

# ผลกระทบของความเร็วลม และการสะสม PM2.5 ในพื้นที่หุบเขาถนนของเมือง จากการคาดการณ์แนวโน้มเรขาคณิตของเมืองในเขตกรุงเทพมหานคร

## Impact of Wind Velocity and PM2.5 Concentration in Urban Street Canyon Through the Prospect of Bangkok Urban Geometry

ดร.ประรินทร์ บุตรดี<sup>1</sup>

### บทคัดย่อ

ฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM) หรือฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน (PM 2.5) ที่เกิดจากการจราจรในพื้นที่เมืองเป็นมลพิษทางอากาศ ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ใช้พื้นที่บริเวณถนน ซึ่งแนวทางการลดมลพิษทางอากาศในพื้นที่เมืองคือการเพิ่มการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติ แต่การระบายอากาศในพื้นที่เมืองเกิดขึ้นได้ยาก เนื่องจากกระแสลมถูกสกัดกั้นด้วยอาคาร งานชิ้นนี้มีจุดมุ่งหมายในการศึกษาผลกระทบของความเร็วมต่อการลดการสะสม PM2.5 ในพื้นที่หุบเขาถนนของเมืองกรุงเทพมหานคร โดยทำการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างพื้นที่ในปัจจุบันกับพื้นที่ในอนาคตจากการคาดการณ์เรขาคณิตของเมืองเลือกพื้นที่กรณีศึกษาถนนเพชรบุรีซึ่งเป็นพื้นที่เมืองหนาแน่นสูง และการหันทิศทางของแนวถนนให้ทิศทางลมจากภายนอกพัดตั้งฉากกับแนวหุบเขาถนน ทำการจำลองสภาพแวดล้อมด้วยโปรแกรม Envi-met ผลการทดสอบพบว่า อัตราส่วนความสูงต่อความกว้างของหุบเขาถนน ( $H/W$ ) มีความสัมพันธ์กับความเร็วม ถนนที่กว้างขึ้น และการเพิ่มพื้นที่ว่างขนาดใหญ่จะช่วยเพิ่มความเร็วม การหาช่องทางให้เกิดการไหลเวียนของอากาศในพื้นที่เมืองเป็นแนวทางสำคัญในการลดการสะสมของ PM2.5 ซึ่งการศึกษานี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ประเด็นการเพิ่มพื้นที่ไหลเวียนของอากาศเพื่อลดการสะสมมลพิษทางอากาศในพื้นที่หุบเขาถนนสำหรับการวางผังเมืองในอนาคตได้ โดยการพิจารณาเรขาคณิตของหุบเขาถนนจากค่า  $H/W$

คำสำคัญ: ฝุ่นละอองขนาดเล็ก เรขาคณิตของเมือง หุบเขาถนนของเมือง การไหลเวียนของอากาศในเมือง

<sup>1</sup> คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ศิลปะและการออกแบบ มหาวิทยาลัยนเรศวร Email: parinb@nu.ac.th

## ABSTRACT

Particulate matter (PM) or PM 2.5 is generated by traffic in urban areas and poses significant risks to pedestrian health. Enhancing natural ventilation on streets is a potential strategy for mitigating urban air pollution. However, airflow is often obstructed by surrounding buildings. This study focused on the possibility of the future implications of wind velocity on PM2.5 concentrations in Bangkok Metropolitan urban street canyon with a specific focus on a high-density locale in Petchburi road. Employing Envi-met simulation software, this study compares current urban conditions with proposed future scenarios, orienting the analysis toward ambient wind directions that are perpendicular to the street canyons. The results indicate a significant relationship between the height-to-width ratio ( $H/W$ ) of street canyons and wind speed, revealing that wider canyons and larger open spaces facilitate increased airflow. The findings underscore the critical role of urban ventilation in reducing PM2.5 concentrations and suggest that future urban planning should prioritize street canyon geometry to enhance air quality.

Keyword: Particulate Matter, Urban Geometry, Urban Street Canyon, Urban Ventilation

### 1. บทนำ

ปัญหามลพิษทางอากาศในพื้นที่เมืองเกิดจากการเพิ่มขึ้นของยานพาหนะที่สัญจรบนถนน ฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน (PM 2.5) มีแหล่งกำเนิดมาจากควันเสียของรถยนต์ นอกจากนี้ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO<sub>2</sub>) ไนโตรเจนออกไซด์ (NO<sub>x</sub>) และสารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) จะทำปฏิกิริยากับสารอื่นทำให้เกิดฝุ่น PM ได้ ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ใช้พื้นที่บริเวณถนนในเมือง (Ehrnsperger & Klemm, 2022; Jin et al., 2014; Kleeman et al., 2000; Kulmala, 2015) ซึ่งแนวทางการลดมลพิษทางอากาศในพื้นที่เมืองคือการเพิ่มการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติจากการไหลเวียนของกระแสลมจะสามารถช่วยเจือจาง และ พัดพามลพิษทางอากาศออกไปได้ แต่ในพื้นที่เมืองจะเกิดขึ้นได้ยาก เนื่องจากกระแสลมถูกสกัดกั้นด้วยอาคาร โดยเฉพาะในพื้นที่เมืองที่มีกลุ่มอาคารหนาแน่น (Balczó, 2009; Ku & Tsai, 2020)

ความหนาแน่นของเมืองพิจารณาได้จากเรขาคณิตของเมือง (Urban geometry) ซึ่งเป็นปัจจัยที่บ่งชี้ถึงความหนาแน่นของกลุ่มอาคาร (United States Environmental, 2008) โดยเรขาคณิตของเมืองถูกกำหนดด้วยสัณฐานวิทยาของเมือง (Urban Morphology) องค์ประกอบหลักที่เป็นตัวบ่งชี้สัณฐานวิทยาของเมือง ได้แก่ อัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (Floor area ratio : FAR) และ อัตราส่วนพื้นที่อาคารปกคลุมพื้นที่ดิน (Building coverage ratio : BCR) ซึ่งเป็นข้อกำหนด และกฎหมาย ในการวางผังเมือง

เป็นการควบคุมความหนาแน่น ความสูง และขนาดของพื้นที่ว่างระหว่างอาคาร (Ku & Tsai, 2020) ในการพัฒนาของเมืองทางแนวตั้งที่ทำให้เกิดอาคารสูงเพิ่มขึ้น ที่ว่างในพื้นที่เมืองจึงขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของกลุ่มอาคารสูง และส่งผลต่อการไหลเวียนของอากาศ (Kubota et al., 2008; Yang, Shi, Shi, et al., 2020) โดยเฉพาะภายในบริเวณพื้นที่หุบเขาถนนของเมือง (Urban street canyon : USC) ที่มีปัจจัยด้านการหันทิศทางแนวถนน (Orientation) และ เรขาคณิตของหุบเขาถนน (Canyon geometry) ที่แสดงออกด้วยอัตราส่วนความสูงของอาคารต่อความกว้างของถนน (Height to width ratio :  $H/W$ ) โดยปัจจัยดังกล่าวทำให้เกิดความแตกต่างของทิศทางของลมที่ปะทะกับหุบเขาถนน (Oke, 1987) ทำให้ความเร็วลมลดลงเนื่องจากถูกสกัดกั้นด้วยอาคาร ร่วมกับทางสัญจรที่มีความซับซ้อน เมื่อความเร็วลมถูกจำกัด ทำให้ขาดการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ และ เกิดการสะสมของมลพิษทางอากาศในพื้นที่หุบเขาถนนของเมือง (Wong & Jusuf, 2013)

ที่ผ่านมาได้มีการศึกษาเกี่ยวกับการเพิ่มการไหลเวียนของอากาศภายในพื้นที่เมือง พบว่า พื้นที่เมืองที่มีการจัดเรียงกลุ่มอาคารที่ซับซ้อน มีความสูงที่แตกต่างกันจะทำให้การไหลเวียนของอากาศมีความแปรปรวนมากกว่าพื้นที่เมืองที่มีการจัดเรียงของกลุ่มอาคารที่เรียบง่าย (Yazid et al., 2014) และพบว่า การเพิ่มพื้นที่ว่างจากการเพิ่มค่า BCR และ  $H/W$  เมื่อค่า FAR ลดลง จะสามารถช่วยเพิ่มการไหลเวียนของอากาศ และลดการสะสมของมลพิษได้ (Ku & Tsai, 2020; Yang, Shi, Zheng, et al., 2020) ทั้งนี้ ผลการศึกษาดังกล่าวขึ้นอยู่กับบริบทของเมืองในพื้นที่นั้น ๆ ด้วย ซึ่งในพื้นที่เมืองกรุงเทพมหานคร โดยเฉพาะบริเวณใจกลางเมืองที่มีกลุ่มอาคาร และมียานพาหนะสัญจรบนถนนที่หนาแน่น ทำให้มีการสะสมของ PM 2.5 การเพิ่มพื้นที่เปิดโล่ง หรือการลดค่า  $H/W$  ของพื้นที่หุบเขาถนนของเมือง จะช่วยให้ความเร็วลมมีค่าสูงขึ้น ซึ่งแนวทางการนำไปประยุกต์ใช้สำหรับการวางผังเมืองในอนาคตจะต้องพิจารณาค่า FAR และ BCR ร่วมกับปัจจัยต่าง ๆ เพื่อเพิ่มพื้นที่ว่างให้มากขึ้น (Jareemit et al., 2023)

