

การประเมินการรับสัมผัสฝุ่นละอองและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์
ด้วยเครื่องมือตรวจวัดตามเวลาจริงแบบพกพา



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชามลพิษสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัย
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2562

**EXPOSURE ASSESSMENT OF PM AND CO WITH
A REAL-TIME INSTRUMENT**



Vichunee Hassarang

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Degree of Master of Science in Environmental Pollution and Safety**

Suranaree University of Technology

Academic Year 2019

การประเมินการรับสัมพัทธ์ผู้ลงทะเบียนและแก้สการับอนมออกไซด์
ด้วยเครื่องมือตรวจวัดตามเวลาจริงแบบพกพา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการสอบบัณฑิตวิทยาลัย



(ดร.อมรพล ช่างสุพรรณ)

ประธานกรรมการ



(รองศาสตราจารย์ ดร.นเรศ เชื้อสุวรรณ)

กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาบัณฑิตวิทยาลัย)



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิราภรณ์ โพธิ์วิชานนท์)

กรรมการ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



(รองศาสตราจารย์ ร.อ. ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและพัฒนาความเป็นสากล



(อาจารย์ ดร.ชลาลัย หาญเจนลักษณ์)

คณบดีสำนักวิชาสาธารณสุขศาสตร์

วิษุณี หัสรังค์ : การประเมินการรับสัมผัสฝุ่นละอองและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ด้วย
เครื่องมือตรวจวัดตามเวลาจริงแบบพกพา (EXPOSURE ASSESSMENT OF PM AND
CO WITH A REAL-TIME INSTRUMENT)

อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.นเรศ เชื้อสุวรรณ, 171 หน้า.

งานวิจัยนี้ประเมินการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ด้วยเครื่องมือตรวจวัดตามเวลาจริงแบบพกพาที่สร้างขึ้นจากวงจรไฟฟ้าและเซ็นเซอร์ขนาดเล็กที่ทำงานร่วมกับโทรศัพท์เคลื่อนที่ การทดสอบเครื่องมือพบว่า เซ็นเซอร์ให้ค่ารายวินาทีที่ต่างจากเครื่องมือที่ผลิตจำหน่าย โดยปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนมีค่าสูงกว่าเครื่อง DustTrak™ 8530 และปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์มีค่าสูงกว่าเครื่อง Testo® 350 ทำให้การนำเครื่องมือที่ทำขึ้นไปใช้งานต้องปรับค่าก่อนนำไปใช้ ซึ่งค่าปรับแก้ระดับความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนอยู่ในช่วง 615-664 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ขณะที่การตรวจวัดความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในช่วงไม่เกิน 100 ppm จากเซ็นเซอร์ขนาดเล็กและเครื่อง Testo® 350 มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจในระดับสูง ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงใช้ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนของการตรวจวัดแต่ละครั้งที่ปรับค่าความเข้มข้นแล้ว และใช้ค่าความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์จากเซ็นเซอร์เป็นข้อมูลประเมินปริมาณการได้รับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในการเดินทางด้วยรถโดยสารสาธารณะในแต่ละเที่ยว ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ด้วยเครื่องตรวจวัดตามเวลาจริงแบบพกพาในช่วงเช้า (07.00-09.00 น.) ช่วงสาย (10.00-11.00 น.) และช่วงเย็น (16.00-18.00 น.) พบว่า ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนของการเดินทางจากอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิไปห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัลลาดพร้าว การเดินทางจากอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิไปห้างสรรพสินค้าโรบินสันบางรัก และการเดินทางจากอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิไปการเคหะชุมชนห้วยขวาง มีค่าใกล้เคียงกันในช่วงไม่เกิน 217-289 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 235-284 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ และ 231-335 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ตามลำดับ ขณะที่การเดินทางจากห้างสรรพสินค้าบีคี่ ลาดพร้าว ไปห้างสรรพสินค้ายูเนี่ยนมอลล์ และการเดินทางในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา มีค่าใกล้เคียงกัน ในช่วงไม่เกิน 256-449 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ และ 251-451 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ตามลำดับ ขณะที่ปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ของการเดินทางในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา มีค่าน้อยกว่าปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ของการเดินทางในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ประมาณ 3-5 เท่า

นอกจากนี้ เครื่องมือแบบพกพาช่วยบันทึกข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ร่วมกับความเข้มข้นตามเส้นทาง โดยสารรถสาธารณะแบบเปิด โล่งได้ พบว่า บริเวณสถานที่เปลี่ยนรูปแบบการเดินทาง (บริเวณจุดจอดรถประจำทางและสถานีรถไฟฟ้า) เป็นบริเวณที่มีระดับความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาด

ไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์สูงกว่าบริเวณอื่น ขณะที่การเดินทางในเขตเทศบาลนครนครราชสีมาพบว่า บริเวณหน้าตลาดสดเพชรสีมาและบริเวณถนนสุรนารายณ์ ซึ่งเป็นบริเวณที่มีสัญญาณไฟจราจร เป็นบริเวณที่มีปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนของการเดินทางขาออกสูง ขณะที่การเดินทางขาเข้ามีปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์สูงบริเวณหน้าวัดสามัคคี และปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ของการเดินทางขาออกมีค่าสูงบริเวณใต้สะพานลอยตรงข้ามพลัส คอนโด การได้รับฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ของการโดยสารรถโดยสารสาธารณะแบบเปิดโล่งของการเดินทางขาเข้าและขาออกในพื้นที่กรุงเทพมหานครทุกช่วงเวลามีโอกาสได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนต่อกิโลเมตรสูง ขณะที่การเดินทางขาเข้าในเขตเทศบาลนครนครราชสีมามีโอกาสได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนต่อกิโลเมตรสูงในช่วงเวลาเช้า และการเดินทางขาออกช่วงเวลาเย็นมีโอกาสได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนสูง การเดินทางขาเข้าและขาออกในพื้นที่กรุงเทพมหานครมีโอกาสได้รับสัมผัสปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ต่อกิโลเมตรสูงในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า ขณะที่การได้รับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ต่อกิโลเมตรของการเดินทางขาเข้าในเขตเทศบาลนครนครราชสีมาสูงในช่วงเวลาเช้า และในช่วงเวลาเช้าหรือเย็นของการเดินทางขาออกมีโอกาสรับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ต่อกิโลเมตรสูงกว่าช่วงเวลาสาย



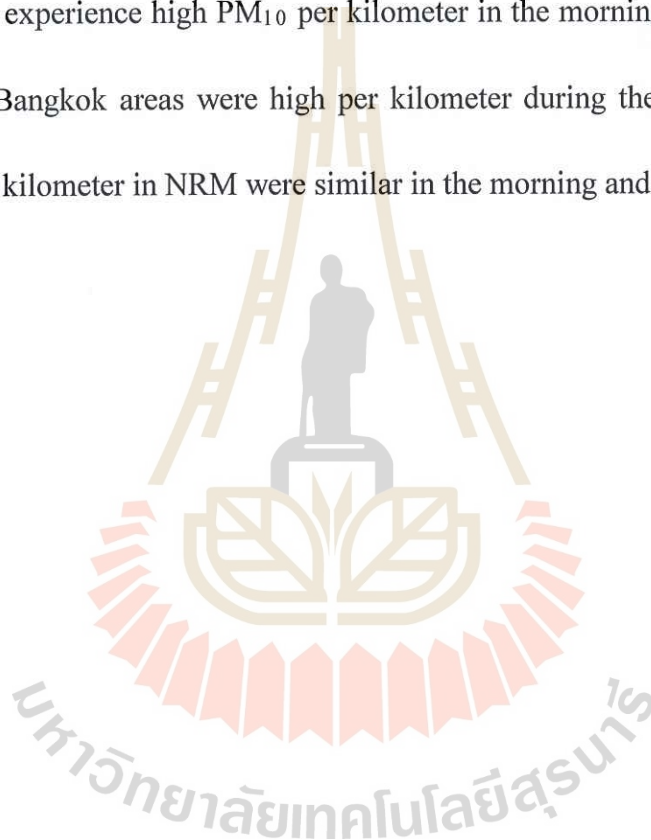
VICHUNEE HASSARANG : EXPOSURE ASSESSMENT OF PM AND
CO WITH A REAL-TIME INSTRUMENT. THESIS ADVISOR :
ASSOC. PROF. NARES CHUERSUWAN, Ph.D., 171 PP.

EXPOSURE ASSESSMENT/REAL-TIME INSTRUMENT/SENSOR/PM₁₀/CO

This study assesses exposure to PM₁₀ and CO with a portable real-time instrument, built from an electrical circuit and small sensors, worked with a mobile phone. Pre-test showed that PM₁₀ was higher than DustTrak™ 8530 and CO was higher than a Testo® 350 analyzer. The discrepancy required the adjustment of the measured values prior to data processing. The correction factors of PM₁₀ concentrations was in the range 615-664 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, while CO measurements less than 100 ppm from the small sensor were highly correlated with the CO analyzer. No correction factor was required but only the total concentration of each measurement was used.

The measurement of PM₁₀ and CO with a portable real-time instrument in the morning (7.00-9.00), late morning (10.00-11.00) and evening (16.00-18.00) showed that PM₁₀ concentrations in the route from Victory monument to Central Lat Phrao, Victory monument to Robinson Bangrak and Victory monument to Haiy Kwang Housing were similar in the range not exceeding 217-289 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 235-284 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ and 231-335 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectively. While traveling from Big C Lat Phrao to Union Mall and traveling in Nakhon Ratchasima Municipality (NRM) had the similar values in the range not more than 256-449 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ and 251-451 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectively. CO concentrations of traveling in Bangkok was about 3-5 times higher than in NRM. The portable device helped


identifying spatial locations along the routes. High concentrations were found in the areas closed to bus stops and BTS stations. The concentrations in NRM were high in front of Petch Sima market and on Suranarai road which is an area with traffic lights. For PM_{10} and CO exposure assessment, it was found that inbound and outbound routes in Bangkok had high exposure to PM_{10} per kilometer while the inbound route in NRM was likely to experience high PM_{10} per kilometer in the morning. CO exposure while traveling in Bangkok areas were high per kilometer during the morning period. CO exposure per kilometer in NRM were similar in the morning and evening.



School of Environmental Health and Safety

Academic Year 2019

Student's Signature VICHUNEE H.

Advisor's Signature 

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบุคคล และกลุ่มบุคคลต่อไปนี้ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำช่วยเหลืออย่างดีทั้งในด้านวิชาการ และด้านการดำเนินงานวิจัยจนวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

รองศาสตราจารย์ ดร.นเรศ เชื้อสุวรรณ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้โอกาสทางการศึกษา ให้การอบรม สั่งสอน และคำแนะนำในการแก้ปัญหาในการศึกษาวิจัย ตลอดจนช่วยตรวจทานและแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนเสร็จสมบูรณ์ จึงขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ดร.อมรพล ช่างสุพรรณ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิริภรณ์ โพธิ์วิชานนท์ คณะกรรมการที่ให้คำแนะนำทางวิชาการ และช่วยตรวจทานเนื้อหาวิทยานิพนธ์จนสมบูรณ์

ขอขอบคุณ กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่อนุเคราะห์ข้อมูลคุณภาพอากาศในงานวิจัย

คณาจารย์และบุคลากรประจำสำนักวิชาสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี สำหรับความกรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ และช่วยเหลือทางด้านวิชาการ รวมถึงบุคลากรประจำศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการใช้อุปกรณ์ และเครื่องมือในการทำวิจัยนี้

ขอบคุณคุณปิยะณัฐ ปิยะศิลป์ และคุณรัชณี งามระน้อย รวมทั้งรุ่นพี่รุ่นน้องนักศึกษาบัณฑิตศึกษาสาขาวิชามลพิษสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัยทุกท่าน ที่ได้ช่วยเหลือและให้กำลังใจในการทำวิจัยเสมอมา

วิทยานิพนธ์เล่มนี้ได้รับทุนอุดหนุน โครงการวิจัยประเภททุนบัณฑิตศึกษา จากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ ประจำปี 2561 และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดาและครอบครัวที่ให้การอุปการะเลี้ยงดูสนับสนุน ส่งเสริมการศึกษา และเป็นกำลังใจที่สำคัญจนกระทั่งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จ

วิหุณี หัสรังค์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย).....	ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ).....	ค
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ฎ
สารบัญรูป.....	ฅ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ.....	ท

บทที่

1	บทนำ.....	1
1.1	ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2	วัตถุประสงค์.....	2
1.3	ขอบเขตการศึกษา.....	3
1.4	กรอบแนวคิดการทำวิจัย.....	3
1.5	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
2	ปรีทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1	ฝุ่นละออง.....	5
2.1.1	ประเภทของฝุ่นละออง.....	6
2.1.2	แหล่งกำเนิดฝุ่นละออง.....	6
2.1.3	กลไกการแพร่กระจายของฝุ่นละออง.....	7
2.1.4	ผลกระทบของฝุ่นละอองต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์.....	8
2.2	แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์.....	10
2.2.1	ผลกระทบของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์.....	10
2.3	การตรวจวัดสารมลพิษทางอากาศ.....	12
2.3.1	เครื่องตรวจวัดฝุ่นละออง.....	13
2.3.2	เครื่องตรวจวัดแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์.....	15
2.4	การประเมินการได้รับสัมผัส.....	18

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3	วิธีการดำเนินการวิจัย.....	20
3.1	การสร้างเครื่องมือตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองและ แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์.....	20
3.2	การทดสอบเครื่องมือตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองและ แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์.....	27
3.2.1	การเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของความเข้มข้นฝุ่นละออง ขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน.....	29
3.2.2	การเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของความเข้มข้น แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์.....	30
3.3	การตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์.....	32
3.3.1	การใช้เครื่องมือตรวจวัดฝุ่นละอองและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์.....	33
3.3.2	การเลือกเส้นทางในพื้นที่ศึกษา.....	34
3.3.3	การเก็บตัวอย่างการตรวจวัดฝุ่นละอองและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ตามเวลาจริง.....	42
3.4	การแสดงผลข้อมูลความเข้มข้นเชิงพื้นที่ของฝุ่นละอองและ แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์.....	44
3.5	การประเมินการรับสัมผัส.....	48
3.6	การวิเคราะห์ข้อมูล.....	49
3.6.1	การวิเคราะห์ข้อมูลจากเครื่องมือตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองและ แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์.....	49
3.6.2	การเปลี่ยนความเข้มข้นของฝุ่นละอองและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ให้อยู่ในสภาวะมาตรฐาน.....	49
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและการอภิปรายผล.....	51
4.1	การทดสอบเครื่องมือตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่นละอองและ แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์.....	51
4.1.1	การทดสอบเครื่องมือตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่นละออง ขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน.....	51

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.1.2	การทดสอบเครื่องมือตรวจวัดความเข้มข้นของ แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์.....	56
4.2	เงื่อนไขการนำเครื่องมือตรวจวัดแบบพกพาไปเก็บข้อมูลภาคสนาม และการปรับใช้ข้อมูลผลการตรวจวัดตามเวลาจริง.....	65
4.2.1	การนำเครื่องมือตรวจวัดแบบพกพาไปเก็บข้อมูลความเข้มข้น ของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนภาคสนาม.....	66
4.2.2	การนำเครื่องมือตรวจวัดแบบพกพาไปเก็บข้อมูลความเข้มข้น ของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ภาคสนาม.....	66
4.3	การตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่นละอองและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์.....	67
4.3.1	ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและ แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในพื้นที่.....	70
4.3.1.1	ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน.....	70
4.3.1.2	ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์.....	74
4.3.2	ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและ แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา.....	76
4.3.2.1	ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน.....	77
4.3.2.2	ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์.....	77
4.4	ข้อมูลเชิงพื้นที่แสดงความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและ แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์.....	79
4.4.1	ข้อมูลเชิงพื้นที่แสดงความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน และแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร.....	80
4.4.1.1	เส้นทางที่ 1 อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ-ห้างสรรพสินค้า เซ็นทรัลลาดพร้าว.....	80
4.4.1.2	เส้นทางที่ 2 อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ-ห้างสรรพสินค้า โรบินสันบางรัก.....	84
4.4.1.3	เส้นทางที่ 3 อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ-การเคหะชุมชนห้วยขวาง.....	86
4.4.1.4	เส้นทางที่ 4 ห้างสรรพสินค้าบีทีเอส ลาดพร้าว-ห้างสรรพสินค้า ยูเนี่ยนมอลล์.....	90

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.5	ปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและ แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์จากการเดินทางโดยรถโดยสารสาธารณะ.....	98
4.5.1	ปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและ แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร.....	99
4.5.1.1	เส้นทางที่ 1 อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ-ห้างสรรพสินค้า เซ็นทรัลลาดพร้าว.....	99
4.5.1.2	เส้นทางที่ 2 อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ-ห้างสรรพสินค้า โรบินสันบางรัก.....	102
4.5.1.3	เส้นทางที่ 3 อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ-การเคหะชุมชนห้วยขวาง.....	103
4.5.1.4	เส้นทางที่ 4 ห้างสรรพสินค้าบิ๊กซี ลาดพร้าว-ห้างสรรพสินค้า ยูเนี่ยนมอลล์.....	105
4.5.2	ปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและ แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา.....	108
4.5.2.1	ปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน.....	109
4.5.2.2	ปริมาณการรับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์.....	110
5	สรุปและข้อเสนอแนะ.....	112
5.1	เครื่องมือตรวจวัดฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและ แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์แบบพกพากับเทคโนโลยีโทรศัพท์เคลื่อนที่.....	112
5.2	ระดับของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและ แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ขณะโดยสารรถสาธารณะ.....	113
5.2.1	เส้นทางตรวจวัดในพื้นที่กรุงเทพมหานคร.....	113
5.2.2	เส้นทางตรวจวัดในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา.....	115
5.3	ระดับของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและ แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์เชิงพื้นที่.....	116
5.4	การรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและ แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์จากการเดินทางโดยรถโดยสารสาธารณะ แบบเปิดโล่ง.....	117

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	ระยะเวลาที่ฝุ่นละอองแขวนลอยในอากาศ.....6
2.2	ความแตกต่างระหว่างฝุ่นละอองขนาดใหญ่และฝุ่นละอองขนาดเล็กตามแหล่งกำเนิด และที่มาของฝุ่นละออง.....7
2.3	ระดับความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ส่งผลต่อสุขภาพ.....11
2.4	ปริมาณการรับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์และระยะเวลาการรับสัมผัสที่ ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ.....11
2.5	ฝุ่นละอองและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ตามมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศ โดยทั่วไปของประเทศไทย.....12
2.6	พารามิเตอร์และเครื่องมือตรวจวัดที่ใช้ศึกษาด้านการได้รับสัมผัส.....17
2.7	ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการได้รับสัมผัสมลพิษอากาศทางอากาศ.....19
3.1	รายการอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการสร้างเครื่องมือตรวจวัด.....22
3.2	รายละเอียดของเซ็นเซอร์ตรวจวัดฝุ่นละออง.....23
3.3	รายละเอียดของเซ็นเซอร์ตรวจวัดแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์.....24
3.4	รายละเอียดของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์.....25
3.4	รายละเอียดวัน เวลาและเส้นทางการเก็บข้อมูลในพื้นที่กรุงเทพมหานคร.....42
3.5	รายละเอียดวัน เวลาและเส้นทางการเก็บข้อมูลในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา.....44
4.1	ผลรวมความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอนจากการทดสอบ 5 ครั้ง (หน่วย $\mu\text{g}/\text{m}^3$).....55
4.2	มาตรฐานของผลต่างความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอนจาก เครื่อง DustTrak™ 8530 และเซ็นเซอร์แบบพกพา (หน่วย $\mu\text{g}/\text{m}^3$).....55
4.3	ผลรวมความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอนจากการทดสอบเครื่องมือ หลังการปรับค่าด้วยมาตรฐาน (หน่วย $\mu\text{g}/\text{m}^3$).....56
4.4	ผลรวมความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์จากการทดสอบ 5 ครั้ง (หน่วย mg/m^3).....60

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.5 ผลรวมความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในช่วงความเข้มข้น ไม่เกิน 100 mg/m ³ จากการทดสอบ 5 ครั้ง (หน่วย mg/m ³).....	64
4.6 มัธยฐานของผลต่างความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในช่วงความเข้มข้น ไม่เกิน 100 mg/m ³ จากเครื่อง Testo [®] 350 และเซ็นเซอร์แบบพกพา (หน่วย mg/m ³).....	64
4.7 ผลรวมความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในช่วงความเข้มข้น ไม่เกิน 100 mg/m ³ จากการทดสอบเครื่องมือหลังการปรับค่าด้วยมัธยฐาน (หน่วย mg/m ³).....	65
4.8 วันที่และเส้นทางการเก็บตัวอย่างในพื้นที่กรุงเทพมหานคร.....	68
4.9 วันที่และเส้นทางการเก็บตัวอย่างในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา.....	68
4.10 จำนวนการเก็บตัวอย่างตามเส้นทางการศึกษา.....	69
4.11 ระยะเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการเดินทางเก็บตัวอย่างสารมลพิษทางอากาศ.....	70
4.12 วันที่และช่วงเวลาของการโดยสารแบบขาเข้าและขาออก และช่วงค่า เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 80 ของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนในเส้นทางที่ 1.....	71
4.13 วันที่และช่วงเวลาของการโดยสารในเส้นทางที่ 2 และช่วงค่า เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 80 ของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน.....	72
4.14 วันที่และช่วงเวลาของการโดยสารแบบขาเข้าและขาออก และช่วงค่า เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 80 ของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนในเส้นทางที่ 3.....	73
4.15 วันที่และช่วงเวลาของการโดยสารแบบขาเข้าและขาออก และช่วงค่า เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 80 ของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนในเส้นทางที่ 4.....	73
4.16 วันที่และช่วงเวลาของการโดยสารแบบขาเข้าและขาออก และค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 80 ของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในเส้นทางที่ 1.....	74
4.17 วันที่และช่วงเวลาของการโดยสารในเส้นทางที่ 2 และค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 80 ของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์.....	75
4.18 วันที่และช่วงเวลาของการโดยสารแบบขาเข้าและขาออก และค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 80 ของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในเส้นทางที่ 3.....	75

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.19 วันที่และช่วงเวลาของการโดยสารแบบขาเข้าและขาออก และค่าเปอร์เซ็นต์โทล์ที่ 80 ของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในเส้นทางที่ 4.....	76
4.20 วันที่และช่วงเวลาของการโดยสารแบบขาเข้าและขาออก และค่าเปอร์เซ็นต์โทล์ที่ 80 ของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา.....	77
4.21 วันที่และช่วงเวลาของการโดยสารแบบขาเข้าและขาออก และค่าเปอร์เซ็นต์โทล์ที่ 80 ของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา.....	78
4.22 มาตรฐานแผนที่แสดงความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน และแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์.....	79
4.23 สีและช่วงความเข้มข้นของสารมลพิษจากการตรวจวัด.....	80
4.24 วันที่และช่วงเวลาของการโดยสารแบบขาเข้าที่มีปริมาณการรับสัมผัส ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนในเส้นทางที่ 1.....	100
4.25 วันที่และช่วงเวลาของการโดยสารแบบขาออกที่มีปริมาณการรับสัมผัส ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนในเส้นทางที่ 1.....	100
4.26 วันที่และช่วงเวลาของการโดยสารแบบขาเข้าที่มีปริมาณการรับสัมผัส แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในเส้นทางที่ 1.....	101
4.27 วันที่และช่วงเวลาของการโดยสารแบบขาออกที่มีปริมาณการรับสัมผัส แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในเส้นทางที่ 1.....	102
4.28 วันที่และช่วงเวลาของการโดยสารที่มีปริมาณการรับสัมผัส ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนในเส้นทางที่ 2.....	103
4.29 วันที่และช่วงเวลาของการโดยสารที่มีปริมาณการรับสัมผัส แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในเส้นทางที่ 2.....	103
4.30 วันที่และช่วงเวลาของการโดยสารที่มีปริมาณการรับสัมผัส ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนในเส้นทางที่ 3.....	104
4.31 วันที่และช่วงเวลาของการโดยสารที่มีปริมาณการรับสัมผัส แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในเส้นทางที่ 3.....	105

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.32 วันที่และช่วงเวลาของการโดยสารแบบขาเข้าที่มีปริมาณการรับสัมพัสดุ ฝู่นละองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนในเส้นทางที่ 4.....	106
4.33 วันที่และช่วงเวลาของการโดยสารแบบขาออกที่มีปริมาณการรับสัมพัสดุ ฝู่นละองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนในเส้นทางที่ 4.....	106
4.34 วันที่และช่วงเวลาของการโดยสารแบบขาเข้าที่มีปริมาณการรับสัมพัสดุ แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในเส้นทางที่ 4.....	107
4.35 วันที่และช่วงเวลาของการโดยสารแบบขาออกที่มีปริมาณการรับสัมพัสดุ แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในเส้นทางที่ 4.....	107
4.36 วันที่และช่วงเวลาของการโดยสารแบบขาเข้าที่มีปริมาณการรับสัมพัสดุ ฝู่นละองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนเขตเทศบาลนครนครราชสีมา.....	109
4.37 วันที่และช่วงเวลาของการโดยสารแบบขาออกที่มีปริมาณการรับสัมพัสดุ ฝู่นละองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนเขตเทศบาลนครนครราชสีมา.....	110
4.38 วันที่และช่วงเวลาของการโดยสารแบบขาเข้าที่มีปริมาณการรับสัมพัสดุ แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา.....	110
4.39 วันที่และช่วงเวลาของการโดยสารแบบขาออกที่มีปริมาณการรับสัมพัสดุ แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา.....	111

สารบัญรูป

ภาพที่	หน้า
1.1 แผนภาพแสดงกรอบแนวคิดการทำวิจัย.....	4
2.1 ขนาดของฝุ่นละอองเปรียบเทียบกับเส้นผมและเม็ดทราย.....	6
2.2 เครื่องเก็บตัวอย่างอากาศ AirChek XR5000.....	14
2.3 เครื่องเก็บตัวอย่าง Model LD-6S.....	15
2.4 เครื่องตรวจวัดฝุ่นละออง DustTrak™ DRX aerosol monitor 8534.....	15
2.5 Model T15n CO measurer.....	16
2.6 The HOBO Pro V2.....	17
2.7 METAMAX®.....	18
3.1 แนวคิดของการทำงานด้วยเครื่องมือตรวจวัดสารมลพิษทางอากาศตามเวลาจริง.....	21
3.2 แผนผังโครงสร้างวงจรโดยโปรแกรม Fritzing.....	22
3.3 แผนผังการทำงานของเครื่องมือตรวจวัดตามเวลาจริงแบบพกพา.....	23
3.4 Particle sensor model PPD42NS.....	24
3.5 Digital gas sensor – CO.....	24
3.6 DHT22 Digital-output relative humidity & temperature sensor.....	25
3.7 Arduino UNO R3.....	26
3.8 HC-05 Bluetooth module.....	26
3.9 ลักษณะของกล่องพลาสติกบรรจุอุปกรณ์ที่ใช้ในการประกอบวงจร.....	26
3.10 เครื่องตรวจวัดฝุ่นละอองแบบพกพา TSI DustTrak™ aerosol monitor model 8520.....	27
3.11 (ก) การเปรียบเทียบค่าที่แตกต่างกันระหว่างเครื่อง DustTrak™ 8530 และเครื่องมือตรวจวัดตามเวลาจริงแบบพกพา.....	28
(ข) การเปรียบเทียบค่าที่แตกต่างกันระหว่างเครื่อง Testo® 350 และเครื่องมือตรวจวัดตามเวลาจริงแบบพกพา.....	28
3.12 เครื่อง DustTrak™ 8530 และเครื่องมือตรวจวัดฝุ่นละอองตามเวลาจริง แบบพกพาใช้ในการเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของความเข้มข้นฝุ่นละออง ขณะนั่งรถสองแถว.....	29

สารบัญรูป (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.13 เครื่อง DustTrak™ 8530 และ Zero filter ขณะทำ Zero calibration.....	30
3.14 แผนผังชุดทดสอบการเผาและเครื่องมือที่ใช้.....	31
3.15 ชุดทดสอบการเผาและเครื่องมือที่ใช้ขณะทำการทดลอง.....	32
3.16 ลักษณะของกล่องทดสอบ (Chamber) ที่ใช้ในการทดลอง.....	32
3.17 ขั้นตอนการใช้งานเครื่องมือตรวจวัด.....	33
3.18 สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในแต่ละเส้นทางศึกษา.....	35
3.19 รถธรรมดาสีแดง-ครีม.....	36
3.20 รถมินิบัสร่วมบริการ.....	36
3.21 แผนที่เส้นทางที่ 1 อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ-ห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัลลาดพร้าว.....	37
3.22 แผนที่เส้นทางที่ 2 อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ-ห้างสรรพสินค้าโรบินสันบางรัก.....	38
3.23 แผนที่เส้นทางที่ 3 อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ-การเคหะชุมชนห้วยขวาง.....	39
3.24 แผนที่เส้นทางที่ 4 ห้างสรรพสินค้ายูเนียนมอลล์-ห้างสรรพสินค้า บีคซีลาดพร้าว.....	40
3.25 แผนที่การเก็บตัวอย่างในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา.....	41
3.26 รถสองแถวสาย 6 (โคกกรวด-จอหอ).....	42
3.27 การนำเข้าข้อมูลการเก็บตัวอย่างใน โปรแกรมสารสนเทศทางภูมิศาสตร์.....	45
3.28 การแสดงจุดพิกัดทางแนวราบของข้อมูล.....	45
3.29 การนำเข้าแผนที่ฐานด้วยคำสั่ง Add basemap.....	46
3.30 การสร้าง Shapefile เพื่อสร้างชั้นข้อมูลแบบจุด.....	46
3.31 การนำเข้า Shapefile แสดงจุดของการเดินทางเก็บตัวอย่าง.....	47
3.32 การสร้างระดับชั้นของข้อมูล.....	47
3.33 การสร้างแผนที่แสดงระดับความเข้มข้นของสารมลพิษ.....	48
4.1 มัธยฐานความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนจากการตรวจวัดด้วย เครื่อง DustTrak™ 8530 และเซ็นเซอร์แบบพกพา.....	52
4.2 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนจากการตรวจวัดด้วยเครื่อง DustTrak™ 8530 และเซ็นเซอร์แบบพกพา ณ ขณะใด ๆ (ก) การทดสอบครั้งที่ 1	

สารบัญรูป (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
(ข) การทดสอบครั้งที่ 2 (ค) การทดสอบครั้งที่ 3 (ง) การทดสอบครั้งที่ 4 (จ) การทดสอบครั้งที่ 5.....	54
4.3 มัธยฐานความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์จากการตรวจวัดด้วยเครื่อง Testo [®] 350 และเซ็นเซอร์แบบพกพา.....	57
4.4 ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์จากการตรวจวัดด้วยเครื่อง Testo [®] 350 และเซ็นเซอร์แบบพกพา ณ ขณะใด ๆ (ก) การทดสอบครั้งที่ 1 (ข) การทดสอบ ครั้งที่ 2 (ค) การทดสอบครั้งที่ 3 (ง) การทดสอบครั้งที่ 4 (จ) การทดสอบครั้งที่ 5.....	60
4.5 มัธยฐานความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในช่วงความเข้มข้น ไม่เกิน 100 mg/m ³ จากการตรวจวัดด้วยเครื่อง Testo [®] 350 และเซ็นเซอร์แบบพกพา.....	61
4.6 ความเข้มข้นของ CO ในช่วงความเข้มข้นไม่เกิน 100 mg/m ³ จากการตรวจวัดด้วย เครื่อง Testo [®] 350 และเซ็นเซอร์แบบพกพา ณ ขณะใด ๆ (ก) การทดสอบครั้งที่ 1 (ข) การทดสอบครั้งที่ 2 (ค) การทดสอบครั้งที่ 3 (ง) การทดสอบครั้งที่ 4 (จ) การทดสอบครั้งที่ 5.....	63
4.7 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน วันที่ 25 ม.ค. 2561 ช่วงเช้าของการเดินทางขาเข้า (ก) ความเข้มข้นของ PM ₁₀ ในช่วง 58-469 µg/m ³ (ข) ความเข้มข้นของ PM ₁₀ ในช่วง 107-517 µg/m ³	81
4.8 ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ วันที่ 24 ม.ค. 2561 ช่วงเช้าของการเดินทางขาเข้า.....	82
4.9 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน วันที่ 25 ม.ค. 2561 ช่วงเช้าของการเดินทางขาออก (ก) ความเข้มข้นของ PM ₁₀ ในช่วง 15-597 µg/m ³ (ข) ความเข้มข้นของ PM ₁₀ ในช่วง 64-646 µg/m ³	83
4.10 ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ วันที่ 8 ก.พ. 2561 ช่วงเช้าของการเดินทางขาออก.....	84
4.11 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน วันที่ 14 ก.พ. 2561 ช่วงสายของการเดินทางขาออก (ก) ความเข้มข้นของ PM ₁₀ ในช่วง 2-631 µg/m ³ (ข) ความเข้มข้นของ PM ₁₀ ในช่วง 50-680 µg/m ³	85

สารบัญรูป (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.12 ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ วันที่ 13 ก.พ. 2561 ช่วงเช้า.....	86
4.13 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน วันที่ 28 ก.พ. 2561 ช่วงเช้าของการเดินทางขาเข้า (ก) ความเข้มข้นของ PM ₁₀ ในช่วง 26-646 µg/m ³ (ข) ความเข้มข้นของ PM ₁₀ ในช่วง 75-695 µg/m ³	87
4.14 ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ วันที่ 1 มี.ค. 2561 ช่วงสายของการเดินทางขาเข้า.....	88
4.15 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน วันที่ 1 มี.ค. 2561 ช่วงเย็นของการเดินทางขาออก (ก) ความเข้มข้นของ PM ₁₀ ในช่วง 26-546 µg/m ³ (ข) ความเข้มข้นของ PM ₁₀ ในช่วง 75-595 µg/m ³	89
4.16 ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ วันที่ 28 ก.พ. 2561 ช่วงเย็นของการเดินทางขาออก.....	90
4.17 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน วันที่ 6 มี.ค. 2561 ช่วงเช้าของการเดินทางขาเข้า (ก) ความเข้มข้นของ PM ₁₀ ในช่วง 16-886 µg/m ³ (ข) ความเข้มข้นของ PM ₁₀ ในช่วง 65-935 µg/m ³	91
4.18 ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ วันที่ 13 มี.ค. 2561 ช่วงเช้าของการเดินทางขาเข้า.....	92
4.19 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน วันที่ 13 มี.ค. 2561 ช่วงเช้าของการเดินทางขาออก (ก) ความเข้มข้นของ PM ₁₀ ในช่วง 57-488 µg/m ³ (ข) ความเข้มข้นของ PM ₁₀ ในช่วง 106-537 µg/m ³	93
4.20 ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ วันที่ 13 มี.ค. 2561 ช่วงเช้าของการเดินทางขาออก.....	94
4.21 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน วันที่ 29 มี.ค. 2561 ช่วงเช้าของการเดินทางขาเข้า (ก) ความเข้มข้นของ PM ₁₀ ในช่วง 20-746 µg/m ³ (ข) ความเข้มข้นของ PM ₁₀ ในช่วง 69-795 µg/m ³	96
4.2.2 ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ วันที่ 22 มี.ค. 2561 ช่วงสายของการเดินทางขาเข้า.....	96

สารบัญรูป (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.23 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน วันที่ 4 เม.ย. 2561 ช่วงเย็นของการเดินทางขาออก (ก) ความเข้มข้นของ PM ₁₀ ในช่วง 39-493 µg/m ³ (ข) ความเข้มข้นของ PM ₁₀ ในช่วง 88-542 µg/m ³	97
4.24 ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ วันที่ 28 มี.ค. 2561 ช่วงเช้าของการเดินทางขาออก.....	98



คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

CO	=	แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์
K	=	องศาเคลวิน
mg	=	มิลลิกรัม
mg/m ³	=	มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
PM _{2.5}	=	ฝุ่นละอองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร
PM ₁₀	=	ฝุ่นละอองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 10 ไมโครเมตร
ppm	=	ส่วนในล้านส่วน
U.S. EPA	=	องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา
WHO	=	องค์การอนามัยโลก
μg	=	ไมโครกรัม
μg/m ³	=	ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
ซม.	=	เซนติเมตร
มก.	=	มิลลิกรัม
มม.	=	มิลลิเมตร
ลบ.ม.	=	ลูกบาศก์เมตร

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัญหามลพิษทางอากาศมักเกิดขึ้นในพื้นที่เมืองที่มีจำนวนประชากรมากและการจราจรหนาแน่น World Bank (2016) ประมาณการจำนวนผู้เสียชีวิตก่อนเวลาอันควรทั่วโลกมากกว่า 5.5 ล้านคนจากการได้รับสารมลพิษทางอากาศจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงเข้าสู่ร่างกาย เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม คริวเรือน และการคมนาคม รวมทั้งเป็นสาเหตุของการเสียชีวิตหลักถัดจากความเสียหายจากความอ้วน ความเสียหายจากภาวะทุพโภชนาการและควันบุหรี่ รายงานเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายอันเนื่องมาจากมลพิษทางอากาศต่อเศรษฐกิจในปี พ.ศ. 2556 ทำให้ทั่วโลกสูญเสียรายได้ 5.11 ล้านล้านเหรียญสหรัฐ และมลพิษทางอากาศยังเป็นสาเหตุอันดับสี่ที่ทำให้เกิดปัญหาสุขภาพจนถึงแก่ชีวิต ปัญหาสุขภาพดังกล่าวที่มีผู้เสียชีวิตมากที่สุด ได้แก่ มะเร็งปอด โรคหัวใจ เส้นเลือดในสมองแตก และโรคหลอดเลือดอักเสบเฉียบพลัน มลพิษทางอากาศยังเป็นสาเหตุ 1 ใน 10 ของการเสียชีวิตในปีดังกล่าว

การเดินทางในชีวิตประจำวันเป็นหนึ่งในสิ่งแวดล้อมย่อย (Microenvironment) ของมนุษย์ ในที่นี้ สิ่งแวดล้อมย่อย หมายถึง การเดินทางโดยวิธีการต่าง ๆ เช่น บริการขนส่งสาธารณะ รถยนต์ส่วนบุคคล รถจักรยานยนต์ จักรยาน รวมถึงการเดินทาง และใช้เวลาส่วนหนึ่งของการทำกิจกรรมนั้น ประชาชนใช้เวลาในการเดินทาง 1 ถึง 1.5 ชั่วโมงต่อวัน (World Health Organization [WHO], 2005) และการเดินทางด้วยบริการสาธารณะใช้เวลาเฉลี่ยในการเดินทาง 40 ถึง 80 นาที ในแต่ละวัน (Olsson et al., 2013) รายงานขององค์การอนามัยโลกเกี่ยวกับผลกระทบทางสุขภาพจากการได้รับมลพิษทางอากาศจากการจราจร พบว่า เมืองที่มีประชากรสูงและการจราจรหนาแน่นใช้เวลาในการเดินทางมาก การได้รับมลพิษทางอากาศจากการจราจรในเขตชุมชนเมืองทำให้เกิดความเสี่ยงต่อการเจ็บป่วยรวมถึงการเสียชีวิตจากการได้รับฝุ่นละอองจากเครื่องยนต์ดีเซลรวมไปถึงแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์จากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง พบว่าการได้รับมลพิษทางอากาศระยะสั้นส่งผลต่อระบบทางเดินหายใจ (Peter et al., 2004; McCreanor et al., 2007) การสำรวจอัตราความเร็วเฉลี่ยของรถยนต์ส่วนบุคคลในเขตกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2557 รายงานว่าภาพรวมของสภาพการจราจรในปี พ.ศ. 2557 มีปัญหาการจราจรติดขัดเพิ่มมากขึ้น และปีเดียวกันในเขตกรุงเทพมหานคร พบว่าอัตราความเร็วเฉลี่ยของรถยนต์ส่วนบุคคลในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าประมาณ 15.8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ขณะที่ความเร็วเฉลี่ยของรถยนต์ส่วนบุคคลในช่วงเวลาเร่งด่วนเย็นประมาณ 22.4 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (กระทรวงคมนาคม, 2558)

สารมลพิษทางอากาศที่พบมากมาจากการจราจรเป็นไอเสียยานพาหนะที่เป็นฝุ่นละออง และแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่ไม่สมบูรณ์ของเครื่องยนต์ (Huang et al., 2012) การรับสัมผัสฝุ่นละอองในรถโดยสารสาธารณะและรถยนต์ส่วนบุคคลสูงกว่าในจักรยานและการเดิน (Kaur et al., 2007) งานวิจัยเปรียบเทียบการรับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในผู้เดินทางโดยแท็กซี่ รถโดยสารสาธารณะและจักรยาน ซึ่งเป็นรูปแบบการเดินทางในกรุงเทพฯ พบว่า การรับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์พบมากในผู้เดินทางโดยแท็กซี่ รองลงมา คือ ผู้เดินทางโดยรถสาธารณะและผู้ใช้จักรยาน (Huang et al., 2012) ในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑลตั้งแต่ช่วงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2561 ต่อเนื่องมาจนถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2562 เผชิญกับปัญหามลพิษทางอากาศและอยู่ในภาวะที่มีผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนตามเกณฑ์การวัดดัชนีคุณภาพอากาศ (สำนักวิชาการ สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร, 2562)

การศึกษานี้เห็นความสำคัญของผลกระทบทางสุขภาพที่อาจเกิดขึ้นกับผู้เดินทางด้วยรถโดยสารสาธารณะในเขตชุมชนเมืองที่มีการจราจรหนาแน่น ผู้โดยสารอาจได้รับสัมผัสมลพิษทางอากาศ แต่การประเมินนิยมใช้ข้อมูลที่เป็นค่าเฉลี่ยจากเครื่องมือที่ติดตั้งประจำที่หรือติดกับตัวบุคคล ซึ่งให้ค่าประมาณสารมลพิษรายวันหรือช่วงเวลาค่อนข้างนาน การศึกษานี้ใช้เครื่องมือวัดปริมาณความเข้มข้นฝุ่นละอองและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ตามเวลาจริงแบบพกพาที่สร้างขึ้นจากแนวคิดของโครงการ AirCasting ซึ่งเป็นโครงการที่ทำการบันทึกข้อมูลจัดทำแผนที่ข้อมูลทางด้านสิ่งแวดล้อมและสุขภาพโดยบริษัทด้านสิ่งแวดล้อม เครื่องมือทำงานด้วยระบบเซ็นเซอร์สามารถเชื่อมต่อและส่งข้อมูลมายังโทรศัพท์มือถือที่มีแอปพลิเคชันในการเชื่อมต่อข้อมูล การตรวจวัดสารมลพิษทางอากาศผ่านการส่งสัญญาณแบบบลูทูธแล้วแสดงปริมาณมลพิษทางอากาศตามเวลาจริงของสิ่งแวดล้อมย่อย ทำให้ผู้เดินทางทราบระดับความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศในบริเวณที่ต้องสัญจรได้

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อสร้างเครื่องมือตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ตามเวลาจริงแบบพกพา

1.2.2 เพื่อใช้ข้อมูลตามเวลาจริงของการได้รับฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์แสดงข้อมูลเชิงพื้นที่บนระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

1.2.3 เพื่อประเมินการได้รับฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์จากการใช้รถเมล์โดยสารสาธารณะแบบเปิดโล่งด้วยข้อมูลตามเวลาจริง

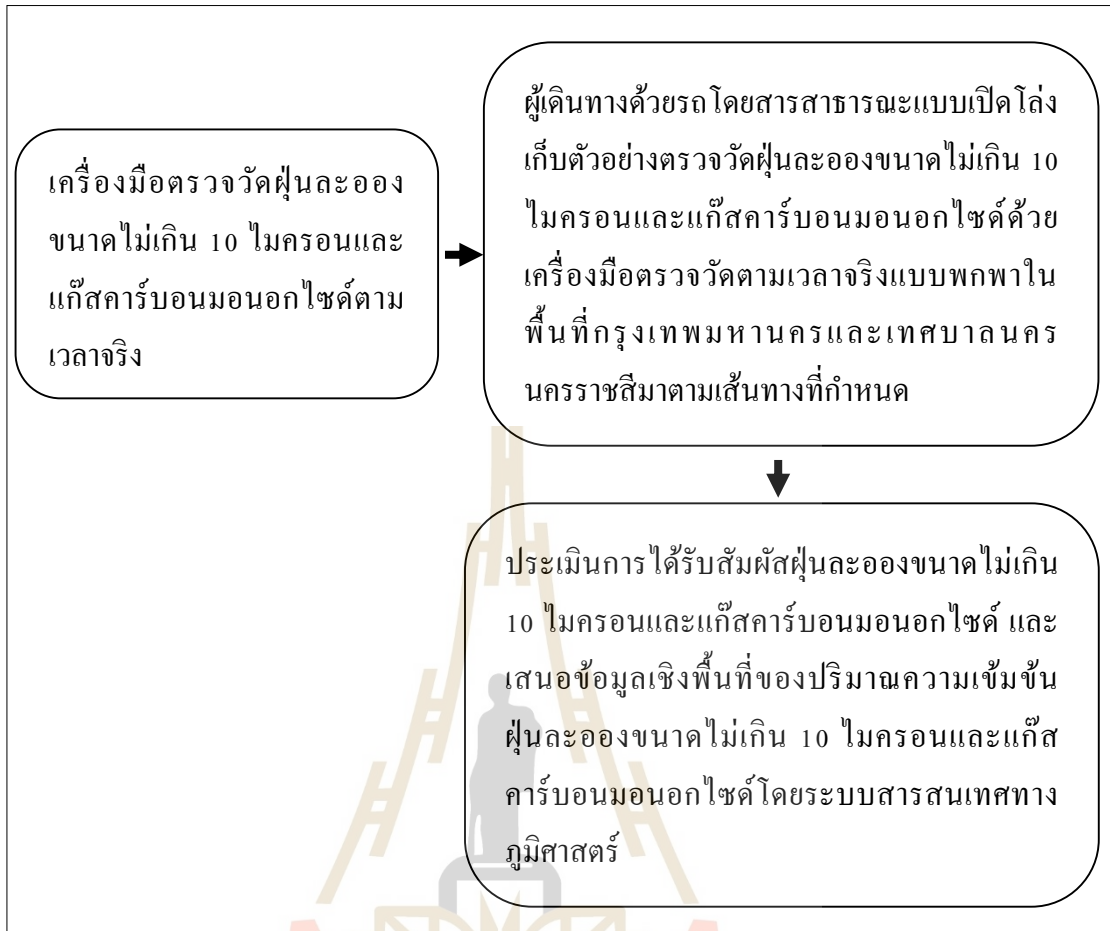
1.3 ขอบเขตการศึกษา

การศึกษานี้เน้นการนำเทคโนโลยีขนาดเล็กมาใช้ในการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในผู้เดินทางด้วยรถโดยสารสาธารณะประจำทางแบบธรรมดาในกรุงเทพมหานคร และรถโดยสารสาธารณะแบบสองแถวในเทศบาลนครนครราชสีมา การตรวจวัดปริมาณมลพิษทางอากาศทั้ง 2 ชนิดใช้เครื่องมือวัดปริมาณความเข้มข้นสารมลพิษตามเวลาจริงที่สามารถพกพาได้ที่สร้างขึ้น ซึ่งเป็นเครื่องมือแบบพาสซีฟ (Passive) มีระบบเซ็นเซอร์เชื่อมต่อและส่งข้อมูลผ่านโทรศัพท์มือถือที่มีแอปพลิเคชันในการเชื่อมต่อข้อมูล การตรวจวัดสารมลพิษทางอากาศผ่านสัญญาณแบบบลูทูธและแสดงค่าความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ขณะทำการตรวจวัดบนหน้าจอแสดงผล (เครื่องมือที่สร้างขึ้นมีพื้นฐานการออกแบบจากโครงการ AirCasting สหรัฐอเมริกา) นำข้อมูลการตรวจวัดความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศมาประเมินการรับสัมผัส และแสดงข้อมูลเชิงพื้นที่ด้วยโปรแกรมระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

สารมลพิษอากาศที่ทำการตรวจวัด คือ ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ รวมถึงตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ กำหนดพื้นที่ศึกษาบริเวณใกล้เคียงที่ตั้งของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศของกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในกรุงเทพมหานครจำนวน 4 เส้นทาง จุดเริ่มต้นการนั่งรถโดยสารสาธารณะ คือ อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิซึ่งอนุमानว่าเป็นเส้นทางการเดินทางของประชากรในกรุงเทพมหานครส่วนใหญ่ และในเขตเทศบาลนครราชสีมาจำนวน 1 เส้นทาง เก็บตัวอย่างในวันทำงานจำนวน 3 วันต่อสัปดาห์ ในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า-เย็นอนุमानว่าเป็นช่วงที่มีการจราจรหนาแน่น และช่วงเวลาที่ปกตินูमानว่าเป็นช่วงเวลาที่การจราจรไม่หนาแน่น

1.4 กรอบแนวคิดการทำวิจัย

เครื่องมือตรวจวัดตามเวลาจริงแบบพกพาเป็นเครื่องมือแบบ Passive สร้างขึ้นจากพื้นฐานการออกแบบของโครงการ AirCasting ซึ่งเป็นหนึ่งในโครงการที่มีการสร้างและพัฒนาเครื่องมือตรวจวัดมลพิษทางอากาศ โดยองค์กรความยุติธรรมทางด้านสิ่งแวดล้อมที่ไม่แสวงหาผลกำไรในสหรัฐอเมริกา ใช้ระบบเซ็นเซอร์ในการตรวจวัดสารมลพิษทางอากาศและเชื่อมต่อกับโทรศัพท์มือถือผ่านการเชื่อมต่อบลูทูธ แสดงผลและบันทึกข้อมูลด้วยแอปพลิเคชันชื่อเดียวกับโครงการ ผู้เดินทางด้วยรถโดยสารสาธารณะเก็บตัวอย่างตามเส้นทางที่กำหนด นำข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดแสดงเป็นข้อมูลเชิงพื้นที่บนระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ และประเมินการรับสัมผัสสารมลพิษทางอากาศ



รูปที่ 1.1 แผนภาพแสดงกรอบแนวคิดการทำวิจัย

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 เครื่องมือแบบพกพาที่ใช้ตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ได้ตามเวลาจริงและแสดงผลบนโทรศัพท์แบบพกพา

1.5.2 ข้อมูลเชิงพื้นที่ของปริมาณความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์

1.5.3 ผลการประเมินการได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในผู้ใช้บริการรถโดยสารสาธารณะตามเวลาจริง

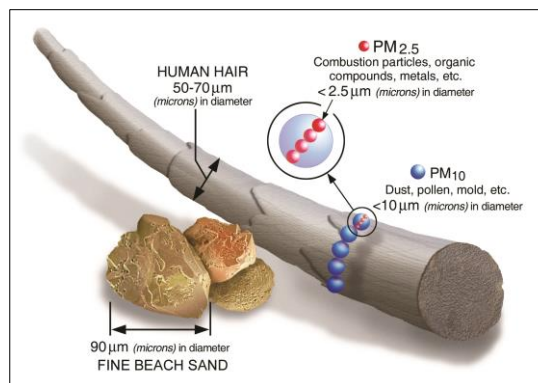
บทที่ 2

ปรีทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ฝุ่นละออง

อนุภาคของฝุ่นละอองเป็นได้ทั้งของแข็งและของเหลว ขึ้นกับลักษณะทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี และแหล่งกำเนิด ฝุ่นละอองอาจเกิดจากธรรมชาติ เช่น อนุภาคทางชีวภาพ (เกสรดอกไม้ สปอร์ของรา) ฝุ่นละอองจากดิน ฝุ่นเกลือจากไอทะเล ฝุ่นละอองจากไฟไหม้ป่า ถ้าจากภูเขาไฟ และฝุ่นละอองอาจเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น กระบวนการเผาไหม้ในอุตสาหกรรม ไอเสียจากยานพาหนะ การทำอาหาร การเผาวัสดุเหลือใช้ นอกจากนี้ฝุ่นละอองอาจทำปฏิกิริยากับแก๊สในอากาศ (McGranahan and Murray, 2003) ฝุ่นละอองที่แขวนลอยในบรรยากาศโดยทั่วไปมีขนาดตั้งแต่ 100 ไมครอนลงมา ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ สัตว์ พืช เกิดความเสียหายต่ออาคารบ้านเรือน ทำให้เกิดความเดือดร้อน ทำให้เกิดอุปสรรคในการคมนาคมขนส่งเนื่องจากบดบังทัศนวิสัย (กรมอนามัยและกรมควบคุมโรค, 2558) นานาประเทศจึงมีการกำหนดมาตรฐานฝุ่นละอองในบรรยากาศขึ้นมาเพื่อควบคุมและจัดการปัญหาที่อาจเกิดจากฝุ่นละออง องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา (U.S. EPA) กำหนดค่ามาตรฐานของฝุ่นรวม (Total suspended particulate; TSP) และฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) แต่จากการศึกษาพบว่า ฝุ่นละอองขนาดเล็กเป็นอันตรายต่อสุขภาพมากกว่าฝุ่นรวม ดังนั้นจึงกำหนดค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กเป็น 2 ชนิด คือ ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน และฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) ฝุ่นละอองอาจทำให้ระคายเคืองระบบทางเดินหายใจ เช่น การจาม การไอ ตลอดจนส่งผลกระทบต่ออวัยวะภายในร่างกาย เช่น ปอด ฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กผ่านศูนย์กลางเล็กจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพเป็นอย่างมากเพราะสามารถเคลื่อนที่เข้าสู่ระบบทางเดินหายใจส่วนล่างได้ ผู้ที่ได้รับฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอนในระดับหนึ่งอาจทำให้เกิดโรคหอบหืด (Asthma) (Hill, 2010)

ฝุ่นละอองที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 10 ไมครอน มีขนาดประมาณ 1 ใน 6 ส่วนของความกว้างเส้นผมมนุษย์ (รูปที่ 1) มีแหล่งกำเนิดหนึ่งจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง ฝุ่นละอองที่มีขนาดใหญ่หรือฝุ่นรวม (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่า 100 ไมครอน) อาจแขวนลอยอยู่ในบรรยากาศได้เพียง 2 ถึง 3 นาที แต่ฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 0.5 ไมครอน อาจแขวนลอยอยู่ในอากาศได้นานเป็นปี ตารางที่ 2.1 แสดงระยะเวลาที่ฝุ่นละอองแขวนลอยในอากาศแล้วตกลงสู่พื้น



รูปที่ 2.1 ขนาดของฝุ่นละอองเปรียบเทียบกับเส้นผมและเม็ดทราย (U.S. EPA, 2018)

ตารางที่ 2.1 ระยะเวลาที่ฝุ่นละอองแขวนลอยในอากาศ

ขนาดของอนุภาคฝุ่นละออง	ระยะเวลา
อนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 2.5 ไมครอน	สัปดาห์ถึงเดือน
อนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 10 ไมครอน	ชั่วโมงถึงวัน

หมายเหตุ ดัดแปลงจาก HatitatMap and Sonoma Technology, Inc. (2014)

2.1.1 ประเภทของฝุ่นละออง สามารถจำแนกตามลักษณะการเกิดฝุ่นละออง ดังนี้

2.1.1.1 ฝุ่นปฐมภูมิ (Primary particulate matter) เกิดจากการปล่อยจากแหล่งกำเนิดสู่บรรยากาศโดยตรง ไม่ถูกเปลี่ยนรูปโดยปฏิกิริยาทางเคมี และไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทางเคมี เช่น ฝุ่นเกลือจากทะเล ฝุ่นจากถนน ฝุ่นกระแสดลมที่พัดผ่านเขม่าควันไฟ

2.1.1.2 ฝุ่นทุติยภูมิ (Secondary particulate matter) เกิดจากปฏิกิริยาต่าง ๆ หลังจากฝุ่นละอองถูกปล่อยสู่บรรยากาศ ทำให้ฝุ่นเกิดเป็นอนุภาคใหม่หรือมีองค์ประกอบเพิ่มขึ้น สารที่เป็นองค์ประกอบหลัก คือ ไนเตรท ซัลเฟต และคาร์บอนอินทรีย์

2.1.2 แหล่งกำเนิดฝุ่นละออง

แหล่งที่มาของฝุ่นละอองทั่วไปในบรรยากาศ จำแนกได้ 2 ประเภท คือ ฝุ่นละอองที่เกิดตามธรรมชาติ (Natural sources) เช่น เกิดจากกระแสดลมพัดผ่านตามธรรมชาติทำให้เกิดฝุ่น เช่น ดินทราย เขม่าควันจากไฟฟ้า ฝุ่นจากเกลือทะเล สปอร์ เกสรดอกไม้ และฝุ่นละอองที่เกิดจากกิจกรรมที่มนุษย์กระทำ เช่น การเผาไหม้ของเชื้อเพลิง ได้แก่ ฟืน ถ่านหิน น้ำมันเตา น้ำมันที่ใช้ในยานพาหนะ เป็นต้น ตารางที่ 2.2 แสดงแหล่งกำเนิดและแหล่งที่มาของฝุ่นละอองขนาดใหญ่และฝุ่นละอองขนาดเล็ก

ตารางที่ 2.2 ความแตกต่างระหว่างฝุ่นละอองขนาดใหญ่และฝุ่นละอองขนาดเล็กตามแหล่งกำเนิด และที่มาของฝุ่นละออง

	ฝุ่นละอองขนาดใหญ่	ฝุ่นละอองขนาดเล็ก
แหล่งที่มา	<ul style="list-style-type: none"> - การฟุ้งของฝุ่นดินที่เกิดจากการทำเหมืองแร่ การทำปศุสัตว์ - การเผาไหม้ของถ่านหินและน้ำมัน - การฟุ้งของฝุ่นดินบนถนน - การก่อสร้างและรื้อถอน - เศษสิ่งมีชีวิต - ทะเล มหาสมุทร 	<ul style="list-style-type: none"> - การเผาไหม้ถ่านหิน น้ำมัน เศษไม้ - การเปลี่ยนแปลงสภาพของแก๊สในโตรเจน ออกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และสารประกอบอินทรีย์ในบรรยากาศ - กระบวนการที่ใช้ความร้อนสูง
กระบวนการ	<ul style="list-style-type: none"> - การถูกพัด กระแทก - การระเหยของแก๊สบางชนิด - การแขวนลอยของผงฝุ่น 	<ul style="list-style-type: none"> - กระบวนการทางเคมี/การกลายเป็นไอ - การระเหยของหมอก และหยดน้ำในก้อนเมฆ ซึ่งมีแก๊สละลายและเกิดปฏิกิริยา
องค์ประกอบ	<ul style="list-style-type: none"> - ผงฝุ่นที่ฟุ้งกระจาย - ไขมันลอยจากถ่านหินและน้ำมัน - ออกไซด์ของธาตุที่เป็นองค์ประกอบของเปลือกโลก - เกสรดอกไม้ สปอร์ของเชื้อรา - CaCO_3, NaCl ฝุ่นจากเกลือทะเล 	<ul style="list-style-type: none"> - ไนเตรท (NO_3^-) - ซัลเฟต (SO_4^{2-}) - แอมโมเนีย (NH_4^+) - ไฮโดรเจนไอออน (H^+) - คาร์บอนอินทรีย์ - โลหะ

หมายเหตุ จาก กรมควบคุมมลพิษ (2548)

2.1.3 กลไกการแพร่กระจายของฝุ่นละออง

การแพร่กระจายและการตกค้างของฝุ่นละอองขึ้นกับขนาด ชนิด และ โครงสร้างภายในของระบบทางเดินหายใจ การตกค้างของฝุ่นละอองที่เข้าไปติดตามส่วนต่าง ๆ ในระบบทางเดินหายใจ แบ่งเป็น 5 ประเภทดังนี้ (U.S. EPA, 2004)

(1) ความเฉื่อยจากแรงปะทะ ฝุ่นละอองขนาด 5-10 ไมครอนครอนจะมีความเฉื่อยในการลอยไปกระทบกับผนังคอหอยด้านหลัง เมื่อลอยเข้าไปตามกระแสอากาศจากจมูกไปยังโพรงจมูก ฝุ่นละอองที่มีขนาดใหญ่หักเหตามกระแสอากาศไม่ทันจึงลอยไปตามความเฉื่อยตกกระทบกับผนัง

ด้านหลัง ทำให้ฝุ่นละอองที่มีขนาดดังกล่าวติดอยู่ในจมูกและโพรงจมูก มีเพียงส่วนน้อยที่ลงไปถึงหลอดลมส่วนต้น

(2) ตกตะกอน ฝุ่นละอองที่มีขนาดประมาณ 0.5-5 ไมครอนเข้าไปในหลอดลมได้ และติดอยู่ในหลอดลมระดับที่แตกต่างกัน ฝุ่นละอองขนาด 2-5 ไมครอนมักตกอยู่ในหลอดลมส่วนกลางหรือส่วนต้น สำหรับฝุ่นละอองขนาด 0.5-2 ไมครอนจะลงไปตกตะกอนในหลอดลมส่วนปลาย

(3) การแพร่ ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 0.5 ไมครอนเสมือนเป็นแก๊ส ผ่านลงไปในส่วนถุงลม มีการเคลื่อนไหวแบบ Brownian ยิ่งมีขนาดเล็กมากยิ่งคงค้างอยู่ในลมหายใจที่ออกมา มีส่วนน้อยที่ยังคงค้างอยู่ในถุงลม

(4) การตกด้วยแรงโน้มถ่วง การที่ฝุ่นละอองตกลงด้วยแรงโน้มถ่วงของโลกในแนวตั้ง คือ ฝุ่นละอองที่มีมวลมาก เช่น ฝุ่นโลหะหนัก จะเกิดกลไกนี้มากกว่าการแพร่

(5) แรงดึงดูดจากไฟฟ้าสถิต คือ การที่ฝุ่นละอองตกลงหรือเกาะรวมตัวกันโดยอาศัยความแตกต่างของประจุไฟฟ้าของฝุ่นละอองนั้น ๆ

2.1.4 ผลกระทบของฝุ่นละอองต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์

ฝุ่นละอองเป็นหนึ่งในสาเหตุที่ทำให้เกิดการเจ็บป่วยและการเสียชีวิตทั่วโลก เช่น การเสียชีวิตก่อนวัยอันควร โรคระบบทางเดินหายใจ โรคหลอดเลือดหัวใจ อัตราการเข้ารับการรักษาตัวในโรงพยาบาลเพิ่มขึ้น ปอดทำงานผิดปกติ (McGranahan and Murray, 2003) การศึกษาของ Benbrahim-Tallaa et al. (2012) พบว่ามลพิษทางอากาศกลางแจ้ง (Outdoor air pollution) ถูกจัดเป็นสารก่อมะเร็งกลุ่มที่ 1 องค์การอนามัยโลกมีรายงานว่ามลพิษทางอากาศเป็นความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ใหญ่ที่สุด มีการคาดการณ์ว่าจะทำให้เกิดการเสียชีวิตประมาณ 7 ล้านคนทั่วโลกจากการสัมผัสมลพิษทางอากาศ (WHO, 2016) การศึกษาสถานการณ์การแพร่กระจายฝุ่นละอองขนาดเล็กในประเทศจีน และผลกระทบต่อสุขภาพที่เกิดจากการได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กเก็บข้อมูลฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนจากสถานีตรวจวัดตามเวลาจริง (Fixed station monitoring) พบว่า มีผู้เสียชีวิตจากการได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กจำนวน 763,595 คน เป็นโรคหัวใจและหลอดเลือดจำนวน 149,754 คน โรคระบบทางเดินหายใจ 446,035 คน และป่วยเป็นโรคหลอดลมอักเสบเรื้อรังจำนวน 2,385,035 คน (Song et al., 2016) Egondi et al. (2016) พบว่าภาวะด้านสุขภาพที่ใหญ่ที่สุดในประเทศเคนย่า คือ ประชาชนในชุมชนเมืองแออัดได้รับสัมผัสกับฝุ่นละออง Pant et al. (2016) ทำการศึกษาการได้รับสัมผัสฝุ่นละอองพบว่าในเมืองราจิม (Rajim) ประเทศอินเดีย ช่วงเดือนตุลาคมถึงพฤศจิกายนในปี พ.ศ. 2554 พบว่า มีค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนสูงถึง 200 ± 127 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งเกินค่ามาตรฐานของ Indian National Ambient Air Quality Standard ที่กำหนดไว้ 40 ไมโครกรัมต่อ

ลูกบาศก์เมตร และยังมีอีกหลายเมืองในประเทศอินเดียที่ฝุ่นละอองเกินกว่ามาตรฐาน ฯ ที่กำหนดทำให้เกิดการเสียชีวิตก่อนเวลาอันควร

การศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพจากการได้รับฝุ่นละอองของ Brunekreef and Holgate (2002) พบว่า มลพิษทางอากาศทำให้เกิดโรกระบบทางเดินหายใจ การเสียชีวิตของโรคหัวใจที่สัมพันธ์กับปอด (Cardiopulmonary mortality) และการรับเข้ารักษาตัวโรงพยาบาลที่เพิ่มมากขึ้น Hoek et al. (2002) ศึกษาการได้รับสัมผัสฝุ่นละอองเป็นระยะเวลายาวกับการเสียชีวิตของโรคหัวใจที่สัมพันธ์กับปอดในสหรัฐอเมริกา พบว่า อัตราการเสียชีวิตเพิ่มมากขึ้นในผู้ที่อาศัยอยู่ในบริเวณเส้นทางการจราจรหลัก และความเสี่ยงเพิ่มขึ้นในบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่น Pope et al. (2002) พบว่า โรคมะเร็งหลายชนิดมีสาเหตุมาจากการได้รับสัมผัสกับมลพิษทางอากาศ การจราจรจึงเป็นแหล่งที่มาของระดับมลพิษอากาศที่สำคัญในพื้นที่เขตเมืองทั่วไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณถนนที่มีการจราจรหนาแน่น คนที่อาศัยหรือทำงานในพื้นที่เขตเมืองจึงมีโอกาสมสัมผัสกับมลพิษทางอากาศมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งขณะเดินทางไปยังสถานที่ต่าง ๆ Peters et al. (2004) พบความเชื่อมโยงระหว่างการรับสัมผัสมลพิษทางอากาศจากการจราจร และผลกระทบต่อสุขภาพ McCreanor et al. (2007) ศึกษาการเจ็บป่วยและการเสียชีวิตจากการได้รับฝุ่นละอองจากเครื่องยนต์ดีเซลรวมไปถึงแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์จากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง พบว่า การได้รับมลพิษทางอากาศระยะสั้นส่งผลต่อระบบทางเดินหายใจ

ผลกระทบต่อสุขภาพที่เกิดจากฝุ่นละอองขนาดเล็กจัดอยู่ในกลุ่มปัจจัยเสี่ยงที่ส่งผลต่อภาระด้านสุขภาพของโลก แต่โครงสร้างพื้นฐานการตรวจวัดสารมลพิษดังกล่าวไม่สามารถแสดงลักษณะความแปรปรวนเชิงเวลาและพื้นที่ของฝุ่นละอองขนาดเล็ก การพัฒนาเครื่องมือแบบพกพาและราคาไม่แพงอาจเป็นวิธีการหนึ่งในการเสริมและขยายโครงสร้างพื้นฐานให้ครอบคลุมการตรวจวัดสารมลพิษทางอากาศ Holstius et al. (2014) ทดสอบเซ็นเซอร์ของ Shinyei Corp. model PPD42NS ซึ่งเป็นเซ็นเซอร์ขนาดเล็ก ราคาถูกและพกพาได้ เปรียบเทียบกับเครื่อง DustTrak™ 8530 และสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในเมือง โอ๊คแลนด์ รัฐแคลิฟอร์เนีย พบว่า ความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการตรวจวัดด้วยเซ็นเซอร์แบบพกพาและเครื่อง DustTrak™ 8530 มีความสัมพันธ์กันในระดับปานกลาง ($R^2 = 0.64-0.80$) และความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็กจากการตรวจวัดด้วยเซ็นเซอร์แบบพกพากับสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศมีความสัมพันธ์ในระดับปานกลาง ($R^2 = 0.55-0.60$) โดยผลที่ได้จากเซ็นเซอร์ขนาดเล็ก เครื่องมือเชิงพาณิชย์และสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแสดงให้เห็นว่า เซ็นเซอร์ขนาดเล็กมีความสามารถในการตรวจวัดฝุ่นละอองขนาดเล็กและสามารถนำมาใช้ในการตรวจวัดจริงเพื่อเป็นข้อมูลในการประเมินการได้รับฝุ่นละอองขนาดเล็ก Liu et al. (2017) ทำการทดสอบประสิทธิภาพของเซ็นเซอร์ตรวจวัดฝุ่นละอองแบบพกพาและราคา

ประหยัด โดยใช้ TEOM 1405 (Tapered Element Oscillating Microbalance; TEOM) เป็นเครื่องมืออ้างอิง ภายใต้เงื่อนไขของความเข้มข้นของมวลอนุภาคคงที่ที่สร้างจากห้องปฏิบัติการ ผลการทดสอบ พบว่า การอ่านค่าของเซ็นเซอร์ขนาดเล็กมีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับความเข้มข้นของมวลอนุภาคเมื่อการกระจายขนาดและองค์ประกอบของอนุภาคทดสอบยังคงไม่เปลี่ยนแปลง และผลการทดสอบยังพบว่า ควรหาค่าปรับเทียบเซ็นเซอร์ตรวจวัดฝุ่นละอองขนาดเล็กสำหรับการนำไปใช้ตรวจวัดคุณภาพอากาศโดยทั่วไปที่มีความผันแปรของสภาพแวดล้อม งานวิจัยของ Austin et al. (2015) ทดสอบเซ็นเซอร์ตรวจวัดฝุ่นละอองราคาถูก Shinyei PPD42NS กับเครื่อง TSI Aerosol Particle Sensor model 3321 ในห้องปฏิบัติการ ผลการทดสอบพบว่า เซ็นเซอร์ PPD42NS เหมาะสำหรับการใช้เป็นตัวบ่งชี้ของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 100 ไมครอน และเซ็นเซอร์จะทำงานได้มีประสิทธิภาพมากขึ้นหากทำการตรวจวัดร่วมกับการติดตามด้วยระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก (GPS) เพื่อให้การตรวจวัดมีข้อมูลเชิงเวลาและพื้นที่ซึ่งช่วยในการประเมินการสัมผัสกับฝุ่นละอองขนาดเล็ก

2.2 แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์

แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์เป็นแก๊สที่ไม่มีกลิ่น เกิดจากกระบวนการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของเชื้อเพลิงที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ แหล่งกำเนิดแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในเมืองส่วนใหญ่มาจากการปล่อยไอเสียจากยานพาหนะ ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในเมืองพบสูงบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่น และอาคารที่มีการระบายอากาศไม่ดี (McGranahan and Murray, 2003) มนุษย์รับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ผ่านการหายใจสารมลพิษในสิ่งแวดล้อมย่อยต่าง ๆ ทั้งในและนอกอาคาร

2.2.1 ผลกระทบของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์

แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์เป็นอันตรายต่อสุขภาพผ่านการหายใจ ด้วยความสามารถจับฮีโมโกลบิน (Haemoglobin) ได้ดีกว่าออกซิเจน 200 เท่า เมื่อแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ร่วมกับฮีโมโกลบินเกิดเป็นคาร์บอกซีฮีโมโกลบิน (Carboxyhaemoglobin; COHb) ซึ่งลดความสามารถของเลือดในการเป็นตัวนำออกซิเจนจากปอดไปยังเนื้อเยื่อต่าง ๆ ระดับของคาร์บอกซีฮีโมโกลบินทำให้ปวดศีรษะ เวียนศีรษะ อ่อนเพลีย หมดสติ และเสียชีวิต (McGranahan and Murray) ผลกระทบของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่มีต่อสุขภาพมนุษย์ในระดับที่ความเข้มข้นต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 2.3 องค์การอนามัยโลกได้เสนอปริมาณการรับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ความเข้มข้นและระยะเวลาที่ต่างกันในบรรยากาศทั่วไปโดยการรับสัมผัสที่ความเข้มข้นเหล่านี้ไม่ควรเกินเวลาที่กำหนดดังแสดงในตารางที่ 2.4 งานวิจัยของ Riojas-Rodríguez et al. (2006) พบว่า การรับสัมผัส

แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์อาจส่งผลกระทบต่อหลอดเลือดหัวใจ นอกจากนี้ยังอาจมีผลต่อการควบคุมระบบทางเดินหายใจ Chen et al. (2011) ศึกษาการเสียชีวิตจากการได้รับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในประเทศจีน พบว่า การรับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ทำให้เกิดโรคหลอดเลือดหัวใจ เช่นเดียวกับงานวิจัยในสหรัฐอเมริกาและยุโรปพบหลักฐานว่าการรับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ทำให้มีโอกาเป็นโรคหลอดเลือดหัวใจ และเสียชีวิตเพิ่มมากขึ้น (Bell et al., 2009; Samoli et al., 2007)

ตารางที่ 2.3 ระดับความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพ

ระดับความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์	ผลกระทบต่อสุขภาพ/อาการที่เกิดขึ้น
50-200 ppm	ปวดศีรษะเล็กน้อย อ่อนเพลีย
200-400 ppm	คลื่นไส้ อาเจียน วิงเวียนศีรษะอย่างรุนแรง อาจถึงขั้นเป็นลม
~1,200 ppm	หัวใจเต้นเร็วขึ้นผิดปกติ และเริ่มเดินผิดจังหวะ
~2,000 ppm	อาจหมดสติ และอาจเสียชีวิต
~5,000 ppm	อาจเสียชีวิตภายในไม่กี่นาที

หมายเหตุ จาก ศูนย์วิจัยและพัฒนาการป้องกันและจัดการภัยพิบัติ (2555)

ตารางที่ 2.4 ปริมาณการรับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์และระยะเวลาการรับสัมผัสที่ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ

ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นตลอดเวลาการทำงาน (Time-weighted average)	เวลาเฉลี่ย (Averaging time)
100 มก./ลบ.ม. (86 ppm)	15 นาที
60 มก./ลบ.ม. (52 ppm)	30 นาที
30 มก./ลบ.ม. (26 ppm)	1 ชั่วโมง
10 มก./ลบ.ม. (9 ppm)	8 ชั่วโมง

หมายเหตุ จาก WHO, 2000

ประเทศไทยมีการกำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศภายนอกสำหรับสารมลพิษหลัก สำหรับค่ามาตรฐานปริมาณฝุ่นละอองและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในบรรยากาศ โดยทั่วไปแสดงในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ฝุ่นละอองและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ตามมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศ โดยทั่วไปของประเทศไทย

มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป		
สารมลพิษ	ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นในเวลา	ค่ามาตรฐาน
ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 100 ไมครอน ^(1,2)	24 ชั่วโมง	ไม่เกิน 0.33 มก./ลบ.ม.
	1 ปี	ไม่เกิน 0.10 มก./ลบ.ม.
ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ^(1,2)	24 ชั่วโมง	ไม่เกิน 0.12 มก./ลบ.ม.
	1 ปี	ไม่เกิน 0.05 มก./ลบ.ม.
ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ⁽³⁾	24 ชั่วโมง	ไม่เกิน 0.05 มก./ลบ.ม.
	1 ปี	ไม่เกิน 0.025 มก./ลบ.ม.
แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ⁽¹⁾	1 ชั่วโมง	ไม่เกิน 30 ppm (34.2 มก./ลบ.ม.)
	8 ชั่วโมง	ไม่เกิน 9 ppm (10.26 มก./ลบ.ม.)

⁽¹⁾ ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 (พ.ศ. 2538) เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป

⁽²⁾ ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 24 (พ.ศ. 2547) เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป

⁽³⁾ ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 36 (พ.ศ. 2553) เรื่อง กำหนดมาตรฐานฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนในบรรยากาศโดยทั่วไป

2.3 การตรวจวัดสารมลพิษทางอากาศ

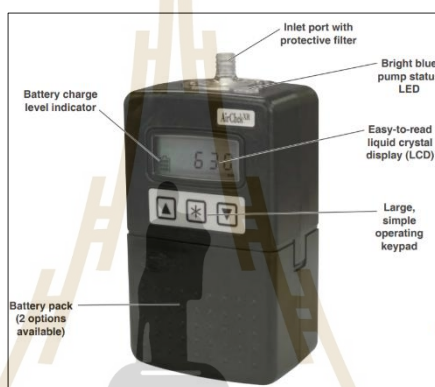
เครื่องมือตรวจวัดมลพิษอากาศตามเวลาจริง (Real-time monitoring equipment) เป็นเครื่องมือตรวจวัดปริมาณสารมลพิษอากาศ และสามารถส่งสัญญาณเข้าอุปกรณ์เพื่อรับข้อมูล เช่น คอมพิวเตอร์หรือโทรศัพท์มือถือ การตรวจวัดสารมลพิษอากาศตามเวลาจริงในงานวิจัยส่วนใหญ่

เป็นการตรวจวัดโดยสถานีตรวจวัด (Fixed station monitoring) หรือใช้ข้อมูลรายชั่วโมงของสถานีที่ตั้งอยู่ตามจุดตรวจวัดต่าง ๆ Huang et al. (2012) ทำการศึกษาเปรียบเทียบการได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ โดยการเดินทางด้วยแท็กซี่ รถโดยสารสาธารณะ และจักรยานในกรุงปักกิ่ง มีการเก็บข้อมูลด้วยเครื่องมือแบบพกพา และใช้ข้อมูลจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ ผลการศึกษาพบว่า ผู้เดินทางด้วยรถโดยสารสาธารณะมีโอกาสรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กมากกว่าการเดินทางด้วยแท็กซี่และผู้ใช้จักรยาน ขณะที่ผู้เดินทางด้วยแท็กซี่มีโอกาสรับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์สูงกว่าผู้เดินทางด้วยรถโดยสารสาธารณะและผู้ใช้จักรยาน เนื่องจากห้องโดยสารในแท็กซี่มีอาจสะสมแก๊สจากการรั่วไหลของระบบไอเสียเข้าสู่ห้องโดยสาร และข้อมูลจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ประเมินการรับสัมผัสสารมลพิษเนื่องจากระยะห่างระหว่างสถานีตรวจวัดและเส้นทางการเดินทางมีผลต่อการปริมาณสารมลพิษทางอากาศที่ตรวจวัดในขณะที่เดินทาง โดยเฉพาะในช่วงการจราจรหนาแน่น (Zagury et al., 2000; Gulliver and Briggs, 2004) Kuuluvainen et al. (2016) ตรวจวัดการกระจายของอนุภาคฝุ่นละอองจากการจราจรใจกลางเมืองเฮลซิงกิเพื่อศึกษาวิทยาการระบาดของโรคปอดจากการได้รับสัมผัสฝุ่นละอองของประชาชนโดยเก็บข้อมูลจากสถานีตรวจวัดในเมือง 5 จุดที่มีสภาพการจราจรหนาแน่น พบว่า บริเวณที่มีการจราจรหนาแน่นและบริเวณใจกลางเมืองมีความเข้มข้นของฝุ่นละอองสูงกว่าบริเวณอื่น ในปี พ.ศ. 2555 สถานีเครือข่ายตรวจวัดฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอนใน 74 เมืองของประเทศจีนเริ่มทำการเก็บข้อมูลปริมาณฝุ่นละออง และในปี พ.ศ. 2556 จำนวนสถานีตรวจวัดเพิ่มขึ้นเป็น 190 เมืองทั่วประเทศจีน Song et al. (2016) ได้ใช้ข้อมูลเหล่านั้นในการศึกษาเพื่อเข้าถึงสถานการณ์มลพิษของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอนในประเทศจีน พบว่า ฝุ่นละอองส่งผลกระทบต่อสุขภาพและก่อความเสียหายต่ออาคารในบริเวณที่ฝุ่นละอองมีความเข้มข้นสูง Owoade et al. (2016) ทำการตรวจวัดฝุ่นละอองที่เกิดจากการจราจรในช่วงเวลาเร่งด่วนในการไปทำงานตอนเช้าและเวลากลับบ้านในตอนเย็นของเมืองทางตอนใต้ของไนจีเรีย โดยเครื่องมือตรวจวัดติดตั้งบนอาคาร 2 ชั้นที่อยู่ติดถนนพบว่า ระดับฝุ่นละอองในช่วงเวลาเร่งด่วนเกินค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ Puangthongthub et al. (2007) ทำการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองในกรุงเทพมหานครโดยใช้ข้อมูลจากสถานีตรวจวัดของกรุงเทพมหานครและกรมควบคุมมลพิษซึ่งติดตั้งบริเวณริมถนนและอาคารที่อยู่อาศัย พบว่าปริมาณฝุ่นละอองสูงในช่วงเช้าเนื่องจากสภาพอากาศคงที่

2.3.1 เครื่องมือตรวจวัดฝุ่นละออง

ฝุ่นละอองขนาดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 2.5 ไมครอนเป็นสารมลพิษอากาศที่พบมากในเมืองและส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับการจราจร การได้รับฝุ่นละอองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง

ไม่เกิน 2.5 ไมครอนทำให้เกิดโรคหัวใจและโรคหลอดเลือดเพิ่มขึ้น (Riediker et al., 2004; Schwartz et al., 2005; Wu et al., 2011) การศึกษาผลกระทบของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนต่อสุขภาพในช่วงการแข่งขันกีฬาโอลิมปิกปี ค.ศ. 2008 ณ กรุงปักกิ่ง มีการเก็บตัวอย่างโดยใช้ AirChek XR5000 (SKC Inc., Eighty Four, Pennsylvania, USA) (รูปที่ 2.2) ตรวจวัดปริมาณของฝุ่นละอองในรถแท็กซี่ โดยวางเครื่องมือตรวจวัดบนเบาะบริเวณคนขับรถแท็กซี่และบริเวณที่นั่งผู้โดยสารด้านหลังเบาะคนขับรถ ทำการตรวจวัด 3 ช่วงระยะเวลาคือ ก่อนแข่งขัน ระหว่างการแข่งขัน และหลังการแข่งขันกีฬาโอลิมปิก พบว่า การรับสัมผัสฝุ่นละอองในทุกช่วงเวลาส่งผลต่ออัตราการเต้นของหัวใจ และส่งผลกระทบต่อการทำงานของหัวใจ (Wu et al., 2011)



รูปที่ 2.2 เครื่องเก็บตัวอย่างอากาศ AirChek XR5000 (SKC, Inc., 2016)

Huang et al. (2012) ใช้เครื่องมือตรวจวัดตามเวลาจริงแบบพกพา (รูปที่ 2.3) ศึกษาการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ผู้โดยสารรถสาธารณะสะพานกระเป่าที่มีเครื่องมือตรวจวัดบนรถโดยสารสาธารณะ Panis et al. (2010) ศึกษาการได้รับสัมผัสฝุ่นละอองจากการจราจรเปรียบเทียบการรับสัมผัสระหว่างผู้ใช้จักรยาน และผู้โดยสารที่นั่งรถยนต์ส่วนบุคคลในประเทศเบลเยียมด้วยเครื่อง DustTrak™ DRX model 8534 (TSI, USA) ในรูปที่ 2.4 ซึ่งมีน้ำหนักเบาสามารถพกพาได้ ผลการศึกษาพบว่า ผู้ใช้จักรยานได้รับสัมผัสฝุ่นละอองสูงกว่าผู้โดยสารในรถยนต์ส่วนบุคคลเนื่องจากผู้ใช้จักรยานมี Minute ventilation สูงกว่าผู้ที่นั่งรถยนต์ส่วนบุคคล 4.3 เท่า โดย Minute ventilation เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการรับสัมผัสสารมลพิษอย่างหนึ่ง ตรวจวัดจากอัตราการเต้นของหัวใจซึ่งมีความสัมพันธ์กับปริมาณออกซิเจนที่ได้รับขณะเดินทาง (Zuurbier et al., 2009) ในงานวิจัยของ Chan et al. (2002) ใช้เครื่อง DustTrak™ model 8520 ซึ่งเป็นเครื่องมือตรวจวัดแบบพกพาตรวจวัดฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน

ทำการสอบเทียบเครื่องมือกับเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศชนิด High volume ทดสอบค่าทางสถิติได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.96 และ 0.97 ตามลำดับ



รูปที่ 2.3 เครื่องเก็บตัวอย่าง Model LD-6S (Xi'an Yima Opto Electrical Technology, 2016)



รูปที่ 2.4 เครื่องตรวจวัดฝุ่นละออง DustTrak™ DRX aerosol monitor 8534 (TSI, 2016)

2.3.2 เครื่องตรวจวัดแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์

Wu et al. (2011) ใช้ Model T15n (Langan Products Inc., San Francisco, California, USA) ในรูปที่ 2.5 วัดปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์และอุณหภูมิในการศึกษาความผันแปรของการเดินของหัวใจจากการรับสัมผัสฝุ่นละอองของพนักงานขับแท็กซี่ในกรุงปักกิ่ง เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Huang et al. (2012) ใช้ Model T15n ตรวจวัดแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในกรุงปักกิ่งจากการเดินทางด้วยแท็กซี่ รถโดยสารสาธารณะ และการขี่จักรยาน Georgoulis et al. (2002) ใช้เครื่องมือ Langan T15 ตรวจวัดแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ใน 5 เมืองของยุโรปเพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการรับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์จากการเดินทางในเขตชุมชนเมือง พบว่าระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทาง ระยะเวลาการรับสัมผัสสารมลพิษทำให้ระดับการรับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ



รูปที่ 2.5 Model T15n CO measurer (Langan Products, Inc., 2006)

การประเมินการรับสัมผัสสารมลพิษอากาศยังมีปัจจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น อุณหภูมิ ความชื้น สัมพัทธ์ อัตราการเดินหัวใจ ดังแสดงในตารางที่ 2.6 เช่น งานวิจัยของ Kuuluvainen et al. (2016) ศึกษาวิทยาการระบาดของโรคปอดจากการได้รับฝุ่นละออง โดยวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน รวมถึงวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ขณะเก็บข้อมูล Huang et al. (2012) ใช้เครื่องมือ HOBO Pro V2 (Onset Corp., Pocasset, Massachusetts, USA) (รูปที่ 2.6) ในการวัดสภาพอากาศขณะทำการตรวจวัดฝุ่นละอองขนาดเล็กและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ Lee et al. (2015) ทำการศึกษาการได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน และผลกระทบต่อสุขภาพในประเทศเกาหลีใต้จีนใต้หวันและญี่ปุ่น ใช้ข้อมูลอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลมในการวิเคราะห์ Tasmin et al. (2016) ศึกษาเกี่ยวกับการได้รับสัมผัสฝุ่นละอองในประเทศญี่ปุ่นใช้ข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ Jovasevic-Stojanovic et al. (2015) วิจัยการใช้เซ็นเซอร์ขนาดเล็กและราคาถูกลำสำหรับการตรวจวัดการหายใจเอาฝุ่นละอองเข้าไปในร่างกาย โดยทำการตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ขณะตรวจวัดคุณภาพอากาศ เนื่องจากอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์มีผลต่อการทำงานของอุปกรณ์การตรวจวัด Panis et al. (2010) ศึกษาการได้รับสัมผัสฝุ่นละอองจากการจราจรเปรียบเทียบผู้ใช้รถยนต์และผู้ใช้จักรยาน นอกจากทำการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองที่ได้รับแล้วยังใช้เครื่องมือวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate) ความถี่ในการหายใจ (Breathing frequency) ปริมาตรอากาศที่ไหลเข้าหรือออกจากปอด (Tidal volume) ด้วยเครื่อง MetaMax 3B (Cortex Biophysik, Germany) ที่พกพาได้ขณะออกกำลังกาย ดังแสดงในรูปที่ 2.7

ตารางที่ 2.6 พารามิเตอร์และเครื่องมือตรวจวัดที่ใช้ศึกษาด้านการได้รับสัมผัส

พารามิเตอร์	เครื่องมือตรวจวัด	อ้างอิง
1. ฝุ่นละออง		
ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน	AirChek XR5000	Wu et al. (2011)
ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน	Model LD-6S	Huang et al. (2012)
	DustTrak™ DRX model 8534	Panis et al. (2010)
2. แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์	DustTrak™ DRX model 8534	Panis et al. (2010)
3. อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ (Temperature and relative humidity)	Model T15n	Wu et al. (2011); Huang et al. (2012)
	Model 48i	Schwartz et al. (2005)
	HOBO Pro V2	Huang et al. (2012)
ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง	Fixed station monitoring	Kuuluvainen et al. (2016)
	MEMS PM monitor	Lee et al. (2015); Tasmin et al. (2016)
	Jovasevic-Stojanovic et al. (2015)	
4. ตรวจวัดการหายใจ (Heart rate, breathing frequency, tidal volume)	MetaMax 3B	Panis et al. (2010); O' Donoghue et al. (2007); Zuurbier et al. (2009)



รูปที่ 2.6 The HOBO Pro V2 (Onset Corp.)



รูปที่ 2.7 METAMAX[®] 3B (Cortex)

2.4 การประเมินการได้รับสัมผัส

การประเมินการสัมผัส (Exposure assessment) เป็นวิธีการประมาณค่าหรือวัดปริมาณของสิ่งคุกคามมนุษย์ หากการประมาณค่าปริมาณสารได้รับผิดพลาดจากความเป็นจริง การคำนวณจะมีความคลาดเคลื่อน (Error) สูง ปริมาณการรับสัมผัสขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารนั้น และระยะเวลาที่รับสัมผัส ตามสมการที่ 2.1 (U.S. EPA, 1992)

$$E = \int_{t_1}^{t_2} c(t) dt \quad (2.1)$$

การประเมินการรับสัมผัสให้ครอบคลุมต้องทราบปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการรับสัมผัส เช่น สารเคมีหรือชนิดของสิ่งคุกคาม ได้รับสารทางใด (การกิน การหายใจ ผิวหนัง) และช่องทางเข้าสู่ร่างกาย (ทางปาก ทางจมูก ทางการสัมผัส) ปริมาณที่ได้รับ ได้รับเป็นเวลานานเท่าใด ลักษณะและจำนวนประชากรที่ได้รับสัมผัส

กิจกรรมของการเดินทางในเมืองมีส่วนเกี่ยวข้องกับการได้รับสัมผัสฝุ่นละอองและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ของประชากร ตารางที่ 2.7 สรุปปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการได้รับสารมลพิษอากาศจากการเดินทางในเมืองของงานวิจัย เช่น Peters et al. (2014) ศึกษาการได้รับฝุ่นละอองของผู้ใช้จักรยานในเมืองแอนด์เวิร์ป ประเทศเบลเยียม พบว่า ปริมาณความเข้มข้นของสารมลพิษอากาศเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล วัน และเวลาในการเก็บตัวอย่างสารมลพิษ งานวิจัยของกุลธิดา ตระสินธุ์ (2547) ทำการประเมินผลความเสี่ยงต่อสุขภาพที่อาจเกิดกับคนเดินทางในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา จากการเก็บตัวอย่างในรถประจำทางปรับอากาศ รถประจำทางไม่ปรับอากาศ รถยนต์ส่วนบุคคล และที่นั่งตอนหลังของรถโดยสารขนาดเล็กหรือรถสองแถว พบว่า กลุ่มพนักงานขับรถประจำทางปรับอากาศมีปริมาณฝุ่นที่บุคคลได้รับสูงกว่ากลุ่มอื่น

ตารางที่ 2.7 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการได้รับสัมพัสมลพิษทางอากาศ

ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง	สิ่งที่ได้รับผลกระทบ	อ้างอิง
- ระยะทางในการเดินทาง - ระยะเวลาได้รับสัมพัสมลพิษ - อัตราการหายใจ	- ความเข้มข้นของสารมลพิษ - ปริมาณการได้รับสัมพัสสารมลพิษ	Huang et al. (2012)
- ระยะทางในการเดินทาง - ความผันแปรของฤดูกาล วัน และเวลา - ความหนาแน่นของการจราจร	- ความเข้มข้นของสารมลพิษ - ปริมาณการได้รับสัมพัสสารมลพิษ	Peters et al. (2014)
- แหล่งกำเนิดมลพิษ - สภาพทางอุตุนิยมวิทยา - ปัจจัยเชิงพื้นที่	- ความเข้มข้นของสารมลพิษ	Venkatachari et al. (2006)

บทที่ 3

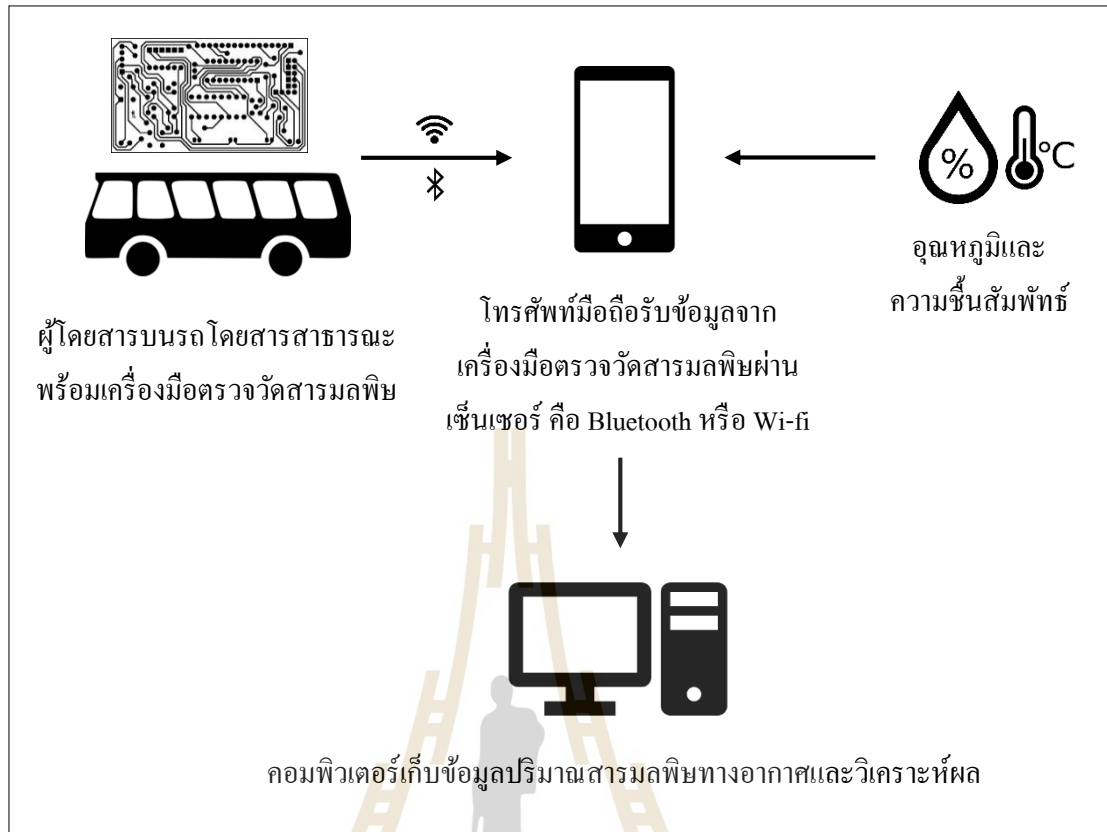
วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้สร้างเครื่องมือตรวจวัดฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ด้วยเซ็นเซอร์ มีการแสดงผลตามเวลาจริง โดยเชื่อมต่อผ่านเทคโนโลยีไร้สายกับโทรศัพท์แบบพกพา

3.1 การสร้างเครื่องมือตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์

เครื่องมือตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในการศึกษานี้ทำงานด้วยระบบเซ็นเซอร์ส่งข้อมูลจากการตรวจวัดไปยังอุปกรณ์ไร้สาย คือ โทรศัพท์มือถือ และประมวลผลการตรวจวัดด้วยคอมพิวเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 3.1 ผู้เดินทางด้วยรถโดยสารสาธารณะพกพาเครื่องมือตรวจวัดฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ รวมถึงอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เพื่อนำข้อมูลมาแสดงข้อมูลเชิงพื้นที่ และประเมินการรับสัมผัสในชั้นถัดไป ทั้งนี้ แนวคิดของเครื่องมือ นำมาจากระบบของ AirCasting (www.aircasting.org)

AirCasting เป็นหนึ่งในโครงการที่มีการสร้างและพัฒนาเครื่องมือตรวจวัดมลพิษทางอากาศเพื่อบันทึกข้อมูลจัดทำแผนที่ข้อมูลทางด้านสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ โดยบริษัท HabitatMap ซึ่งเป็นองค์กรความยุติธรรมทางด้านสิ่งแวดล้อมที่ไม่แสวงหาผลกำไรที่มีการเริ่มต้นในปี พ.ศ. 2549 สำหรับโครงการ AirCasting ประชาชนจะมีส่วนร่วมในการตรวจสอบสภาพสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของคนในชุมชน โดยผู้เข้าร่วมสามารถเก็บข้อมูล ทำแผนที่ และแลกเปลี่ยนข้อมูลจากการแสดงผล AirCasting โดยการใช้โปรแกรมมือถือในระบบ Android ซึ่งจะรวมถึงการเก็บข้อมูลในเรื่องของอุณหภูมิ ความชื้น และความเข้มข้นของแก๊ส (สำนักงานที่ปรึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประจำสถานเอกอัครราชทูต ณ กรุงวอชิงตัน ดี.ซี., 2557)



รูปที่ 3.1 แนวคิดของการทำงานด้วยเครื่องมือตรวจวัดสารมลพิษทางอากาศตามเวลาจริง (ที่มา: ดัดแปลงจาก HabitatMap)

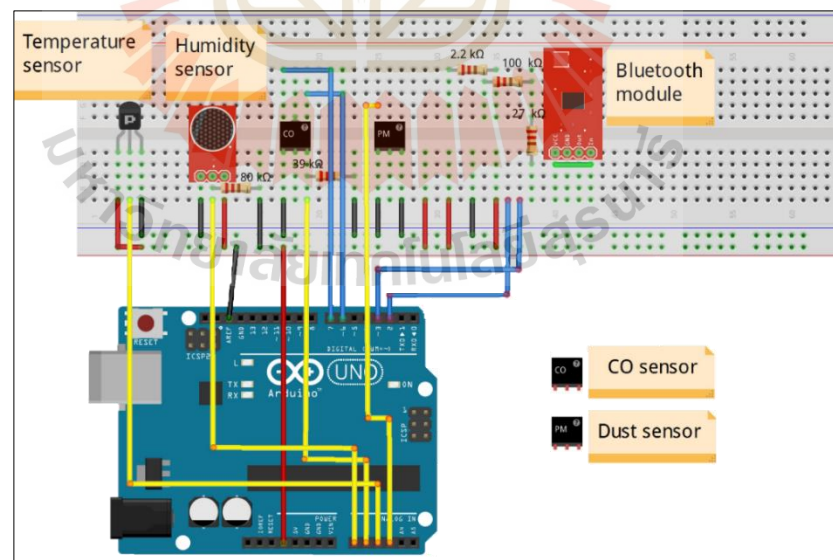
ปัจจุบันกระแส Internet of Things หรือการที่สิ่งต่าง ๆ ถูกเชื่อมโยงเข้าสู่เครือข่ายอินเทอร์เน็ต ทำให้มนุษย์สามารถสั่งการ ควบคุมการใช้งานอุปกรณ์ต่าง ๆ ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เช่น การสั่งเปิด-ปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดในการนำเทคโนโลยีไร้สาย เทคโนโลยี เซ็นเซอร์ และเทคโนโลยีพกพาในการตรวจวัดสารมลพิษทางอากาศผ่านการส่งสัญญาณแบบบลูทูธแสดงผลการตรวจวัดผ่านโทรศัพท์มือถือ

แผนผังโครงสร้างวงจรดัดแปลงจากคู่มือการสร้างเครื่องมือตรวจวัด (HabitMap) ในรูปที่ 3.2 เป็นแพลตฟอร์มสำหรับการบันทึกแผนที่ การแบ่งปันข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อมโดยใช้โทรศัพท์มือถือเป็นตัวรับข้อมูล ในการศึกษานี้ใช้เครื่องมือตรวจวัดสารมลพิษทางอากาศ 2 ชนิด คือ ฝุ่นละอองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 10 ไมครอน (PM_{10}) และแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ รวมไปถึงอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ การวางเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ไว้ใกล้เซ็นเซอร์

เกิดขึ้นเนื่องจากเซ็นเซอร์แก๊สมีความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ อุปกรณ์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการศึกษามีดังตารางที่ 3.1

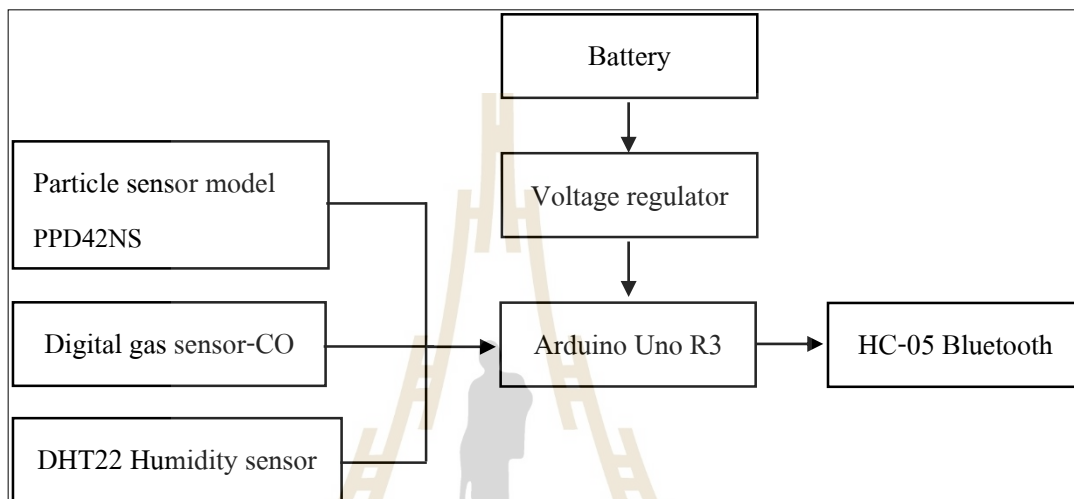
ตารางที่ 3.1 รายการอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการสร้างเครื่องมือตรวจวัด

ลำดับ	อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์
1	Particle sensor model PPD42NS
2	Digital gas sensor - carbon monoxide
3	Relative humidity and temperature measurement DHT22
4	Resistor: 1 k Ω , 22 k Ω , 27 k Ω , 39 k Ω และ 100 k Ω
5	Arduino Uno R3
6	Stranded breadboard jumper wires
7	Solid core breadboard jumper wire
8	Straight breakaway headers
9	Adjustable boost regulator 4-25V
10	Bluetooth serial module (HC-05)
11	Dual mini board with 213 holes



รูปที่ 3.2 แผนผังโครงสร้างวงจรโดยโปรแกรม Fritzing (www.aircasting.org)

การศึกษานี้ตรวจวัดฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์เพื่อประเมินการรับสัมผัสมลพิษทางอากาศในเขตเมืองที่มีการจราจรหนาแน่น อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบวงจรเพื่อเป็นเครื่องมือตรวจวัดมีวงจรที่สำคัญ ได้แก่ เซ็นเซอร์ตรวจวัดฝุ่นละออง เซ็นเซอร์ตรวจวัดแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ การทำงานของเครื่องมือตรวจวัดตามเวลาจริงแบบพกพาแสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แผนผังการทำงานของเครื่องมือตรวจวัดตามเวลาจริงแบบพกพา

(1) เซ็นเซอร์ตรวจวัดฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน: Particle sensor model PPD42NS (Shinyei, USA) (รูปที่ 3.4) เป็นเซ็นเซอร์ตรวจวัดฝุ่นละอองด้วยหลักการ Thermal convection รายละเอียดของเซ็นเซอร์ แสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 รายละเอียดของเซ็นเซอร์ตรวจวัดฝุ่นละออง (Model: PPD42NS)

ขนาดของฝุ่นละออง	1 ไมครอนเป็นต้นไป
ช่วงของอุณหภูมิขณะปฏิบัติการ	0~45 องศาเซลเซียส
ช่วงของความชื้นสัมพัทธ์ขณะปฏิบัติการ	ร้อยละ 95 ของความชื้นสัมพัทธ์หรือต่ำกว่า
อุณหภูมิจัดเก็บข้อมูล	-30~60 องศาเซลเซียส
ขนาดของเซ็นเซอร์	59 (ก) × 45 (ส) × 22 (ย) [มิลลิเมตร]
น้ำหนัก	ประมาณ 24 กรัม

หมายเหตุ ข้อมูลจาก Specification จาก Shinyei, USA



รูปที่ 3.4 Particle sensor model PPD42NS (Shinyei, USA)

(2) เซ็นเซอร์ตรวจวัดแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์: Digital gas sensor – CO (SPEC Sensors LLC, USA) (รูปที่ 3.5) เป็นเซ็นเซอร์ขนาดเล็ก น้ำหนักเบา มีรายละเอียด ดังแสดงในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 รายละเอียดของเซ็นเซอร์ตรวจวัดแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์

(Model: DGS-CO 968-034)

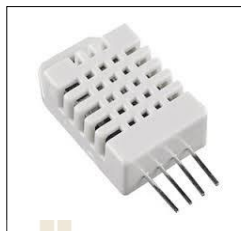
ความกว้างของช่วงตรวจจับแก๊ส	0-1,000 ppm
ช่วงของอุณหภูมิขณะปฏิบัติการ	-20 ถึง 40 องศาเซลเซียส
ช่วงของความชื้นสัมพัทธ์ขณะปฏิบัติการ	ร้อยละ 15-95
อุณหภูมิจัดเก็บข้อมูล	-30~60 องศาเซลเซียส
ขนาดของเซ็นเซอร์	44.5 × 20.8 × 8.9 [มิลลิเมตร]
น้ำหนัก	น้อยกว่า 56.7 กรัม

หมายเหตุ ข้อมูล Specification จาก SPEC Sensors LLC, USA



รูปที่ 3.5 Digital gas sensor – CO (SPEC Sensors LLC, USA)

(3) เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์: DHT22 Digital-output relative humidity & temperature sensor/module (Aosong Electronics Co., Ltd, China) (รูปที่ 3.6) ช่วงของการตรวจวัดความชื้นที่ 0-100 %RH และอุณหภูมิที่ -40 ถึง 80 องศาเซลเซียส ตรวจวัดเฉลี่ยทุก 2 วินาที



รูปที่ 3.6 DHT22 Digital-output relative humidity & temperature sensor
(Aosong Electronics Co., Ltd, China)

(4) บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์: Arduino UNO R3 (Arduino, USA) (รูปที่ 3.7) เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ถูกออกแบบมาเพื่อใช้งานอเนกประสงค์สำหรับประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 รายละเอียดของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ (Arduino UNO R3)

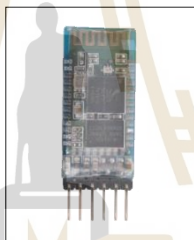
ไมโครคอนโทรลเลอร์	ATmega328P
แรงดันไฟฟ้า (Operating voltage)	5 โวลต์
จำนวนขาใช้งานแบบดิจิทัล (Digital I/O PINs)	14 ขา
หน่วยความจำ	32 KB
ความเร็วของสัญญาณนาฬิกา (Clock speed)	16 MHz
ขนาดของบอร์ด	68.6 × 53.4 [มิลลิเมตร]
น้ำหนัก	25 กรัม

หมายเหตุ ข้อมูล Specification จากเว็บไซต์ store.arduino.cc



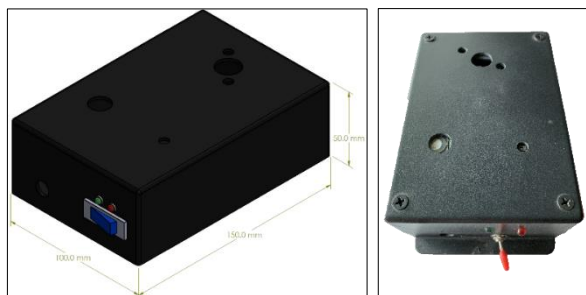
รูปที่ 3.7 Arduino UNO R3 (Arduino, USA)

(5) เซ็นเซอร์ส่งสัญญาณบลูทูธ: HC-05 Bluetooth module (Electrónica 60 Norte, Mexico) (รูปที่ 3.8) โมดูลที่ใช้ในการเชื่อมต่ออุปกรณ์อัจฉริยะ (Smart devices) ให้สามารถสื่อสารกับไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านช่องอนุกรม (Serial port)



รูปที่ 3.8 HC-05 Bluetooth module (Electrónica 60 Norte, Mexico)

อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการสร้างเครื่องมือตรวจวัดบรรจุในกล่องพลาสติกที่มีขนาดความกว้าง 10.0 ซม. ยาว 15.0 ซม. สูง 5.0 ซม. ดังแสดงในรูปที่ 3.9 บริเวณด้านบนกล่องเจาะรูให้สามารถพินทางอากาศสัมผัสกับเซ็นเซอร์



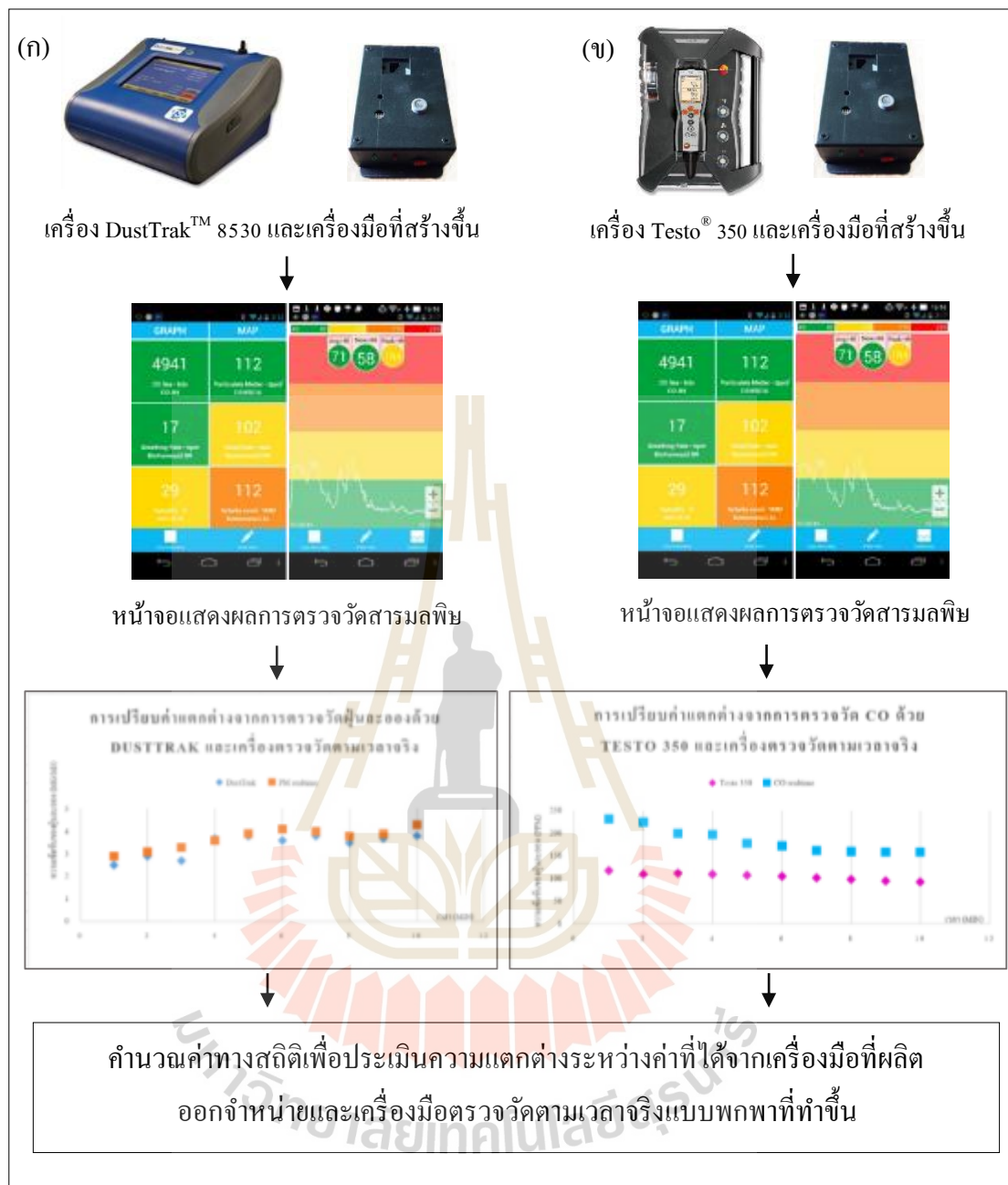
รูปที่ 3.9 ลักษณะของกล่องพลาสติกบรรจุอุปกรณ์ที่ใช้ในการประกอบวงจร

3.2 การทดสอบเครื่องมือตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์

เครื่องมือตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่สร้างขึ้นในการศึกษานี้ใช้เซ็นเซอร์ขนาดเล็กของอุปกรณ์แบบพกพาในการวัดปริมาณฝุ่นละออง (Particle sensor model PPD42NS) และแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (Digital gas sensor - carbon monoxide) จึงต้องเปรียบเทียบค่าที่ได้จากเครื่องมือตามเวลาจริงที่สร้างขึ้นกับเครื่องมือที่มีการผลิตเพื่อจำหน่าย ได้แก่ เครื่อง DustTrak™ DRX (Model 8530) ที่มีการใช้งานวิจัย เช่น Pirjola et al. (2012) วัดปริมาณ PM_{2.5} จากการจราจรในเมืองเฮลซิงกิ ประเทศฟินแลนด์ Dennekamp et al. (2002) วัดปริมาณ PM_{2.5} ในยานพาหนะที่ใช้ น้ำมันเชื้อเพลิงแตกต่างกันโดยเครื่อง TSI PTrak ultrafine particle counter model 8520 (รูปที่ 3.10) ในการเก็บตัวอย่างเทียบค่าที่วัดได้ด้วยเครื่อง TSI DustTrak™ aerosol monitor model 8520 เป็นเครื่องมือเทียบวัด Chan et al. (2002) วัดการได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขณะเดินทางด้วยบริการสาธารณะในฮ่องกง ส่วนการวัดแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์เปรียบเทียบกับเครื่อง Testo® 350 เช่น Sonibare et al. (2010) ใช้วัดความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ โดยการเปรียบเทียบใช้เครื่องมือทางสถิติทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากรสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และใช้เครื่องมือทางสถิติทดสอบความสัมพันธ์ของข้อมูลระหว่างเครื่องมือ ดังแสดงในรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.10 เครื่องตรวจวัดฝุ่นละอองแบบพกพา TSI DustTrak™ aerosol monitor model 8520 (TSI, 2018)



รูปที่ 3.11 (ก) การเปรียบเทียบค่าที่แตกต่างระหว่างเครื่อง DustTrak™ 8530 และเครื่องมือตรวจวัดตามเวลาจริงแบบพกพาที่สร้างขึ้น
(ข) การเปรียบเทียบค่าที่แตกต่างระหว่างเครื่อง Testo® 350 และเครื่องมือตรวจวัดตามเวลาจริงแบบพกพาที่สร้างขึ้น

3.2.1 การเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน

เครื่องมือตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละออง DustTrak™ 8530 (TSI Inc., USA) เป็นเครื่องมือตรวจวัดฝุ่นละอองตามเวลาจริง ใช้หลักการตรวจวัดแบบ Laser 90° light scattering มีหน่วยความจำภายในเครื่อง สามารถเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ และมีช่วงการวัดที่เหมาะสมสำหรับใช้งานทางด้านคุณภาพอากาศภายในและนอกสถานที่ต่าง ๆ รวมไปถึงการใช้งานในภาคสนาม แสดงผลการตรวจวัดในหน่วยมิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (mg/m^3)

การเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนระหว่างเครื่อง DustTrak™ 8530 และเซ็นเซอร์ตรวจวัดฝุ่นละออง PPD42NS มีวิธีการดังนี้

1. นำเครื่อง DustTrak™ 8530 และเครื่องมือตรวจวัดฝุ่นละอองตามเวลาจริงแบบพกพา วางไว้บริเวณที่วางของบนรถโดยสารสาธารณะแบบสองแถว ดังแสดงในรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 เครื่อง DustTrak™ 8530 และเครื่องมือตรวจวัดฝุ่นละอองตามเวลาจริงแบบพกพาใช้ในการเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของความเข้มข้นฝุ่นละอองขณะนั่งรถสองแถว

2. ก่อนเริ่มใช้งานเครื่อง DustTrak™ 8530 ทำ Zero calibration ทุกครั้ง โดยใช้ Zero filter ประกอบการเดินเครื่อง ดังแสดงในภาพที่ 3.13



รูปที่ 3.13 เครื่อง DustTrak™ 8530 และ Zero filter ขณะทำ Zero calibration

3. หลังจากทำการ Zero calibration แล้วจึงเริ่มทำการตรวจวัดฝุ่นละอองขณะเดินทางด้วยรถโดยสารสาธารณะแบบเปิดโล่ง (รถสองแถว) ด้วยเครื่องมือทั้งสอง นำค่าที่ตรวจวัดได้มาเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของความเข้มข้นฝุ่นละอองด้วยวิธีทางสถิติซึ่งกล่าวในหัวข้อที่ 3.6.1

3.2.2 การเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของความเข้มข้นแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์

เครื่องมือตรวจวัดแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ Testo® 350 (Testo SE & Co. KGaA, Germany) เป็นเครื่องมือพกพาที่สามารถวัดและแสดงผลแก๊สมลพิษได้หลายชนิด เช่น O_2 , CO, NO, NO_2 มีชุดควบคุมและชุดแสดงผล แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ตรวจวัดด้วยเครื่อง Testo® 350 แสดงผลเป็นส่วนในล้านส่วน (ppm)

การเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของความเข้มข้นแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในการศึกษานี้ใช้เครื่อง Testo® 350 และเครื่องมือตรวจวัดแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ตามเวลาจริงแบบพกพาวัดความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ได้จากการเผาไหม้ด้วยชุดทดสอบการเผา (Combustion testing equipment) อาคารเครื่องมือ 8 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ดังแสดงในรูปที่ 3.14 และ 3.15 โดยกล่องพลาสติกบรรจุเซ็นเซอร์และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่น ๆ ถูกวางในกล่องทดสอบ (Test chamber) ทำจากแผ่นอะคริลิกชนิดใส ขนาดความกว้าง 20.9 ซม. ยาว 31.7 ซม. สูง 19.8 ซม. ดังแสดงในรูปที่ 3.16 ซึ่งก่อนนำมาใช้ในการทดสอบการเผาไหม้ได้นิโคซิลิโคนบริเวณรอยต่อของกล่องเพื่อป้องกันการรั่วไหลของแก๊สขณะทดลอง ด้านบนของกล่องทดสอบมีการเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 ซม. สำหรับใส่ท่อทองแดงรูปตัว L ซึ่งเป็นช่องทางการแพร่ของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์จากการเผาไหม้มายังอุปกรณ์ตรวจวัด และบริเวณด้านหน้าของกล่อง

ทดสอบมีการเจาะรูขนาด 5.0 มม. และ 2.0 มม. สำหรับใส่สายไฟของกล่องพลาสติกบรรจุเซ็นเซอร์ และหัวเก็บตัวอย่างของเครื่อง Testo® 350 (Testo® probe) ตามลำดับ

การเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ระหว่างเครื่อง Testo® 350 และเซ็นเซอร์ตรวจวัดแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (DGS-CO) มีวิธีการดังนี้

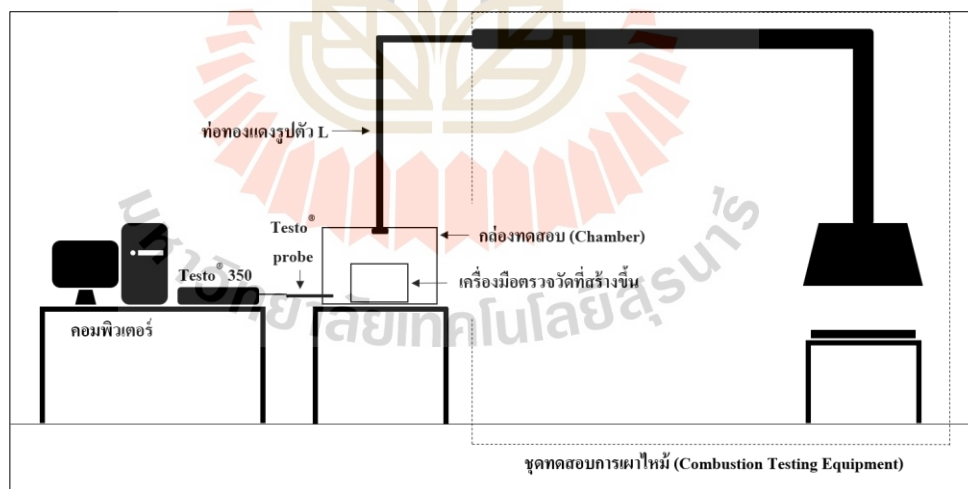
1. นำเครื่อง Testo® 350 เชื่อมต่อกับชุดคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรม Testo easyEmission® เพื่อบันทึกค่าความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์

2. สอดหัวเก็บตัวอย่างของเครื่อง Testo® 350 เข้าไปในกล่องทดสอบซึ่งมีกล่องพลาสติกบรรจุเซ็นเซอร์ตรวจวัดแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์บรรจุอยู่ บริเวณด้านบนกล่องทดสอบมีท่อทองแดงรูปตัว L ต่อจากปล่องรับแก๊สจากการเผาไหม้

3. ตรวจวัดแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่มีอยู่เป็นพื้นฐานจากบรรยากาศเป็นเวลา 5 นาที ก่อนทำการตรวจวัดการเผาไหม้

4. นำฟางแห้งวางบนถาดและเผาฟาง เก็บข้อมูลความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์จากการเผาไหม้

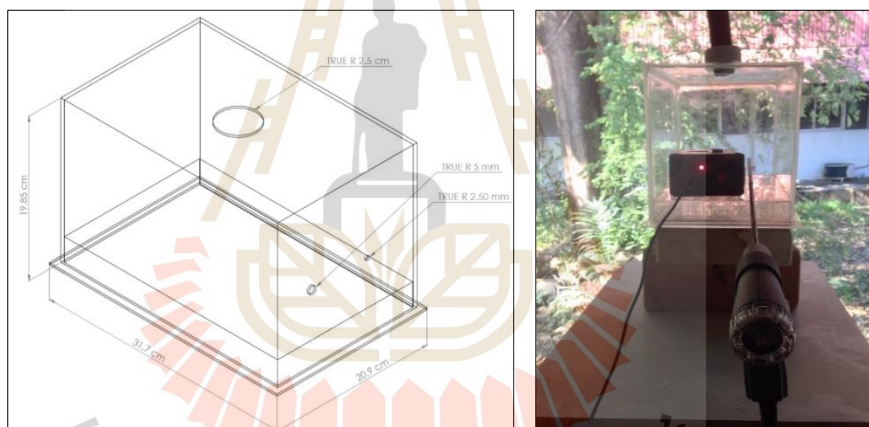
5. นำค่าที่ตรวจวัดจากการเผามาเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของความเข้มข้นด้วยวิธีทางสถิติตามหัวข้อที่ 3.6.1



รูปที่ 3.14 แผนผังชุดทดสอบการเผาและเครื่องมือที่ใช้



รูปที่ 3.15 ชุดทดสอบการเผาและเครื่องมือที่ใช้ขณะทำการทดลอง



รูปที่ 3.16 ลักษณะของกล่องทดสอบ (Chamber) ที่ใช้ในการทดลอง

3.3 การตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์

การตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในการศึกษานี้ดำเนินงานในพื้นที่กรุงเทพมหานครและเขตเทศบาลนครนครราชสีมาใช้เครื่องมือวัดตามเวลาจริงที่สร้างขึ้นขณะนั่งบนรถโดยสารสาธารณะดังขั้นตอนต่อไปนี้

3.3.1 การใช้เครื่องมือตรวจวัดฝุ่นละอองและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์

อุปกรณ์ที่ทำงานร่วมกับเครื่องมือตรวจวัดตามเวลาจริงแบบพกพาที่ทำขึ้น คือ โทรศัพท์มือถือระบบปฏิบัติการ Android และแอปพลิเคชัน AirCasting เพื่อเก็บข้อมูล ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ได้จากการตรวจวัด โดยใช้แบตเตอรี่สำรองเป็นตัวจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับเครื่องมือตรวจวัดที่สร้างขึ้น ขณะเก็บตัวอย่าง การใช้งานเครื่องมือตรวจวัดตามเวลาจริงแบบพกพาดังแสดงในรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 ขั้นตอนการใช้งานเครื่องมือตรวจวัด

3.3.2 การเลือกเส้นทางในพื้นที่ศึกษา

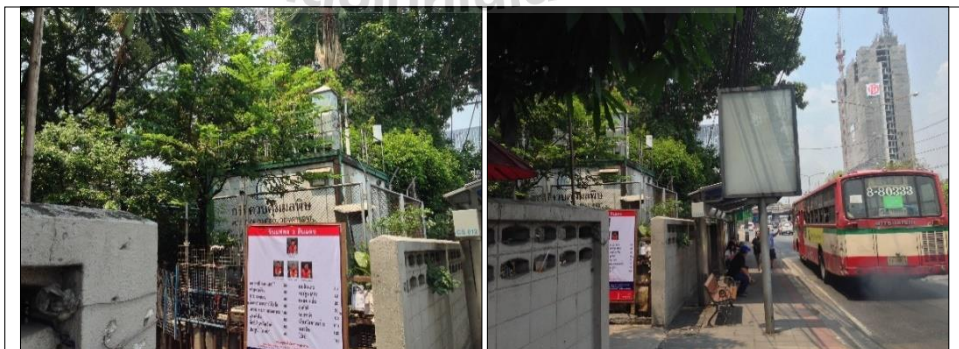
การเก็บตัวอย่างเลือกเส้นทางที่อยู่ใกล้เคียงกับสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศของกรมควบคุมมลพิษเป็นหลัก และเป็นบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่น แบ่งเป็นเส้นทางในพื้นที่กรุงเทพมหานครจำนวน 4 เส้นทาง และเส้นทางในเขตเทศบาลนครนครราชสีมาจำนวน 1 เส้นทาง โดยในบางเส้นทางเก็บตัวอย่างจำนวน 2 ครั้งในแต่ละช่วงเวลา (การเดินทางขาเข้าและขาออก) เส้นทางในพื้นที่ศึกษาผ่านสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศจำนวน 5 สถานีดังแสดงในรูปที่ 3.18



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)



(จ)

รูปที่ 3.18 สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในแต่ละเส้นทางศึกษา (ก) สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศกรมประชาสัมพันธ์ ตั้งอยู่บริเวณหอพักสถาบันการประชาสัมพันธ์ (ข) สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ ตั้งอยู่ภายในรั้วโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ (ค) สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศการเคหะชุมชนดินแดง ตั้งอยู่ริมถนนแฟลต 3 ดินแดง (ง) สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศสถานีตำรวจนครบาลโชคชัย ตั้งอยู่ภายในกำแพงแฟลตตำรวจนครบาลโชคชัยซึ่งอยู่ริมถนน (จ) สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศโรงสูบน้ำเลียเทศบาลนครนครราชสีมา

พื้นที่ศึกษาในกรุงเทพมหานคร จำนวน 4 เส้นทาง จุดเริ่มต้นของการตรวจวัดเริ่มจากบริเวณอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิโดยการเดินทางด้วยรถประจำทางแบบธรรมดา จำนวน 3 เส้นทาง และจุดเริ่มต้นอีก 1 เส้นทาง คือ บริเวณถนนลาดพร้าวไปยังจุดหมาย คือ บริเวณที่มีสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ ข้อมูลเส้นทางการเดินรถประจำทางนำมาจากเว็บไซต์องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ (www.bmta.co.th) รถประจำทางแบบธรรมดาหรือที่เรียกว่า รถธรรมดาที่วิ่งในกรุงเทพมหานคร มีลักษณะเป็นรถบัส จำนวน 34 ที่นั่ง สีแดง-ครีม (รูปที่ 3.19) และรถเอกชนร่วมบริการแบบมินิบัส (รูปที่ 3.20) เวลาบริการ คือ 05.00-23.00 น. ของทุกวัน



รูปที่ 3.19 รถธรรมดาคาสีแดง-ครีม

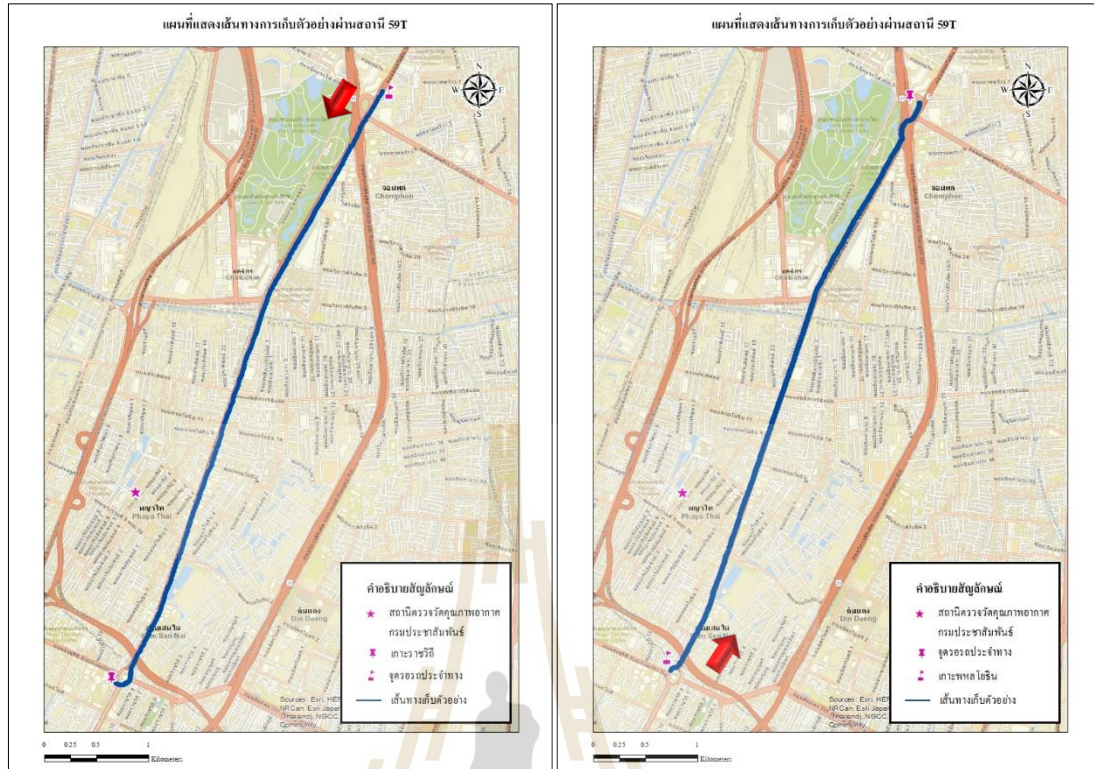


รูปที่ 3.20 รถมินิบัสร่วมบริการ

เส้นทางเดินทางรถโดยสารสาธารณะแบบเปิดโล่งผ่านบริเวณที่มีสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในงานวิจัยประกอบด้วย

(1) เส้นทางที่ 1 อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ-ห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัลลาดพร้าว

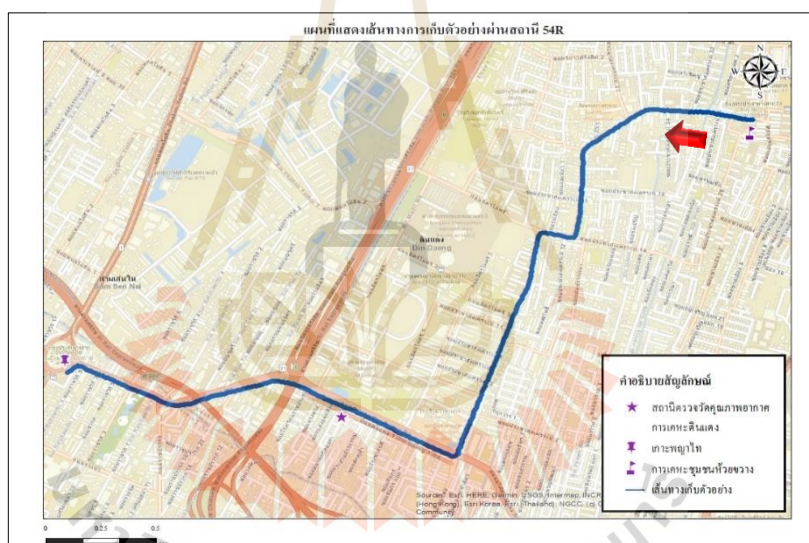
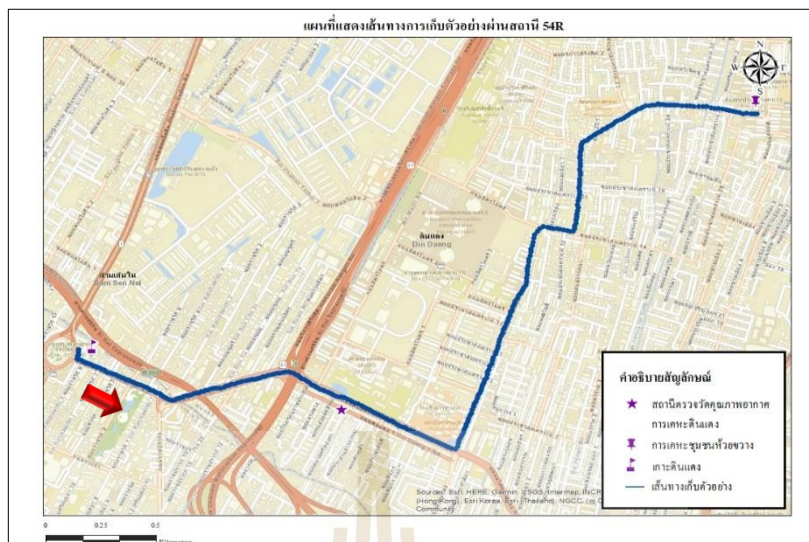
สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศกรมประชาสัมพันธ์ตั้งอยู่บริเวณแขวงสามเสนในเขตพญาไท เป็นสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบถาวรบริเวณพื้นที่ทั่วไปในกรุงเทพมหานคร ให้ข้อมูลรายชั่วโมง การเดินทางด้วยรถโดยสารสาธารณะจากจุดจอดประจำทางตรงข้ามห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัล ลาดพร้าวไปอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ ฟังเกาะราชวิถี ระยะทาง 6.04 กิโลเมตร (ขาเข้า) และจากท่ารถอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ ฟังเกาะพหลโยธินไปยังห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัล ลาดพร้าว ระยะทาง 6.02 กิโลเมตร (ขาออก) ซึ่งเส้นทางการเดินทางรถผ่านสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศกรมประชาสัมพันธ์ขึ้นรถธรรมดาสาย 8 (รูปที่ 3.21)



รูปที่ 3.21 แผนที่เส้นทางที่ 1 อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ-ห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัลลาดพร้าว

(2) เส้นทางที่ 2 อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ-ห้างสรรพสินค้าโรบินสันบางรัก

สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ตั้งอยู่ริมถนนพระราม 4 เขตปทุมวัน เป็นสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศดาวบริเวณริมถนนในกรุงเทพมหานครที่ให้ข้อมูลรายชั่วโมง การเดินทางด้วยรถโดยสารสาธารณะจากท่ารถอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ ฝั่งเกาะพญาไท ไปห้างสรรพสินค้าโรบินสันบางรัก ระยะทาง 7.20 กิโลเมตร เส้นทางการเดินทางผ่านสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ ขึ้นรถธรรมดาสาย 77 (รูปที่ 3.22)

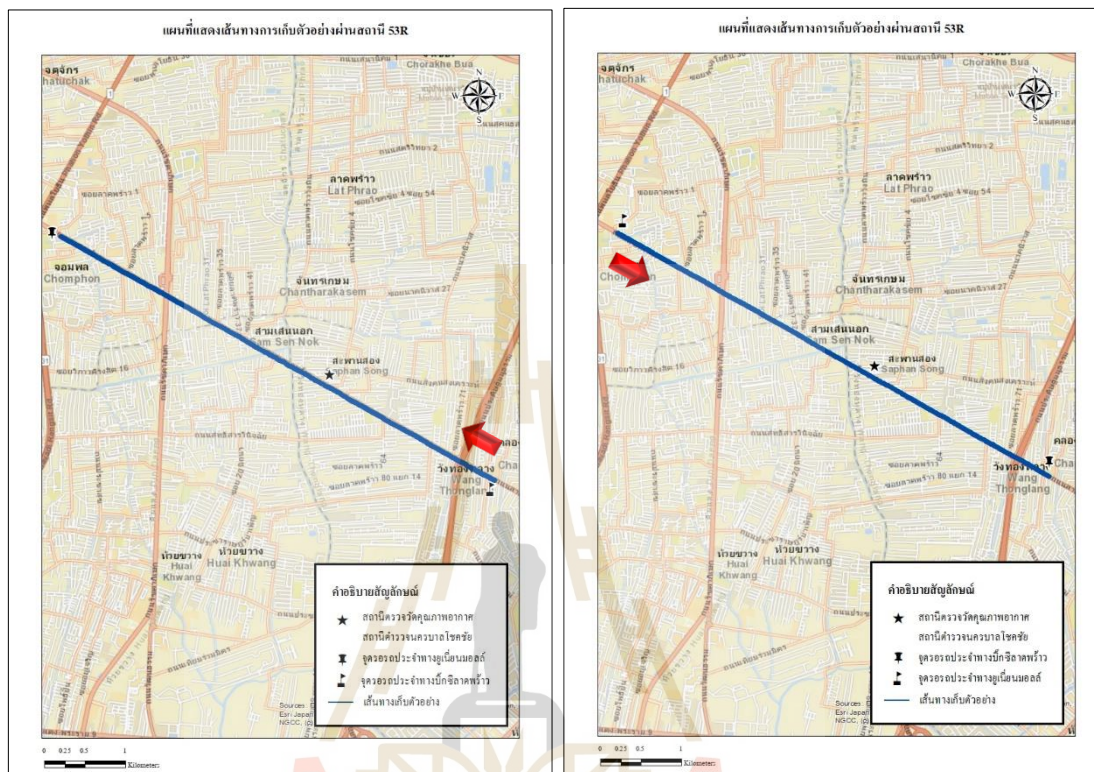


รูปที่ 3.23 แผนที่เส้นทางที่ 3 อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ-การเคหะชุมชนห้วยขวาง

(4) เส้นทางที่ 4 ห้างสรรพสินค้ายูเนี่ยนมอลล์-ห้างสรรพสินค้าบีคซี ลาดพร้าว

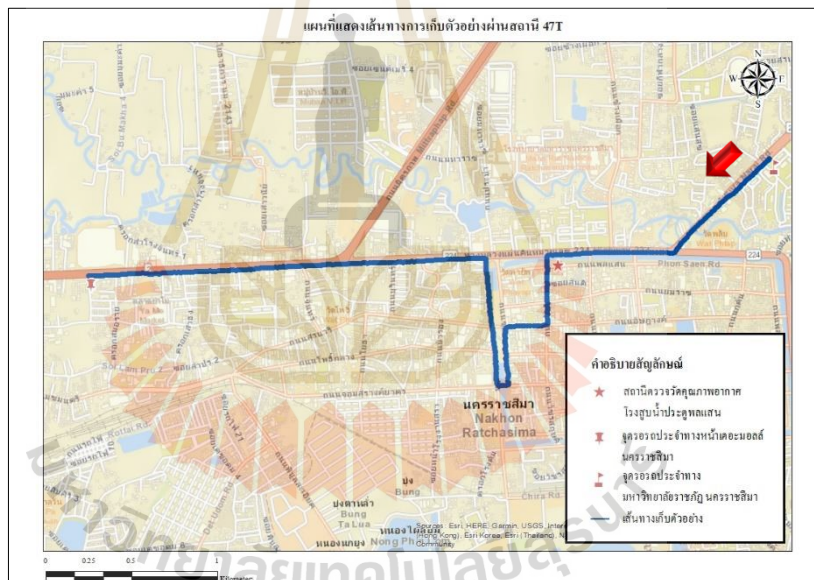
สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศสถานีตำรวจนครบาลโชคชัยตั้งอยู่บริเวณริมถนนลาดพร้าว เขตวังทองหลาง เป็นสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบถาวรบริเวณริมถนนในกรุงเทพมหานครให้ข้อมูลรายชั่วโมง การเดินทางด้วยรถโดยสารสาธารณะจากจุดจอดรถโดยสารบริเวณห้างสรรพสินค้าบีคซี ลาดพร้าว ไปยังห้างสรรพสินค้ายูเนี่ยนมอลล์ ระยะทาง 6.15 กิโลเมตร (ขาเข้า) และจุดจอดรถโดยสารสาธารณะบริเวณห้างสรรพสินค้ายูเนี่ยนมอลล์ไปยังห้างสรรพสินค้า

บึกชี ลาดพร้าว ระยะทาง 6.20 กิโลเมตร (ขาออก) ซึ่งเส้นทางการเดินรถผ่านสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศสถานีตำรวจนครบาลโชคชัย ขึ้นรถประจำทางสาย 8, 96 และ 122 (รูปที่ 3.24)



รูปที่ 3.24 แผนที่เส้นทางที่ 4 ห้างสรรพสินค้ายูเนี่ยนมอลล์-ห้างสรรพสินค้าบึกชี ลาดพร้าว

พื้นที่ศึกษาในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา จำนวน 1 เส้นทาง (รูปที่ 3.25) เส้นทางการเดินรถโดยสารสาธารณะแบบสองแถวจากหน้าห้างสรรพสินค้าเดอะมอลล์ นครราชสีมาไปยังหน้ามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ระยะทาง 5.02 กิโลเมตร (ขาเข้า) และจากหน้ามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมาไปยังหน้าห้างสรรพสินค้าเดอะมอลล์ นครราชสีมา ระยะทาง 5.81 กิโลเมตร (ขาออก) วิ่งผ่านโรงสูบน้ำเสียเทศบาลนครนครราชสีมา ซึ่งเป็นที่ตั้งของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบถาวร ในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา (บริเวณถนนชุมพล ตำบลในเมือง อำเภอเมืองนครราชสีมา) เส้นทางเดินรถสองแถวที่เลือก คือ เส้นทางเดินรถสองแถวสาย 6 (โคกกรวด-จอหอ) (รูปที่ 3.26)



รูปที่ 3.25 แผนที่การเก็บตัวอย่างในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา



รูปที่ 3.26 รถสองแถวสาย 6 (โคกกรวด-จوهอ)

3.3.3 การเก็บตัวอย่างการตรวจวัดฝุ่นละอองและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ตามเวลาจริง

การเก็บตัวอย่างการตรวจวัดฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ทำการตรวจวัดในวันธรรมดาจำนวน 3 วันต่อสัปดาห์ในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร และตรวจวัดจำนวน 2 วันต่อสัปดาห์ในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา โดยแบ่งเป็นช่วงเวลา ได้แก่ ช่วงเร่งด่วนเช้า (07.00-09.00 น.) ช่วงสาย (10.00-11.00 น.) และช่วงเร่งด่วนเย็น (16.00-18.00 น.) วันและเวลาการเก็บตัวอย่าง มีดังต่อไปนี้

(ก) การเก็บตัวอย่างในกรุงเทพมหานคร ทำการตรวจวัดฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ด้วยเครื่องตรวจวัดตามเวลาจริงขณะนั่งบนรถประจำทางแบบธรรมดา จำนวน 4 เส้นทางในวันทำงานปกติเป็นเวลา 3 วัน ช่วงเวลาเร่งด่วนและช่วงเวลาปกติ โดยทำการเก็บข้อมูลเป็นเวลา 8 สัปดาห์ (ตารางที่ 3.4)

ตารางที่ 3.4 รายละเอียดวัน เวลาและเส้นทางการเก็บข้อมูลในพื้นที่กรุงเทพมหานคร

วันที่	เวลา	เส้นทางการเก็บตัวอย่าง
สัปดาห์ที่ 1		
23-25 มกราคม 2561	07.00-09.00 น.	อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ-
	10.00-11.00 น.	ห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัลลาดพร้าว
	16.00-18.00 น.	(สถานีกรมประชาสัมพันธ์ 59T)
สัปดาห์ที่ 2		
30-31 มกราคม และ 1 กุมภาพันธ์ 2561	07.00-09.00 น.	อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ-
	10.00-11.00 น.	ห้างสรรพสินค้าโรบินสันบางรัก
	16.00-18.00 น.	(สถานีโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ 50R)

ตารางที่ 3.4 รายละเอียดวัน เวลาและเส้นทางการเก็บข้อมูลในพื้นที่กรุงเทพมหานคร (ต่อ)

วันที่	เวลา	เส้นทางการเก็บตัวอย่าง
สัปดาห์ที่ 3		
6-8 กุมภาพันธ์ 2561	07.00-09.00 น.	อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ-
	10.00-11.00 น.	ห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัลลาดพร้าว
	16.00-18.00 น.	(สถานีกรมประชาสัมพันธ์ 59T)
สัปดาห์ที่ 4		
13-15 กุมภาพันธ์ 2561	07.00-09.00 น.	อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ-
	10.00-11.00 น.	ห้างสรรพสินค้าโรบินสันบางรัก
	16.00-18.00 น.	(สถานีโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ 50R)
สัปดาห์ที่ 5		
20-22 กุมภาพันธ์ 2561	07.00-09.00 น.	อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ-
	10.00-11.00 น.	ห้างสรรพสินค้าโรบินสันบางรัก
	16.00-18.00 น.	(สถานีโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ 50R)
สัปดาห์ที่ 6		
27-28 กุมภาพันธ์ และ 1 มีนาคม 2561	07.00-09.00 น.	อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ-
	10.00-11.00 น.	การเคหะชุมชนห้วยขวาง
	16.00-18.00 น.	(สถานีการเคหะชุมชนดินแดง 54R)
สัปดาห์ที่ 7		
6-8 มีนาคม 2561	07.00-09.00 น.	ห้างสรรพสินค้ายูเนี่ยนมอลล์-
	10.00-11.00 น.	ห้างสรรพสินค้าบีทีเอส ลาดพร้าว
	16.00-18.00 น.	(สถานีตำรวจนครบาลโชคชัย 53R)
สัปดาห์ที่ 8		
13-15 มีนาคม 2561	07.00-09.00 น.	ห้างสรรพสินค้ายูเนี่ยนมอลล์-
	10.00-11.00 น.	ห้างสรรพสินค้าบีทีเอส ลาดพร้าว
	16.00-18.00 น.	(สถานีตำรวจนครบาลโชคชัย 53R)

(ข) การเก็บข้อมูลในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา ตรวจวัดฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ด้วยเครื่องมือตรวจวัดตามเวลาจริง ขณะเดินทางด้วยรถสองแถวสาย 6 (โคกกรวด-จอหอ) ซึ่งวิ่งผ่านที่ตั้งของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศบริเวณ ถนนชุมพล เก็บตัวอย่าง 2 วัน เป็นเวลา 3 สัปดาห์ ดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 รายละเอียดวัน เวลาและเส้นทางการเก็บข้อมูลในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา

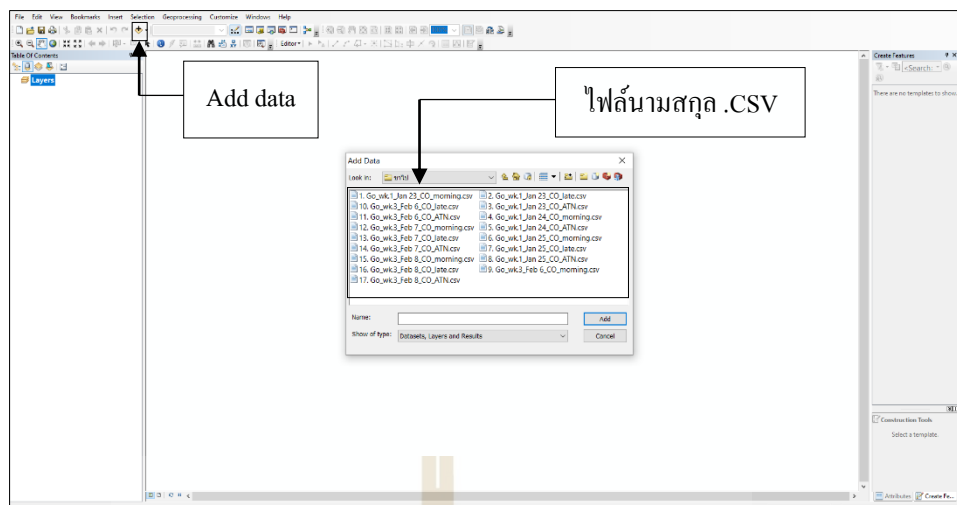
วัน	เวลา	เส้นทางการเก็บตัวอย่าง
สัปดาห์ที่ 1		
21-22 มีนาคม 2561	07.00-09.00 น.	ห้างสรรพสินค้าเดอะมอลล์ นครราชสีมา-
สัปดาห์ที่ 2	10.00-11.00 น.	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
28-29 มีนาคม 2561	16.00-18.00 น.	(สถานีโรงสูบน้ำเสียเทศบาลนคร
สัปดาห์ที่ 3		นครราชสีมา 47T)
4-5 เมษายน 2561		

3.4 การแสดงข้อมูลความเข้มข้นเชิงพื้นที่ของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์

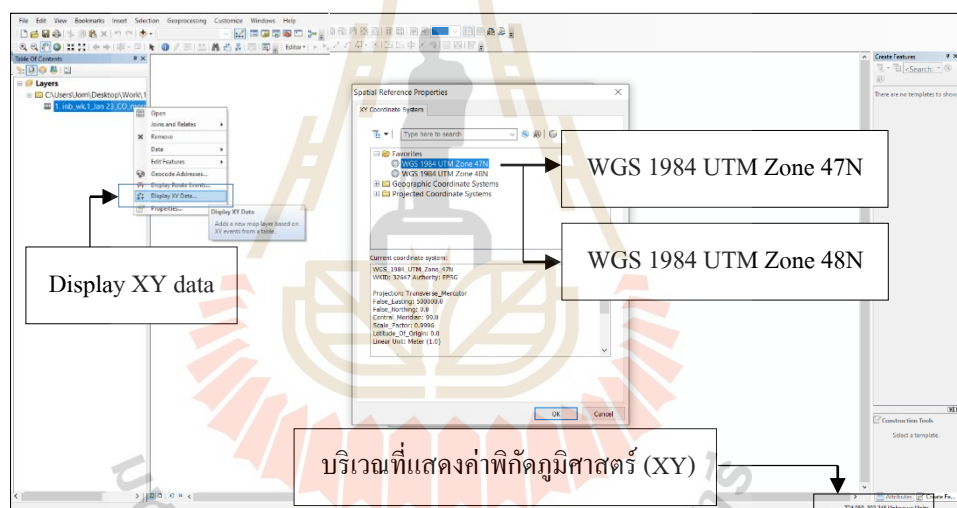
การสร้างแผนที่แสดงความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ได้จากการเก็บตัวอย่างใช้วิธีการสร้างลำดับชั้นของข้อมูล (Classification) เพื่อแสดงความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศทุก 2 วินาทีจากเซ็นเซอร์ตรวจวัดตามเวลาจริง ตลอดเส้นทางการศึกษาด้วยโปรแกรมสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS program) มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. นำเข้าไฟล์การเก็บตัวอย่างในแต่ละเส้นทางด้วยคำสั่ง “Add data” ไฟล์ข้อมูลประกอบด้วย พิกัดแนวราบ (X Y coordinate) ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน และความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์เข้าโปรแกรมสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ด้วยนามสกุล .CSV (Comma delimited) (รูปที่ 3.27)

2. แสดงจุดพิกัดทางแนวราบ (X Y coordinate system) ด้วยคำสั่ง “Display XY data” เลือกระบบพิกัดแบบ Projected coordinate system \rightarrow UTM \rightarrow WGS1984 \rightarrow Northern hemisphere กำหนดระบบพิกัดอ้างอิงมาตรฐาน WGS 1984 UTM Zone 47N และ WGS 1984 UTM Zone 48N เมื่อข้อมูลที่ได้ตรวจวัดในพื้นที่กรุงเทพมหานครและเขตเทศบาลนครนครราชสีมาตามลำดับ (รูปที่ 3.28)



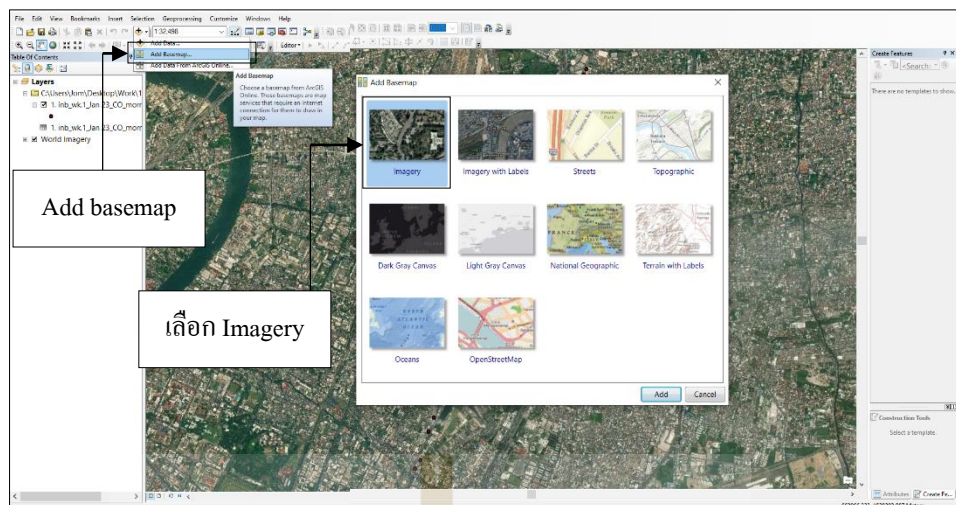
รูปที่ 3.27 การนำเข้าข้อมูลการเก็บตัวอย่างใน โปรแกรมสารสนเทศทางภูมิศาสตร์



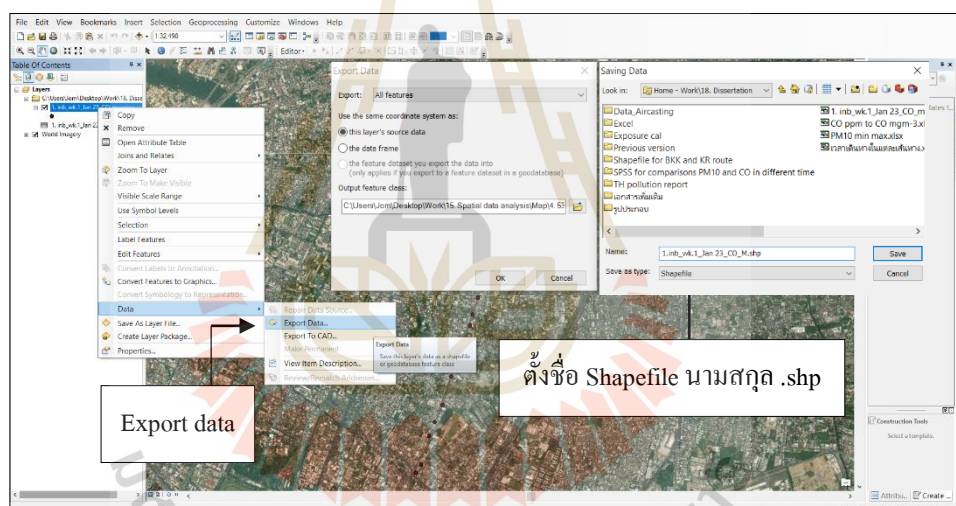
รูปที่ 3.28 การแสดงจุดพิกัดทางแนวราบของข้อมูล

3. นำเข้าแผนที่ฐาน (Basemap) ด้วยคำสั่ง “Add data” เลือกคำสั่ง “Add basemap” แล้วเลือก Basemap แบบ Imagery (รูปที่ 3.29)

4. ส่งออกข้อมูล (Export data) จาก ไฟล์ .CSV เป็น Shapefile นามสกุล .shp เพื่อนำชั้นข้อมูล (Layer) ที่มีลักษณะเป็นจุด (Point) ของข้อมูลนั้นมาแสดงผลใน Data view (รูปที่ 3.30)

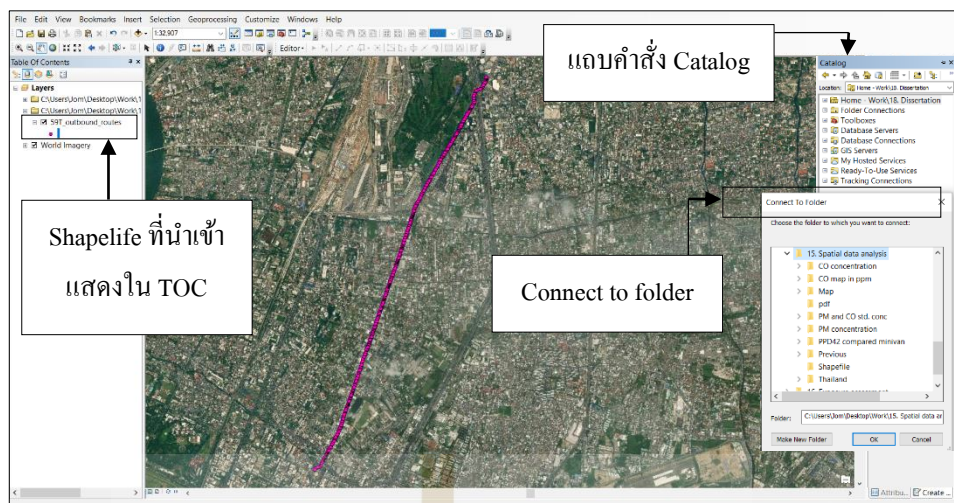


รูปที่ 3.29 การนำเข้าแผนที่ฐานด้วยคำสั่ง Add basemap



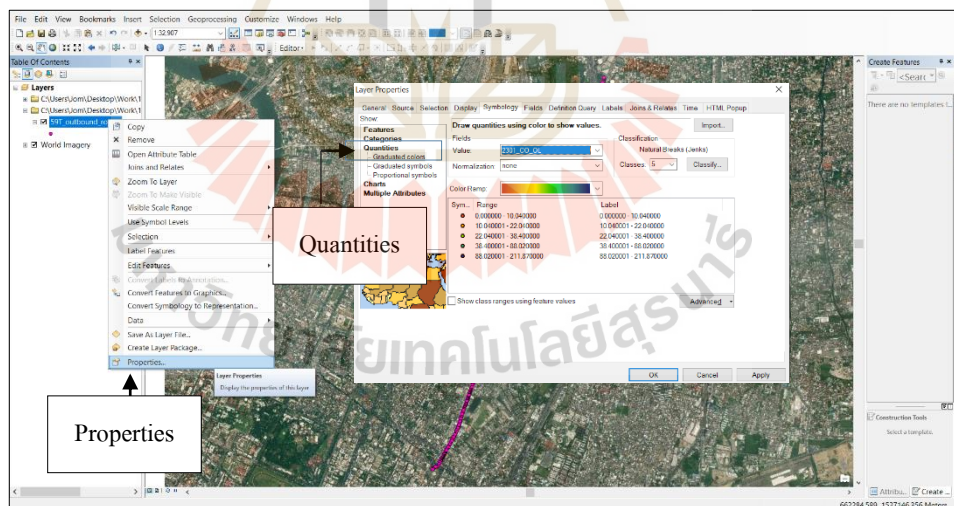
รูปที่ 3.30 การสร้าง Shapefile เพื่อสร้างชั้นข้อมูลแบบจุด

5. นำเข้า Shapefile ที่สร้างขึ้นในขั้นตอนที่ 4 ด้วยแถบคำสั่งกลุ่มของชุดข้อมูล (Catalog) จากนั้นเลือก Connect to folder → Folder ที่สร้างขึ้นเพื่อเก็บ Shapefile → เลือก Shapefile ที่สร้างขึ้น คลิกตกลง จะพบการนำเข้า Shapefile ในสารบัญข้อมูล (Table of content; TOC) (รูปที่ 3.31)



รูปที่ 3.31 การนำเข้า Shapefile แสดงจุดของการเดินทางเก็บตัวอย่าง

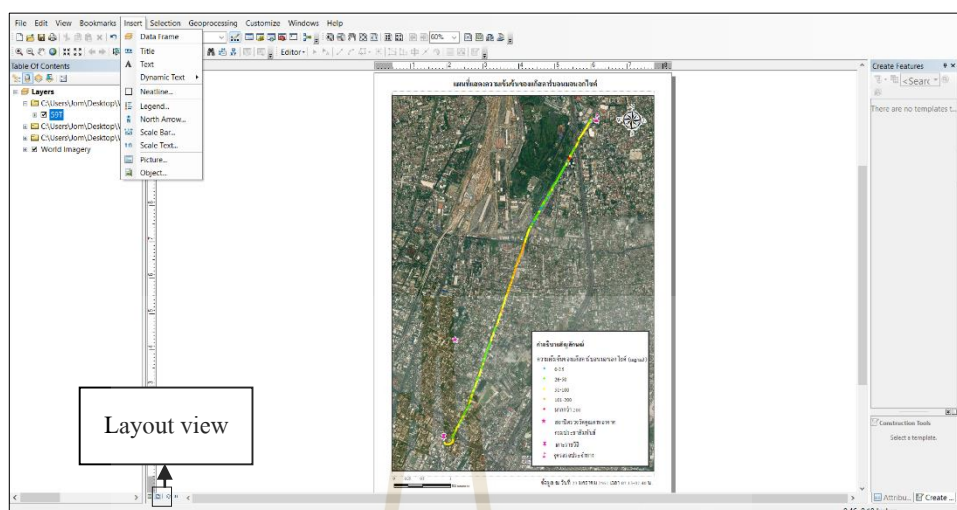
6. สร้างชั้นข้อมูลเพื่อแสดงระดับความเข้มข้นของสารมลพิษจากการเก็บตัวอย่าง เลือกคำสั่ง Properties เลือกแถบคำสั่ง Symbology → Quantities เลือกค่าที่ต้องการแสดงตรงแถบ Value แล้วกำหนดระดับชั้นข้อมูลเพื่อแสดงค่าของข้อมูล (รูปที่ 3.32)



รูปที่ 3.32 การสร้างระดับชั้นของข้อมูล

7. กำหนดช่วงความเข้มข้นของสารมลพิษเพื่อแสดงระดับของมลพิษตามแนวเส้นทางการเก็บตัวอย่าง ไปที่หน้า Layout view เพื่อแสดงแผนที่ เลือกคำสั่ง “Insert” เพื่อเพิ่มรายละเอียดในแผนที่

ได้แก่ ชื่อแผนที่ (Title) คำอธิบายสัญลักษณ์ (Legend) เข็มทิศ (North arrow) และมาตราส่วนแผนที่ (Scale bar) (รูปที่ 3.33)



รูปที่ 3.33 การสร้างแผนที่แสดงระดับความเข้มข้นของสารมลพิษ

3.5 การประเมินการรับสัมผัส

การประเมินการรับสัมผัสใช้ข้อมูลจากการตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ตามเวลาจริงในแต่ละเส้นทางและช่วงเวลาต่าง ๆ ในการคำนวณการรับสัมผัส โดยการประเมินการรับสัมผัสใช้ค่าความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศร่วมกับอัตราการหายใจและระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางดังสมการที่ 3.1

$$\sum E_i = \sum (C_i \times IR \times t) \quad (3.1)$$

- โดยที่ $\sum E_i$ คือ ผลรวมปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (μg) หรือ ผลรวมปริมาณการรับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (mg)
- C_i คือ ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) หรือ ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (mg/m^3)
- IR คือ อัตราการหายใจ (อัตราการหายใจของผู้ใหญ่ขณะทำกิจกรรมที่ออกแรงน้อย มีค่าเท่ากับ $1.10 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{min}$ (U.S. EPA, 2009))
- t คือ เวลาที่ใช้ในการเดินทาง (min)

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.6.1 การวิเคราะห์ข้อมูลจากเครื่องมือตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติใช้โปรแกรม SPSS[®] รุ่น 21.0 ทดสอบการแจกแจงของข้อมูลด้วยสถิติ Shapiro-Wilk เมื่อมีจำนวนข้อมูลไม่เกิน 50 ตัวอย่าง และทดสอบด้วยสถิติแบบ Kolmogorov-Smirnov เมื่อจำนวนข้อมูลมากกว่า 50 ตัวอย่าง ทดสอบความสัมพันธ์ของเครื่องมือด้วยคำสั่ง Correlate หากข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติใช้สถิติ Pearson correlation และใช้สถิติ Spearman correlation เมื่อข้อมูลไม่มีการแจกแจงแบบปกติ และทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากรสองกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (Paired t-test) ในกรณีที่ข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติด้วยคำสั่ง Independent sample t-test ในกรณีที่ข้อมูลไม่เข้าข่ายการแจกแจงแบบปกติจะเลือกใช้สถิติแบบไม่อิงพารามิเตอร์ (Non-parametric) ด้วยสถิติ Wilcoxon signed ranks test และใช้โปรแกรม Microsoft Excel for Window[®] ในการรวบรวมข้อมูล หาค่าต่ำสุด-สูงสุด ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่ามัธยฐานของข้อมูล

3.6.2 การเปลี่ยนความเข้มข้นของฝุ่นละอองและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ให้อยู่ในสภาวะมาตรฐาน

(1) การเปลี่ยนความเข้มข้นของฝุ่นละอองให้อยู่ในสภาวะมาตรฐาน

$$\mu\text{g}/\text{m}^3_{\text{STP}} = \mu\text{g}/\text{m}^3_{\text{sample}} \times \frac{T_{\text{STP}}}{T_{\text{sample}}} \times \frac{P_{\text{sample}}}{P_{\text{STP}}} \quad (3.2)$$

กำหนดให้ $\mu\text{g}/\text{m}^3_{\text{STP}}$ คือ ความเข้มข้นของฝุ่นละอองที่สภาวะมาตรฐาน
ในหน่วยไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

$\mu\text{g}/\text{m}^3_{\text{sample}}$ คือ ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขณะเก็บตัวอย่าง
ในหน่วยไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

T_{STP} คือ อุณหภูมิที่สภาวะมาตรฐาน (273.15 K)

T_{sample} คือ อุณหภูมิที่เก็บตัวอย่าง (K)

P_{STP} คือ ความดันบรรยากาศที่สภาวะมาตรฐาน (760 mmHg)

P_{sample} คือ ความดันบรรยากาศขณะเก็บตัวอย่าง (mmHg)

(2) การเปลี่ยนความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ให้อยู่ในสภาวะมาตรฐาน

$$\text{mg/m}^3 = \text{ppm} \times \text{MW} \times \frac{1}{22.4} \times \frac{T_{\text{STP}}}{T_{\text{sample}}} \times \frac{P_{\text{sample}}}{P_{\text{STP}}} \quad (3.3)$$

กำหนดให้	mg/m^3	คือ ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่สภาวะมาตรฐานในหน่วยมิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
	ppm	คือ ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ขณะเก็บตัวอย่างในหน่วยส่วนในล้านส่วน
	MW	คือ น้ำหนักโมเลกุลของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์
	T_{STP}	คือ อุณหภูมิที่สภาวะมาตรฐาน (273.15 K)
	T_{sample}	คือ อุณหภูมิที่เก็บตัวอย่าง (K)
	P_{STP}	คือ ความดันบรรยากาศที่สภาวะมาตรฐาน (760 mmHg)
	P_{sample}	คือ ความดันบรรยากาศขณะเก็บตัวอย่าง (mmHg)

(3) การเปลี่ยนหน่วยของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์จากหน่วย ppm เป็น mg/m^3

$$\text{mg/m}^3 = \frac{\text{ppm} \times \text{MW}}{24.45} \quad (3.4)$$

กำหนดให้	mg/m^3	คือ ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในหน่วยมิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
	ppm	คือ ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในหน่วยส่วนในล้านส่วน
	MW	คือ น้ำหนักโมเลกุลของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์
	24.45	คือ ปริมาตรในหน่วยลิตรของแก๊สใด ๆ 1 กรัมต่อโมเลกุลที่ความดัน 760 mmHg และอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและการอภิปรายผล

การศึกษานี้จัดทำเครื่องมือตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์แบบพกพา และทดสอบเครื่องมือที่สร้างขึ้นก่อนนำไปใช้ประเมินการได้รับสัมผัสสารมลพิษทั้งสองชนิดขณะเดินทางด้วยรถโดยสารสาธารณะแบบเปิดโล่งในพื้นที่ของกรุงเทพมหานคร และเทศบาลนครนครราชสีมา ผลการศึกษามีรายละเอียดดังนี้

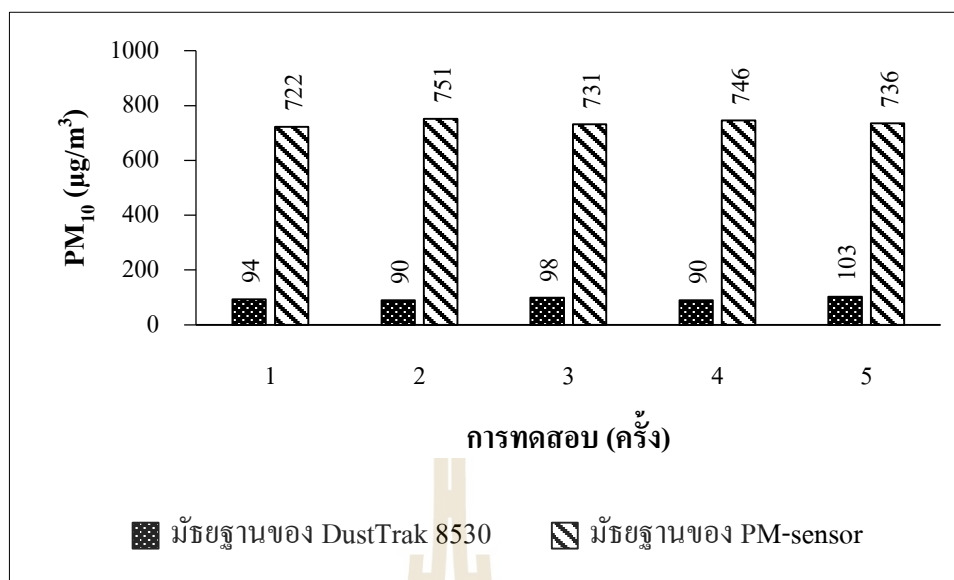
4.1 การทดสอบเครื่องมือตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่นละอองและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์

การทดสอบเครื่องมือตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์เป็นการเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นที่ตรวจวัดจากเซ็นเซอร์ขนาดเล็กของเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษานี้กับเครื่องมือที่มีการผลิตออกจำหน่ายเพื่อประเมินระดับความแตกต่างและนำค่าปรับแก้มาใช้กับเครื่องมือที่สร้างขึ้น

4.1.1 การทดสอบเครื่องมือตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน

การทดสอบเครื่องมือตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนใช้เครื่อง DustTrak™ 8530 (TSI Inc., USA) เป็นเครื่องมืออ้างอิงกับเครื่องมือที่สร้างขึ้นซึ่งใช้เซ็นเซอร์ขนาดเล็ก คือ Particle sensor model PPD42NS (Shinyei, USA) ทดสอบโดยการนำเครื่อง DustTrak™ 8530 และเซ็นเซอร์แบบพกพาวางไว้บริเวณที่วางของบนรถสองแถวขณะเดินทางในเขตเทศบาลนครนครราชสีมาเพื่อจำลองการเก็บตัวอย่างจริง

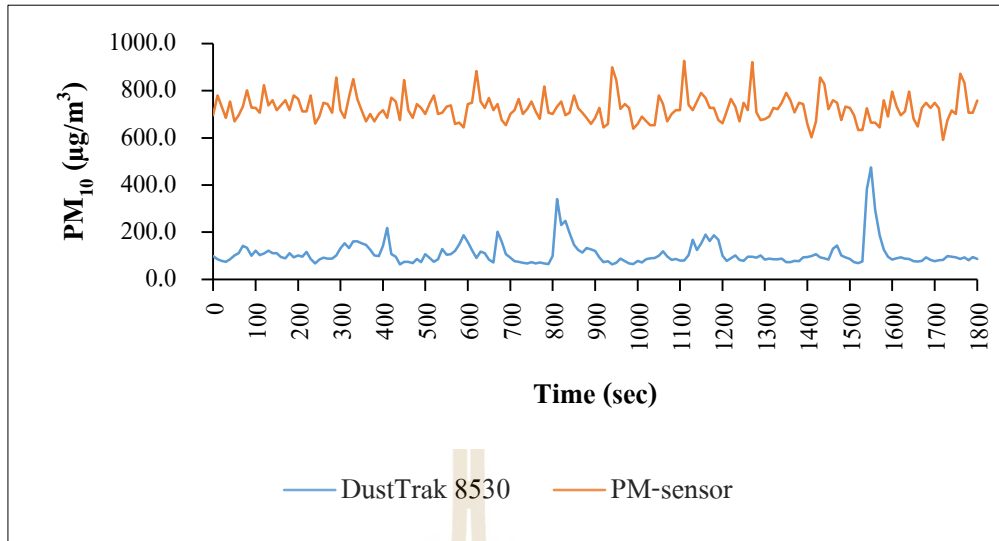
ผลการทดสอบเครื่องมือตรวจวัดฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนด้วยเครื่อง DustTrak™ 8530 และเซ็นเซอร์แบบพกพา พบว่าค่ามัธยฐานความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนของเครื่องมือทั้งสองชนิดแตกต่างกันอย่างสม่ำเสมอในการทดสอบซ้ำ 5 ครั้ง ดังแสดงในรูปที่ 4.1 (ข้อมูลการทดสอบแสดงในตาราง ก.1 ของภาคผนวก ก) ค่ามัธยฐานของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนจากการทดสอบ 5 ครั้งมีค่าเท่ากับ 629, 661, 633, 656 และ 624 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ตามลำดับ



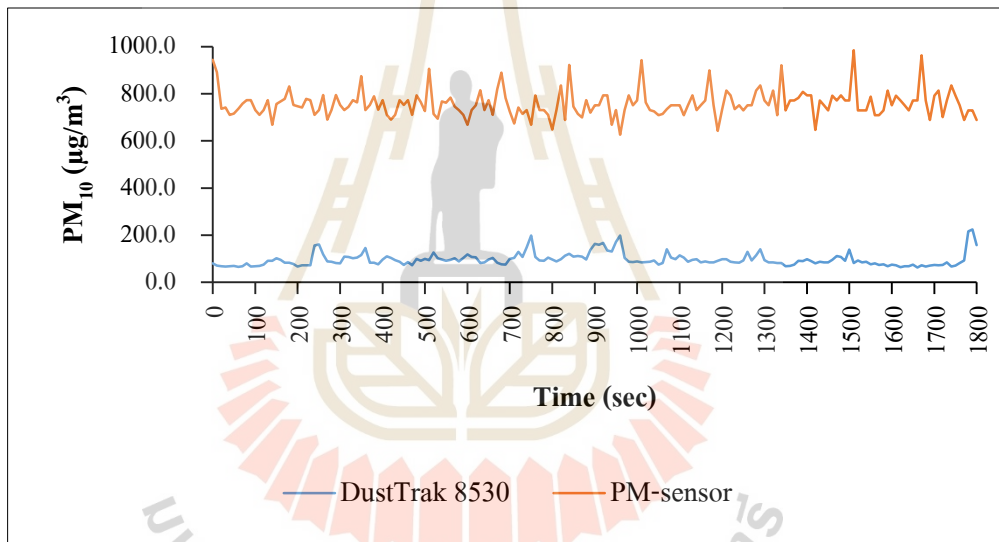
รูปที่ 4.1 มัลฐานความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนจากการตรวจวัดด้วยเครื่อง DustTrak™ 8530 และเซ็นเซอร์แบบพกพา

เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ Wilcoxon Signed Ranks Test พบว่า ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนจากการตรวจวัดด้วยเครื่อง DustTrak™ 8530 และเซ็นเซอร์แบบพกพาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ ก.2 ของภาคผนวก ก) แสดงให้เห็นว่าเครื่อง DustTrak™ 8530 และเซ็นเซอร์แบบพกพาไม่สามารถเปรียบเทียบกันได้ใน การตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนรายวินาที (รูปที่ 4.2) อาจเป็นผลจากหลักการทํางานของเครื่องมือที่แตกต่างกัน ทำให้ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนจากเครื่องมือทั้งสอง ณ ขณะใด ๆ มีค่าต่างกัน (Holstius et al., 2014) โดยเครื่อง DustTrak™ 8530 ใช้หลักการตรวจวัดแสงที่มอดกกระทบกับอนุภาคในอากาศ ด้วยการใช้อัลตราแสงเลเซอร์ในเครื่องส่องผ่านอนุภาคแล้วแสงที่มอดกกระทบจะถูกรวบรวมและแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงแล้วรายงานออกมาเป็นขนาดและจำนวนของอนุภาค ในขณะที่เซ็นเซอร์แบบพกพาใช้หลักการความร้อนจากตัวต้านทานทำให้เกิดกระแสอากาศนำอนุภาคเข้ามาที่ชุดตรวจวัดผ่านแสงอินฟราเรดและเกิดการกระเจิงแสงไปยังโฟโตทรานซิสเตอร์ เมื่อเซ็นเซอร์ตรวจเจออนุภาคจะเกิดสัญญาณหายเป็นช่วง ๆ เป็นพัลส์ลบ (Low pulse occupancy; LPO) จำนวนของอนุภาคได้จากการเขียนโค้ดโปรแกรมแปลงสัญญาณ LPO (สาคร ปันตา และคณะ, 2561) ทำให้การใช้ข้อมูลรายวินาทีไม่เหมาะสมกับการตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนด้วยเครื่องมือที่ทํารุ่น

