

การศึกษาอนุภาคที่เกิดจากการจราจรในเขตเมือง กรณีศึกษาจังหวัดนครราชสีมา

บุญยาพร วินดี¹, พรชิตา สดใจ¹, สาวิตรี พิมสร¹, สรวิต คำนิน¹, นวรัตน์ นามตะ², ณัฐพงษ์ ไชยคำ³,
สุดจิต ครุจิต³, อุดลย์เดช ไสลบาท⁴, พิรัชญา มุสิกะพงศ์⁵, เกียรติศักดิ์ บัตรสูงเนิน^{*}

บทคัดย่อ

การจราจรในเขตเมืองเป็นสาเหตุสำคัญที่ก่อให้เกิดฝุ่นละอองในบรรยากาศ อีกทั้งยังมีความสัมพันธ์ที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่ออธิบายลักษณะอนุภาคที่เกิดจากการจราจรในเขตเมืองจังหวัดนครราชสีมา โดยการศึกษาเชิงพรรณนา แบบภาคตัดขวาง ทำการเก็บข้อมูล การกระจายตัวของอนุภาค, ความเข้มข้นของอนุภาค, องค์ประกอบธาตุ และสถานะวิทยาของอนุภาคที่เกิดจากการจราจร

ผลการศึกษาพบว่า อนุภาคที่ทำการศึกษาในเขตเมืองจังหวัดนครราชสีมามีการกระจายตัวของขนาดอนุภาคอยู่ในช่วง 0.25 – 2.53 ไมครอน โดยมีการกระจายตัวสูงสุดที่ขนาด 0.25 ไมครอน ที่ระดับความเข้มข้นของอนุภาค (Number Concentration) เท่ากับ 209,359 อนุภาค/ลิตร ในช่วงเวลา 07.00 – 09.00 น. อีกทั้งยังพบความเข้มข้นของอนุภาคเชิงมวล (Mass Concentration) สูงที่สุด คือ ฝุ่นรวม (Total Suspended Particulate; TSP) เท่ากับ 151 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ และ ฝุ่นที่หายใจเข้าไปได้ (Inhalable Dust) เท่ากับ 139 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ โดยมีองค์ประกอบธาตุ ประกอบด้วยคาร์บอน (41%) ออกซิเจน (25%) ซิลิกอน (4.97%) และไนโตรเจน (4.94%) และมีลักษณะทางสถานะวิทยาที่อนุภาคมีลักษณะหลากหลาย เช่น อนุภาคการเกาะกลุ่มรวมกัน, อนุภาคที่อยู่แบบอิสระ, อนุภาครูปแท่ง และอนุภาคที่มีรูปร่างไม่แน่นอน

จึงสรุปได้ว่า อนุภาคที่เกิดจากการจราจรเป็นอนุภาคที่มีขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน และมีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจของมนุษย์ เพื่อเป็นการเฝ้าระวังควรติดตั้งระบบตรวจวัดคุณภาพอากาศเพื่อแจ้งเตือนกรณีที่คุณภาพอากาศที่เกิดจากการจราจรสูงเกินค่ามาตรฐาน พร้อมทั้งแนะนำผู้ปฏิบัติงานหรือผู้ที่พักอาศัยในพื้นที่เสี่ยงให้สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันระบบทางเดินหายใจที่มีประสิทธิภาพสูง เช่น หน้ากากประเภท N95

คำสำคัญ: อนุภาคที่เกิดจากการจราจร, การกระจายตัวของขนาดอนุภาค, ความเข้มข้นของอนุภาค, องค์ประกอบธาตุ, ลักษณะทางสถานะวิทยา

นักศึกษาปริญญาตรี สำนักวิชาสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

² นักศึกษาปริญญาโท สำนักวิชาสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

³ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

⁴ อาจารย์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

⁵ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สำนักวิชาสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

* Corresponding author: kiattisak@sut.ac.th

Characterizations of Traffic-Generated Particles in an Urban Environment: A Case Study of Nakhon Ratchasima Province

**Boonyaporn Windee¹, Pornchita Sudjai¹, Sawitee Pimsorn¹, Sorawit Khamnin¹, Nawarat Namta²,
Natthaphong Chaiyakham², Sudjit Karuchit³, Aduldatch Sailabaht⁴, Pirutchada Musigapong⁵,
Kiattisak Batsungnoen^{5*}**

Abstract

Urban traffic contributes significantly to airborne particulate matter, which has been associated with adverse health effects and environmental degradation. This research comprehensively aims to characterize their properties of traffic-generated particles in the urban environment of Nakhon Ratchasima Province. The study design was a descriptive cross-sectional study. The purpose of this study aims to determine the particle size distribution, particle and mass concentration, elemental composition and morphology of traffic-generated particles.

The result showed that the particle size distribution varies from 0.25 to 2.53 μm , with a peak at 0.25 μm . The highest number concentration was 209,359 particles per liter during 7:00 to 9:00 AM. Total Suspended Particulate (TSP) and inhalable dust were the greatest particle mass concentration at 151 and 139 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectively. Due to characterization of elemental composition, there are carbon (41%), oxygen (25%), silicon (4.97%), and nitrogen (4.94%). Furthermore, SEM analysis performed particle shapes in flocculent aggregates, independent particle, rod-shaped particles, and irregular particles.

In conclusion, particulate matter generated from traffic is an ultrafine particle with a size of less than 10 μm . Carbon (40%) is a mainly element found in the traffic-generated particles, which potentially has an impact on human respiratory system. It is recommended that the air quality, particularly particulate matter (PM), need to be monitored under the relevant agencies and notice the warning systems when exceeds the standard. Additionally, individuals working or living in high-risk areas should also use effective respiratory protection equipment, such as N95 masks.

Keywords: Traffic-Generated Particles, Particle Size Distribution, Particle Concentration, Elemental Composition, Morphology

The Undergraduate Student, Institute of Public Health, Suranaree University of Technology

² The Postgraduate Student, Institute of Public Health, Suranaree University of Technology

³ The Assistant Professor, Institute of Engineering, Suranaree University of Technology

⁴ The Lecturer in the Faculty of Science, Ubon Ratchathani University,

⁵ The Assistant Professor, Institute of Public Health, Suranaree University of Technology

* Corresponding author: kiattisak@sut.ac.th

1. บทนำ

ปัจจุบันสถานการณ์ปัญหาการจราจรของประเทศไทย เป็นปัญหาที่สร้างผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนเป็นอย่างมาก สภาพการจราจรที่หนาแน่นจึงเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศที่สำคัญ¹ โดยเฉพาะในบริเวณแยกไฟจราจรที่มีการบังคับให้หยุดหรือชะลอรถในขณะที่มีการใช้เครื่องยนต์ จึงเป็นสาเหตุทำให้เกิดการปล่อยมลพิษอากาศที่เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง ทั้งเขม่าควัน และก๊าซพิษ โดยอนุภาคที่เกิดขึ้นมีขนาดตั้งแต่เล็ก (< 10 ไมครอน) จนถึงใหญ่ (> 100 ไมครอน) โดยมีองค์ประกอบทางเคมีที่ต่างกัน ได้แก่ ฝุ่นรวม (Total Suspended Particulate : TSP) ฝุ่นหยาบขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) ฝุ่นละเอียดขนาดไม่เกิน 4 ไมครอน (PM₄) ฝุ่นละเอียดขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) และฝุ่นละเอียดขนาดเล็กมาก (PM₁) และมีลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่หลากหลาย โดยอนุภาคที่มีขนาดเล็กจะแขวนลอยอยู่ในอากาศได้นาน เนื่องจากความเร็วในการตกต่ำ และมีสารเคมีในบรรยากาศสะสมบนอนุภาคและอนุภาคอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งขนาดหรือและรูปร่าง ซึ่งหากมีการรับสัมผัสอนุภาคอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพ ได้แก่ การระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจ โรคหอบหืด กลุ่มอาการโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง โรคถุงลมโป่งพอง รวมถึงมะเร็งปอด²

