 10%
site 1

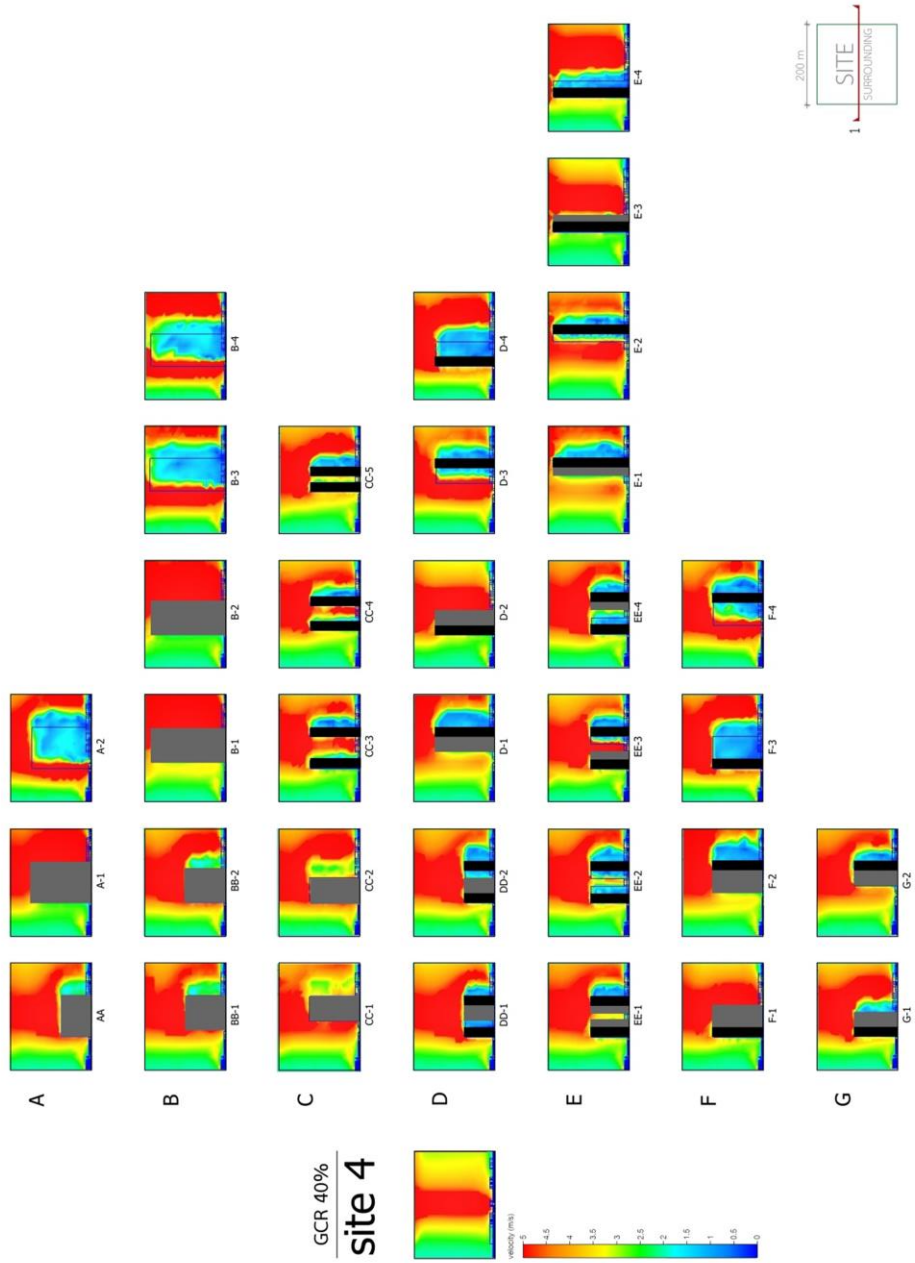


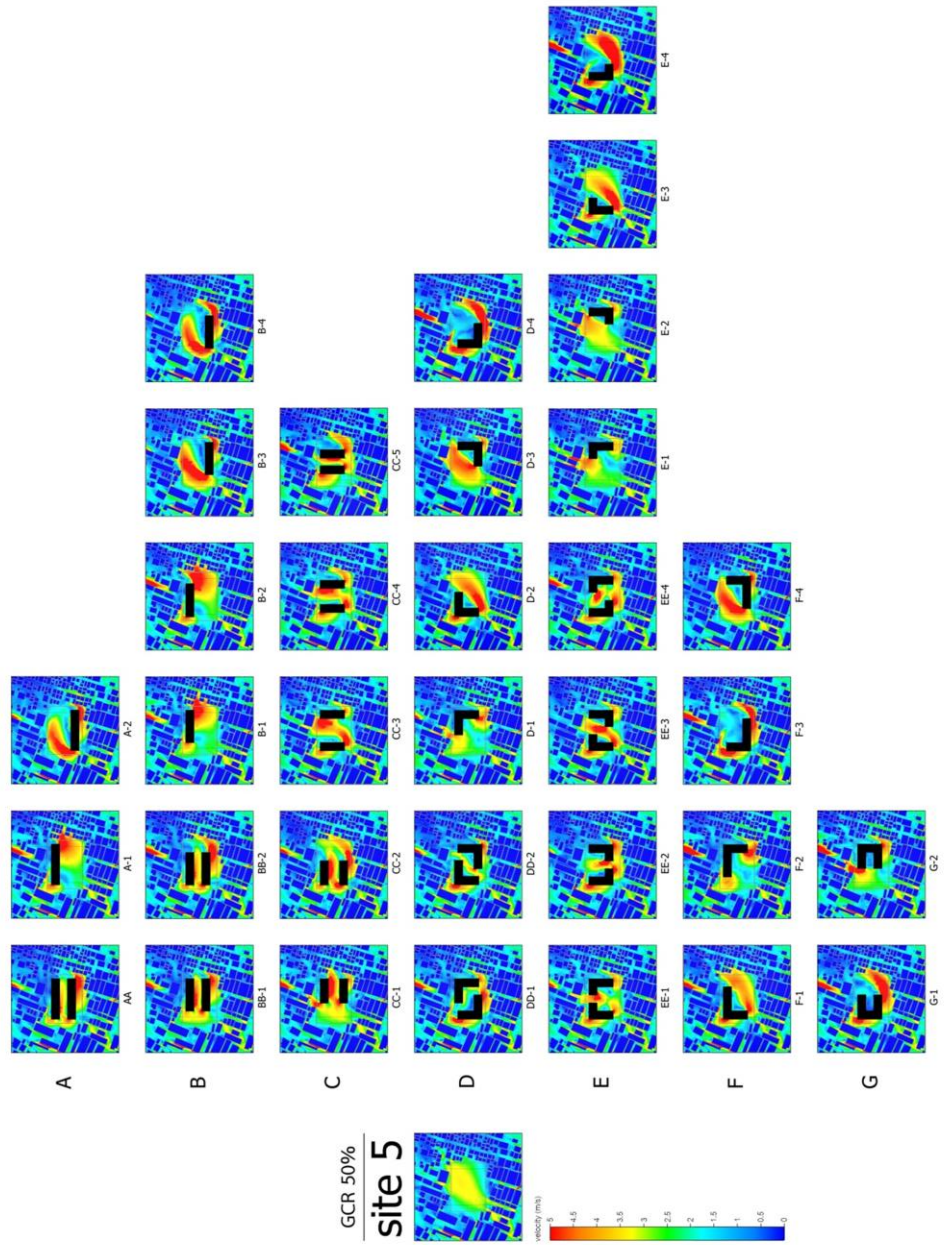


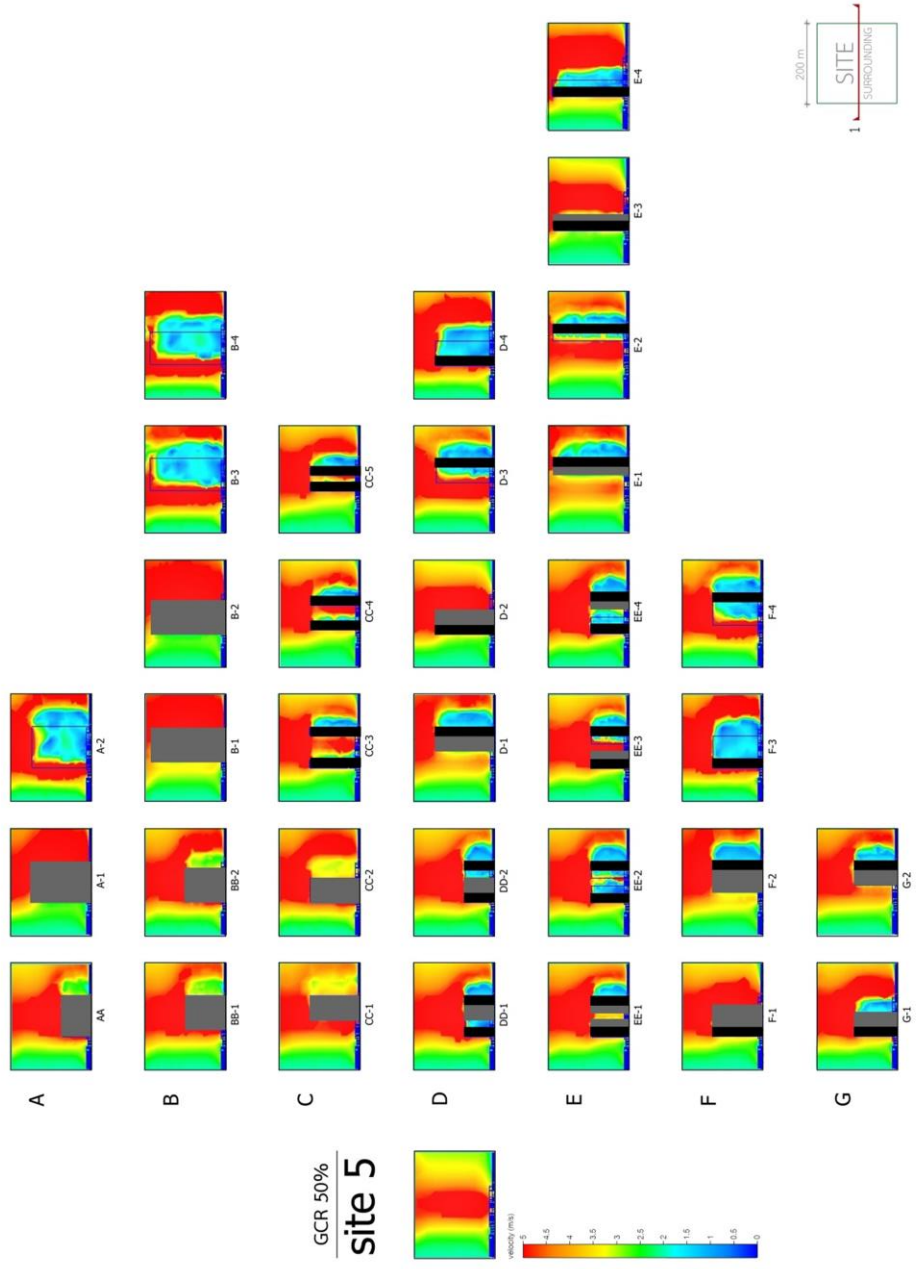


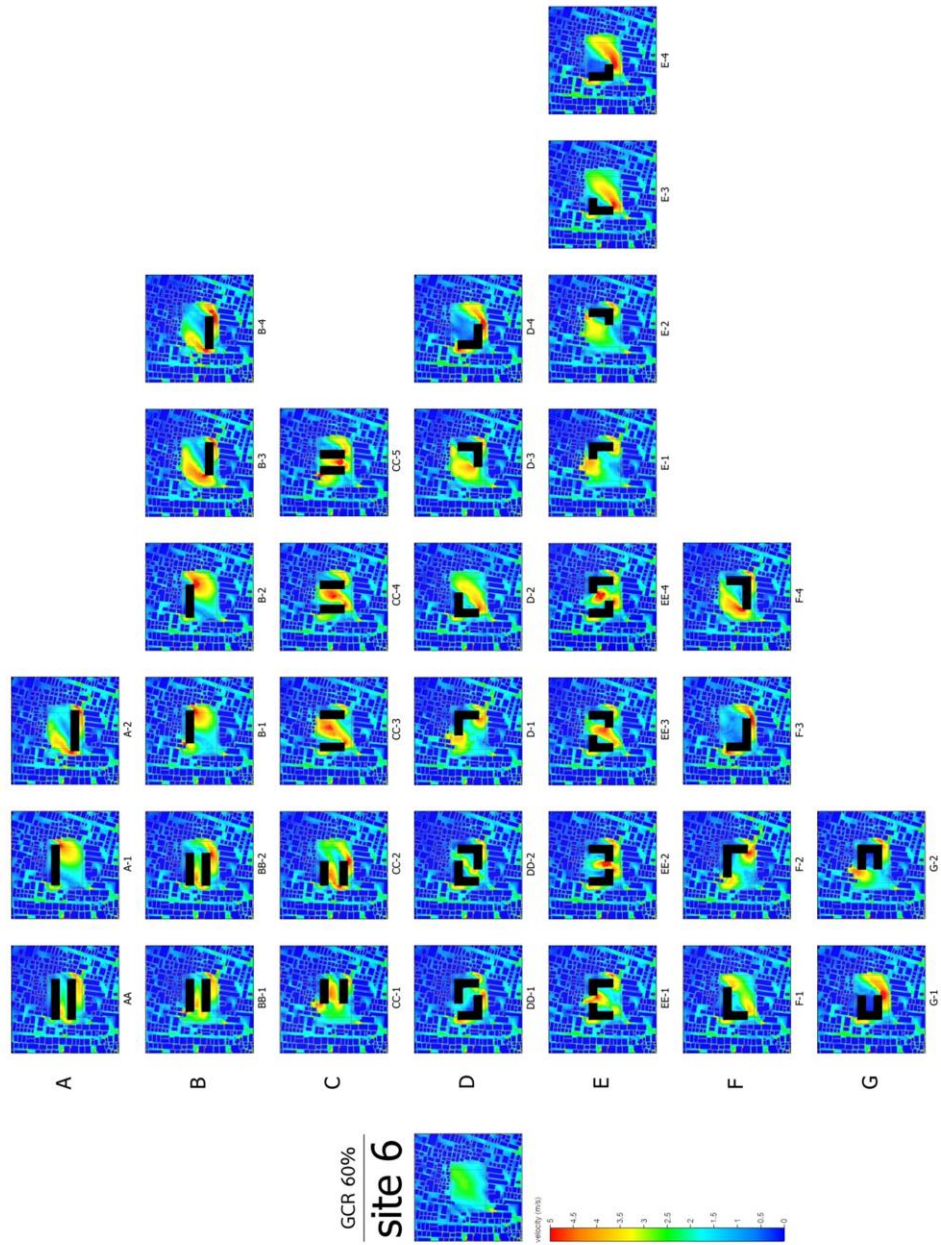


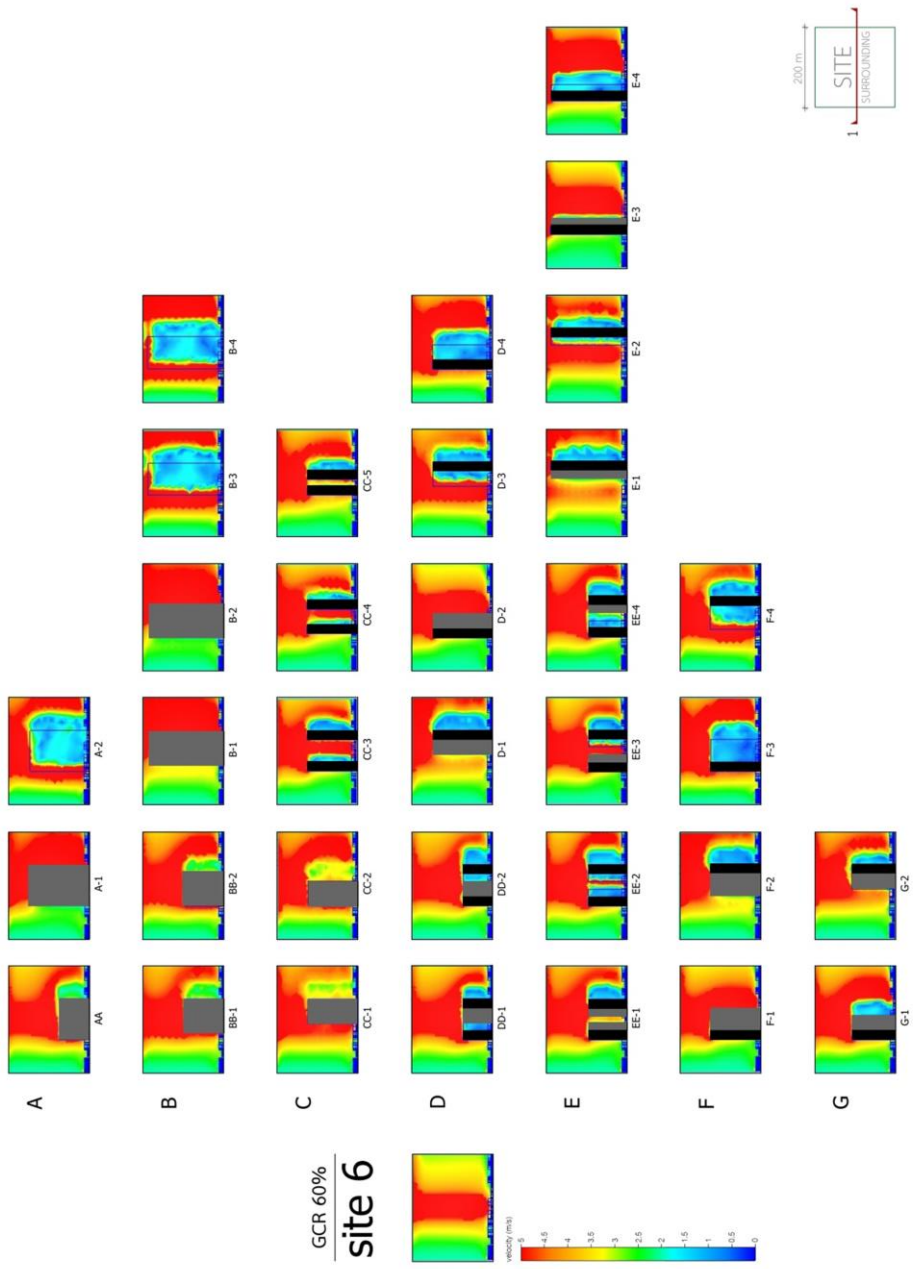














**ตารางแสดงค่าความเร็วลม ณ ตำแหน่ง Vo1-Vo23 และ Vi1-Vi16
ของ SITE 1 หรือ GCR 10% ก่อน (ex) และหลังสร้างอาคาร 34 CASE**

site 1	ex	A			B					C					D						
		AA	A-1	A-2	BB-1	BB-2	B-1	B-2	B-3	B-4	CC-1	CC-2	CC-3	CC-4	CC-5	DD-1	DD-2	D-1	D-2	D-3	D-4
Vo1	0.31	0.56	0.41	0.50	0.58	0.33	0.65	0.50	0.41	0.32	0.74	0.29	0.44	0.96	0.90	0.38	0.26	0.97	0.45	0.37	0.74
Vo2	2.10	0.48	1.14	0.75	0.34	0.65	0.84	0.47	0.97	0.59	0.88	0.26	1.42	0.77	0.60	0.67	0.37	0.98	1.12	1.11	0.58
Vo3	1.48	1.24	1.83	1.50	1.05	1.66	1.98	1.46	0.63	0.45	0.51	0.82	0.34	0.46	1.48	0.88	1.01	0.46	1.37	0.80	1.38
Vo4	1.06	0.55	0.53	1.16	0.17	0.33	0.47	0.29	0.78	0.58	0.21	0.22	0.36	0.27	0.33	0.30	0.22	0.11	0.60	1.06	0.51
Vo5	1.98	1.49	0.51	1.20	0.22	0.27	0.50	0.34	1.60	1.39	0.25	0.27	0.54	0.24	0.42	0.65	0.10	0.31	1.57	1.96	0.61
Vo6	2.13	0.84	1.06	0.58	1.49	0.73	0.76	0.84	1.21	1.07	2.04	0.73	1.83	2.01	1.87	0.78	0.41	2.81	0.58	2.05	0.81
Vo7	2.51	1.29	1.62	2.69	1.46	1.23	1.31	1.05	2.46	1.76	2.50	1.03	2.53	2.25	1.34	0.97	0.95	2.65	0.86	2.61	1.23
Vo8	2.84	1.49	1.34	3.92	0.58	1.09	1.30	0.99	2.30	1.78	1.54	0.65	2.08	1.23	1.07	0.86	0.85	1.21	1.48	2.57	1.13
Vo9	2.13	1.50	0.75	3.50	0.58	0.55	0.83	0.32	1.59	1.70	0.80	0.26	0.71	0.57	0.80	0.51	0.40	0.29	1.41	2.02	0.41
Vo10	1.70	1.58	0.27	3.47	0.76	0.21	1.14	0.22	1.12	1.54	0.54	0.26	0.46	0.72	1.18	0.59	0.28	0.47	1.48	1.35	0.51
Vo11	1.83	3.84	3.81	2.96	3.39	3.71	3.74	4.06	2.74	2.67	2.93	3.61	3.44	3.68	3.80	3.68	3.87	3.61	3.93	2.23	4.16
Vo12	2.51	3.76	3.57	4.75	3.63	3.10	4.05	3.44	3.68	3.33	3.79	3.20	1.45	2.44	3.39	3.21	2.92	3.66	2.95	3.16	3.85
Vo13	3.07	2.41	2.03	5.59	2.13	1.99	2.71	2.07	4.07	3.46	3.45	1.91	2.63	2.83	2.55	2.25	1.57	2.88	1.19	3.90	2.13
Vo14	3.14	2.02	1.41	4.47	0.61	0.87	1.25	1.49	3.39	2.65	1.86	0.78	2.98	2.08	1.65	1.08	1.06	1.51	1.39	3.76	1.73
Vo15	3.25	0.91	1.29	3.00	1.17	1.09	1.23	0.58	1.83	1.55	0.97	0.43	1.38	1.33	1.08	1.02	0.78	0.95	2.58	2.30	1.37
Vo16	1.68	1.04	2.97	2.12	0.32	1.21	3.27	4.73	1.36	0.93	1.48	2.01	1.25	0.71	0.95	0.71	1.05	0.85	2.65	1.82	1.50
Vo17	1.86	3.13	3.50	1.98	1.20	2.05	3.80	3.50	1.21	1.99	2.20	2.51	1.35	1.85	2.68	0.58	0.90	0.89	2.36	1.18	2.93
Vo18	2.93	2.32	4.72	1.98	2.21	4.12	5.19	4.58	1.63	4.39	0.97	4.47	3.20	4.14	4.24	3.18	0.97	2.09	3.65	1.70	4.85
Vo19	2.62	4.68	4.50	4.54	4.27	4.40	4.89	4.28	4.17	4.49	3.12	4.42	3.95	4.06	3.96	3.96	3.71	3.74	2.89	3.60	4.55
Vo20	2.52	5.17	4.20	5.32	4.28	3.93	4.55	4.03	4.37	4.20	3.80	3.99	3.60	3.53	3.51	3.81	3.97	4.22	2.69	3.55	4.03
Vo21	2.82	4.93	4.10	5.98	4.76	4.85	4.11	4.14	5.60	5.65	4.44	4.91	4.40	4.46	4.39	4.81	4.60	4.49	3.49	4.38	5.28
