



การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาด
เล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในและภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย บริเวณ
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

อารดา พิมพ์ทอง
สิริพรรณ ปรีเถื่อน

โครงงานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
ปีการศึกษา 2563

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า
2.5 ไมครอน ภายในและภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย บริเวณ
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

อารดา พิมทอง
สิริพรรณ ปรีเถื่อน

โครงงานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
ปีการศึกษา 2563

หัวข้อโครงการ	การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในและภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย บริเวณมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
โดย	อารดา พิมพ์ทอง สิริพรรณ ปรีเถื่อน
ระดับการศึกษา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
ปีการศึกษา	2563

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา อนุมัติให้โครงการศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ฑาลิศา เนียมมณี)
หัวหน้าสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

คณะกรรมการสอบโครงการ

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ศิวพันธุ์ ชูอินทร์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ฑาลิศา เนียมมณี)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ไพบุลย์ แจ่มพงษ์)

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยเรื่อง “การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในและภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย บริเวณมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา” ครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ศิวพันธุ์ ชูอินทร์ อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ฑาติศา เนียมมณี คณะกรรมการสอบ รองศาสตราจารย์ ดร. ไพบุลย์ แจ่มพงษ์ คณะกรรมการสอบ และรองศาสตราจารย์ ศิวพันธุ์ ชูอินทร์ ประธานกรรมการสอบ ผู้ให้คำแนะนำและให้คำปรึกษา สนับสนุน และช่วยเหลือในด้านต่างๆ ตลอดจนการตรวจสอบแก้ไขข้อผิดพลาดจนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณเพื่อนๆ นักศึกษาสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม รหัส 60 ทุกคนที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่างและเป็นการกำลังใจให้เป็นอย่างดีเสมอมา

หากมีข้อผิดพลาดประการใดผู้ดำเนินการวิจัยต้องขออภัยเป็นอย่างยิ่งในความบกพร่อง และหวังว่าการศึกษานี้จะมีประโยชน์กับผู้อ่านไม่มากก็น้อย สำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องตลอดจนผู้ที่สนใจทั่วไป

คณะผู้จัดทำ
กันยายน 2563

หัวข้อโครงการ	การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในและภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย บริเวณมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
โดย	อารดา พิมพ์ทอง สิริพรรณ ปรีเถื่อน
ระดับการศึกษา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
ปีการศึกษา	2563

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในและภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย บริเวณมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา วิธีการศึกษาดำเนินการโดยเก็บตัวอย่างอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย โดยใช้วิธี Federal Reference Method และใช้เครื่อง Gilair 5 Personal Air Sampler สำหรับเก็บตัวอย่างอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในอาคาร เก็บตัวอย่างจำนวน 14 ตัวอย่าง แต่ละตัวอย่างใช้เวลาในการเก็บ 8 ชั่วโมง เริ่มตั้งแต่ 08.00 น. - 16.00 น. แล้วนำมาวิเคราะห์ผลเพื่อหาความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ผลจากการศึกษาพบว่า ปริมาณความเข้มข้น ของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในป้อมรักษาความปลอดภัย มีค่าอยู่ในช่วง 19.83 - 253.40 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรและภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย มีค่าอยู่ในช่วง 15.76 - 244.27 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในและภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัยด้วยหลักสถิติการวิเคราะห์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน ที่นัยสำคัญ .05 พบว่า ความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในและภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย ไม่มีความสัมพันธ์กันทางสถิติ

คำสำคัญ (Keywords) : อนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน, มลพิษทางอากาศภายในอาคาร
คุณภาพอากาศ

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
สมมติฐานของงานวิจัย	2
ขอบเขตของงานวิจัย	2
ข้อจำกัดของงานวิจัย	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย	3
แผนการดำเนินงานวิจัย	4
บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	5
มลพิษทางอากาศ	5
อนุภาคฝุ่นและผลกระทบที่มีผลต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม	7
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	15
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	21
พื้นที่ทำการวิจัย	21
เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย	22
การเก็บรวบรวมข้อมูล	22
ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	23
การวิเคราะห์ข้อมูล	26
บทที่ 4 ผลการวิจัย	28
ผลการศึกษาความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายใน	
และภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย	28

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า	
2.5 ไมครอน ภายในและภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย	31
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	33
สรุปผลการวิจัย	33
ปัญหาและอุปสรรค	34
ข้อเสนอแนะ	34
บรรณานุกรม	35
ภาคผนวก	38
ภาคผนวก ก ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า	
2.5 ไมครอน ภายในและภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย	39
ภาคผนวก ข ผลการศึกษาความสัมพันธ์ด้วยสถิติสหสัมพันธ์	43
ภาคผนวก ค ประมวลภาพเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย	45

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แผนการดำเนินงานวิจัย	4
3.1 ระดับความสัมพันธ์	27
4.1 ผลการศึกษาความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในและภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย	28
4.2 ผลความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในและภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย	31
ก-1 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในและภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสวน สุนันทา เฉลี่ย 8 ชั่วโมง	40
ก-2 ผลการตรวจวัดสภาพอากาศ ภายในป้อมรักษาความปลอดภัย มหาวิทยาลัย ราชภัฏสวนสุนันทา เฉลี่ย 8 ชั่วโมง	41
ก-3 ผลการตรวจวัดสภาพอากาศ ภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย มหาวิทยาลัยราชภัฏ สวนสุนันทา เฉลี่ย 8 ชั่วโมง	42

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ระบบมลพิษทางอากาศ (Air Pollution System)	5
2.2 ภาพเปรียบเทียบขนาดของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน และอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน	9
3.1 ป้อมรักษาความปลอดภัยบริเวณทางออกถนนสามเสน	21
3.2 แผนผังแสดงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	25
4.1 ความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในและภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย	30
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในและภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย	32
ค-1 เครื่อง Gilair 5 Personal Air Sampler	46
ค-2 เครื่องเก็บตัวอย่างอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน	46
ค-3 กระจาดาชกรองชนิด polytetra-fluoroethylene (PTFE) ขนาด 37 มิลลิเมตร	47
ค-4 กระจาดาชกรองชนิด PM 2.5 Membrane 2,0 μm ขนาด 47 มิลลิเมตร	47
ค-5 ถังพลาสติก	48
ค-6 ตู้ดูดความชื้น	48
ค-7 คีมปากแบน	49
ค-8 เครื่องชั่งไฟฟ้า ความละเอียด 5 ตำแหน่ง	49
ค-9 ขาตั้งกล้อง	50
ค-10 ปลีกสามตา	50
ค-11 อุปกรณ์คัดแยกฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน	51
ค-12 เครื่องวัดอุณหภูมิและความดันบรรยากาศ	51
ค-13 ขณะเก็บตัวอย่างภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย	52
ค-14 ขณะเก็บตัวอย่างภายในป้อมรักษาความปลอดภัย	52

บทที่ 1

บทนำ

ที่มาและความสำคัญของปัญหา

จากสถานการณ์อนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอนที่ผ่านมา และผลการติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล โดยกรมควบคุมมลพิษในปี พ.ศ.2562 พบว่าปริมาณอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากคุณสมบัติของอนุภาคฝุ่นเป็นสารแขวนลอยสามารถตกค้างอยู่ในอากาศและมีแหล่งกำเนิดที่หลากหลายโดยอนุภาคฝุ่นขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน อาจเกิดได้จากกระบวนการทางเคมี เช่น ในกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงไม่ว่าจะเป็นน้ำมัน ถ่านหิน ในกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้า ยานพาหนะ การเผาป่า การเกษตร และกระบวนการทางกลศาสตร์ เช่น การระเบิด บดย่อยหินในโรงโม่หินหรือการก่อสร้าง ไม่ว่ากรณีใดย่อมก่อให้เกิดอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน จำนวนมาก ถึงแม้ว่าหน่วยงานต่างๆมีการกำหนดมาตรการลดและป้องกันมากมาย แต่ปัญหาจากอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ก็ยังเป็นปัญหาในหลายพื้นที่โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรุงเทพมหานคร

อนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน มีผลกระทบต่อสุขภาพของคนโดยตรง รวมทั้งสารหรือสิ่งที่ปนเปื้อนอยู่ในอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ทำให้เกิดอาการระคายเคืองตา ทำให้อันตรายเป็นระบบหายใจ การระคายเคืองนั้นจะเกิดขึ้นตามส่วนต่างๆของระบบทางเดินหายใจ ขึ้นอยู่กับขนาดของอนุภาคฝุ่น โดยอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดใหญ่ร่างกายจะดักไว้ได้ที่จมูก ส่วนอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน นั้นสามารถเล็ดลอดเข้าไปในระบบหายใจ ทำให้ระคายเคือง แสบจมูก ไอ จาม มีเสมหะ หรือมีการสะสมของอนุภาคฝุ่นในถุงลมปอด ส่งผลต่อการทำงานของปอด เสื่อมลง และส่งผลกระทบต่อผิวหนังของเราด้วย อาการที่สามารถพบได้กับการแพ้ฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอนต่อผิวหนัง ประกอบด้วย ลมพิษ คันตามตัว ถ้าแพ้จนอาการเริ่มหนัก สามารถลามไปถึง ตา รอบปาก จมูก ใบหน้า ขาหนีบ ข้อพับต่างๆ ตามร่างกาย ผื่นตามตัว ปวดแสบ ปวดร้อน และจะมีการระคายเคือง ทำร้ายเซลล์ผิวหนัง เนื่องจากตัวฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน มีสารเคมีและโลหะต่างๆ ปัญหาอนุภาคฝุ่นมีทั้งในบรรยากาศภายนอกอาคารและปัญหาที่ปนเปื้อนภายในอาคาร

จากการศึกษาพบว่าคนส่วนใหญ่อยู่ในอาคารร้อยละ 90 ของเวลาแต่ละวัน และร้อยละ 30 ของอาคารทั่วโลกมีปัญหาคุณภาพอากาศในอาคาร ทั้งนี้สารมลพิษในอากาศภายในอาคารอาจเกิด

การรั่วไหลของสารพิษทางอากาศจากภายนอกอาคารโดยภายในอาคารอาจมีการสะสมของสารมลพิษมาก คุณภาพอากาศภายในอาคารที่อยู่ริมจราจรอาจจะมีโอกาสที่จะรับสัมผัสอากาศที่อยู่ภายนอกและจากสถานการณ์ของ PM 2.5 ที่เพิ่มขึ้นในกรุงเทพมหานคร

คุณภาพอากาศภายในอาคารที่อยู่ริมจราจรอาจจะมีโอกาสที่จะรับสัมผัสอากาศที่อยู่ภายนอกและจากสถานการณ์ของ PM 2.5 ที่เพิ่มขึ้นในกรุงเทพมหานคร ซึ่งผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในและภายนอกอาคาร โดยเฉพาะอาคารที่อยู่ติดกับถนน โดยคาดว่าผลที่ได้จะสามารถใช้เป็นข้อมูลใช้ในการวางแผนบริหารจัดการคุณภาพอากาศของมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อตรวจวัดความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในและภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในและภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย

สมมติฐานของการวิจัย

ความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ระหว่างภายในและภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัยไม่มีความสัมพันธ์กัน

ขอบเขตการศึกษา

1. ขอบเขตด้านเนื้อหา

การเก็บตัวอย่างอนุภาคฝุ่นขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ระหว่างภายในและภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ในช่วงเวลาราชการ โดยมีขอบเขตดังนี้

1.1 ศึกษาปริมาณอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัยตรวจวัดโดยเครื่องเก็บตัวอย่างอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน วิธี Federal Reference Method

1.2 ศึกษาปริมาณอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในป้อมรักษาความปลอดภัย โดยใช้เครื่อง Gilair 5 Personal Air Sampler

1.3 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในและภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย ด้วยหลักทางสถิติสหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson Correlation) ที่นัยสำคัญ 0.05

2. ขอบเขตด้านตัวแปร

ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ปริมาณอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในและภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย

3. ขอบเขตด้านพื้นที่

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ทำการศึกษาความสัมพันธ์ความเข้มข้นระหว่างอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในและภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย ของมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา บริเวณประตูทางออกถนนสามเสน

4. ขอบเขตด้านเวลา

ระยะเวลาดำเนินงานวิจัย ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2563 - เดือนตุลาคม พ.ศ. 2563 โดยมีระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2563 - เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2563 ในช่วงเวลาราชการ 8 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 08.00 น. ถึง 16.00 น.

