

ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะเชิงสัณฐานและการระบายอากาศเมืองในพื้นที่พัฒนาหนาแน่นของ
กรุงเทพมหานครชั้นใน

นางสาวศศิธร ศรีเฟื่องฟู

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.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการวางแผนภาคและเมืองดุซงฎิบัณฑิต

สาขาวิชาการวางแผนภาคและเมือง ภาควิชาการวางแผนภาคและเมือง

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2558

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

RELATIONSHIP BETWEEN URBAN MORPHOLOGICAL PROPERTIES AND VENTILATION IN THE INTENSELY DEVELOPED AREAS OF INNER BANGKOK



A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Doctor of Philosophy Program in Urban and Regional Planning
Department of Urban and Regional Planning
Faculty of Architecture
Chulalongkorn University
Academic Year 2015
Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะเชิงสัณฐานและการระบายอากาศในเมืองในพื้นที่พัฒนาหนาแน่นของกรุงเทพมหานครชั้นใน
โดย	นางสาวศศิธร ศรีเฟื่องฟูง
สาขาวิชา	การวางแผนภาคและเมือง
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ศาสตราจารย์ ดร.วรรณศิลป์ ไพรรณัฐ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร. เวชพงศ์ ชูติชูเดช

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทชั้นบัณฑิต

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ไชศรี ภัคดีสุขเจริญ)
..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ศาสตราจารย์ ดร.วรรณศิลป์ ไพรรณัฐ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(รองศาสตราจารย์ ดร. เวชพงศ์ ชูติชูเดช)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อภิวัฒน์ รัตนวราหะ)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จิตติศักดิ์ ธรรมมาภรณ์พิลาศ)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปรีชญมา มัทธนนทวิ)

ศศิธร ศรีเฟื่องฟุ้ง : ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะเชิงสัณฐานและการระบายอากาศเมืองในพื้นที่พัฒนาหนาแน่นของกรุงเทพมหานครชั้นใน (RELATIONSHIP BETWEEN URBAN MORPHOLOGICAL PROPERTIES AND VENTILATION IN THE INTENSELY DEVELOPED AREAS OF INNER BANGKOK) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ศ. ดร. วรณศิลป์ พิรพันธุ์, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: รศ. ดร. เวชพงศ์ ชูติชูเดช, 305 หน้า.

การศึกษาในครั้งนี้ต้องการค้นหาความสัมพันธ์ ระหว่างลักษณะเชิงสัณฐานของเมืองต่อการระบายอากาศระดับตัวบุคคล (pedestrian level) ในพื้นที่พัฒนาหนาแน่นของกรุงเทพมหานครชั้นใน แม้ว่าจะมีแนวคิดเกี่ยวกับเรื่องสัณฐานเมืองส่งผลต่อการระบายอากาศเมืองมา ช้านานแล้ว แต่ก็ยังไม่สามารถระบุชัดเจนและประเมินเป็นค่าได้ว่าปัจจัยใดส่งเสริมให้มีการระบายอากาศเมืองสูงสุดได้ โดยเฉพาะการศึกษาในพื้นที่ขนาดใหญ่ ระดับเขต (District scale) จากข้อจำกัดของเครื่องมือในการศึกษาและข้อจำกัดที่ไม่สามารถควบคุมตัวแปรใน สถานที่จริง จึงต้องใช้แบบจำลองในการศึกษา วิทยานิพนธ์นี้มีสมมุติฐานว่า ปัจจัยที่ทำให้เกิดการระบายอากาศเมือง มี 3 ประการ คือปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความสูง ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับขนาดอาคาร และปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับทิศทางการวางตัวของอาคาร พื้นที่ศึกษาเป็นพื้นที่พัฒนาหนาแน่นที่มีกลุ่มอาคารที่มีความสูงมากเป็นพิเศษ คือเขตบางรัก ประกอบด้วยพื้นที่ที่มีลักษณะเชิงสัณฐานเมืองเด่นชัด 2 แห่ง ได้แก่ ย่านศูนย์กลางธุรกิจใหม่ ที่มีลักษณะ "สูงแน่น" เช่น ถนนสีลม สาทร และย่านศูนย์กลางธุรกิจเก่า ที่มีลักษณะ "เตี้ยแน่น" เช่น ถนนสีพระยา ถนนสุรวงศ์ หน่วยวิเคราะห์ในการศึกษาคือ บล็อกของเมือง (Urban block) จำนวน 98 พื้นที่ จำลองการไหลของอากาศโดยวิธีพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (Computational Fluid Dynamics) ลงบนแผนที่ฐาน (Digital Base Map) จริงของพื้นที่ศึกษา ใช้หลักพื้นฐานกลศาสตร์การไหลของของไหล (Fundamental fluid Dynamics) นำผลค่าการระบายอากาศเมืองที่ได้จากการจำลองการไหลนำไปหาค่านัยยะสำคัญด้วย ระเบียบวิธีทางสถิติระบุค่าปัจจัยลักษณะเชิงสัณฐานเมืองที่ส่งผลต่อการระบายอากาศเมืองสูงที่สุด ส่วนของการศึกษานี้ใช้การเปรียบเทียบผลการวัดค่าความเร็วลมจากสนามจริงและ ค่าที่วัดความเร็วลมเฉลี่ยพื้นที่ทุก 1 ตารางกิโลเมตรในพื้นที่ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม (JGSEE) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (คณะผศ.ดร. เกษมสันต์ มโนมัยพิบูลย์, 2553)

ภาควิชา การวางแผนภาคและเมือง

ลายมือชื่อนิสิต

สาขาวิชา การวางแผนภาคและเมือง

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก

ปีการศึกษา 2558

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม

5274404725 : MAJOR URBAN AND REGIONAL PLANNING

KEYWORDS: URBAN MORPHOLOGICAL PROPERTIES, URBAN VENTILATION, INTENSELY DEVELOPED AREAS, 305 RATE

SASITORN SRIFUENGFUNG: RELATIONSHIP BETWEEN URBAN MORPHOLOGICAL PROPERTIES AND VENTILATION IN THE INTENSELY DEVELOPED AREAS OF INNER BANGKOK. ADVISOR: PROF. WANNASILPA PEERAPUN, Ph.D., CO-ADVISOR: ASSOC. PROF. VEJAPONG JUTTIJUDATA, Ph.D., pp.

This study aims at exploring the relationships between city morphology and air ventilation at pedestrian level occurring in a high density of downtown Bangkok. Despite the current state of scholarships which generally argue that the city morphology has an impact upon city air ventilation, attempts in identifying the factors of the air ventilation enhancement—to a maximum level, particularly for ones that conducted on a vast area such as a city district scale—are still marginal. Due to a limitation in study tools (apparatus) as well as a limitation in the uncontrollable variables on the studied site, this research employed a (mocked-up) model methodology. This dissertation adopted a hypothesis that there were 3 factors that caused city ventilation: (1) height, (2) urban grain, (3) orientation. This research investigated high rise dense area at “Bang Rak” Bangkok CBD. The Bang Rak morphology has 2 specific characters (1) the new CBD of “tall and dense,” e.g. Silom and Sathorn and (2) the old CBD of “low and dense,” e.g. Siphraya and Surawaong. The research methodology is dividing Bang Rak area into 98 city blocks, as study units, using air flow modeling which was carried on through a method of computational fluid dynamics on a digital base map and using statistic method to make an urban ventilation equation as a thesis finding. This research compared the results of wind velocity measurements taken from the real site and/against the average wind velocity measurements of every 1 sq.km. within the studied area (Joint Graduate School of Energy and Environment (JGSEE) University of Technology Thonburi) (Asst. Dr. Kasemsan Manomaiphiboon, 2553)

Department: Urban and Regional Planning Student's Signature

Field of Study: Urban and Regional Planning Advisor's Signature

Academic Year: 2015

Co-Advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

ดุชฎินิพนธ์นี้ประสບอุปสรรคที่ท้าทายความสามารถเป็นอย่างยิ่งในการพยายามจะเรียนรู้อำมศาสตร์วิชาจากพื้นความรู้เดิมด้านสถาปัตยกรรมและการออกแบบผังเมืองไปปูพื้นฐานด้านวิศวกรรมกลศาสตร์พลศาสตร์ของไหล ความต่างขั้วของศาสตร์ในการท้าความเข้าใจการคำนวณขั้นสูง สมการต่างๆซึ่งไม่เคยศึกษาลงลึกด้านนี้มาก่อน รวมไปถึงความยากในการแสวงหาทั้งผู้สอนให้เข้าใจ และเครื่องมือพลศาสตร์ของไหล (Computer fluid dynamics: CFD) ซึ่งมีราคาสูงลิบ การขอใช้ความร่วมมืออ่ามหาวิทยาลัย ทั้งลิขสิทธิ์โปรแกรมและคอมพิวเตอร์ประสิทธิภาพสูง การอดทนฝึกฝนเรียนรู้หัดทดลองใช้ จนกระทั่งการตรวจสอบทวนซ้ำแล้วซ้ำเล่าจนได้ผลที่มีความแม่นยำตรง การลงพื้นที่จริง เทียบกับข้อมูลที่หน่วยงานล้วนเป็น แต่ก็สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีจากคำแนะนำและชี้แนะจาก รองศาสตราจารย์ ดร. วรรณศิลป์ พิรพันธุ์ อาจารย์ที่ปรึกษา และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เวชพงศ์ ชูติชูเดช อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมภาควิชาวิศวกรรมการบินและอวกาศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่งในความกรุณาอันยิ่งใหญ่ของท่านไว้ ณ ที่นี้ ขอขอบพระคุณคณะกรรมการตรวจดุชฎินิพนธ์ทุกท่าน ซึ่งได้แก่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไชศรี ภักดีสุขเจริญ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิวัฒน์ รัตนวราหะ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรีชญา มัทธนนทวิ ที่ได้สละเวลาร่วมฟังการเสนอผลงานวิทยานิพนธ์ ตลอดจนแนะนำสิ่งที่เป็นประโยชน์เพิ่มเติม ทำให้ดุชฎินิพนธ์มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรรถนั เศรษฐบุตร ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมพงษ์ พุทธิวิสุทธิศักดิ์ ที่ได้ช่วยอบรมบ่มสอนตั้งแต่พื้นฐานความรู้เกี่ยวกับเรื่องพลศาสตร์ของไหล ให้โอกาสไปนั่งเรียนในวิชาของท่าน

กราบขอบพระคุณอย่างสูงต่อท่านคณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ท่านอาจารย์พิศิษฐ์ วิริยวัฒน์ และท่านภราดา ดร. บัญชา แสงหิรัญ อธิการบดีมหาวิทยาลัยอัสสัมชัญต้นสังกัดที่ให้ความสนับสนุนทุนการศึกษาดุชฎินิพนธ์นี้เต็มจำนวน จากทุนวิจัย “ทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์สำหรับนิสิต” ครั้งที่ 1 ปี งบประมาณ 2555 บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ รวมทั้งเห็นอื่สิ่งอื่นใดขอกราบขอบคุณคุณพ่อคุณแม่ที่เป็นแรงใจสูงที่สุด ในใจนี้ที่ท้าให้ทำดุชฎินิพนธ์สำเร็จได้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญภาพ	ฅ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 คำถามของการวิจัย.....	6
1.3 สมมติฐานการวิจัย	6
1.4 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	8
1.5 ขอบเขตของการวิจัย.....	8
1.5.1 ขอบเขตด้านพื้นที่.....	8
1.5.2 ขอบเขตด้านเนื้อหา	12
1.5.2.1 ขอบเขตด้านเนื้อหา ระดับพื้นที่รวมทั้งเขต.....	12
1.5.2.2 ขอบเขตด้านเนื้อหา ระดับเฉพาะบล็อกของเมือง.....	13
1.6 หน่วยวิเคราะห์และคำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย	14
1.7 คำจำกัดความและนิยามที่ใช้ในการวิจัย.....	15
1.7.1 การนิยามศัพท์เชิงทฤษฎี.....	15
1.7.2 คำนิยามศัพท์เชิงปฏิบัติการ	15
1.8 ข้อจำกัดของการวิจัย	17
1.9 ขั้นตอนการวิจัย.....	19
1.10 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	22

บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	23
2.1. นิยามของการไหลและการระบายอากาศเมือง	24
2.2. พัฒนาการของการศึกษาการระบายอากาศในพื้นที่เมือง.....	25
2.3. แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวลม ภาวะน่าสบายและชั้นบรรยากาศ ความขรุขระผิวเมืองในการ ประมวลผลการไหลในสภาพบรรยากาศจริง	27
2.3.1. แนวคิดเกี่ยวกับเรื่องลม	27
2.3.2. แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับภาวะน่าสบาย	31
2.3.3. แนวคิดเกี่ยวกับชั้นบรรยากาศ	33
2.3.4. แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับความขรุขระผิวเมือง	35
2.4. แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวกับสัณฐานเมือง.....	39
2.4.1. แนวคิดทฤษฎีสัณฐานเมืองให้เป็นเป็นเมืองทรงประสิทธิภาพ	40
2.4.1.1. แนวคิดทฤษฎีสัณฐานเมืองโครงข่ายถนน	40
2.4.2. แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวกับสัณฐานเมืองเรื่องขนาดบล็อกเมือง	42
2.4.2.1. รูปแบบและสัญลักษณ์ของเมือง และความหนาแน่น	46
2.4.3. แนวคิดการวิเคราะห์ภาพภาพและพื้น (Figure and Ground).....	48
2.5. แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวกับการศึกษาการไหล.....	49
2.5.1. ทฤษฎี backward facing step	50
2.5.2. แนวคิดทฤษฎีอากาศพลศาสตร์ (Aerodynamics theory).....	52
2.6. แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวกับเครื่องมือที่ใช้.....	53
2.6.1. เครื่องมือที่เป็น “ระบบเปิด” ใช้วัดการไหลที่เป็นกายภาพ	53
2.6.2. เครื่องมือที่เป็น “ระบบปิด” ใช้การ “คำนวณ” ตามหลักการวิศวกรรมพลศาสตร์ ของไหล.....	54
2.7. แนวคิดด้านมาตรการควบคุมทางผังเมือง	61

2.8 ประเภทและความสำคัญของตัวแปรลักษณะเชิงสัจฐานเมืองต่างๆที่มีต่อการระบายอากาศเมือง.....	65
2.8.1. ศึกษาพื้นที่กว้างระดับเมือง.....	66
2.8.2. ศึกษาพื้นที่ระดับช่องถนน.....	66
2.8.3. ศึกษาพื้นที่ระดับย่าน.....	69
2.8.4. ตัวแปร ที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรม.....	71
2.8.5. ระเบียบวิธีของเครื่องมือที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรม.....	78
2.8.6. ระเบียบวิธีของขนาดพื้นที่ศึกษาที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรม.....	78
2.9 อภิปรายและสรุปกรอบแนวคิดในการวิจัย.....	79
บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย.....	82
3.1 การกำหนดแนวทางการวิจัย.....	82
3.1.1. การออกแบบแนวทางการวิจัยและขั้นตอนของการวิจัย.....	83
3.1.2. การกำหนดแนวทางของเครื่องมือและวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลของการวิจัย.....	84
3.1.3. การกำหนดตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย.....	84
3.2 การแบ่งหน่วยวิเคราะห์.....	87
3.2.1. แนวทางวิธีการแบ่งหน่วยวิเคราะห์เป็นบล็อกถนนของพื้นที่ศึกษา.....	88
3.3. การสร้างเครื่องมือในการหาคำตอบ.....	92
3.3.1. การออกแบบสร้างเครื่องมือวัดผลโดยใช้พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ.....	93
3.3.2. การออกแบบสร้างเครื่องมือวัดผลโดยใช้สถิติ.....	94
3.4. ขั้นตอนปฏิบัติการจำลองการไหล.....	95
3.4.1. ขั้นตอนการจัดเตรียมข้อมูล.....	95
3.4.2. สเปคเครื่องและโปรแกรมคอมพิวเตอร์และโปรแกรมที่ใช้ในการศึกษา.....	97
3.4.3. การกำหนดแนวทางแก้ปัญหาฟิสิกส์.....	97

3.4.4. ระเบียบในการวิธีวิจัยการอินพุท (input) ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ พลศาสตร์ของไหล.....	98
3.4.5. ขั้นตอนการกำหนดค่าโดเมนตามข้อกำหนดทางวิศวกรรม.....	99
3.4.6. ขั้นตอนกำหนดเงื่อนไขที่ขอบ	99
3.4.7. การคำนวณการตีเมช.....	104
3.5 การกำหนดการควบคุมการคำนวณผลการจำลอง (Solver control).....	107
3.6 การวิเคราะห์ผล.....	109
3.6.1. การคำนวณค่าอัตราการระบายอากาศเมือง.....	113
3.6.2. แสดงวิธีการคำนวณหาค่าตอบค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงอากาศ.....	114
3.7. การวิเคราะห์ผลด้วยภาพ	116
3.8. ขั้นตอนการวิเคราะห์ผลด้วยตัวเลข	116
3.8.1 ขั้นตอนการเลือกชั้น layer	117
3.8.2 ขั้นตอนการเปิดค่าความสูงของแต่ละอาคาร	117
3.8.3 ขั้นตอนการเปิดข้อมูลค่ารายละเอียดเชิงสัญญาณแต่ละอาคาร	118
3.8.4 ขั้นตอนการเปิดข้อมูลตั้งค่ารายละเอียดแต่ละอาคาร	118
3.9. การวิเคราะห์เชิงสถิติ	120
3.9.1. การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปร (Correlation Analysis).....	120
3.9.2. การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (Multiple Linear Regression Analysis).....	121
บทที่ 4 ลักษณะเชิงสัญญาณเมืองของเขตบางรัก	123
4.1 ข้อมูลทั่วไปของพื้นที่ศึกษา: เขตบางรัก	123
4.1.1. ที่ตั้งและอาณาเขตของเขตบางรัก	123
4.1.2. ประวัติความเป็นมาเขตบางรัก.....	124
4.1.3. ประวัติความเป็นมาและภาพรวมของแขวงในเขตบางรัก.....	125

4.2. ลักษณะสัญญาณเมืองที่เป็นอาคารสูงหนาแน่น	126
4.2.1. ความเป็นมาของอาคารสูงในประเทศไทย	126
4.2.2 อาคารสูงและอาคารสำคัญในเขตบางรัก.....	127
4.3. ลักษณะเชิงสัญญาณเมืองเขตบางรัก	128
4.3.1. ภาพรวมลักษณะเชิงสัญญาณเมืองเขตบางรัก.....	128
4.3.2. ลักษณะเชิงสัญญาณเมืองโครงข่ายถนนเขตบางรัก.....	131
4.3.2.1. รายละเอียดความเป็นมาถนนสายสำคัญในเขตบางรัก	131
4.3.2.2. ลักษณะเชิงสัญญาณโครงข่ายถนนในเขตบางรัก	135
4.3.3. การวิเคราะห์ลักษณะสัญญาณเมืองทั้งเขตในส่วนที่ลงรายละเอียด.....	137
4.3.3.1. วิเคราะห์ สัญญาณความสูง.....	137
4.3.3.2. วิเคราะห์สัญญาณอนุเมือง.....	139
4.3.3.5. วิเคราะห์ สัญญาณค่าเบี่ยงเบนความสูง	142
4.3.3.6. วิเคราะห์สัญญาณการวางทิศอาคาร.....	143
4.3.3.7. ภาพถ่ายสถานที่จริงของเขตบางรัก	144
บทที่ 5 ผลของการศึกษา	147
5.1 ผลการศึกษาที่แสดงเป็นภาพ.....	147
5.1.1 ผลการศึกษาที่แสดงเป็นภาพแบบภาพรวมทั้งเขต	147
5.1.1.1 ผลการศึกษาการวิเคราะห์เวกเตอร์การไหลของลมใต้.....	149
5.1.1.2 ผลการศึกษาการวิเคราะห์เวกเตอร์การไหลของลมตะวันตกเฉียงใต้	151
5.1.1.3 ผลการศึกษาการวิเคราะห์เวกเตอร์การไหลของลมตะวันออกเฉียงเหนือ	154
5.1.1.4 ผลการศึกษาการวิเคราะห์เวกเตอร์การไหลของลมเหนือ	157
5.1.1.5 ข้อสรุปภาพโดยรวมของเวกเตอร์การไหลของลมทั้ง 4 ทิศ บนพื้นที่บางรัก.....	159

5.1.2 ผลการศึกษาที่แสดงเป็นภาพแบบเจาะเป็นบริเวณ	161
5.1.2.1 การไหลในช่อง (Channel).....	162
5.1.2.2 การไหลเร่งความเร็ว (Venturi)	162
5.1.2.3 การไหลลดความเร็ว (Diffuse)	163
5.1.2.4 การไหลย้อนกลับ (Reverse).....	163
5.1.2.5 การสร้างแหล่งกำเนิดลม (source).....	164
5.2 ผลการศึกษาที่แสดงเป็นตัวเลข.....	167
บทที่ 6 ผลการศึกษาเชิงสถิติ.....	172
6.1 ผลการศึกษาเชิงสถิติ	172
6.1.1. ข้อมูลที่นำมาใช้ในการประมวลผลทางสถิติ.....	172
6.1.2. ข้อมูลของประชากรส่วนใหญ่.....	176
6.1.3. การวิเคราะห์เชิงสถิติหาสหสัมพันธ์ของตัวแปรลักษณะเชิงสัญญาณต่อค่าอัตราการ ระบายอากาศเมือง.....	177
6.2. สมการทำนายความสัมพันธ์ของตัวแปรลักษณะเชิงสัญญาณกับค่าอัตราการระบายอากาศ เมือง.....	182
6.3. ตรวจสอบผลความเที่ยงตรงของสมการความสัมพันธ์ของตัวแปรลักษณะเชิงสัญญาณต่อค่า อัตราการระบายอากาศเมืองโดยการปรับเปลี่ยนตัวแปรทีละค่า	184
6.3.1. ขั้นตอนทดสอบสมการ	184
6.3.1.1. ขั้นตอนคำนวณบล็อกตามสมการ.....	184
6.3.1.2. ขั้นตอนสำรวจข้อมูลของทั้ง 3 ตัวแปรในสภาวะบล็อกที่ 84 ที่เป็นอยู่ เดิม	184
6.3.1.3. ขั้นตอนข้อมูลของทั้ง 3 ตัวแปรของบล็อกที่ 84 ที่ในสภาวะที่ปรับปรุง ค่าตัวแปรแล้ว.....	185

6.3.1.4. กรณีศึกษาเพิ่มเติมแปรความเบี่ยงเบนเฉลี่ยของความสูงอาคารในบล็อก 50%	186
6.3.1.5. กรณีศึกษาเพิ่มเติมแปรเส้นรอบอาคารน้อยที่สุดในบล็อกต่อขนาดพื้นที่ บล็อกขึ้นอีก 50%.....	188
6.3.1.6. กรณีศึกษาเพิ่มค่าจำนวนของอาคารที่วางตัวขนานกับทิศทางลมต่อ จำนวนอาคารทั้งหมดในบล็อก 50%.....	190
6.3.1.7. กรณีศึกษาเพิ่มเติมแปรทุกค่า 50 %	193
บทที่ 7 บทสรุปและข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย.....	194
7.1 ข้อค้นพบสำคัญ	199
7.1.1 ปραกฏการณ์การขาดการไหลเวียนของอากาศที่เพียงพอในพื้นที่เมืองเป็น ปραกฏการณ์ที่เกิดขึ้นจริง	199
7.1.2 การแก้ปัญหาปραกฏการณ์การขาดการไหลเวียนของอากาศที่เพียงพอในพื้นที่ เมือง.....	200
7.1.2.2. สรุปตัวแปรด้านกายภาพ.....	203
7.3 ข้อเสนอแนะ.....	208
7.3.1 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับค่าที่ควรใช้เป็นข้อกำหนด	208
7.3.2 ข้อเสนอแนะในส่วนจอรูปรูปแบบสัณฐานเพิ่มการไหลให้กับพื้นที่เมือง.....	209
7.3.3. ข้อเสนอแนะในส่วนจอรูปรูปแบบสัณฐานโครงข่ายถนนที่เพิ่มการไหลให้กับพื้นที่ เมือง.....	211
7.3.4. ข้อเสนอแนะในส่วนจอรูปรูปแบบสัณฐานการจัดวางทิศอาคารที่เพิ่มการไหลให้กับ พื้นที่เมือง.....	212
7.3.5. ข้อเสนอแนะในส่วนจอรูปรูปแบบสัณฐานกลุ่มอาคารที่เพิ่มการไหลให้กับพื้นที่ เมือง.....	213
7.4 ข้อเสนอแนะในส่วนจอรูปรูปแบบสัณฐานเมืองในอุดมคติ.....	214
7.5 ข้อเสนอแนะในการประยุกต์ข้อค้นพบใช้ในพื้นที่เมืองจริง.....	215

7.6.1. ลักษณะพื้นที่ในปัจจุบันพื้นที่บล็อกที่ 53	215
7.6 สรุปและข้อเสนอแนะการวิจัยในอนาคต.....	218
รายการอ้างอิง	220
ภาคผนวก.....	231
ภาคผนวก ก.....	232
ภาคผนวก ข.....	281
ภาคผนวก ค.....	299
ภาคผนวก ง.....	301
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	305



สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1	เปรียบเทียบจำนวนอาคารสูงและช่วงชั้นความสูงของอาคารที่สูงที่สุด	9
ภาพที่ 2	ภาพขยายเปรียบเทียบจำนวนอาคารสูงและช่วงชั้นความสูงพื้นที่เขตเมือง	9
ภาพที่ 3	ความหนาแน่นของอาคารระดับเขตในพื้นที่เมืองในกรุงเทพมหานคร	10
ภาพที่ 4	แสดงพื้นที่ที่มีสัญญาณเมืองที่มีอาคารสูงจำนวนมาก คือ เขตบางรัก	11
ภาพที่ 5	ภาพลักษณะเชิงสัญญาณของอาคารระดับเขตในพื้นที่เมืองในกรุงเทพมหานคร	13
ภาพที่ 6	ภาพลักษณะเชิงสัญญาณของอาคารระดับบล็อกในพื้นที่เมืองในกรุงเทพมหานคร	14
ภาพที่ 7	แสดงตัวอย่างรูปแบบและขนาดบล็อกเมืองในเมืองแต่ละเมืองของต่างประเทศ	15
ภาพที่ 8	ขั้นตอนการวิจัย	21
ภาพที่ 9	ภาพวินโดวส์ของข้อมูลลมในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร ค.ศ. 2010	28
ภาพที่ 10	ทิศทางและความเร็วลมของแต่ละฤดูกาลของกรุงเทพฯ โดยความเร็วลมที่ใช้ในการศึกษาใช้เป็นค่าความเร็วลมเฉลี่ย 30 ปีของกรุงเทพฯ	29
ภาพที่ 11	สรุปค่าทิศทางและความเร็วลมของแต่ละฤดูกาลของกรุงเทพฯ โดยความเร็วลม	30
ภาพที่ 12	แสดงการเปรียบเทียบความเร็วลมเฉลี่ยของลมทุกทิศทางตลอดทั้งปี ของกรุงเทพมหานคร	30
ภาพที่ 13	แสดงการเปรียบเทียบความเร็วลมเฉลี่ยของลมทุกทิศทางตลอดทั้งปีของกรุงเทพมหานคร	31
ภาพที่ 14	แสดงผลกระทบที่เกิดขึ้นจากความเร็วของลมที่มีผลต่อสิ่งแวดล้อม	32
ภาพที่ 15	แสดงแนวคิดเรื่องความเร็วลมที่เปลี่ยนแปลงในแนวตั้ง	34
ภาพที่ 16	แสดงแนวคิดเรื่องความเร็วลมที่เปลี่ยนแปลงในแนวตั้งที่ใช้ในการศึกษาการประมวลผลการไหลในสภาพบรรยากาศจริง	34
ภาพที่ 17	แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงความเร็วลมในแนวตั้งกับความสูงบนพื้นผิวชนิดต่างๆที่ผ่านผิวเมืองที่มีสัญญาณเมืองแตกต่างกัน	35

ภาพที่ 18 การแบ่งชั้นค่าความขรุขระผิวเมือง	36
ภาพที่ 19 แนวคิดเรื่องรูปแบบโครงข่ายถนนแบ่งเป็น 3 รูปแบบ.....	41
ภาพที่ 20 การเปรียบเทียบ ผังภาพและพื้นที่ของโครงข่ายถนนของเมืองหลายเมือง.....	42
ภาพที่ 21 เป็นภาพการเขียนแบบของ Le Corbusier's Urbanisme (Corbusier 1922).....	43
ภาพที่ 22 แสดงบล็อกของเมืองที่มีขนาดแตกต่างกัน	44
ภาพที่ 23 แสดงการวิเคราะห์เปรียบเทียบขนาดบล็อกของเมืองขององค์กร Smart Growth....	45
ภาพที่ 24 ขนาดบล็อกของเมืองของเขตบางรักในกรุงเทพมหานคร.....	46
ภาพที่ 25 ประเภทของรูปทรงเมือง 6 ประเภท.....	47
ภาพที่ 26 แนวทางการวิเคราะห์ลักษณะเชิงสัญญาณเมืองเขตบางรัก ด้วยระเบียบวิธี ภาพและพื้นที่ โดยใช้หลักการของทฤษฎีการรับรู้ทางสายตา	49
ภาพที่ 27 การไหลผ่านสิ่งกีดขวาง.....	50
ภาพที่ 28 การไหลผ่านผิวแบบราบเรียบและผิวที่มีการเปลี่ยนแปลงที่เปลี่ยนแปลงตามทฤษฎี backward facing step	50
ภาพที่ 29 การไหลผ่านสิ่งกีดขวาง 3 มิติ	51
ภาพที่ 30 ผังสีของกรุงเทพมหานคร.....	65
ภาพที่ 31 แสดงการไหลผ่านอาคารที่ระยะห่างแตกต่างกัน	67
ภาพที่ 32 แสดงการไหลผ่านอาคารที่ระยะห่างแตกต่างกัน	68
ภาพที่ 33 ตัวแปรลักษณะสัญญาณของเมือง จากการทบทวนวรรณกรรม	74
ภาพที่ 34 สรุป แยกตัวแปรที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรม	76
ภาพที่ 35 แสดงค่าความถี่ของตัวแปรที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรม.....	77
ภาพที่ 36 แสดงกรอบแนวคิดของการศึกษา	81
ภาพที่ 37 ตัวแปรและความหมายของตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา	86
ภาพที่ 38 เฉดสีแสดงปัจจัยเกี่ยวกับตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา.....	87
ภาพที่ 39 หน่วยวิเคราะห์ในการศึกษานี้ คือบล็อกของเมือง	88

ภาพที่ 40 รูปแบบการแบ่งบล็อกเมืองออกเป็นหน่วยวิเคราะห์ 1-98 บล็อก	89
ภาพที่ 41 รูปแบบการแบ่งบล็อกเมืองออกเป็นหน่วยวิเคราะห์ 1-98 บล็อก นำมาวางบนสันฐานเมืองจริง	89
ภาพที่ 42 แสดงวิธีการแบ่งขอบเขตบล็อก วัดที่กึ่งกลางถนนระหว่างบล็อก	90
ภาพที่ 43 ผังภาพและพื้น (figure ground) แสดงลักษณะเชิงสันฐานเมืองเขตบางรัก 1-98 บล็อก	92
ภาพที่ 44 การออกแบบการประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูล	93
ภาพที่ 45 ข้อมูล GIS ถูกเปลี่ยนเป็นรูปร่างสองมิติเป็นสามมิติจากโปรแกรม Map info ข้อมูลจากระบบภูมิศาสตร์สารสนเทศเขตบางรัก	96
ภาพที่ 46 ข้อมูล GIS ภาพสามมิติจากโปรแกรม Map info ข้อมูลจากระบบภูมิศาสตร์สารสนเทศเขตบางรัก	96
ภาพที่ 47 พื้นที่ว่างสำหรับอากาศเข้าโดยรอบพื้นที่ศึกษาตามมาตรฐานข้อกำหนดทางวิศวกรรม ASHRAE (2004)	99
ภาพที่ 48 มาตรฐาน ASHRAE	100
ภาพที่ 49 การใช้โปรไฟล์ลมที่เป็นเส้นโค้งที่เรียกว่า wind velocity profile เป็นลมด้านเข้า inlet	100
ภาพที่ 50 ภาพแสดงตำแหน่งของค่าขอบในแบบจำลอง ตำแหน่งที่กำหนดทางเข้า (inlet) และตำแหน่งที่กำหนดผนังข้าง (wall)	101
ภาพที่ 51 สรุปลักษณะของขอบที่ใช้ในการศึกษา	101
ภาพที่ 52 ตำแหน่งที่กำหนดขอบด้านบนของแบบจำลอง	102
ภาพที่ 53 ตำแหน่งที่กำหนดขอบพื้นล่างของแบบจำลอง	103
ภาพที่ 54 ตำแหน่งที่กำหนดทางออก (outlet)	103
ภาพที่ 55 ตำแหน่งที่กำหนดผนังสิ่งก่อสร้าง	104
ภาพที่ 56 มุมมองด้านบน เมชของเขตบางรัก ที่ใช้ในการศึกษานี้	105
ภาพที่ 57 มุมมองด้านหน้า เมชของเขตบางรัก ที่ใช้ในการศึกษานี้	105

ภาพที่ 58 ตัวอย่างภาพโดเมนคอมพิวเตอร์ของหน่วยวิเคราะห์บล็อกที่ 13, 14, 16, 18, 19 ที่ใช้ในการศึกษานี้	105
ภาพที่ 59 ภาพโดเมนคอมพิวเตอร์และเมชของพื้นที่ศึกษาเขตบางรักที่ใช้ในการศึกษานี้.....	106
ภาพที่ 60 กราฟแสดงค่า error คู่เข้าใกล้ศูนย์ ของการคำนวณลมทั้ง 4 ทิศ.....	107
ภาพที่ 61 กระบวนการประมวลผลของเครื่องมือพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ.....	108
ภาพที่ 62 รายละเอียดเงื่อนไขในการคำนวณด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Fluent	109
ภาพที่ 63 การใช้โปรไฟล์ลมที่เป็นเส้นโค้ง (สี่เหลี่ยมอ่อน) ที่เรียกว่า wind velocity profile เป็นลมด้านเข้า inlet ในโดเมนคอมพิวเตอร์ (computational domain)	112
ภาพที่ 64 ระบายตัดในโดเมนคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการศึกษา	112
ภาพที่ 65 ปริมาตรควบคุมในโดเมนคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการศึกษา	113
ภาพที่ 66 แสดงโดเมนอากาศของบล็อกที่ 15.....	114
ภาพที่ 67 ตารางคำนวณความเร็วเชิงมุมที่ผ่านผนังบล็อกด้านข้างทั้งสี่ด้านและด้านบน	115
ภาพที่ 68 ผลการจำลองการไหลของเขตบางรักที่ภาพตัดระนาบสูง 1.50 เมตรของลม 4 ทิศ	116
ภาพที่ 69 แสดงการเลือก layer	117
ภาพที่ 70 แสดงการเปิดค่าความสูงของแต่ละอาคาร	117
ภาพที่ 71 แสดงการเปิดข้อมูลคู่ค่ารายละเอียดเชิงสัมพันธ์แต่ละอาคาร layer	118
ภาพที่ 72 แสดงการเปิดข้อมูลตั้งค่ารายละเอียดแต่ละอาคาร	119
ภาพที่ 73 แสดงการ เปิดข้อมูลตั้งค่ารายละเอียดแต่ละอาคาร	119
ภาพที่ 74 แสดงภาพรวมลักษณะเชิงสัมพันธ์เมืองเขตบางรัก 2 มิติ	129
ภาพที่ 75 แสดงภาพรวมลักษณะเชิงสัมพันธ์เมืองเขตบางรัก แยกลักษณะเดี่ยว-แน่น สูง-แน่น	129
ภาพที่ 76 ภาพรวมลักษณะเชิงสัมพันธ์เมืองเขตบางรัก 3 มิติ	130
ภาพที่ 77 รายละเอียดแสดงลักษณะข้อมูลแสดงตำแหน่ง ขนาดและความสูงของอาคาร	130
ภาพที่ 78 แสดงให้เห็นว่าภาพรวมลักษณะโครงข่ายถนนเชิงสัมพันธ์เมืองเขตบางรัก	136
ภาพที่ 79 แสดงลักษณะเชิงสัมพันธ์เมืองเขตบางรัก ความสูงอาคาร	138

ภาพที่ 80 แสดงลักษณะเชิงสัณฐานเมืองเขตบางรัก ขนาดอณูเมือง.....	139
ภาพที่ 81 แสดงลักษณะเชิงสัณฐานเมืองเขตบางรักเรื่องรูปร่างอาคาร.....	141
ภาพที่ 82 แสดงลักษณะเชิงสัณฐานเมืองเขตบางรัก FAR	142
ภาพที่ 83 แสดงลักษณะเชิงสัณฐานเมืองเขตบางรัก ค่าความเบี่ยงเบนความสูง	143
ภาพที่ 84 แสดงลักษณะเชิงสัณฐานเมืองเขตบางรักสัณฐานการวางทิศทางอาคาร	144
ภาพที่ 85 สัณฐานเป็นแบบอาคารพาณิชย์ ตึกแถวเรียงตัวเบียดกันหนาแน่น	144
ภาพที่ 86 สัณฐานเป็นแบบอาคารสูงเดี่ยว วางตัวอย่างหนาแน่น	145
ภาพที่ 87 บริเวณที่มีลักษณะสัณฐานที่น่าสนใจ บริเวณอาคารบ้านเดี่ยวขนาดเล็กบล็อกที่ 91 ใกล้เคียงอาคารจิวเวอร์รี่เทรดเซ็นเตอร์ และอาคารบ้านเดี่ยวขนาดเล็กที่บล็อกที่ 84 ด้านหลังธนาคารกรุงเทพ สำนักงานใหญ่.....	146
ภาพที่ 88 แสดงผลการจำลองการไหลของลมจากทิศใต้ในทัศนียภาพรวมทั้งหมดของเขตพื้นที่ เขตบางรัก.....	150
ภาพที่ 89 แสดงผลการจำลองการไหลของลมจากทิศใต้ในแปลงภาพรวมทั้งหมดของเขตพื้นที่ เขตบางรักและการเกิดปรากฏการณ์ดิ่งลมจากชั้นลมที่มีความเร็วสูงลงสู่พื้นที่ระดับที่ คนเดินในพื้นที่เมือง.....	151
ภาพที่ 90 ผลการจำลองการไหลของลมจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ในภาพรวมทั้งเขตพื้นที่เขตบาง รัก	152
ภาพที่ 91 แสดงผลการจำลองการไหลของลมจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ในแปลงภาพรวมทั้งหมด ของเขตพื้นที่เขตบางรักและการเกิดปรากฏการณ์ดิ่งลมจากชั้นลมที่มีความเร็วสูงลงสู่ พื้นที่ระดับที่คนเดินในพื้นที่เมือง	153
ภาพที่ 92 บริเวณพื้นที่สีแดงด้านขวาแสดงผลการจำลองการไหลของลมจากทิศ ตะวันออกเฉียงเหนือในภาพรวมทั้งเขตพื้นที่เขตบางรัก.....	155
ภาพที่ 93 แสดงผลการจำลองการไหลของลมจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือในแปลงภาพรวม ทั้งหมดของเขตพื้นที่เขตบางรักและการเกิดปรากฏการณ์ดิ่งลมจากชั้นลมที่มีความเร็ว สูงลงสู่พื้นที่ระดับที่คนเดินในพื้นที่เมือง.....	155
ภาพที่ 94 ผลการจำลองการไหลของลมจากทิศเหนือในภาพรวมทั้งหมดของพื้นที่เขตบางรัก	157

ภาพที่ 95 แสดงผลการจำลองการไหลของลมจากทิศเหนือ ในแผนภาพรวมทั้งหมดของเขตพื้นที่เขตบางรักและการเกิดปรากฏการณ์ตั้งลมจากชั้นลมที่มีความเร็วสูงลงสู่พื้นที่ระดับที่คนเดินในพื้นที่เมือง	158
ภาพที่ 96 ภาพแสดงเวกเตอร์สีของความเร็วลมทั้งพื้นที่เขตบางรัก	160
ภาพที่ 97 แสดงการไหลแบบ การไหลในช่อง (Channel).....	162
ภาพที่ 98 แสดงการไหลแบบเร่งความเร็ว (Venturi flow)	162
ภาพที่ 99 แสดงการไหลแบบลดความเร็ว (Diffuse flow)	163
ภาพที่ 100 แสดงการไหลแบบ การไหลย้อนกลับ (Reverse).....	163
ภาพที่ 101 แสดงการไหลหมุนวนด้านหลังอาคาร	164
ภาพที่ 102 แสดงการไหลแบบ การสร้างแหล่งกำเนิดลม (Source).....	165
ภาพที่ 103 แสดงการไหลแบบ การสร้างแหล่งกำเนิดลม (Source) ที่น่าสนใจ	165
ภาพที่ 104 ภาพ 3 มิติ แสดงการไหลแบบ การสร้างแหล่งกำเนิดลม (Source).....	166
ภาพที่ 105 แนวคิดของ Dagnev and Bitsuamalk, (2012) สอดคล้องกับแนวคิดของข้อค้นพบของงานวิจัยนี้.....	167
ภาพที่ 106 สรุปผลเรียงตามลำดับจากค่าการระบายอากาศที่ดีที่สุดถึงต่ำที่สุด	168
ภาพที่ 107 แสดงลำดับค่า ACH รายบล็อกทั้งเขตบางรัก.....	169
ภาพที่ 108 แสดงผลเรียงตามลำดับจากค่าการระบายอากาศที่ดีที่สุดถึงต่ำที่สุด	177
ภาพที่ 109 ตารางการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสองตัว (Bivariate Correlation matrix).....	179
ภาพที่ 110 แสดงค่านัยสำคัญระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตาม.....	180
ภาพที่ 111 แสดงการสรุปค่าความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเชิงสัญญาณต่อค่าอัตราการระบายอากาศเมือง.....	182
ภาพที่ 112 บล็อกที่ 84 ความสูงเดิมของอาคาร ก่อนการปรับเปลี่ยนค่า	186
ภาพที่ 113 บล็อกที่ 84 ปรับเปลี่ยนค่าความสูงเดิมของอาคารให้มีค่าความเบี่ยงเบนเฉลี่ยของความสูงอาคารเพื่อทดสอบการไหลของลมในการระบายอากาศ.....	187

ภาพที่ 114 บล็อกที่ 84 เปรียบเทียบ ก่อนหลังเปลี่ยนแปลงค่า Sdht โดยการปรับเปลี่ยนค่า ความสูงเดิมของอาคารให้ โดยใช้วิธีสุ่ม ให้มีค่าความเบี่ยงเบนเฉลี่ยของความสูงอาคาร ในบล็อกเพิ่มขึ้น 50%	188
ภาพที่ 115 บล็อกที่ 84 แสดงค่าตัวเลขเป็นสีแดง หมายถึง ค่าเส้นรอบอาคารที่น้อยที่สุดก่อน การปรับปรุง	189
ภาพที่ 116 บล็อกที่ 84 ค่าสีแดง คือ ค่าเส้นรอบอาคารที่น้อยที่สุดหลังการปรับปรุงเพิ่มค่า 50%	189
ภาพที่ 117 ตารางแสดงลำดับค่าเส้นรอบรูปอาคารก่อนและหลังการปรับปรุงเพิ่มค่า 50% ที่มา	190
ภาพที่ 118 บล็อกที่ 84 พิจารณาจำนวนของอาคารที่วางตัวขนานกับทิศทางลมต่อจำนวน อาคาร.....	191
ภาพที่ 119 บล็อกที่ 84 ขั้นตอนการปรับปรุงจำนวนของอาคารที่วางตัวขนานกับทิศทางลมต่อ จำนวนอาคารทั้งหมดในบล็อก หลังการปรับเปลี่ยนค่าจำนวนของอาคารที่วางตัวขนาน กับทิศทางลมต่อจำนวนอาคารทั้งหมดในบล็อก เพิ่มขึ้น 50 %	191
ภาพที่ 120 บล็อกที่ 84 พิจารณาจำนวนของอาคารที่วางตัวขนานกับทิศทางลมต่อจำนวน อาคาร.....	192
ภาพที่ 121 กรอบการวิจัยของการศึกษานี้ แสดงปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับขนาดอาคาร ปัจจัยเกี่ยวกับ ความสูงอาคาร และปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดวางของอาคาร.....	199
ภาพที่ 122 แสดงที่วางไม่ได้เป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดอัตราการระบายอากาศเมืองที่ดี.....	202
ภาพที่ 123 แสดงสัดส่วนร้อยละความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้ง 3 ค่าต่อค่าอัตราการระบายอากาศ เมือง.....	208
ภาพที่ 124 แสดงรูปแบบกราฟิกอย่างง่ายของรูปแบบการไหลแบบต่าง ๆ ในพื้นที่เมือง	210
ภาพที่ 125 แสดงรูปแบบข้อเสนอแนะในส่วนของคุณลักษณะพื้นฐานโครงข่ายถนนที่จะเพิ่มการไหล ให้กับพื้นที่เมือง.....	212
ภาพที่ 126 แสดงรูปแบบพื้นฐานการจัดวางทิศทางอาคารที่จะเพิ่มการไหลให้กับพื้นที่เมือง	212
ภาพที่ 127 แสดงลักษณะการไหลข้ามของลม.....	213

ภาพที่ 128 ความสูงของอาคารในบล็อกควรเป็นลักษณะ “ไล่ระดับจากเตี้ยไปสูง” คล้ายภูเขา ที่ จะเพิ่มการไหลให้กับพื้นที่เมือง.....	213
ภาพที่ 129 แสดงรูปการรวมเงื่อนไขทั้งหมด รูปแบบเมืองในอุดมคติ	214
ภาพที่ 130 แสดงการประยุกต์ผสม 2 เงื่อนไข คือ การนำรูปแบบเพื่อเพิ่มการไหลให้กับพื้นที่ เมือง ได้แก่ Chanel Effect และ Venturi Effect ร่วมกับปรากฏการณ์ Source Effect	215
ภาพที่ 131 แสดงลักษณะพื้นที่ในปัจจุบันพื้นที่บล็อกที่ 53	216
ภาพที่ 132 แสดงลักษณะระยะร่นในพื้นที่บล็อกที่ 53	216
ภาพที่ 133 แสดงลักษณะการปรับปรุงทั้งบล็อกที่ 53	216
ภาพที่ 134 แสดงทัศนียภาพการปรับปรุงทั้งบล็อกที่ 53.....	217
ภาพที่ 135 แสดงทัศนียภาพการปรับปรุงทั้งบล็อกที่ 53.....	218

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันต้องยอมรับว่าการพัฒนาทางเศรษฐกิจนั้นแม้จะนำไปสู่การพัฒนาเมืองแต่ก็มักเกิดควบคู่กับปัญหาสิ่งแวดล้อม (Rydin Y., 2012) การวางผังและการออกแบบเมืองที่ผ่านมายังมุ่งตอบสนองความต้องการปัจจัยทางด้านเศรษฐกิจ สังคมมากกว่าสิ่งแวดล้อม ปรากฏการณ์กลายเป็นเมือง (urbanization) ที่ส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม (Orishimo I., 2555) เห็นเป็นที่ประจักษ์อยู่ทั่วไปในพื้นที่เมืองทั่วโลก ปัจจุบันปรากฏการณ์ดังกล่าวยังคงดำเนินอยู่ และยิ่งจะมีมากและรวดเร็วมากขึ้น เหตุเพราะ ปรากฏการณ์นี้ทำให้พื้นที่เมืองเกิดการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจไปสู่สังคมอุตสาหกรรม ที่ต้องเพิ่มขีดความสามารถในการผลิต ทำให้แรงงานจากชนบทและแรงงานต่างด้าว เคลื่อนย้ายเข้ามาทำงานในเมืองอย่างไม่จำกัด ปราศจากหน่วยงานและมาตรการที่เหมาะสมในการควบคุมความแออัดของประชากรเมือง ส่งผลให้พื้นที่เมืองมีประชากรหนาแน่นเกินกว่าศักยภาพในการรองรับทางธรรมชาติของพื้นที่ ก่อให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับผังเมือง คือ พื้นที่ใช้สอยของเมืองไม่เพียงพอต่อความต้องการ จนต้องเพิ่มสิ่งปลูกสร้างอาคารเบียดเสียดกันอยู่ในที่ดินในเมืองที่มีขนาดจำกัด พื้นที่เมืองต้องขยายการสร้างอาคารให้มีขนาดใหญ่เต็มพื้นที่ และสร้างอาคารให้สูงยิ่งขึ้นเท่าที่จะทำได้ ดังที่กล่าวมาแล้วว่า ความหนาแน่นของพื้นที่เมืองประกอบด้วยทั้งลักษณะของสัณฐานเมืองที่ขยายตัวขึ้นทั้งทางแนวราบและแนวตั้ง พื้นที่เมืองจึงมีทั้งกลุ่มอาคารที่เตี้ยตั้งอยู่หนาแน่น และสูงตั้งอยู่หนาแน่น ตัวอย่าง กลุ่มอาคารที่เตี้ยตั้งอยู่หนาแน่น ได้แก่บริเวณที่อาคารใช้เทคโนโลยีแบบเก่า คือ อาคารก่ออิฐที่ยังไม่มีลิฟต์ที่เป็นพาหนะการขนส่งในทางตั้ง และกลุ่มอาคารที่สูงตั้งอยู่หนาแน่น ได้แก่ บริเวณที่อาคารใช้เทคโนโลยีแบบใหม่ คือ อาคารที่ใช้เหล็กในโครงสร้างเพื่อเพิ่มการรับแรงเฉือนทำให้อาคารสามารถขึ้นทางสูงได้มากขึ้นและใช้ลิฟต์เป็นพาหนะการขนส่งในทางตั้ง

ผลจากปรากฏการณ์กลายเป็นเมือง ก่อให้เกิดสัณฐานเมืองแบบกลุ่มอาคารสูงหนาแน่น กระจุกตัวอยู่ที่ใจกลางเมือง ความแตกต่างของความเข้มข้นของความหนาแน่นและความสูงของสิ่งปลูกสร้างในพื้นที่เมืองสูงกว่าพื้นที่โดยรอบอย่างเห็นได้ชัด (Oke, 1987; Santamouris, 2001) สัณฐานรูปทรงเมืองเหล่านี้มีผลต่อการไหลเวียนและการถ่ายเทอากาศในพื้นที่เมือง ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวกับอากาศ เนื่องจากรูปแบบรูปทรงเมืองลักษณะที่มีกลุ่มอาคารสูงอยู่อย่างหนาแน่นนี้ถูกระบุว่าเป็นสัณฐานเมืองที่ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมจากการขาดการไหลเวียนของอากาศ พื้นที่เมืองมีซอกมุม ทำให้อากาศไม่สามารถไหลผ่านได้โดยง่าย

เกิดสภาวะอับลม อีกทั้งยังกักเก็บมลพิษอากาศ (Air Pollution Stagnant) ทำให้พื้นที่เมืองไม่สามารถระบายอากาศได้ (Oke, 1987; (Golany, 1995; Givoni, 1998; Cionco และ Ellefsen, 1998; Santamouris, 2001; Rohinton, 2005; Ramponi R. and Blocken B., 2012; Edward Ng at el., 2011; Hebbert M. and Webb B., 2012; Rydin Y., 2012)

สัณฐานรูปทรงเมืองเหล่านี้มีผลต่อการไหลเวียนและการถ่ายเทอากาศในพื้นที่เมือง ความสามารถในการระบายอากาศของพื้นที่เมืองจึงมีความสำคัญมาก เพราะเนื่องจากไม่เพียงแต่ส่งผลกระทบต่อประชากร และการเติบโตของเมืองนั้นๆ เพียงอย่างเดียว แต่สามารถส่งผลกระทบต่อสภาพเศรษฐกิจและความมั่นคงของทั้งประเทศ ทั้งนี้เพราะการระบายอากาศนั้นมีความเกี่ยวข้องกับปัจจัยที่สำคัญ 2 ปัจจัย นั่นคือ ความร้อนของเมือง (Urban Heat Island) (Hawkins et. Al., 2004) และ มลพิษในเมือง (Urban Pollutions) (Edussuriya P, 2007) ซึ่งปัจจัยทั้งสองนี้ส่งผลกระทบต่อชีวิตและสุขภาพของประชากรทั้งทางตรงและทางอ้อม ในปัจจุบันปัญหาการขาดการไหลเวียนของอากาศที่เพียงพอ ส่งผลให้เมืองขาดการระบายอากาศ ทำให้สภาพอากาศ และสภาพแวดล้อมของเมืองไม่เหมาะกับการอยู่อาศัย พื้นที่เมืองกลายเป็นที่สะสมของจุลินทรีย์ เชื้อรา ฝุ่นควัน สารมลพิษต่าง ๆ โรคติดต่อ ดังจะเห็นได้จาก จากการศึกษาในหลายประเทศพบว่า ปัญหาสุขภาพที่เห็นได้ชัดจากปัญหาสภาพแวดล้อมและการขาดแคลนการไหลเวียนของอากาศในพื้นที่เมืองที่เกิดจากอาคารสูงหนาแน่นที่ทวีความรุนแรงมากขึ้น เกิดปัญหาโรคติดต่อที่พบเฉพาะในพื้นที่เมืองที่มีอาคารหนาแน่น ได้แก่ ใน พ.ศ. 2546 เกิดปัญหาโรคทางเดินหายใจเฉียบพลันรุนแรงหรือที่รู้จักกันในชื่อ SARS (Severe Acute Respiratory Syndrome) ที่เกิดขึ้นในพื้นที่เกาะฮ่องกงที่มีลักษณะสัณฐานเมืองเด่นชัดในแบบพื้นที่มีอาคารสูงหนาแน่นจำนวนมาก

องค์การอนามัยระบุว่า โรค SARS แพร่กระจายทางอากาศและกักเก็บไว้ตามซอกอับทึบในพื้นที่เมือง เนื่องจากโรคนี้แพร่ระบาดผ่านทางละอองที่เกิดจากการจามหรือไอ ในรัศมี 3 ฟุต หรือ 1 เมตร เชื้อโรคนี้สามารถมีชีวิตอยู่นอกร่างกายได้เป็นเวลานาน 3-6 วัน ความรุนแรงของโรคทำให้รัฐบาลฮ่องกง และนักผังเมืองทั่วโลก มีความตื่นตัวจากปัญหาพื้นที่ที่มีอาคารสูงหนาแน่น จนล้มไม่สามารถพัฒนาให้เกิดการระบายอากาศในพื้นที่ได้ นานาชาติจึงมุ่งให้ความสำคัญจนถือเป็นปัญหาระดับชาติของทิศทางการพัฒนาโดยเฉพาะการแก้ปัญหาพื้นที่ที่มีอาคารสูงหนาแน่น (Edward Ng, 2010; 2011) สำหรับพื้นที่กรุงเทพมหานคร มีประชากรอยู่อาศัยอย่างหนาแน่นที่สุดเมืองหนึ่งของโลก พื้นที่พัฒนาหนาแน่นมีปัญหาคุณภาพอากาศระดับสูง (กรมควบคุมมลพิษ, 2555) ดังนั้นการแสวงหาลักษณะสัณฐานในพื้นที่พัฒนาเมืองที่มีความเหมาะสมจึงเป็นประเด็นที่น่าสนใจ เมื่อเปรียบเทียบกับการออกแบบลักษณะเฉพาะทางกายภาพของประเทศอื่น เช่น ประเทศเมืองหนาว

การใช้การออกแบบสัณฐานเมืองที่ช่วยให้สามารถนำเอาลมประจำแต่ละฤดูกาลมาใช้ เพื่อช่วยสร้างให้เกิดการไหลเวียนของอากาศที่ดีขึ้นในพื้นที่สาธารณะในเมือง ในการศึกษาสัณฐานเมือง ในส่วนของรูปร่างของอาคารภายในเมือง ให้มีรูปร่างสอดคล้อง กับภูมิอากาศนั้นจำเป็นต้องใช้ศาสตร์ที่สำคัญคือ “สัณฐานวิทยา” โดยสัณฐานวิทยาของอาคารและเมือง (Architecture and Urban Morphological Study) เพราะ เป็นศาสตร์ของวิชาการผังเมืองแขนงหนึ่ง ที่ถือเป็นแขนงสำคัญของการศึกษาตัวหารูปร่างของเมือง เปรียบเทียบและจำแนกอาคารหรือเมืองต่างๆออกจากกันตามลักษณะสัณฐานที่เด่นชัด ความเข้าใจในรูปแบบเชิงสัณฐานของเมืองและอาคารอย่างชัดเจน เน้นการศึกษาวิจัยอาคารและเมืองในเชิงกายภาพ (physical) หรือเชิงพื้นที่ (spatial) โดยเฉพาะ (ไซศรี ภัคดิ์สุขเจริญ, 2548) ปัญหานี้เป็นประเด็นปัญหาด้านการวางผังเมือง เพราะสาระสำคัญของผังเมือง คือ การเป็นเครื่องกำหนดสัณฐานเฉพาะของพื้นที่ (นพนันท์ ตาปนานนท์, 2556) ดังนั้นมาตรฐานทางผังเมืองจึงเป็นเรื่องที่สำคัญในการแก้ปัญหา นี้ เพราะการพัฒนาเมืองที่มีประสิทธิภาพย่อมต้องมาจากการวางแผนที่ดี มีรูปแบบและวิธีการจัดการที่ถูกต้องและเหมาะสมสอดคล้องกับศักยภาพของพื้นที่ โดยที่ไม่เคยมีการศึกษาถึงข้อเท็จจริงที่เกี่ยวกับภูมิอากาศ สภาพแวดล้อม ว่ามีความสอดคล้องและเหมาะสมกับพื้นที่เพียงใด เหตุเพราะการผังเมืองหรือสถาปัตยกรรมผังเมืองที่กำหนดให้เกิดลักษณะสัณฐานเมืองที่สามารถเอื้อให้เกิดประโยชน์ต่อลักษณะการอยู่อาศัย และลักษณะสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมที่เกิดขึ้นในพื้นที่พัฒนาเมืองได้อย่างดี (จิตติศักดิ์ ธรรมภรณ์พิลาศ, 2555) ดังตัวอย่างเช่น การกำหนดระยะห่างไม่ให้เงาอาคารในพื้นที่เมืองบังแดดพื้นที่อื่น (Shadow Shed) ของประเทศเม็กซิโก การกำหนดระยะร่น (set-back) ของตัวอาคารให้เว้นระยะห่างจากริมถนน เพื่อสร้างให้เกิดพื้นที่ว่างจากระยะระหว่างถนนที่ทำให้พื้นที่เมืองได้รับแสงแดด ช่วยป้องกันออคิภัย และยังช่วยให้อากาศไหลผ่านได้ดี จะช่วยให้พื้นที่สาธารณะในพื้นที่เมืองมีการไหลเวียนอากาศที่ดียิ่งขึ้น

แนวคิดการใช้มาตรการควบคุมทางผังเมือง นานาชาติใช้กฎหมายผังเมือง เป็นเครื่องมือการวางแผนจัดการทำแผนผังเพื่อใช้กำหนดควบคุม ทำแผนผังเมืองที่สร้างขึ้นเพื่อควบคุมเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยการแบ่งโซนสีพื้นที่แผนผังเมือง ผังเมืองรวม เป็นการวางแผนการจัดการทำแผนผัง นโยบายและโครงการรวมทั้งมาตรการควบคุมโดยทั่วไปเพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนา และการดำรงรักษาเมือง ส่วนผังเมืองเฉพาะ เป็นการวางแผนการจัดการทำแผนผัง และโครงการดำเนินการเพื่อพัฒนาหรือดำรงรักษาบริเวณเฉพาะแห่งหรือ กิจกรรมที่เกี่ยวข้องในเมือง เพื่อประโยชน์แก่การผังเมือง มาตรการทางผังเมืองจะมีการออกข้อกำหนดการแบ่งโซน (Zoning Regulation) ที่แตกต่างกันมาควบคุมการใช้ประโยชน์ที่ดิน และความหนาแน่นของพื้นที่แต่ละโซน โดยมาตรการทางผังเมืองใช้ค่าควบคุมทางผังเมือง 3 ค่า ประกอบด้วย 1. อัตราส่วนพื้นที่ใช้สอยอาคารต่อพื้นที่ดิน (Floor area ratio : FAR) 2. อัตราส่วนของที่ว่างต่อพื้นที่อาคารรวม (Open Space Ratio : OSR)

และ 3. ค่าอัตราส่วนพื้นที่ปกคลุมอาคารต่อพื้นที่ดิน (Building Coverage Ratio : BCR) เป็นตัวควบคุมการขยายตัวของเมือง ซึ่งเป็นเสมือนเครื่องมือในการควบคุมทางกายภาพของเมือง เพื่อการแก้ไขและป้องกันปัญหาจากสภาพความแออัด และเพื่อผลต่อประสิทธิภาพในการดำเนินการด้านสาธารณูปโภคและสาธารณูปการ ให้เป็นไปอย่างพอเพียงและได้มาตรฐาน แต่ตัวแปรค่าควบคุมทางผังเมืองดังกล่าวทั้ง 3 ค่า ก็ยังไม่เพียงพอ เพราะยังไม่มีความสามารถที่จะใช้เป็นตัวกำหนดสัดส่วนเมืองในส่วนของรูปร่างของอาคารภายในเมืองที่มีการขยายตัวของเมืองเกิดขึ้นทั้งทางแนวราบและแนวตั้งนี้ให้มีรูปร่างสอดคล้องกับสภาพภูมิอากาศได้ นอกจากกฎหมายมาตรการควบคุมทางผังเมืองแล้ว ยังมีข้อกำหนดกฎหมายที่เกี่ยวข้องที่สำคัญ คือ กฎหมายเทศบัญญัติควบคุมอาคาร ที่ประกอบด้วย กฎหมายที่ควบคุมรูปร่างอาคาร ในส่วนของขนาด ความสูง ที่ว่าง แนวร่นจากถนน และระยะห่างเขตที่ดินของอาคารประเภทต่างๆ แนวร่นอาคารจาก ถนนหรือทางสาธารณะ และที่เว้นว่างด้านหน้า ด้านหลัง และด้านข้างอาคาร ซึ่งกฎหมายนี้ควบคุมรูปร่างอาคารจากขนาดความกว้าง ถนน รูปร่างสิทธิครอบครอง ได้แก่ โฉนดที่ดิน ซึ่งเป็นตัวแปรสำคัญทางสัดส่วนเมือง (Schmandt, 1995 ปรับจากหลักการของ Conzen) ที่ยึดโยงผูกผลไปกับผังเมือง

สภาพรูปร่างอาคารในพื้นที่เมืองของกรุงเทพมหานคร ยังขาดการวิเคราะห์หาค่าการควบคุมที่เหมาะสม ได้แก่ ค่าอัตราส่วนพื้นที่ใช้สอยอาคารต่อพื้นที่ดิน (FAR) ที่เมื่อพิจารณาดูทั้งเมืองแล้วพบว่า รูปแบบเมือง มีความสูงๆ ต่ำๆ ความสูงอาคารตามปัจจัยทางการตลาดและปัจจัยเทคโนโลยี รูปแบบเมืองที่มีความสูงๆ ต่ำๆ ดีหรือไม่ ประการใด อีกทั้งข้อกำหนดของมาตรฐานผังเมือง กำหนดพื้นที่เมือง แยกเป็นโซน ในแต่ละโซน กำหนดเป็นความหนาแน่นสูงที่สุดไว้ ซึ่งมีค่าเป็นค่าที่กำหนดตายตัว (Flat base) ทำให้อาคารในเมืองในอนาคตจะมีความสูงที่เท่ากันหมด และแนวโน้มการพัฒนาเมืองย่อมนำไปสู่การพัฒนาเมืองเต็มข้อกำหนดของพื้นที่ คือ ต้องให้ได้ค่าอัตราส่วนพื้นที่ใช้สอยอาคารต่อพื้นที่ดินสูงที่สุด (maximum FAR) หากเป็นเช่นนั้นแล้ว จะเป็นผลดี หรือร้าย จะส่งผลเป็นเช่นไรต่อพื้นที่เมือง แล้วจึงนำการวิเคราะห์รูปแบบสัณฐานนั้นๆ ควบคู่กับทฤษฎีความสามารถของรูปทรงแบบต่าง ๆ ที่สามารถเอื้อต่อการไหล ได้แก่ ทฤษฎีพลศาสตร์ของไหล (Aerodynamics theory) ที่จะสามารถทำให้พื้นที่เมืองมีรูปร่างสอดคล้องกับภูมิอากาศ และสภาพแวดล้อมได้ โดยการใช้ระเบียบวิธี เทคนิคการวิเคราะห์สำหรับการวางแผนภาคและเมือง (วรรณศิลป์ พิรพันธุ์, 2555) ร่วมกับการจำลองการไหล (Air flow simulation) จากสถานที่จริง คือ เขตบางรัก และเป็นการจำลองการไหลตามทฤษฎีชั้นบรรยากาศ (Atmospheric Boundary Layer) ที่เกิดขึ้นจริง ในสถานการณ์จริง เพื่อนำผลการวิเคราะห์เฉพาะทางที่เกี่ยวข้องกับเชิงพื้นที่ของแต่ละศาสตร์ทางผังเมืองมาสังเคราะห์ผลร่วมกันกับศาสตร์พลศาสตร์ของไหล

การศึกษาครั้งนี้มีข้อโต้แย้งเชิงทฤษฎีระหว่างทฤษฎีทางผังเมือง ได้แก่ ทฤษฎีของรูปทรง
 สัณฐานเมือง (Urban form morphology theory) และทฤษฎีความสามารถของรูปทรงแบบต่าง ๆ
 ที่สามารถเอื้อต่อการไหล ได้แก่ ทฤษฎีพลศาสตร์ของไหล (Aerodynamics theory) ว่าลักษณะ
 องค์ประกอบของสัณฐานเมืองที่ดีตามแนวคิดทฤษฎีทางผังเมืองที่ศึกษาร่ำเรียนมา จะเอื้อให้เกิดการ
 ไหลที่ดีจริงหรือไม่ ประการใด ลักษณะสัณฐานเมืองที่สามารถส่งผลให้เมืองเกิดการระบายอากาศที่ดี
 ควรจะมีปัจจัยเงื่อนไขเป็นองค์ประกอบบ้าง วิทยานิพนธ์เรื่องนี้จึงเป็นเรื่องเกี่ยวกับการศึกษาการไหล
 การเปลี่ยนแปลงการไหลและการระบายอากาศบนสัณฐานของพื้นที่รูปแบบต่างๆเนื่องจากเมืองต่างๆ
 ในอนาคตมีแนวโน้มที่จะมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นเรื่อยๆมนุษย์หรือผู้อยู่อาศัยในเมืองต่างแสวงหา
 แหล่งอาศัยที่มีความสบายและมีสุขอนามัยที่ดีเป็นส่วนใหญ่ หากแต่การพัฒนาเมืองมักพัฒนาที่อยู่
 อาศัยและพื้นที่ใช้งานเพียงแค่วิวรอบบ่อที่อยู่อาศัย ลักษณะสัณฐานของเมืองโดยรอบอาจไม่
 เหมาะสมกับการอยู่อาศัย ผู้ทำวิจัยจึงมีความสนใจในการศึกษารูปแบบของเมือง ขนาด ความสูง ทิศ
 ทิศทางการวางตัวและรูปแบบของเนื้อเมือง ทิศทางลมและปัจจัยอื่นๆ ว่าปัจจัยและเงื่อนไขที่น่าจะมีผล
 ต่อการระบายอากาศของเมือง

จากการศึกษาที่ผ่านมา ผู้เชี่ยวชาญด้านผังเมือง จิตติศักดิ์ ธรรมาภรณ์พิลาศ (2555) ได้
 ทำการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะเฉพาะทางกายภาพกับสภาวะอุณหภูมิระดับจุลภาคของ
 กรุงเทพมหานครไว้แล้ว โดยศึกษาในพื้นที่พัฒนาหนาแน่นศูนย์กลางธุรกิจและการค้า คือ เขตบางรัก
 ซึ่งเป็นพื้นที่ศึกษาของงานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เช่นเดียวกัน และแม้เป็นที่ทราบกันดีโดยหลักการอยู่แล้ว
 ว่าควรจะนำสภาพภูมิอากาศมาใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อการออกแบบผังเมืองให้สูงที่สุด แต่ปัจจุบันก็ยัง
 ขาดการนำความรู้ทางด้านสภาพภูมิอากาศมาใช้เป็นประเด็นในการศึกษาวางผังเมืองมากเท่าที่ควร
 (Eliasson I, 1999; Blakely, 2007) การศึกษาภูมิอากาศในวางผังและการออกแบบเมืองในการ
 วางแผนยังมีอยู่น้อยมาก (Blakely, 2007) โดยเฉพาะภูมิภาคเขตร้อน (Katzschner, 1997) และ
 ปัจจัยที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของลมมีผู้ศึกษาไว้น้อย วิจัยนี้ได้เติมเต็มช่องว่าง และต่อยอดทางวิชาการ
 การวางแผนภาคและเมืองนี้

ดังนั้น การค้นหาตัวแปร และเงื่อนไขทางสัณฐานเมืองที่เกี่ยวกับรูปร่างอาคารในพื้นที่บล็อกร
 ของเมืองเดียวกันนี้ จะเป็นการชี้ชัดว่า สัณฐานเมืองที่ดีต่อสภาพภูมิอากาศ ควรเป็นเช่นไร อันเป็นสิ่ง
 สำคัญอย่างยิ่งสำหรับการวางผังเมืองเพื่อชี้นำการพัฒนาให้มีทิศทางที่ถูกต้องและสอดคล้องกับ
 ยุทธศาสตร์การพัฒนาของประเทศจากความสำคัญดังกล่าว จึงมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาถึงปัจจัย
 ตัวแปรดังกล่าว และเพื่อที่จะให้การศึกษาครั้งนี้มีประโยชน์และมีความสอดคล้องกับผังเมืองของ
 กรุงเทพมหานคร และหากสามารถเข้าใจถึงความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกันระหว่างลักษณะเฉพาะของ

สัญญาณเมืองกับความสามารถในการระบายอากาศของพื้นที่เมืองที่เกิดขึ้นในพื้นที่พัฒนาหนาแน่นของกรุงเทพมหานครชั้นใน จะทำให้สามารถใช้ลักษณะสัญญาณเมืองเพื่อช่วยในการจัดการการระบายอากาศเมืองให้เหมาะสมต่อการอยู่อาศัยใช้ชีวิตภายนอกอาคารและพื้นที่สาธารณะได้ดียิ่งขึ้น และเป็นประโยชน์ต่อการแก้ไขปัญหาสภาพอากาศของกรุงเทพมหานครที่กำลังเผชิญอยู่ โดยมีส่วนช่วยในการแก้ปัญหาการระบายอากาศของพื้นที่เมืองในภาพรวมของโลกต่อไปในอนาคตได้อีกด้วย จึงเกิดคำถามที่น่าสนใจว่าปัจจัย เงื่อนไข และตัวแปรใดของสัญญาณเมืองที่จะส่งผลให้เกิดการไหลเวียนและการถ่ายเทอากาศในพื้นที่เมืองที่ดีที่สุด

การศึกษาครั้งนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาเมืองต่อไปในอนาคต องค์ความรู้ที่ได้รับจากการศึกษาทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นส่วนหนึ่งที่จะช่วยให้ขบปัญหาสร้างข้อพิจารณาที่เกิดองค์ความรู้ใหม่ในการแก้ไขปัญหาและผู้ที่เกี่ยวข้องได้ตระหนักถึงความสำคัญในการวางแผนเมือง สร้างแนวทางในการจัดสัญญาณของเมืองเพื่อการระบายอากาศที่ดี อีกทั้งเป็นโอกาสที่จะจัดการวางแผนพัฒนาเมือง ให้ถูกต้องตั้งแต่เริ่มต้น เพื่อที่เมืองต่างๆ จะสามารถผนวกเอาแผนการจัดการลมอย่างบูรณาการเข้าไว้ตั้งแต่ต้น และยังสามารถปรับใช้เป็นต้นแบบในการก่อสร้างบล็อกเมือง (urban block) ให้เป็นบล็อกต้นแบบของเมืองสุขภาวะดี (Healthy City) อันจะเป็นองค์ความรู้ที่จะสามารถนำไปใช้เพื่อพัฒนาปรับปรุงองค์ประกอบของสัญญาณเมืองที่เอื้อต่อการใช้ประโยชน์จากกระแสลมในการระบายอากาศของเมืองอันจะส่งผลกระทบต่อ ข้อกำหนดในการจัดที่ว่าง ระยะร่น ระยะห่างระหว่างอาคาร รวมทั้งสัดส่วนความสูงอาคารที่เหมาะสม โดยเมืองที่มีความเหมาะสมเป็นพื้นที่ศึกษา คือพื้นที่เมืองกรุงเทพมหานครชั้นใน เนื่องจากเป็นย่านที่มีเนื้อเมืองที่มีความหลากหลายทางกายภาพที่สุดของประเทศไทย ซึ่งจะสามารถนำผลการศึกษาไปประยุกต์ใช้ในเขตพื้นที่พัฒนาหนาแน่นที่เหมาะสมในเมืองใหญ่เมืองอื่น ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพและเหมาะสมต่อไป

1.2 คำถามของการวิจัย

คำถามการวิจัย คือ ปัจจัยลักษณะสัญญาณเมืองด้านกายภาพมีผลต่อการระบายอากาศเมืองในพื้นที่พัฒนาหนาแน่นกรุงเทพมหานครชั้นในอย่างไร และตัวแปรเชิงสัญญาณเมืองที่มีผลต่อการระบายอากาศในพื้นที่ดังกล่าวมีอะไรบ้าง และมีผลต่อการระบายอากาศเมืองทั้งทางด้านบวกและลบอย่างไรบ้าง

1.3 สมมติฐานการวิจัย

รูปทรงสัญญาณเมืองที่เกิดจากการพัฒนาเมืองที่เกิดจากการพัฒนาเศรษฐกิจเป็นแกนนำในการพัฒนาโดยไม่คำนึงว่ารูปทรงสัญญาณเมืองอาจส่งผลต่อการไหลของอากาศในพื้นที่เมืองส่งผลไม่พึง

ประสงค์ให้อากาศในเมืองเกิดภาวะอากาศ “ตาย” คือ อากาศไม่ไหลเวียน (air stagnant) ซึ่งควรมีการแก้ปัญหาอย่างถูกต้องและทันท่วงที รวมทั้งมีนโยบายเพื่อเป็นกรอบแนวทางแก่อาคารในพื้นที่เมืองที่จะสร้างขึ้นต่อไปในอนาคต การแก้ปัญหานี้ใช้แนวทางการแก้ปัญหามาตามทฤษฎีแนวคิด “หลักพลศาสตร์อากาศ” (aerodynamics theory) มาใช้เพื่อแสวงหาสัญญาณรูปทรงเมืองที่เหมาะสมต่อการไหลและการระบายอากาศในพื้นที่เมือง วิทยานิพนธ์นี้มีสมมุติฐานว่า ปัจจัยเชิงสัญญาณเมืองที่จะมีผลต่อการระบายอากาศเมืองในพื้นที่พัฒนาหนาแน่นเขตกรุงเทพมหานครชั้นในที่เด่นชัดประกอบด้วยกลุ่มตัวแปรหลัก 3 ประการ คือปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความสูง (height) ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับขนาดอนุเมือง (urban grain) และปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับทิศทางการวางตัวอาคารภายในบล็อก (orientation) โดยมีรายละเอียดในแต่ละปัจจัย คือ

(1).ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความสูง ค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ค่าความสูง (Golany, 1995; Givoni, 1998; Cionco และ Ellefsen, 1998) และปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความสูงอาคารเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดประการหนึ่งในเรื่องของการไหลของลมในแนวตั้ง เพราะ ความสูงอาคาร หรือพื้นที่ด้านตั้งของอาคารจะเป็นตัวที่ปะทะกับกระแสลม ปิดกั้นลมในแนวตั้งที่พัดผ่านผิวเมือง

(2).ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับขนาดเนื้อเมือง ค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ค่าขนาดอนุเมือง (Urban Grain) (Grimmond and Oke, 1998, Yoshida and Omae, 2005; Long, Mestayer และ Keromard, 2003) ปัจจัยนี้สำคัญที่สุดประการหนึ่งในเรื่องของการไหลของลมในแนวนอน เพราะขนาดเนื้อเมือง และปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับขนาดเนื้อเมือง จะเป็นตัวปะทะกับกระแสลมในแนวนอนที่พัดผ่านผิวเมือง

(3).ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับทิศทางการวางตัวอาคารภายในบล็อก ได้แก่ การวางทิศของอาคาร (Golany, 1995; Cionco และ Ellefsen, 1998; Dimoudi และ Nikolopoulou, 2003; Chan et al., 2001, 2003) ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับทิศทางการวางตัวอาคารภายในบล็อก เป็นปัจจัยสำคัญที่สุดประการหนึ่งในเรื่องของการไหลของลม เพราะทิศทางการวางตัวอาคารภายในบล็อกย่อมมีผลต่อมุมปะทะกับกระแสลม ปิดกั้น เบี่ยงเบน หรือสามารถรวมและกระจายลมที่พัดผ่านผิวเมืองที่มีการจัดวางทิศทางการวางตัวอาคารภายในบล็อกที่แตกต่างกันได้

เหตุผลที่ตัวแปรเหล่านี้มีความสำคัญเพราะสอดคล้องกับทฤษฎีการไหล และทฤษฎีพลศาสตร์อากาศพลศาสตร์ของรูปทรงที่ถูกระบุว่าเกี่ยวข้องกับการไหล จึงต้องทำการทดลองเพื่อหาผลลัพธ์เชิงลึกต่อไปเพื่อยืนยันข้อสมมุติฐานว่าปัจจัยตัวแปรเหล่านี้จะส่งผลไปตัวแปรใดจะใช่ตัวแปรที่ส่งผลต่อการระบายอากาศของเมืองสูงสุดหรือไม่อย่างไร

1.4 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลัก เพื่อศึกษาตัวแปรลักษณะสิ่งแวดล้อมเมืองด้านกายภาพสำคัญที่มีต่อผล ต่อการระบายอากาศเมืองในพื้นที่หนาแน่นในเขตกรุงเทพมหานครชั้นใน โดยมีวัตถุประสงค์ย่อย ดังนี้

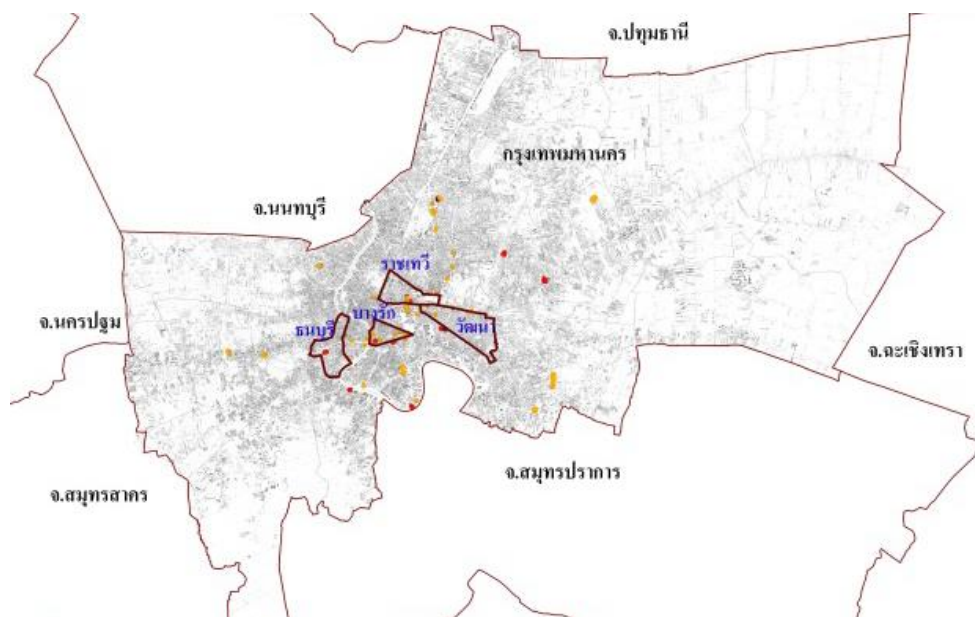
- 1.4.1 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยลักษณะเชิงสิ่งแวดล้อมเมืองที่มีผลต่อการระบายอากาศเมืองในพื้นที่พัฒนาหนาแน่นเขตกรุงเทพมหานครชั้นใน
- 1.4.2 สร้างแบบจำลองเชิงสถิติเพื่ออธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรเชิงสิ่งแวดล้อมต่อการระบายอากาศเมือง
- 1.4.3 สร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายปัจจัยเชิงสิ่งแวดล้อมเมืองที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่พัฒนาหนาแน่นในเขตกรุงเทพมหานครชั้นในให้เกิดการระบายอากาศเมืองที่ดีที่สุด

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

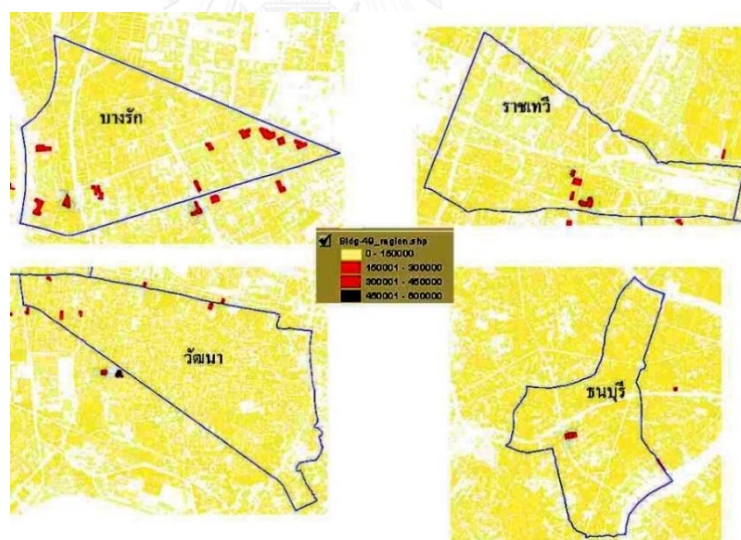
1.5.1 ขอบเขตด้านพื้นที่

จากการศึกษาความหนาแน่นของอาคารระดับเขตในพื้นที่เมืองในกรุงเทพมหานคร พื้นที่ที่มีความสำคัญและน่าสนใจที่จะใช้เป็นพื้นที่ศึกษาในวิทยานิพนธ์นี้ คือ พื้นที่ที่มีความหนาแน่นของอาคารสูงมากที่สุด เขตที่เลือกมาใช้ในการศึกษา ต้องเป็นที่มีความหนาแน่นอาคารมาก

การศึกษานี้ ใช้เกณฑ์ “อาคารสูง” จากเกณฑ์ตามกฎหมายกระทรวงฉบับที่ 42, 50 พ.ศ. 2522 ที่ระบุว่า อาคารสูงหมายถึงอาคารที่มีความสูงตั้งแต่ 23 เมตรขึ้นไป ช่วงจำนวนอาคารต่อพื้นที่ ที่นำมาเป็นกรณีศึกษา ประกอบด้วย พื้นที่ที่มีจำนวนอาคารอยู่ในช่วง 15,001-30,000 และช่วง 30,000-45,000 อาคาร และต้องมีจำนวนอาคารสูงจำนวนมากในพื้นที่ พบว่า เขตที่อยู่ในเกณฑ์และมีความน่าสนใจ คือ เขตบางรัก เขตราชเทวี เขตวัฒนา และเขตธนบุรี โดยผู้วิจัยแบ่งแผนที่ความหนาแน่นของอาคาร คิดจาก พื้นที่อาคารคลุมดิน คูณ จำนวนชั้น แบ่งเป็น 4 ช่วงข้อมูลแสดงแต่ละเขต จะเห็นว่าเขตบางรักมีอาคารที่มีพื้นที่ใช้สอยมากและมีจำนวนอาคารสูงอยู่จำนวนมากกว่าเขตอื่น (จุดสีแดงในแผนที่) อย่างเห็นได้ชัด



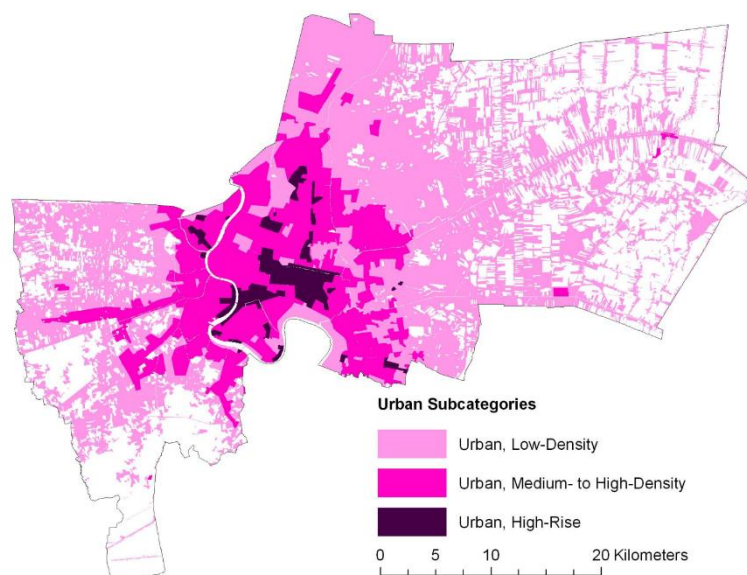
ภาพที่ 1 เปรียบเทียบจำนวนอาคารสูงและช่วงชั้นความสูงของอาคารที่สูงที่สุดในพื้นที่เขตเมืองใน กรุงเทพมหานคร (ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)



ภาพที่ 2 ภาพขยายเปรียบเทียบจำนวนอาคารสูงและช่วงชั้นความสูงพื้นที่เขตเมืองใน กรุงเทพมหานคร (ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

การแบ่งพื้นที่ดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ Carina Patricia Paton, JGSEE (2010) ซึ่งทำแผนที่สารสนเทศภูมิศาสตร์ แสดงค่าความหนาแน่นของอาคารระดับเขตในพื้นที่เมืองในกรุงเทพมหานคร (พื้นที่ที่เป็นสีเข้ม) ได้แก่ เขตบางรัก กรุงเทพมหานคร เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีอาคารสูงเป็นจำนวนมากและมีอาคารสูงมากกว่าพื้นที่อื่นของกรุงเทพมหานคร การศึกษานี้เป็นการศึกษาใน

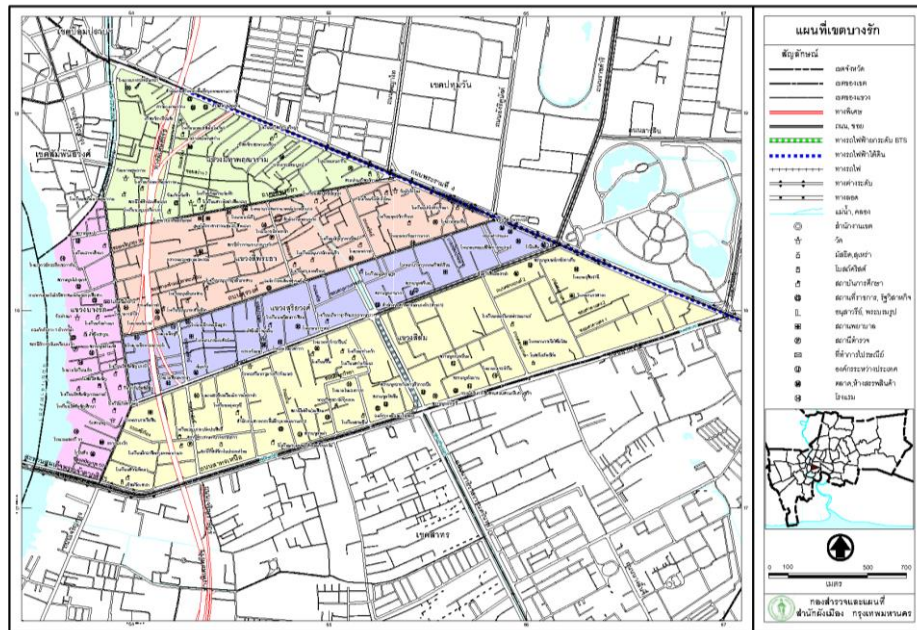
ลักษณะเชิงสัณฐานพื้นที่จริงและความซับซ้อนในแบบของสภาพกายภาพแบบเมืองจริงประกอบด้วย อาคารเล็กใหญ่ที่มีความสูงหลากหลายในเขตบางรักเป็นครั้งแรกของการศึกษาเรื่องลักษณะเชิง สัณฐานของเมือง



ภาพที่ 3 ความหนาแน่นของอาคารระดับเขตในพื้นที่เมืองในกรุงเทพมหานคร
(ที่มา: Carina Patricia Paton, JGSEE, 2010)

เมื่อพิจารณาการใช้ประโยชน์ที่ดินตามกฎหมายผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2556 ซึ่งกำหนดผังสีแสดงค่า สัดส่วนการก่อสร้างอาคารต่อพื้นที่ดิน (Floor Area Ratio : FAR) พบว่า แต่ละเขต มีรายละเอียด ดังนี้

เขตบางรัก	มีผังสีเป็นสีแดง หมายถึง พื้นที่พาณิชยกรรมหนาแน่น ค่า FAR คือ 7 (พ 3), 10 (พ 5) เขตบางรักมีสัดส่วนพื้นที่ ส่วนที่มี FAR เท่ากับ 10 (พ 5) มีมากกว่าสัดส่วนพื้นที่ ที่มี FAR เท่ากับ 7 (พ 3) เขตราชเทวี มีผังสี เป็นสีแดง สีน้ำเงิน สีแดง หมายถึง เป็นพื้นที่พาณิชยกรรมหนาแน่น สีน้ำเงิน หมายถึง ที่ดินประเภท หน่วยงานราชการ และสาธารณูปโภค FAR คือ 7 (พ 3), 10 (พ 5) เขตราชเทวีมีสัดส่วนพื้นที่ ส่วนที่มี FAR เท่ากับ FAR เท่ากับ 7 (พ 3) มีมากกว่าสัดส่วนพื้นที่ ที่มี FAR เท่ากับ 10 (พ 5)
เขตวัฒนา	มีผังสีเป็นสีน้ำตาล หมายถึง พื้นที่อยู่อาศัยหนาแน่น ค่า FAR คือ 8 (ย 10)
เขตธนบุรี	มีผังสีเป็นสีน้ำตาล หมายถึง พื้นที่อยู่อาศัยหนาแน่น ค่า FAR คือ 8 (ย 10)



ภาพที่ 4 แสดงพื้นที่ที่มีสัดส่วนเมืองที่มีอาคารสูงจำนวนมาก คือ เขตบางรัก
ที่มา : ผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร, 2556

จะเห็นได้ว่าเขตบางรักเป็นพื้นที่ ที่มีค่า ค่า FAR สูงที่สุด คือ 10 บางรักเป็นเขตที่มีค่าสัดส่วนพื้นที่อาคารต่อพื้นที่ดินมากที่สุดในกรุงเทพมหานคร อยู่ในพื้นที่สีแดงเป็นที่ดินสีแดงประเภทพาณิชย์กรรม ประกอบด้วยพื้นที่ พ.3 (พ. คือ พาณิชยกรรม) มีหนาแน่นระดับกลาง อยู่บริเวณทั่วไปของเขตบางรักและ พ.5 หนาแน่นระดับสูง ซึ่งอยู่บริเวณสีลม สาทร ของเขตบางรัก พื้นที่ พ.3 มีค่าอัตราส่วนพื้นที่อาคารต่อพื้นที่ดิน (floor area ratio: FAR) ที่ 7 หมายถึงพัฒนาได้ 7 เท่าของแปลงที่ดินและค่าสัดส่วนพื้นที่โล่งที่ไม่มีอาคารต่อพื้นที่ดิน (open space ratio: OSR) ที่ร้อยละ 4.5 ของพื้นที่อาคารรวม ส่วน พ.5 มีค่าสัดส่วนพื้นที่อาคารต่อพื้นที่ดิน (floor area ratio: FAR) ที่ 10 และค่าสัดส่วนพื้นที่โล่งที่ไม่มีอาคารต่อพื้นที่ดิน (OSR) ที่ร้อยละ 3 ของพื้นที่ที่ดินรวม

จากที่กล่าวมาแล้วทั้งหมด พบว่า เขตบางรักมีความเหมาะสมที่สุดที่จะใช้เลือกเป็นพื้นที่ศึกษา โดยการศึกษาครั้งนี้ผู้ทำวิจัยได้กำหนดพื้นที่ในการศึกษา คือ พื้นที่กรุงเทพมหานครชั้นใน “เขตบางรัก” เป็นพื้นที่ตัวอย่างในการทำการศึกษาวิจัยในปัญหา เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะเชิงสัดส่วนและการระบายอากาศเมืองในพื้นที่พัฒนาหนาแน่นของกรุงเทพมหานครชั้นใน

1.5.2 ขอบเขตด้านเนื้อหา

ประกอบด้วยการจัดเก็บ วิเคราะห์ ประมวลผลข้อมูล 2 ระดับ คือ

1.5.2.1 ขอบเขตด้านเนื้อหา ระดับพื้นที่รวมทั้งเขต

ขอบเขตด้านเนื้อหา ระดับพื้นที่รวมทั้งเขต (district scale) ครอบคลุมการวิเคราะห์พื้นที่เขตบางรักทั้งเขต เพื่ออธิบายปัจจัยลักษณะเฉพาะเชิงสัณฐานเชิงของทั้งพื้นที่ ที่มีหลากหลายรูปแบบ เนื่องจากเป็นทั้งย่านศูนย์กลางการค้าและธุรกิจทั้ง “เก่า” ที่มีลักษณะเตี้ย-แน่น และ “ใหม่” ที่มีลักษณะสูง-แน่น รูปแบบรูปทรงอาคาร และระบบของเมือง ก่อเกิดและพัฒนาภายใต้เงื่อนไขในเชิงพื้นที่และเชิงสังคม วัฒนธรรม เศรษฐกิจ รวมทั้งปัจจัยภายนอก โดยมีเนื้อหาที่ศึกษา วิเคราะห์ และประมวลผลในเฉพาะประเด็นปัจจัยลักษณะสัณฐานเชิงพื้นที่ที่เกี่ยวข้องการไหลและการระบายอากาศในพื้นที่เมืองเท่านั้น ได้แก่ รูปแบบ ขนาด ความสูงของกลุ่มอาคาร รูปแบบการจัดวางตัวของอาคารโดยรวม รูปแบบ ขนาด บล็อกถนน รูปแบบโครงข่ายการสัญจรและพื้นที่ว่าง

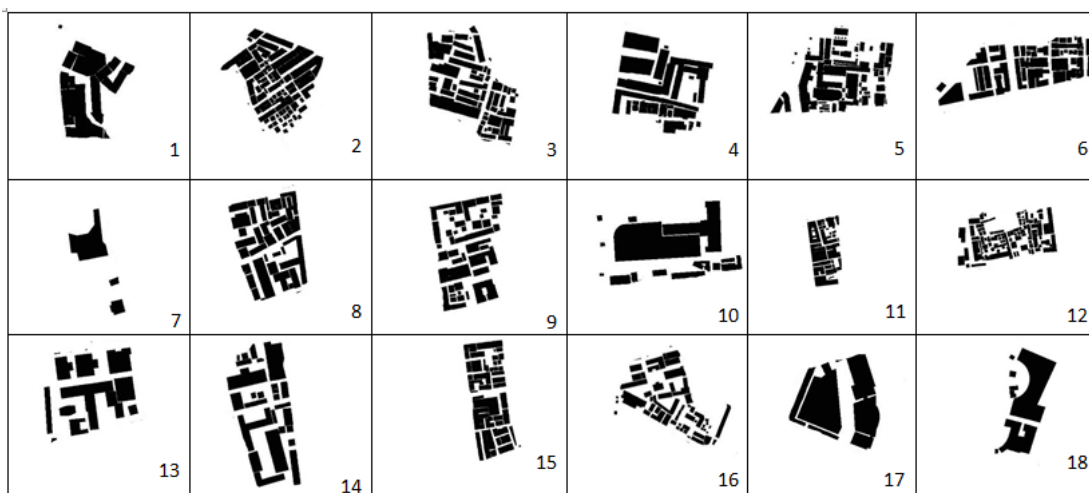
ข้อมูลที่ใช้ได้จากเอกสารสำคัญของกรมโยธาธิการและผังเมือง ประกอบด้วยข้อมูลโปรแกรมคอมพิวเตอร์แมปอินโฟ (Map info) ของผังเขตบางรัก ที่แสดงข้อมูล ขนาดความสูงของที่ตั้งอาคารของแผนที่ ภาพถ่ายทางอากาศ ข้อมูลภูมิสารสนเทศ (Geographic Information System : GIS) เพื่อวิเคราะห์สัณฐานเมือง รวมทั้งการสร้างแบบจำลองเชิงสัณฐานบนเครื่องมือการจำลองการไหลของวิศวกรรมพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ ประมวลผล เพื่อหาค่าการระบายอากาศบนสัณฐานเมืองจริงจากข้อมูลของกรมโยธาธิการและผังเมืองบนพื้นที่ศึกษา ศึกษาค่าการระบายอากาศกับลักษณะเชิงสัณฐานโดยการจำลองการไหล (Simulation) ไหลและการระบายอากาศในแบบต่าง ๆ ที่มองในภาพกว้างเพื่อนำไปสู่การศึกษาหาความสัมพันธ์ของปัจจัยเงื่อนไขที่เกี่ยวข้องในชั้นระดับบล็อกต่อไป (ดังภาพที่ 5)



ภาพที่ 5 ภาพลักษณะเชิงสัณฐานของอาคารระดับเขตในพื้นที่เมืองในกรุงเทพมหานคร
(ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

1.5.2.2 ขอบเขตด้านเนื้อหาระดับเฉพาะบล็อกของเมือง

ขอบเขตด้านเนื้อหาระดับเฉพาะบล็อกของเมือง (Urban block scale) ศึกษา รายละเอียดตัวอย่างกรณีศึกษาของลักษณะเฉพาะเชิงสัณฐานพื้นที่ที่เป็นตัวแทนความสัมพันธ์ ประเภทต่างๆ ได้แก่ ความสูง ขนาดตอมุมเมือง ทิศการวางตัวอาคารในเนื้อเมือง โดยจากการศึกษา ภาพรวม ที่มีตัวอย่างมากพอ ในการหาความสัมพันธ์ ในระดับพื้นที่รวมเป็นภาพกว้างทั้งเขต (ดังภาพที่ 5) ศึกษาลักษณะสัณฐานเมืองเบื้องต้นก่อนแล้วจึงจะเลือกบริเวณที่น่าสนใจในระดับภาพบล็อกของเมือง (ดังภาพที่ 6) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์และรูปแบบของสัณฐานเมืองที่ส่งผลต่อการไหลเป็นตัวแทนในการอธิบายเงื่อนไข

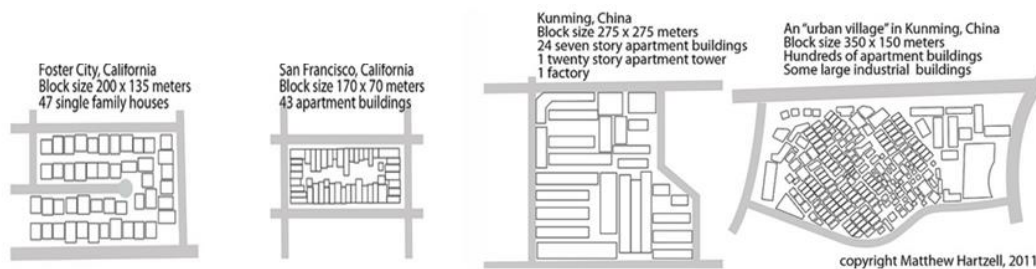


ภาพที่ 6 ภาพลักษณะเชิงสัณฐานของอาคารระดับบล็อกในพื้นที่เมืองในกรุงเทพมหานคร
(ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

ปัจจัยบ่งชี้ของความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะเฉพาะของสัณฐานพื้นที่และการระบายอากาศเมืองที่ส่งผลให้เกิดการไหลของอากาศในรูปแบบต่างๆ ทั้งที่สัมพันธ์กันอยู่ในละแวกใกล้เคียงและไกลออกไป เป็นความสัมพันธ์กับระบบทั้งหมดของเขต โดยการวิเคราะห์จากรูปแบบการไหล บนข้อมูลแผนที่สารสนเทศ GIS การสร้างแบบจำลองเชิงสัณฐาน ประกอบกับการประมวลผลจากแบบจำลองพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณบนพื้นที่ และเปรียบเทียบวัดความเที่ยงและความแม่นยำจากข้อมูลภาคสนามและจากห้องปฏิบัติการตามมาตรฐานสากล เพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบตัวแปรที่ทำการศึกษา ภายใต้เงื่อนไขความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะเฉพาะเชิงสัณฐานพื้นที่เชิงพื้นที่และการระบายอากาศเมือง รวมถึงปัจจัยภายนอกกว่า การถ่ายเทอากาศของบล็อกอาคารจะดีหรือไม่อย่างไรในแต่ละรูปแบบนั้นเป็นผลมาจากภาวะและเงื่อนไขปัจจัยสัณฐานเมืองของพื้นที่บล็อกนั้น

1.6 หน่วยวิเคราะห์และคำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

หน่วยวิเคราะห์ (unit of analysis) ในการศึกษาครั้งนี้ คือ บล็อกของเมือง (city block) หมายถึง ช่วงเนื้อเมืองที่ล้อมรอบด้วยถนน กำหนดขนาดแต่ละด้านยาว (city block length) (ดังภาพที่ 4) ประมาณด้านละ 200 เมตรตาม ขนาดบล็อกทั่วไปในเขตบางรัก



ภาพที่ 7 แสดงตัวอย่างรูปแบบและขนาดบล็อกเมืองในเมืองแต่ละเมืองของต่างประเทศที่ออกแบบการวางผังเมืองและเกิดปัญหาที่ต่างกัน (ที่มา: Matthew Hartzell, 2011)

1.7 คำจำกัดความและนิยามที่ใช้ในการวิจัย

1.7.1 การนิยามศัพท์เชิงทฤษฎี

การนิยามศัพท์เชิงทฤษฎี (conceptual definition) เป็นการใช้ทฤษฎีหรือแนวคิดที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ปัจจัยเชิงสัณฐานเมือง ปัจจัยการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปัจจัยความหนาแน่นของเมือง การวางทิศของตัวอาคารในบล็อก ความสูง ขนาดอนุเมือง และปัจจัยทางที่เกี่ยวกับภูมิอากาศ ได้แก่ ความเร็วและทิศทางลม เป็นทฤษฎีแกนในการศึกษา ทฤษฎีรองที่ใช้ร่วมประกอบในการศึกษา ได้แก่ ทฤษฎีอากาศพลศาสตร์ ลักษณะการไหลของอากาศผ่านสิ่งกีดขวางที่มีรูปร่างต่าง ๆ ภายในเมืองมาทำการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์เพื่อระบุถึงปัจจัยและเงื่อนไขของกลุ่มตัวแปรที่ส่งผลต่อการระบายอากาศของเมืองนั้น เพื่ออธิบายตัวแปรกายภาพที่มีลักษณะที่เป็นนามธรรมอยู่ให้รู้ถึงความลึกของความสัมพันธ์ของแต่ละตัวแปรและเมื่อนำมาเชื่อมโยงเข้าเป็นกลุ่มตัวแปรให้ทราบถึงผลที่มีความแน่นอนและชัดเจนยิ่งขึ้น

1.7.2 คำนิยามศัพท์เชิงปฏิบัติการ

การนิยามศัพท์เชิงปฏิบัติการ (operational definition): เป็นการแปลงความหมายของตัวแปรจากทฤษฎีที่เป็นนามธรรมโดยระบุถึงลักษณะหรือพฤติกรรมที่สามารถสังเกตและวัดได้ ดังนี้

- **การระบายอากาศของพื้นที่เมือง** หมายถึง การจัดการเคลื่อนย้ายอากาศด้วยปริมาณที่กำหนดให้ไหลออกไปจากเมืองไปในทิศทางและความเร็วที่ต้องการ ไหลลงมาให้ไหลออกไปจากพื้นที่ ที่ต้องการและให้อากาศบริสุทธิ์ไหลเข้ามาแทนที่ การระบายอากาศมีความเร็วเกี่ยวข้องมาก เพราะอัตราการระบายอากาศ เท่ากับค่าปริมาตรของของไหลที่ไหลผ่านพื้นที่หน้าตัดในหนึ่งหน่วยเวลา $Q = V \times A$ ดังนั้น ค่าอัตราการระบายอากาศ แปรตามค่าความเร็ว

- **สภาวะคงที่เทียบกับเวลา (Steady State)** คือ มีลักษณะคือจะคงสภาวะคงที่เทียบกับเวลา steady flow process หมายถึงกระบวนการไหลที่คุณสมบัติต่างๆ ของระบบ หรือของไหลจะไม่ขึ้นกับเวลา

- **อัตราการระบายอากาศ** หมายถึง การวัดอัตราการเปลี่ยนแปลงของอากาศที่ไหลเข้าและออก (Air Change Rate) ถือเป็นค่าการถ่ายเทอากาศที่ใช้กันแพร่หลายที่สุด เป็นการวัดจำนวนรวมของอากาศภายนอกพื้นที่ศึกษาที่ไหลเข้ามาในพื้นที่ศึกษาต่อหน่วยเวลา

- **ลักษณะเชิงสัณฐานเมือง (Urban Morphological Properties)** หมายถึง ลักษณะเชิงสัณฐานของรูปทรงเมือง ได้แก่ ลักษณะรูปร่าง (Shape) และรูปทรง (Form) ของเมืองที่มีความเด่นชัด โดยเมืองแต่ละเมืองที่มีรูปแบบเชิงสัณฐานที่มีเอกลักษณ์ที่แตกต่างกัน ส่วนประกอบของเมืองอาจมีทั้ง “ความเหมือน” หรือ “ความต่าง” เป็นการพิจารณาความสัมพันธ์ของลักษณะเชิงกายภาพ (Physical) ร่วมกับลักษณะเชิงพื้นที่ (Spatial) ของเมือง (ไชศรี ภัคดีสุขเจริญ, 2548) พิจารณาจากลักษณะเนื้อเมืองที่มีอยู่ หรือขนาดของเมือง “เกรน” (Grain) ขนาดเล็ก กลาง ใหญ่ และใหญ่พิเศษ รูปร่าง รูปทรง ลักษณะความสูงของอาคาร ได้แก่ อาคารเตี้ย สูงปานกลาง อาคารสูงและสูงพิเศษ ทิศการวางตัวของอาคาร

- **อาคารสูง (Tall Building)** หมายถึง อาคารที่มีความสูงตั้งแต่ 9 ชั้นขึ้นไป ซึ่งพิจารณาจากความหมายของอาคารสูงตามกฎหมายกระทรวงฉบับที่ 33 ซึ่งออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ.2522 หมายถึง อาคารที่บุคคลอาจเข้าอยู่หรือเข้าใช้สอยได้ที่มีความสูงตั้งแต่ 23 เมตรขึ้นไป การวัดความสูงของอาคารให้วัดจากระดับพื้นดินที่ก่อสร้างถึงพื้นดาดฟ้า สำหรับอาคารทรงจั่วหรือปั้นหยาให้วัดจากระดับพื้นดินที่ก่อสร้างถึงยอดผนังของชั้นสูงสุด ซึ่งมีผลทำให้การวางผัง การออกแบบ การก่อสร้างตัวอาคาร การขนส่งทางตั้ง และระบบอุปกรณ์อาคารอื่นๆหรือการใช้งานฯลฯ แตกต่างจากอาคารปกติทั่วไป”อาคารสูงจึงมักมีลักษณะและการใช้งานที่พิเศษแตกต่างกันออกไป โดยอาจมีเนื้อใช้สอยหรือกิจกรรมหลากหลายประเภทผสมผสานอยู่ในอาคารหลังเดียวกันก็ได้

- **พื้นที่พัฒนาหนาแน่นเขตชั้นใน (Intensely Developed Inner Area)** หมายถึง พื้นที่ที่ถูกพัฒนาแล้วประกอบด้วยอาคารปริมาณหนาแน่นมากในเขตเมืองชั้นใน แบ่งจากประเภทลักษณะสัณฐานเมืองตามความหนาแน่นของเมืองที่ส่งผลต่อภูมิอากาศเมือง (Oke, 1987; 2004) ตามมาตรฐานสากล (American National Standard Institute: ANSI A58.1-1982) แบ่งเป็นพื้นที่พัฒนาหนาแน่นเขตชั้นในของใจกลางเมืองเก่า (Urban Old Core) ซึ่งเป็นพื้นที่เศรษฐกิจตั้งแต่ยุคเดิมประกอบด้วยตึกที่มีความสูงเฉลี่ย 3-5 ชั้นเท่าๆกันหนาแน่นวางชิดติดกัน (Brunn and William, 1983) และพื้นที่พัฒนาหนาแน่นเขตชั้นในของใจกลางเมืองใหม่ (Urban modern core)

เป็นพื้นที่เศรษฐกิจตั้งแต่ยุคใหม่ประกอบด้วยตึกที่มักมีความสูงระฟ้า หลากหลาย มักมีระยะรันแยกห่างกันจากกฎหมายควบคุมอาคารในด้านป้องกันอัคคีภัย (steward & oke, 2009)

- **ปัจจัยภายนอก** หมายถึง ปัจจัยอื่นที่ไม่เกี่ยวข้องกับปัจจัยทางสัญญาณเมือง ได้แก่ ปัจจัยของลมทางอุตุนิยมวิทยา เช่น ทิศทางและความเร็วลมของแต่ละฤดูกาลของกรุงเทพฯ โดยความเร็วลมที่ใช้ในการศึกษาใช้เป็นค่าความเร็วลมเฉลี่ย 30 ปีของกรุงเทพฯ (ธนิต จินดาวงศ์ และคณะ, 2543)

- **ลม** คือ กระแสอากาศที่เคลื่อนที่ในแนวนอน พัดขนานกับพื้นโลกลมเกิดขึ้นได้เนื่องจากความแตกต่างระหว่างความกดอากาศในแต่ละท้องถิ่นและการหมุนรอบตัวเองของโลก ลมผิวพื้นมีความสำคัญมากต่อการไหล ความเร็วลมเสียดทานและการระบายอากาศของเมืองมีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที ความเร็วและทิศทางของลมมีความสำคัญในการศึกษาการระบายอากาศของเมือง สามารถแบ่งลมออกเป็น ลมใกล้ผิวพื้น (Surface Winds) คือ ลมที่เคลื่อนที่ในแนวนอนพัดจากบริเวณผิวพื้นไปยังความสูงประมาณ 1 กิโลเมตรลงมา และลมชั้นบนลมนี้เป็นลมลักษณะชั้นบนอยู่สูงจากพื้นดินตั้งแต่ 1 กิโลเมตรขึ้นไปซึ่งเป็นระยะที่ไม่มีแรงฝัดลมผิวพื้นโดยทั่วไปจะตรวจวัดที่ระดับความสูง 6-10 เมตรจากพื้นผิวโลก (สมพงษ์ มະนะสุทธิ, 2535) โดยในการศึกษานี้ วัดที่ระดับความสูง 1.50, 10 และ 30 เมตรเหนือพื้นดิน เพื่อศึกษาถึงผลกระทบต่อคนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่เมืองที่ระดับความสูงต่างๆกันต่างจากค่า กระแสอากาศ คือ อากาศที่เคลื่อนที่ในแนวตั้ง ได้แก่ ค่าแรงลอยตัวของความร้อน (adiabatic) ที่อยู่นอกขอบเขตของการศึกษานี้

การเรียกชื่อลมนั้นเรียกตามทิศทางที่ลมนั้นๆ พัดมา เช่น ลมที่พัดมาจากทิศเหนือเรียกว่า ลมเหนือ และลมที่พัดมาจากทิศใต้เรียกว่า ลมใต้ เป็นต้น ในละติจูดต่ำไม่สามารถจะคำนวณหาความเร็วลม แต่ในละติจูดสูงสามารถคำนวณหาความเร็วลมได้โดยการวัดลม

การวัดลมมีวิธีการวัด 2 วิธี คือ วัดทิศลม และวัดความเร็วลม

ทิศลม อาจเรียกชื่อตามทิศต่างๆ ของเข็มทิศ หรือเรียกเป็นองศาจากทิศจริง ปัจจุบันการวัด ทิศลมนิยมวัดทิศลมตามเข็มทิศ และวัดเป็นองศา ถ้าวัดทิศลมด้วยเข็มทิศ เข็มทิศจะถูกแบ่งออกเป็น ทิศใหญ่ๆ 4 ทิศ คือ ทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก ซึ่งทิศทั้ง 4 ทิศ เมื่อแบ่งย่อยอีกจะเป็น 8 ทิศ โดยจะเพิ่มทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ และทิศตะวันออกเฉียงใต้

1.8 ข้อจำกัดของการวิจัย

การศึกษานี้ศึกษาไม่สามารถวัดในสภาพจริงได้ และการศึกษานี้มุ่งเน้นศึกษาเฉพาะลักษณะสัญญาณเมืองที่เกี่ยวข้องกับการไหลและการระบายอากาศเมืองเท่านั้น โดยมุ่งเน้นความสำคัญการไหลของอากาศในระดับอาคารและบล็อกในชุมชน และเนื่องจากการพื้นที่ศึกษาครั้งนี้เป็นพื้นที่อยู่กลางเมืองที่มีอาคารสูงหนาแน่นในเขตบางรัก กรุงเทพมหานคร จึงมีข้อจำกัดของการศึกษา คือ การไม่

สามารถควบคุมตัวแปรอื่นในสถานที่จริงได้ ได้แก่ ต้นไม้ ยานพาหนะ คนหรือสิ่งกีดขวางลมอื่นๆที่เคลื่อนไหวได้ ล้วนส่งผลต่อการไหลของลมในพื้นที่ศึกษาซึ่งไม่สามารถควบคุมได้ จึงจำเป็นต้องใช้แบบจำลองในการศึกษา จึงต้องใช้เครื่องมือที่ใช้คอมพิวเตอร์พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ ซึ่งวัดค่าจากการประมวลผลของคอมพิวเตอร์ทั้งกระบวนการเสร็จสิ้นคอมพิวเตอร์ในขั้นตอนเดียว เพื่อไม่ให้เกิดค่าความผิดพลาดจากการวัดค่าของเครื่องมือในขณะปฏิบัติการศึกษา

เครื่องมือในการศึกษามีจำกัด ในการศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นกับตัวอาคาร และสภาพแวดล้อม จะต้องศึกษาจากการไหลเวียนของอากาศที่เกิดขึ้นในอุโมงค์ลม (Wind Tunnel) เป็นทางเลือกหนึ่ง โดยการทดลองกับหุ่นจำลองที่ตั้งอยู่ในสภาพแวดล้อมนั้นๆ โดยใช้ลมหรือควันที่มีการผสมสีเข้าไปเพื่อให้สามารถมองเห็นภาพการไหลเวียนของอากาศได้ชัดเจน ซึ่งปัจจุบันยังไม่มีสถานที่ทดลองด้วยอุโมงค์ลมในประเทศไทย ที่สามารถวัดค่าการไหลของอากาศที่แม่นยำ หรือ เห็นภาพการไหลเวียนอากาศได้อย่างชัดเจน บันทึกภาพ เพื่อให้สามารถนำไปวิเคราะห์ต่อได้ เพราะค่าใช้จ่ายในทดสอบ และการบำรุงรักษาอยู่ในระดับที่ค่อนข้างสูง มีเพียงการทดลองที่ใช้หุ่นจำลองตั้งในอุโมงค์ลม โดยใช้พัดลมที่ตั้งค่าความเร็วเริ่มต้นตามที่ต้องการ ปล่อยให้เข้าไปในอุโมงค์ลม เพื่อวัดหาค่าความเร็วของกระแสลม ณ จุดต่างๆ ที่กำหนดในหุ่นจำลองตามที่ต้องการได้ แต่ก็มีข้อเสียที่มีข้อจำกัดสำหรับขนาดของหุ่น และการรั่วซึมทำให้ค่าที่วัดคลาดเคลื่อนได้ ทั้งยังใช้เวลาในการทำหุ่นจำลองและการทดลองมาก ในการศึกษาเรื่องการไหลเวียนของอากาศโดยใช้หลักการทำงานเช่นเดียวกันนี้ ก็สามารถใช้โปรแกรมการคำนวณพลศาสตร์ของไหล (Computational Fluid Dynamics, CFD) ได้อีกแนวทางหนึ่ง แต่แนวทางนี้ ผู้ใช้โปรแกรมต้องมีความชำนาญ และต้องใช้เวลาในการศึกษาค่อนข้างมาก

ข้อจำกัดอีกประการหนึ่งของวิทยานิพนธ์นี้ ไม่ครอบคลุมภาวะน่าสบายในพื้นที่เมือง ทั้งนี้เพราะ ปัจจัยภาวะสบายเกี่ยวข้องกับปัจจัยที่เกี่ยวกับคน ได้แก่ อัตรา metabolism ของคน และค่าชนิดความหนาบางของเสื้อผ้าที่สวม จึงเป็นค่าที่เกี่ยวกับความรู้สึกที่อาจทำให้ผลของการศึกษาไม่ตรงคลาดเคลื่อนจากคำถามงานวิจัย

การศึกษานี้มุ่งเน้น การศึกษาเปรียบเทียบลักษณะสัญญาณเมืองที่ต่างกันว่าจะมีค่าความสามารถในการให้อากาศไหลผ่านได้ดีกว่ากัน (ค่าอัตราการระบายอากาศเมือง) ซึ่งเป็นค่ารวมการไหลผ่านของอากาศทั้งหมดในหนึ่งหน่วยวิเคราะห์ คือ ในหนึ่งบล็อกของเมืองแต่ในพื้นที่บล็อกของเมืองมีประกอบด้วยอาคารจำนวนมาก อาคารเหล่านี้ส่งผลต่อการไหลของลม ให้เกิดความเกิดความเร็วมหลายค่า เช่น บริเวณลานโล่ง และบริเวณซอกระหว่างอาคาร ล้วนมีค่าความเร็วมที่ต่างกัน ความสามารถในการไหลที่จึงต่างกัน การศึกษานี้เลือกใช้ ค่าจริงของการไหลผ่านของอากาศที่

ไหลเข้าและไหลออกจากปริมาตรควบคุม (Control Volume) ของแต่ละปริมาตรของพื้นที่แต่ละบล็อกเมือง เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการหาคำตอบของการศึกษานี้

ส่วนการศึกษาภาวะน่าสบาย ใช้ความเร็วลมเป็นตัววัดค่าภาวะน่าสบาย ก็ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่า ในหนึ่งบล็อกของเมือง ประกอบด้วยอาคารจำนวนมาก ทำให้ความเกิดความเร็วลมหลายค่า จึงยากที่จะบอกว่า ในหนึ่งหน่วยวิเคราะห์ คือ ในหนึ่งบล็อกของเมืองนั้นมีภาวะน่าสบายหรือไม่ ยกตัวอย่างเช่น บริเวณลานโล่ง มีค่าความเร็วลมต่ำ และบริเวณซอกกระหว่างอาคาร มีค่าความเร็วลมสูง และพื้นที่ส่วนอื่น ๆ ในบล็อกก็ มีค่าความเร็วลมแตกต่างกันไป คำตอบที่เป็นค่าความเร็วลมเฉลี่ยก็ไม่สามารถเป็นค่าความเร็วลมตัวแทนของหนึ่งบล็อกของเมืองได้ จะเห็นได้ว่าค่าความเร็วลมที่มีค่าได้หลายค่าในหนึ่งหน่วยวิเคราะห์ จึงไม่เหมาะที่จะใช้เป็นคำตอบในการศึกษานี้

เนื่องจากงบประมาณและเวลาในการศึกษามีจำกัด การศึกษานี้จึงศึกษาเฉพาะลมจากทิศใต้เท่านั้น

1.9 ขั้นตอนการวิจัย

การวิจัยนี้ประกอบด้วย 7 ขั้นตอนที่มีประเด็นสำคัญที่สัมพันธ์สอดคล้องกัน ดังนี้

1. ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี งานวิจัย วรรณกรรมต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อพัฒนาเป็นกรอบแนวคิดในการศึกษา และศึกษาวิธีการและเทคนิคการวิเคราะห์ต่างๆ สร้างกรอบแนวคิดในการศึกษา เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่เป็นประเด็นคำถาม กำหนดวัตถุประสงค์ประสงค์ในการศึกษา และกำหนดเครื่องมือในการศึกษา

2. ศึกษาเก็บรวบรวมข้อมูลพื้นที่พัฒนาหนาแน่นของกรุงเทพมหานครชั้นใน เพื่อวิเคราะห์ระดับพื้นที่รวม (global analysis scale) ของพื้นที่เขตพัฒนาหนาแน่นของกรุงเทพมหานครชั้นใน คือเขตบางรัก ด้วยข้อมูลและแผนที่ โดยทำการซ้อนทับชั้นข้อมูลภูมิสารสนเทศ (geographic information systems, GIS) แผนที่แบบจำลองเชิงสัญญาณ และแผนที่แสดงค่าการระบายน้ำอากาศ เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ของลักษณะเชิงสัญญาณต่ออัตราการระบายน้ำอากาศเมือง โดยมีข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ได้แก่

2.1. ข้อมูลเชิงพื้นที่โดยการสืบค้นข้อมูลจากเอกสารแผนที่ และข้อมูลภูมิสารสนเทศของกรมโยธาธิการและผังเมือง เช่น ลักษณะเชิงสัญญาณของเมือง ระบบสัญญาณโครงข่ายถนน ขนาดความกว้างรูปแบบการจัดวางถนน รูปแบบเนื้อเมือง ขนาดและ

ความสูงของอาคารภายในพื้นที่ศึกษา เพื่อใช้ในการศึกษาเงื่อนไขการทำแบบจำลอง
พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ

2.2. ข้อมูลลมกรมอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ ข้อมูลลม 30 ปีของกรุงเทพมหานคร (ธนิต
จินดาวณิก และคณะ, 2543) โดยทำการสืบค้นข้อมูลจากเอกสารประกอบกับแผนที่
ของกรมโยธาธิการและผังเมือง จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์และสรุปผลเบื้องต้น ซึ่งได้
ค้นพบลักษณะเชิงสัณฐานในแบบต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการไหลและการระบายอากาศ
เมือง ในระดับพื้นที่รวม แล้วทำการศึกษาเปรียบเทียบลงรายละเอียดรายบล็อกเพื่อ
ใช้ในการศึกษาวิเคราะห์เชิงลึก

3. วิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ของเขตบางรัก จัดทำหน่วยวิเคราะห์ลงในพื้นที่ศึกษา เพื่อใช้ในการ
การศึกษาเปรียบเทียบเชิงลึกระดับพื้นที่เฉพาะ (local analysis scale) เพื่ออธิบายเงื่อนไข
ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะเชิงสัณฐานพื้นที่และการระบายอากาศ

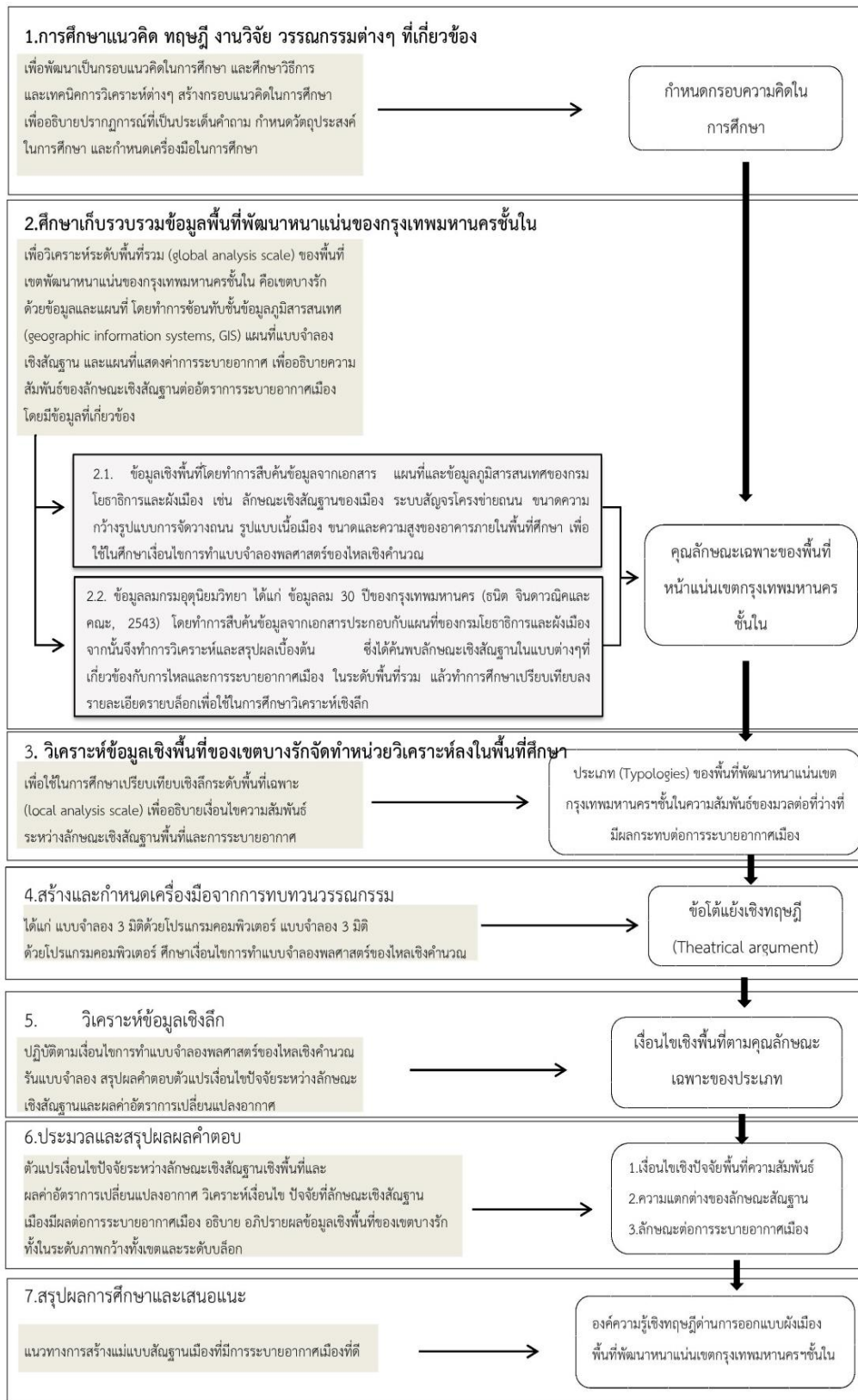
4. สร้างและกำหนดเครื่องมือจากการทบทวนวรรณกรรม ได้แก่ แบบจำลอง 3 มิติด้วย
โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ศึกษาเงื่อนไขการทำแบบจำลองพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ

5. วิเคราะห์ข้อมูลเชิงลึก ปฏิบัติตามเงื่อนไขการทำแบบจำลองพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ
รันแบบจำลอง สรุปผลคำตอบตัวแปรเงื่อนไขปัจจัยระหว่างลักษณะเชิงสัณฐานและผลค่า
อัตราการเปลี่ยนแปลงอากาศ

6. ประมวลและสรุปผล ผลคำตอบตัวแปรเงื่อนไขปัจจัยระหว่างลักษณะเชิงสัณฐานเชิงพื้นที่
และผลค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงอากาศ วิเคราะห์เงื่อนไข ปัจจัยที่ลักษณะเชิงสัณฐานเมืองมี
ผลต่อการระบายอากาศเมือง อธิบาย อภิปรายผลข้อมูลเชิงพื้นที่ของเขตบางรัก ทั้งในระดับ
ภาพกว้างทั้งเขตและระดับบล็อก

7. สรุปผลการศึกษาและเสนอแนะ

โดยแสดงขั้นตอนการวิจัยและความสัมพันธ์ในภาพที่ 8



ภาพที่ 8 ขั้นตอนการวิจัย

(ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

1.10 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้เกิดความรู้ความเข้าใจความสัมพันธ์ลักษณะรูปแบบการไหลของลม และการระบายอากาศเมืองบนรูปแบบลักษณะเชิงสัณฐานเมืองที่แตกต่างกัน ภายใต้บริบทของพื้นที่พัฒนาหนาแน่นของกรุงเทพมหานครชั้นใน
2. สร้างความเข้าใจในความสัมพันธ์ลักษณะเชิงสัณฐานเมืองต่อการระบายอากาศในพื้นที่เมือง ผลของการวิจัยช่วยให้ค้นพบองค์ความรู้ใหม่เชิงวิชาการเพื่อให้สามารถนำมาเป็นข้อพิจารณาเพื่อใช้เป็นต้นแบบในการวางผังเมือง เพื่อหาทางเลือกในการวางแผนปรับปรุงการระบายอากาศของเมือง ภายใต้สถานการณ์ที่ใกล้เคียงหรือแตกต่างได้อย่างเหมาะสม



บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 1 ว่า ผังเมือง คือการกำหนดสัดส่วนเฉพาะพื้นที่ ดังนั้นกรอบในการศึกษาจึงประกอบด้วยแนวคิดทฤษฎีที่จะนำไปสู่ผลที่เกี่ยวข้องในการกรอบข้อค้นพบทางผังเมือง นำไปสู่กฎหมายผังเมือง อันประกอบไปด้วย การวางกฎหมายผังเมืองในการจัดทำผังเมืองรวม และผังเมืองเฉพาะ โดยมีข้อสงสัยว่า ปัญหาของเมืองอาจเกิดขึ้นเพราะกฎหมายเองสร้างปัญหาและไม่เอื้อให้เกิดการพัฒนาเมืองให้เกิดการระบายอากาศของเมืองที่ดี

ในบทนี้ประกอบด้วย การทบทวน แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสัดส่วนเชิงพื้นที่ ในประเด็นของนิยามและลำดับพัฒนาการของการศึกษาปัจจัยสัดส่วนเมืองมีผลต่อการระบายอากาศเมือง ประเภทและคุณลักษณะทางกายภาพของสัดส่วนเมือง ตลอดจนแนวคิดเกี่ยวกับวิธีการและเครื่องมือที่ใช้ประเมินประสิทธิภาพของการไหลของอากาศของลักษณะเชิงสัดส่วนเมืองในรูปแบบต่างๆ การทบทวนวรรณกรรมทั้งหมด แบ่งเนื้อหาออกเป็นส่วนต่างๆ ดังนี้

- 2.1 นิยามของการไหลและการระบายอากาศเมือง
- 2.2 พัฒนาการของการศึกษาการระบายอากาศในพื้นที่เมือง
- 2.3 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวลม ภาวะน่าสบายและชั้นบรรยากาศ ความขรุขระผิวเมืองในการประมวลผลการไหลในสภาพบรรยากาศจริง
- 2.4 แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวกับสัดส่วนเมือง
- 2.5 แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวกับการศึกษาการไหล
- 2.6 แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวกับเครื่องมือที่ใช้
- 2.7 แนวคิดมาตรการทางผังเมือง
- 2.8 แนวคิดประเภทและความสำคัญของตัวแปรลักษณะเชิงสัดส่วนเมืองต่างๆ ที่มีต่อการระบายอากาศเมือง
- 2.9 อภิปรายและสรุปกรอบแนวคิดในการวิจัย

ในส่วนกรอบแนวคิดในการวิจัยที่ใช้ในการศึกษาปัจจัยสัดส่วนเมืองมีผลต่อการระบายอากาศเมืองในพื้นที่พัฒนาหนาแน่นกรุงเทพมหานครชั้นในซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาภาพรวมของลักษณะของสัดส่วนเมืองในเขตบางรักที่เป็นเขตพื้นที่พัฒนาหนาแน่นที่สุดของกรุงเทพมหานครชั้นใน (กรม

โยธาธิการและผังเมือง, 2549) เพื่อศึกษาเปรียบเทียบถึงประสิทธิภาพรวมถึงรูปแบบการไหลและการระบายอากาศในพื้นที่เมือง

ในบทนี้จึงได้ทบทวนทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง อภิปรายข้อดี ข้อเสียและบอกแนวคิดและเหตุผลของงานวิจัยนี้ เพื่อนำข้อสรุปของการทบทวนวรรณกรรม อยู่ท้ายบทความในแต่ละหัวข้อ เพื่อนำไปสู่การใช้ในการสร้างกรอบแนวคิดของการศึกษา เพื่อใช้ในการตอบคำถามงานวิจัยที่ว่าปัจจัยสิ่งแวดล้อมมีผลต่อการระบายอากาศเมืองในพื้นที่พัฒนาหนาแน่นกรุงเทพมหานครชั้นในอย่างไร ตัวแปรเชิงสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการระบายอากาศที่ดีในพื้นที่ดังกล่าวมีปัจจัยเงื่อนไขและผลเช่นไร

2.1. นิยามของการไหลและการระบายอากาศเมือง

ของไหล (Fluid) หมายถึง สสารที่สามารถเปลี่ยนรูปร่างได้อย่างต่อเนื่อง เมื่อถูกกระทำด้วยแรงเค้นเฉือน ซึ่งหมายความว่า เมื่อใดที่มีแรงเค้นเฉือนมากกระทำของไหลจะเกิดการขยับตัว และเปลี่ยนรูปร่างไป เกิดแรงเค้นเฉือนขึ้นภายในของไหล กระบวนการปรับตัวนี้จะดำเนินต่อเนื่อง หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ ในขณะที่ของไหลเคลื่อนที่จะต้องมีความเค้นเฉือนเกิดขึ้น ในการเคลื่อนที่ของของไหล แรงเค้นเฉือนจะเกิดขึ้นจากแรงเสียดทาน (Friction) ระหว่างของไหลกับพื้นผิวนั้น

นิยามจากสมการพื้นฐานของการไหลกำหนดว่าการไหลของอากาศคือปริมาตรของอากาศที่ไหลผ่านพื้นที่หน้าตัดใดๆ ต่อหนึ่งหน่วยเวลา อัตราการไหลหาได้จากผลคูณของพื้นที่หน้าตัดกับอัตราเร็วของของไหลที่ไหลผ่านพื้นที่หน้าตัดนั้น (Robert Boyles, 1700)

นิยามของคำว่าการระบายอากาศ คือการไหลของอากาศเก่า (old-aged air) แทนที่ด้วยอากาศใหม่ (new-aged air) จนหมด เพื่อให้พื้นที่นั้นมีอากาศที่บริสุทธิ์และเย็นกว่ากว่าเข้าไปแทนที่ (ASHRAE, 2004) เมื่อมาใช้กับการระบายอากาศเมืองจึงหมายถึงการไหลของอากาศเก่าในพื้นที่เมืองที่ถูกแทนที่ด้วยอากาศใหม่จนหมด เพื่อให้พื้นที่เมืองนั้นมีอากาศที่บริสุทธิ์และเย็นกว่ากว่าเข้าไปแทนที่

การวัดค่าการระบายอากาศได้โดยใช้ค่าเปลี่ยนแปลงปริมาตรอากาศต่อหนึ่งหน่วยเวลา (Air Change Rate per hour: ACH) หรือเรียกว่า อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศต่อเวลาหนึ่งชั่วโมง เป็นค่าการเติมอากาศใหม่เข้าสู่พื้นที่ ต่อ ชั่วโมง คำนวณได้จากปริมาตรอากาศของพื้นที่นั้น โดยทั่วไปจะแบ่งตามประเภทการใช้งาน เช่น พื้นที่พักอาศัย ต้องการ 0.35 ACH มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2004) มาตรฐานระบบปรับอากาศและระบายอากาศระบุกำหนดขั้นต่ำของการนำอากาศภายนอกเข้ามาในพื้นที่และขับอากาศเก่าออกไปภายนอกในส่วนพื้นที่พัก

อาศัยคือ 2 ACH (สภาวิศวกรรมการปรับอากาศ, 2540) ซึ่งการไหลของอากาศในการระบายอากาศเมื่อนี้เกิดจากกระแสลมในท้องถิ่นที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติเป็นปัจจัยสำคัญ (ASHRAE, 2004)

การวิจัยฉบับนี้ใช้หลักการไหลและการระบายอากาศตามนิยามดังกล่าวข้างต้นเป็นเสมือนแกนในการศึกษาครั้งนี้ ดังจะกล่าวในรายละเอียดต่อไปในหัวข้อ (2.6). แนวคิดและทฤษฎีเครื่องมือพลศาสตร์ของไหลที่ใช้หาคำตอบที่เกี่ยวกับการไหล

2.2 พัฒนาการของการศึกษาการระบายอากาศในพื้นที่เมือง

จากการทบทวนวรรณกรรมถึงพัฒนาการของการสร้างแนวคิดการระบายอากาศในเขตเมืองพบว่าในอดีตเกิดปรากฏการณ์ปัญหาอากาศเป็นพิษอยู่หลายครั้ง ได้แก่ ปัญหาการเกิดหมอกพิษ “หมอกพิษ (smog)” ใน ค.ศ.1873 ปกคลุมเมือง และการระบาดร่วมกันของวัณโรค กาฬโรค ไข้หวัดใหญ่ ไทฟอยด์และอหิวาห์รุนแรง ทำให้ผู้คนล้มตายจำนวนมาก ซึ่งเป็นยุคเดียวกันกับฟลอเรนซ์ นิติงเกล (Florence Nightingale) บริบาลผู้ป่วยจำนวนมากจากปัญหาสุขอนามัยของเมืองทั้งจากน้ำและหมอกพิษ (1820-1910) นอกจากนี้ยังมีปัญหาสุขอนามัยอากาศของเมืองเกิดจากความหนาแน่นของอาคารที่ปลูกสร้างอย่างแออัด ช่องถนนที่คับแคบ จนทำให้อากาศภายในเมืองถ่ายเทไม่ดีเพียงพอ จนเกิดปัญหาภาวะสุขอนามัยในพื้นที่เมือง (Vitruvius, 15 BC; Da Vinci, 1480; Ebenezer Howard, 1898; Frank Lloyd Wright, 1932; Le Corbusier, 1935; Lynch, 1981; Jedrallos, 2012; Hebbert, 2013) ปัญหาดังกล่าวก่อให้เกิดความตื่นตัวในแนวคิดวางผังเมืองในยุคนั้น ก่อเกิดแนวคิดเมืองที่ต้องมีลักษณะที่ถูกต้องตามอนามัยเพื่อให้ปราศจากโรคภัยไข้เจ็บ ที่เรียกว่าเมืองถูกสุขอนามัย “The Hygienic City” และแนวคิดที่เกี่ยวกับผังเมืองอีกมากมายตามมา ได้แก่ แนวคิดอุทยานนคร (Garden Cities of Tomorrow) มีวัตถุประสงค์เบื้องต้นที่จะให้ชุมชนเป็นที่น่าอยู่อาศัย และผู้อยู่อาศัยในชุมชนนั้นมีสุขภาพดี (Ebenezer Howard, 1898) แนวคิดขยายเมืองออกทางแนวราบ (Broadacre City) (Frank Lloyd Wright, 1932; Le Corbusier, 1935) เสนอแนวคิดเมืองทางตั้ง เพิ่มพื้นที่สีเขียว เพิ่มแสงแดดให้สามารถส่องสู่เมืองอย่างทั่วถึง (Radiant City) จนถึงนโยบายทางกฎหมายควบคุมระยะร่นในการปลูกสร้างอาคารมิให้เกิดปัญหาบังเงาอาคารอื่น

เริ่มแรกของพัฒนาการของการสร้างแนวคิดการระบายอากาศในเขตเมืองพัฒนาและเกิดขึ้นควบคู่กับแนวทางการแก้ปัญหาเสมอ จากการทบทวนวรรณกรรมถึงพัฒนาการของการสร้างแนวคิดการระบายอากาศในเขตเมืองพบว่า แนวคิดนี้เกิดจากความพยายามแก้สภาพแวดล้อมในพื้นที่เมือง เช่น ปัญหาปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง โดยการใช้ลมลดอุณหภูมิผิวเมือง และใช้การระบายอากาศลดปัญหาอากาศเป็นพิษในเขตเมือง การศึกษาการระบายอากาศของเมืองเริ่มแรกเป็นการศึกษาในภาพรวมนั้น โดยเริ่มมีการใช้คำว่า การระบายอากาศในเขตเมือง (urban ventilation)

ครั้งแรกในงานดัชนีนิพนธ์ของนักอุตุนิยมวิทยา Peter Summers (1964) ศึกษาเมืองมอนทรีออลในประเทศแคนาดา ซึ่งมีจุดประสงค์ของการศึกษาคือ การสร้างแบบจำลองลดปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองและต้องการถ่ายเทมวลภาวะทางอากาศ ใช้ค่าอุณหภูมิกับค่าความหนาแน่นประชากรกับขนาดของเมืองเป็นตัวแปรสำคัญ

Kuttler (1996) และ MAYER (1996) ระบุถึงแนวคิดการใช้การไหลของลมเย็นจากหุบเขา (local down-slope wind) จากเมืองเมืองโคโลญ ประเทศเยอรมัน มาช่วยลดอุณหภูมิจากปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองและช่วยระบายอากาศในเขตเมือง ใช้ข้อมูลการวัดค่าจากสถานีตรวจวัดของรัฐและการขั้บรถยนต์ที่ติดอุปกรณ์ตรวจวัดค่า มุ่งให้ความสนใจต่อภูมิอากาศเมืองเชิงพื้นที่ Carvalho (2006) เสนอแนวคิดที่ตั้งของเมืองกับระยะห่างจากชายฝั่งทะเล ใช้การวัดค่าภาคสนามและใช้อุโมงค์ลม ศึกษาในประเทศบราซิล Golany (1996) และ Givoni (1998) เสนอแนวคิดในเชิงออกแบบวางผังเมืองให้มีการระบายอากาศที่ดี ให้เมืองมีช่องทางให้ลมไหลที่สอดคล้องกับทิศลมธรรมชาติของพื้นที่

ต่อมา Oke (2004) และ Roberts et al. (2007) เริ่มแสวงหาคำตอบให้แนวคิดที่ว่าเมืองเปรียบเสมือนโมเดลฟิสิกส์ที่คิดพลังงานความร้อนรับเข้าสู่ผิวเมือง บางส่วนกักเก็บไว้ บางส่วนคายความร้อนออกจากผิวเมือง พลังความร้อนที่เข้าสู่เมืองนั้น Oke ระบุว่ามีทั้งในแนวแกนตั้งและแกนนอน ซึ่งในแนวแกนนอนนั้นพลังงานที่เข้าและออก (Q_{in} และ Q_{out}) ซึ่ง Oke ระบุว่าเกิดจากการไหลเข้าและออกของลม เสมือนมีกรอบแก้วบรรจุปริมาตรอากาศครอบคลุมพื้นเมืองซึ่งเป็นครั้งแรกที่เริ่มมีการอ้างถึง ชั้นอากาศเหนือพื้นที่เมือง (Urban Canopy Layer : UCL) (ซึ่งจะกล่าวถึงในหัวข้อ (2. 3) แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับลมและชั้นบรรยากาศในการประมวลผลการไหลในสภาพบรรยากาศจริงต่อไป) การใช้แนวคิดโดเมนของอากาศเหนือเมือง และการไหลของผ่านการจำลองพื้นที่เมือง ซึ่งเป็นการเริ่มในอารัมภบทถึงชั้นอากาศของเมือง จากการศึกษาของเขาก็ประสบความสำเร็จเป็นคนแรกๆในการมองเมืองอยู่ในเงื่อนไขขอบเขตเพื่อให้วัดค่าความเปลี่ยนแปลงได้ แต่จะสังเกตเห็นว่างานของเขายังใช้รูปร่างกล่องอาคารในพื้นที่เมืองที่ไม่เป็นเมืองจริงและยังขาดการคำนึงถึงปัจจัยตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับรูปทรงอาคารและสัญญาณเมือง

ปัญหาสุขอนามัยของอากาศยังเป็นปัญหาคลาสสิกที่ยังทันสมัยเสมอ ปัญหาการระบายอากาศในพื้นที่เมืองยังคงสำคัญอย่างต่อเนื่อง จะเห็นได้จากแนวคิดการเปิดทางไหลของสายลมเข้าสู่เมืองของประเทศที่ประสบปัญหาด้านคุณภาพอากาศรุนแรง ได้แก่ แนวคิด “ทางระบายอากาศ” (ventilation path) ของประเทศญี่ปุ่นที่เรียกว่าทางไหลของสายลมเย็น ที่มีศัพท์เฉพาะเรียกว่า “Kaze-no-michi” (Kagiya K., 2009) และแนวคิดทางระบายอากาศเมือง ที่เรียกว่า urban

ventilation path ที่มีความหมายเฉพาะ หมายถึง fresh air streams/ flows/ corridors ของประเทศเยอรมัน ที่มีศัพท์เฉพาะเรียกว่า “Kaltluftleitbahn” (Kuttler W., 1998) จะสังเกตเห็นได้ว่าประเทศที่มีแนวคิดแก้ปัญหาอากาศในพื้นที่เมือง มักเป็นประเทศที่มีปัญหาด้านอากาศที่เกิดขึ้นจากน้ำมือมนุษย์ (อุตสาหกรรม) อย่างรุนแรงจนเกิดมีนักคิดและแนวคิด “การระบายอากาศเมือง” นี้ขึ้น

ในปัจจุบันยังมีการสันนิษฐานเช่นเดิมว่าปัญหานี้เกิดจากความหนาแน่นของตึกสูงภายในเมือง (Edward Ng , Yuan, Chen, Ren, and C.H. Fung, 2011) ที่ปิดกั้นเกิดจากการระบายอากาศของเมือง เกิดการบังลมหลังอาคารสูง เกิดภาวะลมตายจากการกักอากาศไว้ในเมืองไม่สามารถไหลถ่ายเทออกนอกเมืองได้ นอกจากนี้การที่มีตึกสูงอยู่บริเวณล้อมรอบเมืองไว้ก็ทำให้เกิดปรากฏการณ์ “wall effect” กล่าวคือเกิดการปิดกั้นการถ่ายเทของอากาศจากด้านนอกเข้าสู่ในเมืองอีกทำให้ความเร็วอากาศในพื้นที่เมืองต่ำ รวมไปถึงปรากฏการณ์ที่เรียกว่าการบังลมหลังอาคารสูง ที่เรียกว่า wind shed หรือเรียกว่า wind shadow มีองค์กรรณานาชาติหลายองค์กรที่เข้ามาแก้ไขปัญหอากาศในเมืองอย่างจริงจังและเป็นรูปธรรม และให้ความสำคัญกับการระบายอากาศเมือง ได้แก่ องค์ต่างๆ เช่น COST (European Cooperation in Science and Technology) ประเทศเยอรมัน โดยกลุ่มประเทศในยุโรป เน้นไปที่ปัญหาคุณภาพอากาศในพื้นที่เมืองต่อปัจจัยทางภูมิอากาศ (urban climate) และปัจจัยอุตุนิยมวิทยาในพื้นที่เมือง (urban meteorology)

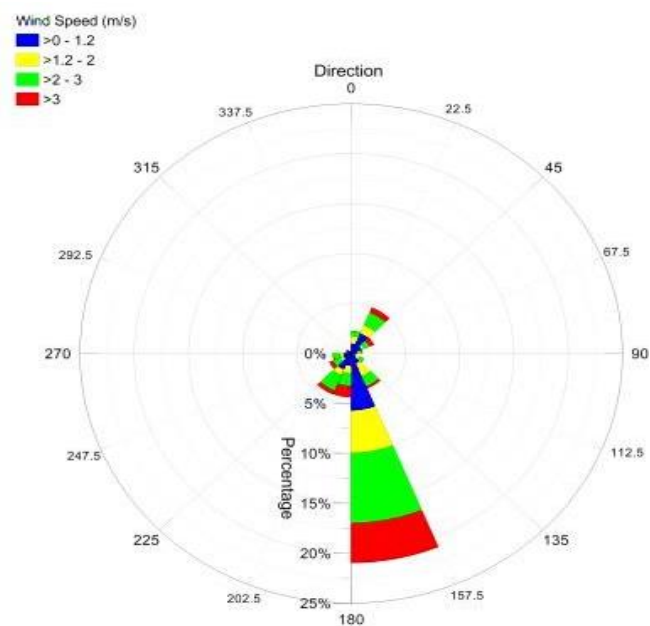
ที่กล่าวมาแล้วทั้งหมดนั้นสนับสนุนข้อปัญหาและความสำคัญของการระบายอากาศเมืองระดับสากลที่มีความเป็นมาอันยาวนานได้เป็นอย่างดี แม้กระนั้นก็ยังไม่ได้รับการแก้ปัญหาอย่างเป็นรูปธรรมเช่นกัน ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องเน้นย้ำถึงการศึกษาให้ชัดเจนลงไปถึงตัวแปร ปัจจัยรูปทรงเมือง ลักษณะเชิงสัณฐานเมืองใดบ้างที่มีการไหลของการระบายอากาศที่ดีเพื่อนำมาเป็นองค์ความรู้ใหม่ที่จะนำมาใช้แก้ปัญหการระบายอากาศเมืองต่อไป

2.3 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวลม ภาวะน่าสบายและชั้นบรรยากาศ ความซุขระผิวเมืองในการประมวลผลการไหลในสภาพบรรยากาศจริง

2.3.1. แนวคิดเกี่ยวกับเรื่องลม

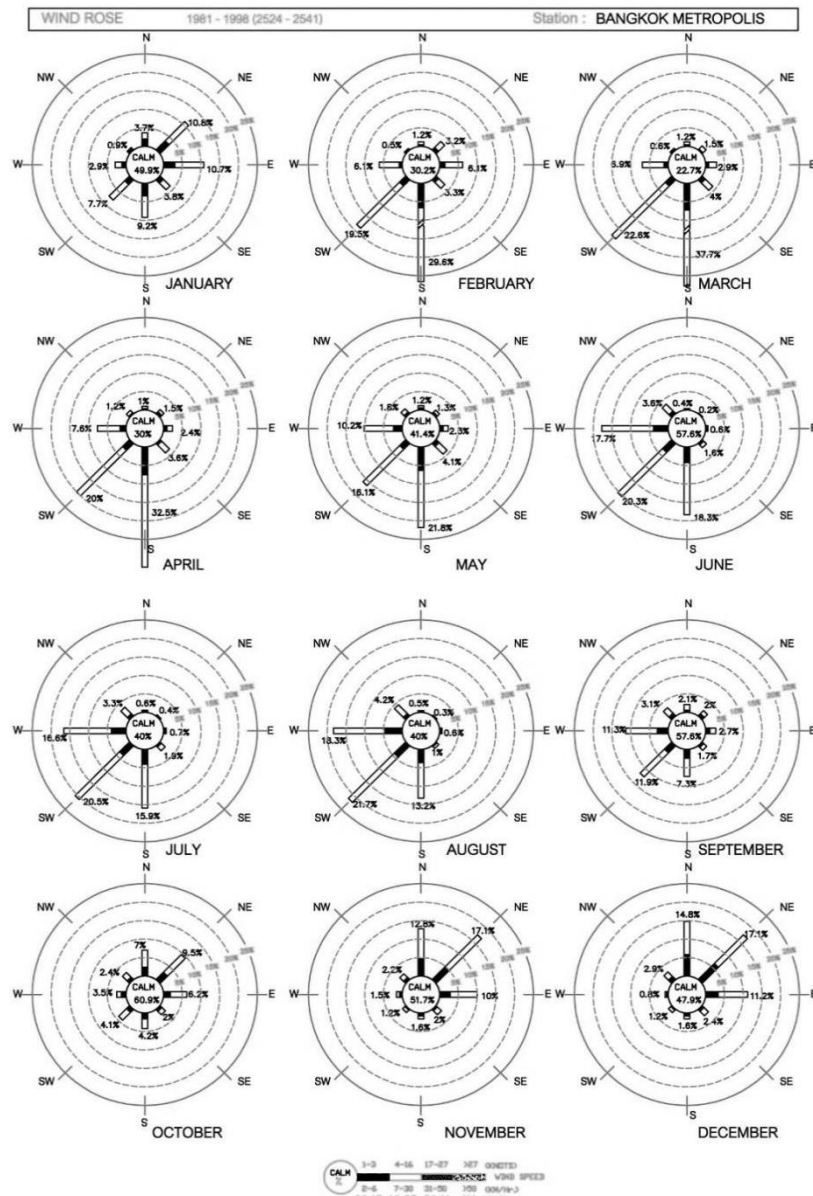
ประเทศไทยเป็นประเทศในเขตร้อนชื้น ซึ่งอากาศโดยทั่วไปจะร้อนอบอ้าวเกือบตลอดทั้งปี ทิศทางกระแสลมที่เข้าสู่พื้นที่เมืองมีส่วนสำคัญในการระบายอากาศ จำเป็นต้องคำนึงถึงการถ่ายเทอากาศตามวิถีธรรมชาติโดยให้ลมพัดผ่านเข้ามาในเมืองได้มากที่สุด โดยทั่วไปลมธรรมชาติเกิดจากการกระจายความร้อนจากดวงอาทิตย์มายังพื้นผิวโลก ซึ่งมีค่าแตกต่างกันไม่เท่ากันทุกที่ตามเขตสภาพภูมิอากาศ ในการศึกษาที่ใช้ “ลมธรรมชาติ” ในเขตกรุงเทพมหานครเป็นปัจจัยตั้งต้นที่ใช้ในการศึกษา

ข้อมูลของปัจจัยลม เช่น ทิศทางและความเร็วลมของแต่ละเดือนตลอดปีของกรุงเทพมหานคร การศึกษานี้ใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาระดับสูง (Upper Air Meteorology Data) 1 ปีล่าสุด กรณีที่ใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาระดับผิวพื้นจากสถานีตรวจวัดรายชั่วโมงในพื้นที่ศึกษา (Onsite/Online) หรือปีล่าสุด โดยใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาระดับผิวพื้นจากสถานีตรวจวัดราย 3 ชั่วโมง โดยเลือกใช้ข้อมูลจากสถานีตรวจวัดที่อยู่ใกล้พื้นที่ศึกษามากที่สุด ดังภาพที่ 9 และศึกษาข้อมูลสถิติย้อนหลัง 30 ปี ของกรุงเทพฯ (ธนิต จินดาวณิกและคณะ, 2543) ดังภาพที่ 10



ภาพที่ 9 ภาพวินโรสของข้อมูลลมในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร ค.ศ. 2010

(ที่มา: ข้อมูลลมรายชั่วโมง กรมอุตุนิยมวิทยา, 2553)



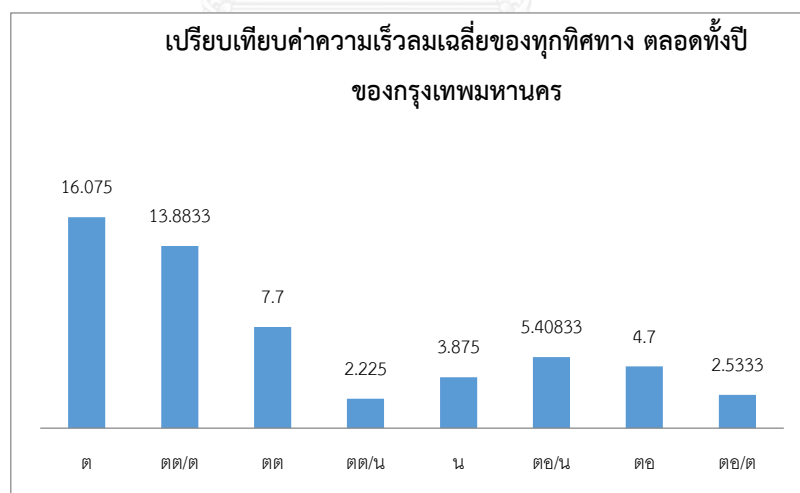
ภาพที่ 10 ทิศทางและความเร็วลมของแต่ละฤดูกาลของกรุงเทพฯ โดยความเร็วลมที่ใช้ในการศึกษาใช้เป็นค่าความเร็วลมเฉลี่ย 30 ปีของกรุงเทพฯ (ที่มา: ธนิต จินดาวงศ์และคณะ, 2543)

	jan	feb	mar	april	may	june	july	aug	sept	oct	nov	dec	average
s	9.2	29.6	37.7	32.5	21.8	18.3	15.9	13.2	7.3	4.2	1.6	1.6	16.075
sw	7.7	19.3	22.6	20	16.1	20.3	20.5	21.7	11.9	4.1	1.2	1.2	13.8833
w	2.9	6.1	5.9	7.6	10.2	7.7	16.6	18.3	11.3	3.5	1.5	0.8	7.7
nw	0.9	0.5	0.6	1.2	1.8	3.6	3.3	4.2	3.1	2.4	2.2	2.9	2.225
n	3.7	1.2	1.2	1	1.2	0.4	0.6	0.5	2.1	7	12.8	14.8	3.875
ne	10.8	3.2	1.5	1.5	1.3	0.2	0.4	0.3	2	9.5	17.1	17.1	5.40833
e	10.7	6.1	2.9	2.4	2.3	0.6	0.7	0.6	2.7	6.2	10	11.2	4.7
se	0.8	5.3	4	3.6	4.1	1.6	1.9	1	1.7	2	2	2.4	2.53333
clam	49.9	30.2	22.7	30	41.4	57.6	40	40	57.6	60.9	51.7	47.9	44.1583

ภาพที่ 11 สรุปค่าทิศทางและความเร็วลมของแต่ละฤดูกาลของกรุงเทพฯโดยความเร็วลมที่ใช้ในการศึกษาใช้เป็นค่าความเร็วลมเฉลี่ย 30 ปีของกรุงเทพฯ

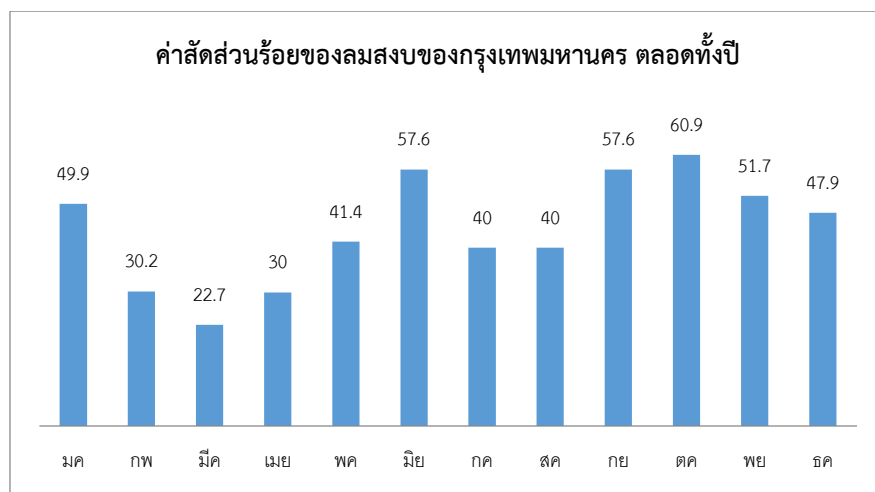
(ที่มา: ผู้วิจัย, 2557 วิเคราะห์ข้อมูลเพิ่มจาก ธนิต จินดาวงศ์และคณะ, 2543)

จากข้อมูลสถิติลม 30 ปีและข้อมูลลมตลอดปีดังที่ได้กล่าวแล้วนั้น จะเห็นได้ว่าทิศทางที่สำคัญมีค่าความเร็วและความถี่มากที่สุด คือ ทิศใต้ คือมีค่าความเร็วลมเฉลี่ยตลอดทั้งปี อยู่ที่ 16.075 เมตรต่อวินาที และจากภาพที่ 9 และ 10 ที่แสดงความสำคัญของลมจากทิศใต้ว่าสูงจากทิศอื่น ๆ มาก



ภาพที่ 12 แสดงการเปรียบเทียบความเร็วลมเฉลี่ยของลมทุกทิศทางตลอดทั้งปี ของกรุงเทพมหานคร (ที่มา: ผู้วิจัย 2557 วิเคราะห์เพิ่มเติมจากข้อมูลลม 30 ปี ของ ธนิต จินดาวงศ์และคณะ, 2543)

จากภาพที่ 9 และ 10 จะเห็นว่า ทิศลมที่สำคัญมีค่าความเร็วและความถี่มากที่สุดคือทิศใต้ ดังนั้นการศึกษานี้จึงใช้ “ลมจากทิศใต้” เป็นตัวแทนในการศึกษานี้



ภาพที่ 13 แสดงการเปรียบเทียบความเร็วลมเฉลี่ยของลมทุกทิศทางตลอดทั้งปีของกรุงเทพมหานคร (ที่มา ผู้วิจัย 2557 วิเคราะห์เพิ่มเติมจากข้อมูลลม 30 ปี ของ ธนิต จินดาวงศ์และคณะ, 2543)

สัดส่วนร้อยละค่าลมสงบ (ค่าบรรทัดสุดท้ายของตาราง) หมายถึง สัดส่วนเวลาที่อัตราการพัดต่ำมากจนไม่สามารถวัดค่าได้หรืออาจกล่าวได้ว่าไม่มีลม สัดส่วนร้อยละค่าลมสงบของพื้นที่กรุงเทพมหานครมีสูงถึง ร้อยละ 44.158 ซึ่งเป็นค่าที่สูงเกือบถึงร้อยละ 50 เห็นได้ว่ากรุงเทพมหานครไม่ได้มีลมธรรมชาติตลอดเวลา มีลมเพียงประมาณร้อยละ 65 เท่านั้น จึงยิ่งเห็นว่าการปรับใช้สัญญาณเมืองให้เอื้อให้ใช้ลมธรรมชาติพัดเข้าสู่เมืองได้เป็นสิ่งจำเป็นมาก

2.3.2. แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับภาวะน่าสบาย

ดังที่กล่าวมาแล้วในข้อจำกัดของวิทยานิพนธ์ การศึกษานี้มุ่งหาคำตอบค่าอัตราการระบายอากาศเมืองเท่านั้น ซึ่งเป็นเรื่องอัตราการไหลเข้าและออกของอากาศผ่านพื้นที่เมือง การศึกษานี้ไม่ได้หาคำตอบเรื่องความเร็วลมซึ่งเป็นคำตอบของภาวะน่าสบายโดยตรง แต่การศึกษานี้ไม่ครอบคลุมการหาคำตอบภาวะน่าสบายในพื้นที่เมือง แต่เพื่อให้เกิดความเข้าใจภาพรวมจึงควรต้องทำความเข้าใจแนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับ ภาวะน่าสบายด้วย

เนื่องจากความต้องการของมนุษย์โดยพื้นฐานคือความสบาย โดยเฉพาะความสบายเชิงอุณหภูมิภาพ จากการศึกษาของ Victor Olgyay, 1969 สภาวะสบายของมนุษย์จะประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ หนึ่ง สภาวะภายในร่างกายที่มีผลต่อสภาวะสบาย ได้แก่ กลไกทางร่างกายของมนุษย์ (Metabolism) สอง คือ สภาวะภายนอกที่ร่างกาย ที่มีผลต่อสภาวะสบาย ได้แก่ อุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์ แสงแดด การแผ่รังสี ความเร็วลมและทิศทางลมรวม ในการศึกษาครั้งนี้ศึกษาเฉพาะ ความเร็วลมและทิศทางลม บนแนวคิดให้พื้นที่เมืองอยู่ในภาวะน่าสบายในเรื่องของลมและการไหลของอากาศ

ภาวะสบายของลมในเขตเมือง คือความรู้สึกที่สัมผัสได้ถึงความเย็นลง เมื่อกระแสลมที่พัดผ่านผิวหนัง มีความเร็วเพิ่มขึ้น หากอธิบายตามกฎวิทยาศาสตร์แล้วเป็นการระเหยความร้อนออกจากผิวหนัง ซึ่งขึ้นอยู่กับความเร็วของกระแสลม คือ ถ้ากระแสลมมีความเร็วสูงขึ้นร่างกายมนุษย์จะสามารถระบายความร้อนได้เร็วขึ้น ส่งผลให้เกิดความรู้สึกเย็นลงกว่าอุณหภูมิจริง ซึ่งมนุษย์จะรู้สึกเย็นลงกว่า อุณหภูมิอากาศ 0.4 องศาเซลเซียส เมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้น 1 กิโลเมตร ต่อชั่วโมง (สุนทร บุญญาธิการ, 2541)

ในพื้นที่เมืองหนาแน่นในเขตกรุงเทพมหานครชั้นในซึ่งอยู่ในเขตร้อนชื้น (Hot-Humid Climate) นั่นคือ มีอุณหภูมิสูงและความชื้นสัมพัทธ์สูง ซึ่งเป็นองค์ประกอบของสภาวะแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับภาวะสบาย ในการอาศัยธรรมชาติเข้ามาช่วยให้เกิดสภาวะสบาย สิ่งที่สามารถช่วยได้คือกระแสลม ซึ่งกระแสลมที่เข้าสู่เมืองจะช่วยให้เกิดการไหลเวียนของอากาศ ทำให้เกิดการระบายอากาศ อีกทั้งช่วยลดความร้อนและความชื้น ทำให้เกิดสภาวะสบาย แก่ผู้อยู่อาศัยในเมืองได้

ดังที่กล่าวข้างต้น ความต่างของลักษณะพื้นที่และสภาพแวดล้อมส่งผลให้รูปแบบของกระแสลมที่เกิดขึ้นในเมืองแตกต่างกัน (Morgan and Rogers, 1972) โดยทั่วไปแล้วพื้นที่เมืองมักมีความเร็วลมต่ำกว่าพื้นที่รอบนอก ซึ่งกระแสลมภายในเมืองมักจะลดลงประมาณครึ่งหนึ่ง แต่ในบางพื้นที่พบว่าอาคารเป็นปัจจัยที่ส่งผลให้กระแสลมมีความเร็วสูงขึ้นได้ ทั้งยังก่อให้เกิดการปั่นกววนของลมทำให้ทิศทางลมของลมเปลี่ยนแปลงไป และกระแสลมหมุนวนที่ด้านหลังของอาคารส่งผลให้ไม่สามารถถ่ายเทอากาศสู่พื้นที่รอบนอกได้ (Baruch Givoni, 1998)

ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)	ความรู้สึกในการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ	ผลที่อาจเกิดขึ้น
0-0.254	ไม่มีความเปลี่ยนแปลงในความรู้สึกสบาย	ไม่สามารถสังเกตได้
0.25-0.5	ต่ำลง 2-3°F	สบาย
0.5-1.0	ต่ำกว่า 4-5°F	โดยทั่วไปรู้สึกสบาย แต่รู้สึกได้ว่ามีเคลื่อนไหวของอากาศ
1.0-2	ต่ำลง 5-7°F	รู้สึกมีลมพัดเล็กน้อย จนถึงรู้สึกถูกรบกวน
สูงกว่า 2-5	ต่ำลงมากกว่า 5-7°F	ควรแก้ไขให้ทำงานได้อย่างถูกสุขลักษณะ และมีประสิทธิภาพ

ภาพที่ 14 แสดงผลกระทบที่เกิดขึ้นจากความเร็วของลมที่มีผลต่อสิ่งแวดล้อม

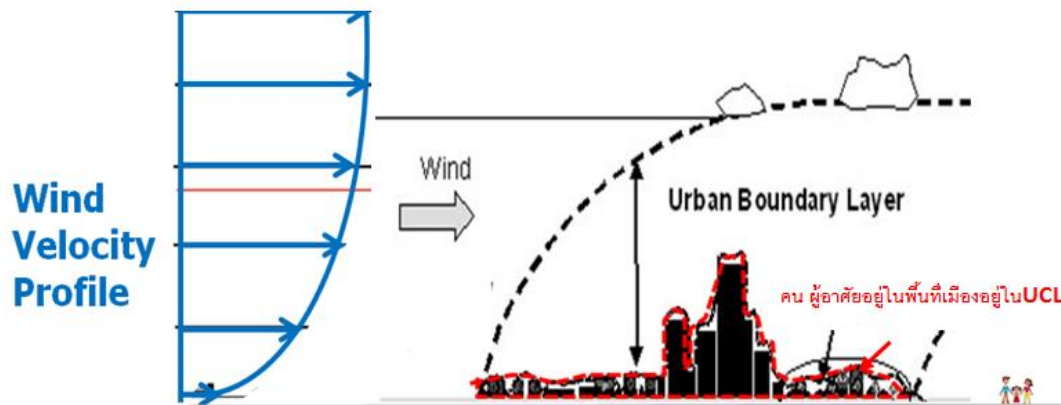
(ที่มา: Victor Olgay, Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism, p. 20)

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า ความเร็วลมในพื้นที่เมือง มีค่าอยู่ที่ 0-2 เมตรต่อวินาที (Santamouris M., 2001) ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำเมื่อเทียบกับภาวะสบาย ในการศึกษาี้ แม้จะไม่มุ่งหาคำตอบเรื่องภาวะสบาย แต่ตระหนักถึงปัญหาว่าลมในพื้นที่เมืองมีความเร็วต่ำเกินไป และต่ำเกินกว่าภาวะสบาย การศึกษานี้จึงเน้นการให้ความสำคัญกับสถานการณ์เมืองที่ก่อให้เกิดความเร็วลมที่มีค่าสูงในพื้นที่เมือง

2.3.3. แนวคิดเกี่ยวกับชั้นบรรยากาศ

ในการศึกษาสภาพอุตุนิยมวิทยาบนพื้นผิวจะเป็นการศึกษาในส่วนของชั้น Atmospheric Boundary Layer หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Planetary Boundary Layer ซึ่งจะอยู่ภายใต้บรรยากาศของชั้น Troposphere ภายในชั้นบรรยากาศของ Atmospheric Boundary Layer จะแบ่งออกได้อีกเป็นหลายชั้นบรรยากาศ ชั้นบรรยากาศที่อยู่ล่างสุดที่ใช้ในการศึกษานี้ ได้แก่ ชั้นบรรยากาศของ Roughness Layer ที่ใช้ในการศึกษานี้ มีความสูงจากพื้นดินจนถึงประมาณ 10 เมตร ลักษณะการเคลื่อนตัวของอากาศในระดับชั้นนี้จะมีอิทธิพลมาจากสิ่งกีดขวางต่างๆที่อยู่บนพื้นดิน เช่น อาคาร บ้านเรือน เป็นต้น สิ่งกีดขวางที่มีอยู่ระดับชั้นนี้จะมีอิทธิพลค่อนข้างสูงต่อการเคลื่อนที่ของลมในแนวนอน (Advection)

แนวคิดเกี่ยวกับชั้นบรรยากาศสำคัญมากในการศึกษาเรื่องการไหลของลมในพื้นที่เมืองคือแนวคิดเรื่องความเร็วลมที่เปลี่ยนแปลงในแนวดิ่ง (wind velocity profile) ที่เกิดจากชั้นบรรยากาศ (Atmospheric Boundary Layer : ABL) เป็นชั้น Roughness Layer เป็นชั้นที่อยู่ชิดผิวเมืองที่สัมผัสกับการไหลของอากาศ ที่ได้รับผลมาจากความขรุขระของพื้นผิว การเคลื่อนที่ของมวลอากาศในชั้นนี้จะมีผลมาจากแรงเสียดทานผิวจากสิ่งกีดขวางที่อยู่บนผิวโลก สิ่งปลูกสร้างต่างๆ ต้นไม้ เป็นต้น สิ่งกีดขวางเหล่านี้จะมีผลต่อการเคลื่อนที่ของมวลอากาศในแนวระนาบ แรงเสียดทานอันเนื่องมาจากความขรุขระของพื้นผิวนี้ (Surface Roughness) มีผลต่อการเคลื่อนที่ของอากาศ



ภาพที่ 15 แสดงแนวคิดเรื่องความเร็วลมที่เปลี่ยนแปลงในแนวดิ่ง (wind velocity profile) และชั้นอากาศในระดับใต้หลังคาสิ่งปลูกสร้างลงมา ที่เรียกว่า Urban canopy layer: UCL

(ที่มา: Oke, 1988)



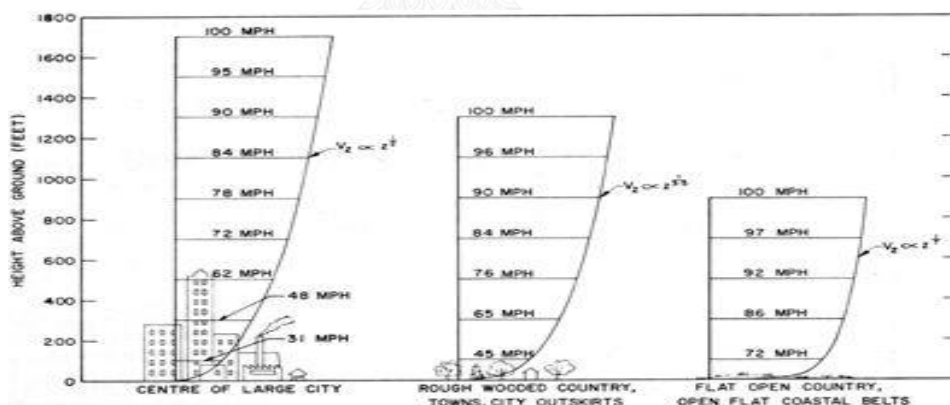
ภาพที่ 16 แสดงแนวคิดเรื่องความเร็วลมที่เปลี่ยนแปลงในแนวดิ่งที่ใช้ในการศึกษาการประมวลผลการไหลในสภาพบรรยากาศจริง (ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

โดยทั่วไปในการศึกษาเรื่องการไหลของอากาศในพื้นที่เมืองแม้การไหลของลมในสภาพพื้นที่จริงเป็นการไหลแบบความเร็วลมที่เปลี่ยนแปลงในแนวดิ่ง (Gradient Wind velocity profile) ที่เป็นค่าความเร็วลมที่แปรเปลี่ยนไปตามระดับความสูงจากพื้นดิน การคำนวณค่าทำได้โดย การนำความเร็วที่ความสูงระดับต่างๆ มาเขียนรูปกราฟที่ เรียกว่า Wind velocity profile โดยจะมีลักษณะสำคัญ คือ กราฟนี้จะมีค่าความเร็วลมที่ระดับพื้นดินเป็นศูนย์ และมีค่าสูงขึ้นตามลำดับ เมื่อลากเส้นค่าความเร็วลมที่ระดับที่วัดได้ จะได้เป็นเส้นโค้ง ดังภาพที่ 16

แต่การศึกษาที่ผ่านมาการคำนวณลมในประเทศไทยยังคงใช้แบบโมเดลการจำลองการไหลที่มีความเร็วลมเท่ากันในแนวดิ่ง (Uniform Wind velocity profile) เพื่อลดความซับซ้อนในการคำนวณค่าตอบการไหล ซึ่งเป็นช่องว่างในการศึกษาที่ทำให้ผลการศึกษาย่อมคลาดเคลื่อน จากการ

ไม่ได้ตั้งค่าจำลองการไหลในศึกษาจากสภาพจริง (สื่บศักดิ์ ประสารสุข, 2547) ดังนั้น การศึกษานี้จึงใช้การไหลแบบความเร็วลมที่เปลี่ยนแปลงในแนวตั้งที่เป็นการไหลของลมในสภาพพื้นที่จริง เพื่อเป็นการลดจุดอ่อนที่เคยมีมาในอดีต เป็นการท้าทาย และเพื่อเป็นความก้าวหน้าในศาสตร์ในการหาคำตอบของการจำลองการไหลบนค่าเงื่อนไขที่เป็นจริงตามหลักฟิสิกส์

ในส่วนของการอธิบายการไหลของอากาศผ่านพื้นผิวเมือง ลักษณะของปัจจัยทางด้านกายภาพจะเกี่ยวเนื่องกับการเคลื่อนที่ของลมในบริเวณใกล้ผิวโลก โดยลักษณะของลมจะถูกทำให้ช้าลงโดยความเสียดทาน (Friction) ซึ่งมีผลมาจากลักษณะความขรุขระของพื้นผิว (Surface Roughness) และเพื่อให้เห็นภาพแจ่มชัดและเข้าใจมากขึ้น คือ โดยทั่วไปผิวเมืองที่ประกอบด้วยอาคารน้อยใหญ่ เมื่อลมเคลื่อนที่ผ่านวัตถุต่างๆ ที่อยู่บนพื้นผิวเมือง ลมถูกทำให้ไหลช้าลง เนื่องจากความเสียดทาน ซึ่งมีผลมาจากลักษณะของพื้นผิว หรือมีผลมาจากปัจจัยทางด้านกายภาพของภูมิประเทศที่เกิดขึ้น หรือมีอยู่ เช่น ชนิดของพื้นผิว ลักษณะพื้นที่ที่เป็นที่ราบเรียบ หรือพื้นที่เขตเมือง เป็นต้น (Jacobson, 1999) ลักษณะเหล่านี้ก่อให้เกิดความแตกต่างของการเคลื่อนที่ของลมในความสูงที่แตกต่างกัน ซึ่งมีผลมาจากความเสียดทาน ส่งผลให้การไหลและการระบายอากาศแตกต่างกันออกไปตามลักษณะของความแตกต่างของพื้นที่ รวมถึงวัสดุหรือสิ่งปลูกสร้างที่มีอยู่ในพื้นที่ (ดังภาพที่ 17)

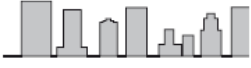





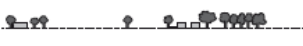


ภาพที่ 17 แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงความเร็วลมในแนวตั้งกับความสูงบนพื้นผิวชนิดต่างๆที่ผ่านผิวเมืองที่มีสัณฐานเมืองแตกต่างกัน (ที่มา: Morgan and Rogers, 1972)

2.3.4. แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับความขรุขระผิวเมือง

ค่าของความขรุขระพื้นผิว (Surface roughness) ซึ่งเป็นค่าที่ใช้แสดงถึงสิ่งปลูกสร้างที่อยู่บนพื้นดินที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่ของลม ลักษณะของสิ่งก่อสร้าง เช่น ลักษณะรูปร่างของอาคาร ความสูงของอาคาร ก็ส่งผลกระทบต่อเคลื่อนที่ของลม โดยลักษณะของอาคารจะกีดขวาง

การเคลื่อนที่ของลม ซึ่งจะมีผลต่อความเร็วเสียดทาน (Friction velocity) ที่จะเกิดขึ้น ทำให้ให้
กระแสลมเกิดการเปลี่ยนแปลง ส่งผลต่อความเร็วของลมและลักษณะทิศทางของลม

Urban climate zone ^a	Image	Roughness class ^b	Aspect ratio ^c	% built (impermeable) ^d
1. Intensely developed urban with detached close-set high-rise buildings with cladding, e.g. downtown towers		8	> 2	> 90%
2. Intensely high density urban with 2-5 storey, attached or very-close set buildings often of bricks or stone, e.g. old city core		7	1.0-2.5	> 85
3. Highly developed, medium density urban with row or detached but close-set houses, stores and apartments, e.g. urban housing		7	0.5-1.5	70-85
4. Highly developed, low or medium density urban with large low buildings and paved parking, e.g. shopping malls, warehouses		5	0.05-0.2	70-95
5. Medium development, low density suburban with 1 or 2 storey houses, e.g. suburban houses		6	0.2-0.6, p to > 1 with trees	35-65
6. Mixed use with large buildings in open landscape, e.g. institutions such as hospitals, universities, airports		5	0.1-0.5, depends on trees	< 40
7. Semi-rural development, scattered houses in natural or agricultural areas, e.g. farms, estates		4	> 0.05, depends on trees	< 10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาพที่ 18 การแบ่งชั้นค่าความขรุขระผิวเมือง

(ที่มา: Oke, 1987)

การแบ่งช่วงชั้นความหยาบผิวเมือง นักคิด Oke (1987) แบ่งออกเป็น 7 ช่วงชั้น ความหมายของเลข 1 ถึง 7 หมายถึง การเรียงลำดับจากความหนาแน่นสูงไปต่ำ (ดังภาพที่ 18)

การแบ่งชั้นค่าความขรุขระผิวเมือง มีรายละเอียด ดังนี้คือ

1. ช่วงชั้นความหยาบผิวเมืองช่วงชั้นที่ 1 คือ ช่วงชั้นที่มีความหนาแน่นสูงที่สุด ที่มีลักษณะสูง-แน่น เรียกพื้นที่นี้ว่า พื้นที่พัฒนาหนาแน่นสูงที่เป็นอาคารสูง (Intensely Developed urban with detached close-set high rise buildings) พื้นที่เมืองประกอบด้วยอาคารสูง สร้างแยกเป็นอาคารเดี่ยว ระยะห่างระหว่างอาคารแคบเมื่อเทียบกับความสูงอาคาร ยกตัวอย่าง เช่น การเว้นระยะ

ร่นระหว่างอาคาร ตามเทศบัญญัติอาคาร คือ 6 เมตร ที่ว่างระหว่างอาคารด้านที่ไม่ติดกับถนน จึงมีเพียง $6+6=12$ เมตร แต่อาคารอาจสูงถึง 40 ชั้น คิดเป็นความสูง $40*3=120$ เมตร เป็นต้น

พื้นที่เมืองลักษณะนี้ มีค่า Roughness Class เป็น 8, มีค่า Aspect ratio คือ ค่าสัดส่วนที่ว่างระหว่างอาคารต่อความสูงอาคาร มากกว่า 2 เท่า, และมีค่า impermeable คือค่าที่อากาศไม่สามารถผ่านได้เป็นมากกว่าร้อยละ 90 พื้นที่เมืองแบบนี้ ประกอบด้วยอาคารที่สร้างด้วยเทคโนโลยีใหม่ เช่น เหล็ก กระจก มีการใช้ลิฟต์ช่วยในการเคลื่อนที่ในแนวตั้ง เรียกบริเวณพื้นที่เมืองแบบนี้ว่า “Downtown tower” หรือเรียกว่า พื้นที่ศูนย์กลางการค้าและธุรกิจแบบเทคโนโลยีใหม่ ที่เรียกว่า “New city core” พอจะยกตัวอย่างพื้นที่เมืองที่มีลักษณะฐานแบบนี้ ได้แก่ พื้นที่ศูนย์กลางการค้าและธุรกิจ ย่านสีลม สาทร เป็นต้น

2. ช่วงชั้นความหนาแน่นเมืองช่วงชั้นที่ 2 คือ ช่วงชั้นที่มีความหนาแน่นสูงรองลงมา ที่มีลักษณะเรียกว่า เตี้ย-แน่น เรียกพื้นที่นี้ว่า พื้นที่พัฒนาหนาแน่นสูง (Intensely high density)

พื้นที่เมืองลักษณะนี้ มีค่า Roughness Class เป็น 7, มีค่า Aspect ratio คือ ค่าสัดส่วนที่ว่างระหว่างอาคารต่อความสูงอาคาร มากกว่า 1-2.5 เท่า, และมีค่า impermeable คือค่าที่อากาศไม่สามารถผ่านได้เป็นมากกว่าร้อยละ 85 พื้นที่เมืองแบบนี้ประกอบด้วยอาคารเทคโนโลยีเก่าประเภทอาคารพาณิชย์ ตึกแถว ที่มีความสูง 2-5 ชั้น อาคารเป็นลักษณะเรียงติดกัน หรือ อาคารวางตัวไม่ติดกัน แต่วางชิดกันมาก เป็นพื้นที่เมืองที่มีอาคารวางตัวหนาแน่น แออัด วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างมักเป็น อิฐ ตัวอย่าง พื้นที่เมืองในแบบนี้ คือ พื้นที่ศูนย์กลางการค้าและธุรกิจแบบเก่า ที่เรียกว่า “Old city core” พอจะยกตัวอย่างพื้นที่เมืองที่มีลักษณะนี้ ได้แก่ อาคารพาณิชย์ในย่านเยาวราช สัมพันธวงศ์ เป็นต้น และในพื้นที่ศึกษา ในเขตบางรัก จะเป็นบริเวณ สุรวงศ์ สีพระยา และอาคารพาณิชย์แบบเก่าบนถนนเจริญกรุง เป็นต้น

3. ช่วงชั้นความหนาแน่นเมืองช่วงชั้นที่ 3 เป็นพื้นที่ ที่มีการพัฒนาสูง มีความหนาแน่นปานกลาง อาคารเรียงชิดกัน (Highly developed medium density Urban with row or detached) ประกอบด้วยอาคารไม่สูงนัก มักเป็นอาคารที่พักอาศัยประเภท อพาร์ทเมนท์ พื้นที่นี้มีค่า Roughness Class 7, มีค่า Aspect ratio คือ ค่าสัดส่วนที่ว่างระหว่างอาคารต่อความสูงอาคาร มากกว่า 0.5-1.5 เท่า, และมีค่า impermeable คือค่าที่อากาศไม่สามารถผ่านได้เป็นร้อยละ 70-85

4. ช่วงชั้นความหนาแน่นเมืองช่วงชั้นที่ 4 เป็นพื้นที่ ที่เริ่มเป็นพื้นที่เมือง มีการพัฒนาสูง ความหนาแน่นต่ำถึงปานกลาง (Highly Developed, Low or medium density) ประกอบด้วยอาคารขนาดใหญ่แผ่ตามแนวราบ ที่จอดรถบนพื้นลาดแข็ง อาคารศูนย์การค้า โรงงาน โกดังต่าง ๆ

ความสูงอาคารไม่มากนัก พื้นที่นี้มีค่า Roughness Class 5, มีค่า Aspect ratio คือ ค่าสัดส่วนที่ว่างระหว่างอาคารต่อความสูงอาคาร มากกว่า 0.05-2 เท่า, และมีค่า impermeable คือค่าที่อากาศไม่สามารถผ่านได้เป็นร้อยละ 70-95

5. ช่วงชั้นความหนาแน่นเมืองช่วงชั้นที่ 5 เป็นพื้นที่ชานเมือง มีการพัฒนาที่ดินระดับปานกลาง ความหนาแน่นค่อนข้างต่ำ (Medium Development Low density, Suburban) พื้นที่นี้มีค่า Roughness Class 6, มีค่า Aspect ratio คือ ค่าสัดส่วนที่ว่างระหว่างอาคารต่อความสูงอาคาร มากกว่า 0.2-0.6 เท่า, และมีค่า impermeable คือค่าที่อากาศไม่สามารถผ่านได้เป็นร้อยละ 36-65

6. ช่วงชั้นความหนาแน่นเมืองช่วงชั้นที่ 6 เป็นพื้นที่ใช้ประโยชน์ที่ดินแบบผสม ประกอบด้วยอาคารใหญ่หลายอาคารอยู่บนพื้นที่โล่ง (Mixed use with large Buildings in open landscape) พื้นที่นี้มีค่า Roughness Class 5, มีค่า Aspect ratio คือ ค่าสัดส่วนที่ว่างระหว่างอาคารต่อความสูงอาคาร มากกว่า 0.1-0.5 เท่า, และมีค่า impermeable คือค่าที่อากาศไม่สามารถผ่านได้เป็นน้อยกว่าร้อยละ 40

7. ช่วงชั้นความหนาแน่นเมืองช่วงชั้นที่ 7 ช่วงชั้นนี้เป็นพื้นที่กึ่งชนบท (Semi-Rural) ประกอบด้วยพื้นที่ประเภท กสิกรรม มีอาคารสิ่งปลูกสร้างน้อย พื้นที่นี้มีค่า Roughness Class 4, มีค่า Aspect ratio คือ ค่าสัดส่วนที่ว่างระหว่างอาคารต่อความสูงอาคาร มากกว่า 0.05 เท่า, และมีค่า impermeable คือค่าที่อากาศไม่สามารถผ่านได้เป็นน้อยกว่าร้อยละ 10 เป็นต้น

ในการศึกษานี้ เลือกรูปแบบความขรุขระผิวเมืองที่นำมาศึกษา คือ **ช่วงชั้นความหนาแน่นเมืองช่วงชั้นที่ 1 และ 2** ซึ่งพื้นที่เมืองลักษณะนี้ มีค่า Roughness Class เป็น 7, มีค่า Aspect ratio (ค่าสัดส่วนที่ว่างระหว่างอาคารต่อความสูงอาคาร) มากกว่า 1-2.5 เท่าขึ้นไป, และมีค่า impermeable คือค่าที่อากาศและน้ำไม่สามารถผ่านได้เป็นมากกว่าร้อยละ 85 ขึ้นไป จะเห็นได้ว่าเป็นพื้นที่ ที่มีความเข้มข้นของอาคารมากที่สุด จึงเป็นพื้นที่ที่มีปัญหาการไหลเวียนของอากาศในพื้นที่มากที่สุด

แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับความขรุขระผิวเมืองเป็นแนวคิดที่ยังมีจุดอ่อน เพราะแนวคิดนี้ใช้ในการศึกษาการไหลของลมที่พัดผ่านพื้นที่ ที่มีขนาดใหญ่มาก และผู้ใช้แนวคิดและระเบียบวิธีนี้ในการศึกษา ส่วนใหญ่มักจะเป็นนักอุตุนิยมวิทยา ที่มักศึกษาทำนายการไหลของลมพายุที่พัดผ่านพื้นที่เมืองต่าง ๆ ยกตัวอย่าง เช่น ใช้ในการพยากรณ์พายุ ที่พัดผ่านประเทศเวียดนามแล้วพัดผ่านพื้นที่ที่มีความขรุขระผิวเมืองแบบใด ใช้เวลาเท่าใด ลมพายุจะอ่อนกำลังลงเท่าใด เมื่อต้องพัดผ่านพื้นที่ที่มีความขรุขระ มีค่าความเสียดทานผิวแตกต่างกัน การศึกษาในแนวคิดและระเบียบวิธีนี้ ค่อนข้างเป็น

แบบในสเกลภาพกว้าง เป็นการศึกษาแบบคร่าว ๆ เพื่อมองภาพรวมของการไหลของลม จึงค่อนข้างหายากและมีลักษณะเป็นเพียงค่าประมาณจึงไม่เหมาะสมกับการวิจัยครั้งนี้เท่าไรนัก

เนื่องจากการศึกษาของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นการศึกษาที่ต้องการเจาะลึกว่า ลักษณะสัณฐานเมืองที่ที่ลงรายละเอียดลงในสิ่งปลูกสร้างในพื้นที่เมือง ที่ประกอบด้วย ค่า ความกว้าง ความยาว ความสูง เส้นรอบรูป ปริมาตร พื้นที่ผิว ฯลฯ ว่าค่าเหล่านี้มีความสัมพันธ์อย่างไร ต่อการไหลและการระบายอากาศในพื้นที่เมือง อีกทั้งค่าความขรุขระผิวเมือง ความหยาบของพื้นผิวบางครั้งเป็นการยากที่จะได้ค่าที่แท้จริงของความเร็วและทิศทางลมผิวพื้น การเคลื่อนไหวของอากาศถูกขัดขวางจากเมืองแตกต่างกัน (Morgan and Rogers, 1972) ยกตัวอย่างเช่น ค่าความขรุขระผิวเมืองช่วงชั้นที่ 1 และ 2 ของ ที่ใช้เรียก พื้นที่เมืองที่มี ลักษณะสัณฐานแบบ สูง-แน่น และเตี้ย-แน่น ของเมืองต่าง ๆ นั้น ไม่เหมือนกัน จะมั่นใจได้อย่างไรว่า การที่เราใช้ค่าความขรุขระผิวเมืองของประเทศหนึ่ง จะมีค่าค่าความขรุขระผิวเมืองของประเทศอื่นด้วย เช่น พื้นที่ใน กรุงเทพมหานคร ก็ย่อมแตกต่างจาก กรุงโตเกียว นิวยอร์ก ปารีส มิลาน และเมืองอื่น ๆ เป็นต้น

ดังนั้นการศึกษานี้ จึงใช้แนวคิดทฤษฎีค่าความขรุขระผิวเมืองมาใช้ในการเลือกพื้นที่ศึกษา คือเลือกพื้นที่เมืองที่มี ลักษณะสัณฐานแบบ สูง-แน่น และเตี้ย-แน่น ที่มีค่าความขรุขระผิวเมืองช่วงชั้นที่ 1 และ 2 เท่านั้น ในส่วนรายละเอียดที่ลงลึกเกี่ยวกับเรื่องการไหล รูปทรง และการจัดวางอาคารให้เกิดการไหลที่ดีนั้น จำเป็นต้องใช้ ทฤษฎีการไหล และทฤษฎีพลศาสตร์การไหลมาช่วยในการแสวงหาคำตอบ ซึ่งจะได้อธิบายในส่วนต่อไป อย่างไรก็ตาม การศึกษาถึงความหยาบผิวเมืองที่มีผลต่อการไหลก็เป็นสิ่งที่น่าสนใจเรื่องลมพัดผ่านสัณฐานเมืองในรูปแบบต่างๆ ในยุคเริ่มต้นที่ช่วยวางกรอบแนวคิดในการศึกษาด้านนี้ต่อมา

2.4 แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวกับสัณฐานเมือง

แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวกับสัณฐานเมืองที่ใช้เพื่อวิเคราะห์แยกแยะ แบ่งประเภทลักษณะสัณฐานเชิงกายภาพที่มีปรากฏอยู่แล้วเท่านั้น เพื่อให้เข้าใจถึงลักษณะเชิงกายภาพของสัณฐานพื้นที่ในรูปแบบต่างๆว่ามีผลเช่นไรต่อการไหลและการระบายของอากาศในพื้นที่เมืองได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

มีผู้ศึกษาแนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวกับสัณฐานเมืองที่สามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการศึกษาคั้งนี้ ได้แก่ การศึกษาลักษณะเชิงสัณฐาน M. R. G. Conzen (1960) แสดงแนวคิดในการศึกษาสัณฐานเมือง โดยแบ่งเป็นส่วนวิเคราะห์ผังเมือง (town planning analysis) ประกอบด้วย ถนนและระบบรูปแบบโครงข่ายการสัญจร (transport network pattern) รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินและ

อาคาร (land use and building use pattern) รูปแบบความหนาแน่นของมวลอาคารและพื้นที่ว่าง (urban figure and ground pattern) รูปแบบขนาดบล็อกถนน (urban block size and pattern) รูปแบบขนาดและรูปทรงอาคารภายในบล็อกถนน (building pattern in urban block) ขนาดและลักษณะเกรนเนื้อเมือง (urban grain size and pattern) (Conzen M.R.G., 1930) ต่อมา มีนักออกแบบผังเมืองอีกหลายท่านได้เสนอแนวคิดลักษณะเชิงสัจฐาน เพื่อใช้ประกอบการวิเคราะห์ในการศึกษานี้ ที่สำคัญ คือ นักทฤษฎี Le Corbusier, Haussmann, Serge Salat และนักคิดอีกมากที่เสนอแนวคิดและตัวแปรทางสัจฐานเมือง ได้แก่ Yoshida and Omae (2005) ; Dimoudi และ Nikolopoulou, (2003), Chan et al., (2001 และ 2003), Long, Mestayer และ Keromard, (2003) , Hawkes, (2002), Givoni, (1998), Cionco และ Ellefsen, (1998), Oke, (1988), Grimmond และ Oke (1998), Golany, (1995), Weber et al. (2001), Adlolph (2001), Ratti et al. (2000) และ Ratti et al. (2001), Newton (2000) , Mannin's et al. (2000), Santamouris (2000), Santamouris และ Asimakopoulous (1996), Theurer (1999), Edward Ng (2009), CHEN Liang, NG Edward, Xipo (2009) Rubina Ramponi และ Bert Blocken (2009) และ Tingting Hun, Ryuichiro Yoshie (2013) ดังจะกล่าวในรายละเอียดต่อไป

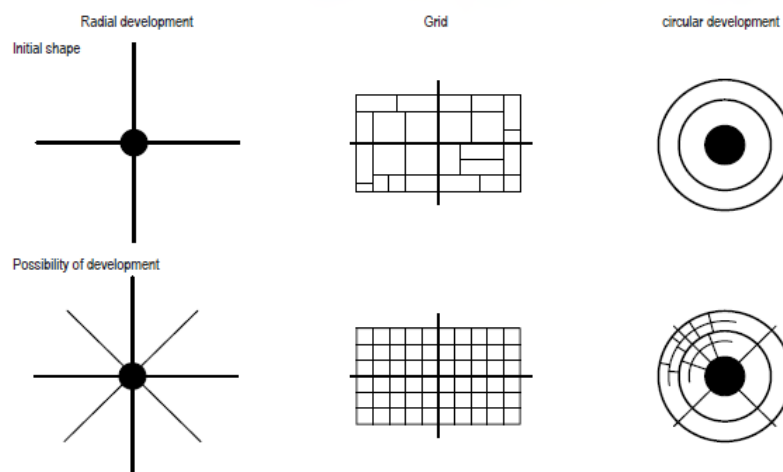
2.4.1. แนวคิดทฤษฎีสัจฐานเมืองให้เป็นเมืองทรงประสิทธิภาพ

แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวกับสัจฐานเมืองให้เป็นเมืองทรงประสิทธิภาพ เป็น แนวคิดการประยุกต์วิทยาศาสตร์สมัยใหม่ลงในพื้นที่เมือง เพื่อให้สัจฐานเมืองเกิดขึ้นแบบมีความรู้ด้านวิทยาศาสตร์รองรับ ให้การใช้พื้นที่เมืองที่เกิดขึ้นใหม่ให้สามารถใช้ประโยชน์อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด (Urban Efficiency) ประหยัดพลังงาน (ทั้งในแง่เมืองสีเขียว คือ พื้นที่เมืองสอดคล้องกับธรรมชาติ รวมทั้งเรื่องระบบคมนาคมให้เมืองประหยัดพลังงาน) และเพื่อให้เกิดการปรับตัวได้ของเมือง (Urban Resilience) เริ่มจากแนวคิดเรื่องขนาดที่เหมาะสมของบล็อก และตัวแปรทางสัจฐานเมืองอื่นที่ทำให้เมืองให้เป็นเมืองทรงประสิทธิภาพ ประกอบด้วยการวิเคราะห์ องค์ประกอบสัจฐานเมือง ดังมีรายละเอียด ดังนี้

2.4.1.1. แนวคิดทฤษฎีสัจฐานเมืองโครงข่ายถนน

ในส่วนของโครงข่ายถนน ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะตัวของเมืองแต่ละเมือง (ดังภาพที่ 2.4 และ 2.5) เป็นตัวกำหนดรูปร่างของเมือง (Urban Shape) จึงนับว่าสัจฐานเมืองที่สำคัญที่สุดประการหนึ่ง ที่ใช้ในการศึกษาสัจฐานเมือง องค์กร METRASYS ประเทศเยอรมัน ได้เสนอแนวคิดแนวทางการพัฒนาเมืองใหญ่สำหรับอนาคต ภายใต้หน่วยงาน Research for Sustainable Development of the Mega Cities of Tomorrow – Energy and Climate Efficient Structures

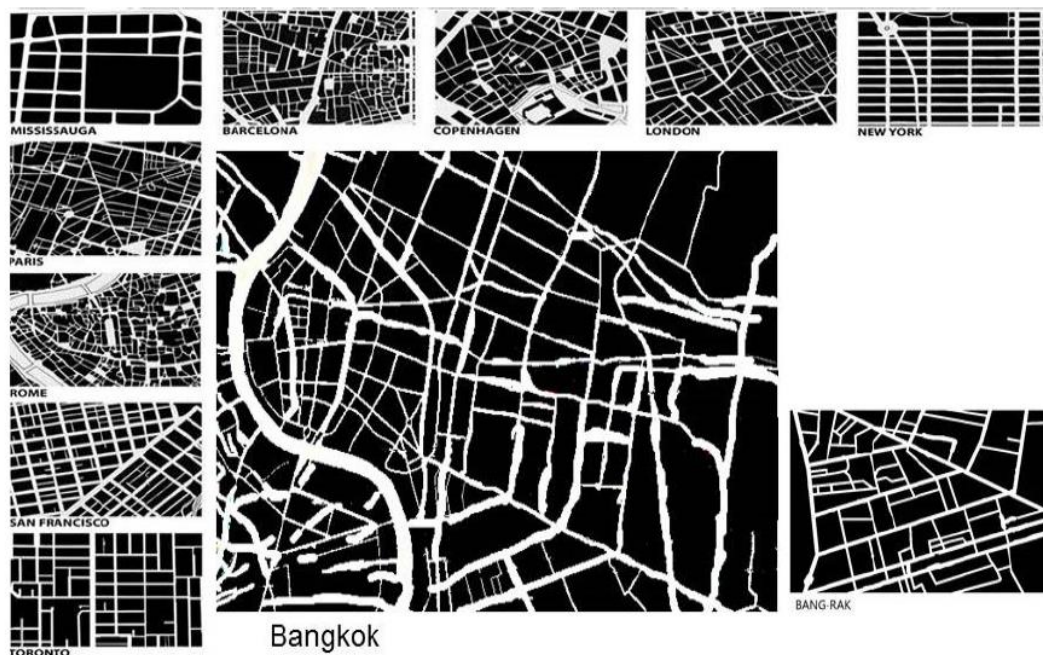
in Urban Growth Centres ทำการศึกษาและระบุในรายงานผลการศึกษา ใน ค.ศ. 2014 ว่า แนวคิดดั้งเดิม (Initial) เกี่ยวกับเรื่องรูปแบบโครงข่ายถนน แบ่งเป็น 3 รูปแบบ คือ 1. การพัฒนาแบบเป็นรัศมี (Radial Development), 2. การพัฒนาแบบเป็นตาราง (Grid), 3. การพัฒนาแบบเป็นวงกลม (Circular Development) ดังภาพที่ 19



ภาพที่ 19 แนวคิดเรื่องรูปแบบโครงข่ายถนนแบ่งเป็น 3 รูปแบบ

(ที่มา: METRASYS, 2014)

ผู้วิจัยได้เสนอแนวความคิดการเปรียบเทียบ รูปแบบโครงข่ายถนน (street pattern) ของเมืองหลายเมือง ได้แก่ Missiaauga, Barcelona, Copenhagen, London, New York, Paris, Rome, San Francisco, Toronto, Bangkok และเขต Bang Rak (ดังภาพที่ 10)

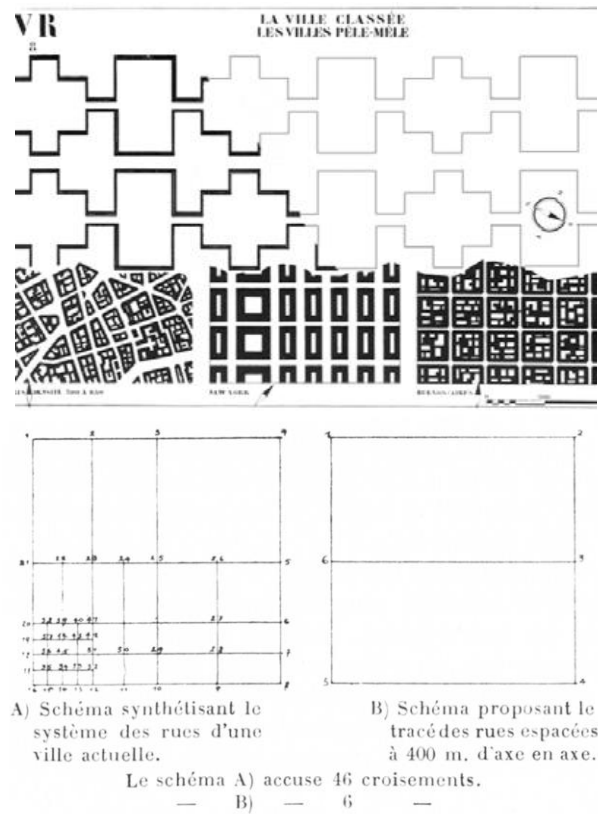


ภาพที่ 20 การเปรียบเทียบ ผังภาพและพื้นที่ของโครงข่ายถนนของเมืองหลายเมือง ได้แก่ Mississauga, Barcelona, Copenhagen, London, New York, Paris, Rome, San Francisco, Toronto, Bangkok และเขต Bang Rak (ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

จากการวิเคราะห์ผังภาพและพื้นที่ของโครงข่ายถนน จะเห็นได้ว่า รูปแบบโครงข่ายถนนของกรุงเทพมหานคร การพัฒนาแบบขยายวงเป็นรัศมี (Radial Development) บริเวณเกาะรัตนโกสินทร์ และเป็นเขตบางรัก เป็นส่วนต่อ ของวงรัศมี การศึกษานี้เน้นการศึกษาไปที่ การวางแนวถนน และขนาดของช่องถนน ซึ่งมีส่วนสำคัญต่อการไหลของอากาศ ที่พัดเข้าสู่เมือง

2.4.2. แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวกับสัณฐานเมืองเรื่องขนาดบล็อกเมือง

แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวกับสัณฐานเมืองเรื่องขนาดบล็อกเมือง เริ่มจากแนวคิดของ Le Corbusier ที่เสนอแนวคิด Radiant City วิเคราะห์โครงสร้างเมืองของ Paris, New York และ Buenos Aires ที่มีรูปแบบบล็อกของเมืองแตกต่างกัน มาศึกษาหาความสัมพันธ์ร่วมกัน ซึ่งจะเห็นว่าบล็อกของเมือง บล็อกของเมืองมีขนาดใกล้เคียงกัน คือ 400X400 ฟุต มีลักษณะเป็นบล็อกที่มีขนาดใหญ่ ที่เรียกว่า Super Block



ภาพที่ 21 เป็นภาพการเขียนแบบของ Le Corbusier's Urbanisme (Corbusier 1922) เสนอแนวคิดการวิเคราะห์โครงข่ายของเมือง Paris, New York และ Buenos Aires ที่มีขนาดบล็อกเมืองประมาณ 400X400 ฟุต (ที่มา: จากหนังสือ la ville classée et la ville pêle-mêle)

ตัวอย่างขนาดบล็อกเมืองที่มีขนาดและรูปร่างต่างกันมากของพื้นที่อื่น ได้แก่ เมือง Hebei ประเทศจีน, เมือง Berlin ประเทศเยอรมัน, เมือง Cologne ประเทศเยอรมัน (ดังภาพที่ 22)



ภาพที่ 22 แสดงบล็อกของเมืองที่มีขนาดแตกต่างกัน

(ที่มา: Daniel Nairn, 2010 ; <http://oldurbanist.blogspot.com/2012/01/city-blocks-spaces-in-between.html>)

เมือง Bordeaux มีขนาดบล็อกเมืองประมาณ 115X380 ฟุต

เมือง Taipei มีขนาดบล็อกเมืองประมาณ 75X200 ฟุต

เมือง Salt Lake City มีขนาดบล็อกเมืองประมาณ 720 X380 ฟุต

เมือง Mexico มีขนาดบล็อกเมืองประมาณ 270X120 ฟุต เป็นต้น

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า ขนาดบล็อกของเมืองในยุโรปและในอเมริกา อยู่ที่ระยะประมาณ 80-100 เมตร ระยะที่เหมาะสมต่อการเดินเท้า คือ 60-80 เมตร (Urban Block Design guideline / manual to best practice, METRASYS, German Federal Republic, 2014)

องค์กร Smart Growth เสนอแนวคิดในการประชุมวิชาการในหัวข้อ Beautiful American Grid - the Embodiment of Smart Growth ใน ค.ศ. 2009 โดยใช้การวิเคราะห์สัณฐานเมืองในส่วนของขนาดบล็อก และองค์กร Smart Growth ได้วิเคราะห์โครงข่ายบล็อกของเมือง ที่มีลักษณะเป็นตารางกริด ที่เรียกว่า Hippodamian grid (Hippodamian เป็นชื่อนักผังเมือง ที่วางผังเมือง Miletus ในปี 473 BC) ศึกษาเปรียบเทียบขนาดบล็อกของเมืองโดยประมาณ 6 เมือง คือ

เมือง Timgad ว่ามีขนาดบล็อกเมืองประมาณ 200X200 ฟุต

เมือง Miletus มีขนาดบล็อกเมือง 250X450 ฟุต

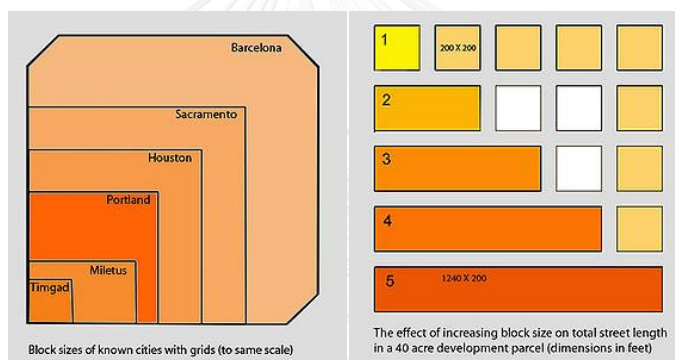
เมือง Portland มีขนาดบล็อกเมืองประมาณ 260X260 ฟุต

เมือง Houston มีขนาดบล็อกเมืองประมาณ 300X300 ฟุต

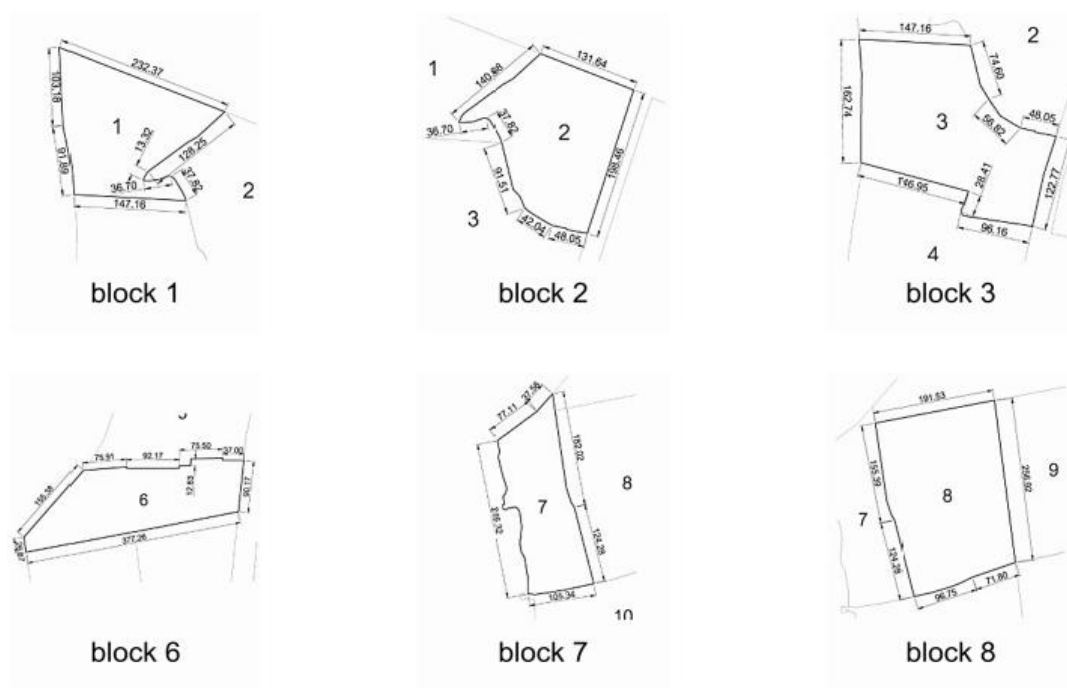
เมือง Sacramento มีขนาดบล็อกเมืองประมาณ 350X350 ฟุต

เมือง Barcelona มีขนาดบล็อกเมืองประมาณ 400X400 ฟุต เป็นต้น

แม้ขนาดของบล็อกจะมีหลากหลาย แต่องค์กร Smart Growth เสนอแนะแนวคิดเรื่องขนาดบล็อกเมืองที่ใช้ในการวิเคราะห์พื้นที่เมืองให้ใช้ขนาดช่วงขนาดบล็อกเมืองเป็น 200X200 ฟุต อีกทั้งยังเสนอแนวคิดการวิเคราะห์ขนาดบล็อก เพิ่มขนาดพื้นที่วิเคราะห์ โดยการเพิ่มขนาดที่ละหนึ่งเท่า (ดังภาพที่ 23 ภาพขวา) แต่ขนาดบล็อกของเมืองของเขตบางรักในกรุงเทพมหานคร มีขนาดประมาณ 200X200 เมตร ดังนั้นการศึกษานี้จึงใช้ระยะ 200X200 เมตร



ภาพที่ 23 แสดงการวิเคราะห์เปรียบเทียบขนาดบล็อกของเมืองขององค์กร Smart Growth คือ เมือง Timgad, Miletus, Barcelona, Houston, Sacramento และ Portland (ที่มา: www.upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/02/Block_Sizes_and_Street_Length.jpg)



ภาพที่ 24 ขนาดบล็อกของเมืองของเขตบางรักในกรุงเทพมหานคร มีขนาดประมาณ 200X200 เมตร ดังนั้นการศึกษานี้จึงใช้ระยะ 200X200 เมตร (ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

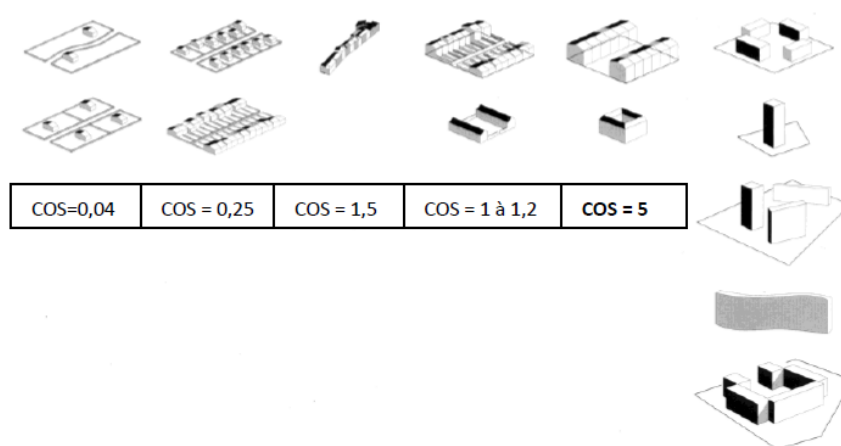
2.4.2.1. รูปแบบและสัญลักษณ์ของเมือง และความหนาแน่น

ในการศึกษารูปแบบและสัญลักษณ์ของเมือง (Urban typology) และความหนาแน่นเมือง (density) การศึกษาตัวแปรสัมพันธ์เมืองที่เกี่ยวกับภูมิอากาศ ความหนาแน่น ถือเป็นปัจจัยหลักที่ใช้ในการศึกษาการพื้นที่เมือง มักใช้ค่าอัตราส่วนพื้นที่ใช้สอยอาคารต่อพื้นที่ดิน (Floor area ratio : FAR) พื้นที่เมืองทั่วไปในยุโรปมีความหนาแน่นสูง อาจมีพื้นที่อาคารที่ติดกับพื้นดิน (building footprint) มากถึงร้อยละ 65 ขณะที่ผังเมืองแบบกระจายอย่างสหรัฐอเมริกา อาจมีพื้นที่อาคารที่ติดกับพื้นดินเพียงร้อยละ 10 ในแนวคิดของ Le Corbusier เสนอแนวคิดของเมืองแบบ modernist utopian city ให้มีประชากรประมาณ 3 ล้านคน ผังเมืองส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เปิดโล่ง แต่ที่ว่างเหล่านั้นกลับทำเป็นถนน ทางลอยฟ้ามากมาย ปารีสมีค่า FAR ประมาณ 4-5 เซี่ยงไฮ้ กวางเจา มีค่า FAR ประมาณ 1 เมืองคำนวณจากพื้นที่อาคารที่ติดกับพื้นดินต่อพื้นดินทั้งเมือง ขณะที่ลอส แองเจลิส มีพื้นที่อาคารที่ติดกับพื้นดินร้อยละ 80 เป็นต้น

ประเด็นความแตกต่างของระดับความหนาแน่น (Level of Density) เป็นประเด็นที่น่าสนใจ ความหนาแน่นเมืองในแต่ละเมืองไม่เท่ากัน โดยเฉพาะในส่วนของความสูงของอาคารทางแนวตั้ง (verticality) พื้นที่เมืองที่ประกอบด้วยอาคารสูง จะมีความหนาแน่นน้อยกว่าพื้นที่เมืองที่

ประกอบด้วยอาคารเตี้ยอยู่ถึงประมาณ 4-5 เท่า นักผังเมือง Serge Salat (2014) ผู้อำนวยการสถาบัน Urban Morphology Lab, CSTB, Paris ได้ยกตัวอย่างพื้นที่เมือง Paris ประกอบด้วยอาคารสูง 7 ชั้นอยู่ร้อยละ 65 เมื่อเปรียบเทียบพื้นที่ใช้สอยที่เท่ากับพื้นที่เมือง Pudong ซึ่งมีพื้นที่เมืองน้อยกว่า อาจจำเป็นต้องขึ้นอาคารสูงถึง 45 ชั้น เป็นต้น

Serge Salat วิเคราะห์รูปทรงเมือง (Urban Form) ว่า บ้านเดี่ยว (Detached house) ถือเป็นรูปทรงเมืองที่มีความหนาแน่นน้อยที่สุด เขาได้อธิบาย ประเภทของรูปทรงเมืองของฝรั่งเศสว่าแบ่งได้เป็น 6 ประเภท แล้วเปรียบเทียบกับค่า FAR (ดังภาพที่ 25)



ภาพที่ 25 ประเภทของรูปทรงเมือง 6 ประเภท บ้านเดี่ยวแบบกระจายตัว, บ้านเดี่ยว, อาคารแบบหมู่บ้านดั้งเดิม, อาคารแบบเทอร์เรส, อาคารแบบคอร์ตยาร์ด, อาคารรูปแบบอาคารสูง 7 ชั้น, อาคารแบบ slab และ tower block เรียงลำดับจากซ้ายไปขวา

(ที่มา: "Densités et formes urbaines dans la métropole Marseillaise," Urbanism Agency of the of the City of Marseille)

ประเภทของรูปทรงเมือง 6 ประเภท ประกอบด้วย บ้านเดี่ยวแบบกระจายตัว (scattered detached house) มีค่า FAR=0.04 ; บ้านเดี่ยว (detached House) มีค่า FAR=0.25) ; อาคารแบบหมู่บ้านดั้งเดิม (traditional village) มีค่า FAR=1.5 ; อาคารแบบเทอร์เรส (terraces) มีค่า FAR=1 ถึง 1.2) ; อาคารแบบคอร์ตยาร์ด (courtyards) มีค่า FAR= 4 อาคารแบบอาคารสูง 7 ชั้น (7 floors high) มีค่า FAR=5) ; อาคารแบบ slab and tower block มีค่า FAR=12.5 จากภาพได้แสดงถึงลักษณะ ของรูปแบบอาคารประเภทต่าง ๆ อย่างเช่น ความแตกต่างของอาคารเทอร์เรส และอาคารคอร์ตยาร์ด เป็นต้น

Salat เสนอแนะตัวแปรสัญญาณเมืองที่ใช้ในการศึกษาให้เมืองทรงประสิทธิภาพและประหยัดพลังงานที่ผ่านมา จะต้องประกอบด้วย ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่สิ่งปลูกสร้าง (built-up area), ค่า FAR, ความต่อเนื่อง (contiguity), ความสูงอาคาร (building height), ความแน่นของเมือง (compactness), ค่าความสามารถในการเปิดสู่ท้องฟ้า (occlusivity), ลักษณะโครงข่ายถนน (Street network) อีกทั้งเขายังได้เสนอแนะว่า FAR ที่ดีที่สุดเพื่อให้เมืองเป็นเมืองทรงประสิทธิภาพ อาคารในเมืองควรเป็นอาคารสูงปานกลาง ในแบบ Haussmann typologies อาคารสูงในรูปแบบ Corbusean typologies และ Brasilia

ซึ่งจะได้นำไปวิเคราะห์เจาะลึกในแต่ละตัวแปรต่อไป ในส่วนของการทบทวนวรรณกรรมที่ใช้ในการศึกษา ในหัวข้อที่ 2.7 ต่อไป

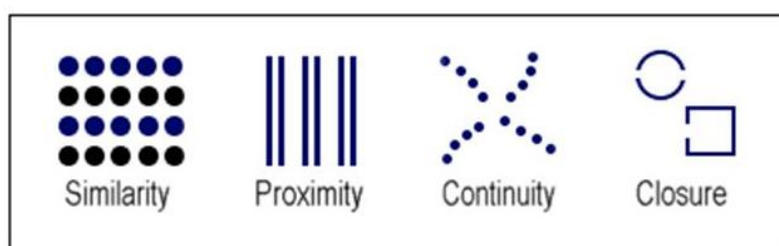
2.4.3 แนวคิดการวิเคราะห์ภาพภาพและพื้น (Figure and Ground)

การวิเคราะห์ภาพภาพและพื้น ใช้หลักการของจิตวิทยาเกสตัลท์ (Gestalt) เกิดขึ้นมาจากผลงานของแม็กซ์ เวอร์ไทมเมอร์ (Max Wertheimer, ค.ศ.1880-1943) โดยศึกษาการเคลื่อนที่ของลูกตา เมื่อจ้องมองภาพที่เกิดขึ้นหลังจากที่ใช้สายตาเพ่งมองบางสิ่งบางอย่างเป็นเวลานาน ๆ

หลักการนี้ เป็นการจัดระบบการรับรู้ การรับรู้ของคนเราจะจัดสิ่งที่รับรู้เป็นหมวดหมู่กลุ่มก้อนหรือส่วนรวม คือแทนที่จะรับรู้รายละเอียดส่วนปลีกย่อยของสิ่งต่าง ๆ คนเรากลับรับรู้ในลักษณะที่เป็นลักษณะรวมมากกว่า ในเรื่องการวิเคราะห์ของภาพและพื้น (figure and ground) ใช้หลักการว่า การที่จะมองเห็นสิ่งต่าง ๆ ออกมาเป็นรูปร่างขึ้นมาได้เพราะเส้นต่าง ๆ ที่ประกอบกันขึ้นเป็นรูปร่างมาตัดกับพื้น หรือการตัดกันของสีก็ได้ สมองทำงานในกระบวนการของการรับรู้ทางสายตาไม่ใช้การเก็บรวบรวมส่วนย่อยของปฏิกิริยาต่างๆ แต่เป็นระบบการที่ต่อเนื่องกัน หมายถึงในเวลาที่กำหนดส่วนต่าง ๆ จะเกิดปฏิกิริยา เกี่ยวพันกัน สัดส่วนที่เหมือนกันหรือมีความคล้ายคลึงกันย่อมจะรวมกันเป็นพวกหนึ่ง สัดส่วนที่ไม่เหมือนกันหรือแตกต่างกันย่อมที่จะไม่รวมกัน นักจิตวิทยาเกสตัลท์มีข้อคิดเห็นที่ว่าส่วนที่เลือกเอามาอธิบายเป็นหน้าที่ของผู้ที่เลือกเอามาว่า จะเลือกอธิบาย อะไร เช่น ในการศึกษาใช้การวิเคราะห์ภาพภาพและพื้น อธิบาย สัญญาณเมือง ได้แก่ โครงข่ายถนน ขนาดความกว้างถนน ลักษณะการจัดวางอาคาร ลักษณะการจัดวางที่ว่างภายในพื้นที่เมือง ลักษณะของเมือง (Urban grain) การจัดประเภทความเหมือนและความแตกต่างของเมือง เป็นต้น

หนึ่งในหลักการของของเกสตัลท์ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ คือ หลักการจัดระบบการรับรู้ของเวอร์ไทมเมอร์ คือ หลักการของทฤษฎีการรับรู้ทางสายตา (Perceptual Organization) หรือที่เรียกว่าหลักการจัดเป็นหมวดหมู่ แนวคิดนี้ระบุในหนังสือตำราจิตวิทยาแทบทุกเล่ม ว่า มนุษย์จัดระบบการ

รับรู้แบบมองเป็นภาพรวม หลักการของนี้มีรายละเอียดดังนี้ 1. กฎของความใกล้ชิด (Proximity) คือ การที่คนเราจะรับรู้สิ่งต่าง ๆ ที่อยู่ใกล้ชิดกันให้เป็นภาพเดียวกันหรือหมวดหมู่เดียวกัน 2. กฎของความคล้ายคลึง (Similarity) คือ การที่คนเรารับรู้สภาพของเส้นหรือจุดที่คล้ายคลึงกันหรือเหมือนกัน เข้าเป็นพวกเดียวกันหรือหมวดหมู่ 3. กฎของความต่อเนื่อง (continuity) การรับรู้สิ่งต่าง ๆ ต่อเนื่องกันไป 4. กฎของการต่อเติมให้สมบูรณ์ (Closure) คือ การที่คนเรารับรู้ความไม่สมบูรณ์ของภาพ แล้วจินตนาการต่อให้เป็นภาพที่สมบูรณ์ได้ เรียกว่า เป็น กฎของการเติมให้สมบูรณ์ (Prägnaze) การต่อเติมให้สมบูรณ์เป็นกฎโดยทั่วไปของ prägnaze “รูปที่ดี” หรือ “good gestalt”



ภาพที่ 26 แนวทางการวิเคราะห์ลักษณะเชิงสัณฐานเมืองเขตบางรัก ด้วยระเบียบวิธี ภาพภาพและพื้น โดยใช้หลักการของทฤษฎีการรับรู้ทางสายตา (ที่มา: Max Wertheimer, ค.ศ.1880-1943)

การศึกษานี้ ใช้หลักการของทฤษฎีการรับรู้ทางสายตานี้ ใช้แยกแยะลักษณะอนุของเนื้อเมือง ได้แก่ลักษณะ ขนาดเกรน การรวมกลุ่ม หรือรูปแบบการจัดวาง (Pattern) โดยการรับรู้สิ่งต่างๆ ที่คล้ายคลึงหรือแตกต่างกัน (Similarity) อยู่ใกล้ชิดหรืออยู่ห่างกัน (Proximity) หรือมีความต่อเนื่องกันในลักษณะที่เป็นแถวยาว (Continuity) ปิดล้อมที่ว่าง กระจัดกระจายหรือรวมกลุ่มกัน (Closure) (ดังภาพที่ 26)

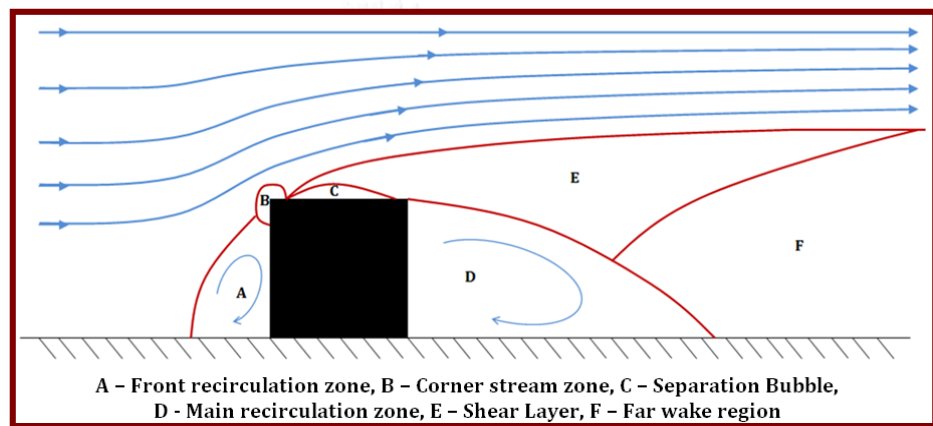
2.5 แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวกับการศึกษาการไหล

วิชากลศาสตร์ของไหล (Fluid mechanics) เป็นการศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมของของไหลที่สภาวะต่างๆ แรงที่ของไหลกระทำต่อสิ่งแวดล้อมโดยพฤติกรรมของของไหลที่กำลังเคลื่อนที่เรียกว่า พลศาสตร์ของของไหล (Fluid Dynamics) ในการศึกษาวิชากลศาสตร์ของของไหลจำเป็นต้องอาศัยความรู้ความเข้าใจหลักการ และคุณสมบัติพื้นฐานที่สำคัญต่อการวิเคราะห์ปัญหาด้านกลศาสตร์ของไหล สำหรับของไหลในการศึกษานี้ คือ อากาศ เป็นของไหลที่บีบอัดตัวได้ (Compressible fluid) คือของไหลที่มีความหนาแน่นไม่คงที่ เมื่อมีแรงมากระทำต่อของไหลจะเกิดเป็นค่าแรงดันเนื่องส่งผลให้ของไหลเปลี่ยนรูปและไหลเคลื่อนที่ไปได้รอบทิศทางอย่างต่อเนื่อง

การศึกษาการไหลผ่านสิ่งกีดขวางในทางวิศวกรรมของไหล มีหลักคิดและทฤษฎีสำคัญที่ศึกษาเกี่ยวกับรูปแบบการไหลที่เปลี่ยนแปลงโดยรอบสิ่งกีดขวางการไหลที่เกี่ยวข้องคือ ทฤษฎี backward facing step

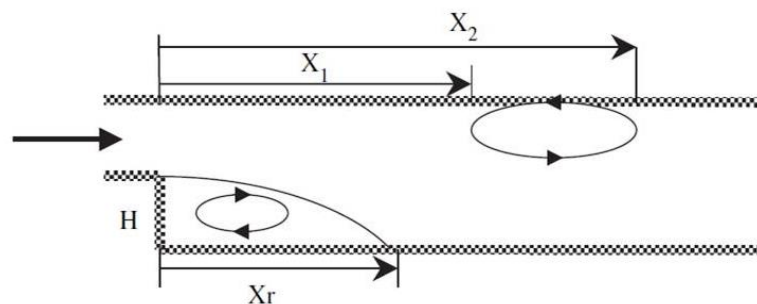
2.5.1. ทฤษฎี backward facing step

ทฤษฎี backward facing step ใช้เพื่อการศึกษาพื้นที่และระยะบั้งลมหลังอาคาร จากการศึกษาทฤษฎีนี้ จึงเห็นได้ถึงรูปแบบและความเร็วของการไหลที่เปลี่ยนแปลงไปรอบมวลวัตถุสิ่งกีดขวาง (ดังภาพที่ 27)



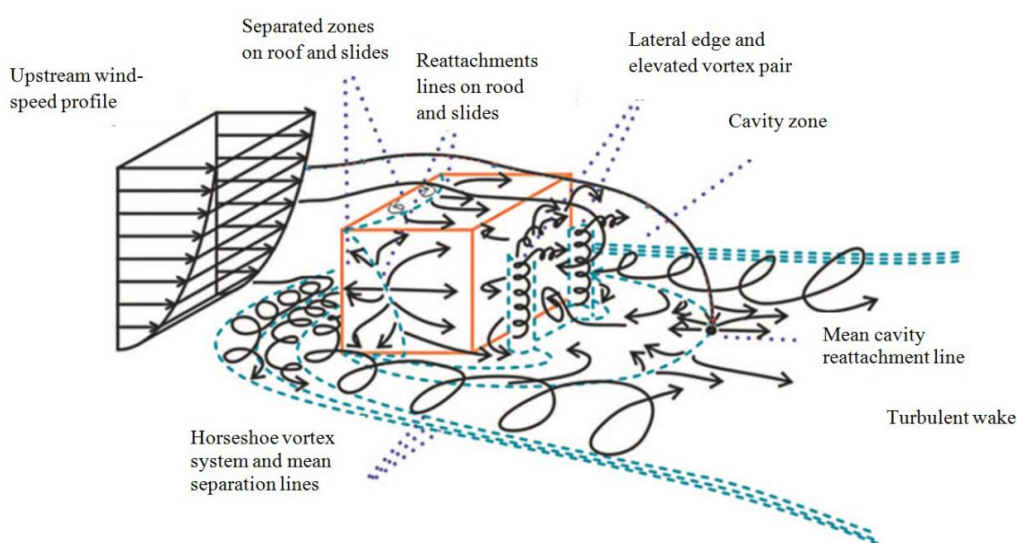
ภาพที่ 27 การไหลผ่านสิ่งกีดขวาง

(ที่มา: ASHRAE Fundamentals Handbook (SI), 2001)



ภาพที่ 28 การไหลผ่านผิวแบบราบเรียบและผิวที่มีการเปลี่ยนแปลงที่เปลี่ยนแปลงตามทฤษฎี backward facing step (ที่มา: ASHRAE Fundamentals Handbook (SI), 2001)

ในส่วนของรูปแบบการไหลด้านหลังอาคาร ศึกษาได้จาก การไหลผ่านผิวแบบราบเรียบและผิวที่มีการเปลี่ยนแปลงที่เปลี่ยนแปลง ดังภาพที่ 28 ที่สามารถประยุกต์แนวคิดกับระยะบังลมที่เกิดเป็นการไหลวนหลังอาคาร คือ ระยะ X_r ตามภาพ ซึ่งคือระยะบังลมหลังอาคาร ซึ่งจากการทบทวนวรรณกรรมมิได้เป็นที่พิสูจน์แน่นอนเสมอไปว่าลมที่ไหลวนหลังสิ่งกีดขวางจะเป็นพื้นที่อับลมเสมอไป เพียงแต่รู้ว่าพื้นที่หลังอาคารเกิดการเปลี่ยนแปลงการไหลเป็นแบบการไหลแบบปั่นป่วน การศึกษาครั้งนี้จึงจะศึกษาเปรียบเทียบค่าอัตราการไหลอากาศบนสัณฐานเมืองแบบต่างๆอย่างเจาะจงลงไปว่า สัณฐานเมืองแบบใดส่งผลอย่างไรต่ออัตราการไหลของอากาศ



ภาพที่ 29 การไหลผ่านสิ่งกีดขวาง 3 มิติ

(ที่มา: ASHRAE Fundamentals Handbook (SI), 2001)

รูปแบบการไหลผ่านสิ่งกีดขวาง 3 มิติที่ปรากฏตามแบบเรียนวิศวกรรมการไหลขั้นสูง มักจะเป็นเพียงภาพวาดที่แสดงการไหล ไม่ได้แสดงถึงการคำนวณหรือแสดงรูปแบบ ขนาดการไหลที่แท้จริง (ดังภาพที่ 29) และมักจะศึกษาแต่กับอาคารเดี่ยวๆ ซึ่งการทบทวนวรรณกรรมระบุว่ารูปแบบการไหลเหล่านี้ได้จากการทดลองจัดบันทึกจากการจำลองการไหลในระบบปิดเช่นอุโมงค์ลม (wind tunnel) ซึ่งแม้นักผังเมืองมีความประสงค์จะนำข้อมูลเหล่านี้ไปประยุกต์ใช้ในการศึกษาการไหลในพื้นที่เมืองก็ไม่สามารถทำได้และไม่สามารถยืนยันความถูกต้องได้ทั้งจากเหตุผลว่าข้อมูลเป็นภาพวาดและเป็นอาคารเดี่ยว ไม่เหมือนกับสภาพเมืองแท้จริง จึงเป็นช่องว่างทางวิชาการให้การศึกษาที่แสวงหาคำตอบเพื่อความก้าวหน้าในแวดวงการศึกษาผังเมืองนี้

นอกจากนี้ จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าทฤษฎีแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการไหลของอากาศที่ไหลผ่านสิ่งกีดขวางในพื้นที่เมืองคือ แนวคิดทฤษฎีอากาศพลศาสตร์ (Aerodynamics theory)

2.5.2. แนวคิดทฤษฎีอากาศพลศาสตร์ (Aerodynamics theory)

ทฤษฎีอากาศพลศาสตร์ (Aerodynamics theory) เป็นสาขาวิศวกรรมศาสตร์ที่ศึกษาการปฏิสัมพันธ์ของของแข็งกับอากาศ หรือคือศาสตร์ที่ศึกษาการไหลของอากาศผ่านวัตถุ ศาสตร์นี้ประกอบด้วยสมการอากาศพลศาสตร์ (Aerodynamics equation) ที่น่าสนใจ ดังนี้

$$F_D = \frac{1}{2} \rho v^2 C_d A,$$

โดยที่ F_D คือ แรงต้านของอากาศ (Drag Force)

ρ คือ ความหนาแน่นของอากาศ (Air Density)

V คือ ความเร็วของอากาศ (Velocity)

C_d คือสัมประสิทธิ์แรงต้านของอากาศ (Drag Coefficient)

A คือพื้นที่ภาพฉายที่ลมเข้าปะทะวัตถุ (Frontal Area)

จากสมการดังกล่าว ในการแสวงหาคำตอบ เมื่อประยุกต์กับการศึกษาด้านสิ่งแวดล้อมเมืองกับสมการนี้พอจะสรุปปัจจัยตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพการไหลของอากาศ พบว่า หากต้องการเปรียบเทียบหาค่าแรงต้านของอากาศ (F_D) โดยค่าความหนาแน่นของอากาศ (ρ) ความเร็วของอากาศ (V) ถูกกำหนดเป็นค่าคงที่

ในการศึกษานี้ เสนอแนวคิดที่จะใช้หลักการของค่าแรงต้านของอากาศเป็นค่าแสดงความสามารถในการเอื้ออำนวยให้อากาศไหลผ่าน อนุมานได้ว่าเป็นค่าความสามารถในการถ่ายเทอากาศของพื้นที่เมือง คือ ถ้าค่าแรงต้านของอากาศสูง หมายถึง ค่าความสามารถในการถ่ายเทอากาศของพื้นที่เมืองไม่ดี และตัวแปรด้านสิ่งแวดล้อมเมืองที่ใช้ในการศึกษานี้จึงเกี่ยวข้องกับ ค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านของอากาศ (C_d) และ พื้นที่ภาพฉายที่ลมเข้าปะทะวัตถุ (A) แนวคิดนี้มีนักแผนที่สารสนเทศ GIS คือ Grimmond (1998) เสนอแนวคิดนี้ร่วมกับระเบียบวิธีทางอุตุนิยมหาวิทยาลัยเป็นคนแรก เรียกว่า Urban Aerodynamics แม้การศึกษานี้จะเป็นการศึกษาระดับเมืองเพื่อใช้พยากรณ์ภูมิอากาศ เป็นขนาดที่ดูแค่ค่าแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นจึงไม่เหมาะที่จะใช้กับการศึกษานี้ แต่ก็ก่อให้เกิดแนวคิดที่จะแสวงหาคำตอบลงลึกในหลักทฤษฎี เพื่อนำไปสู่การสร้างกรอบงานวิจัยของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

การศึกษานี้จึงใช้หลักการของทฤษฎีอากาศพลศาสตร์ ในส่วนของ ค่าแรงต้านของอากาศ ประกอบแนวคิดที่ใช้หลักการวิศวกรรมศาสตร์มาใช้ในการช่วยหาคำตอบของการไหลของอากาศในพื้นที่เมืองนี้

2.6 แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวกับเครื่องมือที่ใช้

จากการทบทวนวรรณกรรมเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาเรื่องกระแสลม และการไหลของอากาศที่สำคัญพอจะแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. เครื่องมือที่เป็น “ระบบเปิด” ใช้วัดการไหลที่เป็นกายภาพ และ
2. เครื่องมือที่เป็น “ระบบปิด” ใช้การคำนวณตามหลักการวิศวกรรมพลศาสตร์ของไหล ดังมีรายละเอียด ดังนี้

2.6.1. เครื่องมือที่เป็น “ระบบเปิด” ใช้วัดการไหลที่เป็นกายภาพ

เครื่องมือที่เป็น “ระบบเปิด” ใช้วัดการไหลที่เป็นกายภาพ ได้แก่ 1. เครื่องมือสำหรับวัดความเร็วลม (Anemometer) 2. เครื่องมือจำลองการไหลของอากาศโดยใช้น้ำ ที่เรียกว่า โต๊ะน้ำ 3. เครื่องมืออุโมงค์ลม ที่ใช้การย่อส่วนสภาพแวดล้อมที่ต้องการศึกษาให้เล็กลง แล้วใช้อากาศพัดผ่าน ในการหาค่าคำตอบต้องใช้ค่าถ่วงน้ำหนัก โดยใช้ Log Law

1. เครื่องมือสำหรับวัดความเร็วลม (Anemometer) เครื่องมือชนิดนี้เป็นเครื่องมือที่วัดความเร็วการไหลของอากาศภาคสนาม เครื่องมือชนิดนี้ คือหัวรับสัญญาณที่มีขนาดที่มีรูปแบบแตกต่างกันหลายรูปแบบ สามารถปรับเปลี่ยนการใช้งานได้ตามความเหมาะสม เช่น หัวรับสัญญาณขนาดเล็กที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานในพื้นที่ที่มีขนาดเล็ก ความเร็วต่ำ ปริมาณลมน้อย หรือวัดความเร็วลมในภาคสนาม เฉพาะในตำแหน่งที่ต้องการ เช่น บริเวณช่องจ่ายลมเย็นของระบบปรับอากาศ ช่องระบายอากาศ ส่วนหัวรับสัญญาณขนาดใหญ่ที่เหมาะสมสำหรับวัดในพื้นที่ที่มีความเร็ว และมีปริมาณลมมาก หรือ ความเร็วลมเฉลี่ยในแต่ละพื้นที่ เช่น ความเร็วลมเฉลี่ยในภายในอาคาร หรือ สภาพแวดล้อมกลางแจ้ง ฯลฯ

2. โต๊ะจำลองการไหล (Fluid Mapping Table) หรือ ที่มักเรียกกันว่า “โต๊ะน้ำ” เป็นเครื่องมือที่สามารถสร้างความเข้าใจในการศึกษาเรื่องกระแสลม และการระบายอากาศได้เป็นอย่างดี โดยอาศัยคุณสมบัติของน้ำเป็นตัวแทนในการศึกษาการไหลเวียนของอากาศ น้ำที่นำมาใช้นั้นจะเป็นน้ำที่มีการผสมสี (โดยทั่วไปมักจะใช้น้ำที่ผสมกับต่างทาบิ) เพื่อให้เห็นภาพจำลองของการไหลได้ง่ายขึ้น สามารถที่จะศึกษาได้ในหลายรูปแบบ เช่น การจัดวางกลุ่มอาคาร การไหลเวียนของอากาศในส่วนของต่างๆของอาคาร โดยใช้เครื่องจำลองการไหลของของไหล (Flow Visualization Apparatus) การศึกษาการไหลเวียนของอากาศด้วยโต๊ะน้ำ จะเป็นการศึกษาในลักษณะ 2 มิติ ซึ่งในบางกรณีอาจไม่สามารถทำให้มองเห็นภาพรวมของผลกระทบที่เกิดขึ้นกับตัวอาคาร และ สภาพแวดล้อมข้างเคียงได้ทั้งหมด และไม่สามารถวัดค่าเป็นตัวเลขเพื่อการเปรียบเทียบเชิงปริมาณได้

3. อุโมงค์ลม (Wind Tunnel) ทดลองกับหุ่นจำลองที่ตั้งอยู่ในสภาพแวดล้อมนั้นๆ ใช้ลมหรือควันทันที่มีการผสมสีเข้าไปเพื่อให้สามารถมองเห็นภาพการไหลเวียนของอากาศ ซึ่งมีค่าใช้จ่ายในทดสอบและการบำรุงรักษาสูง มีข้อเสียที่มีข้อจำกัดสำหรับขนาดของหุ่น และการรบกวนทำให้ค่าที่วัดคลาดเคลื่อนได้ และสิ้นเปลืองเวลาและค่าใช้จ่ายทำหุ่นจำลองในการทดลองมาก

2.6.2. เครื่องมือที่เป็น “ระบบปิด” ใช้การ “คำนวณ” ตามหลักการวิศวกรรมพลศาสตร์ของไหล

เครื่องมือที่เป็น “ระบบปิด” ใช้การคำนวณตามหลักการวิศวกรรมพลศาสตร์ของไหล ได้แก่ระเบียบวิธีการใช้หลักการวิศวกรรมพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ

1. ระเบียบวิธีการใช้หลักการวิศวกรรมพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ ซึ่งเป็นการศึกษาเชิงทฤษฎี โดยใช้โปรแกรมการคำนวณพลศาสตร์ของไหล (Computational Fluid Dynamics, CFD) ได้อีกแนวทางหนึ่ง เป็นวิธีที่มีความแม่นยำสูง และเป็นระเบียบวิธีที่เป็นที่ยอมรับสูงที่สุดในแวดวงการศึกษาในขณะนี้ ที่ใช้วิศวกรรมศาสตร์ขั้นสูงในการประมวลผลหาคำตอบ ซึ่งมักใช้ในศาสตร์วิศวกรรมการบิน ที่ต้องใช้ความละเอียดและความถูกต้องในการหาคำตอบเป็นอย่างมาก อีกทั้งยังเป็นระบบปิดที่สามารถควบคุมให้เกิดข้อผิดพลาดในระหว่างขั้นตอนการวัดผลได้น้อยที่สุด แต่ข้อจำกัดคือแนวทางนี้ คืออุปกรณ์เครื่องมือในการศึกษามีราคาสูง ขนาดหน่วยงานที่มีเครื่องมือนี้ ขาดบุคลากรทางผังเมืองที่มีความรู้ในสาขาวิชานี้ ผู้ใช้โปรแกรมต้องมีความชำนาญต้องใช้เวลาในการศึกษาค่อนข้างมาก

ในการศึกษานี้เลือกใช้วิธีนี้เป็นระเบียบวิธีที่ใช้ในการศึกษา เพราะมีผลคำตอบที่แม่นยำถูกต้อง และเป็นที่ยอมรับ และในการศึกษานี้ต้องการ วัดผล ความสามารถในการไหลเวียนอาคารของแต่ละหน่วยวิเคราะห์ ซึ่งคือ บล็อกของเมืองที่มีลักษณะสัณฐานแตกต่างกัน การแยกวัดค่ารายบล็อก เครื่องมืออื่นไม่สามารถแยกวัดรายบล็อกได้เลย การศึกษานี้จึงต้องเลือกใช้วิธีนี้เป็นระเบียบวิธีที่ใช้ในการศึกษาได้เพียงวิธีเดียว เนื่องจาก เงื่อนไขของการศึกษาในการวิเคราะห์การไหลครั้งนี้ ต้องการ ศึกษา พื้นที่ทั้งเขต เพื่อให้เป็นการศึกษาที่มีลักษณะทั้งย่าน ให้แต่ละบล็อกของเมืองได้รับอิทธิพลจากบล็อกรอบข้าง ในลักษณะเหมือนเมืองจริงให้มากที่สุด โดเมนพื้นที่ศึกษา คือ เขตบางรักทั้งเขต แล้วแบ่งเป็นปริมาตรควบคุมย่อยรายบล็อก อันเป็นรูปแบบที่ยังมีผู้ศึกษาอยู่น้อย โดยเฉพาะในประเทศไทยยังไม่เคยมีผู้ศึกษาเลย และเนื่องจากการวิเคราะห์ปัญหาการไหลเป็นปัญหาที่ไม่เป็นเชิงเส้นที่มีความซับซ้อนในการหาคำตอบจึงต้องใช้การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์เชิงตัวเลขสำหรับวิศวกรรมศาสตร์ (Numerical Analysis for engineering) มาช่วยในการหาคำตอบ ซึ่งเป็นวิธีที่มีบทบาทมากในการ

แก้ปัญหาทางวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งเป็นพื้นฐานในการสร้างแบบจำลองที่ต้องการความเข้าใจในปัญหา และการสร้างขั้นตอนที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาเชิงลึก โดยต้องมีการวิเคราะห์ค่าผิดพลาดของผลเฉลยเพื่อความน่าเชื่อถือด้วย การศึกษาการวิเคราะห์เชิงตัวเลขสำหรับวิศวกรรมศาสตร์สามารถใช้วิธีการคำนวณทางคณิตศาสตร์เพื่อหาค่าผลเฉลยคำตอบที่มีความแม่นยำได้

แนวคิดการวิเคราะห์เชิงตัวเลขสำหรับวิศวกรรมศาสตร์ นำมาประยุกต์ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับเครื่องมือที่ใช้ในการประมวลผลและประมวลผลของการไหลมาใช้ ได้แก่ ทฤษฎีพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (Computational Fluid Dynamics: (CFD) หรือเรียกย่อว่า “ซีเอฟดี” คือการวิเคราะห์ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการไหลต่างๆ การถ่ายเทความร้อน การแพร่กระจายของอนุภาค รวมถึงการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่างๆ โดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยหาผลเฉลยและจำลองพฤติกรรมที่เกิดขึ้น ระเบียบวิธีของ CFD ใช้หลักการของกฎการอนุรักษ์ซึ่งเป็นจริงเสมอในการแก้ปัญหา ในการศึกษา มีกฎอนุรักษ์ที่เกี่ยวข้อง คือ กฎการอนุรักษ์พลังงาน หรือ กฎข้อที่หนึ่งของอุณหพลศาสตร์ และการอนุรักษ์โมเมนตัม การศึกษานี้ใช้หลักการแก้ปัญหาด้านกลศาสตร์ของไหลเป็นระบบสมการเชิงอนุพันธ์ย่อย (partial differential equations) นั้นขึ้นอยู่กับ 2 องค์ประกอบได้แก่ สมการอนุรักษ์มวล และสมการอนุรักษ์โมเมนตัม (การศึกษานี้ ตัดสมการอนุรักษ์พลังงานออกไป เพราะ การศึกษานี้ ดูแต่เรื่องค่าการไหล ไม่ได้ศึกษาครอบคลุมถึงค่าอุณหภูมิ ดังที่กล่าวมาแล้วในบทข้อจำกัดของการศึกษา)

1. สมการอนุรักษ์มวล (conservation of mass) สมการต่างๆ ที่ใช้ในระบบสมการเชิงอนุพันธ์ย่อยของการไหลต้องแสดงถึงความเป็นจริงและให้ความหมายทางกายภาพ ที่สามารถทำความเข้าใจได้โดยง่ายกฎข้อที่หนึ่ง สำหรับระบบปริมาตรควบคุมงานทางด้านวิศวกรรมอีกเป็นจำนวนมากมีอุปกรณ์มีการถ่ายโอนมวลระหว่างระบบกับสิ่งแวดล้อม ในบทนี้จะศึกษาถึงระบบเปิดคือระบบมีการถ่ายโอนมวลและพลังงานกับสิ่งแวดล้อม และการถ่ายโอนพลังงานมีอยู่ในสภาวะคงตัว (steady state) ซึ่งสมการนี้เป็นสมการแรกที่ใช้ในระบบสมการเชิงอนุพันธ์ย่อยของการไหลนี้เป็นสมการของการอนุรักษ์มวล (conservation of mass) ซึ่งมีความหมายให้เข้าใจได้ง่าย ๆ ว่า มวลนั้นไม่สูญหายไปไหน การสร้างสมการเชิงอนุพันธ์นี้สามารถทำให้เข้าใจได้โดยง่ายหากพิจารณาการไหลผ่านการไหลของมวลสุทธิผ่านผิวควบคุมออกจากปริมาตรควบคุมซึ่งจะมีค่าเท่ากับอัตราการลดลงของมวลภายในปริมาตรควบคุมข้อกล่าวนี้เป็นอีกหลักการหนึ่งที่น่าไปสู่กฎการอนุรักษ์มวลหรือการสมดุลของมวลภายในอีลิเมนต์ ดังนี้

สมการของกฎทรงมวล เท่ากับผลรวมของมวลเข้าสู่ระบบ - ผลรวมของมวลออกจากระบบ = การเปลี่ยนแปลงมวลสุทธิในปริมาตรควบคุม

โดยใช้หลักการของกฎอนุรักษ์เป็นหลักในการหาคำตอบ โดยกฎการอนุรักษ์เป็นพื้นฐานสำคัญของการแก้สมการทางฟิสิกส์จำนวนมากในเชิงฟิสิกส์กล่าวถึงปริมาณบางอย่างในระบบปิด ซึ่งมีค่าคงที่ไม่่ว่าระบบจะเกิดการเปลี่ยนแปลงใด ๆ ลำดับต่อไปพิจารณาทางด้านขวาของสมการข้อกล่าวคืออัตราการไหลของมวลสุทธิที่เข้าสู่อิลิเมนต์ การพิจารณามวลสุทธิก็คือการพิจารณาการไหลเข้าออกของมวลผ่านแต่ละด้านของอิลิเมนต์นั่นเองโดยจะกำหนดให้การไหลของมวลเข้าสู่อิลิเมนต์มีค่าเป็นบวก ส่วนมวลที่ไหลออกมีค่าเป็นลบ ดังนั้นอัตราการไหลของมวลสุทธิจึงพิจารณาได้จากสมดุลของมวลที่ผ่านเข้าออก ค่าอื่นที่น่าสนใจ คือ ค่าอัตราการไหลมวล คือ ปริมาณมวลสาร ที่ไหลผ่านพื้นที่หน้าตัดที่ตั้งฉากกับทิศทางการไหลในหนึ่งหน่วยเวลา ค่าปริมาตรการไหล คือ ปริมาตรของของไหลที่ไหลผ่านพื้นที่หน้าตัดในหนึ่งหน่วยเวลา โดยการวิเคราะห์พลังงานของการไหลแบบคงตัว กระบวนการไหลแบบคงตัว (steady flow process) หมายถึงกระบวนการไหลที่คุณสมบัติต่างๆ ของระบบหรือของไหลจะไม่ขึ้นกับเวลา และในระหว่างที่มีการอนุรักษ์มวล ปริมาตรการไหลไม่จำเป็นต้องอนุรักษ์ด้วยก็ได้ เรียก หลักการนี้ว่า Mass balance for steady flow

สมการเชิงอนุรักษ์มวล เป็นสมการพื้นฐานของความเป็นจริงสมการแรกในระบบสมการเชิงอนุพันธ์ย่อยของการไหลโดยบ่งบอกถึงว่ามวลนั้นไม่มีการสูญหายไปไหนสมการดังกล่าวนี้อยู่ในรูปของพจน์สมการเชิงอนุพันธ์อันดับหนึ่งประกอบด้วยตัวไม่ทราบค่า (Unknown) ถึง 4 ค่า คือ ρ , u , v และ w ซึ่งต่างมีการเปลี่ยนแปลงได้ตลอดโดเมนของการไหล ดังนั้น สมการเชิงอนุรักษ์มวลนี้เพียงสมการเดียวจึงไม่สามารถใช้แก้ไขปัญหาได้ และจำเป็นต้องสร้างสมการของความเป็นจริงอื่นๆ ในการไหลเพิ่มขึ้นอีก

กฎอนุรักษ์มวลสำหรับระบบเปิดใด ๆ เป็นดังแสดงเป็นไปตามสมการดังนี้

$$[\text{มวลที่เข้าสู่ระบบ}] - [\text{มวลที่ออกจากระบบ}] = [\text{มวลในระบบที่เปลี่ยนแปลงไป}]$$

2 สมการเชิงอนุรักษ์โมเมนตัม (conservation of momentum)

โมเมนตัม คือ ความสามารถในการเคลื่อนที่ของวัตถุ ซึ่งมีค่าเท่ากับผลคูณระหว่างมวลและความเร็วของวัตถุ ความเป็นจริงชนิดที่สองของการไหลทั่วไปที่สามารถนำมาสร้างเป็นสมการเชิงอนุพันธ์ย่อย ได้นั้นมาจากการใช้กฎข้อที่สองของนิวตัน (Newton's Second Law) ที่กล่าวไว้ว่า แรงเท่ากับมวลคูณด้วยอัตราเร่ง ดังนั้น ในการใช้กฎข้อที่สองของนิวตันที่ต้องมีความสัมพันธ์กับความเร่ง เราจะพิจารณามวล ซึ่งมีขนาดกว้าง dx , และ dy ซึ่งมีความลึกหนึ่งหน่วย ซึ่งกำลังเคลื่อนที่ไปกับการไหล

แรงต่างๆ ในทิศทางแกน x ซึ่งกระทำไปบนก้อนของไหลซึ่งเคลื่อนที่ไปกับของไหลเพื่อใช้ในการสร้างสมการเชิงอนุพันธ์โมเมนตัม

เพื่อให้ง่ายต่อความเข้าใจในการสร้างสมการเชิงอนุพันธ์โมเมนตัม แรงต่างๆ ที่กระทำในทิศทางแกน x เท่านั้น กฎข้อที่สองของนิวตันเมื่อพิจารณาในทิศทางแกน x

$$F_x = ma_x$$

F_x คือ ผลรวมของแรงในทิศทางแกน x , m คือ มวลของก้อนของของไหล a_x คือ ความเร่งของมวลในทิศทางแกน x

เมื่อรวมแรงในทิศทาง x จะประกอบไปด้วยแรงที่กระทำที่ผิวต่างๆ และแรงเนื่องจากน้ำหนักของตัวเอง สำหรับแรงที่กระทำที่ผิวนั้นจะประกอบด้วยแรงที่มาจากความดัน ความเค้นตั้งฉาก และความเค้นเฉือน ส่วนมวลของของไหลนี้ คือ

$$m = \rho(dx dy)$$

ค่าความเร่ง a_x ของมวลในสมการ คืออัตราการเปลี่ยนแปลงความเร็วของ u ของมวลที่กำลังเคลื่อนที่ต่อเวลา ดังนั้น a_x คือค่าอนุพันธ์สัมบูรณ์ของ u กล่าวคือ

$$a_x = \frac{Du}{Dt}$$

แทนสมการทั้ง 3 ลงในกฎข้อที่สองของนิวตัน แล้วหารตลอดด้วย (dx/ dy) จะได้เป็นสมการว่า

$$\rho \frac{Du}{Dt} = -\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y} + \rho f_x$$

ทำแบบเดียวกัน ในทิศทางแกน y ทำให้เกิดสมการอนุพันธ์ ที่สอดคล้องกัน

$$\rho \frac{Dv}{Dt} = -\frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \rho f_y$$

เรียกสมการ (dx/dy) 2 สมการ ทั้งในแนวแกน x และ y ว่า สมการนาเวียร์-สโตก (Navier-Stokes equations) เพื่อเป็นเกียรติแก่ ชาวฝรั่งเศสชื่อ M. Navier และชาวอังกฤษชื่อ G. Stokes ซึ่งสร้างสมการนี้ขึ้นมา

สมการนาเวียร์-สโตก ทั้งในแนวแกน x และ y ในสมการต่างก็อยู่ในรูปแบบของค่าอนุพันธ์สัมบูรณ์ เนื่องจากมาจากการสร้างสมการโดยพิจารณาก่อนมวลของไหลที่เคลื่อนที่ไป ค่าสัมบูรณ์นี้สามารถแปลงให้อยู่ในรูปแบบของค่าอนุพันธ์ธรรมดาซึ่งเปรียบเสมือนว่าผู้สังเกตจับตาดำเนินอยู่ที่ตำแหน่งหนึ่งแล้วเฝ้ามองการเปลี่ยนแปลงของของไหลที่เคลื่อนที่ผ่านไปโดยใช้ความสัมพันธ์ของสมการเช่นเดียวกัน เรียกวิธีการแบบนี้ว่า การศึกษาแบบ Steady State หรือ เรียกว่ากระบวนการที่มีการไหลแบบคงตัว กระบวนการที่มีการไหลแบบคงตัว คือกระบวนการที่เกิดขึ้นในปริมาตรควบคุม โดยมีสภาวะคงที่เป็นช่วงเวลายาวนาน เงื่อนไขของกระบวนการที่มีการไหลแบบคงตัว ดังนี้

1. สมบัติทุกอย่างภายในระบบไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา ปริมาตรภายในระบบคงที่ หมายความว่า งานที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงขอบเขตของระบบ (boundary work, W_b) จะเท่ากับ ศูนย์ มวลภายในระบบคงที่ หมายความว่า อัตราการไหลเข้าเชิงมวลเท่ากับอัตราการไหลออก เชิงมวล พลังงานของระบบคงที่ หมายความว่า พลังงานที่เข้าสู่ระบบเท่ากับพลังงานที่ออกจากระบบ
2. สมบัติทุกอย่างที่ขอบเขตของระบบไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา นั่นคือสมบัติที่ขอบเขต ของระบบ คือ จุดทางเข้าและทางออกจะไม่มีมีการเปลี่ยนแปลงตลอดกระบวนการซึ่งในที่นี้ หมายความว่าสมบัติที่ทางเข้ากับทางออกอาจจะแตกต่างกันแต่สมบัติของแต่ละจุดจะคงที่ ตลอดกระบวนการ
3. ความร้อนและงานที่เกิดการถ่ายโอนในระหว่างกระบวนการไม่มีการเปลี่ยนแปลงตาม เวลา ดังนั้นอัตราการถ่ายโอนความร้อนและกำลังที่เกิดการถ่ายโอนผ่านขอบเขตของระบบจะมีค่าคงที่ตลอดกระบวนการ กฎการอนุรักษ์สำหรับกระบวนการไหลแบบคงตัว โดยมวลทางเข้า = มวลทางออก ความเร็วของของไหลทางเข้า = ความเร็วของของไหลทางออก

โดยทั่วไปการสร้างสมการเพื่อใช้อธิบายปรากฏการณ์ของการไหลทำได้ไม่ยากนัก สิ่งที่ยากคือการแก้สมการหาผลเฉลย จากที่ทราบแล้วว่าสมการควบคุมการไหลหรือสมการนาเวียร์-สโตกส์นั้นมีความซับซ้อนมาก จนไม่สามารถแก้ได้อย่างสมบูรณ์ ในช่วง 50 ปีที่ผ่านมา คอมพิวเตอร์ซึ่งมีประสิทธิภาพในการคำนวณได้ถูกนำมาช่วยแก้สมการการไหล อย่างไรก็ตาม เนื่องจากคอมพิวเตอร์เข้าใจตรรกะแบบพีชคณิต (บวก ลบ คูณ หาร) ไม่เข้าใจตรรกะแบบอนุพันธ์คณิต ดังนั้นจึงไม่สามารถนำสมการอนุพันธ์ป้อนเข้าคอมพิวเตอร์เพื่อแก้โดยตรงได้ แม้ปัจจุบันจะมีซอฟต์แวร์ อาทิ MATLAB ที่สามารถคำนวณในรูปแบบคณิตศาสตร์เชิงสัญลักษณ์ (Symbolic mathematics) ได้ แต่ก็ใช้ได้กับสมการอนุพันธ์อย่างง่ายเท่านั้น ด้วยเหตุนี้ การแก้สมการควบคุมการไหลโดยใช้คอมพิวเตอร์จึงต้องใช้เทคนิคพิเศษเข้าช่วย เพื่อแปลงสิ่งที่มนุษย์เข้าใจ (อนุพันธ์คณิต) ให้เป็นสิ่งที่เข้าคอมพิวเตอร์เพื่อแก้โดยตรงได้ กระบวนการดังกล่าวเรียกว่า ดิสครีไทเซชัน (Discretization)

กระบวนการดิสครีไทเซชันมีหลายวิธีด้วยกัน แต่ที่นิยมมี 3 วิธี คือ วิธีไฟไนต์ดิฟเฟอเรนซ์ (Finite Difference Method: FDM) วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element) วิธีไฟไนต์โวลุ่ม (Finite Volume) มีรายละเอียดดังนี้ คือ ระเบียบวิธีการทางไฟไนต์โวลุ่ม (Finite Volume Method: FVM) เป็นวิธีการในการลดรูปของสมการอนุพันธ์ย่อยให้อยู่ในรูปของพีชคณิตเพื่อให้สามารถหาค่าอย่างง่าย การสร้างสมการมีลักษณะคล้ายกับระเบียบวิธีการทางไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method: FEM) หรือระเบียบวิธีการผลต่าง (Finite Difference Method: FDM) ไฟไนต์โวลุ่มจะอ้างอิงถึงพื้นที่ผิวที่อยู่รอบๆ จุดต่อ (Node point) การคำนวณเป็นการปริพันธ์ (Integral) สมการอนุพันธ์ที่ประกอบไปด้วยค่าเวกเตอร์ของสมการพื้นผิวแต่ละพื้นผิว ความได้เปรียบของระเบียบวิธีการนี้คือสามารถใช้ได้ดีในแบบจำลองที่มีการแบ่งเอลิเมนต์ที่ไม่เป็นระเบียบ (Unstructured meshes) เป็นวิธีที่ใช้ในการศึกษานี้ โดยมีหลักการแบ่งโดเมนออกเป็นปริมาตรควบคุมย่อย เรียกว่าการกระบวนการดิสครีไทเซชัน โดยการแบ่งช่วงค่าปัญหาให้เป็นรูปสามเหลี่ยมต่อเนื่องออกเป็นช่วงย่อยๆ ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากเพราะใช้กับปัญหาที่มีรูปทรงต่างๆ ได้สะดวกจากนั้นอินทิเกรตสมการควบคุมบนปริมาตรควบคุมแปลงสมการเชิงอนุพันธ์ให้เป็นสมการผลต่าง และคำนวณหาผลเฉลยที่จุดต่อต่างๆ โดยใช้วิธีคำนวณซ้ำ ที่เรียกว่ากระบวนการอิตเอเรชัน (iteration) เพื่อลดความผิดพลาดให้น้อยที่สุด จนค่าเข้าใกล้ค่าศูนย์เรียกว่ากระบวนการนี้ว่าคอนเวอร์เจนท์ (convergent)

การอินทิเกรตบนปริมาตรควบคุมเป็นหลักการทำให้วิธีไฟไนต์โวลุ่มแตกต่างจากวิธีดิสครีไทเซชันแบบอื่น เป็นหลักพื้นฐานของความอนุรักษ์ปริมาณที่ไหลผ่านเข้าออกปริมาตรควบคุม จึงสอดคล้องกับกายภาพของการไหลเป็นอย่างดี ทำความเข้าใจได้ง่าย ข้อดีของวิธีไฟไนต์โวลุ่มคือ ใช้ได้ผลดีกับการไหลทุกรูปแบบ ทั้งแบบราบเรียบและแบบปั่นป่วน จึงถูกนำไปใช้พัฒนาซอฟต์แวร์ซอฟต์แวร์ทั่วไป ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการศึกษานี้คือโปรแกรม FLUENT ANSYS ซึ่งเป็นโปรแกรมที่เป็นที่ยอมรับในแวดวงวิศวกรรมศาสตร์ เพราะผู้ใช้โปรแกรมนี้ต้องมีความเข้าใจในเรื่องฟิสิกส์ของของไหลเป็นอย่างดี โดยเครื่องมือนี้เป็นเพียงเครื่องมือทางคณิตศาสตร์ที่จะช่วยคำนวณประมวลผลในการหาคำตอบ

การรันโปรแกรม ANSYS เพื่อหาคำตอบ สามารถเกิดปัญหาที่เกิดจากความผิดพลาดได้ตลอดเวลา เนื่องจากการคำนวณปัญหาเป็นปัญหาที่ซับซ้อนและมีความละเอียดสูง โปรแกรม ANSYS จะมีความพิเศษที่ช่วยแจ้งถึงการเกิดปัญหาของการคำนวณค่าในแต่ละโวลุ่ม โดยเบื้องต้นโปรแกรมจะทำการรายงานถึงปัญหาเกี่ยวกับการแบ่งโวลุ่มปริมาตรศึกษาหรือปัญหาเกี่ยวกับการอินทิเกรตค่าของความดันหรือความเครียดในแต่ละโวลุ่ม โปรแกรมจะทำการคำนวณค่าแรงในแต่ละโหนด ซึ่งในแต่ละรูปแบบของโวลุ่มจะมีฟังก์ชันแตกต่างกัน โปรแกรมจะคำนวณค่าที่เกิดขึ้นจากเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไป

จุดหนึ่งโดยการอินเทอร์โพลเลต (interpolate) ดังนั้นจึงเป็นเหตุผลที่ว่าทำไมบางครั้งจึงเกิดความผิดพลาดจริงๆ แล้วความผิดพลาดจากการคำนวณนี้มีหลายสาเหตุ อาจจะเนื่องมาจากความหนาแน่นของแรงที่มากเกินไปทำให้เกิดพลังงานความเครียดสูงในแต่ละโวลุ่มทำให้บางโวลุ่มไม่สามารถคำนวณการเสีรูปเนื่องจากพลังงานได้ ในบางครั้งการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างการสัมผัสกันไม่ดีก็อาจทำให้เกิดความผิดพลาดในการคำนวณได้ หรือบางกรณีก็เป็นผลมาจากการกำหนดเงื่อนไขการไหลกับความเป็นจริงก็ส่งผลให้การคำนวณเกิดความผิดพลาดขึ้นได้ และไม่ว่าจะเป็นด้วยเหตุผลอะไรก็ตามการวินิจฉัยถึงปัญหาของความผิดพลาดในการวิเคราะห์จำเป็นต้องมีการพิจารณาอย่างระมัดระวังและนำเอาประโยชน์ของเครื่องมือในการวินิจฉัยปัญหาไปใช้ซึ่งได้แก่ Newton-Raphson residuals และควรที่จะนำเอาเครื่องมือการพล็อตกราฟไปใช้ร่วมกับการวินิจฉัย ซึ่งเครื่องมือเหล่านี้จะเป็นประโยชน์ในการวิเคราะห์ ในปัญหาที่มีความไม่เป็นเชิงเส้นสูงควรที่จะทำการปรับปรุงแบบจำลองที่มีความซับซ้อนที่อาจก่อให้เกิดความเค้นหรือความเครียดที่สูงได้ ตัวผู้ใช้อาจจะนำเอาเทคนิคหลายๆ เทคนิคมาใช้ร่วมกันและความเข้าใจในธรรมชาติทางฟิสิกส์และทฤษฎีจะนำไปสู่การวิเคราะห์ที่ถูกต้อง

ข้อดีของอีกประการของโปรแกรม FLUENT ANSYS คือ การประมวลผลของการคำนวณที่สามารถแสดงเป็นภาพกราฟิกส์แสดงเวกเตอร์การไหล ที่สามารถแสดงเป็นภาพเคลื่อนไหวของการไหล และสามารถแสดงเป็นค่าตัวเลขที่แสดงเป็นค่าปริมาณที่สามารถเปรียบเทียบกันบนฐานเดียวกันได้ ซึ่งผลคำตอบแสดงในส่วนหลังการประมวลผลที่เรียกว่า ส่วน cfd-post

ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ว่าการศึกษาการระบายอากาศของเมืองเริ่มแรกเป็นการศึกษา Peter Summers (1964) ใช้ค่าอุณหภูมิกับค่าความหนาแน่นประชากรกับขนาดของเมืองเป็นตัวแปรเครื่องมือที่ใช้คือการเก็บค่าข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยาและการประมวลผลทางสถิติ ในส่วนของเครื่องมือที่ใช้กับงานในการศึกษาการระบายอากาศของเมืองในภาพรวมนั้น มักใช้ข้อมูลเป็นระบบเปิดที่ไม่สามารถควบคุมตัวแปรอื่นจากธรรมชาติ เช่น พายุ ฝน แดด โดยใช้ข้อมูลจากสถานีอุตุนิยมวิทยาในท้องถิ่นมาใช้หาค่าทางสถิติแสดงค่าความสัมพันธ์ของการระบายอากาศกับลักษณะสัณฐานพื้นที่ จากการจำกัดของเครื่องมือที่มีราคาสูง ในอดีตใช้วิธีวัดค่าแบบใช้การชั่งรถวนวัดค่าใน 2 พื้นที่แล้วประมาณค่าว่าวัดในเวลาเดียวกัน ที่เรียกว่าโมบิลทรานส์เวิร์ส (mobile transverse) ซึ่งมักเกิดความผิดพลาด (error) จากการวัดค่าของเครื่องมือในทุกขั้นตอน เครื่องมือชนิดนี้ในยุคนี้มักใช้ศึกษาปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมืองที่คำนวณพื้นที่ในภาพกว้างโดยประมาณเท่านั้น

อนึ่งการใช้รถเป็นเครื่องมือในการวัดค่าจึงเป็นไปได้เลยที่การศึกษาเรื่องการไหลของอากาศจะใช้เครื่องมือนี้เพราะรถเคลื่อนที่ตลอดเวลา ค่าจึงวูบไหวเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา การศึกษา

จึงไม่สามารถใช้เครื่องมือนี้ได้ ทั้งนี้พบว่าเครื่องมือและวิธีการของ “คอมพิวเตอร์พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (CFD)” มีข้อดีคือ มีความแม่นยำสูง เป็นที่ยอมรับในแวดวงวิชาการพลศาสตร์ของไหล สามารถควบคุมปัจจัยตัวแปรได้ทั้งหมด เพราะเป็นระบบปิด เป็นที่ยอมรับมากและใช้ในการวิจัยในปัจจุบัน

2.7 แนวคิดด้านมาตรการควบคุมทางผังเมือง

แนวความคิดกฎหมายควบคุมอาคารเกิดขึ้นครั้งแรกในประเทศไทย เมื่อ พ.ศ. 2479 มีการแก้ไขต่อมาอีก 2 ครั้งใน พ.ศ. 2504 และ 2515 เดิมเรียกว่า กฎหมายว่าด้วยการควบคุมการก่อสร้างในเขตเพลิงไหม้และได้ถูกยกเลิกไป โดยมีจุดมุ่งหมายหลักในการป้องกันอัคคีภัย สาธารณสุข และการรักษาสภาพแวดล้อม การผังเมือง ความมั่นคงแข็งแรง สถาปัตยกรรม และการอำนวยความสะดวกต่อการจราจร เปลี่ยนเป็นพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร 2522 และเพิ่มเติมใน 2535

กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับเรื่องพื้นที่คลุมดินและพื้นที่ว่างนั้นมีพัฒนาการและมีความสัมพันธ์กับการกำหนดระยะถอยร่นหรือแนวห่างของอาคาร แนวคิดเริ่มมีมาตั้งแต่สมัยรัชกาลที่ 5 ได้รับแนวคิดจากตะวันตกเข้ามา เรียกข้อกำหนดว่า “พระราชกำหนดสุขาภิบาลกรุงเทพมหานคร รัตนโกสินทร์ศก 116 (พ.ศ.2441)” โดยพระราชกำหนดนี้ได้กำหนดเรื่องของการเว้นระยะถอยร่นไว้อย่างชัดเจน ต่อมาจัดตั้งกองผังเมืองและการช่างสุขาภิบาล กรมโยธาเทศบาล ซึ่งตั้งขึ้นในปี พ.ศ.2480 และมีการตรากฎหมายผังเมืองขึ้นฉบับแรกคือ พระราชบัญญัติการผังเมืองและผังชนบท พ.ศ.2495 (นพรัตน์ ตาปนานนท์, 2551) ซึ่งมีสาระสำคัญในการให้อำนาจหน้าที่ในการดำเนินการโครงการทางผังเมือง ซึ่งต่อมาได้พัฒนาเป็น พระราชบัญญัติผังเมือง พ.ศ. 2518 และพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 ซึ่งกำหนดประเภท ลักษณะ แบบ รูปทรง สัดส่วน ขนาดเนื้อที่ ที่ตั้งของอาคาร ระดับ ความสูง เนื้อที่ของที่ว่างภายนอกอาคาร หรือระยะหรือระดับระหว่างอาคารกับอาคารหรือเขตที่ดินของผู้อื่น หรือระหว่างอาคารกับถนน ตรอก ซอยทางเท้า ทาง หรือที่สาธารณะแนวอาคารได้กำหนดพื้นที่ว่าง พื้นที่อาคารปกคลุม หรือระยะถอยร่น จนกระทั่งปี พ.ศ. 2535 เป็นช่วงที่เศรษฐกิจของประเทศขยายตัวสูง จึงมีกฎกระทรวงขึ้นมาควบคุมคือ ฉบับที่ 33 ขึ้นมาบังคับใช้ ซึ่งเป็นกฎหมายควบคุมอาคารสูงและอาคารขนาดใหญ่พิเศษ โดยได้มีบทกำหนดให้มีการเว้นพื้นที่รอบอาคาร และการควบคุมอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (FAR) มาใช้ควบคุมความสูงและพื้นที่ว่างทางอ้อม นับว่าเป็นวิวัฒนาการของการกำหนดแนวระยะถอยร่น ความสูงและพื้นที่ว่าง ที่ใช้เป็นเกณฑ์การควบคุมความหนาแน่น (Density) หรือระดับของการพัฒนา (Intensity) แนวคิดสำคัญเกี่ยวกับมาตรการทางผังเมือง ได้แก่ แนวคิดเรื่องกำหนดระยะถอยร่น ความสูง และพื้นที่ว่างของอาคารโดยทั่วไป มีรายละเอียด ดังนี้

1.แนวคิดเรื่องข้อกำหนดระยะถอยร่นรวมถึงระยะห่างรอบอาคาร การจำกัดความสูง และการกำหนดพื้นที่ว่างของอาคารนั้น พัฒนาจากแนวคิดกฎหมายโรมันที่เรียกว่า “กฎหมายสิบสองตาราง” (Twelve Table) ที่ระบุถึงระยะถอยร่น (Set Back) บางครั้งเรียกว่า “แนวอาคาร” (Building Line) จากขอบที่ดิน (เวเบอร์, 2530) ความสำคัญมาแต่ในอดีตและมีความสำคัญเพื่อการขยายถนน แต่ในขณะเดียวกันเพื่อความเพียงพอของแสง อากาศ เป็นต้น และระยะเว้นว่างเพื่อป้องกันอัคคีภัย ก็เป็นประเด็นสำคัญสำหรับแนวคิดนี้

2.แนวคิดเรื่องข้อกำหนดความสูง จากข้อจำกัดทางเทคโนโลยีทางตั้ง และความสามารถในการป้องกันอัคคีภัย เป็นประเด็นสำคัญสำหรับแนวคิดนี้ (John R. Hall, 2013)

3.แนวคิดเรื่องที่ว่า เพื่อประโยชน์ของงานสาธารณะของเมือง การพักผ่อนหย่อนใจ หรือใช้เป็นที่เพื่อการขยายตัวของเมือง (Charles Elliot, (15 August 1801 – 9 September 1875) เป็นที่ว่างในการป้องกันการลุกลามของอัคคีภัย เป็นประเด็นสำคัญสำหรับแนวคิดนี้

ทั้ง 3 ประเด็น ดังกล่าว นอกจากจะเป็นประเด็นในการป้องกันอัคคีภัย ยังเป็นประเด็นสำคัญสำหรับการเพิ่มการเปิดทางไหลของอากาศสู่เมือง ได้แก่ แนวคิดเรื่องข้อกำหนดระยะถอยร่น แนวคิดเรื่องที่ว่า เป็นแนวคิดเกี่ยวกับพื้นที่ว่างที่เป็นทางไหลของลม และเป็น Negative space ของพื้นที่เมือง แต่แนวคิดเรื่องข้อกำหนดความสูงอาจปิดกั้นทางไหลของลมได้

แนวคิดด้านมาตรการควบคุมทางผังเมือง ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ 1.แผนผังเมือง เป็นแผนผังเมืองที่สร้างขึ้นเพื่อควบคุมเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ที่ดิน 2. ผังเมืองรวม หมายถึง แผนผังนโยบายและโครงการรวมทั้งมาตรการควบคุมโดยทั่วไปเพื่อใช้เป็น แนวทางในการพัฒนา และการดำรงรักษาเมือง หรือชนบท ในด้านการใช้ประโยชน์ในทรัพย์สิน การคมนาคม และการขนส่ง การสาธารณสุข ปลอดภัย บริการสาธารณะ และสภาพแวดล้อม 3. ผังเมืองเฉพาะ หมายถึง แผนผังและโครงการดำเนินการเพื่อพัฒนาหรือดำรงรักษาบริเวณเฉพาะแห่งหรือ กิจกรรมที่เกี่ยวข้อง ในเมือง และชนบท เพื่อประโยชน์แก่การผังเมือง ผังเมืองรวม แบ่งโซนพื้นที่ได้ 10 โซนสี ประกอบด้วยผังเมืองรวม แบ่งได้ เป็นประเภทการใช้ที่ดิน 8 ประเภท และประเภทของที่ว่าอีก 2 ประเภท มีรายละเอียดดังนี้

ประเภทการใช้ที่ดิน 8 ประเภท ประกอบด้วย 1. ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัย แบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ 1.1 **เขตพื้นที่สีเหลือง** กำหนดไว้เป็นสีเหลือง ให้เป็น ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยหนาแน่นน้อย ให้ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อเป็นที่อยู่อาศัย หรือสถาบันราชการ หรือสาธารณประโยชน์เท่านั้น พื้นที่นี้ส่วนมากจะอยู่นอกเมืองหรือในชนบท 1.2 **เขตพื้นที่สีส้ม** กำหนดไว้เป็นสีส้มให้เป็นที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยหนาแน่นปานกลาง ให้ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อเป็นที่อยู่อาศัย หรือสถาบันราชการ หรือ

สาธารณประโยชน์เท่านั้น พื้นที่นี้จะมีผู้อยู่อาศัยมากกว่าพื้นที่สีเหลือง 1.3 เขตพื้นที่สีน้ำตาลกำหนดไว้เป็นสีส้มให้เป็นที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยหนาแน่นมาก ให้ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อเป็นที่อยู่อาศัย หรือสถาบันราชการ หรือสาธารณประโยชน์เป็นส่วนใหญ่ สำหรับการใช้ที่ดินเพื่อกิจการอื่นให้ใช้ได้ไม่เกินร้อยละสิบ

2. **เขตพื้นที่สีแดง** ที่ดินประเภทพาณิชยกรรม แบ่งออกเป็น 5 ระดับ คือ ที่ดินประเภท พ.1 – พ.5 ที่ดินประเภทนี้ ให้ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อพาณิชยกรรม การอยู่อาศัย สถาบันราชการ การสาธารณูปโภค และสาธารณูปการเป็นส่วนใหญ่ สำหรับการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อกิจการอื่นให้ใช้ได้ไม่เกิน ร้อยละสิบของ ที่ดินประเภทนี้ในแต่ละบริเวณ และห้ามใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อกิจการตามที่กำหนด ส่วนมากจะอยู่ในเมืองใหญ่ๆ การใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อกิจการอื่นให้ใช้ได้ไม่เกิน ร้อยละสิบ และห้ามใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อกิจการตามที่กำหนด

3. **เขตพื้นที่สีม่วง**ที่ดินประเภทอุตสาหกรรม แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ เขตพื้นที่สีม่วง เป็นพื้นที่ใช้ประโยชน์สำหรับที่ดินประเภทอุตสาหกรรมและคลังสินค้า ที่สามารถสร้างโรงงานได้ในเขตนี้เท่านั้น 3.1 ที่ดินประเภท อ.1 กำหนดเป็นเขตอุตสาหกรรม เพื่อการบริหารและจัดการสิ่งแวดล้อม สำหรับการประกอบกิจการประเภทอุตสาหกรรมการผลิตที่มีมลพิษน้อย 3.2 ที่ดินประเภท อ.2กำหนดเป็นนิคมอุตสาหกรรม ที่จัดตั้งขึ้นตามกฎหมาย ว่าด้วยการนิคมอุตสาหกรรม ที่ดินประเภทนี้ ให้ใช้ประโยชน์เพื่ออุตสาหกรรม นิคมอุตสาหกรรม การสาธารณูปโภคและสาธารณูปการเป็นส่วนใหญ่ สำหรับการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อกิจการอื่นให้ใช้ได้ไม่เกินร้อยละสิบ และห้ามใช้ประโยชน์ที่ดิน เพื่อกิจการตามที่กำหนด

4. **เขตพื้นที่สีเม็ดมะปราง** ที่ดินประเภทคลังสินค้า กำหนดเป็นที่ประเภท อ.3 ที่ดินประเภทนี้ ให้ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อคลังสินค้า อุตสาหกรรมเกี่ยวกับการบรรจุสินค้า อุตสาหกรรมเกี่ยวกับ การประกอบชิ้นส่วนต่างๆ โดยไม่มีการผลิต และอุตสาหกรรมบริการชุมชน ที่ไม่ก่อเหตุรำคาญ การสาธารณูปโภค และสาธารณูปการเป็นส่วนใหญ่ สำหรับการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อกิจการ อื่นให้ใช้ได้ไม่เกินร้อยละสิบ และห้ามใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อกิจการตามที่กำหนด

5. **เขตพื้นที่สีเขียว**มีกรอบและเส้นทแยงสีเขียว ที่ดินประเภทอนุรักษ์ชนบทและเกษตรกรรม แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ที่ดินประเภท ก.1 1และที่ดินประเภท ก.2 ที่ดินประเภทนี้ ให้ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อเกษตรกรรมหรือเกี่ยวข้องกับเกษตรกรรม สถาบันราชการ การสาธารณูปโภค และสาธารณูปการ และการอนุรักษ์และรักษาสภาพแวดล้อมเป็นส่วนใหญ่ สำหรับการใช้ประโยชน์ที่ดิน

เพื่อกิจการอื่นให้ใช้ได้ ไม่เกินร้อยละห้า และร้อยละสิบ และห้ามใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อกิจการตามที่กำหนด

6. **เขตพื้นที่สีเขียว**ที่ดินประเภทชนบทและเกษตรกรรม แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ที่ดินประเภท ก.3 และที่ดินประเภท ก.4 ที่ดินประเภทนี้ ให้ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อเกษตรกรรมหรือเกี่ยวข้องกับเกษตรกรรม สถาบันราชการ การสาธารณูปโภคและสาธารณูปการเป็นส่วนใหญ่ สำหรับการให้ประโยชน์ที่ดิน เพื่อกิจการอื่นให้ใช้ได้ไม่เกินร้อยละห้า และร้อยละสิบ และห้ามใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อกิจการตามที่กำหนด

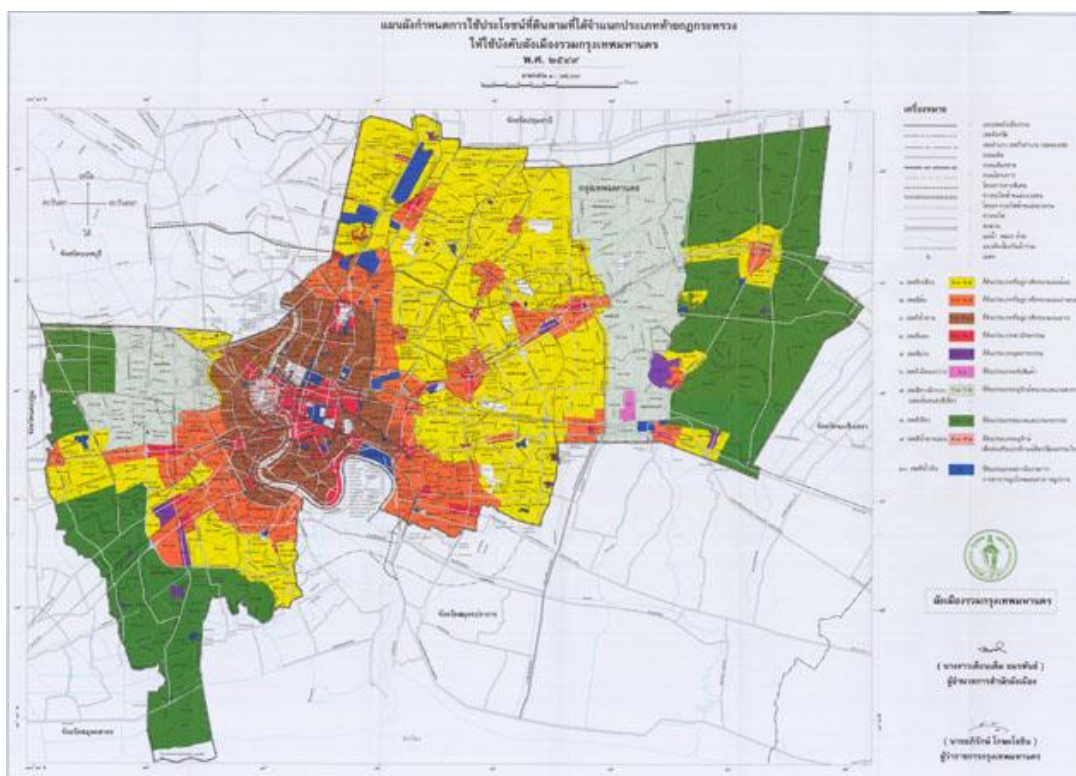
7. **เขตพื้นที่สีน้ำตาลอ่อน**ที่ดินประเภทอนุรักษ์และส่งเสริมศิลปวัฒนธรรมไทย แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ที่ดินประเภท ศ.1 และที่ดินประเภท ศ.2 ที่ดินประเภทนี้ ให้ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการส่งเสริมเอกลักษณ์ศิลปวัฒนธรรมและสถาปัตยกรรม ท้องถิ่น การท่องเที่ยว พาณิชยกรรม การอยู่อาศัย สถาบันราชการ การสาธารณูปโภคและสาธารณูปการเป็นส่วนใหญ่ สำหรับการให้ประโยชน์ที่ดิน เพื่อกิจการอื่นให้ใช้ได้ไม่เกินร้อยละ และห้ามใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อกิจการตามที่กำหนด

8. **เขตพื้นที่สีน้ำเงิน**ที่ดินประเภทหน่วยงานราชการ และสาธารณูปโภค กำหนดให้เป็นที่ดินประเภท ส. ที่ดินประเภทนี้ ให้ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อสถาบันราชการ การศาสนา การศึกษา การสาธารณูปโภค และสาธารณูปการ หรือสาธารณประโยชน์ การใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อวัตถุประสงค์อื่นให้ใช้ได้เฉพาะที่จำเป็น หรือเกี่ยวเนื่องกับการใช้ประโยชน์ที่ดินหลัก

9. **เขตพื้นที่สีเขียวอ่อน** ที่โล่งเพื่อนันทนาการและการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม ให้ใช้ประโยชน์เพื่อนันทนาการหรือเกี่ยวข้องกับนันทนาการ การรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม หรือสาธารณประโยชน์เท่านั้น

10. **เขตพื้นที่สีเขียวอ่อนมีเส้นทแยงสีเขียว** ที่โล่งพักน้ำเพื่อการป้องกันน้ำท่วม ให้ใช้ประโยชน์เพื่อการป้องกันน้ำท่วมการสาธารณูปโภคที่เกี่ยวกับการป้องกันน้ำท่วม หรือสวนสาธารณะเท่านั้น ตัวแปรสำคัญเกี่ยวกับแนวคิดด้านมาตรการควบคุมทางผังเมืองที่ควรนำไปทดสอบในการศึกษานี้ ได้แก่ 1. อัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (Floor Area Ratio หรือ FAR) หมายความว่า อัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมทุกชั้นของอาคารทุกหลังต่อพื้นที่ดินที่ใช้เป็นที่ตั้งอาคาร 2. อัตราส่วนของที่ว่างต่อพื้นที่อาคารรวม (Open Space Ratio หรือ OSR) หมายความว่าอัตราส่วนของที่ว่างอันปราศจากสิ่งปกคลุมต่อพื้นที่อาคารรวมทุกชั้นของอาคารทุกหลังที่ก่อสร้างในที่ดินแปลงเดียวกัน 3. อัตราส่วนพื้นที่ปกคลุมอาคารต่อพื้นที่ดิน (Building Coverage Ratio หรือ BCR)

หมายความว่าอัตราส่วนพื้นที่อาคารและส่วนที่มีหลังคาปกคลุมถึงทั้งหมด ต่อพื้นที่ดินที่ใช้เป็นที่ตั้งอาคาร 4. อาคารสูง หมายความว่า อาคารที่บุคคลอาจเข้าอยู่หรือเข้าใช้สอยได้โดยมีความสูงตั้งแต่ 23.00 เมตรขึ้นไป การวัดความสูงของอาคารให้วัดจากระดับพื้นดินที่ก่อสร้างถึงพื้นดาดฟ้า สำหรับอาคารทรงจั่วหรือปั้นหยาให้วัดจากระดับพื้นดินที่ก่อสร้างถึงยอดผนังของชั้นสูงสุด



ภาพที่ 30 ผังสีของกรุงเทพมหานคร
(ที่มา: กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2549)

2.8 ประเภทและความสำคัญของตัวแปรลักษณะเชิงสัณฐานเมืองต่างๆที่มีต่อการระบายอากาศเมือง

จากการทบทวนวรรณกรรมถึงประเภทและความสำคัญของตัวแปรลักษณะเชิงสัณฐานเมืองต่างๆที่มีต่อการระบายอากาศเมืองพบว่า มีผู้ศึกษาเรื่องรูปทรงเมืองที่ส่งผลต่อคุณภาพอากาศมากมาย (Yoshida and Omae, 2005; grimmond, 2005; Edussuriya, 2010) แต่มักศึกษาในภาพรวมของเมือง เช่น รูปแบบเมืองที่เป็นแบบเมืองกระชับหรือรูปแบบเมืองที่เป็นแบบกระจาย ซึ่งแม้จะบอกค่าต่างของรูปแบบเมืองแต่ละแบบได้หลากหลาย แต่ก็ยังไม่สามารถระบุค่าต่างๆที่ชัดเจนได้ บอกได้เป็นเพียงค่าแนวโน้มหรือความน่าจะเป็นที่จะเกิดขึ้นเท่านั้น จึงไม่ชัดเจนกับปัญหาที่เกิดขึ้นและ

พบว่าสเกลพื้นที่ศึกษาแบ่งเป็น 3 ระดับ คือ ศึกษาพื้นที่กว้างระดับเมือง ศึกษาพื้นที่ระดับชองถนน และศึกษาพื้นที่ระดับชุมชน ดังนี้

2.8.1. ศึกษาพื้นที่กว้างระดับเมือง

กรณีแรกนี้ ผู้ที่ศึกษาพื้นที่กว้างระดับเมือง มักอยู่ในศาสตร์แขนงเทคโนโลยีสารสนเทศ (GIS) นักอุตุนิยมวิทยาที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการวางผังเมือง ที่มองเป็นภาพกว้างจากลักษณะพื้นผิว เช่น พื้นผิวเมือง พื้นผิวชนบท (Yoshida and Omae, 2005; Grimmond and Oke, 1998; Hawkes' 2002; Cionco; and Ellefsen, 1998; Mannin et al, 2000; Long, Mestayer and Keromard, 2003) ตัวแปรที่ใช้ คือ สภาพภูมิประเทศ ประเภทความสูงต่ำของพื้นที่ ระยะห่างจากน้ำทะเล ที่ตั้งขนาดของเมือง จำนวนพื้นที่สีเขียว ฯลฯ

ในส่วนของสัณฐานเมืองจะใช้ค่าแสดงความเป็นเมือง แบบเป็นภาพกว้างเช่นเดียวกัน เช่น ค่าความหยาบผิวเมือง (urban roughness; R_0) รูปทรงเมือง (compact / disperse/ linear/ cluster) ลักษณะพื้นผิวเมืองที่เป็นต้นไม้ แหล่งน้ำ ที่เปิดโล่ง รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปริมาณพื้นที่สีเขียว รูปแบบโครงข่ายถนน เป็นต้น ในกลุ่มนี้แม้จะมองเป็นภาพรวม แต่ก็ระบุตัวแปรในระดับชุมชนด้วย คือ ค่าความสูงเฉลี่ยอาคารทั้งหมด ค่าปริมาตรเฉลี่ยอาคารทั้งหมด ความยาวเส้นรอบรูปเฉลี่ยอาคารทั้งหมด พื้นที่ผิวอาคารเฉลี่ยอาคารทั้งหมด การวางทิศอาคาร ค่าอัตราส่วนพื้นที่ปกคลุมดิน เป็นต้น

สำหรับระเบียบวิธี มักใช้ระเบียบวิธีทางเทคโนโลยีสารสนเทศและอุตุนิยมวิทยาใช้ในการแสวงหาคำตอบ เครื่องมือที่ใช้ มักจะใช้ข้อมูลแผนที่ ความสูงต่ำอาคารจากข้อมูลทางเทคโนโลยีสารสนเทศและจากสถานีอุตุนิยมวิทยาในท้องถิ่นเป็นเครื่องมือที่ติดตั้งอยู่กับที่ ซึ่งตามเกณฑ์ทางอุตุนิยมวิทยาที่ตั้งของสถานีตรวจวัดจะต้องตั้งอยู่บนพื้นที่โล่งจึงนิยมติดตั้งไว้ใกล้กับสนามบิน ไม่สามารถวัดค่าจากพื้นที่เมืองที่มีอาคารหนาแน่นได้ ข้อมูลจึงแสดงค่าแนวโน้มแต่ไม่เป็นค่าจริง ยังไม่ได้ผลที่เที่ยงตรง และไม่สามารถใช้วัดผลอย่างเฉพาะเจาะจงในชองระหว่างอาคารได้

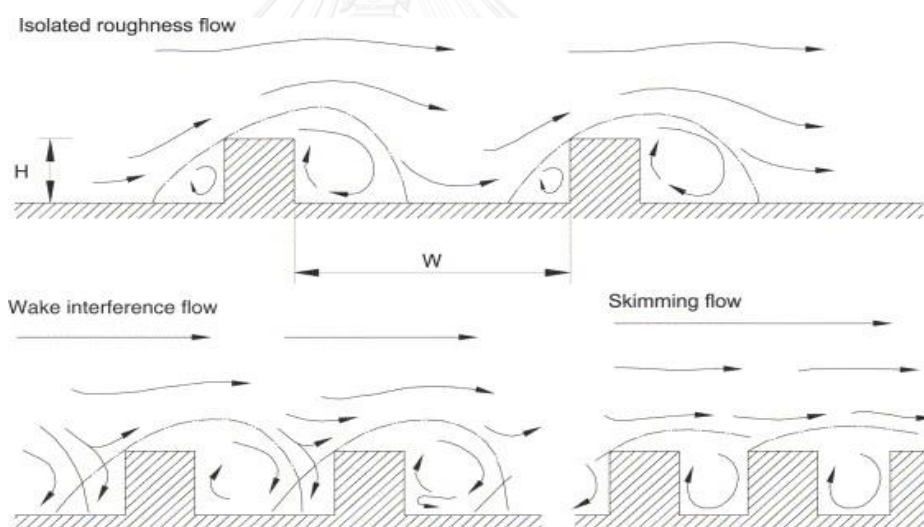
2.8.2. ศึกษาพื้นที่ระดับชองถนน

กรณีนี้เป็นการศึกษาการไหลของอากาศในชองถนนระหว่างอาคาร ที่เรียกว่า urban canyon ดังที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 1 (Nunez, M. And T. R. Oke. 1977; Kusaka, Hiroyuki and Fujio Kimura. 2004; Carpentieri, M, 2009) คือ ชองถนนระหว่างอาคาร 2 อาคารเท่านั้น แม้จะวัดค่าได้ละเอียด ระบุตัวแปรได้ชัด ยังไม่สามารถระบุสัณฐานความเป็นเมืองได้ โดยกลุ่มตัวแปรที่ใช้

มักเป็น ค่าสัดส่วนความกว้างถนนระหว่างอาคารและความสูงอาคารบนสองฝั่งถนนที่เรียกว่าค่า Aspect Ratio (W:H) (Dimoudi and Nikolopoulou, 2003 ; Chan et al, 2001 ; 2003) ได้แก่ ค่า canyon height ratio, canyon aspect ratio, canopy breadth ratio เป็นต้น

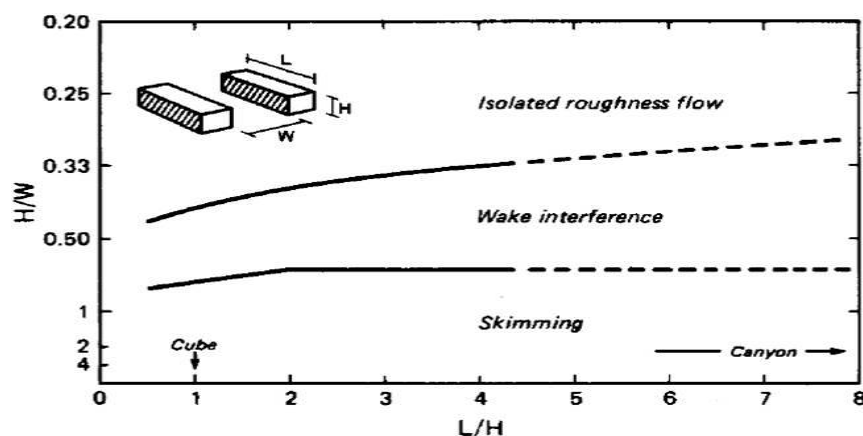
ต่อมานักคิด Oke (1988) เสนอแนวคิดค่าระยะห่างระหว่างอาคารแตกต่างกันมีผลต่อการไหลอย่างไร มีรายละเอียดรูปแบบการไหลและเส้นคอนทัวร์การไหล (Flow field and spatial contours) ดังภาพที่ 31 (Oke เรียกค่าระยะห่างระหว่างอาคาร (ความกว้างของถนน width) ต่อค่า ความสูงของอาคาร(height) ว่าค่า Aspect ratio: H/W) แบ่งรูปแบบการไหล ได้เป็น 3 แบบ คือ

1. การไหลแบบ isolated roughness flow เป็นการไหลแบบอาคารแยกอิสระต่อกัน
2. การไหลแบบ wake interference flow เป็นการไหลแบบถูกรบกวนโดยอาคารแวดล้อม
3. การไหลแบบ skimming flow เป็นการไหลแบบการที่อาคารอยู่ชิดกันมาก ทำให้ลมไหลข้าม (ดังภาพที่ 31)



ภาพที่ 31 แสดงการไหลผ่านอาคารที่ระยะห่างแตกต่างกัน

(ที่มา: Oke, 1988)



ภาพที่ 32 แสดงการไหลผ่านอาคารที่ระยะห่างแตกต่างกัน

(ที่มา: Oke, 1988)

จากกราฟแสดงให้เห็นว่าถ้า

1. H/W มากกว่า 0.5 จะเป็นการไหลแบบ isolated roughness flow คือ มีลักษณะถนนกว้าง อาคารเดี่ยว ถนนกว้างกว่าความสูงอาคาร
2. H/W ต่ำกว่า 0.5 แต่ไม่ถึง 1 จะเป็นการไหลแบบ wake interference flow คือ มีลักษณะถนนกว้างกว่าหรือเกือบจะเท่ากับความสูงอาคาร
3. H/W มากกว่า 1 ขึ้นไป จะเป็นการไหลแบบ skimming flow คือ มีลักษณะถนนแคบ อาคารสูง ถนนแคบกว่าความสูงอาคาร โดยที่ ค่าความยาวอาคารต่อความสูงอาคาร (L/H) มีค่ามากกว่า 1 (หมายถึงรูปทรงลูกบาศก์) ขึ้นไป

กล่าวโดยสรุป คือ skimming flow ($H/W=1$ or 2) wake interference flow ($H/W=0.5$) และ isolated roughness flow ($H/W=0.1$) ความยาวอาคารไม่ค่อยจะมีผลต่อรูปแบบการไหล

ในช่วงเวลาเดียวกันก็มีผู้ศึกษาอีกกลุ่มหนึ่งที่ศึกษาเฉพาะการมองแค่การไหลของอากาศในช่องถนนระหว่างอาคาร ที่เรียกว่า urban canyon (Nunez, M. And T. R. Oke. 1977; Kusaka, Hiroyuki and Fujio Kimura. 2004; Matteo Carpentieri, M, 2009) คำว่า Urban Canyon หมายถึง ช่องถนนระหว่างอาคาร 2 อาคาร ที่ใช้การคำนวณจากค่าความกว้างถนนต่อค่าความสูงอาคารทั้ง 2 ฝั่งถนน ซึ่งปัญหา Urban Canyon เป็นปัญหาที่มักเกิดในพื้นที่เมืองเก่าในทวีปยุโรป ที่มีลักษณะอาคารพาณิชย์สูง 2-5 ชั้น มีช่องถนนที่เปรียบเสมือนรางบรรจุอากาศให้ไหลเป็นแนวระหว่างอาคารทั้ง 2 ฝั่งนั้น ซึ่งแม้จะวัดค่าได้ละเอียด ระบุตัวแปรได้ชัดแต่ก็เป็นเพียงกลุ่มตัวแปรของช่องถนน เช่น ถนนกว้างเท่าใด อาคารด้านข้างถนนทั้ง 2 ฝั่งสูงเท่าไร จึงไม่สามารถบอกถึงสัญญาณความเป็นเมืองได้ครบถ้วน

ซึ่งจะเห็นได้ว่าแนวคิดของ Urban Canyon มีลักษณะแนวคิดที่ชีวิตคนเดินถนนในพื้นที่เมืองยังมีช่องว่างทางการศึกษา เพราะว่า ศึกษาเพียงด้านหน้าของอาคารที่หันสู่ถนนเพียงด้านเดียว ไม่ได้พิจารณาถึงด้านหลังอาคารและส่วนอื่นของเมืองเลย ส่วนนักคิด Oke ก็สนใจในส่วนทางด้านหลังซึ่งเป็นพื้นที่ที่ถึงอาคารบังลมเป็นสำคัญ โดยให้ความสำคัญว่าอาคารไม่ควรอยู่ชิดกันเกินไป แต่ลักษณะกล่องสี่เหลี่ยม (Cuboid) ก็ยังไม่สามารถเป็นตัวแทนแสดงถึงอาคารในสภาพพื้นที่เมืองจริงได้ แนวคิดและทฤษฎี Urban Canyon จึงไม่สามารถนำมาใช้ในการศึกษานี้ แต่ แนวคิดนี้ ช่วยยืนยันว่า มีการไหลของลมผ่านตามช่องถนน และระยะห่างของอาคารที่ตั้งอยู่ด้านหน้า และหลัง ส่งผลต่อการไหลเป็น 3 รูปแบบ (ดังที่กล่าวมาแล้ว) แต่ยังไม่ได้แสดงถึง การวัดค่าการไหลแต่อย่างใด จึงยังเป็นช่องว่างทางการศึกษาที่รอการหาคำตอบ และการศึกษานี้จะมาช่วยตอบคำถามนี้ ดังจะกล่าวถึงในบทที่ 3 ต่อไป

ในส่วนขอบเขตขนาดพื้นที่ในการศึกษาในลำดับต่อไป คือ ศึกษาพื้นที่ระดับชุมชน ดังจะกล่าวในรายละเอียด ต่อไป

2.8.3. ศึกษาพื้นที่ระดับย่าน

กรณีนี้เป็นกรณีการศึกษาที่ศึกษาการระบายอากาศเมืองเป็นภาพขนาดปานกลาง คือไม่เป็นภาพรวมถึงระดับเมืองและไม่ถึงกับภาพขนาดแค่อำเภอ นครปฐม อุทยานแห่งชาติที่คงเป็นความเป็นพื้นที่เมืองไว้ (Aldophe, 2001; Edward Ng, 2009; CHEN Liang, NG Edward, AN Xipo, 2009; Rubina Ramponi, Bert Blocken, 2009; Tingting Hun, Ryuichiro Yoshie, 2013) โดยกลุ่มตัวแปรที่ใช้ คือ BCR ความสูงของอาคาร ค่าความเบี่ยงเบนของความสูง (std. dev. Of building heights) ความยาวเส้นรอบรูปเฉลี่ยของอาคารทั้งหมด ความสูงเฉลี่ยของอาคารทั้งหมด พื้นที่ผิวอาคารทั้งหมดต่อพื้นที่แปลงที่ดิน การวางทิศของอาคารและถนน ปริมาตรเฉลี่ยของอาคารทั้งหมด

เครื่องมือที่ใช้ของผู้ที่ศึกษาในกลุ่มหลังนี้ มักใช้ทั้งระบบเปิดคือการติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดในพื้นที่จริง และการใช้ระบบปิดที่มีความผิดพลาดน้อยกว่า ได้แก่ อุโมงค์ลมที่ใช้การวัดโดยใช้หัววัดเป็นตัวเซ็นเซอร์สอดเข้าไปวัดค่าในชุดทดลองอุโมงค์ลม ซึ่งตัวเครื่องมือวัดค่ากลับกีดขวางทางไหลส่งผลให้เกิดค่าความผิดพลาด (error) จากการวัดค่าของเครื่องมือในขั้นตอนนี้ การย่อส่วนโมเดลเมืองที่ใช้ในการทดลองให้เป็นขนาดเล็กกับลมที่พัดโดยใช้พัดลม (blower) ต่างจากลมในสภาพอากาศในเมืองที่แท้จริงมาก อีกทั้งยังไม่สามารถควบคุมปัจจัยภายนอกอื่น เช่น ลม ความชื้น ความร้อนภายนอก ที่ส่งผลต่อผลการทดลองได้ และพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (computer fluid dynamics: CFD) ซึ่งวัดค่าจากการประมวลผลของคอมพิวเตอร์ในขั้นตอนเดียว และเป็นเครื่องมือที่สามารถแสดง

รูปแบบการไหล (flow visualization) แสดงเป็นเวกเตอร์ ที่บอกได้ทั้งทิศทางและขนาดของการไหล จึงมีความแม่นยำสูง ทุกขั้นตอนใช้วิธีการคำนวณเชิงตัวเลขก่อนประมวลผลเป็นภาพ จึงนับเป็นเครื่องมือที่เหมาะสมที่จะใช้ในการศึกษาวิเคราะห์ค่าตัวแปร และค่าความลึกของแต่ละตัวแปร

อย่างไรก็ตามแม้ว่าต่อมามีผู้ศึกษาในศึกษาเรื่องนี้เมืองที่มีขนาดอาคารและถนนมากขึ้น แต่ก็ยังเป็นอาคารและถนนที่จำลองขึ้นในรูปแบบกล่องซ้ำกัน แต่ยังไม่ได้ศึกษาในพื้นที่เมืองที่ใช้ข้อมูลของพื้นที่จริง (Bocken, 2004; Padcha, 2010) การศึกษาเรื่องระบายอากาศและการไหลของอากาศผ่านวัตถุที่มักจะทำการศึกษาโดยวิศวกรเครื่องกลที่เกี่ยวข้องกับของไหล (fluid mechanics engineer) ในแวดวงการศึกษาในเครื่องยนต์ เครื่องจักรกล ในอุปกรณ์ขนาดเล็ก (เช่น ในเครื่องจักรหรือในท่อ) อีกทั้งการระบายอากาศ และมักทำการศึกษาในเงื่อนไขแบบอุดมคติ ในระบบปิดที่มีการวัดอากาศเข้าและออก ต่อมาเมื่อต้องการประยุกต์ศาสตร์การไหลที่มีความถูกต้องแม่นยำสูงมาใช้กับงานผังเมือง ก็ยากที่วิศวกรจะทำความเข้าใจความซับซ้อนของสัญญาณเมือง มักใช้รูปทรงลูกบาศก์ (cuboid) และการจัดวาง (array) แบบง่ายๆ แทนความเป็นเมืองแทนซึ่งค่าที่ได้ไม่เป็นจริงและไม่ถูกต้อง

ในส่วนของนักผังเมืองและผู้ที่เกี่ยวข้องกับผังเมืองก็ยากมากที่จะทำความเข้าใจศาสตร์การคำนวณการไหลแบบวิศวกรรมซึ่งเป็นศาสตร์ขั้นสูงที่มีการเรียนในระดับชั้นมหาวิทยาลัยตัวท่ายกก่อนจะต่อสู่ศุภฤกษ์บัณฑิต จึงถือเป็นการศึกษาที่ลึกลับซับซ้อนสูงมากเช่นเดียวกัน ทั้ง 2 ฝ่ายต่างไม่มีความรู้ความเข้าใจในอีกศาสตร์ต่างห้วนเกรง ไม่กล้าที่จะก้าวเข้าไปในสิ่งที่มีพื้นฐานต่างกันมาก จึงเกิดเป็นช่องว่าง (gap) ทางวิชาการที่นำมาสู่การศึกษานี้ ซึ่งแม้จะทราบกันมานานแล้วว่าการไหลของอากาศมีความสำคัญต่อพื้นที่เมืองเป็นอย่างยิ่ง แต่เป็นเพียงแนวคิดที่ยังขาดการพิสูจน์วัดผลที่แน่ชัด

การศึกษานี้จึงต้องทำการศึกษาจากงานวิจัยในอดีตซึ่งมีผู้ศึกษาไว้บ้าง แต่ยังเป็นแบบกระจัดกระจายอยู่ในศาสตร์หลาย ๆ ศาสตร์ ทั้งทาง อุตุนิยมวิทยา คุณภาพอากาศ ฟิสิกส์ วิศวกรรมของไหล และในแวดวงผังเมือง จึงจำเป็นต้องจัดหมวดหมู่เพื่อวิเคราะห์กรอบแนวคิดในส่วนของตัวแปรและระเบียบวิธีที่ใช้ในการหาค่าตอบจากการทบทวนวรรณกรรม ดังจะได้กล่าวถึงรายละเอียด ในหัวข้อต่อไป

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวกับสเกลพื้นที่ศึกษา พบว่า ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาในทั้ง 3 ระดับ คือ ระดับเมือง ระดับชองถนน และระดับย่านของเมือง ดังนี้

1. ในการศึกษาพื้นที่กว้างระดับเมือง กลุ่มตัวแปรที่ใช้คือ ค่าสัณฐานเมืองจะใช้ค่าแสดงความ เป็นเมือง แบบเป็นภาพกว้างเช่นเดียวกัน เช่น ค่าความหยาบผิวเมือง (urban roughness; R_0) รูปทรงเมือง (compact / disperse/ linear/ cluster) ลักษณะพื้นผิวเมืองที่เป็นต้นไม้ แหล่งน้ำ ที่เปิดโล่ง รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปริมาณพื้นที่สีเขียว รูปแบบโครงข่ายถนน ซึ่งตัวแปรเหล่านี้ มักเป็นค่าที่ใช้การพยากรณ์อุตุนิยมนวิทยา โดยมีเครื่องมือที่ใช้คือ แผนที่สารสนเทศทางอากาศ เครื่องมือทางสถิติ ข้อมูลกรมอุตุนิยมนวิทยา

2. ในการศึกษาพื้นที่ระดับย่าน กลุ่มตัวแปรที่ใช้ คือ ค่าพื้นที่อาคารชั้นดินต่อพื้นที่แปลงที่ดิน (BCR) ความสูงของอาคาร ค่าความเบี่ยงเบนของความสูง (standard deviation of building heights) ความยาวเส้นรอบรูปเฉลี่ยของอาคารทั้งหมด ความสูงเฉลี่ยของอาคารทั้งหมด พื้นที่ผิวอาคารทั้งหมดต่อพื้นที่แปลงที่ดิน การวางทิศของอาคารและถนน ปริมาตรเฉลี่ยของอาคารทั้งหมด เครื่องมือที่ใช้ คือ คอมพิวเตอร์พลศาสตร์ของไหล (CFD) เครื่องมือวัดภาคสนาม เครื่องมือทางสถิติ

3. ในการศึกษาพื้นที่ระดับชองถนน กลุ่มตัวแปรที่ใช้คือ ค่า canyon height ratio, canyon aspect ratio, canopy breadth ratio เป็นต้น เครื่องมือที่ใช้คือ เครื่องมือวัดภาคสนาม แบบจำลองอุโมงค์ลม คอมพิวเตอร์พลศาสตร์ของไหลของไหล (CFD) เครื่องมือวัดภาคสนาม เครื่องมือทางสถิติ

ทั้งนี้จะเห็นว่า การศึกษาพื้นที่กว้างระดับเมืองนี้ กว้างเกินไป ระดับชองถนนนี้ เล็กเกินไป ไม่สามารถใช้ตอบคำถามในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ ไม่สามารถใช้ตอบคำถามในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ การใช้ศึกษา “ระดับย่าน” เท่านั้น ที่มีข้อดีและมีความเหมาะสมกับการศึกษานี้ เพราะมีความเป็นเมืองที่มีความสัมพันธ์ของบล็อกแวดล้อมและ ในระดับบล็อกที่เชื่อมกันเป็นระดับย่านนั้นมีความเป็นเมืองที่แท้จริง ความเป็นเมืองแสดงลักษณะฐานจริงของเมืองที่เป็นลักษณะเฉพาะของเขตพัฒนาหนาแน่นของกรุงเทพมหานครชั้นคือเขตบางรัก อีกทั้งในระดับบล็อกที่กล่าวมาแล้วนั้นยังมีความละเอียดเพียงพอที่จะวิเคราะห์พิจารณาถึงถึงส่วนประกอบที่เป็นรายละเอียดสัณฐานเมืองด้วย

2.8.4. ตัวแปร ที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรม

จากการทบทวนวรรณกรรมถึงการศึกษาที่ผ่านมา เนื่องจากการศึกษานี้ ยังไม่พบงานวิจัยที่แสดงแนวคิดทฤษฎีด้านนี้โดยตรง จึงต้องประมวลผลจากงานวิจัยอื่น ๆ จากการทบทวนวรรณกรรม

เพื่อนำไปสร้างกรอบแนวคิดของการศึกษา เพื่อค้นหาในส่วนการคัดเลือกตัวแปรและเครื่องมือในการวิเคราะห์ของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มีรายละเอียด ดังนี้

ที่มาของข้อมูล	ตัวแปรลักษณะเชิงสัณฐานเมืองเมือง			ตัวแปรอื่นๆ	ระเบียบวิธีและขนาดของพื้นที่ศึกษา (Context of the study)
	ระดับภูมิภาคและ	ตัวแปรการพัฒนาที่ดิน (development)ระดับย่าน	ตัวแปรสัณฐานอาคาร (build-configuration)ระดับ		
Yoshida and Omae, (2005)		พื้นที่ผิวอาคารทั้งหมดต่อพื้นที่แปลงที่ดิน	ความสูงเฉลี่ยของอาคารทั้งหมด		พื้นที่ขนาด 2 กิโลเมตร x 2 กิโลเมตร ในเมืองโตเกียว
		ปริมาตรอาคารทั้งหมดต่อพื้นที่แปลงที่ดิน	ปริมาตรเฉลี่ยของอาคารทั้งหมด		วิเคราะห์สัณฐานเมืองโดยใช้
		BCR			โมเดลUrban landscape
Dimoudi and Nikolopoulou, (2003)		พื้นที่ผิวอาคารต่อปริมาตรอาคารทั้งหมดบนพื้นที่แปลงที่ดิน			
		ระยะห่างจากพื้นที่เมืองถึงพื้นที่สีเขียว	ความหนาแน่นของอาคาร (density)	ชนิดของพืชพรรณ	วิเคราะห์พื้นที่ผิวเมืองโดยใช้ CFD
			ขนาดของพื้นที่สีเขียว	ค่าเปิดสู่ท้องฟ้า (sky view factor)	วิเคราะห์หิมะของเมือง ขนาด 90 เมตร x 90 เมตร
Chan et al., (2001 And 2003)			การวางทิศของอาคาร		CFD รุ่นที่ละบลิค วิเคราะห์หลายบลิค
			- canyon height ratio : h/w		โดเมนขนาดใหญ่
			- canyon aspect ratio : h/L		200เมตร x 350เมตร x 600เมตร
		- canopy breadth ratio : b/w			
Long, Mestayer and	ประเภทความสูงต่ำของพื้นที่เมือง (เช่น หุบเขา เนินเขา)	ค่าความแน่นเมือง (compactness) (พื้นที่ผิวต่อเส้นรอบรูป)	ความสูงเฉลี่ยของอาคารทั้งหมด		วิเคราะห์พื้นที่ 200เมตร x 200เมตร ในพื้นที่ grid ของเมือง 4 กิโลเมตร x 4 กิโลเมตร
Tingting Hun, Ryuichiro Yoshie (2013)		การจัดวางอาคารในพื้นที่เมือง	BCR		วัดค่าประสิทธิภาพการระบายอากาศ
			ความสูงของอาคาร		was 326m X 326m X 2m ที่เชียงใหม่
			ค่าอัตราความเร็วลมเฉลี่ยเชิงพื้นที่ spatial average wind speed ratio (VRw), ค่าความเข้มข้นของมลภาวะ pollutant concentration (C*), purging flow rate (PFR), visitation frequency (VF) and average residence time (TP).		Code Fluent 6.3 Turbulence model Standard k-ε model Outlet Outflow Upper and side surface Symmetry (for wind direction 0, 90) Building surface and ground Wall function

ที่มาของข้อมูล	ตัวแปรลักษณะเชิงสัณฐานเมืองเมือง			ตัวแปรอื่นๆ	ระเบียบวิธีและขนาดของพื้นที่ศึกษา (Context of the study)
	ระดับภูมิภาคและ	ตัวแปรการพัฒนาที่ดิน (development) ระดับย่าน	ตัวแปรสัณฐานอาคาร (build-configuration) ระดับ		
Keromard, (2003)	สภาพภูมิประเทศ	BCR	ความยาวเส้นรอบรูปเฉลี่ยของอาคารทั้งหมด		ในฝรั่งเศส ใช้เทคนิคเชิงสถิติกับGIS
		ความหนาแน่นของพืชพรรณ ความหนาแน่นวัสดุพื้นที่ไม่สามารถซึมผ่านได้ - roughness length - displacement length	ปริมาตรเฉลี่ยของอาคารทั้งหมด		
Hawkes, (2002)	สภาพภูมิประเทศ	ความหนาแน่นเมือง (density)	การวางทิศของอาคาร		
	ความสูงจากทะเล	พืชพรรณ	พื้นที่ผิวอาคารต่อปริมาตรอาคาร		
	ระยะห่างจากแหล่งน้ำ	ขนาดที่ดิน	ระยะห่างระหว่างอาคาร		
	ที่ตั้งของแต่ละการดิน	รูปแบบgrain ของเมือง	ความสูงเฉลี่ยของอาคารทั้งหมด		
		รูปแบบการจัดวางตัวของอาคารโดยรวม			
Givoni, (1998)	สภาพภูมิประเทศ	ความหนาแน่น	ความสูงของอาคาร	ความหนาแน่นประชากร	
	ขนาดของเมือง	- urban roughness : Zo	ความกว้างถนน		
		พื้นที่เปิดโล่ง	การวางทิศของอาคารและถนน		
Cionco and Ellefsen, (1998)	ประเภทความสูงต่ำของพื้นที่เมือง (เช่น หุบเขา เนินเขา)	ความหนาแน่นอาคาร(%)	การวางทิศของอาคาร	การสะท้อนแสง	Grid ขนาด 100เมตร x 100เมตร
		พื้นที่ผิวดินที่น้ำซึมผ่านไม่ได้(%)	ความสูงเฉลี่ยของอาคารทั้งหมด		วิเคราะห์ฐานข้อมูลGISความสูงกับข้อมูลอุณภูมิวิทยา เน้นการศึกษามานประเภทความสูงต่ำของพื้นที่เมือง(เช่น หุบเขา เนินเขา)
Oke, (1988)		ความหนาแน่นอาคาร(%)	- street canyon ratios : h/w, L/w,	ค่าเปิดสู่ท้องฟ้า (sky view factor)	หาความสัมพันธ์รูปทรงเรขาคณิตเมืองกับสภาพภูมิอากาศ
		- relative zo = zo per av. H - roughness density = A of silhouette per lot area.	b/w-	การสะท้อนแสง	Street canyon โดยใช้โมเดลทางคณิตศาสตร์
Grimmond and Oke -1998		BCR	- roughness element heights		สำรวจฐานข้อมูล GIS ใน 11 เมืองในสหรัฐอเมริกา ใช้ข้อมูลสัณฐานเมืองมาหาความสัมพันธ์กับสภาพภูมิอากาศ
		- frontal area index	- canyon aspect ratio = h/w		
		- complete aspect ratio			
		- roughness length - zero plane displacement height			
Golany, (1995)	ระยะห่างจากศูนย์กลางเมืองถึงสุดขอบเขตของเมือง	อาคาร	การวางทิศของอาคารและถนน	ความหนาแน่นประชากร	
		รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ความสูงของอาคาร	ประเภทกิจกรรมของคน	
	การจัดองค์ประกอบภายในเมือง	ความโกล่งมของอาคาร (conglomeration)	ความกว้างถนน	รัศมีอาคาร	
	รูปทรงของเมืองและถนนระยะห่างจากแหล่งน้ำ	พื้นที่สีเขียวและพื้นที่เปิดโล่ง ร่มเงาจากพื้นที่เมือง (silhouette)		เส้น skyline ของเมือง	

ที่มาของข้อมูล	ตัวแปรลักษณะเชิงสัณฐานเมืองเมือง			ตัวแปรอื่นๆ	ระเบียบวิธีและขนาดของพื้นที่ศึกษา(C)
	ระดับภูมิภาคและ	ตัวแปรการพัฒนาที่ดิน (development)ระดับย่อย	ตัวแปรสัณฐานอาคาร (build-configuration)ระดับ		
Weber et al., (2001)	พื้นที่ผิวของอาคาร	ความหนาแน่นของผิวเมือง	ความสูงของอาคาร	ความหนาแน่นประชากรในรัศมี 1 ตารางกิโลเมตร	□ วิเคราะห์ข้อมูล GIS ขนาดพื้นที่ 1 กิโลเมตร X 1 กิโลเมตร
	ปริมาตรอาคารทั้งหมดบนพื้นที่แปลงที่ดิน	คุณลักษณะของสิ่งปกคลุมดิน	การวางทิศของอาคารและถนน		ค้นหารูปทรงเมืองที่ส่งผลกระทบต่อสภาพภูมิอากาศในพื้นที่เมือง
			ความกว้างถนน	ระยะห่างจากที่มี การจราจรติดขัด	ในฝรั่งเศส
			ชนิดของอาคาร	จำนวนถนนที่เชื่อมต่อไปที่พื้นที่ศึกษา	
Adolphe, (2001)		ความหนาแน่น	ความกว้างถนน		ค้นหารูปทรงเมืองที่ส่งผลกระทบต่อสภาพภูมิอากาศในพื้นที่เมือง ในระดับย่อย Neighborhood scale โดยใช้ข้อมูลเชิงสัณฐาน พัฒนา Software ข้อมูลสัณฐานเมืองโดยใช้ฐานข้อมูลGIS***
		ความขรุขระผิวเมือง (Rugosity)	ความสูงของอาคาร		
		วัสดุผิว	ขนาดของพื้นที่ว่าง		
		ความพรุนเมือง (Porosity)			
		ความคดเคี้ยวเมือง (Sinuosity) ความตันตันเมือง (Occlusivity)			
Ratti et al., (2000)		BCR	การวางทิศของอาคารและถนน	ค่าเปิดสู่ท้องฟ้า (sky view factor)	โมเดล DEM (Digital elevation Model) หาค่าความสัมพันธ์ของ
And		- roughness length (zo)	ความสูงเฉลี่ยของอาคารทั้งหมด		การแพร่ของก๊าซมลพิษกับการไหลของลมเหนือพื้นที่เมือง
Ratti et al., (2001)		- frontal area density	ค่าความเบี่ยงเบนของความสูง (std. dev. Of building heights)		ที่ขนาด 2 และ 3.5 ตารางกิโลเมตร
		- zero plane displacement height			
Newton, (2000) or Mannin's et al., -2000	สภาพภูมิประเทศ	ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน รูปทรงของเมือง (compact/disperse/linear/cluster etc)	รูปทรงอาคาร		
			การวางทิศของอาคารและถนน		
Santamouris, (2000)	สภาพภูมิประเทศ	ความหนาแน่นเมือง (density)	ความกว้างถนน	ระยะห่างจากแหล่งมลพิษ	
And	ความสูงจากทะเล	ผังการจัดวางอาคารในเมือง	ความสูงของอาคาร		
Santamouris and Asimakopoulous, -1996	ระยะห่างจากทะเล	ลักษณะผิวพื้นที่เป็นต้นไม้	การวางทิศของอาคารและถนน	วัสดุและสีวัสดุผิวอาคาร external surface	
		ลักษณะผิวพื้นที่เป็นแหล่งน้ำ	ระยะห่างระหว่างอาคาร		
		ลักษณะผิวพื้นที่เปิดโล่ง	ความกว้างถนน		
Theurer, (1999)	ขนาดของเมือง	รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน	การวางทิศของอาคารและถนน		แยกประเภทอาคาร ด้วยgrid ขนาด 1 ตารางกิโลเมตร X 1 ตารางกิโลเมตร
	รูปทรงของหลังคา	BCR	ความกว้างถนน	ความกว้างถนน	
		ลักษณะอาคารรอบๆ	ความสูงของอาคาร		h/w ความกว้างถนน, ความยาวถนน
		ปริมาณพื้นที่สีเขียวในพื้นที่ศึกษา	ความกว้าง ความยาวของอาคาร		ระยะห่าง
			ระยะห่างระหว่างอาคาร		
Edward Ng(2009)		Building disposition	air ventilation assessment (AVA)		รูปทรงหลังคา
			ความสูงของอาคาร		
			Building permeability		
			BCR		
CHEN Liang*, NG Edward, AN Xipo (2009)				zero-plane displacement	LES simulation GIS
Rubina Ramponi a,b, Bert Blocken (2009)					path finding algorithm
					Computational Fluid Dynamics (CFD)

ภาพที่ 33 ตัวแปรลักษณะสัณฐานของเมือง จากการทบทวนวรรณกรรม

(ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

จากภาพที่ 33 พบว่า ในการศึกษาที่ผ่านมา ปัจจัยตัวแปร ที่เกี่ยวกับความสูง มีนักผังเมือง และนักอุตุนิยมวิทยาใช้เป็นตัวแปรที่ถูกรวบรวมมาใช้ในการหาคำตอบเกี่ยวกับการไหลของอากาศในพื้นที่เมือง “มากที่สุด” ค่าที่ใช้เกี่ยวกับความสูงคือ ความสูงของอาคาร ค่าความเบี่ยงเบนของความสูง (std. dev. Of building heights) ความสูงเฉลี่ยของอาคารทั้งหมดในพื้นที่ ได้แก่ Yoshida and Omae, (2005), Cionco and Ellefsen, (1998), Givoni, (1998), Oke, (1988), Grimmond and Oke (1998), Golany, (1995), Weber et al., (2001), Adlolphe, (2001), Ratti et al., (2000) And Ratti et al., (2001), Newton, (2000) and Mannin’s et al., (2000) Santamouris, (2000) And Santamouris and Asimakopoulous, (1996) และ Theurer, (1999), Edward Ng, (2009), CHEN Liang, Edward ng and AN Xipo (2009), Rubina Ramponi a,b, Bert Blocken (2009) Tingting Hun, Ryuichiro Yoshie (2013)

นักผังเมืองและนักอุตุนิยมวิทยาใช้เป็นตัวแปรที่ถูกรวบรวมมาใช้ในการหาคำตอบเกี่ยวกับการไหลของอากาศในพื้นที่เมืองอันดับสองรองลงมา คือ ค่าพื้นที่อาคารชั้นดินต่อพื้นที่แปลงที่ดิน (BCR) มีนักผังเมืองและนักอุตุนิยมวิทยาจำนวนเสนอแนวคิดให้ใช้มาก นักคิดเหล่านี้ คือ Yoshida and Omae, (2005) , Long, Mestayer and Keromard, (2003), Givoni, (1998) , Grimmond and Oke (1998) , Ratti et al., (2000) And Ratti et al., (2001) , Edward Ng, (2009) , CHEN Liang, Edward ng and AN Xipo (2009) , Rubina Ramponi a,b, Bert Blocken (2009) Tingting Hun, Ryuichiro Yoshie (2013)

นักผังเมืองและนักอุตุนิยมวิทยาใช้เป็นตัวแปรที่ถูกรวบรวมมาใช้ในการหาคำตอบเกี่ยวกับการไหลของอากาศในพื้นที่เมืองอันดับสองเช่นเดียวกัน คือ การวางทิศของอาคารและถนน มีผู้สนับสนุนแนวคิดนี้ คือ Dimoudi and Nikolopoulou, (2003) Chan et al., (2001 and 2003) , Hawkes, (2002) , Givoni, (1998) , Cionco and Ellefsen, (1998) , Golany, (1995) , Weber et al., (2001) , Ratti et al., (2000) And Ratti et al., (2001), Newton, (2000) and Mannin’s et al., (2000) Santamouris, (2000) Santamouris and Asimakopoulous, (1996) และ Theurer, (1999)

นักผังเมืองและนักอุตุนิยมวิทยาใช้เป็นตัวแปรที่ถูกรวบรวมมาใช้ในการหาคำตอบเกี่ยวกับการไหลของอากาศในพื้นที่เมืองอันดับต่อมา คือ ค่าความหนาแน่น มีผู้สนับสนุนแนวคิดนี้ ได้แก่ Dimoudi and Nikolopoulou, (2003) Chan et al., (2001 and 2003), Givoni, (1998), Cionco and Ellefsen, (1998), Oke, (1988), Adlolphe, (2001), Newton, (2000) and Mannin’s et al.,

(2000) Santamouris, (2000) Santamouris and Asimakopoulous, (1996) และ Theurer, (1999)

นอกจากนี้ นักผังเมืองและนักอุตุนิยมวิทยาใช้เป็นตัวแปรที่ถูกนำเสนอมาใช้ในการหาคำตอบเกี่ยวกับการไหลของอากาศในพื้นที่เมืองอันดับต่อมา คือ ค่าตัวแปรที่บรรยายถึงลักษณะอาคาร ได้แก่ ค่าความยาวเส้นรอบรูปเฉลี่ยของอาคารทั้งหมด พื้นที่ผิวอาคารทั้งหมดต่อพื้นที่แปลงที่ดิน ปริมาตรเฉลี่ยของอาคารทั้งหมด ความกว้าง ความยาวของอาคาร และความกว้างถนน มีผู้สนับสนุนแนวคิดนี้ได้แก่ Givoni, (1998), Oke, (1988), Weber et al., (2001), Adolphe, (2001), Rubina Ramponi a,b, Bert Blocken (2009) Tingting Hun, Ryuichiro Yoshie (2013) ตัวแปรที่น่าสนใจตัวหนึ่ง คือ รูปแบบของเมือง ซึ่งมีผู้ศึกษาเพียงคนเดียว คือ Hawkes, (2002)

เพื่อให้ทำความเข้าใจได้ง่ายขึ้น ผู้วิจัยจึงจัดทำตารางแถบสีตัวแปร ในภาพที่ 33 และทำสรุปแยกตัวแปรที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรม ไว้ในภาพที่ 34

	ความถี่ของแถบสี
BCR	10
ความสูงของอาคาร	9
ค่าความเบี่ยงเบนของความสูง (std. dev. Of building heights)	1
ความยาวเส้นรอบรูปเฉลี่ยของอาคารทั้งหมด	1
ความสูงเฉลี่ยของอาคารทั้งหมด	4
พื้นที่ผิวอาคารทั้งหมดต่อพื้นที่แปลงที่ดิน	4
การวางทิศของอาคารและถนน	10
ปริมาตรเฉลี่ยของอาคารทั้งหมด	4
ความกว้าง ความยาวของอาคาร	2
ความกว้างถนน	10
ค หนาแน่น	8
รูปแบบgrain ของเมือง	1

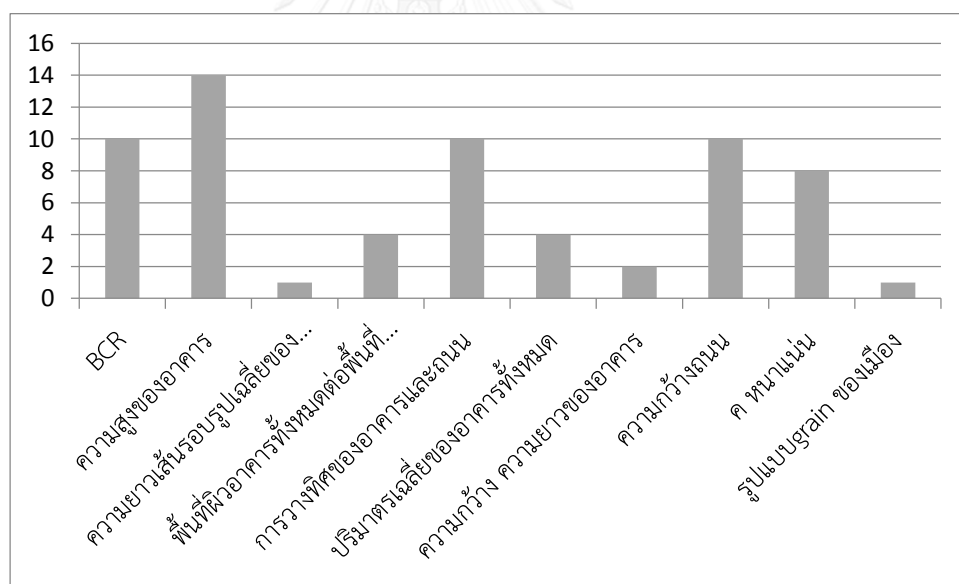
ภาพที่ 34 สรุป แยกตัวแปรที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรม

(ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

ภาพที่ 34 พบว่า ตัวแปรสัญญาณที่เกี่ยวกับตัวแปรการพัฒนาพื้นที่เมือง (Development) และตัวแปรเกี่ยวกับสัญญาณอาคาร (build-configuration) ในระดับย่าน (Neighborhood) ที่เป็นประเด็นน่าสนใจ เพื่อที่จะใช้ตัวแปรสัญญาณเมืองที่เกี่ยวข้องกับการระบายอากาศเมือง ที่ถูกเลือกใช้ในการศึกษามากที่สุด (ปรากฏเป็นแถบสีแดง เขียวอ่อน เขียวแก่ บานเย็น ส้ม เหลือง แสด ชมพู ฟ้าน้ำเงิน ฟ้ามอมเขียว ตามลำดับ (ดังภาพที่ 33 และภาพที่ 34)

ดังที่กล่าวมาแล้วว่า ยังไม่พบงานวิจัยที่แสดงแนวคิดทฤษฎีด้านนี้โดยตรง จึงต้องประมวลผลจากงานวิจัยอื่น ๆ จากการทบทวนวรรณกรรม เพื่อนำไปสร้างกรอบแนวคิดของการศึกษา ความถี่ของการใช้ตัวแปรที่ถือเป็นลักษณะร่วมนับเป็นเรื่องสำคัญ ที่พอจะใช้ในการกรองเบื้องต้นว่า ตัวแปรใดที่อยู่ในข่ายที่จะเกี่ยวข้องกับการหาความสัมพันธ์ระหว่างการไหลเวียนอากาศในพื้นที่เมือง จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จำนวน 16 ชิ้น (ดังตารางที่ 2.5) มีดังนี้ ตัวแปรที่เกี่ยวกับความสูง รวม 14 ครั้ง คือ ความสูงของอาคาร 9 ครั้ง, ค่าความเบี่ยงเบนเฉลี่ยของความสูง (std. dev. Of building heights) 1 ครั้ง, ความสูงเฉลี่ยของอาคารทั้งหมด 4 ครั้ง อันดับถัดมาคือ ค่าพื้นที่อาคารชั้นดินต่อพื้นที่แปลงที่ดิน (BCR) 10 ครั้ง, การวางทิศของอาคารและถนน 10 ครั้ง

อันดับต่อมา คือ ค่าตัวแปรที่บรรยายถึงลักษณะอาคาร ได้แก่ ค่าความยาวเส้นรอบรูปเฉลี่ยของอาคารทั้งหมด 1 ครั้ง, พื้นที่ผิวอาคารทั้งหมดต่อพื้นที่แปลงที่ดิน 4 ครั้ง, ปริมาตรเฉลี่ยของอาคารทั้งหมด 4 ครั้ง, ความกว้าง 2 ครั้ง, ความยาวของอาคาร และความกว้างถนน 2 ครั้ง, ความหนาแน่น 10 ครั้ง, รูปแบบของเมือง 1 ครั้ง



ภาพที่ 35 แสดงค่าความถี่ของตัวแปรที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรม

(ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

จากภาพจะเห็นว่า ตัวแปรที่ใช้มากที่สุด โดดเด่น คือ ปัจจัยเกี่ยวกับความสูง การวางทิศ และลักษณะของเมือง ตามลำดับ

สรุปในส่วนของตัวแปรจากการทบทวนวรรณกรรมการศึกษาการไหลของอากาศระดับย่าน บนพื้นที่เมือง พบว่า ตัวแปรสัณฐานเมืองที่มีนัยสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการระบายอากาศเมืองมี รายละเอียด ดังนี้ คือ

1. ตัวแปรที่เกี่ยวกับความสูง ได้แก่ ความสูงเฉลี่ยของอาคารทั้งหมด ความสูงของอาคาร ค่าความเบี่ยงเบนของความสูง) พื้นที่สิ่งปกคลุมดินต่อแปลงที่ดิน (BCR)
2. ตัวแปรที่เกี่ยวกับการวางทิศ ทั้งของอาคารและถนน
3. ตัวแปรที่เกี่ยวกับขนาดอนุเมือง (Urban Grain) ได้แก่ ความยาวเส้นรอบรูปเฉลี่ยของอาคารทั้งหมด พื้นที่ผิวอาคารทั้งหมดต่อพื้นที่แปลงที่ดิน ปริมาตรเฉลี่ยของอาคารทั้งหมด

2.8.5. ระเบียบวิธีของเครื่องมือที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรม

ในส่วนของระเบียบวิธีของเครื่องมือที่ใช้ได้การศึกษา แบ่งได้เป็น 3 แบบ คือ

1. เครื่องมือทางแผนที่สารสนเทศ GIS ร่วมกับเครื่องมือทางสถิติ Yoshida and Omae, (2005) Long, Mestayer and Keromard, (2003) Cionco and Ellefsen, (1998) Grimmond and Oke (1998) Weber et al., (2001) Ratti et al., (2000) And Ratti et al., (2001) Newton, (2000) and Mannin's et al., (2000) Santamouris, (2000) Santamouris and Asimakopoulous, (1996) และ Theurer, (1999), Newton, (2000) and Mannin's et al., (2000) Santamouris, (2000) Santamouris and Asimakopoulous, (1996) และ Theurer, (1999) Rubina Ramponi a,b, Bert Blocken (2009) Tingting Hun, Ryuichiro Yoshie (2013)
2. คอมพิวเตอร์พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ CFD Dimoudi and Nikolopoulou, (2003) Chan et al., (2001 and 2003) CHEN Liang, Edward ng and AN Xipo (2009)
3. ใช้โมเดลทางคณิตศาสตร์ Oke, (1988) Adlolphe, (2001) Edward Ng, (2009)

2.8.6. ระเบียบวิธีของขนาดพื้นที่ศึกษาที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรม

ในส่วนของขนาดของพื้นที่ศึกษาที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่า

1. สเกลขนาดหลักตารางกิโลเมตร
การศึกษาขนาดตารางกิโลเมตร มีขนาดที่ใช้ 2 ขนาด คือ 1กิโลเมตร X 1 กิโลเมตร Weber et al., (2001) Newton, (2000) and Mannin's et al., (2000) Santamouris, (2000) Santamouris and Asimakopoulous, (1996) และ Theurer, (1999) และ ขนาด 2 กิโลเมตร X 2 กิโลเมตร Yoshida and Omae, (2005)

2. สเกลขนาดหลักร้อยละ

ในการศึกษาระดับย่าน ใช้พื้นที่ขนาด ระดับหลักร้อยละ มีขนาดที่ใช้ 3 ขนาด ได้แก่ ขนาด 100เมตร X 100เมตร (Cionco and Ellefsen, 1998) 200เมตร X 200เมตร (Long, Mestayer and Keromard, 2003) โดเมนที่ใช้มีขนาดใหญ่ 200เมตร x 350เมตร x 600เมตร Dimoudi and Nikolopoulou, (2003) Chan et al., (2001and 2003)

การศึกษานี้ เห็นว่าขนาดพื้นที่ ที่เหมาะสมควรจะใช้ คือ 200เมตร X 200เมตร (Long, Mestayer and Keromard, 2003) อีกทั้งยังสอดคล้องกับขนาดบล็อกเมืองของเขตบางรัก ซึ่งใช้เป็นหน่วยวิเคราะห์ของการศึกษานี้

จากการวิเคราะห์ประมวลแนวคิดสรุป แบ่งได้เป็นกลุ่มตัวแปรเชิงสัมพัทธ์ที่โดดเด่นน่าสนใจที่เกี่ยวข้องกับการไหลของอากาศ 3 กลุ่มตัวแปร คือ กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวกับความสูง กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวกับลักษณะ ขนาดอนุเมืองและกลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวกับทิศทางการวางตัวของอาคารภายในบล็อกของเมือง โดยเสนอทดสอบค่าตัวแทนอื่นของตัวแปร ได้แก่ ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ซึ่งค่าเหล่านี้ ยังไม่เคยมีผู้ศึกษามาก่อน เพื่อความแม่นยำ ครอบคลุม และเพื่อเป็นการหาค่าตัวแปรที่เป็นค่าตัวแทนการอธิบายลักษณะสัมพัทธ์เมืองที่เกี่ยวข้องต่ออัตราการระบายอากาศเมือง อย่างแท้จริง เพื่อนำมาซึ่งการหาค่าตอบและอธิบายผลคำตอบของการศึกษานี้ ให้ถูกต้องและชัดเจนที่สุด ข้อสรุปทั้งหมดดังที่ได้กล่าวมาแล้วใช้เพื่อประมวลสรุปเป็นกรอบแนวคิดการวิจัย ดังจะได้กล่าวถึงในส่วนต่อไป

2.9 อภิปรายและสรุปกรอบแนวคิดในการวิจัย

ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างกรอบแนวคิดของการวิจัยที่ใช้ในการศึกษาปัจจัยสัมพัทธ์เมือง มีผลต่อการระบายอากาศเมืองในพื้นที่พัฒนาหนาแน่นกรุงเทพมหานครชั้นในซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะของสัมพัทธ์เมืองในเขตบางรักที่เป็นเขตพื้นที่พัฒนาหนาแน่นที่สุดของกรุงเทพมหานครชั้นใน (กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2549) โดยการสร้างตัวแปรที่สามารถบรรยายลักษณะสัมพัทธ์เมืองในส่วนที่จะเกี่ยวกับการไหลได้ใกล้เคียงที่สุด สร้างกรอบแนวคิดอยู่บนรากฐานของทฤษฎีรูปทรงที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการไหล (Form and Aerodynamic properties)

การวัดผลโดยใช้เครื่องมือพลศาสตร์ของไหล CFD มาวัดค่าความสามารถการไหลเวียนของอากาศในพื้นที่เมือง เพื่อศึกษาเปรียบเทียบถึงประสิทธิภาพการระบายอากาศในพื้นที่เมือง โดยใช้เครื่องมือทางสถิติเป็นตัวตรวจสอบคำตอบ เป็นเครื่องมือในการหาความสัมพันธ์ และใช้

สร้างโมเดลในการทำนายการไหลของเมืองที่มีลักษณะเช่นเดียวกับเขตบางรัก อันจะเป็นต้นแบบของเมืองใหญ่ของเมืองในประเทศไทยต่อไป

กรอบการศึกษาในการศึกษาการระบายอากาศเมือง ใช้ทฤษฎีการไหล การระบายอากาศ และทฤษฎีสถิตฐานเมืองในการศึกษา โดยในส่วนของทฤษฎีการไหล การระบายอากาศใช้ค่าอัตราการระบายอากาศและรูปแบบการไหล (flow pattern visualization) เป็นตัววัดผล และโดยในส่วนของทฤษฎีสถิตฐานเมืองใช้ตัวแปร 3 กลุ่มตัวแปรเป็นตัววัดผล คือ กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวกับความสูง กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวกับขนาดเกรนเนื้อเมืองและกลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวกับทิศทางการวางตัวของอาคารภายในบล็อกของเมือง มีรายละเอียด ดังนี้

กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวกับความสูง ได้แก่ ลักษณะเชิงสัณฐานของความสูง ซึ่งเป็นขนาดพื้นที่อาคารที่ตั้งรับด้านปะทะลม

กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวกับขนาดเกรนเนื้อเมือง ได้แก่ ขนาดผังพื้นอาคาร (footprint) ลักษณะและขนาดดอกเมือง (urban grain)

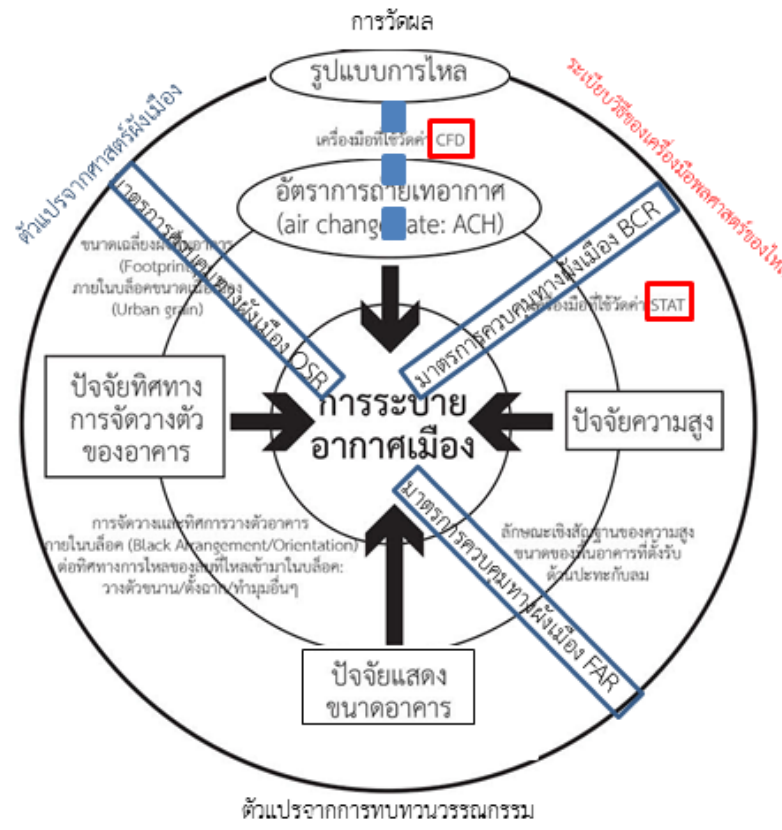
กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวกับทิศทางการวางตัวของอาคารภายในบล็อกของเมือง ได้แก่ การจัดวางทิศทางการวางตัวของอาคารภายในบล็อกของเมือง (block arrangement/ orientation) ต่อทิศทางการไหลของลมที่ไหลเข้ามาในบล็อก ได้แก่ วางตัวขนาน/ ตั้งฉาก/ ทำมุมอื่นๆกับทิศลม

กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับ มาตรการควบคุมทางผังเมือง ได้แก่ FAR, OSR, BCR

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาคือ เทคนิคพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (Computer fluid dynamics: CFD) และการคำนวณทางสถิติ (Statistics: STAT) ในการประมวลผลหาคำตอบ เนื่องจาก การใช้ใช้ระเบียบวิธีเครื่องมือและเครื่องมือ “คอมพิวเตอร์พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (CFD)” มีข้อดีคือ มีความแม่นยำสูง เป็นที่ยอมรับในแวดวงวิชาการพลศาสตร์ของไหล สามารถควบคุมปัจจัยตัวแปรได้ทั้งหมด เพราะเป็นระบบปิด และเครื่องมือคำนวณทางสถิติ (STAT) เครื่องมือทั้งสองนี้เป็นที่ยอมรับมากและใช้ในการวิจัยในปัจจุบัน

ขนาดพื้นที่ศึกษา คือ ขนาดเขตบางรัก ขนาดประมาณ 5 ตารางกิโลเมตร เพราะเป็นค่าที่เหมาะสมกับเขตบางรักและสอดคล้องกับงานวิจัยของ Yoshida and Omae, (2005) และ Long, Mestayer and Keromard, (2003)

ขนาดหน่วยวิเคราะห์ของพื้นที่ศึกษา คือ ขนาดบล็อกถนนของเขตบางรัก ขนาดประมาณ 200X200 เมตร เป็นค่าที่เหมาะสมกับเขตบางรักและสอดคล้องกับงานวิจัยของ Yoshida and Omae, (2005) และ Long, Mestayer and Keromard, (2003)สรุปเป็นกรอบการศึกษาได้ดังภาพที่ 36



ภาพที่ 36 แสดงกรอบแนวคิดของการศึกษา (ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

ในส่วนระเบียบวิธีในการศึกษา จะได้กล่าวในรายละเอียดต่อไป ในบทที่ 3

บทที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษานี้มุ่งเน้นการศึกษาปรากฏการณ์ของปัจจัยสิ่งแวดล้อมเมืองมีผลต่อการระบายอากาศเมืองในพื้นที่พัฒนาหนาแน่นกรุงเทพมหานครชั้นในโดยสร้างกรอบแนวคิดจากการเสนอแนวทางแก้ปัญหาการไหลของอากาศในพื้นที่เมืองโดยใช้หลักแนวคิดทฤษฎีที่ผสมระหว่างทฤษฎีสถิติฐานเมืองและเกี่ยวข้องกับกรไหลและการระบายอากาศ จากภาพรวมการศึกษาข้างต้นสามารถกำหนดเป็นระเบียบวิธีการดำเนินการวิจัย (Research Methodology) ที่ใช้ในการศึกษาเป็นขั้นตอน มีรายละเอียด ดังนี้

- ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดแนวทางการวิจัย
- ขั้นตอนที่ 2 การแบ่งหน่วยวิเคราะห์
- ขั้นตอนที่ 3 การสร้างเครื่องมือในการหาคำตอบ
- ขั้นตอนที่ 4 การปฏิบัติการจำลองการไหล
- ขั้นตอนที่ 5 การควบคุมการคำนวณผลการจำลองการไหล
- ขั้นตอนที่ 6 การวิเคราะห์ผล
- ขั้นตอนที่ 7 การวิเคราะห์ผลด้วยภาพ
- ขั้นตอนที่ 8 การวิเคราะห์ผลด้วยตัวเลข
- ขั้นตอนที่ 9 การวิเคราะห์เชิงสถิติ

ดังมีรายละเอียดดังนี้

3.1 การกำหนดแนวทางการวิจัย

การออกแบบหรือการวางแผนงานวิจัยมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้เห็นภาพโครงสร้างของการศึกษานี้โดยละเอียดทั้งหมด เพื่อให้ได้มองเห็นภาพทั้งหมดของขั้นตอนต่างๆ ในการดำเนินงานวิจัย ทั้งนี้เพื่อให้มั่นใจว่า การออกแบบงานวิจัยนี้จะมีการดำเนินการวิจัยในแต่ละขั้นตอนของการวิจัยที่มีความเหมาะสมกับสภาพการของปัญหาการวิจัยมากที่สุด โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อควบคุมความแปรปรวนต่างๆ เพื่อหาคำตอบให้กับคำถามหรือประเด็นการวิจัยและ ผลการวิจัยนั้นมีความถูกต้องแม่นยำ และน่าเชื่อถือมากที่สุด จึงต้องใช้เวลาการศึกษาแบบระบบ “ปิด”

ในการหาคำตอบให้กับคำถามหรือประเด็นการวิจัยอย่างแม่นยำ เพียงตรง ต้องคำนึงถึงองค์ประกอบของการวิจัยองค์ประกอบของการออกแบบวิจัย ประกอบด้วยรูปแบบ (Model or Paradigm) ของการวิจัยโดยงานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยที่ใช้การทดลอง (Experimental research) และเป็นงานวิจัยเชิงสหสัมพันธ์ (Correlation research) ผลข้อมูลที่ได้จากการศึกษาจากเครื่องมือพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ จะเป็นข้อมูลเชิงประจักษ์ที่ได้จากแล้วนำผลที่ได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์พลศาสตร์ของไหลมาวิเคราะห์ต่อโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเชิงปริมาณเป็นหลักและศึกษาภาพรวมเป็นการวิเคราะห์เชิงคุณภาพร่วมกันในการค้นหาคำตอบ

การศึกษานี้มีข้อขอบเขต (Limitation) ของการวิจัย เพื่อใช้กำหนดกรอบการวิจัยในแง่ต่างๆ ดังนี้ 1. ขนาดของประชากร และกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาของการศึกษานี้ คือ บล็อกของเมืองในเขตบางรัก 2. ประเภท และจำนวนของตัวแปรที่ศึกษา คือ บล็อกของเมือง 98 บล็อกในเขตบางรัก

งานวิจัยนี้มีรายละเอียดของระเบียบวิธีการวิจัย ดังนี้

3.1.1. การออกแบบแนวทางการวิจัยและขั้นตอนของการวิจัย

เป็นการกำหนดแนวทางการวิจัยให้ครอบคลุมองค์ประกอบการวิจัย ได้แก่ 1. ประชากร ที่ใช้ในการศึกษาคือบล็อกของเมืองในเขตบางรัก 2. ตัวแปร ความหมาย และแนวทางการวัด 3. การสร้างเครื่องมือ และการตรวจสอบคุณภาพ 4. วิธีเก็บรวบรวมข้อมูล 5. วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล ดังจะกล่าวถึงต่อไป

เพื่อให้งานวิจัยนี้ สามารถตอบคำถามงานวิจัย รวมทั้งสามารถค้นหาความสัมพันธ์ของเงื่อนไขปัจจัยต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง เพียงตรง เป็นเหตุเป็นผล และมีความสมบูรณ์ของคำตอบ จึงเลือกใช้ระเบียบวิธีวิจัยในการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล ทั้งในเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ โดยบูรณาการร่วมกันระหว่างข้อมูลเชิงสัมพันธ์พื้นที่และการวิเคราะห์จากภาพการไหลของอากาศ (flow visualization) โดยแบ่งการศึกษาวิเคราะห์ลักษณะเชิงสัมพันธ์ของเนื้อเมืองออกเป็น 2 ระดับ คือ การศึกษาวิเคราะห์ระดับพื้นที่รวมในระดับเขต (District analysis scale) และการศึกษาวิเคราะห์ระดับพื้นที่เฉพาะในระดับบล็อกของเมือง (Block analysis scale) เป็นการศึกษารายละเอียดตัวอย่างกรณีศึกษาในเชิงลึก เพื่อให้ทราบถึงสภาวะความสัมพันธ์ของเงื่อนไขและปัจจัย ที่เป็นเหตุและเป็นผลต่อการไหลและการระบายอากาศเมือง

การออกแบบแนวทางการวิจัยและขั้นตอนของการวิจัย มีรายละเอียดการดำเนินการในแต่ละขั้นตอนดังนี้ ขั้นตอนแรกนี้เป็นการนำข้อมูลเบื้องต้นไปแบ่งแยกหน่วยวิเคราะห์ ประกอบกับแนวคิด

ทฤษฎีจากการทบทวนวรรณกรรมและทำการปรับปรุงกรอบแนวคิดตลอดจนการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแบบและตัวแปรต่างๆ ศึกษาทบทวนวรรณกรรมในส่วนของระเบียบวิธี เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา แล้วนำข้อมูลทั้งหมดดังกล่าวมาปรับปรุงกรอบแนวคิด และทำการออกแบบการวิจัยที่ใช้ในการศึกษา

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่ใช้เทคนิคเชิงพรรณนาของการศึกษาเชิงสัจฐานของข้อมูลพื้นที่เพื่อทำความเข้าใจถึงภาพรวมของพื้นที่ศึกษา โดยแบ่งขอบเขตพื้นที่การศึกษาออกเป็น 2 ระดับคือระดับพื้นที่รวมทั้งเขต และระดับพื้นที่ศึกษาระดับบล็อก การแบ่งหน่วยวิเคราะห์บนพื้นที่ศึกษา ได้แก่ ข้อมูลแผนที่สารสนเทศ GIS แผนที่ระบุขนาดความสูงที่ตั้งอาคารของกรมโยธาธิการและผังเมือง (ที่มา กรมโยธาธิการและผังเมือง 2549) เป็นข้อมูลดิจิทัล โปรแกรมคอมพิวเตอร์แมปอินโฟ (Map info program) แผนที่ฟิเจอร์กราวด์ (figure ground map)

3.1.2 การกำหนดแนวทางของเครื่องมือและวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลของการวิจัย

การออกแบบเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นงานวิจัยที่ศึกษาเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพการไหลของอากาศ เป็นการศึกษาเชิงปริมาณจึงจำเป็นต้องพยายามกำจัดหรือลดความแปรปรวนที่ไม่ต้องการศึกษาออกไป ดังนั้นการออกแบบวิจัยเพื่อควบคุมความแปรปรวนให้ได้มากที่สุด ดังนั้นระเบียบวิธีการศึกษาและเครื่องมือที่เหมาะสมกับการศึกษานี้คือ ระเบียบวิธีการศึกษาและเครื่องมือพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (Computational Fluid Dynamics; CFD) ซึ่งเครื่องมือนี้เป็นเครื่องมือการประมวลผลโดยใช้เทคนิคการคำนวณการไหลด้วยวิธีเชิงตัวเลขโดยใช้พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณเป็นที่ยอมรับกันในแวดวงวิศวกรรมศาสตร์พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ เพราะการศึกษาในระบบปิด วิธีนี้วิธีเดียวที่สามารถควบคุมความแปรปรวนต่างๆได้อย่างดีที่สุด เพื่อให้คำตอบให้กับคำถามหรือประเด็นการวิจัยและ ผลการวิจัยนั้นมีความถูกต้องแม่นยำ และเชื่อถือได้มากที่สุด

3.1.3 การกำหนดตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

จากการที่ศึกษาทบทวนวรรณกรรมระดับย่าน พบว่า ตัวแปรสัจฐานเมืองที่เกี่ยวข้องกับการระบายอากาศเมืองคือ พื้นที่สิ่งปกคลุมดินต่อแปลงที่ดิน (BCR) ความสูงของอาคาร ค่าความเบี่ยงเบนของความสูง (std. dev. Of building heights) ความยาวเส้นรอบรูปเฉลี่ยของอาคารทั้งหมด ความสูงเฉลี่ยของอาคารทั้งหมด พื้นที่ผิวอาคารทั้งหมดต่อพื้นที่แปลงที่ดิน การวางทิศของอาคารและถนน ปริมาตรเฉลี่ยของอาคารทั้งหมด

เมื่อวิเคราะห์ประมวลแนวคิดสรุป การศึกษานี้นำเสนอตัวแปรในการศึกษานี้โดยแบ่งได้เป็น กลุ่มตัวแปรเชิงสัญญาณที่โดดเด่นน่าสนใจที่เกี่ยวข้องกับการไหลของอากาศเป็น 3 กลุ่มตัวแปร คือ กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวกับความสูง กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวกับขนาดเกรนเนื้อเมืองและกลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวกับทิศทางการวางตัวของอาคารภายในบล็อกของเมือง โดยยังคงจะทดสอบกลุ่มตัวแปรที่ได้จากการ ทบทวนวรรณกรรมที่ได้ระบุถึงในย่อหน้าที่แล้วด้วย เพื่อความแม่นยำและเพื่อเป็นกรอบแนวคิดใน การศึกษาจากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมาด้วย ดังมีรายละเอียด ดังนี้

1. กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวกับความสูง ได้แก่ ค่าอัตราส่วนความกว้างรวมทุกอาคารต่อความสูง รวมทุกอาคารทั้งบล็อก (w/h) ค่าด้านหน้าปะทะลมต่อพื้นที่บล็อก (frontblocksize) ค่าด้านหน้า ปะทะลมต่อความยาวด้านปะทะลมของบล็อก (frontallotwidth) จำนวนอาคารเดี่ยวทั้งหมดต่อ จำนวนอาคารทั้งหมดในบล็อก (low_all) จำนวนอาคารสูงทั้งหมดต่อจำนวนอาคารทั้งหมดในบล็อก (high_all) จำนวนอาคารสูงปานกลางทั้งหมดต่อจำนวนอาคารทั้งหมดในบล็อก (med_all) ค่าความ เบี่ยงเบนเฉลี่ยของความสูงอาคารในบล็อก (sdht)

กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวกับทิศทางการวางตัวของอาคาร ได้แก่ จำนวนของอาคารที่วางตัวขนาน กับทิศทางลมต่อจำนวนอาคารทั้งหมดในบล็อกนั้น (parallel) จำนวนของอาคารที่วางตัวตั้งฉากกับ ทิศทางลมต่อจำนวนอาคารทั้งหมดในบล็อกนั้น (cross) จำนวนของอาคารที่วางทำมุมอื่นกับทิศทาง ลมต่อจำนวนอาคารทั้งหมดในบล็อกนั้น (angle)





กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวกับขนาดเกรนเนื้อเมือง ได้แก่ ค่าอัตราส่วนพื้นที่เปิดโล่งต่อพื้นที่ดินทั้ง บล็อก (osr) ค่าความหนาแน่นเมือง (density) ค่าอัตราส่วนพื้นที่ปกคลุมดินต่อพื้นที่บล็อก (bcrplot) ค่าอัตราส่วนพื้นที่ปกคลุมดินสูงสุดต่อพื้นที่บล็อก (bcrmaxplot) ค่าอัตราส่วนพื้นที่ปกคลุมดินต่ำสุด ต่อพื้นที่บล็อก (bcrminplot) ค่าความเบี่ยงเบนเฉลี่ยของอัตราส่วนพื้นที่ปกคลุมดินต่อพื้นที่บล็อก (bcrsdplot) ค่าอัตราส่วนพื้นที่ปกคลุมดินเฉลี่ยต่อพื้นที่บล็อก (bcravplot) ค่ารวมความยาวเส้นรอบ รู้อาคารทั้งหมดต่อพื้นที่บล็อก (peripplot) ค่าความยาวเส้นรอบรู้อาคารที่ยาวที่สุดต่อพื้นที่บล็อก (perimaxplot) ค่าความยาวเส้นรอบรู้อาคารที่สั้นที่สุดต่อพื้นที่บล็อก (periminplot) ค่าความ เบี่ยงเบนเฉลี่ยของความยาวเส้นรอบรู้อาคารที่ยาวที่สุดต่อพื้นที่บล็อก (perisdplot) ค่าความยาว เส้นรอบรู้อาคารเฉลี่ยต่อพื้นที่บล็อก (periaavplot) รวมพื้นที่ผังพื้นที่อาคารที่มีขนาดเล็กต่อพื้นที่ บล็อก (splot) รวมพื้นที่ผังพื้นที่อาคารที่มีขนาดกลางต่อพื้นที่บล็อก (mplot) รวมพื้นที่ผังพื้นที่อาคาร ที่มีขนาดใหญ่ต่อพื้นที่บล็อก (lplot) ค่ารวมความยาวเส้นรอบรู้อาคารทั้งหมดต่อความยาวเส้นรอบ พื้นที่บล็อก (bldperiblockperi) ค่าเฉลี่ยของรวมพื้นที่อาคารในชั้นที่ติดกับพื้นดินในบล็อก (avfootprt)

กลุ่มตัวแปรที่มีความเกี่ยวข้องกับทั้งขนาดเกรนเนื้อเมืองและความสูง ได้แก่ ค่าอัตราส่วนพื้นที่ใช้สอยอาคารทั้งหมดต่อพื้นที่ดินทั้งบล็อก (far) ค่าความขรุขระผิวเมือง (rugo) ค่าความพรุนเนื้อเมือง (poro) ค่าพื้นที่ผิวอาคารที่มากที่สุดต่อพื้นที่บล็อก (surfmaxplot) ค่าพื้นที่ผิวอาคารที่น้อยที่สุดต่อพื้นที่บล็อก (surfminplot) ค่าความเบี่ยงเบนเฉลี่ยของพื้นที่ผิวอาคารต่อพื้นที่บล็อก (surfsdplot) ค่าเฉลี่ยความยาวเส้นรอบรูปอาคารต่อพื้นที่บล็อก (surfavplot) มีรายละเอียดดังภาพที่ 37

ตัวย่อที่ใช้คำนวณสถิติ	ความหมาย	ภาษาอังกฤษ
osr	ค่าอัตราส่วนพื้นที่เปิดโล่งต่อพื้นที่ใช้สอยอาคารทั้งหมด	open space ratio: OSR
far	ค่าอัตราส่วนพื้นที่ใช้สอยอาคารทั้งหมดต่อพื้นที่ดินทั้งบล็อก	floor area ratio: FAR
wh	ค่าอัตราส่วนความกว้างรวมทุกอาคารต่อความสูงรวมทุกอาคารทั้งบล็อก	sum width per sum height: W/H
rugo	ค่าความขรุขระผิวเมือง	rugosity
poro	ค่าความพรุนเนื้อเมือง	porosity
density	ค่าความหนาแน่นเมือง	density
frontblocksize	ค่าดัชนีหน้าปะทะลมต่อพื้นที่บล็อก	frontal area index per block area
avfootprt	ค่าเฉลี่ยของรวมพื้นที่อาคารในชั้นที่ติดกับพื้นดินในบล็อก	average footprint
parallel	จำนวนของอาคารที่วางตัวขนานกับทิศทางลมต่อจำนวนอาคารทั้งหมดในบล็อกนั้น	amount of parallel building per total buildings
cross	จำนวนของอาคารที่วางตัวตั้งฉากกับทิศทางลมต่อจำนวนอาคารทั้งหมดในบล็อกนั้น	amount of cross building per total buildings
angle	จำนวนของอาคารที่วางตัวอื่นกับทิศทางลมต่อจำนวนอาคารทั้งหมดในบล็อกนั้น	amount of angle building per total buildings
plotportion	สัดส่วนขนาดพื้นที่บล็อกต่อขนาดพื้นที่ทั้งเขตมารัก	block area per whole district area
bcrplot	ค่าอัตราส่วนพื้นที่ปกคลุมดินต่อพื้นที่บล็อก	building coverage ratio per block area
bcrmaxplot	ค่าอัตราส่วนพื้นที่ปกคลุมดินสูงสุดต่อพื้นที่บล็อก	maximum building coverage ratio per block area
bcrminplot	ค่าอัตราส่วนพื้นที่ปกคลุมดินต่ำสุดต่อพื้นที่บล็อก	minimum building coverage ratio per block area
bcrsdplot	ค่าความเบี่ยงเบนเฉลี่ยของอัตราส่วนพื้นที่ปกคลุมดินต่อพื้นที่บล็อก	standard deviation building coverage ratio per block area
bcravplot	ค่าอัตราส่วนพื้นที่ปกคลุมดินเฉลี่ยต่อพื้นที่บล็อก	average building coverage ratio per block area
periplot	ค่ารวมความยาวเส้นรอบรูปอาคารทั้งหมดต่อพื้นที่บล็อก	sum building perimeter per block area
perimaxplot	ค่าความยาวเส้นรอบรูปอาคารที่ยาวที่สุดต่อพื้นที่บล็อก	maximum sum building perimeter per block area
periminplot	ค่าความยาวเส้นรอบรูปอาคารที่สั้นที่สุดต่อพื้นที่บล็อก	minimum sum building perimeter per block area
perisdplot	ค่าความเบี่ยงเบนเฉลี่ยของความยาวเส้นรอบรูปอาคารที่ยาวที่สุดต่อพื้นที่บล็อก	standard deviation sum building perimeter per block area
perlavplot	ค่าความยาวเส้นรอบรูปอาคารเฉลี่ยต่อพื้นที่บล็อก	average sum building perimeter per block area
surfmaxplot	ค่าพื้นที่ผิวอาคารที่มากที่สุดต่อพื้นที่บล็อก	maximum building surface per block area
surfminplot	ค่าพื้นที่ผิวอาคารที่น้อยที่สุดต่อพื้นที่บล็อก	minimum building surface per block area
surfsdplot	ค่าความเบี่ยงเบนเฉลี่ยของพื้นที่ผิวอาคารต่อพื้นที่บล็อก	standard deviation building surface per block area
surfavplot	ค่าเฉลี่ยความยาวเส้นรอบรูปอาคารต่อพื้นที่บล็อก	average building surface per block area
splot	รวมพื้นที่ผิของอาคารที่มีขนาดเล็กต่อพื้นที่บล็อก	amount of small building per block area
mplot	รวมพื้นที่ผิของอาคารที่มีขนาดกลางต่อพื้นที่บล็อก	amount of medium building per block area
lplot	รวมพื้นที่ผิของอาคารที่มีขนาดใหญ่ต่อพื้นที่บล็อก	amount of large building per block area
frontallotwidth	ค่าดัชนีหน้าปะทะลมต่อความยาวด้านปะทะลมของบล็อก	frontal area index per frontal block width
bldperblockperi	ค่ารวมความยาวเส้นรอบรูปอาคารทั้งหมดต่อความยาวเส้นรอบรูปพื้นที่บล็อก	sum building perimeter per block perimeter
low_all	จำนวนอาคารเดี่ยวทั้งหมดต่อจำนวนอาคารทั้งหมดในบล็อก	amount of low building per block area
high_all	จำนวนอาคารสูงทั้งหมดต่อจำนวนอาคารทั้งหมดในบล็อก	amount of medium building per total buildings
med_all	จำนวนอาคารสูงปานกลางทั้งหมดต่อจำนวนอาคารทั้งหมดในบล็อก	amount of medium building per total buildings
sdht	ค่าความเบี่ยงเบนเฉลี่ยของความสูงอาคารในบล็อก	standard deviation height

ภาพที่ 37 ตัวแปรและความหมายของตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

(ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

	ปัจจัยเกี่ยวกับความสูง
	ปัจจัยเกี่ยวกับขนาดเนื้อเมือง
	ปัจจัยเกี่ยวกับการวางตัวของอาคาร
	ค่าปรับฐานให้ตัวแปรอยู่ในฐานที่เปรียบเทียบกันได้

ภาพที่ 38 เกรดสีแสดงปัจจัยเกี่ยวกับตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา
(ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

ภาพที่ 38 แสดงเกรดสีแสดงปัจจัยเกี่ยวกับตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา (ใช้พิจารณาร่วมกับภาพที่ 37) ต่อไปเป็นขั้นตอนแสดงระเบียบวิธีในการแบ่งหน่วยวิเคราะห์ มีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

3.2 การแบ่งหน่วยวิเคราะห์

การค้นหาคำตอบของปัจจัยสัญญาณเมืองมีผลต่อการระบายอากาศเมืองในพื้นที่พัฒนาหนาแน่นกรุงเทพมหานครชั้นใน จำเป็นต้องทราบถึงภาพรวมของปัจจัยสัญญาณเมืองทั้งพื้นที่และปัจจัยสัญญาณเมืองในระดับบล็อกซึ่งมีอยู่จำนวนมากทั้งหมด มีลักษณะปัจจัยสัญญาณเมืองที่หลากหลายมาแบ่งเป็นหน่วยวิเคราะห์ก่อน ในการทบทวนวรรณกรรมในการแบ่งพื้นที่ศึกษาที่ผ่านมา มักใช้หน่วยวิเคราะห์ของพื้นที่ศึกษาเป็นพื้นที่กว้างคุณยาว เป็นรูปร่างสี่เหลี่ยมจัตุรัส หรือสี่เหลี่ยมผืนผ้า โดยมักจะนิยมแบ่งแบบกริด (Grid) เช่น ในตัวอย่างงานวิจัยเรื่องแดดกับพื้นที่เขตบางรัก (จิตติศักดิ์ ธรรมาภรณ์พิลาศ, 2555) การใช้ระบบกริดอาจดูเรียบง่ายและเป็นระเบียบกว่าการแบ่งด้วยเส้นถนน หรือที่วางที่ล้อมรอบบล็อก แต่วิธีการนี้นั้น ไม่สามารถใช้กับการศึกษานี้ได้ เพราะเส้นแบ่งขอบเขตบล็อกที่เป็นแบบกริดนั้นอาจตัดพาดผ่านตัวอาคาร อาจทำให้การวัดค่าการไหลของอากาศได้ผลคลาดเคลื่อนไปได้ ดังนั้น การศึกษานี้ ผู้วิจัยจึงต้องนำเสนอการแบ่งหน่วยวิเคราะห์เป็นแบบเส้นขอบเขตกลุ่มอาคารที่ล้อมรอบด้วยถนน หรือมีลักษณะเป็นบล็อกของเมืองเพื่อใช้ในการศึกษานี้แทน

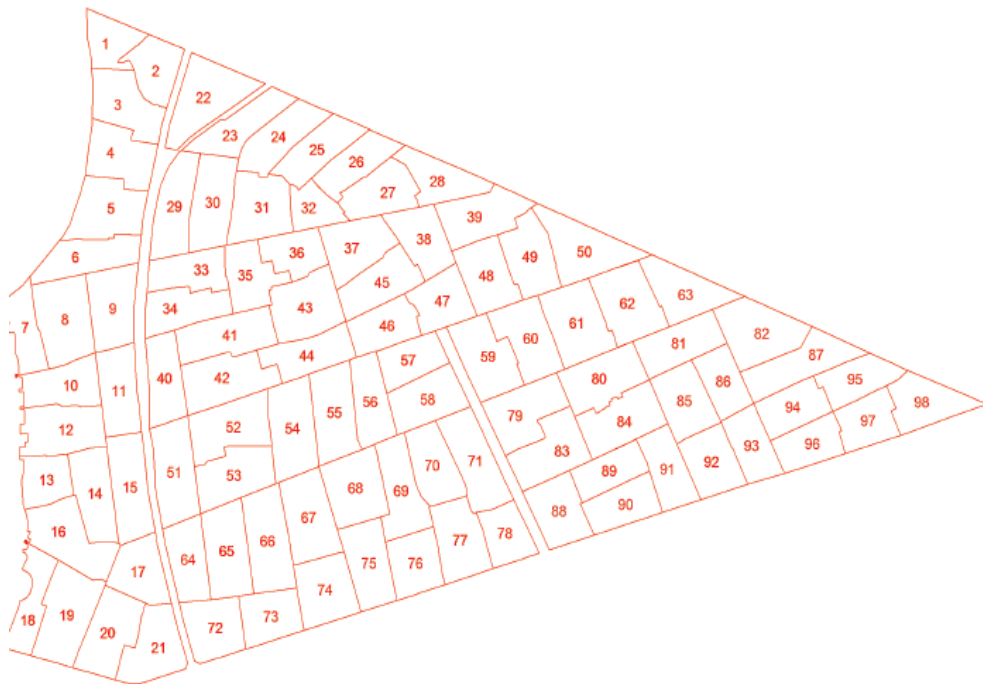
การศึกษานี้ ใช้หน่วยวิเคราะห์ (Unit of analysis) คือ บล็อกของเมือง (Urban block) หมายถึงช่วงเนื้อเมืองที่ล้อมรอบด้วยถนน กำหนดขนาดแต่ละด้านยาวประมาณด้านละ 200 เมตร ตามขนาดทั่วไปของบล็อกในเขตบางรัก การศึกษานี้แบ่งหน่วยวิเคราะห์ออกเป็นบล็อกช่วงเนื้อเมืองที่ล้อมรอบด้วยถนนได้ 98 บล็อก ดังภาพที่ 39



ภาพที่ 39 หน่วยวิเคราะห์ในการศึกษานี้ คือ บล็อกของเมือง หมายถึงช่วงเนื้อเมืองที่ล้อมรอบด้วยถนน กำหนดขนาดแต่ละด้านยาวตามระยะความยาวทั่วไปของบล็อกในเขตบางรัก
(ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

3.2.1 แนวทางวิธีการแบ่งหน่วยวิเคราะห์เป็นบล็อกถนนของพื้นที่ศึกษา

ขั้นตอนแสดงระเบียบวิธีในการแบ่งหน่วยวิเคราะห์ ลักษณะเชิงสัญญาณเมืองเขตบางรักรายบล็อก มีรายละเอียดรูปแบบการแบ่งบล็อกเมืองออกเป็นหน่วยวิเคราะห์ 1-98 บล็อก โดยใช้เกณฑ์ว่าบล็อกของเมืองคือ เนื้อเมืองที่ถูกล้อมรอบด้วยที่ว่าง ซึ่งอาจเป็น ถนน ทางรถไฟ ตรอก ซอย คลอง ฯลฯ ที่ล้อมรอบบล็อกอยู่ เพื่อใช้เป็นวิธีการจัดแบ่งพื้นที่ เพื่อใช้เป็นหน่วยวิเคราะห์ในการศึกษา ดังแสดงในภาพที่ 40 แล้ว นำเส้นแบ่งบล็อกที่ได้นี้ ไปซ้อนทับภาพการแบ่งบล็อกนี้ลงบนภาพที่ 41 เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ลักษณะเชิงสัญญาณเมืองเขตบางรักในแต่ละบล็อกเพื่อเปรียบเทียบกับผลการไหลจากการจำลองการไหลของเครื่องมือพลศาสตร์ของไหล ที่จะอธิบายในหัวข้อต่อไป



ภาพที่ 40 รูปแบบการแบ่งบล็อกเมืองออกเป็นหน่วยวิเคราะห์ 1-98 บล็อก
(ทีมา ผู้วิจัย 2557)



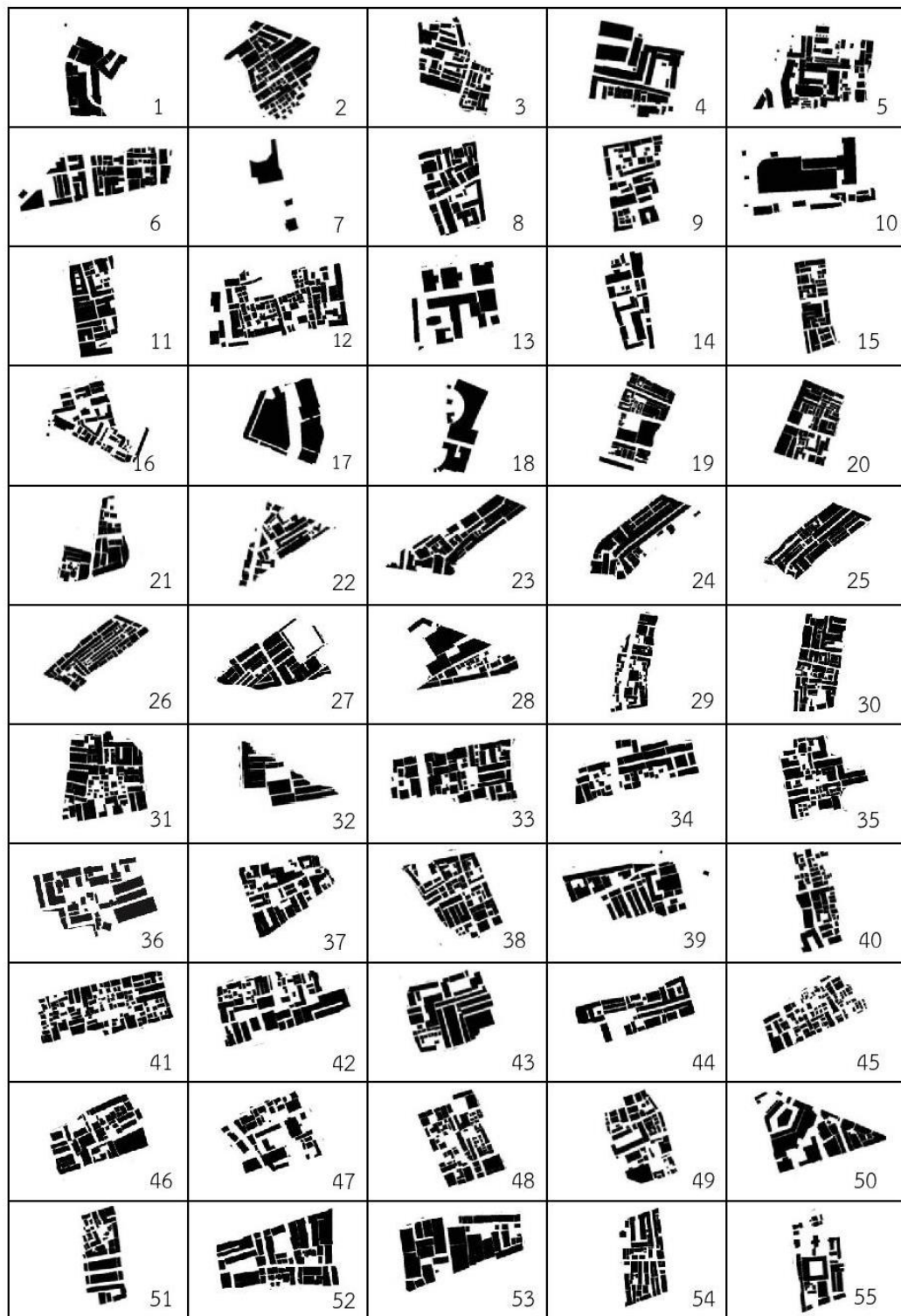
ภาพที่ 41 รูปแบบการแบ่งบล็อกเมืองออกเป็นหน่วยวิเคราะห์ 1-98 บล็อก นำมาวางบนสัณฐานเมือง
จริง (ทีมา: ผู้วิจัย 2557 ปรับจากข้อมูล กรมโยธาธิการและผังเมือง 2549)

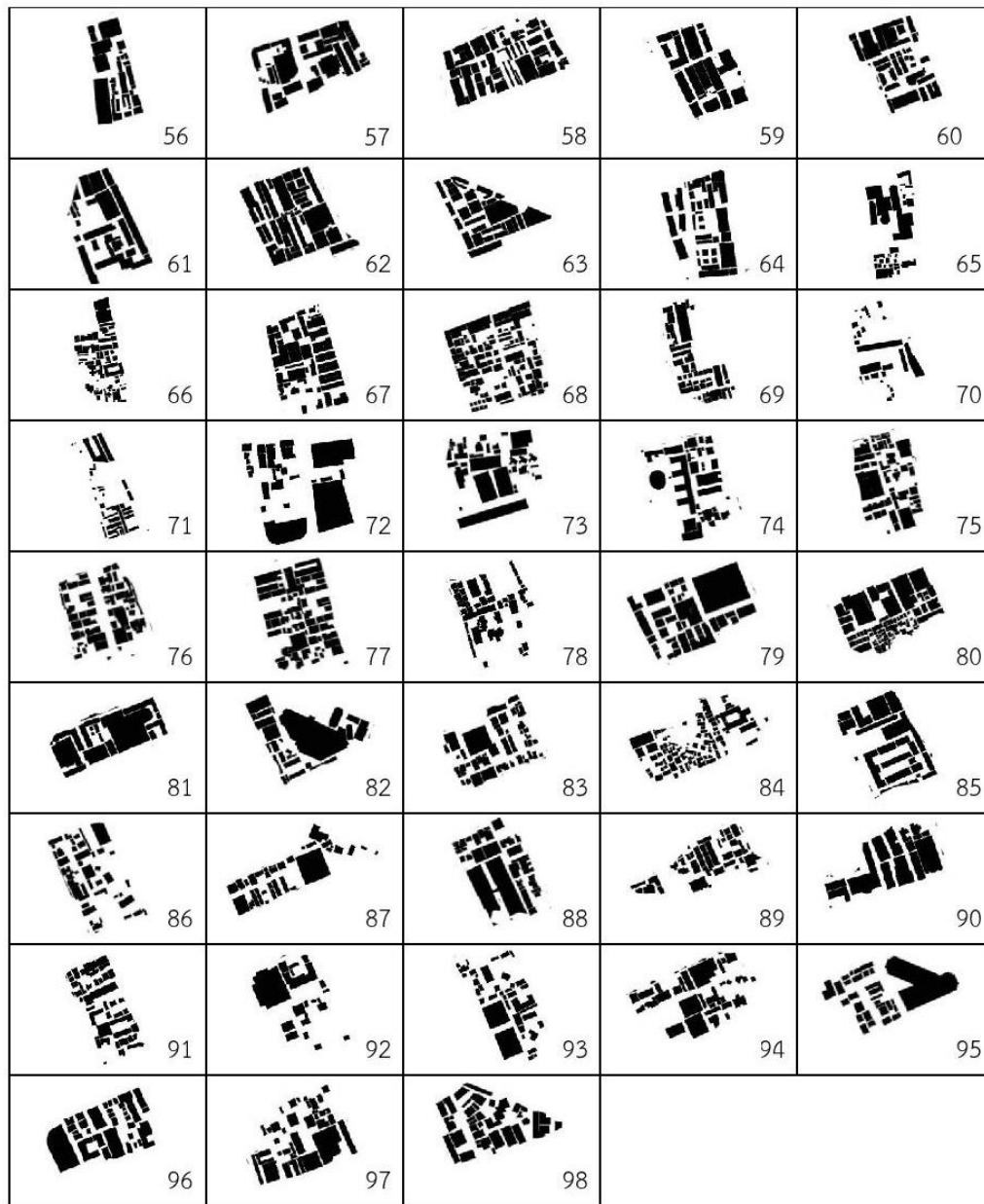
วิธีการแบ่งหน่วยวิเคราะห์ของพื้นที่ศึกษา แบ่งที่ระยะกึ่งกลางที่ว่างระหว่างบล็อก ดังใน
กรอบเส้นประสีแดง ดังภาพที่ 42



ภาพที่ 42 แสดงวิธีการแบ่งขอบเขตบล็อก วัดที่กึ่งกลางถนนระหว่างบล็อก
(ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

ในส่วนของการละเอียดลักษณะอนุเมือง แต่ละบล็อก 1-98 บล็อก ว่าประกอบด้วยลักษณะ
เชิงสัญญาณใน 2 มิติ เป็นเช่นไร แสดงเป็นผังภาพและพื้น (figure ground) ที่แสดงขนาดอนุเมือง
สัดส่วน ความกว้าง ความยาว ลักษณะการจัดวางของอาคารที่ตั้งอยู่บนพื้นที่ว่าง (Negative Space)
ของแต่ละหน่วยวิเคราะห์ มีรายละเอียด ดังภาพในภาพที่ 43

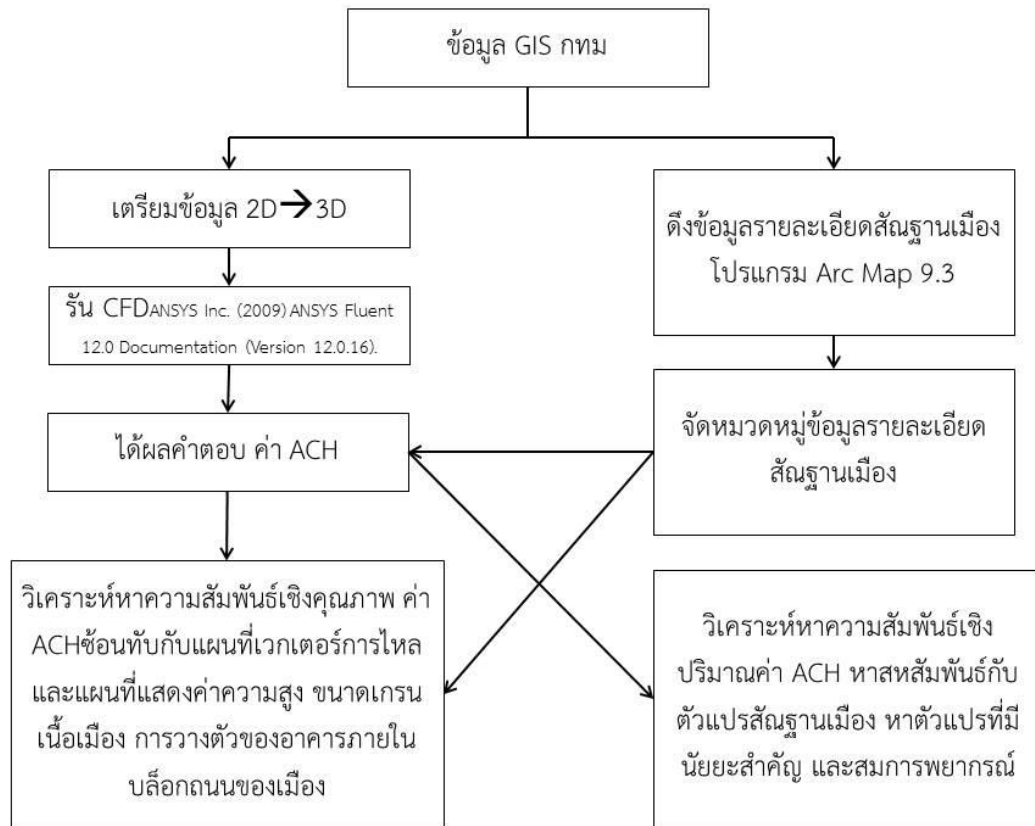




ภาพที่ 43 ผังภาพและพื้น (figure ground) แสดงลักษณะเชิงสัญญาณเมืองเขตบางรัก 1-98 บล็อก
(ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

3.3. การสร้างเครื่องมือในการหาคำตอบ

การออกแบบการสร้างเครื่องมือ ในการออกแบบการสร้างเครื่องมือเพื่อใช้ในการประมวลผล และวิเคราะห์ข้อมูลประกอบด้วย 2 ส่วนคือ 1. การออกแบบการประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูลใน ส่วนของข้อมูลพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ 2. การออกแบบการประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูลใน ส่วนของข้อมูลตัวเลขทางสถิติ ดังภาพที่ 44



ภาพที่ 44 การออกแบบการประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูล
(ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

3.3.1. การออกแบบสร้างเครื่องมือวัดผลโดยใช้พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ

ขั้นตอนนี้ใช้เทคนิคระเบียบวิธีการคำนวณโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์พลศาสตร์ของไหลในการดำเนินการศึกษา โดยประมวลผลบนฐานเทคโนโลยีสารสนเทศภูมิศาสตร์ของเขตบางรักข้อมูลเพื่อใช้หาคำตอบ คอมพิวเตอร์จะประมวลผลและแสดงค่าคุณสมบัติต่างๆ ของการไหล เช่น ความเร็ว ความดัน ค่าอัตราการถ่ายเทอากาศ ออกมาให้เป็นค่าที่เห็นได้ชัดเจนเป็นค่าที่เปรียบเทียบกันได้ และเครื่องมือนี้ยังแสดงผลพฤติกรรมของของไหลของอากาศ (flow visualization) เป็นภาพเวกเตอร์สีที่ระบุขนาดและทิศทางการไหลชัดเจน นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงลักษณะสิ่งแวดล้อมเพื่อพิสูจน์ค่าตัวแปรและเงื่อนไขอื่นก็สามารถทำได้ในเงื่อนไขเดียวกันอย่างมีความถูกต้องแม่นยำสูง

ขั้นตอนนี้คือขั้นตอนการวิเคราะห์ผลเบื้องต้น โดยการพิจารณาแผนที่ในเชิงกราฟิก แยกปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการไหล โดยใช้ระเบียบวิธีซ้อนทับแผนที่ ขั้นตอนนี้เปรียบเสมือนขั้นตอนที่การนำผลมาหาเหตุเช่นเดียวกัน ในขั้นตอนนี้ นำค่าผลที่ได้จากการประมวลผลด้วย

“คอมพิวเตอร์พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (CFD)” ในขั้นตอนที่ 2.2 มาพล็อตผลประสิทธิภาพการไหลลงในพื้นที่หน่วยวิเคราะห์แต่ละบล็อกในแผนที่เขตบางรัก ระบุค่าลงบนพื้นที่บล็อก แบ่งเขตสี่เรียงลำดับจากเข้มมากไปน้อย แทนค่าประสิทธิภาพการไหลจากมากไปน้อยตามลำดับ

การศึกษานี้ใช้ค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงอากาศ (Air change rate per hour : ACH) เป็นตัววัดผลประสิทธิภาพของการไหลอากาศของพื้นที่ โดยการวิเคราะห์บล็อกที่มีค่าประสิทธิภาพการไหลที่ดี ดีปานกลาง ไม่ดี และไม่ดีมาก ๆ ว่ามีลักษณะเชิงสัมพันธ์บางอย่างที่แตกต่างกัน เพื่อศึกษา หาปัจจัยเงื่อนไขของสัญญาณเมืองที่ส่งผลให้เกิดการไหลที่ดี แล้วจึงสามารถศึกษาวิเคราะห์รายละเอียดของสัญญาณของบล็อกเมืองในเชิงลึกได้ ซึ่งทั้งการศึกษาวเคราะห์ในภาพรวมและในรายละเอียด ได้มีการกำหนดขั้นตอน เครื่องมือในการเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล ในกระบวนการต่างๆ เพื่อนำไปสู่คำตอบของการวิจัย จึงมีขั้นตอนสำคัญใน 2 ระดับดังที่กล่าวมาแล้ว คือ การศึกษาวเคราะห์ระดับพื้นที่รวม (global analysis scale) และการศึกษาวเคราะห์ระดับพื้นที่เฉพาะ (local analysis scale) โดยมีรายละเอียด ดังจะอธิบายรายละเอียดต่อไป ถึงลักษณะสัญญาณเมืองในบทที่ 4 และผลการศึกษาในบทที่ 5

3.3.2. การออกแบบสร้างเครื่องมือวัดผลโดยใช้สถิติ

ขั้นตอนเทคนิคระเบียบวิธีทางสถิติ ใช้การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสองตัว (Bivariate Correlation) และการพยากรณ์โดยใช้ข้อมูลหลายปัจจัยประกอบกัน เหตุการณ์ทั้ง 2 เกิดเป็นเหตุผลต่อกัน จะเป็นกลุ่มที่เรากำลังจะเรียน คือการวิเคราะห์ความถดถอย (Regression Analysis) ข้อมูลที่ใช้จะเป็นข้อมูลภาคตัดขวาง (Cross Section Data) เป็นการวิเคราะห์ในแบบภาพตัดขวางดูเฉพาะเหตุการณ์ของการไหลของอากาศผ่านเมือง แล้วนำตัวแปรทั้งหมดที่มีประเด็นสำคัญจากการทบทวนวรรณกรรมมาใช้หาค่าตัวแปรทำนาย (Predictor variable) เพื่อสร้างเป็นสมการหาค่าความลึกของแต่ละตัวแปร และใช้การวิเคราะห์สมการถดถอยพหุคูณแบบเป็นขั้นตอน (Stepwise multiple regression analysis) (Diekhoff, 1992) เพื่อทำนายค่าอัตราการระบายอากาศเมืองของเขตบางรักเป็นสมการที่สามารถทดแทนการใช้ผลจากการจำลองการไหล CFD เพื่อใช้เป็นข้อค้นพบในการพัฒนาเมืองต่อไป

ทั้งนี้เพื่อให้ได้ข้อมูลที่น่าเชื่อถือภายใต้เงื่อนไขข้อจำกัดที่เกิดขึ้น ในขั้นตอนการดำเนินการประมวลผลประกอบด้วยรายละเอียดดังนี้

3.4. ขั้นตอนปฏิบัติการจำลองการไหล

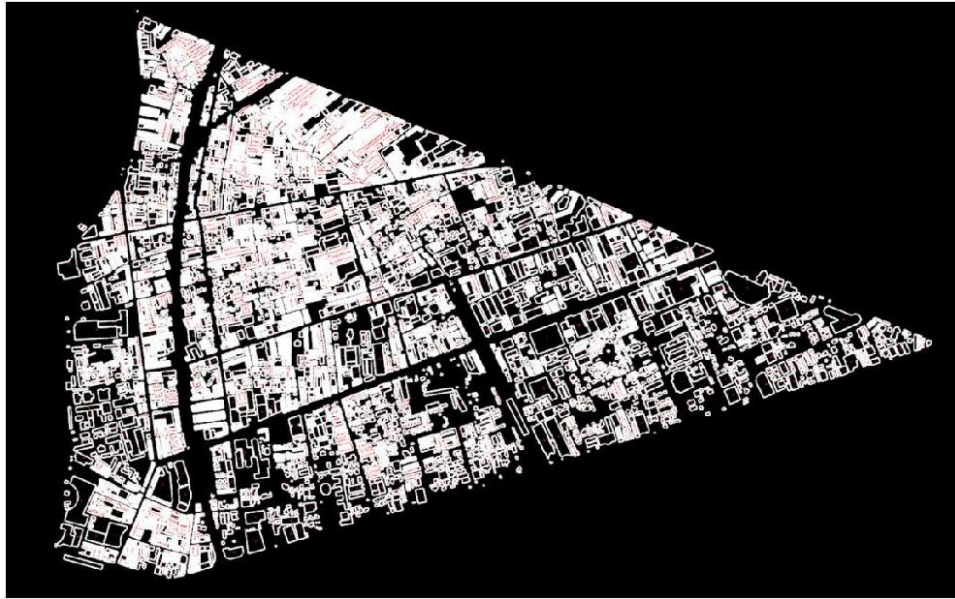
ขั้นตอนนี้ เป็นขั้นตอนปฏิบัติการจำลองการไหลของเครื่องมือพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ ประกอบด้วย ขั้นตอนการจัดเตรียมข้อมูลในส่วนวิศวกรรมพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ

3.4.1. ขั้นตอนการจัดเตรียมข้อมูล

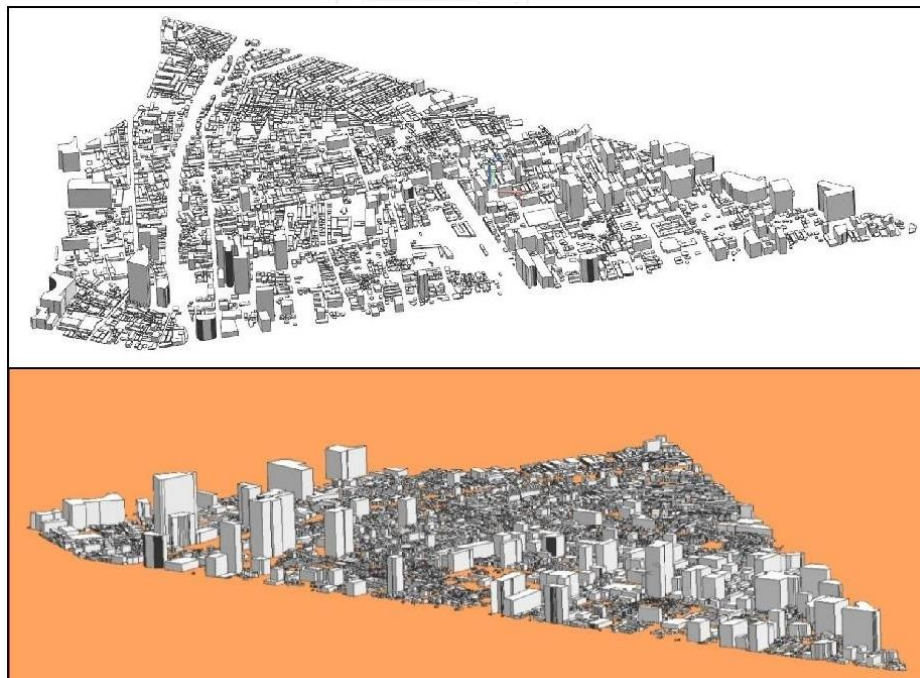
ข้อมูลพื้นฐานที่ใช้ในการศึกษาวิจัยนี้เป็นข้อมูลที่ได้จากระบบภูมิศาสตร์สารสนเทศ (Geographic Information System) ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีความแม่นยำและมีความละเอียดสูง โดยข้อมูลจากระบบภูมิศาสตร์สารสนเทศที่ใช้ในการวิจัยนี้ ได้รับความอนุเคราะห์จาก กรมโยธาธิการผังเมือง กรุงเทพมหานคร

แบบจำลองของการศึกษาวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลกระทบของรูปแบบผังเมืองต่อการไหลของลมในพื้นที่ที่ทำการศึกษา เพื่อนำไปใช้ในการอ้างอิงเพื่อออกแบบผังเมืองที่มีการไหลเวียนของลมที่เหมาะสม ดังนั้นระเบียบวิธีในการศึกษาวิจัยจึงเริ่มจากการหาพื้นที่ที่จะใช้ศึกษา โดยเลือกจากสัญญาณเมือง จากนั้นจึงทำการกำหนดแบ่งพื้นที่เป็นพื้นที่ย่อย เพื่อให้การศึกษานี้เป็นไปในระดับหน่วยวิเคราะห์ คือ ระดับบล็อกของเมืองโดยทำการแบ่งพื้นที่เป็นบล็อกตามถนน เมื่อทำการแบ่งพื้นที่แล้ว จึงทำการกำหนดตัวแปรที่สนใจและทำการวัดค่าตัวแปรต่างๆตามที่กำหนดไว้แล้ว

ในขั้นตอนนี้ แปลงข้อมูลแผนที่สารสนเทศ GIS ที่ได้มาจากกรมโยธาธิการและผังเมือง (2549) นำข้อมูลมาพล็อตด้วยโปรแกรม Auto cad ได้เป็นไฟล์เส้นอาคารที่เป็น 2 มิติ ได้ตั้งภาพที่ 45 ในไฟล์ ยังระบุความสูงของอาคารไว้ด้วย ไฟล์ดังกล่าวเป็นไฟล์เส้น ไม่สามารถใช้ในการจำลองการไหลได้ จึงนำไฟล์ดังกล่าว มาสร้างเป็นภาพ 3 มิติที่เป็นไฟล์แบบ 3 มิติ โดยแปลงไฟล์จากไฟล์ Auto cad มาเขียนขึ้นใหม่ โดยใช้ไฟล์ที่เป็น ไฟล์วัตถุ คือ ไฟล์ Solid work ตั้งภาพที่ 46



ภาพที่ 45 ข้อมูล GIS ถูกเปลี่ยนเป็นรูปร่างสองมิติเป็นสามมิติจากโปรแกรม Map info ข้อมูลจากระบบภูมิศาสตร์สารสนเทศเขตบางรัก (ที่มา: ผู้วิจัย 2557 ปรับจาก กรมโยธาธิการผังเมือง กรุงเทพมหานคร, 2549)



ภาพที่ 46 ข้อมูล GIS ภาพสามมิติจากโปรแกรม Map info ข้อมูลจากระบบภูมิศาสตร์สารสนเทศเขตบางรัก (ที่มา: ผู้วิจัย 2557 ปรับจาก กรมโยธาธิการผังเมืองกรุงเทพมหานคร, 2549)

3.4.2. สเปคเครื่องและโปรแกรมคอมพิวเตอร์และโปรแกรมที่ใช้ในการศึกษา

สเปคเครื่องและโปรแกรมคอมพิวเตอร์และโปรแกรมที่ใช้ในการศึกษา เป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการทำแบบจำลอง สำหรับเซตบางรัก ได้รับการอนุเคราะห์เครื่องคอมพิวเตอร์ คลัสเตอร์ TERA บนระบบปฏิบัติการ LINUX ของสาขาวิศวกรรมการบินและอวกาศ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) Intel(R) Xeon(TM) ความเร็ว 3000 MHz จำนวน 64 processors หน่วยความจำ (RAM) 64 GB พื้นที่การจัดเก็บข้อมูล 100 GB จำนวน 1 ตัว โดยการจำลองครั้งนี้ใช้ซีพียู ในการคำนวณ ทั้งสิ้น 8 ตัว (8 processors) และ ใช้หน่วยค่าความจำ ทั้งสิ้น 16 กิกะไบต์ (16 Gigabytes)

โปรแกรมที่ใช้สำหรับการจำลองคือ ซอฟต์แวร์ Gambit และ Fluent สำหรับระบบปฏิบัติการ LINUX ลิขสิทธิ์ของสาขาวิศวกรรมการบินและอวกาศ ซึ่งเป็นหน่วยงานภายใต้การกำกับดูแลของคณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โปรแกรม Fluent ถูกใช้สำหรับการ ขั้นตอน Preprocess Solving และ Post process ยกเว้นการสร้าง Mesh ถูกทำให้โปรแกรม Gambit

3.4.3. การกำหนดแนวทางแก้ปัญหาฟิสิกส์

ขั้นตอนปฏิบัติการจำลองการไหล โดยการคำนวณโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์พลศาสตร์ของไหล การวิเคราะห์การไหลของอากาศผ่านเมืองมีการศึกษาอย่างกว้างขวาง เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบของความเร็วลมที่เกิดบริเวณต่างๆ เช่น ช่องว่างระหว่างตึก ช่องทางเดินรถรวมถึงพื้นที่ต่างๆในเขตเมือง จากการทำศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง การไหลแบบ Atmospheric boundary layer ถูกนำมาใช้เพื่ออธิบายความเร็วของการไหลของอากาศที่อยู่บนพื้นดิน และแบบจำลองการไหลแบบปั่นป่วน k-epsilon model ซึ่งถูกนำมาใช้วิเคราะห์กันอย่างแพร่หลายนำมาจำลองควบคู่กันไป แล้วหลังจากการจำลองเสร็จสิ้น ผลที่ได้ถูกนำมาวิเคราะห์โดยเกณฑ์ของความเร็วลมที่เหมาะสมตามเกณฑ์ภาวะสบาย

ในส่วนระเบียบในการวิธีการคำนวณของโปรแกรมคอมพิวเตอร์พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณประกอบด้วย 8 ขั้นตอน ดังนี้

1. การกำหนดฟิสิกส์ของปัญหา (Define the physical problem)
2. การกำหนดแบบจำลอง (Create a mathematical model)- Systems of PDEs, ODEs, algebraic equations

3. การกำหนดเงื่อนไขเริ่มต้น เงื่อนไขขอบเขต เพื่อให้สอดคล้องกับปัญหา (Well-posed problem)
4. การสร้างแบบจำลองแบบดิสครีท (Discrete model)
5. การดิสครีไทซ์โดเมน
6. การสร้างกริด
7. การได้แบบจำลองแบบดิสครีท-ระบบการแก้สมการดิสครีท
8. การวิเคราะห์ค่าผิดพลาดในระบบดิสครีท (Analyze errors in the discrete system)
9. ความสอดคล้อง/ตรงกับกายภาพ ความเสถียร และการวิเคราะห์การลู่เข้าของคำตอบที่เรียกว่ากระบวนการคอนเวอร์เจนท์ (convergence) ดังกล่าวมาแล้วในบทที่ 2

3.4.4. ระเบียบในการวิธีวิจัยการอินพุท (input) ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ พลศาสตร์ของไหล

การออกแบบการวิจัยในส่วนของการใช้เครื่องมือพลศาสตร์เชิงคำนวณเพื่อแสวงหาคำตอบ ขั้นตอนการอินพุท (input) ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์พลศาสตร์ของไหลเป็นขั้นตอนสำคัญในการหาคำตอบที่มีความแม่นยำของการศึกษา ประกอบด้วยขั้นตอน 3 ขั้นตอน ดังนี้

- 1 GIS-ตึก CAD, Meshing
- 2 กำหนดเงื่อนไขที่ขอบโดยใช้ทฤษฎี ABL, velocity profile
- 3 คำนวณหาค่าอัตราการถ่ายเทอากาศเมือง

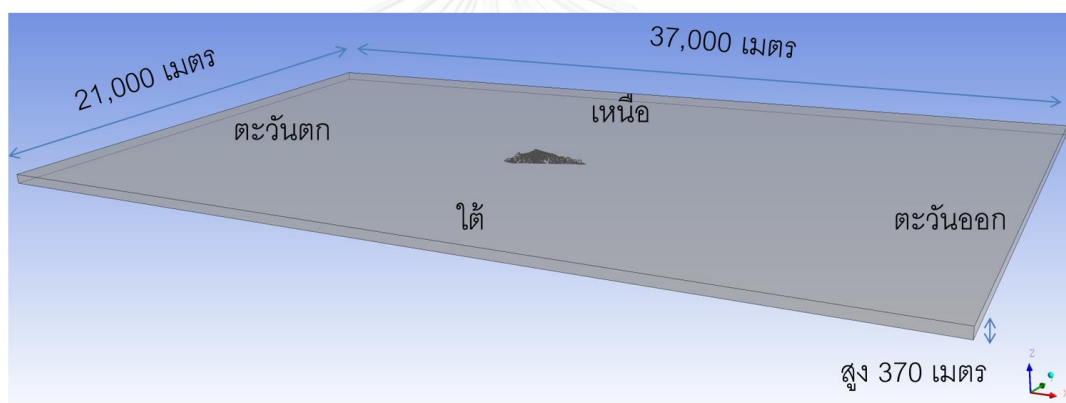
แบบจำลองของการศึกษาวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลกระทบของรูปแบบผังเมืองต่อการไหลของลมในพื้นที่ที่ทำการศึกษา เพื่อนำไปใช้ในการอ้างอิงเพื่อออกแบบผังเมืองที่มีการไหลเวียนของลมที่เหมาะสม ดังนั้นระเบียบวิธีในการศึกษาวิจัยจึงเริ่มจากการหาพื้นที่ที่จะใช้ศึกษา โดยเลือกจากสัญญาณเมือง จากนั้นจึงทำการกำหนดแบ่งพื้นที่เป็นพื้นที่ย่อย เพื่อให้การศึกษานี้เป็นไปในระดับหน่วยวิเคราะห์ คือ ระดับบล็อกของเมืองโดยทำการแบ่งพื้นที่เป็นบล็อกตามถนน เมื่อทำการแบ่งพื้นที่แล้ว จึงทำการกำหนดตัวแปรที่สนใจและทำการวัดค่าตัวแปรต่างๆตามที่กำหนดไว้แล้ว

เมื่อได้ค่าของตัวแปรในพื้นที่ที่ต้องการแล้วจึงนำค่าต่างๆมาทำการประมาณอัตราการระบายอากาศที่ไหลผ่านบริเวณดังกล่าวด้วย CFD เพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆต่อการไหลของลมผ่านพื้นที่ที่ศึกษา และเพื่อหาตัวแบบพยากรณ์ และทำการทดสอบความแม่นยำของ

ตัวแบบพยากรณ์ที่วิเคราะห์ได้ด้วยการเทียบกับค่าความเร็วลมที่วัดได้จริงจากระบบภูมิศาสตร์สารสนเทศ เพื่อนำมาเป็นตัวชี้วัดว่าลักษณะของผังเมืองมีผลกระทบต่อการระบายอากาศของเมืองอย่างไร ซึ่งในแต่ละลำดับขั้นตอนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.4.5. ขั้นตอนการกำหนดค่าโดเมนตามข้อกำหนดทางวิศวกรรม

ขั้นตอนนี้เป็นการสร้างแบบจำลองส่วนที่เป็นอากาศ (Domain) ขั้นตอนการกำหนดค่าโดเมนตามข้อกำหนดทางวิศวกรรม สำหรับในการวิเคราะห์ CFD เพื่อให้แน่ใจว่าขนาดขอบเขตของแบบจำลองไม่ส่งผลกระทบต่อความเร็วที่เป็นจะวิเคราะห์ซึ่งเกิดขึ้นในบริเวณสิ่งก่อสร้างนั้น การวิเคราะห์เขตบางรัศมีจะกำหนดจากความสูงที่ตำแหน่งความสูง ณ ตำแหน่งที่เกิดความเร็วเกรเดียนท์ (Gradient) (Hu and Wang, 2005) ดังนั้นจึงกำหนดให้ด้าน ขยายด้านแต่ละด้านเป็นดังต่อไปนี้ (ภาพที่ 47)



ภาพที่ 47 พื้นที่ว่างสำหรับอากาศเข้าโดยรอบพื้นที่ศึกษาตามมาตรฐานข้อกำหนดทางวิศวกรรม ASHRAE (2004) (ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

1. พื้นที่ว่างสำหรับอากาศเข้าด้านหน้า เป็น 2 เท่าของความสูง
2. พื้นที่ว่างสำหรับอากาศด้านข้างของแต่ละด้านเป็น 2 เท่าของความสูง
3. พื้นที่ว่างสำหรับอากาศไหลออกด้านหลังเป็น 4 เท่าของความสูง

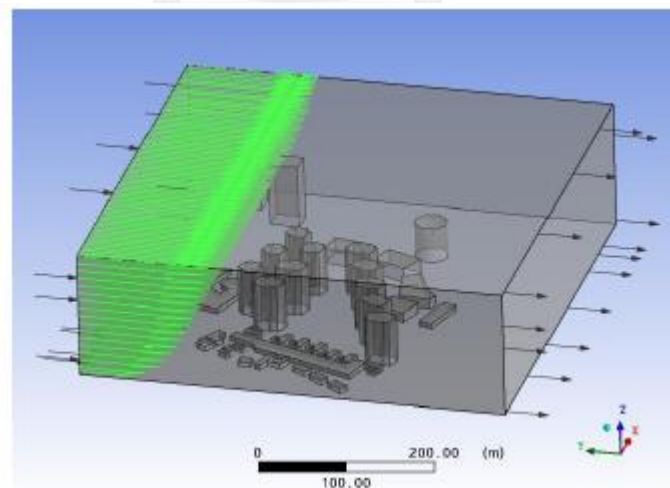
3.4.6. ขั้นตอนกำหนดเงื่อนไขที่ขอบ

การกำหนดเงื่อนไขที่ขอบ (boundary condition) กำหนดค่าโดยใช้ทฤษฎี Atmospheric Boundary Layer : ABL และทฤษฎี Velocity profile ดังที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 2.3.3

ค่าที่ใช้ในการกำหนดเงื่อนไขขอบ ตามทฤษฎี กำหนดค่าตามลักษณะกายภาพของเขตบางรัก ตามมาตรฐาน ASHRAE ที่กำหนดลักษณะว่ามีรูปแบบเป็นลักษณะแบบที่ คือ Terrain Category 2 ดังภาพที่ 48 โดยดูลักษณะเกณฑ์ที่แบ่งพื้นที่เมืองจากแบบที่ 1 และ 2 อยู่ที่เกณฑ์ที่กำหนดว่า พื้นที่ที่มีขนาดอาคารสูงเกินกว่า 21 เมตรมากกว่า 50% ของพื้นที่ จัดให้เป็น Terrain Category 1 และ พื้นที่ ที่มีขนาดอาคารสูงเกินกว่า 21 เมตรต่ำกว่า 50% ของพื้นที่ จัดให้เป็น Terrain Category 2 (แสดงด้วย การขีดเส้นใต้สีแดงในภาพที่ 48)

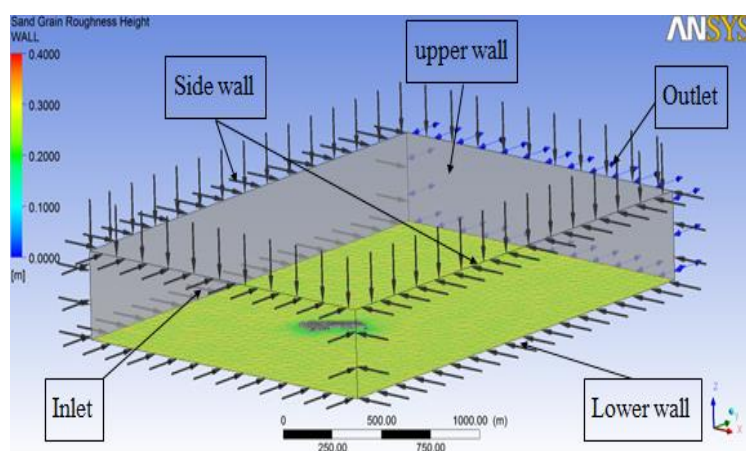
Terrain Category	Description	Exponent α	Layer Thickness Z_G m
1	Large city centres, in which at least 50% of buildings are higher than 21 m, over a distance of at least 2000 meters upwind	0.33	460
2	Urban, suburban, wooded areas, and other areas with closely spaced obstructions compared to or larger than single-family dwellings (over a distance of at least 2000 meters upwind)	0.22	370
3	Open terrain with scattered obstacles generally less than 10 meters height	0.14	270
4	Flat, unobstructed areas exposed to wind flowing over a large water body (no more than 500 meters inland)	0.10	210

ภาพที่ 48 มาตรฐาน ASHRAE
(ที่มา: ASHRAE, 2004)



ภาพที่ 49 การใช้โปรไฟล์ลมที่เป็นเส้นโค้งที่เรียกว่า wind velocity profile เป็นลมด้านเข้า inlet ในโดเมนคอมพิวเตอร์ (computational domain) (ที่มา: Hu and Wang, 2005)

กำหนดค่าตำแหน่งเพลาหน้าค่าเงื่อนไขขอบในแบบจำลอง เป็นการกำหนดเงื่อนไขที่ขอบที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรมแล้วเสนอแนะผนวกเข้ากับทฤษฎีชั้นบรรยากาศ คือการใช้โปรไฟล์ลมที่เป็นเส้นโค้งที่เรียกว่า wind velocity profile เป็นลมด้านเข้า inlet จากนั้นปล่อยให้ลมไหลผ่านสี่เหลี่ยมเมืองไป ลมจะเปลี่ยนทิศทางการไหลเมื่อลมปะทะกับวัตถุที่ขวางกั้น ทำให้ลมเปลี่ยนความเร็วและความดันไป ที่เป็นไปตามกฎอนุรักษ์ของนิวตัน คือ พลังงานไม่ได้สูญหายไปแต่พลังงานสามารถเปลี่ยนรูปได้โดยมีผลลัพธ์รวมเท่ากัน นั่นคือ เข้าเท่ากับออก ซึ่งใช้เป็นแนวคิดสำคัญของการศึกษานี้



ภาพที่ 50 ภาพแสดงตำแหน่งของค่าขอบในแบบจำลอง ตำแหน่งที่กำหนดทางเข้า (inlet) และ b. ตำแหน่งที่กำหนดผนังข้าง (wall) (ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

	boudary type	description
Inlet velocity	velocity inlet	velocity profile, k and epsilon
Outlet	outlet	pressure guage=0, zero gradient
side wall	velocity inlet	velocity profile, k and epsilon
Lower wall	wall	no slip condition and roughness=0.3
Upper wall	velocity inlet	horizontal velocity=5.5, k=0.6171, epsilon=7.02e-5

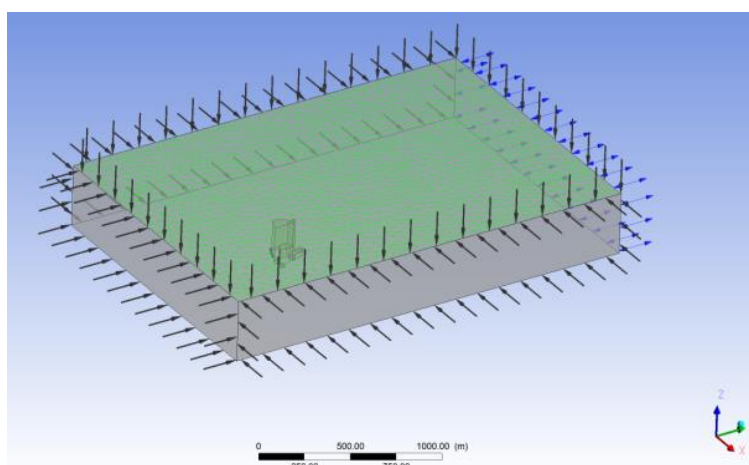
ภาพที่ 51 สรุปค่าเงื่อนไขที่ขอบที่ใช้ในการศึกษา (ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

ในส่วนข้อกำหนดเงื่อนไขขอบของโดเมนทางเข้าและออกทั้ง 5 ด้านมีรายละเอียด ดังนี้

1. ความเร็วที่ทางเข้า (inlet) และผนังข้าง (wall) ของแบบจำลอง(domain)ใช้ทฤษฎี Atmospheric boundary layer: ABLกำหนดความเร็วทางเข้า (inlet boundary condition) และความเร็วที่ขอบด้านทิศตะวันออกและทิศตะวันตก เป็นรูปแบบของความเร็ว (the profiles of wind speed) ที่มีความเร็วที่มีลักษณะเพิ่มขึ้นตามความสูง ดังสมการของ Hu and Wang (2005)

2. กำหนดขอบด้านบนของแบบจำลอง (domain) ให้อากาศไหลด้วยความเร็วเกรเดียนท์ (gradient velocity) U_z หรือที่เรียกว่าค่าความเร็วลมตามแนวตั้ง (wind velocity profile) ซึ่งต้องเป็นไปตามทฤษฎีเมื่อที่ความสูง 370 เมตรขึ้นไปเป็นความเร็วที่มีการไหลแบบคงที่ คือ 5.5 เมตรต่อวินาที (ค่าความเร็วลมเฉลี่ยของกรุงเทพมหานคร ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา, 2553 ตรงกับมาตรฐาน ASHRAE 2004) และค่า k ที่ตำแหน่งขอบบนซึ่งมีความสูง 370 เมตร ค่า k และ \mathcal{E} สามารถคำนวณจากสมการที่ 8 และ 9 ตามลำดับ ได้เป็นค่าคงที่ คือ $0.1613 \text{ (m}^2/\text{s}^2)$ และ $7.02 \times 10^{-5} \text{ (m}^2/\text{s}^3)$

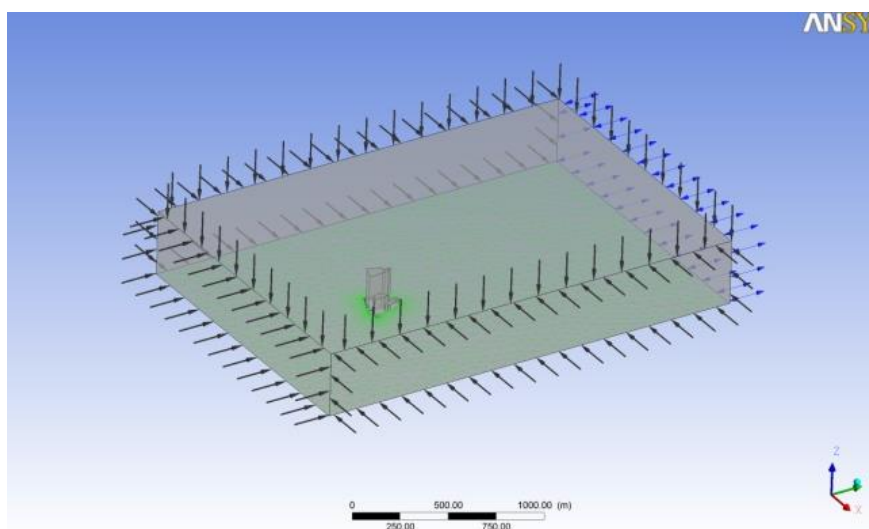
การศึกษานี้สร้างโดเมนของอากาศที่มีความสูงจากพื้นดินถึงขอบโดเมน 370 เมตร (ตามมาตรฐาน ASHRAE ที่ระบุไว้ในภาพที่ 48 ส่วนที่ล้อมกรอบด้วยเส้นสีน้ำเงิน) รายละเอียดโดเมนเป็นดังภาพที่ 47 ค่าความเร็วลมจากการคำนวณได้เป็นค่า 1.613 เมตรต่อวินาที คือค่าความเร็วลมที่ควรเป็นในระดับอ้างอิง คือระดับคนเดินเท้า (Pedestrian level) คือวัดที่ระดับความสูง 1.50 เมตรจากพื้นดิน เป็นความเร็วลมที่ควรเป็นที่ใช้อ้างอิงตลอดการศึกษานี้ คือกำหนดให้ลมที่มีความเร็ว 1.613 เมตรต่อวินาทีมีค่าเวกเตอร์ความเร็วลมเป็นสีแดง ซึ่งหมายความว่าความเร็วลมนี้เป็นความเร็วลมที่พึงประสงค์หรือยิ่งได้ค่ามากกว่านี้ ยิ่งหมายถึงมีการไหลของลมที่ดี



ภาพที่ 52 ตำแหน่งที่กำหนดขอบด้านบนของแบบจำลอง

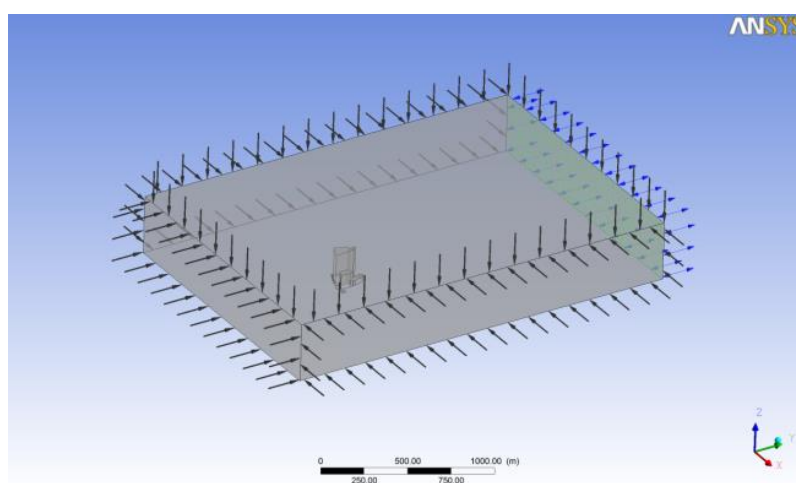
(ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

3. พื้นล่างของแบบจำลอง (domain) ให้มีค่าความขรุขระ 0.3 เมตร ประมาณค่าความขรุขระ ของพื้นผิวเขตบางรัศมีอยู่ประมาณ 0.3 เมตร หรือ ความสูงเทียบเท่าระดับหัวเข่า ความขรุขระพื้นผิวจะมีค่าในช่วง 0.03 เมตร ถึง 2 เมตร ขึ้นอยู่กับสภาพพื้นที่ (Blocken, Stathopoulos and Carmeliet, 2007)



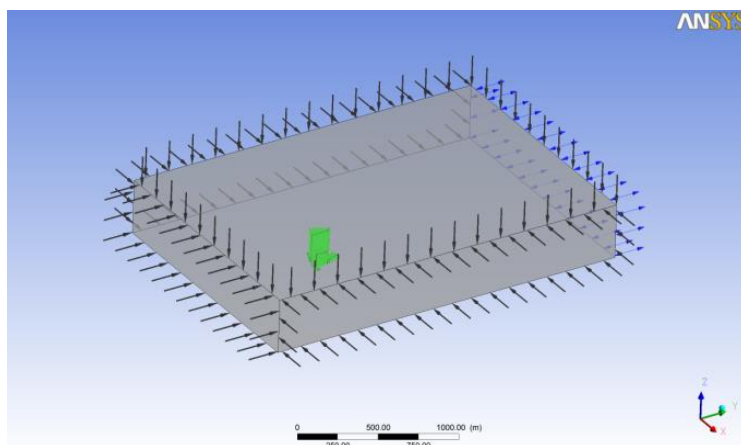
ภาพที่ 53 ตำแหน่งที่กำหนดขอบพื้นล่างของแบบจำลอง
(ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

4. การกำหนดเงื่อนไขที่ทางออกกำหนดเป็นแบบความดันทางออกเท่ากับศูนย์ และเกรเดียนต์เท่ากับศูนย์



ภาพที่ 54 ตำแหน่งที่กำหนดทางออก (outlet)
(ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

5. กำหนดเงื่อนไขบนผนังสิ่งก่อสร้าง ให้มีค่าความขรุขระโดยทั่วไปถูกใช้อย่างกว้างขวางที่ 0.3 เมตรด้วยเหตุผลเทียบเท่ากับการกำหนดความขรุขระบริเวณพื้นเช่นเดียวกับพื้นล่างของแบบจำลอง

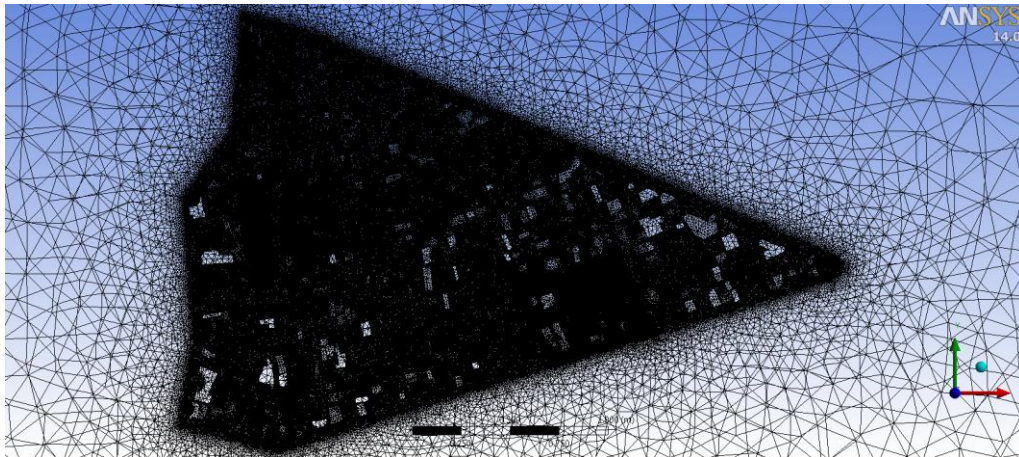


ภาพที่ 55 ตำแหน่งที่กำหนดผนังสิ่งก่อสร้าง
(ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

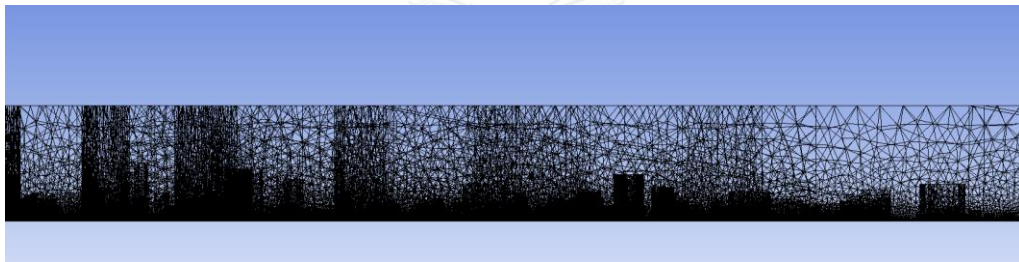
3.4.7. การคำนวณการตีเมช

กระบวนการประมวลผลของเครื่องมือพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณนั้น มีกระบวนการดังต่อไปนี้ เริ่มแรก จะต้องมี การป้อนข้อมูลใส่โปรแกรมบิท (Gambit) หลังจากนั้นโปรแกรมจะมีการสร้างหุ่นจำลอง (model) โปรแกรมแกมบิททำการตีตารางคำนวณค่า (mesh face volume) หลังจากนั้นจึงป้อนข้อมูลเข้าสู่โปรแกรมกำหนดค่าเงื่อนไขขอบ เมื่อโปรแกรมแกมบิทถ่ายโอนข้อมูลเมชเข้าสู่โปรแกรมฟลูเอนท์ (FLUENT) จึงเข้าสู่กระบวนการอ่านข้อมูลจากเมชไฟล์ลงสู่โปรแกรมรายงานผล หลังจากนั้นโปรแกรมจะทำการตั้งค่าอ้างอิง แล้วจึงป้อนข้อมูลสู่โปรแกรมเช็คความถูกต้องของการตีกริด หรือเรียกว่าตีเมช รอจนโปรแกรมป้อนข้อมูลสู่โปรแกรมสร้าง solver, material, เงื่อนไขการดำเนินการประมวลผล

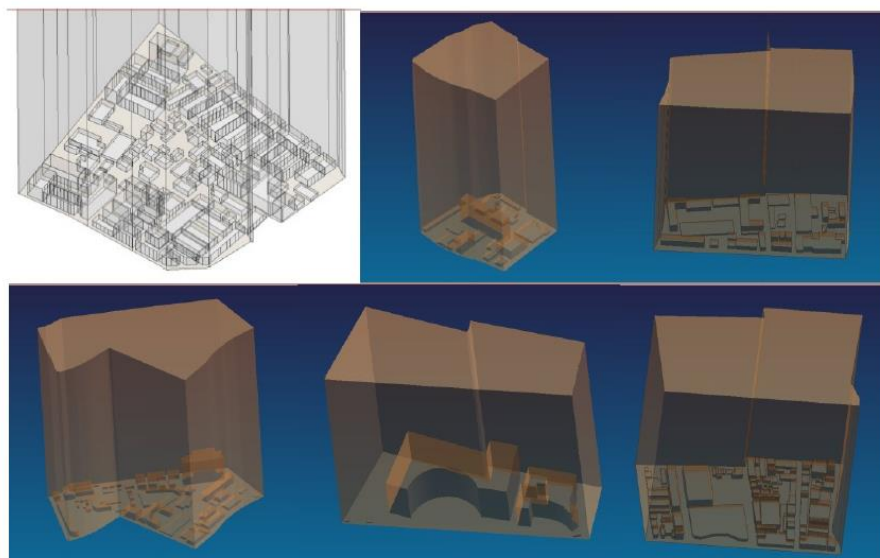
การศึกษานี้ใช้การสร้าง Mesh มีจำนวนทั้งสิ้น 22,143,100 ส่วนเป็นรูปร่างทรงสี่หน้า มีความกว้างทั้งหมด 36,639.2 เมตร มีความยาวทั้งสิ้น 21,113.4 เมตร และมีความสูง 370 เมตร เมื่อสร้าง mesh เสร็จแล้ว ข้อมูลทั้งหมดจะถูกบันทึกเป็นไฟล์นามสกุล .msh และส่งต่อไปยังโปรแกรม Fluent ขั้นตอน Preprocess และ solving ได้แก่ เงื่อนไขขอบ เงื่อนไขเริ่มต้น และรวมไปถึงการปรับตั้งค่าในการ solving จะถูกกำหนดและดำเนินการในโปรแกรม Fluent สำหรับขั้นตอน solving ใช้เวลาทั้งสิ้น 48 ชั่วโมง เพื่อให้ค่า residual ต่ำกว่า 1×10^{-4}



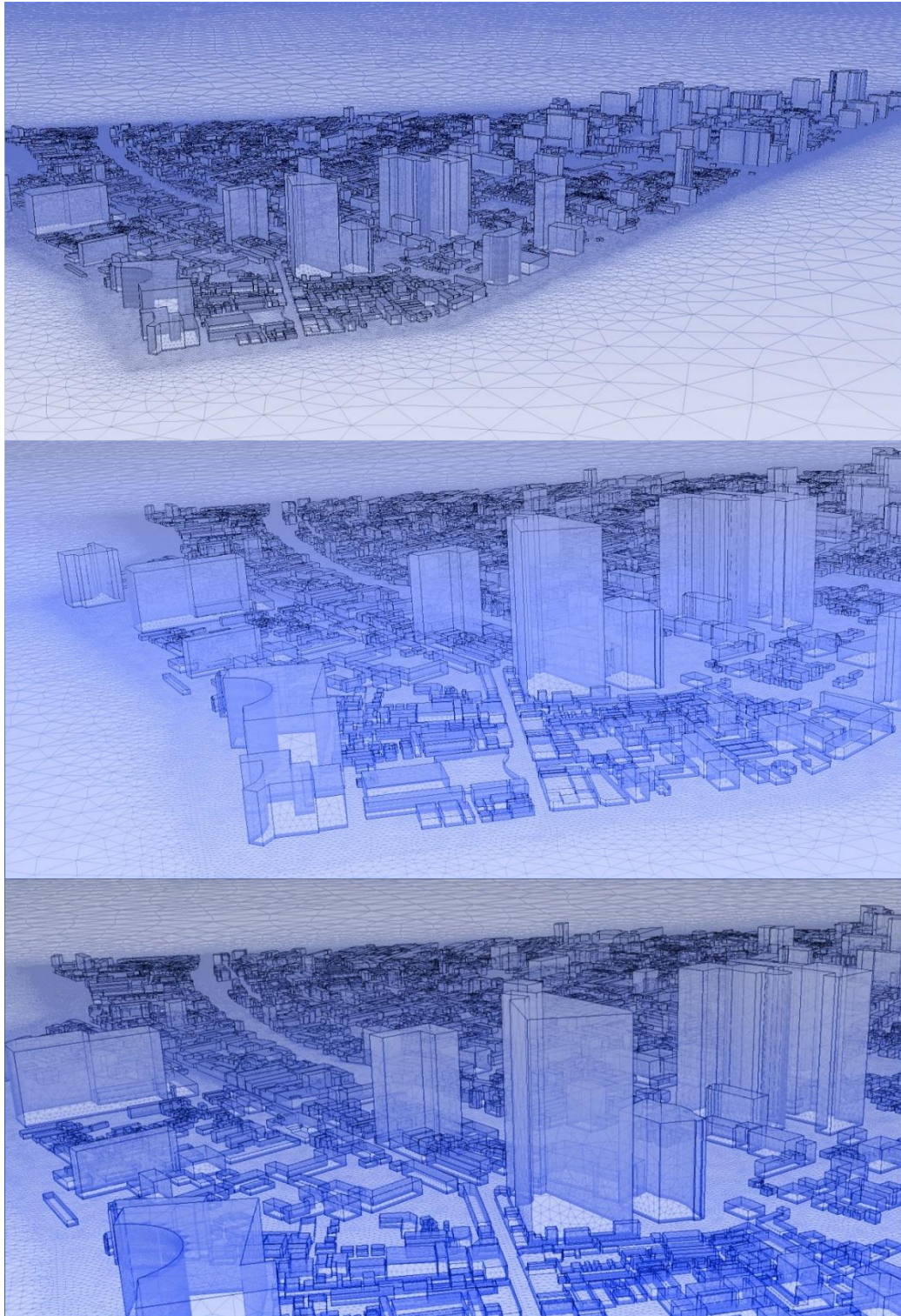
ภาพที่ 56 มุมมองด้านบน เมชของเขตบางรัก ที่ใช้ในการศึกษานี้
(ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)



ภาพที่ 57 มุมมองด้านหน้า เมชของเขตบางรัก ที่ใช้ในการศึกษานี้
(ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)



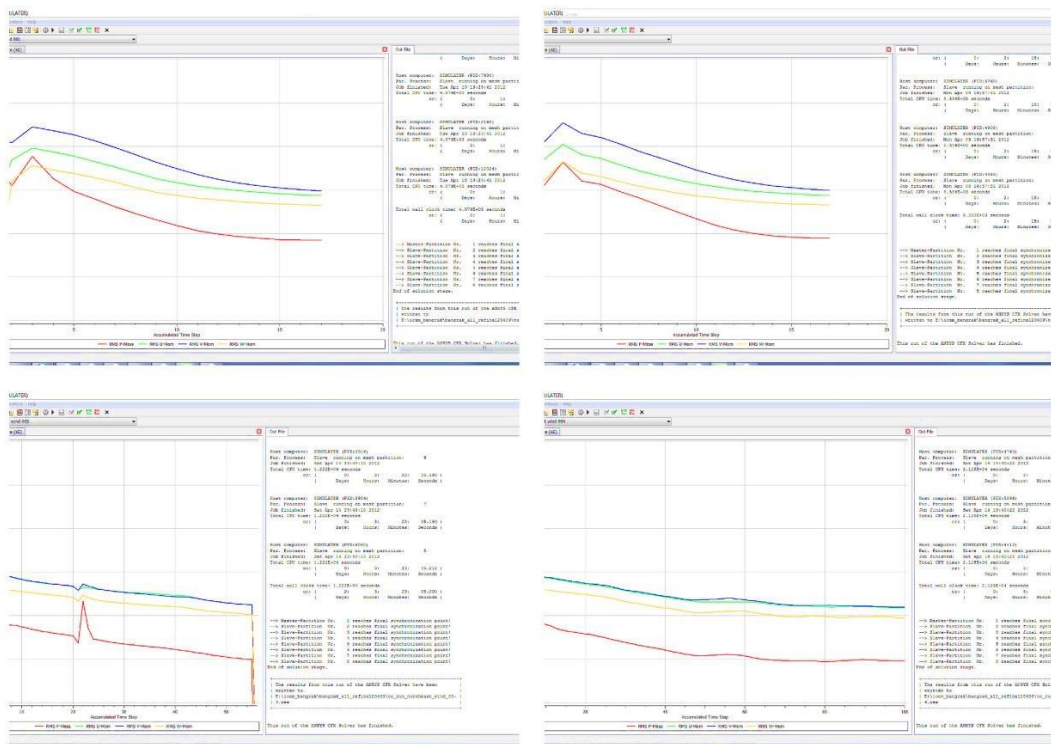
ภาพที่ 58 ตัวอย่างภาพโดเมนคอมพิวเตอร์ของหน่วยวิเคราะห์บล็อกที่ 13, 14, 16, 18, 19 ที่ใช้ในการศึกษานี้ (ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)



ภาพที่ 59 ภาพโดเมนคอมพิวเตอร์และเมฆของพื้นที่ศึกษาเขตบางรักที่ใช้ในการศึกษานี้
(ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

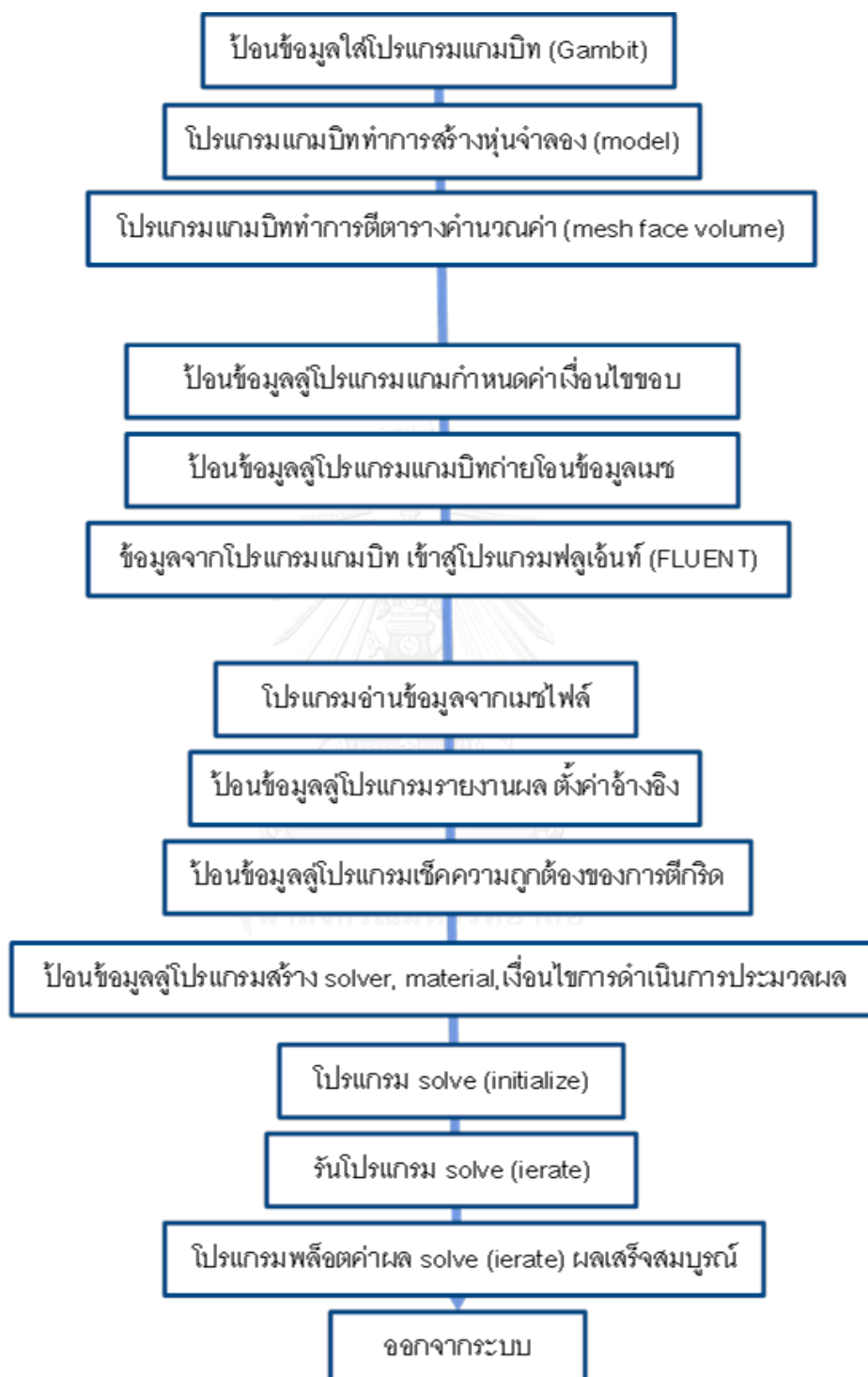
3.5 การกำหนดการควบคุมการคำนวณผลการจำลอง (Solver control)

เพื่อให้คำตอบมีความแม่นยำมากขึ้น การหาคำตอบจากสมการทรานสปอร์ต (Transport equation) ต่างๆ ควรเลือกความแม่นยำอันดับสอง (Second-order accuracy) หรือความละเอียดสูง (High resolution) จำนวนครั้งของการคำนวณซ้ำเพื่อให้ได้คำตอบกำหนดไว้ที่ 2,000 ครั้ง และตั้งเป้าหมายของเรสซิดวอล เท่ากับ $1e-4$ (ทศนิยมหลักที่ 4 คือ 0.0001) เพื่อให้เกิดค่า “error ลู่เข้าใกล้ศูนย์” คือมีความผิดพลาดของการคำนวณน้อยมากเข้าใกล้ศูนย์ เรียกกระบวนการนี้ว่า คอนเวอร์จันซ์ (convergence) พิจารณาได้จากกราฟ ดังนี้



ภาพที่ 60 กราฟแสดงค่า error ลู่เข้าใกล้ศูนย์ ของการคำนวณลมทั้ง 4 ทิศ
(ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

โดยมีกระบวนการ ดังนี้



ภาพที่ 61 กระบวนการประมวลผลของเครื่องมือพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ
(ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

หลังจากนั้นโปรแกรมจะทำการป้อนข้อมูลสู่โปรแกรมเช็คความถูกต้องของการตีกริด รอนโปรแกรมป้อนข้อมูลสู่โปรแกรมสร้าง solver, material, เงื่อนไขการดำเนินการประมวลผล รอนโปรแกรม solve (initialize) รันร่วมกับโปรแกรม solve (iteration) รอนโปรแกรมพล็อตค่าผล solve ผลเสร็จสมบูรณ์ แล้วจึงค่อยออกจากระบบ โดยมีรายละเอียดเงื่อนไขในการคำนวณด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Fluent ดังนี้

in solution mode (processing)		
0.0 Residuals graph.		
0.1 Mesh element on each panel (Inlet, Outlet-back, Outlet-L, Outlet-R, roof) and CAL numbers of each panel. Show all elements of each calculation.		
0.2 Plot X-Y		
Inlet (Normal to, Inclined)	Mixed plot graph (Normal to, Inclined)	Mixed plot graph (Inclined)
Outlet-back (Normal to, Inclined)	Mixed plot graph (Normal to, Inclined)	
Outlet-L (Normal to, Inclined)	Mixed plot graph (Normal to, Inclined)	
Outlet-R (Normal to, Inclined)	Mixed plot graph (Normal to, Inclined)	
Roof (Normal to)		
Plane1 at 1.5m (Normal to)		
Plane vertical (Normal to)		

In results mode (post-processing)		
1. Contour at 1.5m above the ground by create the plane1. (Contour+Vector(white) for indicate the type of flow: Lee vortex, Jet stream, etc.)		
2. Vector at 1.5m above the ground (on plane1) Factor 10X		
3. Detemine area of Plane1(All-building) and all area by Calculated function.		
4. Contour and vector on Plane1 at range (4.1) 0-1, (4.2) 1-2, (4.3) 2-3 m/s		
5. Flow line on 2D (Plane1) and (Vertical plane: line zone contour).		
6. Flow 3D by select the normal Plane (Inlet panel) type: 6.1Flow line and 6.2Ribbon line		

ภาพที่ 62 รายละเอียดเงื่อนไขในการคำนวณด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Fluent

(ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

3.6 การวิเคราะห์ผล

ในขั้นตอนนี้ เป็นขั้นตอนที่เป็นการนำผล เพื่อมาใช้เป็นค่าคำตอบ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วถึง ปัญหาในการศึกษา เนื่องจากในอดีตที่ผ่านมาการศึกษาด้วย CFD จะใช้เพียงภาพลูกศรสีเป็นคำตอบ จากผลวิเคราะห์ที่แสดงมาในส่วนต้นที่ได้กล่าวมาแล้วแสดงผลเป็น “ภาพ” ที่ทำให้สามารถเข้าใจถึงรูปแบบ ทิศทางการไหล ความเร็วของลมที่แสดงออกมาเป็นภาพโดยใช้ลูกศรสีแทนทิศทาง ความเร็ว และ

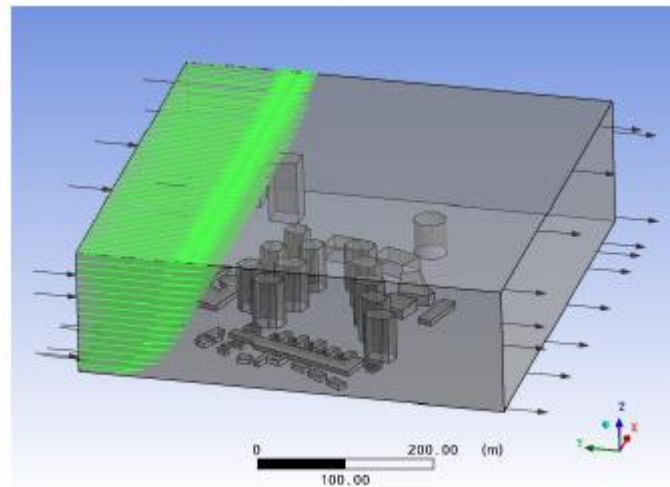
ขนาดการไหลของลม ซึ่งระเบียบวิธีการไหลนี้เป็น การไหลแบบ Steady ซึ่งเป็นการไหลครบ loop ไม่ว่าจะตัดระนาบภาพ ดูช่วงใดก็ตาม

แต่ช่องโหว่ของการศึกษาแบบเป็นการจับภาพ (capture) ให้เห็นภาพ การไหลแบบเพลนตัดระนาบ (cutting plane) นี้ คือ เป็นเพียงการจับภาพแค่นั้นในขณะใดขณะหนึ่ง ทำให้ไม่สามารถเข้าใจถึงกระบวนการไหลทั้งหมดในปริมาตรที่สนใจศึกษา ซึ่งค่าในปริมาตรจึงเป็นคำตอบของการศึกษานี้ ภาพการไหลแบบเพลนตัดระนาบ (แม้เป็นวิธีที่ปฏิบัติกันมา) ไม่สามารถเป็นใช้เป็นคำตอบของการศึกษานี้ได้

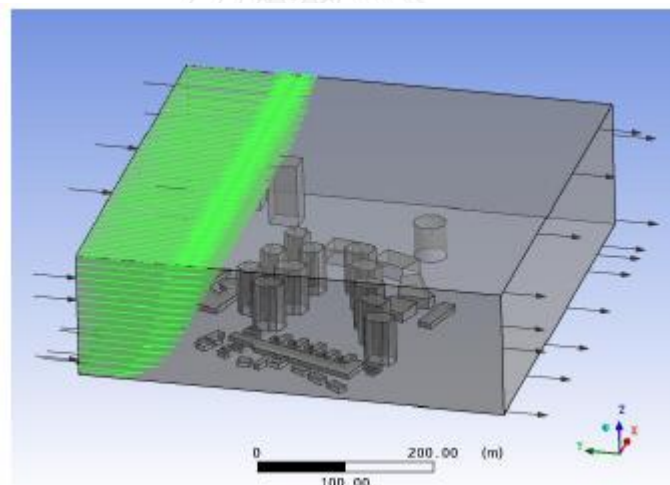
การไหลแบบเพลนตัดระนาบ ที่ความสูง 1.50 เมตร การศึกษาแบบตัดขวาง (Cross-sectional Studies) ณ จุดเวลาใดเวลาหนึ่ง (ทั้งที่ในความจริงเป็นเพียงระนาบภาพตัดหนึ่งที่อยู่เหตุการณ์ซึ่งมีการไหลเป็นปริมาตร finite volume) แต่เป็นรูปแบบเพียงวิธีเดียวที่ใช้โดยทั่วไปตามการทบทวนวรรณกรรมถึงงานศึกษาที่ผ่านมา ที่เป็นช่องว่างทางวิชาการ การศึกษานี้จึงนำเสนอแนวคิดใหม่ ในหาคำตอบผลการศึกษาที่เป็น “ตัวเลข” ที่เป็นค่าเชิงปริมาณ สามารถนำมาเปรียบเทียบความสามารถของการไหลแต่ละบล็อกได้ชัดเจน เมื่อได้ผลเป็นค่า “ตัวเลข” แล้วจึงนำไปวิเคราะห์ผลร่วมกับภาพเวกเตอร์สีเพื่อให้ได้ความถูกต้องมากที่สุด การเห็นเป็น “ภาพ” ที่แสดงเป็นเวกเตอร์สียังมีช่องว่างทางการศึกษาอยู่ คือ ถึงแม้การแสดงผลภาพ มีข้อดี คือ แสดงผลเป็นเวกเตอร์สีจะทำให้เห็นพฤติกรรมการไหลระหว่างอาคารภายในบล็อก โดยหัวลูกศรแสดงทิศทางการไหลของลม และสีของลูกศรแสดงขนาดความเร็วของลม ที่สามารถนำมาวิเคราะห์และเข้าใจได้โดยง่าย เพราะการทำ ความเข้าใจและนำไปใช้ประโยชน์ได้ง่ายนี้ จึงเป็นที่ต้องการของคนทั่วไปและผู้ออกแบบวางผังเมืองที่ต้องการทราบว่า รูปแบบการไหลในสัณฐานเมืองแบบต่าง ๆ จะเป็นเช่นไร แม้ว่าภาพสีจะไม่สามารถตอบถึงค่าอัตราการระบายอากาศ ที่เป็นคำถามของคำถามของการศึกษานี้ได้ แต่รูปแบบการไหลก็จำเป็นต่อการวิเคราะห์ผลในการศึกษานี้ และยังเป็นค่าที่เป็นคำถามคลาสสิกที่คนส่วนใหญ่ต้องการทราบ

ดังที่ได้กล่าวไปแล้ว การแสดงผลด้วย “ภาพ” มีจุดอ่อน ซึ่ง คือ การที่ไม่สามารถนำค่าลูกศรสีมาเปรียบเทียบความมากน้อยกันได้ เช่น มีลูกศรสีเดียวกันจำนวนมาก ก็ยังไม่สามารถจะตอบได้ว่ามากกว่ากันหรือไม่ แล้วถ้ามากกว่าก็ยังไม่สามารถตอบได้ว่า มากกว่ากันเป็นเท่าใด ระเบียบวิธีของการศึกษานี้ จึงต้องการผลคำตอบเชิงปริมาณที่เป็น “ตัวเลข” ที่สามารถชี้ชัดลงไปได้ว่าสัณฐานเมืองในบล็อกถนนแบบใดที่ทำให้เกิดการไหลและการระบายอากาศที่ดีที่สุด

โดยนิยามของคำว่า “การระบายอากาศ” คือ การที่อากาศใหม่จะไหลแทนที่อากาศเก่าจนหมดจึงทำให้การระบายอากาศเป็นทฤษฎีที่วิศวกรและนักวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องเรียนรู้เกี่ยวกับการไหลของอากาศ โดยการไหลของอากาศบริเวณโดยรอบอาคารจะเป็นแบบเข้าและออก ซึ่งลมที่มีการไหลผ่านรอบอาคารจะมีทิศทางที่ไหลที่สามารถระบายอากาศออกไปได้ คำนียามการระบายอากาศในที่นี้ถือได้ว่าเป็นเหมือนการระบายอากาศใหม่ที่ไหลไปตามที่อากาศเก่าภายในกรอบโดเมนของเขตพื้นที่ศึกษา ที่จะได้บรรยายต่อไป ในส่วนของผลการศึกษาที่แสดงเป็นค่าตัวเลข การศึกษานี้ จึงใช้การวัดผลด้วยค่าการระบายอากาศเมือง ซึ่งค่าคำตอบจะเป็นค่าตัวเลขโดดเพียงค่าเดียว เพื่อใช้เป็นค่าเปรียบเทียบเชิงปริมาณที่วัดค่าได้และมีความแม่นยำสูงที่สุด แทนความสามารถ ประสิทธิภาพการไหลและการระบายอากาศของพื้นที่เมือง ของแต่ละลักษณะเชิงสัณฐานเมืองแต่ละบล็อกถนน ซึ่งเป็นหน่วยวิเคราะห์ของการศึกษานี้ และในการหาคำตอบของ “ผลการศึกษาที่แสดงเป็นค่าตัวเลข” นั้น จากการทบทวนวรรณกรรมยังไม่มีผู้เสนอแนวคิดในการหาคำตอบด้วยวิธีนี้ แต่วิธีการแสดงผลเป็นภาพยังไม่สามารถตอบโจทย์คำถามงานวิจัยนี้ได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้คิดค้นหาวิธีการหาคำตอบที่จะตอบคำถามงานวิจัยนี้ โดยย้อนกลับไปพิจารณาวิธีการทำงานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (CFD) ที่ใช้ในการศึกษา พบว่าในการทำงานนั้นคอมพิวเตอร์ใช้การประมวลผลเชิงตัวเลขเป็นการหาคำตอบประมวลผลเป็นภาพ จึงต้องมีข้อมูลเป็นตัวเลขอยู่ก่อนที่จะโปรแกรมจะสร้างเป็นภาพออกมา การศึกษานี้จึงใช้การกลับไปศึกษาวิเคราะห์ค่าตัวเลขก่อนที่คอมพิวเตอร์จะประมวลผลเป็นภาพนั่นเอง โดยที่โปรแกรม Fluent CFD ทำหน้าที่คำนวณการไหลเวียนของอากาศและความร้อนโดยอาศัยการแก้สมการสมดุลของมวลอากาศ โมเมนตัม และพลังงานของ Navier – Stokes และเพิ่มเติมพลังงานจลน์เทอร์บูเลนซ์ (Turbulence Kinetic Energy) และอัตราการแพร่กระจาย (Dissipation Rate) ในรูปแบบของ k- ϵ (k-epsilon) turbulence model (Andrews & Prithviraj, 1997) ภาพรูปแบบและขนาดการไหลที่แสดงผลนี้ ประมวลผลจาก โดยการคำนวณจะใช้วิธีการตัดแบ่งพื้นที่อาคารและสภาพแวดล้อมออกเป็นหน่วยย่อย ๆ Finite Volume (Patankar, 1980)

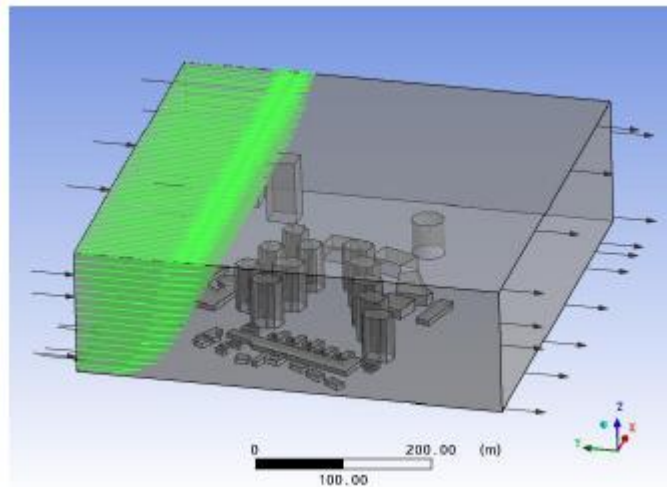


ภาพที่ 63 การใช้โปรไฟล์ลมที่เป็นเส้นโค้ง (สีเขียวอ่อน) ที่เรียกว่า wind velocity profile เป็นลมด้านเข้า inlet ในโดเมนคอมพิวเตอร์ (computational domain)
(ที่มา: ผู้วิจัย, 2557 ปรับจาก Hu and Wang, 2005)



ภาพที่ 64 ระนาบตัดในโดเมนคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการศึกษา
(ที่มา: ผู้วิจัย, 2557 ปรับจาก Hu and Wang, 2005)

การศึกษาที่แสดงเป็นภาพนั้น เป็นการศึกษาเวกเตอร์การไหลของการศึกษานี้เป็นการศึกษา “ความเร็วลม” ที่เป็นภาพตัดระนาบ (Cutting plane) ที่ระนาบสูงจากพื้นดิน 1.50 เมตร (เส้นสีแดงในภาพที่ 64) ซึ่งเป็นภาพตัด ที่จับภาพการไหลที่ระดับที่คนใช้หายใจเป็นภาพแบบ 2 มิติ



ภาพที่ 65 ปริมาตรควบคุมในโดเมนคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการศึกษา
(ที่มา: ผู้วิจัย, 2557ปรับจาก Hu and Wang, 2005)

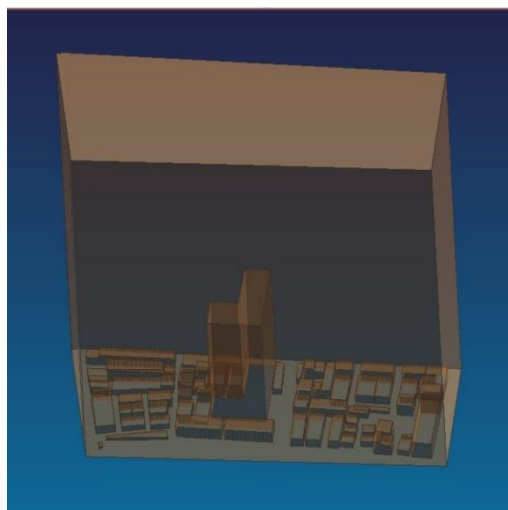
ส่วนการศึกษาที่เป็นค่าตัวเลขนั้นเป็นการศึกษาปริมาตรอากาศ แบบ 3 มิติ อัตราการถ่ายอากาศ คำนวณจากปริมาตรอากาศที่ไหลเข้าและออกในปริมาตรควบคุม มีลักษณะเป็นกล่องอากาศที่นับปริมาตรการไหล จากระนาบพื้นดินถึงระนาบสีน้ำเงิน ซึ่งสูงจากพื้นดิน 2.50 เมตร มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร (กล่องเส้นสีน้ำเงินในภาพที่ 65)

3.6.1. การคำนวณค่าอัตราการระบายอากาศเมือง

การคำนวณค่าอัตราการระบายอากาศเมืองแสดงวิธีหาค่าตอบค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงอากาศ และผลค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงอากาศรายบล็อกทั้ง 98 บล็อกของลมทิศใต้ วิธีคำนวณ คือ การคำนวณอนุพันธ์ของค่า Mass Flow rate ตามกฎอนุกรมมวล มีหน่วยเป็น กิโลกรัมต่อวินาที (kg/s) (ดังที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 2) นำมาหารด้วยปริมาตรอากาศของบล็อกนั้น ๆ ปริมาตรอากาศนี้ วัดจากพื้นดินถึงระดับขอบบนของโดเมนที่ระดับความสูง 370 เมตร (ดังภาพที่ 64) ขอบเขตปริมาตรบล็อกที่เป็นเส้นหยักตามแนวขอบเขตถนน (ดังภาพที่ 58) จากนั้น นำมาคูณด้วย 273.1 เพื่อให้ได้เป็นค่า ACH block ที่ไม่มีหน่วย และเพื่อเป็นการปรับฐานให้ค่าการไหลของแต่ละบล็อกที่มีขนาดแตกต่างกันให้สามารถเปรียบเทียบกันได้ ผู้วิจัยจึงนำเสนอความคิดให้ นำค่าที่ได้ในแต่ละบล็อกมาหารกับขนาดพื้นที่บล็อก เพื่อให้ค่าที่ได้ มีหน่วยเป็นตารางเมตรเนื่องจากใช้เปรียบเทียบกันได้ทุกบล็อก แสดงวิธีคำนวณดังจะแสดงรายละเอียดในหัวข้อต่อไป

3.6.2. แสดงวิธีการคำนวณหาค่าตอบค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงอากาศ

การคำนวณคิดอัตราการระบายอากาศเนื่องจากการไหลที่ไหลเข้า-ออกผ่านโดเมนอากาศของแต่ละบล็อก (ดังภาพที่ 64) ทั้งนี้เนื่องจากตามทฤษฎีอนุรักษมวลของนิวตัน ที่ระบุว่าลมหรืออากาศที่ไหลเข้าบล็อกต้องมีปริมาณเท่ากับอากาศที่ไหลออกจากบล็อก ดังนั้น การศึกษาวิจัยคำนวณคิดอัตราการระบายอากาศเนื่องจากการไหลเฉพาะที่เหนี่ยวนำไหลเข้าผ่านโดเมนอากาศของแต่ละบล็อกเพื่อนำผลมาเปรียบเทียบว่าสัญญาณเมืองของบล็อกแบบใดจะมีการไหลเข้า-ออก (ค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงอากาศ/ค่าอัตราการถ่ายเทอากาศเมือง) เท่าไร



ภาพที่ 66 แสดงโดเมนอากาศของบล็อกที่ 15

(ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

จากภาพซึ่งการคำนวณค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงอากาศ (ACH) ใช้วิธีการหาจากผลการจำลองพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (CFD) คำนวณหาค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรโดยตรงจากการกำหนดปริมาตร ของโดเมนของบล็อกของเมืองในแต่ละบล็อก ซึ่งใช้เป็นหน่วยวิเคราะห์ของการศึกษา นี้ จากภาพที่ 66 แสดงตัวอย่างถึงโดเมนอากาศของบล็อกพื้นที่ศึกษาเลขบล็อกที่ 15 ที่มีลักษณะคล้ายกรอบแก้วใสที่อากาศผ่านได้ตั้งอยู่เหนือพื้นที่เมือง วัดระยะความสูงของกรอบแก้วโดเมนวัดจากพื้นดินถึงขอบด้านบนของโดเมนเป็นระยะ 370 เมตร ตามมาตรฐานการคำนวณการไหลของอากาศ ASHRAE (2004) และปริมาตรอากาศที่นำมาศึกษาพฤติกรรมการไหลเข้า-ออกของอากาศเพื่อหาค่าอัตราการถ่ายเทอากาศเมืองของการศึกษานี้คิดที่ระดับจากพื้นดินถึงระดับความสูง 2.50 เมตรนับจากพื้นดิน (ตามที่ระบุไว้แล้วในบทที่ 2)

ขอบเขตของโดเมนมีลักษณะคล้ายกรอบแก้วสี่ที่ตั้งอยู่เหนือพื้นที่เมืองนี้ ประกอบด้วยเพลา
 ระบายที่อากาศผ่านได้อยู่ 5 ระบาย คือ 1. ระบายด้านบนของโดเมน 2. ระบายด้านหน้าของโดเมน
 3. ระบายด้านหลังของโดเมน 4. ระบายด้านซ้ายของโดเมน 5. ระบายด้านขวาของโดเมน โดย
 พิจารณาขอบเขตโดเมนคล้ายด้าน 6 ด้านของลูกเต๋า แต่ตัด 1 ด้าน คือด้านที่วางลูกเต๋าแนบไว้กับพื้น
 เพราะ เป็นด้านที่ตัน ลมไม่สามารถพัดผ่านด้านที่เป็นพื้นดินได้ ทั้งนี้เพราะอากาศสามารถไหลพุ่งไปได้
 ทุกด้าน มีเพียงด้านเดียวที่อากาศไหลไปไม่ได้คือด้านพื้นดินเท่านั้น

วิธีการหาค่าอัตราการถ่ายเทอากาศเมืองนี้ใช้วิธีการใช้คอมพิวเตอร์วัดค่าเวกเตอร์การไหล
 ของอากาศที่พัดผ่านเข้าระบายทั้ง 5 ด้านของโดเมนอากาศของบล็อก โดยคอมพิวเตอร์จะวัดค่า
 ความเร็วเชิงมุมที่วัดเวกเตอร์ทำมุมฉาก 90 องศากับระบายเท่านั้น ทิศหัวลูกศรของเวกเตอร์ถ้าไหล
 เข้าแสดงค่าเวกเตอร์การไหลของอากาศที่พัดผ่านแต่ละระบายมีค่าเป็นบวก ถ้าหัวลูกศรไหลออกจาก
 โดเมนมีค่าเป็นลบ แล้วนำค่าประมวลผลหลังจากคำนวณค่าบวก ลบ ที่ได้มาคำนวณค่าอัตราการ
 ถ่ายเทอากาศเมืองจริงของแต่ละบล็อก 98 บล็อกของเมืองนั้น ๆ ตามสมการที่จะได้กล่าวต่อไป ซึ่ง
 ค่าที่ได้จะให้ผลที่แม่นยำสูงกว่า (แสดงสมการการคำนวณส่วนช่วงท้ายของหัวข้อนี้) เพราะวัดค่า
 ความเร็วจากการไหลผ่านระบายใด ๆ ของในแต่ละ โดเมนจริงทั้ง 98 บล็อก ไม่ได้ใช้ค่าประมาณหรือ
 ค่าเฉลี่ยใดทั้งสิ้น

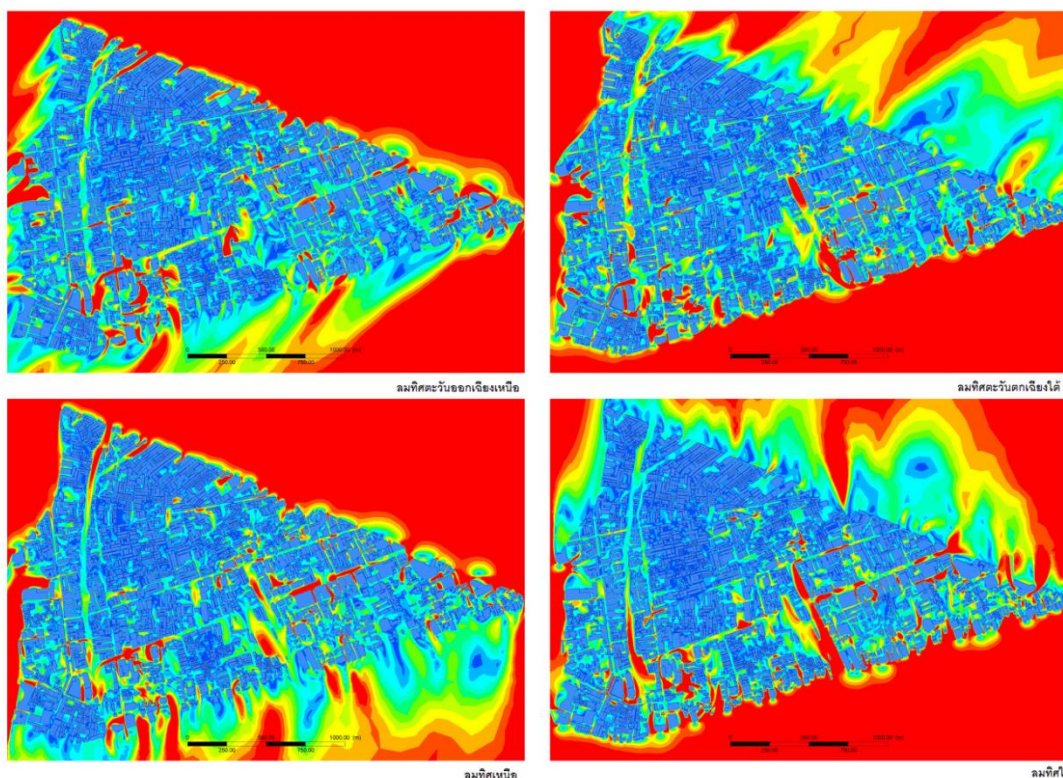
Area Integral of DensityABSnorVel on b01	kg/s	m3/s	Volume	ACH block (dimensionless)
2561.11			46643.57217	
998.511	1779.8105	1501.949789		115.9220658
Area Integral of DensityABSnorVel on b02				
			0	
			0	33170.24994
1313.7			0	
			0	
795.933	1054.8165	890.1405063		96.60782867
Area Integral of DensityABSnorVel on b03				
			0	
			0	63312.09607
2244.19			0	
			0	
1829.02	2036.605	1718.654008		97.72468161
Area Integral of DensityABSnorVel on b04				
			0	
			0	55043.40101
1945.1			0	
			0	
1849.48	1897.29	1601.088608		104.7158948
Area Integral of DensityABSnorVel on b05				
			0	
			0	74787.19387
1979.89			0	
			0	
1837.14	1908.515	1610.561181		77.52691274
Area Integral of DensityABSnorVel on b06				
			0	
			0	54875.70884
1355.6			0	
			0	
1797.94	1576.77	1330.607595		87.29158024

ภาพที่ 67 ตารางคำนวณความเร็วเชิงมุมที่ผ่านผนังบล็อกด้านข้างทั้งสี่ด้านและด้านบน

(ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

3.7. การวิเคราะห์ผลด้วยภาพ

ขั้นตอนที่ 7 การวิเคราะห์ผลด้วยภาพ เป็นขั้นตอนการประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูลใน ส่วนของข้อมูลภาพ ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้กันอยู่ทั่วไปอย่างแพร่หลาย ในการศึกษา CFD ตัวอย่างภาพการไหลที่เป็นภาพตัดระนาบ เป็นดังภาพ 68 ที่แสดงผลการจำลองการไหลของเขตบางรักที่ภาพตัด ระนาบสูง 1.50 เมตร ของลม 4 ทิศ คือ ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ ทิศเหนือ และ ทิศใต้

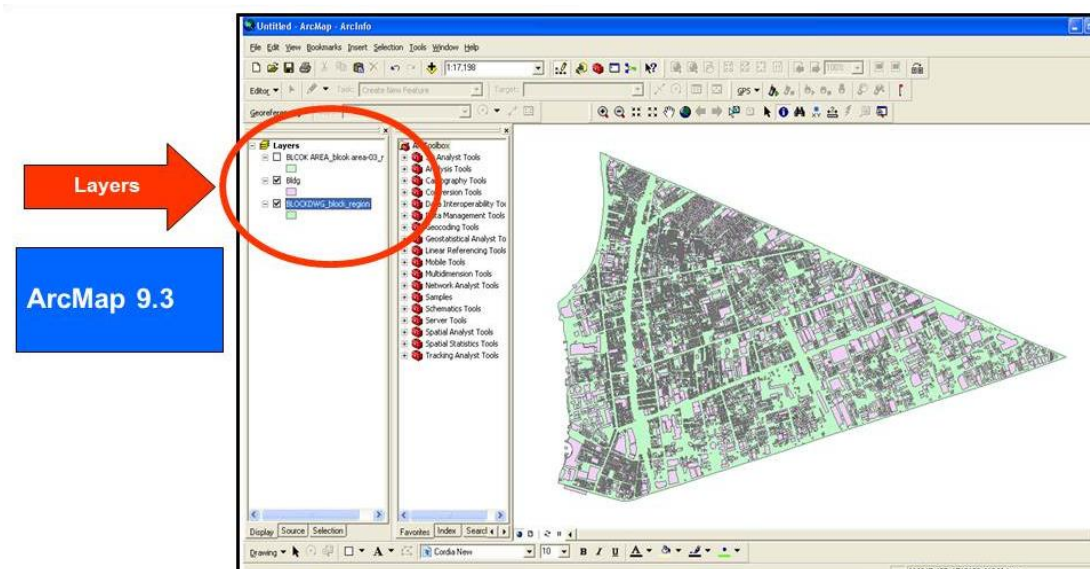


ภาพที่ 68 ผลการจำลองการไหลของเขตบางรักที่ภาพตัดระนาบสูง 1.50 เมตรของลม 4 ทิศ
(ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

3.8. ขั้นตอนการวิเคราะห์ผลด้วยตัวเลข

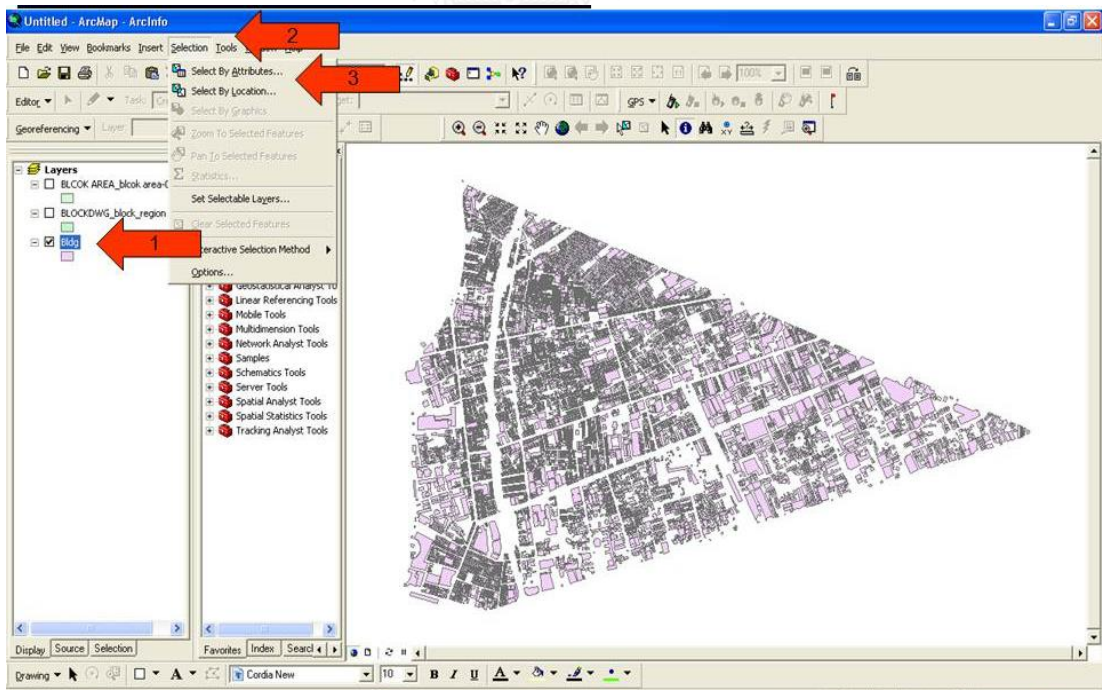
ขั้นตอนที่ 8 การวิเคราะห์ผลด้วยตัวเลข เป็นขั้นตอนการประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูลใน ส่วนของข้อมูลตัวเลขทางสถิติโดยใช้ข้อมูลความสูงแต่ละอาคารจากข้อมูลกรมโยธาธิการผังเมือง กรุงเทพมหานคร (2549) โดยใช้โปรแกรม Arc Map 9.3 ร่วมพิจารณาการประมวลผลทางสถิติ

3.8.1 ขั้นตอนการเลือกชั้น layer



ภาพที่ 69 แสดงการเลือก layer
(ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

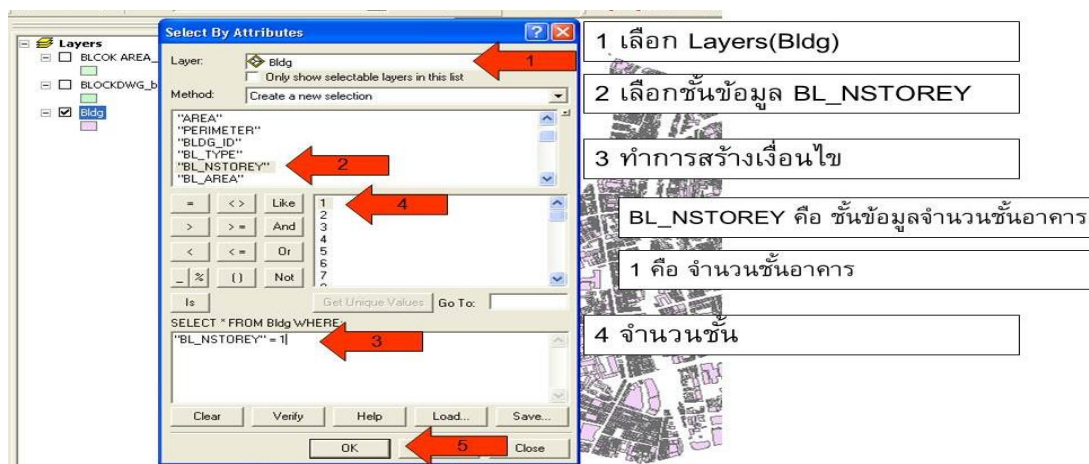
3.8.2 ขั้นตอนการเปิดค่าความสูงของแต่ละอาคาร



ภาพที่ 70 แสดงการเปิดค่าความสูงของแต่ละอาคาร
(ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

3.8.3 ขั้นตอนการเปิดข้อมูลอาคารรายละเอียดเชิงสัณฐานแต่ละอาคาร

แบ่งข้อมูลในอยู่ในพื้นที่บล็อกถนนของเมือง 1-98 บล็อกที่ใช้เป็นหน่วยวิเคราะห์

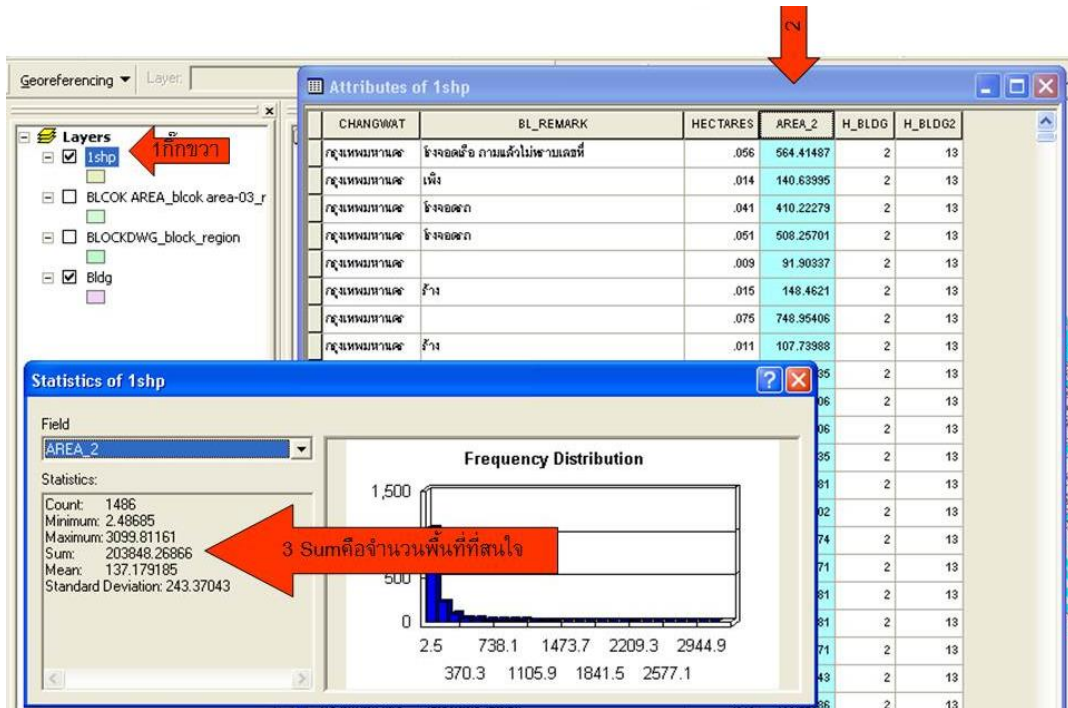


ภาพที่ 71 แสดงการเปิดข้อมูลอาคารรายละเอียดเชิงสัณฐานแต่ละอาคาร layer

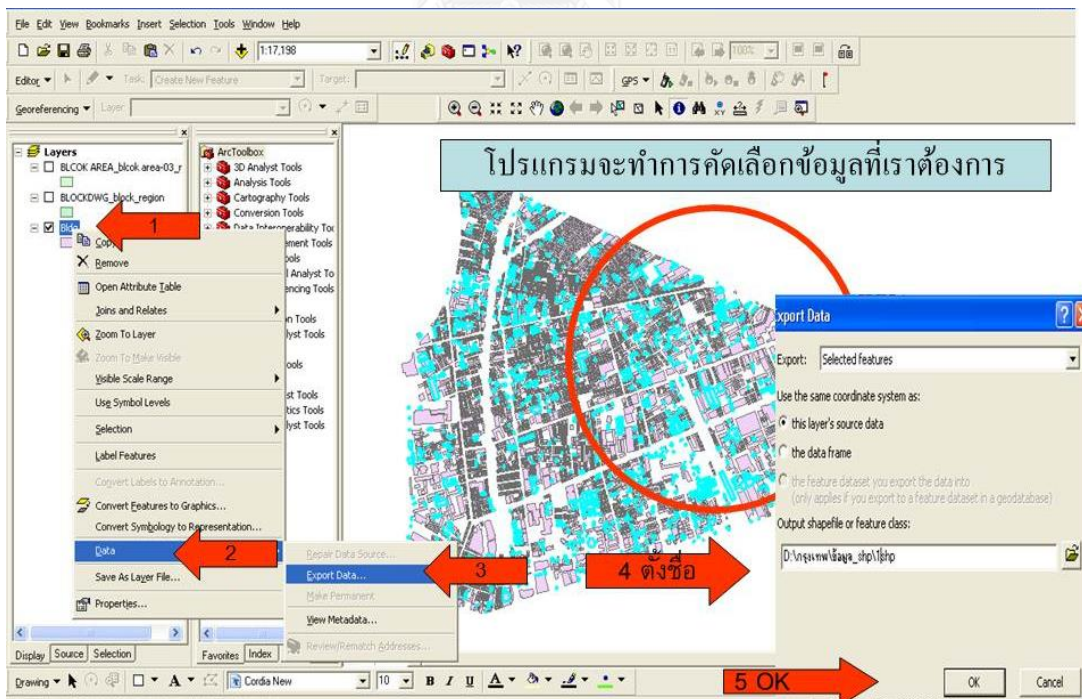
(ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

3.8.4 ขั้นตอนการเปิดข้อมูลตึกรายละเอียดแต่ละอาคาร

เปิดข้อมูลตึกรายละเอียดแต่ละอาคาร ที่ระบุชื่ออาคาร และข้อมูลลักษณะเชิงสัณฐาน ได้แก่ ประเภทการใช้งานอาคาร ขนาดพื้นที่อาคาร ความสูงอาคาร ความยาวด้านกว้าง ด้านยาวของแต่ละอาคาร ขนาดเส้นรอบรูปอาคาร ฯลฯ (ได้แก่ค่าตัวแปรที่ใช้ในการศึกษานี้ ตามภาพที่ 37) เพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลดิบของอาคารในแต่ละบล็อกถนน (ต่อหนึ่งหน่วยวิเคราะห์) เพื่อใช้ในการประมวลผลหาค่าความสัมพันธ์ต่อค่าประสิทธิภาพการไหล คือ ค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงอากาศ ACH ที่ใช้เป็นตัววัดค่าในการศึกษานี้



ภาพที่ 72 แสดงการเปิดข้อมูลตารางรายละเอียดแต่ละอาคาร (ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)



ภาพที่ 73 แสดงการ เปิดข้อมูลตารางรายละเอียดแต่ละอาคาร (ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

3.9. การวิเคราะห์เชิงสถิติ

ความหมายของการวิเคราะห์สถิติเชิงสหสัมพันธ์ หมายถึง การวิเคราะห์สถิติที่ต้องการหา คำอธิบายความเกี่ยวข้องหรือความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรหรือเพื่อการทำนายผลโดยอาศัยสถิติในการ ทดสอบความเกี่ยวข้องหรือความสัมพันธ์นั้น และเมื่อต้องการหาความสัมพันธ์ของตัวแปรตั้งแต่สองตัว ขึ้นไปว่ามีอิทธิพลต่อกันหรือไม่ โดยใช้การประมวลผลของคอมพิวเตอร์ คำนวณหาค่าความสัมพันธ์ที่มี จำนวนตัวแปรหลายตัวที่มีความสัมพันธ์ซับซ้อน อีกทั้งปริมาณข้อมูลที่มีจำนวนมาก การศึกษาครั้งนี้ ใช้เทคนิควิเคราะห์ทางสถิติ 2 วิธี คือ 1. การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปร (Correlation Analysis) 2. การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (Multiple Linear Regression Analysis) มีรายละเอียด ดังนี้

3.9.1. การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปร (Correlation Analysis)

การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปร (Correlation Analysis) เป็นเทคนิคการ วิจัยเชิงสหสัมพันธ์ โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์สถิติ SPSS ใช้คำสั่ง Correlate Bivariate ผล ความสัมพันธ์จะแสดงเป็นรูปตารางที่เรียกว่า ตาราง Correlation Matrix ที่แสดงความสัมพันธ์ของ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ที่เป็นตารางแสดงค่า Correlation Coefficients (r) ซึ่งเป็นค่าความสัมพันธ์ของตัวแปรทุกตัวที่มีต่อกันที่ละคู่สามารถระบุถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรต้นหรือ ตัวแปรอิสระ (independent variable) หลายตัวว่ามีความสัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใดและบอกถึง ทิศทางของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม (dependent variable) ว่ามีนัยยะ สำคัญเพียงไร มีความสัมพันธ์ตามกัน (ทางบวก) หรือผกผัน (ทางลบ) โดยพิจารณาทิศทางของ ความสัมพันธ์จากเครื่องหมาย +/- ของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ถ้าค่าเป็น + แสดงว่า ความสัมพันธ์ ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามเป็นไปในทิศทางเดียวกัน (ตัวแปรหนึ่งมีค่าสูง อีกตัวหนึ่งจะมีค่า สูงไปด้วย) แต่ถ้าค่าเป็น - แสดงว่า ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามเป็นไปใน ทิศทางตรงกันข้ามกัน (ตัวแปรหนึ่งมีค่าสูง ตัวแปรอีกตัวหนึ่งจะมีค่าต่ำ)

ผลจากตาราง Correlation Matrix จะทำให้สามารถแปลความหมายของความสัมพันธ์ โดย ทำความเข้าใจใน ทิศทาง (direction) รูปแบบ (form) ของการกระจาย ระดับความสัมพันธ์ (degree) และความเข้มข้นของความสัมพันธ์ (strength) โดยค่าระดับและความเข้มข้นของความสัมพันธ์ (degree and strength of association) ระดับของความสัมพันธ์ ดูที่ค่า Correlation Coefficient (r) ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง + 1 หากค่า Correlation Coefficient (r) = 0 แสดงว่าไม่มีความสัมพันธ์ ถ้าค่า Correlation มีค่ามากกว่า 0.8 ขึ้นไปถือว่าตัวแปรอิสระคู่หนึ่งมีความสัมพันธ์กันมาก

เมื่อนำค่า r มายกกำลังสอง ได้ค่า Coefficient of Determination เรียกว่า ค่า R-square ซึ่งให้ความหมายว่าการเปลี่ยนแปลงในตัวแปรอิสระมีส่วนก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในตัวแปรตามกี่เปอร์เซ็นต์ และการวิจัยนี้ใช้ค่านี้เป็นค่าการวิเคราะห์เพื่อยืนยันสมมติฐาน (Confirmatory data analysis) ถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่เน้นการใช้อุณหภูมิและกระบวนการทดสอบนัยยะสำคัญทางสถิติ ค่านี้โปรแกรมวิเคราะห์สถิติ SPSS จะคำนวณค่า R-square ของความสัมพันธ์ออกมาให้ โดยทั้งการวิเคราะห์สองตัวแปร (Bivariate analysis) และการวิเคราะห์หลายตัวแปร (Multivariate analysis) จะคำนวณได้ค่า R-square เป็นค่าเดียวกัน

3.9.2. การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (Multiple Linear Regression Analysis)

การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (Multiple Linear Regression Analysis) เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในรูปของการทำนาย ประกอบด้วยตัวแปร 2 ชนิดคือ ตัวแปรต้นหรือตัวแปรอิสระ (Independent variable) หรือเรียกว่าตัวแปรทำนาย (Predictor variable) มี 1 ตัวหรือมากกว่า และตัวแปรตาม (Dependent variable) หรือเรียกว่าตัวแปรเกณฑ์ (Criterion variable) มี 1 ตัว มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างสมการพยากรณ์ตัวแปรตามด้วยกลุ่มของตัวแปรต้นหรือตัวแปรพยากรณ์ บนพื้นฐานของข้อมูลความสัมพันธ์กันโดยใช้ตัวแปรต้นหลายตัวมาทำนายหาความสัมพันธ์ตัวแปรตามว่าความสัมพันธ์เป็นเช่นไรและมีนัยยะสำคัญเป็นอย่างไร โดยสมการถดถอยที่มี Y เป็นตัวแปรตาม หรือตัวแปรเกณฑ์ และ X เป็นตัวแปรต้นหรือตัวแปรทำนาย เรียกในภาษาทางสถิติว่า การถดถอย Y บน X หากมีตัวแปรพยากรณ์ตัวเดียวเรียกว่า Simple Regression Analysis หากมีตัวแปรพยากรณ์มากกว่า 1 ตัวเรียกว่า Multiple Regression Analysis

การศึกษานี้มีข้อตกลงเบื้องต้นทางสถิติ การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ ดังนี้ 1. ความสัมพันธ์ของการถดถอย Y บน X ต้องเป็นความสัมพันธ์เป็นเชิงเส้น (Linearity) 2. การแจกแจงต้องเป็นเป็นโค้งปกติ (Normality) 3. ความแปรปรวนของตัวแปรตามมีค่าคงที่ (Homoscedasticity) 4. ไม่เกิดปัญหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นหรือตัวแปรอิสระด้วยกัน (Multicollinearity)

ค่าที่ได้จะออกมาในรูปของสมการทำนาย ซึ่งในการวิเคราะห์ว่าตัวแปรเกณฑ์ Y ถูกทำนายด้วยกลุ่มตัวแปรพยากรณ์ X ได้ดีแค่ไหน ทำได้โดยพิจารณาจากค่าสหสัมพันธ์ยกกำลังสอง (R-square) ว่าค่าสหสัมพันธ์ยกกำลังสองได้ค่าเท่าไร คือ สมการกลุ่มตัวแปรต้น X_1, X_2, X_3, \dots หรือตัวแปรทำนายนี้สามารถทำนายผลตัวแปรตาม Y ได้ประมาณเท่ากับจำนวนค่าสหสัมพันธ์ยกกำลังสองมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

การทดสอบนัยสำคัญของค่าสหสัมพันธ์กำลังสอง ได้ด้วยสถิติ F โดยมี ค่าวิกฤติที่ระดับนัยสำคัญอยู่ 2 ระดับ คือ 0.05 และ 0.02 แสดงด้วยสัญลักษณ์ *, ** ตามลำดับ ซึ่งถ้าค่าวิกฤติที่ระดับนัยสำคัญอยู่ 2 ระดับดังกล่าวแล้ว ย่อมหมายความว่า X สามารถทำนายสัดส่วนของความแปรปรวนของ Y ได้อย่างมีนัยสำคัญ 95% และ 98% ตามลำดับ) ในส่วนของรายละเอียดการแปรผลสัมประสิทธิ์และสมการการศึกษาที่ได้นั้น จะกล่าวถึงในบทการวิเคราะห์ผลการศึกษต่อไปในบทที่ 4 ต่อไป



บทที่ 4

ลักษณะเชิงสัญญาณเมืองของเขตบางรัก

การศึกษาในบทนี้กล่าวถึงผลการศึกษาลักษณะเชิงสัญญาณเมืองของพื้นที่พัฒนาหนาแน่นเขตบางรักที่มีผลต่อรูปแบบการไหลและอัตราการระบายอากาศเมือง ศึกษาถึงประเภทลักษณะของเชิงสัญญาณเมืองของพื้นที่พัฒนาหนาแน่นเขตบางรักที่ข้อมูลทั่วไปของพื้นที่ศึกษาของเขตบางรัก ที่ตั้งและอาณาเขตของเขตบางรัก ประวัติความเป็นมาของเขตและแขวงในเขตบางรัก ภาพรวมลักษณะเชิงสัญญาณเมืองเขตบางรัก ความเป็นมาของอาคารสูงในประเทศไทย

โดยมีรายละเอียด ดังนี้ คือ

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของพื้นที่ศึกษา

4.1 ข้อมูลทั่วไปของพื้นที่ศึกษา: เขตบางรัก

4.1.1. ที่ตั้งและอาณาเขตของเขตบางรัก

เขตบางรัก เป็น 1 ใน 50 เขตการปกครองของกรุงเทพมหานคร อยู่ในกลุ่มเขตลูมพิณี ซึ่งถือเป็นเขตศูนย์กลางธุรกิจการค้า (central business district : CBD) ตั้งอยู่ริมฝั่งตะวันออกของแม่น้ำเจ้าพระยา เขตบางรักมีพื้นที่ประมาณ 5.54 ตารางกิโลเมตร มีประชากร 46,472 คน (พ.ศ. 2557) มีความหนาแน่นประชากร 8,323.82 คนต่อตารางกิโลเมตร (สำนักบริหารการทะเบียน กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย, กองปกครองและทะเบียน สำนักปลัดกรุงเทพมหานคร. สถิติประชากรและบ้าน – จำนวนประชากรแยกอายุ, 2558)

พื้นที่เขตบางรักแบ่งหน่วยการปกครองย่อยออกเป็น 5 แขวง มีอาณาเขตติดต่อกับพื้นที่ใกล้เคียงดังนี้

ทิศเหนือและทิศตะวันออก	ติดต่อกับเขตปทุมวัน มีถนนพระรามที่ 4 พากใต้ เป็นเส้นแบ่งเขต
ทิศใต้	ติดต่อกับเขตสาทร มีคลองสาทรเป็นเส้นแบ่งเขต
ทิศตะวันตก	ติดต่อกับเขตคลองสาน มีแนวกึ่งกลางแม่น้ำเจ้าพระยาเป็นเส้นแบ่งเขต
ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ	ติดต่อกับเขตสัมพันธวงศ์ มีคลองผดุงกรุงเกษมเป็นเส้นแบ่งเขต

4.1.2. ประวัติความเป็นมาเขตบางรัก

อำเภอบางรัก ก่อตั้งขึ้นเมื่อสมัยรัชกาลที่ 5 ในวันที่ 5 มิถุนายน ร.ศ. 127 หรือ พ.ศ. 2450 โดยรวมพื้นที่อำเภอขึ้นในของพระนคร 4 อำเภอตามประกาศกระทรวงนครบาล และเป็น 1 ใน 8 อำเภอของกรุงเทพฯ ประวัติความเป็นมาของชื่อเขตบางรัก ข้อมูลจากหนังสือกรุงเทพฯกรงธนาฯ มีภูมิสถาน ชื่อบ้านนามเมือง (สุจิตต์ วงษ์เทศ, 2556) ระบุว่าคำว่า “บาง” หมายถึง ทางน้ำเล็กๆในภาษามอญโบราณ ส่วนคำว่า “รัก” หมายถึง ต้นรัก ซึ่งบางรักได้มาจากชื่อคลองเล็กๆ สายหนึ่ง ที่ไหลลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยา พระยาอนุমানราชชนได้กล่าวว่า ได้มีคนพบซุงไม้รักขนาดใหญ่ในคลองนี้ จึงทำให้ผู้คนเรียกพื้นที่แถบนี้ว่าบางรัก ส่วนคลองที่พบต้นซุงไม้รักนั้นจึงมีชื่อว่าคลองต้นซุง หรือคลองซุง ต่อมาเมื่อถมคลองสายนั้นเป็นถนนจึงเรียกกันต่อมาว่า ตรอกซุง

เขตบางรักใช้แนวคลองบางรัก แบ่งเขตอำเภอสาทรกับอำเภอบางรัก โดยพระยาอนุমানราชชนระบุไว้ว่า “ไปตามลำคลองสีลมฝั่งเหนือถึงคลองบางรัก เลี้ยวไปตามลำคลองบางรัก ฝั่งเหนือถึงลำน้ำเจ้าพระยา” นอกจากนี้มีบางกระแสที่กล่าวถึงที่มาของชื่อบางรัก ว่าแต่เดิมพื้นที่แถบนี้มีโรงหมอของมิชชันนารีที่คอยรักษาโรค ผู้คนต่างก็มุ่งตรงมาพื้นที่ละแวกนี้ เพื่อทำการรักษา จึงมีชื่อว่าบางรักมาจากคำว่ารักษา หากแต่บางรักเป็นชื่อเก่าแก่ มีปรากฏในโคลงบทที่ 24 นิราศฉะเชิงเทรา ของกรมหลวงภูวเนตรนรินทรฤทธิ์ ทรงพระนิพนธ์ขึ้นในสมัยรัชกาลที่ 3 ในปี พ.ศ. 2447 รัฐบาลระบุให้อำเภอบางรักเป็น อำเภอขึ้นในจากประกาศตำแหน่งข้าราชการกระทรวงนครบาล อำเภอบางรัก ก่อตั้งขึ้นเมื่อสมัยรัชกาลที่ 5 ในวันที่ 5 มิถุนายน ร.ศ. 127 หรือ พ.ศ. 2450 ต่อมา พ.ศ. 2471 ยุบอำเภอสาทรมาขึ้นกับอำเภอบางรัก

ใน พ.ศ. 2515 เปลี่ยนจากอำเภอบางรัก เรียกเป็นเขตบางรัก ปัจจุบันเขตบางรักมีหน่วยการปกครองย่อย 5 แขวง (khwaeng) ได้แก่

1. แขวงหาพฤฒาราม (Maha Phruettharam)
2. แขวงสีลม (Si Lom)
3. แขวงสุริยวงศ์ (Suriyawong)
4. แขวงบางรัก Bang Rak
5. แขวงสี่พระยา (Si Phraya)

พื้นที่เขตบางรักมีขนาด 3,804,945.51 ตารางเมตร หรือเท่ากับ 2378.090944 ไร่ พื้นที่ศึกษามีการใช้ประโยชน์ที่ดินแบ่งเป็นสัดส่วนพื้นที่ที่มีอาคารปกคลุม 1,702,638 ตารางเมตร หรือเท่ากับ 1064.148875 ไร่ ต่อสัดส่วนพื้นที่โล่ง 2,102,307 ตารางเมตร หรือเท่ากับ 1313.942069 ไร่

4.1.3. ประวัติความเป็นมาและภาพรวมของแขวงในเขตบางรัก

1. แขวงมหาพฤฒาราม

ประวัติความเป็นมาของชื่อแขวงมหาพฤฒาราม หมายถึง อารามของผู้เฒ่า “มหา” หมายถึง มาก พฤฒา หมายถึง เฒ่า แก่ “อาราม” หมายถึง วัด ได้จากชื่อวัดมหาพฤฒารามที่ตั้งอยู่ย่านนี้ วัดมหาพฤฒารามเป็นวัดโบราณ เดิมมีชื่อว่าวัดท่าเวียง รัชกาลที่ 4 โปรดเกล้าฯ ให้พระเจ้าบรมวงศ์เธอ กรมหมื่นภูมินทรภักดี ทำการบูรณปฏิสังขรณ์ทั้งพระอาราม ภายหลังจึงได้พระราชทานนามว่า มหาพฤฒาราม

2. แขวงสีลม

ประวัติความเป็นมาของชื่อแขวงสีลมได้จากชื่อถนนสีลมที่เป็นถนนสำคัญในย่านนี้ แต่เดิมถนนนี้มีชื่อว่า ถนนขวาง ทั้งนี้ เพราะเกิดจากการขุดคลอง เพื่อเชื่อมระหว่างคลองบางรัก กับคลองตรง จึงกลายเป็นคันดินริมคลองชาวบ้านโดยทั่วจึงเรียก ถนนขวาง ต่อมาชาวตะวันตกได้นำกังหันวิดน้ำ โดยใช้แรงลมมาตั้งที่ถนนขวาง ซึ่งเป็นสิ่งที่ดูเด่น ถนนนี้จึงเปลี่ยนชื่อมาเป็นถนนสีลม

3. แขวงสุริยวงศ์

ประวัติความเป็นมาของชื่อแขวงสุริยวงศ์ “สุริย” หมายถึง พระอาทิตย์ “วงศ์” หมายถึง เชื้อสาย เหล่ากอ “สุริยวงศ์” หมายถึง เชื้อสายเหล่าผู้กล้าหาญได้จากชื่อถนนสุรวงศ์ ซึ่งเป็นถนนสำคัญในย่านนี้ ส่วนถนนสุรวงศ์เป็นถนนที่ตัดเชื่อมระหว่างถนนเจริญกรุงกับสะพานเฉลิมภพ 50 เจ้าพระยาสุรวงศ์วัฒนศักดิ์ (โต บุญนาค) ได้ซื้อที่ดินแถบนี้เพื่อตัดผ่าน และน้อมเกล้าฯ ถวายเป็นถนนหลวง พระเจ้าอยู่หัวรัชกาลที่ 5 ได้พระราชทานนามถนนว่า ถนนสุรวงศ์ ต่อมา เรียกถนนสุรวงศ์เพี้ยนเป็นถนนสุริยวงศ์ ถนนสุริยวงศ์บ้าง จึงทำให้ครั้งหนึ่งตำบลสุรวงศ์ กลายชื่อเป็นตำบลสุริยวงศ์ แล้วเป็นแขวงสุริยวงศ์ แต่เมื่อพระยาประจักษ์จกรจักร (ชุม โอสถานนท์) ดำรงตำแหน่งนายกเทศมนตรีพระนคร จึงมีคำสั่งให้เปลี่ยนชื่อกลับมาเป็นถนนสุรวงศ์ แต่ชื่อแขวงมิได้เปลี่ยน

4. แขวงบางรัก

ประวัติความเป็นมาของชื่อแขวงบางรัก ระบุว่าในปี พ.ศ. 2483 รัฐบาลยุบตำบลบางรักแล้ว แบ่งพื้นที่ไปขึ้นกับตำบลมหาพฤฒาราม ตำบลสุริยวงศ์ และตำบลสีลม ต่อมา พ.ศ.2490 ตั้งตำบลบางรักขึ้นมาใหม่

5. แขวงสี่พระยา

ประวัติความเป็นมาของชื่อแขวงสี่พระยาได้ชื่อมาจากถนนสี่พระยา ซึ่งเป็นถนนสายสำคัญในย่านนี้ ถนนสี่พระยาเป็นถนนที่ตัดเชื่อมระหว่างถนนเจริญกรุงกับถนนพระรามที่ 4 ได้ชื่อจากพระยา 4 ท่าน ประกอบด้วย พระยาอินทราธิบดี สีหราชรองเมือง พระยาพิพัฒน์โกษา พระยานรฤทธิราชหัช และพระยานรณารักษ์กิติ ที่ได้รวมกลุ่มกันลงทุนก่อกำเนิดขึ้นชื่อที่สวนระหว่างถนนสุรวงศ์กับคลองผดุงกรุงเกษม ตัดถนนผ่านและน้อมเกล้าฯ ถวายเป็นถนนหลวง พระเจ้าอยู่หัวรัชกาลที่ 5 ได้พระราชทานนามถนนว่าถนนสี่พระยา ต่อมา พ.ศ. 2483 ยุบตำบลสี่พระยาไปรวมกับตำบลสุริยวงศ์ พ.ศ.2490 ตั้งตำบลสี่พระยาขึ้นมาใหม่ตามประกาศกระทรวงนครบาลโดยรวมพื้นที่อำเภอชั้นในของพระนคร 4 อำเภอ ต่อมาในปี พ.ศ. 2515 ได้มีประกาศคณะปฏิวัติจัดตั้งกรุงเทพมหานครขึ้นแทนที่นครหลวงกรุงเทพมหานครซึ่งเกิดจากการรวมกันของจังหวัดพระนครและจังหวัดธนบุรี อำเภอบางรักจึงได้รับการเปลี่ยนแปลงฐานะเป็น เขตบางรัก กรุงเทพมหานคร

4.2. ลักษณะสัณฐานเมืองที่เป็นอาคารสูงหนาแน่น

ลักษณะสัณฐานเมืองที่เป็นอาคารสูงหนาแน่น : เขตบางรัก ประกอบด้วยช้อย่อย ดังนี้

4.2.1. ความเป็นมาของอาคารสูงในประเทศไทย

ความจำเป็นและที่มาของการพัฒนาอาคารสูงในประเทศไทย เทคโนโลยีอาคารสูงเกิดขึ้นจากจุดเปลี่ยนของระบบก่อสร้างต้นศตวรรษที่ 19 เริ่มมีการใช้โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กมาใช้แทนวัสดุอิฐก่อสร้าง การประดิษฐ์ลิฟต์ใช้ในการขนส่งในแนวตั้ง การพัฒนาระบบป้องกันอัคคีภัย อาคารสูงในประเทศไทยได้เกิดขึ้นตามความเจริญรุ่งเรืองทางเศรษฐกิจของประเทศ โดยเริ่มพัฒนาตั้งแต่ พ.ศ. 2507 เป็นต้นมา ตรงกับช่วงแผนพัฒนาเศรษฐกิจฉบับที่ 2 (พ.ศ.2510-2514) เริ่มจากการสร้างอาคารสำนักงานสูงเกิน 10 ชั้นขึ้นมากมายในพื้นที่เมืองโดยเฉพาะย่านศูนย์กลางธุรกิจและการค้า หลังจากนั้นการสร้างอาคารสูงก็ถูกก่อสร้างขึ้นอย่างต่อเนื่องและทวีความสูงเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะสำนักงานใหญ่ของสถาบันการเงินต่างๆที่กระจุกตัวอยู่ในพื้นที่ย่านบางรักนี้ จนกระทั่ง พ.ศ. 2529 เกิดปรากฏการณ์เติบโตของธุรกิจที่ดินและอสังหาริมทรัพย์จนถือได้ว่าเป็นยุคของอาคารสูงและอสังหาริมทรัพย์ (พ.ศ.2529-2532) ที่เฟื่องฟูต่อมาส่งผลให้ที่ดินในเมืองมีราคาสูงมากซึ่งที่ดินเป็น

ปัจจัยสำคัญของต้นทุนจึงยิ่งต้องสร้างอาคารขึ้นทางสูงให้มากขึ้นเพื่อให้คุ้มค่าการลงทุนสูงสุด ถือได้ว่าเป็นยุคสำคัญของอาคารสูงของไทย จวบจนถึง พ.ศ.2537 เกิดปัญหาการก่อสร้างอสังหาริมทรัพย์มากเกินไปเกินความต้องการซื้อเป็นปรากฏการณ์สำคัญของไทยที่เรียกว่า “ยุคฟองสบู่” หรือ “ยุคพิษต้มยำกุ้ง” ยุคฟองสบู่เปรียบได้กับอุปสงค์เทียม สร้างภาพให้เข้าใจกันว่าเศรษฐกิจโต แต่แท้จริงเกิดจากการเก็งกำไรซื้อเพื่อขายต่อหากำไรไม่ได้มีอุปทานจริง เกิดกับธุรกิจ บ้าน ที่ดิน คอนโด เกิดการซื้อเก็งกำไรผู้ผลิตจึงเร่งผลิต แต่ทุกอย่างลวงตา เมื่อหมดแรงซื้อ ความต้องการและราคาสูงเกินความจริง จึงเรียกว่ายุค ฟองสบู่แตก (ภาพลวงตาที่เห็นหายไปปรากฏความจริงแทน) ที่เรียกวีกฎต้มยำกุ้ง เพราะใช้คำว่าต้มยำกุ้งแทนประเทศไทย เนื่องจากเกิดวิกฤตทางเศรษฐกิจในประเทศไทย แล้วส่งผลกระทบไปประเทศอื่นในย่านเอเชีย เกิดขึ้นในพ.ศ. 2540 ในยุคนั้น อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ของสถาบันการเงินสูงลิ่วเป็นประวัติการณ์

4.2.2 อาคารสูงและอาคารสำคัญในเขตบางรัก

เขตบางรักประกอบด้วยกลุ่มอาคารสูง-แน่นเป็นจำนวนมาก ทางด้านทิศใต้ของเขตตั้งอยู่บนถนนสีลมมีอาคารสูงจำนวนมาก ได้แก่ ธนาคารกรุงเทพสำนักงานใหญ่สีลม อาคารธนิยะพลาซ่า อาคารซิลลิค เฮาส์ (ZUELLIG HOUSE) อาคารเจ-ซีดี อาคารสิบุญเรือง และอาคารสิบุญเรือง 2 อาคารสิวะตล อาคารกมลสุโกศล อาคารลิเบอร์ตี้สแควร์ อาคารซี.พี. ทาวเวอร์ อาคารบุญมิตร อาคารมูลนิธิแห่งสภาคริสตจักรในประเทศไทย (อาคารซีซีที.) และถนนสาทร ด้านตะวันตก ตะวันออกของเขต และด้านเหนือฝั่งตะวันตกของเขตที่ติดกับสวนลุมพินี ได้แก่ อาคารโซพิเทล อาคารศรีเฟื่องฟู โรงแรมดุสิตธานี อาคารอับดุลราฮิมเพลส อาคารอ้อจ้อเลียย อาคารชาญอิสสระทาวเวอร์ สถานที่สำคัญที่ไม่ใช่ตึกสูงอื่นๆ คือ โรงเรียนเซนต์โยเซฟคอนเวนต์ โรงพยาบาล บี เอ็น เอช (โรงพยาบาลบางกอกเนิสซิงโฮม) กลุ่มอาคารย่านถนนพัฒนาพงษ์ โรงพยาบาลกรุงเทพคริสเตียน ย่านการค้าชอยละลายทรัพย์ และกลุ่มอาคารที่ค่อนข้างเป็นที่โล่ง ได้แก่ โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียนวิทยาลัย กลุ่มอาคารโบสถ์โรงเรียนเซนต์โยเซฟคอนเวนต์ (ด้านหลังธนาคารกรุงเทพ) กลุ่มอาคารบริเวณโรงเรียนกว้างเจา สุสานบริเวณถนนสีลม ฯลฯ

ในส่วนด้านเหนือฝั่งตะวันออกของเขตประกอบด้วยกลุ่มอาคารเตี้ย-แน่นเป็นจำนวนมาก ตั้งอยู่บน ถนนสุรวงศ์ สีพระยา (ภาพที่ 75)

นอกจากนี้เขตบางรักยังประกอบด้วยอาคารสูงระฟ้าที่สูงที่สุดและมีจำนวนมากที่สุดในเขตกรุงเทพมหานคร ได้แก่ อาคารมหานคร สูง 77 ชั้น (กำลังดำเนินการก่อสร้าง), อาคารเสตททาวเวอร์ สูง 68 ชั้น, อาคารเอ็มไพร์ทาวเวอร์ สูง 62 ชั้น, อาคารจิวเวอร์รี่เทรตเซ็นเตอร์สูง 59 ชั้น, อาคารยูไนเต็ดเซ็นเตอร์ สูง 55 ชั้น, อาคารอับดุลราฮิมเพลส สูง 34 ชั้น, อาคารสารทสแควร์ สูง 41 ชั้น,

อาคารเดอะ ริทซ์-คาร์ลตัน เรสซิเดนเซส สูง 45 ชั้น, อาคารสาทรเฮาส์ สูง 50 ชั้น, อาคารอ้อจ้อเฮลียอง สูง 40 ชั้น, อาคารสกุลไทยสุรวงศ์ทาวเวอร์ สูง 42 ชั้น, อาคาร ดิ อินฟินิตี สารทสแควร์ สูง 40 ชั้น เป็นต้น

อนึ่งในการศึกษานี้ ใช้ อาคารสเดททาวเวอร์ สูง 68 ชั้นเป็นอาคารที่สูงสุดในพื้นที่ ที่ใช้เป็นค่ากำหนดขนาดความสูงโดเมนที่ใช้ในการศึกษา

4.3. ลักษณะเชิงสัณฐานเมืองเขตบางรัก

4.3.1. ภาพรวมลักษณะเชิงสัณฐานเมืองเขตบางรัก

ภาพรวมลักษณะเชิงสัณฐานเมืองเขตบางรักเป็นพื้นที่ศูนย์กลางเมืองที่เรียกว่าพื้นที่ย่านศูนย์กลางการค้าและธุรกิจ (Central Business District: CBD) มักเป็นพื้นที่ที่มีการพัฒนาหนาแน่น (Intensely developed urban area)

การใช้ประโยชน์ที่ดินและการใช้ประโยชน์อาคารในเขตบางรัก เป็นแบบผสม (Mix Use) ประกอบด้วยประเภทอาคารที่หลากหลาย ได้แก่ 1.อาคารสูง เช่น อาคารสำนักงาน โรงแรม อาคารชุดพักอาศัย 2. อาคารสูงปานกลาง อาคารอพาร์ทเมนท์ อาคารพาณิชย์ 3. อาคารที่อยู่อาศัยที่เป็นอาคารเดี่ยว เช่น บ้านเดี่ยว เป็นต้น อาคารประเภทอื่น ได้แก่ อาคารสถานศึกษา สถาบันราชการ อาคารอุตสาหกรรม ศาสนสถาน บริเวณริมแม่น้ำเจ้าพระยา ใกล้เชิงสะพานสาทร เป็นสะพานปลา อุโมงค์เรือ ท่าเรือ โกดัง บริเวณริมแม่น้ำเจ้าพระยาด้านฝั่งสุรวงศ์ สีพระยา มีโรงแรมขนาดใหญ่ ได้แก่ โรงแรมแชนกรีลา โรงแรมออร์คิดเชอราตัน ถัดเข้ามาบริเวณปลายถนนสาทรตัดกับ ถนนสีลม มีโรงแรมที่สูงที่สุดของเขตบางรัก คือ โรงแรมสเดททาวเวอร์ มีย่านอนุรักษ ได้แก่ โรงแรมโอเรียลเต็ล ท่าเรือ บริษัทเอเชียติก สถานทูตฝรั่งเศส สถานทูตโปรตุเกส เป็นต้น



ภาพที่ 74 แสดงภาพรวมลักษณะเชิงสัณฐานเมืองเขตบางรัก 2 มิติ
(ที่มา: ผู้วิจัย, 2557 ปรับจากข้อมูลกรมโยธาธิการและผังเมือง 2549)

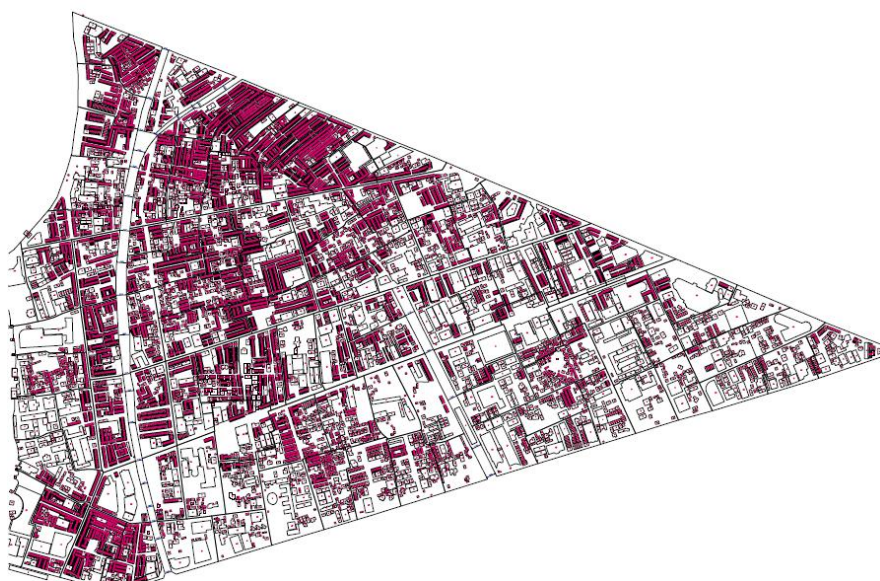


ภาพที่ 75 แสดงภาพรวมลักษณะเชิงสัณฐานเมืองเขตบางรัก แยกลักษณะเตี้ย-แน่น สูง-แน่น
(ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

การใช้ที่ดินในเขตบางรักเป็นแบบผสมที่ได้มีการวางแผนการใช้ที่ดินทำให้เมืองเจริญเติบโตแบบหลากหลาย เมื่อพิจารณาภาพที่ 75 แสดงให้เห็นว่าภาพรวมลักษณะเชิงสัญญาณเมืองเขตบางรักแยกลักษณะเดี่ยว-แน่น สูง-แน่นอย่างชัดเจน โดยจะเห็นได้ว่า เขตบางรักประกอบด้วยกลุ่มอาคารสูง-แน่นเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะทางด้านทิศใต้ของเขตตั้งอยู่บนถนนสีลม ถนนสาทร และด้านทิศเหนือของเขตบางรักฝั่งตะวันออก ของเขตที่ติดกับถนนพระราม 4 ถนนศาลาแดง ตะวันออกเฉียงใต้ ฝั่งใกล้แม่น้ำ ประกอบด้วยกลุ่มอาคารสูง-แน่นเป็นจำนวนมาก



ภาพที่ 76 ภาพรวมลักษณะเชิงสัญญาณเมืองเขตบางรัก 3 มิติ
(ที่มา: ผู้วิจัย, 2557 ปรับจากข้อมูลจาก กรมโยธาธิการและผังเมือง 2549)



ภาพที่ 77 รายละเอียดแสดงลักษณะข้อมูลแสดงตำแหน่ง ขนาดและความสูงของอาคาร (สีแดงแสดงตัวเลขจำนวนชั้นของอาคาร) (ที่มา: ผู้วิจัย, 2557 ปรับข้อมูลจาก กรมโยธาธิการและผังเมือง 2549)

จากภาพที่ 77 จะเห็นว่า ข้อมูลที่ได้จากกรมโยธาธิการและผังเมือง มีความถูกต้องเท่าที่มีอยู่ในขณะนี้ เพราะจัดทำโดยหน่วยงานของรัฐบาลที่ควบคุมดูแลด้านนี้โดยตรง ข้อมูลนี้จึงมีความถูกต้อง และมีความละเอียดแม่นยำ ทั้ง 2 มิติ ในส่วนของแปลน และ 3 มิติ ในส่วนของความสูง เพื่อใช้เป็นค่าตั้งต้นในการศึกษาหาคำตอบของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เพราะงานวิจัยนี้เชื่อมั่นว่า ถ้าเริ่มต้นด้วยความถูกต้อง ค่าที่ออกมาย่อมถูกต้อง (ตั้งคำที่ว่า garbage in – garbage out)

4.3.2. ลักษณะเชิงสัณฐานเมืองโครงข่ายถนนเขตบางรัก

4.3.2.1. รายละเอียดความเป็นมาถนนสายสำคัญในเขตบางรัก

รายละเอียดความเป็นมาถนนสายสำคัญในเขตบางรัก เขตบางรักประกอบด้วยถนนสำคัญ ดังนี้

1. ถนนเจริญกรุง

ถนนเจริญกรุงเริ่มตั้งแต่ถนนสนามไชยถึงแม่น้ำเจ้าพระยาที่ถนนตก กรุงเทพมหานคร เป็นถนนรุ่นแรกที่ใช้เทคนิคการสร้างแบบตะวันตก ปัจจุบันผ่านพื้นที่เขตพระนคร เขตสัมพันธวงศ์ เขตป้อมปราบศัตรูพ่าย เขตบางรัก เขตสาทร และเขตบางคอแหลม

ถนนเจริญกรุงเป็นถนนที่พระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัวโปรดเกล้าฯ ให้สร้างขึ้นเมื่อวันที่ 5 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2404 แล้วเสร็จใน พ.ศ. 2407 มีความยาวจากถนนสนามไชยถึงดาวคะนอง 8,575 เมตร การก่อสร้างถนนเจริญกรุงนั้นเนื่องจากในรัชสมัยพระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัวมีชาวต่างประเทศเข้ามาอยู่ในกรุงเทพฯ มากขึ้น และมีพวกกงสุลได้เข้าชื้อกันขอให้สร้างถนนสายยาวสำหรับขี่ม้าหรือนั่งรถม้าตากอากาศและอ้างว่า “เข้ามาอยู่ที่กรุงเทพมหานครไม่มีถนนหนทางที่จะขี่รถม้าไปเที่ยว พวกกันเจ็บไข้เนื่อง ๆ” ในปีระกา พ.ศ. 2404 จึงทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ ให้เจ้าพระยาศรีสุริยวงศ์ (ช่วง บุนนาค ต่อมาคือ สมเด็จเจ้าพระยาบรมมหาศรีสุริยวงศ์) ที่สมุหพระกลาโหมเป็นแม่กอง พระยาอินทราธิบดีสีหราชรองเมืองเป็นนายงาน รับผิดชอบในการก่อสร้างถนน ช่วงตั้งแต่คูเมืองชั้นในถึงถนนตกริมแม่น้ำเจ้าพระยาที่ตำบลบางคอแหลม เรียกว่าถนนเจริญกรุงตอนใต้ (แต่ชาวบ้านมักเรียกว่าเจริญกรุงตอนล่าง) กว้าง 5 วา 4 ศอก โดยมีนายเฮนรี อาลบัสเตอร์ (ต้นสกุลเสวตศิลา) เป็นผู้สำรวจแนวถนนและเขียนแผนผังถนน และในปีจอ พ.ศ. 2405 โปรดเกล้าฯ ให้เจ้าพระยาอมราช (ครุฑ บ่วงราบ) เป็นแม่กอง พระยาบรรหารบริรักษ์ (สุน) เป็นนายงาน รับผิดชอบ

การก่อสร้างถนนเจริญกรุงตอนใน คือช่วงระยะทางตั้งแต่วัดพระเชตุพนวิมลมังคลารามถึงสะพานดำรงสถิต (สะพานเหล็ก) กว้าง 4 วา โดยสร้างเป็นถนนดินอัด เอาอิฐเรียงตะแคงปูให้ชิดกัน ตรงกลางนูนสูง เมื่อถูกฝนไม่กี่ปีก็ชำรุด การก่อสร้างถนนเจริญกรุงตอนในนี้เดิมกำหนดให้ตัดตรงจากสะพานดำรงสถิต (สะพานเหล็ก) ถึงกำแพงเมืองด้านถนนสนามไชย แต่พระบาทสมเด็จพระปิ่นเกล้าเจ้าอยู่หัว ทรงทักท้วงว่าการสร้างถนนตรงมาสู่พระบรมมหาราชวังอาจเป็นชัยภูมิให้ข้าศึกใช้ตั้งปืนใหญ่ยิงทำลายกำแพงเมืองได้ จึงต้องเปลี่ยนแนวถนนมาหักมุมเลี้ยวตรงเชิงสะพานดำรงสถิต

เมื่อสร้างถนนเจริญกรุงเสร็จใหม่ ๆ นั้น ยังไม่ได้พระราชทานนาม จึงเรียกกันทั่วไปว่า ถนนใหม่ และชาวยุโรปเรียกว่า นิวโรด (New Road) ชาวจีนเรียก ซินพะโล้ว แปลว่าถนนตัดใหม่ ต่อมาพระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัวจึงโปรดเกล้าฯ พระราชทานนามถนนว่า "ถนนเจริญกรุง" ซึ่งมีความหมายถึงความเจริญรุ่งเรืองของบ้านเมือง เช่นเดียวกับชื่อถนนบำรุงเมืองและถนนเฟื่องนคร ที่โปรดเกล้าฯ ให้สร้างขึ้นในคราวเดียวกัน

2. ถนนสาทร

ถนนสาทร เป็นถนนสายสำคัญสายหนึ่งในกรุงเทพมหานคร แบ่งได้เป็น 2 ฝั่ง คือ "ถนนสาทรเหนือ" อยู่ในแขวงสีลม เขตบางรัก และ "ถนนสาทรใต้" อยู่ในแขวงยานนาวาและแขวงทุ่งมหาเมฆ

ถนนสาทร เป็นถนนสายสำคัญสายหนึ่งในกรุงเทพมหานคร แบ่งได้เป็น 2 ฝั่ง คือ "ถนนสาทรเหนือ" อยู่ในแขวงสีลม เขตบางรัก และ "ถนนสาทรใต้" อยู่ในแขวงยานนาวาและแขวงทุ่งมหาเมฆ ถนนสาทร เดิมถนนนี้ใช้ชื่อว่า "สาทร" ซึ่งเป็นชื่อสำนักงานเขตสาทร ตามประกาศกระทรวงมหาดไทย แต่คำนี้ไม่มีประวัติความเป็นมา และไม่มี ความหมายในพจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2525

ขณะที่คำว่า "สาทร" มีประวัติความเป็นมาทั้ง "คลองสาทร" และ "ถนนสาทร" โดยในสมัยรัชกาลที่ 5 ซึ่งเป็นช่วงที่กิจการค้าข้าวของสยามรุ่งเรืองมาก มีชาวจีนและฝรั่งเข้ามาค้าขายมากขึ้น แต่การคมนาคม การขนส่งมีความยากลำบาก ทางราชการต้องการพัฒนาที่ดิน และขุดคลองเป็นจำนวนมาก

ครั้งนั้นใน พ.ศ. 2431 เจ้สัวยม คหบดีชาวจีนได้อุทิศที่ดินของตนและทำการขุดคลองขึ้น จากแม่น้ำเจ้าพระยาฝั่งตะวันออกไปบรรจบคลองวัดหัวลำโพง และนำดินที่ขุดคลองทำถนนทั้ง 2 ฝั่งคลอง ภายหลังเจ้สัวยมได้รับพระราชทานบรรดาศักดิ์ เป็น หลวงสาทรราชายุกต์ จึงได้เรียกชื่อคลอง และถนน 2 ฝั่งนี้ว่า "สาทร" เพื่อเป็นเกียรติแก่หลวงสาทรราชายุกต์

เขตสาทร ในอดีตถนนสาทรมีต้นมะฮอกกานี ปลูกอยู่ริมคลองสาทรทั้ง 2 ด้าน เดิมเป็นถนนเพียง 1 เลนทั้งไปและกลับ ต่อมาขยายเป็นถนนลาดยาง 2 เลนทั้งไปและกลับ และขยายเป็นถนนคอนกรีตเสริมเหล็ก 3 เลนทั้งไปและกลับโดยถนนเลนที่สามได้กินพื้นที่ของคลองสาทรบางส่วนไปด้วย ทำให้คลองสาทรในปัจจุบันเล็กกว่าเดิมเกือบเท่าตัว และกลายเป็นท่อระบายน้ำเสียขนาดใหญ่ จากอาคารและชุมชนที่อยู่ริมถนนสาทร ถนนสาทรเคยเป็นย่านเก่าแก่ของพ่อค้าชาวจีนและชาวยุโรป จึงปรากฏบ้านทรงตะวันตกหลายหลังริมถนน ก่อนหน้านี้เคยใช้ชื่อว่า ถนนสาทร มาหลายสิบปี ก่อนที่จะเปลี่ยนมาเป็นถนนสาทรในปัจจุบัน

3.ถนนสีลม

ถนนสีลมเป็นถนนสำคัญในเขตบางรัก กรุงเทพมหานคร เป็นถนนคอนกรีตขนาดกว้าง 6 ช่องทางจราจร มีช่องจอดรถและบาทวิถีทั้งสองข้าง ความยาวประมาณ 2.78 กิโลเมตร เริ่มตั้งแต่ถนนเจริญกรุง (แยกบางรัก) ไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ตัดกับถนนมไหศวก์-ถนนสุรศักดิ์ (แยกสุรศักดิ์) ถนนประมวญ (แยกประมวญ) ถนนเดโช (แยกเดโช) ถนนนราธิวาสราชนครินทร์ (แยกสีลม-นราธิวาส) และถนนคอนแวนต์ (แยกคอนแวนต์) และไปสิ้นสุดที่ถนนพระรามที่ 4 (แยกศาลาแดง) สีลมเป็นถนนที่มีเกาะกลางและมีต้นไม้ใหญ่ปลูกเรียงรายไปตลอดแนวถนนจำนวน 483 ต้น และเป็นถนนสำคัญสายแรกที่เดินสายไฟฟ้าและสายโทรศัพท์ไว้ใต้ดิน

ถนนสีลมสร้างขึ้นในสมัยรัชกาลที่ 4 พร้อม ๆ กับถนนเจริญกรุง ถนนบำรุงเมือง และถนนเฟื่องนคร เดิมเรียกชื่อว่า "ถนนขวาง" เดิมเป็นคันดินที่เกิดจากการขุดคลองเพื่อเชื่อมคลองบางรักกับคลองถนนตรง คันดินจึงกลายเป็นถนนที่เรียกกันว่าถนนขวาง ชาวต่างประเทศได้นำเครื่อง สีลม ซึ่งใช้สำหรับการวิดน้ำมาติดตั้งที่ถนนขวาง โดยที่บริเวณทั่วไปยังเป็นทุ่งนาโล่ง เครื่องสีลมวิดน้ำจึงดูเด่น และกลายเป็นชื่อเรียกของถนนมาถึงปัจจุบันปัจจุบันถนนสีลมนับเป็นถนนธุรกิจสายสำคัญสายหนึ่งของกรุงเทพมหานคร มีผู้ขนานนามถนนสีลมว่า "วอลล์สตรีตของกรุงเทพฯ" ถนนสีลมมีสำนักงานใหญ่ ธนาคาร โรงแรม อาคารสำนักงาน ตลอดจนศูนย์การค้าขนาดใหญ่เรียงรายอยู่ทั้งสองฟากถนน เป็นถนนท่องเที่ยวที่เป็นแหล่งซื้อสินค้าและขายของที่ระลึกสำหรับนักท่องเที่ยวตามบาทวิถีในเวลา กลางคืน รวมทั้งใน "ซอยละลายทรัพย์" นอกจากนี้ ยังมีโครงการวัฒนธรรมปิดเป็นถนนคนเดินในวันอาทิตย์ ถนนสีลมยังได้ชื่อว่าเป็นถนนการเมืองยุคใหม่จากการเดินขบวนของนักธุรกิจเพื่อขับไล่พลเอกชวลิต ยงใจยุทธ และพันตำรวจโททักษิณ ชินวัตรให้ออกจากตำแหน่งนายกรัฐมนตรี ถนนสีลมมีรถไฟฟ้าแล่นผ่านจากถนนพระรามที่ 4 ขึ้นลงที่สถานีศาลาแดงและเลี้ยวออกไปถนนสาทรที่สถานีช่องนนทรี

