วันที่รับบทความ : 25/06/2563
วันแก้ไขบทความ : 17/03/2564
วันตอบรับบทความ : 19/03/2564

*วารสารสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา*
*Journal of Allied Health Sciences Suan Sunandha Rajabhat University*

# ความเข้มข้นของฝุ่นละอองภายในป้อมตำรวจจราจรบริเวณถนนรังสิต – นครนายก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี และการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ

**เสาวคนธ์ อุชัย[1], ภัทรสุดา ชุมกาแสง[1], นพรัตน์ รัตนะวงษา[2], ฐาปกรณ์ คำหอมกุล[1*]**

คณะสาธารณสุขศาสตร มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย[1]
โรงพยาบาลหนองเสือ[2]
E-mail: thapakorn@eau.ac.th*

**บทคัดย่อ**

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาความเข้มข้นฝุ่นละอองรวม และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ในป้อมตำรวจจราจรบริเวณถนนรังสิต-นครนายก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี และ 2) เพื่อประเมินความเสี่ยงทางด้านสุขภาพจากการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนภายในป้อมตำรวจจราจร การเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองในป้อมตำรวจจราจรได้ดำเนินการศึกษาตั้งแต่ เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2562 ถึง เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2563 จากจุดเก็บตัวอย่าง 5 จุด คือ จุดที่ 1 มอเตอร์เวย์คลอง5 จุดที่ 2 สถานแรกรับเด็กหญิงบ้านธัญญพร จุดที่ 3 โรงพยาบาลธัญบุรี จุดที่ 4 แยกจราจรคลอง7 และจุดที่ 5 องค์การเภสัชกรรม ด้วยเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศส่วนบุคคล (personal air pump) ยี่ห้อ Sensidyne Gilian รุ่น GilAir-5 จำนวน 2 เครื่อง และวิเคราะห์หาความเข้มข้นของฝุ่นละอองด้วยวิธีการชั่งน้ำหนัก (Gravimetric method) โดยการชั่งน้ำหนักกระดาษกรองฝุ่นละอองทั้งก่อนและหลังการเก็บตัวอย่าง และนำมาหาความแตกต่างของน้ำหนักด้วยการคำนวณหาความเข้มข้นของฝุ่นละออง ซึ่งวิธีการเก็บและการวิเคราะห์ความเข้มข้นของตัวอย่างฝุ่นละอองเป็นไปตามมาตรฐานของสถาบันอาชีวอนามัยและความปลอดภัยแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (NIOSH 0500 และ0600) ผลการวิจัยพบว่า ความเข้มข้นเฉลี่ยของฝุ่นละอองรวมอยู่ในช่วง 0.107 ถึง 0.330 มก./ลบ.ม. ความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมสูงสุดถูกพบที่จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 (0.330 มก./ลบ.ม.) และต่ำสุดถูกพบที่จุดเก็บตัวอย่างที่ 5 (0.107 มก./ลบ.ม.) สำหรับความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน อยู่ในช่วง 0.129-0.389 มก./ลบ.ม. ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน สูงสุดถูกพบที่จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 (0.389 มก./ลบ.ม.) ผลการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ พบว่า ค่าความเสี่ยงสุขภาพ (Hazard Quotient, HQ) อยู่ในช่วง 1.1 – 3.4 โดยค่า HQ มากที่สุดถูกพบที่จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 (3.4) และแต่ละจุดมีความเสี่ยงต่อสุขภาพอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งอาจจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานในพื้นที่ได้

**คำสำคัญ :** ฝุ่นละออง, ป้อมตำรวจจราจร, ปทุมธานี, การประเมินความเสี่ยง, สุขภาพ

*** ผู้ประพันธ์บรรณกิจ**

*วารสารสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา*

*Journal of Allied Health Sciences Suan Sunandha Rajabhat University*

# Dust Concentration inside the Traffic Police Booth on Rangsit-Nakhonnayok Road, Thanyaburi District, Pathumthani Province and Health Risk Assessment

**Saowakon Uchai[1], Pattharasuda Choomkasang[1], Nopparut Rattanawongsa[2], Thapakorn Kumhomkul[1*]**

Faculty of Public Health, Eastern Asia University[1]

Nong Sua Hospital[2]

E-mail: thapakorn@eau.ac.th[*]

**ABSTRACT**

The objectives of this research are to 1) study the concentration of total suspended particulate and dust particles with size not exceeding 10 microns in the traffic police booth on Rangsit-Nakhon Nayok Road, Thanyaburi District, Pathum Thani Province and 2) assess health risks from exposure to dust particles with size not exceeding 10 microns in the traffic police booth. Dust samples in the traffic police booth were collected from June 2019 to May 2020 from 5 sampling points including the first point: the Khlong5 Motorway, the second point: Thanyaporn Home for Girls, the third point: Thanyaburi Hospital, the fourth point: Khlong7 Intersection and the fifth point: The Government Pharmaceutical Organization. The samples were collected using 2 units of Sensidyne Gilian, GilAir-5 Model personal air pump. Dust concentrations were analyzed by a Gravimetric method by weighing the particulate filter papers before and after sampling and determine the difference in weights by calculating the dust concentrations. The methods for collecting and analyzing the concentration of dust samples are under the standards methods of the United States National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH 0500 and 0600). The results showed that the mean concentrations of total suspended particulate were in the range of 0.107 to 0.330 mg/m$^3$. The highest total dust concentration was found at the first sampling point (0.330 mg/m$^3$) and the lowest concentration was found at the fifth sampling point (0.107 mg/m$^3$). The mean concentrations of dust particles with a size not exceeding 10 microns were in the range of 0.129-0.389 mg/m$^3$. The most concentration was found at the first sampling point (0.389 mg/m$^3$).

