

การเพิ่มประสิทธิภาพการระบายอากาศเพื่อความสบาย
ในโครงการจัดสรรบ้านแถวในเขตร้อน: การประเมินผลด้วยการจำลอง
และกรอบแนวทางการออกแบบ
Optimizing Comfort Ventilation in Tropical Townhouses:
A Simulation-Based Evaluation and Practical Design Framework
Article Type: Research Article

พิมลศิริ ประจางสาร^{1*} สัทธา ปัญญาแก้ว² และ ธัญวรัตน์ ศิลวัฒนาวงศ์³

¹ผู้ช่วยศาสตราจารย์ และ ²อาจารย์

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร กรุงเทพฯ 10200

³อาจารย์

คณะสถาปัตยกรรมและการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
กรุงเทพฯ 10800

Pimolsiri Prajongsan^{1*} Satta Panyakeow² and
Thanwarat Silawatanawongse³

¹Assistant Professor and ²Lecturer

Faculty of Architecture, Silpakorn University, Bangkok, 10200

³Lecturer

Faculty of Architecture and Design,

King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangkok, 10800

*Email: prajongsan_p@silpakorn.edu

บทคัดย่อ

โครงการจัดสรรบ้านแถวขนาดเล็กในกรุงเทพมหานครมักประสบปัญหาด้านการระบายอากาศ เนื่องจากข้อจำกัดของพื้นที่ที่มีความหนาแน่นสูงและลักษณะอาคารหน้าแคบลึกที่ขาดช่องเปิดด้านข้าง การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิภาพการระบายอากาศเพื่อความสบายของบ้านแถวรูปแบบทั่วไปและรูปแบบที่ใช้กลยุทธ์การออกแบบให้สอดคล้องกับสภาพภูมิอากาศโดยใช้การจำลองพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (CFD) จากกรณีศึกษาโครงการจริง และประเมินผลด้วยเกณฑ์ความเร็วลมขั้นต่ำ 0.3 เมตรต่อวินาที ตามมาตรฐาน ASHRAE 55-2020 ผลการศึกษาพบข้อสรุปสำคัญ 2 ระดับ ได้แก่ (1) ระดับผังโครงการ การหลีกเลี่ยงแนวอาคารยาวต่อเนื่อง โดยใช้การวางผังแบบสลับหว่างร่วมกับการกำหนดสัดส่วนถนนที่เหมาะสม ช่วยลดพื้นที่อับลมและดึงดูดลมเข้าสู่โครงการได้ดีขึ้น และ (2) ระดับอาคาร การคว้านมวลอาคารเพื่อเพิ่มช่องเปิดด้านข้างช่วยเปลี่ยนข้อจำกัดจากการระบายอากาศทางเดียวให้เป็นการระบายอากาศแบบลมผ่าน ประกอบกับการใช้โถงบันไดโปร่งบริเวณกึ่งกลางผังอาคารเพื่อทำหน้าที่เป็นปล่องระบายอากาศทางตั้ง กรอบแนวทางนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อขยายขอบเขตสถานะที่น่าสบายสำหรับโครงการจัดสรรบ้านแถวและโครงการที่อยู่อาศัยลักษณะใกล้เคียงกันในภูมิอากาศเขตร้อน

คำสำคัญ: การระบายอากาศตามธรรมชาติ; สภาวะน่าสบาย; บ้านแถว; โครงการจัดสรร; พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ

Abstract

Small-scale townhouse developments in Bangkok often face natural ventilation problems due to high-density sites and deep-plan building typologies that lack side openings. This study aims to evaluate the comfort ventilation performance of conventional townhouses and climate-responsive townhouse designs using Computational Fluid Dynamics (CFD) simulations based on a real project case study. The evaluation was benchmarked against the ASHRAE 55-2020 standard, using a minimum air velocity of 0.3 m/s as the target criterion. The results reveal key findings at two levels. First, at the layout level, avoiding continuous building rows through staggered layouts and appropriate street proportions can reduce wind-shadow areas and improve airflow penetration into the site. Second, at the building level, subtractive massing to create side openings can transform single-sided ventilation limitations into cross-ventilation opportunities. In addition, a centrally located permeable staircase can function as a vertical ventilation shaft. The proposed framework can be applied to extend the comfort range of townhouse developments and similar residential projects in tropical climates.

Keywords: natural ventilation; thermal comfort; townhouse; housing estate; computational fluid dynamics(CFD)

Received: April 15, 2026; **Revised:** May 25, 2026; **Accepted:** July 24, 2026

1. บทนำ

หลังจากประกาศของคณะกรรมการการจัดสรรที่ดินกลาง เรื่อง “กำหนดนโยบายการจัดสรรที่ดินเพื่อที่อยู่อาศัยและพาณิชย์กรรม” (ฉบับที่ 8) พ.ศ.2556 เป็นต้นมา จำนวนของโครงการจัดสรรขนาดเล็กพิเศษในพื้นที่กรุงเทพมหานครก็มีการขยายตัวเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยประกาศฯ ดังกล่าวกำหนดให้โครงการจัดสรรที่ดินในเขตกรุงเทพมหานครที่มีจำนวนแปลงย่อยไม่เกิน 32 แปลง และเนื้อที่เพื่อการจำหน่ายไม่เกิน 2 ไร่ สามารถทำได้ โดยไม่ต้องกันพื้นที่ไว้เพื่อจัดทำสาธารณูปโภค ประเภทสวน สนามเด็กเล่นหรือสนามกีฬา และกำหนดให้ขนาดของถนนที่ใช้เป็นทางเข้าออกสู่ที่ดินแปลงย่อยมีความกว้างของเขตทางไม่ต่ำกว่า 8 เมตร โดยมีความกว้างของผิวจราจรไม่ต่ำกว่า 6 เมตร (คณะกรรมการจัดสรรที่ดินกลาง, 2013)

จากการสำรวจโครงการจัดสรรขนาดเล็กพิเศษประเภทบ้านแถวในเขตกรุงเทพมหานคร 15 โครงการ พบว่าโครงการส่วนมากจัดสรรขนาดพื้นที่ต่อแปลงระหว่าง 28-30 ตารางวา มีการวางผังแบบตารางโดยจัดให้บ้านแถววางตัวยาวต่อเนื่องกันไม่เกินสิบคูหาหรือความยาวของแถวหนึ่ง ๆ รวมกันไม่เกิน 40 เมตร (กระทรวงมหาดไทย, 2000) มีระยะห่างระหว่างแถวตามความกว้างของเขตทางและระยะร่นตามกฎหมาย บ้านแถวมีพื้นที่ใช้สอยระหว่าง 200-300 ตร.ม. (3 ห้องนอน 4 ห้องน้ำ) สูง 3 ชั้น ถึง 3 ชั้นครึ่ง และมักมีหน้ากว้าง 5-5.7 เมตร เพื่อรองรับที่จอดรถ 2 คัน ซึ่งลักษณะการวางผังดังกล่าวส่งผลให้บ้านแถวมีลักษณะเป็นอาคารหน้าแคบ-ลึก และมีข้อจำกัดในการเจาะช่องเปิดด้านข้างอาคาร ซึ่งเป็นตัวแปรที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการระบายอากาศเพื่อความสบายภายในอาคาร

การศึกษาชิ้นนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิภาพการระบายอากาศภายในบ้านแถวในโครงการจัดสรรขนาดเล็กพิเศษจากโครงการจริง โดยทำการจำลองผลการออกแบบบ้านแถวที่แตกต่างกัน 2 รูปแบบ ได้แก่ รูปแบบทั่วไป (Conventional Design) และรูปแบบที่ใช้กลยุทธ์การออกแบบให้สอดคล้องกับสภาพภูมิอากาศ (Climate-Responsive Design) ผ่านการจำลองด้วยโปรแกรมพลศาสตร์ของไหล (Computational Fluid Dynamics หรือ CFD) ภายใต้สภาพอากาศของกรุงเทพมหานคร โดยประเมินผลเปรียบเทียบกับความเร็วลมเป้าหมายที่ 0.3 เมตรต่อวินาที ซึ่งเป็นความเร็วลมขั้นต่ำที่สามารถขยายขอบเขตสภาวะน่าสบายตามมาตรฐาน ASHRAE 55-2020 (Adaptive Comfort) เพื่อสังเคราะห์ถอดบทเรียน และนำเสนอกรอบแนวทางการออกแบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการระบายอากาศเพื่อความสบายสำหรับบ้านแถวในโครงการจัดสรรขนาดเล็กในภูมิอากาศเขตร้อน

2. วัตถุประสงค์

- (1) เพื่อประเมินประสิทธิภาพและระบุปัจจัยที่ส่งผลต่อการระบายอากาศเพื่อความสบายภายในโครงการจัดสรรบ้านแถวขนาดเล็ก
- (2) เพื่อเสนอแนะกรอบแนวทางการออกแบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการระบายอากาศสำหรับโครงการลักษณะดังกล่าว

3. วิธีกรรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 การระบายอากาศเพื่อความสบาย

