

ความสัมพันธ์ระหว่างค่ามลพิษฝุ่นละออง PM_{2.5} กับโรคระบบทางเดินหายใจ
และโรคหัวใจหลอดเลือด : กรณีศึกษาพื้นที่กรุงเทพมหานครและจังหวัดนครสวรรค์
The Relationship Between Particulate Matter (PM_{2.5}) With Respiratory
Disease and Coronary Heart Disease : Case Studies in
Bangkok and Nakhon Sawan

วรรณาราช ณะบวรสกุล^{1*} เสรีย์ ตู่ประกาย² ปิยะรัตน์ ปรีย์มานิช³ และมงคล รัชชะ⁴
Woranara Chanabawornsakul^{1*}, Seree Tuprakay², Piyarat Premanoch³ and Mongkol Ratcha⁴

รับบทความ 23 กุมภาพันธ์ 2566/ ปรับแก้ไข 20 เมษายน 2566/ ตอรับบทความ 31 พฤษภาคม 2566

Received: February 23, 2022/ Revised: April 20, 2023/ Accepted: May 31, 2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่ามลพิษฝุ่นละออง PM_{2.5} กับโรคระบบทางเดินหายใจและโรคหัวใจหลอดเลือดในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานครและจังหวัดนครสวรรค์ โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจำนวนผู้ป่วยและข้อมูลค่าเฉลี่ยรายเดือนของฝุ่นละออง PM_{2.5} ย้อนหลังระหว่าง ปี พ.ศ. 2563 - ปี พ.ศ. 2565 มาวิเคราะห์โดยใช้สถิติ Independent t-test และใช้สถิติสหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน ผลจากการศึกษาพบว่าค่า Mean ของ PM_{2.5} ในช่วงฤดูฝนของพื้นที่กรุงเทพมหานครและจังหวัดนครสวรรค์สูงกว่านอกฤดูฝนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) โดยในกรุงเทพมหานครพบค่าความเข้มข้นของฝุ่นละออง PM_{2.5} มีความสัมพันธ์ในทางบวกกับการเกิดโรคไข้หวัดใหญ่ (Influenza) ($r = .407$, $p < 0.05$) และจังหวัดนครสวรรค์ในช่วงฤดูฝน พบว่าค่าความเข้มข้นของฝุ่นละออง PM_{2.5} มีความสัมพันธ์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการเกิดโรคปอดบวม (Pneumonia), ไข้หวัดใหญ่ (Influenza) โรคจมูกอักเสบเรื้อรัง (Chronic rhinitis) และโรคหลอดลมอักเสบ (Bronchitis) ($r = .648, .786, .696, .845$ ตามลำดับ, $p < 0.05$) ข้อมูลจากการศึกษานี้สามารถนำไปสู่การวางแผนป้องกันผลกระทบทางด้านสุขภาพจากการรับสัมผัส PM_{2.5} ในพื้นที่กรุงเทพมหานครและจังหวัดนครสวรรค์อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

คำสำคัญ: ความสัมพันธ์, ฝุ่นละออง PM_{2.5}, โรคระบบทางเดินหายใจ, โรคหัวใจและหลอดเลือด

^{1*}นักศึกษา หลักสูตร ปร.ด. การตรวจสอบและกฎหมายวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง
Ph.D. Student: Engineering Law and Inspection, Faculty of Engineering, Ramkhamhaeng University

^{2,3}รองศาสตราจารย์ ดร. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง
Associate Professor Dr. Faculty of Engineering, Ramkhamhaeng University

⁴ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง
Lecturer Dr. Faculty of Public Health, Ramkhamhaeng University

*ผู้รับผิดชอบบทความ Email: cha.woranara@gmail.com

Abstract

The objective of this study was to examine the association between PM_{2.5} exposure and respiratory and cardiovascular diseases in Bangkok and Nakhon Sawan provinces. The investigation involved collecting data on the prevalence of patients with respiratory and cardiovascular diseases, as well as the average monthly concentrations of PM_{2.5} over the period from 2020 to 2022. Statistical analyses, including independent t-tests and Pearson correlation coefficients, were employed to analyze the data. The results of the study demonstrated that the mean PM_{2.5} levels during the dust season were significantly higher in both Bangkok and Nakhon Sawan provinces compared to the off-season ($p < 0.001$). Specifically, in Bangkok, there was a positive correlation between PM_{2.5} concentration and influenza ($r = 0.407$, $p < 0.05$). In Nakhon Sawan province, during the dust season, a statistically significant positive relationship was observed between PM_{2.5} concentration and pneumonia, influenza, chronic rhinitis, and bronchitis ($r = 0.648, 0.786, 0.696$, and 0.845 , respectively, $p < 0.05$). These research findings have important implications for implementing proactive measures to mitigate the health impacts of PM_{2.5} exposure in Bangkok and Nakhon Sawan.

Keywords: Relationship, PM_{2.5}, Respiratory disease, Cardiovascular disease

บทนำ

ฝุ่นละออง (Particulate Matter, PM) ที่อยู่ในบรรยากาศ มีขนาดอนุภาคและองค์ประกอบของสารหลายชนิดแตกต่างกันไป (Rai, P. K., 2016) และมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพบรรยากาศ ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม รวมไปถึงผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตต่างๆ ทำให้มีการเจ็บป่วยและเสียชีวิตเพิ่มขึ้น (Manisalidis I. et al., 2020; Wang X. et al., 2018) ความเข้มข้นของ PM_{2.5} ที่เพิ่มขึ้นเป็นประเด็นทางสังคมที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับขยายตัวของเมืองในประเทศต่างๆ กว่า 135 ทั่วโลก และพบว่าพัฒนาการทางเศรษฐกิจและอุตสาหกรรม ล้วนส่งผลให้อัตราความเข้มข้นของ PM_{2.5} เพิ่มขึ้น (Yang D. et al., 2018; Wang, Q. et al., 2019) ทั้งนี้การรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM_{2.5} ถือว่าเป็นปัญหาด้านสุขภาพที่สำคัญของประชากรทั่วโลก (Chowdhury S. et al., 2022)

การรับสัมผัสฝุ่นละออง ส่งผลกระทบให้เกิดความเสี่ยงต่อปัญหาทางด้านสุขภาพของประชากรที่เพิ่มมากขึ้น (Murray C. et al., 2020) และปัญหามลพิษทางอากาศส่งผลกระทบต่อเกิดการเกิดโรคภัยไข้เจ็บต่อประชากรทั่วโลกในช่วง 25 ปีที่ผ่านมา (Cohen A. et al., 2017) ในระยะยาวการรับสัมผัสฝุ่น PM_{2.5} มีความสัมพันธ์กับความเสี่ยงต่อการเสียชีวิต จากการเป็นโรคต่างๆ เช่น โรคหัวใจและหลอดเลือด โรคระบบทางเดินหายใจ โรคการติดเชื้อที่ระบบทางเดินหายใจส่วนล่าง โรคมะเร็งปอด เป็นต้น (Alexeeff S. et al., 2021; Yang X. et al., 2022)

จะเห็นว่ามลพิษฝุ่นละออง มีผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์เป็นอย่างมาก งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการศึกษา

ความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละออง PM_{2.5} กับโรคระบบทางเดินหายใจและโรคหัวใจและหลอดเลือด ในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร ซึ่งเป็นเขตเมืองที่มีประชากรจำนวนมาก (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2564) และมีแหล่งก่อให้เกิดมลพิษที่สำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งมลพิษจากการเผาไหม้วัสดุทางการเกษตร (Oanh, N.T.K., 2017) และในฤดูแล้งพบว่า การเผาชีวมวลในที่โล่งส่งผลต่อความเข้มข้นของ PM_{2.5} ในเขตกรุงเทพฯ โดยการเผาในระยะรัศมี 100 ถึง 500 กิโลเมตร โดยรอบนั้นมีผลกระทบต่อระดับความเข้มข้นของ PM_{2.5} ในกรุงเทพฯ (Chalermpong, S. et al., 2021) นอกจากนี้พื้นที่จังหวัดนครสวรรค์มีสถิติการเผาไหม้ในพื้นที่ทางการเกษตรจำนวนมาก เมื่อพิจารณาจาก จำนวนจุดความร้อน (hotspot) ในพื้นที่การเกษตรในช่วงปี 2563-2564 มากเป็นอันดับต้นๆ ในประเทศไทย (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ, 2565) และยังมีค่ามลพิษฝุ่นละอองเกินค่ามาตรฐานในบางช่วงเช่นกัน ซึ่งการศึกษาความสัมพันธ์ด้านสุขภาพกับปัญหามลพิษฝุ่นละอองในพื้นที่ทั้งสองนี้ จะนำไปสู่การสนับสนุน ข้อเสนอแนะแนวทางในการดำเนินการป้องกันปัญหาที่ทำให้เกิดฝุ่นละออง เพื่อวางแผนลดผลกระทบปัญหาทางด้านสุขภาพที่เกิดขึ้นจากการรับสัมผัสฝุ่นละออง ในพื้นที่ทั้งสองจังหวัดต่อไป

วิธีดำเนินการศึกษา

ในการเกิดโรคระบบทางเดินหายใจและหลอดเลือด อาจไม่ได้เกิดอาการของโรคต่างๆ ในทันทีทันใดหลังการรับสัมผัส ในการศึกษาเป็นการรวบรวมข้อมูลย้อนหลังโดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลค่าความเข้มข้นของ มลพิษฝุ่นละออง PM_{2.5} เฉลี่ยรายเดือน (กรมควบคุมมลพิษ, 2565) จำนวน 30

เดือน ในช่วงเวลา เดือน มกราคม 2563 จนถึง เดือน มิถุนายน 2565 โดยใช้ค่าเฉลี่ยจากสถานีตรวจวัดทุกสถานีในพื้นที่ กรุงเทพมหานคร และจังหวัดนครสวรรค์ จากเว็บไซต์ www.air4thai.pcd.go.th และทำการเก็บรวบรวมข้อมูลของผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจและโรคหัวใจหลอดเลือดที่เกี่ยวข้องกับการรับสัมผัส PM_{2.5} จากฐานข้อมูล HDC (ศูนย์ข้อมูลสุขภาพกระทรวงสาธารณสุข, 2565) จำนวน 30 เดือน ในช่วงเวลา เดือน มกราคม 2563 จนถึง เดือน มิถุนายน 2565 เช่นเดียวกัน ข้อมูลกลุ่มโรคระบบทางเดินหายใจ ได้แก่ โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (Chronic Obstructive Pulmonary) โรคหอบหืด (Asthma) โรคปอดบวม (Pneumonia) โรคไข้หวัดใหญ่ (Influenza) โรคหลอดลมอักเสบเฉียบพลัน (Acute pharyngitis) โรคจมูกอักเสบเรื้อรัง (Chronic rhinitis) โรคหลอดลมอักเสบ (Bronchitis) กลุ่มโรคหัวใจและหลอดเลือด ได้แก่ โรคหัวใจขาดเลือดเฉียบพลัน (Acute ischemic heart) และโรคหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular disease :Stroke)

ข้อจำกัดอย่างหนึ่งในงานวิจัยนี้คือการเก็บรวบรวมข้อมูลจากฐานข้อมูลโรคที่เกี่ยวข้องกับระบบทางเดินหายใจและโรคหัวใจหลอดเลือดจากฐานข้อมูลของกระทรวงสาธารณสุข ซึ่งเริ่มปรากฏผลการบันทึกในฐานข้อมูล Health Data Center: HDC (<https://hdc.service.moph.go.th>) ในปี 2563 เป็นต้นมา ทำให้ข้อมูลเกี่ยวกับกลุ่มโรคทั้งสองที่นำมาใช้ในการศึกษามีจำนวนยังไม่มากนัก

การวิเคราะห์ข้อมูล

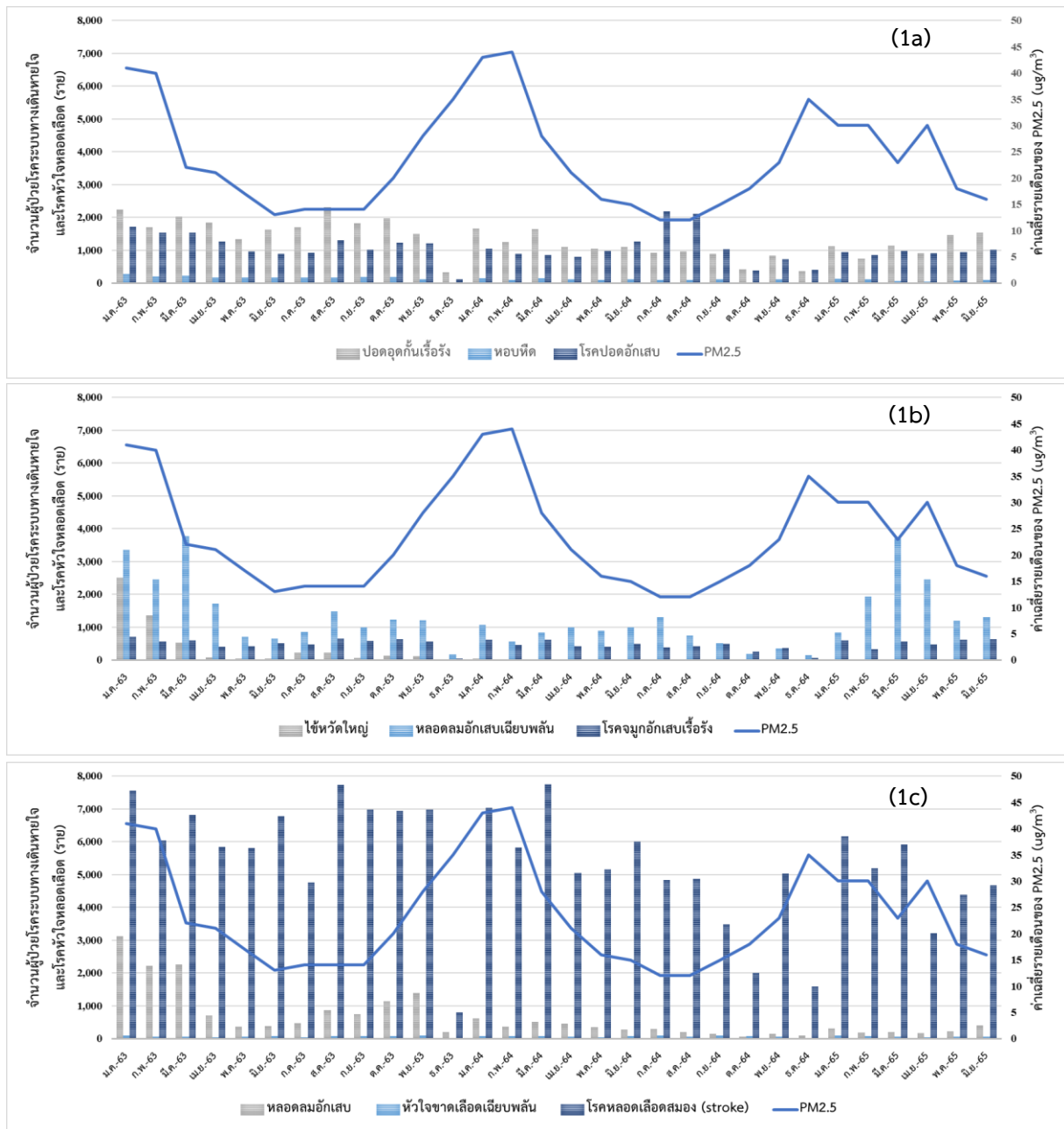
ดำเนินการศึกษาวิเคราะห์เปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ยระหว่าง 2 กลุ่ม ด้วย Independent t-test วิเคราะห์เปรียบเทียบข้อมูลระหว่างเดือนที่เป็นฤดูฝุ่น (มกราคม ถึง เมษายน) กับเดือนที่ไม่ใช่ฤดูฝุ่น (พฤษภาคม ถึง ธันวาคม) และใช้สถิติสหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson correlation)

ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง ค่ามลพิษฝุ่นละออง PM_{2.5} กับโรคระบบทางเดินหายใจและโรคหัวใจหลอดเลือด ในเขตพื้นที่ กรุงเทพมหานครและจังหวัดนครสวรรค์

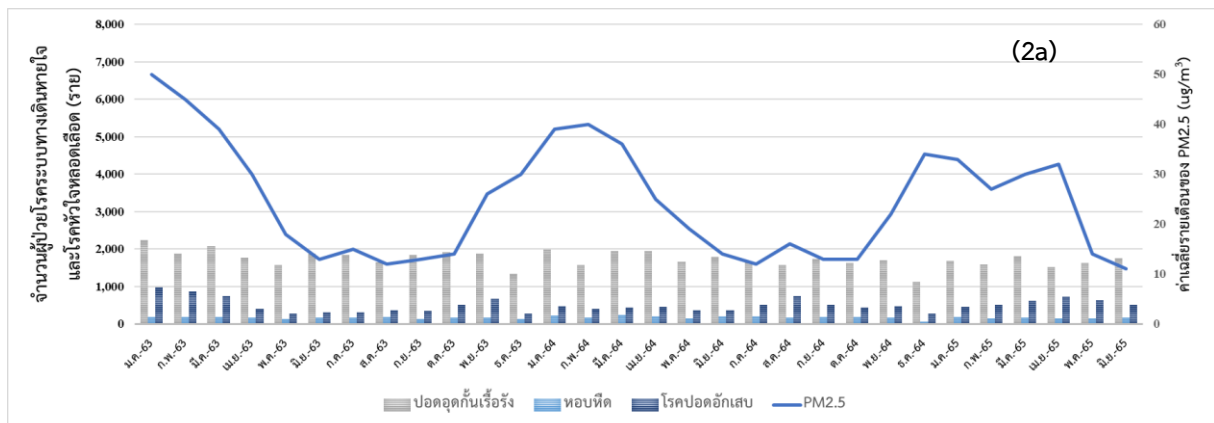
ผลการศึกษา

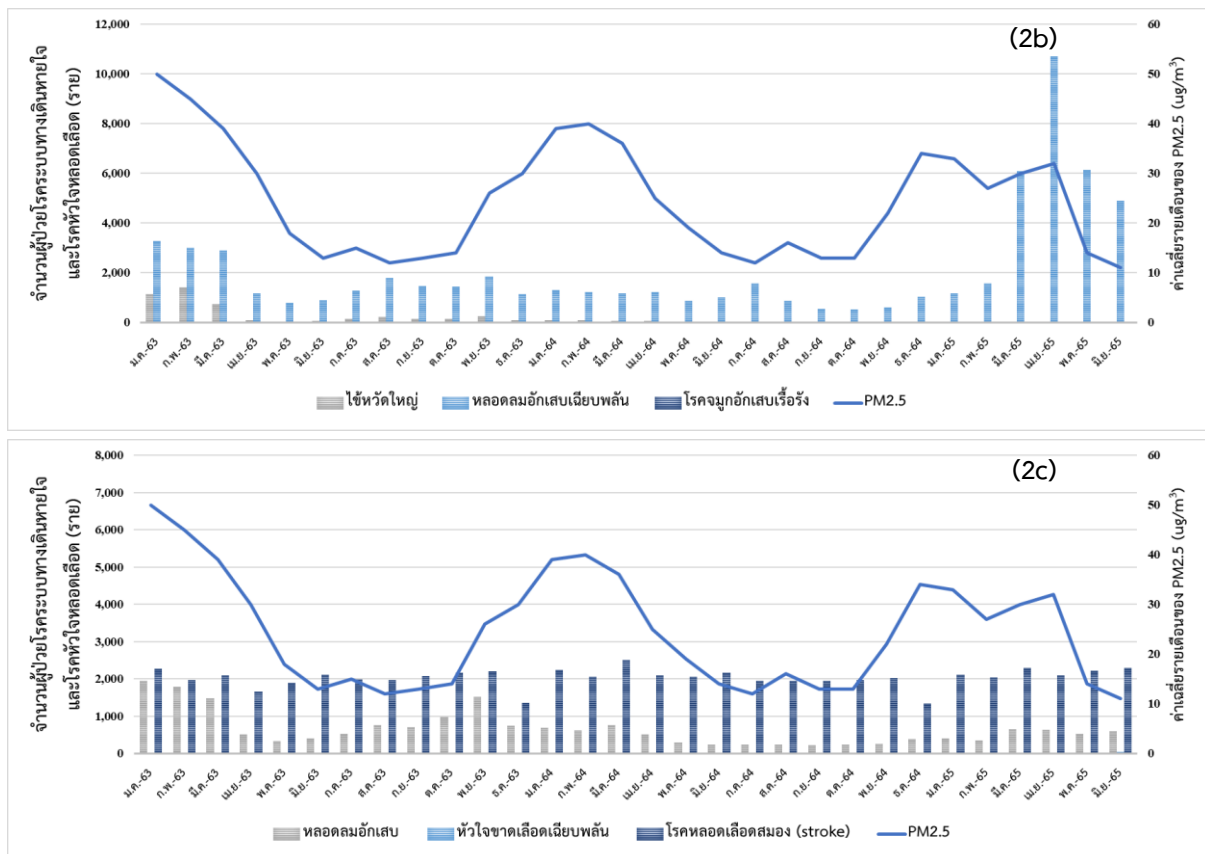
ผลจากการศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้เข้ารับบริการสุขภาพ ในโรงพยาบาลเขตพื้นที่ กรุงเทพมหานคร ในช่วง มกราคม 2563 จนถึง มิถุนายน 2565 พบว่ามีจำนวนผู้ป่วยด้วยโรคที่เกี่ยวข้องกับโรคหัวใจหลอดเลือด และอาการโรคหลอดเลือดสมอง (stroke) สูงเป็นอันดับต้นๆ โดยมีจำนวนรวม 161,189 ราย รองลงไป เป็นโรคโรคระบบทางเดินหายใจ ได้แก่โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (Chronic Obstructive Pulmonary) จำนวนรวม 39,569 ราย โรคหลอดลมอักเสบเฉียบพลัน (Acute pharyngitis) จำนวนรวม 38,602 ราย และ โรคปอดบวม (Pneumonia) จำนวนรวม 32,030 ราย กราฟเปรียบเทียบจำนวนโรคในแต่ละเดือนและค่าแนวโน้มของPM_{2.5} แสดงในรูปที่ 1 a-c

เก็บรวบรวมข้อมูล ผู้เข้ารับบริการสุขภาพ ในพื้นที่ จังหวัดนครสวรรค์ พบว่ามีจำนวนผู้ป่วย ด้วยโรคที่เกี่ยวข้องกับระบบทางเดินหายใจด้วยอาการ หลอดลมอักเสบเฉียบพลัน (Acute pharyngitis) สูงเป็นอันดับแรก โดยมีจำนวนรวม 63,590 ราย รองลงไปเป็นโรคหลอดเลือดสมอง (stroke) จำนวนรวม 61,112 ราย โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (Chronic Obstructive Pulmonary) จำนวนรวม 52,226 ราย และโรคหลอดลมอักเสบ (Bronchitis) จำนวนรวม 19,555 ราย กราฟเปรียบเทียบจำนวนโรคในแต่ละเดือนในพื้นที่กรุงเทพมหานครและจังหวัดนครสวรรค์ ดังแสดงในรูปที่ 1 a-c และ 2 a-cตามลำดับ จากกราฟพบว่าค่าแนวโน้มของ PM_{2.5} ของทั้งพื้นที่กรุงเทพมหานครและนครสวรรค์ จะสูงในช่วง มกราคม ถึงเมษายน และค่า PM_{2.5} จะมีแนวโน้มลดลงในช่วง เดือน พฤษภาคม ถึง ธันวาคม