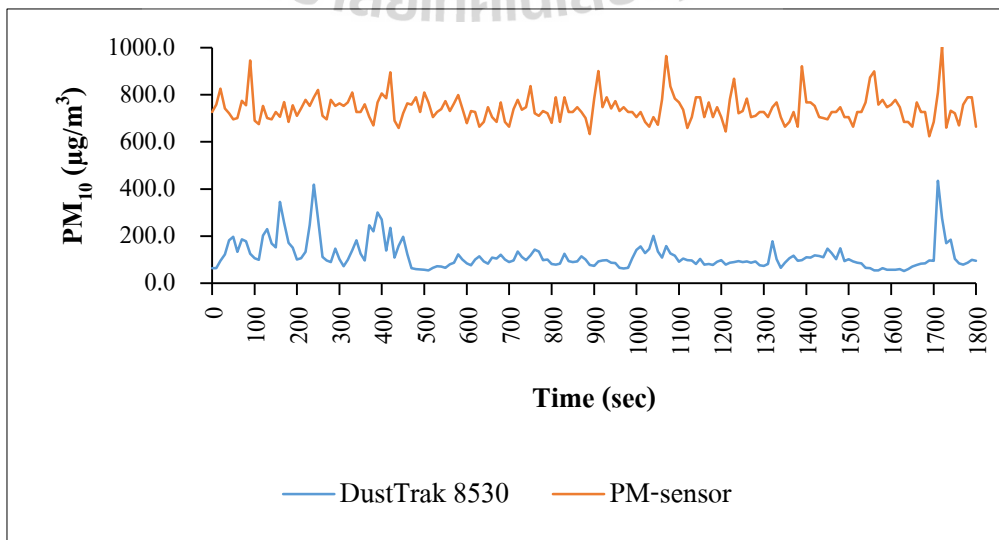
(ก)



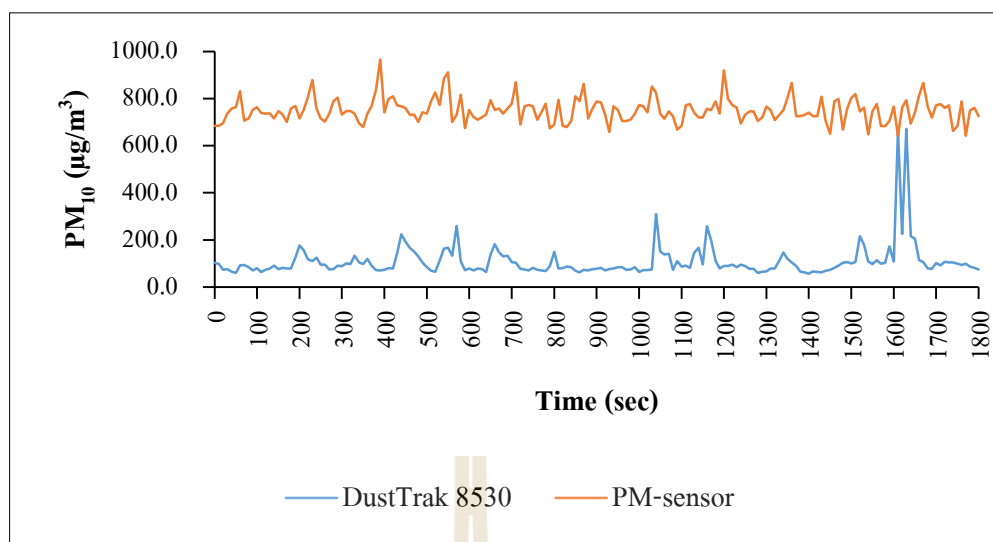
(ข)



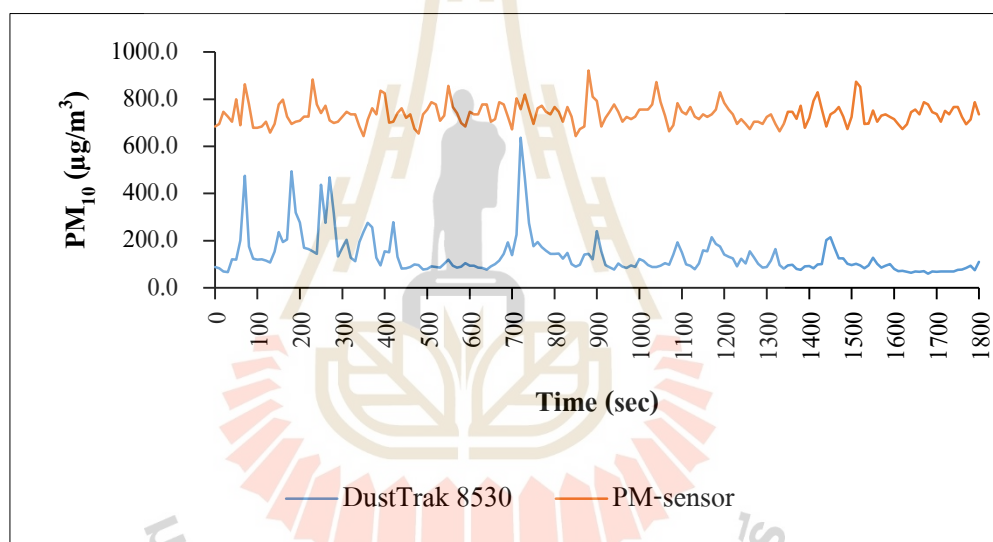
(ค)



(ง)



(จ)



รูปที่ 4.2 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนจากการตรวจวัดด้วยเครื่อง

DustTrak™ 8530 และเซ็นเซอร์แบบพกพา ณ ระยะเวลาใด ๆ (ก) การทดสอบครั้งที่ 1 (ข) การทดสอบครั้งที่ 2 (ค) การทดสอบครั้งที่ 3 (ง) การทดสอบครั้งที่ 4 (จ) การทดสอบครั้งที่ 5

เมื่อทดสอบปริมาณของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนรวมที่ตรวจวัดได้ในแต่ละรอบของการทดสอบ พบว่า เซ็นเซอร์แบบพกพาให้ผลรวมความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนตลอดช่วงที่ตรวจวัดสูงกว่าเครื่อง DustTrak™ 8530 ในระดับ 111,657, 119,762, 113,070, 116,025 และ 108,880 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.1)

ตารางที่ 4.1 ผลรวมความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนจากการทดสอบ 5 ครั้ง

การทดสอบ	เครื่องมือ	ผลรวมความเข้มข้นของ PM ₁₀ (µg/m ³)
1	DustTrak™ 8530	19,774
	PM-sensor	131,431
2	DustTrak™ 8530	17,487
	PM-sensor	137,250
3	DustTrak™ 8530	21,163
	PM-sensor	134,233
4	DustTrak™ 8530	19,716
	PM-sensor	135,741
5	DustTrak™ 8530	24,673
	PM-sensor	133,553

การวิเคราะห์ข้อมูลของเครื่องมือทั้งสองชนิดแสดงให้เห็นว่าผลรวมความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนที่ตรวจวัดด้วยเครื่องมือทั้งสองชนิดมีค่าต่างกัน ผู้วิจัยจึงนำค่ามัธยฐานของผลต่างความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนจากเครื่อง DustTrak™ 8530 และเซ็นเซอร์แบบพกพามาใช้ในการปรับค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนโดยการนำมาลบออกจากค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนที่ตรวจวัดด้วยเซ็นเซอร์แบบพกพา ค่ามัธยฐานของผลต่างความเข้มข้นของฝุ่นละอองจากเครื่องมือทั้งสองชนิดมีค่าระหว่าง 615-664 µg/m³ (ตารางที่ 4.2)

ตารางที่ 4.2 มัธยฐานของผลต่างความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนจากเครื่อง DustTrak™ 8530 และเซ็นเซอร์แบบพกพา

การทดสอบ	มัธยฐานของผลต่างความเข้มข้น PM ₁₀ (µg/m ³)
1	621
2	664
3	632
4	652
5	615

เมื่อปรับค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนของการทดสอบแต่ละครั้ง ด้วยค่ามัธยฐานของการทดสอบนั้น ๆ พบว่า ผลรวมความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนของการทดสอบแต่ละครั้งมีค่าต่างกันลดลง เท่ากับ 602, 343, 1,313, 1,966 และ 2,459 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.3) และเมื่อวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้เครื่องมือทางสถิติ Wilcoxon Signed Ranks Test พบว่า การใช้ค่าปรับแก้มาช่วยทำให้ผลรวมความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนจากการตรวจวัดด้วยเครื่อง DustTrak™ 8530 และเซ็นเซอร์แบบพกพาไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) (ข้อมูลการทดสอบแสดงในตารางที่ ก.4 ของภาคผนวก ก)

ตารางที่ 4.3 ผลรวมความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนจากการทดสอบเครื่องมือ หลังการปรับค่าด้วยมัธยฐาน

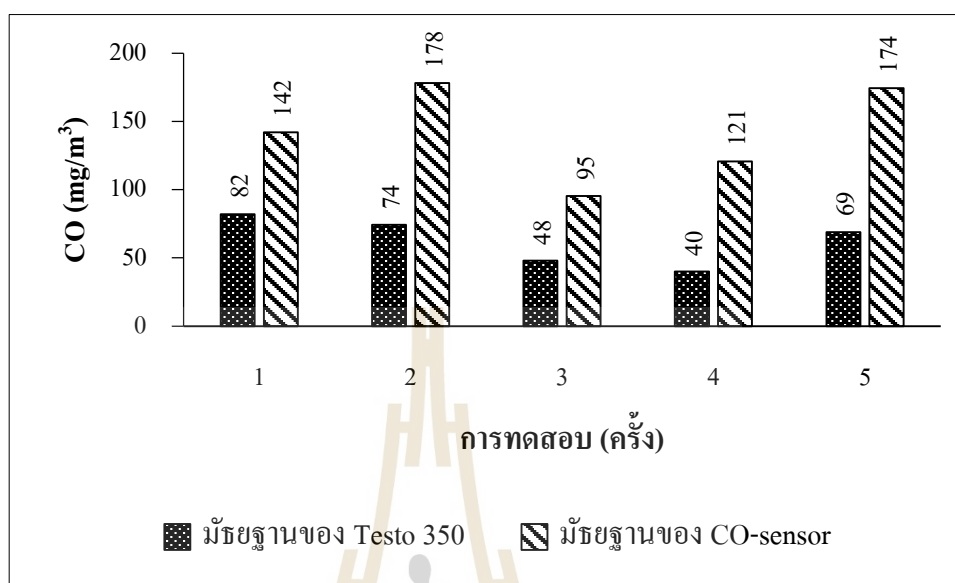
การทดสอบ	เครื่องมือ	ผลรวมความเข้มข้นของ PM_{10} จากการปรับค่า ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	DustTrak™ 8530	19,774
	PM-sensor	19,172
2	DustTrak™ 8530	17,487
	PM-sensor	17,144
3	DustTrak™ 8530	21,163
	PM-sensor	19,850
4	DustTrak™ 8530	19,716
	PM-sensor	17,750
5	DustTrak™ 8530	24,673
	PM-sensor	22,214

4.1.2 การทดสอบเครื่องมือตรวจวัดความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์

การทดสอบเครื่องมือตรวจวัดความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในการศึกษานี้ใช้เครื่อง Testo® 350 (Testo SE & Co. KGaA, Germany) เป็นเครื่องมืออ้างอิงกับเครื่องมือตรวจวัดความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ด้วยเซ็นเซอร์ Digital gas sensor - Carbon monoxide (SPEC Sensors LLC, USA) โดยเป็นการทดสอบความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์จากการจำลองการเผาไหม้เศษหญ้าแห้ง

ผลการทดสอบเครื่องมือตรวจวัดแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ด้วยเครื่อง Testo® 350 และเซ็นเซอร์แบบพกพา พบว่า ค่ามัธยฐานความเข้มข้นแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ของเครื่องมือทั้งสองชนิดมีค่าแตกต่างกัน (ข้อมูลการทดสอบแสดงในตารางที่ ก.5 ภาคผนวก ก) ดังข้อมูลแสดงในรูปที่ 4.3

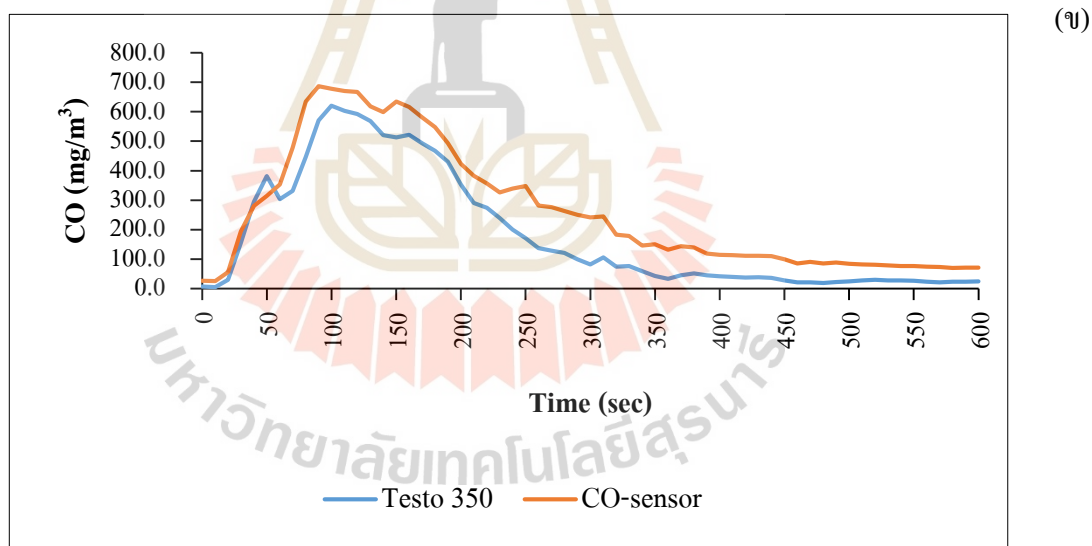
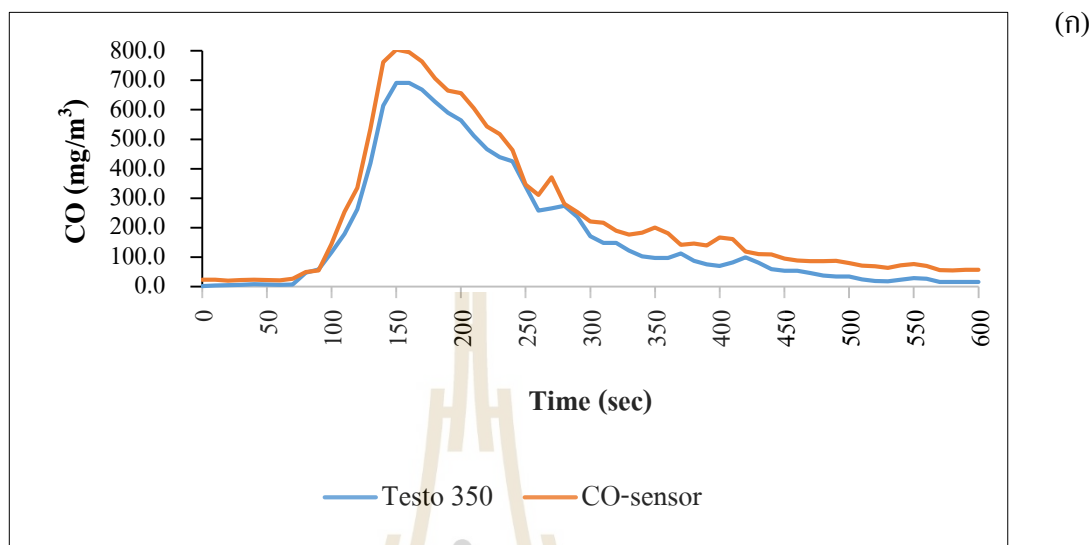
ค่ามัธยฐานของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์จากการทดสอบ 5 ครั้ง มีค่าต่างกันเท่ากับ 60, 104, 47, 81 และ 106 mg/m³ ตามลำดับ



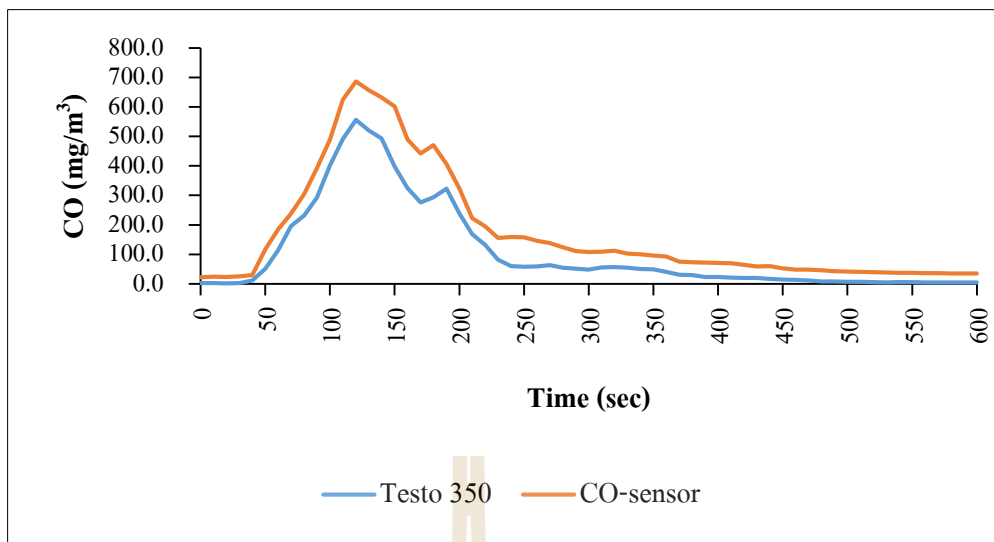
รูปที่ 4.3 มัธยฐานความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์จากการตรวจวัดด้วยเครื่อง Testo[®] 350 และเซ็นเซอร์แบบพกพา

เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ Wilcoxon Signed Ranks Test พบว่า ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์จากการตรวจวัดด้วยเครื่อง Testo[®] 350 และเซ็นเซอร์แบบพกพาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ข้อมูลการทดสอบแสดงในตารางที่ ก.6 ภาคผนวก ก) แสดงให้เห็นว่าเครื่อง Testo[®] 350 และเซ็นเซอร์แบบพกพาไม่สามารถเปรียบเทียบกันได้ ณ ขณะใด ๆ ของการอ่านค่าความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์รายวินาที (รูปที่ 4.4) แม้เครื่องมือทั้งสองชนิดใช้เซ็นเซอร์ทางเคมีไฟฟ้า (Electrochemical sensor) แต่ให้ผลแตกต่างโดยเครื่อง Testo[®] 350 ประกอบด้วยเซ็นเซอร์และเครื่องวิเคราะห์แก๊สภายในเครื่อง บีมทำหน้าที่ดูดแก๊สผ่านหัวเก็บตัวอย่าง (Probe) มาตามช่องเก็บแก๊สแล้วส่งต่อไปยังเซ็นเซอร์และเครื่องวิเคราะห์ที่ติดตั้งในเครื่องมือเพื่อวิเคราะห์ความเข้มข้นของแก๊ส (Cena et al., 2010) และมีความแม่นยำในการวัด เท่ากับ ± 5 ppm CO (0-199 ppm CO) และ $\pm 5\%$ of mv (200-2000 ppm CO) (Testo SE & Co. KGaA, 2017) ขณะที่โครงสร้างภายในเซ็นเซอร์ตรวจวัดแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์แบบพกพาประกอบด้วยสารอิเล็กโทรไลต์ทำปฏิกิริยากับแก๊สที่ผ่านเข้าตัวเซ็นเซอร์ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าที่เป็นบวกและลบ โดยกระแสไฟฟ้าที่ได้สัมพันธ์กับความเข้มข้นของแก๊สที่แพร่เข้าไปยังหัววัด (วิรัชชา เครือฟู, 2560) และมีค่าความแม่นยำในการตรวจวัด

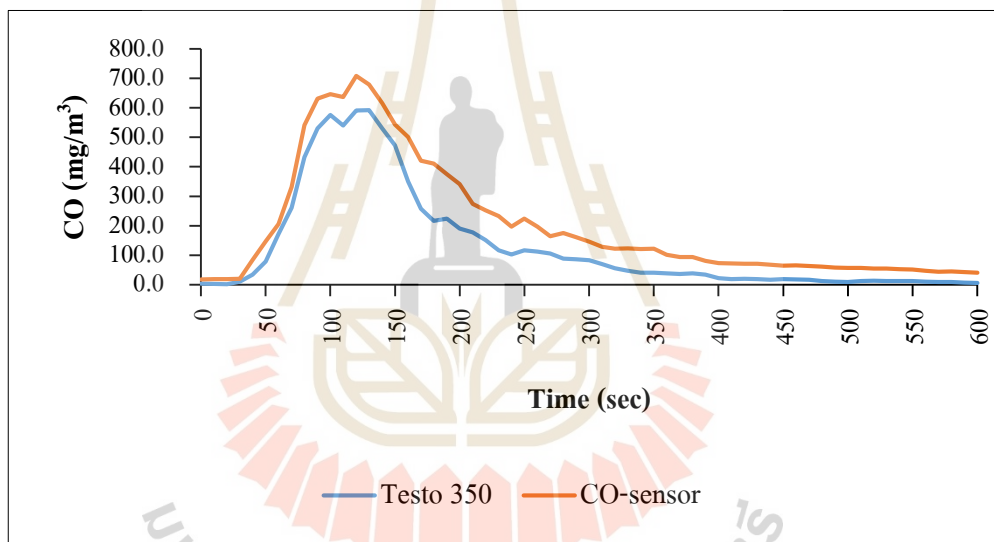
ร้อยละ 15 ของการตรวจวัด (SPEC Sensors LLC, 2017) ทำให้การใช้ข้อมูลรายวินาทีไม่เหมาะสมกับการตรวจวัดความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ด้วยเครื่องมือที่ทำขึ้น

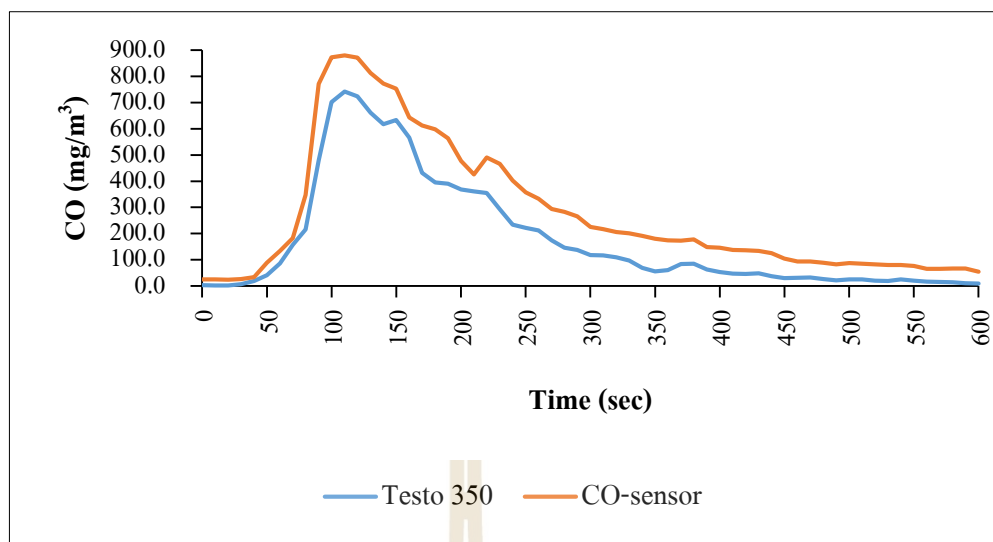


(ก)



(ข)





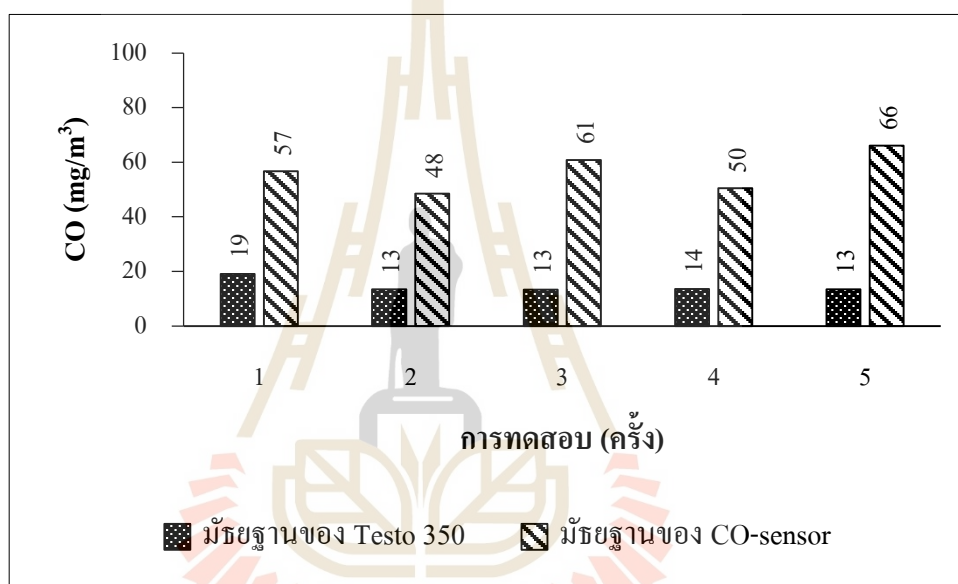
รูปที่ 4.4 ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์จากการตรวจวัดด้วยเครื่อง Testo® 350 และ เซ็นเซอร์แบบพกพา ณ ขณะใด ๆ (ก) การทดสอบครั้งที่ 1 (ข) การทดสอบครั้งที่ 2 (ค) การทดสอบครั้งที่ 3 (ง) การทดสอบครั้งที่ 4 (จ) การทดสอบครั้งที่ 5

เมื่อทดสอบปริมาณของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์รวมทั้งที่ตรวจวัดได้ในแต่ละรอบของการทดสอบ พบว่า ผลรวมความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ตรวจวัดด้วยเซ็นเซอร์ให้ค่าสูงกว่าเครื่อง Testo® 350 เท่ากับ 3,232, 4,857, 3,907, 4,232 และ 5,874 mg/m³ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.4)

ตารางที่ 4.4 ผลรวมความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์จากการทดสอบ 5 ครั้ง

การทดสอบ	เครื่องมือ	ผลรวมความเข้มข้นของ CO (mg/m ³)
1	Testo® 350	10,796
	CO-sensor	14,028
2	Testo® 350	11,066
	CO-sensor	15,923
3	Testo® 350	6,599
	CO-sensor	10,505
4	Testo® 350	7,882
	CO-sensor	12,114
5	Testo® 350	10,795
	CO-sensor	16,669

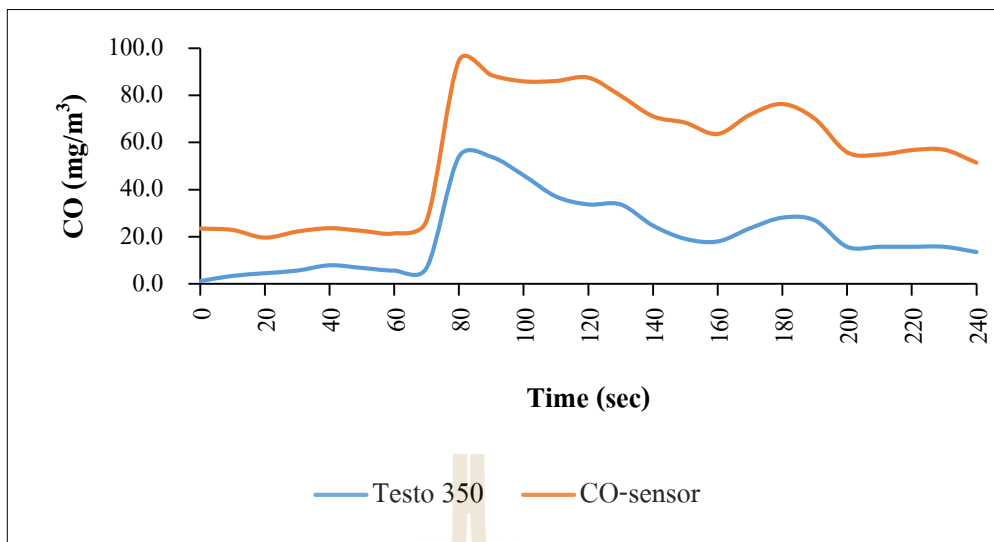
ข้อมูลงานวิจัยเกี่ยวกับการตรวจวัดความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ขณะเดินทางในเขตเมือง พบว่า ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์อยู่ในระดับต่ำ (Georgoulis et al., 2002; Kaur et al., 2007; Huang et al., 2012) ใน การศึกษา นี้ จึง ใช้ ข้อมูล ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์จากการทดสอบในช่วงความเข้มข้นไม่เกิน 100 mg/m^3 มาวิเคราะห์ผล พบว่าค่ามัธยฐานความเข้มข้นแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในช่วงความเข้มข้นไม่เกิน 100 mg/m^3 ของเครื่อง Testo[®] 350 และเซ็นเซอร์แบบพกพามีค่าแตกต่างกัน ดังข้อมูลแสดงในรูปที่ 4.5 (ข้อมูลการทดสอบแสดงในตารางที่ ก.9 ของภาคผนวก ก) ค่ามัธยฐานของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในช่วงความเข้มข้นไม่เกิน 100 mg/m^3 จากการทดสอบ 5 ครั้ง มีค่าต่างกันเท่ากับ 38, 35, 48, 37 และ 53 mg/m^3 ตามลำดับ



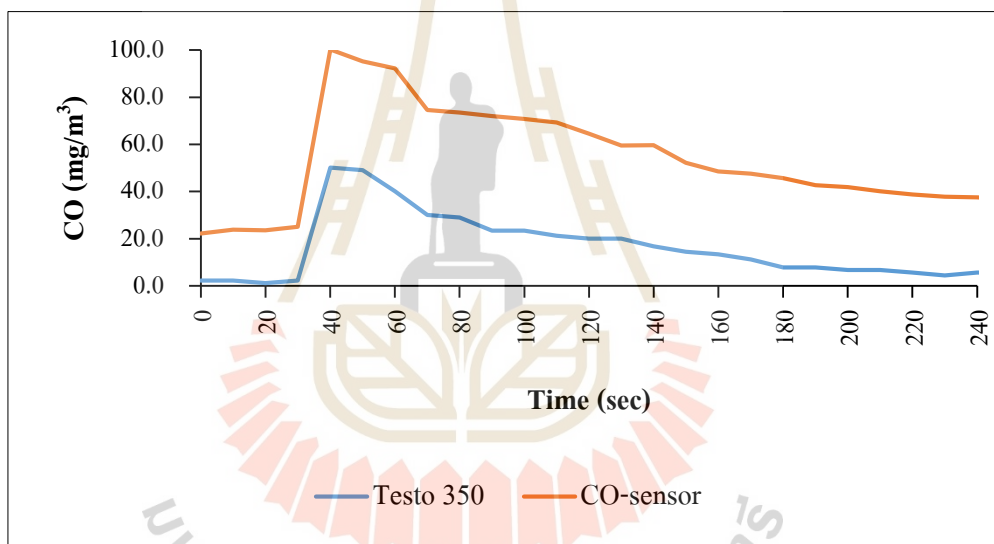
รูปที่ 4.5 มัธยฐานความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในช่วงความเข้มข้นไม่เกิน 100 mg/m^3 จากการตรวจวัดด้วยเครื่อง Testo[®] 350 และเซ็นเซอร์แบบพกพา

เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ Wilcoxon Signed Ranks Test พบว่า ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในช่วงความเข้มข้นไม่เกิน 100 mg/m^3 จากการตรวจวัดด้วยเครื่อง Testo[®] 350 และเซ็นเซอร์แบบพกพาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ข้อมูลการทดสอบแสดงในตาราง ก.10 ภาคผนวก ก) แสดงให้เห็นว่าเครื่อง Testo[®] 350 และเซ็นเซอร์แบบพกพาไม่สามารถเปรียบเทียบกันได้ ณ ขณะใด ๆ ของการอ่านค่าความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในช่วงความเข้มข้นไม่เกิน 100 mg/m^3 รายวินาที (รูปที่ 4.6)

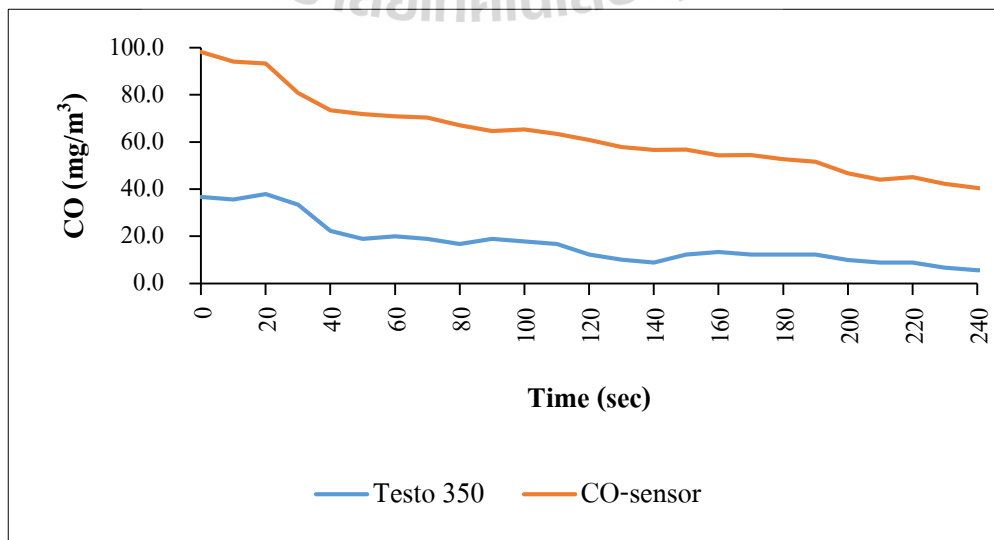
(ก)

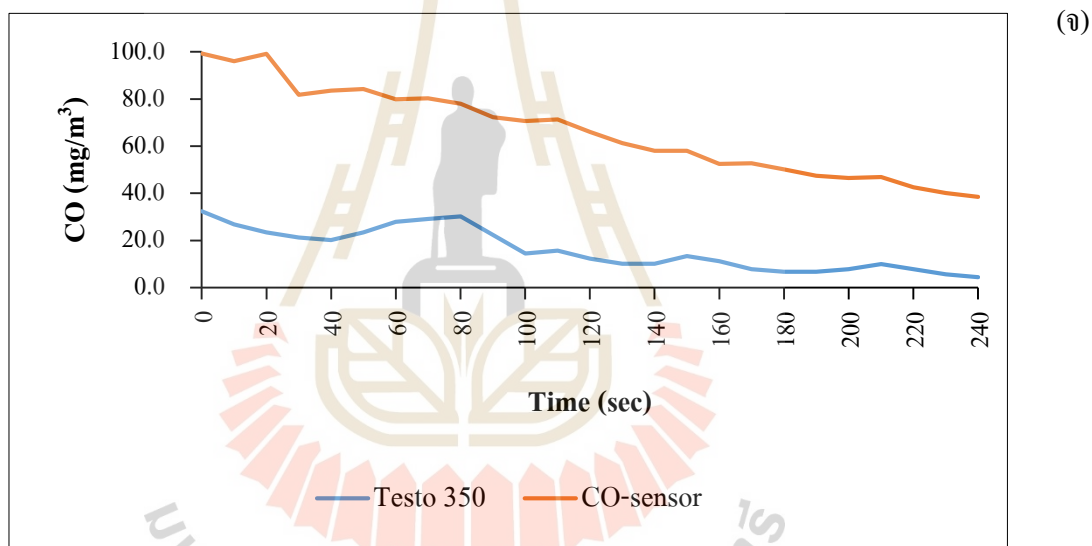
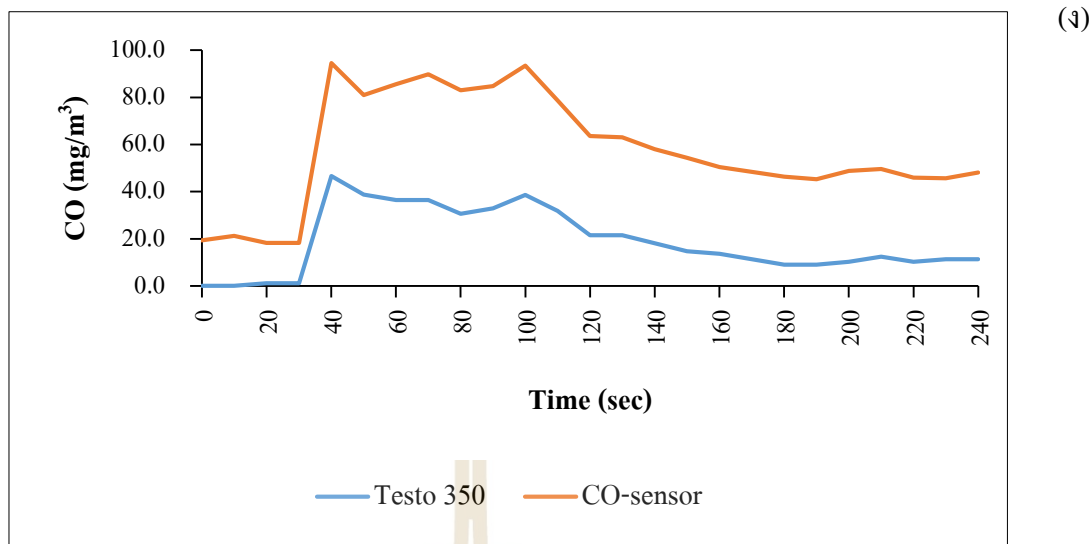


(ข)



(ค)





รูปที่ 4.6 ความเข้มข้นของ CO ในช่วงความเข้มข้นไม่เกิน 100 mg/m^3 จากการตรวจวัดด้วยเครื่อง Testo[®] 350 และเซ็นเซอร์แบบพกพา ณ ขณะใด ๆ (ก) การทดสอบครั้งที่ 1 (ข) การทดสอบครั้งที่ 2 (ค) การทดสอบครั้งที่ 3 (ง) การทดสอบครั้งที่ 4 (จ) การทดสอบครั้งที่ 5

เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลผลรวมของปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในช่วงความเข้มข้นไม่เกิน 100 mg/m^3 ที่ตรวจวัดได้ในแต่ละรอบของการทดสอบ พบว่า ผลรวมความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ตรวจวัดด้วยเซ็นเซอร์ให้ค่าสูงกว่าเครื่อง Testo[®] 350 เท่ากับ 771, 942, 1,150, 967 และ $1,257 \text{ mg/m}^3$ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.5)

ตารางที่ 4.5 ผลรวมความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในช่วงความเข้มข้นไม่เกิน 100 mg/m³ จากการทดสอบ 5 ครั้ง

การทดสอบ	เครื่องมือ	ผลรวมความเข้มข้นของ CO (mg/m ³)
1	Testo [®] 350	616
	CO-sensor	1,387
2	Testo [®] 350	415
	CO-sensor	1,357
3	Testo [®] 350	427
	CO-sensor	1,577
4	Testo [®] 350	469
	CO-sensor	1,436
5	Testo [®] 350	401
	CO-sensor	1,657

การทดสอบเครื่องมือแสดงให้เห็นว่าผลรวมความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในช่วงความเข้มข้นไม่เกิน 100 mg/m³ ที่ตรวจวัดด้วยเครื่องมือทั้งสองชนิดมีค่าต่างกัน ผู้วิจัยจึงนำค่ามัธยฐานของผลต่างความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในช่วงความเข้มข้นไม่เกิน 100 mg/m³ จากเครื่อง Testo[®] 350 และเซ็นเซอร์แบบพกพามาใช้ในการปรับค่าความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ โดยการนำผลต่างจากค่าความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ตรวจวัดด้วยเซ็นเซอร์แบบพกพา ค่ามัธยฐานของผลต่างความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในช่วง ความเข้มข้นไม่เกิน 100 mg/m³ จากเครื่องมือทั้งสองชนิดมีค่าระหว่าง 38-50 mg/m³ (ตารางที่ 4.6)

ตารางที่ 4.6 มัธยฐานของผลต่างความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในช่วงความเข้มข้นไม่เกิน 100 mg/m³ จากเครื่อง Testo[®] 350 และเซ็นเซอร์แบบพกพา

การทดสอบ	มัธยฐานของผลต่างความเข้มข้น CO (mg/m ³)
1	40
2	38
3	47
4	39
5	50

ตารางที่ 4.7 ผลรวมความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในช่วงความเข้มข้นไม่เกิน 100 mg/m³ จากการทดสอบเครื่องมือหลังการปรับค่าด้วยมาตรฐาน

การทดสอบ	เครื่องมือ	ผลรวมความเข้มข้นของ CO จากการปรับค่า (mg/m ³)
1	Testo [®] 350	616
	CO-sensor	528
2	Testo [®] 350	415
	CO-sensor	471
3	Testo [®] 350	427
	CO-sensor	410
4	Testo [®] 350	469
	CO-sensor	548
5	Testo [®] 350	401
	CO-sensor	445

ข้อมูลจากการทดสอบส่วนใหญ่ พบว่า ผลรวมความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ในช่วงความเข้มข้นไม่เกิน 100 mg/m³ ที่ได้จากเซ็นเซอร์แบบพกพามีค่าสูงกว่าเครื่อง Testo[®] 350 โดยจากการทดสอบ 5 ครั้ง มีค่าสูงกว่าถึง 3 ครั้ง เมื่อปรับค่าความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ในช่วงความเข้มข้นไม่เกิน 100 mg/m³ ของการทดสอบแต่ละครั้งด้วยค่ามาตรฐานของการทดสอบนั้น ๆ พบว่า ผลรวมความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในช่วงความเข้มข้นไม่เกิน 100 mg/m³ มีค่าต่างกันเท่ากับ 87, 56, 17, 80 และ 44 mg/m³ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.7) และเมื่อวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ เครื่องมือทางสถิติ Wilcoxon Signed Ranks Test พบว่า ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ในช่วงความเข้มข้นไม่เกิน 100 mg/m³ จากการตรวจวัดด้วยเครื่อง Testo[®] 350 และเซ็นเซอร์แบบพกพา ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) (ข้อมูลการทดสอบแสดงในตาราง ก.12 ของ ภาคผนวก ก) และความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในช่วงความเข้มข้นไม่เกิน 100 mg/m³ จากเครื่องมือทั้งสองมีแนวโน้มและทิศทางไปทางเดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.6 ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of determination; R²) ในระดับสูง (0.82-0.95)

4.2 เจ็อนไขการนำเครื่องมือตรวจวัดแบบพกพาไปเก็บข้อมูลภาคสนามและการปรับใช้ ข้อมูลผลการตรวจวัดตามเวลาจริง

การนำเครื่องมือตรวจวัดฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ แบบพกพาที่สร้างขึ้นในการศึกษานี้ไปเก็บข้อมูลภาคสนามควรเปิดเครื่องก่อนใช้งานอย่างน้อย

เป็นเวลา 15 นาทีเพื่อไล่ความชื้นออกจากเซ็นเซอร์และรายงานผลการตรวจวัดตามเวลาจริง โดยมีเงื่อนไขและรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.2.1 การนำเครื่องมือตรวจวัดแบบพกพาไปเก็บข้อมูลความเข้มข้น

การทดสอบเครื่องมือตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนในหัวข้อที่ 4.1.1 พบว่า เซ็นเซอร์ตรวจวัดฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนให้ค่ารายวินาทีที่ต่างจากเครื่องมือที่ผลิตจำหน่าย โดยปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนมีค่าสูงกว่าเครื่อง DustTrak™ 8530 ทำให้การนำเครื่องมือที่สร้างขึ้นไปใช้งานต้องปรับค่าก่อนนำไปใช้ ซึ่งค่าปรับแก้ระดับความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนอยู่ในช่วง 615-664 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ เป็นค่าปรับแก้ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนที่ได้จากการตรวจวัดในหัวข้อถัดไป โดยการรายงานผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนตามเวลาจริงในหัวข้อที่ 4.3 แสดงค่าเป็นช่วงความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 80 ในการประมาณความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนที่ตรวจวัดในแต่ละครั้งเพื่อแสดงให้เห็นว่าร้อยละ 80 ของความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนของการเดินทางแต่ละเที่ยวแต่ละช่วงเวลามีค่าในช่วงใด และใช้ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนของการตรวจวัดแต่ละครั้งเพื่อปรับแก้ความเข้มข้นแล้วเป็นข้อมูลในการประเมินปริมาณการได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนในการเดินทางด้วยรถสาธารณะในแต่ละเที่ยวในหัวข้อที่ 4.5

4.2.2 การนำเครื่องมือตรวจวัดแบบพกพาไปเก็บข้อมูลความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ภาคสนาม

การทดสอบเครื่องมือตรวจวัดความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในหัวข้อที่ 4.1.2 พบว่า เซ็นเซอร์ตรวจวัดแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ให้ค่ารายวินาทีที่ต่างจากเครื่องมือที่ผลิตจำหน่าย โดยปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์มีค่าสูงกว่าเครื่อง Testo® 350 เมื่อทำการตรวจวัดความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในช่วงไม่เกิน 100 ppm จากเซ็นเซอร์ขนาดเล็กและเครื่อง Testo® 350 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจในระดับสูง การตรวจวัดความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ตามเวลาจริงในการศึกษานี้รายงานผลความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์จากเซ็นเซอร์แบบพกพาในหน่วยมิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (mg/m^3) โดยการรายงานผลการตรวจวัดปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ตามเวลาจริงในหัวข้อที่ 4.3 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 80 ของความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในการประมาณความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ตรวจวัดในแต่ละครั้ง และใช้ค่าความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ของการตรวจวัดแต่ละครั้งเป็นข้อมูลประเมินปริมาณการได้รับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในการเดินทางด้วยรถสาธารณะในแต่ละเที่ยวในหัวข้อที่ 4.5

4.3 การตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์

การตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ด้วยเครื่องมือตรวจวัดตามเวลาจริงแบบพกพาศึกษาในเขตเมืองบริเวณที่มีสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ 2 พื้นที่ คือ กรุงเทพมหานครและเทศบาลนครนครราชสีมา เก็บตัวอย่างด้วยเครื่องมือตรวจวัดแบบพกพาเชื่อมต่อกับโทรศัพท์เคลื่อนที่เชื่อมต่อสัญญาณผ่านบลูทูธด้วยแอปพลิเคชัน AirCasting ช่วยแสดงผลและบันทึกความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ และบันทึกค่าความดันบรรยากาศในแต่ละวันที่มีการเก็บตัวอย่าง (ภาคผนวก ข) เส้นทางการเก็บตัวอย่างด้วยการนั่งรถโดยสารสาธารณะแบบเปิดโล่งผ่านสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศของกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นสถานีตรวจวัดฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (ภาคผนวก ค)

การตรวจวัดด้วยเครื่องมือแบบพกพาขณะโดยสารรถสาธารณะดำเนินการทั้งขาเข้า (Inbound) และขาออก (Outbound) เนื่องจากในบางเส้นทางระยะเวลาการเดินทางสั้น (ระยะเวลาไม่เกิน 15-30 นาที) มีการเก็บข้อมูลความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศทุก 2 วินาที

พื้นที่กรุงเทพมหานครดำเนินการระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2561 จำนวน 4 เส้นทางเป็นเวลา 8 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 วัน คือ วันอังคาร วันพุธ และวันพฤหัสบดี ขณะเก็บตัวอย่างมีฝนตกจำนวน 5 วันจึงไม่ได้นำข้อมูลในวันดังกล่าวมาใช้ในงานวิจัย และตรวจวัดสารมลพิษทางอากาศในเขตเทศบาลนครนครราชสีมาจำนวน 1 เส้นทางระหว่างเดือนมีนาคมถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2561 เป็นเวลา 3 สัปดาห์ จำนวน 2 วัน คือ วันพุธและวันพฤหัสบดี รายละเอียดการตรวจวัดในกรุงเทพมหานครและเขตเทศบาลนครนครราชสีมาแสดงในตารางที่ 4.8 และตารางที่ 4.9 ตามลำดับ ขณะทำการตรวจวัด พบว่า อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของการเก็บตัวอย่างทุกครั้งอยู่ในช่วงที่เซ็นเซอร์ตรวจวัดฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ทำงานได้ดี คือ อุณหภูมิไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ไม่เกินร้อยละ 95 (ภาคผนวก ข)

ตารางที่ 4.8 วันที่และเส้นทางการเก็บตัวอย่างในพื้นที่กรุงเทพมหานคร

เส้นทาง	วันที่	เส้นทางศึกษา	สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ
1	23-25 ม.ค. 61	อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ-	กรมประชาสัมพันธ์ (59T)
	6-8 ก.พ. 61	ห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัลลาดพร้าว	
2	30-31 ม.ค. 61		โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ (50R)
	1 ก.พ. 61	อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ-	
	13-15 ก.พ. 61	ห้างสรรพสินค้าโรบินสันบางรัก	
	20-22 ก.พ. 61		
3	27-28 ก.พ. 61	อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ-	การเคหะชุมชนดินแดง (54R)
	1 มี.ค. 61	การเคหะชุมชนห้วยขวาง	
4	6-8 มี.ค. 61	ห้างสรรพสินค้ายูเนียนมอลล์-	สถานีตำรวจนครบาล โขกชัย (53R)
	13-15 มี.ค. 61	ห้างสรรพสินค้าบิ๊กซี ลาดพร้าว	

หมายเหตุ 24 ม.ค. 61 ช่วงสาย (10.00-11.00 น.) ข้อมูลที่ตรวจวัดใช้ไม่ได้เนื่องจากฝนตก

30 ม.ค. 61 ไม่มีการเก็บตัวอย่างเนื่องจากฝนตก

31 ม.ค. 61 ข้อมูลที่ตรวจวัดใช้ไม่ได้เนื่องจากฝนตกระหว่างเก็บตัวอย่าง

22 ก.พ. 61 ข้อมูลที่ตรวจวัดใช้ไม่ได้เนื่องจากฝนตกระหว่างเก็บตัวอย่าง

27 ก.พ. 61 ข้อมูลที่ตรวจวัดใช้ไม่ได้เนื่องจากฝนตกระหว่างเก็บตัวอย่าง

ตารางที่ 4.9 วันที่และเส้นทางการเก็บตัวอย่างในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา

วันที่	เส้นทางศึกษา	สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ
21-22 มี.ค. 61	หน้าห้างสรรพสินค้าเดอะมอลล์ นครราชสีมา- มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา	โรงสูบน้ำเสียเทศบาลนคร นครราชสีมา (47T)
28-29 มี.ค. 61		
4-5 เม.ย. 61		

การตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ด้วยเครื่องตรวจวัดตามเวลาจริงแบบพกพาคำเนินการ 135 ครั้ง จำนวน 5 เส้นทาง 3 ช่วงเวลา คือ ช่วงเช้า (07.00-09.00น.) ช่วงสาย (10.00-11.00 น.) และช่วงเย็น (16.00-18.00 น.) (ตารางที่ 4.10) เส้นทางที่ 2 ไม่มีข้อมูลการเก็บตัวอย่างการเดินทางขาออก เนื่องจากเส้นทางเดินรถขาเข้าและขาออกเป็นคนละเส้นทาง และในเส้นทางที่ 3 มีการเก็บตัวอย่างน้อยกว่าเส้นทางอื่น เนื่องจากขณะเก็บตัวอย่างมีฝนตกบ่อยครั้ง ทำให้ผู้วิจัยไม่สามารถทำการเก็บตัวอย่างได้ และงานวิจัยนี้ใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 80 (P₈₀)

ในการประมาณความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศที่ตรวจวัดได้ร้อยละ 80 ของการเดินทางด้วยรถสาธารณะในแต่ละเที่ยว

ตารางที่ 4.10 จำนวนการเก็บตัวอย่างตามเส้นทางการศึกษา

เส้นทาง ⁽¹⁾	จำนวนการเก็บตัวอย่าง (ครั้ง)					
	ขาเข้า (Inbound)			ขาออก (Outbound)		
	ช่วงเช้า	ช่วงสาย	ช่วงเย็น	ช่วงเช้า	ช่วงสาย	ช่วงเย็น
1	6	5	6	6	5	6
2	6	6	6	N/A	N/A	N/A
3	2	2	2	2	2	2
4	6	6	6	6	5	6
5	6	6	6	6	6	6

หมายเหตุ ⁽¹⁾ เส้นทางที่ 1 อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ-ห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัลลาดพร้าว

เส้นทางที่ 2 อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ-ห้างสรรพสินค้าโรบินสันบางรัก

เส้นทางที่ 3 อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ-การเคหะชุมชนห้วยขวาง

เส้นทางที่ 4 ห้างสรรพสินค้ายูเนียนมอลล์-ห้างสรรพสินค้าบิ๊กซี ลาดพร้าว

เส้นทางที่ 5 ห้างสรรพสินค้าเดอะมอลล์ นครราชสีมา-หน้ามหาวิทยาลัยราชภัฏ
นครราชสีมา

N/A: Not available; ไม่มีการตรวจวัด

เส้นทางที่ใช้เวลาในการเดินทางเก็บตัวอย่างมากที่สุด คือ เส้นทางที่ 2 มีระยะทางการเดินทางจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดสุดท้ายของการเก็บตัวอย่างมากกว่าเส้นทางอื่น โดยเดินทางจากจุดจอดประจำทางอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ ฝั่งเกาะพญาไทไปห้างสรรพสินค้าโรบินสันบางรักเป็นระยะทาง 7.20 กิโลเมตร จึงทำให้ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางเฉลี่ยมากกว่าเส้นทางอื่น ดังแสดงในตารางที่ 4.11 โดยแบ่งตามการเดินทางขาเข้าและขาออก

ตารางที่ 4.11 ระยะเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการเดินทางเก็บตัวอย่างสารมลพิษทางอากาศ

เส้นทาง ⁽¹⁾	ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทาง (นาที) ⁽²⁾					
	ขาเข้า (Inbound)			ขาออก (Outbound)		
	ช่วงเช้า	ช่วงสาย	ช่วงเย็น	ช่วงเช้า	ช่วงสาย	ช่วงเย็น
1	35±12	29±6	27±6	32±2	34±4	34±5
2	62±8	56±13	61±11	N/A	N/A	N/A
3	19±9	17±2	15±3	19±1	25±5	20±6
4	30±2	29±6	26±6	31±7	19±3	21±5
5	23±10	23±4	21±2	19±3	20±4	25±4

หมายเหตุ ⁽¹⁾ เส้นทางที่ 1 อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ-ห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัลลาดพร้าว

เส้นทางที่ 2 อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ-ห้างสรรพสินค้าโรบินสันบางรัก

เส้นทางที่ 3 อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ-การเคหะชุมชนห้วยขวาง

เส้นทางที่ 4 ห้างสรรพสินค้ายูเนี่ยนมอลล์-ห้างสรรพสินค้าบิ๊กซี ลาดพร้าว

เส้นทางที่ 5 ห้างสรรพสินค้าเดอะมอลล์ นครราชสีมา-หน้ามหาวิทยาลัยราชภัฏ
นครราชสีมา

⁽²⁾ ระยะเวลาในตารางแสดงค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

N/A: Not available; ไม่มีการตรวจวัด

4.3.1 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร

การตรวจวัดฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ด้วยเครื่องมือตามเวลาจริงแบบพกพาในงานวิจัยนี้แสดงความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศรายเส้นทาง (รายละเอียดในภาคผนวก ข) ในพื้นที่กรุงเทพมหานครจำนวน 4 เส้นทาง คือ เส้นทางที่ 1 อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ-ห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัลลาดพร้าว เส้นทางที่ 2 อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ-ห้างสรรพสินค้าโรบินสันบางรัก เส้นทางที่ 3 อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ-การเคหะชุมชนห้วยขวาง และเส้นทางที่ 4 ห้างสรรพสินค้ายูเนี่ยนมอลล์-ห้างสรรพสินค้าบิ๊กซี ลาดพร้าว ความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศในพื้นที่กรุงเทพมหานครมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.3.1.1 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน

(1) เส้นทางที่ 1 อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ-ห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัลลาดพร้าว

ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนของการเดินทางขาเข้าในเส้นทางที่ 1 จากจุดรอรถประจำทางตรงข้ามห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัลลาดพร้าวไปอนุสาวรีย์ชัย

สมรรถภูมิ ฟังเกาะราชวิถีเป็นการเดินทางผ่านย่านธุรกิจและพาณิชยกรรม เป็นถนนสายหลักที่มีการจราจรหนาแน่น พบว่า ร้อยละ 80 ของความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนในทุกช่วงเวลามีค่าใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 4.12) โดยความเข้มข้นสูงสุดของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนของการเดินทางขาเข้าในเส้นทางที่ 1 ในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า ช่วงเวลาสาย และช่วงเวลาเร่งด่วนเย็นมีค่าในช่วงไม่เกิน 208-257 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 217-266 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ และ 218-267 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ตามลำดับ ขณะที่ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนของการเดินทางขาออกในเส้นทางที่ 1 จากท่ารถอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ ฟังเกาะพหลโยธินไปห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัลลาดพร้าว พบว่า การเดินทางขาออกผ่านบริเวณที่เป็นแหล่งกิจกรรม คือ สถานที่ทำงานทั้งภาครัฐและเอกชน และเป็นสถานที่เปลี่ยนรูปแบบการเดินทาง คือ สถานีรถไฟฟ้าบีทีเอสและเอ็มอาร์ที เช่นเดียวกับการเดินทางขาเข้า ทำให้บางวันการเดินทางในทุกช่วงเวลามีโอกาสได้รับฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนในช่วงใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ในบางวันยังพบว่า ช่วงเวลาเช้ามีโอกาสได้รับฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนสูงกว่าช่วงเวลาสายและเย็น (ตารางที่ 4.12)

ตารางที่ 4.12 วันที่ ช่วงเวลาของการโดยสารแบบขาเข้าและขาออก และช่วงค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 80 ของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนในเส้นทางที่ 1

