



การศึกษาความเข้มข้น ลักษณะสัณฐาน และองค์ประกอบธาตุของอนุภาคแขวนลอยขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน บริเวณพื้นที่ริมถนนในเขตเทศบาลนครพิษณุโลก

เบญจพร โภชญนาท¹ ภาณุภา ภาณุมนต์วาที¹ และกนิตา ชาญเจริญชนภาส^{1*}

¹ภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

*Corresponding author: kanitat@nu.ac.th

(Received: August 5, 2024; Revised: October 7, 2024; Accepted: November 22, 2024)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีเป้าหมายเพื่อศึกษาระดับความเข้มข้นและลักษณะสัณฐานของอนุภาคฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน (24 ชั่วโมง) บริเวณริมถนนที่มีประชากรและการจราจรหนาแน่นในเขตเทศบาลนครจังหวัดพิษณุโลก จำนวน 9 พื้นที่ โดยเก็บตัวอย่างใช้วิธีการวิเมตริกและคำนวณค่าเฉลี่ยในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ต่อเนื่อง 3 เดือนในช่วงฤดูแล้งโดยดำเนินการตั้งแต่วันที่ 1 มีนาคมถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2567 รวมทั้งวิเคราะห์ชนิดของธาตุจากตัวอย่างโดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่มีสมรรถนะสูง ชนิดฟิลด์อีมิสชัน (FESEM) ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าระดับความเข้มข้น PM 2.5 มีระดับเกินค่ามาตรฐาน (ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ไม่ควรเกิน 37.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) 5 พื้นที่ คือ ถนนวังจันทร์ ถนนไชยานุภาพ ถนนสามแยกบึงพระจันทร์ ถนนพุทธบูชา และถนนศรีสุริโยทัย จากการวิเคราะห์ค่าสถิติของจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 9 จุด พบว่า ถนนไชยานุภาพมีระดับ PM2.5 สูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < .05$) โดยมีค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงที่ระดับ $78.76 \pm 12.15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และมีค่าระดับ AQI สูงสุดเท่ากับ 201 (สีแดง) สำหรับพื้นที่ริมถนนซึ่งมีค่าระดับ PM 2.5 ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐาน พบใน 4 พื้นที่ริมถนน ได้แก่ ถนนพญาเสื่อบริเวณวัดอรัญญิก ถนนพระองค์ดำบริเวณตลาดราชพฤกษ์ ถนนพระองค์ดำบริเวณสี่แยกบ้านแขก และถนนบรมไตรโลกนารถบริเวณตลาดกิตติกร นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์ลักษณะสัณฐานจาก FESEM แสดงให้เห็นถึงองค์ประกอบของอนุภาคสูงสุด 8 อันดับแรกใน 9 พื้นที่ศึกษา ได้แก่ คาร์บอน (C) ออกซิเจน (O) ซิลิกอน (Si) โพแทสเซียม (K) ซัลเฟอร์ (S) อลูมิเนียม (Al) เหล็ก (Fe) และแคลเซียม (Ca) โดยอนุภาคในการศึกษานี้ประกอบด้วยอนุภาคที่มีรูปร่างโดดเด่น 4 ประเภท ได้แก่ อนุภาครูปรางที่ไม่แน่นอน อนุภาครูปรางทรงกลม อนุภาครูปรางแท่งยาว และอนุภาครูปรางเป็นก้อน เมื่อพิจารณาองค์ประกอบต่าง ๆ ร่วมกับปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ศึกษาสามารถสรุปได้ว่า แหล่งกำเนิดหลัก PM2.5 ที่สำคัญเกิดจากกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล (การขนส่ง) การเผาไหม้ชีวมวล และฝุ่นดินที่ฟุ้งกระจาย ผลงานวิจัยสามารถนำไปจัดการปัญหาจากแหล่งกำเนิดได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อแก้ไขหรือบรรเทาปัญหา PM2.5 ในเขตเทศบาลนครพิษณุโลก

คำสำคัญ: พื้นที่ถนน; สัณฐานของอนุภาค; อนุภาคขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน; พิษณุโลก

Concentrations, Morphology and Element Composition of Roadside Particulate Matter Less than 2.5 Micron (PM_{2.5}) in Phitsanulok Municipality

Benjaporn Konjanat¹, Gitsada Panumonwatee¹ and Kanita Thanacharoenchanaphas^{1*}

¹Department of Natural Resources and Environment, Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok 65000

*Corresponding author: kanitat@nu.ac.th

(Received: August 5, 2024; Revised: October 7, 2024; Accepted: November 22, 2024)

Abstract

This research aims to examine the 24 hour mass concentrations and morphology of PM_{2.5} in the 9 roadside areas with dense population and traffic in Phitsanulok Municipality. Gravimetric methods were employed to gather samples, and average values over a 24-hour period were computed for three consecutive months in March and May of 2024, during the dry season. PM_{2.5} filters were also used for the further analyzed of the type of elements by Field Emission Scanning Electron Microscope (FESEM). The results show that the PM_{2.5} concentrations exceed the standard level (24-hour average should not exceed 37.5 µg/m³) in 5 areas, namely Wang Chan Road, Chaiya Nuphap Road, Bueng Phra Chan Intersection Road, Phutthabucha Road, and Srisuriyothai Road. Through the statistical analysis of the 9 sampling points, it was found that Chaiyaphum Road had the highest PM_{2.5} level with a statistically significant ($P < .05$) 24-hour average of 78.765 ± 12.15 µg/m³ and the highest Air Quality Index (AQI) value of 201 (red). There are four study sites where PM_{2.5} levels that do not exceed the recommended levels for health: Phayasuea Road in the area of Aranyik Temple, Phra Ong Dam Road near Ratchapruek Market, Phra Ong Dam Road near Ban Khaek intersection and Borommaratchachonnani Road in the area of Kittikorn Market. In addition, the morphological analysis results from FESEM showed the top 8 particle compositions in the 9 study areas as carbon (C), oxygen (O), silicon (Si), potassium (K), sulfur (S), aluminum (Al), iron (Fe), and calcium (Ca). The particles in this study consisted of four dominant morphological types: irregular particle form, spherical particle form, long rod-shaped particles and flocculent particle. Considering the various types of elements together with the environmental factors at the study



areas, it can be assumed that the important main sources of PM2.5 caused by the process of fossil-fuel combustion (transportation), biomass burning and suspension of soil dust. The research's findings can be effectively managed at the PM2.5 sources to solve or alleviate PM2.5 problems in Phitsanulok Municipality.

Keywords: Roadside; Particle morphology; Particulate matter less than 2.5; Phitsanulok



บทนำ

ปัจจุบันหลายประเทศทั่วโลกกำลังเผชิญกับปัญหามลพิษทางอากาศ โดยองค์การอนามัยโลก (World Health Organization: WHO) เปิดเผยว่าการได้รับสัมผัสมลพิษทางอากาศจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย จากการประเมินผลกระทบจากมลพิษทางอากาศ พบว่า มีผู้เสียชีวิตสูงถึงประมาณ 7 ล้านคนต่อปีอย่างต่อเนื่อง ซึ่งมีสาเหตุมาจากการสัมผัสมลพิษทางอากาศ นอกจากนี้ยังพบว่าประชาชนในกลุ่มประเทศกำลังพัฒนาอยู่ในกลุ่มเสี่ยงเนื่องจากมีอัตราผู้เสียชีวิตจากกรณีนี้ถึงประมาณ 4.2 ล้านคนต่อปี (ข้อมูลในปี ค.ศ. 2016) (Thangavel et al., 2022; WHO global air quality guidelines, 2021) โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มประชากรที่มีความเสี่ยงต่อการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) เช่น ผู้ป่วย ผู้สูงอายุ และเด็กซึ่งเป็นช่วงวัยที่มีความเสี่ยงต่อการได้รับสัมผัสมลพิษทางอากาศมากกว่าผู้ใหญ่ (American academy of pediatrics, 2004) ประเทศพัฒนามารวมทั้งประเทศที่กำลังพัฒนาหลายประเทศของโลก มีการขยายตัวและการเติบโตทางด้านเศรษฐกิจในระดับสูง ส่งผลต่อการเพิ่มจำนวนยานพาหนะในพื้นที่เมืองในอัตราก้าวกระโดด และทำให้พื้นที่ถนนในเมืองหรือเมืองใหญ่ กลายเป็นแหล่งกำเนิดมลสารในอากาศชนิดอนุภาคขนาดเล็ก (Ultrafine particle) โดยเฉพาะอย่างยิ่งอนุภาค PM_{2.5} โดยฝุ่นขนาดเล็กดังกล่าวเกิดจากการเผาไหม้ น้ำมันเชื้อเพลิงจากท่อไอเสียของยานพาหนะ รวมทั้งฝุ่นละอองในบริเวณพื้นที่ผิวถนนและการก่อสร้างถนนเมื่อรวมกิจกรรมที่ก่อให้เกิดฝุ่นขนาดเล็กในแหล่งถนนสายหลักหรือสายรองที่มีปริมาณการจราจรหนาแน่น ทำให้ปริมาณฝุ่น PM_{2.5} รายวันและการสะสมตลอดทั้งปีมีปริมาณความเข้มข้นที่สูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับเขตกิจกรรมอื่น ๆ และพบว่าเป็นสาเหตุของอาการเจ็บป่วยจากระบบทางเดินหายใจและโรคมะเร็งปอดของประชาชนในเขตพื้นที่ดังกล่าว (American academy of pediatrics, 2004; WHO global air quality guidelines, 2021; Zhu, 2022) ในปี ค.ศ. 2021 องค์การอนามัยโลกได้มีการปรับเกณฑ์ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศ (Air Quality Guideline: AQG) โดยเฉพาะอย่างยิ่งค่าระดับมาตรฐานของ PM_{2.5} มีการปรับลดค่าเฉลี่ยรายปี ไม่เกิน 5 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) และค่าเฉลี่ยเวลา 24 ชั่วโมงไม่เกิน 15 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) และประเทศไทยคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติได้ปรับเกณฑ์ค่ามาตรฐานให้สอดคล้องกับบริบทและสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไปโดยค่ามาตรฐานฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) ค่าเฉลี่ยรายปี ไม่เกิน 15 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) และค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ไม่เกิน 37.5 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (กรมควบคุมมลพิษ, 2566) สำหรับปัญหามลพิษทางอากาศในประเทศไทยมีปัญหารุนแรงขึ้น โดยเฉพาะในช่วงต้นฤดูหนาวจนถึงฤดูร้อนของทุกปี ปริมาณค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) เฉลี่ยปี 2566 เท่ากับ 26 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าปี 2565 ถึงร้อยละ 30 (กรมควบคุมมลพิษ, 2567) จังหวัดพิษณุโลกตั้งอยู่ในจุดตัดของระเบียงเศรษฐกิจ-เหนือใต้ (NSEC), ระเบียงเศรษฐกิจตะวันออก-ตะวันตก (EWEC) และระเบียงเศรษฐกิจหลวงพระบาง-อินโดจีน-เมะล่าย (LIMEC) หรืออยู่ในจุดศูนย์กลางเหนือตอนล่าง ทำให้มีการพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจและการคมนาคมอย่างรวดเร็ว (สำนักงานจังหวัดพิษณุโลก, 2565) อีกทั้งพื้นที่จังหวัดพิษณุโลก มีพื้นที่เฝ้าระวังการเกิดไฟป่าอันเกิดจากการเผา



ไหม้วัสดุเหลือทิ้งจากภาคการเกษตร เช่น ข้าว ข้าวโพด และอ้อย จึงอาจส่งผลให้เกิดหมอกควันในพื้นที่จังหวัดพิษณุโลกเช่นกัน (ธันวดี และอรชร, 2565) อย่างไรก็ตามในเขตเมืองโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตเทศบาลมีแนวโน้มว่าแหล่งกำเนิดสำคัญคือการเผาไหม้ น้ำมันเชื้อเพลิงจากยานพาหนะ ร่วมกับการปลดปล่อยจากแหล่งกำเนิดกิจกรรมต่าง ๆ ของชุมชนโดยมีงานวิจัยศึกษาสภาพการจราจรในพื้นที่ถนนเส้นต่าง ๆ ในตัวเมืองจังหวัดพิษณุโลกพบว่าปริมาณจำนวนยานพาหนะมากที่สุดบริเวณพื้นที่สี่แยกบ้านคลอง

และพื้นที่ที่มีช่วงการจราจรหนาแน่นที่สุดในพื้นที่ถนนมิตรภาพ (เส้นขาเข้า-ขาออก อ.เมือง-อ.วังทอง) (จามจุรี, 2565) จะเห็นได้ว่าจังหวัดพิษณุโลกมีการคมนาคมโดยใช้ยานพาหนะจำนวนมากซึ่งสอดคล้องกับการเติบโตของประชากรในพื้นที่จังหวัดพิษณุโลกมีจำนวนประชากรทั้งหมด 884,494 คน โดยจำนวนประชากรหนาแน่นสูงสุดที่อำเภอเมือง จำนวน 281,929 คน (กรมอนามัย, 2567) ซึ่งปัจจัยดังกล่าวย่อมส่งผลต่อการกำเนิดฝุ่นละออง PM_{2.5} ในเขตเมืองโดยข้อมูลดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยเพื่อศึกษาความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) เฉลี่ย 24 ชั่วโมง ในพื้นที่เขตเทศบาลนคร จังหวัดพิษณุโลก พบว่ามีปริมาณฝุ่น PM_{2.5} เฉลี่ย 10.9 ± 3.9 ถึง 70.7 ± 14.7 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (เป็นข้อมูลงานวิจัย พ.ศ. 2563-2564) และเมื่อวิเคราะห์สัดส่วนของแหล่งกำเนิดมลพิษในเมืองโดยใช้แบบจำลอง Positive Matrix Factorization (PMF) พบว่ามีแหล่งกำเนิดฝุ่นจากยานพาหนะ (Traffic emission) มีสัดส่วนมากที่สุดถึง 28% รองลงมาเป็นแหล่งกำเนิดจากการเผาไหม้เศษวัสดุเหลือทิ้งจากภาคการเกษตร (Biomass burning) มีสัดส่วน 25% ซึ่งเกิดจากการเผาในพื้นที่โล่ง อีกทั้งมีการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่าสัดส่วนขององค์ประกอบทางเคมีในฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) พบว่ามีองค์ประกอบของคาร์บอนมากที่สุด ทั้งในพื้นที่เมืองและพื้นที่กึ่งเมือง (ธันวดี และอรชร, 2565) ซึ่งผลการศึกษาดังกล่าวยืนยันข้อสมมติฐานได้ว่าพื้นที่ถนนซึ่งมีจำนวนยานพาหนะจำนวนมากเป็นแหล่งกำเนิดหลักของ PM_{2.5} ในเขตเทศบาลนคร จังหวัดพิษณุโลก นอกจากนี้เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลจากการตรวจสอบคุณภาพอากาศของกรมควบคุมมลพิษพบว่าคุณภาพอากาศปริมาณของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอนของจังหวัดพิษณุโลกในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเมษายนของทุกปี เริ่มส่งผลกระทบต่อสุขภาพประชาชนในพื้นที่ ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยต่อประชาชนในพื้นที่ได้ (กรมควบคุมมลพิษ, 2567) ถึงแม้ว่าได้มีการติดตามคุณภาพอากาศโดยเฉพาะอย่างยิ่งระดับ PM_{2.5} ในพื้นที่เขตเมืองหรือนอกเขตเมืองจังหวัดพิษณุโลกอย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตามพบว่าข้อมูลการติดตามปริมาณฝุ่น PM_{2.5} ในถนนสายหลักที่มีชุมชนหนาแน่นในเขตเทศบาลนครพิษณุโลกที่มีความเชื่อมโยงของโครงข่ายถนนสายหลักของจังหวัดพิษณุโลกยังมีข้อมูลที่น้อยมาก และไม่มีผลการศึกษาถึงแหล่งกำเนิดโดยตรงของแหล่งกำเนิดฝุ่น PM_{2.5} ในพื้นที่จังหวัดพิษณุโลก

ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาแหล่งกำเนิด PM_{2.5} ในเขตเทศบาลรวมทั้งระดับความเข้มข้นของ PM_{2.5} รายวันที่แม่นยำเนื่องจากแหล่งกำเนิดในพื้นที่เทศบาลนครในเขตชุมชนหนาแน่นนั้น นอกจากมีแหล่งกำเนิดจากยานพาหนะเป็นหลักแล้วยังเกิดจากกิจกรรมของประชาชนในชุมชนที่ประกอบด้วยร้านค้าร้านอาหารที่หลากหลายธุรกิจต่าง ๆ เป็นต้นซึ่งส่งผลกระทบต่อปริมาณรวมของ PM_{2.5} ที่แตกต่างกันไปการวิจัยครั้งนี้จึงเป็นการศึกษาทั้งปริมาณลักษณะสัณฐานรวมทั้งองค์ประกอบของธาตุ ของ PM_{2.5} ในพื้นที่เขต



เทศบาลนครจังหวัดพิษณุโลก เพื่อให้ทราบถึงแหล่งกำเนิด PM2.5 ที่แม่นยำ และทำให้ทราบถึงระดับความเสี่ยงจาก PM 2.5 ของถนนในเขตเทศบาลนครที่มีความแตกต่างกันเพื่อลดการสัมผัสมลพิษทางอากาศของประชาชนในพื้นที่และใช้ข้อมูลเป็นแนวทางในการป้องกันและแก้ไขปัญหาหมอกพิษทางอากาศในพื้นที่จังหวัดพิษณุโลกที่เหมาะสมต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. พื้นที่การศึกษา

การวิจัยเลือกพื้นที่ริมถนนในเขตเทศบาลนครจังหวัดพิษณุโลกเนื่องจากพื้นที่เขตเทศบาลนครจังหวัดพิษณุโลกเป็นพื้นที่ 1 ใน 6 เทศบาลนครทั่วประเทศนำร่องจัดทำแผนการพัฒนาเมืองในอนาคตอย่างยั่งยืน (SFCI) จึงทำให้มีการขยายตัวทางเศรษฐกิจและมีจำนวนประชากรเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง (สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจสังคมแห่งชาติ, 2564) โดยในพื้นที่เขตเทศบาลนครจังหวัดพิษณุโลกมีจำนวนประชากรมากถึง 63,882 คน (เทศบาลนครพิษณุโลก, 2567) จึงเลือกพื้นที่ศึกษาบริเวณริมถนนในเขตเทศบาลนครจังหวัดพิษณุโลก จำนวน 9 พื้นที่ ซึ่งแสดงด้วยสัญลักษณ์ R1 - R9 ดังต่อไปนี้ R1 ถนนวังจันทร์ (บริเวณหน้าวิทยาลัยอาชีวศึกษาพิษณุโลก) R2 ถนนไชยานุภาพ (บริเวณชุมชนไชยานุภาพ) R3 ถนนสามแยกบึงพระจันทร์ (บริเวณสามแยกบึงพระจันทร์) R4 ถนนพุทธบูชา (บริเวณวัดพระศรีรัตนมหาธาตุวรมหาวิหาร) R5 ถนนพญาเสือ (บริเวณวัดอรุณญิก) R6 ถนนพระองค์ดำ (บริเวณตลาดราชพฤกษ์) R7 ถนนพระองค์ดำ (บริเวณสี่แยกบ้านแขก) R8 ถนนบรมไตรโลกนารถ (บริเวณตลาดกิตติกร) และ R9 ถนนศรีสุริโยทัย (บริเวณคลังปิโตรเลียมพิษณุโลก) (Table 1 และ Figure 1)

Table 1. The Characteristics of nine roadside study locations in Phitsanulok Municipality

Roadside	Name	Detail	Coordinates	
			พิกัด X	พิกัด Y
บริเวณหน้าวิทยาลัย อาชีวศึกษาพิษณุโลก (ถนนวังจันทร์)	R1	มีการจราจรหนาแน่นในช่วงเวลา เช้า-เย็น เนื่องจากบริเวณดังกล่าว เป็นสถานศึกษา สถานที่ราชการ และสวนสาธารณะ มีการใช้ รถจักรยานยนต์สูงถึง 67.6% (จามจุรี, 2565)	634022	1860148
บริเวณเส้นถนน ไชยานุภาพ (ถนนไชยานุภาพ)	R2	มีการจราจรหนาแน่นในช่วงเวลา เช้า-เย็น และมีร้านค้า ร้านอาหาร ในพื้นที่	632682	1859837



Table 1. (continued)

Roadside	Name	Detail	Coordinates	
			พิกัด X	พิกัด Y
บริเวณสามแยก บึงพระจันทร์ (ถนนสามแยกบึง พระจันทร์)	R3	มีการสัญจรของยานพาหนะตลอด ทั้งวัน โดยเฉพาะรถจักรยานยนต์ มี การใช้ 51.2% (จามจุรี, 2565)	633327	1857686
บริเวณวัดพระศรีรัตนม หาธาตุรวมหาวิหาร (ถนนพุทธบูชา)	R4	เป็นสถานที่ท่องเที่ยวสำคัญของฝ จ.พิษณุโลก ทำให้มีนักท่องเที่ยว และการใช้ยานพาหนะจำนวน มาก	634419	1860481
บริเวณวัดอรุณฤๅญิก (ถนนพญาเสือ)	R5	บริเวณแหล่งชุมชน และเป็นแหล่งที่ มีการค้าขาย ซึ่งทำให้มีการจราจร ของรถยนต์ตลอดทั้งวัน	635649	1860787
บริเวณตลาด ราชพฤกษ์ (ถนนพระองค์ดำ)	R6	บริเวณที่มีการจราจรและมีการใช้ ยานพาหนะส่วนมาก คือ รถเก๋ง และรถจักรยานยนต์ (จามจุรี, 2565) และมีร้านค้า ร้านอาหาร ในช่วงเย็น	635589	1859686
บริเวณสี่แยกบ้านแขก (ถนนพระองค์ดำ)	R7	บริเวณเส้นทางหลักเข้าสู่ใจกลาง เมืองพิษณุโลก	634802	1860085
บริเวณตลาดกิตติกร (ถนนบรมไตรโลกนาถ)	R8	บริเวณที่ตั้งของตลาดเช้าและตลาด เย็น ทำให้มีการจราจรหนาแน่น ตลอดทั้งวัน	634272	1859265
บริเวณคลังปิโตรเลียม พิษณุโลก (ถนนศรีสุริโยทัย)	R9	บริเวณที่มีการจราจรทั้งรถยนต์ และรถไฟ รวมทั้งการขนส่งน้ำมัน	634889	1858710

2. การเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5)

2.1 ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างบริเวณพื้นที่ริมถนนในพื้นที่เขตเทศบาลนครพิษณุโลก จำนวน 9 พื้นที่ ช่วงระหว่างเดือนมีนาคม ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2567 กำหนดความถี่ในการเก็บตัวอย่างจำนวน 3 ชั่วโมง ต่อ 1 พื้นที่ศึกษา

2.2 เครื่องมือสำหรับการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5)

ในการเก็บตัวอย่างโดยใช้เครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่น PM2.5 ยี่ห้อ Tish Environmental รุ่น TE-WILBUR Low Volume PM2.5 and PM10 FRM Sampler (Figure 2) ซึ่งภายในอุปกรณ์มีการควบคุมอัตราการไหลของอากาศ (Suction Flow) 16.67 ลิตร/นาที การวางเครื่องเก็บตัวอย่างฝุ่นจะวางในพื้นที่ที่ไม่มีกำแพง หรือพื้นที่ห่างจากต้นไม้ใหญ่ระยะ 2 เมตร โดยใช้กระดาษกรองใยแก้วชนิด Polytetrafluoroethylene membrane (PTFE) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 46.2 มิลลิเมตรในการเก็บตัวอย่าง

2.3 วิธีการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5)

ก่อนการเก็บตัวอย่างต้องนำกระดาษกรอง PM2.5 ปรับสภาพโดยดูดความชื้นในตู้ดูดความชื้น ให้มีความชื้นสัมพัทธ์ 35-45% เป็นเวลาอย่างน้อย 72 ชั่วโมง และนำไปชั่งน้ำหนักก่อนเก็บตัวอย่างจำนวน 3 ซ้ำ โดยเครื่องซึ่งมีความละเอียด 5 ตำแหน่ง หลังจากเก็บตัวอย่างนำกระดาษกรอง PM2.5 ที่ผ่านการเก็บตัวอย่างเสร็จสิ้นนำไปดูดความชื้นอีกครั้ง อย่างน้อย 72 ชั่วโมง และนำมาชั่งน้ำหนักจำนวน 3 ซ้ำ โดยเครื่องซึ่งมีความละเอียด 5 ตำแหน่ง เพื่อนำไปสู่การคำนวณปริมาณความเข้มข้นของฝุ่น PM2.5 และนำผลการศึกษาเปรียบเทียบค่าดัชนีคุณภาพอากาศ (AQI)

นอกจากนั้นในระหว่างการเก็บตัวอย่าง PM2.5 ได้ทำการบันทึกข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยามีข้อมูล ความเร็วลม ทิศทางลม อุณหภูมิ ระดับความชื้นสัมพัทธ์ ความกดอากาศ และปริมาณน้ำฝน โดยรวบรวมข้อมูลจากกรมควบคุมมลพิษ

3. การคำนวณความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) และการเปรียบเทียบค่าดัชนีคุณภาพอากาศ (Air Quality Index : AQI)

การคำนวณความเข้มข้นของฝุ่น PM2.5 โดยประยุกต์จาก Central Pollution Control Board Ministry of Environment and Forests (2013) Guidelines for the Measurement of Ambient Air Pollutants Volume-I: National Ambient Air Quality Series:NAAQMS/36/2012-13. โดยคำนวณจากสมการ (1)

$$M(\mu\text{g}/\text{m}^3) = \frac{(M_{f(g)} - M_{i(g)}) \times 10^6 (\mu\text{g})}{V_{\text{std}} (\text{m}^3)} \quad \text{----- (1)}$$

$$\text{และ} \quad V_{\text{std}} = Q_{\text{std}} (\text{L}/\text{min}) \times 10^{-3} \times 1,440 \text{ min (24 hr)}$$

โดย $M (\mu\text{g}/\text{m}^3)$ = ปริมาณฝุ่นละอองในอากาศ (ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร)

$M_{f(g)}$ = น้ำหนักกระดาษกรองหลังเก็บตัวอย่าง (กรัม)

$M_{i(g)}$ = น้ำหนักกระดาษกรองก่อนเก็บตัวอย่าง (กรัม)

V_{std} = ปริมาตรของอากาศที่สภาวะมาตรฐาน

(ที่สภาวะอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความดัน 1 บรรยากาศ)

(ในเวลา 24 ชั่วโมง และปรับหน่วยเป็นนาที 1,440 นาที)



นำผลจากการคำนวณความเข้มข้นฝุ่น PM2.5 แต่ละพื้นที่มาคำนวณดัชนีคุณภาพอากาศของสารมลพิษทางอากาศประเภทฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM 2.5) แสดงในสมการที่ (2) โดยใช้ข้อมูลค่าความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศที่เทียบเท่ากับดัชนีคุณภาพอากาศใน Table 2

$$I = \frac{(I_j - I_i)}{(X_j - X_i)} (X - X_i) + I_i \quad \text{----- (2) (ประกาศกรมควบคุมมลพิษ, 2566)}$$

โดย I = ค่าดัชนีย่อยคุณภาพอากาศ
 X = ความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศจากการตรวจวัด
 X_i , X_j = ค่าต่ำสุด, สูงสุด ของช่วงความเข้มข้นสารมลพิษที่มีค่า X
 I_i , I_j = ค่าต่ำสุด, สูงสุด ของช่วงดัชนีคุณภาพอากาศที่ตรงกับช่วงความเข้มข้น X จากค่าดัชนีย่อยที่คำนวณได้ สารมลพิษทางอากาศประเภทใดมีค่าดัชนีสูงสุดจะใช้เป็นดัชนีคุณภาพอากาศ (AQI) ณ ช่วงเวลานั้น

Table 2. Thailand Air Quality Index (AQI)

AQI	PM _{2.5}	PM ₁₀	O ₃	CO	NO ₂	SO ₂
	Average 24 consecutive hours	Average 24 consecutive hours	Average 24 consecutive hours	Average 1 hour	Average 1 hour	Average 1 hour
0 - 25	0 - 15.0	0 - 50	0 - 35	0 - 4.4	0 - 60	0 - 100
26 - 50	15.1 - 25.0	51 - 80	36 - 50	4.5 - 6.4	61 - 106	101 - 200
51 - 100	25.1 - 37.5	81 - 120	51 - 70	6.5 - 9.0	107 - 170	201 - 300
101 - 200	37.6 - 75.0	121 - 180	71 - 120	9.1 - 30.0	171 - 340	301 - 400
201 Go up	75.1 Go up	181 Go up	121 Go up	30.1 Go up	341 Go up	401 Go up

Note: According to the National Environment Board's announcement on the Air Quality Index of Thailand, p. Professor 2566. May 16th, P. Professor 2566. Royal Gazette, Volume 140, Special Issue 157, pages 3-6.

หมายเหตุ: จาก ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เรื่อง ดัชนีคุณภาพอากาศของประเทศไทย พ.ศ. 2566. วันที่ 16 พฤษภาคม พ.ศ. 2566. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 140 ตอนพิเศษ 157 หน้า 3-6.

4. ลักษณะสัณฐานวิทยาของฝุ่น PM2.5 และองค์ประกอบของธาตุในฝุ่น PM2.5

การศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาของฝุ่น PM2.5 โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดชนิดฟิลด์อิมิสชัน (Field Emission Scanning Electron Microscope : FESEM) รุ่น Apero S ซึ่งเป็นกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนที่มีกำลังขยายสูงถึง 2,000,000 เท่า รวมถึงการวิเคราะห์ธาตุเชิงพลังงาน (Energy

Dispersive X-Ray Spectrometer : EDS) ซึ่งสามารถศึกษาองค์ประกอบของธาตุทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพ (Figure 3) (Goldstein, 1992) ในการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของฝุ่น PM_{2.5} เริ่มต้นด้วยการเตรียมตัวอย่างทางวัสดุศาสตร์ โดยการติดกระดาษกับตัวอย่าง PM_{2.5} บนแท่นติดตัวอย่าง (Stub) ซึ่งใช้คาร์บอนเทป (Figure 4) และมีการฉาบบริเวณผิวตัวอย่างด้วยทอง Au เพื่อให้ตัวอย่างสามารถนำไฟฟ้าในสภาวะสุญญากาศ และลดความเสียหายจากลำอิเล็กตรอนเมื่อกระทบตัวอย่าง

5. การวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ F-test

ผลการศึกษาใช้สถิติเพื่อทดสอบความแตกต่างกันของข้อมูลระหว่างพื้นที่ศึกษาทั้ง 9 พื้นที่ โดยใช้ F-test แบบ One Way ANOVA และการวิเคราะห์ DMRT (Duncan's Multiple Range Test) เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่าง 9 พื้นที่ (นัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%)

ผลการทดลอง

1. ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) แต่ละพื้นที่

จากการศึกษาวัดระดับความเข้มข้นของฝุ่น PM_{2.5} พื้นที่ศึกษาทั้ง 9 พื้นที่ ผลการศึกษาแสดงดังรายละเอียดใน Table 3 เมื่อเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของฝุ่น PM_{2.5} ประกาศโดยคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เมื่อวันที่ 23 มิถุนายน 2565 และมีผลบังคับใช้วันที่ 1 มิถุนายน 2566 เป็นต้นไป (ค่ามาตรฐานฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ไม่ควรเกิน 37.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) พบว่าระดับความเข้มข้นของ PM_{2.5} ในพื้นที่ริมถนน มีระดับเกินเกณฑ์มาตรฐาน จำนวน 5 พื้นที่ ได้แก่ ถนนวังจันทร์ (R1) ถนนไชยานุภาพ (R2) ถนนสามแยกบึงพระจันทร์ (R3) ถนนพุทธบูชา (R4) และถนนศรีสุริโยทัย (R9) โดยมีระดับความเข้มข้น 68.94 \pm 7.56 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 78.76 \pm 12.15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 53.11 \pm 31.32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 44.80 \pm 8.91 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ และ 37.63 \pm 1.37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ตามลำดับ โดยพื้นที่ R2 เป็นพื้นที่ที่มีระดับความเข้มข้นของ PM_{2.5} สูงที่สุด สำหรับผลการศึกษาที่บ่งบอกถึงความปลอดภัยต่อการสัมผัส PM_{2.5} (ระดับความเข้มข้นของ PM_{2.5} ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐาน) พบจำนวน 4 พื้นที่ ได้แก่ ถนนพญาเสือ (R5) ถนนพระองค์ดำ บริเวณตลาดราชพฤกษ์ (R6) ถนนพระองค์ดำ บริเวณสี่แยกบ้านแขก (R7) และถนนบรมไตรโลกนารถ (R8) มีระดับความเข้มข้นของ PM_{2.5} เท่ากับ 27.98 \pm 7.56 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 24.01 \pm 1.20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 24.09 \pm 8.35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ และ 34.44 \pm 2.95 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ตามลำดับ

เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของระดับ PM_{2.5} ระหว่างพื้นที่ศึกษาทั้ง 9 พื้นที่ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่น่าสนใจ ($P < .05$) โดยพบว่าระดับ PM_{2.5} บริเวณถนนไชยานุภาพ (R2) ซึ่งมีระดับสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < .05$) เมื่อเปรียบเทียบกับทั้ง 8 พื้นที่ศึกษาอื่น ๆ นอกจากนั้นยังพบว่าพื้นที่ที่มีระดับ PM_{2.5} เกินระดับมาตรฐานทั้งหมด (ยกเว้นถนนศรีสุริโยทัย) (R1, R2, R3, R4) มีระดับ PM_{2.5} สูงกว่า พื้นที่ถนนที่มีระดับไม่เกินระดับมาตรฐานทั้งหมดอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ ($P < .05$) ผลการศึกษาดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างและระดับปัญหาของ PM2.5 ที่แตกต่างกันอย่างชัดเจนในแต่ละพื้นที่ถนนที่ทำการศึกษา (Figure 5)

Table 3. Comparison of PM 2.5 concentrations with Thailand Ambient Air Quality Standards (NAAQS)

Roadside	Concentration	Air quality guideline for PM 2.5	Remark
	Mean \pm SD ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	(average 24 hours) not exceed $37.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$	
R1	68.94 ± 7.56	* E-NAAQS	Rainless
R2	78.76 ± 12.15	* E-NAAQS	Rainless
R3	62.07 ± 18.66	* E-NAAQS	Rainless
R4	44.80 ± 8.91	* E-NAAQS	Rainless
R5	27.98 ± 7.56	NE- NAAQS	Rainless
R6	24.01 ± 1.20	NE- NAAQS	Rainless
R7	24.09 ± 8.35	NE- NAAQS	Rainless
R8	34.44 ± 2.95	NE- NAAQS	Rainless
R9	37.63 ± 1.37	* E-NAAQS	Rainless

*E-NAAQS = Exceed the Thailand Ambient Air Quality Standards (NAAQS) for PM2.5

(เกินค่ามาตรฐานสำหรับคุณภาพอากาศของประเทศไทย)

NE-NAAQS = Not-exceed the Thailand Ambient Air Quality Standards (NAAQS) for PM2.5

(ไม่เกินค่ามาตรฐานสำหรับคุณภาพอากาศของประเทศไทย)

2. การคำนวณค่าเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) เพื่อเปรียบเทียบกับค่าดัชนีคุณภาพอากาศ (Air Quality Index: AQI)

เมื่อนำค่าเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) คำนวณเพื่อเปรียบเทียบกับค่าดัชนีคุณภาพอากาศ ดังสมการ (2) ผลการคำนวณแสดงดัง Table 4 จะเห็นได้ว่าเมื่อคำนวณค่าดัชนีคุณภาพอากาศย่อย (I) บริเวณถนนไชยานุภาพ (R2) พบว่ามีค่ามากกว่า 201 (แสดงการเตือนภัยสีแดง) อยู่ในช่วงที่มีผลกระทบต่อสุขภาพ บริเวณถนนวังจันทร์ (R1) ถนนสามแยกบึงพระจันทร์ (R3) ถนนพุทธบูชา (R4) และถนนถนนศรีสุริโยทัย (R9) มีค่า AQI เท่ากับ 183.96, 161.68, 120.06, 101.08 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในช่วงเริ่มมีผลกระทบต่อสุขภาพบริเวณถนนบรมไตรโลกนารถ (R8) และถนนพญาเสือ (R5) มีค่า AQI เท่ากับ



87.91 และ 62.38 ตามลำดับ คุณภาพอากาศอยู่ในมาตรฐาน และบริเวณถนนพระองค์ดำ (R6) และ (R7) เท่ากับ 47.60 และ 47.79 ตามลำดับ พบว่ามีคุณภาพอากาศดี ไม่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพ

Table 4. Distribution of 24hr average PM2.5 at 9 monitoring sites in Phitsanulok Municipality, and the Air Quality Index values.

Roadside	Concentration			
	($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (24 hr)	AQI (I)	Colors	Meaning
R1	68.94 \pm 7.56	183.96	Orange	Unhealthy
R2	78.76 \pm 12.15	201.00	Red	Very Unhealthy
R3	62.07 \pm 18.66	161.68	Orange	Unhealthy
R4	44.80 \pm 8.91	120.06	Orange	Unhealthy
R5	27.98 \pm 7.56	62.38	Yellow	Moderate
R6	24.01 \pm 1.20	47.60	Green	Satisfactory
R7	24.09 \pm 8.35	47.79	Green	Satisfactory
R8	34.44 \pm 2.95	87.91	Yellow	Moderate
R9	37.63 \pm 1.37	101.08	Orange	Unhealthy

3. ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา

จากการรวบรวมข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาปริมาณความเข้มข้น PM2.5 ความเร็วลม ทิศทางลม อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความกดอากาศ และปริมาณน้ำฝน ช่วงเดือนมีนาคม ถึงเดือนพฤษภาคม 2567 (กรมควบคุมมลพิษ, 2567) แสดงดังใน Table 5 พบว่า ปริมาณความเข้มข้นของ PM2.5 เฉลี่ยตลอดระยะเวลา ตรวจวัดมีค่าเท่ากับ 41.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ โดยปริมาณความเข้มข้น PM2.5 สูงสุด ในช่วงวันที่ 2 เมษายน 2567 เท่ากับ 81.20 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร และต่ำสุด ในช่วงวันที่ 29 เมษายน 2567 เท่ากับ 20.60 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร ความเร็วลมเฉลี่ย 2 กิโลเมตร/ชั่วโมง ทิศทางลมเฉลี่ย 134 องศา อุณหภูมิเฉลี่ย 31 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 54 เปอร์เซ็นต์ ความกดอากาศเฉลี่ย 745 มิลลิบาร์ และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 0 มิลลิเมตร



Table 5. Meteorological information (21 March - 6 May 2024)

Date	PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Wind Speed (km/hr)	Wind Direction (°true)	Temperature (°C)	Humidity (%)	Air Pressure (hPa)	Rainfall (mm)
21/03/24	31	1	118	27	63	750	0
22/03/24	44.6	1	128	29	60	746	0
23/03/24	35.4	2	144	29	60	746	0
24/03/24	28.1	2	134	30	56	748	0
25/03/24	34.5	1	150	30	48	748	0
26/03/24	31.3	2	124	29	57	748	0
27/03/24	23.5	1	139	28	64	750	0
28/03/24	49.9	2	123	29	62	748	0
29/03/24	37.2	3	125	30	59	748	0
30/03/24	35.1	2	120	30	56	749	0
31/03/24	53.9	2	132	30	50	748	0
01/04/24	65.4	2	127	30	50	745	0
02/04/24	81.2	3	121	30	53	746	0
03/04/24	64.4	1	127	30	58	746	0
04/04/24	59.7	2	124	30	60	745	0
05/04/24	73.4	3	122	30	63	745	0
06/04/24	77.0	3	120	30	66	745	0
07/04/24	66.8	3	118	30	65	745	1
08/04/24	61.5	3	126	31	59	746	0
09/04/24	43.9	2	122	31	54	746	0
10/04/24	36.6	1	193	27	66	748	0
11/04/24	38.1	1	158	31	58	748	0
12/04/24	38.1	2	154	31	53	747	0
13/04/24	36.3	1	136	31	55	747	0
14/04/24	34.9	3	125	31	56	747	0



Date	PM _{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Wind Speed (km/hr)	Wind Direction ($^\circ$ true)	Temperature ($^\circ\text{C}$)	Humidity (%)	Air Pressure (hPa)	Rainfall (mm)
15/04/24	31.5	2	108	31	54	747	0
16/04/24	29.6	3	124	31	54	746	0
17/04/24	31.3	3	127	31	52	746	0

Table 5. (continue)

Date	PM _{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Wind Speed (km/hr)	Wind Direction ($^\circ$ true)	Temperature ($^\circ\text{C}$)	Humidity (%)	Air Pressure (hPa)	Rainfall (mm)
18/04/24	39.0	2	143	32	50	745	0
19/04/24	46.2	2	141	32	51	744	0
20/04/24	48.0	2	140	32	48	744	0
21/04/24	44.3	2	133	32	47	744	0
22/04/24	57.5	3	126	32	48	744	0
23/04/24	46.8	3	123	32	55	744	0
24/04/24	38.6	3	130	31	58	745	0
25/04/24	38.1	3	125	32	49	744	0
26/04/24	32.4	2	130	33	44	744	0
27/04/24	34.6	2	140	33	48	744	0
28/04/24	25.0	3	125	33	48	744	0
29/04/24	20.6	3	130	32	48	745	0
30/04/24	32.6	3	128	33	49	743	0
01/05/24	36.4	3	143	33	50	743	0
02/05/24	40.0	3	128	32	51	743	0
03/05/24	23.5	2	146	30	50	714	0
04/05/24	25.2	1	216	31	54	745	0
05/05/24	31.4	2	149	32	48	744	0
06/05/24	34.5	3	133	33	46	745	0
Average	41.9	2	134	31	54	745	0



Note: From the 2023 State of Pollution in Thailand Report. By the Department of Pollution Control, 2024, AP Connect.

4. ลักษณะสัณฐานวิทยา

จากการศึกษาลักษณะสัณฐานของอนุภาคฝุ่น PM2.5 ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราดชนิดฟิลด์อิมิสซัน (Field Emission Scanning Electron Microscope : FESEM) และการวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุ แสดงรายละเอียดดัง Table 6 ผลการศึกษาพบว่า ลักษณะสัณฐานของอนุภาคฝุ่น PM2.5 ทั้ง 9 พื้นที่ มีรูปร่างต่าง ๆ คือ รูปร่างทรงกลม รูปร่างไม่แน่นอน รูปร่างแท่งยาว และรูปร่างการเกาะรวมเป็นกลุ่ม โดยพบองค์ประกอบของธาตุ ดังนี้ C F O S K Si Na Fe Al Ca Cl Mg Ni Zn และ Pb เมื่อพิจารณาสัดส่วนของชนิดธาตุ พบว่าแต่ละพื้นที่มีอัตราส่วนของธาตุแต่ละชนิดแตกต่างกันออกไป ส่วนธาตุฟลูออไรด์ (F) ที่พบในทุกพื้นที่ จะไม่นำมาวิเคราะห์ เนื่องจากเป็นองค์ประกอบของกระดาดชกรอง (PTFE) ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง

จากการศึกษาสัณฐานและองค์ประกอบของธาตุ พบว่าทุกพื้นที่มีองค์ประกอบของธาตุคาร์บอน (C) และออกซิเจน (O) ในสัดส่วนที่สูงกว่าธาตุชนิดอื่น ๆ และยังพบว่าธาตุคาร์บอน (C) ยังเป็นธาตุที่พบในสัดส่วนที่สูงที่สุดในทุกพื้นที่ และในบางพื้นที่มีสัดส่วนสูงกว่า 50% เช่น พื้นที่ R1(ถนนวังจันทร์) เนื่องจากเป็นองค์ประกอบของธาตุที่สำคัญของสารประกอบอินทรีย์ มีงานวิจัยจำนวนมากระบุว่าฝุ่นละอองจากการจราจรจะมีธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลักเนื่องจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล (fossil fuel burning) และการเผาไหม้อินทรีย์สาร จึงสอดคล้องกับพื้นที่วิจัยในครั้งนี้ ที่สันนิษฐานได้ว่ามีสาเหตุจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของยานพาหนะบนท้องถนน หรือการเผาไหม้ของชีวมวลจากพื้นที่ใกล้เคียง รวมไปถึงกิจกรรมต่าง ๆ ในพื้นที่ที่เกิดจากกิจกรรมของชุมชนในพื้นที่ (การประกอบอาหารที่มีการใช้เชื้อเพลิง) (Table 6)

พิจารณาผลการศึกษาสัณฐานและชนิดของธาตุในภาพรวม พบว่าธาตุที่พบมากที่สุด 4 อันดับแรก ได้แก่ C (Carbon) O (Oxygen) S (Sulfur) และ Si (Silicon) สามารถสันนิษฐานได้ว่า เกิดจากการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิง เนื่องจากละอองลอย (Aerosols) จะประกอบด้วยสารอินทรีย์ ที่มีองค์ประกอบ Organic carbon (OC) และ Elemental carbon (EC) ซึ่งเกิดจากการเผาไหม้ของสารอินทรีย์โดยตรง (Jimenez et al., 2009) ส่วน S เป็นอนุภาคที่เกิดจากกระบวนการเผาไหม้ชีวมวลและเชื้อเพลิงฟอสซิล โดยเกิดจากการเผาไหม้ของ SO₂ และเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) และการเปลี่ยนสถานะของสารมลพิษจากก๊าซเป็นอนุภาค (gas-to-particle conversion) โดยการออกซิเดชันของ SO₂ เปลี่ยนรูปเป็น SO₄²⁻(aqueous-phase reactions) (Ji et al., 2016; Zeb et al., 2022) และ Si ส่วนมากเป็น องค์ประกอบของซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO₂) และองค์ประกอบของ Al Si K Fe และ Ca มักพบในฝุ่นดินบริเวณท้องถนนที่เกิดการฟุ้งกระจายในชั้นบรรยากาศโดยยานพาหนะ (Pipal et al., 2014)

เมื่อพิจารณาถึงลักษณะรูปร่างของอนุภาคฝุ่น สามารถบ่งชี้ถึงองค์ประกอบและแหล่งกำเนิดของอนุภาคฝุ่น จากการศึกษาของ (Prabhu et al., 2019) ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (SEM) พบว่าอนุภาคทรงกลมที่มีลักษณะก้อนดำ มีแหล่งกำเนิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลหรือจากการเผาไหม้



ไม่สมบูรณ์ของน้ำมันเชื้อเพลิง อนุภาคเขม่าและอนุภาคโซ่/กิ่งก้าน มีแหล่งกำเนิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล โดยลักษณะรูปร่างอนุภาคที่แตกต่างกัน เกิดจากการรวมตัวกันของอนุภาคขณะลอยอยู่ในชั้นบรรยากาศจะมีรูปร่างอนุภาคลักษณะเขม่า ส่วนการรวมตัวกันของอนุภาคขนาดเล็กจะมีลักษณะสายโซ่และอนุภาคที่มีรูปร่างไม่แน่นอน มักมีแหล่งกำเนิดจากแหล่งที่มาหลากหลายองค์ประกอบ เช่น ควอตซ์ อะลูมิเนียมซิลิเกต เหล็ก (Fe) คลอไรด์ (Cl) และอนุภาคที่มีองค์ประกอบของแคลเซียมเป็นหลัก (calcium-rich particles)

จากการศึกษาพบรูปร่างอนุภาคทรงกลมพบว่า มีองค์ประกอบของ S สูง ซึ่งสามารถบ่งชี้ได้ว่า มีแหล่งกำเนิดจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ของเชื้อเพลิงฟอสซิล โดยพบอนุภาคทรงกลมในจุดเก็บตัวอย่าง R3 (ถนนบรมไตรโลกนาถ) บริเวณสามแยกบึงพระจันทร์และ R4 (ถนนพุทธบูชา) บริเวณวัดพระศรีรัตนมหาธาตุวรมหาวิหาร จากการศึกษา (จามจุรี, 2565) พบว่า จำนวนยานพาหนะ 4,286 คัน ในช่วงการจราจรหนาแน่นบริเวณพื้นที่สี่แยกบ้านคลอง สำหรับการวิเคราะห์สัณฐานอนุภาคไม่แน่นอน พบว่า มีองค์ประกอบของ K, Si และ Al ในทุกพื้นที่ศึกษา จากการศึกษา Satsangi and Yadav (2014) เมื่อส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (SEM) พบว่าอนุภาครูปร่างไม่แน่นอน มีองค์ประกอบของ Si และ Al มีแหล่งกำเนิดจากธรรมชาติทางธรณี เช่น ฝุ่นดิน ที่เกิดจากการแขวนลอยใหม่ของอนุภาค (Re-suspension dust) โดยเกิดจากการเคลื่อนที่ของรถยนต์ รวมถึงปัจจัยของแรงลมทำให้เกิดการฟุ้งกระจายของอนุภาคฝุ่นในชั้นบรรยากาศอีกครั้งเมื่อทราบถึงแหล่งกำเนิดของอนุภาคฝุ่น PM2.5 หากร่างกายได้รับฝุ่นหินทรายเป็นระยะเวลานานส่งผลให้ระบบทางเดินหายใจทำงานผิดปกติและนำไปสู่โรคซิลิโคสิส (Silicosis) (กรมอนามัยและกรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข, 2558) อีกทั้งถ้าได้รับการสะสมเป็นระยะเวลานานจะนำไปสู่โรคมะเร็งปอด

Table 6. Morphology and elemental analysis of collected Particle at 9 monitoring sites in Phitsanulok Municipality.

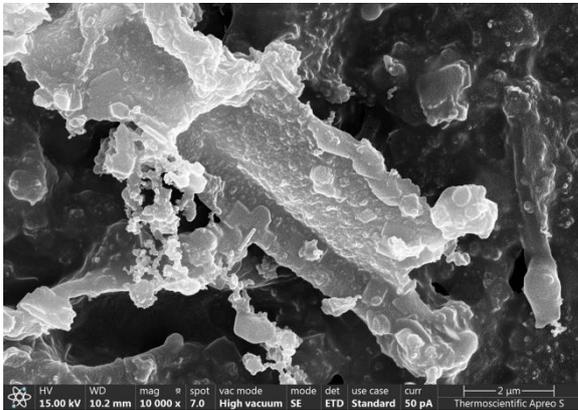
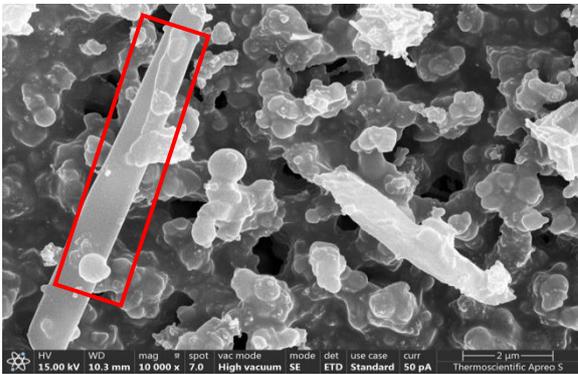
Roadside	Morphology	Element	%wt
R1	 <p>(Irregular particle form)</p>	C	53.9
		O	18.1
		F	14.6
		S	5.6
		K	2.7
		Si	2.1
		Ca	1.5
		Na	0.4
		Pb	0.2
		Zn	0.2
		Fe	0.1
		Al	0.1
		Cl	0.1
		Cr	0.1
Mg	0.1		
Ni	0.1		
R2	 <p>(Long rod-shaped particles)</p>	C	48.5
		O	23.0
		F	11.4
		S	8.0
		K	2.9
		Si	2.4
		Fe	1.3
		Cu	0.5
		Pb	0.5
		Ni	0.4
		Zn	0.3
		Al	0.3

Table 6. (continue)

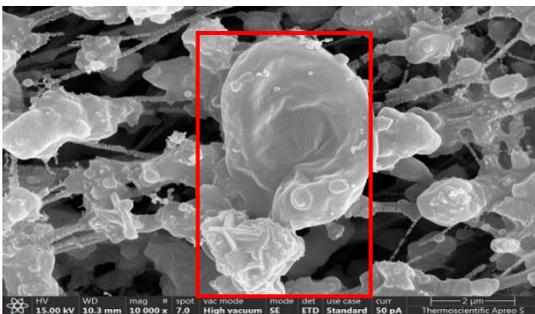
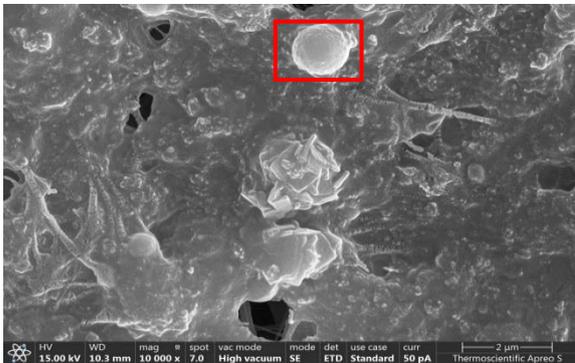
Roadside	Morphology	Element	%wt
R3	 <p>(Spherical particle form)</p>	C	46.3
		O	26.6
		F	9.7
		S	8.0
		K	4.8
		Si	1.9
		Ca	1.2
		Na	0.4
		Pb	0.3
		Al	0.2
		Mg	0.2
		Fe	0.2
		Cl	0.1
		Mn	0.1
		Co	0.1
		Zn	0.1
R4	 <p>(Spherical particle form)</p>	C	39.7
		O	28.4
		F	11.9
		S	6.1
		Si	4.6
		K	3.7
		Ca	3.4
		Na	0.7
		Pb	0.5
		Al	0.2
		Cl	0.2
		Co	0.2
		Fe	0.1
		Mg	0.1
		Zn	0.1

Table 6. (continue)

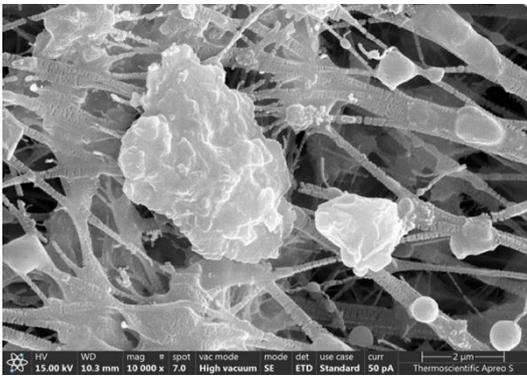
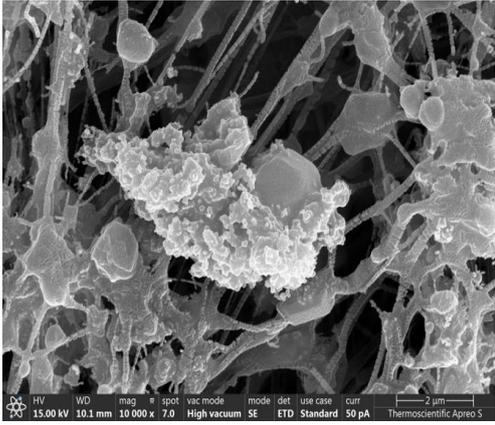
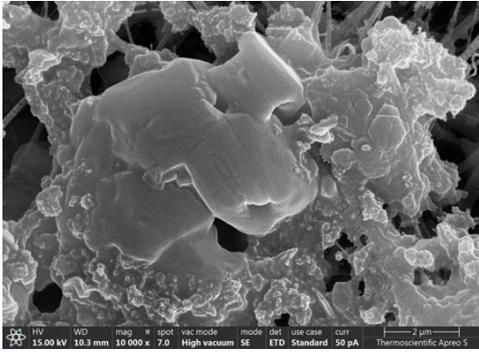
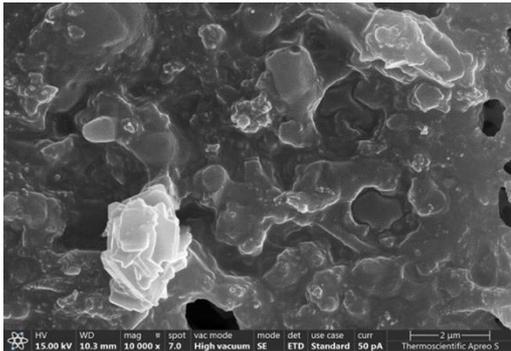
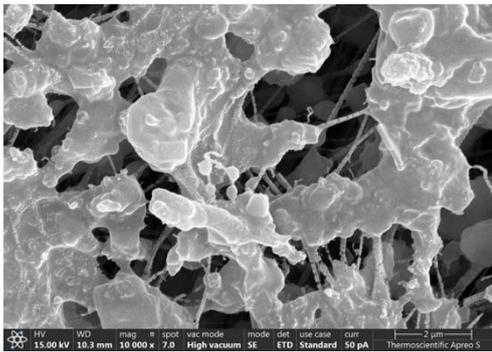
Roadside	Morphology	Element	%wt
R5		C	34.9
		O	28.2
		F	15.2
		Si	8.6
		Al	4.6
		Fe	2.9
		S	2.2
		K	1.4
		Mg	0.7
		Ca	0.3
		Mn	0.2
	Na	0.2	
	(Flocculent particle)		
R6		C	30.3
		F	28.7
		O	24.9
		Si	6.1
		Al	4.6
		S	1.9
		Na	1.2
		Fe	0.7
		K	0.7
		Pb	0.4
		Ca	0.3
	Mg	0.1	
	Zn	0.1	
	Cd	0.1	
	(Irregular particle form)		

Table 6. (continue)

Roadside	Morphology	Element	%wt		
R7	 (Flocculent particle)	C	31.5		
		O	22.8		
		F	18.2		
		S	14.2		
		K	11.0		
		Si	1.2		
		Na	0.3		
		Pb	0.2		
		Al	0.2		
		Ca	0.1		
		Cd	0.1		
R8	 (Irregular particle form)	C	42.1		
		O	30.2		
		F	9.2		
		S	6.0		
		K	3.3		
		Ca	3.1		
		Si	2.5		
		Al	1.1		
		Na	0.6		
		R9	 (Irregular particle form)	C	49.1
				O	20.2
F	15.5				
S	5.6				
K	4.2				
Si	3.9				
Na	0.4				
Pb	0.2				
Fe	0.2				
Co	0.1				
Cu	0.1				
Zn	0.1				
Al	0.1				



อภิปรายผล

ผลการศึกษาระดับความเข้มข้นของ PM2.5 (เฉลี่ย 24 ชั่วโมง) บริเวณพื้นที่ริมถนนทั้ง 9 แห่งพบว่า พื้นที่ที่ปลอดภัยต่อสุขภาพประชาชนทั้งหมด 4 พื้นที่ถนนคือ ถนนพญาเสือบริเวณวัดอรัญญิก (R5) ถนนพระองค์ดำบริเวณตลาดราชพฤกษ์ (R6) ถนนพระองค์ดำบริเวณสี่แยกบ้านแขก (R7) และถนนบรมไตรโลกนารถบริเวณตลาดกิตติกร (R8) ในขณะที่ระดับความเข้มข้นของฝุ่น PM 2.5 ในพื้นที่มีระดับเกินเกณฑ์มาตรฐาน จำนวน 5 พื้นที่ ได้แก่ ถนนวังจันทร์ (R1) ถนนไชยานุภาพ (R2) ถนนสามแยกบึงพระจันทร์ (R3) ถนนพุทธบูชา (R4) และถนนศรีสุริโยทัย (R9) โดยมีระดับความเข้มข้นเท่ากับ $68.94 \pm 7.56 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $78.76 \pm 12.15 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $53.11 \pm 31.32 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $44.80 \pm 8.91 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และ $37.63 \pm 1.37 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ตามลำดับเมื่อนำระดับความเข้มข้นเฉลี่ยของ PM2.5 มาคำนวณเพื่อเปรียบเทียบกับค่าดัชนีคุณภาพอากาศ (AQI) พบว่าพื้นที่ถนนพระองค์ดำบริเวณตลาดราชพฤกษ์ (R6) ถนนพระองค์ดำบริเวณสี่แยกบ้านแขก (R7) มีค่า AQI เท่ากับ 47.60 และ 47.79 ตามลำดับพบว่าอยู่ในช่วงแถบสีเขียวแสดงถึงคุณภาพอากาศดีประชาชนสามารถทำกิจกรรมกลางแจ้งได้ตามปกติพื้นที่ถนนพญาเสือ (R5) และพื้นที่ถนนบรมไตรโลกนารถ (R8) มีค่า AQI เท่ากับ 62.38 และ 87.91 ตามลำดับพบว่าอยู่ในช่วงแถบสีเหลืองแสดงถึงคุณภาพอากาศดีประชาชนสามารถทำกิจกรรมกลางแจ้งได้ตามปกติพื้นที่ถนนศรีสุริโยทัย (R9) ถนนพุทธบูชา (R4) ถนนสามแยกบึงพระจันทร์ (R3) และถนนวังจันทร์ (R1) มีค่า AQI เท่ากับ 101.08 120.06 161.68 และ 183.96 ตามลำดับ อยู่ในช่วงแถบสีส้ม แสดงถึงคุณภาพอากาศเริ่มมีผลกระทบต่อสุขภาพ ควรใส่อุปกรณ์ป้องกัน PM2.5 ก่อนออกนอกอาคาร และพื้นที่ถนนไชยานุภาพ (R2) มีค่า AQI เท่ากับ 201 ขึ้นไป ช่วงแถบสีแดง แสดงถึงคุณภาพอากาศมีผลต่อสุขภาพควรงดกิจกรรมกลางแจ้งเมื่อพิจารณาข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาพบว่าช่วงวันที่ 2 เมษายน 2567 มีระดับความเข้มข้นของฝุ่น PM 2.5 สูงสุดเฉลี่ย $81.20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และต่ำสุดในวันที่ 29 เมษายน 2567 เฉลี่ย $20.60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และพบสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < .05$) ณ พื้นที่ริมถนนไชยานุภาพ ซึ่งผลการศึกษาดังกล่าวจำเป็นต้องพิจารณาสาเหตุหรือแหล่งกำเนิดที่มีความเป็นไปได้โดยการวิเคราะห์เชิงวิชาการโดยการใช้รูปร่างลักษณะและชนิดของธาตุที่พบ

เนื่องจากลักษณะเฉพาะตัวภายใต้กระบวนการทางเคมี-ฟิสิกส์เพื่อกำเนิดอนุภาคในบรรยากาศนั้นสามารถบ่งบอกได้ถึงแหล่งกำเนิดที่แท้จริงของทั้งชนิดและปริมาณความเข้มข้น PM2.5 ที่ปรากฏในแต่ละพื้นที่ซึ่งผลการศึกษาครั้งนี้

ผลการศึกษาลักษณะสัณฐานรวมทั้งชนิดของธาตุที่พบผลการวิจัยในครั้งนี้พบว่าชนิดของธาตุที่พบเป็นเปอร์เซ็นต์สูงสุด 8 อันดับแรกใน 9 พื้นที่ศึกษา ได้แก่ คาร์บอน (C) ออกซิเจน (O) ซิลิกอน (Si) โพแทสเซียม (K) ซัลเฟอร์ (S) อลูมิเนียม (Al) เหล็ก (Fe) และแคลเซียม (Ca) นอกจากนั้นยังพบว่ามี คาร์บอน (C) ออกซิเจน (O) ซิลิกอน (Si) เป็นธาตุ 3 ชนิดที่พบใน 5 อันดับแรกของทั้ง 9 พื้นที่ เมื่อพิจารณาเฉพาะธาตุ C และ O มีข้อมูลการศึกษาวิเคราะห์ว่ามีแหล่งกำเนิดเกิดจากการเผาไหม้สารอินทรีย์หรือการเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิงซึ่งอาจจะเป็นกลุ่ม elemental carbon ที่เกิดจากการเผาไหม้ชีวภาพเป็นหลักซึ่งบางครั้งถูกเรียกว่ามลสารขั้นที่ 1 (primary pollutants) หรือ กลุ่ม organic carbon ซึ่งเกิดจากกิจกรรมการเผาไหม้จากมวลชีวภาพเช่นกันซึ่งอาจ



(R4) พบอนุภาครูปร่างทรงกลม ถนนพญาเสือ (R5) และถนนพระองค์ดำบริเวณสี่แยกบ้านแขก (R7) พบอนุภาครูปร่างเกาะรวมเป็นกลุ่มก้อน และพื้นที่ถนนไชยานุภาพ (R2) พบอนุภาครูปร่างแท่งยาว ซึ่งรูปร่างของอนุภาคที่แตกต่างกันนั้นบ่งชี้ถึงองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน เช่น ประกอบด้วยสารอินทรีย์ (เช่น organic carbon, elemental carbon) หรือสารอนินทรีย์ (เช่น Calcium, Iron, Silicates, Sulfates) ส่วนการกำเนิดซึ่งทำให้อนุภาคมีการเกาะกลุ่ม หรือแตกกระจาย และมีขนาดที่แตกต่างกัน เกิดจากกระบวนการกำเนิดเช่นการรวมตัว การเผาไหม้ หรือการชนกันของอนุภาคที่ส่งผลต่อกายภาพองค์ประกอบทางเคมี ซึ่งมีการศึกษาวิจัยรูปร่างของอนุภาคในหลายพื้นที่ เช่น อนุภาคทรงกลม พบว่าโดยมากเกิดจากการเผาไหม้ภายใต้ระดับอุณหภูมิที่สูงมาก (Mogo et al., 2005) อนุภาครูปร่างไม่แน่นอน (Irregular particles) ซึ่งเป็นชนิดที่พบเป็นหลักเกิดจากกระบวนการรวมตัวกันระหว่างการเผาไหม้ หรือกระบวนการอื่น ๆ ในบรรยากาศ (Rodríguez et al., 2009)

หรือการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของเชื้อเพลิงฟอสซิลและการเผาไหม้ชีวมวลเป็นสาเหตุหลักของการกำเนิดอนุภาคที่มีรูปร่างเป็นก้อน (Agglomeration particle emissions) (Li et al., 2016) การศึกษาวิจัยโดย (Prabhu et al., 2019) ซึ่งศึกษารูปร่างด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) พบว่าอนุภาคมีสัณฐานที่หลากหลาย เช่น ก้อนน้ำมันที่มีโครงสร้างทรงกลมและอสัณฐาน และโดยปกติแล้วจะมารวมตัวกับอนุภาคอื่น ๆ ก้อนน้ำมันส่วนใหญ่ถูกปล่อยออกมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล อนุภาคที่มีรูปร่างเป็นอนุภาคที่มีองค์ประกอบเต็มไปด้วยคาร์บอน แหล่งกำเนิดของอนุภาคเหล่านี้สาเหตุมาจากการเผาไหม้ทางการเกษตร/ป่าไม้ และการเผาขยะ อนุภาครูปร่างก้อน หรือก้อนปุยมีที่มาได้หลากหลาย เช่น มีองค์ประกอบของควอตซ์ อะลูมิเนียมซิลิเกต เหล็ก คลอไรด์ และแคลเซียม อนุภาคที่เป็นโซ่/กิ่งก้าน ส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล และสามารถระบุได้ง่ายด้วยโครงสร้างที่เป็นเอกลักษณ์ของอนุภาคที่พบจากการวิเคราะห์ตั้งแต่การรวมตัวของอนุภาคเชิงเส้นไปจนถึงการแตกแขนงที่ซับซ้อนมากขึ้นการกำเนิดของอนุภาคสามารถทำให้ทราบถึงแหล่งกำเนิดที่มาจากอุตสาหกรรมที่ใช้ถ่านหินและโรงไฟฟ้าที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการที่อุณหภูมิสูง

งานวิจัยนี้สอดคล้องกับการศึกษา โดย (Satsangi and Yadav, 2014) ซึ่งได้ทำการศึกษาในรูปแบบเดียวกัน ณ เมืองปูเน ด้านตะวันตกของที่ราบสูง Deccan ประเทศ อินเดีย พบว่า Si เป็นธาตุที่ถูกรับอย่างโดดเด่นเป็นอันดับต้น ๆ ของธาตุทุกชนิด ในสัดส่วนถึง 52 % รองลงมาคือ S Zn Cu Na Al K Ca P และ Fe โดยพบว่า สัณฐานส่วนใหญ่เป็นรูปร่างไม่แน่นอน และรูปร่างทรงกลม ซึ่งสันนิษฐานได้ว่ามีแหล่งกำเนิดจากฝุ่นดินการฟุ้งกระจายเศษวัสดุจากอาคารที่มีการสีกร่อนการเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิงและการเผาไหม้มวลชีวภาพ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยในครั้งนี้ ซึ่งอนุภากดังกล่าวที่กระจายในเขตเมืองจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอีกเช่นกัน เมื่อพิจารณาความเสี่ยงต่อสุขภาพในพื้นที่ถนนหลายพื้นที่จึงสามารถวิเคราะห์ได้ว่าประชาชนในจังหวัดพิษณุโลกซึ่งใช้ชีวิตประจำวัน ณ พื้นที่ดังกล่าว ยังคงสัมผัสกับ PM2.5 ในระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพในระดับสูงเป็นเวลายาวนานและต่อเนื่อง

ด้วยสถานการณ์ดังกล่าวย่อมส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนทั้งในระยะเวลาปัจจุบันและจะส่งผลกระทบต่อเนื่องกับปัญหาสุขภาพในอนาคตดังนั้นผลการการศึกษาในครั้งนี้ ทั้งปริมาณ สัณฐาน และชนิดธาตุของ PM_{2.5} รวมทั้งปัจจัยสภาพแวดล้อม ณ พื้นที่ศึกษาทำให้สามารถสันนิษฐานได้ว่า แหล่งกำเนิดหลักที่สำคัญของอนุภาคขนาดเล็กทั้ง 9 พื้นที่ศึกษานั้น เกิดจากกระบวนการเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิงจากฟอสซิล (จากยานพาหนะ) การเผามูลชีวภาพ และ ฝุ่นดินที่ฟุ้งกระจายจากท้องถนนที่มีการซ่อมแซม หรือถนนที่มีการสึกกร่อน ผลการวิจัยครั้งนี้จึงเป็นประโยชน์เพื่อนำไปสู่แนวทางการบรรเทาสถานการณ์ฝุ่น PM_{2.5} ในพื้นที่เขตเมืองพิชัยโลก โดยมีการจัดการแหล่งกำเนิดฝุ่น PM_{2.5} ที่แม่นยำต่อไป

สรุป

ผลการศึกษา บริเวณพื้นที่ริมถนนเขตเทศบาลนครพิชัยโลก จำนวน 9 พื้นที่ พบว่ามีความเข้มข้นของฝุ่น PM_{2.5} แตกต่างกัน โดยพบว่า ถนนไชยานุภาพ (R2) มีปริมาณฝุ่น PM_{2.5} สูงที่สุด รองลงมา ถนนวังจันทร์ (R1) ถนนสามแยกบึงพระจันทร์ (R3) ถนนพุทธบูชา (R4) และ ถนนศรีสุริโยทัย (R9) ตามลำดับมีปริมาณความเข้มข้นของฝุ่น PM_{2.5} เกินเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนบริเวณถนนพระองค์ดำ บริเวณตลาดราชพฤกษ์ (R6) ถนนพญาเสือ (R5) ถนนพระองค์ดำ บริเวณสี่แยกบ้านแขก (R7) และถนนบรมไตรโลกนาถ (R8) มีระดับปริมาณความเข้มข้นของฝุ่น PM_{2.5} ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐาน เมื่อวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราดชนิดฟิล์มอีมิสชัน (FESEM) พบอนุภาครูปร่างไม่แน่นอน อนุภาคทรงกลม อนุภาคแท่งยาว และอนุภาคจับเป็นปุกก้อน เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุ (EDS) พบว่าธาตุส่วนใหญ่เป็น C F O S K Si Na Fe Al Ca Cl Mg Ni Zn และ Pb ซึ่งธาตุที่พบ 4 อันดับแรก ได้แก่ C O S และ Si สามารถบ่งชี้ได้ว่า มีแหล่งกำเนิดจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ของเชื้อเพลิงจากยานพาหนะ และมีอนุภาคของฝุ่นดิน จากดิน ทราายที่เกิดการฟุ้งกระจายจากการเคลื่อนที่ของยานพาหนะในพื้นที่

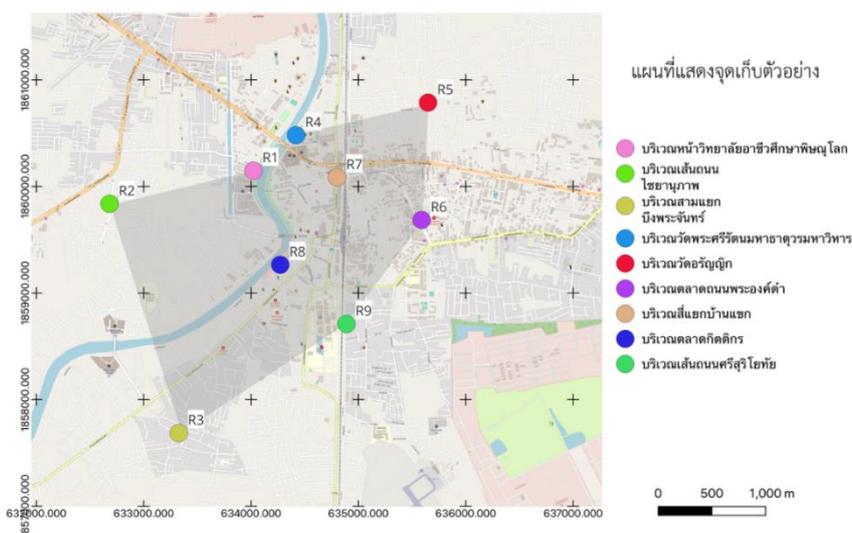


Figure 1. The nine selected roadside locations within Phitsanulok Municipality

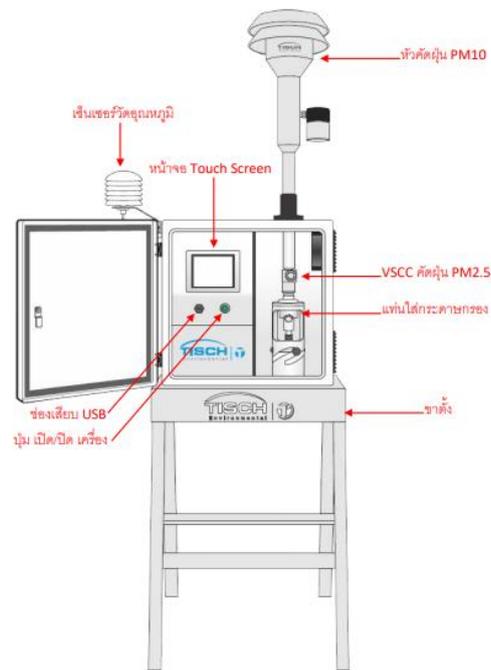


Figure 2. Low Volume Air Samplers for PM_{2.5} collection in the study.



Figure 3. Field Emission Scanning Electron Microscope (FESEM) and EDX machine used in this research

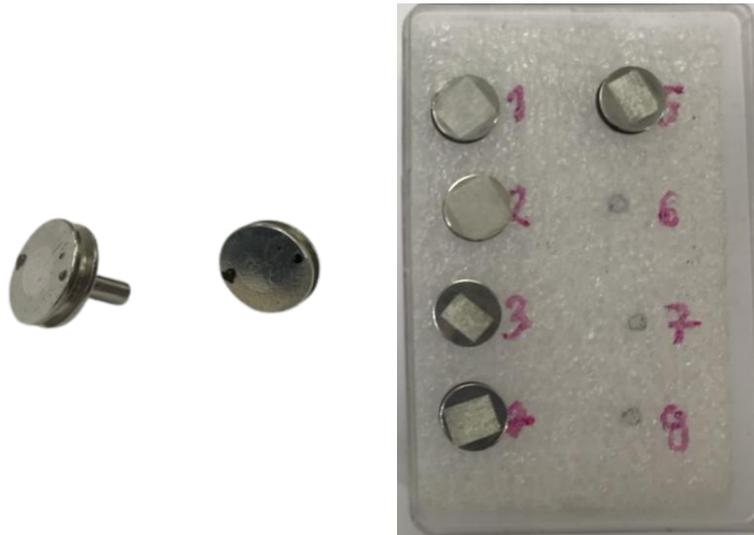


Figure 4. The processing of the sample by mounting it on the stub's surface

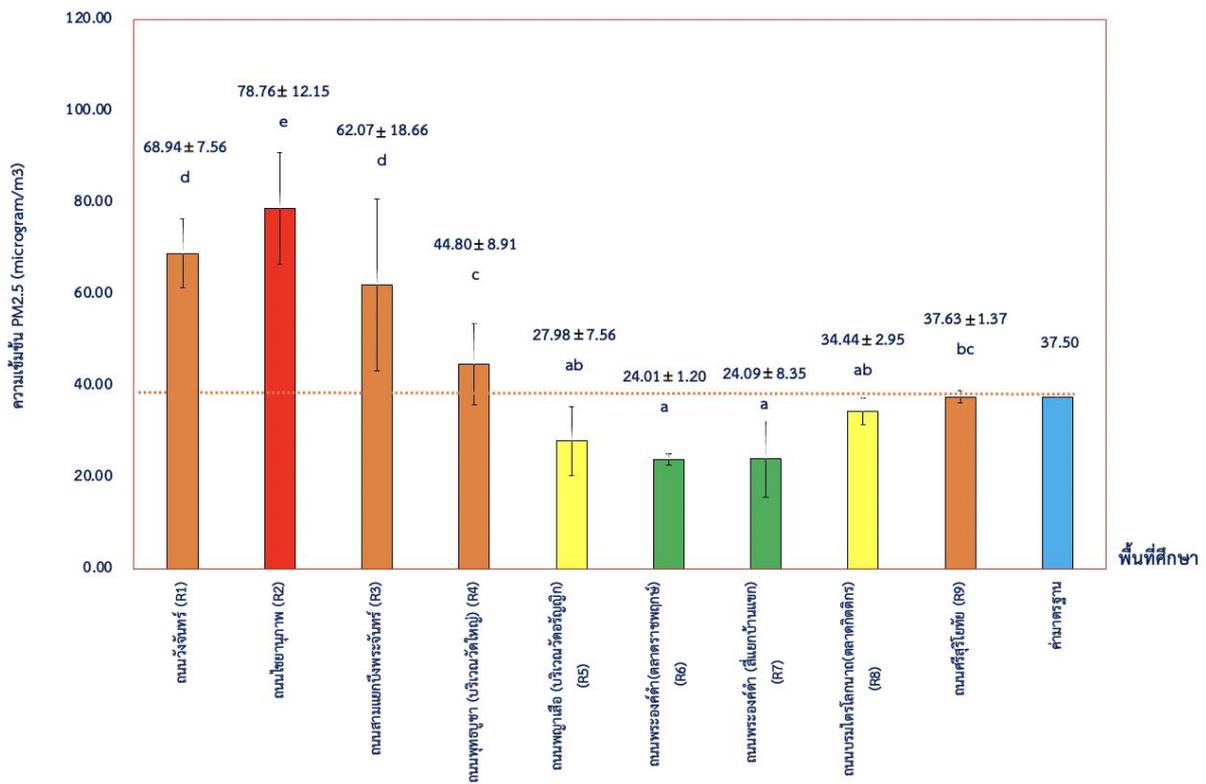


Figure 5. 24-hour average PM2.5 concentration in the 9 selected roadside locations within Phitsanulok Municipality (Average ± SD)

*Different letters indicate statistically significant differences ($P \leq .05$).



กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณสำนักงานเทศบาลนครพิษณุโลก ที่ให้ความอนุเคราะห์และช่วยเหลือในการลงพื้นที่เก็บตัวอย่าง PM2.5 ในการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ. (2567). รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2566. เอพี คอนเน็กซ์.
- กรมควบคุมมลพิษ. (2567). Air4thai. <http://air4thai.pcd.go.th/webV3/#/History>
- กรมควบคุมมลพิษ. (2566). ร่างเอกสารประกอบการพิจารณาการปรับปรุงมาตรฐานฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน ในบรรยากาศทั่วไป. https://www.pcd.go.th/wp-content/uploads/2021/01/pcdnew-2021-01-28_08-42-24_325315.pdf
- กรมอนามัย. (2567). ประชากรทะเบียนราษฎร์ ปีงบประมาณ 2666 พิษณุโลก. <https://dashboard.anamai.moph.go.th/population/popall/changwat?year=2023&cw=65>
- กรมอนามัยและกรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. (2558). แนวทางการเฝ้าระวังพื้นที่เสี่ยงจากมลพิษทางอากาศ กรณีฝุ่นละอองขนาดเล็ก (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรมอนามัยและกรมควบคุมโรค.
- จามจุรี ดีปินดา. (2565). การศึกษาสถานการณ์และอิทธิพลของการจราจรต่อระดับมลสารในบรรยากาศและระดับเสียงในเขตเทศบาลเมือง จังหวัดพิษณุโลก (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยนเรศวร). NU Intellectual Repository. <https://nuir.lib.nu.ac.th/dspace/handle/123456789/5714>
- เทศบาลนครพิษณุโลก. (2567). ข้อมูลประชากรจังหวัดพิษณุโลก. <https://phsmun.go.th/frontpage>
- ธันวดี ศรีธาวีรัตน์ และ อรุณ ภูมิจารย์. (2565). การจำแนกแหล่งกำเนิดฝุ่นขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอนในพื้นที่เขตเมืองจังหวัดพิษณุโลก. https://explore.nrct.go.th/file_upload/submitter/file_upload//a06e4ca757a7a8e1953b4feb0134a9b8b9e89774dfddba59.pdf
- ประกาศกรมควบคุมมลพิษ เรื่อง ดัชนีคุณภาพอากาศของประเทศไทย พ.ศ. 2566. (3 กรกฎาคม 2566). ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 140 ตอนพิเศษ 157 ง หน้า 3-6.
- ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เรื่อง ดัชนีคุณภาพอากาศของประเทศไทย พ.ศ. 2566. (3 กรกฎาคม 2566). ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 140 ตอนพิเศษ 157 ง หน้า 3-6.
- สำนักงานจังหวัดพิษณุโลก. (2565). แผนปฏิบัติการราชการประจำปีงบประมาณ 2567. กลุ่มงานยุทธศาสตร์และข้อมูลเพื่อการพัฒนาจังหวัด.
- สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจสังคมแห่งชาติ. (2564). โครงการส่งเสริมความยั่งยืนของการพัฒนาเมืองในอนาคต. https://www.nesdc.go.th/ewt_news.php?nid=6905&filename=esdps



- American academy of pediatrics. (2004). *Ambient Air Pollution: Health Hazards to Children*.
American academy of pediatrics. doi:10.1542/peds.2004-2166
- Cao, J., Lee, S. C., Ho, K. F., Zhang, X. Y., Zou, S. C., & Fung, K. (2003). Characteristics of Carbonaceous Aerosol in Pearl River Delta Region, China during 2001 Winter Period. *Atmos. Environ*, 37, 1451–1460. doi:10.1016/s1352-2310(02)01002-6
- Goldstein, J. I. (1992). *Scanning electron microscopy and X-ray microanalysis* (2nd ed.). Plenum Press. (อ้างอิงใน ดลฤดี โตเย็น, 2563, การวิเคราะห์ธาตุและองค์ประกอบด้วยเทคนิค Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (EDS). <https://www3.rdi.ku.ac.th/cl/knowledge/EDS.pdf>)
- Jacobson, M. Z. (2002). *Atmospheric Pollution*. Cambridge University Press.
- James, F. H., Nathan, M., Kreisberg, B., Stump, C. B., Purushottam, K., Susanne, V., & Gabriel, I. (2020). A new approach for measuring the carbon and oxygen content of atmospherically relevant compounds and mixtures. *Atmospheric Measurement Techniques*, 40(9), 4911–4925.
- Ji, D., Zhang, J., He, J., Wang, X., Pang, B., Liu, Z., Wang, L., & Wang, Y. (2016). Characteristics of atmospheric organic and elemental carbon aerosols in urban Beijing, China. *Atmospheric Environment*, 125, 293–306.
- Jimenez, J. L., & Canagaratna, M. R. (2009). Evolution of organic aerosols in the atmosphere. *Science*, 326(5959), 1525–1529. <https://doi.org/10.1126/science.1180353>
- Li, W., Shao, L., Zhang, D., Ro, C.-U., Hu, M., & Bi, X. (2016). A review of single aerosol particle studies in the atmosphere of East Asia: Morphology, mixing state, source, and heterogeneous reactions. *Journal of Cleaner Production*, 112, 1330–1349. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.04.050>
- Lough, G. C., Schauer, J. J., Park, J. S., Shafer, M. M., DeMinter, J. T., & Weinstein, J. P. (2005). Emissions of metals associated with motor vehicle roadways. *Environmental Science & Technology*, 39(3), 826–836. <https://doi.org/10.1021/es048068l>
- Mogo, S., Cachorro, V. E., & de Frutos, A. M. (2005). Morphological, chemical and optical absorbing characterization of aerosols in the urban atmosphere of Valladolid. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 5(10), 2739–2748. <https://doi.org/10.5194/acp-5-2739-2005>
- Onat, B., Sahin, U. A., & Akyuz, T. (2013). Elemental characterization of PM_{2.5} and PM₁ in dense traffic area in Istanbul, Turkey. *Atmospheric Pollution Research*, 4, 101-105.



- Pipal, S. A., & Satsangi, G. P. (2014). Study of carbonaceous species, morphology and sources of fine (PM2.5) and coarse (PM10) particles along with their climatic nature in India. *Atmospheric Research*, 154(2015), 103-115.
- Prabhu, V., Gupta, S. K., Madhwal, S., & Shridar, V. (2019). Exposure to atmospheric particulates and associated respirable deposition dose to street vendors at the residential and commercial sites in Dehradun City; Thesis, Doon University. *Saf Health Work*, 10, 237-244.
- Prabhu, V., Shridhar, V. & Choudhary, A. (2019). Investigation of the source, morphology, and trace elements associated with atmospheric PM10 and human health risks due to inhalation of carcinogenic elements at Dehradun, an Indo-Himalayan city. *SN Applied Science*, 1, 429.
- Rodríguez, I., Galí, S., & Marcos, C. (2009). Atmospheric inorganic aerosol of a non-industrial city in the center of an industrial region of the North of Spain, and its possible influence on the climate on a regional scale. *Environmental Geology*, 56(8), 1551-1561. doi:10.1007/s00254-008-1253-9
- Satsangi, P. G., & Yadav, S. (2014). Characterization of PM2.5 by X-ray diffraction and scanning electron microscopy-energy dispersive spectrometer: its relation with different pollution sources. *Springer*, 11, 217-232.
- Satsangi, A., Pachauri, T., Singla, V., Lakhani, A., & Kumari, K. M. (2012). Organic and elemental carbon aerosols at a suburban site. *Journal Atmospheric Research*, 113(2012), 13–21.
- Thangavel, P., Park, D., & Lee, Y. C. (2022). Recent insights into particulate matter (PM2.5)-mediated toxicity in humans. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19, 7511.
- WHO. (2021). *WHO global air quality guidelines particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide*. WHO.
- Zeb, B., Alam, K., Sorooshian, A., Blaschke, T., Ahmad, I., & Shahid, I. (2018). On the morphology and composition of particulate matter in an urban environment. *Aerosol and Air Quality research*, 18, 1431-1447.
- Zeb, B., Alam, K., Ditta, A., Ullah, S., Ali, H. M., Labrahim, M., & Salem, M. Z. M. (2022). Variation in coarse particular matter (PM10) and its characterization at multiple locations in the semiarid region. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 843582.



Zhu, Y., & Hinds, C. W. (2002). Concentration and size distribution of ultrafine particles near a major highway. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 52, 1032-1042.