ข้อจำกัดของงานวิจัย

การวิจัยนี้มีข้อจำกัดที่มีผลต่อคุณภาพของงานวิจัยครั้งนี้

1. สถานการณ์ covid-19 ทำให้สามารถเก็บตัวอย่างได้แค่ 14 ตัวอย่างเท่านั้น ซึ่งอาจทำให้คุณภาพวิจัยลดลง

2. ในการทำวิจัยในครั้งนี้ได้ทำการเก็บตัวอย่างช่วงฤดูฝนทำให้อนุภาคฝุ่นลดลงจากปกติ เนื่องจากฝนอาจจะชะล้างอนุภาคฝุ่นภายในอากาศและภายนอกอาคาร

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย

1. การทราบถึงความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในป้อมรักษาความปลอดภัยและริมถนนทางออกถนนสามเสน มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ทำให้สามารถนำไปใช้ในการหาแนวทางการป้องกันเพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานที่อยู่ในป้อมรักษาความปลอดภัย

บทที่ 2

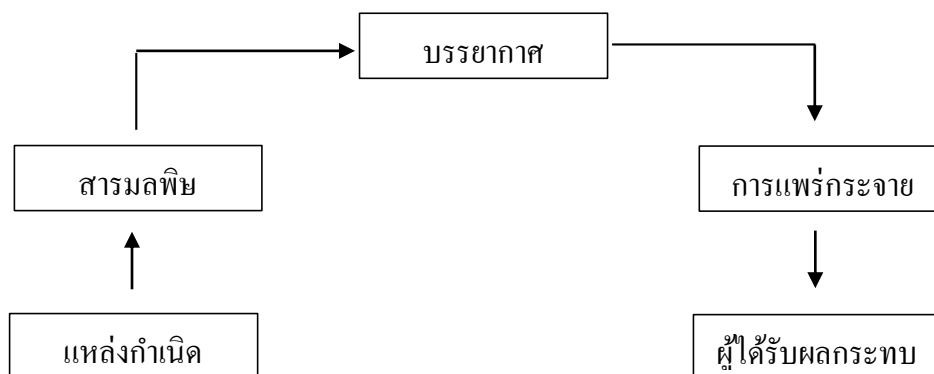
วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานวิจัยเรื่อง “การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอนภายในและภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัยบริเวณทางออกประตูถนนสามเสนมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา” ผู้วิจัยได้รวบรวมและเรียบเรียงเนื้อหาทางวรรณกรรมตลอดจนเอกสารและงานวิจัยต่างๆ ตามหัวข้อต่อไปนี้

1. มลพิษทางอากาศ
2. อนุภาคฝุ่นและผลกระทบที่มีผลต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม
3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มลพิษทางอากาศ

มลพิษทางอากาศ (Air Pollution) หมายถึง “ภาวะของอากาศที่มีสารเจือปนอยู่ในปริมาณที่มากพอ และเป็นระยะเวลานานพอที่จะทำให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพ อนามัยของมนุษย์ สัตว์ พืช และวัสดุต่างๆ สารดังกล่าวอาจเป็นธาตุหรือสารประกอบที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติหรือเกิดจากการกระทำของมนุษย์หรืออาจอยู่ในรูปของก๊าซ หยตของเหลว หรืออนุภาคของแข็งก็ได้” สารมลพิษอากาศหลักที่สำคัญคือ ฝุ่นละออง (TSP) ตะกั่ว (Pb) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์(CO) ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) และก๊าซโอโซน (O₃) (นพภาพร พานิช และคณะ, 2547) ระบบมลพิษทางอากาศแสดงดังภาพที่ 2.1



ดังภาพที่ 2.1 แสดงระบบมลพิษทางอากาศ (Air Pollution System)

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, 2554

ประเภทของแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศ

แหล่งกำเนิดสารมลพิษที่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศพบได้หลายแหล่ง สามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ แหล่งกำเนิดโดยธรรมชาติ (Natural Sources) และแหล่งกำเนิดจากกิจกรรมและการกระทำของมนุษย์ (Man-Made Sources) ดังต่อไปนี้

1. แหล่งกำเนิดโดยธรรมชาติ ได้แก่

- (1) ภูเขาไฟ เป็นแหล่งที่ก่อให้เกิดมลพิษทางธรรมชาติ มักจะปล่อยสารพิษ ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H₂S) และมีเทน (CH₄)
- (2) ไฟไหม้ป่า เป็นการเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ โดยเฉพาะในฤดูร้อนจะมีอุณหภูมิสูงซึ่งจะมีการเสียดสีของต้นไม้ ใบหญ้าที่อยู่ในป่าทำให้เกิดการลุกไหม้เป็นไฟขึ้น สารมลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ป่า ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO) ไฮโดรคาร์บอน (HC)
- (3) การเน่าเปื่อยและการหมัก สารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์ทำปฏิกิริยาเคมีทำให้เกิดสารมลพิษขึ้นสู่บรรยากาศ ได้แก่ แอมโมเนีย (NH₃)
- (4) การฟุ้งกระจาย ของดิน เมล็ดพืช เกสรจะเกิดการปล่อยมลพิษในอนุภาคของแข็ง เช่น ฝุ่น เปลือกของเมล็ดพืช หรือการฟุ้งกระจายของน้ำทะเลทำให้เกิดมลพิษในรูปของอนุภาคของแข็ง และเหลวปล่อยสู่บรรยากาศ

2. แหล่งกำเนิดจากกิจกรรมและการกระทำของมนุษย์ ได้แก่

- (1) การคมนาคม ปัจจุบันมีการขนส่งสินค้า การเดินทางเป็นจำนวนมากโดยการใช้ยานพาหนะต่างๆ โดยเฉพาะรถยนต์ ซึ่งเป็นต้นเหตุสำคัญที่สุด โดยที่รถยนต์จะปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซไนตริก-ออกไซด์ เขม่า คาร์บอน และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ รวมทั้งก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ซึ่งก๊าซเหล่านี้เป็นต้นเหตุที่ทำให้เกิดมลพิษทางอากาศ
- (2) โรงไฟฟ้า ในการที่จะผลิตกระแสไฟฟ้าจะมีการเผาไหม้พลังงานจำนวนมากและในการเผาไหม้นั้นจะมีการปล่อยสารพวกก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ และฝุ่นละออง ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดมลพิษทางอากาศ
- (3) การเผาไหม้ของเชื้อเพลิง การเผาไหม้เชื้อเพลิงเป็นสิ่งสำคัญในการใช้ชีวิตประจำวันที่เราใช้ในการดำเนินชีวิต แต่ในการเผาไหม้เหล่านั้นก็จะทำให้มีการปล่อยสารพวกก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ ไฮโดรคาร์บอน และฝุ่นละออง ซึ่งเป็นสารที่ทำให้เกิดมลพิษทางอากาศ

(4) โรงงานอุตสาหกรรม ทำให้เกิดการปล่อยสารจำพวกฝุ่นละออง เขม่า คาร์บอน ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ และก๊าซพิษอื่นๆ อีกหลายชนิด ก๊าซเหล่านี้ล้วนเป็นสาเหตุที่สำคัญในการก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ

(5) การเกษตร เช่น การเผาพื้นที่ทำการเกษตร การฉีดยาฆ่าแมลง ทำให้เกิดสารมลพิษจำพวกสารหนู สารตะกั่ว คาร์บอน และซีลีเนียม

(6) ยานพาหนะ การเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจอย่างรวดเร็วของประเทศจากภาคเกษตรกรรมมาเป็นภาคอุตสาหกรรมทำให้กรุงเทพมหานครซึ่งเป็นศูนย์กลางของแหล่งธุรกิจและความเจริญมีจำนวนประชากรเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดความต้องการในการเดินทางและการขนส่งมากยิ่งขึ้น ส่งผลให้เกิดปัญหาจราจรติดขัดเข้าขั้นวิกฤต และนับวันจะทวีความรุนแรงมากขึ้นเรื่อยๆ การจราจรที่ติดขัดทำให้รถเคลื่อนตัวได้ด้วยความเร็วต่ำ มีการหยุดและออกตัวบ่อยครั้งขึ้น น้ำมันถูกเผาผลาญมากขึ้น การสันดาปของน้ำมันเชื้อเพลิงไม่สมบูรณ์ และมีการระบายสารมลพิษทางท่อไอเสียในสัดส่วนที่เพิ่มมากขึ้น ดังนั้นบริเวณที่ใกล้ถนนที่มีการจราจรติดขัด จะมีปัญหามลพิษทางอากาศที่รุนแรงกว่า ในบริเวณที่มีการจราจรคล่องตัว

อนุภาคฝุ่นและผลกระทบที่มีผลต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม

ประเทศไทยได้มีกำหนดมาตรฐาน อนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ตั้งแต่เดือนมีนาคม พ.ศ. 2553 โดยอาศัย ผลการศึกษาทางระบาดวิทยาในประเทศไทยร่วมกับพบว่าเมื่อประชาชนได้รับ อนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน เพิ่มขึ้นทุก 10 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จะมีความเสี่ยงต่อการตายต่อวัน เนื่องจากโรคหลอดเลือดหัวใจ และการตายต่อวันเนื่องด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ นอกจากนี้ การศึกษา Panel study ยังพบว่ามีผลกระทบแบบเฉียบพลันกับระบบ ทางเดินหายใจอีกด้วย ซึ่งในพื้นที่กรุงเทพฯ พบว่าเมื่อได้รับอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน เพิ่มขึ้นทุก 10 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จะมีความเสี่ยงต่ออาการระบบทางเดินหายใจส่วนล่าง และอาการระบบทางเดินหายใจส่วนบนเพิ่มขึ้นร้อยละ 9 และร้อยละ 11 ตามลำดับ (กรมควบคุมมลพิษ, 2555)

อนุภาคฝุ่นในบรรยากาศเป็นปัญหามลพิษทางอากาศที่สำคัญที่สุดของกรุงเทพมหานคร และเมืองใหญ่ๆ และส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนทั้งทางตรงและทางอ้อม

1. ความหมายของอนุภาคฝุ่น

คำว่า “อนุภาคฝุ่นอาจเรียกว่า “ฝุ่น” หรือ “ฝุ่นละออง” ก็ได้

วรารุช เสือดี (2546, หน้า 7) กล่าวว่า “อนุภาคฝุ่นเป็นทั้งอนุภาคของแข็งและของเหลว ซึ่งไม่ใช่สารที่มีโมเลกุลเดียว ขนาดของอนุภาคทำให้อัตราการคงอยู่ในอากาศเป็นไปได้ตั้งแต่ 2-3 วินาทีไปจนถึงหลาย ๆ เดือน” ทั้งนี้อนุภาคฝุ่นที่มีขนาดฝุ่นระหว่าง 0.1-1 ไมครอนหรือไมโครเมตร มีความเร็วในการตกลงสู่พื้นน้อยมาก เมื่อเทียบกับความเร็วลม ทำให้สามารถเคลื่อนที่ไปกับกระแสลมได้ดี อนุภาคฝุ่นที่มีขนาดใหญ่กว่า 20 ไมครอน จะเริ่มมีความเร็วการตกสู่พื้นเพียงพอที่จะตกสู่พื้นโดยน้ำหนักและแรงเฉื่อย

2. ประเภทของอนุภาคฝุ่น

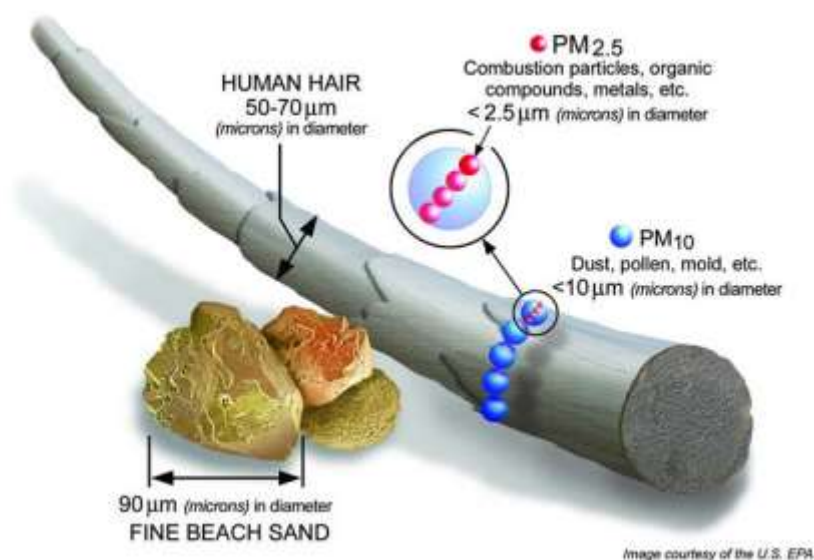
คุณสมบัติที่สำคัญของอนุภาคฝุ่น คือ ขนาดของอนุภาคฝุ่น ซึ่งนิยมใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเป็นการแบ่งแยกชนิดของอนุภาคฝุ่น ปัจจุบันมีการจำแนกประเภทของอนุภาคฝุ่นตามขนาดของอนุภาคฝุ่น ไว้ 3 ประเภทดังนี้

2.1 อนุภาคฝุ่นทั้งหมด (Total Suspended Particulate: TSP) คือ อนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 100 ไมครอนทั้งหมด ซึ่ง 1 ไมครอน เท่ากับ 0.000001 เมตร สามารถเกิดได้จากการเผาไหม้ เชื้อเพลิง เช่น น้ำมันเตา ถ่านหิน ฟืน และแกลบ เป็นต้น เพื่อนำพลังงานไปใช้ในการผลิต รวมทั้งกระบวนการผลิตที่มีอนุภาคฝุ่นออกมา เช่น การปั่นฝ้ายการเจียรโลหะการเคลื่อนย้ายวัตถุดิบ หม้ออบดปูน และหม้ออบดถ่านหิน

2.2 อนุภาคฝุ่นที่มีขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM-10) หรือเรียกว่า “อนุภาคฝุ่นหยาบ (Course Particle)” คืออนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนทั้งหมด” (Thorpe & Harrison, 2008. p.270) องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (US.EPA) ได้ให้ความหมายของ อนุภาคฝุ่นหยาบ (Course Particle) ว่า “เป็นอนุภาคฝุ่นที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5-10 ไมครอน มีแหล่งกำเนิดจากการจราจรบนถนนที่ไม่ได้ลาดยางจากการขนส่งวัสดุ อนุภาคฝุ่นจากกิจกรรมบดย่อย หิน”

2.3 อนุภาคฝุ่นที่มีขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM-2.5) หรือเรียกว่า อนุภาคฝุ่นละเอียด (Fine Particle) ซึ่งหมายถึง อนุภาคฝุ่นขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอนทั้งหมด” (Thorpe & Harison, 2008, p.270) ซึ่งมีความหมายของฝุ่นละเอียด (Fine Particle) ว่า “เป็นอนุภาคที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่า 2.5 ไมครอน” มีแหล่งกำเนิดจากควันเสียของรถยนต์ โรงไฟฟ้า โรงงานอุตสาหกรรม ควันที่เกิดจากหุงต้มอาหารโดยใช้ฟืน อนุภาคฝุ่นปฐมภูมิ (primary particle) นอกจากนี้อนุภาคฝุ่นขนาดเล็กกว่า 2.5

