

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนรายปี
กับระดับความดันโลหิตและโรคความดันโลหิตสูงในกำลังพลกองทัพบก กองทัพบกไทย



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการวิจัยและการจัดการด้านสุขภาพ ภาควิชาเวชศาสตร์ป้องกันและสังคม

คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2565

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Association of the annual fine particulate matter (PM_{2.5}) level
with blood pressure and hypertension among the Royal Thai Army personnel.



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 2022

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนรายปีกับระดับความดันโลหิตและโรคความดันโลหิตสูงในกำลังพลกองทัพบก กองทัพบกไทย
โดย	พ.ท.หญิงกัญฐรัชฎ์ จันรุ่งเรือง
สาขาวิชา	การวิจัยและการจัดการด้านสุขภาพ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ศาสตราจารย์ ดร. นายแพทย์วิโรจน์ เจียมจรัสรังษี
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	อาจารย์ ดร.ธนะภูมิ รัตนานุกงศ์

คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะแพทยศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉันทชาย สิทธิพันธุ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร. นายแพทย์วิฑูรย์ โล่ห์สุนทร)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ศาสตราจารย์ ดร. นายแพทย์วิโรจน์ เจียมจรัสรังษี)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(อาจารย์ ดร.ธนะภูมิ รัตนานุกงศ์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. นายแพทย์พงศ์เทพ วิวรรณเดชะ)

กัณฐรัชฎ์ จันรุ่งเรือง : ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนรายปีกับระดับความดันโลหิตและโรคความดันโลหิตสูงในกำลังพลกองทัพบก กองทัพบกไทย. (Association of the annual fine particulate matter (PM_{2.5}) level with blood pressure and hypertension among the Royal Thai Army personnel.) อ.ที่ปรึกษาหลัก : ศ. ดร. นพ.วิโรจน์ เจียมจรัสรังษี, อ.ที่ปรึกษาร่วม : อ. ดร.ธนະภูมิ รัตนานุกพงศ์

ฝุ่นละอองที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 2.5 ไมครอนเป็นปัญหาทางสิ่งแวดล้อมสำคัญที่ส่งผลต่อสุขภาพของประชากรทั่วโลก ที่ผ่านมามีการศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบจากการสัมผัสฝุ่นละออง PM_{2.5} กับโรคความดันโลหิตสูง แต่มีข้อมูลน้อยมากในพื้นที่เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีกับระดับความดันโลหิต และความชุกของโรคความดันโลหิตสูงในกำลังพลกองทัพบก โดยวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ Multilevel Generalized linear model และ Multilevel binary logistic regression model โดยมีกำลังพลทหารจำนวนทั้งสิ้น 89,641 คน ในการวิเคราะห์ข้อมูล ผลการศึกษาพบความชุกโรคความดันโลหิตสูงร้อยละ 23.1 และพบว่าปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปี มีความสัมพันธ์กับความชุกของโรคความดันโลหิตสูงและระดับความดันโลหิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อควบคุมลักษณะของประชากร พฤติกรรมสุขภาพ สารมลพิษอื่น และลักษณะทางอตุณิยมวิทยา โดยไม่พบการตอบสนองต่อปริมาณที่ชัดเจน ซึ่งระดับฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีที่ควอไทล์ที่ 4 สัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของความชุกของโรคความดันโลหิตสูง (OR 1.44, 95% CI = 1.20-1.72) และระดับความดันซิสโตลิก (β 1.05 mmHg, 95% CI = 0.33-1.77) มากที่สุด และระดับฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีที่ควอไทล์ที่ 2 สัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของระดับความดันไดแอสโตลิก (β 0.80 mmHg, 95% CI = 0.43-1.18) มากที่สุด โดยสรุป การศึกษานี้เพิ่มหลักฐานสนับสนุนเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างการสัมผัสฝุ่นละออง PM_{2.5} ระยะยาวกับการเพิ่มขึ้นของความดันโลหิตและการเกิดโรคความดันโลหิตสูงในกำลังพลกองทัพบกไทย

สาขาวิชา	การวิจัยและการจัดการด้านสุขภาพ	ลายมือชื่อนิสิต
ปีการศึกษา	2565	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก
		ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม

6470005630 : MAJOR HEALTH RESEARCH AND MANAGEMENT

KEYWORD: Particulate matter PM_{2.5} Blood pressure BP Hypertension

Kantarat Junrungruang : Association of the annual fine particulate matter (PM_{2.5}) level with blood pressure and hypertension among the Royal Thai Army personnel.. Advisor: Prof. Dr. WIROJ JIAMJARASRANGSI Co-advisor: Dr. THANAPOOM RATTANANUPONG

Fine particulate matter is a major environmental problem affecting the health of populations around the world. In the past, there have been studies on the effects of fine particulate matter or PM_{2.5} exposure on hypertension but few in Southeast Asia. The objective of this study was to determine the relationship between annual PM_{2.5} with blood pressure and the hypertension among Thai Army personnel. Data was analyzed by Multilevel Generalized linear model and Multilevel binary logistic regression model. Totally 89,641 military personnel were included in the analysis. Result showed that the prevalence of hypertension was 23.1%. Up on adjustment for age, sex, health behaviors, other air pollutants and meteorological characteristics, annual PM_{2.5} was statistical significantly associated with the prevalence of hypertension and blood pressure levels with no dose-response pattern. Annual PM_{2.5} levels at the 4th quartile were associated with the greatest increase in the prevalence of hypertension (OR 1.44, 95% CI = 1.20-1.72) and systolic blood pressure (β 1.05 mmHg, 95% CI = 0.33-1.77), and annual PM_{2.5} levels at the 2nd quartile were associated with the greatest increase in diastolic blood pressure (β 0.80 mmHg, 95% CI = 0.43-1.18). In conclusion, this study providing supporting evidence on the association of long-term exposure to PM_{2.5} with increased blood pressure and hypertension among Thai Army personnel.

Field of Study: Health Research and
Management

Student's Signature

Academic Year: 2022

Advisor's Signature

Co-advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความอนุเคราะห์อย่างยิ่งจาก ศาสตราจารย์ ดร. นายแพทย์วิโรจน์ เจียมจรัสรังษี อาจารย์ที่ปรึกษา และอาจารย์ ดร.ธนะภูมิ รัตนานพวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ได้ให้คำแนะนำ คอยช่วยเหลือ เสนอแนะแนวทางในการพัฒนาวิทยานิพนธ์อันเป็นประโยชน์ และแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร. นายแพทย์วิฑูรย์ โล่ห์สุนทร ประธานกรรมการสอบ และ ศาสตราจารย์ ดร. นายแพทย์พงศ์เทพ วิวรรณเดชะ กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย ที่ได้สละเวลาอันมีค่ามาร่วมเป็นคณะกรรมการสอบ รวมถึงให้ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ในการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่กองวิทยากร กรมแพทย์ทหารบก เจ้าหน้าที่กองควบคุมคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ และเจ้าหน้าที่ศูนย์ข้อมูลกรมอุตุนิยมวิทยา ที่ให้การสนับสนุนข้อมูลในการศึกษาเป็นอย่างดี รวมถึงเจ้าหน้าที่ของภาควิชาเวชศาสตร์ป้องกันและสังคม คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ช่วยอำนวยความสะดวกในการดำเนินการด้านเอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนวิชาการต่าง ๆ แก่ผู้วิจัย และขอระลึกถึงคุณบิดามารดาที่ได้สนับสนุนและเป็นกำลังใจให้ตลอดมา ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

กัณฐรัชญ์ จันรุ่งเรือง

สารบัญ

	หน้า
.....	ค
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ค
.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ง
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ฅ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา (Background and rationale).....	1
1.2 คำถามงานวิจัย (Research questions).....	3
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย (Objectives).....	3
1.4 สมมติฐาน (Hypothesis).....	3
1.5 กรอบแนวคิด (Conceptual framework)	4
1.6 ข้อตกลงเบื้องต้น (Assumption).....	5
1.7 การให้คำนิยามเชิงปฏิบัติการ (Operational definitions).....	5
1.8 รูปแบบการวิจัย (Research design).....	6
1.9 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ (Expected benefits).....	6
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
2.1 ความหมายของฝุ่นละออง PM _{2.5} และแหล่งกำเนิดของฝุ่นละออง PM _{2.5}	7
2.2 ผลกระทบต่อสุขภาพของฝุ่นละออง PM _{2.5} กับการเกิดโรคความดันโลหิตสูง.....	11
2.3 โรคความดันโลหิตสูงและเกณฑ์การวินิจฉัยโรคความดันโลหิตสูง.....	14

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบของฝุ่นละออง PM _{2.5} กับโรคความดันโลหิตสูงในต่างประเทศ	15
2.5 สถานการณ์ฝุ่นละออง PM _{2.5} ของประเทศไทย	17
บทที่ 3 ระเบียบวิธีการศึกษา	19
3.1 ประชากรเป้าหมาย	19
3.2 ประชากรที่ศึกษา	19
3.3 เกณฑ์คัดเข้า	19
3.4 เกณฑ์คัดออก	19
3.5 ตัวแปรในงานวิจัย	19
3.5.1 ตัวแปรต้น	19
3.5.2 ตัวแปรควบคุม	19
3.5.3 ตัวแปรตาม	20
3.6 การรวบรวมข้อมูล (Data collection)	21
ขั้นตอนการเตรียมการ	21
ขั้นตอนการเก็บข้อมูล	21
3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล (Data analysis)	22
3.8 ข้อพิจารณาทางจริยธรรม (Ethical consideration)	25
บทที่ 4 ผลการศึกษา	27
4.1 ความชุกของโรคความดันโลหิตสูงในกำลังพลกองทัพบก	27
4.2 ปริมาณฝุ่นละออง PM _{2.5} รายปี และสารมลพิษอื่น ในพื้นที่รอบสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศอัตโนมัติถาวร	28
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM _{2.5} รายปี เมื่อควบคุมปัจจัยกวนอื่น ๆ กับระดับความดันโลหิต และความชุกของโรคความดันโลหิตสูงในกำลังพลกองทัพบก	34
4.3.1 จำแนกตามเพศ	36
4.3.2 จำแนกตามกลุ่มอายุ	39

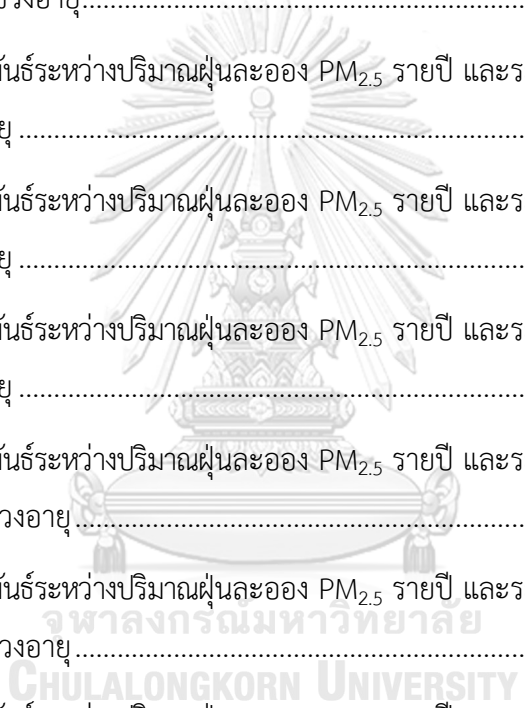
4.3.3 จำแนกตามอุณหภูมิเฉลี่ยรายปี.....	43
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา อภิปรายผลการศึกษา ข้อดี ข้อจำกัด และข้อเสนอแนะ.....	45
5.1 สรุปผลการศึกษา	45
5.2 อภิปรายผล.....	47
5.2.1 ความชุกโรคความดันโลหิตสูง	47
5.2.2 ระดับฝุ่นละออง PM _{2.5}	47
5.2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM _{2.5} รายปี เมื่อควบคุมปัจจัยกวนอื่น ๆ กับ ระดับความดันโลหิต และความชุกของโรคความดันโลหิตสูงในกำลังพลกองทัพบก....	48
5.2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM _{2.5} รายปี เมื่อควบคุมปัจจัยกวนอื่น ๆ กับ ระดับความดันโลหิต และความชุกของโรคความดันโลหิตสูงในกำลังพลกองทัพบก และ เมื่อวิเคราะห์ตามกลุ่มย่อย	49
5.3 ข้อจำกัดในการวิจัย.....	51
5.4 ข้อดีของการศึกษา	52
5.5 ข้อเสนอแนะ	52
5.6 ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาต่อยอด.....	53
คำสำคัญ (Keywords).....	53
บรรณานุกรม.....	54
ภาคผนวก.....	61
ประวัติผู้เขียน.....	72

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1 ค่ามาตรฐานฝุ่นละออง PM _{2.5} ขององค์การอนามัยโลกและกรมควบคุมมลพิษ ประเทศไทย	2
ตารางที่ 2 ความแตกต่างระหว่างฝุ่นละอองและฝุ่นหยาบ ¹⁸	8
ตารางที่ 3 ระดับของโรคความดันโลหิตสูงตามเกณฑ์ของ JNC 7 (2003)	14
ตารางที่ 4 ข้อมูลทั่วไปของกำลังพลทหาร สังกัดกองทัพบก ที่ปฏิบัติงานใน 28 จังหวัด ประเทศไทย	28
ตารางที่ 5 ปริมาณมลพิษอากาศเฉลี่ยรายปี ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุด จำนวนประชากร และ: ผลสัมฤทธิ์มวลรวมจังหวัด (GPP) ช่วงปี พ.ศ. 2561 - พ.ศ. 2563 ใน 28 จังหวัด ประเทศไทย	30
ตารางที่ 6 ปริมาณมลพิษอากาศเฉลี่ยรายปี ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุด แยกตามภาค ช่วงปี พ.ศ. 2561 - พ.ศ. 2563 ประเทศไทย	32
ตารางที่ 7 ปริมาณมลพิษอากาศเฉลี่ยรายปีช่วงปี พ.ศ. 2561 - พ.ศ. 2563 ประเทศไทย	33
ตารางที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM _{2.5} รายปี และการเกิดโรคความดันโลหิตสูงช่วงปี พ.ศ. 2561 - พ.ศ. 2563	35
ตารางที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM _{2.5} รายปี และระดับความดันโลหิตช่วงปี พ.ศ. 2561 - พ.ศ. 2563	36
ตารางที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM _{2.5} รายปี และการเกิดโรคความดันโลหิตสูงช่วงปี พ.ศ. 2561 - พ.ศ. 2563 แยกตามเพศ	37
ตารางที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM _{2.5} รายปี และระดับความดันโลหิตช่วงปี พ.ศ. 2561 - พ.ศ. 2563 แยกตามเพศ	38
ตารางที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM _{2.5} รายปี และการเกิดโรคความดันโลหิตสูงช่วงปี พ.ศ. 2561 - พ.ศ. 2563 แยกตามช่วงอายุ	41
ตารางที่ 13 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM _{2.5} รายปี และระดับความดันโลหิตช่วงปี พ.ศ. 2561 - พ.ศ. 2563 แยกตามช่วงอายุ	41
ตารางที่ 14 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM _{2.5} รายปี และระดับความดันโลหิตช่วงปี พ.ศ. 2561 - พ.ศ. 2563 แยกตามช่วงอายุ	42

ตารางที่ 15 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM _{2.5} รายปี และการเกิดโรคความดันโลหิตสูง ช่วงปี พ.ศ. 2561 - พ.ศ. 2563 แยกตามอุณหภูมิเฉลี่ย	43
ตารางที่ 16 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM _{2.5} รายปี และระดับความดันโลหิตช่วงปี พ.ศ. 2561 - พ.ศ. 2563 แยกตามอุณหภูมิเฉลี่ย.....	44
ตารางที่ 17 การตรวจสอบความสัมพันธ์กันเองระหว่างตัวแปรอิสระ.....	61
ตารางที่ 18 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM _{2.5} รายปี และการเกิดโรคความดันโลหิตสูง ปี พ.ศ. 2561	62
ตารางที่ 19 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM _{2.5} รายปี และการเกิดโรคความดันโลหิตสูง ปี พ.ศ. 2562	62
ตารางที่ 20 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM _{2.5} รายปี และการเกิดโรคความดันโลหิตสูง ปี พ.ศ. 2563	63
ตารางที่ 21 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM _{2.5} รายปี และระดับความดันโลหิต ปี พ.ศ. 2561.....	63
ตารางที่ 22 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM _{2.5} รายปี และระดับความดันโลหิต ปี พ.ศ. 2562.....	63
ตารางที่ 23 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM _{2.5} รายปี และระดับความดันโลหิต ปี พ.ศ. 2563.....	64
ตารางที่ 24 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM _{2.5} รายปี และการเกิดโรคความดันโลหิตสูง ปี พ.ศ. 2561 แยกตามเพศ	64
ตารางที่ 25 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM _{2.5} รายปี และการเกิดโรคความดันโลหิตสูง ปี พ.ศ. 2562 แยกตามเพศ	64
ตารางที่ 26 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM _{2.5} รายปี และการเกิดโรคความดันโลหิตสูง ปี พ.ศ. 2563 แยกตามเพศ	65
ตารางที่ 27 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM _{2.5} รายปี และระดับความดันโลหิต ปี พ.ศ. 2561 แยกตามเพศ.....	66
ตารางที่ 28 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM _{2.5} รายปี และระดับความดันโลหิต ปี พ.ศ. 2562 แยกตามเพศ.....	66

ตารางที่ 29 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM _{2.5} รายปี และระดับความดันโลหิต ปี พ.ศ. 2563 แยกตามเพศ.....	67
ตารางที่ 30 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM _{2.5} รายปี และการเกิดโรคความดันโลหิตสูง ปี พ.ศ. 2561 แยกตามช่วงอายุ.....	67
ตารางที่ 31 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM _{2.5} รายปี และการเกิดโรคความดันโลหิตสูง ปี พ.ศ. 2562 แยกตามช่วงอายุ.....	68
ตารางที่ 32 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM _{2.5} รายปี และการเกิดโรคความดันโลหิตสูง ปี พ.ศ. 2563 แยกตามช่วงอายุ.....	68
ตารางที่ 33 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM _{2.5} รายปี และระดับความดันซิสโตลิต ปี พ.ศ. 2561 แยกตามช่วงอายุ	69
ตารางที่ 34 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM _{2.5} รายปี และระดับความดันซิสโตลิต ปี พ.ศ. 2562 แยกตามช่วงอายุ	69
ตารางที่ 35 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM _{2.5} รายปี และระดับความดันซิสโตลิต ปี พ.ศ. 2563 แยกตามช่วงอายุ	70
ตารางที่ 36 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM _{2.5} รายปี และระดับความดันไดแอสโตลิต ปี พ.ศ. 2561 แยกตามช่วงอายุ.....	70
ตารางที่ 37 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM _{2.5} รายปี และระดับความดันไดแอสโตลิต ปี พ.ศ. 2562 แยกตามช่วงอายุ.....	71
ตารางที่ 38 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM _{2.5} รายปี และระดับความดันไดแอสโตลิต ปี พ.ศ. 2563 แยกตามช่วงอายุ.....	71



บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา (Background and rationale)

มลพิษทางอากาศเป็นปัญหาทางสิ่งแวดล้อมสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชากรทั่วโลก จากรายงานข้อมูลสถานการณ์คุณภาพอากาศโลกปี พ.ศ. 2562 ประชากรทั่วโลกร้อยละ 90 อาศัยอยู่ในพื้นที่ที่มีค่ามลพิษทางอากาศไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพอากาศที่องค์การอนามัยโลกแนะนำ และในปี พ.ศ. 2559 มลพิษทางอากาศเป็นสาเหตุของการเสียชีวิตก่อนวัยอันควรถึง 4.2 ล้านคนโดยเป็นเด็กถึง 6 แสนคน ร้อยละ 91 อาศัยอยู่ในกลุ่มประเทศรายได้ต่ำถึงปานกลาง และพื้นที่ที่มีการเสียชีวิตมากที่สุดคือ เอเชียตะวันออกเฉียงใต้และแอฟริกาตะวันตก¹ อีกทั้งยังเป็นอุปสรรคต่อเศรษฐกิจโลก โดยมีค่าใช้จ่ายประมาณ 225,000 ล้านดอลลาร์ต่อปี² สารมลพิษสำคัญ คือ ฝุ่นละอองที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 2.5 ไมครอน (Particulate matter with diameter of less than 2.5 micron หรือ PM_{2.5}) ซึ่งเป็นสารผสมที่มีทั้งของแข็งและของเหลว มีส่วนประกอบของสารเคมีหลายชนิดทั้งที่เป็นสารระคายเคืองไปจนถึงสารก่อมะเร็ง (International Agency for Research on Cancer หรือ IARC group I) โดยขึ้นกับแหล่งกำเนิดในแต่ละพื้นที่ ในเขตภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ระดับฝุ่นละออง PM_{2.5} เพิ่มสูงขึ้นอย่างมาก จากการเพิ่มขึ้นของประชากรและการเติบโตทางเศรษฐกิจ โดยในเขตเมืองมีแหล่งกำเนิดจากการขนส่งและอุตสาหกรรม ส่วนในเขตชนบทมาจากการเผาชีวมวลทางการเกษตร ประเทศส่วนใหญ่เริ่มให้ความสำคัญในการจัดการปัญหาฝุ่นละออง PM_{2.5} โดยกำหนดมาตรการในการใช้ยานพาหนะและเชื้อเพลิง รวมถึงการควบคุมการเผาชีวมวลในที่โล่ง แต่ยังไม่สามารถควบคุมได้ พบว่าร้อยละ 89.2 ของเมืองต่าง ๆ ในภูมิภาคยังคงมีระดับ PM_{2.5} เฉลี่ยรายปีเกินเกณฑ์มาตรฐานขององค์การอนามัยโลก

สำหรับสถานการณ์คุณภาพอากาศของประเทศไทยฝุ่นละออง PM_{2.5} ยังคงเป็นปัญหาที่สำคัญจากข้อมูลคุณภาพอากาศและเสียงของกรมควบคุมมลพิษพบว่าค่าฝุ่นละออง PM_{2.5} ในช่วงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2554 – พ.ศ. 2562 ในทุกพื้นที่ของประเทศมีค่าเฉลี่ยรายปีเกินค่ามาตรฐานประเทศไทยตามตารางที่ 1 โดยเฉพาะในพื้นที่ภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยในปี พ.ศ. 2563 มีปริมาณของ PM_{2.5} เฉลี่ยรายปีถึง 21.4 µg/m³ ซึ่งสูงกว่า 4 เท่าของเกณฑ์มาตรฐานขององค์การอนามัยโลก³

ตารางที่ 1 ค่ามาตรฐานฝุ่นละออง PM_{2.5} ขององค์การอนามัยโลกและกรมควบคุมมลพิษ ประเทศไทย

สารมลพิษ		องค์การอนามัยโลก ⁴	ประเทศไทย ⁵
PM _{2.5}	1 ปี	5 µg/m ³	15 µg/m ³
	24 ชั่วโมง	15 µg/m ³	37.5 µg/m ³

การสัมผัสฝุ่นละออง PM_{2.5} ส่งผลกระทบต่อทางสุขภาพทั้งระยะสั้นและระยะยาวมากมาย เนื่องจากฝุ่นละออง PM_{2.5} สามารถเข้าสู่ระบบการหายใจได้ลึกถึงถุงลมและผ่านเส้นเลือดฝอยที่ถุงลมเข้าสู่กระแสเลือดไปยังอวัยวะต่าง ๆ จึงก่อให้เกิดโรกระบบการหายใจ ระบบหัวใจและหลอดเลือด และมะเร็งได้⁶ ซึ่งพบว่าการสัมผัสฝุ่นละออง PM_{2.5} ระยะยาวสัมพันธ์กับการป่วยตายด้วยโรกระบบหัวใจและหลอดเลือด^{7, 8} และมีการศึกษาพบว่าฝุ่นละออง PM_{2.5} ทำให้ระบบประสาทอัตโนมัติทำงานผิดปกติ ร่วมกับภาวะไม่สมดุลของการเกิดอนุมูลอิสระทั้งระบบ ส่งผลให้เยื่อบุผิวเส้นเลือดผิดปกติ ทำให้ความต้านทานในเส้นเลือดมากขึ้น จึงทำให้เกิดโรคความดันโลหิตสูงได้^{9, 10} ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลทางระบาดวิทยาของโรคความดันโลหิตสูงที่มีความชุกเพิ่มสูงขึ้น โดยในประชากรอายุ 30 – 79 ปี พบประมาณ 1.28 พันล้านคนทั่วโลก ซึ่ง 2 ใน 3 อาศัยอยู่ในประเทศกำลังพัฒนาและมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น¹¹ โดยมีปัจจัยมาจากการดำรงชีพเปลี่ยนแปลงไป พฤติกรรมสุขภาพที่ไม่เหมาะสม และสภาพแวดล้อมที่เสื่อมโทรมลง¹²

ที่ผ่านมาการศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบจากการสัมผัสฝุ่นละออง PM_{2.5} กับระดับความดันโลหิต และโรคความดันโลหิตสูงเป็นจำนวนมากทั้งการสัมผัสในระยะเฉียบพลันและระยะยาว ผลการศึกษาพบว่าการสัมผัสฝุ่นละออง PM_{2.5} ระยะเฉียบพลันสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของความดันโลหิตซิสโตลิกและไดแอสโตลิก^{13, 14} และการสัมผัสฝุ่นละออง PM_{2.5} ระยะยาวสัมพันธ์กับโรคความดันโลหิตสูงเช่นกัน แต่ยังมีข้อมูลไม่มาก ซึ่งส่วนใหญ่ทำการศึกษาในยุโรป อเมริกา และจีน สำหรับในพื้นที่เอเชียตะวันออกเฉียงใต้และไทย ยังมีข้อมูลจำกัดเกี่ยวกับการศึกษาถึงผลกระทบต่อสุขภาพจากการสัมผัสฝุ่นละออง PM_{2.5} ระยะยาว ในส่วนกองทัพพบกัมมิตบาตในการป้องกันประเทศ อาชีพทหารมีการกิจด้านการเตรียมกำลังและการใช้กำลัง ทำให้ต้องมีการฝึกเพื่อเตรียมพร้อมในการรบ รวมถึงการปฏิบัติราชการในสนามซึ่งเป็นพื้นที่กลางแจ้ง จึงมีโอกาสมสัมผัสฝุ่นละออง PM_{2.5} สูงขึ้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องการศึกษาว่าการสัมผัสฝุ่นละออง PM_{2.5} ระยะยาวสัมพันธ์กับระดับความดันโลหิตและโรคความดันโลหิตสูงในกำลังพลกองทัพไทยอย่างไร และความสัมพันธ์ที่ได้นั้นแตกต่างจากการศึกษาในประเทศอื่นก่อนหน้าหรือไม่ เนื่องจากลักษณะพื้นฐานประชากร และองค์ประกอบของฝุ่นแตกต่างกัน

กัน หากมีความแตกต่างจะเป็นประโยชน์ในการศึกษาถึงสาเหตุเพิ่มเติม อีกทั้งการศึกษานี้จะทำให้เห็นผลกระทบของฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ ระยะยาวกับโรคความดันโลหิตสูงของกำลังพลกองทัพบกไทย อย่างเป็นรูปธรรม ซึ่งจะมีประโยชน์ในการวางแผนเฝ้าระวังสุขภาพของกำลังพลกองทัพบกในแต่ละพื้นที่

1.2 คำถามงานวิจัย (Research questions)

1. ความชุกของโรคความดันโลหิตสูงของกำลังพลกองทัพบก ในแต่ละพื้นที่เป็นอย่างไร
2. ปริมาณฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ รายปี ในพื้นที่รอบสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศอัตโนมัติถาวร ในรัศมี 25 กิโลเมตร แต่ละพื้นที่เป็นอย่างไร
3. ปริมาณฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ รายปี มีความสัมพันธ์กับระดับความดันโลหิตและความชุกของโรคความดันโลหิตสูงในกำลังพลกองทัพบกหรือไม่ อย่างไร

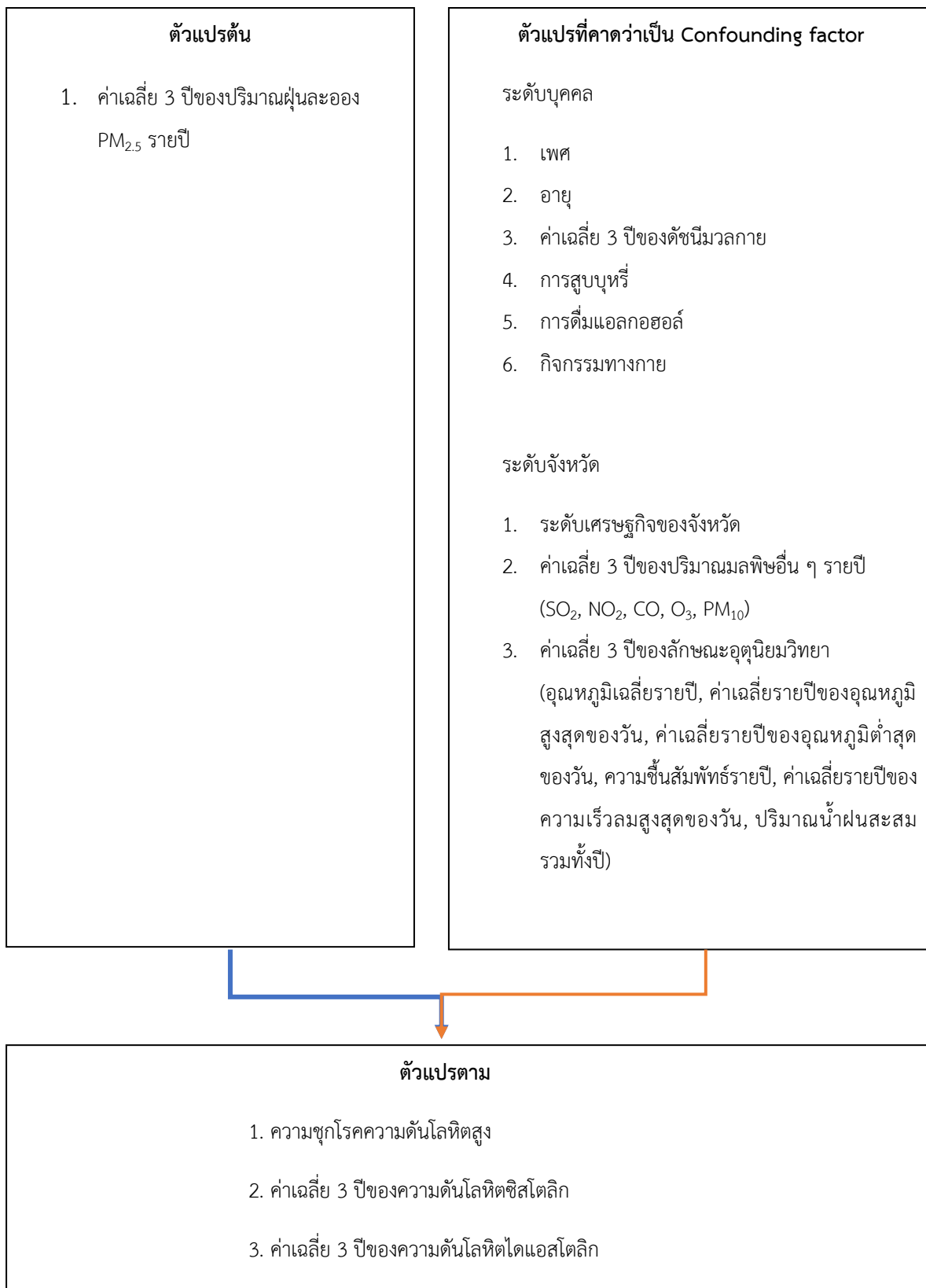
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย (Objectives)

1. เพื่อศึกษาความชุกของโรคความดันโลหิตสูงในกำลังพลกองทัพบก
2. เพื่อศึกษาปริมาณฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ รายปี ในพื้นที่รอบสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศอัตโนมัติถาวร ในรัศมี 25 กิโลเมตร
3. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ รายปีกับระดับความดันโลหิตและความชุกของโรคความดันโลหิตสูงในกำลังพลกองทัพบก เมื่อควบคุมปัจจัยกวนอื่น ๆ

1.4 สมมติฐาน (Hypothesis)

ปริมาณฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ รายปี มีความสัมพันธ์กับความชุกโรคความดันโลหิตสูง และระดับความดันโลหิตในแต่ละพื้นที่

1.5 กรอบแนวคิด (Conceptual framework)



1.6 ข้อตกลงเบื้องต้น (Assumption)

1. การศึกษาครั้งนี้เป็นการหาความสัมพันธ์ในระดับประชากรของแต่ละพื้นที่ที่ไม่สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์กับการเกิดโรคในระดับบุคคลได้
2. พื้นที่รอบสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศอัตโนมัติถาวร ในรัศมี 25 กิโลเมตร จะมีค่าปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีเท่ากัน เนื่องจากการประมาณค่าเชิงพื้นที่ของผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศเป็นตัวแทนของพื้นที่ในรัศมี 25 กิโลเมตร¹⁵

1.7 การให้คำนิยามเชิงปฏิบัติการ (Operational definitions)

ปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปี หมายถึง ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 2.5 ไมครอนในบรรยากาศโดยทั่วไป (หน่วยเป็น $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ได้จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศถาวรอัตโนมัติทั่วประเทศ ซึ่งใช้วิธีตรวจวัดมาตรฐาน Federal Reference Method ตามที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา (US EPA) กำหนด และการตรวจวัดต้องสูงจากพื้นดินอย่างน้อย 1.5 เมตร แต่ไม่เกิน 6 เมตร⁵ โดยเก็บข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม จากนั้นนำค่าเฉลี่ยรายวันมาคำนวณได้เป็นปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีของแต่ละสถานี ซึ่งต้องมีจำนวนวันที่ตรวจวัดมากกว่าร้อยละ 75 ต่อปี

โรคความดันโลหิตสูง หมายถึง ผู้ที่มีค่าความดันโลหิตซิสโตลิก (Systolic blood pressure, SBP) ≥ 140 มม.ปรอท และ/หรือ ค่าความดันโลหิตไดแอสโตลิก (Diastolic blood pressure, DBP) ≥ 90 มม.ปรอท

ระดับเศรษฐกิจของจังหวัด หมายถึง ข้อมูลรายได้ประชาชาติระดับจังหวัด มาจากการประมวลผลรวมรายได้ที่มาจากกิจกรรมการผลิตทั้งหมดที่ดำเนินการอยู่ในพื้นที่จังหวัด โดยคำนวณได้เป็น ค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด (Gross Provincial Product : GPP)¹⁶ จัดทำโดยสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ สามารถให้ความหมายได้ 3 ประการ

1. ผลตอบแทนปัจจัยการผลิตขั้นปฐม ได้แก่ ค่าเช่าที่ดิน ค่าตอบแทนแรงงาน ดอกเบี้ยจ่าย และกำไรของผู้ประกอบการ ที่เกิดจากการดำเนินกิจกรรมการผลิตสินค้าและบริการทุกประเภท
2. มูลค่าเพิ่มที่เกิดจากการดำเนินกิจกรรมการผลิตสินค้าและบริการทุกประเภท
3. มูลค่าสินค้าและบริการขั้นสุดท้ายที่ผลิตได้ในขอบเขตพื้นที่จังหวัด

กิจกรรมทางกาย หมายถึง การเคลื่อนไหวร่างกายที่ทำให้มีการใช้พลังงานจากกล้ามเนื้อมัดใหญ่ ช่วยให้ร่างกายเกิดการเผาผลาญพลังงาน ที่ระดับความหนักในการออกแรงระดับปานกลาง จนถึงระดับหนัก ส่งผลให้การหายใจเร็วขึ้นจากระดับปกติและทำให้รู้สึกเหนื่อยจนถึงเหนื่อยหอบ แบ่งออกได้เป็น 3 ลักษณะ ได้แก่

1. กิจกรรมทางกายจากการทำงาน เช่น กวาดบ้าน ถูบ้าน ล้างรถ ทำสวน และขุดดิน เป็นต้น
2. กิจกรรมทางกายจากการเดินทาง เช่น การเดินขึ้นบันได และการปั่นจักรยาน เป็นต้น
3. กิจกรรมทางกายยามว่าง เช่น การออกกำลังกาย เล่นกีฬา ฟิตเนส และเต้นแอโรบิค เป็นต้น

โดยขอแนะนำสำหรับวัยผู้ใหญ่ อายุ 18 – 59 ปี ควรมีกิจกรรมทางกายทั้ง 3 ลักษณะรวมแล้ว 2 ชั่วโมงครึ่ง หรือ 150 นาที ต่อสัปดาห์¹⁷

1.8 รูปแบบการวิจัย (Research design)

การศึกษาภาคตัดขวาง (Cross-sectional Study)

1.9 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ (Expected benefits)

1. ได้ทราบว่ามีปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีมีความสัมพันธ์กับการเกิดโรคความดันโลหิตสูงในกำลังพลกองทัพบก เพื่อเป็นข้อมูลในการวางแผนป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพและเฝ้าระวังสุขภาพของกำลังพลกองทัพบกในแต่ละพื้นที่ และเป็นแนวทางในการการทำการการศึกษาเชิงวิเคราะห์ต่อไป
2. หากผลการศึกษาที่พบมีความแตกต่างจากงานวิจัยก่อนหน้าที่ทำในต่างประเทศ อาจเป็นประเด็นที่สามารถศึกษาเพิ่มเติมในอนาคต เช่น การศึกษาองค์ประกอบของฝุ่นละออง PM_{2.5} ลักษณะประชากรที่มีความไวในการเกิดโรคที่ต่างกัน เป็นต้น

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ประกอบด้วยเนื้อหาต่อไปนี้

1. ความหมายของฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ และแหล่งกำเนิดของฝุ่นละออง $PM_{2.5}$
2. ผลกระทบต่อสุขภาพของฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ กับการเกิดโรคความดันโลหิตสูง
3. โรคความดันโลหิตสูงและเกณฑ์การวินิจฉัยโรคความดันโลหิตสูง
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบของฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ กับโรคความดันโลหิตสูง
5. สถานการณ์ฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ ของประเทศไทย

2.1 ความหมายของฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ และแหล่งกำเนิดของฝุ่นละออง $PM_{2.5}$

ฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ หรือ $PM_{2.5}$ คือ อนุภาคแขวนลอยในอากาศที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางน้อยกว่า 2.5 ไมครอน ซึ่งเป็นสารผสมที่มีทั้งของแข็งและของเหลว โดยการกำเนิดของอนุภาคฝุ่น (Particulate matter) มีทั้งแบบปฐมภูมิและทุติยภูมิ

ฝุ่นปฐมภูมิ (Primary emission particulate matter) เกิดจากการปล่อยจากแหล่งกำเนิดโดยตรง โดยชนิดที่เป็นคาร์บอนเกิดจากการเผาไหม้ชีวมวลและเชื้อเพลิงปิโตรเลียม และชนิดที่ไม่ใช่คาร์บอนเกิดจากการเผาถ่านหิน หรือฝุ่นที่เกิดจากกิจกรรมเชิงกล เช่น การก่อสร้าง การเจาะหิน รวมถึงการพัดพาฝุ่นละอองจากพื้นดินและฝุ่นเกลือจากทะเล

ส่วนฝุ่นทุติยภูมิ (Secondary emission particulate matter) เกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีของสารอื่น ๆ ในบรรยากาศ ซึ่งสารตั้งต้นจะเริ่มจับตัวเป็นฝุ่นขนาดเล็กจากกระบวนการ Nucleation และเพิ่มขนาดอนุภาคจากกระบวนการ Coagulation และ Condensation¹⁸ ฝุ่นประเภทนี้จึงเป็นได้ทั้งอนุภาคใหม่หรืออนุภาคเดิมที่มีองค์ประกอบเพิ่มขึ้น แบ่งได้ 3 ประเภทหลัก ดังนี้

ซัลเฟตในรูปของกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) ที่เกิดจากปฏิกิริยาในชั้นบรรยากาศของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) และซัลเฟตในรูปของแอมโมเนียมซัลเฟต ($Al_2(SO_4)_3$) ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างกรดซัลฟิวริกและแอมโมเนีย มักเกิดในพื้นที่ที่มีการปล่อยก๊าซแอมโมเนียเป็นปริมาณมาก

อะลูมิเนียมแอมโมเนียม ($AlNH_4$) ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) ในชั้นบรรยากาศเป็นกรดไนตริก ซึ่งมักทำปฏิกิริยากับแอมโมเนีย

Secondary organic aerosol (SOA) เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของสาร
สารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile organic compounds: VOCs) ในอากาศ

โดยฝุ่นละออง PM_{2.5} หรือฝุ่นละอองมีองค์ประกอบทางเคมีและกระบวนการเกิดแตกต่างจากฝุ่น
หยาบ ดังแสดงตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความแตกต่างระหว่างฝุ่นละอองและฝุ่นหยาบ¹⁸

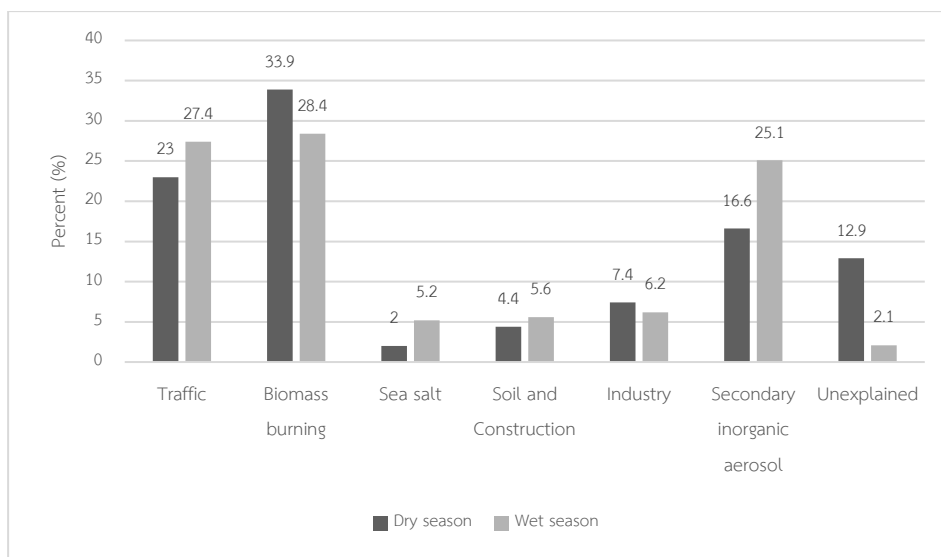
	ฝุ่นละออง (Fine Particle)	ฝุ่นหยาบ (Course Particle)
ขนาดอนุภาค	< 2.5 μm	< 10 μm
กระบวนการเกิด	กระบวนการทางเคมี (Nucleation, coagulation, และ condensation) กระบวนการกลายเป็นไอ	กิจกรรมเชิงกล (การบิด และการ กระแทก) การแขวนลอยของฝุ่น
องค์ประกอบ	ธาตุคาร์บอน ซัลเฟต (SO_4^{2-}) ไนเตรต (NO^-) แอมโมเนีย (NH_4^+) สารประกอบอินทรีย์ (Organic compound) โลหะ (lead, cadmium, vanadium, nickel, copper, zinc, manganese and iron)	ผงฝุ่นที่ถูกพัดพาจากพื้นดิน, ถนน และการก่อสร้างหรือถนน ฝุ่นจากเกลือจากทะเล (NaCl และ CaCO_3) เกสรดอกไม้ และสปอร์เชื้อรา
ระยะทางการกระจาย	100 ถึง 1,000 กิโลเมตร	น้อยกว่า 10 กิโลเมตร

แหล่งกำเนิดของฝุ่นละออง แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ แหล่งกำเนิดตามธรรมชาติ ได้แก่ ไฟ
ป่าตามธรรมชาติ ภูเขาไฟปะทุ การพัดพาฝุ่นจากพื้นดิน ทะเลทราย และฝุ่นเกลือทะเล อีก
แหล่งกำเนิดหนึ่งมาจากกิจกรรมที่มนุษย์กระทำ ได้แก่ การคมนาคมขนส่ง (ไอเสียรถยนต์
ส่วนประกอบของรถยนต์ และฝุ่นละอองฟุ้งปลิวจากถนน โดยเฉพาะถนนดินลูกรัง) การผลิตไฟฟ้า
อุตสาหกรรม การก่อสร้าง การเผาชีวมวลทางการเกษตร รวมไปถึงการเผาเชื้อเพลิงเพื่อใช้ในการ
ประกอบอาหาร และการสูบบุหรี่¹⁹ ทั้งนี้จากโครงการศึกษาแหล่งกำเนิดและแนวทางการจัดการฝุ่น

ละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑลปี พ.ศ. 2561²⁰ พบว่าฝุ่นละอองจากแหล่งกำเนิดต่างๆ มีการกระจายของขนาดอนุภาคแตกต่างกัน โดยฝุ่นจากการเผาในที่โล่ง เช่น การเผาชีวมวลทางการเกษตร เป็นการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ทำให้มีฝุ่นละออง PM_{2.5} ประมาณร้อยละ 80 ในขณะที่การเผาไหม้เชื้อเพลิงปิโตรเลียม ไอเสียรถยนต์ และการประกอบอาหารในครัวเรือนจะมีฝุ่นละออง PM_{2.5} มากกว่าร้อยละ 90 ส่วนฝุ่นละอองจากถนนและการพัดพาจากพื้นดิน รวมถึงฝุ่นจากการก่อสร้าง เป็นฝุ่นละออง PM_{2.5} น้อยกว่าร้อยละ 10

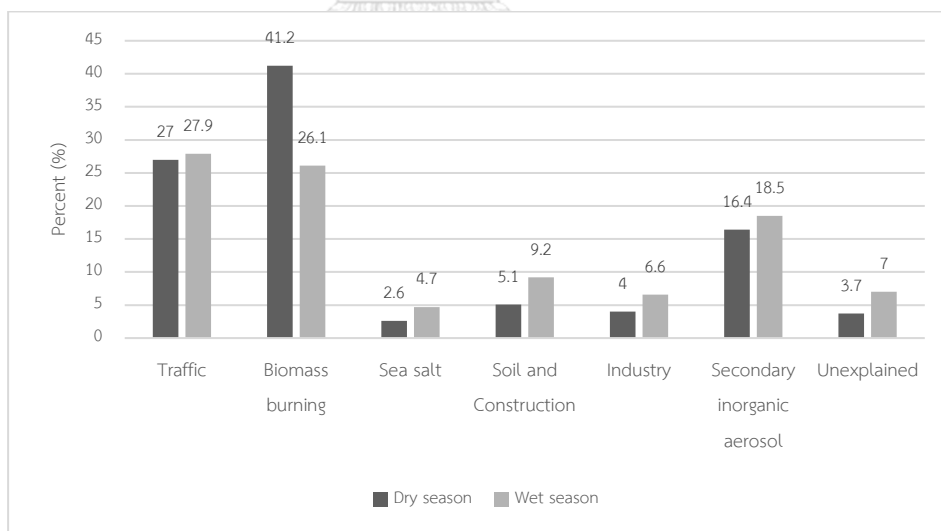
การศึกษาของ Nadhira Dahari และคณะในปี พ.ศ. 2561²¹ รายงานว่าองค์ประกอบของฝุ่นละออง PM_{2.5} ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ประกอบด้วยธาตุคาร์บอน สารประกอบของซัลเฟต (SO₄²⁻) ไนเตรต (NO⁻³) สารประกอบอินทรีย์ (Organic compound) ไอออนที่ละลายน้ำได้ เช่น แอมโมเนียม (NH₄⁺) โพแทสเซียม (K⁺) แคลเซียม (Ca²⁺) และ โซเดียม (Na⁺) รวมถึงมีโลหะหนัก ได้แก่ ตะกั่ว ซีลีเนียม สังกะสี และแคดเมียม เป็นต้น ซึ่งการที่อนุภาคมีขนาดเล็กทำให้สามารถแขวนลอยในอากาศได้นานหลายสัปดาห์ และสามารถกระจายไปได้ไกลจากแหล่งกำเนิดได้ถึง 100 – 1,000 กิโลเมตร พบว่าในเขตเมืองการคมนาคมขนส่งเป็นแหล่งกำเนิดฝุ่นละออง PM_{2.5} ที่สำคัญ เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง ความสึกของผ้าเบรกและยางรถยนต์ทำให้เกิดอนุภาคที่มีโลหะหนักเช่น ทองแดง พลวง ตะกั่ว แคดเมียม และสังกะสี และความสึกของพื้นถนนทำให้มี ซิลิกา อลูมิเนียม และแคลเซียม ปนมาด้วย โดยปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} ได้แก่ การปล่อยมลพิษในพื้นที่ มลพิษข้ามแดน ปรากฏการณ์เอลนีโญ ปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา มรสุม ลมทะเล และการเปลี่ยนแปลงทางฤดูกาล

รายงานระบบฐานข้อมูลแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2560²² ได้ประมาณการการปล่อยมลพิษทางอากาศจากแหล่งต่าง ๆ พบว่าฝุ่นละออง PM_{2.5} มาจากการเผาไหม้ชีวมวลมากที่สุด ในส่วนการคมนาคมขนส่ง อุตสาหกรรม และการผลิตไฟฟ้ามีการปล่อยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) และออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ในปริมาณมากซึ่งนำไปสู่เกิดฝุ่นละออง PM_{2.5} จากปฏิกิริยาเคมีในบรรยากาศได้เช่นกัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาลักษณะเฉพาะของมลพิษทางอากาศและฝุ่นละออง PM_{2.5} ในกรุงเทพมหานครและปริมณฑลของ Kim Oanh และคณะในปี พ.ศ. 2562²³ เป็นการศึกษาเชิงสังเกต พบว่าแหล่งกำเนิดของฝุ่นละออง PM_{2.5} จากการใช้แบบจำลอง CMB model ในการบ่งชี้แหล่งที่มาของฝุ่นในเขตเมือง (กรุงเทพมหานคร) และในเขตชานเมือง (ปทุมธานี) ส่วนใหญ่มาจากการเผาชีวมวล และการจราจร ทั้งนี้ในช่วงฤดูแล้งจะมีการเผาชีวมวลสูงกว่าในช่วงฤดูฝน โดยเฉพาะในเขตชานเมืองที่มีการเผาชีวมวลในพื้นที่เกษตรกรรมรอบนอกกรุงเทพมหานคร ตามรูปที่ 1-2



รูปที่ 1 แหล่งที่มาของฝุ่นในเขตเมือง จังหวัดกรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย

หมายเหตุ. จาก “Pollution Characteristics and Policy Actions on Fine Particulate Matter in a Growing Asian Economy: The Case of Bangkok Metropolitan Region,” by Daiju Narita, 2019, Atmosphere, 10(5):227²³



รูปที่ 2 แหล่งที่มาของฝุ่นในเขตชานเมือง จังหวัดปทุมธานี, ประเทศไทย

หมายเหตุ. จาก “Pollution Characteristics and Policy Actions on Fine Particulate Matter in a Growing Asian Economy: The Case of Bangkok Metropolitan Region,” by Daiju Narita, 2019, Atmosphere, 10(5):227²³

2.2 ผลกระทบต่อสุขภาพของฝุ่นละออง PM_{2.5} กับการเกิดโรคความดันโลหิตสูง

การที่ฝุ่นละออง PM_{2.5} มีขนาดอนุภาคน้อยกว่า 2.5 ไมครอน จึงสามารถเข้าสู่ทางเดินหายใจส่วนล่างได้ลึกถึงถุงลม ทำให้เซลล์เยื่อหุ้มถุงลมและแมคโครฟาจที่ถุงลมทำงานผิดปกติหรือตายได้ และกระตุ้นให้เกิดการอักเสบเรื้อรังของเนื้อเยื่อในปอด ส่งผลให้สมรรถภาพปอดลดลง นอกจากนี้โดยรอบถุงลมมีเส้นเลือดฝอยที่ใช้สำหรับแลกเปลี่ยนก๊าซอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งฝุ่นละออง PM_{2.5} สามารถทะลุผ่านผนังเส้นเลือดฝอยเข้าสู่กระแสเลือดไปยังอวัยวะต่าง ๆ โดยเฉพาะอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 1 μm จะมีคุณสมบัติเหมือนก๊าซจึงแพร่เข้าเส้นเลือดฝอยได้โดยตรง และจากการที่ฝุ่นเหล่านี้ประกอบด้วยสารเคมีหลายชนิดตั้งที่กล่าวข้างต้น จึงส่งผลกระทบต่อสุขภาพทั้งในระยะเฉียบพลัน เช่น เกิดการระคายเคืองตา ทางเดินหายใจ ผิวหนัง และกระตุ้นการเกิดหอบหืด อีกทั้งยังเพิ่มความเสี่ยงการเป็นโรคเรื้อรังในระบบการหายใจและระบบหัวใจและหลอดเลือด รวมถึงมะเร็งในระยะยาว^{24, 25}

ฝุ่นละออง PM_{2.5} เป็นปัจจัยเสี่ยงในการเกิดโรคระบบหัวใจและหลอดเลือด โดยเฉพาะโรคหัวใจขาดเลือด (Ischemic heart disease) ภาวะหัวใจเต้นผิดจังหวะ (Arrhythmia) และภาวะหัวใจหยุดเต้นเฉียบพลัน (Cardiac arrest) โดยพบว่า PM_{2.5} ที่เพิ่มขึ้น 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ สัมพันธ์กับการเสียชีวิตด้วยโรคระบบหัวใจและหลอดเลือดเพิ่มขึ้นร้อยละ 8 - 18 และผู้ที่เสียชีวิตจากการสัมผัสฝุ่นละออง PM_{2.5} ระยะยาวร้อยละ 80 มีสาเหตุจากโรคหัวใจและหลอดเลือด นอกจากนี้ PM_{2.5} ยังเกี่ยวข้องกับการเกิดความดันโลหิตสูง และภาวะดื้อต่ออินซูลิน ซึ่งเป็นปัจจัยเสี่ยงทางหัวใจและเมตาบอลิก (Cardiometabolic risk factor)²⁶ ที่ผ่านมามีการศึกษาถึงพยาธิสรีรวิทยาในการเกิดภาวะความดันโลหิตสูงจากการสัมผัสฝุ่นละออง PM_{2.5} ดังนี้ แสดงตามรูปที่ 3

1. ความไม่สมดุลของระบบประสาทอัตโนมัติ (Autonomic Nervous System Imbalance)

ฝุ่นละออง PM_{2.5} ทำให้ระบบประสาทอัตโนมัติทำงานผิดปกติ ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับกระบวนการอักเสบในสมองส่วน Hypothalamus มีผลให้เพิ่มสารสื่อประสาทเช่น Norepinephrine และ 5-hydroxy-indole acetic acid (5-HIAA) ซึ่งทำให้ระบบประสาทซิมพาเทติกทำงานเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความผันแปรของอัตราการเต้นหัวใจลดลง (Heart rate variability; HRV) จึงทำให้ระดับความดันโลหิตเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วในระยะแรก⁹ จากการศึกษาของ Brook และคณะ²⁷ พบว่าการสัมผัสฝุ่นละออง PM_{2.5} ในเขตชนบทสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของระดับความดันโลหิตและอัตราการเต้น

หัวใจอย่างรวดเร็วในระยะเวลา 2 ชั่วโมง โดยพบว่ามีความผันแปรของอัตราการเต้นหัวใจลดลง อันเนื่องมาจากระบบประสาทซิมพาเทติกทำงานเพิ่มขึ้น

2. การเกิดอนุมูลอิสระและการอักเสบทั่วร่างกาย (Systemic Oxidative stress and inflammation)

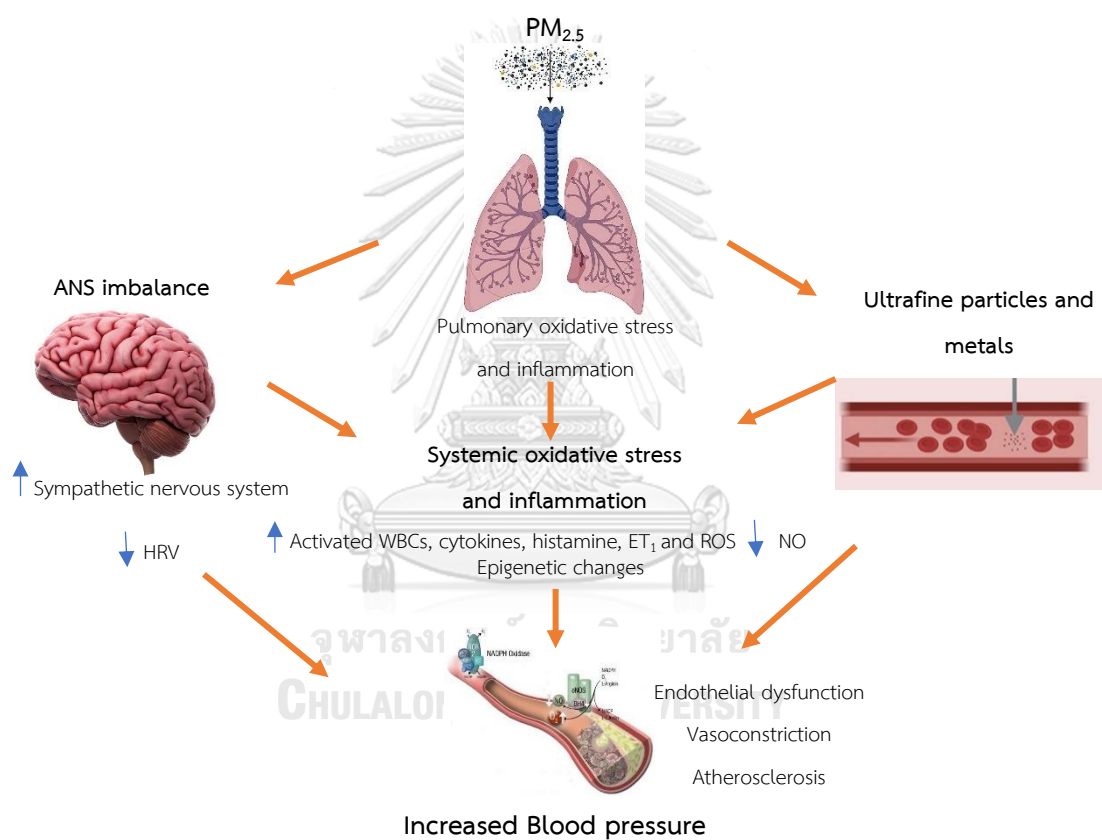
ฝุ่นละออง PM_{2.5} เมื่อเข้าไปยังถุงลมปอด ทำให้เกิดการอักเสบของเนื้อเยื่อในปอด จากนั้นเหนี่ยวนำให้เกิดอนุมูลอิสระและการอักเสบทั่วร่างกาย มีการกระตุ้นการทำงานของเม็ดเลือดขาว หลังสารชักนำการอักเสบ ได้แก่ ไซโตไคน์ (Cytokine) ฮีสตามีน (Histamine) ในกระแสเลือด ทำให้เลือดแข็งตัวได้ง่ายและมีความหนืดมากขึ้น นอกจากนี้ยังทำให้การทำงานของเยื่อบุผิวเส้นเลือดผิดปกติ (Endothelial dysfunction) มีการสร้างไนตริกออกไซด์ (NO) ลดลง ซึ่งจะส่งผลให้เซลล์กล้ามเนื้อเรียบที่ผนังหลอดเลือดอยู่ในภาวะถูกกระตุ้น (Synthetic state) ทำให้เซลล์กล้ามเนื้อเรียบมีการเพิ่มจำนวนและการเคลื่อนที่ไปยังผนังหลอดเลือดชั้นในสุด จึงเกิดการหนาตัวของผนังหลอดเลือดและปิดกั้นทางเดินเลือดได้ อีกทั้งเซลล์เยื่อบุผิวเส้นเลือดเกิดการสังเคราะห์และหลั่งสาร Endothelin-1 (ET₁) ทำให้เกิดการหดตัวของหลอดเลือด และทำให้ความต้านทานในเส้นเลือดเพิ่มมากขึ้น นำไปสู่การเพิ่มขึ้นของความดันโลหิต การเกิดภาวะหลอดเลือดแข็ง (Atherosclerosis) โรคหลอดเลือดหัวใจ (Coronary artery disease) และภาวะหัวใจล้มเหลว (Congestive heart failure)^{28, 29}

3. พิษจากโลหะและองค์ประกอบสารเคมีของฝุ่นละออง PM_{2.5} ต่อเนื้อเยื่อหัวใจและหลอดเลือด (Direct Action of Pollutants on Cardiovascular Tissues)

ฝุ่นละออง PM_{2.5} ประกอบด้วยสารเคมีและโลหะหลายชนิดที่เป็นพิษต่อหัวใจ (Cardiotoxicity) ซึ่งสามารถผ่านผนังเส้นเลือดฝอย โดยเฉพาะอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 1 μm จะแพร่ผ่านเส้นเลือดฝอยได้โดยตรงเข้าสู่กระแสเลือด จึงส่งผลโดยตรงต่อระบบหัวใจและทำให้การทำงานของเยื่อบุผิวเส้นเลือดผิดปกติ³⁰⁻³² และมีการศึกษาว่าการสัมผัส ตะกั่ว (Pb)^{33, 34} อาร์เซนิก (As)³⁵ และแคดเมียม (Cd)³⁶ จากสิ่งแวดล้อมมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของระดับความดันโลหิตและการเกิดภาวะความดันโลหิตสูง

4. การควบคุมการแสดงออกของยีนโดยเอพิเจเนติกที่เปลี่ยนแปลงไป (Epigenetic changes)

เมื่อไม่นานมานี้มีหลายการศึกษาพบว่า การสัมผัสฝุ่นละออง PM_{2.5} ทำให้เกิด Epigenetic changes คือการแสดงออกของยีนที่เปลี่ยนแปลงไปโดยที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงลำดับเบสของ DNA จากกลไก DNA methylation, N6-methyladenosine (m⁶A) RNA methylation, Noncoding RNA, Histone modification และ Chromosome remodelling³⁷ ซึ่งการปรับเปลี่ยนของเอพิเจเนติกเกี่ยวข้องกับการเกิด Oxidative stress ส่งผลให้เกิด atherosclerosis ซึ่งสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของความดันโลหิต และการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดได้



รูปที่ 3 พยาธิสรีรวิทยาในการเกิดภาวะความดันโลหิตสูงจากการสัมผัสฝุ่นละออง PM_{2.5}

หมายเหตุ. จาก “Air Pollution Exposure and Blood Pressure: An Updated Review of the Literature,” by Paolo Giorgini, 2016, Bentham Science Publishers, 16:1873-4286³⁸

2.3 โรคความดันโลหิตสูงและเกณฑ์การวินิจฉัยโรคความดันโลหิตสูง

จากข้อมูลทางระบาดวิทยาพบว่าโรคความดันโลหิตสูงมีความชุกเพิ่มสูงขึ้น โดยพบประมาณร้อยละ 30 ของประชากรทั่วโลก³⁹ สำหรับประเทศไทย พบว่าความชุกของโรคความดันโลหิตสูงในปี พ.ศ. 2557 เป็นร้อยละ 24.7 และในปี พ.ศ. 2563 เพิ่มสูงขึ้นเป็นร้อยละ 25.4 และยังพบว่าประชากรไทยมีความดันโลหิตเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้น⁴⁰ โรคความดันโลหิตสูงมากกว่าร้อยละ 90 เป็นความดันโลหิตสูงชนิดไม่ทราบสาเหตุ (Essential Hypertension) ซึ่งมีปัจจัยมาจากกรรมพันธุ์ พฤติกรรมสุขภาพที่ไม่เหมาะสม การรับประทานอาหารที่ไม่ถูกสุขลักษณะ และการมีภาวะเครียด⁴¹ จากการศึกษาของ Danaei G และคณะ¹² พบว่าประชากรในกลุ่มประเทศกำลังพัฒนา มีความชุกของโรคความดันโลหิตสูงเพิ่มสูงขึ้น สัมพันธ์กับการดำรงชีพเปลี่ยนแปลงไป การรับประทานอาหารที่ไม่ถูกสุขลักษณะ การมีภาวะเครียดสะสม เมืองที่อยู่อย่างหนาแน่น มีการแข่งขันสูงขึ้น และสภาพแวดล้อมที่เสื่อมโทรมลงซึ่งเป็นอันตรายต่อสุขภาพ

โรคความดันโลหิตสูงสามารถตรวจพบจากการวัดความดันโลหิต องค์การอนามัยโลกกำหนดไว้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542 ว่าผู้ที่วัดความดันโลหิตซิสโตลิก (systolic blood pressure, SBP) ตั้งแต่ 140 มม.ปรอท และ/หรือ ความดันโลหิตไดแอสโตลิก (diastolic blood pressure, DBP) ตั้งแต่ 90 มม.ปรอทขึ้นไปจัดว่าเป็นโรคความดันโลหิตสูง สามารถแบ่งระดับของโรคความดันโลหิตสูงตามเกณฑ์ของ JNC 7 (The Joint National Committee on the Prevention, Detection, Evaluation and Treatment of High Blood Pressure; JNC)⁴² ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ระดับของโรคความดันโลหิตสูงตามเกณฑ์ของ JNC 7 (2003)

Category	SPB (mmHg)		DBP (mmHg)
Optimal	< 120	and	< 80
Normal	120 - 129	and/or	80 - 84
High normal	130 - 139	and/or	85 - 89
Hypertension level 1	140 - 159	and/or	90 - 99
Hypertension level 2	160 - 179	and/or	100 - 109
Hypertension level 3	≥ 180	and/or	≥ 110
Isolated systolic hypertension (ISH)	≥ 140	and	< 90

การวินิจฉัยโรคความดันโลหิตสูง ทางสมาคมความดันโลหิตสูงแห่งประเทศไทยใช้การอ้างอิงจากระดับความดันโลหิตที่วัดได้จากสถานพยาบาลเป็นหลัก ส่วนการวัดความดันโลหิตด้วยเครื่องวัดอัตโนมัติชนิดพกพาที่บ้าน สามารถวินิจฉัยโรคความดันโลหิตสูงได้เช่นเดียวกัน ซึ่งความดันโลหิตที่วัดด้วยวิธีดังกล่าว มีค่าต่ำกว่าค่าที่วัดได้ในสถานพยาบาลประมาณ 5 มม.ปรอท ดังนั้นเกณฑ์ที่ใช้ในการวินิจฉัยโรคความดันโลหิตสูงสำหรับเครื่องวัดอัตโนมัติชนิดพกพาที่บ้านจึงต่ำกว่าเกณฑ์ปกติ ที่สำคัญการวัดความดันโลหิตควรเลือกใช้ arm cuff ขนาดที่เหมาะสมกับขนาดแขนของผู้ป่วย วัดขณะนั่งพัก วัดด้วยเทคนิคที่ถูกต้อง และควรวัดซ้ำ 2-3 ครั้ง เพื่อให้มั่นใจว่าเป็นค่าความดันโลหิตสูงจริง⁴¹

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบของฝุ่นละออง PM_{2.5} กับโรคความดันโลหิตสูงในต่างประเทศ

Na Li และคณะ⁴³ ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการสัมผัสมลพิษทางอากาศระยะยาวกับความดันโลหิต ของประชากรใน 5 เขตพื้นที่ชนบทในมณฑลเหอหนาน ประเทศจีน ซึ่งอาศัยอยู่นาน 3 ปีขึ้นไป จำนวน 39,259 คน โดยใช้รูปแบบการศึกษาภาคตัดขวาง หลังจากควบคุมปัจจัยต่างๆ (เพศ อายุ ดัชนีมวลกาย สถานภาพสมรส ระดับการศึกษา รายได้ การสูบบุหรี่ การดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ อาหารที่มีไขมันสูง การบริโภคผักและผลไม้ การออกกำลังกาย ประวัติโรคความดันโลหิตสูงในครอบครัว และมีโรคประจำตัวเป็นเบาหวาน) พบว่า PM_{2.5} PM₁₀ และ NO₂ ที่เพิ่มขึ้น 1 µg/m³ มีอัตราส่วนแต่้่มต่อในการเกิดโรคความดันโลหิตสูงเป็น 1.03 (95% CI 1.00-1.06), 1.02 (95% CI 1.00-1.03) และ 1.07 (95% CI 1.04-1.10) เท่าตามลำดับ และมลพิษทางอากาศทั้ง 3 ชนิดยังมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของของความดันโลหิตซิสโตลิก ความดันโลหิตไดแอสโตลิก และความดันเลือดแดงเฉลี่ยด้วย

Hong Chen และคณะ⁴⁴ ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการสัมผัส PM_{2.5} กับอุบัติการณ์โรคความดันโลหิตสูง ของประชากร 35,303 คน ในแคนาดาที่มีผลสำรวจสุขภาพในช่วงปี ค.ศ. 1996 ถึงปี ค.ศ. 2005 โดยใช้รูปแบบการศึกษาตามแผน (population-base cohort study) และได้ติดตามจนถึงเดือนธันวาคม ปี ค.ศ. 2010 โดยประเมินการสัมผัส PM_{2.5} ในแต่ละพื้นที่ตามรหัสไปรษณีย์ ผลการศึกษาพบอุบัติการณ์โรคความดันโลหิตสูงระหว่างปี ค.ศ. 1996 ถึงปี ค.ศ. 2010 จำนวน 8,649 ราย และหลังจากควบคุมปัจจัยเรื่อง ดัชนีมวลกาย การสูบบุหรี่ กิจกรรมทางกาย และอัตราการว่างงาน พบว่าการสัมผัส PM_{2.5} ที่เพิ่มขึ้นทุก 10 µg/m³ มีค่าอัตราส่วนอันตรายปรับผลกระทบแล้ว

(Adjusted hazard ratio) ของอุบัติการณ์โรคความดันโลหิตสูงเท่ากับ 1.13 เท่า (95% CI 1.05-1.22)

ในปี ค.ศ. 2011 Stankovic A และคณะ⁴⁵ ได้ทำการศึกษาผลของการสัมผัสมลพิษในอากาศระยะยาวกับความเสี่ยงต่อการเกิดความดันโลหิตสูงของประชากร 1,136 คนที่มีอายุระหว่าง 18 – 70 ปี อาศัยอยู่ในเมืองนิส สาธารณรัฐเซอร์เบียมากกว่า 5 ปีซึ่งไม่ได้มีการย้ายที่อยู่ โดยใช้รูปแบบการศึกษาภาคตัดขวาง พบว่าการสัมผัสมลพิษทางอากาศระยะยาวในย่านชุมชนมีอัตราส่วนแถมต่อการเกิดโรคความดันโลหิตสูงเป็น 2.5 เท่าของผู้ที่อยู่ชานเมือง (95% CI 1.46-4.49) โดยปัจจัยการดื่มแอลกอฮอล์สัมพันธ์กับอุบัติการณ์โรคความดันโลหิตสูงมากที่สุด โดยมีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคความดันโลหิตสูง 3.46 เท่า (95% CI 1.72-6.93) และอายุมีความเสี่ยงน้อยสุดต่อการเกิดโรคความดันโลหิตสูงคือ 1.23 เท่า (95% CI 1.18-1.92)

Cakmak และคณะ⁴⁶ ศึกษาผลกระทบจากการสัมผัสมลพิษทางอากาศต่อระบบหัวใจและหลอดเลือด และระบบการหายใจ ของประชากรจำนวน 5,011 คนในแคนาดา เมื่อปี ค.ศ. 2011 ใช้รูปแบบการศึกษาภาคตัดขวาง โดยทำการวัดความดันโลหิต ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด และตรวจสมรรถภาพปอดโดยวัดปริมาณของอากาศที่หายใจเข้าและออกจากปอด (Spirometry) พบว่าค่า PM_{2.5} ที่เพิ่มขึ้น 4.5 µg/m³ สัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของความดันโลหิตซิสโตลิก 0.6 มม.ปรอท (95% CI 0.3-0.9) และการเพิ่มขึ้นของความดันโลหิตไดแอสโตลิก 0.5 มม.ปรอท (95% CI 0.3-0.8) โดยควบคุมปัจจัยด้านการออกกำลังกาย

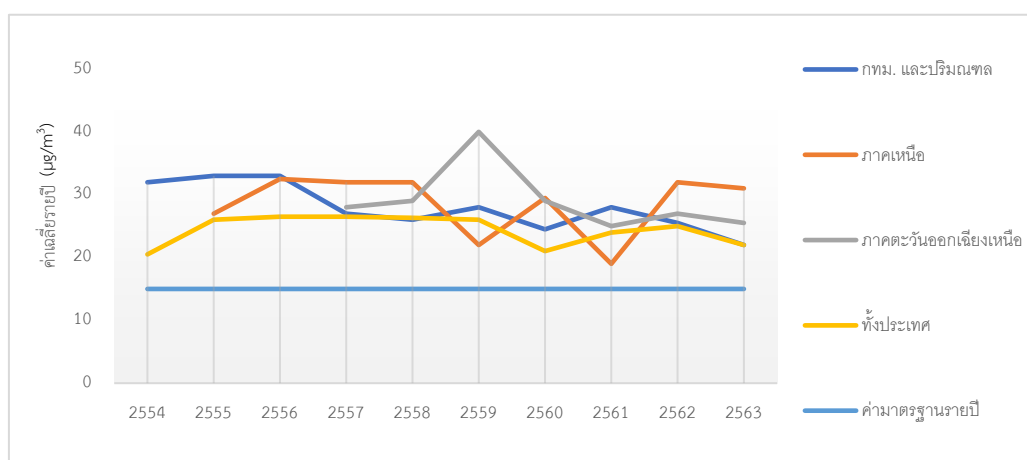
Bo-Yi Yang และคณะ⁴⁷ ได้ทำการศึกษาในปี ค.ศ. 2018 โดยการวิเคราะห์ห่อถักด้วยการทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างมลพิษทางอากาศกับระดับความดันโลหิตและโรคความดันโลหิตสูง จาก 7 ฐานข้อมูลนานาชาติและประเทศจีน พบว่าการสัมผัส PM_{2.5} ทั้งระยะยาวและระยะเฉียบพลันสัมพันธ์กับการเกิดโรคความดันโลหิตสูง โดย PM_{2.5} ที่เพิ่มขึ้น 10 µg/m³ มีอัตราส่วนแถมต่อการเกิดโรคความดันโลหิตสูงเพิ่มขึ้น 1.05 เท่า (95% CI 1.01-1.09) และ 1.10 เท่า (95% CI 1.06-1.13) ตามลำดับอีกทั้งพบว่าการสัมผัส PM_{2.5} ระยะยาวสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของความดันโลหิตไดแอสโตลิก 0.47 มม.ปรอท (95% CI 0.12-0.82) ต่อ PM_{2.5} ที่เพิ่มขึ้น 10 µg/m³ และการสัมผัส PM_{2.5} ระยะสั้นสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของความดันโลหิตซิสโตลิก 0.53 มม.ปรอท (95% CI 0.26-0.80) ความดันโลหิตไดแอสโตลิก 0.20 มม.ปรอท (95% CI 0.02-0.38) ต่อ PM_{2.5} ที่เพิ่มขึ้น 10 µg/m³

2.5 สถานการณ์ฝุ่นละออง PM_{2.5} ของประเทศไทย

มลพิษทางอากาศภาพรวมของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2562⁴⁸ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากปีที่แล้วเล็กน้อยจากการขยายตัวของเมือง การก่อสร้างที่อยู่อาศัย การคมนาคมขนส่ง การพัฒนาเขตอุตสาหกรรมเพื่อรองรับการขยายตัวทางเศรษฐกิจ การเผาชีวมวลในที่โล่งเพื่อเพิ่มพื้นที่ทางการผลิต อีกทั้งมีการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ ไฟป่า และมลพิษทางอากาศข้ามพรมแดนจากประเทศเพื่อนบ้าน

จากแนวโน้มสถานการณ์ฝุ่นละออง PM_{2.5} รอบ 10 ปีของประเทศไทยในช่วงปี พ.ศ. 2554 – พ.ศ. 2563 ที่ได้จากสถานีตรวจวัดอากาศอัตโนมัติถาวร ของกรมควบคุมมลพิษ ทั่วประเทศทั้งหมด 37 จังหวัด (63 สถานี)⁴⁸ แสดงตามรูปที่ 4 พบว่าปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} เฉลี่ยรายปีมีแนวโน้มลดลงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2558 แต่สำหรับในปี พ.ศ. 2562 ค่าเฉลี่ยทั้งปีเพิ่มขึ้นจากปีก่อนหน้าเล็กน้อย โดยเฉพาะในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยมีค่าเฉลี่ยรายปีอยู่ในช่วง 10 - 41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ และในปี พ.ศ. 2563 มีปริมาณลดลงจากปีก่อนหน้า เนื่องจากได้มีการขับเคลื่อนการดำเนินงานในการแก้ไขปัญหาหมอกควันด้านฝุ่นละออง ประกอบกับสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ทำให้กิจกรรมที่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศลดลงโดยเฉพาะจากการจราจร

อย่างไรก็ตามปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} เฉลี่ยรายปีในทุกพื้นที่ที่มีค่าเกินค่ามาตรฐานทั้งของประเทศไทย ซึ่งปัจจุบันกำหนดไว้ที่ 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ⁵ และเกณฑ์มาตรฐานขององค์การอนามัยโลกที่ปรับเกณฑ์ลดลงเป็น 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ⁴ เนื่องจากองค์การอนามัยโลกต้องการลดการสัมผัส PM_{2.5} ให้ได้มากที่สุด เพราะไม่มีระดับ PM_{2.5} ที่ปลอดภัยต่อสุขภาพ



รูปที่ 4 ปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} เฉลี่ยรายปี พ.ศ. 2554 – พ.ศ. 2563

หมายเหตุ. จาก “รายงานสถานการณ์และการจัดการปัญหามลพิษทางอากาศและเสียงปี 2563 (หน้า 7), กรมควบคุมมลพิษ, รายงานสถานการณ์ประจำปี, 2563

ฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ จะมีปริมาณมากในช่วงที่เปลี่ยนฤดูกาลจากฤดูหนาวสู่ฤดูร้อน คือในช่วงเดือนธันวาคมถึงเดือนมีนาคม ซึ่งเป็นช่วงที่ความกดอากาศสูงมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของมลพิษทางอากาศ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญของปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผันกลับในชั้นบรรยากาศ (Temperature Inversion) ที่ระดับใกล้ผิวพื้น เป็นเหตุให้อากาศไม่สามารถลอยตัวขึ้นได้ จึงทำให้เกิดการสะสมของฝุ่นละออง หมอก และควัน ในบรรยากาศมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้สภาพภูมิอากาศก็เป็นส่วนสำคัญที่มีผลต่อความหนาแน่นของฝุ่นละออง โดยเฉพาะทิศทางและความเร็วลม⁴⁹



บทที่ 3 ระเบียบวิธีการศึกษา

3.1 ประชากรเป้าหมาย

กำลังพลทหาร สังกัดกองทัพบก จำนวน 623 หน่วย ทั่วประเทศ ซึ่งมีจำนวนประมาณ 113,771 คน⁵⁰

3.2 ประชากรที่ศึกษา

กำลังพลทหาร สังกัดกองทัพบก ที่ได้รับการตรวจสุขภาพประจำปี (Annual health check up) ของปีงบประมาณ 2561 - ปีงบประมาณ 2563 โดยเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2560 ถึง 31 กรกฎาคม พ.ศ. 2563 ทั้งหมดที่ผ่านเกณฑ์คัดเข้าและเกณฑ์คัดออก จำนวน 89,641 คน

3.3 เกณฑ์คัดเข้า

1. กำลังพลทหาร สังกัดกองทัพบก ที่ปฏิบัติงานใน 398 หน่วยงาน ใน 28 จังหวัดที่มีสถานีตรวจวัดอากาศดาวร ของกรมควบคุมมลพิษ

3.4 เกณฑ์คัดออก

1. ที่ตั้งหน่วยงานอยู่ห่างจากสถานีตรวจวัดอากาศอัตโนมัติดาวร เกินรัศมี 25 กิโลเมตร
2. กำลังพลที่ปฏิบัติงานในกองบัญชาการ กรุงเทพมหานคร
3. กำลังพลที่ปฏิบัติงานระดับผู้บังคับบัญชา

3.5 ตัวแปรในงานวิจัย

3.5.1 ตัวแปรต้น

ค่าเฉลี่ยของปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปี ในช่วงปี พ.ศ. 2561 ถึงปี พ.ศ. 2563 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

3.5.2 ตัวแปรควบคุม

โดยควบคุมเหมือนกันทั้ง 2 แบบจำลอง

1. ตัวแปรระดับบุคคล ได้แก่
 - เพศ
 - อายุ (ปี)
 - ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัม/ตารางเมตร)
 - การสูบบุหรี่: ไม่เคยสูบ เคยสูบ แต่เลิกแล้ว สูบเป็นครั้งคราว และสูบเป็นประจำ

- การดื่มแอลกอฮอล์: ไม่เคยดื่ม เคยดื่ม แต่เลิกแล้ว ดื่มเป็นครั้งคราว และดื่มเป็นประจำ
- กิจกรรมทางกาย: ไม่ออกกำลังกาย/ไม่มีกิจกรรมทางกาย มีกิจกรรมทางกายน้อยกว่า 150 นาทีต่อสัปดาห์ และมีกิจกรรมทางกายมากกว่า 150 นาทีต่อสัปดาห์

2. ตัวแปรระดับจังหวัด ได้แก่

- ระดับเศรษฐกิจของจังหวัด: ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด หรือ GPP คือ การประมวลรวมรายได้ที่มาจากการผลิตสินค้าและบริการทุกชนิดที่ดำเนินการอยู่ในพื้นที่ของจังหวัด (ล้านบาท)
- ค่าเฉลี่ย 3 ปีของปริมาณมลพิษอื่น ๆ รายปี ประกอบด้วย
 - ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน หรือ PM₁₀ (µg/m³)
 - ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ หรือ NO₂ (ppb)
 - ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ หรือ SO₂ (ppb)
 - ก๊าซโอโซน หรือ O₃ (ppb)
 - ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ หรือ CO (ppm)
- ค่าเฉลี่ย 3 ปีของลักษณะอุตุนิยมหาวิทยาลัยรายปี ประกอบด้วย
 - อุณหภูมิเฉลี่ยรายปี (องศาเซลเซียส)
 - ค่าเฉลี่ยรายปีของอุณหภูมิสูงสุดของวัน (องศาเซลเซียส)
 - ค่าเฉลี่ยรายปีของอุณหภูมิต่ำสุดของวัน (องศาเซลเซียส)
 - ความชื้นสัมพัทธ์รายปี (ร้อยละ)
 - ค่าเฉลี่ยรายปีของความเร็วลมสูงสุดของวัน (กิโลเมตร/ชั่วโมง)
 - ปริมาณน้ำฝนสะสมรวมทั้งปี (มิลลิเมตร)

3.5.3 ตัวแปรตาม

1. ความชุกโรคความดันโลหิตสูง คือ ผู้ที่ค่าความดันโลหิตซิสโตลิก (systolic blood pressure, SBP) ตั้งแต่ 140 มม.ปรอท และ/หรือ ความดันโลหิตไดแอสโตลิก (diastolic blood pressure, DBP) ตั้งแต่ 90 มม.ปรอท ขึ้นไป โดยใช้เกณฑ์ JNC 7⁴² และผู้ที่วินิจฉัยเป็นโรคความดันโลหิตสูง โดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ย 3 ปีความดันโลหิตซิสโตลิก (SBP) และค่าเฉลี่ย 3 ปีของความดันโลหิตไดแอสโตลิก (DBP) ในช่วงปีงบประมาณ 2561 ถึงปีงบประมาณ 2563 ของกำลังพลกองทัพบกแต่ละพื้นที่ (ร้อยละ)

2. ค่าเฉลี่ย 3 ปีของความดันโลหิตซิสโตลิก (SBP) ในช่วงปีงบประมาณ 2561 ถึงปีงบประมาณ 2563 ของกำลังพลแต่ละพื้นที่ (มิลลิเมตรปรอท)
3. ค่าเฉลี่ย 3 ปีของความดันโลหิตไดแอสโตลิก (DBP) ในช่วงปีงบประมาณ 2561 ถึงปีงบประมาณ 2563 ของกำลังพลแต่ละพื้นที่ (มิลลิเมตรปรอท)

3.6 การรวบรวมข้อมูล (Data collection)

ขั้นตอนการเตรียมการ

1. ดำเนินการขออนุมัติจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยของกรมแพทยทหารบก
2. ทำหนังสือจากภาควิชาเวชศาสตร์ป้องกันและสังคม คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถึงผู้อำนวยการกองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง เพื่อชี้แจงวัตถุประสงค์ และขอข้อมูลคุณภาพอากาศรายปี ประกอบด้วย PM_{2.5}, PM₁₀, SO₂, NO₂, CO และ O₃ ของปี พ.ศ. 2561 ถึงปี พ.ศ. 2563
3. ทำหนังสือจากภาควิชาเวชศาสตร์ป้องกันและสังคม คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถึงเจ้ากรมแพทยทหารบก เพื่อชี้แจงวัตถุประสงค์ และขอข้อมูลผลการตรวจร่างกายประจำปีของกำลังพลกองทัพบก ปีงบประมาณ 2561 ถึงปีงบประมาณ 2563

ขั้นตอนการเก็บข้อมูล

1. ขอข้อมูลคุณภาพอากาศรายปี ประกอบด้วย PM_{2.5}, PM₁₀, SO₂, NO₂, CO และ O₃ ของปี พ.ศ. 2561 ถึงปี พ.ศ. 2563 จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศถาวร 28 จังหวัด (28 สถานี) จากกองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ
2. ขอข้อมูลอุนิยมวิทยา รายปี ประกอบด้วย อุณหภูมิเฉลี่ยรายปี ค่าเฉลี่ยรายปีของอุณหภูมิสูงสุดของวัน ค่าเฉลี่ยรายปีของอุณหภูมิต่ำสุดของวัน ความชื้นสัมพัทธ์รายปี ค่าเฉลี่ยรายปีของความเร็วลมสูงสุดของวัน ปริมาณน้ำฝนสะสมรวมทั้งปี ของปี พ.ศ. 2561 ถึงปี พ.ศ. 2563 จากสถานีตรวจอากาศ อุนิยมวิทยา 28 จังหวัด กรมอุตุนิยมวิทยา
3. ขอข้อมูลผลการตรวจสุขภาพประจำปี (Annual health check up) ปีงบประมาณ 2561 ถึงปีงบประมาณ 2563 ของกำลังพลทหาร สังกัดกองทัพบก จากกองวิทยาการ กรมแพทยทหารบก

3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล (Data analysis)

ในการวิเคราะห์ข้อมูลการตรวจสุขภาพประจำปีของกำลังพลทหาร สังกัดกองทัพบก ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป STATA version 16.0 (StataCorp. 2019. *Stata Statistical Software: Release 16*. College Station, TX: StataCorp LLC.) โดยวิเคราะห์ข้อมูลดังต่อไปนี้

สถิติเชิงพรรณนา

ข้อมูลเชิงคุณภาพ ได้แก่ เพศ การสูบบุหรี่ การดื่มแอลกอฮอล์ กิจกรรมทางกาย นำเสนอโดยใช้ความถี่และร้อยละ และจำนวนผู้ป่วยด้วยโรคความดันโลหิตสูงนำเสนอด้วยความชุก

ข้อมูลเชิงปริมาณ เช่น อายุ ดัชนีมวลกาย ระดับเศรษฐกิจของจังหวัด ค่าเฉลี่ย 3 ปีของปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปี ความดันโลหิตซิสโตลิกเฉลี่ย ความดันโลหิตไดแอสโตลิกเฉลี่ย ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซโอโซน (O₃) ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) อุณหภูมิเฉลี่ยรายปี ค่าเฉลี่ยรายปีของอุณหภูมิสูงสุดของวัน ค่าเฉลี่ยรายปีของอุณหภูมิต่ำสุดของวัน ความชื้นสัมพัทธ์รายปี ค่าเฉลี่ยรายปีของความเร็วลมสูงสุดของวัน ปริมาณน้ำฝนสะสมรวมทั้งปี นำเสนอโดยใช้ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน หรือค่ามัธยฐานและพิสัยควอไทล์ ตามการแจกแจงข้อมูล

การเปรียบเทียบความแตกต่างของลักษณะประชากรและปัจจัยกวนในระดับบุคคล จำแนกประชากรโดยใช้วิธีควอไทล์ (Quartile) ตามค่าเฉลี่ย 3 ปีของปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปี และในการเปรียบเทียบความแตกต่าง ข้อมูลเชิงคุณภาพ ใช้ Chi-square test ส่วนข้อมูลเชิงปริมาณใช้ One-way ANOVA test หรือ Kruskal-Wallis test ตามการแจกแจงของข้อมูล

สถิติเชิงอนุมาน

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ย 3 ปีของปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปี กับระดับความดันโลหิต ใช้ Multilevel Generalized linear model โดยที่กำลังพลแต่ละคนเป็นหน่วยศึกษาระดับที่ 1 (First-level unit) และจังหวัดเป็นหน่วยศึกษาระดับที่ 2 (Second-level unit) ดังนี้

สมการระดับที่ 1 คือ ระดับบุคคล

$$(Y_{ij}) = \beta_0j + f_1X_{1ij} + \dots + f_kX_{kij} + e_{ij} \quad (1)$$

โดยที่ Y หมายถึง ความดันโลหิตซิสโตลิก (SBP) เฉลี่ย และความดันโลหิตได

แอสโตติก (DBP) เฉลี่ย

i หมายถึง ตัวห้อยแทนกำลังพล

j หมายถึง ตัวห้อยแทนจังหวัด

β_0 หมายถึง ค่าคงที่ของแต่ละจังหวัด

$f_1 \dots f_k$ หมายถึง ค่าฟังก์ชันปรับเรียบของ $X_1 \dots X_k$

$X_1 \dots X_k$ หมายถึง ตัวแปรต้น (X_1) คือ ค่าเฉลี่ย 3 ปีของปริมาณฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ รายปี และตัวแปรควบคุมระดับบุคคล ซึ่งในการศึกษานี้คือ เพศ อายุ ดัชนีมวลกาย การสูบบุหรี่ การดื่มแอลกอฮอล์ กิจกรรมทางกาย

e_{ij} หมายถึง ค่าความคลาดเคลื่อนระดับกำลังพล

สมการระดับที่ 2 คือ ระดับจังหวัด

$$\beta_{0j} = \beta_0 + \gamma_1 Z_1 + \dots + \gamma_j Z_j + u_j \quad (2)$$

โดยที่ β_{0j} หมายถึง ค่าคงที่ของแต่ละจังหวัด

γ_j หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของ $Z_1 \dots Z_k$

$Z_1 \dots Z_k$ หมายถึง ตัวแปรต้น (Z_1) คือ ค่าเฉลี่ย 3 ปีของปริมาณฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ รายปีแต่ละจังหวัด และตัวแปรควบคุมระดับจังหวัด ซึ่งในการศึกษานี้คือ ระดับเศรษฐกิจของจังหวัด ค่าเฉลี่ย 3 ปีของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซโอโซน (O_3) ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) อุณหภูมิเฉลี่ยรายปี ค่าเฉลี่ยรายปีของอุณหภูมิสูงสุดของวัน ค่าเฉลี่ยรายปีของอุณหภูมิต่ำสุดของวัน ความชื้นสัมพัทธ์รายปี ค่าเฉลี่ยรายปีของความเร็วลมสูงสุดของวัน ปริมาณน้ำฝนสะสมรวมทั้งปี โดยค่าเฉลี่ยรายปีของอุณหภูมิสูงสุดของวัน ค่าเฉลี่ยรายปีของอุณหภูมิต่ำสุดวิเคราะห์แยกจากอุณหภูมิเฉลี่ยรายปี

u_j หมายถึง ค่าความคลาดเคลื่อนระดับจังหวัด

และอ้างอิงว่าหน่วยข้อมูลระดับจังหวัดไม่มีความแตกต่างกัน ได้สมการรวม คือ

$$(Y_{ij}) = [(\beta_0 + \gamma_1 Z_1 + \dots + \gamma_j Z_j) + (f_1 X_{1ij} + \dots + f_k X_{kij})] + (u_j + e_{ij})$$

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ย 3 ปีของปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปี กับโรคความดันโลหิตสูง ใช้ Multilevel binary logistic regression model โดยที่กำลังพลแต่ละคนเป็นหน่วยศึกษาระดับที่ 1 (First-level unit) และจังหวัดเป็นหน่วยศึกษาระดับที่ 2 (Second-level unit) ดังนี้

สมการระดับที่ 1 คือ ระดับบุคคล

$$\text{logit [Probability (Y}_{ij})] = \alpha_j + \beta_1 X_{1ij} + \dots + \beta_k X_{kij} + e_{ij} \quad (1)$$

โดยที่ Y หมายถึง โรคความดันโลหิตสูง ได้มาจากเกณฑ์ระดับความดันโลหิต

i หมายถึง ตัวห้อยแทนกำลังพล

j หมายถึง ตัวห้อยแทนจังหวัด

α_j หมายถึง ค่าคงที่ของแต่ละจังหวัด

$\beta_1 \dots \beta_k$ หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของ $X_1 \dots X_k$

$X_1 \dots X_k$ หมายถึง ตัวแปรต้น (X_1) คือ ค่าเฉลี่ย 3 ปีของปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปี และตัวแปรทวนระดับบุคคล ซึ่งในการศึกษานี้คือ เพศ อายุ ดัชนีมวลกาย การสูบบุหรี่ การดื่มแอลกอฮอล์ กิจกรรมทางกาย

e_{ij} หมายถึง ค่าความคลาดเคลื่อนระดับกำลังพล

สมการระดับที่ 2 คือ ระดับจังหวัด

$$\alpha_j = \alpha + \gamma_1 Z_1 + \dots + \gamma_j Z_j + u_j \quad (2)$$

โดยที่ α_j หมายถึง ค่าคงที่ของแต่ละจังหวัด

γ_j หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของ $Z_1 \dots Z_k$

$Z_1 \dots Z_k$ หมายถึง ตัวแปรต้น (Z_1) คือ ค่าเฉลี่ย 3 ปีของปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีแต่ละอำเภอที่ตั้งสถานีตรวจวัด และตัวแปรทวนระดับจังหวัด ซึ่งในการศึกษานี้คือ ระดับ

เศรษฐกิจของจังหวัด ค่าเฉลี่ย 3 ปีของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซโอโซน (O₃) ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) อุณหภูมิเฉลี่ยรายปี ค่าเฉลี่ยรายปีของอุณหภูมิสูงสุดของวัน ค่าเฉลี่ยรายปีของอุณหภูมิต่ำสุดของวัน ความชื้นสัมพัทธ์รายปี ค่าเฉลี่ยรายปีของความเร็วลมสูงสุดของวัน ปริมาณน้ำฝนสะสมรวมทั้งปี โดยค่าเฉลี่ยรายปีของอุณหภูมิสูงสุดของวัน ค่าเฉลี่ยรายปีของอุณหภูมิต่ำสุดวิเคราะห์แยกจากอุณหภูมิเฉลี่ยรายปี

u_j หมายถึง ค่าความคลาดเคลื่อนระดับจังหวัด

และอ้างอิงว่าหน่วยข้อมูลระดับจังหวัดไม่มีความแตกต่างกัน ได้สมการรวม คือ

$$\text{logit} [P(Y_{ij})] = (\alpha + \gamma_1 Z_1 + \dots + \gamma_j Z_j) + (\beta_1 X_{1ij} + \dots + \beta_k X_{kij}) + (u_j + e_{ij}) \quad (3)$$

พร้อมทั้งนำเสนอค่า Odds ratio และช่วงความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (95% Confidence interval)

และจะทำการตรวจสอบความสัมพันธ์กันเองระหว่างตัวแปรอิสระ (Multicollinearity) โดยใช้ Spearman Correlation มากกว่า 0.8 ประกอบในการพิจารณา โดยแสดงในภาคผนวก (ก)

3.8 ข้อพิจารณาทางจริยธรรม (Ethical consideration)

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงวิเคราะห์ซึ่งได้ผ่านความเห็นชอบจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และคณะอนุกรรมการพิจารณาโครงการวิจัย กรมแพทย์ทหารบก โดยมีประเด็นทางจริยธรรมที่เกี่ยวข้องตามหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ดังนี้

หลักความเคารพในบุคคล (Respect for Person) ข้อมูลส่วนตัว และผลการตรวจร่างกายประจำปี จะถูกเก็บเป็นความลับทั้งในกระบวนการเก็บข้อมูล การบันทึกข้อมูล โดยไม่มีการระบุชื่อที่อยู่ รวมถึงหน่วยงานของกำลังพล (กลุ่มตัวอย่าง) ในแบบบันทึกข้อมูล การวิเคราะห์ผลและการรายงานผลการวิจัย จะนำเสนอในภาพรวมเป็นไปเพื่อวัตถุประสงค์ของงานวิจัยเท่านั้น

หลักคุณประโยชน์ ไม่ก่ออันตราย (Beneficence) ผู้เข้าร่วมวิจัยไม่ได้รับผลประโยชน์โดยตรงจากการเข้าร่วมการวิจัยในครั้งนี้ แต่ผลการวิจัยจะก่อให้เกิดองค์ความรู้ซึ่งเป็นประโยชน์ในการเฝ้าระวังสุขภาพในหน่วยงานของผู้เข้าร่วมวิจัย

หลักความยุติธรรม (Justice) การคัดเลือกผู้เข้าร่วมการวิจัยเป็นไปโดยยุติธรรม มีเกณฑ์การคัดเข้าและการคัดออกจากการวิจัยอย่างชัดเจน



บทที่ 4 ผลการศึกษา

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีกับระดับความดันโลหิต และการเกิดโรคความดันโลหิตสูงในกำลังพลกองทัพบก ความดันโลหิตซิสโตลิกและความดันโลหิตไดแอสโตลิกของกำลังพลแต่ละพื้นที่ ระหว่างปี พ.ศ. 2561 ถึงปี พ.ศ. 2563 นำเสนอผลการศึกษาตามวัตถุประสงค์

1. ความชุกของโรคความดันโลหิตสูงในกำลังพลกองทัพบก
2. ปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปี และสารมลพิษอื่น ในพื้นที่รอบสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศอัตโนมัติถาวร ในรัศมี 25 กิโลเมตร
3. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปี กับระดับความดันโลหิต และความชุกของโรคความดันโลหิตสูงในกำลังพลกองทัพบก เมื่อควบคุมปัจจัยกวนอื่น ๆ

4.1 ความชุกของโรคความดันโลหิตสูงในกำลังพลกองทัพบก

กลุ่มตัวอย่างในการศึกษาวิจัยนี้ คือ กำลังพลทหาร สังกัดกองทัพบก ที่ได้รับการตรวจสุขภาพประจำปี (Annual health check up) ของปีงบประมาณ 2561 - ปีงบประมาณ 2563 จาก 28 จังหวัดที่มีสถานีตรวจวัดอากาศถาวร ของกรมควบคุมมลพิษ โดยเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2560 ถึง 31 กรกฎาคม พ.ศ. 2563 มีผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยทั้งหมดที่ผ่านเกณฑ์คัดเข้าและเกณฑ์คัดออก จำนวน 89,641 คน โดยข้อมูลทั่วไปของประชากรในการศึกษานี้แยกตามเพศ แสดงตามตารางที่ 4

กำลังพลทหารในการศึกษานี้จำนวน 89,641 คน ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย จำนวน 79,794 คน คิดเป็นร้อยละ 89.0 และเพศหญิง 9,847 คน คิดเป็นร้อยละ 11.0 มีอายุเฉลี่ย 37.49 ปี (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 11.63 ปี) มีน้ำหนักเฉลี่ย 72.00 กิโลกรัม (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 12.10 กิโลกรัม) ส่วนสูงเฉลี่ย 169.46 เซนติเมตร (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 6.67 เซนติเมตร) ดัชนีมวลกายเฉลี่ย 25.02 กิโลกรัม/เมตร² (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3.62 กิโลกรัม/เมตร²) กำลังพลทหารส่วนใหญ่ไม่เคยสูบบุหรี่ จำนวน 46,699 คน คิดเป็นร้อยละ 52.6 พฤติกรรมการดื่มแอลกอฮอล์ กำลังพลส่วนใหญ่ดื่มแอลกอฮอล์เป็นครั้งคราว จำนวน 50,544 คน คิดเป็นร้อยละ 57.0 และกำลังพลส่วนใหญ่มีกิจกรรมทางกายและออกกำลังกายรวม 150 นาทีต่อสัปดาห์ขึ้นไป จำนวน 53,824 คน คิดเป็นร้อยละ 60.6

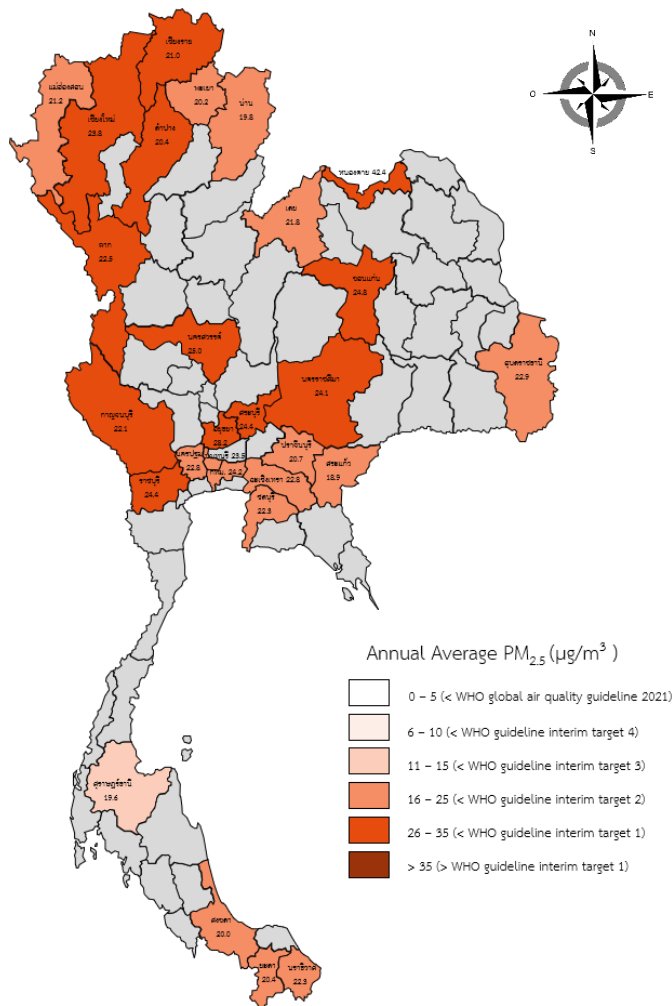
ตารางที่ 4 ข้อมูลทั่วไปของกำลังพลทหาร สังกัดกองทัพบก ที่ปฏิบัติงานใน 28 จังหวัด ประเทศไทย

ข้อมูลทั่วไป	เพศชาย (n=79,794)	เพศหญิง (n=9,847)	รวม (n=89,641)
อายุ, ปี (mean, SD)	37.17 (11.61)	40.05 (11.50)	37.49 (11.63)
น้ำหนัก, กิโลกรัม (mean, SD)	73.26 (11.63)	61.70 (10.85)	72.00 (12.10)
ส่วนสูง, เซนติเมตร (mean, SD)	170.69 (5.67)	159.33 (5.46)	169.46 (6.67)
ดัชนีมวลกาย, กิโลกรัม/เมตร ² (mean, SD)	25.11 (3.56)	24.29 (3.98)	25.02 (3.62)
การสูบบุหรี่ (ร้อยละ)			
ไม่เคยสูบบุหรี่	41,609 (52.6)	5,090 (52.4)	46,699 (52.6)
เคยสูบบุหรี่ แต่เลิกแล้ว	12,710 (16.1)	1,557 (16.0)	14,267 (16.1)
สูบบุหรี่ เป็นครั้งคราว	10,132 (12.8)	1,258 (12.9)	11,390 (12.8)
สูบบุหรี่ เป็นประจำ	14,604 (18.5)	1,818 (18.7)	16,422 (18.5)
การดื่มแอลกอฮอล์ (ร้อยละ)			
ไม่เคยดื่มแอลกอฮอล์	18,978 (24.1)	2,415 (24.9)	21,393 (24.2)
เคยดื่มแอลกอฮอล์ แต่เลิกแล้ว	8,233 (10.4)	964 (10.0)	9,197 (10.4)
ดื่มแอลกอฮอล์ เป็นครั้งคราว	45,071 (57.1)	5,474 (56.5)	50,545 (57.0)
ดื่มแอลกอฮอล์ เป็นประจำ	6,584 (8.4)	833 (8.6)	7,417 (8.4)
กิจกรรมทางกาย (ร้อยละ)			
ไม่มีกิจกรรมทางกาย/ไม่ออกกำลังกาย	6,413 (8.1)	833 (8.6)	7,246 (8.2)
มีกิจกรรมทางกาย < 150 นาที/สัปดาห์	24,634 (31.2)	3,062 (31.5)	27,696 (31.2)
มีกิจกรรมทางกาย ≥ 150 นาที/สัปดาห์	48,004 (60.7)	5,820 (59.9)	53,824 (60.6)
ความดันโลหิตซิสโตลิก, มม.ปรอท (mean, SD)	128.58 (12.74)	126.44 (13.84)	128.35 (12.89)
ความดันโลหิตไดแอสโตลิก, มม.ปรอท (mean, SD)	78.71 (10.33)	76.03 (11.49)	78.42 (10.50)
โรคความดันโลหิตสูง (ร้อยละ)			
ไม่เป็น	61,242 (76.8)	7,716 (78.4)	68,958 (76.9)
เป็น	18,552 (23.2)	2,131 (21.6)	20,683 (23.1)

กำลังพลทหารในการศึกษานี้ มีค่าความดันซิสโตลิกเฉลี่ย 128.27 มิลลิเมตรปรอท (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 12.86 มิลลิเมตรปรอท) และค่าความดันไดแอสโตลิกเฉลี่ย 78.41 มิลลิเมตรปรอท (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10.49 มิลลิเมตรปรอท) โดยมีความชุกโรคความดันโลหิตสูงร้อยละ 23.1 (95% CI 22.8-23.4) เมื่อพิจารณาตามพื้นที่พบว่าจังหวัดหนองคายมีความชุกโรคความดันโลหิตสูงสูงสุด คือร้อยละ 42.4 และจังหวัดสระแก้วความชุกโรคความดันโลหิตสูงต่ำสุด คือร้อยละ 18.9 ซึ่งความชุกโรค

ความดันโลหิตสูงและค่าเฉลี่ย 3 ปีของปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีแยกตามพื้นที่ที่ศึกษาแสดงตามรูปที่ 4

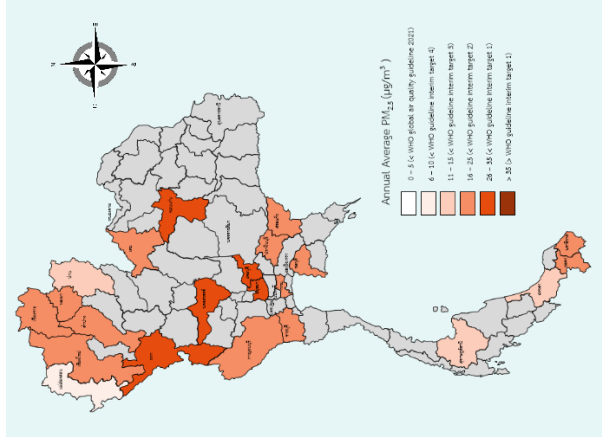
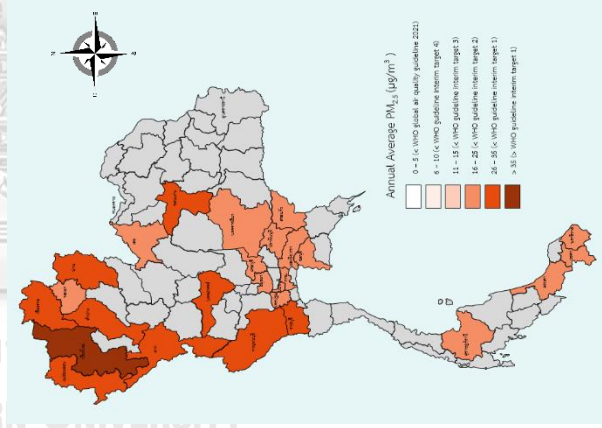
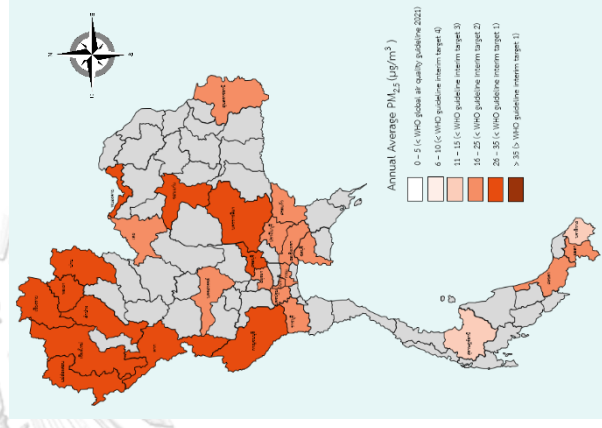
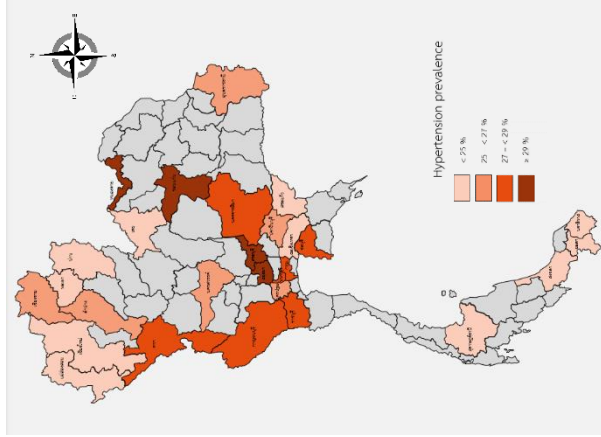
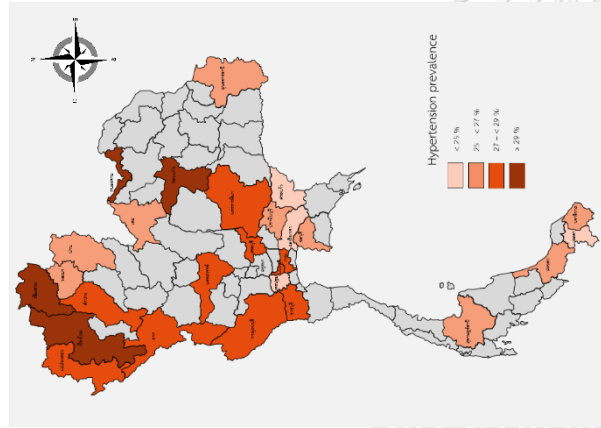
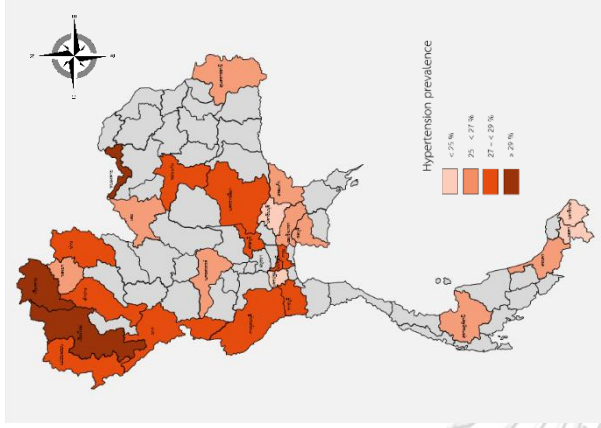
จากการวิเคราะห์ความชุกโรคความดันโลหิตสูงตามพื้นที่ในแต่ละปีระหว่างปี พ.ศ. 2561 - พ.ศ. 2563 พบว่าความชุกโรคความดันโลหิตสูงของแต่ละจังหวัดส่วนใหญ่เพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะในภาคเหนือ ซึ่งปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปี มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในพื้นที่ภาคเหนือเช่นกัน โดยความชุกของโรคความดันโลหิตสูงและปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปี ในแต่ละพื้นที่ ในช่วงที่ทำการศึกษา แสดงตามรูปที่ 5



หมายเหตุ พื้นที่สีเทาหมายถึงไม่ได้เก็บข้อมูล

รูปที่ 4 แผนที่แสดงความชุกโรคความดันโลหิตสูงและค่าเฉลี่ย 3 ปีของปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีตามพื้นที่

รูปที่ 5 แผนที่แสดงความ
ชุกของโรคความดันโลหิต
สูง และปริมาณฝุ่นละออง
PM_{2.5} รายปี ในแต่ละพื้นที่
ช่วงปี พ.ศ. 2561 - พ.ศ.
2563



หมายเหตุ พื้นที่สีเทาหมายถึงไม่ได้เก็บข้อมูล

พ.ศ. 2561

พ.ศ. 2562

พ.ศ. 2563

4.2 ปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปี และสารมลพิษอื่น ในพื้นที่รอบสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศอัตโนมัติถาวร

ข้อมูลมลพิษทางอากาศจากกองคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ ของจังหวัดที่มีกำลังพลทหาร สังกัดกองทัพบก ที่ปฏิบัติงาน 398 หน่วยงาน จำนวน 28 จังหวัด ได้ตรวจวัดระดับมลพิษ PM_{2.5}, PM₁₀, SO₂, CO, NO₂ และ O₃ โดยในการศึกษานี้ใช้ข้อมูลตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2561 ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ. 2563 ซึ่งมีบางสถานีดำเนินการตรวจปริมาณ PM_{2.5} ไม่ครบ 3 ปี โดยมี 4 สถานีที่มีข้อมูล 2 ปี ประกอบด้วย สถานีรหัส 13T ตั้งอยู่ที่ตำบลบางกรวย อำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี สถานีรหัส 81T ตั้งอยู่ที่ตำบลนครปฐม อำเภอนครปฐม จังหวัดนครปฐม สถานีรหัส 60T ตั้งอยู่ที่ตำบลวังเย็น อำเภอแปลงยาว จังหวัดฉะเชิงเทรา และสถานีรหัส 47T ตั้งอยู่ที่ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา และยังมี 2 สถานีที่มีข้อมูล 1 ปี ประกอบด้วยสถานีรหัส 82T ตั้งอยู่ที่ตำบลมีชัย อำเภอเมือง จังหวัดหนองคาย และสถานีรหัส 83T ตั้งอยู่ที่ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี

ตลอดระยะเวลาที่ศึกษาพบว่าปริมาณ PM_{2.5} เฉลี่ยรายปีทั้ง 28 จังหวัด เกินทั้งมาตรฐานประเทศไทย (ไม่เกิน 15 µg/m³) และองค์การอนามัยโลก (ไม่เกิน 5 µg/m³) ปริมาณ PM₁₀ เฉลี่ยรายปี มี 8 จังหวัดที่เกินมาตรฐานประเทศไทย (ไม่เกิน 50 µg/m³) ได้แก่ เชียงใหม่ ตาก นครสวรรค์ พระนครศรีอยุธยา สระบุรี ราชบุรี นครราชสีมา และขอนแก่น ซึ่งทั้ง 28 จังหวัดมีปริมาณ PM₁₀ เฉลี่ยรายปีเกินเกณฑ์มาตรฐานองค์การอนามัยโลก (ไม่เกิน 20 µg/m³) สำหรับปริมาณ NO₂ เฉลี่ยรายปีทั้ง 28 จังหวัดไม่เกินทั้งมาตรฐานประเทศไทย (ไม่เกิน 30 ppb) แต่ส่วนใหญ่เกินมาตรฐานองค์การอนามัยโลก (ไม่เกิน 10 µg/m³ หรือ 5 ppb) ในส่วน O₃, SO₂ และ CO ไม่มีกำหนดค่ามาตรฐานในบรรยากาศโดยทั่วไปสำหรับค่าเฉลี่ยในเวลา 1 ปี

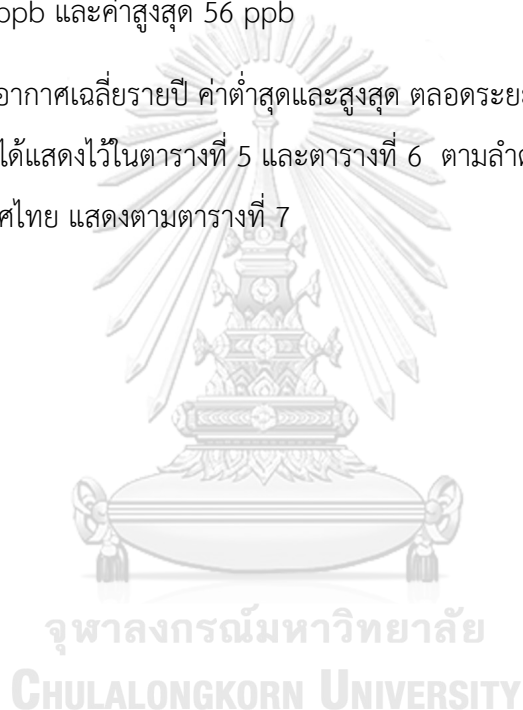
PM_{2.5} มีปริมาณเฉลี่ยรายปีทั่วประเทศตลอดการศึกษา 24 µg/m³ ซึ่งมีค่าต่ำสุด 2 µg/m³ และค่าสูงสุด 271 µg/m³ ซึ่งทุกภาคมีปริมาณ PM_{2.5} เฉลี่ยรายปีเกินทั้งมาตรฐานประเทศไทยและองค์การอนามัยโลก โดยภาคเหนือมีปริมาณ PM_{2.5} เฉลี่ยรายปีสูงสุดคือ 27 µg/m³ ซึ่งมีค่าต่ำสุด 2 µg/m³ และค่าสูงสุด 271 µg/m³ และภาคใต้มีปริมาณ PM_{2.5} เฉลี่ยรายปีต่ำสุดคือ 17 µg/m³ ซึ่งมีค่าต่ำสุด 5 µg/m³ และค่าสูงสุด 84 µg/m³

PM₁₀ มีปริมาณเฉลี่ยรายปีทั่วประเทศตลอดการศึกษา 43 µg/m³ ซึ่งมีค่าต่ำสุด 2 µg/m³ และค่าสูงสุด 302 µg/m³ ทุกภาคมีปริมาณ PM₁₀ เฉลี่ยรายปีไม่เกินมาตรฐานประเทศไทย แต่เกิน

มาตรฐานองค์การอนามัยโลกทุกภาค โดยภาคเหนือมีปริมาณ PM_{10} เฉลี่ยรายปีสูงสุดคือ $49 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ซึ่งมีค่าต่ำสุด $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และค่าสูงสุด $302 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และภาคใต้มีปริมาณ PM_{10} เฉลี่ยรายปีต่ำสุดคือ $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ซึ่งมีค่าต่ำสุด $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และค่าสูงสุด $106 \mu\text{g}/\text{m}^3$

NO_2 มีปริมาณเฉลี่ยรายปีทั่วประเทศตลอดการศึกษา 9 ppb โดยมีค่าต่ำสุด 0 ppb และค่าสูงสุด 120 ppb ทุกภาคมีปริมาณ NO_2 เฉลี่ยรายปีไม่เกินมาตรฐานประเทศไทย แต่เกือบทุกภาคเกินมาตรฐานองค์การอนามัยโลกยกเว้นภาคใต้ โดยภาคกลางมีปริมาณ NO_2 เฉลี่ยรายปีสูงสุดคือ 16 ppb ซึ่งมีค่าต่ำสุด 0 ppb และค่าสูงสุด 120 ppb และภาคใต้มีปริมาณ NO_2 เฉลี่ยรายปีต่ำสุดคือ 5 ppb ซึ่งมีค่าต่ำสุด 0 ppb และค่าสูงสุด 56 ppb

ปริมาณมลพิษอากาศเฉลี่ยรายปี ค่าต่ำสุดและสูงสุด ตลอดระยะเวลาการศึกษา ในแต่ละจังหวัดและแต่ละภาคได้แสดงไว้ในตารางที่ 5 และตารางที่ 6 ตามลำดับ และปริมาณมลพิษอากาศเฉลี่ยรายปีของประเทศไทย แสดงตามตารางที่ 7



ตารางที่ 5 ปริมาณมลพิษอากาศเฉลี่ยรายปี ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุด จำนวนประชากร และ: ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด (GPP) ช่วงปี พ.ศ. 2561 - พ.ศ. 2563 ใน 28 จังหวัด ประเทศไทย

สารมลพิษ	GPP (ล้านบาท)	จำนวนกำลังพล (คน)	อายุ (ปี) mean (SD)	PM _{2.5} (µg/m ³)	PM ₁₀ (µg/m ³)	NO ₂ (ppb)	SO ₂ (ppb)	O ₃ (ppb)	CO (ppm)
ภาคเหนือ									
เชียงใหม่	137,080	2,612	35.91 (10.74)	31 (8, 228)	54 (16, 269)	8 (0, 66)	2 (0, 11)	29 (0, 171)	0.8 (0.1, 3.2)
เชียงราย	90,915	877	36.55 (11.23)	28 (4, 254)	42 (7, 290)	6 (0, 78)	n/a	20 (0, 108)	0.6 (0.0, 3.9)
แม่ฮ่องสอน	59,305	260	32.73 (9.41)	24 (2, 271)	38 (4, 302)	5 (0, 54)	n/a	20 (0, 157)	0.7 (0.0, 5.7)
ลำปาง	99,077	986	37.39 (11.44)	27 (3, 157)	48 (6, 223)	6 (0, 64)	1 (0, 9)	28 (1, 140)	0.6 (0.0, 2.7)
พะเยา	92,667	889	34.38 (10.44)	25 (3, 246)	50 (4, 283)	7 (1, 70)	1 (0, 7) *	29 (0, 146)	0.4 (0.0, 3.6)
น่าน	74,262	1,365	34.29 (9.39)	24 (4, 168)	47 (8, 214)	5 (0, 56)	0 (0, 14)	24 (0, 134)	0.4 (0.0, 2.6)
ตาก	111,043	2,151	36.32 (11.36)	29 (3, 133)	53 (7, 192)	6 (0, 86)	n/a	21 (1, 93)	0.4 (0.0, 2.5)
นครสวรรค์	122,190	2,406	37.19 (11.51)	27 (6, 76)	57 (13, 151)	13 (0, 68)	1 (0, 16)	25 (0, 98)	0.7 (0.0, 2.9)
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ									
นครราชสีมา	116,853	8,734	38.53 (11.80)	26 (7, 82) *	51 (10, 168)	17 (0, 99)	1 (0, 10)	24 (0, 106)	0.5 (0.0, 3.0)
ขอนแก่น	122,583	2,566	36.51 (11.34)	31 (9, 109)	56 (17, 164)	9 (0, 96)	1 (0, 24)	31 (0, 158)	0.6 (0.0, 2.4)
อุบลราชธานี	71,398	2,674	38.26 (12.44)	24 (3, 131) **	39 (7, 164) **	7 (0, 66) **	0 (0, 4) **	30 (1, 99) **	0.2 (0.0, 1.3) **
เลย	99,991	939	36.81 (11.43)	22 (3, 120)	39 (9, 180)	n/a	n/a	n/a	n/a
หนองคาย	88,321	33	43.15 (11.56)	26 (3, 139) **	42 (6, 186) **	4 (0, 61) **	0 (0, 8) **	23 (0, 96) **	0.4 (0.0, 1.9) **
ภาคตะวันตก									
ราชบุรี	235,156	5,223	37.08 (11.73)	26 (4, 102)	52 (11, 146)	7 (0, 68)	1 (0, 20)	25 (0, 129)	0.6 (0.0, 4.1)
กาญจนบุรี	126,186	6,218	34.65 (9.72)	26 (4, 105)	38 (8, 128)	8 (0, 118)	1 (0, 33)	20 (0, 154)	0.6 (0.0, 2.6)
ภาคกลาง									
กรุงเทพมหานคร	606,195	26,055	39.85 (11.81)	23 (3, 97)	34 (10, 139)	17 (0, 120)	2 (0, 11)	26 (0, 167)	0.7 (0.0, 3.2)

สถานีพื้นที่	GPP (ล้านบาท)	จำนวนกำลังพล (คน)	อายุ (ปี) mean (SD)	PM _{2.5} (µg/m ³)	PM ₁₀ (µg/m ³)	NO ₂ (ppb)	SO ₂ (ppb)	O ₃ (ppb)	CO (ppm)
mean (max, min)									
นนทบุรี	191,372	1,957	46.47 (11.09)	22 (6, 82) *	46 (16, 115)	23 (0, 99)	3 (0, 14)	19 (0, 99)	0.8 (0.0, 3.7)
พระนครศรีอยุธยา	447,897	85	46.81 (10.04)	25 (4, 87)	55 (6, 175)	12 (0, 85)	2 (0, 27)	24 (0, 162)	0.6 (0.0, 3.2)
สระบุรี	324,801	4,510	37.80 (12.07)	27 (4, 177)	54 (12, 171)	17 (0, 108)	n/a	28 (0, 191)	0.4 (0.0, 5.3)
นครปฐม	290,396	680	38.71 (11.98)	21 (3, 84) *	42 (7, 136) *	11 (0, 74) *	2 (0, 13) *	23 (0, 100) *	0.7 (0.2, 2.3) *
ภาคตะวันออก									
ชลบุรี	554,623	3,044	36.24 (11.52)	20 (3, 74)	36 (6, 111)	12 (0, 88)	1 (0, 48)	24 (0, 165)	0.7 (0.0, 2.2)
ฉะเชิงเทรา	451,538	868	34.79 (11.26)	18 (4, 85) *	45 (2, 134)	10 (0, 97)	2 (0, 177)	21 (0, 123)	n/a
ปราจีนบุรี	517,175	3,920	35.24 (11.23)	25 (3, 112)	43 (9, 188)	6 (0, 44)	2 (0, 86)	26 (0, 104)	n/a
สระแก้ว	74,404	1,940	35.49 (10.62)	19 (2, 82)	39 (11, 120)	n/a	n/a	n/a	n/a
ภาคใต้									
สุราษฎร์ธานี	183,862	1,176	36.12 (11.22)	15 (5, 40)	31 (10, 63)	4 (0, 46)	2 (0, 9)	15 (0, 95)	0.4 (0.0, 2.8)
สงขลา	150,539	4,665	34.16 (10.74)	19 (5, 74)	32 (8, 86)	6 (0, 56)	2 (0, 34)	28 (0, 122)	0.3 (0.0, 1.5)
ยะลา	95,791	1,130	30.29 (7.97)	19 (8, 68)	32 (14, 83)	5 (0, 37)	n/a	21 (2, 84)	0.6 (0.0, 3.3)
นราธิวาส	59,004	1,678	31.68 (8.23)	16 (5, 84)	30 (9, 106)	6 (0, 34)	n/a	20 (0, 75)	0.8 (0.0, 4.2)

* มีข้อมูลการตรวจวัดสารมลพิษ 2 ปี ** มีข้อมูลการตรวจวัดสารมลพิษ 1 ปี; n/a หมายถึงไม่มีข้อมูล

ตารางที่ 6 ปริมาณมลพิษอากาศเฉลี่ยรายปี ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุด แยกตามภาค ช่วงปี พ.ศ. 2561 - พ.ศ. 2563 ประเทศไทย

สารมลพิษ ค่าเฉลี่ย (ค่าต่ำสุด, ค่าสูงสุด)	PM _{2.5} (µg/m ³)	PM ₁₀ (µg/m ³)	NO ₂ (ppb)	SO ₂ (ppb)	O ₃ (ppb)	CO (ppm)
ภาคเหนือ	27 (9, 33)	49 (34, 67)	7 (4, 14)	1 (0, 6)	24 (17, 33)	0.6 (0.3, 0.8)
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	26 (18, 34)	47 (36, 59)	11 (4, 19)	1 (0, 2)	27 (12, 42)	0.5 (0.2, 0.7)
ภาคตะวันตก	26 (23, 30)	45 (36, 54)	7 (6, 9)	1 (1, 2)	23 (19, 28)	0.6 (0.5, 0.7)
ภาคกลาง	24 (20, 32)	47 (32, 63)	16 (9, 28)	2 (1, 4)	24 (15, 30)	0.7 (0.4, 1.1)
ภาคตะวันออก	21 (16, 25)	41 (40, 50)	9 (5, 13)	2 (1, 3)	24 (20, 26)	0.7 (0.6, 0.7)
ภาคใต้	17 (14, 23)	31 (29, 33)	5 (2, 7)	2 (1, 4)	21 (11, 41)	0.5 (0.2, 0.8)

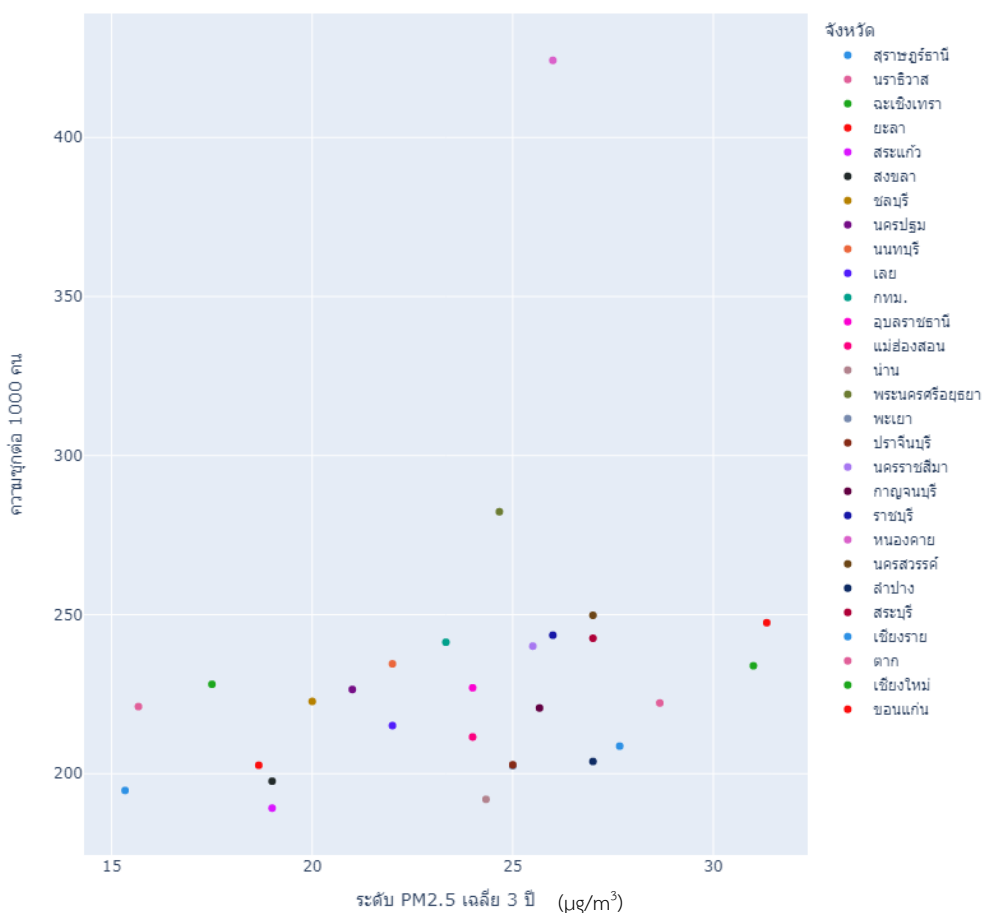
ตารางที่ 7 ปริมาณมลพิษอากาศเฉลี่ยรายปีช่วงปี พ.ศ. 2561 - พ.ศ. 2563 ประเทศไทย

สารมลพิษ	PM _{2.5} (µg/m ³)	PM ₁₀ (µg/m ³)	NO ₂ (ppb)	SO ₂ (ppb)	O ₃ (ppb)	CO (ppm)
ค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)	24.25 (4.30)	42.09 (8.94)	12.08 (5.43)	1.58 (1.00)	24.96 (5.10)	0.58 (0.22)
ค่ามัธยฐาน	24	40	12	1	25	0.5
ค่าต่ำสุด	9	29	2	0	11	0.2
ค่าสูงสุด	36	67	28	6	42	1.1
ค่าพิสัยระหว่างควอไทล์	5 (21, 26)	16 (34, 50)	10 (7, 12)	1 (1, 2)	5 (22, 27)	0.3 (0.4, 0.7)
ค่ามาตรฐานประเทศไทย	15	50	30	n/a	n/a	n/a
ค่ามาตรฐานองค์การอนามัยโลก	5	20	5	n/a	n/a	n/a
ร้อยละเกินมาตรฐานประเทศไทย*	92.4	32.9	0.0	n/a	n/a	n/a
ร้อยละเกินมาตรฐานองค์การอนามัยโลก**	100	100	76.7	n/a	n/a	n/a

n/a หมายถึงไม่มีข้อมูลค่ามาตรฐานรายปี *เกณฑ์มาตรฐานประเทศไทย พ.ศ. 2565 **เกณฑ์มาตรฐานองค์การอนามัยโลกปี ค.ศ. 2021

4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปี เมื่อควบคุมปัจจัยกวนอื่น ๆ กับระดับความดันโลหิต และความชุกของโรคความดันโลหิตสูงในกำลังพลกองทัพบก

พบว่าค่าเฉลี่ย 3 ปีของปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีมีความสัมพันธ์กันในทางบวกกับความชุกโรคความดันโลหิตสูง แสดงตามแผนภาพการกระจายรูปที่ 6 ซึ่งในการศึกษาความสัมพันธ์ต้องมีการควบคุมตัวแปรกวนจากปัจจัยลักษณะของประชากร พฤติกรรมสุขภาพ สารมลพิษอื่น และลักษณะทางอุตุนิยมวิทยา โดยในการคัดเลือกตัวแปรนั้นจะพิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม และพิจารณาความสัมพันธ์กันเองระหว่างตัวแปรอิสระ (Multicollinearity) เพื่อตัดตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กันเองออกไป



รูปที่ 6 ค่าเฉลี่ย 3 ปีของปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปี กับ ความชุกโรคความดันโลหิต ต่อประชากร 1,000 คน ของแต่ละจังหวัด ช่วงปี พ.ศ. 2561 - พ.ศ. 2563

จากการวิเคราะห์พบว่าทุก ๆ ปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีที่เพิ่มขึ้น 10 µg/m³ อัตราส่วน
 แต้้มต่อในการเกิดโรคความดันโลหิตสูงเพิ่มขึ้น (Odds ratio) 1.14 เท่า (95% CI 1.05, 1.24) และเมื่อ
 ควบคุมปัจจัยอื่น ๆ (ลักษณะของประชากร พฤติกรรมสุขภาพ สารมลพิษอื่น และลักษณะทาง
 อุดุนิยมวิทยา) แล้วทุก ๆ ปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีที่เพิ่มขึ้น 10 µg/m³ อัตราส่วนแต้้มต่อใน
 การเกิดโรคความดันโลหิตสูงเพิ่มขึ้น 1.26 เท่า (95% CI 1.09, 1.47) โดยอัตราส่วนแต้้มต่อในการเกิด
 โรคความดันโลหิตสูงมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามระดับฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีที่เพิ่มขึ้น และเมื่อควบคุม
 ปัจจัยอื่น ๆ แล้ว ระดับฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีที่ควอไทล์ที่ 2 3 และ 4 มีอัตราส่วนแต้้มต่อในการเกิด
 โรคความดันโลหิตสูงเพิ่มขึ้น 1.30 เท่า (95% CI 1.16, 1.46) 1.30 เท่า (95% CI 1.15, 1.47) และ 1.44
 เท่า (95% CI 1.20, 1.72) ของระดับฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีอ้างอิงตามลำดับ โดยไม่พบการตอบสนอง
 ต่อปริมาณ (Dose-response pattern) ที่ชัดเจน รายละเอียดดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปี และการเกิดโรคความดันโลหิตสูงช่วง
 ปี พ.ศ. 2561 - พ.ศ. 2563

ปริมาณฝุ่นละออง PM _{2.5} รายปี	Crude OR (95% CI)	Adjusted OR (95% CI)
ควอไทล์ที่ 1	1.00	1.00
ควอไทล์ที่ 2	1.11 (1.01, 1.23)*	1.30 (1.16, 1.46)***
ควอไทล์ที่ 3	1.12 (1.02, 1.24)*	1.30 (1.15, 1.47)***
ควอไทล์ที่ 4	1.16 (1.06, 1.28)**	1.44 (1.20, 1.72)***
ทุก 10 µg/m ³ ที่เพิ่มขึ้น	1.14 (1.05, 1.24)**	1.26 (1.09, 1.47)**

มีนัยสำคัญทางสถิติ * p-value ≤ 0.05 ** p-value ≤ 0.01 *** p-value ≤ 0.001;

Adjusted OR หมายถึงอัตราส่วนแต้้มต่อเมื่อควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ อายุ เพศ ดัชนีมวลกาย การสูบบุหรี่ การ
 ดื่มน้ำแอลกอฮอล์ กิจกรรมทางกาย O₃ SO₂ NO₂ CO และอุณหภูมิเฉลี่ย

และพบว่าทุก ๆ ปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีที่เพิ่มขึ้น 10 µg/m³ ระดับความดันซิสโตลิก
 (Systolic blood pressure: SBP) และความดันไดแอสโตลิก (Diastolic blood pressure: DBP)
 จะเพิ่มขึ้น 1.54 mmHg (95% CI 1.20, 0.87) และ 0.91 mmHg (95% CI 0.16, 1.65) ตามลำดับ ซึ่ง
 เมื่อควบคุมปัจจัยอื่น ๆ แล้วทุก ๆ ปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีที่เพิ่มขึ้น 10 µg/m³ ระดับความดัน
 ซิสโตลิกและความดันไดแอสโตลิกจะเพิ่มขึ้น 0.91 mmHg (95% CI 0.16, 1.65) และ 0.63 mmHg
 (95% CI 0.09, 1.17) ตามลำดับ และเมื่อควบคุมปัจจัยอื่น ๆ แล้วระดับฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีที่ควอ
 ไทล์ที่ 4 จะเพิ่มระดับความดันซิสโตลิกสูงสุด คือ 1.05 mmHg (95% CI 0.33, 1.77) เมื่อเทียบกับ
 ระดับฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีอ้างอิง และระดับฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีที่ควอไทล์ที่ 2 จะเพิ่มระดับ

ความดัน ไตแอสโตลิกสูงสุด 0.80 mmHg (95% CI 0.43, 1.18) เมื่อเทียบกับระดับฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีอ้างอิง โดยไม่พบการตอบสนองต่อปริมาณ (Dose-response pattern) ที่ชัดเจน รายละเอียดตามตารางที่ 9 ในส่วนรายละเอียดการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปี กับการเกิดโรคความดันโลหิตสูง ความดันซิสโตลิกและความดันไตแอสโตลิกของแต่ละปีแสดงในภาคผนวก (ข)

ตารางที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปี และระดับความดันโลหิตช่วงปี พ.ศ. 2561 - พ.ศ. 2563

ปริมาณฝุ่นละออง PM _{2.5} รายปี	ความดันซิสโตลิก (SBP)		ความดันไตแอสโตลิก (DBP)	
	β (95% CI)	Adjusted β (95% CI)	β (95% CI)	Adjusted β (95% CI)
ควอไทล์ที่ 1	อ้างอิง	อ้างอิง	อ้างอิง	อ้างอิง
ควอไทล์ที่ 2	0.87 (0.41, 1.33)***	1.03 (0.51, 1.55)***	0.76 (0.33, 1.19)**	0.80 (0.43, 1.18)***
ควอไทล์ที่ 3	1.05 (0.60, 1.51)***	0.75 (0.22, 1.28)**	1.12 (0.69, 1.55)***	0.63 (0.25, 1.02)**
ควอไทล์ที่ 4	1.59 (1.15, 2.04)***	1.05 (0.33, 1.77)**	1.66 (1.24, 2.07)***	0.78 (0.27, 1.30)**
ทุก 10 μg/m ³ ที่เพิ่มขึ้น	1.54 (1.20, 1.87)***	0.91 (0.16, 1.65)*	1.55 (1.24, 1.87)***	0.63 (0.09, 1.17)*

มีนัยสำคัญทางสถิติ * p-value ≤ 0.05 ** p-value ≤ 0.01 *** p-value ≤ 0.001;

Adjusted β หมายถึงระดับความดันโลหิตสูงเมื่อควบคุมปัจจัยต่างๆ ได้แก่ อายุ เพศ ดัชนีมวลกาย การสูบบุหรี่ การดื่มแอลกอฮอล์ กิจกรรมทางกาย O₃ SO₂ NO₂ CO และอุณหภูมิเฉลี่ย

4.3.1 จำแนกตามเพศ

เพศชาย พบว่าทุก ๆ ปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีที่เพิ่มขึ้น 10 μg/m³ อัตราส่วนแตรัมต่อในการเกิดโรคความดันโลหิตสูงเพิ่มขึ้น 1.16 เท่า (95% CI 1.06, 1.26) และเมื่อควบคุมปัจจัยอื่น ๆ แล้วทุก ๆ ปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีที่เพิ่มขึ้น 10 μg/m³ อัตราส่วนแตรัมต่อในการเกิดโรคความดันโลหิตสูงเพิ่มขึ้น 1.29 เท่า (95% CI 1.11, 1.50) โดยระดับฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีในทุกควอไทล์ มีอัตราส่วนแตรัมต่อในการเกิดโรคความดันโลหิตสูงเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับระดับฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีอ้างอิง ซึ่งระดับฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีควอไทล์ที่ 3 มีอัตราส่วนแตรัมต่อในการเกิดโรคความดันโลหิตสูงเพิ่มขึ้นสูงสุด คือ 1.41 เท่า (95% CI 1.03, 1.26) และเมื่อควบคุมปัจจัยอื่น ๆ แล้วระดับฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีที่ควอไทล์ที่ 4 มีอัตราส่วนแตรัมต่อในการเกิดโรคความดันโลหิตสูงเพิ่มขึ้นสูงสุด คือ 1.43 เท่า (95% CI 1.19, 1.72) ของระดับฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีอ้างอิง โดยไม่พบการตอบสนองต่อปริมาณที่ชัดเจน รายละเอียดตามตารางที่ 10 และพบว่าปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีที่เพิ่มขึ้นทุก ๆ 10 μg/m³ ระดับความดันซิสโตลิกและความดันไตแอสโตลิกจะเพิ่มขึ้น 1.66 mmHg (95% CI 1.28, 2.03) และ 1.67 mmHg (95% CI 1.29, 2.05) ตามลำดับ ซึ่งเมื่อควบคุมปัจจัยอื่น ๆ แล้วปริมาณฝุ่น

ละออง PM_{2.5} รายปีที่เพิ่มขึ้นทุก ๆ 10 µg/m³ ระดับความดันซิสโตลิกและความดันไดแอสโตลิกจะเพิ่มขึ้น 0.93 mmHg (95% CI 0.20, 1.66) และ 0.61 mmHg (95% CI 0.07, 1.14) ตามลำดับ โดยระดับความดันซิสโตลิกและความดันไดแอสโตลิกเพิ่มสูงสุดในระดับฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีควอไทล์ที่ 4 คือ 1.77 mmHg (95% CI 1.30, 2.23) และ 1.84 mmHg (95% CI 1.37, 2.31) ตามลำดับ และเมื่อควบคุมปัจจัยอื่น ๆ แล้วระดับฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีที่ควอไทล์ที่ 4 จะเพิ่มระดับความดันซิสโตลิกสูงสุด คือ 1.13 mmHg (95% CI 0.42, 1.84) ส่วนความดันไดแอสโตลิกเพิ่มขึ้นสูงสุดในควอไทล์ที่ 2 คือ 0.80 mmHg (95% CI 0.43, 1.16) เมื่อเทียบกับระดับฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีอ้างอิง รายละเอียดตามตารางที่ 11

เพศหญิง ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีกับการเกิดโรคความดันโลหิตสูง แต่เมื่อควบคุมปัจจัยอื่น ๆ แล้ว พบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีกับความดันไดแอสโตลิกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปี ควอไทล์ที่ 2 และ 3 จะเพิ่มระดับความดันไดแอสโตลิก 0.71 mmHg (95% CI 0.30, 1.12) และ 0.52 mmHg (95% CI 0.06, 0.98) เมื่อเทียบกับระดับฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีอ้างอิง ตามลำดับ

ตารางที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปี และการเกิดโรคความดันโลหิตสูง ช่วงปี พ.ศ. 2561 – พ.ศ. 2563 แยกตามเพศ

ปริมาณฝุ่นละออง PM _{2.5} รายปี	เพศชาย (n=79,794)		เพศหญิง (n=9,847)	
	Crude OR (95% CI)	Adjusted OR (95% CI)	Crude OR (95% CI)	Adjusted OR (95% CI)
ควอไทล์ที่ 1	1.00	1.00	1.00	1.00
ควอไทล์ที่ 2	1.11 (1.01, 1.23)*	1.29 (1.15, 1.45)***	1.20 (0.93, 1.55)	1.64 (0.88, 3.08)
ควอไทล์ที่ 3	1.41 (1.03, 1.26)**	1.32 (1.17, 1.50)***	0.86 (0.65, 1.15)	1.02 (0.51, 2.04)
ควอไทล์ที่ 4	1.18 (1.07, 1.30)**	1.43 (1.19, 1.72)***	1.13 (0.19, 1.51)	1.38 (0.55, 3.43)
ทุก 10 µg/m ³ ที่เพิ่มขึ้น	1.16 (1.06, 1.26)**	1.29 (1.11, 1.50)**	0.87 (0.64, 1.19)	0.81 (0.35, 1.86)

มีนัยสำคัญทางสถิติ * p-value ≤ 0.05 ** p-value ≤ 0.01 *** p-value ≤ 0.001;

Adjusted OR หมายถึงอัตราส่วนแต้มต่อเมื่อควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ อายุ เพศ ดัชนีมวลกาย การสูบบุหรี่ การดื่มแอลกอฮอล์ กิจกรรมทางกาย O₃ SO₂ NO₂ CO และอุณหภูมิเฉลี่ย

ตารางที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปี และระดับความดันโลหิตช่วงปี พ.ศ. 2561 – พ.ศ. 2563 แยกตามเพศ

ปริมาณฝุ่นละออง PM _{2.5} รายปี	เพศชาย (n=79,794)			เพศหญิง (n=9,847)		
	ความดันซิสโตลิก(SBP) β (95% CI)	ความดันไดแอสโตลิก(DBP) β (95% CI)	ความดันซิสโตลิก(SBP) Adjusted β (95% CI)	ความดันซิสโตลิก(SBP) β (95% CI)	ความดันไดแอสโตลิก(DBP) β (95% CI)	Adjusted β (95% CI)
คอโกล์ที่ 1	อ้างอิง	อ้างอิง	อ้างอิง	อ้างอิง	อ้างอิง	อ้างอิง
คอโกล์ที่ 2	1.10 (0.61, 1.58)***	1.03 (0.54, 1.54)***	1.02 (0.53, 1.51)***	0.80 (0.43, 1.16)***	1.28 (-0.79, 3.36)	0.10 (-1.33, 1.53)
คอโกล์ที่ 3	1.15 (0.68, 1.63)***	0.79 (0.27, 1.30)**	1.22 (0.72, 1.71)***	0.62 (0.25, 1.00)**	-0.19 (-2.32, 1.94)	-0.49 (-2.08, 1.10)
คอโกล์ที่ 4	1.77 (1.30, 2.23)***	1.13 (0.42, 1.84)**	1.84 (1.37, 2.31)***	0.79 (0.29, 1.30)**	0.52 (-1.56, 2.60)	-0.34 (-2.45, 1.77)
ทุก 10 µg/m ³ ที่เพิ่มขึ้น	1.66 (1.28, 2.03)***	0.93 (0.20, 1.66)*	1.67 (1.29, 2.05)***	0.61 (0.07, 1.14)*	-0.23 (-2.21, 1.76)	-0.16 (-2.18, 1.86)

มีนัยสำคัญทางสถิติ * p-value ≤ 0.05 ** p-value ≤ 0.01 *** p-value ≤ 0.001;

Adjusted β หมายถึงระดับความดันโลหิตเมื่อควบคุมปัจจัยต่างๆ ได้แก่ อายุ เพศ ดัชนีมวลกาย การสูบบุหรี่ การดื่มแอลกอฮอล์ กิจกรรมทางกาย O₃ SO₂ NO₂ CO และอุณหภูมิเฉลี่ย



4.3.2 จำแนกตามกลุ่มอายุ

กลุ่มวัยทำงานตอนต้น อายุ 15 – 29 ปี พบว่า ฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีที่ควอไทล์ที่ 3 มีอัตราส่วนต่อในการเกิดโรคความดันโลหิตสูงเพิ่มขึ้น 1.20 เท่า (95% CI 1.05, 1.37) และเมื่อควบคุมปัจจัยอื่น ๆ แล้วทุก ๆ ปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีที่เพิ่มขึ้น 10 µg/m³ อัตราส่วนต่อในการเกิดโรคความดันโลหิตสูงเพิ่มขึ้น 1.43 เท่า (95% CI 1.09, 1.87) โดยอัตราส่วนต่อในการเกิดโรคความดันโลหิตสูงเพิ่มสูงขึ้นตามระดับฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีที่เพิ่มขึ้นในแต่ละควอไทล์ ซึ่งฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีที่ควอไทล์ที่ 2 3 และ 4 มีอัตราส่วนต่อในการเกิดโรคความดันโลหิตสูงเพิ่มขึ้น 1.49 เท่า (95% CI 1.20, 1.83) 1.51 เท่า (95% CI 1.21, 1.88) และ 1.62 เท่า (95% CI 1.17, 2.23) ของระดับฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีอ้างอิงตามลำดับ รายละเอียดดังตารางที่ 12 และพบว่าปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีที่เพิ่มขึ้นทุก ๆ 10 µg/m³ ระดับความดันซิสโตลิกและความดันไดแอสโตลิกจะเพิ่มขึ้น 1.62 mmHg (95% CI 1.04, 2.21) และ 1.51 mmHg (95% CI 0.91, 2.11) ตามลำดับ ซึ่งเมื่อควบคุมปัจจัยอื่น ๆ แล้วปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีที่เพิ่มขึ้นทุก ๆ 10 µg/m³ ระดับความดันซิสโตลิกจะเพิ่มขึ้น 1.57 mmHg (95% CI 0.62, 2.52) โดยระดับความดันซิสโตลิกเพิ่มสูงสุดในระดับฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีควอไทล์ที่ 4 คือ 1.69 mmHg (95% CI 0.95, 2.43) ในส่วนความดันโลหิตไดแอสโตลิกเพิ่มสูงสุดในระดับฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีควอไทล์ที่ 2 คือ 0.72 mmHg (95% CI 0.36, 1.09) เมื่อเทียบกับระดับฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีอ้างอิง รายละเอียดตามตารางที่ 13 และตารางที่ 14

กลุ่มวัยทำงานตอนกลาง อายุ 30 – 44 ปี พบว่าทุก ๆ ปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีที่เพิ่มขึ้น 10 µg/m³ อัตราส่วนต่อในการเกิดโรคความดันโลหิตสูงเพิ่มขึ้น 1.14 เท่า (95% CI 1.03, 1.27) และฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีที่ควอไทล์ที่ 4 มีอัตราส่วนต่อในการเกิดโรคความดันโลหิตสูงเพิ่มขึ้น 1.17 เท่า (95% CI 1.03, 1.32) ซึ่งเมื่อควบคุมปัจจัยอื่น ๆ แล้วพบว่าฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีที่ควอไทล์ที่ 2 3 และ 4 มีอัตราส่วนต่อในการเกิดโรคความดันโลหิตสูงเพิ่มขึ้น 1.27 เท่า (95% CI 1.05, 1.54) 1.23 เท่า (95% CI 1.01, 1.50) และ 1.34 เท่า (95% CI 1.00, 1.80) ของระดับฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีอ้างอิงตามลำดับ และพบว่าปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีที่เพิ่มขึ้นทุก ๆ 10 µg/m³ ระดับความดันซิสโตลิกและความดันไดแอสโตลิกจะเพิ่มขึ้น 1.79 mmHg (95% CI 1.28, 2.31) และ 1.73 mmHg (95% CI 1.12, 2.24) ตามลำดับ ซึ่งเมื่อควบคุมปัจจัยอื่น ๆ แล้วพบว่าระดับฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีที่ควอไทล์ที่ 2 จะเพิ่มความดันซิสโตลิก 0.95 mmHg (95% CI 0.23, 1.67) เมื่อเทียบกับระดับฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีอ้างอิง ในส่วนความดันไดแอสโตลิกพบว่าปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีที่เพิ่มขึ้นทุก ๆ 10 µg/m³ ระดับความดันไดแอสโตลิกจะเพิ่มขึ้น 0.65 mmHg (95% CI 0.01, 0.12) โดย

ระดับความดันไดแอสโตลิกเพิ่มสูงสุดในระดับฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ รายปีควอไทล์ที่ 4 คือ 0.97 mmHg (95% CI 0.36, 1.58) เมื่อเทียบกับระดับฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ รายปีอ้างอิง รายละเอียดตามตารางที่ 13 และตารางที่ 14

กลุ่มวัยทำงานตอนปลาย อายุตั้งแต่ 45 ปีขึ้นไป เมื่อควบคุมปัจจัยอื่น ๆ แล้วพบว่าฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ รายปีที่ ควอไทล์ที่ 4 มีอัตราส่วนแฉกต่อในการเกิดโรคความดันโลหิตสูงเพิ่มขึ้น 1.41 เท่า (95% CI 1.02, 1.95) และในส่วนของความดันโลหิตซิสโตลิก พบว่าระดับฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ รายปีที่ ควอไทล์ที่ 4 จะเพิ่มความดันซิสโตลิก 0.94 mmHg (95% CI 0.23, 1.67) เมื่อเทียบกับระดับฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ รายปีอ้างอิง สำหรับความดันไดแอสโตลิก พบว่าปริมาณฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ รายปีที่เพิ่มขึ้นทุก ๆ 10 $\mu g/m^3$ ระดับความดันไดแอสโตลิกจะเพิ่มขึ้น 0.77 mmHg (95% CI 0.31, 1.24) โดยระดับความดันไดแอสโตลิกเพิ่มสูงสุดในระดับฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ รายปีควอไทล์ที่ 4 คือ 0.87 mmHg (95% CI 0.42, 1.32) เมื่อเทียบกับระดับฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ รายปีอ้างอิง รายละเอียดตามตารางที่ 13 และตารางที่ 1

ตารางที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปี และการเกิดโรคความดันโลหิตสูงช่วงปี พ.ศ. 2561 – พ.ศ. 2563 แยกตามช่วงอายุ

ปริมาณฝุ่นละออง	วัยทำงานตอนต้นอายุ 15-29 ปี (n=29,905)		วัยทำงานตอนกลางอายุ 30-44 ปี (n=32,432)		วัยทำงานตอนปลายอายุ ≥ 45 ปี (n=27,304)	
PM _{2.5} รายปี	Crude OR (95% CI)	Adjusted OR (95% CI)	Crude OR (95% CI)	Adjusted OR (95% CI)	Crude OR (95% CI)	Adjusted OR (95% CI)
คอไอซ์ที่ 1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
คอไอซ์ที่ 2	1.10 (0.96, 1.26)	1.49 (1.20, 1.83)***	1.07 (0.94, 1.21)	1.27 (1.05, 1.54)*	1.04 (0.90, 1.21)	1.17 (0.96, 1.43)
คอไอซ์ที่ 3	1.20 (1.05, 1.37)**	1.51 (1.21, 1.88)***	1.08 (0.95, 1.22)	1.23 (1.01, 1.50)*	1.02 (0.88, 1.17)	1.15 (0.91, 1.44)
คอไอซ์ที่ 4	1.13 (0.98, 1.28)	1.62 (1.17, 2.23)**	1.17 (1.03, 1.32)*	1.34 (1.00, 1.80)*	1.12 (0.97, 1.30)	1.41 (1.02, 1.95)*
ทุก 10 µg/m ³ ที่เพิ่มขึ้น	1.13 (1.00, 1.28)	1.43 (1.09, 1.87)**	1.14 (1.03, 1.27)*	1.20 (0.95, 1.52)	1.10 (0.97, 1.25)	1.17 (0.89, 1.54)

มีนัยสำคัญทางสถิติ * p-value ≤ 0.05 ** p-value ≤ 0.01 *** p-value ≤ 0.001;

Adjusted OR หมายถึงอัตราส่วนที่ปรับตามปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ เพศ ดัชนีมวลกาย การสูบบุหรี่ การดื่มแอลกอฮอล์ กิจกรรมทางกาย O₃ SO₂ NO₂ CO และอุณหภูมิเฉลี่ย

ตารางที่ 13 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปี และระดับความดันโลหิตสูงช่วงปี พ.ศ. 2561 – พ.ศ. 2563 แยกตามช่วงอายุ

ปริมาณฝุ่นละออง	วัยทำงานตอนต้นอายุ 15-29 ปี (n=29,905)		วัยทำงานตอนกลางอายุ 30-44 ปี (n=32,432)		วัยทำงานตอนปลายอายุ ≥ 45 ปี (n=27,304)	
PM _{2.5} รายปี	β (95% CI)	Adjusted β (95% CI)	β (95% CI)	Adjusted β (95% CI)	β (95% CI)	Adjusted β (95% CI)
คอไอซ์ที่ 1	อ้างอิง	อ้างอิง	อ้างอิง	อ้างอิง	อ้างอิง	อ้างอิง
คอไอซ์ที่ 2	0.90 (0.10, 1.70)*	1.48 (1.00, 1.96)***	0.25 (-0.51, 1.00)	0.95 (0.23, 1.67)**	0.17 (-0.43, 0.78)	0.40 (-0.13, 0.92)
คอไอซ์ที่ 3	1.31 (0.54, 2.08)**	1.32 (0.82, 1.83)***	0.99 (0.25, 1.73)**	0.56 (-0.17, 1.29)	-0.09 (-0.70, 0.52)	0.18 (-0.40, 0.76)
คอไอซ์ที่ 4	1.60 (0.84, 2.35)***	1.69 (0.95, 2.43)***	1.72 (1.00-2.44)***	0.85 (-0.17, 1.87)	0.60 (-0.04, 1.23)	0.94 (0.11, 1.78)*
ทุก 10 µg/m ³ ที่เพิ่มขึ้น	1.62 (1.04, 2.21)**	1.57 (0.62, 2.52)**	1.79 (1.28-2.31)***	0.78 (-0.18, 1.74)	0.56 (-0.06, 1.17)	0.33 (-0.52, 1.18)

มีนัยสำคัญทางสถิติ * p-value ≤ 0.05 ** p-value ≤ 0.01 *** p-value ≤ 0.001;

Adjusted β หมายถึงระดับความดันโลหิตเมื่อควบคุมปัจจัยต่างๆ ได้แก่ เพศ ดัชนีมวลกาย การสูบบุหรี่ การดื่มแอลกอฮอล์ กิจกรรมทางกาย O₃ SO₂ NO₂ CO และอุณหภูมิเฉลี่ย

ตารางที่ 14 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปี และระดับความดันโลหิตในช่วงปี พ.ศ. 2561 – พ.ศ. 2563 แยกตามช่วงอายุ

ปริมาณฝุ่นละออง	วัยทำงานตอนต้นอายุ 15-29 ปี (n=29,905)	วัยทำงานตอนกลางอายุ 30-44 ปี (n=32,432)	วัยทำงานตอนปลายอายุ ≥ 45 ปี (n=27,304)
PM _{2.5} รายปี	β (95%CI)	Adjusted β (95%CI)	Adjusted β (95%CI)
คอเลสเตอรอลที่ 1	0.67 (-0.10, 1.43)	0.03 (-0.62, 0.67)	0.33 (-0.28, 0.94)
คอเลสเตอรอลที่ 2	1.06 (0.30, 1.81)**	1.09 (0.46, 1.72)**	0.51 (-0.09, 1.12)
คอเลสเตอรอลที่ 3	1.61 (0.88, 2.34)***	1.69 (1.07, 2.30)***	0.97 (0.36, 1.58)**
ทุก 10 µg/m ³ ที่เพิ่มขึ้น	1.51 (0.91, 2.11)***	1.73 (1.12, 2.24)***	0.95 (0.42, 1.48)***

มีนัยสำคัญทางสถิติ * p-value ≤ 0.05 ** p-value ≤ 0.01 *** p-value ≤ 0.001;

Adjusted β หมายถึงระดับความดันโลหิตเมื่อควบคุมปัจจัยต่างๆ ได้แก่ เพศ ดัชนีมวลกาย การสูบบุหรี่ การดื่มแอลกอฮอล์ กิจกรรมทางกาย O₃ SO₂ NO₂ CO และอุณหภูมิเฉลี่ย



4.3.3 จำแนกตามอุณหภูมิเฉลี่ยรายปี

เมื่อจำแนกอุณหภูมิเฉลี่ยรายปีออกเป็น 2 กลุ่มตามค่ามัธยฐาน (29 องศาเซลเซียส) พบว่ากลุ่มที่อยู่ในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยรายปีไม่เกิน 29 องศาเซลเซียส เมื่อควบคุมปัจจัยอื่น ๆ แล้ว ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีกับการเกิดโรคความดันโลหิตสูง และระดับความดันโลหิตซิสโตลิก แต่พบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีกับความดันซิสโตลิกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปี ควอไทล์ที่ 3 และ 4 จะลดระดับความดันซิสโตลิก 2.67 mmHg (95% CI -4.77, -0.58) และ 2.87 mmHg (95% CI -5.54, -0.20) เมื่อเทียบกับระดับฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีอ้างอิง รายละเอียดตามตารางที่ 15 และตารางที่ 16

กลุ่มที่อยู่ในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยรายปีมากกว่า 29 องศาเซลเซียส ซึ่งเมื่อควบคุมปัจจัยอื่น ๆ แล้ว พบว่า ทุก ๆ ปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีที่เพิ่มขึ้น 10 µg/m³ อัตราส่วนแตรัมต่อในการเกิดโรคความดันโลหิตสูงเพิ่มขึ้น 1.79 เท่า (95% CI 1.36, 2.35) และฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีที่ควอไทล์ที่ 4 มีอัตราส่วนแตรัมต่อในการเกิดโรคความดันโลหิตสูงเพิ่มขึ้น 1.54 เท่า (95% CI 1.28, 1.84) ของระดับฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีอ้างอิง รายละเอียดตารางที่ 15 และพบว่าปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีที่เพิ่มขึ้นทุก ๆ 10 µg/m³ ระดับความดันซิสโตลิกและความดันโลหิตซิสโตลิกจะเพิ่มขึ้น 2.11 mmHg (95% CI 1.43, 2.78) และ 1.77 mmHg (95% CI 1.62, 1.92) ตามลำดับ โดยระดับความดันซิสโตลิกเพิ่มสูงสุดในระดับฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีควอไทล์ที่ 2 คือ 1.15 mmHg (95% CI 0.83, 1.48) ในส่วนความดันโลหิตซิสโตลิกเพิ่มสูงสุดในระดับฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีควอไทล์ที่ 3 คือ 1.02 mmHg (95% CI 0.92, 1.12) เมื่อเทียบกับระดับฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีอ้างอิง รายละเอียดตามตารางที่ 16 ตารางที่ 15 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปี และการเกิดโรคความดันโลหิตสูง ช่วงปี พ.ศ. 2561 - พ.ศ. 2563 แยกตามอุณหภูมิเฉลี่ย

ปริมาณฝุ่นละออง PM _{2.5} รายปี	อุณหภูมิเฉลี่ย ≤ 29 °c	อุณหภูมิเฉลี่ย > 29 °c
	Adjusted OR (95% CI)	Adjusted OR (95% CI)
ควอไทล์ที่ 1	1.00	1.00
ควอไทล์ที่ 2	1.47 (0.61, 3.55)	1.33 (1.17, 1.52)***
ควอไทล์ที่ 3	1.32 (0.56, 3.14)	1.27 (1.00, 1.61)*
ควอไทล์ที่ 4	1.36 (0.45, 4.11)	1.54 (1.28, 1.84)***
ทุก 10 µg/m ³ ที่เพิ่มขึ้น	0.97 (0.69, 1.38)	1.79 (1.36, 2.35)***

มีนัยสำคัญทางสถิติ * p-value ≤ 0.05 ** p-value ≤ 0.01 *** p-value ≤ 0.001;

Adjusted OR หมายถึงอัตราส่วนแถมต่อเมื่อควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ อายุ เพศ ดัชนีมวลกาย การสูบบุหรี่ การดื่มแอลกอฮอล์ กิจกรรมทางกาย O₃ SO₂ NO₂ CO และอุณหภูมิเฉลี่ย

ตารางที่ 16 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปี และระดับความดันโลหิตช่วงปี พ.ศ. 2561 - พ.ศ. 2563 แยกตามอุณหภูมิเฉลี่ย

ปริมาณฝุ่นละออง PM _{2.5} รายปี	อุณหภูมิเฉลี่ย ≤ 29 °c		อุณหภูมิเฉลี่ย > 29 °c	
	SBP Adjusted β (95% CI)	DBP Adjusted β (95% CI)	SBP Adjusted β (95% CI)	DBP Adjusted β (95% CI)
ควอไทล์ที่ 1	อ้างอิง	อ้างอิง	อ้างอิง	อ้างอิง
ควอไทล์ที่ 2	-2.01 (-4.14, 0.12)	-1.05 (-2.64, 0.54)	1.15 (0.83, 1.48)***	0.72 (0.66, 0.80)***
ควอไทล์ที่ 3	-2.67 (-4.77, -0.58)*	-1.32 (-2.90, 0.27)	0.99 (0.39, 1.59)**	1.08 (0.95, 1.21)***
ควอไทล์ที่ 4	-2.87 (-5.54, -0.20)*	-1.61 (-3.62, 0.41)	0.75 (0.30, 1.20)**	1.02 (0.92, 1.12)***
ทุก 10 µg/m ³ ที่เพิ่มขึ้น	-0.02 (-1.17, 1.13)	0.05 (-0.68, 0.78)	2.11 (1.43, 2.78)***	1.77 (1.62, 1.92)***

มีนัยสำคัญทางสถิติ * p-value ≤ 0.05 ** p-value ≤ 0.01 *** p-value ≤ 0.001;

Adjusted β หมายถึงระดับความดันโลหิตเมื่อควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ อายุ เพศ ดัชนีมวลกาย การสูบบุหรี่ การดื่มแอลกอฮอล์ กิจกรรมทางกาย O₃ SO₂ NO₂ CO และอุณหภูมิเฉลี่ย

บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา อภิปรายผลการศึกษา ข้อดี ข้อจำกัด และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

การศึกษานี้เป็นการศึกษาภาคตัดขวาง (Cross-sectional Study) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปี กับความชุกของโรคความดันโลหิตสูงและระดับความดันโลหิตในกำลังพลกองทัพบก ทั่วประเทศ ในช่วงปี พ.ศ. 2561 ถึง ปี พ.ศ. 2563 สรุปผลการศึกษาดังนี้

กำลังพลทหารในการศึกษานี้จำนวน 89,641 คน ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย โดยมีจำนวน 79,794 คน โดยพบความชุกโรคความดันโลหิตสูงร้อยละ 23.1 เมื่อพิจารณาตามพื้นที่พบว่าจังหวัดหนองคายมีความชุกโรคความดันโลหิตสูงสูงสุด คือร้อยละ 42.4 และจังหวัดสระแก้วมีความชุกโรคความดันโลหิตสูงต่ำสุด คือร้อยละ 18.9 เมื่อพิจารณาความชุกโรคความดันโลหิตสูงตามพื้นที่ในแต่ละปี พบว่าความชุกโรคความดันโลหิตสูงของแต่ละจังหวัดส่วนใหญ่เพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะจังหวัดในภาคเหนือ ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีที่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในพื้นที่ภาคเหนือเช่นกัน

ระดับมลพิษทางอากาศใน 28 จังหวัดของประเทศไทย ช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2561 - พ.ศ. 2563 พบว่ามีปริมาณ PM_{2.5} PM₁₀ และ NO₂ รายปีเกินค่ามาตรฐาน กล่าวคือ พื้นที่ที่ปริมาณ PM_{2.5} เฉลี่ยรายปีเกินมาตรฐานประเทศไทยคิดเป็นร้อยละ 92.4 และเกินมาตรฐานองค์การอนามัยโลกคิดเป็นร้อยละ 100 พื้นที่ที่ปริมาณ PM₁₀ เฉลี่ยรายปีเกินมาตรฐานประเทศไทยคิดเป็นร้อยละ 32.9 และเกินมาตรฐานองค์การอนามัยโลกคิดเป็นร้อยละ 100 และพื้นที่ที่ปริมาณ NO₂ เฉลี่ยรายปีไม่เกินมาตรฐานประเทศไทย แต่เกินมาตรฐานองค์การอนามัยโลกคิดเป็นร้อยละ 76.7

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีกับการเกิดโรคความดันโลหิตสูงและระดับความดันโลหิต เมื่อควบคุมลักษณะของประชากร พฤติกรรมสุขภาพ สารมลพิษอื่น ๆ และลักษณะทางอุตุนิยมิวิทยา พบว่าปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปี มีความสัมพันธ์กับการเกิดโรคความดันโลหิตสูงและระดับความดันโลหิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยไม่พบการตอบสนองต่อปริมาณที่ชัดเจน ซึ่งระดับฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีที่ควอไทล์ที่ 4 สัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของอัตราส่วนแตร้มต่อการเกิดโรคความดันโลหิตสูงและระดับความดันซิสโตลิกมากที่สุด และระดับฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีที่ควอไทล์ที่ 2 สัมพันธ์การเพิ่มขึ้นของระดับความดันไดแอสโตลิกมากที่สุด

การวิเคราะห์กลุ่มย่อยตามปัจจัยระดับบุคคลมีผลสรุปดังนี้ เมื่อจำแนกตามเพศ เมื่อควบคุมลักษณะของประชากร พฤติกรรมสุขภาพ สารมลพิษอื่น และลักษณะทางอตุณิยมวิทยา ในเพศชายพบว่าปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปี มีความสัมพันธ์กับการเกิดโรคความดันโลหิตสูงและระดับความดันโลหิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยระดับฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีที่ควอไทล์ที่ 4 สัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของอัตราส่วนแตร้มต่อการเกิดโรคความดันโลหิตสูงและความดันซิสโตลิกมากที่สุด และระดับฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีที่ควอไทล์ที่ 2 สัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของความดันไดแอสโตลิกมากที่สุด ในเพศหญิงไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีกับการเกิดโรคความดันโลหิตสูง แต่พบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีกับความดันไดแอสโตลิก โดยระดับฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีที่ควอไทล์ที่ 2 สัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของความดันไดแอสโตลิกมากที่สุด โดยไม่พบการตอบสนองต่อปริมาณที่ชัดเจนทั้งในเพศชายและเพศหญิง

เมื่อจำแนกตามกลุ่มอายุ เมื่อควบคุมลักษณะของประชากร พฤติกรรมสุขภาพ สารมลพิษอื่น และลักษณะทางอตุณิยมวิทยา พบว่าทั้ง 3 กลุ่มอายุ พบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีกับการเกิดโรคความดันโลหิตสูงและระดับความดันโลหิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งไม่พบการตอบสนองต่อปริมาณที่ชัดเจน โดยในกลุ่มวัยทำงานตอนต้น (อายุ 15-29 ปี) พบว่าระดับฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีที่ควอไทล์ที่ 4 สัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของอัตราส่วนแตร้มต่อการเกิดโรคความดันโลหิตสูงและความดันซิสโตลิกมากที่สุด และระดับฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีที่ควอไทล์ที่ 2 สัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของความดันไดแอสโตลิกมากที่สุด ในกลุ่มวัยทำงานตอนกลาง (อายุ 30-44 ปี) พบว่าระดับฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีที่ควอไทล์ที่ 4 สัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของอัตราส่วนแตร้มต่อการเกิดโรคความดันโลหิตสูงและความดันไดแอสโตลิกมากที่สุด และมีเพียงระดับฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีที่ควอไทล์ที่ 2 ที่สัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของความดันซิสโตลิก และในกลุ่มวัยทำงานตอนปลาย (อายุ ≥45 ปี) พบว่ามีเพียงระดับฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีที่ควอไทล์ที่ 4 สัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของอัตราส่วนแตร้มต่อการเกิดโรคความดันโลหิตสูงและความดันซิสโตลิก และระดับฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีที่ควอไทล์ที่ 4 สัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของความดันไดแอสโตลิกมากที่สุด

จำแนกตามอนุภูมิภาคเดียวรายปี กลุ่มที่อยู่ในพื้นที่ที่มีอนุภูมิภาคเดียวรายปีมากกว่า 29 องศาเซลเซียส เมื่อควบคุมลักษณะของประชากร พฤติกรรมสุขภาพ สารมลพิษอื่น และลักษณะทางอตุณิยมวิทยา พบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีกับการเพิ่มขึ้นของการเกิดโรคความดันโลหิตสูงและระดับความดันโลหิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งระดับฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีที่ควอไทล์ที่ 4 สัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของอัตราส่วนแตร้มต่อการเกิดโรคความดันโลหิตสูงมากที่สุด และระดับฝุ่น

ละออง PM_{2.5} รายปีที่ควอไทล์ที่ 2 สัมพันธ์การเพิ่มขึ้นของระดับความดันซิสโตลิกมากที่สุด ส่วนระดับฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีที่ควอไทล์ที่ 3 สัมพันธ์การเพิ่มขึ้นของระดับความดันไดแอสโตลิกมากที่สุด สำหรับกลุ่มที่อยู่ในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยรายปีไม่เกิน 29 องศาเซลเซียส ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีกับการเกิดโรคความดันโลหิตสูงและความดันไดแอสโตลิก แต่พบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีกับการลดลงของความดันโลหิตซิสโตลิกในระดับฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีที่ควอไทล์ที่ 3 และ 4

5.2 อภิปรายผล

5.2.1 ความชุกโรคความดันโลหิตสูง

การศึกษานี้พบความชุกโรคความดันโลหิตสูงร้อยละ 23.1 (95% CI 22.8-23.4) เมื่อเทียบกับความชุกของโรคความดันโลหิตสูงของประชากรไทยที่มีการสำรวจในปี พ.ศ. 2557 โดยกองโรคไม่ติดต่อ กรมควบคุมโรค พบความชุกโรคความดันโลหิตสูงร้อยละ 24.7⁵¹ อาจเป็นเพราะประชากรในการศึกษานี้ช่วงอายุอยู่ในวัยทำงานมักมีสุขภาพแข็งแรง จึงพบความชุกโรคความดันโลหิตสูงน้อยกว่าในประชากรประเทศไทยเล็กน้อย สำหรับการกระจายตามพื้นที่ในการศึกษานี้พบว่าจังหวัดหนองคายมีความชุกโรคความดันโลหิตสูงที่สุด ซึ่งแตกต่างจากข้อมูลการสำรวจสุขภาพของประชาชนไทยโดยสำนักระบาด⁵² ระหว่างปี พ.ศ. 2551 - พ.ศ. 2552 ที่พบว่าจังหวัดกรุงเทพมหานครมีความชุกโรคความดันโลหิตสูงสูงที่สุด อาจเนื่องจากขนาดตัวของจังหวัดหนองคายน้อยซึ่งมีจำนวน 33 คน และส่วนใหญ่มีอายุมากโดยมีอายุเฉลี่ย 43.15 ปี (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 11.56 ปี)

5.2.2 ระดับฝุ่นละออง PM_{2.5}

ประเทศไทยเป็นหนึ่งในประเทศที่มีปัญหาเรื่องฝุ่นละออง PM_{2.5} โดยจากรายงานสถานการณ์คุณภาพอากาศโลก พ.ศ. 2561⁵³ พบว่าเมืองหลวงของประเทศไทยจัดอยู่ในอันดับที่ 23 จาก 73 ประเทศที่มีค่าเฉลี่ยรายปีของ PM_{2.5} สูงสุด และเป็นอันดับที่ 3 ของภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งในการศึกษานี้พบว่าทุกพื้นที่ที่มีปริมาณ PM_{2.5} เฉลี่ยรายปีเกินมาตรฐานองค์การอนามัยโลก โดยจังหวัดที่มีค่าเฉลี่ย 3 ปีของฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีสูงสุด ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ และขอนแก่น ทำให้เห็นว่าปัญหาฝุ่นละออง PM_{2.5} ไม่ได้จำกัดอยู่เฉพาะในพื้นที่เมืองหลวงเท่านั้น เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาในสาธารณรัฐประชาชนจีน พบว่าระดับฝุ่นละออง PM_{2.5} สูงกว่าของประเทศไทย จากการศึกษาของ Xiaoxu Xie และคณะ⁵⁴ ในปี พ.ศ.2561 พบว่าค่าเฉลี่ย 3 ปีของปริมาณฝุ่นละออง

PM_{2.5} อยู่ที่ 47.0 µg/m³ (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 17 µg/m³) เปรียบเทียบกับการศึกษาที่มีระดับ PM_{2.5} มีค่าเฉลี่ยรายปีตลอดการศึกษา 23.74 µg/m³ (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 5.73 µg/m³) หรือ การศึกษาของ Hong Chen และคณะ⁴⁴ ในปี พ.ศ. 2556 ที่ประเทศแคนาดา ซึ่งมีระดับ PM_{2.5} เฉลี่ย รายปี 10.7 µg/m³ (พิสัย 2.9–19.2 µg/m³) และการศึกษาของ Trenton Honda และคณะ⁵⁵ ใน ประเทศสหรัฐอเมริกา ปี พ.ศ. 2560 มีระดับ PM_{2.5} เฉลี่ยตลอดระยะเวลาการศึกษา 13.2 µg/m³ (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3.0 µg/m³) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าประเทศที่มีระดับฝุ่นละออง PM_{2.5} อยู่ใน ระดับที่ต่ำก็ส่งผลกระทบต่อสุขภาพได้เช่นกัน

5.2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปี เมื่อควบคุมปัจจัยกวนอื่น ๆ กับ ระดับความดันโลหิต และความชุกของโรคความดันโลหิตสูงในกำลังพลกองทัพบก

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการศึกษานี้ พบว่าปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปี มีความสัมพันธ์กับ การเกิดโรคความดันโลหิตสูง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยไม่พบการตอบสนองต่อปริมาณที่ชัดเจน อาจแสดงให้เห็นว่าการสัมผัสฝุ่นละออง PM_{2.5} ระยะยาวสัมพันธ์กับการเกิดโรคความดันโลหิตสูง ซึ่ง สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Xiaoxu Xie และคณะ⁵⁴ ในปี พ.ศ. 2561 ที่สาธารณรัฐประชาชนจีน ในประชากร 20 – 49 ปี พบว่าการสัมผัสฝุ่นละออง PM_{2.5} ระยะยาวที่เพิ่มขึ้นทุก ๆ 10 µg/m³ จะมี อัตราส่วนแตรัมต่อในการเกิดโรคความดันโลหิตสูงเพิ่มขึ้น 1.01 เท่า (95% CI 1.007-1.012) และ การศึกษาของ Hualiang Lin และคณะ⁵⁶ ในปี พ.ศ. 2560 ที่สาธารณรัฐประชาชนจีน ในประชากร อายุ 50 ปีขึ้นไป พบว่าการสัมผัสฝุ่นละออง PM_{2.5} ระยะยาวที่เพิ่มขึ้นทุก ๆ 10 µg/m³ มีอัตราส่วน แตรัมต่อในการเกิดโรคความดันโลหิตสูงเพิ่มขึ้น 1.14 เท่า (95% CI 1.07-1.22) อีกทั้งการศึกษาของ Hong Chen และคณะ⁴⁴ ในปี พ.ศ. 2557 ของประชากร ประเทศแคนาดา พบว่าการสัมผัสฝุ่นละออง PM_{2.5} ระยะยาวที่เพิ่มขึ้นทุก ๆ 10 µg/m³ มีความเสี่ยงการเกิดโรคความดันโลหิตสูงเพิ่มขึ้น 1.13 เท่า (95% CI 1.05-1.22) นอกจากนี้การศึกษาของ Trenton Honda และคณะ⁵⁵ ในปี พ.ศ. 2560 ของ พื้นที่ 11 รัฐในสหรัฐอเมริกา ในผู้หญิงวัยหมดประจำเดือน พบว่าการสัมผัสฝุ่นละออง PM_{2.5} ระยะ ยาวที่เพิ่มขึ้นในแต่ละควอไทล์คือทุก ๆ 3.98 µg/m³ มีความเสี่ยงการเกิดโรคความดันโลหิตสูงเพิ่มขึ้น 1.13 เท่า (95% CI 1.08-1.17) โดยในการศึกษานี้พบว่าปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีที่เพิ่มขึ้น 10 µg/m³ อัตราส่วนแตรัมต่อในการเกิดโรคความดันโลหิตสูงเพิ่มขึ้น 1.26 เท่า (95% CI 1.09-1.47) ซึ่งสูง กว่าในการศึกษาในสาธารณรัฐประชาชนจีน อาจเป็นเพราะแหล่งกำเนิดของฝุ่นละออง ในประเทศไทยส่วนใหญ่มาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในการคมนาคมขนส่ง และการเผาไหม้ขยะของเสียและชีวมวล⁵⁷ ซึ่ง

แตกต่างจากองค์ประกอบของฝุ่นสาธารณสุขรัฐประชาชนจีนที่ส่วนใหญ่มาจากการพัดพาฝุ่นจากพื้นดินทรายและดินเหลือง ฝุ่นละอองจากการขนส่งทางถนน และการก่อสร้าง⁵⁸ ซึ่งอาจมีความเป็นพิษน้อยกว่าฝุ่นที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง⁵⁹

และยังพบว่าปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีมีความสัมพันธ์กับระดับความดันโลหิต โดยไม่พบการตอบสนองต่อปริมาณที่ชัดเจน ซึ่งในการศึกษานี้พบว่าปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีที่เพิ่มขึ้น 10 µg/m³ ระดับความดันซิสโตลิกและความดันไดแอสโตลิกจะเพิ่มขึ้น 0.91 mmHg (95% CI 0.16-1.65) และ 0.63 mmHg (95% CI 0.09-1.17) ตามลำดับ ซึ่งความดันซิสโตลิกเพิ่มสูงสุดในระดับฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีที่ควอไทล์ที่ 4 ส่วนความดันไดแอสโตลิกเพิ่มสูงสุดในระดับฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีที่ควอไทล์ที่ 2 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Xiaoxu Xie และคณะ⁵⁴ พบว่าปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} ที่เพิ่มขึ้น 10 µg/m³ ผลเพิ่มความดันโลหิตซิสโตลิก 0.569 mmHg (95% CI 0.564-0.573) และมีผลเพิ่มความดันโลหิตไดแอสโตลิก 0.384 mmHg (95% CI 0.564-0.573) และการศึกษาของ Hualiang Lin และคณะ⁵⁶ พบว่าปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} ที่เพิ่มขึ้น 10 µg/m³ ระดับความดันซิสโตลิกและความดันไดแอสโตลิกจะเพิ่มขึ้น 1.30 mmHg (95% CI 0.04-3.56) และ 1.04 mmHg (95% CI 0.31-1.78) ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าประเทศจีนที่มีปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} อยู่ในระดับที่สูงกว่าการศึกษานี้หรือประเทศแคนาดาและสหรัฐอเมริกาที่มีปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} ต่ำกว่า ก็พบความสัมพันธ์กับการเกิดโรคความดันโลหิตสูงและระดับความดันโลหิตเช่นเดียวกัน ซึ่งสนับสนุนคำแนะนำจากองค์การอนามัยโลกที่ต้องการลดการสัมผัสฝุ่นละออง PM_{2.5} ให้มากที่สุดเนื่องจากไม่มีระดับที่ปลอดภัยต่อสุขภาพ ทั้งนี้ระดับความสัมพันธ์ที่ต่างกันในแต่ละการศึกษาอาจเนื่องมาจากลักษณะประชากรเชื้อชาติ พฤติกรรมการดำรงชีวิต ลักษณะภูมิอากาศ และส่วนประกอบของฝุ่นในแต่ละพื้นที่ที่มีความแตกต่างกัน

5.2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปี เมื่อควบคุมปัจจัยกวนอื่น ๆ กับระดับความดันโลหิต และความชุกของโรคความดันโลหิตสูงในกำลังพลกองทัพบก และเมื่อวิเคราะห์ตามกลุ่มย่อย

การศึกษานี้ได้ทำการวิเคราะห์กลุ่มย่อยตามปัจจัยระดับบุคคลคือ แบ่งตามเพศ และกลุ่มอายุ โดยแบ่งเป็นช่วงอายุ 15-29 ปี 30-44 ปี และผู้ที่มีอายุตั้งแต่ 45 ปีขึ้นไป เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเพศ พบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ PM_{2.5} รายปีกับการเกิดโรคความดันโลหิตสูงและระดับความดันโลหิตในเพศชาย ในส่วนเพศหญิงไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีกับการเกิดโรคความดันโลหิตสูง ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาของ Hong Chen และคณะ⁴⁴ ที่ศึกษาใน

ประชากรทุกกลุ่มอายุ และพบความสัมพันธ์ทั้งในเพศหญิงและชาย อาจเป็นเพราะในการศึกษานี้ในเพศหญิงมีขนาดตัวอย่างน้อย และทำการศึกษาในวัยทำงานที่มีอายุระหว่าง 18-60 ปี จึงมีโอกาสพบโรคความดันโลหิตสูงในเพศชายมากกว่าเพศหญิง สอดคล้องกับการศึกษาของ Bethany Everett และคณะ⁶⁰ และ Kathryn Sandberg และคณะ⁶¹ ซึ่งพบว่าในวัยเจริญพันธุ์โอกาสเกิดโรคความดันโลหิตสูงในเพศชายมากกว่าเพศหญิง แต่เพศหญิงเมื่อเข้าสู่วัยหมดประจำเดือนจะมีฮอร์โมนเอสโตรเจนลดลงทำให้มีโอกาสเกิดโรคความดันโลหิตสูงเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ลักษณะการทำงานของทหารหญิง ส่วนใหญ่ปฏิบัติหน้าที่ส่วนงานธุรการ และงานบริการทางการแพทย์ จึงมีความตระหนักในการดูแลสุขภาพ รวมถึงมีการทำงานในสนามและงานกลางแจ้งน้อยกว่า จึงอาจรับสัมผัสฝุ่นละออง PM_{2.5} น้อยกว่าในเพศชาย

เมื่อเปรียบเทียบตามกลุ่มอายุ พบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ PM_{2.5} รายปีกับการเกิดโรคความดันโลหิตสูงในวัยทำงานตอนต้น อายุ 15-29 ปี และตอนกลาง อายุ 30-44 ปี ของระดับฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีในทุกควอไทล์ ส่วนวัยทำงานตอนปลาย อายุตั้งแต่ 45 ปีขึ้นไป พบความสัมพันธ์เฉพาะในระดับฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีที่ควอไทล์ที่ 4 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของของ Xiaoxu Xie และคณะ⁵⁴ ที่ศึกษาในวัยหนุ่มสาว ซึ่งพบความสัมพันธ์ทั้งในกลุ่มอายุ 20-34 ปี และ 35-49 ปี สำหรับในการศึกษานี้ อาจเป็นเพราะ วัยทำงานตอนต้นของทหาร ลักษณะการทำงานเป็นการปฏิบัติในสนามเป็นหลัก ทั้งการฝึกตามวงรอบการฝึกประจำปี การปฏิบัติงานในกองกำลังป้องกันชายแดน และการปฏิบัติตามแผนป้องกันประเทศ เป็นต้น ต่อมาในวัยทำงานตอนกลาง เริ่มมีการปฏิบัติงานในส่วนผู้บังคับบัญชาและฝ่ายอำนวยการ ซึ่งยังมีปฏิบัติงานในส่วนกองบังคับการหรือกองบัญชาการเมื่อมีการฝึกในสนาม จึงมีโอกาสสัมผัสฝุ่นละออง PM_{2.5} มากกว่าวัยทำงานตอนปลาย ที่ปฏิบัติงานในส่วนผู้บังคับบัญชาาระดับสูงและเจ้าหน้าที่ในส่วนสนับสนุน ซึ่งเน้นการปฏิบัติงานในที่ตั้งและงานนโยบาย อาจแสดงให้เห็นว่ากลุ่มผู้ที่ทำงานกลางแจ้งเป็นกลุ่มเสี่ยงที่จะมีผลกระทบทางสุขภาพจากฝุ่นละออง PM_{2.5} มากกว่า

สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ PM_{2.5} รายปีกับระดับความดันโลหิต วัยทำงานตอนต้น พบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ PM_{2.5} รายปีกับการเพิ่มขึ้นของความดันซิสโตลิกของระดับฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีทุกควอไทล์ ส่วนวัยทำงานตอนกลาง และวัยทำงานตอนปลาย พบความสัมพันธ์เฉพาะในระดับฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีที่ควอไทล์ที่ 2 และควอไทล์ที่ 4 ตามลำดับ ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ PM_{2.5} รายปีกับการเพิ่มขึ้นของความดันไดแอสโตลิก พบความสัมพันธ์ของระดับฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปีในทุกควอไทล์และทุกช่วงวัยทำงาน อาจเนื่องการผลกระทบจากสัมผัสฝุ่นละออง

PM_{2.5} ส่วนใหญ่มีผลจากการเกิดอนุภาคนิวเคลียสและการอักเสบทั่วร่างกาย ทำให้เกิดการหดตัวของหลอดเลือดและทำให้ความต้านทานในเส้นเลือดเพิ่มมากขึ้น ซึ่งส่งผลให้ความดันโลหิตเพิ่มสูงขึ้น⁶²

ในส่วนการวิเคราะห์ตามอนุภาครายปี พบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ PM_{2.5} รายปีกับการเกิดโรคความดันโลหิตสูงในกลุ่มที่อยู่ในพื้นที่ที่มีอนุภาครายปีมากกว่า 29 อนุภาคเซลเซียส ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Wensu Zhou และคณะ⁶³ ในประเทศจีนพบว่าการสัมผัสความร้อนและมลพิษทางอากาศมีผลเสริมฤทธิ์ในการเกิดโรคความดันโลหิตสูง และการศึกษาของ Li-Zi Lin และคณะ⁶⁴ ในประเทศจีนพบว่าการสัมผัสสภาพอากาศร้อนเป็นระยะเวลาสั้นสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของความดันโลหิตและการเกิดโรคความดันโลหิตสูงได้ ในการศึกษานี้อาจเป็นเพราะในช่วงที่เปลี่ยนเข้าสู่ฤดูร้อนซึ่งมีอนุภาคสูงชันและมีการเพิ่มขึ้นของฝุ่นละออง PM_{2.5} มากขึ้นด้วย ในส่วนความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ PM_{2.5} รายปีกับระดับความดันโลหิตไม่ตรงกัน โดยในการศึกษานี้พบว่าความดันซิสโตลิกจะลดลงในกลุ่มที่อยู่ในพื้นที่ที่มีอนุภาครายปีไม่เกิน 29 อนุภาคเซลเซียส แต่ทั้งความดันซิสโตลิกและไดแอสโตลิกจะเพิ่มขึ้นในกลุ่มที่อยู่ในพื้นที่ที่มีอนุภาครายปีมากกว่า 29 อนุภาคเซลเซียส ซึ่งไม่ตรงกับการศึกษา Robert D. Brook และคณะ⁶⁵ ในสหรัฐอเมริกาที่พบว่าการสัมผัสสภาพแวดล้อมที่เย็นทำให้ความดันโลหิตเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้มีการศึกษาของ Sungha Park และคณะ⁶⁶ ในเอเชียพบว่าอนุภาคสภาพแวดล้อมที่เพิ่มขึ้นทำให้ความดันโลหิตในช่วงเช้าและกลางวันลดลง แต่ความดันโลหิตในช่วงเวลากลางคืนเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งอาจต้องพิจารณาทำการศึกษิตตามแผนต่อไป

5.3 ข้อจำกัดในการวิจัย

ข้อมูลการรับสัมผัสสิ่งคุกคาม ได้แก่ ระดับมลพิษอากาศและข้อมูลอูตุนิยมหาวิทยาลัย เป็นข้อมูลระดับพื้นที่ ไม่ใช่สิ่งที่ผู้ป่วยแต่ละคนสัมผัสจริง อัตราส่วนแต้มต่อการเกิดโรคความดันโลหิตสูงที่ได้นั้น จึงไม่สามารถนำไปใช้บอกความเสี่ยงที่จะเกิดโรคนั้น ๆ ในระดับบุคคลได้ แต่สามารถนำไปประมาณการณ์ในภาพรวมได้ว่าหากระดับ PM_{2.5} เพิ่มขึ้นแล้ว จะมีอัตราส่วนแต้มต่อการเกิดโรคความดันโลหิตสูงเป็นอย่างไร และประชากรในการศึกษานี้ช่วงอายุอยู่ในวัยทำงานมักมีสุขภาพแข็งแรง (healthy worker effect) จึงไม่สามารถบอกความสัมพันธ์ของประชากรได้

การศึกษานี้เป็นการศึกษาภาคตัดขวาง จึงไม่สามารถบอกความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของฝุ่นละออง PM_{2.5} กับการเกิดโรคความดันโลหิตสูงได้ แต่สามารถบอกสมมติฐานและถือเป็นการศึกษานำร่อง (Hypothesis generating study) ได้

5.4 ข้อดีของการศึกษา

การศึกษานี้เป็นการศึกษาครั้งแรกในประเทศไทยในประเด็นความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปี กับระดับความดันโลหิต และการเกิดโรคความดันโลหิตสูงในกำลังพลกองทัพบกไทย ซึ่งเป็นการศึกษาที่มีขนาดใหญ่และมีข้อมูลสุขภาพระดับบุคคลค่อนข้างครบ เนื่องจากใช้ข้อมูลการตรวจสุขภาพประจำปีของกำลังพลทหารทั่วประเทศ

5.5 ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยที่พบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปี กับความชุกของโรคความดันโลหิตสูงในกำลังพลกองทัพบก โดยเฉพาะในวัยทำงานตอนต้นและตอนกลาง ซึ่งมีการปฏิบัติงานในสนามและงานกลางแจ้งเป็นหลัก อาจมีโอกาสนสัมผัสฝุ่นละออง PM_{2.5} เพิ่มมากขึ้น จึงมีข้อเสนอแนะดังนี้

1. ระดับนโยบายขององค์กร แนะนำให้หลีกเลี่ยงการฝึกภาคสนามและการฝึกตามวงรอบประจำปี ในช่วงที่มีระดับฝุ่นละออง PM_{2.5} สูงและอุณหภูมิสภาพแวดล้อมสูง

2. ระดับหน่วยโรงพยาบาลกองทัพบกในแต่ละพื้นที่

2.1 แนะนำให้มีการเฝ้าระวังสุขภาพของกำลังพลและเฝ้าระวังทางสิ่งแวดล้อม รวมถึงสื่อสารความเสี่ยงถึงสถานการณ์ระดับฝุ่นละออง PM_{2.5} และผลกระทบต่อสุขภาพ

2.2 ให้ความรู้กำลังพลเกี่ยวกับโรคจากการสัมผัสฝุ่นละออง PM_{2.5} และคำแนะนำในการปฏิบัติตนเองเพื่อลดการสัมผัสฝุ่นละออง PM_{2.5} ในช่วงมีระดับฝุ่นละออง PM_{2.5} สูง เช่น หลีกเลี่ยงกิจกรรมทางกายกลางแจ้ง และหากจำเป็นต้องอยู่กลางแจ้งควรใช้หน้ากากป้องกันฝุ่นละออง PM_{2.5}

2.3 จัดกิจกรรมรณรงค์การลดฝุ่นละออง PM_{2.5} เช่น งดเว้นการเผาในที่โล่ง ดับเครื่องยนต์เมื่อจอดยานพาหนะ งดการจุดธูปและสูบบุหรี่ รวมถึงดูแลสุขภาพแวดล้อมที่พักอาศัยและที่ทำงานอย่างสม่ำเสมอ เป็นต้น

และจากการศึกษาพบว่าปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปี ในช่วงปี พ.ศ. 2561 – พ.ศ. 2563 ของทุกภาคเกินทั้งมาตรฐานประเทศไทยและองค์การอนามัยโลก โดยมีแนวโน้มสูงเพิ่มขึ้นนั้น แสดงว่าการแก้ไขปัญหามลพิษด้านฝุ่นละอองยังไม่บรรลุตามเป้าหมายของวาระแห่งชาติ หน่วยงานเกี่ยวข้องต้องควบคุมกำกับแหล่งกำเนิดฝุ่นละออง PM_{2.5} อย่างเคร่งครัดและต่อเนื่อง เช่น การเผาในที่โล่ง โรงงานอุตสาหกรรม การคมนาคม เป็นต้น ซึ่งหากสามารถดำเนินการควบคุมและลดปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} ได้อย่างเป็นรูปธรรม จะทำให้ประชาชนลดความเสี่ยงในการโรคความดันโลหิตสูงซึ่ง

เป็นปัจจัยเสี่ยงในการเกิดโรคหลอดเลือดและสมอง และยังช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการรักษาผู้ป่วยได้อีกด้วย

5.6 ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาต่อยอด

สำหรับการศึกษาในอนาคต อาจพิจารณาทำการศึกษาตามแผน (Cohort Study) เพื่อสามารถบอกความสัมพันธ์เชิงสาเหตุของฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ กับการเกิดโรคความดันโลหิตสูงได้ โดยมีการปรับปรุงข้อมูลทั้งข้อมูลการรับสัมผัส เช่น มีข้อมูลระดับฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ ที่ยาวนานมากขึ้น และจำนวนสถานีตรวจวัดมากขึ้นเพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่มากขึ้น และข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างควรมีรายละเอียดของลักษณะการทำงานและพฤติกรรมสุขภาพเพิ่มมากขึ้น เช่น ตำแหน่งและลักษณะการทำงาน ระยะเวลาที่ปฏิบัติงานกลางแจ้ง ความถี่และปริมาณของการสูบบุหรี่และการดื่มสุรา และพฤติกรรมกรบริโภค เป็นต้น

คำสำคัญ (Keywords)

ภาษาไทย: ฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ ระดับความดันโลหิต โรคความดันโลหิตสูง

ภาษาอังกฤษ: Particulate matter, $PM_{2.5}$, Blood pressure, BP, Hypertension

บรรณานุกรม

1. World Health Organization. Ambient (outdoor) air pollution. Geneva: World Health Organization; 2022 [Available from: [https://www.who.int/news-room/factsheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/factsheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)].
2. World Bank Group. The Cost of Air Pollution: Strengthening the Economic Case for Action. Seattle: The World Bank and Institute for Health Metrics and Evaluation; 2016. Available from: <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/25013/108141.pdf?sequence=4&isAllowed=y>.
3. The United Nations Environmental Programme (UNEP). World Air Quality Report Region & City PM2.5 Ranking. Goldach: The Centre for Research on Energy and Clean Air (CREA); 2020. Available from: <https://www.iqair.com/world-air-quality-report>.
4. World Health Organization. WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Geneva: World Health Organization; 2021.
5. ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เรื่อง กำหนดมาตรฐานฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ในบรรยากาศโดยทั่วไป. In: คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, editor.: ราชกิจจานุเบกษา; 2565.
6. Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME). Air Pollution Seattle: Population Health Building/Hans Rosling Center; 2015 [Available from: <https://www.healthdata.org/air-pollution>].
7. Liu L, Ruddy T, Dalipaj M, Poon R, Szyszkowicz M, You H, et al. Effects of Indoor, Outdoor, and Personal Exposure to Particulate Air Pollution on Cardiovascular Physiology and Systemic Mediators in Seniors. Journal of Occupational and Environmental Medicine. 2009;51(9).
8. Jalali S, Karbakhsh M, Momeni M, Taheri M, Amini S, Mansourian M, et al. Long-term exposure to PM2.5 and cardiovascular disease incidence and mortality in an Eastern Mediterranean country: findings based on a 15-year cohort study. Environmental Health. 2021;20(1):1-16.
9. Bartoli CR, Wellenius GA, Diaz EA, Lawrence J, Coull BA, Akiyama I, et al.

Mechanisms of inhaled fine particulate air pollution-induced arterial blood pressure changes. *Environmental Health Perspectives*. 2009;117(3):361-6.

10. Feng S, Gao D, Liao F, Zhou F, Wang XJE, safety e. The health effects of ambient PM_{2.5} and potential mechanisms. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2016;128:67-74.

11. Forouzanfar MH, Afshin A, Alexander LT, Anderson HR, Bhutta ZA, Biryukov S, et al. Global, regional, and national comparative risk assessment of 79 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks, 1990–2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015. *The Lancet*. 2016;388(10053):1659-724.

12. Danaei G, Finucane MM, Lin JK, Singh GM, Paciorek CJ, Cowan MJ, et al. National, regional, and global trends in systolic blood pressure since 1980: systematic analysis of health examination surveys and epidemiological studies with 786 country-years and 5.4 million participants. *The Lancet*. 2011;377(9765):568-77.

13. Kannan S, Dvornch J, Schulz AJ, Israel BA, Mentz G, House J, et al. Exposure to fine particulate matter and acute effects on blood pressure: effect modification by measures of obesity and location. *Journal of Epidemiology & Community Health*. 2010;64(01):68-74.

14. Dvornch JT, Kannan S, Schulz AJ, Keeler GJ, Mentz G, House J, et al. Acute effects of ambient particulate matter on blood pressure: differential effects across urban communities. *Hypertension*. 2009;53(5):853-9.

15. ศูนย์วิศวกรรมสารสนเทศภูมิศาสตร์และนวัตกรรม. โครงการติดตามตรวจสอบและเฝ้าระวังคุณภาพอากาศ. 2016.

16. กองบัญชีประชาชาติ. ผลิตภัณฑ์ภาคและจังหวัดแบบปริมาณลูกโซ่ ฉบับ พ.ศ. 2562 (Gross Regional and Provincial Product Chain Volume Measure 2019 Edition). กรุงเทพฯ: สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ; 2562. Available from:

https://www.nesdc.go.th/ewt_dl_link.php?nid=11539&filename=gross_regional.

17. ศูนย์พัฒนาองค์ความรู้ด้านกิจกรรมทางกายประเทศไทย. คู่มือกิจกรรมทางกายประจำบ้าน. นครปฐม: สถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล; 2563.

18. Wilson WE, Suh HH. Fine Particles and Coarse Particles: Concentration Relationships Relevant to Epidemiologic Studies. *Journal of the Air & Waste*

Management Association. 1997;47(12):1238-49.

19. Westervelt D, Horowitz L, Naik V, Tai A, Fiore A, Mauzerall DLJAe. Quantifying PM_{2.5}-meteorology sensitivities in a global climate model. *Atmospheric Environment*. 2016;142:43-56.

20. กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม สก. โครงการศึกษาแหล่งกำเนิดและแนวทางการจัดการฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล. 2561.

21. Dahari N, Muda K, Latif MT, Hussein NJA-PJoAS. Studies of atmospheric PM_{2.5} and its inorganic water soluble ions and trace elements around Southeast Asia: a review. *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences*. 2021;57(2):361-85.

22. กรมควบคุมมลพิษ. รายงานระบบฐานข้อมูลแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศในประเทศไทย กรุงเทพฯ: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม; 2560 [Available from: <http://ecap.pcd.go.th/public/index.php>.

23. Narita D, Oanh NTK, Sato K, Huo M, Permadi DA, Chi NNH, et al. Pollution characteristics and policy actions on fine particulate matter in a growing Asian economy: The case of Bangkok Metropolitan Region. *Atmosphere*. 2019;10(5):227.

24. Kim K-H, Kabir E, Kabir SJEi. A review on the human health impact of airborne particulate matter. *Environment International*. 2015;74:136-43.

25. Feng S, Gao D, Liao F, Zhou F, Wang X. The health effects of ambient PM_{2.5} and potential mechanisms. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2016;128:67-74.

26. Libby P, Bonow RO, Mann DL, Tomaselli GF, Zipes DP. Braunwald's heart disease e-book: A textbook of cardiovascular medicine. Boston: Elsevier Health Sciences; 2018.

27. Brook RD, Bard RL, Morishita M, Dvonch JT, Wang L, Yang H-y, et al. Hemodynamic, autonomic, and vascular effects of exposure to coarse particulate matter air pollution from a rural location. *Environmental Health Perspectives*. 2014;122(6):624-30.

28. Meo S, Suraya F. Effect of environmental air pollution on cardiovascular diseases. *European Review for Medical and Pharmacological Sciences*. 2015;19(24):4890-7.

29. Miller MR. The role of oxidative stress in the cardiovascular actions of particulate air pollution. *Biochemical Society Transactions*. 2014;42(4):1006-11.

30. Geiser M, Kreyling WG. Deposition and biokinetics of inhaled nanoparticles. *Particle Fibre Toxicology*. 2010;7(1):1-17.

31. Bhatnagar A. Cardiovascular pathophysiology of environmental pollutants. *American Journal of Physiology-Heart Circulatory Physiology*. 2004;286(2):H479-H85.
32. Schmid O, Möller W, Semmler-Behnke M, A. Ferron G, Karg E, Lipka J, et al. Dosimetry and toxicology of inhaled ultrafine particles. *Biomarkers*. 2009;14(sup1):67-73.
33. Harlan WR, Landis JR, Schmouder RL, Goldstein NG, Harlan LC. Blood lead and blood pressure: relationship in the adolescent and adult US population. *JAMA*. 1985;253(4):530-4.
34. Nawrot T, Thijs L, Den Hond E, Roels H, Staessen JA. An epidemiological re-appraisal of the association between blood pressure and blood lead: a meta-analysis. *Journal of Human Hypertension*. 2002;16(2):123-31.
35. Abhyankar LN, Jones MR, Guallar E, Navas-Acien A. Arsenic exposure and hypertension: a systematic review. *Environmental Health Perspectives*. 2012;120(4):494-500.
36. Satarug S, Baker JR, Urbenjapol S, Haswell-Elkins M, Reilly PE, Williams DJ, et al. A global perspective on cadmium pollution and toxicity in non-occupationally exposed population. *Toxicology Letters*. 2003;137(1-2):65-83.
37. Sun Q, Ren X, Sun Z, Duan J. The critical role of epigenetic mechanism in PM_{2.5}-induced cardiovascular diseases. *Genes and Environment*. 2021;43(1):1-8.
38. Giorgini P, Di Giosia P, Grassi D, Rubenfire M, D Brook R, Ferri C. Air pollution exposure and blood pressure: an updated review of the literature. *Current Pharmaceutical Design*. 2016;22(1):28-51.
39. Pereira M, Lunet N, Azevedo A, Barros H. Differences in prevalence, awareness, treatment and control of hypertension between developing and developed countries. *Journal of Hypertension*. 2009;27(5):963-75.
40. วิชัย เอกพลากร, หทัยชนก พรระจเรียม, กนิษฐา ไทยกล้า, เสถียรนพเก้า ว. การสำรวจสุขภาพคนไทยโดยการตรวจร่างกาย ครั้งที่ 5 พ.ศ. 2557. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข (สวรส.); 2559.
41. อภิชาติ สுகนธสรพร, ระพีพล กุญชร ณ อยุธยา, สุรพันธ์ สิทธิสุข. แนวทางการรักษาโรคความดันโลหิตสูงในเวชปฏิบัติทั่วไป พ.ศ. 2562. กรุงเทพฯ: สมาคมความดันโลหิตสูงแห่งประเทศไทย (Thai Hypertension Society); 2562.
42. National High Blood Pressure Education P. The Seventh Report of the Joint National Committee on Prevention, Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood

Pressure. Bethesda (MD): National Heart, Lung, and Blood Institute (US); 2004.

43. Li N, Chen G, Liu F, Mao S, Liu Y, Liu S, et al. Associations between long-term exposure to air pollution and blood pressure and effect modifications by behavioral factors. *Environmental Research*. 2020;182:109109.

44. Chen H, Burnett RT, Kwong JC, Villeneuve PJ, Goldberg MS, Brook RD, et al. Spatial association between ambient fine particulate matter and incident hypertension. *Circulation*. 2014;129(5):562-9.

45. Stanković A, Nikolić M. Long-term ambient air pollution exposure and risk of high blood pressure among citizens in Nis, Serbia. *Clinical and Experimental Hypertension*. 2016;38(1):119-24.

46. Cakmak S, Dales R, Leech J, Liu L. The influence of air pollution on cardiovascular and pulmonary function and exercise capacity: Canadian Health Measures Survey (CHMS). *Environmental Research*. 2011;111(8):1309-12.

47. Yang B-Y, Qian Z, Howard SW, Vaughn MG, Fan S-J, Liu K-K, et al. Global association between ambient air pollution and blood pressure: a systematic review and meta-analysis. *Environmental Pollution*. 2018;235:576-88.

48. อรรถพล เจริญชันษา, เถลิงศักดิ์ เพ็ชรสุวรรณ, ถิรมงคล พ. สถานการณ์และการจัดการปัญหาหมอกพิษทางอากาศและเสียงของประเทศไทย ปี 2563. กรุงเทพฯ: กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม; 2564.

49. Oke TR. *Boundary Layer Climates*. United Kingdom: The Taylor & Francis; 2002. Available from: <http://doh.hpc.go.th/data/air/BoundaryLayerClimate.pdf>.

50. กองวิเคราะห์และประเมินค่า กรมกำลังพลทหารบก. สถานภาพกำลังพลกองทัพบก ปี พ.ศ. 2563 2563 22 พฤศจิกายน 2564.

51. อรรถเกียรติ กาญจนพิบูลวงศ์, ภาณุวัฒน์ คำวังสง่า. รายงานสถานการณ์โรค NCDs เบาหวาน ความดันโลหิตสูง และปัจจัยเสี่ยงที่เกี่ยวข้อง พ.ศ. 2562. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์อักษรกราฟฟิคแอนด์ดีไซน์; 2562.

52. สมเกียรติ โพธิ์สัตย์, สุรพันธ์ พงศ์สุธนะ. ภาวะความดันโลหิตสูง. กรุงเทพมหานคร: กรมการแพทย์; 2557.

53. รายงานสถานการณ์คุณภาพอากาศโลก พ.ศ. 2561. กรุงเทพฯ: กรีนพีซ เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (ประเทศไทย); 2561.

54. Xie X, Wang Y, Yang Y, Xu J, Zhang Y, Tang W, et al. Long-Term Effects of Ambient Particulate Matter (With an Aerodynamic Diameter $\leq 2.5 \mu\text{m}$) on Hypertension and Blood Pressure and Attributable Risk Among Reproductive-Age Adults in China.

Journal of the American Heart Association. 2018;7(9):e008553.

55. Honda T, Eliot MN, Eaton CB, Whitsel E, Stewart JD, Mu L, et al. Long-term exposure to residential ambient fine and coarse particulate matter and incident hypertension in post-menopausal women. *Environment International*. 2017;105:79-85.
56. Lin H, Guo Y, Zheng Y, Di Q, Liu T, Xiao J, et al. Long-term effects of ambient PM_{2.5} on hypertension and blood pressure and attributable risk among older Chinese adults. *Hypertension*. 2017;69(5):806-12.
57. Chuersuwan N, Nimrat S, Lekphet S, Kerdkumrai T. Levels and major sources of PM_{2.5} and PM₁₀ in Bangkok Metropolitan Region. *Environment International*. 2008;34(5):671-7.
58. Yang F, Tan J, Zhao Q, Du Z, He K, Ma Y, et al. Characteristics of PM_{2.5} speciation in representative megacities and across China. *Atmospheric Chemistry and Physics*. 2011;11(11):5207-19.
59. Aguilera I, Dratva J, Caviezel S, Burdet L, de Groot E, Ducret-Stich RE, et al. Particulate matter and subclinical atherosclerosis: associations between different particle sizes and sources with carotid intima-media thickness in the SAPALDIA study. *Environmental Health Perspectives*. 2016;124(11):1700-6.
60. Everett B, Zajacova A. Gender differences in hypertension and hypertension awareness among young adults. *Biodemography and social biology*. 2015;61(1):1-17.
61. Sandberg K, Ji H. Sex differences in primary hypertension. *Biology of Sex Differences*. 2012;3(1):1-21.
62. Touyz R, Schiffrin E. Reactive oxygen species in vascular biology: implications in hypertension. *Histochemistry and Cell Biology*. 2004;122:339-52.
63. Zhou W, Wang Q, Li R, Kadier A, Wang W, Zhou F, et al. Combined effects of heatwaves and air pollution, green space and blue space on the incidence of hypertension: A national cohort study. *Science of The Total Environment*. 2023;161560.
64. Lin L-Z, Su F, Fang Q-L, Ho HC, Zhou Y, Ma H-M, et al. The association between anthropogenic heat and adult hypertension in Northeast China. *Science of The Total Environment*. 2022;815:152926.
65. Brook RD, Weder AB, Rajagopalan S. "Environmental hypertensionology" the effects of environmental factors on blood pressure in clinical practice and research.

The Journal of Clinical Hypertension. 2011;13(11):836-42.

66. Park S, Kario K, Chia YC, Turana Y, Chen CH, Buranakitjaroen P, et al. The influence of the ambient temperature on blood pressure and how it will affect the epidemiology of hypertension in Asia. The Journal of Clinical Hypertension. 2020;22(3):438-44.



ภาคผนวก

(ก) การตรวจสอบความสัมพันธ์กันเองระหว่างตัวแปรอิสระ (Multicollinearity) โดยใช้ Spearman Correlation ใช้เกณฑ์มากกว่า 0.8

ตารางที่ 17 การตรวจสอบความสัมพันธ์กันเองระหว่างตัวแปรอิสระ

	อายุ	เพศ	ดัชนีมวล กาย	การสูบ บุหรี่	การดื่ม แอลกอฮอล์	กิจกรรม ทางกาย	GPP	อุณหภูมิ เฉลี่ย	อุณหภูมิ สูงสุด เฉลี่ย	อุณหภูมิ ต่ำสุด เฉลี่ย
อายุ	1.0000									
เพศ	0.0802	1.0000								
ดัชนีมวลกาย	1.5300	-0.0915	1.0000							
การสูบบุหรี่	-0.0378	0.0038	-0.0095	1.0000						
การดื่มแอลกอฮอล์	-0.0734	-0.0018	-0.0134	0.3330	1.0000					
กิจกรรมทางกาย	0.0002	-0.0027	-0.0002	0.0221	0.0762	1.0000				
GPP	0.1140	0.2117	-0.0211	0.0158	0.0092	-0.0043	1.0000			
อุณหภูมิเฉลี่ย	0.1246	0.2286	0.0225	0.0115	-0.0010	-0.0005	0.8194	1.0000		
อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย	0.0430	0.0349	0.0215	-0.0007	-0.0090	0.0001	-0.0242	0.8256	1.0000	
อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย	0.1054	0.2221	0.0124	0.0146	0.0109	-0.0051	0.8804	0.8179	-0.1027	1.0000
ความชื้นสัมพัทธ์	-0.0212	0.0299	-0.0156	0.0083	0.0165	-0.0088	0.2283	-0.0575	-0.5795	0.4378
ความเร็วลมสูงสุด	-0.0712	-0.2107	-0.0004	-0.0080	-0.0099	-0.0053	-0.4840	-0.5359	-0.2249	-0.5121
ปริมาณน้ำฝนสะสม	0.0023	0.0923	-0.0197	-0.0008	0.0027	0.0094	0.2362	0.2034	-0.5376	0.4880
PM _{2.5}	-0.0132	-0.1007	0.0136	-0.0057	-0.0089	-0.0050	-0.2832	-0.2010	0.4943	-0.5211
PM ₁₀	-0.0047	-0.1236	0.0128	-0.0062	-0.0168	-0.0003	-0.4253	-0.3628	0.3064	-0.6159
SO ₂	0.0761	0.1744	0.0018	0.0137	0.0117	0.0039	0.8393	0.4423	-0.4201	0.6204
NO ₂	0.1846	0.2321	0.0256	0.0028	-0.0153	0.0070	0.5417	0.6422	-0.3385	0.5436
CO	0.0930	0.2141	0.0099	0.0094	0.0034	0.0027	0.5008	0.5232	0.0007	0.4359
O ₃	0.0106	0.0175	-0.0040	-0.0027	-0.0011	0.0100	0.2523	0.1105	-0.2573	0.2011

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CHULALONGKORN UNIVERSITY

	ความชื้น สัมพัทธ์	ความเร็ว ลมสูงสุด	ปริมาณ น้ำฝนสะสม	PM _{2.5}	PM ₁₀	SO ₂	NO ₂	CO	O ₃
ความชื้นสัมพัทธ์	1.0000								
ความเร็วลมสูงสุด	-0.1735	1.0000							
ปริมาณน้ำฝนสะสม	0.4912	-0.3170	1.0000						
PM _{2.5}	-0.8336	0.4189	-0.8100	1.0000					
PM ₁₀	-0.5568	0.4935	-0.8154	0.8208	1.0000				
SO ₂	0.2624	-0.5020	0.5065	-0.5062	-0.4705	1.0000			
NO ₂	-0.0465	-0.4269	0.0052	-0.1752	-0.1164	0.2492	1.0000		
CO	0.0050	-0.5298	0.0977	-0.1955	-0.2290	0.6462	0.4722	1.00000	
O ₃	-0.0889	-0.0302	0.3702	0.1105	0.0336	0.3678	-0.0075	-0.0910	1.0000

(ข) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปี กับการเกิดโรคความดันโลหิตสูงและความดันโลหิต ของปี พ.ศ. 2561 - พ.ศ. 2563

ตารางที่ 18 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปี และการเกิดโรคความดันโลหิตสูง ปี พ.ศ. 2561

ปริมาณฝุ่นละออง PM _{2.5} รายปี	Crude OR (95% CI)	Adjusted OR (95% CI)
ควอไทล์ที่ 1	1.00	1.00
ควอไทล์ที่ 2	1.07 (0.96, 1.20)	1.27 (0.98, 1.65)
ควอไทล์ที่ 3	1.13 (1.01, 1.27)*	1.15 (0.97, 1.35)
ควอไทล์ที่ 4	1.17 (1.04, 1.31)**	1.62 (1.19, 2.19)**
ทุก 10 µg/m ³ ที่เพิ่มขึ้น	1.20 (1.13, 1.28)***	1.24 (1.10, 1.39)***

มีนัยสำคัญทางสถิติ * p-value ≤ 0.05 ** p-value ≤ 0.01 *** p-value ≤ 0.001;

Adjusted OR หมายถึงอัตราส่วนแอดัมต่อเมื่อควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ อายุ เพศ ดัชนีมวลกาย การสูบบุหรี่ การดื่มแอลกอฮอล์ กิจกรรมทางกาย O₃ SO₂ NO₂ CO และอุณหภูมิเฉลี่ย

ตารางที่ 19 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปี และการเกิดโรคความดันโลหิตสูง ปี พ.ศ. 2562

ปริมาณฝุ่นละออง PM _{2.5} รายปี	Crude OR (95% CI)	Adjusted OR (95% CI)
ควอไทล์ที่ 1	1.00	1.00
ควอไทล์ที่ 2	1.10 (1.04, 1.15)***	1.24 (1.09, 1.42)**
ควอไทล์ที่ 3	1.15 (1.09, 1.21)***	1.28 (1.16, 1.42)***
ควอไทล์ที่ 4	1.17 (1.11, 1.24)***	1.40 (1.18, 1.67)***
ทุก 10 µg/m ³ ที่เพิ่มขึ้น	1.14 (1.08, 1.19)***	1.28 (1.16, 1.42)***

มีนัยสำคัญทางสถิติ * p-value ≤ 0.05 ** p-value ≤ 0.01 *** p-value ≤ 0.001;

Adjusted OR หมายถึงอัตราส่วนแอดัมต่อเมื่อควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ อายุ เพศ ดัชนีมวลกาย การสูบบุหรี่ การดื่มแอลกอฮอล์ กิจกรรมทางกาย O₃ SO₂ NO₂ CO และอุณหภูมิเฉลี่ย

ตารางที่ 20 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปี และการเกิดโรคความดันโลหิตสูง ปี พ.ศ. 2563

ปริมาณฝุ่นละออง PM _{2.5} รายปี	Crude OR (95% CI)	Adjusted OR (95% CI)
ควอไทล์ที่ 1	1.00	1.00
ควอไทล์ที่ 2	1.08 (0.99, 1.18)	1.29 (1.12, 1.49)***
ควอไทล์ที่ 3	1.08 (0.99, 1.18)	1.14 (0.98, 1.33)
ควอไทล์ที่ 4	1.16 (1.07, 1.26)**	1.32 (1.05, 1.67)**
ทุก 10 µg/m ³ ที่เพิ่มขึ้น	1.14 (1.07, 1.20)***	1.32 (1.13, 1.53)***

มีนัยสำคัญทางสถิติ * p-value ≤ 0.05 ** p-value ≤ 0.01 *** p-value ≤ 0.001;

Adjusted OR หมายถึงอัตราส่วนแตรมต่อเมื่อควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ อายุ เพศ ดัชนีมวลกาย การสูบบุหรี่ การดื่มแอลกอฮอล์ กิจกรรมทางกาย O₃ SO₂ NO₂ CO และอุณหภูมิเฉลี่ย

ตารางที่ 21 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปี และระดับความดันโลหิต ปี พ.ศ. 2561

ปริมาณฝุ่นละออง PM _{2.5} รายปี	ความดันซิสโตลิก (SBP)		ความดันไดแอสโตลิก (DBP)	
	β (95% CI)	Adjusted β (95% CI)	β (95% CI)	Adjusted β (95% CI)
ควอไทล์ที่ 1	อ้างอิง	อ้างอิง	อ้างอิง	อ้างอิง
ควอไทล์ที่ 2	0.78 (0.14, 1.42)*	0.98 (-0.75, 2.72)	0.83 (0.16, 1.50)*	0.99 (-0.62, 2.60)
ควอไทล์ที่ 3	0.93 (0.40, 1.47)**	0.09 (-0.75, 0.92)	1.27 (0.75, 1.79)***	0.48 (-0.37, 1.33)
ควอไทล์ที่ 4	1.72 (0.50, 2.94)**	1.76 (0.89, 4.41)	1.61 (0.61, 2.61)**	1.64 (-0.80, 4.09)
ทุก 10 µg/m ³ ที่เพิ่มขึ้น	1.69 (1.33, 2.04)***	0.72 (-0.02, 1.46)	1.55 (1.31, 1.78)***	0.99 (0.43, 1.55)**

มีนัยสำคัญทางสถิติ * p-value ≤ 0.05 ** p-value ≤ 0.01 *** p-value ≤ 0.001;

Adjusted β หมายถึงระดับความดันโลหิตเมื่อควบคุมปัจจัยต่างๆ ได้แก่ อายุ เพศ ดัชนีมวลกาย การสูบบุหรี่ การดื่มแอลกอฮอล์ กิจกรรมทางกาย O₃ SO₂ NO₂ CO และอุณหภูมิเฉลี่ย

ตารางที่ 22 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปี และระดับความดันโลหิต ปี พ.ศ. 2562

ปริมาณฝุ่นละออง PM _{2.5} รายปี	ความดันซิสโตลิก (SBP)		ความดันไดแอสโตลิก (DBP)	
	β (95% CI)	Adjusted β (95% CI)	β (95% CI)	Adjusted β (95% CI)
ควอไทล์ที่ 1	อ้างอิง	อ้างอิง	อ้างอิง	อ้างอิง
ควอไทล์ที่ 2	0.69 (0.18, 1.20)*	1.80 (0.96, 2.65)***	0.69 (0.27, 1.11)**	1.71 (0.96, 2.46)***
ควอไทล์ที่ 3	1.03 (0.31, 1.75)**	0.98 (0.47, 1.50)**	0.97 (0.38, 1.55)**	0.89 (0.41, 1.36)**
ควอไทล์ที่ 4	1.56 (0.53, 2.60)**	1.52 (0.75, 2.29)**	1.64 (0.90, 2.37)***	1.32 (0.60, 2.03)**
ทุก 10 µg/m ³ ที่เพิ่มขึ้น	1.80 (1.52, 2.07)***	1.68 (0.98, 2.38)***	1.57 (1.24, 1.90)***	1.45 (0.71, 2.19)**

มีนัยสำคัญทางสถิติ * p-value ≤ 0.05 ** p-value ≤ 0.01 *** p-value ≤ 0.001;

Adjusted β หมายถึงระดับความดันโลหิตเมื่อควบคุมปัจจัยต่างๆ ได้แก่ อายุ เพศ ดัชนีมวลกาย การสูบบุหรี่ การดื่มแอลกอฮอล์ กิจกรรมทางกาย O₃ SO₂ NO₂ CO และอุณหภูมิเฉลี่ย

ตารางที่ 23 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปี และระดับความดันโลหิต ปี พ.ศ. 2563

ปริมาณฝุ่นละออง PM _{2.5} รายปี	ความดันซิสโตลิก (SBP)		ความดันไดแอสโตลิก (DBP)	
	β (95% CI)	Adjusted β (95% CI)	β (95% CI)	Adjusted β (95% CI)
คอวไทร์ที่ 1	อ้างอิง	อ้างอิง	อ้างอิง	อ้างอิง
คอวไทร์ที่ 2	1.24 (0.83, 1.65)***	1.36 (0.61, 2.10)**	0.97 (0.33, 1.62)**	1.19 (0.35, 2.04)**
คอวไทร์ที่ 3	1.02 (0.49, 1.56)**	-0.05 (-1.13, 1.03)	1.01 (0.42, 1.60)**	0.59 (-0.11, 1.29)
คอวไทร์ที่ 4	1.69 (0.66, 2.72)**	0.65 (-1.71, 3.01)	1.62 (0.93, 2.30)***	1.27 (-0.60, 2.61)
ทุก 10 µg/m ³ ที่เพิ่มขึ้น	1.95 (1.30, 2.60)***	2.32 (1.06, 3.59)**	1.54 (1.06, 2.01)***	1.60 (0.52, 2.69)**

มีนัยสำคัญทางสถิติ * p-value ≤ 0.05 ** p-value ≤ 0.01 *** p-value ≤ 0.001;

Adjusted β หมายถึงระดับความดันโลหิตเมื่อควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ อายุ เพศ ดัชนีมวลกาย การสูบบุหรี่ การดื่มแอลกอฮอล์ กิจกรรมทางกาย O₃ SO₂ NO₂ CO และอุณหภูมิเฉลี่ย

ตารางที่ 24 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปี และการเกิดโรคความดันโลหิตสูง ปี พ.ศ. 2561 แยกตามเพศ

ปริมาณฝุ่นละออง PM _{2.5} รายปี	เพศชาย		เพศหญิง	
	Crude OR (95% CI)	Adjusted OR (95% CI)	Crude OR (95% CI)	Adjusted OR (95% CI)
คอวไทร์ที่ 1	1.00	1.00	1.00	1.00
คอวไทร์ที่ 2	1.07 (0.95, 1.21)	1.23 (0.92, 1.64)	1.02 (0.93, 1.33)	1.66 (0.64, 4.31)
คอวไทร์ที่ 3	1.16 (1.02, 1.31)**	1.16 (0.96, 1.40)	0.74 (0.71, 1.05)	1.00 (0.53, 1.89)
คอวไทร์ที่ 4	1.18 (1.04, 1.33)**	1.62 (1.16, 2.25)**	0.87 (0.87, 1.29)	1.42 (0.45, 4.47)
ทุก 10 µg/m ³ ที่เพิ่มขึ้น	1.21 (1.13, 1.30)***	1.27 (1.12, 1.43)***	0.86 (0.68, 1.12)	1.09 (0.58, 2.03)

มีนัยสำคัญทางสถิติ * p-value ≤ 0.05 ** p-value ≤ 0.01 *** p-value ≤ 0.001;

Adjusted OR หมายถึงอัตราส่วนแอดัมต่อเมื่อควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ อายุ เพศ ดัชนีมวลกาย การสูบบุหรี่ การดื่มแอลกอฮอล์ กิจกรรมทางกาย O₃ SO₂ NO₂ CO และอุณหภูมิเฉลี่ย

ตารางที่ 25 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปี และการเกิดโรคความดันโลหิตสูง ปี พ.ศ. 2562 แยกตามเพศ

ปริมาณฝุ่นละออง PM _{2.5} รายปี	เพศชาย		เพศหญิง	
	Crude OR (95% CI)	Adjusted OR (95% CI)	Crude OR (95% CI)	Adjusted OR (95% CI)
คอวไทร์ที่ 1	1.00	1.00	1.00	1.00
คอวไทร์ที่ 2	1.11 (1.04, 1.18)**	1.25 (1.09, 1.43)**	1.05 (0.81, 1.36)	0.99 (0.53, 1.85)
คอวไทร์ที่ 3	1.16 (1.10, 1.24)***	1.30 (1.17, 1.44)***	0.91 (0.68, 1.23)	0.79 (0.44, 1.41)
คอวไทร์ที่ 4	1.19 (1.11, 1.27)***	1.45 (1.21, 1.74)***	1.08 (0.80, 1.45)	0.85 (0.39, 1.83)
ทุก 10 µg/m ³ ที่เพิ่มขึ้น	1.15 (1.09, 1.21)***	1.32 (1.19, 1.47)***	0.88 (0.72, 1.07)	0.78 (0.48, 1.27)

มีนัยสำคัญทางสถิติ * p-value ≤ 0.05 ** p-value ≤ 0.01 *** p-value ≤ 0.001;

Adjusted OR หมายถึงอัตราส่วนแอดัมต่อเมื่อควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ อายุ เพศ ดัชนีมวลกาย การสูบบุหรี่ การดื่มแอลกอฮอล์ กิจกรรมทางกาย O₃ SO₂ NO₂ CO และอุณหภูมิเฉลี่ย

ตารางที่ 26 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปี และการเกิดโรคความดันโลหิตสูง ปี พ.ศ. 2563 แยกตามเพศ

ปริมาณฝุ่นละออง PM _{2.5} รายปี	เพศชาย		เพศหญิง	
	Crude OR (95% CI)	Adjusted OR (95% CI)	Crude OR (95% CI)	Adjusted OR (95% CI)
ควอไทล์ที่ 1	1.00	1.00	1.00	1.00
ควอไทล์ที่ 2	1.08 (0.99, 1.18)	1.30 (1.12, 1.51)***	1.26 (0.97, 1.63)	1.15 (0.53, 2.50)
ควอไทล์ที่ 3	1.09 (1.00, 1.19)	1.17 (1.00, 1.36)*	0.96 (0.72, 1.29)	0.65 (0.28, 1.47)
ควอไทล์ที่ 4	1.17 (1.07, 1.27)**	1.36 (1.07, 1.73)*	1.18 (0.87, 1.60)	0.72 (0.24, 2.18)
ทุก 10 µg/m ³ ที่เพิ่มขึ้น	1.14 (1.08, 1.22)***	1.33 (1.14, 1.55)***	1.00 (0.77, 1.29)	1.09 (0.48, 2.46)

มีนัยสำคัญทางสถิติ * p-value ≤ 0.05 ** p-value ≤ 0.01 *** p-value ≤ 0.001;

Adjusted OR หมายถึงอัตราส่วนแตรัมต่อเมื่อควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ อายุ เพศ ดัชนีมวลกาย การสูบบุหรี่ การดื่มแอลกอฮอล์ กิจกรรมทางกาย O₃ SO₂ NO₂ CO และอุณหภูมิเฉลี่ย



ตารางที่ 27 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปี และระดับความดันโลหิต ปี พ.ศ. 2561 แยกตามเพศ

ปริมาณฝุ่นละออง PM _{2.5} รายปี	เพศชาย						เพศหญิง					
	ความดันซิสโตลิก(SBP)		ความดันไดแอสโตลิก(DBP)		ความดันซิสโตลิก(SBP)		ความดันไดแอสโตลิก(DBP)		ความดันซิสโตลิก(SBP)		ความดันไดแอสโตลิก(DBP)	
	β (95% CI)	Adjusted β (95% CI)	β (95% CI)	Adjusted β (95% CI)	β (95% CI)	Adjusted β (95% CI)	β (95% CI)	Adjusted β (95% CI)	β (95% CI)	Adjusted β (95% CI)	β (95% CI)	Adjusted β (95% CI)
คอวโหล์ที่ 1	อ้างอิง	อ้างอิง	อ้างอิง	อ้างอิง	อ้างอิง	อ้างอิง	อ้างอิง	อ้างอิง	อ้างอิง	อ้างอิง	อ้างอิง	อ้างอิง
คอวโหล์ที่ 2	1.12 (0.22, 2.02)*	0.77 (-0.97, 2.51)	1.29 (0.37, 2.21)**	0.96 (-0.73, 2.64)	2.62 (1.76, 3.49)***	2.30 (-0.05, 4.65)	1.80 (0.85, 2.75)**	1.41 (0.16, 2.66)*				
คอวโหล์ที่ 3	1.02 (0.37, 1.67)**	-0.01 (-0.84, 0.81)	1.40 (0.77, 2.03)***	0.46 (-0.39, 1.31)	0.86 (0.05, 1.67)	1.86 (0.02, 3.69)*	0.34 (-0.56, 1.24)	0.93 (0.08, 1.78)*				
คอวโหล์ที่ 4	1.83 (0.60, 3.06)**	1.64 (-1.00, 4.28)	1.70 (0.67, 2.73)**	1.66 (-0.80, 4.13)	-0.03 (-1.00, 0.94)	2.50 (-0.52, 5.95)	0.14 (-0.99, 1.27)	1.56 (-0.48, 3.60)				
ทุก 10 µg/m ³ ที่เพิ่มขึ้น	1.66 (1.27, 2.05)***	0.68 (-0.04, 1.39)	1.50 (1.07, 1.93)***	0.99 (0.44, 1.54)**	-0.29 (-2.06, 1.48)	2.50 (1.58, 3.43)***	0.13 (-1.29, 1.55)	1.45 (0.89, 2.00)***				

มีนัยสำคัญทางสถิติ * p-value ≤ 0.05 ** p-value ≤ 0.01 *** p-value ≤ 0.001;

Adjusted β หมายถึงระดับความดันโลหิตเมื่อควบคุมปัจจัยต่างๆ ได้แก่ อายุ เพศ ดัชนีมวลกาย การสูบบุหรี่ การดื่มแอลกอฮอล์ กิจกรรมทางกาย O₃ SO₂ NO₂ CO และอุณหภูมิเฉลี่ย

ตารางที่ 28 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปี และระดับความดันโลหิต ปี พ.ศ. 2562 แยกตามเพศ

ปริมาณฝุ่นละออง PM _{2.5} รายปี	เพศชาย						เพศหญิง					
	ความดันซิสโตลิก(SBP)		ความดันไดแอสโตลิก(DBP)		ความดันซิสโตลิก(SBP)		ความดันไดแอสโตลิก(DBP)		ความดันซิสโตลิก(SBP)		ความดันไดแอสโตลิก(DBP)	
	β (95% CI)	Adjusted β (95% CI)	β (95% CI)	Adjusted β (95% CI)	β (95% CI)	Adjusted β (95% CI)	β (95% CI)	Adjusted β (95% CI)	β (95% CI)	Adjusted β (95% CI)	β (95% CI)	Adjusted β (95% CI)
คอวโหล์ที่ 1	อ้างอิง	อ้างอิง	อ้างอิง	อ้างอิง	อ้างอิง	อ้างอิง	อ้างอิง	อ้างอิง	อ้างอิง	อ้างอิง	อ้างอิง	อ้างอิง
คอวโหล์ที่ 2	1.06 (0.54, 1.67)***	1.90 (0.97, 2.81)**	1.15 (0.68, 1.62)***	1.69 (0.94, 2.43)***	0.53 (-1.15, 2.22)	0.09 (-0.64, 0.82)	1.59 (0.57, 2.61)**	2.14 (0.40, 2.89)***				
คอวโหล์ที่ 3	1.12 (0.38, 1.86)**	1.02 (0.48, 1.57)**	1.03 (0.45, 1.60)**	0.87 (0.40, 1.35)**	-0.15 (-1.93, 1.63)	-0.24 (-1.44, 0.97)	0.83 (-0.23, 1.90)	1.23 (0.59, 1.87)**				
คอวโหล์ที่ 4	1.68 (0.60, 2.78)**	1.59 (0.75, 2.44)**	1.78 (1.01, 2.55)***	1.32 (0.60, 2.04)**	0.60 (-1.31, 2.51)	-0.09 (-1.38, 1.19)	1.06 (-0.33, 2.45)	1.37 (0.56, 2.17)**				
ทุก 10 µg/m ³ ที่เพิ่มขึ้น	1.84 (1.57, 2.11)***	1.74 (0.98, 2.51)***	1.58 (1.24, 1.93)***	1.44 (0.70, 2.19)**	-0.45 (-2.20, 1.29)	0.33 (-0.57, 1.24)	-0.51 (-1.58, 0.56)	1.60 (0.90, 2.30)***				

มีนัยสำคัญทางสถิติ * p-value ≤ 0.05 ** p-value ≤ 0.01 *** p-value ≤ 0.001;

Adjusted β หมายถึงระดับความดันโลหิตเมื่อควบคุมปัจจัยต่างๆ ได้แก่ อายุ เพศ ดัชนีมวลกาย การสูบบุหรี่ การดื่มแอลกอฮอล์ กิจกรรมทางกาย O₃ SO₂ NO₂ CO และอุณหภูมิเฉลี่ย

ตารางที่ 29 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปี และระดับความดันโลหิต ปี พ.ศ. 2563 แยกตามเพศ

ปริมาณฝุ่นละออง PM _{2.5} รายปี	เพศชาย				เพศหญิง			
	ความดันซิสโตลิก(SBP)		ความดันไดแอสโตลิก(DBP)		ความดันซิสโตลิก(SBP)		ความดันไดแอสโตลิก(DBP)	
	β (95% CI)	Adjusted β (95% CI)	β (95% CI)	Adjusted β (95% CI)	β (95% CI)	Adjusted β (95% CI)	β (95% CI)	Adjusted β (95% CI)
คอโวลต์ที่ 1	อ้างอิง	อ้างอิง	อ้างอิง	อ้างอิง	อ้างอิง	อ้างอิง	อ้างอิง	อ้างอิง
คอโวลต์ที่ 2	1.60 (1.08, 2.12)***	1.40 (0.65, 2.16)**	1.43 (0.63, 2.24)**	1.21 (0.34, 2.09)**	1.76 (1.17, 2.36)***	-0.80 (-2.77, 1.17)	1.86 (1.20, 2.53)***	0.76 (0.17, 1.34)*
คอโวลต์ที่ 3	1.08 (0.54, 1.62)***	0.03 (-1.02, 1.07)	1.05 (0.43, 1.67)**	0.58 (-0.13, 1.30)	0.36 (-0.76, 1.49)	-1.77 (-4.96, 1.42)	0.80 (-0.03, 1.64)	1.00 (0.27, 1.73)*
คอโวลต์ที่ 4	1.81 (0.81, 2.82)**	0.80 (1.54, 3.14)	1.70 (1.00, 2.40)***	1.26 (-0.10, 2.61)	0.46 (-0.82, 1.74)	-1.21 (-5.40, 2.99)	1.49 (0.57, 2.41)**	1.92 (0.87, 2.96)**
ทุก 10 µg/m ³ ที่เพิ่มขึ้น	2.02 (1.46, 2.59)***	2.24 (0.91, 3.56)**	1.58 (1.10, 2.06)***	1.60 (0.48, 2.71)**	0.02 (-2.36, 2.39)	3.08 (0.91, 5.24)**	0.09 (-1.63, 1.81)	1.67 (0.89, 2.45)***

มีนัยสำคัญทางสถิติ * p-value ≤ 0.05 ** p-value ≤ 0.01 *** p-value ≤ 0.001;

Adjusted β หมายถึงระดับความดันโลหิตเมื่อควบคุมปัจจัยต่างๆ ได้แก่ อายุ เพศ ดัชนีมวลกาย การสูบบุหรี่ การดื่มแอลกอฮอล์ กิจกรรมทางกาย O₃ SO₂ NO₂ CO และอุณหภูมิเฉลี่ย

ตารางที่ 30 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปี และการเกิดโรคความดันโลหิตสูง ปี พ.ศ. 2561 แยกตามช่วงอายุ

ปริมาณฝุ่นละออง PM _{2.5} รายปี	วัยทำงานตอนต้น (อายุ 15-29 ปี)		วัยทำงานตอนกลาง (อายุ 30-44 ปี)		วัยทำงานตอนปลาย (อายุ ≥ 45 ปี)	
	Crude OR (95% CI)	Adjusted OR (95% CI)	Crude OR (95% CI)	Adjusted OR (95% CI)	Crude OR (95% CI)	Adjusted OR (95% CI)
	คอโวลต์ที่ 1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
คอโวลต์ที่ 2	0.92 (0.77, 1.10)	0.93 (0.59, 1.46)	1.05 (0.92, 1.19)	1.41 (1.00, 1.99)*	1.08 (0.97, 1.20)	1.40 (0.92, 2.15)
คอโวลต์ที่ 3	1.14 (0.97, 1.35)	1.06 (0.82, 1.37)	1.11 (0.99, 1.25)	1.06 (0.86, 1.29)	1.02 (0.91, 1.15)	1.18 (0.92, 1.50)
คอโวลต์ที่ 4	1.10 (0.92, 1.30)	1.44 (0.85, 2.43)	1.22 (1.07, 1.38)**	1.78 (1.20, 2.65)**	1.09 (0.96, 1.23)	1.55 (0.97, 2.48)
ทุก 10 µg/m ³ ที่เพิ่มขึ้น	1.24 (1.13, 1.37)***	1.44 (1.13, 1.83)**	1.22 (1.14, 1.30)***	1.18 (0.99, 1.41)	1.07 (0.98, 1.17)	1.15 (0.93, 1.43)

มีนัยสำคัญทางสถิติ * p-value ≤ 0.05 ** p-value ≤ 0.01 *** p-value ≤ 0.001;

Adjusted OR หมายถึงอัตราส่วนต้นต่อความคุมปัจจัยต่างๆ ได้แก่ อายุ เพศ ดัชนีมวลกาย การสูบบุหรี่ การดื่มแอลกอฮอล์ กิจกรรมทางกาย O₃ SO₂ NO₂ CO และอุณหภูมิเฉลี่ย

ตารางที่ 31 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปี และการเกิดโรคความดันโลหิตสูง ปี พ.ศ. 2562 แยกตามช่วงอายุ

ปริมาณฝุ่นละออง	วัยทำงานตอนต้น (อายุ 15-29 ปี)		วัยทำงานตอนกลาง (อายุ 30-44 ปี)		วัยทำงานตอนปลาย (อายุ ≥ 45 ปี)	
	Crude OR (95% CI)	Adjusted OR (95% CI)	Crude OR (95% CI)	Adjusted OR (95% CI)	Crude OR (95% CI)	Adjusted OR (95% CI)
ควอไทล์ที่ 1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
ควอไทล์ที่ 2	1.06 (0.90, 1.24)	1.33 (1.03, 1.72)*	1.06 (0.98, 1.15)	1.20 (0.99, 1.46)	1.01 (0.89, 1.15)	1.27 (0.97, 1.68)
ควอไทล์ที่ 3	1.15 (0.99, 1.33)	1.37 (1.12, 1.67)**	1.15 (0.99, 1.25)**	1.26 (1.07, 1.47)**	1.03 (0.91, 1.16)	1.14 (0.95, 1.38)
ควอไทล์ที่ 4	1.13 (0.98, 1.32)	1.43 (1.01, 2.01)*	1.18 (1.08, 1.29)**	1.47 (1.11, 1.95)**	1.11 (0.98, 1.27)	1.33 (0.98, 1.80)
ทุก 10 µg/m ³ ที่เพิ่มขึ้น	1.18 (1.08, 1.30)**	1.43 (1.17, 1.76)**	1.14 (1.07, 1.21)**	1.28 (1.09, 1.50)**	1.09 (0.99, 1.2)	1.16 (0.96, 1.40)

มีนัยสำคัญทางสถิติ * p-value ≤ 0.05 ** p-value ≤ 0.01 *** p-value ≤ 0.001;

Adjusted OR หมายถึงอัตราส่วนสัมพัทธ์ตามปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ อายุ เพศ ดัชนีมวลกาย การสูบบุหรี่ การดื่มแอลกอฮอล์ กิจกรรมทางกาย O₃ SO₂ NO₂ CO และอุณหภูมิเฉลี่ย

ตารางที่ 32 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปี และการเกิดโรคความดันโลหิตสูง ปี พ.ศ. 2563 แยกตามช่วงอายุ

ปริมาณฝุ่นละออง	วัยทำงานตอนต้น (อายุ 15-29 ปี)		วัยทำงานตอนกลาง (อายุ 30-44 ปี)		วัยทำงานตอนปลาย (อายุ ≥ 45 ปี)	
	Crude OR (95% CI)	Adjusted OR (95% CI)	Crude OR (95% CI)	Adjusted OR (95% CI)	Crude OR (95% CI)	Adjusted OR (95% CI)
ควอไทล์ที่ 1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
ควอไทล์ที่ 2	1.17 (1.02, 1.35)*	1.77 (1.32, 2.37)**	1.00 (0.89, 1.11)	1.25 (1.00, 1.56)*	0.96 (0.84, 1.10)	1.05 (0.82, 1.34)
ควอไทล์ที่ 3	1.20 (1.06, 1.36)**	1.52 (1.13, 2.05)**	1.04 (0.94, 1.15)	1.07 (0.84, 1.35)	0.95 (0.83, 1.08)	0.94 (0.72, 1.22)
ควอไทล์ที่ 4	1.14 (1.00, 1.30)	1.93 (1.21, 3.06)**	1.16 (1.05, 1.29)**	1.29 (0.90, 1.86)	1.04 (0.91, 1.20)	1.03 (0.69, 1.54)
ทุก 10 µg/m ³ ที่เพิ่มขึ้น	1.16 (1.04, 1.30)**	1.89 (1.40, 2.55)**	1.14 (1.05, 1.24)**	1.26 (1.00, 1.59)	1.07 (0.97, 1.19)	1.01 (0.76, 1.33)

มีนัยสำคัญทางสถิติ * p-value ≤ 0.05 ** p-value ≤ 0.01 *** p-value ≤ 0.001;

Adjusted OR หมายถึงอัตราส่วนสัมพัทธ์ตามปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ อายุ เพศ ดัชนีมวลกาย การสูบบุหรี่ การดื่มแอลกอฮอล์ กิจกรรมทางกาย O₃ SO₂ NO₂ CO และอุณหภูมิเฉลี่ย

ตารางที่ 33 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปี และระดับความตื่นตัวต่อมลพิษทางอากาศ ปี พ.ศ. 2561 แยกตามช่วงอายุ

ปริมาณฝุ่นละออง	วัยทำงานตอนต้น (อายุ 15-29 ปี)		วัยทำงานตอนกลาง (อายุ 30-44 ปี)		วัยทำงานตอนปลาย (อายุ ≥ 45 ปี)	
	β (95% CI)	Adjusted β (95% CI)	β (95% CI)	Adjusted β (95% CI)	β (95% CI)	Adjusted β (95% CI)
ควอไทล์ที่ 1	อ้างอิง	อ้างอิง	อ้างอิง	อ้างอิง	อ้างอิง	อ้างอิง
ควอไทล์ที่ 2	-0.15 (-1.05, 0.76)	1.18 (-1.17, 3.53)	0.40 (-0.34, 1.15)	0.56 (0.61, 1.72)	0.20 (-0.56, 0.97)	1.61 (-0.69, 3.92)
ควอไทล์ที่ 3	1.10 (0.16, 2.04)*	0.34 (-0.70, 1.38)	0.79 (0.09, 1.49)*	-0.42 (-1.07, 0.24)	0.13 (-0.80, 1.06)	0.43 (-0.64, 1.49)
ควอไทล์ที่ 4	1.27 (-0.24, 2.78)	1.63 (-1.76, 5.31)	2.23 (0.99, 3.47)**	1.43 (0.40, 3.26)	0.84 (-0.53, 2.21)	2.56 (-0.75, 5.88)
ทุก 10 µg/m ³ ที่เพิ่มขึ้น	1.68 (1.18, 2.19)***	0.89 (0.15, 1.64)*	1.97 (1.35, 2.58)***	0.24 (-0.50, 0.99)	1.19 (0.42, 1.95)**	1.07 (-0.03, 2.18)

มีนัยสำคัญทางสถิติ * p-value ≤ 0.05 ** p-value ≤ 0.01 *** p-value ≤ 0.001;

Adjusted OR หมายถึงอัตราส่วนแอดัมเมื่อควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ อายุ เพศ ดัชนีมวลกาย การสูบบุหรี่ การดื่มแอลกอฮอล์ กิจกรรมทางกาย O₃ NO₂ CO และอุณหภูมิเฉลี่ย

ตารางที่ 34 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปี และระดับความตื่นตัวต่อมลพิษทางอากาศ ปี พ.ศ. 2562 แยกตามช่วงอายุ

ปริมาณฝุ่นละออง	วัยทำงานตอนต้น (อายุ 15-29 ปี)		วัยทำงานตอนกลาง (อายุ 30-44 ปี)		วัยทำงานตอนปลาย (อายุ ≥ 45 ปี)	
	β (95% CI)	Adjusted β (95% CI)	β (95% CI)	Adjusted β (95% CI)	β (95% CI)	Adjusted β (95% CI)
ควอไทล์ที่ 1	อ้างอิง	อ้างอิง	อ้างอิง	อ้างอิง	อ้างอิง	อ้างอิง
ควอไทล์ที่ 2	0.57 (-0.34, 1.48)	2.62 (1.68, 3.56)***	0.42 (-0.23, 1.08)	1.71 (1.01, 2.42)***	-0.40 (-1.09, 0.30)	0.94 (-0.70, 2.58)
ควอไทล์ที่ 3	1.30 (0.10, 2.51)*	1.68 (0.75, 2.61)**	1.39 (0.53, 2.24)**	1.18 (0.64, 1.73)***	-0.65 (-1.49, 0.20)	-0.09 (-1.09, 0.91)
ควอไทล์ที่ 4	1.33 (-0.17, 2.82)	2.09 (0.62, 3.55)**	2.00 (0.92, 3.08)**	1.26 (0.33, 2.18)**	0.29 (-0.81, 1.39)	0.92 (-0.61, 2.44)
ทุก 10 µg/m ³ ที่เพิ่มขึ้น	2.28 (1.60, 2.95)***	2.59 (2.06, 3.11)***	1.99 (1.49, 2.48)***	1.64 (1.08, 2.19)***	0.99 (0.42, 1.57)**	0.73 (-0.86, 2.32)

มีนัยสำคัญทางสถิติ * p-value ≤ 0.05 ** p-value ≤ 0.01 *** p-value ≤ 0.001;

Adjusted OR หมายถึงอัตราส่วนแอดัมเมื่อควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ อายุ เพศ ดัชนีมวลกาย การสูบบุหรี่ การดื่มแอลกอฮอล์ กิจกรรมทางกาย O₃ SO₂ NO₂ CO และอุณหภูมิเฉลี่ย

ตารางที่ 35 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปี และระดับความดันโลหิต ปี พ.ศ. 2563 แยกตามช่วงอายุ

ปริมาณฝุ่นละออง	วัยทำงานตอนต้น (อายุ 15-29 ปี)		วัยทำงานตอนกลาง (อายุ 30-44 ปี)		วัยทำงานตอนปลาย (อายุ ≥ 45 ปี)	
	β (95% CI)	Adjusted β (95% CI)	β (95% CI)	Adjusted β (95% CI)	β (95% CI)	Adjusted β (95% CI)
คอโกล์ที่ 1	อ้างอิง	อ้างอิง	อ้างอิง	อ้างอิง	อ้างอิง	อ้างอิง
คอโกล์ที่ 2	1.48 (0.77, 2.19)***	2.16 (1.11, 3.22)**	0.70 (0.00, 1.41)	1.11 (0.34, 1.88)**	0.47 (-0.21, 1.16)	0.89 (0.23, 1.55)*
คอโกล์ที่ 3	1.60 (1.12, 2.08)***	0.51 (-0.86, 1.89)	1.03 (0.26, 1.80)*	-0.28 (-1.44, 0.89)	-0.13 (-1.16, 0.90)	-0.38 (-1.17, 0.41)
คอโกล์ที่ 4	1.81 (0.54, 3.08)**	1.29 (-1.80, 4.38)	1.92 (0.58, 3.26)**	0.21 (2.21, 2.63)	0.60 (-0.52, 1.71)	0.67 (-1.09, 2.43)
ทุก 10 µg/m ³ ที่เพิ่มขึ้น	2.13 (1.50, 2.76)***	3.25 (1.75, 4.74)***	2.08 (1.12, 3.04)***	2.09 (0.86, 3.32)**	1.19 (0.19, 2.19)*	1.49 (-0.30, 3.29)

มีนัยสำคัญทางสถิติ * p-value ≤ 0.05 ** p-value ≤ 0.01 *** p-value ≤ 0.001;

Adjusted OR หมายถึงอัตราส่วนส่วนต่อเมื่อความคุมปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ อายุ เพศ ดัชนีมวลกาย การสูบบุหรี่ การดื่มแอลกอฮอล์ กิจกรรมทางกาย O₃ SO₂ NO₂ CO และอุณหภูมิเฉลี่ย

ตารางที่ 36 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปี และระดับความดันโลหิต ปี พ.ศ. 2561 แยกตามช่วงอายุ

ปริมาณฝุ่นละออง	วัยทำงานตอนต้น (อายุ 15-29 ปี)		วัยทำงานตอนกลาง (อายุ 30-44 ปี)		วัยทำงานตอนปลาย (อายุ ≥ 45 ปี)	
	β (95%CI)	Adjusted β (95%CI)	β (95%CI)	Adjusted β (95%CI)	β (95%CI)	Adjusted β (95%CI)
คอโกล์ที่ 1	อ้างอิง	อ้างอิง	อ้างอิง	อ้างอิง	อ้างอิง	อ้างอิง
คอโกล์ที่ 2	-0.24 (-1.11, 0.63)	0.96 (-0.92, 2.84)	0.12 (-0.49, 0.73)	0.92 (-0.72, 2.56)	0.69 (-0.01, 1.40)	1.09 (-0.28, 2.46)
คอโกล์ที่ 3	1.12 (0.18, 2.06)*	0.43 (-0.54, 1.40)	1.35 (0.85, 1.85)***	0.45 (-0.37, 1.26)	0.57 (-0.13, 1.27)	0.55 (-0.19, 1.30)
คอโกล์ที่ 4	1.36 (0.09, 2.64)*	1.51 (-1.32, 4.34)	1.86 (0.84, 2.87)**	1.81 (0.64, 4.27)	0.90 (-0.15, 1.95)	1.62 (0.43, 3.68)
ทุก 10 µg/m ³ ที่เพิ่มขึ้น	1.60 (1.10, 2.09)***	0.99 (0.40, 1.59)**	1.86 (1.53, 2.20)***	1.07 (0.50, 1.64)**	0.91 (0.38, 1.43)**	0.89 (0.36, 1.43)**

มีนัยสำคัญทางสถิติ * p-value ≤ 0.05 ** p-value ≤ 0.01 *** p-value ≤ 0.001;

Adjusted OR หมายถึงอัตราส่วนส่วนต่อเมื่อความคุมปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ อายุ เพศ ดัชนีมวลกาย การสูบบุหรี่ การดื่มแอลกอฮอล์ กิจกรรมทางกาย O₃ SO₂ NO₂ CO และอุณหภูมิเฉลี่ย

ตารางที่ 37 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปี และระดับความดันโลหิตเฉลี่ย ปี พ.ศ. 2562 แยกตามช่วงอายุ

ปริมาณฝุ่นละออง	วัยทำงานตอนต้น (อายุ 15-29 ปี)		วัยทำงานตอนกลาง (อายุ 30-44 ปี)		วัยทำงานตอนปลาย (อายุ ≥ 45 ปี)	
	β (95%CI)	Adjusted β (95%CI)	β (95%CI)	Adjusted β (95%CI)	β (95%CI)	Adjusted β (95%CI)
คอโกล์ที่ 1	อ้างอิง	อ้างอิง	อ้างอิง	อ้างอิง	อ้างอิง	อ้างอิง
คอโกล์ที่ 2	0.22 (-0.39, 0.82)	1.51 (0.79, 2.22)***	0.24 (-0.38, 0.86)	1.75 (1.07, 2.43)***	0.41 (-0.26, 1.08)	1.88 (0.92, 2.83)**
คอโกล์ที่ 3	0.84 (-0.05, 1.73)	0.77 (0.28, 1.27)**	1.01 (0.21, 1.82)*	0.96 (0.51, 1.42)***	0.33 (-0.30, 0.96)	0.87 (0.32, 1.42)**
คอโกล์ที่ 4	1.04 (0.17, 1.90)*	1.01 (0.31, 1.71)**	1.99 (1.17, 2.81)***	1.43 (0.81, 2.06)***	1.11 (0.24, 1.97)*	1.47 (0.60, 2.34)**
ทุก 10 µg/m ³ ที่เพิ่มขึ้น	1.64 (0.99, 2.29)***	1.34 (0.54, 2.14)**	1.81 (1.36, 2.27)***	1.55 (0.88, 2.21)***	1.15 (0.71, 1.60)**	1.43 (0.66, 2.20)**

มีนัยสำคัญทางสถิติ * p-value ≤ 0.05 ** p-value ≤ 0.01 *** p-value ≤ 0.001;

Adjusted OR หมายถึงอัตราส่วนแอดมิตต่อเมื่อควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ อายุ เพศ ดัชนีมวลกาย การสูบบุหรี่ การดื่มแอลกอฮอล์ กิจกรรมทางกาย O₃ SO₂ NO₂ CO และอุณหภูมิเฉลี่ย

ตารางที่ 38 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละออง PM_{2.5} รายปี และระดับความดันโลหิตเฉลี่ย ปี พ.ศ. 2563 แยกตามช่วงอายุ

ปริมาณฝุ่นละออง	วัยทำงานตอนต้น (อายุ 15-29 ปี)		วัยทำงานตอนกลาง (อายุ 30-44 ปี)		วัยทำงานตอนปลาย (อายุ ≥ 45 ปี)	
	β (95%CI)	Adjusted β (95%CI)	β (95%CI)	Adjusted β (95%CI)	β (95%CI)	Adjusted β (95%CI)
คอโกล์ที่ 1	อ้างอิง	อ้างอิง	อ้างอิง	อ้างอิง	อ้างอิง	อ้างอิง
คอโกล์ที่ 2	0.79 (0.03, 1.56)*	1.21 (0.34, 2.08)*	0.41 (-0.43, 1.26)	1.35 (0.42, 2.28)**	0.54 (0.01, 1.07)*	0.97 (0.26, 1.68)*
คอโกล์ที่ 3	1.45 (0.77, 2.12)***	0.66 (0.05, 1.26)*	0.86 (0.13, 1.60)*	0.62 (-0.17, 1.41)	0.21 (-0.36, 0.79)	0.45 (-0.21, 1.11)
คอโกล์ที่ 4	1.58 (0.59, 2.58)**	1.30 (0.13, 2.48)*	1.71 (0.86, 2.57)***	1.34 (-0.11, 2.79)	0.89 (0.28, 1.49)**	1.16 (-0.20, 2.51)
ทุก 10 µg/m ³ ที่เพิ่มขึ้น	1.53 (0.79, 2.27)***	1.54 (0.50, 2.58)**	1.62 (0.97, 2.27)***	1.68 (0.53, 2.84)**	1.07 (0.46, 1.68)**	1.49 (0.43, 2.55)**

มีนัยสำคัญทางสถิติ * p-value ≤ 0.05 ** p-value ≤ 0.01 *** p-value ≤ 0.001;

Adjusted OR หมายถึงอัตราส่วนแอดมิตต่อเมื่อควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ อายุ เพศ ดัชนีมวลกาย การสูบบุหรี่ การดื่มแอลกอฮอล์ กิจกรรมทางกาย O₃ SO₂ NO₂ CO และ อุณหภูมิเฉลี่ย

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	พ.ท.หญิง กัณฐรัชญ์ จันรุ่งเรือง
วัน เดือน ปี เกิด	9 มกราคม 2529
สถานที่เกิด	ราชบุรี
วุฒิการศึกษา	ปริญญาตรี แพทยศาสตรบัณฑิต (เกียรตินิยมอันดับ 2) วิทยาลัย แพทยศาสตร์พระมงกุฎเกล้า กำลังศึกษา แพทย์ประจำบ้าน สาขาเวชศาสตร์ป้องกัน แขนงอาชีวเวช ศาสตร์ โรงพยาบาลพระมงกุฎเกล้า และ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาการ วิจัยและการจัดการด้านสุขภาพ แขนงอาชีวเวชศาสตร์และเวชศาสตร์ สิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ที่อยู่ปัจจุบัน	99 หมู่ 3 ตำบลท่าผา อำเภอบ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY