

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายวันในอากาศกับการมารับการรักษาด้วยโรคกลุ่ม
ระบบทางเดินหายใจและระบบหลอดเลือด ณ โรงพยาบาลราชบุรี อ.เมือง จ.ราชบุรี



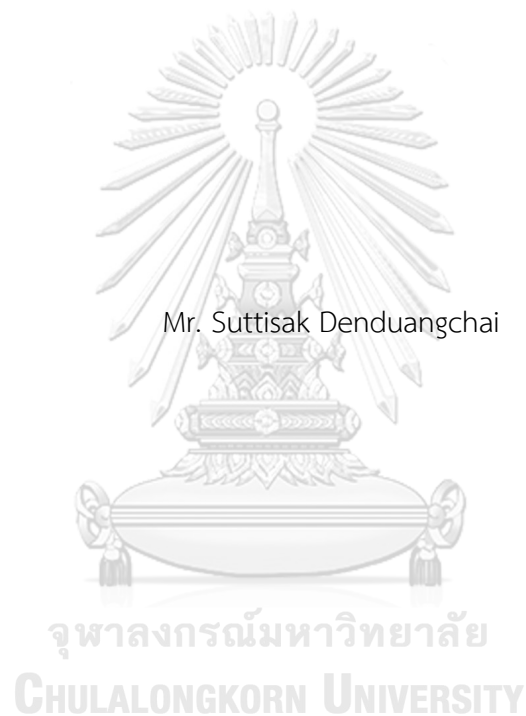
วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการวิจัยและการจัดการด้านสุขภาพ ภาควิชาเวชศาสตร์ป้องกันและสังคม

คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2563

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Correlation between the daily fine particulate matter (PM_{2.5}) level and the number of visits with respiratory and cardiovascular diseases at Ratchaburi hospital, Amphoe Meung, Ratchaburi province.



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Health Research and Management

Department of Preventive and Social Medicine

FACULTY OF MEDICINE

Chulalongkorn University

Academic Year 2020

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM _{2.5} รายวันใน อากาศกับการมารับการรักษาด้วยโรคกลุ่มระบบทางเดิน หายใจและระบบหลอดเลือด ณ โรงพยาบาลราชบุรี อ.เมือง จ.ราชบุรี
โดย	นายสุทธิศักดิ์ เต๋นดวงใจ
สาขาวิชา	การวิจัยและการจัดการด้านสุขภาพ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ศาสตราจารย์ ดร. นายแพทย์วิโรจน์ เจริญจรัสรังษี
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ศาสตราจารย์ ดร. นายแพทย์พงศ์เทพ วิวรรณนะเดช

คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะแพทยศาสตร์
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์สุทธิพงศ์ วัชรสินธุ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร. นายแพทย์พรชัย สิทธิศรัณย์กุล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ศาสตราจารย์ ดร. นายแพทย์วิโรจน์ เจริญจรัสรังษี)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ศาสตราจารย์ ดร. นายแพทย์พงศ์เทพ วิวรรณนะเดช)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สรันยา เฮงพระพรหม)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร. แพทย์หญิงฉันทนา ผดุงทศ)

สรุปศักดิ์ เด่นดวงใจ : ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ รายวันในอากาศกับการมารับ
การรักษาด้วยโรคกลุ่มระบบทางเดินหายใจและระบบหลอดเลือด ณ โรงพยาบาลราชบุรี อ.เมือง จ.
ราชบุรี. (Correlation between the daily fine particulate matter ($PM_{2.5}$) level and the
number of visits with respiratory and cardiovascular diseases at Ratchaburi hospital,
Amphoe Meung, Ratchaburi province.) อ.ที่ปรึกษาหลัก : ศ. ดร. นพ.วิโรจน์ เจียมจรัสรังษี, อ.
ที่ปรึกษาร่วม : ศ. ดร. นพ.พงศ์เทพ วิวัชรณะเดช

จังหวัดราชบุรีมีปัญหาฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ โดยช่วงปี พ.ศ. 2557 – 2563 มีระดับ $PM_{2.5}$ เฉลี่ยรายวันสูงกว่า
มาตรฐานกรมควบคุมมลพิษเฉลี่ยปีละ 40 วัน ซึ่ง $PM_{2.5}$ สามารถก่อให้เกิดโรกระบบการหายใจ ระบบหัวใจและหลอดเลือด
ได้ แต่ยังไม่มีการศึกษาถึงระดับ $PM_{2.5}$ และผลกระทบต่อสุขภาพในจังหวัดราชบุรีมาก่อน การศึกษานี้จึงมี
วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ รายวัน ในพื้นที่อำเภอเมืองราชบุรีกับการมารับ
รักษาด้วยโรคกลุ่มระบบการหายใจ และโรคกลุ่มระบบหัวใจและหลอดเลือด ที่แผนกฉุกเฉินโรงพยาบาลราชบุรี โดยการศึกษา
เป็นการศึกษาแบบอนุกรมเวลา ซึ่งใช้ข้อมูลระดับมลพิษอากาศจากกรมควบคุมมลพิษ ข้อมูลอุบัติเหตุจากกรม
อุบัติเหตุวิทยา และข้อมูลเวชระเบียนของผู้ที่มาแผนกฉุกเฉินระหว่างวันที่ 1 สิงหาคม 2557 ถึง 30 เมษายน 2563 และ
วิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยใช้ Generalized Linear Model

ระดับ $PM_{2.5}$ PM_{10} O_3 และ SO_2 มีค่าเฉลี่ยและสูงสุดรายวันเกินมาตรฐาน โดย $PM_{2.5}$ เฉลี่ยรายวันเกิน
มาตรฐานกรมควบคุมมลพิษเฉลี่ยปีละ 37 ± 11 วัน และเกินมาตรฐานองค์การอนามัยโลกเฉลี่ยปีละ 137 ± 36 วัน ผู้ป่วย
ที่มาแผนกฉุกเฉินมีทั้งหมด 38,377 ครั้ง โดยเป็นโรกระบบการหายใจ 26,762 ครั้งและโรกระบบหัวใจและหลอดเลือด
16,345 ครั้ง และในภาพรวมระดับ $PM_{2.5}$ เฉลี่ยรายวันที่เพิ่มขึ้นทุก $10 \mu g/m^3$ สัมพันธ์กับอัตราส่วนอุบัติการณ์ (IRR) การ
มาโรงพยาบาลด้วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังกำเริบเพิ่มขึ้น 1.06 เท่า (95% CI 1.01 - 1.11) ที่ 1 วันถัดไป โรคติดเชื้อทางเดิน
หายใจส่วนบนเพิ่มขึ้น 1.04 เท่า (95% CI 1.02 - 1.07) ที่ 6 วันถัดไป และกลุ่มอายุ 0 – 14 ปี และกลุ่มอายุ 65 ปีขึ้นไป
ที่มีโรคประจำตัวมีขนาดความสัมพันธ์ที่มากขึ้น จึงมีข้อเสนอแนะว่า ควรมีมาตรการควบคุมแหล่งกำเนิด $PM_{2.5}$ อย่าง
เคร่งครัดและต่อเนื่อง และในช่วงเวลาที่ระดับมลพิษอากาศสูงขึ้น หน่วยงานสาธารณสุขที่เกี่ยวข้องควรสื่อสารความเสี่ยง
และให้คำแนะนำกับประชาชนโดยเฉพาะกลุ่มเสี่ยงสูงในการปฏิบัติตนเองเพื่อลดการสัมผัส $PM_{2.5}$ และโรงพยาบาลควร
เตรียมทรัพยากรเพื่อรองรับกับจำนวนผู้ป่วยที่อาจเพิ่มขึ้นด้วย

สาขาวิชา	การวิจัยและการจัดการด้านสุขภาพ	ลายมือชื่อนิสิต
ปีการศึกษา	2563	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก
		ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม

6270071830 : MAJOR HEALTH RESEARCH AND MANAGEMENT

KEYWORD: Particulate matter PM_{2.5}, Cardiovascular diseases, Respiratory diseases, Emergency department visit

Suttisak Denduangchai : Correlation between the daily fine particulate matter (PM_{2.5}) level and the number of visits with respiratory and cardiovascular diseases at Ratchaburi hospital, Amphoe Meung, Ratchaburi province.. Advisor: Prof. WIROJ JIAMJARASRANGSI, M.D., M.P.H., Ph.D. Co-advisor: Prof. Phongtape Wiwatanadate, LL.B., M.D., Ph.D.

Ratchaburi province had PM_{2.5} pollution that, between 2014 – 2020, daily average PM_{2.5} level was higher than Thai pollution control department (Thai PCD) standard for 40 days per year averagely. PM_{2.5} was known to cause respiratory and cardiovascular diseases. Yet, there was no study of PM_{2.5} level and its health effects in Ratchaburi. So, the aim of this research was to study an association between the daily PM_{2.5} level of Meaung Ratchaburi district and daily emergency department (ED) visits at Ratchaburi hospital for respiratory and cardiovascular disease. This study was a time-series study using air pollution data from Thai PCD and meteorological data from Thai Meteorological Department and medical records of patients who visited the ED between 1 August 2014 – 30 April 2020. The analysis was done using Generalized linear model.

Daily average and maximum level of PM_{2.5}, PM₁₀, O₃ and SO₂ were higher than Thai PCD and WHO standards. On average, daily average PM_{2.5} level was higher than Thai PCD and WHO standards for 37 ± 11 days and 137 ± 36 days per year, respectively. Total ED visits were 38,377 visits, which 26,762 and 16,345 visits were for respiratory and cardiovascular diseases. Overall, a 10 µg/m³ increased of daily average PM_{2.5} level was associated with an increased ED visits for acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease (Lag 1; IRR 1.06 95% CI 1.01 -1.11) and upper respiratory tract infection (Lag 6; IRR 1.04 95%CI 1.02 – 1.07). Persons aged 0 – 14 years and more than 65 years with underlying diseases had greater magnitude of association. We suggest that PM_{2.5} source control measures should be continuously enforced. During periods of high level of air pollution, public health agencies should communicate the risk and advise citizens, especially high-risk ones, on how to reduce PM_{2.5} pollution exposure, and hospitals should also prepare for the increasing number of sick people.

Field of Study: Health Research and
Management

Student's Signature

Academic Year: 2020

Advisor's Signature

Co-advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาครั้งนี้ ผู้ทำการศึกษาขอขอบคุณ ศาสตราจารย์ ดร. นายแพทย์วิโรจน์ เจียมจรัสรังษี อาจารย์ที่ปรึกษา และศาสตราจารย์ ดร. นายแพทย์พงศ์เทพ วิวรรณเดชะ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ได้ให้คำแนะนำ รวมถึงข้อคิดเห็นอันเป็นประโยชน์ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วง

ขอขอบคุณ ศาสตราจารย์ ดร. นายแพทย์พรชัย สิทธิศรัณย์กุล ประธานกรรมการสอบ รองศาสตราจารย์ ดร. สรัญญา เสงพระพรหม และ ดร. แพทย์หญิง ฉันทนา ผดุงทศ ที่ได้สละเวลาอันมีค่ามาร่วมเป็นคณะกรรมการสอบ รวมถึงให้ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ในการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่แผนกเวชสถิติโรงพยาบาลราชบุรี เจ้าหน้าที่กองควบคุมคุณภาพอากาศ และเสียง กรมควบคุมมลพิษ และเจ้าหน้าที่ศูนย์ข้อมูลกรมอุตุนิยมวิทยา ที่ให้การสนับสนุนข้อมูลในระหว่างการศึกษาเป็นอย่างดี

สุทธิศักดิ์ เต๋นดวงใจ

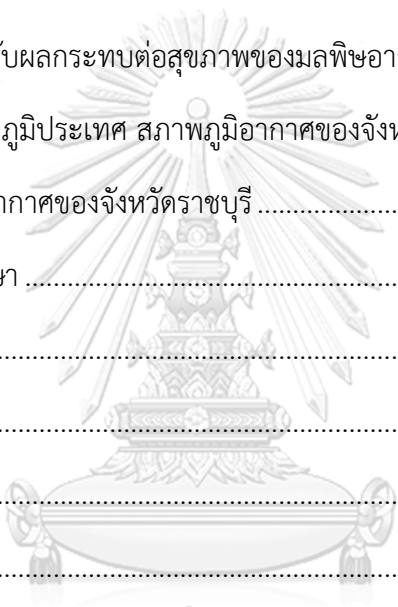


จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญ

	หน้า
.....	ค
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ค
.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ง
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญแผนภูมิ.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	13
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	13
1.2 คำถามงานวิจัย.....	15
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	15
1.4 สมมติฐาน.....	15
1.5 กรอบแนวคิด.....	16
1.6 ข้อตกลงเบื้องต้น.....	16
1.7 การให้คำนิยามเชิงปฏิบัติการ.....	17
1.8 รูปแบบการวิจัย.....	18
1.9 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	18
บทที่ 2 ปรัชญาบรรณกรรม.....	19
2.1 ความหมายและองค์ประกอบของมลพิษอากาศ.....	19
2.1.1 สารมลพิษกลุ่มปฐมภูมิ.....	19

2.1.2 สารมลพิษกลุ่มทุติยภูมิ.....	20
2.2 ความหมายของฝุ่นละออง PM _{2.5} และแหล่งกำเนิดของฝุ่นละออง PM _{2.5}	21
2.3 ผลกระทบต่อสุขภาพของฝุ่นละออง PM _{2.5} และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบต่อสุขภาพ ของมลพิษอากาศในต่างประเทศ	21
2.3.1 ระบบหายใจ.....	22
2.3.2 ระบบหัวใจและหลอดเลือด	24
2.3.3 ระบบประสาท.....	25
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบต่อสุขภาพของมลพิษอากาศในประเทศไทย.....	25
2.5 ข้อมูลพื้นฐาน สภาพภูมิประเทศ สภาพภูมิอากาศของจังหวัดราชบุรี.....	26
2.6 สถานการณ์มลพิษอากาศของจังหวัดราชบุรี	27
บทที่ 3 ระเบียบวิธีการศึกษา	30
3.1 ประชากรเป้าหมาย.....	30
3.2 ประชากรที่ศึกษา.....	30
3.3 เกณฑ์คัดเข้า	30
3.4 เกณฑ์คัดออก	30
3.5 ตัวแปรในงานวิจัย.....	30
3.5.1 ตัวแปรต้น	30
3.5.2 ตัวแปรควบคุม	30
3.5.3 ตัวแปรตาม	31
3.6 การรวบรวมข้อมูล	31
3.6.1 ขั้นตอนการเตรียมการ.....	31
3.6.2 ขั้นตอนการเก็บข้อมูล.....	31
3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	32
3.8 ประเด็นทางจริยธรรม.....	34



บทที่ 4 ผลการศึกษา.....	35
4.1 ระดับมลพิษทางอากาศ	35
4.2 การมารักษาด้วยโรกระบบการหายใจ และโรกระบบหัวใจและหลอดเลือดที่แผนกฉุกเฉิน โรงพยาบาลราชบุรี	40
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับ PM _{2.5} กับการมารักษาด้วยโรกระบบการหายใจ และโรกระบบ หัวใจและหลอดเลือดที่แผนกฉุกเฉินโรงพยาบาลราชบุรี.....	42
4.3.1 ผู้ที่มารักษาทั้งหมด.....	42
4.3.2 จำแนกตามเพศ	42
4.3.3 จำแนกตามสถานภาพการสูบบุหรี่.....	45
4.3.4 จำแนกตามกลุ่มอายุ.....	45
4.3.4.1 จำแนกแบ่งตามโรคประจำตัวของกลุ่มผู้ที่มีอายุ 65 ปี ขึ้นไป	50
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา อภิปรายผลการศึกษา ข้อดี ข้อจำกัด และข้อเสนอแนะ	54
5.1 สรุปผลการศึกษา.....	54
5.2 อภิปรายผล.....	56
5.2.1 ระดับมลพิษอากาศ	56
5.2.2 จำนวนผู้ที่มารักษาที่แผนกฉุกเฉินด้วยโรกระบบการหายใจ และระบบหัวใจและหลอดเลือด เลือด 57	57
5.2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับ PM _{2.5} ที่เพิ่มขึ้นกับการมารักษาด้วยโรกระบบการหายใจ และโรกระบบหัวใจและหลอดเลือดที่แผนกฉุกเฉิน	57
5.2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับ PM _{2.5} ที่เพิ่มขึ้นกับการมารักษาด้วยโรกระบบการหายใจ และโรกระบบหัวใจและหลอดเลือด เมื่อวิเคราะห์ตามกลุ่มย่อย	59
5.3 ข้อจำกัด	62
5.4 ข้อดีของการศึกษา.....	62
5.5 ข้อเสนอแนะ.....	63
5.5.1 ข้อเสนอแนะจากผลการศึกษา.....	63

5.5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาต่อยอด.....	63
บรรณานุกรม.....	65
ภาคผนวก.....	70
1. ระดับมลพิษอากาศในจังหวัดราชบุรี.....	70
2. ผู้ป่วยที่มารับรักษาที่แผนกฉุกเฉินโรงพยาบาลราชบุรีในกลุ่มโรคระบบการหายใจและระบบหัวใจและหลอดเลือด.....	70
3. แนวโน้มระหว่างระดับ PM _{2.5} เฉลี่ยรายเดือนและสูงสุดรายเดือนกับจำนวนผู้ป่วยรายเดือนที่มาแผนกฉุกเฉินด้วยโรคระบบการหายใจและระบบหัวใจและหลอดเลือด และมีภูมิลำเนาอยู่ในอำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี.....	72
4. สมการที่ได้จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระดับ PM _{2.5} กับจำนวนการมารับการรักษาที่แผนกฉุกเฉินด้วยโรคแต่ละชนิด.....	76
ประวัติผู้เขียน.....	81

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ค่ามาตรฐานมลพิษอากาศขององค์การอนามัยโลกและกรมควบคุมมลพิษ.....	14
ตารางที่ 2 จำนวนวันและสัดส่วนวันที่ระดับมลพิษอากาศเฉลี่ยรายวันสูงเกินค่ามาตรฐานกรมควบคุมมลพิษและองค์การอนามัยโลกในแต่ละปี ในช่วงวันที่ 1 สิงหาคม 2557 ถึง 30 เมษายน 2563	36
ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าต่ำสุดและสูงสุด ของระดับมลพิษอากาศที่อำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี แยกตามชนิดในแต่ละเดือน ในช่วงวันที่ 1 สิงหาคม 2557 ถึง 30 เมษายน 2563	38
ตารางที่ 4 จำนวนและสัดส่วนของการมีโรคประจำตัวของผู้ป่วยที่มาโรงพยาบาลด้วยโรคระบบการหายใจและระบบหัวใจและหลอดเลือดที่มีอายุมากกว่า 65 ปีขึ้นไป ในช่วงวันที่ 1 สิงหาคม 2557 ถึง 30 เมษายน 2563.....	40
ตารางที่ 5 จำนวนครั้งของการมาแผนกฉุกเฉินทั้งหมด ค่ามัธยฐานและพิสัยระหว่างควอร์ไทล์ (IQR) ของจำนวนผู้ป่วยรายวัน และจำนวนผู้ป่วยน้อยสุด-มากที่สุดรายวัน ในช่วงวันที่ 1 สิงหาคม 2557 ถึง 30 เมษายน 2563.....	41
ตารางที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับ PM _{2.5} เฉลี่ยรายวัน (แบบจำลอง 1) และสูงสุดรายวัน (แบบจำลอง 2) ที่เพิ่มขึ้น 10 µg/m ³ กับการมาโรงพยาบาลด้วยโรคแต่ละชนิดในประชากรทั้งหมด43	
ตารางที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับ PM _{2.5} เฉลี่ยรายวัน (แบบจำลอง 1) และสูงสุดรายวัน (แบบจำลอง 2) ที่เพิ่มขึ้น 10 µg/m ³ กับการมาโรงพยาบาลด้วยโรคแต่ละชนิดแบ่งตามเพศ.....	44
ตารางที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับ PM _{2.5} เฉลี่ยรายวัน (แบบจำลอง 1) และสูงสุดรายวัน (แบบจำลอง 2) ที่เพิ่มขึ้น 10 µg/m ³ กับการมาโรงพยาบาลด้วยโรคแต่ละชนิดแบ่งตามสถานภาพการสูบบุหรี่	47
ตารางที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับ PM _{2.5} เฉลี่ยรายวัน (แบบจำลอง 1) ที่เพิ่มขึ้น 10 µg/m ³ กับการมาโรงพยาบาลด้วยโรคแต่ละชนิดแบ่งตามช่วงอายุ	48
ตารางที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับ PM _{2.5} สูงสุดรายวัน (แบบจำลอง 2) ที่เพิ่มขึ้น 10 µg/m ³ กับการมาโรงพยาบาลด้วยโรคแต่ละชนิดแบ่งตามช่วงอายุ	49

ตารางที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับ PM_{2.5} เฉลี่ยรายวัน (แบบจำลอง 1) ที่เพิ่มขึ้น 10 µg/m³ กับ
การมาโรงพยาบาลด้วยโรคแต่ละชนิดแบ่งตามโรคประจำตัว ในกลุ่มผู้ที่มีอายุมากกว่า 65 ปี 52

ตารางที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับ PM_{2.5} สูงสุดรายวัน (แบบจำลอง 2) ที่เพิ่มขึ้น 10 µg/m³ กับ
การมาโรงพยาบาลด้วยโรคแต่ละชนิดแบ่งตามโรคประจำตัว ในกลุ่มผู้ที่มีอายุมากกว่า 65 ปี 53

ตารางที่ 13 จำนวนวันที่และสัดส่วนวันที่ระดับมลพิษอากาศสูงสุดรายวันสูงเกินค่ามาตรฐานกรม
ควบคุมมลพิษและองค์การอนามัยโลก..... 70

ตารางที่ 14 ค่ามัธยฐาน พิสัยระหว่างควอร์ไทล์ (IQR) ของจำนวนผู้ป่วยรายวันและจำนวนผู้ป่วยเฉลี่ย
รายเดือน ในช่วงวันที่ 1 สิงหาคม 2557 ถึง 30 เมษายน 2563..... 70

ตารางที่ 15 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับ PM_{2.5} เฉลี่ยรายวันที่เพิ่มขึ้น 10 µg/m³ กับจำนวนการมารับ
การรักษาที่แผนกฉุกเฉินด้วยโรคแต่ละชนิด..... 76

ตารางที่ 16 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับ PM_{2.5} สูงสุดรายวันที่เพิ่มขึ้น 10 µg/m³ กับจำนวนการมา
รับการรักษาที่แผนกฉุกเฉินด้วยโรคแต่ละชนิด 79

สารบัญแผนภูมิ

หน้า

แผนภูมิที่ 1 แสดงค่าต่ำสุด ค่าเฉลี่ย และค่าสูงสุดรายวันของระดับมลพิษอากาศชนิดต่าง ๆ ณ อำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี.....	39
แผนภูมิที่ 2 แนวโน้มระหว่างระดับ PM _{2.5} กับจำนวนผู้ป่วยที่มาแผนกฉุกเฉินด้วยโรคหอบหืดกำเริบ.....	72
แผนภูมิที่ 3 แนวโน้มระหว่างระดับ PM _{2.5} กับจำนวนผู้ป่วยที่มาแผนกฉุกเฉินด้วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังกำเริบ.....	72
แผนภูมิที่ 4 แนวโน้มระหว่างระดับ PM _{2.5} กับจำนวนผู้ป่วยที่มาแผนกฉุกเฉินด้วยโรคไข้หวัดใหญ่... 72	72
แผนภูมิที่ 5 แนวโน้มระหว่างระดับ PM _{2.5} กับจำนวนผู้ป่วยที่มาแผนกฉุกเฉินด้วยโรคปอดอักเสบ .. 73	73
แผนภูมิที่ 6 แนวโน้มระหว่างระดับ PM _{2.5} กับจำนวนผู้ป่วยที่มาแผนกฉุกเฉินด้วยโรคติดเชื้อทางเดินหายใจส่วนบน .. 73	73
แผนภูมิที่ 7 แนวโน้มระหว่างระดับ PM _{2.5} กับจำนวนผู้ป่วยที่มาแผนกฉุกเฉินด้วยโรคระบบการหายใจทั้งหมด.....	73
แผนภูมิที่ 8 แนวโน้มระหว่างระดับ PM _{2.5} กับจำนวนผู้ป่วยที่มาแผนกฉุกเฉินด้วยโรคกล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือดเฉียบพลัน.....	74
แผนภูมิที่ 9 แนวโน้มระหว่างระดับ PM _{2.5} กับจำนวนผู้ป่วยที่มาแผนกฉุกเฉินด้วยโรคหัวใจล้มเหลว 74	74
แผนภูมิที่ 10 แนวโน้มระหว่างระดับ PM _{2.5} กับจำนวนผู้ป่วยที่มาแผนกฉุกเฉินด้วยโรคเส้นเลือดสมองแตกหรือตีบ.....	74
แผนภูมิที่ 11 แนวโน้มระหว่างระดับ PM _{2.5} กับจำนวนผู้ป่วยที่มาแผนกฉุกเฉินด้วยโรคหัวใจและหลอดเลือดทั้งหมด .. 75	75

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

มลพิษทางอากาศเป็นปัญหาทางสิ่งแวดล้อมที่สำคัญและส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชากรทั่วโลก ในปี พ.ศ. 2559 มลพิษทางอากาศเป็นสาเหตุของการเสียชีวิตก่อนวัยอันควรถึง 4.2 ล้านคนจากทั่วโลก¹ โดยมีปัจจัยหลักมาจากการสัมผัสฝุ่นละอองที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 2.5 ไมครอนลงมา (Particulate matter 2.5 micrometers or less in diameter หรือ PM_{2.5}) ซึ่งเป็นสารผสมที่มีทั้งของแข็งและของเหลวที่ขึ้นกับแหล่งกำเนิดในแต่ละพื้นที่ ฝุ่นละออง PM_{2.5} สามารถถูกหายใจเข้าปอดได้ลึกถึงถุงลมและเข้าสู่กระแสเลือดผ่านเส้นเลือดฝอยที่ถุงลมไปยังอวัยวะต่าง ๆ ก่อให้เกิดโรคระบบการหายใจ ระบบหัวใจและหลอดเลือด และมะเร็งได้ ซึ่งสัดส่วนของโรคที่ทำให้เสียชีวิตจากมลพิษอากาศข้างต้น พบว่าเป็นกล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือดและโรคเส้นเลือดสมอง ร้อยละ 58 โรคปอดอุดกั้นเรื้อรังและการติดเชื้อทางเดินหายใจส่วนล่างเฉียบพลัน ร้อยละ 18 และโรคมะเร็งปอด ร้อยละ 6¹

ในจำนวนผู้เสียชีวิตในปี พ.ศ. 2559 จำนวน 4.2 ล้านคนนั้น ร้อยละ 91 อาศัยอยู่ในกลุ่มประเทศรายได้ปานกลางถึงต่ำ และพื้นที่ที่มีการเสียชีวิตซึ่งมีสาเหตุจากมลพิษอากาศมากที่สุดคือ เอเชียตะวันออกเฉียงใต้และแปซิฟิกตะวันตก โดยแหล่งของมลพิษอากาศส่วนใหญ่ในพื้นที่เหล่านี้มาจากการคมนาคมและภาคอุตสาหกรรมในเขตเมือง และการเผาชีวมวลในเขตชนบท ทำให้พื้นที่เหล่านี้ต้องให้ความสำคัญกับการจัดการปัญหามลพิษทางอากาศเพื่อลดผลกระทบทางสุขภาพที่จะเกิดต่อประชาชน โดยเฉพาะในกรณีของฝุ่นละออง PM_{2.5} ซึ่งองค์การอนามัยโลกมีเป้าหมายให้ลดการสัมผัส PM_{2.5} ให้ได้มากที่สุด เนื่องจากไม่มีระดับ PM_{2.5} ที่ปลอดภัยต่อสุขภาพ¹

ส่วนประเทศไทย ข้อมูลจากกรมควบคุมมลพิษพบว่าในช่วงปี พ.ศ. 2556 – 2561 สารมลพิษหลักที่สูงกว่าค่ามาตรฐานประเทศไทยตามตารางที่ 1 คือ ก๊าซโอโซน ฝุ่นละอองที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 10 ไมครอนลงมา (Particulate matter 10 micrometers or less in diameter หรือ PM₁₀) และ PM_{2.5}²⁻⁶ โดยในปี พ.ศ. 2561 พบว่ามีถึง 14 จังหวัดส่วนใหญ่ในภาคกลางและภาคเหนือที่มีจำนวนวันที่ดัชนีคุณภาพอากาศมีค่ามากกว่ามาตรฐานเกิน 30 วันต่อปี⁶

ตารางที่ 1 ค่ามาตรฐานมลพิษอากาศขององค์การอนามัยโลกและกรมควบคุมมลพิษ

สารมลพิษ	ช่วง เวลา	องค์การอนามัยโลก ¹	กรมควบคุมมลพิษ ⁷
PM _{2.5}	1 ปี	10 µg/m ³	25 µg/m ³
	24 ชั่วโมง	25 µg/m ³	50 µg/m ³
PM ₁₀	1 ปี	20 µg/m ³	50 µg/m ³
	24 ชั่วโมง	50 µg/m ³	120 µg/m ³
O ₃	8 ชั่วโมง	100 µg/m ³ (50 ppb*)	140 µg/m ³ (70 ppb)
NO ₂	1 ปี	40 µg/m ³ (21 ppb*)	57 µg/m ³ (30 ppb)
	1 ชั่วโมง	200 µg/m ³ (106 ppb*)	320 µg/m ³ (170 ppb)
SO ₂	24 ชั่วโมง	20 µg/m ³ (7 ppb*)	300 µg/m ³ (120 ppb)
	1 ชั่วโมง	ไม่มี	780 µg/m ³ (300 ppb)
	10 นาที	500 µg/m ³ (175 ppb*)	ไม่มี
CO	8 ชั่วโมง	9 ppm	9 ppm

µg/m³ คือ ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร, ppm คือ หนึ่งในล้านส่วน, ppb คือ หนึ่งในพันล้านส่วน

* ค่ามาตรฐานกำหนดในหน่วย µg/m³ จึงใช้การแปลงหน่วยดังนี้

1 µg/m³ NO₂ = 5.32 × 10⁻⁴ ppb, 1 µg/m³ O₃ = 0.5 ppb, 1 µg/m³ SO₂ = 0.35 ppb

ในภาคกลางนั้น จังหวัดราชบุรีเป็นหนึ่งในจังหวัดที่มีปัญหามลพิษอากาศ มีแหล่งมลพิษทางอากาศที่สำคัญคือการเผาชีวมวลและอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา อิฐ และโมหิน จากข้อมูลสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศพบว่าระดับฝุ่นละออง PM_{2.5} ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2557 – 2561 มีค่าสูงกว่ามาตรฐานประเทศไทย (50 µg/m³ เฉลี่ย 24 ชั่วโมง) เฉลี่ยปีละ 40 วัน⁸⁻¹¹ ซึ่งเป็นลำดับที่ 3 รองจากกรุงเทพมหานครและจังหวัดสมุทรสาคร

จากการที่ฝุ่นละออง PM_{2.5} สามารถก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ และจังหวัดราชบุรีมีค่าตรวจวัดระดับฝุ่นละออง PM_{2.5} สูงกว่ามาตรฐาน จึงทำให้ผู้วิจัยสนใจศึกษาว่าระดับฝุ่นละออง PM_{2.5} ในจังหวัดราชบุรีนั้นสัมพันธ์กับการมารับการบริการระบบการหายใจและระบบหัวใจและหลอดเลือดอย่างไร และความสัมพันธ์ที่ได้นั้นแตกต่างจากการศึกษาอื่นก่อนหน้านี้หรือไม่ เนื่องจากองค์ประกอบของฝุ่นนั้นแตกต่างกันในแต่ละสถานที่ หากมีความแตกต่างก็จะเป็นประโยชน์ในการศึกษาถึงสาเหตุเพิ่มเติม อีกทั้งการศึกษานี้จะทำให้เห็นผลกระทบของฝุ่นละออง PM_{2.5} ของจังหวัดราชบุรีอย่างเป็นทางการ ซึ่งจะมีประโยชน์ในการวางแผนเฝ้าระวังสุขภาพประชาชนในพื้นที่ต่อไป

1.2 คำถามงานวิจัย

1. ระดับมลพิษทางอากาศเฉลี่ยรายวัน (PM_{10} $PM_{2.5}$ SO_2 CO NO_2 O_3) ในพื้นที่อำเภอเมืองราชบุรี และการรักษาด้วยโรคระบบการหายใจ และโรคระบบหัวใจและหลอดเลือดที่แผนกฉุกเฉินโรงพยาบาลราชบุรี มีลักษณะเป็นอย่างไร
2. ระดับฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ รายวัน เมื่อควบคุมปัจจัยกวนอื่นและพิจารณา Lag time แล้ว มีความสัมพันธ์กับการรักษาด้วยโรคกลุ่มระบบการหายใจและโรคกลุ่มระบบหัวใจและหลอดเลือดที่แผนกฉุกเฉินหรือไม่อย่างไร
3. ประชากรที่เป็นกลุ่มเสี่ยง ได้แก่ เด็ก ผู้สูงอายุ (ผู้ป่วยที่อายุไม่ถึง 15 ปีและผู้ป่วยที่อายุมากกว่า 65 ปี) และผู้ที่มีโรคประจำตัว (ความดันโลหิตสูง ไขมันในเลือดสูง เบาหวาน) มีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคกลุ่มระบบการหายใจ และโรคกลุ่มระบบหัวใจและหลอดเลือดมากกว่าประชากรทั่วไปหรือไม่

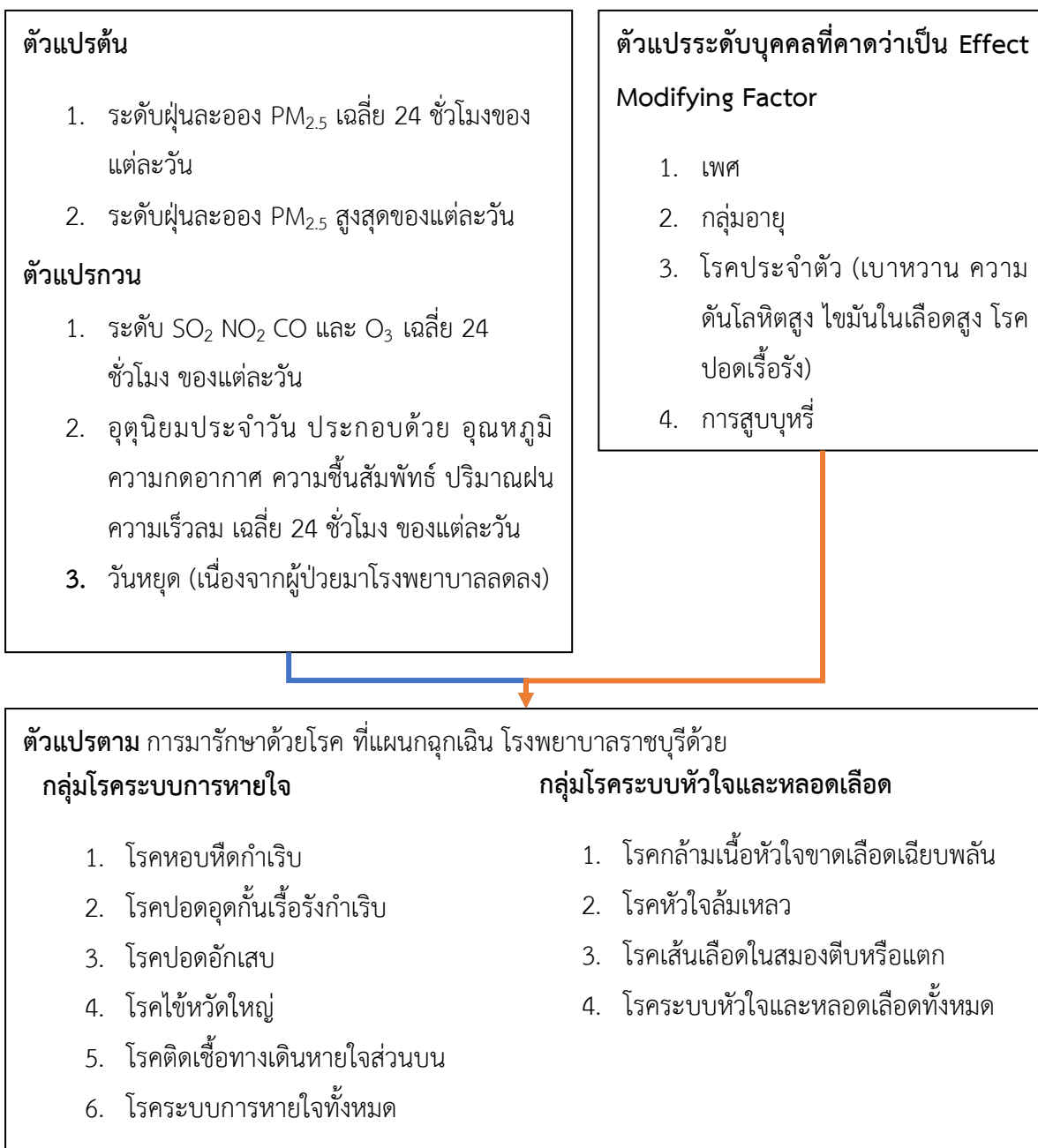
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาระดับมลพิษทางอากาศเฉลี่ยรายวัน (PM_{10} $PM_{2.5}$ SO_2 CO NO_2 O_3) ในพื้นที่อำเภอเมืองราชบุรี และจำนวนผู้มารับการรักษาด้วยโรคกลุ่มระบบการหายใจ และโรคกลุ่มระบบหัวใจและหลอดเลือด ณ โรงพยาบาลราชบุรี อ.เมือง จ.ราชบุรี
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ รายวันเมื่อควบคุมปัจจัยกวนอื่นและพิจารณา Lag time แล้ว กับจำนวนผู้มารับการรักษาด้วยโรคกลุ่มระบบการหายใจ และโรคกลุ่มระบบหัวใจและหลอดเลือด
3. เพื่อศึกษาขนาดความสัมพันธ์ของระดับฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ รายวันเมื่อควบคุมปัจจัยกวนอื่นและพิจารณา Lag time แล้ว กับจำนวนผู้มารับการรักษาด้วยโรคกลุ่มระบบการหายใจ และโรคกลุ่มระบบหัวใจและหลอดเลือดระหว่างประชากรจำแนกตามเพศ กลุ่มอายุ และสถานภาพการมีโรคประจำตัว

1.4 สมมติฐาน

1. ระดับฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ รายวัน มีความสัมพันธ์กับการรักษาด้วยโรคกลุ่มระบบการหายใจ และโรคกลุ่มระบบหัวใจและหลอดเลือด ในอำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี
2. ประชากรที่เป็นกลุ่มเสี่ยง มีขนาดความสัมพันธ์กับระดับฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ รายวัน กับการรักษาด้วยโรคกลุ่มระบบการหายใจ และโรคกลุ่มระบบหัวใจและหลอดเลือด แตกต่างจากประชากรทั่วไป ในอำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี

1.5 กรอบแนวคิด



1.6 ข้อตกลงเบื้องต้น

1. การศึกษานี้เป็นการหาความสัมพันธ์ในระดับประชากรทั้งหมดไม่สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์กับการเกิดโรคในระดับบุคคลได้
2. ประชากรที่มารับการรักษาเป็นประชากรที่มีข้อมูลภูมิลาเนาอยู่ในอำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี
3. การวินิจฉัยโรคใช้การลงรหัสโรคตามระบบบัญชีจำแนกทางสถิติระหว่างประเทศของโรคและปัญหาสุขภาพที่เกี่ยวข้อง ฉบับทบทวนครั้งที่ 10 (the 10th revision of the International

Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems หรือ ICD10)
ตามการวินิจฉัยของแพทย์ที่ทำการรักษาผู้ป่วยนั้น

1.7 การให้คำนิยามเชิงปฏิบัติการ

ฝุ่นละออง PM_{2.5} หมายถึง ฝุ่นละอองที่มี Aerodynamic diameter น้อยกว่า 2.5 ไมครอน ซึ่งทำการวัดความเข้มข้นในอากาศ (หน่วยเป็น $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ที่สถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศอัตโนมัติ จำนวน 1 สถานี ที่สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 8 จังหวัดราชบุรี ตำบลหน้าเมือง อำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี ตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2557 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2563

การมารักษาด้วยโรค หมายถึง การมารักษาที่แผนกฉุกเฉิน โรงพยาบาลราชบุรี ทั้งผู้ป่วยที่แพทย์รักษา ณ แผนกฉุกเฉินให้กลับบ้านหรือให้อนุรักษที่โรงพยาบาลต่อ เมื่อการรักษานั้นเสร็จสิ้นแล้ว การวินิจฉัยโรคโดยแพทย์ผู้รักษาจะลงรหัสโรคตามระบบ ICD10 โดยงานเวชระเบียนของโรงพยาบาล และผู้วิจัยจะค้นหาโรคที่สนใจตามรหัส ICD10 ดังนี้

กลุ่มโรคระบบการหายใจ

1. โรคหอบหืดกำเริบ มีรหัส ICD10 J45 (Acute asthmatic attack) J46 (Status Asthmaticus)
2. โรคปอดอุดกั้นเรื้อรังกำเริบ มีรหัส ICD10 J44.1 (Chronic Obstructive Pulmonary Disease with acute exacerbation) J44.9 (Chronic obstructive pulmonary disease, unspecified)
3. โรคปอดอักเสบ มีรหัส ICD10 J12 (Viral Pneumonia), J13 (Pneumonia due to Streptococcus pneumoniae) J14 (Pneumonia due to Haemophilus influenzae) J15 (Bacterial pneumonia, not elsewhere classified) J16 (Pneumonia due to other infectious organisms, not elsewhere classified) J17 (Pneumonia in diseases classified elsewhere) J18 (Pneumonia, organism unspecified) J44.0 (Chronic Obstructive Pulmonary Disease with community-acquired pneumonia)
4. โรคไข้หวัดใหญ่ มีรหัส ICD10 J09 – J11 (Influenza)
5. โรคติดเชื้อทางเดินหายใจส่วนบน มีรหัส ICD10 J00 (Acute Nasopharyngitis), J02 (Acute Pharyngitis), J03 (Acute Tonsillitis) J04 (Acute laryngitis) J05 (Acute obstructive laryngitis) J06 (Acute respiratory infection NOS)
6. โรคระบบการหายใจทั้งหมด J00-J99

กลุ่มโรคระบบหัวใจและหลอดเลือด

1. โรคกล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือดเฉียบพลัน มีรหัส ICD10 I21 (Acute Coronary Syndrome)
2. โรคหัวใจล้มเหลว มีรหัส ICD10 I50 (Heart Failure)
3. โรคเส้นเลือดในสมองตีบหรือแตก มีรหัส ICD10 I60 (Nontraumatic subarachnoid hemorrhage), I61 (Nontraumatic intracerebral hemorrhage), I62 (Other and unspecified nontraumatic intracranial hemorrhage), I63 (Cerebral infarction), I64 (Stroke Unspecified)
4. โรคระบบหัวใจและหลอดเลือดทั้งหมด I00-I99

โรคประจำตัว หมายถึง ผู้ป่วยที่มีการลงรหัส ICD-10 หรือมีประวัติการลงรหัส ICD-10 ของโรคเหล่านี้ร่วมด้วยโดย โรคเบาหวานมีรหัสเป็น E10-E14 โรคความดันโลหิตสูงมีรหัสเป็น I10-I15 โรคไขมันในเลือดสูงมีรหัสเป็น E780-E789 โรคปอดเรื้อรังมีรหัส J44-J46

1.8 รูปแบบการวิจัย

เป็นการศึกษาแบบอนุกรมเวลา (Time-series Study)

1.9 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบความสัมพันธ์ระหว่างระดับฝุ่นละออง PM_{2.5} ในพื้นที่จังหวัดราชบุรี กับการมารักษาด้วยโรคระบบการหายใจและระบบหัวใจและหลอดเลือด เพื่อเป็นข้อมูลในการวางแผนในการป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพต่อไป
2. ทราบความสัมพันธ์ประชากรที่เป็นกลุ่มเสี่ยงในพื้นที่จังหวัดราชบุรี มีการมารักษาด้วยโรคกลุ่มระบบการหายใจและกลุ่มระบบหัวใจและหลอดเลือดที่เป็นผลจากการสัมผัสฝุ่นละออง PM_{2.5} มากกว่าประชากรทั่วไปหรือไม่ เพื่อเป็นข้อมูลการวางแผนป้องกันที่จำเพาะกับกลุ่มเสี่ยงมากขึ้น
3. หากความสัมพันธ์ที่พบมีความแตกต่างจากผลของงานวิจัยก่อนหน้าที่ทำในประเทศไทย อาจเป็นประเด็นที่สามารถศึกษาเพิ่มเติมในอนาคต เช่น การศึกษาองค์ประกอบของฝุ่นละออง PM_{2.5} ในราชบุรีว่าแตกต่างจากพื้นที่อื่นอย่างไร เป็นต้น

บทที่ 2 ทัศนัวรรณกรรม

ทัศนัวรรณกรรม ประกอบด้วยเนื้อหาต่อไปนี้

1. ความหมายและองค์ประกอบของมลพิษอากาศ
2. ความหมายของฝุ่นละออง PM_{2.5} และแหล่งกำเนิดของฝุ่นละออง PM_{2.5}
3. ผลกระทบต่อสุขภาพของฝุ่นละออง PM_{2.5}
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบต่อสุขภาพของฝุ่นละออง PM_{2.5} ในประเทศไทย
5. ข้อมูลพื้นฐาน สภาพภูมิประเทศ สภาพภูมิอากาศของจังหวัดราชบุรี
6. สถานการณ์มลพิษอากาศของจังหวัดราชบุรี

2.1 ความหมายและองค์ประกอบของมลพิษอากาศ¹²

มลพิษอากาศสามารถแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มปฐมภูมิ คือสารมลพิษที่ถูกปล่อยสู่บรรยากาศจากกิจกรรมต่าง ๆ และกลุ่มทุติยภูมิ คือสารมลพิษที่เกิดจากปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารมลพิษปฐมภูมิกับสารอื่นในบรรยากาศ เช่น ออกซิเจนและไอน้ำ เป็นต้น

2.1.1 สารมลพิษกลุ่มปฐมภูมิ

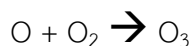
ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลเช่น ถ่านหิน และน้ำมัน ซึ่งจะมีกำมะถันเป็นส่วนประกอบอยู่ 1 – 5% เป็นแหล่งมลพิษหลักในประเทศกำลังพัฒนาที่ยังไม่สามารถกำจัดกำมะถันออกจากแหล่งเชื้อเพลิงฟอสซิลได้ดี นอกจากนี้ยังพบในอุตสาหกรรมการถลุงเหล็กอีกด้วย

ออกไซด์ของไนโตรเจน (NOx) เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของไนโตรเจนในเชื้อเพลิงโดยเฉพาะถ่านหินที่มีไนโตรเจนมากกว่าก๊าซธรรมชาติและน้ำมันระหว่างการเผาไหม้ ซึ่งส่วนใหญ่กลายเป็นก๊าซไนตริกออกไซด์ (NO) และประมาณ 5% เป็นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) นอกจากนี้การเผาไหม้ซึ่งมีอุณหภูมิสูงยังทำให้เกิดออกไซด์ของไนโตรเจนได้เช่นกัน จึงทำให้การผลิตไฟฟ้าและการใช้รถยนต์เป็นแหล่งใหญ่ของออกไซด์ของไนโตรเจน คาร์บอนมอนอกไซด์ เป็นก๊าซที่เกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของเชื้อเพลิงที่มีคาร์บอนเป็นส่วนประกอบ

อนุภาคฝุ่น (Particulate matter) ชนิดที่เป็นคาร์บอนจะเกิดจากการเผาไหม้ชีวมวลและเชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น น้ำมันดีเซล โดยอนุภาคจะประกอบด้วยธาตุคาร์บอนที่มีโครงสร้างเป็นกราฟไฟต์ และชนิดที่ไม่ใช่คาร์บอน เช่น Fly ash ที่เกิดจากการเผาถ่านหิน หรือฝุ่นที่เกิดจากกิจกรรมเชิงกลเช่น การก่อสร้าง การเจาะหิน ทำให้เกิดฝุ่นขนาดเล็กออกสู่บรรยากาศ หรือการพัดพาฝุ่นจากพื้นดิน

2.1.2 สารมลพิษกลุ่มทุติยภูมิ

ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) เกิดจากไนตริกออกไซด์ (NO) ลอยขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศและทำปฏิกิริยากับโอโซนเกิดเป็นไนโตรเจนไดออกไซด์ซึ่งมีผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์ ตามสมการเคมีดังนี้



ซึ่งในเวลากลางวัน แสงอาทิตย์จะช่วยเปลี่ยน NO₂ กลับเป็น NO ส่วนเวลากลางคืนเมื่อไม่มีแสงอาทิตย์ก็จะไม่สามารถเปลี่ยน NO₂ ที่มีผลเสียต่อสุขภาพมากกว่ากลับเป็น NO ได้ โดยเฉพาะในพื้นที่ห่างไกลที่มีโอโซนมากพอที่จะเปลี่ยน NO เกือบทั้งหมดให้กลายเป็น NO₂ ได้

โอโซน (O₃) ตามปกติจะอยู่ในบรรยากาศชั้น Stratosphere โดยเกิดจากปฏิกิริยาเคมีกับแสงอาทิตย์ (Photolytic reaction) ทำให้เกิด O₃ และแม้แต่ชั้นบรรยากาศชั้นล่างสุด (Troposphere) ก็มีการสร้างโอโซนจากปฏิกิริยาเคมี แต่ในพื้นที่ที่มีสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ไวต่อการเกิดปฏิกิริยา เช่น พื้นที่ที่มีการจราจรหนาแน่น ประกอบกับมีแสงอาทิตย์ จะเกิดปฏิกิริยาทำให้เกิด Peroxy radicals ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยากับ NO จากรถยนต์ให้เป็น NO₂ โดยไม่ต้องใช้ O₃ ในปฏิกิริยา ทำให้ทั้ง O₃ และ NO₂ เพิ่มสูงขึ้น

อนุภาคฝุ่น (Particulate matter) ที่เกิดขึ้นมาจากสารมลพิษปฐมภูมิ สามารถแบ่งได้สามชนิดใหญ่คือ

ซัลเฟตในรูปของกรดซัลฟิวริก (H₂SO₄) ที่เกิดจากปฏิกิริยาในชั้นบรรยากาศของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) และซัลเฟตในรูปของแอมโมเนียมซัลเฟต ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างกรดซัลฟิวริกและแอมโมเนียซึ่งมักเกิดในพื้นที่ที่มีการปล่อยก๊าซแอมโมเนียเป็นปริมาณมาก

อะลูมิเนียมแอมโมเนียม (AlNH₄) ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ในชั้นบรรยากาศเป็นกรดไนตริก ซึ่งมักทำปฏิกิริยากับแอมโมเนีย

Secondary organic aerosol (SOA) เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของสาร Volatile organic compound หรือ VOC ในอากาศ โดยแหล่งหลักมาจาก VOC ที่เกิดจากธรรมชาติ เช่น α -pinene จากต้นไม้

2.2 ความหมายของฝุ่นละออง PM_{2.5} และแหล่งกำเนิดของฝุ่นละออง PM_{2.5}

ฝุ่นละออง PM_{2.5} คือ อนุภาคที่แขวนลอยในอากาศที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเชิงอากาศพลศาสตร์ (Aerodynamic diameter) น้อยกว่า 2.5 ไมครอน ซึ่งมีแหล่งกำเนิดทั้งแบบปฐมภูมิและทุติยภูมิตั้งที่กล่าวมาแล้ว ในกรณีของแหล่งกำเนิดปฐมภูมิ แบ่งได้เป็นภายในอาคาร เช่น การเผาเชื้อเพลิงเพื่อใช้ในการประกอบอาหาร การสูบบุหรี่ เป็นต้น และภายนอกอาคาร เช่น การเผาในที่โล่ง การคมนาคม การก่อสร้าง และอุตสาหกรรม เป็นต้น

การทบทวนวรรณกรรมของ Ki-Hyun Kim และคณะในปี พ.ศ. 2016 นั้น¹³ องค์ประกอบของฝุ่นละออง PM_{2.5} ประกอบด้วยธาตุคาร์บอน สารประกอบของซัลเฟอร์ (SO₂⁻⁴) ไนเตรต (NO⁻³) แอมโมเนีย (NH⁺⁴) และ ไฮโดรเจน (H⁺) Polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) และโลหะหนัก เช่น ตะกั่ว แคดเมียม นิกเกิล เป็นต้น ซึ่งการที่มีขนาดเล็กทำให้สามารถแขวนลอยในอากาศได้นานหลายสัปดาห์ถึงหลายเดือน และสามารถกระจายไปได้ไกลจากแหล่งกำเนิดได้ถึง 1,000 กิโลเมตร โดยแหล่งกำเนิดมีทั้งจากธรรมชาติ เช่น ไฟป่า พายุฝุ่น เป็นต้น และจากมนุษย์ ซึ่งพบว่าการจราจรเป็นแหล่งกำเนิด PM_{2.5} หลักแหล่งหนึ่ง มาจากความสึกของผ้าเบรกและยางรถยนต์ซึ่งมีอนุภาคที่มีโลหะหนักเช่น ทองแดง พลวง ตะกั่ว แคดเมียม และสังกะสี และความสึกของพื้นถนนจะทำให้เกิดอนุภาคที่มีซิลิกา อลูมิเนียม โพแทสเซียม โซเดียม และแคลเซียม ปนมา

โครงการศึกษาแหล่งกำเนิดและแนวทางการจัดการฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอนในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล¹⁴ พบว่าในพื้นที่นี้องค์ประกอบของฝุ่นละออง PM_{2.5} ในบริเวณถนนพระรามสี่ มีปริมาณคาร์บอนในช่วงหน้าแล้งสูงกว่าหน้าฝน 3-4 เท่า โดยเป็นผลมาจากการเผาชีวมวลในพื้นที่รอบกรุงเทพมหานคร และยังพบสาร Polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) 4 ชนิดหลักคือ Benzo[a]pyrene Benzo[b]fluoranthene Acenaphthylene และ Fluorene โดยแหล่งกำเนิดหลักเป็นการจราจรโดยจะมีความเข้มข้นสูงในพื้นที่ที่การจราจรหนาแน่น

2.3 ผลกระทบต่อสุขภาพของฝุ่นละออง PM_{2.5} และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบต่อสุขภาพของมลพิษอากาศในต่างประเทศ

อนุภาคของฝุ่นละออง PM_{2.5} มีขนาดเล็กกว่า PM₁₀ ทำให้สามารถเข้าไปสู่ส่วนที่ลึกที่สุดของปอดก็คือถุงลมซึ่งมีเส้นเลือดฝอยอยู่โดยรอบจำนวนมากเพื่อแลกเปลี่ยนก๊าซโดยฝุ่นจะมีผลกระทบต่อ การแลกเปลี่ยนก๊าซและยังสามารถทะลุผ่านผนังเส้นเลือดเข้าสู่กระแสเลือด โดยเฉพาะอนุภาคที่เล็กกว่า 1 μm จะมีลักษณะเหมือนก๊าซสามารถแพร่เข้าเส้นเลือดฝอยได้โดยตรง ซึ่งจากการที่ฝุ่นเหล่านี้ประกอบด้วยสารเคมีหลายชนิดดังที่กล่าวข้างต้น จึงทำให้เกิดปัญหาทางสุขภาพตามมา¹³

2.3.1 ระบบหายใจ

ฝุ่นละออง PM_{2.5} เมื่อเข้าไปยังถุงลมปอดแล้ว สามารถเข้าไปในเซลล์เยื่อหุ้มถุงลมและแมคโครฟาจของถุงลม มีผลให้เซลล์ทำงานผิดปกติหรือตายได้ และยังกระตุ้นทำให้เกิดอักเสบเรื้อรังของเนื้อเยื่อในปอด มีผลทำให้ผนังหลอดเลือดหนาขึ้นและเกิดพังผืดในปอดมีผลต่อการขยายตัวของปอดทำให้สมรรถภาพปอดลดลงแม้ในผู้ที่ไม่มีสุขภาพดี การอักเสบที่เรื้อรังยังทำให้เกิดและกระตุ้นอาการของโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง หลอดลมอักเสบ และหอบหืดด้วย นอกจากนี้ยังทำให้เกิดการติดเชื้อมีปอดได้ง่าย โดยระบบการกำจัดแบคทีเรียจากหลอดเลือด (Bronchial mucociliary system) ระบบการทำงานของเซลล์เยื่อหุ้มถุงลมทำให้ภูมิคุ้มกันไม่จำเพาะ (Innate immunity) ลดลง และระบบการฟาโกไซโตซิส (Phagocytosis) ของแมคโครฟาจของถุงลมและเซลล์พิฆาต (Natural killer cell)¹⁵

Man-Hui Li และคณะ¹⁶ ได้วิเคราะห์หัตถ์ภิมานจากข้อมูล 12 งานวิจัยถึงปี พ.ศ. 2558 เกี่ยวกับผลระหว่างการได้รับฝุ่นละออง PM_{2.5} ระยะสั้นกับการนอนโรงพยาบาลและการเสียชีวิตด้วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง พบว่าระดับฝุ่นละออง PM_{2.5} ที่เพิ่มขึ้น 10 µg/m³ จะมีแต่้มต่อในการนอนโรงพยาบาลด้วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง 1.031 เท่า (95%CI 1.016 – 1.046) และเสียชีวิตด้วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง 1.025 เท่า (95%CI 1.015 – 1.035)

Cindy Feng และคณะ¹⁷ ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละออง PM_{2.5} กับการป่วยด้วยอาการคล้ายไข้หวัดใหญ่ (Influenza-like illness) โดยใช้ข้อมูลจากระบบเฝ้าระวังโรคของกรุงปักกิ่ง ประเทศจีน ในช่วงปี ค.ศ. 2008 ถึง 2014 พบว่าฝุ่นละออง PM_{2.5} สัมพันธ์กับความเสี่ยงในการป่วยด้วยอาการคล้ายไข้หวัดใหญ่ (p-value < 0.001) โดยเฉพาะช่วงฤดูที่มีการระบาด (เดือนตุลาคมถึงเมษายน) ในทุกกลุ่มช่วงอายุ โดยกลุ่มที่ได้รับผลกระทบมากที่สุดคือช่วงอายุ 25-29 ปี ตามด้วย 15-24 ปี 5-14 ปี และมากกว่า 60 ปี โดยกลุ่มอายุน้อยกว่า 5 ปี ได้รับผลกระทบน้อยสุด และพบว่าระดับ PM_{2.5} เฉลี่ยวันนี้ถึงเมื่อวาน (2 day moving average) มีอำนาจในการทำนายมากที่สุด

Huang และคณะ¹⁸ ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแหล่งกำเนิดของฝุ่นละออง PM_{2.5} กับการมาแผนกฉุกเฉินด้วยโรกระบบการหายใจในเด็กอายุน้อยกว่า 18 ปีในรัฐจอร์เจีย สหรัฐอเมริกา โดยใช้ Hybrid chemical transport model and receptor model (CTM-RM) เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของแหล่งกำเนิดของ PM_{2.5} ได้ จากข้อมูลการมาแผนกฉุกเฉินด้วยโรคหอบหืด 49,651 คน โรคปอดอักเสบ 25,558 คน และติดเชื้อระบบทางเดินหายใจส่วนบน 235,343 คน พบความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างแหล่งของ PM_{2.5} กับการมาแผนกฉุกเฉินทั้งสามโรค

เช่น ปริมาณขององค์ประกอบในฝุ่น $PM_{2.5}$ ที่เพิ่มขึ้นทุกๆ พิสัยควอไทล์ (IQR) สัมพันธ์กับหอบหืด ดังนี้คือ ฝุ่น (Dust) มีแต่้มต่อ 1.022 (95%CI 1.013 – 1.031) โลหะ (Metal) มีแต่้มต่อ 1.050 (95%CI 1.036 – 1.063) และก๊าซธรรมชาติ (Natural Gas) มีแต่้มต่อ 1.091 (95%CI 1.064 – 1.119) ซึ่งเป็นองค์ประกอบของ $PM_{2.5}$ ในรัฐจอร์เจีย 5.7% 2.2% และ 6.3% ตามลำดับ และ $PM_{2.5}$ จากโลหะและก๊าซธรรมชาตินั้นสัมพันธ์กับทั้งสามกลุ่มโรค

Croft และคณะ¹⁹ ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการติดเชื้อระบบทางเดินหายใจและระดับมลพิษอากาศ โดยใช้ข้อมูลการนอนโรงพยาบาลและการมาแผนกฉุกเฉินด้วยโรคไข้หวัดใหญ่ ปอดอักเสบจากแบคทีเรียและปอดอักเสบแบบผลเพาะเชื้อเป็นลบของประชากรในรัฐนิวยอร์กจำนวน 498,118 คน จากฐานข้อมูล SPARCS (Statewide Planning and Research Cooperative System) โดยวิธีการศึกษาแบบ Case-crossover พบว่าระดับ $PM_{2.5}$ ที่เพิ่มขึ้นทุกๆ พิสัยควอไทล์ (IQR) ตั้งแต่ Lag 0 – 7 สัมพันธ์กับอัตราการมาโรงพยาบาลที่เพิ่มขึ้นดังนี้ โรคปอดอักเสบแบบผลเพาะเชื้อเป็นลบนอนโรงพยาบาลเพิ่มขึ้น 2.5% (95%CI 1.7 – 3.2%) และมาแผนกฉุกเฉินเพิ่มขึ้น 2.5% (95%CI 1.4 – 3.6%) โรคไข้หวัดใหญ่มาแผนกฉุกเฉินเพิ่มขึ้น 3.9% (95%CI 2.1 – 5.6%) และโรคปอดอักเสบจากแบคทีเรียนอนโรงพยาบาลเพิ่มขึ้น 2.3% (Lag 6, 95%CI 0.3 – 4.3%)

Xu และคณะ²⁰ ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับ $PM_{2.5}$ กับการมาแผนกฉุกเฉินในโรงพยาบาลด้วยโรคระบบการหายใจ โดยใช้ข้อมูลการมาแผนกฉุกเฉินจากโรงพยาบาล 10 แห่ง ในกรุงปักกิ่ง ประเทศจีน ในช่วงวันที่ 1 มกราคม ถึง 31 ธันวาคม ค.ศ. 2013 ซึ่งมีจำนวน 92,464 ครั้ง และใช้ข้อมูลมลพิษอากาศจากสถานีตรวจวัด 17 แห่ง วิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยใช้ Generalized Addictive Model และวิเคราะห์กลุ่มย่อยแยกตามอายุและเพศพบว่าระดับ $PM_{2.5}$ ที่เพิ่มขึ้นทุกๆ 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ สัมพันธ์กับการมาด้วยโรคระบบทางเดินหายใจทั้งหมดเพิ่มขึ้น 0.23% (95%CI 0.11% - 0.34%) โรคติดเชื้อทางเดินหายใจส่วนบน 0.19% (95%CI 0.04%-0.35%) โรคติดเชื้อทางเดินหายใจส่วนล่าง 0.34% (95%CI 0.14%-0.53%) และโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังกำเริบ 1.46% (95%CI 0.13%-2.79%) โดยความสัมพันธ์ระหว่างระดับ $PM_{2.5}$ กับโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังกำเริบมีขนาดมากที่สุดที่ Lag 0 - 3 โดยมาโรงพยาบาลเพิ่มขึ้น 3.15% (95%CI 1.39%-4.91%) ขนาดความสัมพันธ์ที่พบนี้ค่อนข้างคงที่แม้จะควบคุม SO_2 , O_3 , CO และ NO_2 แล้ว และเมื่อวิเคราะห์ตามกลุ่มย่อยพบว่า เพศหญิงและผู้ที่มีอายุมากกว่า 60 ปี มีความเสี่ยงมากขึ้น

2.3.2 ระบบหัวใจและหลอดเลือด

ฝุ่นละออง PM_{2.5} สามารถทำให้ระบบประสาทอัตโนมัติทำงานผิดปกติ ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับกระบวนการอักเสบในสมองส่วน Hypothalamus มีผลทำให้เพิ่มสารสื่อประสาทเช่น Norepinephrine และ 5-hydroxy-indole acetic acid ซึ่งจะไปเพิ่มการทำงานของระบบประสาทซิมพาเทติก ส่งผลให้ความผันแปรของอัตราการเต้นหัวใจลดลง (Heart rate variability; HRV) และนำไปสู่การเกิดโรคหัวใจและความดันโลหิตสูง นอกจากนี้ฝุ่นละออง PM_{2.5} ยังทำให้เกิดความดันโลหิตสูงได้ โดยฝุ่นทำให้การทำงานของเยื่อบุผิวเส้นเลือด (Endothelial cell) ผิดปกติ ทำให้เส้นเลือดหดตัว และทำให้เลือดแข็งตัวได้ง่ายและมีความหนืดมากขึ้นส่งผลให้ความต้านทานในเส้นเลือดมากขึ้น¹⁵

Gregory A. Wellenius และคณะ²¹ ศึกษาผลของฝุ่นละออง PM₁₀ กับการที่ผู้ป่วยที่มีอายุมากกว่า 65 ปี ที่มาแผนกฉุกเฉินด้วยโรคหัวใจล้มเหลว (Congestive heart failure) ต้องถูกให้ออนรักษาที่โรงพยาบาล ในเมือง 7 แห่งในสหรัฐอเมริกาในปี 1986 – 1999 พบว่ามีการให้ออนโรงพยาบาลทั้งหมด 292,918 ครั้ง และพบว่า PM₁₀ ที่เพิ่ม 10 µg/m³ สัมพันธ์กับการนอนโรงพยาบาลด้วยโรคหัวใจล้มเหลวที่มากขึ้น 0.72% (95%CI 0.35% - 1.10%) ในวันเดียวกัน

Rongxian Zhao และคณะ²² ได้วิเคราะห์ห่อภิมาณ ผลของมลพิษอากาศต่อการเกิดหัวใจหยุดเต้นนอกโรงพยาบาล จากงานวิจัย 15 ฉบับ พบว่า PM₁₀ PM_{2.5} NO₂ O₃ ที่เพิ่มขึ้น 10 µg/m³ สัมพันธ์ความเสี่ยงต่อการเกิดหัวใจหยุดเต้นนอกโรงพยาบาล (Out of hospital cardiac arrest; OHCA) ที่เพิ่มขึ้น โดย PM₁₀ มีความเสี่ยง 1.021 เท่า (95%CI 1.006-1.037) PM_{2.5} 1.041 เท่า (95%CI 1.012-1.071) NO₂ 1.015 เท่า (95%CI 1.001-1.03) และ O₃ 1.016 เท่า (95%CI 1.008-1.024) แต่ไม่พบความสัมพันธ์กับ SO₂ และ CO โดยพบว่ากลไกอาจเกิดจากการที่ฝุ่นสามารถผ่านผนังหลอดเลือดฝอยลงเข้าสู่กระแสเลือด ทำให้เพิ่มการเกาะตัวของเกล็ดเลือดและเพิ่มการแข็งตัวของเลือด มีผลทำให้เพิ่มโอกาสการอุดตันของเส้นเลือดหัวใจ

Amsalu และคณะ²³ ได้ทำการศึกษาแบบอนุกรมเวลาเรื่องผลกระทบแบบเฉียบพลันของฝุ่นละออง PM_{2.5} กับการเข้ารับรักษาตัวในโรงพยาบาลในกรุงปักกิ่ง ประเทศจีน โดยใช้รายงานการเข้ารับรักษาตัวในโรงพยาบาลแบบอิเล็กทรอนิกส์ด้วยโรคระบบหัวใจและหลอดเลือดในปี ค.ศ. 2013 ถึง 2017 จำนวน 460,938 รายงาน พบว่าระดับ PM_{2.5} ที่เพิ่มขึ้นทุกๆ 10 µg/m³ ที่ 1 วันก่อนหน้า (lag 0-1) มีความสัมพันธ์กับการเข้ารับรักษาตัวในโรงพยาบาลด้วยโรคระบบหัวใจและหลอดเลือดทั้งหมดเพิ่มขึ้น (0.30, 95% CI: 0.20, 0.39%) ซึ่งมีขนาดความสัมพันธ์ที่มากขึ้นในผู้ที่มีอายุมากกว่า 65 ปี โรคหลอดเลือดหัวใจเพิ่มขึ้น (0.34, 95% CI: 0.22 to 0.45%) และโรคหัวใจเต้นผิดจังหวะแบบ

Atrial Fibrillation (0.29, 95% CI, 0.03 to 0.55%) และไม่พบความแตกต่างเมื่อวิเคราะห์กลุ่มย่อยตามเพศและฤดูกาล

2.3.3 ระบบประสาท

Pengei Fu และคณะ²⁴ ได้วิเคราะห์อภิมาน ผลของฝุ่นละออง PM_{2.5} จากงานวิจัยใน 26 ประเทศทั่วโลกซึ่งรวบรวมข้อมูลจากประชากรประมาณ 6.3 ล้านคน พบว่าการได้รับฝุ่นมีความสัมพันธ์กับการเกิดโรคหลอดเลือดสมอง โดยรับฝุ่นระยะสั้น (การศึกษาที่เป็น Time series, Case-crossover, Case-control) จะมีแถมต่อ 1.01 เท่าต่อ PM_{2.5} ที่เพิ่มขึ้น 10 µg/m³ (95%CI 1.01-1.04) ระยะยาว (การศึกษาที่เป็น Cohort) 1.14 เท่า (95%CI 1.08-1.21) และการเสียชีวิตด้วยโรคหลอดเลือดสมอง การรับฝุ่นระยะสั้นจะมีแถมต่อ 1.02 เท่า (95% 1.01-1.04) และระยะยาว 1.15 เท่า (95% 1.07-1.24) โดยพบว่าส่วนใหญ่เป็นกลุ่มเส้นเลือดในสมองแตก ซึ่งสันนิษฐานว่าอาจเกิดจาก PM_{2.5} ซึ่งสามารถผ่าน Blood brain barrier ทำให้ผนังเส้นเลือดอ่อนแอลง นอกจากนี้ การรับฝุ่นระยะยาวจะมีแถมต่อการเกิดโรคสมองเสื่อม 1.16 เท่า (95%CI 1.07-1.26) โรคกลุ่มออกทิสติก 1.68 เท่า (95%CI 1.20-2.34) และโรคพาร์กินสัน 1.34 เท่า (95%CI 1.04-1.73) โดยในกรณีของโรคพาร์กินสันสันนิษฐานว่า PM_{2.5} ทำให้เกิดการอักเสบในระบบประสาทและทำให้การจับตัวของ α -synuclein ผิดปกติและสูญเสีย Dopaminergic neuron ในบริเวณ Substantia nigra

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบต่อสุขภาพของมลพิษอากาศในประเทศไทย

Phongtape Wiwatanadate และคณะ²⁵ ฝ้าติดตามผลกระทบของมลพิษอากาศในผู้ป่วยโรคหอบหืด 121 คนต่อการเกิดอาการหอบหืดโดยใช้ Generalized estimating equation และ Peak expiratory flow rates (PEFR) โดยใช้ General linear mixed model พบว่าระดับ NO₂ ที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์กับ PEFR ในตอนเช้าที่เพิ่มขึ้น (Coefficient 0.06 95%CI 0.00-0.12) SO₂ ที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์กับ PEFR ตอนเย็นที่เพิ่มขึ้น (Coefficient 0.88 - 1.00 95%CI 0.31 - 1.54) และค่าเฉลี่ยทั้งวันที่เพิ่มขึ้น (Coefficient 0.47 95%CI 0.00-0.94) PM₁₀ ที่เพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับ PEFR ตอนเย็นที่เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน (Coefficient 0.03 95%CI 0.00-0.04)

Chaicharn Pothirat และคณะ²⁶ ทำการศึกษาอนุกรมเวลาเชิงนิเวศน์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของฝุ่นละออง PM₁₀ ที่เพิ่มขึ้นตามฤดูกาลในจังหวัดเชียงใหม่กับการมาที่แผนกฉุกเฉินด้วยโรคหอบหืดกำเริบและโรคถุงลมโป่งพองกำเริบในผู้ป่วยที่เป็นหอบหืดและถุงลมโป่งพองในปี 2549 – 2552 พบว่าปริมาณ PM₁₀ ที่เพิ่มขึ้น 10 µg/m³ เมื่อ 6 วันก่อนหน้าเพิ่มโอกาสกำเริบของโรคหอบหืด 1.03 เท่า (95%CI Adjusted relative risk 1.01-1.04) และเมื่อ 7 วันก่อนหน้าเพิ่ม

โอกาสกำเริบของโรคถุงลมโป่งพอง 1.03 เท่า (95%CI Adjusted relative risk 1.01 – 1.05) เมื่อควบคุม SO₂ NO₂ CO O₃ อุณหภูมิและความชื้นแล้ว และระดับฝุ่นละอองที่มากกว่ามาตรฐานองค์การอนามัยโลกที่ 50 µg/m³ เพิ่มโอกาสกำเริบของโรคหอบหืด 1.356 เท่า (95%CI Adjusted relative risk 1.051-1.750) และเพิ่มโอกาสกำเริบของโรคถุงลมโป่งพอง 1.293 เท่า (95%CI Adjusted relative risk 1.148-1.568) เมื่อเทียบกับระดับฝุ่นที่น้อยกว่าค่ามาตรฐาน

Chaicharn Pothirat และคณะ ยังทำการศึกษาอนุกรมเวลาเชิงนิเวศน์ในปี 2559 – 2560 ในอำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่²⁷ ถึงความสัมพันธ์ระหว่างมลพิษอากาศและการเสียชีวิตของผู้ป่วยในหอผู้ป่วยและประชาชนในพื้นที่ และการมาแผนกฉุกเฉินและการนอนโรงพยาบาลด้วยโรคกลุ่มทางเดินหายใจ หัวใจและสมอง พบว่า PM_{2.5} ที่เพิ่มขึ้น 10 µg/m³ เมื่อ 6 วันก่อนหน้าเพิ่มโอกาสการเสียชีวิตที่ไม่ใช่จากอุบัติเหตุของผู้ป่วยในหอผู้ป่วย 1.153 เท่า (95% Adjusted relative risk 1.001-1.329) ส่วนกรณีประชาชนในพื้นที่พบว่า PM_{2.5} PM₁₀ NO₂ และ O₃ ที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์กับการเสียชีวิตที่ไม่ใช่จากอุบัติเหตุ โดย PM_{2.5} ที่เพิ่มขึ้น 10 µg/m³ ที่ 6 วันก่อน เพิ่มโอกาสเสียชีวิตเป็น 1.035 เท่า (95% Adjusted relative risk 1.002-1.07) นอกจากนี้ พบว่าทั้ง PM₁₀ และ PM_{2.5} ที่เพิ่มขึ้น 10 µg/m³ สัมพันธ์กับการมาแผนกฉุกเฉินด้วยการกำเริบของโรคปอดอุดกั้นที่ 1.116 เท่า (Lag 0; 95% Adjusted relative risk 1.026 – 1.213) และ 1.124 เท่า (Lag 1; 95% Adjusted relative risk 1.03 – 1.227) ส่วน SO₂ สัมพันธ์กับการมาแผนกฉุกเฉินด้วยโรคปอดอักเสบและการนอนโรงพยาบาลด้วยโรคหลอดเลือดสมอง O₃ สัมพันธ์กับการมาแผนกฉุกเฉินด้วยโรคปอดอักเสบและหัวใจล้มเหลว NO₂ สัมพันธ์กับการมาแผนกฉุกเฉินด้วยโรคกล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือด สูดทำย CO สัมพันธ์กับการมาแผนกฉุกเฉินด้วยโรคปอดอักเสบ

2.5 ข้อมูลพื้นฐาน สภาพภูมิประเทศ สภาพภูมิอากาศของจังหวัดราชบุรี

จังหวัดราชบุรี ตั้งอยู่ในภาคกลางห่างจากกรุงเทพมหานคร 101 กิโลเมตร มีพื้นที่ทั้งสิ้น 5,120 ตารางกิโลเมตร มีลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบลุ่มแม่น้ำแม่กลองทางตอนกลาง ที่ราบต่ำทางด้านตะวันออกเฉียงใต้ และเทือกเขาตะนาวศรีทางด้านตะวันตกซึ่งเป็นเขตกั้นระหว่างไทยกับเมียนมาร์

ลักษณะภูมิอากาศนั้น มีอุณหภูมิเฉลี่ยตั้งแต่ปี 2524 – 2553 คือ 28.4 องศาเซลเซียส และมีฤดูกาล 3 ช่วงฤดู โดยช่วงฤดูหนาวเริ่มตั้งแต่เดือนตุลาคมถึงกุมภาพันธ์ ได้รับอิทธิพลลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ความกดอากาศสูงจากจีน ทำให้อากาศเย็นและแห้งแล้ง มีอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 28.4 องศาเซลเซียสในเดือนธันวาคม ฤดูร้อนเริ่มต้นในเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนพฤษภาคม ได้รับ

อิทธิพลของลมมรสุมที่พัดและตะวันออกเฉียงใต้ มีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 33.3 องศาเซลเซียสในเดือนเมษายน ส่วนฤดูฝนนั้นเริ่มกลางเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม ได้รับอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้จากมหาสมุทรอินเดีย แต่เนื่องจากมีเทือกเขาตะนาวศรีทางทิศตะวันตกกั้นลมมรสุมทำให้เป็นพื้นที่อับฝน มีปริมาณฝนเฉลี่ย 1,164.2 มิลลิเมตร มีจำนวนวันฝนตกเฉลี่ย 140 วัน ในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงพฤศจิกายนและมากที่สุดในเดือนตุลาคมที่มีปริมาณฝนเฉลี่ย 258.6 มิลลิเมตร²⁸

จังหวัดราชบุรีมีสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศอัตโนมัติจำนวน 1 สถานี ตั้งอยู่ในเขตอำเภอเมือง ซึ่งอำเภอเมืองราชบุรี มีพื้นที่ประมาณ 454.24 ตารางกิโลเมตร มีอาณาเขตติดต่อกับอำเภออื่นดังนี้ ทิศเหนือติดต่อกับอำเภอโพธารามและอำเภอบางแพ ทิศตะวันออกติดต่อกับอำเภอวัดเพลงและอำเภอบางแพ ทิศใต้ติดต่อกับอำเภอดำเนินสะดวกจังหวัดราชบุรี และอำเภอบางคนที จังหวัดสมุทรสงคราม ทิศตะวันตกติดต่อกับอำเภอจอมบึงและอำเภอบางแพ มีจำนวนประชากรในปี พ.ศ. 2561 จำนวน 873,518 คน²⁹

อำเภอเมืองราชบุรี แบ่งการปกครองเป็น 22 ตำบล คือ หน้าเมือง เจดีย์หัก ดอนตะโก หนองกลางนา ห้วยไผ่ คุ้มน้ำวน คุ้มกระถิน อ่างทอง โคกหม้อ สามเรือน พิภูลทอง น้ำพุ ดอนแร่ หินกอง เขาแร้ง เกาะพลับพลา หลุมดิน บางป่า พงสวาย คูบัว ท่าราบ และ บ้านไร่ มีจำนวนประชากรในปี พ.ศ. 2561 จำนวน 203,749 คน แบ่งเป็นเพศชาย 100,285 คน ผู้สูงอายุ (อายุมากกว่า 60 ปี) 36,202 คน และเด็ก (อายุน้อยกว่า 20 ปี) 42,685 คน²⁹

ในด้านการบริการสาธารณสุข อำเภอเมืองราชบุรีมีโรงพยาบาลสังกัดกระทรวงสาธารณสุขจำนวน 2 โรงพยาบาล คือ โรงพยาบาลศูนย์ราชบุรีขนาด 855 เตียง และ โรงพยาบาลแม่และเด็กขนาด 60 เตียง สังกัดกระทรวงกลาโหม จำนวน 1 โรงพยาบาลคือ โรงพยาบาลค่ายภาณุรังษีขนาด 30 เตียง และโรงพยาบาลเอกชน 3 โรงพยาบาลคือ โรงพยาบาลกรุงเทพเมืองราชขนาด 300 เตียง โรงพยาบาลมหาชัยพร้อมแพทย์ขนาด 50 เตียง และ โรงพยาบาลสองตาขนาด 10 เตียง³⁰ ซึ่งการที่อำเภอเมืองราชบุรีมีโรงพยาบาลศูนย์ที่มีขนาดใหญ่กว่าโรงพยาบาลอื่นในพื้นที่ทำให้ได้ข้อมูลจำนวนผู้ป่วยใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากกว่าเนื่องจากจะมีผู้ป่วยไปโรงพยาบาลอื่นไม่มากนัก

2.6 สถานการณ์มลพิษอากาศของจังหวัดราชบุรี

มลพิษอากาศในราชบุรี มีแหล่งกำเนิดหลักมาจากการเผาชีวมวล เช่น ช้างอ้อย นาข้าว ขยะมูลฝอย เป็นต้น และจากภาคอุตสาหกรรม โดยจังหวัดราชบุรี มีโรงงานผลิตภัณฑ์เครื่องดินเผาจำนวน 46 แห่ง (ในอำเภอเมือง 38 แห่ง) โรงงานผลิตภัณฑ์ซีเมนต์และปูนขาวจำนวน 17 แห่ง (ในอำเภอ

เมือง 9 แห่ง) โรงงานผลิตอิฐ 5 แห่ง (ในอำเภอเมือง 3 แห่ง) และโรงโม่หิน 12 แห่งซึ่งกระจายอยู่นอกอำเภอเมือง

ระดับมลพิษอากาศของจังหวัดราชบุรีในช่วงปี พ.ศ. 2557 – 2561 มีระดับฝุ่นละออง PM₁₀ PM_{2.5} และก๊าซโอโซนเฉลี่ยรายชั่วโมงสูงกว่ามาตรฐานของประเทศไทยตามตารางที่ 8-11 โดยข้อมูลการวัดได้มาจากสถานีตรวจวัดอากาศอัตโนมัติตั้งอยู่ที่ศูนย์วิศวกรรมกรรมการแพทย์ที่ 1 อำเภอเมืองจังหวัดราชบุรี เริ่มทำการตรวจวัดตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2557 ต่อมาย้ายมาติดตั้งที่สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 8 ตำบลหน้าเมือง อำเภอเมืองราชบุรี พร้อมปรับปรุงให้สามารถวัดฝุ่นละออง PM_{2.5} ตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2557

ฝุ่นละออง PM_{2.5} มักมีปริมาณสูงในช่วงเดือนธันวาคมถึงกุมภาพันธ์ โดยล่าสุดในปี พ.ศ. 2561 มีจำนวนวันที่ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงเกินมาตรฐานไทย 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 31 วัน และเดือนที่มีค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงสูงสุดคือเดือนกุมภาพันธ์ ที่ 89 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

ฝุ่นละออง PM₁₀ มักมีปริมาณสูงในช่วงเดือนมกราคมถึงมีนาคม โดยล่าสุดในปี พ.ศ. 2561 มีจำนวนวันที่ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงเกินมาตรฐานไทย 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 3 วัน และเดือนที่มีค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมงสูงสุดคือเดือนกุมภาพันธ์ ที่ 133 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

ก๊าซโอโซน (O₃) ปี 2561 มีค่าเฉลี่ยราย 1 ชั่วโมงสูงกว่ามาตรฐาน (100 ppm) และ 8 ชั่วโมงสูงกว่ามาตรฐาน (70 ppm) ในเดือนมกราคมถึงเมษายน และพฤศจิกายนถึงธันวาคม โดยเดือนที่มีค่าสูงสุดคือเดือนกุมภาพันธ์ที่ 142 ppm และ 113 ppm ตามลำดับ

ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) พบว่าค่าเฉลี่ยราย 1 ชั่วโมง ของปี พ.ศ. 2557 – 2561 ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานที่ 300 ppb โดยมีค่าเฉลี่ยราย 1 ชั่วโมงสูงสุดที่ตรวจวัดได้ต่อปี คือ ปี พ.ศ. 2558 ที่ 171 ppb ปี 2559 ที่ 45 ppb ปี 2560 ที่ 12 ppb และ ปี 2561 ที่ 20 ppb

ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) พบว่าค่าเฉลี่ยราย 1 ชั่วโมง ของปีพ.ศ. 2557 – 2561 ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานที่ 30 ppm โดยมีค่าเฉลี่ยราย 1 ชั่วโมงสูงสุดที่ตรวจวัดได้ในช่วงปี 2557 – 2561 คือ 2.0 ppm

ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) พบว่าค่าเฉลี่ยราย 1 ชั่วโมง ของปีพ.ศ. 2557 – 2561 ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานที่ 170 ppb โดยมีค่าเฉลี่ยราย 1 ชั่วโมงสูงสุดที่ตรวจวัดได้ในช่วงปีพ.ศ. 2557 – 2561 คือ 77 ppb

จังหวัดราชบุรีความชุกของโรค¹ ที่มีความสัมพันธ์กับฝุ่นละออง PM_{2.5} ของปีพ.ศ. 2561 ดังนี้³¹⁻³⁴ โรคหลอดเลือดหัวใจ (I20-I25) 744.67 คน โรคหลอดเลือดสมอง (I60-I69) 572.73 คน และโรคหลอดเลือดอักเสบ ถุงลมโป่งพอง ปอดอุดกั้นเรื้อรัง (J40-J44) 396.29 คน ต่อประชากร 100,000 คน และมีอัตราการตายของโรคในปีพ.ศ. 2561 ดังนี้ โรคหลอดเลือดหัวใจ (I20-I25) 42.25 คน โรคหลอดเลือดสมอง (I60-I69) 54.88 คน และโรคหลอดเลือดอักเสบ ถุงลมโป่งพอง ปอดอุดกั้นเรื้อรัง (J40-J44) 13.10 คน ต่อประชากร 100,000 คน

มาตรการที่จังหวัดราชบุรีได้มีการดำเนินการในช่วงเดือนที่ปัญหาฝุ่นละออง ในปี พ.ศ. 2562 - 2563 ได้แก่ ห้ามเผาชีวมวล เช่น ช้างอ้อย นาข้าว ขยะ เป็นต้น ปิดกั้นพื้นที่และฉีดน้ำที่บริเวณก่อสร้าง เร่งรัดการก่อสร้างโดยเฉพาะการก่อสร้างสะพานข้ามแยกเพชรเกษม – ปากท่อ สำนักงานขนส่งจังหวัดราชบุรีมีการตรวจรถยนต์ควันดำและให้หยุดใช้งานรถคันนั้นจนกว่าจะแก้ไขภาคอุตสาหกรรมเช่น โรงโม่ โรงไม้หิน เป็นต้น ให้หามาตรการที่จะบรรเทาหรือลดฝุ่นละอองที่ออกจากปล่องสถานประกอบการ สถานศึกษาให้งดหรือลดชั่วโมงในการทำกิจกรรมกลางแจ้ง และให้ประชาชนทั่วไปที่มีความเสี่ยงได้แก่ เด็ก ผู้สูงอายุ ผู้ป่วยโรคปอด และผู้ทำงานที่โล่งแจ้ง สวมใส่หน้ากากป้องกันฝุ่น³⁵⁻³⁷

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

¹ ข้อมูลจากสำนักโรคไม่ติดต่อ กรมควบคุมโรค โดยจัดกลุ่มโรคตามรหัสโรคตามระบบบัญชีจำแนกทางสถิติระหว่างประเทศของโรคและปัญหาสุขภาพที่เกี่ยวข้อง ฉบับทบทวนครั้งที่ (10 the 10th revision of the International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems หรือ ICD10)

บทที่ 3 ระเบียบวิธีการศึกษา

3.1 ประชากรเป้าหมาย

ประชากรที่อาศัยอยู่ในอำเภอเมืองจังหวัดราชบุรี ซึ่งมีจำนวนทั้งสิ้นประมาณ 201,963 คน

3.2 ประชากรที่ศึกษา

ข้อมูลการรักษา (Medical Record) ของผู้ที่อาศัยอยู่ในอำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี ที่มารักษาที่แผนกฉุกเฉินโรงพยาบาลราชบุรีด้วยโรคกลุ่มระบบการหายใจ และโรคกลุ่มระบบหัวใจและหลอดเลือด ในช่วงวันที่ 1 สิงหาคม 2557 ถึง 30 เมษายน 2563

3.3 เกณฑ์คัดเข้า

ข้อมูลการรักษาของผู้ที่มารักษาที่แผนกฉุกเฉิน ด้วยโรคระบบการหายใจและโรคระบบหัวใจและหลอดเลือดตามนิยามเชิงปฏิบัติการ ในช่วงวันที่ 1 สิงหาคม 2557 ถึง 30 เมษายน 2563

3.4 เกณฑ์คัดออก

ข้อมูลการรักษาของผู้ที่ไม่ได้มีภูมิลำเนาอยู่ในอำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี

3.5 ตัวแปรในงานวิจัย

3.5.1 ตัวแปรต้น

ระดับฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ ในช่วงวันที่ 1 สิงหาคม 2557 (วันแรกที่มีข้อมูลการตรวจวัดระดับฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ ที่อำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี) ถึง 30 เมษายน พ.ศ. 2563 ซึ่งมีจำนวนวันทั้งสิ้น 2,099 วัน โดยแบบจำลองแบบที่ 1 ใช้ระดับฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ เฉลี่ย 24 ชั่วโมงรายวัน เป็นตัวแปรต้น และแบบจำลองแบบที่ 2 ใช้ระดับฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ สูงสุดรายวัน เป็นตัวแปรต้น

3.5.2 ตัวแปรควบคุม

ระดับมลพิษอากาศอื่นซึ่งประกอบด้วย SO_2 O_3 NO_2 $PM_{10-2.5}$ และ CO โดยแบบจำลองแบบที่ 1 ควบคุมโดยใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของระดับมลพิษแต่ละชนิด 24 ชั่วโมงรายวัน และแบบจำลองแบบที่ 2 ควบคุมโดยใช้ค่าสูงสุดรายวันของระดับมลพิษแต่ละชนิด

ส่วนตัวแปรอื่นจะควบคุมเหมือนกันทั้ง 2 แบบจำลอง คือ

1. ข้อมูลอุตุนิยมวิทยารายวันของจังหวัดราชบุรีซึ่งประกอบด้วย อุณหภูมิ ความกดอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณฝน และความเร็วลม ควบคุมโดยใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของข้อมูลแต่ละชนิด 24 ชั่วโมงรายวัน

2. วันหยุด คือ วันเสาร์ วันอาทิตย์ และวันหยุดนักขัตฤกษ์

3.5.3 ตัวแปรตาม

การมารับการรักษาด้วยโรคกลุ่มโรคระบบการหายใจและโรคระบบหัวใจและหลอดเลือด ที่แผนกฉุกเฉินโรงพยาบาลราชบุรี ในช่วงวันที่ 1 สิงหาคม พ.ศ. 2557 ถึง 30 เมษายน พ.ศ. 2563

3.6 การรวบรวมข้อมูล

3.6.1 ขั้นตอนการเตรียมการ

1. ดำเนินการขออนุมัติดำเนินการโครงการวิจัย และขออนุมัติจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย
2. ทำหนังสือจากภาควิชาเวชศาสตร์ป้องกันและสังคม คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถึงผู้อำนวยการกองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง และผู้อำนวยการโรงพยาบาลราชบุรี เพื่อชี้แจงวัตถุประสงค์ ขอข้อมูล และขอความร่วมมือในการทำวิจัย
3. ทำหนังสือจากคณบดี คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถึงผู้อำนวยการกองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง เพื่อขอความอนุเคราะห์ข้อมูลมลพิษทางอากาศรายชั่วโมงของอำเภอเมืองจังหวัดราชบุรี

3.6.2 ขั้นตอนการเก็บข้อมูล

1. ขอข้อมูลมลพิษทางอากาศ (ความเข้มข้นของ PM_{10} $PM_{2.5}$ SO_2 NO_2 CO และ O_3) รายชั่วโมงของสถานีรหัส 24T ซึ่งอยู่ในพื้นที่เทศบาลเมืองราชบุรี โดยตั้งอยู่ที่สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 8 ตำบลหน้าเมือง อำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี ซึ่งห่างจากศาลากลางจังหวัดราชบุรี ประมาณ 570 เมตร ตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2557 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2563 จากกองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ
2. ขอข้อมูลอุตุนิยมวิทยา (อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความกดอากาศ ปริมาณฝน ความเร็วลม) รายชั่วโมง ของอำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี ตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2557 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2563 จากกรมอุตุนิยมวิทยา
3. ขอข้อมูลผู้ป่วยรายบุคคลที่มาแผนกฉุกเฉินโรงพยาบาลราชบุรี แล้วได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นโรคกลุ่มระบบการหายใจ และระบบหัวใจและหลอดเลือด โดยเลือกจากรหัส ICD-10 ตามค่านิยามเชิงปฏิบัติการ ตั้งแต่ เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2557 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2563 จากกลุ่มงานเวชสถิติ โรงพยาบาลราชบุรี และทำการตรวจสอบข้อมูล โดยตรวจสอบความชุกในแต่ละโรคว่าไม่น้อยกว่าข้อมูลความชุกของจังหวัดราชบุรี ที่ได้จากกองควบคุมโรคไม่ติดต่อกระทรวงสาธารณสุข และฐานข้อมูลคลังข้อมูลสุขภาพ (Health Data Center : HDC) ของ

ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข กระทรวงสาธารณสุข

3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล

จำนวนผู้ป่วยที่มารักษาที่แผนกฉุกเฉินโรงพยาบาลราชบุรี แสดงเป็นค่ามัธยฐานและพิสัยระหว่างควอร์ไทล์ของจำนวนผู้ป่วยรายวัน และจำนวนผู้ป่วยทั้งหมดตลอดการศึกษา แยกตามโรคตามคำนิยามเชิงปฏิบัติการ และแสดงสัดส่วนของจำนวนผู้ป่วยแยกตามเพศ ตามสถานะการสูบบุหรี่ตามกลุ่มอายุ และตามโรคประจำตัวสำหรับกลุ่มอายุที่มากกว่า 65 ปี โดยในกรณีกลุ่มอายุจะแจกแจงโดยใช้อายุ ณ เวลาที่มาแผนกฉุกเฉินครั้งแรกสุด ในช่วงระยะเวลาที่ศึกษา ส่วนระดับมลพิษรายชั่วโมง (PM_{10} $PM_{2.5}$ CO SO_2 NO_2 O_3) แสดงเป็นจำนวนวันและสัดส่วนวันที่เกินค่ามาตรฐานกรมควบคุมมลพิษและองค์การอนามัยโลกต่อปี และแสดงค่าสูงสุดและต่ำสุด ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของระดับมลพิษต่อเดือนตลอดระยะเวลาการศึกษา

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของระดับมลพิษ $PM_{2.5}$ เริ่มจากคำนวณระดับ $PM_{10-2.5}$ (เนื่องจากการวัดระดับ PM_{10} นั้นจะรวมปริมาณ $PM_{2.5}$ เข้าไปด้วยแล้ว) โดยคำนวณระดับ $PM_{10-2.5}$ รายชั่วโมงจากสมการ

$$PM_{10-2.5} = P_{10} - PM_{2.5}$$

จากนั้นปรับข้อมูลให้เป็นข้อมูลรายวัน โดยข้อมูลระดับมลพิษรายชั่วโมงถูกคำนวณเป็นค่าเฉลี่ยเลขคณิต 24 ชั่วโมง รายวัน (สำหรับแบบจำลองแบบที่ 1) และค่าสูงสุดรายวัน (สำหรับแบบจำลองแบบที่ 2) ข้อมูลอุตุวิทยารายชั่วโมงถูกคำนวณเป็นค่าเฉลี่ยเลขคณิต 24 ชั่วโมง โดยวันที่ไม่มีข้อมูลคุณภาพอากาศนั้นจะรายงานเป็นจำนวนวันและร้อยละของข้อมูลทั้งหมดและไม่ถูกนำมาวิเคราะห์ และสำหรับข้อมูลการมาแผนกฉุกเฉินจะถูกนับแยกตามกลุ่มโรคตามนิยามเชิงปฏิบัติการเพื่อได้ข้อมูลจำนวนผู้ป่วยรายวันของแต่ละโรค

สถิติที่ใช้วิเคราะห์ความสัมพันธ์คือ Generalized linear model โดยเลือกรูปแบบการกระจายของ Random component เป็นการกระจายแบบปัวซอง (Poisson distribution) แต่ถ้าตัวแปรตามข้อมูลจำนวนผู้ป่วยรายวันในแต่ละโรคมีความแปรปรวนมากกว่าค่าเฉลี่ย (Overdispersion) จะเลือกใช้การกระจายแบบทวินามนิเสธ (Negative binomial distribution) และเลือกใช้ Link function เป็น log count ซึ่งเหมาะสมกับตัวแปรตามที่เป็นการนับ

ทำการตรวจสอบ Linear Assumption โดยการจัดกลุ่มระดับมลพิษอากาศเป็น Quartile แล้ววิเคราะห์แบบสองตัวแปรระหว่างความสัมพันธ์ระหว่างระดับมลพิษอากาศกับจำนวนผู้ป่วยรายวันของแต่ละโรค พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ของระดับมลพิษอากาศของแต่ละ Quartile มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรง จึงตั้งข้อสมมติว่าความสัมพันธ์มลพิษอากาศกับการเกิดโรคเป็นเส้นตรง

วิเคราะห์แบบสองตัวแปร (Bivariate analysis) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างระดับมลพิษรายวันและอุบัติการณ์รายวัน กับจำนวนผู้ป่วยรายวันของแต่ละโรค แต่ละคู่โดยพิจารณา Lag time ที่ 0 - 7 วัน โดย Lag time ที่มี p-value น้อยที่สุดจะเป็นตัวแทนของคู่ ๆ นั้น

วิเคราะห์แบบหลายตัวแปร (Multivariate analysis) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างระดับฝุ่นละออง PM_{2.5} รายวันทั้งแบบค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง (แบบจำลอง 1 ซึ่งจะใช้ค่าเฉลี่ยรายวันของระดับมลพิษอากาศแต่ละชนิด) และแบบค่าสูงสุดรายวัน (แบบจำลอง 2 ซึ่งจะใช้ค่าสูงสุดของระดับมลพิษอากาศแต่ละชนิด) กับจำนวนผู้ป่วยรายวันในแต่ละโรค โดยควบคุมตัวแปรอื่นที่คาดว่าเป็นตัวแปรกวน คือ ระดับมลพิษอากาศรายวันชนิดอื่น คือ PM_{10-2.5} SO₂ CO NO₂ O₃ และอุบัติการณ์วิทยารายวัน โดยจะใช้ Lag time ที่เป็นตัวแทนของแต่ละคู่มาใช้ในการคำนวณ และควบคุมตัวแปรวันหยุด โดยจะมีรูปแบบสมการทั้ง แบบจำลอง 1 และ แบบจำลอง 2 ดังนี้

$$\begin{aligned} \log(E[sick]) = & \alpha + \beta_1(PM_{2.5}) + \beta_2(PM_{10-2.5}) + \beta_3(SO_2) + \beta_4(CO) + \beta_5(NO_2) + \beta_6(O_3) \\ & + \beta_7(RelativeHumidity) + \beta_8(Temperature) \\ & + \beta_9(AtmosphericPressure) + \beta_{10}(Rainfall) + \beta_{11}(WindSpeed) \\ & + \beta_{12}(Holiday) + \log(PopulationAtRisk) \end{aligned}$$

โดย $E[sick]$ หมายถึงจำนวนผู้ป่วยของแต่ละโรค และ $\log(PopulationAtRisk)$ หมายถึง Offset parameter ซึ่งในการวิเคราะห์นี้จะใช้เป็นจำนวนประชากรกลางปีในแต่ละปีของอำเภอเมืองราชบุรี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557 ถึง 2563 ซึ่งจากสมการนี้จะทำให้สามารถประมาณอัตราส่วนอุบัติการณ์ในการเกิดโรคแต่ละโรคที่สนใจ (Incident rate ratio: IRR) จากการที่ระดับ PM_{2.5} เพิ่มขึ้น 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ เมื่อควบคุมตัวแปรอื่น ได้ดังนี้

$$Adjusted\ incident\ rate\ ratio = e^{10 \times \beta_1}$$

วิเคราะห์กลุ่มย่อย ตามปัจจัยระดับบุคคลประกอบด้วย เพศ กลุ่มอายุ (0-14 ปี, 15-64 ปี, และ 65 ปีขึ้นไป) โรคประจำตัวในกลุ่มอายุ 65 ปีขึ้นไป (โรคเบาหวาน, โรคไขมันในเลือดสูง, โรคความดันโลหิตสูง และโรคปอดเรื้อรัง) และการสูบบุหรี่ โดยวิเคราะห์เพื่อประมาณอัตราเสี่ยงต่อการเกิดโรคจาก PM_{2.5} ในแต่ละปัจจัยระดับบุคคลต่าง ๆ โดยมีขั้นตอนการวิเคราะห์ที่ในลักษณะเดียวกับการวิเคราะห์ประชากรทั้งหมด แต่การนับจำนวนผู้ป่วยในแต่ละกลุ่มโรคจะแยกนับตามปัจจัยระดับบุคคล

และตัวแปร Offset parameter หรือ $\log(PopulationAtRisk)$ จะแตกต่างกันขึ้นกับจำนวนประชากรกลุ่มเสี่ยงในแต่ละปัจจัยระดับบุคคล โดยกรณีของการวิเคราะห์ย่อยตามกลุ่มอายุนั้น จะใช้อายุจริง ณ เวลาที่มาแผนกฉุกเฉินในแต่ละครั้ง ไม่ใช่อายุ ณ เวลาที่มาแผนกฉุกเฉินครั้งแรกสุด

การวิเคราะห์ทั้งหมดใช้ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 และโปรแกรม R รุ่น 4.0.3 (2020-10-10) ในการวิเคราะห์

3.8 ประเด็นทางจริยธรรม

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงวิเคราะห์ซึ่งได้ผ่านความเห็นชอบจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรม คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ก่อนที่จะสามารถดำเนินการได้ โดยงานวิจัยนี้สามารถวิเคราะห์ประเด็นทางจริยธรรมที่เกี่ยวข้องตามหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ดังนี้

หลักการให้ความเคารพในบุคคล (Respect for Person) ข้อมูลส่วนตัว ข้อมูลการวินิจฉัยโรค และการรักษา จะถูกเก็บเป็นความลับทั้งในกระบวนการเก็บข้อมูล การบันทึกข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และการรายงานข้อมูล กล่าวคือ ไม่มีการระบุชื่อ ที่อยู่ รวมถึงที่ทำงานของผู้ป่วยในแบบบันทึกข้อมูล การวิเคราะห์ผลและการรายงานผลการวิจัย จะนำเสนอในภาพรวมเป็นไปเพื่อวัตถุประสงค์ทางวิชาการเท่านั้น

หลักแห่งผลประโยชน์ (Beneficence) การวิจัยครั้งนี้ผู้เข้าร่วมวิจัยจะไม่ได้รับผลประโยชน์โดยตรง จากการเข้าร่วมการวิจัยในครั้งนี้ แต่ผลการวิจัยจะก่อให้เกิดองค์ความรู้ใหม่ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อส่วนรวมและการพัฒนาวิชาชีพของผู้เข้าร่วมงานวิจัยต่อไป

หลักแห่งความยุติธรรม (Justice) การคัดเลือกผู้เข้าร่วมการวิจัยเป็นไปโดยยุติธรรม มีเกณฑ์การคัดเลือกและการคัดออกจากการวิจัยอย่างชัดเจน ไม่มีผลประโยชน์ขัดกันในการดำเนินงานวิจัย

บทที่ 4 ผลการศึกษา

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ รายวันในอากาศกับการมารับการรักษาด้วยโรคกลุ่มระบบการหายใจและระบบหัวใจและหลอดเลือด ณ โรงพยาบาลราชบุรี อ. เมือง จ.ราชบุรี ตั้งแต่วันที่ 1 สิงหาคม 2557 ถึง 30 เมษายน 2563 นำเสนอผลการศึกษาตามวัตถุประสงค์ดังนี้

1. ระดับมลพิษทางอากาศเฉลี่ยรายวัน (PM_{10} $PM_{2.5}$ SO_2 CO NO_2 O_3) ในพื้นที่อำเภอเมืองราชบุรี
2. การมารับรักษาด้วยโรคระบบการหายใจ และโรคระบบหัวใจและหลอดเลือดที่แผนกฉุกเฉิน โรงพยาบาลราชบุรี
3. ความสัมพันธ์ระหว่างระดับฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ รายวันเมื่อควบคุมปัจจัยกวนอื่นและพิจารณา Lag time แล้ว กับจำนวนผู้มารับการรักษาโรคกลุ่มระบบการหายใจ และโรคกลุ่มระบบหัวใจและหลอดเลือด ในประชากรทั้งหมดและเมื่อแยกตามปัจจัยระดับบุคคล

4.1 ระดับมลพิษทางอากาศ

ข้อมูลระดับมลพิษทางอากาศจากองค์คุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ ของอำเภอเมืองจังหวัดราชบุรี ซึ่งมาจากสถานีตรวจวัดรหัส 24T ตั้งอยู่ที่ตำบลหน้าเมือง อำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี ได้ตรวจวัดระดับ $PM_{2.5}$ PM_{10} SO_2 CO NO_2 และ O_3 ตั้งแต่วันที่ 1 สิงหาคม 2557 ถึง 30 เมษายน 2563 เป็นเวลารวมทั้งหมด 2,099 วัน โดยมีวันที่ไม่มีข้อมูลมลพิษอากาศดังนี้ $PM_{2.5}$ 112 วัน (ร้อยละ 5.34) PM_{10} 97 วัน (ร้อยละ 4.62) O_3 142 วัน (ร้อยละ 6.77) SO_2 111 วัน (ร้อยละ 5.29) NO_2 84 วัน (ร้อยละ 4.00) และ CO 94 วัน (ร้อยละ 4.48)

ซึ่งพบว่าตลอดระยะเวลาที่ศึกษาระดับ NO_2 และ CO นั้นไม่เกินค่ามาตรฐานทั้งองค์การอนามัยโลกและมาตรฐานกรมควบคุมมลพิษ แต่ระดับ $PM_{2.5}$ PM_{10} O_3 และ SO_2 เฉลี่ยรายวันเกินทั้งมาตรฐานกรมควบคุมมลพิษและองค์การอนามัยโลก โดยแสดงจำนวนวันที่เกินทั้งสองมาตรฐานในตารางที่ 2 โดยระดับ $PM_{2.5}$ เฉลี่ยรายวันสูงเกินค่ามาตรฐานกรมควบคุมมลพิษ ($50 \mu g/m^3$ ต่อ 24 ชั่วโมง) เฉลี่ยปีละ 37 ± 11 วัน และเกินมาตรฐานกรมอนามัยโลก ($25 \mu g/m^3$ ต่อ 24 ชั่วโมง) เฉลี่ยปีละ 137 ± 36 วัน ส่วนระดับ PM_{10} O_3 และ SO_2 สูงสุดรายวันนั้น เกินมาตรฐานกรมควบคุมมลพิษและองค์การอนามัยโลกเช่นกัน โดยแสดงจำนวนวันที่เกินมาตรฐานไว้ที่ภาคผนวก ในตารางที่ 13 โดยระดับ $PM_{2.5}$ สูงสุดรายวันเกินค่ามาตรฐานกรมควบคุมมลพิษ เฉลี่ยปีละ 122 ± 29 วัน และเกินมาตรฐานกรมอนามัยโลกเฉลี่ยปีละ 238 ± 63 วัน

ตารางที่ 2 จำนวนวันและสัดส่วนวันที่ระดับมลพิษอากาศเฉลี่ยรายวันสูงเกินค่ามาตรฐานกรมควบคุมมลพิษและองค์การอนามัยโลกในแต่ละปี ในช่วงวันที่ 1 สิงหาคม 2557 ถึง 30 เมษายน 2563

ปี	PM _{2.5}		PM ₁₀		O ₃		SO ₂		NO ₂		CO	
	TH	WHO	TH	WHO	TH	WHO	TH	WHO	TH	WHO	TH	WHO
2557	17 (4.66%)	56 (15.34%)	0	46 (12.6%)	0	2 (0.55%)	0	0	0	0	0	0
2558	44 (12.05%)	167 (45.75%)	0	121 (33.15%)	0	14 (3.84%)	0	1 (0.27%)	0	0	0	0
2559	34 (9.32%)	165 (45.21%)	0	110 (30.14%)	0	12 (3.29%)	0	0	0	0	0	0
2560	28 (7.67%)	107 (29.32%)	0	107 (29.32%)	0	11 (3.01%)	0	2 (0.55%)	0	0	0	0
2561	32 (8.77%)	137 (37.53%)	4 (1.1%)	135 (36.99%)	2 (0.55%)	15 (4.11%)	0	11 (3.01%)	0	0	0	0
2562	56 (15.34%)	166 (45.48%)	4 (1.1%)	137 (37.53%)	0	5 (1.37%)	0	0	0	0	0	0
2563	39 (10.68%)	85 (23.29%)	18 (4.93%)	110 (30.14%)	0	2 (0.55%)	0	0	0	0	0	0
เฉลี่ยปี ละ	37 ± 11	137 ± 36	4 ± 4	115 ± 24	0 ± 1	10 ± 5	0	2 ± 4	0	0	0	0

TH หมายถึงมาตรฐานกรมควบคุมมลพิษ WHO หมายถึงมาตรฐานองค์การอนามัยโลก; เฉลี่ยปีละ หมายถึงจำนวนวันเฉลี่ยต่อปีตลอดการศึกษาที่ระดับมลพิษอากาศเฉลี่ยรายวันสูงเกินค่ามาตรฐาน

PM_{2.5} มีระดับเฉลี่ยรายวันตลอดการศึกษา $27.85 \pm 22.40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และส่วนใหญ่มีวันที่เกินมาตรฐานองค์การอนามัยโลก ในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนพฤษภาคม และเกินมาตรฐานกรมควบคุมมลพิษ ในช่วงเดือนธันวาคมถึงกุมภาพันธ์ ส่วนระดับ PM_{2.5} สูงสุดรายวันส่วนใหญ่จะมีวันที่เกินมาตรฐานองค์การอนามัยโลกเกือบตลอดทั้งปี และเกินมาตรฐานกรมควบคุมมลพิษในช่วงเดือนตุลาคมถึงพฤษภาคม

PM₁₀ มีระดับเฉลี่ยรายวันตลอดการศึกษา $48.5 \pm 31.10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และส่วนใหญ่มีวันที่เกินมาตรฐานองค์การอนามัยโลก ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ต่อ 24 ชั่วโมง) ในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงมีนาคม และเกินมาตรฐานกรมควบคุมมลพิษ ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ต่อ 24 ชั่วโมง) ในช่วงเดือนมกราคมถึงมีนาคม ส่วนระดับ PM₁₀ สูงสุดรายวันส่วนใหญ่มีวันที่เกินมาตรฐานองค์การอนามัยโลกเกือบตลอดทั้งปี และเกินมาตรฐานกรมควบคุมมลพิษในช่วงเดือนตุลาคมถึงพฤษภาคม

O₃ มีระดับเฉลี่ยรายวันตลอดการศึกษา 24.23 ± 21.14 ppm และมีวันที่เกินมาตรฐานกรมควบคุมมลพิษ ($140 \mu\text{g}/\text{m}^3$ หรือ 70 ppb ต่อ 8 ชั่วโมง) เพียง 2 วัน ตลอดระยะเวลาการศึกษา แต่เกินมาตรฐานองค์การอนามัยโลก ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ หรือ 50 ppb ต่อ 8 ชั่วโมง) ในบางวันของเดือนธันวาคมถึงกุมภาพันธ์ ส่วนระดับ O₃ สูงสุดรายวันเกินทั้งมาตรฐานองค์การอนามัยโลกและกรมควบคุมมลพิษ ในช่วงเดือนตุลาคมถึงพฤษภาคม

SO₂ มีระดับเฉลี่ยรายวันตลอดการศึกษา 1.35 ± 1.99 ppb โดยไม่มีวันที่เกินมาตรฐานกรมควบคุมมลพิษ ($300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ หรือ 120 ppb ต่อ 24 ชั่วโมง) แต่เกินมาตรฐานองค์การอนามัยโลก ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ หรือ 7 ppb ต่อ 24 ชั่วโมง) ทั้งหมด 14 วันตลอดระยะเวลาการศึกษา และมากสุดในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2561 จำนวนทั้งสิ้น 11 วัน ส่วนระดับ SO₂ สูงสุดรายวันมีวันที่เกินมาตรฐานกรมควบคุมมลพิษตลอดระยะเวลาการศึกษา 1 วัน ในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 และเกินมาตรฐานองค์การอนามัยโลก ในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงมีนาคม

ระดับมลพิษอากาศเฉลี่ยรายเดือน ระดับต่ำสุดและสูงสุดรายเดือน ตลอดระยะเวลาการศึกษา ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3 และแสดงแนวโน้มของค่าต่ำสุด ค่าเฉลี่ย และค่าสูงสุดรายวันของระดับมลพิษชนิดต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาการศึกษา ดังแผนภูมิ 1

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าต่ำสุดและสูงสุด ของระดับมลพิษอากาศที่
อำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี แยกตามชนิดในแต่ละเดือน ในช่วงวันที่ 1 สิงหาคม 2557 ถึง 30
เมษายน 2563

เดือน	PM _{2.5} µg/m ³	PM ₁₀ µg/m ³	O ₃ ppm	SO ₂ ppb	NO ₂ ppb	CO ppm
มกราคม	49.71 ± 26.67 (1 - 163)	78.02 ± 34.68 (1 - 233)	32.62 ± 25.19 (0 - 129)	1.97 ± 1.44 (0 - 19)	10.17 ± 8.07 (0 - 68)	0.73 ± 0.26 (0.1 - 2)
กุมภาพันธ์	49.25 ± 29.31 (3 - 262)	78.3 ± 37.20 (13 - 307)	33.25 ± 26.80 (0 - 144)	1.95 ± 1.71 (0 - 13)	10.39 ± 7.39 (0 - 77)	0.72 ± 0.24 (0.1 - 1.8)
มีนาคม	33.06 ± 20.31 (1 - 239)	55.87 ± 25.40 (2 - 279)	29.88 ± 22.37 (0 - 166)	1.21 ± 1.48 (0 - 12)	6.22 ± 4.69 (0 - 50)	0.56 ± 0.24 (0.1 - 2.2)
เมษายน	26.47 ± 14.26 (1 - 305)	46.86 ± 21.31 (1 - 324)	28.31 ± 21.17 (0 - 119)	0.85 ± 0.99 (0 - 18)	4.46 ± 3.15 (0 - 27)	0.5 ± 0.17 (0 - 1.6)
พฤษภาคม	16.92 ± 11.22 (1 - 96)	32.79 ± 15.62 (1 - 183)	20.46 ± 15.25 (0 - 81)	0.77 ± 0.74 (0 - 13)	3.94 ± 3.33 (0 - 18)	0.48 ± 0.12 (0.2 - 1.1)
มิถุนายน	12.91 ± 7.62 (1 - 80)	28.15 ± 11.75 (1 - 122)	14.25 ± 11.14 (0 - 57)	0.76 ± 0.64 (0 - 13)	2.98 ± 2.98 (0 - 17)	0.45 ± 0.12 (0.1 - 1.1)
กรกฎาคม	13.12 ± 7.77 (1 - 75)	28.28 ± 12.78 (1 - 106)	12.07 ± 9.20 (0 - 57)	0.53 ± 0.76 (0 - 18)	3.42 ± 2.98 (0 - 18)	0.41 ± 0.14 (0.1 - 2.1)
สิงหาคม	11.77 ± 5.93 (1 - 80)	27.55 ± 19.64 (1 - 954)	11.32 ± 8.68 (0 - 64)	0.49 ± 0.71 (0 - 9.25)	3.73 ± 2.81 (0 - 22.19)	0.39 ± 0.13 (0.1 - 1)
กันยายน	11.8 ± 8.73 (1 - 73)	25.4 ± 14.67 (1 - 124)	13.45 ± 12.86 (0 - 84)	0.71 ± 0.82 (0 - 12)	3.48 ± 2.90 (0 - 23)	0.43 ± 0.15 (0.1 - 1.2)
ตุลาคม	20.57 ± 14.18 (1 - 111)	37.68 ± 21.54 (1 - 157)	22.8 ± 17.91 (0 - 89)	1.53 ± 4.28 (0 - 171)	5.13 ± 4.44 (0 - 29)	0.58 ± 0.15 (0 - 1.9)
พฤศจิกายน	29.58 ± 15.08 (1 - 131)	55.5 ± 23.03 (1 - 265)	28.95 ± 21.01 (0 - 98)	2.1 ± 1.67 (0 - 28)	7.28 ± 6.05 (0 - 40)	0.68 ± 0.28 (0.3 - 4.1)
ธันวาคม	44.42 ± 21.17 (1 - 194)	72.48 ± 29.55 (1 - 242)	37.42 ± 23.05 (0 - 131)	2.7 ± 2.79 (0 - 30)	9.54 ± 7.55 (0 - 53)	0.7 ± 0.19 (0.3 - 2.6)
ตลอด การศึกษา	27.85 ± 22.40 (1 - 305)	48.5 ± 31.10 (1 - 954)	24.23 ± 21.14 (0 - 166)	1.35 ± 1.99 (0 - 171)	6.08 ± 5.87 (0 - 77)	0.56 ± 0.23 (0 - 4.1)

แผนภูมิที่ 1 แสดงค่าต่ำสุด ค่าเฉลี่ย และค่าสูงสุดรายวันของระดับมลพิษอากาศชนิดต่าง ๆ ณ อำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี



4.2 การมารักษาด้วยโรกระบบการหายใจ และโรกระบบหัวใจและหลอดเลือดที่แผนกฉุกเฉิน โรงพยาบาลราชบุรี

ตั้งแต่วันที่ 1 สิงหาคม 2557 ถึง 30 เมษายน 2563 มีการรักษาด้วยโรกระบบการหายใจ และโรกระบบหัวใจและหลอดเลือดที่แผนกฉุกเฉินโรงพยาบาลราชบุรีจำนวน 38,377 ครั้ง จากผู้ป่วย ทั้งหมด 22,161 คน โดยแบ่งเป็นเพศชาย 11,230 คน (ร้อยละ 50.7) และเพศหญิง 10,924 คน (ร้อยละ 49.3) (ไม่มีข้อมูลเพศทั้งหมด 13 คน) แบ่งตามสถานะการสูบบุหรี่ มีผู้สูบบุหรี่ทั้งหมด 3,126 คน (ร้อยละ 14.11) แบ่งตามกลุ่มอายุ ณ ครั้งแรกที่มาที่แผนกฉุกเฉินในช่วงเวลาที่ศึกษา แบ่งเป็น กลุ่มอายุ 0-14 ปี 6,229 คน (ร้อยละ 28.1) กลุ่มอายุ 15-64 ปี 9,457 คน (ร้อยละ 42.5) และกลุ่ม อายุมากกว่า 65 ปี 6,505 คน (ร้อยละ 29.3) และในกลุ่มที่มีอายุมากกว่า 65 ปี นั้นมีจำนวนผู้มีโรค ประจำตัวเป็นเบาหวาน ความดันโลหิตสูง ไขมันในเลือดสูง และโรคปอดเรื้อรัง ดังในตารางที่ 4 ซึ่ง โดยรวมแล้วจะมีผู้มีโรคประจำตัวอย่างน้อยหนึ่งโรคจำนวน 5,604 คน (ร้อยละ 84.0) ซึ่งเป็น เบาหวาน 2,595 คน (ร้อยละ 46.3) ความดันโลหิตสูง 5,089 คน (ร้อยละ 90.8) ไขมันในเลือดสูง 4,296 คน (ร้อยละ 76.6) โรคปอดเรื้อรัง 929 คน (ร้อยละ 16.6)

ตารางที่ 4 จำนวนและสัดส่วนของการมีโรคประจำตัวของผู้ป่วยที่มาโรงพยาบาลด้วยโรกระบบ การหายใจและระบบหัวใจและหลอดเลือดที่มีอายุมากกว่า 65 ปีขึ้นไป ในช่วงวันที่ 1 สิงหาคม 2557 ถึง 30 เมษายน 2563

เบาหวาน	ความดันโลหิตสูง	ไขมันในเลือดสูง	โรคปอดเรื้อรัง	จำนวนคน
ไม่เป็น	ไม่เป็น	ไม่เป็น	ไม่เป็น	1,065 (19.01 %)
		เป็น	เป็น	240 (4.28 %)
	เป็น	ไม่เป็น	ไม่เป็น	121 (2.16 %)
		เป็น	เป็น	44 (0.79 %)
เป็น	ไม่เป็น	ไม่เป็น	ไม่เป็น	677 (12.08 %)
		เป็น	เป็น	167 (2.98 %)
	เป็น	ไม่เป็น	ไม่เป็น	1,522 (27.17 %)
		เป็น	เป็น	238 (4.25 %)
ไม่เป็น	ไม่เป็น	ไม่เป็น	ไม่เป็น	43 (0.77 %)
		เป็น	เป็น	9 (0.16 %)
	เป็น	ไม่เป็น	ไม่เป็น	48 (0.86 %)
		เป็น	เป็น	10 (0.18 %)
เป็น	ไม่เป็น	ไม่เป็น	ไม่เป็น	149 (2.66 %)
		เป็น	เป็น	22 (0.39 %)
	เป็น	ไม่เป็น	ไม่เป็น	2,115 (37.75 %)
		เป็น	เป็น	199 (3.55 %)

ตลอดระยะเวลาการศึกษา ผู้ป่วยที่มาแผนกฉุกเฉินโรงพยาบาลราชบุรีด้วยโรกระบบการหายใจและระบบหัวใจและหลอดเลือดมีจำนวนทั้งหมด 38,377 ครั้ง โดยมีค่ามัธยฐานจำนวนผู้ป่วยรายวันและจำนวนผู้ป่วยน้อยสุดและมากที่สุดรายวันตลอดระยะเวลาการศึกษาดังในตารางที่ 5 ซึ่งในภาพรวมพบว่ามาด้วยโรกระบบการหายใจจำนวนทั้งหมด 26,762 ครั้ง โดยเป็นโรคติดเชื้อทางเดินหายใจส่วนบนมากที่สุดจำนวน 10,204 ครั้ง โรคปอดอักเสบ 4,192 ครั้ง โรคหอบหืดกำเริบ 3,223 ครั้ง โรคปอดอุดกั้นเรื้อรังกำเริบ 2,675 ครั้ง และโรคไข้หวัดใหญ่ 540 ครั้ง และโรกระบบหัวใจและหลอดเลือดทั้งหมด จำนวน 16,345 ครั้ง โดยเป็นโรคหลอดเลือดสมองตีบหรือแตกมากที่สุดจำนวน 2,499 ครั้ง โรคหัวใจล้มเหลว 2,277 ครั้ง โรคกล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือดเฉียบพลัน 1,310 ครั้ง ส่วนจำนวนผู้ป่วยเฉลี่ยที่มาในแต่ละเดือนแยกตามโรคตลอดระยะเวลาการศึกษาได้แจกแจงไว้ที่ภาคผนวกในตารางที่ 14

สำหรับแนวโน้มระหว่างจำนวนผู้ป่วยรายเดือนในแต่ละโรคกับระดับ $PM_{2.5}$ เฉลี่ยรายเดือนและสูงสุดรายเดือนนั้นโดยภาพรวมความสัมพันธ์ในแต่ละกลุ่มโรคไม่ค่อยชัดเจน ดังที่ได้แสดงไว้ที่ภาคผนวก ในแผนภูมิที่ 2 - 11

ตารางที่ 5 จำนวนครั้งของการมาแผนกฉุกเฉินทั้งหมด ค่ามัธยฐานและพิสัยระหว่างควอร์ไทล์ (IQR) ของจำนวนผู้ป่วยรายวัน และจำนวนผู้ป่วยน้อยสุด-มากที่สุดรายวัน ในช่วงวันที่ 1 สิงหาคม 2557 ถึง 30 เมษายน 2563

โรค	จำนวนครั้งทั้งหมด	มัธยฐาน (IQR)	จำนวนผู้ป่วยรายวันน้อยสุด - มากสุด
หอบหืดกำเริบ	3,223	1 (2)	0 - 9
ปอดอุดกั้นเรื้อรังกำเริบ	2,675	1 (2)	0 - 7
ปอดอักเสบ	4,192	2 (2)	0 - 11
ไข้หวัดใหญ่	540	0 (0)	0 - 7
ติดเชื้อทางเดินหายใจส่วนบน	10,204	4 (4)	0 - 23
ระบบการหายใจทั้งหมด	26,762	12 (7)	0 - 35
กล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือดเฉียบพลัน	1,310	0 (1)	0 - 4
หัวใจล้มเหลว	2,277	1 (2)	0 - 7
เส้นเลือดในสมองตีบหรือแตก	2,499	1 (2)	0 - 6
ระบบหัวใจและหลอดเลือดทั้งหมด	16,345	8 (4)	0 - 22

4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับ PM_{2.5} กับการมารักษาด้วยโรกระบบการหายใจ และโรกระบบหัวใจและหลอดเลือดที่แผนกฉุกเฉินโรงพยาบาลราชบุรี

4.3.1 ผู้ที่มารักษาทั้งหมด

ทั้งระดับ PM_{2.5} เฉลี่ยรายวันและระดับ PM_{2.5} มากสุดรายวันที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์กับอัตราอุบัติการณ์ (Incidence rate ratio : IRR) การมาโรงพยาบาลด้วย โรคปอดอุดกั้นเรื้อรังกำเริบ โรคติดเชื้อทางเดินหายใจส่วนบน โรกระบบการหายใจทั้งหมด โรคหัวใจล้มเหลว โรคเส้นเลือดในสมองตีบหรือแตก และโรกระบบหัวใจและหลอดเลือดทั้งหมด รายละเอียดดังตารางที่ 6

เมื่อควบคุมปัจจัยอื่น (ระดับมลพิษอากาศชนิดอื่น สภาพอุตุนิยมวิทยา วันหยุด) ให้คล้ายกันแล้ว ระดับ PM_{2.5} เฉลี่ยรายวันที่เพิ่มขึ้นทุก ๆ 10 µg/m³ สัมพันธ์กับอัตราอุบัติการณ์การมาโรงพยาบาลด้วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังกำเริบเพิ่มขึ้น 1.06 เท่า (95% CI 1.01 - 1.11) ที่ 1 วันถัดไป โรคติดเชื้อทางเดินหายใจส่วนบนเพิ่มขึ้น 1.04 เท่า (95% CI 1.02 - 1.07) ที่ 6 วันถัดไป และระดับ PM_{2.5} สูงสุดรายวันที่เพิ่มขึ้นทุก ๆ 10 µg/m³ สัมพันธ์กับอัตราอุบัติการณ์การมาโรงพยาบาลด้วยโรคปอดอักเสบเพิ่มขึ้น 1.02 เท่า (95% CI 1.00 - 1.04) ที่วันเดียวกัน โรคติดเชื้อทางเดินหายใจส่วนบนเพิ่มขึ้น 1.02 เท่า (95% CI 1.01 - 1.03) ที่ 6 วันถัดไป และโรกระบบการหายใจทั้งหมดเพิ่มขึ้น 1.01 เท่า (95% CI 1.00 - 1.02) ที่ 3 วันถัดไป (ตารางที่ 6) และแสดงสมการของความสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญทางสถิติ รายละเอียดดังตารางที่ 15 และตารางที่ 16

4.3.2 จำแนกตามเพศ

เพศชาย เมื่อควบคุมปัจจัยอื่นให้คล้ายกันแล้ว ระดับ PM_{2.5} เฉลี่ยรายวันที่เพิ่มขึ้นทุก ๆ 10 µg/m³ สัมพันธ์กับอัตราอุบัติการณ์การมาโรงพยาบาลด้วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังกำเริบเพิ่มขึ้น 1.09 เท่า (95% CI 1.03 - 1.15) ที่ 1 วันถัดไป โรคติดเชื้อทางเดินหายใจส่วนบนเพิ่มขึ้น 1.03 เท่า (95% CI 1.00 - 1.06) ที่ 7 วันถัดไป และโรกระบบการหายใจทั้งหมด 1.02 เท่า (95% CI 1.00 - 1.04) ที่ 2 วันถัดไป และระดับ PM_{2.5} สูงสุดรายวันที่เพิ่มขึ้นทุก ๆ 10 µg/m³ สัมพันธ์กับอัตราอุบัติการณ์การมาโรงพยาบาลด้วยโรคติดเชื้อทางเดินหายใจส่วนบนเพิ่มขึ้น 1.06 เท่า (95% CI 1.00 - 1.03) ที่ 6 วันถัดไป (ตารางที่ 7)

เพศหญิง เมื่อควบคุมปัจจัยอื่นให้คล้ายกันแล้ว ระดับ PM_{2.5} เฉลี่ยรายวันที่เพิ่มขึ้นทุก ๆ 10 µg/m³ สัมพันธ์กับอัตราอุบัติการณ์การมาโรงพยาบาลด้วยโรคปอดอักเสบเพิ่มขึ้น 1.07 เท่า (95% CI 1.02 - 1.12) ที่วันเดียวกัน และโรคไข้วัดใหญ่ลดลง 0.81 เท่า (95% CI 0.69 - 0.94) ที่ 2 วันถัดไป และระดับ PM_{2.5} สูงสุดรายวันที่เพิ่มขึ้นทุก ๆ 10 µg/m³ สัมพันธ์กับอัตราอุบัติการณ์การมาโรงพยาบาลด้วยโรคปอดอักเสบเพิ่มขึ้น 1.04 เท่า (95% CI 1.01 - 1.06) ที่วันเดียวกัน (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับ PM_{2.5} เล็กรายวัน (แบบจำลอง 1) และสูงสุดรายวัน (แบบจำลอง 2) ที่เพิ่มขึ้น 10 µg/m³ กับการมาโรงพยาบาล ด้วยโรคแต่ละชนิดในประชากรทั้งหมด

โรค	ระดับมลพิษอากาศเฉลี่ยรายวัน (แบบจำลอง 1)				ระดับมลพิษอากาศสูงสุดรายวัน (แบบจำลอง 2)					
	LAG	CRUDE	95% CI	ADJUSTED	95% CI	LAG	CRUDE	95% CI	ADJUSTED	95% CI
ระบบทางเดินหายใจ										
หอบที่ตักกรีป	7	0.99	(0.97 - 1.01)	1.02	(0.99 - 1.06)	6	0.99	(0.98 - 1.01)	1.00	(0.98 - 1.03)
ปอดอักเสบเรื้อรังกำเริบ	1	1.05***	(1.03 - 1.08)	1.06*	(1.01 - 1.11)	1	1.03***	(1.02 - 1.04)	1.01	(0.99 - 1.03)
ปอดอักเสบ	7	0.99	(0.98 - 1.01)	1.02	(0.99 - 1.05)	7	0.99	(0.98 - 1.00)	1.02**	(1.005 - 1.04)
ไตหรือไตใหญ่	6	1.03	(0.98 - 1.09)	0.94	(0.83 - 1.05)	2	1.00	(0.97 - 1.04)	0.95	(0.89 - 1.00)
ติดเชื้อทางเดินหายใจส่วนบน	6	0.99	(0.98 - 1.01)	1.04***	(1.02 - 1.07)	6	1.00	(0.99 - 1.01)	1.02**	(1.01 - 1.03)
ระบบทางเดินหายใจทั้งหมด	2	1.00	(1.00 - 1.01)	1.01	(1.00 - 1.03)	2	1.00	(1.00 - 1.01)	1.01*	(1.001 - 1.02)
ระบบหัวใจและหลอดเลือด										
กล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือด	1	1.00	(0.98 - 1.03)	0.96	(0.90 - 1.02)	0	1.00	(0.98 - 1.02)	1.00	(0.97 - 1.03)
หัวใจล้มเหลว	2	1.03**	(1.01 - 1.05)	0.99	(0.95 - 1.03)	6	1.02**	(1.01 - 1.03)	0.99	(0.97 - 1.02)
เส้นเลือดในสมองตีบหรือแตก	0	1.01	(0.99 - 1.03)	0.98	(0.94 - 1.03)	0	1.01	(0.99 - 1.02)	1.00	(0.98 - 1.02)
ระบบหัวใจและหลอดเลือดทั้งหมด	6	1.02***	(1.01 - 1.03)	1.00	(0.99 - 1.02)	2	1.01**	(1.001 - 1.01)	0.99	(0.98 - 1.00)

มีนัยสำคัญทางสถิติ * p-value ≤ 0.05 ** p-value ≤ 0.01 *** p-value ≤ 0.001; Lag หมายถึงจำนวนวันระหว่างที่ความสัมพันธ์ระดับ PM_{2.5} รายวันสัมพันธ์กับอัตราอุบัติการณ์การมาแผนกฉุกเฉินด้วยโรคนี้; Adjusted IRR หมายถึงอัตราอุบัติการณ์ (IRR) เมื่อควบคุมปัจจัยอื่นให้คล้ายกันแล้ว (ระดับมลพิษรายวันชนิดอื่น อุณหภูมิรายวัน และวันหยุด)

ตารางที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับ PM_{2.5} เฉลี่ยรายวัน (แบบจำลอง 1) และสูงสุดรายวัน (แบบจำลอง 2) ที่เพิ่มขึ้น 10 µg/m³ กับการมาโรงพยาบาล ด้วยโรคแต่ละชนิดแบ่งตามเพศ

โรค	ระดับมลพิษอากาศเฉลี่ยรายวัน (แบบจำลอง 1)					ระดับมลพิษอากาศสูงสุดรายวัน (แบบจำลอง 2)					
	เพศชาย		เพศหญิง			เพศชาย		เพศหญิง			
	LAG	PM _{2.5} IRR ADJUSTED 95% CI	LAG	PM _{2.5} IRR ADJUSTED 95% CI	LAG	PM _{2.5} IRR ADJUSTED 95% CI	LAG	PM _{2.5} IRR ADJUSTED 95% CI	LAG	PM _{2.5} IRR ADJUSTED 95% CI	
ระบบทางเดินหายใจ											
หอบที่ตื้นถี่เรื้อรัง	7	1.04 (0.98 - 1.10)	6	1.00 (0.95 - 1.05)	7	1.02 (0.99 - 1.05)	6	0.99 (0.97 - 1.02)			
ปอดอุดกั้นเรื้อรังกำเริบ	1	1.09** (1.03 - 1.15)	2	0.92 (0.85 - 1.00)	1	1.02 (1.00 - 1.05)	7	1.00 (0.97 - 1.04)			
ปอดอักเสบ	7	0.99 (0.95 - 1.02)	0	1.07* (1.02 - 1.12)	7	0.98 (0.96 - 1.01)	0	1.04** (1.01 - 1.06)			
ไข้หวัดใหญ่	6	0.92 (0.80 - 1.06)	2	0.81** (0.69 - 0.94)	6	1.02 (0.96 - 1.09)	2	0.93 (0.85 - 1.01)			
ติดเชื้อทางเดินหายใจส่วนบน	7	1.03* (1.002 - 1.06)	2	1.00 (0.97 - 1.04)	6	1.02* (1.002 - 1.03)	6	1.02 (1.00 - 1.03)			
ระบบการหายใจทั้งหมด	2	1.02* (1.003 - 1.04)	3	1.01 (0.99 - 1.03)	3	1.01 (1.00 - 1.02)	2	1.00 (0.99 - 1.01)			
ระบบหัวใจและหลอดเลือด											
กล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือด	1	1.02 (0.93 - 1.11)	4	1.01 (0.92 - 1.11)	1	1.02 (0.98 - 1.06)	4	0.99 (0.94 - 1.03)			
หัวใจล้มเหลว	6	1.00 (0.95 - 1.06)	0	0.96 (0.91 - 1.01)	2	1.01 (0.98 - 1.04)	7	1.00 (0.98 - 1.03)			
เส้นเลือดในสมองตีบหรือแตก	0	0.99 (0.94 - 1.05)	0	0.97 (0.90 - 1.04)	3	0.99 (0.97 - 1.02)	0	1.00 (0.96 - 1.03)			
ระบบหัวใจและหลอดเลือดทั้งหมด	6	1.01 (1.00 - 1.03)	3	0.98 (0.95 - 1.00)	2	1.00 (0.99 - 1.01)	5	1.00 (0.99 - 1.01)			

มีนัยสำคัญทางสถิติ * p-value ≤ 0.05 ** p-value ≤ 0.01 *** p-value ≤ 0.001; Lag หมายถึงจำนวนวันระหว่างวันที่ความสัมพันธ์ระดับ PM_{2.5} รายวันสัมพันธ์กับอัตราอุบัติการณ์การมาแผนกฉุกเฉินด้วยโรคนั้น; Adjusted IRR หมายถึงอัตราอุบัติการณ์ (IRR) เมื่อควบคุมปัจจัยอื่นให้คล้ายกันแล้ว (ระดับมลพิษรายวันชนิดอื่น อุดมวิทย์รายวัน และวันหยุด)

4.3.3 จำแนกตามสถานภาพการสูบบุหรี่

กลุ่มผู้สูบบุหรี่ พบว่าเมื่อควบคุมปัจจัยอื่นให้คล้ายกันแล้ว ระดับ $PM_{2.5}$ เฉลี่ยรายวันที่เพิ่มขึ้นทุก ๆ $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ สัมพันธ์กับอัตราอุบัติการณ์การมาโรงพยาบาลด้วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังกำเริบเพิ่มขึ้น 1.07 เท่า (95% CI 1.01 - 1.13) ในวันเดียวกัน และระดับ $PM_{2.5}$ มากสุดรายวันที่เพิ่มขึ้นทุก ๆ $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ สัมพันธ์กับอัตราอุบัติการณ์การมาโรงพยาบาลด้วยโรคไข้หวัดใหญ่เพิ่มขึ้น 1.145 เท่า (95% CI 1.01 - 1.25) ที่ 1 วันถัดมา (ตารางที่ 8)

กลุ่มผู้ไม่สูบบุหรี่ พบว่าเมื่อควบคุมปัจจัยอื่น ๆ ให้คล้ายกันแล้ว ระดับ $PM_{2.5}$ เฉลี่ยรายวันที่เพิ่มขึ้นทุก ๆ $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ สัมพันธ์กับอัตราอุบัติการณ์การมาโรงพยาบาลด้วยโรคระบบการหายใจทั้งหมดเพิ่มขึ้น 1.02 เท่า (95% CI 1.00 - 1.04) ที่ 3 วันถัดไป และระดับ $PM_{2.5}$ มากสุดรายวันที่เพิ่มขึ้นทุก ๆ $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ สัมพันธ์กับอัตราอุบัติการณ์การมาโรงพยาบาลด้วยโรคปอดอักเสบเพิ่มขึ้น 1.02 เท่า (95% CI 1.01 - 1.04) ที่วันเดียวกัน โรคติดเชื้อทางเดินหายใจส่วนบนเพิ่มขึ้น 1.02 เท่า (95% CI 1.01 - 1.04) ที่ 6 วันถัดไป และโรคระบบการหายใจทั้งหมดเพิ่มขึ้น 1.01 เท่า (95% CI 1.00 - 1.02) ที่ 3 วัน (ตารางที่ 8)

4.3.4 จำแนกตามกลุ่มอายุ

กลุ่มอายุ 0 – 14 ปี เมื่อควบคุมปัจจัยอื่นให้คล้ายกันแล้ว ระดับ $PM_{2.5}$ เฉลี่ยรายวันที่เพิ่มขึ้นทุก ๆ $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ สัมพันธ์กับอัตราอุบัติการณ์การมาโรงพยาบาลด้วยโรคติดเชื้อทางเดินหายใจส่วนบนเพิ่มขึ้น 1.05 เท่า (95% CI 1.02 - 1.09) ที่ 7 วันถัดไป และโรคระบบการหายใจทั้งหมด 1.06 เท่า (95% CI 1.03 - 1.09) ที่ 7 วันถัดไป (ตารางที่ 9) และระดับ $PM_{2.5}$ สูงสุดรายวันที่เพิ่มขึ้นทุก ๆ $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ สัมพันธ์กับอัตราอุบัติการณ์การมาโรงพยาบาลด้วยโรคติดเชื้อทางเดินหายใจส่วนบนเพิ่มขึ้น 1.02 เท่า (95% CI 1.00 - 1.03) ที่ 7 วันถัดไป และโรคระบบการหายใจทั้งหมด 1.02 เท่า (95% CI 1.01 - 1.03) ที่ 7 วันถัดไป (ตารางที่ 10)

กลุ่มอายุ 15 – 64 ปีเมื่อควบคุมปัจจัยอื่นให้คล้ายกันแล้ว ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างการมาโรงพยาบาลด้วยโรคต่างๆ กับระดับ $PM_{2.5}$ เฉลี่ยรายวันที่เพิ่มขึ้นทุก ๆ $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (ตารางที่ 9) แต่พบว่า ระดับ $PM_{2.5}$ สูงสุดรายวันที่สัมพันธ์กับอัตราอุบัติการณ์การมาโรงพยาบาลด้วยโรคหอบหืดกำเริบ 1.02 เท่า (95% CI 1.00 - 1.05) ที่ 5 วันถัดไป (ตารางที่ 10)

กลุ่มอายุ 65 ปีขึ้นไป เมื่อควบคุมปัจจัยอื่นให้คล้ายกันแล้ว ระดับ $PM_{2.5}$ เฉลี่ยรายวันที่เพิ่มขึ้นทุก ๆ $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ สัมพันธ์กับอัตราอุบัติการณ์การมาโรงพยาบาลด้วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังกำเริบเพิ่มขึ้น 1.11 เท่า (95% CI 1.05 - 1.17) ที่วันเดียวกัน โรคปอดอักเสบเพิ่มขึ้น 1.07 เท่า

(95% CI 1.02 - 1.11) ที่วันเดียวกัน โรคไข้หวัดใหญ่ลดลง 0.58 เท่า (95% CI 0.35 – 0.9) ที่ 1 วันถัดไป โรคระบบการหายใจทั้งหมดเพิ่มขึ้น 1.04 เท่า (95% CI 1.02 – 1.07) ที่ 1 วันถัดไป และโรคระบบหัวใจและหลอดเลือดทั้งหมดเพิ่มขึ้น 1.03 เท่า (95% CI 1.00 – 1.05) ที่ 1 วันถัดไป (ตารางที่ 9) แต่ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างการมาโรงพยาบาลด้วยโรคต่าง ๆ กับระดับ PM_{2.5} สูงสุดรายวัน (ตารางที่ 10)



ตารางที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับ PM_{2.5} เฉลี่ยรายวัน (แบบจำลอง 1) และสูงสุดรายวัน (แบบจำลอง 2) ที่เพิ่มขึ้น 10 µg/m³ กับการมาโรงพยาบาล ด้วยโรคแต่ละชนิดแบ่งตามสถานภาพการสูบบุหรี่

โรค	ระดับมลพิษอากาศเฉลี่ยรายวัน (แบบจำลอง 1)					ระดับมลพิษอากาศสูงสุดรายวัน (แบบจำลอง 2)				
	ไม่สูบบุหรี่		ไม่สูบบุหรี่			สูบบุหรี่		ไม่สูบบุหรี่		
	LAG	PM _{2.5} IRR ADJUSTED 95% CI	LAG	PM _{2.5} IRR ADJUSTED 95% CI	LAG	PM _{2.5} IRR ADJUSTED 95% CI	LAG	PM _{2.5} IRR ADJUSTED 95% CI	LAG	PM _{2.5} IRR ADJUSTED 95% CI
ระบบทางเดินหายใจ										
หอบที่ตื้นถี่เรื้อรัง	7	1.05 (0.96 - 1.13)	2	1.00 (0.95 - 1.04)	7	1.00 (0.95 - 1.04)	6	1.00 (0.97 - 1.02)		
ปอดอุดกั้นเรื้อรังกำเริบ	0	1.07* (1.01 - 1.13)	1	1.05 (0.99 - 1.13)	0	1.01 (0.98 - 1.04)	4	1.01 (0.98 - 1.04)		
ปอดอักเสบ	2	1.01 (0.91 - 1.11)	0	1.03 (0.99 - 1.07)	2	0.97 (0.93 - 1.02)	0	1.02** (1.01 - 1.04)		
ไข้หวัดใหญ่	3	0.78 (0.43 - 1.33)	6	0.90 (0.79 - 1.01)	1	1.15* (1.01 - 1.25)	2	0.95 (0.90 - 1.01)		
ติดเชื้อทางเดินหายใจส่วนบน	4	1.00 (0.93 - 1.09)	2	1.01 (0.98 - 1.03)	5	1.02 (0.98 - 1.05)	6	1.02*** (1.01 - 1.04)		
ระบบทางเดินหายใจทั้งหมด	0	1.01 (0.98 - 1.04)	3	1.02* (1.001 - 1.04)	0	1.00 (0.98 - 1.01)	3	1.01* (1.001 - 1.02)		
ระบบหัวใจและหลอดเลือด										
กล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือด	1	0.95 (0.84 - 1.07)	4	1.00 (0.94 - 1.06)	1	1.00 (0.94 - 1.06)	0	1.00 (0.97 - 1.03)		
หัวใจล้มเหลว	2	0.98 (0.90 - 1.07)	2	0.99 (0.94 - 1.03)	2	0.97 (0.92 - 1.02)	7	1.00 (0.98 - 1.02)		
เส้นเลือดในสมองตีบหรือแตก	1	0.95 (0.86 - 1.04)	0	0.99 (0.94 - 1.05)	7	0.98 (0.94 - 1.02)	0	1.00 (0.98 - 1.03)		
ระบบหัวใจและหลอดเลือดทั้งหมด	2	0.98 (0.96 - 1.00)	3	1.00 (0.98 - 1.02)	2	0.98 (0.96 - 1.00)	5	1.00 (0.99 - 1.01)		

มีนัยสำคัญทางสถิติ * p-value ≤ 0.05 ** p-value ≤ 0.01 *** p-value ≤ 0.001; Lag หมายถึงจำนวนวันที่ความสัมพันธ์ระหว่างวันที่ความเข้มข้นสัมพันธ์กับอัตราการเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลด้วยโรคนี้; Adjusted IRR หมายถึงอัตราอุบัติการณ์ (IRR) เมื่อควบคุมปัจจัยอื่นให้คล้ายกันแล้ว (ระดับมลพิษรายวันชนิดอื่น จุดนิยามวิทยารายวัน และวันหยุด)

ตารางที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับ PM_{2.5} เฉลี่ยรายวัน (แบบจำลอง 1) ที่เพิ่มขึ้น 10 µg/m³ กับการมาโรงพยาบาลด้วยโรคแต่ละชนิดแบ่งตามช่วงอายุ

โรค	อายุ 0 – 14 ปี			อายุ 15 – 64 ปี			อายุมากกว่า 65 ปี		
	LAG	PM _{2.5} IRR ADJUSTED 95% CI	LAG	PM _{2.5} IRR ADJUSTED 95% CI	LAG	PM _{2.5} IRR ADJUSTED 95% CI	LAG	PM _{2.5} IRR ADJUSTED 95% CI	
ระบบการหายใจ									
หอบที่ตื้นกำเริบ	6	1.03 (0.95 - 1.13)	0	1.00 (0.95 - 1.04)	7	1.06 (0.98 - 1.15)			
ปอดอักเสบเรื้อรังกำเริบ	0	1.14 (0.34 - 2.44)	1	1.01 (0.94 - 1.09)	0	1.11*** (1.05 - 1.17)			
ปอดอักเสบ	3	1.00 (0.92 - 1.08)	3	1.02 (0.96 - 1.08)	1	1.07** (1.02 - 1.11)			
ไข้หวัดใหญ่	6	0.97 (0.84 - 1.1)	3	1.07 (0.87 - 1.3)	1	0.58* (0.35 - 0.9)			
ติดเชื้อทางเดินหายใจส่วนบน	7	1.05*** (1.02 - 1.09)	2	0.98 (0.94 - 1.02)	0	1.00 (0.90 - 1.11)			
ระบบการหายใจทั้งหมด	7	1.06*** (1.03 - 1.09)	2	0.99 (0.97 - 1.01)	1	1.04*** (1.02 - 1.07)			
ระบบหัวใจและหลอดเลือด									
กล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือด	-	-	4	0.94 (0.86 - 1.04)	1	0.98 (0.90 - 1.05)			
หัวใจล้มเหลว	3	0.92 (0.46 - 1.69)	2	0.99 (0.93 - 1.05)	0	1.01 (0.96 - 1.07)			
เส้นเลือดในสมองตีบหรือแตก	3	1.29 (0.58 - 2.51)	0	0.95 (0.88 - 1.02)	0	1.00 (0.94 - 1.05)			
ระบบหัวใจและหลอดเลือดทั้งหมด	4	1.13 (0.95 - 1.33)	0	0.99 (0.96 - 1.01)	6	1.03* (1.00 - 1.05)			

มีนัยสำคัญทางสถิติ * p-value ≤ 0.05 ** p-value ≤ 0.01 *** p-value ≤ 0.001; - ไม่มีจำนวนผู้ป่วยเพียงพอที่จะวิเคราะห์ได้; Lag หมายถึงจำนวนวันระหว่างวันที่ความล้มเหลวระดับ PM_{2.5} รายวันสัมพันธ์กับอัตราการเกิดการมาแผนกฉุกเฉินด้วยโรคนั้น; Adjusted IRR หมายถึงอัตราอุบัติการณ์ (IRR) เมื่อควบคุมปัจจัยอื่นให้คล้ายกันแล้ว (ระดับเลพิษรายวันชนิดอื่น อุณหภูมิรายวัน และวันหยุด)

ตารางที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับ PM_{2.5} สูงสุดรายวัน (แบบจำลอง 2) ที่เพิ่มขึ้น 10 µg/m³ กับการมาโรงพยาบาลด้วยโรคแต่ละชนิดแบ่งตามช่วงอายุ

โรค	อายุ 0 – 14 ปี			อายุ 15 – 64 ปี			อายุมากกว่า 65 ปี		
	LAG	PM _{2.5} IRR ADJUSTED 95% CI	LAG	PM _{2.5} IRR ADJUSTED 95% CI	LAG	PM _{2.5} IRR ADJUSTED 95% CI	LAG	PM _{2.5} IRR ADJUSTED 95% CI	
ระบบทางเดินหายใจ									
หอบที่ตักกำเริบ	6	1.00 (0.96 - 1.05)	5	1.02 (1.00 - 1.05)	0	1.02 (0.98 - 1.07)			
ปอดอักเสบหรือรังกำเริบ	5	1.03 (0.50 - 1.45)	2	1.00 (0.97 - 1.03)	0	1.02 (0.99 - 1.05)			
ปอดอักเสบ	3	1.02 (0.98 - 1.06)	3	1.00 (0.98 - 1.03)	0	1.02 (1.00 - 1.05)			
ไข้หวัดใหญ่	6	0.99 (0.92 - 1.05)	2	0.93 (0.82 - 1.04)	0	0.80 (0.59 - 1.05)			
ติดเชื้อทางเดินหายใจส่วนบน	7	1.02* (1.002 - 1.03)	2	1.00 (0.98 - 1.02)	0	1.02 (0.96 - 1.08)			
ระบบทางเดินหายใจทั้งหมด	7	1.02** (1.01 - 1.03)	2	1.00 (0.99 - 1.01)	1	1.01 (0.99 - 1.02)			
ระบบหัวใจและหลอดเลือด									
กล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือด	-	-	0	0.99 (0.95 - 1.03)	0	1.00 (0.97 - 1.04)			
หัวใจล้มเหลว	3	0.96 (0.67 - 1.28)	4	1.01 (0.97 - 1.04)	0	1.00 (0.97 - 1.03)			
เส้นเลือดในสมองตีบหรือแตก	3	1.15 (0.73 - 1.50)	3	0.99 (0.96 - 1.01)	0	1.00 (0.98 - 1.03)			
ระบบหัวใจและหลอดเลือดทั้งหมด	3	1.01 (0.92 - 1.09)	2	0.99 (0.98 - 1.01)	6	1.01 (1.00 - 1.02)			

มีนัยสำคัญทางสถิติ * p-value ≤ 0.05 ** p-value ≤ 0.01 *** p-value ≤ 0.001; - ไม่มีจำนวนผู้ป่วยเพียงพอที่จะวิเคราะห์ได้; Lag หมายถึงจำนวนวันระหว่างวันที่ความล้มเหลวของระดับ PM_{2.5} รายวันสัมพันธ์กับอัตราการเข้ารับการมาแผนกฉุกเฉินด้วยโรคนั้น; Adjusted IRR หมายถึงอัตราอุบัติการณ์ (IRR) เมื่อควบคุมปัจจัยอื่นให้คล้ายกันแล้ว (ระดับมลพิษรายวันชนิดอื่น อุณหภูมิรายวัน และวันหยุด

4.3.4.1 จำแนกแบ่งตามโรคประจำตัวของกลุ่มผู้ที่มีอายุ 65 ปี ขึ้นไป

กลุ่มผู้ที่มีโรคประจำตัวเป็นเบาหวาน เมื่อควบคุมปัจจัยอื่นให้คล้ายกันแล้ว ระดับ $PM_{2.5}$ เฉลี่ยรายวันที่เพิ่มขึ้นทุก ๆ $10 \mu g/m^3$ สัมพันธ์กับอัตราอุบัติการณ์การมาโรงพยาบาลด้วยโรคไข้หวัดใหญ่ ลดลง 0.40 เท่า (95% CI 0.19 - 0.75) ที่ 2 วันถัดไป และโรคเส้นเลือดสมองตีบหรือแตกลดลง 0.82 เท่า ที่ 4 วันถัดไป และโรคระบบหัวใจและหลอดเลือดทั้งหมดเพิ่มขึ้น 1.03 เท่า (95% CI 0.73 - 0.93) ที่ 6 วันถัดไป (ตารางที่ 11) และระดับ $PM_{2.5}$ สูงสุดรายวันที่เพิ่มขึ้นทุก ๆ $10 \mu g/m^3$ สัมพันธ์กับอัตราอุบัติการณ์การมาโรงพยาบาลด้วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังเพิ่มขึ้น 1.05 เท่า (95% CI 1.01 - 1.09) ที่ 1 วันถัดไป (ตารางที่ 12)

กลุ่มผู้ที่มีโรคประจำตัวเป็นความดันโลหิตสูง เมื่อควบคุมปัจจัยอื่นให้คล้ายกันแล้ว ระดับ $PM_{2.5}$ เฉลี่ยรายวันที่เพิ่มขึ้นทุก ๆ $10 \mu g/m^3$ สัมพันธ์กับอัตราอุบัติการณ์การมาโรงพยาบาลด้วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังกำเริบเพิ่มขึ้น 1.10 เท่า (95% CI 1.04 - 1.18) ที่วันเดียวกัน โรคปอดอักเสบเพิ่มขึ้น 1.06 เท่า (95% CI 1.00 - 1.13) ที่วันเดียวกัน โรคระบบการหายใจทั้งหมด 1.03 เท่า (95% CI 1.00 - 1.07) ที่ 1 วันถัดไป และโรคระบบหัวใจและหลอดเลือดทั้งหมดเพิ่มขึ้น 1.03 เท่า (95% CI 1.01 - 1.05) ที่ 6 วันถัดไป (ตารางที่ 11) และ ระดับ $PM_{2.5}$ สูงสุดรายวันที่เพิ่มขึ้นทุก ๆ $10 \mu g/m^3$ สัมพันธ์กับอัตราอุบัติการณ์การมาโรงพยาบาลด้วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังกำเริบเพิ่มขึ้น 1.03 เท่า (95% CI 1.00 - 1.06) ที่วันเดียวกัน และโรคระบบหัวใจและหลอดเลือดทั้งหมดเพิ่มขึ้น 1.01 เท่า (95% CI 1.00 - 1.02) ที่ 6 วันถัดไป (ตารางที่ 12)

กลุ่มผู้ที่มีโรคประจำตัวเป็นไขมันในเลือดสูง เมื่อควบคุมปัจจัยอื่นให้คล้ายกันแล้ว ระดับ $PM_{2.5}$ เฉลี่ยรายวันที่เพิ่มขึ้นทุก ๆ $10 \mu g/m^3$ สัมพันธ์กับอัตราอุบัติการณ์การมาโรงพยาบาลด้วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังกำเริบเพิ่มขึ้น 1.07 เท่า (95% CI 1.00 - 1.13) ที่ 2 วันถัดไป (ตารางที่ 11) แต่ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างการมาโรงพยาบาลด้วยโรคต่างๆ กับระดับ $PM_{2.5}$ สูงสุดรายวัน (ตารางที่ 12)

กลุ่มผู้ที่มีโรคประจำตัวเป็นโรคปอดเรื้อรัง เมื่อควบคุมปัจจัยอื่นให้คล้ายกันแล้ว ระดับ $PM_{2.5}$ เฉลี่ยรายวันที่เพิ่มขึ้นทุก ๆ $10 \mu g/m^3$ สัมพันธ์กับอัตราอุบัติการณ์การมาโรงพยาบาลด้วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังกำเริบเพิ่มขึ้น 1.08 เท่า (95% CI 1.02 - 1.14) ในวันเดียวกัน (ตารางที่ 11) แต่ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างการมาโรงพยาบาลด้วยโรคต่างๆ กับระดับ $PM_{2.5}$ สูงสุดรายวัน (ตารางที่ 12)

กลุ่มผู้ที่ไม่ได้มีโรคประจำตัวทั้ง 4 โรค เมื่อควบคุมปัจจัยอื่นให้คล้ายกันแล้ว ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างการมาโรงพยาบาลด้วยโรคต่างๆ กับระดับ $PM_{2.5}$ เฉลี่ยรายวันที่เพิ่มขึ้นทุก ๆ $10 \mu g/m^3$ (ตารางที่ 11) แต่ระดับ $PM_{2.5}$ สูงสุดรายวันที่เพิ่มขึ้นทุก ๆ $10 \mu g/m^3$ สัมพันธ์กับอัตราอุบัติการณ์การ

มาโรงพยาบาลด้วยโรคติดเชื้อทางเดินหายใจส่วนบนเพิ่มขึ้น 1.14 เท่า (95% CI 1.03 - 1.25) ในวันเดียวกัน (ตารางที่ 12)



ตารางที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับ PM_{2.5} เฉลี่ยรายวัน (แบบจำลอง 1) ที่เพิ่มขึ้น 10 µg/m³ กับการมาโรงพยาบาลด้วยโรคแต่ละชนิดแบ่งตามโรคประจำตัว ในกลุ่มผู้ที่มีอายุมากกว่า 65 ปี

โรค	เบหพวน			ความดันโลหิตสูง			ไขมันในเลือดสูง			โรคปอดเรื้อรัง			ไม่มีโรคทั้ง 4 โรค		
	LAG	PM _{2.5} IRR	95% CI	LAG	PM _{2.5} IRR	95% CI	LAG	PM _{2.5} IRR	95% CI	LAG	PM _{2.5} IRR	95% CI	LAG	PM _{2.5} IRR	95% CI
ระบบการหายใจ															
หอบที่ตักกำเริบ	7	0.91	(0.78 - 1.06)	7	1.04	(0.93 - 1.16)	7	1.11	(0.98 - 1.26)	7	1.06	(0.98 - 1.15)	-	-	-
ปอดอุดกั้นเรื้อรังกำเริบ	7	1.08	(0.98 - 1.19)	0	1.10**	(1.04 - 1.18)	2	1.07*	(1.001 - 1.13)	0	1.08**	(1.02 - 1.14)	-	-	-
ปอดอักเสบ	1	1.03	(0.95 - 1.10)	0	1.06*	(1.001 - 1.13)	0	1.05	(0.98 - 1.12)	0	1.01	(0.91 - 1.12)	3	1.01	(0.91 - 1.15)
ไตหัวใจใหญ่	2	0.40**	(0.19 - 0.75)	6	1.12	(0.68 - 1.72)	6	0.93	(0.59 - 1.4)	-	-	-	5	1.19	(0.06 - 2.94)
ติดเชื้อทางเดินหายใจส่วนบน	0	0.86	(0.72 - 1.02)	0	0.94	(0.83 - 1.06)	5	0.97	(0.84 - 1.11)	1	0.79	(0.61 - 1.01)	0	1.12	(0.90 - 1.37)
ระบบการหายใจทั้งหมด	1	1.01	(0.96 - 1.06)	1	1.03*	(1.00 - 1.07)	1	1.02	(0.99 - 1.06)	1	1.03	(0.99 - 1.07)	2	0.98	(0.92 - 1.05)
ระบบหัวใจและหลอดเลือด															
กล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือด	1	0.97	(0.86 - 1.09)	0	0.97	(0.88 - 1.06)	7	0.96	(0.89 - 1.04)	0	0.99	(0.81 - 1.21)	2	0.89	(0.71 - 1.11)
หัวใจล้มเหลว	0	1.01	(0.94 - 1.09)	0	1.02	(0.96 - 1.09)	0	1.00	(0.94 - 1.06)	0	1.02	(0.89 - 1.15)	4	1.15	(0.96 - 1.35)
เส้นเลือดในสมองตีบหรือแตก	4	0.82**	(0.73 - 0.93)	0	0.98	(0.92 - 1.04)	1	0.98	(0.93 - 1.04)	1	0.81	(0.64 - 1.01)	0	1.09	(0.95 - 1.24)
ระบบหัวใจและหลอดเลือดทั้งหมด	6	1.03*	(1.006 - 1.06)	6	1.03**	(1.01 - 1.05)	6	1.02	(0.99 - 1.04)	6	1.02	(0.98 - 1.07)	3	1.03	(0.96 - 1.1)

มีนัยสำคัญทางสถิติ * p-value ≤ 0.05 ** p-value ≤ 0.01 *** p-value ≤ 0.001; - ไม่มีจำนวนผู้ป่วยเพียงพอที่จะวิเคราะห์ได้; Lag หมายถึงจำนวนวันที่ความสัมพัทธ์ระดับ PM_{2.5} ภายหลังสัมพันธ์กับอัตราการปฏิบัติการทางการแพทย์เงินด้วยโรคนี้; Adjusted IRR หมายถึงอัตราอุบัติการณ์ (IRR) เมื่อควบคุมปัจจัยอื่นให้คล้ายกันแล้ว (ระดับเลพิชรายวันชนิดอื่น อุณหภูมิพยากรายวัน และวันหยุด)

ตารางที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับ PM_{2.5} สูงสุดรายวัน (แบบจำลอง 2) ที่เพิ่มขึ้น 10 µg/m³ กับการมาโรงพยาบาลด้วยโรคแต่ละชนิดแบ่งตามโรคประจำตัว ในกลุ่มผู้ที่มีอายุมากกว่า 65 ปี

โรค	เบหพวน			ความดันโลหิตสูง			ไขมันในเลือดสูง			โรคปอดเรื้อรัง			ไม่มีโรคทั้ง 4 โรค		
	LAG	PM _{2.5} IRR	95% CI	LAG	PM _{2.5} IRR	95% CI	LAG	PM _{2.5} IRR	95% CI	LAG	PM _{2.5} IRR	95% CI	LAG	PM _{2.5} IRR	95% CI
ระบบการหายใจ															
หอบที่ตักเรื้อรัง	7	1.00	(0.92 - 1.07)	0	1.00	(0.96 - 1.05)	6	1.03	(0.97 - 1.08)	0	1.01	(0.97 - 1.05)	-	-	-
ปอดอุดกั้นเรื้อรังกำเริบ	1	1.05*	(1.01 - 1.09)	0	1.03*	(1.00 - 1.06)	2	1.02	(0.99 - 1.06)	0	1.01	(0.99 - 1.04)	-	-	-
ปอดอักเสบ	1	1.01	(0.97 - 1.04)	0	1.02	(0.99 - 1.05)	0	1.02	(0.99 - 1.05)	0	1.00	(0.96 - 1.05)	6	1.02	(0.97 - 1.06)
ไข้หวัดใหญ่	1	0.88	(0.61 - 1.19)	4	1.10	(0.89 - 1.30)	4	1.00	(0.77 - 1.22)	-	-	-	0	0.22	(0.02 - 1.05)
ติดเชื้อทางเดินหายใจส่วนบน	7	0.92	(0.83 - 1.02)	0	0.98	(0.92 - 1.05)	5	1.00	(0.94 - 1.05)	0	0.93	(0.82 - 1.05)	0	1.14**	(1.03 - 1.25)
ระบบการหายใจทั้งหมด	1	1.00	(0.98 - 1.02)	0	1.01	(0.99 - 1.02)	1	1.00	(0.98 - 1.02)	0	1.00	(0.98 - 1.02)	6	1.00	(0.97 - 1.04)
ระบบหัวใจและหลอดเลือด															
กล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือด	6	1.04	(0.99 - 1.09)	0	1.01	(0.97 - 1.05)	7	0.98	(0.94 - 1.02)	0	0.98	(0.88 - 1.07)	2	1.00	(0.89 - 1.11)
หัวใจล้มเหลว	6	1.01	(0.98 - 1.05)	0	1.00	(0.97 - 1.04)	0	0.99	(0.96 - 1.03)	0	1.03	(0.98 - 1.09)	5	1.02	(0.91 - 1.11)
เส้นเลือดในสมองตีบหรือแตก	7	1.00	(0.95 - 1.05)	0	1.00	(0.97 - 1.03)	4	0.97	(0.93 - 1)	2	0.89	(0.76 - 1.02)	0	1.02	(0.94 - 1.08)
ระบบหัวใจและหลอดเลือดทั้งหมด	6	1.01	(1.00 - 1.02)	6	1.01*	(1.001 - 1.02)	6	1.00	(0.99 - 1.01)	0	1.01	(0.99 - 1.04)	3	1.01	(0.98 - 1.05)

มีนัยสำคัญทางสถิติ * p-value ≤ 0.05 ** p-value ≤ 0.01 *** p-value ≤ 0.001; - ไม่มีจำนวนผู้ป่วยเพียงพอที่จะวิเคราะห์ได้; Lag หมายถึงจำนวนวันที่ความสัมพันธ์ระหว่างวันที่ความสัมพัทธ์ระดับ PM_{2.5} รายวันสัมพันธ์กับอัตราการปฏิบัติการแผนฉุกเฉินด้วยโรคนี้; Adjusted IRR หมายถึงอัตราอุบัติการณ์ (IRR) เมื่อควบคุมปัจจัยอื่นให้คล้ายกันแล้ว (ระดับเลพิชรายวันชนิดอื่น อุณหภูมิพยากรณ์ และวันหยุด)

บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา อภิปรายผลการศึกษา ข้อดี ข้อจำกัด และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

การศึกษานี้เป็นการศึกษาแบบอนุกรมเวลา (Time-series) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ รายวันในอากาศกับการมารับการรักษาด้วยโรคกลุ่มระบบการหายใจและระบบหัวใจและหลอดเลือด ณ โรงพยาบาลราชบุรี อ.เมือง จ.ราชบุรี ในช่วงวันที่ 1 สิงหาคม 2557 ถึง 30 เมษายน 2563 จำนวนทั้งสิ้น 2,099 วัน ประชากรที่ศึกษา คือ ข้อมูลการรักษาของผู้ที่อาศัยอยู่ในอำเภอเมืองจังหวัดราชบุรี ที่มารับรักษาที่แผนกฉุกเฉินโรงพยาบาลราชบุรีด้วยโรคกลุ่มระบบการหายใจ และโรคกลุ่มระบบหัวใจและหลอดเลือด ในช่วงวันที่ 1 สิงหาคม 2557 ถึง 30 เมษายน 2563 จำนวนทั้งสิ้น 38,377 ครั้ง สถิติที่ใช้วิเคราะห์ความสัมพันธ์คือ Generalized linear model สรุปผลการศึกษาดังนี้

ระดับมลพิษอากาศของจังหวัดราชบุรี ที่ได้จากสถานีตรวจวัดของกรมควบคุมมลพิษหมายเลข 24T ที่ตั้งอยู่ที่อำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี พบว่า มีระดับ $PM_{2.5}$ PM_{10} O_3 และ SO_2 เกินค่ามาตรฐาน กล่าวคือ ระดับ $PM_{2.5}$ เฉลี่ยรายวันสูงเกินค่ามาตรฐานกรมควบคุมมลพิษเฉลี่ยปีละ 37 ± 11 วัน และเกินค่ามาตรฐานองค์การอนามัยโลกเฉลี่ยปีละ 137 ± 36 วัน ระดับ PM_{10} เฉลี่ยรายวันสูงเกินค่ามาตรฐานกรมควบคุมมลพิษเฉลี่ยปีละ 4 ± 4 วัน และเกินค่ามาตรฐานกรมอนามัยโลก 115 ± 24 วัน ระดับ O_3 เฉลี่ยรายวันสูงเกินค่ามาตรฐานกรมอนามัยโลกเฉลี่ยปีละ 10 ± 5 วัน และเกินค่ามาตรฐานกรมควบคุมมลพิษเพียง 2 วันตลอดระยะเวลาการศึกษา ระดับ SO_2 เฉลี่ยรายวันสูงเกินค่ามาตรฐานองค์การอนามัยโลกเฉลี่ยปีละ 2 ± 4 วัน และไม่มีวันที่เกินค่ามาตรฐานกรมควบคุมมลพิษ ส่วนระดับ CO และ NO_2 ไม่เกินค่าทั้งสองมาตรฐานตลอดระยะเวลาการศึกษา

สำหรับการมารับรักษาด้วยโรค ณ แผนกฉุกเฉินในช่วงเวลาที่ศึกษานั้นมีจำนวนทั้งสิ้น 38,377 ครั้ง จากจำนวนผู้ป่วยทั้งสิ้น 22,161 คน โดยมารับรักษาด้วยโรคระบบการหายใจทั้งหมด 26,762 ครั้ง โดยเป็นโรคติดเชื้อทางเดินหายใจส่วนบนมากที่สุด 10,204 ครั้ง และโรคระบบหัวใจและหลอดเลือดทั้งหมดจำนวน 16,345 ครั้ง โดยเป็นโรคหลอดเลือดสมองตีบหรือแตกมากที่สุดจำนวน 2,499 ครั้ง

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระดับ $PM_{2.5}$ เมื่อควบคุมระดับมลพิษอากาศอื่นๆ และสถานะอดุณิยามวิทยาประจำวัน พบว่าส่วนใหญ่แบบจำลอง 1 ซึ่งใช้ระดับ $PM_{2.5}$ เฉลี่ยรายวัน จะพบความสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญทางสถิติมากกว่าแบบจำลอง 2 ซึ่งใช้ระดับ $PM_{2.5}$ สูงสุดรายวัน โดยในภาพรวมนั้นพบว่า ระดับ $PM_{2.5}$ เฉลี่ยรายวันที่เพิ่มขึ้น สัมพันธ์กับอัตราการปฏิบัติการมารักษาพยาบาลที่เพิ่มขึ้นด้วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังกำเริบ โรคติดเชื้อทางเดินหายใจส่วนบน และระดับ $PM_{2.5}$ สูงสุด

รายวันที่เพิ่มขึ้น สัมพันธ์กับอัตราอุบัติการณ์การมาโรงพยาบาลที่เพิ่มขึ้นด้วยโรคปอดอักเสบ โรคติดเชื้อทางเดินหายใจส่วนบน และโรกระบบการหายใจทั้งหมด

การวิเคราะห์กลุ่มย่อยตามปัจจัยระดับบุคคลมีผลสรุปดังนี้ เมื่อจำแนกตามเพศ ในเพศชาย ระดับ $PM_{2.5}$ เฉลี่ยรายวันที่เพิ่มขึ้น สัมพันธ์กับอัตราอุบัติการณ์การมาโรงพยาบาลที่เพิ่มขึ้นด้วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังกำเริบ โรคติดเชื้อทางเดินหายใจส่วนบน และโรกระบบการหายใจทั้งหมด และระดับ $PM_{2.5}$ สูงสุดรายวันที่เพิ่มขึ้น สัมพันธ์กับอัตราอุบัติการณ์การมาโรงพยาบาลที่เพิ่มขึ้นด้วยโรคติดเชื้อทางเดินหายใจส่วนบน ส่วนเพศหญิง ระดับ $PM_{2.5}$ เฉลี่ยรายวันที่เพิ่มขึ้น สัมพันธ์กับอัตราอุบัติการณ์การมาโรงพยาบาลที่เพิ่มขึ้นด้วยโรคปอดอักเสบ แต่ลดลงด้วยโรคไข้หวัดใหญ่ และระดับ $PM_{2.5}$ สูงสุดรายวันที่เพิ่มขึ้น สัมพันธ์กับอัตราอุบัติการณ์การมาโรงพยาบาลที่เพิ่มขึ้นด้วยโรคปอดอักเสบ

เมื่อจำแนกตามสถานภาพการสูบบุหรี่ ในกลุ่มผู้สูบบุหรี่ ระดับ $PM_{2.5}$ เฉลี่ยรายวันที่เพิ่มขึ้น สัมพันธ์กับอัตราอุบัติการณ์การมาโรงพยาบาลที่เพิ่มขึ้นด้วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังกำเริบ และระดับ $PM_{2.5}$ สูงสุดรายวันที่เพิ่มขึ้น สัมพันธ์กับอัตราอุบัติการณ์การมาโรงพยาบาลที่เพิ่มขึ้นด้วยโรคไข้หวัดใหญ่ ในกลุ่มผู้ที่ไม่สูบบุหรี่ ระดับ $PM_{2.5}$ สูงสุดรายวันที่เพิ่มขึ้น สัมพันธ์กับอัตราอุบัติการณ์การมาโรงพยาบาลที่เพิ่มขึ้นด้วยโรคปอดอักเสบ โรคติดเชื้อทางเดินหายใจส่วนบน และทั้งระดับ $PM_{2.5}$ เฉลี่ยรายวันที่เพิ่มขึ้นและระดับ $PM_{2.5}$ สูงสุดรายวันที่เพิ่มขึ้น สัมพันธ์กับอัตราอุบัติการณ์การมาโรงพยาบาลที่เพิ่มขึ้นด้วยโรกระบบการหายใจทั้งหมด

เมื่อจำแนกตามกลุ่มอายุ ในกลุ่มอายุ 0 – 14 ปี ทั้งระดับ $PM_{2.5}$ เฉลี่ยและสูงสุดรายวันที่เพิ่มขึ้น สัมพันธ์กับอัตราอุบัติการณ์การมาโรงพยาบาลที่เพิ่มขึ้นด้วยโรคติดเชื้อทางเดินหายใจส่วนบน และโรกระบบการหายใจทั้งหมด กลุ่มอายุ 15 – 64 ปี ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างทั้งระดับ $PM_{2.5}$ เฉลี่ยและสูงสุดรายวันที่เพิ่มขึ้นกับอัตราอุบัติการณ์การมาโรงพยาบาลด้วยโรคใดๆ กลุ่มอายุ 65 ปีขึ้นไป ระดับ $PM_{2.5}$ เฉลี่ยรายวันที่เพิ่มขึ้น สัมพันธ์กับอัตราอุบัติการณ์การมาโรงพยาบาลที่เพิ่มขึ้นด้วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังกำเริบ โรคปอดอักเสบ โรกระบบการหายใจทั้งหมด และโรกระบบหัวใจและหลอดเลือดทั้งหมด แต่ลดลงด้วยโรคไข้หวัดใหญ่ และไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างระดับ $PM_{2.5}$ สูงสุดรายวันที่เพิ่มขึ้นกับอัตราอุบัติการณ์การมาโรงพยาบาลด้วยโรคใดๆ

สำหรับกลุ่มอายุ 65 ปีขึ้นไป เมื่อจำแนกตามโรคประจำตัวแล้ว ระดับ $PM_{2.5}$ เฉลี่ยรายวันที่เพิ่มขึ้นพบความสัมพันธ์กับอัตราอุบัติการณ์การมาโรงพยาบาลที่เพิ่มขึ้นในโรคต่างๆ ดังนี้ ผู้ที่เป็นเบาหวานสัมพันธ์กับโรกระบบหัวใจและหลอดเลือดทั้งหมดเพิ่มขึ้นแต่โรคไข้หวัดใหญ่และโรคเส้น

เลือดสมองตีบหรือแตกกลดลง ผู้เป็นความดันโลหิตสูงสัมพันธ์กับโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังกำเริบ โรคปอดอักเสบ โรคระบบการหายใจทั้งหมด และโรคระบบหัวใจและหลอดเลือดทั้งหมด ผู้ที่เป็นไขมันในเลือดสูงสัมพันธ์กับโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังกำเริบ ผู้ที่เป็นโรคปอดเรื้อรังสัมพันธ์กับโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังกำเริบ และผู้ที่ไม่ใช่โรคประจำตัวทั้ง 4 โรค ไม่พบความสัมพันธ์กับระดับ $PM_{2.5}$ เฉลี่ยรายวันที่เพิ่มขึ้น ส่วนระดับ $PM_{2.5}$ สูงสุดรายวันที่เพิ่มขึ้นพบความสัมพันธ์กับอัตราการปฏิบัติการมาโรงพยาบาลที่เพิ่มขึ้นในโรคต่างๆ ดังนี้ ผู้ที่เป็นเบาหวานสัมพันธ์กับโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังเพิ่มขึ้น ผู้เป็นความดันโลหิตสูงสัมพันธ์กับโรคโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังกำเริบ และโรคระบบหัวใจและหลอดเลือดทั้งหมด ผู้ที่ไม่ใช่โรคประจำตัวทั้ง 4 โรคสัมพันธ์กับโรคติดเชื้อทางเดินหายใจส่วนบนเพิ่มขึ้น ผู้ที่เป็นไขมันในเลือดสูงและผู้ที่เป็นโรคปอดเรื้อรังไม่พบความสัมพันธ์

5.2 อภิปรายผล

5.2.1 ระดับมลพิษอากาศ

จังหวัดราชบุรีนั้นเป็นหนึ่งในจังหวัดที่มีปัญหาเรื่องมลพิษอากาศ โดยจากข้อมูลของกองคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ ในช่วงปีพ.ศ. 2557 – 2563 ระดับมลพิษอากาศที่ได้จากสถานีตรวจวัดในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี พบว่าระดับ $PM_{2.5}$ PM_{10} O_3 และ SO_2 สูงเกินค่าทั้งมาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษและองค์การอนามัยโลก เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของ Chaicharn และคณะ (2019)^{26, 27} ที่ศึกษาที่อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ พบว่ามีระดับ $PM_{2.5}$ PM_{10} O_3 และ SO_2 ใกล้เคียงกัน โดยมีมีฐานของระดับ $PM_{2.5}$ ที่ 20.42 (IQR 12.62–42.96) $\mu g/m^3$ ส่วนการศึกษานี้ระดับ $PM_{2.5}$ อยู่ที่ 22 (IQR 12-37) $\mu g/m^3$ ทำให้เห็นว่าปัญหามลพิษอากาศไม่ได้จำกัดอยู่เฉพาะพื้นที่ภาคเหนือที่มักมีปัญหาเรื่องหมอกควันเท่านั้น เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาในต่างประเทศ เช่น จีนที่มีปัญหาเรื่องมลพิษอากาศพบว่าระดับมลพิษอากาศสูงกว่าของประเทศไทย และจังหวัดราชบุรี โดยในการศึกษาของ Xu และคณะ(2016)²⁰ ที่กรุงปักกิ่งและ Amsulu และคณะ (2019)²³ ที่กรุงปักกิ่ง ประเทศจีน เช่นกัน พบว่ามีระดับ $PM_{2.5}$ เฉลี่ยตลอดการศึกษาที่ $102.1 \pm 73.6 \mu g/m^3$ และ $76.86 \pm 66.38 \mu g/m^3$ ตามลำดับ เปรียบเทียบกับการศึกษานี้ที่มีระดับ $PM_{2.5}$ มีค่าเฉลี่ยรายวันตลอดการศึกษา $27.85 \pm 22.4 \mu g/m^3$ หรือการศึกษาของ Hung และคณะ (2019)¹⁸ ที่รัฐจอร์เจีย ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งเป็นประเทศพัฒนาแล้ว มีระดับ $PM_{2.5}$ เฉลี่ยรายวันอยู่ที่ $11.04 \pm 5.00 \mu g/m^3$ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าถึงแม้มลพิษอากาศอยู่ในระดับที่ต่ำก็อาจมีผลกระทบต่อสุขภาพได้เช่นกัน

5.2.2 จำนวนผู้ที่มารักษาที่แผนกฉุกเฉินด้วยโรกระบบการหายใจ และระบบหัวใจและหลอดเลือด

การศึกษานี้มีจำนวนการมารักษาด้วยโรกระบบการหายใจ และระบบหัวใจและหลอดเลือดทั้งหมดที่แผนกฉุกเฉิน 38,377 ครั้ง ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของ Chaicharn และคณะ (2019)^{26, 27} ซึ่งมีระดับมลพิษใกล้เคียงกัน ซึ่งมีจำนวนการมาแผนกฉุกเฉิน 3,009 ครั้ง ทำให้การศึกษานี้มีข้อมูลในการวิเคราะห์ที่มากกว่า ซึ่งความแตกต่างนั้นอาจเกิดจาก ระยะเวลาที่ทำการรักษาที่สั้นกว่า และผู้ป่วยอาจเลือกที่จะไปหรือถูกส่งต่อไปยังโรงพยาบาลที่มีศักยภาพมากกว่า ซึ่งช่วยสนับสนุนการเลือกใช้ข้อมูลจากโรงพยาบาลราชบุรีเพราะเป็นโรงพยาบาลศูนย์ทำให้ไม่ต้องส่งต่อผู้ป่วยไปยังที่อื่น อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาในต่างประเทศ เช่นการศึกษาของ Amsulu และคณะ (2019)²³ มีจำนวนการมาโรงพยาบาลด้วยโรกระบบหัวใจและหลอดเลือด 460,938 ครั้ง การศึกษาของ Xu และคณะ (2016)²⁰ มีจำนวนการมาโรงพยาบาลด้วยโรคการหายใจ 92,464 ครั้ง หรือการศึกษาของ Hung และคณะ (2019)¹⁸ ศึกษาเฉพาะในผู้ป่วยเด็กที่มาโรงพยาบาลจำนวน 310,552 ครั้ง ซึ่งการที่การศึกษานี้มีจำนวนข้อมูลผู้ที่มารักษาที่แผนกฉุกเฉินด้วยโรกระบบการหายใจ และระบบหัวใจและหลอดเลือดน้อยกว่าอาจทำให้ไม่สามารถพบความสัมพันธ์ที่มีขนาดเล็กได้

สำหรับกรณีของโรคไข้หวัดใหญ่นั้นมีจำนวนผู้ป่วยน้อยมากเมื่อเทียบกับโรคอื่นซึ่งอาจเกิดจากผู้ป่วยไม่ได้มารับการรักษาที่แผนกฉุกเฉินแต่ไปรับการรักษาที่แผนกผู้ป่วยนอกแทน และการวินิจฉัยโรคไข้หวัดใหญ่อาจไปอยู่ในกลุ่มโรคติดเชื้อทางเดินหายใจส่วนบนแทนเนื่องจากอาการอาจไม่รุนแรงและไม่ได้ส่งตรวจเชื้อทางห้องปฏิบัติการเพิ่มเติม และเมื่อลงการวินิจฉัยเป็นโรกระบบการหายใจอื่น รหัสโรค ICD-10 จะเป็นรหัสอื่นที่ไม่ใช่ของโรคไข้หวัดใหญ่

5.2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับ PM_{2.5} ที่เพิ่มขึ้นกับการมารักษาด้วยโรกระบบการหายใจ และโรกระบบหัวใจและหลอดเลือดที่แผนกฉุกเฉิน

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลส่วนใหญ่จะพบความสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อใช้แบบจำลอง 1 ซึ่งใช้ค่าเฉลี่ยรายวันของระดับมลพิษอากาศแต่ละชนิด มากกว่าแบบจำลอง 2 ซึ่งใช้ค่าสูงสุดรายวัน โดยคาดว่าเกิดจากการที่ค่าเฉลี่ยรายวันที่มากขึ้นแปลว่าโดยภาพรวมแล้ววันนั้นระดับมลพิษอากาศรายชั่วโมงโดยส่วนใหญ่จะสูงขึ้นทำให้ประชากรมีโอกาสสัมผัสสัมผัสมากขึ้น ในขณะที่หากใช้แบบจำลองรายวัน อาจไม่ได้สะท้อนว่าระดับ PM_{2.5} ของชั่วโมงอื่น ๆ ของวันเดียวกันจะเพิ่มขึ้นด้วย จึงคาดว่า เป็นสาเหตุที่ทำให้ส่วนใหญ่ไม่พบความสัมพันธ์เมื่อใช้แบบจำลอง 2

จากการที่องค์การอนามัยโลกระบุว่า ฝุ่นละออง PM_{2.5} ไม่มีระดับที่ปลอดภัยต่อสุขภาพ¹ และฝุ่นเหล่านี้สามารถเข้าไปถึงถุงลมส่วนปลายและแพร่ผ่านหลอดเลือดฝอยไปยังอวัยวะต่างๆ¹³ ก่อให้เกิดโรกระบบการหายใจ^{15-17, 25-27} และระบบหัวใจและหลอดเลือดได้^{15, 21, 22, 24} ซึ่งการศึกษานี้ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ในภาพรวมซึ่งใช้ข้อมูลผู้ที่มาแผนกฉุกเฉินทั้งหมดสอดคล้องกับสมมติฐานการศึกษาข้อที่ 1 ที่ว่า “ระดับฝุ่นละออง PM_{2.5} รายวัน มีความสัมพันธ์กับการมารักษาด้วยโรคกลุ่มระบบการหายใจ และโรคกลุ่มระบบหัวใจและหลอดเลือด ในอำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี” ในบางประเด็น กล่าวคือพบความสัมพันธ์กับการมารักษาด้วยโรกระบบการหายใจ ในขณะที่ไม่พบความสัมพันธ์กับการมารักษาด้วยโรคระบบหัวใจและหลอดเลือด

สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างระดับ PM_{2.5} ที่เพิ่มขึ้นกับการมารักษาด้วยโรกระบบการหายใจ พบว่าระดับ PM_{2.5} เฉลี่ยรายวันที่เพิ่มขึ้น 10 µg/m³ สัมพันธ์กับโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังกำเริบเพิ่มขึ้น 1.06 เท่า (95% CI 1.01 - 1.11) ที่ 1 วันถัดไป สอดคล้องกับการศึกษาของ Li (2016)¹⁶ และ Chaicharn และคณะ (2019)^{26, 27} ซึ่งมีระดับมลพิษอากาศใกล้เคียงกับอำเภอเมืองราชบุรี ทำให้เห็นว่าไม่ได้มีเฉพาะจังหวัดในพื้นที่ภาคเหนือที่มีปัญหาเรื่องผลกระทบต่อสุขภาพจากมลพิษอากาศ ส่วนระดับ PM_{2.5} สูงสุดรายวันที่เพิ่มขึ้น 10 µg/m³ สัมพันธ์กับโรคปอดอักเสบเพิ่มขึ้น 1.02 เท่า (95% CI 1.00 - 1.04) ที่วันเดียวกัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Croft (2019) ในรัฐนิวยอร์ก ประเทศสหรัฐอเมริกา¹⁹ ในขณะที่การศึกษา Chaicharn และคณะ (2019)²⁷ ไม่พบความสัมพันธ์กับโรคปอดอักเสบ ซึ่งอธิบายว่าผู้ป่วยอาจไปที่โรงพยาบาลอื่นแทน นอกจากนี้ยังพบว่าทั้งระดับ PM_{2.5} เฉลี่ยรายวันและสูงสุดรายวันที่เพิ่มขึ้นนั้นสัมพันธ์กับโรคติดเชื้อทางเดินหายใจส่วนบนเพิ่มขึ้น 1.04 เท่า (95% CI 1.02 - 1.07) ที่ 6 วันถัดไปและ 1.02 เท่า (95% CI 1.01 - 1.03) ที่ 6 วันถัดไป ตามลำดับ ซึ่งก็สอดคล้องกับการศึกษาของ Croft (2019)¹⁹ และ Xu (2016)²⁰ เช่นเดียวกัน

ความสัมพันธ์ระหว่างระดับ PM_{2.5} ที่เพิ่มขึ้นกับการมารักษาด้วยโรคระบบหัวใจและหลอดเลือดนั้นไม่พบความสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญทางสถิติในการวิเคราะห์ในภาพรวม ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาของ Amsulu และคณะ (2019)²³ ที่กรุงปักกิ่ง²³ ที่พบความสัมพันธ์กับทุกกลุ่มอายุ ซึ่งอาจเกิดจากการศึกษามีขนาดตัวอย่างที่ใหญ่กว่ามากและมีระดับมลพิษอากาศสูงกว่าดังที่กล่าวในข้างต้น อย่างไรก็ตาม เมื่อวิเคราะห์แยกตามกลุ่มอายุแล้ว พบว่ากลุ่มผู้สูงอายุมากกว่า 65 ปีนั้น พบความสัมพันธ์กับการมาด้วยโรคระบบหัวใจและหลอดเลือดทั้งหมดเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Amsulu และคณะ (2019)²³ ที่พบว่ากลุ่มที่อายุมากกว่า 65 ปีมีขนาดความสัมพันธ์ที่มากกว่า

กลุ่มอายุน้อยกว่า 65 ปี แสดงให้เห็นว่ากลุ่มผู้สูงอายุมากกว่า 65 ปีเป็นกลุ่มเสี่ยงที่จะมีผลกระทบทางสุขภาพจากมลพิษอากาศมากกว่า

5.2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับ PM_{2.5} ที่เพิ่มขึ้นกับการรักษาด้วยโรกระบบการหายใจ และโรกระบบหัวใจและหลอดเลือด เมื่อวิเคราะห์ตามกลุ่มย่อย

การศึกษานี้ได้ทำการวิเคราะห์กลุ่มย่อยตามปัจจัยระดับบุคคลคือ แบ่งตามเพศ แบ่งตามการสูบบุหรี่ แบ่งตามกลุ่มอายุ 0 – 14 ปี, 15- 64 ปี, และ 65 ปีขึ้นไป และผู้ที่มีอายุ 65 ปี ขึ้นไปแบ่งตามโรคประจำตัวเป็นโรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง โรคไขมันในเลือดสูง โรคปอดเรื้อรัง และกลุ่มที่ไม่มีโรคประจำตัวทั้ง 4 โรค โดยมีผลการศึกษาสอดคล้องกับสมมติฐาน ข้อที่ 2 ที่ว่า “ประชากรที่เป็นกลุ่มเสี่ยง มีขนาดความสัมพันธ์กับระดับฝุ่นละออง PM_{2.5} รายวัน กับการรักษาด้วยโรคกลุ่มระบบการหายใจ และโรคกลุ่มระบบหัวใจและหลอดเลือด แตกต่างจากประชากรทั่วไป ในอำเภอเมืองจังหวัดราชบุรี”

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเพศพบว่า กรณีของการรักษาด้วยโรกระบบการหายใจ พบความสัมพันธ์กับระดับ PM_{2.5} ที่เพิ่มขึ้น โดยในเพศชายพบความสัมพันธ์กับโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังกำเริบเพิ่มขึ้น และโรคติดเชื้อทางเดินหายใจส่วนบนเพิ่มขึ้น ในขณะที่เพศหญิงพบความสัมพันธ์กับโรคปอดอักเสบเพิ่มขึ้น ซึ่งการที่พบความสัมพันธ์ของโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังในเพศชายนั้นอาจเนื่องจากการศึกษานี้สัดส่วนการสูบบุหรี่ซึ่งเป็นปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังกำเริบในเพศชายมากกว่าเพศหญิง อย่างไรก็ตาม การพบความสัมพันธ์กับโรคปอดอักเสบซึ่งเป็นโรกระบบการหายใจที่รุนแรงกว่าติดเชื้อทางเดินหายใจส่วนบนในเพศหญิงที่มากกว่าเพศชายนั้น สอดคล้องกับการศึกษาของ Xu และคณะ (2016)²⁰ ที่พบว่าเพศหญิงมีความเสี่ยงในการมาแผนกฉุกเฉินด้วยโรกระบบทางเดินหายใจมากกว่าเพศชาย โดยอธิบายว่าอาจเกิดจากลักษณะการสะสมของอนุภาคฝุ่น PM_{2.5} ที่แตกต่างกันระหว่างเพศ²⁰ ส่วนกรณีโรกระบบหัวใจและหลอดเลือด ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างระดับ PM_{2.5} ที่เพิ่มขึ้นกับการมาด้วยโรกระบบหัวใจและหลอดเลือดทั้งในเพศหญิงและชาย สอดคล้องกับการศึกษาของ Chaicharn และคณะ (2019)²⁷ ซึ่งไม่พบความสัมพันธ์เช่นเดียวกัน แต่แตกต่างจากการศึกษาของ Amsulu และคณะ (2019)²³ ซึ่งพบความสัมพันธ์กับการนอนโรงพยาบาลด้วยโรกระบบหัวใจและหลอดเลือดทั้งหมด โรคหลอดเลือดหัวใจ และโรคหัวใจเต้นผิดจังหวะ ซึ่งคาดว่ากรณีที่ ไม่พบความสัมพันธ์ในการศึกษานี้ อาจเนื่องมาจากจำนวนกลุ่มตัวอย่างน้อยกว่าและระดับมลพิษอากาศที่ต่ำกว่าการศึกษาในประเทศจีน ดังที่กล่าวมาแล้ว

เมื่อเปรียบเทียบตามสถานภาพการสูบบุหรี่พบว่า กรณีของการมารักษาด้วยโรกระบบการหายใจ พบความสัมพันธ์กับระดับ $PM_{2.5}$ ที่เพิ่มขึ้น โดยกลุ่มผู้สูบบุหรี่พบความสัมพันธ์กับโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังกำเริบเพิ่มขึ้น ส่วนกลุ่มที่ไม่สูบบุหรี่พบความสัมพันธ์กับโรคปอดอักเสบเพิ่มขึ้น โรคติดเชื้อทางเดินหายใจส่วนบนเพิ่มขึ้น และโรกระบบการหายใจทั้งหมดเพิ่มขึ้น ซึ่งคาดว่าในกรณีของโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังกำเริบเกิดจากการสูบบุหรี่ซึ่งเป็นปัจจัยเสี่ยงของโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง แต่การที่พบความสัมพันธ์ของโรกระบบการหายใจอื่นในกลุ่มผู้ไม่สูบบุหรี่มากกว่ากลุ่มที่สูบบุหรี่นั้น อาจเกิดจากการที่ผู้สูบบุหรี่ได้รับสารในควันบุหรี่ซึ่งก่อให้เกิดการอักเสบของทางเดินหายใจเรื้อรังอยู่แล้วทำให้อาจไม่เห็นการตอบสนองเมื่อระดับมลพิษอากาศเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนเหมือนในผู้ที่ไม่สูบบุหรี่³⁸ ส่วนการที่ไม่พบความสัมพันธ์กับการมารักษาด้วยโรกระบบหัวใจและหลอดเลือดในทั้งสองกลุ่มนั้น อาจเกิดจากจำนวนการมาโรงพยาบาลด้วยโรกระบบหัวใจและหลอดเลือดที่น้อยกว่าในการศึกษาอื่น

เมื่อเปรียบเทียบตามกลุ่มอายุ กรณีของการมารักษาด้วยโรกระบบการหายใจ พบความสัมพันธ์กับระดับ $PM_{2.5}$ ที่เพิ่มขึ้น เฉพาะในกลุ่มอายุ 0 – 14 ปี และกลุ่มอายุ 65 ปีขึ้นไป ดังนี้ ในกลุ่มอายุ 0 – 14 ปี พบความสัมพันธ์กับโรคติดเชื้อทางเดินหายใจส่วนบนและโรกระบบการหายใจทั้งหมดเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องบางส่วนกับศึกษาของ Hung และคณะ (2019) ในรัฐจอร์เจีย¹⁸ แต่การที่ไม่พบความสัมพันธ์กับโรกระบบการหายใจอื่นอาจเนื่องจากจำนวนผู้ป่วยที่น้อยตามที่กล่าวไปข้างต้น และในกลุ่มอายุ 65 ปีขึ้นไปพบความสัมพันธ์กับโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังกำเริบเพิ่มขึ้น โรคปอดอักเสบเพิ่มขึ้นและโรกระบบการหายใจทั้งหมดเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ Xu และคณะ (2016)²⁰ ซึ่งการที่พบความสัมพันธ์เฉพาะในกลุ่มอายุ 0 – 14 ปี และ 65 ปีขึ้นไปนั้น แสดงให้เห็นว่าสองกลุ่มนี้เป็นกลุ่มที่เสี่ยงที่จะเกิดโรกระบบการหายใจมากกว่ากลุ่มอายุ 15 – 64 ปี อย่างไรก็ตามการศึกษาของ Xu และคณะ (2016)²⁰ นั้นพบความสัมพันธ์ในทุกกลุ่มอายุ โดยเฉพาะกลุ่มอายุ 65 ปีขึ้นไปมีขนาดความสัมพันธ์มากกว่ากลุ่มอายุน้อยกว่า 65 ปี ซึ่งอาจเกิดจากระดับมลพิษอากาศของอำเภอเมืองราชบุรีมีระดับต่ำกว่าในประเทศจีนทำให้พบความสัมพันธ์เฉพาะในกลุ่มที่เสี่ยงสูงเท่านั้น ส่วนกรณีของโรกระบบหัวใจและหลอดเลือดนั้นพบความสัมพันธ์ในกลุ่มอายุ 65 ปี ขึ้นไปเท่านั้น โดยพบว่ามีความสัมพันธ์กับโรคหัวใจและหลอดเลือดทั้งหมดเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่ากลุ่มอายุ 65 ปี ขึ้นไปเป็นกลุ่มเสี่ยงที่จะเกิดโรกระบบหัวใจและหลอดเลือด อย่างไรก็ตามผลที่ได้แตกต่างจากการศึกษาของ Amsulu และคณะ (2019)²³ ที่พบความสัมพันธ์ในทุกกลุ่มอายุ ตามเหตุผลที่กล่าวในข้างต้น

ในกลุ่มอายุ 65 ปีขึ้นไปได้ทำการเปรียบเทียบตามการมีโรคประจำตัว โดยกรณีของการมารักษาด้วยโรกระบบการหายใจ พบความสัมพันธ์กับระดับ $PM_{2.5}$ ที่เพิ่มขึ้น โดยผู้ที่เป็นโรคเบาหวานมี

ความสัมพันธ์กับการมาด้วยโรกระบบหัวใจและหลอดเลือดทั้งหมดและโรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง ผู้ที่เป็นโรคความดันโลหิตสูงมีความสัมพันธ์กับการมาด้วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังกำเริบ โรคปอดอักเสบ โรคระบบการหายใจทั้งหมดและโรกระบบหัวใจและหลอดเลือดทั้งหมด ผู้ที่เป็นโรคไขมันในเลือดสูงมีความสัมพันธ์กับการมาด้วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังกำเริบ ในผู้ที่มีโรคปอดเรื้อรังมีความสัมพันธ์กับการมาด้วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังกำเริบ และในผู้ที่ไม่ได้มีโรคประจำตัวทั้ง 4 โรคมีความสัมพันธ์กับการมาด้วยโรคติดเชื้อทางเดินหายใจส่วนบน ทั้งนี้พบว่ากลุ่มที่มีโรคประจำตัวเป็นความดันโลหิตสูง ไขมันในเลือดสูง และโรคปอดเรื้อรังมีขนาดความสัมพันธ์ที่มากกว่าเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่มีโรคประจำตัว โดยเฉพาะผู้ที่มีความดันโลหิตสูงนั้นพบความสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญทางสถิติทั้งโรกระบบการหายใจและโรกระบบหัวใจและหลอดเลือดที่มากกว่ากลุ่มโรคอื่นๆ ดังนั้นผู้ที่มีอายุมากกว่า 65 ปีที่เป็นโรคเบาหวาน ความดันโลหิตสูง หรือไขมันในเลือดสูง เป็นกลุ่มเสี่ยงที่จะเกิดโรกระบบการหายใจ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาทบทวนวรรณกรรมของ Kobo และคณะ (2021)³⁹ ที่พบว่าทั้งความดันโลหิตสูงและไขมันในเลือดสูงสัมพันธ์กับโรคปอดและสมรรถภาพปอดที่ลดลง และเบาหวานสัมพันธ์กับการเสียชีวิตที่มากขึ้นด้วยโรกระบบการหายใจซึ่งคาดว่าเกิดจากการบาดเจ็บของหลอดเลือดโดยจากการทดลองในหนูพบว่าเบาหวานเพิ่มการอักเสบและการตายของเซลล์ในปอดของหนู ส่วนกรณีของโรกระบบหัวใจและหลอดเลือดนั้น พบความสัมพันธ์กับระดับ PM_{2.5} ที่เพิ่มขึ้น โดยผู้ที่เป็นโรคเบาหวานหรือโรคความดันโลหิตสูงมีความสัมพันธ์กับการมาด้วยโรกระบบหัวใจและหลอดเลือดทั้งหมดเพิ่มขึ้น ในขณะที่ไม่พบความสัมพันธ์ในกลุ่มโรคไขมันในเลือดสูงและโรคปอดเรื้อรัง ดังนั้นผู้ที่มีอายุมากกว่า 65 ปีที่เป็นโรคเบาหวาน ความดันโลหิตสูง เป็นกลุ่มเสี่ยงที่จะเกิดโรกระบบหัวใจและหลอดเลือด ซึ่งจากการทบทวนวรรณกรรมของ Kobo และคณะ (2021)³⁹ พบว่าผู้ที่เป็นความดันโลหิตสูงที่ได้รับ PM_{2.5} มีความแปรผันของอัตราการเต้นหัวใจ (Heart Rate Variability) ลดลง และมาโรงพยาบาลด้วยโรคหัวใจล้มเหลวมากขึ้น ในขณะที่กลุ่มผู้ที่เป็นเบาหวานนั้นมีการศึกษาน้อยกว่าแต่คาดว่าอาจเกิดจาก PM_{2.5} สามารถรบกวนการหดตัวของกล้ามเนื้อหัวใจซึ่งทำงานได้แย่งจากระดับน้ำตาลในเลือดที่สูงจากภาวะเบาหวานแล้ว

สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างระดับ PM_{2.5} ที่เพิ่มขึ้นกับโรคไข้หวัดใหญ่นั้น ผลการศึกษานี้แตกต่างจากการศึกษาของ Feng และคณะ (2016)¹⁷ และ Croft และคณะ (2019)¹⁹ ที่พบว่าระดับ PM_{2.5} ที่เพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับการมาด้วยโรคไข้หวัดใหญ่มากขึ้น โดยการศึกษานี้กลับพบว่า ในกลุ่มเพศหญิงสัมพันธ์กับการมาด้วยโรคไข้หวัดใหญ่ลดลง 0.81 เท่า (95% CI 0.69 - 0.94) ที่ 2 วันถัดไป และในผู้ที่มีอายุมากกว่า 65 ปีที่เป็นเบาหวานสัมพันธ์กับการมาด้วยโรคไข้หวัดใหญ่ลดลง 0.40 เท่า (95% CI 0.19 - 0.75) ที่ 2 วันถัดไป ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Wei และคณะ⁴⁰ ที่ศึกษาจากข้อมูล

ระบบสุขภาพ Medicare ของประเทศสหรัฐอเมริกา ก็พบความสัมพันธ์แบบผกผันนี้เช่นเดียวกัน ซึ่งอาจเนื่องมาจากจำนวนการวินิจฉัยโรคใช้หัตถ์ใหญ่ที่น้อยดังที่กล่าวไปแล้ว หรืออาจเป็นเพราะผู้ป่วยมาด้วยโรคระบบการหายใจอื่นที่อาการคล้ายกันทำให้ได้รับการวินิจฉัยด้วยรหัสโรค ICD-10 รหัสอื่นแทนดังที่กล่าวไว้ข้างต้น หรืออาจเกิดการที่กลุ่มผู้สูงอายุเป็นกลุ่มเป้าหมายของการได้รับวัคซีนป้องกันโรคใช้หัตถ์ใหญ่ทำให้แนวโน้มของการเกิดโรคใช้หัตถ์ใหญ่นั้นลดลง

5.3 ข้อจำกัด

ข้อมูลการรับสัมผัสสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ระดับมลพิษอากาศรายวัน และข้อมูลอุตุนิมวิทยารายวันนั้นอาจไม่ใช่สิ่งที่ผู้ป่วยแต่ละคนสัมผัสจริงในแต่ละวัน อัตราอุบัติการณ์ที่ได้นั้นจึงไม่สามารถนำไปใช้บอกความเสี่ยงที่จะเกิดโรคนั้น ๆ ในระดับบุคคลได้ แต่สามารถนำไปประมาณการณ์ในภาพรวมได้ว่า หากระดับ PM_{2.5} เพิ่มขึ้นแล้ว จะมีอัตราการมาโรงพยาบาลด้วยโรคระบบการหายใจและระบบหัวใจหลอดเลือดเป็นอย่างไร

การที่เลือกใช้ข้อมูลเวชระเบียนของผู้ที่มาที่แผนกฉุกเฉินโรงพยาบาลราชบุรีนั้นเนื่องจากจะได้ข้อมูลของผู้มาโรงพยาบาลด้วยอาการของโรค ไม่ใช่ผู้ป่วยที่มาโรงพยาบาลตามนัด เนื่องด้วยข้อจำกัดของระบบการเก็บข้อมูล ซึ่งอาจจะทำให้จำนวนผู้ป่วยที่ได้นี้น้อยกว่าจำนวนผู้ป่วยจริงในวันนั้น เพราะหากอาการของโรคโดยเฉพาะโรคระบบการหายใจไม่รุนแรงมาก เช่น โรคติดเชื้อทางเดินหายใจส่วนบน เป็นต้น ผู้ป่วยอาจจะไม่มาที่โรงพยาบาลหรือไปที่แผนกผู้ป่วยนอก นอกจากนี้ถึงแม้โรงพยาบาลราชบุรีจะเป็นโรงพยาบาลศูนย์ซึ่งมีขนาดใหญ่ที่ให้บริการประชาชนที่อยู่ในอำเภอเมืองราชบุรี ก็อาจมีผู้ป่วยบางรายเลือกที่จะไปรักษาที่โรงพยาบาลเอกชน ที่อยู่ใกล้เคียง หรือไปรักษาในเขตพื้นที่อื่นซึ่งจะทำให้ไม่ได้ข้อมูลของผู้ป่วยกลุ่มนี้

5.4 ข้อดีของการศึกษา

การศึกษานี้เป็นการศึกษาครั้งแรกในพื้นที่จังหวัดราชบุรีในประเด็นความสัมพันธ์ระหว่างระดับ PM_{2.5} ที่เพิ่มขึ้นกับการมารักษาด้วยโรคระบบการหายใจ และระบบหัวใจและหลอดเลือด ซึ่งเป็นการศึกษาที่มีขนาดใหญ่พอสมควรเนื่องจากใช้ข้อมูลการมารักษาที่แผนกฉุกเฉินทั้งหมดของโรงพยาบาลราชบุรีตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557 ซึ่งเป็นปีแรกที่มีสถานีตรวจวัดระดับ PM_{2.5} ในอากาศที่จังหวัดราชบุรี

5.5 ข้อเสนอแนะ

5.5.1 ข้อเสนอแนะจากผลการศึกษา

จากผลการวิจัยที่พบว่า ในช่วงปี 2557 – 2563 จำนวนวันที่มีระดับฝุ่นละออง PM_{2.5} ของจังหวัดราชบุรีเกินทั้งค่ามาตรฐานกรมควบคุมมลพิษและองค์การอนามัยโลกโดยมีแนวโน้มสูงเพิ่มขึ้นนั้น ยังไม่บรรลุตามเป้าหมายของวาระแห่งชาติเรื่องการแก้ไขปัญหามลพิษด้านฝุ่นละออง ซึ่งต้องการจำนวนวันที่ระดับฝุ่นละออง PM_{2.5} ไม่เกินค่ามาตรฐาน เพิ่มขึ้นร้อยละ 5 ต่อปี จึงชี้ให้เห็นถึงความสำคัญที่หน่วยงานเกี่ยวข้องภายในจังหวัดต้องควบคุมกำกับแหล่งกำเนิดฝุ่นละออง PM_{2.5} เช่น การเผาในที่โล่ง โรงงานอุตสาหกรรม การคมนาคม เป็นต้น ไห้งดหรือลดการก่อให้เกิดฝุ่นละออง PM_{2.5} อย่างเคร่งครัดและต่อเนื่อง ซึ่งการควบคุมแหล่งกำเนิดฝุ่นละออง PM_{2.5} ได้ดีนั้นจะช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการรักษาผู้ป่วยโรคระบบการหายใจและระบบหัวใจและหลอดเลือดที่มากขึ้นจากระดับ PM_{2.5} ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งจำนวนผู้ป่วยที่จะเพิ่มขึ้นนั้นสามารถประมาณได้จากอัตราอุบัติการณ์ (Incident Rate Ratio) ที่ได้จากการศึกษาว่าทุกระดับ PM_{2.5} เฉลี่ยรายวันที่เพิ่มขึ้นนั้น จะมีผู้ป่วยมารักษาที่แผนกฉุกเฉินเพิ่มขึ้นเป็นกี่เท่า

จากผลการวิจัยที่พบว่า ระดับมลพิษ PM_{2.5} ที่เพิ่มสูงขึ้นมีความสัมพันธ์กับการมารักษาด้วยโรคระบบการหายใจและระบบหัวใจและหลอดเลือดในประชากรอำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี โดยเฉพาะในประชากรกลุ่มเสี่ยงสูงคือผู้ที่อยู่ในกลุ่มอายุ 0 – 14 ปี ซึ่งพบความสัมพันธ์กับโรคติดเชื้อทางเดินหายใจส่วนบนเพิ่มขึ้น และกลุ่มอายุ 65 ปีขึ้นไปโดยเฉพาะผู้ที่มีโรคประจำตัว ซึ่งพบความสัมพันธ์กับโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังกำเริบ โรคปอดอักเสบ ดังนั้นจึงมีข้อเสนอแนะว่า ในช่วงเวลาที่ระดับมลพิษอากาศสูงขึ้น หน่วยงานสาธารณสุขที่เกี่ยวข้องควรสื่อสารความเสี่ยงให้ประชาชนทราบสถานการณ์ระดับมลพิษ PM_{2.5} เช่น การแจ้งระดับ PM_{2.5} รายวันว่าเป็นเท่าใดและจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพระดับใดเป็นต้น และให้คำแนะนำกับประชาชนโดยเฉพาะที่เป็นกลุ่มเสี่ยงสูงในการปฏิบัติตนเองเพื่อลดการสัมผัสฝุ่นละออง PM_{2.5} เช่น หลีกเลี่ยงการทำกิจกรรมกลางแจ้ง หรือสวมหน้ากากอนามัยหากจำเป็นต้องอยู่กลางแจ้ง และโรงพยาบาลควรมีการเตรียมทรัพยากรด้านการรักษาพยาบาลเพื่อรองรับกับจำนวนผู้ป่วยที่เพิ่มมากขึ้นด้วย

5.5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาต่อยอด

การศึกษาในอนาคตควรมีการปรับปรุงข้อมูลเพื่อเพิ่มความแม่นยำทั้งข้อมูลการรับสัมผัส เช่น มีข้อมูลระดับมลพิษที่ยาวนานมากขึ้น มีจำนวนสถานีตรวจวัดมากขึ้นหรือมีการใช้โมเดลการกระจายของสารมลพิษเพื่อที่จะได้มีข้อมูลความแตกต่างระหว่างพื้นที่ เป็นต้น และข้อมูลผลกระทบทาง

สุขภาพ เช่น ใช้ข้อมูลจากโรงพยาบาลอื่นๆ ในพื้นที่ เพื่อให้ได้จำนวนผู้ป่วยเพิ่มมากขึ้นและใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากขึ้น และการวินิจฉัยโรคอาจเปลี่ยนจากข้อมูลจาก ICD-10 เป็นการเก็บข้อมูลการวินิจฉัยที่แผนกฉุกเฉินหรือห้องตรวจผู้ป่วยนอกโดยตรง โดยมีเกณฑ์การวินิจฉัยที่ชัดเจน



บรรณานุกรม

1. World Health Organization. Ambient (outdoor) air pollution: World Health Organization; 2016 [cited 11 November 2020]. Available from: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health).
2. Air Quality and Noise Management Bureau. Report on the situation and management of air and noise pollution in Thailand, 2016: Pollution Control Department, Ministry of Natural Resources and Environment; 2016 [cited 11 November 2020]. Available from: http://air4thai.pcd.go.th/webV2/download_book.php?bookid=32.
3. Air Quality and Noise Management Bureau. Report on the situation and management of air and noise pollution in Thailand, 2015: Pollution Control Department, Ministry of Natural Resources and Environment; 2015 [cited 11 November 2020]. Available from: http://air4thai.pcd.go.th/webV2/download_book.php?bookid=30.
4. Air Quality and Noise Management Bureau. Report on the situation and management of air and noise pollution in Thailand, 2014: Pollution Control Department, Ministry of Natural Resources and Environment; 2014 [cited 11 November 2020]. Available from: http://air4thai.pcd.go.th/webV2/download_book.php?bookid=29.
5. Air Quality and Noise Management Bureau. Report on the situation and management of air and noise pollution in Thailand, 2017: Pollution Control Department, Ministry of Natural Resources and Environment; 2017 [cited 11 November 2020]. Available from: http://air4thai.pcd.go.th/webV2/download_book.php?bookid=33.
6. Air Quality and Noise Management Bureau. Report on the situation and management of air and noise pollution in Thailand, 2018: Pollution Control Department, Ministry of Natural Resources and Environment; 2018 [cited 11 November 2020]. Available from: http://air4thai.pcd.go.th/webV2/download_book.php?bookid=34.
7. กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป [วันที่อ้างถึง 11 พฤศจิกายน 2020]. ที่มา: http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_airsnd01.html#s1.
8. Regional Environment Office 8th (Ratchaburi). Report on environmental situation, 2016; 2017 [cited 11 November 2020]. Available from:

<http://www.reo08.mnre.go.th/th/information/more/421>.

9. Regional Environment Office 8th (Ratchaburi). Report on environmental situation, 2015; 2016 [cited 11 November 2020]. Available from:

<http://www.reo08.mnre.go.th/th/information/more/421>.

10. Regional Environment Office 8th (Ratchaburi). Report on environmental situation, 2018; 2019 [cited 11 November 2020]. Available from:

<http://www.reo08.mnre.go.th/th/information/more/421>.

11. Regional Environment Office 8th (Ratchaburi). Report on environmental situation, 2017; 2018 [cited 11 November 2020]. Available from:

<http://www.reo08.mnre.go.th/th/information/more/421>.

12. World Health Organization. Air quality guidelines: global update 2005: particulate matter, ozone, nitrogen dioxide, and sulfur dioxide: World Health Organization; 2006.

13. Kim K-H, Kabir E, Kabir S. A review on the human health impact of airborne particulate matter. *Environ Int.* 2015;74:136-43.

14. สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ. โครงการศึกษาแหล่งกำเนิดและแนวทางการจัดการฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล. กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2561.

15. Feng S, Gao D, Liao F, Zhou F, Wang X. The health effects of ambient PM_{2.5} and potential mechanisms. *Ecotoxicol Environ Saf.* 2016;128:67-74.

16. Li M-H, Fan L-C, Mao B, Yang J-W, Choi AMK, Cao W-J, et al. Short-term Exposure to Ambient Fine Particulate Matter Increases Hospitalizations and Mortality in COPD: A Systematic Review and Meta-analysis. *Chest.* 2016;149(2):447-58.

17. Feng C, Li J, Sun W, Zhang Y, Wang Q. Impact of ambient fine particulate matter (PM_{2.5}) exposure on the risk of influenza-like-illness: a time-series analysis in Beijing, China. *Environ Health.* 2016;15:17.

18. Huang M, Ivey C, Hu Y, Holmes HA, Strickland MJ. Source apportionment of primary and secondary PM_{2.5}: Associations with pediatric respiratory disease emergency department visits in the U.S. State of Georgia. *Environ Int.* 2019;133:105167.

19. Croft DP, Zhang W, Lin S, Thurston SW, Hopke PK, Masiol M, et al. The Association between Respiratory Infection and Air Pollution in the Setting of Air Quality

Policy and Economic Change. *Ann Am Thorac Soc.* 2019;16(3):321-30.

20. Xu Q, Li X, Wang S, Wang C, Huang F, Gao Q, et al. Fine Particulate Air Pollution and Hospital Emergency Room Visits for Respiratory Disease in Urban Areas in Beijing, China, in 2013. *PLoS One.* 2016;11(4):e0153099.

21. Wellenius GA, Schwartz J, Mittleman MA. Particulate Air Pollution and Hospital Admissions for Congestive Heart Failure in Seven United States Cities. *Am J Cardiol.* 2006;97(3):404-8.

22. Zhao R, Chen S, Wang W, Huang J, Wang K, Liu L, et al. The impact of short-term exposure to air pollutants on the onset of out-of-hospital cardiac arrest: A systematic review and meta-analysis. *Int J Cardiol.* 2017;226:110-7.

23. Amsalu E, Wang T, Li H, Liu Y, Wang A, Liu X, et al. Acute effects of fine particulate matter (PM_{2.5}) on hospital admissions for cardiovascular disease in Beijing, China: a time-series study. *Environ Health.* 2019;18(1):70.

24. Fu P, Guo X, Cheung FMH, Yung KKL. The association between PM_{2.5} exposure and neurological disorders: A systematic review and meta-analysis. *Sci Total Environ.* 2019;655:1240-8.

25. Wiwatanadate P, Liwsrisakun C. Acute effects of air pollution on peak expiratory flow rates and symptoms among asthmatic patients in Chiang Mai, Thailand. *Int J Hyg Environ Health.* 2011;214(3):251-7.

26. Pothirat C, Tosukhowong A, Chaiwong W, Liwsrisakun C, Inchai J. Effects of seasonal smog on asthma and COPD exacerbations requiring emergency visits in Chiang Mai, Thailand. *Asian Pac J Allergy Immunol.* 2016;34(4):284-9.

27. Pothirat C, Chaiwong W, Liwsrisakun C, Bumroongkit C, Deesomchok A, Theerakittikul T, et al. Acute effects of air pollutants on daily mortality and hospitalizations due to cardiovascular and respiratory diseases. *J Thorac Dis.* 2019;11(7):3070-83.

28. ศูนย์ภูมิอากาศ กองพัฒนาอู่ศูนย์มหาวิทยาลัย. ภูมิอากาศจังหวัดราชบุรี 2562 [วันที่อ้างอิงถึง 11 พฤศจิกายน 2020]. ที่มา: <http://climate.tmd.go.th/data/province/กลาง/ภูมิอากาศราชบุรี.pdf>.

29. กรมการปกครอง. ประชากรจากการทะเบียน จำแนกตามเพศ เขตการปกครอง เป็นรายอำเภอ พ.ศ. 2559 - 2561: กระทรวงมหาดไทย; [วันที่อ้างอิงถึง 11 พฤศจิกายน 2020]. ที่มา: http://ratburi.old.nso.go.th/nso/project/search/index.jsp?province_id=36.

30. สำนักงานจังหวัดราชบุรี ศาลากลางจังหวัดราชบุรี. ข้อมูลทั่วไปของจังหวัดราชบุรี 2562 [วันที่อ้างถึง 11 พฤศจิกายน 2020]. ที่มา: <http://www.ratchaburi.go.th/datass/ratchaburi.pdf>.
31. กองโรคไม่ติดต่อ. จำนวนและอัตราตายโรคไม่ติดต่อและการบาดเจ็บ ประจำปีปฏิทิน พ.ศ. 2558 (ข้อมูล ณ 3 ก.พ 59): กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข; 2559 [วันที่อ้างถึง 11 พฤศจิกายน 2020]. ที่มา: <http://www.thaincd.com/s/dl-12309/document/file/info/non-communicable-disease/จำนวนอัตราตาย%20ตามเขตบริการสุขภาพ%20%20ประจำปีปฏิทิน%202020.xlsx>.
32. กองโรคไม่ติดต่อ. จำนวนและอัตราผู้ป่วยใน 2550-2558: กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข; 2559 [วันที่อ้างถึง 11 พฤศจิกายน 2020]. ที่มา: <http://www.thaincd.com/s/dl-12309/document/file/info/non-communicable-disease/จำนวนและอัตราผู้ป่วยใน2550-2558.xlsx>.
33. กองโรคไม่ติดต่อ. จำนวนและอัตราตายโรคไม่ติดต่อ (ความดันโลหิตสูง,เบาหวาน,หัวใจขาดเลือด,หลอดเลือดสมอง,หลอดเลือดอักเสบ ถุงลมโป่งพอง) ปี 2559 - 2561 ต่อประชากรแสนคน 100,000 คน จำแนกรายจังหวัด เขตบริการสุขภาพ และภาพรวมประเทศ: กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข; 2561 [วันที่อ้างถึง 11 พฤศจิกายน 2020]. ที่มา: <http://www.thaincd.com/2016/mission/documents-detail.php?id=13653&tid=32&gid=1-020>.
34. กองโรคไม่ติดต่อ. จำนวนและอัตราผู้ป่วยโรค ความดันโลหิตสูง, เบาหวาน, หลอดเลือดหัวใจ, หลอดเลือดสมอง, COPD ใน ปี 2559 - 2561 ต่อประชากรแสนคน 100,000 คน จำแนกรายจังหวัด เขตบริการสุขภาพ และภาพรวมประเทศ: กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข; 2561 [วันที่อ้างถึง 11 พฤศจิกายน 2020]. ที่มา: <http://www.thaincd.com/2016/mission/documents-detail.php?id=13684&tid=32&gid=1-020>.
35. กลุ่มงานติดตามประเมินสถานการณ์ กองติดตามประเมินผลสิ่งแวดล้อม. ราชบุรีฝุ่นละอองยังหนัก เรียกประชุมหาแนวทางลดปัญหา-แนะปชช.ใส่หน้ากาก: สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม; 2562 [วันที่อ้างถึง 11 พฤศจิกายน 2020]. ที่มา: http://www.onep.go.th/env_data/2019/23-มกราคม-2562-ราชบุรีฝุ่นละออง/.
36. สยามรัฐออนไลน์. ราชบุรีประชุมเตรียมการป้องกันและแก้ไขปัญหาฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM 2.5. สยามรัฐออนไลน์. 2562 16 ตุลาคม 2562.
37. สยามรัฐออนไลน์. ผู้ว่าราชบุรีสั่งทำทุกมาตรการแก้หมอกควัน-ฝุ่นละออง PM 2.5. สยามรัฐออนไลน์. 2563 11 มกราคม 2563.
38. Kan H, London SJ, Chen G, Zhang Y, Song G, Zhao N, et al. Season, Sex, Age, and Education as Modifiers of the Effects of Outdoor Air Pollution on Daily Mortality in Shanghai, China: The Public Health and Air Pollution in Asia (PAPA) Study. Environ Health Perspect. 2008;116(9):1183-8.

39. Kobos L, Shannahan J. Particulate matter inhalation and the exacerbation of cardiopulmonary toxicity due to metabolic disease. *Exp Biol Med* [Internet]. 2021 [cited 11 November 2020]. Available from: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1535370220983275> [Epub ahead of print].
40. Wei Y, Wang Y, Di Q, Choirat C, Wang Y, Koutrakis P, et al. Short term exposure to fine particulate matter and hospital admission risks and costs in the Medicare population: time stratified, case crossover study. *BMJ*. 2019;367:l6258.



ภาคผนวก

1. ระดับมลพิษอากาศในจังหวัดราชบุรี

ตารางที่ 13 จำนวนวันที่และสัดส่วนวันที่ระดับมลพิษอากาศสูงสุดรายวันสูงเกินค่ามาตรฐานกรมควบคุมมลพิษและองค์การอนามัยโลก

ปี	PM _{2.5}		PM ₁₀		O ₃		SO ₂		NO ₂		CO	
	TH	WHO	TH	WHO	TH	WHO	TH	WHO	TH	WHO	TH	WHO
2557	62 (16.99%)	87 (23.84%)	26 (7.12%)	81 (22.19%)	41 (11.23%)	78 (21.37%)	0	30 (8.22%)	0	0	0	0
2558	132 (36.16%)	279 (76.44%)	46 (12.6%)	227 (62.19%)	87 (23.84%)	189 (51.78%)	1 (0.27%)	43 (11.78%)	0	0	0	0
2559	160 (43.84%)	266 (72.88%)	42 (11.51%)	250 (68.49%)	71 (19.45%)	188 (51.51%)	0	25 (6.85%)	0	0	0	0
2560	101 (27.67%)	203 (55.62%)	32 (8.77%)	224 (61.37%)	57 (15.62%)	109 (29.86%)	0	27 (7.4%)	0	0	0	0
2561	132 (36.16%)	276 (75.62%)	71 (19.45%)	281 (76.99%)	90 (24.66%)	179 (49.04%)	0	40 (10.96%)	0	0	0	0
2562	132 (36.16%)	283 (77.53%)	72 (19.73%)	279 (76.44%)	97 (26.58%)	170 (46.58%)	0	17 (4.66%)	0	0	0	0
2563	71 (19.45%)	121 (33.15%)	50 (13.7%)	121 (33.15%)	40 (10.96%)	89 (24.38%)	0	4 (1.1%)	0	0	0	0
เฉลี่ยปีละ	122 ± 29	238 ± 63	50 ± 17	230 ± 59	75 ± 19	155 ± 41	0 ± 0	29 ± 11	0	0	0	0

TH หมายถึงมาตรฐานกรมควบคุมมลพิษ WHO หมายถึงมาตรฐานองค์การอนามัยโลก; เฉลี่ยปีละ หมายถึงจำนวนวันเฉลี่ยต่อปีตลอดการศึกษาที่ระดับมลพิษอากาศสูงสุดรายวันสูงเกินค่ามาตรฐาน

2. ผู้ป่วยที่มารับรักษาที่แผนกฉุกเฉินโรงพยาบาลราชบุรีในกลุ่มโรคระบบการหายใจและระบบหัวใจและหลอดเลือด

ตารางที่ 14 ค่ามัธยฐาน พิสัยระหว่างควอร์ไทล์ (IQR) ของจำนวนผู้ป่วยรายวันและจำนวนผู้ป่วยเฉลี่ยรายเดือน ในช่วงวันที่ 1 สิงหาคม 2557 ถึง 30 เมษายน 2563

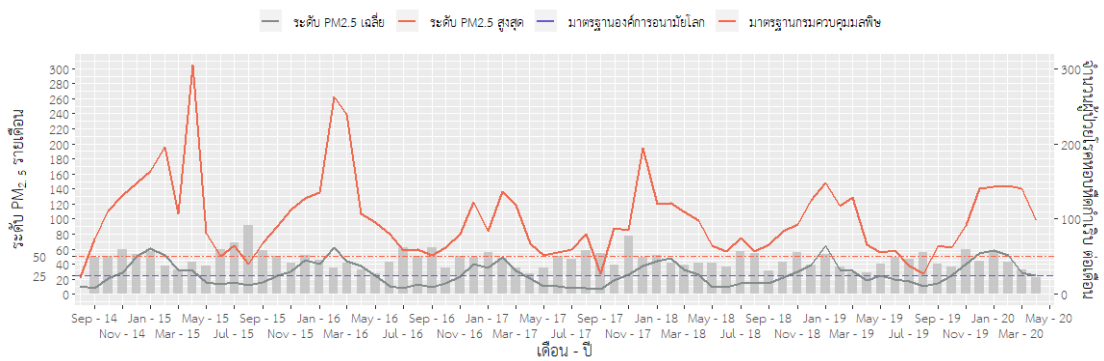
เดือน	หอบหืดกำเริบ	ปอดอักเสบเรื้อรังกำเริบ	ปอดอักเสบ	ไข้หวัดใหญ่	ติดเชื้อทางเดินหายใจส่วนบน	ระบบการหายใจทั้งหมด	กล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือดเฉียบพลัน	หัวใจล้มเหลว	เส้นเลือดในสมองตีบหรือแตก	ระบบหัวใจและหลอดเลือดทั้งหมด
มกราคม	2 (1)	1 (2)	0 (0)	2 (2)	5 (4)	14 (6)	1 (1)	1 (1.75)	1 (2)	8 (4)
	53	48	7	65	167	434	21	40	38	249
กุมภาพันธ์	1 (2)	1 (2)	0 (0)	2 (2)	5 (4)	14 (6.75)	0 (1)	1 (2)	1 (2)	8 (4.75)

เดือน	หอบหืด กำเริบ	ปอดอุดกั้น เรื้อรัง กำเริบ	ปอดอักเสบ	ไข้หวัด ใหญ่	ติดเชื้อ ทางเดิน หายใจ ส่วนบน	ระบบการ หายใจ ทั้งหมด	กล้ามเนื้อ หัวใจขาด เลือด เฉียบพลัน	หัวใจ ล้มเหลว	เส้นเลือด ในสมอง ตีบหรือ แตก	ระบบหัวใจ และหลอดเลือด ทั้งหมด
	40	38	12	56	156	392	17	35	36	236
มีนาคม	1 (2)	1 (2)	0 (0)	1 (2)	4 (3)	11 (5.75)	0 (1)	1 (2)	1 (2)	7 (5)
	35	40	8	56	125	344	18	30	34	237
เมษายน	1 (2)	1 (2)	0 (0)	1 (2)	3 (3)	9 (5)	0 (1)	1 (2)	1 (2)	7 (4)
	32	37	5	51	84	282	16	30	32	224
พฤษภาคม	1 (2)	1 (2)	0 (0)	1 (1)	3 (3)	9 (5)	0 (1)	1 (1)	1 (2)	7 (4)
	36	38	4	46	96	296	19	28	34	223
มิถุนายน	1 (1)	1 (2)	0 (0)	2 (1)	5 (4)	11 (5)	0 (1)	1 (2)	1 (2)	7 (3)
	48	32	5	50	155	360	20	35	36	231
กรกฎาคม	2 (1.5)	1 (2)	0 (0)	2 (2)	5 (4)	13 (5.5)	1 (1)	1 (2)	1 (2)	8 (3)
	56	34	8	59	164	409	22	34	40	234
สิงหาคม	2 (2)	1 (2)	0 (0.75)	2 (3)	6 (4.75)	15 (7)	0 (1)	1 (2)	1 (2)	7 (4)
	64	34	10	80	203	491	17	33	35	236
กันยายน	1 (1)	1 (1.25)	0 (1)	3 (3)	6 (4)	15 (6)	0 (1)	1 (2)	1 (2)	7 (3)
	49	38	13	80	182	457	18	31	34	232
ตุลาคม	1 (2)	1 (2)	0 (0)	2 (2)	5 (3)	12 (6)	0 (1)	1 (1)	1 (2)	7 (4)
	42	38	6	60	152	379	18	30	38	240
พฤศจิกายน	2 (2)	1 (2)	0 (0)	2 (2)	4 (3)	12 (5)	1 (1)	1 (1)	1 (2)	8 (4)
	58	39	6	61	138	382	21	32	37	238
ธันวาคม	1 (2)	1 (2)	0 (0)	2 (2)	4 (3.75)	13 (6)	1 (1)	1 (2)	1 (1)	8 (5)
	48	48	8	60	149	411	21	38	40	260

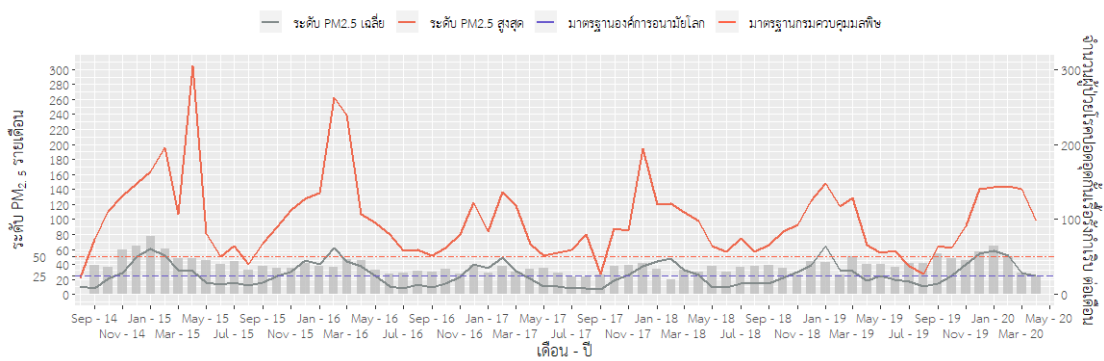
ข้อมูลรายเดือนจะแสดงในรูปของ มีฐานของจำนวนผู้ป่วยรายวัน (พิสัยระหว่างควอร์ไทล์) ค่าเฉลี่ยจำนวนผู้ป่วยทั้งหมดรายเดือน

3. แนวโน้มระหว่างระดับ PM_{2.5} เฉลี่ยรายเดือนและสูงสุดรายเดือนกับจำนวนผู้ป่วยรายเดือน
ที่มาแผนกฉุกเฉินด้วยโรคระบบการหายใจและระบบหัวใจและหลอดเลือด และมีภูมิลำเนาอยู่
ในอำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี

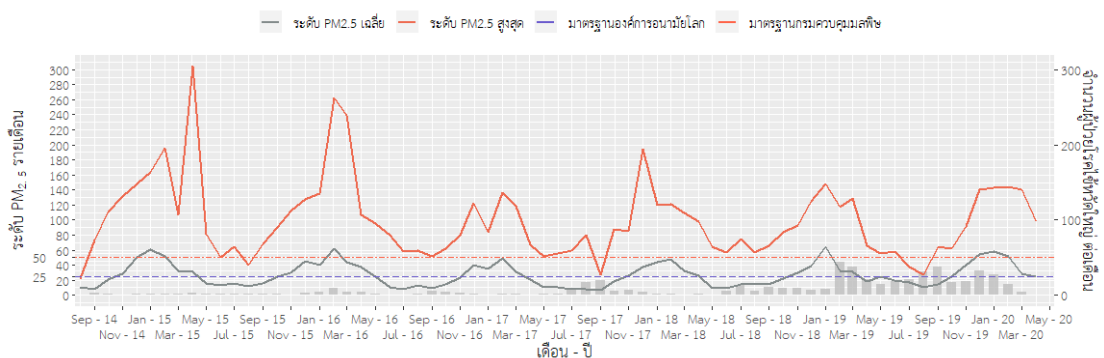
แผนภูมิที่ 2 แนวโน้มระหว่างระดับ PM_{2.5} กับจำนวนผู้ป่วยที่มาแผนกฉุกเฉินด้วยโรคหอบหืด
กำเริบ



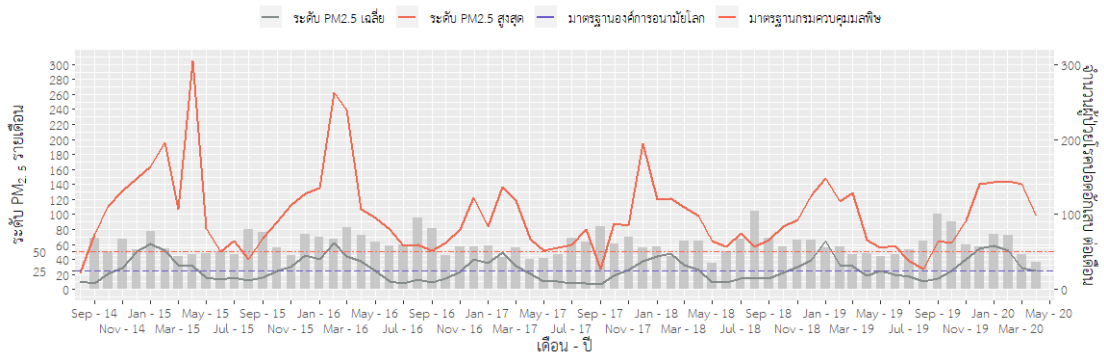
แผนภูมิที่ 3 แนวโน้มระหว่างระดับ PM_{2.5} กับจำนวนผู้ป่วยที่มาแผนกฉุกเฉินด้วยโรคปอดอุดกั้น
เรื้อรังกำเริบ



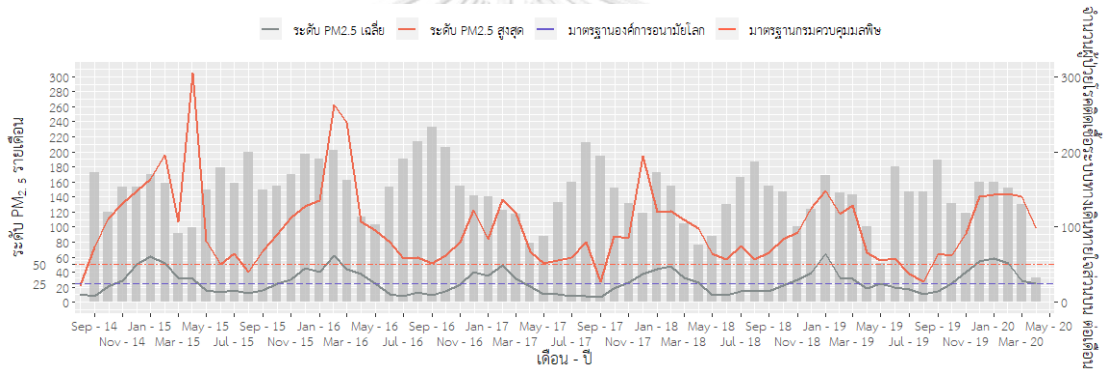
แผนภูมิที่ 4 แนวโน้มระหว่างระดับ PM_{2.5} กับจำนวนผู้ป่วยที่มาแผนกฉุกเฉินด้วยโรคใช้หัดใหญ่



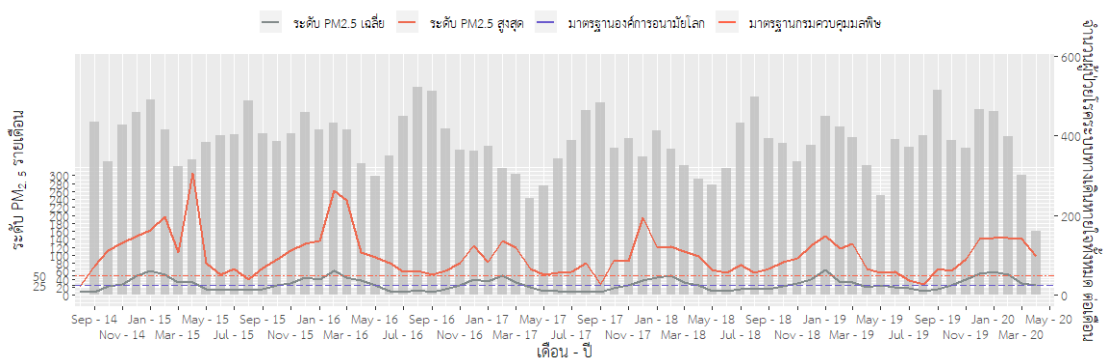
แผนภูมิที่ 5 แนวโน้มระหว่างระดับ PM_{2.5} กับจำนวนผู้ป่วยที่มาแผนกฉุกเฉินด้วยโรคปอดอักเสบ



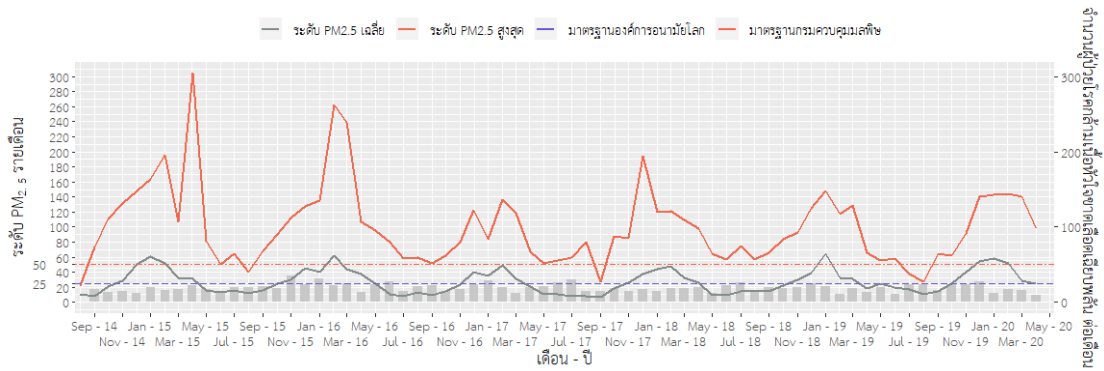
แผนภูมิที่ 6 แนวโน้มระหว่างระดับ PM_{2.5} กับจำนวนผู้ป่วยที่มาแผนกฉุกเฉินด้วยโรคติดเชื้อทางเดินหายใจส่วนบน



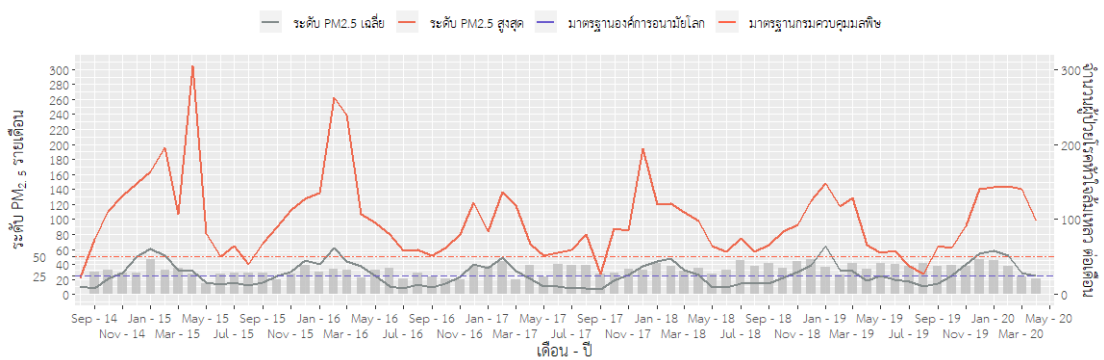
แผนภูมิที่ 7 แนวโน้มระหว่างระดับ PM_{2.5} กับจำนวนผู้ป่วยที่มาแผนกฉุกเฉินด้วยโรคระบบการหายใจทั้งหมด



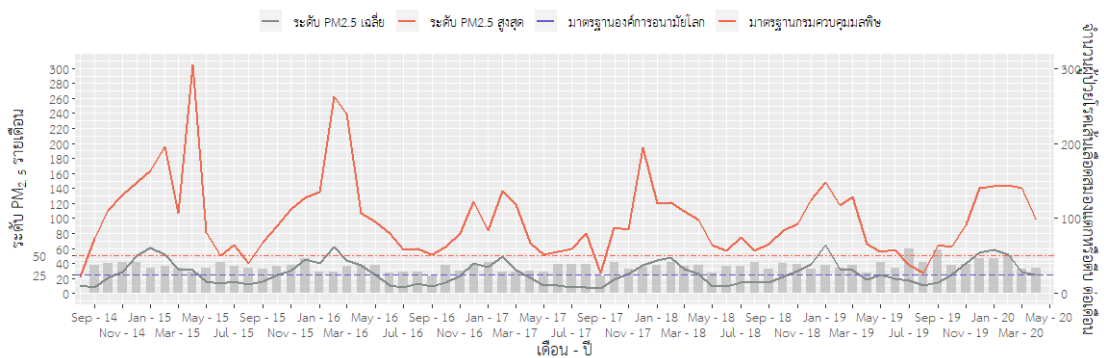
แผนภูมิที่ 8 แนวโน้มระหว่างระดับ PM_{2.5} กับจำนวนผู้ป่วยที่มาแผนกฉุกเฉินด้วยโรคกล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือดเฉียบพลัน



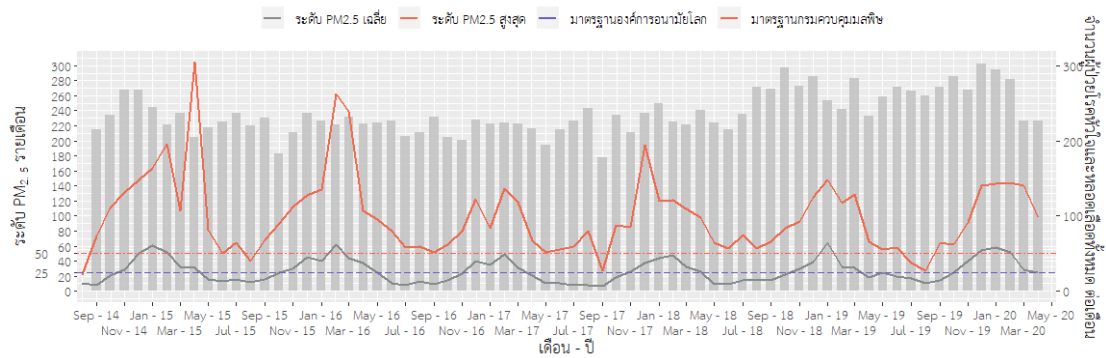
แผนภูมิที่ 9 แนวโน้มระหว่างระดับ PM_{2.5} กับจำนวนผู้ป่วยที่มาแผนกฉุกเฉินด้วยโรคหัวใจล้มเหลว



แผนภูมิที่ 10 แนวโน้มระหว่างระดับ PM_{2.5} กับจำนวนผู้ป่วยที่มาแผนกฉุกเฉินด้วยโรคเส้นเลือดสมองแตกหรือตีบ



แผนภูมิที่ 11 แนวโน้มระหว่างระดับ $PM_{2.5}$ กับจำนวนผู้ป่วยที่มาแผนกฉุกเฉินด้วยโรคหัวใจและหลอดเลือดทั้งหมด



4. สมการที่ได้จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระดับ $PM_{2.5}$ กับจำนวนการมารับการรักษาที่แผนกฉุกเฉินด้วยโรคแต่ละชนิด ตารางที่ 15 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับ $PM_{2.5}$ เฉลี่ยรายวันที่เพิ่มขึ้น $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ กับจำนวนการมารับการรักษาที่แผนกฉุกเฉินด้วยโรคแต่ละชนิด

โรค	สมการ
ภาพรวม	
ปอดอักเสบเรื้อรัง	$\log(E(\text{Sick})) = -7.4954 + 0.006PM_{2.5, \text{lag} 1} + 0.0004PM_{10,2.5, \text{lag} 2} + 0.0043CO_{3, \text{lag} 1} - 0.0097SO_{2, \text{lag} 4} - 0.2022CO_{\text{lag} 0} - 0.0006NO_{2, \text{lag} 1} + 0.0217Windspeed_{\text{lag} 2} + 0.0003Humidity_{\text{lag} 0} - 0.0028Rain_{\text{lag} 0}$ กำเริบ $0.0044Pressure_{\text{lag} 1} - 0.003Temp_{\text{lag} 1} + 0.0743Holiday + \log(\text{Pop. at Risk})$
ติดเชื้อทางเดินหายใจ	$\log(E(\text{Sick})) = 16.0576 + 0.0042PM_{2.5, \text{lag} 6} - 0.0041PM_{10,2.5, \text{lag} 7} - 0.0055O_{3, \text{lag} 7} - 0.0151SO_{2, \text{lag} 7} - 0.2506CO_{\text{lag} 7} + 0.0234NO_{2, \text{lag} 3} - 0.0164Windspeed_{\text{lag} 6} + 0.0072Humidity_{\text{lag} 7} + 0.0004Rain_{\text{lag} 6}$ ส่วนบน $-0.0253Pressure_{\text{lag} 0} - 0.0541Temp_{\text{lag} 3} + 0.4102Holiday + \log(\text{Pop. at Risk})$
เพศ : ชาย	
ปอดอักเสบเรื้อรัง	$\log(E(\text{Sick})) = -20.5603 + 0.0084PM_{2.5, \text{lag} 1} - 0.0038PM_{10,2.5, \text{lag} 1} + 0.0011O_{3, \text{lag} 1} - 0.0015O_{2, \text{lag} 5} - 0.2805CO_{\text{lag} 0} + 0.0042NO_{2, \text{lag} 1} + 0.0057Windspeed_{\text{lag} 3} - 0.0059Humidity_{\text{lag} 0} - 0.0022Rain_{\text{lag} 0}$ กำเริบ $0.0093Pressure_{\text{lag} 1} + 0.0066Temp_{\text{lag} 4} + 0.0926Holiday + \log(\text{Pop. at Risk})$
ติดเชื้อทางเดินหายใจ	$\log(E(\text{Sick})) = 6.6578 + 0.0028PM_{2.5, \text{lag} 7} - 0.0051PM_{10,2.5, \text{lag} 6} - 0.0078O_{3, \text{lag} 7} - 0.0185O_{2, \text{lag} 7} - 0.3169CO_{\text{lag} 0} + 0.0279NO_{2, \text{lag} 3} - 0.018Windspeed_{\text{lag} 6} + 0.0036Humidity_{\text{lag} 7} - 0.0049Rain_{\text{lag} 1}$ ส่วนบน $0.0153Pressure_{\text{lag} 5} - 0.0618Temp_{\text{lag} 3} + 0.3871Holiday + \log(\text{Pop. at Risk})$
การหายใจทั้งหมด	$\log(E(\text{Sick})) = 2.1151 + 0.0022PM_{2.5, \text{lag} 2} - 0.0024PM_{10,2.5, \text{lag} 2} - 0.0059O_{3, \text{lag} 6} + 0.0004SO_{2, \text{lag} 3} - 0.1813CO_{\text{lag} 0} + 0.0154NO_{2, \text{lag} 3} + 0.0093Windspeed_{\text{lag} 2} - 0.0034Humidity_{\text{lag} 0} - 0.0037Rain_{\text{lag} 6}$ กำเริบ $0.0101Pressure_{\text{lag} 3} - 0.0362Temp_{\text{lag} 3} + 0.1663Holiday + \log(\text{Pop. at Risk})$
เพศ : หญิง	
ปอดอักเสบ	$\log(E(\text{Sick})) = 28.6685 + 0.0064PM_{2.5, \text{lag} 0} + 0.0016PM_{10,2.5, \text{lag} 0} - 0.0056O_{3, \text{lag} 7} - 0.0099SO_{2, \text{lag} 2} - 0.4054CO_{\text{lag} 3} + 0.0022NO_{2, \text{lag} 0} + 0.0301Windspeed_{\text{lag} 3} + 0.0052Humidity_{\text{lag} 7} - 0.0022Rain_{\text{lag} 7}$ กำเริบ $-0.0389Pressure_{\text{lag} 0} - 0.042Temp_{\text{lag} 6} - 0.1139Holiday + \log(\text{Pop. at Risk})$
ไข้หวัดใหญ่	$\log(E(\text{Sick})) = -137.3118 - 0.0211PM_{10,2.5, \text{lag} 2} + 0.0362PM_{10,2.5, \text{lag} 0} - 0.0462O_{3, \text{lag} 6} - 0.3665SO_{2, \text{lag} 0} + 1.4099CO_{\text{lag} 5} + 0.0891NO_{2, \text{lag} 4} - 0.0627Windspeed_{\text{lag} 5} - 0.0165Humidity_{\text{lag} 0} - 0.0308Rain_{\text{lag} 7}$ กำเริบ $+0.1206Pressure_{\text{lag} 5} + 0.125Temp_{\text{lag} 0} - 0.183Holiday + \log(\text{Pop. at Risk})$
สถานะการสูบบุหรี่ : สูบบุหรี่	
ปอดอักเสบเรื้อรัง	$\log(E(\text{Sick})) = -11.2597 + 0.0068PM_{2.5, \text{lag} 0} + 0.0054PM_{10,2.5, \text{lag} 7} - 0.0027O_{3, \text{lag} 0} + 0.0085SO_{2, \text{lag} 3} - 0.2821CO_{\text{lag} 0} + 0.0091NO_{2, \text{lag} 1} + 0.0316Windspeed_{\text{lag} 2} - 0.0048Humidity_{\text{lag} 0} - 0.0021Rain_{\text{lag} 0}$ กำเริบ $+0.0004Pressure_{\text{lag} 3} + 0.0085Temp_{\text{lag} 5} + 0.0726Holiday + \log(\text{Pop. at Risk})$
สถานะการสูบบุหรี่ : ไม่สูบบุหรี่	

ผลการ	
โรค	
การหายใจทั้งหมด	$\log(E(Sick)) = 8.2912 + 0.0019PM_{10,2.5,lag3} - 0.0015PM_{10,2.5,lag7} - 0.0039CO_{2,lag3} + 0.0165SO_{2,lag7} - 0.16CO_{lag7} + 0.0167NO_{2,lag3} + 0.0026Windspeed_{lag0} + 0.0048Humidity_{lag7} - 0.0037Rain_{lag4} - 0.0167Pressure_{lag3} - 0.0455Temp_{lag3} + 0.2075Holiday + \log(Pop. at Risk)$
กลุ่มอายุ : อายุ 0 – 14 ปี	
ติดเชื้อทางเดินหายใจ	$\log(E(Sick)) = 21.8298 + 0.0052PM_{2.5,lag7} - 0.0071PM_{10,2.5,lag7} - 0.0107CO_{2,lag7} - 0.0039SO_{2,lag7} - 0.3312CO_{lag0} + 0.026NO_{2,lag3} - 0.0272Windspeed_{lag6} + 0.0016Humidity_{lag7} - 0.0034Rain_{lag2} - 0.0288Pressure_{lag7} - 0.0625Temp_{lag3} + 0.3091Holiday + \log(Pop. at Risk)$
ส่วนบน	$\log(E(Sick)) = 18.9501 + 0.0057PM_{2.5,lag7} - 0.0038PM_{10,2.5,lag7} - 0.0122CO_{2,lag7} - 0.0011SO_{2,lag7} + 0.0196NO_{2,lag3} - 0.0129Windspeed_{lag6} + 0.0046Humidity_{lag7} - 0.0027Rain_{lag7} - 0.0258Pressure_{lag7} - 0.06Temp_{lag3} + 0.2016Holiday + \log(Pop. at Risk)$
กลุ่มอายุ : อายุ 65 ปี ขึ้นไป	
ปอดอุดกั้นเรื้อรัง	$\log(E(Sick)) = 7.2117 + 0.0102PM_{2.5,lag0} - 0.0034PM_{10,2.5,lag3} + 0.0069CO_{2,lag5} - 0.4217CO_{lag0} + 0.0017SO_{2,lag5} - 0.0246NO_{2,lag1} + 0.0013Windspeed_{lag2} - 0.0045Humidity_{lag6} - 0.0031Rain_{lag5} - 0.0159Pressure_{lag1} - 0.0343Temp_{lag1} + 0.1038Holiday + \log(Pop. at Risk)$
กำเริบ	$\log(E(Sick)) = -17.4224 + 0.0064PM_{2.5,lag1} + 0.0014PM_{10,2.5,lag0} - 0.0002CO_{2,lag4} + 0.0067SO_{2,lag5} - 0.3569CO_{lag1} - 0.0056NO_{2,lag0} + 0.052Windspeed_{lag3} - 0.0002Humidity_{lag0} - 0.0032Rain_{lag1} + 0.0076Pressure_{lag4} - 0.0115Temp_{lag3} - 0.0671Holiday + \log(Pop. at Risk)$
ปอดอักเสบ	$\log(E(Sick)) = -178.9263 - 0.0551PM_{2.5,lag1} + 0.0358PM_{10,2.5,lag7} - 0.0192CO_{2,lag1} - 0.9722SO_{2,lag0} + 1.4779CO_{lag4} + 0.0063NO_{2,lag6} - 0.043Windspeed_{lag5} - 0.0853Humidity_{lag0} - 0.0497Rain_{lag4} + 0.1777Pressure_{lag4} - 0.2219Temp_{lag1} - 0.5014Holiday + \log(Pop. at Risk)$
ไข้หวัดใหญ่	$\log(E(Sick)) = -9.0694 + 0.0042PM_{2.5,lag1} - 0.0023PM_{10,2.5,lag3} + 0.0012CO_{2,lag3} + 0.0045SO_{2,lag5} - 0.193CO_{lag1} - 0.0021NO_{2,lag3} + 0.013Windspeed_{lag5} - 0.0026Humidity_{lag3} + 0.0005Rain_{lag4} + 0.0009Pressure_{lag4} - 0.0179Temp_{lag5} + 0.0858Holiday + \log(Pop. at Risk)$
การหายใจทั้งหมด	$\log(E(Sick)) = -13.6635 + 0.0026PM_{2.5,lag6} + 0.0002PM_{10,2.5,lag6} - 0.0016CO_{2,lag6} + 0.0115SO_{2,lag5} - 0.1125CO_{lag4} - 0.0016NO_{2,lag4} + 0.002Windspeed_{lag4} - 0.0012Humidity_{lag3} - 0.0011Rain_{lag6} + 0.0058Pressure_{lag4} - 0.0185Temp_{lag4} + 0.0927Holiday + \log(Pop. at Risk)$
โรคประจำตัวของผู้ที่อายุ 65 ปี ขึ้นไป : เบาหวาน	
ไข้หวัดใหญ่	$\log(E(Sick)) = -103.2443 - 0.0928PM_{2.5,lag2} + 0.0024PM_{10,2.5,lag7} + 0.0357CO_{2,lag0} - 0.6025SO_{2,lag6} - 0.8673CO_{lag1} + 0.0597NO_{2,lag5} - 0.5722Windspeed_{lag4} - 0.0875Humidity_{lag7} - 0.3938Rain_{lag5} + 0.108Pressure_{lag7} - 0.3199Temp_{lag6} - 0.9756Holiday + \log(Pop. at Risk)$
เส้นเลือดในสมองตีบ	$\log(E(Sick)) = -26.7893 - 0.0193PM_{2.5,lag4} + 0.0112PM_{10,2.5,lag4} + 0.02O_{3,lag4} + 0.02O_{3,lag4} - 0.0144SO_{2,lag3} + 0.3004CO_{lag3} - 0.0228NO_{2,lag4} + 0.0127Windspeed_{lag4} - 0.0061Humidity_{lag4} - 0.0215Rain_{lag5} + 0.00175Pressure_{lag0} - 0.0383Temp_{lag7} - 0.0781Holiday + \log(Pop. at Risk)$
หัวใจแตก	$\log(E(Sick)) = -15.4595 + 0.0033PM_{2.5,lag6} + 0.0014PM_{10,2.5,lag7} - 0.0039CO_{2,lag6} + 0.0316SO_{2,lag6} - 0.0138CO_{lag3} + 0.0019NO_{2,lag3} + 0.017Windspeed_{lag3} + 0.0012Humidity_{lag0} - 0.0031Rain_{lag3}$

โรค	สมการ
ทั้งหมด	$+ 0.0076\text{Pressure}_{\text{lag},4} - 0.0199\text{Temp}_{\text{lag},5} + 0.108\text{Holiday} + \log(\text{Pop. at Risk})$
โรคประจำตัวของผู้ที่อายุ 65 ปี ขึ้นไป : ความดันโลหิตสูง	
ปอดอุดกั้นเรื้อรัง	$\log(E(\text{Sick})) = -12.592 + 0.0099\text{PM}_{2.5,\text{lag},0} - 0.0017\text{PM}_{10,2.5,\text{lag},3} + 0.0046\text{CO}_{3,\text{lag},1} + 0.0092\text{SO}_{2,\text{lag},5} - 0.1383\text{CO}_{\text{lag},3} - 0.0211\text{NO}_{2,\text{lag},1} + 0.0186\text{Windspeed}_{\text{lag},2} + 0.0033\text{Humidity}_{\text{lag},0} - 0.0026\text{Rain}_{\text{lag},2}$ $+ 0.0022\text{Pressure}_{\text{lag},1} - 0.0099\text{Temp}_{\text{lag},1} + 0.0791\text{Holiday} + \log(\text{Pop. at Risk})$
ปอดอักเสบ	$\log(E(\text{Sick})) = -12.1888 + 0.0062\text{PM}_{2.5,\text{lag},0} - 0.0004\text{PM}_{10,2.5,\text{lag},1} - 0.0008\text{O}_{3,\text{lag},2} + 0.0145\text{O}_{2,\text{lag},6} - 0.3907\text{CO}_{\text{lag},1} - 0.0078\text{NO}_{2,\text{lag},0} + 0.0449\text{Windspeed}_{\text{lag},3} - 0.0017\text{Humidity}_{\text{lag},0} - 0.002\text{Rain}_{\text{lag},1} + 0.0033\text{Pressure}_{\text{lag},4} - 0.0362\text{Temp}_{\text{lag},3} - 0.0625\text{Holiday} + \log(\text{Pop. at Risk})$
ระบบการหายใจ	$\log(E(\text{Sick})) = -9.7727 + 0.0032\text{PM}_{2.5,\text{lag},1} - 0.0026\text{PM}_{10,2.5,\text{lag},3} - 0.0006\text{CO}_{3,\text{lag},1} + 0.0034\text{SO}_{2,\text{lag},5} - 0.1632\text{CO}_{\text{lag},3} + 0.012\text{NO}_{2,\text{lag},3} + 0.0189\text{Windspeed}_{\text{lag},3} - 0.0002\text{Humidity}_{\text{lag},3} + 0\text{Rain}_{\text{lag},4} + 0.0015\text{Pressure}_{\text{lag},3} - 0.0222\text{Temp}_{\text{lag},5} + 0.0663\text{Holiday} + \log(\text{Pop. at Risk})$
หัวใจและหลอดเลือด	$\log(E(\text{Sick})) = -12.9352 + 0.0026\text{PM}_{2.5,\text{lag},6} + 0.0003\text{PM}_{10,2.5,\text{lag},6} + 0.0009\text{O}_{3,\text{lag},0} + 0.0112\text{SO}_{2,\text{lag},5} - 0.1973\text{CO}_{\text{lag},6} - 0.0021\text{NO}_{2,\text{lag},4} + 0.0001\text{Windspeed}_{\text{lag},4} + 0.0011\text{Humidity}_{\text{lag},0} - 0.0004\text{Rain}_{\text{lag},5} + 0.0051\text{Pressure}_{\text{lag},4} - 0.0196\text{Temp}_{\text{lag},5} + 0.0826\text{Holiday} + \log(\text{Pop. at Risk})$
โรคประจำตัวของผู้ที่อายุ 65 ปี ขึ้นไป : ไขมันในเลือดสูง	
ปอดอุดกั้นเรื้อรัง	$\log(E(\text{Sick})) = -28.924 + 0.0064\text{PM}_{2.5,\text{lag},2} - 0.0051\text{PM}_{10,2.5,\text{lag},7} + 0.0019\text{O}_{3,\text{lag},1} - 0.068\text{SO}_{2,\text{lag},3} - 0.2961\text{CO}_{\text{lag},4} + 0.0163\text{NO}_{2,\text{lag},7} + 0.056\text{Windspeed}_{\text{lag},2} - 0.0009\text{Humidity}_{\text{lag},0} - 0.0001\text{Rain}_{\text{lag},2} + 0.0186\text{Pressure}_{\text{lag},4} - 0.0086\text{Temp}_{\text{lag},3} + 0.0267\text{Holiday} + \log(\text{Pop. at Risk})$
กำเริบ	
โรคปอดเรื้อรัง	
ปอดอุดกั้นเรื้อรัง	$\log(E(\text{Sick})) = 10.9789 + 0.0078\text{PM}_{2.5,\text{lag},0} - 0.0002\text{PM}_{10,2.5,\text{lag},3} + 0.005\text{O}_{3,\text{lag},1} + 0.0011\text{SO}_{2,\text{lag},5} - 0.2525\text{CO}_{\text{lag},0} - 0.0131\text{NO}_{2,\text{lag},1} + 0.0016\text{Windspeed}_{\text{lag},2} - 0.0054\text{Humidity}_{\text{lag},6} - 0.0034\text{Rain}_{\text{lag},5} - 0.0178\text{Pressure}_{\text{lag},4} + 0.1025\text{Holiday} + \log(\text{Pop. at Risk})$
กำเริบ	

$E(\text{Sick})$ จำนวนผู้ที่มาแผนกฉุกเฉิน, Pop. at Risk จำนวนประชากรที่เสี่ยง, ค่าเฉลี่ยรายวันของ $\text{PM}_{2.5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) O_3 (ppb) NO_2 (ppb) CO (ppm) Windspeed ความเร็วลม (knot) Humidity ความชื้นสัมพัทธ์ (% โดยมีค่า 0 – 100%) Rain ปริมาณน้ำฝน (mm) Pressure ความกดอากาศ (hPa) Temp อุณหภูมิ (C), และ Holiday เป็นวันหยุดหรือไม่ (1 วันหยุด 0 วันธรรมดา)

ตารางที่ 16 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับ $PM_{2.5}$ สูงสุดรายวันที่เพิ่มขึ้น $10 \mu g/m^3$ กับจำนวนการมารับการรักษาที่แผนกฉุกเฉินด้วยโรคแต่ละชนิด

โรค	สมการ
ภาพรวม	
ปอดอักเสบ	$\log(E(Sick)) = 3.7554 + 0.0021PM_{2.5,lag0} + 0.0019PM_{10,2.5,lag0} - 0.003CO_{3,lag7} - 0.0044SO_{2,lag4} - 0.1289CO_{lag5} - 0.0009NO_{2,lag0} + 0.0306Windspeed_{lag3} + 0Humidity_{lag7} + 0.00055Rain_{lag5} - 0.0234Pressure_{lag3} - 0.0143Temp_{lag0} - 0.1122Holiday + \log(Pop. at Risk)$
ติดเชื้อทางเดินหายใจ	$\log(E(Sick)) = 11.915 + 0.0019PM_{2.5,lag6} - 0.0032PM_{10,2.5,lag6} - 0.0022CO_{3,lag7} - 0.0082SO_{2,lag7} - 0.0895CO_{lag0} + 0.0069NO_{2,lag1} - 0.0272Windspeed_{lag6} + 0.0046Humidity_{lag7} - 0.0011Rain_{lag6} - ส่วนบน$
การหายใจทั้งหมด	$\log(E(Sick)) = -1.8727 + 0.0009PM_{2.5,lag3} - 0.0015PM_{10,2.5,lag6} - 0.0014CO_{3,lag7} - 0.0058SO_{2,lag7} - 0.0519CO_{lag2} + 0.0041NO_{2,lag2} - 0.0081Windspeed_{lag2} + 0.0019Humidity_{lag7} - 0.0029Rain_{lag4} - 0.0384Pressure_{lag3} - 0.0066Temp_{lag3} + 0.1939Holiday + \log(Pop. at Risk)$
เพศ : ชาย	
ติดเชื้อทางเดินหายใจ	$\log(E(Sick)) = 5.283 + 0.0017PM_{2.5,lag6} - 0.0034PM_{10,2.5,lag6} - 0.004CO_{3,lag2} - 0.0035SO_{2,lag7} - 0.0969CO_{lag0} + 0.0085NO_{2,lag2} - 0.025Windspeed_{lag6} + 0.0029Humidity_{lag7} - 0.0045Rain_{lag1} - ส่วนบน$
เพศ : หญิง	
ปอดอักเสบ	$\log(E(Sick)) = 22.7297 + 0.0036PM_{2.5,lag0} - 0.0015PM_{10,2.5,lag6} - 0.0007CO_{3,lag6} - 0.0237SO_{2,lag3} - 0.2327CO_{lag4} + 0.0002NO_{2,lag4} + 0.0245Windspeed_{lag3} + 0.0071Humidity_{lag7} - 0.0018Rain_{lag7} - 0.0509Pressure_{lag6} - 0.0329Temp_{lag0} - 0.106Holiday + \log(Pop. at Risk)$
สถานะการสูบบุหรี่ : สูบบุหรี่	
ไข้หวัดใหญ่	$\log(E(Sick)) = -61.2165 + 0.0136PM_{2.5,lag1} + 0.0097PM_{10,2.5,lag7} - 0.0255CO_{3,lag3} - 0.1167SO_{2,lag5} - 0.1946CO_{lag4} - 0.0016NO_{2,lag3} + 0.3298Windspeed_{lag6} - 0.0119Humidity_{lag6} - 0.0517Rain(lag-0.0517) + 0.1853Pressure_{lag7} + 0.0415Temp_{lag1} - 0.3763Holiday + \log(Pop. at Risk)$
สถานะการสูบบุหรี่ : ไม่สูบบุหรี่	
ปอดอักเสบ	$\log(E(Sick)) = 7.1191 + 0.0024PM_{2.5,lag0} - 0.0009PM_{10,2.5,lag6} - 0.0021CO_{3,lag7} + 0.0055SO_{2,lag4} - 0.1731CO_{lag5} - 0.0021NO_{2,lag4} + 0.0364Windspeed_{lag3} + 0.0026Humidity_{lag7} + 0.0004Rain_{lag5} - 0.03Pressure_{lag3} - 0.0175Temp_{lag0} - 0.1253Holiday + \log(Pop. at Risk)$
ติดเชื้อทางเดินหายใจ	$\log(E(Sick)) = 18.4203 + 0.0022PM_{2.5,lag6} - 0.0029PM_{10,2.5,lag6} - 0.0023CO_{3,lag7} - 0.0089SO_{2,lag7} - 0.1016CO_{lag0} + 0.0075NO_{2,lag1} - 0.0268Windspeed_{lag6} + 0.0069Humidity_{lag7} - 0.0038Rain_{lag7} - ส่วนบน$
การหายใจทั้งหมด	$\log(E(Sick)) = 4.7558 + 0.0008PM_{2.5,lag3} - 0.0019PM_{10,2.5,lag6} - 0.0015CO_{3,lag7} + 0.00209CO_{lag5} + 0.0037NO_{2,lag2} - 0.0003Windspeed_{lag0} + 0.0036Humidity_{lag7} - 0.0034Rain_{lag4} -$

ผลการ	
โรค	
	$0.0425\text{Pressure}_{\text{lag } 3} - 0.0132\text{Temp}_{\text{lag } 3} + 0.2086\text{Holiday} + \log(\text{Pop. at Risk})$
กลุ่มอายุ : อายุ 0 – 14 ปี	
ติดเชื้อทางเดินหายใจ	$\log(E(\text{Sick})) = 13.4924 + 0.0018\text{PM}_{2.5, \text{lag } 7} - 0.003\text{PM}_{10, 2.5, \text{lag } 0} - 0.0032\text{O}_3, \text{lag } 7 - 0.0067\text{SO}_2, \text{lag } 6 - 0.1382\text{CO}_{\text{lag } 0} + 0.0053\text{NO}_2, \text{lag } 0 - 0.04\text{Windspeed}_{\text{lag } 6} + 0.0014\text{Humidity}_{\text{lag } 7} - 0.0038\text{Rain}_{\text{lag } 2}$
ส่วนบน	$0.0668\text{Pressure}_{\text{lag } 3} - 0.0204\text{Temp}_{\text{lag } 7} + 0.3\text{Holiday} + \log(\text{Pop. at Risk})$
การหายใจทั้งหมด	$\log(E(\text{Sick})) = 11.5271 + 0.002\text{PM}_{2.5, \text{lag } 7} - 0.0025\text{PM}_{10, 2.5, \text{lag } 0} - 0.0043\text{O}_3, \text{lag } 7 - 0.0045\text{SO}_2, \text{lag } 7 - 0.0552\text{CO}_{\text{lag } 0} + 0.0024\text{NO}_2, \text{lag } 0 - 0.0263\text{Windspeed}_{\text{lag } 6} + 0.0031\text{Humidity}_{\text{lag } 7} - 0.0034\text{Rain}_{\text{lag } 7}$
	$0.0671\text{Pressure}_{\text{lag } 3} - 0.0181\text{Temp}_{\text{lag } 7} + 0.1917\text{Holiday} + \log(\text{Pop. at Risk})$
โรคประจำตัวของผู้ที่อายุ 65 ปี ขึ้นไป : เบาหวาน	
ปอดอุดกั้นเรื้อรัง	$\log(E(\text{Sick})) = 2.3054 + 0.005\text{PM}_{2.5, \text{lag } 1} - 0.0101\text{PM}_{10, 2.5, \text{lag } 0} + 0.0079\text{O}_3, \text{lag } 6 + 0.0036\text{SO}_2, \text{lag } 6 + 0.1994\text{CO}_{\text{lag } 0} - 0.0056\text{NO}_2, \text{lag } 6 - 0.0792\text{Windspeed}_{\text{lag } 6} + 0.0116\text{Humidity}_{\text{lag } 6} + 0.0125\text{Rain}_{\text{lag } 7}$
กำเริบ	$0.0354\text{Pressure}_{\text{lag } 5} - 0.0121\text{Temp}_{\text{lag } 4} + 0.0164\text{Holiday} + \log(\text{Pop. at Risk})$
โรคประจำตัวของผู้ที่อายุ 65 ปี ขึ้นไป : ความดันโลหิตสูง	
ปอดอุดกั้นเรื้อรัง	$\log(E(\text{Sick})) = 0.0799 + 0.003\text{PM}_{2.5, \text{lag } 6} - 0.0006\text{PM}_{10, 2.5, \text{lag } 0} + 0.0006\text{PM}_{10, 2.5, \text{lag } 1} + 0.0113\text{SO}_2, \text{lag } 3 - 0.0191\text{CO}_{\text{lag } 4} + 0\text{NO}_2, \text{lag } 1 + 0.0344\text{Windspeed}_{\text{lag } 2} + 0.0032\text{Humidity}_{\text{lag } 0} - 0.0008\text{Rain}_{\text{lag } 2}$
กำเริบ	$0.0058\text{Pressure}_{\text{lag } 1} - 0.0107\text{Temp}_{\text{lag } 1} + 0.0844\text{Holiday} + \log(\text{Pop. at Risk})$
หัวใจและหลอดเลือด	$\log(E(\text{Sick})) = -11.5052 + 0.0012\text{PM}_{2.5, \text{lag } 6} - 0.0002\text{PM}_{10, 2.5, \text{lag } 6} - 0.0001\text{O}_3, \text{lag } 0 - 0.0017\text{SO}_2, \text{lag } 4 - 0.042\text{CO}_{\text{lag } 6} + 0.0014\text{NO}_2, \text{lag } 1 + 0.0032\text{Windspeed}_{\text{lag } 4} + 0.0005\text{Humidity}_{\text{lag } 0} - 0.0002\text{Rain}_{\text{lag } 5}$
ทั้งหมด	$0.0188\text{Pressure}_{\text{lag } 5} + 0.0037\text{Temp}_{\text{lag } 4} + 0.0786\text{Holiday} + \log(\text{Pop. at Risk})$
โรคประจำตัวของผู้ที่อายุ 65 ปี ขึ้นไป : ไม่มีโรคทั้ง 4 โรค	
ติดเชื้อทางเดินหายใจ	$\log(E(\text{Sick})) = -169.0567 + 0.0134\text{PM}_{2.5, \text{lag } 0} - 0.0125\text{PM}_{10, 2.5, \text{lag } 7} - 0.0189\text{O}_3, \text{lag } 1 - 0.1333\text{SO}_2, \text{lag } 0 + 0.2481\text{CO}_{\text{lag } 0} + 0.016\text{NO}_2, \text{lag } 5 + 0.0694\text{Windspeed}_{\text{lag } 4} + 0.039\text{Humidity}_{\text{lag } 1} + 0.0134\text{Rain}_{\text{lag } 1}$
ส่วนบน	$-0.0495\text{Pressure}_{\text{lag } 2} + 0.1542\text{Temp}_{\text{lag } 3} + 0.5855\text{Holiday} + \log(\text{Pop. at Risk})$

$E(\text{Sick})$ จำนวนผู้ที่มาแผนกฉุกเฉิน, Pop. at Risk จำนวนประชากรที่เสี่ยง, ค่าสูงสุดรายวันของ $\text{PM}_{2.5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) O_3 (ppb) NO_2 (ppb) SO_2 (ppb) CO (ppm), ค่าเฉลี่ยรายวันของ Windspeed ความเร็วลม (knot) Humidity ความชื้นสัมพัทธ์ (% โดยมีค่า 0 – 100%) Rain ปริมาณน้ำฝน (mm) Pressure ความกดอากาศ (hPa) Temp อุณหภูมิ (C), และ Holiday เป็นวันหยุดหรือไม่ (1 วันหยุด 0 วันธรรมดา)

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นพ. สุทธิศักดิ์ เต๋นดวงใจ
วัน เดือน ปี เกิด	14 สิงหาคม 2534
สถานที่เกิด	ราชบุรี
วุฒิการศึกษา	มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนเบญจมราชูทิศ จ.ราชบุรี มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนมหิตลวิทยานุสรณ์ จ.นครปฐม ปริญญาตรี แพทยศาสตรบัณฑิต (เกียรตินิยมอันดับ 2) คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กำลังศึกษา เวชศาสตร์ป้องกันแขนงอาชีวเวชศาสตร์ โรงพยาบาลพระมงกุฎ เกล้า และ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิตสาขาการวิจัยและการจัดการด้านสุขภาพ แขนงอาชีวเวชศาสตร์และเวชศาสตร์สิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ที่อยู่ปัจจุบัน	449/52 หมู่ 3 ซอยร่วมมิตร 2000 ตำบลดอนตะโก อำเภอเมือง จังหวัด ราชบุรี