4. ถนนเดโช

ถนนเดโช เป็นถนนสั้นๆที่ตัดระหว่างถนนสุรวงศ์และถนนสีลม ในกรุงเทพมหานคร โดยเจ้าพระยาสุรวงศ์วัฒนศักดิ์ (โต บุนนาค) เป็นผู้จัดซื้อที่ดินและตัดถนนขึ้นสองสาย และท่านผู้หญิงตลับสีหราชเดโช ภรรยาได้ขอพระราชทานชื่อจากสมเด็จพระศรีพัชรินทราบรมราชินีนาถขณะที่ทรงเป็นผู้สำเร็จราชการแทนพระองค์ พระองค์พระราชทานชื่อว่า ถนนสุรวงศ์ และ ถนนเดโช

5. ถนนนราธิวาสราชนครินทร์

ถนนนราธิวาสราชนครินทร์ เป็นเส้นทางการคมนาคมในท้องที่เขตบางรัก เขตสาทร และเขตยานนาวา กรุงเทพมหานคร ลักษณะเป็นถนนคอนกรีตเสริมเหล็กขนาด 8 ช่องจราจร ความกว้าง 60 เมตร ระยะทาง 5.115 กิโลเมตร เริ่มจากถนนสุรวงศ์ในพื้นที่แขวงสุริยวงศ์ เขตบางรัก มุ่งตรงไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้พร้อมกับเลียบบคลองช่องนนทรี ตัดกับถนนสีลมเข้าพื้นที่แขวงสีลม ตัดกับถนนสาทรเข้าพื้นที่เขตสาทร โดยฝั่งซอยเลขคู่เป็นท้องที่ของแขวงทุ่งมหาเมฆ ส่วนฝั่งซอยเลขคี่เป็นท้องที่แขวงยานนาวา จนถึงปากซอยนราธิวาสราชนครินทร์ 8 (อาคารสงเคราะห์ 6) จึงเข้าท้องที่แขวงทุ่งวัดดอน ตัดกับถนนจันทน์ เฉพาะฝั่งซอยเลขคี่เข้าสู่ท้องที่แขวงช่องนนทรี เขตยานนาวา ส่วนฝั่งซอยเลขคี่ยังอยู่ในท้องที่แขวงทุ่งมหาเมฆจนกระทั่งตัดกับถนนจันทน์เก่า จากนั้นตัดกับถนนรัชดาภิเษก และไปบรรจบกับถนนพระรามที่ 3 ที่แยกพระรามที่ 3-นราธิวาส (ช่องนนทรี)

ถนนนราธิวาสราชนครินทร์ตัดขึ้นตามโครงการก่อสร้างระบบระบายน้ำและถนนเลียบบคลองช่องนนทรี ในแผนพัฒนากรุงเทพมหานครฉบับที่ 4 (พ.ศ. 2535-2539) เมื่อสร้างแล้วเสร็จถนนสายนี้ยังไม่มีชื่อทางการ ดังนั้น เพื่อความสะดวกแก่ประชาชนที่สัญจรไปมา เพื่อความสะดวกแก่เจ้าหน้าที่ตลอดจนหน่วยงานราชการต่าง ๆ และเพื่อเทิดพระเกียรติสมเด็จพระเจ้าพี่นางเธอ เจ้าฟ้ากัลยาณิวัฒนา กรมหลวงนราธิวาสราชนครินทร์[1] กรุงเทพมหานครจึงได้ขอพระราชทานพระบรมราชานุญาตเชิญพระนามของสมเด็จพระเจ้าพี่นางเธอฯ มาเป็นนามถนนอย่างเป็นทางการว่า ถนนนราธิวาสราชนครินทร์ ซึ่งพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ พระราชทานพระบรมราชานุญาตเมื่อปี พ.ศ. 2539

6. ถนนพระรามที่ 4

ถนนพระรามที่ 4 เป็นถนนในกรุงเทพมหานคร เริ่มตั้งแต่ห้าแยกหอนาฬิกา(แยกจากถนนเจริญกรุง) ข้ามคลองผดุงกรุงเกษมที่สะพานเจริญสุวาศดิ์ ผ่านสถานีหัวลำโพง สามย่าน ไปบรรจบถนนสุขุมวิท ใกล้เขตพระโขนงถนนพระรามที่ 4 ช่วงตั้งแต่สี่แยกหัวลำโพงถึง สี่แยกวิทยุ เป็นเส้นแบ่งเขต

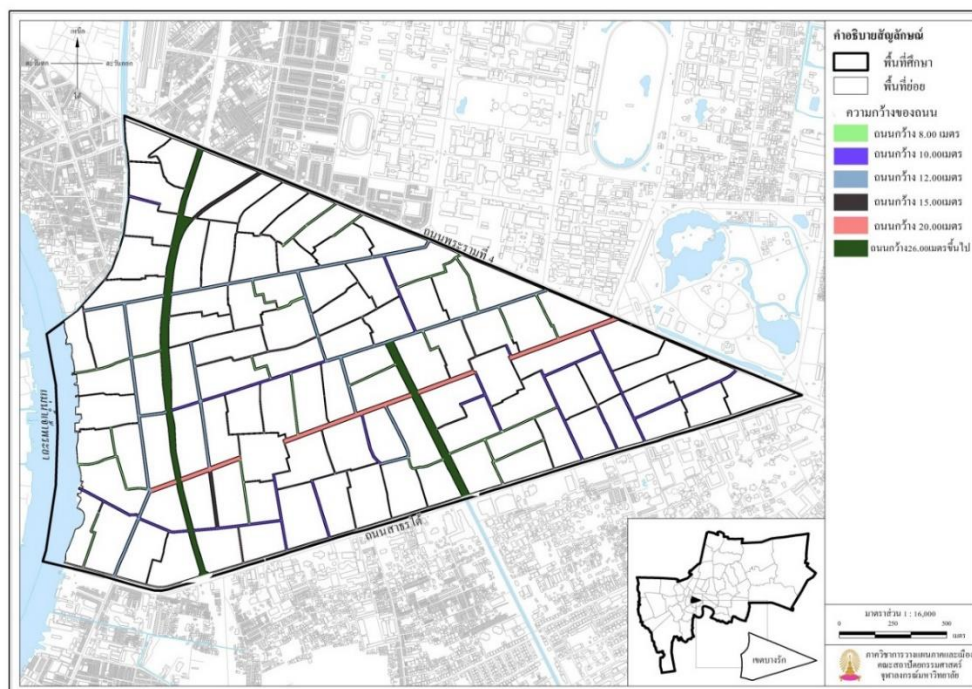
การปกครองระหว่างเขตบางรัก กับเขตปทุมวัน ตั้งแต่สี่แยกวิทยุ ถึง สี่แยกใต้ทางด่วน เป็นเส้นแบ่งเขตการปกครองระหว่างเขตปทุมวัน กับ เขตสาทร

ถนนพระรามที่ 4 เดิมเรียกว่า ถนนตรง และถนนหัวลำโพง (นอก) เป็นถนนที่พระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว โปรดเกล้าฯ ให้สร้างขึ้นใน พ.ศ. 2400 เนื่องจากกงสุลอังกฤษ สหรัฐอเมริกา และฝรั่งเศสได้เข้าซื้อกัน พร้อมทั้งนายห้างต่างประเทศ ขอร้องรัฐบาลสยามว่า เรือลูกค้าที่ขึ้นมาค้าขายถึงกรุงเทพมหานครมีระยะทางไกล ถึงหน้าน้ำน้ำเชี่ยวมาก กว่าจะเดินทางถึงกรุงเทพมหานครก็ใช้เวลาหลายวัน

ถนนตรงเป็นถนนสายแรกในรัชกาลที่ 4 เป็นถนนเส้นตรงมีระยะทางไกล และมีพระบรมราชโองการให้เรียกทางที่ริมคลองนี้ว่า ทางถนนตรง ต่อมา ในวันที่ 16 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2462 รัชสมัยพระบาทสมเด็จพระมงกุฎเกล้าเจ้าอยู่หัว ทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ ให้เปลี่ยนชื่อถนนหัวลำโพง (นอก) ตั้งแต่ถนนเจริญกรุงถึงถนนหลวงสุนทรโกษา เป็น ถนนพระรามที่ 4 ทั้งนี้ด้วยเหตุผลทางประวัติศาสตร์ เพราะเป็นถนนที่พระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ 4 แห่งพระราชวงศ์จักรีโปรดเกล้าฯ ให้สร้างขึ้นโดยนำมูลดินจากการขุดคลองลัดจากคลองผดุงกรุงเกษมไปถึงคลองเตยมาสร้างขึ้น

4.3.2.2. ลักษณะเชิงสัญญาณโครงข่ายถนนในเขตบางรัก

ภาพรวมโครงข่ายถนนในเขตบางรัก เป็นเส้นถนน ขยายต่อจากเส้นรัศมีของกะรัตโกสินทร์ของจังหวัดกรุงเทพมหานครชั้นใน โดยถนนหลักวางตัวในแนวตะวันออก-ตะวันตก ซึ่งเป็นแนวที่ขวางกับทิศทางไหลของลมหลักของประเทศไทย ที่มาทางทิศใต้ อันเป็นลักษณะเฉพาะตัวของเขตบางรัก นอกจากนี้ ยังมีถนนที่ทอดตัวในแนวเหนือใต้เพื่อการเชื่อมโยงเส้นทางสัญจร ต่อไป ซึ่งจะได้ทำการวิเคราะห์ลักษณะสัญญาณเมืองทั้งเขตในส่วนที่ลงรายละเอียด ดังนี้



ภาพที่ 78 แสดงให้เห็นว่าภาพรวมลักษณะโครงข่ายถนนเชิงสัณฐานเมืองเขตบางรัก
(ที่มา: ผู้วิจัย, 2557 ปรับข้อมูลจาก กรมโยธาธิการและผังเมือง 2549)

วิเคราะห์ลักษณะเชิงสัณฐานโครงข่ายถนนในเขตบางรัก แบ่งตามทิศการวางแนวถนน ได้เป็น 3 ทิศ
ดังนี้

1. แนวถนนที่วางทิศแนวตั้งเหนือใต้
2. แนวถนนที่วางทิศแนวขวางตะวันออกตะวันตก
3. แนวถนนที่วางทิศแนวทแยง หรือทำมุมอื่นๆ

มีรายละเอียดดังนี้ คือ

1. แนวถนนที่วางทิศแนวตั้งเหนือใต้

แนวถนนที่วางทิศแนวตั้งเหนือใต้ ถนนที่มีขนาดใหญ่ในเขตบางรักมี 2 เส้น คือ ถนนหลักในแนวตั้งเหนือใต้ ทางพิเศษศรีรัชฯ และถนนนราธิวาสราชนครินทร์ (ถนนช่องนนทรี) คือ มีความกว้าง 26 เมตร ถนนย่อยในแนวตั้งเหนือใต้ที่กว้างที่สุดรองลงมาคือ ถนนสุรศักดิ์กว้าง 15 เมตร ถัดมาคือ ถนนเจริญกรุง ถนนมเสักษ์ กว้าง 12 เมตร ถนนนเรศ กว้าง 12 เมตร

ถัดมาคือ ถนนทรัพย์ ถนนประมวล ถนนคอนแวนต์ กว้าง 10 เมตร

ซอยนนิยะ ซอยพัฒนาพงษ์ 1 ซอยข้างโรงแรมมณเฑียร กว้าง 8 เมตร

2. แนวถนนที่วางทิศแนวขวางตะวันออกตะวันตก

ถนนหลักในแนวขวางตะวันออกตะวันตก ได้แก่ ถนนสีลม กว้าง 20 เมตร รองลงมาคือ รองลงมาคือ ถนนสี่พระยา กว้าง 12 เมตร ถนนสุรวงศ์ กว้าง 10 เมตร เมื่อพิจารณาผังถนนเขตบางรัก มีรายละเอียดขนาดความกว้างถนนเพิ่มเติม ดังนี้

ถนนแนวขวางไล่จากกลางขึ้นบน ซ้ายไปขวา ได้แก่ ซอยเจริญกรุง 42/1 ซอยศรีเวียง กว้าง 10 เมตร ซอยข้างโรงเรียนอัสสัมชัญ บางรัก ซอยข้างไปรษณีย์กลางและโรงแรมเซอราตัน กว้าง 8 เมตร ซอยข้างโรงแรมโอเรียนเต็ล ซอยข้างโรงเรียนและวัดมหาพฤฒาราม และถนนตามขวางโดยทั่วไปทั้งเขตบางรัก กว้าง 5 เมตร

3. แนวถนนที่วางทิศแนวทแยง หรือทำมุมอื่นๆ

ถนนที่วางแนวทแยง ได้แก่ด้านทิศเหนือฝั่งตะวันออกของเขต ประกอบด้วยถนนซอย ได้แก่ ซอยสว่าง 1 ซอยพระนครเรศ ซอยกิจพานิช ซอยสองพระ กว้าง 4 เมตร ซอยจอมสมบูรณ และซอยจินดาถวิล กว้าง 8 เมตร

ข้อสังเกต: ถนนที่แยกจากถนนสีลมและสาทร ถนนศาลาแดง 1 และ 2 ซึ่งเป็นพื้นที่อาคารสูง ถนนจะกว้างกว่าพื้นที่อื่นๆ คือ กว้าง 8-10 เมตร แนวถนนที่วางทิศแนวตั้งเหนือใต้จะกว้างกว่าแนวถนนที่วางทิศแนวขวางตะวันออกตะวันตก และแนวถนนที่วางทิศแนวทแยง หรือทำมุมอื่นๆ

นอกจากนั้น พบว่า ถนนย่อยโดยทั่วไปในเขตบางรัก กว้าง 5 เมตร แนวถนนที่วางทิศแนวทแยงหรือทำมุมอื่นๆ โดยทั่วไปกว้าง 4 เมตร

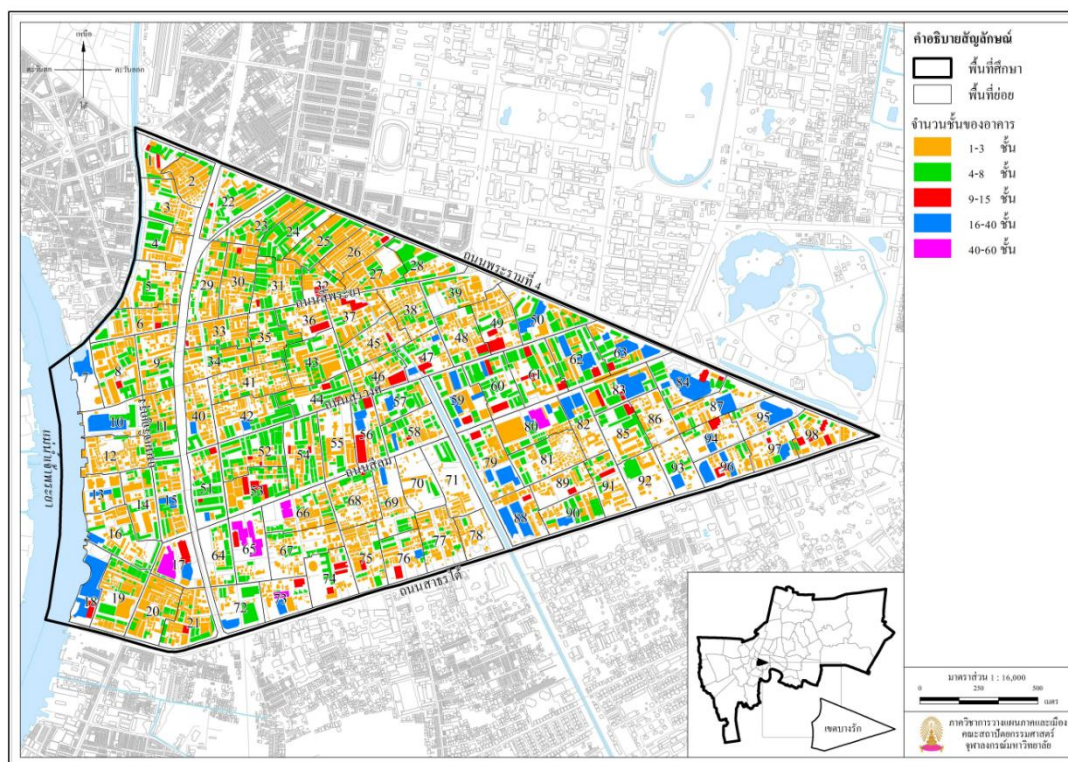
4.3.3. การวิเคราะห์ลักษณะพื้นฐานเมืองทั้งเขตในส่วนที่ลงรายละเอียด

การวิเคราะห์ลักษณะพื้นฐานเมืองในส่วนที่ลงรายละเอียด ประกอบด้วยหัวข้อ 7 ข้อ ดังนี้

4.3.3.1. วิเคราะห์ พื้นฐานความสูง

จากการวิเคราะห์ข้อมูล 3 มิติของกรมโยธาธิการและผังเมืองข้อมูลปีล่าสุด (พ.ศ. 2549) ที่แสดงถึงสภาพพื้นฐานกายภาพของเมืองในส่วนของความสูงซึ่งจัดทำโดยใช้ภาพถ่ายเทียมประกอบการใช้คนลงภาคสนามเดินนับจำนวนชั้นอาคาร เพื่อให้ได้ความถูกต้องแม่นยำ พบว่า อาคารในบางรักส่วนใหญ่ที่เป็นอาคารเก่าดั้งเดิมที่มีความสูง 1-3 ชั้น (แสดงด้วยสีเหลือง) และ

ความสูง 4-8 ชั้น (แสดงด้วยสีเขียว) ปะปนกันทั่วไปในเขตบางรัก อันเป็นลักษณะสัญญาณ เตี้ย-แน่น โดยเฉพาะด้านมุมบน ฝั่งซ้ายของเขต บริเวณ พระราม 4 ตัดกับ ถนนเจริญกรุง ฝั่ง ถนนสุรวงศ์และสี่พระยา จะเห็นถึงลักษณะบล็อกของเมืองที่เป็นแบบ Super Block คือ มีอาคารสูง (แสดงด้วยสีเขียว) ตั้งอยู่บริเวณขอบนอกของบล็อกปิดล้อมอาคารเตี้ย (แสดงด้วยสีเหลือง) อยู่ภายใน

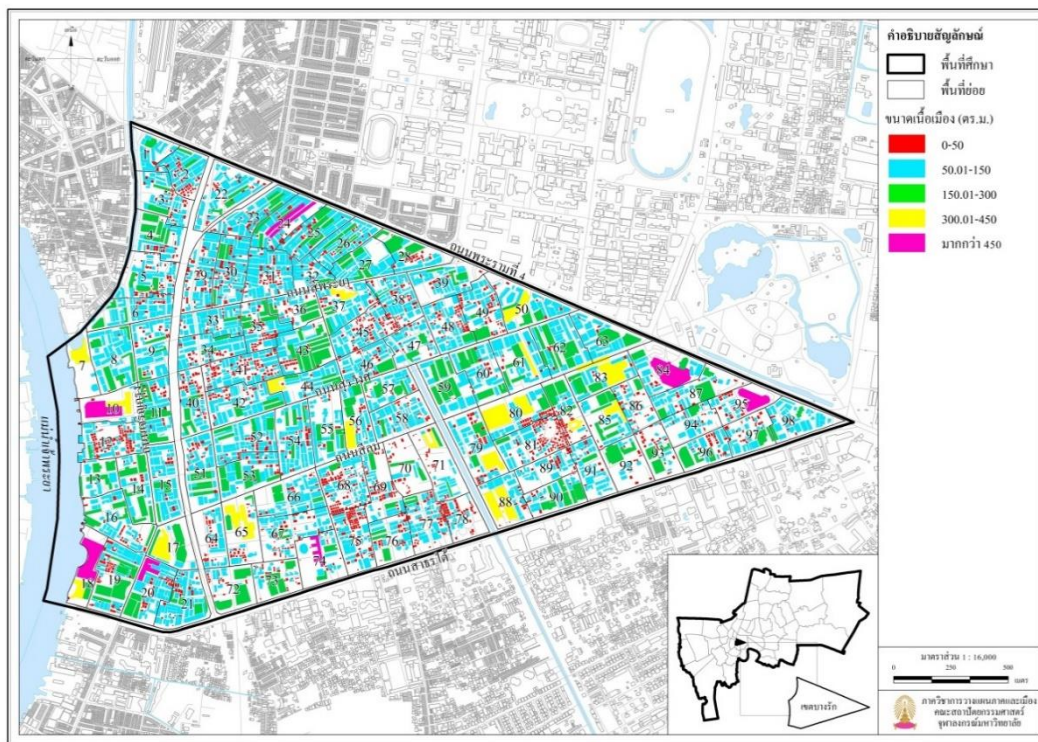


ภาพที่ 79 แสดงลักษณะเชิงสัญญาณเมืองเขตบางรัก ความสูงอาคาร (ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

ถัดมา เป็นลักษณะสัญญาณอาคารแบบ สูง-แน่น ได้แก่ บริเวณที่มีอาคารที่มีความสูง 16-40 ชั้น (แสดงด้วยสีฟ้า) มีจำนวนมากบริเวณมุมขวาของเขต ด้านถนนพระราม 4 ตัดกับ ถนนสีลม ฝั่งติดกับสวนลุมพินี รวมถึงฝั่งติดกับถนนสาทร ด้านล่างขวาของเขต แยกที่ติดกับถนนเจริญกรุง บริเวณฝั่งขวาของถนนช่องนนทรี และด้านซ้ายของเขตที่ติดกับแม่น้ำเจ้าพระยา สัญญาณอาคารแบบสูงมาก ได้แก่ อาคารที่มีความสูง 40 ชั้นขึ้นไป (แสดงด้วยสีชมพู) ได้แก่ บริเวณแยกสาทรต่อกับสีลม ตัดกับ ถนนเจริญกรุง และบริเวณใกล้เคียง คืออาคารเสตททาวเวอร์ (อาคารที่สูงที่สุดในเขตบางรัก) และ อาคารจีวีเอร์เทรดเซ็นเตอร์ ถัดมาเป็นสัญญาณอาคารแบบสูงไม่มากนัก คือ สูง 9-15 ชั้น (แสดงด้วยสีแดง) อาคารเหล่านี้กระจายอยู่ บริเวณถนนช่องนนทรี ตัดกับสีลม และสาทร เป็นต้น

4.3.3.2. วิเคราะห์สัณฐานอนุเมือง

พื้นที่บางรักเป็นย่านที่พักอาศัยและย่านพาณิชย์กรรมมาช้านาน สัณฐานอาคารดั้งเดิมจึงเป็นอาคารที่พักอาศัยและอาคารพาณิชย์กรรมเป็นส่วนใหญ่



ภาพที่ 80 แสดงลักษณะเชิงสัณฐานเมืองเขตบางรัก ขนาดอนุเมือง (ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

จากวิเคราะห์ข้อมูลกรมโยธาธิการและผังเมืองข้อมูลปีล่าสุด (พ.ศ. 2549) ในส่วนรายละเอียดสัณฐานอนุเมือง (Urban grain) ทั้งพื้นที่ของเขตบางรัก สังเกตได้ว่าอนุเมืองขนาดใหญ่มีมากในด้านที่มีอาคารสูง-แน่นมาก ได้แก่ ทิศใต้ ตะวันออกเฉียงเหนือ ตะวันตกเฉียงใต้ ตะวันออกเฉียงใต้ของเขตบางรัก บริเวณฝั่งใกล้แม่น้ำ อาคารกรนเนื้อเมืองขนาดใหญ่เหล่านี้ มักเป็นอาคารโรงแรมขนาดใหญ่ ได้แก่ ดุสิตธานี โอเรียนเต็ล ฮอเลียอินน์ ออคิตเซอร์ราตัน แชนกรีลา เป็นต้น

กรนเนื้อเมืองขนาดเล็กมีมากในทิศในด้านที่มีอาคารเตี้ย-แน่น ได้แก่ อาคารพาณิชย์จำนวนมาก ในย่านเจริญกรุง สุรวงศ์ สีพระยา ที่ตั้งอยู่บริเวณทิศเหนือ ตะวันตกเฉียงเหนือของเขตบางรัก ด้านทิศเหนือ และตะวันตกเฉียงเหนือของเขตประกอบด้วยกลุ่มอาคารที่มีอนุเมืองขนาดเล็กแบบเตี้ย-แน่นเป็นจำนวนมาก บริเวณถนนสุรวงศ์ สีพระยา (ภาพที่ 80)

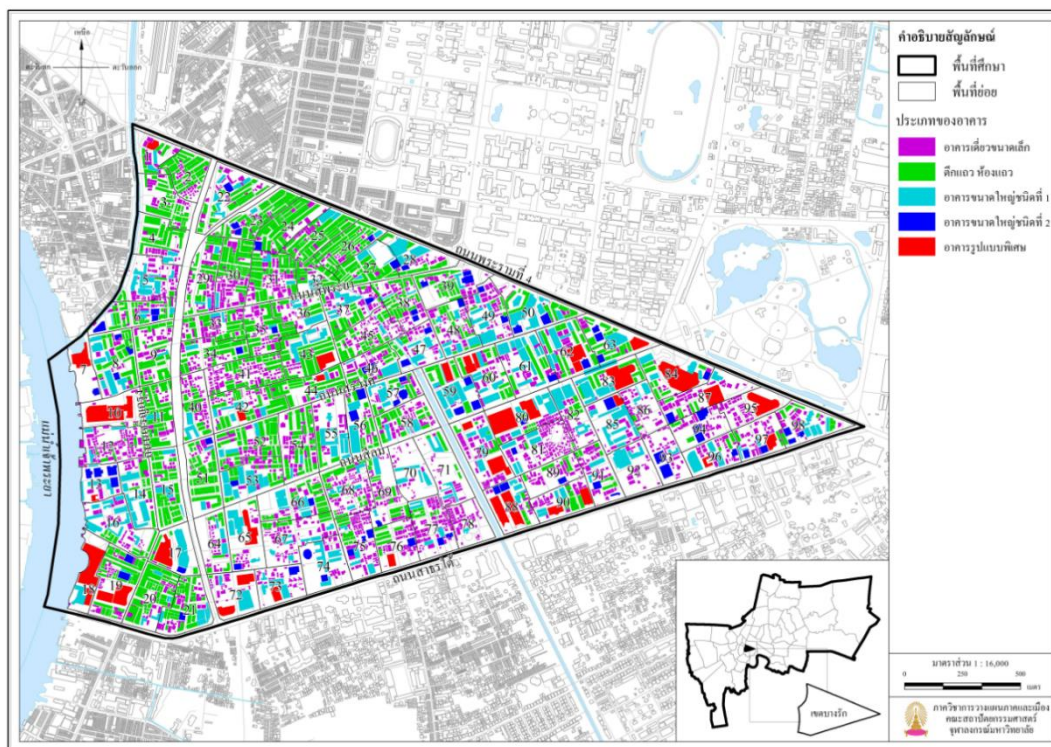
สัณฐานอาคารในส่วนของขนาดอนุเมือง แบ่งช่วงขนาด เป็น 5 ช่วง ดังภาพที่ 80 อาคารส่วนใหญ่ของเขตบางรักมีขนาด 50-150 ตารางเมตร (แสดงด้วย สีฟ้า) เป็นอันดับหนึ่ง กระจายอยู่ทั่วไปในเขต มีมากที่สุดโดยเฉพาะมุมซ้ายบนของเขต

ถัดมาเป็น สัณฐานอาคารขนาด 150-300 ตารางเมตร (แสดงด้วยสีเขียว) กระจายอยู่ทั่วไปในเขต เป็นลักษณะของอาคารส่วนใหญ่ของเขตบางรักที่มีมากเป็นอันดับสอง ถัดจากนั้นเป็นสัณฐานอาคารขนาดเล็กที่สุด ขนาด 0-50 ตารางเมตร (แสดงด้วยสีแดง) เป็นลักษณะบ้านเดี่ยว อาคารพักอาศัย ขนาดเล็ก วางกระจายอยู่ภายในบล็อกของเมืองแล้วถูกล้อมรอบด้วยอาคารสูง ในลักษณะ Super Block

สัณฐานอาคารขนาดใหญ่ที่สุด คือ มีขนาดมากกว่า 450 ตารางเมตร (แสดงด้วยสีชมพู) เป็นลักษณะอาคารใหญ่พิเศษ ซึ่งพบในบริเวณมุมขวาของเขต ด้านถนนพระราม 4 ตัดกับ ถนนสีลม ฝั่งติดกับสวนลุมพินี รวมถึงฝั่งติดกับถนนสาทร ด้านล่างขวาของเขต แยกที่ติดกับถนนเจริญกรุง บริเวณฝั่งขวาของถนนช่องนนทรี และด้านซ้ายของเขตที่ติดกับแม่น้ำเจ้าพระยา

4.3.3.3. วิเคราะห์ สัณฐานรูปร่างอาคาร

จากการวิเคราะห์ข้อมูลของกรมโยธาธิการและผังเมือง ในส่วนของสัณฐานรูปร่างอาคาร ประกอบด้วยอาคารเดี่ยว ขนาดเล็ก (แสดงด้วยสีม่วง) มีจำนวนมากที่สุด กระจายอยู่ทั่วไปในเขต ถัดมาเป็น อาคารเดี่ยวตึกแถวรูปร่างผอม ยาว (แสดงด้วยสีเขียว) มีมากที่สุดรองลงมา กระจายตัวอยู่บริเวณซ้ายบนของเขต ขนาบถนนทางพิเศษศรีรัช ฯ ตลอดทั้งเส้น อาคารขนาดปานกลาง (แสดงด้วยสีน้ำเงิน) อาคารขนาดใหญ่ที่มีรูปร่างแปลนเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า (แสดงด้วยสีฟ้า) กระจายทั่วไป โดยเฉพาะบริเวณล่างซ้ายและขวาของเขต และ อาคารขนาดใหญ่พิเศษ (แสดงด้วยสีแดง) บริเวณมุมขวาของเขต ด้านถนนพระราม 4 ตัดกับ ถนนสีลม ฝั่งติดกับสวนลุมพินี รวมถึงฝั่งติดกับถนนสาทร ด้านล่างขวาของเขต แยกที่ติดกับถนนเจริญกรุง บริเวณฝั่งขวาของถนนช่องนนทรี และด้านซ้ายของเขตที่ติดกับแม่น้ำเจ้าพระยา และสัณฐานรูปร่างอาคารแบบที่มีน้อยที่สุด คือ อาคารขนาดใหญ่ที่มีรูปร่างสี่เหลี่ยมแบบค่อนข้างเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส (แสดงด้วยสีน้ำเงิน) ตั้งอยู่ในบริเวณด้านในของเขตบางรัก ด้านใกล้ถนนสาทรและถนนสีลม บริเวณใกล้แยกช่องนนทรีตลอดแนวขึ้นไปจนจรดถนนพระราม 4 และมีประปรายในบริเวณกึ่งกลางของขอบของเขตด้านซ้ายที่ติดกับแม่น้ำเจ้าพระยา ดังแสดงในภาพ 81



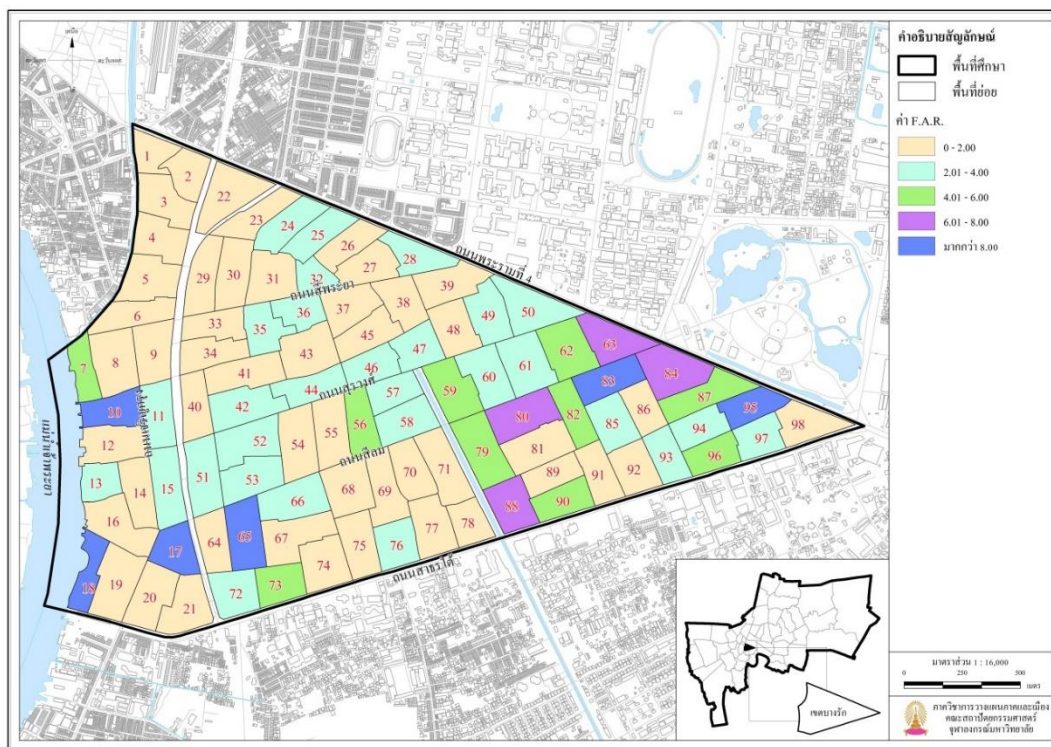
ภาพที่ 81 แสดงลักษณะเชิงสัณฐานเมืองเขตบางรักเรื่องรูปร่างอาคาร (ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

4.3.3.4. วิเคราะห์สัณฐาน FAR

จากการวิเคราะห์สัณฐานอัตราส่วนพื้นที่ใช้สอยอาคารต่อพื้นที่ดิน (FAR) ของเขตบางรัก ประกอบด้วยสัณฐาน FAR ที่ระดับ 0-2 (แสดงด้วยสีครีม) มีจำนวนมากที่สุด กระจายอยู่ทั่วไปในเขต โดยเฉพาะฝั่งซ้ายบน บริเวณ สีพระยา ถับริเวณฝั่งซ้ายของถนนศรีรัชฯ ด้านติดกับแม่น้ำเจ้าพระยา และบริเวณกึ่งกลางด้านล่างของเขตบางรัก

ถัดมาเป็น สัณฐาน FAR ที่ระดับ 2 - 4 (แสดงด้วยสีฟ้า) มีมากที่สุดรองลงมา มีลักษณะพาดเป็นเส้นทแยงซ้ายล่างไปขวาบนของเขต บริเวณถนนสีลม ฝั่งด้านถนนนเรศ และบริเวณทั้งสองฝั่งของถนนนเรศไปจนจรดถนนพระราม 4 บริเวณกึ่งกลางถนนสีพระยาและถนนพระราม 4

ต่อมาเป็นสัณฐาน FAR ที่ระดับ 4 - 6 (แสดงด้วยสีเขียว) มีมากบริเวณขวาล่างของเขตบางรัก, สัณฐาน FAR ที่ระดับ 6 - 8 (แสดงด้วยสีม่วง) อยู่บริเวณล่างขวาของเขต และสุดท้ายสัณฐาน FAR ที่ระดับ >8 (แสดงด้วยสีน้ำเงิน) บริเวณมุมขวาล่างของเขต ด้านถนนพระราม 4 ติดกับ ถนนสีลม ฝั่งติดกับสวนลุมพินี รวมถึงฝั่งติดกับถนนสาทร ด้านซ้ายล่างของเขต ติดกับแม่น้ำเจ้าพระยา

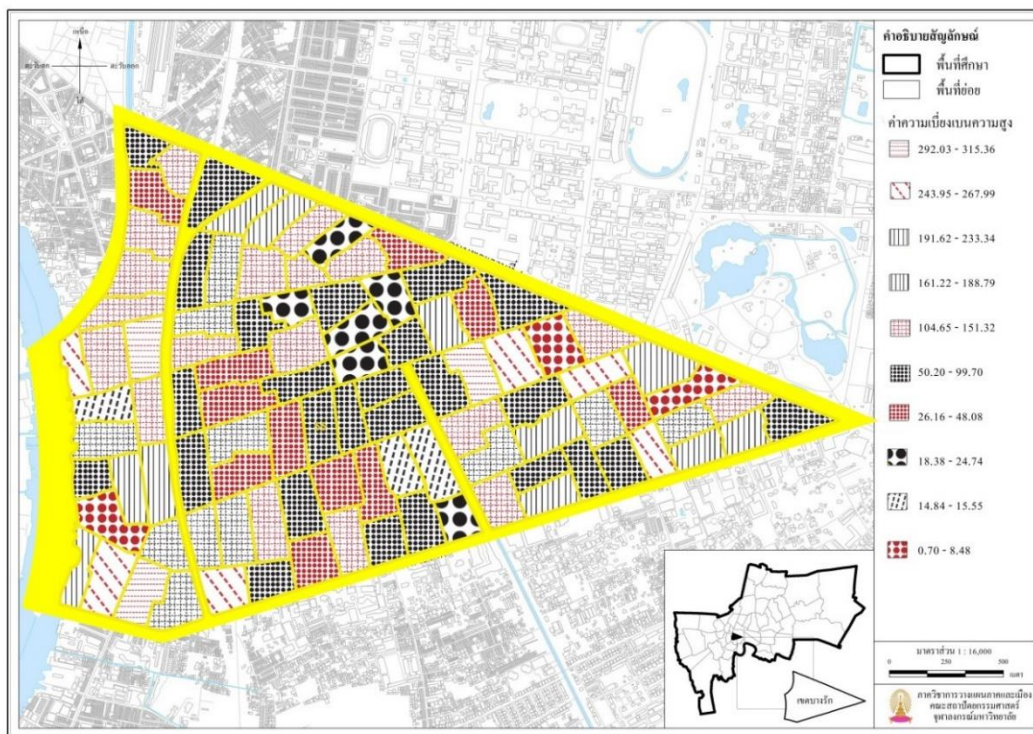


ภาพที่ 82 แสดงลักษณะเชิงสัณฐานฐานเมืองเขตบางรัก FAR (ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

4.3.3.5. วิเคราะห์ สัณฐานค่าเบี่ยงเบนความสูง

จากการวิเคราะห์ข้อมูลของกรมโยธาธิการและผังเมือง สัณฐานค่าเบี่ยงเบนความสูงของเขตบางรัก ส่วนใหญ่ มีค่า 50.20 - 99.70 (แสดงด้วยจุดไขปลาถ้ำ สีดำ) กระจายอยู่บริเวณกึ่งกลางเขต บริเวณที่มีค่าเบี่ยงเบนความสูงสุดอยู่ที่ 292.03 - 315.36 แสดงด้วยเส้นขีดขวางสีแดง บริเวณมุมซ้ายล่างของเขต ใกล้แม่น้ำและใกล้ปลายถนนสาทร บริเวณฝั่งซ้ายของถนนศรีรัช ๆ ใกล้โรงแรมโอเรียนเต็ล (บล็อกที่ 20) ใกล้กับทางแยกถนนช่องนนทรี ตัดกับถนนสุรวงศ์ (บล็อกที่ 60) ต่อมาเป็นค่าเบี่ยงเบนความสูงที่สูงสุดรองลงมา อยู่ที่ 243.95 - 267.99 แสดงด้วยเส้นประขีดทแยงท่างสีแดง อยู่บริเวณใกล้เคียงกับบริเวณที่มีค่าเบี่ยงเบนความสูงสุดที่บริเวณมุมซ้ายล่างของเขต (ตั้งอยู่ที่บล็อกที่ 19, 72) บริเวณใกล้แม่น้ำและใกล้ปลายถนนสาทร บล็อกที่ 7 ติดแม่น้ำเจ้าพระยา บริเวณฝั่งซ้ายของถนนศรีรัช ๆ ใกล้โรงแรมโอเรียนเต็ล และบล็อกที่ 61, 81, 93 บริเวณมุมซ้ายล่างของเขต

ค่าเบี่ยงเบนความสูงต่ำสุดอยู่ที่ 6.70-8.40 แสดงด้วยจุดใหญ่ ตั้งอยู่ที่บล็อกที่ 18, 87 สีแดง บริเวณมุมซ้ายและขวาล่างของเขต ตามลำดับ ดังภาพ

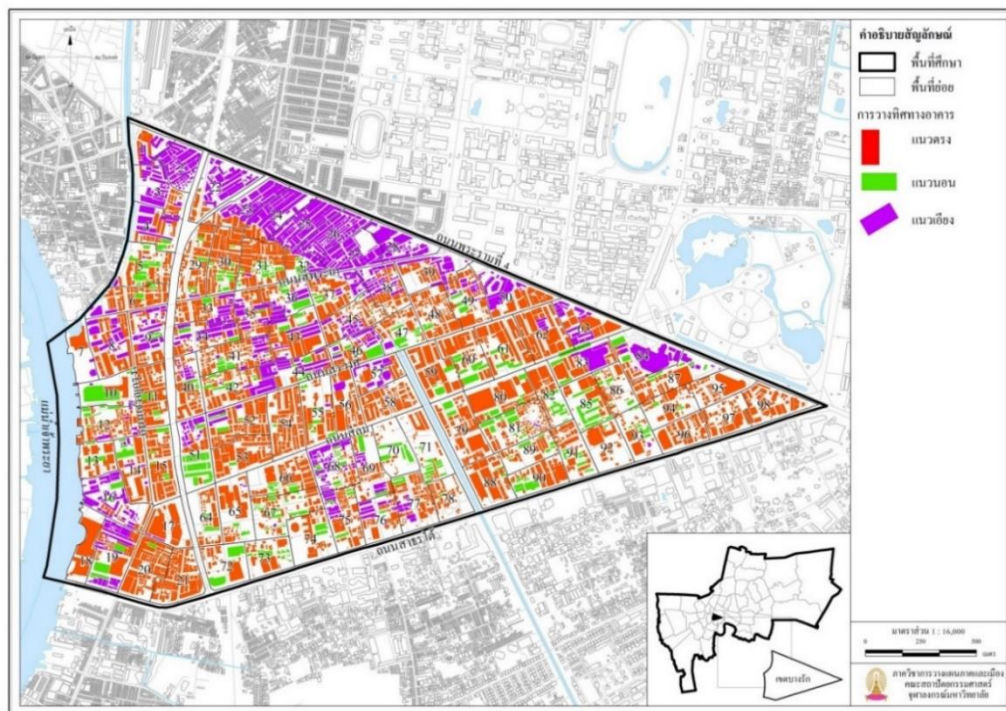


ภาพที่ 83 แสดงลักษณะเชิงสัณฐานเมืองเขตบางรัก ค่าความเบี่ยงเบนความสูง (ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

4.3.3.6. วิเคราะห์สัณฐานการวางทิศอาคาร

จากการวิเคราะห์ข้อมูลของกรมโยธาธิการและผังเมือง ในส่วนของสัณฐานเมืองในส่วนของ การวางทิศอาคารเมื่อเปรียบเทียบกับทิศลม แบ่งได้เป็น 3 ทิศ คือ ทิศขนานกับลม (คือ อาคารวางตัว ทิศเหนือ-ใต้) ทิศขวางทิศลม (คือ อาคารวางตัวทิศตะวันออก-ทิศตะวันตก) และทิศอื่น ๆ ที่ไม่ใช่ 2 ทิศแรก โดยการพิจารณาด้านที่สั้นกว่าให้เรียกว่าเป็นด้านกว้าง และด้านที่ยาวกว่าให้เรียกว่าเป็นด้าน ยาว เนื่องจากเมืองมีความหลากหลายมาก ในส่วนของความกว้างและความใช้ระยะจริงในการแยก ประเภท แต่ในส่วนของทิศการศึกษา นี้ จึงใช้ความอนุโลม โดยพิจารณาการจัดประเภทอาคารว่า อาคารมีแนวโน้มจะอยู่กลุ่มใด

จากภาพจะเห็นว่าอาคารส่วนใหญ่ สัณฐานการวางทิศอาคารวางตัวในทิศขนานกับลม (แสดง ด้วยสีแสด) ส่วนน้อย การวางทิศอาคารทิศขวางทิศลม คือ กระจายอยู่ทั่วไปทั้งกลางและด้านล่างของ เขต (แสดงด้วยสีเขียว) และ สัณฐานการวางทิศอาคารวางตัวในทิศทำมุมอื่นกับลม (แสดงด้วยสีม่วง) อยู่ด้านบนซ้ายของเขตบางรัก



ภาพที่ 84 แสดงลักษณะเชิงสัณฐานเมืองเขตบางรักสัณฐานการวางทิศทางอาคาร (ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

4.3.3.7. ภาพถ่ายสถานที่จริงของเขตบางรัก

ภาพสัณฐานเมืองโดยรวม ประกอบด้วยอาคารที่มีขนาดและความสูงหลากหลาย ดังภาพถ่ายสถานที่จริง พบว่าลักษณะสัณฐานเมืองส่วนใหญ่แบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ คือ อาคารเตี้ย-แน่น และอาคารสูง-แน่น ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในตอนต้นของบทนี้ โดยผังซ้ายของเขตบางรักมีลักษณะสัณฐานเป็นแบบอาคารพาณิชย์ ตึกแถวเรียงตัวเบียดกันหนาแน่น (ดังภาพที่ 85)



ภาพที่ 85 สัณฐานเป็นแบบอาคารพาณิชย์ ตึกแถวเรียงตัวเบียดกันหนาแน่น (ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

ผังขวาและด้านใต้ของเขตบางรัก บริเวณถนนสาทร สีลม ลักษณะสัญญาณเป็นแบบอาคารสูงเดี่ยว วางตัวอย่างหนาแน่น (ดังภาพที่ 86)



ภาพที่ 86 สัญญาณเป็นแบบอาคารสูงเดี่ยว วางตัวอย่างหนาแน่น (ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

นอกจากนี้ ยังพบว่ามึบริเวณที่มีลักษณะสัญญาณที่น่าสนใจ ได้แก่บริเวณที่ประกอบด้วยอาคารพักอาศัย เป็นลักษณะบ้านเดี่ยวขนาดเล็กที่ถูกล้อมรอบด้วยอาคารสูง บริเวณถนนคอนเวนนต์ตรงข้ามกับโรงเรียนเซนต์โยเซฟคอนเวนนต์ ด้านหลังธนาคารกรุงเทพ สำนักงานใหญ่ (ดังภาพที่ 87)



ภาพที่ 87 บริเวณที่มีลักษณะสัญญาณที่น่าสนใจ บริเวณอาคารบ้านเดี่ยวขนาดเล็กบล็อกที่ 91 ใกล้อาคารจิ๋วเวอร์รี่เทรดเซ็นเตอร์ และอาคารบ้านเดี่ยวขนาดเล็กที่บล็อกที่ 84 ด้านหลังธนาคารกรุงเทพ สำนักงานใหญ่ (ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

ในส่วนผลของการศึกษาในส่วนลักษณะรูปแบบลักษณะสัญญาณที่ส่งผลการไหลภายในบล็อกสามารถดูเพิ่มเติมได้ในภาคผนวก ก. ในบทที่ 5 จะเป็นเรื่องผลของการศึกษาซึ่งประกอบด้วยส่วนที่เป็น “ภาพ” และ “ตัวเลข” ดังจะได้บรรยายถึงรายละเอียดต่อไป

บทที่ 5

ผลของการศึกษา

การศึกษานี้จึงนำเสนอแนวคิดในการแบ่งการวิเคราะห์ผลของศึกษาออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนผลการศึกษาที่แสดงเป็นภาพ และส่วนผลการศึกษาที่แสดงเป็นค่าตัวเลข

ส่วนที่ 1 : ผลการศึกษาที่แสดงเป็น “ภาพ” จะเป็นการวิเคราะห์เชิงบรรยาย จากภาพกราฟิกเวกเตอร์ลมที่แสดงเป็นลูกศรสีที่แสดงการไหลของลมเพื่อวิเคราะห์ถึงพฤติกรรมของลมเมื่อปะทะกับอาคารที่มีขนาดแปลน รูปร่าง ความสูง และการวางตัวในแนวทิศที่ทำมุมต่างๆกับทิศลมที่ใช้เป็นทิศลมหลักที่ไหลเข้าสู่พื้นที่เมือง โดยตัดเป็นระนาบ (Cutting plane) ที่ความสูง 1.50 เมตร จากการทบทวนวรรณกรรมว่าเป็นระดับที่เป็นระดับที่ใช้กันอยู่ทั่วไปในการศึกษาการไหลของอากาศในระดับที่คนใช้หายใจ (Pedestrian level) ดังที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 1 และ 2

ส่วนที่ 2 : ผลการศึกษาที่เป็น “ตัวเลข” การศึกษานี้จึงนำเสนอถึงการศึกษาระบายอากาศของปริมาตรอากาศที่เป็นปริมาตรที่ห่อหุ้มผู้ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่เมืองอย่างสมบูรณ์ โดยการศึกษานี้แนะนำเสนอการใช้การศึกษาปริมาตรอากาศจากระดับพื้นดินถึงระดับสูง 2.50 เมตรจากพื้นดิน ซึ่งเป็นระดับความสูงที่ครอบคลุมทุกกิจกรรมและทุกความสูงของผู้ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่เมือง

ดังมีรายละเอียดดังนี้

5.1 ผลการศึกษาที่แสดงเป็นภาพ

5.1.1 ผลการศึกษาที่แสดงเป็นภาพแบบภาพรวมทั้งเขต

การศึกษานี้พิจารณาภาพโดยรวมของพื้นที่บางรักที่ระดับ 1.50 เมตร จะเห็นว่าช่องทางไหลของลมเข้าสู่เมืองที่สำคัญ คือ ถนน ถนนสายย่อยหรือซอยโครงข่ายถนนสายย่อยหรือซอยกระจายอยู่ทั่วไปอีกทั้งเป็นทางเชื่อมการไหลของลม ได้แก่ ถนนที่เชื่อมโยงจากถนนสายหลักและถนนสายรองเข้ากับพื้นที่บล็อก โดยถนนที่มีทิศทางสอดคล้องกับทิศทางของลม และถนนที่กว้างลมจะไหลได้ดี

ถนนในพื้นที่บางรัก ประกอบด้วย ถนนสายหลักที่พาดผ่านเขตบางรักในแนวเหนือ-ใต้ คือ ถนนเจริญกรุงและถนนราชมิวมีความกว้างมากกว่า 26 เมตร ถัดมาเป็นถนนสีลมพาดผ่านเขตบางรักในแนวตะวันออก-ตะวันตกกว้าง 20 เมตร จะสังเกตได้ว่าถนนหลักในเขตบางรักจะวางตัวในแนวตะวันออก-ตะวันตกมากกว่าแนวเหนือ-ใต้ โดยทั่วไปจะมีความกว้างถนนประมาณ 5 เมตร

จากผลวิเคราะห์ที่แสดงถึงรูปแบบ ทิศทางการไหล ความเร็วของลมที่แสดงออกมาเป็นภาพ ลูกศรสี เมื่อพิจารณาจากลมทั้ง 4 ทิศ ภาพรวมการไหลของอากาศในเขตบางรัก แยกสีตาม ประสิทธิภาพการไหล ซึ่งแสดงเป็นแถบสีแดงถึงสีน้ำเงิน โดยสีแดงหมายถึงไหลได้ดีที่สุด ไล่สีจากสีแดงไปสีส้ม สีเหลือง สีเขียว สีฟ้า สีน้ำเงิน และสีม่วง หมายถึงลมที่มีประสิทธิภาพการไหลได้ต่ำที่สุด อธิบายการวิเคราะห์บริเวณพื้นที่ในบล็อกของเขตพื้นที่ศึกษาที่มีอัตราการไหลของลมพื้นที่เขตบางรัก อธิบายกราฟสัญลักษณ์แสดงระดับเฉดสี เป็น 8 สี ดังนี้

- 1 สีม่วง หมายถึงลมผ่านได้น้อยที่สุด
- 2 สีน้ำเงิน หมายถึงลมผ่านได้น้อยมาก
- 3 สีฟ้าอ่อนอ่อน หมายถึง ลมผ่านน้อย
- 4 สีเขียวเข้ม หมายถึง ลมผ่านปานกลางค่อนข้างน้อย
- 5 สีเขียวอ่อน หมายถึง ลมผ่านปานกลาง
- 6 สีเหลือง หมายถึง ลมผ่านปานกลางค่อนข้างมาก
- 7 สีส้ม หมายถึง ลมผ่านมาก
- 8 สีแดง หมายถึง ลมผ่านมากที่สุด

ผลการจำลองการไหลที่เป็นลักษณะภาพรวมทั้งเขตพื้นที่เขตบางรัก แบ่งเป็นทิศทางลม ภายใต้อิทธิพลลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และ ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้เป็น 3 ทิศที่เป็นทิศลมจริงที่พัดตามธรรมชาติให้ถือเป็นกรณีศึกษาปกติ(base case) ดังนี้ คือ 1) ลมใต้ 2) ลมตะวันตกเฉียงใต้ 3) ลมตะวันออกเฉียงเหนือ และลมทิศหลักที่ใช้ในการศึกษาในการศึกษานี้ คือ ลมใต้ ดังที่แสดงไว้ในข้อจำกัดของการศึกษา เหตุผลจากข้อเท็จจริงว่าลมในประเทศไทยทิศที่มีปริมาณลมและความถี่ของการพัดของลมสูงสุดอยู่ที่ทิศใต้ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 1 และกรณีศึกษาที่ใช้เปรียบเทียบกับเป็นทางเลือกที่เป็นข้อเสนอแนะ (option case) คือ 4 ทิศเหนือ และเหตุที่การศึกษานี้มีกรณีศึกษาทางเลือกเพื่อเป็นข้อเสนอแนะ เพราะว่า ลักษณะสัณฐานเมืองของเขตบางรักมีลักษณะเด่น คือ มีกลุ่มอาคารที่มีลักษณะเชิงสัณฐานแบบสูง-แน่นอยู่ทางด้านทิศใต้ของเขต และมีกลุ่มอาคารที่มีลักษณะเชิงสัณฐานแบบเตี้ย-แน่นอยู่ทางด้านทิศเหนือของเขต เพื่อความครอบคลุมถึงปัญหาของการศึกษา จึงเพิ่มเงื่อนไขในการจำลองการไหลของลม โดยจำลองการไหลทั้ง 2 ทิศลมบนพื้นฐานรูปทรงสัณฐานเมืองจริงของเขตบางรัก มีวัตถุประสงค์ที่จะตอบคำถามงานวิจัยที่แบ่งเป็น 2 กรณีเงื่อนไข คือ เงื่อนไขที่ 1 เมื่อมีอาคารสูง-แน่นอยู่หน้าลม ผลการไหลจะเป็นเช่นไร และ เงื่อนไขที่ 2 เมื่อมีอาคารเตี้ย-แน่นอยู่หน้าลม ผลการไหลจะเป็นเช่นไร นำผลของสองคำตอบดังกล่าวมาเปรียบเทียบกับกัน เพื่อให้ตอบคำถามงานวิจัยได้ว่ากลุ่มอาคารที่มีลักษณะเชิงสัณฐานแบบใดที่จะเกิด

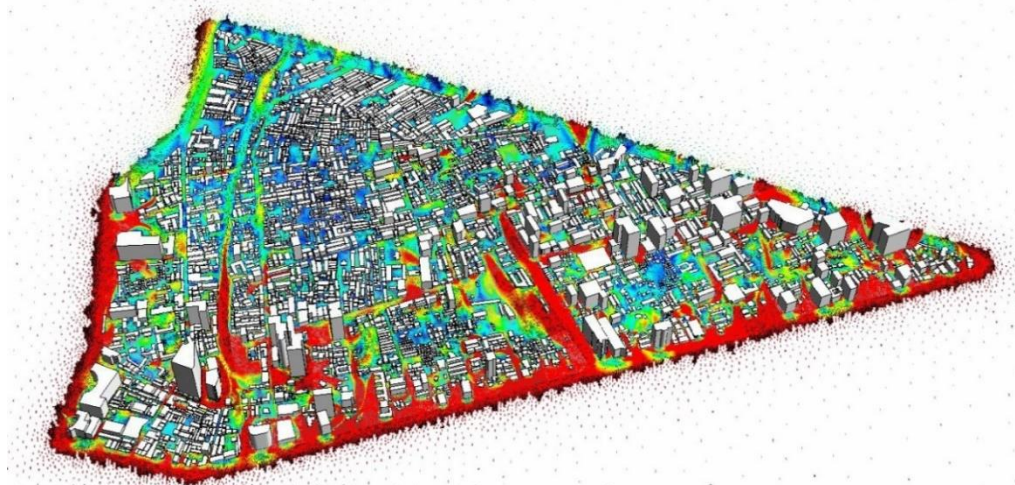
การไหลและการระบายอากาศของเมืองที่ดี เพื่อให้ผลมีความแม่นยำและรัดกุมครอบคลุมมากที่สุด การศึกษาของภาพรวมการวิเคราะห์เวกเตอร์การไหลลมของการศึกษานี้จึงศึกษาทั้งสิ้น 4 กรณีศึกษาดังนี้

5.1.1.1 ผลการศึกษาการวิเคราะห์เวกเตอร์การไหลของลมใต้

ผลการศึกษาของการวิเคราะห์เวกเตอร์การไหลของลมใต้ : บริเวณพื้นที่สีแดงด้านล่าง แสดงผลการจำลองการไหลที่เป็นลักษณะภาพรวมการไหลของลมเข้าสู่พื้นที่เขตพื้นที่เขตบางรักเป็นดังภาพที่ 88 โดยจะเห็นได้ว่า ลมจะไหลเข้ามาเป็นปริมาณมากทางด้านทิศใต้ ซึ่งเป็นลมทิศหลักของประเทศไทย จากภาพคือลมไหลขึ้น จากล่างขึ้นบน คือ ไหลจากทิศใต้ไปยังทิศเหนือ ด้านหน้าปะทะลมคือด้านใต้ที่เป็นถนนสาทร เห็นเป็นพื้นที่สีแดงเป็นจำนวนมากทางด้านล่างของภาพ โดยลมจะไหลผ่านเข้าช่องทางเข้ากว้างที่ไหลเข้าไปได้ง่ายเห็นเป็นพื้นที่สีแดงขนาดใหญ่ตามภาพคือไหลเข้าที่บริเวณถนนหลักที่เข้าสู่เมืองคือ ถนนทางพิเศษศรีรัชฯ และถนนนราธิวาสราชนครินทร์ ที่มีขนาดกว้างที่สุดคือ กว้าง 26 เมตร ช่องถนนทางพิเศษศรีรัชฯ (การศึกษาการจำลองการไหลนี้คิดเฉพาะถนนและสิ่งปลูกสร้างในแนวราบ ไม่ได้รวมการจำลองถึงถนนยกระดับ จึงคิดเสมือนทางพิเศษศรีรัชฯ เป็นเพียงถนนราบเท่านั้น) ที่ช่องถนนถนนทางพิเศษศรีรัชฯ คือถนนช่องแรก ที่มีมุมซ้ายของภาพ จะเห็นถึงลมที่ไหลเข้าเบี่ยงไปทางซ้าย เนื่องจากการจัดวางช่องถนนและอาคารจัดวางแบบเบ้ซ้าย ส่งผลให้ลมไหลไปทางขวามากกว่าด้านซ้าย

บริเวณช่องทางไหลของลมบริเวณถนนทางพิเศษศรีรัชฯ จะเห็นได้ว่าฝั่งซ้ายของช่องทางไหล สันฐานเมืองของบล็อกแรกมุมล่างด้านซ้ายของเขตบางรักด้านหน้าปะทะลมมีลักษณะเชิงสันฐานเมืองที่เป็นลักษณะเตี้ยแน่น ทำให้ลมไหลเข้าได้น้อย ลมจึงไหลอ้อมกลุ่มสันฐานที่เป็นลักษณะเตี้ยแน่นนี้ ไปสู่บล็อกอาคารสูงถัดไป ไปพร้อมกับไหลที่ไหลมาตามช่องถนนดังกล่าว

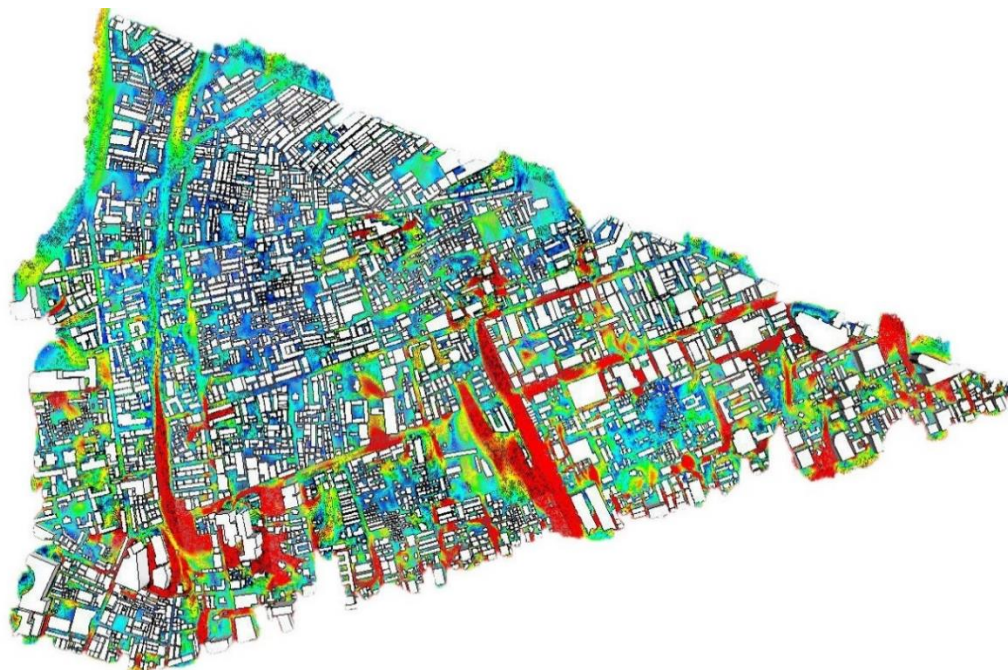
ฝั่งขวาของช่องทางไหล สันฐานที่เป็นลักษณะอาคารใหญ่และมีที่โล่ง จึงทำให้เกิดการไหลที่ดีที่สุดในพื้นที่ศึกษานี้ จากนั้น ลมจึงไหลกรูตามทิศใต้ซึ่งเป็นทิศทางการไหลของลมแล้วไหลไปตามถนนทางพิเศษศรีรัชฯ นั้นจนถึงช่วงบริเวณกึ่งกลางของความยาวถนน เห็นเป็นแถบสีแดงดังภาพ และลมบางส่วนไหลออกไปตามช่องถนนตามขวางคือถนนสีลมที่มีขนาดถนนค่อนข้างกว้าง คือกว้าง 15 เมตร จากนั้นลมจึงไหลกระจายออกทางช่องถนนด้านข้างทั้ง 2 ฝั่งแล้วไหลไปพร้อมกับลมที่ไหลมาตามช่องถนนใหญ่อีกเส้นหนึ่ง คือ ถนน นราธิวาสราชนครินทร์ ปลายสุดของถนนนราธิวาสฯ เป็นอาคารปิดกั้นลมอยู่บีบให้ลมไหลไปทางทแยงมุมขึ้นทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ



ภาพที่ 88 แสดงผลการจำลองการไหลของลมจากทิศใต้ในทัศนียภาพรวมทั้งหมดของเขตพื้นที่เขต บางรัก (ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

ผลการจำลองของลมใต้ กำหนดจำแนกรูปแบบการไหลเป็นประเภทต่าง ๆ ได้ คือ 1. การไหลในช่อง (Channel) 2. การไหลเร่งความเร็ว (Venturi) 3. การไหลลดความเร็ว (Diffuser) 4. การไหลย้อนกลับ (Reverse) ซึ่งเป็นการพิสูจน์การไหลที่เคยปรากฏอยู่ในแบบเรียน แต่ยังไม่เคยพบในการไหลในเชิงปฏิบัติจริง ซึ่งการศึกษานี้พบรูปแบบการไหลทั้ง 4 รูปแบบครบตามทฤษฎี ตรงกับตามทฤษฎีที่เคยศึกษามาทุกประการ

นอกจากนั้นยังพบการไหลในอีกรูปแบบหนึ่งที่เป็นที่น่าสนใจและไม่ได้ระบุอยู่ในแบบเรียนที่เคยปรากฏมาก่อน โดยสังเกตเห็นว่า เวกเตอร์ของลมจำนวนมากไหลย้อนทิศสวนทางจากทิศลมที่ไหลเข้าไป ดังภาพจะเห็นเป็นบริเวณที่เห็นเป็นจุดพื้นที่สีแดงที่มีลมแรงกว่าพื้นที่อื่นในบริเวณพื้นที่ที่เป็นพื้นที่ที่มีลมเบาสีฟ้า จะเห็นเป็นลักษณะสัญญาณเมืองที่เป็นอาคารสูงทั้งสิ้น การศึกษานี้ขอเรียกปรากฏการณ์การไหลแบบนี้ว่าการเกิดปรากฏการณ์ดึงลมจากชั้นลมที่มีความเร็วสูงลงสู่พื้นที่ระดับที่คนเดินในพื้นที่เมือง (ในพื้นที่วังกลมสีเหลืองในภาพที่ 89)

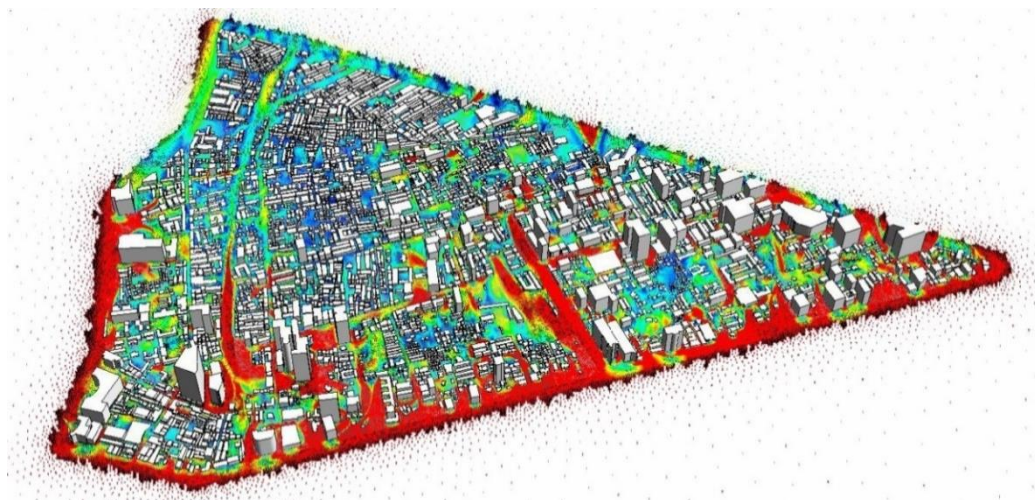


ภาพที่ 89 แสดงผลการจำลองการไหลของลมจากทิศใต้ในแผนภาพรวมทั้งหมดของเขตพื้นที่เขตบางรักและการเกิดปรากฏการณ์ตั้งลมจากชั้นลมที่มีความเร็วสูงลงสู่พื้นที่ระดับที่คนเดินในพื้นที่เมือง (ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

กล่าวโดยสรุปได้ว่า ลักษณะการไหลของลมทางด้านทิศใต้ เนื่องจากรูปแบบเมืองมีลักษณะสูงแน่น ส่งผลให้เกิดพื้นที่ว่างจำนวนมากในพื้นที่ และมีถนนเส้นใหญ่อยู่ในบริเวณนี้หลายจุด ซึ่งส่งผลให้การไหลของลมแทรกผ่านช่องถนนขึ้นไปยังชอกซอยและทิศต่างๆ ทำให้ลมเกิดการกระจายตัวไปในทุกทิศทาง และมีการถ่ายเทอากาศที่ดี โดยเฉพาะทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ และตะวันตกเฉียงใต้ แต่จากรูปภาพนั้น ยังคงมีพื้นที่บางส่วนของอาคารบ้านเรือนที่สร้างอยู่ติดกันอย่างหนาแน่น แต่ก็เป็นส่วนน้อย และได้ส่งผลให้ลมไม่สามารถแทรกผ่านเข้าไปได้ จึงเกิดเป็นพื้นที่สีฟ้าและน้ำเงินในจุดเล็กๆ โดยรวมแล้วทิศใต้มีการไหลของลมในระดับที่ดีโดยอาจเนื่องจากทางโครงสร้างของตึกสูงและอาคารบ้านเรือนที่สอดคล้องกัน โดยมีการรับกับถนนที่อยู่ในบริเวณดังกล่าวจึงทำให้เป็นพื้นที่ๆกระจายลมไปยังส่วนต่างๆของเขตบางรัก

5.1.1.2 ผลการศึกษาการวิเคราะห์เวกเตอร์การไหลของลมตะวันตกเฉียงใต้

ผลการศึกษาของการวิเคราะห์เวกเตอร์การไหลของลมตะวันตกเฉียงใต้ : บริเวณพื้นที่สีแดง ซ้ายแสดงผลการจำลองรูปแบบการไหลที่เป็นลักษณะภาพรวมการไหลของลมจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ เข้าสู่พื้นที่เขตบางรักเป็นดังภาพที่ 90



ภาพที่ 90 ผลการจำลองการไหลของลมจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ในภาพรวมทั้งเขตพื้นที่เขตบางรัก
(ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

จะเห็นได้ว่า ลมจะไหลเข้ามาเป็นปริมาณมากทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งเป็นทิศลมประจำถิ่นในฤดูฝนและฤดูร้อนของประเทศไทย จากภาพคือลมไหลขึ้นจากทิศตะวันตกเฉียงใต้สู่ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ จากด้านล่างซ้ายขึ้นด้านบนขวาของภาพ คือ ไหลจากทิศใต้ไหลแยงจากซ้ายไปขวาไปยังด้านทิศเหนือ ด้านหน้าปะทะลมคือด้านตะวันตกเฉียงใต้ฝั่งที่เป็นเขตสัมพันธวงศ์ โดยจะเห็นเป็นพื้นที่สีแดงเป็นจำนวนมากทางด้านล่างซ้ายและด้านล่างของภาพ โดยลมจะไหลผ่านเข้าช่องทางเข้ากว้างที่ไหลเข้าไปได้ง่ายเห็นเป็นพื้นที่สีแดงขนาดใหญ่ตามภาพคือไหลเข้าที่บริเวณด้านซ้ายของภาพ บริเวณริมฝั่งแม่น้ำเจ้าพระยา ตั้งแต่บริเวณอาคารการสื่อสารแห่งประเทศไทย โรงแรมออกติต เซอรادتัน โรงแรมโอเรียนเต็ล ไหลลงมาถึงทางด้านใต้ โดยมีถนนหลักที่นำลมเข้าสู่เมืองคือ ถนนทางพิเศษศรีรัชฯ และถนนนราธิวาสราชนครินทร์ ที่มีขนาดกว้างที่สุดคือ กว้าง 26 เมตร ช่องถนนทางพิเศษศรีรัชฯ ที่ช่องถนนถนนทางพิเศษศรีรัชฯคือถนนช่องแรก ที่มุมซ้ายล่างของภาพ จะเห็นถึงลมที่ไหลเข้าเบี่ยงไปทางซ้าย เนื่องจากการจัดวางช่องถนนและอาคารจัดวางแบบเบี่ยงซ้าย ส่งผลให้ลมไหลไปทางขวามากกว่าด้านซ้าย



ภาพที่ 91 แสดงผลการจำลองการไหลของลมจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ในแผนภาพรวมทั้งหมดของเขตพื้นที่เขตบางรักและการเกิดปรากฏการณ์ตั้งลมจากชั้นลมที่มีความเร็วสูงลงสู่พื้นที่ระดับที่คนเดินในพื้นที่เมือง (ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

บริเวณช่องทางไหลของลมบริเวณถนนทางพิเศษศรีรัชฯ จะเห็นได้ว่าลมจะไหลจากฝั่งซ้ายของภาพเข้ามาตามช่อง ทำให้ลมไหลเข้าได้บ้าง เกิดเป็นแถบสีแดงเป็นระยะ ๆ บนถนนทางพิเศษศรีรัชฯ ลมจึงไหลอ้อมกลุ่มสัญญาณที่เป็นลักษณะกีดขวางทางไหลของลม ไปสู่บล็อกอาคารถัดไปไปพร้อมกับไหลที่ไหลมาตามช่องถนนโดยรอบดังกล่าว

ในผลการจำลองของลมตะวันตกเฉียงใต้ กำหนดจำแนกรูปแบบการไหลเป็นประเภทต่าง ๆ ได้ คือ 1. การไหลในช่อง (Channel) 2. การไหลเร่งความเร็ว (Venturi) 3. การไหลลดความเร็ว (Diffuser) 4. การไหลย้อนกลับ (Reverse) ซึ่งเป็นการพิสูจน์การไหลที่เคยปรากฏอยู่ในแบบเรียน แต่ยังไม่เคยพบในการไหลในเชิงปฏิบัติจริง ซึ่งการศึกษานี้พบรูปแบบการไหลทั้ง 4 รูปแบบครบตามทฤษฎี ตรงกับตามทฤษฎีที่เคยศึกษามาทุกประการ

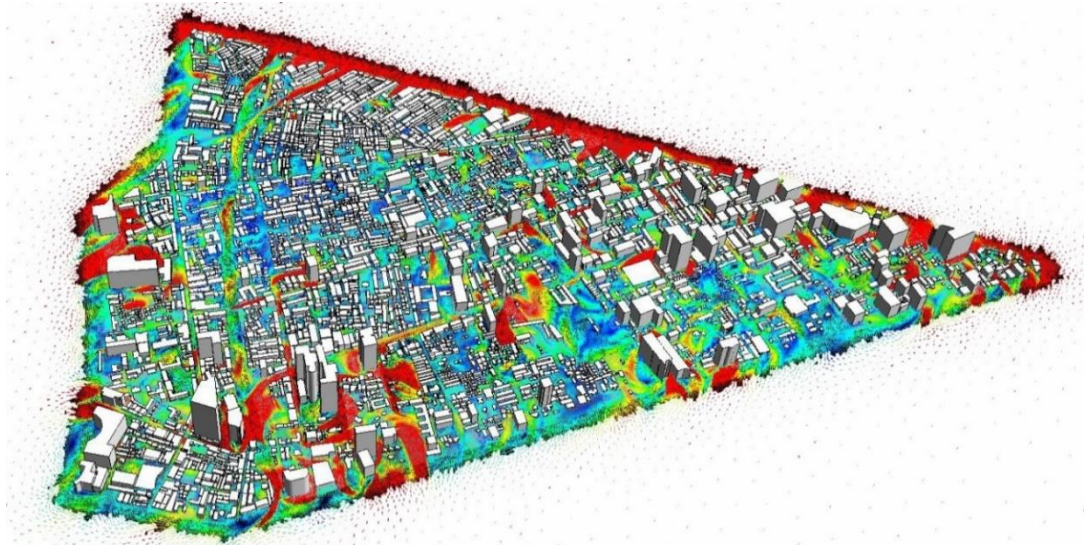
นอกจากนั้นยังพบการไหลในอีกรูปแบบหนึ่งซึ่งเป็นการไหลที่น่าสนใจและไม่ได้ระบุอยู่ในแบบเรียนที่เคยปรากฏมาก่อน โดยสังเกตเห็นว่า เวกเตอร์ของลมจำนวนมากไหลย้อนทิศสวนทางจากทิศลมที่ไหลเข้าไป ดังภาพจะเห็นเป็นบริเวณที่เห็นเป็นจุดพื้นที่สีแดงที่มีลมไหลแรงกว่าพื้นที่อื่นในบริเวณพื้นที่ที่เป็นพื้นที่ที่มีลมเบาสีฟ้า จะเห็นเป็นลักษณะสัญญาณเมืองที่เป็นอาคารสูงทั้งสิ้น

การศึกษานี้ขอเรียกปรากฏการณ์การไหลแบบนี้ว่าการเกิดปรากฏการณ์ตั้งลมจากชั้นลมที่มีความเร็วสูงลงสู่พื้นที่ระดับที่คนเดินในพื้นที่เมือง (ในพื้นที่วงกลมสีเหลืองในภาพที่ 91)

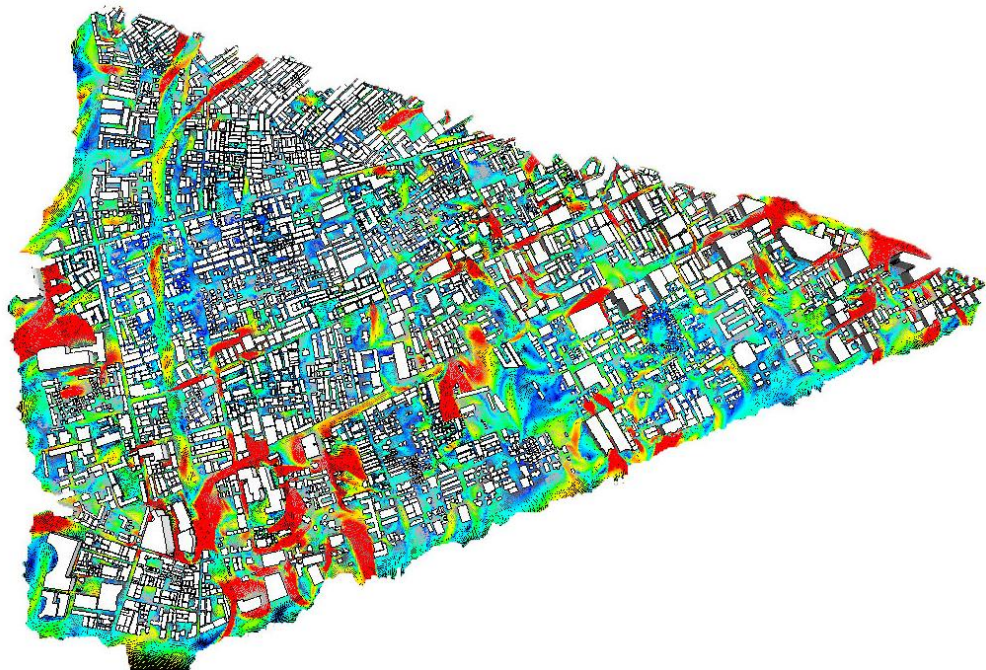
กล่าวโดยสรุปได้ว่า ลักษณะการไหลของลมทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ มีฐานที่ตั้งส่วนใหญ่อยู่ติดริมแม่น้ำ ทำให้มีการไหลของลมพัดผ่านเข้ามาปะทะในพื้นที่ แต่เนื่องจากพื้นที่เมืองทางด้านนี้มีตึกใหญ่จำนวนหนึ่งอยู่ติดริมแม่น้ำ ส่งผลให้เมื่อลมไหลเข้ามาปะทะกับตึกใหญ่จึงเกิดการกระจายตัวผ่านอาคารบ้านเรือนที่สร้างอยู่ติดกันบริเวณรอบ ส่งผลให้เกิดการไหลผ่านลงมายังทางทิศใต้ ซึ่งเป็นทิศที่มีพื้นที่ว่างและช่องทางของถนนพาดผ่าน และเนื่องจากบ้านเรือนทิศตะวันตกเฉียงใต้นั้นส่วนหนึ่งเป็นบ้านติดริมน้ำ จึงมีลักษณะสูงในระนาบเดียวกัน มีเพียงจุดที่เป็นส่วนของอาคารรูปแบบพิเศษทางด้านบนที่ทำการเว้นระยะห่างกับตึกใหญ่อีกหนึ่งตึก โดยตรงกลางมีอาคารเล็กบางส่วนเท่านั้น ที่มีการไหลของลมแทรกเข้ามาในบริเวณพื้นที่ แต่ส่วนใหญ่ลมได้ไหลข้ามออกไปยังถนนใหญ่ บริเวณดังกล่าวจึงกลายเป็นพื้นที่สีเขียว สีฟ้า และสีน้ำเงินจำนวนมาก ซึ่งเป็นพื้นที่ๆมีการไหลของลมในอัตราที่ต่ำนั่นเอง

5.1.1.3 ผลการศึกษาการวิเคราะห์เวกเตอร์การไหลของลมตะวันออกเฉียงเหนือ

ผลการศึกษาของการวิเคราะห์เวกเตอร์การไหลของลมตะวันออกเฉียงเหนือ : ผลการจำลองการไหลที่เป็นลักษณะภาพรวมการไหลของลมจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือเข้าสู่พื้นที่เขตบางรัก เป็นดังภาพที่ 92 โดยจะเห็นได้ว่า ลมจะไหลเข้ามาเป็นปริมาณมากทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งเป็นทิศลมประจำถิ่นในฤดูหนาวของประเทศไทย จากภาพคือลมไหลขึ้นจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือสู่ทิศตะวันตกเฉียงใต้ จากด้านขวาบนลงสู่ด้านล่างซ้ายของภาพ คือ ไหลจากทิศเหนือทแยงขวาไปซ้ายไปยังทิศใต้ ด้านหน้าปะทะลมคือด้านตะวันออกเฉียงเหนือฝั่งที่เป็นสวนลุมพินี โดยจะเห็นเป็นพื้นที่สีแดงเป็นจำนวนมากทางด้านบนขวาและด้านบนของภาพ



ภาพที่ 92 บริเวณพื้นที่สีแดงด้านขวาแสดงผลการจำลองการไหลของลมจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือในภาพรวมทั้งเขตพื้นที่เขตบางรัก (ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)



ภาพที่ 93 แสดงผลการจำลองการไหลของลมจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือในภาพรวมทั้งหมดของเขตพื้นที่เขตบางรักและการเกิดปรากฏการณ์ดิ่งลมจากชั้นลมที่มีความเร็วสูงลงสู่พื้นที่ระดับที่คนเดินในพื้นที่เมือง (ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

ลมจะไหลผ่านเข้าช่องทางเข้ากว้างที่ไหลเข้าไปได้ง่ายเห็นเป็นพื้นที่สีแดงขนาดใหญ่ตามภาพ คือไหลเข้าที่บริเวณด้านขวาบนของภาพ บริเวณริมฝั่งถนนพระราม 4 ฝั่งคลองสานไล่มาถึงสวนลุมพินี โดยจะเห็นว่าลมจะไหลเข้าตามถนนที่วางตัวทำมุมเอียงในทิศตะวันออกเฉียงเหนือสอดคล้องกับ ทิศทางลมเพื่อนำลมเข้าสู่เมืองคือ ได้แก่ ซอยสว่าง 1 ซอยพระนครเศศ ซอยกิจพานิช ซอยสองพระ กว้าง 4 เมตร ซอยจอมสมบุญ และซอยจินดาถวิล กว้าง 8 เมตร แต่จะเห็นว่าลมไหลเข้าไปได้ช่วงสั้นๆตามความลึกของถนนที่วางตัวเอียงตามที่ได้กล่าวมาแล้วเท่านั้น

ในส่วนของถนนทางพิเศษศรีรัชฯ และถนนนราธิวาสราชนครินทร์ ที่มีขนาดกว้างที่สุดคือ กว้าง 26 เมตร แทบจะไม่มีบริเวณที่มีลมแรงเลย เพราะทิศทางถนนไม่สอดคล้องกับทิศทางไหลของลม บริเวณช่องทางไหลของลมที่ดีที่เห็นได้ชัด ได้แก่ บริเวณที่มีที่โล่งและอาคารสูง ด้านมุมล่างซ้ายของภาพ คือ บริเวณอาคารสเตททาวเวอร์ อาคารจีวีเออร์เทรดเซ็นเตอร์ และด้านกึ่งกลางด้านซ้ายของภาพ คือ บริเวณ กลุ่มอาคารโรงแรมออคิตเซอร์ราตัน โรงแรมโอเรียนเต็ล ดังภาพ

ในผลการจำลองของลมตะวันออกเฉียงเหนือ กำหนดรูปแบบการไหลเป็นประเภทต่าง ๆ ได้ คือ 1. การไหลในช่อง (Channel) 2. การไหลเร่งความเร็ว (Venturi) 3. การไหลลดความเร็ว (Diffuser) 4. การไหลย้อนกลับ (Reverse) ซึ่งเป็นการพิสูจน์การไหลที่เคยปรากฏอยู่ในแบบเรียน แต่ยังไม่เคยพบในการไหลในเชิงปฏิบัติจริง ซึ่งการศึกษานี้พบรูปแบบการไหลทั้ง 4 รูปแบบครบตาม ทฤษฎี ตรงกับตามทฤษฎีที่เคยศึกษามาทุกประการ

นอกจากนั้นยังพบการไหลในอีกรูปแบบหนึ่งที่เป็นการไหลที่น่าสนใจและไม่ได้ระบุอยู่ในแบบเรียนที่เคยปรากฏมาก่อน โดยสังเกตเห็นว่า เวกเตอร์ของลมจำนวนมากไหลย้อนทิศสวนทางจาก ทิศลมที่ไหลเข้าไป ดังภาพจะเห็นเป็นบริเวณที่เห็นเป็นจุดพื้นที่สีแดงที่มีลมไหลแรงกว่าพื้นที่อื่นใน บริเวณพื้นที่ที่เป็นพื้นที่ที่มีลมเบาสีฟ้า จะเห็นเป็นลักษณะสัญญาณเมืองที่เป็นอาคารสูงทั้งสิ้น การศึกษานี้ขอเรียกปรากฏการณ์การไหลแบบนี้ว่าการเกิดปรากฏการณ์ดิ่งลมจากชั้นลมที่มีความเร็ว สูงลงสู่พื้นที่ระดับที่คนเดินในพื้นที่เมือง (ในพื้นที่ว่างกลมสีเหลืองในภาพที่ 93)

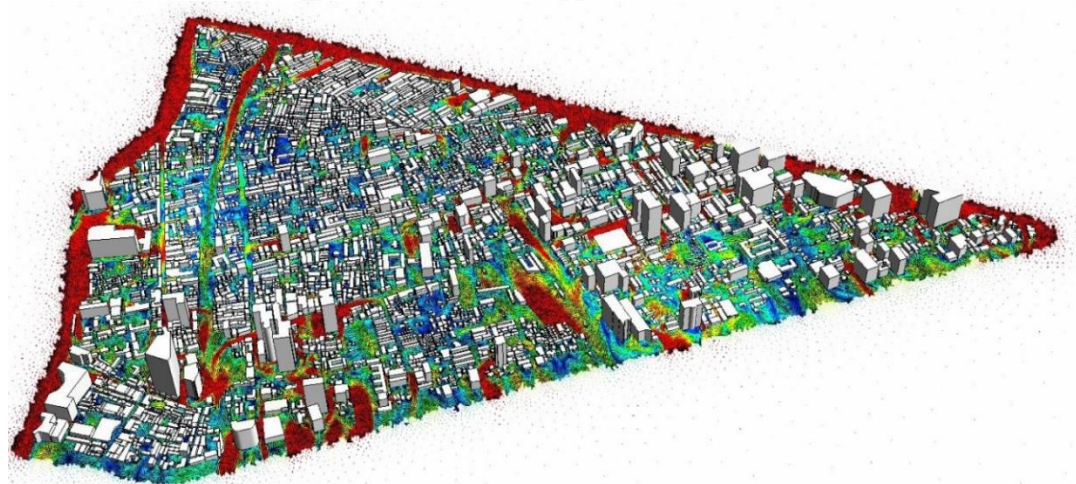
กล่าวโดยสรุปได้ว่า ลักษณะการไหลของลมทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ไหลลงมาทาง ทิศใต้และบางส่วนเกิดการกระจายขึ้นด้านบน เนื่องจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ลักษณะของตึกเป็น อาคารรูปแบบพิเศษและตึกแถววางตัวติดกันในแนวตั้ง ในบริเวณทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือมีบริเวณพื้นที่ ขนาดใหญ่ สีแดง แสดงถึงการไหลของลมไปในทางที่ดีและมีการถ่ายเท เนื่องจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือเป็นลักษณะเมืองแบบสูงแน่น ซึ่งมีตึกที่มีขนาดใหญ่ตั้งอยู่ในระยะห่างๆกันสลับกับอาคารเตี้ย ทำให้เกิดพื้นที่กว้างระหว่างตึกสูงและอาคาร นอกจากนั้นการไหลของลมที่พัดเข้ามาบางส่วนจะ

ปะทะกับอาคารขนาดเล็กที่วางตัวติดกันอย่างหนาแน่นใกล้ตึกใหญ่ทำให้เกิดพื้นที่สีเหลืองและสีเขียวปะปนกัน แสดงถึงการไหลดังกล่าวเกิดการแออัด เนื่องจากอาคารดังกล่าวอยู่ชิดติดกันขนาดใหญ่มากเกินไป และเมื่อลมพัดลงมาจากด้านใต้แล้วแล้วไม่มีถนนขนาดใหญ่ที่เป็นตัวกระจายลมจึงทำให้เกิดเป็นพื้นที่สีฟ้าและน้ำเงินเกิดขึ้นมา สืบเนื่องจากลมไม่สามารถแทรกผ่านอาคารบ้านเรือนลงมายังทิศใต้ได้

5.1.1.4 ผลการศึกษาการวิเคราะห์เวกเตอร์การไหลของลมเหนือ

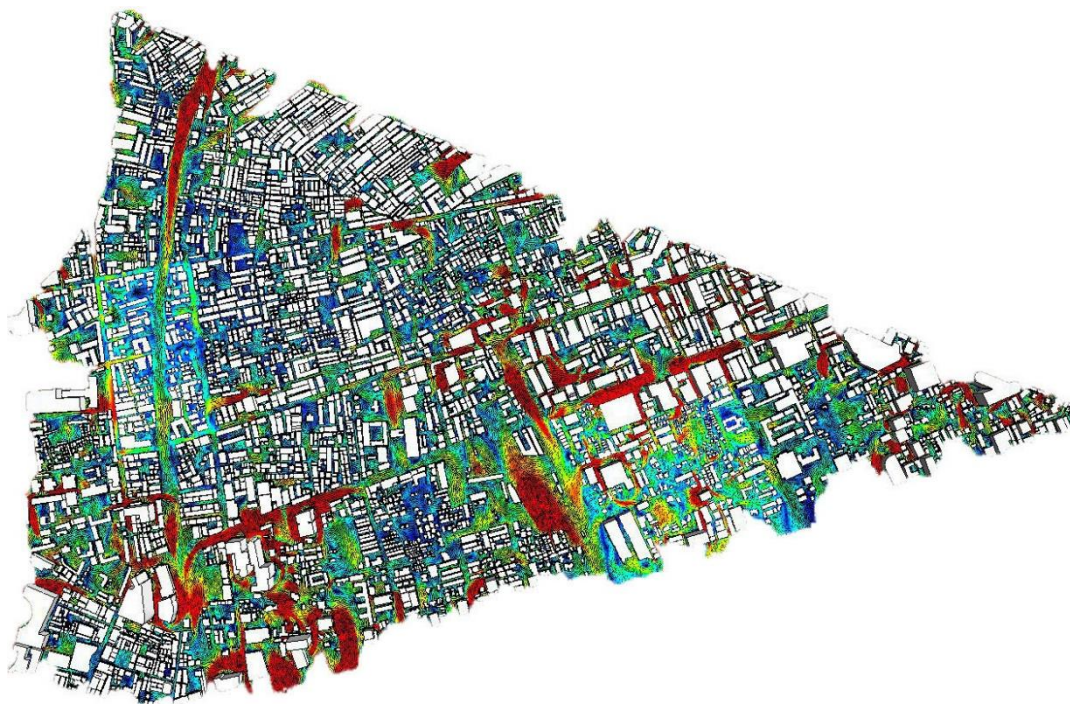
ผลการศึกษาของการวิเคราะห์เวกเตอร์การไหลของลมเหนือ: บริเวณพื้นที่สีแดงด้านบน แสดงผลการจำลองการไหลที่เป็นลักษณะภาพรวมทั้งหมดที่ลมไหลผ่านมาทางทิศเหนือเข้าสู่พื้นที่เขตบางรักเป็นดังภาพที่ 94 โดยจะเห็นได้ว่า ลมจะไหลเข้ามาเป็นปริมาณมากทางด้านทิศเหนือ จากภาพคือลมไหลลงจากบนลงล่าง คือ ไหลจากทิศเหนือไปยังทิศใต้ ด้านหน้าปะทะลมคือด้านใต้ที่เป็นถนนพระราม 4 เห็นเป็นพื้นที่สีแดงเป็นจำนวนมากทางด้านบนของภาพ โดยลมจะไหลผ่านเข้าช่องทางเข้ากว้างที่ไหลเข้าไปได้ง่ายเห็นเป็นพื้นที่สีแดงขนาดใหญ่ตามภาพคือไหลเข้าที่บริเวณถนนหลักที่เข้าสู่เมืองคือ ถนนทางพิเศษศรีรัช ที่มีขนาดกว้างที่สุดคือ กว้าง 26 เมตร ช่องทางเข้าของลมมีลักษณะที่เป็นช่องทางเข้าที่เป็นถนน 2 สายแล้วรวมกันเป็น 1 สาย ที่มุมบนซ้ายของภาพ ลมไหลเข้ามาได้ดีทั้ง 2 ช่องถนนที่นำลมเข้าสู่พื้นที่ ลมไหลได้ดีจนถึงช่วงที่ถนนเริ่มหักโค้งแล้วไหลได้น้อยลง

จะสังเกตเห็นถึงลมที่ไหลเข้าจะไหลในด้านเบี่ยงไปทางขวา เนื่องจากการจัดวางช่องถนนและอาคารจัดวางแบบเบ้ขวา ส่งผลให้ลมไหลไปทางซ้ายมากกว่าด้านขวา



ภาพที่ 94 ผลการจำลองการไหลของลมจากทิศเหนือในภาพรวมทั้งหมดของพื้นที่เขตบางรัก

(ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)



ภาพที่ 95 แสดงผลการจำลองการไหลของลมจากทิศเหนือ ในแปลนภาพรวมทั้งหมดของเขตพื้นที่ เขตบางรักและการเกิดปรากฏการณ์ดิ่งลมจากชั้นลมที่มีความเร็วสูงลงสู่พื้นที่ระดับที่คนเดินในพื้นที่ เมือง (ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

ด้านเหนือของเขตบางรักด้านหน้าปะทะลมมีลักษณะเชิงสัณฐานเมืองที่เป็นลักษณะเตี้ยแน่น ทำให้ลมไหลเข้าได้น้อย ลมจึงไหลอ้อมกลุ่มสัณฐานที่เป็นลักษณะเตี้ยแน่นนี้ ไปสู่บล็อกอาคารสูงถัดไป ไปรวมกับไหลที่ไหลมาตามช่องถนน เห็นเป็นพื้นที่สีแดงในช่องถนนหลายบริเวณ ตามที่ปรากฏในภาพดังกล่าว บริเวณช่องทางไหลของลมที่ดีที่เห็นได้ชัด ได้แก่ บริเวณที่มีที่โล่งและอาคารสูง ด้านมุมล่างซ้ายของภาพ คือ บริเวณอาคารสเตททาวเวอร์ อาคารจิวเวอรี่เทรดเซ็นเตอร์ และด้านกึ่งกลาง ด้านซ้ายของภาพ คือ บริเวณ กลุ่มอาคารโรงแรมออคิตเซอร์ราตัน โรงแรมโอเรียนเต็ล และบริเวณที่โล่ง โรงเรียนกว้างเจา ด้านข้างถนนนราธิวาสราชนครินทร์ บริเวณคลองช่องนนทรี ดังภาพ

ในผลการจำลองของลมเหนือ กำหนดรูปแบบการไหลเป็นประเภทต่าง ๆ ได้ คือ 1. การไหลในช่อง (Channel) 2. การไหลเร่งความเร็ว (Venturi) 3. การไหลลดความเร็ว (Diffuser) 4. การไหลย้อนกลับ (Reverse) ซึ่งเป็นการพิสูจน์การไหลที่เคยปรากฏอยู่ในแบบเรียน แต่ยังไม่เคยพบในการไหลในเชิงปฏิบัติจริง ซึ่งการศึกษานี้พบรูปแบบการไหลทั้ง 4 รูปแบบครบตามทฤษฎี ตรงกับตามทฤษฎีที่เคยศึกษามาทุกประการ

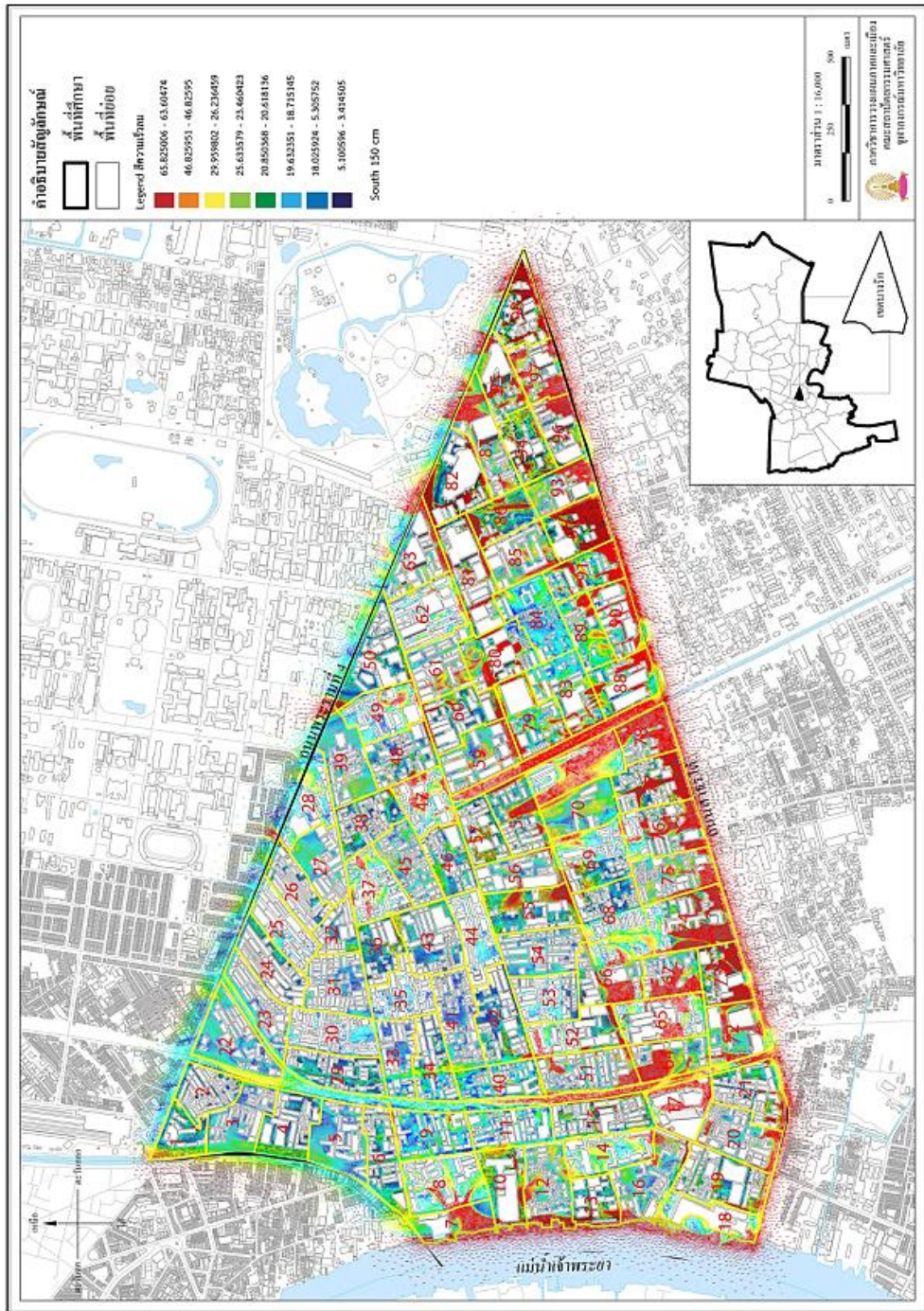
นอกจากนั้นยังพบการไหลในอีกรูปแบบหนึ่งที่เป็นการไหลที่น่าสนใจและไม่ได้ระบุอยู่ในแบบเรียนที่เคยปรากฏมาก่อน โดยสังเกตเห็นว่า เวกเตอร์ของลมจำนวนมากไหลย้อนทิศสวนทางจากทิศลมที่ไหลเข้าไป ดังภาพจะเห็นเป็นบริเวณที่เห็นเป็นจุดพื้นที่สีแดงที่มีลมไหลแรงกว่าพื้นที่อื่นในบริเวณพื้นที่ที่เป็นพื้นที่ที่มีลมเบาสีฟ้า จะเห็นเป็นลักษณะสัญญาณเมืองที่เป็นอาคารสูงทั้งสิ้น การศึกษานี้ขอเรียกปรากฏการณ์การไหลแบบนี้ว่าการเกิดปรากฏการณ์ตั้งลมจากชั้นลมที่มีความเร็วสูงลงสู่พื้นที่ระดับที่คนเดินในพื้นที่เมือง (ในพื้นที่วงกลมสีเหลืองในภาพที่ 95)

กล่าวโดยสรุปได้ว่า ลักษณะการไหลของลมทางด้านทิศเหนือ นั้น เนื่องจากมีถนนสายใหญ่พาดผ่านและพื้นที่ว่างอยู่จำนวนหนึ่ง ซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้ลมเกิดการไหลผ่านตามช่องถนนลงมาด้านล่าง แต่เนื่องจากทิศเหนือมีลักษณะเมืองเป็นแบบเตี้ยแน่น ซึ่งมีสิ่งปลูกสร้างและอาคารอยู่ในระนาบเดียวกันจำนวนมาก ซึ่งอาจมีตึกสูงอยู่บ้างในบางแห่ง แต่จะไม่สูงเท่าลักษณะเมืองแบบสูงแน่นเมื่อลมไหลลงสู่ทางทิศใต้จึงเกิดการไหลผ่าน ประกอบกับถนนใหญ่ซึ่งเมื่อลมไหลจากทางทิศเหนือแทรกผ่านลงมา ลักษณะอาคารบ้านเรือนที่ขนานติดกันทั้งสองข้างทางได้เพิ่มจำนวนมากขึ้นและไร้อากาศพัดผ่านได้น้อย และบางส่วนเกิดเป็นสภาวะอับลมลักษณะการไหลของลมทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ไหลลงมาทางทิศใต้และบางส่วนเกิดการกระจายขึ้นด้านบน เนื่องจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ลักษณะของตึกเป็นอาคารรูปแบบพิเศษและตึกแถววางตัวติดกันในแนวตั้ง ในบริเวณทางด้านทิศตะวันออกมีบริเวณพื้นที่ขนาดใหญ่ สีแดง แสดงถึงการไหลของลมไปในทางที่ดีและมีการถ่ายเท เนื่องจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือเป็นลักษณะเมืองแบบสูงแน่น ซึ่งมีตึกที่มีขนาดใหญ่ตั้งอยู่ในระยะห่างๆกันสลับกับอาคารเตี้ย ทำให้เกิดพื้นที่กว้างระหว่างตึกสูงและอาคาร นอกจากนั้นการไหลของลมที่พัดเข้ามาบางส่วนจะปะทะกับอาคารขนาดเล็กที่วางตัวติดกันอย่างหนาแน่นใกล้ตึกใหญ่ทำให้เกิดพื้นที่สีเหลืองและสีเขียวปะปนกัน แสดงถึงการไหลดังกล่าวเกิดการแออัด เนื่องจากอาคารดังกล่าวอยู่ชิดตึกขนาดใหญ่มากเกินไป และเมื่อลมพัดลงมาทางด้านใต้แล้วแล้วไม่มีถนนขนาดใหญ่ที่เป็นตัวกระจายลมจึงทำให้เกิดเป็นพื้นที่สีฟ้าและน้ำเงินเกิดขึ้นมา สืบเนื่องจากลมไม่สามารถแทรกผ่านอาคารบ้านเรือนลงมายังทิศใต้ได้

5.1.1.5 ข้อสรุปภาพโดยรวมของเวกเตอร์การไหลของลมทั้ง 4 ทิศ บนพื้นที่บางรัก

จากการวิเคราะห์ภาพรวมทิศทางการไหลของลมพื้นที่เขตบางรักพบว่า ถนนและพื้นที่ว่างเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ลมไหลได้ดี เนื่องจากคุณสมบัติการไหลของลม ลมจะไหลไปในที่มีสิ่งกีด

ขวางน้อยก่อนจึงพัดเข้าไปในช่องถนนโค้งที่ไม่มีสิ่งกีดขวางก่อน แล้วจึงแจกจ่ายการไหลต่อไปที่ถนน
ซอยย่อยแล้วไหลเข้าสู่พื้นที่บล็อกที่อยู่ติดกับถนนก่อน แล้วจึงไหลต่อไปยังบล็อกข้างเคียงต่อไป ขนาด
ความกว้างและทิศทางวางตัวของถนนจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดอย่างเห็นได้ชัด



ภาพที่ 96 ภาพแสดงเวกเตอร์สีของความเร็วลมทั้งพื้นที่เขตบางรัก
(ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

ทำเล ที่ตั้งบล็อกต่อทิศทางลมมีความสำคัญ โดยบล็อกที่หันประจันหน้ากับลมมักจะมีลมไหลเข้าสู่บล็อกดีกว่าบล็อกที่ตั้งอยู่ลึกเข้าไปด้านหลัง ทั้งนี้ขึ้นกับลักษณะของสัญญาณบล็อกรอบข้างด้วย เช่น ถ้าบล็อกโดยรอบ โดยเฉพาะด้านหลังลม (down wind) มีลักษณะเชิงสัญญาณค่อนข้างทึบก็จะทำให้บล็อกที่เกี่ยวข้องในบริเวณนั้นๆเกิดการไหลที่ไม่ดี แต่ถ้าบล็อกที่อยู่หน้าด้านที่ลมเข้าหรือที่เรียกว่าด้านหน้าลม (up wind) มีองค์ประกอบ อีกทั้งถ้าอาคารวางอยู่ชิดเบียดเสียดกันก็เกิดขวางลม กระแสลมหลักจะพัดผ่านเลยไปโดยไม่แทรกซึมเข้าช่องลมนั้นๆเลย

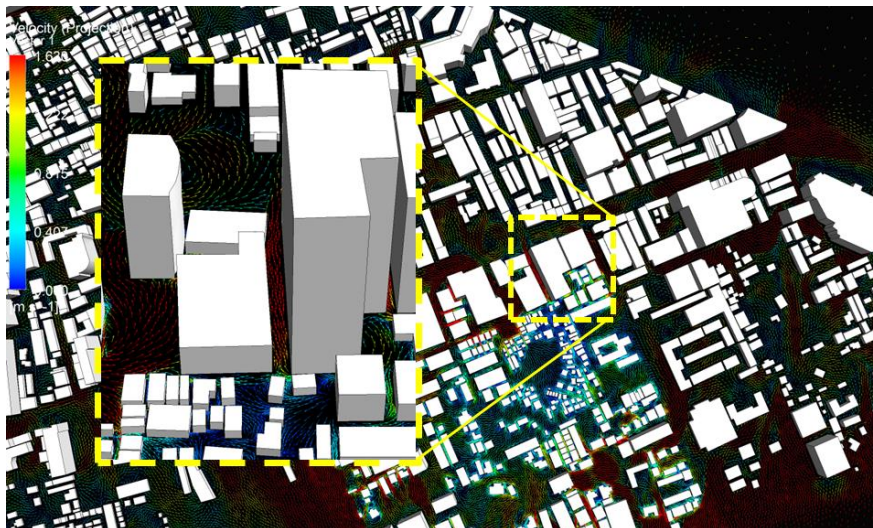
สรุปจากผลวิเคราะห์ที่แสดงมาในส่วนต้นของบท ได้แสดงถึงรูปแบบ ทิศทางการไหล ความเร็วของลมที่แสดงออกมาเป็นภาพลูกศรสื่ออธิบายการวิเคราะห์บริเวณพื้นที่ในบล็อกของเขตพื้นที่ศึกษาที่มีอัตราการไหลของลมพื้นที่เขตบางรัก โดย อธิบายเป็น ภาพเวกเตอร์การไหลของอากาศ สัญลักษณ์แสดงระดับสี ได้แก่ สีฟ้าอ่อนอ่อน หมายถึง ลมผ่านน้อยมาก สีเขียวอ่อน หมายถึง ลมผ่านปานกลาง สีเหลือง หมายถึง ลมผ่านมาก สีแดง หมายถึง ลมผ่านมากที่สุด ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว นั้น วิเคราะห์ภาพรวมทิศทางการไหลของลมพื้นที่เขตบางรัก ผู้ทำการวิจัยได้ค้นพบว่าช่องทางการไหลของลมที่ดีที่สุดตำแหน่งบล็อกจะติดกับถนน เนื้อเมืองเป็นอาคารที่เตี้ยติดกัน ดังการวิเคราะห์ ตำแหน่งของบล็อกต่างๆ ต่อไปนี้ ทิศทางการไหลของลมโดยธรรมชาติจากทิศใต้สู่ทิศตะวันออกและทิศตะวันตก ทิศเหนือจะไม่ค่อยมีลม และการไหลผ่านของลมจะเร็ว ช้า หรือลมไม่ผ่านเลย สภาพปัญหา การไหลของลมดังกล่าวขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ของโครงสร้างเมืองได้แก่ 1. การออกแบบผังเมือง 2. การออกแบบอาคาร 3. ความสูงของอาคาร 4. ความหนาแน่นของอาคาร 5. ระยะห่างของอาคาร และ 6. ทิศทางการวางตัวของอาคาร จากการศึกษาพบรูปแบบการไหลเพิ่มเติมและสอดคล้องกับผลการทดลองที่มีอยู่เดิม เป็นลักษณะการไหลที่มีความเร็วสูง เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณมวลอากาศ จากตึกสูง ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่การไหล มีอิทธิพลน้อยเมื่อเทียบกับรูปแบบการไหลที่ผ่านๆ มา

5.1.2 ผลการศึกษาที่แสดงเป็นภาพแบบเจาะเป็นบริเวณ

วิเคราะห์การจำแนกการไหลของผลการศึกษารูปแบบการไหลที่น่าสนใจ โดยเลือกผลการจำลองของลมได้มาเป็นตัวอย่างในเพื่อแสดงการไหลต่างๆ เช่น การไหลในช่อง (Channel flow) การไหลเร่งความเร็ว (Venturi flow) การไหลลดความเร็ว (Diffuse flow) การไหลย้อนกลับ (Reverse flow) และการเกิดปรากฏการณ์ต้นกำเนิดลม (Source flow) ประกอบด้วยข้อย่อย ดังนี้

5.1.2.1 การไหลในช่อง (Channel)

การไหลในช่อง อากาศจะไหลไปตามช่องการไหล ซึ่งพบตามช่องว่างระหว่างตึก ตรอก ซอย หรือ ถนน ที่มีช่องทางไหลที่มีความกว้างค่อนข้างสม่ำเสมอ คือ มีช่องทางไหลเป็นเส้นขนาน

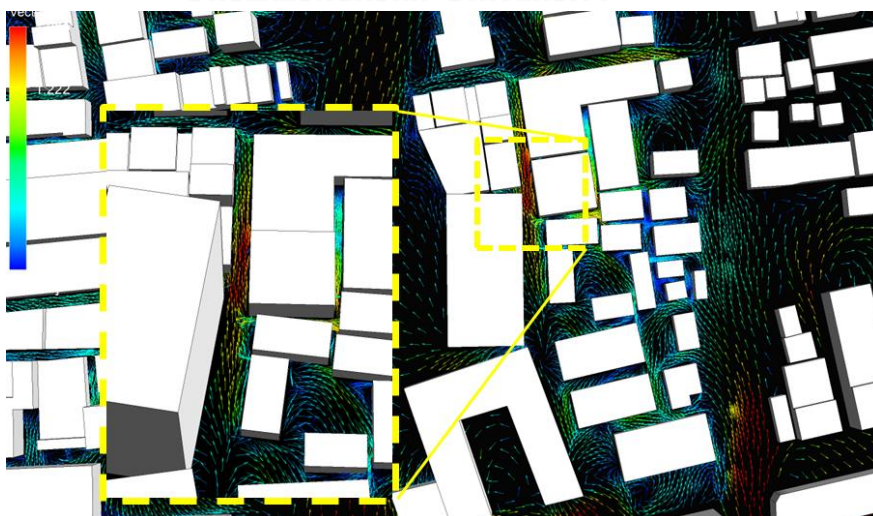


ภาพที่ 97 แสดงการไหลแบบ การไหลในช่อง (Channel)

(ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

5.1.2.2 การไหลเร่งความเร็ว (Venturi)

การไหลแบบเวนจูรีเร่งความเร็ว (Venturi flow) ลักษณะคล้ายการไหลในช่อง แต่พื้นที่ทางเข้าจะมีขนาดใหญ่กว่าทาง จึงทำให้เกิดการเร่งความเร็วของลมเนื่องจากการอนุรักษ์มวล

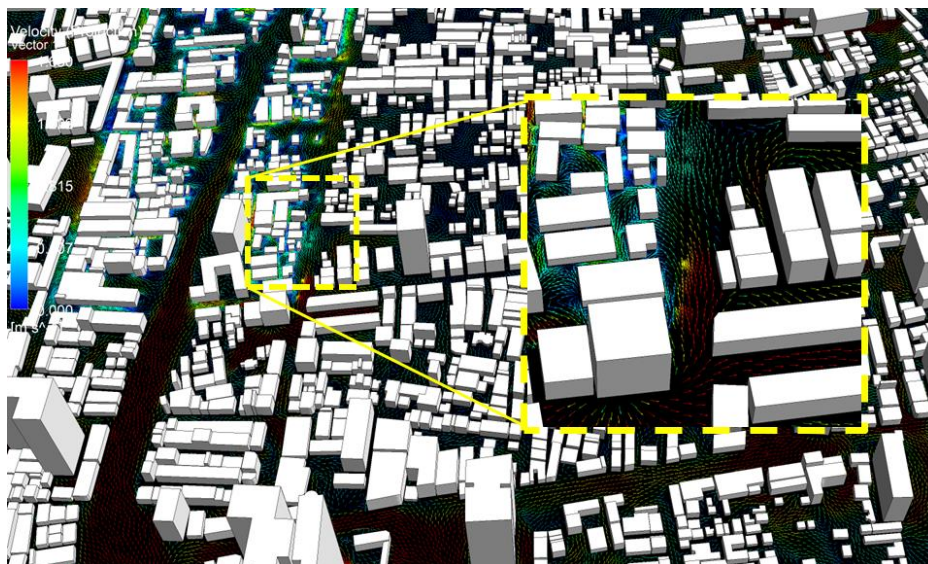


ภาพที่ 98 แสดงการไหลแบบเร่งความเร็ว (Venturi flow)

(ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

5.1.2.3 การไหลลดความเร็ว (Diffuse)

การไหลผ่านดิฟฟิวส์ลดความเร็ว (Diffuse flow) เป็นการไหลสวนทางกับการไหลเวนต์ูรี เพราะทางเข้าอากาศมีขนาดเล็กกว่าทางออก จึงทำให้ความเร็วลมลดลงซึ่งเป็นไปตามการอนุรักษ์มวล

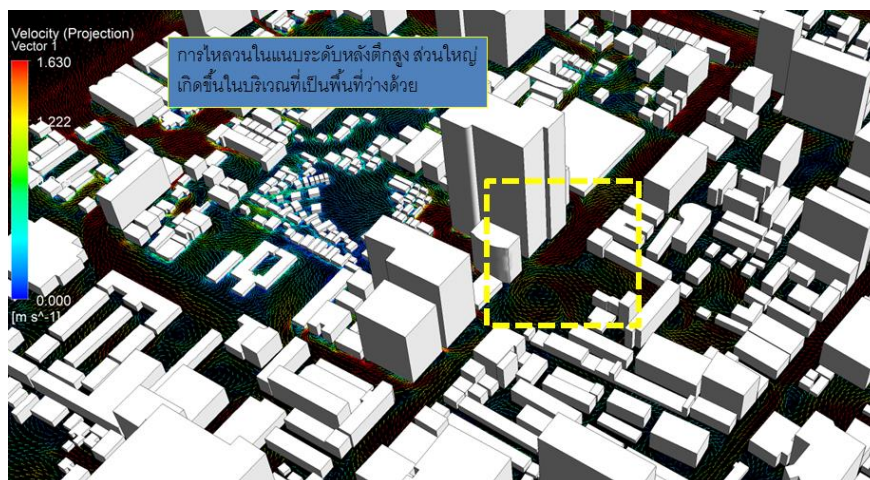


ภาพที่ 99 แสดงการไหลแบบลดความเร็ว (Diffuse flow)

(ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

5.1.2.4 การไหลย้อนกลับ (Reverse)

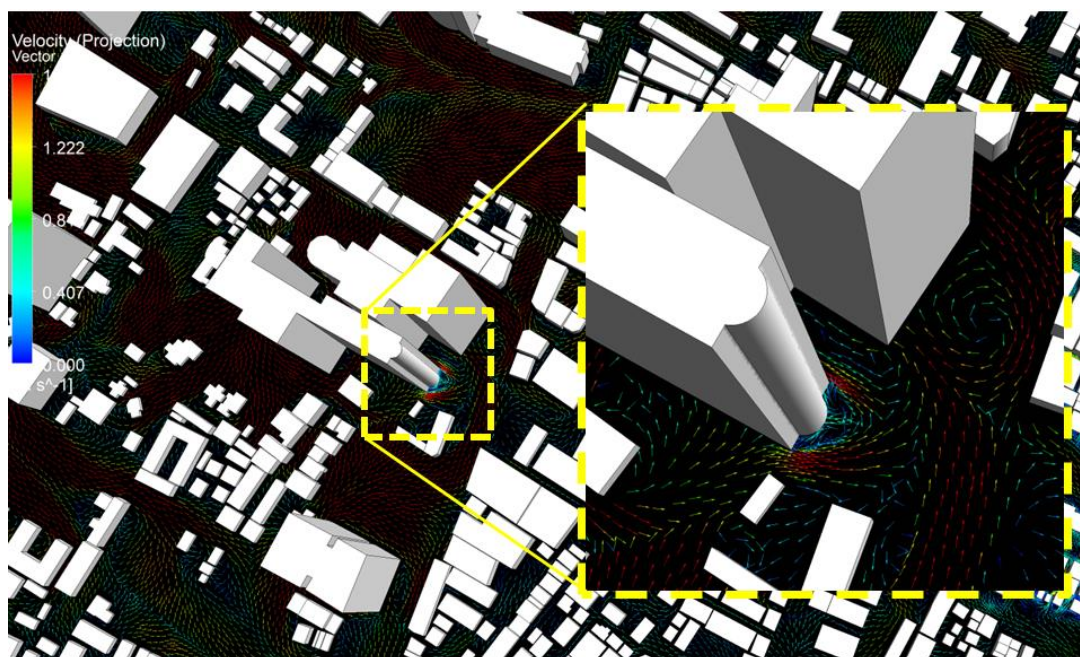
การไหลวนย้อนกลับ (Reverse flow) เมื่ออากาศไหลด้วยความเร็วผ่านพื้นที่ว่าง อาจจะทำให้เกิด การหมุนวน ซึ่งลักษณะการเกิดไหลวนนี้จะพบมากในบริเวณที่เป็นพื้นที่ว่าง



ภาพที่ 100 แสดงการไหลแบบ การไหลย้อนกลับ (Reverse)

(ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

การไหลวนหลังตึก เมื่ออากาศไหลผ่านตึกจะพบปรากฏการไหลวนบริเวณท้ายลม

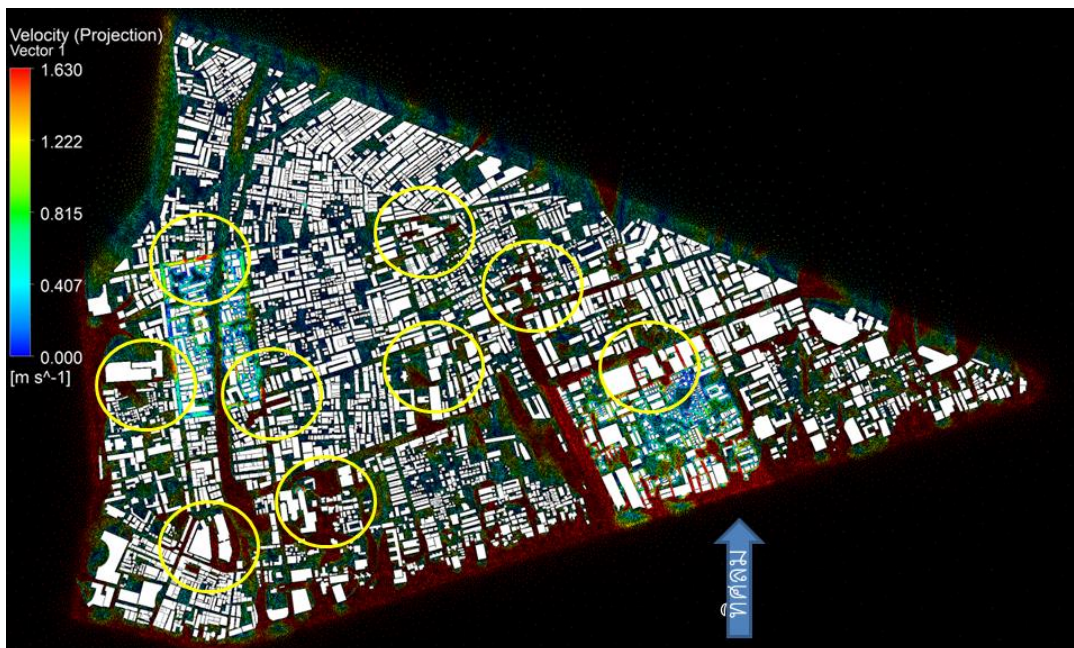


ภาพที่ 101 แสดงการไหลหมุนวนด้านหลังอาคาร

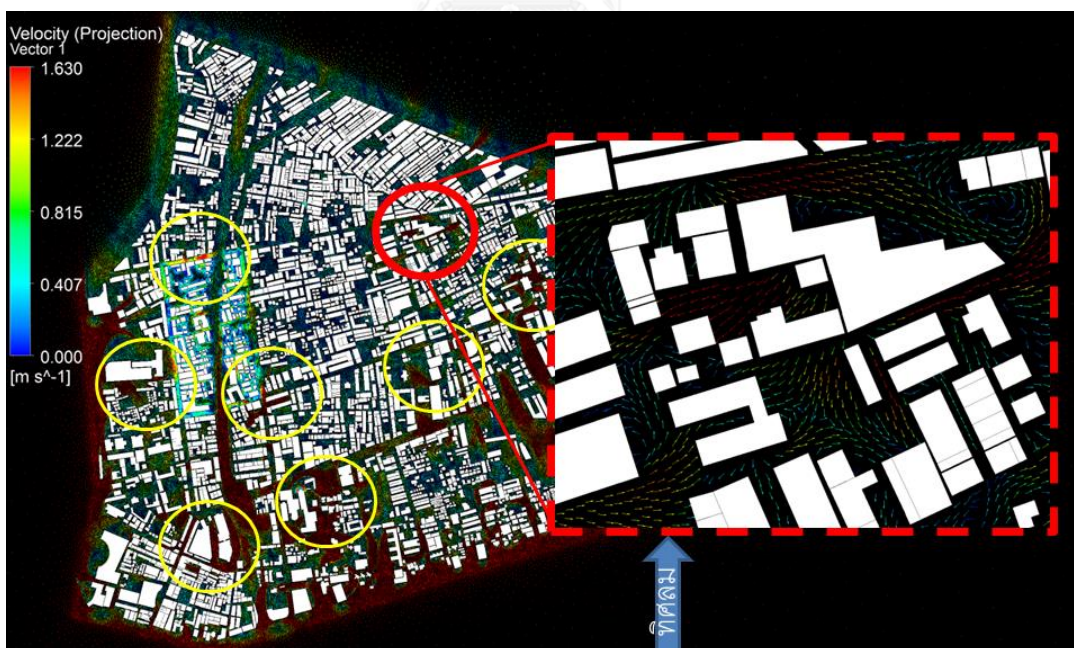
(ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

5.1.2.5 การสร้างแหล่งกำเนิดลม (source)

การศึกษานี้ มีข้อค้นพบรูปแบบการไหล ที่ผู้วิจัยขอเรียกว่า การไหลแบบ “การสร้างต้นกำเนิดลม (Source)” จากผลการจำลองพบการกำเนิดลมในระนาบ โดยพบต้นกำเนิดลม ที่มีการไหลสวนทาง พุ่งออกจากอาคารสวนทางกับการไหลหลัก โดยมักจะเกิดปรากฏการณ์นี้ที่บริเวณอาคารใหญ่ และอาคารสูง เพราะตัวอาคารเสมือนเพดานปิดกั้นทางไหลของลม ดักให้ลมจำนวนมากมารวมกันในที่ใดที่หนึ่งจำนวนมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับอาคารสูง เพราะลมที่อยู่ในชั้นอากาศที่ยิ่งสูงก็ จะยังมีความเร็วมากขึ้น เกิดเป็นปรากฏการณ์การสร้างแหล่งกำเนิดลม ที่เป็นลักษณะการดึงลมระดับสูงลงสู่พื้นล่าง พบได้อยู่หลายบริเวณในเขตบางรัก (ดังภาพที่ 102) ลักษณะการไหลเหมือนลมเกิดขึ้นบริเวณจุดปะทะที่ผนังตึก มักพบลักษณะการเกิดต้นกำเนิดลมที่ตึกขนาดใหญ่ พบลักษณะการเกิดต้นกำเนิดลมที่ตึกขนาดใหญ่ บริเวณนี้มีความเร็วสูง(สูงกว่า 1.63 เมตร/วินาที) และบางบริเวณทางเหนือของเขตบางรักเป็นพื้นที่ที่มีความเร็วลมต่ำ (ประมาณ 0.4 เมตร/วินาที) แต่ยังพบการไหลแบบการสร้างต้นกำเนิดลม (ดังภาพที่ 103)

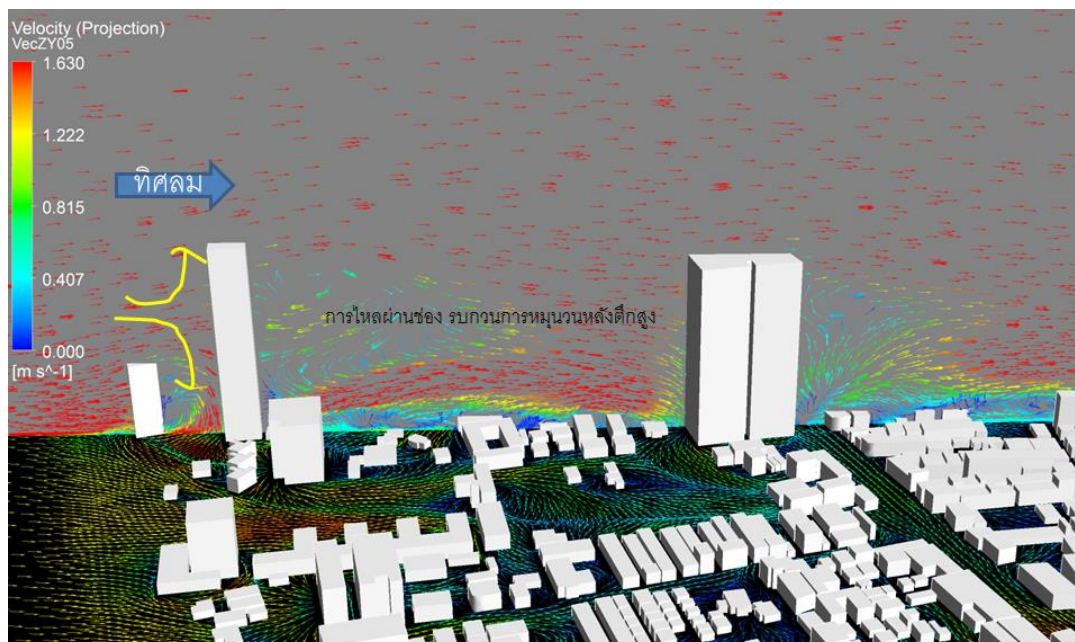


ภาพที่ 102 แสดงการไหลแบบ การสร้างแหล่งกำเนิดลม (Source)
(ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)



ภาพที่ 103 แสดงการไหลแบบ การสร้างแหล่งกำเนิดลม (Source) ที่น่าสนใจ
(ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

ภาพบริเวณการไหลที่น่าสนใจ บริเวณทางเหนือของเขตบางรักเป็นพื้นที่ที่มีความเร็วลมต่ำ (ประมาณ 0.4 เมตร/วินาที) แต่ยังพบการไหลแบบการสร้างต้นกำเนิดลมได้

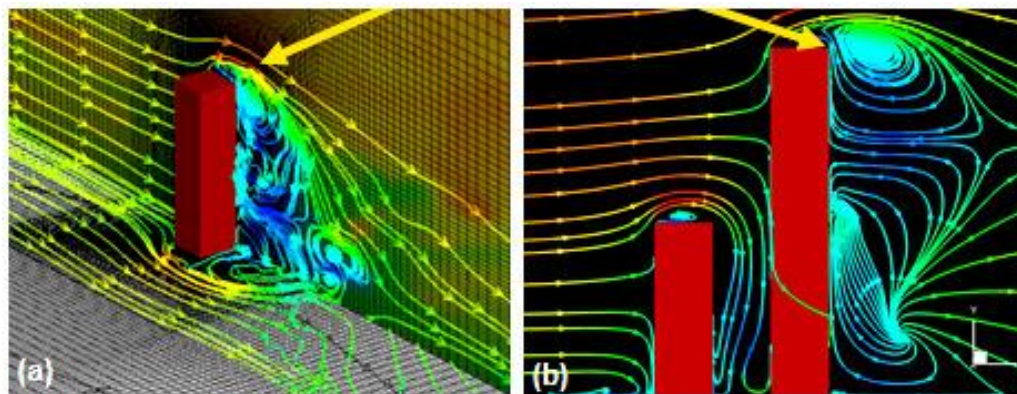


ภาพที่ 104 ภาพ 3 มิติ แสดงการไหลแบบ การสร้างแหล่งกำเนิดลม (Source)

(ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

จากภาพที่ 104 แสดงถึง ภาพตัดแนวตั้งของเวกเตอร์ความเร็วบริเวณตึกสูงเพื่อแสดงปรากฏการณ์การดิ่งลม ซึ่งการไหลสวนทิศ กับทิศทางการไหลของลมที่พัดเข้าสู่บล็อกที่หักล้างความเค้นเดิม (กรณีนี้ทิศใต้ คือ ทิศที่ลมไหลเข้าพื้นที่ ลมควรจะไหลจากทิศใต้ไปทิศเหนือ พบการไหลของลมพุ่งย้อนกลับไปทิศใต้) การไหลหลังตึกสูง ไม่พบการไหลวน แต่อากาศที่ระดับความสูงต่ำจะไหลยกสูงขึ้นทั้งนี้เนื่องจากความดันที่ระดับพื้นสูงกว่า จึงเกิดการไหลยกตัวสูงขึ้น โดยที่กระแสลมที่ระดับสูงกว่าจะไม่พุ่งลงในระดับต่ำกว่า

เมื่อทำการวิเคราะห์อาคารที่จะสร้างแหล่งกำเนิดลม เมื่อพัดปะทะอาคารสูง ปรากฏการณ์นี้บล็อกของเมืองต้องประกอบด้วยอาคารสูงใหญ่พิเศษตั้งอยู่ใจกลางบล็อก ทำหน้าที่ดักลม โดยดิ่งลมจากลมชั้นบนที่มีความเร็วสูง ดิ่งลมที่ปะทะอาคาร 3/4 ส่วนลงสู่พื้นที่เมืองด้านล่างและ 1/4 ส่วนไหลกลับสู่ท้องฟ้า (ดูลูกศรสีเหลืองในภาพที่) สอดคล้องกับแนวคิดของ Dagnew and Bitsuamalk, (2012) ปรากฏการณ์ source effect เป็นปรากฏการณ์ใหม่ของการไหลที่พบซึ่งเป็นการเติมลมให้กับพื้นที่เมือง ซึ่งถูกค้นพบโดยผู้วิจัย (2557)



ภาพที่ 105 แนวคิดของ Dagnev and Bitsumalk, (2012) สอดคล้องกับแนวคิดของข้อค้นพบของงานวิจัยนี้ (ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

ในส่วนของผลการศึกษาที่แสดงเป็นภาพแบบเจาะเป็นบริเวณ การศึกษานี้ยังวิเคราะห์เจาะลึกถึงศึกษารูปแบบการไหล ในรายบล็อกของแต่ละหน่วยวิเคราะห์ 1- 98 บล็อก (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ก.)

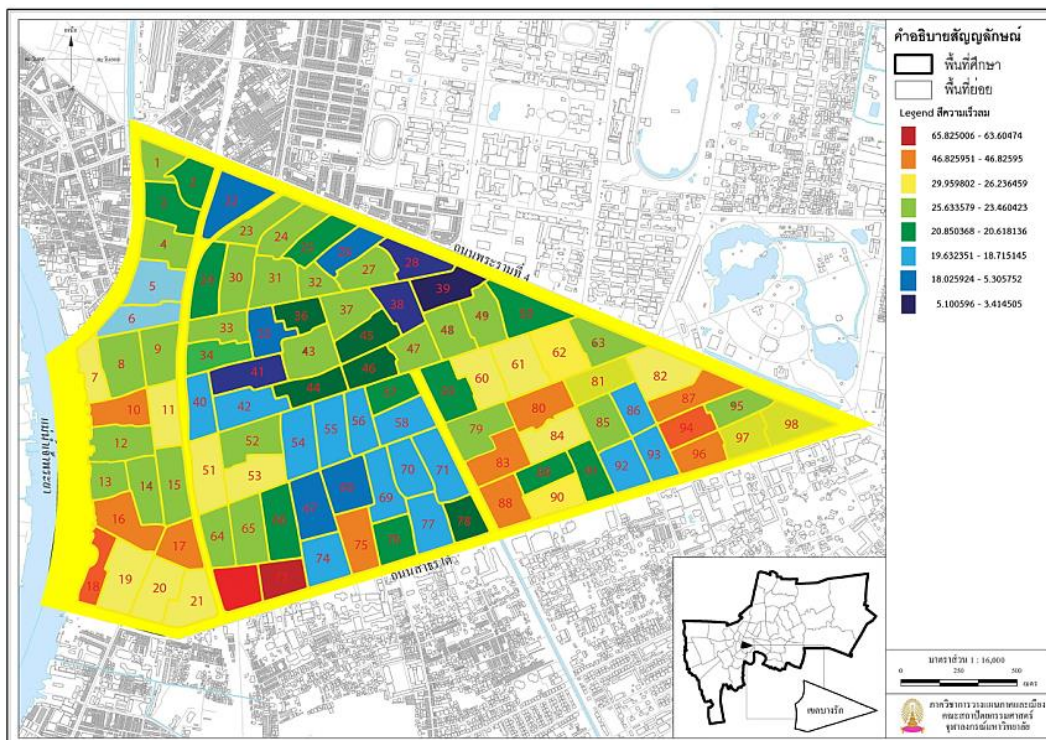
5.2 ผลการศึกษาที่แสดงเป็นตัวเลข

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 ว่าการศึกษานี้มีวิธีการค้นหาคำตอบ 2 แบบ คือ แบบเป็นภาพและแบบเป็นตัวเลข ในส่วนนี้จึงเป็นส่วนที่ใช้การคำนวณค่าอัตราการระบายอากาศ (Air Change Rate: ACH) ที่ได้จากการรันแบบจำลอง แล้วนำค่ามาวิเคราะห์ต่อกับค่าลักษณะเชิงสัมพัทธ์ โดยใช้โปรแกรมเอกเซล (excel) (ในส่วนของการคำนวณ ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ในบทที่ 3) แล้วจึงใช้โปรแกรมประมวลผลทางสถิติสหสัมพันธ์ เพื่อชี้ชัดถึงความสัมพันธ์ว่า ตัวแปรปัจจัยสัมพัทธ์เมืองใดในบล็อกถนนแบบใดที่ทำให้เกิดการไหลและการระบายอากาศที่ดีที่สุด

ผลค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงอากาศรายบล็อกทั้ง 98 บล็อกของลมทิศใต้ ค่าที่ได้จากการประมวลผลของเครื่องมือคอมพิวเตอร์พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงอากาศ (Air change rate per hour: ACH) เป็นค่าที่ใช้ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการระบายอากาศเมือง สรุปผลเรียงตามลำดับจากค่าการระบายอากาศที่ดีที่สุดถึงต่ำที่สุด ตามลำดับ ภาพจะเห็นได้ว่า บล็อกที่ค่าอัตราการถ่ายเทอากาศเมืองที่ดีที่สุดเป็นลำดับที่ 1 คือ บล็อกที่ 73 คือ มีค่า ACH อยู่ที่ 65.82 และบล็อกที่ค่าอัตราการถ่ายเทอากาศเมืองที่ต่ำที่สุดเป็นลำดับที่ 98 คือ บล็อกที่ 39 คือ มีค่า ACH อยู่ที่ 3.41 จากข้อมูล ACH ทั้ง 98 บล็อก พบว่า มีค่าสูงสุด คือ 65.82 ค่าต่ำสุดคือ 3.41 ได้ดังภาพที่ 106

ลำดับ ที่	บล็อก เลขที่	ACH s	ลำดับ ที่	บล็อก เลขที่	ACH s	ลำดับ ที่	บล็อก เลขที่	ACH s	ลำดับ ที่	บล็อก เลขที่	ACH s
1	73	65.83	26	60	13.98	51	23	10.17	76	92	7.77
2	72	63.60	27	82	13.88	52	14	10.09	77	77	7.51
3	18	46.83	28	13	13.72	53	63	10.02	78	86	7.49
4	94	29.96	29	52	13.52	54	48	9.91	79	55	7.41
5	80	26.24	30	9	13.42	55	47	9.76	80	42	7.31
6	17	25.63	31	81	13.21	56	50	9.55	81	5	6.97
7	16	24.80	32	79	12.95	57	37	9.47	82	58	6.90
8	88	23.46	33	65	12.78	58	4	9.41	83	40	6.87
9	83	20.85	34	33	12.66	59	29	9.36	84	56	6.79
10	10	20.62	35	12	12.58	60	89	9.26	85	71	6.68
11	96	19.63	36	98	12.52	61	76	9.05	86	69	6.58
12	75	18.72	37	31	12.51	62	43	8.91	87	54	6.42
13	87	18.03	38	97	12.50	63	59	8.83	88	74	6.21
14	51	17.39	39	8	12.02	64	57	8.82	89	35	5.99
15	90	17.25	40	27	11.76	65	3	8.79	90	22	5.99
16	11	16.36	41	24	11.72	66	2	8.68	91	67	5.85
17	53	15.95	42	64	11.61	67	91	8.49	92	70	5.80
18	62	15.92	43	15	11.20	68	66	8.24	93	26	5.77
19	93	14.90	44	30	11.19	69	25	8.14	94	68	5.31
20	20	14.81	45	85	11.10	70	46	8.10	95	38	5.10
21	84	14.58	46	95	10.67	71	44	8.08	96	28	5.09
22	21	14.46	47	49	10.59	72	45	8.04	97	41	4.76
23	61	14.28	48	32	10.51	73	78	8.00	98	39	3.41
24	7	14.20	49	1	10.42	74	36	7.98			
25	19	14.19	50	34	10.27	75	6	7.85			

ภาพที่ 106 สรุปผลเรียงตามลำดับจากค่าการระบายน้ำอากาศที่ดีที่สุดถึงต่ำที่สุด
(ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)



ภาพที่ 107 แสดงลำดับค่า ACH รายบล็อกทั้งเขตบางรัก

(ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

จากภาพที่ 107 ดังจะเห็นได้ว่าสภาพปัญหาการไหลของลมดังกล่าวขึ้น อยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ของโครงสร้างเมืองได้แก่ 1. การออกแบบผังเมือง 2. การออกแบบอาคาร 3. ความสูงของอาคาร 4. ความหนาแน่นของอาคาร 5. ระยะห่างของอาคาร และ 6. ทิศทางการวางตัวของอาคาร

ช่วงชั้นที่ไหลดี จะประกอบด้วยอาคารสูง หรืออาคารขนาดใหญ่พิเศษ (ดังแสดงเป็นสีแดง ในภาคผนวก ค.) และองค์ประกอบ มักจะจัดให้อาคารดังกล่าวอยู่กึ่งกลางบล็อก โดยมีอาคารไล่ความสูง จากขอบถึงกึ่งกลางบล็อก ไล่ความสูง ลักษณะคล้ายภูเขา

สรุปผลจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางกายภาพระหว่างการระบายอากาศจะเห็นได้ว่า สัณฐานเมืองในส่วนที่เกี่ยวกับลักษณะสัณฐานอาคารภายในบล็อก จะเห็นได้ว่าความสัมพันธ์ทางกายภาพระหว่างการระบายอากาศกับสัณฐานเมืองในส่วนที่เกี่ยวกับลักษณะสัณฐานอาคารภายในบล็อกมีลักษณะโดดเด่นอย่างเห็นได้ชัด คือ ช่วงชั้นที่มีการไหลที่ดี ได้แก่ ช่วงชั้นที่ 1-5 มักประกอบด้วยอาคารสูง อาคารสูงใหญ่พิเศษ ส่วนในช่วงชั้นที่มีการไหลไม่ดี ได้แก่ ช่วงชั้นที่ 8-9 มักประกอบด้วยอาคารเตี้ย แน่น และแน่นปานกลาง

ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ว่าการตอบคำถามงานวิจัยนี้ต้องใช้คำตอบของผลการศึกษาที่เป็นทั้ง “ภาพ” และที่เป็น “ตัวเลข” ซึ่งในบทที่แล้วได้นำเสนอแนวคิดในการแบ่งการศึกษาออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนผลการศึกษาที่แสดงผลเป็นภาพ และส่วนผลการศึกษาที่แสดงผลเป็นค่าตัวเลข และนำเสนอแนวคิดหาคำตอบผลการศึกษาที่เป็นทั้ง “ภาพ” และที่เป็น “ตัวเลข” ในบทที่ 5 เป็นส่วนวิเคราะห์ถึงผลการศึกษาในส่วนที่เกี่ยวข้องกับผลแสดงเป็นภาพและในบทที่ 6 จะเป็นการวิเคราะห์ผลการศึกษาที่แสดงเป็นค่าตัวเลขที่เป็นการวิเคราะห์เชิงสถิติดังจะกล่าวในรายละเอียดต่อไป

จากบทที่ 5 อภิปรายสรุปผลการวิเคราะห์การศึกษาที่แสดงผลเป็น “ภาพ” ของความสัมพันธ์ทางกายภาพระหว่างการระบายอากาศกับสิ่งแวดล้อมเมือง สรุปได้ว่า

1. สัณฐานโครงข่ายถนนและขนาดช่องทางไหลของลมเข้าสู่เมืองมีผลอย่างมากที่สุดต่ออัตราการระบายอากาศเมือง รองลงมาเป็นลักษณะสัณฐานอาคารภายในบล็อก
2. แกนของเส้นทางไหล เป็นมุมเอียงจะมีการไหลได้ดีกว่ามุมการไหลที่เป็นองศาเดียวกับการไหลของลม โดยเส้นโครงข่ายถนนจะเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดการระบายอากาศเมืองที่ดี
3. ต้องร่วมกับการพิจารณาสัณฐานโครงข่ายถนนร่วมกับสัณฐานอาคารภายในบล็อกว่าจะส่งผลเอื้อประโยชน์ให้เกิดการระบายอากาศให้ดีหรือไม่ดีต่อไป

และสรุปภาพแสดงสัณฐานเมืองแบบต่างๆในช่วงชั้นการไหลที่ดีที่สุดและไล่ลำดับไปถึงสัณฐานที่มีการไหลที่มีประสิทธิภาพต่ำที่สุด จะเห็นได้ว่า สัณฐานเมืองที่มีการไหลที่ดี มักประกอบด้วยเมืองที่เป็นอาคารสูง อาคารขนาดใหญ่ที่วางตัวอยู่กึ่งกลางบล็อก โดยมีอาคารวางตัวรอบๆและวางตัวไล่ระดับจากเตี้ยไปสูงเป็นอันดับหนึ่ง รองลงมาคือ สัณฐานเมืองเตี้ยโล่ง และสัณฐานที่มีการไหลที่มีประสิทธิภาพต่ำที่สุด คือ สัณฐานเมืองที่เป็นลักษณะเตี้ย ยาว (อาคารพาณิชย์ ตึกแถวบริเวณ สุรวงศ์ สีพระยา) ที่วางตัวเบียดตัวกันแน่น

ในส่วนทิศทางการวางตัวของอาคารภายในบล็อก พบว่า สัณฐานเมืองที่ดี มีการวางตัวอาคารต้องวางตัวเอื้อต่อพฤติกรรมการไหลของลมในบริเวณนั้น ซึ่งอาจไม่ได้เป็นทิศทางหลักของลม (ที่ในการศึกษานี้ใช้ลมทิศใต้) เพราะลมมักมีพฤติกรรมเปลี่ยนแปลงทิศการไหล เมื่อไปปะทะกับสิ่งกีดขวางก็จะเกิดการเปลี่ยนแปลงของทิศทางการไหล คือ การไหลที่ดีที่สุดจะอยู่ที่บล็อกที่มีการวางตัวสอดคล้องกับทิศลม คือวางตัวขนานกับทิศลม-ใต้ รองลงมาคือความเป็นไปได้ที่จะเป็นบล็อกที่ประกอบด้วยอาคารที่วางตัวทั้งขนานกับทิศลม คือ ทิศเหนือ-ใต้ และ บล็อกที่ประกอบด้วยอาคารที่วางตัวทั้งขวาง ตั้งฉากกับทิศลม คือ ทิศตะวันออก-ตะวันตก

ส่วนของการวางตัวของถนน พบว่า ถนน หรือ ช่องทางไหลของลม ที่เป็นเส้นตรง (วางตัวทิศเหนือ-ใต้และวางตัวทิศตะวันออก-ตะวันตก) มักจะทำให้เกิดการไหลที่ไม่ค่อยดี เทียบกับถนนที่ทำมุมเอียงกับทิศทางลม ข้อสังเกตนี้ พอจะเทียบเคียงกับ การไหลของน้ำในท่อ จะพบว่า ถ้าข้อต่อของท่อทำมุมฉาก 90 องศา จะมีการไหลที่ไม่ค่อยดีมีการสูญเสียแรงดันมากกว่า เมื่อเทียบกับข้อต่อของท่อที่ทำมุมอื่น

ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ในหัวข้อ 5.1 และ 5.2 ว่าการศึกษานี้มีผลการศึกษาที่เป็นทั้งภาพและตัวเลขมาแล้วนั้น การศึกษานี้ยังนำเสนอการวิเคราะห์ต่อ คือ การวิเคราะห์ร่วมระหว่างภาพและตัวเลข โดยวิเคราะห์เรียงลำดับไล่จากค่า ACH สูงที่สุดไปจนถึงค่าต่ำที่สุด ซึ่งมีรายละเอียดค่อนข้างมาก จึงขอนำเสนอไว้ในภาคผนวก โดยแบ่งภาคผนวกออกเป็น 3 ส่วน คือ ภาคผนวก ก. เป็นผลการศึกษาเป็นภาพเวกเตอร์สี การไหลรายบล็อก ตั้งแต่ 1- 98 บล็อก ภาคผนวก ข. เป็นผลการศึกษาที่เป็นภาพวิเคราะห์แบ่งตามค่าอัตราการระบายอากาศเมืองออกเป็น 9 ชั้น แสดงผลของสัญญาณโครงข่ายถนนและสัญญาณอาคารภายในบล็อก ที่มีผลต่ออัตราการระบายอากาศเมือง และภาคผนวก ค. เป็นผลการศึกษา 9 ช่วงชั้น ที่เป็นภาพแสดงสัญญาณอาคารแต่ละบล็อกที่ทำให้ค่าอัตราการระบายอากาศเมืองสูงไปต่ำ (ดังแสดงในภาคผนวก ก., ข., ค. ท้ายเล่ม)

ในส่วนการวิเคราะห์ผลการศึกษาเชิงสถิติ และการสร้างสมการพยากรณ์ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะสัญญาณต่ออัตราการระบายอากาศเมือง ดังจะได้แสดงในบทที่ 6 ต่อไป

บทที่ 6

ผลการศึกษาเชิงสถิติ

ผลการศึกษาในบทนี้เป็นผลการวิเคราะห์ค่าลักษณะเชิงสัญญาณทางกายภาพในแบบต่างๆ ของพื้นที่เมืองต่อลักษณะการระบายอากาศในเขตเมือง โดยใช้ลักษณะสัญญาณที่มีรูปแบบแตกต่างกัน ของพื้นที่เมืองในเขตบางรักมาจำลองสถานการณ์การไหลโดยใช้แบบจำลองคอมพิวเตอร์พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (Computer fluid dynamics: CFD) หน่วยวิเคราะห์ (Unit of analysis) คือ พื้นที่ ที่ใช้ในการทดลองจะถูกจัดแบ่งเป็นกลุ่มย่อย (Block) จำนวน 98 กลุ่มพื้นที่ เพื่ออธิบายว่า ปัจจัยสัญญาณเมืองมีผลต่อการระบายอากาศเมืองในพื้นที่พัฒนาหนาแน่นกรุงเทพมหานครชั้นใน อย่างไร ประกอบด้วยหัวข้อย่อย 2 ส่วน คือ 1. ผลการศึกษาเชิงสถิติ 2. ทดสอบสมการโดยการจำลองสถานการณ์ ปรับเปลี่ยนค่าตัวแปรที่สำคัญทีละค่า ดังมีรายละเอียด ดังนี้

6.1 ผลการศึกษาเชิงสถิติ

ปัจจัยสัญญาณเมืองมีผลต่อการระบายอากาศเมืองในพื้นที่พัฒนาหนาแน่นกรุงเทพมหานครชั้นในอย่างไร และตัวแปรเชิงสัญญาณเมืองที่มีผลต่อการระบายอากาศในพื้นที่ดังกล่าวมีอะไรบ้าง ผลต่อการระบายอากาศเมืองทั้งทางด้านบวกและลบอย่างไรบ้าง ซึ่งในการตอบคำถามดังกล่าว จำเป็นต้องใช้ผลการศึกษาที่แสดงผลเป็น “ค่าตัวเลข” มาร่วมกับการวิเคราะห์ผลโดยใช้ระเบียบวิธีทางสถิติมาช่วยในการตอบคำถามงานวิจัยรวมถึงใช้สถิติเพื่อช่วยในการสร้างโมเดลในการพยากรณ์ถึงความสัมพันธ์ของลักษณะสัญญาณเมืองรูปแบบที่แตกต่างกันของพื้นที่พัฒนาหนาแน่น กรุงเทพมหานครชั้นใน และเพื่อใช้เป็นส่วนตรวจทานความถูกต้องของผลสมการที่ได้มาจากระเบียบวิธีทางสถิติ

ในส่วนของการสรุปการอภิปรายและผลการศึกษาเชิงสถิติ ประกอบด้วยขั้นตอน ดังนี้

6.1.1. ข้อมูลที่นำมาใช้ในการประมวลผลทางสถิติ

ข้อมูลตัวแปรนำมาใช้ในการประมวลผลทางสถิติ มี 2 ประเภท คือ ข้อมูลตัวแปรตามและข้อมูลตัวแปรต้น ดังนี้ คือ 1. ข้อมูลตัวแปรตาม คือ ใช้ค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงอากาศ (Air change rate per hour, ACH) 2. ข้อมูลตัวแปรต้น คือ ข้อมูลลักษณะสำคัญเชิงสัญญาณ ได้แก่ ข้อมูล ขนาด ความสูงและการจัดวางของที่ตั้งอาคารของแผนที่ของกรมโยธาธิการและผังเมือง (กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2549) ซึ่งข้อมูลภูมิศาสตร์สารสนเทศ (Geographic Information System : GIS) มา

วิเคราะห์แยกข้อมูลลักษณะสัมพันธ์ฐานเมืองเชิงกายภาพดังกล่าวออกเป็นตัวแปรลักษณะสัมพันธ์ฐานเมืองเชิงกายภาพ

ข้อมูลตัวแปรต้นสามารถแบ่งกลุ่มตัวแปรได้เป็นชุดตัวแปรหลักประกอบด้วยตัวแปรอิสระ 3 กลุ่มตัวแปร คือ 1. กลุ่มตัวแปรที่บ่งบอกลักษณะที่เกี่ยวกับความสูงของสิ่งปลูกสร้างในพื้นที่ทำการทดลอง 2. กลุ่มตัวแปรที่บ่งบอกลักษณะที่เกี่ยวกับขนาดเกรนเนื้อเมืองของสิ่งปลูกสร้างในพื้นที่ทำการทดลองนั้นๆ 3. กลุ่มตัวแปรที่บ่งบอกลักษณะที่เกี่ยวกับทิศทางการวางตัวของสิ่งปลูกสร้างในพื้นที่ทำการทดลองนั้นๆ เมื่อพิจารณารายละเอียด สามารถแบ่งย่อยได้ 5 กลุ่มตัวแปร โดยประกอบด้วย 3 กลุ่มตัวแปรหลักเดิมที่กล่าวมาแล้ว และตัวแปรแยกย่อยลงอีก 2 กลุ่มตัวแปรเพิ่มเติม เพื่อให้เกิดความเข้าใจที่เฉพาะเจาะจงเพิ่มขึ้น มีรายละเอียดดังนี้ คือ 4)กลุ่มตัวแปรที่มีความเกี่ยวข้องกับทั้งขนาดเกรนเนื้อเมืองและความสูง และ 5) กลุ่มตัวแปรที่มีความเกี่ยวข้องกับทั้งค่าปรับฐานให้บล็อกมีความเป็นเมือง

โดยตัวแปรทั้งหมดประกอบด้วยตัวแปรอิสระ (Independent Variable) ต่างๆ กัน ชุดตัวแปรที่บ่งบอกลักษณะของพื้นที่ผิวของพื้นที่การทดลอง ประกอบด้วยตัวแปรอิสระทั้งสิ้น 35 ตัวแปร จำกััดความของค่าตัวแปรทั้งหมดทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ตัวแปรและความหมายของตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา มีรายละเอียดดังนี้ คือ

1. กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวกับความสูง ประกอบด้วยตัวแปรอิสระทั้งสิ้น 7 ตัวแปร ได้แก่ 1. ค่าอัตราส่วนความกว้างรวมทุกอาคารต่อความสูงรวมทุกอาคารทั้งบล็อก (sum width per sum height: W/H) ใช้ตัวย่อในการประมวลทางสถิติคือ w/h, 2. ค่าด้านหน้าปะทะลมต่อพื้นที่บล็อก (frontal area index per block area) ใช้ตัวย่อในการประมวลทางสถิติคือ frontblocksize 3. ค่าด้านหน้าปะทะลมต่อความยาวด้านปะทะลมของบล็อก (frontal area index per frontal block width) ใช้ตัวย่อในการประมวลทางสถิติคือ frontallotwidth, 4. จำนวนอาคารเดี่ยวทั้งหมดต่อจำนวนอาคารทั้งหมดในบล็อก (amount of low building per block area) ใช้ตัวย่อในการประมวลทางสถิติคือ low_all, 5. จำนวนอาคารสูงทั้งหมดต่อจำนวนอาคารทั้งหมดในบล็อก (amount of medium building per total buildings) ใช้ตัวย่อในการประมวลทางสถิติคือ med_all, 6. จำนวนอาคารสูงทั้งหมดต่อจำนวนอาคารทั้งหมดในบล็อก (amount of medium building per total buildings)ใช้ตัวย่อในการประมวลทางสถิติคือ high_all, 7. ค่าความเบี่ยงเบนเฉลี่ยของความสูงอาคารในบล็อก (standard deviation height) ใช้ตัวย่อในการประมวลทางสถิติคือ sdht.

2. กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวกับทิศทางการวางตัวของอาคาร ประกอบด้วยตัวแปรอิสระทั้งสิ้น 3 ตัวแปร ได้แก่ 1. ค่าจำนวนของอาคารที่วางตัวขนานกับทิศทางลมต่อจำนวนอาคารทั้งหมดในบล็อกนั้น (amount of parallel building per total buildings) ใช้ตัวย่อในการประมวลทางสถิติคือ parallel, 2. ค่าจำนวนของอาคารที่วางตัวตั้งฉากกับทิศทางลมต่อจำนวนอาคารทั้งหมดในบล็อกนั้น (amount of cross building per total buildings) ใช้ตัวย่อในการประมวลทางสถิติคือ cross, 3. ค่าจำนวนของอาคารที่วางทำมุมอื่นกับทิศทางลมต่อจำนวนอาคารทั้งหมดในบล็อกนั้น (amount of angle building per total buildings) ใช้ตัวย่อในการประมวลทางสถิติคือ angle.

3. กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวกับขนาดอณูเมือง ประกอบด้วยตัวแปรอิสระทั้งสิ้น 20 ตัวแปร ได้แก่ 1. ค่าอัตราส่วนพื้นที่ปกคลุมดินต่อพื้นที่บล็อก (building coverage ratio per block area) ใช้ตัวย่อในการประมวลทางสถิติคือ bcrplot, 2. ค่าอัตราส่วนพื้นที่ปกคลุมดินสูงสุดต่อพื้นที่บล็อก (maximum building coverage ratio per block area) ใช้ตัวย่อในการประมวลทางสถิติคือ bcrmaxplot, 3. ค่าอัตราส่วนพื้นที่ปกคลุมดินต่ำสุดต่อพื้นที่บล็อก (minimum building coverage ratio per block area) ใช้ตัวย่อในการประมวลทางสถิติคือ bcrminplot, 4. ค่าความเบี่ยงเบนเฉลี่ยของอัตราส่วนพื้นที่ปกคลุมดินต่อพื้นที่บล็อก (standard deviation building coverage ratio per block area) ใช้ตัวย่อในการประมวลทางสถิติคือ bcrsdplot, 5. ค่าอัตราส่วนพื้นที่ปกคลุมดินเฉลี่ยต่อพื้นที่บล็อก (average building coverage ratio per block area) ใช้ตัวย่อในการประมวลทางสถิติคือ bcraplot, 6. ค่ารวมความยาวเส้นรอบรูปอาคารทั้งหมดต่อพื้นที่บล็อก (sum building perimeter per block area) ใช้ตัวย่อในการประมวลทางสถิติคือ peripplot, 7. ค่าความยาวเส้นรอบรูปอาคารที่ยาวที่สุดต่อพื้นที่บล็อก (maximum sum building perimeter per block area) ใช้ตัวย่อในการประมวลทางสถิติคือ perimaxplot, 8. ค่าความยาวเส้นรอบรูปอาคารที่สั้นที่สุดต่อพื้นที่บล็อก (minimum sum building perimeter per block area) ใช้ตัวย่อในการประมวลทางสถิติคือ periminplot, 9. ค่าความเบี่ยงเบนเฉลี่ยของความยาวเส้นรอบรูปอาคารที่ยาวที่สุดต่อพื้นที่บล็อก (standard deviation sum building perimeter per block area) ใช้ตัวย่อในการประมวลทางสถิติคือ perisdplot, 10. ค่าความยาวเส้นรอบรูปอาคารเฉลี่ยต่อพื้นที่บล็อก (average sum building perimeter per block area) ใช้ตัวย่อในการประมวลทางสถิติคือ periaplot, 11. ค่าพื้นที่ผิวอาคารที่มากที่สุดต่อพื้นที่บล็อก (maximum building surface per block area) ใช้ตัวย่อในการประมวลทางสถิติคือ surfmaxplot, 12. ค่าพื้นที่ผิวอาคารที่น้อยที่สุดต่อพื้นที่บล็อก (minimum building surface per block area) ใช้ตัวย่อในการประมวลทางสถิติคือ surfminplot, 13. ค่าความเบี่ยงเบนเฉลี่ยของพื้นที่ผิวอาคารต่อพื้นที่บล็อก (standard deviation building surface per block area) ใช้ตัวย่อในการประมวลทางสถิติคือ surfsdplot, 14. ค่าเฉลี่ยความยาว

เส้นรอบรูปอาคารต่อพื้นที่บล็อก (average building surface per block area) ใช้ตัวย่อในการประมวลทางสถิติคือ surfavplot, 15. พื้นที่รวมของผังพื้นอาคารเฉพาะที่มีขนาดเล็กต่อพื้นที่บล็อก (amount of small building per block area) ใช้ตัวย่อในการประมวลทางสถิติคือ splot, 16. พื้นที่รวมของผังพื้นอาคารเฉพาะที่มีขนาดกลางต่อพื้นที่บล็อก (amount of medium building per block area) ใช้ตัวย่อในการประมวลทางสถิติคือ mplot, 17. พื้นที่รวมของผังพื้นอาคารเฉพาะที่มีขนาดใหญ่ต่อพื้นที่บล็อก (amount of large building per block area) ใช้ตัวย่อในการประมวลทางสถิติคือ lplot, 18. ค่ารวมความยาวเส้นรอบรูปอาคารทั้งหมดต่อความยาวเส้นรอบพื้นที่บล็อก (sum building perimeter per block perimeter) ใช้ตัวย่อในการประมวลทางสถิติคือ bldperiblockperi. 19. ค่าความหนาแน่นเมือง (density) ใช้ตัวย่อในการประมวลทางสถิติคือ density, 21. ค่าเฉลี่ยของรวมพื้นที่อาคารในชั้นที่ติดกับพื้นดินในบล็อก (average footprint) ใช้ตัวย่อในการประมวลทางสถิติคือ avfootprt.

4. กลุ่มตัวแปรที่มีความเกี่ยวข้องกับทั้งขนาดกรนเนื้อเมืองและความสูง ประกอบด้วยตัวแปรอิสระทั้งสิ้น 4 ตัวแปร ได้แก่ 1. ค่าอัตราส่วนพื้นที่เปิดโล่งต่อพื้นที่ใช้สอยอาคาร (open space per total useable area) ใช้ตัวย่อในการประมวลทางสถิติคือ osr, 2. ค่าอัตราส่วนพื้นที่ใช้สอยอาคารทั้งหมดต่อพื้นที่ดินทั้งบล็อก (floor area ratio: FAR) ใช้ตัวย่อในการประมวลทางสถิติคือ far, 3. ค่าความขรุขระผิวเมือง (rugosity) ใช้ตัวย่อในการประมวลทางสถิติคือ rugo, 4. ค่าความพรุนเนื้อเมือง (porosity) ใช้ตัวย่อในการประมวลทางสถิติคือ poro.

5. กลุ่มตัวแปรที่มีความเกี่ยวข้องกับทั้งค่าปรับฐานให้บล็อกมีค่าความเป็นเมือง คือใช้พื้นที่บล็อกต่อพื้นที่เขตบางรัก เพื่อให้บล็อกเป็นส่วนหนึ่งของเขต ประกอบด้วยตัวแปรอิสระทั้งสิ้น 1 ตัวแปร ได้แก่ สัดส่วนขนาดพื้นที่บล็อกต่อขนาดพื้นที่ทั้งเขตบางรัก (block area per whole district area) ใช้ตัวย่อในการประมวลทางสถิติคือ plotportion.

เงื่อนไขตัวแปรมีรายละเอียดที่ใช้ในการศึกษาเพิ่มเติม ดังนี้

1. ขนาดกรนอาคารที่ใช้ในการศึกษาแบ่งขนาดเป็น 3 ช่วงขนาด คือ เล็ก กลาง ใหญ่
2. ชั้นความสูงอาคารที่ใช้ในการศึกษาแบ่งขนาดเป็น 3 ช่วงความสูง คือ เตี้ย (1-3 ชั้น) สูงปานกลาง (4-8 ชั้น) สูงมาก (9 ชั้นขึ้นไป)
3. ใช้ค่า ความหนาแน่น (density) เป็นตัวบ่งชี้จำนวนอาคารต่อพื้นที่บล็อก (ตัวแปรนี้สนใจเฉพาะจำนวนอาคารไม่สนใจพื้นที่ขนาดอาคาร)
4. ใช้ค่า เส้นรอบรูป (perimeter) เป็นตัวบ่งชี้ขนาดกรนอาคาร

5. ใช้ค่า พื้นที่ผิว (surface) เป็นตัวบ่งชี้ขนาดพื้นที่ผิวอาคาร ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ ขนาดและความสูงของอาคาร
6. ใช้ค่า พื้นที่อาคารที่ปกคลุมดิน (building coverage ratio, BCR) เป็นตัวบ่งชี้ขนาดพื้นที่อาคารในชั้นระดับดินที่เกิดขวางทางไหลของลม

ค่าตัวแปรอื่นๆในการศึกษานี้ ใช้หลักเกณฑ์ 4 หลักเกณฑ์มาใช้เป็นค่าตัวแทนในการประมวลผลการศึกษา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (average value) ค่าสูงสุด (maximum value) ค่าต่ำสุด (minimum value) ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation value)

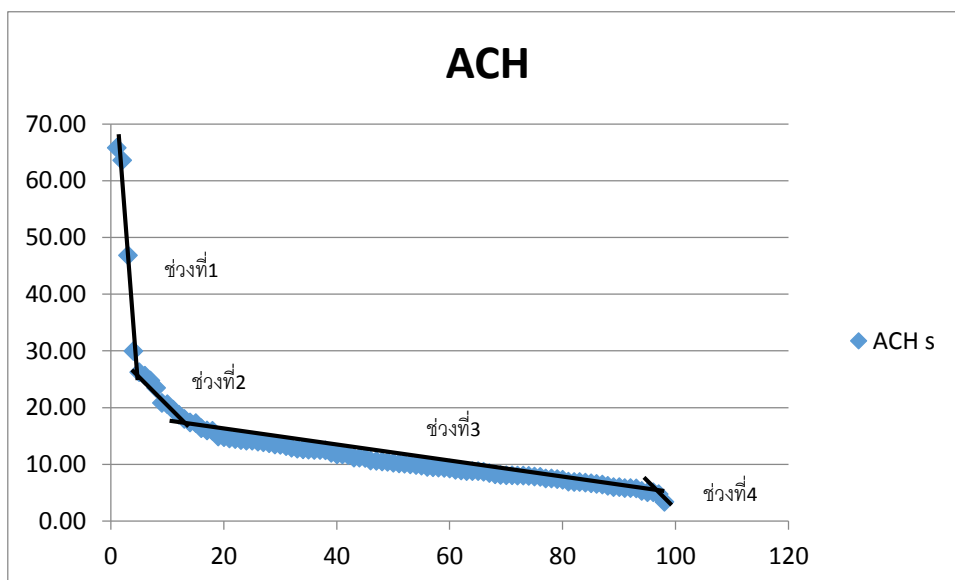
อนึ่งการศึกษานี้เสนอแนวคิดให้ตัวแปรทั้งหมดตั้งอยู่บนฐานเดียวกันโดยมีจุดประสงค์ให้ตัวแปรทุกค่าสามารถเปรียบเทียบกันได้ จึงต้องทำการปรับค่าตัวแปรต้นทั้งหมดให้เป็นตัวแปรแบบมาตรฐานสัดส่วน โดยการหารด้วยขนาดพื้นที่บล็อก (ตารางเมตร) ที่ใช้ข้อมูลรายละเอียดสิ่งปลูกสร้างรายบล็อกต่อจำนวนตารางเมตรของพื้นที่บล็อก เพื่อลดตัวแปรที่ขนาดบล็อกที่แม้จะมีค่าใกล้เคียงกัน แต่ขนาดบล็อกก็มีขนาดบล็อกที่ไม่เท่ากัน ข้อมูลการทดลองในแต่ละกลุ่มพื้นที่ย่อย ยังกำหนดรายละเอียดลักษณะสิ่งปลูกสร้างในแต่ละกลุ่มพื้นที่ไว้ โดยแต่ละพื้นที่ย่อยมีจำนวนสิ่งปลูกสร้างที่มีชุดตัวแปรแตกต่างกันไป การศึกษานี้วัดค่าอัตราการระบายอากาศเมืองที่ความสูงจากพื้นดิน 0-2.50 เมตร

6.1.2. ข้อมูลของประชากรส่วนใหญ่

ขั้นตอนการวิเคราะห์ภาพรวมความสัมพันธ์เบื้องต้นของค่าคำตอบ เพื่อเลือกกลุ่มประชากรส่วนใหญ่มาใช้เป็นตัวแทนในการศึกษา โดยการนำผลการศึกษา ค่าอัตราการถ่ายเทอากาศมาพล็อตกราฟเบื้องต้นทำการวิเคราะห์ผลการศึกษาในส่วนของการกระจายตัวของข้อมูล เพื่อดูภาพรวมของผลการศึกษา และเพื่อตัดค่าผิดปกติที่โดดจากค่าอื่น (outliers) เป็นค่าที่มีผลต่อการวิเคราะห์เชิงสถิติ โดยการนำค่า ACH ไปพล็อตกราฟที่แสดงผลเรียงตามลำดับจากค่าการระบายอากาศที่ดีที่สุดถึงต่ำที่สุด จะเห็นได้ว่า กราฟคำตอบไม่ได้มีความสัมพันธ์แบบเป็นเชิงเส้น คือ เส้นกราฟไม่เป็นกราฟเส้นตรง แต่ผลภาพของกราฟก็แบ่งช่วงชั้นความชันได้ค่อนข้างชัดเจน จึงสามารถแบ่งช่วงผลคำตอบของการศึกษาได้ผลเป็น 4 กลุ่ม ประกอบด้วย

1. กลุ่มลักษณะสัญญาณเมืองที่มีค่า ACH สูงมาก
2. กลุ่มลักษณะสัญญาณเมืองที่มีค่า ACH สูง
3. กลุ่มลักษณะสัญญาณเมืองที่มีค่า ACH ปานกลาง
4. กลุ่มลักษณะสัญญาณเมืองที่มีค่า ACH ต่ำ

ดังแสดงในภาพที่ 108



ภาพที่ 108 แสดงผลเรียงตามลำดับจากค่าการระบายอากาศที่ดีที่สุดถึงต่ำที่สุดแบ่งค่าได้เป็น 4 กลุ่ม (ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วถึงข้อจำกัดในการวิจัย การศึกษานี้จึงมุ่งเน้นศึกษากลุ่มลักษณะสิ่งแวดล้อมเมืองที่เป็นประชากร “ส่วนใหญ่” ที่มีจำนวนประชากรมากที่สุดในการศึกษานี้ คือ “กลุ่มที่ 3” ซึ่งเป็นจำนวน 78.6 % (คือ จำนวนหน่วยวิเคราะห์ 77 บล็อกจากจำนวนหน่วยวิเคราะห์ทั้งหมด 98 บล็อก) ของประชากรทั้งหมด จากกราฟแสดงผล เป็น 4 ช่วง ประกอบด้วย ช่วงที่ 1 ประกอบด้วยจำนวนประชากร 4 บล็อก, ช่วงที่ 2 ประกอบด้วยจำนวนประชากร 15 บล็อก, ช่วงที่ 3 ประกอบด้วยจำนวนประชากร 15 บล็อก, ช่วงที่ 4 ประกอบด้วยจำนวนประชากร 2 บล็อก ในส่วนของกลุ่มอื่น ได้แก่ กลุ่มที่ 1, 2 และ 4 แม้จะเป็นกลุ่มประชากรที่น้อยกว่าแต่ก็มีความน่าสนใจในการหาคำตอบของความสัมพันธ์ การศึกษานี้จึงนำเสนอแนวทางการวิเคราะห์ผลทั้ง 4 กลุ่ม โดยเน้นการศึกษาไปที่ประชากรส่วนใหญ่ที่สามารถใช้เป็นตัวแทนของการศึกษานี้

6.1.3. การวิเคราะห์เชิงสถิติหาความสัมพันธ์ของตัวแปรลักษณะเชิงสิ่งแวดล้อมต่อค่าอัตราการระบายอากาศเมือง

ขั้นตอนวิเคราะห์เชิงสถิติหาความสัมพันธ์ของตัวแปรลักษณะเชิงสิ่งแวดล้อมต่อค่าอัตราการระบายอากาศเมือง การวิจัยเชิงสหสัมพันธ์ในการวิจัยนี้ต้องการหาคำอธิบายความเกี่ยวข้องหรือ

ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร โดยการคำนวณหาค่าความสัมพันธ์ที่มีจำนวนตัวแปรหลายตัวที่มีความสัมพันธ์ซับซ้อน เพื่อการทำนายผลโดยอาศัยสถิติในการทดสอบความเกี่ยวข้องหรือความสัมพันธ์นั้น และต้องการหาความสัมพันธ์ของตัวแปรตั้งแต่สองตัวขึ้นไปว่ามีอิทธิพลต่อกันหรือไม่ ใช้การประมวลผลของปริมาณข้อมูลที่มีจำนวนมากโดยใช้เทคนิคทางสถิติด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ SPSS statistics 17.0 การวิเคราะห์ผลโดยใช้ระเบียบวิธีทางสถิติ หาค่าสหสัมพันธ์ (Correlation) เป็นสถิติที่ใช้หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสองตัว (Bivariate Correlation) เพื่อสร้างสมการทำนายความสัมพันธ์ของตัวแปรเชิงเส้นฐานเมืองต่อของค่าอัตราการระบายอากาศเมืองของลมจากทิศใต้ ในขั้นตอนนี้ ต้องนำข้อมูลทั้งหมดมาทดสอบการกระจายข้อมูล (Data Distribution) ทางสถิติ นำค่าข้อมูลตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาที่ได้ มาการทดสอบความเป็นการกระจายแบบปกติ (Normality Test) เพื่อปรับค่าการกระจายให้เป็นการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) การศึกษานี้ใช้ระเบียบวิธีพล็อตกราฟ Normal Q-Q Plot หรือ DE trended Normal Q-Q Plot ปรับค่าข้อมูลให้มีการกระจายแบบปกติ เพื่อให้สามารถนำข้อมูลไปทำการอนุมานกลับไปทำนายความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้น เพื่อใช้ในการทดสอบสมมติฐาน หรือการอนุมานด้วยเครื่องมือทางสถิติ อื่นๆ ไม่ให้เกิดผลคลาดเคลื่อนได้ การศึกษานี้ใช้การทดสอบนัยสำคัญโดยใช้ parametric test ซึ่ง assume ว่า ข้อมูลที่นำมาทดสอบนั้นต้องมีการกระจายแบบปกติ (normal distribution) และมี variance เท่ากัน ดังนั้นก่อนการทดสอบด้วย parametric test ต้องทำการทดสอบข้อมูลก่อนว่า มีการกระจายแบบปกติหรือไม่ และมี variance เท่ากันหรือไม่ ถ้าไม่ต้องมีการแปลง (transform) ข้อมูลก่อน (ด้วย logarithm, square root หรือ arc sine ตามแต่เหมาะสมก่อน) เพื่อให้ข้อมูลมีการกระจายแบบปกติ ส่วนการทดสอบนัยสำคัญโดยใช้ non-parametric test ไม่สนใจการกระจายของข้อมูลว่าจะเป็นแบบใด ในที่นี้จะกล่าวถึงการทดสอบนัยสำคัญโดยใช้ parametric test

การศึกษานี้ใช้เทคนิควิเคราะห์ทางสถิติ 2 วิธี คือ 1. การวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปร (Correlation Analysis) 2. การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ (Multiple Linear Regression Analysis) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสองตัว (Bivariate Correlation) หาผลการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปร (ได้ผลดังภาพที่ 109) และเพื่อให้ผลการวิเคราะห์คู่ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรของตัวแปรเชิงเส้นฐานเมืองที่มีผลต่อผลการระบายอากาศเมืองเข้าใจได้ง่ายจึงย่อตารางจากภาพที่ 109 มาพิจารณาเฉพาะค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้อง ได้ค่าดังตารางในภาพที่ 110

	ach_s						
ach_s	1	parallel	.289*	periplo t	-.158	splot	-.107
os_plot	-.191	cross	.085	perima xplot	.125	mplot	.103
far	.278*	angle	-.134	perimin plot	.290*	lplot	.277*
wh	-.141	plotpor tion	.160	perisd plot	.261*	frontall otwid h	.159
rugo	.112	bcrplot	.092	peria plot	.136	bldperi blockp eri	-.130
poro	-.239*	bcrma xplot	.273*	surfma xplot	.244*	low_all	-.222
density	.022	bcrmin plot	.282*	surfmi nplot	.160	high_al l	.303**
frontblocksi ze	.113	bcrsdpl ot	.311**	surfsd plot	.284*	med_al l	.053
avfootprt	.008	bcravp lot	.310**	surfav plot	.268*	sdht	.812**

ภาพที่ 110 แสดงค่านัยสำคัญระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตาม (ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

จากตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า การประมวลผลทางสถิติมีค่า Sig. เท่ากับ 0.00 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าปฏิเสธ H_0 ที่แสดงว่า ตัวแปรเชิงสัจฐานเหล่านี้ไม่มีผลต่อค่าอัตราการระบายอากาศเมือง ตารางแสดงค่าสัมประสิทธิ์ค่านัยสำคัญแสดงเครื่องหมายเป็นสัญลักษณ์ “*” หมายถึง $P < 0.05$ significant (มีนัยสำคัญ) แสดงด้วยสีฟ้ามีค่าความเชื่อมั่นอยู่ที่ร้อยละ 95 และสัญลักษณ์ “**” หมายถึง $P < 0.01$ highly significant (มีนัยสำคัญยิ่ง) แสดงด้วยสีส้มมีค่าความเชื่อมั่นอยู่ที่ร้อยละ 99 ค่าที่เป็นบวกหมายความว่ายิ่งเพิ่มค่าเหล่านี้ ACH ยิ่งมากยิ่งขึ้นระบายอากาศดี และในทางกลับกัน ถ้าค่าที่เป็นลบหมายความว่ายิ่งเพิ่มค่าเหล่านี้ ACH ยิ่งน้อยยิ่งระบายอากาศไม่ดี

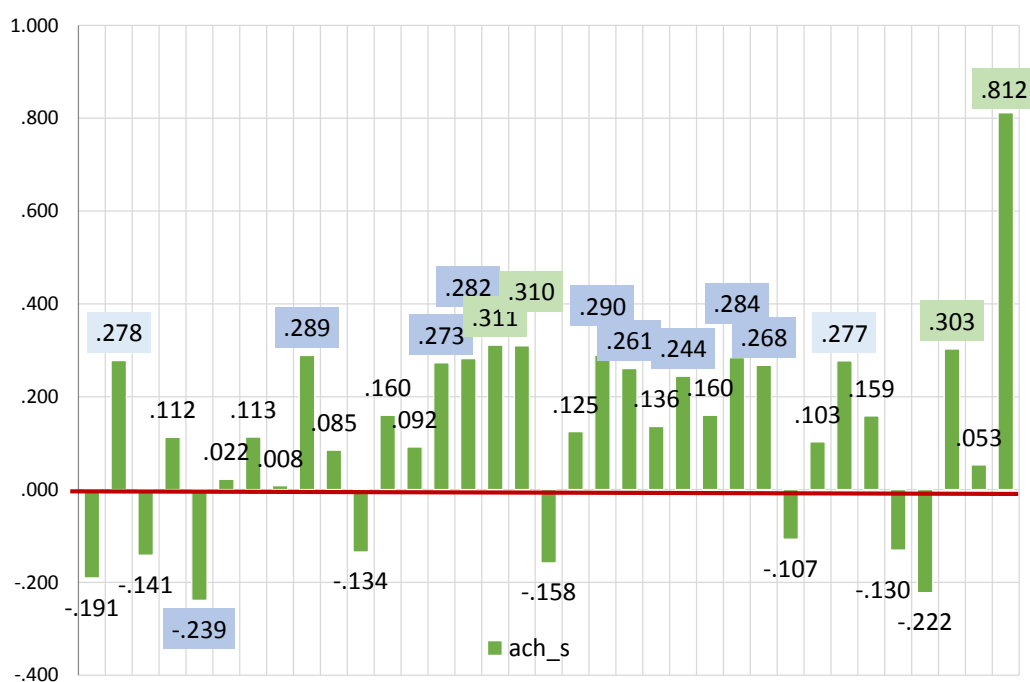
ตัวแปรต้นที่ส่งผลต่อตัวแปรตาม คือ ค่าอัตราการระบายอากาศเมือง อย่างมีนัยสำคัญ มีดังนี้ ค่าอัตราส่วนพื้นที่ใช้สอยอาคารทั้งหมดต่อพื้นที่ดิน (Floor area ratio, FAR) มีความสัมพันธ์ต่อค่าอัตราการระบายอากาศเมืองที่นัยสำคัญและเป็นตัวแปรที่มีผลเชิงบวกเท่ากับ 0.278*, ค่าปริมาตรอากาศเหนือพื้นที่เมือง (วัดที่ระดับสูง 370 เหนือพื้นที่เมือง) ต่อปริมาตรอากาศทั้งหมด เรียกว่า ค่าความพรุนของเมือง (Porosity) ใช้ตัวย่อในการประมวลผลทางสถิติ คือ poro มีความสัมพันธ์ต่อค่าอัตราการระบายอากาศเมืองที่นัยสำคัญและเป็นตัวแปรที่มีผลเชิงลบเท่ากับ -0.239*, ค่าจำนวนของอาคารที่วางตัวขนานกับทิศทางลมต่อจำนวนอาคารทั้งหมดในบล็อกนั้น (amount of parallel building per total buildings) ใช้ตัวย่อในการประมวลผลทางสถิติ คือ parallel มีความสัมพันธ์ต่อค่าอัตราการระบายอากาศเมืองที่นัยสำคัญและเป็นตัวแปรที่มีผลเชิงบวกเท่ากับ 0.289*, ค่าอัตราส่วนพื้นที่ปกคลุมดินสูงสุดต่อพื้นที่บล็อก (maximum building coverage ratio per block area) ใช้ตัวย่อใน

การประมวลทางสถิติ คือ bcrmaxplot มีความสัมพันธ์ต่อค่าอัตราการระบายอากาศเมืองที่นัยสำคัญ และเป็นตัวแปรที่มีผลเชิงบวกเท่ากับ 0.273*, ค่าอัตราส่วนพื้นที่ปกคลุมดินต่ำสุดต่อพื้นที่บล็อก (minimum building coverage ratio per block area) ใช้ตัวย่อในการประมวลทางสถิติคือ bcrminplot มีความสัมพันธ์ต่อค่าอัตราการระบายอากาศเมืองที่นัยสำคัญและเป็นตัวแปรที่มีผลเชิงบวกเท่ากับ 0.282*, ค่าเบี่ยงเบนของอัตราส่วนพื้นที่ปกคลุมดินสูงสุดต่อพื้นที่บล็อก (standard deviation of building coverage ratio per block area) ใช้ตัวย่อในการประมวลทางสถิติคือ bcrsdplot มีความสัมพันธ์ต่อค่าอัตราการระบายอากาศเมืองที่นัยสำคัญและเป็นตัวแปรที่มีผลเชิงบวกเท่ากับ 0.311**, ค่าอัตราส่วนพื้นที่ปกคลุมดินเฉลี่ยต่อพื้นที่บล็อก (average building coverage ratio per block area) ใช้ตัวย่อในการประมวลทางสถิติคือ bcraplot มีความสัมพันธ์ต่อค่าอัตราการระบายอากาศเมืองที่นัยสำคัญและเป็นตัวแปรที่มีผลเชิงบวกเท่ากับ 0.310**, ค่าเส้นรอบรูปอาคารที่ต่ำที่สุดภายในบล็อกต่อพื้นที่บล็อก (minimum building perimeter per block area) ใช้ตัวย่อในการประมวลทางสถิติคือ periminplot มีความสัมพันธ์ต่อค่าอัตราการระบายอากาศเมืองที่นัยสำคัญและเป็นตัวแปรที่มีผลเชิงบวกเท่ากับ 0.290*, ค่าเบี่ยงเบนของเส้นรอบรูปอาคารภายในบล็อกต่อพื้นที่บล็อก (standard deviation of building perimeter per block area) ใช้ตัวย่อในการประมวลทางสถิติคือ perisdplot มีความสัมพันธ์ต่อค่าอัตราการระบายอากาศเมืองที่นัยสำคัญและเป็นตัวแปรที่มีผลเชิงบวกเท่ากับ 0.261*, ค่าพื้นที่ผิวอาคารที่มากที่สุดภายในบล็อกต่อพื้นที่บล็อก (maximum building surface per block area) ใช้ตัวย่อในการประมวลทางสถิติคือ surfmaxplot มีความสัมพันธ์ต่อค่าอัตราการระบายอากาศเมืองที่นัยสำคัญและเป็นตัวแปรที่มีผลเชิงบวกเท่ากับ 0.244*, ค่าความเบี่ยงเบนของพื้นที่ผิวอาคารภายในบล็อกต่อพื้นที่บล็อก (standard deviation of building perimeter per block area) ใช้ตัวย่อในการประมวลทางสถิติคือ surfsdplot มีความสัมพันธ์ต่อค่าอัตราการระบายอากาศเมืองที่นัยสำคัญและเป็นตัวแปรที่มีผลเชิงบวกเท่ากับ 0.284*, ค่าพื้นที่ผิวอาคารเฉลี่ยภายในบล็อกต่อพื้นที่บล็อก (average building surface per block area) ใช้ตัวย่อในการประมวลทางสถิติคือ surfavplot มีความสัมพันธ์ต่อค่าอัตราการระบายอากาศเมืองที่นัยสำคัญและเป็นตัวแปรที่มีผลเชิงบวกเท่ากับ 0.268*, พื้นที่รวมของผนังอาคารเฉพาะที่มีขนาดใหญ่ต่อพื้นที่บล็อก (amount of large building per block area) ใช้ตัวย่อในการประมวลทางสถิติคือ lplot มีความสัมพันธ์ต่อค่าอัตราการระบายอากาศเมืองที่นัยสำคัญและเป็นตัวแปรที่มีผลเชิงบวกเท่ากับ 0.277*

ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ต่อค่าอัตราการระบายอากาศเมืองที่นัยสำคัญอย่างยิ่ง คือ ค่าจำนวนอาคารสูงทั้งหมดต่อจำนวนอาคารทั้งหมดในบล็อก (amount of medium building per total buildings) ใช้ตัวย่อในการประมวลทางสถิติคือ high_all มีความสัมพันธ์ต่อค่าอัตราการระบาย

อากาศเมืองที่นัยสำคัญอย่างยิ่งและเป็นตัวแปรที่มีผลเชิงบวกเท่ากับ 0.303^{**} , ค่าความเบี่ยงเบนเฉลี่ยของความสูงอาคารในบล็อก (standard deviation height) ใช้ตัวย่อในการประมวลทางสถิติคือ sdht มีความสัมพันธ์ต่อค่าอัตราการระบายอากาศเมืองที่นัยสำคัญอย่างยิ่งและเป็นตัวแปรที่มีผลเชิงบวกเท่ากับ 0.812^{**} ตามลำดับ

สรุปค่าความสัมพันธ์ ได้ตั้งแผนภูมิที่แสดงในภาพที่ 111



ภาพที่ 111 แสดงการสรุปค่าความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเชิงสัญญาณต่อค่าอัตราการระบายอากาศเมือง อนึ่ง ค่าตัวแปรที่อยู่เหนือเส้นสีแดงหมายถึงมีความสัมพันธ์กันเชิงบวก และค่าตัวแปรที่อยู่ใต้เส้นสีแดงหมายถึงมีความสัมพันธ์กันเชิงลบ มีค่าความสัมพันธ์มากน้อยตามแสดงดังภาพ

(ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

6.2. สมการทำนายความสัมพันธ์ของตัวแปรลักษณะเชิงสัญญาณกับค่าอัตราการระบายอากาศเมือง

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนการสร้างสมการความสัมพันธ์ของตัวแปรลักษณะเชิงสัญญาณและค่าอัตราการระบายอากาศเมืองแล้วนำค่า ACH เรียงลำดับจากมากไปน้อยทั้ง 98 บล็อก นำค่า ACH ที่เรียงลำดับจากมากไปน้อย (ตัดค่าโดดที่ผิดปกติ (outlier) ออกไป) แล้วนำค่าที่ได้ไปประมวลผลทาง

สถิติเพื่อหาค่าโมเดลและตัวแปรที่ใช้ในการพยากรณ์ค่าอัตราการระบายอากาศเมืองโดย Multiple linear Regression ใช้วิธี stepwise

ผลที่ได้เป็นสมการทำนายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรลักษณะเชิงสัญญาณและค่าอัตราการระบายอากาศเมืองของลมทิศได้เป็นดังนี้

$$ACHs = 4.905^{**} + 0.026 \text{ sdht}^{**} + 1577.764 \text{ periminplot}^{**} + 3.115 \text{ pararell}^{**}$$

ค่าวิกฤต (alpha) หรือค่าความผิดพลาดที่ยอมรับได้ของสมการนี้คือ 0.01 ตัวแปรที่นัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ($p < 0.01$) ประกอบด้วย สมการมีค่า $F = 61.223$ ค่า Sig. ระดับค่าความเชื่อมั่น (R Square) 72.2%

ตัวแปรสำคัญที่มีผลต่ออัตราการระบายอากาศเมือง ค่าความเบี่ยงเบนเฉลี่ยของความสูงอาคารในบล็อก (standard deviation height) ใช้ตัวย่อในการประมวลทางสถิติคือ sdht , ค่าเส้นรอบรูปอาคารที่ต่ำที่สุดภายในบล็อกต่อพื้นที่บล็อก (minimum building perimeter per block area) ใช้ตัวย่อในการประมวลทางสถิติคือ periminplot, ค่าจำนวนของอาคารที่วางตัวขนานกับทิศทางลมต่อจำนวนอาคารทั้งหมดในบล็อกนั้น (amount of parallel building per total buildings) ใช้ตัวย่อในการประมวลทางสถิติคือ pararell ตัวแปรทุกค่ามีค่านัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 99% สรุปได้ว่าทั้ง 3 ค่า แปรตามค่า ACH หมายความว่า ถ้าเพิ่มตัวแปรตัวใดตัวหนึ่งหรือทั้งสามตัวแปร ค่า ACH ต้องเพิ่มขึ้น คือมีอัตราการระบายอากาศเมืองดีขึ้น ในขณะที่เดียวกันถ้าลดตัวแปรตัวใดตัวหนึ่งหรือทั้งสามตัวแปร ค่า ACH ต้องลดลง คือมีการระบายอากาศเมืองไม่ดี มีค่าอัตราการระบายอากาศเมืองต่ำลง

สรุปสมการแสดงการทำนายค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่า ACH จากตาราง model summary จากการคำนวณทางสถิติ โดยพิจารณาที่ค่า R square สมการที่ได้มีค่าความน่าเชื่อถือ 72.2 % จากสมการ จะเห็นได้ว่า สมการประกอบด้วยค่าคงที่ 4.905 มีที่ระดับนัยยะสำคัญทางสถิติต่ำกว่า 0.01 และมีตัวแปรที่ใช้พยากรณ์ค่าอัตราการถ่ายเทอากาศ (ACH) จำนวน 3 ค่า คือ ค่าความเบี่ยงเบนความสูง ค่าเส้นรอบรูปอาคารที่สั้นที่สุดต่อพื้นที่ที่ดินของบล็อก และค่าจำนวนอาคารในบล็อกที่วางตัวขนานกับทิศของลม และทั้ง 3 ค่า และทุกตัวแปรมีค่าระดับนัยยะสำคัญทางสถิติต่ำกว่า 0.01 หมายความว่า มีระดับนัยสำคัญที่ .01 หมายถึง โอกาสที่ไม่เป็นไปตามข้อสรุปมีเพียงต่ำกว่า 1 %

6.3. ตรวจสอบผลความเที่ยงตรงของสมการความสัมพันธ์ของตัวแปรลักษณะเชิงสัญญาณต่อค่าอัตราการระบายอากาศเมืองโดยการปรับเปลี่ยนตัวแปรทีละค่า

การตรวจสอบความแม่นยำของผลการศึกษาโดยการตรวจสอบสมการผลการศึกษาของการศึกษานี้ โดยการสร้างโมเดลขึ้นมาใหม่และรันโปรแกรม CFD ทั้งเขตบางรักอีกครั้ง เพื่อพิสูจน์ค่าตัวแปรต่างๆ ว่าได้ผลมีข้อสรุปตรงดังสมการที่สร้างขึ้นทางสถิติหรือไม่ ขั้นตอนนี้ ประกอบด้วยขั้นตอนย่อย ดังนี้

6.3.1. ขั้นตอนทดสอบสมการ

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่ต้องการทดสอบว่าสมการนี้สามารถทดแทนการใช้ผลจากการจำลองการไหล CFD ได้หรือไม่เพื่อนำสมการนี้ไปแทนค่าหาคำตอบในพื้นที่อื่นที่มีลักษณะสัญญาณเมืองคล้ายกับเขตบางรัก ประกอบด้วยขั้นตอนตามลำดับ ดังนี้

6.3.1.1. ขั้นตอนคำนวณบล็อกตามสมการ

พิจารณาค่าตัวแปรที่ใช้เป็นค่าพยากรณ์ผลจากสมการมี 3 ตัวแปรได้ดังนี้คือ 1. ค่าความเบี่ยงเบนเฉลี่ยของความสูงอาคารในบล็อก (standard deviation of building height) ใช้ตัวย่อในการประมวลทางสถิติคือ sdht 2. ค่าความยาวเส้นรอบรูปอาคารที่สั้นที่สุดต่อพื้นที่บล็อก (minimum perimeter per plot area) ใช้ตัวย่อในการประมวลทางสถิติคือ periminplot 3. ค่าจำนวนของอาคารที่วางตัวขนานกับทิศทางลมต่อจำนวนอาคารทั้งหมดในบล็อกนั้น (amount of parallel building per total buildings) ใช้ตัวย่อในการประมวลทางสถิติคือ pararell

ต่อจากนั้นเป็นขั้นตอนการเลือกบล็อกของเมืองขึ้นมาใช้เป็นบล็อกตัวแทน พิจารณาจากบล็อกที่มีลักษณะสัญญาณเมือง บล็อกที่ 84 มีความเหมาะสมเนื่องจากลักษณะสัญญาณเมืองเป็นอาคารที่มีขนาดเล็ก ความสูงอาคารไม่มาก และมีที่ว่างมาก เหมาะที่นำมาปรับค่าตัวแปรทั้งสามเพื่อใช้ทดสอบสมการ

6.3.1.2. ขั้นตอนสำรวจข้อมูลของทั้ง 3 ตัวแปรในสภาวะบล็อกที่ 84 ที่เป็นอยู่เดิม

ขั้นตอนนี้ผู้ทำวิจัยจะนำบล็อกที่ 84 ขึ้นมาทดสอบเป็นแบบจำลองพิจารณาจากสภาวะที่เป็นอยู่เดิม (base case) มาและสภาวะที่ปรับปรุงค่าแล้ว(option case) เพื่อหาความสัมพันธ์เชิงสัญญาณและการระบายอากาศเมืองในพื้นที่พัฒนาหนาแน่นของกรุงเทพมหานคร ขึ้นใหม่หลังจากที่เพิ่มปัจจัยเชิงสัญญาณใหม่ผลลัพธ์ที่ได้จะมีแนวโน้มต่อการระบายอากาศเข้าสู่พื้นที่บล็อกที่ 84 ดีหรือไม่อย่างไร เนื่องจากบล็อกที่ 84 ตั้งอยู่ใจกลางเมืองของเขตบางรักโดยมี

อาคารเตี้ยแน่นภายในบล็อกเป็นจำนวนมากและถูกบดบังด้วยอาคารสูงจากบล็อกอื่นด้วยการเพิ่มตัวแปรที่ละค่า โดยใช้ข้อมูลของบล็อกที่เป็นข้อมูล AutoCAD สามมิติ

ขั้นตอนต่อไปจึงนำบล็อกที่ปรับปรุงแล้วนี้กลับคืนเข้าไปในโมเดลการจำลองการไหลของทั้งเขตบางรักอีกครั้ง เพื่อควบคุมให้สภาพแวดล้อมของการไหลของบล็อกที่ 84 ในโมเดลการจำลองการไหล CFD ทั้งสถานะที่เป็นอยู่เดิม และสถานะที่ปรับปรุงค่าให้มีสภาพแวดล้อมเหมือนกันเพื่อเปรียบเทียบค่า ACH กัน

ข้อมูลตัวแปรของบล็อกที่ 84 ในสถานะที่เป็นอยู่เดิมประกอบด้วยค่า ACH ดังนี้

1. ตัวแปรค่าเส้นรอบรูปอาคารที่ต่ำที่สุดภายในบล็อกต่อพื้นที่บล็อก (minimum building perimeter per block area) ใช้ตัวย่อในการประมวลทางสถิติคือ Periminplot มีค่าเส้นรอบรูปอาคารที่เล็กที่สุดของบล็อกที่ 84 มีค่าเท่ากับ 14.445520315 นำมาหารด้วยค่าพื้นที่ขนาดของบล็อกที่ 84 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 42563.4765 ตารางเมตร จึงได้เป็นค่า 14.445520315 หารด้วย 42563.4765 ได้ผลเท่ากับ 0.000339

2. ค่าจำนวนของอาคารที่วางตัวขนานกับทิศทางลมต่อจำนวนอาคารทั้งหมดในบล็อกนั้น (amount of parallel building per total buildings) ใช้ตัวย่อในการประมวลทางสถิติคือ Parallel ในบล็อกที่ 84 ไม่มีอาคารที่วางตัวขนานกับทิศทางลมอยู่เลย ค่านี้จึงมีค่าเท่ากับ 0

3. ค่า ค่าความเบี่ยงเบนเฉลี่ยของความสูงอาคารในบล็อก (standard deviation height) ที่ 84 ใช้ตัวย่อในการประมวลทางสถิติคือ Sdht มีค่าเท่ากับ 2.395160367

6.3.1.3. ขั้นตอนข้อมูลของทั้ง 3 ตัวแปรของบล็อกที่ 84 ที่ในสถานะที่ปรับปรุงค่าตัวแปรแล้ว

ในขั้นตอนนี้ จะเพิ่มตัวแปรที่ละค่าทั้ง 3 ตัวแปร อย่างละ 50% ประกอบด้วย 4 กรณีศึกษาคือ

กรณีศึกษาที่ 1 คือ เพิ่มตัวแปรความเบี่ยงเบนเฉลี่ยของความสูงอาคารในบล็อก 50% แล้ววัดค่า ACH

กรณีศึกษาที่ 2 คือ เพิ่มตัวแปรค่าความยาวเส้นรอบอาคารต่อด้วยพื้นที่บล็อก 50% แล้ววัดค่า ACH

กรณีศึกษาที่ 3 คือ เพิ่มตัวแปรค่าจำนวนของอาคารที่วางตัวขนานกับทิศทางลมต่อจำนวนอาคารทั้งหมดในบล็อก 50% แล้ววัดค่า ACH

กรณีศึกษาที่ 4 คือ เพิ่มตัวแปรทุกค่า 50% แล้ววัดค่า ACH

วิธีการที่ใช้ในกรณีศึกษาที่ 1-3 ทำได้โดยคำนวณค่าจากสมการที่ค้นพบจากการศึกษา ส่วนกรณีศึกษาที่ 4 ทำการจำลองการไหลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์พลศาสตร์ของไหล CFD เพิ่มเติมอีกครั้ง โดยการดึงบล็อกที่สนใจศึกษามาปรับเปลี่ยนค่าตัวแปรแล้วจึงนำบล็อกที่เปลี่ยนแปลงแล้วนี้กลับเข้าไปในพื้นที่บางรักทั้งเขตเพื่อคำนวณการจำลองการไหลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์พลศาสตร์ของไหลใหม่อีกครั้ง เพื่อพิสูจน์ค่าเปรียบเทียบผลรวมจากสมการที่ค้นพบจากการศึกษา ดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

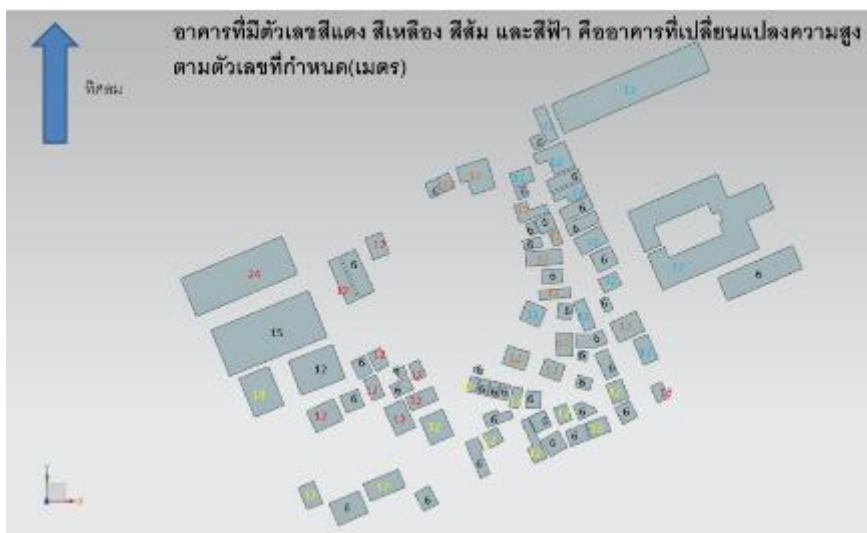
6.3.1.4. กรณีศึกษาเพิ่มตัวแปรความเบี่ยงเบนเฉลี่ยของความสูงอาคารในบล็อก 50%

ขั้นตอนนี้เริ่มจากพิจารณาค่าความสูงเดิมของอาคาร ก่อนการปรับเปลี่ยนค่า แสดงตามตัวเลขมีหน่วยเป็นเมตร (ดังภาพที่ 112)



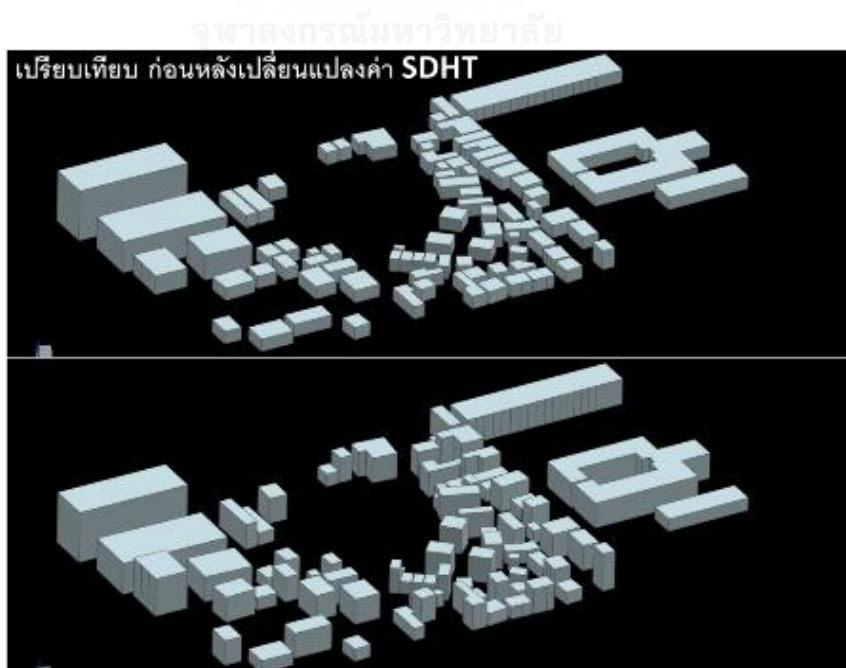
ภาพที่ 112 บล็อกที่ 84 ความสูงเดิมของอาคาร ก่อนการปรับเปลี่ยนค่า
(ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

จากนั้นจึงนำค่าความสูงเดิมของอาคารในบล็อกมาปรับเปลี่ยนค่าเพื่อให้ค่าความเบี่ยงเบนเฉลี่ยของความสูงอาคารในบล็อกเพิ่มขึ้น 50 % (ดังภาพที่ 113)



ภาพที่ 113 บล็อกที่ 84 ปรับเปลี่ยนค่าความสูงเดิมของอาคารให้มีค่าความเบี่ยงเบนเฉลี่ยของความสูงอาคารเพื่อทดสอบการไหลของลมในการระบายอากาศ (ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

ยึดความสูงอาคารในบล็อกเพิ่มขึ้น 50% ค่าความสูงของอาคารใช้วิธีให้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สุ่ม (random) เลือกอาคารว่าอาคารใดจะสูงขึ้นเป็นเท่าใด แสดงเป็นตัวเลขสีแดง สีเหลือง สีส้ม และสีฟ้า คืออาคารที่เปลี่ยนแปลงความสูง ตามตัวเลข (เมตร) อย่างไร



ภาพที่ 114 บล็อกที่ 84 เปรียบเทียบ ก่อนหลังเปลี่ยนแปลงค่า Sdht โดยการปรับเปลี่ยนค่าความสูงเดิมของอาคารให้ โดยใช้วิธีสุ่ม ให้มีค่าความเบี่ยงเบนเฉลี่ยของความสูงอาคารในบล็อกเพิ่มขึ้น 50%

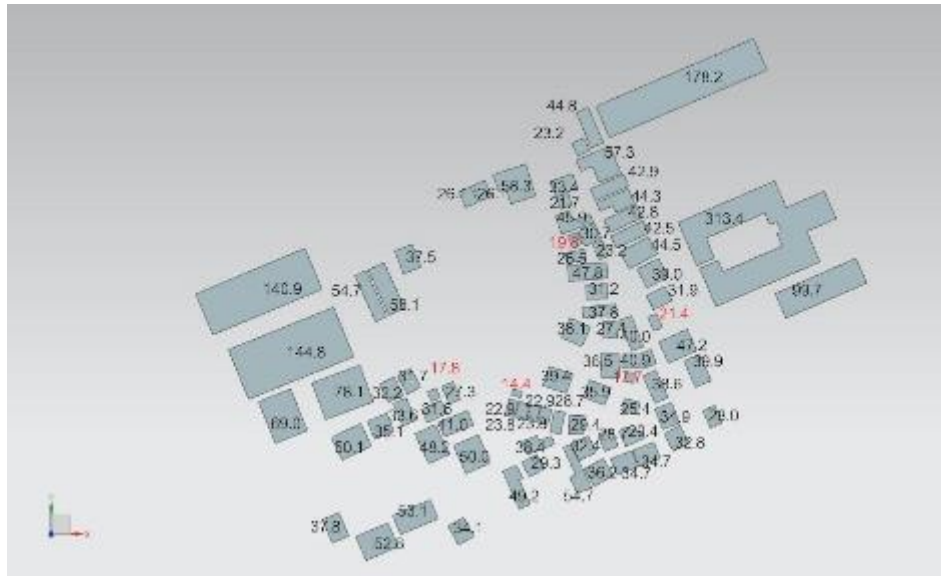
(ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

ต่อมานำไปค่าความเบี่ยงเบนเฉลี่ยของความสูงอาคารในบล็อกก่อนและหลัง จากเดิม 2.395160367 เมตรเปลี่ยนเป็น 3.66 เมตร เป็นการปรับปรุงเพิ่มค่า 50% ไปประมวลผลวัดค่าความเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของอากาศ (ACH) ได้ผลดังนี้ คือก่อนปรับปรุงค่าเบี่ยงเบนความสูง ค่า ACH ได้ค่า 5.55 หลังเพิ่มตัวแปรนี้ 50 % ค่า ACH เพิ่มขึ้นเป็น 5.53 คิดเป็นค่าการเพิ่มขึ้นของค่า ACH เป็นร้อยละ 0.6

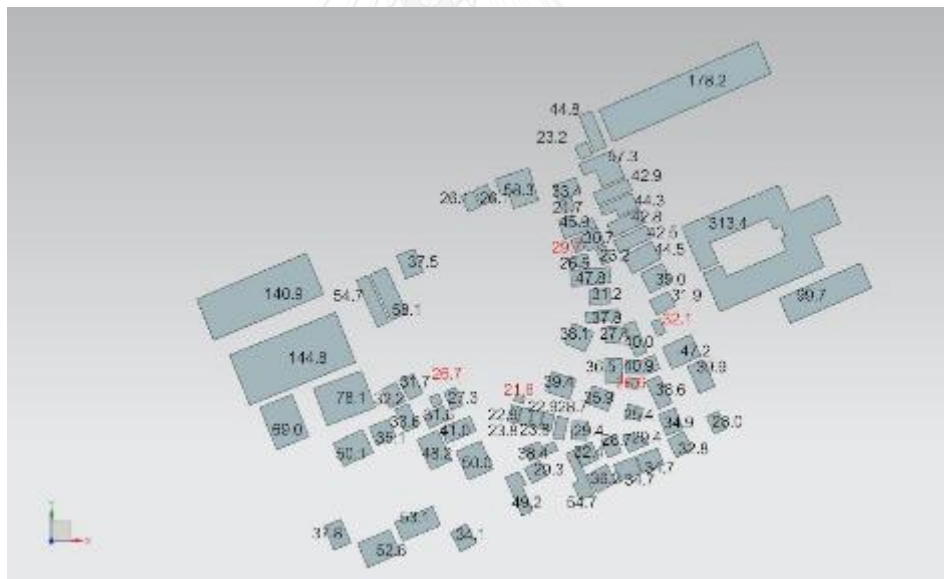
6.3.1.5. กรณีศึกษาเพิ่มตัวแปรเส้นรอบอาคารน้อยที่สุดในบล็อกต่อขนาดพื้นที่บล็อกขึ้นอีก 50%

ขั้นตอนนี้มีหลักการและลำดับขั้นตอนการปรับปรุงขนาดเส้นรอบอาคารดังนี้ (รายละเอียดดังภาพที่ 115)

- ขั้นตอน 1. เรียงลำดับอาคารที่มีเส้นรอบอาคารน้อยที่สุด 5 อันดับแรก
ได้ผลดังนี้ (ตารางที่ 6.1)
ได้ผลคือ 14.4, 17.7, 17.8, 19.8, 21.4 ตามลำดับ
- ขั้นตอน 2. เพิ่มเส้นรอบอาคาร ของอาคาร 50% จากอันดับ 1 ถึง อันดับ 5
ได้ผลคือ 21.6, 26.6, 26.7, 29.7, 32.1 ตามลำดับ
- ขั้นตอน 3. หลังการปรับปรุงอาคารที่มีเส้นรอบรูป น้อยที่สุดของบล็อกเป็น 21.6 เมตร
ซึ่งจะเป็นค่าในการพิสูจน์สมการต่อไป



ภาพที่ 115 บล็อกที่ 84 แสดงค่าตัวเลขเป็นสีแดง หมายถึง ค่าเส้นรอบอาคารที่น้อยที่สุดก่อนการปรับปรุง (ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)



ภาพที่ 116 บล็อกที่ 84 ค่าสีแดง คือ ค่าเส้นรอบอาคารที่น้อยที่สุดหลังการปรับปรุงเพิ่มค่า 50% (ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

ลำดับที่	Min perimeter	50%modified min-perimeter
1	14.4	21.6
2	17.7	26.55
3	17.8	26.7
4	19.8	29.7
5	21.4	32.1
6	21.7	32.55
7	22.9	34.35
8	22.9	34.35
9	23.2	34.8
10	23.2	34.8

ภาพที่ 117 ตารางแสดงลำดับค่าเส้นรอบรูปอาคารก่อนและหลังการปรับปรุงเพิ่มค่า 50% ที่มา (ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

ต่อมานำไปค่าเส้นรอบรูปอาคารก่อนและหลัง จากเดิม 14.4 เมตรเปลี่ยนเป็น 21.6 เมตร เป็นการปรับปรุงเพิ่มค่า 50% ไปประมวลผลวัดค่าความเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของอากาศ (ACH) ได้ผลดังนี้ คือก่อนปรับปรุงค่าเส้นรอบรูปอาคาร ค่า ACH ได้ค่า $3.39e-4$ หลังเพิ่มตัวแปรนี้ 50 % ค่า ACH เพิ่มขึ้นเป็น $5.15 e-4$ คิดเป็นค่าการเพิ่มขึ้นของค่า ACH เป็นร้อยละ 4.8

6.3.1.6. กรณีศึกษาเพิ่มค่าจำนวนของอาคารที่วางตัวขนานกับทิศทางลมต่อจำนวนอาคารทั้งหมดในบล็อก 50%

ขั้นตอนี้เริ่มจากพิจารณาค่าจำนวนของอาคารที่วางตัวขนานกับทิศทางลมต่อจำนวนอาคารทั้งหมดในบล็อกก่อนการปรับเปลี่ยนค่า (ดังภาพที่ 118)



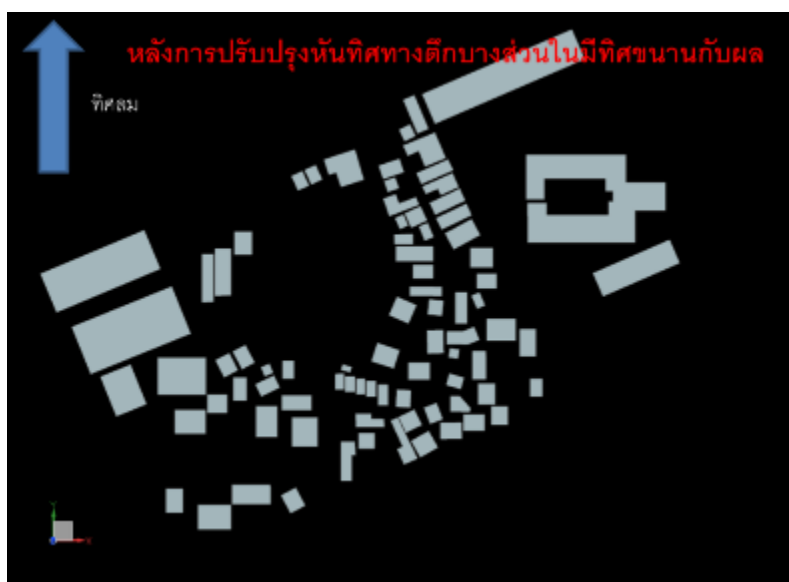
ภาพที่ 118 บล็อกที่ 84 พิจารณาจำนวนของอาคารที่วางตัวขนานกับทิศทางลมต่อจำนวนอาคารทั้งหมดในบล็อก ก่อนการปรับเปลี่ยนค่า (ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

ขั้นตอนต่อมาคือการปรับปรุงให้จำนวนของอาคารที่วางตัวขนานกับทิศทางลมต่อจำนวนอาคารทั้งหมดในบล็อกเพิ่มขึ้น 50 % (ดังภาพที่ 119)



ภาพที่ 119 บล็อกที่ 84 ขั้นตอนการปรับปรุงจำนวนของอาคารที่วางตัวขนานกับทิศทางลมต่อจำนวนอาคารทั้งหมดในบล็อก หลังการปรับเปลี่ยนค่าจำนวนของอาคารที่วางตัวขนานกับทิศทางลมต่อจำนวนอาคารทั้งหมดในบล็อก เพิ่มขึ้น 50 % (ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

ขั้นตอนต่อมาคือการปรับปรุงให้จำนวนของอาคารที่วางตัวขนานกับทิศทางลมต่อจำนวนอาคารทั้งหมดในบล็อกเพิ่มขึ้น 50 % (ดังภาพที่ 120)



ภาพที่ 120 บล็อกที่ 84 พิจารณาจำนวนของอาคารที่วางตัวขนานกับทิศทางลมต่อจำนวนอาคารทั้งหมดในบล็อก หลังการปรับเปลี่ยนค่า (ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

เมื่อนำไปค่าจำนวนของอาคารที่วางตัวขนานกับทิศทางลมต่อจำนวนอาคารทั้งหมดในบล็อกก่อนและหลัง จากเดิมเป็น 0 เปลี่ยนเป็น 0.51 เมตร เป็นการปรับปรุงเพิ่มค่า 50% ไปประมวลผลวัดค่าความเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของอากาศ (ACH) ได้ผลดังนี้ คือก่อนปรับปรุงค่าจำนวนของอาคารที่วางตัวขนานกับทิศทางลมต่อจำนวนอาคารทั้งหมดในบล็อก ค่า ACH ได้ค่า 5.5 หลังเพิ่มตัวแปรนี้ 50 % ค่า ACH เพิ่มขึ้นเป็น 7.1 คิดเป็นค่าการเพิ่มขึ้นของค่า ACH เป็นร้อยละ 28.8

จากการเพิ่มค่าตัวแปร 50 % ทีละค่า พบว่า ค่า ACH เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 28.8, 4.8, 0.6 คือจำนวนของอาคารที่วางตัวขนานกับทิศทางลมต่อจำนวนอาคาร มีผลมากที่สุด รองลงมาคือ ค่าความเป็ยงเบนความสูง และค่าความยาวเส้นรอบอาคารต่อด้วยพื้นที่บล็อกเรียงตามลำดับ

เมื่อรวมค่าร้อยละการเพิ่มขึ้นของค่า ACH ของทั้ง 3 กรณี ได้ค่าดังนี้ คือ $28.8 + 4.8 + 0.6$ ได้ผลลัพธ์เป็นค่า ACH เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 34.2

6.3.1.7. กรณีศึกษาเพิ่มตัวแปรทุกค่า 50 %

การเพิ่มค่าตัวแปร 50 % ในขั้นตอนนี้ เพิ่มตัวแปรทั้ง 3 ค่าพร้อมกัน แล้วนำไปวัดค่าจากการจำลองการไหลด้วยวิธีพลศาสตร์ของไหล ผลจากการปรับเปลี่ยนตัวแปรทุกตัวพบว่า ค่า ACH เพิ่มขึ้นจาก 10.9 เป็น 13.0 คิดเป็น 20 %

นอกจากนี้ เมื่อวัดค่า ACH ที่ไหลเข้าออกบล็อกรูปร่าง ที่ความสูง 2.5 m ค่า ACH เพิ่มขึ้นจาก 6.2 เป็น 8.9 สรุปผลการวิเคราะห์ผลการจำลองการทดสอบสมการได้ดังนี้

1. การจัดเรียงทิศการวางตัวของอาคารให้ขนานกับทิศทางลม ช่วยส่งให้ลมกระจายเข้าสู่บล็อกดีขึ้นเนื่องจากไม่มีการขวางการไหล (1)
2. การเพิ่มเส้นรอบรูปที่เล็กที่สุดในบล็อก อาจส่งผลต่อการไหลน้อย สืบเนื่องจากภาพการไหล (2)
3. การเพิ่มค่า SDHT ช่วยเพิ่มการไหลให้บล็อกได้เนื่องจากอาคารที่มีความสูงมากกว่า จากค่า ACH ที่ไหลเข้าออกบล็อกรูปร่าง ที่ความสูง 2.5 m เนื่องจากตึกสูงกว่าช่วยดึงลมลงสู่บล็อกได้ดีกว่าด้วย

จากที่ได้กล่าวมาแล้วว่า เมื่อรวมค่าร้อยละการเพิ่มขึ้นของค่า ACH ของทั้ง 3 กรณีศึกษาจากสมการที่ค้นพบจากการศึกษาผลค่า ACH เพิ่มขึ้นจากเดิม 34.2 % เมื่อเปรียบเทียบผลจากการจำลองการไหลด้วยโปรแกรมพลศาสตร์ของไหล ได้ค่าเป็นเพิ่มร้อยละ 20

เปรียบเทียบผลทั้ง 2 ค่า คือ $34.2 - 20 = 14.2$ พิสูจน์ค่าความแม่นยำของสมการโดยการเปรียบเทียบค่า 34.2 และ 20 ให้เป็นอัตราส่วนร้อยละ ผลเท่ากับ 68.4% หรือประมาณ 70% ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้ว่าสมการจากการศึกษาแม่นยำสามารถพยากรณ์ค่าอัตราการถ่ายเทอากาศได้ แม่นยำ 70% สอดคล้องกับผลค่า R-square ที่ได้จากการคำนวณเชิงสถิติ

ในส่วนของการตรวจสอบความถูกต้องของผลที่ได้จากการจำลองพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ CFD ที่ใช้ในการศึกษานี้กับผลที่ตรวจวัดจากภาคสนาม โดยตรวจวัดผลการศึกษากับผลจากภาคสนามจากสถาบัน JGSEE (งานวิจัยการประเมินศักยภาพแหล่งพลังงานลมด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และการวิเคราะห์ด้านภูมิศาสตร์สารสนเทศ ของ ผศ.ดร. เกษมสันต์ มโนมัยพิบูลย์ บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม) ดังแสดงรายละเอียดในภาคผนวก ง.

สรุปจาก ข้อมูลความเร็วลมของทั้ง 3 กรณีศึกษา พบว่า ข้อมูลความเร็วลมของเขตบางรักมีค่า สอดคล้องกัน คือมีความเร็วลมประมาณ 0.4-1.0 เมตรต่อวินาที ที่ระดับความสูง 1.50 เมตรจาก พื้นดิน

ส่วนการวิเคราะห์ในบทต่อไป จะกล่าวถึง ในภาพกว้างพบว่าสิ่งแวดล้อมเมืองมีความสัมพันธ์ กับการระบายอากาศอย่างไร สัณฐานแบบใดที่ทำให้การระบายอากาศดีและสัณฐานแบบใดแบบใดทำให้ การระบายอากาศมีปัญหา ในระดับบล็อกพบว่าบล็อกที่มีลักษณะเชิงสัณฐาน (หรือลักษณะผสม ของสัณฐาน) แบบใดที่ส่งผลให้มีการระบายอากาศดี และบล็อกที่มีลักษณะเชิงสัณฐานแบบใดที่ส่งผล ให้มีปัญหาการระบายอากาศสรุปข้อค้นพบและข้อเสนอแนะต่อไป



บทที่ 7

บทสรุปและข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

สืบเนื่องจากปัญหาการใช้ที่ดินของประเทศไทยที่มีมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ที่ขาดการใส่ใจ ให้การออกแบบวางผังเมืองให้เอื้อให้ลมสามารถพัดผ่านพื้นที่เมืองได้ดี นำไปสู่ปัญหาการใช้ประโยชน์ ที่ดินที่ไม่เหมาะสมกับการพัฒนาเมืองที่เป็นอยู่และจะดำเนินต่อไปในอนาคต การใช้ที่ดินผิดประเภท เหล่านี้ก่อให้เกิดผลกระทบอื่นๆ ตามมาอีกมากมาย ดังที่ปรากฏให้เห็นอย่างชัดเจนคือปัญหาการขาด การไหลเวียนของอากาศในพื้นที่เมือง ทำให้ผู้ที่อาศัยอยู่พื้นที่เมืองมีสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมต่อการอยู่ อาศัยเท่าที่ควร ซึ่งก่อให้เกิดความเสียหายทางเศรษฐกิจและสังคมอย่างมาก ส่วนหนึ่งอาจจะ เนื่องมาจากนโยบายการบริหารจัดการที่ไม่มีเอกภาพ ประกอบกับ ประเทศไทยมีหน่วยงานที่บริหาร

จัดการที่ดินจำนวนมาก แต่ละหน่วยงานต่างก็มีกฎหมายซึ่งเป็นที่มาของอำนาจในการบริหารจัดการที่ดินของตนเอง จึงทำให้เกิดปัญหาการบริหารจัดการขึ้นทั้งในระดับนโยบายและในระดับปฏิบัติ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในหลายหน่วยงานเกิดความตระหนักถึงความจำเป็นที่จะต้องเร่งรัดให้เกิดการวางแผนการใช้ที่ดินของชาติที่เป็นระบบและประสานสอดคล้องกันในแต่ละสาขาและจะต้องนำไปสู่การปฏิบัติได้อย่างแท้จริง

ในการจัดทำแผนการใช้ที่ดินของชาติจำเป็นต้องมีการศึกษาเพื่อกำหนดเป้าหมายการใช้ที่ดินและแนวทางการใช้ที่ดินที่ทุกหน่วยงานยอมรับและนำมาบังคับใช้อย่างเคร่งครัด โดยมีการกำหนดว่าพื้นที่ส่วนใดของกรุงเทพมหานครชั้นใน ควรจะใช้ประโยชน์เพื่อกิจกรรมใด มีการจำแนกว่าพื้นที่ใดควรจะมีลักษณะสัญญาณเมืองเช่นไร มีข้อกำหนด มาตรการบังคับใช้ตามกฎหมายเช่นไร เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดและสามารถใช้ที่ดินได้อย่างยั่งยืน ทั้งนี้ ต้องมีการพิจารณาตามศักยภาพของพื้นที่และความสอดคล้องกับทิศทางการพัฒนาประเทศอีกด้วย

ปัจจุบันกระบวนการวางแผนทางผังเมืองที่คำนึงถึงการจัดการให้พื้นที่เมืองมีการไหลของอากาศที่ดียังเป็นเรื่องใหม่สำหรับประเทศไทย การที่จะควบคุมให้พื้นที่เมืองมีรูปทรงที่เอื้อให้เมืองมีการระบายอากาศที่ดีจะต้องพึ่งพาการดำเนินการของรัฐผ่านทางนโยบายด้านกฎหมายควบคุมทางผังเมือง ทั้งในส่วนกฎหมายควบคุมประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน กฎหมายสิ่งแวดล้อม และเทศบัญญัติควบคุมอาคาร และอาจจะกล่าวได้ว่า ยังไม่เคยมีการศึกษาเกี่ยวกับเรื่องนี้อย่างจริงจังในลักษณะของการศึกษาเชิงประจักษ์ โดยการสร้างเครื่องมือโดยตรงสำหรับวัดค่าว่าสัญญาณเมืองแบบใดจะทำให้พื้นที่เมืองมีอัตราการระบายอากาศที่ดีที่สุด

พื้นที่บางรักเป็นพื้นที่ศูนย์กลางการค้าและธุรกิจที่สำคัญที่สุดของกรุงเทพมหานคร พื้นที่นี้มีความต้องการใช้พื้นที่สูงขึ้นตลอดมาทั้งในอดีตสืบเนื่องไปถึงยังอนาคต อีกทั้งเศรษฐกิจโลก อาเซียน และของประเทศไทยยังคงพัฒนาขึ้นต่อเนื่องอย่างไม่หยุดยั้ง พื้นที่บางรักจึงเป็นพื้นที่ที่นักวิจัยและนักวางแผนควรให้ความสนใจ โดยเฉพาะในประเด็นเกี่ยวกับการแก้ไขปัญหาที่จึงมีความจำเป็นต้องเตรียมนโยบายเพื่อรองรับการเติบโตนี้ โดยเฉพาะพื้นที่ที่มีอาคารแบบสูง-แน่น ที่ตั้งอยู่เป็นจำนวนมาก ในย่านพื้นที่สีลมและสาทร ซึ่งเป็นบริเวณด้านซ้ายบนและล่างของเขตบางรักโดยกระจุกตัวอยู่ในพื้นที่ริมถนนสายหลัก และพื้นที่ที่มีอาคารแบบเตี้ย-แน่น ที่เป็นอาคารในลักษณะอาคารพาณิชย์ที่สร้างด้วยเทคโนโลยีสมัยเก่า ที่ตั้งอยู่เบียดกันแน่นบริเวณด้านขวาบนและช่วงกลางของเขต บริเวณถนนสุรวงศ์ เจริญกรุง และสี่พระยา

หากพิจารณาผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร โดยสำนักผังเมืองกรุงเทพมหานคร จะพบว่ามี การกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดินและอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน เพื่อประกาศใช้ตาม กฎกระทรวงตั้งแต่ปีพ.ศ. 2549 เน้นการเพิ่มความหนาแน่นของการใช้พื้นที่ดินในพื้นที่ใจกลางเมือง และศูนย์กลางชุมชนที่สำคัญในพื้นที่ย่านต่างๆของกรุงเทพมหานครในการพัฒนาพื้นที่เมือง กรุงเทพมหานครย่อมไม่สามารถหลีกเลี่ยงการพัฒนาด้านสัณฐานเมืองที่จะเพิ่มขึ้นทางสูงได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ที่ผังเมืองรวมกำหนดให้มีอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดินในสัดส่วนที่ สูง ซึ่งทำให้ในพื้นที่เหล่านี้มีอาคารและสิ่งปลูกสร้างตั้งอยู่อย่างหนาแน่นในอนาคต

เงื่อนไขดังกล่าวสอดคล้องกับสาเหตุโดยทั่วไปที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์การขาดการไหลเวียน ของอากาศที่เพียงพอในพื้นที่ใจกลางเมือง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ที่มีกลุ่มอาคารสูงตั้งอยู่อย่าง หนาแน่น ย่านศูนย์กลางการค้าและธุรกิจ ซึ่งย่านนั้นนอกจากจะมีจำนวนคนในพื้นที่สูงตามไปด้วยแล้ว ยังมีกิจกรรมการใช้พื้นที่สาธารณะภายนอกอาคารสูงอีกด้วย อย่างไรก็ตามผลจากการศึกษาในงานชิ้น นี้กลับแสดงให้เห็นว่า การที่พื้นที่เมืองมีกลุ่มอาคารหรือสิ่งปลูกสร้างตั้งอยู่อย่างหนาแน่น ไม่ได้เป็น เงื่อนไขตายตัวที่จะทำให้พื้นที่เหล่านั้นเป็นพื้นที่ที่มีปัญหาการขาดการไหลเวียนของอากาศที่เพียงพอ ในพื้นที่เมืองที่สุดเสมอไป และลักษณะสัณฐานเมืองอาจเอื้อให้เกิดการไหลของอากาศที่ดีตามหลัก ทฤษฎีอากาศพลศาสตร์ได้ (Aerodynamics) ซึ่งปัจจัยรูปร่างอาคารเป็นปัจจัยสำคัญที่สุด เมื่อร่วม พิจารณาประกอบกับลักษณะแนวนอน ขนาดความกว้าง ความยาว ลักษณะรูปแบบโครงข่ายถนนที่ ทำหน้าที่เสมือนหัวจ่ายลมที่แจกจ่ายลมเข้าสู่พื้นที่เมืองในบริเวณนั้น ๆ การเติบโตของพื้นที่ กรุงเทพมหานครในอนาคต ย่อมทำให้เกิดการเติบโตของสัณฐานเมือง โดยมีการเพิ่มขึ้นของอาคาร และสิ่งปลูกสร้างมากกว่าเดิม จากการเพิ่มขึ้นของอาคารและสิ่งปลูกสร้างที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ เหล่านี้ ทั้งนี้หากมีการศึกษาเพิ่มเติมในรายละเอียดจนสามารถกำหนดคุณสมบัติของลักษณะเฉพาะ ของสัณฐานเมืองที่เกิดจากอาคารและสิ่งปลูกสร้างภายในเมืองเหล่านั้นได้อย่างชัดเจนทั้งจากทิศทาง ขนาดของถนนและแนวการวางตัวที่เหมาะสมสอดคล้องกับขนาดของแปลงที่ดินที่มีอยู่ในพื้นที่และ อัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดินที่มีการกำหนดไว้ในผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร ซึ่งทำให้คาด เตาถึงลักษณะของมวลอาคารและพื้นที่โล่งที่จะเกิดขึ้นในพื้นที่บริเวณนั้นได้ จึงสามารถใช้เป็น ข้อพิจารณาถึงลักษณะสัณฐานของพื้นที่เมืองที่อาคารหรือสิ่งปลูกสร้างเหล่านี้กำลังจะเกิดขึ้น และ กำหนดเงื่อนไขในการก่อสร้างและดำเนินการพัฒนาสัณฐานของพื้นที่เมืองให้เหมาะสม ที่ทำให้ใช้ ประโยชน์จากลักษณะสัณฐานของอาคารและสิ่งปลูกสร้างที่จะเกิดขึ้นเหล่านี้ในการช่วยลดการขาด การไหลเวียนของอากาศที่เพียงพอในพื้นที่กรุงเทพมหานครได้อย่างดีอีกด้วย

ในการระบุรายละเอียดข้อกำหนดทางด้านผังเมืองรวมของกรุงเทพมหานครในปัจจุบัน มีการกำหนดอัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดินในแต่ละพื้นที่ของกรุงเทพมหานคร แต่ข้อกำหนดดังกล่าว ไม่ได้เป็นเงื่อนไขที่สามารถควบคุมรายละเอียดของลักษณะสัญญาณเมืองที่จะเกิดขึ้นในพื้นที่ได้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์ ซึ่งยากต่อการทำให้ลักษณะสัญญาณของพื้นที่เมืองในแต่ละบริเวณเกิดประโยชน์ต่อการแก้ไขปัญหาการขาดการไหลเวียนของอากาศที่เพียงพอในพื้นที่เมืองบริเวณนั้น ดังนั้นหากพิจารณาให้ความสำคัญถึงการขาดการไหลเวียนของอากาศที่เพียงพอในพื้นที่เมืองของกรุงเทพมหานคร การเพิ่มเติมรายละเอียดของข้อกำหนดทางด้านผังเมือง เช่น ความสูงของอาคาร แนวการวางตัวของอาคาร และระยะถอยร่นของอาคารที่เหมาะสม ที่สามารถช่วยให้เพิ่มช่องทางการไหลของอากาศ ของพื้นที่ว่างหน้าอาคารหรือพื้นที่ว่างสาธารณะของพื้นที่โดยรอบอาคาร หรือแม้แต่การกำหนดระดับชั้นความสูงของอาคารในที่ดินแต่ละบริเวณที่เหมาะสม จะทำให้อาคารและสิ่งปลูกสร้างในพื้นที่เมืองที่จำเป็นต้องเกิดขึ้นในการพัฒนาของพื้นที่กรุงเทพมหานครอยู่แล้วนั้น อาจมีส่วนช่วยในการเพิ่มการไหลเวียนของอากาศในพื้นที่เมืองได้อย่างมาก

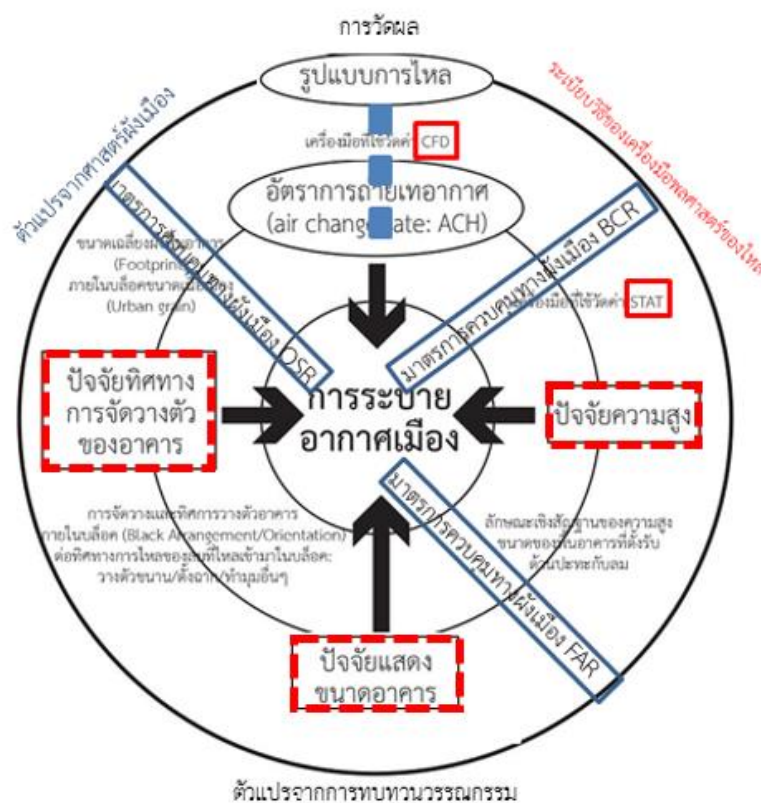
การศึกษานี้มีจุดมุ่งหมายต้องการหาคำตอบว่าปัจจัยสัญญาณเมืองมีผลต่อการระบายอากาศเมืองในพื้นที่พัฒนาหนาแน่นกรุงเทพมหานครขึ้นในอย่างไร และตัวแปรเชิงสัญญาณเมืองที่มีผลต่อการระบายอากาศในพื้นที่ดังกล่าวมีอะไรบ้าง และมีผลต่อการระบายอากาศเมืองทั้งทางด้านบวกและลบอย่างไรบ้าง ความรู้นี้จะนำไปสู่การวางแผนการควบคุมการเติบโตและลักษณะอาคารที่ควรจะเป็นไปในอนาคต ข้อค้นพบจากการศึกษานี้ตั้งอยู่บนสภาพที่แท้ของปัญหา นอกจากนี้ พื้นที่บางรักเป็นศูนย์กลางการค้าและธุรกิจดังกล่าวเป็นพื้นที่ที่มีลักษณะพิเศษ มีความหลากหลาย มีความเฉพาะตัวสูง และสามารถจะพัฒนาเป็นต้นแบบของพื้นที่ศูนย์กลางการค้าและธุรกิจอื่นของประเทศไทยได้ จึงมีความท้าทายนักวางแผนที่จะวางแผนพัฒนาพื้นที่ดังกล่าวเพื่อแก้ปัญหาความเหลื่อมล้ำในเชิงพื้นที่ที่เกิดขึ้นอย่างยั่งยืนและเป็นระบบ ซึ่งจะนำไปสู่ภาพรวมที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้นของแผนพัฒนาภาคและเมืองที่ยั่งยืน โดยการศึกษานี้ได้เลือกพื้นที่บางรักเป็นพื้นที่ศึกษา โดยใช้แนวคิดทฤษฎี Aerodynamics และกฎอนุรักษ์ของ Newton ในการสร้างกรอบแนวคิดในการศึกษา และใช้แนวคิดการคำนวณสมการอนุพันธ์ คอมพิวเตอร์พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (Computer Fluid Dynamics, CFD) เป็นเครื่องมือในการวัดระดับความสามารถในการระบายอากาศในพื้นที่เมือง

กระบวนการศึกษาที่ใช้ในการศึกษานี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ส่วนใหญ่ๆ ทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ คือ การศึกษาเชิงคุณภาพ ได้แก่ การศึกษาภาพ ประกอบด้วย ส่วนที่ 1. การศึกษาภาพรวมของเวกเตอร์ความเร็วลมและทิศทางการไหลทั้งหมด ส่วนที่ 2. การศึกษาภาพของเวกเตอร์ความเร็วลมและทิศทางการไหลของแต่ละบล็อกของเมือง และ การศึกษาเชิงปริมาณ ได้แก่

การศึกษาตัวเลข ประกอบด้วย ส่วนที่ 3. การศึกษาตัวเลขค่าอัตราการระบายอากาศเมือง (Air Change Rate, ACH) ของแต่ละบล็อกของเมือง ส่วนที่ 4. การสรุปผลการศึกษาเพื่อสร้างทฤษฎีสมการทำนายผลการศึกษา ปัจจัยตัวแปรที่สามารถทำนายความสามารถในการระบายอากาศของพื้นที่เมืองได้ และสร้างองค์ความรู้ที่เป็นสามัญการ และปรับเป็นข้อเสนอแนะในเชิงนโยบายการวางแผนทางผังเมืองได้

ผลการศึกษสามารถเป็นข้อยืนยันได้อย่างดีถึงความเชื่อมโยงที่เกิดขึ้นระหว่างลักษณะเฉพาะเชิงสัณฐานของพื้นที่ย่านศูนย์กลางการค้าและธุรกิจของเขตบางรัก กับผลของค่าอัตราการระบายอากาศเมืองที่แตกต่างกัน ซึ่งมีผลมาจากปัจจัยสำคัญของลักษณะสัณฐานในพื้นที่เมือง คือ รูปทรงอาคาร รวมถึงทั้งพื้นที่สาธารณะ ที่ว่างและถนนในพื้นที่นั้นๆ มีผลต่อความสามารถในการไหลของอากาศในพื้นที่เมืองที่เกิดขึ้น โดยสามารถเปลี่ยนแปลงไปได้ตามลักษณะเชิงสัณฐานของพื้นที่เมืองในบริเวณนั้น ทั้งนี้กรอบการวิจัยได้ยืนยันถึงองค์ประกอบสำคัญสามประการ คือ ปัจจัยที่เกี่ยวกับขนาดอาคาร ปัจจัยที่เกี่ยวกับความสูงอาคาร และปัจจัยที่เกี่ยวกับการจัดวางของอาคาร ตรงกับผลของการศึกษาทุกประการ ทั้งนี้เนื่องจากอาคารหรือสิ่งปลูกสร้างเป็นปัจจัยสำคัญในการปิดกั้น และเบี่ยงเบนทิศของลมไม่ให้ไหลเข้าสู่บางพื้นที่ แต่ในเวลาเดียวกันก็สามารถดักลมให้ไหลเข้าสู่บางพื้นที่ได้เช่นเดียวกัน มวลอาคารที่มีขนาดใหญ่และสูงจะดักและรวบรวมให้ไหลเข้าสู่พื้นที่ได้มาก เพราะอาคารสูงได้รับลมอย่างเต็มที่ตลอดระนาบความสูงของอาคาร อีกทั้งลมในระดับความสูงที่สูงมากขึ้นลมจะยิ่งมีความเร็วมากขึ้น

พิจารณาจากกรอบการวิจัยของการศึกษานี้ ที่ระบุถึงปัจจัยตัวแปรและเงื่อนไขของสัณฐานเมืองที่มีต่อการระบายอากาศในพื้นที่เมืองที่พบเชื่อมโยงสู่ศาสตร์ทางการวางแผนภาคและเมือง ได้เป็น 2 ปัจจัยหลัก ๆ คือ 1. ปัจจัยทางด้านมาตรการทางผังเมืองที่ใช้ควบคุมทางกฎหมายที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน (แสดงในเส้นกรอบสี่เหลี่ยมสีน้ำเงิน) ได้แก่ ค่าอัตราส่วนพื้นที่ใช้สอยอาคารทั้งหมดต่อพื้นที่ดิน (Floor area ratio, FAR), ค่าอัตราส่วนพื้นที่ว่างทั้งหมดบนพื้นที่ดินต่อพื้นที่ใช้สอยอาคารทั้งหมด (Open Space ratio, OSR), ค่าอัตราส่วนพื้นที่อาคารที่ปกคลุมดินต่อพื้นที่ดินทั้งหมด (Building Coverage ratio, BCR) และ 2. ปัจจัยทางกายภาพ (แสดงในเส้นกรอบสี่เหลี่ยมสีแดง) ได้แก่ ปัจจัยที่เกี่ยวกับขนาดอาคาร ปัจจัยที่เกี่ยวกับความสูงอาคาร และปัจจัยที่เกี่ยวกับการจัดวางของอาคาร ที่เป็นข้อค้นพบของการศึกษานี้ และจะได้นำข้อค้นพบนี้เสนอให้บรรจุเป็นข้อบังคับทางด้านกฎหมายเพิ่มเติม เพื่อให้พื้นที่เมืองในอนาคตเอื้อให้เกิดการไหลเวียนของอากาศที่ดีในพื้นที่เมืองต่อไป



ภาพที่ 121 กรอบการวิจัยของการศึกษานี้ แสดงปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับขนาดอาคาร ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความสูงอาคาร และปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดวางของอาคาร (ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

7.1 ข้อค้นพบสำคัญ

7.1.1 ปรากฏการณ์การขาดการไหลเวียนของอากาศที่เพียงพอในพื้นที่เมืองเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจริง

ปรากฏการณ์การขาดการไหลเวียนของอากาศที่เพียงพอเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจริง โดยสามารถวัดค่าปรากฏการณ์นี้ได้โดยใช้การวัดค่าอัตราการระบายอากาศเมือง (ซึ่งได้กล่าวถึงวิธีหาค่านี้มาแล้วในบทที่ 3) ค่าอัตราการระบายอากาศโดยทั่วไปตามกฎหมาย "national consensus standard" กำหนดให้มีค่าน้อยกว่า ACH มีค่าเท่ากับ 4 (Marshall, 1996) แต่จากการศึกษานี้พบว่าในพื้นที่เมืองบางพื้นที่มีค่า ACH ต่ำกว่า 4 ซึ่งนับว่าเป็นอันตรายต่อผู้ที่อยู่อาศัยในเขตเมือง

7.1.2 การแก้ปัญหาปรากฏการณ์การขาดการไหลเวียนของอากาศที่เพียงพอในพื้นที่เมือง

ภายในพื้นที่ปัญหาความแออัดที่ทำให้เกิดการขาดการไหลเวียนของอากาศที่ดีในพื้นที่เมือง เมื่อทำการศึกษาค้นคว้าถึงสาเหตุและปัจจัยสำคัญทำให้พบว่า เป็นต้นเหตุที่ทำให้อัตราการระบายอากาศในพื้นที่เมืองแตกต่างกัน คือ ลักษณะสัณฐานในพื้นที่นั้น

การศึกษานี้ได้ศึกษาบทกฎหมายต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมความหนาแน่น ได้แก่ ค่าอัตราส่วนพื้นที่ใช้สอยอาคารทั้งหมดต่อพื้นที่ดิน (Floor area ratio, FAR), ค่าอัตราส่วนพื้นที่ว่างทั้งหมดบนพื้นที่ดินต่อพื้นที่ใช้สอยอาคารทั้งหมด (Open Space ratio, OSR), ค่าอัตราส่วนพื้นที่อาคารที่ปกคลุมดินต่อพื้นที่ดินทั้งหมด (Building Coverage ratio, BCR) มาวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลทางกายภาพของตัวอาคารที่ใช้ในการจำลองการไหล เพื่อวิเคราะห์หาความเชื่อมโยงและปฏิสัมพันธ์กันของประเด็นสำคัญทางกายภาพ ได้แก่ ปัจจัยที่เกี่ยวกับความสูง ขนาดอาคาร การวางทิศของอาคาร รวมถึงปัจจัยอื่นที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรมที่ส่งผลต่อการระบายอากาศเมือง

ความสัมพันธ์ของค่าตัวแปรเชิงสัณฐานทุกตัวเป็นค่าตัวแปรทางผังเมืองที่ล้วนมีความสำคัญต่อการระบายอากาศเมือง โดยเป็นทั้งแบบมีนัยสำคัญอย่างยิ่ง อย่างมีนัยสำคัญและไม่มีนัยสำคัญ แบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือ สรุปลักษณะด้านกฎหมาย และสรุปลักษณะด้านกายภาพ ดังมีรายละเอียดดังนี้

7.1.2.1. สรุปลักษณะด้านกฎหมาย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงให้เห็นได้ว่าค่าควบคุมทางผังเมืองที่เป็นมาตรการบังคับใช้กฎหมาย ได้แก่ค่า ค่าอัตราส่วนพื้นที่ใช้สอยอาคารทั้งหมดต่อพื้นที่ดิน (Floor area ratio, FAR), ค่าอัตราส่วนพื้นที่ว่างทั้งหมดบนพื้นที่ดินต่อพื้นที่ใช้สอยอาคารทั้งหมด (Open Space ratio, OSR), ค่าอัตราส่วนพื้นที่อาคารที่ปกคลุมดินต่อพื้นที่ดินทั้งหมด (Building Coverage ratio, BCR) พบว่ามีรายละเอียด ดังนี้คือ ค่าอัตราส่วนพื้นที่ใช้สอยอาคารทั้งหมดต่อพื้นที่ดิน (Floor area ratio, FAR), ค่า FAR มีความสัมพันธ์ต่ออัตราการระบายอากาศเมืองที่นัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ตัวแปรที่มีผลเชิงบวก คือ 0.278* มีค่าความสำคัญต่อการระบายอากาศเมือง 27.8%

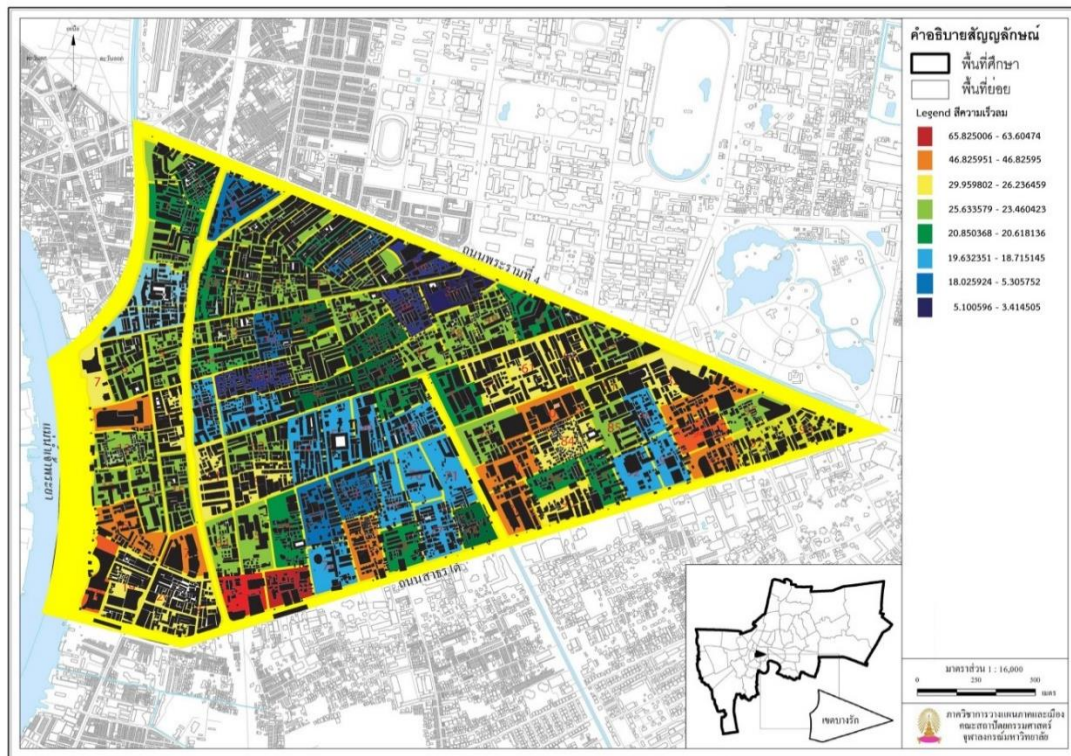
ค่า OSR ค่าอัตราส่วนพื้นที่ว่างทั้งหมดบนพื้นที่ดินต่อพื้นที่ใช้สอยอาคารทั้งหมด (Open Space ratio, OSR) มีความสัมพันธ์ต่ออัตราการระบายอากาศเมืองที่ไม่มีนัยสำคัญเป็นตัวแปรที่มีผลเชิงลบ คือ -0.191 มีค่าความสำคัญต่อการระบายอากาศเมือง 19.1%

ค่า BCR ค่าอัตราส่วนพื้นที่อาคารที่ปกคลุมดินต่อพื้นที่ดินทั้งหมด (Building Coverage ratio, BCR) มีความสัมพันธ์ต่อค่าอัตราการระบายอากาศเมืองที่ไม่มีนัยสำคัญ ตัวแปรที่มีผลเชิงบวก คือ 0.092 มีค่าความสำคัญต่อการระบายอากาศเมือง 9.2%

ตัวแปรตัวอื่นที่เกี่ยวข้องกับค่า BCR ที่มีความสัมพันธ์ต่อค่าอัตราการระบายอากาศเมืองที่นัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ได้แก่ ค่าอัตราส่วนพื้นที่อาคารที่ปกคลุมดินสูงสุดต่อพื้นที่ดินทั้งหมด (Maximum Building Coverage ratio per plot area, BCRmaxplot) มีความสัมพันธ์ต่อค่าอัตราการระบายอากาศเมืองที่นัยสำคัญที่มีผลเชิงบวก คือ 0.273* มีค่าความสำคัญต่อการระบายอากาศเมือง 27.3%, ค่าอัตราส่วนพื้นที่อาคารที่ปกคลุมดินต่ำสุดต่อพื้นที่ดินทั้งหมด (Minimum Building Coverage ratio per plot area, BCRminplot) มีความสัมพันธ์ต่อค่าอัตราการระบายอากาศเมืองที่มีผลเชิงบวก คือ 0.282* มีค่าความสำคัญต่อการระบายอากาศเมือง 28.2%,

ตัวแปรตัวอื่นที่เกี่ยวข้องกับค่า BCR ที่มีความสัมพันธ์ต่อค่าอัตราการระบายอากาศเมืองที่นัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ได้แก่ ค่าอัตราส่วนพื้นที่อาคารที่ปกคลุมดินเฉลี่ยต่อพื้นที่ดินทั้งหมด (Average Building Coverage ratio per plot area, BCRaverageplot) มีความสัมพันธ์ต่อค่าอัตราการระบายอากาศเมืองที่นัยสำคัญที่มีผลเชิงบวก คือ 0.31** มีค่าความสำคัญต่อการระบายอากาศเมือง 31%, ค่าความเบี่ยงเบนของค่าอัตราส่วนพื้นที่อาคารที่ปกคลุมดินต่อพื้นที่ดินทั้งหมด (Standard Deviation of Building Coverage ratio per plot area, BCR s.d.plot) มีความสัมพันธ์ต่อค่าอัตราการระบายอากาศเมืองที่นัยสำคัญที่มีผลเชิงบวก คือ 0.311** มีค่าความสำคัญต่อการระบายอากาศเมือง 31.1%

หมายความว่า ปัจจัยตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับค่า FAR และ BCR สามารถใช้ทำนายอัตราการระบายอากาศเมืองได้ ในส่วนของค่า OSR แม้จะรู้แนวโน้มความสัมพันธ์ ว่าเป็นแบบผกผัน คือ ถ้า ค่า OSR มากค่าการระบายอากาศเมืองจะต่ำ แต่เป็นความสัมพันธ์แบบไม่มีนัยยะสำคัญ สอดคล้องกับผลการศึกษาที่ว่า ที่ว่างไม่ได้เป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดอัตราการระบายอากาศเมืองที่ดีเสมอไป (ดังในภาพที่ 121 แสดงด้วยสีฟ้ากึ่งกลางด้านล่างของเขตบางรัก) แสดงให้เห็นว่าบริเวณที่มีที่ว่างมาก อาจมีอัตราการระบายอากาศเมืองที่ไม่ดีได้เช่นเดียวกัน



ภาพที่ 122 แสดงที่ว่างไม่ได้เป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดอัตราการระบายอากาศเมืองที่ดี
(ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

สรุปผลได้ว่า ค่าความหนาแน่นเมือง คือ ค่า FAR และ BCR มีความสัมพันธ์แบบแปรผันตามกัน คือ ถ้า ค่า FAR และ BCR มาก ค่าการระบายอากาศเมืองจะสูง แต่ถ้า ค่า OSR มาก ค่าการระบายอากาศเมืองจะต่ำ ซึ่งขัดกับศาสตร์ที่เคยร่ำเรียนมา ว่า ถ้ามีที่ว่าง (Negative Space) มากจะมีการไหลของอากาศที่ดี แต่ผลการวิจัยตอบให้ทราบว่า ที่เคยเข้าใจมานั้น ผิดทั้งสิ้น เหตุผลเพราะ การไหลของอากาศเกิดจากการเปลี่ยนแปลงความดันจากการเปลี่ยนแปลงรูปทรงรอบที่ว่าง พื้นที่ ที่ปิดกันลมมาก (อาคารขนาดใหญ่หรืออาคารสูง) จึงทำให้เกิดลมมาก ข้อค้นพบนี้จึงเป็นสาระสำคัญประการหนึ่งทางผังเมือง

จะเห็นได้ว่าตัวแปรควบคุมทางผังเมืองเหล่านี้เป็นตัวแปรที่ล้วนเป็นค่าอัตราส่วนของค่าที่คำนวณจากค่าพื้นที่ใช้สอยอาคารและพื้นที่ดิน ค่าพื้นที่เหล่านี้ไม่ระบุถึงรูปร่างอาคารซึ่งเป็นตัวแปรสำคัญทางผังเมืองเช่นเดียวกัน อันได้แก่ ค่าความกว้าง ความยาว ความสูงที่ชัดเจน ซึ่งปัจจัยรูปร่างอาคารรวมถึงการจัดวางเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดที่เกี่ยวข้องกับความสามารถที่จะทำให้เกิดการไหลที่ดีได้อธิบายได้ตามทฤษฎีพลศาสตร์อากาศ Aerodynamics ที่ใช้ในการศึกษานี้ที่วิเคราะห์เกี่ยวกับเรื่องรูปทรงอาคาร (Form) [ที่ประกอบด้วยรูปร่าง (Shape) และ รูปทรง (Size)] และ ค่าแรงต้านอากาศ

(Drag Force) สอดคล้องกับทฤษฎีพลศาสตร์อากาศในบทที่ 2 และสอดคล้องกับแนวคิดของ Grimmond และ Oke (1998) ที่ได้รับบุถึงปัจจัยพลศาสตร์อากาศของเมือง (Urban Aerodynamics)

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับรูปร่างอาคารเหล่านี้ที่มีความสำคัญมากที่สุดต่อความสามารถในการไหล แต่ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับรูปร่าง ยังไม่เป็นค่าควบคุมทางผังเมืองที่เป็นมาตรการบังคับใช้กฎหมาย แต่เป็นข้อกำหนดทางเทศบัญญัติอาคารที่ควบคุมระยะร่นโดยรอบอาคาร ทั้งจากถนนและจากระยะห่างระหว่างอาคารกับขอบเขตที่ดิน เพื่อให้มีระยะให้เพื่อการป้องกันอัคคีภัย โดยวัดระยะห่างจากแนวขอบเขตที่ดินที่ระยะ 3 และ 6 เมตร ซึ่งระยะเหล่านี้ถูกควบคุมโดยขนาดแปลงที่ดินตามโฉนดตามกรรมสิทธิ์ถือครองที่ดิน ซึ่งขนาดตามโฉนดที่เป็นตัวกำหนดขนาดอาคาร และเทศบัญญัติควบคุมอาคารสามารถ ขนาดโครงข่ายถนน สามารถปรับร่วมกับมาตรการบังคับใช้กฎหมายทางผังเมืองเพื่อเป็นนโยบายควบคุมทางผังเมือง เพื่อปรับปรุงพื้นที่เมืองให้เมืองประกอบที่เหมาะสมที่ทำให้มีอัตราการระบายอากาศเมืองที่ดียิ่งขึ้นได้ อันเป็นการแก้ปัญหาปรากฏการณ์การขาดการไหลเวียนของอากาศที่เพียงพอในพื้นที่เมือง ในส่วนของตัวแปรยังมีตัวแปรอีกส่วนหนึ่ง คือ ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับทางกายภาพ มีรายละเอียด ดังนี้

7.1.2.2. สรุปรูปตัวแปรด้านกายภาพ

จากผลการทดลองจำลองการไหลของการศึกษาทั้งที่เป็นภาพที่แสดงสัญญาณเมืองว่ามีผลอย่างไรต่อรูปแบบการไหลและการเปลี่ยนแปลงค่าความเร็วลม และในส่วนที่แสดงค่าเป็นตัวเลขที่สามารถนำไปใช้โดยอาศัยข้อค้นพบจากโครงสร้างความสัมพันธ์ของค่าอัตราการระบายอากาศเมืองกับตัวแปรต่างๆ ยังมีตัวแปรอีกกลุ่มที่สามารถทำนายผลการระบายอากาศเมืองได้อย่างแม่นยำ และยังสามารถใช้สอดคล้องกับข้อสมมติฐานที่ตั้งไว้ตั้งแต่ตอนต้น คือ ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความสูง ขนาดอาคาร และด้านการวางทิศของอาคาร เป็นตัวแปรที่มีความสำคัญสูงสุดต่อค่าอัตราการระบายอากาศเมือง และจากสมการนี้สามารถสร้างเป็นทฤษฎีข้อค้นพบถึงตัวแปรที่ใช้เป็นสามัญการและเป็นข้อเสนอแนะเชิงนโยบายทางผังเมือง ทำให้พื้นที่เมืองที่สร้างขึ้นตามสมการจะเป็นพื้นที่ที่มีการระบายอากาศเมืองที่ดี ข้อค้นพบตัวแปรอื่นที่มีผลต่อการระบายอากาศเมือง จากการศึกษาพบว่ามีตัวแปรอื่นที่มีผลต่อการระบายอากาศเมือง โดยแบ่งตามนัยยะสำคัญ และความสัมพันธ์ทางด้านบวกและลบ ดังมีรายละเอียด ดังนี้

1. กลุ่มตัวแปรเชิงสัญญาณที่มีค่านัยสำคัญที่มีค่าความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95 ประกอบด้วยตัวแปรที่มีผลเชิงบวก (แปลว่ายิ่งเพิ่มค่าเหล่านี้ ค่า ACH ยิ่งสูง ยิ่งไหลดี) 5 ตัว คือ **1.ค่าความเบี่ยงเบนของค่าเส้นรอบรูปที่เล็กที่สุดต่อพื้นที่แปลงที่ดิน** (Standard deviation of building

perimeters in urban block per plot area, perisdplot) มีความสัมพันธ์ต่อค่าอัตราการระบายอากาศเมืองที่น้อยสำคัญและเป็นตัวแปรที่มีผลเชิงบวก คือ 0.261* มีค่าความสำคัญต่อการระบายอากาศเมือง 26.1%, **2.ค่าพื้นที่ผิวอาคารที่มากที่สุดต่อพื้นที่แปลงที่ดิน** (Maximum building surface area in urban block per plot area, surfmaxplot) มีความสัมพันธ์ต่อค่าอัตราการระบายอากาศเมืองที่น้อยสำคัญและเป็นตัวแปรที่มีผลเชิงบวก คือ 0.244* มีค่าความสำคัญต่อการระบายอากาศเมือง 24.4%, **3.ค่าความเบี่ยงเบนของพื้นที่ผิวอาคารต่อพื้นที่แปลงที่ดิน** (Standard deviation of building surface area in urban block per plot area, surfsdplot) มีความสัมพันธ์ต่อค่าอัตราการระบายอากาศเมืองที่น้อยสำคัญและเป็นตัวแปรที่มีผลเชิงบวก คือ 0.284* มีค่าความสำคัญต่อการระบายอากาศเมือง 28.4%, **4.ค่าเฉลี่ยของพื้นที่ผิวอาคารต่อพื้นที่แปลงที่ดิน** (Standard deviation of building surface area in urban block per plot area, surfavplot) มีความสัมพันธ์ต่อค่าอัตราการระบายอากาศเมืองที่น้อยสำคัญและเป็นตัวแปรที่มีผลเชิงบวก คือ 0.268* มีค่าความสำคัญต่อการระบายอากาศเมือง 26.8%, **5.ค่าจำนวนอาคารเตี้ยอาคารต่อพื้นที่แปลงที่ดิน** (Amount of low buildings in urban block per plot area, lplot) มีความสัมพันธ์ต่อค่าอัตราการระบายอากาศเมืองที่น้อยสำคัญและเป็นตัวแปรที่มีผลเชิงบวก คือ 0.277* มีค่าความสำคัญต่อการระบายอากาศเมือง 27.7%,

ตัวแปรที่มีผลเชิงลบมีเพียงค่าเดียว (แปลว่ายิ่งเพิ่มค่าเหล่านี้ ค่า ACH ยิ่งต่ำ ยิ่งไหลไม่ดี) คือ ค่าปริมาตรอากาศเหนือพื้นที่เมือง (วัดที่ระดับสูง 370 เหนือพื้นที่เมือง) ต่อปริมาตรอากาศทั้งหมด เรียกว่า **ค่าความพรุนของเมือง** (Porosity, poro) มีความสัมพันธ์ต่อค่าอัตราการระบายอากาศเมืองที่น้อยสำคัญและเป็นตัวแปรที่มีผลเชิงลบ คือ 0.239* มีค่าความสำคัญต่อการระบายอากาศเมือง 23.9%

2. ตัวแปรที่น้อยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ประกอบด้วย ตัวแปรที่มีผลเชิงบวกอีกหนึ่งค่า คือ **ค่าจำนวนอาคารสูงอาคารต่อพื้นที่แปลงที่ดินของบล็อกนั้น** (Amount of high buildings in urban block per plot area, high_all) มีความสัมพันธ์ต่อค่าอัตราการระบายอากาศเมืองที่น้อยสำคัญและเป็นตัวแปรที่มีผลเชิงบวก คือ 0.303** มีค่าความสำคัญต่อการระบายอากาศเมือง 30.3% แปลว่ายิ่งเพิ่มค่าเหล่านี้ ค่า ACH ยิ่งมาก ยิ่งไหลดี

สรุปผลของในส่วนตัวแปรได้ดังนี้

2.1. ตัวแปรที่ส่งผลให้บล็อกของเมืองมีการระบายอากาศเมืองได้ดีขึ้นที่มีค่าน้อยสำคัญความเชื่อมั่นที่ 95% ประกอบด้วยตัวแปรที่มีผลเชิงบวก ได้แก่ ค่าอัตราส่วนพื้นที่ใช้สอยอาคารทั้งหมดต่อ

พื้นที่ดิน (Floor area ratio, FAR) ใช้ตัวย่อทางสถิติว่า far มีค่าสัมประสิทธิ์ที่ค่าการระบายอากาศเมืองอยู่ที่ 0.278*, ค่าจำนวนของอาคารที่วางตัวขนานกับทิศทางลมต่อจำนวนอาคารทั้งหมดในบล็อกนั้น (amount of parallel building per total buildings) ใช้ตัวย่อในการประมวลทางสถิติคือ pararell มีค่าสัมประสิทธิ์ที่ค่าการระบายอากาศเมืองอยู่ที่ 0.289*, ค่าอัตราส่วนพื้นที่ปกคลุมดินสูงสุดต่อพื้นที่บล็อก (maximum building coverage ratio per block area) ใช้ตัวย่อในการประมวลทางสถิติ คือ bcrmaxplot มีค่าสัมประสิทธิ์ที่ค่าการระบายอากาศเมืองอยู่ที่ 0.273*, bcrminplot มีค่าสัมประสิทธิ์ที่ค่าการระบายอากาศเมืองอยู่ที่ 0.282*, ค่าเส้นรอบรูปอาคารที่น้อยที่สุดต่อพื้นที่บล็อก (minimum building perimeter per block area) ใช้ตัวย่อในการประมวลทางสถิติ คือ periminplot มีค่าสัมประสิทธิ์ที่ค่าการระบายอากาศเมืองอยู่ที่ 0.290*, ค่าความเบี่ยงเบนของเส้นรอบรูปอาคารต่อพื้นที่บล็อก (standard deviation of building perimeter per block area) ใช้ตัวย่อในการประมวลทางสถิติ คือ perisdplot มีค่าสัมประสิทธิ์ที่ค่าการระบายอากาศเมืองอยู่ที่ 0.261*, ค่าพื้นที่ผิวอาคารอาคารที่มากที่สุดต่อพื้นที่บล็อก (maximum building surface per block area) ใช้ตัวย่อในการประมวลทางสถิติ คือ surfmaxplot มีค่าสัมประสิทธิ์ที่ค่าการระบายอากาศเมืองอยู่ที่ 0.244*, ค่าความเบี่ยงเบนของพื้นที่ผิวอาคารอาคารที่มากที่สุดต่อพื้นที่บล็อก (standard deviation of building surface per block area) ใช้ตัวย่อในการประมวลทางสถิติ คือ surfsdplot มีค่าสัมประสิทธิ์ที่ค่าการระบายอากาศเมืองอยู่ที่ 0.284*, ค่าเฉลี่ยของพื้นที่ผิวอาคารอาคารต่อพื้นที่บล็อก (average of building surface per block area) ใช้ตัวย่อในการประมวลทางสถิติ คือ surfavplot มีค่าสัมประสิทธิ์ที่ค่าการระบายอากาศเมืองอยู่ที่ 0.268*, ค่าจำนวนอาคารเตี้ยทั้งหมดในบล็อกต่อพื้นที่บล็อก (amount of low building in the block per block area) ใช้ตัวย่อในการประมวลทางสถิติ คือ lplot มีค่าสัมประสิทธิ์ที่ค่าการระบายอากาศเมืองอยู่ที่ 0.277*, ตัวแปรที่มีผลเชิงลบมีเพียงค่าเดียว คือ ค่าความพรุนของเมือง (porosity) ใช้ตัวย่อในการประมวลทางสถิติ คือ poro มีค่าสัมประสิทธิ์ที่ค่าการระบายอากาศเมืองอยู่ที่ -0.239*