Vo22	2.60	4.58	4.15	5.38	4.53	4.53	4.16	4.11	5.22	5.05	4.29	4.38	3.92	3.88	3.84	4.30	4.58	5.32	2.98	4.17	4.42
Vo23	2.53	4.36	4.13	4.84	4.31	4.05	4.16	4.03	4.71	4.50	4.19	3.91	3.35	3.35	3.32	3.74	4.18	5.14	2.65	3.80	3.81
Vo AVR.	2.24	2.36	2.34	3.14	1.91	2.04	2.47	2.24	2.48	2.44	2.07	1.97	2.07	2.08	2.15	1.87	1.70	2.16	2.01	2.41	2.28
Vi1	2.00	2.06	1.89	2.09	1.97	1.96	1.99	1.87	2.02	2.02	2.00	1.99	1.93	1.95	1.94	1.89	1.95	1.94	1.93	1.98	1.94
Vi2	2.34	2.46	2.20	3.11	2.30	2.34	2.32	2.19	2.74	2.97	2.43	2.55	2.00	2.07	2.13	2.14	2.03	2.28	1.88	2.47	2.31
Vi3	3.08	3.72	2.51	5.27	3.16	3.52	2.95	2.55	4.14	4.91	3.37	4.01	2.45	2.35	2.65	2.88	2.49	3.06	1.77	3.56	3.13
Vi4	1.93	2.03	1.96	2.09	1.94	1.91	1.92	1.87	2.00	2.01	1.94	1.97	1.94	1.90	1.92	1.88	1.90	1.91	1.88	1.94	1.89
Vi5	2.60	2.64	2.55	3.32	2.61	2.50	2.58	2.51	2.98	2.98	2.70	2.68	2.32	2.38	2.46	2.25	2.33	2.66	2.19	2.79	2.38
Vi6	3.81	3.51	3.50	4.43	3.59	3.13	3.70	3.52	4.32	3.74	3.91	3.27	3.02	3.22	3.33	2.69	2.94	3.78	3.03	4.10	2.87
Vi7	1.98	2.14	2.02	2.15	2.01	2.03	1.96	2.00	2.07	2.05	2.04	2.01	2.03	2.06	2.00	1.99	2.02	2.06	2.00	2.06	1.97
Vi8	3.50	3.52	3.43	3.79	3.43	3.34	3.47	3.46	3.73	3.65	3.52	3.43	3.26	3.30	3.33	3.28	3.29	3.48	3.25	3.52	3.14
Vi9	4.53	4.45	4.38	4.29	4.34	4.18	4.48	4.58	4.41	4.07	4.39	4.05	4.17	4.30	4.33	3.91	4.07	4.42	4.31	4.51	4.13
Vi10	4.21	3.69	4.08	3.30	3.67	3.54	4.06	4.20	3.50	3.25	3.66	3.50	4.43	4.19	4.08	3.63	3.70	3.89	4.47	3.72	3.99
Vi11	3.45	3.29	3.48	3.00	2.98	3.45	3.37	3.62	2.94	3.22	2.74	3.63	4.08	3.96	3.78	3.63	3.10	3.03	4.32	2.71	4.40
Vi12	2.49	2.54	2.47	2.60	2.46	2.47	2.44	2.45	2.56	2.52	2.46	2.46	2.44	2.46	2.44	2.46	2.43	2.48	2.46	2.48	2.45
Vi13	4.14	4.42	4.31	4.44	4.37	4.17	4.30	4.35	4.30	4.09	4.26	4.34	4.18	4.20	4.29	4.21	4.23	4.29	4.19	4.29	4.34
Vi14	3.74	3.59	3.66	3.42	3.53	3.55	3.65	3.75	3.61	3.50	3.56	3.53	3.78	3.71	3.69	3.55	3.57	3.56	3.83	3.52	3.74
Vi15	2.84	2.97	2.88	2.50	2.60	2.76	2.86	2.94	2.60	2.61	2.65	2.73	3.09	3.04	2.88	2.77	2.72	2.76	3.17	2.64	3.02
Vi16	2.39	2.31	2.42	2.33	2.26	2.39	2.43	2.53	2.23	2.45	2.19	2.48	2.64	2.60	2.53	2.47	2.31	2.33	2.77	2.18	2.79
Vi AVR.	3.07	3.08	2.98	3.26	2.95	2.95	3.03	3.02	3.13	3.13	2.99	3.04	2.99	2.98	2.99	2.85	2.82	2.99	2.97	3.03	3.03

ตารางแสดงค่าความเร็วลม ณ ตำแหน่ง Vo1-Vo23 และ Vi1-Vi16
ของ SITE 1 หรือ GCR 10% ก่อน (ex) และหลังสร้างอาคาร 34 CASE (ต่อ)

site 1	E								F				G	
	EE-1	EE-2	EE-3	EE-4	E-1	E-2	E-3	E-4	F-1	F-2	F-3	F-4	G-1	G-2
Vo1	0.83	0.47	0.34	0.57	0.58	0.40	0.33	0.29	0.27	0.98	0.55	0.28	0.64	0.84
Vo2	0.68	0.24	1.11	0.88	2.28	1.93	1.30	0.41	0.45	1.05	1.12	0.78	0.63	0.70
Vo3	1.09	0.99	0.24	1.81	1.18	1.54	1.42	0.62	0.65	0.37	2.22	0.54	1.01	0.82
Vo4	0.18	0.19	0.59	0.47	0.81	1.29	0.63	0.28	0.32	0.11	0.45	0.70	0.38	0.16
Vo5	0.36	0.10	0.95	0.55	0.93	1.91	1.61	0.76	0.97	0.29	0.37	1.69	0.61	0.27
Vo6	1.74	0.39	1.50	1.08	3.76	2.79	0.94	0.53	0.54	1.45	1.02	1.20	0.73	2.51
Vo7	1.73	0.88	1.88	0.89	3.28	3.47	1.22	0.40	0.59	1.76	1.61	2.16	1.03	2.32
Vo8	0.88	0.67	1.86	1.15	2.19	2.78	1.90	0.51	0.38	0.98	1.70	2.25	0.97	1.02
Vo9	0.48	0.36	1.23	0.75	1.06	1.64	1.48	0.72	0.67	0.25	0.68	1.95	0.25	0.71
Vo10	0.69	0.38	0.50	0.37	0.23	0.79	1.30	0.42	0.52	0.32	0.24	1.56	0.73	0.87
Vo11	3.54	3.91	3.85	3.57	2.98	2.41	3.77	4.30	3.85	4.10	4.16	2.42	4.31	3.45
Vo12	1.75	3.00	2.41	2.50	3.71	3.19	2.80	3.29	3.22	3.48	3.93	3.23	3.32	4.18
Vo13	2.52	2.05	1.76	2.26	4.52	4.41	1.20	1.48	1.54	2.55	2.24	3.53	1.67	3.40
Vo14	1.45	1.04	2.96	1.19	2.58	4.03	1.85	1.21	1.49	1.82	1.86	3.15	1.55	1.52
Vo15	1.34	1.01	1.48	1.33	0.91	1.47	2.57	1.40	1.28	0.39	2.03	2.11	0.98	1.39
Vo16	0.98	0.87	1.33	0.59	0.74	0.71	2.26	3.13	3.67	0.91	0.64	1.40	1.84	1.00
Vo17	0.59	0.80	0.66	0.65	0.54	1.35	2.16	3.06	2.95	1.19	1.99	1.30	2.80	0.76
Vo18	2.54	1.97	3.22	3.15	2.11	3.09	3.60	4.60	4.18	1.10	4.38	1.33	4.83	2.41
Vo19	4.11	4.25	4.12	4.32	3.88	4.01	2.83	3.75	3.46	3.14	4.65	3.79	4.15	3.96
Vo20	4.10	4.12	3.92	4.07	4.13	3.66	2.56	3.37	3.15	3.83	4.24	3.86	3.80	4.16
Vo21	4.52	4.66	4.41	4.71	4.50	4.34	3.45	4.41	3.79	4.45	5.53	4.95	4.68	4.69
Vo22	4.31	4.51	4.17	4.38	4.66	3.99	2.91	3.80	3.39	4.89	4.93	4.66	4.10	4.52
Vo23	3.89	4.17	3.71	3.97	4.57	3.60	2.54	3.29	3.10	4.88	4.34	4.17	3.60	4.07
Vo AVR.	1.93	1.78	2.10	1.96	2.44	2.56	2.03	2.00	1.93	1.93	2.39	2.30	2.11	2.16
Vi1	1.95	1.93	1.98	1.89	1.97	1.98	1.95	1.95	1.95	1.97	1.98	2.01	1.94	1.96
Vi2	1.98	2.09	2.05	1.97	2.46	2.41	1.95	2.09	2.01	2.27	2.35	2.66	2.11	2.28
Vi3	2.31	2.61	2.25	2.97	3.24	3.38	1.80	2.53	2.09	2.76	3.22	4.04	2.48	3.08
Vi4	1.88	1.94	1.95	1.89	1.93	1.93	1.89	1.91	1.90	1.92	1.86	1.99	1.90	1.92
Vi5	2.28	2.34	2.31	2.37	2.70	2.77	2.22	2.32	2.32	2.52	2.34	2.91	2.26	2.59
Vi6	3.08	2.93	3.11	2.92	3.83	4.04	3.14	3.07	2.94	3.45	2.87	4.27	2.74	3.72
Vi7	2.00	2.19	2.02	2.00	2.03	2.11	2.04	2.03	1.99	2.04	2.03	2.06	2.01	2.02
Vi8	3.29	3.25	3.35	3.11	3.49	3.57	3.24	3.33	3.20	3.41	3.28	3.71	3.24	3.49
Vi9	4.23	3.98	4.27	4.24	4.53	4.45	4.37	4.38	4.48	4.26	3.90	4.36	4.02	4.32
Vi10	4.06	3.77	4.30	4.01	3.92	4.01	4.67	4.39	4.42	3.80	3.55	3.39	3.86	3.74
Vi11	3.68	3.64	3.74	3.82	3.04	3.20	4.46	4.54	4.13	2.97	3.66	2.65	3.82	3.04
Vi12	2.46	2.46	2.48	2.42	2.45	2.45	2.45	2.45	2.42	2.49	2.45	2.56	2.42	2.47
Vi13	4.24	4.15	4.31	4.24	4.23	4.32	4.20	4.24	4.26	4.11	4.20	4.28	4.21	4.31
Vi14	3.72	3.62	3.77	3.72	3.60	3.62	3.91	3.75	3.78	3.58	3.52	3.49	3.71	3.56
Vi15	2.94	2.88	2.98	2.91	2.75	2.79	3.26	3.24	3.09	2.69	2.82	2.53	2.91	2.74
Vi16	2.48	2.51	2.49	2.58	2.33	2.34	2.83	2.91	2.66	2.25	2.55	2.13	2.64	2.28
Vi AVR.	2.91	2.89	2.96	2.94	3.03	3.08	3.02	3.07	2.98	2.91	2.91	3.06	2.89	2.97