จุดมุ่งหมายของการศึกษาชิ้นนี้คือการศึกษาผลกระทบของการไหลเวียนของอากาศ และการสะสมของ PM 2.5 ในพื้นที่หุบเขาถนนของเมืองกรุงเทพมหานครในกรณีที่มีการพัฒนาพื้นที่เมืองตามผังเมืองรวมกรุงเทพมหานครในอนาคต เพื่อหาแนวทางในการกำหนดเรขาคณิตของเมืองที่เหมาะสมต่อการเพิ่มการไหลเวียนของอากาศ ซึ่งผังเมืองรวมกรุงเทพมหานครเป็นตัวกำหนดมาตรฐานวิทยาของเมือง กรุงเทพมหานคร สามารถวิเคราะห์เรขาคณิตของเมืองกรุงเทพมหานครที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้จากค่า  $H/W$  ของหุบเขาถนน โดยใช้ข้อมูลจากแผนผังการใช้ประโยชน์ที่ดิน ข้อมูลจากระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) บนระบบเครือข่าย แผนที่โครงการคมนาคม และ ขนส่ง ร่วมกับกฎหมายควบคุมอาคารที่เกี่ยวข้อง โดยเลือกพื้นที่กรณีศึกษาตามผังเมืองรวมกรุงเทพมหานครที่มีความหนาแน่นสูง ทำการเปรียบเทียบค่าข้อมูลจากการสร้างหุ่นจำลองพื้นที่เมืองในปัจจุบัน และ ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต โดยทำการศึกษาระบบการสร้างหุ่นจำลองเรขาคณิตของเมือง ศึกษาเกี่ยวกับการไหลเวียนของอากาศ และการสะสมของมลพิษทางอากาศ ได้แก่ PM2.5 เก็บค่าข้อมูลที่ระดับความสูง 1.5 เมตรเหนือพื้นดิน เพื่อให้

เห็นผลกระทบต่อผู้ใช้ทางเท้า และถนนในพื้นที่หุบเขาถนน ศึกษาผ่านการจำลองสภาพแวดล้อมด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ สามารถใช้สำหรับการคาดการณ์มลพิษทางอากาศจากการจำลองการปล่อยมลพิษจากการจราจรในพื้นที่เมือง สามารถกำหนดแหล่งกำเนิดตามแนวถนนได้ (Nazridoust & Ahmadi, 2006; Wang et al., 2020) ซึ่งโปรแกรม ENVI-met เป็นโปรแกรมที่มีพื้นฐานจาก Computational fluid dynamics (CFD) และ เป็นโปรแกรมจำลองสภาพแวดล้อมด้วยการสร้างกระบวนการในชั้นบรรยากาศที่ส่งผลต่อภูมิอากาศจุลภาคบนพื้นฐานของอุณหพลศาสตร์ (Thermodynamics) สามารถวิเคราะห์ภูมิอากาศจากการจำลองพื้นที่เมืองที่มีความซับซ้อน เช่น รูปทรงของอาคาร รวมไปถึงปัจจัยของต้นไม้ (Bruse, 2013) และสามารถจำลองการแพร่กระจาย และการสะสมของอนุภาคที่เป็นตัวแทนของมลพิษทางอากาศได้ (Morakinyo & Lam, 2016)

## 2. ระเบียบวิธีวิจัย

### 2.1 การสร้างหุ่นจำลองเรขาคณิตของเมือง

ขั้นตอนการสร้างหุ่นจำลองเรขาคณิตของเมืองกรุงเทพมหานครที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคตสามารถสรุปได้ดังภาพที่ 1 และมีเนื่อหาดังต่อไปนี้

#### 2.1.1 พิจารณาเลือกพื้นที่กรณีศึกษา

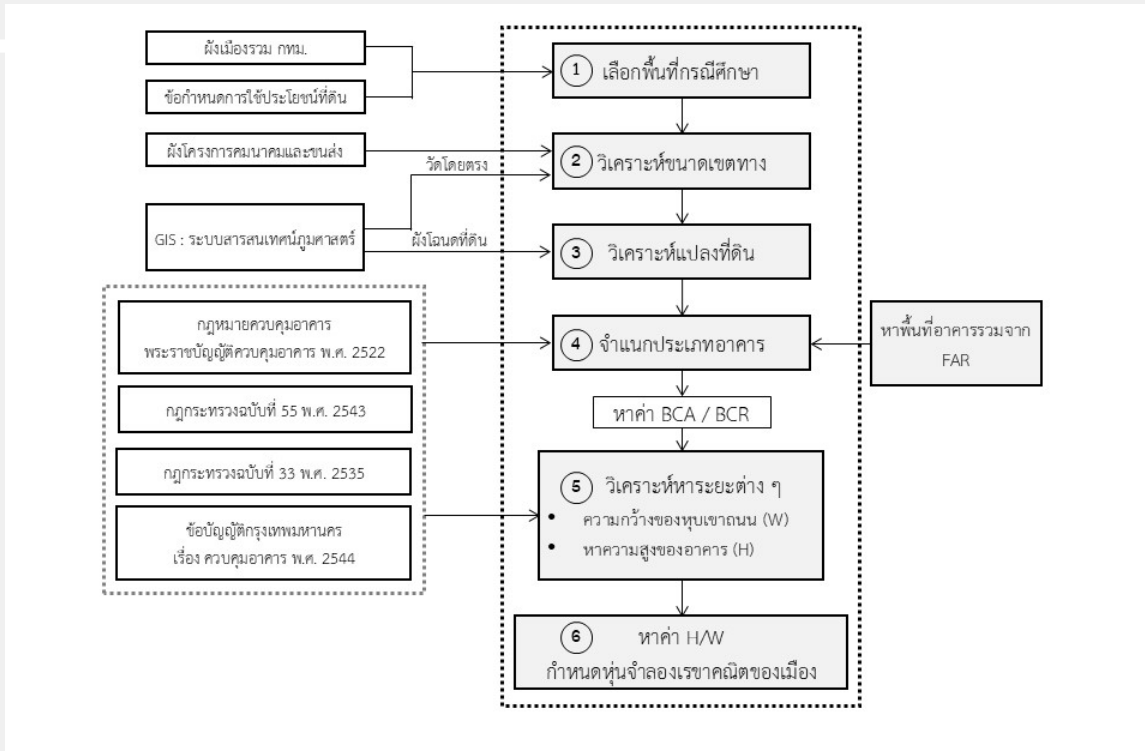
พิจารณาเลือกพื้นที่กรณีศึกษาจากแผนผังกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดินตามกฎหมายกระทรวงให้ใช้บังคับผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2556 โดยสามารถหาข้อมูลได้จากระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System : GIS) ที่สำนักงานผังเมืองกรุงเทพมหานครได้จัดทำขึ้นบนระบบเครือข่าย (Web-based Application) ประกอบกับข้อกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดิน และ วิเคราะห์ประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินที่สามารถใช้ประโยชน์ได้สูงสุด ซึ่งเกณฑ์การเลือกพื้นที่กรณีศึกษาจะพิจารณาเลือกจากพื้นที่ตามแนวถนนสายหลักที่ให้แนวถนนหันทางด้านทิศตะวันออก - ตะวันตก เพื่อให้ทิศทางลมพัดตั้งฉากกับแนวอาคาร และ คัดเลือกพื้นที่เมืองที่มีความหนาแน่นสูง ได้แก่ บริเวณถนนเพชรบุรี (ภาพที่ 2) ซึ่งอยู่ในเขตประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน พ ๕-๑ (สีแดง) และมีคุณสมบัติตามเกณฑ์ที่กำหนดรวมถึงไม่มีปัจจัยของโครงสร้างทางรถไฟฟ้าบริเวณถนน โดยสามารถแสดงข้อมูลจากผังเมืองรวมกรุงเทพมหานครได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลพื้นที่กรณีศึกษาจากผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร

พื้นที่	ทิศทาง	การใช้ประโยชน์ที่ดิน	FAR / OSR
ถนนเพชรบุรี	NW-SE (20°)	พ๕-๑ (สีแดง)	10 / 3

#### 2.2.2 วิเคราะห์ขนาดเขตทาง หรือ ความกว้างของถนน

ขนาดเขตทาง หรือ ความกว้างของถนนสามารถพิจารณาได้โดยตรงจากผังโครงการคมนาคม และ ชนส่่ง ที่ระบุความกว้างของถนนจากโครงการคมนาคม แต่ในกรณีที่ดินที่กรณีศึกษาไม่ได้ระบุขนาดเขตทางในผังโครงการคมนาคม และ ชนส่่ง สามารถวิเคราะห์ขนาดเขตทางได้จากระบบโครงข่ายของถนนในเมือง จากการจำแนกประเภทตามหน้าที่การเชื่อมต่อของโครงข่าย ประกอบกับการวัดระยะทางบนแผนที่ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ของสำนักงานผังเมืองกรุงเทพมหานครได้โดยตรง เพื่อความเที่ยงตรงในการหาขนาดเขตทางของพื้นที่กรณีศึกษาที่ต้องการศึกษา



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการสร้างหุน้ำจําลองเรขาคณิตของเมือง



ภาพที่ 2 ภาพถ่ายแสดงพื้นที่กรณีศึกษาหุบเขาถนนบริเวณถนนเพชรบุรี

2.2.3 วิเคราะห์แปลงที่ดินสำหรับก่อสร้างอาคารในพื้นที่กรณีศึกษา

ผังโฉนดที่ดิน และตำแหน่งอาคารปัจจุบันสามารถศึกษาได้จากระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ของสำนักงานผังเมืองกรุงเทพมหานคร โดยสามารถวิเคราะห์แปลงที่ดินร่วมกับตำแหน่งอาคารปัจจุบันเพื่อคาดการณ์ขนาดแปลงที่ดินที่จะทำการก่อสร้างอาคารในอนาคต และศึกษาเงื่อนไขของทำเลที่ตั้งกรณีตั้งอยู่ริมถนนสาธารณะ ทำให้สามารถกำหนดหน้ากว้างแปลงที่ดินขั้นต่ำ และบริเวณที่สามารถใช้ประโยชน์ที่ดินได้ตามเงื่อนไข เช่น พื้นที่กรณีศึกษาถนนเพชรบุรี ที่เป็นถนนสายหลัก มีขนาดเขตทาง 30 เมตร ดังนั้น หน้ากว้างแปลงที่ดินควรมีขนาดไม่ต่ำกว่า 30 เมตร

#### 2.2.4 จำแนกประเภทของอาคารที่สามารถสร้างได้บนแปลงที่ดินในอนาคต

จำแนกแปลงที่ดินที่ตั้งอยู่ติดถนนสาธารณะที่มีความกว้างต่างกัน เพื่อจำแนกประเภทกิจกรรมที่สามารถก่อสร้างได้ตามเงื่อนไขตั้งอยู่ริมถนนที่มีความกว้างที่แตกต่างกัน เช่น ที่ดินที่อยู่ติดกับถนนที่กว้างไม่ถึง 10 เมตร ไม่สามารถก่อสร้างอาคารขนาดใหญ่พิเศษ หรือ อาคารที่มีพื้นที่เกิน 10,000 ตารางเมตรได้ โดยการหาพื้นที่อาคารรวมทุกชั้นที่สามารถก่อสร้างได้ สามารถหาได้จาก FAR ตามข้อกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยมีวิธีดังนี้

$$L \times FAR = A \dots\dots\dots \text{สมการที่ 1}$$

เมื่อ  $L$  คือ พื้นที่ของแปลงที่ดิน ( $m^2$ ) และ  $A$  คือ พื้นที่อาคารรวมสูงสุด ( $m^2$ )

เมื่อทราบพื้นที่อาคารรวมทุกชั้น สามารถจัดหมวดหมู่ประเภทของกิจกรรมที่อนุญาตตามขนาดของอาคารเพื่อกำหนดระยะต่างๆ ตามข้อกำหนดด้านกฎหมายควบคุมอาคารที่แตกต่างกันได้ โดยกฎหมายควบคุมอาคารที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ กฎกระทรวงฉบับที่ 55 พ.ศ. 2543<sup>2</sup> กฎกระทรวงฉบับที่ 33 พ.ศ. 2535<sup>3</sup> และ ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่องควบคุมอาคาร พ.ศ. 2544<sup>4</sup> โดยเนื้อหาของกฎหมายจะมีความแตกต่างกันตามลักษณะของอาคาร ซึ่งในการศึกษานี้ พื้นที่กรณีศึกษาอยู่ในเขตกรุงเทพมหานคร จึงยึดเอากฎหมายจากข้อบัญญัติกรุงเทพมหานครเป็นหลัก และ ใช้กฎหมายส่วนอื่นที่ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานครไม่ได้กล่าวถึงเป็นกรณีรองลงมาในการกำหนดระยะต่าง ๆ

#### 2.2.5 หาพื้นที่อาคารปกคลุมที่ดิน (BCA)

หาขอบเขตของพื้นที่อาคารปกคลุมที่ดินจากการหักออกจากพื้นที่ว่างรอบอาคาร โดยที่ว่างรอบอาคารสามารถหาค่าได้จาก OSR ตามข้อกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยสามารถหาได้ดังนี้

$$L - \left( \frac{OSR \times A}{100} \right) = BCA \dots\dots\dots \text{สมการที่ 2}$$

เมื่อ  $OSR$  คือ อัตราส่วนของที่ว่างต่อพื้นที่อาคารรวม และ  $BCA$  คือ พื้นที่อาคารปกคลุมที่ดิน

#### 2.2.6 หาอัตราส่วนพื้นที่อาคารปกคลุมดิน (BCR)

<sup>2</sup> กฎกระทรวงฉบับที่ 55 พ.ศ. 2543 เป็นกฎหมายเกี่ยวกับลักษณะอาคาร ที่ว่างภายนอก แนวอาคาร และ ระยะต่าง ๆ ของอาคาร

<sup>3</sup> กฎกระทรวงฉบับที่ 33 พ.ศ. 2535 เป็นกฎหมายเกี่ยวกับอาคารสูง และ อาคารขนาดใหญ่พิเศษ

<sup>4</sup> ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่องควบคุมอาคาร พ.ศ. 2544 ที่อาศัยความตามเนื้อหาพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ.2522 เป็นกฎหมายที่กรุงเทพมหานครตราขึ้น โดยได้รับความเห็นชอบจากสภากรุงเทพมหานคร

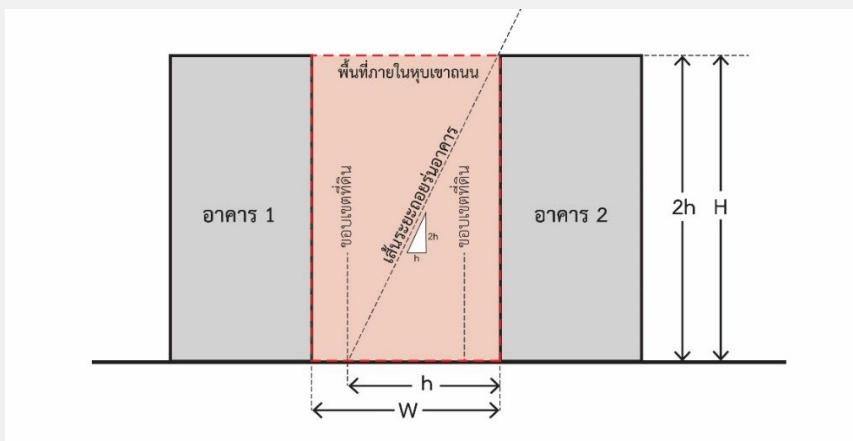
อัตราส่วนพื้นที่ของอาคารต่อพื้นที่แปลงที่ดิน วัดจากเส้นกรอบผนังอาคาร รวมไปถึง โครงสร้างภายนอกอาคารต่าง ๆ เช่น พื้นดาดแข็งที่สร้างจากวัสดุสังเคราะห์ ได้แก่ พื้นถนน ทางเท้า และ ที่ จอดรถ โดยสามารถหาค่าได้ดังนี้

$$\left(\frac{BCA}{L}\right) \times 100 = BCR \dots\dots\dots\text{สมการที่ 3}$$

เมื่อ BCR คือ อัตราส่วนพื้นที่อาคารปกคลุมดิน

2.2.7 วิเคราะห์ระยะต่างๆ จากกฎหมายที่เกี่ยวข้อง

ระยะถอยร่นของอาคารจากแนวเขตที่ดินด้านที่ติดกับถนนสาธารณะ และด้านที่ติดกับ ที่ดินข้างเคียงจากกฎกระทรวงฉบับที่ 55 พ.ศ. 2543 และ ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่อง ควบคุมอาคาร หากใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่เกิน 10,000 ตารางเมตร หรือ อาคารมีความสูงเกิน 23 เมตร จะถูกกำหนดให้ เป็นอาคารขนาดใหญ่พิเศษ ต้องใช้กฎกระทรวงฉบับที่ 33 พ.ศ. 2535 ประกอบการวิเคราะห์ที่ว่างภายนอก อาคาร และแนวอาคาร ส่วนความสูงของอาคาร ในกรณีที่พื้นที่กรณีศึกษาอยู่ในเขตพื้นที่เมืองหนาแน่นที่ สามารถสร้างอาคารขนาดใหญ่พิเศษ หรือ อาคารสูงได้ ความสูงอาคารดังกล่าวจะถูกควบคุมด้วย กฎกระทรวงฉบับที่ 55 พ.ศ. 2543 เนื้อหาข้อ 44 และ ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่อง ควบคุมอาคาร เนื้อหาหมวดที่ 5 ข้อ 49 ที่ระบุไว้เช่นเดียวกันว่า ความสูงของอาคารไม่ว่าจากจุดหนึ่งจุดใด ต้องไม่เกินสอง เท่าของระยะราบ วัดจากจุดนั้นไปตั้งฉากกับแนวเขตด้านตรงข้ามของถนนสาธารณะที่อยู่ใกล้อาคารนั้น ที่สุด ซึ่งในการศึกษานี้จะพิจารณาเฉพาะพื้นที่ภายในหุบเขาถนนของเมือง (ภาพที่ 3) ดังนั้น ความสูงของ อาคารที่อยู่นอกเหนือจากระยะถอยร่นที่ตั้งฉากกับเขตที่ดินด้านตรงข้ามจะไม่นำมาคิดเป็นส่วนสูงของ อาคาร



ภาพที่ 3 ภาพตัดแสดงการกำหนดความสูงของอาคาร ในการศึกษาชั้นนี้จะทำการศึกษาเฉพาะ ภายในพื้นที่หุบเขาถนนของเมือง



2.2.8 การหาอัตราส่วนความสูงต่อความกว้างของหุบเขาถนนของเมือง ( $H/W$ )

หาค่า  $H/W$  ของหุบเขาถนนของเมือง ด้วยวิธีโครงข่ายสามเหลี่ยมที่ไม่เท่ากัน (Samsonov et al., 2015) จากขอบเขตของอาคาร และแนวถนน ทำการสร้างรูปสามเหลี่ยมด้วยเส้นที่เชื่อมต่อกันจากมุม และผนังของอาคาร โดยจะพิจารณาเฉพาะสามเหลี่ยมที่อยู่ด้านนอกของอาคาร กำหนดให้รูปสามเหลี่ยมมีอย่างน้อย 1 จุดเชื่อมกับเส้นกรอบอาคาร หาความกว้างของหุบเขาถนนจากรูปร่างสามเหลี่ยมแต่ละรูป โดยความกว้างสามารถประมาณค่าได้จากเส้นความสูงของสามเหลี่ยม (Triangle Altitude) ที่ตั้งฉากกับเส้นกรอบอาคาร (ภาพที่ 4) ซึ่งความสูงของสามเหลี่ยม ( $w_i$ ) สามารถหาค่าได้ดังนี้

$$w_i = \frac{2s_i}{a_i} \dots\dots\dots \text{สมการที่ 4}$$

เมื่อ  $s_i$  คือ พื้นที่สามเหลี่ยม  $i$  และ  $a$  คือ ความยาวของสามเหลี่ยมด้านที่ตั้งฉากกับความสูง หลังจากนั้น สามารถทำการหาค่ากลางของความกว้างภายในหุบเขาถนน ( $W$ ) ได้ดังนี้

$$W = \frac{\sum_{i=1}^n s_i w_i}{\sum_{i=1}^n s_i} \dots\dots\dots \text{สมการที่ 5}$$

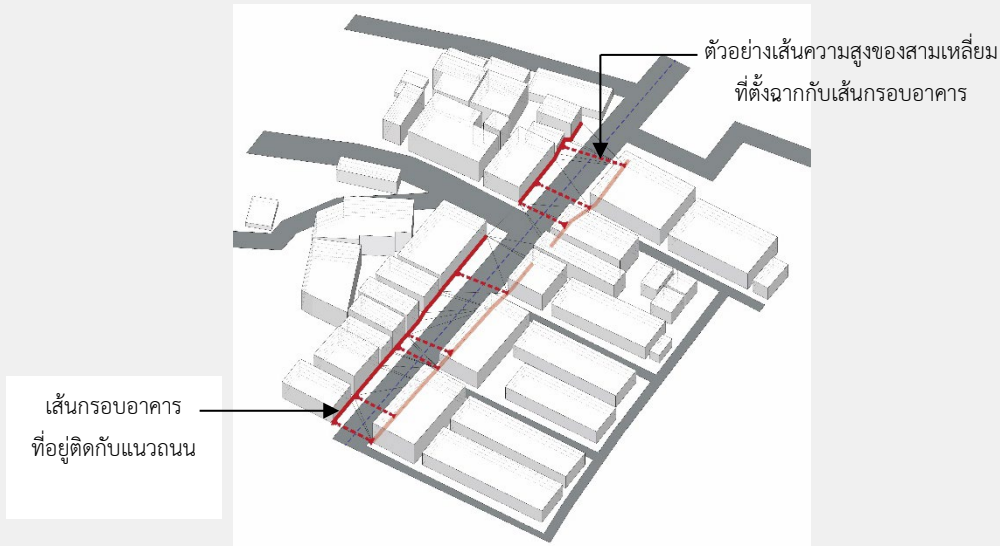
เมื่อ  $n$  คือ จำนวนของสามเหลี่ยมภายในหุบเขาถนน สามารถหาค่ากลางของความสูงภายในหุบเขาถนน ( $H$ ) ได้ดังนี้

$$H = \frac{\sum_{i=1}^n P_i h_i}{\sum_{i=1}^n P_i} \dots\dots\dots \text{สมการที่ 6}$$

เมื่อ  $n$  คือ จำนวนอาคารภายในหุบเขาถนน ส่วน  $h_i$  คือ ความสูงของอาคาร  $i_{th}$  และ  $P_i$  คือ ระยะเส้นกรอบของอาคาร  $i_{th}$

อย่างไรก็ตาม สำหรับเส้นกรอบของหุบเขาถนนจะต้องอ้างอิงจากเส้นกรอบของกลุ่มอาคาร (ภาพที่ 4) ทำให้สามารถหาอัตราส่วนความสูงต่อความกว้างของหุบเขาถนน ( $R$ ) ได้ดังนี้

$$R = \frac{H}{W} \dots\dots\dots \text{สมการที่ 7}$$



ภาพที่ 4 แสดงเส้นความสูงของสามเหลี่ยม และ เส้นกรอบอาคาร

เพื่อการหาค่าความกว้าง และ ความสูงของหุบเขาถนนของเมือง

2.2.9 สรุปหุนจำลองเรขาคณิตของเมืองที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคต

หาค่าความหนาแน่นของพื้นที่เมืองได้จากค่าระยะความหยาบ (Roughness length :  $Z_0$ ) ของพื้นที่หุบเขาถนนของเมือง (Nakata-Osaki et al., 2018) โดยสามารถหาค่าได้ดังนี้

$$Z_0 = 0.5H(A^*/A') \dots\dots\dots \text{สมการที่ 8}$$

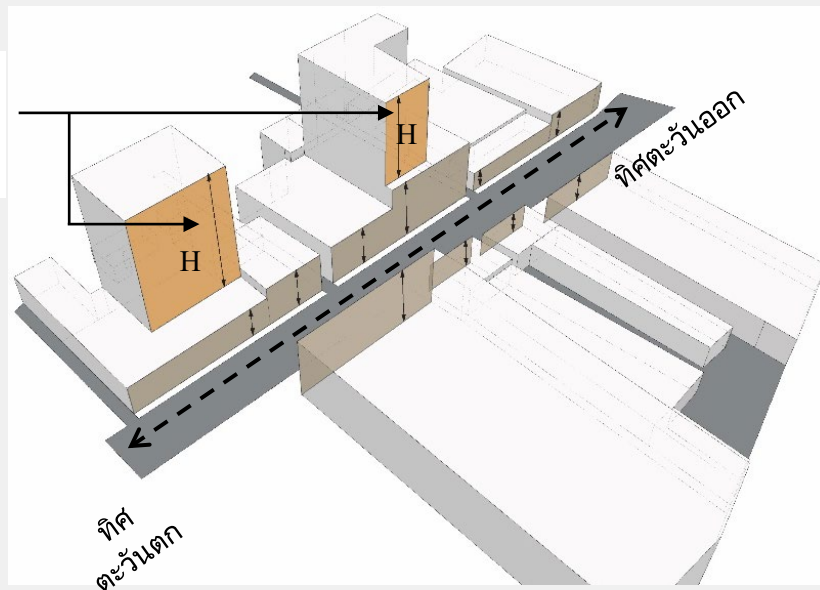
เมื่อ  $Z_0$  คือค่าระยะของความหยาบ (m)  $H$  คือ ค่าเฉลี่ยความสูงของอาคารตามแนวหุบเขาถนน  $A^*$  คือ ค่าเฉลี่ยพื้นผิวทางแนวตั้งของอาคารที่อยู่ตามแนวหุบเขาถนน และ  $A'$  คือ ค่าเฉลี่ยพื้นที่อาคารปกคลุมพื้นที่ดินของอาคารแต่ละหลังตามแนวหุบเขาถนนของเมือง

จากการหาค่า  $H/W$  ของพื้นที่กรณีศึกษาหุบเขาถนน และการหาค่าความหนาแน่นของพื้นที่เมืองจากค่า  $Z_0$  สามารถสรุปเรขาคณิตของพื้นที่กรณีศึกษาหุบเขาถนนของเมืองได้ดังตารางที่ 2 Error! Reference source not found. และเนื่องจากพื้นที่ในปัจจุบันมีพื้นที่ผิวของผนังอาคารทางแนวตั้งที่ไม่ได้อยู่ติดกับแนวถนน จึงนำพื้นที่ผิวทางแนวตั้ง และความสูงของอาคารดังกล่าวมาคิดค่า  $Z_0$  ด้วย (ภาพที่ 5) เนื่องจากแนวการหันทิศทางของแนวหุบเขาถนน คือ ทิศตะวันออก - ทิศตะวันตก (NW 290° - SE 110°) ทำให้พื้นที่ผนังของอาคารฝั่งที่รับลมมีพื้นที่เพิ่มขึ้น และมีแนวโน้มที่จะส่งผลต่อกระแสลมที่พัดปะทะกับผนังอาคารดังกล่าวได้ (Li et al., 2020)

ตารางที่ 2 เรขาคณิตของหุบเขาถนนของพื้นที่กรณีศึกษา

พื้นที่กรณีศึกษาถนนเพชรบุรี	$Z_0$	$H/W$
พื้นที่ปัจจุบัน	19.5	0.7
พื้นที่ในอนาคต	39.6	1.6

ผนังและความสูงของ  
อาคารที่นำมาคิดค่า  
 $Z_0$  ด้วย

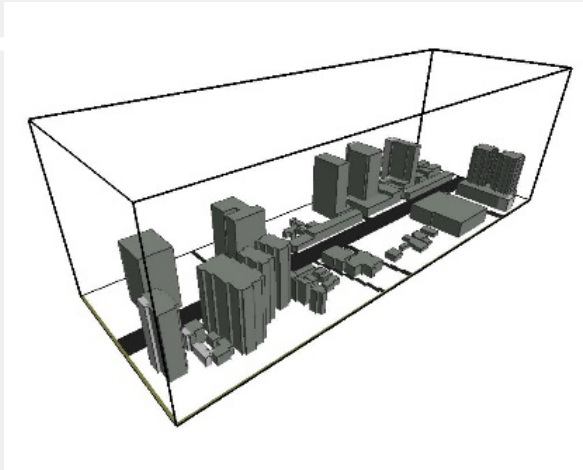


ภาพที่ 5 หุ่นจำลอง 3 มิติ ของพื้นที่กรณีศึกษาถนนเพชรบุรีในปัจจุบัน  
แสดงพื้นผิวทางแนวตั้งตามแนวยถนน

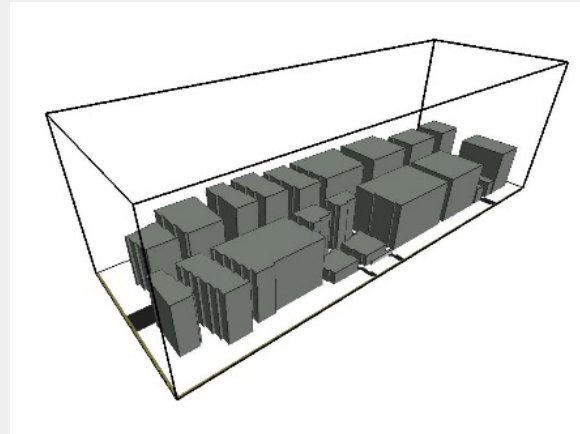
### 2.3. การจำลองสภาพแวดล้อมด้วยโปรแกรม ENVI-met