การระบายอากาศเพื่อความสบาย (Comfort Ventilation) เป็นหนึ่งในกลยุทธ์การออกแบบอาคารให้สอดคล้องกับสภาพภูมิอากาศเขตร้อนชื้น โดยมีหลักการว่าการเพิ่มความเร็วลมสัมผัสผิวกายจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการระบายของเหงื่อที่ผิวหนัง ส่งผลให้เกิดความเย็นทางสรีรวิทยา (Physiological Cooling Effect) ทำให้ผู้อยู่อาศัยรู้สึกสบายขึ้น (Allard, 1998; Givoni, 1994; Szokolay, 2008) ประสิทธิภาพของการระบายอากาศเพื่อความสบายจึงขึ้นอยู่กับความเร็วลมที่สัมผัสผิวกายซึ่งมีกลไกหลัก คือ การระบายอากาศจากแรงลม (Wind-Driven Ventilation) ที่เกิดจากความแตกต่างของความดันอากาศระหว่างสองพื้นที่ โดยอากาศจะเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีความดันอากาศสูงกว่าไปยังบริเวณที่มีความดันอากาศต่ำกว่า และจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงขึ้นเมื่อความแตกต่างของความดันอากาศเพิ่มสูงขึ้น

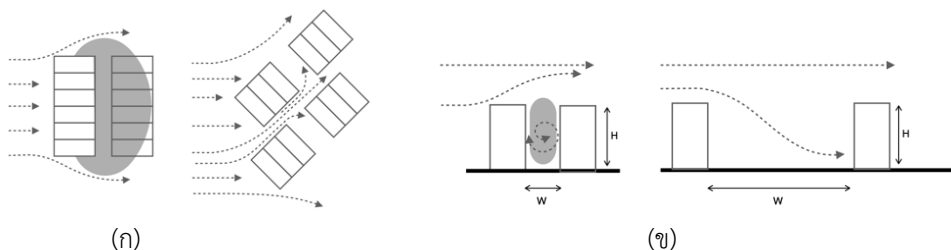
กรอบแนวคิดของการระบายอากาศเพื่อความสบายภายในอาคารจึงเป็นการใช้ประโยชน์จากความแตกต่างของความดันอากาศที่เปลือกอาคาร เพื่อสร้างโอกาสให้พื้นที่ใช้สอยภายในอาคารได้รับความเร็วลมที่สามารถขยายขอบเขตสภาวะน่าสบายได้ ทั้งนี้ เปลือกอาคารแต่ละจุดมีค่าสัมประสิทธิ์ความดันอากาศ (Wind-Pressure Coefficient หรือ C_p) แตกต่างกัน โดยค่า C_p คือ ค่าอัตราส่วนของแรงดันลมที่กระทำต่อผิวอาคาร หรือส่วนของอาคารเปรียบเทียบกับแรงดันลมที่เกิดจากความเร็วลมในสภาพอากาศเปิด โดยอาคารด้านปะทะลมจะมีค่า C_p เป็นค่าบวก ส่วนอาคารด้านท้ายลมจะมีค่า C_p เป็นลบ ดังนั้น ประสิทธิภาพการระบายอากาศเพื่อความสบายจึงขึ้นอยู่กับปัจจัยหลัก 2 กลุ่ม ได้แก่ (1) ปัจจัยภายนอก ได้แก่ ทิศทางและความเร็วลมในพื้นที่ และ (2) ปัจจัยด้านการออกแบบ ได้แก่ การวางผังอาคาร การออกแบบอาคาร และการออกแบบช่องเปิด (Allard, 1998; Givoni, 1994; Givoni, 1998)

3.2 การออกแบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการระบายอากาศจากแรงลม

(1) การวางผังอาคาร

กรอบแนวคิดหลักในการวางผังอาคาร ได้แก่ การมองหาโอกาสเพื่อใช้ประโยชน์จากลมในพื้นที่ตั้งให้ได้มากที่สุด ซึ่งทิศทางลมในพื้นที่มักมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาและมักได้รับอิทธิพลจากสิ่งกีดขวางหรืออาคารโดยรอบ

ผู้ออกแบบจึงจำเป็นต้องพิจารณาบริบทโดยรอบร่วมด้วย โดยกลยุทธ์การวางผังอาคารประกอบด้วย การวางทิศทางอาคารทำมุม 30° - 45° กับทิศทางลมประจำของพื้นที่ เพื่อเปิดโอกาสให้ช่องเปิดทางเข้าและทางออกลมอยู่ในตำแหน่งที่มีค่า C_p แตกต่างกัน และป้องกันการเกิดพื้นที่เงาที่อาคารด้านหลัง (Givoni, 1994; Hyde, 2000) ไม่ควรวางผังอาคารยาวต่อเนื่องจนบดบังลมอาคารด้านท้ายลม โดยอาจวางผังอาคารให้มีลักษณะสลับหว่างเพื่อลดการเกิดพื้นที่เงาด้านหลังอาคาร (Allard, 1998; Awbi, 2003) (ภาพที่ 1 ก) นอกจากนี้ยังควรคำนึงถึงสัดส่วนระหว่างความสูงของอาคารและระยะห่างระหว่างอาคาร (H:W) ซึ่งหาก H:W มากจะส่งผลให้เกิดลมพัดข้ามเหนืออาคาร (Skimming Flow) ทำให้อาคารท้ายลมไม่ได้รับลม โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่บริเวณชั้นล่าง (Allard, 1998; Givoni, 1998) (ภาพที่ 1 ข) โดยการศึกษาของ Oke (1987 อ้างถึงใน Cocci Grifoni และคณะ, 2013) กล่าวว่า สัดส่วน H:W มากกว่า 1:1.5 จะส่งผลให้เกิดลมพัดข้ามเหนืออาคารเมื่อทิศทางลมปะทะตั้งฉากกับแนวอาคาร และเสนอแนะว่า H:W ควรมีค่าน้อยกว่า 1:3.3 เพื่อลดโอกาสการเกิดปรากฏการณ์ดังกล่าว ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 อิทธิพลของการวางผังต่อการระบายอากาศ: (ก) การลดพื้นที่เงาหลังด้วยผังแบบสลับหว่างทำมุมทแยงกับทิศทางลม และ (ข) สัดส่วน H:W และปรากฏการณ์ลมพัดข้ามเหนืออาคาร

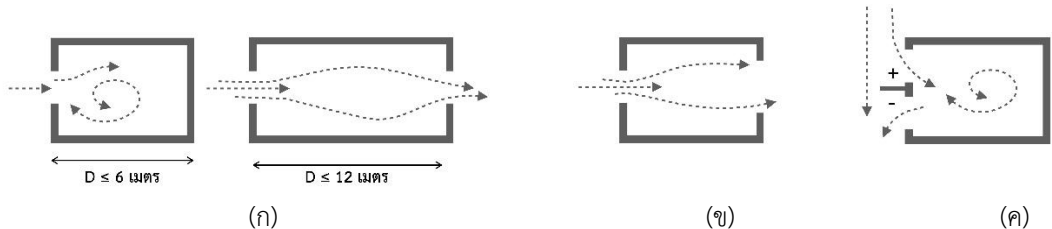
(2) การออกแบบอาคาร

กรอบแนวคิดหลักในการออกแบบอาคาร ได้แก่ การสร้างโอกาสในการใช้การระบายอากาศแบบลมผ่าน (Cross Ventilation) ที่ต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพ โดยกลยุทธ์ประกอบด้วย การออกแบบรูปทรงอาคารให้มีสัดส่วนพื้นที่เปลือกอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยมากเพื่อเพิ่มโอกาสในการเจาะช่องเปิดมากกว่า 1 ช่อง สำหรับพื้นที่ใช้สอยแต่ละพื้นที่ (Allard, 1998; Givoni, 1994) ไม่ควรกั้นพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารที่เป็นการกีดขวางกระแสลม ระหว่างช่องเปิดทางเข้าและทางออกลมเพื่อสร้างการระบายอากาศแบบลมผ่านที่ต่อเนื่อง รูปทรงอาคารไม่ควรกว้างหรือลึกจนเกินไปจนไม่สามารถใช้การระบายอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยสัดส่วนความสูงต่อความลึกของพื้นที่ใช้สอย (H:D) ไม่ควรเกิน 1:2 - 1:2.5 หรือลึกไม่เกิน 6 เมตร หรือมีสัดส่วนของพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ใช้สอยไม่เกิน 1:20 (Passe & Battaglia, 2015) ในกรณีการระบายอากาศทางเดียว (Single-sided ventilation) และ H:D ไม่ควรเกิน 1:5 หรือลึกไม่เกิน 12 เมตร ในกรณีการระบายอากาศแบบลมผ่าน (Awbi, 2003; CIBSE, 1997; Hyde, 2000; Klevien, 2003)

(3) การออกแบบช่องเปิด

กรอบแนวคิดหลักในการออกแบบช่องเปิด ได้แก่ การสร้างโอกาสให้พื้นที่ใช้สอยหลักได้รับความเร็วลมที่ต้องการ โดยกลยุทธ์ประกอบด้วย การออกแบบตำแหน่งช่องเปิดทางเข้าและทางออกลมที่เอื้อให้เกิดกระแสลมพัดผ่านพื้นที่ใช้สอย (Givoni, 1998; Hyde, 2000; Olgyay, 1992) โดยช่องเปิดทางเข้าลมควรมีขนาดใกล้เคียงหรือขนาดเล็กกว่าทางออกลมเพื่อให้เกิดปรากฏการณ์เวนจูรี (Venturi Effect) เร่งความเร็วของกระแสลมที่เข้าสู่อาคารไปยังพื้นที่ใช้สอย (Awbi, 2003; Givoni, 1994) (ภาพที่ 2 ข) เลือกประเภทของช่องเปิดที่มีพื้นที่เปิดโล่ง

มาก เช่น หน้าต่างบานเปิด (Awbi, 2008; CIBSE, 1997) นอกจากนี้ องค์ประกอบอาคาร เช่น ผนังครึ่ง (Wing-Wall) หรือแผงบังแดดทางตั้ง สามารถช่วยลดอุณหภูมิและเพิ่มความแตกต่างของความดันอากาศที่ช่องเปิดเพื่อเร่งความเร็วลมเข้าสู่อาคารได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรณีที่เกิดทางลมขนานกับช่องเปิด (Givoni, 1994) ดังแสดงในภาพที่ 2 ค



ภาพที่ 2 อิทธิพลของการออกแบบอาคารและช่องเปิดต่อการระบายอากาศ: (ก) ความลึกของพื้นที่ใช้สอย (D) กรณีการระบายอากาศแบบทางเดียวและการระบายอากาศแบบลมผ่าน (ข) การใช้ปรากฏการณ์เวนจูรีจากสัดส่วนช่องเปิด และ (ค) การใช้ผนังครึ่งเพื่อตัดกระแสลม

จากการทบทวนทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง พบว่า ลักษณะทางกายภาพของโครงการจัดสรรบ้านแถวบนที่ดินขนาดเล็กมีข้อจำกัดในการใช้การระบายอากาศเพื่อความสบายในหลายประเด็น เช่น ที่ตั้งของโครงการที่มักอยู่ในพื้นที่ความหนาแน่นสูง ลักษณะการวางผังโครงการแบบกริดที่มีบ้านแถววางตัวต่อเนื่องยาวและมีสัดส่วน $H:W$ สูง รูปทรงอาคารมีลักษณะหน้าแคบ-ลึกและมีข้อจำกัดในการเจาะช่องเปิดทางด้านข้างอาคาร และการจัดวางพื้นที่ใช้สอยซ้อนกันทางผัง เป็นต้น ซึ่งข้อจำกัดดังกล่าวต่างก็ส่งผลกระทบต่อการใช้การระบายอากาศเพื่อความสบายอย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งภายใต้สภาพอากาศของกรุงเทพมหานครซึ่งมีความเร็วลมตั้งต้นเฉลี่ยต่ำตลอดทั้งปี

4. กรอบแนวคิด

การศึกษาชิ้นนี้ มีกรอบแนวคิดในการถอดบทเรียนจากการออกแบบโครงการจัดสรรบ้านแถวบนที่ดินขนาดเล็กในเขตกรุงเทพมหานคร ผ่านการจำลองผลด้วยโปรแกรมพลศาสตร์ของไหล โดยทำการจำลองบ้านแถว 2 รูปแบบบนพื้นที่ตั้งเดียวกัน ได้แก่ รูปแบบทั่วไป และรูปแบบที่ใช้กลยุทธ์การออกแบบให้สอดคล้องกับสภาพภูมิอากาศ โดยข้อค้นพบที่ได้จะถูกนำมาสังเคราะห์เป็นกรอบแนวทางการออกแบบบ้านแถวในโครงการจัดสรรขนาดเล็ก ทั้งนี้ การประเมินประสิทธิภาพในการศึกษาอ้างอิงความเร็วลมเป้าหมาย 0.3 เมตรต่อวินาที ซึ่งเป็นความเร็วลมขั้นต่ำที่สามารถขยายขอบเขตสถานะน่าสบายได้ตามมาตรฐานของ ASHRAE 55-2020 (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers [ASHRAE], 2021)

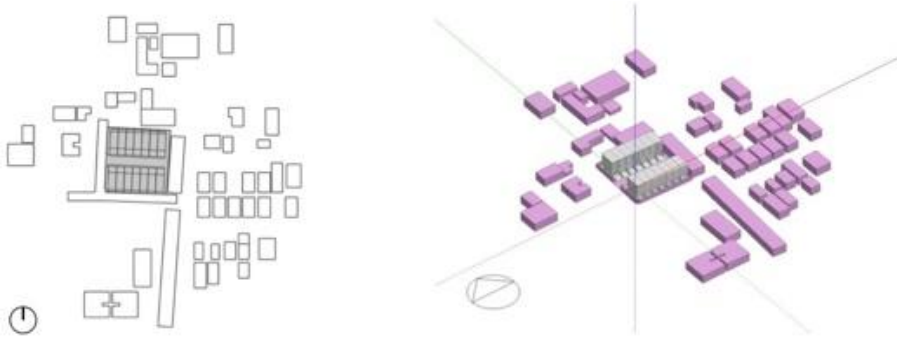
5. วิธีการศึกษา

จากกรอบแนวคิดและวัตถุประสงค์การศึกษา สามารถแบ่งวิธีการศึกษาตามขั้นตอนได้ดังนี้

5.1 การสำรวจรูปแบบโครงการจัดสรรบ้านแถวและการกำหนดกรณีศึกษา

ขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยได้สำรวจโครงการฯ ในเขตกรุงเทพมหานคร 15 โครงการ เพื่อวิเคราะห์ลักษณะร่วมพื้นฐานของโครงการจัดสรรบ้านแถวสำหรับใช้เป็นข้อมูลในการกำหนดลักษณะของกรณีศึกษาทั้ง 2 รูปแบบ และทำการคัดเลือกโครงการกรณีศึกษาที่มีอยู่จริงเพื่อใช้กำหนดบริบทที่ตั้งและลักษณะทางกายภาพของโครงการในการศึกษา โดยมีเกณฑ์การคัดเลือกโครงการดังนี้ (1) โครงการมีลักษณะทางกายภาพที่สอดคล้องกับลักษณะร่วมพื้นฐาน สามารถเป็นตัวแทนของโครงการจัดสรรขนาดเล็กในเขตเมืองได้ (2) ผู้วิจัยสามารถเข้าถึงข้อมูลเชิงลึกทั้ง

แนวความคิดและรายละเอียดในการออกแบบได้ และ (3) ผู้วิจัยสามารถเข้าพื้นที่โครงการจริงเพื่อทำการสำรวจ (Field Measurement) ในการทวนสอบความถูกต้องของแบบจำลองภายใต้บริบทสภาพแวดล้อมจริงได้ โดยโครงการกรณีศึกษาดังกล่าวตั้งอยู่ในเขตชุมชนบนขนาดพื้นที่ดินประมาณ 485 ตร.ว. มีความกว้างต่อความยาวประมาณ 43x45 ตร.ม. จัดสรรเป็นบ้านแถว 14 คูหา วางเรียงเป็น 2 แถว โดยมีความกว้างถนน 8 ม. ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ผังโครงการและบริบทโดยรอบของโครงการกรณีศึกษา (ซ้าย) ผังโครงการและบริบท และ (ขวา) ภาพโมเดลโครงการและบริบทจากโปรแกรม DesignBuilder

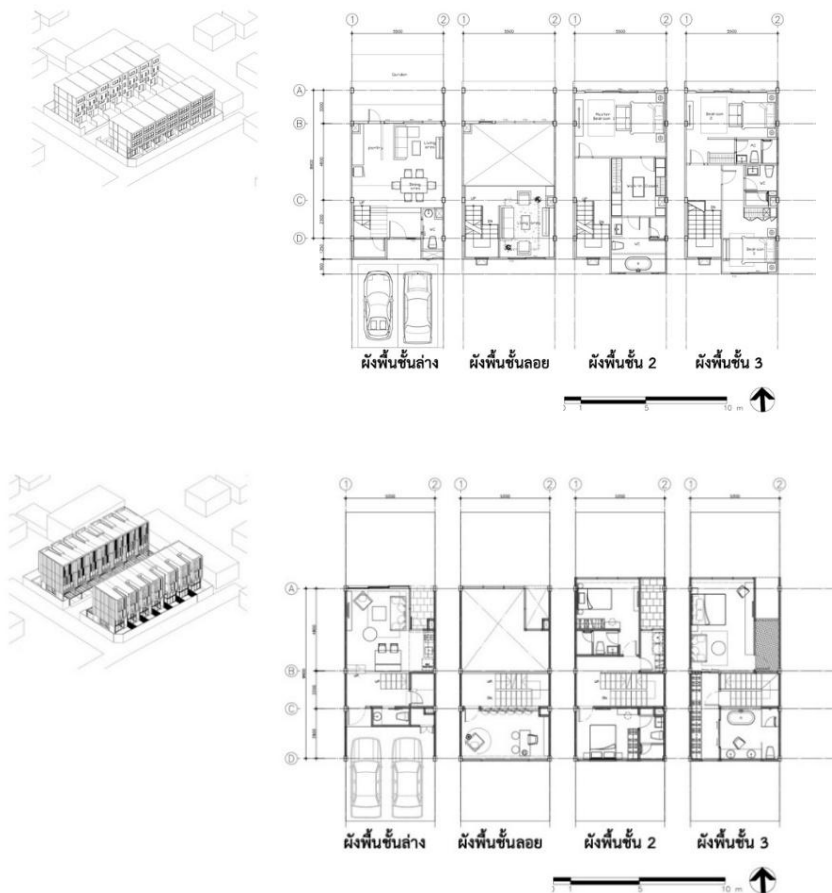
ทั้งนี้ บ้านแถวรูปแบบที่ใช้กลยุทธ์การออกแบบฯ มีลักษณะแตกต่างจากบ้านแถวรูปแบบทั่วไป ดังนี้ (1) มีการคว้านพื้นที่ใช้สอยบางส่วนเพื่อเพิ่มโอกาสในการเจาะช่องเปิดด้านข้าง (2) ลดการจัดพื้นที่ใช้สอยซ้อนกันทางฝั่งเพื่อลดการกีดขวางเส้นทางของกระแสลมและเพิ่มโอกาสในการใช้การระบายอากาศแบบลมผ่านที่ต่อเนื่อง (3) ใช้โครงสร้างบันไดโปร่งและวางตำแหน่งบันไดบริเวณกึ่งกลางฝั่งร่วมกับการเจาะช่องเปิดที่ต่างระดับชั้นเพื่อลดความทึบตันของปริมาตรบันไดและเพิ่มโอกาสในการระบายอากาศระหว่างพื้นที่ใช้สอย และ (4) เพิ่มแผงบังแดดทางตั้งเพื่อช่วยดักลมเข้าสู่อาคารในพื้นที่ที่มีช่องเปิดทางเดียว ดังแสดงในภาพที่ 4

5.2 การศึกษาความน่าเชื่อถือของโปรแกรมจำลองพลศาสตร์ของไหล

ขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของผลการจำลองความเร็วลมภายในอาคารด้วยฟังก์ชัน External CFD ของโปรแกรม DesignBuilder (Version 5) (DesignBuilder Software Ltd., 2006) โดยเปรียบเทียบกับข้อมูลจากการสำรวจในสถานการณ์จริง โดยผู้วิจัยได้ทำการตรวจวัดและบันทึกความเร็วลมภายในบ้านแถวรูปแบบที่ใช้กลยุทธ์การออกแบบฯ ที่ระดับความสูงประมาณ 1.20 เมตรจากระดับพื้น ภายในห้องนั่งเล่น-พักผ่อนบริเวณชั้นล่างจำนวน 3 จุด (1A, 1B และ 1C) และภายในห้องนอนใหญ่บริเวณชั้น 3 จำนวน 3 จุด (3A, 3B และ 3C) (ภาพที่ 5) ด้วยเครื่องมือ Testo405NTC Thermal Anemometer โดยบันทึกข้อมูลแต่ละจุดทุก 5 นาที ระหว่างเวลา 12:00-13:10 น. ของวันที่ 26 ตุลาคม พ.ศ. 2564 รวม 15 ชุดข้อมูล เพื่อใช้เปรียบเทียบกับผลการจำลองที่มีความเร็วลมนำเข้าที่ระดับ 10 เมตรเหนือพื้นดินเป็น 1 เมตรต่อวินาที และทิศทางลมมาจากทางทิศเหนือ (อ้างอิงจากการสำรวจในพื้นที่ ณ วันที่ทำการสำรวจ)

ทั้งนี้ เกณฑ์ในการเลือกพื้นที่และตำแหน่งตรวจวัดดังกล่าว ประกอบด้วย (1) ห้องนั่งเล่นและห้องนอนใหญ่ถือเป็นพื้นที่ใช้งานหลักและเป็นพื้นที่เป้าหมายสำคัญในการศึกษานี้ (2) การเลือกพื้นที่ซึ่งตั้งอยู่ต่างระดับชั้นกัน (ชั้นล่างและชั้น 3) ทำให้สามารถสังเกตและประเมินผลกระทบของพฤติกรรมการไหลของอากาศที่ระดับความสูงต่างกันได้อย่างครอบคลุม และ (3) การกำหนดจุดตรวจวัด 3 จุดภายในแต่ละห้องนั้น มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เป็น

ตัวแทนของกระแสลมในแต่ละระยะ ได้แก่ พื้นที่ใกล้ช่องเปิดทางเข้าลม พื้นที่ใกล้ช่องเปิดทางออกลม และพื้นที่ระหว่างเส้นทางการเคลื่อนที่ของกระแสลมระหว่างช่องเปิดทั้งสอง

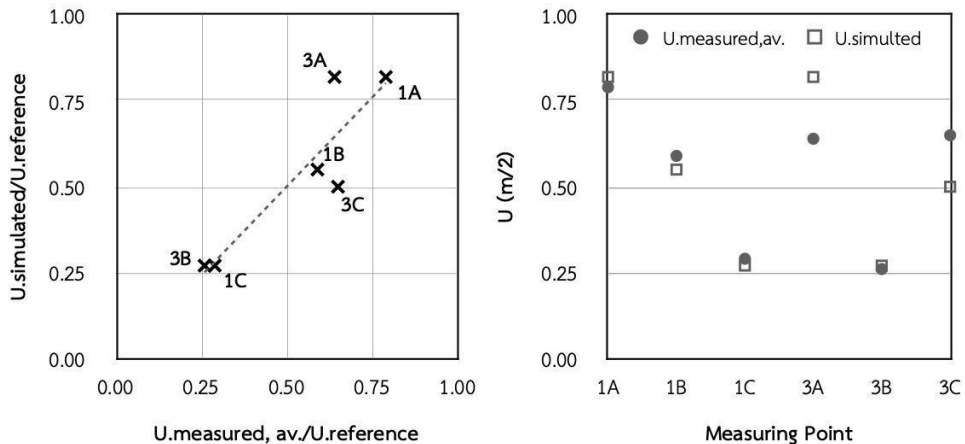


ภาพที่ 4 ภาพ 3 มิติและผังพื้นที่ของบ้านแถวกรณีศึกษา (บน) รูปแบบทั่วไป และ (ล่าง) รูปแบบที่ใช้กลยุทธ์การออกแบบฯ



ภาพที่ 5 บ้านแถวที่ใช้ในการสำรวจ (ก) ตำแหน่งของบ้านแถว (ข) ภาพด้านหน้าของบ้านแถว และ (ค) ตำแหน่งในการสำรวจที่ระดับชั้นล่างและชั้น 3 ตามลำดับ

ผลการศึกษาจากการเปรียบเทียบ (ภาพที่ 6) แสดงให้เห็นว่า ความเร็วลมจากการสำรวจและจากการจำลองด้วยโปรแกรมมีความใกล้เคียงกัน โดยอัตราส่วนระหว่างความเร็วลมเฉลี่ยแต่ละจุดจากการสำรวจ ($U_{measured, av.}$) และความเร็วลมแต่ละจุดจากการจำลอง ($U_{simulated}$) ต่อความเร็วลมตั้งต้น ($U_{reference}$) มีความเบี่ยงเบนระหว่าง -28% และ 23% ทั้งนี้มีข้อสังเกตว่า ความเร็วลมจากการสำรวจมีค่าอยู่ระหว่าง 0.05-1.46 เมตรต่อวินาที ซึ่งเป็นความเร็วลมที่ต่ำจึงส่งผลให้ค่าอัตราความเบี่ยงเบนสูงทั้งที่ความเร็วลมแตกต่างกันเพียง -0.03 ถึง 0.15 เมตรต่อวินาทีเท่านั้น ผลการเปรียบเทียบจึงถือว่าผลจากการจำลองมีความถูกต้องอยู่ในระดับที่ยอมรับได้

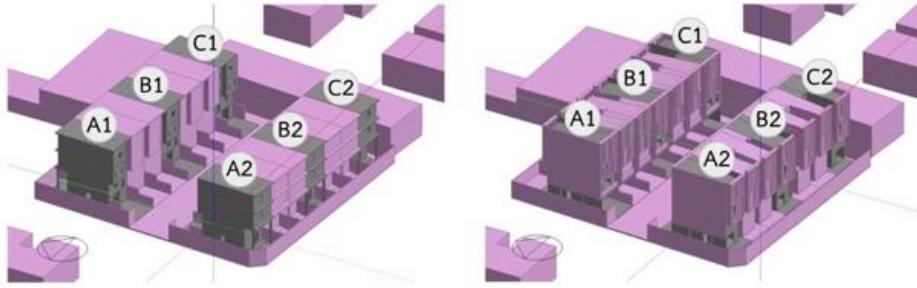


ภาพที่ 6 ผลการเปรียบเทียบความเร็วลมจากการสำรวจและจากการจำลองด้วยโปรแกรม (ซ้าย) อัตราส่วนความเร็วลมต่อความเร็วลมตั้งต้น และ (ขวา) ความเร็วลมแต่ละจุดสำรวจ

5.3 การจำลองและวิเคราะห์ผล

ขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจำลองผลความดันอากาศในระดับผังโครงการ และความเร็วลมภายในพื้นที่ใช้สอยหลักของบ้านแถวกรณีศึกษาทั้ง 2 รูปแบบในระดับอาคาร โดยใช้ฟังก์ชัน External CFD ของโปรแกรม DesignBuilder (Version 5) เพื่อนำผลไปประเมินและสังเคราะห์ถอดบทเรียนการออกแบบทั้งในระดับผังและระดับอาคาร โดยในการศึกษาเลือกใช้ฟังก์ชัน External CFD ซึ่งจำลองผลที่เกิดจากอิทธิพลของการระบายอากาศจากแรงลมเป็นหลักโดยไม่ได้นำอิทธิพลของการระบายอากาศที่เกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิ (Stack-Driven Ventilation) เข้ามาจำลองด้วย เพื่อลดภาระในการจำลองผลและตรงกับเป้าหมายการศึกษาที่เน้นการระบายอากาศเพื่อความสบายซึ่งเป็นการระบายอากาศที่เกิดจากแรงลมเป็นหลัก

ในการจำลองผล ผู้วิจัยกำหนดข้อสันนิษฐานเบื้องต้นไว้ดังรายละเอียดในตารางที่ 1 โดยเลือกจำลองผลบ้านแถวที่ตั้งอยู่ในตำแหน่งต่างกัน 6 คูหา ในแต่ละรูปแบบ (A1, A2, B1, B2, C1 และ C2 ในภาพที่ 7) เพื่อใช้เป็นตัวแทนในการศึกษา โดยมีเหตุผลสนับสนุน คือ (1) คูหาที่อยู่บริเวณริมสุดทั้งสองด้านและคูหาบริเวณกึ่งกลางของแถวอาคารสามารถเป็นตัวแทนของรูปแบบการรับกระแสลมที่แตกต่างกันครอบคลุมความเป็นไปได้ส่วนใหญ่ที่แต่ละคูหาในโครงการจะได้รับ และ (2) การคัดเลือกคูหาจากอาคาร 2 แถวที่ตั้งอยู่ตรงข้ามกัน ช่วยสะท้อนผลกระทบของมุมปะทะลมที่แตกต่างกันได้อย่างครบถ้วน โดยผู้วิจัยเลือกประเมินประสิทธิภาพการระบายอากาศเพื่อความสบายภายในพื้นที่ใช้สอยหลัก ได้แก่ ห้องนั่งเล่น-พักผ่อน และห้องนอนใหญ่ จากความเร็วลมตั้งต้น 1 เมตรต่อวินาที (ที่ระดับ 10 เมตรเหนือพื้นดิน) จาก 3 ทิศทาง ได้แก่ ทิศใต้ (180°) ทิศตะวันตกเฉียงใต้ (203°) และทิศตะวันตก (270°) อ้างอิงจากข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยรายสามชั่วโมงและทิศทางลมหลักคาบ 10 ปี (พ.ศ. 2553-2562) จากสถานีตรวจวัดอากาศกรุงเทพมหานคร ของกรมอุตุนิยมวิทยา ดังแสดงในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 บ้านแถวที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลทั้ง 6 คูหา (ซ้าย) รูปแบบทั่วไป และ (ขวา) รูปแบบที่ใช้กลยุทธ์การออกแบบฯ

ตารางที่ 1 ข้อสันนิษฐานในการจำลองด้วยฟังก์ชัน External CFD ของโปรแกรม DesignBuilder

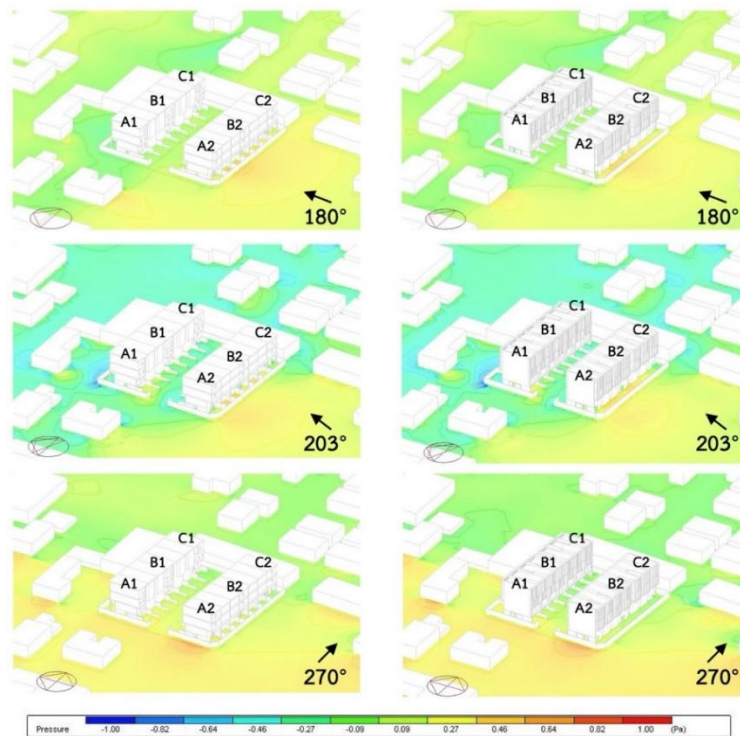
ข้อมูลนำเข้า	ข้อสันนิษฐาน
ความเร็วลมตั้งต้นและทิศทางลม	ความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที (ที่ระดับ 10 เมตรเหนือพื้นดิน) ทิศทางลม 3 ทิศทาง ได้แก่ ทิศใต้ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ และทิศตะวันตก
Terrain Roughness	Urban area (อ้างอิงจาก ASHRAE Fundamentals)
Turbulence Model & Wind Profile	<i>k-epsilon</i> & Power Law
Iteration	1,000 รอบ หรือผลการจำลองเป็น “Convergence”
Calculation Domain	Factor = 3 เท่าของขอบเขตโมเดล (แกน x, y, z)
Mesh Generation	Grid Type: <i>Non-uniform</i> ; Grid spacing: 5m; Grid-line merge tolerance: 0.5m
Openings	การจำลองช่องเปิดใช้การเจาะช่องในโมเดลตามขนาดช่องเปิด เพื่อเป็นตัวแทนของหน้าต่างและประตูที่เปิดเต็มบาน

6. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

จากการจำลองบ้านแถวทั้ง 2 รูปแบบภายใต้ข้อสันนิษฐานก่อนหน้า สามารถอภิปรายผลและสังเคราะห์ถอดบทเรียนจากการออกแบบได้ดังนี้

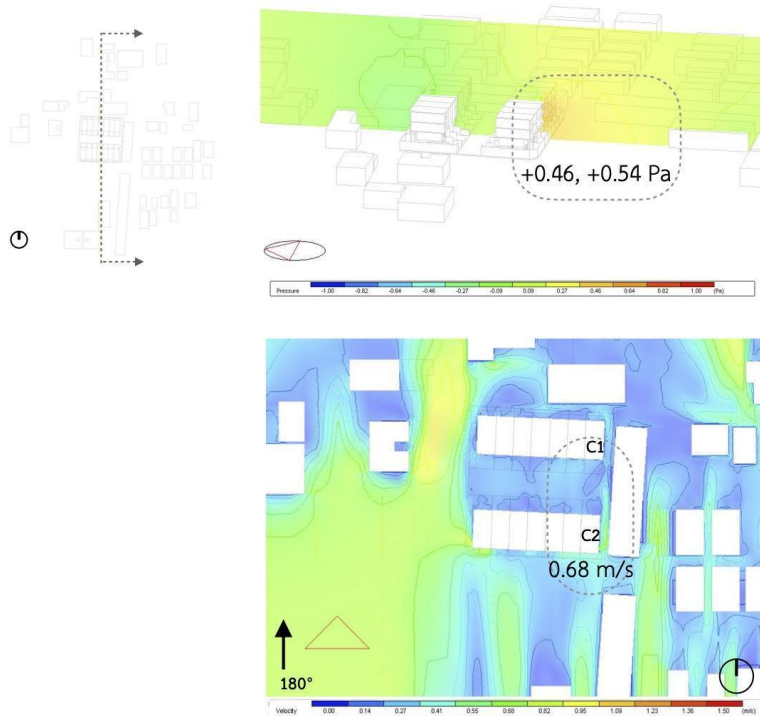
6.1 ผลการศึกษาและบทเรียนในระดับผังโครงการ

การจำลองผลความดันอากาศในระดับผังโครงการ มีเป้าหมายเพื่อศึกษาอิทธิพลของบริบทโดยรอบและลักษณะการวางผังของโครงการที่มีต่อโอกาสและข้อจำกัดในการใช้การระบายอากาศจากแรงลมของบ้านแถวในโครงการ โดยผลการจำลองในภาพที่ 8 สะท้อนให้เห็นว่า พื้นที่ว่างและอาคารโดยรอบส่งผลต่อทิศทางลมที่โครงการได้รับ ดังแสดงในภาพที่ 8



ภาพที่ 8 ผลการจำลองความดันอากาศที่ระดับความสูง 1.50 ม. จากลม 3 ทิศทาง
(ซ้าย) รูปแบบทั่วไป และ (ขวา) รูปแบบที่ใช้กลยุทธ์การออกแบบฯ

ภาพที่ 8 แสดงให้เห็นว่า พื้นที่ว่างทางทิศใต้ของโครงการเปิดโอกาสให้กระแสลมจากทางทิศใต้ (180°) และทิศตะวันตกเฉียงใต้ (203°) เข้าปะทะอาคารและสร้างพื้นที่ความดันบวกที่บริเวณด้านหลังบ้านแถวคูหา A2, B2 และ C2 ในขณะที่ด้านหน้าอาคารที่ติดกับถนนภายในโครงการเกิดเป็นพื้นที่ความดันลบ ซึ่งความแตกต่างของความดันอากาศที่เปลือกอาคารด้านหน้าและด้านหลังนี้ส่งผลกระทบเชิงบวกต่อการระบายอากาศจากแรงลมภายในอาคารดังกล่าว นอกจากนี้ยังพบว่า อาคารข้างเคียงทางทิศตะวันออกของโครงการทำหน้าที่เสมือนระนาบผนังขนาดใหญ่ที่บีบอัดลม สร้างปรากฏการณ์เวนจูรีบริเวณช่องว่างระหว่างอาคาร (ภาพที่ 9) ส่งผลให้บ้านแถวคูหา C1 และ C2 มีศักยภาพในการดักกระแสลมดังกล่าวเข้าสู่อาคารได้ ดังแสดงในภาพที่ 9



ภาพที่ 9 ผลการจำลองบ้านแถวรูปแบบทั่วไปกรณีลมทิศใต้ (บน) ภาพตัดแสดงพื้นที่ความดันบวกที่เปลือกคูหา B2 และ (ล่าง) ปรากฏการณ์เวเนจูรีบริเวณช่องว่างระหว่างอาคาร

จากผลการจำลองข้างต้นสามารถถอดบทเรียนได้ว่า ข้อจำกัดหลักของการระบายอากาศในโครงการบ้านแถว ไม่ได้เกิดจากตัวอาคารเพียงอย่างเดียว แต่เกิดจากการวางผังที่ขาดความยืดหยุ่นต่อทิศทางลมในพื้นที่ ดังนั้น การจัดวางผังอาคารและสัดส่วนความสูงของบ้านแถวต่อระยะห่างระหว่างแถวซึ่งเกิดจากระยะถนนและระยะรั้ว จึงควรปรับเปลี่ยนตามทิศทางลมประจำพื้นที่ ดังนี้

(1) กรณีลมทำมุมทแยงกับอาคาร (เช่น ลมจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ในการศึกษานี้) เป็นลักษณะการวางผังที่มีประสิทธิภาพสูงสุด การปะทะลมในมุมเฉียงช่วยลดพื้นที่อับลมด้านหลังอาคารทำให้บ้านแถวในแถวถัดไป ยังคงได้รับกระแสลมที่มีคุณภาพสอดคล้องกับข้อเสนอแนะของ Givoni (1994) และ Hyde (2000)

(2) กรณีลมตั้งฉากกับแนวอาคาร (เช่น ทิศใต้ในการศึกษานี้) การวางผังแบบแถวยาวต่อเนื่องขนานกัน ส่งผลให้เกิดปรากฏการณ์ลมพัดข้ามเหนืออาคาร ข้อเสนอแนะคือควรลดความยาวของแถวอาคารลงและใช้การวางผังแบบสลับหว่าง (Staggered Layout) เพื่อลดพื้นที่อับลมตามแนวคิดของ Allard (1998) นอกจากนี้ ควรปรับสัดส่วน H:W ให้เข้าใกล้ 1:3.3 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Oke (1987 อ้างถึงใน Cocci Grifoni และ คณะ, 2013) ที่ระบุว่า สัดส่วนดังกล่าวช่วยลดโอกาสการเกิดลมพัดข้าม และยอมให้กระแสลมตกลงสู่ระดับชั้นล่างของอาคารแถวหลังได้ ทั้งนี้ ผังโครงการที่มีอยู่ส่วนใหญ่มักมีสัดส่วน H:W ประมาณ 1:1 จากระยะความกว้างถนนและระยะรั้วของอาคารมักจะอยู่ระหว่าง 10-12 เมตร และบ้านแถวมีความสูง 3 ชั้นถึง 3 ชั้นครึ่ง

(3) กรณีลมขนานกับแนวอาคาร (เช่น ทิศตะวันตกในการศึกษานี้) กระแสลมมักจะพัดขนานไปกับถนน โดยไม่เข้าสู่อาคาร ข้อเสนอแนะคือควรออกแบบรูปด้านอาคารให้มีมิติความลึก (Push-Pull Massing) เพื่อให้เกิดการสลับหว่างอาคารในแถวเดียวกัน หรือการใช้ crib ทางตั้งหรือแนวต้นไม้เพื่อช่วยดักและเบี่ยงทิศทางลมเข้าสู่อาคาร

ในสถานการณ์จริง ทิศทางลมมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ผู้ออกแบบจึงไม่ควรยึดติดกับรูปแบบผังตารางกริดแบบตายตัวแต่ควรบูรณาการข้อเสนอแนะทั้ง 3 กรณีข้างต้นเข้าด้วยกันเพื่อสร้างผังโครงการที่สามารถตอบสนองต่อลมได้มากกว่าหนึ่งทิศทาง

6.2 ผลการศึกษาและบทเรียนในระดับอาคาร

การจำลองผลความเร็วลมและรูปแบบการกระจายลมภายในบ้านแถวกรณีศึกษาทั้ง 2 รูปแบบจากลม 3 ทิศทาง มีเป้าหมายเพื่อศึกษาอิทธิพลของการออกแบบอาคารต่อประสิทธิภาพการระบายอากาศเพื่อความสะดวกสบายภายในอาคารโดยเปรียบเทียบกับความเร็วลมเป้าหมายขั้นต่ำ 0.3 เมตรต่อวินาที ผลการจำลองสะท้อนให้เห็นว่ารูปแบบการจัดพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร ขนาดและสัดส่วนของห้อง และการออกแบบช่องเปิดและองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรม ต่างก็ส่งอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการระบายอากาศเพื่อความสะดวกสบายภายในอาคาร

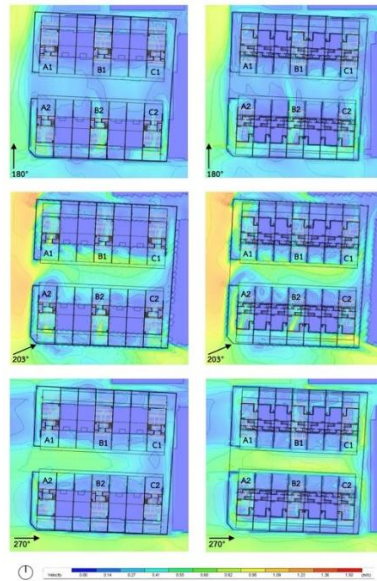
ทั้งนี้ การอภิปรายผลจะอ้างอิงผลการจำลองภายในคูหาที่สนใจ (A1, A2, B1, B2, C1 และ C2) จากกรณีทิศทางลมตะวันตกเฉียงใต้ (203°) เป็นหลัก เนื่องจากเป็นกรณีที่เอื้อประโยชน์ต่อการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติในบ้านแถวกรณีศึกษาทุกคูหาสูงที่สุด

(1) อิทธิพลของการจัดผังแบบเปิดโล่งและตำแหน่งช่องเปิดในแนวตั้ง

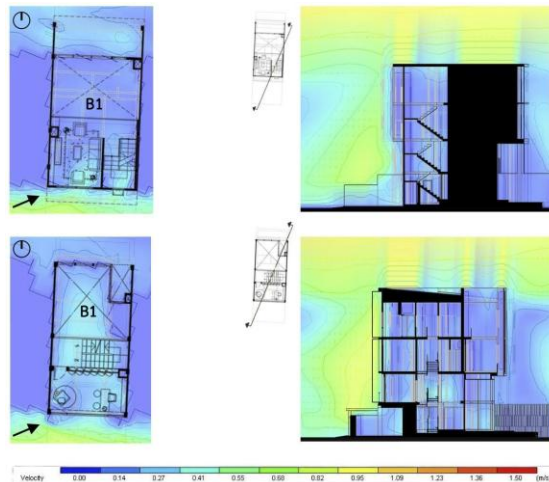
ผลการจำลอง พบว่า รูปแบบการจัดผังพื้นที่ใช้สอยที่สัมพันธ์กับตำแหน่งช่องเปิดเป็นปัจจัยสำคัญต่อประสิทธิภาพการระบายอากาศเพื่อความสะดวกสบาย โดยผังแบบเปิดโล่ง (Open-plan) ที่มีช่องเปิดทางเข้าและทางออกลมอยู่ในทิศทางตรงข้ามดังเช่นพื้นที่นั่งเล่น-พักผ่อนของกรณีศึกษาทั้ง 2 รูปแบบ ต่างเอื้อให้เกิดการระบายอากาศแบบลมผ่านอย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งคูหา A2 และ B2 (ภาพที่ 10) ซึ่งกระแสลมพัดผ่านพื้นที่ใช้สอยด้วยความเร็วลมที่บรรลุเกณฑ์เป้าหมายกล่าวคือ 0.3 เมตรต่อวินาทีขึ้นไป ซึ่งผลลัพธ์นี้ช่วยยืนยันแนวคิดของ Awbi (2003) และ Givoni (1994) ที่เสนอแนะให้ลดการกั้นผนังหรือสิ่งกีดขวางกระแสลมระหว่างช่องเปิดทางเข้าและทางออกลม

ผลการจำลองยังชี้ให้เห็นว่า การออกแบบพื้นที่ทางตั้งสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการระบายอากาศในอาคารได้ เห็นได้จากผลจากจำลองความเร็วลมของคูหา B1 รูปแบบที่ใช้กลยุทธ์การออกแบบฯ ที่ใช้บันไดโปร่งบริเวณกึ่งกลางผังอาคาร ส่งผลให้กระแสลมเคลื่อนที่จากช่องเปิดทางเข้าลมทางทิศใต้ ลอยตัวขึ้นตามปล่องบันได และเชื่อมต่อไปยังชั้นอื่นก่อนจะออกจากตัวอาคารที่ช่องเปิดทางออกลมในระดับชั้น 3 (ภาพที่ 11 ขวา-ล่าง) เปรียบเทียบกับบ้านแถวรูปแบบทั่วไปที่มีการวางผังและการออกแบบช่องเปิดเป็นการระบายอากาศทางเดียวที่กระแสลมสามารถพัดเข้าสู่อาคารได้ลึกเพียง 1.5-2.0 เมตรโดยประมาณเท่านั้น ดังแสดงในภาพที่ 11 (ขวา-บน)

จากผลการจำลองข้างต้นสามารถถอดบทเรียนได้ว่า การจัดผังแบบเปิดโล่งและลดการกั้นผนังที่ระหว่างเส้นทางการเคลื่อนที่ของกระแสลมระหว่างช่องเปิดทางเข้าและทางออกลม รวมถึงการออกแบบให้เกิดการเชื่อมต่อพื้นที่ทางตั้งร่วมกับการออกแบบตำแหน่งช่องเปิดที่ระดับชั้นต่าง ๆ มีผลอย่างมาก ต่อการก้าวข้ามข้อจำกัดของการระบายอากาศภายในอาคารลึก ในกรณีนี้ การย้ายตำแหน่งบันไดมาไว้กึ่งกลางอาคารโดยใช้โครงสร้างบันไดโปร่งซึ่งทำหน้าที่เสมือนปล่องระบายอากาศ (Ventilation shaft) สามารถช่วยลดระยะการเดินทางของกระแสลมจากทั้งหน้าและหลังอาคาร ทำให้ลดโอกาสการดิ่งให้มวลอากาศลอยตัวขึ้นสู่ช่องเปิดชั้นบนทำงานได้ดีกว่าการวางบันไดปิดทึบไว้ด้านหน้าอาคารในรูปแบบทั่วไป ดังแสดงในภาพที่ 10



ภาพที่ 10 ผลการจำลองความเร็วลมที่ระดับใช้สอยชั้นล่างจากลม 3 ทิศทาง (ซ้าย) รูปแบบทั่วไป และ (ขวา) รูปแบบที่ใช้กลยุทธ์การออกแบบฯ



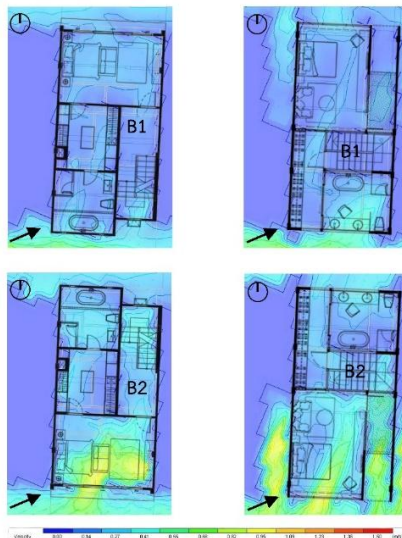
ภาพที่ 11 ผลการจำลองความเร็วลมคูหา B1 กรณีลมตะวันตกเฉียงใต้ (ซ้าย) ผังที่ระดับชั้นลอย และ (ขวา) ภาพตัดที่ปล่องบันได (บน) รูปแบบทั่วไป และ (ล่าง) รูปแบบที่ใช้กลยุทธ์การออกแบบฯ

(2) สัดส่วนพื้นที่ใช้สอยกับการระบายอากาศ

ผลการจำลองชี้ให้เห็นว่า การวางกลยุทธ์การระบายอากาศที่เหมาะสมกับขนาดและสัดส่วนของพื้นที่ใช้สอย กล่าวคือ ความกว้างต่อความลึก (W:D) และความสูงต่อความลึก (H:D) เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการระบายอากาศเพื่อความสะดวกสบายภายในอาคาร เห็นได้จากผลการจำลองภายในพื้นที่นั่งเล่น-พักผ่อนของคูหา B2 จากกรณีศึกษาทั้งสองรูปแบบในกรณีลมทิศใต้และทิศตะวันตกเฉียงใต้ (ภาพที่ 10) โดยพื้นที่ดังกล่าวมีสัดส่วน W:D ประมาณ 1:2 และ H:D ระหว่าง 1:3.2 ถึง 1:4.2 และมีช่องเปิดทางเข้าลมและทางออกลมอยู่ในทิศทางตรง

ข้าม พบว่า สามารถใช้การระบายอากาศแบบลมผ่านได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีความเร็วลมระหว่าง 0.3-0.9 เมตรต่อวินาที ตามเกณฑ์ความเร็วลมเป้าหมาย แม้ห้องจะมีความลึก 7.0-8.0 เมตร ทั้งนี้ ปัจจัยสนับสนุนที่สำคัญ คือ คูหาดังกล่าวตั้งอยู่ในตำแหน่งปะทะลม ในทางตรงกันข้าม เมื่อพิจารณาผลการจำลองภายในห้องนอนใหญ่ของ บ้านแถวรูปแบบทั่วไปคูหา B2 ซึ่งมีข้อจำกัดให้ต้องพึ่งพาการระบายอากาศแบบทางเดียว (ภาพที่ 12 ซ้าย-ล่าง) พบว่า กระแสลมเข้าสู่ภายในห้องได้ลึกเพียง 3.0-3.5 เมตร จากช่องเปิดเท่านั้น แม้ว่าห้องจะตั้งอยู่ใน ตำแหน่งปะทะลม ยิ่งไปกว่านั้น หากพิจารณากรณีห้องที่ตั้งอยู่ในฝั่งท้ายลม เช่น คูหา B1 (ภาพที่ 12 ซ้าย-บน) ความเร็วลมจะลดลงจนต่ำกว่า 0.3 เมตรต่อวินาที ซึ่งไม่เพียงพอต่อการขยายขอบเขตสภาวะน่าสบายปรากฏการณ์นี้สอดคล้องกับข้อจำกัดที่ CIBSE (1997) และ Klevien (2003) ได้ระบุไว้ว่า การระบายอากาศทางเดียวจะมี ประสิทธิภาพในระยะความลึกไม่เกิน 2.5 เท่าของความสูง

จากผลการจำลองข้างต้นสามารถถอดบทเรียนได้ว่า ผู้ออกแบบไม่ควรยึดติดกับมาตรฐานสัดส่วนห้องเดียวกัน ในการออกแบบอาคารฝั่งรับลมและฝั่งท้ายลม พื้นที่ฝั่งท้ายลมหรือพื้นที่ที่มีความลึกมากจำเป็นต้องพึ่งพากลยุทธ์ เชิงรุก เช่น การคว้านมวลอาคาร (Subtractive Massing) เห็นได้จากการออกแบบห้องนอนใหญ่ในรูปแบบที่ใช้ กลยุทธ์การออกแบบฯ (ภาพที่ 12 ขวา-ล่าง) ซึ่งใช้การคว้านมวลอาคารเพื่อสร้างโอกาสในการเปิดช่องเปิดที่ผนัง ด้านข้าง (Adjacent Wall) ให้เป็นช่องเปิดทางออกลมที่มีความดันอากาศเป็นลบเพื่อเปลี่ยนรูปแบบการระบาย อากาศจากการระบายอากาศทางเดียวเป็นการระบายอากาศแบบลมผ่านไปยังช่องเปิดด้านข้าง (Adjacent Ventilation) ทำให้กระแสลมสามารถทะลุลงเข้าสู่พื้นที่ใช้สอยได้ลึกขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 12



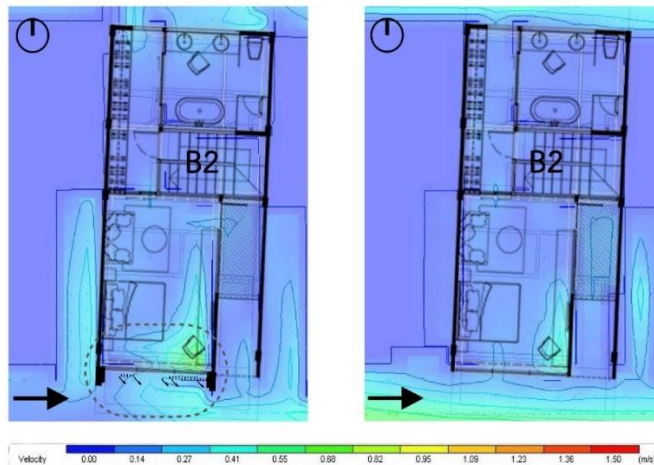
ภาพที่ 12 ผลการจำลองความเร็วลมที่ระดับใช้สอยภายในห้องนอนใหญ่คูหา B1 และ B2 กรณีทิศทางลมตะวันตกเฉียงใต้ (ซ้าย) รูปแบบทั่วไป และ (ขวา) รูปแบบที่ใช้กลยุทธ์การออกแบบฯ

(3) หลักการออกแบบช่องเปิดและองค์ประกอบอาคารเพื่อช่วยดักลม

ผลการจำลองชี้ให้เห็นว่า ตำแหน่งและขนาดของช่องเปิดตลอดจนองค์ประกอบอาคาร เช่นผนังคريبหรือแผงบังแดดทางตั้ง ล้วนเป็นตัวแปรที่สามารถช่วยควบคุมทิศทางลมและเร่งความเร็วลมเข้าสู่อาคารเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการระบายอากาศภายในอาคารได้ เห็นได้จากพฤติกรรมการณ์การเคลื่อนที่ของกระแสลมภายในพื้นที่นั่งเล่น-พักผ่อนชั้นล่างที่แตกต่างกันระหว่างคูหา A1 และ A2 ในรูปแบบทั่วไปกรณีลมตะวันตกเฉียงใต้ (ภาพที่ 10

กลาง-ซ้าย) โดยคูหา A1 มีสัดส่วนความกว้างของช่องเปิดทางเข้าลมเล็กกว่าทางออกลม (Inlet:Outlet เป็น 1:1.5) ก่อให้เกิดกระแสลมพุ่งตรง (Jet effect) ที่มีความเร็วลมสูงและพัดทะลุความลึกอาคารได้ถึง 7.0 เมตร ซึ่งเป็นไปตามหลักของปรากฏการณ์เวนจูรีสอดคล้องกับข้อเสนอแนะของ Awbi (2003) ในทางกลับกัน ผลการจำลองภายในคูหา A2 ที่มีสัดส่วน Inlet:Outlet เป็น 1.5:1 พบว่ากระแสลมจะกระจายตัวครอบคลุมพื้นที่ด้านหน้าได้กว้างขวางกว่าแต่จะสูญเสียความเร็วอย่างรวดเร็วเมื่อเคลื่อนที่เข้าสู่ส่วนลึกของพื้นที่

นอกจากนี้ ผลการจำลองในภาพที่ 13 ยังแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของแผงบังแดดทางตั้งในสถานการณ์ที่ทิศทางลมในพื้นที่มีลักษณะขนานกับตัวอาคารดังเช่นกรณีลมทิศตะวันตกในการศึกษานี้ ซึ่งจากการเปรียบเทียบผลการจำลองความเร็วลมบริเวณห้องนอนใหญ่ในคูหา B2 กรณีรูปแบบที่ใช้กลยุทธ์การออกแบบฯ ที่มีการติดตั้งแผงบังแดดทางตั้งบริเวณหน้าช่องเปิด (ภาพที่ 13 ซ้าย) และผลการจำลองกรณีเดียวกันโดยทดลองตัดแผงบังแดดทางตั้งออก (ภาพที่ 13 ขวา) พบว่า แผงบังแดดทางตั้งทำหน้าที่เสมือนผนังครีبدักลมส่งผลให้เกิดกลไกการตกและดักลมเข้าสู่อาคารสอดคล้องกับทฤษฎีของ Givoni (1998) แม้ในกรณีศึกษานี้ประสิทธิภาพในการดักลมอาจยังมีจำกัดเนื่องจากแผงบังแดดมีความลึกน้อยก็ตาม ดังแสดงในภาพที่ 13



ภาพที่ 13 ผลการจำลองความเร็วลมที่ระดับใช้สอยภายในห้องนอนใหญ่คูหา B2 รูปแบบที่ใช้กลยุทธ์ฯ กรณีลมตะวันตกเฉียงใต้ (ซ้าย) มีแผงบังแดดทางตั้ง และ (ขวา) ไม่มีแผงบังแดดทางตั้ง

จากผลการจำลองข้างต้นสามารถถอดบทเรียนได้ว่า การออกแบบช่องเปิดไม่ควรใช้ขนาดมาตรฐานเดียวกันทั้งหมด แต่ต้องเลือกสัดส่วนของช่องเปิดทางเข้าลมต่อทางออกลมที่สอดคล้องกับพฤติกรรมการใช้งานและความลึกของพื้นที่ หากเป็นพื้นที่พักผ่อนที่ต้องการลมกระจายทั่วถึงควรใช้ช่องเปิดทางเข้าลมขนาดใหญ่ แต่หากเป็นพื้นที่ลึก ควรปิดช่องเปิดทางเข้าลมให้เล็กเพื่อเร่งความเร็วลม นอกจากนี้ แผงบังแดดทางตั้งสามารถใช้ทำหน้าที่เป็นผนังครีبدักลมได้โดยต้องคำนวณระยะความลึกของครีปให้สัมพันธ์กับช่องเปิดเพื่อให้เกิดการระบายอากาศภายในอาคารที่มีประสิทธิภาพ

7. สรุปผล

การขยายตัวของโครงการจัดสรรบ้านแถวขนาดเล็กในเขตเมืองที่มีความหนาแน่นสูงมักเผชิญกับข้อจำกัดทางกายภาพที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติ งานวิจัยชิ้นนี้ได้ประเมินประสิทธิภาพการระบายอากาศเพื่อความสะดวกสบายผ่านการจำลองพลศาสตร์ของไหลภายนอกอาคาร (External CFD) โดยมีเป้าหมายเพื่อถอดบทเรียนและเสนอแนะกรอบแนวทางการออกแบบสำหรับสถาปนิกและผู้พัฒนาอสังหาริมทรัพย์

ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า การก้าวข้ามข้อจำกัดของอาคารลึก (Deep-plan) ไม่สามารถพึ่งพาการออกแบบระดับใดระดับหนึ่งได้ แต่ต้องบูรณาการตัวแปรใน 3 ระดับ ได้แก่ (1) ระดับผังโครงการ: การปรับทิศทางอาคารและสัดส่วนความกว้างถนนเพื่อลดปรากฏการณ์พื้นที่อับลม (Wind Shadow) และปรากฏการณ์ลมพัดข้ามเหนืออาคาร (Skimming Flow) (2) ระดับอาคาร: การใช้กลยุทธ์คว้านมวลอาคาร (Subtractive Massing) เพื่อเปลี่ยนข้อจำกัดของการระบายอากาศทางเดียวให้กลายเป็นการระบายอากาศแบบลมผ่าน ร่วมกับการใช้โถงบันไดเป็นปล่องระบายอากาศทางตั้ง (Ventilation Shaft) และ (3) ระดับช่องเปิด: การใช้สัดส่วนช่องเปิดทางเข้าลมต่อทางออกลมที่เหมาะสมเพื่อเร่งหรือกระจายความเร็วลม รวมถึงการประยุกต์ใช้อุปกรณ์ประกอบอาคาร เช่น แผงบังแดดทางตั้ง ให้ทำหน้าที่เป็นครีبدักลม (Wing-wall)

งานวิจัยชิ้นนี้ มีเป้าหมายในการลดช่องว่างระหว่างทฤษฎีด้านพลศาสตร์ของไหลและการปฏิบัติวิชาชีพสถาปัตยกรรม โดยข้อเสนอแนะจากกรอบแนวทางนี้แสดงให้เห็นว่าสถาปนิกสามารถแทรกแซงการออกแบบภายใต้ข้อจำกัดของที่ดินและรูปแบบโครงการจัดสรรมาตรฐานเพื่อขยายขอบเขตสภาวะน่าสบายและลดการพึ่งพาระบบปรับอากาศเชิงกลได้ ทั้งนี้ การศึกษาครั้งนี้จำกัดขอบเขตการจำลองเฉพาะอิทธิพลของกระแสลมภายใต้ข้อมูลลมของกรุงเทพมหานคร สำหรับการวิจัยในอนาคต ควรมีการบูรณาการควบคู่ไปกับปัจจัยทางความร้อนและการประเมินผลการออกแบบช่องเปิดเพื่อการใช้แสงสว่างทางธรรมชาติเพื่อให้ได้กรอบการออกแบบที่สมบูรณ์ครอบคลุมยิ่งขึ้น

8. กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยชิ้นนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

9. เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงมหาดไทย. (2000). กฎกระทรวง ฉบับที่ 55 (พ.ศ. 2543) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522. *ราชกิจจานุเบกษา*, 117(70 ก), 1-17.
- คณะกรรมการจัดสรรที่ดินกลาง. (2013). ประกาศคณะกรรมการจัดสรรที่ดินกลาง เรื่อง กำหนดนโยบายการจัดสรรที่ดินเพื่อที่อยู่อาศัยและพาณิชย์กรรม (ฉบับที่ 8) พ.ศ. 2556.
- Allard, F. (Ed.). (1998). *Natural ventilation in buildings: A design handbook*. James & James (Science Publishers).
- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. (2021). *Thermal environmental conditions for human occupancy* (ANSI/ASHRAE Standard 55-2020).
- Awbi, H. B. (2003). *Ventilation of buildings* (2nd ed.). Routledge.
- Chartered Institution of Building Services Engineers. (1997). *Natural ventilation in non-domestic buildings: Applications Manual AM10*. Chartered Institution of Building Services Engineers.
- Cocci Grifoni, R., Passerini, G., & Pierantozzi, M. (2013). Assessment of outdoor thermal comfort and its relation to urban geometry. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 173, 3-14. <https://doi.org/10.2495/SDP130011>

- DesignBuilder Software Ltd. (2006). *DesignBuilder* (Version 5) [Computer software]. DesignBuilder Software Ltd.
- Givoni, B. (1994). *Passive low energy cooling of buildings*. John Wiley & Sons.
- Givoni, B. (1998). *Climate considerations in building and urban design*. John Wiley & Sons.
- Hyde, R. (2000). *Climate responsive design: A study of buildings in moderate and hot humid climates*. E & FN Spon.
- Kleiven, T. (2003). *Natural ventilation in buildings: Architectural concepts, consequences and possibilities* [Doctoral dissertation, Norwegian University of Science and Technology]. NTNU Open. <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/231090>
- Olgay, V. (1992). *Design with climate: Bioclimatic approach to architectural regionalism*. Van Nostrand Reinhold.
- Passe, U., & Battaglia, F. (2015). *Designing spaces for natural ventilation: An architect's guide*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203583470>
- Szokolay, S. V. (2008). *Introduction to architectural science: The basis of sustainable design* (2nd ed.). Architectural Press.