จากตัวแปรที่กล่าวมาสามารถแปลความหมายผลลัพธ์ได้ข้อค้นพบของการศึกษานี้ว่า ภายในแต่ละบล็อกของเมืองควรต้องประกอบไปด้วยตัวแปรที่สำคัญ คือ ค่า FAR ควรจะต้องสูงให้เต็มศักยภาพทั้งพื้นที่, ควรมีจำนวนอาคารที่วางตัวขนานกับทิศลมเป็นจำนวนมาก, ควรมีอาคารขนาดเล็กประกอบอยู่ในบล็อกของเมืองด้วย (เส้นรอบรูปอาคารที่เล็กที่สุด), ควรมีขนาดอนุเมืองที่หลากหลาย (ความยาวเส้นรอบรูปอาคารที่หลากหลาย), ควรมีอาคารที่มีพื้นที่ผิวอาคารมาก, ควรมีอาคารที่มีพื้นที่ผิวอาคารที่หลากหลาย, ควรมีอาคารที่มีพื้นที่ผิวอาคารเฉลี่ยที่สูง, ควรมีจำนวนอาคารสูงปานกลางในบล็อกมาก และควรมีค่าความพรุนของพื้นที่เมืองต่ำ

2.2. ตัวแปรที่ส่งผลให้บล็อกของเมืองมีการระบายอากาศเมืองได้ดีขึ้นที่มีค่าค่านัยสำคัญ ความเชื่อมั่นที่ 99% ประกอบด้วยตัวแปรที่มีผลเชิงบวก ได้แก่ bcrsdplot มีค่าสัมประสิทธิ์ที่ค่าการระบายอากาศเมืองอยู่ที่ 0.311**, bcravplot มีค่าสัมประสิทธิ์ที่ค่าการระบายอากาศเมืองอยู่ที่ 0.310**, high_all มีค่าสัมประสิทธิ์ที่ค่าการระบายอากาศเมืองอยู่ที่ 0.303**, sdht มีค่าสัมประสิทธิ์ที่ค่าการระบายอากาศเมืองอยู่ที่ 0.812**

จากตัวแปรที่กล่าวมาสามารถแปลความหมายผลลัพธ์ได้ข้อค้นพบของการศึกษานี้ว่า ภายในแต่ละบล็อกของเมืองควรต้องประกอบไปด้วยตัวแปรที่สำคัญอย่างยิ่ง คือ อาคารในบล็อกควรมีค่าความเบี่ยงเบนของพื้นที่อาคารที่ปกคลุมดินสูง, ควรมีค่าเฉลี่ยของอาคารที่ปกคลุมดินสูง, ควรมีจำนวนอาคารสูงอยู่ในบล็อกมาก และ ภายในบล็อกควรมีความสูงอาคารที่หลากหลาย (ความเบี่ยงเบนความสูงมีค่ามาก)

สรุปผลได้ว่าตัวแปรที่ส่งผลให้บล็อกของเมืองมีการระบายอากาศเมืองได้ดีขึ้นที่สุด คือ ต้องทำให้บล็อกของเมืองมีอาคารส่วนใหญ่ที่วางตัวสอดคล้องกับทิศทางลมหลัก, ควรมีเกรนอาคารขนาดเล็กเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย, มีความสูงของอาคารส่วนใหญ่มีความสูงปานกลาง และควรมีอาคารสูงอยู่ในบล็อก และ ความสูงอาคารในบล็อกควรมีความหลากหลายจะมีการไหลของลมที่ดี

2.3. ตัวแปรที่ส่งผลให้บล็อกของเมืองมีการระบายอากาศเมืองได้ดีขึ้นที่มีค่าค่านัยสำคัญ ความเชื่อมั่นที่ 99% ประกอบด้วยตัวแปรที่มีผลเชิงลบ ได้แก่ ค่า w/h มีค่าสัมประสิทธิ์ที่ค่าการระบายอากาศเมืองอยู่ที่ -0.260**, ค่า periplot มีค่าสัมประสิทธิ์ที่ค่าการระบายอากาศเมืองอยู่ที่ -0.299**, ค่า splot มีค่าสัมประสิทธิ์ที่ค่าการระบายอากาศเมืองอยู่ที่ -0.365** จากตัวแปรที่กล่าวมาสามารถแปลความหมายผลลัพธ์ได้ข้อค้นพบของการศึกษานี้ว่า ภายในแต่ละบล็อกของเมืองควรต้องประกอบไปด้วยตัวแปรเชิงลบที่สำคัญอย่างยิ่ง คือ อาคารควรมีความชะลูดแบบพอมสูงมากกว้าง อาคารอ้วนสูง (สัดส่วนความกว้างต่อความสูงอาคารที่ยังมีขนาดกว้างจะมีการระบายอากาศที่ไม่ดี), ขนาดบล็อกของเมืองไม่ควรมีขนาดใหญ่เกินไป (ค่าความยาวเส้นรอบบล็อกยิ่งยาวมีการระบายอากาศที่ไม่ดี) และ ไม่ควรมีอาคารขนาดเล็กจำนวนมาก

2.4. ตัวแปรที่ส่งผลให้บล็อกของเมืองมีการระบายอากาศเมืองได้ดีขึ้นที่มีค่าค่านัยสำคัญ ความเชื่อมั่นที่ 95% ประกอบด้วยตัวแปรที่มีผลเชิงบวก ได้แก่ ค่า angle มีค่าสัมประสิทธิ์ที่ค่าการระบายอากาศเมืองอยู่ที่ -0.215*, ค่า low_all มีค่าสัมประสิทธิ์ที่ค่าการระบายอากาศเมืองอยู่ที่ -0.202* จากตัวแปรที่กล่าวมาสามารถแปลความหมายผลลัพธ์ได้ข้อค้นพบของการศึกษานี้ว่า ภายในแต่ละบล็อกของเมืองควรต้องประกอบไปด้วยตัวแปรที่สำคัญ คือ อาคารส่วนใหญ่ภายในเมืองมีแกน

ทิศการวางตัวอาคารทำมุมกับทิศลมที่ไหลจะทำให้มีการระบายอากาศไม่ดี, ถ้าบล็อกมีจำนวนอาคาร เตี้ยอยู่มากจะทำให้มีการระบายอากาศไม่ดี

7.2 การสรุปผลการศึกษาเพื่อสร้างทฤษฎีที่เป็นสามัญการ

การวางแผนทางผังเมืองเพื่อควบคุมให้สัณฐานเมืองมีรูปร่างที่เอื้อให้เมืองมีการระบายอากาศที่ดีนั้น สามารถทำได้โดยอาศัยข้อค้นพบจากโครงสร้างความสัมพันธ์ของค่าอัตราการระบายอากาศกับตัวแปรต่างๆ ซึ่งยืนยันโดยเครื่องมือแบบจำลองโครงสร้างสมการเชิงเส้นได้ตั้งสมการที่ใช้ในการทำนายอัตราการระบายอากาศเมืองของลมทิศใต้ในเขตบางรัก คือ

$$ACHs = 4.905^{**} + 0.026 \text{ sdht}^{**} + 1577.764 \text{ periminplot}^{**} + 3.115 \text{ paralell}^{**}$$

โดยค่าสมการที่ได้มีค่าความน่าเชื่อถือ (R - Square) เท่ากับ 72.2 % ตัวแปรทุกค่ามีความสัมพันธ์อย่างมีนัยยะสำคัญ โดยมีระดับนัยสำคัญที่ 0.01 หมายถึง โอกาสที่ไม่เป็นไปตามข้อสรุปมีเพียงไม่เกิน 1 % มีค่าความเชื่อมั่นที่ 99% พบว่า (ตามที่ได้พิสูจน์ความถูกต้องของสมการแล้วในบทที่ 6 และจะแสดงการปรับใช้ข้อค้นพบตามสมการในส่วนท้ายของบทนี้)

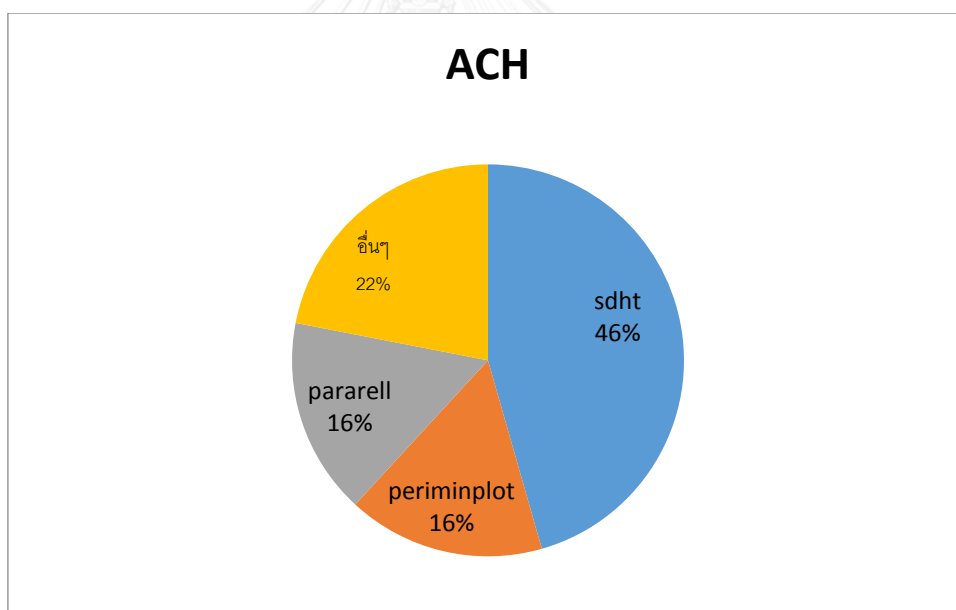
ผลการทดลองสามารถสรุปตัวแปรตามสมการที่สามารถทำนายอัตราการระบายอากาศเมืองได้อย่างแม่นยำ 3 ตัวแปร คือ ค่าความเบี่ยงเบนความสูง (Standard deviation of height, sdht) ค่าเส้นรอบรูปที่เล็กที่สุดต่อพื้นที่แปลงที่ดิน (the Minimum building perimeter in urban block per plot area, periminplot) และค่าจำนวนอาคารที่วางตัวขนานกับทิศลมต่อขนาดพื้นที่แปลงที่ดิน (Amount of parallel buildings in urban block per plot area) ตัวแปรในสมการทั้ง 3 ตัว มีความสัมพันธ์กับค่าอัตราการระบายอากาศเมืองแบบแปรตามทั้งหมด จากผลนี้สามารถวิเคราะห์ได้ว่า ถ้าต้องการให้เมืองมีการระบายอากาศที่ดี ควรจะมีอาคารที่มีความสูงหลากหลายจำนวนมาก คือ มีค่าความเบี่ยงเบนความสูง สูง มีค่าอาคารที่มีเส้นรอบรูปเล็กอยู่ในพื้นที่ด้วย และควรต้องมีจำนวนอาคารที่วางตัวขนานกับทิศลมมาก เมื่อเปรียบตัวแปรจากทบทวนวรรณกรรมพบว่าตัวแปรที่พบจากการศึกษานี้ บางตัวเป็นตัวแปรใหม่ที่ยังไม่มีผู้ศึกษามาก่อน ได้แก่ ค่าเส้นรอบรูปที่เล็กที่สุดต่อพื้นที่แปลงที่ดิน (periminplot) ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ Hawkes (2002) ที่ระบุถึงตัวแปรรูปแบบของเมือง แต่ก็ไม่สามารถระบุชื่อบรรณานี้หมายถึงรูปแบบส่วนใด อย่างไร

ตัวแปรต่อมา คือ ค่าจำนวนอาคารที่วางตัวขนานกับทิศลมต่อขนาดพื้นที่แปลงที่ดิน (parallel) ซึ่งมีการศึกษาจำนวนมากที่ระบุถึงการวางทิศของอาคาร แต่ไม่ได้ระบุถึงวิธีค้นหาคำตอบ

ออกมา (Golany, 1995 ; Givoni, 1998 ; Dimoudi and Nikolopoulou, 2003 ; Chan et al, 2001 and 2003)

มีเพียงค่าตัวแปรสุดท้าย คือ ค่าความเบี่ยงเบนความสูง (sdht) ที่มีผู้ระบุถึงอย่างชัดเจน คือ Ratti et al, 2000 and 2001) สอดคล้องกับผลงานวิจัยฉบับนี้ อย่างไรก็ตาม การศึกษาที่ได้ทดลองค่าตัวแปรทุกตัวที่พบในการทบทวนวรรณกรรม เช่น ค่า Roughness length, Zero plane displacement , Frontal area index, Rugosity, Porosity, Sinuosity, Occlusivity, complete aspect ratio แล้ว แต่ไม่พบนัยสำคัญจากค่าความสัมพันธ์เหล่านี้จึงตัดตัวแปรเหล่านั้นจากแบบจำลองวิเคราะห์ทางสถิติ

สรุปข้อค้นพบจากการศึกษานี้ คือ ในบล็อกของเมืองควรประกอบด้วย เนื้อเมืองควรจะมีอยู่ เมืองขนาดเล็กประกอบอยู่ด้วย ควรมีอาคารที่มีความสูงมากและหลากหลายอยู่ในพื้นที่ และอาคารส่วนใหญ่ควรวางตัวขนานกับทิศลมโดยมีสัดส่วนความสัมพันธ์เป็นดังภาพที่ 123



ภาพที่ 123 แสดงสัดส่วนร้อยละความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้ง 3 ค่าต่อค่าอัตราการระบายอากาศเมือง (ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

7.3 ข้อเสนอแนะ

7.3.1 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับค่าที่ควรใช้เป็นข้อกำหนด

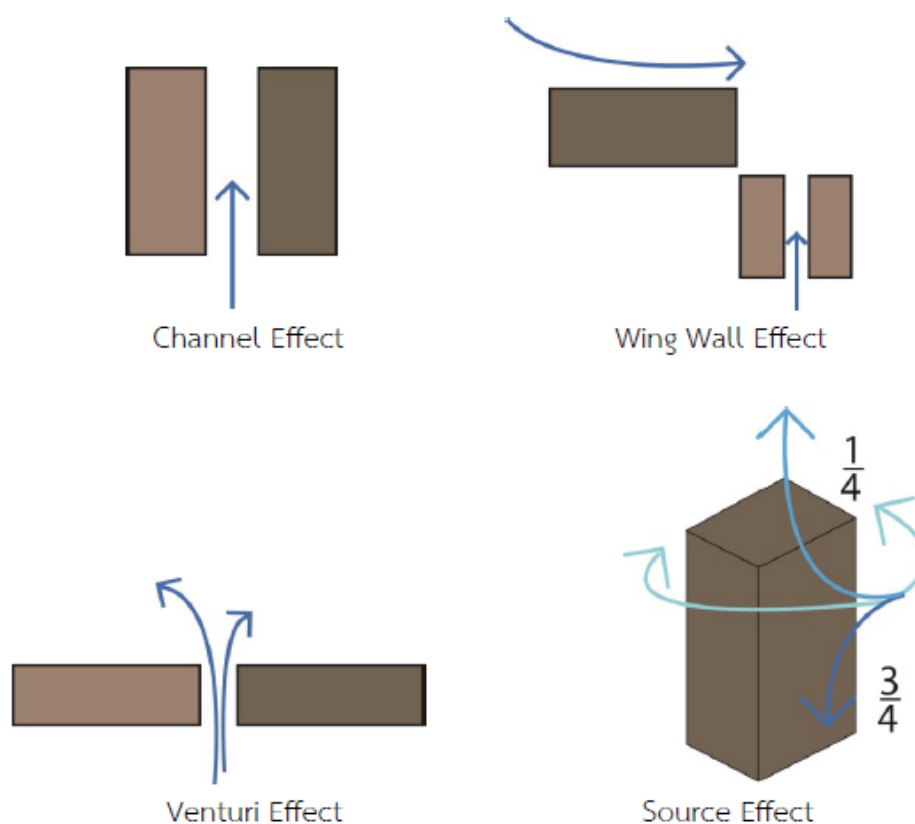
ทางเลือกเชิงนโยบายในการดำเนินนโยบายทางผังเมือง เพื่อแก้ปัญหาการขาดการไหลเวียนของอากาศในพื้นที่เมืองของการศึกษานี้เป็นผลจากการวิเคราะห์ต่อยอดจากการศึกษาการจำลองการ

ไหลเชิงประจักษ์ ผลการศึกษาโดยใช้เครื่องมือแบบจำลองทางสถิติเสนอแนะว่าควรจะมีการวาง
 มาตรการให้อาคารที่จะสร้างเพิ่มขึ้นในพื้นที่เมืองควรมีค่าอัตราส่วนพื้นที่ใช้สอยอาคารทั้งหมดต่อ
 พื้นที่ดิน (Floor area ratio, FAR) ค่าอัตราส่วนพื้นที่อาคารที่ปกคลุมดินต่อพื้นที่ดินทั้งหมด
 (Building Coverage ratio, BCR) สูง อาคารควรมีขนาดและความสูงมากและความสูงควรจะมีค่า
 ความสูงที่หลากหลาย (Standard deviation of Height) และในแต่ละบล็อกของเมืองควรมีอาคาร
 ขนาดเล็กปะปนอยู่ด้วย (Minimum of building perimeter) ในส่วนทิศทางการวางตัวของอาคาร
 ภายในบล็อก พบว่า สัณฐานเมืองที่ดี มีการวางตัวอาคารสอดคล้องกับทิศลม ต้องวางตัวเอื้อต่อ
 พฤติกรรมการไหลของลมในบริเวณนั้น (ข้อจำกัดของการศึกษาที่ศึกษาเฉพาะลมในทิศใต้) เพราะลม
 มักมีพฤติกรรมเปลี่ยนแปลงทิศการไหล เมื่อไปปะทะกับสิ่งกีดขวางก็จะเกิดการเปลี่ยนแปลงของทิศ
 ทิศทางการไหล

7.3.2 ข้อเสนอแนะในส่วนของรูปแบบสัณฐานเพิ่มการไหลให้กับพื้นที่เมือง

นอกจากนี้ยังมีข้อค้นพบจากการศึกษาที่ศึกษาในส่วนที่เป็น “ภาพ” แสดงรูปแบบการไหล
 เป็นข้อค้นพบเพิ่มเติม คือ ในการไหลของอากาศในเขตบางรัก พบรูปการไหลแบบ 6 แบบที่เกิดขึ้นใน
 พื้นที่เมือง ประกอบด้วยรูปแบบการไหล 4 รูปแบบที่เคยพบในการการศึกษาด้านวิศวกรรมมาก่อน
 คือ การไหลแบบ 1. การไหลในช่องที่มีลักษณะขนานกัน เรียกว่า Chanel Effect เป็นการไหลแบบ
 เร่งความเร็ว ทำให้ในพื้นที่เมืองมีการไหลที่ดียิ่งขึ้น 2. การไหลในช่องที่มีลักษณะกว้างแล้วไปแคบ
 เรียกว่า Venturi Effect เป็นการไหลแบบเร่งความเร็ว ทำให้ในพื้นที่เมืองมีการไหลที่ดียิ่งขึ้น 3. การ
 ไหลในช่องที่มีลักษณะแคบแล้วไปกว้าง เรียกว่า Diffuse Effect เป็นการไหลแบบลดความเร็ว ทำให้
 ในพื้นที่เมืองมีการไหลที่ไม่ดีมากขึ้น 4. การไหลแบบมีการหมุนวนด้านหลังอาคาร เรียกว่า Reverse
 Flow เป็นการไหลแบบลดความเร็ว ทำให้ในพื้นที่เมืองมีการไหลที่ไม่ดีมากขึ้น ตามข้อค้นพบทาง
 วิศวกรรมที่มีมาก่อนหน้านี้ แต่ก็การศึกษากับกับรูปทรงกล่องที่ทดลองอยู่ในห้องปฏิบัติการ ยังไม่เคย
 มีการศึกษาและวิเคราะห์ถึงรูปแบบการไหลที่เกิดขึ้นในพื้นที่เมืองจริงมาก่อน โดยเฉพาะการศึกษา
 รูปแบบการไหลของพื้นที่เมืองในประเทศไทย

ต่อมาเป็นรูปแบบการไหลที่พบในการศึกษารูปทรงอาคารในงานสถาปัตยกรรม โดยการ
 ออกแบบยื่นปีกของผนังออกไป นิยมใช้กับในการสร้างฟิน (Fin) ไม้ที่ขอบบานหน้าต่างเพื่อดักลมให้
 เข้าสู่อาคาร เรียกปรากฏการณ์การไหลที่การศึกษานี้ขอเรียกรูปแบบการไหลแบบนี้ว่า 5. Wing wall
 Effect ซึ่งยังไม่เคยมีการศึกษาและวิเคราะห์ถึงรูปแบบการไหลที่เกิดขึ้นในพื้นที่เมืองจริงมาก่อน
 ปรากฏการณ์นี้เป็นการที่ส่วนของอาคารยื่นออกไปวางทิศขวางกับทิศลม ทำให้ลมเปลี่ยนทิศแล้วไหล
 เข้าสู่พื้นที่เมือง



ภาพที่ 124 แสดงรูปแบบกราฟิกอย่างง่ายของรูปแบบการไหลแบบต่าง ๆ ในพื้นที่เมือง
(ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

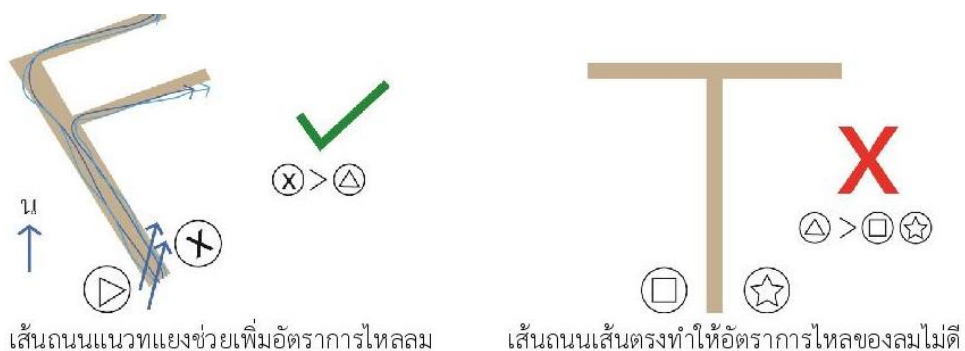
อีกปรากฏการณ์คือปรากฏการณ์ที่เป็นข้อค้นพบของการศึกษานี้ ที่การศึกษานี้ขอเรียกว่าปรากฏการณ์สร้างแหล่งกำเนิดลม 6. Source Effect คือการที่มีอาคารสูงตั้งดักลมที่มีความเร็วสูงในระดับอากาศที่สูงแล้วตกลงที่มีความเร็วสูงลงสู่พื้นเมือง โดยพบว่า อาคารสูงจะแบ่งลมที่พัดปะทะอาคารออกเป็น 4 ส่วน โดยที่ $\frac{1}{4}$ ส่วนจะพัดไหลขึ้นเบื้องบน ขึ้นสู่ท้องฟ้า ส่วนอีก $\frac{3}{4}$ ส่วนจะไหลลงสู่เบื้องล่าง ลงสู่พื้นที่เมือง จึงเป็นเติมลมให้กับเมือง (ดังแสดงในภาพที่ 124) ปรากฏการณ์นี้สอดคล้องกับแนวคิดของ Dagnev and Bitsuamalk, (2012) ที่ทดลองศึกษาปรากฏการณ์ของลมเมื่อไหลมาปะทะอาคารสูง เป็นการคำนวณแรงลมเชิงวิศวกรรมโครงสร้างอาคาร ไม่เกี่ยวข้องกับการศึกษาผังเมือง จึงไม่ได้ระบุถึงว่าลมแบ่งการไหลเช่นนี้แล้วจะส่งผลอย่างไรกับพื้นที่โดยรอบ จึงนับเป็นปรากฏการณ์ที่สำคัญที่ทำให้เกิดข้อค้นพบใหม่ว่า พื้นที่เมืองจำเป็นจะต้องมีอาคารสูงเป็นองค์ประกอบจึงจะทำให้เมืองมีการระบายอากาศที่ดี

ปรากฏการณ์การทั้งหมดแม้บางปรากฏการณ์จะมีผู้ศึกษามาก่อนบ้างแล้ว แต่ก็ยังไม่เคยมีการศึกษาและวิเคราะห์ถึงรูปแบบการไหลที่เกิดขึ้นในพื้นที่เมืองจริงมาก่อนเลยทั้ง 6 ปรากฏการณ์ที่กล่าวมาแล้ว จึงนับได้ว่าทั้งหมดเป็นข้อค้นพบของการศึกษานี้

การศึกษานี้มุ่งสนใจรูปแบบการไหลที่ทำให้พื้นที่เมืองมีการไหลของอากาศที่ดีที่จะทำให้พื้นที่เมืองย่อมมีอัตราการระบายอากาศที่ดีไปด้วย ดังนั้นจึงเน้นการศึกษาเฉพาะการไหลแบบเร่งความเร็ว (ดังภาพที่ 124) คือ 1. ปรากฏการณ์ที่เรียกว่า channel effect สันฐานอาคารในเมืองเป็นอาคารสูงวางแนวเดียวกับทิศลมบิ่บจากที่ว่างระหว่างอาคารที่ขนานกันเป็นแนวยาวคล้ายลำราง ช่วยเร่งให้ลมไหลเข้าสู่บล็อกแรงขึ้น เรียกว่า ทำให้บริเวณโดยรอบบล็อกนี้เกิดการไหลที่ดี มีค่า ACH สูง ทำให้ลมไหลเข้าสู่บล็อกได้ดี สอดคล้องกับแนวคิดทางวิศวกรรมแต่ยังไม่เคยประยุกต์แนวคิดนี้ในพื้นที่เมือง, 2. ปรากฏการณ์ venturi effect สันฐานอาคารในเมืองเป็นอาคารสูงวางแนวเดียวกับทิศลมบิ่บจากพื้นที่ว่างที่กว้างไปแคบ ช่วยเร่งให้ลมไหลเข้าสู่บล็อกแรงขึ้น เรียกว่า ทำให้บริเวณโดยรอบบล็อกนี้เกิดการไหลที่ดี มีค่า ACH สูง สอดคล้องกับแนวคิดทางวิศวกรรมแต่ยังไม่เคยประยุกต์แนวคิดนี้ในพื้นที่เมือง และ 3. ปรากฏการณ์ wing wall effect คือ ปรากฏการณ์ที่ตัวอาคารตัวยื่นไปขวางแนวทิศปกติของลม ดักลมจำนวนมากให้ไหลเปลี่ยนทิศทางไปขนานกับตัวอาคาร ช่วยดักและดึงลมเข้าสู่พื้นที่เมือง รูปทรงอาคารในบล็อกทำให้บล็อกนี้มีลมไหลดี สอดคล้องกับแนวคิดทางวิศวกรรมแต่ยังไม่เคยประยุกต์แนวคิดนี้ในพื้นที่เมืองมาก่อน

7.3.3. ข้อเสนอแนะในส่วนของรูปแบบสันฐานโครงข่ายถนนที่เพิ่มการไหลให้กับพื้นที่เมือง

จากการวิเคราะห์สันฐานโครงข่ายถนนภายในบล็อกที่มีผลต่อค่าอัตราการระบายอากาศเมือง (แสดงในภาคผนวก ข.) พบว่า โครงข่ายถนนที่ดีต่อการไหลของอากาศไม่ควรทำมุมฉาก แต่ควรเป็นแนวทแยงเบ้หัวทางซ้าย เมื่อเทียบกับลมทิศใต้ (ดังภาพที่ 125)

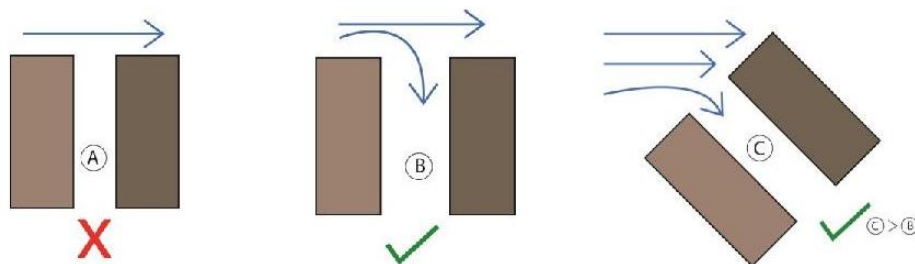


ภาพที่ 125 แสดงรูปแบบข้อเสนอแนะในส่วนจากรูปแบบสัญญาณโครงข่ายถนนที่จะเพิ่มการไหลให้กับพื้นที่เมือง (ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

นอกจากนี้การศึกษานี้ยังพบว่า สัญญาณโครงข่ายถนนและขนาดช่องทางไหลของลมเข้าสู่เมืองมีผลอย่างมากที่สุดต่ออัตราการระบายอากาศเมือง รองลงมาเป็นลักษณะสัญญาณอาคารภายในบล็อก แกนของเส้นทางไหล เป็นมุมเอียงจะมีการไหลได้ดีกว่ามุมการไหลที่เป็นองศาเดียวกับการไหลของลม โดยเส้นโครงข่ายถนนจะเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดการระบายอากาศเมืองที่ดี ทั้งนี้ต้องร่วมกับการพิจารณาสัญญาณโครงข่ายถนนร่วมกับสัญญาณอาคารภายในบล็อกว่าจะส่งผลเอื้อประโยชน์ให้เกิดการระบายอากาศให้ดีขึ้นหรือไม่ดีต่อไป

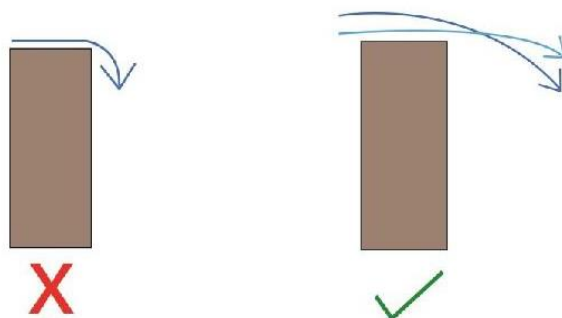
7.3.4. ข้อเสนอแนะในส่วนจากรูปแบบสัญญาณการจัดวางทิศทางอาคารที่จะเพิ่มการไหลให้กับพื้นที่เมือง

จากการวิเคราะห์สัญญาณในส่วนจากรูปแบบสัญญาณการจัดวางทิศทางอาคารที่จะเพิ่มการไหลให้กับพื้นที่เมืองภายในบล็อกที่มีผลต่อค่าอัตราการระบายอากาศเมือง (แสดงในภาคผนวก ข.) พบว่ารูปแบบสัญญาณการจัดวางทิศทางอาคารที่จะเพิ่มการไหลให้กับพื้นที่เมืองที่ดีต่อการไหลของอากาศไม่ควรทำมุมฉาก แต่ควรเป็นแนวทแยง (ดังภาพที่ 126)



ภาพที่ 126 แสดงรูปแบบสัญญาณการจัดวางทิศทางอาคารที่จะเพิ่มการไหลให้กับพื้นที่เมือง (ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

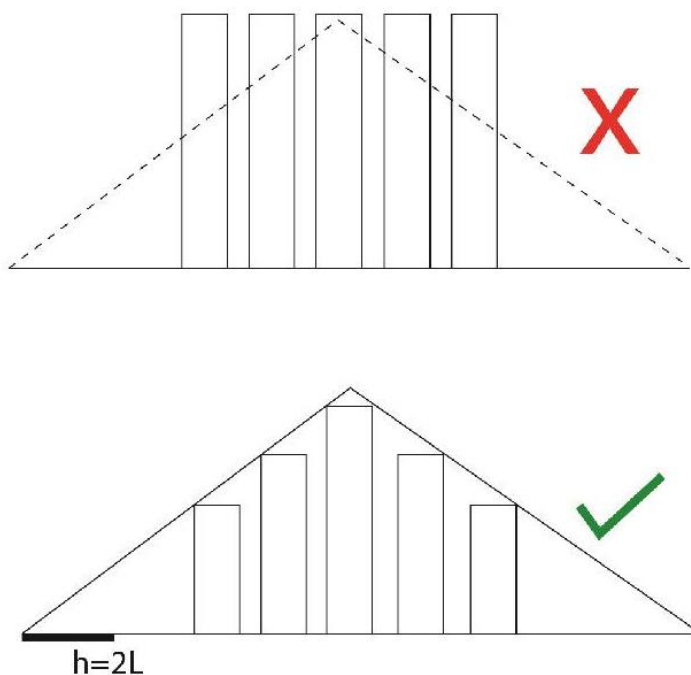
ทั้งนี้เป็นเพราะเมื่อลมพัดผ่านอาคาร ลมจะไหลด้วยความเร็ว ลักษณะการไหลจึงมีลักษณะไหลข้าม (ดังภาพที่ 127) การเว้นช่องว่างที่แคบมาก ลมจึงจะพัดผ่านเลยไป



ภาพที่ 127 แสดงลักษณะการไหลข้ามของลม (ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

7.3.5. ข้อเสนอแนะในส่วนของรูปแบบสัณฐานกลุ่มอาคารที่เพิ่มการไหลให้กับพื้นที่เมือง

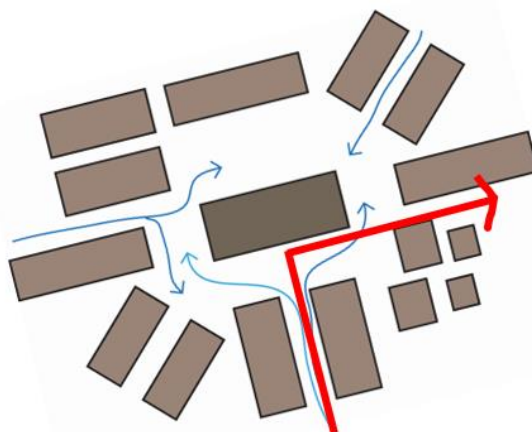
จากการวิเคราะห์สัณฐานโครงข่ายถนนภายในบล็อกที่มีผลต่อค่าอัตราการระบายอากาศเมือง (แสดงในภาคผนวก ข.) พบว่า ความสูงของอาคารในบล็อกควรเป็นลักษณะ “ไล่ระดับจากเตี้ยไปสูง” คล้ายภูเขา (ดังภาพที่ 128)



ภาพที่ 128 ความสูงของอาคารในบล็อกควรเป็นลักษณะ “ไล่ระดับจากเตี้ยไปสูง” คล้ายภูเขา ที่จะเพิ่มการไหลให้กับพื้นที่เมือง (ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

7.4 ข้อเสนอแนะในส่วนจากรูปแบบสัณฐานเมืองในอุคมคติ

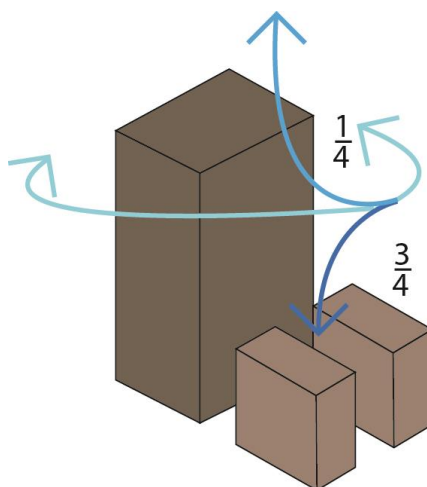
จากการวิเคราะห์ข้อเสนอแนะที่กล่าวมาแล้วทั้งหมด การศึกษานี้จึงนำเสนอแนวคิดที่ได้จากข้อค้นพบของการศึกษา ถึงสัณฐานบล็อกของเมืองในอุคมคติที่จะทำให้เมืองมีค่าอัตราการระบายอากาศเมืองที่ดี เมื่อรวมเงื่อนไขทั้งหมด รูปแบบเมืองในอุคมคติ ควรเป็นดังนี้ (ดังภาพที่ 129)



ภาพที่ 129 แสดงรูปการรวมเงื่อนไขทั้งหมด รูปแบบเมืองในอุคมคติ
(ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

รูปแบบเมืองในอุคมคติเกิดจากการรวมเงื่อนไขทั้งหมด (รวมได้ดังภาพที่ 129) คือ 1. ควรจัดวางอาคารให้เกิดรูปแบบการไหลที่เพิ่มการไหลให้กับพื้นที่เมือง คือ Chanel Effect และ Venturi Effect คือวางอาคารขนานกัน หรือวางอาคารให้เกิดที่กว้างไปแคบ เพื่อเร่งความเร็วของลม และการยื่นบล็อกของเมืองออกไป ทำให้ขอบเขตของเมืองควรมีลักษณะเป็นวงกลมหรือวงรี เพื่อดักลมตามปรากฏการณ์ Wing wall Effect (ตามภาพที่ 129 คือ บริเวณด้านซ้ายและขวาของภาพ) 2. รูปแบบสัณฐานโครงข่ายถนน คือ ควรเป็นเส้นทแยงแบ้หัวทางซ้าย 3. รูปแบบสัณฐานการจัดวางทิศอาคาร ควรจัดวางสูงของอาคารในบล็อกควรเป็นลักษณะ “ไล่ระดับจากเตี้ยไปสูง” คล้ายภูเขา ควรให้มีลักษณะห่างพอสมควรหลีกเลี่ยงการไหลข้ามของลม ควรวางทิศอาคารสอดคล้องกับทิศทางของลมประจำฤดูกาล คือ ทิศใต้ ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ และทิศตะวันตกเฉียงใต้

รูปแบบเมืองในอุคมคตินี้ นำเสนอการประยุกต์ผสม 2 เงื่อนไข คือ การนำรูปแบบเพื่อเพิ่มการไหลให้กับพื้นที่เมือง ได้แก่ Chanel Effect และ Venturi Effect ร่วมกับปรากฏการณ์ Source Effect เพื่อนำให้ลมเข้าไปสู่เมือง และให้อาคารสูงช่วยดึงลมในอากาศชั้นบนลงสู่พื้นที่เมือง (ดังภาพที่ 130)



ภาพที่ 130 แสดงการประยุกต์ผสม 2 เงื่อนไข คือ การนำรูปแบบเพื่อเพิ่มการไหลให้กับพื้นที่เมือง ได้แก่ Chanel Effect และ Venturi Effect ร่วมกับปรากฏการณ์ Source Effect

(ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

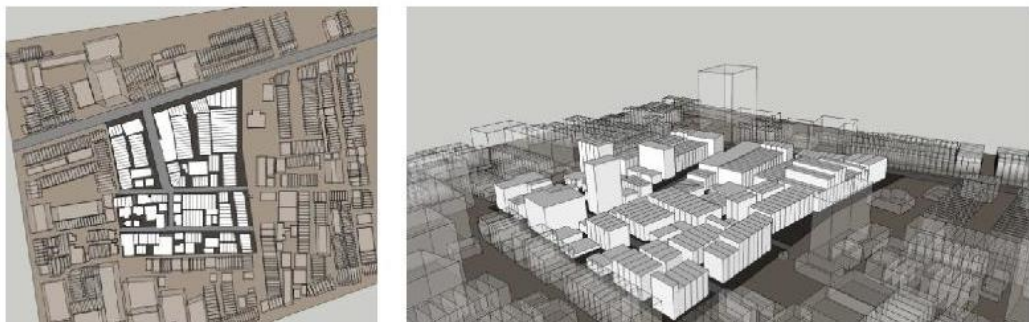
อนึ่ง สีเหลี่ยมในภาพ หมายถึง ลักษณะบล็อกของเมืองในบริเวณที่กำหนด อาจเป็นมากกว่า 1 บล็อก แต่ต้องมีลักษณะตามข้อเสนอแนะของงานวิจัยนี้ อธิบายแนวคิดได้ ดังนี้ คือ ศูนย์กลางเมือง ประกอบด้วยอาคารสูง เป็นปรากฏการณ์ Source effect ด้านข้าง ควรมีการยื่นของอาคารหรือบล็อกในพื้นที่เมือง ไปในแนวขวางทิศลม คือ ทิศตะวันออก-ตะวันตก เพื่อให้เกิดปรากฏการณ์ wing wall ช่วยดักลม และเปลี่ยนทิศทางไหลให้ลมพัดเข้าสู่เมืองมากขึ้น และในด้านทิศหลักของลม คือ ทิศใต้ ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศ ตะวันตกเฉียงใต้ ควรสร้างบล็อกให้ช่วยให้เกิดปรากฏการณ์ channel effect, venturi effect เพื่อช่วยเร่งให้ลมพัดแรงขึ้นในพื้นที่เมือง

7.5 ข้อเสนอแนะในการประยุกต์ข้อค้นพบใช้ในพื้นที่เมืองจริง

จากเงื่อนไขข้อค้นพบ ในการสร้างบล็อกของเมืองในอนาคต การศึกษานี้จึงนำเสนอ ข้อเสนอแนะในการประยุกต์ข้อค้นพบใช้ในพื้นที่เมืองจริง ดังมีรายละเอียดการนำเสนอแนวทาง ปรับปรุงบล็อกของเมือง จากข้อค้นพบของการศึกษา โดยการนำเสนอแนวทางเสนอแนะการปรับปรุงพื้นที่บล็อกที่ 53 เพื่อให้มีการไหลของลมที่ดีขึ้น โดยมีรายละเอียดดังนี้

7.6.1. ลักษณะพื้นที่ในปัจจุบันพื้นที่บล็อกที่ 53

โดยการนำลักษณะพื้นที่ในปัจจุบันพื้นที่บล็อกที่ 53 (ดังภาพที่ 131) ปรับปรุงตามข้อค้นพบที่ได้จากการศึกษา



ภาพที่ 131 แสดงลักษณะพื้นที่ในปัจจุบันพื้นที่บล็อกที่ 53 (ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

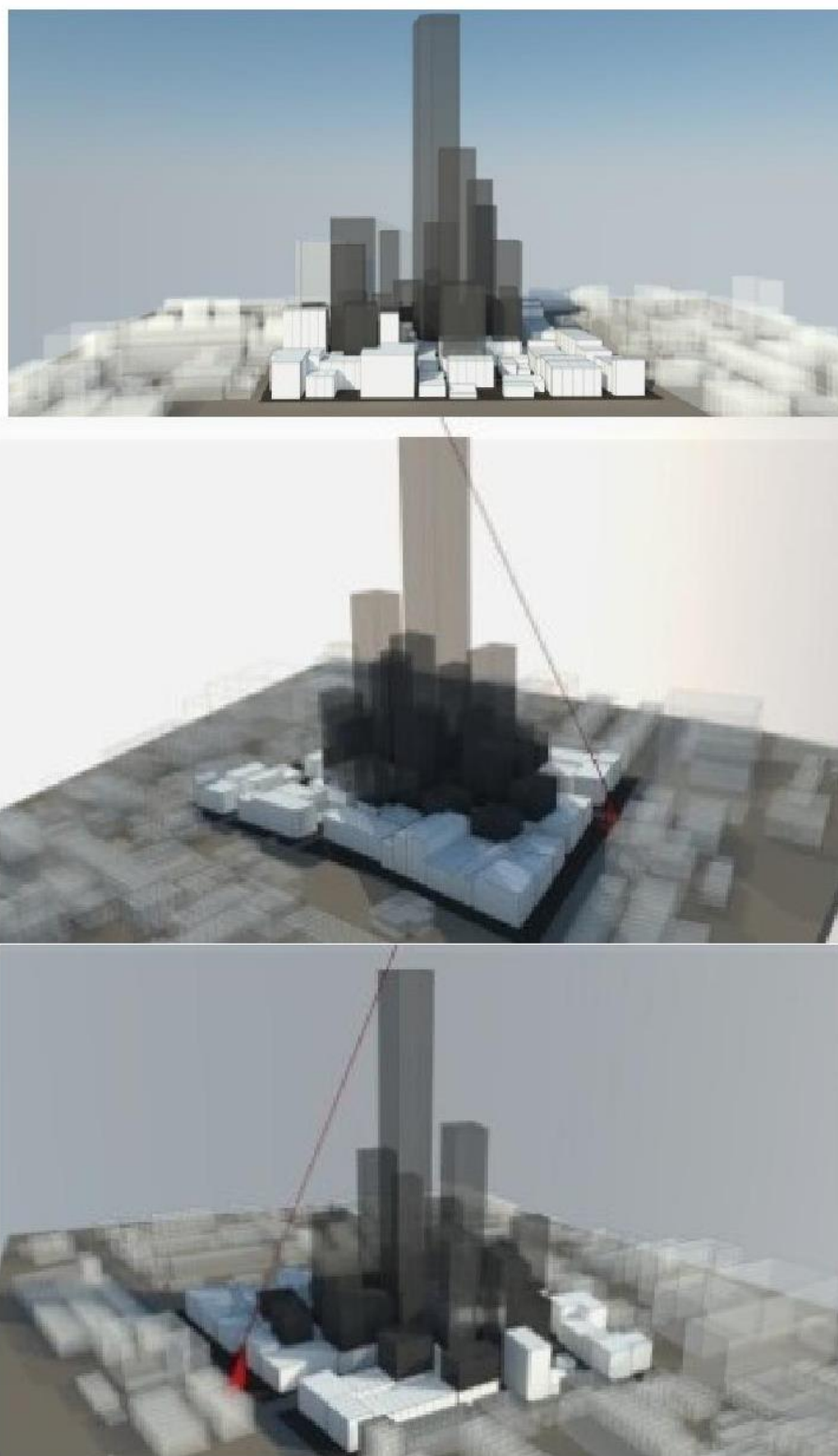
แนวความคิดการออกแบบปรับปรุงพื้นที่ โดยการเพิ่มถนนปลายตันกว้าง 12 เมตร เข้าสู่กึ่งกลางบล็อกแล้วเพิ่มความสูงอาคารโดยคำนวณจากเส้น set back ที่ถนนสาธารณะโดยรอบของบล็อก ได้ดังภาพที่ 132 และลักษณะการปรับปรุงทั้งบล็อกที่ 53 ดังภาพที่ 133 และแสดงทัศนียภาพการปรับปรุงทั้งบล็อกที่ 53 ดังภาพที่ 134 และ 135



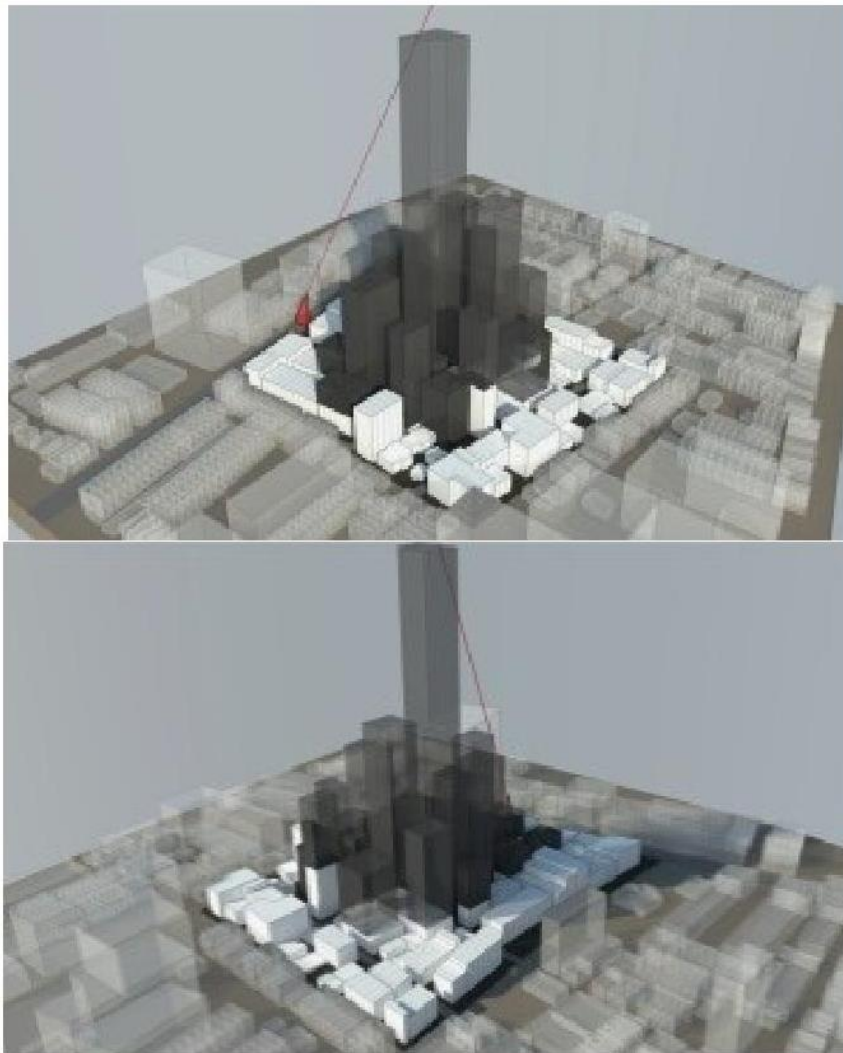
ภาพที่ 132 แสดงลักษณะระยะร่นในพื้นที่บล็อกที่ 53 (ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)



ภาพที่ 133 แสดงลักษณะการปรับปรุงทั้งบล็อกที่ 53 (ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)



ภาพที่ 134 แสดงทัศนียภาพการปรับปรุงทั้งบล็อกที่ 53
(ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)



ภาพที่ 135 แสดงทัศนียภาพการปรับปรุงทั้งบล็อกที่ 53
(ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

เมื่อทำการจำลองการไหลพบว่า ค่า ACH เปลี่ยนจากแบบเดิมที่ยังไม่ได้ปรับปรุงอาคาร จาก ค่า ACH= 46.899 เพิ่มขึ้นเป็น 56.136 ซึ่งนับว่ามีการระบายอากาศเมืองที่ดีขึ้น เพิ่มขึ้นประมาณ 19.69%

7.6 สรุปและข้อเสนอแนะการวิจัยในอนาคต

กรอบกฎหมายเทศบัญญัติตามกฎหมายการป้องกันอัคคีภัยทำให้อาคารสูงจะต้องถูกสร้างให้ติดกับถนนสาธารณะ แต่การก่อสร้างดังกล่าวทำให้เกิดปัญหาในเรื่องการไหลของลม โดยอาคารบ้านเรือนขนาดเล็กถูกบดบังทิศทางลมด้วยอาคารสูง (Super block) และส่งผลให้พื้นที่ตรงกลาง

ไม่ได้ถูกใช้งานอย่างเต็มประสิทธิภาพ ซึ่งจากผลการวิเคราะห์เรื่องการไหลของลมของระบบเมืองชั้นในที่มีการใช้พื้นที่ร่วมกันของอาคารสูงและอาคารบ้านเรือนที่มีความสูงไม่มากมักเกิดปัญหาการไม่ได้รับลม ทำให้พบวิธีการออกแบบการจัดวางพื้นที่ใหม่ที่สามารถช่วยแก้ปัญหาเรื่องการไหลของลมให้ดีขึ้น สามารถทำได้โดยการจัดพื้นที่ในลักษณะภูเขา กล่าวคือ การจัดให้อาคารสูงอยู่ในพื้นที่ตรงกลางโดยลดระดับความสูงลง และให้อาคารบ้านเรือนที่มีความสูงไม่มากอยู่บริเวณรอบนอกที่ติดถนนสาธารณะ ในบริเวณรอบอาคารสูงจะต้องมีระยะถอยร่นไม่น้อยกว่า 6 เมตร เพื่อเป็นทางให้รถดับเพลิงสามารถเข้าถึงพื้นที่ได้ และถนนที่เข้าถึงพื้นที่อาคารภายในต้องมีความกว้างไม่น้อยกว่า 12 เมตร การจัดพื้นที่ดังกล่าวนี้ทำให้การไหลของลมสามารถไหลได้ทั่วทุกพื้นที่ ลดการเกิดการบังทิศทางลมช่วยให้มีการถ่ายเทอากาศของชุมชนเมืองที่ดีขึ้น และเป็นแนวทางในการใช้พื้นที่ตรงกลางให้เกิดประโยชน์อย่างมีประสิทธิภาพอีกทั้งยังเป็นการเพิ่มมูลค่าของที่ดินอีกด้วย

ในส่วนของแนวทางเสนอแนะถึงการศึกษาวิจัยในอนาคต คือ ควรจะศึกษาให้มีหน่วยวิเคราะห์เพิ่มให้ครอบคลุมลักษณะเชิงสัญญาณที่เป็นค่า outlier เพิ่มเติมในเรื่องของลักษณะเชิงสัญญาณของพื้นที่เมืองในพื้นที่อื่นๆและในทิศทางลมอื่นของประเทศไทยต่อไป

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- กรมควบคุมมลพิษ. (2555). รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย พ.ศ. 2555: กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กรุงเทพมหานคร.ภาษาไทย
- กรมอุตุนิยมวิทยา. (2553). เอกสารวิชาการ ความผันแปรและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของประเทศไทยและการคาดการณ์ในอนาคต
- ไชศรี ภัคดีสุขเจริญ. (2548). บทความทางวิชาการ วาทกรรมของเมืองผ่านโครงสร้างเชิงสัญลักษณ์วารสารวิชาการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร.
- คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร. (2540). กองอนุรักษ์พลังงาน. กรุงเทพมหานคร.
- จิตติศักดิ์ ธรรมภรณ์พิลาศ. (2555). ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะเฉพาะทางกายภาพกับสภาวะอุณหภูมิระดับจุลภาคของกรุงเทพมหานคร. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร.
- ธนิต จินดาวณิก; คมกฤษ ชูเกียรติมัน และ ปริมลภา วสุวัต. (2543). ข้อมูลอากาศประเทศไทยสำหรับงานอนุรักษ์พลังงาน.
- ธนิต จินดาวณิก. (2536). การแสวงหาประโยชน์จากสภาพแวดล้อมเพื่อสร้างสภาวะน่าสบายและประหยัดพลังงาน. กรุงเทพฯ: คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นพนนท์ ตาปานานนท์. (2551). กรุงเทพฯ อภิธานศรรังการพัฒน์ที่แปรเปลี่ยนในทศวรรษหน้า. วารสารธนาคารอาคารสงเคราะห์ ฉบับเดือนมิถุนายน
- นพนนท์ ตาปานานนท์. (2556). โครงการวางและจัดทำผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร. สำนักผังเมือง กรุงเทพมหานคร.
- มาตรฐานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ. (2540). สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย. คณะกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมเครื่องกล. พิมพ์ลักษณะ. กรุงเทพมหานคร.
- วรรณศิลป์ พีรพันธุ์. (2556). ผังเมืองรวมเมืองอัมพวา อำเภออัมพวา จังหวัดสมุทรสงคราม. กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย.
- วิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. (2536). กระทรวงกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน.
- สมพงษ์ มະนะสุทธิ. (2535). อุตุนิยมวิทยาเบื้องต้น Introduction to meteorology กรุงเทพมหานคร.

สุนทร บุญญาธิการ. (2541). เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพมหานคร.

สำนักพัฒนามาตรฐาน กรมโยธาธิการและผังเมือง. (2550). บทที่ 4 แผนผังกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดิน: เกณฑ์และมาตรฐานผังเมืองรวม พ.ศ. 2549.

สืบศักดิ์ ประสารสุข. (2547). การคำนวณการไหลของอากาศผ่านอาคารแบบ 3 มิติ. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สำนักผังเมือง กรุงเทพมหานคร. (2556). ผังเมืองรวมกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2556. กรุงเทพมหานคร.

อรรรจน์ เศรษฐบุต. (2547). การจำลองสภาพการถ่ายเทความร้อนและการไหลเวียนของอากาศในโบสถ์ไทยด้วยโปรแกรม DOE-2 และ CFD: เอกสารประกอบการประชุมวิชาการสารศาสตร์ ครั้งที่ 46. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพมหานคร.

ภาษาอังกฤษ

Adolphe, L. (2000). A simplified model of urban morphology; application to an analysis of the environmental performance of cities, *Environmental and Planning B; Planning and Design*, Vol. 28, pp. 183-200.

Arya, S. P. (1999). *Air pollution meteorology and dispersion*, New York, Arcade University press, Oxford.

Ashrae Handbook. (2001). *Ashrae Handbook: Backward facing step*, Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE).

ASHRAE. (2004). *ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2004*, Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE).

Aynsley, R. M. (1977). *Architectural aerodynamics*, Applied Science Publisher ltd,

UKArens E. and Bosselmann P. (1989). *Wind, sun and temperature - Predicting the thermal comfort of people in outdoor spaces*, *Buildings and Environment*, 24, 315-320.

- Bitan, A., (1992). The high climatic city of the future, *Atmospheric Environment*, 26B, pp. 313-329.
- Bottema M. (1999). Towards rules of thumb for wind comfort and air quality, *Atmospheric Environment* 33, pp. 4009-4017.
- Burian, S. et al. (2004). Urban Morphology Analysis for Mesoscale Meteorological and Dispersion Modeling Applications. Proc. of the Fifth Symposium on the Urban Environment, AMS, Vancouver, Canada.
- Burian, S. et al. (2004). High Resolution Data Sets Urban Canopy Parameters for Houston., Texas. Proc. of the Fifth Symposium on the Urban Environment, AMS, Vancouver, Canada.
- Carpentieri, M. (2009), Evaluation of a neighbourhood scale, street network dispersion model through comparison with wind tunnel data. *Environmental Modelling and Software*, 37, pp. 110-124.
- Carvalho C. et al. (2006). Air Quality Ensemble Forecast Coupling ARPEGE and CHIMERE over Western Europe, *Air Pollution Modeling and Its Application XIX*, NATO Science for Peace and Security Series Series C: Environmental Security, pp. 367-375.
- Chan, L. Y., Kwok, W. S. (2001). Roadside suspended particulates at heavily trafficked urban sites of Hong Kong - seasonal variation and dependence on meteorological conditions, *Atmospheric Environment*, Vol. 35, pp. 3177-3182.
- Chan, Andy T Y, Au William T. W, So Ellen S.P. (2003). Strategic guidelines for street canyon geometry to achieve sustainable street air quality—part II: multiple canopies and canyons, *Atmospheric Environment*, Vol 37, pp. 2761-2772.
- CHEN Liang, NG Edward, AN Xipo. (2009). AIR PATH DETECTION IN URBAN ENVIRONMENT AND ITS IMPLICATIONS ON MORPHOLOGICAL ANALYSIS AND VENTILATION ASSESSMENT: A NEW WAY TO SOLVE AN OLD PROBLEM?, The seventh International Conference on Urban Climate, 29 June - 3 July 2009, Yokohama, Japan.

- Ching, J. et al. (2002). Urban Morphology for Houston to Drive Models-3/CMAQ at Neighborhood Scales. Proc. of the Fourth Symposium on the Urban Environment, AMS, Norfolk, VA.
- Cionco, R. M. (2006). Microscale Modeling Needs for Digitized Surface Feature Morphology – Urban and Rural. Proc. of the Sixth Symposium on the Urban Environment, AMS, Atlanta, GA.
- Cionco, R. M. and R. Ellefsen. (1998). High Resolution Urban Morphology for Urban Wind Flow Modeling. Special issue on Urban Forest, Atmos. Env., Elsevier Science, UK, Vol. 32, NO 1, pp. 7-17.
- Cleugh, H. and T. R. Oke. (1986). Suburban-rural energy balance comparisons in summer for Vancouver, BC, Boundary-Layer Meteorology, 36, 351-369.
- Conzen, M.R.G. (1930). Vesprém, Berichte über die Pfingstexkursion des Geographischen Institutes der Universität Berlin nach Ungarn und der Tschechoslowakei ([Berlin: Selbstverlag des Geographischen Institutes der Universität Berlin], 1930), pp. 34–37.
- Conzen, M.R.G. (1960). Alnwick, Northumberland: A Study in Town Plan Analysis, Institute of British Geographers, Publication no.27, London, 2nd revised edition.
- Cook, J. (1991). Searching for the bioclimatic city, 7-16 in S. Alvarez et al. (eds.) Architecture and Urban Space, Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
- Cook, J., (1996). Architecture indigenous to extreme climates, Energy and Buildings 23, pp. 277-291.
- Da Vinci. (1480). <http://www.macchinedileonardo.com/index.php?studies-architecture>, access dated: june 30 th, 2015.
- Dimoudi, A., Nikolopoulou, M. (2003). Vegetation in the urban environment; microclimatic analysis and benefits, Energy and Building, Vol. 35, pp. 9-76.
- Ebenezer Howard, Frank Lloyd Wright, and le Corbusier. (1977). Urban Utopias in the Twentieth Century, MIT press, USA.

- Edussuriya, Priyantha S. (2007). Urban morphology and air quality: a study of street level air pollution in dense residential environments of Hong Kong, Publisher, The University of Hong Kong (Pokfulam, Hong Kong)
- Edward Ng. (2009). Wind and Heat Environment in Densely Built Urban Areas in Hong Kong, (invited paper) A special issue on Wind Disaster Risk and Global Environment Change, the Association of International Research Initiatives for Environmental Studies (AIRIES), Journal of Global Environmental Research, Vol.13, No.2, 2009, pp169-178.
- Edward Ng. (2009). Policies and technical guidelines for urban planning of high-density, Building and environment, 44 (7), 1478-1488.
- Edward Ng. (2010). Designing High-density Cities for Social and Environmental Sustainability, Earthscan, London. 384 pages.
- Edward Ng, Yuan, Chen, Ren, and C.H. Fung, (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, Landscape and Urban Planning 101 (2011) 59–74.
- Eliasson, I. (1999). The use of climate knowledge in urban planning. Landscape and Urban Planning, 48(1-2), pp. 31-44.
- Givoni, B. (1998). Climate Considerations in Building and Urban Design, Van Nostrand Reinhold, New York.
- Golany G.S. (1995). Urban design morphology and thermal performance, Atmospheric Environment 30, pp. 455-465.
- Grimmond, S., T. R. Oke and D. G. Steyn. (1986). Urban water balance I: A model for daily totals, Water Resources Research, 22, 1397-1403.
- Hartzell M. (2011). City block length, East by Southeast,
<http://www.eastbysoutheast.com>.

- Hawkins, T.W., Brazel, A.J., Stefanov, W.L., Bigler, W., and Safell, E.M. (2004). The role of rural variability in urban heat island determination for Phoenix, Arizona. *Journal of Applied Meteorology* 43 (3), pp. 476-486.
- Hebbert M. (2011). *City Weathers* (e-book joint-edited with Vladimir Jankovic and Brian Webb) Manchester: Manchester Architecture Research Centre 2011) ISBN:978-1-907120-98-5 www.sed.manchester.ac.uk/research/marc
- Hebbert M. and Jankovic V. (2012). *Cities, Urbanization and Climate Change – the prequel and why it matters*, *Urban Studies*.
- Hebbert M. (2013). *Urban Climatology Applied to Urban Planning – a knowledge circulation failure*, *International Journal of Urban & Regional Research*.
- Hebbert M. and Jankovic V. (2012). *Hidden Climate Change – urban meteorology and the scales of real weather*, *Climatic Change* 113, 1, pp. 23-33.
- Hebbert M. and McKellar E. (2008). *Tall Buildings in the London Landscape*, *The London Journal* 33, 3, 199-200.
- Hebbert M. (2006). *Town Planning versus Urbanismo*, *Planning Perspectives*, 21 (3) 233-251 July.
- Hebbert M. (2005) *Engineering, Urbanism and the Struggle for Street Design*, *Journal of Urban Design* 10, 1, 39-59.
- Hebbert M. (2004) *New Urbanism - the Movement in Context*, *Built Environment* 29, 3 193-209.
- Hebbert M. (2005). *Greater Manchester – ‘up and going’?*. *Policy & Politics* 28 79-92.
- Hebbert M. (1999), *A City in Good Shape: town planning and public health*, *Town Planning Review* 704, 433-54.
- Hebbert M. (1997). *Urban Sustainability: discourses, networks and policy tools*, *Progress in Planning* 47, 1, 1-74.
- Hoskar, R.P., 1984. *Flow and diffusion near obstacles*. In *Atmospheric Science and Power Production*, SOE/TIC-27601, ISBN 0-87079-126-5.

- Hunt J.C.R., Poulton† E.C., Mumford J.C. (1976). The effects of wind on people; New criteria based on wind tunnel experiments, *Building and Environment*, Volume 11, Issue 1, 1976, Pages 15–28.
- Jedrallos (2012). Da Vinci's Ideal City, <http://ibhistory222.wikispaces.com/Ideal+City>, access dated: June 30 th, 2015.
- Jenks M., Burton E. and Williams K. (1996). *The Compact City: A Sustainable Urban Form?*, E&FN Spon, London.
- Kagiya, Koji and Yasunobu Ashie. (2008). “National Research Project on Kaze-no-michi for Urban Planning- Making the Best Use of the Cool Sea Breeze in Tokyo” In *Proceedings of 5th Japanese-German Meeting on Urban Climatology*. University of Freiburg.
- Kenworthy J.R. and Laube F.B. (1996). Automobile dependence in cities: An international comparison of urban transport and land use patterns with implications for sustainability, *Environmental Impact Assessment Review* 16, 279-308.
- Kukadia, V., Palmer, J. (1998). The effect of external atmospheric pollution on indoor air quality: a pilot study, *Energy and Buildings*, Vol. 27, pp. 223-230.
- Kuttler, W. (1996). Impact of street geometry on downward longwave radiation and air temperature in an urban environment, *Applied Climatology and Landscape Ecology*, University of Duisburg-Essen, Essen, North Rhine-Westphalia, Germany, *Meteorologische Zeitschrift*, 11/2004; 13:373-379. DOI: 10.1127/0941-2948/2004/0013-0373.
- Kutter W. (1998). Stadtklima. In: SUKOPP, HERBERT UND WITTIG, RÜDIGER: *Stadtökologie. Ein Fachbuch für Studium und Praxis*. 2. Auflage. Fischer. Stuttgart, 125-167.
- Landsberg H. (1973). The meteorologically utopian city. *Bulletin of the American Meteorological Society* 54, 86-89.

- Long N., Mestayer P. G., Kergomard C. (2003). Urban database analysis for mapping morphology and aerodynamic parameters: the case of St. Jerome sub-urban area, in Marseille during Escompte, http://www.geo.uni.lodz.pl/~icuc5/text/O_31_1.pdf.
- Manins, P. C. C., M.E; Hurley, P.J; Newton, P.W; Smith, N.C; and Marquez, L.O. (1998). Impact of urban development on air quality and energy use, In 14th International Clean Air & Environment Conference, Melbourne, Clean Air Society of Australia & New Zealand.
- Mayer, H. (1996). Air pollution in cities, Atmospheric Environment, Vol. 33, pp. 4029-4037.
- Melbourne W.H. (1978). Criteria for environmental wind conditions: The wind content of the built environment, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, Volume 3, Issues 2-3, Pages 241-249.
- Morgan and Rogers. (1972). Helyntion Jac y Gofalwr, Urdd Gobaith Cymru.
- M. Nunez and T. R. Oke. (1977). The Energy Balance of an Urban Canyon, <http://dx.doi.org/10.1175/1520-0450>.
- Olgay, V. (1963). Design With Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism, Princeton University Press, Princeton, NJ: 14-32.
- Oke, T. R. (1970). Turbulent transport near the ground in stable conditions, Journal of Applied Meteorology, 9, pp. 778-786.
- Oke, T. R. and G. B. Maxwell. (1975). Urban heat island dynamics in Montreal and Vancouver, Atmospheric Environment, 9, 191-200.
- Oke, T. R. (1987). Street design and urban canopy layer climate, Energy and Buildings, 11, pp. 103-113.
- Oke, T. R. and H. A. Cleugh. (1987). Urban heat storage derived as energy balance residuals, Boundary-Layer Meteorology, 39, pp. 233-246.

- Oke, T. R. (1984). Towards a prescription for the greater use of climatic principles in settlement planning, *Energy and Buildings*, 7, pp. 1-10.
- Oke, T. R. (1982). The energetic basis of the urban heat island, *Quarterly Journal Royal Meteorological Society*, 108, pp. 1-24.
- Oke, T. R. (1981). Canyon geometry and the nocturnal heat island. Comparison of scale model and field observations, *Journal of Climatology*, 1, 237-254.
- Oke, T.R. (1995). The heat island characteristics of the urban boundary layer: Characteristics, causes and effects. In J.E. Cermak, A.G. Davenport, E.J. Plate, and D.X. Viegas (eds). *Wind Climate in Cities*, pp. 81–107. Netherlands: Kluwer Academic.
- Oke, T.R. (1997). Urban climates and global change. In Perry A and Thompson R, *Applied Climatology: Principles and Practices*, pp. 273–287. London: Routledge.
- Penwarden A.D. (1973). Acceptable wind speeds in towns, *Building Science*, Volume 8, Issue 3, September 1973, Pages 259–267.
- Rubina Ramponi, Bert Blocken. (2009). Numerical study of wind-induced cross-ventilation for an isolated cubic building model, *Building and Environment*, Volume 53, July 2009, pp. 34–48.
- Robert Boyle. (1700). *Experimenta et considerationes de coloribus* - digital facsimile from the Linda Hall Library.
- Robert F. (1977). *Urban utopias in the twentieth Century: Ebenezer Howard, F.L. Wright, Le Corbusier*. London: New York Basic Books.
- Roberts, M. J., H. Banks, N. Gedney, J. Gregory, R. Hill, S. Mullerworth, A. Pardaens, G. Rickard, R. Thorpe, and R. Wood. (2007). Impact of an eddy-permitting ocean resolution on control and climate change simulations with a global coupled GCM, *Climate*, 17, 3–20.
- Rydin, Y. et al (2012). Shaping cities for health: complexity and the planning of urban environments in the 21st century, *The Lancet*, vol 379, pp. 2079-108.

- Santamouris M., (2001), Energy and climate in the urban built environment, James & James, pp. 402
- Steyn, D. G. and T. R. Oke. (1982). The depth of the daytime mixed layer at two coastal sites. A model and its validation, *Boundary-Layer Meteorology*, 24, pp. 161-180.
- Stewart I. D. AND T. R. Oke. (2014). Evaluation of the “local climate zone” scheme using temperature observations and model simulations. *International Journal of Climatology* 34: pp. 1062–80.
- Summer P. (1964). A Urban Ventilation Model Applied to Montreal. Thesis (PH.D.)- MCGILL UNIVERSITY (CANADA), Source: American Doctoral Dissertations, Source code: X1964., pp. 0160.
- Tingting Hun, Ryuichiro Yoshie. (2013). Indices to evaluate ventilation efficiency in newly-built urban area at pedestrian level, Wind Engineering Research Center, Tokyo Polytechnic University, Iiyama 1583, Atsugi, Kanagawa 243-0297, Japan, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics* (Impact Factor: 1.7). 01/2013; 112:39–51. DOI: 10.1016/j.jweia.2012.11.002.
- UN-Habitat. (2009). Planning sustainable cities, global report on human settlements, Earthscan, London.
- UN-Habitat. (2009). Harmonious Cities: State of the World's Cities 2008/2009, Earthscan, London.
- UN-HABITAT. (2009). Global Report on Human Settlements 2009: Planning Sustainable Cities. Sustainable Cities Programme: Approach and Implementation.
- VITRUVIUS, M. De architectura. Naples, (ca.1480). The Ten Books of Architecture online: cross-linked Latin text and English translation.
- Yannas, S. (2001). Toward more sustainable cities, *Solar Energy* 70, 281-294.

- Yoshida, H., & Omae, M. (2005). An approach for analysis of urban morphology: Methods to derive morphological properties of city blocks by using an urban landscape model and their interpretations, *Computers, Environment and Urban Systems*, 29, pp. 223–247.
- Zrudlo, L.R. (1988). A climatic approach to town planning in the Arctic, *Energy and Buildings* 11, pp. 41-63.





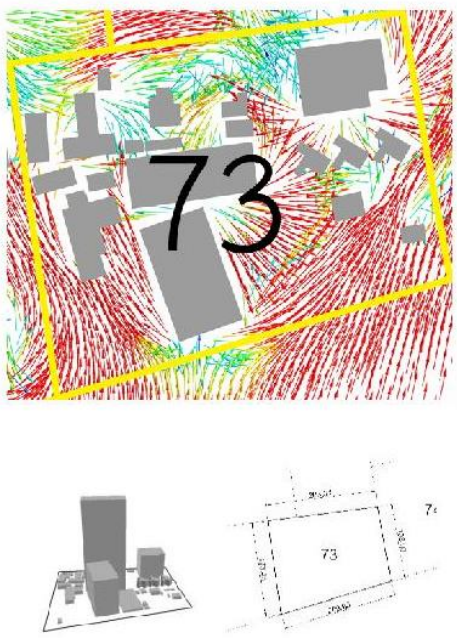
ภาคผนวก

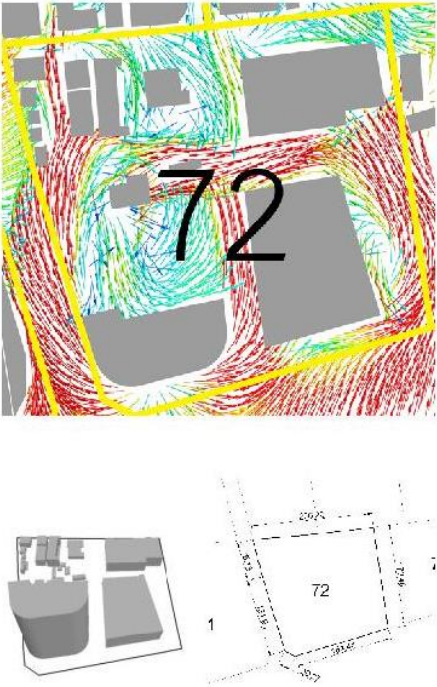
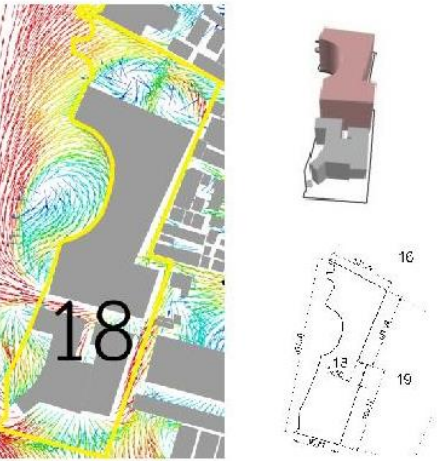
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

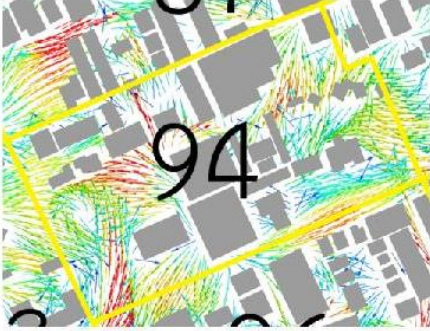
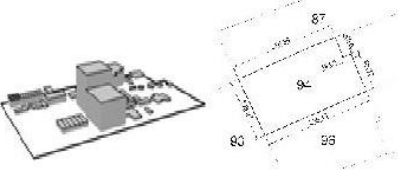
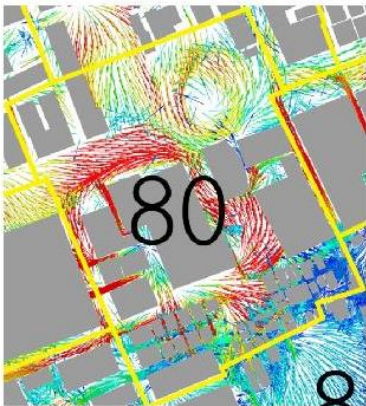
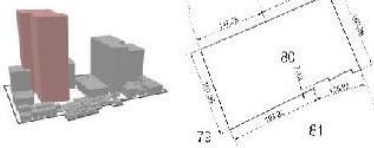
ภาคผนวก ก.

สรุปภาพเวกเตอร์การไหลและลักษณะสัญญาณ แต่ละบล็อก

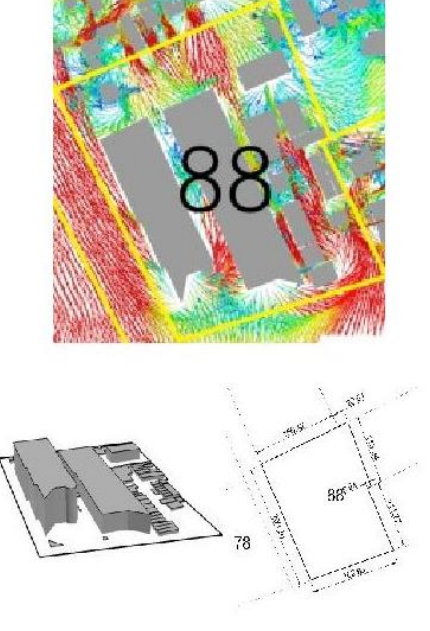
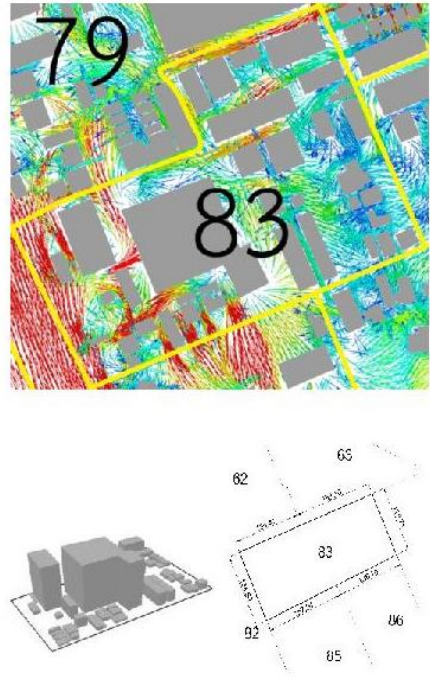
ภาพ ก.1 ภาพเวกเตอร์การไหลและลักษณะสัญญาณ 1-98 บล็อก เรียงจาก ACH มากไปน้อย มีรายละเอียด ดังนี้

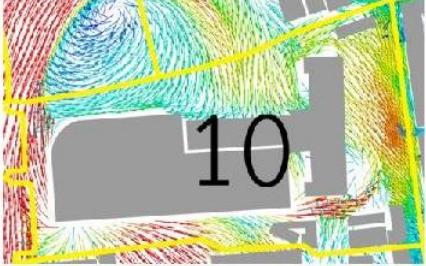

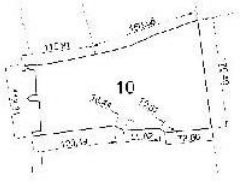
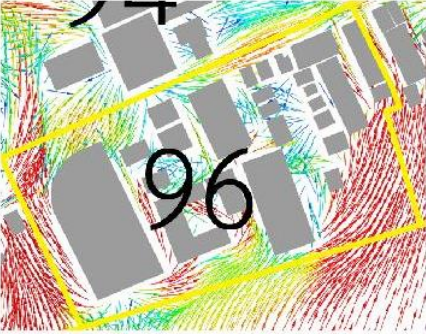
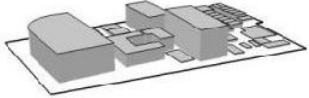
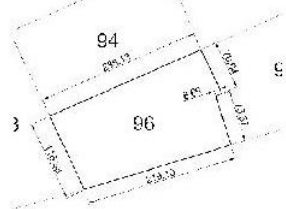
ภาพประกอบ	การวิเคราะห์ผลการไหลของลม
	<p>ACH s : 65.83</p> <p>ตั้งอยู่ทางทิศใต้สุดของเขตพื้นที่บางรัก มีลมพัดผ่านเข้ามาสู่ตำแหน่งนี้ทั้งสี่ทิศได้แก่ทิศใต้ ทิศตะวันตก ทิศตะวันออก และทิศเหนือ ลักษณะโครงสร้างของอาคารเป็นอาคารสูงใหญ่ระยะห่างกันไม่หนาแน่นลักษณะโครงสร้างของถนนเปิดรับช่องทางลม ประกอบการพื้นที่ว่างช่วยให้ลมไหลผ่านได้ดีลักษณะลูกศรแสดงการพัดของลมเป็นลูกศรสีแดงและสันหมายควมว่าลมไหลผ่านบริเวณนี้ได้ดีมาก</p>

ภาพประกอบ	การวิเคราะห์ผลการไหลของลม
	<p>ACH s : 63.60</p> <p>ตั้งอยู่ทิศทางใต้ของเขตบางรัก ซึ่งติดกับถนนใหญ่ซึ่งเป็นแนวผ่านของลมแรงมากที่สุด โดยมีลักษณะอาคารที่สูง แต่ตั้งห่างกันพอสมควรจึงทำให้เกิดบริเวณกว้างรับลมได้ทั้งลมที่มาจากทิศใต้กำลังลมแรงมาก โดยทางฝั่งทิศตะวันตกติดกับถนนใหญ่ซึ่งเป็นทางของกำลังลมแรงเหมือนกัน จึงทำให้ตำแหน่งที่ 72 นี้มีอากาศถ่ายเทได้ดี ลักษณะของลูกศรสีแดงแสดงการหมุนของลมภายในบล็อกที่ไล่จากลูกศรสีแดงมาถึงสีน้ำเงิน บริเวณหลังตึกใหญ่ซึ่งเกิดจากการอับลมเนื่องจากอีกด้านหนึ่งของอาคารที่ปะทะลมจะมีลมพัดผ่านอย่างบางเบา</p>
	<p>ACH s : 46.83</p> <p>ตั้งอยู่ทางทิศตะวันตกติดริมแม่น้ำ และทิศใต้ซึ่งเป็นทิศที่เป็นช่องลม แต่เนื่องจากตำแหน่งที่ 18 ภายในบล็อกมีลักษณะอาคารสูงตั้งชิดติดกันแม้จะมีเพียงไม่กี่อาคารแต่มีความหนาแน่นของอาคารสูง จึงทำให้กระแสลมที่พัดเข้ามาปะทะกับตัวอาคารแทบทั้งสิ้น ส่งผลให้ลมสามารถเข้าไปในพื้นที่ด้านในได้ดี</p>


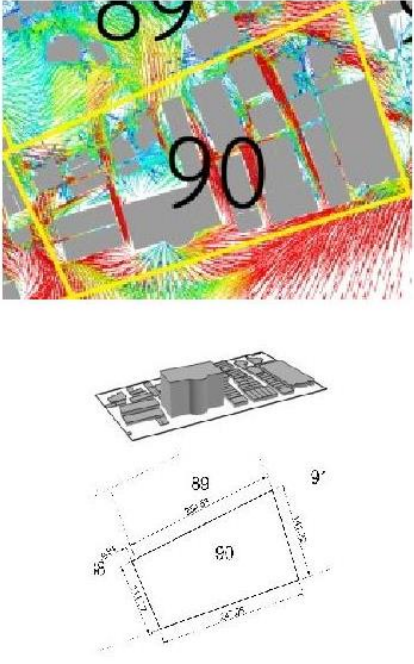
ภาพประกอบ	การวิเคราะห์ผลการไหลของลม
 	<p>ACH s : 29.96</p> <p>ทางทิศใต้ติดกับบล็อกที่ 96 ทิศตะวันตกติดกับบล็อกที่ 93 ทิศเหนือติดกับบล็อกที่ 87 และ ทิศตะวันออกติดกับบล็อกที่ 95 สภาพโดยรวมทั่วไปค่อนข้างหนาแน่นอาคารส่วนใหญ่วางตัวในแนวทิศขวางทางลม แต่ก็ยังคงมีลมพัดผ่านในพื้นที่นี้บ้าง ปรากฏตามลูกศรสีเหลือง สีเขียว และแดง ที่กระจายตัวทั่วไปในพื้นที่ อาคารดังกล่าวข้างต้นนี้ที่กีดขวางการไหลของลมทำให้ด้านหนึ่งของอาคารเกิดเป็นพื้นที่อับลมปรากฏตามลูกศรสีฟ้า</p>
 	<p>ACH s : 26.24</p> <p>ตั้งอยู่ทางทิศตะวันออกติดกับบล็อก 79 และ 81 ลักษณะอาคารมีความสูงเรียงชิดติดหนาแน่นกัน แต่ก็ยังมีช่องว่างสำหรับให้ลมพัดผ่านเข้าได้ โดยเฉพาะทางทิศเหนือฝั่งติดทางบล็อก 81 มีลักษณะการไหลของลมแรงมากพัดเข้ามา เป็นลักษณะลมหมุนกำลังเบาพัดตามซอกอาคาร ลูกศรสีแดงแสดงตรงกลางบล็อกพัดผ่านเป็นมุมหักศอกและมีลมหมุนบริเวณส่วนกลางพื้นที่ของบล็อก และมีกำลังลมเบาลงเรื่อยๆเป็นลูกศรสีเขียว เหลือง น้ำเงิน</p>

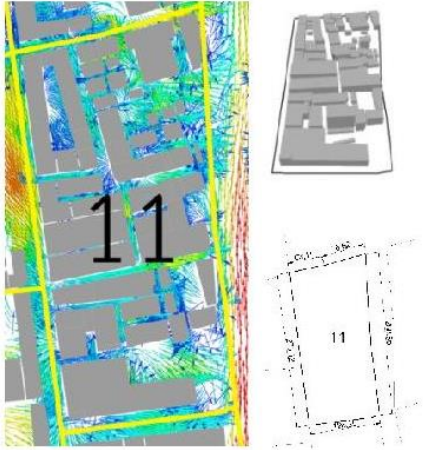
ภาพประกอบ	การวิเคราะห์ผลการไหลของลม
 	<p>ACH s : 25.63</p> <p>ตั้งอยู่ติดกับบล็อกที่ 16 และติดกับถนนใหญ่ ลักษณะภายในบล็อกเป็นตึกสูงใหญ่ มีช่องว่างระหว่างตึกเป็นบริเวณกว้าง สังเกตจากเป็นลักษณะของลูกศรสีแดงเป็นบริเวณกว้างแสดงถึงบริเวณดังกล่าว ทำให้ลมหมุนเวียนได้ดี ลักษณะของตึกนั้นทำให้กระแสลมสามารถพัดผ่านได้ดี พื้นที่ไม่หนาแน่นดูได้จากลูกศรสีแดงที่ลมสามารถพัดผ่านได้ดี</p>
 	<p>ACH s : 24.80</p> <p>เป็นตำแหน่งที่ติดกับริมแม่น้ำโดยทางทิศเหนือเกิดเป็นลูกศรสีแดงเป็นทิศที่มีกระแสลมพัดผ่านเข้ามาดีที่สุด เนื่องจากอาคารตั้งห่างกันจึงทำให้เกิดช่องลมอันส่งผลให้เกิดกระแสลมได้ดี ในส่วนของทิศใต้ฝั่งที่ติดกับถนนมีลักษณะอาคารตั้งชิดติดกันจึงทำให้เกิดลูกศรสีฟ้าและน้ำเงิน ทำให้ไม่มีช่องว่างทำให้ลมพัดเข้ามาได้ไม่มาก</p>

ภาพประกอบ	การวิเคราะห์ผลการไหลของลม
	<p>ACH s : 23.46</p> <p>ทางทิศใต้ติดกับถนนใหญ่ ทางทิศตะวันตกติดกับถนนใหญ่ ทางทิศเหนือติดกับบล็อกที่ 83 และทางทิศตะวันออกติดกับบล็อกที่ 89 และบล็อกที่ 90 ลักษณะอาคารเป็นอาคารขนาดใหญ่ 2 อาคารวางตัวติดกัน รอบๆ พื้นที่อาคารด้านทางทิศตะวันออกประกอบด้วยอาคารเดี่ยวขนาดเล็ก หัวลูกศรสีแดงที่พัดมาจากทางทิศใต้เป็นลมที่มีการไหลรุนแรงมาก สภาพโดยรวมของพื้นที่นี้จึงมีการไหลขอลมได้ดี แม้จะมีจุดที่อับลมบ้างก็เพียงเล็กน้อยตามลูกศรสีฟ้า</p>
	<p>ACH s : 20.85</p> <p>ทางทิศใต้ติดกับบล็อกที่ 88 และบล็อกที่ 89 ทางทิศตะวันตกติดกับถนน ทางทิศเหนือติดกับบล็อกที่ 79 และทางทิศตะวันออกติดกับบล็อกที่ 80 และบล็อกที่ 84 ลมมีลักษณะการไหลมาจากทางทิศใต้ขึ้นไปสู่ทิศเหนือตามแนวของถนน แต่เนื่องจากในพื้นที่นี้มีอาคารขนาดใหญ่สูงวางตัวเป็นรูปตัว L จึงทำให้ลมที่พัดผ่านมาจากทางทิศใต้นี้สะท้อนออกไปหมด คงเหลือแต่เพียงบางส่วนซึ่งน้อยมากไหลไปทางด้านทิศตะวันออกของพื้นที่ ปรากฏเป็นลูกศรสีน้ำเงิน</p>

ภาพประกอบ	การวิเคราะห์ผลการไหลของลม
  	<p>ACH s : 20.62</p> <p>ตั้งอยู่ทางทิศตะวันตกติดกับริมแม่น้ำ ลักษณะของอาคารเป็นอาคารสูงใหญ่ตั้งอยู่กลางบล็อก ลมจึงพัดผ่านได้น้อยซึ่งสังเกตจากบริเวณดังกล่าวเป็นลูกศรสีฟ้า สีฟ้าเข้ม สีเขียว และสีเหลือง ขนาดปานกลาง กระจายตัวอยู่ติดกับตำแหน่งที่ 7 และ 8 มีช่องทางการไหลของลมพัดผ่านมาทางทิศเหนือและกระจายออกทางด้านข้าง ซึ่งเมื่อลมไหลระบายออกทางด้านข้าง บางส่วนได้แปรเปลี่ยนเป็นลูกศรสีแดงแสดงถึงการไหลของอากาศที่ตึกกว่าภายในพื้นที่บล็อกที่ 10</p>
  	<p>ACH s : 19.63</p> <p>พื้นที่ตั้งทางด้านทิศตะวันตกติดกับบล็อกที่ 93 และทางทิศเหนือติดกับบล็อกที่ 94 ทิศตะวันออกติดกับบล็อกที่ 97 ลักษณะเป็นอาคารขนาดใหญ่ และขนาดกลางบางส่วน และมีอาคารขนาดเล็กเรียงตัวกระจายอยู่บริเวณโดยรอบ ภายในจึงเกิดเป็นลูกศรสีฟ้าและสีน้ำเงินสีเบ้เนื่องมาจากการเรียงตัวของอาคารขนาดเล็กซึ่งอยู่ในบริเวณติดกัน ทำให้ลมไม่สามารถผ่านเข้ามาได้โดยรอบและไหลผ่านเลยด้านเหนืออาคารออกไป แต่ในบริเวณพื้นที่ว่างด้านข้างตึกขนาดกลางนั้น เกิดเป็นลูกศรสีแดงขนาดกลางแสดงถึงมีการไหลของลมที่ตึกนั่นเอง</p>

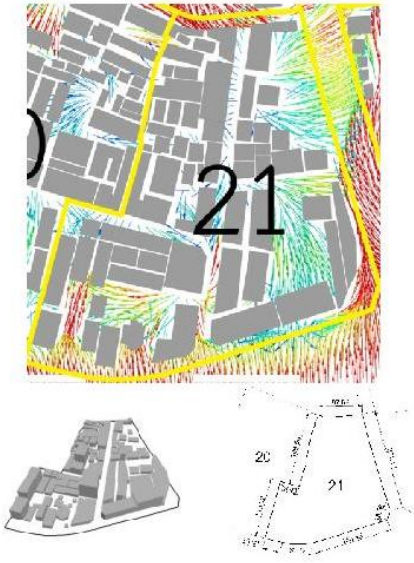
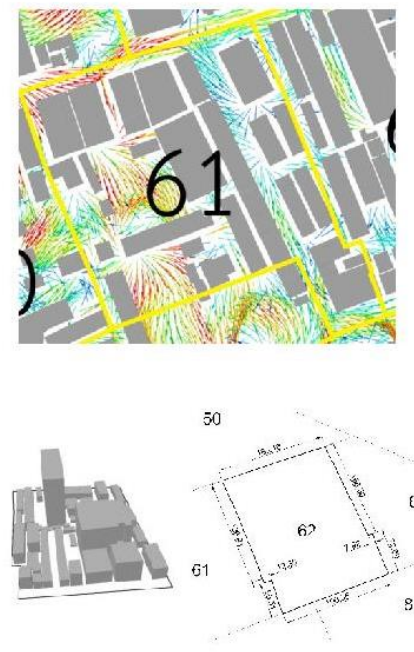
ภาพประกอบ	การวิเคราะห์ผลการไหลของลม
	<p>ACH s : 18.72</p> <p>ตั้งอยู่ทางทิศใต้สุดของเขตพื้นที่บางรักทางด้านทิศมาสู่ตำแหน่งสองทิศได้แก่ทิศใต้และทิศตะวันตก ลักษณะโครงสร้างของอาคารเป็นอาคารสูงใหญ่ ค่อนข้างหนาแน่น การพัดของลมเป็นลูกศรสีแดงสั้นลมไหลเข้ามามากเฉพาะแต่ในทางใต้ของพื้นที่ แต่การเรียงตัวของอาคารเป็นลักษณะที่ป้องกันการไหลเข้ามาภายในพื้นที่ส่วนใหญ่ ดังนั้นจึงทำให้พื้นที่ส่วนใหญ่เกิดการไหลของลมไม่ดีเท่าที่ควร ปรากฏเป็นลูกศรสีน้ำเงิน เหลือง และเขียวทั่วไปเกือบทั้งพื้นที่</p>
	<p>ACH s : 18.03</p> <p>ทางทิศใต้ติดกับบล็อกที่ 94 และบล็อกที่ 95 ทางทิศตะวันตกติดกับบล็อกที่ 86 ทางทิศเหนือติดกับบล็อกที่ 82 ในพื้นที่นี้ส่วนใหญ่เป็นอาคารขนาดเล็กแต่ปรากฏอาคารขนาดใหญ่ในพื้นที่นี้เพียงอาคารเดียวถึงแม้พื้นที่นี้จะไม่หนาแน่นมาก แต่อาคารใหญ่ดังกล่าวเป็นส่วนที่ป้องกันให้ลมที่พัดมาจากพื้นที่ข้างเคียงพัดออกจากภายในพื้นที่นี้ทั้งหมดทำให้ในส่วนของอาคารทั้งหมดนั้นไม่มีลมไหลพัดเข้ามาเลย คงมีแต่การไหลอย่างเบาบางของลูกศรสีน้ำเงินเท่านั้น</p>

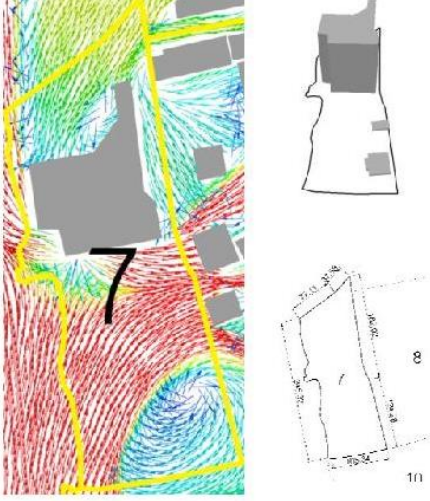
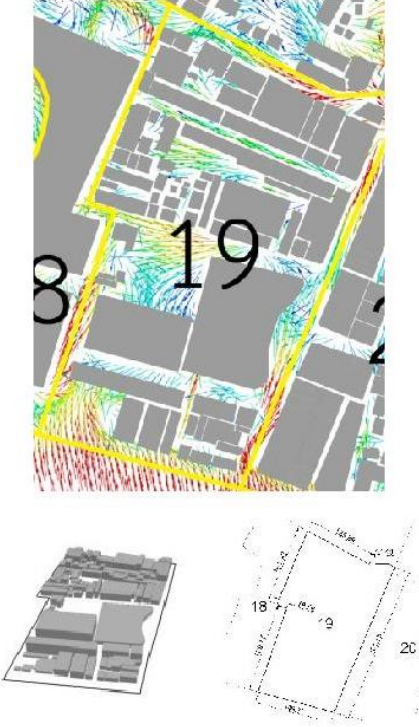
ภาพประกอบ	การวิเคราะห์ผลการไหลของลม
	<p>ACH s : 17.39</p> <p>ตั้งอยู่ติดกับบล็อกที่ 40,52 และ 64 ด้านถนนใหญ่ลมพัดเข้าจากทางทิศใต้ของบล็อกที่ 51 แต่มีอาคารสูงในระดับกลางตั้งฉากกับเส้นทางการพัดของลมและมีการเรียงตัวที่หนาแน่นมากทำให้แนวตั้งด้านหลังที่ควรจะมีลมพัดผ่านได้ดีกลับไม่มีลมพัดผ่านกลายเป็นพื้นที่อับลมอย่างมากและทำให้การหมุนของลมเปลี่ยนทิศทางไปสู่ถนนอีกด้านของตึกตามลูกศรสีแดงแสดงถึงลมที่พัดผ่านเข้ามาปะทะกับอาคารทำให้ลูกศรกระจายออกแต่สวนทางกับลมส่วนใหญ่</p>
	<p>ACH s : 17.25</p> <p>ทางทิศใต้ติดกับถนนใหญ่ ทางทิศตะวันตกติดกับบล็อกที่ 88 และทางทิศเหนือติดกับบล็อกที่ 89 และทางทิศตะวันตกติดกับบล็อกที่ 91 อาคารมีขนาดใหญ่มากแต่มีการวางตัวตามแนวทิศทางการไหลของลม กล่าวคือในพื้นที่นี้ลมมีการไหลจากทางทิศใต้ไปสู่ทิศเหนือตามแนวลูกศรสีแดง ซึ่งทั่วทั้งพื้นที่มีการไหลของลมในระดับที่ดีมาก อย่างไรก็ตามคงมีบางอาคารที่วางตัวขวางกับทิศทางของลมทำให้ด้านหนึ่งของอาคารนี้กลายเป็นพื้นที่อับลมปรากฏเป็นลูกศรสีน้ำเงิน</p>

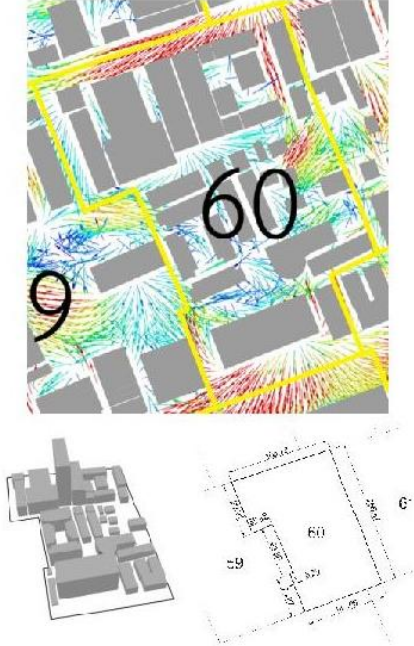
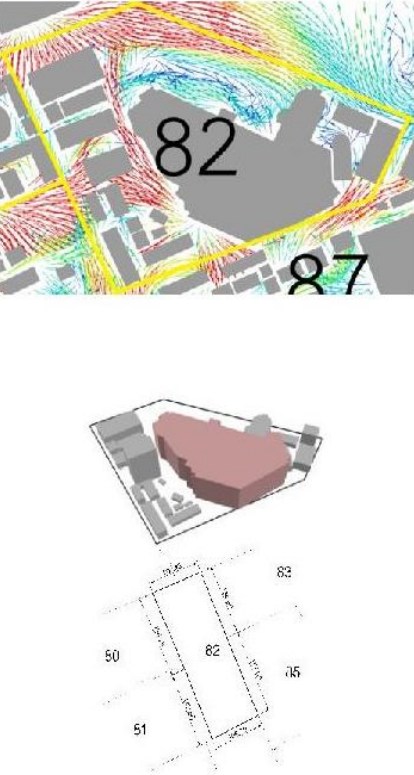
ภาพประกอบ	การวิเคราะห์ผลการไหลของลม
	<p>ACH s : 16.36</p> <p>ตั้งอยู่ทางทิศตะวันตก ทางด้านซ้ายของบล็อกติดกับบล็อกที่ 10 และบล็อกที่ 9 ทางด้านขวามีถนนใหญ่ มีอาคารสูงเรียงติดกันอย่างแน่นหนา อากาศไม่มีการไหลทำให้เกิดลูกศรสีน้ำเงินจำนวนมาก บริเวณตรงกลางบล็อกเป็นลูกศรสีน้ำเงินเข้ม สีฟ้า และสีฟ้าเข้ม แสดงถึงบางส่วนกลายเป็นพื้นที่อับลมทำให้แทบไม่มีลมหมุนเวียน ถึงแม้จะมีถนนใหญ่อยู่ติดบล็อกแต่ลมก็ยังถ่ายเทได้ไม่มากเพราะสภาพตึกที่แออัดนั่นเอง</p>
	<p>ACH s : 15.95</p> <p>ตั้งอยู่ติดกับบล็อกที่ 42,52,54 และ 66 มีลักษณะเป็นอาคารสูงหนาแน่นมากที่สุด ตัวอาคารวางแนวล้อมรอบพื้นที่ ไม่มีช่องทางของลมพัดผ่าน ทำให้เป็นพื้นที่ที่อากาศไม่ค่อยถ่ายเท ประกอบกับพื้นที่ข้างเคียงไม่มีการไหลของลมด้วยยิ่งส่งผลให้ภายในพื้นที่นี้เป็นพื้นที่อับลมอย่างมากสังเกตได้จากลูกศรสีน้ำเงินที่มีปริมาณน้อยกระจายตัวทั่วพื้นที่</p>

ภาพประกอบ	การวิเคราะห์ผลการไหลของลม
	<p>ACH s : 15.92</p> <p>ตั้งอยู่ฝั่งทางทิศตะวันออกของเขตบางรัก ลักษณะอาคารสูงและสูงปานกลางสลับกันไป แต่หนาแน่นมาก สภาพโครงสร้างของอาคารที่มีความสูงจึงทำให้ลมที่พัดเข้ามาปะทะกับตัวอาคารจึงทำให้ลมกระจายออกจากพื้นที่ ทิวพื้นที่ส่วนใหญ่จึงกลายเป็นพื้นที่อับลมปรากฏตามช่องว่างของอาคาร สังเกตได้จากลูกศรสีฟ้า สีเขียว และสีน้ำเงิน</p>
	<p>ACH s : 14.90</p> <p>ทางทิศใต้ติดกับถนนใหญ่ ทิศตะวันตกติดกับบล็อกที่ 92 ทิศเหนือติดกับบล็อกที่ 86 และทิศตะวันออกติดกับบล็อกที่ 94 กับ 96 มีอาคารสูงใหญ่ไม่มากนักโดยทั้งหมดเรียงตัวกระจายทั่วพื้นที่ไม่หนาแน่น แต่อาคารใหญ่นี้เป็นตัวเปลี่ยนทิศทางการไหลของลมที่พัดมาจากทิศใต้ เมื่อปะทะกับอาคารขนาดใหญ่จึงทำให้เปลี่ยนทิศทางการตามลูกศรสีแดง คือมาจากทางทิศใต้ไปทั้งหมด การไหลของลมในส่วนกลางของพื้นที่จึงเป็นไปในทางที่ไม่ดีเท่าที่ควร</p>

ภาพประกอบ	การวิเคราะห์ผลการไหลของลม
	<p>ACH s : 14.81</p> <p>ตั้งอยู่ทางทิศใต้ระหว่างบล็อกที่ 19,21 ติดกับถนนใหญ่ที่เป็นช่องลมตำแหน่งที่ 20 ภายในมีลักษณะอาคารสูง แสดงถึงการมีช่องว่างระหว่างตึกเพียงพอที่จะทำให้ลมสามารถพัดผ่านได้แต่ไม่มากนัก เนื่องจากภายในมีอาคารจำนวนมาก แต่ส่วนที่ลมสามารถพัดผ่านมาได้ดีที่ที่สุดคืออาคารฝั่งทางทิศใต้ที่ติดกับถนนใหญ่สังเกตจากลูกศรสีแดง ในส่วนทางทิศเหนือเกิดลูกศรสีฟ้าและฟ้าเข้มลักษณะอาคารชิดติดกันลมไม่สามารถพัดผ่านได้จึงให้มีลักษณะเป็นช่องอับลม</p>
	<p>ACH s : 14.58</p> <p>ทางทิศใต้ติดกับบล็อกที่ 89 และบล็อกที่ 91 ทางทิศตะวันตกติดกับบล็อกที่ 83 ทางทิศเหนือติดกับบล็อกที่ 81 และทางทิศตะวันออกติดกับบล็อกที่ 81 และบล็อกที่ 85 ลักษณะของอาคารเป็นอาคารเดี่ยวขนาดเล็กวางตัวกระจายทั่วพื้นที่ แต่เนื่องจากพื้นที่ข้างเคียงนั้นเป็นอาคารสูงใหญ่ทั้งสิ้นจึงทำภายในบริเวณพื้นที่นี้ไม่มีลมไหลผ่านเลยเกิดเป็นพื้นที่อับลมอย่างมากปรากฏดังลูกศรสีน้ำเงินเข้มกระจายตัวเต็มไปทั่วพื้นที่</p>

ภาพประกอบ	การวิเคราะห์ผลการไหลของลม
	<p>ACH s : 14.46</p> <p>ติดกับทิศใต้และอยู่ติดกับบล็อกที่ 20 และด้านขวาของบล็อกอยู่ติดกับถนนใหญ่ เกิดลูกศรสีเขียวและสีฟ้าจำนวนมาก ซึ่งเกิดจากการมีอาคารมากทั้งสูงและไม่สูงสลับกันแต่มีช่องว่างระหว่างอาคารน้อยทำให้การไหลของลมผ่านไปได้น้อย ส่วนทางด้านบนของบล็อกตึกมีลักษณะแออัดทำให้ลมสามารถพัดผ่านตึกได้น้อย</p>
	<p>ACH s : 14.28</p> <p>ตั้งอยู่กึ่งกลางของทิศตะวันออกติดกับบล็อกที่ 60,63 ในของเขตพื้นที่ที่มีลมพัดผ่านเข้ามาทางทิศใต้และทิศเหนือของเขตพื้นที่ลักษณะโครงสร้างของอาคารเป็นอาสูงตั้งระยะห่างกันไม่หนาแน่นมาก ลมไหลผ่านค่อนข้างดี มีมีอาคารสูงปานกลางตั้งอยู่ริมบล็อกเป็นตัวกั้นไม่ให้อาคารที่เหลือนอกบางส่วนได้รับลมมีลูกศรสีน้ำเงินและสีฟ้า ที่แสดงว่าลมไม่สามารถไหลผ่านได้ปรากฏในบริเวณนั้น</p>

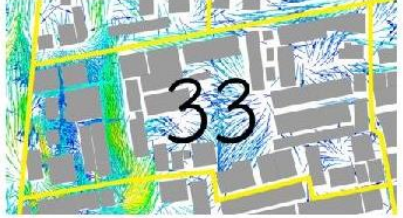




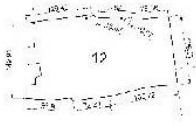
ภาพประกอบ	การวิเคราะห์ผลการไหลของลม
	<p>ACH s : 14.20</p> <p>ตั้งอยู่ทางทิศตะวันตก ทางด้านซ้ายติดแม่น้ำ อยู่ติดกับบล็อกที่ 8 ลมไหลเข้าจากทางด้านที่ติดกับแม่น้ำ ประกอบกับมีอาคารสูงใหญ่เพียงแห่งเดียว จึงทำให้เกิดลูกศรสีแดงแสดงให้เห็นถึงการไหลเวียนของอากาศพัดผ่านได้ดีมาก และบริเวณล่างเป็นพื้นที่โล่ง จึงเป็นส่วนเสริมให้ลมผ่านได้ดียิ่งขึ้นอย่างมาก</p>
	<p>ACH s : 14.19</p> <p>ติดกับบล็อกที่ 18 และ 20 และอยู่ติดกับทิศใต้ ลูกศรสีฟ้าและฟ้าเข้มซึ่งมีลมพัดแรงแต่ไม่สามารถผ่านไปได้มากเพราะมีอาคารสูงและไม่สูงเรียงสลับติดกันอยู่อย่างหนาแน่นและลักษณะของตึกตั้งเป็นแนวนอนกีดขวางทางลมไหลผ่านโดยสังเกตจากลูกศรสีแดงที่มาปะทะกับตึกและสะท้อนแสดงลูกศรสวนกลับทำให้ลมสามารถถ่ายเทได้ดีเพียงบริเวณรอบๆ บล็อกเท่านั้น</p>

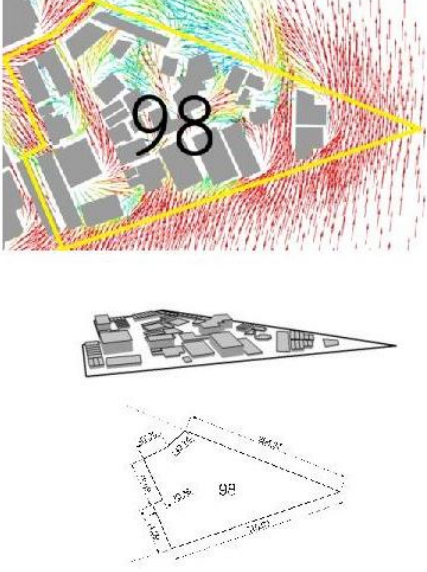
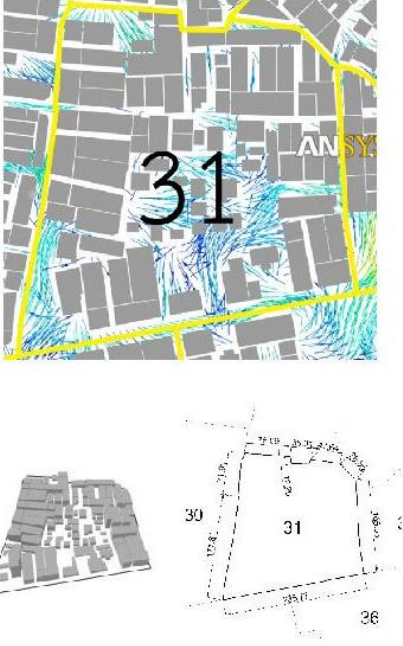
ภาพประกอบ	การวิเคราะห์ผลการไหลของลม
	<p>ACH s : 13.98</p> <p>ตั้งอยู่ภายในโซนพื้นที่ ดายทิศตะวันตกติดบล็อก 59 ทิศตะวันตกติดบล็อก 61 ลักษณะอาคารมีโครงสร้างสูงตั้งห่างพอให้มีช่องว่างระหว่างอาคารทำให้ลมสามารถพัดผ่านเข้ามาได้เล็กน้อย โดยลมมาจากฝั่งบล็อก 61 อากาศจึงถ่ายเทได้บ้าง ในบล็อกมีอาคารสูงตั้งรับกับแนวลูกศรที่แสดงถึงทิศทางของลมและมีตึกสูงปานกลางตั้งอยู่ติดกันทำให้เกิดช่องว่างระหว่างตึกที่แคบมาก ทำให้ลมไม่สามารถไหลผ่านได้ ในส่วนนี้ ภายในส่วนใหญ่จึงเกิดเป็นพื้นที่อับลมตามลูกศรสีน้ำเงิน</p>
	<p>ACH s : 13.88</p> <p>ตั้งอยู่ทางทิศใต้ของพื้นที่เขตบางรัก โดยลักษณะอาคารมีความสูงและเตี้ยสลับกัน กระจายทั่วพื้นที่ และความห่างของอาคารทำให้เกิดช่องว่างกว้างที่เพียงพอสำหรับการไหลของลม โดยฝั่งทางทิศตะวันออกซึ่งเป็นทางติดถนนเป็นทางผ่านของลม ซึ่งโดยบริเวณนี้เป็นพื้นที่เปิดโล่งรับลมได้เต็มที่และโดยสภาพอาคารที่มีความสูงพอสมควรทำให้ลมที่พัดมาปะทะกับอาคารได้กระจายไปตามซอกอาคารได้ทั่วบริเวณ ลักษณะลูกศรจะพัดจากบล็อกหนึ่งส่งต่อไปยังอีกบล็อกหนึ่ง โดยลูกศรสีแดงพัดผ่านบล็อกจะทิศเหนือลงทิศใต้</p>

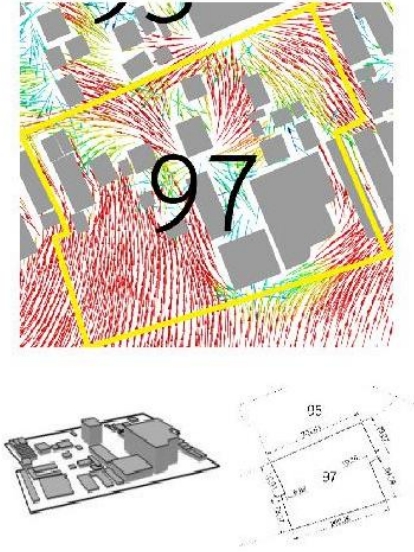
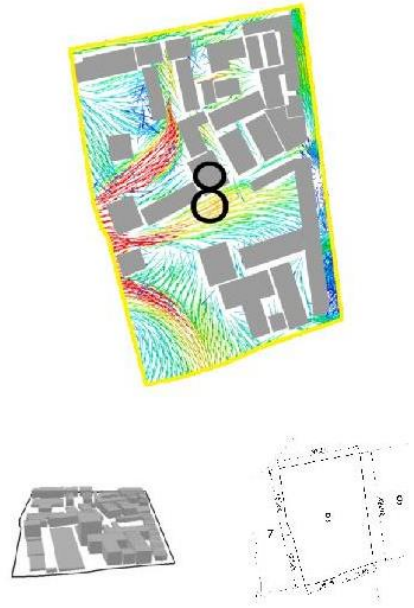
ภาพประกอบ	การวิเคราะห์ผลการไหลของลม
	<p>ACH s : 13.72</p> <p>ตั้งติดอยู่กับริมแม่น้ำ มีช่องทางการไหลของลมทางด้านทิศตะวันตก มีการวางตัวของตึกเป็นรูปตัว I ทำให้เกิดลูกศรสีเขียวและสีฟ้าแสดงถึงการระบายของลมเป็นไปอย่างไร้ประสิทธิภาพ เป็นผลมาจากตัวอาคารซึ่งกักลมไว้ด้านเดียว อีกด้านของตัวตึกที่มีลมพัดผ่านได้น้อย การหมุนเวียนของอากาศจึงเป็นไปได้ยาก ถึงแม้จะมีลมเข้ามาจากทางแม่น้ำแต่เมื่อลมปะทะกับตึกสูง จึงกลายเป็นลูกศรสีน้ำเงิน ฟ้าฟ้าเข้ม ดังที่แสดงตามบล็อก</p>
	<p>ACH s : 13.52</p> <p>ตั้งอยู่ในตำแหน่งภายในติดกับบล็อก 51 และ 53 โดยลักษณะอาคารสูงกระจายตัวอย่างหนาแน่น บริเวณมุมล่างของพื้นที่มีอาคารขนาดใหญ่ กีดขวางทางลมทำให้กระแสลมเปลี่ยนทิศทางไม่สามารถเข้ามาภายในได้ ปรากฏตามลูกศรสีแดงที่เมื่อปะทะกับอาคารแล้วกระจายตัวออกจนหมด คงเหลือแต่เพียงลูกศรสีน้ำเงินที่แสดงการอับลมอยู่เป็นส่วนใหญ่ภายในพื้นที่</p>

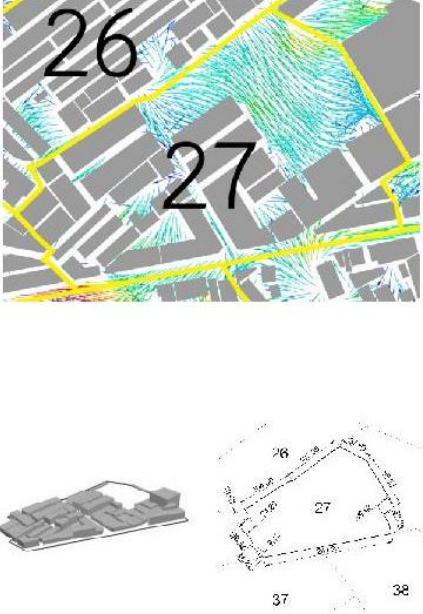
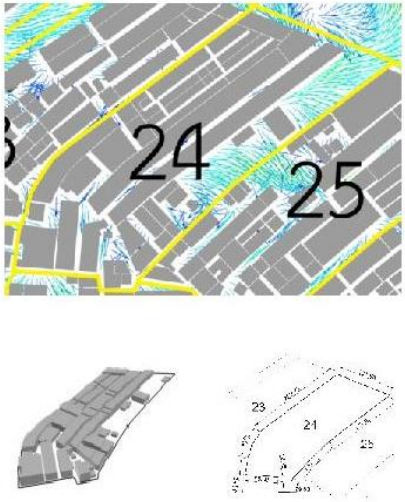
ภาพประกอบ	การวิเคราะห์ผลการไหลของลม
	<p>ACH s : 13.42</p> <p>ตั้งติดกับบล็อกที่ 8 ลมไหลเข้ามาจากทางบล็อกที่ 8 จากภาพจะเห็นว่าลมที่เข้ามานั้นปะทะกับอาคารสูงแล้วส่งผลให้บริเวณรอบ มีลมหมุนเวียนแต่ด้านหลังของของอาคารมีอาคารเดี่ยวที่หนาแน่นอย่างมากทำให้ลมถ่ายเทได้น้อย และมีถนนกีดขวางช่องทางการไหลของลมจึงไม่มีลมพัดผ่านจากบล็อกที่ 9 ลูกศรสีจะแสดงถึงการไหลของลมจากทิศตะวันตกขึ้นไปทางเหนือ เหตุที่เป็นเช่นนั้นเพราะว่าเมื่อลมปะทะกับตึกแล้วจะทำให้เกิดการเปลี่ยนทิศทางไป จึงทำให้ภายในบล็อกไม่มีลมพัดผ่าน</p>
	<p>ACH s : 13.21</p> <p>ตั้งอยู่ทางทิศใต้สุดของเขตพื้นที่บางรักทางด้านทิศมาสู่ตำแหน่งสี่ทิศได้แก่ทิศใต้ติดกับริมแม่น้ำมีลมพัดผ่านเข้ามาสู่ตำแหน่งสี่ทิศได้แก่ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศเหนือ ลักษณะโครงสร้างของอาคารเป็นอาคารสูงใหญ่หนาแน่น ลักษณะโครงสร้างของถนนเปิดรับช่องทางการไหลของลมลักษณะลูกศรการพัดของลมเป็นลูกศรสีแดง สั้นลมพัดดีมากเพราะฉะนั้นอากาศในตำแหน่งที่ 73 ถ่ายเทดี อย่างไรก็ตามยังคงมีส่วนที่อับลมเป็นลูกศรสีน้ำเงินอยู่บ้างเนื่องมาจากอาคารเหล่านี้เรียงตัวกันอย่างหนาแน่นนั่นเอง</p>

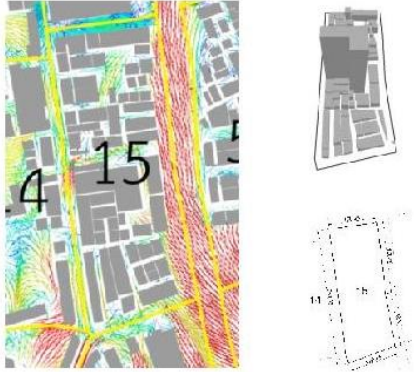
ภาพประกอบ	การวิเคราะห์ผลการไหลของลม
	<p>ACH s : 12.95</p> <p>ตั้งอยู่ทิศใต้ของเขตพื้นที่บางรักทางด้านทิศตะวันตกติดถนนเส้นใหญ่ลักษณะโครงสร้างของถนนเปิดรับช่องทางการไหลของลมลักษณะโครงสร้างของอาคารเป็นอาคารสูงทางด้านทิศตะวันออกอาคารมีความหนาแน่นมากประกอบกับไม่มีการไหลของลมที่ส่งมาจากทิศใต้ทำให้กระแสลมยังคงอยู่ได้แค่เพียงส่วนนอกของบล็อกเท่านั้นซึ่งอาคารรอบนอกก็มีส่วนที่ทำให้ลมไม่สามารถไหลเข้ามาสู่ภายในได้ ลักษณะของบล็อกนี้จึงปรากฏลูกศรสีน้ำเงินแสดงถึงลมภายในส่วนกลางของพื้นที่</p>
	<p>ACH s : 12.78</p> <p>ตั้งอยู่ทางทิศใต้ของเขตพื้นที่ทิศตะวันตกติดกับถนนเส้นใหญ่ลักษณะโครงสร้างของถนนเปิดรับช่องทางการไหลของลมลักษณะโครงสร้างของอาคารเป็นอาคารเตี้ยและสูงปนกันความหนาแน่นของอาคารกระจุกตัวเป็นกลุ่มบางส่วนของพื้นที่จึงสามารถมีลมพัดผ่านเข้ามาสู่ตำแหน่งนี้ได้โดยทั้งสี่ทิศ เพราะฉะนั้นอากาศในตำแหน่งดีมากที่สุด บริเวณตรงกลางของบล็อกมีตึกสูงทำให้ลมที่พัดมาปะทะทำให้ลูกศรกระจายตัว ลูกศรสีแดงแตกกระจายตัวไปยังทิศตรงกันข้ามออกนอกบล็อก</p>

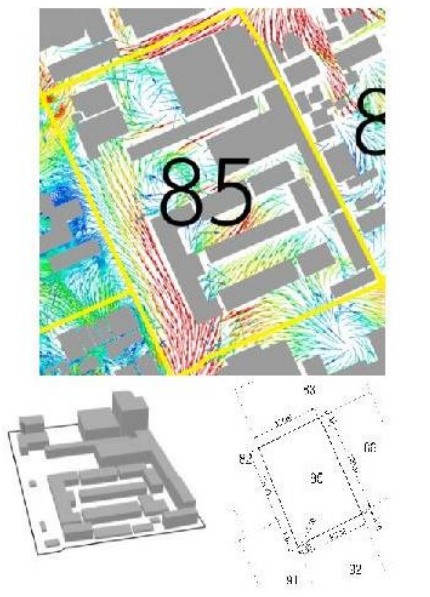
ภาพประกอบ	การวิเคราะห์ผลการไหลของลม
 <p>33</p>  	<p>ACH s : 12.66</p> <p>ตั้งอยู่ติดกับถนนและบล็อกที่ 34 และ 35 ทางด้านซ้ายที่ติดกับถนนใหญ่ ทำให้ลมหมุนเวียนได้ดีในด้านซ้ายแต่ทางขวาเป็นอาคารสูงใหญ่ แม้มีช่องว่างระหว่างอาคารกว้างแต่ลมก็พัดผ่านได้น้อย พื้นที่ว่างค่อนข้างมาก ความสูงของอาคารที่อยู่ในระดับกลางๆ บดบังทิศทางลมที่จะเข้ามาบริเวณตรงกลางทำให้ทิศทางลมไหลของลมผ่านลำบากมากไม่สอดคล้องกับช่องแคบแสดงให้เห็นตามลูกศรสีน้ำเงินที่แสดงถึงลมที่ไม่สามารถไหลพัดผ่านได้</p>
 <p>12</p>  	<p>ACH s : 12.58</p> <p>ตั้งอยู่ทางทิศตะวันตก ติดริมแม่น้ำมีช่องทางการไหลของลม โดยลักษณะอาคารเป็นอาคารตั้งกระจายกันไปทั่ว จึงทำให้ลมพัดผ่านได้ดี โดยเฉพาะทางทิศเหนือติดกับตำแหน่งที่ 10 ในส่วนทิศตะวันตกนั้นถึงแม้จะเป็นช่องลม แต่เนื่องจากอาคารวางตัวในแนวขวางขัดกับทิศทางลม จึงทำให้ลมเข้าได้น้อย และในส่วนทิศตะวันตกนั้นลักษณะอาคารติดกันจึงทำให้ลมไม่สามารถพัดผ่านได้ และสุดท้ายทิศใต้ลักษณะอาคารตั้งห่างกัน จึงทำให้ลมพัดผ่านได้พอสมควร</p>

ภาพประกอบ	การวิเคราะห์ผลการไหลของลม
	<p>ACH s : 12.52</p> <p>ทางทิศตะวันตกติดกับบล็อก 97 และทิศเหนือติดกับบล็อก 95 ลักษณะของตึกตั้งอยู่ทางทิศใต้สุดของพื้นที่เขตบางรัก ลักษณะโครงสร้างของอาคารเป็นอาคารขนาดสูงและขนาดเตี้ยสลับกันมีความหนาแน่นค่อนข้างสูง การวางแนวของอาคารไม่สอดคล้องกับแนวลมเท่าที่ควรแต่เนื่องจากพื้นที่นี้ได้รับกระแสลมแรงมากจึงทำให้ลมที่ไหลเข้าไปสามารถกระจายตัวไปได้อย่างทั่วถึงทั้งพื้นที่นี้ตามลูกศรสีแดงที่มีทิศทางการไหลขึ้นไปทางทิศเหนือทั้งสิ้น</p>
	<p>ACH s : 12.51</p> <p>ตั้งอยู่ติดกับบล็อกที่ 30,24,32,35 และ 36 เป็นอาคารสูงหนาแน่นล้อมรอบอาคารขนาดเล็กตรงกลางลมไม่สามารถพัดผ่านได้ เนื่องจากบริเวณอาคารโดยรอบตั้งอยู่ติดกันอย่างหนาแน่นทำให้ไม่มีช่องว่างให้ลมพัดผ่านเข้ามาภายในได้ สังเกตได้จากลูกศรสีฟ้าและลูกศรสีน้ำเงินที่แสดงให้เห็นถึงลมพัดผ่านน้อยมากที่สุด</p>

ภาพประกอบ	การวิเคราะห์ผลการไหลของลม
	<p>ACH s : 12.50</p> <p>ลักษณะที่ตั้งทางทิศตะวันออกติดกับบล็อกที่ 96 ทิศเหนือติดกับบล็อก 95 และทิศใต้ตะวันออกติดกับบล็อกที่ 98 มีกลุ่มอาคารขนาดเล็กตั้งกระจายตัว แม้อาคารเกือบทั้งหมดจะวางตัวในแนวที่สอดคล้องกับทิศทางการไหลของลม แต่อาคารขนาดใหญ่ที่มีความสูงมากจึงทำให้ลมมีการหักเหเปลี่ยนทิศทาง ไปข้างเล็กน้อยตามลูกศรสีแดงที่เมื่อเกิดการปะทะแล้วไหลออกไปสู่พื้นที่ข้างเคียง แต่อย่างไรก็ตามการไหลของลมยังไหลไปทั่วพื้นที่ได้อย่างดีเยี่ยมแม้จะมีจุดอับลมเป็นลูกศรสีฟ้าบ้างเล็กน้อย</p>
	<p>ACH s : 12.02</p> <p>ตั้งอยู่ทางทิศตะวันตก ด้านซ้ายติดกับบล็อกที่ 7 มีอาคารเตี้ยติดกันมีความหนาแน่นสูง ลมจึงสามารถพัดผ่านได้ดีบริเวณที่ติดกับบล็อกที่ 7 แต่ด้านหลังแนวตึกเตี้ยมีซึ่งก็คือภายในส่วนใหญ่ มีลมผ่านเข้ามาเพียงเล็กน้อย จากบล็อกที่ 8 มีลูกศรสีฟ้าเปลี่ยนเป็นสีเหลืองและแดงแสดงถึงการไหลของลมจากทิศตะวันตก มาจากบล็อกที่ 7 และไหลไปยังทิศตะวันออกของบล็อก</p>

ภาพประกอบ	การวิเคราะห์ผลการไหลของลม
	<p>ACH s : 11.76</p> <p>ตั้งอยู่ติดกับทิศเหนือด้านซ้ายของบล็อกติดกับบล็อกที่ 32 และ 28 ด้านซ้ายเป็นอาคารไม่สูงแออัดทำให้ช่องว่างระหว่างอาคารแคบลมไม่สามารถผ่านได้ ด้านขวาดีกมีการเรียงตัวเป็นรูปตัวแอล ทำให้มีลูกศรพัดผ่าน แต่ไม่ถึงกับดีมาก แม้ว่าจะมีลูกศรเกิดขึ้นมากในบล็อกแต่ลูกศรสีเขียวหรือลูกศรสีน้ำเงินบอกถึงการไหลพัดผ่านของลมได้น้อย</p>
	<p>ACH s : 11.72</p> <p>เป็นตำแหน่งที่อยู่ทางทิศเหนือของเขตพื้นที่บางรัก อยู่ติดบล็อกที่ 23 และ 25 ลักษณะอาคารสูงใหญ่เรียงชิดติดกันอย่างแออัดเป็นแนวขวางกับทิศทางลม ทำให้ไม่มีช่องให้ลมพัดผ่านจึงเกิดอับลมแสดงให้เห็นบริเวณลูกศรสีฟ้า</p>

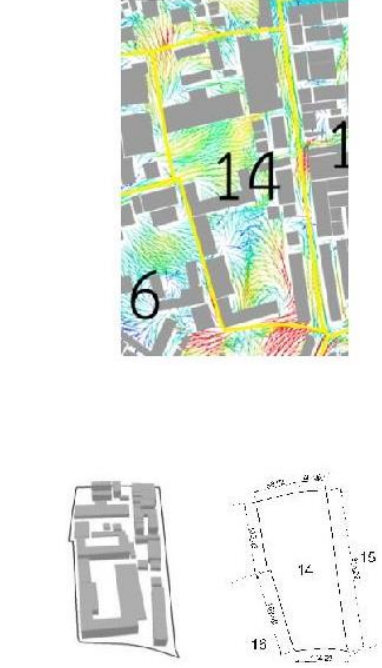
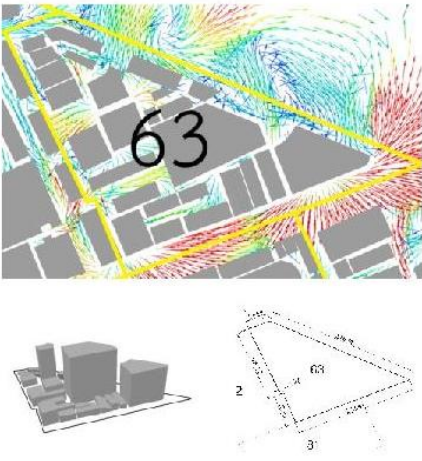
ภาพประกอบ	การวิเคราะห์ผลการไหลของลม
	<p>ACH s : 11.61</p> <p>โดยตำแหน่งติดกับถนนใหญ่ซึ่งเป็นช่องลม ลักษณะภายในมีอาคารสูงต่ำวางตัวเรียงกันเฉพาะฝั่ง ตะวันออก ทำให้ภายในบล็อกมีพื้นที่ว่าง ทาง ด้านขวาจะสังเกตเห็นว่าลูกศรสีแดง อยู่บริเวณพื้นที่ โลงบอถึงการผ่านของลมได้ดีซึ่งเกิดจากช่องลม ระหว่างอาคารกว้างมาก จึงทำให้ลมสามารถพัดเข้ามาได้เต็มที่ จึงจัดได้ว่าเป็นตำแหน่งที่ถ่ายเทอากาศได้ดีมาก</p>
	<p>ACH s : 11.20</p> <p>ลักษณะที่ตั้งอยู่ทางทิศตะวันตกมีตึก ล้อมรอบบล็อก ทำให้บริเวณตรงกลางบล็อกมีลมพัด ผ่านได้น้อยเนื่องจากช่องว่างระหว่างตึกมีความแคบ พอสมควร มีอาคารตั้งเต็มบริเวณตรงกลาง ลักษณะ แออัดมาก เพราะตึกอยู่ติดกันและมีตึกสูงเด่นอยู่ตรง กลางของบล็อก จึงทำให้เกิดลูกศรสีเขียวที่ลมที่ผ่าน เข้ามาได้น้อยถึงขนาดแทบไม่มีลมพัดผ่านเลย</p>

ภาพประกอบ	การวิเคราะห์ผลการไหลของลม
	<p>ACH s : 11.19</p> <p>อยู่ติดกับบล็อกที่ 29 และบล็อกที่ 31 ลักษณะอาคารมีความสูงไม่มากนัก มีช่องว่างระหว่างอาคารเล็กน้อยเนื่องจากมีอาคารอยู่อย่างหนาแน่น โดยทางทิศเหนือตึกชิดกันลมจึงไม่สามารถพัดผ่านได้ โดยลมพัดผ่านเข้าได้ทางเดียวคือทางทิศใต้ฝั่งติดบล็อกที่ 35 และ 36 แต่พัดผ่านเข้ามาได้น้อยมากตามลูกศรสีฟ้าแสดงอยู่รอบๆ บริเวณบล็อก</p>
	<p>ACH s : 11.10</p> <p>ทางทิศใต้ติดกับบล็อกที่ 92 ทางทิศตะวันตกติดกับบล็อกที่ 91 และบล็อกที่ 84 ทางทิศเหนือติดกับบล็อกที่ 81 และทางทิศตะวันออกติดกับบล็อกที่ 86 อาคารมีความสูงต่างกันไปไม่หนาแน่นมากแต่เรียงตัวกันเป็นแนวป้องกันการไหลผ่านของลมทำให้ลมที่พัดเข้ามาภายในพื้นที่นี้จึงพัดเลยออกไปใน ส่วนกลางของพื้นที่จึงมีลมไหลผ่านในระดับที่ต่ำกว่าที่ควรจะเป็นตามลักษณะของลูกศรสีแดง เหลือง และเขียว อยู่ในบริเวณส่วนกลางของพื้นที่</p>

ภาพประกอบ	การวิเคราะห์ผลการไหลของลม
	<p>ACH s : 10.67</p> <p>ทางทิศใต้ตัดกับ บล็อกที่ 98 และบล็อกที่ 97 ทิศตะวันตกตัดกับบล็อกที่ 94 และทิศเหนือติดกับบล็อกที่ 87 พื้นที่นี้แม้จะมีอาคารขนาดใหญ่วางทิศทางของลมแต่ด้วยภายในพื้นที่มีความหนาแน่นไม่มากนักจึงทำให้ลมสามารถไหลผ่านมาทางช่องว่างระหว่างอาคารนี้ได้ ปรากฏดังลูกศรสีแดงที่แสดงถึงการไหลของลมที่ดีไหลผ่านไปทั่วบริเวณของพื้นที่</p>
	<p>ACH s : 10.59</p> <p>ตั้งอยู่ติดกับบล็อกที่ 39,48,50 ลมที่จะเข้ามาในบล็อกที่ 49 ได้น้อยเนื่องจาก มีเพียงพื้นที่ที่ติดกับถนนที่มีการถ่ายเทของอากาศได้ดีแต่ ลักษณะของอาคารเรียงตัวกันเป็นรูปตัว L ทำให้กักกันลมไว้ไม่สามารถไหลไปยังตรงกลางของบล็อกได้ ทำให้มีลมพัดผ่านภายในอย่างเบาบางปรากฏตามลูกศรสีแดงจากทิศใต้ที่แสดงการไหลผ่านของลมได้ดีก็มีอาคารสูงล้อมไว้เป็นกรอบทำให้ลมไม่สามารถไหลผ่านไปภายในได้</p>