#### 2.3.1 การสร้างหุ่นจำลองพื้นที่กรณีศึกษาหุบเขาถนนของเมือง

การจำลองสภาพแวดล้อมพื้นที่กรณีศึกษาอยู่ในขอบเขตพื้นที่ กว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 300 x 660 x 210 เมตร ซึ่งสามารถประเมินสภาพแวดล้อมในระดับย่านที่ได้รับอิทธิพลจากอาคารข้างเคียง และสามารถเลือกพิจารณาพื้นที่หุบเขาถนนได้หลายจุด โดยในการศึกษานี้ใช้ความละเอียดของช่องตาราง (Grid resolution) เท่ากับ 3 เมตร เพื่อให้ได้ขอบเขตพื้นที่กว้างมากขึ้น แต่มีความละเอียดลดลง เนื่องจากเป็นการศึกษาในระดับเมือง แต่การศึกษาค่าข้อมูลต่างๆ ในพื้นที่หุบเขาถนนจะยังสามารถได้รับอิทธิพลจากอาคารข้างเคียงได้ (Chatzidimitriou & Yannas, 2017) กำหนดให้วัสดุพื้นผิวถนน และ ผนังอาคารทุกด้านเป็นคอนกรีตเพื่อควบคุมปัจจัยด้านชนิดของวัสดุพื้นผิวให้เป็นวัสดุเดียวกัน โดยสามารถแสดงหุ่นจำลองจากโปรแกรม Envi-met ได้ดังภาพที่ 6



(6ก)



(6ข)

ภาพที่ 6 หุ่นจำลอง 3 มิติ จากโปรแกรม Envi-met ของพื้นที่กรณีศึกษาถนนเพชรบุรี  
(6ก) พื้นที่ปัจจุบัน (6ข) พื้นที่ในอนาคต

2.3.2 ข้อมูลนำเข้า (Input Data) สำหรับการจำลองสภาพแวดล้อม

กำหนดตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ตั้งอยู่ในเมืองกรุงเทพมหานคร และใช้ข้อมูลสภาพอากาศที่วัดจากสถานีอุตุนิยมวิทยากรุงเทพมหานคร (ศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์) เป็นข้อมูลย้อนหลัง 30 ปี (พ.ศ. 2534-2563) ทำให้ได้ค่าเฉลี่ยข้อมูลนำเข้าโปรแกรมเพื่อทำการจำลองสภาพแวดล้อม แสดงดังตารางที่ 3 รวมถึงการกำหนดให้มีแหล่งกำเนิดมลพิษจากการจราจรบริเวณแนวถนนสายหลักซึ่งเป็นค่าเริ่มต้นจากโปรแกรม Envi-met ที่กำหนดให้เป็นข้อมูลการสัญจรบนถนนภายในพื้นที่เมือง (Inner-Urban Road) โดยสรุปข้อมูลการจราจร และ แหล่งกำเนิดมลพิษได้ดังตารางที่ 4 ทั้งนี้ ข้อมูลดังกล่าวไม่ได้เป็นข้อมูลจากพื้นที่จริง เนื่องจากต้องการศึกษาแนวโน้มของการไหลเวียนของอากาศ และการสะสมมลพิษจากปัจจัยของเรขาคณิตของหุบเขาถนนในพื้นที่กรณีศึกษาเท่านั้น

ตารางที่ 3 แสดงข้อมูลสภาพอากาศที่นำเข้าโปรแกรม Envi-met เพื่อใช้ในการจำลองสภาพแวดล้อม

วันที่	1 เมษายน	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศต่ำสุด	25.5°C
เวลาที่เริ่มทดสอบ	24:00	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศสูงสุด	33.7°C
ระยะเวลาทดสอบ	24 ชั่วโมง	ค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุด	45%
เมฆปกคลุม	0*	ค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์สูงสุด	87%
ทิศทางลม (degree)	187°	ความเร็วลมที่ระดับความสูง 10 เมตร	5.14 m/s

\*ค่าเริ่มต้นจากโปรแกรม Envi-met

ตารางที่ 4 แสดงข้อมูลนำเข้าโปรแกรม Envi-met เพื่อใช้ในการจำลองสภาพแวดล้อม

<b>ความหนาแน่นของ</b>	จำนวนยานพาหนะต่อ 24 ชั่วโมง*	16,000 คัน
<b>การจราจร</b>	จำนวนช่องทางการจราจร	4 Lane
<b>ช่วงเวลาที่มีความหนาแน่นของการจราจรสูงสุด</b>		16.00 – 17.00 น.
<b>อัตราส่วนของชนิดยานพาหนะทั้งหมด (%)</b>	รถยนต์โดยสาร* (Passenger cars)	88%
	รถยนต์ขนาดเล็ก* (Light Duty Vehicles)	5%
	รถยนต์ขนาดใหญ่* (Heavy Duty Vehicles)	2.5%
	รถจักรยานยนต์* (Motorcycles)	0.5%
	รถโดยสารสาธารณะ* (Urban Bus)	3%
<b>แหล่งกำเนิดมลพิษ</b>	รถโดยสารขนาดใหญ่* (Coaches)	1%
	Particle Matter (PM)	2.5 $\mu$ m.
	ความสูงจากพื้น*	15 cm.
	Source geometry*	Line

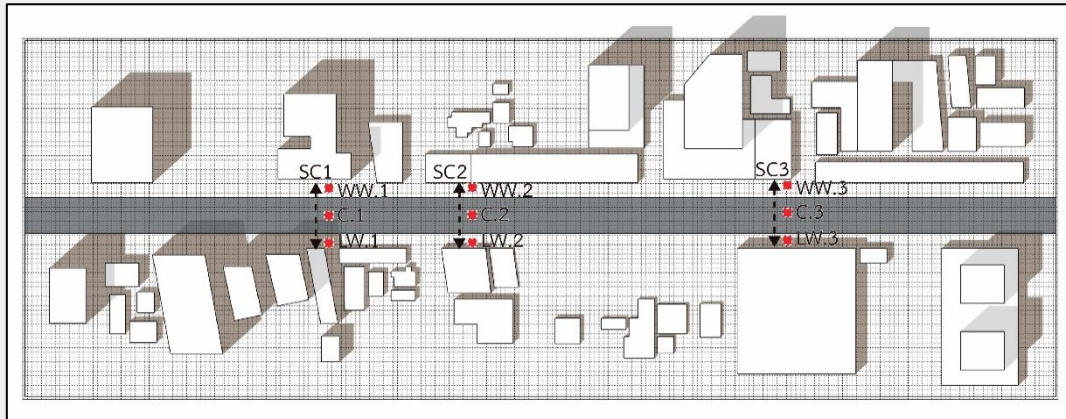
\*ค่าเริ่มต้นจากโปรแกรม Envi-met

### 2.3.3 การเก็บค่าข้อมูลในพื้นที่กรณีศึกษา

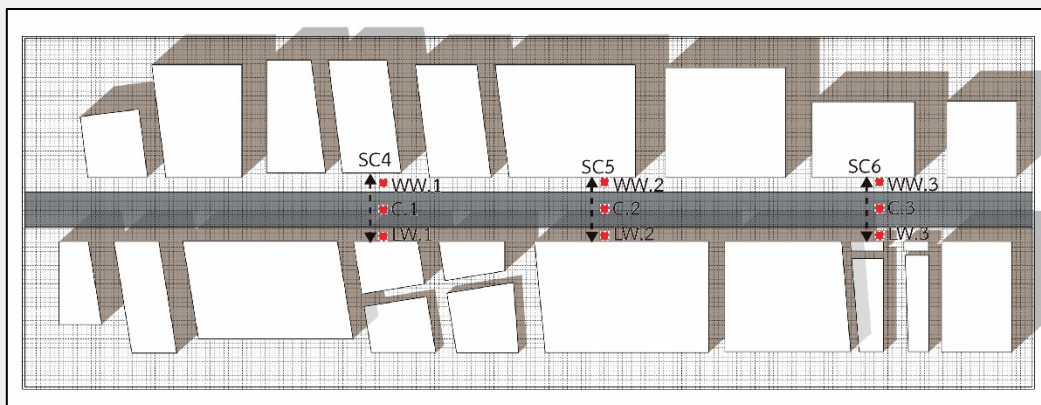
จากการจำลองสภาพแวดล้อมภายในพื้นที่กรณีศึกษาหุบเขาถนน ทำการเก็บค่าข้อมูลความเร็วลมที่อยู่ตามแนวถนนสายหลัก รวมถึงค่ามลพิษทางอากาศ ได้แก่ ค่า PM2.5 ที่เกิดจากแหล่งกำเนิดมลพิษของยานพาหนะตามแนวถนน ในการเก็บค่าข้อมูลจะเลือกหุบเขาถนนภายในพื้นที่กรณีศึกษาถนนเพชรบุรีในปัจจุบัน และในอนาคต จำนวนพื้นที่ละ 3 หุบเขาถนน (Street canyon : SC) ที่มีค่า HW ที่แตกต่างกัน (ตารางที่ 5) โดยกำหนดจุดเก็บค่าข้อมูล 3 ตำแหน่ง ได้แก่ บริเวณผนังฝั่งที่รับลม (Windward Wall: WW) บริเวณกึ่งกลางถนน (Centre: C) และ บริเวณผนังฝั่งทำยลม (Leeward Wall: LW) สามารถแสดงหุบเขาถนนที่เลือก และ จุดวัดค่าต่าง ๆ ได้ดังภาพที่ 7 โดยจุดเก็บค่าข้อมูลอยู่สูงจากระดับพื้นดิน 1.50 เมตร ซึ่งเป็นระดับความสูงที่ผู้ใช้ทางทำในพื้นที่หุบเขาถนนสามารถสัมผัสถึงมลพิษทางอากาศได้ (Jareemit et al., 2023)

### ตารางที่ 5 กรณีศึกษาหุบเขาถนนของพื้นที่ถนนเพชรบุรี

กรณีศึกษา	พื้นที่ปัจจุบัน			พื้นที่ในอนาคต		
	SC1	SC2	SC3	SC4	SC5	SC6
<b>H/W</b>	0.8	0.3	0.5	1.6	1.7	1.2



(7ก) ผังบริเวณพื้นที่กรณีศึกษาถนนเพชรบุรีปัจจุบัน



(7ข) ผังบริเวณพื้นที่กรณีศึกษาถนนเพชรบุรีในอนาคต

ภาพที่ 7 แสดงหุบเขาถนนที่เลือกศึกษา 3 แห่ง จากพื้นที่กรณีศึกษาหุบเขาถนนบริเวณถนนเพชรบุรีในปัจจุบัน (7ก) และ ในอนาคต (7ข) พร้อมกับแสดงจุดเก็บค่าข้อมูล 3 ตำแหน่ง ได้แก่ บริเวณผนังฝั่งรับลม (WW) กึ่งกลางถนน (C) และ บริเวณผนังฝั่งได้ลม (LW)

### 3. ผลการศึกษา และการอภิปรายผล

#### 3.1 ค่าความเร็วลม กับ ค่าการสะสม PM2.5 ของพื้นที่กรณีศึกษา

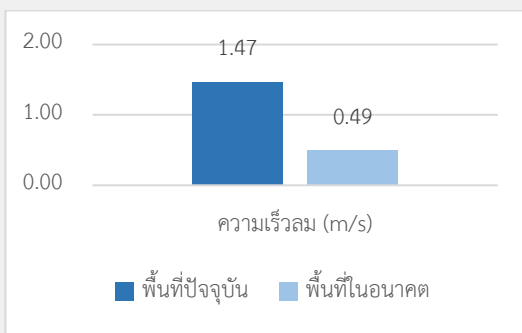
ค่าความเร็วลม และการสะสม PM2.5 ของกรณีศึกษาหุบเขาถนนทั้ง 6 กรณีศึกษา ซึ่งแต่ละแห่งจะเป็นการเก็บค่าเฉลี่ยจากจุดเก็บค่าข้อมูล 3 ตำแหน่ง แสดงได้ดังตารางที่ 6 พบว่า กรณีศึกษาหุบเขาถนน

SC3 ซึ่งเป็นกรณีศึกษาพื้นที่ปัจจุบัน มีค่าความเร็วลมภายในหุบเขาถนนเท่ากับ 2.13 m/s ซึ่งมีค่าสูงที่สุด และ มีค่าการสะสม PM2.5 เท่ากับ 0.43  $\mu\text{m}/\text{m}^3$  ซึ่งมีค่าสูงที่สุดเช่นกัน ส่วนกรณีศึกษาหุบเขาถนน SC4 ซึ่งเป็นกรณีศึกษาพื้นที่ในอนาคต มีค่าความเร็วลมภายในหุบเขาถนนเท่ากับ 0.40 m/s ซึ่งมีค่าต่ำที่สุด และ กรณีศึกษาหุบเขาถนน SC6 ซึ่งเป็นกรณีศึกษาพื้นที่ในอนาคต มีค่าการสะสม PM2.5 เท่ากับ 0.20  $\mu\text{m}/\text{m}^3$  ซึ่งมีค่าต่ำที่สุด

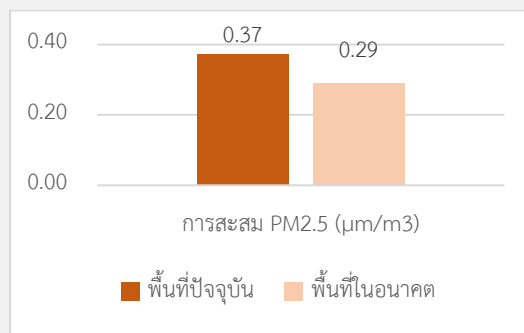
กรณีศึกษาพื้นที่ปัจจุบันที่มีค่า  $H/W$  ของหุบเขาถนนไม่เกิน 1 ซึ่งน้อยกว่าพื้นที่ในอนาคตที่มีค่า  $H/W$  ของหุบเขาถนนมากกว่า 1 ทำให้กรณีศึกษาพื้นที่ปัจจุบันมีค่าความเร็วลมภายในหุบเขาถนนสูงกว่า เนื่องจากมีพื้นที่เปิดโล่งมากกว่า และค่าเฉลี่ยโดยรวมของความเร็วลมตลอดทั้งแนวถนนภายในกรณีศึกษาพื้นที่ปัจจุบัน และพื้นที่ในอนาคต มีค่าเท่ากับ 1.47 m/s และ 0.49 m/s ตามลำดับ (ภาพที่ 8ก) ใน การศึกษานี้ ค่าความเร็วลมที่สูงกว่าไม่ส่งผลให้การสะสมของ PM2.5 ลดลง โดยกรณีศึกษาพื้นที่ปัจจุบันมี ค่าเฉลี่ยโดยรวมของการสะสม PM2.5 ภายในหุบเขาถนน มากกว่าพื้นที่ในอนาคต มีค่าเท่ากับ 0.37  $\mu\text{m}/\text{m}^3$  และ 0.29  $\mu\text{m}/\text{m}^3$  ตามลำดับ (ภาพที่ 8ข)

ตารางที่ 6 แสดงผลการวัดค่าความเร็วลม และ ค่าการสะสม PM2.5 ของกรณีศึกษาหุบเขาถนน

พื้นที่กรณีศึกษาถนนเพชรบุรี	พื้นที่ปัจจุบัน			พื้นที่ในอนาคต		
	SC1	SC2	SC3	SC4	SC5	SC6
กรณีศึกษาหุบเขาถนน	SC1	SC2	SC3	SC4	SC5	SC6
เรขาคณิตของหุบเขาถนน $H/W$	0.8	0.3	0.5	1.6	1.7	1.2
ความเร็วลม (m/s)	0.97	1.31	2.13	0.40	0.56	0.52
การสะสม PM2.5 ( $\mu\text{m}/\text{m}^3$ )	0.27	0.42	0.43	0.40	0.27	0.20



(8ก) ค่าเฉลี่ยความเร็วลม



(8ข) ค่าเฉลี่ยการสะสม PM2.5

ภาพที่ 8 ค่าเฉลี่ยโดยรวมของความเร็วลม (8ก) และ การสะสม PM2.5 (8ข) ของกรณีศึกษาทั้งสองพื้นที่

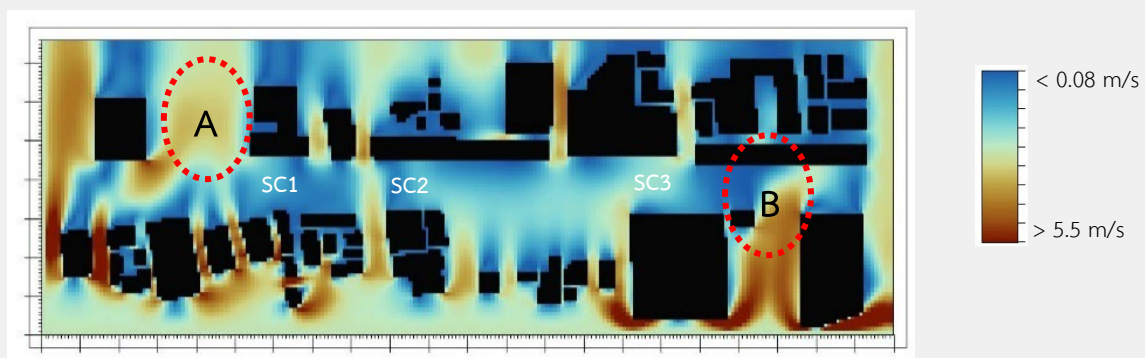
### 3.2 อภิปรายผลการจำลองสภาพแวดล้อม

พิจารณาจากผลการจำลองสภาพแวดล้อม ได้แก่ การจำลองความเร็วลม (ภาพที่ 9) และการสะสมของ PM2.5 (ภาพที่ 10) จะพบว่าบริเวณที่มีความเร็วลมสูง และเป็นพื้นที่โล่งจะส่งผลต่อการพัดพาของ PM2.5 เพียงแต่ในบางพื้นที่เป็นบริเวณที่ไม่ได้อยู่ในแนวถนนสายหลัก เช่น ในพื้นที่วงกลม A และ B ของภาพที่ 8ก และ 9ก จะสามารถสังเกตเห็นการพัดพาของ PM2.5 จากทิศทางของกระแสลมในบริเวณดังกล่าวได้

ในกรณีที่ค่าเฉลี่ยความเร็วลมของกรณีศึกษาพื้นที่ปัจจุบันสูงกว่าพื้นที่ในอนาคต แต่ก็มีค่าการสะสม PM2.5 ภายในหุบเขาถนนมากกว่าเช่นกัน เนื่องจากภายในพื้นที่หุบเขาถนนกำหนดให้แหล่งกำเนิดมลพิษจากยานพาหนะอยู่ตามแนวบริเวณกึ่งกลางถนน เมื่อมีกระแสลมเข้าถึงทำให้พัดเอา PM2.5 ไปสะสมที่บริเวณผนังฝั่งรับลม (WW) โดยสามารถสังเกตได้จากภาพที่ 10ก ที่มีการสะสมของ PM2.5 ตลอดแนวผนังฝั่งรับลมตั้งแต่กรณีศึกษา SC2 จนถึง SC3 โดยการสะสมของ PM2.5 ที่ตำแหน่งดังกล่าวจะอยู่ที่ระดับความสูง 1.5 เมตรเหนือพื้นดิน ซึ่งเป็นระดับความสูงที่ผู้ใช้ทางเท้า และถนนในพื้นที่หุบเขาถนนของเมืองสามารถสัมผัสได้

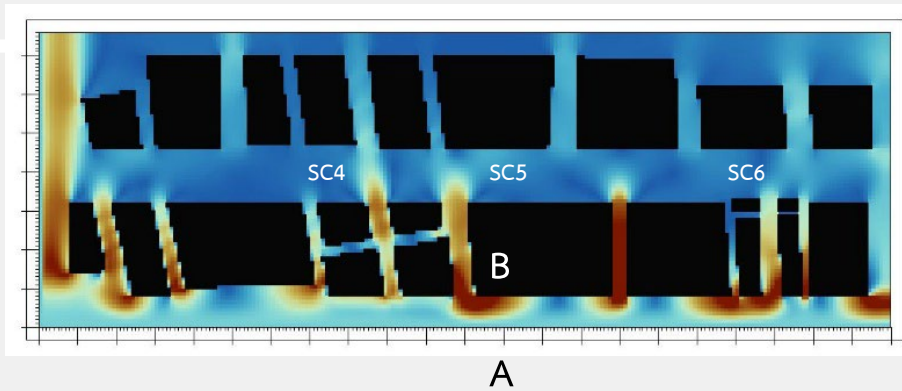
### 3.3 การสะสม PM2.5 ภายในพื้นที่หุบเขาถนน

ผลการวัดค่าการสะสม PM2.5 แยกตามจุดวัดค่า 3 ตำแหน่ง ได้แก่ บริเวณผนังฝั่งรับลม (WW) กึ่งกลางถนน (C) และ บริเวณผนังฝั่งใต้ลม (LW) ของกรณีศึกษาพื้นที่ปัจจุบัน และพื้นที่ในอนาคต แสดงได้ดังภาพที่ 11 พบว่า บริเวณกึ่งกลางถนนมีค่าการสะสม PM2.5 ของพื้นที่ปัจจุบัน และพื้นที่ในอนาคต เท่ากับ  $0.62 \mu\text{m}/\text{m}^3$  และ  $0.41 \mu\text{m}/\text{m}^3$  ตามลำดับ ซึ่งมีค่าการสะสม PM2.5 สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับทุกกรณีศึกษา โดยพื้นที่ปัจจุบันจุดวัดค่าบริเวณผนังฝั่งรับลมจะมีค่าการสะสม PM2.5 มากกว่าบริเวณผนังฝั่งใต้ลม ส่วนพื้นที่ในอนาคต จุดวัดค่าบริเวณผนังฝั่งรับลมกับผนังฝั่งใต้ลมมีค่าการสะสม PM2.5 ใกล้เคียงกัน



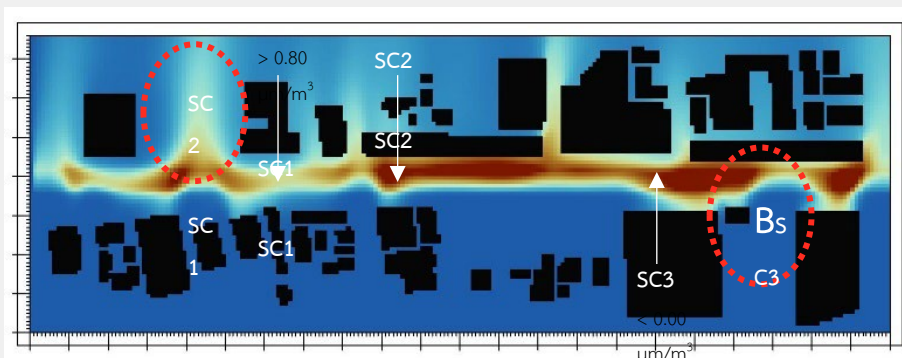
(9ก) พื้นที่กรณีศึกษาถนนเพชรบุรีปัจจุบัน



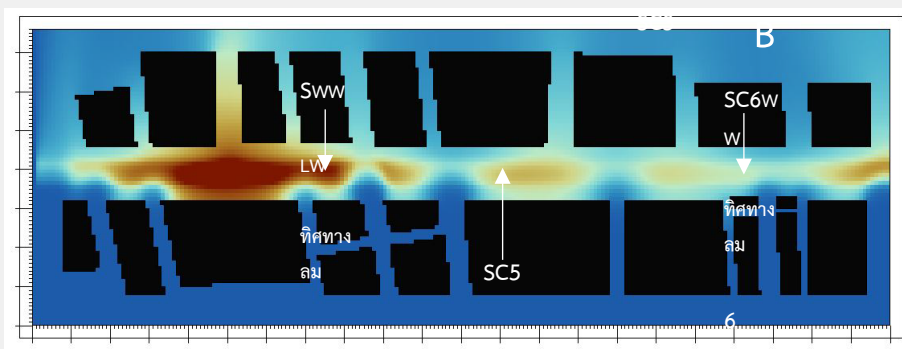


(9ข) พื้นที่กรณีศึกษาถนนเพชรบุรีในอนาคต

ภาพที่ 9 แสดงความเร็วลมของพื้นที่กรณีศึกษาหุบเขาดถนนเพชรบุรีพื้นที่ปัจจุบัน (9ก) และ พื้นที่ในอนาคต (9ข)

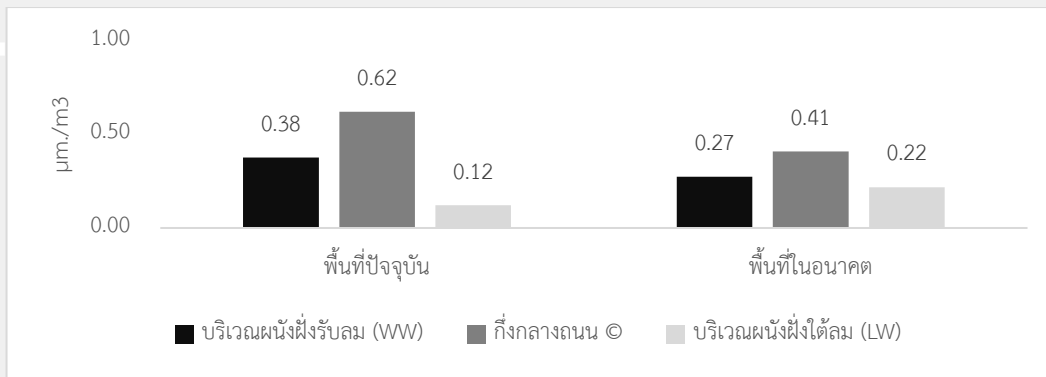


(10ก) พื้นที่กรณีศึกษาถนนเพชรบุรีปัจจุบัน



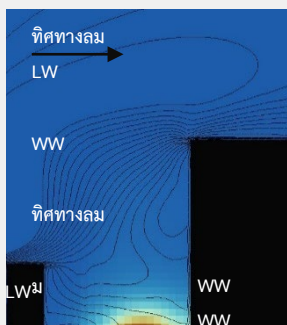
(10ข) พื้นที่กรณีศึกษาถนนเพชรบุรีในอนาคต

ภาพที่ 10 แสดงการสะสมของ PM2.5 ของพื้นที่กรณีศึกษาหุบเขาดถนนเพชรบุรีพื้นที่ปัจจุบัน (10ก) และ พื้นที่ในอนาคต (10ข)

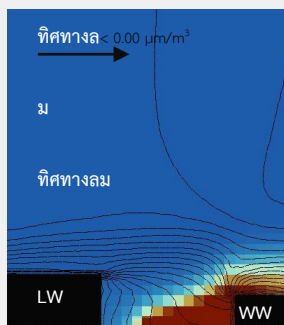


ภาพที่ 11 ค่าการสะสม PM2.5 บริเวณผนังฝั่งรับลม (WW) กึ่งกลางถนน © และ บริเวณผนังฝั่งได้ลม (LW) ของกรณีศึกษาพื้นที่ปัจจุบัน และ พื้นที่ในอนาคต

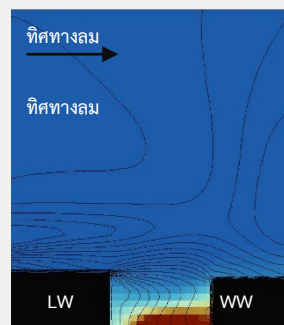
เมื่อพิจารณาจากผลการจำลองสภาพแวดล้อม แสดงภาพตัดทางขวางของกรณีศึกษาหุบเขาถนนทั้ง 6 กรณีศึกษาโดยแสดงดังภาพที่ 12 จะพบว่า เมื่อทิศทางลมพัดตั้งฉากกับแนวถนน ในการศึกษานี้ เราคาดคิดว่าหุบเขาถนนไม่ทำให้เกิดกระแสลมแบบหมุนวนภายในหุบเขาถนน เนื่องจากยังมีความเร็วลมไม่เพียงพอ ทำให้พื้นที่บริเวณกึ่งกลางถนนมีค่าการสะสม PM2.5 สูงที่สุด แต่ในกรณีศึกษาพื้นที่ปัจจุบันที่มีพื้นที่เปิดโล่งมากกว่า ทำให้ลมสามารถพัดเข้ามาภายในพื้นที่หุบเขาถนนได้ กระแสดังกล่าวพัดพา PM2.5 ไปสะสมบริเวณผนังฝั่งรับลม (WW) (ภาพที่ 12ก 12ข และ 12ค) โดยกรณีศึกษาหุบเขาถนนของเมืองพื้นที่ในอนาคตมีความเร็วลมน้อยกว่า ทำให้มีการสะสม PM2.5 เฉพาะบริเวณกึ่งกลางถนน (ภาพที่ 12ง 12จ และ 12ฉ)



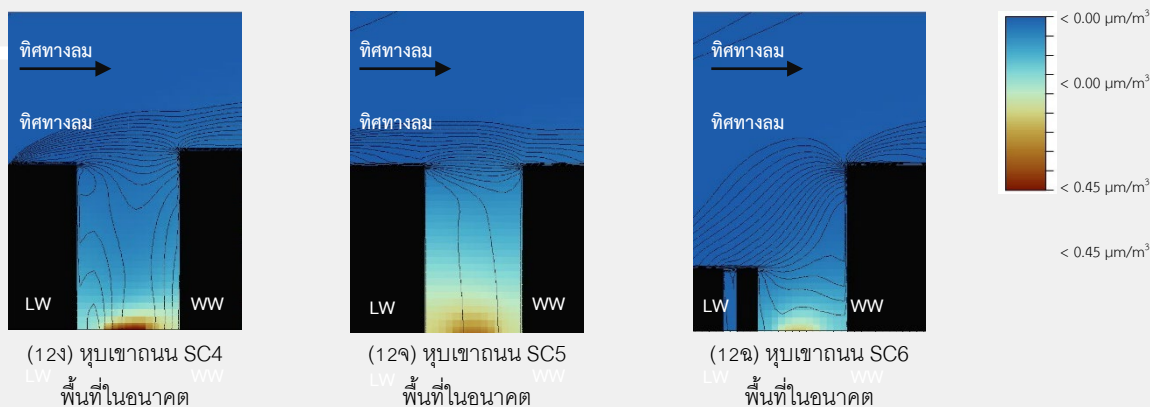
(12ก) หุบเขาถนน SC1  
พื้นที่ปัจจุบัน



(12ข) หุบเขาถนน SC2  
พื้นที่ปัจจุบัน  
< 0.45  
μm³/m³



(12ค) หุบเขาถนน SC3  
พื้นที่ปัจจุบัน



ภาพที่ 12 ภาพตัดแนวขวางแสดงค่าการสะสม PM2.5 ภายในกรณีศึกษาหุบเขาถนนทั้ง 6 กรณีศึกษา

#### 4. สรุปผลการศึกษา

ในการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าเรขาคณิตของหุบเขาถนนที่แสดงออกด้วยค่า  $H/W$  ของหุบเขาถนน จะส่งผลต่อความเร็วลมภายในพื้นที่หุบเขาถนน หากมีพื้นที่เปิดโล่งมากยิ่งขึ้นจะยิ่งทำให้ความเร็วลมในพื้นที่หุบเขาถนนมีค่ามากยิ่งขึ้น ซึ่งกรณีศึกษาถนนเพชรบุรีพื้นที่ในปัจจุบันยังถือว่ามีพื้นที่เปิดโล่งเพียงพอให้มีกระแสลมพัดเข้าสู่พื้นที่หุบเขาถนน เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีศึกษาพื้นที่ในอาคารจากการคาดการณ์เรขาคณิตของเมือง กรณีที่มีการปลูกสร้างอาคารตามข้อกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดินเต็มพื้นที่ พบว่าจะยิ่งทำให้ขาดการไหลเวียนของอากาศในพื้นที่หุบเขาถนนของเมือง ทั้งนี้ จากผลการจำลองสภาพแวดล้อมพบว่า บริเวณที่มีความเร็วลมสูงจะไม่ทำให้การสะสมของ PM2.5 ลดลง แต่จะส่งผลต่อการพัดพาของ PM2.5 โดยกระแสลมที่พัดเข้าสู่พื้นที่หุบเขาถนนของเมืองจะพัดพา PM2.5 ไปสะสมบริเวณผนังฝั่งรับลม (WW) หากไม่มีช่องทางให้เกิดการไหลเวียนของอากาศภายในหุบเขาถนน ซึ่งในกรณีที่ไม่มีกระแสลมภายในหุบเขาถนน PM2.5 จะสะสมบริเวณกึ่งกลางถนนที่มีแหล่งกำเนิดมาจากยานพาหนะที่สัญจรบนถนน

แนวทางการประยุกต์สำหรับการศึกษานี้คือการเสริมประเด็นเรื่องของการไหลเวียนของอากาศเพื่อลดการสะสมมลพิษทางอากาศในพื้นที่หุบเขาดอนจากการวางผังเมืองในอนาคต โดยการพิจารณาเรขาคณิตของหุบเขาดอนจากค่า  $H/W$  กล่าวคือ เมื่อค่า  $H/W$  ของหุบเขาดอนมีค่าน้อย ซึ่งในการศึกษานี้พบว่าค่า  $H/W$  ของหุบเขาดอนไม่เกิน 1 จะยังเพิ่มโอกาสในการสร้างไหลเวียนของอากาศในพื้นที่เมืองได้ รวมถึงพิจารณาในปัจจัยของการหันทิศทางของแนวถนนด้วย ถึงแม้ว่าจากผลการจำลองสภาพแวดล้อมในการศึกษานี้พบว่าในพื้นที่เมืองที่หนาแน่นกว่า แต่มีการสะสมของ PM2.5 น้อยกว่า แต่การเพิ่มพื้นที่เปิดโล่งแสดงให้เห็นว่าสามารถพัดพาเอา PM2.5 ออกไปได้ ก็จะทำให้สามารถลดการสะสมของมลพิษทางอากาศบางพื้นที่ในหุบเขาดอนของเมืองได้

ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาในอนาคตคือการกำหนดให้แหล่งกำเนิดมลพิษจากยานพาหนะที่สัญจรบนถนนอ้างอิงความเป็นจริงมากยิ่งขึ้น โดยคำนึงถึงช่วงเวลาความหนาแน่นของยานพาหนะ เช่น ช่วงเวลากลางคืนความหนาแน่นของยานพาหนะจะน้อยลงแล้วหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเร็วลมกับการสะสมของ PM2.5 ในช่วงเวลากลางคืน เพื่อให้เห็นปัจจัยในการช่วยลดการสะสมของ PM2.5 ในช่วงเวลากลางคืน

## 5. เอกสารอ้างอิง

- Balczó, M. G. R., Bodo. (2009). Numerical modeling of flow and pollutant dispersion in street canyons with tree planting. *Meteorologische Zeitschrift*, 18(2), 197-206.  
<https://doi.org/10.1127/0941-2948/2009/0361>
- Bruse, M. (2013). *ENVI-met*. <http://www.model.envi-met.com>
- Chatzidimitriou, A., & Yannas, S. (2017). Street canyon design and improvement potential for urban open spaces; the influence of canyon aspect ratio and orientation on microclimate and outdoor comfort. *Sustainable Cities and Society*, 33, 85-101.  
<https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.05.019>
- Ehrnsperger, L., & Klemm, O. (2022). Air pollution in an urban street canyon: Novel insights from highly resolved traffic information and meteorology. *Atmospheric Environment: X*, 13.  
<https://doi.org/10.1016/j.aeaoa.2022.100151>
- Jareemit, D., Liu, J., & Srivanit, M. (2023). Modeling the effects of urban form on ventilation patterns and traffic-related PM2.5 pollution in a central business area of Bangkok. *Building and Environment*, 244. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110756>

- Jin, S., Guo, J., Wheeler, S., Kan, L., & Che, S. (2014). Evaluation of impacts of trees on PM<sub>2.5</sub> dispersion in urban streets. *Atmospheric Environment*, 99, 277-287.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2014.10.002>
- Kleeman, M. J., Schauer, J. J., & Cass, G. R. (2000). Size and Composition Distribution of Fine Particulate Matter Emitted from Motor Vehicles. *Environmental Science & Technology*, 34(7), 1132-1142. <https://doi.org/10.1021/es981276y>
- Ku, C.-A., & Tsai, H.-K. (2020). Evaluating the Influence of Urban Morphology on Urban Wind Environment Based on Computational Fluid Dynamics Simulation. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(6). <https://doi.org/10.3390/ijgi9060399>
- Kubota, T., Miura, M., Tominaga, Y., & Mochida, A. (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.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2007.10.015>
- Kulmala, M. (2015). Atmospheric chemistry: China's choking cocktail. *Nature*, 526(7574), 497-499. <https://doi.org/10.1038/526497a>
- Li, Z., Zhang, H., Wen, C.-Y., Yang, A.-S., & Juan, Y.-H. (2020). Effects of height-asymmetric street canyon configurations on outdoor air temperature and air quality. *Building and Environment*, 183. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107195>
- Morakinyo, T. E., & Lam, Y. F. (2016). Simulation study of dispersion and removal of particulate matter from traffic by road-side vegetation barrier. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(7), 6709-6722. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-5839-y>
- Nakata-Osaki, C. M., Souza, L. C. L., & Rodrigues, D. S. (2018). THIS – Tool for Heat Island Simulation: A GIS extension model to calculate urban heat island intensity based on urban geometry. *Computers, Environment and Urban Systems*, 67, 157-168.  
<https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2017.09.007>
- Nazridoust, K., & Ahmadi, G. (2006). Airflow and pollutant transport in street canyons. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 94(6), 491-522.  
<https://doi.org/10.1016/j.jweia.2006.01.012>
- Oke, T. R. (1987). *Boundary Layer Climate*. Routledge.

- Samsonov, T. E., Konstantinov, P. I., & Varentsov, M. I. (2015). Object-oriented approach to urban canyon analysis and its applications in meteorological modeling. *Urban Climate*, 13, 122-139. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.uclim.2015.07.007>
- Wang, X., Yang, X., Wang, X., Zhao, J., Hu, S., & Lu, J. (2020). Effect of reversible lanes on the concentration field of road-traffic-generated fine particulate matter (PM<sub>2.5</sub>). *Sustainable Cities and Society*, 62. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102389>
- Wong, N. H., & Jusuf, S. K. (2013). Urban Heat Island and Mitigation Strategies at City and Building Level. *Advances in the Development of Cool Materials for the Built Environment*, 3-32(3).
- Yang, J., Shi, B., Shi, Y., Marvin, S., Zheng, Y., & Xia, G. (2020). Air pollution dispersal in high density urban areas: Research on the triadic relation of wind, air pollution, and urban form. *Sustainable Cities and Society*, 54. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101941>
- Yang, J., Shi, B., Zheng, Y., Shi, Y., & Xia, G. (2020). Urban form and air pollution disperse: Key indexes and mitigation strategies. *Sustainable Cities and Society*, 57. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101955>
- Yazid, A. W. M., Sidik, N. A. C., Salim, S. M., & Saqr, K. M. (2014). A review on the flow structure and pollutant dispersion in urban street canyons for urban planning strategies. *SIMULATION*, 90(8), 892-916. <https://doi.org/10.1177/0037549714528046>