วันที่ตรวจวัด	ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)					
	ขาเข้า			ขาออก		
	ช่วงเวลาเช้า	ช่วงเวลาสาย	ช่วงเวลาเย็น	ช่วงเวลาเช้า	ช่วงเวลาสาย	ช่วงเวลาเย็น
23 ม.ค. 2561	207-256	217-266	177-226	240-289	196-245	177-226
24 ม.ค. 2561	201-205	N/A	183-232	202-251	N/A	159-208
25 ม.ค. 2561	208-257	160-209	198-247	204-253	137-186	137-186
6 ก.พ. 2561	154-203	168-217	183-232	135-184	192-241	185-234
7 ก.พ. 2561	177-226	166-215	218-267	158-207	184-233	158-207
8 ก.พ. 2561	154-203	163-212	157-206	151-200	176-225	176-225

หมายเหตุ N/A; Not available;

24 ม.ค. 61 ช่วงสาย (10.00-11.00 น.) ข้อมูลที่ตรวจวัดใช้ไม่ได้เนื่องจากฝนตก

(2) เส้นทางที่ 2 อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ-ห้างสรรพสินค้าโรบินสันบางรัก

ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนของการโดยสารจากท่ารถอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ ฟังเกาะพญาไทไปห้างสรรพสินค้าโรบินสันบางรัก เส้นทางนี้ผ่านบริเวณที่เป็นแหล่งกิจกรรม ได้แก่ โรงพยาบาล สถานศึกษา ที่ทำงานและย่านธุรกิจ และเป็นสถานที่เปลี่ยนรูปแบบการเดินทาง คือ สถานีรถไฟฟ้าบีทีเอสและสถานีรถไฟฟ้าแอร์พอร์ต เรลลิงก์ พบว่า การเดินทางใน

บางวันทุกช่วงเวลามีโอกาสได้รับฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนใกล้เคียงกัน มีบางวันที่การเดินทางในช่วงเวลาสายมีโอกาสได้รับฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนสูงกว่าช่วงเวลาเช้าหรือเย็น (ตารางที่ 4.13) โดยร้อยละ 80 ของความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนของการเดินทางช่วงเช้าในวันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2561 มีโอกาสได้รับฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนในช่วงไม่เกิน 235-284 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ซึ่งเป็นช่วงความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนที่สูงที่สุดของการเดินทางในเส้นทางนี้

ตารางที่ 4.13 วันที่ ช่วงเวลาของการโดยสารในเส้นทางที่ 2 และช่วงค่าเปอร์เซ็นต์ไทม์ที่ 80 ของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน

วันที่ตรวจวัด	ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
	ช่วงเวลาเช้า	ช่วงเวลาสาย	ช่วงเวลาเย็น
1 ก.พ. 2561	235-284	203-252	218-267
13 ก.พ. 2561	136-185	169-218	197-246
14 ก.พ. 2561	151-200	184-233	132-181
15 ก.พ. 2561	107-156	178-227	176-225
20 ก.พ. 2561	207-256	221-270	176-225
21 ก.พ. 2561	227-276	221-270	178-227

(3) เส้นทางที่ 3 อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ-การเคหะชุมชนห้วยขวาง

ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนของการเดินทางขาเข้าจากท่ารถอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ ฟังเกาะดินแดงไปการเคหะชุมชนห้วยขวาง ผ่านย่านที่พักอาศัยและสถานศึกษา พบว่า การเดินทางช่วงเวลาเช้าของวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2561 มีโอกาสได้รับฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนสูงกว่าช่วงเวลาสายและเย็น ได้รับฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนในช่วงไม่เกิน 274-323 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนที่ตรวจวัดได้ร้อยละ 80 มีค่าไม่เกิน 274-323 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) และการเดินทางช่วงเย็นของวันที่ 1 มีนาคม 2561 มีโอกาสได้รับฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนสูงกว่าช่วงเวลาเช้าหรือสาย มีค่าในช่วง ไม่เกิน 286-335 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ขณะที่การเดินทางขาออกจากจุดรถประจำทางการเคหะชุมชนห้วยขวางไปอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ ฟังเกาะพญาไท พบว่า การเดินทางในทุกช่วงเวลาของวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2561 มีโอกาสได้รับฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนใกล้เคียงกัน และการเดินทางช่วงเช้าของวันที่ 1 มีนาคม 2561 ได้รับฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนสูงกว่าช่วงเวลาอื่น มีค่าในช่วงไม่เกิน 230-279 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (ตารางที่ 4.14)

ตารางที่ 4.14 วันที่ ช่วงเวลาของการโดยสารแบบขาเข้าและขาออก และช่วงค่าเปอร์เซ็นต์ที่ 80 ของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนในเส้นทางที่ 3

วันที่ตรวจวัด	ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)					
	ขาเข้า			ขาออก		
	ช่วงเวลาเช้า	ช่วงเวลาสาย	ช่วงเวลายืน	ช่วงเวลาเช้า	ช่วงเวลาสาย	ช่วงเวลายืน
28 ก.พ. 2561	274-323	196-245	194-243	231-280	218-267	224-273
1 มี.ค. 2561	177-226	189-238	286-335	230-279	195-244	212-261

(4) เส้นทางที่ 4 ห้างสรรพสินค้าบี๊กซี ลาดพร้าว-ห้างสรรพสินค้ายูเนี่ยนมอลล์

ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนของการเดินทางขาเข้าในเส้นทางที่ 4 จากจุดจอดรถโดยสารบริเวณห้างสรรพสินค้าบี๊กซี ลาดพร้าว ไปห้างสรรพสินค้ายูเนี่ยนมอลล์ ผ่านบริเวณที่เป็นแหล่งกิจกรรม ได้แก่ สถานศึกษา โรงพยาบาล อาคารสำนักงาน ตลาด และที่พักอาศัย และเป็นสถานที่เปลี่ยนรูปแบบการเดินทาง คือ สถานีรถไฟฟ้ามหานคร สายสีน้ำเงิน (เอ็มอาร์ที) พบว่า ส่วนใหญ่การเดินทางในทุกช่วงเวลามีโอกาสได้รับฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนใกล้เคียงกัน มีบางวันที่การเดินทางในช่วงเวลาเช้าได้รับฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนสูงกว่าช่วงเวลาสายหรือเย็น ขณะที่ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนของการเดินทางขาออกในเส้นทางที่ 4 จากจุดจอดรถโดยสารสาธารณะบริเวณห้างสรรพสินค้ายูเนี่ยนมอลล์ไปห้างสรรพสินค้าบี๊กซี ลาดพร้าว ผ่านบริเวณที่เป็นแหล่งกิจกรรมและสถานที่เปลี่ยนรูปแบบการเดินทางเช่นเดียวกับเดินทางขาเข้า พบว่า การเดินทางในทุกช่วงเวลามีโอกาสได้รับฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 4.15)

ตารางที่ 4.15 วันที่ ช่วงเวลาของการโดยสารแบบขาเข้าและขาออก และช่วงค่าเปอร์เซ็นต์ที่ 80 ของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนในเส้นทางที่ 4

วันที่ตรวจวัด	ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)					
	ขาเข้า			ขาออก		
	ช่วงเวลาเช้า	ช่วงเวลาสาย	ช่วงเวลายืน	ช่วงเวลาเช้า	ช่วงเวลาสาย	ช่วงเวลายืน
6 มี.ค. 2561	247-296	218-267	210-259	242-291	232-281	227-276
7 มี.ค. 2561	183-232	172-221	213-262	178-227	169-218	168-217
8 มี.ค. 2561	327-376	192-241	185-234	196-245	230-279	184-233
13 มี.ค. 2561	400-449	224-273	386-435	247-296	218-267	178-227
14 มี.ค. 2561	226-275	180-229	236-285	247-296	N/A	216-265
15 มี.ค. 2561	249-298	271-320	192-241	227-276	198-247	256-305

หมายเหตุ N/A; Not available; 14 มี.ค. 2561 ไม่มีข้อมูลการเดินทางขาออกช่วงเวลาสาย

4.3.1.2 ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์

(1) เส้นทางที่ 1 อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ-ห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัลลาดพร้าว

ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ของการเดินทางขาเข้าในเส้นทางที่ 1 จากจุดจอดรถประจำทางตรงข้ามห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัลลาดพร้าวไปอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิฝั่งเกาะราชวิถี และการเดินทางขาออกจากท่ารถอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ ฝั่งเกาะพหลโยธินไปห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัลลาดพร้าว พบว่า ส่วนใหญ่การโดยสารในระยะเวลาเช้ามีโอกาสได้รับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์สูงกว่าช่วงเวลาสายหรือเย็น เช่นเดียวกับการเดินทางขาออกที่ส่วนใหญ่การเดินทางในระยะเวลาเช้ามีโอกาสได้รับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์สูงกว่าช่วงเวลาสายหรือเย็น (ตารางที่ 4.16)

ตารางที่ 4.16 วันที่ ช่วงเวลาของการโดยสารแบบขาเข้าและขาออก และค่าเปอร์เซ็นต์ไทม์ที่ 80 ของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในเส้นทางที่ 1

วันที่ตรวจวัด	ปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (mg/m ³)					
	ขาเข้า			ขาออก		
	ช่วงเวลาเช้า	ช่วงเวลาสาย	ช่วงเวลาเย็น	ช่วงเวลาเช้า	ช่วงเวลาสาย	ช่วงเวลาเย็น
23 ม.ค. 2561	88	75	47	247	49	56
24 ม.ค. 2561	274	N/A	85	149	N/A	86
25 ม.ค. 2561	125	59	45	104	147	30
6 ก.พ. 2561	148	85	90	82	51	46
7 ก.พ. 2561	82	112	95	127	46	43
8 ก.พ. 2561	111	53	38	201	89	37

หมายเหตุ N/A; Not available;

24 ม.ค. 61 ช่วงสาย (10.00-11.00 น.) ข้อมูลที่ตรวจวัดใช้ไม่ได้เนื่องจากฝนตก

(2) เส้นทางที่ 2 อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ-ห้างสรรพสินค้าโรบินสันบางรัก

ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ของการโดยสารจากท่ารถอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ ฝั่งเกาะพญาไทไปห้างสรรพสินค้าโรบินสันบางรัก พบว่า การเดินทางในระยะเวลาเร่งด่วนเช้ามีโอกาสได้รับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์สูงกว่าช่วงเวลาสายหรือเย็น (ตารางที่ 4.17) ซึ่งการเดินทางช่วงเช้าของวันที่ 14 กุมภาพันธ์ 2561 ได้รับความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์สูงที่สุดในการเดินทางในเส้นทางนี้ มีค่าไม่เกิน 112 mg/m³ (ร้อยละ 80 ของความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ตรวจวัดได้มีค่าไม่เกิน 112 mg/m³)

ตารางที่ 4.17 วันที่ ช่วงเวลาของการโดยสารในเส้นทางที่ 2 และค่าเปอร์เซ็นต์ไทม์ที่ 80 ของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์

วันที่ตรวจวัด	ปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (mg/m ³)		
	ช่วงเวลาเช้า	ช่วงเวลาสาย	ช่วงเวลาเย็น
1 ก.พ. 2561	88	81	68
13 ก.พ. 2561	86	75	63
14 ก.พ. 2561	112	99	74
15 ก.พ. 2561	98	67	68
20 ก.พ. 2561	86	53	60
21 ก.พ. 2561	86	49	43

(3) เส้นทางที่ 3 อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ-การเคหะชุมชนห้วยขวาง

ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ของการเดินทางขาเข้าจากจตุรอรดประจำทางการเคหะชุมชนห้วยขวางไปอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ ผังเกาะพญาไท พบว่า การเดินทางช่วงเวลาเช้าของวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2561 มีโอกาสได้รับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์สูงกว่าช่วงเวลาสายและเย็น ได้รับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ไม่เกิน 122 mg/m³ (ปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ตรวจวัดได้ร้อยละ 80 มีค่าไม่เกิน 122 mg/m³) และการเดินทางช่วงเย็นของวันที่ 1 มีนาคม 2561 มีโอกาสได้รับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์สูงกว่าช่วงเวลาเช้าและสาย มีค่าไม่เกิน 158 mg/m³ ขณะที่การเดินทางขาออกจากจตุรอรดประจำทางการเคหะชุมชนห้วยขวางไปอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ ผังเกาะพญาไท พบว่า การเดินทางช่วงสายของวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2561 มีโอกาสได้รับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์สูงกว่าช่วงเวลาเช้าและเย็น ได้รับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ไม่เกิน 128 mg/m³ และการเดินทางช่วงเช้าของวันที่ 1 มีนาคม 2561 ได้รับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์สูงกว่าช่วงเวลาอื่น มีค่าไม่เกิน 90 mg/m³ (ตารางที่ 4.18)

ตารางที่ 4.18 วันที่ ช่วงเวลาของการโดยสารแบบขาเข้าและขาออก และค่าเปอร์เซ็นต์ไทม์ที่ 80 ของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในเส้นทางที่ 3

วันที่ตรวจวัด	ปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (mg/m ³)					
	ขาเข้า			ขาออก		
	ช่วงเวลาเช้า	ช่วงเวลาสาย	ช่วงเวลาเย็น	ช่วงเวลาเช้า	ช่วงเวลาสาย	ช่วงเวลาเย็น
28 ก.พ. 2561	122	66	40	93	128	39
1 มี.ค. 2561	88	88	158	90	69	35

(4) เส้นทางที่ 4 ห้างสรรพสินค้าบี๊กซี ลาดพร้าว-ห้างสรรพสินค้ายูเนี่ยนมอลล์

ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ของการเดินทางขาเข้าในเส้นทางที่ 4 จากจุดจอดรถโดยสารบริเวณห้างสรรพสินค้าบี๊กซี ลาดพร้าว ไปห้างสรรพสินค้ายูเนี่ยนมอลล์ พบว่าการเดินทางในช่วงเวลาเช้ามีโอกาสได้รับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์สูงกว่าช่วงเวลาสายและเย็น โดยการเดินทางช่วงเวลาเช้าของวันที่ 13 มีนาคม 2561 ได้รับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ไม่เกิน 412 mg/m^3 (ปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ตรวจวัดได้ร้อยละ 80 มีค่าไม่เกิน 412 mg/m^3) ซึ่งวันและช่วงเวลาดังกล่าวได้รับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์สูงที่สุดในการเดินทางขาเข้าในเส้นทางนี้ ขณะที่การเดินทางขาออกจากจุดจอดรถโดยสารสาธารณะบริเวณห้างสรรพสินค้ายูเนี่ยนมอลล์ไปห้างสรรพสินค้าบี๊กซี ลาดพร้าว พบว่า ส่วนใหญ่การเดินทางช่วงเวลาเช้าได้รับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์สูงกว่าช่วงเวลาสายหรือเย็น มีบางวันที่การเดินทางในช่วงเวลาสายหรือเย็นมีโอกาสได้รับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์สูงกว่าช่วงเวลาเช้า (ตารางที่ 4.19)

ตารางที่ 4.19 วันที่ ช่วงเวลาของการโดยสารแบบขาเข้าและขาออก และค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 80 ของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในเส้นทางที่ 4

วันที่ตรวจวัด	ปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (mg/m^3)					
	ขาเข้า			ขาออก		
	ช่วงเวลาเช้า	ช่วงเวลาสาย	ช่วงเวลาเย็น	ช่วงเวลาเช้า	ช่วงเวลาสาย	ช่วงเวลาเย็น
6 มี.ค. 2561	76	72	34	89	36	35
7 มี.ค. 2561	76	55	39	73	100	55
8 มี.ค. 2561	149	98	38	59	49	37
13 มี.ค. 2561	412	242	73	57	38	32
14 มี.ค. 2561	82	41	38	49	N/A	52
15 มี.ค. 2561	69	55	35	38	59	41

หมายเหตุ N/A; Not available;

14 มี.ค. 2561 ไม่มีข้อมูลการเดินทางขาออกช่วงเวลาสาย เนื่องจากเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนน

4.3.2 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

การตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ด้วยเครื่องมือตรวจวัดตามเวลาจริงแบบพกพาในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา แสดงความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศ (รายละเอียดในภาคผนวก ข) มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.3.2.1 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน

ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนของการเดินขาเข้าจากหน้าห้างสรรพสินค้าเดอะมอลล์ นครราชสีมาไปหน้ามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ผ่านบริเวณที่เป็นแหล่งกิจกรรม คือ สถานศึกษาและที่ทำงาน พบว่า บางวันการเดินทางในทุกช่วงเวลามีโอกาสได้รับฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนใกล้เคียงกัน มีบางวันที่การเดินทางในช่วงเวลาเช้าได้รับฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนสูงกว่าช่วงเวลาอื่น โดยการเดินทางช่วงเวลาเช้าของวันที่ 29 มีนาคม 2561 ได้รับความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนในช่วงไม่เกิน 402-451 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (ร้อยละ 80 ของความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนที่ตรวจวัดได้มีค่าไม่เกิน 402-451 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ขณะที่ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนของการเดินขาออกจากหน้ามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมาไปหน้าห้างสรรพสินค้าเดอะมอลล์ นครราชสีมา พบว่าการเดินทางขาออกในช่วงเวลาเช้า สาย และเย็นมีโอกาสดำเนินการได้รับฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 4.20)

ตารางที่ 4.20 วันที่ ช่วงเวลาของการโดยสารแบบขาเข้าและขาออก และค่าเปอร์เซ็นต์ไทม์ที่ 80 ของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

วันที่ตรวจวัด	ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)					
	ขาเข้า			ขาออก		
	ช่วงเวลาเช้า	ช่วงเวลากลาง	ช่วงเวลาเย็น	ช่วงเวลาเช้า	ช่วงเวลากลาง	ช่วงเวลาเย็น
21 มี.ค. 2561	212-261	237-286	224-273	212-261	213-262	221-270
22 มี.ค. 2561	196-245	174-223	220-269	176-225	171-220	192-241
28 มี.ค. 2561	236-285	204-253	192-241	191-240	177-226	251-300
29 มี.ค. 2561	402-451	231-280	203-252	208-257	214-263	193-242
4 เม.ย. 2561	232-281	216-265	206-255	227-276	214-263	248-297
5 เม.ย. 2561	193-242	195-244	196-245	207-256	171-220	172-221

4.3.2.2 ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์

ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ของการการเดินทางขาเข้า พบว่า ส่วนใหญ่การเดินทางในช่วงเวลาเย็นมีโอกาสดำเนินการได้รับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์สูงกว่าช่วงเวลาเช้าหรือสาย ขณะที่การเดินทางขาออกส่วนใหญ่ในทุกช่วงเวลามีโอกาสดำเนินการได้รับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ใกล้เคียงกัน มีบางวันที่การเดินทางในช่วงเวลาเช้าได้รับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์สูงกว่าช่วงสายหรือเย็น (ตารางที่ 4.21)

ตารางที่ 4.21 วันที่ ช่วงเวลาของการโดยสารแบบขาเข้าและขาออก และค่าเปอร์เซ็นต์ไทม์ที่ 80 ของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

วันที่ตรวจวัด	ปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (mg/m ³)					
	ขาเข้า			ขาออก		
	ช่วงเวลาเช้า	ช่วงเวลากลาง	ช่วงเวลาเย็น	ช่วงเวลาเช้า	ช่วงเวลากลาง	ช่วงเวลาเย็น
21 มี.ค. 2561	48	36	75	42	40	31
22 มี.ค. 2561	40	53	32	49	49	33
28 มี.ค. 2561	29	41	65	86	33	41
29 มี.ค. 2561	46	41	86	36	46	38
4 เม.ย. 2561	34	32	51	49	36	44
5 เม.ย. 2561	54	44	41	46	35	32

การตรวจวัดความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ด้วยเครื่องมือตรวจวัดตามเวลาจริงแบบพกพาในพื้นที่กรุงเทพมหานครและเทศบาลนครนครราชสีมา แสดงผลการตรวจวัดสารมลพิษรายเส้นทางมีผลการตรวจวัดแตกต่างกัน เนื่องจากการตรวจวัดในแต่ละเส้นทางผ่านบริเวณที่แตกต่างกัน ทำให้ใช้ระยะเวลาในการเดินทางแตกต่างกันตามสภาพการจราจรในช่วงเวลานั้น ๆ และส่งผลต่อปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนในพื้นที่กรุงเทพมหานคร พบว่า ส่วนใหญ่การเดินทางขาเข้าและขาออกในช่วงเวลาเช้า สาย และเย็นมีปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนใกล้เคียงกัน เนื่องจากการเดินทางผ่านบริเวณที่เป็นแหล่งกิจกรรมและเป็นสถานที่เปลี่ยนรูปแบบการเดินทาง ขณะที่ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนของการเดินทางขาเข้าในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา พบว่า บางวันการเดินทางในทุกช่วงเวลามีปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนใกล้เคียงกัน เนื่องจากการเดินทางผ่านบริเวณแหล่งกิจกรรมและเป็นสถานที่เปลี่ยนรูปแบบการเดินทาง มีบางวันที่การเดินทางในช่วงเวลาเช้ามืดมีปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนสูงกว่าช่วงเวลาอื่น ขณะที่การเดินทางขาออกในช่วงเวลาเช้า สาย และเย็นมีปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนใกล้เคียงกัน

ปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในพื้นที่กรุงเทพมหานครทั้งการเดินทางขาเข้าและขาออก พบว่า ส่วนใหญ่การเดินทางในช่วงเช้ามืดมีปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์สูงกว่าช่วงเวลาอื่น มีบางวันที่เกิดขึ้นในช่วงสายหรือเย็น ในขณะที่ปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ของการเดินทางขาเข้าในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา พบว่า ส่วนใหญ่การเดินทางในช่วงเวลาเย็นมีปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์สูงกว่าช่วงเวลาเช้าหรือสาย ขณะที่การเดินทางขาออก พบว่า ทุกช่วงเวลา

ส่วนใหญ่มีปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ใกล้เคียงกัน และมีบางวันที่การเดินทางในช่วงเวลาเช้า มีปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์สูงกว่าช่วงสายหรือเย็น

ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในพื้นที่ กรุงเทพมหานครและเขตเทศบาลนครนครราชสีมาที่ตรวจวัดด้วยเครื่องมือตรวจวัดตามเวลาจริงแบบพกพามีค่าสูงกว่าปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ได้จาก สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศรายชั่วโมงของกรมควบคุมมลพิษ (ภาคผนวก ค) สอดคล้องกับงานวิจัย ของ Kaur et al. (2005) และ Huang et al. (2012) ตรวจวัดสารมลพิษทางอากาศด้วยเครื่องมือแบบพกพา พบว่า ปริมาณสารมลพิษทางอากาศที่ได้จากเครื่องมือแบบพกพารายงานค่าสูงกว่าสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศรายชั่วโมง และพบว่าระยะห่างระหว่างสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบประจำที่และ บริเวณที่มีการจราจรเป็นปัจจัยหนึ่งส่งผลต่อปริมาณสารมลพิษทางอากาศที่ตรวจวัดได้

4.4 ข้อมูลเชิงพื้นที่แสดงความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์

ข้อมูลเชิงพื้นที่สร้างจากข้อมูลความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์จากการตรวจวัดตามเส้นทางแสดงบนแผนที่พิกัดแนวราบ (X Y coordinate) ด้วยโปรแกรมสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ โดยแผนที่แต่ละเส้นทางใช้มาตราส่วนแตกต่างกัน เนื่องจากความครอบคลุมของเส้นทางต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 4.22 และความเข้มข้นของสารมลพิษใช้สีเขียวแสดงช่วงความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (ตารางที่ 4.23)

ตารางที่ 4.22 มาตราส่วนแผนที่แสดงความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์

เส้นทาง	มาตราส่วน
พื้นที่กรุงเทพมหานคร	
อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ-ห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัลลาดพร้าว	1:25000
อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ-ห้างสรรพสินค้าโรบินสันบางรัก	1:28000
อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ-การเคหะชุมชนห้วยขวาง	1:15000
ห้างสรรพสินค้ายูเนี่ยนมอลล์-ห้างสรรพสินค้าบิ๊กซี ลาดพร้าว	1:32000
เทศบาลนครนครราชสีมา	
ห้างสรรพสินค้าเดอะมอลล์ นครราชสีมา-หน้ามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา	1:18000

ตารางที่ 4.23 สีและช่วงความเข้มข้นของสารมลพิษจากการตรวจวัด

สี	ช่วงความเข้มข้นของ PM ₁₀ (µg/m ³)	ช่วงความเข้มข้นของ CO (mg/m ³)
ฟ้า	น้อยกว่า 100	0-25
เขียว	101-150	26-50
เหลือง	151-200	51-100
ส้ม	201-300	101-200
แดง	มากกว่า 300	มากกว่า 200

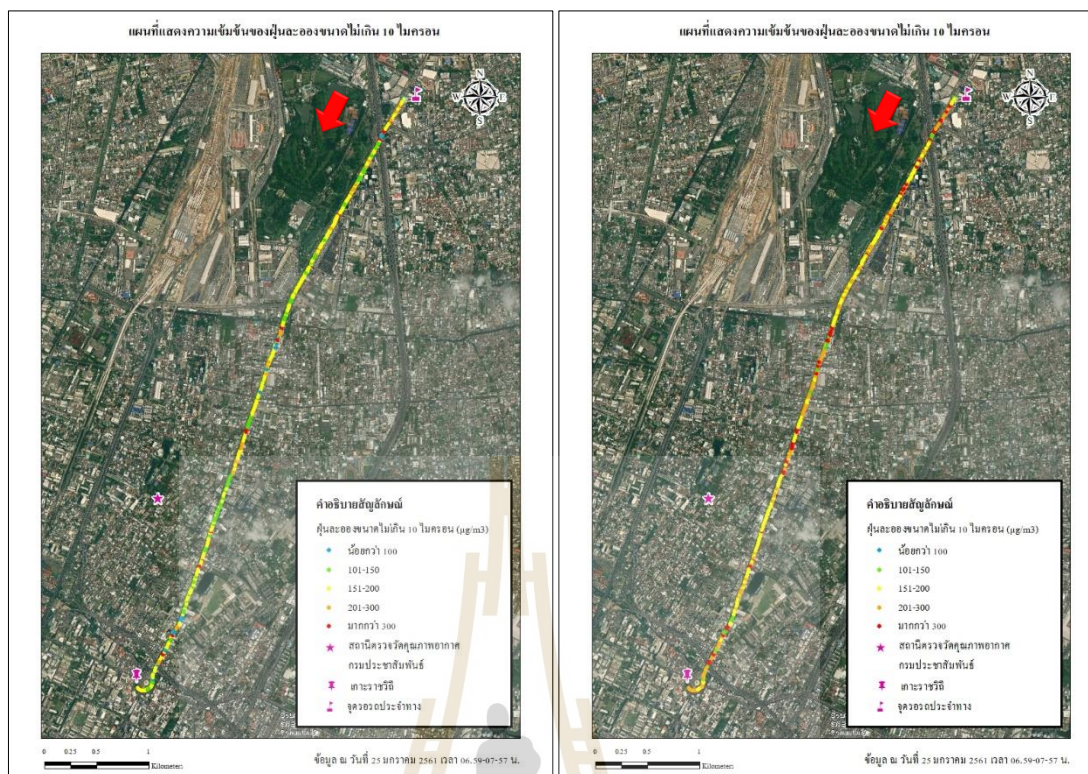
4.4.1 ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่แสดงความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร

ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่แสดงความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในพื้นที่กรุงเทพมหานครมี 4 เส้นทาง โดยเส้นทาง 1, 3 และ 4 มีการเดินทางแบบขาเข้าและขาออก เนื่องจากเส้นทางดังกล่าวมีผู้ใช้บริการรถโดยสารสาธารณะจำนวนมากทั้งขาเข้าและขาออกในเวลาเร่งด่วนเช้าและเย็น อีกทั้งเส้นทางการเดินทางเป็นเส้นทางเดียวกัน ในหัวข้อนี้มีแผนที่แสดงระดับความเข้มข้นสารมลพิษจากการตรวจวัด โดยยกตัวอย่างแผนที่ของวันที่และช่วงเวลาที่มีความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศในช่วง (Range) ที่สูงที่สุดเพื่อแสดงระดับของสารมลพิษทางอากาศในระดับต่าง ๆ ของการเดินทางในแต่ละเส้นทาง รายละเอียดดังต่อไปนี้

4.4.1.1 เส้นทางที่ 1 อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ-ห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัลลาดพร้าว

เส้นทางที่ 1 จากจุดรถประจำทางตรงข้ามห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัลลาดพร้าวไปอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ ผังเกาะราชวิถี พบว่า วันที่มีช่วงความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์สูงที่สุดเกิดในช่วงเวลาเดียวกัน คือ ช่วงเวลาเช้า

การโดยสารช่วงเวลาเช้าของวันที่ 25 มกราคม 2561 มีช่วงความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนสูงที่สุดของการเดินทางขาเข้าในเส้นทางที่ 1 มีค่าอยู่ในช่วง 58-518 µg/m³ ซึ่งบริเวณป้ายรถประจำทางสถานีรถไฟฟ้าบีทีเอส สะพานควาย ถนนพหลโยธิน แขวงสามเสนใน เขตพญาไท เป็นบริเวณที่มีปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนสูงที่สุด มีค่าในช่วง 469-518 µg/m³ และบริเวณตรงข้ามสวนจตุจักร ถนนพหลโยธิน แขวงจอมพล เขตจตุจักร เป็นบริเวณที่มีปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนต่ำที่สุด ในช่วง 58-107 µg/m³ (รูปที่ 4.7) ซึ่งรูปที่ 4.7(ก) แสดงข้อมูลเชิงพื้นที่ของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนที่ปรับค่าความเข้มข้นที่ได้จากการตรวจวัดด้วยค่ามัธยฐาน 664 µg/m³ และรูปที่ 4.7(ข) แสดงข้อมูลเชิงพื้นที่ของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนที่ปรับค่าความเข้มข้นที่ได้จากการตรวจวัดด้วยค่ามัธยฐาน 615 µg/m³ จากหัวข้อที่ 4.1

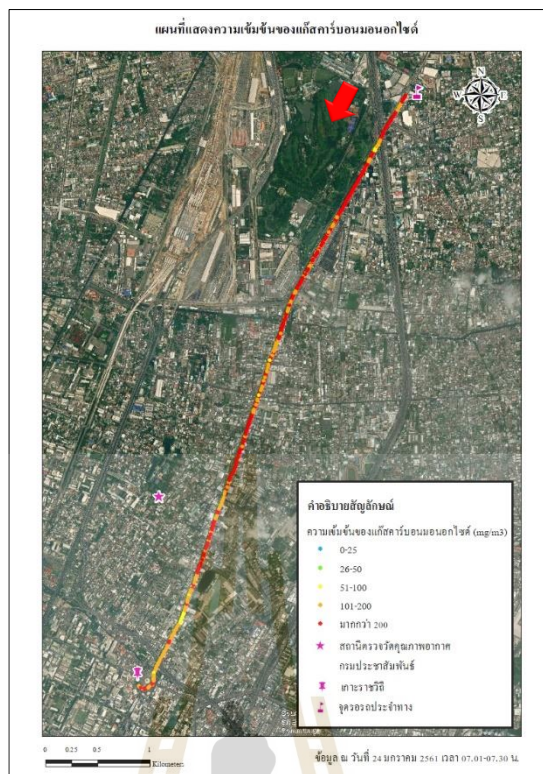


(ก)

(ข)

รูปที่ 4.7 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน วันที่ 25 ม.ค. 2561
ช่วงเช้าของการเดินทางขาเข้า (ก) ความเข้มข้นของ PM_{10} ในช่วง 58-469 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
(ข) ความเข้มข้นของ PM_{10} ในช่วง 107-518 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

ขณะที่การโดยสารช่วงเวลาเช้าของวันที่ 24 มกราคม 2561 มีปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในช่วงที่สูงสุดของการเดินทางขาเข้า มีค่าในช่วง 77-489 mg/m^3 โดยบริเวณตรงข้ามสวนจตุจักร ถนนพหลโยธิน แขวงจตุจักร เขตจตุจักร เป็นบริเวณที่มีปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์สูงสุด เท่ากับ 489 mg/m^3 ซึ่งบริเวณนี้เป็นสถานที่เปลี่ยนการเดินทาง คือ สถานีรถไฟบีทีเอสและสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินเอ็มอาร์ที ทำให้บริเวณดังกล่าวมีจำนวนรถโดยสารจอดรับ-ส่งผู้โดยสารมากกว่าบริเวณอื่น และบริเวณหน้าสถานีโทรทัศน์ช่อง 5 ถนนพหลโยธิน แขวงสามเสนใน เขตพญาไท เป็นบริเวณที่มีปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ต่ำที่สุด เท่ากับ 77 mg/m^3 (รูปที่ 4.8)



รูปที่ 4.8 ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ วันที่ 24 ม.ค. 2561
ช่วงเช้าของการเดินทางขาเข้า

การเดินทางขาออกในเส้นทางที่ 1 จากท่ารถอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ ฝั่งเกาะพหลโยธินไปห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัลลาดพร้าว พบว่า ช่วงเวลาเช้าของวัน 25 มกราคม 2561 มีปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนในช่วงที่สูงที่สุด มีค่าระหว่าง $15-646 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ซึ่งบริเวณแยกสะพานควาย ถนนพหลโยธิน แขวงสามเสนใน เขตพญาไท มีปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนสูงที่สุด ในช่วง $597-646 \mu\text{g}/\text{m}^3$ โดยบริเวณดังกล่าวเป็นสี่แยกที่มีสัญญาณไฟจราจร และบริเวณได้สะพานทางเดินรอบอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ ถนนพหลโยธิน แขวงสามเสนใน เขตพญาไท เป็นบริเวณที่มีปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนต่ำที่สุด ในช่วง $15-64 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (รูปที่ 4.9) ขณะที่ปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในช่วงที่สูงที่สุดของการเดินทางขาออก คือ การเดินทางช่วงเวลาเช้าของวันที่ 8 กุมภาพันธ์ 2561 มีค่าเท่ากับ $34-572 \text{ mg}/\text{m}^3$ โดยบริเวณป้ายรถประจำทางจุดจักร 2 ซึ่งเป็นจุดจอดรถโดยสารสาธารณะที่อยู่ใกล้เคียงกับสถานีรถไฟฟ้าบีทีเอส หมอชิต ซึ่งเป็นบริเวณที่มีคอนกรีตกันไฟรด โดยสารจอดรถผู้โดยสารเป็นบริเวณที่มีปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์สูงที่สุดในเส้นทางนี้ เท่ากับ $572 \text{ mg}/\text{m}^3$ ในขณะที่บริเวณถนนพหลโยธิน แขวงสามเสนใน เขตพญาไทมีปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ต่ำที่สุด เท่ากับ $34 \text{ mg}/\text{m}^3$ (รูปที่ 4.10)

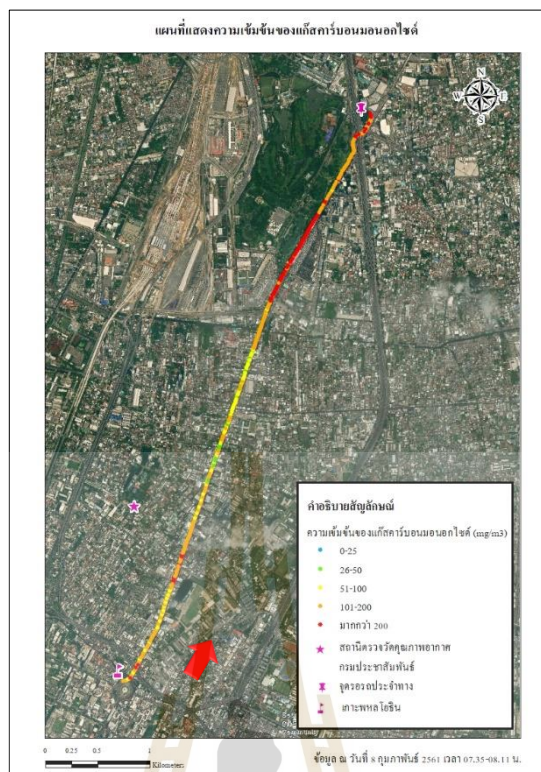


(ก)

(ข)

รูปที่ 4.9 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน วันที่ 25 ม.ค. 2561
ช่วงเช้าของการเดินทางขาออก (ก) ความเข้มข้นของ PM_{10} ในช่วง 15-597 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
(ข) ความเข้มข้นของ PM_{10} ในช่วง 64-646 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4.10 ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ วันที่ 8 ก.พ. 2561
ช่วงเช้าของการเดินทางขาออก

จากแผนที่การเดินทางในเส้นทางที่ 1 แสดงให้เห็นว่าการเดินทางขาเข้าบริเวณสถานที่เปลี่ยนการเดินทาง คือ บริเวณสถานีรถไฟฟ้าบีทีเอสและบริเวณจตุรอรถประจำทางมีปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนสูง และเดินทางขาออกมีปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนสูงบริเวณที่มีสัญญาณไฟจราจร ขณะที่ปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ของการเดินทางขาเข้าและขาออก มีค่าสูงบริเวณบริเวณสถานีรถไฟฟ้าบีทีเอสและเอ็มอาร์ที ซึ่งบริเวณดังกล่าวเป็นสถานที่เปลี่ยนการเดินทาง คือ จตุรอรถโดยสารสาธารณะและบริเวณสถานีรถไฟฟ้า

4.4.1.2 เส้นทางที่ 2 อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ-ห้างสรรพสินค้าโรบินสันบางรัก

เส้นทางที่ 2 จากท่ารถอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ ฝั่งเกาะพญาไทไปห้างสรรพสินค้าโรบินสันบางรัก พบว่า ช่วงเช้าของวันที่ 14 กุมภาพันธ์ 2561 มีช่วงความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนสูงที่สุดในเส้นทางที่ 2 ซึ่งบริเวณจตุรอรถประจำทางอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ ฝั่งเกาะพญาไท ถนนพญาไท แขวงถนนพญาไท เขตราชเทวี เป็นบริเวณที่มีปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนสูงที่สุดในช่วง 631-680 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ และบริเวณหน้าตู้กดเงินธนาคารกรุงเทพ ถนนราชปรารภ แขวงมักกะสัน เขตราชเทวีมีปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนต่ำที่สุดในช่วง 2-50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

(รูปที่ 4.11) ขณะที่ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์มีช่วงสูงสุดในเส้นทางนี้ ในช่วง 19-383 mg/m^3 คือ ช่วงเช้าวันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2561 บริเวณป้ายรถประจำทาง วัดแขก 2 ถนนสีลม แขวงสีลม เขตบางรัก เท่ากับ 383 mg/m^3 และบริเวณหน้าสมาคมผู้บำเพ็ญประโยชน์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชินูปถัมภ์ ถนนพญาไท แขวงพญาไท เขตราชเทวี เท่ากับ 19 mg/m^3 (รูปที่ 4.12)



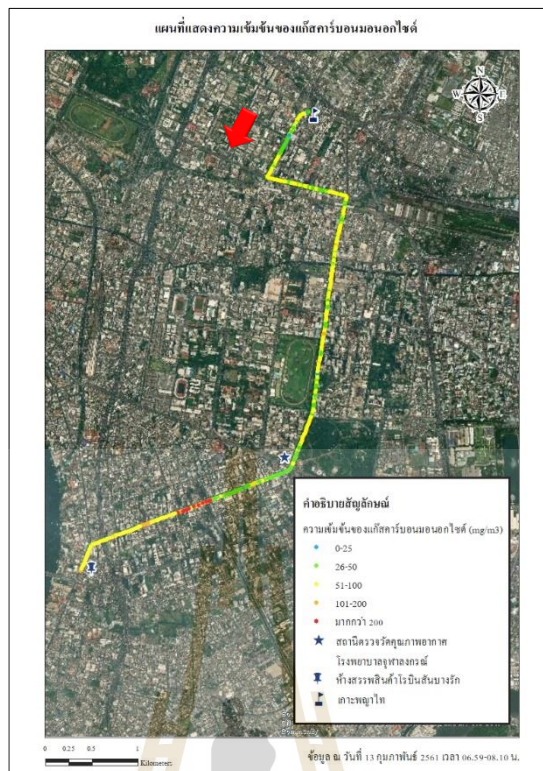
(ก)

(ข)

รูปที่ 4.11 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน วันที่ 14 ก.พ. 2561

ช่วงสายของการเดินทางขาออก (ก) ความเข้มข้นของ PM_{10} ในช่วง 2-631 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

(ข) ความเข้มข้นของ PM_{10} ในช่วง 50-680 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

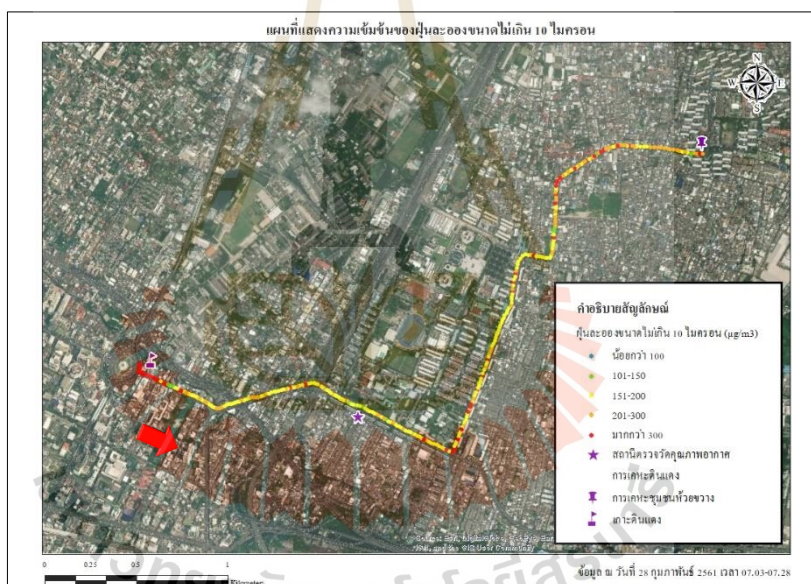
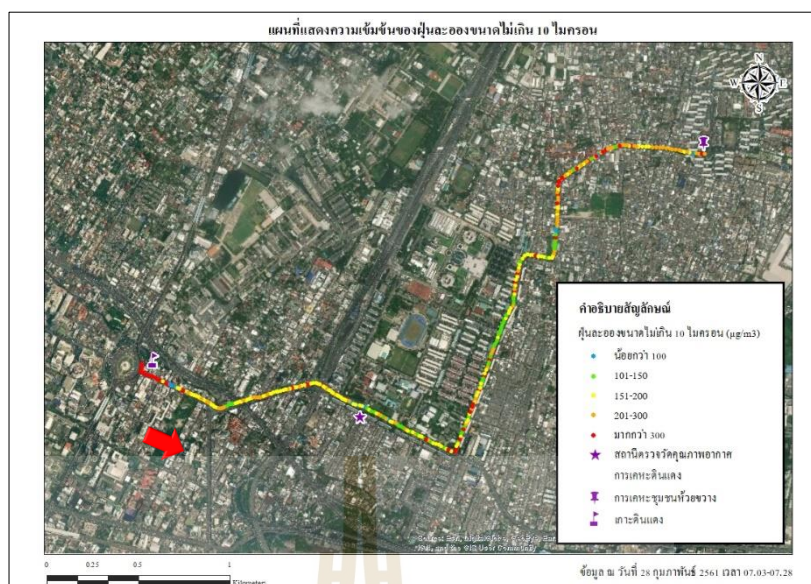


รูปที่ 4.12 ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ วันที่ 13 ก.พ. 2561 ช่วงเช้า

จากข้อมูลของแผนที่การเดินทางในเส้นทางที่ 2 แสดงให้เห็นว่าฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์มีปริมาณสูงในบริเวณสถานีรถไฟและบริเวณป้ายรอรถประจำทาง ซึ่งเป็นสถานที่เปลี่ยนรูปแบบการเดินทาง

4.4.1.3 เส้นทางที่ 3 อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ-การเคหะชุมชนห้วยขวาง

เส้นทางที่ 3 จากท่ารถอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ ฝั่งเกาะดินแดงไปการเคหะชุมชนห้วยขวาง พบว่า ช่วงเช้าของวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2561 มีช่วงความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนสูงสุดในช่วง 26-695 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ซึ่งบริเวณจุดรอรถประจำทางอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ ฝั่งเกาะดินแดง ถนนราชวิถี แขวงถนนพญาไท เขตราชเทวี เป็นบริเวณที่มีปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนสูงที่สุดในเส้นทางนี้ ในช่วง 646-695 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ และบริเวณหน้าบริษัท ไทยเอ็กเพรส แทรเวล จำกัด ถนนประชาสงเคราะห์ แขวงดินแดง เขตดินแดง มีปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนต่ำที่สุด ในช่วง 26-75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (รูปที่ 4.13)

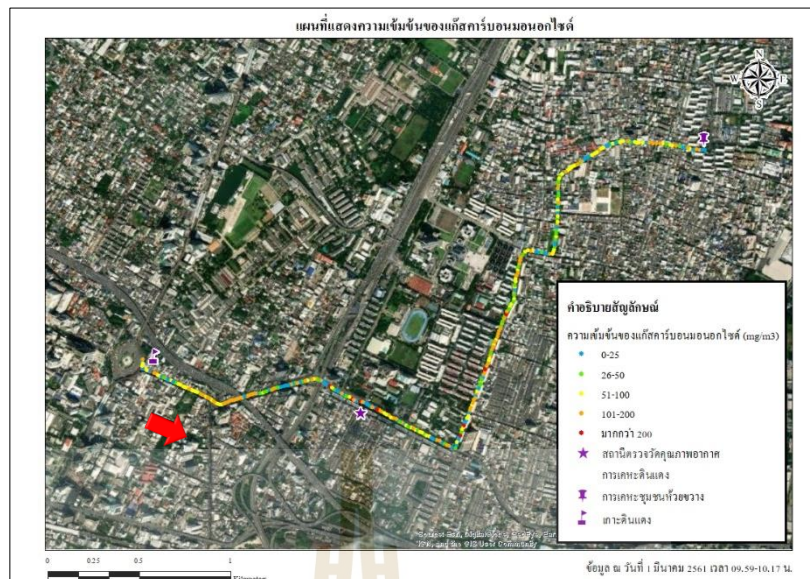


รูปที่ 4.13 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน วันที่ 28 ก.พ. 2561

ช่วงเช้าของการเดินทางขาเข้า (ก) ความเข้มข้นของ PM_{10} ในช่วง 26-646 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

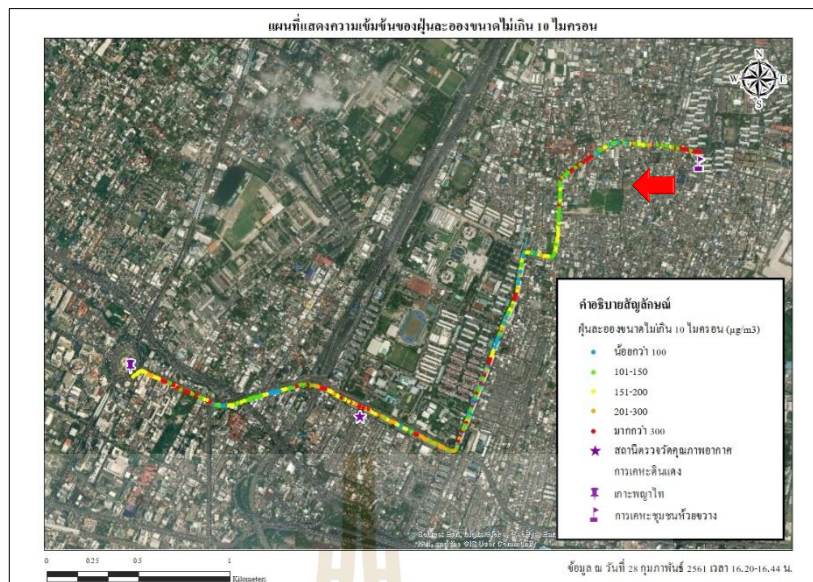
(ข) ความเข้มข้นของ PM_{10} ในช่วง 75-695 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

ขณะที่การเดินทางช่วงสายของวันที่ 1 มีนาคม 2561 บริเวณป้ายรถประจำทาง โรงเรียนพิบูลประชาสรรค์ 2 ถนนดินแดง แขวงดินแดง เขตดินแดง เป็นบริเวณที่มีปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ของการเดินทางขาเข้าสูงที่สุด คือ 298 mg/m^3 และบริเวณถนนอโศก-ดินแดง แขวงดินแดง เขตดินแดง มีปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ต่ำที่สุด เท่ากับ 20 mg/m^3 (รูปที่ 4.14)

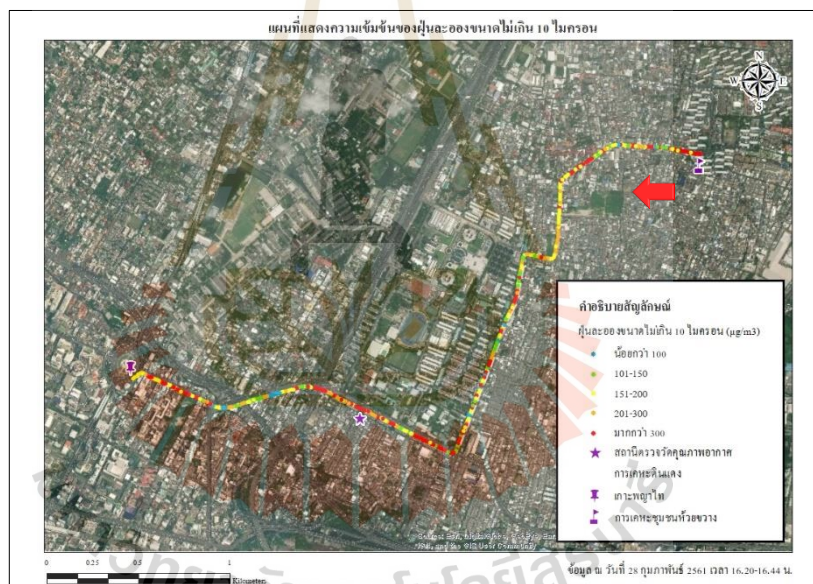


รูปที่ 4.14 ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ วันที่ 1 มี.ค. 2561
ช่วงสายของการเดินทางขาเข้า

การเดินทางขาออกในเส้นทางที่ 3 จากจุดตรวจประจำทางการเคหะชุมชน ห้วยขวางไปอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ ผังเกาะพญาไท พบว่า ช่วงเย็นของวันที่ 1 มีนาคม 2561 มีช่วงความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนต่อกิโลเมตรสูงสุด ในช่วง 26-595 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ซึ่งบริเวณป้ายรถประจำทาง วัดหลวงพ่อนธร 1 ถนนประชาสงเคราะห์ แขวงดินแดง เขตดินแดง เป็นบริเวณที่มีปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนสูงที่สุด ในช่วง 546-595 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ และบริเวณสะพานลอย ถนนดินแดง แขวงดินแดง เขตดินแดง มีปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนต่ำที่สุด ในช่วง 26-75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (รูปที่ 4.15) ขณะที่การเดินทางช่วงเย็นของวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2561 บริเวณป้ายรถประจำทางตรงข้ามโรงเรียนพิบูลประชาสรรค์ 2 แขวงดินแดง เขตดินแดง เป็นบริเวณที่มีปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์สูงที่สุด เท่ากับ 480 mg/m^3 เนื่องจากช่วงเวลาเย็นเป็นเวลาเลิกเรียนและเลิกงาน ทำให้บริเวณดังกล่าวมีการจราจรหนาแน่น และบริเวณถนนประชาสงเคราะห์ แขวงดินแดง เขตดินแดง เป็นบริเวณที่มีปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ต่ำที่สุดของเส้นทาง เท่ากับ 19 mg/m^3 (รูปที่ 4.16)

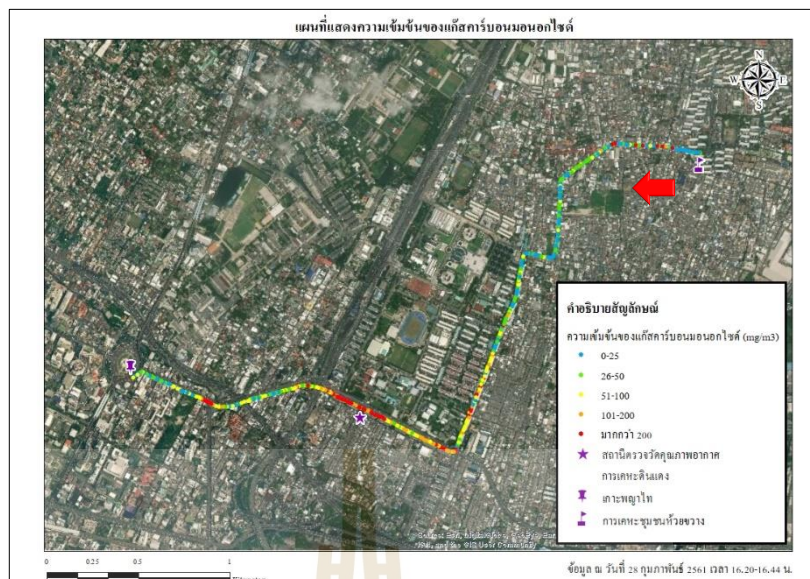


(ก)



(จ)

รูปที่ 4.15 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน วันที่ 1 มี.ค. 2561
ช่วงเย็นของการเดินทางขาออก (ก) ความเข้มข้นของ PM_{10} ในช่วง 26-546 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
(จ) ความเข้มข้นของ PM_{10} ในช่วง 75-595 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

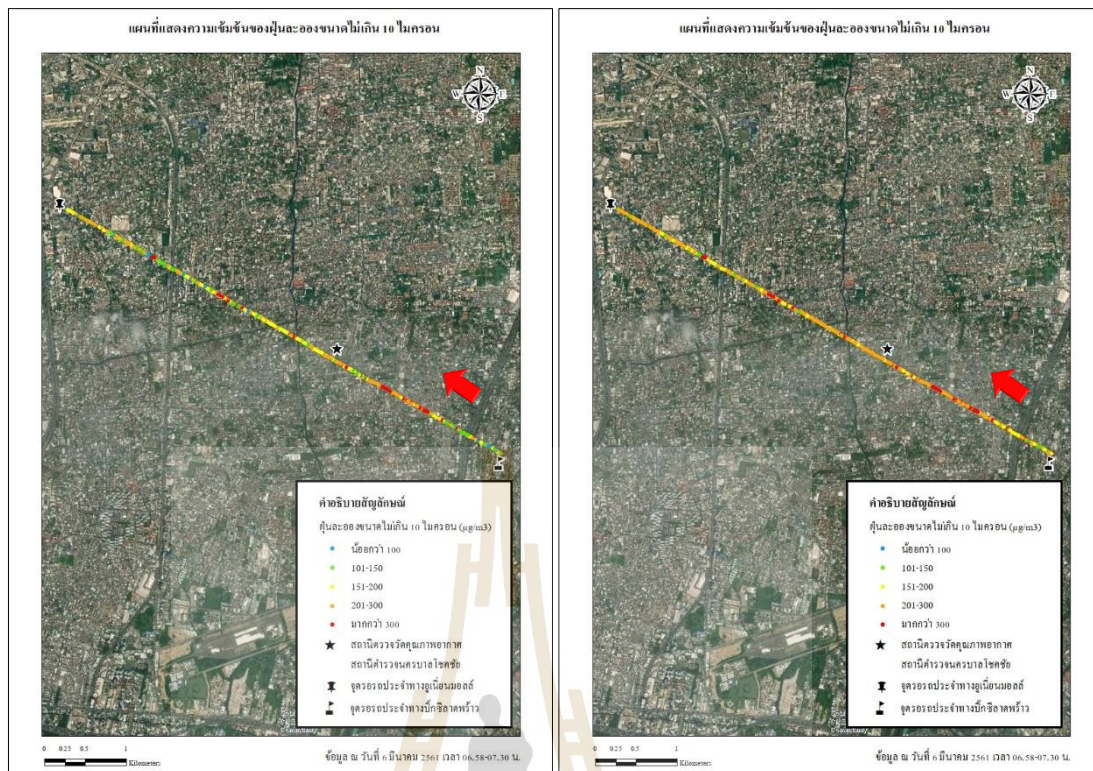


รูปที่ 4.16 ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ วันที่ 28 ก.พ. 2561
ช่วงเย็นของการเดินทางขาออก

จากข้อมูลของแผนที่แสดงให้เห็นว่าปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน และแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ของการเดินทางขาเข้าและขาออกในเส้นทางที่ 3 มีค่าสูงบริเวณจุดจอดรถประจำทาง

4.4.1.4 เส้นทางที่ 4 ห้างสรรพสินค้าบีคซี ลาดพร้าว-ห้างสรรพสินค้ายูเนี่ยนมอลล์

การเดินทางขาเข้าในเส้นทางที่ 4 จากจุดจอดรถโดยสารบริเวณห้างสรรพสินค้าบีคซี ลาดพร้าว ไปห้างสรรพสินค้ายูเนี่ยนมอลล์ การเดินทางช่วงเช้าของวันที่ 6 มีนาคม 2561 มีความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนสูงสุดในช่วง $16-935 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ซึ่งป้ายรถประจำทาง ลาดพร้าว ซอย 64 ถนนลาดพร้าว แขวงวังทองหลาง เขตวังทองหลาง เป็นบริเวณที่มีปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนสูงสุดในช่วง $886-935 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และบริเวณปากทางลาดพร้าว ซอย 10 ถนนลาดพร้าว แขวงจุมพล เขตจตุจักร เป็นบริเวณที่มีปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนต่ำที่สุดในช่วง $16-65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (รูปที่ 4.17) ขณะที่การเดินทางช่วงเช้าของวันที่ 13 มีนาคม 2561 มีปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในช่วงที่สูงที่สุด ในช่วง $44-790 \text{mg}/\text{m}^3$ โดยบริเวณป้ายรถประจำทาง ลาดพร้าว ซอย 40 แขวงจันทระเกษม เขตจตุจักร เป็นบริเวณที่มีปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์สูงสุดในเส้นทางนี้ เท่ากับ $790 \text{mg}/\text{m}^3$ และบริเวณปากซอยลาดพร้าว 48 แขวงสามเสนนอก เขตห้วยขวาง เป็นบริเวณที่มีปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ต่ำที่สุด เท่ากับ $44 \text{mg}/\text{m}^3$ (รูปที่ 4.18)

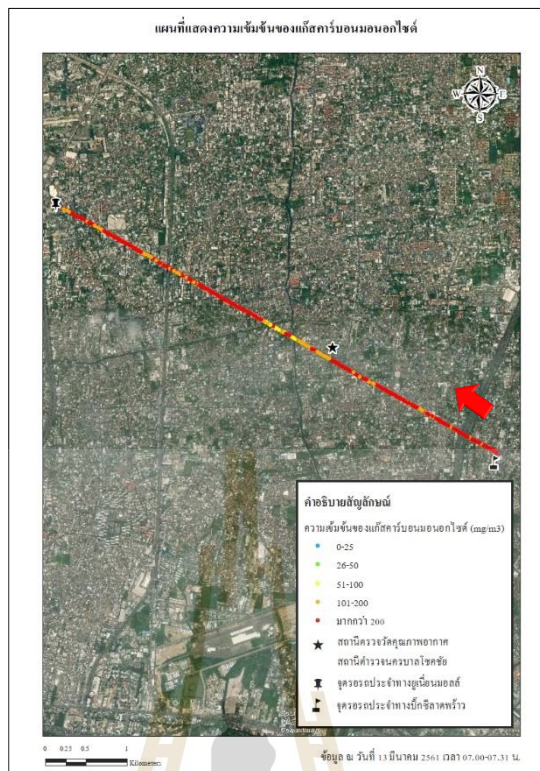


(ก)

(ข)

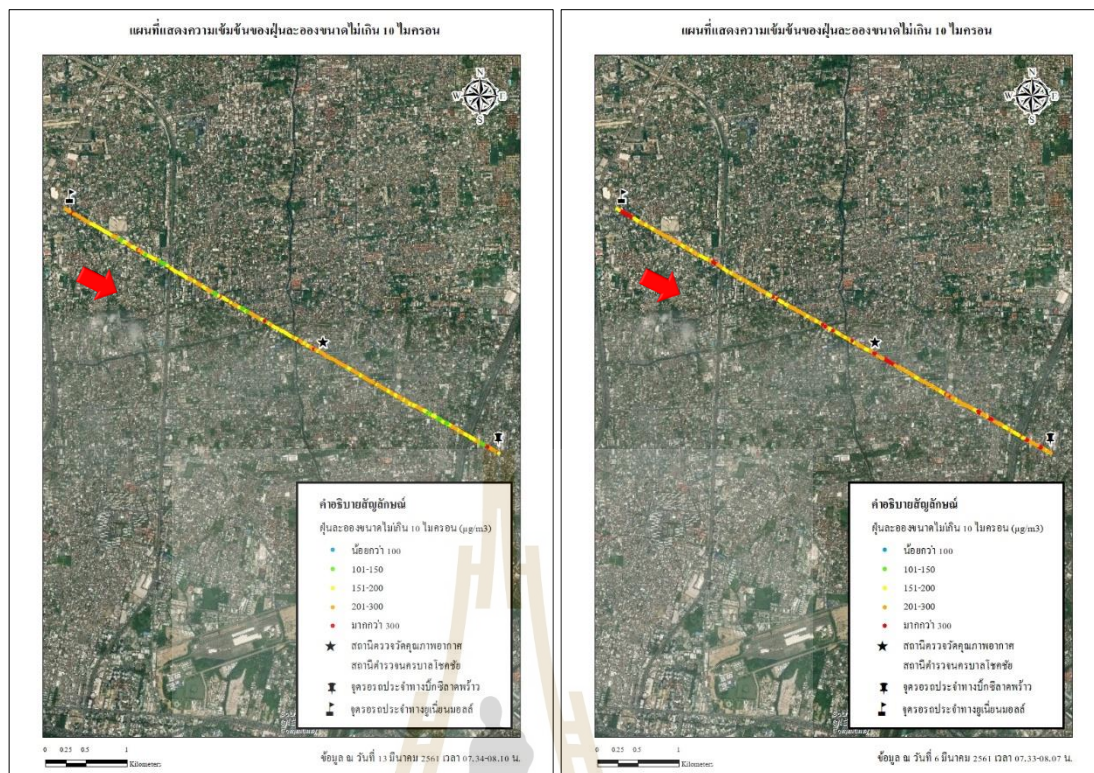
รูปที่ 4.17 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน วันที่ 6 มี.ค. 2561
 ช่วงเช้าของการเดินทางขาเข้า (ก) ความเข้มข้นของ PM_{10} ในช่วง $16-886 \mu\text{g}/\text{m}^3$
 (ข) ความเข้มข้นของ PM_{10} ในช่วง $65-935 \mu\text{g}/\text{m}^3$

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4.18 ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ วันที่ 13 มี.ค. 2561
ช่วงเช้าของการเดินทางขาเข้า

การเดินทางขาออกในเส้นทางที่ 4 จากจุดจอดรถโดยสารสาธารณะบริเวณห้างสรรพสินค้ายูเนี่ยนมอลล์ไปห้างสรรพสินค้าบีทีซี ลาดพร้าว พบว่า การเดินทางช่วงเช้าของวันที่ 13 มีนาคม 2561 มีช่วงความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์สูงที่สุด ในช่วง $57-537 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และ $19-253 \text{mg}/\text{m}^3$ ตามลำดับ ซึ่งบริเวณป้ายรถประจำทาง สถานีตำรวจโชคชัย 2 ถนนลาดพร้าว แขวงสะพานสอง เขตวังทองหลาง เป็นบริเวณที่มีปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนสูงที่สุด ในช่วง $488-537 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และบริเวณปากซอยลาดพร้าว 67/2 ถนนลาดพร้าว แขวงสะพานสอง เขตวังทองหลาง เป็นบริเวณที่มีปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนต่ำที่สุดในเส้นทางนี้ ในช่วง $57-106 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (รูปที่ 4.19)



(ก)

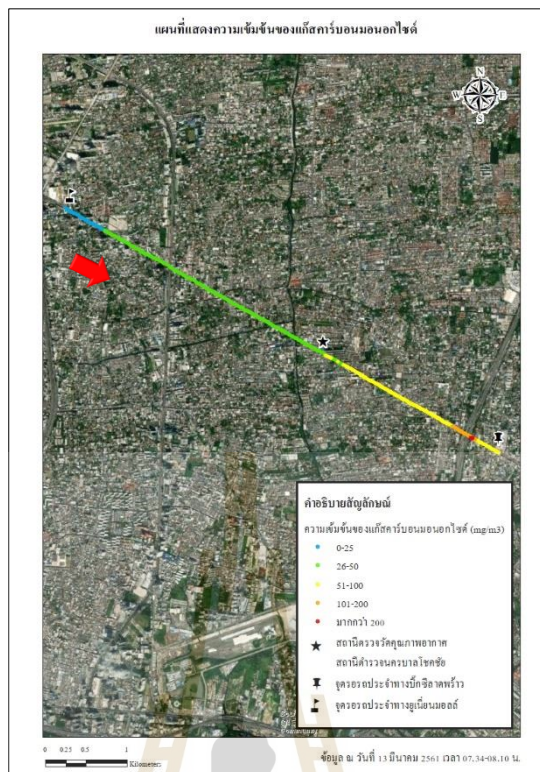
(ข)

รูปที่ 4.19 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน วันที่ 13 มี.ค. 2561

ช่วงเช้าของการเดินทางขาออก (ก) ความเข้มข้นของ PM_{10} ในช่วง 57-488 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

(ข) ความเข้มข้นของ PM_{10} ในช่วง 106-537 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

ขณะที่บริเวณใต้ทางพิเศษฉลองรัช ถนนลาดพร้าว แขวงคลองเจ้าคุณสิงห์ เขตวังทองหลาง มีปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ของการเดินทางขาออกสูงที่สุด เท่ากับ 790 mg/m^3 และบริเวณปากทางลาดพร้าวซอย 1/1 ถนนลาดพร้าว แขวงจอมพล เขตจตุจักร มีปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ต่ำที่สุด เท่ากับ 21 mg/m^3 (รูปที่ 4.20)



รูปที่ 4.20 ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ วันที่ 13 มี.ค. 2561 ช่วงเช้าของการเดินทางขาออก

จากข้อมูลของแผนที่แสดงให้เห็นว่าปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนของการเดินทางขาเข้าและขาออกในเส้นทางที่ 4 มีค่าสูงบริเวณป้ายรอรถประจำทาง ขณะที่ปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ของการเดินทางขาเข้ามีค่าสูงบริเวณป้ายรอรถประจำทาง ตลาดพร้าว ซอย 40 และการเดินทางขาออกมีปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์สูงบริเวณใต้ทางพิเศษฉลองรัช

4.4.2 ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่แสดงความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่แสดงความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา มีการเดินทางแบบขาเข้าและขาออกดังรายละเอียดต่อไปนี้

การเดินทางขาเข้าจากห้างสรรพสินค้าเดอะมอลล์ นครราชสีมาไปหน้ามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา พบว่า ช่วงเช้าของวันที่ 29 มีนาคม 2561 มีช่วงความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนสูงสุด ในช่วง 20-795 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ซึ่งบริเวณหน้าตลาดสดเพชรสีมา ถนนราชสีมา-โชคชัย ตำบลในเมือง อำเภอเมืองนครราชสีมา เป็นบริเวณที่มีปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10

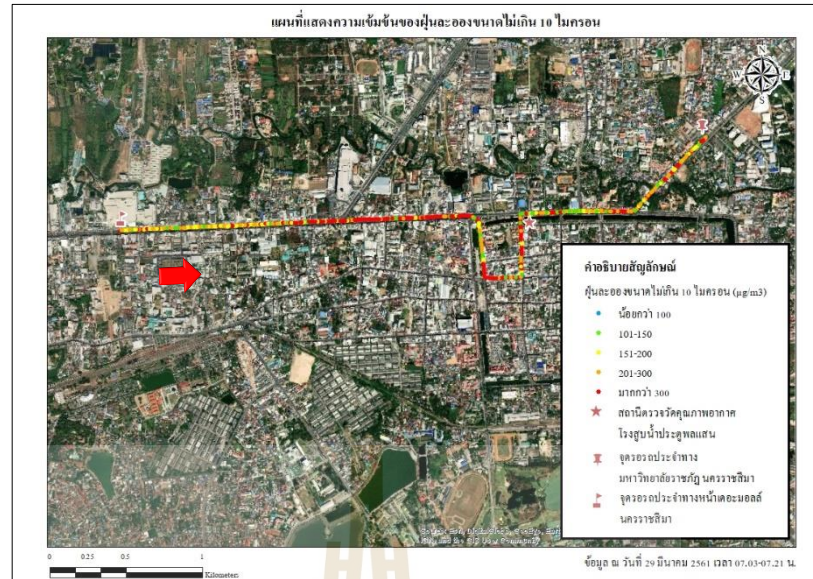
ไมครอนสูงที่สุด ในช่วง $746-795 \mu\text{g}/\text{m}^3$ เนื่องจากเป็นบริเวณที่เป็นแหล่งกิจกรรมและมีสัญญาณไฟจราจรทำให้บริเวณนั้นมีรถจำนวนมาก การจราจรค่อนข้างหนาแน่น และบริเวณหน้าโรงเรียนสุนทรวิทยา ถนนราชสีมา-โชคชัย ตำบลในเมือง อำเภอเมืองนครราชสีมา เป็นบริเวณที่มีปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนค่าที่สุด ในช่วง $20-69 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (รูปที่ 4.21) ขณะที่ในช่วงเวลาสายของวันที่ 22 มีนาคม 2561 มีช่วงความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์สูงที่สุด บริเวณหน้าวัดสามัคคี ถนนราชสีมา-โชคชัย ตำบลในเมือง อำเภอเมืองนครราชสีมา ซึ่งเป็นทางสามแยก เป็นบริเวณที่มีปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์สูงที่สุด เท่ากับ $222 \text{mg}/\text{m}^3$ และบริเวณหน้าสำนักงานทางหลวงที่ 10 (นครราชสีมา) ถนนสุนทรารายณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมืองนครราชสีมา เป็นบริเวณที่มีปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ค่าที่สุด เท่ากับ $22 \text{mg}/\text{m}^3$ (รูปที่ 4.22)

ขณะที่การเดินทางขาออกจากหน้ามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมาไปหน้าห้างสรรพสินค้าเดอะมอลล์ นครราชสีมา พบว่า ช่วงเช้าของวันที่ 4 เมษายน 2561 มีช่วงความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนสูงสุดของเส้นทางนี้ ในช่วง $39-542 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ซึ่งบริเวณถนนสุนทรารายณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมืองนครราชสีมา ซึ่งเป็นบริเวณที่มีสัญญาณไฟจราจรเป็นบริเวณที่มีปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนสูงที่สุด ในช่วง $493-542 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และบริเวณถนนราชสีมา-โชคชัย ตำบลในเมือง อำเภอเมืองนครราชสีมา ตรงข้ามร้าน ก รุ่งเรืองชัยแก๊ส เป็นบริเวณที่มีปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนค่าที่สุด ในช่วง $39-88 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (รูปที่ 4.23)



(ก)

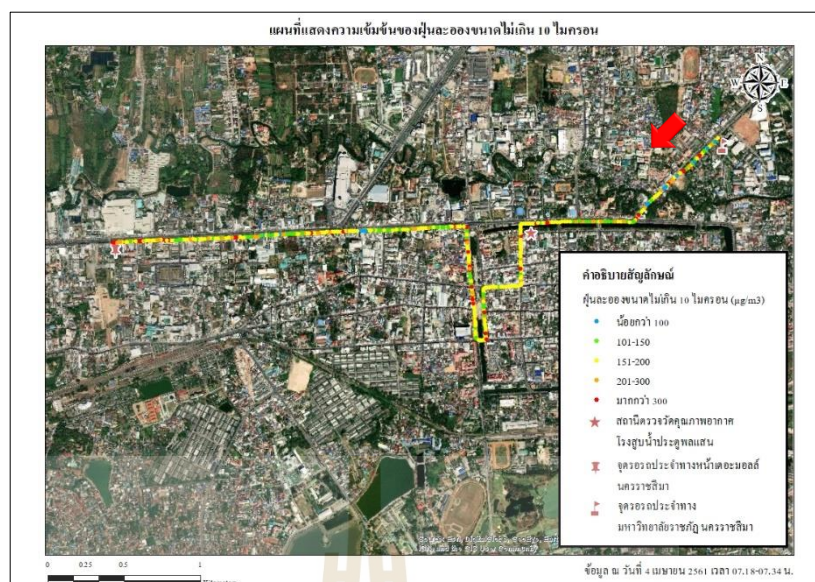
(ข)



รูปที่ 4.21 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน วันที่ 29 มี.ค. 2561 ช่วงเช้าของการเดินทางขาเข้า (ก) ความเข้มข้นของ PM_{10} ในช่วง 20-746 $\mu g/m^3$ (ข) ความเข้มข้นของ PM_{10} ในช่วง 69-795 $\mu g/m^3$



รูปที่ 4.22 ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ วันที่ 22 มี.ค. 2561 ช่วงสายของการเดินทางขาเข้า



(ก)



(ข)

รูปที่ 4.23 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน วันที่ 4 เม.ย. 2561

ช่วงเย็นของการเดินทางขาออก (ก) ความเข้มข้นของ PM_{10} ในช่วง 39-493 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

(ข) ความเข้มข้นของ PM_{10} ในช่วง 88-542 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

ขณะที่ช่วงเวลาเช้าของวันที่ 28 มีนาคม 2561 มีปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์สูงสุดในช่วง 19-362 mg/m^3 โดยปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่มีค่ามากที่สุด เท่ากับ 362 mg/m^3 เกิดบริเวณใต้สะพานลอยตรงข้ามพลัส คอนโด ถนนมิตรภาพ ตำบลในเมือง อำเภอเมืองนครราชสีมา ซึ่งเป็นบริเวณที่รถสาธารณะจอดรับ-ส่งผู้โดยสาร และบริเวณหน้าบ้านกรองน้ำ โคราช ถนนราชสีมา-

โซคซัย ตำบลในเมือง อำเภอเมืองนครราชสีมา มีปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ต่ำที่สุด เท่ากับ 23 mg/m^3 (รูปที่ 4.24)



รูปที่ 4.24 ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ วันที่ 28 มี.ค. 2561
ช่วงเช้าของการเดินทางขาออก

จากข้อมูลของแผนที่แสดงให้เห็นว่าปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนของการเดินทางขาเข้าในเขตเทศบาลนครนครราชสีมามีค่าสูงบริเวณหน้าตลาดสดเพชรสีมา ซึ่งเป็นบริเวณที่มีผู้คนมาจับจ่ายซื้อของและมีสัญญาณไฟจราจรทำให้บริเวณนี้มีรถจำนวนมาก การจราจรค่อนข้างหนาแน่น และปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนของการเดินทางขาออกมีค่าสูงบริเวณถนนสุรนารายณ์ ตำบลในเมือง อำเภอเมืองนครราชสีมา ซึ่งเป็นบริเวณที่มีสัญญาณไฟจราจร ขณะที่ปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์มีค่าสูงบริเวณหน้าวัดสามัคคี ซึ่งเป็นทางสามแยก และปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ของการเดินทางขาออกมีค่าสูงในช่วงเวลาเช้าบริเวณใต้สะพานลอยตรงข้ามพลัสคอนโค ถนนมิตรภาพ ตำบลในเมือง อำเภอเมืองนครราชสีมา ซึ่งเป็นบริเวณที่รถสาธารณะจอดรับ-ส่งผู้โดยสาร

4.5 ปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์จากการเดินทางโดยรถโดยสารสาธารณะ

การประเมินการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ใช้ค่าความเข้มข้นของสารมลพิษจากการตรวจวัดด้วยเครื่องมือตามเวลาจริงแบบพกพาพร้อมกับ

อัตราการหายใจและระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางแสดงปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (ข้อมูลดังแสดงรายละเอียดในภาคผนวก ง)

4.5.1 ปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร

ปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ของการโดยสารรถประจำทางสาธารณะในพื้นที่กรุงเทพมหานคร 4 เส้นทาง ใน 3 ช่วงเวลาของวันทำงานปกติ คำนวณโดยมีสมมติฐานว่าการโดยสารรถประจำทางสาธารณะในช่วงเวลาต่าง ๆ มีโอกาสรับสัมผัสสารมลพิษมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศที่ได้รับและระยะเวลาที่ใช้ในการโดยสาร และเส้นทางเดินรถขาเข้าและขาออกของการโดยสารรถสาธารณะมีระยะทางที่ไม่เท่ากัน ดังนั้นการศึกษานี้จึงทำการประเมินการรับสัมผัสความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ต่อระยะทาง 1 กิโลเมตร มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.5.1.1 เส้นทางที่ 1 อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ-ห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัลลาดพร้าว

ปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนต่อระยะทาง 1 กิโลเมตรของการเดินทางขาเข้า จากจุดจอดรถประจำทางตรงข้ามห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัลลาดพร้าวไปอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ ผังเกาะราชวิถี พบว่า ส่วนใหญ่การเดินทางช่วงเวลาเช้า สาย และเย็นมีโอกาสได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนต่อกิโลเมตรใกล้เคียงกัน มีบางวันที่ช่วงเวลาเช้ามีโอกาสได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนต่อกิโลเมตรสูงกว่าช่วงเวลาสายหรือเย็น เนื่องจากการเดินทางในแต่ละช่วงเวลามีระยะเวลาโดยสารแตกต่างกัน (รายละเอียดในภาคผนวก ข) ดังนั้นเมื่อพิจารณาปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนต่อระยะเวลาโดยสาร 1 นาที พบว่า บางวันการเดินทางช่วงเวลาเย็นมีโอกาสได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนมากกว่าช่วงเวลาเช้าหรือสาย (ตารางที่ 4.24) เป็นผลมาจากการเดินทางขาเข้าในเส้นทางที่ 1 ช่วงเวลาเย็นบางวันใช้เวลาในการเดินทางน้อยกว่าช่วงเช้าและสาย

ขณะที่ปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนต่อระยะทาง 1 กิโลเมตรของการเดินทางขาออก จากท่ารถอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ ผังเกาะพหลโยธินไปห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัลลาดพร้าว พบว่า ส่วนใหญ่การเดินทางในช่วงเวลาเช้ามีโอกาสได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนต่อกิโลเมตรสูงกว่าช่วงเวลาสายหรือเย็น (ตารางที่ 4.25) ซึ่งการโดยสารในวันที่ 23 มกราคม 2561 ของการเดินทางขาออกช่วงเวลาเช้ามีโอกาสรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนต่อกิโลเมตรสูงที่สุดในช่วง 11-14 μg แม้เป็นการเดินทางออกนอกเมืองแต่การโดยสารผ่านบริเวณที่เป็นแหล่งกิจกรรม คือ สถานที่ทำงาน และเป็นสถานที่เปลี่ยนรูปแบบการเดินทางเช่นเดียวกับการเดินทางขาเข้า ทำให้บริเวณนั้นมีการจราจรหนาแน่นในช่วงเช้า เมื่อพิจารณาปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนต่อระยะเวลาโดยสาร 1 นาที พบว่า ส่วนใหญ่ช่วงเวลาเช้ามีโอกาส

ได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนมากกว่าช่วงเวลาสายหรือเย็น ซึ่งโอกาสได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนต่อระยะเวลาโดยสาร 1 นาทีมีแนวโน้มคล้ายกับการพิจารณาต่อระยะทาง

ตารางที่ 4.24 วันที่และช่วงเวลาของการโดยสารแบบขาเข้าที่มีปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนในเส้นทางที่ 1

วันที่ตรวจวัด	ปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (μg)					
	ต่อระยะทาง 1 กิโลเมตร			ต่อระยะเวลาโดยสาร 1 นาที		
	ช่วงเวลาเช้า	ช่วงเวลาสาย	ช่วงเวลาเย็น	ช่วงเวลาเช้า	ช่วงเวลาสาย	ช่วงเวลาเย็น
23 ม.ค. 2561	6.8-8.6	10.4-13.2	6.1-7.9	1.5-1.9	1.6-2.1	1.6-2.1
24 ม.ค. 2561	7.3-7.8	N/A	6.6-8.9	1.5-1.6	N/A	1.3-1.7
25 ม.ค. 2561	15.7-19.9	5.5-7.6	6.1-8.1	1.6-2.1	1.1-1.6	1.3-1.7
6 ก.พ. 2561	5.3-7.6	5.8-7.9	5.8-7.6	1.0-1.5	1.2-1.7	1.3-1.7
7 ก.พ. 2561	6.8-9.1	4.3-5.8	3.8-5.0	1.2-1.7	1.2-1.6	1.3-1.7
8 ก.พ. 2561	5.5-7.6	5.1-7.1	6.8-9.1	1.1-1.5	1.1-1.5	1.2-1.6

หมายเหตุ N/A; Not available;

24 ม.ค. 61 ช่วงสาย (10.00-11.00 น.) ข้อมูลที่ตรวจวัดใช้ไม่ได้เนื่องจากฝนตก

ตารางที่ 4.25 วันที่และช่วงเวลาของการโดยสารแบบขาออกที่มีปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนในเส้นทางที่ 1

วันที่ตรวจวัด	ปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (μg)					
	ต่อระยะทาง 1 กิโลเมตร			ต่อระยะเวลาโดยสาร 1 นาที		
	ช่วงเวลาเช้า	ช่วงเวลาสาย	ช่วงเวลาเย็น	ช่วงเวลาเช้า	ช่วงเวลาสาย	ช่วงเวลาเย็น
23 ม.ค. 2561	11.1-13.6	7.6-9.8	8.5-11.1	2.1-2.6	1.2-1.6	1.4-1.8
24 ม.ค. 2561	7.6-10.0	N/A	6.0-8.1	1.4-1.9	N/A	1.1-1.5
25 ม.ค. 2561	8.0-10.1	5.1-7.3	5.5-7.6	1.5-2.0	1.0-1.5	1.1-1.5
6 ก.พ. 2561	4.8-7.0	7.5-9.8	8.8-11.8	0.9-1.3	1.2-1.6	1.3-1.7
7 ก.พ. 2561	5.0-7.0	6.5-8.8	6.1-8.6	1.0-1.4	1.2-1.6	1.1-1.5
8 ก.พ. 2561	6.8-9.3	6.3-8.6	5.8-7.8	1.1-1.6	1.2-1.6	1.2-1.6

หมายเหตุ N/A; Not available;

24 ม.ค. 2561 ช่วงสาย (10.00-11.00 น.) ข้อมูลที่ตรวจวัดใช้ไม่ได้เนื่องจากฝนตก

ปริมาณการรับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ต่อระยะทาง 1 กิโลเมตรของการเดินทางขาเข้าและขาออกในเส้นทางที่ 1 พบว่า ส่วนใหญ่ในช่วงเวลาเช้ามีโอกาสได้รับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ต่อกิโลเมตรสูงกว่าช่วงสายหรือเย็น (ตารางที่ 4.26 และ 4.27) เนื่องจากการโดยสารทั้งขาเข้าและขาออกสัญจรผ่านบริเวณที่เป็นแหล่งกิจกรรม ได้แก่ สถานที่ทำงานทั้งภาครัฐและเอกชน และเป็นสถานที่เปลี่ยนรูปแบบการเดินทาง โดยวันที่ 24 มกราคม 2561 ช่วงเวลาเช้าของการเดินทางขาเข้ามีโอกาสได้รับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ต่อกิโลเมตรสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 10 mg ขณะที่การเดินทางขาออกมีโอกาสรับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ต่อกิโลเมตรสูงที่สุดในช่วงเช้าของวันที่ 23 มกราคม 2561 มีค่าเท่ากับ 10 mg เมื่อพิจารณาปริมาณการรับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ต่อระยะเวลาโดยสาร 1 นาที พบว่า ส่วนใหญ่ช่วงเวลาเช้ามีโอกาสได้รับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์มากกว่าช่วงสายหรือเย็น ซึ่งโอกาสรับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ต่อระยะเวลาโดยสาร 1 นาทีมีแนวโน้มคล้ายกับการพิจารณาต่อระยะทาง

ตารางที่ 4.26 วันที่และช่วงเวลาของการโดยสารแบบขาเข้าที่มีปริมาณการรับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในเส้นทางที่ 1

วันที่ตรวจวัด	ปริมาณการรับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (mg)					
	ต่อระยะทาง 1 กิโลเมตร			ต่อระยะเวลาโดยสาร 1 นาที		
	ช่วงเวลาเช้า	ช่วงสาย	ช่วงเย็น	ช่วงเวลาเช้า	ช่วงสาย	ช่วงเย็น
23 ม.ค. 2561	2.8	3.0	1.2	0.6	0.5	0.3
24 ม.ค. 2561	9.6	N/A	2.8	2.0	N/A	0.5
25 ม.ค. 2561	7.9	1.5	0.7	0.8	0.3	0.1
6 ก.พ. 2561	5.5	2.0	1.7	1.1	0.4	0.4
7 ก.พ. 2561	3.8	2.3	0.7	0.7	0.6	0.2
8 ก.พ. 2561	3.8	1.3	0.3	0.8	0.3	0.1

หมายเหตุ N/A; Not available;

24 ม.ค. 2561 ช่วงสาย (10.00-11.00 น.) ข้อมูลที่ตรวจวัดใช้ไม่ได้เนื่องจากฝนตก

ตารางที่ 4.27 วันที่และช่วงเวลาของการโดยสารแบบขาออกที่มีปริมาณการรับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในเส้นทางที่ 1

วันที่ตรวจวัด	ปริมาณการรับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (mg)					
	ต่อระยะทาง 1 กิโลเมตร			ต่อระยะเวลาโดยสาร 1 นาที		
	ช่วงเวลาเช้า	ช่วงสาย	ช่วงเย็น	ช่วงเวลาเช้า	ช่วงสาย	ช่วงเย็น
23 ม.ค. 2561	9.8	0.7	1.5	1.8	0.1	0.2
24 ม.ค. 2561	4.8	N/A	3.2	0.9	N/A	0.6

ตารางที่ 4.27 วันที่และช่วงเวลาของการโดยสารแบบขาออกที่มีปริมาณการรับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในเส้นทางที่ 1 (ต่อ)

วันที่ตรวจวัด	ปริมาณการรับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (mg)					
	ต่อระยะทาง 1 กิโลเมตร			ต่อระยะเวลาโดยสาร 1 นาที		
	ช่วงเวลาเช้า	ช่วงเวลากลาง	ช่วงเวลาเย็น	ช่วงเวลาเช้า	ช่วงเวลากลาง	ช่วงเวลาเย็น
25 ม.ค. 2561	3.7	4.7	0.5	0.7	0.9	0.1
6 ก.พ. 2561	3.0	1.0	0.8	0.6	0.2	0.1
7 ก.พ. 2561	4.0	0.8	0.5	0.8	0.2	0.1
8 ก.พ. 2561	8.1	2.5	0.5	1.4	1.0	0.1

หมายเหตุ N/A; Not available;

24 ม.ค. 2561 ช่วงสาย (10.00-11.00 น.) ข้อมูลที่ตรวจวัดใช้ไม่ได้เนื่องจากฝนตก

4.5.1.2 เส้นทางที่ 2 อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ-ห้างสรรพสินค้าโรบินสันบางรัก

ปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนต่อระยะทาง 1 กิโลเมตร จากท่ารถอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ ฟังเกาะพญาไทไปห้างสรรพสินค้าโรบินสันบางรัก พบว่า ปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนต่อกิโลเมตรมีค่าใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 4.28) เนื่องจากเส้นทางนี้เป็นแหล่งกิจกรรมและเป็นสถานที่เปลี่ยนรูปแบบการเดินทาง ทำให้มีปริมาณรถสัญจรอย่างต่อเนื่องทุกช่วงเวลา โดยการเดินทางในช่วงเวลาสายของวันที่ 21 กุมภาพันธ์ 2561 มีโอกาสได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนต่อกิโลเมตรสูงสุดในช่วง 17-21 μg เมื่อพิจารณาปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนต่อระยะเวลาโดยสาร 1 นาที พบว่า โอกาสรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนต่อระยะเวลาโดยสาร 1 นาทีมีแนวโน้มคล้ายกับการพิจารณาต่อระยะทาง ขณะที่ปริมาณการรับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ของการเดินทางขาออกต่อกิโลเมตร พบว่า ช่วงเวลาเช้ามีโอกาสได้รับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์โดยรวมสูงกว่าช่วงเวลากลางหรือเย็น (ตารางที่ 4.29) ซึ่งวันที่ 14 กุมภาพันธ์ 2561 ช่วงเวลาเช้ามีโอกาสได้รับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ต่อกิโลเมตรสูงที่สุดของการโดยสารในเส้นทางที่ 2 มีค่าเท่ากับ 7 mg เมื่อพิจารณาปริมาณการรับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ต่อระยะเวลาโดยสาร 1 นาที พบว่า ส่วนใหญ่การเดินทางช่วงเวลาเช้ามีโอกาสรับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ต่อระยะเวลาโดยสาร 1 นาทีมีแนวโน้มคล้ายกับการพิจารณาต่อระยะทาง

ตารางที่ 4.28 วันที่และช่วงเวลาของการโดยสารที่มีปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนในเส้นทางที่ 2

วันที่ตรวจวัด	ปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (μg)					
	ต่อระยะทาง 1 กิโลเมตร			ต่อระยะเวลาโดยสาร 1 นาที		
	ช่วงเวลาเช้า	ช่วงเวลากลาง	ช่วงเวลาค่ำ	ช่วงเวลาเช้า	ช่วงเวลากลาง	ช่วงเวลาค่ำ
1 ก.พ. 2561	11.9-14.7	11.1-14.4	11.3-14.3	1.8-2.3	1.5-1.0	1.5-1.9
13 ก.พ. 2561	9.0-13.2	11.4-15.6	10.7-14.0	0.9-1.3	1.2-1.6	1.4-1.9
14 ก.พ. 2561	9.7-13.5	8.8-11.5	6.1-9.0	1.0-1.4	1.3-1.7	0.8-1.2
15 ก.พ. 2561	6.9-10.8	8.3-11.1	9.7-12.9	0.8-1.0	1.3-1.7	1.3-1.7
20 ก.พ. 2561	13.3-17.1	12.1-15.3	13.9-18.9	1.5-2.0	1.9-2.4	1.4-1.9
21 ก.พ. 2561	14.4-18.1	16.7-21.0	14.6-19.3	1.7-2.2	1.6-2.0	1.4-1.8

ตารางที่ 4.29 วันที่และช่วงเวลาของการโดยสารที่มีปริมาณการรับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในเส้นทางที่ 2

วันที่ตรวจวัด	ปริมาณการรับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (mg)					
	ต่อระยะทาง 1 กิโลเมตร			ต่อระยะเวลาโดยสาร 1 นาที		
	ช่วงเวลาเช้า	ช่วงเวลากลาง	ช่วงเวลาค่ำ	ช่วงเวลาเช้า	ช่วงเวลากลาง	ช่วงเวลาค่ำ
1 ก.พ. 2561	3.2	2.5	1.3	0.5	0.3	0.2
13 ก.พ. 2561	6.0	3.5	1.5	0.6	0.4	0.2
14 ก.พ. 2561	6.8	3.2	1.8	0.7	0.5	0.2
15 ก.พ. 2561	5.6	1.9	1.7	0.6	1.0	0.2
20 ก.พ. 2561	3.8	1.4	2.5	0.4	0.2	0.2
21 ก.พ. 2561	2.9	1.7	1.8	0.4	0.2	0.2

4.5.1.3 เส้นทางที่ 3 อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ-การเคหะชุมชนห้วยขวาง

ปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนต่อระยะทาง 1 กิโลเมตรของการเดินทางขาเข้า จากท่ารถอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ ฟังเกาะดินแดงไปการเคหะชุมชนห้วยขวาง และการเดินทางขาออก จากจุดจอดรถประจำทางการเคหะชุมชนห้วยขวางไปอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ ฟังเกาะพญาไท พบว่า การเดินทางในช่วงเวลาเช้าหรือสายมีโอกาสรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนต่อกิโลเมตรสูงกว่าช่วงเวลาค่ำ (ตารางที่ 4.30) ซึ่งวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2561 ของการเดินทางขาเข้ามีโอกาสรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนต่อกิโลเมตรสูงที่สุด โดยช่วงเวลาเช้าของการเดินทางขาเข้ามีโอกาสรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนต่อกิโลเมตรในช่วง 10-12 μg ขณะช่วงเวลาเช้าและสายของวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2561 ของการเดินทางขาออกมีโอกาสได้รับสัมผัส

ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนต่อกิโลเมตรสูงที่สุดในช่วง 7-9 μg เมื่อพิจารณาปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนต่อระยะเวลาโดยสาร 1 นาที พบว่า การเดินทางช่วงเวลาเช้ามีโอกาสได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนมากกว่าช่วงเวลาอื่น

ตารางที่ 4.30 วันที่และช่วงเวลาของการโดยสารที่มีปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนในเส้นทางที่ 3

วันที่	การตรวจวัด	การเดินทาง	ปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (μg)					
			ต่อระยะทาง 1 กิโลเมตร			ต่อระยะเวลาโดยสาร 1 นาที		
			ช่วงเวลาเช้า	ช่วงเวลาสาย	ช่วงเวลาเย็น	ช่วงเวลาเช้า	ช่วงเวลาสาย	ช่วงเวลาเย็น
28 ก.พ.		ขาเข้า	9.7-11.5	4.0-5.3	4.0-5.1	2.0-2.3	1.3-1.8	1.5-2.0
2561		ขาออก	6.9-9.3	7.1-9.3	6.7-8.3	1.8-2.4	1.3-1.7	1.4-1.8
1 มี.ค.		ขาเข้า	4.2-5.1	5.5-6.9	4.4-5.5	1.8-2.2	1.6-1.9	1.3-1.6
2561		ขาออก	6.7-8.1	5.9-7.5	4.7-5.9	1.9-2.3	1.4-1.8	1.6-2.0

ปริมาณการรับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ต่อระยะทาง 1 กิโลเมตรของการเดินทางขาเข้าจากท่ารถอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ ฟังเกาะดินแดงไปการเคหะชุมชนห้วยขวาง พบว่าการรับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ต่อกิโลเมตรของวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2561 ช่วงเวลาเช้ามีค่าสูงกว่าช่วงเวลาสายและเย็น มีค่าเท่ากับ 4 mg และการรับสัมผัสปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ต่อกิโลเมตรของวันที่ 1 มีนาคม 2561 ช่วงเวลาสายมีค่าสูงกว่าช่วงเวลาเช้าและเย็น มีค่าเท่ากับ 2 mg ขณะที่การเดินทางขาออกจากจุดรถประจำทางการเคหะชุมชนห้วยขวางไปอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ ฟังเกาะพญาไท พบว่า การรับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ต่อกิโลเมตรของวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2561 ช่วงเวลาเย็นมีค่าสูงกว่าช่วงเวลาเช้าและสาย มีค่าเท่ากับ 3 mg และการรับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ต่อกิโลเมตรของวันที่ 1 มีนาคม 2561 ในช่วงเวลาเช้ามีค่าสูงกว่าช่วงเวลาอื่น มีค่าเท่ากับ 2 mg (ตารางที่ 4.31) เมื่อพิจารณาปริมาณการรับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ต่อระยะเวลาโดยสาร 1 นาที พบว่า การเดินทางช่วงเวลาเช้ามีโอกาสได้รับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์มากกว่าช่วงเวลาสายหรือเย็น

ตารางที่ 4.31 วันที่และช่วงเวลาของการโดยสารที่มีปริมาณการรับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์
ในเส้นทางที่ 3

วันที่	การ ตรวจวัด	การ เดินทาง	ปริมาณการรับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (mg)					
			ต่อระยะทาง 1 กิโลเมตร			ต่อระยะเวลาโดยสาร 1 นาที		
			ช่วงเวลาเช้า	ช่วงเวลากลาง	ช่วงเวลาเย็น	ช่วงเวลาเช้า	ช่วงเวลากลาง	ช่วงเวลาเย็น
28 ก.พ.		ขาเข้า	4.0	1.2	0.2	0.8	0.4	0.1
2561		ขาออก	2.2	2.2	3.0	0.6	0.4	0.6
1 มี.ค.		ขาเข้า	1.4	1.8	0.4	0.6	0.5	0.1
2561		ขาออก	2.2	1.0	0.4	0.6	0.2	0.1

4.5.1.4 เส้นทางที่ 4 ห้างสรรพสินค้าบีทีซี ลาดพร้าว-ห้างสรรพสินค้ายูเนียนมอลล์

ปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนต่อระยะทาง 1 กิโลเมตรของการเดินทางขาเข้าจากจุดจอดรถโดยสารบริเวณห้างสรรพสินค้าบีทีซี ลาดพร้าว ไปห้างสรรพสินค้ายูเนียนมอลล์ พบว่า ส่วนใหญ่ช่วงเวลาเช้ามีโอกาสได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนต่อกิโลเมตรสูงกว่าช่วงเวลากลางหรือเย็น มีบางครั้งที่ช่วงเวลากลางมีโอกาสรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนสูงกว่าช่วงเวลาอื่น (ตารางที่ 4.32) เนื่องจากการตรวจวัดสารมลพิษดำเนินการในช่วงที่มีการรื้อย้ายสาธารณูปโภคบริเวณถนนลาดพร้าว ซึ่งการโดยสารในช่วงเวลาเช้าของวันที่ 6 มีนาคม 2561 มีโอกาสได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนต่อกิโลเมตรสูงสุดมีค่าในช่วง 11-14 μg เมื่อพิจารณาปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนต่อระยะเวลาโดยสาร 1 นาที พบว่า โอกาสรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนต่อระยะเวลาโดยสาร 1 นาทีมีแนวโน้มคล้ายกับการพิจารณาต่อระยะทาง ขณะที่การเดินทางขาออกจากจุดจอดรถโดยสารสาธารณะบริเวณห้างสรรพสินค้ายูเนียนมอลล์ไปห้างสรรพสินค้าบีทีซี ลาดพร้าว พบว่าการได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนต่อกิโลเมตรของช่วงเวลาเช้ามีค่ามากกว่าช่วงเวลากลางและเย็น (ตารางที่ 4.33) เนื่องจากบางช่วงของการโดยสารในช่วงเวลาเช้ามีการปิดช่องจราจร 1 ช่องเพื่อระบายรถของการเดินทางขาเข้า ทำให้การเดินทางในช่วงเวลาเช้าใช้เวลามากกว่าช่วงเวลาอื่น โดยวันที่ 13 มีนาคม 2561 ช่วงเวลาเช้ามีโอกาสได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนต่อกิโลเมตร สูงที่สุด มีค่าในช่วง 11-13 μg เมื่อพิจารณาปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนต่อระยะเวลาโดยสาร 1 นาที พบว่า การเดินทางช่วงเช้ามีโอกาสได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนสูงกว่าช่วงเวลากลางหรือเย็น

ตารางที่ 4.32 วันที่และช่วงเวลาของการโดยสารแบบขาเข้าที่มีปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนในเส้นทางที่ 4

วันที่ตรวจวัด	ปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (μg)					
	ต่อระยะทาง 1 กิโลเมตร			ต่อระยะเวลาโดยสาร 1 นาที		
	ช่วงเวลาเช้า	ช่วงเวลาสาย	ช่วงเวลาเย็น	ช่วงเวลาเช้า	ช่วงเวลาสาย	ช่วงเวลาเย็น
6 มี.ค. 2561	11.2-13.5	7.3-9.3	6.2-7.8	2.2-2.6	1.6-2.0	1.7-2.1
7 มี.ค. 2561	6.3-8.1	6.2-8.3	5.2-6.5	1.4-1.8	1.2-1.6	1.4-1.7
8 มี.ค. 2561	7.8-9.4	7.5-9.8	6.2-8.1	1.6-1.9	1.4-1.9	1.2-1.3
13 มี.ค. 2561	10.7-12.8	6.0-7.6	9.1-10.7	2.1-2.5	1.6-2.0	2.1-2.4
14 มี.ค. 2561	7.6-9.4	8.0-10.6	4.4-5.5	1.7-2.1	1.3-1.8	1.6-2.0
15 มี.ค. 2561	8.5-10.4	4.7-5.9	7.6-9.9	1.9-2.3	1.3-1.6	1.4-1.8

ตารางที่ 4.33 วันที่และช่วงเวลาของการโดยสารแบบขาออกที่มีปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนในเส้นทางที่ 4

วันที่ตรวจวัด	ปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (μg)					
	ต่อระยะทาง 1 กิโลเมตร			ต่อระยะเวลาโดยสาร 1 นาที		
	ช่วงเวลาเช้า	ช่วงเวลาสาย	ช่วงเวลาเย็น	ช่วงเวลาเช้า	ช่วงเวลาสาย	ช่วงเวลาเย็น
6 มี.ค. 2561	9.2-11.5	5.6-7.1	5.5-6.8	1.7-2.1	1.5-1.8	1.7-2.1
7 มี.ค. 2561	8.4-11.1	3.2-4.5	3.9-5.3	1.3-1.7	1.1-1.6	1.1-1.5
8 มี.ค. 2561	5.2-6.8	3.4-4.2	3.1-4.0	1.1-1.4	1.2-1.5	1.4-1.8
13 มี.ค. 2561	10.6-13.1	4.4-5.3	7.6-9.7	1.8-2.3	1.5-1.8	1.6-2.1
14 มี.ค. 2561	6.3-7.7	N/A	4.7-6.0	1.8-2.2	N/A	3.2-4.1
15 มี.ค. 2561	8.2-10.2	3.5-4.7	4.4-5.5	2.0-2.4	1.3-1.7	1.4-1.7

หมายเหตุ N/A; Not available;

14 มี.ค. 2561 ไม่มีข้อมูล Outbound ช่วงเวลาสาย เนื่องจากเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนน

ปริมาณการรับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ต่อกิโลเมตรของการเดินทางขาเข้าพบว่า การเดินทางช่วงเวลาเช้ามีโอกาสได้รับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ต่อกิโลเมตรสูงกว่าช่วงเวลาสายหรือเย็น โดยช่วงเวลาเช้าของวันที่ 13 มีนาคม 2561 มีโอกาสได้รับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ต่อกิโลเมตรสูงสุด คือ 13 mg (ตารางที่ 4.34) และปริมาณการรับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ต่อกิโลเมตรของการเดินทางขาออก พบว่า ส่วนใหญ่การเดินทางช่วงเวลาเช้ามีโอกาสได้รับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ต่อกิโลเมตรมากกว่าช่วงเวลาอื่น ซึ่งการโดยสารขาออกในวันที่ 6 มีนาคม 2561 ช่วงเวลาเช้ามีโอกาสได้รับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ต่อกิโลเมตร

สูงที่สุด เท่ากับ 2 mg (ตารางที่ 4.35) เนื่องการเดินทางทั้งขาเข้าและขาออกในเส้นทางนี้ผ่านบริเวณที่เป็นแหล่งกิจกรรมและเป็นสถานที่เปลี่ยนรูปแบบการเดินทาง ทำให้ช่วงเวลาเข้ามีปริมาณการจราจรหนาแน่น เมื่อพิจารณาปริมาณการรับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ต่อระยะเวลาโดยสาร 1 นาที พบว่า โอกาสรับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ต่อระยะเวลาโดยสาร 1 นาทีมีแนวโน้มคล้ายกับการพิจารณาต่อระยะทาง

ตารางที่ 4.34 วันที่และช่วงเวลาของการโดยสารแบบขาเข้าที่มีปริมาณการรับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในเส้นทางที่ 4

วันที่ตรวจวัด	ปริมาณการรับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (mg)					
	ต่อระยะทาง 1 กิโลเมตร			ต่อระยะเวลาโดยสาร 1 นาที		
	ช่วงเวลาเช้า	ช่วงเวลาสาย	ช่วงเวลาเย็น	ช่วงเวลาเช้า	ช่วงเวลาสาย	ช่วงเวลาเย็น
6 มี.ค. 2561	2.8	1.8	0.3	0.5	0.4	0.1
7 มี.ค. 2561	2.3	0.8	0.3	0.5	0.2	0.1
8 มี.ค. 2561	4.2	1.0	0.5	0.9	0.2	0.1
13 มี.ค. 2561	12.8	5.9	1.1	2.5	1.6	0.3
14 มี.ค. 2561	2.4	0.7	0.5	0.5	0.1	0.2
15 มี.ค. 2561	2.0	1.0	0.5	0.4	0.3	0.1

ตารางที่ 4.35 วันที่และช่วงเวลาของการโดยสารแบบขาออกที่มีปริมาณการรับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในเส้นทางที่ 4

วันที่ตรวจวัด	ปริมาณการรับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (mg)					
	ต่อระยะทาง 1 กิโลเมตร			ต่อระยะเวลาโดยสาร 1 นาที		
	ช่วงเวลาเช้า	ช่วงเวลาสาย	ช่วงเวลาเย็น	ช่วงเวลาเช้า	ช่วงเวลาสาย	ช่วงเวลาเย็น
6 มี.ค. 2561	2.3	0.5	0.5	0.4	0.1	0.2
7 มี.ค. 2561	1.6	1.0	1.1	0.3	0.4	0.5
8 มี.ค. 2561	1.3	0.6	0.6	0.3	0.2	0.3
13 มี.ค. 2561	1.6	0.5	0.8	0.3	0.2	0.2
14 มี.ค. 2561	0.2	N/A	1.1	0.1	N/A	0.4
15 มี.ค. 2561	0.5	0.8	0.5	0.1	0.3	0.2

หมายเหตุ N/A; Not available;

14 มี.ค. 2561 ไม่มีข้อมูล Outbound ช่วงเวลาสาย เนื่องจากเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนน

ปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนในพื้นที่กรุงเทพมหานคร พบว่า การเดินทางทั้งขาเข้าและขาออกในทุกเส้นทาง ส่วนใหญ่มีโอกาสได้รับฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนต่อระยะ 1 กิโลเมตรใกล้เคียงกัน มีบางวันที่การเดินทางในช่วงเวลาเช้ามีโอกาสได้รับฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนต่อระยะทางสูงกว่าช่วงเวลาอื่น สอดคล้องกับการศึกษาของ Gomez-Perales et al. (2004) ที่ทำประเมินการรับสัมผัสฝุ่นละอองของการโดยสารสาธารณะ ในเม็กซิโก พบว่า การเดินทางในช่วงเวลาเช้าได้รับสัมผัสฝุ่นละอองสูงกว่าช่วงเวลาเย็น Kaur et al. (2005) ศึกษาการรับสัมผัสฝุ่นละอองขณะเดินทางในเซ็นทรัลลอนดอน พบว่า ผู้สัญจรในช่วงเวลาเช้ารับสัมผัสฝุ่นละอองสูงกว่าช่วงเวลาเที่ยง และมีแนวโน้มสูงอีกครั้งในช่วงเวลาเย็น เนื่องจากช่วงเวลาเช้าและเย็นเป็นช่วงเวลาของการเดินทางไป-กลับจากการทำงาน โดยปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนในเส้นทางที่ 2 มีค่ามากที่สุดของการตรวจวัดในพื้นที่กรุงเทพมหานคร (รายละเอียดในภาคผนวก ง) เนื่องจากการนั่งรถโดยสารสาธารณะแบบธรรมดาจากอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ ฝั่งเกาะพญาไทไปห้างสรรพสินค้าโรบินสันบางรักเป็นเส้นทางที่ใช้เวลาในการเดินทางและมีระยะทางมากที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของ Huang et al. (2012) และ Peters et al. (2014) ที่ทำการศึกษาการประเมินรับสัมผัสสารมลพิษทางอากาศ พบว่า ระยะเวลาการสัมผัสสารมลพิษเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อปริมาณการรับสัมผัสสารมลพิษ ขณะที่ปริมาณการรับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในพื้นที่กรุงเทพมหานครทั้งการเดินทางขาเข้าและขาออก พบว่า ส่วนใหญ่การเดินทางในช่วงเช้ามีโอกาสได้รับสัมผัสปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ต่อกิโลเมตรสูงกว่าช่วงเวลาอื่น มีบางวันที่เกิดขึ้นในช่วงสายหรือเย็น สอดคล้องกับการศึกษาเรื่องการประเมินการรับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในเม็กซิโกของการเดินทางด้วยรถโดยสารสาธารณะพบว่า ในช่วงเวลาเช้าได้รับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์สูงกว่าในช่วงเวลาเย็น (Gomez-Perales et al.) และงานวิจัยของ Kaur et al. พบว่า ปริมาณการรับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในช่วงเวลาเช้าบริเวณเซ็นทรัลลอนดอนสูงกว่าในช่วงเวลาเย็น เป็นผลมาจากการจราจรหนาแน่นในช่วงเวลาเช้าจากกิจกรรมการเดินทางไปทำงานและรับ-ส่งบุตรไปโรงเรียน

4.5.2 ปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

ปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นละอองและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในเขตเทศบาลนครนครราชสีมาตรวจวัดความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศด้วยเครื่องมือตรวจวัดตามเวลาจริงแบบพกพาขณะนั่งรถโดยสารสาธารณะแบบสองแถวจากหน้าห้างสรรพสินค้าเดอะมอลล์ นครราชสีมาไปหน้ามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา (การเดินทางขาเข้า) และจากหน้ามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมาไปหน้าห้างสรรพสินค้าเดอะมอลล์ นครราชสีมา (การเดินทางขาออก) ในช่วงเวลา

เร่งด่วนเช้า ช่วงเวลาสาย และช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น ในวันทำงานปกติ คือ วันพุธ และวันพฤหัสบดี ปริมาณการรับสัมผัสสารมลพิษทางอากาศในเขตเทศบาลนครนครราชสีมามีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.5.2.1 ปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน

ปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนต่อระยะทาง 1 กิโลเมตรของการเดินทางขาเข้าจากหน้าห้างสรรพสินค้าเดอะมอลล์ นครราชสีมาไปหน้ามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา พบว่า ช่วงเวลาเช้ามีโอกาสได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนต่อระยะทางสูงกว่าช่วงเย็น เนื่องจากเส้นทางเดินรถผ่านบริเวณที่เป็นแหล่งกิจกรรม คือ สถานศึกษาและที่ทำงาน และเป็นสถานที่เปลี่ยนรูปแบบการเดินทาง ทำให้ช่วงเวลาดังกล่าวมีการสัญจรอย่างต่อเนื่อง มีบางวันที่การเดินทางในช่วงสายหรือเย็นได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนต่อระยะทางสูงกว่าช่วงเช้า (ตารางที่ 4.36) ซึ่งการเดินทางช่วงเช้าของวันที่ 21 มีนาคม 2561 มีโอกาสได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนสูงที่สุดในช่วง 11-14 μg ขณะที่การเดินทางขาออก พบว่า ปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนโดยรวมต่อระยะทางช่วงเวลาเย็นสูงกว่าช่วงเวลาเช้าหรือสาย (ตารางที่ 4.37) เนื่องจากช่วงเวลาดังกล่าวเป็นช่วงเวลาเลิกงานและเลิกเรียน และเส้นทางเดินรถผ่านสถานที่เปลี่ยนรูปแบบการเดินทางเพื่อเดินทางออกนอกเมือง ซึ่งการเดินทางช่วงเย็นของวันที่ 29 มีนาคม 2561 ได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนสูงที่สุดในช่วง 7-10 μg เมื่อพิจารณาปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนต่อระยะเวลาโดยสาร 1 นาที พบว่า ส่วนใหญ่การเดินทางทุกช่วงเวลามีโอกาสได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 4.36 วันที่และช่วงเวลาของการโดยสารแบบขาเข้าที่มีปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

วันที่ตรวจวัด	ปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (μg)					
	ต่อระยะทาง 1 กิโลเมตร			ต่อระยะเวลาโดยสาร 1 นาที		
	ช่วงเวลาเช้า	ช่วงเวลาสาย	ช่วงเวลาเย็น	ช่วงเวลาเช้า	ช่วงเวลาสาย	ช่วงเวลาเย็น
21 มี.ค. 2561	11.2-14.1	5.6-7.0	5.4-6.8	1.6-2.0	1.6-1.9	1.6-2.0
22 มี.ค. 2561	10.2-13.3	4.2-5.6	6.8-8.6	1.4-1.9	0.8-1.0	1.5-2.0
28 มี.ค. 2561	4.2-5.2	5.8-7.6	5.6-7.2	1.5-1.9	1.4-1.8	1.3-1.7
29 มี.ค. 2561	6.6-7.8	5.4-7.0	6.0-7.6	1.8-2.2	1.4-1.8	1.4-1.8
4 เม.ย. 2561	4.8-6.0	8.2-10.4	7.4-9.6	1.6-2.0	1.6-2.1	1.5-2.0
5 เม.ย. 2561	5.8-7.6	7.2-9.4	5.0-6.6	1.4-1.8	1.3-1.7	1.3-1.7

ตารางที่ 4.37 วันที่และช่วงเวลาของการโดยสารแบบขาออกที่มีปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

วันที่ตรวจวัด	ปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (μg)					
	ต่อระยะทาง 1 กิโลเมตร			ต่อระยะเวลาโดยสาร 1 นาที		
	ช่วงเวลาเช้า	ช่วงเวลากลาง	ช่วงเวลาค่ำ	ช่วงเวลาเช้า	ช่วงเวลากลาง	ช่วงเวลาค่ำ
21 มี.ค. 2561	4.8-6.2	4.6-5.9	6.4-8.1	1.5-1.9	1.5-1.9	1.5-2.0
22 มี.ค. 2561	4.8-6.5	3.8-5.2	6.0-7.9	1.2-1.7	1.2-1.7	1.3-1.7
28 มี.ค. 2561	4.1-5.5	6.0-7.9	6.4-7.9	1.3-1.8	1.3-1.17	1.8-2.2
29 มี.ค. 2561	4.6-6.0	4.8-6.2	7.2-9.6	1.4-1.8	1.5-1.9	1.3-1.8
4 เม.ย. 2561	4.5-5.5	5.0-6.4	6.2-7.7	1.6-2.0	1.5-1.9	1.7-2.1
5 เม.ย. 2561	3.8-4.8	3.4-4.5	4.1-5.5	1.4-1.8	1.2-1.5	1.1-1.5

4.5.2.2 ปริมาณการรับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์

ปริมาณการรับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ต่อระยะทางของการเดินทางขาเข้าจากหน้าห้างสรรพสินค้าเดอะมอลล์ นครราชสีมาไปหน้ามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา พบว่าปริมาณการรับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ต่อกิโลเมตรมีค่าสูงในช่วงเวลาเช้าเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งปริมาณการได้รับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์สูงสุดของการเดินทางขาเข้า มีค่าเท่ากับ 2 mg (ตารางที่ 4.38) ขณะที่การเดินทางขาออกพบว่า การเดินทางในช่วงเวลาเช้าหรือเย็นมีโอกาสได้รับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์มากกว่าช่วงสาย (ตารางที่ 4.39) เมื่อพิจารณาปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนต่อระยะเวลาโดยสาร 1 นาที พบว่า ส่วนใหญ่การเดินทางทุกช่วงเวลามีโอกาสได้รับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 4.38 วันที่และช่วงเวลาของการโดยสารแบบขาเข้าที่มีปริมาณการรับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

วันที่ตรวจวัด	ปริมาณการรับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (mg)					
	ต่อระยะทาง 1 กิโลเมตร			ต่อระยะเวลาโดยสาร 1 นาที		
	ช่วงเวลาเช้า	ช่วงเวลากลาง	ช่วงเวลาค่ำ	ช่วงเวลาเช้า	ช่วงเวลากลาง	ช่วงเวลาค่ำ
21 มี.ค. 2561	1.6	0.8	1.4	0.2	0.2	0.4
22 มี.ค. 2561	1.6	1.4	0.2	0.2	0.3	0.1
28 มี.ค. 2561	0.2	0.2	0.4	0.1	0.1	0.1
29 มี.ค. 2561	0.8	0.4	2.0	0.2	0.1	0.5
4 เม.ย. 2561	0.6	0.6	0.6	0.2	0.1	0.1
5 เม.ย. 2561	1.4	0.8	0.2	0.3	0.1	0.1

ตารางที่ 4.39 วันที่และช่วงเวลาของการโดยสารแบบขาออกที่มีปริมาณการรับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

วันที่ตรวจวัด	ปริมาณการรับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (mg)					
	ต่อระยะทาง 1 กิโลเมตร			ต่อระยะเวลาโดยสาร 1 นาที		
	ช่วงเวลาเช้า	ช่วงเวลาสาย	ช่วงเวลาเย็น	ช่วงเวลาเช้า	ช่วงเวลาสาย	ช่วงเวลาเย็น
21 มี.ค. 2561	0.7	0.5	0.3	0.2	0.2	0.1
22 มี.ค. 2561	1.2	0.9	0.7	0.3	0.3	0.1
28 มี.ค. 2561	0.9	0.5	0.7	0.3	0.1	0.2
29 มี.ค. 2561	0.5	0.7	0.9	0.2	0.2	0.2
4 เม.ย. 2561	0.7	0.3	0.7	0.3	0.1	0.2
5 เม.ย. 2561	0.9	0.5	0.5	0.3	0.2	0.1

การประเมินการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในพื้นที่กรุงเทพมหานครและเทศบาลนครนครราชสีมาใช้ค่าความเข้มข้นของสารมลพิษจากการตรวจวัดด้วยเครื่องมือตามเวลาจริงแบบพกพาร่วมกับอัตราการหายใจ และระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางแสดงปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนในพื้นที่กรุงเทพมหานคร พบว่าการเดินทางขาเข้าและขาออกในทุกช่วงเวลามีโอกาสได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนต่อกิโลเมตรสูง เนื่องจากกรุงเทพมหานครเป็นเมืองที่มีจำนวนประชากรหนาแน่นมีปัญหาการจราจรในช่วงเวลาเร่งด่วน และมีการรื้อถอน-ก่อสร้างอาคารและสาธารณูปโภคอย่างต่อเนื่อง ขณะที่การเดินทางขาเข้าในเขตเทศบาลนครนครราชสีมามีโอกาสได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนต่อกิโลเมตรสูงในช่วงเวลาเช้า เนื่องจากเป็นช่วงเวลาเดินทางไปโรงเรียนและทำงาน และการเดินทางขาออกช่วงเวลาเย็นมีโอกาสรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนสูงจากการเป็นช่วงเวลาเลิกงาน รับประทานอาหารกลับบ้าน และเป็นการเดินทางออกนอกเมืองในแต่ละวัน

ปริมาณการรับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในพื้นที่กรุงเทพมหานครของการเดินทางขาเข้าและขาออกส่วนใหญ่มีโอกาสได้รับสัมผัสปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ต่อกิโลเมตรสูงในช่วงเวลาเช้า เนื่องเป็นช่วงเวลาของการเดินทางไปสถานที่ที่เป็นแหล่งกิจกรรมและสถานที่เปลี่ยนแปลงรูปแบบการเดินทาง ขณะที่ปริมาณการรับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ต่อกิโลเมตรของการเดินทางขาเข้าในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา มีค่าสูงในช่วงเวลาเช้า และในช่วงเวลาเช้าหรือเย็นของการเดินทางขาออกมีโอกาสรับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ต่อกิโลเมตรสูงกว่าช่วงเวลาสาย

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

การประเมินการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ด้วยเครื่องมือตรวจวัดตามเวลาจริงแบบพกพาที่จัดทำขึ้นในพื้นที่กรุงเทพมหานครและเทศบาลนคร นครราชสีมา 3 ช่วงเวลาของวันทำงานปกติ สรุปผลได้ดังนี้

5.1 เครื่องมือตรวจวัดฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ แบบพกพากับเทคโนโลยีโทรศัพท์เคลื่อนที่

ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ตรวจวัดได้จากชุดวงจรไฟฟ้าและเซ็นเซอร์ แสดงผลได้ตามเวลาจริงผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบปฏิบัติการ Android ด้วยโปรแกรม AirCasting รวมถึงข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ การทดสอบเครื่องมือพบว่า เซ็นเซอร์ขนาดเล็กของเครื่องมือให้ค่ารายวินาทีต่างจากเครื่องมือที่ผลิตจำหน่ายเชิงพาณิชย์ โดยปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนมีค่าสูงกว่าเครื่อง DustTrak™ 8530 และปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์มีค่าสูงกว่าเครื่อง Testo® 350 ทำให้การนำเครื่องมือตรวจวัดที่ทำขึ้นไปใช้งานต้องปรับค่าที่ตรวจวัดได้ก่อนนำข้อมูลไปใช้ ซึ่งค่าที่ใช้ในการปรับแก้ระดับความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนมีค่าในช่วง 615-664 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ และรายงานผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนตามเวลาจริงเป็นช่วงความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน โดยการตรวจวัดแต่ละครั้งที่ปรับค่าความเข้มข้นแล้วนำมาเป็นข้อมูลในการประเมินปริมาณการได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ขณะที่ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในช่วงความเข้มข้นไม่เกิน 100 ppm จากเซ็นเซอร์ขนาดเล็กและเครื่อง Testo® 350 มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจในระดับสูง โดยค่าที่ตรวจวัดจากเครื่องมือทั้งสองมีทิศทางและแนวโน้มไปทางเดียวกัน ดังนั้นในการตรวจวัดจึงรายงานผลความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์จากเซ็นเซอร์แบบพกพา วิธีการนี้นำไปใช้ประเมินการได้รับของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในการเดินทางด้วยรถสาธารณะในแต่ละเที่ยว

5.2 ระดับของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ขณะโดยสารรถสาธารณะ

การตรวจวัดฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในพื้นที่กรุงเทพมหานครและเทศบาลนครนครราชสีมาในงานวิจัยนี้ใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 80 ในการประมาณความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศที่ตรวจวัดได้ของการเดินทางด้วยรถโดยสารสาธารณะรายเส้นทางดังนี้

5.2.1 เส้นทางตรวจวัดในพื้นที่กรุงเทพมหานคร

ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนของการเดินทางขาเข้าในเส้นทางจากอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ-ห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัลลาดพร้าว (เส้นทางที่ 1) พบว่า ร้อยละ 80 ของความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนในทุกช่วงเวลามีค่าใกล้เคียงกัน โดยร้อยละ 80 ของความเข้มข้นสูงสุดของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า ช่วงเวลาสาย และช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น มีค่าในช่วงไม่เกิน 208-257 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 217-266 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ และ 218-267 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ตามลำดับ ขณะที่เส้นทางจากอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ-ห้างสรรพสินค้าโรบินสันบางรัก (เส้นทางที่ 2) มีโอกาสได้รับฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนในบางช่วงเวลาใกล้เคียงกัน (ร้อยละ 80 ของความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนมีค่าในช่วงไม่เกิน 107-284 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ส่วนเส้นทางจากอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ-การเคหะชุมชนห้วยขวาง (เส้นทางที่ 3) พบว่า การเดินทางช่วงเวลาเช้าของวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2561 มีโอกาสได้รับฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนสูงกว่าช่วงเวลาสายและช่วงเวลาเย็น โดยได้รับฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนในช่วงไม่เกิน 274-323 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนที่ตรวจวัดได้ร้อยละ 80 มีค่าไม่เกิน 274-323 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) หรือได้รับสูงกว่าประมาณ 1.4 เท่า และการเดินทางช่วงเย็นของวันที่ 1 มีนาคม 2561 มีโอกาสได้รับฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนสูงกว่าช่วงเวลาเช้าหรือสาย มีค่าในช่วงไม่เกิน 286-335 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ หรือมีโอกาสได้รับสูงกว่า 1.5-1.6 เท่า ขณะที่เส้นทางจากห้างสรรพสินค้าบีทีเอส ลาดพร้าว-ห้างสรรพสินค้ายูเนี่ยนมอลล์ (เส้นทางที่ 4) พบว่า ส่วนใหญ่การเดินทางในทุกช่วงเวลามีโอกาสได้รับฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนใกล้เคียงกัน (ร้อยละ 80 ของความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนที่ตรวจวัดได้ มีค่าในช่วงไม่เกิน 172-449 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) มีบางวันที่การเดินทางในช่วงเวลาเช้าได้รับฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนสูงกว่าช่วงเวลาสายหรือเย็น หรือมีโอกาสได้รับฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนสูงกว่าประมาณ 2 เท่า

การเดินทางขาออกในเส้นทางจากอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ-ห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัลลาดพร้าว (เส้นทางที่ 1) พบว่า การโดยสารในบางวันร้อยละ 80 ของความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนในทุกช่วงเวลามีค่าใกล้เคียงกัน และพบว่าบางวันช่วงเวลาเช้ามีโอกาสได้รับฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนสูงกว่าช่วงเวลาสายและเย็นในช่วงไม่เกิน 240-289 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (ปริมาณฝุ่นละออง

ขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนที่ตรวจวัดได้ร้อยละ 80 มีค่าไม่เกิน 240-289 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) หรือได้รับสูงกว่าประมาณ 2 เท่า ขณะที่เส้นทางจากอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ-การเคหะชุมชนห้วยขวาง (เส้นทางที่ 3) พบว่าการเดินทางในทุกช่วงเวลาของวันที่ 28 กุมภาพันธ์ 2561 มีโอกาสได้รับฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนใกล้เคียงกัน มีค่าในช่วงไม่เกิน 218-280 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ และการเดินทางช่วงเช้าของวันที่ 1 มีนาคม 2561 ได้รับฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนสูงกว่าช่วงเวลาอื่น มีค่าในช่วงไม่เกิน 230-279 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ หรือได้รับสูงกว่าประมาณ 1.1-1.2 เท่า ส่วนเส้นทางจากห้างสรรพสินค้าบีคซี ลาดพร้าว-ห้างสรรพสินค้ายูนิเวนمولด์ (เส้นทางที่ 4) พบว่า การเดินทางในทุกช่วงเวลามีโอกาสได้รับฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนใกล้เคียงกัน มีค่าในช่วงไม่เกิน 168-305 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ขณะที่ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ของการเดินทางขาเข้าและขาออกส่วนใหญ่ในช่วงเวลาเช้ามีโอกาสได้รับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์สูงกว่าช่วงเวลาอื่น หรือได้รับสูงกว่าประมาณ 9 เท่า มีบางวันวันที่เกิดขึ้นในช่วงสายหรือเย็น โดยความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในแต่ละเส้นทางของการเดินทางขาเข้าและขาออก มีรายละเอียดดังนี้

(1) เส้นทางที่ 1 อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ-ห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัลลาดพร้าว

การเดินทางขาเข้าในช่วงเวลาสายมีปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนสูงสุด มีค่าอยู่ในช่วงไม่เกิน 217-266 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนที่ตรวจวัดได้ร้อยละ 80 มีค่าในช่วงไม่เกิน 217-266 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) และในช่วงเวลาเช้ามีปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์สูงสุด มีค่าไม่เกิน 274 mg/m^3 (ปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ตรวจวัดได้ร้อยละ 80 มีค่าไม่เกิน 274 mg/m^3) ขณะที่ช่วงเวลาเช้าของการเดินทางขาออกมีปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนสูงสุด มีค่าในช่วงไม่เกิน 240-289 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนที่ตรวจวัดได้ร้อยละ 80 มีค่าไม่เกิน 240-289 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) และปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์สูงสุด มีค่าไม่เกิน 247 mg/m^3 (ปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ตรวจวัดได้ร้อยละ 80 มีค่าไม่เกิน 247 mg/m^3)

(2) เส้นทางที่ 2 อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ-ห้างสรรพสินค้าโรบินสันบางรัก

การเดินทางในช่วงเวลาเช้ามีความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนสูงสุดในช่วง 235-284 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนที่ตรวจวัดได้ร้อยละ 80 มีค่าไม่เกิน 235-284 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ขณะที่ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์สูงสุด มีค่าไม่เกิน 112 mg/m^3 (ปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ตรวจวัดได้ร้อยละ 80 มีค่าไม่เกิน 112 mg/m^3)

(3) เส้นทางที่ 3 อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ-การเคหะชุมชนห้วยขวาง

การเดินทางขาเข้าในช่วงเวลาเย็นมีปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนสูงสุดในช่วง 286-335 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนที่ตรวจวัดได้ร้อยละ 80 มีค่าไม่เกิน 286-335 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) และการเดินทางในช่วงเวลาเย็นมีปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์สูงสุด มีค่าไม่เกิน 158 mg/m^3 (ปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ตรวจวัดได้ร้อยละ 80 มีค่าไม่เกิน 158

mg/m³) ขณะที่ช่วงเวลาเข้าของการเดินทางขาออกมีปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนสูงสุด ในช่วง 231-280 µg/m³ (ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนที่ตรวจวัดได้ร้อยละ 80 มีค่าไม่เกิน 231-280 µg/m³) และการเดินทางช่วงเวลาสายมีปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์สูงสุด มีค่าไม่เกิน 128 mg/m³ (ปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ตรวจวัดได้ร้อยละ 80 มีค่าไม่เกิน 128 mg/m³)

(4) เส้นทางที่ 4 ห้างสรรพสินค้าบิ๊กซี ลาดพร้าว-ห้างสรรพสินค้ายูเนี่ยนมอลล์

การเดินทางขาเข้าในช่วงเวลาเข้ามีปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนสูงสุด ในช่วงไม่เกิน 400-449 µg/m³ (ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนที่ตรวจวัดได้ร้อยละ 80 มีค่าไม่เกิน 400-449 µg/m³) และแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์สูงสุด มีค่าไม่เกิน 412 mg/m³ (ปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ตรวจวัดได้ร้อยละ 80 มีค่าไม่เกิน 412 mg/m³) ขณะที่การเดินทางขาออกในช่วงเวลาเย็นมีปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนสูงสุด ในช่วงไม่เกิน 256-305 µg/m³ (ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนที่ตรวจวัดได้ร้อยละ 80 มีค่าไม่เกิน 256-305 µg/m³) และการเดินทางในช่วงเวลาสายมีปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์สูงสุด มีค่าไม่เกิน 100 mg/m³ (ปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ตรวจวัดได้ร้อยละ 80 มีค่าไม่เกิน 100 mg/m³)

5.2.2 เส้นทางตรวจวัดในพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา

การเดินทางจากห้างสรรพสินค้าเดอะมอลล์ นครราชสีมาไปหน้ามหาวิทยาลัยราชภัฏ นครราชสีมา พบว่า ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนของการเดินทางขาเข้าในบางวันการเดินทางทุกช่วงเวลามีโอกาสได้รับฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนใกล้เคียงกัน มีบางวันที่การเดินทางในช่วงเวลาเช้าได้รับฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนสูงกว่าช่วงเวลาอื่น ในช่วงไม่เกิน 402-451 µg/m³ (ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนที่ตรวจวัดได้ร้อยละ 80 มีค่าไม่เกิน 402-451 µg/m³) หรือได้รับสูงกว่าประมาณ 2 เท่า และส่วนใหญ่การเดินทางในช่วงเวลาเย็นมีโอกาสดำเนินการได้รับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์สูงกว่าช่วงเวลาเช้าหรือสาย มีค่าไม่เกิน 86 mg/m³ (ปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ตรวจวัดได้ร้อยละ 80 มีค่าไม่เกิน 86 mg/m³) หรือได้รับสูงกว่าประมาณ 3 เท่า ขณะที่ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนของการเดินทางขาออกพบว่า การเดินทางในช่วงเวลาเช้า สาย และเย็นมีโอกาสดำเนินการได้รับฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนใกล้เคียงกัน มีค่าในช่วงไม่เกิน 176-276 µg/m³, 171-263 µg/m³ และ 172-300 µg/m³ ตามลำดับ และในทุกช่วงเวลามีโอกาสดำเนินการได้รับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ใกล้เคียงกัน มีบางวันที่การเดินทางในช่วงเวลาเช้าได้รับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์สูงกว่าช่วงสายหรือเย็น มีค่าไม่เกิน 86 mg/m³ (ปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ตรวจวัดได้ร้อยละ 80 มีค่าไม่เกิน 86 mg/m³)

การตรวจวัดฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในพื้นที่กรุงเทพมหานครและเทศบาลนครนครราชสีมา พบว่า ความเข้มข้นร้อยละ 80 ของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนของการเดินทางจากอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ-ห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัลลาดพร้าว

(เส้นทางที่ 1) การเดินทางจากอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ-ห้างสรรพสินค้าโรบินสันบางรัก (เส้นทางที่ 2) และการเดินทางจากอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ-การเคหะชุมชนห้วยขวาง (เส้นทางที่ 3) มีค่าใกล้เคียงซึ่งมีค่าในช่วงไม่เกิน $217-289 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $235-284 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และ $231-335 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ตามลำดับ ขณะที่การเดินทางจากห้างสรรพสินค้าบีคซี ลาดพร้าว-ห้างสรรพสินค้ายูเนี่ยนมอลล์ (เส้นทางที่ 4) และการเดินทางในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา มีค่าใกล้เคียงกันในช่วงไม่เกิน $256-449 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และ $251-451 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ตามลำดับ ขณะที่ปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ของการเดินทางในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา มีค่าน้อยกว่าปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ของการเดินทางในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ประมาณ 3-5 เท่า

5.3 ระดับของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์เชิงพื้นที่

เครื่องมือแบบพกพาช่วยบันทึกข้อมูลเชิงพื้นที่ ช่วยระบุพื้นที่และแสดงระดับความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ตามเส้นทางขณะโดยสารรถโดยสารสาธารณะแบบเปิดโล่งได้

การเดินทางในเส้นทางระหว่างอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิถึงห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัลลาดพร้าว พบว่าปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอนของการเดินทางขาเข้ามีค่าสูงบริเวณป้ายรอรถประจำทางสถานีรถไฟฟ้ามหานคร สายเฉลิมรัชมงคล สะพานควาย และการเดินทางขาออกบริเวณแยกสะพานควาย ซึ่งบริเวณดังกล่าวเป็นสี่แยกที่มีสัญญาณไฟจราจร ขณะที่ปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ของการเดินทางขาเข้า มีค่าสูงบริเวณป้ายรอรถประจำทางสถานีรถไฟฟ้ามหานคร สายเฉลิมรัชมงคล สะพานควาย และการเดินทางขาออกบริเวณตรงข้ามสวนจตุจักร ซึ่งบริเวณนี้เป็นสถานที่เปลี่ยนการเดินทาง คือ สถานีรถไฟฟ้ามหานคร สายเฉลิมรัชมงคล สถานีรถไฟฟ้ามหานคร สายสีส้ม และปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ของการเดินทางขาออกมีค่าสูงบริเวณป้ายรถประจำทางจตุจักร 2 ซึ่งเป็นจุดจอดรถโดยสารสาธารณะที่อยู่ใกล้เคียงกับสถานีรถไฟฟ้ามหานคร สายเฉลิมรัชมงคล

การเดินทางในเส้นทางระหว่างอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิถึงห้างสรรพสินค้าโรบินสันบางรัก พบว่าบริเวณจุดรอรถประจำทางอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ ฟังเกาะพญาไท และบริเวณป้ายรอรถประจำทางวัดแขก 2 มีปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์สูงกว่าบริเวณอื่น

การเดินทางในเส้นทางระหว่างอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิถึงการเคหะชุมชนห้วยขวาง พบว่าการเดินทางขาเข้ามีปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอนสูงบริเวณจุดรอรถประจำทางอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ ฟังเกาะดินแดง และการเดินทางขาออกบริเวณป้ายรถประจำทาง วัดหลวงพ่อนคร 1 เป็นบริเวณที่มีปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอนสูง ขณะที่ปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์

ของการเดินทางขาเข้าและขาออกมีค่าสูงบริเวณป้ายรถประจำทาง โรงเรียนพิบูลประชาสรรค์ 2 และบริเวณป้ายรถประจำทาง ตรงข้ามโรงเรียนพิบูลประชาสรรค์ 2 ตามลำดับ

การเดินทางในเส้นทางระหว่างห้างสรรพสินค้าบิ๊กซี ลาดพร้าว-ห้างสรรพสินค้ายูเนี่ยนมอลล์ พบว่า การเดินทางขาเข้าบริเวณป้ายรถประจำทาง ลาดพร้าว ซอย 64 มีปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนสูง และบริเวณป้ายรถประจำทาง สถานีตำรวจ โชคชัย 2 ของการเดินทางขาออกมีปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนสูง ขณะที่ปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ของการเดินทางขาเข้ามีค่าสูงบริเวณป้ายรถประจำทาง ลาดพร้าว ซอย 40 และการเดินทางขาออกมีปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์สูงบริเวณใต้ทางพิเศษฉลองรัช ถนนลาดพร้าว

จากข้อมูลเชิงพื้นที่ พบว่า การเดินทางในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ส่วนใหญ่บริเวณสถานที่เปลี่ยนรูปแบบการเดินทางเป็นบริเวณที่มีระดับความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์สูงกว่าบริเวณอื่น

การเดินทางในเทศบาลนครนครราชสีมา พบว่า การเดินทางขาเข้าบริเวณหน้าตลาดสดเพชรสีมา เป็นบริเวณที่มีปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนสูง และบริเวณถนนสุรนารายณ์ ซึ่งเป็นบริเวณที่มีสัญญาณไฟจราจร เป็นบริเวณที่มีปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนของการเดินทางขาออกสูง ขณะที่การเดินทางขาเข้ามีปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์สูงบริเวณหน้าวัดสามัคคี และปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ของการเดินทางขาออกมีค่าสูงบริเวณใต้สะพานลอยตรงข้ามพลัส คอนโด

5.4 การรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์จากการเดินทางโดยรถโดยสารสาธารณะแบบเปิดโล่ง

การประเมินการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ของการโดยสารรถโดยสารสาธารณะแบบเปิดโล่งจากการตรวจวัดด้วยเครื่องมือตามเวลาจริงร่วมกับอัตราการหายใจและระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทาง ซึ่งปริมาณการรับสัมผัสในการศึกษานี้เป็นผลที่ได้จากการตรวจวัดในแต่ละช่วงเวลาของการเดินทางด้วยรถโดยสารสาธารณะแบบเปิดโล่งในแต่ละเที่ยวสรุปได้ดังนี้

5.4.1 พื้นที่กรุงเทพมหานคร

(1) การเดินทางขาเข้าจากอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ-ห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัลลาดพร้าว ในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้ามีโอกาสรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนต่อกิโลเมตรสูงกว่าช่วงเวลาสายหรือช่วงเย็น มีค่าในช่วง 16-20 μg เช่นเดียวกับการเดินทางขาออกในช่วงเวลาเดียวกันมีโอกาสรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนต่อกิโลเมตรสูงในช่วง 11-14 μg ขณะที่การเดินทางขาเข้าและการเดินทางขาออกในช่วงเวลาเช้ามีโอกาสได้รับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ต่อกิโลเมตร

สูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 10 mg โดยปริมาณรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ต่อกิโลเมตรของการเดินทางขาเข้าและขาออก พบว่า ช่วงเวลาเช้ามีโอกาสได้รับสัมผัสสารมลพิษทางอากาศสูงกว่าช่วงเวลาอื่น เนื่องจากช่วงเวลาดังกล่าวเป็นการโดยสารผ่านสถานที่ทำงาน และเป็นสถานที่เปลี่ยนรูปแบบการเดินทาง ทำให้ขณะนั้นมีการจราจรหนาแน่น

(2) การเดินทางจากอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ-ห้างสรรพสินค้าโรบินสันบางรัก พบว่า ทุกช่วงเวลามีโอกาสได้รับสัมผัสปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนต่อระยะทางใกล้เคียงกัน (ค่าต่างกันประมาณ 1-3 μg) เนื่องจากเส้นทางการเดินรถอยู่ในบริเวณที่เป็นแหล่งกิจกรรมและเป็นสถานที่เปลี่ยนรูปแบบการเดินทาง โดยการเดินทางในช่วงเวลาสายมีโอกาสได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนต่อกิโลเมตรสูงสุดในช่วง 17-21 μg ขณะที่ช่วงเวลาเช้ามีโอกาสได้รับปริมาณการรับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ต่อกิโลเมตรสูงกว่าช่วงเวลาอื่น ซึ่งปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ต่อกิโลเมตรที่สูงที่สุดในเส้นทางนี้มีค่าเท่ากับ 7 mg

(3) การเดินทางจากอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ-การเคหะชุมชนห้วยขวาง พบว่า ปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนต่อกิโลเมตรในช่วงเวลาเช้าหรือสายมีค่าสูงกว่าช่วงเวลาเย็น เนื่องจากเส้นทางดังกล่าวผ่านบริเวณสถานศึกษา ที่ทำงานและที่พักอาศัย โดยการเดินทางขาเข้าช่วงเวลาเช้ามีโอกาสได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนต่อกิโลเมตรสูงสุดในช่วง 10-12 μg และการเดินทางในช่วงเวลาเช้าและสายของการเดินทางขาออกมีโอกาสได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนต่อกิโลเมตรสูงสุดในช่วง 7-9 μg ขณะที่ส่วนใหญ่ในช่วงเวลาเช้ามีโอกาสรับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ต่อกิโลเมตรสูงกว่าช่วงเวลาอื่น ซึ่งช่วงเวลาเช้าของการเดินทางขาเข้ามีโอกาสรับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ต่อกิโลเมตรสูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 4 mg และช่วงเวลาเย็นของการเดินทางขาออกมีโอกาสรับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ต่อกิโลเมตรสูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 3 mg

(4) การเดินทางจากห้างสรรพสินค้าบีทีซี ลาดพร้าว-ห้างสรรพสินค้ายูเนียนมอลล์ พบว่า ส่วนใหญ่การเดินทางในช่วงเวลาเช้ามีโอกาสรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์สูงกว่าช่วงเวลาสายหรือเย็น มีบางครั้งที่ช่วงเวลาสายมีโอกาสรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนสูงกว่าช่วงเวลาอื่น เนื่องจากการตรวจวัดสารมลพิษดำเนินการในช่วงที่มีการรื้อย้ายสาธารณูปโภคบริเวณถนนลาดพร้าว ซึ่งการเดินทางขาเข้ามีโอกาสได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนต่อกิโลเมตรสูงที่สุด มีค่าในช่วง 11-14 μg และการเดินทางขาออกมีโอกาสได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนต่อกิโลเมตรสูงที่สุด มีค่าในช่วง 11-13 μg ขณะที่การรับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ต่อกิโลเมตรของการเดินทางขาเข้าในช่วงเวลาเช้ามีค่าสูงที่สุด เท่ากับ 13 mg และการเดินทางขาออกช่วงเช้ามีโอกาสได้รับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ต่อกิโลเมตรสูงที่สุด เท่ากับ 2 mg

5.4.2 พื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา

การเดินทางจากหน้าห้างสรรพสินค้าเดอะมอลล์ นครราชสีมาไปหน้ามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา พบว่า การเดินทางขาเข้าในเขตเทศบาลนครนครราชสีมามีโอกาสได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนต่อกิโลเมตรสูงในช่วงเวลาเช้า เนื่องจากเป็นช่วงเวลาเดินทางไปโรงเรียนและทำงาน มีบางวันที่การเดินทางในช่วงสายหรือเย็นได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนต่อระยะทางสูงกว่าช่วงเช้า และการเดินทางขาออกช่วงเวลาเย็นมีโอกาสรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนสูงจากการเป็นช่วงเวลาเลิกงาน เลิกเรียน และเป็นการเดินทางออกนอกเมือง ซึ่งการเดินทางขาเข้าในช่วงเวลาเช้ามีโอกาสรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนต่อกิโลเมตรสูงที่สุด มีค่าในช่วง 10-14 μg และการเดินทางขาออกช่วงเวลาเย็น มีโอกาสรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนต่อกิโลเมตรในช่วง 7-10 μg ขณะที่การรับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ของการเดินทางขาเข้าในช่วงเวลาเช้ามีโอกาสได้รับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์สูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 2 mg และการเดินทางขาออกในช่วงเวลาเช้าหรือเย็นมีโอกาสได้รับสัมผัสแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์มากกว่าช่วงสาย

5.5 ข้อเสนอแนะ

5.5.1 ข้อเสนอแนะสำหรับการใช้ผลงานวิจัย

(1) เครื่องมือตรวจวัดฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ตามเวลาจริงแบบพกพาสามารถนำไปใช้ตรวจวัดสารมลพิษทั้งสองชนิดร่วมกับโทรศัพท์เคลื่อนที่เชื่อมต่อข้อมูลการตรวจวัดสารมลพิษทางอากาศผ่านสัญญาณแบบบลูทูธ โดยก่อนทำการตรวจวัดควรเปิดเครื่องก่อนใช้งานเป็นเวลา 15 นาที เพื่อไล่ความชื้นออกจากเซ็นเซอร์

(2) สามารถใช้ประโยชน์ข้อมูลปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์จากเครื่องมือแบบพกพาที่สร้างขึ้นในการประมาณการรับสารมลพิษขณะอยู่ในสิ่งแวดล้อมย่อย เช่น การเดินทางโดยวิธีการต่าง ๆ เช่น บริการขนส่งสาธารณะ รถยนต์ส่วนบุคคล รถจักรยานยนต์ จักรยาน รวมถึงการเดิน ซึ่งเป็นหนึ่งในกิจกรรมที่ใช้เวลาส่วนหนึ่งของการทำกิจกรรมนั้น

5.5.2 ข้อเสนอในการวิจัยต่อไป

(1) การศึกษาในอนาคตควรตรวจวัดสารมลพิษจากการเดินทางด้วยวิธีอื่น ๆ เช่น รถยนต์ส่วนบุคคล รถแท็กซี่ รถจักรยาน และจักรยาน เพื่อให้ได้ข้อมูลความเข้มข้นและปริมาณการรับสัมผัสสารมลพิษจากการเดินทางที่ครอบคลุมมากขึ้น เนื่องจากการตรวจวัดและประเมินการได้รับสัมผัสความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศจากการเดินทางโดยรถโดยสารสาธารณะแบบเปิดโล่งเป็นเพียงหนึ่งในสิ่งแวดล้อมย่อยของการเดินทาง

(2) การศึกษาในอนาคตผู้ทำการตรวจวัดด้วยแอปพลิเคชัน AirCasting ควรใช้เครื่องหาพิกัดด้วยสัญญาณดาวเทียมร่วมด้วย เนื่องจากในบางครั้งการรายงานพิกัดแนวราบขณะทำการตรวจวัดสามารถพิกัดด้วยแอปพลิเคชันดังกล่าวพิกัดที่ตรวจวัดได้ไม่ต่อเนื่อง ทำให้ขณะนำข้อมูลที่ตรวจวัดตามเส้นทางเข้าสู่โปรแกรมสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ต้องทำการหาพิกัดตามแนวเส้นทางภายหลัง

(3) การศึกษาในอนาคตควรพิจารณาปัจจัยที่อาจส่งผลต่อการรับสัมผัสสารมลพิษเพิ่มเติม เพื่อให้ประเมินการได้รับสัมผัสสารมลพิษมีความครบถ้วนมากขึ้น โดยทำการสำรวจปัจจัยเชิงพื้นที่ ได้แก่ สัญญาณไฟจราจร ทางแยก จุดรอรถประจำทาง ช่องทางการเดินรถ เป็นต้น รวมถึงสภาพทาง อุตุนิยมวิทยา และสภาพการจราจร



รายการอ้างอิง



รายการอ้างอิง

- กระทรวงคมนาคม (2558). การประชุมคณะกรรมการจัดระบบการจราจรทางบก (คจร.) ครั้งที่ 1/2558.[ออนไลน์]. ได้จาก: http://dip.mot.go.th/MOTC/News_MOTC/public/show_file.jsp?motc_number=153/2558&motc_yy=2558
- กรมควบคุมมลพิษ (2548). รายงานสรุปฉบับสมบูรณ์ โครงการจัดทำ(ร่าง)มาตรฐานฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน. กรุงเทพมหานคร: บริษัท เท็กซ์แอนด์เจอร์นัลพับลิเคชั่น จำกัด.
- กรมอนามัยและกรมควบคุมโรค. (2558). แนวทางการเฝ้าระวังพื้นที่เสี่ยงจากมลพิษทางอากาศ กรณีฝุ่นละอองขนาดเล็ก. 700 เล่ม. พิมพ์ครั้งที่ 2. นนทบุรี: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- กุลธิดา ตระสินธุ์. (2547). มลพิษอากาศที่บุคคลได้รับจากการเดินทาง และการจราจรในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- “ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 (พ.ศ. 2538) เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป” (2538, 25 พฤษภาคม). ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 112 ตอนที่ 42 ง. หน้า 244-245.
- “ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 24 (พ.ศ. 2547) เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป” (2547, 22 กันยายน). ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 121 ตอนพิเศษ 104 ง. หน้า 2.
- “ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 36 (2553) เรื่อง กำหนดมาตรฐานฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน ในบรรยากาศโดยทั่วไป” (2553, 24 มีนาคม). ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 127 ตอนพิเศษ 37 ง. หน้า 61.
- วิรัชชา เครือฟู. (2560). เซ็นเซอร์ตรวจวัดแก๊สชนิดฟิล์มบางสารกึ่งนำโลหะออกไซด์ [ออนไลน์]. ได้จาก: <https://erp.mju.ac.th/openFile.aspx?id=MjUzNDQ1&method=inline>
- สาคร ปันตา, อาทิตย์ ยาวุฑฒิ, พิสิษฐ์ วิมลธนสิทธิ์, กิจจา ไชยทนต์ และจักรรินทร์ ถิ่นนคร. (2561). การศึกษาเซ็นเซอร์หลักการทางแสงราคาถูกลำดับงานตรวจวัดฝุ่นละอองในอากาศ. ใน

- การประชุมวิชาการระดับชาติ IAMBEST ครั้งที่ 3 (หน้า 585-593). ชุมพร: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์.
- สำนักงานที่ปรึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประจำสถานเอกอัครราชทูต ณ กรุงวอชิงตัน ดี.ซี. (2557). ปัญหามลพิษทางอากาศ. รายงานข่าววิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจากวอชิงตัน 7: 7. [ออนไลน์]. ได้จาก: <http://www.atpac.org/wp-content/uploads/2015/03/รายงานข่าวรายงานข่าววิทยาศาสตร์แล-เดือน-กค-57.pdf>
- สำนักวิชาการ สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร. (2562). กรุงเทพมหานครกับปัญหามลพิษทางอากาศจากฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}). **Hot Issue กุมภาพันธ์ 2562** [ออนไลน์]. ได้จาก: <https://library2.parliament.go.th/ebook/content-issue/2562/hi2562-014.pdf>
- ศูนย์วิจัยและพัฒนาการป้องกันและจัดการภัยพิบัติ. (2555). **ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์: ก๊าซอันตรายที่มองไม่เห็น** [ออนไลน์]. ได้จาก: <http://dpm.nida.ac.th/main/index.php/video/itemlist/tag/Carbon%20monoxide>
- Austin, E., Novosselov, I., Seto, E., and Yost, M. G. (2015). Laboratory evaluation of the Shinyei PPD42NS low-cost particulate matter sensor. **PLOS ONE**. 1-17.
- Bell, M. L., Peng, R. D., Dominici, F. and Samet, J. M. (2009). Emergency hospital admissions for cardiovascular diseases and ambient levels of carbon monoxide: Results for 126 U.S. urban counties, 1999–2005. (2009). **Circulation**. 120 (11): 949–955.
- Benbrahim-Tallaa, L., Bann, R. A., Grosse, Y., Lauby-Secretan, B., El Ghissassi, F., Bouvard, V., Guha, N., Loomis, D. and Straif, K. (2012). Carcinogenicity of diesel-engine and gasoline-engine exhausts and some nitroarenes. **Lancet**. 13: 663-664.
- Brunekreef, B. and Holgate, S. T. (2002). Air pollution and health. **Lancet**. 360: 1233-1242.
- Cena, B., Aliu, M. and Musliu, T. (2010). Measurements of Emission of Gases SO₂, NO_x, CO and CO₂ from the Burning Process in the Furnaces of Power Plant “Kosova B”. **J. Int. Environmental Application & Science**. 5 (2): 172-174.
- Chan, L. Y., Lau, W., Lee, S. and Chan, C. Y. (2002). Commuter exposure to particulate matter in public transportation modes in Hong Kong. **Atmospheric Environment**. 36: 3363-3373.
- Chen, R., Pan, G., Zhang, Y., Xu, Q., Zeng, G., Xu, X., Chen, B., and Kan, H. (2011). Ambient carbon monoxide and daily mortality in three Chinese cities: The China Air Pollution and Health Effects Study (CAPES). **Science of the Total Environment**. 409: 4923–4928.

- Dennekamp, M., Mehenni, O., Cherrie, J. and Seaton, A. (2002). Exposure to ultrafine particles and PM_{2.5} in different microenvironments. **The Annals of Occupational Hygiene**. 46: 412-414.
- Egondi, T., Muindi, K., Kyobutungi, C., Gatari, M. and Rocklöv, J. (2016). Measuring exposure levels of inhalable air borne particles (PM_{2.5}) in two socially deprived areas of Nairobi, Kenya. **Environmental Research**. 148: 500–506.
- Georgoulis, L. B., Hanninen, O., Samoli, E., Katsouyanni, K., Kunzli, N., Polanska, L., Bruinen de Bruin, Y., Alm, S. and Jantunen, M. (2002). Personal carbon monoxide exposure in five European cities and its determinants. **Atmospheric Environment**. 36: 963–974.
- Gomez-Peraled, J. E., Colvile, R. N., Nieuwenhuijsen, M. J., Fernandez-Bremauntz, A., Gutierrez-Avedoy, V. J., Paramo-Figueroa, V. H., Blanco-Jimenez, S., Bueno-Lopez, E., Mandujano, F., Bernabe-Cabanillas, R. and Ortiz-Segovia, E. (2004). Commuters exposure to PM_{2.5}, CO, and benzene in public transport in the metropolitan area of Mexico City. **Atmospheric Environment**. 38 (8): 1219.
- Gulliver, J. and Briggs, D. J. (2007). Journey-time exposure to particulate air pollution. **Atmospheric Environment**. 41: 7195–7207.
- Habitat map and Sonoma Technology, Inc. (2014). **AirCasting Youth Workshop** [On-line]. Available: <http://www.takingspace.org/aircasting-youth/>
- HabitatMap. (n.d.) **How to build an AirCasting air monitoring** [On-line]. Available: http://habitatmap.org/habitatmap_docs/HowToBuildAnAirCastingAirMonitor.pdf
- Hill, M. K. (2010). **Understanding Environmental Pollution** (3rd Ed.). New York: Cambridge University Press.
- Hoek, G., Brunekreef, B., Goldbohm, S., Fischer, P. and van den Brandt, P. A. (2002). Association between mortality and indicators of traffic-related air pollution in the Netherlands: a cohort study. **Lancet**. 360: 1203-1209.
- Holstius, D. M., Pillarisetti, A., Smith, K. R. and Seto, E. (2014). Field calibrations of a low-cost aerosol sensor at a regulatory monitoring site in California. **Atmospheric Measurement Techniques**. 7: 1121–1131.
- Huang, J., Deng, F., Wu, S. and Guo, X. (2012). Comparisons of personal exposure to PM_{2.5} and CO by different commuting modes in Beijing, China. **Science of the Total Environment**. 425: 52–59.

- Jovasevic-Stojanovic, M., Bartonova, A., Topalovic, D., Lazovic, I., Pokric, B. and Ristovski, Z. (2015). On the use of small and cheaper sensors and devices for indicative citizen-based monitoring of respirable particulate matter. **Environmental Pollution**. 206: 696-704.
- Kaur, S., Nieuwenhuijsen, M. and Colvile, R. (2005). Personal exposure of street canyon intersection users to PM_{2.5}, ultrafine particle counts and carbon monoxide in Central London, UK. **Atmospheric Environment**. 39: 3629.
- Kaur, S., Nieuwenhuijsen, M. J. and Colvile, R. N. (2007). Fine particulate matter and carbon monoxide exposure concentrations in urban street transport microenvironments. **Atmospheric Environment**. 41: 4781–4810.
- Kuuluvainen, H., Ronkko, T., Jarvinen, A., Saari, S., Karjalainen, P., Lahde, T., Pirjola, L., Niemi, J. V., Hillamo, R. and Keskinen, J. (2016). Lung deposited surface area size distributions of particulate matter in different urban areas. **Atmospheric Environment**. 136: 105-113.
- Lee, H., Honda, Y., Hashizume, M., Guo, Y. L., Wu, C-F., Kan., H, Jung, K., Lim, Y-H., Yi, S. and Kim, H. (2015). Short-term exposure to fine and coarse particles and mortality: A multicity time-series study in East Asia. **Environmental Pollution**. 207: 43-51.
- Liu, D., Zhang, Q., Jiang, J. and Chen, D-R. (2017). Performance calibration of low-cost and portable particulate matter (PM) sensors. **Journal of Aerosol Science**. 112: 1-10.
- McCreanor, J., Cullinan, P., Nieuwenhuijsen, M. J., Stewart-Evans, J., Malliarou, E., Jarup, L., Harrington, R., Svartengren, M., Han, I-K., Ohman-Strickland, P., Chung, K. F. and Zhang, J. (2007). Respiratory effects of exposure to diesel traffic in persons with asthma. **The New England Journal of Medicine**. 357: 2348-2358.
- McGranahan, G. and Murray, F. (2003). **Air pollution and health in rapidly developing countries**. London: Earthscan.
- O'Donoghue, R. T., Gill, L. W., McKeivitt, R. J. and Broderick, B. (2007). Exposure to hydrocarbon concentrations while commuting or exercising in Dublin. **Environment International**. 33: 1-8.
- Olsson, L. E., Garling, T., Ettema, D., Friman, M. and Fujii, S. (2013). Happiness and satisfaction with work commute. **Social Indicators Research**. 111: 255–263.
- Owoade, K. O., Hopke, P. K., Olise, F. S., Adewole, O. O., Ogundele, L. T. and Fawole, O. G. (2016). Source apportionment analyses for fine (PM_{2.5}) and coarse (PM_{2.5-10}) mode

- particulate matter (PM) measured in an urban area in southwestern Nigeria. **Atmospheric Pollution Research**. 1-15.
- Panis, L. I., de Geus, B., Vandebulcke, B., Willems, H., Degraeuwe, B., Bleux, N., Mishra, V., Thomas, I. and Meeusen, R. (2010). Exposure to particulate matter in traffic: A comparison of cyclists and car passengers. **Atmospheric Environment**. 44: 2263-2270.
- Pant, P., Guttikunda, S.K. and Peltier R.E. (2016). Exposure to particulate matter in India: A synthesis of findings and future directions. **Environmental Research**. 147: 480-496.
- Peters, A., von Klot, S., Heier, M., Trentinaglia, I., Hörmann, A., Wichmann, H. E. and Löwel, H. (2004). Exposure to traffic and the onset of myocardial infarction. **The New England Journal of Medicine**. 351 (17): 1721-1730.
- Peters, J., Van den Bossche, J., Reggente, M., Van Poppel, M., De Baets, B. and Theunis, J. (2014). Cyclist exposure to UFP and BC on urban routes in Antwerp, Belgium. **Atmospheric Environment**. 92: 31-43.
- Pirjola, L., Lähde, T., Niemi, J. V., Kousa, A., Rönkkö, T., Karjalainen, P., Keskinen, J., Frey, A. and Hillamo, R. (2012). Spatial and temporal characterization of traffic emissions in urban microenvironments with a mobile laboratory. **Atmospheric Environment**. 63: 156-167.
- Pope, C. A., Burnett, R. T., Thun, M. J., Calle, E. E., Krewski, D., Ito, K. and Thurston, G. D. (2002). Lung Cancer, Cardiopulmonary Mortality, and Long-term exposure to fine particulate air pollution. **JAMA**. 287 (9): 1132–1141.
- Puangthongthub, S., Wangwongwatana, S., Kamensa, R. M. and Serre, M. L. (2007). Modeling the space/time distribution of particulate matter in Thailand and optimizing its monitoring network. **Atmospheric Environment**. 41: 7788–7805.
- Riediker, M., Cascio, W. E., Griggs, T. R., Herbst, M. C., Bromberg, P. A., Neas, L., Williams, R. W. and Devlin, R. B. (2004). Particulate matter exposure in cars is associated with cardiovascular effects in healthy young men. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**. 169: 934–940.
- Riojas-Rodríguez, H., Escamilla-Cejudo, J. A., Gonzalez-Hermosillo, J. A., Tellez-Rogo, M. M., Vallejo, M., Santos-Burgoa, C. and Rojas-Bracho, L. (2006). Personal PM_{2.5} and CO exposures and heart rate variability in subjects with known ischemic heart disease in Mexico City. **Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology**. 16: 131-137.

- Samoli, E., Touloumi, G., Schwartz, J., Anderson, H. R., Schindler, C., Forsberg, B., Vigott, M. A., Vonk, J., Kosnik, M., Skorkovsky, J. and Katsouyanni, K. (2007). Short-term effects of carbon monoxide on mortality: An analysis within the APHEA project. **Environmental Health Perspectives**. 115 (11): 1578-1583.
- Schwartz, J., Litonjua, A., Suh, H., Verrier, M., Zanobetti, A., Syring, M., Nearing, B., Verrier, R., Stone, P., MacCallum, G., Speizer, F. E. and Gold, D. R. (2005). Traffic related pollution and heart rate variability in a panel of elderly subjects. **Thorax**. 60: 455–461.
- Sonibare, J. A., Adebisi, F. M., Obanijesu, E. O. and Okelana, O. A. (2010). Air quality index pattern around petroleum production facilities. **Management of Environmental Quality: An International Journal**. 21 (3): 379-392.
- Song, Y., Wang, X., Maher, B. A., Li, F., Xu, C., Liu, X., Sun, X. and Zhang, Z. (2016). The spatial-temporal characteristics and health impacts of ambient fine particulate matter in China. **Journal of Cleaner Production**. 112: 1312-1318.
- SPEC Sensors LLC. (2017). **Digital Gas Sensor – Carbon Monoxide** [On-line]. Available: <https://www.spec-sensors.com/wp-content/uploads/2017/01/DGS-CO-968-034.pdf>
- Tasmin, S., Ueda, K., Stickley, A., Yasumoto, S., Phung, V. L. H., Oishi, M., Yasukouchi, S., Uehara, Y., Michikawa, T. and Nitta, H. (2016). Short-term exposure to ambient particulate matter and emergency ambulance dispatch for acute illness in Japan. **Science of the Total Environment**. 566–567: 528–535.
- Testo SE & Co. KGaA. (2017). **testo 350 instruction manual** [On-line]. Available: <https://static-int.testo.com/media/d1/56/d4836ea87dd7/testo-350-Instruction-Manual.pdf>
- U.S. EPA. (1992). **Guidelines for Exposure Assessment**. Washington, D.C: U.S. Environmental Protection Agency.
- U.S. EPA. (2004). **Air Quality Criteria for Particulate Matter Volume II**. North Carolina: U.S. Environmental Protection Agency.
- U.S. EPA. (2009). **Exposure Factors Handbook**. Washington, D.C: U.S. Environmental Protection Agency.
- U.S. EPA. (2018). **Particulate Matter (PM) Pollution** [On-line]. Available: <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics>
- World Health Organization. (2000). **Air quality guidelines for Europe**. (2nd Ed.). Copenhagen: WHO Regional Publications.

- World Health Organization. (2005). **Health effects of transport related air pollution**. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe.
- World Health Organization. (2016). **Health risk assessment of air pollution**. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe.
- World Bank. (2016). **The cost of air pollution: Strengthening the economic case for action** [On-line]. Available: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/25013>
- Wu, S., Deng, F., Niu, J., Huang, Q., Liu, Y. and Guo, X. (2011). Exposures to PM_{2.5} components and heart rate variability in taxi drivers around the Beijing 2008 Olympic Games. **Science of the Total Environment**. 409: 2478-2485.
- Venkatachari, P., Zhou, L., Hopke, P. K., Felton, D., Rattigan, O. V., Schwab, J. J. and Demerjian, K. J. (2006). Spatial and temporal variability of black carbon in New York City. **Journal of Geophysical Research**. 111: 1-9.
- Zagury, E., Le Moullec, Y. and Momas, I. (2000). Exposure of Paris taxi drivers to automobile air pollutants within their vehicles. **Occup Environ Med**. 57: 406-410.
- Zurbier, M., Hoek, G., van den Hazel and Brunekreef, B. (2009). Minute ventilation of cyclists, car and bus passengers: an experimental study. **Environmental Health**. 8-48.





ภาคผนวก ก

ข้อมูลการทดสอบเครื่องมือตรวจวัดฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน
และแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ก.1 สถิติพรรณนาของความเข้มข้น PM₁₀ จากการทดสอบเครื่องมือ (หน่วย $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

การทดสอบ	เครื่องมือ	Mean	S.D.	Min	Max	Median	Sum
1	DustTrak™ 8530	109	53	63	474	94	19,774
	PM-sensor	726	56	592	927	722	131,431
2	DustTrak™ 8530	97	28	64	224	90	17,487
	PM-sensor	758	57	627	985	751	137,250
3	DustTrak™ 8530	117	61	52	435	99	21,163
	PM-sensor	742	59	623	1002	732	134,233
4	DustTrak™ 8530	109	73	58	670	90	19,716
	PM-sensor	750	52	642	966	746	135,741
5	DustTrak™ 8530	136	86	60	636	103	24,673
	PM-sensor	738	47	643	922	736	133,553

ตารางที่ ก.2 สถิติพรรณนาของความเข้มข้น PM₁₀ คำนวณด้วยโปรแกรม SPSS® รุ่น 21.0

การทดสอบ	เครื่องมือ	Kolmogorov-Smirnov test	Wilcoxon signed ranks test
1	DustTrak™ 8530	0.000*	0.000**
	PM-sensor	0.001*	
2	DustTrak™ 8530	0.000*	0.000**
	PM-sensor	0.000*	
3	DustTrak™ 8530	0.000*	0.000**
	PM-sensor	0.000*	
4	DustTrak™ 8530	0.000*	0.000**
	PM-sensor	0.001*	
5	DustTrak™ 8530	0.000*	0.000**
	PM-sensor	0.000*	

*การแจกแจงไม่เป็นแบบปกติ;

**ค่ามัธยฐานของข้อมูลที่ได้จาก DustTrak™ 8530 และเซ็นเซอร์แบบพกพาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

ตารางที่ ก.3 สถิติพรรณนาของความเข้มข้น PM_{10} จากการทดสอบเครื่องมือหลังปรับค่าความเข้มข้น
(หน่วย $\mu g/m^3$)

การทดสอบ	เครื่องมือ	Mean	S.D.	Min	Max	Median	Sum
1 n = 181	DustTrak™ 8530	109	53	63	474	94	19,774
	PM-sensor	106	55	0	306	102	19,172
2 n = 181	DustTrak™ 8530	97	28	64	224	90	17,487
	PM-sensor	95	56	0	321	87	17,144
3 n = 181	DustTrak™ 8530	117	61	52	435	99	21,163
	PM-sensor	110	59	0	370	100	19,850
4 n = 181	DustTrak™ 8530	109	73	58	670	90	19,716
	PM-sensor	98	52	0	314	94	17,750
5 n = 181	DustTrak™ 8530	136	86	60	636	103	24,673
	PM-sensor	123	47	28	307	121	22,214

ตารางที่ ก.4 สถิติพรรณนาของความเข้มข้น PM_{10} จากการทดสอบเครื่องมือหลังปรับค่าความเข้มข้น
คำนวณด้วยโปรแกรม SPSS® รุ่น 21.0

การทดสอบ	เครื่องมือ	Kolmogorov-Smirnov test	Wilcoxon signed ranks test
1 n = 181	DustTrak™ 8530	0.000*	0.770
	PM-sensor	0.000*	
2 n = 181	DustTrak™ 8530	0.000*	0.375
	PM-sensor	0.000*	
3 n = 181	DustTrak™ 8530	0.000*	0.313
	PM-sensor	0.000*	
4 n = 181	DustTrak™ 8530	0.000*	0.311
	PM-sensor	0.001*	
5 n = 181	DustTrak™ 8530	0.000*	0.569
	PM-sensor	0.000*	

*การแจกแจงไม่เป็นแบบปกติ

ตารางที่ ก.5 สถิติพรรณนาของความเข้มข้น CO จากการทดสอบเครื่องมือ (หน่วย mg/m³)

การทดสอบ	เครื่องมือ	Mean	S.D.	Min	Max	Median	Sum
1	Testo [®] 350	177	210	1	691	82	10,796
	n = 61	CO-sensor	230	232	20	804	142
2	Testo [®] 350	181	199	5	620	74	11,066
	n = 61	CO-sensor	261	208	26	686	178
3	Testo [®] 350	108	152	1	557	48	6,599
	n = 61	CO-sensor	172	189	22	686	95
4	Testo [®] 350	129	176	1	592	40	7,882
	n = 61	CO-sensor	199	200	18	708	121
5	Testo [®] 350	177	216	2	742	69	10,795
	n = 61	CO-sensor	273	254	23	880	174

ตารางที่ ก.6 สถิติพรรณนาของความเข้มข้น CO จำนวนด้วยโปรแกรม SPSS[®] รุ่น 21.0

การทดสอบ	เครื่องมือ	Kolmogorov-Smirnov test	Wilcoxon signed ranks test
1	Testo [®] 350	0.000*	0.000**
	n = 61	CO-sensor	
2	Testo [®] 350	0.000*	0.000**
	n = 61	CO-sensor	
3	Testo [®] 350	0.000*	0.000**
	n = 61	CO-sensor	
4	Testo [®] 350	0.000*	0.000**
	n = 61	CO-sensor	
5	Testo [®] 350	0.000*	0.000**
	n = 61	CO-sensor	

*การแจกแจงไม่เป็นแบบปกติ;

**ค่ามัธยฐานของข้อมูลที่ได้จาก Testo[®] 350 และเซ็นเซอร์แบบพกพาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
(p<0.05)

ตารางที่ ก.7 สถิติพรรณนาของความเข้มข้น CO จากการทดสอบเครื่องมือหลังปรับค่าความเข้มข้น
(หน่วย mg/m³)

การทดสอบ	เครื่องมือ	Mean	S.D.	Min	Max	Median	Sum
1	Testo [®] 350	177	210	1	691	82	10,796
n = 61	CO-sensor	185	229	0	756	94	11,291
2	Testo [®] 350	181	199	5	620	74	11,066
n = 61	CO-sensor	189	206	0	612	104	11,537
3	Testo [®] 350	108	152	1	557	48	6,599
n = 61	CO-sensor	128	186	0	638	47	7,814
4	Testo [®] 350	129	176	1	592	40	7,882
n = 61	CO-sensor	145	196	0	650	62	8,813
5	Testo [®] 350	177	216	2	742	69	10,795
n = 61	CO-sensor	192	247	0	790	84	11,690

ตารางที่ ก.8 สถิติพรรณนาของความเข้มข้น CO จากการทดสอบเครื่องมือหลังปรับค่าความเข้มข้น
คำนวณด้วยโปรแกรม SPSS[®] รุ่น 21.0

การทดสอบ	เครื่องมือ	Kolmogorov-Smirnov test	Wilcoxon signed ranks test
1	Testo [®] 350	0.000*	0.232
n = 61	CO-sensor	0.000*	
2	Testo [®] 350	0.000*	0.387
n = 61	CO-sensor	0.000*	
3	Testo [®] 350	0.000*	0.012**
n = 61	CO-sensor	0.000*	
4	Testo [®] 350	0.000*	0.016**
n = 61	CO-sensor	0.000*	
5	Testo [®] 350	0.000*	0.074
n = 61	CO-sensor	0.000*	

*การแจกแจงไม่เป็นแบบปกติ;

**ค่ามัธยฐานของข้อมูลที่ได้จาก Testo[®] 350 และเซ็นเซอร์แบบพกพาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ
(p<0.05)

ตารางที่ ก.9 สถิติพรรณนาของความเข้มข้น CO ในช่วงความเข้มข้นไม่เกิน 100 mg/m³ จากการทดสอบเครื่องมือ (หน่วย mg/m³)

การทดสอบ	เครื่องมือ	Mean	S.D.	Min	Max	Median	Sum
1 n = 25	Testo [®] 350	25	20	1	81	19	616
	CO-sensor	56	26	20	95	57	1,387
2 n = 25	Testo [®] 350	17	14	1	50	13	415
	CO-sensor	54	22	22	98	49	1,357
3 n = 25	Testo [®] 350	17	10	6	38	13	427
	CO-sensor	63	16	41	98	61	1,577
4 n = 25	Testo [®] 350	19	14	0	47	14	469
	CO-sensor	57	24	18	95	50	1,436
5 n = 25	Testo [®] 350	16	9	5	32	13	401
	CO-sensor	66	19	38	99	66	1,657

ตารางที่ ก.10 สถิติพรรณนาของความเข้มข้น CO ในช่วงความเข้มข้นไม่เกิน 100 mg/m³ จำนวนด้วยโปรแกรม SPSS[®] รุ่น 21.0

การทดสอบ	เครื่องมือ	Shapiro-Wilk test	Wilcoxon signed ranks test
1 n = 25	Testo [®] 350	0.021*	0.000**
	CO-sensor	0.009*	
2 n = 25	Testo [®] 350	0.006*	0.000**
	CO-sensor	0.197	
3 n = 25	Testo [®] 350	0.002*	0.000**
	CO-sensor	0.119	
4 n = 25	Testo [®] 350	0.043*	0.000**
	CO-sensor	0.050	
5 n = 25	Testo [®] 350	0.030*	0.000**
	CO-sensor	0.191	

*การแจกแจงไม่เป็นแบบปกติ;

**ค่ามัธยฐานของข้อมูลที่ได้จาก Testo[®] 350 และเซ็นเซอร์แบบพกพาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05)

ตารางที่ ก.11 สถิติพรรณนาของความเข้มข้น CO ในช่วงความเข้มข้นไม่เกิน 100 mg/m³ จากการทดสอบเครื่องมือหลังปรับค่าความเข้มข้น (หน่วย mg/m³)

การทดสอบ	เครื่องมือ	Mean	S.D.	Min	Max	Median	Sum
1 n = 25	Testo [®] 350	25	20	1	81	19	616
	CO-sensor	21	19	0	55	17	528
2 n = 25	Testo [®] 350	17	14	1	50	13	415
	CO-sensor	19	20	0	61	11	471
3 n = 25	Testo [®] 350	17	10	6	38	13	427
	CO-sensor	16	15	0	51	13	410
4 n = 25	Testo [®] 350	19	14	0	47	14	469
	CO-sensor	22	20	0	56	12	548
5 n = 25	Testo [®] 350	16	9	5	32	13	401
	CO-sensor	18	17	0	49	16	445

ตารางที่ ก.12 สถิติพรรณนาของความเข้มข้น CO ในช่วงความเข้มข้นไม่เกิน 100 mg/m³ จากการทดสอบเครื่องมือหลังปรับค่าความเข้มข้นคำนวณด้วยโปรแกรม SPSS[®] รุ่น 21.0

การทดสอบ	เครื่องมือ	Shapiro-Wilk test	Wilcoxon signed ranks test
1 n = 25	Testo [®] 350	0.021*	0.909
	CO-sensor	0.005*	
2 n = 25	Testo [®] 350	0.006*	0.161
	CO-sensor	0.003*	
3 n = 25	Testo [®] 350	0.002*	0.530
	CO-sensor	0.011*	
4 n = 25	Testo [®] 350	0.043*	0.104
	CO-sensor	0.003*	
5 n = 25	Testo [®] 350	0.030*	0.679
	CO-sensor	0.007*	

*การแจกแจงไม่เป็นแบบปกติ



ภาคผนวก ข

สถิติพรรณนาความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน
และแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

**ข.1 การตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ใน
เขตกรุงเทพมหานคร**

เส้นทางเก็บตัวอย่าง

เส้นทางที่ 1 คือ อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ-ห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัลลาดพร้าว

เส้นทางที่ 2 คือ อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ-ห้างสรรพสินค้าโรบินสันบางรัก

เส้นทางที่ 3 คือ อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ-การเคหะชุมชนห้วยขวาง

เส้นทางที่ 4 คือ ห้างสรรพสินค้ายูเนี่ยนมอลล์-ห้างสรรพสินค้าบีคซี ลาดพร้าว

ช่วงเวลาเก็บตัวอย่าง

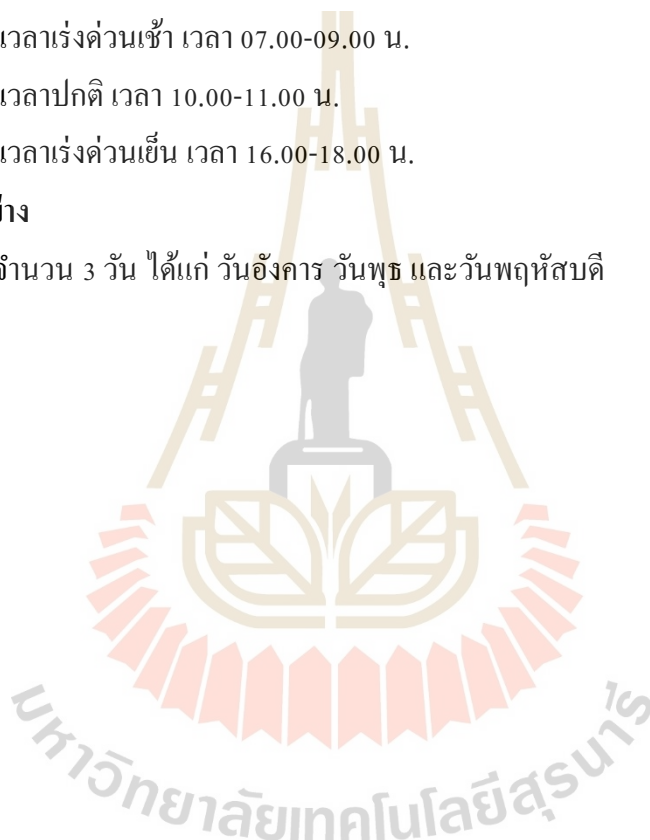
ช่วงที่ 1 ช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า เวลา 07.00-09.00 น.

ช่วงที่ 2 ช่วงเวลาปกติ เวลา 10.00-11.00 น.

ช่วงที่ 3 ช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น เวลา 16.00-18.00 น.

วันเก็บตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างจำนวน 3 วัน ได้แก่ วันอังคาร วันพุธ และวันพฤหัสบดี



ตารางที่ ข.1 สถิติพรรณนาคความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศในพื้นที่กรุงเทพมหานคร (เส้นทางที่ 1)

วันที่	เส้นทาง	เวลา	PM ₁₀ (µg/m ³)					CO (mg/m ³)					อุณหภูมิ (°c)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)
			Min	Max	Mean	S.D.	Median	Min	Max	Mean	S.D.	Median		
23 ม.ค. 2561	Inbound	07.13-07.40 น.	7	455	170-219	63	164-231	19	288	71	38	61	30-32	68-74
	Outbound	07.53-08.29 น.	58	377	210-259	80	198-247	33	377	186	67	178	31-35	60-73
	Inbound	09.55-10.34 น.	31	478	187-236	74	175-224	19	169	56	27	49	33-38	49-62
	Outbound	10.38-11.10 น.	30	481	167-216	73	154-203	19	212	38	22	32	34-37	50-58
	Inbound	15.55-16.18 น.	53	482	157-206	65	155-204	19	150	40	20	36	33-35	54-60
	Outbound	16.22-16.59 น.	33	440	158-207	59	154-203	19	190	43	26	36	34-35	53-59
24 ม.ค. 2561	Inbound	07.01-07.30 น.	56	469	171-220	61	160-209	77	489	226	68	218	32-33	64-71
	Outbound	07.35-08.07 น.	17	448	166-215	57	162-211	19	370	108	58	102	31-33	64-69
	Inbound	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Outbound	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Inbound	15.59-16.30 น.	18	448	143-192	61	141-190	19	191	64	26	60	31-32	64-70
	Outbound	16.38-17.11 น.	12	398	128-177	55	117-166	19	172	67	27	62	32-34	59-70
25 ม.ค. 2561	Inbound	06.59-07.57 น.	58	518	186-235	64	183-232	22	397	93	51	87	30-32	68-77
	Outbound	08.02-08.33 น.	15	646	185-234	105	160-209	19	272	82	38	76	32-34	64-72
	Inbound	09.59-10.28 น.	17	381	130-179	55	119-168	19	135	45	18	43	32-34	64-72
	Outbound	10.34-11.04 น.	7	398	116-165	55	114-163	19	299	105	53	101	34-37	54-64
	Inbound	15.59-16.28 น.	13	376	148-197	56	140-189	19	289	39	34	8	33-34	57-61.8
	Outbound	16.35-17.06 น.	13	398	120-169	57	116-165	19	140	28	14	25	34	57-60.2

หมายเหตุ N/A = Not available; 24 ม.ค. 61 ข้อมูลที่ตรวจวัดใช้ไม่ได้เนื่องจากฝนตกระหว่างเก็บตัวอย่างในช่วงเวลาสาย (10.00-11.00 น.)

ตารางที่ ข.2 สถิติพรรณนาคความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศในพื้นที่กรุงเทพมหานคร (เส้นทางที่ 2)

วันที่	เส้นทาง	เวลา	PM ₁₀ (µg/m ³)					CO (mg/m ³)					อุณหภูมิ (°c)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	
			Min	Max	Mean	S.D.	Median	Min	Max	Mean	S.D.	Median			
30 ม.ค. 2561	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
31 ม.ค. 2561	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
1 ก.พ. 2561	Inbound	07.01-07.48 น.	65	639	208-257	83	193-242	19	270	63	32	54	28-30	68-76	
	Inbound	10.09-11.03 น.	15	490	169-218	66	161-210	19	268	58	41	45	31-34	56-63	
	Inbound	16.15-17.09 น.	32	595	175-224	78	157-206	19	158	46	25	39	33-34	52-59	

หมายเหตุ N/A = Not available;

30 ม.ค. 61 ไม่มีการเก็บตัวอย่างเนื่องจากฝนตก

31 ม.ค. 61 ข้อมูลที่ตรวจวัดใช้ไม่ได้เนื่องจากฝนตกระหว่างเก็บตัวอย่าง

ตารางที่ ข.3 สถิติพรรณนาคความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศในพื้นที่กรุงเทพมหานคร (เส้นทางที่ 1)

วันที่	เส้นทาง	เวลา	PM ₁₀ (µg/m ³)					CO (mg/m ³)					อุณหภูมิ (°c)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)
			Min	Max	Mean	S.D.	Median	Min	Max	Mean	S.D.	Median		
6 ก.พ. 2561	Inbound	06.58-07.29 น.	7	421	119-168	62	112-161	23	382	123	51	113	26-28	51-55
	Outbound	07.37-08.09 น.	8	378	103-152	58	92-141	22	153	64	21	61	26-27	51-55
	Inbound	09.57-10.26 น.	4	392	135-184	59	128-177	19	291	58	49	38	28-29	42-48
	Outbound	10.30-11.08 น.	20	438	156-205	68	149-198	19	135	39	22	33	28-30	40-45
	Inbound	15.57-16.24 น.	15	427	151-200	74	140-189	19	262	61	42	47	30-32	36-42
	Outbound	16.29-17.11 น.	19	490	149-198	67	142-191	19	149	37	20	30	30-32	38-42
7 ก.พ. 2561	Inbound	06.58-07.31 น.	8	463	146-195	72	134-183	23	382	79	55	62	26-27	55-60
	Outbound	07.34-08.03 น.	9	423	123-172	71	113-162	23	268	94	41	85	25-27	53-59
	Inbound	09.56-10.18 น.	19	386	143-192	54	144-193	19	222	74	41	62	30-31	44-46
	Outbound	10.23-10.56 น.	15	447	147-196	76	139-188	19	195	38	24	31	31-35	36-46
	Inbound	15.57-16.15 น.	11	425	168-217	86	155-204	19	167	46	39	28	34-35	36-42
	Outbound	16.26-17.00 น.	15	398	125-174	62	117-166	19	167	35	23	27	33-35	36-48
8 ก.พ. 2561	Inbound	06.58-07.28 น.	6	463	128-177	65	111-160	27	292	87	29	83	27-28	68-74
	Outbound	07.35-08.11 น.	4	438	127-176	66	109-158	34	572	153	85	132	28-29	66-70
	Inbound	09.58-10.26 น.	16	446	128-177	59	121-170	19	133	41	16	40	31-32	56-61
	Outbound	10.34-11.06 น.	12	397	141-190	51	137-186	19	275	64	41	53	33-40	41-58
	Inbound	15.58-16.32 น.	19	419	137-186	62	120-169	19	41	31	7	32	30-34	44-56
	Outbound	16.37-17.06 น.	32	439	134-183	64	116-165	19	177	32	17	28	33-34	44-50

ตารางที่ ข.4 สถิติเชิงพรรณนาเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศในพื้นที่กรุงเทพมหานคร (เส้นทางที่ 2)

วันที่	เส้นทาง	เวลา	PM ₁₀ (µg/m ³)					CO (mg/m ³)					อุณหภูมิ (°c)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)
			Min	Max	Mean	S.D.	Median	Min	Max	Mean	S.D.	Median		
13	Inbound	06.59-08.10 น.	10	446	106-155	59	94-143	19	383	70	43	60	26-29	54-61
ก.พ.	Inbound	10.00-11.10 น.	21	481	135-184	73	126-175	19	184	55	30	48	28-31	46-53
2561	Inbound	16.01-16.55 น.	11	486	158-207	67	155-204	19	295	48	39	33	34-35	36-43
14	Inbound	06.57-08.02 น.	2	680	125-174	86	108-157	22	273	85	39	75	28-30	49-60
ก.พ.	Inbound	09.59-10.47 น.	8	647	157-206	110	121-170	19	297	70	47	56	31-36	38-46
2561	Inbound	16.02-16.56 น.	7	394	105-154	58	91-140	19	243	53	37	41	35-37	40-46
15	Inbound	06.55-08.01 น.	2	546	89-138	70	66-115	19	227	69	33	60	28-30	65-73
ก.พ.	Inbound	10.02-10.48 น.	16	469	145-194	69	136-185	19	227	50	32	40	32-37	41-58
2561	Inbound	16.11-17.05 น.	9	435	151-200	62	135-184	19	143	47	24	41	30-36	42-58

ตารางที่ ข.5 สถิติพรรณนาความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศในพื้นที่กรุงเทพมหานคร (เส้นทางที่ 2)

วันที่	เส้นทาง	เวลา	PM ₁₀ (µg/m ³)					CO (mg/m ³)					อุณหภูมิ (°c)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)
			Min	Max	Mean	S.D.	Median	Min	Max	Mean	S.D.	Median		
20	Inbound	07.01-08.04 น.	20	541	174-223	71	165-214	19	308	59	35	48	30-32	69-75
ก.พ.	Inbound	10.04-10.49 น.	36	489	184-233	67	178-227	19	244	41	25	33	32-36	53-63
2561	Inbound	15.59-17.22 น.	9	492	137-186	69	116-165	19	295	82	42	65	33-35	55-65
21	Inbound	07.01-08.01 น.	39	582	198-247	76	184-233	19	189	59	32	54	31-32	68-78
ก.พ.	Inbound	09.58-11.12 น.	14	530	191-240	77	179-228	19	272	40	28	32	32-34	57-64
2561	Inbound	16.00-17.17 น.	31	482	153-202	65	137-186	19	179	34	15	31	33-35	53-66

ตารางที่ ข.6 สถิติพรรณนาคความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศในพื้นที่กรุงเทพมหานคร (เส้นทางที่ 3)

วันที่	เส้นทาง	เวลา	PM ₁₀ (µg/m ³)					CO (mg/m ³)					อุณหภูมิ (°c)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)
			Min	Max	Mean	S.D.	Median	Min	Max	Mean	S.D.	Median		
27	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
ก.พ. 2561														
28	Inbound	07.03-07.28 น.	26	695	245-294	123	209-258	26	196	94	34	94	28-31	64-77
	Outbound	07.32-07.52 น.	30	441	151-200	62	135-184	19	317	68	47	58	29-30	69-72
	Inbound	10.04-10.19 น.	52	420	162-211	58	155-204	19	173	51	26	48	32-35	53-58
	Outbound	10.23-10.51 น.	42	390	157-206	52	147-196	19	291	68	45	59	33-34	52-60
	Inbound	16.02-16.15 น.	30	520	171-220	80	153-202	19	86	32	14	28	34-36	52-60
	Outbound	16.20-16.44 น.	17	537	192-242	113	158-207	19	480	99	94	60	37-42	38-53
1	Inbound	07.04-07.16 น.	105	475	205-254	66	188-237	23	181	69	30	63	29-31	72-80
	Outbound	07.18-07.36 น.	62	497	208-257	70	187-236	19	190	68	28	64	29-30	75-80
	Inbound	09.59-10.17 น.	39	435	176-225	61	172-221	20	298	80	59	62	32-41	44-64
	Outbound	10.30-10.51 น.	71	479	168-217	70	153-202	19	259	50	38	37	34-37	53-60
	Inbound	16.04-16.21 น.	6	497	178-227	90	150-199	19	93	32	12	29	35-36	47-55
	Outbound	16.35-16.50 น.	26	595	190-239	99	170-219	19	76	29	10	27	35-37	49-56

หมายเหตุ N/A = Not available;

27 ก.พ. 2561 ข้อมูลที่ตรวจวัดใช้ไม่ได้เนื่องจากฝนตกระหว่างเก็บตัวอย่าง

ตารางที่ ข.7 สถิติเชิงพรรณนาความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศในพื้นที่กรุงเทพมหานคร (เส้นทางที่ 4)

วันที่	เส้นทาง	เวลา	PM ₁₀ (µg/m ³)					CO (mg/m ³)					อุณหภูมิ (°c)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)
			Min	Max	Mean	S.D.	Median	Min	Max	Mean	S.D.	Median		
6 มี.ค. 2561	Inbound	06.58-07.30 น.	16	935	243-292	163	202-251	19	147	60	20	58	31-32	71-76
	Outbound	07.33-08.07 น.	75	531	205-254	84	180-229	19	193	64	39	58	32-33	68-73
	Inbound	10.01-10.29 น.	47	607	193-242	87	172-221	19	182	53	26	47	33-37	53-69
	Outbound	10.31-10.55 น.	26	432	186-235	66	171-220	19	95	30	11	27	36-37	51-56
	Inbound	16.02-16.25 น.	5	492	188-237	71	168-217	19	92	29	10	26	37	47-56
	Outbound	16.26-16.46 น.	84	514	196-245	69	185-234	19	83	30	10	28	37-38	47-52
7 มี.ค. 2561	Inbound	07.00-07.28 น.	57	445	167-216	51	161-210	19	185	58	26	54	30-31	73-78
	Outbound	07.30-08.10 น.	33	444	146-195	61	138-187	19	139	51	25	45	31-32	71-76
	Inbound	09.59-10.30 น.	44	446	142-191	61	128-177	19	112	39	21	31	31-37	55-74
	Outbound	10.32-10.50 น.	46	281	135-184	45	128-177	19	220	64	55	46	35-36	56-60
	Inbound	16.00-16.23 น.	24	534	174-223	106	146-195	19	78	30	12	27	34-37	49-58
	Outbound	16.30-16.52 น.	25	450	134-183	62	127-176	19	149	43	18	40	35-36	50-57
8 มี.ค. 2561	Inbound	06.57-07.27 น.	33	879	234-283	183	158-207	19	466	115	59	106	30-31	71-74
	Outbound	07.29-07.59 น.	10	480	155-204	4	135-184	19	195	45	24	38	31-32	68-72
	Inbound	10.01-10.33 น.	44	448	167-216	62	162-211	19	284	66	63	47	32-37	57-72
	Outbound	10.37-10.54 น.	65	446	191-240	72	186-235	19	95	38	13	37	34-36	57-63
	Inbound	15.57-16.26 น.	21	426	151-200	66	144-193	19	95	31	13	28	34-37	55-65
	Outbound	16.35-16.49 น.	61	447	153-202	66	143-192	19	61	31	8	30	35-37	56-60

ตารางที่ ข.8 สถิติเชิงพรรณนาเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศในพื้นที่กรุงเทพมหานคร (เส้นทางที่ 4)

วันที่	เส้นทาง	เวลา	PM ₁₀ (µg/m ³)					CO (mg/m ³)					อุณหภูมิ (°c)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)
			Min	Max	Mean	S.D.	Median	Min	Max	Mean	S.D.	Median		
13 มี.ค. 2561	Inbound	07.00-07.31 น.	19	843	266-315	166	208-257	44	790	293	142	282	30-31	72-76
	Outbound	07.34-08.10 น.	57	537	211-260	76	204-253	21	253	43	23	38	31-32	69-73
	Inbound	10.01-10.24 น.	71	485	194-243	65	182-231	19	688	187	108	166	31-35	56-70
	Outbound	10.26-10.44 น.	72	481	194-243	81	175-224	19	58	31	9	30	34-35	56-62
	Inbound	15.55-16.22 น.	9	732	263-312	153	215-264	19	190	53	36	41	34-35	51-59
	Outbound	16.25-16.54 น.	53	484	183-232	71	177-226	19	195	36	25	29	33-35	53-63
14 มี.ค. 2561	Inbound	07.00-07.28 น.	38	496	191-240	65	184-233	19	181	63	28	60	30-31	70-75
	Outbound	07.31-07.53 น.	59	492	205-254	65	186-235	19	69	33	133	29	30-31	70-73
	Inbound	10.05-10.42 น.	11	441	154-203	65	155-204	19	88	33	12	30	33-35	55-65
	Outbound	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Inbound	16.04-16.21 น.	51	479	198-247	81	192-241	19	100	31	10	30	34-36	53-60
	Outbound	16.23-16.42 น.	49	435	177-226	66	172-221	19	70	44	11	44	34-36	54-59
15 มี.ค. 2561	Inbound	07.05-07.33 น.	20	516	209-258	66	188-237	19	165	52	21	50	30-31	72-77
	Outbound	07.35-08.01 น.	100	516	200-249	70	185-234	19	71	30	11	27	31	70-74
	Inbound	10.01-10.23 น.	40	469	203-252	91	178-227	19	97	40	17	36	30-34	56-71
	Outbound	10.25-10.42 น.	32	439	173-222	71	155-204	19	167	46	26	39	34-35	56-59
	Inbound	16.02-16.36 น.	48	498	157-206	65	151-200	19	97	29	11	25	33-36	47-66
	Outbound	16.39-16.59 น.	29	436	175-224	84	153-202	19	160	36	27	27	35-36	48-54

หมายเหตุ N/A = Not available; 14 มี.ค. 2561 ไม่มีข้อมูล Outbound ช่วงเวลาสาย (10.00-11.00 น.) เนื่องจากเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนน

ข.2 การตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่นละอองและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

เส้นทางการเก็บตัวอย่าง

เส้นทางเก็บตัวอย่างจำนวน 1 เส้นทาง คือ บริเวณรอรถสองแถวหน้าห้างสรรพสินค้าเดอะมอลล์ นครราชสีมาไปยังหน้ามหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ผ่านสถานีตรวจวัดคุณภาพโรงสูบน้ำเสียเทศบาลนครนครราชสีมา (47T)

ช่วงเวลาเก็บตัวอย่าง

ช่วงที่ 1 ช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า เวลา 07.00-09.00 น.

ช่วงที่ 2 ช่วงเวลาปกติ เวลา 10.00-11.00 น.

ช่วงที่ 3 ช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น เวลา 16.00-18.00 น.

วันเก็บตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างจำนวน 2 วัน ได้แก่ วันพุธ และวันพฤหัสบดี



ตารางที่ ข.9 สถิติเชิงพรรณนาความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา (สัปดาห์ที่ 1)

วันที่	เส้นทาง	เวลา	PM ₁₀ (µg/m ³)					CO (mg/m ³)					อุณหภูมิ (°c)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)
			Min	Max	Mean	S.D.	Median	Min	Max	Mean	S.D.	Median		
21 มี.ค. 2561	Inbound	07.00-07.36 น.	42	571	180-229	73	168-217	19	135	37	19	32	28-29	68-73
	Outbound	07.39-07.58 น.	43	523	169-218	80	148-197	19	151	34	19	28	28-29	71-73
	Inbound	10.00-10.18 น.	46	484	188-237	76	173-222	19	95	31	12	29	26-28	64-69
	Outbound	10.28-10.46 น.	25	436	172-221	70	150-199	19	210	35	28	27	28-28	59-67
	Inbound	15.57-16.14 น.	36	466	186-235	71	181-230	19	129	53	24	48	28-33	53-65
	Outbound	16.19-16.43 น.	35	491	172-221	75	159-208	19	69	28	9	25	32-33	52-59
22 มี.ค. 2561	Inbound	07.00-07.36 น.	6	486	163-212	68	153-202	19	94	32	13	29	26-28	59-66
	Outbound	07.38-08.01 น.	8	398	145-194	54	134-183	19	97	40	14	38	26-27	62-67
	Inbound	10.00-10.28 น.	26	400	146-195	62	132-181	22	222	45	23	41	26-28	60-67
	Outbound	10.31-10.49 น.	44	393	146-195	51	129-178	19	130	39	21	34	28-28	59-61
	Inbound	15.57-16.19 น.	74	534	182-231	93	157-206	19	60	27	8	24	31-33	49-54
	Outbound	16.34-17.01 น.	12	397	147-196	58	136-185	19	113	30	16	25	33-34	48-54

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ข.10 สถิติพรรณนาความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศในเขตเทศบาลนครราชสีมา (สัปดาห์ที่ 2)

วันที่	เส้นทาง	เวลา	PM ₁₀ (µg/m ³)					CO (mg/m ³)					อุณหภูมิ (°c)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)
			Min	Max	Mean	S.D.	Median	Min	Max	Mean	S.D.	Median		
28 มี.ค. 2561	Inbound	07.02-07.16 น.	21	588	187-236	107	148-197	19	48	26	6	25	29-30	61-64
	Outbound	07.18-07.36 น.	44	434	155-204	66	148-197	23	362	73	85	35	28-29	62-65
	Inbound	10.03-10.24 น.	15	447	170-219	61	161-210	19	64	31	11	26	30-33	57-63
	Outbound	10.28-10.55 น.	72	396	159-208	48	155-204	19	56	27	8	25	33-34	53-58
	Inbound	15.58-16.19 น.	45	468	174-223	74	167-216	19	118	41	28	27	35-38	44-52
	Outbound	16.23-16.44 น.	86	493	209-258	68	189-238	19	92	34	11	32	37	43-49
29 มี.ค. 2561	Inbound	07.03-07.21 น.	20	795	259-308	179	187-236	19	115	37	19	31	30	70-72
	Outbound	07.22-07.41 น.	41	518	167-216	75	147-196	19	63	30	9	28	29-30	71-73
	Inbound	10.04-10.23 น.	7	509	177-226	84	151-200	19	79	32	14	27	31-36	53-67
	Outbound	10.29-10.48 น.	69	348	187-236	47	183-232	19	93	36	12	34	35-35	58-60
	Inbound	16.01-16.22 น.	44	399	168-217	56	160-209	19	147	60	29	52	26-34	52-76
	Outbound	16.26-16.58 น.	31	456	152-201	63	151-200	19	71	31	9	30	34-35	51-56

ตารางที่ ข.11 สถิติเชิงพรรณนาความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา (สัปดาห์ที่ 3)

วันที่	เส้นทาง	เวลา	PM ₁₀ (µg/m ³)					CO (mg/m ³)			อุณหภูมิ (°c)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)		
			Min	Max	Mean	S.D.	Median	Min	Max	Mean			S.D.	Median
4 เม.ย. 2561	Inbound	07.01-07.16 น.	69	540	199-248	89	168-217	19	58	29	8	27	29-30	67-72
	Outbound	07.18-07.34 น.	39	542	195-244	77	186-235	19	86	38	15	33	29-31	67-72
	Inbound	10.09-10.34 น.	70	436	186-235	55	176-225	19	82	28	10	25	34-35	53-59
	Outbound	10.36-10.56 น.	28	475	174-223	72	171-220	19	61	29	8	28	35-36	50-56
	Inbound	15.59-16.23 น.	41	444	173-222	58	164-213	19	95	37	17	31	33-39	36-51
	Outbound	16.27-16.48 น.	5	489	194-243	76	186-235	19	81	35	10	35	38-39	36-42
5 เม.ย. 2561	Inbound	07.02-07.23 น.	40	495	167-216	80	145-194	19	94	41	15	38	30	69-73
	Outbound	07.25-07.41 น.	60	389	169-218	56	164-213	19	159	39	20	33	30-31	67-70
	Inbound	10.00-10.27 น.	48	441	157-206	65	151-200	19	84	34	14	29	33-36	53-64
	Outbound	10.30-10.47 น.	41	345	152-201	42	150-199	19	75	29	8	28	36	52-56
	Inbound	15.59-16.19 น.	31	438	162-211	72	154-203	19	82	31	14	26	34-35	48-53
	Outbound	16.22-16.44 น.	28	326	134-183	48	131-180	19	52	28	6	27	35-36	47-54

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ในการเก็บตัวอย่างมีการจดบันทึกความดันบรรยากาศของแต่ละวันเพื่อนำมาคำนวณความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ให้อยู่ในสภาวะมาตรฐาน ค่าความดันบรรยากาศขณะเก็บตัวอย่างของการศึกษานี้แสดงในตารางที่ ข.12

ตารางที่ ข.12 ความดันบรรยากาศขณะเก็บตัวอย่างในพื้นที่กรุงเทพมหานครและนครราชสีมา

วันที่เก็บตัวอย่าง	ความดันบรรยากาศ (mmHg)
23 มกราคม 2561	761.8
24 มกราคม 2561	761.9
25 มกราคม 2561	762.5
1 กุมภาพันธ์ 2561	761.4
6 กุมภาพันธ์ 2561	760.9
7 กุมภาพันธ์ 2561	761.3
8 กุมภาพันธ์ 2561	761.3
13 กุมภาพันธ์ 2561	764.0
14 กุมภาพันธ์ 2561	762.2
15 กุมภาพันธ์ 2561	762.1
20 กุมภาพันธ์ 2561	762.2
21 กุมภาพันธ์ 2561	761.9
28 กุมภาพันธ์ 2561	760.0
1 มีนาคม 2561	759.7
6 มีนาคม 2561	760.7
7 มีนาคม 2561	758.0
8 มีนาคม 2561	755.0
13 มีนาคม 2561	761.2
14 มีนาคม 2561	761.2
15 มีนาคม 2561	761.5

ตารางที่ ข.12 ความดันบรรยากาศขณะเก็บตัวอย่างในพื้นที่กรุงเทพมหานครและนครราชสีมา (ต่อ)

วันที่เก็บตัวอย่าง	ความดันบรรยากาศ (mmHg)
21 มีนาคม 2561	760.4
22 มีนาคม 2561	760.1
28 มีนาคม 2561	760.5
29 มีนาคม 2561	759.6
4 เมษายน 2561	760.8
5 เมษายน 2561	760.9

ตัวอย่างการคำนวณความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนให้อยู่ในสภาวะมาตรฐาน
ข้อมูลการเก็บตัวอย่าง PM₁₀ ของตัวอย่างวันที่ 23 มกราคม 2561

$$\mu\text{g}/\text{m}^3_{\text{STP}} = \mu\text{g}/\text{m}^3_{\text{sample}} \times \frac{T_{\text{STP}}}{T_{\text{sample}}} \times \frac{P_{\text{sample}}}{P_{\text{STP}}}$$

$$\mu\text{g}/\text{m}^3_{\text{STP}} = 113 \times \frac{273.15}{306.02} \times \frac{761.8}{760.0}$$

$$\mu\text{g}/\text{m}^3_{\text{STP}} = 101$$

ตัวอย่างการคำนวณความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ให้อยู่ในสภาวะมาตรฐาน
ข้อมูลการเก็บตัวอย่าง PM₁₀ ของตัวอย่างวันที่ 23 มกราคม 2561

$$\text{mg}/\text{m}^3 = \text{ppm} \times \text{MW} \times \frac{1}{22.4} \times \frac{T_{\text{STP}}}{T_{\text{sample}}} \times \frac{P_{\text{sample}}}{P_{\text{STP}}}$$

$$\text{mg}/\text{m}^3 = 55 \times 22.4 \times \frac{1}{22.4} \times \frac{273.15}{306.02} \times \frac{761.8}{760.0}$$

$$\text{mg}/\text{m}^3 = 66$$

ภาคผนวก ค

ข้อมูลคุณภาพอากาศเฉลี่ยรายชั่วโมง สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศ



ข้อมูลคุณภาพอากาศเฉลี่ยรายชั่วโมงของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลจากสำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ จำนวน 5 สถานี รายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ ค.1 ข้อมูลคุณภาพอากาศจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศกรมประชาสัมพันธ์ (59T)

วันที่	เวลา	PM ₁₀ (µg/m ³)	CO (ppm)	CO (mg/m ³)
23 มกราคม 2561	08.00 น.	80	1.4	1.3
23 มกราคม 2561	09.00 น.	63	1.5	1.4
23 มกราคม 2561	11.00 น.	48	1.2	1.1
23 มกราคม 2561	17.00 น.	84	1.2	1.1
23 มกราคม 2561	18.00 น.	76	1.2	1.1
24 มกราคม 2561	08.00 น.	94	1.3	1.2
24 มกราคม 2561	09.00 น.	68	1.4	1.3
24 มกราคม 2561	11.00 น.	85	1.5	1.4
24 มกราคม 2561	17.00 น.	62	1.5	1.4
24 มกราคม 2561	18.00 น.	70	1.6	1.5
25 มกราคม 2561	08.00 น.	26	1.3	1.2
25 มกราคม 2561	09.00 น.	35	1.5	1.4
25 มกราคม 2561	11.00 น.	42	1.3	1.2
25 มกราคม 2561	17.00 น.	49	0.9	0.8
25 มกราคม 2561	18.00 น.	45	0.9	0.8
6 กุมภาพันธ์ 2561	08.00 น.	66	1.4	1.3
6 กุมภาพันธ์ 2561	09.00 น.	60	-	-
6 กุมภาพันธ์ 2561	11.00 น.	57	1.1	1.0
6 กุมภาพันธ์ 2561	17.00 น.	62	1.1	1.0
6 กุมภาพันธ์ 2561	18.00 น.	64	1.2	1.1
7 กุมภาพันธ์ 2561	08.00 น.	108	1.7	1.6
7 กุมภาพันธ์ 2561	09.00 น.	110	1.8	1.7
7 กุมภาพันธ์ 2561	11.00 น.	82	1.4	1.3
7 กุมภาพันธ์ 2561	17.00 น.	97	1.4	1.3
7 กุมภาพันธ์ 2561	18.00 น.	72	1.3	1.2

ตารางที่ ค.1 ข้อมูลคุณภาพอากาศจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศกรมประชาสัมพันธ์ (59T) (ต่อ)

วันที่	เวลา	PM ₁₀ (µg/m ³)	CO (ppm)	CO (mg/m ³)
8 กุมภาพันธ์ 2561	08.00 น.	133	2.2	2.0
8 กุมภาพันธ์ 2561	09.00 น.	128	2.2	2.0
8 กุมภาพันธ์ 2561	11.00 น.	86	-	-
8 กุมภาพันธ์ 2561	17.00 น.	81	1.3	1.2
8 กุมภาพันธ์ 2561	18.00 น.	79	1.4	1.3

ตารางที่ ค.2 ข้อมูลคุณภาพอากาศจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ (50R)

วันที่	เวลา	PM ₁₀ (µg/m ³)	CO (ppm)	CO (mg/m ³)
1 กุมภาพันธ์ 2561	08.00 น.	45	1.08	1.00
1 กุมภาพันธ์ 2561	09.00 น.	60	1.07	0.99
1 กุมภาพันธ์ 2561	11.00 น.	60	1.26	1.16
1 กุมภาพันธ์ 2561	17.00 น.	54	1.07	0.99
1 กุมภาพันธ์ 2561	18.00 น.	62	1.19	1.10
13 กุมภาพันธ์ 2561	08.00 น.	69	1.15	1.06
13 กุมภาพันธ์ 2561	09.00 น.	67	1.23	1.14
13 กุมภาพันธ์ 2561	11.00 น.	65	0.93	0.86
13 กุมภาพันธ์ 2561	17.00 น.	76	1.23	1.14
13 กุมภาพันธ์ 2561	18.00 น.	71	1.31	1.21
14 กุมภาพันธ์ 2561	08.00 น.	106	2.04	1.88
14 กุมภาพันธ์ 2561	09.00 น.	105	2.12	1.96
14 กุมภาพันธ์ 2561	11.00 น.	98	2.12	1.96
14 กุมภาพันธ์ 2561	17.00 น.	134	1.66	1.53
14 กุมภาพันธ์ 2561	18.00 น.	126	1.98	1.83
15 กุมภาพันธ์ 2561	08.00 น.	112	2.92	2.70
15 กุมภาพันธ์ 2561	09.00 น.	127	1.99	1.84
15 กุมภาพันธ์ 2561	11.00 น.	102	1.76	1.63
15 กุมภาพันธ์ 2561	17.00 น.	89	1.24	1.15
15 กุมภาพันธ์ 2561	18.00 น.	82	1.50	1.39

ตารางที่ ค.2 ข้อมูลคุณภาพอากาศจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ (50R)
(ต่อ)

วันที่	เวลา	PM ₁₀ (µg/m ³)	CO (ppm)	CO (mg/m ³)
20 กุมภาพันธ์ 2561	08.00 น.	51	1.52	1.40
20 กุมภาพันธ์ 2561	09.00 น.	38	1.92	1.77
20 กุมภาพันธ์ 2561	11.00 น.	38	1.12	1.03
20 กุมภาพันธ์ 2561	17.00 น.	35	0.83	0.77
20 กุมภาพันธ์ 2561	18.00 น.	33	-	-
21 กุมภาพันธ์ 2561	08.00 น.	48	1.23	1.14
21 กุมภาพันธ์ 2561	09.00 น.	56	1.25	1.15
21 กุมภาพันธ์ 2561	11.00 น.	40	1.48	1.37
21 กุมภาพันธ์ 2561	17.00 น.	39	-	-
21 กุมภาพันธ์ 2561	18.00 น.	46	1.00	0.92

ตารางที่ ค.3 ข้อมูลคุณภาพอากาศจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศสถานีตำรวจนครบาลโชคชัย
(53R)

วันที่	เวลา	PM ₁₀ (µg/m ³)	CO (ppm)	CO (mg/m ³)
6 มีนาคม 2561	08.00 น.	25	0.7	0.7
6 มีนาคม 2561	09.00 น.	28	0.7	0.7
6 มีนาคม 2561	11.00 น.	35	0.7	0.7
6 มีนาคม 2561	17.00 น.	47	0.7	0.7
6 มีนาคม 2561	18.00 น.	42	0.7	0.7
7 มีนาคม 2561	08.00 น.	32	0.8	0.7
7 มีนาคม 2561	09.00 น.	34	0.6	0.6
7 มีนาคม 2561	11.00 น.	36	0.6	0.6
7 มีนาคม 2561	17.00 น.	31	0.4	0.4
7 มีนาคม 2561	18.00 น.	26	0.6	0.6
8 มีนาคม 2561	08.00 น.	59	1.1	1.0
8 มีนาคม 2561	09.00 น.	60	1.2	1.1
8 มีนาคม 2561	11.00 น.	51	0.6	0.6

ตารางที่ ก.3 ข้อมูลคุณภาพอากาศจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศสถานีตำรวจนครบาลโชคชัย (53R) (ต่อ)

วันที่	เวลา	PM ₁₀ (µg/m ³)	CO (ppm)	CO (mg/m ³)
8 มีนาคม 2561	17.00 น.	45	0.5	0.5
8 มีนาคม 2561	18.00 น.	47	0.4	0.4
13 มีนาคม 2561	08.00 น.	67	1.7	1.6
13 มีนาคม 2561	09.00 น.	71	1.1	1.0
13 มีนาคม 2561	11.00 น.	65	0.9	0.8
13 มีนาคม 2561	17.00 น.	77	0.8	0.7
13 มีนาคม 2561	18.00 น.	79	0.7	0.7
14 มีนาคม 2561	08.00 น.	51	0.7	0.7
14 มีนาคม 2561	09.00 น.	52	0.7	0.7
14 มีนาคม 2561	11.00 น.	48	0.6	0.6
14 มีนาคม 2561	17.00 น.	49	0.5	0.5
14 มีนาคม 2561	18.00 น.	56	0.5	0.5
15 มีนาคม 2561	08.00 น.	40	0.7	0.7
15 มีนาคม 2561	09.00 น.	39	0.6	0.6
15 มีนาคม 2561	11.00 น.	47	0.5	0.5
15 มีนาคม 2561	17.00 น.	49	0.5	0.5
15 มีนาคม 2561	18.00 น.	45	0.6	0.6

ตารางที่ ก.4 ข้อมูลคุณภาพอากาศจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศโรงสูบน้ำเสี่ยเทศบาลนคร นครราชสีมา (47R)

วันที่	เวลา	PM ₁₀ (µg/m ³)	CO (ppm)	CO (mg/m ³)
21 มีนาคม 2561	08.00 น.	64	-	-
21 มีนาคม 2561	09.00 น.	61	0.7	0.7
21 มีนาคม 2561	11.00 น.	42	0.5	0.5
21 มีนาคม 2561	17.00 น.	68	0.5	0.5
21 มีนาคม 2561	18.00 น.	90	0.6	0.6
22 มีนาคม 2561	08.00 น.	84	0.6	0.6

ตารางที่ ก.4 ข้อมูลคุณภาพอากาศจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศโรงสูบน้ำเสียเทศบาลนคร นครราชสีมา (47R) (ต่อ)

วันที่	เวลา	PM ₁₀ (µg/m ³)	CO (ppm)	CO (mg/m ³)
22 มีนาคม 2561	09.00 น.	72	0.7	0.7
22 มีนาคม 2561	11.00 น.	67	0.6	0.6
22 มีนาคม 2561	17.00 น.	62	0.4	0.4
22 มีนาคม 2561	18.00 น.	68	0.6	0.6
28 มีนาคม 2561	08.00 น.	189	1.4	1.3
28 มีนาคม 2561	09.00 น.	172	0.8	0.7
28 มีนาคม 2561	11.00 น.	149	0.7	0.7
28 มีนาคม 2561	17.00 น.	125	0.5	0.5
28 มีนาคม 2561	18.00 น.	145	0.6	0.6
29 มีนาคม 2561	08.00 น.	88	0.9	0.8
29 มีนาคม 2561	09.00 น.	105	0.8	0.7
29 มีนาคม 2561	11.00 น.	73	0.5	0.5
29 มีนาคม 2561	17.00 น.	93	0.4	0.4
29 มีนาคม 2561	18.00 น.	43	0.3	0.3
4 เมษายน 2561	08.00 น.	120	0.8	0.7
4 เมษายน 2561	09.00 น.	95	0.8	0.7
4 เมษายน 2561	11.00 น.	109	0.7	0.7
4 เมษายน 2561	17.00 น.	81	-	-
4 เมษายน 2561	18.00 น.	118	0.9	0.8
5 เมษายน 2561	08.00 น.	81	0.9	0.8
5 เมษายน 2561	09.00 น.	61	0.7	0.7
5 เมษายน 2561	11.00 น.	69	0.8	0.7
5 เมษายน 2561	17.00 น.	79	0.6	0.6
5 เมษายน 2561	18.00 น.	37	0.6	0.6

หมายเหตุ ข้อมูลคุณภาพอากาศรายชั่วโมงของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศการเคหะชุมชนดินแดง (54R) ไม่มีข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนมิถุนายน 2561



ภาคผนวก ง

ปริมาณการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน
และแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ง.1 ปริมาณการรับสัมผัสสารมลพิษทางอากาศในพื้นที่กรุงเทพมหานคร (เส้นทางที่ 1)

วันที่	เส้นทาง	เวลา	$\sum E_{PM10}$ (μg)	$\sum E_{PM10}$ (μg) ต่อระยะทาง	$\sum E_{CO}$ (mg)	$\sum E_{CO}$ (mg) ต่อระยะทาง
				1 กิโลเมตร		1 กิโลเมตร
23 ม.ค. 2561	Inbound	07.13-07.40 น.	41-52	7-9	17	3
	Outbound	07.53-08.29 น.	67-82	11-14	59	10
	Inbound	09.55-10.34 น.	63-80	10-13	18	3
	Outbound	10.38-11.10 น.	46-59	8-10	4	1
	Inbound	15.55-16.18 น.	37-48	6-8	7	1
	Outbound	16.22-16.59 น.	51-67	8-11	9	2
24 ม.ค. 2561	Inbound	07.01-07.30 น.	44-47	7-9	58	10
	Outbound	07.35-08.07 น.	46-60	8-10	29	5
	Inbound	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Outbound	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Inbound	15.59-16.30 น.	40-54	7-9	17	3
	Outbound	16.38-17.11 น.	36-49	6-8	19	3
25 ม.ค. 2561	Inbound	06.59-07.57 น.	95-120	16-20	48	8
	Outbound	08.02-08.33 น.	48-61	8-10	22	4
	Inbound	09.59-10.28 น.	33-46	5-8	9	2
	Outbound	10.34-11.04 น.	31-44	5-7	28	5
	Inbound	15.59-16.28 น.	37-49	6-8	4	1
	Outbound	16.35-17.06 น.	33-46	5-8	3	0.5

หมายเหตุ N/A = Not available; 24 ม.ค.61 ข้อมูลที่ตรวจวัดใช้ไม่ได้เนื่องจากฝนตกระหว่างเก็บตัวอย่างในช่วงเวลาสาย (10.00-11.00 น.)

ตารางที่ ง.2 ปริมาณการรับสัมผัสสารมลพิษทางอากาศในพื้นที่กรุงเทพมหานคร (เส้นทางที่ 2)

วันที่	เส้นทาง	เวลา	$\sum E_{PM10}$ (μg)	$\sum E_{PM10}$ (μg)	$\sum E_{CO}$ (mg)	$\sum E_{CO}$ (mg)
				ต่อระยะทาง 1 กิโลเมตร		ต่อระยะทาง 1 กิโลเมตร
30 ม.ค. 2561	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
31 ม.ค. 2561	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
1 ก.พ. 2561	Inbound	07.01-07.48 น.	86-106	12-15	23	3
	Inbound	10.09-11.03 น.	80-104	11-14	18	3
	Inbound	16.15-17.09 น.	81-103	11-14	9	1

หมายเหตุ N/A = Not available

30 ม.ค. 61 ไม่มีการเก็บตัวอย่างเนื่องจากฝนตก

31 ม.ค. 61 ข้อมูลที่ตรวจวัดใช้ไม่ได้เนื่องจากฝนตกระหว่างเก็บตัวอย่าง

ตารางที่ ง.3 ปริมาณการรับสัมผัสสารมลพิษทางอากาศในพื้นที่กรุงเทพมหานคร (เส้นทางที่ 1)

วันที่	เส้นทาง	เวลา	$\sum E_{PM10}$ (μg)	$\sum E_{PM10}$ (μg)	$\sum E_{CO}$ (mg)	$\sum E_{CO}$ (mg)
				ต่อระยะทาง 1 กิโลเมตร		ต่อระยะทาง 1 กิโลเมตร
6 ก.พ. 2561	Inbound	06.58-07.29 น.	32-46	5-8	33	6
	Outbound	07.37-08.09 น.	29-42	5-7	18	3
	Inbound	09.57-10.26 น.	35-48	6-8	12	2
	Outbound	10.30-11.08 น.	45-59	8-10	6	1
	Inbound	15.57-16.24 น.	35-46	6-8	10	2
	Outbound	16.29-17.11 น.	53-71	9-12	5	1

ตารางที่ ง.3 ปริมาณการรับสัมผัสสารมลพิษทางอากาศในพื้นที่กรุงเทพมหานคร (เส้นทางที่ 1) (ต่อ)

วันที่	เส้นทาง	เวลา	$\sum E_{PM10}$ (μg)	$\sum E_{PM10}$ (μg) ต่อระยะทาง 1 กิโลเมตร	$\sum E_{CO}$ (mg)	$\sum E_{CO}$ (mg) ต่อระยะทาง 1 กิโลเมตร
7 ก.พ. 2561	Inbound	06.58-07.31 น.	41-55	7-9	23	4
	Outbound	07.34-08.03 น.	30-42	5-7	24	4
	Inbound	09.56-10.18 น.	26-35	4-6	14	2
	Outbound	10.23-10.56 น.	39-53	7-9	5	1
	Inbound	15.57-16.15 น.	23-30	4-5	4	1
	Outbound	16.26-17.00 น.	37-52	6-9	3	1
8 ก.พ. 2561	Inbound	06.58-07.28 น.	33-46	5-8	23	4
	Outbound	07.35-08.11 น.	41-56	7-9	49	8
	Inbound	09.58-10.26 น.	31-43	5-7	8	1
	Outbound	10.34-11.06 น.	38-52	6-9	15	2
	Inbound	15.58-16.32 น.	41-55	7-9	2	0.4
	Outbound	16.37-17.06 น.	35-47	6-8	3	1

ตารางที่ ง.4 ปริมาณการรับสัมผัสสารมลพิษทางอากาศในพื้นที่กรุงเทพมหานคร (เส้นทางที่ 2)

วันที่	เส้นทาง	เวลา	$\sum E_{PM10}$ (μg)	$\sum E_{PM10}$ (μg) ต่อระยะทาง 1 กิโลเมตร	$\sum E_{CO}$ (mg)	$\sum E_{CO}$ (mg) ต่อระยะทาง 1 กิโลเมตร
13 ก.พ. 2561	Inbound	06.59-08.10 น.	65-95	9-13	43	6
	Inbound	10.00-11.10 น.	82-112	11-16	25	4
	Inbound	16.01-16.55 น.	77-101	11-14	11	2

ตารางที่ ง.4 ปริมาณการรับสัมผัสสารมลพิษทางอากาศในพื้นที่กรุงเทพมหานคร (เส้นทางที่ 2) (ต่อ)

วันที่	เส้นทาง	เวลา	$\sum E_{PM10}$ (μg)	$\sum E_{PM10}$ (μg) ต่อระยะทาง		$\sum E_{CO}$ (mg)	$\sum E_{CO}$ (mg) ต่อระยะทาง	
				1 กิโลเมตร			1 กิโลเมตร	
14 ก.พ. 2561	Inbound	06.57-08.02 น.	70-97	10-14	49	7		
	Inbound	09.59-10.47 น.	63-83	9-12	23	3		
	Inbound	16.02-16.56 น.	44-65	6-9	13	2		
15 ก.พ. 2561	Inbound	06.55-08.01 น.	50-78	7-11	40	6		
	Inbound	10.02-10.48 น.	60-80	8-11	14	2		
	Inbound	16.11-17.05 น.	70-93	10-13	12	2		

ตารางที่ ง.5 ปริมาณการรับสัมผัสสารมลพิษทางอากาศในพื้นที่กรุงเทพมหานคร (เส้นทางที่ 2)

วันที่	เส้นทาง	เวลา	$\sum E_{PM10}$ (μg)	$\sum E_{PM10}$ (μg) ต่อระยะทาง		$\sum E_{CO}$ (mg)	$\sum E_{CO}$ (mg) ต่อระยะทาง	
				1 กิโลเมตร			1 กิโลเมตร	
20 ก.พ. 2561	Inbound	07.01-08.04 น.	96-123	13-17	27	4		
	Inbound	10.04-10.49 น.	87-110	12-15	10	1		
	Inbound	15.59-17.22 น.	100-136	14-19	18	3		
21 ก.พ. 2561	Inbound	07.01-08.01 น.	104-130	14-18	21	3		
	Inbound	09.58-11.12 น.	120-151	17-21	12	2		
	Inbound	16.00-17.17 น.	105-139	15-19	13	2		
22 ก.พ. 2561	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A		

หมายเหตุ N/A = Not available; 22 ก.พ. 2561 ข้อมูลที่ตรวจวัดใช้ไม่ได้เนื่องจากฝนตกระหว่างเก็บตัวอย่าง

ตารางที่ ง.6 ปริมาณการรับสัมผัสสารมลพิษทางอากาศในพื้นที่กรุงเทพมหานคร (เส้นทางที่ 3)

วันที่	เส้นทาง	เวลา	$\sum E_{PM10}$ (μg)	$\sum E_{PM10}$ (μg) ต่อระยะทาง	$\sum E_{CO}$ (mg)	$\sum E_{CO}$ (mg) ต่อระยะทาง
				1 กิโลเมตร		1 กิโลเมตร
27 ก.พ. 2561	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
28 ก.พ. 2561	Inbound	07.03-07.28 น.	49-58	10-12	20	4
	Outbound	07.32-07.52 น.	35-47	7-9	11	2
	Inbound	10.04-10.19 น.	20-27	4-5	6	1
	Outbound	10.23-10.51 น.	36-47	7-9	11	2
	Inbound	16.02-16.15 น.	20-26	4-5	1	0.2
	Outbound	16.20-16.44 น.	34-42	7-8	15	3
1 มี.ค. 2561	Inbound	07.04-07.16 น.	21-26	4-5	7	1
	Outbound	07.18-07.36 น.	34-41	7-8	11	2
	Inbound	09.59-10.17 น.	28-35	5-7	9	2
	Outbound	10.30-10.51 น.	30-38	6-8	5	1
	Inbound	16.04-16.21 น.	22-28	4-6	2	0.4
	Outbound	16.35-16.50 น.	24-30	5-6	2	0.3

หมายเหตุ N/A = Not available;

27 ก.พ. 2561 ข้อมูลที่ตรวจวัดใช้ไม่ได้เนื่องจากฝนตกระหว่างเก็บตัวอย่าง

ตารางที่ ง.7 ปริมาณการรับสัมผัสสารมลพิษทางอากาศในพื้นที่กรุงเทพมหานคร (เส้นทางที่ 4)

วันที่	เส้นทาง	เวลา	$\sum E_{PM10}$ (μg)	$\sum E_{PM10}$ (μg) ต่อระยะทาง		$\sum E_{CO}$ (mg)	$\sum E_{CO}$ (mg) ต่อระยะทาง	
				1 กิโลเมตร			1 กิโลเมตร	
6 มี.ค. 2561	Inbound	06.58-07.30 น.	69-83	11-13	17	3		
	Outbound	07.33-08.07 น.	57-71	9-11	14	2		
	Inbound	10.01-10.29 น.	45-57	7-9	11	2		
	Outbound	10.31-10.55 น.	35-44	6-7	3	1		
	Inbound	16.02-16.25 น.	38-48	6-8	2	0.3		
	Outbound	16.26-16.46 น.	34-42	5-7	3	0.4		
7 มี.ค. 2561	Inbound	07.00-07.28 น.	39-50	6-8	14	2		
	Outbound	07.30-08.10 น.	52-69	8-11	10	2		
	Inbound	09.59-10.30 น.	38-51	6-8	5	1		
	Outbound	10.32-10.50 น.	20-28	3-4	6	1		
	Inbound	16.00-16.23 น.	32-40	5-7	2	0.3		
	Outbound	16.30-16.52 น.	24-33	4-5	7	1		
8 มี.ค. 2561	Inbound	06.57-07.27 น.	48-58	8-9	26	4		
	Outbound	07.29-07.59 น.	32-42	5-7	8	1		
	Inbound	10.01-10.33 น.	46-60	8-10	6	1		
	Outbound	10.37-10.54 น.	21-26	3-4	4	1		
	Inbound	15.57-16.26 น.	38-50	6-8	3	0.4		
	Outbound	16.35-16.49 น.	19-25	3-4	4	1		

ตารางที่ ง.8 ปริมาณการรับสัมผัสสารมลพิษทางอากาศในพื้นที่กรุงเทพมหานคร (เส้นทางที่ 4)

วันที่	เส้นทาง	เวลา	$\sum E_{PM10}$ (μg)	$\sum E_{PM10}$ (μg) ต่อระยะทาง		$\sum E_{CO}$ (mg)	$\sum E_{CO}$ (mg) ต่อระยะทาง	
				1 กิโลเมตร			1 กิโลเมตร	
13 มี.ค. 2561	Inbound	07.00-07.31 น.	66-79	11-13	79	13		
	Outbound	07.34-08.10 น.	66-81	11-13	10	2		
	Inbound	10.01-10.24 น.	37-47	6-8	36	6		
	Outbound	10.26-10.44 น.	27-33	4-5	3	0.4		
	Inbound	15.55-16.22 น.	56-66	9-11	7	1		
	Outbound	16.25-16.54 น.	47-60	8-10	5	1		
14 มี.ค. 2561	Inbound	07.00-07.28 น.	47-58	8-10	15	2		
	Outbound	07.31-07.53 น.	39-48	6-8	1	0.2		
	Inbound	10.05-10.42 น.	49-65	8-11	4	1		
	Outbound	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A		
	Inbound	16.04-16.21 น.	27-34	4-5	3	0.4		
	Outbound	16.23-16.42 น.	29-37	5-6	7	1		
15 มี.ค. 2561	Inbound	07.05-07.33 น.	52-64	8-10	12	2		
	Outbound	07.35-08.01 น.	51-63	8-10	3	0.4		
	Inbound	10.01-10.23 น.	29-36	5-6	6	1		
	Outbound	10.25-10.42 น.	22-29	4-5	5	1		
	Inbound	16.02-16.36 น.	47-61	8-10	3	0.5		
	Outbound	16.39-16.59 น.	27-34	4-5	3	0.4		

หมายเหตุ N/A = Not available;

14 มี.ค. 2561 ไม่มีข้อมูล Outbound ช่วงเวลาสาย (10.00-11.00 น.) เนื่องจากเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนน ทำให้รถไม่สามารถสัญจรได้

ตารางที่ ง.9 ปริมาณการรับสัมผัสสารมลพิษทางอากาศในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา (สัปดาห์ที่ 1)

วันที่	เส้นทาง	เวลา	$\sum E_{PM10}$ (μg)	$\sum E_{PM10}$ (μg) ต่อระยะทาง		$\sum E_{CO}$ (mg)	$\sum E_{CO}$ (mg) ต่อระยะทาง	
				1 กิโลเมตร			1 กิโลเมตร	
21 มี.ค. 2561	Inbound	07.00-07.36 น.	56-71	11-14	8	2		
	Outbound	07.39-07.58 น.	28-36	5-6	4	1		
	Inbound	10.00-10.18 น.	28-35	6-7	4	1		
	Outbound	10.28-10.46 น.	27-34	5-6	3	1		
	Inbound	15.57-16.14 น.	27-34	5-7	7	1		
	Outbound	16.19-16.43 น.	37-47	6-8	2	0.4		
22 มี.ค. 2561	Inbound	07.00-07.36 น.	51-67	10-13	8	2		
	Outbound	07.38-08.01 น.	28-38	5-7	7	1		
	Inbound	10.00-10.28 น.	21-28	4-6	7	1		
	Outbound	10.31-10.49 น.	22-30	4-5	5	1		
	Inbound	15.57-16.19 น.	34-43	7-9	1	0.2		
	Outbound	16.34-17.01 น.	35-46	6-8	4	1		

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ง.10 ปริมาณการรับสัมผัสสารมลพิษทางอากาศในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา (สัปดาห์ที่ 2)

วันที่	เส้นทาง	เวลา	$\sum E_{PM10}$ (μg)	$\sum E_{PM10}$ (μg) ต่อระยะทาง	$\sum E_{CO}$ (mg)	$\sum E_{CO}$ (mg) ต่อระยะทาง
				1 กิโลเมตร		1 กิโลเมตร
28 มี.ค. 2561	Inbound	07.02-07.16 น.	21-26	4-5	1	0.1
	Outbound	07.18-07.36 น.	24-32	4-6	5	1
	Inbound	10.03-10.24 น.	29-38	6-8	1	0.2
	Outbound	10.28-10.55 น.	35-46	6-8	3	0.5
	Inbound	15.58-16.19 น.	28-36	6-7	2	0.3
	Outbound	16.23-16.44 น.	37-46	6-8	4	1
29 มี.ค. 2561	Inbound	07.03-07.21 น.	33-39	7-8	4	1
	Outbound	07.22-07.41 น.	27-35	5-6	3	1
	Inbound	10.04-10.23 น.	27-35	5-7	2	0.3
	Outbound	10.29-10.48 น.	28-36	5-6	4	1
	Inbound	16.01-16.22 น.	30-38	6-8	10	2
	Outbound	16.26-16.58 น.	42-56	7-10	5	1

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ง.11 ปริมาณการรับสัมผัสสารมลพิษทางอากาศในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา (สัปดาห์ที่ 3)

วันที่	เส้นทาง	เวลา	$\sum E_{PM10}$ (μg)	$\sum E_{PM10}$ (μg) ต่อระยะทาง		$\sum E_{CO}$ (mg)	$\sum E_{CO}$ (mg) ต่อระยะทาง	
				1 กิโลเมตร			1 กิโลเมตร	
4 เม.ย. 2561	Inbound	07.01-07.16 น.	24-30	5-6	3	1		
	Outbound	07.18-07.34 น.	26-32	4-6	4	1		
	Inbound	10.09-10.34 น.	41-52	8-10	3	1		
	Outbound	10.36-10.56 น.	29-37	5-6	2	0.4		
	Inbound	15.59-16.23 น.	37-48	7-9	3	1		
	Outbound	16.27-16.48 น.	36-45	6-8	4	1		
5 เม.ย. 2561	Inbound	07.02-07.23 น.	29-38	6-8	7	1		
	Outbound	07.25-07.41 น.	22-28	4-5	5	1		
	Inbound	10.00-10.27 น.	36-47	7-9	4	1		
	Outbound	10.30-10.47 น.	20-26	3-5	3	0.5		
	Inbound	15.59-16.19 น.	25-33	5	1	0.2		
	Outbound	16.22-16.44 น.	24-32	4-6	3	0.4		

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตัวอย่างการคำนวณผลรวมปริมาณการรับสัมผัสสารมลพิษ

$$\sum E_{PM_{10}} = \sum (PM_{10} \times IR \times t)$$

$$\sum E_{CO} = \sum (CO \times IR \times t)$$

ตารางที่ ง.12 ปริมาณรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์
วันที่ 23 มกราคม 2561 เวลา 07.13- 07.40 น.

Point	PM ₁₀ (µg/m ³)	CO (mg/m ³)	Inhalation rate (m ³ /min)	Time (min)	E _{PM10} (µg)	E _{CO} (mg)
1	224-273	62	0.0110	0.033	0.081-0.099	0.023
2	231-280	64	0.0110	0.033	0.084-0.101	0.023
3	231-280	66	0.0110	0.033	0.084-0.101	0.024
4	231-280	64	0.0110	0.033	0.084-0.101	0.023
5	144-193	66	0.0110	0.033	0.052-0.070	0.024
6	144-193	67	0.0110	0.033	0.052-0.070	0.024
7	144-193	57	0.0110	0.033	0.052-0.070	0.021
8	144-193	76	0.0110	0.033	0.052-0.070	0.028
9	165-214	60	0.0110	0.033	0.060-0.078	0.022
10	165-214	62	0.0110	0.033	0.060-0.078	0.022
:						
660	184-233	62	0.0110	0.033	0.067-0.084	0.022
					$\sum E_{PM_{10}}$	41-52
					$\sum E_{CO}$	-
						17

รายชื่อบทความวิชาการที่ได้รับตีพิมพ์เผยแพร่

Hassarang, V. and Chuersuwan, N. (2020). **An IoT in Air Quality Study for Spatial Concentrations of CO during Public Bus Transit in Bangkok.** The Third International Conference on Environmental Development Administration 2020 “Environmental Struggles and the Way Forward”, November, 28, 2020, Bangkok, Thailand. ISBN (e-book): 978-616-482-052-4



ประวัติผู้เขียน

นางสาววิษุณี หัสรังค์ เกิดเมื่อวันที่ 18 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2536 ณ กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาจากโรงเรียนมารีย์วิทยา อำเภอเมืองนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา ในปีการศึกษา 2553 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม เกียรตินิยมอันดับหนึ่ง ในปีการศึกษา 2557 หลังจากสำเร็จการศึกษา ได้ศึกษาต่อในระดับปริญญาโท สาขาวิชามลพิษสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในปี พ.ศ. 2558 โดยขณะศึกษาได้รับทุนเรียนดี ระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีและเป็นผู้ช่วยสอนในวิชาปฏิบัติการต่าง ๆ ของสาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัย: ได้นำเสนองานวิจัยในการประชุมวิชาการ The 26th Tri-U International Joint Seminar and Symposium ระหว่างวันที่ 20-24 ตุลาคม พ.ศ. 2562 ณ Jiangsu University ประเทศจีน ในหัวข้อเรื่อง Using an IoT in Environmental Study: Performance of a Portable Low-Cost CO Monitoring Device และนำเสนองานวิจัยในการประชุมวิชาการ The Third International Conference on Environmental Development Administration 2020 “Environmental Struggles and the Way Forward” ในวันที่ 28 พฤศจิกายน พ.ศ. 2563 ด้วยการนำเสนอแบบออนไลน์ ในหัวข้อเรื่อง An IoT in Air Quality Study for Spatial Concentrations of CO during Public Bus Transit in Bangkok

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี