

การประเมินผลกระทบของ PM2.5 ต่อสุขภาพประชาชนภาคเหนือตอนบน
ประเทศไทยในปี 2562



รวิวรรณ อินน้อย

การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองเสนอเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

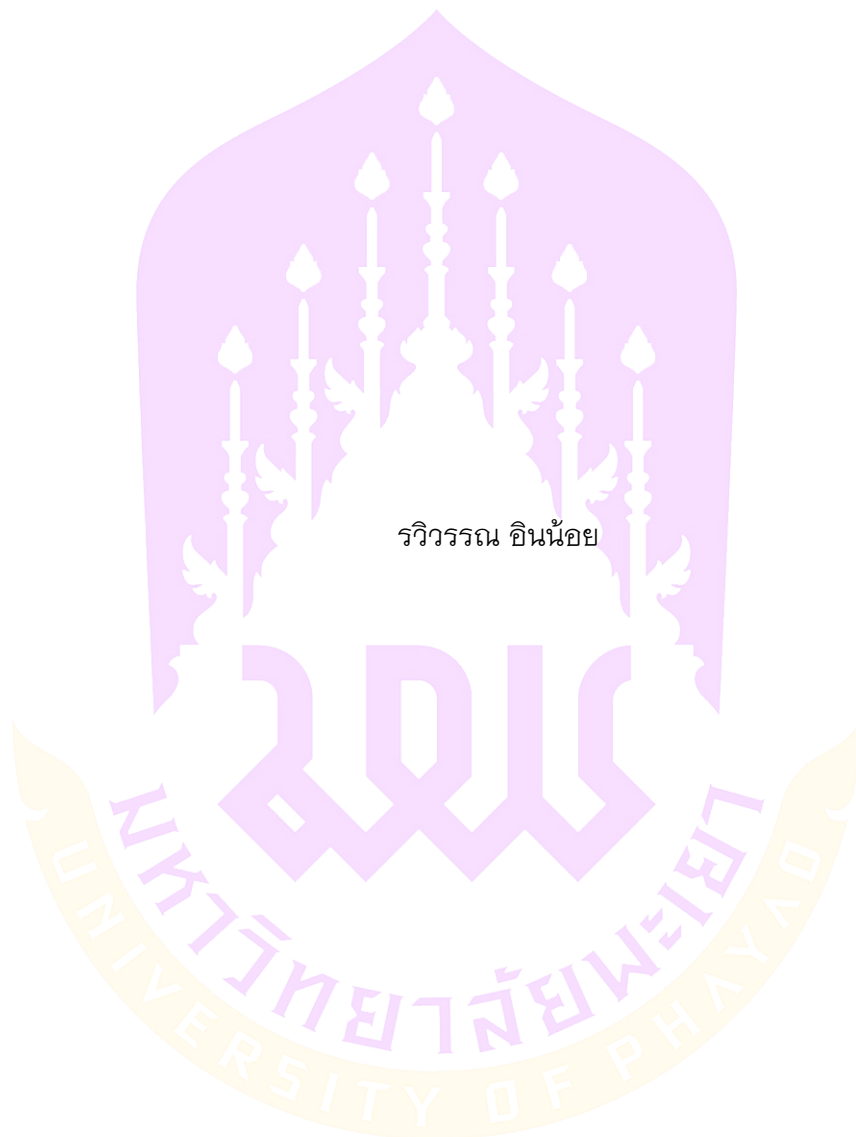
หลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

มีนาคม 2566

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยพะเยา

การประเมินผลกระทบของ PM2.5 ต่อสุขภาพประชาชนภาคเหนือตอนบน ประเทศไทยในปี
2562



การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองเสนอเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
มีนาคม 2566
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยพะเยา

IMPACT ASSESSMENT OF PM_{2.5} ON PUBLIC HEALTH IN UPPER NORTH THAILAND
DURING 2019



An Independent Study Submitted in Partial Fulfillment
of the Requirements for the Master of Engineering Degree
in Environmental Engineering

March 2023

Copyright 2023 by University of Phayao

การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง

เรื่อง

การประเมินผลกระทบของ PM2.5 ต่อสุขภาพประชาชนภาคเหนือตอนบน ประเทศไทยในปี
2562

ของ รวิวรรณ อินน้อย

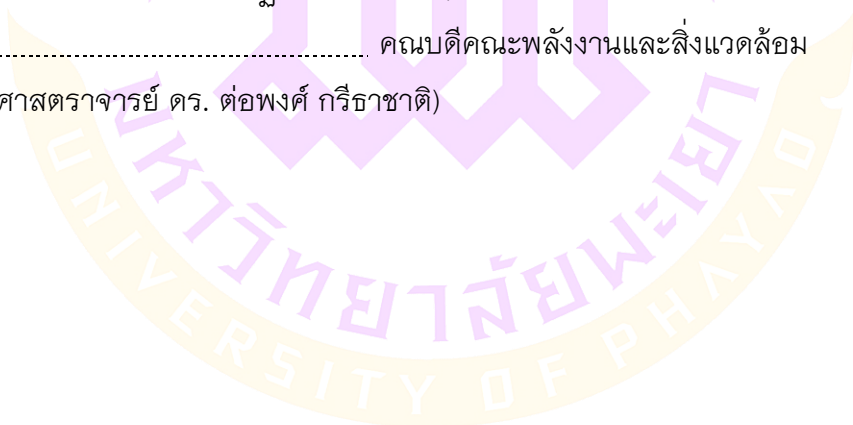
ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
ของมหาวิทยาลัยพะเยา

..... ประธานกรรมการสอบการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง
(ดร. พิชชาพลอย วงศ์มหาดเล็ก)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง
(รองศาสตราจารย์ ดร. สิทธิชัย พิมลศรี)

..... อาจารย์บัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยพะเยา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปฎิพัทธ์ วงศ์เรือง)

..... คณบดีคณะพลังงานและสิ่งแวดล้อม
(รองศาสตราจารย์ ดร. ต่อพงศ์ กวีธาดา)



เรื่อง:	การประเมินผลกระทบของ PM2.5 ต่อสุขภาพประชาชนภาคเหนือตอนบน ประเทศไทยในปี 2562
ผู้ศึกษาค้นคว้า:	รวิวรรณ อีนน้อย, การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง: วศ.ม. (วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม), มหาวิทยาลัยพะเยา, 2565
อาจารย์ที่ปรึกษา:	รองศาสตราจารย์ ดร. ลีทธิชัย พิมลศรี
คำสำคัญ:	ฝุ่นละออง PM2.5, ประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ, ภาคเหนือตอนบน

บทคัดย่อ

สถานการณ์มลพิษอากาศภาคเหนือประเทศไทย ยังคงเป็นปัญหาในทุก ๆ ปี โดยพบความเข้มข้นของ PM2.5 ค่าเฉลี่ยรายวันสูงกว่าค่าแนะนำคุณภาพอากาศขององค์การอนามัยโลก (WHO) และค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศของประเทศไทยอย่างต่อเนื่อง และในปี 2566 ประเทศไทยได้มีการปรับค่ามาตรฐานฝุ่นละออง PM2.5 ในให้เข้มงวดขึ้น เพื่อยกระดับมาตรฐานคุณภาพอากาศของประเทศ ป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชน การศึกษานี้จึงประเมินผลกระทบ PM2.5 ต่อการเสียชีวิตทุกกลุ่มโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุ การเสียชีวิตจากโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง โรคหลอดเลือดหัวใจ และการติดเชื้อในกระแสเลือดของประชาชน 9 จังหวัดภาคเหนือตอนบนในปี พ.ศ.2562 ด้วยแบบจำลอง The Environmental Mapping and Analysis Program (BenMAP-CE) ผลการศึกษาพบว่า การควบคุมลดระดับ PM2.5 มาที่ค่ามาตรฐานที่สูงขึ้นทำให้ช่วยลดความเสี่ยงการเสียชีวิตที่มากขึ้น การเพิ่มการควบคุมสถานการณ์จากที่ค่ามาตรฐานฝุ่นละออง PM2.5 เฉลี่ย 24 ชั่วโมงที่ 50 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร เป็น 37.5 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร สามารถหลีกเลี่ยงความเสี่ยงการเสียชีวิตจากทุกโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุ โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง โรคหลอดเลือดหัวใจ และการติดเชื้อในกระแสเลือดจาก 1,680, 117, 51 และ 237 ราย เป็น 1,872, 130, 57 และ 265 ราย ตามลำดับ และกรณีควบคุมตามค่า Final guideline ของ WHO ที่ 15 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร ช่วยลดความเสี่ยงเสียชีวิตได้ 2,177, 150, 66 และ 306 ราย ตามลำดับ จังหวัดที่ได้รับผลกระทบสุขภาพจาก PM2.5 มากพบในจังหวัดที่มีจำนวนประชากรมาก ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และลำปาง ในขณะที่เมื่อพิจารณาความเสี่ยงด้วยอัตราผลกระทบของ PM2.5 ต่อสุขภาพต่อแสนประชากร พบความเสี่ยงสูงในจังหวัดที่มีการเปลี่ยนแปลงของมลพิษทางอากาศสูง ประกอบกับมีอัตราอุบัติการณ์ของการเสียชีวิตในแต่ละโรคสูง จะสามารถหลีกเลี่ยงการเสียชีวิตในแต่ละโรคได้มากที่สุด ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง แพร่ น่าน พะเยา เป็นต้น ผลการศึกษาแสดงให้เห็นผลกระทบอย่างมากของ PM2.5 ต่อการเสียชีวิตประชาชนภาคเหนือ การควบคุมลดความเข้มข้น PM2.5 เข้มข้นมากขึ้นสามารถช่วยลดผลกระทบสุขภาพและข้อมูลสามารถนำไปประกอบการตัดสินใจพัฒนานโยบายและกำหนดเป้าหมายมาตรฐาน PM2.5 ดูแลสุขภาพประชาชนให้ดียิ่งขึ้น

Title: IMPACT ASSESSMENT OF PM2.5 ON PUBLIC HEALTH IN UPPER NORTH THAILAND DURING 2019

Author: Rawiwan Innoi, Independent Study: M.Eng. (Environmental Engineering), University of Phayao, 2022

Advisor: Associate Professor Dr. Sittichai Pimonsree

Keywords: PM2.5, Health impact assessment, Upper Northern

ABSTRACT

Air quality problem has been found for long time in northern Thailand. The daily average PM2.5 concentrations are frequently higher than the World Health Organization (WHO) air quality recommendations and the national ambient air quality standards (NAAQS) in Thailand. In 2023, Thailand will issue new NAAQS of PM2.5 standard to be more stringent. This study assessed the effect of PM2.5 on all non-accidental death, death from Chronic obstructive pulmonary disease, Community-acquired pneumonia and Sepsis death of people in 9 provinces in the upper northern region in 2019 using The Environmental Mapping and Analysis Program (BenMAP-CE). The study found that controlling PM2.5 levels to higher standards result in more avoid deaths. In case of increase the standard value of PM2.5 from $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ to $37.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, It can avoid the death risk of all non-accidental diseases, Chronic obstructive pulmonary disease, Community-acquired pneumonia and Sepsis death increased from 1,680, 117, 51 and 237 cases to 1,872, 130, 57 and 265 cases respectively and the control cases according to the WHO final guideline value of $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ reduced the risk of death for 2,177, 150, 66 and 306 cases respectively. High health impact from PM2.5 are found in populous provinces, namely Chiang Mai, Chiang Rai and Lampang. While considering the risk with the impact rate of PM2.5 on health per 100,000 population, the risk was found to be high in provinces with high air pollution and/or high mortality rates for each disease, including Chiang Mai, Lamphun, Lampang, Phrae, Nan, Phayao etc. The results show a significant health impact of PM2.5 on the northern population. More strict control of PM2.5 concentrations can help reduce health impacts and the information can be used to support decision of policy maker and to set targets of PM2.5 standards for better people's health.

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาครั้งนี้ด้วยตนเองฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ด้วยความกรุณาและสนับสนุนเป็นอย่างดียิ่งจาก รศ.ดร.สิทธิชัย พิมลศรี อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้ให้คำปรึกษา ความรู้ ข้อคิด ข้อเสนอแนะ ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างยิ่ง จนการศึกษาครั้งนี้ด้วยตนเองสำเร็จสมบูรณ์ได้ ผู้ศึกษาครั้งนี้ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณกองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ ประเทศไทย สำหรับการให้ข้อมูลมลพิษทางอากาศจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศทั้งหมดใน 9 จังหวัดภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย และขอขอบคุณกองยุทธศาสตร์และแผนงาน กระทรวงสาธารณสุข สำหรับการให้ข้อมูลการเสียชีวิตจากโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังในประชาชนภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย

ขอขอบคุณสมาชิกในครอบครัวของผู้ศึกษา และเพื่อนที่ให้ความช่วยเหลือสนับสนุน และให้กำลังใจเสมอมา

สุดท้ายนี้ผู้ศึกษาครั้งนี้หวังว่าการศึกษานี้ด้วยตนเองฉบับนี้ คงเป็นประโยชน์สำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และผู้ที่สนใจศึกษาต่อไป

รวิวรรณ อีนน้อย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
ขอบเขตของการวิจัย	3
ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย.....	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
มลพิษทางอากาศ.....	4
ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5).....	14
ผลกระทบของ PM2.5 ต่อสุขภาพ	21
ความสัมพันธ์ฝุ่นละออง PM2.5 กับสุขภาพ	28
มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศ.....	42
The Environmental Mapping and Analysis Program (BenMAP-CE)	44
การศึกษาประเมินผลกระทบต่อสุขภาพที่ผ่านมา	49
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	65
ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	65

บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	74
ลักษณะ PM2.5 ภาคเหนือประเทศไทย	74
การเปลี่ยนแปลงของมลพิษทางอากาศภาคเหนือตอนบนประเทศไทย.....	79
ลักษณะประชากรและข้อมูลสุขภาพประชากรภาคเหนือตอนบน	85
การประเมินผลกระทบของ PM2.5 ต่อสุขภาพประชาชนภาคเหนือตอนบน.....	97
ข้อจำกัดของการศึกษาและความคลาดเคลื่อน.....	116
บทที่ 5 บทสรุป.....	120
ข้อเสนอแนะ.....	122
บรรณานุกรม	124
ภาคผนวก	130
ภาคผนวก ก ข้อมูลจุดตรวจวัด PM2.5 Low-cost sensors ในปี 2562	131
ภาคผนวก ข การเปรียบเทียบค่าความเข้มข้น PM2.5 จากสถานี/จุดตรวจวัดในพื้นที่ ภาคเหนือตอนบน	133
ภาคผนวก ค แผนที่การเปรียบเทียบค่าความเข้มข้น PM2.5 จากสถานี/จุดตรวจวัด ในพื้นที่ ภาคเหนือตอนบน	134
ประวัติผู้วิจัย	135

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1	สรุปการศึกษาทางระบาดวิทยาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ฝุ่นละออง PM2.5 กับสุขภาพ	30
ตาราง 2	ค่ามาตรฐานอากาศในบรรยากาศในแต่ละประเทศ	42
ตาราง 3	ระดับค่ามาตรฐานคุณภาพรายปีที่แนะนำและระดับค่าเป้าหมายระหว่างทางสำหรับ PM2.5	43
ตาราง 4	ระดับค่ามาตรฐานคุณภาพระยะสั้น (24 ชั่วโมง) ที่แนะนำและระดับค่า เป้าหมายระหว่างทาง สำหรับ PM2.5	43
ตาราง 5	สรุปผลกระทบของ PM2.5 ต่อสุขภาพจากการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ	54
ตาราง 6	รายละเอียดสถานีตรวจวัดในพื้นที่ศึกษา	66
ตาราง 7	ค่าสัมประสิทธิ์สำหรับฟังก์ชันผลกระทบต่อสุขภาพ	72
ตาราง 8	ข้อมูล PM10 ภาคเหนือในปี พ.ศ. 2562	75
ตาราง 9	อัตราส่วน PM2.5 ต่อ PM10	75
ตาราง 10	เปรียบเทียบข้อมูลฝุ่นละออง PM2.5 ในจังหวัดภาคเหนือตอนบน ปี พ.ศ. 2562, 2563 และ 2564	76
ตาราง 11	ข้อมูล PM2.5 ภาคเหนือในปี พ.ศ. 2562	79
ตาราง 12	การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้น PM2.5 ลดลงเฉลี่ยกรณีควบคุมคุณภาพ อากาศให้ได้ตามค่ามาตรฐานในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย	80
ตาราง 13	ข้อมูลด้านประชากรจังหวัดภาคเหนือตอนบน ปี 2562	85
ตาราง 14	ข้อมูลการเสียชีวิตของโรคที่เกี่ยวข้องกับมลพิษอากาศของประชากรภาคเหนือตอนบน	89
ตาราง 15	อัตราอุบัติการณ์ของผลกระทบต่อสุขภาพของประชากรภาคเหนือตอนบน (รายต่อประชากรในปี 2562)	90

ตาราง 16 ผลการประเมินผลกระทบของ PM2.5 ต่อสุขภาพประชาชนภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย กรณีลดลงของความเข้มข้น PM2.5 สถานการณ์ที่ 1 การควบคุมให้ความเข้มข้น PM2.5 ที่ 50 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร.....	97
ตาราง 17 ผลการประเมินผลกระทบของ PM2.5 ต่อสุขภาพประชาชนภาคเหนือตอนบนประเทศ ไทย กรณีลดลงของความเข้มข้น PM2.5 สถานการณ์ที่ 2 การควบคุมให้ความเข้มข้น PM2.5 ที่ 37.5 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร.....	98
ตาราง 18 ผลการประเมินผลกระทบของ PM2.5 ต่อสุขภาพประชาชนภาคเหนือตอนบนประเทศ ไทย กรณีลดลงของความเข้มข้น PM2.5 สถานการณ์ที่ 3 การควบคุมให้ความเข้มข้น PM2.5 ที่ 25 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร.....	99
ตาราง 19 ผลการประเมินผลกระทบของ PM2.5 ต่อสุขภาพประชาชนภาคเหนือตอนบนประเทศ ไทย กรณีลดลงของความเข้มข้น PM2.5 สถานการณ์ที่ 4 การควบคุมให้ความเข้มข้น PM2.5 ที่ 15 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร	100
ตาราง 20 ผลการประเมินผลกระทบของ PM2.5 ต่อสุขภาพประชาชน ในแต่ละจังหวัด ภาคเหนือตอนบนประเทศไทย กรณีลดลงของความเข้มข้น PM2.5 ในแต่ละสถานการณ์...	105
ตาราง 21 ข้อมูลจุดตรวจวัด PM2.5 Low-cost sensors ในปี 2562	131



สารบัญภาพ

หน้า

ภาพ 1 แนวโน้มสถานการณ์มลพิษทางอากาศ ปี 2551 – 2561 ทั้งประเทศของสาร มลพิษทางอากาศ 6 ชนิด คิดเป็นร้อยละเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน ของแต่ละชนิด	5
ภาพ 2 สรุปสถานการณ์คุณภาพอากาศแสดงร้อยละจำนวนวันที่พบสารมลพิษ ทางอากาศ เกินค่ามาตรฐานในปี 2561.....	6
ภาพ 3 การกระจายขนาดของฝุ่นจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ	7
ภาพ 4 ที่มาของฝุ่นหยาบและฝุ่นละเอียดในฮ่องกง.....	8
ภาพ 5 ปริมาณชีวมวลและความหนาแน่นของชีวมวลที่ถูกเผาต่อพื้นที่ในแต่ละจังหวัด ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550-2554	10
ภาพ 6 ปริมาณการปล่อยมลพิษเฉลี่ยรายปีตามจังหวัดตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550 – 2554.....	10
ภาพ 7 การเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นละออง PM10 จังหวัดเชียงใหม่ ในปี พ.ศ. 2562 และ ปี พ.ศ. 2563	12
ภาพ 8 การเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นละออง PM2.5 จังหวัดเชียงใหม่ ในปี พ.ศ. 2562 และ ปี พ.ศ. 2563	13
ภาพ 9 ปริมาณฝุ่นละออง PM2.5 เฉลี่ยรายปี 2554 – 2561.....	16
ภาพ 10 ปริมาณฝุ่นละออง PM2.5 เฉลี่ยรายปี 9 จังหวัดภาคเหนือ ปี 2561	17
ภาพ 11 ปริมาณฝุ่นละออง PM2.5 เฉลี่ยรายปี 9 จังหวัดภาคเหนือ ปี 2562.....	18
ภาพ 12 ปริมาณฝุ่นละออง PM2.5 เฉลี่ยรายปี 9 จังหวัดภาคเหนือ ปี 2563.....	19
ภาพ 13 การเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นละออง PM2.5 เฉลี่ยรายเดือน 8 จังหวัด ภาคเหนือ ตอนบน กับจังหวัดตาก อุตรดิตถ์ และพิษณุโลก ปี 2564	20
ภาพ 14 ขนาดของฝุ่นละอองขนาดเล็กที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ	21
ภาพ 15 จำนวนผู้ป่วยในกลุ่มโรคที่แพ้ระวังผลกระทบต่อสุขภาพจากปัญหา หมอกควันในพื้นที่ เขตสุขภาพที่ 1 ระยะเวลา 5 ปี (2555-2560).....	23

ภาพ 16 จำนวนผู้ป่วยในโรคที่เฝ้าระวังผลกระทบจากปัญหาหมอกควันในพื้นที่ 8 จังหวัดภาคเหนือตอนบน ระหว่างวันที่ 1 มกราคม – 29 เมษายน 2560.....	24
ภาพ 17 ความสัมพันธ์ฝุ่นละออง PM2.5 กับสุขภาพ	28
ภาพ 18 ที่มาของฟังก์ชันผลกระทบต่อสุขภาพจากเอกสารข้อมูลด้านระบาดวิทยา	46
ภาพ 19 ข้อมูลที่ BenMAP-CE ใช้ในการคำนวณผลกระทบต่อสุขภาพ	46
ภาพ 20 การประเมินมูลค่าทางเศรษฐกิจของผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์	48
ภาพ 21 แผนภาพการไหลของข้อมูลใน BenMAP-CE	49
ภาพ 22 แผนที่ขอบเขตพื้นที่ศึกษาและตำแหน่งสถานีตรวจวัด PM2.5	66
ภาพ 23 ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นฝุ่นละออง (ΔPM) กับ อัตราการเจ็บป่วย/ตาย (Incidence) สำหรับคำนวณฟังก์ชันผลกระทบ	70
ภาพ 24 ค่าเฉลี่ยรายวัน PM 2.5 จังหวัดภาคเหนือ ในปี พ.ศ. 2562.....	78
ภาพ 25 การลดลงของความเข้มข้น PM2.5 ในพื้นที่จังหวัดภาคเหนือตอนบน กรณีสถานการณ์ที่ 1 การควบคุมให้ความเข้มข้น PM2.5 ที่ $50 \mu g/m^3$	81
ภาพ 26 การลดลงของความเข้มข้น PM2.5 ในพื้นที่จังหวัดภาคเหนือตอนบน กรณีสถานการณ์ที่ 2 การควบคุมให้ความเข้มข้น PM2.5 ที่ $37.50 \mu g/m^3$	82
ภาพ 27 การลดลงของความเข้มข้น PM2.5 ในพื้นที่จังหวัดภาคเหนือตอนบน กรณีสถานการณ์ที่ 3 การควบคุมให้ความเข้มข้น PM2.5 ที่ $25 \mu g/m^3$	83
ภาพ 28 การลดลงของความเข้มข้น PM2.5 ในพื้นที่จังหวัดภาคเหนือตอนบน กรณีสถานการณ์ที่ 1 การควบคุมให้ความเข้มข้น PM2.5 ที่ $15 \mu g/m^3$	84
ภาพ 29 จำนวนประชากรในแต่ละ 9 จังหวัดภาคเหนือตอนบน	86
ภาพ 30 โครงสร้างจำนวนประชากรภาคเหนือตอนบน ใน ปี พ.ศ. 2562.....	86
ภาพ 31 โครงสร้างจำนวนประชากร 9 จังหวัดในภาคเหนือตอนบน	87
ภาพ 32 อัตราอุบัติเหตุการเสียชีวิตในพื้นที่ภาคเหนือตอนบนจาก ก.) การติดเชื้อ ในกระแสเลือด ข.) โรคหลอดเลือดหัวใจ ค.) โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง	92

ภาพ 33 อัตราอุบัติการณ์การเสียชีวิตในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน ของแต่ละช่วงอายุ จาก ก.) โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง ข.) โรคหลอดเลือดหัวใจ ค.) การติดเชื้อ ในกระแสเลือด ง.) ทุกกลุ่มโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุ	95
ภาพ 34 การหลีกเลี่ยงการเสียชีวิตทุกกลุ่มโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน (รายจังหวัด) ในแต่ละสถานการณ์	109
ภาพ 35 การหลีกเลี่ยงการเสียชีวิตจากโรคหลอดเลือดหัวใจในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน (รายจังหวัด) ในแต่ละสถานการณ์	110
ภาพ 36 การหลีกเลี่ยงการเสียชีวิตจากการติดเชื้อในกระแสเลือดในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน (รายจังหวัด) ในแต่ละสถานการณ์	111
ภาพ 37 การหลีกเลี่ยงการเสียชีวิตจากโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน (รายจังหวัด) ในแต่ละสถานการณ์	112
ภาพ 38 การหลีกเลี่ยงการเสียชีวิตทุกกลุ่มโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน (รายอำเภอ) ในแต่ละสถานการณ์	113
ภาพ 39 การหลีกเลี่ยงการเสียชีวิตจากโรคหลอดเลือดหัวใจในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน (รายอำเภอ) ในแต่ละสถานการณ์	114
ภาพ 40 การหลีกเลี่ยงการเสียชีวิตจากการติดเชื้อในกระแสเลือดในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน (รายอำเภอ) ในแต่ละสถานการณ์	115
ภาพ 41 การหลีกเลี่ยงการเสียชีวิตจากโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน (รายอำเภอ) ในแต่ละสถานการณ์	116
ภาพ 42 การเปรียบเทียบค่าความเข้มข้น PM2.5 จากสถานี/จุดตรวจวัดในพื้นที่ ภาคเหนือตอนบน	133
ภาพ 43 แผนที่การเปรียบเทียบค่าความเข้มข้น PM2.5 จากสถานี/จุดตรวจวัด ในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน	134

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในช่วงปี พ.ศ. 2559–2562 ตามรายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย พ.ศ. 2561 ภาพรวมคุณภาพอากาศมีแนวโน้มทรงตัว แต่ยังคงพบเกินมาตรฐานเนื่องจากฝุ่นละออง PM2.5 ก๊าซโอโซน ฝุ่นละออง PM10 และก๊าซเบนซีน (กรมควบคุมมลพิษ, 2562) ซึ่งโดยส่วนใหญ่เป็นพื้นที่จังหวัดภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย สาเหตุหลักเกิดจากการเผาในที่โล่ง และไฟไหม้ป่า (ขนิษฐา ชัยรัตนาวรรณ และณัฐพศุทธิ์ ภัทธีราสินสิริ, 2563) การเผาในที่โล่งในพื้นที่ 9 จังหวัดภาคเหนือในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2549–2558 เริ่มมีการเผาตั้งแต่เดือนธันวาคม และเพิ่มจำนวนต่อเนื่องจนมากที่สุดในเดือนมีนาคมและลดลงในเดือนเมษายน จังหวัดที่มีการเผาในที่โล่งมากที่สุด ได้แก่ จังหวัดแม่ฮ่องสอน เชียงใหม่ ตาก น่าน (สมพร จันทระ, ชาคริต ไซติอมรศักดิ์ และว่าน วิริยา, 2561) เนื่องจากสภาพภูมิประเทศทางเหนือประกอบด้วยพื้นที่ราบที่มีภูเขาล้อมรอบคล้ายแอ่ง กระทะ ทำให้มีสภาพอากาศที่นิ่งและแห้ง ไม่มีลมพัดและความกดอากาศสูง จึงส่งผลให้เกิดไฟป่าได้ง่าย (ขนิษฐา ชัยรัตนาวรรณ และณัฐพศุทธิ์ ภัทธีราสินสิริ, 2563) รวมถึงการเผาในที่โล่ง เช่น การเผาเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร (สมพร จันทระ, 2563) จากการศึกษาและวิจัยของ สมพร จันทระ, ชาคริต ไซติอมรศักดิ์ และว่าน วิริยา (2561) ได้พบว่าการเผาชีวมวลจะทำให้มีการปล่อยปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก 2.5 ไมครอน และยังพบสารก่อมะเร็งในกลุ่มพอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนมากถึง 16 ชนิด

มลพิษทางอากาศก่อให้เกิดการบาดเจ็บทางสุขภาพทั้งทางบกและทางอากาศ สภาวะเศรษฐกิจของพื้นที่ภาคเหนือ โดยเฉพาะอย่างยิ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ (สมพร จันทระ, 2563) ฝุ่นละอองในบรรยากาศเมื่อเข้าสู่ร่างกายสามารถก่อให้เกิดอาการเจ็บป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ เนื่องจาก PM2.5 ซึ่งเป็นฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กมากสามารถเดินทางเข้าถึงชั้นถุงลมของปอดได้ ดังนั้น PM2.5 จึงก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพมากกว่าฝุ่นหยาบ (Coarse particle) หรือฝุ่นที่มีขนาดใหญ่กว่า (กรมควบคุมมลพิษ, 2561) และอนุภาคขนาดเล็กมากสามารถแพร่กระจายเข้าสู่กระแสเลือดได้ในภายหลัง (Du, et al., 2016) PM2.5 จึงถือเป็นมลพิษที่อันตรายที่สุดชนิดหนึ่ง (Limaye, Schöpp and Amann, 2019) ผลกระทบด้านสุขภาพที่เกี่ยวข้องกับมลพิษทางอากาศ เป็นเรื่องที่ได้รับการสนใจและการศึกษาจำนวนมาก มีการศึกษาความสัมพันธ์ความเข้มข้นของ

มลพิษและการตายก่อนวัยอันควร Pothirat, et al. (2019 a) ได้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของ PM และการตายที่ไม่ได้ตั้งใจรายวัน รวมถึงการตายโดยทราบสาเหตุ พบว่า PM10 PM2.5 มีความสัมพันธ์กับการเสียชีวิตโดยไม่ทราบสาเหตุและการเสียชีวิตจากโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง โรคหลอดเลือดหัวใจ การเสียชีวิตจากการติดเชื้อในกระแสเลือดอย่างมีนัยสำคัญ Pinichka, et al. (2017) ประเมินภาระโรคที่เกิดจากมลพิษทางอากาศในประเทศไทย ผลการประเมินชี้ให้เห็นว่าประโยชน์ของการลดความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศโดยรอบลง 20% สามารถป้องกันการเสียชีวิตที่หลีกเลี่ยงได้ถึง 25% ในทุกสาเหตุการเสียชีวิต การเสียชีวิตจากระบบทางเดินหายใจ และหลอดเลือดหัวใจ Mueller, et al. (2021) กระทบต่อสุขภาพจากการสัมผัสกับมลพิษทางอากาศในระยะยาว (2539–2559) ในประเทศไทย ระบุว่า การสัมผัส PM2.5 ในระยะยาวส่งผลให้มีผู้เสียชีวิต 50,000 คนต่อปี จากโรคติดเชื้อเฉียบพลันของระบบหายใจส่วนล่าง โรคหลอดเลือดสมอง โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง มะเร็งปอด และโรคหัวใจขาดเลือด และยังได้ศึกษาผลการลดความเข้มข้น PM2.5 เป็น $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และ $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ สามารถลดการเสียชีวิตจากโรคติดเชื้อเฉียบพลันของระบบหายใจส่วนล่าง โรคหลอดเลือดสมอง โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง มะเร็งปอด และโรคหัวใจขาดเลือดได้ 28,600 ราย และ 4,700 ราย ตามลำดับ Fold, et al. (2020) ศึกษาผลกระทบ PM2.5 ต่อสุขภาพด้วยแบบจำลอง Environmental Benefits Mapping and Analysis Program (BenMAP) พบว่าความเข้มข้นของ PM2.5 ในกรุงเทพฯ มีส่วนทำให้เกิดการเสียชีวิตทุกกลุ่มโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุ 4,240 ราย โรคหัวใจและหลอดเลือด 1,317 ราย และมะเร็งปอด 370 ราย การวิเคราะห์เพิ่มเติมพบว่าหากควบคุมระดับความเข้มข้น PM2.5 ให้ได้ตามแนวทางของ NAAQS และ WHO จะช่วยลดอัตราการเสียชีวิตก่อนวัยอันควรประจำปีในกรุงเทพฯ ลงได้ 33% และ 75% ตามลำดับ

การศึกษาที่ผ่านมาจะเห็นได้ว่า PM2.5 มีผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ การศึกษาผลกระทบด้านสุขภาพที่เกี่ยวข้องกับมลพิษทางอากาศในประเทศไทย ส่วนใหญ่ศึกษาในกรุงเทพมหานคร และในปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบสุขภาพที่เกี่ยวข้องกับ PM2.5 ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย งานวิจัยนี้จึงศึกษาผลกระทบสุขภาพที่เกี่ยวข้องกับ PM2.5 ในภาคเหนือตอนบน โดยจะศึกษาผลกระทบสุขภาพในระยะสั้นของ PM2.5 ต่อสุขภาพประชาชนภาคเหนือตอนบน โดยโปรแกรม BenMAP

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อทราบผลกระทบสุขภาพของ PM2.5 ต่อสุขภาพประชาชนภาคเหนือตอนบน

ขอบเขตของการวิจัย

การศึกษานี้มุ่งศึกษาเกี่ยวกับการประเมินผลกระทบสุขภาพของ PM2.5 ต่อสุขภาพประชาชนภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย

1. ขอบเขตด้านประชากร

ประชากรที่ใช้ในการศึกษานี้ ได้แก่ ประชากร ในปี 2562 ทั้ง 9 จังหวัด ภาคเหนือตอนบน ได้แก่ เชียงใหม่ เชียงราย แม่ฮ่องสอน ลำปาง ลำพูน แพร่ น่าน พะเยา และตาก

2. ตัวแปรที่ศึกษา

ข้อมูลความเข้มข้น PM2.5 รายชั่วโมง จาก 15 สถานี ใน 9 จังหวัด ภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย

3. ตัวแปรด้านสุขภาพ

การเสียชีวิตทุกกลุ่มโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุ การเสียชีวิตจากโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง โรคหลอดเลือดหัวใจ และการติดเชื้อในกระแสเลือดของประชากร ในปี 2562 ทั้ง 9 จังหวัด ภาคเหนือตอนบน

4. เครื่องมือที่ใช้

โปรแกรม The environmental Benefits Mapping and Analysis Program – Community Edition (BenMAP-CE) Version 1.5.8

ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย

ข้อมูลผลกระทบสุขภาพของฝุ่น PM2.5 ต่อสุขภาพประชาชนภาคเหนือตอนบน สามารถทราบถึงการเสียชีวิตที่เปลี่ยนแปลงไปต่อระดับความเข้มข้น PM2.5 ที่ควบคุม นำไปสู่การกำหนดนโยบายหรือแผนการดำเนินการกำหนดเป้าหมายให้ระดับ PM2.5 ไม่เกินค่าที่แนะนำ เพื่อลดผลกระทบต่อชีวิตและสุขภาพ

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

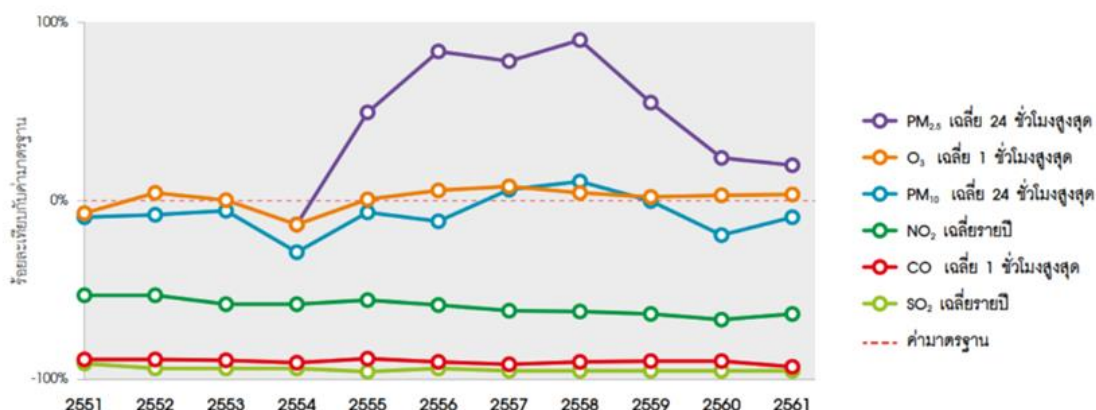
ในการศึกษาการประเมินผลกระทบของ PM2.5 ต่อสุขภาพประชาชนภาคเหนือตอนบนประเทศไทย ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

มลพิษทางอากาศ

มลพิษทางอากาศ หมายถึง ภาวะอากาศที่มีสารเจือปนอยู่ในปริมาณที่สูงกว่าระดับปกติเป็นเวลานานพอที่จะทำให้ เกิดอันตรายแก่มนุษย์ สัตว์ พืช หรือทรัพย์สินต่าง อาจเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น ฝุ่นละอองจากลมพายุ ภูเขาไฟระเบิด แผ่นดินไหว ไฟไหม้ป่า ก๊าซธรรมชาติอากาศเสียที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติเป็นอันตรายต่อมนุษย์น้อยมาก เพราะแหล่งกำเนิดอยู่ไกลและปริมาณที่เข้าสู่สภาพแวดล้อมของมนุษย์และสัตว์มีน้อย กรณีที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ ได้แก่ มลพิษจากท่อไอเสียของรถยนต์จากโรงงานอุตสาหกรรมจากขบวนการผลิตจากกิจกรรมด้านการเกษตรจากการระเหยของก๊าซบางชนิด ซึ่งเกิดจากขยะมูลฝอยและของเสียเป็นต้น (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2558)

สารมลพิษทางอากาศเหล่านี้จะระบายออกจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ ในเขตชุมชน ทั้งจากยานพาหนะ การก่อสร้าง อาคารบ้านเรือน การก่อสร้างปรับปรุงถนนและผิวจราจร ตลอดจนโรงอุตสาหกรรมและสถานประกอบการต่าง ๆ ซึ่งสารมลพิษเหล่านี้ นอกจากจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนโดยตรงแล้ว ยังก่อให้เกิดภาวะการณ์ต่าง ๆ แก่โลกด้วย คือ การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของโลก การทำลายชั้นโอโซนเป็นต้น (โอบาส เจริญคุณ และโกศล โภคาเทพ, 2559)

กองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ ดำเนินการติดตามตรวจวัดคุณภาพอากาศจากสถานีตรวจวัดมลพิษทางอากาศแบบอัตโนมัติ ในพื้นที่ 33 จังหวัด (63 สถานี) พบว่าคุณภาพอากาศในประเทศไทยในภาพรวม มีแนวโน้มทรงตัวสารมลพิษที่พบเกินมาตรฐาน ได้แก่ ฝุ่นละออง PM10 PM2.5 ก๊าซโอโซน และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ จังหวัดที่พบจำนวนวันที่สารมลพิษทางอากาศเกินค่ามาตรฐานเป็นจำนวนมาก (เกินร้อยละ 20 ของปี) ได้แก่ กรุงเทพมหานคร สมุทรสาคร สระบุรี และสงขลา และจังหวัดที่มีจำนวนวันที่เกินค่ามาตรฐาน ร้อยละ 11 – 20 จำนวน 14 จังหวัด ได้แก่จังหวัด เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน ลำปาง ลำพูน แพร่ น่าน พะเยา ตาก ขอนแก่น พระนครศรีอยุธยา สมุทรปราการ ราชบุรี ชลบุรี และระยอง (กรมควบคุมมลพิษ, 2562)

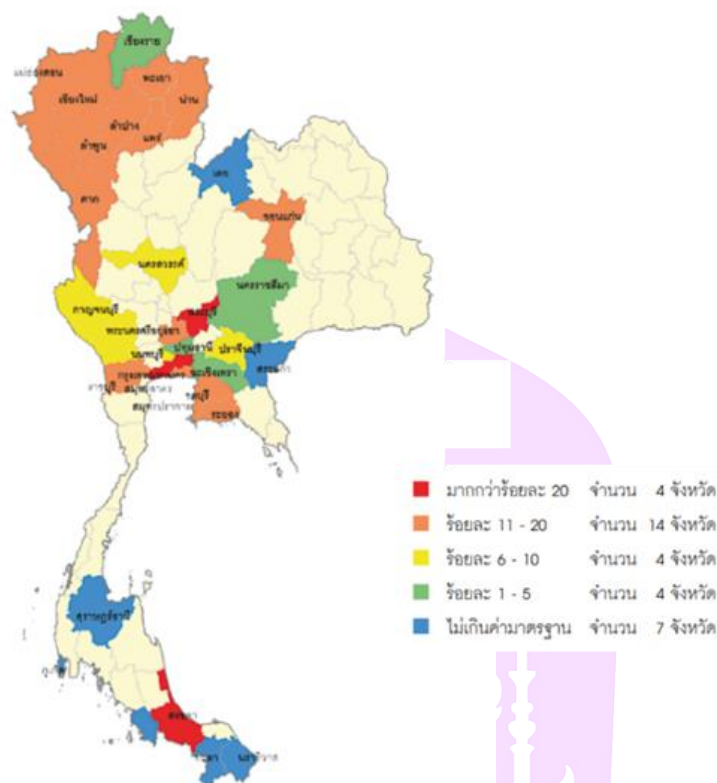


ภาพ 1 แนวโน้มสถานการณ์มลพิษทางอากาศ ปี 2551 – 2561 ทั้งประเทศของสารมลพิษทางอากาศ 6 ชนิด คิดเป็นร้อยละเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของแต่ละชนิด

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ (2562), หน้า 6

ปัจจัยที่ทำให้เกิดมลพิษฝุ่นละอองและเป็นผลกระทบต่อสุขภาพประชาชนและสภาพแวดล้อม ประกอบด้วย (1) แหล่งกำเนิดฝุ่นละออง (2) การพัดพาและแปรสภาพของมลพิษ และ (3) สภาพของผู้รับมลพิษ (กรมควบคุมมลพิษ, 2561)

โดยการพัดพาและแปรสภาพของมลพิษ (transportation and transformation of pollutants) ได้แก่ สภาพอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ ฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (กลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์) และฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (กลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม) ซึ่งส่งผลต่อสภาพอากาศ ความกดอากาศ ทิศทางลมประจำฤดู อุณหภูมิ ปริมาณฝน ความชื้น เป็นต้น และสภาพแวดล้อมที่ส่งผลต่อการแพร่กระจายของมลพิษอากาศ ได้แก่ ลักษณะภูมิประเทศ เช่น ภูเขา หุบเขา ชายฝั่งทะเล รวมถึงสิ่งกีดขวางลมที่พัดพามลพิษให้แพร่กระจายและเฉื่อยช้า เช่น อาคารและสิ่งปลูกสร้าง ผังเมืองซึ่งกำหนดความหนาแน่นและการกระจายตัวของการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยเฉพาะที่พักอาศัยหรือผู้รับมลพิษ ที่ตั้งและการกระจายตัวของแหล่งกำเนิดมลพิษ อันจะส่งผลต่อระดับมลพิษในพื้นที่ได้ลม



ภาพ 2 สรุปสถานการณ์คุณภาพอากาศแสดงร้อยละจำนวนวันที่พบสารมลพิษทางอากาศเกินค่ามาตรฐานในปี 2561

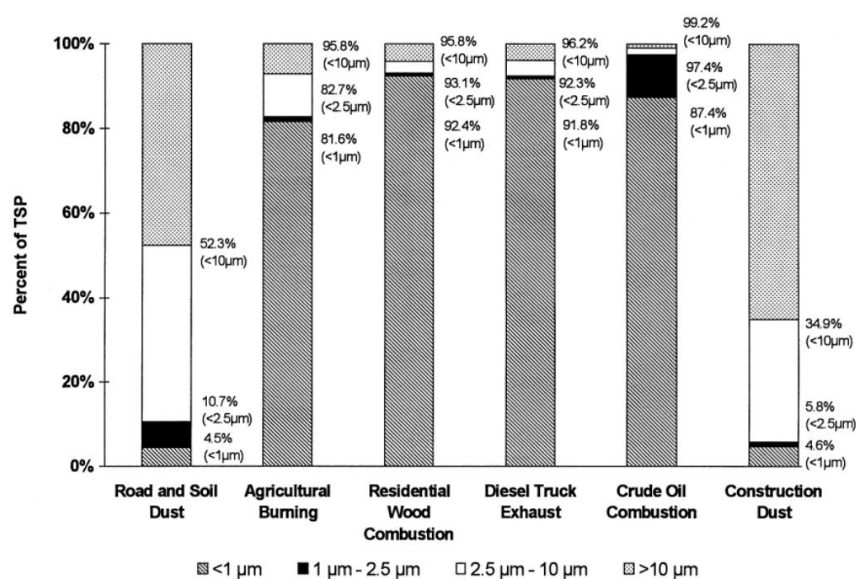
ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ (2562), หน้า 6

สภาพของผู้รับมลพิษ ได้แก่ สภาพส่วนตัวของผู้รับมลพิษ เช่น ความเสี่ยงต่อการรับมลพิษ อันเป็นผลมาจากอาการป่วย สภาวะความเป็นเด็กหรือคนชรา และความไวต่อการรับมลพิษ (Sensitivity) และสภาพภายนอก ได้แก่ อาชีพ กิจกรรม การเดินทาง ที่ตั้งที่ทำงานและที่พักอาศัย รวมถึงสภาพที่ทำงานและที่พักอาศัย ซึ่งจะส่งผลต่อระดับมลพิษที่ได้รับและความรุนแรงของอาการของแต่ละรายบุคคล

แหล่งกำเนิดมลพิษฝุ่นละอองประกอบด้วยแหล่งกำเนิดธรรมชาติ และแหล่งกำเนิดจากกิจกรรมของมนุษย์ แหล่งกำเนิดธรรมชาติ ได้แก่ ฝุ่นละอองดินฟุ้งปลิวจากพื้นดินและพื้นที่เกษตรกรรม ไฟป่า เกือบทะเล ภูเขาไฟปะทุ ฝุ่นฟุ้งปลิวจากทะเลทราย ซึ่งมักจะเป็นฝุ่นรวมที่มีขนาดใหญ่ แหล่งกำเนิดจากกิจกรรมมนุษย์ ได้แก่ การใช้เชื้อเพลิง การจราจร (ไอเสียรถยนต์ ส่วนประกอบของรถยนต์ และฝุ่นละอองฟุ้งปลิวจากถนนโดยเฉพาะถนนดินลูกรัง) โรงงาน

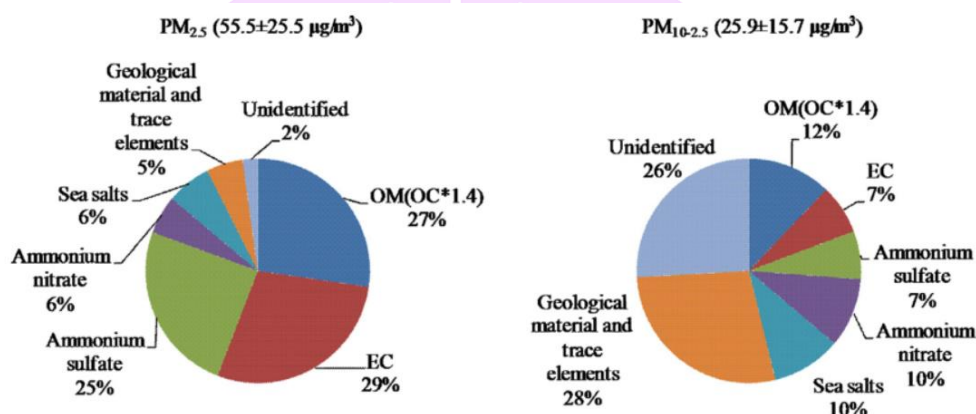
อุตสาหกรรม โรงไฟฟ้า การก่อสร้าง การเผาชีวมวล (รวมถึงการเผาขยะมูลฝอยและการเผาในที่โล่ง) และการเกษตรกรรม ซึ่งมักจะเป็นฝุ่นขนาดเล็ก (PM10 - ฝุ่นขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน และ PM2.5 - ฝุ่นขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน) และแหล่งกำเนิดทางอ้อมจากกิจกรรมของมนุษย์ จัดเป็นฝุ่นทุติยภูมิ เกิดจากการรวมตัวของก๊าซมลพิษเป็นฝุ่นละอองขนาดเล็กมาก (Ultra-fine particle) จากกระบวนการรวมตัวของสาร (Coagulation) เช่น แอมโมเนีย ไนเตรต และ แอมโมเนียมซัลเฟต

ฝุ่นละอองจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ จะมีการกระจายขนาดแตกต่างกัน แสดงดังภาพ 1 ฝุ่นละอองจากถนนและดินฟุ้งปลิวรวมถึงฝุ่นจากการก่อสร้างจะมีขนาดใหญ่กว่า 2.5 ไมครอน มากกว่าร้อยละ 90 หรือน้อยกว่าร้อยละ 10 เป็นฝุ่นขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอนหรือฝุ่น PM2.5 ส่วนฝุ่นจากการเผาในที่โล่ง เช่น การเผาของเสียเกษตรกรรมซึ่งเป็นการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ อาจมีฝุ่นขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอนประมาณร้อยละ 80 ในขณะที่การเผาไหม้น้ำมันดิบ ไอเสียรถยนต์ดีเซล และการเผาไม้ในเตาเผาครัวเรือนจะมีฝุ่นขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอนมากกว่า ร้อยละ 90



ภาพ 3 การกระจายขนาดของฝุ่นจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ

Cheng, et al. (2015) เก็บตัวอย่างบริเวณริมถนนการจราจรหนาแน่นในฮ่องกง รายงานว่าฝุ่นหยาบ PM₁₀ - 2.5 และฝุ่นละเอียด PM_{2.5} มีองค์ประกอบที่แตกต่างกัน ธาตุที่มีปริมาณมากในฝุ่นหยาบได้แก่ Cl⁻, Al, Si, Ca, Ti, และ Fe ในขณะที่องค์ประกอบหลักในฝุ่นละเอียดได้แก่ OC, EC, SO₄²⁻, NH₄⁺, และ K⁺ ที่มาของฝุ่นหยาบได้แก่ ฝุ่นจากส่วนประกอบของรถ (ยาง ผ้าเบรก) ฝุ่นดินฟุ้งลอย ไอทะเล การเผาชีวมวลและฝุ่นทุติยภูมิ และจากการจราจรน้อยที่สุด รายละเอียดแสดงดังภาพ 4

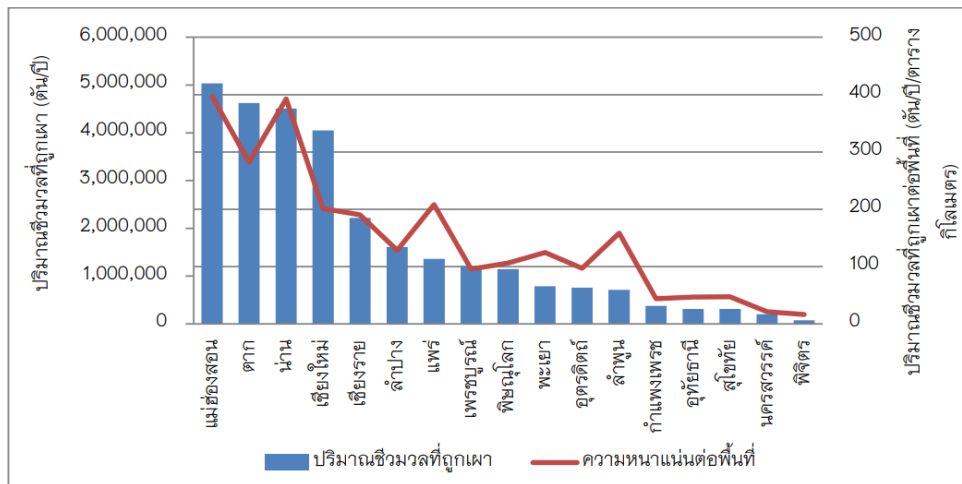


ภาพ 4 ที่มาของฝุ่นหยาบและฝุ่นละเอียดในฮ่องกง

ที่มา: Cheng, et al. (2015), P 4

สมพร จันทระ, ชาคริต โชติอมรศักดิ์ และว่าน วิริยา (2561) ได้ศึกษาค่าการปลดปล่อยมลพิษฝุ่นและองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่น จากการจำลองการเผาชีวมวลในที่โล่ง โดยการเผาตัวอย่างชีวมวลประเภทต่าง ๆ โดยใช้เตาจำลอง โดยทำการเก็บตัวอย่างชีวมวล ซึ่งสัมพันธ์กับการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน จากสองพื้นที่หลักคือ พื้นที่เกษตรกรรม (พื้นที่ปลูกข้าวโพดและพื้นที่ปลูกข้าว) และพื้นที่ป่า (ป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรัง) จากการทดสอบการเผาชีวมวล 4 ประเภท คือ ฟางข้าว เศษต้น ข้าวโพด ใบไม้จากพื้นที่ป่า ทั้ง 2 ประเภท พบว่ามีการปล่อยฝุ่นขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) ในปริมาณที่ไม่แตกต่างกัน โดยอยู่ในช่วง 2.2 - 4.4 กรัมต่อกิโลกรัมชีวมวล และเมื่อทำการวิเคราะห์องค์ประกอบของฝุ่นพบโพแทสเซียม (K⁺) ซึ่งเป็นตัวตามรอยของการเผาพืช และคลอไรด์ (Cl⁻) ในปริมาณที่สูงในฝุ่นที่ปล่อยจากการเผาชีวมวลทั้ง 4 ชนิด

ปฏิพัทธ์ วงศ์เรือง (2555) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของการระบายน้ำฝนอากาศของภาคเหนือประเทศไทยตั้งแต่ พ.ศ. 2550 ถึง 2554 โดยการประมาณค่าการปล่อยมลพิษจากข้อมูลจุดความร้อนจากดาวเทียม Terra และ Aqua ร่วมกับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน พบว่า ปริมาณชีวมวลที่ถูกเผาจากพื้นที่ป่าคิดเป็น 90 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณชีวมวลที่ถูกเผาจากการเกษตร 10 เปอร์เซ็นต์ จากปริมาณชีวมวลที่ถูกเผาทั้งหมด 146,534,960 ต้นต่อปี จากการคำนวณปริมาณการปล่อยมลพิษอากาศในระยะเวลา 5 ปี (พ.ศ. 2550-2554) ได้ค่าเฉลี่ยอัตราการปล่อยมลพิษรายปีดังต่อไปนี้ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 45,833,490 ต้นต่อปี คาร์บอนมอนอกไซด์ 3,068,357 ต้นต่อปี สารอินทรีย์ระเหยง่ายที่ไม่ใช่มีเทน 602,685 ต้นต่อปี ฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน 511,677 ต้นต่อปี ฝุ่นขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน 334,774 ต้นต่อปี ออกแก๊นคาร์บอนด์ 211,849 ต้นต่อปี ออกไซด์ของไนโตรเจน 79,865 ต้นต่อปี มีเทน 143,339 ต้นต่อปี แอมโมเนีย 40,864 ต้นต่อปี ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 25,252 ต้นต่อปี และแบล็คคาร์บอน 17,229 ต้นต่อปี จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าการปล่อยมลพิษส่วนใหญ่เกิดขึ้นจากการเผาในพื้นที่ป่ามากกว่าการเผาในพื้นที่การเกษตร 5 จังหวัดแรก ที่มีปริมาณชีวมวลที่ถูกเผาสูง ได้แก่ จังหวัด แม่ฮ่องสอน 5,032,807 ต้นต่อปี ตาก 4,624,940 ต้นต่อปี น่าน 4,505,672 ต้นต่อปี เชียงใหม่ 4,048,460 ต้นต่อปี และจังหวัดเชียงราย 2,221,378 ต้นต่อปี ตามลำดับ แสดงดังภาพ 5 และชนิดของชีวมวลที่ถูกเผา ปริมาณการปล่อยมลพิษอากาศในแต่ละจังหวัด แสดงดังภาพ 6 เมื่อวิเคราะห์การปล่อยมลพิษโดยใช้แผนที่แสดงความเข้มข้นของมลพิษทั้ง 11 ชนิดแสดงให้เห็นว่าบริเวณที่เป็นพื้นที่ป่าที่มีปริมาณชีวมวลที่ถูกเผาทำให้เกิดการปล่อยมลพิษสูง มลพิษมีการปล่อยมากทางฝั่งตะวันตกของภาคเหนือตั้งแต่ตอนบนของภาคลงมาถึงตอนใต้ของภาคได้แก่ จังหวัดแม่ฮ่องสอน จังหวัดตาก และฝั่งตะวันออกของภาค บริเวณจังหวัดน่านที่มีปริมาณการปล่อยมลพิษสูง ชนิดพื้นที่ที่มีการปล่อยสูงส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นจากบริเวณที่ป่าผลัดใบ ในขณะที่พื้นที่เกษตรมีการปล่อยน้อยกว่าเนื่องจากมีปริมาณชีวมวลต่ำกว่า ดังนั้นจะเห็นได้ว่าภาคเหนือตอนบนซึ่งมีป่าไม้มาก และการเกษตรน้อย การปล่อยมลพิษที่เกิดจากการเผาในที่โล่งจึงมีความเข้มข้นสูงกว่าภาคเหนือตอนล่างซึ่งเป็นบริเวณที่มีพื้นที่การเกษตรมากประกอบกับปริมาณชีวมวลที่ถูกเผามีน้อยกว่าภาคเหนือตอนบน จึงทำให้มีการปล่อยมลพิษอากาศน้อยกว่า นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณการปล่อยมลพิษมีค่าสูงในเดือน มีนาคม เมษายน และกุมภาพันธ์ ตามลำดับ



ภาพ 5 ปริมาณชีวมวลและความหนาแน่นของชีวมวลที่ถูกเผาต่อพื้นที่ในแต่ละจังหวัด ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550-2554

ที่มา: ปฏิพัทธ์ วงศ์เรือง (2555), หน้า 59

ปริมาณการปล่อยมลพิษเฉลี่ยรายปีจากการเผาในที่โล่งในแต่ละจังหวัด (ตันปี)												
จังหวัด	ชีวมวลที่ถูกเผา	CO ₂	CO	CH ₄	NH ₃	SO ₂	Nox	NMVOC	PM10	PM2.5	BC	OC
จ.แม่ฮ่องสอน	5,032,807	7,888,224	528,665	25,308	6,946	4,402	13,644	104,516	90,684	58,904	2,937	37,670
จ.ตาก	4,624,940	7,270,960	488,721	24,727	6,347	3,918	11,760	96,175	84,457	53,410	2,750	33,929
จ.น่าน	4,505,672	7,050,690	471,752	20,394	6,230	4,027	12,929	93,404	76,906	51,943	2,628	33,024
จ.เชียงใหม่	4,048,460	6,337,843	420,869	20,503	5,515	3,248	10,365	81,853	70,268	43,716	2,434	27,108
จ.เชียงราย	2,221,378	3,462,592	230,210	9,992	3,098	1,895	6,291	45,016	36,891	24,505	1,307	15,313
จ.ลำปาง	1,611,332	2,523,855	170,497	7,697	2,248	1,492	4,596	34,082	28,797	19,537	928	12,628
จ.แพร่	1,359,462	2,132,318	144,393	6,429	1,904	1,293	3,961	28,983	24,465	16,864	776	10,987
จ.เพชรบูรณ์	1,212,385	1,890,392	125,529	5,494	1,716	1,013	3,392	24,264	19,722	13,119	720	8,125
จ.พิษณุโลก	1,148,529	1,786,338	119,079	5,146	1,630	1,000	3,319	23,305	19,168	12,937	668	8,142
จ.พะเยา	787,330	1,232,933	82,437	4,180	1,095	629	1,956	15,971	13,848	8,603	475	5,338
จ.อุตรดิตถ์	758,813	1,185,807	79,919	3,625	1,073	685	2,146	15,820	13,299	8,984	440	5,751
จ.ลำพูน	713,351	1,116,745	75,351	3,235	995	674	2,109	15,114	12,550	8,688	408	5,629
จ.กำแพงเพชร	378,319	586,481	38,772	2,007	539	268	893	7,287	6,250	3,727	234	2,208
จ.อุทัยธานี	313,972	490,076	33,021	1,451	442	296	922	6,598	5,552	3,851	180	2,508
จ.สุโขทัย	312,097	483,140	32,065	1,471	453	257	866	6,158	5,163	3,406	184	2,118
จ.นครสวรรค์	203,838	295,607	19,998	1,160	419	127	530	3,250	2,835	1,960	119	1,094
จ.พิจิตร	74,308	99,489	7,079	518	214	30	186	892	823	620	42	277

ภาพ 6 ปริมาณการปล่อยมลพิษเฉลี่ยรายปีตามจังหวัดตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550 - 2554

ที่มา: ปฏิพัทธ์ วงศ์เรือง (2555), หน้า 60

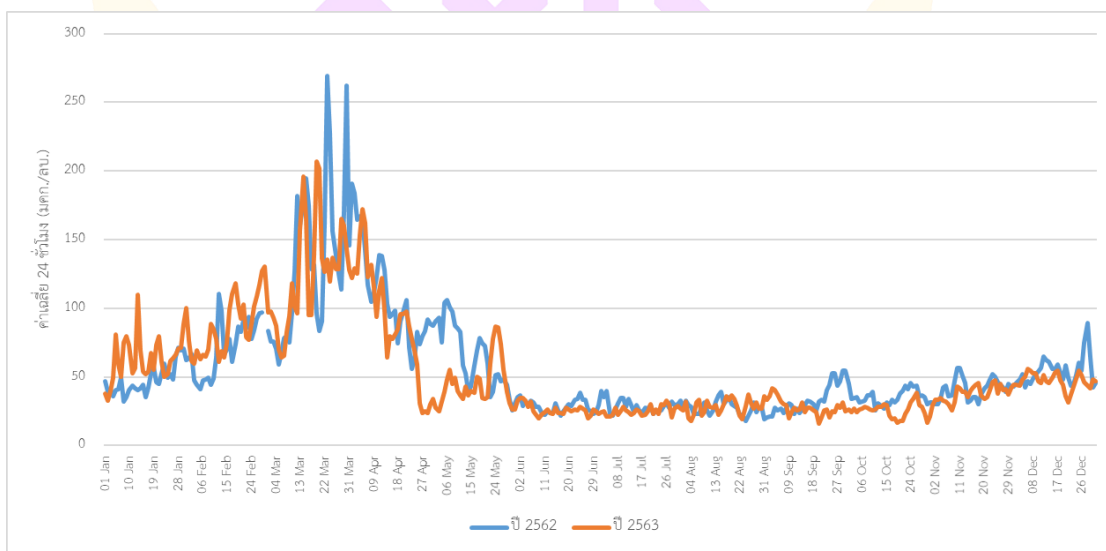
สมพร จันทระ, ชาคริต โชติอมรศักดิ์ และว่าน วิริยา (2561) ได้ศึกษาการติดตามตรวจสอบและจำแนกพื้นที่เผาไหม้ชีวมวลในพื้นที่ 9 จังหวัดของภาคเหนือในช่วง 10 ปี (พ.ศ. 2549–2558) จากข้อมูลตำแหน่งการเผา (Fire Hot Spot; FHS) โดยอุปกรณ์เซนเซอร์ตรวจจับจุดไฟของ MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectrometer) ซึ่งเป็นเซนเซอร์ที่ติดตั้งอยู่บนดาวเทียม Terra และ Aqua ย้อนหลัง 10 ปี (พ.ศ.2549–2558) พบรูปแบบการกระจายตัวของการเผาในที่โล่งในพื้นที่ 9 จังหวัดภาคเหนือในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2549–2558 ว่ามีการเผามากที่สุดในเดือนมีนาคม โดยมีรูปแบบการเผาที่คล้ายกันในทุกปี คือเริ่มมีการเผาตั้งแต่เดือนธันวาคมและเพิ่มจำนวนต่อเนื่องจนมากที่สุดในเดือนมีนาคมและลดลงในเดือนเมษายน หากแยกการกระจายตัวของการเผาเป็นรายจังหวัด พบว่าในช่วงเดือนมกราคมถึงมีนาคมของทุกปีมีการเผาในที่โล่งมากบริเวณจังหวัดแม่ฮ่องสอน เชียงใหม่ ตาก และน่านและจังหวัดที่มีพื้นที่การเผาวมมากที่สุดคือจังหวัดเชียงใหม่

Vongruang and Pimonsree (2020) ได้ศึกษาแหล่งที่มาของการเผาไหม้ชีวมวลและการมีส่วนร่วมของความเข้มข้นของ PM10 ในประเทศต่าง ๆ ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ภาคพื้นแผ่นดินใหญ่ ในช่วงเหตุการณ์หมอกควัน จากการวิเคราะห์พบว่า PM10 ถูกปล่อยออกมาจากการเผาไหม้ชีวมวล คิดเป็น 72% ของแหล่งที่มาทั้งหมด การใช้ระบบแบบจำลอง WRF-CMAQ แสดงให้เห็นว่าระดับ PM10 ที่รุนแรงใน MSEA นั้นสูงกว่ามาตรฐานคุณภาพอากาศแวดล้อมขององค์การอนามัยโลก (WHO) ที่แนะนำระดับคุณภาพอากาศที่ปลอดภัยถึง 51% ตามข้อมูลรายเดือนรวม พบว่าความเข้มข้น PM10 เฉลี่ยในพื้นที่ MSEA อยู่ที่ 80 ไมโครกรัม/ลบ.ม. นอกจากนี้แบบจำลองยังแสดงให้เห็นว่าแหล่งที่มาของอนุภาคที่สำคัญมาจากการเผาไหม้ชีวมวลและมีส่วนทำให้เกิดความเข้มข้นของ PM10 ในสิ่งแวดล้อม 49% ใน MSEA ในขณะที่ในลาว เมียนมาร์ กัมพูชา ไทย จีน และเวียดนาม มีส่วนทำให้เกิดความเข้มข้นของ PM10 73%, 69%, 59%, 45%, 33% และ 31% ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ความอ่อนไหว พบว่าทุก ๆ 1 Tg ของ PM10 ที่เพิ่มขึ้นใน MSEA จะส่งผลให้ความเข้มข้นของ PM10 ใน MSEA เพิ่มขึ้น 27.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ และมีแนวโน้มที่จะแตกต่างกันไปในแต่ละประเทศ โดยทุก ๆ 1 Tg ของ PM10 เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ความเข้มข้น PM10 ในประเทศลาว เมียนมาร์ ไทย จีน กัมพูชา และเวียดนาม เพิ่มขึ้น 60.6, 50.8, 17.6, 14.1, 13.0 และ 9.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ตามลำดับ

Pimonsree and Vongruang (2018) ได้ศึกษาผลกระทบของการเผาไหม้ชีวมวลและการควบคุมฝุ่นละอองที่มีต่อเมืองในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ภาคพื้นแผ่นดินใหญ่ ในช่วงที่เกิดหมอกควัน พบว่ามีผลกระทบรุนแรงจากการเผาไหม้ชีวมวลนอกเมืองต่อความเข้มข้น PM10 ภายในเมือง ประมาณ 85% และ 89% สำหรับ PM10 และ PM2.5 ตามลำดับ การควบคุมการ

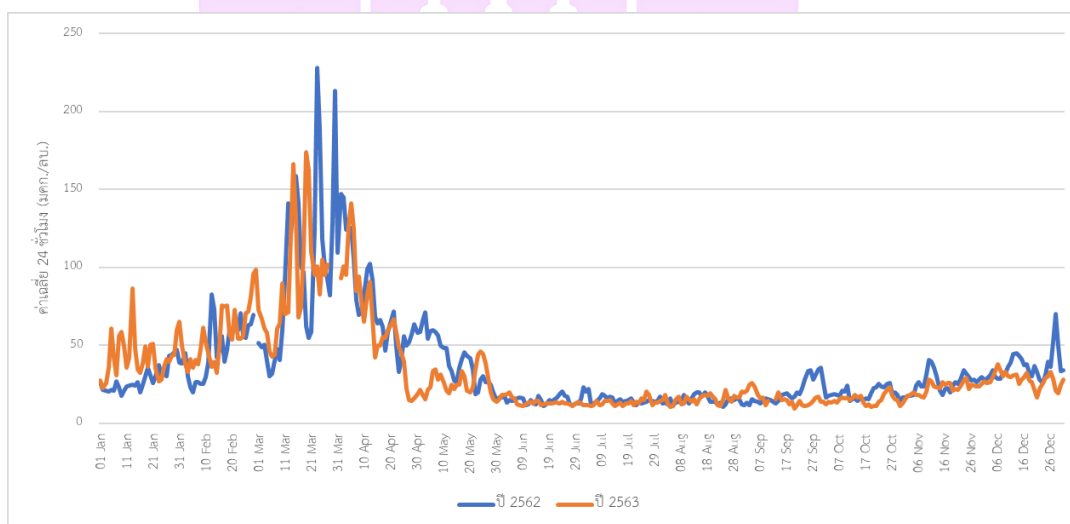
เผาไหม้ชีวมวลในเมืองส่งผลกระทบต่อความเข้มข้นของ PM ในระดับท้องถิ่น จากการศึกษาความสำเร็จของการควบคุมการเผาไหม้สารชีวมวลภายในเมือง เมื่อไม่มีการเผาไหม้ชีวมวลนอกเมือง สถานการณ์การควบคุมมุ่งเน้นไปที่ระดับการลดการปล่อยก๊าซชีวมวล โดยเฉพาะ ซึ่งประกอบไปด้วย 0%, 20%, 40%, 60%, 80% และ 100% พบว่าความเข้มข้น PM_{2.5} เฉลี่ยลดลง 0.70% ต่อ % ที่ลดลงของการปล่อยการเผาไหม้ชีวมวล ความเข้มข้น PM_{2.5} เฉลี่ยสูงสุดต่อวันลดลง 0.84% ต่อ % ของการปล่อยการเผาไหม้ชีวมวลที่ลดลง และเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยของความเข้มข้น PM_{2.5} ที่เกิน NAAQS ลดลง 1.05% ต่อ % ของการปล่อยการเผาไหม้ชีวมวลที่ลดลง

จากการศึกษาข้อมูลฝุ่นละออง PM₁₀ จังหวัดเชียงใหม่ ในปี พ.ศ. 2562 – 2563 พบว่าในปี 2562 มีค่าฝุ่นละออง PM₁₀ เฉลี่ย 24 ชั่วโมงสูงสุด อยู่ที่ 268 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (มคก./ลบ.) (ค่ามาตรฐาน 120 มคก./ลบ.) ค่าฝุ่นละออง PM₁₀ เฉลี่ยรายปี อยู่ที่ 56 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (มคก./ลบ.) (ค่ามาตรฐานรายปี 50 มคก./ลบ.) และในปี 2563 มีค่าฝุ่นละออง PM₁₀ เฉลี่ย 24 ชั่วโมงสูงสุด อยู่ที่ 207 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (มคก./ลบ.) ค่าฝุ่นละออง PM₁₀ เฉลี่ยรายปี อยู่ที่ 52 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (มคก./ลบ.) ซึ่งจะเห็นได้ว่า ในปี 2562 และ 2563 มีค่าฝุ่นละออง PM₁₀ สูงและเกินค่ามาตรฐานในช่วงเดือนมีนาคมถึงเมษายน เช่นเดียวกันทั้ง 2 ปี และเมื่อวิเคราะห์แนวโน้มค่าฝุ่นละออง PM₁₀ พบว่า ในปี 2563 ค่าฝุ่นละออง PM_{2.5} มีแนวโน้มลดลงจากปี 2562 รายละเอียดดังภาพ 7



ภาพ 7 การเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นละออง PM₁₀ จังหวัดเชียงใหม่ ในปี พ.ศ. 2562 และ ปี พ.ศ. 2563

จากการศึกษาข้อมูลฝุ่นละออง PM2.5 จังหวัดเชียงใหม่ ในปี พ.ศ. 2562 – 2563 พบว่าในปี 2562 มีค่าฝุ่นละออง PM2.5 เฉลี่ย 24 ชั่วโมงสูงสุด อยู่ที่ 228 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (ค่ามาตรฐาน 50 มคก./ลบ.) ค่าฝุ่นละออง PM2.5 เฉลี่ยรายปี อยู่ที่ 36 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (ค่ามาตรฐานรายปี 25 มคก./ลบ.) และในปี 2563 มีค่าฝุ่นละออง PM2.5 เฉลี่ย 24 ชั่วโมงสูงสุด อยู่ที่ 174 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ค่าฝุ่นละออง PM2.5 เฉลี่ยรายปี อยู่ที่ 33 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งจะเห็นได้ว่า ในปี 2562 และ 2563 มีค่าฝุ่นละออง PM2.5 สูงและเกินค่ามาตรฐานในช่วงเดือนมกราคมถึงพฤษภาคม เช่นเดียวกันทั้ง 2 ปี และเมื่อวิเคราะห์แนวโน้มค่าฝุ่นละออง PM2.5 พบว่า ในปี 2563 ค่าฝุ่นละออง PM2.5 มีแนวโน้มลดลงจากปี 2562 รายละเอียดดังภาพ 8



ภาพ 8 การเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นละออง PM2.5 จังหวัดเชียงใหม่
ในปี พ.ศ. 2562 และ ปี พ.ศ. 2563

จากการศึกษาดังกล่าวพบว่า ค่าฝุ่นละออง PM10 และ PM2.5 ในจังหวัดเชียงใหม่ ในปี 2562 และ 2563 มีค่าสูงและเกินค่ามาตรฐานในบางช่วงเวลา โดยเฉพาะในช่วงฤดูร้อนที่มักจะมีการเผาในที่โล่งในภาคเหนือ ทำให้ฝุ่นละอองในบรรยากาศเกินค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศ

ซึ่งจากการศึกษาของกฤษฎาธร ทรัพย์อุไรรัตน์ และกุลธิดา บรรจงศิริ (2563) ได้ศึกษาความสัมพันธ์เชิงปริมาณของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM10) และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) ของแต่ละภูมิภาคและฤดูกาล โดยใช้ข้อมูลผลการตรวจวัดฝุ่นละอองทั้งสองขนาดในช่วงปี พ.ศ. 2557–2561 จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศของกรมควบคุมมลพิษ (คพ.) จำนวน 8 สถานี ที่ตั้งอยู่ในภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออก และภาคใต้ ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์พบว่า ฝุ่นละอองทั้งสองขนาดมีความสัมพันธ์กัน และช่วงฤดูแล้ง มีระดับความสัมพันธ์สูงกว่าช่วงฤดูฝน โดยค่าสัดส่วนของ PM2.5/PM10 ของภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก ภาคกลาง และภาคใต้ จะมีค่าเท่ากับ 0.67, 0.65, 0.64, 0.59 และ 0.45 ตามลำดับ

การศึกษาของขจรศักดิ์ โสภากาจารย์ และเพชร เพ็งชัย (2550) ได้ทำการสำรวจปริมาณฝุ่นในอากาศภายในจังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดลำพูน พบว่าค่าสัดส่วน PM2.5/PM10 จังหวัดลำพูน มีค่าสูงสุด 0.64 ในขณะที่จังหวัดเชียงใหม่มีค่าอยู่ในช่วง 0.54–0.58 และในฤดูแล้งมีค่าสูงสุดอยู่ในช่วง 0.60–0.68

ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5)

PM ย่อมาจาก Particulate Matter หรือฝุ่นละอองที่สามารถแบ่งได้เป็น 3 ขนาดคือ PM2.5 หรือฝุ่นละเอียด (fine particle) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตามพฤติกรรมเคลื่อนที่ของฝุ่นในกระแสอากาศ (aerodynamic diameter) เล็กกว่า 2.5 ไมครอน PM10 ซึ่งเป็นฝุ่นละอองที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่า 10 ไมครอน และฝุ่นหยาบ (coarse particle) ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 10 ไมครอนถึง 25 ไมครอน (ขจรศักดิ์ โสภากาจารย์ และเพชร เพ็งชัย, 2550)

ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) เป็นฝุ่นที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 2.5 ไมครอน เกิดจากการเผาไหม้ทั้งจากยานพาหนะ การเผาวัสดุการเกษตร ไฟป่า และกระบวนการอุตสาหกรรม สามารถเข้าไปถึงถุงลมในปอดได้ เป็นผลทำให้เกิดโรคในระบบทางเดินหายใจ และโรคปอดต่าง ๆ หากได้รับในปริมาณมากหรือเป็นเวลานานจะสะสมในเนื้อเยื่อปอด ทำให้การทำงานของปอดเสื่อมประสิทธิภาพลงทำให้หลอดลมอักเสบ มีอาการหอบหืด (กองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง, ม.ป.ป.)

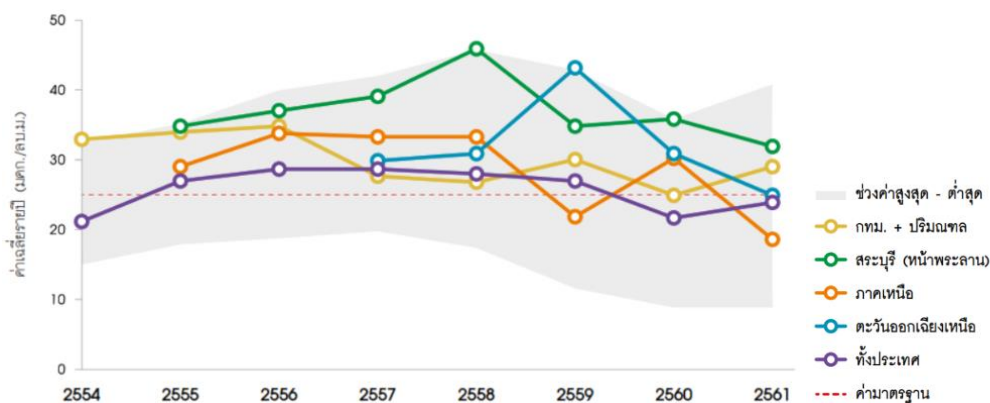
PM2.5 เป็นฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอนสามารถเทียบขนาดอย่างง่าย ๆ คือขนาดประมาณ 1 ใน 25 ของเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นผมมนุษย์ PM2.5 จัดเป็นฝุ่นละเอียดจึงทำให้ขนจมูกของมนุษย์ไม่สามารถกรองได้ อีกทั้งยังมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า PM2.5 มาจาก

แหล่งกำเนิด 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่ 1 เรียกว่าแหล่งกำเนิดปฐมภูมิ (primary particle) เป็นแหล่งกำเนิดตามธรรมชาติจากฝุ่นละอองดินที่ฟุ้งปลิวจากพื้นดินหรือจากพื้นที่เกษตรกรรม ไฟป่า และกลุ่มที่ 2 แหล่งกำเนิดทุติยภูมิ จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงทำให้เกิดฝุ่นควันการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลจากโรงไฟฟ้า โรงงานอุตสาหกรรม การก่อสร้าง การเผาขยะมูลฝอยและการเผาในที่โล่ง PM2.5 สามารถลอยอยู่ในอากาศได้เป็นวันถึงหลายสัปดาห์และลอยไปไกลจากแหล่งกำเนิดได้ถึง 100 - 1,000 กิโลเมตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยที่มีผลต่อระยะทางและเวลา ได้แก่ 1) ความเร็วลม 2) ความกดอากาศ 3) ความชื้น 4) สภาพอากาศ 5) แหล่งกำเนิดฝุ่นละออง และ 6) ขนาดของฝุ่น (กรมควบคุมมลพิษ, ม.ป.ป.) และเมื่อ PM2.5 มีการแพร่กระจายเข้าสู่ทางเดินหายใจกระแสเลือดและแทรกซึมสู่อวัยวะต่าง ๆ ของร่างกายจึงเป็นการเพิ่มความเสี่ยงทำให้เกิดเป็นโรคเรื้อรังและมะเร็งได้ (จินตนา ประชุมพันธ์, 2561)

ขนิษฐา ชัยรัตนาวรรณ และณัฐพศุทธิ์ ภัทธีราสินสิริ (2563) ได้ศึกษาแหล่งกำเนิดผลกระทบและแนวทางการจัดการฝุ่นละออง PM2.5 บริเวณภาคเหนือของประเทศไทย ใช้วิธีการวิจัยเชิงเอกสาร โดยการสังเคราะห์บทความวิจัยที่อยู่ในฐานข้อมูล TCI ISI และรายงานและเอกสารที่เผยแพร่โดยหน่วยงานภาครัฐ รวมทั้งหมด 15 เรื่องที่คณะผู้วิจัยได้คัดเลือกอย่างเฉพาะเจาะจง ใช้วิเคราะห์ข้อมูลในรูปแบบการวิเคราะห์เนื้อหา ผลการสังเคราะห์พบว่าแหล่งกำเนิดของฝุ่นละออง PM2.5 อันดับแรกมาจากการเผาในที่โล่ง รองลงมาเกิดขึ้นจากไอเสียรถโดยสารโดยสารดีเซล ผลกระทบที่เกิดขึ้นมีทั้งการบดบังทัศนวิสัยการมองเห็น ผลกระทบด้านเศรษฐกิจ ผลกระทบด้านคุณภาพชีวิตและสิ่งแวดล้อม

ฝุ่น PM2.5 หรือชื่อเต็มคือ Particulate matter with diameter of less than 2.5 micron เป็นฝุ่นละออง ขนาดจิ๋วที่มีขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน เป็น 1 ใน 8 ตัววัดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศ (กลุ่มเฝ้าระวังฝุ่น จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2562)

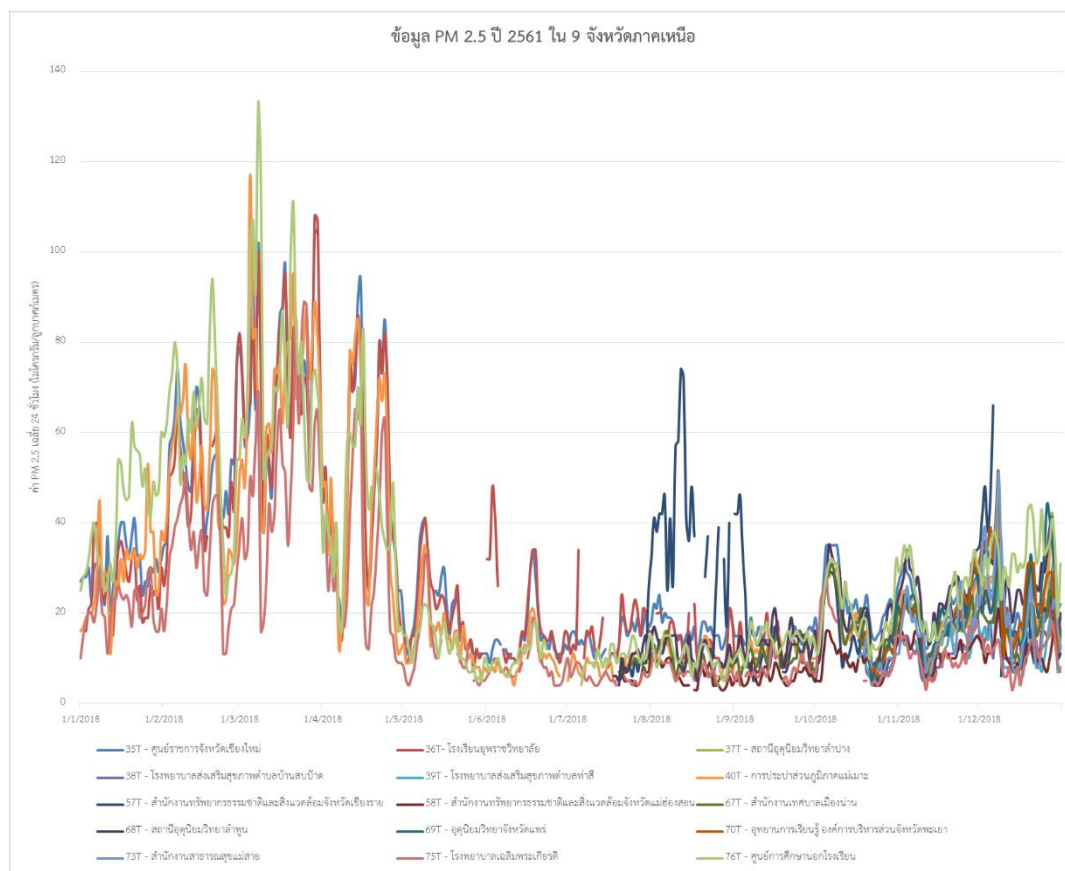
กองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ ดำเนินการติดตามตรวจวัดคุณภาพอากาศจากสถานีตรวจวัดมลพิษทางอากาศแบบอัตโนมัติ ในพื้นที่ 33 จังหวัด (63 สถานี) พบว่าฝุ่นละอองขนาดเล็กเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงสูงสุดในแต่ละจุดตรวจวัด อยู่ในช่วง 22 - 133 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (มคก./ลบ.ม.) เฉลี่ย 72 มคก./ลบ.ม. (ค่ามาตรฐาน 50 มคก./ลบ.ม.) ค่าเฉลี่ยรายปี อยู่ในช่วง 9 - 41 มคก./ลบ.ม. เฉลี่ย 24 มคก./ลบ.ม. (ค่ามาตรฐานรายปี 25 มคก./ลบ.ม.) มีแนวโน้มลดลงตั้งแต่ปี 2558 แต่ในปี 2561 เพิ่มขึ้นจากปีก่อนหน้า ดังแสดงตาม ภาพ 9 (กรมควบคุมมลพิษ, 2562)



ภาพ 9 ปริมาณฝุ่นละออง PM2.5 เฉลี่ยรายปี 2554 – 2561

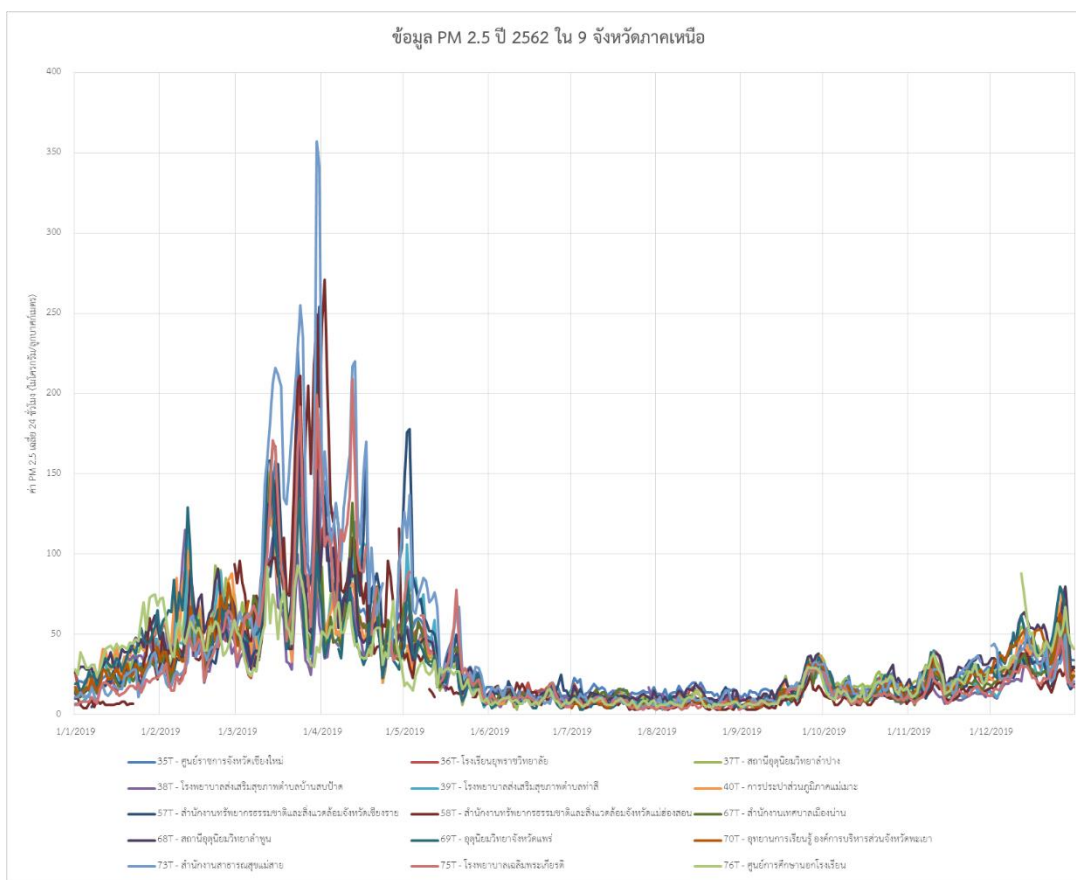
ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ (2562), หน้า 7

จากการรวบรวมข้อมูลฝุ่นละออง PM2.5 เฉลี่ย 24 ชั่วโมง ทั้งหมด 9 จังหวัด ได้แก่ เชียงใหม่ ลำปาง เชียงราย แม่ฮ่องสอน น่าน ลำพูน แพร่ พะเยา ตาก ซึ่งพบว่ามี 15 สถานีตรวจวัด ซึ่งในปี พ.ศ. 2561 มีสถานีตรวจวัดฝุ่นละออง PM2.5 ใหม่ ได้แก่ สถานี 37T – อุทยานวิทยาลัยลำปาง, สถานี 38T – โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านสบป่าต , สถานี 39T – โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลท่าสี่, สถานี 57T – สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดเชียงราย, สถานี 58T – สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดแม่ฮ่องสอน, สถานี 67T – สำนักงานเทศบาลเมืองน่าน , สถานี 68T – สถานีอุทยานวิทยาลัยลำพูน, สถานี 69T – อุทยานวิทยาลัยจังหวัดแพร่ , สถานี 70T – อุทยานการเรียนรู้องค์การบริหารส่วนจังหวัดพะเยา และสถานี 73T – สำนักงานสาธารณสุขแม่สาย ซึ่งได้เริ่มการตรวจวัดในเดือนสิงหาคม โดยจากการวิเคราะห์พบว่า สถานีที่มีการตรวจวัดฝุ่นละออง PM2.5 เดิม มีปริมาณฝุ่นละออง PM2.5 เฉลี่ย 24 ชั่วโมงที่สูงและเกินค่ามาตรฐาน (ค่ามาตรฐาน 50 มคก./ลบ.ม.) ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ – เมษายน ทุกสถานีตรวจวัดโดยมีสถานี 76T – ศูนย์การศึกษาโรงเรียน อ.แม่สอด จ.ตาก มีปริมาณฝุ่นละออง PM2.5 เฉลี่ย 24 ชั่วโมงสูงที่สุด และมีสถานี 57T – สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดเชียงราย มีปริมาณฝุ่นละออง PM2.5 เฉลี่ย 24 ชั่วโมงที่สูงและเกินค่ามาตรฐานในเดือนสิงหาคม รายละเอียดตามภาพ 10



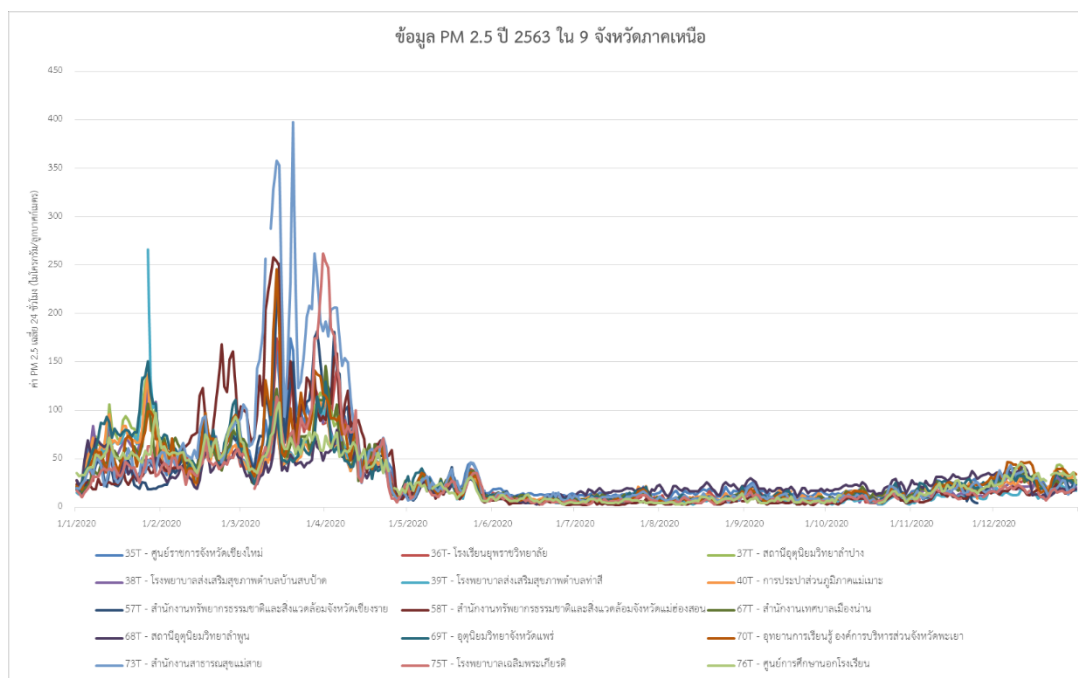
ภาพ 10 ปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} เฉลี่ยรายปี 9 จังหวัดภาคเหนือ ปี 2561

จากการรวบรวมข้อมูลฝุ่นละออง PM_{2.5} เฉลี่ย 24 ชั่วโมง ทั้งหมด 9 จังหวัด ในปี พ.ศ. 2562 พบว่า สถานที่ที่มีการตรวจวัดฝุ่นละออง PM_{2.5} มีปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} เฉลี่ย 24 ชั่วโมงที่สูงและเกินค่ามาตรฐาน (ค่ามาตรฐาน 50 มคก./ลบ.ม.) ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ – กลางเดือนพฤษภาคม ทุกสถานีตรวจวัด โดยมีสถานี 73T – สำนักงานสาธารณสุขแม่สาย อ.แม่สาย จ.เชียงราย มีปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} เฉลี่ย 24 ชั่วโมงสูงสุด รายละเอียดตามภาพ 11



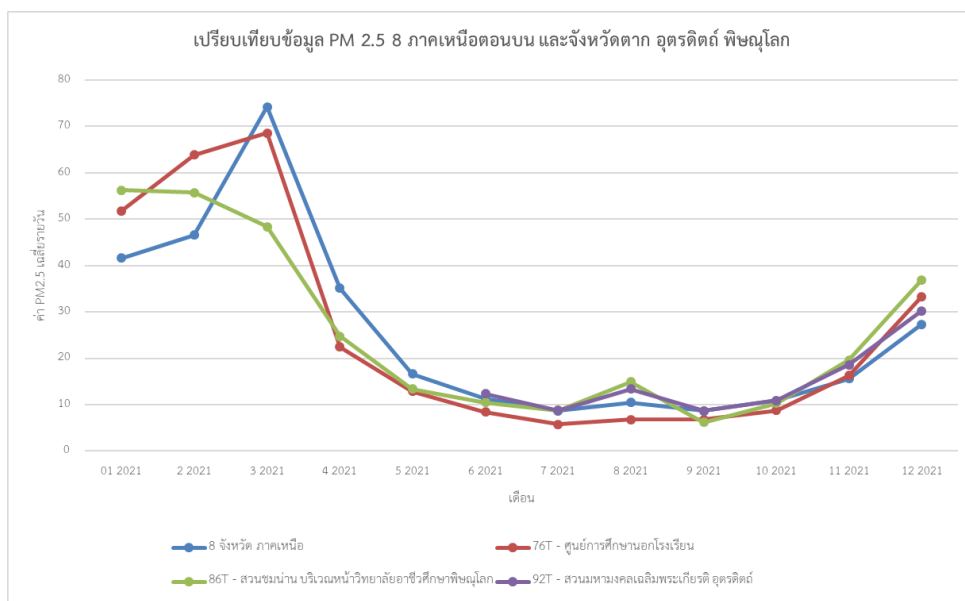
ภาพ 11 ปริมาณฝุ่นละออง PM2.5 เฉลี่ยรายปี 9 จังหวัดภาคเหนือ ปี 2562

จากการรวบรวมข้อมูลฝุ่นละออง PM2.5 เฉลี่ย 24 ชั่วโมง ทั้งหมด 9 จังหวัด ในปี พ.ศ. 2563 พบว่า สถานที่ที่มีการตรวจวัดฝุ่นละออง PM2.5 มีปริมาณฝุ่นละออง PM2.5 เฉลี่ย 24 ชั่วโมงที่สูงและเกินค่ามาตรฐาน (ค่ามาตรฐาน 50 มคก./ลบ.ม.) ในช่วงเดือนกลาง กุมภาพันธ์ - กลางเดือนเมษายน ทุกสถานีตรวจวัด โดยมีสถานี 73T - สำนักงานสาธารณสุขแม่สาย อ.แม่สาย จ.เชียงราย มีปริมาณฝุ่นละออง PM2.5 เฉลี่ย 24 ชั่วโมงสูงที่สุด รายละเอียดตามภาพ 12



ภาพ 12 ปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} เฉลี่ยรายปี 9 จังหวัดภาคเหนือ ปี 2563

จากการเปรียบเทียบข้อมูลฝุ่นละออง PM_{2.5} รายเดือน ใน 8 ภาคเหนือตอนบน ได้แก่ เชียงใหม่ เชียงราย น่าน แพร่ ลำพูน ลำปาง พะเยา แม่ฮ่องสอน กับข้อมูลฝุ่นละออง PM_{2.5} จังหวัดตาก อุตรดิตถ์ และพิษณุโลก ในปี พ.ศ. 2564 พบว่า ใน 8 ภาคเหนือตอนบน และจังหวัดตาก อุตรดิตถ์ และพิษณุโลก มีค่า PM_{2.5} ที่ใกล้เคียงกัน ตลอดทั้งปี ยกเว้นในช่วงเดือนมกราคมถึงเมษายน โดยเฉพาะเดือนมีนาคมที่มีค่า PM_{2.5} ใน 8 จังหวัดภาคเหนือตอนบน และจังหวัดตากที่มีลักษณะการเปลี่ยนแปลง PM_{2.5} ที่คล้ายกัน ซึ่งเนื่องจากมีแหล่งกำเนิดหลักเดียวกัน เช่น การเผาชีวมวลสูง ช่วงฤดูร้อน ทำให้ค่าค่า PM_{2.5} ใน 8 จังหวัดภาคเหนือตอนบน และจังหวัดตาก มีค่าที่สูงใกล้เคียงกัน รายละเอียดตามภาพ 13



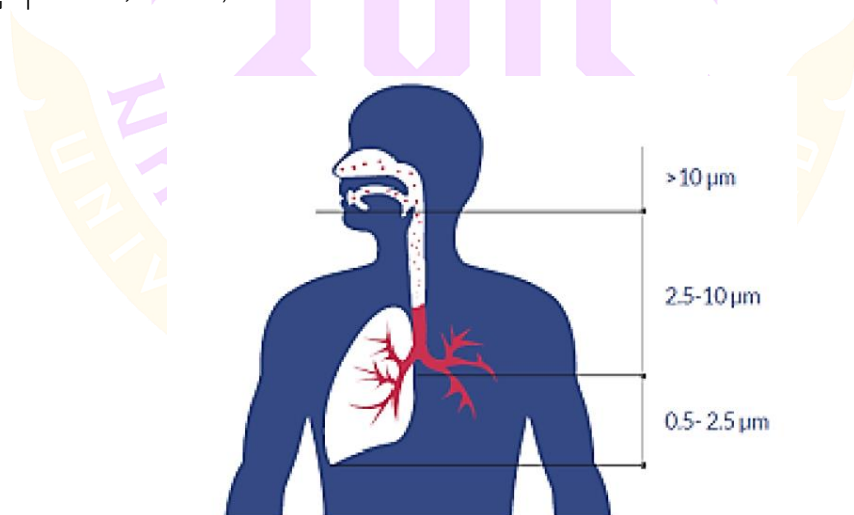
ภาพ 13 การเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นละออง PM2.5 เฉลี่ยรายเดือน 8 จังหวัดภาคเหนือตอนบน กับจังหวัดตาก อุตรดิตถ์ และพิษณุโลก ปี 2564

การจากวิเคราะห์ข้อมูลตรวจวัด PM2.5 และศึกษาข้อมูลการเผาชีวมวล จุดความร้อน พบว่า ปริมาณ PM2.5 ปริมาณการเผาชีวมวล และจุดความร้อน ใน 8 จังหวัดภาคเหนือ สอดคล้องกับจังหวัดตาก ซึ่งมีค่าปริมาณ PM2.5 ปริมาณการเผาชีวมวล และจุดความร้อนมาก ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงมีนาคม ของทุกปี และจังหวัดตาก เป็นหนึ่งใน 9 จังหวัดที่เผ่าะวัง หมอกควันช่วงฤดูร้อนประเทศไทยตั้งนั้นในการศึกษานี้ผู้วิจัยจึงเลือก จังหวัดแม่ฮ่องสอน ตาก น่าน เชียงใหม่ เชียงราย ลำปาง ลำพูนพะเยา และจังหวัดแพร่ ในการประเมินผลกระทบของ ฝุ่นละอองต่อสุขภาพประชาชนภาคเหนือตอนบน

ผลกระทบของ PM2.5 ต่อสุขภาพ

PM2.5 ส่งผลต่อการมองเห็นการเกิด PM2.5 ทำให้ลดระยะทางการมองเห็นในกรณีมองเห็นบดบังทัศนวิสัยในการมองเห็นให้ลดลงโดยระยะทางการมองเห็นผ่านอากาศจะลดลงถึง 25-45 % เนื่องจากฝุ่นละอองขนาดเล็กที่มีในบรรยากาศมีทั้งที่เป็นของแข็งและของเหลวสามารถดูดซับและทำให้เกิดการหักเหแสงได้ส่งผลให้พลังงานแสงอาทิตย์ตกกระทบผิวโลกลดลง นอกจากนี้ฝุ่นละอองยังเป็นอนุภาคทำให้เกิดการกลั่นตัวของเมฆในบรรยากาศทำให้เกิดกระบวนการดูดซับความชื้นในอากาศเกิดได้เร็วขึ้นกลายเป็นเมฆน้ำและเกิดเป็นกลุ่มเมฆจำนวนมาก (ชนิษฐา ชัยรัตนาวรรณ และณัฐพศุตม์ ภัทธีราสินสิริ, 2563)

ฝุ่นละออง PM2.5 เป็นฝุ่นขนาดเล็กมากไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า สามารถเข้าไปถูกลมปอดของร่างกาย และสามารถเล็ดลอดผ่านผนังถุงลมเข้าสู่เส้นเลือดฝอยและกระจายอยู่ในกระแสเลือด ดังแสดงตามภาพ 14 โดยความเป็นอันตรายต่อร่างกายขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของฝุ่นระยะเวลาที่สัมผัส รวมถึงสภาพร่างกายของผู้ที่สูดหายใจเข้าไป ผู้ที่มีความเสี่ยงสูงที่จะได้รับผลกระทบคือเด็กและคนชรา เมื่อสูดหายใจเข้าไปทำให้มีความเสี่ยงในการเกิดโรคในระบบทางเดินหายใจโรคปอดต่าง ๆ โรคหลอดเลือดในสมองโรคหัวใจขาดเลือด โรคมะเร็งปอด ในปี พ.ศ. 2556 องค์การอนามัยโลก (WHO) ได้กำหนดให้ PM2.5 จัดอยู่ในกลุ่มที่ 1 ของสารก่อมะเร็งซึ่งมีผลงานวิจัยพบว่า ฝุ่นละออง PM2.5 ส่งผลต่อการเสียชีวิตก่อนวัยอันควร (พรวิฑู ฤทธิพนธ์, ม.ป.ป.)



ภาพ 14 ขนาดของฝุ่นละอองขนาดเล็กที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ

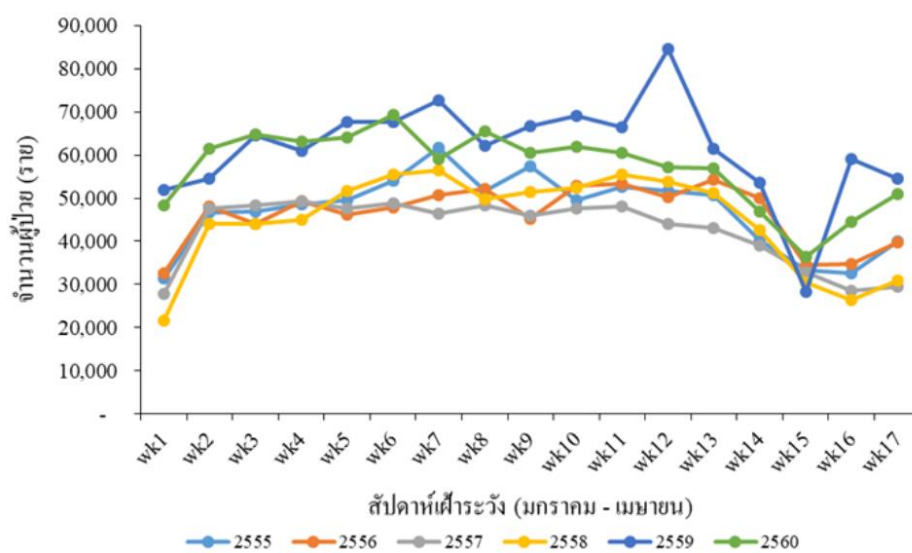
ในด้านคุณภาพชีวิตและสิ่งแวดล้อม PM2.5 เป็นฝุ่นละเอียด (fine particle) ที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์ทั้งแบบเฉียบพลัน (นับเป็นชั่วโมงหรือวัน) และผลเรื้อรัง (นับเป็นเดือนหรือปี) ในทุกเพศทุกวัยและสามารถเห็นผลทันทีในเด็กและคนชราที่มีความต้านทานโรคต่ำกว่า คนปกติ อาการที่พบเห็นในระยะเฉียบพลัน คือ การระคายเคืองจมูก คอ และดวงตา นอกจากนี้ยังมีอาการไอ จาม น้ำมูกไหล การหายใจติดขัด ส่วนอาการที่พบเห็นในระยะยาวหรือผลเรื้อรังจะเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจเนื่องจากฝุ่นพิษนี้สามารถเข้าไปถึงกระแสเลือด ทำให้เลือดข้นขึ้นและยังสามารถเข้าไปที่ระบบทางเดินหายใจ ส่วนล่างและถุงลมปอด และยังส่งผลต่อการดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดผ่านปอดและหัวใจ ส่งผลให้สมรรถภาพการทำงานของปอดลดลงและหัวใจทำงานหนักขึ้นซึ่งนำไปสู่โรคมะเร็งปอด โรคหัวใจได้ นอกจากนี้ยังพบอีกว่าผู้ที่อยู่ในที่ ๆ มี PM2.5 สูง ในระยะยาวอาจส่งผลให้เกิดโรคสมองเสื่อมได้อีกด้วย (ชนิษฐา ชัยรัตนาวรรณ และณัฐพศุทธิ์ ภัทธีราลินสิริ, 2563)

มลพิษทางอากาศก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ ฝุ่นละอองขนาดเล็กในอากาศ ได้แก่ ฝุ่นขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน (PM2.5) ก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพมาก มลพิษทางอากาศบางชนิดมีความรุนแรงสูง เนื่องจากสารพิษเหล่านั้นอาจมีฤทธิ์เสริมกัน โดยเฉพาะฝุ่นและก๊าซต่าง ๆ เช่น ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพโดยเฉพาะในประชากรกลุ่มเสี่ยง เช่น ผู้ป่วยโรคระบบทางเดินหายใจ เด็ก และผู้สูงอายุ เป็นต้น (สมพร จันทระ, 2563)

ฝุ่นละอองในบรรยากาศเมื่อเข้าสู่ร่างกายสามารถก่อให้เกิดอาการเจ็บป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ เนื่องจากฝุ่นละอองขนาดเล็กเมื่อเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจแล้วจะสามารถเข้าไปถึงทางเดินหายใจส่วนล่าง (lower respiratory tract) ได้ ทั้งนี้เมื่อพิจารณาช่วงของ PM10 ลงมา พบว่าจะมีฝุ่นละเอียด (fine particle) หรือ PM2.5 ซึ่งเป็นฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กมากสามารถเดินทางเข้าถึงชั้นถุงลมของปอดได้ ดังนั้น PM2.5 จึงก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพมากกว่าฝุ่นหยาบ (coarse particle) หรือฝุ่นที่มีขนาดใหญ่กว่า (กรมควบคุมมลพิษ, 2561)

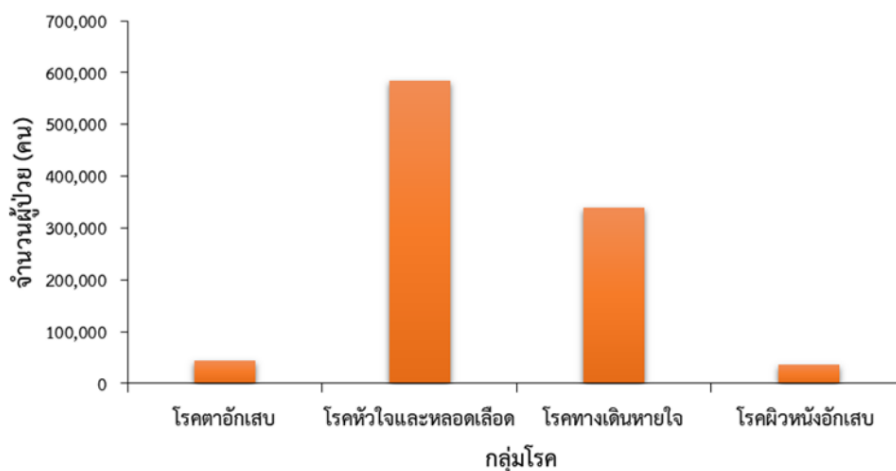
จากบทความของสมพร จันทระ (2563) กล่าวถึงสถานการณ์หมอกควันมีความสัมพันธ์กับสภาวะการเจ็บป่วยของประชากรในพื้นที่ โดยเฉพาะโรคที่เกี่ยวข้องกับระบบทางเดินหายใจ โรคผิวหนัง โรคตาอักเสบ โรคหัวใจและหลอดเลือด โดยในระยะแรกจะมีอาการระคายเคืองตา แสบตา หายใจไม่สะดวก แพ้อากาศ ซึ่งกลุ่มโรคที่เป็นกลุ่มเป้าหมายจากสถานการณ์หมอกควันในภาคเหนือ ประกอบด้วย 4 กลุ่มโรค ได้แก่ กลุ่มโรคตาอักเสบ

กลุ่มโรคหัวใจและหลอดเลือด กลุ่มโรคทางเดินหายใจ และ กลุ่มโรคผิวหนังอักเสบ (กลุ่มระบาดวิทยาและข่าวกรอง กลุ่มควบคุมโรคเขตเมือง สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 1) โดยจำนวนผู้ป่วยในกลุ่มโรคเฝ้าระวังในเขตจังหวัดภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย (ยกเว้นจังหวัดตาก) ในช่วงเดือนมกราคม ถึง เมษายน ของทุกปี ระหว่าง พ.ศ. 2555 – 2560 แสดงดังภาพ 15 พบว่าจำนวนผู้ป่วยในทุก ๆ ปี มีแนวโน้มที่คล้ายกัน แต่ในปี 2559 มีการรายงานจำนวนผู้ป่วยเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดโดยเฉพาะสัปดาห์ที่ 12 ซึ่งมีจำนวนผู้ป่วยสูงที่สุด โดยในช่วงดังกล่าวเป็นช่วงกลางเดือนมีนาคม และมักจะพบว่ามีความสัมพันธ์ของค่าฝุ่น PM2.5 สูงในช่วงนั้นด้วยเช่นกัน และการเฝ้าระวัง 4 กลุ่มโรค ในปี 2560 พบว่ากลุ่มโรคหัวใจและหลอดเลือด มีจำนวนผู้ป่วยสูงที่สุดประมาณ หกแสนคน รองลงมาคือ กลุ่มโรคทางเดินหายใจ โรคตาอักเสบ และโรคผิวหนังอักเสบ แสดงดังภาพ 16



ภาพ 15 จำนวนผู้ป่วยในกลุ่มโรคที่เฝ้าระวังผลกระทบต่อสุขภาพจากปัญหาหมอกควันในพื้นที่เขตสุขภาพที่ 1 ระยะเวลา 5 ปี (2555-2560)

ที่มา: สมพร จันทระ (2563)



ภาพ 16 จำนวนผู้ป่วยในโรคที่เฝ้าระวังผลกระทบจากปัญหาหมอกควันในพื้นที่
8 จังหวัด ภาคเหนือตอนบน ระหว่างวันที่ 1 มกราคม – 29 เมษายน
2560

ที่มา: สมพร จันทระ (2563)

การศึกษาข้อมูลของสำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 1 เชียงใหม่ ที่จัดเก็บข้อมูลของอาการเจ็บป่วยในพื้นที่ จ.เชียงใหม่ ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม จนถึง 30 มีนาคม 2562 เผยให้เห็นว่า ผู้ป่วยที่ได้รับผลกระทบทางสุขภาพจากปัญหาหมอก ควันและไฟป่ามีทั้งสิ้น 89,219 ราย โดยแบ่งเป็นผู้ป่วยตาอักเสบ 2,983 ราย หัวใจและหลอดเลือดทุกชนิด 35,879 ราย ทางเดินหายใจทุกชนิด 46,989 ราย และผิวหนัง 3,368 ราย โดยเมื่อเทียบกับสถิติของทั้งปี 2561 พบว่ามีผู้ป่วยที่ได้รับผลกระทบทางสุขภาพทั้งสิ้น 155,775 ราย โดยแบ่งเป็นผู้ป่วยตาอักเสบ 5,718 ราย หัวใจและหลอดเลือดทุกชนิด 73,811 ราย ทางเดินหายใจทุกชนิด 70,350 ราย และผิวหนัง 5,896 ราย

การศึกษาและวิจัยของ Pothirat, et al. (2019 a) ในการศึกษาาระยะสั้นที่เกี่ยวข้องกับฝุ่นละอองขนาดเล็กต่อการตายเสียชีวิตโดยไม่ทราบสาเหตุและการเสียชีวิตที่ทราบสาเหตุในจังหวัดเชียงใหม่ ประเทศไทย ระหว่าง พ.ศ. 2559–2561 พบว่า PM10 และ PM2.5 มีความสัมพันธ์กับการตายโดยไม่ทราบสาเหตุ ในวันที่ได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กที่ต่างกัน และมีความสัมพันธ์กับการเสียชีวิตที่ทราบสาเหตุ ในวันที่ได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กที่ต่างกัน คือ โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (COPD) โรคหลอดเลือดหัวใจ (CAD) และภาวะติดเชื้

ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า PM10 และ PM2.5 สัมพันธ์กับการตายโดยไม่ทราบสาเหตุและการเสียชีวิตจากโรค ได้แก่ COPD, CAD และ sepsis

การศึกษาของ Punsomponga, et al. (2021) ได้การประเมินประเภทการเผาไหม้ชีวมวลและความเสี่ยงด้านสุขภาพที่เกี่ยวข้อง โดยข้อมูล PM2.5 ที่ได้จากการเผาไหม้ในประเทศไทยรวบรวมจากการตรวจวัดพื้นที่ที่เกิดไฟป่าจากดาวเทียม ทิศทางการโคจรของมวลอากาศ การตรวจวัดบนภาคพื้นดิน วิธีทางสถิติ และเครื่องมือสร้างแบบจำลอง พบว่าไฟป่ามีอิทธิพลในภาคเหนือ 73% และตะวันออกเฉียงเหนือ 48% ในขณะที่การเผาไหม้ทางการเกษตรมีอิทธิพลในภาคกลาง 52% การเผาทุ่งหญ้ามีอิทธิพลมากที่สุดในภาคกลาง 16% รองลงมาคือภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 11% และภาคเหนือ 5% ของประเทศไทย และการศึกษาจำนวนผู้เสียชีวิตก่อนวัยอันควรเนื่องจากการรับสัมผัส PM2.5 ทั้งหมด 18,003 รายเกี่ยวข้องกับภาระโรคหลอดเลือดสมอง 53% โรคหัวใจขาดเลือด 30% มะเร็งปอด 12% และโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง 5% ตามข้อมูลสาธารณสุขในปี 2559 และผลการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของการเสียชีวิตพบมากที่สุดที่สุดในภาคกลาง 44% ตามด้วยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 29% ภาคเหนือ 18% และภาคใต้ 9%

การศึกษาของ Janta, et al. (2020) ได้ทำการวิเคราะห์ฝุ่น PM2.5 ในบรรยากาศโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (PAHs) และตัวตามรอยของการเผาชีวมวล อำเภอแม่สอด ภาคตะวันตกของประเทศไทย โดยทำการวิเคราะห์ Levoglucosan ซึ่งเป็นตัวตามรอยการเผาชีวมวลและ PAHs ในตัวอย่าง PM2.5 ที่เก็บจากจังหวัดตากระหว่างตอนที่มีการเผาชีวมวลและตอนที่ไม่มีการเผาชีวมวล พบว่า ค่าความเข้มข้น PM2.5 เฉลี่ย, Levoglucosan และ PAHs ในตอนที่มีการเผาชีวมวล เท่ากับ 61.64 ± 22.85 , 1.00 ± 0.41 ไมโครกรัม/เมตร³ และ 6.32 ± 2.26 นาโนกรัม/เมตร³ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าข้อมูลที่บ้านทีกไว้ในช่วงที่ไม่มีการเผาชีวมวลอย่างมีนัยสำคัญ (13.76 ± 5.58 , 0.12 ± 0.03 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ และ 2.59 ± 0.15 ng/m^3 ตามลำดับ) นอกจากนี้ความเสี่ยงในการก่อให้เกิดมะเร็งในตลอดช่วงชีวิตที่บ้านทีกไว้ระหว่างที่มีการเผาชีวมวลคว้นเกินความเสี่ยงมะเร็งที่ยอมรับได้ ซึ่งได้รับการแนะนำโดย US-EPA ผลลัพธ์เหล่านี้ชี้ให้เห็นว่าพื้นที่นี้ไม่เพียงแต่สัมผัสกับ PAHs ที่เกิดจากการเผาไหม้ของการจราจรเท่านั้น แต่ยังสัมผัสกับการปล่อยก๊าซชีวมวลโดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงฤดูการเผาไหม้ของสารชีวมวลทำให้มีความเสี่ยงเพิ่มขึ้นของมะเร็งและการกลายพันธุ์ด้วย

Karanasiou, et al. (2021) ได้เขียนบทวิจารณ์เรื่องผลกระทบด้านสุขภาพในระยะสั้นจากการสัมผัสกลางแจ้งต่อการเผาไหม้ชีวมวล โดยทำการค้นหาวรรณกรรมของฐานข้อมูลออนไลน์ (PubMed, ISI และ Scopus) ตั้งแต่ปี 1980 ถึง 2020 ทั้งหมด 81 ฉบับ ที่ได้รับการ

พิจารณาว่าเกี่ยวข้องกับ การเสียชีวิตและการเจ็บป่วย ความเสี่ยงสูงของการสัมผัสฝุ่นจากการเผาไหม้ชีวมวล พบว่า ความเข้มข้นของ PM10 และ PM2.5 ที่มาจากการเผาไหม้ชีวมวลมีสัมพันธ์กับการตายจากทุกสาเหตุ ค่าประมาณการการวิเคราะห์ห่อถักมีค่าเท่ากับ 1.31% (95% CI 0.71, 1.71) และ 1.92% (95% CI -1.19, 5.03) ต่อการเพิ่มขึ้นของ PM10 และ PM2.5 ตามลำดับ ซึ่งเกี่ยวกับอัตราการเสียชีวิตจากโรคหัวใจและหลอดเลือด 8 ฉบับ รายงานว่าในวันที่มีการเผาไหม้ชีวมวลและความเข้มข้นของ PM2.5 เพิ่มขึ้น 10 ไมโครกรัม⁻³ แต่ละครึ่งมีความเสี่ยงของการเสียชีวิตจากโรคหัวใจและหลอดเลือดเพิ่มขึ้น 4.45% (95% CI 0.96, 7.95) และ 3.30% (95% CI -1.97, 8.57) ตามลำดับ การศึกษาการเจ็บป่วยทางเดินหายใจที่เกี่ยวข้องกับ PM2.5 9 ฉบับ และที่เกี่ยวข้องกับ PM10 5 ฉบับ ที่เกิดจากการเผาไหม้ชีวมวลมีความสัมพันธ์เชิงบวกทั้งหมดความเสี่ยงของการเข้ารับการรักษาพยาบาลทางเดินหายใจทั้งหมด/ การเข้ารับการรักษาตรวจฉุกเฉินเพิ่มขึ้น 4.10% (95% CI 2.86, 5.34) และ 4.83% (95% CI 0.06, 9.60) ต่อการเพิ่มขึ้น 10 ไมโครกรัม⁻³ ของ PM2.5 และ PM10 ตามลำดับ และการศึกษาเกี่ยวกับความผิดปกติของระบบหัวใจและหลอดเลือดที่เกี่ยวข้องกับ PM2.5 10 ฉบับ และที่เกี่ยวข้องกับ PM10 6 ฉบับ รายงานว่ามีความเสี่ยงของการเข้ารับการรักษาโรคหัวใจและหลอดเลือดโดยรวม/การเข้ารับการรักษาตรวจฉุกเฉินเพิ่มขึ้น 3.68% (95% CI -1.73, 9.09) และ 0.93% (95% CI -0.18, 2.05) ต่อการเพิ่มขึ้น 10 ไมโครกรัม⁻³ ของ PM2.5 และ PM10 ตามลำดับ โดยสรุป การศึกษาจำนวนมากระบุว่าการได้รับสัมผัสการเผาไหม้ชีวมวลเกี่ยวข้องกับ การเสียชีวิตจากทุกสาเหตุและโรคหัวใจและหลอดเลือดและความผิดปกติของระบบทางเดินหายใจ

สมพร จันทระ (2563) ได้ศึกษาความสัมพันธ์สถานการณ์หมอกควันกับสถานะการเจ็บป่วยของในประชากรภาคเหนือตอนบนของไทย โดยได้รวบรวมข้อมูลกลุ่มโรคจากสำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 1 และข้อมูลมลพิษอากาศจากสถานีตรวจวัดจากกรมควบคุมมลพิษ พบว่าสถานการณ์หมอกควันมีความสัมพันธ์กับสถานะการเจ็บป่วยของประชากรในพื้นที่ โดยเฉพาะโรคที่เกี่ยวข้องกับระบบทางเดินหายใจ โรคผิวหนัง โรคตาอักเสบ โรคหัวใจและหลอดเลือด โดยในระยะแรกจะมีอาการระคายเคืองตา แสบตา หายใจไม่สะดวก แพ้อากาศ เป็นต้น สำหรับในประชากรกลุ่มที่มีโรคประจำตัว เช่น โรคหัวใจ โรคความดัน หอบหืด อาจจะได้รับผลกระทบมากกว่ากลุ่มอื่นๆ ซึ่งกลุ่มโรคที่เป็นกลุ่มเฝ้าระวังจากสถานการณ์หมอกควันในภาคเหนือ ประกอบด้วย 4 กลุ่มโรค ได้แก่ กลุ่มโรคตาอักเสบ กลุ่มโรคหัวใจและหลอดเลือด กลุ่มโรคทางเดินหายใจ และกลุ่มโรคผิวหนังอักเสบ และการจากศึกษาจำนวนผู้ป่วยในกลุ่มโรคเฝ้าระวังในเขตจังหวัดภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย (ยกเว้น จังหวัดตาก) ในช่วงเดือน

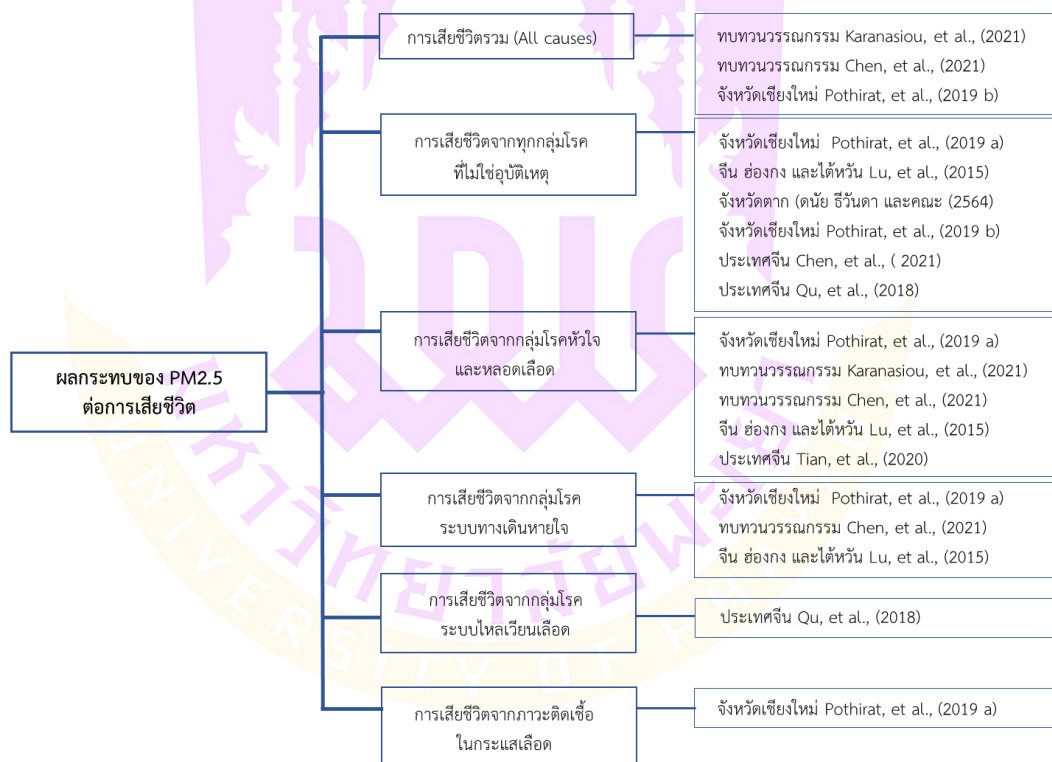
มกราคม ถึง เมษายน ของทุกปี ระหว่าง พ.ศ. 2555 – 2560 พบว่าจำนวนผู้ป่วยในทุก ๆ ปี มีแนวโน้มที่คล้ายกัน แต่ในปี 2559 มีการรายงานจำนวนผู้ป่วยเพิ่มขึ้น ซึ่งในช่วงดังกล่าวเป็น ช่วงกลางเดือนมีนาคม และมักจะพบว่ามียาฝุ่น PM2.5 สูงในช่วงนั้นด้วยเช่นกัน จาก 4 กลุ่ม โรคเฝ้าระวังในปี 2560 พบว่ากลุ่มโรคหัวใจและหลอดเลือดมีจำนวนผู้ป่วยสูงที่สุดประมาณ หกแสนคน รองลงมาคือ กลุ่มโรคทางเดินหายใจ โรคตาอักเสบ และโรคผิวหนังอักเสบ

Mueller, et al. (2021) ได้ศึกษาฝุ่นละอองในบรรยากาศและการเผาไหม้ของสิ่งมีชีวิต ต่อหน่วยพื้นที่: การศึกษาอนุกรมเวลาทางนิเวศวิทยาของการเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาล ระบบทางเดินหายใจและหลอดเลือดหัวใจในภาคเหนือของประเทศไทย พบว่าระดับ PM10 ใน แต่ละปีมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีความเข้มข้นสูงสุดในช่วงเดือนมีนาคม ซึ่งตรงกับช่วงการเผาไหม้ชีวมวลสูงสุด อัตราส่วนอัตราอุบัติการณ์ (IRR) ระหว่าง PM10 รายวันและการเข้ารับการรักษาผู้ป่วยนอกเพิ่มขึ้นมากที่สุด เนื่องจากการได้รับ PM10 เพิ่มขึ้น 10 ไมโครกรัม⁻³ แต่ละวัน โดยมีความสัมพันธ์กับโรคระบบทางเดินหายใจส่วนล่างเรื้อรัง (Chronic Lower Respiratory Disease: CLRD) เท่ากับ 1.020 (95% CI: 1.012 – 1.028) และโรคหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular Disease: CBVD) เท่ากับ 1.020 (95% CI: 1.004 – 1.035) และไม่สัมพันธ์กับโรคหัวใจขาดเลือด (Ischaemic Heart Disease: IHD) = 0.994 (95% CI: 0.974 – 1.014) และไม่พบความสัมพันธ์ในการตอบสนองต่อการสัมผัสกับระดับ PM10 ในวันที่มีการเผาไหม้ชีวมวล

Chen, et al. (2021) ได้ทำการศึกษาความเสี่ยงต่อการเสียชีวิตที่เกิดจากมลพิษ PM2.5 ที่เกี่ยวข้องกับไฟป่าในระยะสั้นและการตายในภูมิภาคต่าง ๆ ของโลก : การศึกษาอนุกรมเวลาทั่วโลกใน 749 แห่ง จากการศึกษาการเสียชีวิตจากสาเหตุทั้งหมด 65.6 ล้านราย เสียชีวิตจากโรคหัวใจและหลอดเลือด 15.1 ล้านราย และเสียชีวิตจากระบบทางเดินหายใจ 6.8 ล้านราย พบว่าความเสี่ยงสัมพัทธ์ (Relative risk: RR) ของการตายที่รวมกัน สัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้น 10 ไมโครกรัม/ลบ.ม. ในค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 3 วัน (Lag day 0–2 วัน) ของการสัมผัส PM2.5 ที่เกี่ยวข้องกับไฟป่า เท่ากับ 1.019 (95% CI 1.016–1.022) สำหรับการตายจากทุกสาเหตุ 1.017 (95% CI 1.012–1.021) สำหรับการเสียชีวิตจากโรคหัวใจและหลอดเลือด และ 1.019 (1.013–1.025) สำหรับการเสียชีวิตจากทางเดินหายใจ

ความสัมพันธ์ฝุ่นละออง PM2.5 กับสุขภาพ

จากการศึกษาผลกระทบสุขภาพจากฝุ่นละออง PM2.5 จากบทความต่าง ๆ ทำให้เห็นว่า ผลกระทบสุขภาพจากฝุ่นละออง PM2.5 มีทั้งเฉียบพลันและเรื้อรัง ในระยะเฉียบพลัน เช่น การระคายเคืองจมูก คอ และดวงตา จาม น้ำมูกไหล การหายใจติดขัด ส่วนในระยะยาว หรือผลเรื้อรังจะเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ เนื่องจากฝุ่นละอองสามารถเข้าไปถึงกระแสเลือด และเข้าไปที่ระบบทางเดินหายใจส่วนล่างและถุงลมปอด ซึ่งผลกระทบที่มาจากแหล่งกำเนิดหลักจากการเผาชีวมวล มีความสัมพันธ์กับการเกิดโรคหลอดเลือดสมอง โรคหัวใจขาดเลือด โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง โรคหลอดเลือดหัวใจ มะเร็งปอด และภาวะติดเชื้อ เป็นต้น และกลุ่มโรคที่เป็นกลุ่มเป้าหมายจากสถานการณ์หมอกควันในภาคเหนือ ที่พบจำนวนผู้ป่วยสูงสุด ได้แก่ กลุ่มโรคหัวใจและหลอดเลือด รองลงมาคือกลุ่มโรคทางเดินหายใจ โดยสามารถสรุปผลกระทบสุขภาพจากฝุ่นละออง PM2.5 จากบทความที่เกี่ยวข้องตามภาพ 17



ภาพ 17 ความสัมพันธ์ฝุ่นละออง PM2.5 กับสุขภาพ

การศึกษาของนี้มุ่งเน้นไปที่การหาค่าสัมพัทธ์ของผลกระทบที่ใช้ในการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ฟังก์ชันการตอบสนองต่อความเข้มข้น (CRF) ในการประเมินผลกระทบด้านสุขภาพ ซึ่งเป็นฟังก์ชันที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของมลพิษกับการเปลี่ยนแปลงในอุบัติการณ์ของจุดสิ้นสุดด้านสุขภาพ ในการศึกษาทางระบาดวิทยาของมลพิษทางอากาศ จะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการสัมผัสกับมลพิษทางอากาศและผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ในรูปแบบของค่าความเสี่ยงสัมพัทธ์ : Relative risk, RR หรือค่าอัตราเสี่ยง : Odds ratio, OR โดยทั่วไปการหาค่าสัมพัทธ์ของค่าผลกระทบที่เกี่ยวข้องกับการสัมผัสกับมลพิษทางอากาศแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ การสัมผัสกับมลพิษทางอากาศเป็นระยะเวลานาน (Long term exposure) และการสัมผัสกับมลพิษทางอากาศระยะสั้น (Short term exposure) การศึกษาทางระบาดวิทยาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างการสัมผัสกับมลพิษทางอากาศและผลกระทบต่อสุขภาพ สามารถสรุปได้ดัง ตาราง 1



ตาราง 1 สรุปการศึกษาทางระบาดวิทยาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ฝุ่นละออง PM2.5 กับสุขภาพ

เอกสารอ้างอิง	ระยะเวลา ศึกษา	พื้นที่ศึกษา	แหล่งกำเนิด มลพิษ	มลพิษ - การเพิ่มขึ้น ของมลพิษ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	กลุ่ม อายุ	การวัดแบบสัมผัสพัทธ์ - จุดสิ้นสุดสุดด้าน สุขภาพ	การวัดผลสัมพัทธ์ที่ มีนัยสำคัญ (95%CI) ระดับ นัยสำคัญทางสถิติ < 0.05)	เวลา ล่าช้า (วัน)
Karanasiou, et al. (2021)	ตั้งแต่ปี 2523 ถึง 2563	สหรัฐอเมริกา ทวีปยุโรป บราซิล ออสเตรเลีย มาเลเซียและ เอเชีย	การเผา ชีวมวล	PM2.5 – 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	ทบทวนวรรณกรรม ความเสี่ยงสัมพัทธ์ - การเสียชีวิต	RR 1.92% (-1.19% - 5.03%) RR 3.30% (-1.97% - 8.57%)	-
Chen, et al. (2021)	ระหว่างปี 2543 ถึง 2559	749 เมืองใน 43 ประเทศ	ไฟฟ้า	PM2.5 – 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	ทบทวนวรรณกรรม ความเสี่ยงสัมพัทธ์ - การเสียชีวิต	RR 1.019 (95% CI 1.016–1.022)	-

ตาราง 1 (ต่อ)

เอกสารอ้างอิง	ระยะเวลา ศึกษา	พื้นที่ศึกษา	แหล่งกำเนิด มลพิษ อากาศหลัก	มลพิษ - การเพิ่มขึ้น ของมลพิษ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	กลุ่ม อายุ	การวัดแบบสัมผัสที่ - จุดสิ้นสุดด้าน สุขภาพ	การวัดผลสัมฤทธิ์ที่ มีนัยสำคัญ (95%CI) ระดับ นัยสำคัญทางสถิติ < 0.05)	เวลา ล่าช้า
Lu, et al. (2015)	ระหว่างปี 2542 ถึง 2556	22 เมืองใน จีน แผ่นดินใหญ่ ฮ่องกง และ ไต้หวัน	-	PM2.5 – 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	ทบทวนวรรณกรรม Excess risk – การ เสียชีวิต	โรคหัวใจและ หลอดเลือด - โรคระบบ ทางเดิน หายใจ RR 1.017 (95% CI 1.012–1.021) RR 1.019 (95% CI 1.013–1.025)	-
						ทุกกลุ่มโรคที่ ไม่ใช่อุบัติเหตุ - โรคหลอดเลือด เสียชีวิต	ER 0.40% (95% CI 0.22% – 0.59%) ER 0.63% (95% CI 0.35% – 0.91%)	

ตาราง 1 (ต่อ)

เอกสารอ้างอิง	ระยะเวลา ศึกษา	พื้นที่ศึกษา	แหล่งกำเนิด		มลพิษ -		การวัดแบบสัมพัทธ์ - จุดสิ้นสุดด้าน สุขภาพ	สัมพัทธ์ (95%CI) ระดับ นัยสำคัญทางสถิติ < 0.05)	เวลา ล่าช้า (วัน)
			มลพิษ	อากาศหลัก	การ เพิ่มขึ้น ของมลพิษ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	กลุ่ม อายุ			
Tian, et al. (2020)	1 มกราคม 2555 ถึง 31 ธันวาคม 2557	เมืองเซี่ยงไฮ้ ประเทศจีน	-	PM2.5 – 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	ทุกช่วง อายุ	-	โรคระบบ ทางเดิน หายใจ โรคหลอดเลือด เสียดสมอง	RR 1.0073 (95% CI:1.0029– 1.0116) RR 1.0072 (95% CI:1.0012– 1.0132)	Lag 1 Lag 2

ตาราง 1 (ต่อ)

เอกสารอ้างอิง	ระยะเวลา ศึกษา	พื้นที่ศึกษา	แหล่งกำเนิด มลพิษ	มลพิษ - การ เพิ่มขึ้น ของมลพิษ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	กลุ่ม อายุ	การวัดแบบสัมพัทธ์ - จุดสิ้นสุดด้าน สุขภาพ	การวัดผลสัมพัทธ์ที่ มีนัยสำคัญ (95%CI) ระดับ นัยสำคัญทางสถิติ (วัน)	เวลา ล่าช้า
Qu, et al. (2018)	ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2557 ถึง 1 มกราคม 2560	เมืองฉางชุน ประเทศจีน	การเผาไหม้ ถ่านหิน การ เผาไหม้จาก รถยนต์	PM2.5 – 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	อายุ 65 ปี ขึ้นไป	Excess risk – การ เสียชีวิต - การตายทุก กลุ่มโรคที่ ไม่ใช่ อุบัติเหตุ - โรคมะเร็ง หลอดเลือด	RR 1.0017 (95% CI: 1.0003–1.0032) ER 0.33% (95% CI: 0.10, 0.57) ER 0.23% (95% CI: 0.01, 0.46) ER 0.38% (95% CI: 0.08, 0.68) < 0.05	Lag 3

ตาราง 1 (ต่อ)

เอกสารอ้างอิง	ระยะเวลา ศึกษา	พื้นที่ศึกษา	แหล่งกำเนิด		มลพิษ -		การวัดแบบสัมพัทธ์		การวัดผลสัมพัทธ์ที่	
			มลพิษ	อากาศหลัก	การ เพิ่มขึ้น	กลุ่ม อายุ	- จุดสิ้นสุดด้าน	มีนัยสำคัญ (95%CI) ระดับ	เวลา ล่าช้า (วัน)	
ตันยี่ ชีวันดา และคณะ (2564)	ระหว่าง วันที่ 1 มกราคม 2559 ถึง วันที่ 31 ธันวาคม 2563	37 จังหวัดที่ มีสถานี ตรวจวัด มลพิษของ ประเทศไทย	การเผาไหม้ ในโรงงาน อุตสาหกรรม ในที่ตั้งในทาง เกษตรกรรม การเผาไหม้ น้ำมันดิบ ไอเสีย รถยนต์ดีเซล และการเผา ไหม้ในเตาเผา ครัวเรือน	PM2.5 - 10 µg/m ³	ทุก กลุ่ม อายุ	ความเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ - การเสียชีวิต	ทุก กลุ่ม อายุ	RR 1.0220 (95% CI: 1.0142-1.0298)	-	< 0.05)

ตาราง 1 (ต่อ)

เอกสารอ้างอิง	ระยะเวลา ศึกษา	พื้นที่ศึกษา	แหล่งกำเนิดมลพิษ		มลพิษ -		การวัดแบบสัมพัทธ์ - จุดสิ้นสุดด้าน สุขภาพ	การวัดผลสัมพัทธ์ที่	
			มลพิษ อากาศหลัก	การ เพิ่มขึ้น ของมลพิษ	กลุ่ม อายุ	สัมพัทธ์ (95%CI) ระดับ นัยสำคัญทางสถิติ (วัน)			
Pothirat, et al. (2019 a)	ระหว่าง เดือน มีนาคม 2559 ถึง มีนาคม 2561 (รวม 761 วัน)	จังหวัด เชียงใหม่	การเผาในที่ โล่ง การเผา ในพื้นที่ เกษตรกรรม และไฟฟ้า	PM2.5 – 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	อายุ 18 ปี ขึ้นไป	ความเสี่ยงสัมพัทธ์ - ความเสี่ยงชีวิต	RR 1.016 (95% CI: 1.001–1.032)	RR 1.016 (95% CI: 1.002–1.030)	RR 1.089 (95% CI: 1.016–1.167)
									RR 1.072 (95% CI: 1.001–1148)
									RR 1.086 (95% CI: 1.002–1.177)

ตาราง 1 (ต่อ)

เอกสารอ้างอิง	ระยะเวลา ศึกษา	พื้นที่ศึกษา	แหล่งกำเนิด		มลพิษ -		การวัดแบบสัมพัทธ์		การวัดผลสัมพัทธ์ที่	
			มลพิษ	อากาศหลัก	การ เพิ่มขึ้น	กลุ่ม อายุ	- จุดสิ้นสุดด้าน สุขภาพ	มีนัยสำคัญ (95%CI) ระดับ นัยสำคัญทางสถิติ	เวลา ล่าช้า (วัน)	
Pothirat, et al. (2019 a)	ระหว่าง เดือน มีนาคม 2559 ถึง มีนาคม 2561 (รวม 761 วัน)	จังหวัด เชียงใหม่	การเผาในที่ โล่ง การเผา ในพื้นที่ เกษตรกรรม และไฟฟ้า	PM2.5 – 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	อายุ 18 ปี ขึ้นไป	ความเปลี่ยนแปลง การเสียชีวิต - ภาวะติดเชื้อ ในกระแส เลือด	RR 1.057 (95% CI: 1.003–1.113) RR 1.061 (95% CI: 1.008–1.117) RR 1.059 (95% CI: 1.006–1.116)	lag 3 lag 5 lag 6		

ตาราง 1 (ต่อ)

เอกสารอ้างอิง	ระยะเวลา ศึกษา	พื้นที่ศึกษา	แหล่งกำเนิด		มลพิษ -		การวัดแบบสัมพัทธ์		การวัดผลสัมพัทธ์ที่	
			มลพิษ อากาศหลัก	การ เพิ่มขึ้น ของมลพิษ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	กลุ่ม อายุ	สัมพัทธ์ - จุดสิ้นสุดด้าน สุขภาพ	สัมพัทธ์ - มินิลำดับ (95%CI) ระดับ นัยสำคัญทางสถิติ	เวลา ล่าช้า (วัน)		
Pothirat, et al. (2019 b)	เดือนมีนาคม 2559 ถึง เดือนมีนาคม 2560	อำเภอเชียง ดาว จังหวัด เชียงใหม่	การเผาใน พื้นที่ เกษตรกรรม และป่า	PM2.5 – 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	ทุก กลุ่ม อายุ	ความเสี่ยงสัมพัทธ์ – การเสียชีวิต	RR 1.153 (95% CI:1.001–1.329)	lag 6		
						- ทุกสาเหตุ	RR 1.035 (95% CI:1.002–1.070)	lag 6		
						- ไม่ใช่อุบัติเหตุ	RR 1.040 (95% CI:1.006–1.074)	lag 7		

จากตาราง พบบทความการศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ฝุ่นละออง PM2.5 กับสุขภาพ 7 บทความ ในประเทศไทยและจากการทบทวนวรรณกรรม การศึกษาของ Chen, et al., (2021); Karanasiou, et al., (2021); Lu, et al., (2015) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการสัมผัสฝุ่นละออง กับความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการทบทวนวรรณกรรมจากฐานข้อมูลออนไลน์ การศึกษาของ Chen, et al., (2021); Qu, et al., (2018); Tian, et al., (2020) ทำการศึกษาในประเทศจีน และมีการศึกษา 3 บทความ มุ่งเน้นศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการสัมผัสฝุ่นละอองกับความเสี่ยงต่อสุขภาพของประชากรภาคเหนือตอนบน ในจังหวัดเชียงใหม่ Pothirat, et al., (2019 a); Pothirat, et al., (2019 b) และในจังหวัดตาก ดนัย ชีวันดา และคณะ (2564) โดยทั่วไปภาคเหนือของประเทศไทยโดยเฉพาะจังหวัดเชียงใหม่มักได้รับเลือกให้ศึกษาการศึกษาทางระบาดวิทยาเกี่ยวกับการปล่อย OBB เนื่องจากได้รับผลกระทบจากการปล่อย OBB อย่างรุนแรงทุกปี สำหรับประชากรเป้าหมายของการศึกษาทั้ง 7 มีความหลากหลายในกลุ่มอายุ Qu, et al. (2018) ศึกษาผลกระทบสุขภาพที่เกี่ยวข้องกับมลพิษอากาศในกลุ่มอายุอายุ 65 ปีขึ้นไป ในเมืองเมืองฉางชุน ประเทศ นอกจากนี้ ผู้ที่มีอายุมากกว่า 18 ปี ได้รับการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการสัมผัสกับ PMs กับการเสียชีวิตจากทุกสาเหตุ และการเสียชีวิตที่ทราบสาเหตุของประชากรเชียงใหม่ (Pothirat, et al., 2019 a) ในขณะที่ Pothirat, et al., (2019 b); Tian, et al., (2020); ดนัย ชีวันดา และคณะ (2564) มีความสนใจในทุกกลุ่มอายุในการศึกษาของพวกเขา

ในการทบทวนวรรณกรรมจากฐานข้อมูลออนไลน์ Karanasiou, et al. (2021) พบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างความเข้มข้นของ PM2.5 ที่เพิ่มขึ้น 10 ไมโครกรัม/ลบ.ม. กับการตายทุกสาเหตุ RR 1.92% (95% CI:1.19% – 5.03%) และโรคหัวใจและหลอดเลือด RR 3.30% (95% CI:1.97% – 8.57%) เช่นเดียวกับกับ Chen, et al. (2021) ที่พบความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างความเข้มข้นของ PM2.5 ที่เพิ่มขึ้น 10 ไมโครกรัม/ลบ.ม. กับการตายทุกสาเหตุ RR 1.019 (95% CI:1.016–1.022) โรคหัวใจและหลอดเลือด RR 1.017 (95% CI:1.012–1.021) นอกจากนี้ยังพบความสัมพันธ์กับการตายจากโรคทางเดินหายใจ RR 1.019 (95% CI:1.013–1.025) ในการศึกษาในประเทศจีน Qu, et al. (2018) พบอัตราเสี่ยงการเสียชีวิตจากทุกกลุ่มโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุ 0.33% (95% CI:0.10–0.57) และโรคระบบไหลเวียนเลือด 0.38% (95% CI:0.08–0.68) ในกลุ่มอายุ 65 ปีขึ้นไป เมื่อความเข้มข้น PM2.5 เพิ่มขึ้น 10 ไมโครกรัม/ลบ.ม. ที่ Lag 1 Chen, et al. (2021) พบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างความเข้มข้นของ PM2.5 ที่เพิ่มขึ้น 10 ไมโครกรัม/ลบ.ม. กับการตายทุกกลุ่มโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุ ในกลุ่มอายุ 45 ปีขึ้นไป ที่ Lag 0 (OR 0.94% (0.05–1.83)) Tian, et al. (2020)

พบว่ามีความเสี่ยงสัมพัทธ์ สำหรับการเสียชีวิตโรคระบบหัวใจหลอดเลือด RR 1.0005 (95%CI:1.0000–1.0029) ของความเข้มข้น PM2.5 ที่ Lag 1 และในการศึกษาในพื้นที่ภาคเหนือ ประเทศไทย ดนัย ชีวันดา และคณะ (2564) พบผลกระทบของ PM2.5 มีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของการเสียชีวิตรวม (All causes) ที่ไม่ใช่อุบัติเหตุในประชากรจังหวัดตากอย่างมีนัยสำคัญ RR 1.0220 (95% CI:1.0142–1.0298) ที่ Lag 0 เช่นเดียวกับ Pothirat, et al. (2019 b) ที่พบความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของการเสียชีวิตรวม (All causes) ที่ไม่ใช่อุบัติเหตุในประชากรจังหวัดเชียงใหม่ RR 1.040 (95%CI:1.006–1.074) ที่ Lag 7 และการเสียชีวิตรวมทุกสาเหตุ RR 1.153 (95%CI:1.001–1.329) ที่ Lag 6 นอกจากนี้การศึกษาของ Pothirat, et al. (2019 a) ระบุว่ามีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของการเสียชีวิตจากการติดเชื้อในกระแสเลือด เนื่องจากการสัมผัสกับ PM2.5 โดยมีค่า RR 1.057 (95% CI:1.003–1.113) ที่ Lag 3 มีความสัมพันธ์ระหว่างการสัมผัสกับ PM2.5 และการเสียชีวิตจากโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังอย่างมีนัยสำคัญที่ lag 6 โดยมีค่า 1.089 (95%CI:1.016–1.167) มีความสัมพันธ์ระหว่างการสัมผัสกับ PM2.5 และการเสียชีวิตจากโรคหัวใจขาดเลือดอย่างมีนัยสำคัญที่ lag 6 โดยมีค่า 1.086 (95%CI:1.002–1.177) นอกจากนี้ยังพบความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของการเสียชีวิตจากทุกกลุ่มโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุ ที่ lag 6 โดยมีค่า 1.016 (95%CI:1.001–1.032)

จากการศึกษาทั้ง 7 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการสัมผัสกับ PM2.5 และการเสียชีวิต จะพบวันล่าช้าในการสัมผัสกับ PM2.5 ที่ต่างแตกต่างกันไป อาจอธิบายได้ด้วยเหตุผลของระยะเวลาที่ใช้ในการกำเริบรุนแรง อาจแตกต่างกันไปตามพฤติกรรมและการรับรู้ของผู้ป่วยแต่ละราย (Pothirat, et al., 2019 a) แต่ก็จำเป็นต้องทำการศึกษาพื้นที่อื่น ๆ เพื่อตรวจสอบพฤติกรรมของประชากรที่สัมผัส ซึ่งอาจเป็นการดูแลสุขภาพที่แตกต่างกันและส่งผลกระทบต่อวันล่าช้าของการประเมินความเสี่ยง ในเรื่องของจุดสิ้นสุดทางสุขภาพ การศึกษาทั้ง 7 ส่วนใหญ่จะมุ่งเน้นเรื่องการเสียชีวิตจากโรคที่เด่นชัดที่เกี่ยวข้องกับมลพิษทางอากาศได้รับการพิจารณา เช่น การตายจากทุกสาเหตุ โรคหัวใจและหลอดเลือด และโรคระบบทางเดินหายใจ ซึ่งเป็นผลต่อสุขภาพเฉียบพลันที่เกิดจากการสัมผัสมลพิษทางอากาศในระยะสั้น แต่มีการศึกษาในกลุ่มประชากร กลุ่มอายุและเพศที่แตกต่างกัน

ในการศึกษาทางระบาดวิทยาของมลพิษทางอากาศ ในรูปแบบของค่าความเสี่ยงสัมพัทธ์ : Relative risk, RR หรือค่าอัตราเสี่ยง : Odds ratio, OR ได้รับการคัดเลือกสำหรับการวิเคราะห์สัมพัทธ์ของผลกระทบที่ใช้ในการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ฟังก์ชันการตอบสนองต่อความเข้มข้น (CRF) ในการประเมินผลกระทบด้านสุขภาพ โดยใช้หลักเกณฑ์การเลือกดังต่อไปนี้ (1) การศึกษาทางระบาดวิทยาที่มุ่งเน้นเรื่องการเสียชีวิตจากโรคที่เด่นชัด ที่เกี่ยวข้องกับมลพิษ

ทางอากาศ (2) เป็นการศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพจากการสัมผัสมลพิษทางอากาศในระยะสั้น (Short term exposure) (3) เป็นการศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ต่อการสัมผัสกับมลพิษทางอากาศที่มาจากแหล่งกำเนิดเดียวกัน (4) เป็นการศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพที่สอดคล้องกับกลุ่มโรคที่เป็นกลุ่มเฝ้าระวังจากสถานการณ์หมอกควันในภาคเหนือ และศึกษาในโรคที่เฉพาะเจาะจงในกลุ่มโรคที่เฝ้าระวัง

จากการทบทวนวรรณกรรมตามตาราง 1 ได้พิจารณาค่าความเสี่ยงสัมพัทธ์, RR หรือ ค่าอัตราเสี่ยง, OR ตามหลักเกณฑ์การเลือก พบว่า การศึกษาค่าความเสี่ยงสัมพัทธ์ (RR) ในประชากรเชียงใหม่ของการตายจากการเสียชีวิตโดยไม่ตั้งใจ, โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง, โรคหัวใจขาดเลือด และภาวะติดเชื้อในกระแสเลือด คือ 1.016 (95% CI: 1.001–1.032), 1.089 (95% CI: 1.016–1.167), 1.086 (95% CI: 1.002–1.177) และ 1.057 (95% CI: 1.003–1.113) ตามลำดับ ได้รับการคัดเลือกเพื่อประเมินผลกระทบของ PM2.5 ต่อสุขภาพประชาชนภาคเหนือตอนบน Pothirat, et al. (2019 a) โดยการศึกษาดังกล่าวทำการศึกษาค่าความเสี่ยงสัมพัทธ์ PM2.5 ระยะสั้น (Short term exposure) ของการเสียชีวิตของประชาชนจังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งมีปัญหามลพิษทางอากาศจากแหล่งกำเนิดเดียวกันทั่วทั้งภาคเหนือตอนบน ซึ่งสอดคล้องกับหลักเกณฑ์ในการเลือกใช้ RR เป็นการศึกษาในกลุ่มประชากรในพื้นที่ภาคเหนือ ทำให้ประชากรกลุ่มเป้าหมายมีพฤติกรรม การรับรู้การเจ็บป่วย และการรับสัมผัส PM2.5 ที่ใกล้เคียงกัน และยังเป็นการศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพของ PM2.5 ต่อสุขภาพ ที่สอดคล้องกับกลุ่มโรคที่เป็นกลุ่มเฝ้าระวังจากสถานการณ์หมอกควันในภาคเหนือ นอกจากนี้ยังการศึกษาในกลุ่มโรคที่เฉพาะเจาะจง ตามการจำแนกตามบัญชีจำแนกทางสถิติระหว่างประเทศของโรคและปัญหาสุขภาพที่เกี่ยวข้อง ฉบับทบทวนครั้งที่ 10 (International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems 10 : ICD-10) โดยระบุรหัสโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (รหัส ICD-10: J44.9) โรคหลอดเลือดหัวใจ (รหัส ICD-10: I25.1) และการติดเชื้อในกระแสเลือด (รหัส ICD-10: A41.9) ซึ่งเป็นการศึกษาผลกระทบของ PM2.5 ต่อสุขภาพประชาชนที่เฉพาะเจาะจงกว่า การศึกษาอื่นๆ อย่างไรก็ตามในการศึกษาของ Pothirat, et al. (2019 a) ได้ทำการทำการศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพจากสัมผัส PM2.5 ระยะสั้น ในโรคอื่นๆด้วย เช่น โรคปอดอักเสบที่ติดเชื้อจากชุมชน (รหัส ICD-10: J44.9), โรคหอบหืด (รหัส ICD-10: J45.9), ภาวะหัวใจล้มเหลว (รหัส ICD-10: I50.9) และโรคหลอดเลือดสมอง (รหัส ICD-10: I63.9) ผลการศึกษาพบความสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญระหว่างระดับที่เพิ่มขึ้นของ PM2.5 ต่อการตายจากการเสียชีวิตโดยไม่ตั้งใจ, โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง, โรคหัวใจขาดเลือด และภาวะติดเชื้อในกระแสเลือด

มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศ

มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศของประเทศไทยที่ใช้อยู่ปัจจุบันเป็นมาตรฐานที่ปรับปรุงใหม่ตามประกาศในราชกิจจานุเบกษา ในปี พ.ศ. 2538 และได้มีการเพิ่มมาตรฐานของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM10) ในปี พ.ศ. 2547 และมาตรฐานของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) ในปี พ.ศ. 2553 ซึ่งมีค่ามาตรฐานแตกต่างจากต่างประเทศที่ได้มีการพัฒนามาโดยตลอด (ขนิษฐา ชัยรัตน์วารรณ และณัฐพศุตม์ ภัทธีราสินสิริ, 2563)

ตาราง 2 ค่ามาตรฐานอากาศในบรรยากาศในแต่ละประเทศ

ประเทศ	ค่า PM2.5 เฉลี่ย 24 ชั่วโมง (มคก./ลบ.ม.)	ค่า PM2.5 เฉลี่ย 1 ปี (มคก./ลบ.ม.)
องค์การอนามัยโลก	25	10
สหภาพยุโรป	-	25
สหรัฐอเมริกา	35	15
ออสเตรเลีย	25	8
ญี่ปุ่น	35	15
มาเลเซีย	35	15
จีน	50	40
สิงคโปร์	51	18
ประเทศไทย	50	25

ที่มา: ขนิษฐา ชัยรัตน์วารรณ, ณัฐพศุตม์ ภัทธีราสินสิริ (2563), หน้า 465

กล่าวคือมาตรฐานฝุ่นละอองในบรรยากาศจะประกอบด้วยมาตรฐานระยะสั้น (24 ชั่วโมง) และระยะยาว (1 ปี) โดยองค์การอนามัยโลกตั้งมาตรฐานฝุ่นละออง PM2.5 เฉลี่ย 1 ปี ไว้ที่ 10 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร และเฉลี่ย 24 ชั่วโมงไว้ที่ 25 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร ในขณะที่กรมควบคุมมลพิษของประเทศไทยกำหนดค่ามาตรฐานฝุ่นละอองเฉลี่ย 1 ปี ที่ 25 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร และเฉลี่ย 24 ชั่วโมงที่ 50 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร (กรมควบคุมมลพิษ, ม.ป.ป.)

ทั้งนี้สาเหตุที่ทำให้มาตรฐานคุณภาพอากาศมีค่ามาตรฐานที่แตกต่างกันนั้นเกิดจากความแตกต่างของลักษณะภูมิประเทศ (ชนิษฐา ชัยรัตนาวรรณ และณัฐพศุทธิ์ ภัทธีราสินสิริ, 2563) และในปี พ.ศ. 2564 องค์การอนามัยโลก (World Health Organization: WHO) ได้ประกาศเกณฑ์แนะนำคุณภาพอากาศ (Air Quality Guidelines: AQGs) ฉบับใหม่ โดยได้ปรับค่าเกณฑ์แนะนำมาตรฐานคุณภาพอากาศของฝุ่น PM2.5 รายปีและรายชั่วโมง โดยคำแนะนำให้ค่ามาตรฐานคุณภาพฝุ่นละออง PM2.5 เฉลี่ยรายปี เท่ากับ 5 ไมโครกรัม/ลบ.ม. และค่ามาตรฐานคุณภาพฝุ่นละออง PM2.5 เฉลี่ย 24 ชั่วโมง เท่ากับ 15 ไมโครกรัม/ลบ.ม. รายละเอียดแสดงตาม ตาราง 3 และ 4 (World Health Organization, 2021)

ตาราง 3 ระดับค่ามาตรฐานคุณภาพรายปีที่แนะนำและระดับค่าเป้าหมายระหว่างทาง สำหรับ PM2.5

คำแนะนำ	PM2.5 (มคก./ลบ.ม.)
ระดับค่าเป้าหมายระหว่างทาง ระดับที่ 1	35
ระดับค่าเป้าหมายระหว่างทาง ระดับที่ 2	25
ระดับค่าเป้าหมายระหว่างทาง ระดับที่ 3	15
ระดับค่าเป้าหมายระหว่างทาง ระดับที่ 4	10
ระดับค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศ	5

ที่มา: World Health Organization (2021), P 78

ตาราง 4 ระดับค่ามาตรฐานคุณภาพระยะสั้น (24 ชั่วโมง) ที่แนะนำและระดับค่าเป้าหมายระหว่างทาง สำหรับ PM2.5

คำแนะนำ	PM2.5 (มคก./ลบ.ม.)
ระดับค่าเป้าหมายระหว่างทาง ระดับที่ 1	75
ระดับค่าเป้าหมายระหว่างทาง ระดับที่ 2	50
ระดับค่าเป้าหมายระหว่างทาง ระดับที่ 3	37.5
ระดับค่าเป้าหมายระหว่างทาง ระดับที่ 4	25
ระดับค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศ	15

ที่มา: World Health Organization (2021), P 88

The Environmental Mapping and Analysis Program (BenMAP–CE)

U.S. Environmental Protection Agency (2020) กล่าวว่า

BenMAP–CE เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่คำนวณจำนวนและมูลค่าทางเศรษฐกิจของการเสียชีวิตและการเจ็บป่วยที่เกี่ยวข้องกับมลพิษทางอากาศ ซอฟต์แวร์นี้รวมฐานข้อมูลที่มีความสัมพันธ์ของการตอบสนองต่อความเข้มข้น ข้อมูลประชากร และข้อมูลด้านสุขภาพและเศรษฐกิจที่จำเป็นในการหาปริมาณของผลกระทบต่อสุขภาพ

เครื่องมือ BenMAP–CE สามารถประมาณการจำนวนและมูลค่าทางเศรษฐกิจของผลกระทบต่อสุขภาพที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพอากาศ โดยเฉพาะโอโซนระดับพื้นดินและอนุภาคละเอียด

BenMAP–CE ประมาณการว่าได้รับประโยชน์จากการปรับปรุงสุขภาพของมนุษย์ เช่น การลดความเสี่ยงของการเสียชีวิตก่อนวัยอันควร หัวใจวาย และผลกระทบด้านสุขภาพอื่น ๆ

BenMAP–CE ประเมินผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ โดย

1. BenMAP–CE จะแสดงผลการเปลี่ยนแปลงของมลพิษทางอากาศโดยรอบโดยใช้ข้อมูลคุณภาพอากาศที่ผู้ใช้ระบุ ซึ่งผู้ใช้จะต้องป้อนข้อมูลคุณภาพอากาศลงใน BenMAP–CE ซึ่งอาจเป็นข้อมูลแบบจำลองหรือจากข้อมูลการตรวจวัดมลพิษทางอากาศ

1.1 การสร้างคุณภาพอากาศชั้นพื้นผิว Create Air Quality Surfaces

BenMAP–CE จะอาศัยการป้อนข้อมูลคุณภาพอากาศที่สร้างจากแบบจำลองหรือการตรวจวัดจากภายนอก เพื่อประมาณการที่ประชากรได้รับมลพิษทางอากาศ โดยคุณภาพอากาศพื้นผิว สามารถระบุออกมาเป็นรูปแบบตารางคุณภาพอากาศ Grid Cell ที่มีการเติมข้อมูลมลพิษทางอากาศ โดยมีการประมาณการการสัมผัสมลพิษทางอากาศ สำหรับค่าจำกัดความตารางเฉพาะ (Grid Definition) ตามที่กำหนดไว้ในหน้าต่างแก้ไขชุดข้อมูลในโปรแกรม โดยทั่วไปแล้ว ค่าจำกัดความของตารางจะประกอบด้วยรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีรูปทรงสม่ำเสมอซึ่งครอบคลุมพื้นที่ของการวิเคราะห์ เรียกว่า Regular Grid Definition หรือรูปหลายเหลี่ยมที่มีรูปทรงไม่สม่ำเสมอซึ่งสอดคล้องกับขอบเขตทางการเมือง เรียกว่า Shapefile Grid Definition

การสร้างแบบจำลองและการตรวจวัดข้อมูล

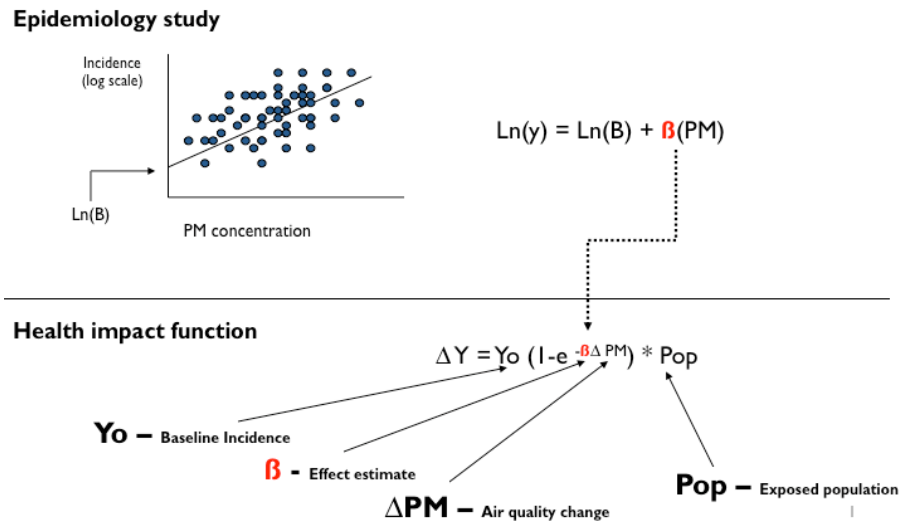
ในการสร้างตารางคุณภาพอากาศ สามารถใช้ข้อมูลแบบจำลองคุณภาพอากาศและข้อมูลการตรวจวัดคุณภาพอากาศได้ 3 วิธี ดังนี้

1. ข้อมูลแบบจำลอง ขั้นตอนนี้จะเพียงแค่นำข้อมูลแบบจำลองดิบมาแปลงเป็นไฟล์ โดย BenMAP-CE จะยอมรับว่าเป็นว่าเป็นตารางคุณภาพอากาศ (Air quality Grid โดยการกำหนดตารางด้วยวิธีนี้ ทำให้สามารถระบุค่ามลพิษทางอากาศสำหรับเซลล์กริดแต่ละเซลล์ได้โดยตรงในคำจำกัดความของกริด

2. ข้อมูลตรวจวัด ขั้นตอนนี้ใช้ข้อมูลการตรวจวัดมลพิษทางอากาศ เพื่อประเมินระดับมลพิษทางอากาศสำหรับแต่ละเซลล์กริดในข้อกำหนดกริดที่เลือก สามารถทำได้ 3 วิธี ได้แก่ การตรวจวัดสถานีที่ใกล้ที่สุด โดย BenMAP-CE จะใช้ข้อมูลของสถานีที่ใกล้เคียงที่สุดกับจุดเซนทรอยด์ (Centroid) ของเซลล์กริดแต่ละเซลล์, ค่าเฉลี่ยพื้นที่ใกล้เคียง (Voronoi Neighborhood Averaging : VNA) ในขั้นแรก BenMAP-CE จะระบุกลุ่มสถานีตรวจวัดโดยรอบจุดศูนย์กลางแต่ละเซลล์กริด จากนั้นจะคำนวณค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักแบบผกผันของข้อมูลจากสถานีที่อยู่ใกล้เคียงเหล่านี้ หรือกำหนดรัศมีคงที่ (Fixed Radius) BenMAP-CE จะจำกัดการประมาณค่า VNA ให้อยู่ในระยะเวลาที่ผู้กำหนดรอบแต่ละสถานี

3. ข้อมูลย้อนกลับ ขั้นตอนนี้สามารถลดหรือย้อนกลับข้อมูลตรวจวัด โดยสามารถทำได้ 3 วิธี ได้แก่ การย้อนกลับเป็นเปอร์เซ็นต์ (Percentage Rollback) ,การย้อนกลับที่เพิ่มขึ้น (Incremental Rollback) หรือย้อนกลับเป็นมาตรฐาน (Rollback to a Standard)

2. BenMAP-CE บอกถึงความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของมลพิษที่มีผลกระทบต่อสุขภาพบางอย่าง ความสัมพันธ์นี้มักเรียกว่าฟังก์ชันผลกระทบต่อสุขภาพ (Health Impact Function: HIF) หรือฟังก์ชันตอบสนองของความเข้มข้น (Concentration-response) ดังแสดงในภาพ 18 HIF ซึ่งได้มาจากการศึกษาทางระบาดวิทยาที่เกี่ยวข้องกับความเข้มข้นของสารก่อมลพิษกับผลลัพธ์ด้านสุขภาพ

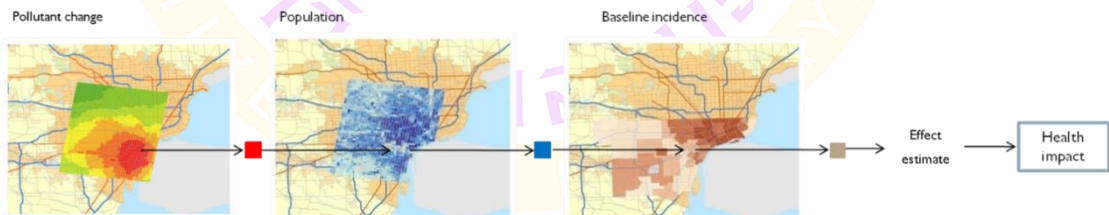


ภาพ 18 ที่มาของฟังก์ชันผลกระทบต่อสุขภาพจากเอกสารข้อมูลด้านระบาดวิทยา

ที่มา: U.S. Environmental Protection Agency (2020), PP 1-2

ฟังก์ชันการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ ประกอบด้วยแหล่งข้อมูล 4 ข้อมูล ดังนี้

1. แบบจำลองหรือการตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพอากาศ
2. ประชากร
3. อัตราอุบัติการณ์พื้นฐาน
4. ฟังก์ชันผลกระทบต่อสุขภาพ (HIF)



ภาพ 19 ข้อมูลที่ BenMAP-CE ใช้ในการคำนวณผลกระทบต่อสุขภาพ

ที่มา: U.S. Environmental Protection Agency (2020), PP 1-2

BenMAP-CE ใช้ความสัมพันธ์ฟังก์ชันผลกระทบต่อสุขภาพ (HIF) กับประชากรที่ประสบกับการเปลี่ยนแปลงในการสัมผัสมลภาวะเพื่อคำนวณผลกระทบต่อสุขภาพ

ซึ่งการคำนวณผลกระทบต่อสุขภาพ สามารถคำนวณได้ดังนี้

ผลกระทบต่อสุขภาพ = การเปลี่ยนแปลงคุณภาพอากาศ x ฟังก์ชันผลกระทบต่อสุขภาพ x ประชากรที่สัมผัสได้ x อุบัติการณ์พื้นฐานด้านสุขภาพ

โดยที่ การเปลี่ยนแปลงคุณภาพอากาศ คือความแตกต่างระหว่างระดับมลพิษทางอากาศเริ่มต้น (เช่น ค่าพื้นฐาน) และระดับมลพิษทางอากาศหลังจากการเปลี่ยนแปลงบางอย่าง เช่น กฎระเบียบใหม่ (เช่น การควบคุม)

ฟังก์ชันผลกระทบต่อสุขภาพ (HIF) เป็นค่าประมาณของเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงในความเสี่ยงของผลกระทบด้านสุขภาพอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงหนึ่งหน่วยในมลพิษทางอากาศ การศึกษาทางระบาดวิทยาเป็นแหล่งที่ดีสำหรับการประเมินผลกระทบ

ประชากรที่สัมผัส คือจำนวนผู้ที่ได้รับผลกระทบจากการลดมลพิษทางอากาศ สำนักงานสำมะโนของรัฐบาลเป็นแหล่งที่ดีสำหรับข้อมูลนี้

อุบัติการณ์พื้นฐานด้านสุขภาพ เป็นค่าประมาณของจำนวนเฉลี่ยของผู้เสียชีวิต (หรือได้รับผลกระทบจากผลกระทบด้านสุขภาพบางอย่าง) ในประชากรหนึ่ง ๆ ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ตัวอย่างเช่น อัตราอุบัติการณ์ด้านสุขภาพอาจเป็นความน่าจะเป็นที่บุคคลจะเสียชีวิตในปีที่กำหนด อัตราอุบัติการณ์ด้านสุขภาพและข้อมูลด้านสุขภาพอื่น ๆ มักจะถูกรวบรวมโดยรัฐบาล นอกจากนี้องค์การอนามัยโลกยังเป็นแหล่งที่ดีสำหรับเรื่องนี้

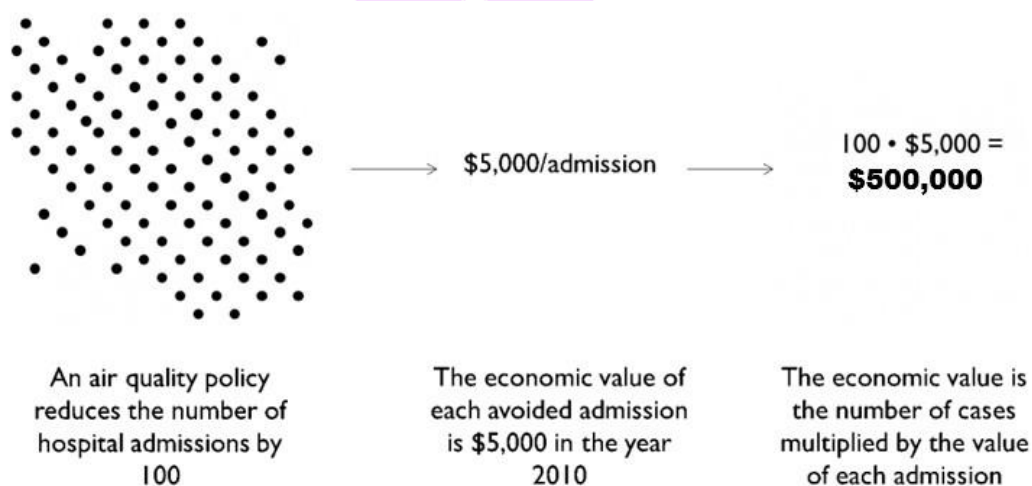
นอกจากนี้ BenMAP-CE สามารถคำนวณมูลค่าทางเศรษฐกิจของการเปลี่ยนแปลงคุณภาพอากาศโดยใช้ทั้งเมตริก "ค่าเจ็บป่วย" และ "ความเต็มใจจ่าย"

เมตริกการเจ็บป่วยจะสรุปค่าใช้จ่ายที่แต่ละบุคคลต้องแบกรับ สำหรับการเข้ารับการรักษาความเจ็บป่วยที่เกี่ยวข้องกับมลพิษทางอากาศในโรงพยาบาล การเข้ารับการตรวจแผนกฉุกเฉินและผลลัพธ์อื่น ๆ เมตริกนี้รวมมูลค่าของค่ารักษาพยาบาลและงานที่สูญเสียไป แต่ไม่ใช่มูลค่าที่บุคคลคำนึงถึงความเจ็บปวดและความทุกข์ทรมานที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์

ในทางตรงกันข้าม เมตริกความเต็มใจจ่าย เป็นค่าใช้จ่ายโดยตรงที่ระบุไว้ข้างต้น เป็นมูลค่าที่บุคคลคำนึงถึงความเจ็บปวดและความทุกข์ทรมาน การสูญเสียความพึงพอใจและเวลาว่าง

BenMAP-CE ประเมินมูลค่าทางเศรษฐกิจของผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ โดย BenMAP-CE จะคำนวณมูลค่าทางเศรษฐกิจของผลกระทบต่อสุขภาพที่หลีกเลี่ยงได้ หลังจากคำนวณการเปลี่ยนแปลงด้านสุขภาพแล้ว และสามารถประมาณมูลค่าทางเศรษฐกิจโดยการคูณการลดผลกระทบต่อสุขภาพด้วยการประมาณมูลค่าทางเศรษฐกิจต่อกรณี ดังสมการนี้

$$\text{มูลค่าทางเศรษฐกิจ} = \text{ผลกระทบต่อสุขภาพ} \times \text{คุณค่าของผลกระทบต่อสุขภาพ}$$

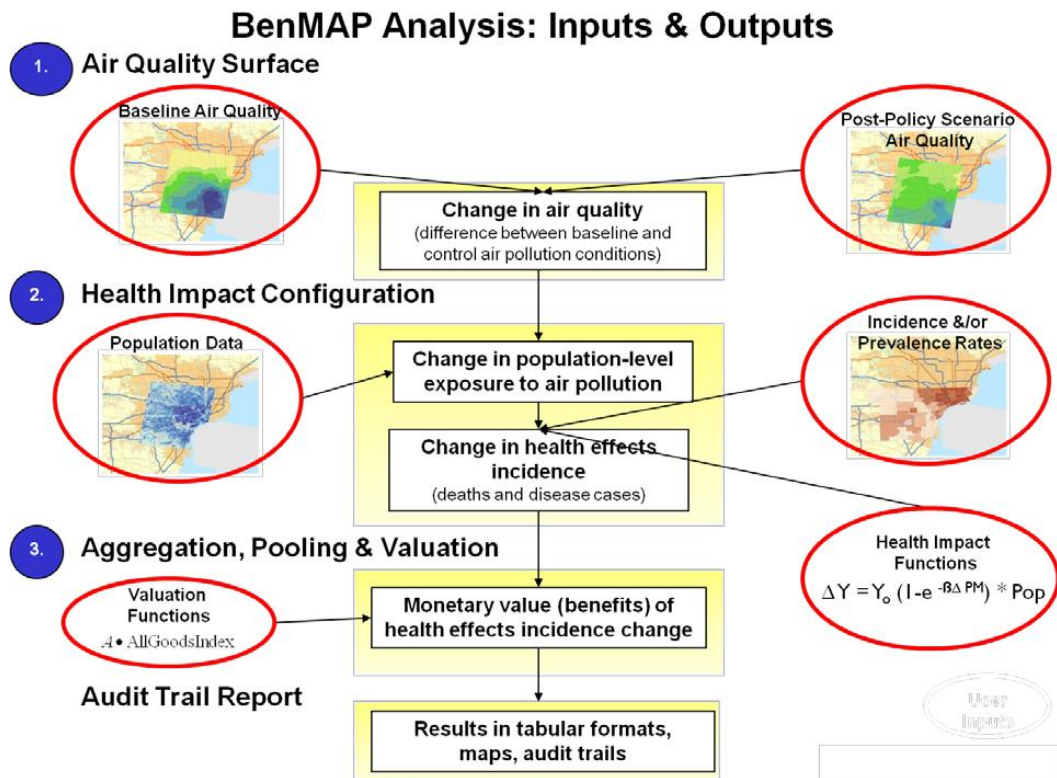


ภาพ 20 การประเมินมูลค่าทางเศรษฐกิจของผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์

ที่มา: U.S. Environmental Protection Agency (2020), PP 1-4

มีหลายวิธีในการคำนวณมูลค่าของผลกระทบต่อสุขภาพ โดยทั่วไปแล้วมูลค่าของการตายก่อนวัยอันควรที่หลีกเลี่ยงได้จะคำนวณโดยใช้มูลค่าของชีวิตทางสถิติ (Value of Statistical Life : VSL)

มูลค่าของชีวิตทางสถิติ คือ มูลค่าทางการเงินที่กลุ่มคนยินดีจ่ายเพื่อลดความเสี่ยงของการเสียชีวิตก่อนวัยอันควรในประชากร BenMAP-CE มีฟังก์ชันต่าง ๆ มากมายสำหรับ VSL และฟังก์ชันการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพอื่น ๆ ให้เลือกหรือสามารถใช้แนวทางของ U.S. EPA ในการหาปริมาณและประเมินผลกระทบจากมลพิษทางอากาศ



ภาพ 21 แผนภาพการไหลของข้อมูลใน BenMAP-CE

ที่มา: U.S. Environmental Protection Agency (2020), PP 1-5

จากภาพเป็นการสรุปข้อมูลที่นำเข้าและนำออกของ BenMAP-CE ซึ่งแสดงถึงประเภทของตัวเลือกที่เกี่ยวกับแบบจำลองการสัมผัสของประชากร ประเภทของผลกระทบด้านสุขภาพต่อแบบจำลอง และวิธีกำหนดมูลค่าทางเศรษฐกิจต่อผลกระทบด้านสุขภาพ

การศึกษาประเมินผลกระทบต่อสุขภาพที่ผ่านมา

Hassana, et al. (2021) ได้ประเมินผลกระทบของฝุ่นละอองต่อชีวิตมนุษย์ในประเทศปากีสถาน เป็นการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพในท้องถิ่นของ PM2.5 เพื่อประเมินผลกระทบระยะยาวต่อการเสียชีวิต โดยใช้ The Environmental Mapping and Analysis Program (BenMAP-CE) ซึ่งจำลองสถานการณ์กรณีควบคุมคุณภาพอากาศได้ตามมาตรฐานคุณภาพอากาศที่ PM2.5 ความเข้มข้น 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ในการประเมินผลกระทบของ PM2.5 ข้อมูลที่ใช้สำหรับการประเมิน ได้แก่ ข้อมูลคุณภาพอากาศ ข้อมูลความเข้มข้น PM2.5, อัตราอุบัติการณ์/ความชุก, ข้อมูลประชากร และฟังก์ชันผลกระทบต่อสุขภาพ (Krewski) ผลการศึกษาพบว่า

ประชากรทั้งหมด 73 ล้านคน กลุ่มอายุระหว่าง 30–99 ปี มีอัตราการเสียชีวิตที่หลีกเลี่ยงได้โดยประมาณ ซึ่งเชื่อมโยงกับโรคหัวใจขาดเลือดและมะเร็งปอด อยู่ที่ 2,773 ต่อ 100,000 คน ซึ่งคิดเป็นการเสียชีวิตที่ป้องกันได้ 2,024,290 คนของประชากรทั้งหมด ค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการตายข้างต้นคาดว่าจะอยู่ที่ 1,000 ล้านดอลลาร์สหรัฐ

Luo, et al. (2020) ศึกษาการหาปริมาณประโยชน์ด้านสาธารณสุขของการลด PM2.5 และการวิเคราะห์การกระจายเชิงพื้นที่ในประเทศจีน ซึ่งในการศึกษานี้ศึกษาระดับการสัมผัส PM2.5 รายวันที่ความละเอียดเชิงพื้นที่ 100 ตารางกิโลเมตร โดยอิงจากข้อมูลของสถานีตรวจสอบ 1,328 แห่ง และประมาณความเข้มข้น PM2.5 ด้วยวิธี Voronoi Neighborhood Averaging (VNA) ผลการวิจัยพบว่าค่า PM2.5 เฉลี่ยต่อวันลดลงจาก 47.82 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2016) เป็น 40.87 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2018) ลดลง 14.53% และได้คำนวณผลกระทบต่อสุขภาพและผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจของการลดลงของ PM2.5 จาก 47.82 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (2016) เป็น 40.87 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ เป็น สถานการณ์ที่ 1 โดยใช้แบบจำลอง BenMAP การเสียชีวิตก่อนวัยอันควรที่หลีกเลี่ยงโดยประมาณจากทุกสาเหตุ โรคหัวใจและหลอดเลือด โรคระบบทางเดินหายใจ และมะเร็งปอด อยู่ในช่วง 7,214 ถึง 81,681 ราย (รวม 154,176 ราย) ผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจโดยประมาณตามวิธีความเต็มใจที่จะจ่าย (WTP) อยู่ระหว่าง 3.96 ถึง 44.85 พันล้านหยวน (รวม 84.66 พันล้านหยวน) นอกจากนี้ความเข้มข้น PM2.5 ในสถานการณ์ควบคุมคุณภาพอากาศมาอยู่ที่ค่ามาตรฐานระดับ I (35 ไมโครกรัม/เมตร³, สถานการณ์ที่ 2) พบว่า จำนวนผู้เสียชีวิตที่หลีกเลี่ยงได้ในช่วง 58,820 ถึง 590,464 ราย (รวม 1,217,671 ราย) มูลค่าเงินโดยประมาณของกรณีการหลีกเลี่ยงของจุดสิ้นสุดด้านสุขภาพทั้งหมดอยู่ในช่วง 36.63 ถึง 367.66 พันล้านหยวนตาม WTP (รวม 758.21 พันล้านหยวน)

Ballesteros González, Sullivan and Morales Betancourt (2020) ได้ประมาณคุณภาพอากาศและผลกระทบต่อสุขภาพของการเผาไหม้ชีวมวลในทางตอนเหนือของอเมริกาใต้ โดยใช้แบบจำลองคุณภาพอากาศ Chemical transport model ในชั้นบรรยากาศ WRF–Chem เพื่อประเมินการมีส่วนร่วมของเหตุการณ์การเผาไหม้ชีวมวลในที่โล่งต่อความเข้มข้นของสารก่อมลพิษ และเพื่อประเมินผลกระทบต่อสุขภาพที่อาจเกิดขึ้นจากเหตุการณ์ไฟป่าในทางตอนเหนือของอเมริกาใต้ มีการพิจารณาสถานการณ์จำลองสองแบบ ได้แก่ กรณีที่ไม่มีมีการเผาไหม้ชีวมวลและสถานการณ์ที่มีการเผาไหม้ชีวมวล พบว่า ในสถานการณ์จำลองที่ไม่มีมีการเผาไหม้ชีวมวล พบความเข้มข้นของละอองลอยต่ำจนเกินจริง เมื่อมีการเผาไหม้ชีวมวล ความเข้มข้นของ PM2.5 เพิ่มขึ้น 80% ในกรณีของเมืองโบโกตา ซึ่งเป็นเมืองที่มีประชากรหนาแน่นที่สุด ค่าเฉลี่ย PM2.5 รายเดือนที่เพิ่มขึ้น คือ 3.3 ไมโครกรัม/ลบ.ม. และค่าเฉลี่ย O₃ รายเดือนที่

เพิ่มขึ้น คือ 4.3 ppb และในการจำลองการเสียชีวิตจากทุกสาเหตุในระยะสั้นโดยประมาณที่เกี่ยวข้องกับการเผาชีวมวล ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ในภูมิภาคนี้คือ 171 ราย โดยการเสียชีวิตที่เกี่ยวข้องกับ PM_{2.5} 88 ราย และการเสียชีวิตที่เกี่ยวข้องกับ O₃ 83 ราย

Mueller, et al. (2021) ได้ประเมินผลกระทบต่อสุขภาพจากการสัมผัสกับมลพิษทางอากาศในระยะยาวในประเทศไทย ในปี 2559 โดยใช้การประเมินความเสี่ยงจากแบบจำลอง the Global Exposure Mortality Model (GEMM) เพื่อคำนวณการตายที่เกี่ยวข้องและหาจำนวนปีการสูญเสียปีสุขภาวะ (Disability-adjusted life years: DALYs) เป็นการจำลองที่ต้องระบุแหล่งที่มาของมลพิษ ประชากรที่มีความเสี่ยง ข้อมูลสถิติด้านสุขภาพ และฟังก์ชันการตอบสนองต่อความเข้มข้น (CRF) ซึ่งได้รวบรวมข้อมูลความเข้มข้นของ PM_{2.5} จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอัตโนมัติทั่วประเทศไทยในช่วงปี 2539-2559 โดยใช้การสัมผัส PM_{2.5} ในอดีตเพื่อประมาณอัตราการเสียชีวิตในแต่ละจังหวัดจากการติดเชื้อทางเดินหายใจส่วนล่าง (LRIs) โรคหลอดเลือดสมอง โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง มะเร็งปอด และโรคหัวใจขาดเลือด พบว่าในปี 2559 มีผู้เสียชีวิตจากการสัมผัส PM_{2.5} ทั้งหมด 50,019 ราย แบ่งเป็นการเสียชีวิตจากการติดเชื้อทางเดินหายใจส่วนล่าง 16,419 ราย โรคหลอดเลือดสมอง 7,411 ราย โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง 4,999 ราย มะเร็งปอด 5,701 ราย และโรคหัวใจขาดเลือด 15,489 ราย และยังวิเคราะห์ประโยชน์ด้านสุขภาพจากการลด PM_{2.5} ที่สมมุติฐานเป็น 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ และ 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ พบว่า มีผู้เสียชีวิตจากทุกสาเหตุที่เกี่ยวข้องกับการสัมผัส PM_{2.5} ทั้งหมด 28,681 ราย และ 4,741 รายตามลำดับ

Pinichka, et al. (2017) ศึกษาภาระโรคที่เกิดจากมลพิษทางอากาศในประเทศไทย แนวทางตาม GIS เป็นการประเมินการสัมผัสตามระบบข้อมูลทางภูมิศาสตร์ (GIS) เข้ากับแบบจำลองการประมาณค่าเชิงพื้นที่เพื่อประเมินความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศโดยรอบการกระจายตัวของประชากรที่รับสัมผัสและความสัมพันธ์ของการตอบสนองต่อความเข้มข้น (CR) เพื่อวัดปริมาณการสัมผัสมลพิษทางอากาศและอัตราการเสียชีวิตที่เกี่ยวข้อง โดยประมาณการสัมผัสกับหลักสามมลพิษทางอากาศโดยรอบเช่น PM_{2.5}, PM₁₀ และ NO₂ อาศัยข้อมูลมลพิษอากาศจากสถานีตรวจวัด 54 แห่ง กระจายอยู่ทั่ว 6 ภูมิภาคของประเทศไทย ต่อการการเสียชีวิตจากทุกสาเหตุ การเสียชีวิตจากทางเดินหายใจ และการเสียชีวิตจากหัวใจและหลอดเลือด ผลการศึกษาพบว่าการเสียชีวิตที่เกิดจากมลพิษทางอากาศที่เกิดจาก PM_{2.5}, PM₁₀ และ NO₂ ในระยะยาวมีผู้เสียชีวิตทุกสาเหตุประมาณ 3,652 – 38,410 ราย การเสียชีวิตจากระบบทางเดินหายใจ 653 – 934 ราย และการเสียชีวิตจากหลอดเลือดหัวใจ 4,024 – 15,361 ราย และจากการศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพต่อการสัมผัสมลพิษทางอากาศ

ที่ความเข้มข้นลดลง 20% พบว่า หาก PM และ NO₂ ลดลง 20% จากระดับปัจจุบัน ภาวะสุขภาพจะลดลงได้ประมาณ 5,982 รายสำหรับการเสียชีวิตจากทุกสาเหตุ สำหรับการตายจากระบบทางเดินหายใจ 160–581 ราย และการเสียชีวิตจากโรคหลอดเลือดหัวใจ 146 – 3,401 ราย ซึ่งชี้ให้เห็นว่าประโยชน์ของการลดความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศ 20% สามารถป้องกันการเสียชีวิตที่หลีกเลี่ยงได้มากถึง 25% ในแต่ละปีในประเภทการเสียชีวิตจากทุกสาเหตุ การเสียชีวิตจากระบบทางเดินหายใจและหลอดเลือดหัวใจ

Fold, et al. (2020) ได้ประเมินอัตราการเสียชีวิตรายปีที่เกิดจาก PM_{2.5} ในกรุงเทพมหานคร ประเทศไทย เป็นการศึกษาเกี่ยวกับสุขภาพที่เชื่อมโยงอัตราการเสียชีวิตประจำปีกับ PM_{2.5} ในกรุงเทพฯ โดยเก็บข้อมูล PM_{2.5} ตั้งแต่ปี 2555 ถึงปี 2561 จากสถานีตรวจวัดที่มีอยู่ทั้งหมด 12 สถานี การวิเคราะห์ภาวะสุขภาพโดยใช้โปรแกรมการทำแผนที่และการวิเคราะห์สิ่งแวดล้อม (BenMAP) พบว่าความเข้มข้นของ PM_{2.5} ในกรุงเทพฯ มีส่วนทำให้เกิดการเสียชีวิตโดยไม่ทราบสาเหตุ 4,240 ราย โรคหัวใจและหลอดเลือด 1,317 ราย และมะเร็งปอด 370 รายต่อปี การวิเคราะห์เพิ่มเติมพบว่า การลดความเข้มข้น PM_{2.5} ประจำปีในกรุงเทพฯ ให้เป็นมาตรฐานคุณภาพอากาศของไทย NAAQS และ WHO จะช่วยลดอัตราการเสียชีวิตก่อนวัยอันควรประจำปีในกรุงเทพฯ ลง 33% และ 75% ตามลำดับ

Chi and Oanh (2021) ได้ใช้แบบจำลองคุณภาพอากาศร่วมกับแบบจำลองบรรยากาศ Weather Research and Forecasting (WRF) เพื่อประเมินผลกระทบด้านสุขภาพที่เกี่ยวข้องในเขตเมืองที่มีผู้คนหนาแน่นในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยใช้ฐานข้อมูลการระบายมลพิษอากาศจากแหล่งกำเนิด และแบบจำลองการแพร่กระจายมลพิษอากาศ มาคำนวณความเข้มข้น PM_{2.5} ในบรรยากาศข้อมูลแบบกริด ข้อมูลค่าเฉลี่ยรายปีในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล (BMR) เพื่อประเมินผลกระทบด้านสุขภาพ การวิเคราะห์ผลกระทบด้านสุขภาพโดยใช้ BenMAP-CE พบว่า ค่า PM_{2.5} รายปี ลดลงตามตามแนวทางของ WHO จะช่วยไม่ให้มีผู้เสียชีวิต 1,415 ราย (1,068 – 1,758 ราย) ใน BMR โดยแบ่งเป็นพื้นที่ กรุงเทพฯ จำนวน 91 ราย ยิ่งกว่านั้นการลด PM_{2.5} ลดความเข้มข้นเป็น 2.4 µg/m³ จะช่วยหลีกเลี่ยงการเสียชีวิตที่เกี่ยวข้องกับ PM_{2.5} 2,990 ราย แบ่งเป็นพื้นที่กรุงเทพฯ จำนวน 1,770 ราย

Shi, et al. (2018) ศึกษาสาเหตุพื้นฐานของการตายก่อนวัยอันควรจาก PM_{2.5} และประโยชน์ต่อสุขภาพที่อาจเกิดขึ้นจากการควบคุมมลพิษทางอากาศในเอเชียใต้และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (SSEA) ระหว่างปี 2542 ถึง พ.ศ. 2557 เป็นการหาปริมาณความแปรผันเชิงพื้นที่และเวลาในการเสียชีวิตก่อนวัยอันควรอันเนื่องมาจาก PM_{2.5} จำนวนการเสียชีวิตก่อนวัยอันควรที่เกิดจาก PM_{2.5} ระหว่างปี 2542–2557 ใน SSEA ถูกประเมินโดยใช้แบบจำลองการ

ตอบสนองต่อการสัมผัส โดยอิงจากข้อมูล PM2.5 ที่ดึงมาจากดาวเทียม ความหนาแน่นของประชากร และข้อมูลการตายพื้นฐานที่แปรผันตามพื้นที่และเวลา ผลการศึกษาพบว่า อัตราการเสียชีวิตก่อนวัยอันควรสูงมากในอินเดียตอนเหนือและบังคลาเทศ นอกจากนี้ยังมีการประเมิน 4 สถานการณ์ เกี่ยวกับผลกระทบของการเสียชีวิตก่อนวัยอันควรโดยลด PM2.5 ตามแนวทางคุณภาพอากาศ (AQG) และเป้าหมายเฉพาะช่วงเวลา (ITs) ขององค์การอนามัยโลก (WHO) สำหรับแต่ละโรคและแต่ละประเทศในช่วงปี 2542-2557 โดยสถานการณ์ที่ 1 เป็นไปตาม WHO AQG ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$), สถานการณ์ที่ 2 เป็นไปตาม IT-3 ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$), สถานการณ์ที่ 3 เป็นไปตาม IT-2 ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) และสถานการณ์ที่ 4 เป็นไปตาม IT-1 ($35 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ส่งผลให้การเสียชีวิตก่อนวัยอันควรลดลง 69.3%, 49.1%, 25.4% และ 12.8% ตามลำดับ เมื่อเทียบกับการเสียชีวิตก่อนวัยอันควรอ้างอิงทั้งหมด (1,256,300 ราย) และจากการศึกษาเพิ่มเติมพบว่าโรคหลอดเลือดสมองเป็นโรคที่ร้ายแรงที่สุดที่เกี่ยวข้องกับมลพิษทางอากาศ คิดเป็น 40% ของการเสียชีวิตก่อนวัยอันควรทั้งหมด และโรคหัวใจขาดเลือดเป็นสาเหตุที่มากที่สุด 58% ของการเสียชีวิตในอากาศตามสถานการณ์ที่ 1 และอัตราการเปลี่ยนแปลงการตายก่อนวัยอันควรต่อปีในประเทศแถบเอเชียใต้ (อินเดีย บังคลาเทศ และปากีสถาน) สูงกว่าอัตราในประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ในทุกสถานการณ์



ตาราง 5 สรุปผลกระทบของ PM2.5 ต่อสุขภาพจากการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ

ผลลัพธ์ ด้าน สุขภาพ	พื้นที่ ศึกษา	แหล่ง กำเนิด หลัก	ช่วงเวลา ที่ศึกษา	ความ เข้มข้น PM2.5	จำนวน ประชากร	ฟังก์ชัน ผลกระทบต่อ สุขภาพ (b)	กรณีศึกษา/ ควบคุม	ผลกระทบ	เอกสาร อ้างอิง
การ เสียชีวิต	กรุงเทพ มหา นคร	-	2559	27.9 µg/m ³	-	0.00583	ลดลง 10 µg/m ³	จำนวนการเสียชีวิตที่ หลีกเลี่ยงได้ 2,772 ราย	Pope, et al. (2020)
โรคที่ ไม่ใช้ คุบตีเหตุ	ประเทศไทย				0.000896		ลดลง 10 µg/m ³	จำนวนการเสียชีวิตที่ หลีกเลี่ยงได้ 374 ราย	Cao, et al. (2011)
					0.001743		-	จำนวนคนเสียชีวิต 4,240 ราย	Fold, et al. (2020)
							ลดลงตาม มาตรฐาน 25 µg/m ³	จำนวนการเสียชีวิตที่ หลีกเลี่ยงได้ 1,393 ราย	
							ลดลงตาม มาตรฐาน 10 µg/m ³	จำนวนการเสียชีวิตที่ หลีกเลี่ยงได้ 3,159 ราย	

ตาราง 5 (ต่อ)

ผลลัพธ์ ด้าน สุขภาพ	พื้นที่ ศึกษา	แหล่ง กำเนิด หลัก	ช่วงเวลา ที่ศึกษา	ความ เข้มข้น PM2.5	จำนวน ประชากร	ฟังก์ชัน ผลกระทบต่อ สุขภาพ (b)	กรณีศึกษา/ ควบคุม	ผลกระทบ	เอกสาร อ้างอิง
การ เสียชีวิต ทุกกลุ่ม	ประเทศไทย	การเผา ไหม้ ชีวมวล ในที่โล่ง	มีนาคม 2555	79 ± 62 µg/m ³	-	0.001587	การปล่อย มลพิษเฉพาะ การเผาไหม้ชีวิ มวลในที่โล่ง	จำนวนคนเสียชีวิต 1,045 ราย (อายุ 18 ปี ขึ้นไป) จำนวนคนเสียชีวิต 3,629 ราย (ทุกกลุ่ม อายุ)	Linh Nguyen, et al. (2022)
โรคหัวใจ และ หลอดเลือด เสียด ไทย	กรุงเทพ มหา นคร ประเทศ ไทย	-	2559	27.9 µg/m ³	-	0.0122	ลดลง 10 µg/m ³ ลดลง 10 µg/m ³	จำนวนการเสียชีวิตที่ หลีกเลี่ยงได้ 1,686 ราย จำนวนการเสียชีวิตที่ หลีกเลี่ยงได้ 316 ราย	Pope, et al. (2020)

ตาราง 5 (ต่อ)

ผลลัพธ์ ด้าน สุขภาพ	พื้นที่ ศึกษา	แหล่ง กำเนิด หลัก	ช่วงเวลา ที่ศึกษา	ความ เข้มข้น PM2.5	จำนวน ประชากร	ฟังก์ชัน ผลกระทบต่อ สุขภาพ (b)	กรณีศึกษา/ ควบคุม	ผลกระทบ	เอกสาร อ้างอิง
				0.002547	-	จำนวนการเสียชีวิต	จำนวนการเสียชีวิต	Cao, et al. (2011)	
				0.002284	ลดลงตาม มาตรฐาน 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	ลดลงตาม มาตรฐานการเสียชีวิตที่ 360 ราย	จำนวนการเสียชีวิตที่ หลีกเลี่ยงได้ 360 ราย	Fold, et al. (2020)	
				0.0215	ลดลงตาม มาตรฐาน 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	ลดลงตาม มาตรฐานการเสียชีวิตที่ 959 ราย	จำนวนการเสียชีวิตที่ หลีกเลี่ยงได้ 959 ราย	Hassana, et al. (2021)	
โรคหัวใจ และ หลอดเลือด	ปากีสถาน	-	2560	-	-	จำนวนการเสียชีวิต	จำนวนการเสียชีวิต 14,872 ต่อแสนราย	จำนวนการเสียชีวิตที่ หลีกเลี่ยงได้ 2,667 ต่อ แสนราย	

ตาราง 5 (ต่อ)

ผลลัพธ์ ด้าน สุขภาพ	พื้นที่ ศึกษา	แหล่ง กำเนิด หลัก	ช่วงเวลา ที่ศึกษา	ความ เข้มข้น PM2.5	จำนวน ประชากร	ฟังก์ชัน ผลกระทบต่อ สุขภาพ (b)	กรณีศึกษา/ ควบคุม	ผลกระทบ	เอกสาร อ้างอิง
โรคหัวใจ	ประเทศไทย	การเผา	มีนาคม	79 ±	-	0.001094	ลดระดับ PM2.5	จำนวนคนเสียชีวิต 184	Linh
และ	ไทย	ไหม้ชีว	2555	62 µg/m ³			ลง (15 µg/m ³)	ราย (ทุกกลุ่มอายุ)	Nguyen,
หลอดเลือด		มวลใน					การปล่อย		et al.
เลือด		ที่โล่ง					มลพิษเฉพาะ		(2022)
							การเผาไหม้ชีว		
							มวลในที่โล่ง		
มะเร็ง	กรุงเทพฯ	-	2559	27.9	-	0.0131	ลดลง 10 µg/m ³	จำนวนการเสียชีวิตที่	Pope, et
ปอด	มหานคร			µg/m ³				หลีกเลี่ยงได้ 291 ราย	al.
ประเทศ	ไทย							(2020)	
						0.00334	ลดลง 10 µg/m ³	จำนวนการเสียชีวิตที่	Cao, et
								หลีกเลี่ยงได้ 67 ราย	al. (2011)
						0.003134	-	จำนวนการเสียชีวิต	Fold, et
								370 ราย	al.
								(2020)	

ตาราง 5 (ต่อ)

ผลลัพธ์ ด้าน สุขภาพ	พื้นที่ ศึกษา	แหล่ง กำเนิดหลัก	ช่วงเวลา ที่ศึกษา	ความ เข้มข้น PM2.5	ฟังก์ชัน			เอกสาร อ้างอิง
					จำนวน ประชากร	ผลกระทบ ต่อสุขภาพ	กรณีศึกษา/ ควบคุม	
							ลดลงตาม จำนวนการเสียชีวิตที่	
							มาตรฐาน 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ราย	หลีกเลี่ยงได้ 102
							ลดลงตาม	
							มาตรฐาน 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ราย	จำนวนการเสียชีวิตที่ หลีกเลี่ยงได้ 270
มะพร้าว	กอม	กิจกรรมทาง	2019	16.39	1,286,617	0.01044	ลดระดับ	จำนวนการเสียชีวิตที่ Safari, et
ปอด	อิหร่าน	อุตสาหกรรม การจราจร บนถนน		$\mu\text{g}/\text{m}^3$			PM2.5 ลง (2.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ลดระดับ	หลีกเลี่ยงได้ 27 ราย จำนวนการเสียชีวิตที่ หลีกเลี่ยงได้ 13 ราย
								al. (2022)

ตาราง 5 (ต่อ)

ผลลัพธ์ ด้าน สุขภาพ	พื้นที่ ศึกษา	แหล่ง กำเนิดหลัก	ช่วงเวลา ที่ศึกษา	ความ เข้มข้น PM2.5	ฟังก์ชัน			เอกสาร อ้างอิง
					จำนวน ประชากร	ผลกระทบ ต่อสุขภาพ (b)	กรณีศึกษา/ ควบคุม	
มะเร็ง	แมสซาชูเซตส์	การเผาไหม้	2019	6.3	6,892,503	0.013	-	จำนวนการเสียชีวิต Landrigan, et al. (2022)
ปอด	สหรัฐอเมริกา	เชื้อเพลิง		$\mu\text{g}/\text{m}^3$				2,185 ราย
โรคปอด อุดกั เรื้อรัง	กวม อิหร่าน	กิจกรรมทาง อุตสาหกรรม	2019	16.39 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1,286,617	0.03436	ลดระดับ PM2.5 ลง (2.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	จำนวนการเสียชีวิตที่ ได้ 711 ราย จำนวนการเสียชีวิตที่ หลีกเลี่ยงได้ 367
		การจราจร บนถนน					ลดระดับ PM2.5 ลง (10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	จำนวนการเสียชีวิตที่ ได้ 367 ราย

ตาราง 5 (ต่อ)

ผลลัพธ์ ด้าน สุขภาพ	พื้นที่ ศึกษา	แหล่ง กำเนิดหลัก	ช่วงเวลา ที่ศึกษา	ความ เข้มข้น PM2.5	ฟังก์ชัน			เอกสาร อ้างอิง	
					จำนวน ประชากร	ผลกระทบ ต่อสุขภาพ	กรณีศึกษา/ ควบคุม		
โรคปอด อุดกั้น เรื้อรัง	แมสซาชูเซตส์ สหรัฐ อเมริกา	การเผาไหม้ เชื้อเพลิง ฟอสซิล	2019	6.3 µg/m ³	6,892,503	0.01906 (b)	-	จำนวนการเสียชีวิต 343 ราย (2022)	Landrigan, et al. (2022)
โรคปอด อุดกั้น เรื้อรัง	ประเทศ ไทย	การเผาไหม้ ชีวมวลในที่ โล่ง	มีนาคม 2555	79 ± 62 µg/m ³	-	0.008526	การปล่อย มลพิษเฉพาะ การเผาไหม้ชีว มวลในที่โล่ง	จำนวนคนเสียชีวิต 250 ราย (18ปีขึ้น ไป)	Linh Nguyen, et al. (2022)
โรคหัวใจ ขาด เลือด	ประเทศ ไทย	การเผาไหม้ ชีวมวลในที่ โล่ง	มีนาคม 2555	79 ± 62 µg/m ³	-	0.008250	การปล่อย มลพิษเฉพาะ การเผาไหม้ชีว มวลในที่โล่ง	จำนวนคนเสียชีวิต 537 ราย (18ปีขึ้น ไป)	Linh Nguyen, et al. (2022)

ตาราง 5 (ต่อ)

ผลลัพธ์ ด้าน สุขภาพ	พื้นที่ ศึกษา	แหล่ง กำเนิดหลัก	ช่วงเวลา ที่ศึกษา	ความ เข้มข้น PM2.5	จำนวน ประชากร	ฟังก์ชัน			เอกสาร อ้างอิง
						ผลกระทบ ต่อสุขภาพ	กรณีศึกษา/ ควบคุม	ผลกระทบ	
โรค	ประเทศ ไทย	การเผาไหม้ชีว มวลในที่โล่ง	มีนาคม 2555	79 ± 62 µg/m ³	-	0.001587	การปล่อย มลพิษเฉพาะ การเผาไหม้ชีว มวลในที่โล่ง	จำนวนคนเสียชีวิต 234 ราย (ทุกช่วง อายุ)	Linh Nguyen, et al. (2022)



จากตารางจะเห็นได้ว่ามีหลายการศึกษาได้ประเมินผลกระทบของ PM2.5 ต่อสุขภาพ ไม่ว่าจะเป็นการเสียชีวิตทุกกลุ่มโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุ โรคหัวใจและหลอดเลือด มะเร็งปอด ในพื้นที่การศึกษาที่ต่างกันไป มีการประเมินผลกระทบของ PM2.5 ต่อการเสียชีวิตทุกกลุ่มโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุ ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย ของ Fold, et al. (2020) ในปี 2562 โดยมีการประมาณค่าฟังก์ชันผลกระทบต่อสุขภาพ เท่ากับ 0.001743 พบว่ามีจำนวนคนเสียชีวิตจากทุกกลุ่มโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุ 4,240 ราย และในกรณีควบคุมระดับ PM2.5 ลงตามมาตรฐานประเทศไทย ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ทำให้สามารถหลีกเลี่ยงจำนวนการเสียชีวิตจากทุกกลุ่มโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุได้ 1,393 ราย และในกรณีควบคุมระดับ PM2.5 ลงตามมาตรฐาน WHO $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ทำให้สามารถหลีกเลี่ยงจำนวนการเสียชีวิตจากทุกกลุ่มโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุได้ 3,159 ราย และยังสามารถเปรียบเทียบการใช้ค่าการประมาณค่าฟังก์ชันผลกระทบต่อสุขภาพที่ต่างกัน จากการศึกษาของ Pope, et al., (2020); Cao, et al., (2011) ในกรณีลดระดับ PM2.5 จากเดิมลง $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ทำให้สามารถหลีกเลี่ยงจำนวนการเสียชีวิตจากทุกกลุ่มโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุได้ 2,772 และ 374 ราย ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีการประเมินผลกระทบของ PM2.5 ต่อการเสียชีวิตทุกกลุ่ม ในประเทศไทย ของ Linh Nguyen, et al. (2022) จากการปล่อยมลพิษเฉพาะการเผาไหม้ชีวมวลในที่โล่งในปี 2555 ในกลุ่มอายุตั้งแต่ 18 ปีขึ้นไป พบค่าฟังก์ชันผลกระทบต่อสุขภาพ เท่ากับ 0.001587 ทำให้มีจำนวนคนเสียชีวิต จำนวน 1,045 ราย และทำการศึกษาในทุกกลุ่มอายุด้วยพบค่าฟังก์ชันผลกระทบต่อสุขภาพ เท่ากับ 0.001686 ทำให้มีจำนวนคนเสียชีวิต จำนวน 3,629 ราย

มีการประเมินผลกระทบของ PM2.5 ต่อการเสียชีวิตจากโรคหัวใจและหลอดเลือด ในประเทศไทย ของ Linh Nguyen, et al. (2022) จากการปล่อยมลพิษเฉพาะการเผาไหม้ชีวมวลในที่โล่ง พบค่าฟังก์ชันผลกระทบต่อสุขภาพ เท่ากับ 0.001094 ทำให้มีคนเสียชีวิตในทุกกลุ่มอายุ จำนวน 184 ราย มีการประเมินในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย ของ Fold, et al. (2020) โดยมีการประมาณค่าฟังก์ชันผลกระทบต่อสุขภาพ เท่ากับ 0.002284 พบว่ามีจำนวนคนเสียชีวิตจากโรคหัวใจและหลอดเลือด 1,317 ราย และในกรณีควบคุมระดับ PM2.5 ลงตามมาตรฐานประเทศไทย ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ทำให้สามารถหลีกเลี่ยงจำนวนการเสียชีวิตจากโรคหัวใจและหลอดเลือด ได้ 360 ราย และในกรณีควบคุมระดับ PM2.5 ลงตามมาตรฐาน WHO $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ทำให้สามารถหลีกเลี่ยงจำนวนการเสียชีวิตจากโรคหัวใจและหลอดเลือด ได้ 959 ราย และยังสามารถเปรียบเทียบการใช้ค่าการประมาณค่าฟังก์ชันผลกระทบต่อสุขภาพ จากการศึกษาของ Pope, et al., (2020); Cao, et al., (2011) ในกรณีลดระดับ PM2.5 จากเดิมลง $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ทำให้สามารถหลีกเลี่ยงจำนวนการเสียชีวิตจากโรคหัวใจและหลอดเลือดได้

1,686 และ 316 ราย ตามลำดับ และมีการประเมินผลกระทบของ PM2.5 ต่อการเสียชีวิตจากโรคหัวใจและหลอดเลือด ในประเทศปากีสถาน โดยมีการประมาณค่าฟังก์ชันผลกระทบต่อสุขภาพ เท่ากับ 0.0215 พบว่ามีจำนวนคนเสียชีวิตจากโรคหัวใจและหลอดเลือด 14,872 ต่อแสนราย และในกรณีควบคุมระดับ PM2.5 ลงตามมาตรฐานประเทศปากีสถาน ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ทำให้สามารถหลีกเลี่ยงจำนวนการเสียชีวิตจากโรคหัวใจและหลอดเลือด ได้ 2,667 ต่อแสนราย

มีการประเมินผลกระทบของ PM2.5 ต่อการเสียชีวิตจากมะเร็งปอด ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย ของ Fold, et al. (2020) โดยมีการประมาณค่าฟังก์ชันผลกระทบต่อสุขภาพ เท่ากับ 0.003134 พบว่ามีจำนวนคนเสียชีวิตจากมะเร็งปอด 370 ราย และในกรณีควบคุมระดับ PM2.5 ลงตามมาตรฐานประเทศไทย ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ทำให้สามารถหลีกเลี่ยงจำนวนการเสียชีวิตจากมะเร็งปอดได้ 102 ราย และในกรณีควบคุมระดับ PM2.5 ลงตามมาตรฐาน WHO $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ทำให้สามารถหลีกเลี่ยงจำนวนการเสียชีวิตจากมะเร็งปอดได้ 270 ราย และยังได้เปรียบเทียบการใช้ค่าการประมาณค่าฟังก์ชันผลกระทบต่อสุขภาพ จากการศึกษาของ Pope, et al., (2020); Cao, et al., (2011) ในกรณีลดระดับ PM2.5 จากเดิมลง $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ทำให้สามารถหลีกเลี่ยงจำนวนการเสียชีวิตจากมะเร็งปอดได้ 291 และ 67 ราย ตามลำดับ มีการประเมินผลกระทบของ PM2.5 ต่อการเสียชีวิตจากมะเร็งปอด ในพื้นที่แมสซาชูเซตส์ สหรัฐอเมริกา โดยมีการประมาณค่าฟังก์ชันผลกระทบต่อสุขภาพ เท่ากับ 0.013 พบว่ามีจำนวนคนเสียชีวิตจากมะเร็งปอด 2,185 ราย และยังมีประเมินผลกระทบของ PM2.5 ต่อการเสียชีวิตจากมะเร็งปอด ในกอม ประเทศอิหร่าน โดยมีการประมาณค่าฟังก์ชันผลกระทบต่อสุขภาพ เท่ากับ 0.01044 ได้ศึกษาในกรณีควบคุมระดับ PM2.5 ลงที่ $2.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และ $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ทำให้สามารถหลีกเลี่ยงจำนวนการเสียชีวิตจากมะเร็งปอดได้ 27 และ 13 ราย ตามลำดับ

และมีการประเมินผลกระทบของ PM2.5 ต่อการเสียชีวิตจากโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง ในพื้นที่แมสซาชูเซตส์ สหรัฐอเมริกา โดยมีการประมาณค่าฟังก์ชันผลกระทบต่อสุขภาพ เท่ากับ 0.03436 พบว่ามีจำนวนคนเสียชีวิตจากโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง 343 ราย และยังมีประเมินผลกระทบของ PM2.5 ต่อการเสียชีวิตจากโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังในกอม ประเทศอิหร่าน โดยมีการประมาณค่าฟังก์ชันผลกระทบต่อสุขภาพ เท่ากับ 0.01044 ได้ศึกษาในกรณีควบคุมระดับ PM2.5 ลงที่ $2.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และ $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ทำให้สามารถหลีกเลี่ยงจำนวนการเสียชีวิตจากโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังได้ 711 และ 367 ราย ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีการศึกษาในประเทศไทย ของ Linh Nguyen, et al. (2022) จากการเผาชีวมวลในที่โล่ง โดยมีการประมาณ

ค่าฟังก์ชันผลกระทบต่อสุขภาพ เท่ากับ 0.008526 พบจำนวนคนเสียชีวิตในกลุ่มอายุตั้งแต่ 18 ปี ขึ้นไป จำนวน 250 ราย

และยังมีการประเมินผลกระทบของ PM2.5 ต่อการเสียชีวิตจากโรคหัวใจขาดเลือด และโรคระบบทางเดินหายใจ ในประเทศไทย ของ Linh Nguyen, et al. (2022) โดยมีการประมาณค่าฟังก์ชันผลกระทบต่อสุขภาพ เท่ากับ 0.008250 และ 0.001587 ตามลำดับ พบจำนวนคนเสียชีวิตในกลุ่มอายุตั้งแต่ 18 ปี ขึ้นไป จำนวน 537 ราย และจำนวนคนเสียชีวิตในทุกกลุ่มอายุ จำนวน 234 ราย ตามลำดับ

ชี้ให้เห็นว่ามีการศึกษาอยู่หลากหลายงานที่ได้ประเมินผลกระทบต่อสุขภาพจากการสัมผัสกับ PM2.5 ในด้านพิษวิทยา ระบาดวิทยา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม เศรษฐศาสตร์ และภูมิศาสตร์ การศึกษาเบื้องต้นส่วนใหญ่ประเมินผลกระทบต่อสุขภาพของมลพิษ PM2.5 ในประชากรกลุ่มตัวอย่างในพื้นที่ที่เขาสนใจ อย่างไรก็ตามเนื่องจากความแตกต่างในการเลือกภูมิภาค วิธีการวิจัย และขนาดตัวอย่างระหว่างการศึกษิต่าง ๆ ค่าสัมประสิทธิ์การตอบสนองต่อการสัมผัสของกรณีทางระบาดวิทยาต่าง ๆ แสดงผลที่แตกต่างกันในแต่ละการศึกษา (Song, et al., 2016) การประเมินผลกระทบต่อสุขภาพจากการสัมผัสกับ PM2.5 ในประเทศไทย ส่วนใหญ่ศึกษาในภาพรวมทั้งประเทศและในพื้นที่กรุงเทพมหานครเป็นส่วนใหญ่ โดยศึกษาผลกระทบของ PM2.5 ต่อการตายในทุกกลุ่มโรคและทุกกลุ่มโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุ (Cao, et al., 2011; Fold, et al., 2020; Linh Nguyen, et al., 2022; Pope, et al., 2020) และศึกษาผลกระทบของ PM2.5 ต่อการตายที่ทราบสาเหตุ เช่น โรคหัวใจและหลอดเลือด (Cao, et al., 2011; Fold, et al., 2020; Linh Nguyen, et al., 2022; Pope, et al., 2020) มะเร็งปอด (Cao, et al., 2011; Fold, et al., 2020; Pope, et al., 2020) โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (Linh Nguyen, et al., 2022) โรคหัวใจขาดเลือดและโรคระบบทางเดินหายใจ (Linh Nguyen, et al., 2022) พื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย เป็นพื้นที่ที่มีปัญหาฝุ่นละออง PM2.5 สูงที่สุดพื้นที่หนึ่งในประเทศไทย และเป็นพื้นที่ที่มีปัญหามลพิษอากาศรุนแรงเป็นประจำทุกปี ซึ่งมีผลกระทบต่อสุขภาพประชาชน โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลกระทบต่อสุขภาพจากทุกกลุ่มโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุ การเสียชีวิตจากโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง โรคหลอดเลือดหัวใจ และการติดเชื้อในกระแสเลือด (Pothirat, et al., 2019 a) ซึ่งในปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบต่อสุขภาพที่เกี่ยวข้องกับ PM2.5 ในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย งานวิจัยนี้จึงศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพที่เกี่ยวข้องกับ PM2.5 ในภาคเหนือตอนบน โดยจะศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพในระยะสั้นของ PM2.5 ต่อสุขภาพประชาชนภาคเหนือตอนบน โดยโปรแกรม BenMAP

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการศึกษาการประเมินผลกระทบของ PM2.5 ต่อสุขภาพประชาชนภาคเหนือตอนบนประเทศไทย มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบผลกระทบสุขภาพของ PM2.5 ต่อสุขภาพประชาชนภาคเหนือตอนบน ซึ่งมีวิธีการดังนี้

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

การศึกษาเพื่อทราบผลกระทบสุขภาพของ PM2.5 ต่อสุขภาพประชาชนภาคเหนือตอนบนใช้โปรแกรม BenMAP-CE ซึ่งเป็นโปรแกรมใช้ประเมินผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์และมูลค่าทางเศรษฐกิจของการเปลี่ยนแปลงคุณภาพอากาศ ที่แนะนำโดย U.S. Environmental Protection Agency (2020) การประเมินผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ โดยโปรแกรม BenMAP-CE มีขั้นตอนดังนี้

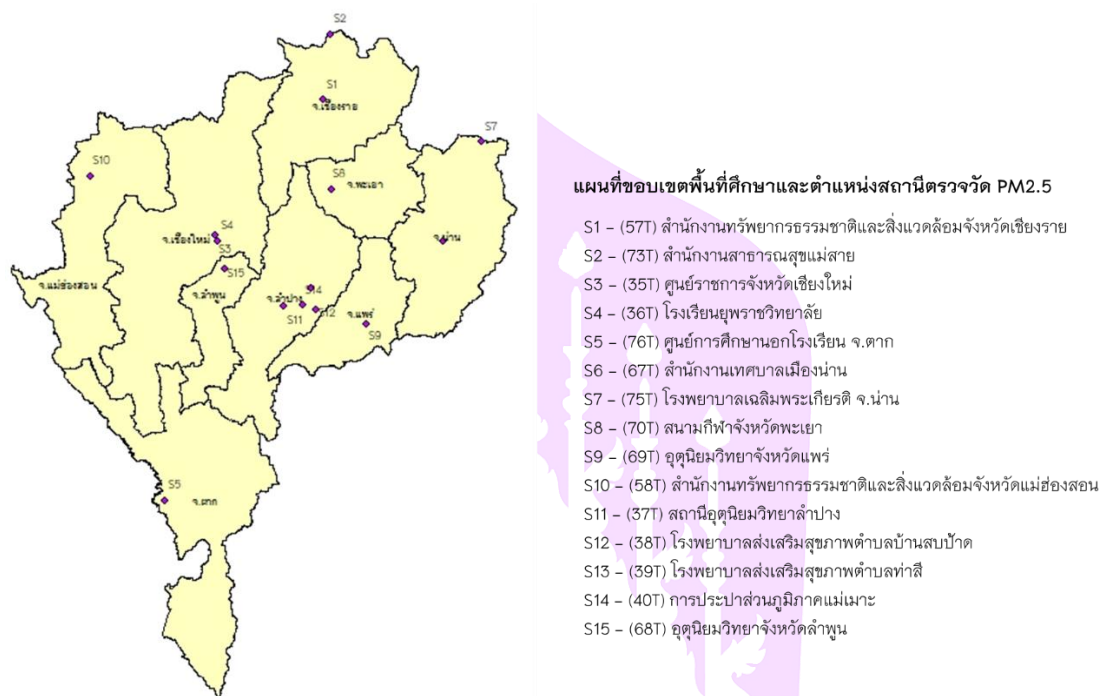
1. การคำนวณการเปลี่ยนแปลงของมลพิษทางอากาศ

BenMAP-CE ต้องการทั้งข้อมูลคุณภาพอากาศของสถานการณพื้นฐานและข้อมูลคุณภาพอากาศของสถานการณควบคุม ในการประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงคุณภาพอากาศ

1.1 สถานการณพื้นฐาน

จะแสดงลักษณะของระดับคุณภาพอากาศที่จำลองได้จากแบบจำลองหรือจากข้อมูลตรวจวัดคุณภาพอากาศในกรณีพื้นฐาน (Base case) ซึ่งในการศึกษานี้ ผู้วิจัยใช้ข้อมูลความเข้มข้น PM2.5 รายชั่วโมงใน 9 จังหวัด ภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย เป็นสถานการณพื้นฐาน โดยรวบรวมข้อมูลความเข้มข้น PM2.5 รายชั่วโมง 15 สถานี ใน 9 จังหวัด ภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย จากกรมควบคุมมลพิษ ดังรายละเอียดในภาพ 22 และตาราง 6 และได้กำหนดหลักเกณฑ์การเลือกใช้ข้อมูลในการประเมิน โดยข้อมูล PM2.5 ที่ใช้ในการศึกษาต้องมีข้อมูล PM2.5 รายชั่วโมง อย่างน้อย 18 ชั่วโมง หรือคิดเป็นร้อยละ 75 ของข้อมูลรายวัน ซึ่งหากมีข้อมูล PM2.5 รายวัน ที่ขาดหายไปหรือไม่สามารถใช้ได้ จะใช้วิธีการประมาณค่า PM2.5 ที่ขาดหายไป โดยจะถูกประมาณค่าจากอัตราส่วนค่า PM2.5 ต่อ PM10 ซึ่งค่า PM2.5 และ PM10 ที่ใช้ต้องเป็นข้อมูลในปีที่ศึกษาเดียวกัน หลังจากนั้น BenMAP-CE จะคำนวณค่า PM2.5 ในแต่ละจังหวัด/อำเภอ ด้วยวิธี Voronoi Neighborhood Averaging (VNA) ซึ่งเป็นการคำนวณ

ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักแบบผกผันของข้อมูลจากสถานีที่อยู่ใกล้เคียง (U.S. Environmental Protection Agency, 2020)



ภาพ 22 แผนที่ขอบเขตพื้นที่ศึกษาและตำแหน่งสถานีตรวจวัด PM2.5 จากกรมควบคุมมลพิษ

ตาราง 6 รายละเอียดสถานีตรวจวัดในพื้นที่ศึกษา

รหัสสถานี	ชื่อสถานี	อำเภอ	จังหวัด	ละติจูด	ลองจิจูด
57T	สำนักงาน	เมือง	เชียงราย	19.9092	99.8233
	ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดเชียงราย	เชียงราย			
73T	สำนักงานสาธารณสุข	แม่สาย	เชียงราย	20.4273	99.8838
	แม่สาย				
35T	ศูนย์ราชการจังหวัด	เมือง	เชียงใหม่	18.8406	98.9696
	เชียงใหม่	เชียงใหม่			

ตาราง 6 (ต่อ)

รหัส สถานี	ชื่อสถานี	อำเภอ	จังหวัด	ละติจูด	ลองจิจูด
36T	โรงเรียนยุพราชวิทยาลัย	เมือง เชียงใหม่	เชียงใหม่	18.7909	98.9881
67T	สำนักงานเทศบาลเมืองน่าน	เมืองน่าน	น่าน	18.7888	100.7763
75T	โรงพยาบาลเฉลิมพระ เกียรติ จ.น่าน	เฉลิมพระ เกียรติ	น่าน	19.5759	101.0815
37T	สถานีอุตุนิยมวิทยาลำปาง	เมือง ลำปาง	ลำปาง	19.3046	97.9709
38T	โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพ ตำบลบ้านสบป่าด	แม่เมาะ	ลำปาง	18.2782	99.5064
39T	โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพ ตำบลท่าสี่	แม่เมาะ	ลำปาง	18.2507	99.7639
40T	การประปาส่วนภูมิภาคแม่ เมาะ	แม่เมาะ	ลำปาง	18.4194	99.727
68T	อุตุนิยมวิทยาจังหวัดลำพูน	เมืองลำพูน	ลำพูน	18.5671	99.0385
69T	อุตุนิยมวิทยาจังหวัดแพร่	เมืองแพร่	แพร่	18.1289	100.1623
70T	สนามกีฬาจังหวัดพะเยา	เมือง พะเยา	พะเยา	19.2002	99.893
76T	ศูนย์การศึกษานอกโรงเรียน จ.ตาก	แม่สอด	ตาก	16.7344	98.5669
58T	สำนักงาน ทรัพยากรธรรมชาติและ สิ่งแวดล้อมจังหวัด แม่ฮ่องสอน	เมือง แม่ฮ่องสอน	แม่ฮ่องสอน	19.3046	97.9709

ที่มา: กองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง (ม.ป.ป.)

1.2 สถานการณ์ควบคุม คือ สถานการณ์จำลองที่มีการเปลี่ยนแปลงไป (เพิ่มขึ้นหรือลดลง) จากสถานการณ์พื้นฐาน สถานการณ์ควบคุมมักจะหมายถึงระดับคุณภาพอากาศที่คาดหวังหลังจากมีการปฏิบัติตามกฎระเบียบหรือข้อบังคับใหม่ ซึ่งในการศึกษานี้ ผู้วิจัยกำหนดสถานการณ์ควบคุม ทั้งหมด 4 สถานการณ์ ได้แก่

1.2.1 สถานการณ์ควบคุมตามมาตรการกรมควบคุมมลพิษของประเทศไทยที่กำหนดค่ามาตรฐานฝุ่นละออง PM_{2.5} เฉลี่ย 24 ชั่วโมงที่ 50 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร (กรมควบคุมมลพิษ, ม.ป.ป.)

1.2.2 สถานการณ์ควบคุมตามระดับค่าเป้าหมายระหว่างทาง ระดับที่ 3 ของ WHO ที่กำหนดค่ามาตรฐานฝุ่นละออง PM_{2.5} เฉลี่ย 24 ชั่วโมงที่ 37.5 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร (World Health Organization, 2021)

1.2.3 สถานการณ์ควบคุมตามระดับค่าเป้าหมายระหว่างทาง ระดับที่ 4 ของ WHO ที่กำหนดค่ามาตรฐานฝุ่นละออง PM_{2.5} เฉลี่ย 24 ชั่วโมงที่ 25 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร (World Health Organization, 2021)

1.2.4 สถานการณ์ควบคุมตามระดับค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศของ WHO ที่กำหนดค่ามาตรฐานฝุ่นละออง PM_{2.5} เฉลี่ย 24 ชั่วโมงที่ 15 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร (World Health Organization, 2021)

2. การประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ

แนวคิดการคำนวณผลกระทบต่อสุขภาพมีดังต่อไปนี้

ผลกระทบต่อสุขภาพ = การเปลี่ยนแปลงคุณภาพอากาศ × ฟังก์ชันผลกระทบต่อสุขภาพ × ประชากรที่สัมผัสได้ × อุบัติการณ์พื้นฐานด้านสุขภาพ

โดยที่ การเปลี่ยนแปลงคุณภาพอากาศ คือ ค่าที่คำนวณจากความแตกต่างระหว่างระดับมลพิษทางอากาศพื้นฐานและระดับมลพิษทางอากาศควบคุม

ฟังก์ชันผลกระทบต่อสุขภาพ คือ ค่าประมาณการเปลี่ยนแปลงในความเสี่ยงของผลกระทบด้านสุขภาพอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงหนึ่งหน่วยในมลพิษทางอากาศ

ประชากรที่สัมผัส คือ จำนวนผู้ที่ได้รับผลกระทบจากการลดมลพิษทางอากาศ ในปี 2562 ทั้ง 9 จังหวัดภาคเหนือตอนบน

อุบัติการณ์พื้นฐานด้านสุขภาพ คือ ค่าประมาณของจำนวนเฉลี่ยของผู้เสียชีวิตในประชากร ในปี 2562 ทั้ง 9 จังหวัดภาคเหนือตอนบน

การเปลี่ยนแปลงปริมาณจำนวนผลกระทบด้านสุขภาพที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงการสัมผัสกับมลพิษทางอากาศ โดยคำนวณตามสูตร จาก U.S. Environmental Protection Agency (2020) ดังนี้

$$\Delta Y = Y_0(1 - e^{-\beta\Delta PM}) \times \text{Pop}$$

โดยที่ ΔY	คือ อัตราการเจ็บป่วย/ตายจากการสัมผัสมลพิษทางอากาศต่อสุขภาพ
Y_0	คือ อัตราอุบัติการณ์พื้นฐานของผลกระทบต่อสุขภาพ
β	คือ ค่าสัมประสิทธิ์สำหรับฟังก์ชันผลกระทบต่อสุขภาพที่ได้มาจากการศึกษาทางระบาดวิทยา แสดงถึงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงในผลกระทบต่อสุขภาพที่ไม่พึงประสงค์ต่อหน่วยของมลพิษ
ΔPM	คือ การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของคุณภาพอากาศ
Pop	คือ จำนวนของประชากรที่ได้รับผลกระทบ

ซึ่งในการศึกษานี้ ผู้วิจัยใช้รวบรวมข้อมูลในแต่ละตัวแปร ดังนี้

2.1. จำนวนของประชากรที่ได้รับผลกระทบ

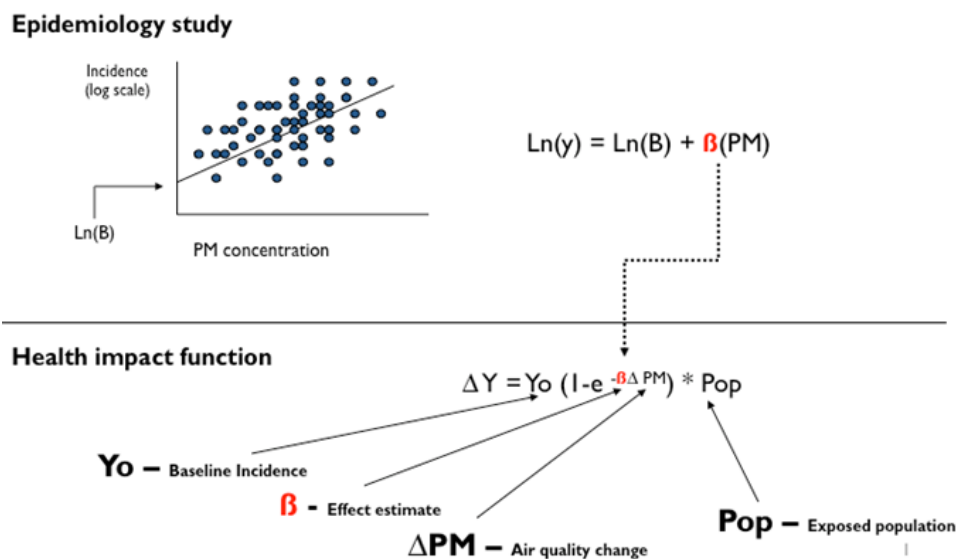
ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลด้านประชากร ในปี 2562 ทั้ง 9 จังหวัดภาคเหนือตอนบน ได้แก่ เชียงใหม่ เชียงราย แม่ฮ่องสอน ลำปาง ลำพูน แพร่ น่าน พะเยา และตาก จากสถิติประชากรศาสตร์ ประชากรและเคหะ สำนักงานสถิติแห่งชาติ

2.2. การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของคุณภาพอากาศ

ผู้วิจัยคำนวณจากการเปลี่ยนแปลงของมลพิษทางอากาศระหว่างข้อมูลคุณภาพอากาศพื้นฐานกรณีคุณภาพอากาศจากการตรวจวัดภาคเหนือตอนบน และข้อมูลคุณภาพอากาศควบคุมกรณีความเข้มข้นเท่ากับค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศ

2.3. ค่าสัมประสิทธิ์สำหรับฟังก์ชันผลกระทบต่อสุขภาพ

ฟังก์ชันผลกระทบต่อสุขภาพเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของมลพิษกับการเปลี่ยนแปลงในอุบัติการณ์ของจุดสิ้นสุดด้านสุขภาพ ความสัมพันธ์นี้มักเรียกว่า ฟังก์ชันผลกระทบต่อสุขภาพ (Health Impact Function: HIF) หรือฟังก์ชันตอบสนองของความเข้มข้น (Concentration-response) ซึ่งได้มาจากการศึกษาทางระบาดวิทยาที่เกี่ยวข้องกับความเข้มข้นของสารก่อมลพิษกับผลลัพธ์ด้านสุขภาพ โดยทั่วไปได้มาจากการความสัมพันธ์โดยประมาณระหว่างความเข้มข้นของสารก่อมลพิษและผลกระทบต่อสุขภาพที่ไม่พึงประสงค์ที่ประชากรได้รับในการศึกษาทางระบาดวิทยา ดังภาพ 23



ภาพ 23 ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นฝุ่นละออง (ΔPM) กับ อัตราการเจ็บป่วย/ตาย (Incidence) สำหรับคำนวณฟังก์ชันผลกระทบต่อสุขภาพจากข้อมูลการศึกษาด้านระบาดวิทยา

ที่มา: U.S. Environmental Protection Agency (2020), PP 1–2

ค่าของเบต้า (β) เป็นค่าสัมประสิทธิ์สำหรับฟังก์ชันผลกระทบต่อสุขภาพ โดยทั่วไปค่าของเบต้า (β) แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงร้อยละของผลกระทบต่อสุขภาพที่ไม่พึงประสงค์ต่อหน่วยมลพิษ สามารถคำนวณได้ตามสูตร ดังนี้

$$\beta = \ln(\text{RR}) / \Delta \text{pollution}$$

โดยที่ β คือ ค่าสัมประสิทธิ์สำหรับฟังก์ชันผลกระทบต่อสุขภาพ

RR คือ ค่าความเสี่ยงสัมพัทธ์ (relative risk, RR) แสดงถึงความเสี่ยงของการเกิดโรคสัมพัทธ์ต่อการสัมผัสมลพิษอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป

$\Delta \text{pollution}$ คือ การเปลี่ยนแปลงของมลพิษทางอากาศ

จากการศึกษาของ Fold, et al. (2020) ได้เปรียบเทียบค่าประมาณสัมประสิทธิ์สำหรับฟังก์ชันผลกระทบต่อสุขภาพในกรุงเทพมหานครกับค่าสัมประสิทธิ์สำหรับฟังก์ชันผลกระทบต่อสุขภาพจากประเทศสหรัฐอเมริกาและจีน พบว่า ประชากรในกรุงเทพฯ และจีนมี

แนวโน้มที่จะได้รับผลกระทบในการสัมผัส PM2.5 ในลักษณะเดียวกัน และแตกต่างจากประชากรในสหรัฐอเมริกา เนื่องจากประชากรในแต่ละภูมิภาคมีความอ่อนไหวและการตอบสนองต่อการสัมผัส PM2.5 ที่แตกต่างกัน เช่น สรีรวิทยา ปัจจัยเสี่ยง การดำเนินชีวิต จึงแนะนำให้ใช้ค่าเบต้า (β) หรือค่าสัมประสิทธิ์สำหรับฟังก์ชันผลกระทบต่อสุขภาพที่เฉพาะในภูมิภาคเพื่อการประมาณผลกระทบการเสียชีวิตจาก PM2.5 ประชากรในเอเชีย

ในการศึกษานี้ ผู้วิจัยได้ใช้ค่าความเสี่ยงสัมพัทธ์ (RR) จากการศึกษาและวิจัยของ Pothirat, et al. (2019 d) เป็นการความสัมพันธ์ของ PM รายวันที่เพิ่มขึ้น (PM10 ,PM2.5) และการตายที่ไม่ใช่อุบัติเหตุและที่ทราบสาเหตุการตายในจังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งสอดคล้องกับหลักเกณฑ์ในการเลือกใช้ค่าความเสี่ยงสัมพัทธ์ ผลการศึกษาพบว่า PM2.5 สัมพันธ์กับการตายทุกกลุ่มโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุในแต่ละวันของ Lag day ที่แตกต่างกัน โดยมีค่าค่าความเสี่ยงสัมพัทธ์ เท่ากับ 1.016 (95% CI: 1.001–1.032) และมีความสัมพันธ์กับสาเหตุของการเสียชีวิตที่เกี่ยวข้องกับ PM2.5 ที่พบใน Lag day ต่างกัน ได้แก่ โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (COPD) โรคหลอดเลือดหัวใจ (CAD) และภาวะติดเชื้อในกระแสเลือด โดยมีค่าค่าความเสี่ยงสัมพัทธ์ เท่ากับ 1.089 (95% CI: 1.016–1.167), 1.086 (95% CI: 1.002–1.177) และ 1.057 (95% CI: 1.003–1.113) ตามลำดับ

การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สำหรับฟังก์ชันผลกระทบต่อสุขภาพ จากการศึกษาทางระบาดวิทยาที่เกี่ยวข้องกับความเข้มข้นของสารก่อมลพิษกับผลลัพธ์ด้านสุขภาพ จากความสัมพันธ์โดยประมาณระหว่างความเข้มข้นของสารก่อมลพิษที่เพิ่มขึ้น $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ในแต่ละวันและผลกระทบต่อสุขภาพที่ไม่พึงประสงค์ที่ประชากรได้รับ ซึ่งสามารถคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สำหรับฟังก์ชันผลกระทบต่อสุขภาพ ได้ตามตาราง 7

ตาราง 7 ค่าสัมประสิทธิ์สำหรับฟังก์ชันผลกระทบต่อสุขภาพ

จุดสิ้นสุดด้านสุขภาพ	ค่าสัมประสิทธิ์สำหรับฟังก์ชันผลกระทบต่อสุขภาพ
การเสียชีวิตจากทุกกลุ่มโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุ (non-accidental death)	0.001587
การเสียชีวิตจากโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (Chronic obstructive pulmonary disease: COPD)	0.008526
การเสียชีวิตจากโรคหลอดเลือดหัวใจ (Coronary Artery Disease: CAD)	0.008250
การเสียชีวิตจากการติดเชื้อในกระแสเลือด (Sepsis)	0.005543

จากตารางค่าสัมประสิทธิ์สำหรับฟังก์ชันผลกระทบต่อสุขภาพ พบว่าการเสียชีวิตจากทุกกลุ่มโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุ (non-accidental death) มีค่าสัมประสิทธิ์สำหรับฟังก์ชันผลกระทบต่อสุขภาพ เท่ากับ 0.001587 การเสียชีวิตจากโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (Chronic obstructive pulmonary disease: COPD) มีค่าสัมประสิทธิ์สำหรับฟังก์ชันผลกระทบต่อสุขภาพ เท่ากับ 0.008526 การเสียชีวิตจากโรคหลอดเลือดหัวใจ (Coronary Artery Disease: CAD) มีค่าสัมประสิทธิ์สำหรับฟังก์ชันผลกระทบต่อสุขภาพ เท่ากับ 0.008250 และการเสียชีวิตจากการติดเชื้อในกระแสเลือด (Sepsis) มีค่าสัมประสิทธิ์สำหรับฟังก์ชันผลกระทบต่อสุขภาพ 0.005543

2.4 อัตราอุบัติการณ์พื้นฐานของผลกระทบต่อสุขภาพ

ผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลการเสียชีวิตที่เกี่ยวข้องกับมลพิษอากาศของประชากร ในปี 2562 ทั้ง 9 จังหวัดภาคเหนือตอนบน ได้แก่ การเสียชีวิตจากทุกกลุ่มโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุ การเสียชีวิตจากโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง โรคหลอดเลือดหัวใจและการติดเชื้อในกระแสเลือด ซึ่งสอดคล้องกับค่าสัมประสิทธิ์สำหรับฟังก์ชันผลกระทบต่อสุขภาพ ที่ได้มาจากการศึกษาและวิจัยของ Pothirat, et al. (2019 a) โดยรวบรวมข้อมูลจากระบบข้อมูลบริการสถิติชีพ กองยุทธศาสตร์และแผนงาน สำนักปลัดกระทรวงสาธารณสุข ซึ่งระบุจังหวัด เพศ อายุ และเหตุผลการเสียชีวิตตามการจำแนกตามบัญชีจำแนกทางสถิติระหว่างประเทศของโรคและปัญหาสุขภาพที่เกี่ยวข้อง ฉบับทบทวนครั้งที่ 10 (International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems 10 : ICD-10) ในการศึกษานี้ได้รวบรวมข้อมูลการเสียชีวิตจากทุกกลุ่มโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุ (รหัส ICD-10: A00 – R99) การเสียชีวิตจากโรค

ปอดอุดกั้นเรื้อรัง (รหัส ICD-10: J44.9) โรคหลอดเลือดหัวใจ (รหัส ICD-10: I25.1) และการ
ติดเชื้อในกระแสเลือด (รหัส ICD-10: A41.9)



บทที่ 4

ผลการวิจัย

ในการศึกษาการประเมินผลกระทบของ PM2.5 ต่อสุขภาพประชาชนภาคเหนือตอนบนประเทศไทย มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบผลกระทบสุขภาพของ PM 2.5 ต่อสุขภาพประชาชนภาคเหนือตอนบน โดยทำการศึกษาผลกระทบสุขภาพจากสัมผัส PM2.5 ระยะสั้น (Short term exposure) ของการเสียชีวิตจากทุกกลุ่มโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุ โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง โรคหลอดเลือดหัวใจ และการติดเชื้อในกระแสเลือด ของการศึกษาคความสัมพันธ์ระหว่างการเพิ่มขึ้นของ PM2.5 ค่าเฉลี่ยรายวันกับการเสียชีวิตที่เปลี่ยนแปลงไปในจังหวัดเชียงใหม่ ภาคเหนือประเทศไทย ช่วงอายุตั้งแต่ 18 ปีขึ้นไป โดยทำการศึกษาในปี พ.ศ.2562 ของกรณีระดับ PM2.5 มีการควบคุมให้ลดลงมาที่ระดับมาตรฐาน PM2.5 ประเทศไทย และคำแนะนำมาตรฐาน PM2.5 ปี พ.ศ. 2564 ของ World Health Organization (WHO) (World Health Organization, 2021) ซึ่งมีผลการศึกษาดังนี้

ลักษณะ PM2.5 ภาคเหนือประเทศไทย

ภาคเหนือประเทศไทยมีปัญหา PM2.5 สูงช่วงฤดูร้อน เนื่องจากการเผาชีวมวลในที่โล่ง จึงมีการติดตั้งสถานีตรวจวัดฝุ่นละออง PM2.5 โดยมีการติดตั้งครอบคลุมทุกจังหวัดภาคเหนือ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2561 การศึกษานี้ทำการศึกษาใน พ.ศ. 2562 เนื่องจากในปี พ.ศ. 2562 เป็นปีที่มีปัญหาฝุ่นละออง PM2.5 และมีแนวโน้มเกินค่ามาตรฐานมากกว่าปีที่ผ่านมา และเป็นปีที่สถานการณ์ปกติก่อนมีประกาศล็อกดาวน์ในสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019

ข้อมูล PM2.5 จังหวัดภาคเหนือตอนบน ได้ถูกรวบรวมข้อมูลความเข้มข้น PM2.5 รายชั่วโมง 15 สถานี ใน 9 จังหวัด ภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย จากกรมควบคุมมลพิษ และได้กำหนดหลักเกณฑ์การเลือกใช้ข้อมูลในการประเมิน โดยข้อมูล PM2.5 ที่ใช้ในการศึกษาต้องมีข้อมูล PM2.5 รายชั่วโมง อย่างน้อย 18 ชั่วโมง หรือคิดเป็นร้อยละ 75 ของข้อมูลรายวัน ซึ่งหากมีข้อมูล PM2.5 รายวัน ที่ขาดหายไปหรือไม่สามารใช้ได้ จะใช้วิธีการประมาณค่า PM2.5 ที่ขาดหายไป จากอัตราส่วนค่า PM2.5 ต่อ PM10 ของจังหวัดนั้น ๆ ในปีการศึกษา โดยได้รวบรวมข้อมูล PM10 จาก 15 สถานี ใน 9 จังหวัด ภาคเหนือตอนบน ประเทศไทยจากกรมควบคุมมลพิษ และจากการศึกษาข้อมูลฝุ่นละออง PM10 ภาคเหนือใน ปี พ.ศ.2562 พบว่ามีค่าเฉลี่ยฝุ่นละออง PM10 รายปี อยู่ที่ 47.91 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ มีค่าฝุ่นละออง PM 10 สูงสุดที่ 394.35

$\mu\text{g}/\text{m}^3$ และค่าฝุ่นละออง PM 10 ต่ำสุดที่ $5.43 \mu\text{g}/\text{m}^3$ รายละเอียดแสดงดังตาราง 8 และจากการวิเคราะห์อัตราส่วน PM2.5 ต่อ PM10 จะเห็นได้ว่าอัตราส่วน PM2.5 ต่อ PM10 ภาคเหนือเท่ากับ 0.603 รายละเอียดรายจังหวัดแสดงดังตาราง 9

ตาราง 8 ข้อมูล PM10 ภาคเหนือในปี พ.ศ. 2562

จังหวัด	% จำนวนวันที่มี ข้อมูล	ค่าเฉลี่ยรายปี ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	ค่าสูงสุด ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	ค่าต่ำสุด ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
เชียงราย	97.67	52.35	394.35	7.79
เชียงใหม่	100.00	52.85	268.96	14.63
แม่ฮ่องสอน	96.16	40.87	302.29	5.43
น่าน	98.36	46.27	254.42	6.65
ลำปาง	97.60	45.35	223.05	8.60
แพร่	97.53	44.65	185.13	9.21
ลำพูน	93.42	57.34	243.29	6.61
ตาก	98.63	54.25	150.63	8.13
พะเยา	65.21*	37.29	127.25	9.57
ภาคเหนือ	95.56	47.91	394.35	5.43

หมายเหตุ: * ข้อมูลตรวจวัด PM10 ของจังหวัดพะเยาหายส่วนใหญ่ในช่วง 5 มีนาคม - 30 มิถุนายน

ตาราง 9 อัตราส่วน PM2.5 ต่อ PM10

จังหวัด	อัตราส่วน PM2.5 ต่อ PM10
เชียงราย	0.629
เชียงใหม่	0.545
แม่ฮ่องสอน	0.676
น่าน	0.569
ลำปาง	0.629
แพร่	0.623

ตาราง 9 (ต่อ)

จังหวัด	อัตราส่วน PM2.5 ต่อ PM10
ลำพูน	0.602
ตาก	0.513
พะเยา	0.573
ภาคเหนือ	0.603

ในการวิเคราะห์ข้อมูลฝุ่นละออง PM2.5 ในจังหวัดภาคเหนือตอนบน โดยการเปรียบเทียบข้อมูลฝุ่นละออง PM2.5 ปี พ.ศ. 2562, 2563 และ 2564 พบว่า ในปี พ.ศ. 2562 มีค่าเฉลี่ยฝุ่นละออง PM2.5 รายปี สูงที่สุด เมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยฝุ่นละออง PM2.5 รายปี ในปี 2563 และ ปี 2564 โดยในปี พ.ศ. 2562 มีค่าเฉลี่ยฝุ่นละออง PM2.5 รายปีภาคเหนือตอนบน (เฉลี่ยจาก 9 จังหวัด) อยู่ที่ 31.09 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ในขณะที่ปี 2563 และ ปี 2564 มีค่าเฉลี่ยฝุ่นละออง PM2.5 รายปี อยู่ที่ 28.89 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ และ 24.37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ตามลำดับ ซึ่งรายละเอียดการเปรียบเทียบข้อมูลฝุ่นละออง PM2.5 ในจังหวัดภาคเหนือตอนบน ปี พ.ศ. 2562, 2563 และ 2564 แสดงดังตาราง 10

ตาราง 10 เปรียบเทียบข้อมูลฝุ่นละออง PM2.5 ในจังหวัดภาคเหนือตอนบน ปี พ.ศ. 2562, 2563 และ 2564

จังหวัด	ปี 2562		ปี 2563		ปี 2564	
	ค่าเฉลี่ยรายปี ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	จำนวนวันที่เกิน 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	ค่าเฉลี่ยรายปี ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	จำนวนวันที่เกิน 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	ค่าเฉลี่ยรายปี ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	จำนวนวันที่เกิน 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
เชียงราย	36.70	81	26.56	61	21.78	43
เชียงใหม่	33.33	72	30.89	67	26.55	56
แม่ฮ่องสอน	31.30	65	32.30	67	29.40	47
น่าน	29.49	62	28.72	75	22.34	42

ตาราง 10 (ต่อ)

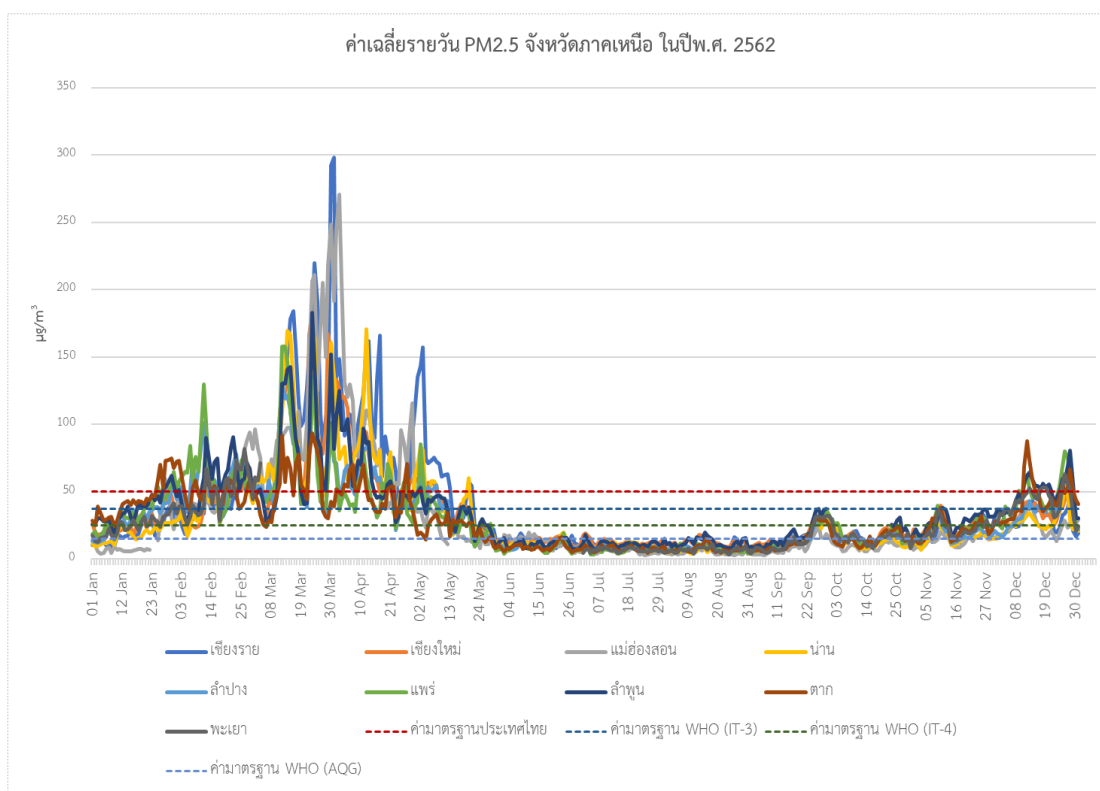
จังหวัด	ปี 2562		ปี 2563		ปี 2564	
	ค่าเฉลี่ย	จำนวน	ค่าเฉลี่ย	จำนวน	ค่าเฉลี่ย	จำนวน
	รายปี ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	วันที่เกิน $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	รายปี ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	วันที่เกิน $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	รายปี ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	วันที่เกิน $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$
ลำปาง	29.61	69	27.55	87	24.13	66
แพร่	30.68	69	30.93	77	24.95	44
ลำพูน	35.99	79	27.37	33	22.93	41
ตาก	28.00	63	27.99	80	25.40	60
พะเยา	22.82*	23*	32.17	81	25.04	56
ภาคเหนือ	31.09	75	28.89	80	24.37	50

หมายเหตุ: * ข้อมูลตรวจวัด PM10 ของจังหวัดพะเยาหลายส่วนใหญ่ในช่วง 5 มีนาคม – 30 มิถุนายน

และจากการศึกษาข้อมูลฝุ่นละออง PM2.5 ภาคเหนือใน ปี พ.ศ.2562 พบว่ามีค่าเฉลี่ยฝุ่นละออง PM 2.5 รายปี อยู่ที่ $30.57 \mu\text{g}/\text{m}^3$ มีค่าฝุ่นละออง PM 2.5 สูงสุดที่ $297.88 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และค่าฝุ่นละออง PM 2.5 ต่ำสุดที่ $2.78 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และจังหวัดที่มีค่าฝุ่นละออง PM 2.5 รายปี สูงสุด ได้แก่ จังหวัดเชียงราย โดยมีค่าฝุ่นละออง PM 2.5 รายปี อยู่ที่ $36.70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ รองลงมาเป็นจังหวัดลำพูน โดยมีค่าฝุ่นละออง PM 2.5 รายปี อยู่ที่ $35.99 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และจังหวัดที่มีค่าฝุ่นละออง PM 2.5 รายปี ต่ำสุด ได้แก่ จังหวัดพะเยา โดยมีค่าฝุ่นละออง PM 2.5 รายปี อยู่ที่ $22.82 \mu\text{g}/\text{m}^3$ รายละเอียดแสดงดัง ตาราง 11

และจากการศึกษาค่าเฉลี่ยรายวันฝุ่นละออง PM2.5 ภาคเหนือใน ปี พ.ศ.2562 พบว่า ในทุกจังหวัดภาคเหนือ มีค่าฝุ่นละออง PM 2.5 สูง ในช่วงกลางเดือนมีนาคม ถึงกลางเดือนพฤษภาคม มีปริมาณฝุ่นละออง PM2.5 เฉลี่ย 24 ชั่วโมงที่สูงและเกินค่ามาตรฐาน (ค่าระดับมาตรฐาน PM2.5 ประเทศไทย 50 มคก./ลบ.ม.) ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ – กลางเดือนพฤษภาคม และเมื่อเปรียบเทียบกับค่าแนะนำมาตรฐาน PM 2.5 ปี พ.ศ. 2564 ของ World Health Organization (WHO) พบว่าในทุกจังหวัดภาคเหนือ มีค่าฝุ่นละออง PM 2.5 สูง เกินค่า

มาตรฐานที่ WHO ในทุกช่วง ยกเว้นช่วงเดือนมิถุนายน – เดือนสิงหาคม ซึ่งรายละเอียดการศึกษาค่าเฉลี่ยรายวันฝุ่นละออง PM_{2.5} และการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายวันฝุ่นละออง PM_{2.5} กับค่ามาตรฐานกำหนดคุณภาพอากาศ แสดงดังภาพ 24



ภาพ 24 ค่าเฉลี่ยรายวัน PM_{2.5} จังหวัดภาคเหนือ ในปี พ.ศ. 2562

ตาราง 11 ข้อมูล PM2.5 ภาคเหนือในปี พ.ศ. 2562

จังหวัด	% จำนวน วันที่มี ข้อมูล	ค่าเฉลี่ย รายปี ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	ค่า สูงสุด ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	ค่า ต่ำสุด ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	%	%	%	%
					จำนวน วันที่ เกิน 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	จำนวน วันที่ เกิน 37.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	จำนวน วันที่ เกิน 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	จำนวน วันที่ เกิน 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
เชียงราย	99.73	36.70	297.88	3.27	22.19	28.22	44.11	62.47
เชียงใหม่	100.00	33.33	218.98	7.60	19.73	30.14	51.23	80.82
แม่ฮ่องสอน	98.90	31.30	270.79	2.78	17.81	24.38	32.33	46.58
น่าน	99.73	29.49	188.17	3.76	16.99	26.03	41.10	61.10
ลำปาง	100.00	29.61	149.09	4.09	19.18	33.70	46.58	66.03
แพร่	98.90	30.68	157.71	3.46	18.90	32.60	48.77	62.74
ลำพูน	93.70	35.99	182.96	6.61	21.64	35.89	53.97	66.30
ตาก	100.00	28.00	93.25	4.42	17.26	31.23	48.49	61.37
พะเยา	67.95*	22.82	81.92	3.46	6.30	12.60	24.93	39.45
ภาคเหนือ	95.91	30.57	297.88	2.78	20.55	31.23	44.93	61.37

หมายเหตุ: * ข้อมูลตรวจวัด PM10 ของจังหวัดพะเยาหายส่วนใหญ่ในช่วง 5 มีนาคม – 30 มิถุนายน

การเปลี่ยนแปลงของมลพิษทางอากาศภาคเหนือตอนบนประเทศไทย

การศึกษานี้ศึกษาผลประโยชน์การลดการเสียชีวิตกรณีการควบคุม PM2.5 ได้ระดับตามมาตรฐานคุณภาพอากาศของประเทศไทยที่ค่าเฉลี่ย PM2.5 รายวัน $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ซึ่งสอดคล้องกับค่าแนะนำของ WHO ปีพ.ศ. 2564 Interim target 2 และประเทศไทยกำลังพิจารณาเปลี่ยนยกระดับค่ามาตรฐานให้สอดคล้องกับ WHO interim target 3 ที่ $37.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ซึ่งการศึกษานี้ได้ศึกษากรณีสถานการณ์ควบคุมตามมาตรฐานตามคำแนะนำของ WHO ปีพ.ศ. 2564 Interim target 3 และ 4 และ Final target อีกด้วย ในการคำนวณการเปลี่ยนแปลงของมลพิษทางอากาศ โดยใช้ The Environmental Mapping and Analysis Program (BenMAP-CE) จากข้อมูลคุณภาพอากาศของสถานการณ์พื้นฐานในภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย และ

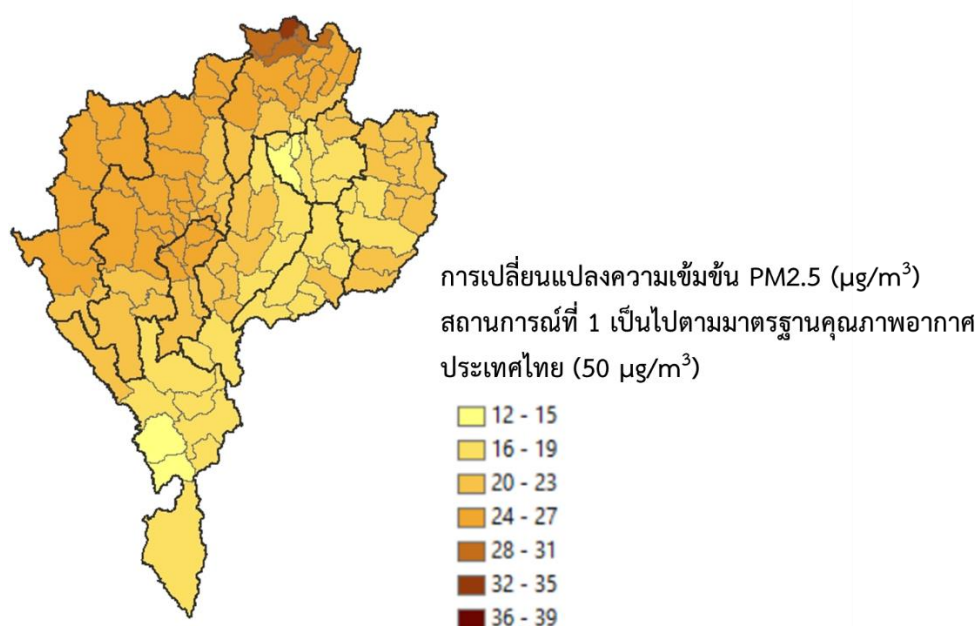
ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้น PM2.5 ลดลงเฉลี่ยกรณีควบคุมคุณภาพอากาศให้ได้ตามค่ามาตรฐานแสดงผลได้ตามตาราง 12

ตาราง 12 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้น PM2.5 ลดลงเฉลี่ยกรณีควบคุมคุณภาพอากาศให้ได้ตามค่ามาตรฐานในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย

จังหวัด	ค่าเฉลี่ยรายปี ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	การเปลี่ยนแปลง PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			
		สถานการณ์ที่ 1 เป็นไปตามมาตรฐานคุณภาพอากาศประเทศไทย (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	สถานการณ์ที่ 2 เป็นไปตาม WHO IT-3 (37.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	สถานการณ์ที่ 3 เป็นไปตาม WHO IT-2 (25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	สถานการณ์ที่ 4 เป็นไปตาม WHO AQG (10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
เชียงราย	36.70	25.34	27.28	29.22	30.77
เชียงใหม่	33.33	24.56	26.69	28.82	30.52
แม่ฮ่องสอน	31.30	25.31	27.23	29.15	30.68
น่าน	29.49	21.06	23.23	25.40	27.14
ลำปาง	29.61	20.35	22.94	25.52	27.59
แพร่	30.68	19.34	21.91	24.47	26.52
ลำพูน	35.99	23.68	26.09	28.50	30.43
ตาก	28.00	17.40	20.48	23.57	26.04
พะเยา	22.82	17.50	20.19	22.89	25.04
ภาคเหนือ	30.57	22.37	24.74	27.00	28.85

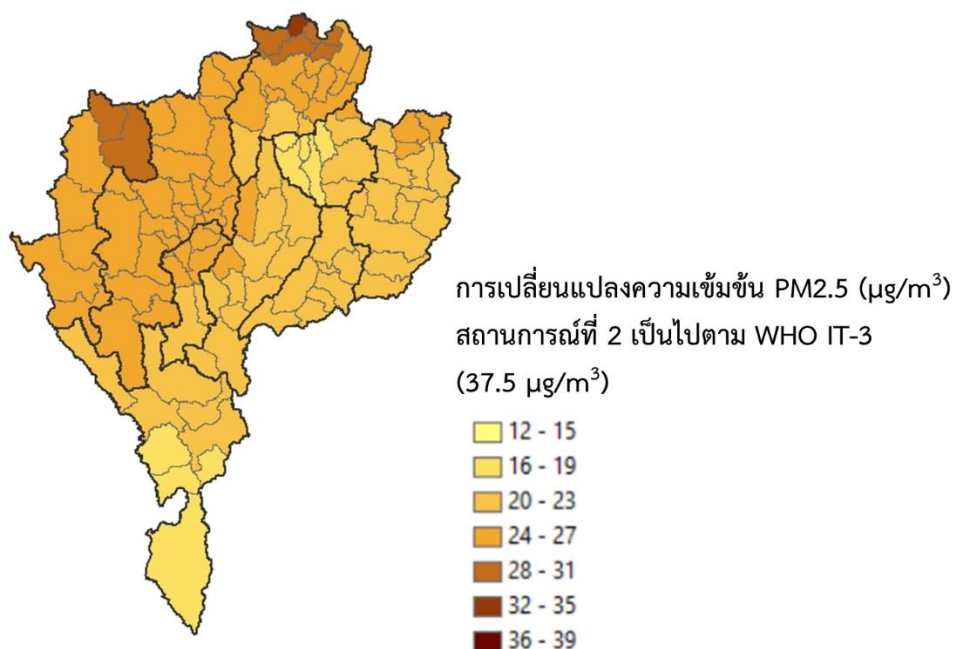
จากตารางแสดงให้เห็นว่าในสถานการณ์คุณภาพอากาศของสถานการณ์ควบคุมที่ 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ มีการเปลี่ยนแปลงของมลพิษทางอากาศภาคเหนือตอนบนลดลงเฉลี่ย 22.37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ในสถานการณ์คุณภาพอากาศของสถานการณ์ควบคุมที่ 37.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ มีการเปลี่ยนแปลงของมลพิษทางอากาศภาคเหนือตอนบนลดลงเฉลี่ย 24.74 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ในสถานการณ์คุณภาพอากาศของสถานการณ์ควบคุมที่ 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ มีการเปลี่ยนแปลงของมลพิษทางอากาศภาคเหนือตอนบนลดลงเฉลี่ย 27.00 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ และในสถานการณ์คุณภาพอากาศของ

สถานการณ์ควบคุมที่ $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ มีการเปลี่ยนแปลงของมลพิษทางอากาศภาคเหนือตอนบน ลดลงเฉลี่ย $28.85 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ซึ่งรายละเอียดการเปลี่ยนแปลงของมลพิษทางอากาศในแต่ละ 9 จังหวัดภาคเหนือตอนบน แต่ละสถานการณ์ควบคุม แสดงดังรายละเอียดได้ ดังภาพ 25 – 28



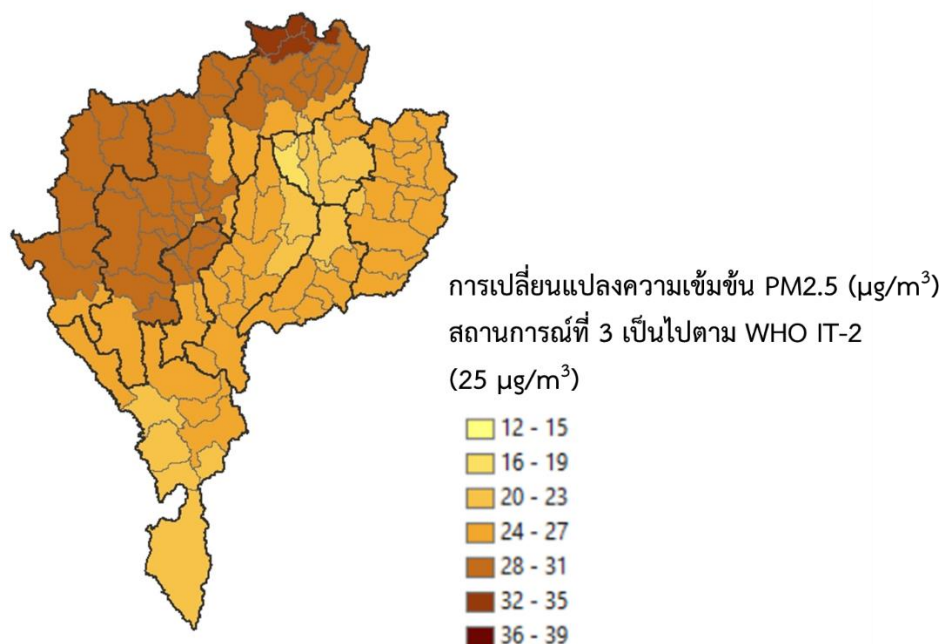
ภาพ 25 การลดลงของความเข้มข้น PM2.5 ในพื้นที่จังหวัดภาคเหนือตอนบน กรณี
 สถานการณ์ที่ 1 การควบคุมให้ความเข้มข้น PM2.5 ที่ $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$

จากภาพการเปลี่ยนแปลงของมลพิษทางอากาศในแต่ละ 9 จังหวัดภาคเหนือตอนบน สถานการณ์ที่ 1 จะเห็นได้ว่า ในสถานการณ์ควบคุมคุณภาพอากาศที่ $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ จังหวัดที่มีการเปลี่ยนแปลงของมลพิษทางอากาศเฉลี่ยมากที่สุด ได้แก่ จังหวัดเชียงราย จังหวัดแม่ฮ่องสอน และจังหวัดเชียงใหม่ โดยมีค่าการเปลี่ยนแปลงของมลพิษทางอากาศเฉลี่ยเท่ากับ $25.34 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $25.31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และ $24.56 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ตามลำดับ และจังหวัดที่มีการเปลี่ยนแปลงของมลพิษทางอากาศเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ จังหวัดตาก โดยมีค่าการเปลี่ยนแปลงของมลพิษทางอากาศเฉลี่ยเท่ากับ $17.40 \mu\text{g}/\text{m}^3$



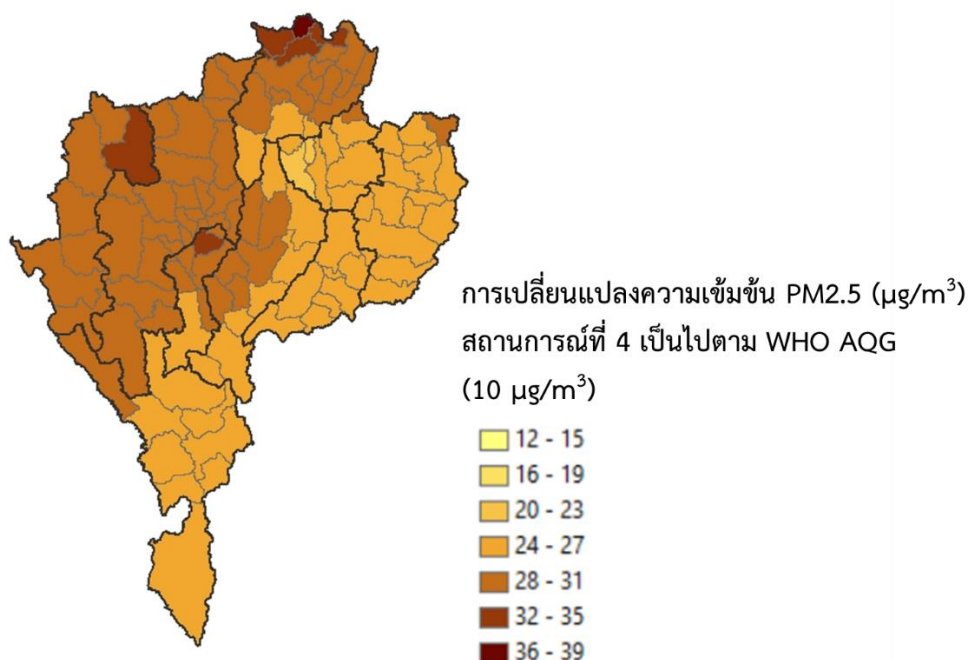
ภาพ 26 การลดลงของความเข้มข้น PM2.5 ในพื้นที่จังหวัดภาคเหนือตอนบน กรณี
 สถานการณ์ที่ 2 การควบคุมให้ความเข้มข้น PM2.5 ที่ $37.50 \mu\text{g}/\text{m}^3$

จากภาพการเปลี่ยนแปลงของมลพิษทางอากาศในแต่ละ 9 จังหวัดภาคเหนือตอนบน
 สถานการณ์ที่ 2 จะเห็นได้ว่า ในสถานการณ์ควบคุมคุณภาพอากาศที่ $37.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ จังหวัดที่มีการ
 การเปลี่ยนแปลงของมลพิษทางอากาศเฉลี่ยมากที่สุด ได้แก่ จังหวัดเชียงราย จังหวัด
 แม่ฮ่องสอน และจังหวัดเชียงใหม่ โดยมีค่าการเปลี่ยนแปลงของมลพิษทางอากาศเฉลี่ยเท่ากับ
 $27.28 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $27.23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และ $26.69 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ตามลำดับ และจังหวัดที่มีการเปลี่ยนแปลง
 ของมลพิษทางอากาศเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ จังหวัดพะเยา โดยมีค่าการเปลี่ยนแปลงของมลพิษ
 ทางอากาศเฉลี่ยเท่ากับ $20.19 \mu\text{g}/\text{m}^3$



ภาพ 27 การลดลงของความเข้มข้น PM2.5 ในพื้นที่จังหวัดภาคเหนือตอนบน กรณี
 สถานการณ์ที่ 3 การควบคุมให้ความเข้มข้น PM2.5 ที่ $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$

จากภาพการเปลี่ยนแปลงของมลพิษทางอากาศในแต่ละ 9 จังหวัดภาคเหนือตอนบน สถานการณ์ที่ 3 จะเห็นได้ว่า ในสถานการณ์ควบคุมคุณภาพอากาศที่ $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ จังหวัดที่มีการเปลี่ยนแปลงของมลพิษทางอากาศเฉลี่ยมากที่สุด ได้แก่ จังหวัดเชียงราย จังหวัดแม่ฮ่องสอน และจังหวัดเชียงใหม่ โดยมีค่าการเปลี่ยนแปลงของมลพิษทางอากาศเฉลี่ยเท่ากับ $29.22 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $29.15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และ $28.82 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ตามลำดับ และจังหวัดที่มีการเปลี่ยนแปลงของมลพิษทางอากาศเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ จังหวัดพะเยา โดยมีค่าการเปลี่ยนแปลงของมลพิษทางอากาศเฉลี่ยเท่ากับ $22.89 \mu\text{g}/\text{m}^3$



ภาพ 28 การลดลงของความเข้มข้น PM2.5 ในพื้นที่จังหวัดภาคเหนือตอนบน กรณี
 สถานการณ์ที่ 1 การควบคุมให้ความเข้มข้น PM2.5 ที่ $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$

จากภาพการเปลี่ยนแปลงของมลพิษทางอากาศในแต่ละ 9 จังหวัดภาคเหนือตอนบน สถานการณ์ที่ 4 จะเห็นได้ว่า ในสถานการณ์ควบคุมคุณภาพอากาศที่ $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ จังหวัดที่มีการเปลี่ยนแปลงของมลพิษทางอากาศ มากที่สุด ได้แก่ จังหวัดเชียงราย จังหวัดแม่ฮ่องสอน และจังหวัดเชียงใหม่ โดยมีค่าการเปลี่ยนแปลงของมลพิษทางอากาศเฉลี่ยเท่ากับ $30.77 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $30.68 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และ $30.52 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ตามลำดับ และจังหวัดที่มีการเปลี่ยนแปลงของมลพิษทางอากาศเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ จังหวัดพะเยา โดยมีค่าการเปลี่ยนแปลงของมลพิษทางอากาศเฉลี่ยเท่ากับ $25.04 \mu\text{g}/\text{m}^3$

ลักษณะประชากรและข้อมูลสุขภาพประชากรภาคเหนือตอนบน

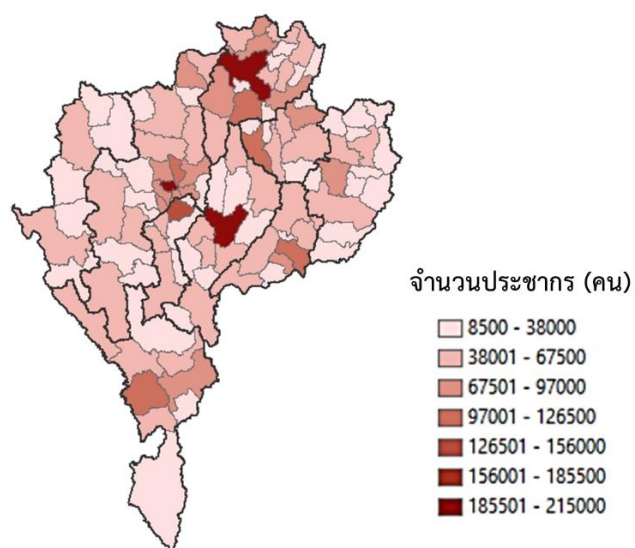
ลักษณะประชากรภาคเหนือตอนบน

ข้อมูลด้านประชากรในการศึกษาครั้งนี้ เป็นข้อมูลประชากรที่อาศัยใน 9 จังหวัดภาคเหนือตอนบน ปี 2562 ในกลุ่มอายุตั้งแต่ 18 ปี ถึง 99 ปี รายละเอียดแสดงดังตาราง 13

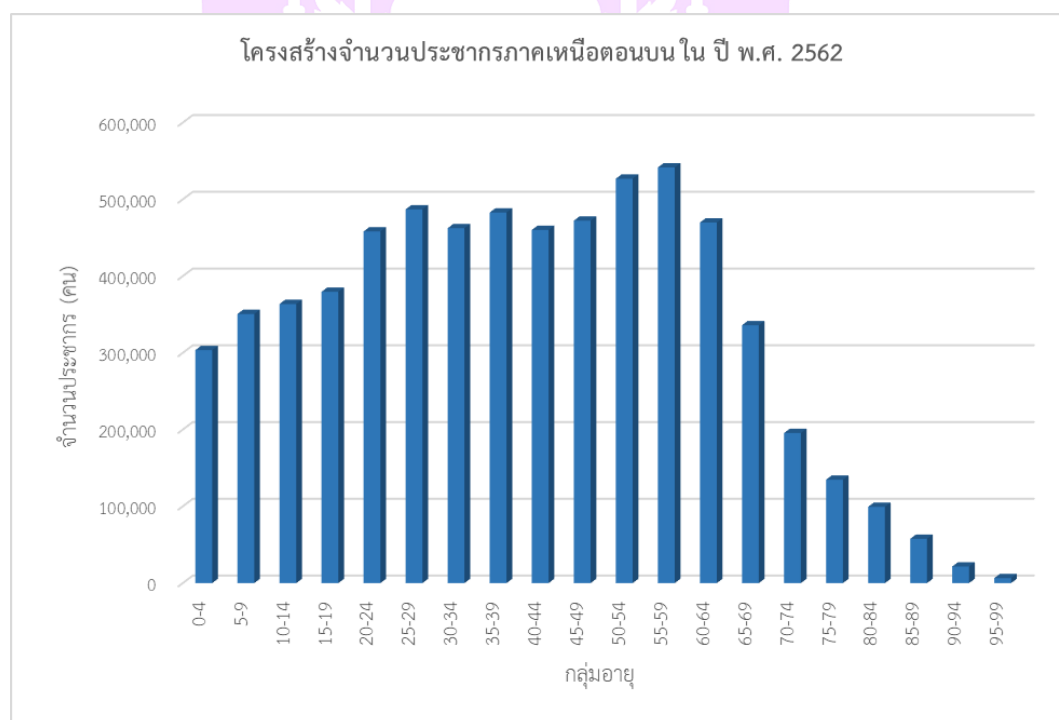
ตาราง 13 ข้อมูลด้านประชากรจังหวัดภาคเหนือตอนบน ปี 2562

จังหวัด	จำนวนประชากร (คน)
เชียงราย	1,018,026
เชียงใหม่	1,425,526
แม่ฮ่องสอน	189,947
น่าน	422,995
ลำปาง	677,151
แพร่	405,551
ลำพูน	365,420
ตาก	424,217
พะเยา	426,572
9 จังหวัด ภาคเหนือตอนบน	5,355,403

จากตารางแสดงให้เห็นว่า ประชากร 9 จังหวัดภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย กลุ่มอายุตั้งแต่ 18 ปี ถึง 99 ปี มีประชากรทั้งหมด 5,355,403 คน โดยจังหวัดที่มีประชากรมากที่สุดคือ เชียงใหม่ มีประชากรทั้งหมด 1,425,526 คน รองลงมาเป็นจังหวัดเชียงราย ลำปาง และพะเยา โดยมีประชากร 1,018,026, 677,151 และ 426,572 คน ตามลำดับ และจังหวัดที่มีประชากรน้อยที่สุดคือ แม่ฮ่องสอน มีประชากร 189,947 คน ซึ่งรายละเอียดจำนวนประชากรในแต่ละ 9 จังหวัดภาคเหนือตอนบน แสดงดังรายละเอียดได้ ดังภาพ 29 และโครงสร้างจำนวนประชากรภาคเหนือตอนบน ในปี พ.ศ. 2565 แสดงดังภาพ 30

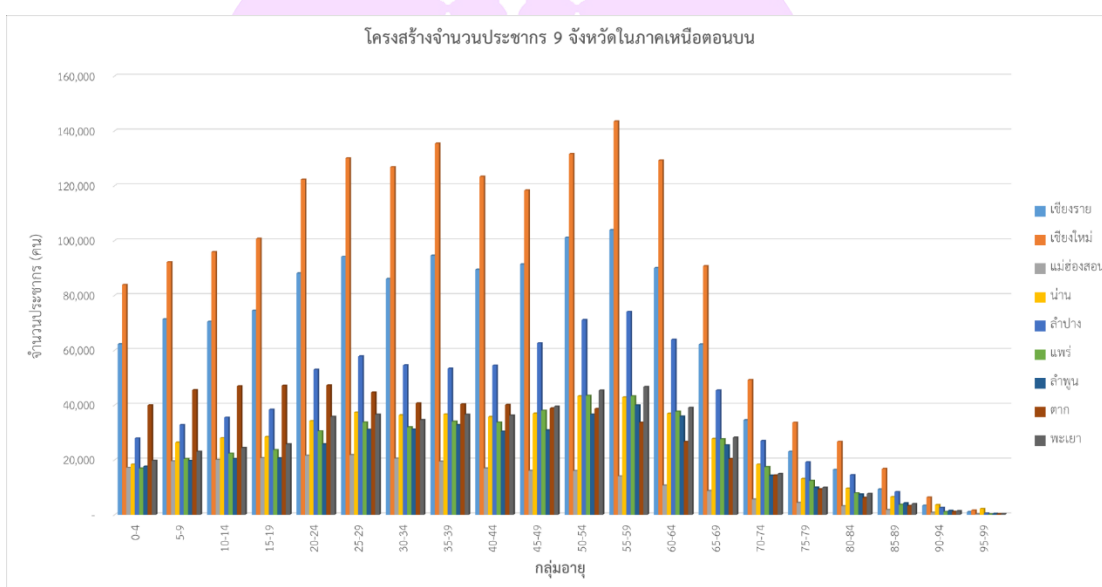


ภาพ 29 จำนวนประชากรในแต่ละ 9 จังหวัดภาคเหนือตอนบน



ภาพ 30 โครงสร้างจำนวนประชากรภาคเหนือตอนบน ในปี พ.ศ. 2562

จากการศึกษาโครงสร้างประชากรภาคเหนือตอนบน ในปี พ.ศ. 2562 พบว่า ประชากรภาคเหนือส่วนใหญ่อยู่ในช่วงอายุ 20 – 64 ปี โดยช่วงกลุ่มอายุที่มีประชากรมากที่สุด คือ กลุ่มช่วงอายุ 55 – 59 ปี มีประชากร 541,647 คน รองลงมาเป็นกลุ่มช่วงอายุ 50 – 54 ปี มีประชากร 526,942 คน และช่วงกลุ่มอายุที่มีประชากรน้อยที่สุด คือ กลุ่มช่วงอายุ 70 – 99 ปี โดยช่วงกลุ่มอายุที่มีประชากรน้อยที่สุดคือ กลุ่มช่วงอายุ 95 – 99 ปี มีประชากร 6,562 คน รองลงมาเป็นกลุ่มช่วงอายุ 90 – 94 ปี มีประชากร 21,610 คน และสามารถแบ่งเป็นโครงสร้าง จำนวนประชากร 9 จังหวัดในภาคเหนือตอนบน ได้ดังภาพ 31



ภาพ 31 โครงสร้างจำนวนประชากร 9 จังหวัดในภาคเหนือตอนบน

อัตราอุบัติการณ์พื้นฐานของผลกระทบต่อสุขภาพ

ข้อมูลอุบัติการณ์พื้นฐานของผลกระทบต่อสุขภาพ ในการศึกษาครั้งนี้ได้รวบรวม ข้อมูลการเสียชีวิตที่เกี่ยวข้องกับมลพิษอากาศของประชากร ในปี 2562 ทั้ง 9 จังหวัด ภาคเหนือตอนบน ได้แก่ การเสียชีวิตจากทุกกลุ่มโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุ การเสียชีวิตจากโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง โรคหลอดเลือดหัวใจและการติดเชื้อในกระแสเลือด ซึ่งสอดคล้องกับค่า สัมประสิทธิ์สำหรับฟังก์ชันผลกระทบต่อสุขภาพ ที่ได้มาจากการศึกษาและวิจัยของ Pothirat, et al. (2019 d) ซึ่งเป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเพิ่มขึ้นของ PM2.5 ค่าเฉลี่ยรายวัน กับการเสียชีวิตที่เปลี่ยนแปลงไปในจังหวัดเชียงใหม่ ภาคเหนือประเทศไทย ช่วงอายุตั้งแต่ 18 ปี ขึ้นไป

จากการรวบรวมข้อมูลการเสียชีวิตที่เกี่ยวข้องกับมลพิษอากาศของประชากรภาคเหนือตอนบน ได้รวบรวมข้อมูลการเสียชีวิตที่เกี่ยวข้องกับมลพิษอากาศของประชากรภาคเหนือตอนบนในกลุ่มประชากรที่มีอายุ 18 ปีขึ้นไป เพื่อให้สอดคล้องกับค่าสัมประสิทธิ์สำหรับฟังก์ชันผลกระทบต่อสุขภาพ พบว่า การเสียชีวิตของประชากรภาคเหนือตอนบน ในปี 2562 มีจำนวนผู้เสียชีวิตจากทุกกลุ่มโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุทั้งหมด 48,092 ราย แบ่งเป็นเพศชาย 26,988 เพศหญิง 21,104 มีจำนวนผู้เสียชีวิตจากการติดเชื้อในกระแสเลือด (Sepsis) ทั้งหมด 2,055 ราย แบ่งเป็นเพศชาย 1,164 ราย และเพศหญิง 891 ราย มีจำนวนผู้เสียชีวิตจากการเสียชีวิตจากโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (COPD) ทั้งหมด 668 ราย แบ่งเป็นเพศชาย 412 ราย และเพศหญิง 256 ราย และมีจำนวนผู้เสียชีวิตจากโรคหลอดเลือดหัวใจ (CAD) ทั้งหมด 309 ราย แบ่งเป็นเพศชาย 173 ราย และเพศหญิง 136 ราย รายละเอียดข้อมูลการเสียชีวิตที่เกี่ยวข้องกับมลพิษอากาศของประชากรภาคเหนือตอนบน แสดงดังตาราง 14

และจากการศึกษาอัตราอุบัติการณ์ของผลกระทบต่อสุขภาพของประชากรภาคเหนือตอนบน พบว่า อัตราอุบัติการณ์ของการเสียชีวิตทุกกลุ่มโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุ ในเพศชาย และเพศหญิง เท่ากับ 0.009982 และ 0.007331 ตามลำดับ อัตราอุบัติการณ์ของการเสียชีวิตจากการติดเชื้อในกระแสเลือด (Sepsis) ในเพศชายและ เพศหญิง เท่ากับ 0.000431 และ 0.000310 ตามลำดับ อัตราอุบัติการณ์ของการเสียชีวิตจากโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (COPD) ในเพศชายและ เพศหญิง เท่ากับ 0.000152 และ 0.000089 ตามลำดับ และอัตราอุบัติการณ์ของการเสียชีวิตจากโรคหลอดเลือดหัวใจ (CAD) ในเพศชายและ เพศหญิง เท่ากับ 0.000064 และ 0.000047 ตามลำดับ รายละเอียดอัตราอุบัติการณ์ของผลกระทบต่อสุขภาพของประชากรภาคเหนือตอนบน แสดงดังตาราง 15 และรายละเอียดอัตราอุบัติการณ์รวมในแต่ละการเสียชีวิตของแต่ละจังหวัดในภาคเหนือตอนบน แสดงดังภาพ 32

ตาราง 14 ข้อมูลการเสียชีวิตของโรคที่เกี่ยวข้องกับมลพิษอากาศของประชากรภาคเหนือตอนบน

จังหวัด	เพศ	การเสียชีวิต ทุกกลุ่ม โรคที่ไม่ใช่ อุบัติเหตุ (ราย)	การเสียชีวิต จากโรคปอด อุดกั้นเรื้อรัง (COPD) (ราย)	การเสียชีวิต จากโรค หลอดเลือด หัวใจ (CAD) (ราย)	การเสียชีวิต จากการติดเชื้อใน กระแส เลือด (Sepsis) (ราย)
เชียงใหม่	ชาย	7,649	56	73	351
	หญิง	5,851	37	40	238
เชียงราย	ชาย	4,604	75	25	198
	หญิง	3,637	49	29	196
ลำพูน	ชาย	2,189	17	12	88
	หญิง	1,705	9	6	63
ลำปาง	ชาย	3889	71	25	281
	หญิง	3083	47	25	178
แพร่	ชาย	2,416	54	5	72
	หญิง	1,970	13	9	69
น่าน	ชาย	1,735	94	5	56
	หญิง	1,361	69	4	42
พะเยา	ชาย	2,167	23	18	64
	หญิง	1,744	16	20	65
แม่ฮ่องสอน	ชาย	681	9	2	20
	หญิง	470	3	1	13

ตาราง 14 (ต่อ)

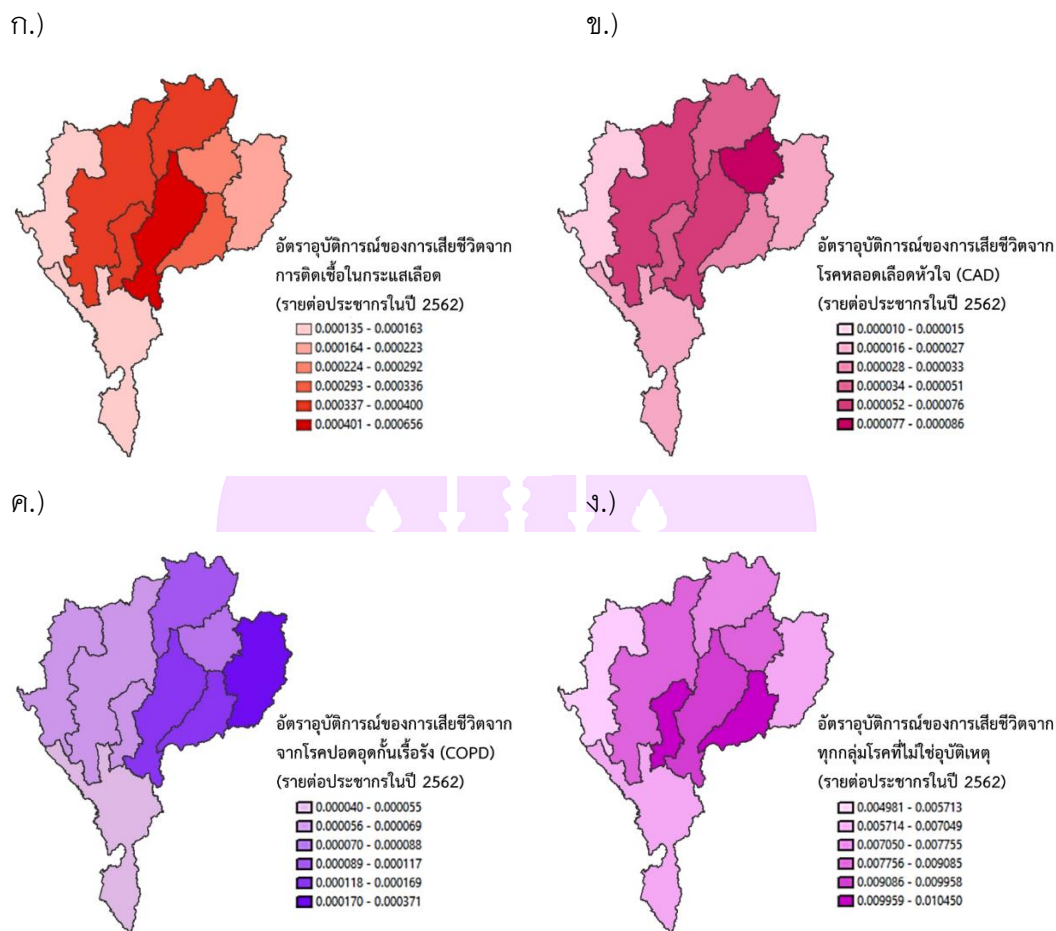
จังหวัด	เพศ	การ เสียชีวิต ทุกกลุ่ม โรค ที่ไม่ใช่ อุบัติเหตุ (ราย)	การเสียชีวิต จากโรคปอด อุดกั้นเรื้อรัง (COPD) (ราย)	การ	การเสียชีวิต
				เสียชีวิต จากโรค หลอดเลือด หัวใจ (CAD) (ราย)	จากการติด เชื้อใน กระแส เลือด (Sepsis) (ราย)
ตาก	ชาย	1,654	12	8	34
	หญิง	1,279	13	2	27
9 จังหวัด ภาคเหนือ ตอนบน	ชาย	26,988	412	173	1164
	หญิง	21,104	256	136	891

ตาราง 15 อัตราอุบัติการณ์ของผลกระทบต่อสุขภาพของประชากรภาคเหนือตอนบน
(รายต่อประชากรในปี 2562)

จังหวัด	เพศ	อัตราอุบัติการณ์ (รายต่อประชากรในปี 2562)			
		การเสียชีวิต ทุกกลุ่มโรค ที่ ไม่ใช่อุบัติเหตุ	การเสียชีวิต จากโรค ปอดอุดกั้น เรื้อรัง (COPD)	การเสียชีวิต จากโรค หลอดเลือด หัวใจ (CAD)	จากการติด เชื้อใน กระแสเลือด (Sepsis)
เชียงใหม่	ชาย	0.010820	0.000079	0.000103	0.000497
	หญิง	0.007511	0.000047	0.000051	0.000306
เชียงราย	ชาย	0.008939	0.000146	0.000049	0.000384
	หญิง	0.006641	0.000089	0.000053	0.000358

ตาราง 15 (ต่อ)

อัตราอุบัติการณ์ (รายต่อประชากรในปี 2562)					
จังหวัด	เพศ	การเสียชีวิต ทุกกลุ่มโรค ที่ ไม่ใช่อุบัติเหตุ	การเสียชีวิต		จากการติดเชื้อใน กระแสเลือด (Sepsis)
			จากโรค ปอดอุดกั้น เรื้อรัง (COPD)	การเสียชีวิต จากโรค หลอดเลือด หัวใจ (CAD)	
ลำพูน	ชาย	0.012152	0.000094	0.000067	0.000489
	หญิง	0.008626	0.000046	0.000030	0.000319
ลำปาง	ชาย	0.011460	0.000209	0.000074	0.000828
	หญิง	0.008545	0.000130	0.000069	0.000493
แพร่	ชาย	0.012028	0.000269	0.000025	0.000358
	หญิง	0.009001	0.000059	0.000041	0.000315
น่าน	ชาย	0.007914	0.000428	0.000023	0.000255
	หญิง	0.006186	0.000314	0.000018	0.000191
พะเยา	ชาย	0.010138	0.000108	0.000084	0.000299
	หญิง	0.007644	0.000070	0.000088	0.000285
แม่ฮ่องสอน	ชาย	0.006658	0.000098	0.000020	0.000195
	หญิง	0.004744	0.000030	0.000010	0.000130
ตาก	ชาย	0.007329	0.000053	0.000035	0.000151
	หญิง	0.005640	0.000057	0.000009	0.000119
9 จังหวัด ภาคเหนือ ตอนบน	ชาย	0.009982	0.000152	0.000064	0.000431
	หญิง	0.007331	0.000089	0.000047	0.000310



ภาพ 32 อัตราอุบัติการณ์การเสียชีวิตในพื้นที่ภาคเหนือตอนบนจาก ก.) การติดเชื้อในกระแสเลือด ข.) โรคหลอดเลือดหัวใจ ค.) โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง ง.) ทุกกลุ่มโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุ

จะเห็นได้ว่าอุบัติการณ์การเสียชีวิตของโรคที่เสี่ยงจากมลพิษอากาศในแต่ละจังหวัดมีลักษณะที่แตกต่างกัน เนื่องจากแต่ละจังหวัดมีจำนวนคนเสียชีวิตจากโรคที่เสี่ยงจากมลพิษอากาศที่ต่างกัน รวมไปถึงจำนวนประชากรที่เฝ้าสังเกตในช่วงระยะเวลาที่กำหนด

ลักษณะความแตกต่างอัตราอุบัติการณ์การเสียชีวิตของโรคขึ้นอยู่กับลักษณะการเกิดโรคนั้น ๆ ซึ่งปัจจัยที่มีอิทธิพลของสุขภาพมีมากมายหลายสาเหตุ เช่น องค์ประกอบด้านบุคคล ได้แก่ ลักษณะทางพันธุกรรม เชื้อชาติ เพศ อายุ ปัจจัยทางสรีรวิทยา ความรู้ ความเชื่อ ค่านิยมและทัศนคติ หรือพฤติกรรมอนามัย เป็นต้น รวมไปถึงองค์ประกอบด้านสิ่งแวดล้อมและองค์ประกอบทางด้านระบบการจัดการทรัพยากรต่าง ๆ และจากการเปรียบเทียบขนาดของการเกิดโรคในแต่ละกลุ่มประชากร พบว่ามีอัตราอุบัติการณ์การเสียชีวิตของโรคที่แตกต่างกัน

ในแต่ละช่วงอายุ สำหรับภาคเหนือตอนบนมีอัตราอุบัติการณ์แสดงดังภาพ 33 จากข้อมูลจะเห็นได้ว่าอัตราอุบัติการณ์การเสียชีวิตจากโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง มีแนวโน้มสูงตามช่วงอายุที่เพิ่มขึ้น และมีอัตราอุบัติการณ์การเสียชีวิตจากโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังสูงสุดในเพศหญิง กลุ่มอายุ 95 – 99 ปี โดยมีอัตราอุบัติการณ์การเสียชีวิตจากโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง เท่ากับ 0.003420 รองลงมาเป็นเพศชาย ในกลุ่มอายุ 85 – 89 ปี และ 90 – 94 ปี โดยมีอัตราอุบัติการณ์การเสียชีวิตจากโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง เท่ากับ 0.002986 และ 0.002938 ตามลำดับ จะพบว่ามี การเสียชีวิตจากโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังในกลุ่มผู้สูงอายุเป็นส่วนใหญ่ จากการวิเคราะห์พบว่าจังหวัดน่าน ลำปาง แพร่ มีอัตราอุบัติการณ์การเสียชีวิตจากโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังที่สูง เนื่องจากเป็นจังหวัดมีจำนวนคนเสียชีวิตจากโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังที่สูงในกลุ่มผู้สูงอายุ นอกจากอายุที่ต่างทำให้เกิดโรคต่างกันแล้ว ปัจจัยเสริมที่มีผลต่อการเกิดโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง เช่น การสูบบุหรี่ โรคทางพันธุกรรม เป็นต้น

อัตราอุบัติการณ์การเสียชีวิตจากโรคหลอดเลือดหัวใจ มีแนวโน้มสูงตามช่วงอายุที่เพิ่มขึ้น และมีอัตราอุบัติการณ์การเสียชีวิตจากโรคหลอดเลือดหัวใจสูงสุดในเพศหญิง กลุ่มอายุ 95 – 99 ปี โดยมีอัตราอุบัติการณ์การเสียชีวิตจากโรคหลอดเลือดหัวใจ เท่ากับ 0.001256 รองลงมาเป็นเพศชาย ในกลุ่มอายุ 95 – 99 ปี และ 90 – 94 ปี โดยมีอัตราอุบัติการณ์การเสียชีวิตจากโรคหลอดเลือดหัวใจ เท่ากับ 0.000956 และ 0.000823 ตามลำดับ จะพบว่ามี การเสียชีวิตจากโรคหลอดเลือดหัวใจในกลุ่มผู้สูงอายุเป็นส่วนใหญ่ จากการวิเคราะห์พบว่าจังหวัดพะเยา เชียงใหม่ ลำปาง มีอัตราอุบัติการณ์การเสียชีวิตจากโรคหลอดเลือดหัวใจที่สูง เนื่องจากเป็นจังหวัดมีจำนวนคนเสียชีวิตจากโรคหลอดเลือดหัวใจที่สูงในกลุ่มผู้สูงอายุ นอกจากอายุที่ต่างทำให้เกิดโรคต่างกันแล้ว ปัจจัยที่เสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจ ประกอบด้วยหลายปัจจัย เช่น โรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง ภาวะหลอดเลือดอุดตัน (Thrombosis) ความเครียด ไขมันในเลือดสูงหรือผิดปกติ การสูบบุหรี่ เป็นต้น

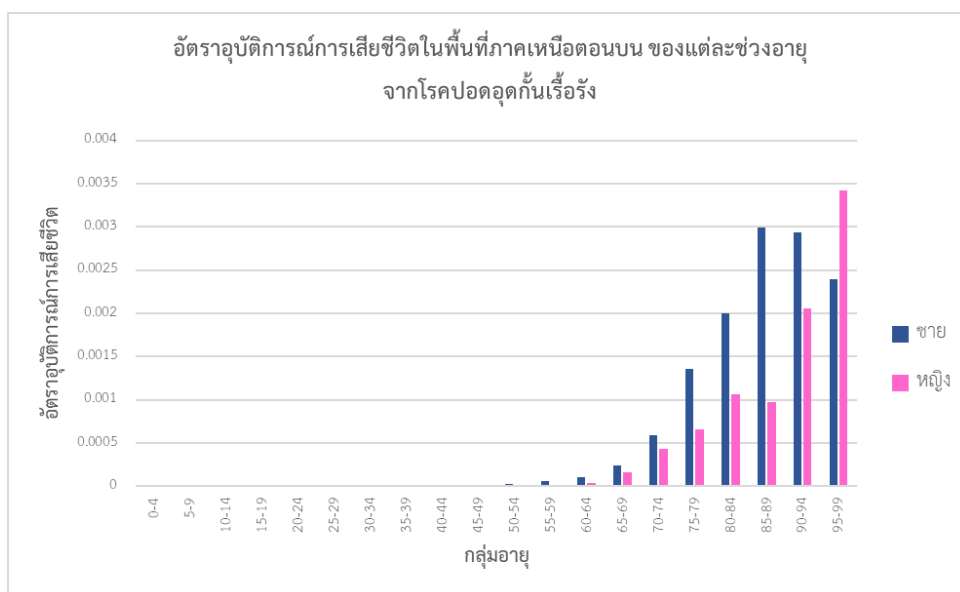
อัตราอุบัติการณ์การเสียชีวิตจากการติดเชื้อในกระแสเลือด มีแนวโน้มสูงตามช่วงอายุที่เพิ่มขึ้น และมีอัตราอุบัติการณ์การเสียชีวิตจากการติดเชื้อในกระแสเลือดสูงสุดในเพศหญิง กลุ่มอายุ 95 – 99 ปี โดยมีอัตราอุบัติการณ์การเสียชีวิตจากการติดเชื้อในกระแสเลือด เท่ากับ 0.004180 รองลงมาเป็นเพศชาย ในกลุ่มอายุ 85 – 89 ปี โดยมีอัตราอุบัติการณ์การเสียชีวิตจากการติดเชื้อในกระแสเลือด เท่ากับ 0.004008 จะพบว่ามี การเสียชีวิตจากการติดเชื้อในกระแสเลือดในกลุ่มผู้สูงอายุเป็นส่วนใหญ่ จากการวิเคราะห์พบว่าจังหวัดลำปาง ลำพูน เชียงใหม่ มีอัตราอุบัติการณ์การเสียชีวิตจากการติดเชื้อในกระแสเลือดที่สูง เนื่องจากเป็นจังหวัดมีจำนวนคนเสียชีวิตจากการติดเชื้อในกระแสเลือดที่สูงในกลุ่มผู้สูงอายุ นอกจากอายุที่

ต่างทำให้เกิดโรคต่างกันแล้ว ปัจจัยที่ทำให้เกิดการติดเชื้อในกระแสเลือด ประกอบด้วยหลายปัจจัย เช่น ร่างกายอ่อนแอและภูมิคุ้มกันต่ำ เช่น กลุ่มผู้สูงอายุหรือกลุ่มเด็กเล็ก ผู้ที่มีโรคประจำตัว เช่น โรคตับแข็ง โรคเบาหวาน และสาเหตุอื่นๆ เช่น การรักษาผู้ป่วยโดยการใส่เครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ เข้าสู่ร่างกายผู้ป่วย ทำให้เชื้อโรคเข้าสู่ร่างกายได้ง่ายขึ้น

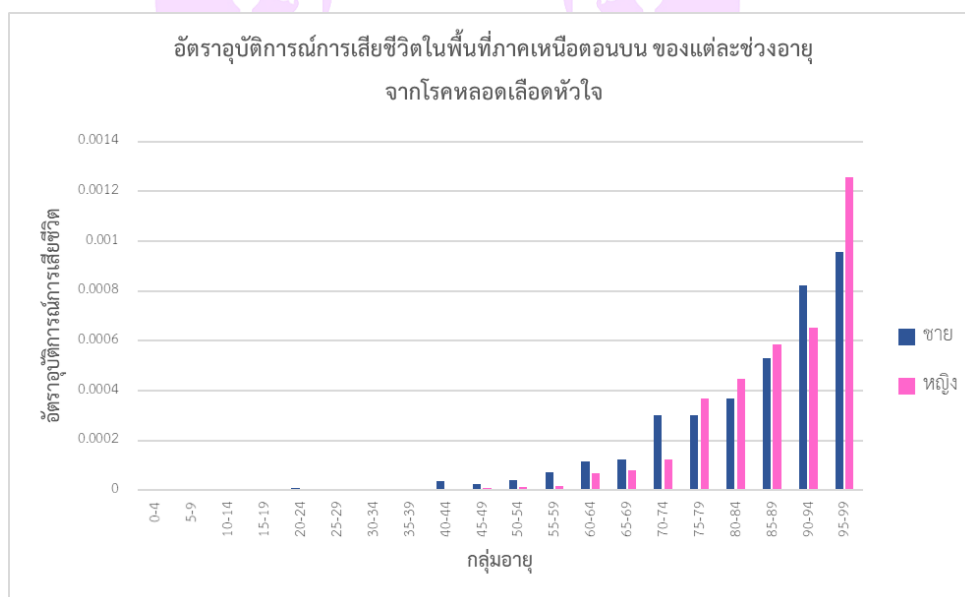
อัตราอุบัติการณ์การเสียชีวิตจากทุกโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุ มีแนวโน้มสูงตามช่วงอายุที่เพิ่มขึ้น และมีอัตราอุบัติการณ์การเสียชีวิตจากทุกโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุสูงสุดในเพศหญิง กลุ่มอายุ 95 – 99 ปี โดยมีอัตราอุบัติการณ์การเสียชีวิตจากทุกโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุสูงสุด เท่ากับ 0.193034 รองลงมาเป็นเพศหญิง และเพศชาย ในกลุ่มอายุ 90 – 94 ปี โดยมีอัตราอุบัติการณ์การเสียชีวิตจากทุกโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุ เท่ากับ 0.168677 และ 0.155603 ตามลำดับ จะพบว่ามีการเสียชีวิตจากทุกโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุในกลุ่มผู้สูงอายุเป็นส่วนใหญ่ จากการวิเคราะห์พบว่าจังหวัดลำปาง ลำพูน เชียงใหม่ มีอัตราอุบัติการณ์การเสียชีวิตจากทุกโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุที่สูง เนื่องจากเป็นจังหวัดมีจำนวนคนเสียชีวิตจากทุกโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุที่สูงในกลุ่มผู้สูงอายุ นอกจากนี้ปัจจัยทางอายุที่ส่งผลให้เกิดการเสียชีวิตจากทุกกลุ่มโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุแล้ว ยังมีปัจจัยอื่นๆที่คอยเสริม เช่น ภูมิคุ้มกันต่ำ วิธีชีวิต พฤติกรรม



ก.)

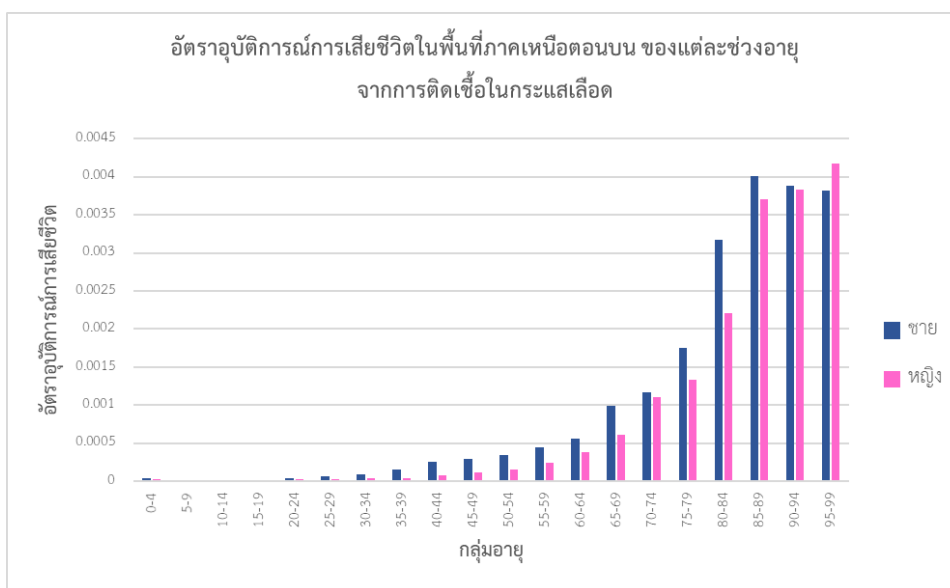


ข.)

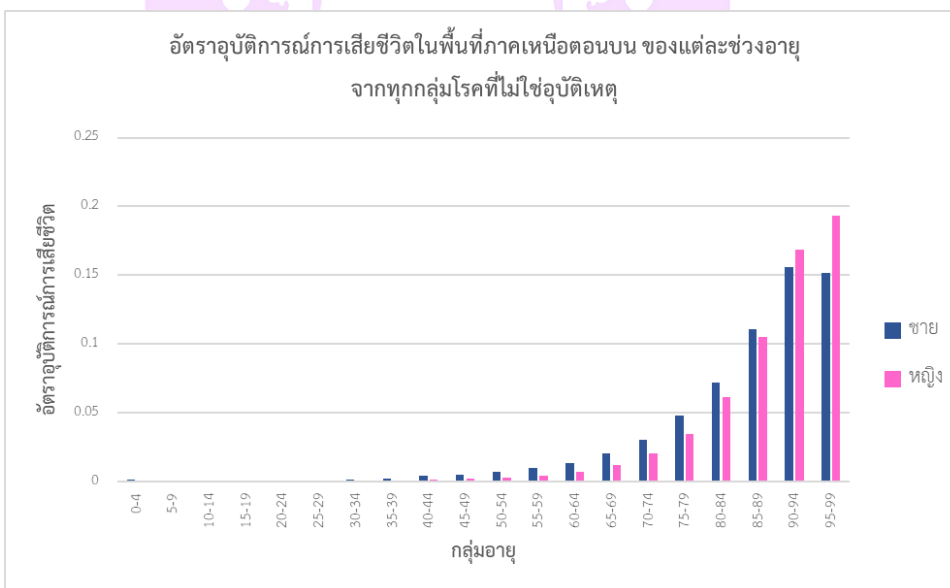


ภาพ 33 อัตราอุบัติการณ์การเสียชีวิตในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน ของแต่ละช่วงอายุ
จาก ก.) โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง ข.) โรคหลอดเลือดหัวใจ ค.) การติดเชื้อ
ในกระแสเลือด ง.) ทุกกลุ่มโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุ

ค.)



ง.)



ภาพ 33 (ต่อ)

การประเมินผลกระทบของ PM2.5 ต่อสุขภาพประชาชนภาคเหนือตอนบน

ในการประเมินผลกระทบของ PM2.5 ต่อสุขภาพประชาชนภาคเหนือตอนบน โดยใช้ The Environmental Mapping and Analysis Program (BenMAP-CE) ซึ่งได้คำนวณจากอัตราอุบัติการณ์พื้นฐานของผลกระทบต่อสุขภาพ ค่าสัมประสิทธิ์สำหรับฟังก์ชันผลกระทบต่อสุขภาพการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของคุณภาพอากาศ และจำนวนของประชากรที่ได้รับผลกระทบ ซึ่งตาราง 16 - 19 จะแสดงผลการประเมินผลกระทบของ PM2.5 ต่อสุขภาพประชาชนภาคเหนือตอนบน ในแต่ละสถานการณ์การควบคุม

ตาราง 16 ผลการประเมินผลกระทบของ PM2.5 ต่อสุขภาพประชาชนภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย กรณีลดลงของความเข้มข้น PM2.5 สถานการณ์ที่ 1 การควบคุมให้ความเข้มข้น PM2.5 ที่ 50 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร

	การเสียชีวิต ทุกกลุ่มโรคที่ ไม่ใช่อุบัติเหตุ	การเสียชีวิต จากโรคหลอดเลือด หัวใจ (CAD)	การเสียชีวิต จากการติดเชื้อ ในกระแสเลือด (Sepsis)	การเสียชีวิต จากโรคปอดอุด กั้นเรื้อรัง (COPD)
Start Age	18	18	18	18
End Age	99	99	99	99
Point Estimate	1,696.13	52.51	241.74	119.42
Population	5,355,403	5,355,403	5,355,403	5,355,403
Delta	22.37	22.37	22.37	22.37
Mean	1,680.31	51.20	237.43	117.21
Baseline	48,659.45	312.49	2,077.68	689.69
Percent Of Baseline	3.45	16.38	11.43	16.99
Standard Deviation	794.02	23.26	105.95	43.85

จากตารางผลการประเมินผลกระทบของ PM2.5 ต่อสุขภาพประชาชนภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย สถานการณ์ ที่ 1 จะพบว่า ในสถานการณ์ควบคุมตามมาตรการกรมควบคุมมลพิษของประเทศไทย ที่กำหนดค่ามาตรฐานฝุ่นละออง PM2.5 เฉลี่ย 24 ชั่วโมงที่ 50 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร สามารถหลีกเลี่ยงการเสียชีวิตจากทุกโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุ 1,680.31 ราย โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง 117.21 ราย โรคหลอดเลือดหัวใจ 52.51 ราย และการติดเชื้อในกระแสเลือด 241.74 ราย ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนจากผู้เสียชีวิตรวมทั้งหมดจากทุกโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุ โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง โรคหลอดเลือดหัวใจ และการติดเชื้อในกระแสเลือด เท่ากับ 3.48%, 16.99%, 16.38% และ 11.43% ตามลำดับ

ตาราง 17 ผลการประเมินผลกระทบของ PM2.5 ต่อสุขภาพประชาชนภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย กรณีลดลงของความเข้มข้น PM2.5 สถานการณ์ที่ 2 การควบคุมให้ความเข้มข้น PM2.5 ที่ 37.5 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร

	การเสียชีวิต ทุกกลุ่มโรค ที่ ไม่ใช่อุบัติเหตุ	การเสียชีวิต จากโรคหลอดเลือดหัวใจ (CAD)	การเสียชีวิต จากการติดเชื้อ ในกระแสเลือด (Sepsis)	การเสียชีวิต จากโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (COPD)
Start Age	18	18	18	18
End Age	99	99	99	99
Point Estimate	1,872.81	57.58	265.82	130.90
Population	5,355,403	5,355,403	5,355,403	5,355,403
Delta	24.74	24.74	24.74	24.74
Mean	1854.64	56.04	260.77	128.33
Baseline	48,659.45	312.49	2077.68	689.69
Percent Of Baseline	3.81	17.93	12.55	18.61
Standard Deviation	875.25	25.30	115.84	47.64

จากตารางผลการประเมินผลกระทบของ PM2.5 ต่อสุขภาพประชาชนภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย สถานการณ์ ที่ 2 จะพบว่า ในสถานการณ์ควบคุมตามระดับค่าเป้าหมายระหว่างทาง ระดับที่ 3 ของ WHO ที่กำหนดค่ามาตรฐานฝุ่นละออง PM2.5 เฉลี่ย 24 ชั่วโมงที่ 37.5 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร สามารถหลีกเลี่ยงการเสียชีวิตจากทุกโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุ 1,872.81 ราย โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง 130.90 ราย โรคหลอดเลือดหัวใจ 57.58 ราย และการติดเชื้อในกระแสเลือด 265.82 ราย ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนจากผู้เสียชีวิตรวมทั้งหมดจากทุกโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุ โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง โรคหลอดเลือดหัวใจ และการติดเชื้อในกระแสเลือด เท่ากับ 3.81%, 18.61%, 17.93% และ 12.55% ตามลำดับ

ตาราง 18 ผลการประเมินผลกระทบของ PM2.5 ต่อสุขภาพประชาชนภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย กรณีลดลงของความเข้มข้น PM2.5 สถานการณ์ที่ 3 การควบคุมให้ความเข้มข้น PM2.5 ที่ 25 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร

	การเสียชีวิต ทุกกลุ่มโรค ที่ ไม่ใช่อุบัติเหตุ	การเสียชีวิต จากโรคหลอดเลือดหัวใจ (CAD)	การเสียชีวิต จากการติดเชื้อ ในกระแสเลือด (Sepsis)	การเสียชีวิต จากโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (COPD)
Start Age	18	18	18	18
End Age	99	99	99	99
Point Estimate	2,040.62	62.31	288.46	141.63
Population	5,355,403	5,355,403	5,355,403	5,355,403
Delta	27.00	27.00	27.00	27.00
Mean	2020.08	60.54	282.68	138.68
Baseline	48,659.45	312.49	2077.68	689.69
Percent Of Baseline	4.15	19.37	13.61	20.11
Standard Deviation	952.12	27.16	125.02	51.11

จากตารางผลการประเมินผลกระทบของ PM2.5 ต่อสุขภาพประชาชนภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย สถานการณ์ ที่ 3 จะพบว่า ในสถานการณ์ควบคุมตามระดับค่าเป้าหมายระหว่างทาง ระดับที่ 4 ของ WHO ที่กำหนดค่ามาตรฐานฝุ่นละออง PM2.5 เฉลี่ย 24 ชั่วโมงที่ 25 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร สามารถหลีกเลี่ยงการเสียชีวิตจากทุกโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุ 2,040.62 ราย โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง 141.63 ราย โรคหลอดเลือดหัวใจ 62.31 ราย และการติดเชื้อในกระแสเลือด 288.46 ราย ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนจากผู้เสียชีวิตรวมทั้งหมดจากทุกโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุ โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง โรคหลอดเลือดหัวใจ และการติดเชื้อในกระแสเลือด เท่ากับ 4.15%, 20.11%, 19.37% และ 13.61% ตามลำดับ

ตาราง 19 ผลการประเมินผลกระทบของ PM2.5 ต่อสุขภาพประชาชนภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย กรณีลดลงของความเข้มข้น PM2.5 สถานการณ์ที่ 4 การควบคุมให้ความเข้มข้น PM2.5 ที่ 15 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร

	การเสียชีวิต ทุกกลุ่มโรค ที่ ไม่ใช่อุบัติเหตุ	การเสียชีวิต จากโรคหลอดเลือดหัวใจ (CAD)	การเสียชีวิต จากการติดเชื้อ ในกระแสเลือด (Sepsis)	การเสียชีวิต จากโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (COPD)
Start Age	18	18	18	18
End Age	99	99	99	99
Point Estimate	2,177.69	66.13	306.81	150.27
Population	5,355,403	5,355,403	5,355,403	5,355,403
Delta	28.85	28.85	28.85	28.85
Mean	2,155.11	64.16	300.38	146.99
Baseline	48,659.45	312.49	2077.68	689.69
Percent Of Baseline	4.43	20.53	14.46	21.31
Standard Deviation	1014.70	28.64	132.37	53.84

จากตารางผลการประเมินผลกระทบของ PM2.5 ต่อสุขภาพประชาชนภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย สถานการณ์ ที่ 4 จะพบว่า ในสถานการณ์ควบคุมตามระดับค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศของ WHO ที่กำหนดค่ามาตรฐานฝุ่นละออง PM2.5 เฉลี่ย 24 ชั่วโมงที่ 15 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร สามารถหลีกเลี่ยงการเสียชีวิตจากทุกกลุ่มโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุ 2,177.69 ราย โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง 150.27 ราย โรคหลอดเลือดหัวใจ 66.13 ราย และการติดเชื้อในกระแสเลือด 306.81 ราย ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนจากผู้เสียชีวิตรวมทั้งหมดจากทุกโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุ โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง โรคหลอดเลือดหัวใจ และการติดเชื้อในกระแสเลือด เท่ากับ 4.43%, 21.31%, 20.53% และ 14.46% ตามลำดับ

และจากการประเมินผลกระทบของ PM2.5 ต่อสุขภาพประชาชน ในแต่ละจังหวัดภาคเหนือตอนบน ประเทศไทย สามารถสรุปได้ดังตาราง 20

ผลการประเมินผลกระทบของ PM2.5 ต่อสุขภาพประชาชน ในแต่ละจังหวัดภาคเหนือตอนบนประเทศไทย พบว่า ในสถานการณ์ควบคุมตามระดับค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศที่ 1 – 4 จังหวัดที่มีจำนวนประชากรหลีกเลี่ยงการเสียชีวิตทุกกลุ่มโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุ โรคหลอดเลือดหัวใจ (CAD) และการติดเชื้อในกระแสเลือด (Sepsis) มากที่สุด คือ จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดเชียงราย และจังหวัดลำปาง ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และลำปาง มีประชากรจำนวนมากและความเข้มข้นมลพิษอากาศ PM2.5 สูง และจังหวัดที่มีจำนวนประชากรหลีกเลี่ยงการเสียชีวิตจากโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (COPD) มากที่สุด คือ จังหวัดน่าน จังหวัดเชียงราย และจังหวัดลำปาง ตามลำดับ เนื่องจากจังหวัดน่าน เชียงราย และลำปาง มีอัตราอุบัติการณ์ของการเสียชีวิตจากโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (COPD) สูง

และผลการประเมินผลกระทบของ PM2.5 ต่อสุขภาพประชาชน ในแต่ละจังหวัดภาคเหนือตอนบนประเทศไทย จะเห็นได้ว่าในสถานการณ์ควบคุมตามระดับค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศที่ 1 – 4 จังหวัดที่มีสัดส่วนการหลีกเลี่ยงการเสียชีวิตทุกกลุ่มโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุ สัดส่วนการหลีกเลี่ยงการเสียชีวิตจากโรคหลอดเลือดหัวใจ (CAD) สัดส่วนการหลีกเลี่ยงการเสียชีวิตจากโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (COPD) สัดส่วนการหลีกเลี่ยงการเสียชีวิตจากการติดเชื้อในกระแสเลือด (Sepsis) จากผู้เสียชีวิตรวมทั้งหมดในแต่ละกลุ่มโรคมากที่สุด คือ จังหวัดเชียงราย รองลงมาเป็นจังหวัดแม่ฮ่องสอน และเชียงใหม่ ตามลำดับ เนื่องจากจังหวัดเชียงราย แม่ฮ่องสอน และเชียงใหม่ มีความเข้มข้นมลพิษอากาศ PM2.5 สูง

สำหรับความเสียหายผลกระทบ PM2.5 ต่อสุขภาพการศึกษานี้ได้พิจารณาด้วยอัตราผลกระทบของ PM2.5 ต่อสุขภาพต่อแสนประชากร ในแต่ละจังหวัดภาคเหนือตอนบนประเทศไทยดังแสดงในตาราง 21 จะเห็นได้ว่าในสถานการณ์ควบคุมตามระดับค่ามาตรฐานคุณภาพ

อากาศที่ 1 - 4 จังหวัดที่มีอัตราการเสียชีวิตทุกกลุ่มโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุต่อแสนประชากร มากที่สุด คือจังหวัดลำพูน รองลงมาเป็นจังหวัดเชียงใหม่ และแพร่ ตามลำดับ เนื่องจากจังหวัดลำพูน เชียงใหม่ และแพร่ มีอัตราอุบัติการณ์ของการเสียชีวิตจากทุกกลุ่มโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุสูง จังหวัดที่มีอัตราการเสียชีวิตจากโรคหลอดเลือดหัวใจ (CAD) ต่อแสนประชากร มากที่สุด คือจังหวัดเชียงใหม่ รองลงมาเป็นจังหวัดพะเยา และลำปาง ตามลำดับ เนื่องจากจังหวัดเชียงใหม่ พะเยา และลำปาง มีอัตราอุบัติการณ์ของการเสียชีวิตจากโรคหลอดเลือดหัวใจสูง จังหวัดที่มีอัตราการเสียชีวิตจากโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (COPD) ต่อแสนประชากร มากที่สุด คือจังหวัดน่าน รองลงมาเป็นจังหวัดแพร่ และลำปาง ตามลำดับ เนื่องจากจังหวัดน่าน แพร่ และลำปาง มีอัตราอุบัติการณ์ของการเสียชีวิตจากโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังสูง และจังหวัดที่มีอัตราการเสียชีวิตจากการติดเชื้อในกระแสเลือด (Sepsis) ต่อแสนประชากร มากที่สุด คือ จังหวัดลำปาง รองลงมาเป็นจังหวัดเชียงใหม่ และลำพูน ตามลำดับ เนื่องจากจังหวัดลำปาง เชียงใหม่ และลำพูน มีอัตราอุบัติการณ์ของการเสียชีวิตจากการติดเชื้อในกระแสเลือดสูง

โดยภาพ 34 - 37 จะแสดงถึงการหลีกเลี่ยงการเสียชีวิตจากแต่ละสาเหตุการเสียชีวิตในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน ทั้ง 4 สถานการณ์ และภาพ 38 - 41 จะแสดงถึงการหลีกเลี่ยงการเสียชีวิตจากแต่ละสาเหตุการเสียชีวิตในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน (รายอำเภอ) ทั้ง 4 สถานการณ์ ซึ่งจะเห็นได้ว่าอำเภอที่สามารถหลีกเลี่ยงการเสียชีวิตจากทุกกลุ่มโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุและโรคหลอดเลือดหัวใจ (CAD) มากที่สุด คือ อำเภอเมืองเชียงใหม่ อำเภอเมืองลำปาง อำเภอเมืองเชียงราย ตามลำดับ เนื่องจากอำเภอเชียงใหม่ อำเภอเมืองลำปาง อำเภอเมืองเชียงราย มีจำนวนประชากรมาก พร้อมทั้งมีความเข้มข้นมลพิษอากาศ PM2.5 และอัตราอุบัติการณ์พื้นฐานสูง อำเภอที่สามารถหลีกเลี่ยงการเสียชีวิตจากโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (COPD) มากที่สุด คือ อำเภอเมืองลำปาง อำเภอเมืองน่าน อำเภอเมืองเชียงราย ตามลำดับ เนื่องจากอำเภอลำปาง อำเภอเมืองน่าน อำเภอเมืองเชียงราย มีอัตราอุบัติการณ์ของการเสียชีวิตจากโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังสูง ประกอบกับมีความเข้มข้นมลพิษอากาศ PM2.5 ที่สูง และอำเภอที่สามารถหลีกเลี่ยงการเสียชีวิตจากการติดเชื้อในกระแสเลือด (Sepsis) มากที่สุด คือ อำเภอเมืองลำปาง อำเภอเมืองเชียงใหม่ อำเภอเมืองเชียงราย ตามลำดับ เนื่องจากอำเภอลำปาง อำเภอเมืองเชียงใหม่ อำเภอเมืองเชียงราย มีจำนวนประชากรมาก และมีอัตราอุบัติการณ์ของการเสียชีวิตจากการติดเชื้อในกระแสเลือดสูง

จากการวิเคราะห์การประเมินผลกระทบของ PM2.5 ต่อสุขภาพประชาชน ภาคเหนือตอนบนประเทศไทย โดยใช้ The Environmental Mapping and Analysis Program (BenMAP-CE) เทียบกับการประเมินผลกระทบของ PM2.5 ต่อสุขภาพประชาชนในการศึกษาอื่นๆ พบว่า

ในแต่ละการศึกษาได้ผลการประเมินผลกระทบที่แตกต่างกัน เนื่องจากมีข้อมูลที่น่าเข้าโปรแกรม BenMAP-CE ที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่การศึกษา เช่น ค่าสัมประสิทธิ์สำหรับฟังก์ชันผลกระทบต่อสุขภาพ การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของคุณภาพอากาศ และจำนวนของประชากรที่ได้รับผลกระทบ ซึ่งให้เห็นตัวแปรที่กล่าวมามีปัจจัยที่มีผลต่อการเสียชีวิตจาก PM2.5 จากการศึกษาของ Pope, et al. (2020) และ Cao, et al. (2011) พบว่าในสถานการณ์ควบคุมเดียวกัน จำนวนประชากรที่ได้รับผลกระทบเดียวกัน ในขณะที่ค่าสัมประสิทธิ์สำหรับฟังก์ชันผลกระทบต่อสุขภาพต่างกัน โดยค่าสัมประสิทธิ์สำหรับฟังก์ชันผลกระทบต่อสุขภาพสูงจะสามารถหลีกเลี่ยงจำนวนการเสียชีวิตจากทุกกลุ่มโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุ โรคหัวใจและหลอดเลือดและมะเร็งปอดได้มากกว่าค่าสัมประสิทธิ์สำหรับฟังก์ชันผลกระทบต่อสุขภาพต่ำ และเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์สำหรับฟังก์ชันผลกระทบต่อสุขภาพ จากการศึกษาของ Fold, et al. (2020) และค่าสัมประสิทธิ์สำหรับฟังก์ชันผลกระทบต่อสุขภาพในการศึกษานี้ในการเสียชีวิตทุกกลุ่มโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุ พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่า 0.001743 และ 0.001587 ตามลำดับ ถึงแม้ว่าค่าสัมประสิทธิ์สำหรับฟังก์ชันผลกระทบต่อสุขภาพเสียชีวิตจากทุกกลุ่มโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุในกรุงเทพฯและภาคเหนือตอนบน จะมีค่าใกล้เคียงกันหรือมีค่าเดียวกัน แต่ผลการประเมินผลกระทบของ PM2.5 ต่อสุขภาพประชาชนก็ยังมีค่าที่แตกต่างกันเนื่องจากจำนวนประชากรที่ได้รับผลกระทบและการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของคุณภาพอากาศที่ต่างกัน จากการศึกษาหลายการศึกษาทำให้เห็นว่าในสถานการณ์ควบคุมที่เข้มงวดมากจะทำให้สามารถลดหลีกเลี่ยงจำนวนการเสียชีวิตจากโรกระบบทางเดินหายใจได้มาก สอดคล้องกับการศึกษานี้ที่ในการควบคุมสถานการณ์ระดับค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศที่ 4 ที่กำหนดค่ามาตรฐานฝุ่นละออง PM2.5 เฉลี่ย 24 ชั่วโมงที่ 15 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร สามารถหลีกเลี่ยงการเสียชีวิตจากทุกโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุ โรคหลอดเลือดหัวใจ (CAD) โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (COPD) และการติดเชื้อในกระแสเลือด (Sepsis) ได้มากกว่าในการควบคุมสถานการณ์ระดับค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศที่ 1 ที่กำหนดค่ามาตรฐานฝุ่นละออง PM2.5 เฉลี่ย 24 ชั่วโมงที่ 50 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร จำนวนประชากรที่ได้รับผลกระทบที่ต่างกันก็เป็นปัจจัยที่ทำให้การประเมินผลกระทบของ PM2.5 ในแต่ละพื้นที่แตกต่างกัน จากเปรียบเทียบการศึกษาของ Fold, et al. (2020) ที่พบความเข้มข้นของ PM2.5 เท่ากับ $27.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และจำนวนประชากร 3,541,761 คน และการศึกษาในภาคเหนือตอนบน ที่พบความเข้มข้น $30.57 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และจำนวนประชากร 5,355,403 คน พบว่า ในกรณีควบคุมเดียวกันที่กำหนดค่ามาตรฐานฝุ่นละออง PM2.5 เฉลี่ย 24 ชั่วโมงที่ 25 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร และค่าสัมประสิทธิ์สำหรับฟังก์ชันผลกระทบต่อสุขภาพเสียชีวิตจากทุกกลุ่มโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุที่ใกล้เคียงกัน พบว่าในการศึกษานี้สามารถหลีกเลี่ยง

จำนวนการเสียชีวิตจากทุกกลุ่มโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุในประชาชนภาคเหนือตอนบนได้มากกว่าประชาชนในกรุงเทพฯ โดยสามารถหลีกเลี่ยงการเสียชีวิตจากทุกกลุ่มโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุได้ 2,040 ราย และ 1,393 ราย ตามลำดับ ซึ่งให้เห็ยว่ายิ่งจำนวนประชากรมาก จะส่งให้ได้รับผลกระทบจาก PM2.5 มาก และในกรณีที่มีการควบคุมสถานการณ์ PM2.5 ที่เข้มงวดขึ้นจะช่วยลดผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการได้รับ PM2.5 ได้มาก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอัตราอุบัติการณ์พื้นฐานของผลกระทบต่อสุขภาพด้วย การศึกษานี้ที่ผลการประเมินผลกระทบของ PM2.5 ต่อสุขภาพในแต่ละจังหวัดแตกต่างกัน เนื่องจากมีอัตราอุบัติการณ์พื้นฐานของผลกระทบต่อสุขภาพไม่เท่ากัน จากการศึกษาจะได้ว่าในจังหวัดที่มีอัตราอุบัติการณ์พื้นฐานของผลกระทบต่อสุขภาพสูง สามารถหลีกเลี่ยงการเสียชีวิตจากการเสียชีวิตจากทุกโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุ โรคหลอดเลือดหัวใจ (CAD) โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (COPD) และการติดเชื้อในกระแสเลือด (Sepsis) ได้มากกว่าจังหวัดที่มีอัตราอุบัติการณ์พื้นฐานของผลกระทบต่อสุขภาพต่ำ



ตาราง 20 ผลการประเมินผลกระทบของ PM2.5 ต่อสุขภาพประชาชน ในแต่ละจังหวัดภาคเหนือตอนบนประเทศไทย กรณีลดลงของความเข้มข้น PM2.5 ในแต่ละสถานการณ์

		การหลีกเลี่ยงการเสียชีวิตจากกลุ่มโรคที่เกี่ยวข้องกับ PM2.5												
สถานการณ์ ที่	จังหวัด	การเสียชีวิต ทุกกลุ่มโรค ที่ไม่ใช่ อุบัติเหตุ	คิดเป็น		การเสียชีวิต		คิดเป็น		การ เสียชีวิต จากโรค หลอดเลือดหัวใจ (CAD)	การเสียชีวิต จากโรค เชื้อใน กระแสเลือด (Sepsis)	การ เสียชีวิต จากโรค ปอดอุดกั้น เรื้อรัง (COPD)	คิดเป็น สัดส่วน	การ เสียชีวิต จาก ผู้เสียชีวิต รวม ทั้งหมด	คิดเป็น สัดส่วน
			การเสียชีวิต	สัดส่วน	การเสียชีวิต	สัดส่วน	การเสียชีวิต	สัดส่วน						
สถานการณ์ ที่ 1 เป็นไป ตาม มาตรฐาน คุณภาพ อากาศ ประเทศไทย (50 µg/m ³)	เชียงใหม่	326.60	3.90	18.32	51.33	12.84	24.37	19.01						
	เชียงใหม่	528.79	3.79	17.86	76.87	12.49	18.20	18.53						
	แม่ฮ่องสอน	44.97	3.90	18.33	4.29	12.83	2.49	19.02						
	น่าน	100.14	3.26	15.57	10.63	10.83	26.99	16.15						
	ลำปาง	227.35	3.15	15.09	50.46	10.49	19.94	15.65						
	แพร่	138.38	3.00	14.42	14.61	10.00	11.91	14.95						
	ลำพูน	149.34	3.65	17.28	19.39	12.07	5.16	17.93						
	ตาก	79.38	2.70	13.08	5.64	9.05	3.43	13.56						
	พะเยา	104.51	2.71	13.14	11.58	9.09	5.29	13.62						

ตาราง 20 (ต่อ)

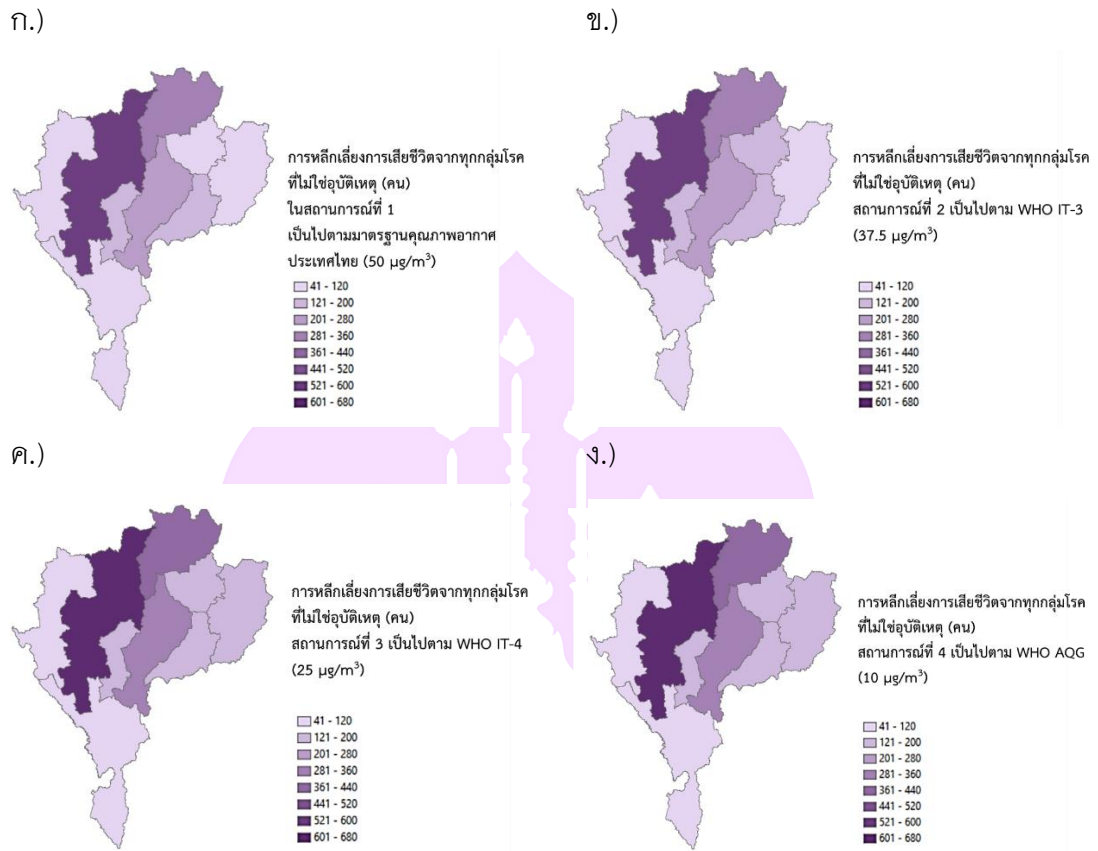
การหลีกเลี่ยงการเสียชีวิตจากกลุ่มโรคที่เกี่ยวข้องกับ PM2.5									
สถานการณ์ ที่	จังหวัด	การ เสียชีวิต	คิดเป็น สัดส่วน	การ เสียชีวิต	คิดเป็น สัดส่วน	การ เสียชีวิต	คิดเป็น สัดส่วน	การ เสียชีวิต	คิดเป็น สัดส่วน
สถานการณ์ ที่ไม่ใช่ อุบัติเหตุ	กรุงเทพมหานคร	ทุกกลุ่ม	จาก	จากการ ติดเชื้อใน	จาก	จากโรค	จาก	จากโรค	จาก
		โรคที่	ผู้เสียชีวิต	เสียชีวิต	ผู้เสียชีวิต	หลอดเลือด	ผู้เสียชีวิต	ปอดอุด	ผู้เสียชีวิต
		ไม่ใช่	รวม	กระแส	รวม	เลือด	รวม	กันเรื้อรัง	รวม
		อุบัติเหตุ	ทั้งหมด	(CAD)	ทั้งหมด	(Sepsis)	ทั้งหมด	(COPD)	ทั้งหมด
	เชียงใหม่	351.08	4.19	10.89	19.55	54.99	13.74	26.04	20.28
	เชียงใหม่	572.71	4.11	23.26	19.21	82.92	13.48	19.58	19.93
สถานการณ์ ที่ 2 เป็นไป ตาม WHO	แม่ฮ่องสอน	48.42	4.19	0.62	19.54	4.60	13.72	2.67	20.28
		110.77	3.59	1.57	17.00	11.71	11.86	29.64	17.63
IT-3 (37.5 µg/m ³)	แพร่	255.18	3.54	8.63	16.80	56.35	11.72	22.20	17.43
		155.96	3.39	2.23	16.13	16.39	11.24	13.31	16.73
	ลำปาง	164.01	4.02	3.77	18.82	21.20	13.20	5.63	19.53
	ตาก	93.62	3.17	1.65	15.18	6.62	10.55	4.00	15.74
	พะเยา	121.49	3.12	5.62	14.97	13.40	10.40	6.11	15.53

ตาราง 20 (ต่อ)

การหลีกเลี่ยงการเสียชีวิตจากกลุ่มโรคที่เกี่ยวข้องกับ PM2.5									
สถานการณ์ ที่	จังหวัด	การเสียชีวิต		การเสียชีวิต		การเสียชีวิต		การเสียชีวิต	
		การเสียชีวิต ทุกกลุ่ม โรคที่ ไม่ใช่ อุบัติเหตุ	คิดเป็น สัดส่วน	การเสียชีวิต จากโรค หลอดเลือดหัวใจ (CAD)	คิดเป็น สัดส่วน	การเสียชีวิต จากการ ติดเชื้อใน กระแส เลือด (Sepsis)	คิดเป็น สัดส่วน	การเสียชีวิต จากโรค ปอดอุด ตันเรื้อรัง (COPD)	คิดเป็น สัดส่วน
เชียงใหม่	เชียงใหม่	375.45	4.48	11.58	20.75	58.59	14.62	27.69	21.54
เชียงใหม่	เชียงใหม่	616.54	4.42	24.88	20.53	88.91	14.46	20.93	21.31
แม่ฮ่องสอน	แม่ฮ่องสอน	51.86	4.47	0.66	20.73	4.91	14.60	2.84	21.52
น่าน	น่าน	121.37	3.91	1.71	18.39	12.77	12.88	32.25	19.08
ลำปาง	ลำปาง	282.90	3.93	9.49	18.47	62.17	12.94	24.40	19.16
แพร่	แพร่	173.50	3.77	2.46	17.80	18.14	12.45	14.68	18.46
ลำพูน	ลำพูน	178.66	4.38	4.07	20.33	22.99	14.31	6.08	21.10
ตาก	ตาก	107.80	3.64	1.88	17.21	7.57	12.02	4.56	17.86
พะเยา	พะเยา	138.38	3.53	6.35	16.76	15.18	11.69	6.90	17.38

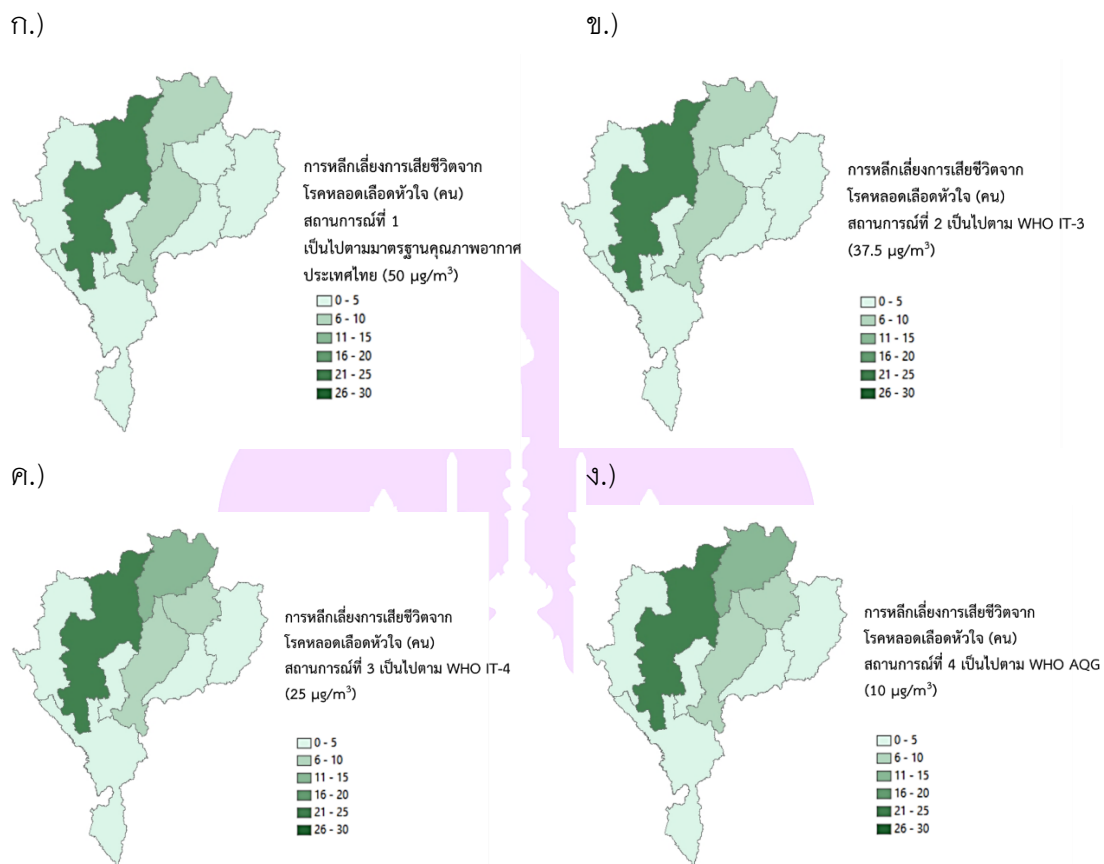
ตาราง 20 (ต่อ)

การหลีกเลี่ยงการเสียชีวิตจากกลุ่มโรคที่เกี่ยวข้องกับ PM2.5										
สถานที่	การเสียชีวิต	คิดเป็น สัดส่วน	การ เสียชีวิต	คิดเป็น สัดส่วน	การ เสียชีวิต	คิดเป็น สัดส่วน	การ เสียชีวิต	คิดเป็น สัดส่วน	การ เสียชีวิต	คิดเป็น สัดส่วน
จังหวัด	ทุกกลุ่มโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุ	394.91	4.71	12.13	21.70	61.46	15.33	28.98	22.53	
	เสียชีวิต	651.48	4.68	26.15	21.57	93.65	15.23	22.00	22.39	
กรุงเทพมหานคร	ทุกกลุ่มโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุ	54.61	4.70	0.70	21.67	5.15	15.30	2.97	22.49	
	เสียชีวิต	129.81	4.17	1.81	19.49	13.61	13.68	34.29	20.22	
ตาม WHO	สาปปาง	305.01	4.24	10.16	19.77	66.76	13.89	26.13	20.52	
AQG (10	แพร์	187.48	4.08	2.64	19.10	19.53	13.40	15.76	19.82	
µg/m ³)	ลำพูน	190.30	4.66	4.31	21.51	24.39	15.18	6.43	22.33	
	ตาก	119.08	4.01	2.06	18.80	8.33	13.18	5.00	19.50	
	พะเยา	151.85	3.86	6.92	18.15	16.59	12.71	7.52	18.83	



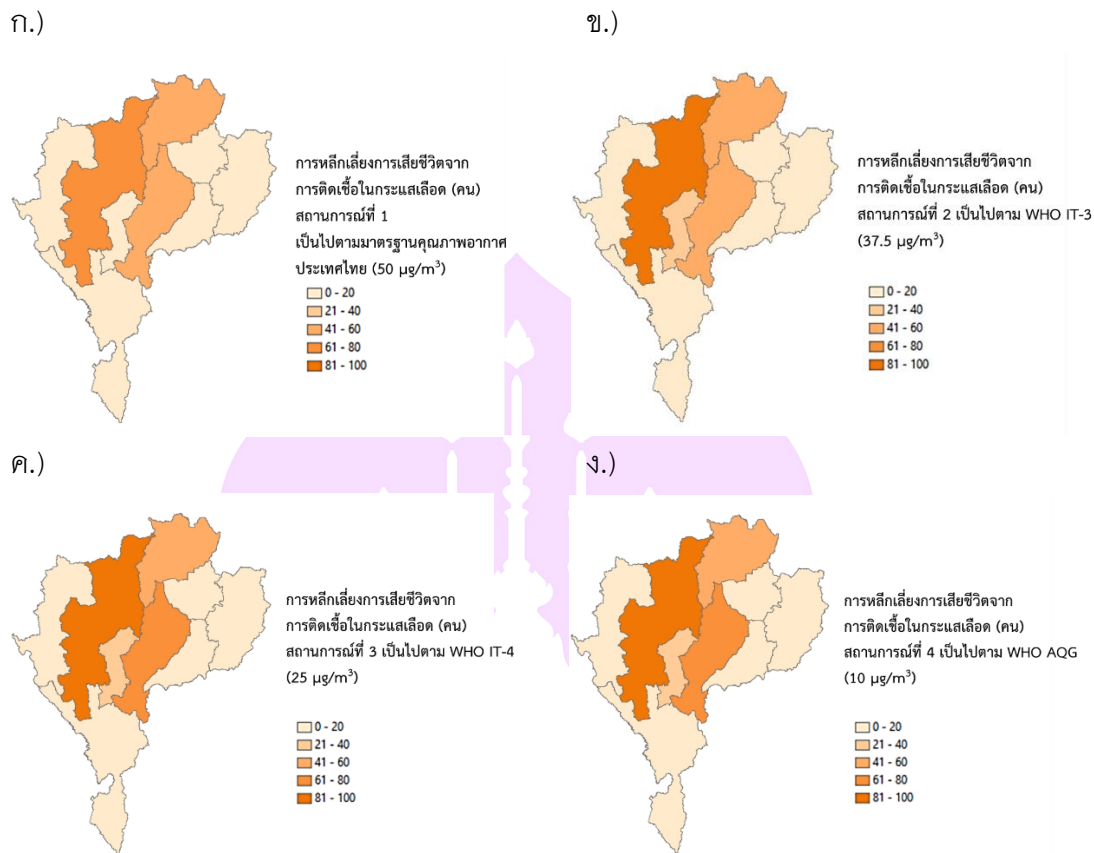
ภาพ 34 การหลีกเลี่ยงการเสียชีวิตทุกกลุ่มโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน (รายจังหวัด) ในแต่ละสถานการณ์



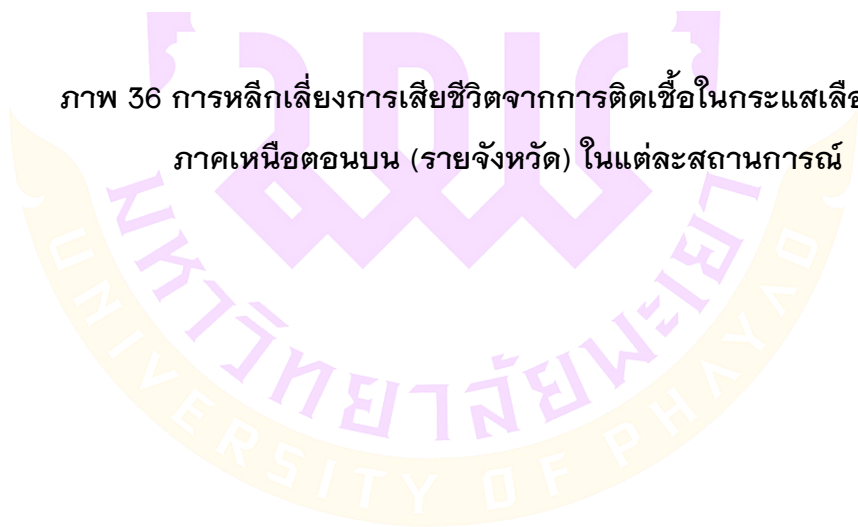


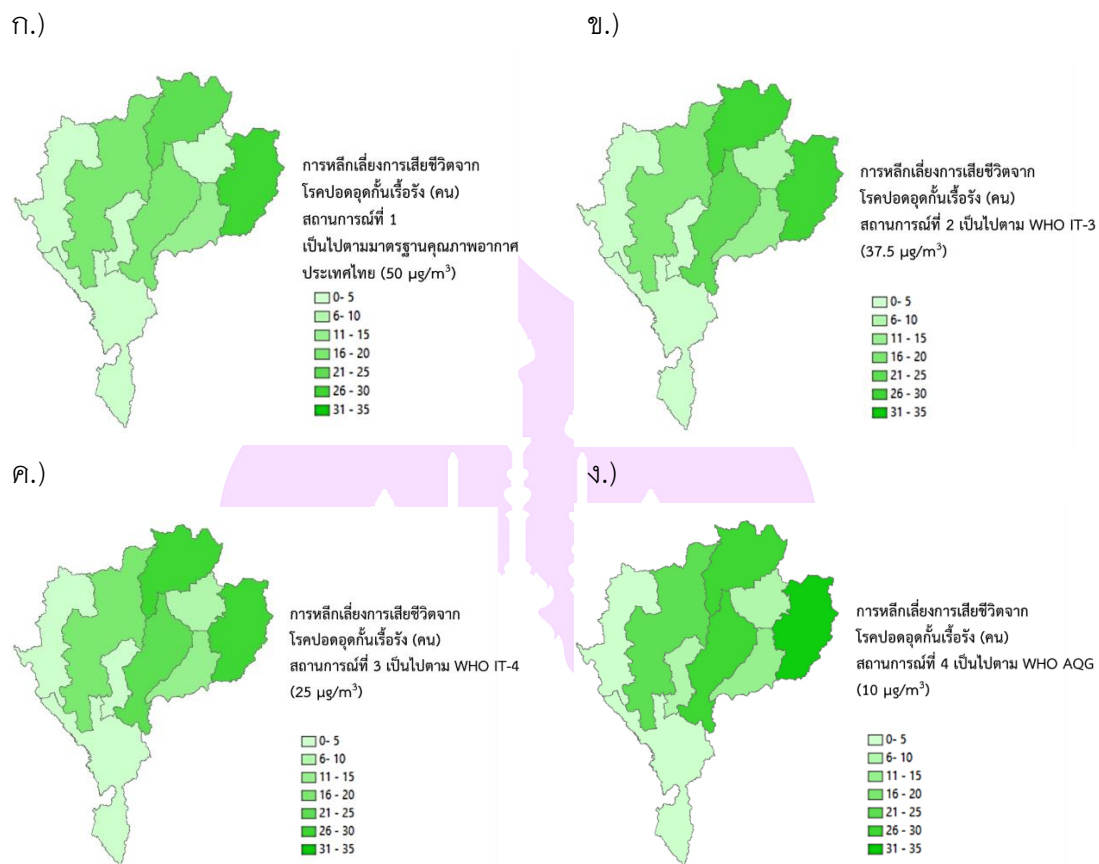
ภาพ 35 การหลีกเลี่ยงการเสียชีวิตจากโรคหลอดเลือดหัวใจในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน (รายจังหวัด) ในแต่ละสถานการณ์



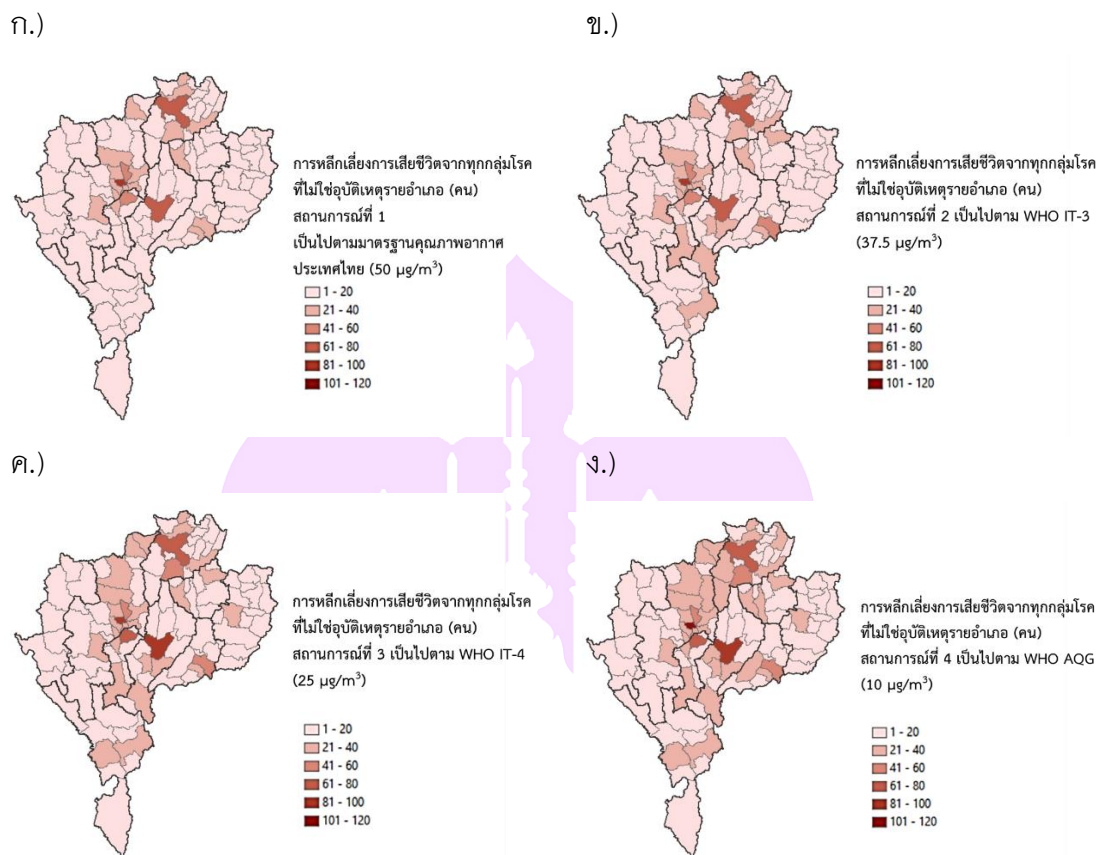


ภาพ 36 การหลีกเลี่ยงการเสียชีวิตจากการติดเชื้อในกระแสเลือดในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน (รายจังหวัด) ในแต่ละสถานการณ์

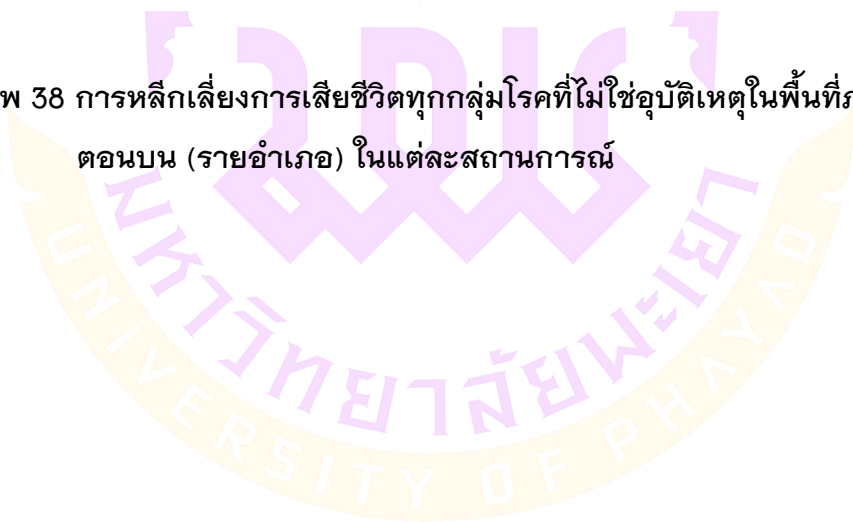


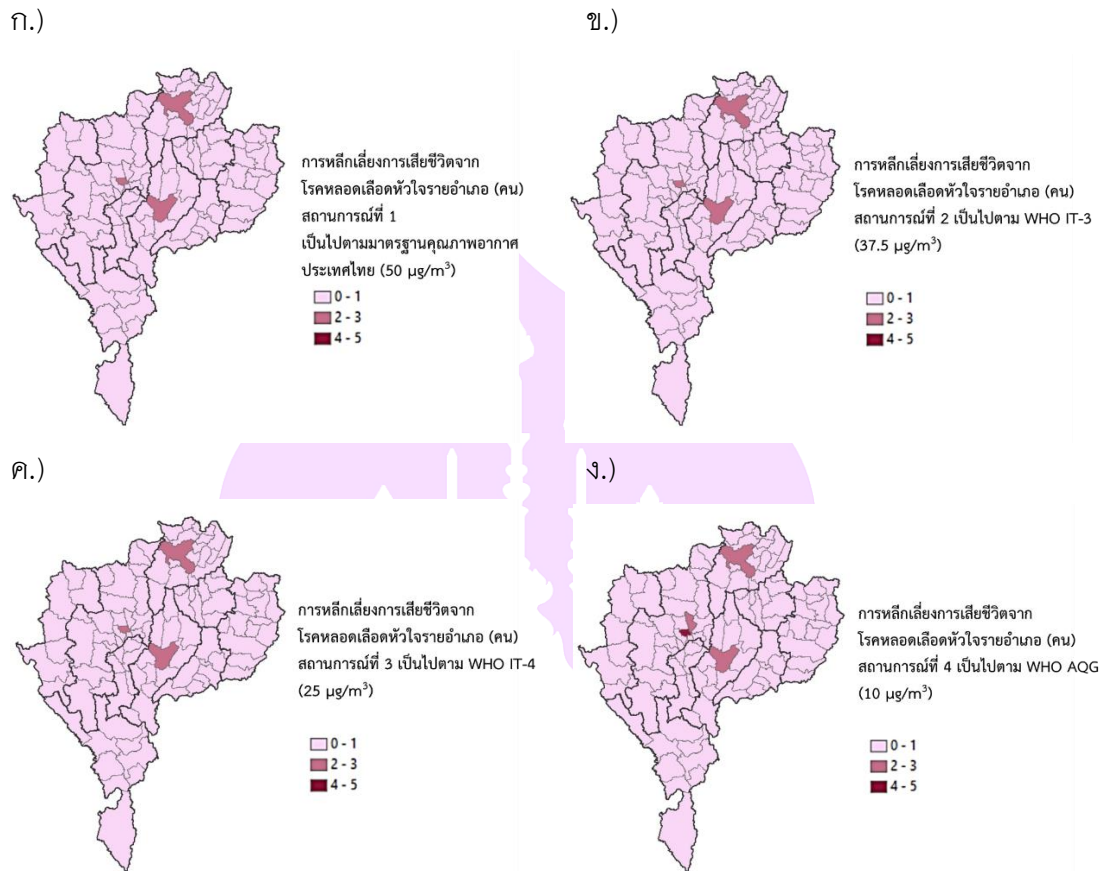


ภาพ 37 การหลีกเลี่ยงการเสียชีวิตจากโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน (รายจังหวัด) ในแต่ละสถานการณ์

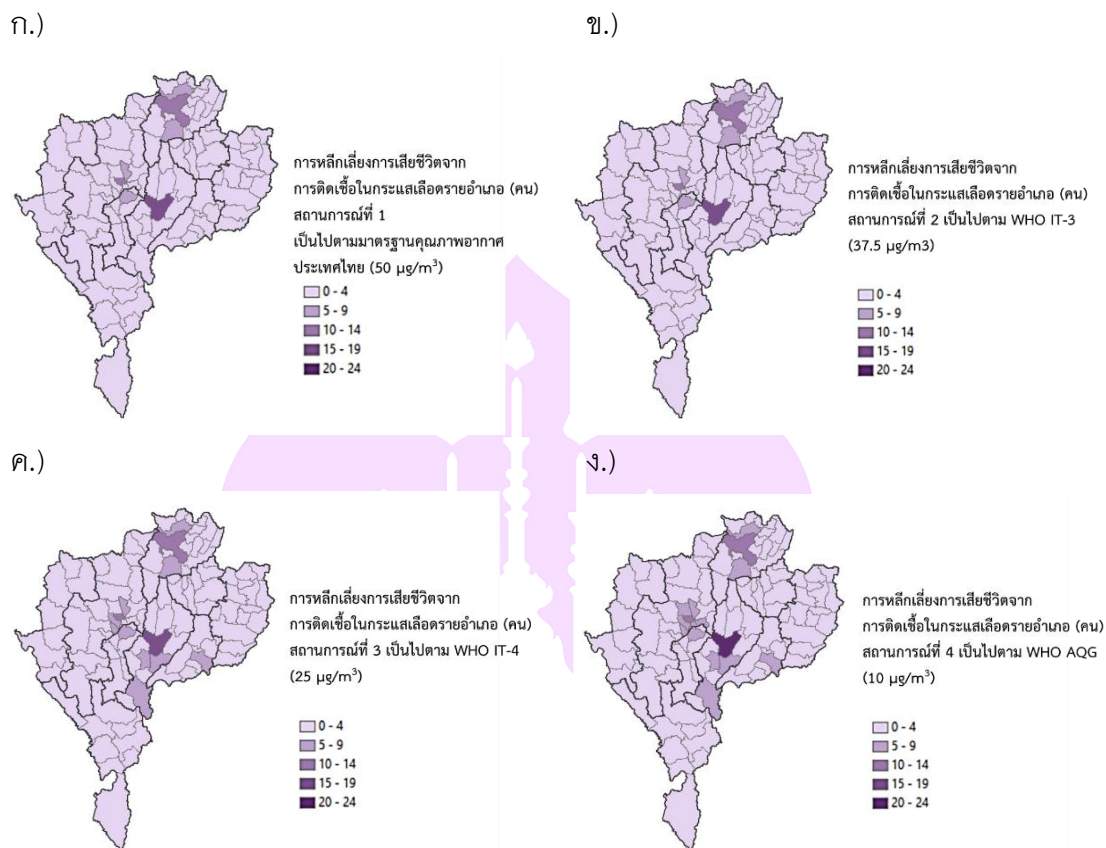


ภาพ 38 การหลีกเลี่ยงการเสียชีวิตทุกกลุ่มโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน (รายอำเภอ) ในแต่ละสถานการณ์

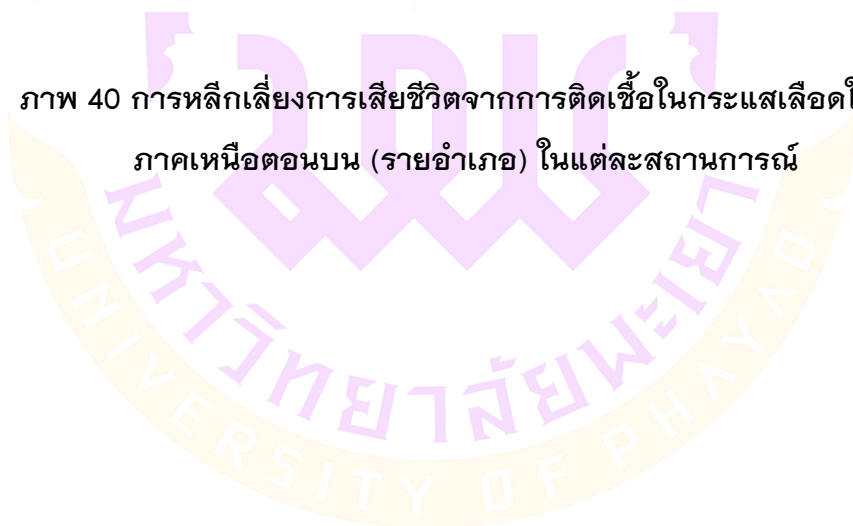


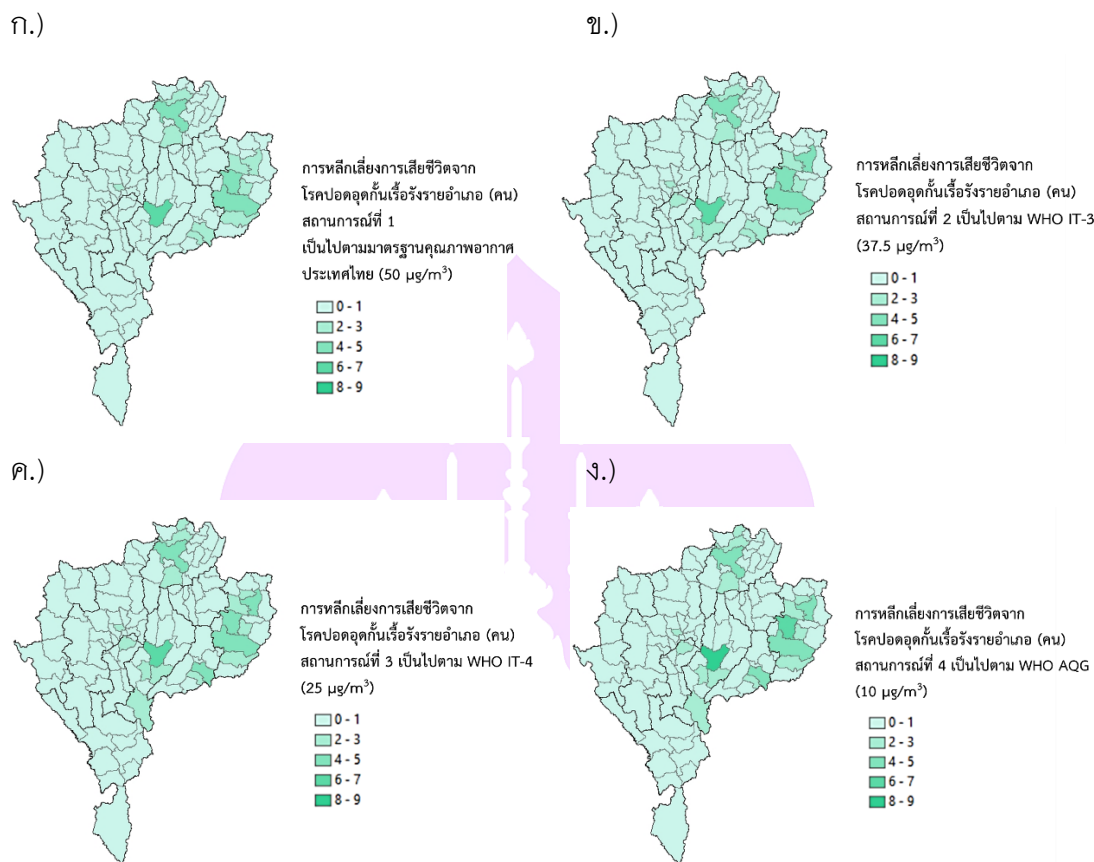


ภาพ 39 การหลีกเลี่ยงการเสียชีวิตจากโรคหลอดเลือดหัวใจในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน (รายอำเภอ) ในแต่ละสถานการณ์



ภาพ 40 การหลีกเลี่ยงการเสียชีวิตจากการติดเชื้อในกระแสเลือดในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน (รายอำเภอ) ในแต่ละสถานการณ์





ภาพ 41 การหลีกเลี่ยงการเสียชีวิตจากโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังในพื้นที่ภาคเหนือ
ตอนบน (รายอำเภอ) ในแต่ละสถานการณ์

ข้อจำกัดของการศึกษาและความคลาดเคลื่อน

ในการประเมินผลกระทบของ PM2.5 ต่อสุขภาพประชาชนภาคเหนือตอนบน โดยใช้ The Environmental Mapping and Analysis Program (BenMAP-CE) จำเป็นต้องใช้ข้อมูลจำนวนมาก ซึ่งคำนวณจากอัตราอุบัติการณ์พื้นฐานของผลกระทบต่อสุขภาพ ค่าสัมประสิทธิ์สำหรับฟังก์ชันผลกระทบต่อสุขภาพ การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของคุณภาพอากาศ และจำนวนของประชากรที่ได้รับผลกระทบ ทุกครั้งที่ป้อนข้อมูล จะมีการเพิ่มขึ้นของความไม่แน่นอนและความคลาดเคลื่อน ซึ่งขึ้นอยู่กับคุณภาพของข้อมูล

ข้อมูลการเสียชีวิตที่เกี่ยวข้องกับมลพิษอากาศของประชากร ในปี 2562 ทั้ง 9 จังหวัดภาคเหนือตอนบน ถูกรวบรวมข้อมูลจากระบบข้อมูลบริการสถิติชีพ กองยุทธศาสตร์และแผนงาน สำนักปลัดกระทรวงสาธารณสุข ซึ่งระบุจังหวัด เพศ อายุ และเหตุผลการ

เสียชีวิตตามการจำแนกตามบัญชีจำแนกทางสถิติระหว่างประเทศของโรคและปัญหาสุขภาพที่เกี่ยวข้อง ฉบับทบทวนครั้งที่ 10 (International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems 10 : ICD-10) ได้แก่ การเสียชีวิตจากทุกกลุ่มโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุ (รหัส ICD-10: A00 – R99) การเสียชีวิตจากโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (รหัส ICD-10: J44.9) โรคหลอดเลือดหัวใจ (รหัส ICD-10: I25.1) และการติดเชื้อในกระแสเลือด (รหัส ICD-10: A41.9) ซึ่งปัจจุบันการเสียชีวิต จะถูกระบุโดยแพทย์หรือแพทย์เฉพาะทาง ซึ่งแพทย์ส่วนใหญ่จะให้ความเห็นหรือวินิจฉัยการป่วยหรือการเสียชีวิตจากโรค แต่ไม่ให้ความเห็นหรือระบุสาเหตุการป่วยหรือการเสียชีวิตจากโรค และแพทย์จะระบุการเสียชีวิตจากโรคที่เด่นชัดในการเจ็บป่วยเพียงโรคเดียวหรือโรคหลักที่ทำให้เกิดการเสียชีวิตเท่านั้น จึงทำให้คุณภาพการลงข้อมูลสาเหตุการตายอาจมีความคลาดเคลื่อนไม่สมบูรณ์ครอบคลุมทุกสาเหตุหลัก

ข้อมูลความเข้มข้น PM2.5 รายชั่วโมง ถูกรวบรวมจากกรมควบคุมมลพิษ ซึ่งในการศึกษานี้เราได้กำหนดหลักเกณฑ์การเลือกใช้ข้อมูลในการประเมิน โดยข้อมูล PM 2.5 ที่ใช้ในการศึกษาต้องมีข้อมูล PM 2.5 รายชั่วโมง อย่างน้อย 18 ชั่วโมง หรือคิดเป็นร้อยละ 75 ของข้อมูลรายวัน ซึ่งหากมีข้อมูล PM 2.5 รายวัน ที่ขาดหายไปหรือไม่สามารถใช้ได้ จะใช้วิธีการประมาณค่า PM2.5 ที่ขาดหายไปจากอัตราส่วนค่า PM2.5 ต่อ PM10 ซึ่งอาจพบความคลาดเคลื่อนการประมาณของข้อมูล และหากพบการขาดหายไปของข้อมูล PM10 จะทำให้ข้อมูล PM2.5 ที่จะนำมาประเมินขาดหายไปด้วยเช่นกัน ประกอบกับตำแหน่งสถานีตรวจวัดส่วนใหญ่ตั้งอยู่ใจกลางเมืองในจังหวัดนั้น ๆ ไม่กระจายตัวทั่วทั้งจังหวัด ทำให้มีพื้นที่ที่ไม่มีการตรวจวัดระดับคุณภาพอากาศ จึงอาจมีความคลาดเคลื่อนจากจุดตรวจวัดไม่ครอบคลุมการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นมลพิษอากาศตามพื้นที่ ซึ่งอาจแตกต่างกันจากแหล่งกำเนิดและสภาพอุตุนิยมวิทยาที่แตกต่างกัน ในการศึกษานี้จึงใช้การประมาณด้วยวิธี Voronoi Neighbor Averaging (VNA) ซึ่งเป็นฟังก์ชันในโปรแกรม BenMAP-CE ที่ใช้ในการประมาณค่าระดับมลพิษทางอากาศในแต่ละเซลล์กริดหรือขอบเขตในแต่อาณาเขตที่ไม่มีข้อมูลการตรวจวัด โดยใช้ค่าเฉลี่ยจากข้อมูลการตรวจวัดมลพิษทางอากาศพื้นที่ใกล้เคียง จากการคำนวณค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักแบบผกผันของข้อมูลจากสถานีที่อยู่ใกล้เคียง จึงสามารถประมาณค่าระดับมลพิษทางอากาศในแต่ละพื้นที่ภาคเหนือตอนบนได้ อย่างไรก็ตามการใช้ VNA เป็นการประมาณค่าข้อมูล PM2.5 ในพื้นที่ที่ไม่มีข้อมูลเท่านั้น ไม่ใช่ข้อมูลจริงที่ตรวจวัดได้จากพื้นที่จริง และในการประมาณค่าระดับมลพิษทางอากาศในแต่ละพื้นที่ภาคเหนือตอนบน BenMAP-CE จะคำนวณการตรวจวัด

ของแต่ละสถานีที่อยู่ใกล้เคียง จากนั้นคำนวณค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักระยะทางผกผันของการตรวจวัด ยิ่งสถานีตรวจวัดอยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางพื้นที่ที่ไม่มีข้อมูลมากเท่าไร ค่าเฉลี่ยก็ยิ่งแตกต่างจากข้อมูลของสถานีตรวจวัดมากขึ้นและอาจมีความคลาดเคลื่อนมากขึ้นตามระยะทางที่ห่างออกไปจากจุดที่มีข้อมูลตรวจวัด การศึกษานี้ได้ทำการประเมินความถูกต้องการเปลี่ยนแปลงตามพื้นที่ของชุดข้อมูลความเข้มข้น PM2.5 ที่ใช้ข้อมูลนำเข้าข้อมูลตรวจวัดจากสถานีตรวจวัดของกรมควบคุมมลพิษ 15 สถานีในพื้นที่ศึกษาแล้วประมาณความเข้มข้น PM2.5 เป็นรายอำเภอด้วย VNA เปรียบเทียบเบื้องต้นกับชุดข้อมูลตรวจวัด Low cost sensor แบบ Light scattering ของ Climate Change Data Center of Chiangmai University จำนวน 8 สถานี ที่มีข้อมูลสมบูรณ์อย่างน้อย 75% ดังรายละเอียดในตารางภาคผนวก ก จากการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงตามพื้นที่ด้วยแผนที่การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นพบว่า ค่าความเข้มข้น PM2.5 ที่ตรวจวัดจาก Low cost sensor ในแต่ละพื้นที่ส่วนใหญ่มีค่าความเข้มข้น PM2.5 สูงกว่าค่าความเข้มข้น PM2.5 ได้จากการประมาณค่าด้วย VNA ดังแสดงในภาคผนวก ข และ ค จากการหาความสัมพันธ์การเปลี่ยนแปลงตามพื้นที่โดย Spatial correlation coefficient ได้ค่าเท่ากับ 0.301 แสดงให้เห็นว่าค่าความเข้มข้น PM2.5 ได้จากการประมาณค่าด้วย VNA และค่าความเข้มข้น PM2.5 ที่ตรวจวัดจาก Low cost sensor ในแต่ละพื้นที่ มีความสัมพันธ์เชิงบวกแต่ไม่สูงมาก แสดงให้เห็นว่าค่าประมาณด้วย VNA สามารถประมาณได้ดีระดับหนึ่ง มีขนาดและการเปลี่ยนแปลงตามพื้นที่สอดคล้องกับการตรวจวัด Low cost sensor อย่างไรก็ตามการตรวจวัดด้วย Low cost sensor อาจมีความคลาดเคลื่อนในการตรวจวัด การประเมินนี้จึงเป็นการประเมินเบื้องต้น ซึ่งควรมีจุดตรวจวัดที่มีคุณภาพครอบคลุมการเปลี่ยนแปลงมากขึ้น

ข้อมูลความเข้มข้นของ PM2.5 ในจังหวัดพะเยา มีการขาดหายไปของข้อมูล PM2.5 ในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนมิถุนายน ในปี 2562 ซึ่งอาจเกิดความคลาดเคลื่อนของข้อมูล PM2.5 ในจังหวัดพะเยา จากการศึกษาค่าเฉลี่ยรายวันฝุ่นละออง PM2.5 ในแต่ละจังหวัดภาคเหนือตอนบน พบว่าทั้ง 9 จังหวัดภาคเหนือภาคเหนือมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้น PM2.5 เฉลี่ยรายวันที่สอดคล้องกันโดยมีค่าความเข้มข้น PM2.5 สูงเกินค่ามาตรฐาน คุณภาพอากาศในประเทศไทยและองค์การอนามัยโลก ในช่วงกลางเดือนมีนาคม ถึงกลางเดือนพฤษภาคม ยกเว้นช่วงเดือนมิถุนายน – เดือนพฤศจิกายน ที่มีค่าความเข้มข้น PM2.5 ต่ำเกินค่ามาตรฐาน ประกอบกับโปรแกรม BenMAP-CE สามารถประมาณค่าความเข้มข้น PM2.5

ในจังหวัดพะเยาที่ขาดหายไป จากค่าเฉลี่ยพื้นที่ใกล้เคียง (Voronoi Neighborhood Averaging : VNA) โดยคำนวณจากค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักแบบผกผันของข้อมูลจากสถานีที่อยู่ใกล้เคียงจังหวัดพะเยา อย่างไรก็ตามการใช้ VNA เป็นการประมาณค่าข้อมูล PM2.5 ในพื้นที่ที่ไม่มีข้อมูลเท่านั้น อาจพบความคลาดเคลื่อนของข้อมูลการประมาณค่า ควรรวบรวมข้อมูลการตรวจวัดคุณภาพอากาศให้ครอบคลุมพื้นที่มากขึ้น

ในแง่ของการประเมินผลกระทบของ PM2.5 ต่อสุขภาพ ค่าสัมประสิทธิ์สำหรับฟังก์ชันผลกระทบต่อสุขภาพถือเป็นปัจจัยที่สำคัญในการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ การประมาณค่าสัมประสิทธิ์สำหรับฟังก์ชันผลกระทบต่อสุขภาพ ควรเลือกใช้ค่าความเสี่ยงสัมพัทธ์ (RR) ที่เหมาะสมกับประชาชนภาคเหนือตอนบน ในการศึกษานี้ได้กำหนดหลักเกณฑ์การเลือกใช้การค่าความเสี่ยงสัมพัทธ์ (RR) จากการศึกษาตามหลักเกณฑ์ได้เลือกใช้ค่าความเสี่ยงสัมพัทธ์ในประชากรเชียงใหม่ในการศึกษาของ Pothirat, et al. (2019 a) ซึ่งเป็นการศึกษาในพื้นที่ศึกษาในภาคเหนือประเทศไทย จึงเป็นค่าที่เหมาะสมดีเนื่องจากมีแหล่งกำเนิดมลพิษหลักใกล้เคียงกัน และประชากรมีลักษณะร่างกาย การใช้ชีวิตความเป็นอยู่ การได้รับบริการทางสุขภาพใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตามเป็นการศึกษาเพียงจังหวัดเดียวในภาคเหนือตอนบนเท่านั้น ในการเลือกใช้ค่าความเสี่ยงสัมพัทธ์ (RR) ต่อประชาชนภาคเหนือตอนบนที่ดียิ่งขึ้น ควรมีการศึกษากลุ่มประชากรทั้ง 9 จังหวัดภาคเหนือตอนบน ในทางระบาดวิทยาที่เกี่ยวข้องกับความเข้มข้นของสารก่อมลพิษกับผลลัพธ์ด้านสุขภาพ เนื่องจากเป็นการศึกษาความเข้มข้นของสารก่อมลพิษกับผลลัพธ์ด้านสุขภาพในกลุ่มประชากรเดียวกันโดยเฉพาะ ซึ่งประชาชนกลุ่มนี้จะมีพฤติกรรม การรับรู้การเจ็บป่วย และการรับสัมผัส PM 2.5 จากแหล่งกำเนิดเดียวกันและมีการรับสัมผัสที่ใกล้เคียงกัน และในการศึกษาทางระบาดวิทยาควรคำนึงถึงความแปรปรวนร่วมของการตายอื่น ๆ ที่อาจช่วยให้ได้ข้อมูลเชิงลึก เช่น อายุ , การสูบบุหรี่/ไม่สูบบุหรี่, การดื่มแอลกอฮอล์, ความดันโลหิตสูงและภาวะสุขภาพอื่นๆ เป็นต้น เพื่อให้การกำหนดค่าการตอบสนองของความเข้มข้นเฉพาะในภาคเหนือตอนบนแม่นยำยิ่งขึ้นและลดความไม่แน่นอน

บทที่ 5

บทสรุป

ในการศึกษาการประเมินผลกระทบของ PM2.5 ต่อสุขภาพประชาชนภาคเหนือตอนบนประเทศไทย มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบผลกระทบสุขภาพของ PM 2.5 ต่อสุขภาพประชาชนภาคเหนือตอนบน โดยทำการศึกษาผลกระทบสุขภาพจากสัมผัส PM2.5 ระยะสั้น (Short term exposure) ของการเสียชีวิตจากทุกกลุ่มโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุ โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง โรคหลอดเลือดหัวใจ และการติดเชื้อในกระแสเลือด ของการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเพิ่มขึ้นของ PM2.5 ค่าเฉลี่ยรายวันกับการเสียชีวิตที่เปลี่ยนแปลงไปในจังหวัดเชียงใหม่ ภาคเหนือประเทศไทย ช่วงอายุตั้งแต่ 18 ปีขึ้นไป โดยทำการศึกษาในปี พ.ศ.2562 ของกรณีระดับ PM2.5 มีการควบคุมให้ลดลงมาที่ระดับมาตรฐาน PM2.5 ประเทศไทย และคำแนะนำมาตรฐาน PM2.5 ปี พ.ศ. 2564 ของ World Health Organization (WHO) (World Health Organization, 2021) และทำการประเมินผลกระทบของ PM2.5 ต่อสุขภาพประชาชนภาคเหนือตอนบนประเทศไทย โดย The Environmental Mapping and Analysis Program (BenMAP-CE) ซึ่งผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

จากการประเมินผลกระทบของ PM2.5 ต่อสุขภาพประชาชนภาคเหนือตอนบนโดยใช้ The Environmental Mapping and Analysis Program (BenMAP-CE) พบว่า ในสถานการณ์ควบคุมตามมาตรการ กรมควบคุมมลพิษของประเทศไทย ที่กำหนดค่ามาตรฐานฝุ่นละออง PM2.5 เฉลี่ย 24 ชั่วโมงที่ 50 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร สามารถหลีกเลี่ยงการเสียชีวิตจากทุกโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุ 1,680.31 ราย โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง 117.21 ราย โรคหลอดเลือดหัวใจ 51.20 ราย และการติดเชื้อในกระแสเลือด 237.43 ราย ในสถานการณ์ควบคุมตามระดับค่าเป้าหมายระหว่างทาง ระดับที่ 3 ของ WHO ที่กำหนดค่ามาตรฐานฝุ่นละออง PM2.5 เฉลี่ย 24 ชั่วโมงที่ 37.5 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร สามารถหลีกเลี่ยงการเสียชีวิตจากทุกโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุ 1,872.81 ราย โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง 130.90 ราย โรคหลอดเลือดหัวใจ 57.58 ราย และการติดเชื้อในกระแสเลือด 265.82 ราย ในสถานการณ์ควบคุมตามระดับค่าเป้าหมายระหว่างทาง ระดับที่ 4 ของ WHO ที่กำหนดค่ามาตรฐานฝุ่นละออง PM2.5 เฉลี่ย 24 ชั่วโมงที่ 25 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร สามารถหลีกเลี่ยงการเสียชีวิตจากทุกโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุ 2,040.62 ราย โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง 141.63 ราย โรคหลอดเลือดหัวใจ 62.31 ราย และการติดเชื้อในกระแสเลือด 288.46 ราย และในสถานการณ์ควบคุมตามระดับค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศของ WHO ที่กำหนดค่ามาตรฐานฝุ่นละออง PM2.5 เฉลี่ย 24 ชั่วโมงที่ 15 ไมโครกรัม/

ลูกบาศก์เมตร สามารถหลีกเลี่ยงการเสียชีวิตจากทุกกลุ่มโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุ 2,177.69 ราย โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง 150.27 ราย โรคหลอดเลือดหัวใจ 66.13 ราย และการติดเชื้อในกระแสเลือด 306.81 ราย

การควบคุมลดระดับ PM2.5 มาที่ค่ามาตรฐานที่สูงขึ้นทำให้ช่วยหลีกเลี่ยงการเสียชีวิตที่มากขึ้น การเพิ่มการควบคุมสถานการณ์จากที่ค่ามาตรฐานฝุ่นละออง PM2.5 เฉลี่ย 24 ชั่วโมงที่ 50 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร เป็น 15 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร สามารถหลีกเลี่ยงการเสียชีวิตจากทุกโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุ โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง โรคหลอดเลือดหัวใจ และการติดเชื้อในกระแสเลือด 1,680.31 117.21 51.20 และ 237.43 ราย เป็น 2,177.69 150.27 66.13 และ 306.81 ราย ตามลำดับ

ในการประเมินผลกระทบของ PM2.5 ต่อสุขภาพประชาชนภาคเหนือตอนบน ในกรณีระดับ PM2.5 มีการควบคุมระดับมาตรฐาน PM2.5 ทั้ง 1 – 4 สถานการณ์ จังหวัดที่มีจำนวนประชากรหลีกเลี่ยงการเสียชีวิตทุกกลุ่มโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุ โรคหลอดเลือดหัวใจ (CAD) และการติดเชื้อในกระแสเลือด (Sepsis) มากที่สุด คือ จังหวัดเชียงใหม่ (อำเภอเมืองเชียงใหม่มากที่สุด) จังหวัดเชียงราย (อำเภอเมืองเชียงรายมากที่สุด) และจังหวัดลำปาง (อำเภอเมืองลำปางมากที่สุด) ตามลำดับ เนื่องจากจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และลำปาง มีประชากรจำนวนมาก โดยประชากรสามจังหวัดรวมกันมีจำนวนประมาณ 50% ของภาคเหนือตอนบน และความเข้มข้นมลพิษอากาศ PM2.5 สูง เมื่อมีการควบคุมระดับมาตรฐาน PM2.5 ลง จึงทำให้มีค่าการเปลี่ยนแปลงของมลพิษทางอากาศสูง และจังหวัดที่มีจำนวนประชากรหลีกเลี่ยงการเสียชีวิตจากโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (COPD) มากที่สุด คือ จังหวัดน่าน (อำเภอเมืองน่านมากที่สุด) จังหวัดเชียงราย (อำเภอเมืองเชียงรายมากที่สุด) และจังหวัดลำปาง (อำเภอเมืองลำปางมากที่สุด) ตามลำดับ เนื่องจากจังหวัดน่าน เชียงราย และลำปาง มีอัตราอุบัติการณ์ของการเสียชีวิตจากโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (COPD) สูง

สำหรับความเสี่ยงผลกระทบต่อสุขภาพจาก PM2.5 เมื่อพิจารณาปริมาณการเสียชีวิตต่อแสนประชากรในแต่ละจังหวัดภาคเหนือตอนบน พบว่าความเสี่ยงการเสียชีวิตทุกกลุ่มโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุต่อแสนประชากรสูงในจังหวัดลำพูน เชียงใหม่ และแพร่ ตามลำดับ เนื่องจากจังหวัดลำพูน เชียงใหม่ และแพร่ มีอัตราอุบัติการณ์ของการเสียชีวิตจากทุกกลุ่มโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุสูง จังหวัดที่มีอัตราการเสียชีวิตจากโรคหลอดเลือดหัวใจ (CAD) ต่อแสนประชากรสูง ในจังหวัดเชียงใหม่ พะเยา และลำปาง ตามลำดับ เนื่องจากจังหวัดเชียงใหม่ พะเยา และลำปาง มีอัตราอุบัติการณ์ของการเสียชีวิตจากโรคหลอดเลือดหัวใจสูง จังหวัดที่มีอัตราการเสียชีวิตจากโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (COPD) ต่อแสนประชากรสูง ในจังหวัดน่าน แพร่

และลำปาง ตามลำดับ เนื่องจากจังหวัดน่าน แพร่ และลำปาง มีอัตราอุบัติการณ์ของการเสียชีวิตจากโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังสูง และจังหวัดที่มีอัตราการเสียชีวิตจากการติดเชื้อในกระแสเลือด (Sepsis) ต่อแสนประชากรสูง ในจังหวัดลำปาง เชียงใหม่ และลำพูน ตามลำดับ เนื่องจากจังหวัดลำปาง เชียงใหม่ และลำพูน มีอัตราอุบัติการณ์ของการเสียชีวิตจากการติดเชื้อในกระแสเลือดสูง นอกจากนี้ยังเนื่องจากความเข้มข้น PM2.5 สูงในจังหวัด เชียงราย แม่ฮ่องสอน เชียงใหม่ ลำพูน และ แพร่ ซึ่งพบความเข้มข้น PM2.5 เฉลี่ยรายปีมากกว่าค่าเฉลี่ยของทั้งภาคเหนือ

จากการประเมินผลกระทบของ PM2.5 ต่อสุขภาพประชาชนภาคเหนือตอนบน ในกรณีระดับ PM2.5 มีการควบคุมระดับมาตรฐาน PM2.5 ลง ซึ่งให้เห็นว่าจังหวัดที่มีจำนวนประชากรมาก จะสามารถหลีกเลี่ยงการเสียชีวิตในแต่ละโรคได้มากที่สุด เช่น จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และลำปาง แต่เมื่อพิจารณาอัตราผลกระทบของ PM2.5 ต่อสุขภาพต่อแสนประชากรในแต่ละจังหวัดภาคเหนือตอนบน จะเห็นว่าจังหวัดที่มีการเปลี่ยนแปลงของมลพิษทางอากาศสูง ประกอบกับมีอัตราอุบัติการณ์ของการเสียชีวิตในแต่ละโรคสูง จะสามารถหลีกเลี่ยงการเสียชีวิตในแต่ละโรคได้มากที่สุด เช่น จังหวัดเชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง แพร่ น่าน พะเยา

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

จากผลการวิจัยพบว่าในกรณีที่มีการควบคุมหรือลดระดับ PM2.5 ลงมาตามประกาศเกณฑ์แนะนำคุณภาพอากาศขององค์การอนามัยโลก (WHO) และตามการควบคุมระดับค่าเป้าหมายระหว่างทาง ระดับที่ 3 และ 4 ของ WHO สามารถหลีกเลี่ยงการเสียชีวิตจากการเสียชีวิตจากทุกโรคที่ไม่ใช่อุบัติเหตุ โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง โรคหลอดเลือดหัวใจและการติดเชื้อในกระแสเลือด ได้มากกว่ากรณีที่มีการควบคุมหรือลดลงตามระดับมาตรฐาน PM2.5 ประเทศไทย ซึ่งเป็นค่าเดียวกันกับระดับค่าเป้าหมายระหว่างทาง ระดับที่ 2 ของ WHO ซึ่งการเสียชีวิตที่เปลี่ยนแปลงไปต่อระดับความเข้มข้น PM2.5 ที่ควบคุม สามารถนำไปประกอบการตัดสินใจในการปรับปรุงแก้ไขการกำหนดนโยบายหรือแผนการดำเนินการกำหนดเป้าหมายให้ระดับ PM2.5 ไม่เกินค่าที่แนะนำ เพื่อลดผลกระทบต่อชีวิตและสุขภาพของประชากรในประเทศไทย

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ข้อมูลการเสียชีวิตที่เกี่ยวข้องกับมลพิษอากาศ ควรได้รับการตรวจสอบและตัดสินใจโดยแพทย์เฉพาะทาง โดยอิงตาม ICD-10 เพื่อลดความคลาดเคลื่อนของการศึกษา

2. ควรเลือกใช้ค่าความเสี่ยงสัมพัทธ์ (RR) ที่ครอบคลุมกับประชาชนภาคเหนือตอนบน หรือมีการศึกษาข้อมูลการเสียชีวิตในแต่ละกลุ่มโรคในกลุ่มประชากรทั้ง 9 จังหวัดภาคเหนือตอนบน ในทางระบาดวิทยาที่เกี่ยวข้องกับความเข้มข้นของสารก่อมลพิษกับผลลัพธ์ด้านสุขภาพ เพื่อใช้สำหรับการประมาณค่าสัมประสิทธิ์สำหรับฟังก์ชันผลกระทบต่อสุขภาพที่เหมาะสมกับประชากรภาคเหนือประเทศไทย

3. ควรมีการตรวจวัดคุณภาพอากาศให้ครอบคลุมพื้นที่มากขึ้น เพื่อได้ข้อมูลครอบคลุมการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นมลพิษตามพื้นที่ หรืออาจใช้แบบจำลองคุณภาพอากาศช่วยในการคำนวณความเข้มข้นให้ละเอียดครอบคลุมมากขึ้น

4. ควรมีการศึกษาผลกระทบของมลพิษอากาศให้ครอบคลุมทั้งชนิดมลพิษอากาศที่สำคัญ เช่น โอโซน และ ครอบคลุมผลกระทบทั้งการเสียชีวิต การเจ็บป่วย ผลกระทบระยะสั้น ผลกระทบระยะยาว ครอบคลุมชนิดโรคที่ได้รับผลกระทบสำคัญจากมลพิษอากาศ



บรรณานุกรม

- กรมควบคุมมลพิษ. (2561). **โครงการศึกษาแหล่งกำเนิดและแนวทางการจัดการฝุ่นละออง ขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล**. ม.ป.ท.: ม.ป.พ.
- กรมควบคุมมลพิษ. (2562). **สรุปสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2561**. กรุงเทพมหานคร: ม.ป.พ.
- กรมควบคุมมลพิษ. (ม.ป.ป.). **ทำความเข้าใจ PM2.5**. สืบค้นเมื่อ 16 สิงหาคม 2564, จาก http://www.pcd.go.th/info_serv/air_pm25.html
- กรมควบคุมมลพิษ. (ม.ป.ป.). **มาตรฐานคุณภาพอากาศและเสียง**. สืบค้นเมื่อ 27 กันยายน 2564, จาก http://pcd.go.th/info_serv/reg_std_airsnd01.html
- กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. (2558). **คลังความรู้ อากาศ : มลพิษทางอากาศ**. สืบค้นเมื่อ 16 สิงหาคม 2564, จาก <https://datacenter.deqp.go.th/knowledge>
- กฤษฎาธร ทรัพย์อุไรรัตน์ และกุลธิดา บรรจงศิริ. (2563). ความสัมพันธ์เชิงปริมาณของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM10) และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) ของแต่ละภูมิภาคและฤดูกาล. **94 ว. วิทย. เทคโนโลยี. หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ**, 6(1), 94-103.
- กลุ่มฟ้าระวังฝุ่น จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2562). **เรียนรู้ อยู่กับฝุ่น PM2.5 (สุขภาพ)**. สืบค้นเมื่อ 16 สิงหาคม 2564, จาก <http://libmpy.krookorsornor.com/ebook.php?n=415>
- กองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง. (ม.ป.ป.). **ข้อมูลดัชนีคุณภาพอากาศ**. สืบค้นเมื่อ 16 สิงหาคม 2564, จาก http://air4thai.pcd.go.th/webV2/aqi_info.php
- ขจรศักดิ์ โสภากาจารย์ และเพชร เฟื่องชัย. (2550). **โครงการสำรวจปริมาณฝุ่นในอากาศภายในจังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดลำพูน**. สืบค้นเมื่อ 16 สิงหาคม 2564, จาก <http://search.lib.cmu.ac.th/search/?searchtype=.&searcharg=b1426747>
- ชนิษฐา ชัยรัตนาวรรณ และณัฐพศุทธิ์ ภัทธีราลินสิริ. (2563). แหล่งกำเนิด ผลกระทบและแนวทางการจัดการฝุ่นละออง PM2.5 บริเวณภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย. **วารสารสมาคมนักวิจัย**, 25(1), 461-474.
- จินตนา ประชุมพันธ์. (2561). PM2.5 ฝุ่นละอองขนาดเล็กในอากาศกับวิกฤตสุขภาพที่คนไทยจะต้องแลก. **The Standard**. สืบค้นเมื่อ 16 สิงหาคม 2561, จาก <https://thestandard.co/pm-2-5-environmental-nano-pollutants/>

- दनัย ชีวันดา, เบญจวรรณ ธวัชสุภา, กรวิภา ปุณณศิริ, ทิพย์กมล ภูมิพันธ์ และณัฐกานต์ ฉัตรวิไล. (2564). การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างมลพิษทางอากาศกับการเข้ารับบริการแผนกผู้ป่วยนอกและการเสียชีวิตของประเทศไทย. **วารสารการส่งเสริมสุขภาพและอนามัยสิ่งแวดล้อม**, 44(3), 103–114.
- ปฎิพัทธ์ วงศ์เรือง. (2555). การเปลี่ยนแปลงของการระบายมลพิษอากาศจากการเผาในที่โล่งในเขตภาคเหนือ ประเทศไทย. การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง วศ.ม., มหาวิทยาลัยพะเยา, พะเยา.
- พรวิฑู ฤทธิพนธ์. (ม.ป.ป.). **PM2.5 กับอุตสาหกรรม**. สืบค้นเมื่อ 16 สิงหาคม 2564, จาก <https://www.diw.go.th/hawk/job/%E0%B8%9A%E0%B8%97%E0%B8%84%E0%B8%A7%E0%B8%B2%E0%B8%A1%20PM2.5.pdf>
- สมพร จันทระ. (2563). **คุณภาพอากาศและสถานการณ์หมอกควันในจังหวัดเชียงใหม่**. สืบค้นเมื่อ 11 มีนาคม 2563, จาก <https://www.cmu.ac.th/th/article/e2d66ce5-27bb-4e2f-a5fb-b16b7fb5d7a4>
- สมพร จันทระ, ชาคริต โชติอมรศักดิ์ และว่าน วิริยา. (2561). **การติดตามตรวจสอบการเผาในที่โล่งในภาคเหนือของประเทศไทย สำหรับการประเมินการปล่อยและการเคลื่อนที่ของมลพิษทางอากาศเพื่อการวางแผนการจัดการปัญหาหมอกควัน**. สืบค้นเมื่อ 30 กรกฎาคม 2563, จาก http://digital.library.tu.ac.th/tu_dc/frontend/Info/item/dc:52688
- โอบาส เจริญคุณ และโกศล โภคาเทพ. (2559). **มลพิษอากาศ**. สืบค้นเมื่อ 16 สิงหาคม 2564, จาก <https://sites.google.com/site/532434industrialair/home>
- Ballesteros González, K., Sullivan, A. P. and Morales Betancourt, R. (2020). **Estimating the air quality and health impacts of biomass burning in northern South America using a chemical transport model**. Retrieved August 16, 2021, from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969720332757>
- Cao, J., Yang, C., Li, J., Chen, R., Chen, B. and Gu, D. (2011). Association between long-term exposure to outdoor air pollution and mortality in China: A cohort study. **J. Hazard. Mater.**, 186, 1594–1600.
- Chen, G. Guo, Y. Yue, X. Tong, S. Gasparrini, A. Bell, L. M., et al. (2021). Mortality risk attributable to wildfire-related PM2.5 pollution: a global time series study in 749 locations. **Lancet Planet Health**, 5(9), 579–587.

- Cheng, Y. Lee, S. Gu, Z. Ho, K. Zhang, Y. Huang, Y., et al. (2015). PM_{2.5} and PM_{10-2.5} chemical composition and source apportionment near a Hong Kong roadway. **Particuology**, 18, 96–104.
- Chi, N. N. H. and Oanh, N. T. K. (2021). **Photochemical smog modeling of PM_{2.5} for assessment of associated health impacts in crowded urban area of Southeast Asia**. Retrieved August 20, 2021, from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352186420315418>
- Du, Y., Xu, X., Chu, M., Guo, Y. and Wang, J. (2016). Air particulate matter and cardiovascular disease: the epidemiological, biomedical and clinical evidence. **J Thorac Dis**, 8(1), E8–E19.
- Fold, R. N. Allison, R. M. Wood, C. B. Thao, T. B. P. Bonnet, S. Garivait, S., et al. (2020). An Assessment of Annual Mortality Attributable to Ambient PM_{2.5} in Bangkok, Thailand. **Int J Environ Res Public Health**, 17(19), 7298.
- Hassana, A. Ilyasa, Z. S. Agathopoulosb, S. Hussainc, M. S. Jalila, A. Ahmeda, S., et al. (2021). Evaluation of adverse effects of particulate matter on human life. **Heliyon**, 7(2), 1–5.
- Janta, R., Chi, S. K., Yamaguchi, R., Sopajaree, K., Pongpiachan, S. and Chetiyankornkul, T. (2020). Ambient PM_{2.5}, polycyclic aromatic hydrocarbons and biomass burning tracer in Mae Sot District, western Thailand. **Atmospheric Pollution Research**, 11(1), 27–39.
- Karanasiou, A., Alastuey, A., Amato, F., Renzi, M., Stafoggia, M. and Tobias, A. (2021). Short-term health effects from outdoor exposure to biomass burning emissions: A review. **Science of The Total Environment**, 781(1), 1–21.
- Landrigan, J. P., Fisher, S., Kenny, E. M., Gedeon, B., Bryan, L. and Mu, J. (2022). A replicable strategy for mapping air pollution's community-level health impacts and catalyzing prevention. **Environmental Health**, 2020(21), 70.
- Limaye, S. V., Schöpp, W. and Amann, M. (2019). Applying Integrated Exposure–Response Functions to PM_{2.5} Pollution in India. **Int J Environ Res Public Health**, 16(1), 60.
- Linh Nguyen, T. N., Pimonsree, S., Prueksakorn, K., Bich Thao, P. T. and Vongruang, P. (2022). Public health and economic impact assessment of PM_{2.5} from open biomass

burning over countries in mainland Southeast Asia during the smog episode.

Atmospheric Pollution Research **13**, 13(6), 1–22.

Lu, F. Xu, D. Cheng, Y. Dong, S. Guo, C. Jiang, X., et al. (2015). Systematic review and meta-analysis of the adverse health effects of ambient PM_{2.5} and PM₁₀ pollution in the Chinese population. **Environmental Research**, **136**, 196–204.

Luo, G., Zhang, L., Hu, X. and Qiu, R. (2020). **Quantifying public health benefits of PM_{2.5} reduction and spatial distribution analysis in China**. Retrieved August 16, 2021, from https://www.researchgate.net/publication/339367753_Quantifying_public_health_benefits_of_PM25_reduction_and_spatial_distribution_analysis_in_China

Mueller, W., Vardoulakis, S., Steinle, S., Loh, M., Johnston, J. H. and Precha, N. (2021). A health impact assessment of long-term exposure to particulate air pollution in Thailand. **Environmental Research Letters** **16**(5), 1–9.

Mueller, W., Vardoulakis, S., Steinle, S., Loh, M., Johnston, J. H. and Precha, N. (2021). **A health impact assessment of long-term exposure to particulate air pollution in Thailand**. Retrieved July 30, 2021, from <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/abe3ba>

Orellano, P., Reynoso, J., Quaranta, N., Bardach, A. and Ciapponi, A. (2020). Short-term exposure to particulate matter (PM₁₀ and PM_{2.5}), nitrogen dioxide (NO₂), and ozone (O₃) and all-cause and cause-specific mortality: Systematic review and meta-analysis. **Environment International**, **142**(1), 1–15.

Pimonsree, S. and Vongruang, P. (2018). Impact of biomass burning and its control on particulate matter over a city in mainland Southeast Asia during a smog episode. **Atmospheric Environment**, **2018**, 196–209.

Pinichka, C., Inchai, P., Makka, N., Sukkumnoed, D., Chariyalertsak, S. and Bundhamcharoen, K. (2017). **Burden of disease attributed to ambient air pollution in Thailand: A GIS-based approach**. Retrieved July 30, 2021, from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5739428/>

Pope, C. A. Burnett, R. T. Thun, M. J. Calle, E. E. Krewski, D. Ito, K., et al. (2020). Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air

- pollution. **J. Am. Med. Assoc.**, 287(9), 1132–1141.
- Pothirat, C., Chaiwong, W., Liwsrisakun, C., Bumroongkit, C., Deesomchok, A. and Theerakittikul, T. (2019 a). The short-term associations of particular matter on non-accidental mortality and causes of death in Chiang Mai, Thailand: a time series analysis study between 2016–2018. **International Journal of Environmental Health Research**, 31(5), 538–547.
- Pothirat, C. Chaiwong, W. Liwsrisakun, C. Bumroongkit, C. Deesomchok, A. Theerakittikul, T., et al. (2019 b). Acute effects of air pollutants on daily mortality and hospitalizations due to cardiovascular and respiratory diseases. **J Thorac Dis**, 11(7), 3070–3083.
- Punsomponga, P., Pani, K. S., Wang, H. S. and Pham, T. B. T. (2021). **Assessment of biomass-burning types and transport over Thailand and the associated health risks**. Retrieved August 19, 2021, from https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1352231020309067?dgcid=rs_s_sd_all
- Qu, Y. Pan, Y. Niu, H. He, Y. Li, M. Li, L., et al. (2018). Short-term effects of fine particulate matter on non-accidental and circulatory diseases mortality: A time series study among the elder in Changchun. **PLoS ONE**, 13(12), 1–12.
- Safari, Z., Fouladi Fard, R., Vahedian, M., Mahmoudian, H. M., Rahbar, A. and Fiore, M. (2022). Health impact assessment and evaluation of economic costs attributed to PM2.5 air pollution using BenMAP-CE. **International Journal of Biometeorology**, 66, 1891–1902.
- Shi, Y. Zhao, A. Matsunaga, T. Yamaguchi, Y. Zang, S. Li, Z., et al. (2018). **Underlying causes of PM2.5-induced premature mortality and potential health benefits of air pollution control in South and Southeast Asia from 1999 to 2014**. Retrieved August 20, 2021, from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412018318245>
- Song, X. Liu, Y. Hu, Y. Zhao, X. Tian, J. Ding, G., et al. (2016). Short-Term Exposure to Air Pollution and Cardiac Arrhythmia: A Meta-Analysis and Systematic Review. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, 13(7),

642.

- Tian, Q. Li, M. Montgomery, S. Fang, B. Wang, C. Xia, T., et al. (2020). Short-Term Associations of Fine Particulate Matter and Synoptic Weather Types with Cardiovascular Mortality: An Ecological Time-Series Study in Shanghai, China. **Int J Environ Res Public Health**, 17(3), 1–14.
- U.S. Environmental Protection Agency. (2020). **Benefits Mapping and Analysis Program (BenMAP)**. Retrieved August 16, 2021, from <https://www.epa.gov/benmap/how-benmap-ce-estimates-health-and-economic-effects-air-pollution>
- Vongruang, P. and Pimonsree, S. (2020). Biomass burning sources and their contributions to PM10 concentrations over countries in mainland Southeast Asia during a smog episode. **Atmospheric Environment**, 2020.
- World Health Organization. (2021). **WHO global air quality guidelines**. Retrieved February 7, 2022, from <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>





ภาคผนวก

ภาคผนวก ก ข้อมูลจุดตรวจวัด PM2.5 Low-cost sensors ในปี 2562

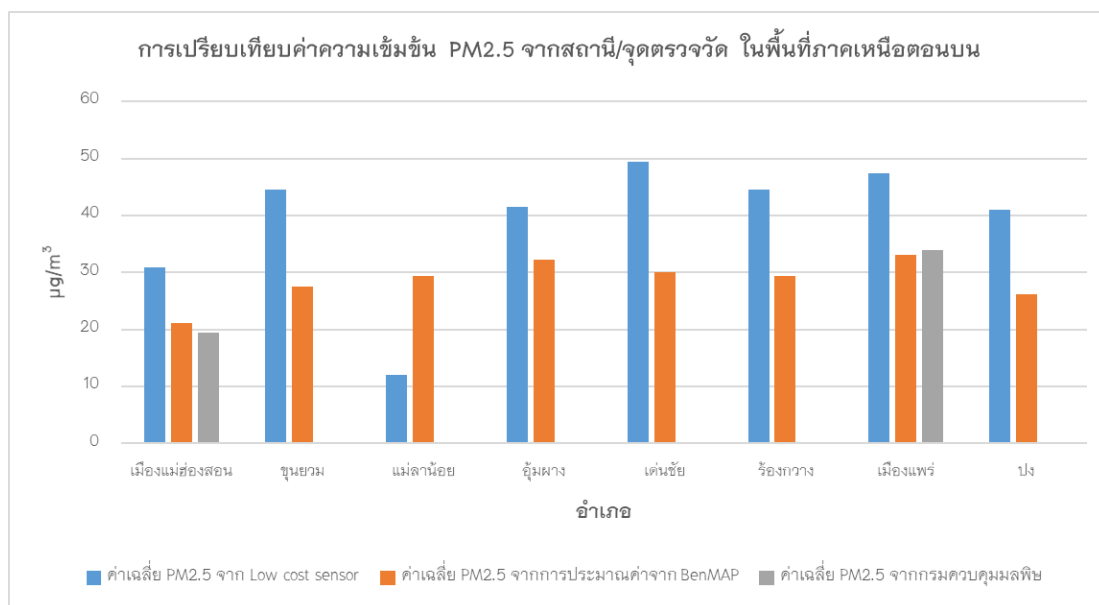
ตาราง 21 ข้อมูลจุดตรวจวัด PM2.5 Low-cost sensors ในปี 2562

สถานีที่มีข้อมูลตรวจวัด ปี 2019	อำเภอ	จังหวัด	วันที่มีข้อมูล	% จำนวนวันที่มีข้อมูล
โรงพยาบาลธัญญารักษ์ แม่ฮ่องสอน	เมือง	แม่ฮ่องสอน	51	83.61
รพ.สต.นาปู่ป้อม ต.นาปู่ป้อม อ.ปางมะผ้า	ปางมะผ้า	แม่ฮ่องสอน	19	31.15
รพ.สต. ต่อแพ จ. แม่ฮ่องสอน	ขุนยวม	แม่ฮ่องสอน	52	85.25
รพ.สต. เมืองน้อย จ. แม่ฮ่องสอน	ปาย	แม่ฮ่องสอน	18	29.51
รพ.สต. บ้านกองก่อย จ. แม่ฮ่องสอน	สบเมย	แม่ฮ่องสอน	26	42.62
โรงพยาบาลแม่ลาน้อย จ. แม่ฮ่องสอน	แม่ลาน้อย	แม่ฮ่องสอน	49	80.33
รพ.สต.แม่ลาหลวง ต.แม่ลาหลวง อ.แม่ลาน้อย	แม่ลาหลวง	แม่ฮ่องสอน	37	60.66
รพ.แม่สอด ต.แม่สอด อ.แม่สอด	แม่สอด	ตาก	11	18.03
โรงพยาบาลท่าสองยาง จ. ตาก	ท่าสองยาง	ตาก	13	21.31
รพ.วังเจ้า ต.เชียงทอง อ.วังเจ้า จ.ตาก	วังเจ้า	ตาก	40	65.57
โรงพยาบาลบ้านตาก	บ้านตาก	ตาก	6	9.84
รพ.อุ้มผาง ต.อุ้มผาง อ.อุ้มผาง จ.ตาก	อุ้มผาง	ตาก	48	78.69
โรงพยาบาลพบพระ จ. ตาก	พบพระ	ตาก	1	1.64
รพ.ลอง ต.ห้วยอ้อ อ.ลอง จ.แพร่	ลอง	แพร่	30	49.18
รพ.สต. ไทรย้อย ต.แม่จี่วะ อ.เด่นชัย จ.แพร่	เด่นชัย	แพร่	50	81.97

ตาราง 21 (ต่อ)

สถานีที่มีข้อมูลตรวจวัด ปี 2019	อำเภอ	จังหวัด	วันที่มีข้อมูล	% จำนวนวันที่มีข้อมูล
รพ. ร้อยกวาง ต. ร้อยเข็ม อ. ร้อยกวาง จ. แพร่	ร้อยกวาง	แพร่	54	88.52
โรงพยาบาลแพร่	เมือง	แพร่	53	86.89
โรงพยาบาลปง จ. พะเยา	ปง	พะเยา	54	88.52
รพ. พะเยา ต. บ้านต๋อม อ. เมืองพะเยา จ. พะเยา	เมือง	พะเยา	41	67.21
โรงพยาบาลจุน จ. พะเยา	จุน	พะเยา	13	21.31
โรงพยาบาลเชียงคำ จ. พะเยา	เชียงคำ	พะเยา	46	75.41
สสอ. ภูซาง ต. ป่าสัก อ. ภูซาง จ. พะเยา	ภูซาง	พะเยา	4	6.56
รพ. เชียงม่วน ต. เชียงม่วน อ. เชียงม่วน จ. พะเยา	เชียงม่วน	พะเยา	7	11.48
ต. หลวงเหนือ อ. งาว จ. ลำปาง	งาว	ลำปาง	16	26.23

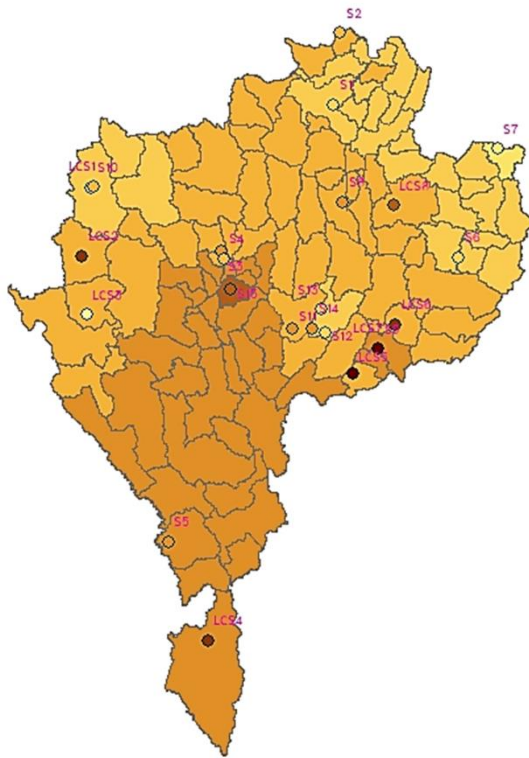
ภาคผนวก ข การเปรียบเทียบค่าความเข้มข้น PM2.5 จากสถานี/จุดตรวจวัดในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน



ภาพ 42 การเปรียบเทียบค่าความเข้มข้น PM2.5 จากสถานี/จุดตรวจวัดในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน



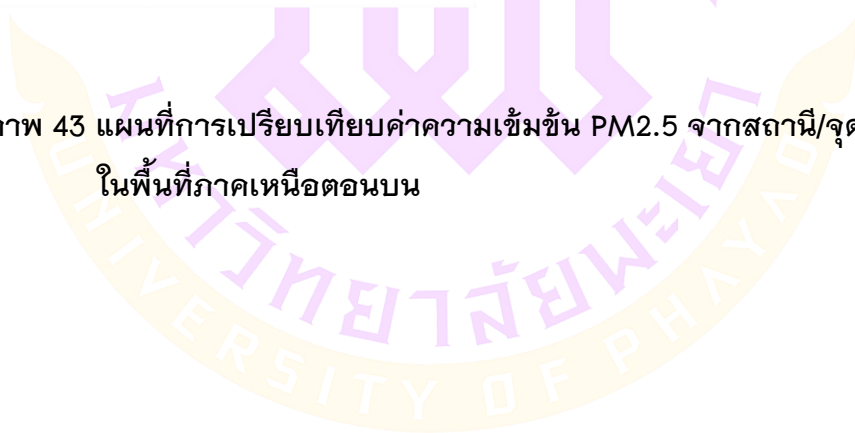
ภาคผนวก ค แผนที่การเปรียบเทียบค่าความเข้มข้น PM2.5 จากสถานี/จุดตรวจวัด
ในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน



ตำแหน่งสถานีตรวจวัด/จุดตรวจวัด PM2.5

- S1 - (57T) สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดเชียงราย
- S2 - (73T) สำนักงานสาธารณสุขแม่สาย
- S3 - (35T) ศูนย์ราชการจังหวัดเชียงใหม่
- S4 - (36T) โรงเรียนยุพราชวิทยาลัย
- S5 - (76T) ศูนย์การศึกษาออกโรงเรียน จ.ตาก
- S6 - (67T) สำนักงานเทศบาลเมืองน่าน
- S7 - (75T) โรงพยาบาลเฉลิมพระเกียรติ จ.น่าน
- S8 - (70T) สนามกีฬาจังหวัดพะเยา
- S9 - (69T) อุทยานวิทยาจังหวัดแพร่
- S10 - (58T) สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดแม่ฮ่องสอน
- S11 - (37T) สถานีอุตุนิยมวิทยาลำปาง
- S12 - (38T) โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านสบป่าด
- S13 - (39T) โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลท่าลี่
- S14 - (40T) การประปาส่วนภูมิภาคแม่เมาะ
- S15 - (68T) อุทยานวิทยาจังหวัดลำพูน
- LCS1 - โรงพยาบาลชัยภูมิ อ.เมือง
- LCS2 - รพ.สต. ต่อแพ อ.ขุนยวม
- LCS3 - โรงพยาบาลแม่ลาน้อย อ.แม่ลาน้อย
- LCS4 - โรงพยาบาลลุ่มผาง อ.ลุ่มผาง
- LCS5 - รพ.สต. ไทรย้อย อ.เด่นชัย
- LCS6 - โรงพยาบาลร่องกวาง อ.ร่องกวาง
- LCS7 - โรงพยาบาลแพร่ อ.เมือง
- LCS8 - โรงพยาบาลปง อ.เมือง

ภาพ 43 แผนที่การเปรียบเทียบค่าความเข้มข้น PM2.5 จากสถานี/จุดตรวจวัด
ในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน



ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	รวิวรรณ อินน้อย
วัน เดือน ปี เกิด	14 พฤษภาคม 2540
สถานที่เกิด	จังหวัดน่าน
วุฒิการศึกษา	พ.ศ. 2562, วท.บ. (สาธารณสุข), มหาวิทยาลัย, พะเยา
ที่อยู่ปัจจุบัน	128 ม.7 ต.ตาลชุม อ.เวียงสา จ.น่าน 55110
ผลงานตีพิมพ์	รวิวรรณ อินน้อย (ผู้บรรยาย). (19 สิงหาคม 2565). การประเมินผลกระทบของ PM2.5 ต่อโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังของประชาชนภาคเหนือตอนบน ประเทศไทยในปี 2562 ในการประชุมวิชาการระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ครั้งที่ 5. (หน้า 544 – 552). กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