จังหวัดนครราชสีมามีการเพิ่มขึ้นของจำนวนยานพาหนะ³ อีกทั้งมีรายงานคุณภาพอากาศของสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 11 (นครราชสีมา) รายงานว่า ในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2564 พื้นที่ตัวเมืองนครราชสีมา มีปริมาณความเข้มข้นของฝุ่น PM_{2.5} เกินค่ามาตรฐานติดต่อกันนาน 6 วัน โดยมีความเข้มข้นสูงถึง 78 µg/m³ และฝุ่น PM₁₀ สูงถึง 114 µg/m³ แสดงเป็นพื้นที่สีส้มในเขตเมือง⁴ ซึ่งถือว่าสภาพอากาศอยู่ในเกณฑ์เริ่มส่งผลกระทบต่อสุขภาพประชาชนในพื้นที่ และจำนวนยานพาหนะที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้เกิดการจราจรติดขัด โดยเฉพาะบริเวณของไฟจราจรในเขตเมืองที่มีการหยุดชะลอรถ ทั้งในช่วงเวลาเร่งด่วนและช่วงเวลาที่ปกติ ซึ่งมลพิษที่ปล่อยออกมาสามารถก่อให้เกิดผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจกับกลุ่มอาชีพที่อยู่ในพื้นที่บริเวณไฟจราจร ได้แก่ ผู้ขับขีรถจักรยานยนต์รับจ้าง กลุ่มอาชีพทำความสะอาดถนน คนขายพวงมาลัยร้านค้าริมทาง ตำรวจจราจร รวมไปถึงผู้ที่สัญจรในบริเวณนั้น

ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้คณะผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงปัญหาของมลพิษที่อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพกับกลุ่มอาชีพดังกล่าวข้างต้นและผู้ที่เกี่ยวข้อง ในบริเวณแยกไฟจราจรรัศมีโดยรอบระยะ 10 กิโลเมตรจากศาลากลางจังหวัดนครราชสีมา ที่เป็นใจกลางของเมืองนครราชสีมาจำนวน 6 จุด ได้แก่ แยกโรงพยาบาลกรุงเทพ แยกปั๊มปตท. เดอะมอลล์ แยกเทอมินอล แยกตลาดประปา แยกคลังปลาซ่า แยกหัวรถไฟ และแยกตลาดประปา เนื่องจาก เป็นเส้นทางสัญจรหลักของช่วงเขตเมืองนครราชสีมา ซึ่งเป็นทั้งแหล่งชุมชนศูนย์กลางด้านการค้า พื้นที่การศึกษา และพื้นที่การทำงาน มีจำนวนรถสัญจรปริมาณมาก และ

มักเกิดปัญหาด้านการจราจรหนาแน่น ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณลักษณะของอนุภาคที่เกิดจากการจราจร โดยศึกษาขนาด การกระจายตัว ระดับความเข้มข้น องค์ประกอบธาตุ และลักษณะทางสัณฐานวิทยาของอนุภาค

2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 รูปแบบการศึกษาวิจัย

การศึกษานี้เป็นการศึกษาเชิงพรรณนา แบบภาคตัดขวาง โดยทำการเก็บตัวอย่างอนุภาคที่เกิดจากการจราจร ณ บริเวณแยกไฟจราจร เขตในเมือง จังหวัดนครราชสีมา เพื่อศึกษาการกระจายตัวของขนาดอนุภาค ระดับความเข้มข้น องค์ประกอบธาตุ และลักษณะทางสัณฐานวิทยาของอนุภาค โดยทำการศึกษาดังแต่วันที่ 27 มีนาคม พ.ศ. 2566 ถึง 5 กรกฎาคม พ.ศ. 2566

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

2.2.1 การตรวจวัดการกระจายตัวของขนาดอนุภาค และความเข้มข้นของอนุภาค โดยใช้เครื่อง Portable Aerosol Spectrometer Dust Detector 11-D (PAS)

2.2.2 การศึกษาและวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุและสัณฐานวิทยาของอนุภาค ประกอบด้วยชุดเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองในบรรยากาศแบบ Nano Particle Sampler (NPS), กระดาษกรองชนิด Polycarbonate รูพรุนขนาด 0.8 ไมโครเมตร, ปัมป์เก็บตัวอย่างอากาศแบบ Personal Air Sampling Pump, Forceps ปลายแหลม, สายยาง, ถังซีลล็อก, นาฬิกาจับเวลา, ขาดัง และตลับเมตร

2.2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุและสัณฐานวิทยาของอนุภาค คือเครื่อง Field Emission Scanning Electron Microscopy (FE-SEM)

2.3 วิธีการศึกษา

ในการศึกษาอนุภาคที่เกิดจากการจราจร การเลือกพื้นที่การศึกษาพิจารณาจากขนาดของความเป็นเมืองและกิจกรรมในพื้นที่ ซึ่งเป็นลักษณะของเขตเมืองที่มีการจราจรหนาแน่น ดังนั้นพื้นที่ศึกษาจึงเป็นบริเวณไฟจราจร ในเขตเมืองนครราชสีมาที่มีรัศมีอยู่ห่างจากศาลากลางจังหวัดเป็นระยะทาง 10 กิโลเมตร มีลักษณะโดยทั่วไปเป็นแหล่งศูนย์กลางด้านการศึกษา การค้า และแหล่งที่อยู่อาศัย จึงมีการจราจรที่หนาแน่นที่สุดในจังหวัดนครราชสีมา ดังนั้นการจราจรจึงเป็นแหล่งกิจกรรมในพื้นที่ทำการศึกษา ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมตามรอบวัน สำหรับการเก็บตัวอย่างอนุภาคจะเก็บที่ระดับสูงจากพื้น 150 เซนติเมตร หรือที่ระดับหายใจ (Breathing Zone) โดยเก็บตามช่วงเวลา เป็นเวลาทั้งหมด 8 ชั่วโมง ดังนี้

1. ชั่วโมงการบรรยายเน้นช่วงเช้า เวลา 07.00 – 09.00 น.
2. ชั่วโมงการบรรยายปกติช่วงเช้า เวลา 09.00 – 11.00 น.
3. ชั่วโมงการบรรยายปกติช่วงบ่าย เวลา 13.00 – 15.00 น.
4. ชั่วโมงการบรรยายเน้นช่วงเย็น เวลา 15.00 – 17.00 น.

โดยทำการเก็บตัวอย่างการกระจายตัวของขนาดอนุภาคและความเข้มข้นของอนุภาคที่แยกจากรถ 6 พื้นที่ ได้แก่ แยกป้อม ปตท. เดอะมอลล์, แยกโรงพยาบาลกรุงเทพ, แยกเทอมินอล, แยกคลังปลาซา, แยกหัวรถไฟ และแยกตลาดประปา

2.4 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

2.4.1 การตรวจวัดการกระจายตัวของขนาดอนุภาคและความเข้มข้นของอนุภาค

การศึกษาการกระจายตัวของขนาดอนุภาคและความเข้มข้นของอนุภาคใช้เครื่อง Portable Aerosol Spectrometer Dust Detector 11-D มีอัตราการไหล เท่ากับ 1.2 ลิตรต่อนาที ช่วงขนาดของอนุภาคที่วัดได้ เท่ากับ 0.25 – 35.15 ไมครอน ผลการตรวจวัดสามารถอ่านค่าได้จากการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะแสดงผลเป็นจำนวนอนุภาค พื้นผิวอนุภาค และการกระจายตัวมวลอนุภาค

2.4.2 การศึกษาและวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุและสัณฐานวิทยาของอนุภาค

การเก็บตัวอย่างเพื่อศึกษาองค์ประกอบธาตุและสัณฐานวิทยาของอนุภาค จะใช้ชุดเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองในบรรยากาศแบบ Nano Particle Sampler (NPS) โดยมีกระดาศกรองชนิด Polycarbonate รูปทรงขนาด 0.8 ไมโครเมตร อยู่ภายใน แล้วทำการต่อเข้ากับปั๊มเก็บตัวอย่างอากาศ (Personal Air Sampling Pump) ที่อัตราการไหล 0.3 ลิตรต่อนาที จากนั้นนำไปวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้เครื่อง Field Emission Scanning Electron Microscopy (FE-SEM) ที่มีลำแสงอิเล็กตรอนส่องกราดไปที่ผิวของวัตถุหรืออนุภาค แล้วนำสัญญาณไปสร้างเป็นภาพ 3 มิติที่มีระยะชัดลึกสูง สามารถระบุลักษณะทางสัณฐานวิทยา โครงสร้างพื้นผิวภายนอก ขนาดรูปร่าง และองค์ประกอบธาตุ

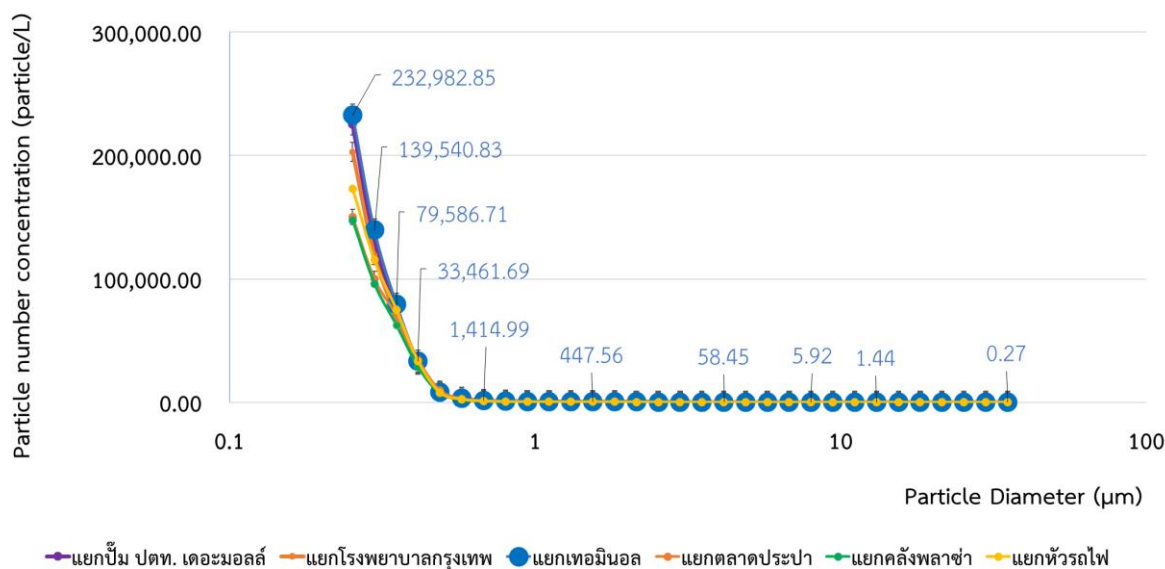
2.5 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

ใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) แสดงถึงคุณลักษณะของข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าร้อยละ (Percentage) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ในการวิเคราะห์หาการกระจายตัวของขนาดอนุภาค ความเข้มข้นอนุภาค องค์ประกอบธาตุ และลักษณะทางสัณฐานวิทยาของอนุภาค

3. ผลการวิจัย

3.1 การกระจายตัวของขนาดและความเข้มข้นของอนุภาคในรูปแบบ Particle Number Concentration and Size Distribution

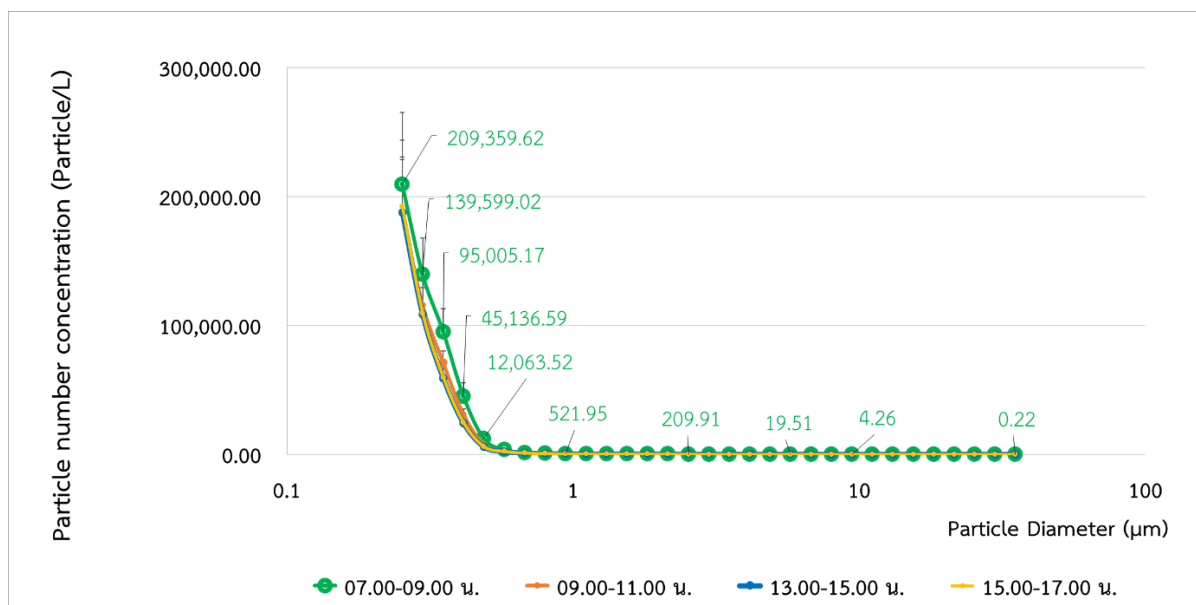
จากการศึกษาอนุภาคที่เกิดจากการกระจายตัวของขนาดอนุภาคเฉลี่ย 8 ชั่วโมง พบว่า อนุภาคส่วนใหญ่มีการกระจายตัวอยู่ในช่วง 0.25 – 9.43 μm โดยมีการกระจายตัวของอนุภาคมากที่สุดที่ขนาด 0.25 μm เมื่อทำการจำแนกตามพื้นที่ทำการศึกษา พบการกระจายตัวมากที่สุดที่แยกเทอมินอล ความเข้มข้น 232,982.85 Particle/L รองลงมา คือ แยกป้อม ปตท. เดอะมอลล์ ความเข้มข้น 225,160.67 Particle/L แยกโรงพยาบาลกรุงเทพ ความเข้มข้น 202,850.39 Particle/L แยกห้วยรถไฟ ความเข้มข้น 173,171.86 Particle/L แยกตลาดประปา ความเข้มข้น 150,189.44 Particle/L และแยกคลังพลาซ่า ความเข้มข้น 147,449.46 Particle/L ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 การกระจายตัวของขนาดและความเข้มข้นของอนุภาคในรูปแบบ

Particle Number Concentration and Size Distribution จำแนกตามพื้นที่ทำการศึกษา

และเมื่อทำการจำแนกตามช่วงเวลา พบว่า อนุภาคมีการกระจายตัวมากที่สุด ในช่วงเวลาจราจรหนาแน่นช่วงเช้า ความเข้มข้น 209,359 Particles/L รองลงมาพบในช่วงเวลาจราจรหนาแน่นช่วงเย็น ความเข้มข้น 192,354 Particles/L ช่วงเวลาจราจรปกติช่วงบ่าย ความเข้มข้น 187,917 Particles/L และช่วงเวลาจราจรปกติช่วงเช้า ความเข้มข้น 186,207 Particles/L ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 2



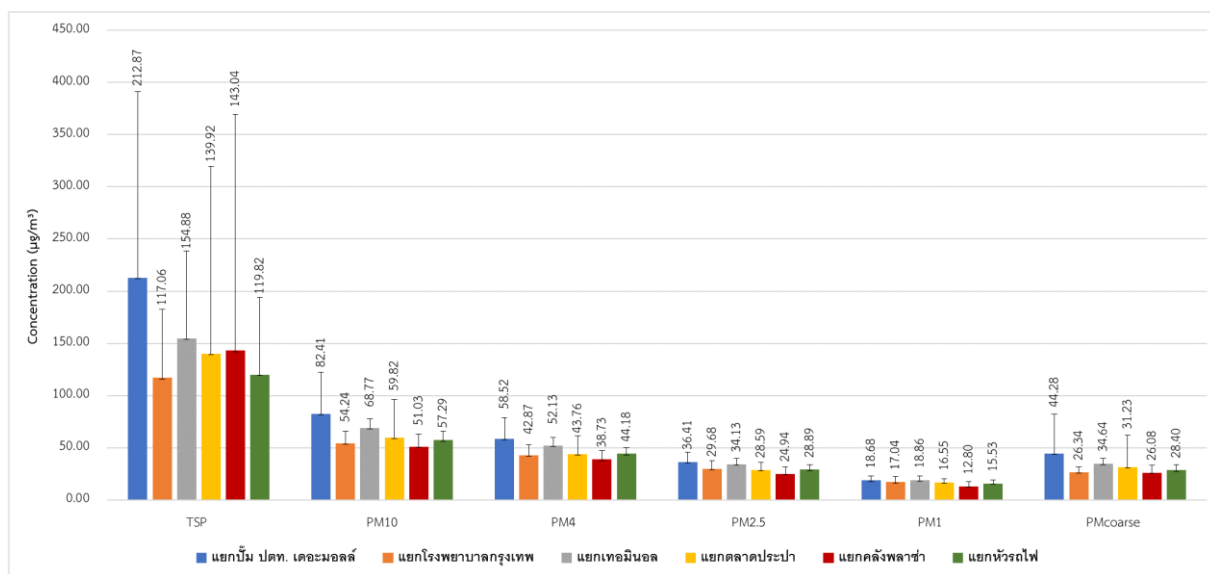
รูปที่ 2 การกระจายตัวของขนาดและความเข้มข้นของอนุภาคในรูปแบบ

Particle Number Concentration and Size Distribution จำแนกตามช่วงเวลาทำการศึกษา

3.2 ความเข้มข้นของอนุภาคแบบ Mass Concentration

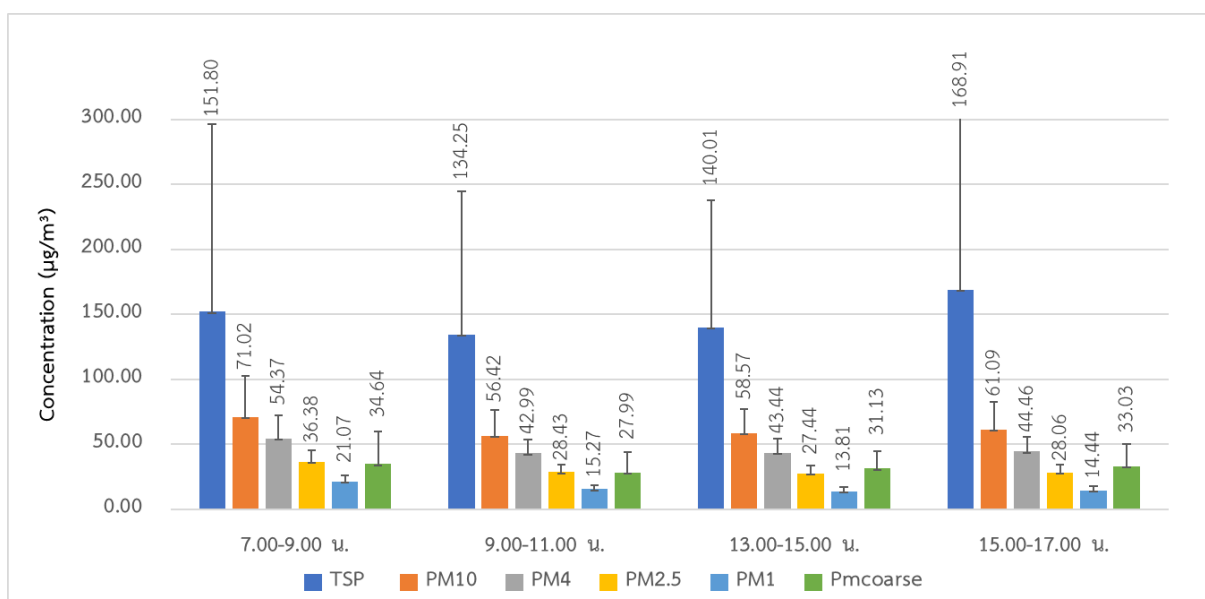
3.2.1 ความเข้มข้นของอนุภาคในรูปแบบ Environmental Parameters

ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของอนุภาคใน Environmental Parameters จำแนกตามพื้นที่ทำการศึกษา จากการตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของอนุภาค TSP, PM₁₀, PM₄, PM_{2.5}, PM₁ และ PM_{coarse} พบว่า มีปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของ TSP สูงที่สุด และพบมากที่สุดบริเวณแยกแยกปั้ม ปตท. เดอะมอลล์ ความเข้มข้น 212.87 แยกเทอมินอล ความเข้มข้น 154.88 μg/m³ แยกคลังปลาซ่า ความเข้มข้น 143.04 μg/m³ แยกตลาดประปา ความเข้มข้น 139.92 μg/m³ แยกห้วยรถไฟ ความเข้มข้น 119.82 μg/m³ และแยกโรงพยาบาลกรุงเทพ ความเข้มข้น 117.06 μg/m³ ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ความเข้มข้นของอนุภาคในรูปแบบ Environmental Parameters จำแนกตามพื้นที่ทำการศึกษา

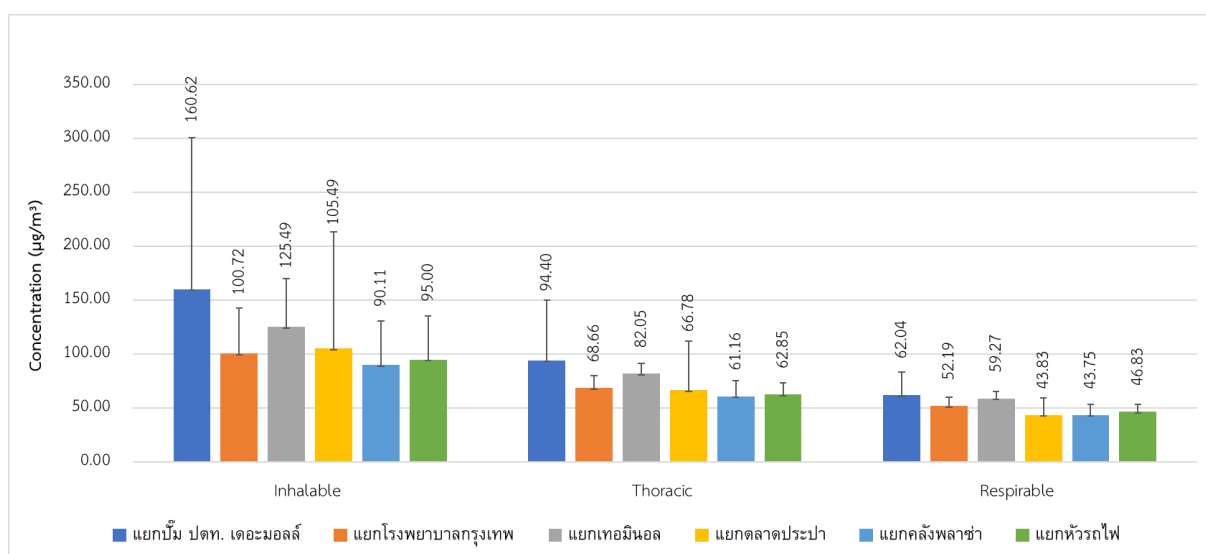
และเมื่อทำการจำแนกตามช่วงเวลาทำการศึกษา จากการตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของอนุภาค TSP, PM₁₀, PM₄, PM_{2.5}, PM₁ และ PM_{coarse} พบว่า มีปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของ TSP สูงที่สุด และพบมากที่สุดช่วงเช้าระหว่างเช้า ความเข้มข้น 151.80 µg/m³ รองลงมาพบที่ช่วงกลางวันระหว่างเย็น ความเข้มข้น 168.91 µg/m³ ช่วงบ่าย ความเข้มข้น 140.01 µg/m³ และช่วงเช้า ความเข้มข้น 134.25 µg/m³ ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ความเข้มข้นของอนุภาคในรูปแบบ Environmental Parameters จำแนกตามช่วงเวลาทำการศึกษา

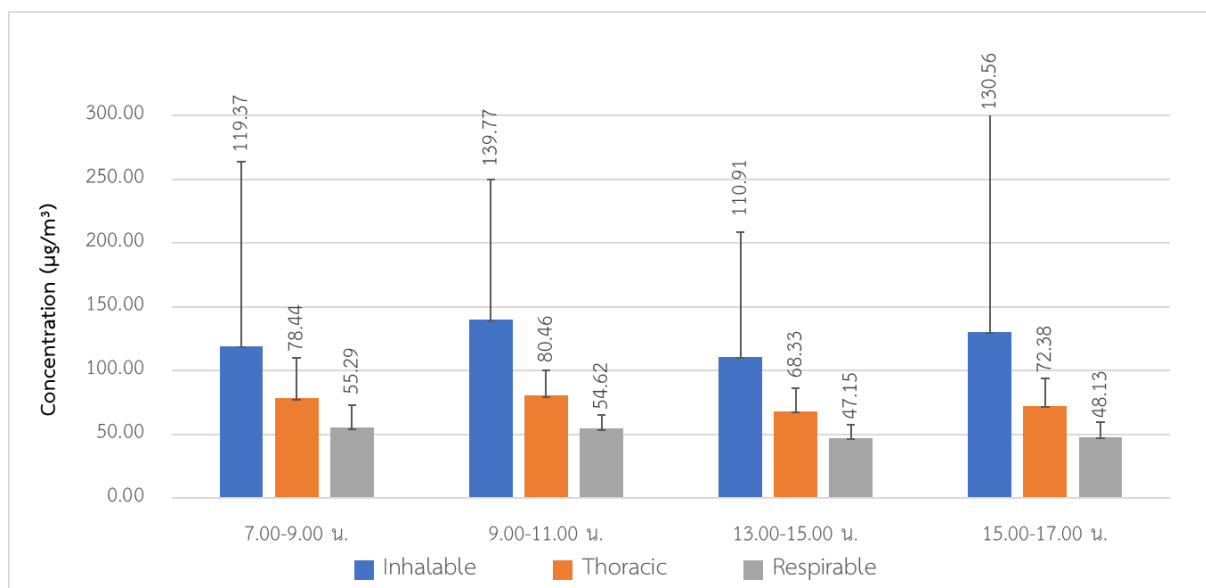
3.2.2 ความเข้มข้นของอนุภาคในรูปแบบ Occupational Parameters

ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของอนุภาคในรูปแบบ Occupational Parameters จำแนกตามพื้นที่การศึกษา จากการตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของอนุภาค Inhalable dust, Thoracic dust และ Respirable dust พบว่า มีปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของ Inhalable dust สูงที่สุด และพบมากแยกปัม ปตท. เดอะมอลล์ ความเข้มข้น $160.62 \mu\text{g}/\text{m}^3$ รองลงมาพบที่แยกเทอมินอล ความเข้มข้น $125.49 \mu\text{g}/\text{m}^3$ แยกตลาดประปา ความเข้มข้น $105.49 \mu\text{g}/\text{m}^3$ แยกโรงพยาบาลกรุงเทพ ความเข้มข้น $100.72 \mu\text{g}/\text{m}^3$ แยกหัวรถไฟ ความเข้มข้น $95.00 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และแยกคลังพลาซ่า ความเข้มข้น $90.11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ความเข้มข้นของอนุภาคในรูปแบบ Occupational Parameters จำแนกตามพื้นที่การศึกษา

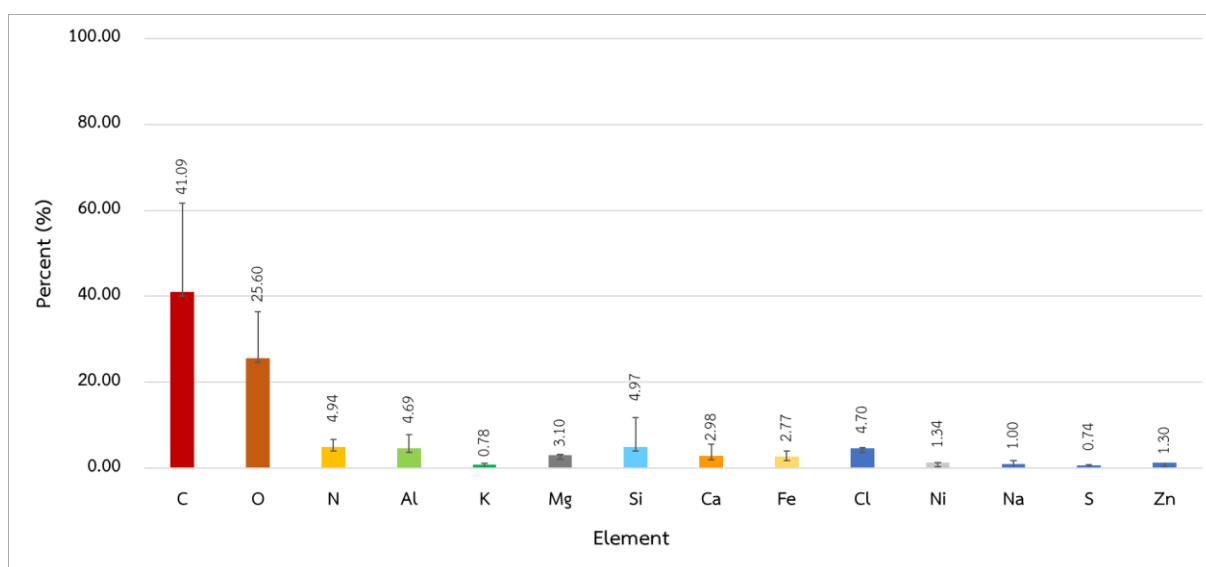
และเมื่อทำการจำแนกตามช่วงเวลาทำการการศึกษา จากการตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของอนุภาค Inhalable dust, Thoracic dust และ Respirable dust พบว่า มีปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของ Inhalable dust สูงที่สุด ที่ชั่วโมงการจราจรปกติช่วงเช้า ความเข้มข้น $139.77 \mu\text{g}/\text{m}^3$ รองลงมาพบที่ชั่วโมงการจราจรหนาแน่นช่วงเย็น ความเข้มข้น $130.56 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ชั่วโมงการจราจรหนาแน่นช่วงเช้า ความเข้มข้น $119.37 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และชั่วโมงการจราจรปกติช่วงบ่าย ความเข้มข้น $110.91 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 ความเข้มข้นของอนุภาคในรูปแบบ Occupational Parameters จำแนกตามช่วงเวลาทำการศึกษา

3.3 องค์ประกอบธาตุที่เกิดจากการจราจร

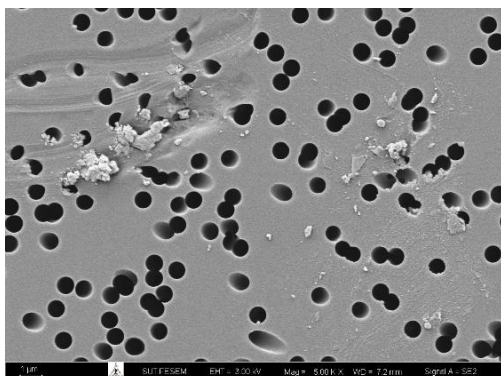
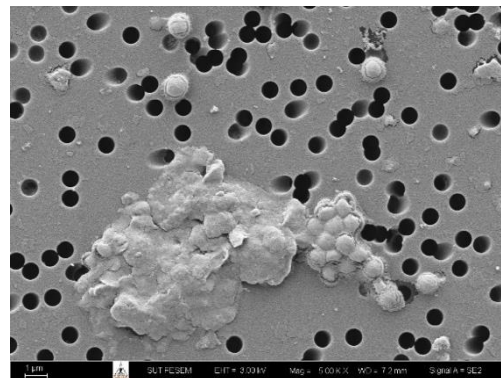
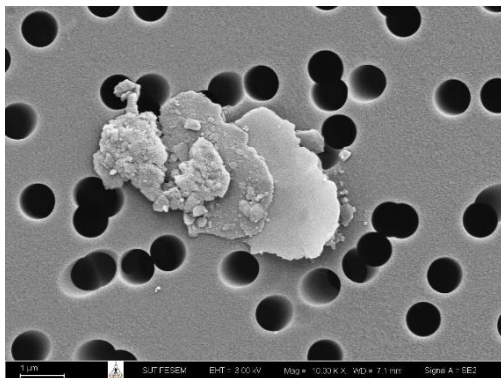
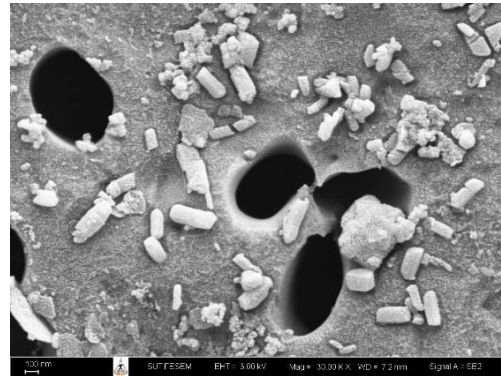
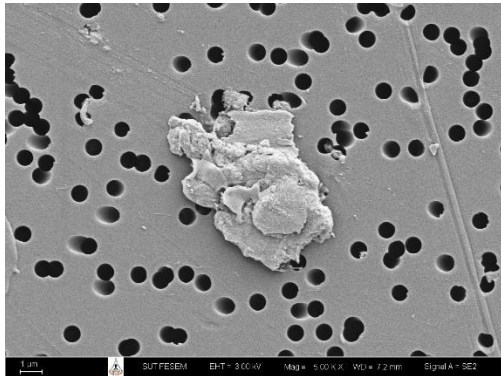
จากการศึกษาอนุภาคที่เกิดจากการจราจร บริเวณพื้นที่ทำการศึกษ พบว่า องค์ประกอบธาตุส่วนใหญ่มีธาตุคาร์บอน (C) เป็นองค์ประกอบสูงที่สุด เท่ากับ 41.09 % , ออกซิเจน (O) เท่ากับ 25.06 % , ซิลิกอน (Si) เท่ากับ 4.97 % , ไนโตรเจน (N) เท่ากับ 4.94 % , คลอรีน (Cl) เท่ากับ 4.70 % , อลูมิเนียม (Al) เท่ากับ 4.69 % , แมกนีเซียม (Mg) เท่ากับ 3.10 % , แคลเซียม (Ca) เท่ากับ 2.98 % , เหล็ก (Fe) เท่ากับ 2.77 % , นิกเกิล (Ni) เท่ากับ 1.34 % , สังกะสี (Zn) เท่ากับ 1.30 % , โซเดียม (Na) เท่ากับ 1.00 % , โพแทสเซียม (K) เท่ากับ 0.78 % และซัลเฟอร์ (S) เท่ากับ 0.58 % ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 องค์ประกอบธาตุที่เกิดจากการจราจร

3.4 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของอนุภาค

เมื่อทำการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของอนุภาคจากการจรวจ บริเวณพื้นที่ทำการศึกษา ซึ่งเก็บตัวอย่างอนุภาคด้วยกระดาษกรองชนิด Polycarbonate รูพรุนขนาด $0.8\ \mu\text{m}$ และวิเคราะห์โดยเครื่อง Field Emission Scanning Electron Microscope (FE-SEM) พบว่า อนุภาคมีรูปร่างลักษณะเป็นทรงกลม ทรงแท่ง และรูปร่างที่ไม่แน่นอน มีการอยู่แยกเป็นอิสระ หรือเกาะกลุ่มรวมกันจากอนุภาคนาขนาดเล็กจนเป็นขนาดใหญ่ และมีการซ้อนทับกัน แสดงดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของอนุภาค

4. อภิปรายผล

4.1 การกระจายตัวของขนาดและความเข้มข้นของอนุภาคในรูปแบบ Particle Number

Concentration and Size Distribution

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า อนุภาคส่วนใหญ่ที่เกิดจากการจราจรบริเวณไฟแดง มีการกระจายตัวของอนุภาคอยู่ในช่วง 0.25 – 2.53 μm พบการกระจายตัวของอนุภาคขนาด 0.25 μm สูงที่สุด ที่บริเวณแยกเทอมินอล ในช่วงโมงการจราจรหนาแน่นช่วงเช้า ซึ่งความเข้มข้นที่สูงมีความสัมพันธ์กับปริมาณรถที่สัญจรอย่างหนาแน่น ในพื้นที่ทำการศึกษา ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Hatzopoulou⁶ ที่พบการกระจายตัวของขนาดและความเข้มข้นของอนุภาคที่มีขนาด 0.01 - 1 μm ที่เกิดจากการจราจรในช่วงเช้าสูงที่สุด นอกจากนี้ ผลการศึกษาของ Hatzopoulou รายงานว่า ความเร็วลมและอุณหภูมิของอากาศในพื้นที่การจราจร เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงการกระจายตัวของขนาดและความเข้มข้นของอนุภาคที่มีขนาด 0.01 - 1 μm

สำหรับอนุภาكدังกล่าว เป็นอนุภาคขนาดเล็กไม่เกิน 10 μm ตามสมมติฐาน ทำให้อนุภาคขนาด 0.25 μm ซึ่งเป็นอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 1 μm สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจส่วนปลาย ถึงระดับถุงลมปอด และส่งผลให้เกิดการแลกเปลี่ยนอากาศลดลง ทำให้มีอาการหายใจสั้นและหัวใจทำงานหนักมากขึ้น โดยเฉพาะผู้ที่มียาของโรคระบบทางเดินหายใจ เช่น หอบหืด โรคถุงลมโป่งพอง โรคหัวใจ นอกจากนี้ อนุภาคที่มีขนาดไม่เกิน 10 μm สามารถเข้าสู่อวัยวะภายในร่างกาย เช่น อนุภาคที่มีขนาด 5 – 10 μm สามารถเข้าสู่หลอดเลือด และแขนงหลอดเลือด อนุภาคที่มีขนาด 1 – 5 μm สามารถเข้าสู่หลอดเลือดฝอย และถุงลม⁷

ดังนั้นผู้ประกอบการอาชีพที่เกี่ยวข้องกับการจราจรบริเวณไฟแดง ซึ่งมีการรับสัมผัสอนุภาคที่เกิดจากการจราจรเป็นประจำอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ควรมีการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันระบบทางเดินหายใจที่มีประสิทธิภาพสูง เช่น หน้ากาก N95

4.2 ความเข้มข้นของอนุภาคในรูปแบบ Particle Mass Concentration

จากการศึกษาปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของอนุภาคที่เกิดจากการจราจรบริเวณไฟแดง ในรูปแบบ Environment Parameters ได้แก่ TSP, PM₁₀, PM₄, PM_{2.5}, PM₁ และ PM_{coarse} พบว่า มีความเข้มข้นเฉลี่ยของ TSP สูงที่สุด ในช่วงโมงการจราจรหนาแน่นทั้งช่วงเช้าและช่วงเย็น และความเข้มข้นเฉลี่ยของอนุภาคในรูปแบบ Occupational Parameters ได้แก่ Inhalable dust, Thoracic dust และ Respirable dust พบว่า มีปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของ Inhalable dust สูงที่สุด ในช่วงโมงการจราจรหนาแน่นทั้งช่วงเช้าและช่วงเย็น เช่นเดียวกัน นอกจากนี้ เมื่อทำการจำแนกตามพื้นที่ทำการศึกษา พบว่า แยกปั้ม ปตท. เดอะมอลล์ มีความเข้มข้นเฉลี่ยของอนุภาคสูงที่สุด จึงกล่าวได้ว่าความเข้มข้นเฉลี่ยของอนุภาค มีความสัมพันธ์กับปริมาณรถที่สัญจรในแต่ละช่วงเวลาและพื้นที่ทำการศึกษา

เมื่อทำการเปรียบเทียบค่ามาตรฐานฝุ่นละอองในบรรยากาศ ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติฉบับที่ 10 (พ.ศ. 2538) ได้กำหนดมาตรฐานฝุ่นละอองภายนอกอาคารในระยะเวลาการทำงาน 8 ชั่วโมง ดังนี้ ปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยฝุ่นละออง TSP เท่ากับ $330 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยฝุ่นละออง PM_{10} เท่ากับ $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยฝุ่นละออง $\text{PM}_{2.5}$ เท่ากับ $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ พบว่าปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยฝุ่นละอองทั้ง TSP, PM_{10} และ $\text{PM}_{2.5}$ ในทุกแยกจราจรไฟแดง เขตเมืองนครราชสีมา ไม่เกินค่ามาตรฐานกำหนด และเมื่อทำการเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กตามประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง จำกัดความเข้มข้นของสารเคมีอันตราย พ.ศ. 2560 ได้กำหนดมาตรฐานการรับสัมผัสอนุภาคตลอดระยะเวลาการทำงาน 8 ชั่วโมง ดังนี้ ปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยอนุภาค Inhalable dust เท่ากับ $15 \text{ mg}/\text{m}^3$ และ Respirable dust เท่ากับ $5 \text{ mg}/\text{m}^3$ พบว่า ปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยอนุภาค Inhalable dust และ Respirable dust ในทุกแยกจราจรไฟแดง เขตเมืองนครราชสีมา ไม่เกินค่ามาตรฐานกำหนด⁸

ทั้งนี้ ปริมาณความเข้มข้นของ TSP และ Inhalable dust ซึ่งเป็นอนุภาคที่มีขนาดใหญ่กว่า $10 \mu\text{m}$ พบว่ามีความเข้มข้นที่สูงที่สุด ซึ่งไม่สัมพันธ์กับการกระจายตัวอนุภาคที่ส่วนใหญ่กระจายตัวอยู่ที่ขนาด $0.25 \mu\text{m}$ เนื่องจากอนุภาค TSP และ Inhalable dust มีการสะสมตัวมาก จนเกิดการรวมกลุ่มกันของอนุภาคในบรรยากาศ ทำให้เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัดอ่านค่าอนุภาค TSP และ Inhalable dust ได้สูง

สำหรับการรับสัมผัสอนุภาค TSP และ Inhalable dust ถึงแม้จะพบว่ามีความเข้มข้นเฉลี่ยไม่เกินค่ามาตรฐานกำหนด แต่การรับสัมผัสอนุภาคเป็นประจำสามารถส่งผลกระทบต่อร่างกาย โดยทำให้เกิดการระคายเคืองต่อระบบประสาทรับรู้ความรู้สึกของร่างกาย ส่งผลให้ตา จมูก และคอเกิดการระคายเคืองและอักเสบ รวมไปถึงอนุภาค PM_{10} ที่มีความเข้มข้นสูงรองลงมา มีความเป็นอันตรายต่อสุขภาพโดยจะเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจส่วนปลายและตกสะสมอยู่ในถุงลมปอด ทำให้การทำงานของปอดลดลง หายใจลำบาก เหนื่อยง่าย และก่อให้เกิดโรกระบบทางเดินหายใจ⁹

4.3 องค์ประกอบธาตุของอนุภาค

จากการศึกษาองค์ประกอบธาตุของอนุภาค พบว่า ผู้ปฏิบัติงานบริเวณจราจรไฟแดงสามารถรับสัมผัสอนุภาคที่มีองค์ประกอบธาตุคาร์บอน (C) ในปริมาณสูง โดยมีแหล่งกำเนิดมาจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของเครื่องยนต์ ซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพ เมื่อคาร์บอนเกิดการรวมตัวกับออกซิเจน มีโอกาสทำให้เกิดโรคหลอดเลือดตีบ ภาวะขาดออกซิเจน อีกทั้งยังส่งผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจ ระบบหลอดเลือด และหัวใจ นอกจากนี้ยังพบองค์ประกอบธาตุชนิดอื่น ๆ ที่อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพ ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ที่สามารถรวมตัวกับออกซิเจนกลายเป็น NO_2 ทำให้เกิดปอดอักเสบ ซิลิกอน (Si) สามารถรวมตัวกับออกซิเจนกลายเป็น SiO_2 ทำให้เกิดการระคายเคืองต่อเยื่อปอดและระบบทางเดินหายใจ หรือเกิดโรค

หอดูดาวอีกเสบเรือร้าง รวมไปถึงองค์ประกอบธาตุโลหะหนัก ที่หากมีการสะสมเป็นจำนวนมากอาจทำให้เกิดโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจได้ โดยองค์ประกอบธาตุที่พบจากการศึกษา สามารถจำแนกอนุภาคที่เกิดจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ ดังนี้

- ธาตุในบรรยากาศ ได้แก่ ออกซิเจน (O) และไนโตรเจน (N)
- การเผาไหม้เชื้อเพลิง ได้แก่ คาร์บอน (C), นิกเกิล (Ni), แมกนีเซียม (Mg), ซัลเฟอร์ (S)
- การเผาไหม้น้ำมันหล่อลื่น ได้แก่ สังกะสี (Zn)
- การเบรคของล้อรถและท่อไอเสีย ได้แก่ เหล็ก (Fe) และซิลิกอน (Si)

ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาขององค์ประกอบของฝุ่นละอองในอากาศบนทะเลหลวง อ. เมือง จ. สงขลา¹⁰