ไมครอน เป็นอนุภาคฝุ่นที่เกิดจากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนและสารอินทรีย์ระเหยง่ายหรือ VOCs ทำปฏิกิริยากับสารอื่นในอากาศทำให้เกิดเป็นอนุภาคฝุ่นขนาดเล็กได้ เรียกว่า “อนุภาคฝุ่นทุติยภูมิ (secondary particle)” (ศิวพันธุ์ ชูอินทร์, 2563)



ดั่งภาพที่ 2.2 ภาพเปรียบเทียบขนาดของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน และอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน

ที่มา : United States Environmental Protection Agency, 2018

3. คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของอนุภาคฝุ่น

คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของฝุ่นละอองแบ่งได้ดังนี้

- (3.1) ฝุ่นละอองเป็นพิษเนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีหรือลักษณะทางกายภาพ เช่น ขนาดเล็กลักษณะแหลมคม มีการปนเปื้อนของสารเคมี มีฤทธิ์เป็นกรด-ด่าง
- (3.2) ฝุ่นละอองเข้าไปรบกวนระบบหายใจโดยตรง ทำให้หายใจได้ลำบากขึ้น
- (3.3) ฝุ่นละอองเป็นตัวพาหรือตัวดูดซับสารมลพิษและพาเข้าสู่ร่างกาย เช่น แคดเมียม (Cd) โครเมียม (Cr) แมงกานีส (Mn) นิกเกิล (Ni) ตะกั่ว (Pb) และเชื้อโรคประเภทต่างๆ เป็นต้น ทำให้ร่างกายเกิดโรคจากสารเหล่านั้น

4. ปัจจัยที่มีผลต่อการกระจายตัวอนุภาคฝุ่นในบรรยากาศ

ปัจจัยที่มีผลต่อการกระจายตัวของอนุภาคฝุ่นในบรรยากาศมีดังนี้

(4.1) ความเร็วและทิศทางลม คืออากาศที่เคลื่อนไหวยเป็นผลรวมของความกดอากาศและแรงต่างๆ บนพื้นโลกซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะแรงเสียดทานเท่านั้น อากาศเคลื่อนตัวจากบริเวณที่มี ความกดอากาศสูงสู่บริเวณที่มีความกดอากาศต่ำหากลมพัดอยู่ในทุ่งโล่งย่อมไม่เกิดแรงเสียดทานหรือ การต้านลมได้เท่ากับในเมืองซึ่งมีอาคารบ้านเรือนในบรรยากาศชั้นสูงขึ้นไปจะมีแรงต้านลมน้อยกว่า ชั้นอากาศชั้นที่ติดกับพื้นผิวโลกดังนั้นมีลมย่อมพัดแรงขึ้น

(4.2) มลพิษทางอากาศเมื่อระบายออกแหล่งกำเนิดแล้วถูกพัดพาไป แต่ลมที่พัดพาไปนั้น มิได้พัดพาไปตรงๆ เสมอเพราะในประเทศไทยนั้นมีความแน่นอนของทิศทางลมน้อยมากแม้แต่ในช่วงโมงหนึ่งๆ ลมก็อาจจะไปได้หลายทิศทาง ทั้งนี้ประเทศไทยเป็นเมืองร้อนมีแสงอาทิตย์ส่องมาก ทำให้ความแตกต่างของอุณหภูมิที่พื้นดิน และการพัดเข้าไปแทนที่ของอากาศที่เย็นกว่าที่เข้าไปแทนที่ ตัวอย่างระดับท้องที่ ได้แก่ ลมทะเล และตัวอย่างระดับภูมิภาค ได้แก่ ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ส่วนในเวลากลางคืนหรือฤดูหนาว พื้นดินจะเย็นลงเร็วกว่าอากาศหรือน้ำ ทำให้ทิศทางลมกลับกันนอกจากลมระดับท้องที่หรือลมระดับภูมิภาคแล้วยังมีลมที่เกิดขึ้นเฉพาะที่ เช่น อาจเกิดจากสภาพภูมิประเทศ เช่น มีอาคารหรือภูเขา ทำให้ทิศทางลมเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมได้ ความเร็วและทิศทางลม ณ ที่ใดที่หนึ่ง จะแสดงได้ด้วยแผนภูมิ (Wind Rose) ทิศทางของเส้นในแผนภูมิลมจะแสดงทิศทางที่ลมพัดมา และจะอ่านค่าความเร็วลมได้จากสเกลที่แนบมากับแผนภูมิลม

(4.3) ความปั่นป่วน อากาศเมื่อมีการเคลื่อนที่บางครั้งจะเกิดกระแสนวนลักษณะคล้ายคลึง กับวังน้ำวนในแม่น้ำกระแสนวนจะพัดพามลพิษและทำให้เกิดการกระจายตัวไปในทิศทางต่างๆเมื่อพวย ควนจากปล่องโรงงานเข้าสู่บรรยากาศ กระแสนวนที่มีขนาดเล็กจะไม่มีผลต่อการกระจายตัวมากนัก เช่นเดียวกับเมื่อกระแสนวนขนาดใหญ่เกินกว่าพวนควน ซึ่งจะพัดพาพวยควนให้กว่นไปมา แต่มิได้ช่วย ทำให้เกิดการกระจายมลพิษได้ดีเท่ากับกระแสนวนที่มีขนาดเล็กเลยกับพวยควน กระแสนวนปั่นป่วนเกิดจาก สิ่งกีดขวางเคลื่อนที่ เรียกว่าความปั่นป่วนทางกล และเกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางอุณหภูมิ เรียกว่า ความปั่นป่วนความร้อน ความปั่นป่วนทางกลเกิดขึ้นเมื่อมีการขัดขวางการเคลื่อนที่ของอากาศ เช่น อาคาร ต้นไม้ ภูเขา ซึ่งทำให้เกิดแรงเสียดทานพร้อมกันไปด้วย หากลมพัดแรงความปั่นป่วนทางความร้อนเกิดขึ้นเมื่อผิวโลกได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์ พื้นดินรวมทั้งตรงกันข้ามในเวลากลางคืน พื้นดินและอากาศที่อยู่ใกล้พื้นผิวโลกเย็นลง เนื่องจากพื้นดินแผ่รังสีความร้อนกลับสู่บรรยากาศจึงทำให้อากาศหยุดนิ่ง และความปั่นป่วนลดน้อยที่สุด

(4.4) อุณหภูมิของบรรยากาศที่ระดับต่างๆ จะไม่เท่ากัน ตามปกติอุณหภูมิจะลดลงตามความสูง กล่าวคือยิ่งสูงอากาศยิ่งเย็นลงและความแตกต่างของอุณหภูมิที่ความสูงต่างๆ

ในลักษณะ เช่นนี้จะทำให้การกระจายตัวของมลพิษได้เป็นอย่างดี ในทางตรงกันข้ามเมื่อใดที่ยังสูงขึ้นไปอากาศยิ่งร้อนแล้วการกระจายตัวของมลพิษจะเป็นไปได้น้อยที่สุดหรือไม่มีเลย

(4.5) ภูมิประเทศจะมีผลต่อลมในท้องถิ่นนั้นๆ เช่น บริเวณชายทะเลจะเกิดมีลมบก ลมทะเล เมื่อพื้นที่น้ำที่กว้างใหญ่ เช่น ทะเลหรือมหาสมุทร ได้รับแสงแดดจะร้อนช้ากว่าพื้นดินอากาศที่ร้อนบนพื้นดินจะลอยตัวขึ้นสูง อากาศที่เย็นเหนือพื้นดินน้ำไหลเข้ามาแทนที่ เรียกว่า ลมบก เนื่องจาก พื้นดิน คายความร้อนได้ดีกว่าพื้นน้ำ ในบริเวณหุบเขาจะเกิดลมภูเขา ลมหุบเขา เมื่อหุบเขา ได้รับแสงแดดก็ จะเกิดลมหมุนเวียนเช่นเดียวกัน กล่าวคือ พื้นดินบนภูเขาจะลอยตัวสูงขึ้นและอากาศที่เย็น กว่าในหุบ เขาด้านล่าง อากาศร้อนบริเวณใกล้พื้นดินบนภูเขาจะลอยตัวสูงขึ้นและอากาศที่เย็น กว่าในหุบเขาไหล ขึ้นมาแทนที่ทำให้เกิดลมภูเขาจะคายความร้อนได้เร็วกว่าพื้นดินในหุบเขาจึงเกิดจากลม สวนทางกลับ ที่สูงลงสู่ที่หุบเขาเบื้องล่างเรียกว่าลมหุบเขา (อรุบล โชติพงศ์, 2541)

5. ผลกระทบของอนุภาคฝุ่นต่อสุขภาพ

ผลของอนุภาคฝุ่นที่ก่อให้เกิดผลกระทบ ความรุนแรงของผลกระทบพิจารณาได้จาก ปัจจัย 3 ปัจจัย ได้แก่

- (1) อนุภาคฝุ่นเป็นพิษเนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีและลักษณะทางกายภาพ
- (2) อนุภาคฝุ่นเข้าไปรบกวนระบบหายใจ
- (3) อนุภาคฝุ่นเป็นตัวพาหรือตัวดูดซับสารเข้าสู่ร่างกาย

ผลกระทบของอนุภาคฝุ่นต่อสุขภาพมีดังนี้

- (1) ผลกระทบต่อปอดและระบบทางเดินหายใจโดยตรง อนุภาคฝุ่นทำให้เกิดผลกระทบ ดังนี้

(1.1) เกิดการบาดเจ็บหรืออักเสบ

(1.2) อนุภาคฝุ่นขนาดเล็กจะไปเพิ่มความไวต่อการติดเชื้อของระบบทางเดินหายใจ

(1.3) อนุภาคฝุ่นขนาดเล็กจะไปเพิ่มปฏิกิริยาตอบสนองของระบบทางเดินหายใจและ ทำให้อาการหอบหืดมากขึ้น

- (2) ผลกระทบต่อระบบอื่น เนื่องจากปอดและระบบทางเดินหายใจ มีดังนี้

(2.1) อนุภาคฝุ่นขนาดเล็กมีผลกระทบต่อหัวใจเนื่องจากสมรรถภาพการแลกเปลี่ยน ออกซิเจนลดลง ทำให้ร่างกายต้องเพิ่มอัตราการหายใจ

(2.2) อนุภาคฝุ่นขนาดเล็กมีผลต่อการแข็งตัวของเลือด ซึ่งเพิ่มความเสี่ยงของอาการ หัวใจวาย

(2.3) อนุภาคฝุ่นขนาดเล็กมีผลต่อปริมาณเซลล์ในเลือด

- (3) ผลกระทบต่อหัวใจและระบบไหลเวียนโลหิต มีดังนี้

(3.1) อนุภาคฝุ่นขนาดเล็กเข้าไปในระบบไหลเวียนโลหิต และนำสารพิษที่อยู่ในอนุภาค ฝุ่นเข้าไปด้วย

(3.2) อนุภาคฝุ่นขนาดเล็กมีผลต่อระบบประสาทอัตโนมัติที่ควบคุมการทำงานของหัวใจ และระบบไหลเวียนโลหิต

(4) อนุภาคฝุ่นขนาดเล็กมีผลต่อกลุ่มอาการระบบทางเดินหายใจ ดังนี้

(4.1) กลุ่มอาการระบบทางเดินหายใจส่วนบน (Upper Respiratory Symptoms: URS) ได้แก่ อาการคัดจมูก น้ำมูกไหล เจ็บคอ

(4.2) กลุ่มอาการระบบทางเดินหายใจส่วนล่าง (Lower Respiratory Symptoms: LRS) ได้แก่ อาการไอ มีเสมหะ หายใจมีเสียงวี๊ด หายใจไม่สะดวก หายใจไม่อิ่ม แน่นหน้าอก

(5) ผลกระทบระยะสั้น

(5.1) อนุภาคฝุ่นขนาดเล็กจะไปเพิ่มอัตราการเข้ารักษาตัวในโรงพยาบาลด้วยโรคระบบทางเดินหายใจ และโรคระบบหัวใจและหลอดเลือด

(5.2) อนุภาคฝุ่นขนาดเล็กจะไปเพิ่มอัตราการตายรายวัน

(6) ผลกระทบระยะยาว

(6.1) อนุภาคฝุ่นขนาดเล็กจะไปเพิ่มอัตราการตายจากทุกสาเหตุ

(6.2) อนุภาคฝุ่นขนาดเล็กจะไปเพิ่มอัตราการตายด้วยโรคหัวใจ และปอด

(6.3) อนุภาคฝุ่นขนาดเล็กจะไปเพิ่มอัตราการตายด้วยโรคมะเร็งปอด

อนุภาคฝุ่นจากเครื่องยนต์ดีเซล (deal particulate Tester) เป็นอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็ก คือ ขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนและ 2.5 ไมครอน ซึ่งเป็นอันตรายต่อสุขภาพและเป็นสาเหตุของการเกิดโรค ดังนี้

(1) โรคหัวใจ

(2) โรคหอบหืด (exacerbate asthma)

(3) ทำลายดีเอ็นเอ (DNA)

(4) เป็นสาเหตุของการเกิดโรคมะเร็งโดยองค์การอนามัยโลก (WHO) กำหนดให้อนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 25 ไมครอนอยู่ในกลุ่ม 1 ของสารก่อมะเร็งตั้งแต่ปี 2556

(5) โรคหลอดลมอักเสบ (bronchitis)