ภาพประกอบ	การวิเคราะห์ผลการไหลของลม
	<p>ACH s : 10.51</p> <p>เป็นตำแหน่งที่อยู่ภายใน โดยทิศตะวันตกอยู่ติดบล็อกที่ 31 ทิศเหนืออยู่ติดบล็อกที่ 25 และ 26 ทิศตะวันออกติดบล็อกที่ 27 ลักษณะอาคารเรียงสูงติดกันอย่างหนาแน่นแทบไม่มีช่องลมให้พัดผ่านได้เลย คงมีเพียงแต่ทางทิศใต้ฝั่งติดบล็อกที่ 36 มีช่องให้ลมพัดผ่านเข้ามาได้ เล็กน้อยปรากฏตามลูกศรสีเหลือง สีเขียว สีน้ำเงินที่พัดเข้ามาปะทะกับตึกสูงแล้วสวนกลับออกไป</p>
	<p>ACH s : 10.42</p> <p>ตั้งอยู่ทางทิศเหนือฝั่งซ้ายสุด หรือทิศตะวันตกของแผนผัง ลักษณะของอาคารเป็นตึกติดกัน ล้อมรอบบล็อกไว้ ส่งผลทำให้เกิดเป็นหลุมตรงกลาง ซึ่งลมไม่สามารถพัดผ่านได้ หรือพัดผ่านได้เฉื่อยๆ น้อยถึงน้อยมาก โครงสร้างของถนนเกิดเป็นมุมอับ ลมไหลผ่านได้น้อย มีลูกศรสีฟ้าและสีน้ำเงินซึ่งแสดงถึงลมพัดเข้าจากทางทิศเหนือ แต่ไม่สามารถไหลผ่านเข้ามาได้เพราะลมปะทะกับตึกบริเวณใกล้เคียงที่มีพื้นที่ติดกันอย่างหนาแน่น ทำให้ลูกศรกระจายออก ซึ่งแสดงถึงการที่กระแสลมเกิดการเบี่ยงเบนและไหลออกทางด้านข้าง ทั้งนี้ยังสังเกตได้จากการที่ลูกศรสีฟ้าอ่อนและฟ้าเข้มที่มีการไหลออกไปพร้อมกับลูกศรสีเขียวเข้ม เขียวอ่อน และสีเหลือง ที่มีพื้นที่ถ่ายเทและเกิดการไหลของลมได้มากกว่าภายใน</p>

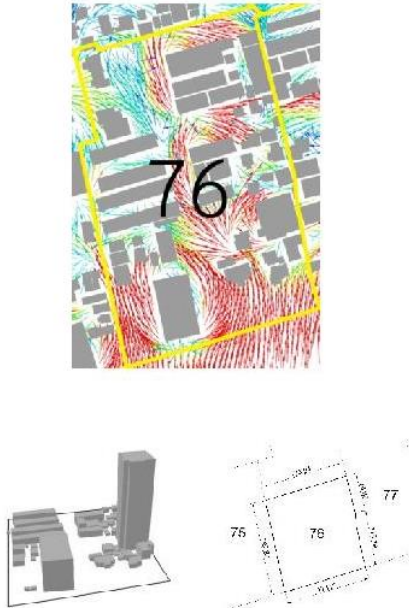
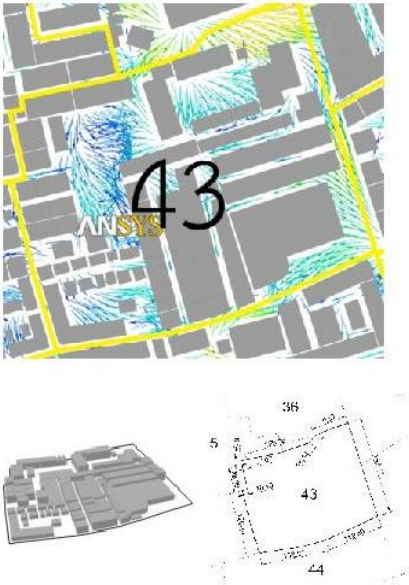
ภาพประกอบ	การวิเคราะห์ผลการไหลของลม
	<p>ACH s : 10.27</p> <p>เป็นตำแหน่งที่อยู่ภายใน โดยทิศตะวันตกอยู่ติดถนนใหญ่มีอาคารสูงเรียงชิดติดกันอย่างหนาแน่น วางแนวขวางทิศทางของลม ทำให้ลมไม่สามารถพัดผ่านทางนี้ได้เลย แต่ฝั่งทางทิศตะวันออกลักษณะอาคารห่างกันมีช่องลมแต่ลมที่พัดเข้ามาจะปะทะกับตัวอาคารทำให้ ไม่มีลมพัดผ่านเข้าด้านในได้เลย</p>
	<p>ACH s : 10.17</p> <p>ตั้งอยู่ทางทิศเหนือติดกับบล็อกที่ 22 และบล็อกที่ 24 เป็นชุมชนแออัดมีตึกสูงรอบๆทำให้ลมไม่สามารถหมุนเวียนได้ จึงเป็นจุดอับลม ถึงแม้ว่าอาคารจะอยู่ในทิศทางที่ลมสามารถพัดผ่านได้ดีแต่ด้วยความที่อาคารมีความหนาแน่นมาก ทำให้ลมสามารถพัดผ่านได้ไม่ดี สังเกตจากลูกศรสีฟ้า ลูกศรสีเขียว</p>

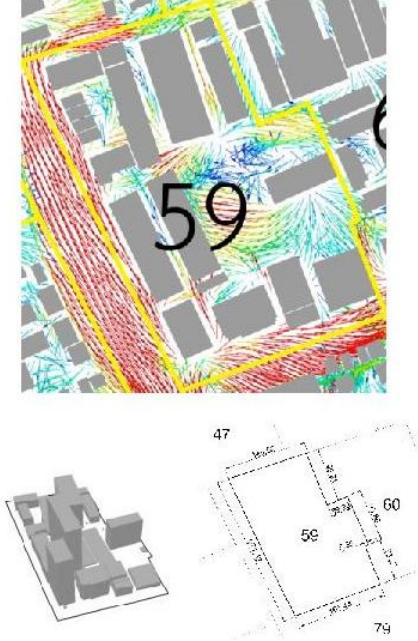
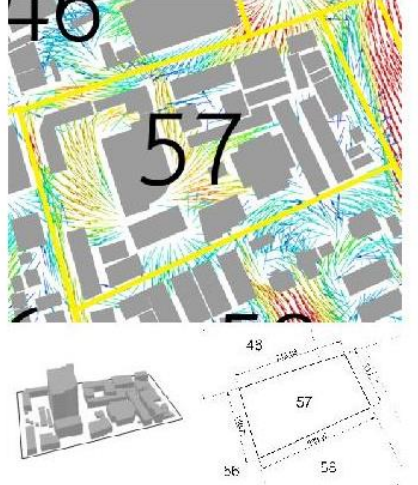
ภาพประกอบ	การวิเคราะห์ผลการไหลของลม
	<p>ACH s : 10.09</p> <p>เป็นตำแหน่งที่ตั้งอยู่ทางด้านในของตำแหน่งบล็อกที่ 13, 16 โดยตำแหน่งที่ 14 ภายในมีอาคารตั้งอยู่ไม่หนาแน่น และไม่สูงมากนักแต่ลักษณะอาคารเรียงชิดติดกันและปิดกันทิศทางลม ทำให้เกิดลูกศรสีเหลืองแสดงถึงการที่ลมเปลี่ยนมาจากสีแดงคือลมเข้าได้ดีเพียงด้านทิศตะวันตกฝั่งที่ติดกับบล็อกที่ 13, 16 เพียงที่ติดริมแม่น้ำ ลักษณะตึกตั้งติดกันเป็นรูปตัว L สองตัว ทำให้ตึกเป็นรูปสี่เหลี่ยม</p>
	<p>ACH s : 10.02</p> <p>ตั้งอยู่ทางทิศตะวันออก อาคารของเขตพื้นที่บางรักลักษณะโครงสร้างของอาคารมีอาคารสูงมีอาคารแถวเรียงตัวแออัดกีดขวางทางลม มีตึกลักษณะสี่เหลี่ยมคางหมูเป็นอาคารสูงมากตั้งปะทะแนวการไหลของลมทำให้ลมหักเหทิศทางการไหลออกไป เนื่องตำแหน่งตั้งอยู่ห่างไกลทิศใต้ซึ่งเส้นทางการพัดไหลของลมจะมาจากทิศใต้ มีลูกศรสีเขียวและสีน้ำเงิน มีลมไหลผ่านระหว่างตึกแสดงถึงพื้นที่ภายในยังคงเป็นพื้นที่อับลม</p>

ภาพประกอบ	การวิเคราะห์ผลการไหลของลม
	<p>ACH s : 9.91</p> <p>ตั้งอยู่ในพื้นที่ตะวันออกของพื้นที่เขตบางรัก ลักษณะอาคารเตี้ยกระจายทั่วทุกพื้นที่ตั้งห่างกันไม่หนาแน่นนัก ทำให้พอมีช่องลมพัดเข้ามาได้บ้าง โดยหลักพัดมาจากทางทิศตะวันตก ผังบล็อกที่ 47 พัดเข้ามาได้แต่เพียงรอบนอกเกิดลูกศรสีแดง และปรากฏลักษณะของลูกศรสีฟ้าถึงลูกศรสีน้ำเงินที่แสดงถึงบริเวณที่เป็นจุดอับลมซึ่งอยู่หลังแนวปะทะการไหลของลม</p>
	<p>ACH s : 9.76</p> <p>ตั้งอยู่ติดบล็อกที่ 38,46,48 มีลมพัดเข้าจากทางถนนใหญ่ เข้าสู่บล็อกที่ 47 และประกอบกับภายในบล็อกมีอาคารสูงที่ไม่หนาแน่นเรียงกันอย่างเป็นระเบียบทำให้ลมไหลไปไหนทิศทางเดียวกันตามทิศทางการไหลของลม แต่ยังคงมีการกีดขวางเล็กน้อยตามลูกศรสีแดงที่เมื่อปะทะกับอาคารแล้วมีการเปลี่ยนสีของลูกศรไป</p>

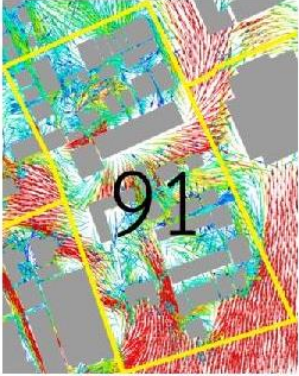
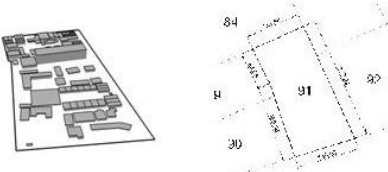
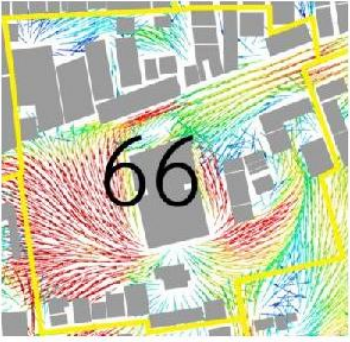
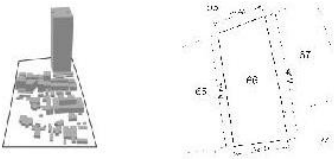
ภาพประกอบ	การวิเคราะห์ผลการไหลของลม
	<p>ACH s : 9.55</p> <p>ตั้งอยู่ในทิศตะวันออกสุดของพื้นที่เขตบางรักติดกับถนนใหญ่ ลักษณะอาคารสูงใหญ่ตั้งห่างกัน แต่เนื่องจากตำแหน่งที่ 50 ตั้งอยู่ในพื้นที่อับซึ่งต่อให้มีช่องว่างลมแต่เนื่องจากเป็นพื้นที่อับลมประกอบด้วยอาคารขวางทางลมอีกอยู่ตรงกลางบล็อก จึงทำให้ลมไม่สามารถพัดผ่านได้ ทำให้เกิดลูกศรสีน้ำเงินแสดงถึงว่า ลมสามารถไหลพัดผ่านได้น้อยมากที่สุด</p>
	<p>ACH s : 9.47</p> <p>ตั้งอยู่ติดกับบล็อกที่ 21,32,36,38,45 และ 48 ในบล็อกมีอาคารไม่สูงอยู่ล้อมรอบ มีอาคารสูงเพียงแห่งเดียวอยู่ตรงกลาง ถึงแม้ตัวอาคารสูงรูปทรงตัว Z จะอยู่ในทิศขวางทางลม ก็ตามแต่บริเวณนั้นมีไม่อาคารสูง ทำให้บริเวณดังกล่าวมีการไหลของลมได้ค่อนข้างดี เพราะมีการเว้นช่องระหว่างอาคารที่กว้างและมีการวางสลับอาคารเป็นฟันปลาทำให้มีช่องรับลม ตามลูกศรสีแดง</p>
	<p>ACH s : 9.41</p> <p>ตั้งอยู่ทางทิศตะวันตก ด้านบนติดกับบล็อกที่ 3 ด้านซ้ายและด้านขวาติดกับถนนใหญ่ มีอาคารเตี้ยติดกันเป็นรูปตัวแอล และมีอาคารสูงใหญ่เรียงตัวติดกันซึ่งทำให้อากาศหมุนเวียนได้ไม่ดี เพราะเกิดจากความหนาแน่นอย่างมากของตึก การไหลของลมจึงผ่านได้น้อย และจากบล็อกที่ 4 มีการแสดงลูกศรสีฟ้า ฟ้าเข้ม และสีน้ำเงิน จากทางทิศตะวันตก แล้วกระทบกับมุมตึกทำให้ลมหมุนแล้วเปลี่ยนทิศไปยังทิศเหนือ</p>

ภาพประกอบ	การวิเคราะห์ผลการไหลของลม
	<p>ACH s : 9.36</p> <p>ตั้งอยู่ติดกับถนนใหญ่และบล็อกที่ 30 มีการเรียงตัวของอาคารที่มีความสูงต่างกันสลับกัน มีการถ่ายเทของลมบ้าง แต่ไม่ถึงกับดี ลักษณะของตึกเรียงตัวชิดกันซ้อนกันมีลักษณะขัดทางด้านซ้ายและด้านขวาค่อนข้างหนาแน่น ภายในบล็อกมีช่องว่างตรงกลางบล็อกมีลูกศรสีเขียวเหลืองและลูกศรสีน้ำเงิน บอกถึงลักษณะของลมที่พัดผ่านได้น้อย</p>
	<p>ACH s : 9.26</p> <p>ทางทิศใต้ติดกับบล็อกที่ 90 ทางทิศตะวันตกติดบล็อกที่ 88 ทางทิศเหนือบล็อกที่ 83 และบล็อกที่ 84 ทางทิศตะวันออกบล็อกที่ 91 ลักษณะของอาคารวางตัวติดกันอย่างหนาแน่นทางทิศเหนือและทิศตะวันออก ขวางทิศทางลมที่ไหลมาจากทางทิศใต้ ประกอบกับพื้นที่ข้างเคียงนั้นเป็นพื้นที่อับลมด้วยจึงส่งผลให้ไม่มีการไหลของลมเข้ามาในพื้นที่นี้ได้เลย มีเพียงการไหลของลมบางเบาอยู่ทั่วไปของพื้นที่ ดังภาพตามลูกศรสีน้ำเงิน</p>

ภาพประกอบ	การวิเคราะห์ผลการไหลของลม
	<p>ACH s : 9.05</p> <p>ตั้งอยู่ทางทิศใต้สุดของเขตบางรัก โดยมีลักษณะโครงสร้างของอาคารเรียงชิดติดกันบ้าง บางที่อาคารตั้งห่างกันกระจายความหนาแน่นไปทั่ว มีอาคารที่มีความสูงมากเพียงอาคารเดียว ทำให้เกิดมีช่องสำหรับลมพัดผ่านได้ดี โดยเฉพาะทางทิศใต้ที่มีช่องกว้างของอาคารมากจึงทำให้มีลมพัดเข้ามา มากกว่าทิศอื่น สังเกตจากการที่ลูกศรสีแดงได้พุ่งขึ้นจากทางทิศใต้และมุ่งไปทางทิศเหนือ</p>
	<p>ACH s : 8.91</p> <p>ตั้งอยู่ติดกับบล็อกที่ 35,36,41,44 และ 45 มีลักษณะอาคารระดับกลางไม่สูงนักเป็นแนวยาวทั้งขวางทิศทางการไหลของลมและไม่ขวางทิศทางการไหลของลมเรียงตัวเป็นรูปตัวแอล เรียงเป็นมุมซ้อนกันอย่างหนาแน่นที่สุดจึงให้ลมไม่สามารถผ่านไปภายในบล็อกได้เลยเพราะการวางตัวเช่นนี้ป้องกันการไหลของลมจากทุกทิศทาง สังเกตได้จากลูกศรสีฟ้าและสีน้ำเงินซึ่งอยู่ในส่วนกลางของพื้นที่</p>

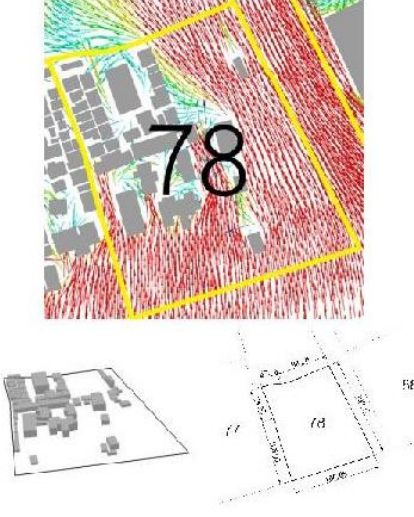

ภาพประกอบ	การวิเคราะห์ผลการไหลของลม
	<p>ACH s : 8.83</p> <p>ตั้งอยู่ที่ทิศใต้ทางด้านในของเขตพื้นที่บางรัก ทิศตะวันตกติดกับถนนเส้นใหญ่เปิดรับช่องทางการไหลของลมลักษณะโครงสร้างของอาคารเป็นอาคารสูงใหญ่ระยะห่างกันไม่หนาแน่นนัก มีลมพัดผ่านเข้ามาสู่ตำแหน่งทางด้านทิศใต้และทิศตะวันออก ลักษณะของลมพัดลูกศรสั้นเป็นลมพัดที่แรงอากาศดีมากที่สุด มีลูกศรสีเขียว สีเหลือง และสีแดง บริเวณรอบๆ บล็อกแสดงทางไหลผ่านของลม ภายในบล็อกที่ 59 แต่ถึงแม้ภายนอกจะมีอากาศไหลผ่านได้อย่างดีเยี่ยม แต่ปรากฏว่าภายในจุดกลางพื้นที่นั้นมีพื้นที่อับลมเป็นบางส่วนอันเนื่องมาจากอาคารสูงนั่นเอง ก็ไม่ให้ลมเข้ามา</p>
	<p>ACH s : 8.82</p> <p>ตั้งอยู่ติดกับบล็อกที่ 56,58 ลักษณะของอาคารสูงเป็นรูปตัว L ทำมุมตั้งฉากรับลมที่เข้ามาจากตรงกลางบล็อก แล้วเกิดการกระจายตัวของลมทำให้ภายในช่องสามารถถ่ายเทอากาศได้ดีในระดับปานกลาง และมีแนวอาคารแถวตั้งกีดขวางทางลมอยู่แต่ไม่หนาแน่นมากนัก ทำให้ลมเปลี่ยนทิศลงได้สังเกตได้จากลูกศรสีเหลือง บ่งบอกว่าลมสามารถพัดผ่านได้ในระดับปานกลาง</p>

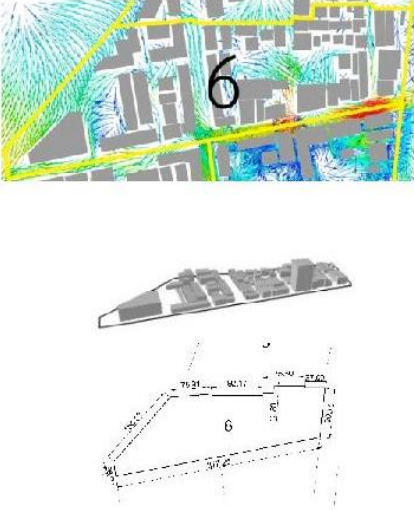
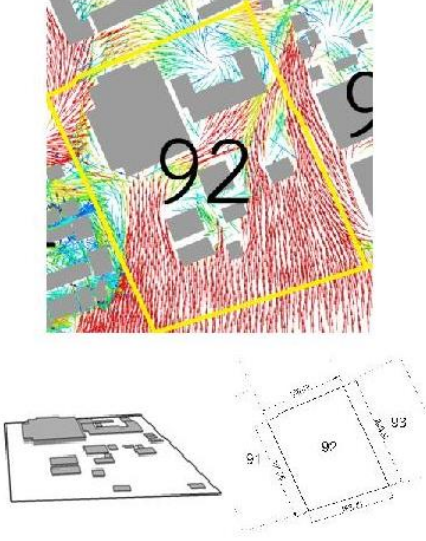
ภาพประกอบ	การวิเคราะห์ผลการไหลของลม
	<p>ACH s : 8.79</p> <p>ที่ตั้งอยู่ทางทิศตะวันตก ติดกับบล็อกที่ 1,2 ลักษณะเป็นอาคารเตี้ยติดกัน ลักษณะของถนนมีการกีดขวางช่องทางการไหลของลมจึงทำให้มีลมผ่านน้อยมากเนื่องจากมีการเรียงตัวของตึกเป็นรูปตัว U ลมจึงพัดเข้าด้านหน้าของตัว U และไหลผ่านทางบริเวณช่องตึกได้น้อย และส่งผลให้ด้านหลังตึกรูปตัว U ที่มีตึกเล็กจำนวนหนึ่งเรียงตัวอยู่มีลมพัดผ่านได้ยาก จากบล็อกที่ 3 มีลูกศรสีฟ้า สีฟ้าเข้ม และสีน้ำเงินจำนวนหนึ่งซึ่งเป็นลักษณะของลูกศรที่มีความยาวปานกลางแสดงถึงการเข้าออกของลมไหลผ่านจากทางด้านขวาออกไปทางด้านซ้าย หรือจากทางทิศตะวันตกไปยังทิศตะวันออกนั่นเอง</p>
	<p>ACH s : 8.68</p> <p>ที่ตั้งอยู่ทางทิศเหนือทางด้านซ้าย ติดกับบล็อกที่ 1,3 และด้านขวาติดกับถนนใหญ่ ลักษณะมีอาคารสูงและอาคารเตี้ยเรียงติดกันอย่างหนาแน่น ส่งผลให้เกิดลักษณะของลูกศรที่แสดงการกระจายลมอย่างไร้ทิศทาง ทำให้ลมที่ควรไหลผ่านลงมาบริเวณช่องตึกต่างๆ ไม่สามารถไหลลงมาจึงเกิดเป็นพื้นที่อับลม จะสังเกตจากลูกศรสีน้ำเงิน สีฟ้าเข้ม และสีฟ้าอ่อน ที่มีการไหลเข้ามาในระดับปานกลาง และลูกศรที่แสดงทางด้านขวาว่าสามารถรับลมได้ดีกว่าด้านซ้ายที่ไม่มีลูกศรแสดง เพราะทางด้านขวาคือติดกับถนนใหญ่ ลมจึงหมุนเวียนได้ดีนั่นเอง</p>

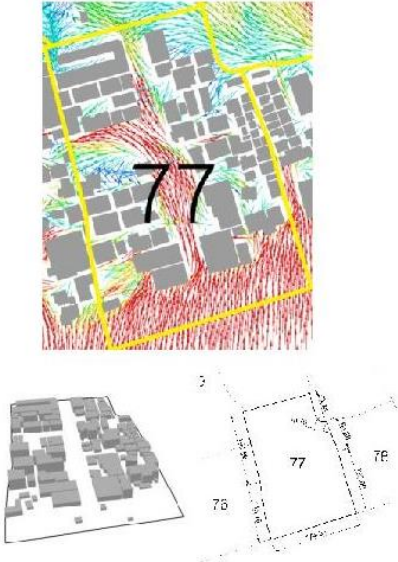
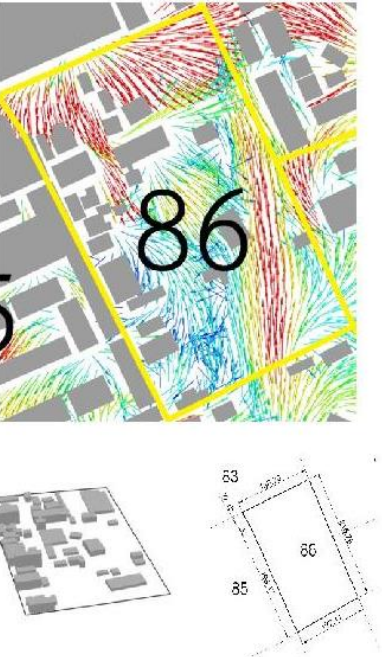
ภาพประกอบ	การวิเคราะห์ผลการไหลของลม
 <p>91</p> 	<p>ACH s : 8.49</p> <p>ทิศใต้ติดกับถนนใหญ่ ทิศตะวันตกติดกับบล็อกที่ 90 และ บล็อกที่ 89 ทางทิศเหนือติดกับบล็อกที่ 84 และทางทิศตะวันออกติดกับบล็อกที่ 92 พื้นที่นี้มีอาคารที่มีความสูงไม่มากนักแต่ค่อนข้างหนาแน่น แม้ในพื้นที่นี้จะมีกระแสลมผ่านอย่างรุนแรงแต่การวางตัวของอาคารทั้งหลายภายในพื้นที่นี้วางตัวเป็นแนวขวางกับทิศทางการไหลของลมทำให้ลมเกือบทั้งหมดเปลี่ยนทิศทางออกสู่ภายนอกเกือบทั้งหมด คงเหลือลมที่เล็ดลอดตามแนวช่องว่างระหว่างอาคารอยู่บ้างตามลูกศรสีแดงที่แทรกตัวอยู่ตามช่องว่างระหว่างอาคาร</p>
 <p>66</p> 	<p>ACH s : 8.24</p> <p>ทิศตะวันตกติดกับบล็อกที่ 65 ทิศใต้บล็อกที่ 67 ทิศตะวันออกบล็อกที่ 68 ลักษณะอาคารมีโครงสร้างสูงมากหนึ่งอาคาร ที่เหลือจะเป็นอาคารเตี้ย และตัวอาคารตั้งห่างกันจึงทำให้เกิดมีช่องลมกว้างมาก โดยลมมาจากทางทิศตะวันตกแรงมากสังเกตได้ว่าภายในบล็อก ลูกศรสีแดงจะกระจายตัวออกจากบล็อกแสดงให้เห็นชัดเจนว่าทิศทางการไหลของลมในเขตพื้นที่นี้ไหลได้อย่างดีเยี่ยม</p>

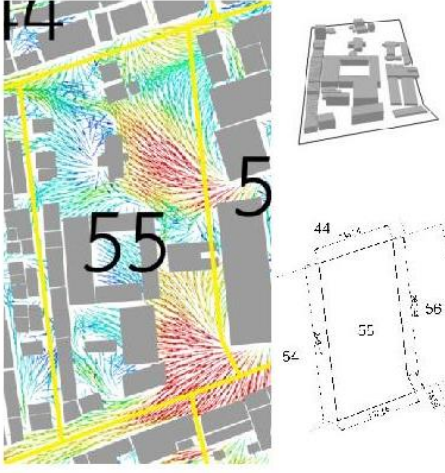

ภาพประกอบ	การวิเคราะห์ผลการไหลของลม
	<p>ACH s : 8.14</p> <p>ติดกับทิศเหนือและอยู่ติดกับบล็อกที่ 23 และ 25 เป็นชุมชนแออัดมีตึกสูงอยู่กลางบล็อกและมีอาคารพาณิชย์ตึกแถวล้อมรอบแม้จะมีขนาดไม่สูงใหญ่มาก แต่ทำให้ลมไม่พัดผ่าน เนื่องจากไม่มีลูกศรแสดงในบริเวณตึกแถว</p>
	<p>ACH s : 8.10</p> <p>ลักษณะอาคารสูงและเตี้ยสลับกัน ตั้งห่างกันไม่หนาแน่นมากนักทำให้เกิดช่องลมตามช่องว่างของอาคาร มีลมจากทิศเหนือติดกับบล็อกที่ 45 พัดผ่านเข้ามาทำให้ลมกระจายได้ทั่วพื้นที่แต่อย่างไรก็ตามยังมีบางส่วนที่เมื่อถูกลมปะทะแล้วทำให้อีกด้านของอาคารมีลมพัดปานอย่างบางเบาปรากฏเป็นลูกศรสีน้ำเงิน</p>

ภาพประกอบ	การวิเคราะห์ผลการไหลของลม
 <p>The image shows a wind flow simulation for building 44. The top part is a 2D plan view with yellow streamlines indicating wind direction and speed. The number '44' is overlaid in the center. Below it is a 3D perspective view of the building. At the bottom is a 2D site plan showing building 44 (labeled '11') and its neighbors (labeled '43' and '14') with various dimensions.</p>	<p>ACH s : 8.08</p> <p>ตั้งอยู่ติดกับบล็อกที่ 35,36,41,44 และ 45 อาคารมีความสูงในระดับกลางหนาแน่นพอสมควร ภาพรวมของพื้นที่นี้คืออาคารจะเรียงตัวรวมกันตามมุมของพื้นที่ทำให้เกิดพื้นที่ว่างในส่วกลาง โดยการเรียงตัวนี้เรียงตัวเป็นลักษณะสี่เหลี่ยมจึงทำให้ลมไม่สามารถไหลเข้ามาภายในได้กลายเป็นพื้นที่อับลม จะมีเพียงช่องแคบเล็กๆที่ไม่ขวางทิศทางการไหลของลมให้ลมพัดเข้ามาได้ซึ่งมีลมไหลผ่านเพียงเบาบางเท่านั้นปรากฏให้เห็นดังลูกศรสีเขียวที่ไหลเข้ามาทางช่องแคบแล้วกลายเป็นสีน้ำเงินที่ทิศทางการไหลออกจากพื้นที่</p>
 <p>The image shows a wind flow simulation for building 45. The top part is a 2D plan view with yellow streamlines indicating wind direction and speed. The number '45' is overlaid in the center. Below it is a 3D perspective view of the building. At the bottom is a 2D site plan showing building 45 (labeled '45') and its neighbors (labeled '37' and '39') with various dimensions.</p>	<p>ACH s : 8.04</p> <p>ตั้งอยู่ติดกับบล็อกที่ 44,53,55 มีอาคารในระดับความสูงปานกลางมีการเรียงตัวกระจัดกระจายไม่เป็นระเบียบค่อนข้างหนาแน่นมีทั้งส่วนที่ขวางกั้นทิศทางการไหลและไม่ขวางกั้นทิศทางการไหลจึงทำให้บางส่วนของพื้นที่ก็มีลมพัดผ่านพอสมควร แต่บางส่วนก็มีลมพัดผ่านอย่างเบาจนถึงขนาดอับลม จึงปรากฏลูกศรหลากหลายสีขนาดกระจายกันอยู่ทั่วพื้นที่</p>

ภาพประกอบ	การวิเคราะห์ผลการไหลของลม
	<p>ACH s : 8.00</p> <p>ตั้งอยู่ทางทิศใต้สุดของเขตพื้นที่บางรัก โดยมีลักษณะอาคารเตี้ยไม่มากนัก กระจายทั่วพื้นที่ โดยทิศทางที่เปิดรับลมได้ดีคือทางทิศใต้และทิศตะวันออก มีลมพัดเข้าตามช่องว่างระหว่างอาคาร กำลังแรงลมสูงมากที่สุด โดยทางทิศใต้และทิศตะวันออกมีลูกศรสีแดง ส่วนทิศตะวันตกมีลูกศรสีเขียวและสีน้ำเงิน ทั้งนี้มีสีน้ำเงินอันเนื่องมาจากการที่อาคารในกลุ่มนี้มีการเรียงตัวกันอย่างหนาแน่นมาก</p>
	<p>ACH s : 7.98</p> <p>เป็นตำแหน่งที่อยู่ภายใน ทิศตะวันตกติดกับบล็อกที่ 35 ทิศใต้ติดกับบล็อกที่ 43 ทิศตะวันออกติดกับบล็อกที่ 37 ลักษณะอาคารสูงและเตี้ยสลับกัน และตั้งอยู่กระจายกันแม้จะไม่หนาแน่นนัก แต่อย่างไรก็ตามอาคารที่ตั้งอยู่นั้นทำแนวขวางกับทิศทางของลม จึงไม่สอดคล้องกับทิศของลมที่พัดผ่าน ปรากฏดังลูกศรสีน้ำเงิน โดยเฉพาะทางทิศเหนือติดกับบล็อกที่ 31 และ 32</p>

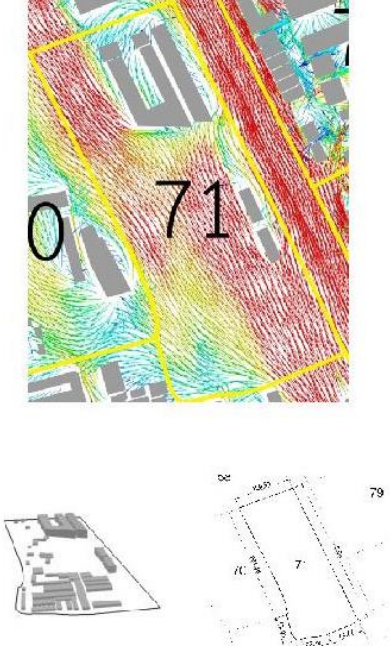
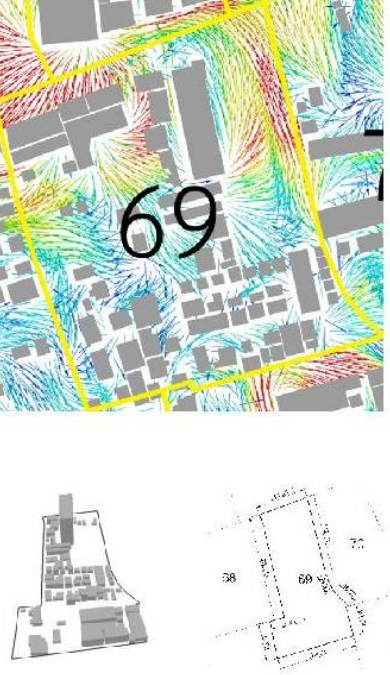
ภาพประกอบ	การวิเคราะห์ผลการไหลของลม
	<p>ACH s : 7.85</p> <p>ตั้งอยู่ทางทิศตะวันตก ติดกับบล็อกที่ 5 มีอาคารเตี้ยติดกันเป็นแนวยาว และมีตึງสูงเล็กน้อย ทำให้ตรงกลางมีการไหลของลมพอสมควร แต่บริเวณที่มีตึกเตี้ยเรียงตัวยาว การไหลของลมเกิดได้น้อย ลักษณะของถนนกึ่งขวางช่องทางการไหลของลม มีลมผ่านน้อยมากจากบล็อกที่ 6 มีลูกศรสีฟ้าและสีเขียวแสดงถึง ทิศทางลมจากทิศตะวันตก และหมุนออกในทิศตะวันตกดั้งเดิม เหตุที่ทำให้ลมหมุนออกไปในทิศตะวันตกเพราะมีมุมของช่องตึกที่ทำให้เกิดลมหมุน</p>
	<p>ACH s : 7.77</p> <p>ทางทิศใต้ติดกับถนนใหญ่ ทางทิศตะวันตกติดกับบล็อกที่ 91 ทิศทางเหนือ 85 และทางทิศตะวันออกติดกับบล็อกที่ 93 ในพื้นที่มีอาคารอยู่น้อยและกระจายตัวทั่วไป ด้วยที่ตั้งของพื้นที่นี้จึงทำให้มีการรับการไหลของลมได้อย่างดีเยี่ยม ตามลูกศรสีแดงซึ่งลมไหลมาจากทางทิศใต้ได้พัดไปทางทิศเหนือ แต่คงมีอาคารขนาดใหญ่ในทิศเหนือขวางเส้นทางจึงทำให้กระแสลมไหลออกไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ด้วยเหตุนี้จึงเกิดลมอย่างบางเบาบริเวณที่ด้านหลังของอาคารขนาดใหญ่ที่ปะทะกับลมนี้ตามลูกศรสีฟ้า</p>


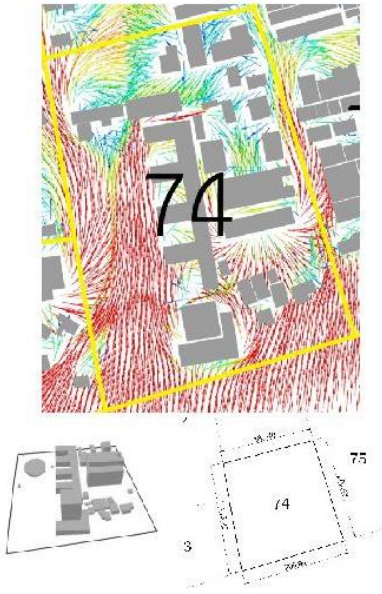
ภาพประกอบ	การวิเคราะห์ผลการไหลของลม
	<p>ACH s : 7.51</p> <p>ตั้งอยู่ทางทิศใต้สุดของเขตพื้นที่บางรัก ทางด้านทิศมาสู่ตำแหน่งสี่ทิศได้แก่ทิศใต้ติดกับริมแม่น้ำมีลมพัดผ่านเข้ามาสู่ตำแหน่งสี่ทิศได้แก่ทิศใต้ ทิศตะวันตก ทิศตะวันออก และทิศเหนือ ลักษณะโครงสร้างของอาคารเป็นอาคารสูงไม่มากนัก ระยะห่างกันลักษณะโครงสร้างของถนนเปิดรับช่องทางการไหลของลม ลักษณะลูกศรการพัดของลมเป็นลูกศรสีแดงสั้นลมพัดดีมากเพราะฉะนั้นอากาศในตำแหน่งที่ 73 ถ่ายเทดีมากบริเวณติดถนน แต่ภายในอาคารที่หนาแน่นติดกันมากนั้นเกิดเป็นพื้นที่อับลมเกือบทั้งสิ้น</p>
	<p>ACH s : 7.49</p> <p>ทางทิศใต้ติดกับบล็อกที่ 93 ทางทิศตะวันตกติดกับบล็อกที่ 85 ทางทิศเหนือติดกับบล็อกที่ 81 และทางทิศตะวันออกติดกับบล็อกที่ 82 และบล็อกที่ 87 ในพื้นที่นี้อาคารมีความสูงอยู่ในระดับกลางมีความหนาแน่นไม่มากนักกระจายอยู่ทั่วทั้งพื้นที่ ทิศทางการไหลของลมมีสองแนวคือจากทิศใต้ขึ้นไป แล้วทิศเหนือลงมาตามลูกศรสีแดง ถึงแม้ในพื้นที่นี้จะมีการไหลของลมที่แรงมากมาจากทั้งสองทิศทางก็ตามแต่ก็ยังเกิดพื้นที่อับลมอยู่บริเวณส่วนกลางของพื้นที่นี้ตามลูกศรสีน้ำเงิน</p>

ภาพประกอบ	การวิเคราะห์ผลการไหลของลม
	<p>ACH s : 7.41</p> <p>ตั้งอยู่ติดกับบล็อกที่ 44, 54, 56 ลมไหลเข้าทางมุมขวาจากทางทิศใต้มีอาคารกีดขวางอยู่จึงเปลี่ยนทิศทางของลมจึงส่งผลให้ ลมไหลเข้าสู่ภายในพื้นที่ระหว่างช่องตึก เนื่องจากมีช่องลมจากบล็อกที่ 56 ทำให้อากาศสามารถถ่ายเทได้ดี สังเกตได้จากลูกศรที่แสดงอยู่ภายในบล็อก แต่ยังคงมีอาคารบางส่วนที่กีดกันกันเองภายในบล็อกจึงทำให้พื้นที่ส่วนใหญ่ของบล็อกนี้ได้รับลมไม่ดีเท่ากันหมด</p>
	<p>ACH s : 7.31</p> <p>ตั้งอยู่ภายในโดยทิศตะวันตกติดกับบล็อกที่ 40 ทิศตะวันออกติดกับบล็อกที่ 44 ทิศเหนือติดกับบล็อกที่ 41 ลักษณะอาคารสูงต่ำสลับกันไป โดยอาคารสูงจะอยู่ส่วนกลางของพื้นที่ซึ่งอาคารเรียงตัวค่อนข้างหนาแน่น ในด้านที่ลมพัดเข้ามาปรากฏตั้งลูกศรสีแดง แต่ลมนั้นปะทะเข้ากับอาคารที่ขวางทางลมอยู่ทำให้กระจายตัวออกไป ไม่เข้ามาภายในบล็อกเลย พื้นที่ด้านในจึงกลายเป็นพื้นที่อับลม มีลมพัดผ่านเข้ามาเพียงน้อยนิดตามลูกศรสีน้ำเงิน</p>



ภาพประกอบ	การวิเคราะห์ผลการไหลของลม
	<p>ACH s : 6.97</p> <p>ตั้งอยู่ทางทิศตะวันตก ติดกับบล็อกที่ 4 เหนือมีอาคารเตี้ยติดกัน ลักษณะของถนนที่กว้าง ช่องทางแต่ทางด้านซ้ายและขวามีถนนใหญ่ทำให้การไหลเวียนของลมยังผ่านได้บ้าง มีการเกาะกลุ่มของอาคาร สูงเป็นกระจุกเพียงบางพื้นที่ของบล็อก จากบล็อกที่ 5 มีลูกศรสีฟ้าและน้ำเงินแสดงถึง การเข้าของลมจากทิศตะวันตกและผ่านไปยังทิศตะวันออก</p>
	<p>ACH s : 6.90</p> <p>ลักษณะอาคารมีโครงสร้างเตี้ยปละสูง เล็กน้อย อาคารตั้งอยู่ห่างกัน กระจายทั่วพื้นที่ และในสวนทิศทางของลม มีการถ่ายเทอากาศได้ดี เพราะลมเข้ามาทางทิศใต้ได้อย่างเต็มที่ ลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมแสดงว่าลมเข้ามาปะทะกับอาคารภายในบล็อกส่งผลให้ภายในบล็อกมีลมไหลผ่านมาตามช่องว่างระหว่างตึกมีลูกศร แต่คงมีบางส่วนที่ลมพัดไปไม่ถึงให้เกิดเป็นพื้นที่อับลมเนื่องจากอาคารที่อยู่นั้นขวางทางให้ลมไม่กระจายโดยทั่ว</p>

ภาพประกอบ	การวิเคราะห์ผลการไหลของลม
	<p>ACH s : 6.87</p> <p>ตั้งอยู่ทางด้านทิศตะวันตกติดถนนใหญ่ซึ่งเป็นช่องทางที่ลมไหลผ่าน ลักษณะอาคารมีความสูงสลับกันไปมาอย่างหนาแน่นเต็มพื้นที่ โดยอาคารสูงวางตัวขวางทิศทางลมซึ่งอาคารสูงนี้อยู่ส่วนริมสุดของพื้นที่จึงเท่ากับเป็นการป้องกันการไหลของลมที่จะพัดเข้ามาในพื้นที่หมดสิ้น ทำให้พื้นที่ส่วนในนั้นเป็นพื้นที่ที่อับลม ลมไหลผ่านได้น้อยมากที่สุดดังลูกศรสีน้ำเงินที่มีลักษณะของลูกศรสั้น และถี่</p>
	<p>ACH s : 6.79</p> <p>ตั้งอยู่ภายใน โดยทิศตะวันตกตั้งติดกับบล็อก 55 ลักษณะอาคารสูงใหญ่ ตั้งอยู่ไม่หนาแน่นนักจึงทำให้มีช่องลม ซึ่งมีลมพัดเข้ามาทางทิศตะวันตกได้ดี แต่ฝั่งติดบล็อก 57 และ 58 ลักษณะอาคารเตี้ย ตั้งห่างกันมีช่องว่างให้ลมพัดเข้ามาได้บ้างในบางพื้นที่แต่ไม่มากนัก ลูกศรที่แสดงเป็นสีแดง สีเหลือง และสีเขียว บ่งบอกถึงลมที่พัดผ่านได้ดีภายในบล็อก และลูกศรสีน้ำเงินบริเวณส่วนกลางของพื้นที่ที่แสดงถึงพื้นที่อับลม</p>

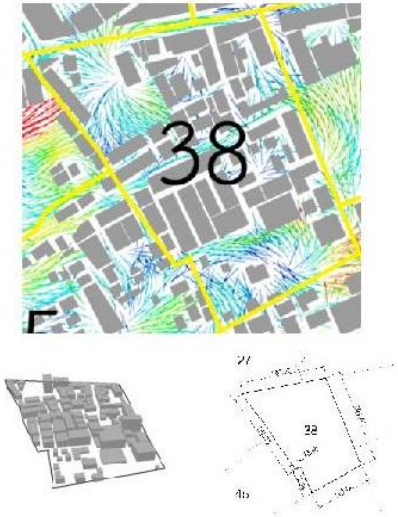
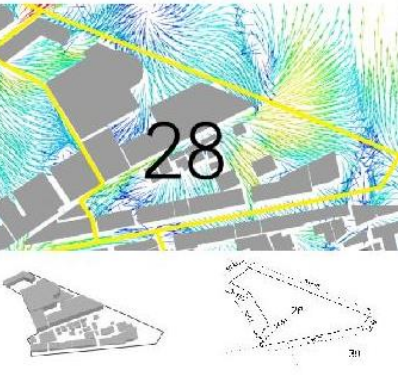
ภาพประกอบ	การวิเคราะห์ผลการไหลของลม
	<p>ACH s : 6.68</p> <p>ตั้งอยู่ทางทิศใต้สุดของเขตพื้นที่บางรัก มีลมพัดผ่านเข้ามาสู่ตำแหน่งสี่ทิศซึ่งเป็นการไหลที่ค่อนข้างรุนแรงจึงเป็นตัวช่วยให้พื้นที่นี้เป็นพื้นที่ที่มีลมไหลผ่านมาก ประกอบกับลักษณะโครงสร้างของอาคารเป็นอาคารขนาดเล็กหนาแน่นบางส่วน ด้วยเหตุที่มีพื้นที่ว่างเยอะมากของพื้นที่นี้จึงเป็นการเปิดรับช่องทางการไหลของลมลักษณะลูกศรการพัดของลมเป็นลูกศรสีแดงสั้นลมพัดเข้ามาได้ดีมากที่สุด</p>
	<p>ACH s : 6.58</p> <p>ตั้งอยู่ทางทิศใต้ของเขตพื้นที่บางรักลักษณะโครงสร้างของอาคารเป็นอาคารเดี่ยวกระจายตัวทั่วพื้นที่กีดขวางช่องทางการไหลของลมถึงแม้จะมีช่องว่างระหว่างตึกกว้างแต่แนวของตึกกีดขวางทางลมทำให้ลูกศรเป็นสีน้ำเงินทำให้เปิดจุดอับลมในพื้นที่นี้มีลมพัดผ่านเข้ามาทางทิศเหนือเล็กน้อยทำให้ทางด้านทิศเหนือของพื้นที่มีอากาศไหลเวียนค่อนข้างดีกว่าส่วนอื่นของพื้นที่จึงปรากฏเป็นลักษณะของลูกศรสีแดง</p>

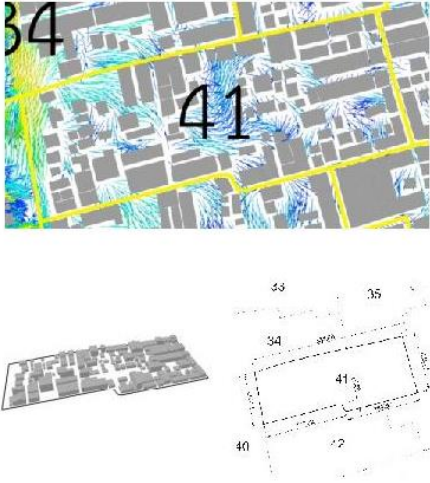
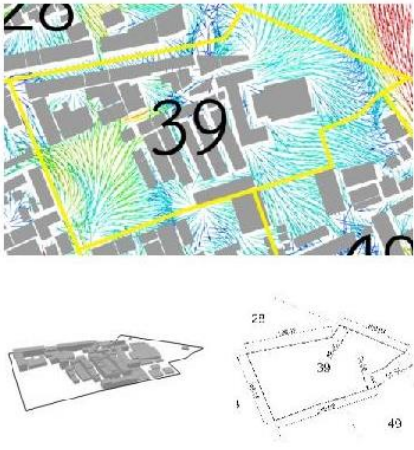
ภาพประกอบ	การวิเคราะห์ผลการไหลของลม
	<p>ACH s : 6.42</p> <p>ตั้งอยู่ในตำแหน่งของบล็อกที่ 53 และ 56 ลักษณะอาคารสูงและเตี้ย กระจายทั่วพื้นที่ แต่ด้วยสภาพอาคารและตำแหน่งที่ตั้งอยู่ในบริเวณอับลม จึงทำให้ลมถ่ายเทไม่ได้ดีนัก ถึงแม้แนวอาคารจะตั้งตรงเป็นทิศทางเดียวกับลมที่พัดผ่านแต่ทางตรงกลางยังคงมีบางอาคารตั้งกีดขวางทิศทางการไหลของลม จึงปรากฏเป็นลูกศรสีน้ำเงินที่แสดงถึงการอับลมอย่างมาก</p>
	<p>ACH s : 6.21</p> <p>ตั้งอยู่ทางทิศใต้สุดของเขตพื้นที่บางรัก โดยมีลักษณะอาคารสูงเป็นรูปตัววี ตั้งสูงและเตี้ยสลับกัน ทำให้เกิดบริเวณกว้างในทิศตะวันตกจึงส่งผลให้มีกำลังลมแรงมาก รวมทั้งลมที่มาจากทางทิศใต้ฝั่งถนนก็มีลมพัดเข้ามาแรงลมปานกลางเช่นกัน แต่ทางฝั่งทิศตะวันออกมีอาคารค่อนข้างหนาแน่นประกอบลักษณะการวางตัวของอาคารที่ขวางทางลมไว้ จึงทำให้ลมพัดผ่านได้น้อยเกิดการอับลม ในส่วนอื่นๆ ปรากฏลูกศรสีแดงและกระจายตัวเกือบเต็มพื้นที่ หมายถึงการที่ลมไหลผ่านดีมาก</p>

ภาพประกอบ	การวิเคราะห์ผลการไหลของลม
	<p>ACH s : 5.99</p> <p>ตั้งอยู่ติดกับบล็อกที่ 31,33,34,36,41 และ 43 มีการกระจายตัวของอาคารสูงสลับกับอาคารที่ไม่สูง มีการหมุนเวียนของลมได้เล็กน้อยและบางจุดของบล็อกไม่มีลมพัดผ่านเลย อาคารค่อนข้างหนาแน่นวางตัวขวางทิศทางการไหลของลมรอบด้าน จึงทำให้พื้นที่นี้อับลมไม่มีลมไหลพัดผ่าน แต่มีบางส่วนเล็กน้อยที่มีลมพัดผ่านแต่ก็ มีความแรงลมน้อยมากสังเกตได้จากลูกศรสีน้ำเงินที่แสดงถึงการอับลม</p>
	<p>ACH s : 5.99</p> <p>เป็นตำแหน่งที่ติดกับถนนใหญ่ อยู่ระหว่างบล็อกที่ 2 และ 23 ลักษณะอาคารโดยรวมไม่สูงทิศเหนืออาคารห่างกันจึงทำให้ยังพอมีลมพัดผ่านได้บ้างแต่ในทางทิศใต้ลักษณะอาคารเรียงชิดติดกันค่อนข้างแออัด ทำให้เกิดลักษณะลูกศรสีฟ้าอ่อนและสีฟ้าเข้มเป็นจำนวนมาก เพราะลมพัดผ่านได้น้อย</p>

ภาพประกอบ	การวิเคราะห์ผลการไหลของลม
	<p>ACH s : 5.85</p> <p>ตั้งอยู่ทางทิศใต้ของเขตพื้นที่ทิศตะวันตกติดกับถนนเส้นใหญ่ลักษณะโครงสร้างของถนนเปิดรับช่องทางการไหลของลมลักษณะโครงสร้างของอาคารเป็นอาคารเตี้ยและสูงปนกันความหนาแน่นของอาคารค่อนข้างสูงมีลมพัดผ่านเข้ามาสู่ตำแหน่งที่ตั้งทิศเฉพาะฉะนั้นการไหลของลมในตำแหน่งจึงดีมากจะสังเกตได้ว่าลูกศรสีแดงภายในบล็อกพัดเข้ามาและพัดออกไปทางทิศตะวันออก แต่คงมีบางส่วนของพื้นที่โดยเฉพาะที่มีความหนาแน่นสูงที่เกิดการไหลของลมอย่างบางเบาตามลูกศรสีน้ำเงิน</p>
	<p>ACH s : 5.80</p> <p>ตั้งอยู่ในตำแหน่งที่มีทิศตะวันตกติดกับบล็อก 69 กำลังแรงลมปานกลางถึงต่ำพัดเข้าตามช่องว่างระหว่างอาคาร กระจายเต็มพื้นที่ทั่วไปเนื่องจากสภาพอาคารมีลักษณะไม่สูงมากนักสูง อีกทั้งยังตั้งอยู่ห่างกันจึงทำให้เกิดมีช่องว่างระหว่างอาคารรับลมได้เต็มที่ อีกทั้งลมสามารถพัดเข้าได้อีกทางฝั่งทิศตะวันออกติดกับบล็อก 71 กำลังลมสูงมากพัดผ่านตลอดเวลาแต่ไม่สามารถเข้ามาภายในพื้นที่ได้เนื่องจากตัวอาคารบังทิศทาง การไหลของลมในด้านนี้ ในบล็อกแสดงลูกศรสีเขียว สีเหลือง แสดงถึงการไหลในระดับปานกลาง</p>

ภาพประกอบ	การวิเคราะห์ผลการไหลของลม
	<p>ACH s : 5.77</p> <p>เป็นตำแหน่งที่ตั้งอยู่ทางทิศเหนือของเขตพื้นที่บางรัก ลักษณะอาคารสูงบางที่อาคารเรียงชิดติดกันหนาแน่นมากที่สุดในแนวขวางกับทิศลม แต่บางพื้นที่อาคารห่างกันจึงทำให้พอมีช่องให้ลมพัดผ่านได้ แต่ลมพัดผ่านได้น้อยมาก ในพื้นที่ไม่มีการเกิดลูกศรแสดงทิศทางการไหลของลม</p>
	<p>ACH s : 5.31</p> <p>ทิศตะวันตกติดกับบล็อกที่ 66 ทิศตะวันออกบล็อกที่ 69 ทิศใต้บล็อกที่ 74,75 ลักษณะอาคารมีความสูงเรียงตัวกันอาคารมีโครงสร้างเดี่ยวกระจายทั่วพื้นที่ โดยรับลมจากฝั่งทิศตะวันออกเฉียงเหนือเข้ามาแต่เพราะด้านบนของพื้นที่นี้มีอาคารกว้างและหนาแน่น จึงทำให้ตรงกลางของบล็อกเกิดเป็นลูกศรสีฟ้าบริเวณกลางบล็อกหมายความว่า เปิดจุดอับลม</p>

ภาพประกอบ	การวิเคราะห์ผลการไหลของลม
	<p>ACH s : 5.10</p> <p>ตำแหน่งนี้มีทิศตะวันตกตั้งติดกับบล็อก 37 และ 45 ทิศตะวันออกติดกับบล็อกที่ 39 ทิศใต้ติดกับบล็อกที่ 47 ลักษณะอาคารเตี้ยตั้งห่างกันพอให้มีช่องลมบ้าง แต่ก็พัดเข้าได้เฉพาะบางส่วน เพราะบางช่วงก็มีอาคารสูงเรียงชิดกันลมพัดเข้ามาปะทะตัวอาคารทำให้ลมไม่สามารถพัดเข้ามาตามช่องลมได้ อาคารวางตัวตามแนวการไหลของลม แต่อย่างไรก็ตามอาคารหลายๆอาคารภายในบล็อก วางตัวรอบล้อมพื้นที่ว่างโล่งเป็นลักษณะสี่เหลี่ยมจึงทำให้ทิศทางการไหลของลมของพื้นที่โล่งเป็นไปในทางที่ไม่ดี สังเกตได้จากลูกศรสีฟ้า ตัวอาคารส่วนมากมีลักษณะเป็นตัว L ยิ่งทำให้ลมไม่ไหลผ่าน</p>
	<p>ACH s : 5.09</p> <p>ตั้งอยู่ทางทิศเหนือติดพื้นที่ของเขตบางรัก ลักษณะอาคารสูงและห่างกันจึงทำให้มีช่องว่างที่ทำให้ลมพัดผ่านเข้ามาทางทิศตะวันตกของตำแหน่งได้บ้าง ดังรูปภายในบล็อกลูกศรแสดงเป็นสีน้ำเงินที่ปะทะกับตึกแล้วสะท้อนออกจากบล็อก</p>

ภาพประกอบ	การวิเคราะห์ผลการไหลของลม
	<p>ACH s : 4.76</p> <p>ตั้งอยู่บริเวณติดกับบล็อกที่ 34,35,40,44,52 และ 53 ภายในบล็อกมีแต่อาคารไม่สูงกระจายตัวกันอยู่อย่างหนาแน่น และความหนาแน่นนี้เองจึงทำให้ไม่มีลมพัดเข้ามา ไม่มีลมพัดผ่านพื้นที่หนาแน่น ถึงแม้จะไม่ขวางกับแนวลม แต่การวางตัวของอาคารที่แน่นเฉพาะบริเวณรอบจึงเป็นตัวกั้นไม่ให้ลมไหลเข้ามาภายในสังเกตจากบริเวณกลางนั้นจะมีลูกศรสีน้ำเงินมากกว่าบริเวณอื่น ประกอบกับบล็อกข้างเคียงที่มีส่วนทำให้ลมไหลมาน้อยด้วย</p>
	<p>ACH s : 3.41</p> <p>ตั้งอยู่ทางทิศตะวันออก และติดกับบล็อกที่ 28,38,48 และ 49 บล็อกนี้ไม่ปรากฏอาคารสูงเลย อาคารกระจุกตัวหนาแน่นอยู่แต่ภายในส่วนกลางของพื้นที่ ซึ่งส่วนใหญ่ว่างตัวในทิศทางขวางทางไหลของลม ทำให้ลมที่พัดมาตามทิศการไหลของลมนั้นปะทะกับด้านหนึ่งของอาคารและกระจายตัวออกด้านข้างทั้งหมด ทำให้อีกด้านหนึ่งของอาคารมีลมพัดอย่างบางเบาปรากฏตามลูกศรสีน้ำเงินเข้ม</p>

ภาคผนวก ข.

การวิเคราะห์ที่ตั้งของบล็อก และลักษณะเชิงสัญญาณของบล็อกที่มีผลต่ออัตราการระบายอากาศเมือง

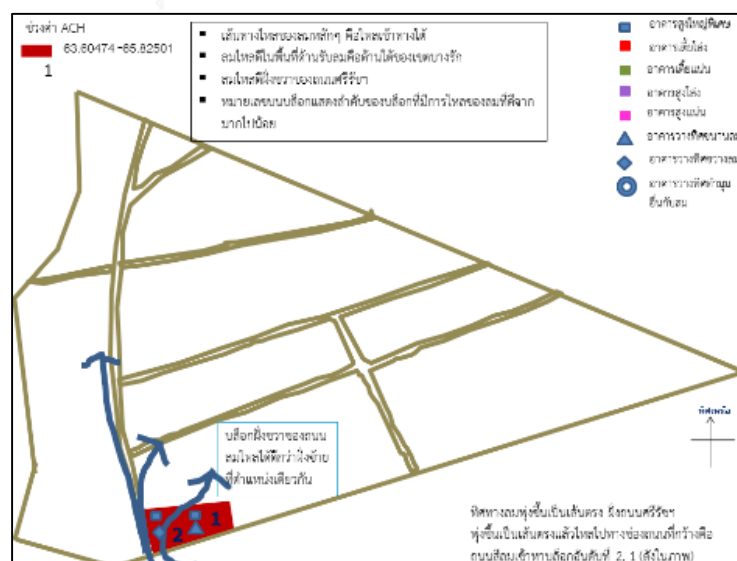
จากการวิเคราะห์ที่ตั้งของบล็อกและลักษณะเชิงสัญญาณของบล็อกที่มีผลต่ออัตราการระบายอากาศเมือง ผู้วิจัยแบ่งชั้นในการวิเคราะห์ผลจากแบ่งช่วงค่าอัตราการระบายอากาศ ACH ได้เป็น 9 ช่วง ดังรายละเอียด ดังนี้

- อนึ่ง :
1. เลขบนบล็อกแสดงลำดับของบล็อกที่มีการไหลของลมที่ดีจากมากไปน้อย
 2. การจำลองการไหลของอากาศนี้ไม่ได้จำลองทางยกระดับ จำลองขนาดและความสูงอาคารบนระนาบชั้นดินเท่านั้น
 3. ส่วนวิเคราะห์นี้ วิเคราะห์ในส่วนสัญญาณเมืองโครงข่ายถนนและรูปทรงอาคารภายในบล็อกเท่านั้น ส่วนเวกเตอร์สีที่แสดงทิศทางและรูปแบบการไหลในรายละเอียดจะแสดงในส่วนต่อไป

ช่วงชั้นที่ 1 ของลมทิศใต้ คือ ช่วงที่ ค่า ACH คือ 63.60474-65.82501

วิเคราะห์ที่ตั้งของบล็อกที่มีผลต่ออัตราการระบายอากาศเมือง ช่วงชั้นที่ 1

รูปช่วงชั้นที่ 1 แสดงสัญลักษณ์ด้วยสีแดงเข้ม มีค่า ACH สูงที่สุด คือ 63.60474-65.82501 ประกอบด้วยรายละเอียดที่ตั้งของบล็อกและลักษณะเชิงสัญญาณของบล็อกที่มีผลต่ออัตราการระบายอากาศเมืองที่น่าสนใจ ดังนี้



ภาพที่ ข.1 แสดงการวิเคราะห์ที่ตั้งของบล็อกที่มีผลต่ออัตราการระบายอากาศเมืองช่วงชั้นที่ 1

ค่า ACH สูงสุดมีค่าสูงสุดที่ประมาณ 65 โดยมีตำแหน่งอยู่ที่ปากทางเข้าของถนนขนาดใหญ่คือทางพิเศษศรีรัชฯ ซึ่งเป็นทางหลักของการไหลของลมเข้าสู่ ตั้งอยู่ที่บล็อก 72, 73 มีรายละเอียดการวิเคราะห์ลมที่เกี่ยวกับที่ตั้งบล็อก ดังนี้

1. ตำแหน่งบล็อกที่มีการไหลของอากาศดีที่สุดของช่วงชั้นที่ 1, 2 ของลมทิศใต้ คือ บล็อกที่ 73, 72 ตามลำดับ
2. บล็อกที่ไหลดีที่สุดของลมใต้ คือ 72, 73 เพราะมีตำแหน่งที่ตั้งยื่นไปหาลมมากที่สุดใกล้ช่องทางไหลของลม คือ ช่องถนนศรีรัชฯ ซึ่งมีลักษณะปิดตัวโค้งไปด้านซ้าย ลมจะไหลตีในด้านขวา
3. เส้นทางไหลของลมหลักๆ คือไหลเข้าทางใต้
4. ลมไหลตีในพื้นที่ด้านรับลมคือด้านใต้ของเขตบางรัก
5. ลมไหลตีฝั่งขวาของถนนศรีรัชฯ
6. ทิศทางลมพุ่งขึ้นเป็นเส้นตรง ฝั่งถนนศรีรัชฯ พุ่งขึ้นเป็นเส้นตรงแล้วไหลไปทางช่องถนนที่กว้างคือ ถนนสีลม เข้าหาบล็อกอันดับที่ 2, 1 (ดังในภาพ) บล็อกฝั่งขวาของถนนลมไหลได้ดีกว่าฝั่งซ้ายที่ตำแหน่งเดียวกัน

วิเคราะห์ที่ตั้งของบล็อกและลักษณะเชิงสัณฐานของอาคารภายในบล็อกที่มีผลต่ออัตราการระบายอากาศเมืองช่วงชั้นที่ 1



ภาพที่ ข.2 แสดงการวิเคราะห์ที่ตั้งของบล็อกและลักษณะเชิงสัณฐานของอาคารภายในบล็อกที่มีผลต่ออัตราการระบายอากาศเมืองช่วงชั้นที่ 1

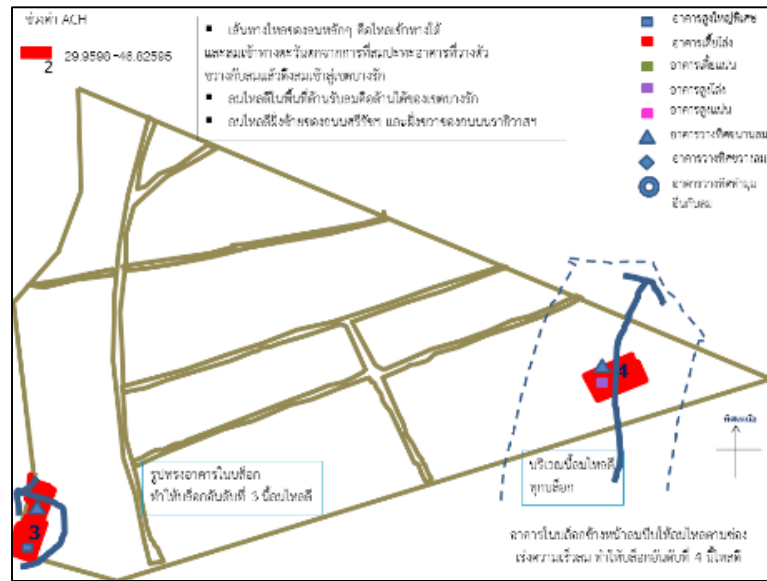
ช่วงชั้นที่ 2 ของลมทิศใต้ คือ ช่วงที่ ค่า ACH คือ 29.9598 - 46.82595

วิเคราะห์ที่ตั้งของบล็อกที่มีผลต่ออัตราการระบายอากาศเมือง ช่วงชั้นที่ 2

รูปช่วงชั้นที่ 2 แสดงสัญลักษณ์ด้วยสีแดง มีค่า ACH สูงที่สุด คือ 29.9598 -46.82595

ประกอบด้วยรายละเอียดที่ตั้งของบล็อกและลักษณะเชิงสัณฐานของบล็อกที่มีผลต่ออัตราการระบายอากาศเมืองที่น่าสนใจ คือ บล็อกที่มีค่า ACH สูงสุดมีค่าสูงสุดอันดับ 3 ที่ประมาณ 49.82 โดยมีตำแหน่งอยู่ที่มุมซ้ายล่างของเขตบางรัก ตั้งอยู่ที่บล็อกที่ 18 บล็อกที่มีค่า ACH สูงสุดมีค่าสูงสุดอันดับ 4 ที่ประมาณ 29.95 โดยมีตำแหน่งอยู่ที่มุมซ้ายล่างของเขตบางรัก ตั้งอยู่ที่บล็อกที่ 94 มีรายละเอียดการวิเคราะห์หลุมที่เกี่ยวข้องกับที่ตั้งบล็อก ดังนี้

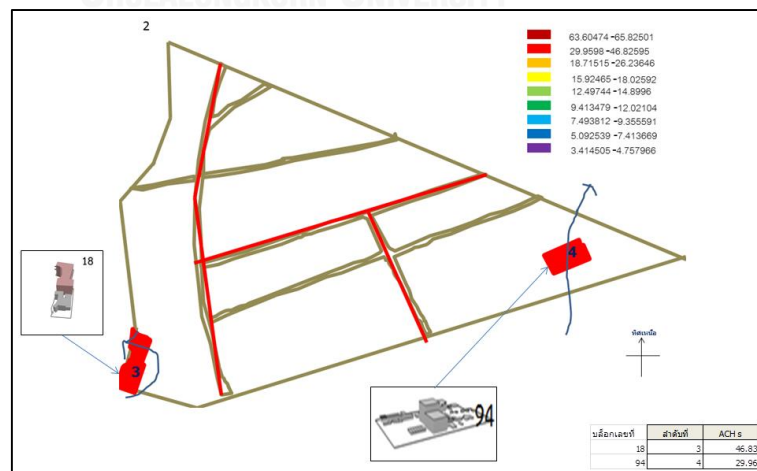
1. เส้นทางไหลของลมหลักๆ คือไหลเข้าทางใต้
2. บล็อกที่ 18 ตั้งอยู่หน้าปะทะลมฝั่งทิศใต้และรับลมเข้าสู่บล็อก เป็นลมเข้าทางตะวันตกจากการที่ลมปะทะอาคารที่วางตัวขวางกับลมแล้วจึงลมเข้าสู่เขตบางรัก เรียกว่า “ปรากฏการณ์ wing wall” คือ ปรากฏการณ์ที่ตัวอาคารตัวยื่นไปขวางแนวทิศปกติของลม ดักลมจำนวนมากให้ไหลเปลี่ยนทิศทางไปขนานกับตัวอาคาร รูปทรงอาคารในบล็อกทำให้มีลมไหลดี
3. ทั้ง 2 บล็อก คือ บล็อกที่ 18, 94 มีลมไหลดีในพื้นที่ด้านรับลมคือด้านใต้ของเขตบางรัก
4. ลมไหลดีฝั่งซ้ายของถนนศรีรัศมิ์ และฝั่งขวาของถนนนราธิวาสฯ
5. จะสังเกตเห็นว่า พื้นที่บริเวณบล็อกที่ 94 มีการไหลของลมดี เพราะอาคารในบล็อก ช่างหน้าลมบีบให้ลมไหลตามช่องเร่งความเร็วลม ทำให้บล็อกที่ 94 มีการถ่ายเทอากาศที่ดี เมื่อพิจารณาลักษณะสัณฐานโดยรวม พบว่ามีการไหลของลมที่ดีเช่นกัน (บริเวณภาพลูกศรที่เป็นเส้นไขปลาสีน้ำเงิน) ไหลดีจากทิศใต้ขึ้นทิศเหนือ ไหลดีเบ้จากทิศใต้เข้าสู่ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (ดังภาพ) พิจารณาร่วมกับภาพค่า ACH ช่วงชั้นอื่นๆ



ภาพที่ ข.3 แสดงการวิเคราะห์ที่ตั้งของบล็อกที่มีผลต่ออัตราการระบายอากาศเมืองช่วงชั้นที่ 2

ทั้งนี้เป็นเพราะลักษณะโดยรวมของพื้นที่บริเวณนี้ มีการจัดวางที่สอดคล้องกับการไหลของลม คือ มีอาคารสูงอยู่ตรงกลาง รายล้อมด้วยบล็อกขนาดเล็กที่มีความสูงลดหลั่นกันไป ด้านหน้าลมทิศใต้ ด้านถนนสาทร ตัวอาคารวางตามทิศลม ด้านหลังที่ใกล้ถนนสีลม ตัวอาคารวางตัวขวางทิศลม เป็นต้น

ปัจจัยต่างๆซึ่งรูปแบบการจัดวางอาคารที่มีค่า ACH สูงสุดมีความน่าสนใจที่จะนำไปประยุกต์ในการศึกษาหารูปแบบบล็อก “ต้นแบบ” ที่ทำให้พื้นที่เมืองมีค่า ACH สูงสุด ต่อไปในอนาคต

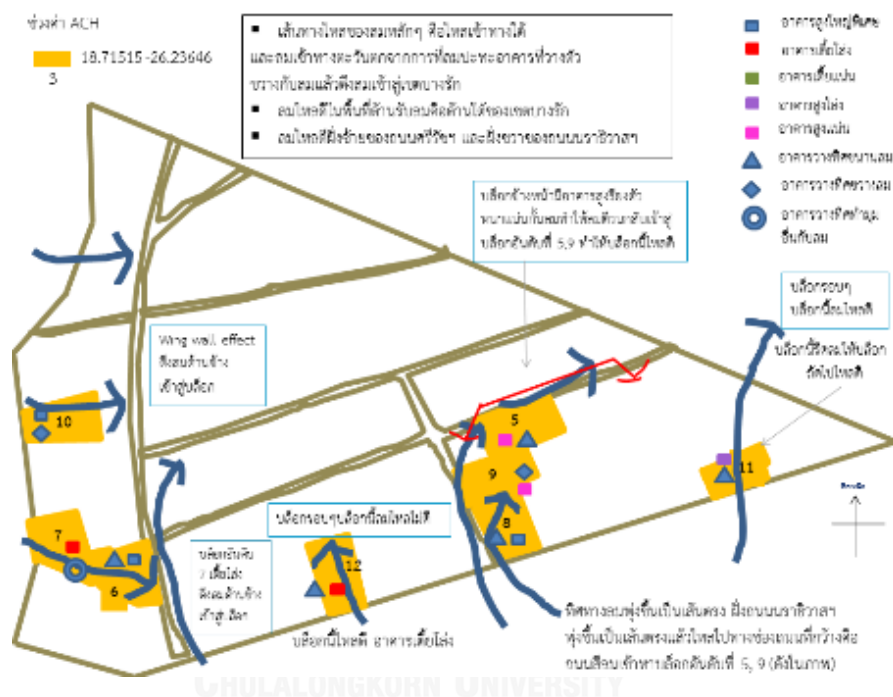


ภาพที่ ข.4 แสดงการวิเคราะห์ที่ตั้งของบล็อกและลักษณะเชิงสัณฐานของอาคารภายในบล็อกที่มีผลต่ออัตราการระบายอากาศเมืองช่วงชั้นที่ 2

ช่วงชั้นที่ 3 ของลมทิศใต้ คือ ช่วงที่ ค่า ach คือ 18.71515 - 26.23646

วิเคราะห์ที่ตั้งของบล็อกที่มีผลต่ออัตราการระบายอากาศเมือง ช่วงชั้นที่ 3

รูปช่วงชั้นที่ 3 แสดงสัญลักษณ์ด้วยสีส้ม มีค่า ACH สูง คือ 18.71515 - 26.23646 ประกอบด้วยบล็อกที่มีค่า ACH สูงสุดมีค่าสูงสุดอันดับ 5-12 ตั้งอยู่ที่บล็อกที่ 80, 17, 16, 88, 83, 10, 96, 75ตามลำดับ มีค่า ACH คือ 26.24, 25.63, 24.80, 23.46, 20.85, 20.62, 19.63, 18.72 ตามลำดับ รายละเอียดที่ตั้งของบล็อกและลักษณะเชิงสัญญาณของบล็อกที่มีผลต่ออัตราการระบายอากาศเมืองที่น่าสนใจ มีรายละเอียดการวิเคราะห์ลมที่เกี่ยวกับที่ตั้งบล็อก ดังนี้



ภาพที่ ข.5 แสดงการวิเคราะห์ที่ตั้งของบล็อกที่มีผลต่ออัตราการระบายอากาศเมืองช่วงชั้นที่ 3

1. เมื่อวิเคราะห์ลมตามอันดับการไหลที่ดี จะเห็นได้ว่าในช่วงชั้นนี้ อิทธิพลของถนนนราธิวาสมีมากกว่าถนนศรีรัชฯ
2. ทิศทางลมพุ่งขึ้นเป็นเส้นตรงจากทิศใต้สู่ทิศเหนือ จากถนนนราธิวาสฯ พุ่งขึ้นเป็นเส้นตรงแล้วไหลไปทางช่องถนนที่กว้างคือถนนสีลมเข้าหาบล็อกอันดับที่ 5 (ดังในภาพ)
3. บล็อกที่ตั้งอยู่ฝั่งทิศเหนือของถนนสีลม ที่ตั้งอยู่ด้านตรงข้ามถนนของบล็อกอันดับที่ 5 บล็อกเหล่านั้นสัญญาณเมืองประกอบด้วยอาคารสูงเรียงตัวหนาแน่นกันลมทำให้ลมตีวนกลับเข้าสู่บล็อกอันดับที่ 5 ทำให้บล็อกนี้ไหลถ่ายเทอากาศดี
4. เส้นทางไหลของลมหลักๆ คือไหลเข้าทางใต้ เข้าสู่บล็อกลำดับที่ 8, 9 และลมเข้าทางตะวันตกจากการที่ลมปะทะอาคารที่วางตัวขวางกับลมแล้วดิ่งลมเข้าสู่เขตบางรัก เป็นลมเข้า

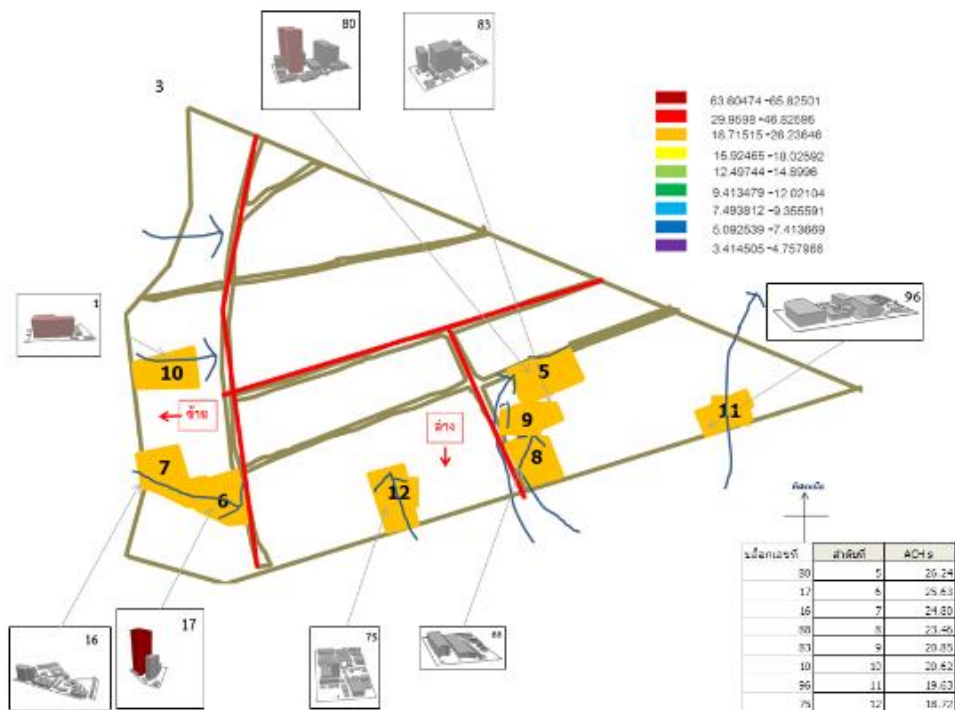
ทางตะวันตกจากการที่ลมปะทะอาคารที่วางตัวขวางกับลมแล้วดึงลมเข้าสู่เขตบางรัก ได้แก่ บล็อกโหลดอีดับเบิลยู 6, 10 ดังภาพ) เรียกว่า “ปรากฏการณ์ wing wall” คือ ปรากฏการณ์ที่ตัวอาคารตัวยื่นไปขวางแนวทิศปกติของลม ดักลมจำนวนมากให้ไหลเปลี่ยนทิศทางไปขนานกับตัวอาคาร รูปทรงอาคารในบล็อกทำให้บล็อกนี้มีลมโหลด

5. ลมโหลดในพื้นที่ด้านรับลมคือด้านใต้ของเขตบางรัก และลมโหลดฝั่งซ้ายของถนนศรีรัชฯ และฝั่งขวาของถนนนราธิวาสฯ

6. บล็อกที่โหลดอีดับเบิลยูที่ 11 คือ บล็อกที่ 96 ตั้งอยู่ด้านหน้าปะทะลมด้านทิศใต้ สันฐานอาคารในเมืองเป็นอาคารสูงวางทิศเหนือ-ใต้ ช่วยรีดให้ลมไหลเข้าสู่บล็อกแรงขึ้น เรียกว่าปรากฏการณ์ venturi effect ทำให้บริเวณโดยรอบบล็อกนี้เกิดการไหลที่ดี มีค่า ACH สูง

7. บล็อกที่โหลดอีดับเบิลยูที่ 12 คือ บล็อกที่ 75 ตั้งอยู่ด้านหน้าปะทะลมด้านทิศใต้ สันฐานอาคารในเมืองเป็นอาคารเตี้ย ยาว วางตามแนวแกนทิศตะวันออก-ตะวันตก ช่วยให้ลมไหลเข้าสู่บล็อกไม่ดี เรียกว่าปรากฏการณ์ diffuse effect แต่ทำให้บริเวณโดยรอบบล็อกนี้เกิดการไหลที่ไม่ดี มีค่า ACH ต่ำ

วิเคราะห์ที่ตั้งของบล็อกและลักษณะเชิงสันฐานของอาคารภายในบล็อกที่มีผลต่ออัตราการระบายอากาศเมืองช่วงชั้นที่ 2



ภาพที่ ข.6 แสดงการวิเคราะห์ที่ตั้งของบล็อกและลักษณะเชิงสันฐานของอาคารภายในบล็อกที่มีผลต่ออัตราการระบายอากาศเมืองช่วงชั้นที่ 3

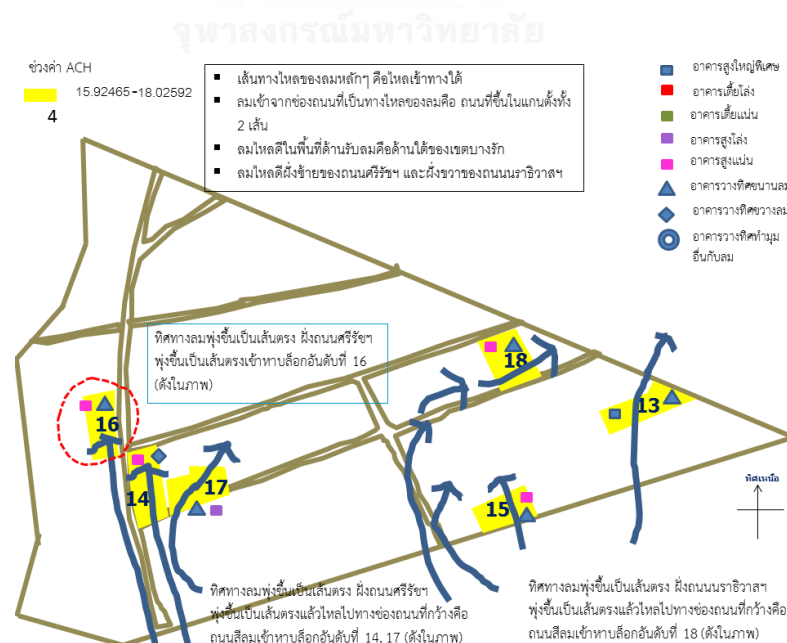
ช่วงชั้นที่ 4 ของลมทิศใต้ คือ ช่วงที่ ค่า ach คือ 15.92465 - 18.02592

วิเคราะห์ที่ตั้งของบล็อกที่มีผลต่ออัตราการระบายอากาศเมือง ช่วงชั้นที่ 4

รูปช่วงชั้นที่ 4 แสดงสัญลักษณ์ด้วยสีเหลือง มีค่า ACH ค่อนข้างสูง คือ 15.92465-18.02592 ประกอบด้วยรายละเอียดที่ตั้งของบล็อกและลักษณะเชิงสัณฐานของบล็อกที่มีผลต่ออัตราการระบายอากาศเมืองที่น่าสนใจ ดังนี้

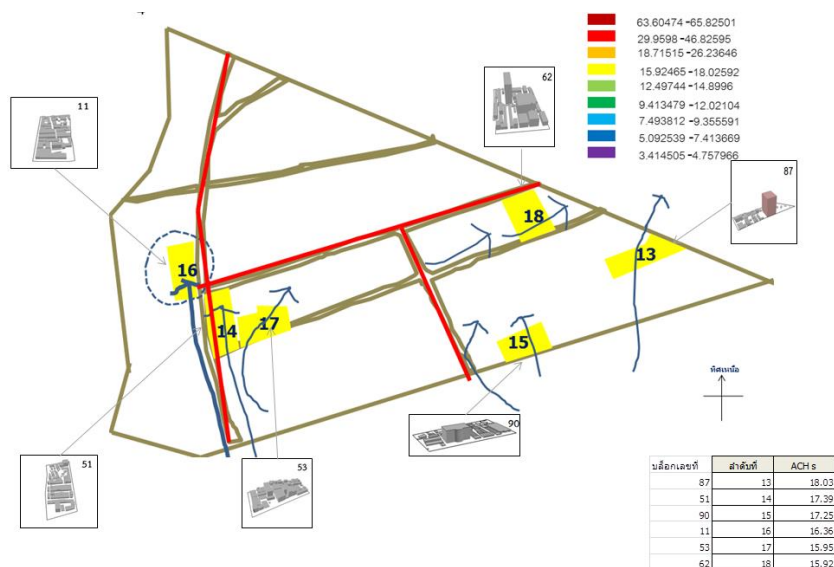
จากภาพ พบว่า บล็อกที่มีค่า ACH สูงสุดมีค่าสูงสุดอันดับ 13-18 ตั้งอยู่ที่บล็อกที่ 87, 51, 90, 11, 53, 62 ตามลำดับ มีค่า ACH คือ 18.03, 17.39, 17.25, 16.36, 15.95 ตามลำดับ มีรายละเอียดการวิเคราะห์หลุมที่เกี่ยวข้องกับที่ตั้งบล็อก ดังนี้

1. เส้นทางไหลของลมหลักๆ คือไหลเข้าทางใต้
2. ลมเข้าจากช่องถนนที่เป็นทางไหลของลมคือ ถนนที่ขึ้นในแกนตั้งทั้ง 2 เส้น
3. ลมไหลดีในพื้นที่ด้านรับลมคือด้านใต้ของเขตบางรัก
4. ลมไหลดีฝั่งซ้ายของถนนศรีรัชฯ และฝั่งขวาของถนนนราธิวาสฯ
5. ทิศทางลมพุ่งขึ้นเป็นเส้นตรง ฝั่งถนนศรีรัชฯ พุ่งขึ้นเป็นเส้นตรงเข้าหาบล็อกอันดับที่ 16 (ดังในภาพ)
6. ทิศทางลมพุ่งขึ้นเป็นเส้นตรง ฝั่งถนนศรีรัชฯ พุ่งขึ้นเป็นเส้นตรงแล้วไหลไปทางช่องถนนที่กว้างคือถนนสีลมเข้าหาบล็อกอันดับที่ 14, 17 (ดังในภาพ)
7. ทิศทางลมพุ่งขึ้นเป็นเส้นตรง ฝั่งถนนนราธิวาสฯ พุ่งขึ้นเป็นเส้นตรงแล้วไหลไปทางช่องถนนที่กว้างคือ ถนนสีลมเข้าหาบล็อกอันดับที่ 18 (ดังในภาพ)



ภาพที่ ข.7 แสดงการวิเคราะห์ที่ตั้งของบล็อกที่มีผลต่ออัตราการระบายอากาศเมืองช่วงชั้นที่ 4

วิเคราะห์ที่ตั้งของบล็อกและลักษณะเชิงสัณฐานของอาคารภายในบล็อกที่มีผลต่ออัตราการระบายอากาศเมืองช่วงชั้นที่ 4

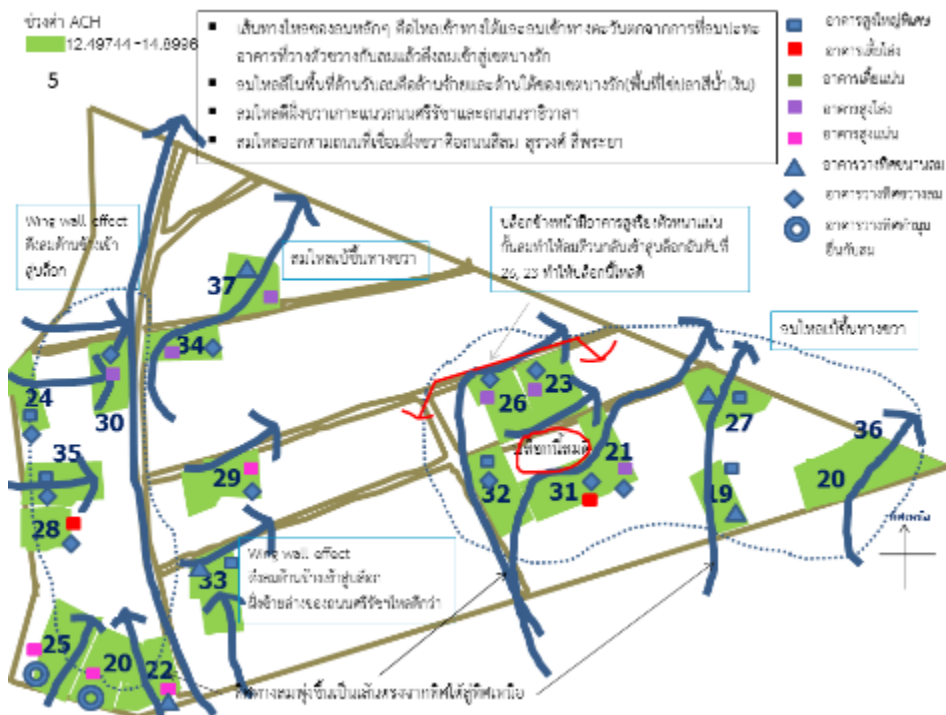


ภาพที่ ข.8 แสดงการวิเคราะห์ที่ตั้งของบล็อกและลักษณะเชิงสัณฐานของอาคารภายในบล็อกที่มีผลต่ออัตราการระบายอากาศเมืองช่วงชั้นที่ 4

ช่วงชั้นที่ 5 ของลมทิศใต้ คือ ช่วงที่ ค่า ACH คือ 12.49744 -14.8996

วิเคราะห์ที่ตั้งของบล็อกที่มีผลต่ออัตราการระบายอากาศเมือง ช่วงชั้นที่ 5

รูปช่วงชั้นที่ 5 แสดงสัญลักษณ์ด้วยสีเขียวอ่อน มีค่า ACH ปานกลาง คือ 12.49744 - 14.8996 ประกอบด้วยรายละเอียดที่ตั้งของบล็อกและลักษณะเชิงสัณฐานของบล็อกที่มีผลต่ออัตราการระบายอากาศเมืองที่น่าสนใจ ดังนี้



ภาพที่ ข.9 แสดงการวิเคราะห์ที่ตั้งของบล็อกที่มีผลต่ออัตราการระบายอากาศเมืองช่วงชั้นที่ 5

จากภาพ พบว่า บล็อกที่มีค่า ACH สูงสุดมีค่าสูงสุดอันดับ 19-37 ตั้งอยู่ที่บล็อกที่ 93, 20, 84, 21, 61, 7, 19, 60, 82, 13, 52, 9, 81, 79, 65, 33, 12, 98, 31 ตามลำดับ มีค่า ACH คือ 14.90, 14.81, 14.58, 14.46, 14.28, 14.20, 14.19, 13.98, 13.88, 13.72, 13.52, 13.42, 13.21, 12.95, 12.78, 12.66, 12.58, 12.52, 12.51 ตามลำดับ มีรายละเอียดการวิเคราะห์ลมที่เกี่ยวกับที่ตั้งบล็อก ดังนี้

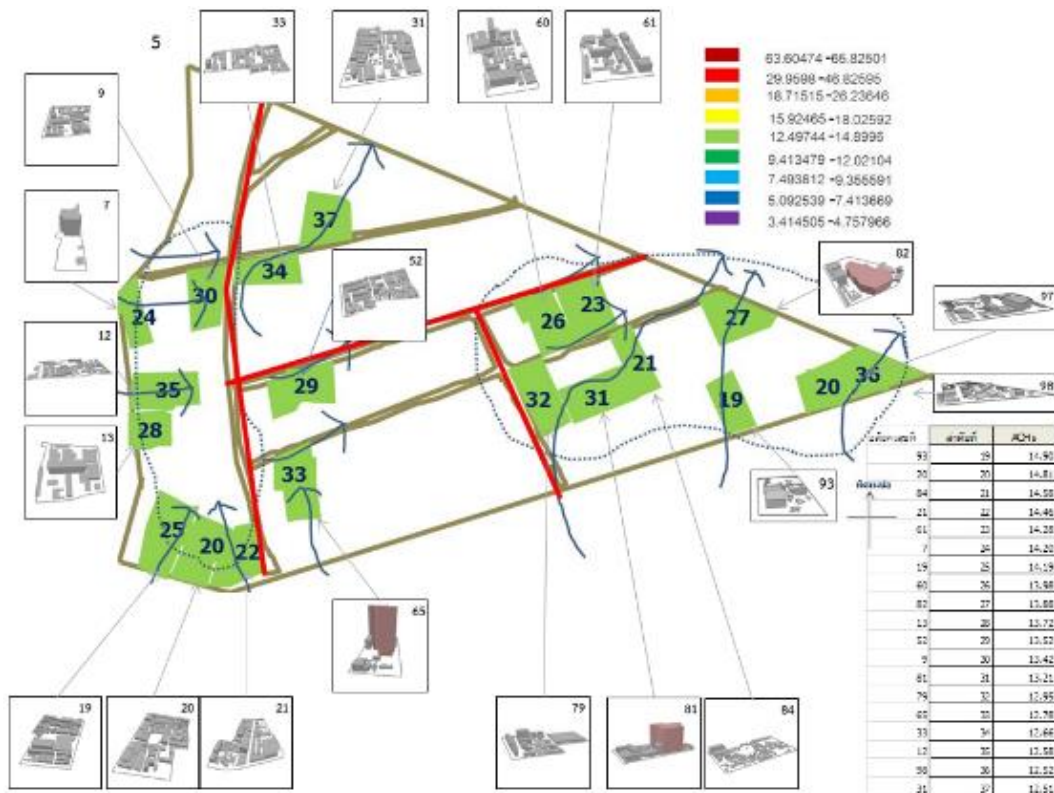
1. เส้นทางไหลของลมหลักๆ คือไหลเข้าทางใต้และลมเข้าทางตะวันตกจากการที่ลมปะทะอาคารที่วางตัวขวางกับลมแล้วดึงลมเข้าสู่เขตบางรัก
2. ลมไหลดีในพื้นที่ด้านรับลมคือด้านซ้ายและด้านใต้ของเขตบางรัก (พื้นที่ไข่มุกน้ำเงิน)
3. ลมไหลดีฝั่งขวาเกาะแนวถนนศรีริชฯและถนนนราธิวาสฯ
4. ลมไหลออกตามถนนที่เชื่อมฝั่งขวาคือถนนสีลม สุรวงศ์ สีพระยา
5. บล็อกข้างหน้ามีอาคารสูงเรียงตัวหนาแน่นกันลมทำให้ลมตีวนกลับเข้าสู่บล็อกอันดับที่ 26, 23 ทำให้บล็อกเหล่านี้ไหลดี
6. ลมถ้าไหลขึ้นจากทิศใต้สู่ทิศเหนือเข้าชั้นทางขวา
7. ทิศทางลมจากถนนศรีริชฯพุ่งขึ้นเป็นเส้นตรงจากทิศใต้สู่ทิศเหนือ

8. ด้านตะวันตกของเขตบางรัก เกิดปรากฏการณ์ดังลมด้านข้างเข้าสู่บล็อก ที่เรียกว่า Wing wall effect

9. เห็นได้ว่าฝั่งซ้ายล่างของถนนศรีรัชฯไหลดีกว่า

พิจารณาต่อในส่วนวิเคราะห์ลักษณะเชิงสัณฐานของบล็อกที่มีผลต่ออัตราการระบายอากาศเมือง ดังนี้

วิเคราะห์ที่ตั้งของบล็อกและลักษณะเชิงสัณฐานของอาคารภายในบล็อกที่มีผลต่ออัตราการระบายอากาศเมืองช่วงชั้นที่ 1

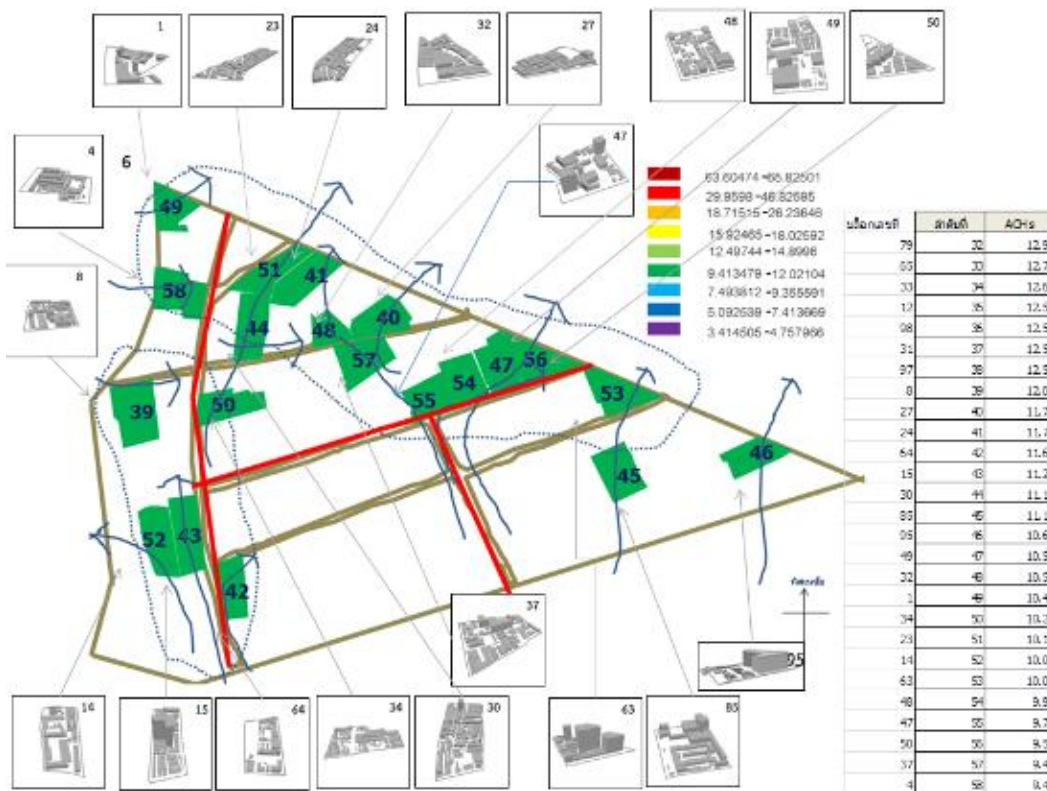


ภาพที่ ข.10 แสดงการวิเคราะห์ที่ตั้งของบล็อกที่มีผลต่ออัตราการระบายอากาศเมืองช่วงชั้นที่ 4

ช่วงชั้นที่ 6 ของลมทิศใต้ คือ ช่วงที่ ค่า ACH คือ 9.413479 - 12.02104

วิเคราะห์ที่ตั้งของบล็อกที่มีผลต่ออัตราการระบายอากาศเมือง ช่วงชั้นที่ 6

รูปช่วงชั้นที่ 6 แสดงสัญลักษณ์ด้วยสีเขียวเข้ม มีค่า ACH ค่อนข้างต่ำ คือ 9.413479 - 12.02104 ประกอบด้วยรายละเอียดที่ตั้งของบล็อกและลักษณะเชิงสัณฐานของบล็อกที่มีผลต่ออัตราการระบายอากาศเมืองที่น่าสนใจ ดังนี้



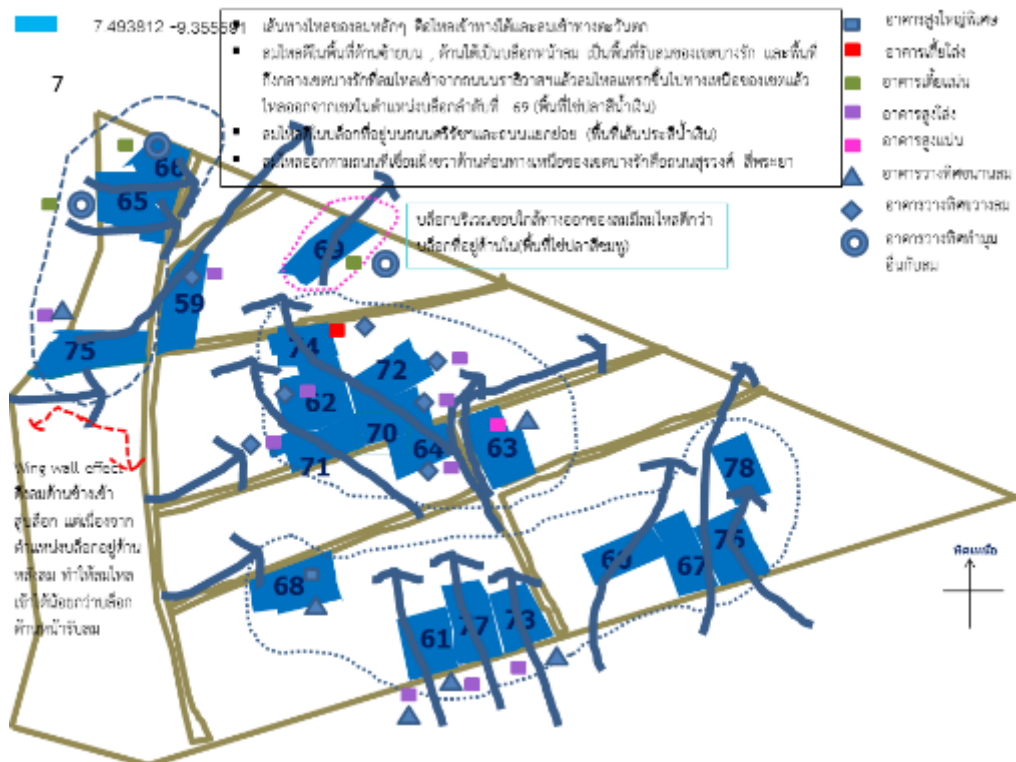
ภาพที่ ข.12 แสดงการวิเคราะห์ที่ตั้งของบล็อกที่มีผลต่ออัตราการระบายอากาศเมืองช่วงชั้นที่ 6

จากภาพ พบว่า บล็อกที่มีค่า ACH สูงสุดมีค่าสูงสุดอันดับ 38-58 ตั้งอยู่ที่บล็อกที่ 97, 8, 27, 24, 64, 15, 30, 85, 95, 49, 32, 34, 23, 14, 63, 48, 47, 50, 37, 4 ตามลำดับ มีค่า ACH คือ 12.50, 12.02, 11.76, 11.72, 11.61, 11.20, 11.19, 11.10, 10.67, 10.59, 10.51, 10.42, 10.27, 10.17, 10.09, 10.02, 9.91, 9.76, 9.55, 9.47, 9.41ตามลำดับ มีรายละเอียดการวิเคราะห์ลมที่เกี่ยวข้องกับที่ตั้งบล็อก ดังนี้

ช่วงชั้นที่ 7 ของลมทิศใต้ คือ ช่วงที่ ค่า ach คือ 7.493812 - 9.355559

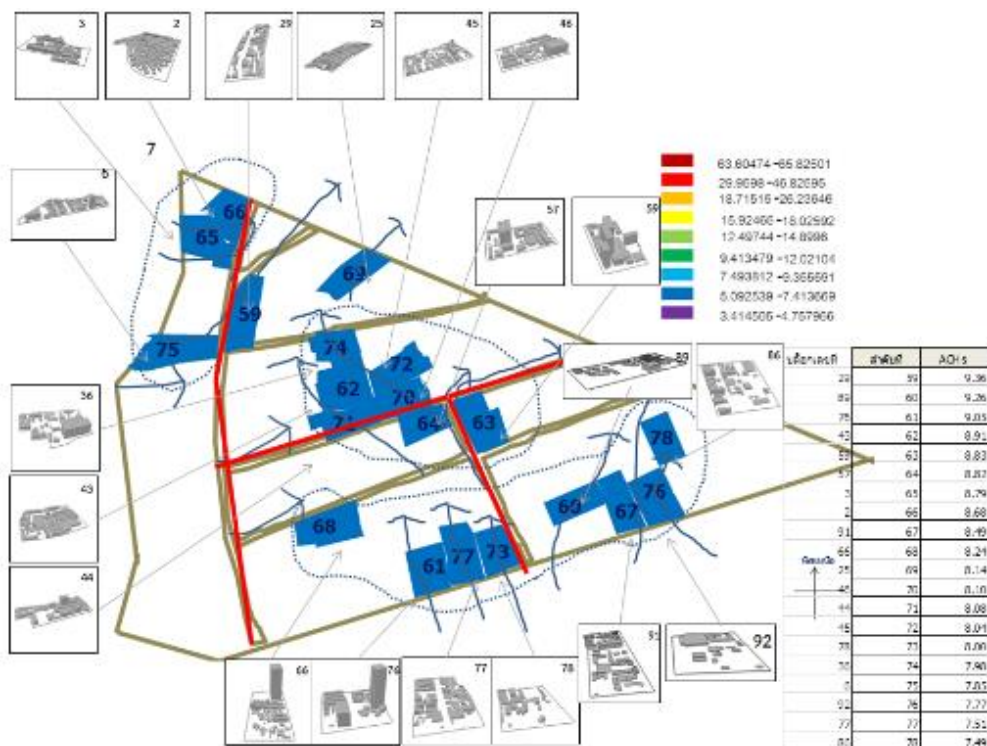
วิเคราะห์ที่ตั้งของบล็อกที่มีผลต่ออัตราการระบายอากาศเมือง ช่วงชั้นที่ 7

รูปช่วงชั้นที่ 7 แสดงสัญลักษณ์ด้วยสีฟ้า มีค่า ACH ปานกลาง คือ 7.493812-9.355559 ประกอบด้วยรายละเอียดที่ตั้งของบล็อกและลักษณะเชิงสัณฐานของบล็อกที่มีผลต่ออัตราการระบายอากาศเมืองที่น่าสนใจ ดังนี้



ภาพที่ ข.13 แสดงการวิเคราะห์ที่ตั้งของบล็อกที่มีผลต่ออัตราการระบายอากาศเมืองช่วงชั้นที่ 7

1. เส้นทางไหลของลมหลักๆ คือไหลเข้าทางใต้และลมเข้าทางตะวันตก
2. ลมไหลตีในพื้นที่ด้านซ้ายบน , ด้านใต้เป็นบล็อกหน้าลม เป็นพื้นที่รับลมของเขตบางรัก และพื้นที่กึ่งกลางเขตบางรักที่ลมไหลเข้าจากถนนราชาธิวาสแล้วลมไหลแทรกขึ้นไปทางเหนือของเขตแล้วไหลออกจากเขตในตำแหน่งบล็อกลำดับที่ 69 (พื้นที่ไข่ปลาสีน้ำเงิน)
3. ลมไหลตีในบล็อกที่อยู่บนถนนศรีริชชและถนนแยกย่อย (พื้นที่เส้นประสีน้ำเงิน)
4. ลมไหลออกตามถนนที่เชื่อมฝั่งขวาด้านค่อนทางเหนือของเขตบางรักคือถนนสุรวงศ์ สีพระยา
5. บริเวณด้านซ้ายมือของเขต ฝั่งที่ติดกับแม่น้ำเจ้าพระยา เกิดปรากฏการณ์ Wing wall effect ดึงลมด้านข้างเข้าสู่บล็อก แต่เนื่องจากตำแหน่งบล็อกอยู่ด้านหลังลม ทำให้ลมไหลเข้าได้น้อยกว่าบล็อกด้านหน้ารับลม
6. บริเวณด้านบนกึ่งกลางของเขต บล็อกบริเวณขอบใกล้ทางออกของลมมีลมไหลตีกว่าบล็อกที่อยู่ด้านใน(พื้นที่ไข่ปลาชมพู)



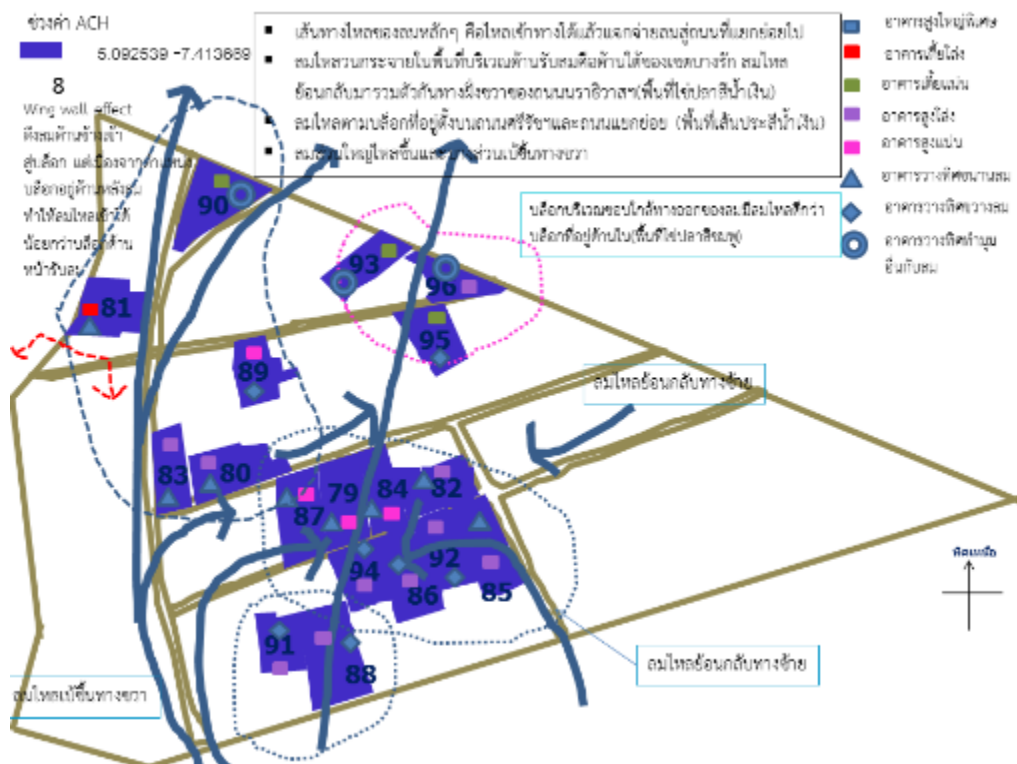
ภาพที่ ข.14 แสดงการวิเคราะห์ที่ตั้งของบล็อกและลักษณะเชิงสัญญาณของอาคารภายในบล็อกที่มีผลต่ออัตราการระบายอากาศเมืองช่วงชั้นที่ 7

ค่า ACH เรียงลำดับตามตาราง ตั้งแต่ลำดับที่ 59 - 78 ดังภาพ

ช่วงชั้นที่ 8 ของลมทิศใต้ คือ ช่วงที่ ค่า ACH คือ 5.092539 - 7.413669

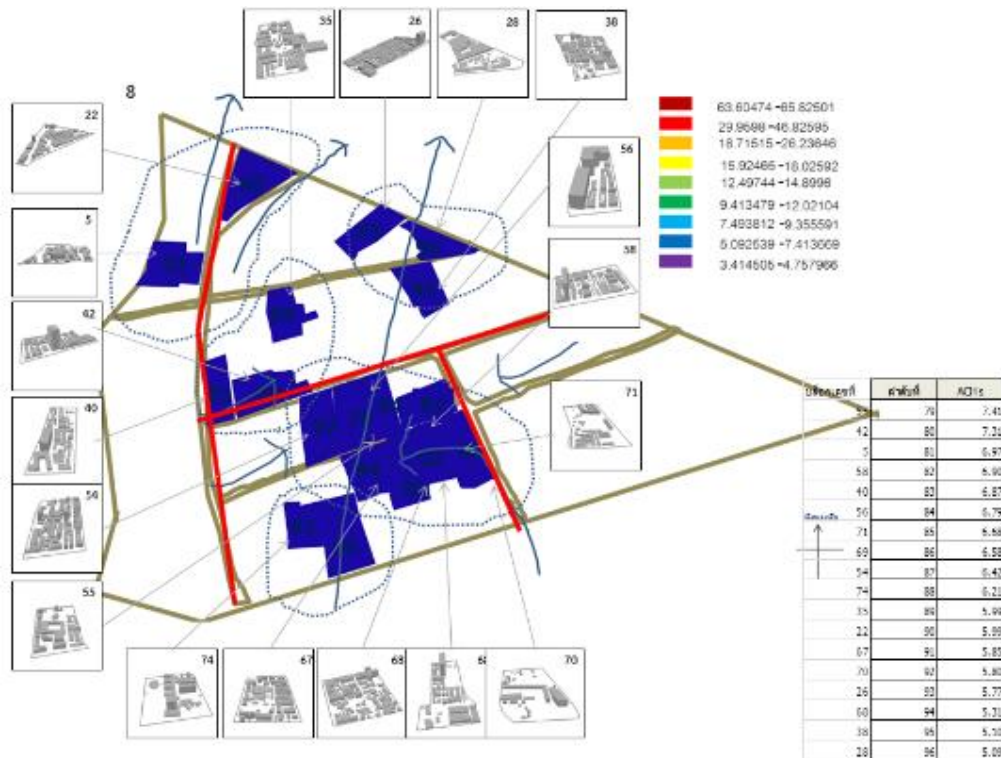
วิเคราะห์ที่ตั้งของบล็อกที่มีผลต่ออัตราการระบายอากาศเมือง ช่วงชั้นที่ 8

รูปช่วงชั้นที่ 8 แสดงสัญลักษณ์ด้วยสีน้ำเงิน มีค่า ACH ปานกลางค่อนข้างต่ำ คือ 5.092539 - 7.413669 ประกอบด้วยรายละเอียดที่ตั้งของบล็อกและลักษณะเชิงสัญญาณของบล็อกที่มีผลต่ออัตราการระบายอากาศเมืองที่น่าสนใจ ดังนี้



ภาพที่ ข.15 แสดงการวิเคราะห์ที่ตั้งของบล็อกที่มีผลต่ออัตราการระบายอากาศเมืองช่วงชั้นที่ 8

- 1 เส้นทางไหลของลมหลักๆ คือไหลเข้าทางใต้แล้วแจกจ่ายลมสู่ถนนที่แยกย่อยไป
- 2 ลมไหลวนกระจายในพื้นที่บริเวณด้านรับลมคือด้านใต้ของเขตบางรัก ลมไหลย้อนกลับมา
รวมตัวกันทางฝั่งขวาของถนนนราธิวาสฯ(พื้นที่ไข่ปลาสีน้ำเงิน)
- 3 ลมไหลตามบล็อกที่อยู่ตั้งบนถนนศรีริชฯและถนนแยกย่อย (พื้นที่เส้นประสีน้ำเงิน)
- 4 ลมส่วนใหญ่ไหลขึ้นและบางส่วนเบี่ยงทางขวา
- 5 บริเวณมุมซ้ายบน เกิดปรากฏการณ์ Wing wall effect ตั้งลมด้านข้างเข้าสู่บล็อก แต่
เนื่องจากตำแหน่งบล็อกอยู่ด้านหลังลม ทำให้ลมไหลเข้าได้น้อยกว่าบล็อกด้านหน้ารับลม
- 6 บริเวณ กึ่งกลางบล็อกด้านบน บล็อกบริเวณขอบใกล้ทางออกของถนนมีลมไหลดีกว่าบล็อกที่
อยู่ด้านใน(พื้นที่ไข่ปลาชมพู)



ภาพที่ ข.16 แสดงการวิเคราะห์ที่ตั้งของบล็อกและลักษณะเชิงสัญญาณของอาคารภายในบล็อกที่มีผลต่ออัตราการระบายอากาศเมืองช่วงชั้นที่ 8

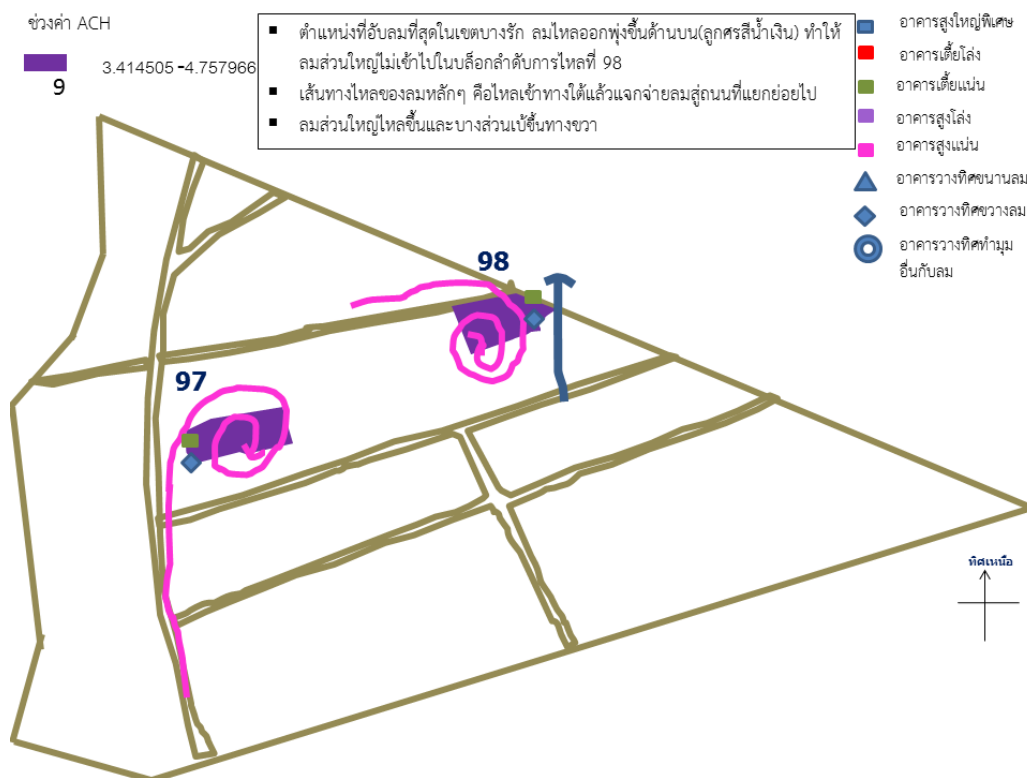
ค่า ACH เรียงลำดับตามตาราง ตั้งแต่ลำดับที่ 79 - 96 ดังภาพ

ช่วงชั้นที่ 9 ของลมทิศใต้ คือ ช่วงที่ ค่า ach คือ 3.414505 -4.757966

วิเคราะห์ที่ตั้งของบล็อกที่มีผลต่ออัตราการระบายอากาศเมือง ช่วงชั้นที่ 9

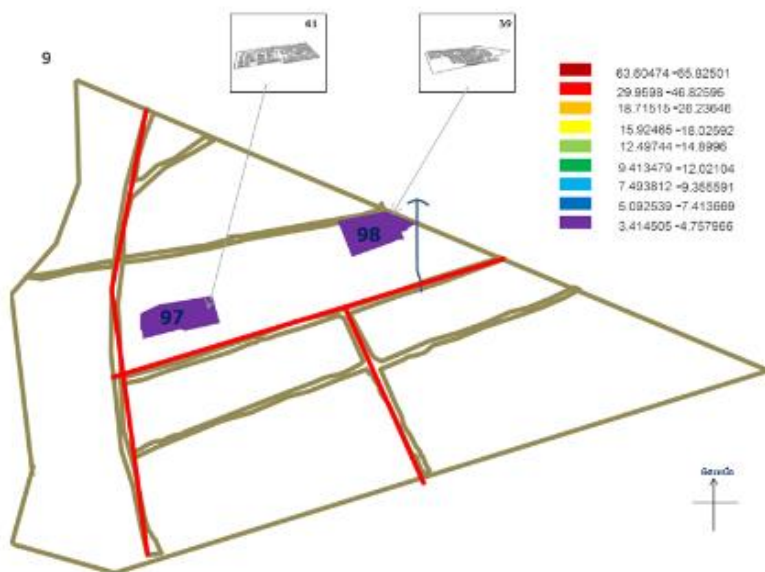
รูปช่วงชั้นที่ 9 แสดงสัญลักษณ์ด้วยม่วง มีค่า ACH ต่ำ คือ 3.414505 -4.757966

ประกอบด้วยรายละเอียดที่ตั้งของบล็อกและลักษณะเชิงสัญญาณของบล็อกที่มีผลต่ออัตราการระบายอากาศเมืองที่น่าสนใจ ดังนี้



ภาพที่ ข.17 แสดงการวิเคราะห์ที่ตั้งของบล็อกที่มีผลต่ออัตราการระบายอากาศเมืองช่วงชั้นที่ 9

- 1 ตำแหน่งที่อับลมที่สุดในเขตบางรัก ลมไหลออกพุ่งขึ้นด้านบน(ลูกศรสีน้ำเงิน) ทำให้ลมส่วนใหญ่ไม่เข้าไปในบล็อกลำดับการไหลที่ 98
- 2 เส้นทางไหลของลมหลักๆ คือไหลเข้าทางใต้แล้วแจกจ่ายลมสู่ถนนที่แยกย่อยไป
- 3 ลมส่วนใหญ่ไหลขึ้นและบางส่วนเบี่ยงขึ้นทางขวา



อาคารเลขที่	ลำดับที่	ACHs
41	97	4.70
30	98	3.11

ภาพที่ ข.18 แสดงการวิเคราะห์ที่ตั้งของบล็อกและลักษณะเชิงสัณฐานของอาคารภายในบล็อกที่มีผลต่ออัตราการระบายอากาศเมืองช่วงชั้นที่ 9

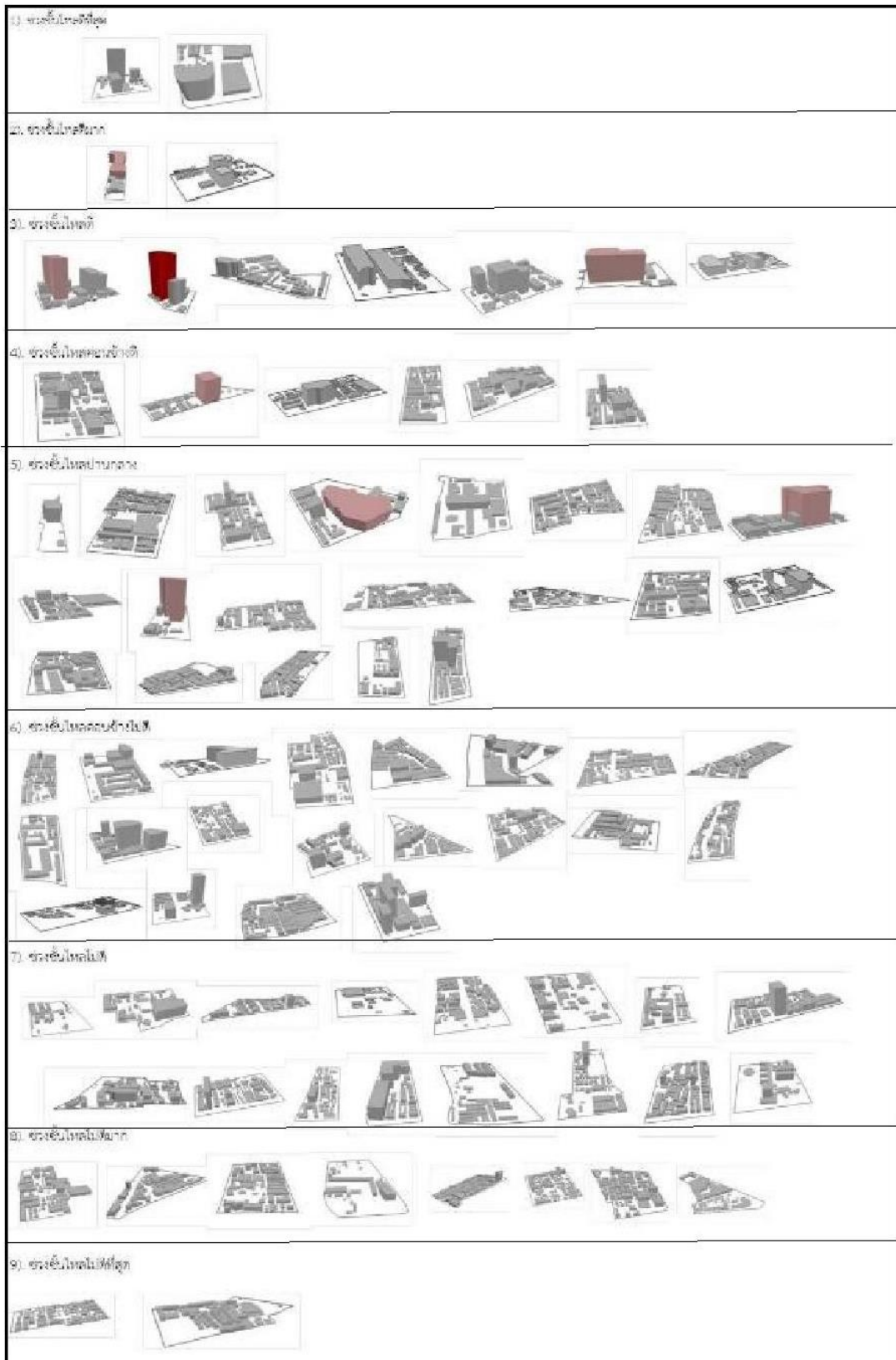
ค่า ACH เรียงลำดับตามตาราง ตั้งแต่ลำดับที่ 97 - 98 ดังภาพ

ภาคผนวก ค.

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางกายภาพระหว่างการระบายอากาศกับสิ่งแวดล้อมเมืองในส่วนที่เกี่ยวข้องกับลักษณะสิ่งแวดล้อมอาคารภายในบล็อก แบ่งตามลำดับของค่า ACH จากมากไปน้อย แยกชั้นได้ 9 ลำดับดังนี้

ภาพที่ ค.1 แสดง การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางกายภาพระหว่างการระบายอากาศกับสิ่งแวดล้อมเมืองในส่วนที่เกี่ยวข้องกับลักษณะสิ่งแวดล้อมอาคารภายในบล็อก 9 ชั้น





ภาคผนวก ง.

การทดสอบค่าผลคำตอบ

การตรวจวัดผลการศึกษากับผลจากภาคสนาม แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

1. เปรียบเทียบกับผลภาคสนามของ JGSEE
 2. เปรียบเทียบการจำลองการไหล
 3. เปรียบเทียบการวัดภาคสนามของผู้วิจัย
- มีรายละเอียด ดังนี้

1. เปรียบเทียบกับผลภาคสนามของ JGSEE

จากงานวิจัยการประเมินศักยภาพแหล่งพลังงานลมด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และการวิเคราะห์ด้านภูมิศาสตร์สารสนเทศ ของ ผศ.ดร. เกษมสันต์ มโนมัยพิบูลย์ บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม (JGSEE) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ทำการศึกษาพัฒนาฐานข้อมูลแผนที่ศักยภาพพลังงานลมที่ความละเอียด 1 กม. โดยพล็อตค่าลงบนแผนที่ แล้วตัดระนาบวัดผลค่าความเร็วลมที่ความสูง 1.50 เมตรจากพื้นดิน ได้ผลดังภาพที่ 1



ภาพที่ ง.1 ข้อมูลความเร็วลมภาคสนามของงานวิจัยผลภาคสนามของ JGSEE
(ที่มา: ผู้วิจัย, 2557 ปรับจากข้อมูล JGSEE, 2552)



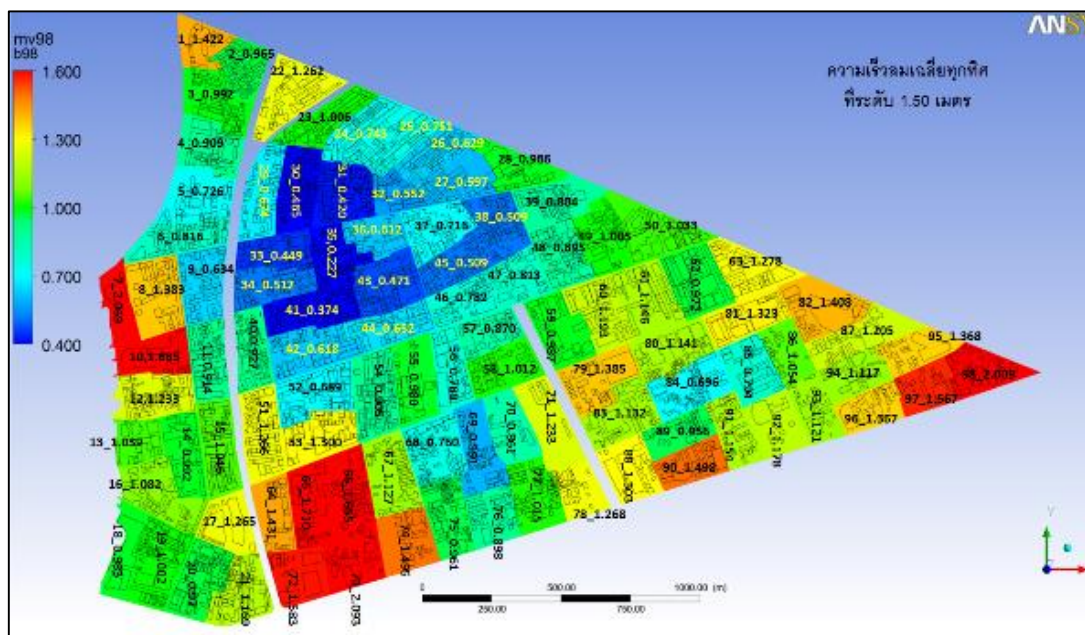
ภาพที่ ง.2 กังหันลมเก็บข้อมูลลมที่ความสูง 10 เมตร (ที่มา: JGSEE, 2552)



ภาพที่ ง.3 กังหันลมเก็บข้อมูลลมที่ความสูง 10 เมตร (ที่มา: JGSEE, 2552)

2. เปรียบเทียบการจำลองการไหล CFD ที่ได้จากการศึกษานี้

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนในการเปรียบเทียบแบบจำลองของผลการศึกษาที่ใช้เครื่องมือพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (CFD) โดยพล็อตค่าลงบนแผนที่ แล้วตัดระนาบวัดผลค่าความเร็วลมที่ความสูง 1.50 เมตรจากพื้นดิน ใช้หาข้อมูลความเร็วลมเพื่อใช้เปรียบเทียบค่าความเที่ยงของข้อมูล (Validation) อนึ่งข้อมูลเป็นข้อมูลชุดเดียวกับที่ใช้หาค่าการระบายอากาศเมืองที่ใช้เป็นคำตอบของการศึกษานี้



ภาพที่ ง.4 ข้อมูลความเร็วลมของแบบจำลองของผลการศึกษาที่ใช้เครื่องมือพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (CFD) (ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

3. เปรียบเทียบการวัดภาคสนามของผู้วิจัย

ขั้นตอนนี้เป็นารเปรียบเทียบข้อมูลความเร็วลมภาคสนามของผู้วิจัยเอง โดยวัดผลค่าความเร็วลมที่ความสูง 1.50 เมตรจากพื้นดิน ได้ค่าดังภาพที่ ง.4 ซึ่งเป็นภาพถ่ายสถานที่จริง และภาพแสดงสำรวจสภาพความเร็วลมทั่วไปในพื้นที่ ดังแสดงในภาพที่ ง.5



ภาพที่ ง.5 ภาพแสดงสำรวจสภาพความเร็วลมภาคสนามทั่วไปในพื้นที่ของผู้วิจัย
(ที่มา: ผู้วิจัย, 2557)

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวศศิธร ศรีเฟื่องฟุ้ง เกิดเมื่อ พฤษภาคม 2510 ที่กรุงเทพมหานคร สำเร็จ การศึกษาระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษาตอนต้นจากโรงเรียนเซนต์โยเซฟคอนเวนต์ และ มัธยมศึกษาตอนปลายที่โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา ระดับบัณฑิตศึกษาจากภาควิชาสถาปัตยกรรม ศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ระดับมหาบัณฑิต IIT College of Architecture, Illinois Institute of Technology เมืองชิคาโก ประเทศสหรัฐอเมริกา ปัจจุบันดำรงตำแหน่งอาจารย์ประจำภาควิชาสถาปัตยกรรม คณะ สถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอัสสัมชัญ วิทยาเขตสุวรรณภูมิ และเป็นกรรมการผู้จัดการ บริษัท อาร์คิ-นิสทริกส์ จำกัด ได้รับเครื่องราชอิสริยาภรณ์ชั้นที่ 5 เบญจมาภรณ์เมื่อวันที่ 5 ธันวาคม พ.ศ. 2556 ชื่อผลงานทางวิชาการที่ตีพิมพ์เผยแพร่ระดับนานาชาติ ได้แก่ INVESTIGATION OF THE VENTILATION RATE AROUND DIFFERENT URBAN MORPHOLOGICAL PROPERTY TYPES: HIGH RISE -VS- LOW RISE IN BANGKOK'S HIGH DENSITY AREAS วารสาร ABAC Journal ฉบับ Vol 33, No 3 (2013) และ บทความ Relationship between Urban Morphological Properties and Ventilation in the Intensely Developed Areas of Inner Bangkok วารสาร AU JOURNAL OF TECHNOLOGY Volume 16, Number 2, October 2012, pp. 63-73 ร่วมแสดงผลงานวิชาการของ The 3rd Congress of Asian Association of Urban and Regional Studies (AAURS) จัดขึ้นในวันที่ 9th to 12th December 2011 ที่กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย ได้รับทุนการศึกษาเต็มจำนวน ตลอดการศึกษาในระดับดุซมิบัณฑิตจากมหาวิทยาลัยอัสสัมชัญ ประเทศไทย ใน พ.ศ. 2550