4.4 สันฐานวิทยาของอนุภาค

ลักษณะทางสันฐานวิทยาของอนุภาคที่เกิดจากการจราจร ถึงแม้จะมีการรวมกลุ่มกันของอนุภาค แต่พบว่ามิชนาใหญ่ที่สุดที่ประมาณ 1 μm จัดว่าเป็นอนุภาคชนิด PM_{10} ซึ่งอนุภาคชนิดดังกล่าวสามารถเข้าสู่ร่างกายผ่านระบบทางเดินหายใจ และเกิดการตกสะสมที่ส่วนต่าง ๆ ของระบบทางเดินหายใจที่แตกต่างกันตามขนาดของอนุภาค โดยอนุภาคที่มีการรวมตัวกันขนาด 2.5 - 5 μm หรือไม่เกิน 10 μm สามารถเข้าสู่หอดูดาวฝอย ฝุ่นละออง และอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 0.02 μm สามารถซึมเข้าสู่กระแสเลือดผ่านเส้นเลือดฝอยในปอดเข้าสู่ร่างกาย¹¹

5. สรุป

จากการศึกษาอนุภาคที่เกิดจากการจราจร พบว่า มีการกระจายตัวสูงที่ขนาด 0.25 μm ซึ่งจัดว่าเป็นฝุ่นละอองขนาดเล็ก ในขณะที่พบความเข้มข้นอนุภาคของ TSP และ Inhalable dust สูงที่สุด โดยมีค่าสูงในช่วงเวลา 07.00 – 09.00 น. และในบริเวณแยกป้อม ปตท. เดอะมอลล์ ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณรถที่สัญจรในช่วงเวลาและพื้นที่ดังกล่าว อีกทั้งยังพบปริมาณคาร์บอน เป็นองค์ประกอบธาตุส่วนใหญ่ของอนุภาค แสดงให้เห็นว่าอนุภาคที่เกิดขึ้นในบรรยากาศส่วนใหญ่มาจากการจราจร โดยเฉพาะช่วงที่มีการจราจรหนาแน่น ซึ่งอนุภาคดังกล่าวสามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจและส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ประกอบอาชีพบริเวณไฟจราจรได้

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 ข้อเสนอแนะในงานวิจัยต่อไป

7.1.1 ควรมีการเก็บตัวอย่างอากาศสะอาดภายในพื้นที่ปิด ที่ไม่มีมลพิษทางอากาศจากภายนอก เพื่อศึกษาความแตกต่างของการกระจายตัวและความเข้มข้นของอนุภาค ระหว่างอากาศสะอาดและอากาศพื้นที่เก็บตัวอย่างจราจรไฟแดง ซึ่งมีสภาพแวดล้อม และแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศแตกต่างกัน

7.1.2 ควรมีการศึกษาปัจจัยด้านความชื้นสัมพัทธ์ ทิศทางลม และความเร็วลม ซึ่งเป็นปัจจัยที่อาจส่งผลกระทบต่อลักษณะการกระจายตัว ความเข้มข้น องค์ประกอบธาตุ และสัณฐานวิทยาของอนุภาค

7.1.3 การศึกษาในครั้งนี้ผู้วิจัยไม่ได้พิจารณาอนุภาคที่อาจเกิดขึ้นนอกเหนือจากการจราจร เช่น ร้านอาหารตามสั่ง ตู้ซ่อมรถ รวมถึงแหล่งกำเนิดอนุภาคอื่นๆ ที่อาจเกิดขึ้นในพื้นที่ระหว่างการศึกษาดังนั้นปัจจัยเหล่านี้ควรทำการศึกษาเพิ่มเติม

6.2 ข้อเสนอแนะจากการทดลอง

7.2.1 ผู้ประกอบอาชีพบริเวณจราจรไฟแดงควรมีการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันระบบทางเดินหายใจที่มีประสิทธิภาพสูง เช่น หน้ากาก N95 ที่สามารถกรองอนุภาคขนาดเล็ก จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงรถยนต์ การสึกหรอของเบรกและยาง รวมถึงอนุภาคอื่น ๆ ที่มาจากพื้นผิวถนน

7.2.2 หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ควรมีมาตรการในการควบคุมการปล่อยมลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ เช่น การตรวจสอบรถที่ให้บริการสาธารณะ ณ บริเวณก่อนเข้าอุโมงค์หรือท่ารถ ซึ่งจะไม่ส่งผลกระทบต่อทั้งผู้โดยสารและการจราจรบนท้องถนน การตรวจวัดควันดำด้วยระบบวัดความทึบแสง และส่งเสริมนโยบายยานยนต์ที่ใช้พลังงานสะอาดทดแทน

7.2.3 ควรมีการติดตั้งจุดตรวจวัดมลพิษทางอากาศ ที่มีระบบการแจ้งเตือนในกรณีที่มีความเข้มข้นสูงเกินค่ามาตรฐานกำหนด เพื่อดำเนินการควบคุมต่อไป

7. กิตติกรรมประกาศ

ได้รับเงินอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม และกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (รหัสโครงการ NRIS 179351)

เอกสารอ้างอิง

- [1] Pollution Control Department. (2020, May 15) . Thailand State of Pollution Report 2015. <https://www.pcd.go.th/publication/3649> (In Thai)
- [2] Department of Environmental Quality Promotion. (2015, January 16) . Air Pollution. <https://datacenter.deqp.go.th/knowledge/อากาศ/มลพิษทางอากาศ/> (In Thai)
- [3] Department of Land Transport. (2022). Number of Vehicle Registered in Nakhon Ratchasima Province 2021. <https://web.dlt.go.th/statistics/> (In Thai)

- [4] Pollution Control Department. (2022). Air Quality Index. http://air4thai.pcd.go.th/webV2/aqi_info.php
(In Thai)
- [5] Chayaporn Pheutfoo & Dr.Surat Bualert. (2015). Size Distribution of Ambient Nanosized Particulate Matters in Urban Area: Bangkok.
<https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/gskku/article/view/30956/26690> (In Thai)
- [6] Hatzopoulou, M., Weichenthal, S., Dugum, H., Pickett, G., Miranda-Moreno, L. F., Kulka, R., Andersen, R. E., & Goldberg, M. S. (2012). The impact of traffic volume, composition, and road geometry on personal air pollution exposures among cyclists in Montreal, Canada. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, 23(1), 46–51. <https://doi.org/10.1038/jes.2012.85>
- [7] Martin Gerardo Rodriguez, et al. (2019). A study of dust airborne particles collected by vehicular traffic from the atmosphere of southern megalopolis Mexico City. *Journal of Wood Science* volume 66, <https://doi.org/10.1186/s40068-019-0143-3>
- [8] Metta Kengchuwong. (2021). Study on Particulate Matter in Ambient Air and Impacts to People in Urban Area of Maha Sarakham Municipality.
<http://research.rmu.ac.th/rdi-mis/upload/fullreport/1607006747.pdf> (In Thai)
- [9] Pakpong Pochanart. (2016). Air Pollution Problems in Major Cities of Thailand: A Case Study of Bangkok, Chiang Mai and Rayong. *JOURNAL OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT*, 12(1), 114–133. <https://so02.tci-thaijo.org/index.php/JEM/article/view/47808> (In Thai)
- [10] Warawood Duangsiri¹, Somboon Prasongchan¹ & Nicha Prasongchan. (2018). Composition of Aerosol Particles in the Air on Thala Laung Road Muang District, Songkhla Province. *Journal of Rajamangala University of Technology Krungthep*, 12(2), 26-39.
<https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/rmutk/article/download/142468/117104/449801> (In Thai)
- [11] Zou, L. Y., & Hooper, M. A. (1997). Size-resolved airborne particles and their morphology in Central Jakarta. *Atmospheric Environment*, 31(8), 1167-1172.
[https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(96\)00307-X](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(96)00307-X)