อนุภาคฝุ่นขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน สามารถหายใจเข้าไปได้ถึงระบบทางเดินหายใจส่วนล่างและถุงลมปอด มีผลกระทบต่อสุขภาพทั้งแบบเฉียบพลัน (ชั่วโมงหรือวัน) และผลเรื้อรัง (เดือนหรือปี) ได้แก่ อาการป่วยทางระบบหายใจและหลอดเลือดหัวใจ เช่น หอบหืด อาการป่วยของ

ระบบหายใจ และการเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาล และการเสียชีวิตจากโรกระบบหายใจและหลอดเลือดหัวใจรวมถึงมะเร็งปอด

อนุภาคฝุ่นขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ในบรรยากาศจะมีความสัมพันธ์กับอัตราการเพิ่มของผู้ป่วยที่เป็นโรคหัวใจและโรคปอดที่เข้ามารักษาตัวในห้องฉุกเฉินเพิ่มอาการของโรคทางเดิน อื่นทรายมากกว่าอนุภาคฝุ่นที่อนุภาคกลมและใหญ่ เช่น อนุภาคฝุ่นของใยหินหรือแอสเบสตอส (หายใจ ลดประสิทธิภาพการทำงานของปอด และเกี่ยวข้องกับการเสียชีวิตก่อนวันอันควร โดยเฉพาะ ผู้ป่วยสูงอายุ ผู้ป่วยโรคหัวใจ โรคหอบหืดและเด็กจะมีอัตราเสี่ยงสูงกว่าคนปกติ (กรมอนามัยและกรม ควบคุมโรค, 2558 หน้า 3)

การพิจารณาผลกระทบของอนุภาคฝุ่นต่อสุขภาพอนามัยของคนทำได้ยากโดยจะต้อง พิจารณาปัจจัยต่อไปนี้ (ศิริพันธุ์ ชูอินทร์, 2556) คือ

(1) ขนาดของอนุภาคฝุ่นจากการศึกษาในปัจจุบันพบว่าอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอนเท่านั้นที่จะเข้าสู่ร่างกาย และมีผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจ

(2) รูปร่างของอนุภาคฝุ่นที่มีรูปร่างที่แหลมเล็กจะเป็น asbebtos) เป็นอนุภาคฝุ่นที่มี ขนาดเล็กแหลมและคม ซึ่งหากหายใจเข้าสู่ร่างกายแล้วจะเกิดผลกระทบต่อปอด เนื่องจากลักษณะที่ เล็กและแหลมจะติดอยู่กับถุงลมปอดอย่างแข็งแรง ทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานของปอดลดลง เกิดเป็นโรคปอดแข็งหรือมะเร็งปอดได้

(3) องค์ประกอบของอนุภาคฝุ่น หากฝุ่นที่มีสารปนเปื้อน เช่น สารโลหะหนัก หรือเชื้อ โรคเกาะติดอยู่อนุภาคฝุ่นชนิดนั้นก็มีอันตรายสูง

(4) การเสริมพิษกันของอนุภาคฝุ่น และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ซึ่งหากสารมลพิษทาง อากาศชนิดปนเปื้อนในอากาศชนิดเดียว อนุภาคฝุ่นเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในการเกิดฝนกรด (กรดซัลฟิวริก H_2SO_4) อันเนื่องมาจากมาจากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

6. ผลกระทบอนุภาคฝุ่นต่อสิ่งแวดล้อม

อนุภาคฝุ่นมีผลกระทบต่อสังคมเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อมหลายอย่าง เช่นสุขภาพอนามัยของคนและสัตว์ ทำลายพืช ทำให้วัตถุเสียหายสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงลดระยะการมองเห็นและเป็นเหตุรำคาญ เป็นต้น ดังนี้ (วนิดา จินสาตร์, 2551)

6.1 ผลกระทบต่อระยะการมองเห็นก๊าซส่วนมากในบรรยากาศแสงส่องผ่านได้ ยกเว้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่มีสีน้ำตาล และก๊าซปริมาณน้อย เช่นฟลูออรีนคลอรีนโบรมีน และก๊าซอินทรีย์บางอย่าง แต่มีในอากาศน้อยมากจึงไม่มีนัยสำคัญต่อระยะการมองเห็น มีเพียงกลุ่มหมอกปนควัน หรือเสมือนที่มักมีสีน้ำตาล เนื่องจากมีก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ปริมาณสูงจากท่อไอเสียรถยนต์ที่มีผลต่อการมองเห็น

6.2 ผลกระทบต่อวัสดุสารมลพิษทางอากาศ ทำให้วัสดุต่างๆเสียหายได้ เกิดความสกปรก การสึกกร่อนหรือเกิดปฏิกิริยาทางเคมี ทำให้อาคารผุกร่อนได้ ได้แก่ ควันอนุภาคฝุ่นหรืออนุภาคฝุ่นที่เป็นกรดหรือด่าง ทำให้ข้าวของเสียหายได้

6.3 ผลกระทบต่อระบบนิเวศ อากาศเสียทำให้การเจริญเติบโตของพืชชะงัก ทำลายคลอโรฟิลล์และการสังเคราะห์แสง ทำให้การเจริญเติบโตช้าหรืออาจตายได้ โดยธรรมชาติน้ำฝนจะมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ละลายอยู่ เมื่อพิจารณาถึงความสามารถในการละลายน้ำของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในทางทฤษฎีแล้ว น้ำฝนตามธรรมชาติจะมีสภาพเป็นกรดเล็กน้อย คือมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่ประมาณ 5. 6 (ค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่ 7. 0 จัดว่ามีสภาพเป็นกลาง) อย่างไรก็ตามก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และก๊าซซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ของไนโตรเจนเป็นสารมลพิษทางอากาศที่สำคัญที่สามารถทำให้น้ำฝน มีสภาพเป็นกรดมากขึ้นก็ได้ การที่ฝนมีความเป็นกรดมากขึ้นทำให้เกิดอันตรายต่อระบบนิเวศวิทยาในดิน แหล่งน้ำ ป่าไม้ที่ได้รับน้ำฝน

6.4 ผลเสียต่อสภาวะภูมิอากาศการที่มีอนุภาคฝุ่นแขวนลอยอยู่ในบรรยากาศเป็นจำนวนมาก หรือการเกิด photochemical smog จะบดบังทัศนวิสัย (isibility) ทำให้ระยะทางในการมองเห็นผ่านอากาศลดลงไม่สามารถมองเห็นวัตถุในระยะทางไกลๆได้ นอกจากนี้อนุภาคฝุ่นยังทำหน้าที่ยกกันและสะท้อนแสงแดดที่ส่องมายังผิวโลก ทำให้ผิวโลกมีอุณหภูมิลดลง

6.5 ผลกระทบต่อสุขภาพ ผลเสียที่มีต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์เป็นผลเสียที่มีความสำคัญมากที่สุด อันตรายที่เกิดขึ้นอาจเริ่มตั้งแต่การก่อให้เกิดความรำคาญระคายเคืองเกิดการ

เปลี่ยนแปลงในร่างกาย โดยไม่แสดงอาการจนกระทั่งมีอาการชัดเจนและถึงขั้นเสียชีวิตในที่สุด นอกจากนี้แล้วอันตรายต่อสุขภาพอาจจะไม่ได้เกิดขึ้นโดยตรง เนื่องจากสารมลพิษทางอากาศเพียงอย่างเดียว แต่อาจเกิดโดยทางอ้อมจากโรคแทรกซ้อนที่เกิดขึ้นเมื่อร่างกายมีความอ่อนแอจากการได้รับหรือสัมผัสกับสารมลพิษทางอากาศ โดยปกติแล้วมนุษย์จะรับสารมลพิษทางอากาศเข้าสู่ร่างกายโดยการหายใจและการสัมผัสทางผิวหนังและนัยน์ตา

อนุภาคฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน (อนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน) มีแหล่งกำเนิดส่วนหนึ่งมาจากการที่ไนโตรเจนออกไซด์ หรือ NOX ไปทำปฏิกิริยากับสารอื่นในอากาศทำให้เกิดเป็นอนุภาคฝุ่นละออง ดังนั้นการลด EGR จึงเป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิดอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน (อนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน) ซึ่งกำลังส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมและสุขภาพของคนไทยโดยตรงในขณะนี้ (วรัญญ ยอดพรหม, 2562)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สมานชัย เลิศกมลวิทย์ (2543) ทำการศึกษาการหาปริมาณฝุ่นขนาดเล็ก (PM2.5, PM10-2.5, PM10) และความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นในบรรยากาศ ภายในอาคาร และฝุ่นที่บุคคลได้รับ ทำการเก็บฝุ่นละออง อนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน และ ฝุ่นละอองขนาด 10 ไมครอน ภายนอกป้อมตำรวจริมถนน ภายในป้อมตำรวจ และที่ตำรวจจราจรได้รับสัมผัส ในเขตกรุงเทพฯ ได้แก่ ในพื้นที่ : ดินแดง ปทุมวัน รามคำแหงและงามวงศ์วาน ในเขตชานเมือง: ได้แก่ ตลาดคูและประชาสำราญ และในเขตอยุธยา ถูกเก็บด้วยเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศเฉพาะบุคคล ติดหัวแยกฝุ่นอิมแพคเตอร์ หาปริมาณด้วยเครื่องชั่งหกดตำแหน่งเมืองเปรียบเทียบกับค่าที่ได้กับเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศ แบบ เทปใช้รังสีเบต้าที่สถานเฝ้าระวัง ดินแดงของกรมควบคุมมลพิษ พบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ ($r = 0.948$, $p = 0.004$) ฝุ่นละอองขนาด 10 ไมครอนเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ภายนอกป้อมในเขตกรุงเทพฯ มีค่ามากกว่า 100 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยเฉพาะที่ดินแดงและงามวงศ์วานมีค่าเกินมาตรฐานฝุ่นในบรรยากาศ (120 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ในขณะที่ฝุ่นละออง อนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ในเขตกรุงเทพฯ ทั้งหมดมีค่าเกินมาตรฐานฝุ่นละอองในบรรยากาศที่ US EPA กำหนด (65 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ฝุ่นละอองขนาด 10 ไมครอนและ อนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในป้อมมีค่าน้อยกว่าภายนอกป้อม ในขณะที่ฝุ่นละอองที่บุคคลได้รับสัมผัสมีค่าอยู่ระหว่าง ฝุ่นละอองภายนอกป้อมและภายในป้อม การวิเคราะห์หองค์ประกอบธาตุอินทรีย์ว่า การจราจรเป็นแหล่งกำเนิดสำคัญสำหรับการศึกษารังนี้ สำหรับสัดส่วนของฝุ่น อนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ต่อฝุ่นละอองขนาด 10 ไมครอนพบว่าไม่ขึ้นกับความเข้มข้นฝุ่นละออง

แต่ความเป็นเมืองมีแนวโน้มทำให้สัดส่วนนี้ มีค่าสูงกว่า ในต่างจังหวัด ซึ่งกรุงเทพฯ ค่าเฉลี่ยสัดส่วนนี้มีค่า 0.74 ส่วนหนองจอกเป็นชานเมืองกรุงเทพฯ มีค่า 0.65 ในขณะที่อยุธยา มีค่า 0.60 จากการวิเคราะห์หาสหสัมพันธ์ พบความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่น ภายนอกป้อม ฝุ่นภายในป้อมและฝุ่นที่บุคคลได้รับสัมผัส ($p < 0.05$) สามารถหาสมการถดถอยเพื่อใช้ประมาณฝุ่นละอองภายในป้อม และที่บุคคลได้รับสัมผัสได้ โดยใช้ปริมาณฝุ่น ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนภายนอกป้อม เป็นตัวทำนายที่ดีที่สุด นอกจากนี้พบว่าปริมาณฝุ่นละอองที่ตรวจวัดได้ในบรรยากาศ แปรผันตามความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศ แต่แปรผกผันกับความเร็วลมสูงสุด

กิริตา เจริญผล (2548) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละอองรวม ฝุ่นหยาบ และฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน รวมถึงศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง วิธีการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองด้วยวิธีมาตรฐาน คือวิธีการ Gravimetric และวิธีการเทียบเท่า วิธีการตรวจวัดระดับดุกกลิ่นรังสีบีต้า โดยใช้ข้อมูลฝุ่นละอองในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ 2543 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2547 จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศของกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม บริเวณพื้นที่ทั่วไป พื้นที่ริมถนน และพื้นที่ทั่วไปในเขตปริมณฑลของกรุงเทพมหานคร การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติใช้วิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายและสหสัมพันธ์ รวมถึงทดสอบสมมติฐานด้วย สถิติที่ใช้เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มตัวอย่างสองกลุ่มที่เป็นอิสระจากกัน และ สถิติทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณฝุ่นละอองรวมกับฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน มีความสัมพันธ์กันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .01 โดยที่ค่าสัดส่วนของปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ต่อฝุ่นละอองรวม มีค่าเฉลี่ยรวมทุกพื้นที่เท่ากับ 0.52 และมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ เท่ากับ 0.43 ดังนั้น จึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำเอาค่าคงที่ดังกล่าวมาใช้ทำนายปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ได้จากปริมาณฝุ่นละอองรวม สำหรับปริมาณฝุ่นละอองรวมกับฝุ่นหยาบก็มีความสัมพันธ์กันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .01 เช่นกัน โดยต่ำกว่าสัดส่วนของปริมาณฝุ่นหยาบต่อฝุ่นละอองรวม มีค่าเฉลี่ยรวมทุกพื้นที่เท่ากับ 0.49 และมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเท่ากับ 0.73 ในขณะที่ ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน กับปริมาณฝุ่นหยาบไม่มีความสัมพันธ์กันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .01 วิธีการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน แบบ วิธีการ Gravimetric และแบบ วิธีการตรวจวัดระดับดุกกลิ่นรังสีบีต้า มีความสัมพันธ์กันที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .01 โดยที่สัดส่วนระหว่างทั้งสองวิธี มีค่าเท่ากับ 1.26 และมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเท่ากับ 0.39 แสดงให้เห็นว่า วิธีของ การตรวจวัดระดับดุกกลิ่นรังสีบีต้าให้ค่าการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ต่ำกว่าวิธีการของ Gravimetric ดังนั้นก่อนการนำผลการตรวจวัดที่ได้จากวิธี การตรวจวัดระดับดุกกลิ่นรังสีบีต้า

ไปเทียบกับค่ามาตรฐานฝุ่นละอองในบรรยากาศที่มาจากวิธีการวิเคราะห์ ค่าด้วยค่าแก้ ซึ่งจากการศึกษาครั้งนี้ พบว่า มีค่าเท่ากับ 1.26

ณัฐนันท์ หมั่นรักดี (2554) ทำการศึกษาแหล่งกำเนิดฝุ่นขนาดเล็กภายในอาคารที่พักอาศัยริมถนน ได้ทำการศึกษาปริมาณและองค์ประกอบของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน (อนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน) ภายในอาคารที่พักอาศัยริมถนนประชาอุทิศ นอกจากนี้ยังทำการศึกษาแหล่งที่มาของ อนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายใน อาคารโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ Positive Matrix Factorization Model (PMF) เนื่องจากถนนประชาอุทิศมีปริมาณการจราจรที่หนาแน่น และติดขัดตลอดทั้งวัน อาจก่อให้เกิดปัญหาการซึมผ่านของฝุ่นละอองและสะสมภายในอาคารมากกว่าอาคารอื่นๆ ในบริเวณทั่วไป ในการศึกษานี้ได้ทำการ เก็บตัวอย่างในห้อง ห้องพักขนาด 25 ตารางเมตร และไม่มีกิจกรรมใดๆภายในห้องพัก โดยทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นด้วยเครื่อง Mini Volume Air Sampler เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ในช่วงเดือนกันยายน-ธันวาคม ปี พ.ศ.2553 จากการตรวจวัดพบว่าปริมาณ อนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน มีค่าเฉลี่ยในช่วงที่ทำการศึกษากับ 40.4 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (9.9-76.7 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) อย่างไรก็ตามพบว่าประมาณ 31 % ของวันที่ทำการเก็บตัวอย่าง มีความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน เกินกว่ามาตรฐานฝุ่นละอองในบรรยากาศของประเทศไทยที่กำหนดไว้ที่ 50 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ผลการศึกษาองค์ประกอบของ อนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในอาคารพบว่า Black Carbon (BC) ซัลเฟต (SO_4^{2-}) แอมโมเนียม (NH_4^+) และ โพแทสเซียม (K^+) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญในอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในอาคารโดยมี สัดส่วนมวลเท่ากับ 21%, 15%, 14% และ 10% ตามลำดับ และยังมีองค์ประกอบอื่นๆ อีก 30% ที่อยู่ในอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ที่ไม่ได้ทำการวิเคราะห์ จากการเปรียบเทียบข้อมูล อนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในนอกอาคารที่เก็บในช่วงเวลาเดียวกันกับภายในอาคาร พบว่าปริมาณอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในอาคารต่อภายนอกอาคาร (Indoor/Outdoor) มีค่าอยู่ในช่วง ระหว่าง 0.21-1.99 และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.88 โดยพบว่าในอาคารมักจะมีปริมาณ อนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน น้อยกว่า ภายนอกอาคาร และจากการหาค่าความสัมพันธ์ระหว่าง อนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในและภายนอกอาคาร นั้นพบว่า มี ค่าความสัมพันธ์ $R^2 = 0.64$ แสดงว่ามีแนวโน้มเป็นอย่างมากที่ อนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน จะเดินทางจากภายนอกเข้าสู่ ภายในอาคาร สำหรับองค์ประกอบหลักใน อนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ที่พบทั้งภายในและภายนอกอาคาร พบว่ามี องค์ประกอบที่

ใกล้เคียงกัน จากการใช้ PMF วิเคราะห์แหล่งกำเนิดของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในอาคารพบว่ามี ทั้งหมด 5 แหล่งกำเนิด ประกอบด้วย แหล่งกำเนิดจากการประกอบอาหาร (19%), แหล่งกำเนิดจาก การเผาไหม้ขยะ (5%), แหล่งกำเนิดจากการเชื่อมสังกะสี (Zn) (8%), แหล่งกำเนิดจากแอมโมเนีย ซัลเฟต ((NH₄)₂SO₄) (31%) และแหล่งกำเนิดจากการจราจร (37%)

กลิ่นประทุม ปัญญาปิง และคณะ (2557) ได้ทำการเพื่อศึกษาการปนเปื้อนของฝุ่นละอองรวม (Total Suspended Particulate, TSP) ในบรรยากาศที่อยู่ภายในและภายนอกอาคารเรียน คณะวิศวกรรมศาสตร์ (ยธ.4) มทร.ล้านนา เชียงใหม่ และสิ่งปนเปื้อนในฝุ่นละอองรวม รวมทั้งความเข้มข้นเฉลี่ยของการสัมผัสโดยทำการเก็บตัวอย่างรวม 3 จุด ด้วยเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศเฉพาะบุคคล และอีก 1 จุด ด้วยเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศปริมาตรสูง และทำการวิเคราะห์แบบชั่งน้ำหนัก (Gravimetric) ส่วนสิ่งปนเปื้อนในฝุ่นละอองรวม ถูกตรวจหาด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงในระหว่างเดือนมีนาคม-ธันวาคม พ.ศ. 2554 พบว่า ความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นทั้งหมด ภายในอาคาร ได้แก่ ห้องเรียน ยธ.4-302 มีค่า 123.8188 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรและห้องเรียน ยธ.4-304 มีค่า 127.7387 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นทั้งหมดภายนอกอาคาร บริเวณชั้น 2 ด้านข้างห้องปฏิบัติการทางชีววิทยา สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มีค่า 254.2876 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรและบริเวณชั้น 1 ด้านหลังห้องปฏิบัติการทางเคมีของสาขาวิชาเดียวกัน มีค่า 131.0608 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สิ่งปนเปื้อนที่พบในอนุภาคฝุ่นทั้งหมดภายในอาคารจาก ทั้ง 2 ห้องเรียน ได้แก่ อนุภาคฝุ่นละออง (100%) เศษไม้ (57, 63%) โยหิน (Asbestos) (33, 43%) และเถ้าลอย (Fly Ash) (27, 37%) ส่วนสิ่งปนเปื้อนที่พบใน อนุภาคฝุ่นทั้งหมด บริเวณภายนอกอาคารทั้ง 2 แห่ง ได้แก่ อนุภาคฝุ่นละออง (100%) เถ้าลอย (43, 60%) โยหิน (Asbestos) (37, 55%) เศษเหล็ก (48%) เส้นใยสังเคราะห์ (38%) เศษไม้ (30%) และอื่นๆ (<20%) และยังพบว่าค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ อนุภาคฝุ่นทั้งหมด ที่สัมผัสได้ภายในห้องเรียนของอาคาร ยธ.4 ในระยะเวลา 2 ชั่วโมง (30.9547, 31.9347 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) มีค่ามากกว่าในระยะเวลา 4 ชั่วโมง (61.9094, 63.8694 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ประมาณ 2 เท่า

กรรณิกา จันทะล่ำม และคณะ (2558) ได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศในพื้นที่ตัวอย่าง 2 พื้นที่ คือ เขตดินแดงและเขตลาดพร้าว ในช่วงปี ค.ศ. 2010 – 2013 โดยใช้ข้อมูลจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศในเขตดังกล่าว ปัจจัยที่ศึกษา ได้แก่ ฤดูกาล (ฤดูร้อนและฤดูฝน) และลักษณะทางอุตุนิยมวิทยา (เช่นความเร็วลม อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์

ความกดอากาศ และปริมาณฝน) ผลการศึกษาพบว่าความเข้มข้นโดยเฉลี่ยของฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน CO O_3 NO_2 และ SO_2 ในเขตดินแดง เท่ากับ 58.33 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร, 1.22 ppm, 7.32 ppb, 31.01 ppb และ 1.96 ppb ตามลำดับ และในเขตลาดพร้าว เท่ากับ 26.13 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร, 0.91 ppm, 14.47 ppb, 26.28 ppb และ 2.66 ppb ตามลำดับ ในช่วงปีที่ผ่านมาการศึกษาความเข้มข้นของ มลพิษทางอากาศทุกชนิดในฤดูฝนมีค่าต่ำกว่าในฤดูร้อน เนื่องจากฝนที่ตกและการเจือจางของน้ำฝน ในฤดูร้อน ความเข้มข้นของฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน และ ไนโตรเจนไดรอกไซด์ เท่ากับ 58.33 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และ 31.01 ppb ตามลำดับ ซึ่งเกินค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศกำหนดไว้ที่ 50 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และ 30 ppb ตามลำดับจากการศึกษาสหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน พบว่าปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยามีผลกับมลพิษทางอากาศทุกชนิดที่ศึกษาโดยมีผลกับความเข้มข้นของไนโตรเจนไดรอกไซด์มากที่สุด เนื่องจาก NO_2 เป็นสาร ที่ก่อให้เกิดแก๊สโอโซน

Jinhua Hu and Nianping Li (2015) ได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้นของ $\text{PM}_{2.5}$ ในห้างสรรพสินค้าในฤดูใบไม้ร่วงฉางชา เพื่อที่จะแสดงถึงคุณภาพอากาศภายในอาคาร ในห้างสรรพสินค้าจึงเลือกห้างสรรพสินค้าทั่วไปในเมืองฉางชาเพื่อการศึกษา อนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ในร่ม / กลางแจ้ง ความเข้มข้นและพารามิเตอร์ทางอุตุนิยมวิทยาได้รับการตรวจสอบในฤดูใบไม้ร่วงปี 2014 การเปลี่ยนแปลงรายวันของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอนความเข้มข้นทั้งในพื้นที่การทำงานที่แตกต่างกันทั้งในร่มและกลางแจ้ง ค่าเฉลี่ยอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน กลางแจ้งความเข้มข้นในเวลาใดก็ได้สูงกว่าในอาคาร ค่าเฉลี่ยอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ในร่มสมาธิในวันหยุดสุดสัปดาห์มีค่ามากกว่าวันธรรมดา ในพื้นที่การใช้งานต่าง ๆ ค่าเฉลี่ยอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ความเข้มข้นของเครื่องสำอางอยู่ในระดับสูงที่สุดรองลงมาคือพื้นที่รับประทานอาหารทางเดินสาธารณะพื้นที่เสื้อผ้า และพื้นที่รองเท้าและกระเป๋านอกจากนี้ผลกระทบของพารามิเตอร์อุตุนิยมวิทยาที่มีต่อ อนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ในร่ม วิเคราะห์ความเข้มข้น อุณหภูมิ ($R^2 = 0.354$) และความเร็วลม ($R^2 = 0.285$) มีการพึ่งพาในระดับ ปานกลางกับ อนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ในร่ม ความเข้มข้น อย่างไรก็ตามความสัมพันธ์ตามความชื้นสัมพัทธ์ ($R^2 = 0.075$) และความกดอากาศ ($R^2 = 0.047$) มีความสัมพันธ์ที่อ่อนแอ

Jinhua Hu et al (2017) ได้ทำการศึกษาวัดความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ในบ้านของเด็กนักเรียนสิบคนและห้องเรียนสองแห่งในฉางซาประเทศจีน มีวัตถุประสงค์เพื่อเข้าใจสถานะปัจจุบันของระดับ อนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ในสภาพแวดล้อมที่อยู่อาศัยและห้องเรียนตรวจสอบความแตกต่างของมลพิษ อนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ที่บ้านระหว่างเด็กที่มีอาการระบบทางเดินหายใจและอาการแพ้อย่างน้อยหนึ่งรายการและสุขภาพที่ดี จากผลที่ได้รับความเข้มข้น อนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ในร่มในทุกครอบครัวที่ตรวจสอบนั้นสูงกว่าขีด จำกัด มาตรฐานแห่งชาติจีนมาก (75 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) และความเข้มข้น เฉลี่ยของ อนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ในกลุ่ม A (เด็กที่ไม่แข็งแรง) สูงกว่ากลุ่ม B (เด็กที่มีสุขภาพดี) ซึ่งระบุว่า อนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน อาจมีผลกระทบต่อสุขภาพของเด็ก ความเข้มข้น อนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ในห้องเรียนสองห้องนั้นเกินขีดจำกัด บนสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน ($r > 0.9$) บ่งบอกว่า อนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ในร่มส่วนใหญ่มาจากอากาศกลางแจ้ง ควรใช้มาตรการที่มีประสิทธิภาพเพื่อควบคุมระดับ อนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ในร่มและกลางแจ้ง

HuiXing Li, YuHua Qin and GuoHui Feng (2017) ได้ทำการศึกษาการวิเคราะห์ผลกระทบของอนุภาคละเอียดกลางแจ้ง อนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ต่อคุณภาพอากาศในห้องอ่านหนังสือของห้องสมุดมหาวิทยาลัยในฤดูหนาวของจีนตอนเหนือ การเกิดหมอกควันบ่อยครั้งไม่เพียงก่อให้เกิดมลพิษต่อคุณภาพอากาศภายในอาคารอย่างร้ายแรง แต่ยังเป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์อีกด้วย ห้องสมุดมหาวิทยาลัยเป็นหนึ่งในสภาพแวดล้อมของวิทยาลัยที่มีความถี่สูงและมีการติดต่อย่างใกล้ชิดสำหรับนักศึกษา ดังนั้นจึงควรรักษาคุณภาพอากาศภายในอาคารให้ดีขึ้นด้วยการมาถึงของช่วงความร้อนทางเหนือความเข้มข้นของฝุ่นละอองในอากาศภายนอกจะเพิ่มขึ้นและซึมผ่านช่องว่างของหน้าต่างและประตู เนื่องจากการเคลื่อนไหวของผู้คนบ่อยครั้งทำให้แขวนอยู่ในอากาศเป็นเวลานานส่งผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมของห้องอ่านหนังสืออย่างจริงจัง ในบทความนี้ได้ศึกษา กลไกการแพร่กระจายของ อนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายนอกอาคารสู่ภายในอาคารภายใต้มลพิษหมอกควันในระดับต่างๆของห้องสมุดมหาวิทยาลัยในภาคเหนือ ผ่านการใช้เครื่องตรวจ จับละอองลอยและอุปกรณ์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับความเข้มข้นของสารมลพิษ อนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ในร่มและกลางแจ้งที่ตรวจวัดวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของมลพิษฝุ่นละเอียดในร่ม และกลางแจ้งและกำหนดปัจจัยที่เกี่ยวข้อง

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

การดำเนินงานวิจัยเรื่อง การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในและภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย ในครั้งนี้มีรายละเอียดเกี่ยวกับวิธีดำเนินงานวิจัยซึ่งจำแนกออกเป็นหัวข้อต่างๆดังนี้

- (1) พื้นที่ทำการวิจัย
- (2) เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย
- (3) การเก็บรวบรวมข้อมูล
- (4) ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย
- (5) การวิเคราะห์ข้อมูล

พื้นที่ในการทำวิจัย

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในและภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย บริเวณประตูทางออกถนนสามเสน มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ดังภาพที่ 3.1



ดังภาพที่ 3.1 ป้อมรักษาความปลอดภัยบริเวณทางออกถนนสามเสน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดในบรรยากาศภายในและภายนอกอาคาร

- 1.1 เครื่อง Gilair 5 Personal Air Sampler เครื่องวัดภายในอาคาร (ดังภาพที่ ค-1)
- 1.2 เครื่องเก็บตัวอย่างอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน เครื่องวัดภายนอกอาคาร (ดังภาพที่ ค-2)
- 1.3 อุปกรณ์คัดแยกฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน (ดังภาพที่ ค-11)
- 1.4 กระจาขกรองชนิด polytetra-fluoroethylene (PTFE) ขนาด 37 มิลลิเมตร สำหรับเก็บภายในป้อมรักษาความปลอดภัย (ดังภาพที่ ค-4)
- 1.5 กระจาขกรองชนิด PM 2.5 Membrane 2,0 μm ขนาด 47 มิลลิเมตร สำหรับเก็บภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย (ดังภาพที่ ค-3)
- 1.6 ถุงพลาสติก สำหรับใส่กระจาขกรอง (ดังภาพที่ ค-5)
- 1.7 คีมคีบปากแบน (Forceps) (ดังภาพที่ ค-7)
- 1.8 สายไฟ (ดังภาพที่ ค-10)
- 1.9 ขาตั้งกล้อง (ดังภาพที่ ค-9)
- 1.10 เครื่องวัดอุณหภูมิและความดันบรรยากาศ (ดังภาพที่ ค-12)
- 1.11 โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติสำเร็จรูป

2. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

- 1.12 ตู้ดูดความชื้น (Desiccator) (ดังภาพที่ ค-6)
- 1.13 เครื่องชั่งไฟฟ้า ความละเอียด 5 ตำแหน่ง (ดังภาพที่ ค-8)
- 1.14 คีมคีบปากแบน (Forceps) (ดังภาพที่ ค-7)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ข้อมูลทุติยภูมิ

ทำการศึกษาเอกสารทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในและภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย บริเวณประตูทางออกถนนสามเสน มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ตลอดจนเครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์

2. ข้อมูลปฐมภูมิ

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในและภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัยบริเวณประตูทางออกถนนสามเสน มีขั้นตอนการเก็บ ตัวอย่างดังนี้

2.1 ทำการเก็บตัวอย่างปริมาณอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในและภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย

2.2 ทำการติดตั้งเครื่องมือวัดต่อเนื่องนาน 8 ชั่วโมง ในช่วงเวลาการเก็บตัวอย่าง เริ่มตั้งแต่เวลา 08.00 น. – 16.00 น.

2.3 นำไปวิเคราะห์หาปริมาณอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ณ ห้องปฏิบัติการ สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม จากนั้นจดบันทึก

ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย

การดำเนินงานวิจัยศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในและภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัยบริเวณประตูทางออกถนนสามเสน มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา มีขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาหัวข้องานวิจัย

2. ดำเนินการศึกษาข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน จากข้อมูลระดับทุติยภูมิ

3. ทำการศึกษาและสำรวจพื้นที่เพื่อดำเนินการเก็บตัวอย่างปริมาณอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน

4. ทำการเก็บตัวอย่างความเข้มข้นอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในและภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย โดยใช้เครื่อง Gilair 5 Personal Air Sampler และเครื่องเก็บตัวอย่างอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ในการเก็บตัวอย่างอนุภาค ฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน จำนวน 14 ตัวอย่าง ใช้เวลาในการเก็บ 8 ชั่วโมง ช่วงเวลาในการเก็บตัวอย่างเริ่มตั้งแต่เวลา 08.00 น.–16.00 น.

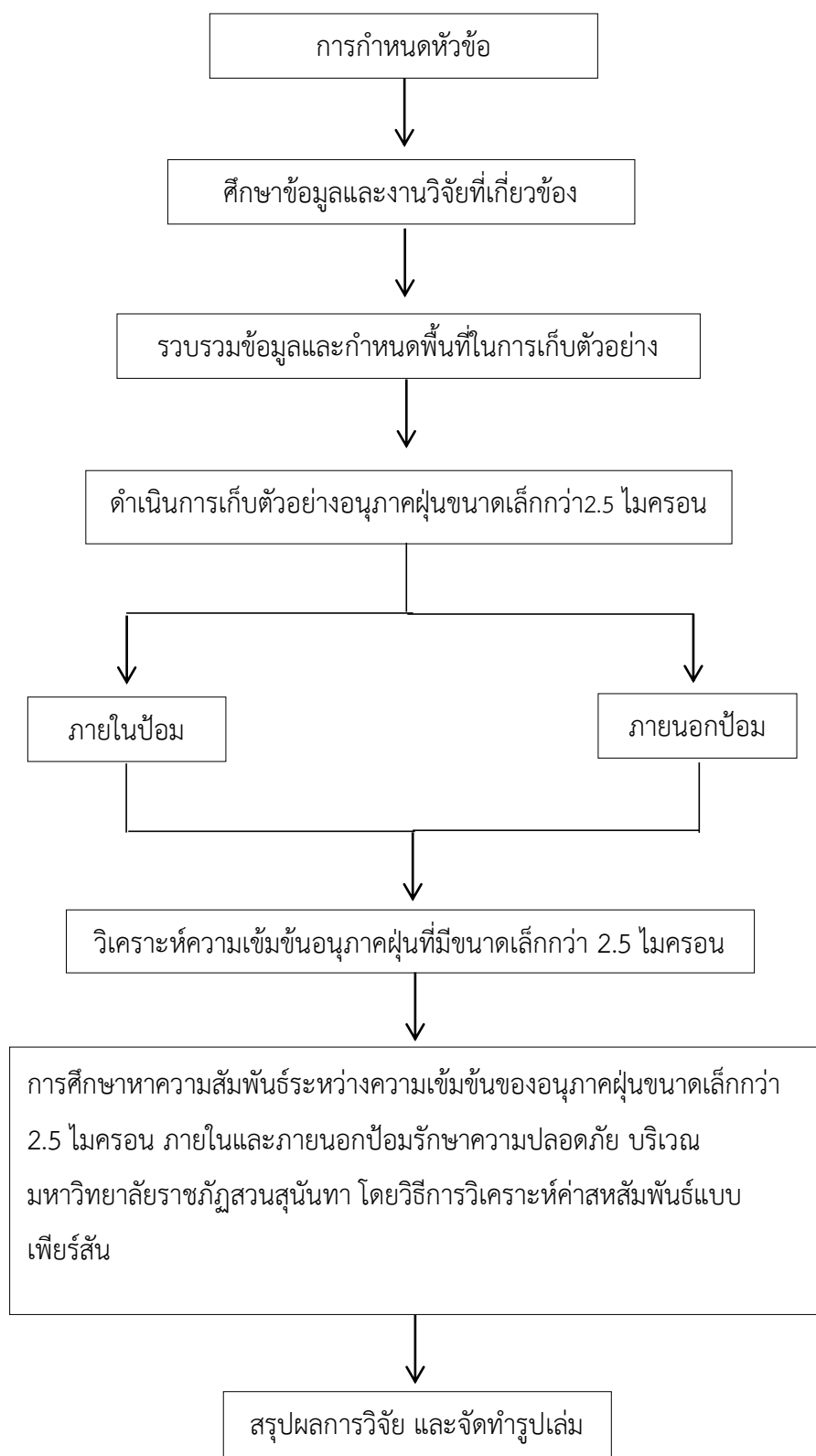
5. เมื่อได้ตัวอย่างแล้วดำเนินการวิเคราะห์หาความเข้มข้นอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน โดยการนำกระดาษกรองตัวอย่างใส่ตู้ดูดความชื้น จากนั้นนำไปชั่งโดยเครื่องชั่ง

5 ตำแหน่งเพื่อหาปริมาณอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในและภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย

6. นำผลความเข้มข้นอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน มาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ดังกล่าวมาศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในและภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย โดยวิธีการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson's product moment coefficient of correlation, r) และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน โดยใช้วิธีวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ระดับนัยสำคัญ 0.5 ตามการแปลผลในตารางที่ 3.1

7. วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

8. สรุปและจัดทำรูปเล่มรายงานฉบับสมบูรณ์



ภาพที่ 3.2 แผนผังแสดงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในและภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย ประตูทางออกถนนสามเสน มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา สามารถนำผลการวิเคราะห์หาคำนวนและวิเคราะห์ค่าทางสถิติได้ดังนี้

1. การวิเคราะห์หาปริมาณฝุ่น

1.1 ปริมาณฝุ่นคำนวณมาได้ ด้วยสมการที่ (3.1)

$$\text{ปริมาณอนุภาคฝุ่น } (\mu\text{g}/\text{m}^3) = \frac{W_2 - W_1}{V} \times 10^6 \quad \text{..... (3.1)}$$

โดยที่ W_1 คือ น้ำหนักกระดาษกรองก่อนเก็บตัวอย่าง (กรัม)

W_2 คือ น้ำหนักกระดาษกรองหลังเก็บตัวอย่าง (กรัม)

V คือ ปริมาตรอากาศในการเก็บตัวอย่าง (ลูกบาศก์เมตร/นาที)

1.2 คำนวนอัตราการไหลที่สภาวะมาตรฐาน

คำนวนอัตราการไหลที่สภาวะมาตรฐานด้วยสมการที่ (3.2)

$$Q_{STP} = Q_{\text{sample}} \times \frac{P_{\text{samp}}}{P_{\text{stp}}} \times \frac{T_{\text{stp}}}{T_{\text{samp}}} \quad \text{..... (3.2)}$$

เมื่อ	Q_{STP}	คือ อัตราการไหลที่สภาวะมาตรฐาน (ลูกบาศก์เมตรต่อนาที)
	Q_{sample}	คือ อัตราการไหลของอากาศในการเก็บตัวอย่าง (ลูกบาศก์เมตรต่อนาที)
	P_{samp}	คือ ความดันอากาศในการเก็บตัวอย่าง (มิลลิเมตรปรอท)
	P_{stp}	คือ ความดันอากาศที่สภาวะมาตรฐาน (มิลลิเมตรปรอท)
	T_{stp}	คือ อุณหภูมิที่สภาวะมาตรฐาน (องศาเซลเซียส)
	T_{samp}	คือ อุณหภูมิอากาศในการเก็บตัวอย่าง (องศาเซลเซียส)

1.3 คำนวนปริมาณอากาศ (M^3) ด้วยสมการที่ (3.3)

$$= \text{อัตราการไหล (ลูกบาศก์เมตรต่อนาที)} \times \text{เวลาเก็บตัวอย่าง (นาที)} \quad \text{..... (3.3)}$$

2. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

2.1 สถิติเชิงพรรณนา

ใช้ในการวิเคราะห์ความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในและภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย โดยนำเสนอในรูปของ ค่าสูงสุด ต่ำสุด ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของความเข้มข้นอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ที่ได้ทำการเก็บตัวอย่างจำนวน 14 ตัวอย่าง

2.2 สถิติเชิงอนุมาน

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในและภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย จำนวน 14 ตัวอย่าง โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการวิเคราะห์ข้อมูล นำมาวิเคราะห์ด้วยหลักการทางสถิติโดยวิธีการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson's product moment coefficient of correlation, r) ที่ระดับนัยสำคัญ .05 มีสมมติฐานในการวิเคราะห์ดังนี้

H_0 : ปริมาณความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในและภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย ไม่มีความสัมพันธ์กัน

H_1 : ปริมาณความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในและภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย มีความสัมพันธ์กัน

ในการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมทางสถิติสำเร็จรูปจะได้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) โดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะบอกถึงความสัมพันธ์ในระดับต่างๆ ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ระดับความสัมพันธ์

ค่า r	ระดับความสัมพันธ์
0.91 - 1.00	มีค่าความสัมพันธ์สูงมาก
0.71 - 0.90	มีค่าความสัมพันธ์ในระดับสูง
0.51 - 0.70	มีค่าความสัมพันธ์ในระดับปานกลาง
0.31 - 0.50	มีค่าความสัมพันธ์ในระดับต่ำ
0.00 - 0.31	มีค่าความสัมพันธ์ในระดับต่ำมาก

ที่มา: อติชัย โทวิชาและธีระดา ภิญโญ ,2553

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในและภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย โดยมีผลการวิจัยจำแนกตามวัตถุประสงค์ดังนี้

ผลการศึกษาความเข้มข้นอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน

ผลการศึกษาความเข้มข้นอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในและภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 4.1 และภาพ 4.1 ดังต่อไปนี้

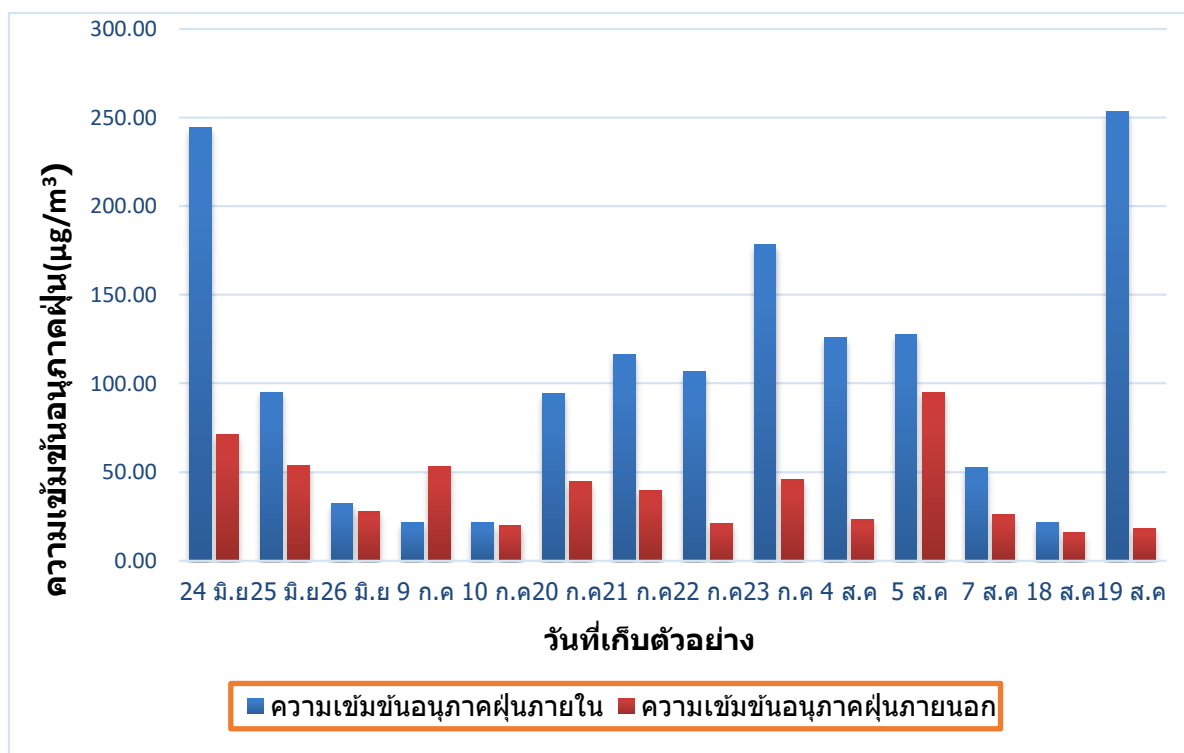
ตารางที่ 4.1 ความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในและภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย

วัน/เดือน/ปี ที่เก็บตัวอย่าง	ความเข้มข้นอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายใน และภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
	ภายใน	ภายนอก
24/มิถุนายน/.2563	244.27	70.82
25/มิถุนายน/ 2563	94.91	53.36
26/มิถุนายน/2563	32.09	28.00
9/กรกฎาคม/ 2563	21.20	52.91
10/กรกฎาคม/ 2563	21.27	19.83
20/กรกฎาคม/ 2563	94.30	44.85
21/กรกฎาคม/.2563	116.38	39.70
22/กรกฎาคม/2563	106.51	21.00
23/กรกฎาคม/.2563	178.39	45.70
4/สิงหาคม/.2563	125.67	23.43
5/สิงหาคม/2563	127.73	94.94
7/สิงหาคม/2563	52.62	26.24

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

วัน/เดือน/ปี ที่เก็บตัวอย่าง	ความเข้มข้นอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายใน และภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
	ภายใน	ภายนอก
18/สิงหาคม/ 2563	21.22	15.76
19/สิงหาคม/ 2563	253.40	18.23
ค่าต่ำสุด	21.20	15.76
ค่าสูงสุด	253.40	94.94
ค่าเฉลี่ย	106.42	39.63
SD	77.05	22.88

จากตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.1 พบว่าความเข้มข้นอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในและภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย อนุภาคฝุ่นภายในมีค่าความเข้มข้นต่ำสุด 21.20 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สูงสุด 253.40 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ค่าเฉลี่ย 106.42 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 77.05 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร อนุภาคฝุ่น ภายนอกมีค่าความเข้มข้นต่ำสุด 15.76 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สูงสุด 94.94 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ค่าเฉลี่ย 39.63 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 22.88 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร



ภาพที่ 4.1 แสดงความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในและภายนอก ป้อมรักษาความปลอดภัย

จากภาพที่ 4.1 อธิบายได้ว่าความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในและภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย จำนวน 14 ตัวอย่าง มีความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่น ภายในมากกว่าอนุภาคฝุ่นภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย เนื่องจากภายในป้อมรักษาความปลอดภัยเป็นระบบปิดและบางครั้งมีการเปิดประตูทิ้งไว้ ทำให้ลมสามารถพัดฝุ่นจากภายนอกเข้ามา ภายในได้และเกิดการสะสมภายในป้อมรักษาความปลอดภัย แต่ไม่สามารถอธิบายได้ว่าภายในอาคาร อันตรายเกินเกณฑ์มาตรฐานหรือไม่ เพราะในประเทศไทยยังไม่มีมาตรฐานกำหนดอนุภาคฝุ่นขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอนภายในอาคาร อนุภาคฝุ่นภายในมีค่าความเข้มข้นต่ำสุด 21.20 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สูงสุด 253.40 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ค่าเฉลี่ย 106.42 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 77.05 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร อนุภาคฝุ่นภายนอกมีค่าความเข้มข้นต่ำสุด 15.76 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สูงสุด 94.94 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ค่าเฉลี่ย 39.63 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 22.88 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในและภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในและภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย โดยใช้การทดสอบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งมีสมมติฐานดังนี้

H_0 : ปริมาณความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในและภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย ไม่มีความสัมพันธ์กัน

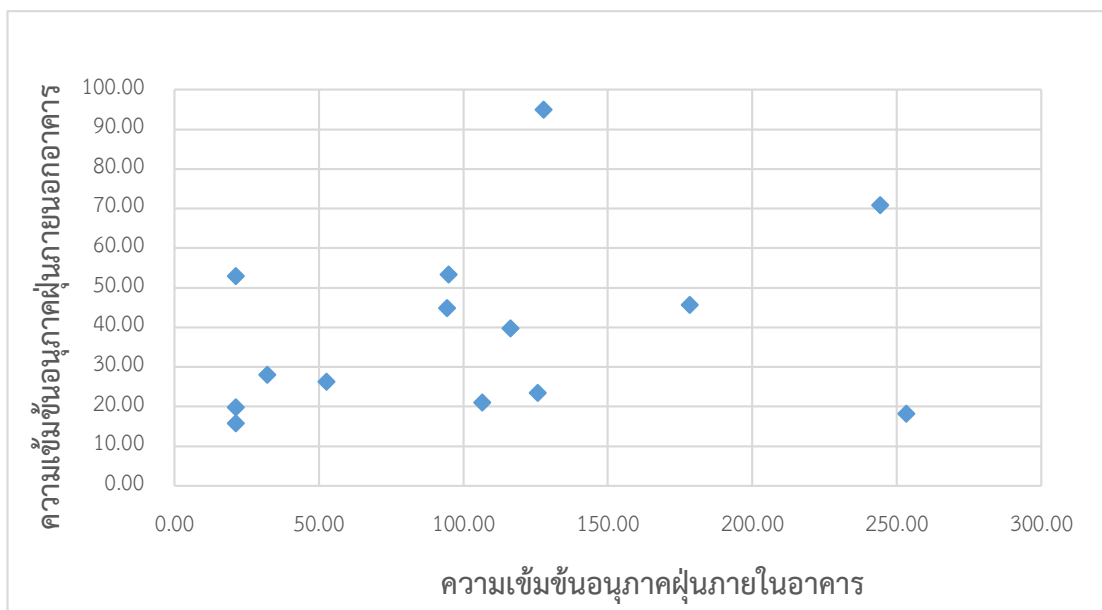
H_1 : ปริมาณความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในและภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย มีความสัมพันธ์กัน

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในและภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย แสดงดังตารางที่ 4.2 และภาพที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในและภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย

พารามิเตอร์	N	Correlation (r)	Sig.(2-tailed)
ความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในป้อมรักษาความปลอดภัย	14	0.280	0.333
ความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย	14		

จากตารางที่ 4.2 พบว่า Sig มีค่าเท่ากับ 0.333 [Sig. เท่ากับ 0.333 > $\alpha(0.05)$] แสดงว่ายอมรับ H_0 และปฏิเสธ H_1 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในและภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัยไม่มีความสัมพันธ์กัน อาจเป็นเพราะภายในไม่มีการระบายอากาศทำให้ฝุ่นมีการสะสมเป็นจำนวนมาก



ภาพที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในและภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย

จากภาพที่ 4.2 อธิบายได้ว่าความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในและภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย จำนวน 14 ตัวอย่าง ไม่มีความสัมพันธ์กัน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะทำการเก็บตัวอย่างในช่วงฤดูฝน ทำให้อนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ในบรรยากาศมีค่าต่ำ เนื่องจากฝนชะล้าง ฝุ่นออกจากอากาศและลมพัดทำให้กระจายไปที่อื่น

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในและภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย มีรายละเอียดการดำเนินการวิจัยโดยสรุปและรวบรวมข้อเสนอแนะต่าง ๆ จากการวิจัยดังต่อไปนี้

สรุปผลการวิจัย

1. วัตถุประสงค์

1.1 เพื่อตรวจวัดความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในและภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย

1.2 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในและภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย

2. วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในและภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย ทำการเก็บตัวอย่างความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในและภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย โดยใช้วิธี Gravimetric Method ด้วยเครื่องปั๊มดูดอากาศ โดยใช้กระดาษกรองชนิด polytetrafluoroethylene (PTFE) ขนาด 37 มิลลิเมตร และใช้วิธี Federal Reference Method โดยใช้กระดาษกรองชนิด PM 2.5 Membrane 2,0 ไมโครเมตร ขนาด 47 มิลลิเมตร ทำการเก็บตัวอย่าง 8 ชั่วโมง จำนวน 14 ตัวอย่าง นำค่าที่วิเคราะห์ได้ไปดูความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในและภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย โดยมีระดับนัยสำคัญ 0.05

3. ผลของการวิจัย

จากการดำเนินงานวิจัยตามวัตถุประสงค์และขั้นตอนการวิจัยสรุปได้ดังนี้

3.1 ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายใน และภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย จำนวน 14 ตัวอย่าง อนุภาคฝุ่นภายในมีค่าความเข้มข้นต่ำสุด 21.20 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สูงสุด 253.40 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ค่าเฉลี่ย 106.42 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 77.05 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร อนุภาคฝุ่นภายนอกมีค่าความเข้มข้นต่ำสุด 15.76 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สูงสุด 94.94 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ค่าเฉลี่ย 39.63 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 22.88 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

3.2 ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในและภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย โดยค่า Sig มีค่าเท่ากับ .333 (Sig. เท่ากับ $0.333 > 0.05$) แสดงว่า ยอมรับ H_0 และปฏิเสธ H_1 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในและภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัยไม่มีความสัมพันธ์กันอาจเป็นเพราะภายในไม่มีการระบายอากาศทำให้ฝุ่นมีการสะสมเป็นจำนวนมาก

ปัญหาและอุปสรรค

เนื่องจากการทำวิจัยครั้งนี้ได้มีสถานการณ์ Covid – 19 ทำให้ไม่สามารถเก็บตัวอย่างอนุภาคฝุ่นได้ ซึ่งระยะเวลาที่ได้วางแผนไว้ คือ เดือน มีนาคม – เมษายน ต้องเลื่อนมาเป็นเดือน กรกฎาคม - สิงหาคม ซึ่งอยู่ในช่วงฤดูฝน ซึ่งอาจทำให้อนุภาคฝุ่นลดลงจากปกติ เนื่องจากฝนจะชะล้างอนุภาคฝุ่นภายในอากาศ

ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยครั้งนี้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในและภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย ผู้วิจัยขอเสนอแนะเพื่อให้งานวิจัยสมบูรณ์ยิ่งขึ้นต่อไป

1. ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยครั้งนี้

เนื่องจากอนุภาคฝุ่นภายในที่วัดได้มีค่าอนุภาคฝุ่นมากเกินไป จึงไม่ควรอยู่ภายในป้อมเป็นเวลานานเพราะอาจไม่ปลอดภัยกับคนที่อยู่ ควรมีการป้องกัน โดยการสวมหน้ากากอนามัย และควรติดตั้งพัดลมระบายอากาศภายในป้อมรักษาความปลอดภัย ควรติดตั้งพัดลมดูดอากาศเพื่อระบายอากาศภายในออกสู่ภายนอก

2. ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในและภายนอกอาคาร ครั้งต่อไปควรใช้เวลาในการตรวจวัด 24 ชั่วโมง เพื่อสามารถเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานได้ เพื่อดูว่ามีผลกระทบต่อคนมากน้อยเพียงใด

2.2 ควรศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นจากสถานที่อื่นๆ

2.3 ควรมีการศึกษาค่าความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ที่ตัวบุคคลภายในอาคารที่มีการปิดมิดชิดกับภายนอกอาคาร เพื่อดูว่ามีความสัมพันธ์กันหรือไม่

2.4 ในการเก็บตัวอย่างครั้งต่อไปควรเก็บจำนวนตัวอย่าง อย่างน้อย 30 ตัวอย่างเพื่อให้ได้ผลการวิจัยที่น่าเชื่อถือมากขึ้น

บรรณานุกรม

- กรมควบคุมมลพิษ (2555). **มลพิษทางอากาศ**. สืบค้นเมื่อ 14 กุมภาพันธ์ 2563, จาก <http://www.datacenter.deqp.go.th/knowledge/อากาศ/มลพิษทางอากาศ/>
- กรมอนามัยและกรมควบคุมโรค. (2558). **แนวทางการเฝ้าระวังพื้นที่เสี่ยงจากมลพิษทางอากาศ: กรณีฝุ่นละอองขนาดเล็ก**. นนทบุรี: กองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข.
- กรรณิกา จันทะลุ่ม, นิพนธ์ ตั้งคณานุรักษ์, คณิตา ตั้งคณานุรักษ์ และ ปัญญา แชน้ำแก้ว. (2558). การศึกษาการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศในพื้นที่ตัวอย่าง 2 พื้นที่ คือ เขตดินแดง และเขตลาดพร้าว. กรุงเทพฯ : วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- กลิ่นประทุม ปัญญาปิง, ปิยรัตน์ วิจิตรพงษา, วลีส มีเพชร, และสุพัตรา เตจางรังสี. (2557). ศึกษาการปนเปื้อนของฝุ่นละอองรวม (Total Suspended Particulate, TSP) ในบรรยากาศที่อยู่ภายในและภายนอกอาคารเรียน คณะวิศวกรรมศาสตร์ (ยธ.4) มทร.ล้านนา เชียงใหม่ และสิ่งปนเปื้อนในฝุ่นละอองรวม. : วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีที่ 6 ฉบับที่ 11.
- ณัฐนันท์ หมั่นภักดี. (2554). การศึกษาแหล่งกำเนิดฝุ่นขนาดเล็กภายในอาคารที่พักอาศัยริมถนน. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- นพภาพร พานิช, และคณะ. (2547). **ตำราระบบบำบัดมลพิษอากาศ**. กรุงเทพฯ: กรมโรงงานอุตสาหกรรม.
- บุญรักษ์ นวลศรี. (2540). **สภาวะฝุ่นละอองในสิ่งแวดล้อมและฝุ่นขนาดเล็กที่สามารถเข้าสู่ทางเดินหายใจได้**. ขอนแก่น: วิทยานิพนธ์ปริญญาสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ภริตา เจริญผล. (2548). การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นละอองรวม ฝุ่นหยาบ และฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM10) รวมถึงศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการตรวจวัดปริมาณฝุ่นด้วยมาตรฐาน gravimetric high volume และวิธีการเทียบเท่า beta-ray absorption โดยใช้ข้อมูลฝุ่นละอองในเขตกรุงเทพมหานคร และ ปริมณฑล. กรุงเทพฯ : วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา

- เทคโนโลยีการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.
- วนิดา จินาสตร. (2551). **มลพิษทางอากาศและการจัดการมลพิษทางอากาศ**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วรัญญู ยอดพรหม. (2562). **สาเหตุของการเกิดฝุ่น PM2.5 ของรถยนต์**. สืบค้นเมื่อ 14 กุมภาพันธ์ 2563, จาก <https://www.autospinn.com/2019/01/pm2-5-46052>
- วรารุช เสือดี. (2546). **การศึกษามลภาวะทางอากาศในมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต**. สถาบันไทยคดีศึกษา มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, ประทุมธานี.
- ศิวพันธุ์ ชูอินทร์. (2556). **มลพิษทางอากาศ**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- _____. (2563). **เรื่องซีฝุ่น** (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.
- _____. (2563). **มลพิษทางอากาศในอาคาร** (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.
- สมานชัย เลิศกมลวิทย์. (2543). **การหาปริมาณฝุ่นขนาดเล็ก (PM2.5, PM10-2.5, PM10) และความสัมพัทธ์ระหว่างปริมาณฝุ่นในบรรยากาศ ภายในอาคาร และฝุ่นที่บุคคลได้รับ**. กรุงเทพมหานคร
- สุทิน อยู่สุข, วรารุช เสือดี, มีนา ทิพย์โสภณกิจ, ศิวพันธุ์ ชูอินทร์ และเกรียงศักดิ์ เจียรพลอนันต์. (2544). **ศัพท์บัญญัติและนิยามมลพิษทางอากาศ**. กรุงเทพฯ: สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย.
- เสาวลักษณ์ ไม้ลา และอุษา มาใหญ่. (2556). **การศึกษาความเข้มข้นของสารสังกะสีที่ปนเปื้อนในอนุภาคฝุ่นขนาดต่างๆ บริเวณริมถนนราชวิถี เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร**. กรุงเทพฯ : สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.
- อดิศักดิ์ โทวิชา และ ชีระดา ภิญโญ. (2552). **สถิติธุรกิจ**. กรุงเทพฯ: สาขาวิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.
- อรบุล โชติพงศ์. (2541) **การศึกษาปริมาณฝุ่นที่มีผลกระทบต่อระบบการหายใจรายงานการวิจัยสถาบันสภาวะแวดล้อมจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย**. กรุงเทพฯ: สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ สภาวะแวดล้อมจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- Holis Monestdocs (2018). **Air Pollution**. Retrieved March 15, 2020, from: <https://www.holismedicare.com/>

Jinhua Hu, Nianping Li. (2015). Variation of PM2.5 Concentrations in Shopping Malls in Autumn, Changsha. **Procedia Engineering** 121:692-698.

Jinhua Hu, Nianping Li ,Hiroshi Yoshion, U Yanagi. (2017). Field Investigation of PM2.5 in Schoolchildren's Houses and Classrooms in Changsha, China.
In: **Procedia Engineering** . 2017 ; Vol. 205. pp. 1433-1438.

HuiXing Li, YuHua Qin, GuoHui Feng. (2017). The analysis of PM2.5 Outdoor Fine Particulate Matter Impact on Air Quality in the University Libraries Reading Room in Winter of North China. **Procedia Engineering** 205: 3346-3352.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า
2.5 ไมครอน ภายในและภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย

ตารางที่ ก-1 ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในและภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา เฉลี่ย 8 ชั่วโมง

วัน/เดือน/ปี ที่เก็บตัวอย่าง	ความเข้มข้นอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)					
	ภายในป้อมรักษาความปลอดภัย			ภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย		
	น้ำหนักกระดาศกรอง (g)			น้ำหนักกระดาศกรอง (g)		
	น้ำหนัก ก่อน	น้ำหนัก หลัง	ปริมาณ อนุภาคฝุ่น ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	น้ำหนัก ก่อน	น้ำหนัก หลัง	ปริมาณ อนุภาคฝุ่น ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
24/มิถุนายน/ 2563	0.05536	0.05559	244.27	0.18262	0.18316	70.82
25/มิถุนายน/ 2563	0.05172	0.05181	94.91	0.17477	0.17518	53.36
26/มิถุนายน/2563	0.0526	0.05263	32.09	0.18405	0.18426	28.00
9/กรกฎาคม/ 2563	0.05225	0.05227	21.20	0.18647	0.18687	52.91
10/กรกฎาคม/ 2563	0.05466	0.05468	21.27	0.18224	0.18239	19.83
20/กรกฎาคม/ 2563	0.05186	0.05195	94.30	0.17059	0.17094	44.85
21/กรกฎาคม/ 2563	0.05518	0.05529	116.38	0.18848	0.18878	39.70
22/กรกฎาคม/ 2563	0.0479	0.048	106.51	0.17666	0.17682	21.00
23/กรกฎาคม/ 2563	0.05676	0.05693	178.39	0.17012	0.17047	45.70
4/สิงหาคม/2563	0.05273	0.05285	125.67	0.18813	0.18831	23.43
5/สิงหาคม/ 2563	0.05217	0.05229	127.73	0.17619	0.1769	94.94
7/สิงหาคม/ 2563	0.05036	0.05041	52.62	0.16806	0.16826	26.24
18/สิงหาคม/ 2563	0.05166	0.05168	21.22	0.17331	0.17343	15.76
19/สิงหาคม/ 2563	0.05439	0.0546	253.40	0.17425	0.17439	18.23

ตารางที่ ก-2 ผลการตรวจวัดสภาพอากาศ ภายในป้อมรักษาความปลอดภัย มหาวิทยาลัยราชภัฏ
สวนสุนันทา เฉลี่ย 8 ชั่วโมง

วัน/เดือน/ปี ที่เก็บตัวอย่าง	ผลการตรวจวัดสภาพอากาศภายในป้อมรักษาความปลอดภัย					
	อุณหภูมิ (K)			ความดันบรรยากาศ (mmHg)		
	ก่อน	หลัง	เฉลี่ย	ก่อน	หลัง	เฉลี่ย
24/มิถุนายน/ 2563	27	31.1	302.1	755.3	752.8	754.1
25/มิถุนายน/ 2563	25.3	28.1	299.7	755	752	753.1
26/มิถุนายน/2563	30.1	32.5	304.3	756.1	752.6	754.4
9/กรกฎาคม/ 2563	24.3	33	301.7	755.6	753.1	754.4
10/กรกฎาคม/ 2563	27.6	32.2	302.9	755.9	754.4	755.2
20/กรกฎาคม/ 2563	25.1	25.8	298.5	756.3	754.1	755.2
21/กรกฎาคม/ 2563	24.6	32.2	301.4	756.4	754.2	755.3
22/กรกฎาคม/ 2563	29	29.1	302.1	752.3	751.5	751.9
23/กรกฎาคม/ 2563	23.6	27.2	298.4	754.5	753.4	754
4/สิงหาคม/2563	24.9	25.5	298.2	756.7	753.2	755
5/สิงหาคม/ 2563	29	30.6	302.8	755.9	752.6	754.3
7/สิงหาคม/ 2563	25.8	28.5	300.2	757.4	754.8	756.1
18/สิงหาคม/ 2563	29.1	30.3	302.7	758	754.7	756.4
19/สิงหาคม/ 2563	23.4	32	300.7	757	753.2	755.1

ตารางที่ ก-3 ผลการตรวจวัดสภาพอากาศ ภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย มหาวิทยาลัยราชภัฏ
สวนสุนันทา เฉลี่ย 8 ชั่วโมง

วัน/เดือน/ปี ที่เก็บตัวอย่าง	ผลการตรวจวัดสภาพอากาศภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย					
	อุณหภูมิ (K)			ความดันบรรยากาศ (mmHg)		
	ก่อน	หลัง	เฉลี่ย	ก่อน	หลัง	เฉลี่ย
24/มิถุนายน/ 2563	26.1	40.2	306.2	746	742	744
25/มิถุนายน/ 2563	25.1	37.9	304.5	746	744	745
26/มิถุนายน/2563	31.7	45.7	311.7	747	742	744.5
9/กรกฎาคม/ 2563	23.9	49.9	309.9	747	743	745
10/กรกฎาคม/ 2563	30.5	43.3	309.9	747	743	745
20/กรกฎาคม/ 2563	26.6	30.5	301.9	748	747	747.5
21/กรกฎาคม/ 2563	30.9	43.3	310.1	748	743	745.5
22/กรกฎาคม/ 2563	29.9	38.9	307.4	743	747	745
23/กรกฎาคม/ 2563	29.5	35.9	305.7	745	743	744
4/สิงหาคม/2563	29	35.4	305.2	747	743	745
5/สิงหาคม/ 2563	30.2	41.6	308.9	727	742	734.5
7/สิงหาคม/ 2563	32.2	38.3	308.3	748	745	746.5
18/สิงหาคม/ 2563	30.8	40	308.4	749	745	747
19/สิงหาคม/ 2563	23.9	41.1	305.5	749	743	746

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

ตารางที่ ข-1 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

พารามิเตอร์	N	Correlation (r)	Sig.(2-tailed)
ความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่มี ขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายในป้อมรักษาความปลอดภัย	14	0.280	0.333
ความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นที่มี ขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย	14		

ภาคผนวก ค

ประมวลภาพเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย



ภาพที่ ค-1 เครื่อง Gilair 5 Personal Air Sampler



ภาพที่ ค-2 เครื่องเก็บตัวอย่างอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน



ภาพที่ ค-3 กระดาษกรองชนิด polytetra-fluoroethylene (PTFE) ขนาด 37 มิลลิเมตร



ภาพที่ ค-4 กระดาษกรองชนิด PM 2.5 Membrane 2,0 μ m ขนาด 47 มิลลิเมตร



ภาพที่ ค-5 ถุงพลาสติก



ภาพที่ ค-6 ตู้ดูดความชื้น



ภาพที่ ค-7 คีมปากแบน



ภาพที่ ค-8 เครื่องชั่งไฟฟ้า ความละเอียด 5 ตำแหน่ง



ภาพที่ ค-9 ขาตั้งกล้อง



ภาพที่ ค-10 ปลั๊กสามตา



ภาพที่ ค-11 อุปกรณ์คัดแยกฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมครอน



ภาพที่ ค-12 เครื่องวัดอุณหภูมิและความดันบรรยากาศ



ภาพที่ ค-13 การติดตั้งเครื่องเก็บตัวอย่างภายนอกป้อมรักษาความปลอดภัย



ภาพที่ ค-14 การติดตั้งเครื่องเก็บตัวอย่างภายในป้อมรักษาความปลอดภัย