รูปที่ 1 (a-c) ค่ามลพิษฝุ่นละออง PM_{2.5} และจำนวนผู้ป่วยจากโรคระบบทางเดินหายใจและโรคหัวใจหลอดเลือด ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร





รูปที่ 2 (a-c) ค่ามลพิษฝุ่นละออง PM_{2.5} และจำนวนผู้ป่วยจากโรกระบบทางเดินหายใจและโรคหัวใจหลอดเลือด ในพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์

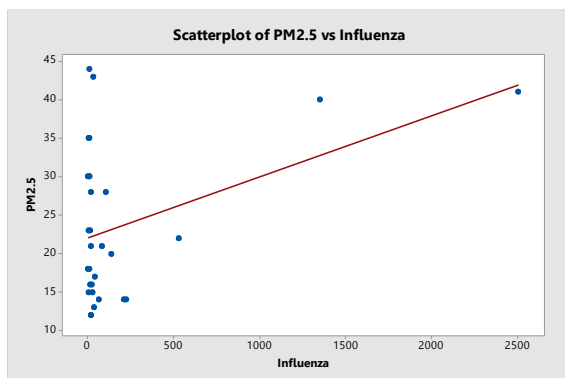
ในส่วนของคุณสมบัติของฝุ่นละออง PM_{2.5} ที่นำไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลในครั้งนี้ ใช้ข้อมูลค่าเฉลี่ยรายเดือนจากสถานีตรวจวัดทุกสถานีในพื้นที่กรุงเทพมหานครและจังหวัดนครสวรรค์ โดยใช้ค่าเฉลี่ยรายเดือน จำนวน 30 เดือน ตั้งแต่ มกราคม 2563 จนถึง มิถุนายน 2565 มาทำการวิเคราะห์ ทั้งนี้พบว่าค่าความเข้มข้นฝุ่นละออง PM_{2.5} ในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร ในช่วงฤดูฝน (มกราคม ถึง เมษายน) จะมีค่าเฉลี่ยรายเดือนอยู่ที่ 31 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ส่วนในช่วงเดือนที่ไม่ใช่ฤดูฝน (พฤษภาคม ถึง ธันวาคม) จะมีค่าเฉลี่ยรายเดือนอยู่ที่ 19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ สำหรับจังหวัดนครสวรรค์ ในช่วงฤดูฝนจะมีค่าเฉลี่ยรายเดือนอยู่ที่ 36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ส่วนในช่วงเดือนที่ไม่ใช่ฤดูฝน จะมีค่าเฉลี่ยรายเดือนอยู่ที่ 17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

ผลการทดสอบทางสถิติ independent t-test เปรียบเทียบระหว่างในฤดูฝนกับนอกฤดูฝน พบว่าค่า Mean ของ PM_{2.5} ในพื้นที่กรุงเทพมหานครในช่วงฤดูฝน สูงกว่านอกฤดูฝน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) และพบว่าอัตราการเกิดโรกระบบทางเดินหายใจ ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร มีความแตกต่างระหว่างในและนอกฤดูฝน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติใน 2 กลุ่มโรค คือ โรคหลอดลมอักเสบเฉียบพลัน (Acute pharyngitis) และ โรคหลอดเลือดสมอง (stroke) ($p < 0.05$) ส่วนในพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์ พบว่าค่า Mean ของ PM_{2.5} ในช่วงฤดูฝนสูงกว่านอกฤดูฝน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) เช่นกันกับกรุงเทพมหานคร และพบว่าอัตราการเกิดโรกระบบทางเดินหายใจในพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์ มีความแตกต่างระหว่างในและนอกฤดูฝนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ใน 3 กลุ่มโรค คือ

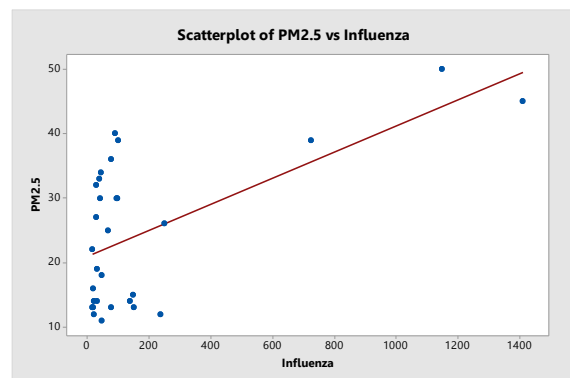
โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (Chronic Obstructive Pulmonary) โรคปอดบวม (Pneumonia) และโรคหลอดลมอักเสบ (Bronchitis) ($p < 0.05$)

ผลการวิเคราะห์สถิติสหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง ค่ามลพิษ ฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ กับโรคระบบทางเดินหายใจและโรคหัวใจหลอดเลือด ในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร พบว่า ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ มีความสัมพันธ์ในทางบวกกับการเกิดโรคไข้หวัดใหญ่ (Influenza) ($r = 0.407$, $p < 0.05$) โดยแผนภาพ

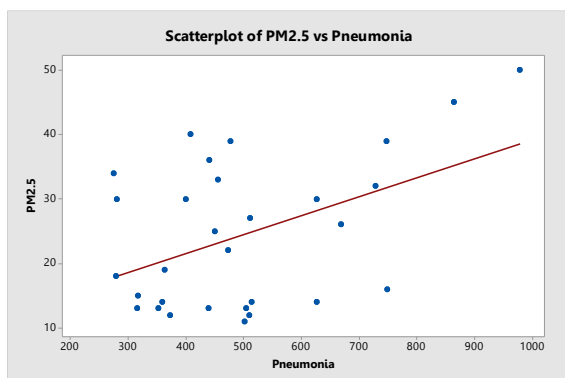
การกระจายของ $PM_{2.5}$ กับ Influenza ในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร แสดงในรูปที่ 3 ส่วนในพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์ พบว่าค่าความเข้มข้นของฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ มีความสัมพันธ์ในทางบวกกับการเกิดโรคปอดบวม (Pneumonia), โรคไข้หวัดใหญ่ (Influenza) โรคหลอดลมอักเสบ (Bronchitis) ($r = 0.458$, 0.588 และ 0.613 ตามลำดับ, $p < 0.05$) โดยแผนภาพการกระจายของ $PM_{2.5}$ กับโรคแสดงในรูปที่ 4-6 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติ Pairwise Pearson Correlations แสดงในตารางที่ 1 และตารางที่ 2



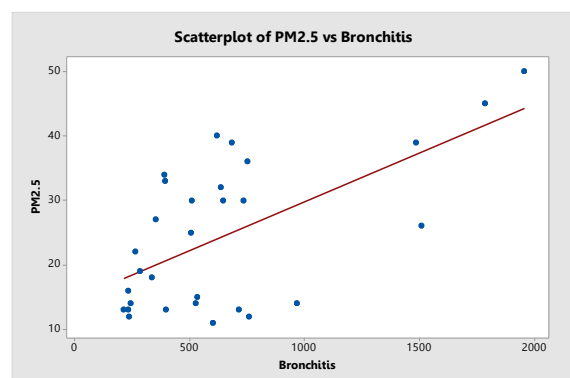
รูปที่ 3 แผนภาพการกระจายของ $PM_{2.5}$ กับ Influenza ในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร



รูปที่ 5 แผนภาพการกระจายของ $PM_{2.5}$ กับ Influenza ในเขตพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์



รูปที่ 4 แผนภาพการกระจายของ $PM_{2.5}$ กับ Pneumonia ในเขตพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์



รูปที่ 6 แผนภาพการกระจายของ $PM_{2.5}$ กับ Bronchitis ในเขตพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์

ตารางที่ 1 Pairwise Pearson Correlations พื้นที่กรุงเทพมหานคร

(n=30 เดือน)

Sample 1	Sample 2	Correlation	95% CI for ρ	P-Value
Chronic Obstructive Pulmonary	PM _{2.5}	-0.043	(-0.397, 0.322)	0.821
Asthma	PM _{2.5}	0.011	(-0.351, 0.370)	0.955
Pneumonia	PM _{2.5}	-0.210	(-0.530, 0.163)	0.265
Influenza	PM _{2.5}	0.407	(0.054, 0.669)	0.026*
Acute pharyngitis	PM _{2.5}	0.187	(-0.186, 0.513)	0.322
Chronic rhinitis	PM _{2.5}	-0.057	(-0.409, 0.310)	0.765
Bronchitis	PM _{2.5}	0.342	(-0.020, 0.626)	0.064
Acute ischemic heart	PM _{2.5}	-0.101	(-0.445, 0.269)	0.596
Cerebrovascular disease (stroke)	PM _{2.5}	-0.003	(-0.363, 0.357)	0.986

(* p< 0.05)

ตารางที่ 2 Pairwise Pearson Correlations พื้นที่จังหวัดนครสวรรค์

(n=30 เดือน)

Sample 1	Sample 2	Correlation	95% CI for ρ	P-Value
Chronic Obstructive Pulmonary	PM _{2.5}	0.219	(-0.154, 0.537)	0.246
Asthma	PM _{2.5}	0.065	(-0.303, 0.415)	0.734
Pneumonia	PM _{2.5}	0.458	(0.117, 0.702)	0.011*
Influenza	PM _{2.5}	0.588	(0.289, 0.782)	0.001*
Acute pharyngitis	PM _{2.5}	0.169	(-0.203, 0.499)	0.371
Chronic rhinitis	PM _{2.5}	0.263	(-0.108, 0.569)	0.161
Bronchitis	PM _{2.5}	0.613	(0.324, 0.797)	0.000*
Acute ischemic heart	PM _{2.5}	-0.065	(-0.415, 0.303)	0.734
Cerebrovascular disease (stroke)	PM _{2.5}	0.013	(-0.349, 0.371)	0.948

(* p< 0.05)

ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่ามลพิษฝุ่นละออง PM_{2.5} กับกลุ่มโรคระบบทางเดินหายใจและกลุ่มโรคหัวใจหลอดเลือด ในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานครและจังหวัดนครสวรรค์ ในช่วงฤดูฝนพบว่าในพื้นที่กรุงเทพฯ ค่าสถิติสหสัมพันธ์ของบางโรคมีค่าเป็นบวกแต่ไม่พบความสัมพันธ์ทางสถิติ เช่น โรคไข้หวัดใหญ่ (Influenza), โรคจมูกอักเสบเรื้อรัง (Chronic rhinitis), โรคหัวใจขาดเลือดเฉียบพลัน (Acute ischemic heart) เป็นต้น ($r = .419, .342, .531$ ตามลำดับ, $p > 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 3 ส่วนจังหวัดนครสวรรค์พบมีค่าสถิติสหสัมพันธ์ในทางบวกระหว่างฝุ่นละออง PM_{2.5} กับการเกิดโรค โดยเฉพาะกลุ่มโรคระบบ

ทางเดินหายใจ โดยในช่วงฤดูฝนของจังหวัดนครสวรรค์พบว่าค่าความเข้มข้นของฝุ่นละออง PM_{2.5} มีความสัมพันธ์ในทางบวกในระดับปานกลางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการเกิดโรคปอดบวม (Pneumonia), ไข้หวัดใหญ่ (Influenza) โรคจมูกอักเสบเรื้อรัง (Chronic rhinitis) ($r = .648, .786, .696$ ตามลำดับ, $p < 0.05$) และพบว่าค่าความเข้มข้นของฝุ่นละออง PM_{2.5} มีความสัมพันธ์ในทางบวกในระดับสูง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับโรคหลอดลมอักเสบ (Bronchitis) ($r = .845, p < 0.05$) ผลการวิเคราะห์ Pairwise Pearson Correlations แสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 3 Pairwise Pearson Correlations ในฤดูฝนของกรุงเทพมหานคร

(n=12 เดือน)

Sample 1	Sample 2	Correlation	95% CI for ρ	P-Value
Chronic Obstructive Pulmonary	PM _{2.5}	0.177	(-0.442, 0.681)	0.583
Asthma	PM _{2.5}	0.235	(-0.392, 0.713)	0.463
Pneumonia	PM _{2.5}	0.201	(-0.421, 0.695)	0.531
Influenza	PM _{2.5}	0.419	(-0.204, 0.800)	0.176

Acute pharyngitis	PM _{2.5}	-0.216	(-0.703, 0.408)	0.500
Chronic rhinitis	PM _{2.5}	0.342	(-0.289, 0.766)	0.277
Bronchitis	PM _{2.5}	0.271	(-0.359, 0.731)	0.394
Acute ischemic heart	PM _{2.5}	0.531	(-0.061, 0.847)	0.075
Cerebrovascular disease (stroke)	PM _{2.5}	0.239	(-0.388, 0.715)	0.454

(* p< 0.05)

ตารางที่ 4 Pairwise Pearson Correlations ในฤดูฝนของจังหวัดนครสวรรค์ (n=12 เดือน)

Sample 1	Sample 2	Correlation	95% CI for ρ	P-Value
Chronic Obstructive Pulmonary	PM _{2.5}	0.529	(-0.064, 0.846)	0.077
Asthma	PM _{2.5}	0.178	(-0.441, 0.682)	0.580
Pneumonia	PM _{2.5}	0.648	(0.118, 0.891)	0.023*
Influenza	PM _{2.5}	0.786	(0.386, 0.937)	0.002*
Acute pharyngitis	PM _{2.5}	-0.041	(-0.601, 0.546)	0.899
Chronic rhinitis	PM _{2.5}	0.696	(0.204, 0.908)	0.012*
Bronchitis	PM _{2.5}	0.845	(0.525, 0.955)	0.001*
Acute ischemic heart	PM _{2.5}	-0.375	(-0.781, 0.254)	0.230
Cerebrovascular disease (stroke)	PM _{2.5}	0.222	(-0.403, 0.706)	0.488

(* p< 0.05)

สรุปผลและอภิปรายผลการศึกษา

จากการทดสอบด้วยสถิติ independent t-test เปรียบเทียบระหว่างในฤดูฝนกับนอกฤดูฝน พบว่าค่า Mean ของ PM_{2.5} ในพื้นที่กรุงเทพมหานครและจังหวัดนครสวรรค์ในช่วงฤดูฝนสูงกว่านอกฤดูฝนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.001) สอดคล้องกับการศึกษาของ แวว (2563) ซึ่งทำการศึกษาเกี่ยวกับ PM_{2.5} ในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ และ สอดคล้องกับการศึกษาของ กฤษณา และ กุลธิดา (2563) ซึ่งวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปริมาณฝุ่นในแต่ละภูมิภาคและฤดูกาลของไทย ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าอัตราการเกิดโรคระบบทางเดินหายใจในพื้นที่กรุงเทพฯ มีความแตกต่างระหว่างในและนอกฤดูฝน โดยในฤดูฝนพบว่าค่า Mean ของผู้เข้ารับบริการในโรงพยาบาลสูงกว่านอกฤดูฝน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในกลุ่มโรคหลอดลมอักเสบเฉียบพลัน (Acute pharyngitis) และ โรคหลอดเลือดสมอง (stroke) (p<0.05) ส่วนในพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์ มีความแตกต่างระหว่างในและนอกฤดูฝน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในกลุ่มโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (Chronic Obstructive Pulmonary) โรคปอดบวม (Pneumonia) และโรคหลอดลมอักเสบ (Bronchitis) (p<0.05)

ทั้งนี้จากข้อมูลที่ได้ศึกษาพบว่าฝุ่นละอองในกรุงเทพมหานคร มีองค์ประกอบหลักที่มาจากการเผาวัสดุทางการเกษตร (Oanh, N.T.K.,2017) โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้งทั้งกรุงเทพมหานคร และนครสวรรค์ก็มีปริมาณฝุ่นสูง

ในช่วงเดือน มกราคม ถึง เมษายน ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มีการเผาวัสดุทางการเกษตร มีส่วนให้ช่วงเวลานี้มีความเข้มข้นฝุ่นละออง PM_{2.5} สูงทั้งนี้การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลและชีวมวลมีผลทำให้ความเข้มข้นของ PM_{2.5} ในบรรยากาศเพิ่มขึ้น (Boonman et al., 2014) ผลทางสถิตินี้ เป็นไปในทางเดียวกับการศึกษาของ มาริสสา และคณะ (2565) ที่พบว่าการสัมผัสมลพิษทางอากาศจากการเผาไหม้ในที่โล่งมีความสัมพันธ์กับการเข้ารับบริการแผนกผู้ป่วยนอกด้วยโรคระบบไหลเวียนเลือดและโรคระบบทางเดินหายใจในจังหวัดเชียงใหม่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ในภาพรวมระหว่าง ค่ามลพิษฝุ่นละออง PM_{2.5} กับโรคระบบทางเดินหายใจในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานครและจังหวัดนครสวรรค์ พบว่าค่าความเข้มข้นของฝุ่นละออง PM_{2.5} มีความสัมพันธ์ในทางบวกกับการเกิดโรคไข้หวัดใหญ่ (Influenza) (r=.407, .588, p<0.05) สอดคล้องกับการศึกษาของ Liang, Y. et al. (2014) และ Feng, C. et al. (2016) ที่พบว่าความเข้มข้นของ PM_{2.5} ในบรรยากาศมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับการเจ็บป่วยด้วยอาการโรคไข้หวัดใหญ่ของประชากรในกรุงเทพฯ ส่วนในพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์ พบว่าค่าความเข้มข้นของฝุ่นละออง PM_{2.5} มีความสัมพันธ์ในทางบวก กับการ

เกิดโรคปอดบวม (Pneumonia), โรคหลอดลมอักเสบ (Bronchitis) ($r=.458$, และ $.613$ ตามลำดับ, $p<0.05$) สอดคล้องกับผลการศึกษาจากการศึกษาของ Tsai, S. S., and Yang, C. Y. (2014) ที่พบว่าจำนวนผู้ป่วยโรคปอดบวมที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับระดับ $PM_{2.5}$ และ Milani, G. et al. (2022) ที่พบว่ามีความสัมพันธ์โดยตรงระหว่างระดับ $PM_{2.5}$ และ PM_{10} กับความรุนแรงของหลอดลมอักเสบ

ทั้งนี้จากการศึกษาในภาพรวมไม่พบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระหว่างมลพิษฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ และการเข้ารับการรักษาพยาบาลด้วยโรคหัวใจหลอดเลือด ซึ่งแตกต่างไปจากผลการศึกษาของ Amsulu et al. (2019) ที่กรุงปักกิ่งของจีน ซึ่งศึกษาพบความสัมพันธ์กับทุกกลุ่มอายุของผู้ป่วย ซึ่งอาจเป็นเพราะขนาดตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษามีจำนวนมากกว่า รวมถึงความแตกต่างกันของค่าระดับความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศ

ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง ค่ามลพิษ ฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ กับกลุ่มโรคระบบทางเดินหายใจและกลุ่มโรคหัวใจหลอดเลือด ในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานครและจังหวัดนครสวรรค์ในช่วงฤดูฝุ่น พบว่าในพื้นที่กรุงเทพมหานครค่าสถิติสหสัมพันธ์ของบางโรครมีความเป็นบวกแต่ไม่พบความสัมพันธ์ทางสถิติ ($p>0.05$) เช่น โรคไข้หวัดใหญ่ (Influenza), โรคจมูกอักเสบเรื้อรัง (Chronic rhinitis), โรคหัวใจขาดเลือดเฉียบพลัน (Acute ischemic heart) เป็นต้น ($r= .419, .342, .531$ ตามลำดับ, $p>0.05$) สอดคล้องกับการศึกษาของ Wang, F. et al. (2021) ซึ่งได้ทำการศึกษาในภูมิภาคต่างๆ ของไต้หวัน ซึ่งมีค่าเฉลี่ยฝุ่นละอองใกล้เคียงกับกรุงเทพมหานคร พบความเข้มข้นของฝุ่นละอองมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับโรคระบบทางเดินหายใจ แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามในการศึกษานี้พบว่า ระดับความเข้มข้นของฝุ่นละอองที่เข้มข้นขึ้นในฤดูฝุ่น ส่งผลต่อระดับความสัมพันธ์กับโรคระบบทางเดินหายใจที่เป็นบวกเพิ่มขึ้น

และจากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson correlation) ช่วงฤดูฝุ่นของจังหวัดนครสวรรค์ ซึ่งเป็นช่วงฤดูเผาในพื้นที่ทางการเกษตร และพบว่าค่าเฉลี่ยฝุ่นละอองในฤดูฝุ่นมีค่ามากกว่า และมีจำนวนรวมผู้เข้ารับบริการในโรงพยาบาลด้วยอาการโรคทางเดินหายใจมากกว่า

ในพื้นที่กรุงเทพมหานครเล็กน้อย ผลจากการวิเคราะห์พบว่าค่าความเข้มข้นของฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ มีความสัมพันธ์ในทางบวกในระดับปานกลางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับการเกิดโรคปอดบวม (Pneumonia) ไข้หวัดใหญ่ (Influenza) โรคจมูกอักเสบเรื้อรัง (Chronic rhinitis) ($r=.648, .786, .696$ ตามลำดับ, $p<0.05$) และพบว่าค่าความเข้มข้นของฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ มีความสัมพันธ์ในทางบวกในระดับสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับโรคหลอดลมอักเสบ (Bronchitis) ($r=.845, p<0.05$) สอดคล้องกับผลการศึกษาในบราซิลของ Coker, E. S., et al. (2022) ที่พบความสัมพันธ์เพิ่มขึ้นในการเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ และพบความสัมพันธ์ของระดับ $PM_{2.5}$ กับการเผาเช่นกัน และจากการศึกษา Krall, J. R., et al. (2017) ที่ศึกษาในพื้นที่ 4 เมืองของสหรัฐฯ พบว่า $PM_{2.5}$ ที่มาจากการเผาไหม้ของสารชีวมวล มีความสัมพันธ์อย่างยิ่งกับสุขภาพและระบบทางเดินหายใจด้วยเช่นกัน

ผลการศึกษานี้อธิบายได้ด้วยรายงานการศึกษาของบรรจบ และคณะ (2563) ซึ่งทำการรวบรวมผลกระทบด้านสุขภาพของการสัมผัสฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ และกลไกการก่อให้เกิดโรคระบบทางเดินหายใจและหลอดเลือด รวมถึงผลกระทบต่อสุขภาพด้านอื่นๆ ในส่วนผลการวิเคราะห์ทางสถิติและค่าความสัมพันธ์ที่ได้จากการศึกษานี้ มีผลทั้งที่สอดคล้องและแตกต่างจากการศึกษาอื่นๆ รวมถึงพบว่าผลการศึกษาที่มีความสอดคล้องและแตกต่างกันในบางโรคระหว่างทั้งสองพื้นที่ที่ทำการศึกษา ทั้งนี้อาจมีปัจจัยที่ทำให้การสัมผัส $PM_{2.5}$ มีความสัมพันธ์กับอาการของโรคที่ต่างกันเนื่องมาจากความแตกต่างในตัวผู้รับสัมผัส เช่น อายุ เพศ อัตราการหายใจ องค์ประกอบของสิ่งที่เจือปนอยู่ในอากาศ ไปจนถึงสภาพทางอุตุนิยมวิทยา การประกอบอาชีพ พฤติกรรมในการดำรงชีพ ความรู้ และทัศนคติในการดำรงชีวิต เป็นต้น ซึ่งปัจจัยเหล่านี้อาจมีอิทธิพลต่อความสัมพันธ์ในการรับสัมผัส $PM_{2.5}$ ของประชากรและการเข้ารับการรักษาด้วยอาการโรคระบบทางเดินหายใจและโรคหัวใจหลอดเลือด ทั้งนี้มลพิษอากาศ $PM_{2.5}$ อาจเป็นทั้งสาเหตุและปัจจัยที่ทำให้เกิดโรคเกี่ยวกับปอดและระบบทางเดินหายใจรวมถึงโรคหัวใจหลอดเลือด รวมทั้งเป็นสาเหตุที่ทำให้โรคเหล่านี้กำเริบขึ้นได้

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษานี้เป็นข้อมูลระหว่างปี 2563 - 2565 ซึ่งประเทศไทย อยู่ในสภาวะการณ์การระบาดของโรคโควิด 19 ซึ่งพฤติกรรมของประชาชนโดยทั่วไป จะมีการสวมใส่หน้ากากอนามัย เวลาอยู่ด้านนอกอาคารและในที่ชุมนุมคน แต่อย่างไรก็ตามก็มีรายงานการศึกษาที่พบว่า หน้ากากอนามัยมีประสิทธิภาพการกรองอนุภาคน้อยกว่าหน้ากาก N95 ที่ใช้สำหรับการป้องกันฝุ่น PM_{2.5} (พานิช, 2564) และพบรายงานการวิจัยในต่างประเทศว่าการสัมผัสฝุ่นละออง PM_{2.5} จะเพิ่มความเสี่ยงทางสุขภาพให้กับผู้ติดเชื้อโควิด 19 (Chakrabarty, R. K. et al., 2021; Páez-Osuna, F. et al., 2022)

ข้อเสนอแนะ

สำหรับข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป เนื่องด้วยในการศึกษานี้มีการใช้ข้อมูล PM_{2.5} เฉลี่ยรายเดือนที่ได้จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศซึ่งตั้งอยู่ในพื้นที่ที่ทำการการศึกษา ซึ่งค่าเฉลี่ยที่ได้อาจไม่เท่ากับค่าที่คนได้รับสัมผัส และข้อมูลโรคระบบทางเดินหายใจและโรคหัวใจหลอดเลือดในช่วงระยะเวลาที่ย้อนหลัง 30 เดือน ซึ่งขนาดข้อมูลยังมีจำนวนที่น้อยอยู่ ด้วยข้อจำกัดจากแหล่งข้อมูล ดังนั้นในการศึกษารั้งต่อไป เมื่อมีข้อมูลบันทึกไว้มากขึ้นจึงอาจวิเคราะห์ข้อมูลฝุ่นในรูปแบบรายเดือน รายวัน หรือวิเคราะห์ข้อมูลโรคในรูปแบบเขต พื้นที่ หรือจังหวัดอื่นๆ โดยพิจารณา เพศ วัย และช่วงอายุ รวมไปถึงอาจจะมีการศึกษาถึงอิทธิพลของพฤติกรรมและปัจจัยส่วนตัวบุคคลในการสัมผัสฝุ่นละออง สภาพทางเศรษฐกิจและสังคม ที่อาจจะส่งผลต่อความสัมพันธ์กับค่าฝุ่นละอองและการเจ็บป่วยด้วย จะทำให้มิติในการวิเคราะห์ผลมีความหลากหลายมากขึ้น และเป็นประโยชน์ต่อการกำหนดแนวทางในการคุ้มครอง ป้องกันระบบสุขภาพ ของประชาชนทุกช่วงวัยและทุกสาขาอาชีพเพิ่มมากขึ้น

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้งาน ในการศึกษาครั้งนี้พบความสัมพันธ์ของค่ามลพิษทางอากาศ PM_{2.5} ในช่วงฤดูฝุ่นมีปริมาณมากกว่าช่วงนอกฤดูฝุ่น และพบความสัมพันธ์ระหว่าง PM_{2.5} กับโรคระบบทางเดินหายใจ ซึ่งในช่วงฤดูฝุ่นโดยเฉพาะในกรุงเทพมหานคร และจังหวัดนครสวรรค์ ปริมาณ PM_{2.5} ได้รับอิทธิพลจากการเผาไหม้ในพื้นที่ทางการเกษตร ผลการศึกษานี้สามารถนำมาใช้เพื่อ

เป็นแนวทางในการกำหนดแผนงาน โครงการหรือนโยบาย ในการสนับสนุนแนวทางเฝ้าระวังเพื่อป้องกันความเสี่ยงของโรคระบบทางเดินหายใจและโรคหัวใจหลอดเลือด และเน้นย้ำมาตรการในการลดการเผาในพื้นที่ทางการเกษตรในจังหวัดนครสวรรค์และจังหวัดอื่นๆ อันจะเป็นการลดผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนจากการสัมผัสฝุ่น PM_{2.5} ในพื้นที่

ข้อเสนอแนะสำหรับทิศทางการวิจัยในอนาคต อาจจะใช้เครื่องมือการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ (Multi-criteria Decision Making, MCDM) เช่น AHP และ TOPSIS ซึ่งถูกนำมาประยุกต์ใช้ในงานวิจัยที่หลากหลาย (Chanthakhot, W., and Ransikarbun, K., 2021; Ransikarbun, K. et al., 2023) ในการประเมินผลกระทบของ PM_{2.5} ต่อโรคทางเดินหายใจและโรคหลอดเลือดหัวใจ เพื่อศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับความเสี่ยงต่อสุขภาพที่เกี่ยวข้องกับมลพิษทางอากาศ รวมไปถึงศึกษาทางเลือกในการป้องกันมลพิษ PM_{2.5} ที่แหล่งกำเนิด ซึ่งผลของการศึกษาจะสามารถนำไปสู่การตัดสินใจ สำหรับผู้กำหนดนโยบาย บุคลากรทางการแพทย์ และหน่วยงานด้านสิ่งแวดล้อมในการกำหนดกลยุทธ์ที่มีประสิทธิภาพเพื่อต่อสู้กับผลกระทบด้านลบของ PM_{2.5} และปกป้องสุขภาพของประชาชนต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ.(2565).ข้อมูลย้อนหลังฝุ่นละอองรายเดือน.สืบค้นเมื่อ 19 ตุลาคม 2565,จาก <http://air4thai.pcd.go.th/webV3/#/History>
- กฤษฎาภรณ์ ทรัพย์อุไรรัตน์ และ กุลธิดา บรรจงศิริ. (2563). ความสัมพันธ์เชิงปริมาณของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM10) และ ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) ของแต่ละภูมิภาคและ ฤดูกาล.วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ, 6(1), น. 94-103.
- บรรจบ ชุณหสวัสติกุล,พยงค์ วณิกเกียรติ,อัมพร กรอบทอง,กมล ไชยสิทธิ์.(2563).ผลต่อสุขภาพของฝุ่นละอองในอากาศขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน กลไกก่อให้เกิดโรค และการรักษาด้วยการแพทย์ทางเลือก.วารสารการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก,18(1), น. 187-202
- พานิช อินต๊ะ.(2564). ประสิทธิภาพการกรองของหน้ากากอนามัยหน้ากาก ผ้า และ หน้ากากN95/ KN95/ FFP1/FFP2 ที่มีใช้ ในช่วงที่โควิด 19 ระบาดในประเทศไทย. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, น. 904-918

- มาริสสา โรจนบำรุง, อาทิตย์ โพธิ์ศรี, ธนาศรี สีหะบุตร, และธนฤต เนียมหอม. (2565, มีนาคม). ผลกระทบของการเผาไหม้ในที่โล่งกับการเข้ารับบริการแผนกผู้ป่วยนอกด้วยโรคระบบไหลเวียนเลือดและโรคระบบทางเดินหายใจในจังหวัดเชียงใหม่ประเทศไทย. ใน *การประชุมวิชาการนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 15* (น.553).กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
- แนว ขัตติพัฒนาพงษ์. (2563). ความสัมพันธ์ระหว่างค่าฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2. 5) กับโรคเยื่อตาอักเสบที่โรงพยาบาลดาราธรรมิ. *วารสารสาธารณสุขล้านนา*, 16(1), น. 24-31.
- ศูนย์ข้อมูลสุขภาพกระทรวงสาธารณสุข.(2565).ข้อมูลการป่วยด้วยโรคจากมลพิษทางอากาศ.สืบค้นเมื่อ 10 ตุลาคม 2565,จาก <https://hdcservice.moph.go.th/hdc/main/index.php>
- สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ. (2565).รายงานสรุปสถานการณ์ ไฟป่าและหมอกควันประจำปี.สืบค้นเมื่อ 18 ตุลาคม 2565,จาก <https://fire.gistda.or.th/>
- สำนักงานสถิติแห่งชาติ.(2564).สถิติประชากรศาสตร์ประชากรและเคหะ- จำนวนประชากรกลางปีจำแนกตามเพศ ภาค และจังหวัด (จากกระทรวงสาธารณสุข).สืบค้นเมื่อ 20 ตุลาคม 2565,จาก <http://statbbi.nso.go.th/staticreport/page/sector/th/01.aspx>
- Alexeeff, S.E., Liao, N.S., Liu, X., Van Den Eeden, S.K. and Sidney, S. (2021). Long-term PM2. 5 exposure and risks of ischemic heart disease and stroke events: review and meta-analysis. *Journal of the American Heart Association*, 10(1), pp. e016890.
- Amsalu, E., Wang, T., Li, H., Liu, Y., Wang, A., Liu, X., Tao, L., Luo, Y., Zhang, F., Yang, X. and Li, X. (2019). Acute effects of fine particulate matter (PM 2.5) on hospital admissions for cardiovascular disease in Beijing, China: a time-series study. *Environmental Health*, 18, pp. 1-12.
- Boonman, T., Garivait, S., Bonnet, S., & Junpen, A. (2014). An inventory of air pollutant emissions from biomass open burning in thailand using MODIS burned area product (MCD45A1). *J Sustain Energy Environ*, 5,pp. 85-94.
- Chakrabarty, R.K., Beeler, P., Liu, P., Goswami, S., Harvey, R.D., Pervez, S., van Donkelaar, A. and Martin, R.V. (2021) . Ambient PM2. 5 exposure and rapid spread of COVID-19 in the United States. *Science of the Total Environment*, 760, pp. 143391.
- Chalermpong, S., Thaithatkul, P., Anuchitchanchai, O. and Sanghatawatana, P. (2021). Land use regression modeling for fine particulate matters in Bangkok, Thailand, using time-variant predictors: Effects of seasonal factors, open biomass burning, and traffic-related factors. *Atmospheric Environment*, 246, pp. 118128.
- Chanthakhot, W. and Ransikarbum, K. (2021) . Integrated IEW-TOPSIS and fire dynamics simulation for agent-based evacuation modeling in industrial safety. *Safety*, 7(2), pp. 47.
- Chowdhury, S., Pozzer, A., Haines, A., Klingmueller, K., Muenzel, T., Paasonen, P., Sharma, A., Venkataraman, C. and Lelieveld, J. (2022) . Global health burden of ambient PM2. 5 and the contribution of anthropogenic black carbon and organic aerosols. *Environment International*, 159, pp. 107020.
- Cohen, A.J., Brauer, M., Burnett, R., Anderson, H.R., Frostad, J., Estep, K., Balakrishnan, K., Brunekreef, B., Dandona, L., Dandona, R. and Feigin, V. (2017) . Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: an analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015. *The lancet*, 389(10082), pp. 1907-1918.
- Coker, E.S., Buralli, R., Manrique, A.F., Kanai, C.M., Amegah, A.K. and Gouveia, N. (2022) . Association between PM2. 5 and respiratory hospitalization in Rio Branco, Brazil: Demonstrating the potential of low-cost air quality sensor for epidemiologic research. *Environmental Research*, 214, pp. 113738.

- Feng, C., Li, J., Sun, W., Zhang, Y. and Wang, Q. (2016). Impact of ambient fine particulate matter (PM_{2.5}) exposure on the risk of influenza-like-illness: a time-series analysis in Beijing, China. *Environmental Health*, 15(1), pp. 1-12.
- Krall, J.R., Mulholland, J.A., Russell, A.G., Balachandran, S., Winkvist, A., Tolbert, P.E., Waller, L.A. and Sarnat, S.E. (2017). Associations between source-specific fine particulate matter and emergency department visits for respiratory disease in four US cities. *Environmental health perspectives*, 125(1), pp. 97-103.
- Liang, Y., Fang, L., Pan, H., Zhang, K., Kan, H., Brook, J. R., & Sun, Q. (2014). PM_{2.5} in Beijing—temporal pattern and its association with influenza. *Environmental Health*, 13(1), pp. 1-8.
- Manisalidis, I., Stavropoulou, E., Stavropoulos, A. and Bezirtzoglou, E. (2020). Environmental and health impacts of air pollution: a review. *Frontiers in public health*, pp. 14.
- Milani, G.P., Cafora, M., Favero, C., Luganini, A., Carugno, M., Lenzi, E., Pistocchi, A., Pinatel, E., Pariota, L., Ferrari, L. and Bollati, V. (2022). PM_{2.5}, PM₁₀ and bronchiolitis severity: A cohort study. *Pediatric Allergy and Immunology*, 33(10), pp. e13853.
- Murray, C.J., Aravkin, A.Y., Zheng, P., Abbafati, C., Abbas, K.M., Abbasi-Kangevari, M., Abd-Allah, F., Abdelalim, A., Abdollahi, M., Abdollahpour, I. and Abegaz, K.H. (2020). Global burden of 87 risk factors in 204 countries and territories, 1990–2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *The lancet*, 396(10258), pp. 1223-1249.
- Oanh, N.T.K. (2017). *A Study in Urban Air Pollution Improvement in Asia*, Pathumthani: Asian Institute of Technology (AIT).
- Páez-Osuna, F., Valencia-Castañeda, G. and Rebolledo, U.A. (2022). The link between COVID-19 mortality and PM_{2.5} emissions in rural and medium-size municipalities considering population density, dust events, and wind speed. *Chemosphere*, 286, pp. 131634.
- Rai, P. K. (2016). Particulate matter and its size fractionation. *Biomagnetic Monitoring of Particulate Matter*, 1, pp. 1-13.
- Ransikarbum, K., Chanthakhot, W., Glimm, T., & Janmontree, J. (2023). Evaluation of Sourcing Decision for Hydrogen Supply Chain Using an Integrated Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) Tool. *Resources*, 12(4), pp. 48.
- Tsai, S. S., & Yang, C. Y. (2014). Fine particulate air pollution and hospital admissions for pneumonia in a subtropical city: Taipei, Taiwan. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 77(4), pp. 192-201.
- Wang, F., Chen, T., Chang, Q., Kao, Y.W., Li, J., Chen, M., Li, Y. and Shia, B.C. (2021). Respiratory diseases are positively associated with PM_{2.5} concentrations in different areas of Taiwan. *PLoS One*, 16(4), pp. e0249694.
- Wang, Q., Kwan, M. P., Zhou, K., Fan, J., Wang, Y., & Zhan, D. (2019). The impacts of urbanization on fine particulate matter (PM_{2.5}) concentrations: Empirical evidence from 135 countries worldwide. *Environmental pollution*, 247, pp. 989-998.
- Wang, X., Tian, G., Yang, D., Zhang, W., Lu, D., & Liu, Z. (2018). Responses of PM_{2.5} pollution to urbanization in China. *Energy Policy*, 123, pp. 602-610.
- Yang, D., Ye, C., Wang, X., Lu, D., Xu, J., & Yang, H. (2018). Global distribution and evolution of urbanization and PM_{2.5} (1998–2015). *Atmospheric Environment*, 182, pp. 171-178.
- Yang, X., Zhang, T., Zhang, X., Chu, C. and Sang, S. (2022). Global burden of lung cancer attributable to ambient fine particulate matter pollution in 204 countries and territories, 1990–2019. *Environmental Research*, 204, pp. 112023.