Health risk assessment results showed the Hazard Quotient (HQ) values were in the range of 1.1 - 3.4. The highest HQ value was found at the first sampling point (3.4). Each sampling point had a moderate health risk, which may affect the health of the operators in the area.

**Keywords:** particulate matter, traffic police booth, Pathumthani, risk assessment, health

*** Corresponding Author**

**บทนำ**

ปัจจุบันปัญหามลพิษทางอากาศเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญในระดับโลก และมีแนวโน้มที่ปัญหาจะรุนแรงมากขึ้น เนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร และการขยายตัวทางเศรษฐกิจและสังคม สำหรับแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศมีหลายแหล่งกำเนิด ได้แก่ ภาคอุตสาหกรรม ชุมชน ภาคเกษตรกรรม และยานพาหนะ[1] ยานพาหนะเป็นแหล่งแต่แหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศแบบเคลื่อนที่ได้ จึงส่งผลให้เกิดการกระจายมลพิษทางอากาศไปยังพื้นที่ต่าง ๆ โดยปัญหามลพิษทางอากาศมักก่อให้เกิดปัญหาบริเวณเมืองใหญ่ หรือบริเวณพื้นที่ที่มีสภาพการจราจรหนาแน่น เช่น กรุงเทพมหานคร เชียงใหม่ และปทุมธานี[1,2] สอดคล้องกับผลการศึกษากรมทางหลวง (2561)[3] เกี่ยวกับการวิเคราะห์คำนวณดัชนีการจราจรติดขัด และความหนาแน่นการจราจร ปี 2560 พบว่า บริเวณถนนธัญบุรี-คลองระพีพัฒน์ มีสภาพการจราจรหนาแน่นและติดขัด มีจำนวนยานพาหนะใช้บริการบนถนนจำนวนมาก และความเร็วในการเคลื่อนที่ของยานพาหนะอยู่ในระดับต่ำมาก ซึ่งสภาพการจราจรที่มียานพาหนะหนาแน่นจะก่อให้เกิดสารมลพิษทางอากาศหลายชนิด ได้แก่ ก๊าซโอโซน ($O_3$) ก๊าซคาร์บอนมอกไซด์ (CO) ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ($SO_2$) ออกไซด์ของไนโตรเจน ($NO_x$) และฝุ่นละออง[1]

ฝุ่นละอองที่พบในอากาศมีแหล่งกำเนิดมาจากการจราจรและยานพาหนะคิดเป็นร้อยละ 30 - 35[4] จากปริมาณฝุ่นละอองในอากาศทั้งหมด โดยในปี พ.ศ. 2560 หลายจังหวัดของประเทศไทยได้มีปริมาณฝุ่นละอองเกินกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งจังหวัดเชียงใหม่ที่สามารถวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก เฉลี่ย 24 ชั่วโมงได้สูงสุดถึง 239 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร[4] นอกจากนั้นยังมีการศึกษาเกี่ยวกับปริมาณฝุ่นละอองในจังหวัดอื่น ๆ เช่น จังหวัดอุดรธานี พบว่า ฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนมีค่าสูงกว่าที่มาตรฐานกำหนดไว้ โดยปริมาณฝุ่นละอองรวมเฉลี่ย 24 ชั่วโมงมีค่าเท่ากับ 387.76 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรและปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน เฉลี่ย 24 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 136.57 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร[5] ฝุ่นละอองสามารถที่จะแพร่กระจายไปยังพื้นที่ต่าง ๆ ทั้งในบรรยากาศ สภาพแวดล้อม และภายในอาคาร ฝุ่นละอองที่เข้าไปภายในอาคารจะเรียกว่า มลพิษในอาคาร (indoor air pollution) ซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบและเป็นอันตรายต่อสุขภาพเป็นอย่างมาก เนื่องจากในแต่ละวันของมนุษย์มักจะอาศัยอยู่ในอาคารทั้งที่บ้าน ที่ทำงาน และแหล่งพักผ่อนหย่อนใจ โดยเฉลี่ยแล้วระยะเวลาที่มนุษย์อาศัยอยู่ในอาคารคิดเป็นร้อยละ 80 ของเวลาทั้งหมดใน 1 วัน จึงทำให้มีโอกาสที่จะสัมผัสและได้รับผลกระทบจากฝุ่นละอองในระดับสูง[6]

หลายงานวิจัยได้ศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของฝุ่นละอองต่อสุขภาพของมนุษย์ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าเมื่อฝุ่นละอองในอากาศเข้าสู่ร่างกายจะก่อให้เกิดผลกระทบ 2 แบบ ตามระยะเวลาการได้รับฝุ่นละอองเข้าสู่ของร่างกาย คือ รับแบบเฉียบพลัน และรับแบบเรื้อรัง การรับฝุ่นละอองแบบเฉียบพลันอาจส่งผลกระทบต่อร่างกาย ได้แก่

การระคายเคืองต่อดวงตาและจมูก และอาการแพ้ เช่น คัดจมูก น้ำมูกไหล แน่นหน้าอก และหายใจหอบเหนื่อย สำหรับการรับฝุ่นละอองเป็นระยะเวลานาน หรือเรียกว่าการรับแบบเรื้อรังจะส่งผลกระทบต่อระบบหัวใจและหลอดเลือด ระบบทางเดินหายใจซึ่งทำให้เกิดโรคทางเดินหายใจเรื้อรัง และอาจเกิดการอักเสบเรื้อรังทำให้เซลล์บริเวณนั้นมีโอกาสเป็นมะเร็งได้[1,4,6-8] จะเห็นได้ว่าฝุ่นละอองในอากาศส่งผลกระทบที่อันตรายต่อสุขภาพเป็นอย่างมาก จึงควรมีการหลีกเลี่ยงการได้รับฝุ่นละอองในอากาศเหล่านี้ โดยเฉพาะกลุ่มอาชีพที่มีความเสี่ยงสูงที่จะสัมผัสกับฝุ่นละอองแบบเรื้อรังจากการจราจร เช่น ผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์รับจ้าง กลุ่มอาชีพทำความสะอาดถนน และตำรวจจราจร เป็นต้น ตำรวจจราจรเป็นผู้ที่ต้องปฏิบัติงานใกล้เคียงกับบริเวณที่มีการจราจรคับคั่ง ซึ่งระยะเวลาปฏิบัติงานโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 40 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ โดยการสัมผัสกับฝุ่นละอองเป็นระยะเวลานานนี้ อาจก่อให้เกิดปัญหากับสุขภาพได้ โดยเฉพาะการเสื่อมสมรรถภาพของปอด สอดคล้องกับงานวิจัยของ ประทุมรัตน์ โฆษิตกุล และคณะ (2558)[9] ได้ศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยคัดสรรที่มีความสัมพันธ์กับสมรรถภาพปอดของตำรวจจราจรภูธร ซึ่งพบว่า ระยะเวลาการทำงานมีความสัมพันธ์เชิงลบกับสมรรถภาพปอด คือ เมื่อระยะเวลาการปฏิบัติงานของตำรวจจราจรเพิ่มมากขึ้นจะส่งผลให้สมรรถภาพปอดลดลง

ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับความเข้มข้นของฝุ่นละอองภายในป้อมตำรวจจราจรบริเวณถนนรังสิต-นครนายก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี และการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพเพื่อศึกษาความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนภายในป้อมตำรวจจราจรบริเวณถนนรังสิต-นครนายก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี และเพื่อประเมินผลกระทบทางด้านสุขภาพจากการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนภายในป้อมตำรวจจราจรบริเวณถนนรังสิต - นครนายก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี นอกจากนี้ยังสามารถนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาไปใช้ในสร้างมาตรการป้องกันฝุ่นละอองจากการจราจรให้กับผู้ประกอบอาชีพในบริเวณที่มีปัญหาฝุ่นละอองได้อีกด้วย

**วัตถุประสงค์ของการวิจัย**

1. เพื่อศึกษาความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวม และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนภายในป้อมตำรวจจราจรบริเวณถนนรังสิต-นครนายก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี
2. เพื่อประเมินความเสี่ยงทางด้านสุขภาพจากการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน

**ระเบียบวิธีวิจัย**

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาแบบภาคตัดขวาง (cross-sectional study) ด้วยการประเมินความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนภายในป้อมตำรวจจราจรบริเวณถนนรังสิต-นครนายก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี จากนั้นนำข้อมูลความเข้มข้นของฝุ่นละอองมาใช้ในประเมินผลกระทบทางด้านสุขภาพ โดยงานวิจัยนี้จะไม่มีการเก็บข้อมูลจากตัวบุคคลหรือผู้ปฏิบัติงาน

ในพื้นที่ที่ทำการศึกษา ซึ่งรายละเอียดของวิธีการดำเนินการวิจัยมีดังนี้

**สถานที่ศึกษา**

ตัวอย่างฝุ่นละอองจะเลือกเก็บตัวอย่างจากป้อมตำรวจจราจรที่ยังอยู่บริเวณถนนรังสิต - นครนายก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี (ระยะทางประมาณ 36 กิโลเมตร) ซึ่งจากการสำรวจพบว่ามีป้อมตำรวจจราจรทั้งหมด 8 ป้อม จึงได้นำมาพิจารณาตามเกณฑ์การคัดเลือกป้อมตำรวจจราจรของงานวิจัย คือ 1) เป็นป้อมจราจรที่มีการใช้งานปกติ และ2) มีตำรวจปฏิบัติงานประจำที่ป้อมตำรวจอย่างน้อย 8 ชั่วโมง ซึ่งป้อมตำรวจจราจรที่เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด มีจำนวน 5 ป้อม ได้แก่ จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 (บริเวณมอเตอร์เวย์คลอง 5) จุดเก็บตัวอย่างที่ 2 (บริเวณหน้าสถานแรกรับเด็กหญิงบ้านธัญญพร) จุดเก็บตัวอย่างที่ 3 (บริเวณหน้าโรงพยาบาลบาลธัญบุรี) จุดเก็บตัวอย่างที่ 4 (บริเวณแยกจราจรคลอง 7) และจุดเก็บตัวอย่างที่ 5 (บริเวณหน้าองค์การเภสัชกรรม)

**วิธีการเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง**

งานวิจัยนี้ได้ดำเนินการศึกษาตั้งแต่ เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2562 ถึง เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2563 โดยใช้รูปแบบการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองแบบพื้นที่ (area sampling) ชนิดเต็มเวลาทำงานหลายตัวอย่าง[10] ช่วงเวลาในการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองจะแบ่งเป็น 4 ช่วง ช่วงละ 2 ชั่วโมง รวมเป็น 8 ชั่วโมง ตามรูปแบบการทำงานของตำรวจจราจร ซึ่งสามารถแบ่งได้ดังนี้ ช่วงที่ 1 เวลา 07.00 น. ถึง 09.00 น. ช่วงที่ 2 เวลา 10.00 น. ถึง 12.00 น. ช่วงที่ 3 13.00 น. ถึง 15.00 น. และช่วงที่ 4 เวลา 16.00 น. สำหรับวันที่เลือกในการเก็บข้อมูลจะแบ่งเป็นวันทำงาน 2 วัน (จันทร์ - ศุกร์) โดยเลือกวันอังคารกับพฤหัสบดี เนื่องจากเป็นวันที่อาจจะไม่ได้รับการรบกวนจากปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อการใช้ยานพาหนะ เช่น การเดินทางท่องเที่ยว และการหยุดพักทำกิจกรรมต่าง ๆ เป็นต้น และเลือกวันที่เป็นวันหยุดงาน 1 วัน คือ วันอาทิตย์ จำนวนตัวอย่างที่เก็บทั้งหมด 120 ตัวอย่าง (24 ครั้งต่อจุด)

การเก็บฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน จะใช้ตามวิธีมาตรฐาน NIOSH 0500[11] และ 0600[12] รวมกับวิธีการศึกษาของนิตยา ชาคำรุณ และคณะ (2562)[13] เริ่มจากการเตรียมตลับกรอง 3 ชั้น (cassette holder) สำหรับเก็บฝุ่นละออง โดยนำกระดาษกรอง (polyvinyl chloride, PVC) ขนาด 37 มิลลิเมตร ใส่ในตู้ดูดความชื้นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำกระดาษกรองไปชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่ง 5 ตำแหน่ง (ยี่ห้อ METTLER TOLEDO) และนำกระดาษกรองที่ชั่งน้ำหนักแล้วใส่ลงในตลับกรอง ปิดตลับและใช้กระดาษกาวพันรอบตลับ แต่ในกรณีที่เป็นการเก็บฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนจะติดตั้งตลับกรองเข้ากับอุปกรณ์ไซโคลนชนิดไนลอน (nylon cyclone)[12] ทำการสอบเทียบปั๊มดูดอากาศ (ยี่ห้อ Sensidyne Gilian รุ่น GilAir-5) กับเครื่องสอบเทียบ (ยี่ห้อ Sensidyne Gilian รุ่น Gilibrator™2) จากนั้นดำเนินการติดตั้งปั๊มและอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง ณ จุดเก็บตัวอย่างที่กำหนดไว้ ปรับอัตราการดูดอากาศของปั๊มดูดอากาศที่ 2.0 และ1.7 เมตรต่อนาที

สำหรับเก็บฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ตามลำดับ และต่ออุปกรณ์เก็บตัวอย่างเข้ากับตลับกรอง จากนั้นดำเนินการเก็บตัวอย่างตามระยะเวลาเก็บตัวอย่างที่กำหนดไว้

**วิธีการวิเคราะห์ความเข้มข้นของฝุ่นละออง**

การวิเคราะห์หาความเข้มข้นของฝุ่นละอองด้วยวิธีการชั่งน้ำหนัก (Gravimetric Method) ตามวิธีมาตรฐาน NIOSH 0500[11] และ 0600[12] โดยนำกระดาษกรองที่ได้จากการเก็บตัวอย่างใส่ในตู้ดูดความชื้นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำกระดาษกรองมาชั่งน้ำหนัก และนำค่าน้ำหนักที่ได้มาคำนวณด้วยสูตรการหาความเข้มข้นของฝุ่นละอองดังสมการที่ (1)[11]

$$C = \frac{(W2-W1)-(B2-B1)}{V} x10^3 \qquad (1)$$

เมื่อ C (Concentration) = ความเข้มข้นของของฝุ่นละออง หน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

W1 (Weight1) = น้ำหนักกระดาษกรองที่ชั่งก่อนเก็บตัวอย่างอากาศ หน่วยเป็น มิลลิกรัม

W2 (Weight2) = น้ำหนักกระดาษกรองที่ชั่งหลังเก็บตัวอย่างอากาศ หน่วยเป็น มิลลิกรัม

B1 (Blank1) = น้ำหนักเฉลี่ยกระดาษกรองที่เป็น Blank ก่อนเก็บตัวอย่างอากาศ หน่วยเป็น มิลลิกรัม

B2 (Blank2) = น้ำหนักเฉลี่ยกระดาษกรองที่เป็น Blank หลังเก็บ ตัวอย่างอากาศ หน่วยเป็น มิลลิกรัม

V (Volume) = ปริมาตรอากาศที่เก็บตัวอย่าง หน่วยเป็น ลิตร

**วิธีการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ**

จะพิจารณาจากการประเมินการรับสัมผัส (chronic daily Intake: CDI) คือ การวัดขนาดความถี่ และช่วงเวลาที่ผู้ที่อยู่บริเวณที่มีฝุ่นละอองจะได้รับ และการประเมินลักษณะหรือระดับของความเสี่ยง (hazard quotient: HQ) เพื่อบ่งบอกถึงลักษณะความเสี่ยงของผู้ที่อยู่บริเวณที่มีการปนเปื้อนฝุ่นละออง[1,14] ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (2) และ(3) และค่าที่ใช้ในการคำนวณแสดงไว้ในตารางที่ 1 การประเมินการรับสัมผัส[14]

$$(CDI) = \frac{C \times IR \times ET \times EF \times ED}{BW \times AT} \qquad (2)$$

โดยที่ CDI (Chronic daily Intake) = ปริมาณสิ่งคุกคามที่ได้รับ หน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน

C (Concentration) = ความเข้มข้นเฉลี่ยของสิ่งคุกคาม หน่วยเป็น มิลลิกรัม ต่อลูกบาศก์เมตร

IR (Inhalation rate) = อัตราการหายใจ หน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

ET (Exposure time) = เวลาในการสัมผัส หน่วยเป็น ชั่วโมงต่อวัน

EF (Exposure frequency) = ความถี่ของการสัมผัส หน่วยเป็น วันต่อปี

ED (Exposure duration) = ระยะเวลาที่สัมผัส/ระยะเวลาที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ หน่วยเป็น ปี

BW (Body weight) = น้ำหนักของร่างกาย หน่วยเป็น กิโลกรัม

AT (Averaging time) = ระยะเวลาที่ใช้เฉลี่ย หน่วยเป็น วัน

การอธิบายลักษณะความเสี่ยง[11]

$$(HQ) = \frac{CDI}{RfC} \quad (3)$$

โดยที่ HQ (Hazard quotient) = ค่าสัดส่วนความเสี่ยง

CDI (Chronic daily Intake) = ค่าปริมาณการรับสัมผัสต่อวัน หน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน

RfC (Reference concentration) = ค่ามาตรฐานกำหนด หน่วยเป็น มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน

การแปลผล คือ ค่าสัดส่วนความเสี่ยง

HQ < 0.1 หมายถึง ไม่มีความเสี่ยงต่อสุขภาพ

0.1 ≥ HQ ≤ 1.0 หมายถึง มีความเสี่ยงต่อสุขภาพอยู่ในระดับต่ำ

1.1 ≥ HQ ≤ 10 หมายถึง มีความเสี่ยงต่อสุขภาพอยู่ในระดับปานกลาง

HQ > 10 หมายถึง มีความเสี่ยงต่อสุขภาพอยู่ในระดับสูง

**ตารางที่ 1** ค่าตัวแปรที่ใช้สำหรับการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ

| ตัวแปร | ค่า และหน่วย | แหล่งอ้างอิง |
|---|---|---|
| IR | 0.83 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง (ค่าเฉลี่ย) | 1 |
| ET | 8 ชั่วโมงต่อวัน (ค่าเฉลี่ย) | 15 |
| EF | 365 วันต่อปี | 1 |
| ED | 15.5 ปี (ค่าเฉลี่ย) | 15 |
| BW | 70 กิโลกรัม (ค่าเฉลี่ย) | 14 |
| AT | 365 วันต่อปี x 15.5 ปี เท่ากับ 5,657.5 วัน (EF x ED) | - |
| RfC | 0.011 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม-วัน | 14 |

หมายเหตุ : IR : Inhalation rate, ET : Exposure time, EF : Exposure frequency, ED : Exposure duration, BW : Body weight, AT : Averaging time, RfC : Reference concentration

**ผลการวิจัย**

การศึกษาเรื่อง ความเข้มข้นของฝุ่นละอองภายในป้อมตำรวจจราจรบริเวณถนนรังสิต - นครนายก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี และการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ ได้ดำเนินการศึกษาตั้งแต่เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2562 ถึง เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2563 มีผลการศึกษา 3 หัวข้อ คือ 1) ข้อมูลและลักษณะสภาพแวดล้อมของจุดเก็บตัวอย่าง 2) ความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนภายในป้อมตำรวจจราจร และ 3) ผลการประเมินผลกระทบทางด้านสุขภาพ โดยมีรายละเอียดดังนี้

**ข้อมูลและลักษณะสภาพของจุดเก็บตัวอย่าง**

จากการสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับข้อมูลและสภาพแวดล้อมของจุดเก็บตัวอย่าง พบว่าป้อมตำรวจจราจรส่วนใหญ่จะทำจากปูนซีเมนต์ หน้าต่างและประตูปิดสนิทไม่มีการเปิดระบายอากาศ มีการใช้เครื่องปรับอากาศตลอดทั้งวัน ป้อมจะตั้งอยู่ใกล้กับริมถนน โดยส่วนใหญ่มีระยะห่างจากริมถนนไม่เกิน 250 เมตร และภายนอกป้อมจะเป็นพื้นที่โล่งระบายอากาศได้ดี ภายในป้อมสังเกตเห็นฝุ่นละอองบนพื้นผิวโต๊ะ และผนังบ้างเล็กน้อย

**ความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนภายในป้อมตำรวจจราจร**

จากการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองภายในป้อมตำรวจสามารถแบ่งผลการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน คือ ความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวม และความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน โดยมีผลการศึกษาดังนี้

ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมจะอยู่ในช่วง 0.107 – 0.330 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยค่าสูงสุดถูกพบที่จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.330 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร รองลงมาจะถูกพบที่จุดเก็บตัวอย่างที่ 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.161 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และค่าเฉลี่ยฝุ่นละอองรวมต่ำที่สุดถูกพบที่จุดเก็บตัวอย่างที่ 5 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.107 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และเมื่อนำค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานฝุ่นละอองรวมในอากาศของคณะกรรมการบริหารงานความปลอดภัยและสุขภาพอนามัย การประกอบอาชีพ (Occupational Safety and Health Administration: OSHA)[16] ของสหรัฐอเมริกาที่ได้กำหนดค่ามาตรฐานไว้ที่ 10 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร พบว่า ทุกจุดเก็บตัวอย่างมีค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมไม่เกินกว่าที่ค่ามาตรฐานกำหนดไว้ (ตารางที่ 2)

**ตารางที่ 2** ปริมาณฝุ่นละอองรวมภายในป้อมตำรวจจราจร (ค่ามาตรฐานฝุ่นละออง = 10 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)[16]

| จุดเก็บตัวอย่าง | ปริมาณฝุ่นละอองรวม (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) | | | ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศ** (องศาเซลเซียส) | อัตราการดูดอากาศของปั๊ม (ลิตร/นาที) |
|---|---|---|---|---|---|
| | ค่าต่ำสุด | ค่าสูงสุด | ค่าเฉลี่ย±SD* | | |
| จุดที่ 1 | 0.267 | 0.467 | 0.330 ±0.118 | 25 | 2.0 |
| จุดที่ 2 | 0.142 | 0.192 | 0.161 ±0.026 | 26 | 2.0 |
| จุดที่ 3 | 0.108 | 0.132 | 0.123 ±0.012 | 25 | 2.0 |
| จุดที่ 4 | 0.113 | 0.142 | 0.127 ±0.012 | 25 | 2.0 |
| จุดที่ 5 | 0.100 | 0.117 | 0.107 ±0.008 | 26 | 2.0 |

หมายเหตุ: * SD (Standard Deviation) คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

** เป็นค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศขณะเก็บตัวอย่างในป้อมตำรวจจราจรที่มีการใช้งานเครื่องปรับอากาศตลอดเวลา

สำหรับผลการศึกษาความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนภายในป้อมตำรวจจราจร พบว่า ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน จำนวน 4 จุด จะมีค่าไม่เกิน 0.200 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีค่าอยู่ในช่วง 0.129 - 0.389 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยค่าเฉลี่ยสูงสุด ถูกพบที่จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 (0.389 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) และรองลงมาพบที่จุดเก็บตัวอย่างที่ 2 (0.142 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่ได้กำหนดไว้ที่ 5 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร พบว่า ทุกจุดเก็บตัวอย่างมีค่าความเข้มข้นไม่เกินกว่าที่ค่ามาตรฐานกำหนดไว้ (ตารางที่ 3)

**ตารางที่ 3** ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนภายในป้อมตำรวจจราจร (ค่ามาตรฐานฝุ่นละออง=5 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)[16]

| จุดเก็บตัวอย่าง | ปริมาณฝุ่นละอองรวม (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) | | | ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศ** (องศาเซลเซียส) | อัตราการดูดอากาศของปั๊ม (ลิตร/นาที) |
|---|---|---|---|---|---|
| | ค่าต่ำสุด | ค่าสูงสุด | ค่าเฉลี่ย±SD* | | |
| จุดที่ 1 | 0.198 | 0.490 | 0.389 ±0.165 | 25 | 1.7 |
| จุดที่ 2 | 0.115 | 0.177 | 0.142 ±0.032 | 26 | 1.7 |
| จุดที่ 3 | 0.104 | 0.149 | 0.129 ±0.022 | 25 | 1.7 |
| จุดที่ 4 | 0.115 | 0.135 | 0.129 ±0.012 | 25 | 1.7 |
| จุดที่ 5 | 0.125 | 0.167 | 0.142 ±0.022 | 26 | 1.7 |

หมายเหตุ: *SD (Standard Deviation) คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

** เป็นค่าเฉลี่ยอุณหภูมิอากาศขณะเก็บตัวอย่างในป้อมตำรวจจราจรที่มีการใช้งานเครื่องปรับอากาศตลอดเวลา

การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจะประเมินโดยการนำเอาค่าปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนไปคำนวณและนำค่าที่ได้มาแปลความหมายเป็นระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพ โดยรายละเอียดได้แสดงไว้ในตารางที่ 4

**ตารางที่ 4** การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ

| จุดเก็บตัวอย่าง | ค่า CDI (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมต่อวัน) | ค่า HQ | ระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพ |
|---|---|---|---|
| จุดที่ 1 | 0.037 | 3.4 | มีความเสี่ยงต่อสุขภาพอยู่ในระดับปานกลาง |
| จุดที่ 2 | 0.013 | 1.2 | มีความเสี่ยงต่อสุขภาพอยู่ในระดับปานกลาง |
| จุดที่ 3 | 0.012 | 1.1 | มีความเสี่ยงต่อสุขภาพอยู่ในระดับปานกลาง |
| จุดที่ 4 | 0.012 | 1.1 | มีความเสี่ยงต่อสุขภาพอยู่ในระดับปานกลาง |
| จุดที่ 5 | 0.013 | 1.2 | มีความเสี่ยงต่อสุขภาพอยู่ในระดับปานกลาง |

หมายเหตุ: HQ: Hazard quotient, CDI: Chronic daily Intake

จากตารางที่ 4 แสดงให้เห็นว่า ค่าการประเมินการรับสัมผัส หรือค่า CDI ส่วนใหญ่จะมีค่าน้อยกว่า 0.015 ยกเว้นจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 ที่มีค่า CDI อยู่ที่ 0.037 และเมื่อพิจารณาค่าการอธิบายลักษณะความเสี่ยง หรือค่า HQ จะอยู่ในช่วง 1.0 – 3.4 โดยค่า HQ มากที่สุดถูกพบที่จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 มีค่าอยู่ที่ 3.4 และค่า HQ น้อยที่สุดถูกพบที่จุดเก็บตัวอย่างที่ 3 และ4 มีค่าอยู่ที่ 1.1 ทั้งสองจุดเก็บ และเมื่อนำค่า HQ มาแปลผล พบว่า ทุกจุดเก็บตัวอย่างมีระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพอยู่ในระดับปานกลาง

**สรุปและอภิปรายผล**

การศึกษาความเข้มข้นของฝุ่นละอองภายในป้อมตำรวจจราจรบริเวณถนนรังสิต - นครนายก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี และการประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพ พบว่า ผลการศึกษาความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน มีความสอดคล้องและไปในทิศทางเดียวกัน โดยค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมในป้อมตำรวจจราจรจะอยู่ในช่วง 0.107 – 0.330 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานฝุ่นละอองรวมที่กำหนดไว้ พบว่า ทุกจุดเก็บตัวอย่างมีค่าเฉลี่ยไม่เกินกว่าค่ามาตรฐานกำหนดไว้ ซึ่งผลการศึกษาปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ก็แสดงให้เห็นว่า ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ในทุกจุดเก็บตัวอย่างมีค่าไม่เกินกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ โดยค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนของจุดเก็บตัวอย่างจะอยู่ในช่วง 0.129 - 0.389 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งอาจเป็นบริเวณภายนอกของป้อมตำรวจจราจรมีการระบายอากาศที่ดี จึงอาจส่งผลให้ความเข้มข้นของฝุ่นละอองสะสมรอบป้อมตำรวจจราจรมีน้อย เมื่อเกิดการแลกเปลี่ยน

อากาศภายนอกและภายในป้อมจึงทำให้ปริมาณฝุ่นละอองที่เข้ามาในป้อมมีปริมาณน้อย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ นิตยา และคณะ (2562)[13] ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการประเมินปริมาณฝุ่นละอองของคนงานทำอิฐมอญแดงในตำบลหนองกินเพล อำเภอวารินชาราบ จังหวัดอุบลราชธานี ได้สรุปผลการศึกษาไว้ว่า จากการตรวจวัดฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน พบว่าทุกตัวอย่างมีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด ซึ่งอาจเป็นผลมาจากสภาพแวดล้อมที่เป็นพื้นที่โล่งจึงมีลมซึ่งจะทำให้มลพิษทางอากาศเกิดการเจือจางได้ นอกจากนี้อาจผลมาจากระบบปรับอากาศและระบบระบายอากาศของป้อมตำรวจจราจร เพราะระบบปรับอากาศและระบบระบายอากาศที่ดีและเหมาะสมจะส่งผลให้การควบคุมความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะทำให้ความเข้มข้นของฝุ่นละอองในอาคารลดลง[17]

ถึงแม้ว่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนภายในป้อมตำรวจจราจรจะมีค่าไม่เกินกว่าที่กฎหมายกำหนดไว้ แต่เมื่อนำค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนมาประเมินความเสี่ยงทางสุขภาพโดยการคำนวณด้วยสมการการอธิบายลักษณะความเสี่ยง และนำค่าที่ได้มาแปลผล พบว่า ทุกจุดเก็บตัวอย่างมีระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งอาจเป็นผลมาจากระยะเวลาที่สัมผัสกับฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนมีระยะเวลานาน จึงส่งผลให้ระดับความเสี่ยงต่อสุขภาพสูงตามไปด้วย[14] สอดคล้องกับงานวิจัยของ ศิริอุมา และคณะ (2562)[1] ที่ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการประเมินความเสี่ยงในการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร ระหว่างชุมชนที่อยู่ใกล้และไกลโรงโม่หิน จังหวัดนครศรีธรรมราช ได้สรุปผลการศึกษาว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลหรือส่งผลต่อความเสี่ยงต่อการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนมีหลายปัจจัย เช่น อายุ ความเข้มข้นของฝุ่นละออง และระยะเวลาที่รับสัมผัส เป็นต้น ทั้งนี้หากเจ้าหน้าที่ตำรวจจราจรยังคงต้องมีการปฏิบัติงานในจุดเก็บตัวอย่างที่ทำการศึกษาควรมีมาตรการเกี่ยวกับการจัดการฝุ่นละอองในป้อมตำรวจจราจร เพื่อควบคุมความเสี่ยงต่อสุขภาพที่จะเกิดขึ้น โดยอาจใช้มาตรการควบคุมมลพิษในสิ่งแวดล้อม ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 มาตรการการป้องกันอันตรายส่วนบุคคล เช่น การใช้หน้ากากอนามัยชนิดที่ป้องกันฝุ่นละอองขนาดเล็ก เป็นต้น ระยะที่ 2 มาตรการการป้องกันอันตรายที่ทางผ่าน เช่น การปรับปรุงโครงสร้างของป้อมตำรวจจราจร และการเพิ่มต้มไม้ลดฝุ่นละออง เป็นต้น และระยะที่ 3 มาตรการป้องกันอันตรายที่แหล่งกำเนิด คือ การควบคุมที่แหล่งปลดปล่อยมลพิษทางอากาศสู่สิ่งแวดล้อม เช่น การเข้มงวดใช้กฎหมาย และการลดฝุ่นจากก่อสร้างถนน เป็นต้น

**ข้อเสนอแนะ**

ควรมีการศึกษาความสัมพันธ์ของฝุ่นในบรรยากาศในสิ่งแวดล้อมรอบป้อมตำรวจกับฝุ่นละอองภายในป้อมตำรวจ เพื่อใช้ในการประเมิน

การสะสม และควรมีการศึกษาปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมอื่นๆ เช่น ความชื้น ฤดูกาล และความเร็วลม เป็นต้น เพื่อทำให้งานวิจัยสมบูรณ์มากขึ้น นอกจากนั้นควรมีการสำรวจพฤติกรรมความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติในพื้นที่ เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบงานวิจัยที่เน้นการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพต่อไป

**เอกสารอ้างอิง**

1. ศิริอุมา เจาะจิตต์, ปนัดดา พิบูลย์, น้ำเพชร หมื่นราช, อโณทัย เกื้อกูล. การประเมินความเสี่ยงในการรับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร ระหว่างชุมชนที่อยู่ใกล้และไกลโรงโม่หิน จังหวัดนครศรีธรรมราช. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2562;27: 336-48.
2. ฐาปกรณ์ คำหอมกุล. การประเมินมลพิษทางอากาศบริเวณถนนรังสิต-นครนายก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี โดยใช้ไลเคนเป็นดัชนีทางชีวภาพ. ใน: ประกอบ คุณารักษ์ และคณะ, บรรณาธิการ. เอกสารการประชุม เอเชียกับการพัฒนาอย่างยั่งยืน: สังคมสูงวัยและภาวะพฤฒพลังที่ยังประโยชน์; วันที่ 9 มิถุนายน 2561; ณ ห้องประชุมพูนทรัพย์ นพวงศ์ ณ อยุธยาคณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย; 2561. 250 น. 1-250.
3. กรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม. รายงานการวิเคราะห์คำนวณ ดัชนีการจราจรติดขัด และความหนาแน่นการจราจร ปี 2560. กรุงเทพมหานคร: กรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม; 2561.
4. ธีรพงศ์ บริรักษ์. ถอดบทเรียนวิกฤต PM 2.5. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2562;13(3):43-58.
5. รัชนีกร กระจงกลาง, กาญจนา นาถะพินธุ. สถานการณ์คุณภาพอากาศในพื้นที่อำเภอกุมภวาปี จังหวัดอุดรธานี. วารสารวิจัย มข. (บศ.). 2555, 12(1):80-91.
6. วิภาดา สนองราษฎร์, นราธิป ชมพูบุตร. การตรวจวัดฝุ่นละอองขนาดเล็กในโรงพยาบาลในจังหวัดอำนาจเจริญ. วารสารวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมไทย. 2559;30(3):11-8.
7. Zaheer J, Jeon J, Lee SB, Kim JS. Effect of particulate matter on human health, prevention, and imaging using PET or SPECT. Prog Med Phys 2018; 29(3):81-91.
8. Loxham M, Nieuwenhuijsen MJ. Health effects of particulate matter air pollution in underground railway systems–a critical review of the evidence. Part Fibre Toxicol (2019);16(1):1-24.

9. ประทุมรัตน์ โฆษิตกุล, สิริรัตน์ ลีลาจรัส, อรสา พันธ์ภักดี. ปัจจัยคัดสรรที่มีความสัมพันธ์กับสมรรถภาพปอดของตำรวจจราจรภูธร. วารสารพยาบาลตำรวจ. 2558;7(2):53-63.
10. วิภาดา สนองราษฎร์, นวพล ชุติชาติ. การตรวจวัดฝุ่นรวมและเสียงในโรงงานทอผ้าแห่งหนึ่งในจังหวัดนครปฐม. วารสารวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมไทย. 2559;30(3):1-10.
11. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Particulates not otherwise regulated, total 0500 [Internet]. Ohio: NIOSH; 1994 [cited 2021]. Available from: https://www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/pdfs/0500.pdf
12. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Particulates not otherwise regulated, respirable 0600 [Internet]. Ohio: NIOSH; 1998 [cited 2021 Mar 10]. Available from: https://www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/pdfs/0600.pdf
13. นิตยา ชาคำรุณ, ลักษณีย์ บุญขาว. การประเมินปริมาณฝุ่นละอองของคนงานทำอิฐมอญแดงในตำบลหนองกินเพล อำเภอวารินชาราบ จังหวัดอุบลราชธานี. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. 2562;21(1):64-70.
14. ทัศน์พงษ์ ตันติปัญจพร, ณัฐกานต์ ศรีสกุลเตียว, เบญจมาศ สุคันโท. การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กทางการหายใจของพนักงานในโรงงานสีข้าวแห่งหนึ่งในจังหวัดกำแพงเพชร. ศรีนครินทร์เวชสาร. 2562;34(5):482-89.
15. แสวง เที่ยงใจ. การศึกษาปัญหามลพิษในอากาศ และปัจจัยเสี่ยงต่าง ๆ ต่อการทำงานของปอด : การศึกษาการตรวจสมรรถภาพปอดในตำรวจจราจร จังหวัดเชียงใหม่ 2551. วารสารสาธารณสุขล้านนา. 2552;5(1):84-8.
16. Occupational Safety and Health Administration [Internet]. Washington: OSHA Annotated Table Z-1; 2019 [cited 2020]. Available from: https://www.osha.gov/annotated-pels/table-z-1
17. Gupta A, Bhandari M. Monitoring and control of particulate matter in indoor air: a review. J Appl & Nat Sci 2011;3(1): 139-50.