**ตารางแสดงค่าความเร็วลม ณ ตำแหน่ง Vo1-Vo22 และ Vi1-Vi15
ของ SITE 2 หรือ GCR 20% ก่อน (ex) และหลังสร้างอาคาร 34 CASE**

site 2	ex	A			B					C					D						
		AA	A-1	A-2	BB-1	BB-2	B-1	B-2	B-3	B-4	CC-1	CC-2	CC-3	CC-4	CC-5	DD-1	DD-2	D-1	D-2	D-3	D-4
Vo1	0.30	0.94	1.42	0.46	1.40	1.07	1.81	2.13	0.61	0.65	1.33	0.76	0.59	0.86	1.38	1.02	0.72	1.45	1.10	0.34	1.35
Vo2	0.56	0.51	0.37	0.62	0.34	0.24	0.43	0.84	0.81	0.57	0.38	0.21	0.18	0.28	0.20	0.38	0.21	0.15	0.53	0.69	0.57
Vo3	1.71	2.51	3.06	2.03	2.44	2.58	2.72	3.22	2.20	2.09	2.16	2.50	2.47	2.53	2.53	2.71	2.79	2.79	2.81	1.97	3.12
Vo4	1.51	2.17	2.90	1.77	2.08	2.72	2.24	3.27	1.75	1.74	2.07	2.35	1.40	2.03	2.16	2.64	2.60	2.90	2.45	1.50	2.93
Vo5	2.23	2.69	2.61	2.47	3.06	2.89	3.29	3.38	2.63	2.32	3.47	2.79	1.94	2.36	3.14	2.93	2.23	3.62	2.48	2.58	3.39
Vo6	1.54	1.99	1.58	2.29	2.44	1.52	2.92	1.92	2.65	2.26	3.20	2.02	2.74	2.89	2.83	2.24	1.97	3.51	0.84	2.24	1.40
Vo7	1.72	0.63	1.31	1.86	0.19	0.60	0.69	0.83	2.26	1.86	1.97	0.58	2.66	1.85	0.86	0.45	0.82	2.02	0.72	2.18	0.97
Vo8	1.75	0.27	0.52	0.47	0.29	0.38	0.84	0.76	0.52	0.76	0.25	0.86	0.40	0.12	0.30	0.22	0.16	0.18	1.84	0.88	0.35
Vo9	1.87	0.23	0.71	0.48	0.18	0.38	0.78	1.43	0.48	0.92	0.21	0.74	0.65	0.80	0.71	0.36	0.19	0.24	2.03	0.97	0.96
Vo10	2.55	2.03	2.55	2.91	3.75	2.25	4.28	2.73	3.47	2.86	4.60	2.33	2.07	1.77	3.81	2.27	1.25	4.65	1.97	3.42	3.03
Vo11	3.16	1.34	1.99	2.47	0.35	1.41	1.61	2.62	3.25	2.14	1.68	1.08	3.35	2.31	1.40	1.31	1.05	1.22	1.52	3.48	1.78
Vo12	2.85	0.65	1.03	2.27	1.10	0.83	1.19	0.59	2.62	1.82	1.38	1.38	0.73	1.13	1.03	0.97	0.78	1.05	2.47	2.88	0.95
Vo13	3.05	0.63	1.98	1.51	1.41	0.45	1.84	2.07	1.32	1.30	1.20	2.39	1.54	1.14	0.58	1.17	1.32	1.47	2.86	1.90	0.66
Vo14	3.01	0.71	1.97	1.01	1.43	0.53	2.49	4.19	0.58	1.35	1.46	1.78	2.11	1.66	1.37	1.55	1.74	1.76	2.41	0.98	1.08
Vo15	3.65	1.43	0.61	1.72	1.54	1.71	0.55	2.79	1.88	0.86	0.68	2.63	2.36	1.65	1.56	1.86	1.55	1.81	4.00	1.86	2.30
Vo16	3.32	1.10	3.88	0.52	1.52	1.33	4.29	5.13	1.12	1.72	1.64	3.25	2.40	1.37	1.14	1.50	1.92	2.03	3.11	0.72	1.43
Vo17	1.81	1.39	1.71	0.56	1.67	1.10	1.91	2.41	1.72	1.06	1.45	0.78	3.34	1.83	1.33	2.35	2.29	2.40	0.92	0.91	1.61
Vo18	3.30	1.61	4.91	2.09	2.25	2.66	5.04	5.46	2.06	1.78	3.80	3.33	1.40	2.48	2.87	1.11	1.55	1.27	4.08	1.71	3.90
Vo19	2.66	2.08	4.25	1.86	2.25	4.07	4.18	4.51	2.69	4.39	0.90	4.39	3.54	4.39	4.44	2.91	1.24	2.79	3.38	2.50	4.92
Vo20	1.35	1.95	2.14	2.13	1.69	1.98	2.02	1.91	1.71	1.70	1.66	1.80	1.45	1.52	1.57	1.73	1.56	1.63	1.31	1.41	1.60
Vo21	2.29	4.20	3.19	4.94	4.07	3.98	2.97	3.13	4.71	4.72	4.08	3.98	3.38	3.34	3.45	4.07	4.27	3.45	2.87	4.06	4.13
Vo22	2.01	3.12	2.94	3.62	3.12	3.12	2.89	3.11	3.56	3.41	2.98	2.87	2.76	2.46	2.75	2.96	2.97	3.09	2.16	3.12	2.95
Vo AVR.	2.19	1.55	2.17	1.82	1.75	1.72	2.32	2.66	2.03	1.92	1.93	2.04	1.97	1.85	1.88	1.76	1.60	2.07	2.18	1.92	2.06
Vi1	1.81	1.56	1.53	2.00	1.67	1.59	1.63	1.66	1.90	2.05	1.71	1.75	1.37	1.44	1.54	1.37	1.37	1.65	1.40	1.90	1.52
Vi2	2.94	3.27	2.46	4.39	3.10	3.43	2.95	2.98	3.74	4.30	3.24	3.99	2.01	2.24	2.43	2.75	2.83	3.03	2.03	3.39	3.12
Vi3	1.87	1.69	1.71	1.95	1.74	1.67	1.82	2.00	1.97	1.92	1.86	1.73	1.53	1.63	1.66	1.51	1.53	1.80	1.52	1.92	1.54
Vi4	2.08	1.13	2.08	1.65	2.03	1.53	2.05	2.28	2.18	2.23	2.45	1.60	2.09	1.97	1.84	1.30	1.18	1.86	2.06	1.96	1.09
Vi5	2.03	2.02	2.01	2.06	2.01	2.01	2.02	2.05	2.06	2.04	2.04	2.02	2.02	1.99	2.01	2.00	2.01	2.02	1.98	2.03	1.99
Vi6	3.80	3.80	3.71	4.11	3.79	3.80	3.81	3.92	4.07	4.01	3.93	3.80	3.53	3.62	3.64	3.65	3.60	3.93	3.44	3.92	3.67
Vi7	3.01	2.06	2.62	1.61	2.27	1.92	2.69	2.76	2.30	1.80	2.60	1.83	2.74	2.66	2.63	1.56	2.25	2.46	2.81	2.62	1.72
Vi8	3.15	2.65	3.20	2.49	2.66	2.99	3.18	3.44	2.39	2.83	2.52	3.14	3.53	3.39	3.34	3.21	2.73	2.55	3.74	2.50	3.49
Vi9	1.69	1.87	1.66	1.69	1.83	1.77	1.85	1.50	1.68	1.78	1.67	1.57	1.82	1.85	1.71	1.80	1.68	1.70	1.75	1.70	1.81
Vi10	3.34	3.09	3.27	3.09	3.01	3.18	2.99	3.38	3.17	3.12	3.15	3.23	3.26	3.28	3.45	3.25	3.41	3.32	3.13	3.29	3.34
Vi11	3.46	3.28	3.39	3.01	3.11	3.32	3.36	3.58	3.01	3.09	3.27	3.20	3.68	3.65	3.42	3.38	3.50	3.23	3.67	3.30	3.46
Vi12	2.99	2.75	3.00	2.39	2.73	2.96	2.99	3.26	2.61	2.73	2.79	2.77	3.17	3.24	3.06	2.95	2.94	2.99	3.24	2.76	3.05
Vi13	2.23	2.10	2.25	2.11	2.06	2.22	2.22	2.40	2.08	2.24	2.06	2.31	2.45	2.45	2.38	2.26	2.16	2.12	2.53	2.07	2.70
Vi14	2.03	2.05	2.09	2.08	2.06	2.04	2.10	2.18	2.09	2.07	2.06	2.03	2.10	2.07	2.04	2.05	2.06	2.09	2.09	2.09	2.10
Vi15	2.03	2.00	2.03	2.00	2.01	2.00	2.03	2.05	1.97	2.02	2.01	1.99	2.04	2.02	2.02	2.00	1.95	2.00	1.98	1.99	2.02
VI AVR.	2.56	2.35	2.47	2.44	2.41	2.43	2.51	2.63	2.48	2.55	2.49	2.46	2.49	2.50	2.48	2.34	2.35	2.45	2.49	2.50	2.44

ตารางแสดงค่าความเร็วลม ณ ตำแหน่ง Vo1-Vo22 และ Vi1-Vi15

ของ SITE 2 หรือ GCR 20% ก่อน (ex) และหลังสร้างอาคาร 34 CASE (ต่อ)

