การศึกษามาตรการจัดการปัญหาฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนของประเทศไทยตามแนวทางองค์การอนามัยโลก

วิจิตตราภรณ์ สุขเจริญ[1], พิชชากร ตั้งอารมณ์สุข[1], มุกตาภา สนธิอัชชรา[1], กชพร ไวทยกุล[1], จิรายุ เศวตไกรพ[1], จิดาภา ภู่พงศ์เพ็ชร[1], รตรัฐ เข่งคุ้ม[1]

ศักรินทร์ ภูผานิล วทบ., ปรด. (วิทยาศาสตร์ชีวภาพประยุกต์)[2]

ศราวุธ ลาภมณีย์ วทบ., วทม., ปรด. (สรีรวิทยา-ประสาทวิทยาศาสตร์)[2*]

[1] นักศึกษาปริญญาตรี คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม เขตภาษีเจริญ กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย

[2] หน่วยปรีคลินิก คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม เขตภาษีเจริญ กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย

* ผู้ติดต่อ, อีเมล: sarawut.lap@siam.edu

Vajira Med J. 2020; 64(5) : 345-56

http://dx.doi.org/10.14456/vmj.2020.34

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์: เพื่อศึกษามาตรการในการควบคุมฝุ่นละอองตามแนวทางองค์การอนามัยโลก (World Health Organization; WHO) ต่อการแก้ไขปัญหาฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (Particulate Matter หรือ PM 2.5) ของประเทศไทย

วิธีดำเนินการวิจัย: บทความวิชาการนี้เป็นการทบทวนวรรณกรรมผลกระทบจาก PM 2.5 ต่อการทำงานของร่างกาย และศึกษามาตรการแก้ไขปัญหาฝุ่นละอองของประเทศไทยที่มีหลายวิธีการ โดยวิเคราะห์นโยบายระดับชาติ แผนพัฒนาประเทศ รายงานสถานการณ์สิ่งแวดล้อม การจัดการปัญหามลภาวะทางอากาศและฝุ่นละออง ตามแนวทาง WHO ทั้ง 6 ด้าน ได้แก่ ด้านอุตสาหกรรม ด้านพลังงานสะอาด ด้านการคมนาคมขนส่ง ด้านการวางแผนผังเมือง ด้านการจัดการขยะทางการเกษตรและขยะในเมืองของประเทศไทยในกลุ่มประเทศตัวอย่าง ได้แก่ จีน ญี่ปุ่น และเวียดนาม

ผลการวิจัย: PM 2.5 รบกวนสมดุลของสารอนุมูลอิสระและกระตุ้นให้เกิดการอักเสบและการตายของเซลล์เนื้อเยื่อปอด เกิดขึ้นจากความผิดปกติของระบบทางเดินหายใจและหลอดเลือด เป็นอันตรายคุกคามสุขภาพและการดำรงชีวิตของประชากรผลการศึกษาการจัดการปัญหาฝุ่นละออง PM 2.5 ของประเทศไทยสอดคล้องกับแนวทางของ WHO และดำเนินการคล้ายคลึงกับประเทศตัวอย่าง ในการแก้ไขสถานการณ์มลพิษทางอากาศจาก PM 2.5

สรุป: มลพิษทางอากาศจาก PM 2.5 เป็นอันตรายคุกคามสุขภาพ ประเทศไทยได้ตระหนักถึงวิธีการจัดการปัญหาฝุ่นละออง PM 2.5 ในชุมชมเมือง และดำเนินการที่สอดคล้องกับมาตรการตามแนวทาง WHO เพื่อลดปัญหาทางสุขภาพและส่งเสริมการให้คุณภาพชีวิตของประชากรดีขึ้น

คำสำคัญ: มลพิษทางอากาศ, ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน, นโยบาย, องค์การอนามัยโลก

วันที่รับบทความ 9 มีนาคม 2563 **วันแก้ไขบทความ** 17 สิงหาคม 2563 **วันตอบรับบทความ** 31 สิงหาคม 2563

The Study on Thailand's Particulate Matter 2.5 (PM 2.5) Management in Accordance with The World Health Organization (WHO) Guidelines

Wichittraphon Sukcharoen[1], Phitchakorn Tangaromsuk[1], Mooktapa Sontiatchara[1], Kotchaphon Waithayakul[1], Chirayu Savedkairop[1], Jidapa Poopongpet[1], Ratarat Kengkoom[1]
Sakkarin Bhubhanil BSc, PhD, (Applied Biological Sciences)[2]
Sarawut Lapmanee BSc, MSc, PhD, (Physiology-Neurosciences)[2*]

[1] Medical student, Faculty of Medicine, Siam University, Phasi Charoen, Bangkok, Thailand
[2] Preclinical Unit, Faculty of Medicine, Siam University, Phasi Charoen, Bangkok, Thailand
* Corresponding author, e-mail address : sarawut.lap@siam.edu
Vajira Med J. 2020; 64(5) : 345-56
http://dx.doi.org/10.14456/vmj.2020.34

Abstract

Objective: To study Thailand's particulate matter 2.5 (PM 2.5) management in line with the World Health Organization (WHO) guidelines.

Methods: This academic article aims to review about the health effects of PM 2.5 and study Thailand's solutions. The plan is to analyze national policies, national development plans, environmental situation reports, air pollution and dust management in Thailand and sample countries, namely China, Japan, and Vietnam in conformity with the WHO guidelines covering six areas, i.e. industry, energy, transport, urban planning, power generation, municipal and agricultural waste management.

Results: PM 2.5 affects free radicals balance, induces inflammation in lung tissue and cell death, as well as causes respiratory and cardiovascular disorders. However, Thailand has adopted PM 2.5 solution measures in line with the WHO guidelines and performed in the same way as other sample countries to control PM 2.5.

Conclusions: As PM 2.5 is harmful to health, Thailand has introduced urban pollution management methods followed the WHO guidelines to reduce health problems and enhance people's quality of life.

Keywords: Air pollution, Particulate Matter 2.5 microns, Policy, WHO

Received 9 March 2020, **Revised** 17 August 2020, **Accepted** 31 August 2020

บทนำ

สถานการณ์มลพิษจากฝุ่นละอองในอากาศเป็นอันตรายคุกคามสุขภาพและการดำรงชีวิตของประชากรชุมชนเมืองเป็นอย่างมาก ภาครัฐจึงตระหนักถึงอันตรายจากมลพิษในอากาศโดยเฉพาะปัญหาฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (Particulate Matter หรือ PM 2.5) ที่อาจเกิดขึ้นตามธรรมชาติ เช่น ดิน ทราย ละอองน้ำ เขม่าควันจากไฟป่า หรือเกิดจากการกระทำของมนุษย์ เช่น การคมนาคม การขนส่ง และเครื่องจักรกล สำหรับฝุ่น PM 2.5 ในชุมชนเมืองมีแหล่งกำเนิดจากควันเสียของเครื่องจักร ยานพาหนะ โรงงานอุตสาหกรรม โรงไฟฟ้า ควันที่เกิดจากหุงต้ม รวมทั้งก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ และสารอินทรีย์ที่ระเหยง่าย เป็นสาเหตุของการเพิ่มอัตราการเจ็บป่วยและอัตราการตายจากโรคระบบทางเดินหายใจและหลอดเลือด[1] องค์การอนามัยโลก (WHO) ได้กำหนดให้ฝุ่น PM 2.5 อยู่ในกลุ่มที่ 1 เป็นสารก่อมะเร็งจากการสัมผัสในปริมาณสูงในเวลาอันสั้นหรือในปริมาณน้อยแต่ระยะเวลานาน[2] ทำให้ประชากรโลกประมาณ 4.2 ล้านคนเสียชีวิตก่อนวัยอันควร[3] สอดคล้องกับรายงานของธนาคารโลกที่คาดการณ์ผู้เสียชีวิตก่อนวัยอันควรของประเทศไทยมีเพิ่มมากขึ้นและส่งผลกระทบต่อระบบเศรษฐกิจและสังคม รวมถึงค่าใช้จ่ายที่รัฐต้องสูญเสียเนื่องจากการรักษาพยาบาลผู้ป่วย[4]

ในปี ค.ศ. 2005 WHO ได้กำหนดการวัดค่าดัชนีคุณภาพอากาศ (Air Quality Index, AQI) เป็นตัวเลขที่ใช้ระบุคุณภาพอากาศ โดยค่าเฉลี่ย AQI ของฝุ่น PM 2.5 ตามที่ WHO ได้กำหนดไว้ที่ 25 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ($\mu g/m^3$) สำหรับค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง และ 10 $\mu g/m^3$ สำหรับค่าเฉลี่ยต่อปี ในกรณีที่ไม่สามารถดำเนินการลดปัญหาฝุ่นละอองตามที่ระบุไว้ใน AQI นั้น WHO กำหนดค่า Interim Targets 3 ระดับ (IT1-3) ค่ามาตรฐาน PM 2.5 ของ IT ระดับ 1 เท่ากับ 75 $\mu g/m^3$ ในค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง และ 35 $\mu g/m^3$ ต่อปี IT ระดับ 2 เท่ากับ 50 $\mu g/m^3$ ในค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง และ 25 $\mu g/m^3$ ต่อปี และ IT ระดับ 3 เท่ากับ 37.5 $\mu g/m^3$ ในค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง และ 15 $\mu g/m^3$ ต่อปี ตามลำดับ เพื่อนำไปใช้บ่งชี้ความก้าวหน้าของการดำเนินมาตรฐานการแก้ไขปัญหาฝุ่นละอองได้อย่างต่อเนื่อง[5]

รายงานสถานการณ์ฝุ่น PM 2.5 ในต่างประเทศพบว่า ประเทศที่มีพบปัญหาฝุ่น PM 2.5 เกินมาตรฐานมากที่สุด ได้แก่ ประเทศอินเดีย รองลงมา คือ ประเทศจีน สำหรับมาตรการในการแก้ไขปัญหาฝุ่น PM 2.5 ในแต่ละประเทศดำเนินการตามแนวทางมาตรฐานคุณภาพอากาศของ WHO ทั้งนี้บางประเทศที่มีการกำหนดค่ามาตรฐานฝุ่น PM 2.5 ใกล้เคียงประเทศไทยแต่สามารถลดระดับลงมาให้ต่ำกว่าเกณฑ์ของประเทศนั้นที่ตั้งไว้และใกล้เคียงเกณฑ์จาก WHO เช่น สิงคโปร์ อเมริกา และญี่ปุ่น โดยมีค่าฝุ่น PM 2.5 ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง อยู่ที่ 12, 14 และ 15 $\mu g/m^3$ ตามลำดับ[6] สำหรับประเทศไทยกำหนดมาตรฐานไว้ที่ 50 $\mu g/m^3$ ในค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง และ 25 $\mu g/m^3$ ต่อปี ทั้งนี้กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ปี ค.ศ. 2017 ได้รายงานค่าฝุ่น PM 2.5 เฉลี่ย 24 ชั่วโมงสูงสุดที่อำเภอหน้าพระลาน จังหวัดสระบุรี มีค่า 116-266 $\mu g/m^3$ ซึ่งสูงกว่าค่ามาตรฐานที่ WHO กำหนด และรองลงมา คือ กรุงเทพมหานครและปริมณฑล ตามลำดับ[7] นอกจากนี้ประเทศไทยมีปริมาณฝุ่น PM 2.5 เพิ่มสูงขึ้นในช่วงฤดูหนาวเนื่องจากเป็นช่วงที่ได้รับผลกระทบจากปรากฏการณ์อุณหภูมิผกผัน สอดคล้องกับสถานการณ์ฝุ่น PM 2.5 เฉลี่ย 24 ชั่วโมง ในกรุงเทพมหานครและปริมณฑลที่มีปริมาณเกินเกณฑ์มาตรฐานในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม[8]

จากข้อมูลสถานการณ์สถานการณ์ PM 2.5 ที่กล่าวมาในข้างต้น คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจึงได้ดำเนินการแก้ไขปัญหามลพิษด้านฝุ่นละอองด้วย 3 มาตรการ คือ การเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการเชิงพื้นที่ การป้องกันและลดการเกิดมลพิษที่ต้นทาง และการเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการมลพิษ โดยสอดรับกับแนวทางการปฏิบัติในการพัฒนาคุณภาพอากาศ

ของ WHO ที่ส่งเสริมและติดตามการปรับปรุงอุตสาหกรรม การอุปโภคพลังงานสะอาด การคมนาคมขนส่ง การวางแผนผังเมือง และการจัดการขยะทางการเกษตรและขยะในเมือง เพื่อช่วยลดปัญหาฝุ่น PM 2.5

อย่างไรก็ตามแต่ละประเทศทั่วโลกมีวิธีการและมาตรการลดปัญหาฝุ่นละอองที่ประสบความสำเร็จแตกต่างกัน เมื่อพิจารณาในกลุ่มประเทศเอเชียตะวันออกและเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ พบว่า หน่วยงานภาครัฐของประเทศจีน ญี่ปุ่น และเวียดนาม กำหนดค่าเฉลี่ยมาตรฐานฝุ่น PM 2.5 ใกล้เคียงกับประเทศไทย กล่าวคือ ประเทศจีนและญี่ปุ่น กำหนดค่า ฝุ่นPM 2.5 เฉลี่ยมาตรฐาน 35 $\mu g/m^3$ ต่อ 24 ชั่วโมง และ 15 $\mu g/m^3$ ต่อปี และประเทศเวียดนาม 50 $\mu g/m^3$ ต่อ 24 ชั่วโมง และ 25 $\mu g/m^3$ ต่อปี ตัวอย่างประเทศเหล่านั้นสามารถลดระดับฝุ่นละอองลงมาให้อยู่ในเกณฑ์ข้อกำหนดมาตรฐานของ WHO ดังนั้นการเปรียบเทียบมาตรการในการจัดการปัญหาฝุ่น PM 2.5 ของประเทศตัวอย่างตามแนวทางของ WHO จึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจและอาจสามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการป้องกันผลกระทบจากปัญหาฝุ่นละอองในชุมชนเมืองอย่างเหมาะสมกับบริบทของประเทศไทย

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษามาตรการในการควบคุมปัญหาฝุ่นละออง PM 2.5 ของประเทศไทยตามแนวทางขององค์การอนามัยโลก

วิธีการศึกษา

บทความวิชาการนี้ได้ศึกษาและรวบรวมข้อมูลจากการแก้ไขปัญหามลพิษด้านฝุ่นละออง PM 2.5 ของประเทศไทยตามแนวทางขององค์การอนามัยโลกที่ได้ตระหนักและเล็งเห็นความสำคัญของการวางป้องกันและแก้ไขปัญหาฝุ่นละอองจากนโยบายระดับชาติ แผนพัฒนาประเทศ รายงานสถานการณ์สิ่งแวดล้อม การจัดการปัญหามลภาวะทางอากาศและฝุ่นละออง รวมทั้งบทความการวิจัยและข่าวสารมาตรการในการจัดการมลพิษทางอากาศของประเทศจีน ญี่ปุ่น และเวียดนาม ซึ่งสามารถนำมาเทียบเคียงกับมาตรการที่ประเทศไทยกำลังดำเนินการอยู่ในปัจจุบัน

ผลการศึกษา

ผลกระทบที่เกิดจากปัญหาฝุ่นละออง PM 2.5 ต่อสุขภาพ

ฝุ่น PM 2.5 รบกวนสมดุลของสารอนุมูลอิสระและกระตุ้นให้เกิดการสูญเสียการทำงานของเซลล์ส่งผลให้เซลล์ตายและก่อให้เกิดกระบวนการอักเสบเกิดขึ้น เซลล์ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการอักเสบจะเคลื่อนที่มายังบริเวณที่มีการตายของเซลล์ปอดและปลดปล่อยสารสื่อกลางของกระบวนการอักเสบ (inflammatory mediator) เช่น ไซโตไคน์ (cytokine) ทำให้เกิดการบาดเจ็บของเนื้อเยื่อปอดและนำไปสู่ภาวะปอดแฟบ (lung atelectasis) ทำให้ผนังหลอดลมฝอยและการเกิดพังผืดในเนื้อเยื่อปอด (bronchial remodeling) มีความหนาตัวมากขึ้น[9-10] จากการศึกษาของ Deng และคณะในปี ค.ศ. 2013 ได้ทำการศึกษาโดยใช้เซลล์เพาะเลี้ยงเยื่อบุปอดที่สัมผัสกับฝุ่น PM 2.5 เป็นระยะเวลา 24 - 48 ชั่วโมง พบว่า ปริมาณการตายของเซลล์ปอดสัมพันธ์กับปริมาณ PM 2.5 ที่สัมผัส รวมทั้งมีการเพิ่มปริมาณของเอนไซม์แลคเตตดีไฮโดรจีเนส (lactate dehydrogenase) ซึ่งเป็นเอนไซม์สำคัญที่ปลดปล่อยออกมาเมื่อเซลล์ได้รับบาดเจ็บหรือมีการตายเกิดขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่า เซลล์เยื่อบุปอดที่สัมผัสฝุ่น PM 2.5 ยังมีปริมาณอนุมูลอิสระภายในเซลล์เพิ่มสูงกว่าสารต้านอนุมูลอิสระภายในเซลล์ ซึ่งอาจนำไปสู่การกระตุ้นการทำงานของกระบวนการกลืนตัวเองของเซลล์ (autophagy) กลไกเหล่านี้ล้วนเหนี่ยวนำให้การทำงานของปอดมีประสิทธิภาพลดลงและอาจนำไปสู่การเกิดมะเร็งปอดได้[11]

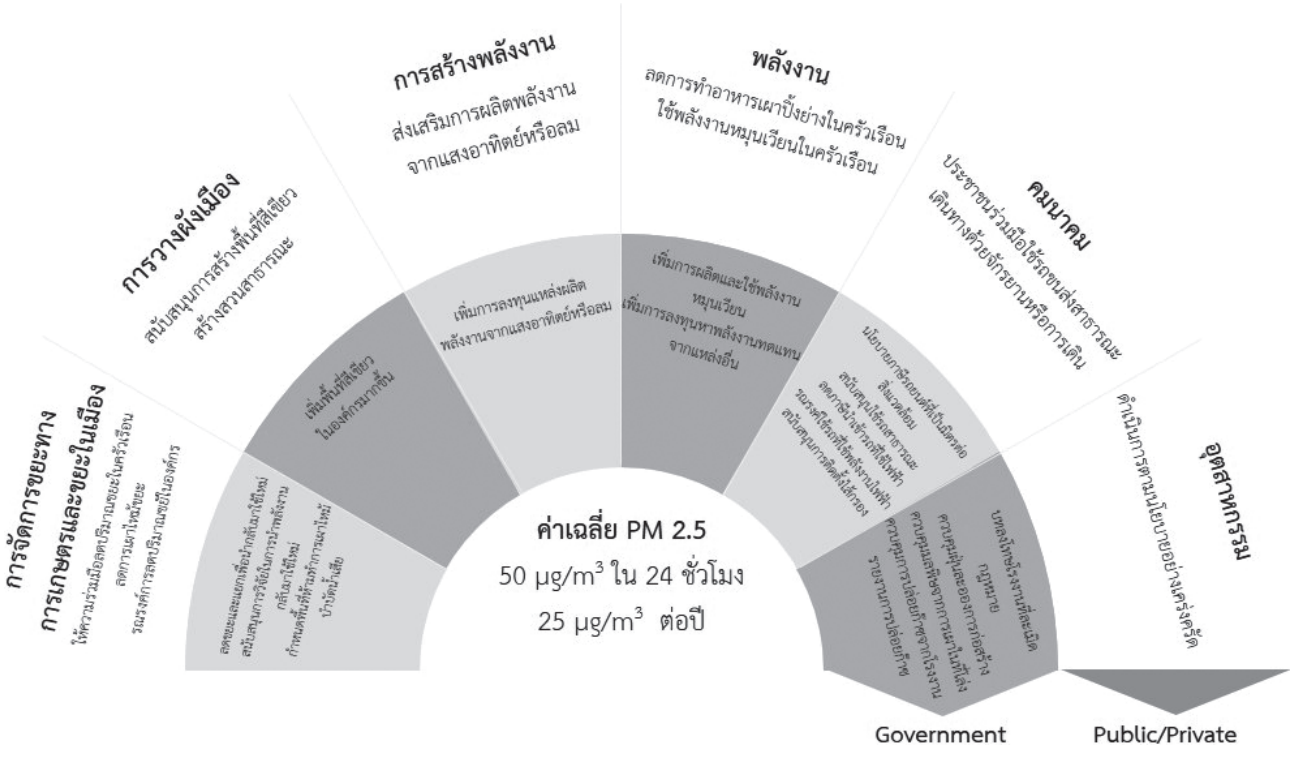
ยิ่งไปกว่านั้นการสัมผัสกับฝุ่น PM 2.5 ระหว่างตั้งครรภ์มีส่วนเกี่ยวข้องกับผลลัพธ์อันไม่พึงประสงค์ระหว่างการตั้งครรภ์ เช่น การคลอดทารกก่อนกำหนด การคลอดทารกที่มีน้ำหนักตัวต่ำกว่าเกณฑ์ อัตราการเสียชีวิตของทารกหลังคลอด โดยคาดว่าเกิดจากกลไกทางชีววิทยา เช่น ภาวะไม่สมดุลของการเกิดอนุมูลอิสระ การกระตุ้นให้เกิด

กระบวนการอักเสบ ความผิดปกติของกลไกการแข็งตัวของเลือด การรบกวนการทำงานของเซลล์เยื่อบุหลอดเลือด (endothelial function) และการรบกวนการทำงานของระบบหมุนเวียนโลหิต ซึ่งความผิดปกติเหล่านี้ในหญิงตั้งครรภ์ที่สัมผัสกับฝุ่น PM 2.5 สามารถนำไปสู่ความเสียหายของระบบไร้ท่อและความผิดปกติของระบบขนส่งออกซิเจนและสารอาหารผ่านรกเป็นเหตุผลสำคัญที่ทำให้เกิดภาวะทารกคลอดก่อนกำหนดและภาวะทารกน้ำหนักตัวต่ำกว่าเกณฑ์[12] ทั้งนี้ Sandie และคณะ ได้ศึกษาการตั้งครรภ์ของประชาชนในรัฐฟลอริดาในปี ค.ศ. 2004 ถึง ค.ศ. 2005 ในแต่ละไตรมาสที่สัมผัสกับฝุ่น PM 2.5 พบว่าในมารดาที่สัมผัสกับฝุ่น PM 2.5 ทุกไตรมาสมีความเสี่ยงในการเกิดผลการตั้งครรภ์ที่ไม่พึงประสงค์อย่างมีนัยสำคัญ โดยส่งผลต่อการตั้งครรภ์ในไตรมาสที่ 2 มากที่สุด[13]

มาตรการการจัดการ PM 2.5 ของประเทศไทยและประเทศตัวอย่าง ได้สรุปรูปภาพที่ 1 ดังนี้

1. ด้านอุตสาหกรรม (industry)

WHO สนับสนุนการใช้พลังงานสะอาด (clean technology)[4-5] เมื่อพิจารณามาตรการในการจัดการปัญหาฝุ่นละอองของกลุ่มประเทศอุตสาหกรรม พบว่า ประเทศจีนใช้ถ่านหินเป็นแหล่งพลังงานหลักทั้งในครัวเรือนและอุตสาหกรรม การใช้ถ่านหินจึงเป็นสาเหตุสำคัญให้เกิดฝุ่น PM 2.5 ทำให้ประเทศจีนมุ่งเน้นการลดการใช้พลังงานจากถ่านหินด้วยการปิดโรงงานถ่านหินและเพิ่มจำนวนโรงไฟฟ้าที่ใช้ก๊าซทดแทนโรงไฟฟ้าที่ใช้ถ่านหินในเมืองปักกิ่ง และจัดตั้งเขตปลอดถ่านหินในบางพื้นที่ของประเทศ นอกจากนี้ประเทศจีนทำการปรับโครงสร้างอุตสาหกรรมภายในประเทศใหม่โดยกำหนดมาตรการในการควบคุม



รูปที่ 1: วิธีดำเนินการลดปัญหาฝุ่นละออง PM 2.5 ให้มีค่าเฉลี่ยไม่เกิน50 µg/m^3 ต่อ 24 ชั่วโมง และ 25 µg/m^3 ต่อปี ตั้งแต่ระดับรัฐบาล สาธารณะ และประชาชนของประเทศไทยตามแนวทางองค์การอนามัยโลก

การปลดปล่อยก๊าซจากโรงงาน มาตรการการจัดการฝุ่น PM 2.5 ในภาคอุตสาหกรรมของประเทศจีนนั้นมีความคล้ายคลึงกับประเทศญี่ปุ่น คือการควบคุมปริมาณและการรายงานค่าการปล่อยก๊าซที่เป็นองค์ประกอบของฝุ่น PM 2.5 จากโรงงานอุตสาหกรรม[14] นอกจากนี้ประเทศเวียดนามกำหนดกฎหมายให้ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจสอบการปล่อยก๊าซพิษจากโรงงานอุตสาหกรรม และควบคุมค่ามาตรฐานการปล่อยสารอนินทรีย์และฝุ่นละออง รวมถึงกำหนดบทลงโทษสถานประกอบการที่ละเมิดอย่างชัดเจน[17] ถึงแม้ว่าประเทศไทยที่ไม่ได้เป็นกลุ่มประเทศอุตสาหกรรม แต่มีมาตรการในการจัดการฝุ่น PM 2.5 ในภาคอุตสาหกรรม ด้วย 3 มาตรการ ประกอบด้วย การเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการเชิงพื้นที่ การป้องกันและลดการเกิดมลพิษที่ต้นทาง โดยวางแผนการแก้ไขปัญหาในระยะสั้น ปี พ.ศ. 2562 - พ.ศ. 2564 และระยะยาว ปี พ.ศ. 2565 - พ.ศ. 2567 และการเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการมลพิษ แผนการแก้ไขปัญหาในระยะสั้นและระยะยาว ซึ่งมุ่งเน้นในด้านการส่งเสริมการวิจัย และพัฒนาองค์ความรู้ด้านเทคโนโลยีที่สามารถนำมาใช้ควบคุมเพื่อลดมลพิษทางอากาศ[15]

2. ด้านพลังงาน (energy)

WHO มุ่งเน้นการเพิ่มการใช้พลังงานที่ปลดปล่อยมลพิษต่ำ เพิ่มแหล่งผลิต และการใช้พลังงานหมุนเวียน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานน้ำ และพลังงานลม อีกทั้งส่งเสริมให้มีการสร้างการฐานผลิตร่วม เช่น การสร้างกระแสไฟฟ้าและพลังงานความร้อน[4-5] สอดคล้องกับมาตรการในการจัดการปัญหาฝุ่น PM 2.5 ของประเทศญี่ปุ่นที่ปรับจากแหล่งพลังงานจากถ่านหินและนิวเคลียร์เป็นพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานน้ำ โดยมีการเพิ่มการลงทุนหาพลังงานทดแทนเพิ่มมากขึ้นโดยวางแผนเพิ่มการใช้พลังงานทดแทนเป็นร้อยละ 22-24 ของการผลิตกระแสไฟฟ้าภายในประเทศทั้งหมด[14,16] เช่นเดียวกับประเทศจีนที่มีมาตรการในการจัดการปัญหาฝุ่น PM 2.5 ในภาคครัวเรือนด้วยการงดการใช้ถ่านหินและสนับสนุนการใช้พลังงานไฟฟ้าหรือก๊าซธรรมชาติ[18-20] ขณะที่ประเทศไทยรณรงค์ให้ลดการปิ้งย่างในที่โล่งแจ้งและการใช้เตาปิ้งย่างไร้ควัน กล่าวคือ กิจกรรมการปิ้งย่างอาหารมีการปลดปล่อยมลพิษในอากาศ ทำให้ร้านค้าและครัวเรือนควรติดตั้งเครื่องบำบัดอากาศ ซึ่งเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่ในปัจจุบันนี้ยังไม่ได้มีการออกกฎระเบียบหรือถูกควบคุมอย่างชัดเจน

3. ด้านคมนาคมขนส่ง (transport)

WHO กำหนดมาตรการจัดการระบบขนส่งที่มาจากแหล่งพลังงานสะอาด (clean modes of power) เช่น การเดินทางด้วยรถไฟฟ้าระหว่างเมือง การโดยสารยานพาหนะที่ปลดปล่อยก๊าซน้อย การปั่นจักรยาน หรือการเดิน เป็นต้น[4-5] เมื่อพิจารณามาตรการของกลุ่มประเทศอุตสาหกรรม พบว่า ประเทศญี่ปุ่นมีนโยบายลดภาษีและยกเว้นภาษีสำหรับอุตสาหกรรมรถยนต์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งมีประสิทธิภาพในลดปัญหาการปลดปล่อยฝุ่น PM 2.5 ภายในประเทศญี่ปุ่น[14,16] นอกจากนี้ประเทศจีนได้กำหนดกฎหมายให้ติดตั้งไส้กรองรถยนต์ที่ผลิตภายหลังเดือนกรกฎาคม ค.ศ. 2021 เพื่อป้องกันการปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (sulfurdioxide, SO_2) และกำหนดมาตรฐานมีการปลดปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เอาไว้ที่ไม่เกิน 10 ppm และรณรงค์ให้ประชาชนเปลี่ยนไปใช้รถยนต์ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าแทนการใช้น้ำมัน และสนับสนุนการใช้การคมนาคมขนส่งสาธารณะ เช่น การใช้รถไฟฟ้าความเร็วสูง[18-19] เมื่อพิจารณามาตรการของประเทศไทยมีความคล้ายคลึงกันกับประเทศที่กล่าวมาในข้างต้น คือ การกำหนดกฎหมายควบคุมน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีค่ากำมะถันไม่เกิน 10 ppm (มาตรฐาน Euro 5) อีกทั้งกระทรวงพลังงานมีโครงการศึกษาแนวทางการนำยานยนต์พลังงานสะอาดมาใช้ในประเทศและลดการพึ่งพิงพลังงานจากแหล่งฟอสซิล นอกจากนี้ประเทศไทยมีการผลักดันให้ใช้รถโดยสารปรับอากาศที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ และการลดภาษีนำเข้ารถโดยสารไฟฟ้า รถโดยสารแบบดีเซลและไฟฟ้าหรือไฮบริด ตลอดจนส่งเสริมและพัฒนาโครงข่ายการให้บริการขนส่งสาธารณะให้เชื่อมโยงทุกระบบ ยิ่งไปกว่านี้ประเทศไทยยังมีการจำกัดจำนวนรถเข้าเมืองในช่วงเวลาเร่งด่วนอาจส่งเสริมให้

การจัดการปัญหาฝุ่น PM 2.5 จากการคมนาคมขนส่งได้อย่างเข้มแข็งยิ่งขึ้น

4. ด้านการวางผังเมือง (urban planning)

WHO เสนอแนวทางการเพิ่มพื้นที่สีเขียวในพื้นที่เขตเมือง และการจัดการการใช้พลังงานในครัวเรือนอย่างเป็นระบบและมีคุณภาพ[4-5] มาตรการจัดการปัญหาฝุ่น PM 2.5 ในด้านการวางผังเมืองของประเทศจีนได้เสนอให้เพิ่มพื้นที่สีเขียวในเขตเมืองและสวนสาธารณะในกรุงปักกิ่ง[18,21] เมื่อพิจารณามาตรการของประเทศไทย พบว่า กรุงเทพมหานครและปริมณฑล เช่น จังหวัดนนทบุรี มีโครงการเพิ่มพื้นที่สีเขียวเพื่อลดมลพิษจากฝุ่นละออง โดยตั้งเป้าหมายปลูกต้นไม้ เพื่อเพิ่มพื้นที่สีเขียวและแก้ปัญหาฝุ่น PM 2.5 ฉะนั้นมาตรการด้านการวางผังเมืองของประเทศไทยมีความคล้ายคลึงกันกับประเทศตัวอย่าง นั่นคือ การเพิ่มพื้นที่สีเขียวในเขตเมือง

5. ด้านการสร้างพลังงาน (power generation)

WHO สนับสนุนการใช้พลังงานที่ปลดปล่อยเชื้อเพลิงน้อยและการเผาไหม้ที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ ด้วยการใช้เซลล์สุริยะมากขึ้น[4-5] ประเทศญี่ปุ่นได้สนับสนุนให้มีการสร้างไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน เช่น กังหันลมที่เมืองฟูกุชิม่า และการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ภายในประเทศ[14,16] ขณะที่รัฐบาลจีนได้สนับสนุนธนาคารให้เงินกู้กับบริษัทเอกชนที่ต้องการลงทุนด้านพลังงานสะอาด ซึ่งผลักดันการใช้พลังงานจากก๊าซธรรมชาติทดแทนการใช้พลังงานจากถ่านหิน และสนับสนุนการลงทุนในการผลิตพลังงานจากแสงอาทิตย์[18-19] สำหรับประเทศไทยนั้นยังไม่มีนโยบายทางด้านการสร้างพลังงานอย่างแน่ชัด แต่หน่วยงานทั้งภาครัฐและภาคเอกชนบางแห่งมีการใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์ และสร้างไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนเพิ่มขึ้น ทั้งนี้รัฐบาลอาจส่งเสริมให้อุตสาหกรรมหรือภาคส่วนต่างๆ ร่วมลงทุนด้านพลังงานสะอาดและนำพลังงานมาใช้ภายในประเทศมากขึ้น

6. ด้านการจัดการขยะทางการเกษตรและขยะในเมือง (municipal and agricultural waste management)

WHO มีแนวทางการลดขยะ แยกขยะ และนำขยะกลับมาใช้ใหม่ รวมถึงการเพิ่มแนวทางในการจัดการขยะทางชีวภาพ เช่น การย่อยขยะให้เป็นก๊าซชีวภาพ และขยะที่เผาไหม้ไม่ได้ให้ใช้เทคโนโลยีที่จำกัดการปล่อยก๊าซ[4-5] ประเทศญี่ปุ่นมีกฎหมายที่กำหนดพื้นที่ห้ามทำการเผาไหม้และการจัดการห้ามเผาขยะมูลฝอยทางการเกษตร[14,16] ประเทศจีนได้ดำเนินการลดการนำเข้าขยะปรับปรุงโรงไฟฟ้าจากขยะที่ต่ำกว่ามาตรฐาน จำกัดการนำเข้าขยะพิษอย่างผิดกฎหมาย และบำบัดน้ำเสีย[20-21] ขณะที่ประเทศเวียดนามได้มีการส่งเสริมให้ผู้ประกอบการใช้เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดและมีส่วนร่วมในการบำบัดของเสีย มีนโยบายยกเว้นภาษีนำเข้าอุปกรณ์และวัตถุดิบสำหรับการบำบัดของเสีย และส่งเสริมการวิจัยเพื่อการใช้ซ้ำและการบำบัดของเสีย[17] สำหรับประเทศไทยมีมาตรฐานควบคุมการระบายมลพิษทางอากาศจากโรงสีข้าวและกำหนดมาตรฐานเตาเผาศพ[7] ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับแต่ละประเทศแล้วนั้น สิ่งที่นำมาปรับใช้กับประเทศไทยได้ คือ การกำหนดกฎหมายหรือข้อบังคับในการจัดการขยะ และควรทำให้เป็นรูปแบบเดียวกันตั้งแต่ระดับท้องถิ่นถึงระดับประเทศ อีกทั้งส่งเสริมการวิจัยและเทคโนโลยีเพื่อการใช้ซ้ำและบำบัดน้ำเสีย

สรุป

สถานการณ์มลพิษทางอากาศจากฝุ่น PM 2.5 เป็นอันตรายคุกคามสุขภาพ ประเทศไทยได้ตระหนักถึงปัญหาฝุ่นละอองและมีวิธีการจัดการปัญหาฝุ่น PM 2.5 ที่สอดคล้องกับแนวทาง WHO และดำเนินการเทียบเคียงกับประเทศจีน ญี่ปุ่น และเวียดนาม ทั้ง 6 ด้าน เพื่อลดปัญหาทางสุขภาพจากปัญหาฝุ่นละออง ทั้งนี้บางมาตรการในต่างประเทศอาจนำมาใช้เป็นแนวทางในการป้องกันผลกระทบจากปัญหาฝุ่นละอองในชุมชนเมืองของประเทศไทยได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ตาราง:

มาตรการการจัดการ PM 2.5 ของประเทศไทยและประเทศตัวอย่าง

ด้าน	WHO	ประเทศไทย	ประเทศจีน	ประเทศญี่ปุ่น	ประเทศเวียดนาม
อุตสาหกรรม	• สนับสนุนให้มีการใช้พลังงานสะอาด (clean technology)	• ควบคุมฝุ่นละอองจากการก่อสร้าง • ควบคุมมลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรมและสถานประกอบการ • ควบคุมมลพิษจากการเผาในที่โล่ง	• ปิดโรงงานถ่านหินในปักกิ่ง • ควบคุมการปลดปล่อยก๊าซจากโรงงาน • ระงับการก่อสร้างโครงการในช่วงฤดูหนาว • ควบคุมให้โรงงานที่ปล่อยก๊าซเกินที่กฎหมายกำหนดเสียค่าปรับ • ปรับโครงสร้างอุตสาหกรรม • เพิ่มโรงไฟฟ้าที่ใช้ก๊าซแทนโรงไฟฟ้าที่ใช้ถ่านหิน • ย้ายฐานการผลิตของโรงงานไปอยู่นอกเขตเมือง • จัดตั้งเขตปลอดถ่านหินในบางพื้นที่	• ควบคุมการปลดปล่อยก๊าซจากโรงงานและรายงานการปล่อยก๊าซ	• ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจสอบการปล่อยก๊าซพิษจากโรงงานอุตสาหกรรม • กำหนดมาตรฐานการปล่อยสารอนินทรีย์และฝุ่นละออง • จำกัดสถานประกอบการที่ก่อให้เกิดมลภาวะ • กำหนดบทลงโทษสถานประกอบการที่ละเมิดกฎหมาย
พลังงาน	• ใช้พลังงานสะอาดในครัวเรือน	• รณรงค์การใช้เตาปิ้งย่างไร้ควันและลดการทำอาหารประเภทเผา ปิ้ง ย่าง ในที่โล่งแจ้ง • ติดตั้งเครื่องบำบัดอากาศ	• งดครัวเรือนในการใช้ถ่านหินเพื่อเพิ่มความอบอุ่นในปักกิ่ง • เปลี่ยนไปใช้พลังงานสะอาด ไฟฟ้า หรือก๊าซธรรมชาติแทน	• เพิ่มการลงทุนการหาพลังงานทดแทนจากแหล่งอื่นเพื่อใช้ในครัวเรือน	

ตาราง:

มาตรการการจัดการ PM 2.5 ของประเทศไทยและประเทศตัวอย่าง (ต่อ)

ด้าน	WHO	ประเทศไทย	ประเทศจีน	ประเทศญี่ปุ่น	ประเทศเวียดนาม
คมนาคมขนส่ง	• ใช้ clean modes of power เช่น การปั่นจักรยาน การเดิน ใช้รถไฟระหว่างเมือง ใช้ยานพาหนะที่ปล่อยก๊าซน้อย	• ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงที่มีค่ากำมะถันไม่เกิน 10 ppm (มาตรฐาน Euro 5) • พัฒนาโครงข่ายการให้บริการขนส่งสาธารณะให้เชื่อมโยงทุกระบบ • ผลักดันให้ใช้รถโดยสารโดยสารปรับอากาศ ใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ รถโดยสารไฟฟ้า รถโดยสารไฮบริด รถไฟฟ้า • ลดภาษีรถยนต์ไฟฟ้า • ทดแทนรถราชการเก่าด้วยรถยนต์ไฟฟ้า • จำกัดจำนวนรถเข้าเมืองในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าและเย็น	• เปลี่ยนไปใช้รถยนต์ที่ผลิตจากไฟฟ้า • กำหนดให้รถยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลต้องเป็นน้ำมันดีเซลที่มีมาตรฐานมีการปล่อยก๊าซ SO_2 • กำหนดให้รถที่ผลิตหลัง กรกฎาคม 2021 ต้องติดไส้กรอง • เปลี่ยนรถโดยสารเป็นยานยนต์แบบไฟฟ้า • ยกเลิกการใช้รถยนต์โดยสารรุ่นเก่า • สนับสนุนการใช้การคมนาคมขนส่งสาธารณะ เช่น การใช้รถไฟฟ้าความเร็วสูง	• ลดภาษีและยกเว้นภาษีสำหรับอุตสาหกรรมรถยนต์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม • วางแนวทางการใช้การขนส่งที่ไม่ใช้เครื่องยนต์ และเพิ่มจำนวนพื้นที่การปั่นจักรยาน	
การวางผังเมือง	• เพิ่มพื้นที่สีเขียว • เพิ่มการจัดการพลังงานในครัวเรือนอย่างมีคุณภาพ	• เพิ่มพื้นที่สีเขียวทั้งในส่วนภาครัฐ เอกชนและชุมชนในพื้นที่กรุงเทพและปริมณฑล	• เพิ่มพื้นที่สีเขียวและสวนสาธารณะในกรุงปักกิ่ง		

ตาราง:

มาตรการการจัดการ PM 2.5 ของประเทศไทยและประเทศตัวอย่าง (ต่อ)

ด้าน	WHO	ประเทศไทย	ประเทศจีน	ประเทศญี่ปุ่น	ประเทศเวียดนาม
การสร้างพลังงาน	• เพิ่มการใช้พลังงานที่ปลดปล่อยเชื้อเพลิงน้อย และการเผาไหม้ที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้		• ให้รัฐบาลสนับสนุนธนาคารให้เงินกู้กับบริษัทที่จะลงทุนด้านพลังงานสะอาด และพลังงานจากก๊าซธรรมชาติแทนการใช้พลังงานจากถ่านหิน • เพิ่มการลงทุนการผลิตพลังงานจากแสงอาทิตย์	• สนับสนุนให้มีการสร้างไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน (renewable energy) เช่น กังหันลม และการผลิตพลังงานจากแสงอาทิตย์	
การจัดการขยะทางการเกษตรและขยะในเมือง	• มีแนวทางในการจัดการขยะ • เลี่ยงการเผาไหม้ขยะไม่ได้ให้ใช้เทคโนโลยีที่จำกัดการปลดปล่อยก๊าซ เพิ่มการจัดการขยะในบริเวณปริมณฑลและขยะทางการเกษตร	• มาตรฐานควบคุมการระบายมลพิษทางอากาศจากโรงสีข้าว และกำหนดมาตรฐานเตาเผาศพ	• ลดการนำเข้าขยะ • ปรับปรุงโรงไฟฟ้าจากขยะที่ต่ำกว่ามาตรฐาน • ลงโทษการนำเข้าขยะพิษอย่างผิดกฎหมาย • ส่งเสริมการบำบัดน้ำเสีย	• กำหนดพื้นที่ห้ามทำการเผาไหม้	• ส่งเสริมให้ผู้ประกอบการใช้เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดและมีส่วนร่วมในการบำบัดของเสีย • กำหนดนโยบายยกเว้นภาษีนำเข้าอุปกรณ์และวัตถุดิบสำหรับการบำบัดของเสีย • ส่งเสริมการวิจัยเพื่อการใช้ซ้ำและการบำบัดของเสีย

เอกสารอ้างอิง

1. Health effects of particulate matter final Eng.pdf [Internet]. [cited 2019 Dec 6]. Available from: http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0006/189051/Health-effects-of-particulate-matter-final-Eng.pdf
2. Science Media Centre (2015). Expert reaction to carcinogenicity classification of five pesticides by the International Agency for Research on Cancer (IARC). [cited 2016 Aug 1].Available from: http://www.sciencemediacentre.org/expert-reaction-to-carcino genicity-classification-of-five-pesticides-by-the-international-agency-for-research-on-cancer-iarc/.
3. BRIEFI-5.pdf [Internet]. [cited 2019 Dec 6]. Available from: http://web.worldbank.org/archive/website00811/WEB/PDF/BRIEFI-5.PDF
4. WHO | WHO Global Urban Ambient Air Pollution Database (update 2016) [Internet]. [cited 2019 Nov 26]. Available from: http://www.who.int/airpollution/data/cities-2016/en/
5. World Health Organization, editor. Air quality guidelines: global update 2005: particulate matter, ozone, nitrogen dioxide, and sulfur dioxide. Copenhagen, Denmark: World Health Organization; 2006. p.484.
6. WHO | WHO Global Urban Ambient Air Pollution Database (update 2016) [Internet]. [cited 2019 Nov 26]. Available from: http://www.who.int/airpollution/data/cities-2016/en/
7. Pollution Control Department, Ministry of Natural Resources and Environment. Booklet on Thailand State of Pollution 2018. Bangkok, Thailand: S Mongkon Press Limited Partnership;2019.
8. PM2.5.pdf [Internet]. [cited 2019 Dec 6]. Available from: http://infofile.pcd.go.th/air/PM2.5.pdf
9. Krishnan RM, Adar SD, Szpiro AA, Jorgensen NW, Van Hee VC, Barr RG, et al. Vascular Responses to Long- and Short-Term Exposure to Fine Particulate Matter. J Am Coll Cardiol. 2012 Nov;60(21):2158–66.
10. Deng X, Zhang F, Rui W, Long F, Wang L, Feng Z, et al. PM2.5-induced oxidative stress triggers autophagy in human lung epithelial A549 cells. Toxicol In Vitro. 2013;27(6):1762–70.
11. Deng X, Feng N, Zheng M, Ye X, Lin H, Yu X, et al. PM2.5 exposure-induced autophagy is mediated by lncRNA loc146880 which also promotes the migration and invasion of lung cancer cells. Biochim Biophys Acta Gen Subj. 2017;1861(2):112-25.
12. Ha S, Hu H, Roussos-Ross D, Haidong K, Roth J, Xu X. The effects of air pollution on adverse birth outcomes. Environ Res. 2014; 134:198–204.
13. Zhu J, Lee RW, Twum C, Wei Y. Exposure to ambient PM2.5 during pregnancy and preterm birth in metropolitan areas of the state of Georgia. Environ Sci Pollut Res Int. 2019;26(3):2492-500.
14. Kunugi Y, Arimura TH, Iwata K, Komatsu E, Hirayama Y. Cost-efficient strategy for reducing PM 2.5 levels in the Tokyo metropolitan area: An integrated approach with air quality and economic models. PLoS One. 2018;13(11):e0207623.
15. General affair division, Ministry of Industry [Internet]. [cited 2020 Aug 17]. Available from: http://www.industry.go.th/center_mng/index.php/2016-04-24-18-07-42/2016-04-24-18-09-38/2016-04-24-18-10-07/item/13480-pm-2-5

16. Japan Automobile Manufacturers Association (JAMA). PM / PM2.5 in Ambient air & Related Activities in Japan. Tokyo:Japan Automobile Manufacturers Association inc, 2011.
17. Nguyen TNT, Le HA, Mac TMT, Nguyen TTN, Pham VH, Bui QH. Current Status of PM 2.5 Pollution and its Mitigation in Vietnam. Global Environmental Research; 2018(22):73-83.
18. China releases 2020 action plan for air pollution | China Dialogue [Internet]. [cited 2019 Nov 11]. Available from: https://www.chinadialogue.net/article/show/single/en/10711-China-releases-2-2-action-plan-for-air-pollution
19. China sees good start in battle against pollution [Internet]. [cited 2019 Nov 11]. Available from: http://english.www.gov.cn/state_council/ministries/2019/03/04/content_281476547871212.htm
20. Helping China Fight Air Pollution [Internet]. World Bank. [cited 2019 Dec 11]. Available from: https://www.worldbank.org/en/news/feature/2018/06/11/helping-china-fight-air-pollution
21. Why China's War on Pollution Affects the Whole World. Bloomberg.com [Internet]. [cited 2019 Dec 11]; Available from: https://www.bloomberg.com/graphics/2018-china-pollution/