site 2	E								F				G	
	EE-1	EE-2	EE-3	EE-4	E-1	E-2	E-3	E-4	F-1	F-2	F-3	F-4	G-1	G-2
Vo1	1.25	0.67	0.45	1.03	0.42	0.31	1.16	1.09	0.95	1.75	1.56	0.47	1.04	1.72
Vo2	0.17	0.11	0.20	0.13	0.15	0.52	0.59	0.31	0.34	0.27	0.30	0.64	0.41	0.25
Vo3	2.61	2.74	2.49	2.83	2.57	2.11	2.75	3.21	2.92	2.94	3.14	1.99	3.11	2.42
Vo4	1.77	2.20	1.84	2.15	3.20	2.10	2.42	2.77	3.35	2.18	2.95	1.64	2.87	2.85
Vo5	2.46	2.37	1.97	2.65	3.61	3.15	2.25	3.17	3.12	3.32	3.39	2.32	3.14	3.77
Vo6	2.81	2.04	1.92	1.86	3.24	2.40	0.89	1.58	1.37	2.47	1.69	2.22	0.93	3.37
Vo7	0.98	1.15	1.84	0.41	3.03	2.62	0.89	0.55	0.85	0.38	1.25	1.97	0.92	0.93
Vo8	0.17	0.24	0.33	0.30	0.41	0.57	2.01	1.22	1.26	0.42	0.46	0.63	0.65	0.29
Vo9	0.23	0.15	0.29	0.20	0.33	0.67	2.30	1.43	2.19	0.24	0.75	0.74	1.01	0.23
Vo10	1.46	1.37	0.66	2.33	4.59	3.80	1.43	2.13	2.36	3.56	2.70	3.23	1.89	4.96
Vo11	1.20	1.14	2.60	0.40	2.69	4.21	2.09	0.68	1.69	0.53	1.84	2.85	1.60	1.17
Vo12	1.28	0.84	1.69	1.07	1.46	2.55	2.41	2.10	1.42	1.23	1.55	2.54	1.30	1.35
Vo13	1.68	1.05	1.14	1.74	1.23	0.89	2.92	2.91	3.10	1.86	1.41	1.41	1.74	1.85
Vo14	1.95	1.67	1.38	2.03	1.52	1.15	2.41	2.26	2.75	2.05	1.36	1.05	1.79	2.02
Vo15	1.98	1.48	1.65	1.86	1.85	1.70	3.80	3.94	3.87	1.91	2.03	2.11	2.50	2.13
Vo16	2.14	2.09	1.59	1.98	1.49	1.62	2.97	3.64	3.88	2.30	1.30	0.90	2.98	1.97
Vo17	2.42	2.59	2.30	2.61	2.19	2.07	0.91	1.09	1.40	2.40	1.99	0.65	1.39	2.60
Vo18	1.00	1.51	1.07	0.80	1.42	1.41	3.86	5.13	4.56	1.03	2.07	1.77	4.12	0.70
Vo19	2.71	3.34	3.30	2.77	3.13	3.43	3.30	4.54	3.79	2.60	4.53	2.05	4.82	2.89
Vo20	1.62	1.99	1.69	1.94	1.83	1.55	1.28	1.64	1.51	1.95	1.97	1.48	1.67	1.65
Vo21	3.91	4.07	3.48	3.83	3.96	3.51	2.86	3.39	2.82	3.62	4.53	4.41	3.80	4.06
Vo22	2.96	3.00	2.99	2.83	3.26	2.75	2.02	2.56	2.23	3.32	1.97	3.04	2.67	3.26
Vo AVR.	1.76	1.72	1.68	1.72	2.16	2.05	2.16	2.33	2.35	1.92	2.03	1.82	2.11	2.11
Vi1	1.37	1.37	1.37	1.28	1.72	1.80	1.42	1.44	1.37	1.49	1.57	1.84	1.37	1.66
Vi2	2.22	2.61	2.15	2.31	3.11	3.19	1.74	2.38	2.23	2.64	3.20	1.84	2.54	3.10
Vi3	1.55	1.58	1.58	1.47	1.84	1.89	1.57	1.57	1.56	1.71	1.53	1.90	1.55	1.78
Vi4	1.95	1.32	2.05	1.43	2.16	2.49	2.31	1.65	1.93	1.89	1.35	1.69	1.70	1.89
Vi5	1.97	2.03	2.04	2.01	2.01	2.06	1.99	1.99	2.03	2.01	1.95	2.04	2.00	2.02
Vi6	3.59	3.64	3.59	3.63	3.87	3.83	3.47	3.57	3.50	3.83	3.71	4.03	3.55	3.79
Vi7	2.52	2.09	2.59	2.18	2.67	2.76	3.14	2.52	2.71	2.25	1.60	2.18	2.23	2.58
Vi8	3.22	3.07	3.18	3.22	2.82	2.94	4.35	3.64	3.54	2.47	3.17	2.22	3.29	2.73
Vi9	1.64	1.86	1.83	1.79	1.94	1.84	1.86	1.66	1.82	1.95	1.69	1.72	1.61	1.71
Vi10	3.20	3.38	3.31	3.20	3.28	3.06	3.15	3.07	3.16	3.26	3.36	3.24	3.25	3.42
Vi11	3.50	3.53	3.42	3.57	3.24	3.24	3.73	3.86	3.68	3.14	3.41	3.04	3.57	3.24
Vi12	3.24	3.07	3.04	3.32	3.16	2.99	3.90	3.51	3.42	2.81	2.93	2.47	3.03	2.85
Vi13	2.31	2.25	2.33	2.41	2.17	2.15	2.56	2.70	2.53	2.08	2.43	1.95	2.50	2.10
Vi14	2.03	2.08	2.10	2.10	2.05	2.11	2.16	2.12	2.12	2.02	2.04	2.00	2.07	2.04
Vi15	1.98	1.99	2.03	2.01	2.01	1.95	2.03	2.05	2.00	2.01	2.03	2.01	2.03	2.01
Vi AVR.	2.42	2.39	2.44	2.39	2.53	2.55	2.63	2.52	2.51	2.37	2.40	2.28	2.42	2.46

**ตารางแสดงค่าความเร็วลม ณ ตำแหน่ง Vo1-Vo23 และ Vi1-Vi16
ของ SITE 3 หรือ GCR 30% ก่อน (ex) และหลังสร้างอาคาร 34 CASE**

site 3	ex	A			B						C					D					
		AA	A-1	A-2	BB-1	BB-2	B-1	B-2	B-3	B-4	CC-1	CC-2	CC-3	CC-4	CC-5	DD-1	DD-2	D-1	D-2	D-3	D-4
Vo1	2.46	0.87	0.27	1.09	1.31	0.29	2.51	2.95	2.38	1.44	3.33	0.97	1.70	2.09	1.20	0.62	0.36	3.79	1.24	2.91	0.62
Vo2	3.52	0.89	0.77	1.65	1.80	0.79	2.26	2.39	1.39	1.39	2.53	2.02	1.41	1.09	0.59	0.69	0.60	1.38	3.16	2.02	0.53
Vo3	1.44	0.66	0.81	1.64	1.92	0.40	1.32	1.55	1.86	1.75	1.25	0.26	0.17	1.04	0.70	0.87	0.95	0.87	1.68	2.07	0.65
Vo4	4.00	0.42	1.50	0.82	0.56	0.89	0.29	0.52	0.83	1.95	0.29	0.91	0.49	1.18	0.23	0.48	0.23	1.45	0.68	3.72	1.22
Vo5	1.26	0.41	1.54	0.58	0.61	0.90	2.02	1.00	3.52	0.70	0.55	0.30	1.90	1.78	0.13	0.24	0.16	0.34	0.58	0.79	1.33
Vo6	1.73	0.62	0.31	1.29	2.37	0.33	1.35	1.35	2.40	0.62	1.65	0.41	1.76	0.90	0.42	1.55	0.67	1.17	0.66	3.07	0.86
Vo7	2.78	0.78	0.45	0.70	1.58	0.95	0.90	2.34	1.28	0.90	0.92	2.40	1.30	0.72	0.49	0.88	0.33	0.87	3.42	0.99	0.81
Vo8	2.58	0.75	0.44	1.98	1.18	0.61	1.10	1.40	1.98	1.99	0.68	1.40	0.88	0.93	0.11	0.55	0.55	0.99	2.01	2.67	0.86
Vo9	4.10	0.39	1.02	3.20	0.18	1.19	1.29	2.65	2.39	3.42	0.18	2.33	3.24	1.55	0.23	0.06	0.96	0.81	3.42	4.26	1.01
Vo10	0.93	1.00	2.77	1.31	0.56	1.29	3.26	1.49	5.08	1.17	6.46	1.07	###	###	0.65	0.37	0.36	0.37	2.02	0.76	2.17
Vo11	1.99	1.08	0.43	0.71	2.72	0.57	3.57	0.56	2.87	0.51	3.07	0.71	2.65	4.39	3.10	1.85	0.52	5.62	0.69	0.85	1.60
Vo12	2.79	1.36	1.42	2.53	3.72	0.85	3.51	2.36	4.21	3.19	3.91	1.06	2.78	2.06	2.57	3.87	2.73	3.87	2.57	3.48	4.30
Vo13	1.71	1.60	1.24	5.96	3.36	1.20	2.07	0.94	6.33	5.79	5.64	2.19	2.33	2.36	1.81	3.00	1.72	3.94	2.21	4.16	2.82
Vo14	4.29	1.65	1.81	3.55	0.80	1.40	1.53	1.36	4.56	3.86	0.76	2.29	5.03	2.78	0.85	0.66	1.52	1.16	3.64	5.17	0.84
Vo15	3.86	1.23	0.54	2.55	1.55	1.21	0.49	1.75	2.50	2.82	0.66	1.94	1.22	0.36	0.15	0.75	0.37	0.34	3.20	3.08	0.30
Vo16	2.74	1.82	4.01	0.37	2.06	2.83	4.56	4.18	0.84	2.74	2.43	2.70	0.78	1.71	1.77	1.08	0.42	0.83	3.80	0.58	3.71
Vo17	1.10	1.95	2.38	2.92	1.05	1.25	2.83	2.07	2.81	1.98	2.17	1.54	1.49	1.54	1.71	1.35	1.00	1.19	2.57	2.69	3.47
Vo18	2.87	1.38	4.84	2.72	2.85	2.00	5.61	4.48	3.02	1.68	3.43	7.58	1.20	1.58	2.23	1.76	1.16	0.96	3.53	2.30	2.89
Vo19	3.04	1.30	4.40	1.67	2.94	2.96	5.15	4.27	1.20	2.55	1.69	2.83	1.64	1.62	0.97	0.96	0.51	1.29	3.19	1.29	2.98
Vo20	2.87	0.74	5.08	0.93	1.70	4.29	5.55	5.12	0.77	3.78	1.23	3.81	3.84	4.71	3.64	2.05	0.55	2.31	3.58	0.39	5.80
Vo21	2.10	5.35	4.19	5.94	5.05	5.01	4.21	4.29	5.85	5.93	4.93	5.19	4.48	4.35	3.20	5.05	5.36	4.54	2.17	4.90	5.55
Vo22	1.31	3.43	2.71	4.10	2.75	3.19	3.44	3.03	4.14	3.83	2.66	2.40	2.53	2.50	1.97	3.02	2.99	3.33	1.46	3.22	2.99
Vo23	2.55	5.11	4.12	5.23	4.56	4.42	4.46	4.26	4.99	4.41	4.19	4.55	3.06	3.08	2.54	3.53	3.96	4.83	2.59	4.22	3.37
Vo AVR.	2.52	1.51	2.05	2.32	2.05	1.69	2.75	2.45	2.92	2.54	2.38	2.21	2.71	2.46	1.36	1.53	1.22	2.01	2.35	2.59	2.20
Vi1	1.39	1.28	1.27	1.39	1.31	1.34	1.30	1.51	1.29	1.32	1.69	1.33	1.45	1.63	1.47	1.55	1.40	1.47	1.40	1.57	1.30
Vi2	1.37	1.44	1.50	2.00	1.63	1.24	1.71	1.34	2.05	2.28	1.71	1.97	0.93	1.16	1.29	1.03	1.17	1.50	1.11	1.90	1.08
Vi3	1.80	2.41	1.08	3.59	1.67	2.46	1.45	1.20	2.68	3.63	1.58	3.09	0.98	1.28	1.35	2.19	1.55	1.58	1.55	1.73	2.22
Vi4	2.97	2.26	2.33	2.73	2.62	2.37	2.29	2.65	2.84	2.75	2.80	2.72	2.46	2.43	2.06	2.16	2.32	2.50	2.37	2.50	2.41
Vi5	2.55	1.62	2.01	2.13	2.16	1.88	2.28	2.27	2.52	2.28	2.63	2.02	2.02	1.94	1.60	1.44	1.68	2.23	2.11	2.73	1.29
Vi6	3.56	3.50	3.44	3.62	3.56	3.47	3.53	3.50	3.73	3.75	3.65	3.48	3.33	3.31	3.17	3.23	3.27	3.59	3.29	3.58	3.29
Vi7	4.32	3.99	4.09	3.65	3.42	4.02	4.21	4.40	3.86	3.54	4.00	3.84	4.01	3.87	3.05	3.60	3.75	3.79	4.17	3.93	4.02
Vi8	3.33	2.40	3.11	2.10	2.63	2.67	2.85	3.30	2.32	2.26	2.78	2.58	3.49	3.28	2.81	2.80	3.08	2.80	3.57	2.65	3.35
Vi9	3.39	3.00	3.71	3.01	3.04	3.15	3.39	3.76	2.95	3.20	2.94	3.54	3.91	4.01	3.00	3.51	3.23	3.09	4.09	2.76	4.04
Vi10	2.59	2.61	2.56	2.71	2.65	2.61	2.59	2.66	2.65	2.73	2.68	2.62	2.60	2.56	2.53	2.56	2.58	2.66	2.63	2.64	2.55
Vi11	2.97	2.70	2.99	2.65	2.81	2.83	3.06	3.15	2.75	2.67	2.82	2.82	3.31	3.18	2.69	2.98	3.00	2.91	3.38	2.81	3.08
Vi12	2.54	2.33	2.58	2.24	2.31	2.35	2.60	2.75	2.30	2.63	2.36	2.57	2.87	2.71	2.37	2.62	2.44	2.48	3.02	2.26	2.72
Vi13	2.47	2.40	2.47	2.45	2.48	2.44	2.46	2.51	2.43	2.48	2.44	2.43	2.51	2.48	2.36	2.47	2.46	2.46	2.55	2.46	2.46
Vi14	2.07	1.66	1.54	1.57	1.57	1.54	1.63	1.70	1.61	1.59	1.65	1.66	1.70	1.76	1.70	1.58	1.64	1.67	1.82	1.62	1.66
Vi15	1.57	2.05	2.07	2.04	2.05	2.05	2.07	2.07	2.05	2.04	2.04	2.05	2.07	2.07	2.06	2.03	2.04	2.06	2.09	2.05	2.07
Vi16	2.04	2.01	2.04	2.03	1.98	2.00	2.06	2.02	2.05	2.03	2.03	2.03	2.06	1.92	1.92	2.00	1.93	2.05	2.05	2.03	2.02
Vi AVR.	2.56	2.35	2.42	2.49	2.37	2.40	2.47	2.55	2.50	2.57	2.49	2.55	2.48	2.47	2.21	2.36	2.35	2.43	2.57	2.45	2.47

ตารางแสดงค่าความเร็วลม ณ ตำแหน่ง Vo1-Vo23 และ Vi1-Vi16
ของ SITE 3 หรือ GCR 30% ก่อน (ex) และหลังสร้างอาคาร 34 CASE (ต่อ)

site 3	E								F				G	
	EE-1	EE-2	EE-3	EE-4	E-1	E-2	E-3	E-4	F-1	F-2	F-3	F-4	G-1	G-2
Vo1	1.44	0.95	2.05	1.61	3.36	3.44	0.94	1.49	1.26	1.01	1.45	1.85	0.68	1.38
Vo2	1.85	0.69	1.75	1.57	1.81	1.95	3.32	2.68	2.70	0.96	1.19	1.54	0.79	1.40
Vo3	0.49	0.85	1.26	0.80	0.86	1.55	2.09	1.13	1.32	0.22	0.59	2.13	0.87	0.39
Vo4	1.00	0.24	0.53	1.23	0.13	0.48	0.82	1.27	0.98	0.33	0.25	0.78	1.42	0.66
Vo5	0.98	0.35	0.42	1.10	0.04	0.30	1.30	1.40	0.42	0.26	0.81	0.76	1.23	0.42
Vo6	2.07	1.44	1.57	1.41	3.00	2.66	0.62	0.66	0.42	1.81	1.13	2.05	0.49	0.99
Vo7	0.87	0.85	1.40	1.44	1.56	1.66	3.63	2.95	3.18	1.02	1.49	1.04	0.97	0.53
Vo8	1.03	0.66	0.68	1.30	0.42	1.53	1.95	1.48	1.78	0.62	0.43	1.42	0.49	0.72
Vo9	1.95	0.65	1.27	0.86	0.30	2.99	3.86	2.36	2.93	0.80	0.49	3.19	0.07	1.14
Vo10	###	0.15	0.68	0.59	0.68	0.89	1.56	2.20	1.58	0.59	1.06	0.50	1.97	0.67
Vo11	1.65	1.99	1.87	4.29	4.17	2.63	2.29	1.55	0.72	3.16	2.20	1.62	0.74	3.17
Vo12	2.12	2.95	2.60	2.24	4.20	3.42	1.87	3.45	1.44	3.37	4.05	3.46	1.44	3.16
Vo13	2.97	2.00	2.01	2.92	3.16	2.88	2.92	2.34	1.83	2.14	3.24	4.21	0.81	3.05
Vo14	1.20	2.07	3.91	1.51	4.46	5.48	3.70	3.46	3.54	0.70	1.81	3.67	1.36	0.77
Vo15	1.24	0.39	1.69	1.52	1.10	1.82	3.17	1.09	2.50	0.86	1.12	2.42	0.41	0.79
Vo16	0.51	0.63	1.62	1.63	1.48	2.52	3.64	4.51	3.88	0.34	2.38	0.76	3.32	0.91
Vo17	0.48	1.50	0.46	0.73	1.28	1.46	2.69	3.98	3.08	0.39	0.58	2.32	2.91	0.30
Vo18	0.67	1.01	1.01	0.66	0.77	0.82	3.52	4.02	3.90	1.12	0.92	2.33	3.16	1.12
Vo19	1.89	1.31	1.48	2.08	1.51	1.39	3.23	3.46	3.64	1.27	1.97	1.48	3.38	1.75
Vo20	3.10	1.67	2.76	2.67	3.11	3.92	3.44	5.43	4.54	1.89	4.08	0.84	5.49	2.62
Vo21	4.78	5.35	4.65	5.16	4.70	4.70	2.14	3.92	2.99	4.23	6.12	5.24	4.98	3.89
Vo22	3.23	3.70	3.03	3.43	3.19	2.94	1.48	1.98	2.06	2.98	3.79	3.35	2.76	2.45
Vo23	3.88	4.70	3.91	4.34	4.21	3.95	2.57	3.15	3.08	3.55	4.55	4.19	3.63	2.86
Vo AVR.	2.16	1.57	1.85	1.96	2.15	2.41	2.47	2.61	2.34	1.46	1.99	2.22	1.89	1.53
Vi1	1.55	1.48	1.75	1.31	1.51	1.44	1.39	1.24	1.44	1.70	1.30	1.35	1.44	1.69
Vi2	1.16	1.55	1.55	1.24	1.17	1.68	1.12	1.14	1.06	1.46	1.52	2.27	1.17	1.44
Vi3	1.41	1.36	1.34	1.52	1.78	1.77	0.87	1.32	0.48	1.34	2.49	2.27	1.83	1.53
Vi4	2.32	2.11	2.50	2.33	2.60	2.94	2.04	2.20	2.41	2.06	2.42	2.89	2.36	2.19
Vi5	1.75	1.38	1.89	1.74	2.28	2.29	2.37	1.74	1.97	1.61	1.21	2.52	1.51	1.79
Vi6	3.25	3.22	3.33	3.31	3.49	3.62	3.25	3.26	3.29	3.15	3.22	3.66	3.21	3.15
Vi7	4.02	4.08	4.24	4.10	4.04	4.06	4.42	4.13	4.28	2.92	4.04	3.68	3.85	3.10
Vi8	3.15	3.15	3.18	3.24	3.05	3.07	3.67	3.77	3.52	2.27	2.95	2.12	3.03	2.46
Vi9	3.69	3.63	3.56	3.69	3.22	3.22	4.27	4.32	4.00	2.14	3.64	2.68	3.77	2.27
Vi10	2.55	2.57	2.58	2.61	2.60	2.63	2.58	2.60	2.58	2.48	2.59	2.62	2.60	2.58
Vi11	3.06	3.01	3.12	3.16	2.94	2.94	3.48	3.33	3.26	2.51	2.98	2.71	3.06	2.53
Vi12	2.75	2.54	2.65	2.80	2.47	2.52	2.98	3.06	2.87	1.95	2.77	2.10	3.04	2.04
Vi13	2.46	2.45	2.51	2.46	2.45	2.46	2.49	2.53	2.47	2.36	2.47	2.39	2.44	2.32
Vi14	1.63	1.70	1.64	1.66	1.72	1.59	1.80	1.71	1.82	1.52	1.62	1.59	1.73	1.58
Vi15	2.06	2.07	2.08	2.06	2.06	2.06	2.10	2.11	2.08	2.01	2.06	2.04	2.07	1.99
Vi16	2.01	2.02	1.99	1.99	2.00	2.05	2.03	2.09	1.99	1.84	2.04	1.99	2.01	1.92
Vi AVR.	2.43	2.39	2.49	2.45	2.46	2.52	2.55	2.53	2.47	2.08	2.46	2.43	2.44	2.16

**ตารางแสดงค่าความเร็วลม ณ ตำแหน่ง Vo1-Vo19 และ Vi1-Vi13
ของ SITE 4 หรือ GCR 40% ก่อน (ex) และหลังสร้างอาคาร 34 CASE**

site 4	ex	A			B					C					D						
		AA	A-1	A-2	BB-1	BB-2	B-1	B-2	B-3	B-4	CC-1	CC-2	CC-3	CC-4	CC-5	DD-1	DD-2	D-1	D-2	D-3	D-4
Vo1	2.46	0.87	0.27	1.09	1.31	0.29	2.51	2.95	2.38	1.44	3.33	0.97	1.70	2.09	1.20	0.62	0.36	3.79	1.24	2.91	0.62
Vo2	3.52	0.89	0.77	1.65	1.80	0.79	2.26	2.39	1.39	1.39	2.53	2.02	1.41	1.09	0.59	0.69	0.60	1.38	3.16	2.02	0.53
Vo3	1.44	0.66	0.81	1.64	1.92	0.40	1.32	1.55	1.86	1.75	1.25	0.26	0.17	1.04	0.70	0.87	0.95	0.87	1.68	2.07	0.65
Vo4	4.00	0.42	1.50	0.82	0.56	0.89	0.29	0.52	0.83	1.95	0.29	0.91	0.49	1.18	0.23	0.48	0.23	1.45	0.68	3.72	1.22
Vo5	1.26	0.41	1.54	0.58	0.61	0.90	2.02	1.00	3.52	0.70	0.55	0.30	1.90	1.78	0.13	0.24	0.16	0.34	0.58	0.79	1.33
Vo6	1.73	0.62	0.31	1.29	2.37	0.33	1.35	1.35	2.40	0.62	1.65	0.41	1.76	0.90	0.42	1.55	0.67	1.17	0.66	3.07	0.86
Vo7	2.78	0.78	0.45	0.70	1.58	0.95	0.90	2.34	1.28	0.90	0.92	2.40	1.30	0.72	0.49	0.88	0.33	0.87	3.42	0.99	0.81
Vo8	2.58	0.75	0.44	1.98	1.18	0.61	1.10	1.40	1.98	1.99	0.68	1.40	0.88	0.93	0.11	0.55	0.55	0.99	2.01	2.67	0.86
Vo9	4.10	0.39	1.02	3.20	0.18	1.19	1.29	2.65	2.39	3.42	0.18	2.33	3.24	1.55	0.23	0.06	0.96	0.81	3.42	4.26	1.01
Vo10	0.93	1.00	2.77	1.31	0.56	1.29	3.26	1.49	5.08	1.17	6.46	1.07	###	###	0.65	0.37	0.36	0.37	2.02	0.76	2.17
Vo11	1.99	1.08	0.43	0.71	2.72	0.57	3.57	0.56	2.87	0.51	3.07	0.71	2.65	4.39	3.10	1.85	0.52	5.62	0.69	0.85	1.60
Vo12	2.79	1.36	1.42	2.53	3.72	0.85	3.51	2.36	4.21	3.19	3.91	1.06	2.78	2.06	2.57	3.87	2.73	3.87	2.57	3.48	4.30
Vo13	1.71	1.60	1.24	5.96	3.36	1.20	2.07	0.94	6.33	5.79	5.64	2.19	2.33	2.36	1.81	3.00	1.72	3.94	2.21	4.16	2.82
Vo14	4.29	1.65	1.81	3.55	0.80	1.40	1.53	1.36	4.56	3.86	0.76	2.29	5.03	2.78	0.85	0.66	1.52	1.16	3.64	5.17	0.84
Vo15	3.86	1.23	0.54	2.55	1.55	1.21	0.49	1.75	2.50	2.82	0.66	1.94	1.22	0.36	0.15	0.75	0.37	0.34	3.20	3.08	0.30
Vo16	2.74	1.82	4.01	0.37	2.06	2.83	4.56	4.18	0.84	2.74	2.43	2.70	0.78	1.71	1.77	1.08	0.42	0.83	3.80	0.58	3.71
Vo17	1.10	1.95	2.38	2.92	1.05	1.25	2.83	2.07	2.81	1.98	2.17	1.54	1.49	1.54	1.71	1.35	1.00	1.19	2.57	2.69	3.47
Vo18	2.87	1.38	4.84	2.72	2.85	2.00	5.61	4.48	3.02	1.68	3.43	7.58	1.20	1.58	2.23	1.76	1.16	0.96	3.53	2.30	2.89
Vo19	3.04	1.30	4.40	1.67	2.94	2.96	5.15	4.27	1.20	2.55	1.69	2.83	1.64	1.62	0.97	0.96	0.51	1.29	3.19	1.29	2.98
Vo AVR.	2.52	1.51	2.05	2.32	2.05	1.69	2.75	2.45	2.92	2.54	2.38	2.21	2.71	2.46	1.36	1.53	1.22	2.01	2.35	2.59	2.20
Vi1	1.39	1.28	1.27	1.39	1.31	1.34	1.30	1.51	1.29	1.32	1.69	1.33	1.45	1.63	1.47	1.55	1.40	1.47	1.40	1.57	1.30
Vi2	1.37	1.44	1.50	2.00	1.63	1.24	1.71	1.34	2.05	2.28	1.71	1.97	0.93	1.16	1.29	1.03	1.17	1.50	1.11	1.90	1.08
Vi3	1.80	2.41	1.08	3.59	1.67	2.46	1.45	1.20	2.68	3.63	1.58	3.09	0.98	1.28	1.35	2.19	1.55	1.58	1.55	1.73	2.22
Vi4	2.97	2.26	2.33	2.73	2.62	2.37	2.29	2.65	2.84	2.75	2.80	2.72	2.46	2.43	2.06	2.16	2.32	2.50	2.37	2.50	2.41
Vi5	2.55	1.62	2.01	2.13	2.16	1.88	2.28	2.27	2.52	2.28	2.63	2.02	2.02	1.94	1.60	1.44	1.68	2.23	2.11	2.73	1.29
Vi6	3.56	3.50	3.44	3.62	3.56	3.47	3.53	3.50	3.73	3.75	3.65	3.48	3.33	3.31	3.17	3.23	3.27	3.59	3.29	3.58	3.29
Vi7	4.32	3.99	4.09	3.65	3.42	4.02	4.21	4.40	3.86	3.54	4.00	3.84	4.01	3.87	3.05	3.60	3.75	3.79	4.17	3.93	4.02
Vi8	3.33	2.40	3.11	2.10	2.63	2.67	2.85	3.30	2.32	2.26	2.78	2.58	3.49	3.28	2.81	2.80	3.08	2.80	3.57	2.65	3.35
Vi9	3.39	3.00	3.71	3.01	3.04	3.15	3.39	3.76	2.95	3.20	2.94	3.54	3.91	4.01	3.00	3.51	3.23	3.09	4.09	2.76	4.04
Vi10	2.59	2.61	2.56	2.71	2.65	2.61	2.59	2.66	2.65	2.73	2.68	2.62	2.60	2.56	2.53	2.56	2.58	2.66	2.63	2.64	2.55
Vi11	2.97	2.70	2.99	2.65	2.81	2.83	3.06	3.15	2.75	2.67	2.82	2.82	3.31	3.18	2.69	2.98	3.00	2.91	3.38	2.81	3.08
Vi12	2.54	2.33	2.58	2.24	2.31	2.35	2.60	2.75	2.30	2.63	2.36	2.57	2.87	2.71	2.37	2.62	2.44	2.48	3.02	2.26	2.72
Vi13	2.47	2.40	2.47	2.45	2.48	2.44	2.46	2.51	2.43	2.48	2.44	2.43	2.51	2.48	2.36	2.47	2.46	2.46	2.55	2.46	2.46
Vi AVR.	2.56	2.35	2.42	2.49	2.37	2.40	2.47	2.55	2.50	2.57	2.49	2.55	2.48	2.47	2.21	2.36	2.35	2.43	2.57	2.45	2.47

ตารางแสดงค่าความเร็วลม ณ ตำแหน่ง Vo1-Vo19 และ Vi1-Vi13
ของ SITE 4 หรือ GCR 40% ก่อน (ex) และหลังสร้างอาคาร 34 CASE (ต่อ)

site 4	E								F				G	
	EE-1	EE-2	EE-3	EE-4	E-1	E-2	E-3	E-4	F-1	F-2	F-3	F-4	G-1	G-2
Vo1	1.44	0.95	2.05	1.61	3.36	3.44	0.94	1.49	1.26	1.01	1.45	1.85	0.68	1.38
Vo2	1.85	0.69	1.75	1.57	1.81	1.95	3.32	2.68	2.70	0.96	1.19	1.54	0.79	1.40
Vo3	0.49	0.85	1.26	0.80	0.86	1.55	2.09	1.13	1.32	0.22	0.59	2.13	0.87	0.39
Vo4	1.00	0.24	0.53	1.23	0.13	0.48	0.82	1.27	0.98	0.33	0.25	0.78	1.42	0.66
Vo5	0.98	0.35	0.42	1.10	0.04	0.30	1.30	1.40	0.42	0.26	0.81	0.76	1.23	0.42
Vo6	2.07	1.44	1.57	1.41	3.00	2.66	0.62	0.66	0.42	1.81	1.13	2.05	0.49	0.99
Vo7	0.87	0.85	1.40	1.44	1.56	1.66	3.63	2.95	3.18	1.02	1.49	1.04	0.97	0.53
Vo8	1.03	0.66	0.68	1.30	0.42	1.53	1.95	1.48	1.78	0.62	0.43	1.42	0.49	0.72
Vo9	1.95	0.65	1.27	0.86	0.30	2.99	3.86	2.36	2.93	0.80	0.49	3.19	0.07	1.14
Vo10	###	0.15	0.68	0.59	0.68	0.89	1.56	2.20	1.58	0.59	1.06	0.50	1.97	0.67
Vo11	1.65	1.99	1.87	4.29	4.17	2.63	2.29	1.55	0.72	3.16	2.20	1.62	0.74	3.17
Vo12	2.12	2.95	2.60	2.24	4.20	3.42	1.87	3.45	1.44	3.37	4.05	3.46	1.44	3.16
Vo13	2.97	2.00	2.01	2.92	3.16	2.88	2.92	2.34	1.83	2.14	3.24	4.21	0.81	3.05
Vo14	1.20	2.07	3.91	1.51	4.46	5.48	3.70	3.46	3.54	0.70	1.81	3.67	1.36	0.77
Vo15	1.24	0.39	1.69	1.52	1.10	1.82	3.17	1.09	2.50	0.86	1.12	2.42	0.41	0.79
Vo16	0.51	0.63	1.62	1.63	1.48	2.52	3.64	4.51	3.88	0.34	2.38	0.76	3.32	0.91
Vo17	0.48	1.50	0.46	0.73	1.28	1.46	2.69	3.98	3.08	0.39	0.58	2.32	2.91	0.30
Vo18	0.67	1.01	1.01	0.66	0.77	0.82	3.52	4.02	3.90	1.12	0.92	2.33	3.16	1.12
Vo19	1.89	1.31	1.48	2.08	1.51	1.39	3.23	3.46	3.64	1.27	1.97	1.48	3.38	1.75
Vo AVR.	2.16	1.57	1.85	1.96	2.15	2.41	2.47	2.61	2.34	1.46	1.99	2.22	1.89	1.53
Vi1	1.55	1.48	1.75	1.31	1.51	1.44	1.39	1.24	1.44	1.70	1.30	1.35	1.44	1.69
Vi2	1.16	1.55	1.55	1.24	1.17	1.68	1.12	1.14	1.06	1.46	1.52	2.27	1.17	1.44
Vi3	1.41	1.36	1.34	1.52	1.78	1.77	0.87	1.32	0.48	1.34	2.49	2.27	1.83	1.53
Vi4	2.32	2.11	2.50	2.33	2.60	2.94	2.04	2.20	2.41	2.06	2.42	2.89	2.36	2.19
Vi5	1.75	1.38	1.89	1.74	2.28	2.29	2.37	1.74	1.97	1.61	1.21	2.52	1.51	1.79
Vi6	3.25	3.22	3.33	3.31	3.49	3.62	3.25	3.26	3.29	3.15	3.22	3.66	3.21	3.15
Vi7	4.02	4.08	4.24	4.10	4.04	4.06	4.42	4.13	4.28	2.92	4.04	3.68	3.85	3.10
Vi8	3.15	3.15	3.18	3.24	3.05	3.07	3.67	3.77	3.52	2.27	2.95	2.12	3.03	2.46
Vi9	3.69	3.63	3.56	3.69	3.22	3.22	4.27	4.32	4.00	2.14	3.64	2.68	3.77	2.27
Vi10	2.55	2.57	2.58	2.61	2.60	2.63	2.58	2.60	2.58	2.48	2.59	2.62	2.60	2.58
Vi11	3.06	3.01	3.12	3.16	2.94	2.94	3.48	3.33	3.26	2.51	2.98	2.71	3.06	2.53
Vi12	2.75	2.54	2.65	2.80	2.47	2.52	2.98	3.06	2.87	1.95	2.77	2.10	3.04	2.04
Vi13	2.46	2.45	2.51	2.46	2.45	2.46	2.49	2.53	2.47	2.36	2.47	2.39	2.44	2.32
Vi AVR.	2.43	2.39	2.49	2.45	2.46	2.52	2.55	2.53	2.47	2.08	2.46	2.43	2.44	2.16

ตารางแสดงค่าความเร็วลม ณ ตำแหน่ง Vo1-Vo18 และ Vi1-Vi9 ของ SITE 5 หรือ GCR 50% ก่อน (ex) และหลังสร้างอาคาร 34 CASE

site 5	A		B				C					D					E					F				G									
	AA	A-1	A-2	BB-1	BB-2	B-1	B-2	B-3	B-4	CC-1	CC-2	CC-3	CC-4	CC-5	DD-1	DD-2	D-1	D-2	D-3	D-4	EE-1	EE-2	EE-3	EE-4	E-1	E-2	E-3	E-4	F-1	F-2	F-3	F-4	G-1	G-2	
Vo1	1.10	1.27	1.37	1.22	1.25	1.40	1.44	1.51	1.29	1.31	1.22	1.41	1.33	1.20	1.36	1.37	1.45	1.35	1.41	1.19	1.56	1.35	1.33	1.38	1.42	1.59	1.30	1.52	1.58	1.48	1.39	1.58	1.19	1.46	1.26
Vo2	1.20	0.57	1.29	0.47	0.52	0.81	0.88	1.15	0.68	0.50	0.87	0.68	1.80	1.43	0.86	0.60	0.44	1.43	0.37	0.84	1.27	1.17	0.59	1.07	0.60	1.78	1.43	0.81	1.15	1.03	0.59	1.28	0.64	1.24	0.52
Vo3	1.99	2.59	3.92	2.48	3.67	4.22	3.73	4.09	1.44	1.60	3.76	3.22	2.21	1.14	4.44	3.81	2.79	2.65	1.06	1.26	4.55	2.87	1.99	1.53	4.04	2.53	2.14	1.37	4.94	3.71	5.28	4.59	0.71	4.20	5.40
Vo4	1.17	1.24	1.88	0.81	1.89	1.51	2.35	1.42	1.01	0.75	1.73	0.93	1.21	1.17	1.41	1.29	0.80	1.13	0.81	1.18	1.32	1.74	0.72	0.99	1.35	1.23	1.24	0.89	1.19	1.08	1.95	1.74	0.95	1.26	2.24
Vo5	0.53	0.65	0.68	0.74	0.94	0.68	0.87	0.40	0.59	0.65	1.16	0.37	0.21	0.18	0.19	0.36	0.18	0.61	0.31	0.46	0.65	0.60	0.24	0.18	0.30	0.15	0.37	0.26	0.37	0.48	0.66	0.37	0.59	0.63	0.55
Vo6	1.91	2.55	3.88	1.74	2.78	3.88	3.40	4.01	0.93	1.15	2.08	2.80	2.29	2.03	2.72	3.09	1.99	1.23	0.50	1.12	4.28	1.30	0.71	1.20	3.36	2.62	2.20	0.71	4.22	3.64	4.52	4.41	0.76	4.11	3.61
Vo7	0.63	1.00	1.60	0.70	1.14	0.91	1.73	0.83	0.63	0.40	1.25	0.26	0.59	0.92	0.93	0.99	0.46	0.81	0.43	0.81	0.77	1.53	0.67	0.47	1.18	0.51	0.92	0.29	0.43	0.46	1.50	1.13	0.54	0.60	1.27
Vo8	1.12	0.35	0.43	0.68	0.32	0.40	0.51	1.06	1.83	0.84	0.86	0.61	1.45	1.08	0.51	0.40	1.19	1.19	1.31	1.80	0.82	0.66	0.90	1.54	0.17	1.21	2.02	1.26	0.88	1.15	0.55	1.19	1.61	0.94	0.66
Vo9	2.07	0.81	1.07	0.65	1.14	0.89	1.08	0.82	0.53	0.56	1.43	0.42	1.28	1.20	0.77	1.31	1.21	1.32	1.39	0.90	0.82	1.77	1.26	1.20	1.55	1.00	0.85	1.62	1.01	1.15	1.33	1.27	0.33	0.53	1.82
Vo10	1.52	0.70	0.76	0.35	0.82	0.19	1.06	2.23	0.60	1.14	0.83	1.47	0.72	0.37	0.66	0.88	0.91	1.09	1.42	0.37	1.05	1.29	1.12	0.85	1.07	0.78	0.59	1.43	1.53	1.75	0.85	0.30	0.25	1.43	1.24
Vo11	1.58	0.60	1.05	0.78	0.74	0.54	1.34	0.68	0.70	0.32	1.11	0.93	1.01	1.17	0.78	0.62	0.59	0.47	0.89	0.70	0.83	0.83	0.48	0.96	0.54	0.13	1.06	0.90	0.74	0.72	0.57	0.99	0.50	0.88	0.68
Vo12	0.67	0.29	1.46	0.43	0.66	0.87	1.64	1.37	0.42	0.88	1.16	1.16	1.09	1.08	1.02	0.58	0.47	0.47	0.90	0.29	1.01	0.79	0.51	0.74	0.68	0.91	0.87	0.89	1.09	1.08	0.72	0.64	0.32	1.05	0.80
Vo13	2.23	1.32	4.77	0.91	1.90	2.20	4.78	0.33	0.99	1.79	3.46	2.60	2.14	2.44	2.34	0.45	0.47	1.38	2.21	0.81	2.97	1.20	0.51	0.91	0.42	1.40	1.69	1.93	3.15	3.31	0.57	2.39	1.10	2.86	1.24
Vo14	0.17	0.31	0.35	0.24	0.33	0.34	0.36	4.56	0.24	0.31	0.29	0.31	0.29	0.28	0.30	0.30	0.23	0.20	0.24	0.30	0.31	0.31	0.31	0.33	0.33	0.30	0.19	0.27	0.25	0.25	0.33	0.20	0.29	0.34	
Vo15	2.00	2.93	4.47	3.08	3.07	4.11	4.39	4.24	2.42	4.13	1.10	3.65	3.19	3.90	3.88	3.31	2.50	3.10	2.21	2.38	4.07	3.30	3.36	3.61	3.25	3.37	3.67	1.99	3.66	3.04	2.88	4.63	2.69	4.14	3.75
Vo16	0.98	1.72	1.62	1.89	1.80	1.51	1.64	1.33	1.67	1.51	1.66	1.56	1.22	1.17	1.37	1.54	1.82	1.77	1.01	1.42	1.36	1.58	1.73	1.44	1.65	1.67	1.39	0.96	1.30	1.19	1.72	1.69	1.68	1.26	1.68
Vo17	1.15	2.04	1.77	2.83	2.11	2.17	1.68	1.73	2.79	2.47	2.03	1.98	2.09	2.01	1.94	2.28	2.41	2.21	1.32	2.37	2.10	2.23	2.39	2.17	2.31	2.28	2.24	1.29	1.80	1.46	2.27	2.69	2.55	1.98	2.43
Vo18	0.94	1.60	1.58	1.67	1.56	1.46	1.62	1.48	1.55	1.46	1.53	1.30	1.13	1.09	1.18	1.33	1.44	1.64	0.93	1.26	1.21	1.38	1.55	1.25	1.44	1.58	1.27	0.89	1.14	1.09	1.69	1.43	1.46	1.19	1.43
Vo AVR	1.28	1.25	1.89	1.20	1.48	1.56	1.92	1.85	1.13	1.21	1.53	1.43	1.40	1.32	1.48	1.36	1.19	1.34	1.04	1.08	1.72	1.44	1.13	1.21	1.43	1.39	1.42	1.07	1.69	1.56	1.63	1.81	1.01	1.67	1.72
Vi1	2.05	3.01	1.48	3.98	2.25	3.05	1.83	1.57	2.83	4.01	2.20	3.38	1.47	1.58	1.68	2.64	2.12	1.87	1.52	2.35	2.81	1.86	2.26	1.76	2.02	1.99	2.14	1.42	2.08	1.74	1.78	2.86	2.80	2.29	1.91
Vi2	0.55	0.88	0.45	1.21	0.74	0.89	0.47	0.49	0.75	1.22	0.58	0.99	0.45	0.47	0.50	0.86	0.72	0.60	0.47	0.58	0.91	0.58	0.77	0.50	0.67	0.55	0.51	0.40	0.57	0.52	0.66	0.99	0.87	0.61	0.54
Vi3	2.46	1.23	2.16	1.46	1.73	1.47	2.22	2.19	2.04	1.77	2.27	1.32	2.01	2.01	2.06	1.07	1.61	2.01	1.98	2.25	1.38	1.84	1.54	1.91	1.61	2.33	2.36	2.02	1.75	1.86	1.92	1.14	1.81	1.57	2.13
Vi4	3.37	3.00	3.28	2.89	3.23	3.02	3.31	3.33	3.15	2.83	3.29	2.96	3.23	3.23	3.13	2.92	3.02	3.24	3.24	3.38	2.91	3.08	3.02	3.09	3.00	3.40	3.38	3.23	3.19	3.11	3.21	2.82	3.22	2.94	3.30
Vi5	2.98	1.89	2.76	1.49	2.38	1.96	2.74	2.74	2.37	1.58	2.69	1.86	2.80	2.64	2.60	1.51	2.25	2.52	2.77	2.81	1.71	2.53	2.14	2.64	2.22	2.79	2.84	2.87	2.37	2.64	2.42	1.43	2.34	1.93	2.62
Vi6	3.59	3.52	3.42	3.50	3.50	3.49	3.49	3.71	3.60	3.57	3.53	3.55	3.34	3.40	3.32	3.44	3.42	3.48	3.38	3.54	3.38	3.36	3.32	3.53	3.29	3.48	3.51	3.28	3.31	3.30	3.48	3.35	3.58	3.38	3.51
Vi7	2.49	2.28	2.55	2.29	2.48	2.31	2.51	2.44	2.44	2.24	2.47	2.41	2.40	2.48	2.46	2.20	2.37	2.53	2.47	2.58	2.27	2.47	2.36	2.40	2.37	2.55	2.52	2.40	2.34	2.47	2.36	2.21	2.40	2.08	2.51
Vi8	0.91	0.87	0.90	0.93	0.94	0.95	0.88	0.96	0.93	0.95	0.92	0.92	0.92	0.92	0.90	0.92	0.86	0.91	0.90	0.95	0.90	0.86	0.88	0.88	0.88	0.93	0.95	0.88	0.88	0.89	0.89	0.89	0.93	0.85	0.95
Vi9	1.56	1.49	1.30	1.58	1.58	1.45	1.55	1.38	1.53	1.52	1.52	1.40	1.31	1.39	1.43	1.28	1.55	1.51	1.37	1.59	1.33	1.31	1.47	1.45	1.36	1.47	1.57	1.11	1.21	1.38	1.50	1.40	1.50	1.29	1.54
Vi AVR	2.22	2.02	2.03	2.15	2.09	2.06	2.11	2.09	2.18	2.19	2.16	2.09	1.99	2.01	2.01	1.87	1.99	2.07	2.01	2.23	1.96	1.99	1.96	2.02	1.94	2.17	2.20	1.96	1.97	1.99	2.02	1.90	2.16	1.88	2.11

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ นางสาวสิริลักษณ์ วรรณธีระเดช

วันเดือนปีเกิด 25 มกราคม พ.ศ.2533

ประวัติการศึกษา

- ระดับประถมศึกษา โรงเรียนสุวรรณวงศ์

- ระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนธิดานุเคราะห์

- ระดับอุดมศึกษา สถาปัตยกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

- เข้าศึกษาหลักสูตรสถาปัตยกรรมมหาบัณฑิต กลุ่มวิชานวัตกรรมการออกแบบ
นิเวศสถาปัตยกรรม สาขาวิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในปีการศึกษา 2559

ประวัติการทำงาน

- พ.ศ.2556-ปัจจุบัน บริษัท เอ อาร์ เบย์ จำกัด

ตำแหน่ง สถาปนิก