



การศึกษาปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา ความเข้มข้นของมลสารในอากาศ ราและแบคทีเรีย
ในสภาพแวดล้อมของศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก



วิทยานิพนธ์เสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา 2568
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

การศึกษาปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา ความเข้มข้นของมลสารในอากาศ ไร่และแบคทีเรีย
ในสภาพแวดล้อมของศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก



วิทยานิพนธ์เสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา 2568
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

วิทยานิพนธ์ เรื่อง “การศึกษาปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา ความเข้มข้นของมลสารในอากาศ
ราและแบคทีเรีย ในสภาพแวดล้อมของศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก”

ของ นวพร ประสงค์

ได้รับการพิจารณาให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธันวดี ศรีธาวีรัตน์)

.....ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จรรยา สารินทร์)

.....กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(รองศาสตราจารย์ ดร.พันธ์ทิพย์ กล่อมเจ๊ก)

.....กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายใน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ อัมพรสถิร)

อนุมัติ

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.วัฒนา พัดเกตุ)
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ รักษาการแทน
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง	การศึกษาปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา ความเข้มข้นของมลสารในอากาศ ฝนและแบคทีเรีย ในสภาพแวดล้อมของศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก
ผู้วิจัย	นวพร ประสงค์
ประธานที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จรรุญ สารินทร์
กรรมการที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.พันธ์ทิพย์ กล่อมเจ็ก
ประเภทสารนิพนธ์	วิทยานิพนธ์ วท.ม. วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2568
คำสำคัญ	ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 100 ไมโครเมตร, ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร, ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร, ฝน, แบคทีเรีย

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา ความเข้มข้นของมลสารในอากาศ ฝนและแบคทีเรีย ในฤดูฝนและฤดูแล้ง เปรียบเทียบความเข้มข้นของมลสารในอากาศ ปริมาณฝนและแบคทีเรียระหว่างฤดูฝนและฤดูแล้ง และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยากับความเข้มข้นของมลสารในอากาศ ฝน และแบคทีเรียของฤดูฝนและฤดูแล้ง โดยตรวจวัดคุณภาพอากาศด้วยเครื่องวัดคุณภาพอากาศ Ambient Air Online Monitoring System รุ่น ENVIR-2042 บริเวณศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก 10 แห่ง ในอำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ในฤดูฝน (สิงหาคม 2567) และฤดูแล้ง (มกราคม 2568) ผลการศึกษา พบว่า อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และปริมาณน้ำฝน มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 26.40 ± 2.36 ถึง 31.85 ± 2.42 องศาเซลเซียส 51.50 ± 8.36 ถึง 73.87 ± 10.13 เปอร์เซ็นต์ 0.02 ± 0.03 ถึง 0.24 ± 0.17 เมตรต่อวินาที และ 0 ถึง 3.12 ± 6.22 มิลลิเมตร ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยไนโตรเจนไดออกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โอโซน คาร์บอนมอนอกไซด์ ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 100, 10 และ 2.5 ไมโครเมตร ระหว่างฤดูฝนและฤดูแล้ง พบว่าโดยส่วนใหญ่ในฤดูแล้งมีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของมลสารในอากาศสูงกว่าฤดูฝนทั้งในและนอกห้องเรียน ยกเว้น ค่าเฉลี่ยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ภายในและนอกห้องเรียน และโอโซนในห้องเรียน ที่ในฤดูฝนสูงกว่าฤดูแล้ง สำหรับปริมาณฝนและแบคทีเรียที่ศึกษาในฤดูฝนและฤดูแล้ง พบว่าปริมาณฝนในอากาศมีค่าเฉลี่ยทั้ง 10 แห่ง อยู่ในเกณฑ์ดีและดีมาก ตามลำดับ แต่ปริมาณแบคทีเรียในอากาศในฤดูฝนมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับแย่มาก ในฤดูแล้งอยู่ในระดับปานกลาง ส่วนราบนพื้น ราบนผนัง แบคทีเรียบนพื้น และแบคทีเรียบนผนัง มีค่าอยู่ในระดับน่าพอใจ และเมื่อวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (r) ระหว่างปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยากับความเข้มข้นของมลสารในอากาศ ฝนและแบคทีเรีย ของฤดูฝนและฤดูแล้ง พบว่าปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยามีผลต่อความเข้มข้นของมลสารใน

อากาศนอกห้องเรียนมากกว่าในห้องเรียน อาจเนื่องจากแหล่งกำเนิดมลพิษจากภายนอกห้องเรียน อีกทั้งในฤดูแล้งปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยามีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของมลสารในอากาศสูงกว่า ฤดูฝน ส่วนปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยามีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของมลสารในอากาศ รา และ แบททีเรียในห้องเรียนน้อย ซึ่งแสดงให้เห็นว่าควรมีการจัดการคุณภาพอากาศในห้องเรียนของ ศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก ซึ่งงานวิจัยนี้จะเป็นข้อมูลพื้นฐานในการจัดการคุณภาพอากาศในห้องเรียน สามารถใช้ประโยชน์ในการวางนโยบายการเฝ้าระวังฝุ่นละอองในกลุ่มเปราะบาง รวมถึงการกำหนด มาตรฐานเพื่อลดการสัมผัสมลสารในอากาศในห้องเรียนได้



Title	A STUDY ON METEOROLOGICAL PARAMETERS, AIR POLLUTANT CONCENTRATIONS, FUNGI AND BACTERIA IN ENVIRONMENTAL OF CHILD CARE CENTERS BUILDING IN MUENG DISTRICT, PHITSANULOK PROVINCE
Author	Nawaporn Prasong
Advisor	Assistant Professor Charoon Sarin, Ph.D.
Co-Advisor	Associate Professor Pantip Klomjek, Ph.D.
Academic Paper	M.S. Thesis in Environmental Science, Naresuan University, 2025
Keywords	TSP, PM ₁₀ , PM _{2.5} , fungi, bacteria

ABSTRACT

This study aimed to investigate meteorological factors, air pollutant concentrations, and the levels of mold and bacteria during the rainy and dry seasons; compare air pollutant concentrations, mold, and bacteria levels between the two seasons; and examine the relationship between meteorological factors and the concentrations of these pollutants and microorganisms. Air quality was measured using the ENVIR-2042 Ambient Air Online Monitoring System at 10 child development centers in Mueang District, Phitsanulok Province, during the rainy season (August 2024) and the dry season (January 2025). The results showed that temperature, relative humidity, wind speed, and rainfall averaged 26.40 ± 2.36 to 31.85 ± 2.42 °C, 51.50 ± 8.36 to $73.87 \pm 10.13\%$, 0.02 ± 0.03 to 0.24 ± 0.17 m/s, and 0 to 3.12 ± 6.22 mm, respectively. Regarding the average concentrations of nitrogen dioxide, sulfur dioxide, ozone, carbon monoxide, TSP, PM₁₀, and PM_{2.5}, it was found that most air pollutants had higher average concentrations during the dry season than the rainy season, both indoors and outdoors. The exceptions were sulfur dioxide in both indoor and outdoor environments and ozone indoors; both were higher in the rainy season. Regarding the mold and bacterial levels measured during the rainy and dry seasons, the mean airborne mold levels across the 10 sites were classified as good in the rainy season and very good in the dry season. However, the mean airborne bacterial levels were very poor in the rainy season and moderate in the dry season. Levels of mold on floors and walls, as well as bacteria on floors and

walls, were all at satisfactory levels. Pearson correlation coefficient (r) analysis revealed that meteorological factors had a greater effect on air pollutant concentrations outdoors than indoors, likely due to external pollution sources. Furthermore, meteorological factors showed a stronger correlation with air pollutant concentrations during the dry season than the rainy season. Conversely, meteorological factors exhibited a weak correlation with the concentrations of pollutants, mold, and bacteria inside the classrooms. These findings highlight the need for improved air quality management in child development centers. This research provides baseline data for managing indoor air quality, which can inform policies for monitoring particulate matter exposure in vulnerable groups and the establishment of standards to reduce exposure to airborne pollutants in classrooms.



ประกาศคุณูปการ

การที่วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยดีนั้น ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จรูญ สารินทร์ ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.พันธ์ทิพย์ กล่อมแจ่ม ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์ เป็นอย่างสูงที่ได้กรุณาสละเวลาอันมีค่ามาเป็นทีปรึกษา พร้อมทั้งอบรมสั่งสอนและให้คำแนะนำตลอดระยะเวลาที่ทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ พร้อมทั้งขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ธันวดี ศรีธาวีรัตน์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชินนทร์ อัมพรสทธิ กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายใน ที่ได้ให้ความกรุณา คำชี้แนะ และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ จนกระทั่งวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ บริษัท เอ็นไวร์ เซอร์วิส จำกัด ที่ให้การสนับสนุนเครื่องวัดคุณภาพอากาศ Ambient Air Online Monitoring System รุ่น ENVIR-2042 ขอขอบพระคุณ ศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก บ้านแม่ระหัน ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กเทศบาลตำบลห้วยรอ ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กองค์การบริหารส่วนตำบลมะขามสูง ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กโรงเรียนบ้านบึงกระดาน ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กองค์การบริหารส่วนตำบลสมอแข ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กเทศบาลตำบลอรัญญิก (2) ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กองค์การบริหารส่วนตำบลวัดจันทร์ ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กบ้านยางเอน ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กองค์การบริหารส่วนตำบลจี่วงาม ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กองค์การบริหารส่วนตำบลวัดพริก ที่อนุเคราะห์ช่วยเหลือด้านการเก็บข้อมูลและการเก็บตัวอย่างงานวิจัย ขอขอบพระคุณ คุณพรสวรรค์ กลมกลิ้ง นักวิทยาศาสตร์ควบคุมดูแลห้องปฏิบัติการ ภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ขอขอบพระคุณ คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่สนับสนุนทุนวิจัย ตลอดจนคณาจารย์ในคณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา และข้อแนะนำต่างๆ ที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่ง ทำให้งานวิจัยนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

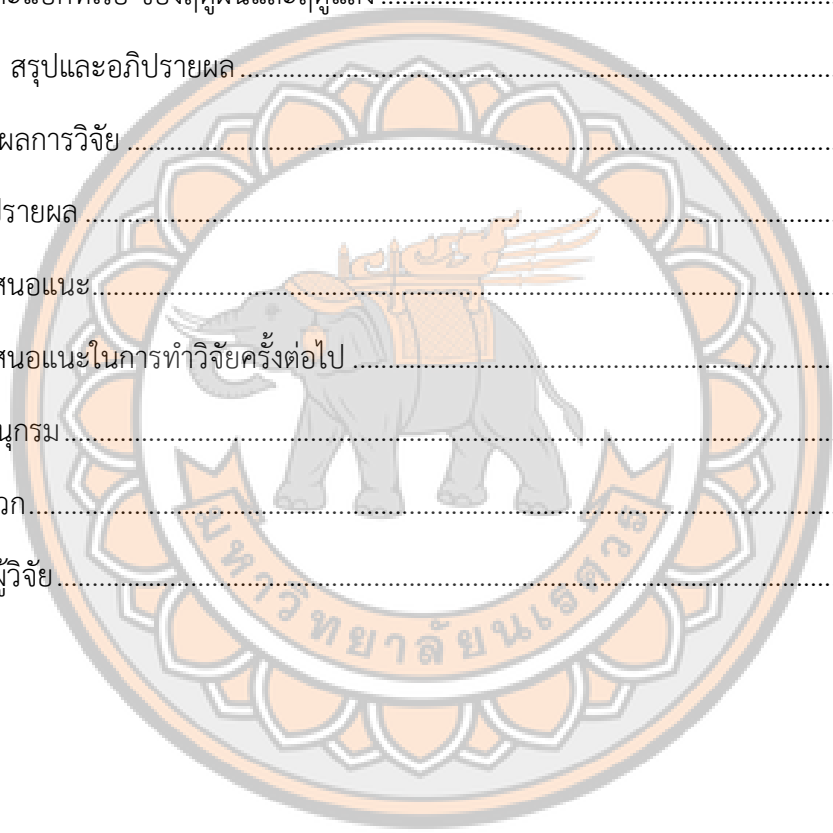
สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ เทศบาลนครพิษณุโลก บิดา มารดา พี่ๆ น้องๆ และเพื่อนทุกคน ที่คอยให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนในทุกๆ ด้านอย่างดีเสมอมา และขอขอบคุณทุกคนที่มีส่วนเกี่ยวข้องตั้งแต่เริ่มดำเนินการวิจัยนี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

นภาพร ประสงค์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....ค	
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ	
ประกาศคุณูปการ.....ช	
บทที่ 1 บทนำ.....1	
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1	
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....4	
ขอบเขตการวิจัย.....4	
กรอบแนวคิดการวิจัย.....5	
นิยามศัพท์เฉพาะ.....5	
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....6	
1. ข้อมูลพื้นฐานจังหวัดพิษณุโลก.....8	
2. มลพิษทางอากาศ.....18	
3. ศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก.....56	
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....63	
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย.....83	
การกำหนดพื้นที่ศึกษา.....83	
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....84	
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....86	
การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ.....91	
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....92	
ผลการศึกษาข้อมูลทั่วไป.....94	

ผลการศึกษาปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา ความเข้มข้นของมลสารในอากาศ รา และแบคทีเรีย ในฤดู ฝนและฤดูแล้ง	97
ผลการศึกษาราดและแบคทีเรีย ในฤดูฝนและฤดูแล้ง	109
ผลการเปรียบเทียบความเข้มข้นของมลสารในอากาศ ปริมาณราและแบคทีเรีย ระหว่างฤดูฝนและ ฤดูแล้ง	119
ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยากับความเข้มข้นของมลสารในอากาศ ราและแบคทีเรีย ของฤดูฝนและฤดูแล้ง	121
บทที่ 5 สรุปและอภิปรายผล	127
สรุปผลการวิจัย	127
อภิปรายผล	129
ข้อเสนอแนะ	141
ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป	141
บรรณานุกรม	142
ภาคผนวก	155
ประวัติผู้วิจัย	183



สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 จำนวนประชากรจังหวัดพิษณุโลกจำแนกตามอำเภอ เดือน มกราคม ถึง มีนาคม 2567.....	13
ตาราง 2 ผลกระทบมลพิษรวมจังหวัดพิษณุโลก.....	15
ตาราง 3 การใช้ที่ดินเพื่อการเกษตรแยกตามรายอำเภอ.....	17
ตาราง 4 เกณฑ์ดัชนีคุณภาพอากาศของประเทศไทย.....	27
ตาราง 5 มาตรฐานก๊าซในบรรยากาศโดยทั่วไป.....	32
ตาราง 6 ข้อแตกต่างของ Droplet nuclei และ Dust particle.....	36
ตาราง 7 บริเวณระบบทางเดินหายใจที่มีการสะสมอนุภาคขนาดต่างๆ.....	40
ตาราง 8 ค่าฝุ่นละอองและแบคทีเรียในห้องเรียนสาธารณะ.....	46
ตาราง 9 คุณภาพอากาศด้านจุลินทรีย์ ด้วยวิธี Open plate ตามมาตรฐาน IMA ในหน่วยของ CFU/dm ² /h และระดับการประเมิน.....	47
ตาราง 10 คุณภาพอากาศด้านจุลินทรีย์ ด้วยวิธี Swab test ตามเกณฑ์ของ British Columbia Centre for Disease Control (BCCDC).....	47
ตาราง 11 ตารางค่าฝุ่นละอองคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ.....	53
ตาราง 12 ค่าช่วงความสามารถในการตรวจวัดของเครื่องมือสำหรับแต่ละพารามิเตอร์.....	85
ตาราง 13 แสดงจำนวนการเก็บข้อมูลปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา ความเข้มข้นของมลสารในอากาศ ราและแบคทีเรียของศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก.....	87
ตาราง 14 ข้อมูลทั่วไปของศูนย์พัฒนาเด็กเล็กในอำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก.....	94
ตาราง 15 ข้อมูลปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาและความเข้มข้นของมลสารในอากาศ ในฤดูฝนและ ฤดูแล้ง.....	99
ตาราง 16 แสดงอัตราส่วนความเข้มข้นของมลสารในอากาศในห้องเรียนต่อนอกห้องเรียน.....	108
ตาราง 17 สัณฐานวิทยาของรา.....	109
ตาราง 18 ปริมาณรา ในฤดูฝน.....	112

ตาราง 19 ปริมาณรา ในฤดูแล้ง.....	113
ตาราง 20 สัณฐานวิทยาของแบคทีเรีย ในฤดูฝนและฤดูแล้ง	114
ตาราง 21 ปริมาณแบคทีเรีย ในฤดูฝน	117
ตาราง 22 ปริมาณแบคทีเรีย ในฤดูแล้ง.....	118
ตาราง 23 การเปรียบเทียบความเข้มข้นของมลสารในอากาศ ราและแบคทีเรีย ในห้องเรียน ศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก ระหว่างฤดูฝนและฤดูแล้ง.....	119
ตาราง 24 การเปรียบเทียบความเข้มข้นของมลสารในอากาศ นอกห้องเรียน ระหว่างฤดูฝนและ ฤดูแล้ง	121
ตาราง 25 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยากับความเข้มข้นของมลสารในอากาศ ราและ แบคทีเรีย ในห้องเรียน ของฤดูฝน	123
ตาราง 26 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยากับความเข้มข้นของมลสารในอากาศ ราและ แบคทีเรีย ในห้องเรียน ของฤดูแล้ง	124
ตาราง 27 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยากับความเข้มข้นของมลสารในอากาศ นอกห้องเรียน ของฤดูฝน	125
ตาราง 28 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยากับความเข้มข้นของมลสารในอากาศ นอกห้องเรียน ของฤดูแล้ง.....	126

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย.....	5
ภาพ 2 เขตติดต่อจังหวัดพิษณุโลก	9
ภาพ 3 แสดงระบบภาวะมลพิษทางอากาศ	19
ภาพ 4 ปฏิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับการเกิดหมอกควันแบบโฟโตเคมี	34
ภาพ 5 แสดงเส้นใยของรา 3 แบบ	38
ภาพ 6 รูปร่างและการเรียงตัวของเซลล์แบคทีเรีย	42
ภาพ 7 พื้นที่ศึกษา ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กจำนวน 10 แห่ง ในอำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก.....	84
ภาพ 8 เครื่องวัดคุณภาพอากาศ Ambient Air Online Monitoring System	85
ภาพ 9 แผนผังจุดตรวจวัดและเก็บตัวอย่าง.....	88
ภาพ 10 แผนที่แสดงค่าเฉลี่ยไนโตรเจนไดออกไซด์ของศูนย์พัฒนาเด็กเล็กแต่ละแห่ง	100
ภาพ 11 แผนที่แสดงค่าเฉลี่ยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของศูนย์พัฒนาเด็กเล็กแต่ละแห่ง.....	101
ภาพ 12 แผนที่แสดงค่าเฉลี่ยโอโซนของศูนย์พัฒนาเด็กเล็กแต่ละแห่ง.....	102
ภาพ 13 แผนที่แสดงค่าเฉลี่ยคาร์บอนมอนอกไซด์ของศูนย์พัฒนาเด็กเล็กแต่ละแห่ง.....	103
ภาพ 14 แผนที่แสดงค่าเฉลี่ยฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 100 ไมโครเมตร ของศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก แต่ละแห่ง	104
ภาพ 15 แผนที่แสดงค่าเฉลี่ยฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ของศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก แต่ละแห่ง	105
ภาพ 16 แผนที่แสดงค่าเฉลี่ยฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร ของศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก แต่ละแห่ง	106

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันคุณภาพอากาศมีแนวโน้มสูงขึ้นโดยเฉพาะสถานการณ์ฝุ่นละอองที่มีค่าเกินมาตรฐานอยู่ในระดับที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพ รวมถึงพบจุดความร้อนเป็นจำนวนมากในพื้นที่ป่าและพื้นที่เกษตรกรรม โดยมีแหล่งกำเนิดจากกิจกรรม เช่น ไฟป่า การเผาในพื้นที่เกษตร หมอกควันข้ามแดนที่เกิดจากการเผาในประเทศเพื่อนบ้าน การจราจรและขนส่ง โรงงานอุตสาหกรรม ประกอบกับสภาพอุตุนิยมวิทยาในช่วงต้นปีที่มีความกดอากาศสูง แผ่ลงมาปกคลุมประเทศไทย ส่งผลต่อการแพร่กระจายของฝุ่นละอองและทำให้มีการสะสมในพื้นที่จนเกินมาตรฐาน จังหวัดพิษณุโลก ถือเป็นจุดยุทธศาสตร์สำคัญของประเทศไทย ซึ่งเป็นศูนย์กลางของทั้งภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีการคมนาคมขนส่งที่สำคัญที่สามารถเชื่อมโยงไปยังประเทศพม่า ลาว เวียดนาม และจีนตอนใต้ได้ จังหวัดพิษณุโลกจึงเป็นศูนย์กลางเชื่อมโยงความสัมพันธ์ทางเศรษฐกิจ การค้า การบริการ ซึ่งสภาพพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติได้กำหนดให้จังหวัดพิษณุโลกเป็นพื้นที่เขตเศรษฐกิจเฉพาะและพื้นที่เขตเศรษฐกิจพิเศษให้เป็นพื้นที่เมืองหลักเพื่อการพัฒนาธุรกิจการค้า (สำนักงานเกษตรจังหวัดพิษณุโลก, 2566) ส่งผลให้มีการขยายตัวอย่างรวดเร็วของเมือง อุตสาหกรรม และการคมนาคม รวมทั้งการเกษตร ส่งผลให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมมากขึ้น โดยจังหวัดพิษณุโลก ในปี 2567 ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนเมตร เฉลี่ย 24 ชั่วโมง มีจำนวนวันที่เกินมาตรฐาน จำนวน 129 วัน และพบจุดความร้อน จำนวน 79,859 จุด (กรมควบคุมมลพิษ, 2568ก) และในปี 2566 จังหวัดพิษณุโลกเป็นจังหวัดที่มีค่าฝุ่นละอองมากที่สุด 5 อันดับแรกในประเทศไทย (กรมควบคุมมลพิษ, 2566ก) ซึ่งปัญหามลพิษทางอากาศในจังหวัดพิษณุโลก มีแหล่งกำเนิดจากหลายภาคส่วนทั้งการจราจร อุตสาหกรรมและกิจกรรมทางการเกษตร โดยส่วนใหญ่เกิดในช่วงเดือนมกราคมถึงเมษายนจากไฟป่าและการเผาเศษวัสดุทางการเกษตร และการเผาขยะมูลฝอยจากชุมชน (สำนักงานสิ่งแวดล้อมและควบคุมมลพิษที่ 3, 2567) โดยในปี 2564 มีผู้เสียชีวิตจากมลพิษทางอากาศทั่วโลก 709,000 ราย ซึ่งมลพิษทางอากาศเป็นสาเหตุเสี่ยงอันดับสองของการเสียชีวิตในเด็กอายุต่ำกว่า 5 ปี รองจากภาวะทุพโภชนาการ (Health Effects Institute, 2024) โดยองค์การอนามัยโลก ประเมินการว่ามลพิษทางอากาศทั้งในเมืองและชนบทในปี 2562 ส่งผลให้มีการเสียชีวิตก่อนวัยอันควรที่เกี่ยวข้องกับมลพิษทางอากาศภายนอกอาคาร ซึ่งเกิดจากโรคหัวใจขาดเลือดและโรคหลอดเลือดสมอง 68 เปอร์เซ็นต์ โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง 14 เปอร์เซ็นต์ การติดเชื้อทางเดินหายใจ

ส่วนล่างเฉียบพลัน 14 เปอร์เซ็นต์ และการเสียชีวิตจากมะเร็งปอด 4 เปอร์เซ็นต์ (World Health Organization, 2024) นอกจากนี้ มลพิษทางอากาศยังมีความสัมพันธ์กับ โรคหืด โรคทางเดินหายใจ อื่นๆ อีกหลายชนิด (Kyung and Jeong, 2020) รวมทั้งโรคเบาหวานชนิดที่ 2 (สุภาสิน วงศ์บุญชู และ เจตน์ รัตนจินนระ, 2565) โรคภูมิแพ้ในเด็ก (Lin et al., 2021) อีกทั้ง การเพิ่มขึ้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โอโซน และไนโตรเจนไดออกไซด์ ในบรรยากาศในระยะสั้น พบว่ามีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของการเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลเนื่องจากโรคปอดบวม (Nhung et al., 2017) ในปี 2559 เด็กอายุต่ำกว่า 5 ปี เสียชีวิตจากการติดเชื้อระบบทางเดินหายใจที่เกี่ยวข้องกับมลพิษทางอากาศกว่า 543,000 ราย (World Health Organization, 2018) ซึ่งประชาชนหลายกลุ่มที่ได้รับผลกระทบต่อสุขภาพจากมลพิษทางอากาศ โดยเฉพาะในกลุ่มเปราะบาง เช่น ผู้สูงอายุ ผู้ที่มีโรคประจำตัว รวมไปถึงกลุ่มเด็กเล็กซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพและพัฒนาการของเด็ก เนื่องจากเด็กเล็กจะหายใจรับมลพิษต่อหน่วยน้ำหนักตัวมากกว่าผู้ใหญ่ อีกทั้งปอดยังพัฒนาไม่เต็มที่ ทำให้ส่งผลต่อการทำงานของปอด ซึ่งจากการศึกษาในหลายประเทศของเอเชีย พบว่าการเสียชีวิตของเด็กอายุต่ำกว่า 5 ปี สัมพันธ์กับควันชีวมวลและฝุ่น (Amnuaylojaroen & Parasin, 2023) นอกจากนี้จากคลังข้อมูลสุขภาพ (Health Data Center; HDC) กระทรวงสาธารณสุข ตั้งแต่ตุลาคม 2566 ถึง พฤษภาคม 2567 ยังพบว่าประเทศไทยมีผู้ป่วยจากฝุ่นละออง ได้แก่ โรคผิวหนัง โรคตาอักเสบ โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง โรคหืด และโรคหัวใจขาดเลือดเฉียบพลัน โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดโรค ได้แก่ เพศ อายุ โรคประจำตัว โดยผู้ที่มีความเสี่ยงสำหรับอายุมากกว่า 15 ปี จะมีอาการน้อยกว่ากลุ่มอายุน้อยกว่า 15 ปี (เบญจวรรณ รัชชสุภา, 2567) โดยปัจจุบันผู้ปกครองมักจะนำเด็กเล็กมาอยู่ภายใต้การดูแลของศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก ซึ่งจะมีโอกาสได้รับการสัมผัสมลพิษทางอากาศอย่างต่อเนื่อง อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพทั้งในระยะสั้นและระยะยาว ปัญหาด้านมลพิษทางอากาศจึงเป็นปัญหาสำคัญที่ควรเร่งดำเนินการป้องกันและแก้ไขปัญหา ประกอบกับในปัจจุบันประเทศไทยกำลังก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงวัย ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างประชากรของประเทศ เนื่องจากประชากรผู้สูงอายุมีจำนวนเพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่อัตราการเกิดของคนไทยมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะประชากรกลุ่มที่มีอายุต่ำกว่า 5 ปี ซึ่งปัจจุบันการให้การศึกษาและการดูแลเด็กก่อนวัยเรียน ส่งผลต่อพัฒนาการของเด็กที่อายุต่ำกว่า 5 ปี โดยเด็กที่อายุต่ำกว่า 5 ปี จะได้รับการศึกษาและการดูแลโดยศูนย์พัฒนาเด็กเล็กที่มีการดำเนินการภายใต้ส่วนราชการต่างๆ ได้แก่ กรมการพัฒนาชุมชน กระทรวงมหาดไทย กรมการศาสนา กระทรวงศึกษาธิการ ศูนย์อบรมเด็กก่อนเกณฑ์ในวัด/มัสยิด และสำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ (กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น, 2559) ซึ่งจังหวัดพิษณุโลก มีประชากรก่อนประถมศึกษา จำนวน 58,771 คน (สำนักงานศึกษาธิการจังหวัดพิษณุโลก, 2566) มีศูนย์พัฒนาเด็กเล็กจำนวน 226 แห่ง โดยอยู่ในสังกัดองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น 102 แห่ง ซึ่งมีจำนวนเด็กเล็ก

ชั้นเตรียมอนุบาลที่อยู่ในศูนย์พัฒนาเด็กเล็กสังกัดองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นจำนวน 13,956 คน และ เฉพาะที่อยู่ในอำเภอเมืองพิษณุโลก จำนวน 1,539 คน (กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น, 2566) ประชากรกลุ่มนี้จะเติบโตไปเป็นกำลังสำคัญของประเทศ เป็นกลุ่มที่ควรจะได้รับดูแลอย่างใกล้ชิด โดยเฉพาะเด็กก่อนวัยเรียนที่เป็นกลุ่มเปราะบาง หากอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ไม่ดีอาจส่งผลกระทบต่อ สุขภาพ พัฒนาการ จิตใจ สติปัญญา และการเรียนรู้ของเด็กวัยนี้ จึงควรให้ความสำคัญกับสุขภาพของ เด็กก่อนวัยเรียนในด้านสิ่งแวดล้อมเป็นสำคัญ โดยเฉพาะสถานศึกษาหรือศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก ในเขตเมืองที่มีโอกาสได้รับผลกระทบจากมลสารทางอากาศที่มีความผันแปรตลอดเวลา ทั้งจาก แหล่งกำเนิดมลพิษหรือปัจจัยอุตสาหกรรมที่มีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งที่ผ่านมายังไม่มีมาตรการ กฎเกณฑ์ หรือกฎหมาย ในการจัดการศูนย์พัฒนาเด็กเล็กเพื่อให้เด็กเล็กไม่ได้รับผลกระทบจากมลพิษทางอากาศ เนื่องจากเด็กวัยนี้ยังไม่สามารถป้องกันตนเองจากมลพิษทางอากาศได้ นอกจากนี้ ปัจจัยที่ส่งผล กระทบต่อสุขภาพของเด็กก่อนวัยเรียน คือ ละอองชีวภาพหรือจุลินทรีย์ในอากาศ ได้แก่ แบคทีเรีย ก่อให้เกิดโรค เช่น โรคอหิวาตกโรค โรคแอนแทรกซ์ โรคอาหารเป็นพิษ เป็นต้น สปอร์และเส้นใยของ เชื้อราเป็นสาเหตุก่อให้เกิดโรค เช่น โรคมะเร็ง โรคระบบทางเดินหายใจ เป็นต้น ซึ่งจุลินทรีย์ต่างๆ เหล่านี้ มีแหล่งกำเนิดมาจากภายในห้องเรียน เช่น จากการไอ การจาม ในวัสดุก่อสร้าง เพอร์นิเจอร์ เครื่องปรับอากาศที่ไม่ได้ทำความสะอาด (สิริลักษณ์ กระสวยกลาง, 2562; กุสุมาลย์ ชมโคกกรวด, 2553) ส่วนสปอร์ของราจะลอยไปยังที่ต่างๆ ตามอากาศ น้ำ รวมถึงปะปนเข้าสู่ระบบปรับอากาศ ภายในห้องเรียน (Mudarrî & Fisk, 2007) โดยละอองชีวภาพหรือจุลินทรีย์มักก่อให้เกิดเป็น โรคตึกเป็นพิษ (Sick Building Syndrome) โรคหอบหืด โรคภูมิแพ้ และโรคปอดอักเสบจาก ภูมิแพ้ (ฝ่ายวิจัยและพัฒนา บริษัท แมกโนเลีย ควอลิตี้ ดีเวล็อปเม้นต์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด, 2563) อันจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพของเด็กก่อนวัยเรียนเหล่านี้

ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาปัจจัยทางอุตสาหกรรมวิทยา ความเข้มข้นของมลสารในอากาศ รา และแบคทีเรีย ในสภาพแวดล้อมของศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ซึ่งข้อมูลที่ได้ จะเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้องที่จะนำไปใช้ในการจัดการสภาพแวดล้อมของศูนย์พัฒนา เด็กเล็ก เพื่อป้องกันและลดผลกระทบที่จะเกิดขึ้นกับเด็กต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา ความเข้มข้นของมลสารในอากาศ ราและแบคทีเรีย ในสภาพแวดล้อมของศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก ในฤดูฝนและฤดูแล้ง ของอำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก
2. เพื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของมลสารในอากาศ ราและแบคทีเรีย ระหว่างฤดูฝนและฤดูแล้ง ของอำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก
3. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยากับความเข้มข้นของมลสารในอากาศ ราและแบคทีเรีย ของฤดูฝนและฤดูแล้ง

ขอบเขตการวิจัย

1. ขอบเขตเชิงพื้นที่ คือ ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กสังกัดองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ในเขตอำเภอเมืองพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก จำนวน 10 แห่ง
2. ขอบเขตด้านประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ในการศึกษาเก็บตัวอย่างจากศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก สังกัดองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น จำนวน 10 แห่ง โดยตรวจวัดปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาและความเข้มข้นของมลสารในอากาศ ในช่วงเช้า 2 จุด และช่วงบ่าย 2 จุด เป็นฤดูละ 40 จุด รวมทั้งหมด 80 จุด โดยทุกจุดที่ตรวจวัดความเข้มข้นของมลสารในอากาศ กำหนดให้อ่านค่าการตรวจวัดทุก 1 นาที เป็นเวลา 30 นาที และเก็บตัวอย่างปริมาณราและแบคทีเรีย ภายในห้องเรียนในอากาศ บนพื้น และบนผนัง บริเวณละ 3 ตัวอย่าง ในช่วงเช้า เป็นฤดูละ 90 ตัวอย่าง รวมทั้งหมด 180 ตัวอย่าง
3. ขอบเขตด้านเวลา ตรวจวัดปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา ความเข้มข้นของมลสารในอากาศ ราและแบคทีเรีย เป็นเวลา 2 ช่วง คือ ช่วงฤดูฝน (สิงหาคม 2567) และในช่วงฤดูแล้ง (มกราคม 2568)
4. ขอบเขตด้านเนื้อหา ในศึกษานี้ ตรวจวัดปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา และความเข้มข้นของมลสารในอากาศด้วย เครื่องวัดคุณภาพอากาศ Ambient Air Online Monitoring System รุ่น ENVIR-2042 ทั้งในและนอกห้องเรียนของศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก ปริมาณน้ำฝน นอกห้องเรียน อ้างอิงจากโครงการพัฒนาการคาดการณ์ปริมาณน้ำหลากด้วยปริมาณน้ำฝนพร้อมแสดงผลเป็นแผนที่เส้นชั้นน้ำฝน ศูนย์ปฏิบัติการน้ำอัจฉริยะ สำนักบริหารจัดการน้ำและอุทกวิทยา <https://swocrf.rid.go.th/> (ศูนย์ปฏิบัติการน้ำอัจฉริยะ, 2568) และตรวจวัดปริมาณราและแบคทีเรียในอากาศในห้องเรียนด้วยวิธี Settle Plate และ ปริมาณราและแบคทีเรียบนพื้นห้องและผนังห้องภายในห้องเรียน โดยวิธี Surface swab

กรอบแนวคิดการวิจัย

มลพิษทางอากาศที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ มีสาเหตุมาจากฝุ่นและจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติหรือจากกิจกรรมของมนุษย์ ซึ่งมีสาเหตุของการเกิดมลพิษทางอากาศแตกต่างกัน โดยแต่ละพื้นที่จะมีความแตกต่างของความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศ ขึ้นกับการแพร่กระจายของมลสาร อันจะส่งผลให้คุณภาพอากาศในศูนย์พัฒนาเด็กเล็กแต่ละแห่งต่างกัน ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพอากาศภายในอาคาร อันจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของเด็กก่อนวัยเรียนในศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก ดังภาพ 1



ภาพ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก หมายถึงสถานศึกษาที่ให้การอบรม เลี้ยงดู จัดประสบการณ์ และส่งเสริมพัฒนาการการเรียนรู้ให้เด็กเล็กมีความพร้อม ด้านร่างกาย อารมณ์-จิตใจ สังคมและสติปัญญา เป็นเด็กที่มีอายุระหว่าง 2-5 ปี
2. ปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา หมายถึง อุณหภูมิ (T) ความชื้น (RH) ความเร็วลม (WS) ปริมาณน้ำฝน (RF)
3. มลสารในอากาศ หมายถึง ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ก๊าซโอโซน (O₃) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 100 ไมโครเมตร (TSP) ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร (PM₁₀) ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร (PM_{2.5})

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาปริมาณฝุ่นและราในสภาพแวดล้อมของศูนย์พัฒนาเด็กเล็กในเขตเมือง และชานเมือง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ซึ่งมีเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังหัวข้อต่อไปนี้

1. ข้อมูลพื้นฐานจังหวัดพิษณุโลก
 - 1.1 ที่ตั้ง
 - 1.2 ขนาดพื้นที่
 - 1.3 ลักษณะภูมิประเทศ
 - 1.4 การใช้ประโยชน์ที่ดิน
 - 1.5 สภาพภูมิอากาศ
 - 1.6 โครงสร้างพื้นฐานด้านการคมนาคม
 - 1.7 ข้อมูลพื้นฐานด้านเศรษฐกิจ
 - 1.8 ข้อมูลพื้นฐานด้านสังคมและความมั่นคง
 - 1.8.1 ด้านประชากร
 - 1.8.2 ด้านการสาธารณสุข
 - 1.8.3 ด้านการเกษตร
 - 1.9 ข้อมูลพื้นฐานด้านด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
 - 1.9.1 สถานการณ์ขยะมูลฝอย
 - 1.9.2 สถานการณ์คุณภาพอากาศ
2. มลพิษทางอากาศ
 - 2.1 ความหมายมลพิษทางอากาศและมลสารทางอากาศ
 - 2.2 ระบบภาวะมลพิษทางอากาศ (Air pollution system)
 - 2.3 ประเภทของแหล่งกำเนิดมลสารทางอากาศ (Sources of air pollutants)
 - 2.4 ประเภทของมลสารทางอากาศ (Types of air pollutants)
 - 2.5 มลสารทางกายภาพ
 - 2.5.1 ฝุ่นละออง (Particulate matter)
 - 2.5.2 ฝุ่นละอองแขวนลอยรวม (TSP)

- 2.5.3 ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร (PM₁₀)
- 2.5.4 ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมโครเมตร (PM_{2.5})
- 2.5.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการกระจายตัวของฝุ่นละออง
- 2.5.6 สภาวะของบรรยากาศ
- 2.5.7 เกณฑ์มาตรฐานของฝุ่นละอองในบรรยากาศ
- 2.5.8 ผลกระทบต่อสุขภาพ
- 2.5.9 กลไกการตกค้างของอนุภาค
- 2.6 มลสารทางเคมี
 - 2.6.1 ก๊าซโอโซน (O₃)
 - 2.6.2 ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂)
 - 2.6.3 ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂)
 - 2.6.4 ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)
 - 2.6.5 มาตรฐานก๊าซในบรรยากาศ
 - 2.6.6 กระบวนการเปลี่ยนรูปของมลพิษ
- 2.7 มลสารทางชีวภาพ
 - 2.7.1 จุลินทรีย์ในอากาศ
 - 2.7.2 ประเภทของชีวอนุภาคมลสาร
 - 2.7.3 แหล่งกำเนิดของชีวอนุภาคมลสาร
 - 2.7.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการแพร่กระจายของจุลินทรีย์ในอากาศ
 - 2.7.5 รา
 - 2.7.6 แบคทีเรีย
 - 2.7.7 ค่าเฝ้าระวังราและแบคทีเรียในห้องเรียนสาธารณะ
 - 2.7.8 มาตรฐานจุลินทรีย์
- 2.8 มลพิษอากาศภายในอาคาร
 - 2.8.1 แหล่งที่มาของสารมลพิษในอาคาร
 - 2.8.2 ประเภทของสารมลพิษในอาคาร
 - 2.8.3 ประเภทและแหล่งกำเนิดของมลพิษอากาศในห้องเรียน
 - 2.8.4 ค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ
 - 2.8.5 แนวทางปฏิบัติในการส่งเสริมคุณภาพอากาศภายในอาคาร

3. ศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก

- 3.1 การจัดตั้งศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก
- 3.2 การกำหนดอัตราบุคลากรในศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก
- 3.3 การจัดการด้านอาคารสถานที่
- 3.4 การจัดการด้านสิ่งแวดล้อม
- 3.5 การจัดการด้านความปลอดภัย
- 3.6 ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กในจังหวัดพิษณุโลก

1. ข้อมูลพื้นฐานจังหวัดพิษณุโลก

1.1 ที่ตั้ง

จังหวัดพิษณุโลกตั้งอยู่ในกลุ่มจังหวัดภาคเหนือตอนล่าง มีระยะห่างจากกรุงเทพมหานคร ประมาณ 377 กิโลเมตร โดยมีเขตติดต่อกับจังหวัดต่างๆ และประเทศเพื่อนบ้าน (ภาพ 2) ดังนี้

ทิศเหนือ ติดต่อกับ อำเภอพิชัย อำเภอทองแสนขัน อำเภอน้ำปาด จังหวัดอุตรดิตถ์และ ประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

ทิศใต้ ติดต่อกับ อำเภอทับคล้อ อำเภอวังทรายพูน อำเภอสามโก้ อำเภอเมืองพิจิตร อำเภอสามงาม และอำเภอชริบารมี จังหวัดพิจิตร

ทิศตะวันออก ติดต่อกับ อำเภอนาแห้ว อำเภอด่านซ้าย จังหวัดเลย อำเภอเขาค้อ อำเภอเมือง และอำเภอวังโป่ง จังหวัดเพชรบูรณ์

ทิศตะวันตก ติดต่อกับ อำเภอลานกระบือ จังหวัดกำแพงเพชร อำเภอศรีมาศ อำเภอกงไกรลาศ อำเภอเมืองสุโขทัย อำเภอศรีสำโรง และอำเภอสวรรคโลก จังหวัดสุโขทัย

คังกระทะ ส่วนที่ราบหุบเขาชาติตระการ มีรูปร่างคล้ายพระจันทร์เสี้ยว เป็นที่ราบดินตะกอนที่อุดมสมบูรณ์ พื้นที่ตอนกลางทางใต้เป็นที่ราบ และตอนใต้เป็นที่ราบลุ่ม โดยเฉพาะบริเวณลุ่มแม่น้ำน่าน และแม่น้ำยมเป็นย่านการเกษตรที่สำคัญที่สุดของจังหวัด ซึ่งอยู่ในท้องที่อำเภอบางระกำ อำเภอเมือง พิษณุโลก อำเภอพรหมพิราม และบางส่วนของอำเภอวังทอง และอำเภอเนินมะปราง ภูเขาสูงในเขตจังหวัดพิษณุโลกส่วนใหญ่อยู่ทางตอนกลางของจังหวัด ได้แก่ เขาช่องลม เขาอุ้มงค์ เขาคันโง้ง เขาสมอแครง และเขาฟ้า ด้านตะวันออกเป็นเทือกเขาต่อเนื่องจากตอนใต้ของจังหวัดอุตรดิตถ์ต่อเนื่องมาทางใต้ติดกับจังหวัดเพชรบูรณ์ ในพื้นที่ตั้งแต่อำเภอชาติตระการ อำเภอนครไทย อำเภอวังทอง และอำเภอเนินมะปราง ซึ่งแบ่งแนวเขตจังหวัดพิษณุโลกกับจังหวัดเลยและเพชรบูรณ์ (สำนักงานพาณิชย์จังหวัดพิษณุโลก, 2568)

1.4 การใช้ประโยชน์ที่ดิน

จังหวัดพิษณุโลกมีการใช้ที่ดินทั้งหมดจำนวน 6,759,909 ไร่ สามารถจำแนกได้ ดังนี้

- พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง จำนวนรวม 369,885 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 5.47 ของพื้นที่
- พื้นที่เกษตรกรรม จำนวนรวม 3,536,544 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 52.35 ของพื้นที่ทั้งหมด
- พื้นที่ป่าไม้ จำนวนรวม 2,583,565 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 38.21 ของพื้นที่ทั้งหมด
- พื้นที่เบ็ดเตล็ด เช่น ท่งหญ้าธรรมชาติ พื้นที่ลุ่ม เหมืองเก่า เหมืองแร่ ฯลฯ จำนวนรวม 141,173 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 2.07 ของพื้นที่ทั้งหมด (จังหวัดพิษณุโลก, 2567)

1.5 สภาพภูมิอากาศ

ลักษณะภูมิอากาศบริเวณจังหวัดพิษณุโลก มีบริเวณความกดอากาศสูง หรือมวลอากาศเย็นกำลังค่อนข้างแรง จากประเทศจีนแผ่ปกคลุมประเทศไทยตอนบนและทะเลจีนใต้ ทำให้บริเวณเทือกเขาและยอดดอย อากาศหนาว ลักษณะอากาศโดยทั่วไปของจังหวัดพิษณุโลก ขึ้นอยู่กับอิทธิพลของมรสุมที่พัดประจำ ฤดูกาล 2 ชนิด คือ มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งพัดพามวลอากาศเย็นและแห้งจากประเทศจีนปกคลุมประเทศไทยในช่วงฤดูหนาว ทำให้จังหวัดพิษณุโลกมีอากาศหนาวเย็นและแห้งแล้ง และมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งจะพัดพามวลอากาศชื้นจากทะเลและมหาสมุทร ปกคลุมประเทศไทยในช่วงฤดูฝน ส่งผลให้จังหวัดพิษณุโลกมีฝนตก

ฤดูกาลของจังหวัดพิษณุโลก พิจารณาตามลักษณะลมฟ้าอากาศของประเทศไทย แบ่งออกเป็น 3 ฤดู ดังนี้

- ฤดูร้อน เริ่มประมาณกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม มีอากาศร้อนอบอ้าวทั่วไป โดยเฉพาะในเดือนเมษายนเป็นเดือนที่มีอากาศร้อนอบอ้าวมากที่สุดในรอบปี

- ฤดูฝน เริ่มประมาณกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม ซึ่งเป็นระยะที่ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดปกคลุมประเทศไทย อากาศจะเริ่มชุ่มชื้นและมีฝนตกชุกตั้งแต่ประมาณกลางเดือนพฤษภาคมเป็นต้นไป เดือนที่มีฝนตกมากที่สุดคือเดือนสิงหาคม

- ฤดูหนาว เริ่มประมาณกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งเป็นช่วงที่ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดปกคลุมประเทศไทย อากาศโดยทั่วไปจะหนาวเย็นและแห้ง เดือนที่มีอากาศหนาวที่สุดคือเดือนธันวาคมและมกราคม (ปรเมศร์ อมตยกุล และ ทวีจันทร์ โฉมถา, 2556)

1.6 โครงสร้างพื้นฐานด้านการคมนาคม

จังหวัดพิษณุโลก เป็นศูนย์กลางภาคเหนือตอนล่าง 1 และเป็นจุดตั้งของระเบียงเศรษฐกิจที่สำคัญ คือ แนวระเบียงเศรษฐกิจพิเศษภายใต้โครงการพัฒนาความร่วมมือทางเศรษฐกิจในอนุภูมิภาคแม่น้ำโขง (Greater Maekong Sub-region - GMS) ได้แก่ ไทย เมียนมา ลาว กัมพูชา เวียดนาม และจีน

- เส้นทางระเบียงเศรษฐกิจสายตะวันออก-ตะวันตก (East-West Economic Corridor : EWEC) หรือเส้นทางหมายเลข 9 (R9) เป็นโครงการพัฒนาความร่วมมือทางเศรษฐกิจในอนุภูมิภาคแม่น้ำโขง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมให้เกิดการขยายตัวทางการค้าการลงทุน อุตสาหกรรมการเกษตร และบริการ และยกระดับความเป็นอยู่ของประชาชนในอนุภูมิภาคแม่น้ำโขง ซึ่งมีระยะทางยาว 1,550 กม. อยู่ในเขตประเทศไทยเป็นระยะทางยาวที่สุดคือประมาณ 950 กิโลเมตร โดยเส้นทางเริ่มจากเมืองท่าดานังของเวียดนาม ผ่านเมืองเว้ (Hue) และเมืองลาวบาว (Lao Bao) อันเป็นเขตเศรษฐกิจพิเศษของเวียดนามซึ่งติดกับชายแดน สปป.ลาว จากนั้นเส้นทางหมายเลข 9 จะผ่านเข้าแขวงสะหวันนะเขต ใน สปป.ลาว และมาข้ามสะพานมิตรภาพ 2 (มุกดาหาร-สะหวันนะเขต) ข้ามแม่น้ำโขงสู่ไทยที่จังหวัดมุกดาหาร โดยทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 12 ผ่านจังหวัดกาฬสินธุ์ ขอนแก่น เพชรบูรณ์ พิษณุโลก จนไปสุดที่อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก และเข้าไปยังประเทศพม่าจนทะลุอ่าวมะตะมะที่เมืองมะละไย หรือมะละแหม่ง เป็นการเชื่อมจากทะเลจีนใต้ไปสู่มหาสมุทรอินเดีย

- ระเบียงเศรษฐกิจเหนือ - ใต้ (North-South Economic Corridor: NSEC) เชื่อมโยงระหว่างไทย เมียนมา ลาว และจีน ประกอบด้วย 3 เส้นทางย่อย คือ เส้นทาง R3A เชื่อมโยงระหว่างจีนตอนใต้กับลาว และไทย โดยมีจุดเริ่มต้นที่คุนหมิง มายังเมืองโมฮาน บ่อเต็น และห้วยทรายของลาว เข้าเขตประเทศไทยที่อำเภอเชียงของ และสิ้นสุดที่กรุงเทพฯ เส้นทาง R3B มีจุดเริ่มต้นที่นครคุนหมิง เช่นเดียวกับ R3A แต่ผ่านเข้ามาทางเมียนมาที่ท่าซี้เหล็กแล้วเข้าไทยที่เขตอำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย และมีปลายทางที่กรุงเทพฯ และเส้นทาง R5 มีจุดเริ่มต้นจากเมืองหนานหนิงในมณฑลกว่างสีของจีนมายังเมืองฮานอยและท่าเรือไฮฟองของเวียดนาม สำหรับจังหวัดของไทยตามแนวเส้นทาง

เศรษฐกิจเหนือ-ใต้ มี 13 จังหวัด ได้แก่ เชียงราย พะเยา เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง แพร่ ตาก กำแพงเพชร อุตรดิตถ์ พิษณุโลก นครสวรรค์ พระนครศรีอยุธยา และกรุงเทพมหานคร

- ระเบียงเศรษฐกิจ LIMEC (หลวงพระบาง- อินโดจีน - เมาะลำไย) Luangorabang - Indochina - Mawlarryine Economic Corridor) ประกอบด้วย จังหวัดตาก สุโขทัย อุตรดิตถ์ เพชรบูรณ์ และพิษณุโลก แขวงหลวงพระบาง แขวงไชยะบุรี สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว และรัฐกะเหรี่ยง รัฐมอญ สาธารณรัฐแห่งสหภาพเมียนมา

จากลักษณะทางภูมิศาสตร์ทำให้จังหวัดพิษณุโลกเป็นจุดศูนย์กลางในด้านคมนาคมของภูมิภาคอินโดจีน โดยเป็นจุดเชื่อมต่อระหว่างภาคกลางกับภาคเหนือ รวมทั้งภาคเหนือกับภาคตะวันออกเฉียงเหนือด้วย จังหวัดพิษณุโลกจึงได้รับการขนานนามว่าเป็น "เมืองบริการสี่แยกอินโดจีน" ดังนั้น การคมนาคมขนส่งหรือเส้นทางการเดินทาง จึงมีทั้งทางบกและทางอากาศ

1.7 ข้อมูลพื้นฐานด้านเศรษฐกิจ

สำนักงานคลังจังหวัดพิษณุโลกประเมินเศรษฐกิจพิษณุโลกปี 2567 คาดว่าขยายตัวร้อยละ 3 เป็นผลมาจากการขยายตัวของด้านอุปทานและการขยายตัวของด้านอุปสงค์ภายในจังหวัด โดยเฉพาะการฟื้นตัวของภาคบริการที่มีการกระตุ้นเศรษฐกิจอย่างต่อเนื่อง และการเป็นศูนย์กลางกิจกรรมทางเศรษฐกิจที่หลากหลาย เช่น กิจกรรมด้านการศึกษา กิจกรรมด้านการจัดประชุม กิจกรรมด้านสาธารณสุขในภาคเหนือตอนล่าง จึงดึงดูดคนเข้ามาในจังหวัดมากขึ้น และภาคอุตสาหกรรมมีแนวโน้มขยายตัวเช่นกัน ประกอบกับได้รับแรงสนับสนุนจากมาตรการภาครัฐ ส่งผลให้กิจกรรมทางเศรษฐกิจของการบริโภคภาคเอกชน และการลงทุนภาคเอกชนปรับตัวสูงขึ้น ด้านเสถียรภาพเศรษฐกิจจังหวัดเริ่มปรับตัวเข้าสู่สภาวะปกติ และการจ้างงานปรับตัวเพิ่มขึ้นตามสภาพ

จังหวัดพิษณุโลกมีโครงสร้างเศรษฐกิจแบ่งเป็นรายภาค ได้แก่ ภาคเกษตรกรรม ร้อยละ 23.7 ภาคอุตสาหกรรม ร้อยละ 14.6 ภาคบริการ ร้อยละ 61.7 โดยจังหวัดพิษณุโลกมีโรงงานอุตสาหกรรมที่ได้รับอนุญาตให้ประกอบกิจการ (สะสม) ณ วันที่ 30 เมษายน 2567 จำนวนทั้งสิ้น 452 โรงงาน มีมูลค่าเงินลงทุนรวม 24,629.77 ล้านบาท และมีคนงานจำนวน 13,036 คน โดยสามารถจำแนกข้อมูลเป็นกลุ่มอุตสาหกรรมที่มีการลงทุนมากที่สุดของจังหวัดพิษณุโลก ได้ดังนี้

1. กลุ่มอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์จากพืช ประกอบด้วย กิจการเกี่ยวกับผลิตผลเกษตรกรรม ได้แก่ โรงงานอบและนึ่งข้าวเปลือก โรงสีข้าว ปัจจุบันมีโรงงานอุตสาหกรรมในกลุ่มอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์จากพืช จำนวนทั้งสิ้น 101 โรงงาน และคนงาน 1,011 คน

2. กลุ่มอุตสาหกรรมการผลิตอื่นๆ ประกอบด้วย กิจการเกี่ยวกับโรงงานผลิตส่ง หรือจำหน่ายพลังงานไฟฟ้า โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับ หิน กรวด ทราย หรือดินสำหรับใช้ใน

การก่อสร้าง และโรงงาน เป็นต้น ปัจจุบันมีโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตอื่นๆ จำนวน 65 โรงงาน และ
คนงาน 552 คน

3. กลุ่มอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์โลหะ ประกอบด้วย โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับการทำ
อิฐท่อ หรือซีเมนต์คอนกรีตผสมเสร็จ เป็นต้น ปัจจุบันมีโรงงานอุตสาหกรรมในกลุ่มอุตสาหกรรม
ผลิตภัณฑ์โลหะจำนวนทั้งสิ้น 61 โรงงาน และคนงาน 473 คน

1.8 ข้อมูลพื้นฐานด้านสังคมและความมั่นคง

1.8.1 ด้านประชากร

จังหวัดพิษณุโลก แบ่งการปกครองส่วนภูมิภาคเป็น 9 อำเภอ แยกเป็น 93 ตำบล
1,048 หมู่บ้าน การปกครองท้องถิ่น (สำนักงานจังหวัดพิษณุโลก, 2566ก) ประกอบด้วย
องค์การบริหารส่วนจังหวัด 1 แห่ง องค์การบริหารส่วนตำบล 75 แห่ง เทศบาลนคร 1 แห่ง เทศบาล
เมือง 2 แห่ง และเทศบาลตำบล 24 แห่ง โดยจังหวัดพิษณุโลกมีประชากรรวมทั้งสิ้น 841,085 คน
เป็นชาย จำนวน 410,707 คน (ร้อยละ 48.83) หญิง 430,378 คน (ร้อยละ 51.17) อำเภอที่มี
ประชากรมากที่สุดได้แก่ อำเภอเมืองพิษณุโลก มีประชากรทั้งสิ้น 281,533 คน รองลงมาได้แก่ อำเภอ
วังทอง จำนวน 117,795 คน อำเภอบางระกำ จำนวน 91,804 คน อำเภอนครไทย จำนวน 85,334
คน อำเภอพรหมพิราม จำนวน 83,944 คน อำเภอเนินมะปราง จำนวน 56,730 คน อำเภอบาง
กระทุ่ม จำนวน 45,200 คน อำเภอชาติตระการ จำนวน 41,573 คน และอำเภอที่มีประชากร น้อย
ที่สุดคือ อำเภอวัดโบสถ์มีประชากร จำนวน 37,172 คน (สำนักงานแรงงานจังหวัดพิษณุโลก, 2567)
ดังตาราง 1

ตาราง 1 จำนวนประชากรจังหวัดพิษณุโลกจำแนกตามอำเภอ เดือน มกราคม ถึง มีนาคม 2567

ลำดับ	อำเภอ	ชาย (คน)	หญิง (คน)	รวม (คน)	ชาย (%)	หญิง (%)	รวม (%)
1	อำเภอเมือง พิษณุโลก	135,358.00	146,175.00	281,533.00	48.08	51.92	100.00
2	อำเภอนครไทย	42,314.00	43,020.00	85,334.00	49.59	50.41	100.00
3	อำเภอชาติตระการ	20,899.00	20,674.00	41,573.00	50.27	49.73	100.00
4	อำเภอบางระกำ	44,957.00	46,847.00	91,804.00	48.97	51.03	100.00
5	อำเภอบางกระทุ่ม	21,958.00	23,242.00	45,200.00	48.58	51.42	100.00
6	อำเภอพรหมพิราม	40,876.00	43,068.00	83,944.00	48.69	51.31	100.00

ตาราง 1 (ต่อ)

ลำดับ	อำเภอ	ชาย (คน)	หญิง (คน)	รวม (คน)	ชาย (%)	หญิง (%)	รวม (%)
7	อำเภอวัดโบสถ์	18,213.00	18,959.00	37,172.00	49.00	51.00	100.00
8	อำเภอรังทอง	58,023.00	59,772.00	117,795.00	49.26	50.74	100.00
9	อำเภอเนินมะปราง	28,109.00	28,621.00	56,730.00	49.55	50.45	100.00
	รวม	410,707.00	430,378.00	841,085.00	48.83	51.17	100.00

1.8.2 ด้านการสาธารณสุข

ประชาชนในจังหวัดพิษณุโลก ปัจจุบันประสบกับปัญหาด้านสุขภาพ สาเหตุสำคัญเกิดจากโรคไม่ติดต่อ โรคติดต่อ ปัจจัยเสี่ยง รวมถึงภัยสุขภาพ ซึ่งมาจาก 2 สาเหตุหลัก คือ การเสียชีวิตจากสาเหตุภายนอกที่มีอัตราการเสียชีวิตสูงเป็นอันดับต้น ๆ ของประเทศ เช่น อุบัติเหตุ จราจร และการเสียชีวิตจากการป่วยด้วยโรคเรื้อรัง เช่น โรคมะเร็ง หลอดเลือดสมอง หลอดหัวใจ โรคเบาหวานและความดันโลหิตสูง โรคติดต่อยังเป็นปัญหาสำคัญคือ โรคอุบัติใหม่อุบัติซ้ำ (COVID-19) วัณโรค โรคเอดส์ โรคไข้เลือดออก รวมทั้งปัจจัยเสี่ยงรวมถึงภัยสุขภาพ ที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพและภาระการให้บริการ เช่น ผู้สูงอายุที่มีจำนวนมากขึ้น การใช้ยาเสพติด เหล้าและบุหรี่ พฤติกรรมสุขภาพที่ไม่เหมาะสม เช่น โภชนาการที่ทำให้เกิดภาวะอ้วนในเด็กนักเรียน ภาวะซึมเศร้าในแม่และเด็ก การใช้ยาไม่เหมาะสมทำให้เกิดเชื้อดื้อยา การเจ็บป่วยจากโรคที่เกิดจากพิษสารกำจัดศัตรูพืช

จำนวนและอัตราการเกิด/ตาย/อัตราเพิ่มตามธรรมชาติตั้งแต่ปีงบประมาณ 2561 ถึง 2565 ดังนี้

- ปีงบประมาณ 2561 จำนวนเกิด 8,269 คน จำนวนตาย 6,660 คน อัตราเพิ่มตามธรรมชาติ ร้อยละ 0.18

- ปีงบประมาณ 2562 จำนวนเกิด 7,930 คน จำนวนตาย 6,954 คน อัตราเพิ่มตามธรรมชาติ ร้อยละ 0.11

- ปีงบประมาณ 2563 จำนวนเกิด 7,242 คน จำนวนตาย 7,005 คน อัตราเพิ่มตามธรรมชาติ ร้อยละ 0.03

- ปีงบประมาณ 2564 จำนวนเกิด 6,273 คน จำนวนตาย 7,388 คน อัตราเพิ่มตามธรรมชาติ ร้อยละ -0.09

- ปีงบประมาณ 2565 จำนวนเกิด 5,990 คน จำนวนตาย 8,153 คน อัตราเพิ่มตามธรรมชาติ ร้อยละ -0.26 (จังหวัดพิษณุโลก, 2567)

1.8.3 ด้านการเกษตร

ภาพรวมของเศรษฐกิจและสาขาเศรษฐกิจหลักที่สำคัญของจังหวัด ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดพิษณุโลก (Gross Provincial Products : GPP) ประจำปี พ.ศ. 2562 มีมูลค่าเพิ่ม ณ ราคาประจำปีเท่ากับ 101,788 ล้านบาท ลำดับที่ 5 ของภาคเหนือ ลำดับที่ 30 ของประเทศ รายได้เฉลี่ยต่อหัว (GDP) 113,593 บาท/คน/ปี ดังตาราง 2

การใช้ที่ดินเพื่อการเกษตรแยกตามรายอำเภอ จังหวัดพิษณุโลก ในปี 2563 จังหวัดพิษณุโลก มีพื้นที่ในการทำการเกษตรรวม 3,387,938.95 ไร่ จำแนกออกเป็นที่นา 1,588,548 ไร่ ไม้ผล/ผลไม้ยืนต้น จำนวน 681,180 ไร่ พืชไร่/พืชผัก/ไม้ดอก/อื่นๆ จำนวน 1,118,211 ไร่ ดังตาราง 3 โดยแหล่งผลิตสินค้าเกษตรที่สำคัญของจังหวัดพิษณุโลก ประกอบด้วย ข้าวนาปีและนาปรัง ที่อำเภอพรหมพิราม บางระกำ เมือง วังทอง และบางกระทุ่ม อ้อยโรงงาน ที่อำเภอบางระกำ พรหมพิราม และบางกระทุ่ม ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ที่อำเภอนครไทย วังทอง และชาติตระการ มะม่วง ที่อำเภอวังทอง เนินมะปราง และวัดโบสถ์ มันสำปะหลัง ที่อำเภอวัดโบสถ์ และวังทอง สับปะรด ที่อำเภอนครไทย และวังทอง ยางพารา ที่อำเภอนครไทย วังทอง ชาติตระการ และวัดโบสถ์ ปาล์มน้ำมัน ที่อำเภอนครไทย ชาติตระการ พรหมพิราม และวังทอง (สำนักงานจังหวัดพิษณุโลก, 2566)

ตาราง 2 ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดพิษณุโลก

สาขาการผลิต	2560	2561
ภาคเกษตร	24,936	26,480
เกษตรกรรมการล่าสัตว์และการป่าไม้ และการประมง	24,936	26,480
ภาคนอกเกษตร	69,400	72,075
ภาคอุตสาหกรรม	11,305	11,525
การทำเหมืองแร่และเหมืองหิน	166	170
การผลิตอุตสาหกรรม	8,509	9,100
ไฟฟ้า ก๊าซและระบบปรับอากาศ	2,441	2,075
การประปาและการจัดการของเสีย	190	180
ภาคบริการ	58,095	60,550
การก่อสร้าง	5,101	4,722
การขายส่งขายปลีก การซ่อมยานยนต์และจักรยานยนต์	12,170	13,400

ตาราง 2 (ต่อ)

สาขาการผลิต	2560	2561
การขนส่งและสถานที่เก็บสินค้า	1,510	1,984
ที่พักแรมและการบริการด้านอาหาร	914	1,026
ข้อมูลข่าวสารและการสื่อสาร	676	763
การเงินและการประกันภัย	6,567	6,701
กิจกรรมเกี่ยวกับอสังหาริมทรัพย์	3,979	4,213
กิจกรรมวิชาชีพวิทยาศาสตร์และกิจกรรมทางวิชาการ	364	377
การบริหารและการสนับสนุนอื่น ๆ	591	628
การบริหารราชการ การป้องกันประเทศ ฯลฯ	9,404	10,000
การศึกษา	12,081	11,545
กิจกรรมด้านสุขภาพและงานสังคมสงเคราะห์	3,804	4,132
ศิลปะความบันเทิงและนันทนาการ	290	339
กิจกรรมการบริการด้านอื่นๆ	646	719
ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด	94,336	98,554
ผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัดต่อคน (บาท)	105,213	109,939
ประชากร (1,000 คน)	897	896

ตาราง 3 การใช้ที่ดินเพื่อการเกษตรแยกตามรายอำเภอ

อำเภอ	พื้นที่การใช้ประโยชน์ทั้งหมด (ไร่)	พื้นที่ทำการเกษตร						รวมพื้นที่ทำการเกษตร	
		ที่นา		ไม้ผล/ไม้ยืนต้น		พืชไร่/พืชผัก/ไม้ดอก/อื่นๆ		จำนวน (ไร่)	ร้อยละ
		จำนวน (ไร่)	ร้อยละ	จำนวน (ไร่)	ร้อยละ	จำนวน (ไร่)	ร้อยละ		
เมืองพิษณุโลก	447,988	233,302	3.5227	10,328	0.1559	30,571	0.4616	274,201	4.1402
นครไทย	1,475,940	105,508	1.5931	214,450	3.2380	311,399	4.7019	631,357	9.5331
ชาติตระการ	1,032,924	46,191	0.6975	81,672	1.2332	167,887	2.5350	295,750	4.4656
บางระกำ	605,318	247,380	3.7353	17,394	0.2626	188,170	2.8412	452,944	6.8391
บางกระทุ่ม	220,975	151,699	2.2905	6,071	0.0917	26,524	0.4005	184,294	2.7827
พหุมพีราม	519,934	390,434	5.8953	8,536	0.1289	37,663	0.6870	436,633	6.5929
วัดโบสถ์	554,466	69,923	1.0558	44,682	0.6747	133,693	2.0187	248,298	3.7491
วังทอง	1,071,563	215,056	3.2472	199,280	3.0090	148,295	2.2392	562,631	8.4953
เนินมะปราง	693,713	129,055	1.9486	98,767	1.4913	74,009	1.1175	301,831	4.5574
รวม	6,622,821	1,588,548	23.9860	681,180	10.2853	1,118,211	16.8842	3,387,939	51.1555

1.9 ข้อมูลพื้นฐานด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

จังหวัดพิษณุโลก มีลักษณะพื้นที่ที่มีความหลากหลายทางธรรมชาติ เนื่องจากพื้นที่ทางตอนเหนือ ทางตะวันออก และทางตอนกลางบางส่วนเป็นเขา ภูเขาสูง ที่ราบสูง และลาดเอียงลงมาทางตอนกลาง ทางตะวันตก และทางตอนใต้จนเป็นพื้นที่ราบ พื้นที่ราบลุ่ม ทำให้สามารถประกอบอาชีพเกษตรกรรมได้ทุกสาขา เช่น สาขาป่าไม้ สาขาพืช สาขาประมง และสาขาปศุสัตว์ และมีแม่น้ำสำคัญไหลผ่าน ได้แก่ แม่น้ำน่าน แม่น้ำยม และแม่น้ำแควน้อย

นอกจากนี้จังหวัดพิษณุโลก มีพื้นที่ป่าไม้ทางตอนเหนือเป็นป่าดิบเขา ป่าสนเขา ป่าดงดิบ และป่าเบญจพรรณ ทางตอนกลาง มีป่าดงดิบ และป่าเบญจพรรณ กระจายไปทางตะวันออกเฉียงเหนือ และทางตะวันออก ในเขตพื้นที่บางส่วนของอำเภอชาติตระการ นครไทย วัดโบสถ์ วังทอง และเนินมะปราง

1.9.1 สถานการณ์ขยะมูลฝอย

ในปีงบประมาณ 2564-2566 มีปริมาณขยะมูลฝอยเกิดขึ้นรวม 815, 846 และ 857 ตันต่อวัน ตามลำดับ โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น มีปริมาณขยะมูลฝอยที่กำจัดถูกต้อง จำนวน 244, 260 และ 251 ตันต่อวัน ตามลำดับ มีปริมาณขยะมูลฝอยที่นำกลับมาใช้ประโยชน์ จำนวน 458, 504 และ 512 ตันต่อวัน ตามลำดับ รวมปริมาณขยะมูลฝอยที่ได้รับการจัดการอย่างถูกต้อง จำนวน 702, 764 และ 763 ตันต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 89.13, 90.31 และ 89.03 ตามลำดับ

1.9.2 สถานการณ์คุณภาพอากาศ

จากการติดตามสถานการณ์ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร ในพื้นที่จังหวัดพิษณุโลก จากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศของกรมควบคุมมลพิษ ปีงบประมาณ 2564-2566 พบว่า ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร เฉลี่ย 24 ชั่วโมง วันที่ปริมาณฝุ่นละอองอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานมีจำนวน 260, 341 และ 285 วัน ตามลำดับ และจากการติดตามข้อมูลจุดความร้อน (Hotspot) จากดาวเทียมระบบ VIIRS เผยแพร่โดยสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) ในช่วงปีงบประมาณ 2564-2566 พบว่า เกิดจุดความร้อน จำนวน 3,144, 3,390 และ 4,726 จุด ตามลำดับ ซึ่งมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น (สำนักงานจังหวัดพิษณุโลก, 2566) และในปี 2567 พบว่าซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ คาร์บอนมอนอกไซด์ และโอโซน ค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง มีค่าเกินมาตรฐาน จำนวน 0, 0, 0 และ 3 วัน ตามลำดับ ส่วนปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 และ 2.5 ไมโครเมตร เฉลี่ย 24 ชั่วโมง มีค่าเกินมาตรฐานจำนวน 2 และ 84 วัน ตามลำดับ (กรมควบคุมมลพิษ, 2568ข)

2. มลพิษทางอากาศ

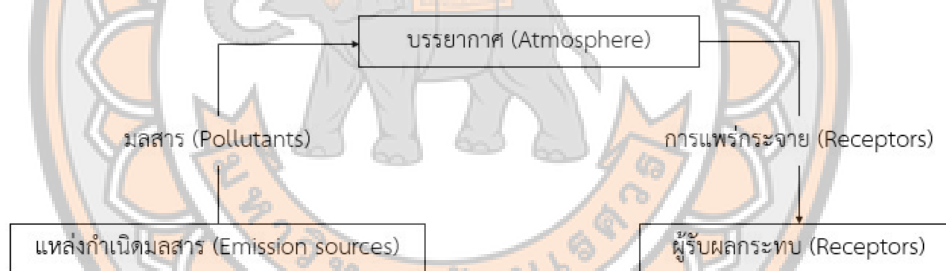
2.1 ความหมายมลพิษทางอากาศและมลสารทางอากาศ

มลพิษทางอากาศ (Air pollution) หมายถึง ภาวะอากาศที่มีการปนเปื้อนสารทั้งในรูปของแข็ง ฝุ่นละออง ไอรระเหย หรือก๊าซ รวมทั้ง เขม่า คาร์บอน สารกัมมันตรังสี กลิ่น สารประกอบไฮโดรคาร์บอน คาร์บอน โปรท ตะกั่ว ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซโอโซน ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน และก๊าซออกไซด์ของซัลเฟอร์ เป็นต้น หากมีปริมาณและระยะเวลาที่มากพอ จะส่งผลให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์ สัตว์ และพืช หรือสิ่งแวดล้อมอื่นๆ ได้

มลสารทางอากาศ (Pollutant) หมายถึง สารหรือสิ่งที่เจือปนในบรรยากาศ ได้แก่ ฝุ่นละออง อนุภาคมลสาร ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน ก๊าซออกไซด์ของซัลเฟอร์ และ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ เป็นต้น ซึ่งส่งผลเสียต่อสุขภาพของมนุษย์ สัตว์ พืช และวัสดุสิ่งของต่างๆ ทั้งทางตรงและทางอ้อม ซึ่งมลสารทางอากาศที่สำคัญในประเทศไทย เช่น ฝุ่นละออง สารประกอบของไนโตรเจน สารประกอบของซัลเฟอร์ สารประกอบอินทรีย์ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ สารประกอบกำมะถันตรังสี โฟโตเคมีคัลออกซิแดนท์ และสารประกอบของอนินทรีย์อื่นๆ เป็นต้น (ธनिया เกาศล, 2554)

2.2 ระบบภาวะมลพิษทางอากาศ (Air pollution system)

โดยทั่วไประบบภาวะมลพิษทางอากาศ เป็นระบบที่มีการก่อกำเนิดมลพิษ การแพร่กระจายของมลสารจากแหล่งกำเนิดไปสู่ผู้รับผลกระทบจากมลพิษทางอากาศ โดยระบบภาวะมลพิษทางอากาศ ประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่ แหล่งกำเนิดมลสารทางอากาศ บรรยากาศ และผู้รับผลกระทบ ซึ่งทั้ง 3 ส่วนนี้มีความสัมพันธ์กันดังแสดงในภาพ 3



ภาพ 3 แสดงระบบภาวะมลพิษทางอากาศ

ที่มา: ธनिया เกาศล (2554)

1. แหล่งกำเนิดมลสารทางอากาศ (Emission sources) เป็นแหล่งกำเนิดที่ก่อให้เกิดมลสารทางอากาศขึ้น มีการปล่อยหรือระบายมลสารออกสู่ภายนอก ซึ่งชนิดของมลสารและปริมาณของมลสารทางอากาศขึ้นอยู่กับประเภทของแหล่งกำเนิดมลสาร และวิธีการในการควบคุมการระบายหรือการปล่อยมลสารทางอากาศออกสู่บรรยากาศ

2. บรรยากาศ (Atmosphere) เป็นส่วนของระบบภาวะมลพิษทางอากาศ ที่รองรับมลสารทางอากาศที่ระบายหรือปล่อยออกจากแหล่งกำเนิดประเภทต่างๆ โดยปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการแพร่กระจายของมลสาร คือ ปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา เช่น ลม ความเร็วลม ทิศทางกระแสลม อุณหภูมิ ความแปรปรวน และลักษณะทางภูมิประเทศ เป็นต้น ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อผู้รับผลกระทบต่อไป

3. ผู้รับผลกระทบ (Receptors) เป็นผู้ที่ได้รับมลสารทางอากาศที่ปล่อยหรือระบายออกมาจากแหล่งกำเนิดประเภทต่างๆ ด้วยการสัมผัสกับมลสารทางอากาศ ส่งผลให้เกิดอันตรายจากมลสารทางอากาศ โดยผู้รับผลกระทบนี้อาจเป็นสิ่งที่มีชีวิต เช่น มนุษย์ สัตว์ และพืช เป็นต้น หรือเป็นสิ่งที่ไม่มีชีวิต เช่น อาคาร บ้านเรือน สถาปัตยกรรมหรือสิ่งก่อสร้างต่างๆ เสื้อผ้า เป็นต้น โดยผลกระทบที่เกิดขึ้นจะมีความรุนแรงมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของมลสารในอากาศและระยะเวลาในการสัมผัสมลสารทางอากาศนั้นๆ (ธनिया เกาศล, 2554)

2.3 ประเภทของแหล่งกำเนิดมลสารทางอากาศ (Sources of air pollutants)

ประเภทของแหล่งกำเนิดมลสารทางอากาศเมื่อจำแนกตามลักษณะการเกิดขึ้นของมลพิษทางอากาศ สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. แหล่งกำเนิดที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ (Natural sources)

แหล่งกำเนิดมลสารทางอากาศที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติหรือภัยธรรมชาติที่เกิดขึ้นได้แก่ ลมพายุ ไฟป่า ทะเล มหาสมุทร ภูเขาไฟระเบิด ซึ่งก่อให้เกิดฝุ่นละออง ไข่เถ่า เขม่า ละอองเกลือ รวมถึงก๊าซมลพิษชนิดต่างๆ การเน่าเปื่อยของสารอินทรีย์และการหมักของอินทรีย์หรืออนินทรีย์ทำให้เกิดมลสารที่เป็นพิษออกสู่บรรยากาศ เช่น ก๊าซแอมโมเนีย ก๊าซมีเทน ออกไซด์ของคาร์บอน และก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ เป็นต้น และจุลินทรีย์ต่างๆ เช่น แบคทีเรีย เชื้อรา เชื้อไวรัส และสปอร์ เป็นต้น ส่งผลให้เกิดมลพิษทางอากาศกระจายตัวเป็นวงกว้าง

2. แหล่งกำเนิดที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ (Man-made sources)

เกิดจากมนุษย์ทำหรือสร้างขึ้น สามารถแบ่งได้ตามแหล่งกำเนิดได้เป็น 2 แหล่ง ดังนี้

2.1 แหล่งกำเนิดที่เคลื่อนที่ได้ (Mobile sources) เกิดจากแหล่งกำเนิดที่สามารถเคลื่อนที่ได้ ได้แก่ การขนส่ง (Transportation) การคมนาคมขนส่งต่างๆ ทั้งทางบก ทางน้ำ และทางอากาศด้วยยานพาหนะต่างๆ เช่น รถยนต์ รถจักรยานยนต์ รถไฟ เรือยนต์ และเครื่องบิน เป็นต้น ซึ่งการขนส่งส่วนใหญ่จะก่อให้เกิดมลสารทางอากาศ โดยเกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงจากเครื่องยนต์ ทำให้มีการปล่อยมลสารทางอากาศออกสู่บรรยากาศ โดยที่มลสารทางอากาศส่วนใหญ่ มักเกิดขึ้นจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงแบบไม่สมบูรณ์ ก่อให้เกิดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ออกไซด์ของซัลเฟอร์ ออกไซด์ของไนโตรเจน ไฮโดรคาร์บอน เป็นต้น

2.2 แหล่งกำเนิดที่อยู่กับที่ (Stationary sources) ซึ่งเกิดจากแหล่งกำเนิดที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ โดยที่มลสารทางอากาศส่วนใหญ่เกิดจากการใช้เชื้อเพลิงและเกิดจากกระบวนการผลิตต่างๆ ดังนี้

2.2.1 การเผาไหม้ (Combustion) มลสารทางอากาศที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงชนิดต่างๆ ได้แก่ ถ่านหิน น้ำมัน ขยะมูลฝอย เป็นต้น

2.2.2 โรงงานอุตสาหกรรม มลสารทางอากาศที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงเพื่อผลิตเป็นพลังงานใช้ในการผลิต หรือเพื่อการเปลี่ยนสภาพ แปรรูปของวัตถุดิบ เช่น การบด การทุบ การร่อน การขัดสี การหลอม และการผสม เป็นต้น

2.2.3 การเกษตรกรรม เกิดจากกิจกรรมการใช้สารเคมีในพื้นที่การเกษตรกรรม เพื่อกำจัดศัตรูพืชและป้องกันแมลง ทำให้ต้องมีการฉีดพ่นสารเคมีต่างๆ ซึ่งสารเคมีเหล่านี้จะฟุ้งกระจายในบรรยากาศ และมีการตกค้างในสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ยังมีการเผาพื้นที่ทำการเกษตร ทำให้เกิดมลสารทางอากาศ รวมทั้งควัน และซี้เถ้า เป็นต้น

2.2.4 การจัดการมูลฝอยและสิ่งปฏิกูลที่ไม่เหมาะสม ซึ่งเกิดจากการขาดการจัดการที่เหมาะสม จะทำให้ของเสียดังกล่าวซึ่งองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์เกิดการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ ทำให้เกิดก๊าซและกลิ่นเหม็น ได้แก่ ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ก๊าซมีเทน

2.2.5 กิจกรรมต่างๆ ภายในชุมชน ได้แก่ กิจกรรมการก่อสร้าง การรื้อถอนอาคาร สิ่งปลูกสร้างต่างๆ การระเบิดหิน โรงเลื่อย โรงสี โรงไม้หิน การกวาดถนน การสร้างหรือขุดช่องถนนต่างๆ ก่อให้เกิดฝุ่นละอองขนาดเล็กฟุ้งกระจายในบรรยากาศจนก่อให้เกิดผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจรวมถึงการมองเห็นของมนุษย์ด้วย

2.2.6 เต่าปฏิกิริยา ปริมาณ และระเบิดนิวเคลียร์ ทำให้เกิดฝุ่นของกำมันตภาพรังสีแพร่กระจายในบรรยากาศ ได้แก่ ฝุ่นละอองของยูเรเนียมหรือออร์เรียม รวมทั้ง ไอเสียที่เกิดจากเครื่องยนต์ที่ใช้แร่ธาตุเหล่านี้เป็นเชื้อเพลิง

2.4 ประเภทของมลสารทางอากาศ (Types of air pollutants)

องค์การอนามัยโลก (World Health World Health Organization, 2016) ได้ให้ความหมายว่า มลพิษทางอากาศ คือ สภาวะของอากาศที่ถูกปนเปื้อนด้วยสารทางกายภาพ เคมี หรือชีวภาพ ซึ่งสารเหล่านี้จัดเป็นมลสารทางอากาศ (Air Pollutants) ที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพอากาศ และสุขภาพของมนุษย์ ซึ่งเกิดจากแหล่งกำเนิดตามธรรมชาติหรือจากการกระทำของมนุษย์ สามารถก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพอากาศได้ทั้งในอาคารและนอกอาคาร ซึ่งสามารถก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพมนุษย์ (ปาริตา ชุตติพงษ์ไพโรจน์, 2563)

มลสารทางอากาศสามารถแบ่งได้หลายประเภทขึ้นอยู่กับเกณฑ์ในการแบ่ง เมื่อแบ่งตามสถานะของมลสารทางอากาศ สามารถแบ่งได้ 2 ประเภท ดังนี้

1. มลสารทางอากาศที่มีลักษณะเป็นอนุภาค (Particulate matter: PM) เป็นอนุภาคที่อยู่ในรูปของแข็งหรือของเหลวที่อุณหภูมิต่ำและความดันปกติ ซึ่งอาจจะมีขนาดของอนุภาคที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับแหล่งที่มาของมลสารและขนาดของมลสารที่ปล่อยออกมา ซึ่งโดยทั่วไปจะมีขนาดตั้งแต่ 0.01-1,000 ไมโครเมตร และเมื่อแบ่งตามลักษณะอนุภาค สามารถแบ่งเป็นชนิดต่างๆ ดังนี้

1.1 ละอองที่มีขนาดใหญ่ (Grit) เป็นอนุภาคของแข็งที่มีขนาดใหญ่ โดยขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 500 ไมโครเมตร ลอยปะปนอยู่ในอากาศ

1.2 ฝุ่น (Dust) เป็นอนุภาคที่เป็นของแข็งมีทั้งขนาดใหญ่จนถึงขนาดเล็ก ลอยปะปนอยู่ในอากาศ โดยทั่วไปมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 0.25-500 ไมโครเมตร อาจเป็นสารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์ โดยส่วนใหญ่เกิดจากการบด ชดสี พูบ ระเบิด และปั่น เป็นต้น

1.3 ละออง (Mist) เป็นอนุภาคที่เป็นของเหลวส่วนใหญ่เกิดจากการควบแน่นของไอหรือก๊าซต่างๆ หรืออาจเกิดจากการแตกตัวของของเหลวจากกระบวนการต่างๆ เช่น การฉีดพ่นของเหลวไปในอากาศ เป็นต้น หากความเข้มข้นของละอองไอสูงจนสามารถลดความสามารถในการมองเห็นได้ จะเรียกว่า หมอก (Fog)

1.4 ควัน (Smoke) เป็นอนุภาคของคาร์บอนที่รวมตัวกับอนุภาคของของเหลวจากการกระบวนการเผาไหม้แบบไม่สมบูรณ์ โดยทั่วไปมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่า 2 ไมโครเมตร

1.5 ไอค้อนหรือฟุ้ง (Fume) เป็นอนุภาคที่เป็นของแข็งและมีขนาดเล็กมาก โดยทั่วไปขนาดเล็กกว่า 1 ไมโครเมตร เกิดจากการควบแน่นของไอ ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาทางเคมี ได้แก่ การหลอมโลหะ การเผาไหม้สารที่มีโลหะผสมอยู่ เช่น ออกไซด์ของโลหะ เป็นต้น

1.6 หมอกควัน (Smog) เกิดจากการรวมกันของควันกับหมอก

1.7 แอโรซอล (Aerosol) เป็นอนุภาคของของแข็งหรือของเหลวที่แขวนลอยในบรรยากาศ โดยทั่วไปขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่า 1 ไมโครเมตร

1.8 ฝุ่น (Ash) หรือขี้เถ้าลอย (Fly ash) เป็นอนุภาคขนาดเล็กมากที่เหลือจากการเผาไหม้ ส่วนใหญ่เกิดจากการกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงแบบไม่สมบูรณ์

1.9 เหม่า เป็นอนุภาคที่เกิดจากการรวมตัวของอนุภาคขนาดเล็กๆ ของคาร์บอนที่เกิดจากการเผาไหม้แบบไม่สมบูรณ์

2. มลสารทางอากาศที่มีลักษณะเป็นก๊าซ (Gases pollutants)

มลสารทางอากาศที่มีลักษณะเป็นก๊าซ เป็นมลสารทางอากาศที่อยู่ในสถานะก๊าซและไอ ซึ่งชนิดของมลสารทางอากาศนี้ขึ้นอยู่กับแหล่งกำเนิดของมลสาร ประเภทของอุตสาหกรรม ชนิดของยานพาหนะ ได้แก่ สารประกอบซัลเฟอร์ สารประกอบไนโตรเจน ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ สารประกอบอินทรีย์ สารประกอบฮาโลเจน ไฮโดรเจนซัลไฟด์ อนุภาคน้ำ และกลิ่น เป็นต้น (ธनिया เกาศล, 2554)

2.5 มลสารทางกายภาพ

2.5.1 ฝุ่นละออง (Particulate matter)

ฝุ่นละออง หมายถึง อนุภาคของแข็งและหยดละอองของเหลวที่แขวนลอยกระจายในอากาศ อนุภาคที่แขวนลอยอยู่ในอากาศ บางชนิดมีขนาดใหญ่และสีดำจางมองเห็นเป็นเขม่าและควัน แต่บางชนิดมีขนาดเล็กมากจนมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า ฝุ่นละอองที่แขวนลอยในบรรยากาศโดยทั่วไปมีขนาดตั้งแต่ 100 ไมโครเมตร ลงมา (กรมอนามัย และกรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข, 2558) นานาประเทศได้มีการกำหนดมาตรฐานฝุ่นละอองในบรรยากาศขึ้น โดยประเทศสหรัฐอเมริกา U.S.EPA (United State Environmental Protection Agency) ได้มีการกำหนดค่ามาตรฐานของฝุ่นรวม (Total Suspended Particulate) และฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมโครเมตร (PM_{10}) ขึ้น แต่ในปัจจุบัน U.S.EPA ได้มีการยกเลิกค่ามาตรฐานฝุ่นรวม และกำหนดค่ามาตรฐานฝุ่นละอองขนาดเล็กเป็น 2 ชนิด คือ ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมโครเมตร และฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร ($PM_{2.5}$) เนื่องจาก ฝุ่นละอองขนาดเล็กเป็นอันตรายต่อสุขภาพมากกว่าฝุ่นรวม เพราะสามารถผ่านเข้าไปในระบบทางเดินหายใจส่วนปลายได้และมีผลต่อสุขภาพมากกว่าฝุ่นรวม (วรวิฑูรี คมนนตรี, 2560)

2.5.2 ฝุ่นละอองแขวนลอยรวม (TSP)

ฝุ่นละอองแขวนลอยรวม (Total Suspended Particulate) เป็นอนุภาคของแข็งและกึ่งของแข็งที่พบในอากาศมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.5 ไมโครเมตร ถึง 100 ไมโครเมตร มักเกิดจากแหล่งกำเนิดจากธรรมชาติที่เกิดจากการฟุ้งกระจายของดิน ทรายที่พื้นผิวถนน และสถานที่ก่อสร้าง โดยลมพัดจากพื้นดิน โดยส่วนใหญ่ประกอบด้วยซิลิกาเป็นจำนวนมาก รวมถึง ฝุ่นละอองทางชีวภาพ (Bioaerosol) เช่น สปอร์ ละอองเกสรของพืชต่างๆ ส่วนฝุ่นละอองรวมที่พบบริเวณเขตเมืองโดยทั่วไปเกิดจากกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิง ทั้งจากการจราจร โรงงานอุตสาหกรรม และกิจกรรมอื่นๆ หรือมาจากการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบซัลเฟอร์ ไนโตรเจน และแก๊สอื่นๆ ไปอยู่ในรูปของอนุภาค

2.5.3 ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร (PM_{10})

ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร มีลักษณะเป็นอนุภาคของแข็งและกึ่งของแข็งขนาดเล็ก ได้แก่ ฝุ่น ควัน พุ่ม เขม่า ประกอบด้วยมลสารหลายชนิดผสมกัน และมีองค์ประกอบเคมีที่แตกต่างกัน ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร ที่เกิดจากธรรมชาติ ได้แก่ ฝุ่นจากละอองไอของทะเล ฝุ่นดิน การสึกกร่อนของดินโดยการพัดพาของลม อนุภาคนี้โดยทั่วไปมาจากเปลือกโลก โดยองค์ประกอบทางเคมีของฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร ส่วนใหญ่จะเป็นผลึกออกไซด์ ของโลหะ เช่น เหล็ก อะลูมิเนียม ซิลิกอน แมงกานีส ทองแดง สังกะสี ส่วนฝุ่นที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ ได้แก่ ฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นภายในห้องเรียน การเผาไหม้เชื้อเพลิง

โดยเฉพาะจากยานพาหนะที่ใช้ น้ำมันดีเซล การเผาไหม้แบบเปิด เช่น การเผาขยะ การเผาของเสีย การทำเกษตรกรรม เป็นต้น ฝุ่นละอองจากกระบวนการอุตสาหกรรมที่ก่อให้เกิดฝุ่นละออง เช่น โรงโม่หิน โรงงานปูนซีเมนต์ ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร มักจะเกิดขึ้นระหว่างกระบวนการเผาไหม้ และรวมกับซัลเฟตปิว จากโรงไฟฟ้า คิววันดำ จากรถยนต์หรือเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงดีเซล เขม่าจากเตาเผาและการเผาไม้ เป็นต้น ซึ่งจะมีปริมาณคาร์บอนสูงที่เป็นทั้งธาตุคาร์บอน คาร์บอนอินทรีย์และคาร์บอนอินทรีย์ ฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร ถูกแบ่งออกได้เป็น 2 ช่วงขนาด คืออนุภาคส่วนหยาบ (Coarse fraction particle) และอนุภาคส่วนละเอียด (Fine fraction particle)

2.5.4 ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมโครเมตร (PM_{2.5})

ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมโครเมตร หรือ Fine particle เป็นอนุภาคของแข็งหรือ กึ่งแข็ง ที่อยู่ในสภาพกึ่งระเหยประกอบด้วยอนุภาคส่วนละเอียดปฐมภูมิ และอนุภาคส่วนละเอียดทุติยภูมิผสมกันอยู่ แต่ส่วนใหญ่ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมโครเมตร จะเป็นอนุภาคทุติยภูมิ เกิดขึ้นในอากาศ เมื่อแก๊สต่างๆ เช่น ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) และ สารประกอบอินทรีย์ระเหย (Volatile Organic Compounds, VOCs) ที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง ถูกเปลี่ยนรูปในอากาศโดยทำปฏิกิริยาเคมีและฟิสิกส์ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงวัฏภาคจากแก๊สไปอยู่ในรูปของอนุภาค มีช่วงซึ่งฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมโครเมตร สามารถอยู่ในอากาศได้เป็นเวลานาน เป็นวันหรือสัปดาห์ และสามารถเคลื่อนที่ไปได้ในระยะไกล 100 ถึง 1,000 กิโลเมตร โดยมีแนวโน้มที่จะแพร่กระจายอย่างสม่ำเสมอในบริเวณเขตเมือง (วนิดา จินศาสตร์, 2551)

2.5.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการกระจายตัวของฝุ่นละออง

1. ความเร็วและทิศทางลม

โดยปกติอากาศจะมีการเคลื่อนตัวจากบริเวณที่มีความกดอากาศสูงไปยังบริเวณที่มีความกดอากาศต่ำ โดยการที่อากาศมีการเคลื่อนตัวในแนวนอนนั้น ส่งผลทำให้เกิดลม ซึ่งจะทำให้ฝุ่นละอองมีการกระจายตัว โดยการกระจายตัวไปในทิศทางใดได้มากหรือน้อยนั้น ขึ้นอยู่กับความเร็วและทิศทางของลม ซึ่งในบริเวณพื้นที่โล่งฝุ่นละอองจะกระจายตัวได้มากและไกล เนื่องจากในพื้นที่โล่งไม่มีสิ่งกีดขวาง แรงเสียดทานหรือแรงต้านลมน้อย ฝุ่นละอองจึงสามารถกระจายตัวได้เป็นวงกว้าง ซึ่งจะแตกต่างกับในเมืองที่มีอาคารสูงและตึกต่างๆ นอกจากนี้ลมอาจพัดไปได้หลายทิศทางในหนึ่งชั่วโมง เนื่องจากอิทธิพลของลมท้องถิ่น เช่น ลมบก ลมทะเล เป็นต้น และระดับภูมิภาค เช่น ลมมรสุม ลมตะวันตกเฉียงใต้ เป็นต้น

2. อุณหภูมิ

อุณหภูมิของบรรยากาศที่ระดับความสูงต่างๆ จะไม่เท่ากัน ซึ่งความแตกต่างของอุณหภูมิที่แต่ละระดับความสูงเป็นตัวกำหนดความสามารถการกระจายตัวของฝุ่นละอองในชั้นบรรยากาศโดยในชั้นโทรโพสเฟียร์ (ที่ระดับความสูง 0-10 กิโลเมตร) เป็นชั้นบรรยากาศที่เมื่อระดับสูงขึ้นไปอุณหภูมิจะยิ่งลดลง ฝุ่นละอองจะกระจายตัวได้ดี เนื่องจากอากาศบนพื้นผิวโลกซึ่งอุ่นจะลอยตัวสูงขึ้น ขณะที่อากาศลอยตัวสูงขึ้นจะนำเอาฝุ่นละอองจากระดับพื้นดินขึ้นไปด้วย เมื่อกระทบกับอากาศเย็นที่อยู่เบื้องบนก็จะขยายตัวออก แต่ถ้าหากชั้นบรรยากาศที่สูงขึ้นอุณหภูมิสูงตาม หรือยิ่งสูงอากาศยิ่งร้อนขึ้นนั้น ฝุ่นละอองจะกระจายตัวได้น้อยที่สุดหรือไม่มีเลย

3. ฝน

ในวันที่ฝนตก อนุภาคของฝุ่นในบรรยากาศจะจับกับอนุภาคของน้ำแล้วตกลงสู่พื้นดิน ช่วยลดการกระจายตัวของฝุ่นละออง นอกจากนี้ น้ำฝนยังเป็นตัวทำลายที่ดี สามารถรวมตัวกับก๊าซที่อยู่ในบรรยากาศได้ เช่น ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ทำให้เกิดกรดซัลฟิวริก หรือที่เรียกว่า ฝนกรด

4. ภูมิประเทศ

ภูมิประเทศจะมีผลต่อการเกิดลมในท้องถิ่นนั้นๆ เช่น บริเวณชายฝั่งทะเล จะเกิดลมบกลมทะเล ลมภูเขา ลมหุบเขา เป็นต้น อีกทั้ง ในบางพื้นที่ลักษณะทางภูมิประเทศที่เป็นภูเขาในแนวระนาบจะช่วยลดอิทธิพลจากลมมรสุม เช่น ในช่วงฤดูฝน ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดผ่านภูมิประเทศที่เป็นภูเขาในแนวระนาบจะเป็นแนวกันลมที่พัดผ่าน ทำให้มีปริมาณน้ำฝนน้อยในบริเวณพื้นที่หลังภูเขา (ยศกิต เรื่องทวีป, 2552)

2.5.6 สภาวะของบรรยากาศ

สภาวะของบรรยากาศ (State of Atmosphere) ประกอบด้วย

1) การกระจายตัว (Dispersion) ไปทางแนวดิ่ง หรือแนวนอน ซึ่งเมื่ออากาศมีการกระจายตัว สารต่างๆ ในอากาศของจะกระจายตัวไปตามอากาศด้วย ปัจจัยที่มีผลต่อการกระจายตัวในรูปแบบต่างๆ ได้แก่

- ความเสถียรของชั้นบรรยากาศ (Stability) โดยแบ่งบรรยากาศเป็น 2 ประเภท คือ บรรยากาศแบบเสถียร (Stable) เกิดในช่วงที่อากาศเย็นในเวลากลางคืน โดยอากาศเย็นจะจมตัวลงด้านล่าง ทำให้ส่วนใหญ่ของชั้นบรรยากาศหดตัวลงมา เหลือ 200-300 เมตร สารที่อยู่ในบรรยากาศจะเคลื่อนที่ตามแนวดิ่งน้อยลงและอยู่คงที่ไม่กระจายตัวขึ้นด้านบนไปไกล และความเข้มข้นจะสูง แบบที่ 2 บรรยากาศแบบไม่เสถียร (Unstable) เกิดในช่วงอากาศร้อนเช่นในเวลากลางวัน ความร้อนทำให้อากาศลอยตัวขึ้นด้านบน โดยจะลอยสูงขึ้นไปเรื่อยๆ จนกระทั่งสามารถลอยสูงขึ้นไปได้ถึง

2,000-3,000 เมตร ขึ้นกับความแตกต่างของ อุณหภูมิของอากาศ ทำให้พาสสารต่างๆ ที่อยู่ในอากาศ กระจายตัวได้ดีในแนวตั้ง ส่งผลให้ความเข้มข้นต่ำ

- กระแสหมุนวน (Turbulence) พลังงานสามารถเปลี่ยนรูปไปมาได้จาก พลังงาน ความร้อนเป็นพลังงานจลน์ ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอากาศเป็นแบบกระแสหมุนวน ซึ่งความแรง และทิศทางของกระแสหมุนวนจะส่งผลต่อการกระจายตัวของอากาศในแนวตั้ง

- ความเร็วลม มีผลต่อการกระจายตัวของอากาศในแนวราบ ถ้าความเร็วลมมากก็จะ กระจายตัวได้ดี นอกจากนั้นทิศทางลมก็จะมีผลต่อทิศทางของการกระจายตัวของอากาศด้วยว่าจะไป ทิศทางที่ทวนลมหรือตามลม ภูมิประเทศที่ลมพัดผ่านก็จะส่งผล ถ้าภูมิประเทศที่มีต้นไม้ใหญ่ หรือ อาคารสูงกระแสนลมก็จะถูกกักขวางทำให้เกิดการเปลี่ยนของทิศทางและความเร็วลม ซึ่งจะส่งผลต่อ การกระจายตัวของอากาศ

2) การเปลี่ยนรูป (Transformation) จากปฏิกิริยาทางเคมี เช่นการเกิดการ Chemical Smog เกิดจาก สารไฮโดรคาร์บอนที่เกิดจากการเผาไหม้

3) การกำจัดมลพิษ (Removal) เช่น ฝุ่นที่มีขนาดใหญ่เมื่อลอยอยู่ในบรรยากาศ สักพักแล้วตกลงสู่พื้น (Settle) หรือการตกลงสู่พื้นแล้วถูกพื้นดิน พื้นน้ำหรือพืชดูดซึมเข้าไป (Scavenging absorption) หรือถูกอัดแน่น (Impaction) (ชลทิพย์ อุไรรักษ์กุล, 2562)

2.5.7 เกณฑ์มาตรฐานของฝุ่นละอองในบรรยากาศ

ตามประกาศกรมควบคุมมลพิษ เรื่อง ดัชนีคุณภาพอากาศของประเทศไทย พ.ศ. 2566 ได้ออกประกาศดัชนีคุณภาพอากาศของประเทศไทย เพื่อเป็นการเฝ้าระวังคุณภาพ สิ่งแวดล้อม โดยได้กำหนดดัชนีคุณภาพอากาศ แบ่งเป็น 5 ระดับ มีการแจ้งเตือนโดยใช้สีเป็น สัญลักษณ์ ซึ่งมีคะแนนตั้งแต่ 0 ถึงมากกว่า 200 โดยดัชนีคุณภาพอากาศ 100 มีค่าเทียบเท่ากับ ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป หากดัชนีคุณภาพอากาศมีค่าสูงเกินกว่า 100 แสดงว่าค่าความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศเกินมาตรฐาน ดังตาราง 4 (กรมควบคุมมลพิษ, 2566) และตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เรื่อง กำหนดมาตรฐานฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร ในบรรยากาศโดยทั่วไป ได้กำหนดมาตรฐานฝุ่นละอองในบรรยากาศโดยทั่วไป เพื่อเป็นการเฝ้าระวังคุณภาพอากาศ ดังนี้

- ค่าเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร ในเวลา 24 ชั่วโมง จะต้อง ไม่เกิน 37.5 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และในระยะเวลา 1 ปี จะต้องไม่เกิน 15 ไมโครกรัมต่อ ลูกบาศก์เมตร (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2565)

- ค่าเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดใหญ่ไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ในเวลา 24 ชั่วโมง จะต้อง ไม่เกิน 120 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

- ค่าเฉลี่ยของฝุ่นละอองรวมหรือฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 100 ไมโครเมตร ในเวลา 24 ชั่วโมง จะต้องไม่เกิน 330 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2535)

ตาราง 4 เกณฑ์ดัชนีคุณภาพอากาศของประเทศไทย

ดัชนี คุณภาพ อากาศ	PM _{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	ความหมาย		ข้อควรปฏิบัติ
			(ระดับ คุณภาพ อากาศ)	สี	
0-25	0-15.0	0-50	ดีมาก	ฟ้า	ประชาชนทุกคนสามารถดำเนินชีวิตได้ตามปกติ
26-50	15.1-25.0	51-80	ดี	เขียว	ประชาชนทั่วไป : สามารถทำกิจกรรมกลางแจ้งได้ตามปกติ ประชาชนกลุ่มเสี่ยง : ควรสังเกตอาการผิดปกติ เช่น ไอบ่อย หายใจลำบาก หายใจถี่ หายใจไม่ออก หายใจมีเสียงวี๊ด แน่นหน้าอก เจ็บหน้าอกใจสั่น คลื่นไส้ เมื่อยล้าผิดปกติ หรือ วิงเวียนศีรษะ
51-100	25.1-37.5	81-120	ปานกลาง	เหลือง	ประชาชนทั่วไป : ลดระยะเวลาการทำกิจกรรมหรือการออกกำลังกายกลางแจ้งที่ใช้แรงมาก ประชาชนกลุ่มเสี่ยง : - ใช้อุปกรณ์ป้องกันตนเอง เช่น หน้ากากป้องกัน ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตรทุกครั้ง ที่ออกนอกห้องเรียน - ลดระยะเวลาการทำกิจกรรมหรือการออกกำลังกายกลางแจ้งที่ใช้แรงมาก - หากมีอาการผิดปกติให้รีบปรึกษาแพทย์

ตาราง 4 (ต่อ)

ดัชนี คุณภาพ อากาศ	PM _{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	ความหมาย		ข้อควรปฏิบัติ
			(ระดับ คุณภาพ อากาศ)	สี	
101-200	37.6-75.0	121-180	เริ่มมี ผลกระทบ ต่อสุขภาพ	ส้ม	ประชาชนทั่วไป : - ใช้อุปกรณ์ป้องกันตนเอง เช่น หน้ากาก ป้องกัน ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตรทุกครั้งที่ยื่นออกนอกห้องเรียน - จำกัดระยะเวลาในการทำกิจกรรมหรือ การออกกำลังกายกลางแจ้งที่ใช้แรงมาก - ควรสังเกตอาการผิดปกติ เช่น ไอ หายใจลำบาก ระคายเคืองตา ประชาชนกลุ่มเสี่ยง : - ใช้อุปกรณ์ป้องกันตนเอง เช่น หน้ากาก ป้องกัน PM _{2.5} ทุกครั้งที่ยื่นออก นอกห้องเรียน - เลี่ยงการทำกิจกรรมหรือการออกกำลังกาย กลางแจ้งที่ใช้แรงมาก - ให้ปฏิบัติตามคำแนะนำของแพทย์ หากมีอาการผิดปกติให้รีบไปพบแพทย์
201 ขึ้นไป	75.1 ขึ้นไป	181 ขึ้นไป	มีผลกระทบ ต่อสุขภาพ	แดง	ประชาชนทุกคน - งดกิจกรรมกลางแจ้ง - หากมีความจำเป็นต้องทำกิจกรรม กลางแจ้งให้ใช้อุปกรณ์ป้องกันตนเองทุก ครั้ง เช่น หน้ากากป้องกัน PM _{2.5} - หากมีอาการผิดปกติให้รีบไปพบแพทย์ - ผู้ที่มีโรคประจำตัว ควรอยู่ในพื้นที่ ปลอดภัยจากมลพิษทางอากาศให้เตรียม ยาและอุปกรณ์ที่จำเป็นให้พร้อมและ ปฏิบัติตามคำแนะนำของแพทย์อย่าง เคร่งครัด

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ (2566ข)

2.5.8 ผลกระทบต่อสุขภาพ

เมื่อมนุษย์และสัตว์หายใจเอาอากาศที่มีฝุ่นละออง หมอกควันต่างๆ ตลอดจนสารเป็นพิษเข้าสู่ร่างกาย จะทำให้ร่างกายเจริญเติบโตไม่เต็มที่และเป็นสาเหตุของโรคต่างๆ เช่น โรคเกี่ยวกับทางเดินหายใจ หอบหืด โรคมะเร็งที่ปอด โรคหลอดเลือดแข็ง โรคหัวใจ ปวดศีรษะ มึนงง ไอเป็นเลือด เป็นต้น ซึ่งความรุนแรงของโรคจะขึ้นอยู่กับชนิดของมลพิษอากาศ ความเข้มข้น ระยะเวลาที่ได้รับมลพิษ และความไวต่อสารพิษของแต่ละบุคคล ซึ่งฝุ่นที่มีขนาดใหญ่มากกว่า 10 ไมโครเมตร จะถูกกรองออกโดยระบบทางเดินหายใจส่วนบน คือ ช่องจมูกและหลอดลม ส่วนฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร สามารถเข้าไปได้ถึงปอด และฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมโครเมตร สามารถเข้าไปถึงถุงลมปอดได้ ซึ่งเป็นระบบทางเดินหายใจส่วนล่าง ฝุ่นละอองขนาดเล็กเหล่านี้ ทำให้เกิดการระคายเคืองและมีผลต่ออาการและโรคทางเดินหายใจ ถ้าองค์ประกอบในฝุ่นเป็นโลหะหนัก ซิลิกา แอสเบสตอส หรือ สารก่อมะเร็ง จะส่งผลให้เป็นโรคปอดชนิดต่างๆ รวมทั้งมะเร็งปอดได้

2.5.9 กลไกการตกค้างของอนุภาค

การตกค้างของอนุภาคขึ้นกับขนาด ชนิด และโครงสร้างภายในของระบบทางเดินหายใจ โดยการตกค้างของอนุภาคจะเข้าไปติดอยู่ตามส่วนต่างๆ ในระบบทางเดินหายใจ ซึ่งเมื่ออนุภาคตกลงไปตามท่อปอดและเข้าสู่ถุงลมปอด จะมีการตกค้าง 5 ประเภท ดังนี้

1. ความเฉื่อยจากแรงปะทะ (Inertial impaction) อนุภาคขนาด 5 - 10 ไมโครเมตร เมื่อลอยเข้าไปตามกระแสอากาศ อนุภาคที่มีขนาดใหญ่จะหักเหตามกระแสอากาศไม่ทัน ทำให้ความเฉื่อยตกกระทบกับผนังด้านหลัง สารที่มีขนาดใหญ่จะติดอยู่ในจมูกและโพรงจมูก มีเพียงส่วนน้อยที่ลงไปถึงหลอดลมส่วนต้น และอนุภาคขนาด 5 - 10 ไมโครเมตร ที่ลอยลงไปในหลอดลมก็มักตกติดบริเวณทางแยกของหลอดลมในระดับต้นๆ เนื่องจากความเฉื่อยจากแรงปะทะ

2. ตกตะกอน (Sedimentation) สารที่มีขนาดประมาณ 0.5 - 5 ไมโครเมตร เข้าไปในหลอดลมปอดได้ และตกติดในหลอดลม อนุภาคขนาด 2 - 5 ไมโครเมตร มักตกอยู่ในหลอดลมส่วนกลางหรือส่วนต้น ซึ่งเป็นหลอดลมขนาดใหญ่กว่า 2 มิลลิเมตร ส่วนอนุภาคขนาด 0.5 - 2 ไมโครเมตร มักตกตะกอนในหลอดลมส่วนปลาย และในหลอดลมขนาดเล็กกว่า 2 มิลลิเมตร กระแสอากาศจะไหลเป็นทางเสมอกัน (Laminar flow) ทำให้อนุภาคที่มีน้ำหนักตกติดอยู่ที่เยื่อของผิวหลอดลม

3. การแพร่ (Diffusion) สำหรับอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 0.5 ไมโครเมตร สามารถผ่านลงไปในส่วนถุงลมได้ ซึ่งมีการเคลื่อนไหวแบบ Brownian movement

4. การตกด้วยแรงโน้มถ่วง (Gravitational setting) คือ การที่อนุภาคที่มีมวลมาก ตกด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก เช่น ฝุ่นโลหะหนัก เป็นต้น

5. แรงดึงดูดจากไฟฟ้าสถิต (Electrostatic attraction) คือ การที่อนุภาคคกตัวหรือเกาะตัวโดยอาศัยความแตกต่างของประจุไฟฟ้าของอนุภาคฝุ่น (กองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ กรมอนามัย, 2563)

2.6 มลสารทางเคมี

สารเคมีในรูปก๊าซหรือไอระเหยที่ปล่อยสู่อากาศจากระบวนการเผาไหม้ การผลิตทางอุตสาหกรรม หรือปฏิกิริยาเคมีในบรรยากาศ ซึ่งส่งผลให้คุณภาพอากาศเปลี่ยนแปลงไปและอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์ เช่น CO, CO₂, SO₂, NO₂, O₃, VOCs เป็นต้น

2.6.1 ก๊าซโอโซน (O₃) เป็นก๊าซที่พบได้ทั้งบริเวณใกล้ผิวดินและในบรรยากาศที่สูงกว่า 20 กิโลเมตรเหนือผิวดิน มักพบมากบนยอดเขาหรือที่ชายทะเล โอโซนมีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อโรค แต่ถ้าได้รับปริมาณมากเกินไปจะส่งผลให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ ก๊าซโอโซนที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติในชั้นบรรยากาศสูงนั้น เกิดจากการแตกตัวของก๊าซออกซิเจนเมื่อกระทบรังสียูวี จึงมีความสำคัญในการปกป้องไม่ให้รังสียูวีทะลวงชั้นบรรยากาศลงสู่พื้นโลกจนเป็นอันตรายต่อเซลล์ผิวหนังของมนุษย์และสัตว์ ตลอดจนพืชพรรณต่างๆ แต่ก๊าซโอโซนที่เกิดขึ้นบริเวณใกล้ผิวดินเกิดจากปฏิกิริยาเคมีของสารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds) และก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NO) โดยมีแสงแดดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งสารทั้งสองตัวมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง ทั้งในเครื่องยนต์ เครื่องจักร โรงงานอุตสาหกรรม และการเผาในที่โล่ง โดยปัจจุบันพบว่า ปริมาณก๊าซโอโซนในบริเวณใกล้ผิวดินกำลังเพิ่มสูงขึ้นเกินระดับที่ปลอดภัย และมีแนวโน้มส่งผลกระทบต่อสุขภาพ ซึ่งการได้รับก๊าซโอโซนเป็นประจำอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อปอด โดยเฉพาะในวัยเด็กที่ปอดยังเจริญเติบโตไม่เต็มที่ อาจก่อให้เกิดความเสียหายกับระบบสืบพันธุ์และพันธุกรรม ซึ่งอาจจะเป็นอันตรายต่อเด็กในครรภ์ ส่งผลให้เกิดโรคปอดกำเริบ เช่น กลีบปอดพองลม และโรคหลอดลมอักเสบ ทำให้ภูมิคุ้มกันในระบบหายใจลดลง อาการหอบหืดและโรคหัวใจกำเริบ ลดปริมาณลมหายใจ รวมทั้งทำให้ปริมาณของเหลวในปอดเพิ่มขึ้นส่งผลให้หายใจขัด

2.6.2 ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ส่วนใหญ่มาจากโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้เชื้อเพลิงจากถ่านหิน ก๊าซ หรือน้ำมันซึ่งมีซัลเฟอร์เป็นส่วนประกอบ โดยโรงงานที่อาจมีการปลดปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ได้แก่ โรงงานผลิตไฟฟ้า เป็นต้น ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นสาเหตุทำให้เกิดฝนกรด มีผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ โดยเฉพาะระบบทางเดินหายใจ ได้แก่ จมูก ลำคออักเสบ เกิดการระคายเคือง

2.6.3 ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) ส่วนหนึ่งเกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงต่างๆ เช่น ก๊าซ ถ่านหิน น้ำมัน เป็นต้น โดยแหล่งมลพิษที่สำคัญ ได้แก่ ยานพาหนะ และโรงงานอุตสาหกรรม โรงงานที่อาจมีการปลดปล่อย ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ได้แก่ โรงงานผลิตไฟฟ้า ถลุงแร่ ปิโตรเลียม

อุตสาหกรรมอาหาร และอื่นๆ ซึ่งก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดฝนกรด นอกจากนี้ยังทำให้เกิดโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจได้หากได้รับปริมาณที่มาก และอาจทำให้โรคทางเดินหายใจรุนแรงขึ้น โดยเฉพาะโรคหอบหืด (สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ, 2554; United States Environmental Protection Agency, 2025b)

2.6.4 ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) เป็นก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้อย่างไม่สมบูรณ์ของ เชื้อเพลิงที่มีคาร์บอนเป็นส่วนประกอบ เช่น น้ำมัน เบนซิน เป็นต้น ดังนั้นแหล่งกำเนิดของ คาร์บอนมอนอกไซด์จึงสามารถพบได้ในอุตสาหกรรมต่างๆ ที่มีการใช้เครื่องจักรหรือเครื่องยนต์ เช่น อุตสาหกรรมผลิตเหล็ก อุตสาหกรรมผลิตเตาหลอม อุตสาหกรรมผลิตเมทานอล ท่อไอเสียรถยนต์ เตาแก๊ส ควันท่อจากไฟไหม้ เป็นต้น นอกจากนี้ คาร์บอนมอนอกไซด์ยังเกิดจากสารเมทิลคลอไรด์ ที่พบในอุตสาหกรรม (วุฒิสภา รัฐสภา, 2564) ซึ่งการหายใจเอาอากาศที่มีความเข้มข้นของ คาร์บอนมอนอกไซด์สูงเข้าไปในร่างกายจะทำให้ปริมาณออกซิเจนที่สามารถขนส่งในกระแสเลือดไปยัง อวัยวะสำคัญ เช่น หัวใจและสมอง ลดลง นอกจากนี้อาจทำให้เกิดอาการวิงเวียนศีรษะ สับสน หงุดหงิด และเสียชีวิตได้ และการได้รับคาร์บอนมอนอกไซด์ที่สูงเป็นระยะเวลาสั้นๆ อาจทำให้หัวใจได้รับ ออกซิเจนน้อยลง พร้อมกับอาการเจ็บหน้าอกหรือที่เรียกว่าโรคหลอดเลือดหัวใจตีบได้ (United States Environmental Protection Agency, 2025a)

2.6.5 มาตรฐานก๊าซในบรรยากาศ

ปัญหามลพิษทางอากาศเป็นปัญหาที่สำคัญที่กำลังมีความรุนแรงขึ้นในเขตตัวเมือง ใหญ่ๆ ของประเทศไทย เช่น กรุงเทพมหานครและปริมณฑล และจังหวัดใหญ่ ๆ ในภาคต่าง ๆ ซึ่งมี แหล่งกำเนิดที่สำคัญ เช่น การจราจร การขนส่ง การก่อสร้าง และการปล่อยอากาศเสียทิ้งจากโรงงาน อุตสาหกรรม ดังนั้น จึงมีแนวทางในการป้องกันแก้ไขปัญหามลพิษทางอากาศโดยนำเกณฑ์มาตรฐาน คุณภาพอากาศมาเป็นมาตรการทางกฎหมายที่เหมาะสมให้เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด รวมทั้ง สามารถควบคุมการดำเนินการต่าง ๆ ในแต่ละบริเวณเฉพาะแหล่งนั้นได้อย่างเหมาะสม โดยมาตรฐาน ก๊าซในบรรยากาศ (สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม, 2552) แสดงดังตาราง 5

ตาราง 5 มาตรฐานก๊าซในบรรยากาศโดยทั่วไป

สารมลพิษ	ค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง		ค่าเฉลี่ย 8 ชั่วโมง		ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง		ค่าเฉลี่ย 1 เดือน		ค่าเฉลี่ย 1 ปี	
	mg/m ³	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³	ppm
NO ₂	0.32	0.17	-	-	-	-	-	-	-	-
SO ₂	0.78	0.30	-	-	0.30	0.12	-	-	0.10	0.04
O ₃	0.20	0.10	-	-	-	-	-	-	-	-
CO	34.10	30	10.26	9	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ: 1. มาตรฐานค่าเฉลี่ยระยะสั้น (1, 8 และ 24 ชั่วโมง) กำหนดขึ้นเพื่อป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยอย่างเฉียบพลัน (Acute effect)

2. มาตรฐานค่าเฉลี่ยระยะยาว (1 เดือน และ 1 ปี) กำหนดขึ้นเพื่อป้องกันผลกระทบยาวหรือผลกระทบเรื้อรัง ที่อาจเกิดขึ้นต่อสุขภาพอนามัย (Chronic effect)

ที่มา: ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (2538, 2547, 2550, 2552, 2553)

2.6.6 กระบวนการเปลี่ยนรูปของมลพิษ (Process of pollutant transformation)

โอโซนเป็นก๊าซที่ประกอบด้วยอะตอมของออกซิเจน 3 อะตอม โอโซนพบได้ทั้งในชั้นบรรยากาศส่วนบนของโลกและที่ระดับพื้นดิน โดยโอโซนอาจมีประโยชน์หรือเป็นอันตรายได้ขึ้นอยู่กับตำแหน่งที่พบ โดยโอโซนในชั้นบรรยากาศสตราโตสเฟียร์ (stratospheric ozone) หรือ “โอโซนที่ดี” เกิดขึ้นตามธรรมชาติในชั้นบรรยากาศส่วนบน โดยก่อตัวเป็นชั้นป้องกันที่ช่วยปกป้องมนุษย์จากรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่เป็นอันตรายจากดวงอาทิตย์ อย่างไรก็ตาม โอโซนที่มีประโยชน์นี้ถูกทำลายไปบางส่วนจากสารเคมีที่มนุษย์สร้างขึ้น ส่งผลให้เกิดรูโหว่ในชั้นโอโซน ส่วนโอโซนที่ระดับพื้นดินเป็นมลพิษทางอากาศที่เป็นอันตราย เนื่องจากมีผลกระทบต่อผู้คนและสิ่งแวดล้อม และเป็นองค์ประกอบหลักของหมอกควัน

โอโซนในชั้นโทรโพสเฟียร์ หรือโอโซนที่ระดับพื้นดิน ไม่ได้ถูกปล่อยออกสู่บรรยากาศโดยตรง แต่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาเคมีระหว่างออกไซด์ของไนโตรเจน (NOx) และสารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs) โดยกระบวนการเปลี่ยนรูปของมลพิษนี้เกิดขึ้นเมื่อมลพิษที่ถูกปล่อยจากรถยนต์ โรงไฟฟ้า หม้อไอน้ำ อุตสาหกรรม โรงกลั่น โรงงานเคมี และแหล่งกำเนิดอื่น ๆ ทำปฏิกิริยากันทางเคมีภายใต้การมีอยู่ของแสงอาทิตย์ (United States Environmental Protection Agency, 2025d)

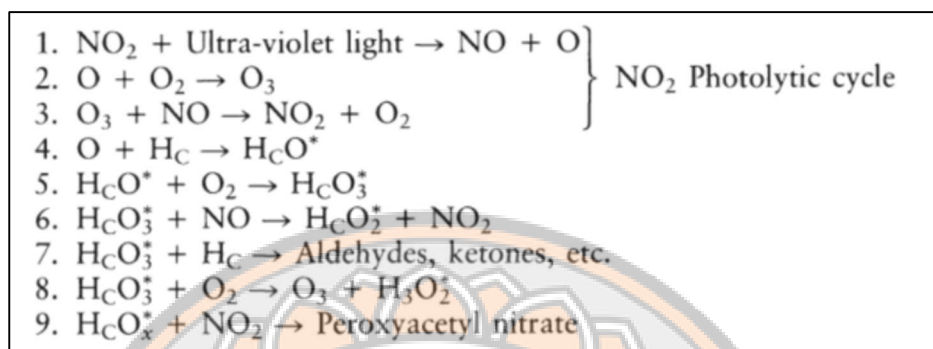
กระบวนการเปลี่ยนรูปของมลพิษ คือ การที่มลพิษทางอากาศไปทำปฏิกิริยาลูกโซ่ทางเคมีแล้วเกิดมลพิษตัวใหม่หรือหลายตัว ประกอบด้วย

1) การเปลี่ยนรูปจากมลพิษปฐมภูมิคือ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ซึ่งเกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลจากซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) เปลี่ยนเป็นซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO_3) ซึ่งทำปฏิกิริยากับไอน้ำในอากาศ เปลี่ยนเป็นหมอกของกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) ซึ่งกรดซัลฟิวริกทำปฏิกิริยาสารอื่นๆ กลายเป็นฝุ่นละอองขนาดเล็กของเกลือซัลเฟต ซึ่งถ้าเกิดในภาวะที่อากาศปิดทำให้การกระจายอากาศได้ไม่ดีร่วมกับวันที่มีหมอก จะก่อให้เกิดหมอกควันขึ้น (smog) เกิดฝนกรดขึ้นด้วย ทำให้แหล่งน้ำปนเปื้อนสารกรด

2) หมอกควันที่เกิดจากเกิดปฏิกิริยาเคมีซึ่งมีแสงอาทิตย์เป็นตัวเร่ง (Photochemical Smog) มลพิษปฐมภูมิคือ ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) และทำปฏิกิริยาเป็นลูกโซ่โดยมีแสงแดดเป็นตัวเร่ง เกิด Nitric oxide (NO) และ Atomic Oxygen (O) และ Atomic Oxygen รวมกับ O_2 ในอากาศเป็นโอโซน (O_3) และ โอโซนไปทำปฏิกิริยากับไนตริกออกไซด์ได้ไนโตรเจนไดออกไซด์ และออกซิเจน ส่วน Atomic Oxygen เมื่อทำปฏิกิริยากับสารไฮโดรคาร์บอน (HC) ซึ่งทำยที่สุดจะได้ Aldehydes และ Ketones Ozone และ Peroxyacetyl Nitrate (PAN) ซึ่งเป็นฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM) นอกจากจะทำให้เกิดหมอกควันแล้ว NO_2 เป็นสารมีสีน้ำตาลเหลือง และ Aldehyde, PAN, Ozone, NO_2 ทำให้ระคายเคือง และ Aldehyde เป็นสารที่มีกลิ่นเหม็นไหม้ Photochemical Smog รายละเอียดแสดงดังภาพ 4 (ชลทิศ อุไรฤกษ์กุล, 2562)

สารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds : VOCs) หมายถึง สารประกอบที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก และมีไฮโดรเจน ออกซิเจน ฟลูออไรด์ คลอไรด์ โบรไมด์ ซัลเฟอร์ หรือไนโตรเจน ประกอบกัน เป็นพวกอะลิฟาติก (Aliphatic) หรืออะโรมาติก (Aromatic) รวมถึงกลุ่มคาร์บอนิล (อัลดีไฮด์ คีโตน) และกลุ่มแอลกอฮอล์ ที่สามารถระเหยกลายเป็นไอหรือก๊าซได้ง่ายที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งสาร VOCs ถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมสี ยาง ทินเนอร์ แลคเกอร์ น้ำยาทาเนื้อไม้ กาว Aerosol Sprays Air Refresher น้ำยาดับกลิ่น สารทำความสะอาด และน้ำยาซักแห้ง เป็นต้น และในชีวิตประจำวันเราได้รับสาร VOCs จากผลิตภัณฑ์หลายอย่าง เช่น สีทาบ้าน ควันบุหรี่ น้ำยาฟอกสี สารตัวทำลายในหมึกพิมพ์ จากตู้ฟ้นสีรถยนต์ น้ำยาซักแห้ง น้ำยาสำหรับย้อมผม เป็นต้น นอกจากนี้ VOCs ยังกระจายอยู่ทั่วไปในบรรยากาศ และมีผลต่อชั้นโอโซนที่อยู่ใกล้โลก ทำให้เกิดปฏิกิริยา Photochemical Smog ซึ่งเป็นผลจากปฏิกิริยา ของ VOCs ไนโตรเจนออกไซด์ ฝุ่นละออง และออกซิเจน โดยมีแสงแดด เป็นตัวเร่ง ซึ่งจะเป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์ โดยโอโซนที่อยู่ในบรรยากาศ ชั้นสูงจะทำหน้าที่กรองแสงอัลตราไวโอเล็ตคลื่นสั้น ที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต ไม่ให้ตกสู่พื้นโลก แต่เมื่อโอโซนอยู่ในบรรยากาศชั้นใกล้โลกกลับเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต ทำให้เจ็บไข้ ไม่สบายเกิดอาการเจ็บคอ หายใจไม่สะดวก ถ้าได้รับเป็นเวลานาน เนื้อเยื่อปอดจะถูกทำลายอย่างถาวร และมีผลต่อระบบภูมิคุ้มกัน ของมนุษย์ นอกจากนี้โอโซนยังเป็นตัวออกซิไดส์อย่างแรง ทำให้สิ่งก่อสร้างชำรุด เป็นตัวฟอกสี และยังมีผลทำให้ผลผลิตทางการเกษตรตกต่ำลงอีกด้วย โอโซนจึง

เป็นสารมลพิษทุติยภูมิในบรรยากาศใกล้โลกที่ยากต่อการควบคุมโดยตรง เนื่องจากไม่ได้เกิดจากการปล่อยสู่บรรยากาศ แต่เกิดจากกระบวนการ Photochemical ซึ่งมี VOCs เป็นตัวการสำคัญ (สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2555)



ภาพ 4 ปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับการเกิดหมอกควันแบบโฟโตเคมี

ที่มา: ชลทิศ อุไรฤกษ์กุล, 2562

2.7 มลสารทางชีวภาพ

2.7.1 จุลินทรีย์ในอากาศ

จุลินทรีย์ (Microorganism) คือ สิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ต้องใช้กล้องจุลทรรศน์ในการมองเห็น มีทั้งที่เป็นประโยชน์และก่อให้เกิดโรค สามารถพบได้ในสิ่งแวดล้อมทั่วไปเกือบทุกพื้นที่ เช่น ในอากาศ ในน้ำ ในดิน และในสิ่งมีชีวิต เป็นต้น โดยจุลินทรีย์ที่อาศัยหรือล่องลอยอยู่ในอากาศ เรียกว่า "Air-borne microorganism" ซึ่งหมายถึงอนุภาคของสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่ลอยอยู่ในอากาศ

2.7.2 ประเภทของชีวอนุภาคมลสาร

จุลินทรีย์ในอากาศและสารพิษที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นมักพบอยู่ในลักษณะที่เกาะกับอนุภาคของละอองเสมหะหรือฝุ่นละอองต่างๆ แขนวลอยในอากาศ มีขนาดตั้งแต่ 0.02-100 ไมโครเมตร เรียกว่า ชีวอนุภาคมลสาร (Bioaerosols) (อัจฉรา สมสนุก, 2562) โดยอาจอยู่ในรูปของของเหลว ของแข็งหรือเป็นส่วนผสมระหว่างของเหลวและของแข็ง โดยชีวอนุภาคมลสารอาจแบ่งเป็น 3 กลุ่มตามขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของอนุภาค ดังนี้

เส้นผ่าศูนย์กลางน้อยกว่า 0.1 ไมโครเมตร เรียกว่า Nuclei mode

เส้นผ่าศูนย์กลางระหว่าง 0.1-2 ไมโครเมตร เรียกว่า Accumulation mode

เส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 2 ไมโครเมตร เรียกว่า Coarse mode

จุลินทรีย์ในอากาศจะอาศัยอากาศเป็นตัวกลางในการแพร่กระจายอนุภาคจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง โดยชนิดของชีวอนุภาคมลสารแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. Droplet nuclei คือ ชีวอนุภาคมลสารของละอองเสมหะที่เกิดจากการจาม ไอ หรือการพูดคุ้ยของมนุษย์ สามารถติดเชื้อได้จากการที่ผู้ป่วยที่เป็นโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ จาม ไอ หรือพูดคุ้ย เนื่องจากเชื้อโรคใน Droplet nuclei สามารถลอยอยู่ในอากาศและมีชีวิตอยู่ในระยะเวลาหนึ่งจากการห่อหุ้มของละอองเสมหะ

2. Dust particle คือ ชีวอนุภาคมลสารของฝุ่นละอองที่เกิดจากแรงลมหรือแรงกระทำของมนุษย์ก่อให้เกิดการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองจากแหล่งต่างๆ

โดยชีวอนุภาคมลสารทั้งสองชนิดนี้มีข้อแตกต่างกันหลายประการ เช่น แหล่งกำเนิด ลักษณะการแขวนลอยในอากาศ โดยสามารถสรุปดังตาราง 6

2.7.3 แหล่งกำเนิดของชีวอนุภาคมลสาร

แหล่งกำเนิดของชีวอนุภาคมลสาร จำแนกออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. แหล่งกำเนิดจากสิ่งแวดล้อมภายในห้อง (Indoor environment)

- แหล่งกำเนิดจากสิ่งแวดล้อมภายในห้อง เช่น จากภายในบ้านพักอาศัย อาคาร สำนักงาน โรงเรียน โรงภาพยนตร์ โรงพยาบาล โรงงานอุตสาหกรรม โกดังเก็บผลผลิตทางการเกษตร ซึ่งบริเวณดังกล่าว เป็นบริเวณที่เป็นพื้นที่ปิด ซึ่งมีแหล่งกำเนิดของชีวอนุภาคมลสารที่สำคัญ ได้แก่

- การจาม ไอ และพูดคุ้ย

- วัสดุก่อสร้างและเฟอร์นิเจอร์ต่างๆ ได้แก่ ผนังหรือเพดานห้องทั้งที่เป็น วอลล์เปเปอร์หรือทาสี พรมและพื้นผิววัสดุต่างๆ ในห้อง เครื่องปรับอากาศ

- กิจกรรมต่างๆภายในห้องเรียน เช่น การทำความสะอาดอาคาร การเดิน การวิ่ง และการผลิตสินค้าของโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น

2. แหล่งกำเนิดจากสิ่งแวดล้อมภายนอกห้องเรียน (Outdoor environment)

- การเกษตรกรรม เช่น กิจกรรมการเก็บเกี่ยวผลผลิตทางการเกษตร การเพาะเลี้ยง สัตว์ การหมักปุ๋ย เป็นต้น

- ระบบบำบัดของเสีย เช่น ถังเติมอากาศของระบบบำบัดน้ำเสียที่มีการเติมอากาศที่ ผิวหน้าบ่อหมักตะกอน ถังเติมอากาศของระบบโปรยกรอง ลานตากตะกอน บ่อฝังกลบขยะมูลฝอยและการนำน้ำทิ้งกลับมาใช้ เป็นต้น

- จากธรรมชาติ ซึ่งมักเกิดจากการกระทำของลมเหนือพื้นผิวดิน น้ำหรือทะเล (วีรานุก หลาง, 2554)

ตาราง 6 ข้อแตกต่างของ Droplet nuclei และ Dust particle

ลักษณะเด่น	Droplet nuclei	Dust particle
แหล่งกำเนิด	ละอองเสมหะของระบบทางเดินหายใจ การจาม ไอ และพุดคุย	การฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองที่เกิดจากแรงลมหรือแรงกระทำของมนุษย์
ขนาดของอนุภาค	≤ 5 ไมโครเมตร	≥ 5 ไมโครเมตร
ลักษณะการแขวนลอยในอากาศ	แขวนลอยอยู่ในอากาศได้นานมาก (อัตราการตกสู่พื้นโดยเฉลี่ย 1.2 ตร.ซม./นาท)	ตกลงสู่พื้นผิวต่างๆ ได้เร็ว (อัตราการตกสู่พื้นโดยเฉลี่ย 46 ตร.ซม./นาท)
ชนิดของจุลินทรีย์ต่อ 1 อนุภาค	มักพบจุลินทรีย์ 1 ชนิดต่อ 1 อนุภาค	มักพบจุลินทรีย์หลายชนิดต่อ 1 อนุภาค
เนื้อเยื่อที่เกี่ยวข้องกับการติดเชื้อ	เข้าสู่ปอดได้ ทำให้เกิดการติดเชื้อของระบบทางเดินหายใจส่วนล่าง	ตกค้างอยู่ที่ระบบทางเดินหายใจส่วนบนทำให้เกิดการติดเชื้อของระบบทางเดินหายใจส่วนบน
ลักษณะการแพร่กระจาย	ก่อให้เกิดโรคในลักษณะที่ถ่ายทอดจากบุคคลสู่บุคคล	ก่อให้เกิดโรคในลักษณะที่เกี่ยวข้องกับสถานที่ที่เป็นแหล่งสะสมของเชื้อ
ลักษณะการแพร่กระจาย	ก่อให้เกิดโรคในลักษณะที่ถ่ายทอดจากบุคคลสู่บุคคล	ก่อให้เกิดโรคในลักษณะที่เกี่ยวข้องกับสถานที่ที่เป็นแหล่งสะสมของเชื้อ

ที่มา: วีรานูช หลาง (2554)

2.7.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการแพร่กระจายของจุลินทรีย์ในอากาศ

1. ขนาดของอนุภาค

จุลินทรีย์อาศัยอยู่ในอากาศโดยการเกาะติดอยู่ที่อนุภาคของฝุ่นละออง ถ้าฝุ่นละอองที่อาศัยมีขนาดเล็กและเบาจะทำให้สามารถลอยอยู่ในอากาศได้เป็นเวลานาน และแพร่กระจายได้ในระยะทางไกลออกไปด้วยการพัดพาของกระแสลม

2. สภาพอตุณนิยมวิทยา

ประเทศไทยจัดอยู่ในเขตร้อน มีอุณหภูมิอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ สภาพแวดล้อมทางอตุณนิยมวิทยามีความสำคัญต่อการแพร่กระจายของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ เช่น ความชื้น แสงแดด และอุณหภูมิ เป็นต้น

3. ชนิดของจุลินทรีย์

จุลินทรีย์บางชนิดสามารถทนต่อสภาพแวดล้อมที่หลากหลายได้ดี โดยเฉพาะจุลินทรีย์ที่มีสปอร์ โดยชนิดของจุลินทรีย์ที่พบในอากาศจะแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่และฤดูกาล จะเห็นได้จากการเกิดโรคต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับจุลินทรีย์ที่จะพบมากในบางฤดูกาล เช่น โรคระบบทางเดินหายใจ เป็นต้น (อัจฉรา สมสนุก, 2562)

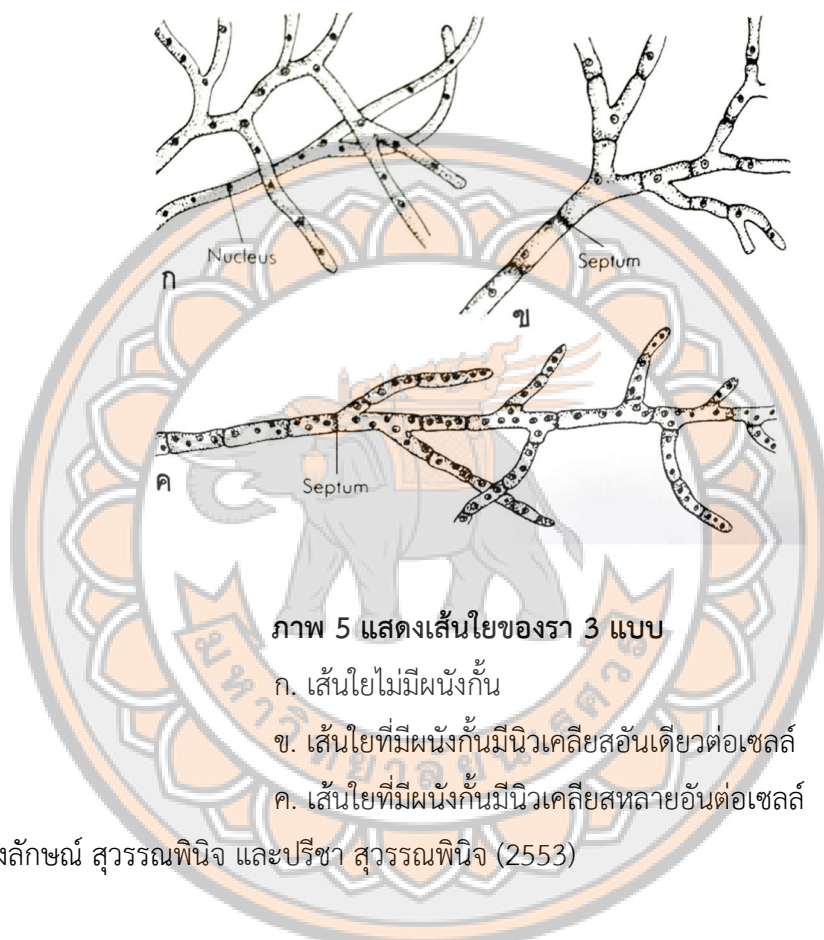
2.7.5 รา

รา เป็นพวุกยูคาริโอตที่ไม่มีคลอโรพิลล์ มีขนาดและรูปร่างแตกต่างกันมาก มีทั้งขนาดเล็กขนาดใหญ่ เซลล์เดี่ยวหรือหลายเซลล์ เช่น ยีสต์ มีเซลล์เดี่ยวและขนาดเล็กต้องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ (นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ และ ปรีชา สุวรรณพินิจ, 2553) ซึ่งชนิดของราที่พบในห้องเรียนส่วนใหญ่ ได้แก่ สปีชีส์ต่างๆ ของ *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cephalosporium*, *Curvularia*, *Epicoccum*, *Fusarium*, *Helminthosporium*, *Hormodendrum*, *Mucor*, *Penicilium*, *Phoma*, *Pullularia*, *Rhizopus* และ *Stemphylium* สิ่งที่เราที่ปล่อยออกมาในอากาศได้แก่ สปอร์ (Spore) ชิ้นส่วน (Fragment) และสารที่เราสร้างขึ้น (Microbial volatile organic compounds หรือ mVOCs) ซึ่งส่งผลให้เกิดกลิ่นเฉพาะของรา ทำให้เกิดอาการปวดศีรษะ เวียนศีรษะ ระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจ คัดจมูก และคลื่นไส้ (วราภรณ์ บุญภักดี, ม.ป.ป.)

สัณฐานวิทยา

รา มีทั้งชนิดเป็นเซลล์เดี่ยว เช่น ยีสต์ และที่เป็นหลายเซลล์เรียงเป็นเส้นใย (Hypha) กลุ่มของเส้นใยของรา เรียกว่า ไมซีเลียม (Mycelium) โดยเส้นใยทั่วไปมีความกว้าง 5-10 ไมโครเมตร และมีความยาวมาก เส้นใยประกอบด้วยผนังเซลล์ เยื่อหุ้มเซลล์ และช่องว่างภายในที่บรรจุโปรโทพลาซึม เยื่อหุ้มเซลล์ของราเป็นเยื่อ 2 ชั้น ล้อมรอบด้วยโปรโทพลาซึม ส่วนผนังเซลล์ประกอบด้วยเฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) หรือไคติน ซึ่งมีลักษณะคล้ายพืช โดยในการส่องดูเซลล์ด้วยกล้องจุลทรรศน์จะมองไม่เห็นนิวเคลียส จึงต้องใช้การย้อมสีเพื่อให้เห็นได้ชัดเจนขึ้น (พิทักษ์ คิมนาร์ักษ์, 2558) ในราชั้นต่ำ ผนังเซลล์จะประกอบด้วยเซลลูโลส การเจริญของเส้นใยเกิดทางด้านใกล้ปลาย โดยมีการยึดตัวในบริเวณนั้น เส้นใยจะมีการแบ่งตัวเข้าเข้ามาในเซลล์ และเกิดผนังกันโดยเยื่อหุ้มเซลล์สอดเข้ามา เกิดเป็นผนังที่ไม่สมบูรณ์ เพราะมีรูตรงกลางผนังเพื่อให้โปรโทพลาซึมไหลเวียนถึงกันได้ ซึ่งนิวเคลียสสามารถเคลื่อนที่จากเซลล์หนึ่งไปอีกเซลล์หนึ่งได้เส้นใยแบ่งเป็น 3 แบบ คือ

1. เส้นใยไม่มีผนังกัน (Nonseptate หรือ Coenocytic hypha) เส้นใยจะเป็นท่อทะลุถึงกัน มีไซโทพลาซึมและนิวเคลียสต่อเนื่องกัน
2. เส้นใยที่มีผนังกัน และมีนิวเคลียสอันเดียวในแต่ละเซลล์
3. เส้นใยที่มีผนังกัน และมีนิวเคลียสหลายอันในแต่ละเซลล์ แสดงลักษณะของเส้นใยทั้งสามแบบของรา ดังภาพ 5



ที่มา: นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ และปรีชา สุวรรณพินิจ (2553)

นอกจากที่รามีรูปร่างเป็นเส้นใยและเป็นเซลล์เดี่ยว ราบางชนิดมีรูปร่างสองแบบ (Dimorphism) คือ ถ้าเจริญในดินหรือในอาหารเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิห้องจะมีรูปร่างเป็นเส้นใย แต่ถ้าเจริญที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส หรือในร่างกายโฮสต์ หรือในร่างกายคน ซึ่งเชื้อราบางชนิดจะเป็นเซลล์เดี่ยวแบบยีสต์เมื่ออยู่ในร่างกายคน เช่น *Histoplasma capsulatum* ซึ่งทำให้เกิดโรคต่างๆ เช่น กลาก เกลื้อน และที่ทำให้เกิดโรคกับธัญพืช เป็นต้น

เส้นใยของราที่เจริญแตกแขนงออกไปมากมายเรียกว่า ไมซีเลียม ซึ่งแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ ส่วนที่ยึดเกาะอาหาร (Somatic หรือ Vegetative mycelium) มีหน้าที่ดูดซึมอาหารที่ย่อยแล้วไปเลี้ยงพัลลัสส่วนต่างๆ และส่วนที่ยื่นไปในอากาศ (Aerial หรือ Reproductive mycelium) ทำหน้าที่สร้างสปอร์เพื่อการสืบพันธุ์ นอกจากนี้เส้นใยยังอาจเรียงตัวประสานกันคล้ายเนื้อเยื่อ โดยเส้นใยที่เรียง

ตัวประสานกันคล้ายเนื้อเยื่อมี 2 ชนิด คือ โพรเซนไคมา (Prosenchyma) เป็นเนื้อเยื่อที่เส้นใยมาอัดกันหลวมๆ ตามยาว และซูโดพาเรนไคมา (Pseudoparenchyma) เป็นเนื้อเยื่อที่เส้นใยอัดกันแน่นคล้ายเนื้อเยื่อพาเรนไคมาของพืชชั้นสูง

เส้นใยของราสามารถเปลี่ยนรูปร่างเพื่อทำหน้าที่พิเศษ ได้แก่ ไรซอยด์ (Rhizoid) ซึ่งมีลักษณะคล้ายรากพืชยื่นออกมาจากไมซีเลียม ไรซอยด์จะยึดให้ราติดกับผิวอาหารช่วยดูดซึมอาหารด้วย ส่วนฮอสทอเรีย (Haustoria) เป็นเส้นใยที่ยื่นเข้าเซลล์โฮสต์เพื่อดูดอาหารของโฮสต์ พบในราที่เป็นปรสิตอย่างแท้จริง

การดำรงชีวิตของรา

ราเป็นจุลินทรีย์ที่สามารถทนต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ดีกว่าจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ โดยสามารถเจริญอยู่ในอาหารที่มีความเข้มข้นของน้ำตาลมากๆ เช่น แยม เยลลี่ นอกจากนี้ยังสามารถทนต่อสภาพความเป็นกรดได้ดีกว่าจุลินทรีย์ชนิดอื่น การดำรงชีวิตของยีสต์บางชนิดเป็นแพคัลเตติฟ คือ เจริญได้ทั้งที่มีอากาศและไม่มีอากาศ แต่ราส่วนใหญ่มักจะต้องการอากาศ ราบางชนิดสามารถเจริญที่อุณหภูมิต่ำที่ 0 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้อาหารในตู้เย็นเน่าเสียได้

ราสามารถใช้อาหารได้หลายชนิด เนื่องจากเป็นพวกเฮเทอโรโทรฟ จึงต้องได้คาร์บอนจากสารอินทรีย์ (ไม่ใช่คาร์บอนไดออกไซด์โดยตรง) แต่สำหรับไนโตรเจน ราบางชนิดสามารถใช้สารอนินทรีย์จากเกลือแอมโมเนียมได้ แต่ต้องการสารอินทรีย์ไนโตรเจนในการสร้างโปรตีน ดังนั้นการดำรงชีวิตของราจึงมีหลายแบบ คือ พวกย่อยสลายซากพืชซากสัตว์ที่เรียกว่า พวกแซโพรไฟต์ และพวกที่ต้องอาศัยสิ่งมีชีวิตอื่นเรียกว่า ปรสิต (นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ และปรีชา สุวรรณพินิจ, 2553)

ราสามารถเจริญเติบโตได้ในสภาพแวดล้อม ดังนี้

1. อุณหภูมิ ราส่วนใหญ่จะสามารถมีชีวิตอยู่ได้ที่อุณหภูมิ 0 - 30 องศาเซลเซียส แต่อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตและแพร่พันธุ์คือ 20 - 30 องศาเซลเซียส แต่มีราบางชนิดที่สามารถเจริญเติบโตและแพร่พันธุ์ที่อุณหภูมิ 40 - 50 องศาเซลเซียส และเจริญเติบโตได้ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีความเป็นกรดที่มีค่า pH ประมาณ 6 การขยายตัวของราจะลดลงที่อุณหภูมิสูงขึ้นไป 50 องศาเซลเซียส ซึ่งราจะเจริญเติบโตน้อยลงและราทุกชนิดจะตายที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส หรือจะหยุดการเจริญเติบโตและแพร่พันธุ์ และถ้าหากอุณหภูมิสูงถึง 100 องศาเซลเซียส สปอร์และสเคลอโรเตียมจะถูกทำลาย ซึ่งสเคลอโรเตียมเป็นโครงสร้างที่ทนทานต่อสภาพแวดล้อมของรา เนื่องจากมีลักษณะแข็งช่วยให้ราอยู่ได้ข้ามฤดูและกลับมาเจริญเติบโตเมื่อถึงฤดูหรือสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต

2. แสงสว่าง แสงสว่างไม่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของรา แต่ราบางชนิดต้องการแสงสว่างในการสร้างสปอร์

3. ความชื้น เชื้อราส่วนใหญ่จะเจริญเติบโตและมีการขยายพันธุ์ที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่า 60%

4. วัสดุ เชื้อราส่วนใหญ่จะสามารถเจริญเติบโตได้ในวัสดุเกือบทุกประเภท ทั้งวัสดุที่เป็นอินทรีย์วัตถุ เช่น ไม้ เศษใบไม้ ผ้า อาหาร ผ้าม่าน หนังสือ เป็นต้น โดยเฉพาะวัสดุที่มีช่องว่าง หรือ รูพรุน หรือ จากวัสดุอื่น เช่น ปูน พรม พลาสติก ไวนิล เป็นต้น และวัสดุนั้นเปียกชื้นเป็นเวลานานกว่า 48 ชั่วโมง (ซูไบตะ หะยีวาเงาะ และคณะ, 2559)

เชื้อโรคในอากาศ (Airborne pathogens)

จุลินทรีย์สามารถมีชีวิตอยู่รอดในอากาศได้ไม่ตาย โดยเฉพาะจากการที่ลมพัดพาเอาจุลินทรีย์มากับฝุ่นละออง ดังนั้นจุลินทรีย์จึงจำเป็นต้องหาแหล่งที่อยู่อาศัยที่เหมาะสม เช่น มนุษย์และสัตว์ โดยเฉพาะในระบบทางเดินหายใจ ซึ่งพบว่าการติดเชื้อในระบบทางเดินหายใจ นอกจากจะติดต่อได้โดยการสัมผัสกับผู้ป่วยโดยตรงด้วยการไอหรือจามแล้ว ยังสามารถติดต่อได้ทางอ้อมด้วยการหายใจนำเชื้อที่ปะปนในอากาศเข้าสู่ร่างกาย ซึ่งการสะสมของเชื้อโรคในอากาศในระบบทางเดินหายใจของมนุษย์นั้น จะเกี่ยวข้องกับขนาดของอนุภาคต่างๆ (Airborne particles) ที่ได้รับเข้าไป ดังแสดงในตาราง 7 (ศิริพรรณ สารินทร์, 2550)

ตาราง 7 บริเวณระบบทางเดินหายใจที่มีการสะสมอนุภาคขนาดต่างๆ

ขนาดของอนุภาค (ไมโครเมตร)	บริเวณที่มีการสะสม
10	จมูกและคอ
5-10	ระบบทางเดินหายใจช่วงบนและช่วงล่าง
2-5	ปอดและช่องทางเดินอากาศในปอด
< 2	บริเวณที่มีการแลกเปลี่ยนก๊าซ

การก่อโรคของราสามารถจำแนกได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. การก่อภูมิไวเกินจากตัวของราเองที่เป็นสิ่งแปลกปลอมหรือสิ่งที่ราสร้างขึ้น ได้แก่ *Alternaria alternata*, *Aspergillus fumigatus*, *Cladosporium alternarium*
2. การก่อโรค หรืออาการจากสารพิษที่ราสร้าง ที่คนได้รับจากการปนเปื้อนกับอาหาร การสัมผัส หรือการสูดหายใจเข้าไป ได้แก่ *Stachybotrys atra*, *toxigenic Aspergillus*, *Penicillium aurantiogriseum*, *Fusarium spp.*
3. การก่อโรคจากราโดยตรง ได้แก่ *Aspergillus fumigatus*, *Histoplasma*, *Cryptococcus* (วรภรณ์ บุญภักดี, ม.ป.ป.)

เมื่อราที่มาจากสภาวะแวดล้อมข้างนอก ที่พัดพาจากที่ติดตามร่างกายคนและสัตว์ หรือสิ่งของที่นำเข้ามาในห้องเรียนจากอากาศ ที่พบเป็นส่วนใหญ่ ได้แก่ สปีชีส์ต่างๆ ของ *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cephalosporium*, *Curvularia*, *Epicoccum*, *Fusarium*, *Helminthosporium*, *Hormodendrum*, *Mucor*, *Penicillium*, *Phoma*, *Pullularia*, *Rhizopus* และ *Stemphylium* โดยที่ราจะปล่อย สปอร์ ชิ้นส่วน (fragment) เช่น กลุ่มเส้นใยหรือ โครงสร้างอื่น และสารที่ราสร้างขึ้น หลายชนิด ซึ่งจัดเป็นสารอินทรีย์ระเหยเร็วจากจุลินทรีย์ (Microbial volatile organic compounds หรือ mVOCs) ลอยในอากาศ ทำให้เกิดกลิ่นเฉพาะของรา ซึ่งกลิ่นจากราในห้องเรียนก่อให้เกิดอาการ ปวด-เวียนศีรษะ คัดจมูกและคลื่นไส้ โดยราชนิดต่างๆ ก่อให้เกิดโรคหรืออาการ เช่น

- *Alternaria*, *Cladosporium*, *Epicoccum* ทำให้เกิดอาการจมูกอักเสบ และการอักเสบระบบทางเดินหายใจส่วนบน
- *Aspergilla*, *Penicillia*, *Alternaria*, *Cladosporium*, *Stachybotrys* ทำให้เกิดอาการ หอบหืด
- *Cladosporium*, *Stachybotrys*, *Aureobasidium*, *Acremonium*, *Rhodotorula*, *Trichosporon*, *Penicillium* ทำให้เกิดอาการปอดอักเสบหลังสูดดมผงฝุ่นอินทรีย์
- *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cladosporium* ทำให้เกิดอาการ ผื่นภูมิไวเกิน
- *Trichoderma viride* ทำให้เกิดอาการปอดอักเสบจากการแพ้แบบเฉียบพลัน (แผ่นสรวง วุฒิอุดมเลิศ, ม.ป.ป.)

2.7.6 แบคทีเรีย

แบคทีเรียเป็นจุลินทรีย์ที่มีเซลล์เดียวมีโครงสร้างเซลล์แบบโพรคาริโอต (Prokaryote) คือ ไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส และ ไม่มีเยื่อหุ้มออร์แกเนลล์ โครงสร้างเซลล์ โดยรวมทั้งหมดของแบคทีเรียประกอบด้วย เยื่อหุ้มเซลล์ และ ไซโทพลาสซึม (cytoplasm) โดยในไซโทพลาสซึม มีออร์แกเนลล์ต่าง ๆ เช่น ไรโบโซม (Ribosom) นิวเคลียส (Nucleus) ที่ไม่มีเยื่อหุ้ม จึงไม่จัดเป็นนิวเคลียสที่แท้จริง โดยมีดีเอ็นเอ (DNA) เป็นรูปร่างแหวนพันอยู่กับโปรตีนอยู่ในไซโทพลาสซึมเรียกว่า นิวคลีออยด์ (Neucleoid) พลาสมิด (Plasmid) อินคลูชัน (Inclusion) และ แกรนูล (Granule) อยู่ภายในเซลล์ เนื่องจากแบคทีเรียนับเป็นหนึ่งในสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่สามารถพบได้เกือบทุกที่ภายในดิน น้ำ และภายในร่างกายของมนุษย์ สัตว์ และพืช โดยสามารถพบได้ทั้งแบคทีเรียชนิดที่ก่อให้เกิดอันตราย และชนิดที่ทำให้เกิดโรคติดเชื้อทั้งในมนุษย์ สัตว์ และพืช ในขณะเดียวกัน ก็มีแบคทีเรียบางชนิดที่มีประโยชน์ และมีบทบาทสำคัญในกระบวนการทางนิเวศวิทยา กระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรม และอาหาร ความรู้จากโครงสร้างของแบคทีเรียสามารถนำไปใช้ในด้านต่าง ๆ เช่น แยกแบคทีเรียโดยดูจากการติดสีย้อม ลักษณะและตำแหน่งสปอร์ รวมไปถึงนำไปใช้ประโยชน์ด้าน

ต่างๆ เช่น การใช้ความร้อน สารเคมี สารหอมระเหย และการใช้ยาปฏิชีวนะ ให้เหมาะสมในการควบคุมหรือทำลายแบคทีเรีย

รูปร่างลักษณะของแบคทีเรีย

แบคทีเรียมีลักษณะเป็นเซลล์เดี่ยวขนาดเล็กไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 0.2 - 3.0 ไมโครเมตร และความยาวระหว่าง 0.5 - 10.0 ไมโครเมตร ดังนั้นการศึกษาเซลล์ของแบคทีเรียทำโดยการใช้กล้องจุลทรรศน์ร่วมกับการย้อมสี เพื่อใช้ในการศึกษา การติดสี รูปร่าง ขนาด และการจัดเรียงตัวของเซลล์แบคทีเรีย ซึ่งเป็นวิธีการหนึ่งที่ทำให้สามารถแยก ชนิดและประเภทของแบคทีเรียเบื้องต้นออกได้ โดยรูปร่างแบคทีเรีย โดยทั่วไปมี 4 แบบ ได้แก่ กลม (Coccus) ท่อน (Bacillus) เกลียว (Spirillum) และบิดเป็นเกลียว (Spirochete) และเซลล์แบคทีเรียเรียเหล่านี้สามารถรวมตัวกันในแบบต่างๆ ดังนี้

การเรียงตัวต่อกัน 2 เซลล์ เดียวว่า ดิโพล (Diplo-) โดยที่ดิโพลคอกโค (Diplococci) คือเซลล์รูปทรงกลมต่อกัน 2 เซลล์ ดิโพลบาซิลไล (Diplobacilli) คือเซลล์รูปท่อนต่อกัน 2 เซลล์

การเรียงตัวต่อกันเป็นสายยาว เรียกว่า สเตรพโท (Strepto-) โดยที่สเตรพโทคอกโค (streptococci) คือเซลล์รูปทรงกลมต่อกันเป็นสายยาว และสเตรพโทบาซิลไล (Streptobacilli) คือเซลล์รูปท่อนต่อกันเป็นสายยาว ถ้าสี่เซลล์เรียงกัน เรียกว่า เททราด (Tetrad) ในขณะที่เซลล์เรียงซ้อนกันเป็นทรงลูกเต๋า เรียกว่า ซาร์ซินา (sarcina) เมื่อรูปร่างกลมหลายเซลล์เรียงตัวซ้อนและจับกลุ่ม มีลักษณะเหมือนพวงอุ้งน เรียกว่า สแตฟฟีโลค็อกโค (Staphylococci) (สุกฤตา ปุณยอุปพัทธ์, 2566).
ตั้งภาพ 6



ภาพ 6 รูปร่างและการเรียงตัวของเซลล์แบคทีเรีย

ที่มา: นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ และปรีชา สุวรรณพินิจ (2553)

โครงสร้างของแบคทีเรีย

แบคทีเรียเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีโครงสร้างเซลล์แบบโปรคาริโอต จึงมีความแตกต่างจากเซลล์แบบยูคาริโอต (Eukaryotic cell) ได้แก่ การไม่มีเยื่อหุ้มนิวเคลียส และไม่มีเยื่อหุ้มออร์แกเนลล์ต่าง ๆ เช่น กอลจิบอดี และไมโทคอนเดรีย นอกจากนี้ยังมีโครงสร้างอื่นๆ ที่พบได้ในแบคทีเรียบางชนิด ได้แก่

- แฟลกเจลลา เป็นโครงสร้างที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของแบคทีเรีย มีลักษณะคล้ายขนยื่นพ้นออกมาจากผนังเซลล์ โดยมีส่วนฐานที่ประกอบด้วยวงแหวน 4 วง ยึดติดและฝังอยู่ในผนังเซลล์ โดยมีส่วนที่เป็นตะขอ (Hook) และส่วนที่เป็นเส้นยาว (Filament) ที่ยื่นโผล่พ้นจากผนังเซลล์

- พิลไล มีจุดกำเนิดจากเยื่อหุ้มเซลล์ ประกอบด้วยโปรตีนพิเศษที่เรียกว่า พิลลิน พิลไลจะมีลักษณะเป็นเส้นสั้นๆ ขนาดเล็ก และบาง มีจำนวนมากกว่าแฟลกเจลลา และจะอยู่โดยรอบของเซลล์ พิลไลพบได้ในแบคทีเรียแกรมลบบางชนิดเท่านั้น พิลไลไม่มีบทบาทในการเคลื่อนไหว แต่จะมีบทบาทในการยึดเกาะของเซลล์ เช่น การเกาะติดกับอาหารผิววัสดุ หรือเยื่อบุผิวต่างๆ เช่น เยื่อบุทางเดินหายใจ เยื่อบุทางเดินอาหาร

- แคปซูล เป็นโครงสร้างที่พบได้ทั้งแบคทีเรียทั้งแกรมบวกและแกรมลบ มีลักษณะเป็นเมือกเหนียวจับติดแน่นกับผนังเซลล์ของแบคทีเรีย องค์ประกอบทางเคมีของแคปซูลของแบคทีเรียแต่ละชนิดจะแตกต่างกันออกไป แต่โดยส่วนใหญ่จะประกอบด้วยสายโซ่ของน้ำตาล เช่น เดกซ์แทรน หรือ ลีแวน หรืออาจมีองค์ประกอบอื่นๆ เช่น กรดอะมิโน ร่วมด้วย โดยน้ำตาลและกรดอะมิโนที่มาจัดเรียงตัวกันอย่างดี เป็นชั้นแคปซูลที่จับติดแน่นกับผนังเซลล์ยากแก่การล้างออกด้วยน้ำ โคลินีของแบคทีเรียที่สร้างแคปซูลมีลักษณะเป็นเมือกเหนียวเฝิ้ม เมื่อใช้เข็มเขี่ยแตะที่ผิวโคลินีและยกขึ้นจะยึดเป็นเส้นยาวได้ แต่เนื่องจากแคปซูลของแบคทีเรียมีความใส จึงไม่สามารถมองเห็นภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง แต่สามารถตรวจดูโดยใช้การย้อมสีพื้นหลัง หรือที่เรียกว่า เนกกาทีฟ (negative staining) ด้วยอินเดียนอิงค์ (Indian ink) หรือไนโกรซิน (nigrosin) หรือซาฟรานิน โอ (Safranin O) ทำให้ฉากหลังของสไลด์ติดสีเข้ม ส่วนแคปซูลจะใส ไม่ติดสี

- ชั้นเมือก เป็นโครงสร้างที่มีลักษณะเป็นเมือกจับติดกับผนังเซลล์ของแบคทีเรียแบบหลวม ๆ สามารถล้างออกได้ด้วยน้ำ องค์ประกอบทางเคมีของชั้นเมือกจะประกอบด้วยสายโซ่ของน้ำตาล หรืออาจมีองค์ประกอบอื่นๆ เช่น กรดอะมิโน ร่วมด้วย ที่มาจัดเรียงตัวกันอย่างหลวม ๆ ชั้นเมือกจะมีส่วนช่วยให้แบคทีเรียเกาะติดกับพื้นผิวต่าง ๆ ได้ดี และช่วยป้องกันการสูญเสียน้ำของเซลล์แบคทีเรีย

- โกลโคคาลิก เป็นชั้นที่อยู่ด้านนอกมีโครงสร้างที่ประกอบด้วยโพลีแซคคาไรด์สายยาวประสานกันอยู่ ห่างจากผิวของเซลล์ทำหน้าที่ช่วยให้เซลล์เกาะติดกับพื้นผิวได้ดีขึ้น มักพบในแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดคราบ หรือชั้นฟิล์มชีวภาพ

- ผนังเซลล์ (Cell wall) เป็นโครงสร้างชั้นนอกสุดที่ล้อมรอบเซลล์แบคทีเรีย ทำให้แบคทีเรียคงรูปร่างอยู่ได้ ทำหน้าที่ป้องกันเซลล์แตกจากแรงกระทบจากภายนอก เป็นที่ให้แฟลกเจลลาเกาะ และเป็นโครงสร้างสำคัญในการแบ่งเซลล์ โครงสร้างผนังเซลล์ของแบคทีเรียหลักจะประกอบด้วย เอ็น-อะซิทิว กลูโคซามีน (NAG) และ กรด เอ็น-อะซิทิว มูรา (NAC) น้ำตาล 2 ชนิดนี้เชื่อมต่อกันเป็นสายโพลีแซ็กคาไรด์และสายโพลีแซ็กคาไรด์เหล่านี้เชื่อมต่อกันด้วยสายเพปไทด์ เพื่อสร้างโครงสร้างเชื่อมต่อที่เป็นเมทริกซ์ที่แข็งแรงของผนังเซลล์ กรดอะมิโนที่พบในผนังเซลล์ของแบคทีเรียมีบทบาทสำคัญในการเชื่อมต่อโมเลกุลเพปติโดไกลแคนเข้าด้วยกัน โดยเฉพาะสายเพปไทด์ที่เชื่อมต่อกับสายโพลีแซ็กคาไรด์ในเพปติโดไกลแคน นอกจากนี้ กรดอะมิโนที่จำเป็น เช่น L-alanine, D-glutamic acid, Meso-diaminopimelic acid (DAP) และ D-alanine ก็มีส่วนสำคัญในการสร้างและรักษาโครงสร้างของผนังเซลล์ กรด Diaminopimelic (DAP) เป็นองค์ประกอบที่พบในแบคทีเรียแกรมลบ โดยเฉพาะในแบคทีเรียที่ผนังเซลล์ขาดไลซีน (lysine) DAP มีบทบาทสำคัญในการเชื่อมต่อโมเลกุลเพปติโดไกลแคนเข้าด้วยกัน ซึ่งทำให้โครงสร้างของผนังเซลล์แข็งแรงและทนทาน

แบคทีเรียแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ตามลักษณะของผนังเซลล์ ได้แก่แบคทีเรียแกรมบวก (Gram-positive) และแบคทีเรียแกรมลบ (Gram-negative) ซึ่งการย้อมสีแกรมเป็นวิธีที่นิยมใช้แยกประเภทของแบคทีเรียสองกลุ่มนี้

1. แบคทีเรียแกรมบวก (Gram-positive bacteria)

ผนังเซลล์ของแบคทีเรียแกรมบวก มีชั้นเพปติโดไกลแคน (peptidoglycan) ที่หนามาก โดยมีความหนาประมาณ 20-80 นาโนเมตร ชั้นนี้ประกอบด้วยสายโพลีแซ็กคาไรด์ที่เชื่อมต่อกันด้วยสายเพปไทด์ ทำให้โครงสร้างแข็งแรงและทนทาน นอกจากนี้ยังมีกรดไทโคอิก (teichoic acid) และกรดลิโปไทโคอิก (lipoteichoic acid) ที่มีบทบาทสำคัญในการคงรูปร่างของเซลล์ และเป็นตัวกระตุ้นภูมิคุ้มกันภายในร่างกายมนุษย์ แบคทีเรียแกรมบวกไม่มีเยื่อหุ้มชั้นนอกซึ่งทำให้ย้อมติดสีม่วงในกระบวนการย้อมสีแกรม

2. แบคทีเรียแกรมลบ (Gram-negative bacteria)

ผนังเซลล์ของแบคทีเรียแกรมลบ มีชั้นเพปติโดไกลแคนที่บางกว่าแบคทีเรียแกรมบวก โดยมีความหนาประมาณ 2-7 นาโนเมตร ชั้นเพปติโดไกลแคนนี้อยู่บริเวณระหว่างเยื่อหุ้มชั้นในและเยื่อหุ้มชั้นนอก เยื่อหุ้มชั้นนอกประกอบด้วยลิพิดและโปรตีน รวมถึงลิโปโพลีแซ็กคาไรด์ซึ่งมีบทบาทในการป้องกันสารพิษและยาปฏิชีวนะจากภายนอก นอกจากนี้ยังมีช่องว่างเพอริพลาสมิกอยู่ระหว่างเยื่อหุ้มชั้นในและเยื่อหุ้มชั้นนอก โดยมีเอนไซม์และโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งและการย่อยสลายสารต่าง ๆ และเมื่อย้อมสีแกรมจะย้อมติดสีแดงหรือชมพู (นลิน วงศ์ชัตติยะ, 2568; สุกฤตา ปุณยอุปพัทธ์, 2566)

- เยื่อหุ้มเซลล์ เป็นชั้นที่อยู่ถัดจากผนังเซลล์ความหนาประมาณ 5-10 นาโนเมตร มีโครงสร้างที่ประกอบด้วย ไขมัน โปรตีน และคาร์โบไฮเดรต โดยที่ไขมันจะจัดเรียงตัวกันเป็นชั้นไขมัน ประกอบด้วย ฟอสโฟลิพิด ที่มีส่วนหัว มีขั้ว สามารถละลายน้ำได้ (hydrophilic head) ขณะที่บริเวณส่วนหางเป็นไขมันที่ไม่มีขั้วและไม่ละลายน้ำ (hydrophobic tail) ที่มีจัดเรียงตัวกันแบบ fluid mosaic model ซ้อนกัน 2 ชั้น (lipid bilayer) มีโปรตีนที่เกาะ (peripheral protein) อยู่หลวม ๆ กับชั้นไขมันและโปรตีนที่แทรก (integral protein) อยู่ในชั้นไขมัน โดยที่คาร์โบไฮเดรตจะกระจาย เกาะติดกับผิวด้านนอกโปรตีน

- ไรโบโซม เป็นออร์แกเนลล์มีลักษณะคล้ายแกรนูล (granule) ที่กระจายอยู่ในไซโทพลาสซึม จะทำหน้าที่ในการสังเคราะห์โปรตีนให้กับเซลล์

- นิวคลีโอยด์ ในแบคทีเรียมีนิวเคลียสที่ไม่มีเยื่อหุ้ม ดังนั้นจึงไม่จัดเป็นนิวเคลียสที่แท้จริงแต่เรียกว่า นิวคลีโอยด์ ซึ่งเป็นบริเวณที่มีสารพันธุกรรมลอยเป็นกลุ่มอยู่ในไซโทพลาสซึมเป็นโครโมโซม

- พลาสมิด เป็นดีเอ็นเอเกลียวคู่ เป็นวงอยู่นอกโครโมโซมปกติของแบคทีเรีย จัดเป็น DNA โครโมโซมพิเศษ (extra chromosomal DNA) โดยที่พลาสมิดสามารถจำลองตัวเอง หรือเพิ่มจำนวนตัวเองได้อย่างอิสระ

- เอนโดสปอร์เป็นโครงสร้างที่แบคทีเรียสร้างขึ้นภายในเซลล์ของแบคทีเรีย เพื่อยุติการอยู่รอดในสภาวะที่ไม่เหมาะสม หรือสร้างเพื่อดำรงชีวิตเท่านั้น ไม่ได้สร้างเพื่อเพิ่มจำนวน เพราะแบคทีเรียจะสร้างเอนโดสปอร์ได้เพียง 1 สปอร์ ต่อ 1 เซลล์ เท่านั้น ซึ่งจะแตกต่างจากเชื้อราที่สามารถสร้างสปอร์ได้จำนวนมาก แบคทีเรียหลายชนิดสร้างเอนโดสปอร์เพื่อให้อยู่รอดในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมต่าง ๆ (สุกฤตา บุญยอุปพัทธ์, 2566)

2.7.7 ค่าเผื่อระวางและแบคทีเรียในห้องเรียนสาธารณะ

ตามประกาศกรมอนามัย เรื่อง ค่าเผื่อระวางคุณภาพอากาศภายในห้องเรียน สาธารณะ พ.ศ. 2565 ได้กำหนดค่าเผื่อระวางคุณภาพอากาศภายในห้องเรียน เพื่อประโยชน์ในการเผื่อระวางคุณภาพอากาศภายในห้องเรียน รวมถึงเป็นแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพอากาศในห้องเรียน เพื่อคุ้มครองสุขภาพของประชาชนและผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น โดยกำหนดค่าที่ยอมรับได้ของเชื้อราวม และแบคทีเรียรวม ดังตาราง 8 (กรมอนามัย, 2565) ดังนี้

ตาราง 8 ค่าเฝ้าระวังและแบคทีเรียในห้องเรียนสาธารณะ

พารามิเตอร์	ค่าที่ยอมรับได้	หน่วย
เชื้อรารวม	ไม่เกิน 500	จำนวนโคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร (CFU/m ³)
เชื้อแบคทีเรียรวม	ไม่เกิน 500	จำนวนโคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร (CFU/m ³)

ที่มา: สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม (2552)

2.7.8 มาตรฐานจุลินทรีย์

การเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ด้วยวิธี Open plate มีวิธีการคือ ใช้จานเพาะเชื้อที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร ในการเก็บตัวอย่างโดยจุดเก็บตัวอย่างอยู่สูงจากพื้น 1 เมตร ห่างจากผนัง 1 เมตร จำนวน 1 ชั่วโมง และนำจุลินทรีย์ที่ได้จากการเก็บตัวอย่างไปป่นที่อุณหภูมิ 36±1 องศาเซลเซียสและตรวจนับจำนวนโคโลนี ซึ่งสามารถทำการเปรียบเทียบจำนวนโคโลนีที่นับได้กับค่ามาตรฐาน โดยที่ดัชนีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ (The Index of Microbial Air Contamination, IMA) สามารถแบ่งเป็น 5 ระดับ (Class) และมีการปรับดัชนีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ ให้อยู่ในหน่วยโคโลนีของเชื้อต่อตารางเดซิเมตรต่อชั่วโมง (CFU/dm²/h) โดยดัชนีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศเป็นดัชนีมาตรฐานที่เสนอโดย Pasquarella et al. (2000) เพื่อใช้ประเมินปริมาณการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศจากการนับจำนวนโคโลนีบนจานเพาะเชื้อดังตาราง 9

ตาราง 9 คุณภาพอากาศด้านจุลินทรีย์ ด้วยวิธี Open plate ตามมาตรฐาน IMA ในหน่วยของ CFU/dm²/h และระดับการประเมิน

IMA	CFU/dm ² /h	Class
0-5	0-9	Very good (ดีมาก)
6-25	10-39	Good (ดี)
26-50	40-84	Fair (ปานกลาง)
51-75	85-124	Poor (แย)
≥76	≥125	Very poor (แย่มาก)

ที่มา: Phanombualert, Muenta & Thongkamsamut (2016)

การเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ด้วยวิธี Swab test ซึ่งเป็นวิธีการเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์บนพื้นผิวในหน่วย CFU ต่อ 100 cm² เช่น บนอุปกรณ์ โต๊ะ ประตู ผนัก มือหรือถุงมือ เสื้อกาวน์ เป็นต้น โดยการใช้ก้านปลอดเชื้อที่มีปลายทำจากฝ้ายหรือวัสดุสังเคราะห์ เก็บตัวอย่างโดยการป้ายบนพื้นผิว หลังจากนั้น เก็บไม้ป้ายไว้ในภาชนะปลอดเชื้อที่ปิดสนิทและส่งไปยังห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา โดยสามารถทำการเปรียบเทียบจำนวนโคโลนีที่นับได้กับเกณฑ์ของ British Columbia Centre for Disease Control (BCCDC) (ศูนย์ควบคุมโรคแห่งบริติชโคลัมเบีย) แบ่งเป็น 3 ระดับ ซึ่งเป็นเกณฑ์สำหรับประเมินโดยใช้แนวทางสำหรับเจ้าหน้าที่อนามัยสิ่งแวดล้อม (Nhlapo, Lues, & Groenewald., 2014) ดังตาราง 10

ตาราง 10 คุณภาพอากาศด้านจุลินทรีย์ ด้วยวิธี Swab test ตามเกณฑ์ของ British Columbia Centre for Disease Control (BCCDC)

CFU/cm ²	ระดับความพอใจ
< 5	Satisfactory (น่าพอใจ)
5 - 10	Acceptable (ยอมรับได้)
>10	Unsatisfactory (ไม่น่าพอใจ)

2.8 มลพิษอากาศภายในอาคาร

อาคารในปัจจุบันมักมีการออกแบบที่ให้เป็นอาคารปิด และใช้อุปกรณ์ต่างๆ ในการควบคุมสภาพอากาศภายในอาคาร เช่น การใช้เครื่องปรับอากาศ เป็นต้น ซึ่งการออกแบบอาคารปิดสามารถควบคุมคุณภาพภายในอาคารได้ และสามารถป้องกันความร้อน หรือมลพิษทางอากาศจากภายนอกอาคารได้ ซึ่งในอดีตอาคารส่วนใหญ่ มักจะมีการออกแบบให้อากาศไหลผ่านได้สะดวก เพื่อให้อากาศมีการถ่ายเท และลดความร้อนภายในอาคาร แต่ปัจจุบันมีการพัฒนาทางเทคโนโลยีมากขึ้น อาคารในปัจจุบันจึงออกแบบให้เป็นอาคารปิด และใช้อุปกรณ์ต่างๆ ในการจัดการคุณภาพอากาศภายในอาคาร เช่น การใช้เครื่องปรับอากาศ เป็นต้น และสามารถป้องกันความร้อน หรือมลพิษทางอากาศจากภายนอกอาคารได้ จากการเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่ต่างๆ และกิจกรรมมากมายที่เกิดขึ้นภายในเมือง ส่งผลให้ อากาศภายในเมืองมีสภาพที่ร้อนขึ้น เป็นแหล่งสะสมของมลพิษทางอากาศมากมาย หลากหลายชนิด เช่น คาร์บอนมอนนอกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โอโซน และ สารอินทรีย์ระเหย เป็นต้น สารมลพิษทางอากาศภายนอกเหล่านี้สามารถก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพแก่ผู้ที่ได้รับสัมผัส ดังนั้นประชากรส่วนใหญ่ที่อาศัยอยู่ภายในเมือง มักหลีกเลี่ยงการสัมผัสความร้อน และสารมลพิษทางอากาศดังกล่าว โดยการใช้ชีวิตอยู่ในอาคารที่สามารถควบคุมสภาพอากาศได้ ซึ่งประชากรส่วนใหญ่ที่อาศัยอยู่ในเมือง มักใช้ชีวิตอยู่ภายในอาคารสูงถึงมากกว่า 89% ของเวลาทั้งหมดในแต่ละวัน โดยจากการศึกษาขององค์การอนามัยโลก (WHO) เปิดเผยว่า ร้อยละ 30 ของอาคารทั่วโลกอาจมีปัญหาด้านคุณภาพอากาศ และอาจมีปริมาณสารมลพิษสูงกว่าภายนอกอาคารถึง 100 เท่า ซึ่งอาจเกิดจากแหล่งกำเนิดหลายแหล่ง ไม่ว่าจะเป็นจากอากาศภายนอกที่มีการรั่วไหลเข้าสู่อาคาร หรือเกิดจากกิจกรรมของผู้ใช้อาคารเอง เช่น การใช้สารต่างๆ ที่ใช้ในที่พักอาศัย ก๊าซที่เกิดขึ้นจากการผสมอาหาร สารอินทรีย์ระเหยที่เกิดจากการใช้สารเคมีภายในอาคาร เชื้อราและเชื้อแบคทีเรีย หรือฝุ่นที่เกิดจากการสะสมในบริเวณต่างๆ ของอาคาร ซึ่งหากมีการระบายอากาศไม่ดี สารมลพิษทางอากาศอาจเกิดการสะสมอยู่ในตัวอาคาร และอาจมีปริมาณสูงขึ้น หากอาคารดังกล่าวเป็นอาคารที่มีผู้ใช้งานเป็นจำนวนมาก เช่น สถานที่ทำงาน ห้างสรรพสินค้า โรงแรม และ โรงพยาบาล เป็นต้น ทั้งนี้ ผลกระทบที่เกิดขึ้นนั้น มีความแตกต่างกันไปตามชนิด และปริมาณของสารมลพิษทางอากาศที่ได้รับสัมผัส ตลอดจนลักษณะทางสุขภาพของผู้ที่ได้รับสัมผัสอีกด้วย ซึ่งอาจเกิดอาการและผลกระทบต่อสุขภาพ เช่น อาการเวียนหัว คลื่นไส้ อาเจียน ปวดศีรษะ คอแห้ง และอาจรุนแรงถึงขั้นก่อให้เกิดโรคมะเร็ง หรือเสียชีวิตเฉียบพลันได้ (สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย, 2559)

2.8.1 แหล่งที่มาของสารมลพิษในอาคาร

ภาวะมลพิษทางอากาศภายในอาคาร (Indoor air pollution) หมายถึง ภาวะที่อากาศภายในอาคารมีสิ่งเจือปนอยู่ในปริมาณและระยะเวลาที่นานพอที่ทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์หรือต่อสิ่งแวดล้อมบริเวณนั้นๆ โดยมลพิษทางอากาศภายในอาคารมีแหล่งที่มาของสารมลพิษ ดังนี้

1. สถานที่ตั้งอาคาร ที่ตั้งอาคารอยู่ใกล้กับทางหลวงและถนนที่มีการจราจรคับคั่ง ซึ่งเป็นแหล่งของอนุภาคของแข็งที่ลอย อยู่ในอากาศและสารมลพิษอื่นๆ ในอาคารใกล้เคียง ที่ดินที่เคยใช้ประโยชน์ด้านอุตสาหกรรม หรือที่ดินที่มีระดับน้ำใต้ดินสูง อาจจะทำให้เกิดการชะของน้ำหรือสารมลพิษเข้าสู่อาคารได้

2. รูปแบบอาคาร เช่น ข้อผิดพลาดจากการออกแบบและก่อสร้าง หลังคา โครงสร้างอาคาร ประตู หน้าต่าง อาจเป็นทางเปิดสามารถนำสารมลพิษ หรือความชื้นเข้าสู่อาคาร หรือตำแหน่งของท่อนำอากาศเข้าสู่อาคารอยู่ในตำแหน่งที่สารมลพิษถูกดึงกลับเข้าสู่อาคาร เป็นต้น

3. การออกแบบระบบอาคารและการบำรุงรักษา เมื่อการทำงานของระบบความร้อน เย็น และระบายอากาศ (Heating, Ventilation and Air Conditioning, HVAC) ไม่เหมาะสม ความดันของอากาศในอาคารจะมีสภาพเป็นลบ ส่งผลให้สารพิษจากภายนอกแทรกซึมผ่านเข้ามา เช่น อากาศชื้น สารมลพิษจากอาคารจ่อทรถ อนุภาคแขวนลอยในอากาศ ควันจากท่อไอเสีย เป็นต้น และเมื่อมีการปรับปรุงหรือออกแบบอาคารใหม่ ระบบ HVAC ไม่ได้รับการปรับปรุงให้เหมาะสมกับการใช้งานในพื้นที่นั้น ๆ

4. งานปรับปรุงอาคารใหม่ ขณะที่กำลังดำเนินการปรับปรุงนั้น อาจมีกลิ่นสีฝุ่น และสิ่งปนเปื้อนอื่น ๆ จากวัสดุ ก่อสร้าง ซึ่งเป็นแหล่งของสารมลพิษที่อาจจะหมุนเวียนอยู่ในอาคาร การจำกัดบริเวณ และเพิ่มการไหลเวียนอากาศจะช่วยเจือจาง และกำจัดสารมลพิษที่เกิดขึ้นได้

5. การไหลเวียนอากาศเสียเฉพาะที่ เช่น ห้องครัว ห้องถ่ายเอกสาร ห้องปฏิบัติการ ร้านซ่อมบำรุง อู่รถ ร้านเสริมสวย ร้านทำเล็บ ห้องน้ำ ห้องเก็บรวบรวมขยะ ห้องซักรีด ห้องเก็บตู้ล็อกเกอร์ เป็นต้น อาจเป็นแหล่งของสารมลพิษ หากไม่มีการระบายอากาศที่ดีพอ

6. วัสดุก่อสร้าง เช่น ฉนวนกันความร้อน วัสดุกั้นเสียงที่ชำรุดเสียหาย ผนัง เพดาน พรม ม่าน ที่มีความชื้น เป็นต้น อาจเป็นแหล่งของสารมลพิษทางอากาศภายในอาคารได้

7. การตกแต่งอาคาร ได้แก่ เฟอร์นิเจอร์ต่าง ๆ อาจปลดปล่อยสารมลพิษสู่อากาศภายในอาคารได้

8. การดูแลบำรุงรักษาอาคาร เช่น ควรทำความสะอาดและทำให้แห้งก่อนนำมาใช้ เพื่อป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ซึ่งเป็นแหล่งของมลพิษทางอากาศภายในอาคาร หรือการใช้สารฆ่าแมลง

สารทำความสะอาด หรือผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพเฉพาะบุคคล อาจเป็นแหล่งปลดปล่อยสารมลพิษ อากาศภายในอาคารได้

9. ผู้ใช้อาคาร สารมลพิษอาจมาจากตัวผู้ใช้อาคาร กิจกรรมของผู้ใช้อาคาร หรือผลิตภัณฑ์ที่ผู้ใช้อาคารใช้อยู่เป็นประจำ ได้แก่ น้ำหอม หรือโคลอญ์น

2.8.2 ประเภทของสารมลพิษในอาคาร

ประเภทของสารมลพิษในอาคาร แบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือ สารมลพิษทางชีวภาพ สารมลพิษทางเคมี และอนุภาค (ที่ไม่ใช่อนุภาคทางชีวภาพ)

สารมลพิษทางชีวภาพ เช่น แบคทีเรีย ไวรัส เชื้อรา ไรฝุ่น สะเก็ดผิวหนังของสัตว์ ละอองเกสร เป็นต้น อาจมาจากการดูแลความสะอาดและการบำรุงรักษาที่ไม่ดีพอ การควบคุมความชื้นไม่ดีพอ (มีน้ำรั่ว น้ำซึมผ่านรอยร้าวตามผนังอาคารหรือน้ำท่วม)

สารมลพิษทางเคมี ได้แก่ แก๊สและไอระเหยต่าง ๆ ที่ปลดปล่อยจากผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในอาคาร (อุปกรณ์สำนักงาน เฟอร์นิเจอร์ วัสดุปูพื้นและผนัง สารฆ่าแมลงและสารทำความสะอาด เครื่องอุปโภคบริโภค) อุบัติเหตุสารเคมีหกรั่วไหล วัสดุก่อสร้าง กาวและสีทาผนัง การเผาไหม้ เช่น คาร์บอนมอนอกไซด์ พอร์มาลดีไฮด์ และไนโตรเจนไดออกไซด์ เป็นต้น

สารมลพิษที่เป็นอนุภาค (ไม่ใช่อนุภาคทางชีวภาพ) ได้แก่ อนุภาคของแข็งหรือของเหลวที่ไม่มีชีวิต สารแขวนลอยใน อากาศ ฝุ่น สิ่งสกปรก หรือสารอื่น ๆ ที่อาจจะถูกดึงเข้าสู่อาคารจากภายนอก และอาจมาจากกิจกรรมที่เกิดขึ้นในอาคาร เช่น การก่อสร้างการพิมพ์งาน การถ่ายเอกสาร การใช้งานเครื่องมืออุปกรณ์ต่าง ๆ เป็นต้น

คุณภาพอากาศภายในอาคารเกี่ยวข้องกับอาการต่าง ๆ เช่น ปวดศีรษะ วิงเวียน ผื่นคัน ปวดกล้ามเนื้อ อ่อนล้า อิดโรย ขาดสมาธิในการทำงาน ระคายเคืองระบบทางเดินหายใจ เป็นต้น ซึ่งอาการเหล่านี้จะเกิดขึ้นขณะอยู่ในอาคารและจะหายไปในเวลาไม่นาน เมื่อออกจากอาคาร หรือเมื่ออยู่ห่างจากอาคารระยะเวลาหนึ่ง (เช่น ในวันสุดสัปดาห์ ช่วงลาพักผ่อน เป็นต้น) รวมทั้งการป่วยด้วยโรคที่มีความเชื่อมโยงกับสารมลพิษในอากาศหรือสภาพแวดล้อมภายในอาคาร ได้แก่ โรคหอบหืด โรคปอดอักเสบภูมิไวเกิน (hypersensitivity pneumonitis) ซึ่งผลกระทบต่อสุขภาพนั้น อาจทำให้เกิดความเจ็บป่วยในทันทีที่สัมผัสกับสารมลพิษในอากาศ ภายในอาคารหรืออาจจะส่งผลในเวลาหลายปีต่อมา ซึ่งผลกระทบในระยะยาวอันเนื่องมาจากมลพิษอากาศภายในอาคาร ได้แก่ โรคระบบทางเดินหายใจ โรคหัวใจและโรคมะเร็ง ซึ่งทำให้ร่างกายทรุดโทรมหรือถึงแก่ชีวิตได้

อาการของโรคที่เกิดจากคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ไม่ดีนั้น ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ ชนิดของสารมลพิษที่ได้รับสัมผัส ความเข้มข้นที่ได้รับ ความถี่และช่วงเวลาของการสัมผัส ซึ่งบ่งบอกความรุนแรงของผลกระทบต่อสุขภาพ อายุและโรคประจำตัว เช่น หอบหืดและภูมิแพ้ อาจมีผลต่อความรุนแรงของผลกระทบด้วย นอกจากนี้ความชื้นยังมีผลกระทบต่อสุขภาพอย่างมี

นัยสำคัญ ความชื้นที่เหมาะสมทำให้เชื้อราและแบคทีเรียในอาคารเจริญได้ดี และก่อให้เกิดมลพิษอากาศภายในอาคาร ที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของพนักงาน เช่น อาการหอบหืด หายใจลำบาก หายใจขัด คัดจมูก แน่นจมูก ไอ จาม และไซนัสอักเสบ เป็นต้น นอกจากนี้ ความชื้นยังทำให้โรคหอบหืดที่เป็นอยู่มีอาการทรุดลงได้อีก (กัญญา ม่วงแก้ว, 2559)

ผู้คนส่วนใหญ่ใช้เวลามากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ในการอาศัยอยู่ในห้องเรียน ซึ่งอากาศในห้องเรียนอาจมีสิ่งเจือปนที่เป็นมลพิษหลายประเภท อาจมาจากกิจกรรมของผู้อยู่อาศัย เพอร์นิเจอร์ เครื่องใช้ หรือวัสดุของอาคาร หรืออาจมาจากมลพิษตามธรรมชาติที่อยู่ภายนอกเข้ามาในห้องเรียน ทางประตู หน้าต่าง ช่องระบายอากาศ หรือรูของช่องผนัง หากมนุษย์ได้รับมลพิษจากอากาศในห้องเรียน ในบ้าน และที่ทำงานตลอดเวลา อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพและคุณภาพชีวิตได้

2.8.3 ประเภทและแหล่งกำเนิดของมลพิษอากาศในห้องเรียน

จำแนกตามลักษณะทางกายภาพของมลพิษอากาศในห้องเรียนแบ่งได้เป็น 6 ประเภท

1. มลพิษจากการเผาไหม้ เช่น คิว้นบุหรี คิว้นไฟ แก๊ส และสารประกอบที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในการประกอบอาหารในครัวเรือน คิว้นบุหรี ซึ่งเป็นละอองลอย ประกอบด้วย สารชนิด อาจอยู่ในรูปของแก๊ส ไอ และอนุภาคแขวนลอยในอากาศ

2. สารเคมีที่นำเข้ามาใช้ในห้องเรียน เช่น พอร์มัลดีไฮด์ สารอินทรีย์ระเหยจากเพอร์นิเจอร์ ฝุ่นไม้ขัดมัน วัสดุตกแต่งภายใน สเปรย์ปรับอากาศ สารฉีดพ่นทำความสะอาด ยาฆ่าแมลง เป็นต้น มลพิษเหล่านี้ อาจมีการปล่อยออกมาเป็นครั้งคราวหรือสม่ำเสมอ แต่จะคงตัวอยู่ในอากาศเป็นเวลานาน และตกสะสมอยู่ตามบริเวณพื้นผิวเกิดปฏิกิริยาเคมีต่อไป

3. ละอองลอยชีวภาพ มลพิษในห้องเรียนที่เป็นสิ่งมีชีวิตสามารถดำรงชีวิตอยู่กับมนุษย์ได้ยาวนาน เช่น เกสรดอกไม้ เชื้อจุลินทรีย์ที่อยู่ในเครื่องปรับอากาศ ไรฝุ่น เศษชิ้นส่วนของแมลงสาบ ขนแมว สุนัข เชื้อรา และไวรัส เป็นต้น ซึ่งมักก่อให้เกิดอาการโรคภูมิแพ้ของระบบทางเดินหายใจเรียกว่า สารก่อภูมิแพ้ในอากาศ (Aeroallergen) ชีวสารภายในห้องเรียนทำให้เกิดโรคภูมิแพ้ระบบทางเดินหายใจ เช่น โรคโพรงจมูกอักเสบ ภูมิแพ้ โรคหืดหลอดลม และโรคปอดอักเสบ ภูมิไวเกิน จุลชีพจะก่อให้เกิดกลุ่มอาการต่างๆ ตั้งแต่ไม่สบายเล็กน้อย ครั่นเนื้อครั่นตัว จนถึงโรคติดเชื้อในทางเดินอากาศหายใจระดับต่างๆ เช่น หวัด ไข้หวัดใหญ่ หัด วัณโรค และเชื้อ *Staphylococcus* ที่แพร่จากมนุษย์สู่มนุษย์ทางการไอ จาม พุด จุลชีพที่ปนเปื้อนที่พักน้ำ ที่เก็บน้ำหัวฝักบัวห้องน้ำ ท่อเครื่องปรับอากาศ ระบบทำความเย็นแบบฉีดพ่นน้ำ และเครื่องทำความชื้น เป็นต้น

4. กลิ่น สารเคมีบางอย่างมีกลิ่นเหม็นฉุน ส่งผลให้เกิดความไม่สะดวกสบายและระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจ ซึ่งกลิ่นเป็นมลพิษอากาศที่กำจัดยากที่สุด เป็นส่วนผสมของ

สารเคมีหลายชนิด สารเคมีบางอย่างมีกลิ่นเหม็นฉุน เช่น แอมโมเนีย สารอินทรีย์กำมะถัน (จากบุหรี่ยี่) แม้ว่าจะมีอยู่ในระดับต่ำแต่ระบบระบายอากาศก็ยากที่จะกำจัดกลิ่นให้หมดไป

5. สารอนินทรีย์ เช่น สารตะกั่ว มีในสีทาบ้าน ตะกั่วเป็นพิษต่อระบบประสาทและเข้าสู่กระแสเลือด มีพิษต่อระบบเมแทบอลิซึม อนุภาคฝุ่น เมื่อเข้าสู่ปอดทำให้เกิดอาการของโรคระบบทางเดินหายใจ และถ้าตกค้างในปอดมากจะทำให้เกิดโรคฝุ่นจับปอดที่เรียกว่า นิวโมโคนิโอสิส (Pneumoconiosis) นอกจากนี้ แร่ใยหิน (Asbestos) ที่อยู่ในฝ้าเพดาน ฉนวนกันความร้อน ทำให้เกิดโรคมะเร็งปอดที่เรียกว่า Asbestosis อีกทั้งฝุ่นซิลิกา (SiO_2) ที่พบในโรงงานที่มีการใช้แร่ซิลิกาเป็นวัตถุดิบ เช่น ทำอิฐเซรามิกส์หรือโรงงานแก้ว ทำให้เกิดโรคปอดที่เรียกว่า ซิลิโคสิส (Silicosis)

6. รังสี เช่น เรดอน ^{222}Rn และผลผลิตที่เป็นสารกัมมันตรังสีภายในห้องเรียนที่เกิดจากการเสื่อมสลายของธาตุกัมมันตรังสีเรเดียมและยูเรเนียมที่อยู่ในดินและชั้นหินซึมผ่านขึ้นมาจากพื้นผิวโลก และออกมาจากอุปกรณ์ที่ใช้ในการก่อสร้างอาคาร นอกจากนี้แก๊สเรดอนปล่อยรังสีแอลฟา ส่งผลให้เมื่อเข้าสู่ทางเดินหายใจ รังสีจะทำลายปอดและทำให้เกิดมะเร็งปอด (วนิดา จินศาสตร์, 2551)

2.8.4 ค่าเผื่อระวังคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ

ตามประกาศกรมอนามัย เรื่อง ค่าเผื่อระวังคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ พ.ศ. 2565 ได้กำหนดค่าเผื่อระวังคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะที่เหมาะสมสำหรับอาคารสาธารณะในประเทศไทย เนื่องจากอาคารที่มีลักษณะปิดทึบมักจะพบปัญหาด้านการระบายอากาศ รวมถึงการสะสมของมลภาวะอากาศภายในอาคาร เพื่อประโยชน์ในการเผื่อระวังคุณภาพอากาศภายในอาคาร รวมถึงเป็นแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในอาคารที่เหมาะสม อันจะส่งผลให้เกิดการคุ้มครองสุขภาพของประชาชนและผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการอยู่อาศัยหรือใช้สอยอาคาร ซึ่งอาคารสาธารณะ หมายถึง อาคารที่ใช้เพื่อประโยชน์ในการชุมนุมคนได้โดยทั่วไป เพื่อกิจกรรมทางราชการ การเมือง การศึกษา การศาสนา การสังคม การนันทนาการ หรือการพาณิชย์กรรมที่มีการใช้ระบบปรับอากาศ เช่น อาคารสถานศึกษา อาคารสถานพัฒนาเด็กปฐมวัย เป็นต้น โดยกำหนดค่าที่ยอมรับได้ ดังตาราง 11 (กรมอนามัย, 2565)

ตาราง 11 ตารางค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ

พารามิเตอร์	ค่าที่ยอมรับได้	หน่วย
อุณหภูมิ	24-26	องศาเซลเซียส
ความชื้นสัมพัทธ์	50-65	เปอร์เซ็นต์
การเคลื่อนที่ของอากาศ	น้อยกว่า 0.3	เมตรต่อวินาที
อนุภาคที่มีขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร	ไม่เกิน 25 (ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง)	ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ($\mu\text{m}/\text{m}^3$)
อนุภาคที่มีขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร	ไม่เกิน 50 (ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง)	ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ($\mu\text{m}/\text{m}^3$)
ก๊าซโอโซน	ไม่เกิน 0.05	หนึ่งในล้านส่วน (ppm)
คาร์บอนมอนอกไซด์	ไม่เกิน 9	หนึ่งในล้านส่วน (ppm)
เชื้อแบคทีเรียรวม	ไม่เกิน 500	จำนวนโคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร (CFU/ m^3)
เชื้อรารวม	ไม่เกิน 500	จำนวนโคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร (CFU/ m^3)

ที่มา: กรมอนามัย (2565)

2.8.5 แนวทางปฏิบัติในการส่งเสริมคุณภาพอากาศภายในอาคาร

แนวทางปฏิบัติในการส่งเสริมคุณภาพอากาศในอาคารคือ ลักษณะการออกแบบอาคารเพื่อให้เหมาะสมกับการระบายอากาศ และรักษาอุณหภูมิภายในอาคารให้มีประสิทธิภาพสูงที่สุด โดยจำเป็นต้องอาศัยปัจจัยต่างๆ ที่ทำให้คุณภาพอากาศภายในอาคารมีคุณภาพที่ดีขึ้นประกอบด้วย

การปรับปรุงที่ตัวอาคาร เป็นการลดภาระของการปรับอากาศลง อาจเป็นการออกแบบอาคารใหม่หรือปรับปรุงอาคารเก่า โดยคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

- อาคารหันในทิศทางที่ถูกต้อง
- ฉนวนที่ใช้ถูกต้องและเหมาะสม
- อุดช่องรอยรั่วทั้งหมด
- ติดตั้งชุดปิดประตู (Door closer) ที่ประตู
- หน้าต่างต้องมีการบังแดดที่ดี
- ปริมาณอากาศจากภายนอกที่เข้ามาในระบบปรับอากาศต้องไม่เกินความต้องการ

- การออกแบบที่เหมาะสมจะทำให้สามารถลดขนาดของเครื่องปรับอากาศ ลดต้นทุนในการติดตั้ง และลดค่าใช้จ่ายในการเดินระบบ

การเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพ

- เลือกประเภทและขนาดให้ถูกต้องตามประเภทของงาน
 - ใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง
 - ใช้อุปกรณ์ปรับความเร็วรอบในการควบคุมภาระที่เปลี่ยนแปลงของเครื่องสูบน้ำ และพัดลม

- จัดอุปกรณ์และการควบคุมตามพื้นที่หรือโซนที่แตกต่างกัน (ไม่ควรให้มีพื้นที่คาบเกี่ยวกัน)

การควบคุมการทำงานที่เหมาะสม เป็นแนวทางในการควบคุมการทำงาน สามารถทำได้หลายประการ ดังนี้

- ตั้งค่าอุณหภูมิให้ถูกต้องและเหมาะสม
 - อย่าเดินระบบ ถ้าไม่จำเป็น
 - ติดตั้งอุปกรณ์ส่งสัญญาณช่วยในการควบคุม
 - ใช้อุปกรณ์ส่งสัญญาณที่มีคุณภาพดี
 - ใช้โปรแกรมควบคุมเวลา 365 วัน สำหรับอุปกรณ์ที่ง่ายหรือเล็ก
 - สำหรับระบบที่มีความซับซ้อน ใช้การควบคุมที่มีประสิทธิภาพสูงในการตรวจสอบบันทึกข้อมูลของระบบพร้อมรายงานผล

การบำรุงรักษาที่เหมาะสม การบำรุงรักษาอุปกรณ์ทั้งหมด ต้องดูแลรักษาเป็นประจำ ซึ่งความถี่ในการดูแลตรวจสอบจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ การบำรุงรักษาที่ดีควรจะต้องดูแลเรื่องต่อไปนี้

- ถูกต้องตามความต้องการของอุปกรณ์
- ยึดอายุการใช้งาน
- ป้องกันประสิทธิภาพไม่ให้ต่ำลง
- ใช้พลังงานน้อย
- โดยทั่วไปการบำรุงรักษาขึ้นอยู่กับช่วงระยะเวลาที่กำหนดตามคำแนะนำของผู้ผลิต
- จำนวนชั่วโมงในการทำงาน
- ผลการตรวจสอบ

การดูแลรักษาระบบปรับอากาศ เป็นการดูแลโดยช่างซ่อมบำรุงเครื่องปรับอากาศ ควรให้ช่างมาดูแลตรวจสอบสภาพเครื่องปรับอากาศทุก 4-6 เดือน/ครั้ง ซึ่งจะมีการให้บริการดูแลทั่วไป ดังนี้

- ล้างแผ่นกรองฟิลเตอร์ ตรวจสอบการระบายน้ำออกจากตัวเครื่อง เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำไหลย้อนหยดอยู่ภายในห้อง

- ทำความสะอาดคอนเดนซิ่งหรือชุดระบายความร้อนที่อยู่นอกบ้าน ซึ่งมีโอกาสสุดฝุ่นละอองตลอดเวลา ถ้าไม่ได้ทำความสะอาดบ่อยๆ จะมีฝุ่นเกาะมากที่ช่องระบายอากาศ ทำให้การระบายความร้อนไม่มีประสิทธิภาพ ทำให้เครื่องทำงานหนักขึ้น

- ตรวจสอบน้ำยาทำความเย็นให้อยู่ในระดับมาตรฐาน

นอกจากนี้ยังมีคำแนะนำที่เกี่ยวกับการกำหนดแผนในการลดปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคาร ดังนี้

1. การควบคุมการออกแบบอาคารที่เหมาะสม เพื่อให้มีคุณภาพอากาศที่ดี เช่น การออกแบบให้อาคารมีการระบายอากาศที่ดีและประหยัดพลังงาน มีการจัดตั้งทีมงานดูแลรักษาและซ่อมบำรุงอาคาร

2. การควบคุมความชื้นภายในอาคาร เช่น การควบคุมความดันภายในอาคารให้เหมาะสม ควบคุมความชื้นภายในอาคาร การปลูกต้นไม้ภายในอาคาร

3. การป้องกันมลพิษทางอากาศจากภายนอกอาคาร เช่น การเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายนอกอาคาร การติดตั้งระบบดูดอากาศจากภายนอกให้ห่างจากแหล่งกำเนิด เพื่อป้องกันการปนเปื้อน การป้องกันการเดินทางของเรดอนเข้าสู่อาคาร การป้องกันไอระเหยเข้าสู่อาคารจากใต้พื้นผิวต่างๆ ติดตั้งระบบการตรวจจับมลพิษภายนอกอาคารก่อนเข้าสู่ภายในอาคาร การลดการใช้ยาฆ่าแมลง

4. ควบคุมความชื้นและมลพิษทางอากาศ ที่เกี่ยวข้องกับระบบทางกลศาสตร์ เช่น การควบคุมความชื้นที่ท่อ ระบบปั๊ม และท่ออากาศ ทำช่องเปิดที่เหมาะสมในการตรวจสอบทำความสะอาด และดูแลรักษาระบบปรับอากาศและระบบระบายอากาศ การใช้แสง UV ในการฆ่าเชื้อโรค

5. ควบคุมมลพิษทางอากาศที่เกิดจากแหล่งกำเนิดภายในอาคาร เช่น ควบคุมจากการเลือกวัสดุในอาคารที่มีการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศน้อย ทำความสะอาด และดูแลรักษาอาคารเป็นประจำ

6. ดักจับไอเสียจากอุปกรณ์ภายในอาคารและกิจกรรมต่างๆ เช่น ติดตั้งระบบระบายอากาศที่เหมาะสม ติดตั้งระบบดูดอากาศที่แหล่งกำเนิด ออกแบบระบบปล่อยอากาศเสีย เพื่อไม่ให้ไอเสียต่างๆ เข้าสู่พื้นที่ใช้งานของผู้อาศัย และรักษาระดับความดันอากาศในแต่ละพื้นที่ให้เหมาะสม

7. ลดการสะสมของมลพิษทางอากาศจากการระบายอากาศ การกรองอากาศ และระบบบำบัดอากาศเพื่อให้มีอากาศสะอาดเข้าสู่พื้นที่แต่ละส่วนอย่างเหมาะสม ตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคารเป็นประจำ มีการจ่ายอากาศที่เหมาะสมในพื้นที่ต่างๆ ติดตั้งระบบกรองฝุ่นละออง

8. ติดตั้งระบบระบายอากาศชั้นสูง โดยการเลือกนำอากาศภายนอกอาคารที่ระดับที่เหมาะสมเข้าสู่ภายในอาคาร ติดตั้งระบบอนุรักษ์พลังงานที่ระบบระบายอากาศ (การนำความเย็นกลับมาใช้ประโยชน์) ใช้ระบบการดึงอากาศจากภายนอกตามความต้องการจริง (กรมอนามัย, 2565)

3. ศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก

องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ได้จัดการศึกษาปฐมวัยแก่เด็กอายุ 3-5 ขวบ ในศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก โดยใช้งบประมาณจากเงินรายได้เทศบาลเป็นค่าใช้จ่ายในการบริหารจัดการ เพื่อมุ่งพัฒนาความพร้อมแก่เด็กในวัย 3-5 ขวบ ให้ได้รับการพัฒนาทั้งด้านร่างกาย อารมณ์ จิตใจ สังคม สติปัญญา และมีความพร้อมในการเข้ารับการศึกษาคือในระดับประถมศึกษา

ส่วนราชการต่างๆ ที่ดำเนินการจัดตั้งสถานพัฒนาเด็กปฐมวัย ได้แก่ กรมการพัฒนาชุมชน กระทรวงมหาดไทย ดำเนินการในศูนย์เด็กเล็ก จำนวน 7,520 แห่ง กรมการศาสนา กระทรวงศึกษาธิการ (ปัจจุบันอยู่ในสังกัดกระทรวงวัฒนธรรม) ดำเนินการในวัด/มัสยิด เรียกว่า ศูนย์อบรมเด็กก่อนเกณฑ์ในวัด/มัสยิด จำนวน 4,155 แห่ง และสำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ (ส.ป.ช.) ดำเนินการในโรงเรียน เรียกว่าการจัดการศึกษาอนุบาล 3 ขวบ จำนวน 2,651 แห่ง รวมทั้งสิ้น 14,326 แห่ง

โดยส่วนราชการแต่ละแห่งมีวัตถุประสงค์ ในการพัฒนาเด็กวัย 3-5 ขวบ ให้มีความพร้อมด้านร่างกายอารมณ์ จิตใจ สังคม สติปัญญา มีคุณธรรมและละจรรยาธรรม เพื่อศักยภาพในการศึกษาต่อในระดับประถมศึกษา

ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กที่ส่วนราชการต่างๆ ถ่ายโอนให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นและที่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นจัดตั้งขึ้นเอง ถือเป็นสถานศึกษาตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542 มาตรา 18 และมาตรา 4 แต่ก็ยังมีความแตกต่างหลากหลาย ทั้งในด้านโครงสร้างการบริหารงาน ได้แก่ ด้านบุคลากร ด้านการบริหารจัดการ ด้านวิชาการและกิจกรรมตามหลักสูตร ด้านอาคารสถานที่ สิ่งแวดล้อม และความปลอดภัย ด้านการมีส่วนร่วมและสนับสนุนจากชุมชน รวมถึงการพัฒนาคุณภาพ ซึ่งองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นจะต้องรับผิดชอบภารกิจดำเนินการจัดการศึกษาให้ได้คุณภาพและมาตรฐาน เพื่อให้ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กในความรับผิดชอบขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นเป็นสถานศึกษาแห่งแรกที่มีคุณภาพและมาตรฐานสามารถให้บริการตอบสนองชุมชนด้านการจัดการศึกษาแก่เด็กปฐมวัย อายุ 2-5 ขวบ อย่างทั่วถึงและเป็นทรัพยากรที่มีคุณภาพตามอำนาจหน้าที่ และเจตนารมณ์ของรัฐบาล

ศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก หมายถึง สถานศึกษาที่ให้การอบรมเลี้ยงดู จัดประสบการณ์ และส่งเสริมพัฒนาการการเรียนรู้ให้เด็กเล็กมีความพร้อม ด้านร่างกาย อารมณ์-จิตใจ สังคมและสติปัญญา สังกัดองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น

3.1 การจัดตั้งศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก

ในการจัดตั้งศูนย์พัฒนาเด็กเล็กในสังกัดองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นนั้นต้องมีความพร้อมในการบริหารจัดการศูนย์ ทั้งในด้านงบประมาณ ด้านอาคารสถานที่ และด้านบุคลากรในศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก โดยให้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

1) จัดเวทีประชาคมในพื้นที่หรือตำบลที่มีความต้องการจัดตั้งศูนย์พัฒนาเด็กเล็กเพื่อสำรวจความต้องการของชุมชนในการจัดตั้งศูนย์พัฒนาเด็กเล็กในพื้นที่ดังกล่าว โดยในการจัดตั้งศูนย์พัฒนาเด็กเล็กต้องมีจำนวนเด็กเล็กอายุ 2-5 ปี ที่จะเข้ารับการศึกษามากน้อยกว่า 20 คน (ยกเว้นแต่กรณีพื้นที่เสี่ยงหรือการคมนาคมไม่สะดวกแต่ต้องมีเด็กเล็กไม่น้อยกว่า 15 คน)

2) องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นต้องมีอาคารศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก ที่เหมาะสมสำหรับจัดการศึกษาในศูนย์พัฒนาเด็กเล็กที่จะดำเนินการจัดตั้ง โดยอาจจะเป็นอาคารศูนย์พัฒนาเด็กเล็กที่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นก่อสร้างเอง หรืออาคารที่ได้รับการอนุญาตจากหน่วยงานหรือองค์กรต่างๆ อย่างถูกต้องตามกฎหมายเพื่อใช้เป็นอาคารศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก

3) จัดทำแผนดำเนินงานการจัดตั้งศูนย์พัฒนาเด็กเล็กในแต่ละด้าน ได้แก่

- แผนการสำรวจประชากรเด็กเล็กอายุ 2-5 ปี

- แผนการรับนักเรียน และการจัดชั้นเรียน

- แผนการสรรหาบุคลากรในศูนย์พัฒนาเด็กเล็กเพื่อทำหน้าที่ต่างๆ ได้แก่ ครู ผู้ดูแลเด็ก ผู้ช่วยครูผู้ดูแลเด็ก ผู้ดูแลเด็ก ผู้ประกอบอาหาร หรือภารโรง เป็นต้น (กรณีองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นยังไม่มีอัตราข้าราชการ/พนักงานส่วนท้องถิ่น ตำแหน่ง ครูผู้ดูแลเด็ก หรือครู จะสรรหาได้เมื่อได้รับการจัดสรรอัตราหรือมีอัตราตำแหน่งนั้นๆ แล้ว)

- แผนการจัดตั้งงบประมาณ เช่น เงินเดือน/ค่าตอบแทน ค่าสวัสดิการ ค่าอาหารกลางวัน ค่าอาหารเสริม (นม) ค่าจัดการเรียนการสอน สื่อการเรียน วัสดุอุปกรณ์ต่างๆ เป็นต้น

3.2 การกำหนดอัตราบุคลากรในศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก

ให้ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กมีหัวหน้าศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก 1 อัตรา มีอัตราครูผู้ดูแลเด็กเป็นไปตามสัดส่วน (ครู : นักเรียน) 1:10 หากมีเศษตั้งแต่ 5 คน ขึ้นไป ให้เพิ่มครูผู้ดูแลเด็กได้อีก 1 คน โดยจัดการศึกษาห้องละไม่เกิน 20 คน หรือตามความเหมาะสมของพื้นที่ (กรณีอัตราผู้ช่วยหัวหน้าศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก ผู้ช่วยครูผู้ดูแลเด็ก และผู้ดูแลเด็กให้ใช้สัดส่วนเช่นเดียวกับครูผู้ดูแลเด็ก)

- กรณีที่ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กใดยังไม่มีผู้ดำรงตำแหน่งหัวหน้าศูนย์พัฒนาเด็กเล็กให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นพิจารณาคัดเลือกครูผู้ดูแลเด็ก หรือครูที่มีความรู้ความสามารถ และเหมาะสมรักษาการในตำแหน่งหัวหน้าศูนย์พัฒนาเด็กเล็กจนกว่าจะมีผู้ดำรงตำแหน่ง
- กรณีที่จะแต่งตั้งผู้ช่วยหัวหน้าศูนย์พัฒนาเด็กเล็กซึ่งเป็นพนักงานจ้างตามภารกิจขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นสามารถดำเนินการได้กรณีที่ศูนย์นั้นไม่มีข้าราชการหรือพนักงานส่วนท้องถิ่นดำรงตำแหน่งครูผู้ดูแลเด็กหรือครู

3.3 การจัดการด้านอาคารสถานที่

ที่ตั้ง

- 1) สถานที่ตั้งศูนย์พัฒนาเด็กเล็กควรอยู่ในพื้นที่ที่มีขนาดเหมาะสม และไม่อยู่ในพื้นที่เสี่ยงอันตราย เช่น บริเวณชนถ่ายแก๊ส น้ำมัน สารเคมีหรือสารพิษ ฌาปนกิจสถาน มลภาวะทางอากาศ แสงและเสียงที่มากเกินไป หากไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ ต้องมีมาตรการป้องกันอุบัติเหตุตามมาตรฐานความจำเป็น และเหมาะสม
- 2) ไม่ควรอยู่ใกล้ถนน หรือใกล้ทางรถไฟ โดยเฉพาะที่มีการจราจรคับคั่ง หากมีความจำเป็นต้องสร้างอาคารให้ห่างจากแนวถนนไม่น้อยกว่า 20 เมตร และมีรั้วเพื่อป้องกันอันตราย
- 3) พื้นที่ก่อสร้างควรเป็นพื้นที่สามารถรับน้ำหนักอาคารได้อย่างปลอดภัย และเป็นพื้นที่ที่น้ำท่วมไม่ถึง กรณีที่มีอาคารเดิมอยู่แล้ว แต่มีสภาพเสี่ยงไม่เหมาะสม องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นควรพิจารณาตั้งงบประมาณเพื่อปรับปรุง พัฒนาให้เหมาะสม

จำนวนชั้นของอาคาร

อาคารศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก ควรเป็นอาคารชั้นเดียว หากเป็นอาคาร 2 ชั้นขึ้นไป ต้องมีมาตรการป้องกันอุบัติเหตุ อุบัติภัย และอัคคีภัยที่อาจเกิดขึ้น และความสูงของห้องจากพื้นถึงเพดานไม่น้อยกว่า 2 เมตร

ทางเข้า - ออกตัวอาคาร

ประตูทางเข้า-ออกจากตัวอาคารควรมีอย่างน้อย 2 ทาง มีความกว้างที่สามารถเคลื่อนย้ายเด็กออกจากตัวอาคารได้สะดวกหากเกิดอุบัติเหตุ หรือภาวะฉุกเฉินต่างๆ

ประตู- หน้าต่าง

ประตู - หน้าต่าง ต้องมีความแข็งแรง อยู่ในสภาพใช้งานได้ดี มีขนาด และจำนวนเหมาะสมกับขนาดพื้นที่ของห้อง ความสูงของขอบหน้าต่าง ควรสูงจากพื้นไม่น้อยกว่า 80 เซนติเมตร นับจากพื้น และหน้าต่างมีความกว้างและความสูงไม่น้อยกว่า 1 เมตร เพื่อให้เด็กมองเห็นสิ่งแวดล้อมได้กว้างและชัดเจน ไม่ควรมีสิ่งกีดขวางใดๆ มาปิดกั้นช่องทางลมและแสงสว่าง

บันได

ไม่ลาดหรือชันเกินไป ควรมีความกว้างแต่ละช่วงไม่น้อยกว่า 1 เมตร ลูกตั้งของบันไดสูงไม่เกิน 17.5 เซนติเมตร ลูกนอนกว้างไม่น้อยกว่า 20 เซนติเมตร บันไดทุกชั้นต้องมีลูกกรง และราวบันได มีขนาดเหมาะสมกับมือเด็ก และระยะห่างของลูกกรง ต้องไม่เกิน 17 เซนติเมตร ทั้งนี้ให้คำนึงถึงความปลอดภัยของเด็กเป็นสำคัญ เช่น ปิดกั้นช่องบันได และช่องลูกกรง บันได (ช่องที่เป็นช่วงอันตรายอยู่ระหว่าง 9-23 เซนติเมตร)

พื้นที่ใช้สอยภายใน

พื้นที่ใช้สอย ต้องจัดให้มีบริเวณพื้นที่ในอาคารที่สะอาด ปลอดภัย และเพียงพอเหมาะสมกับการจัดประสบการณ์การเรียนรู้และจัดกิจกรรมอื่นๆ ของเด็ก เช่น การเล่น การเรียนรู้ การรับประทานอาหารและการนอน โดยแยกเป็นสัดส่วนจากห้องประกอบอาหาร ห้องส้วม และที่พักของเด็กป่วย เฉลี่ยพื้นที่ใช้สอย 2 ตารางเมตร ต่อเด็ก 1 คน หากไม่สามารถแยกเป็นแต่ละห้องได้ อาจจัดรวมเป็นห้องอเนกประสงค์ โดยใช้พื้นที่เดียวกันแต่ต่างเวลา และปรับเปลี่ยนวัสดุอุปกรณ์ตามความเหมาะสม และข้อจำกัดของพื้นที่

3.4 การจัดการด้านสิ่งแวดล้อม

- แสงสว่างควรเป็นแสงสว่างจากธรรมชาติ สม่ำเสมอทั่วทั้งห้อง เอื้อต่อการจัดกิจกรรมเพื่อพัฒนาเด็ก เช่น มีแสงสว่างเพียงพอ เหมาะสม (ไม่น้อยกว่า 200 ลักซ์) ในการอ่านหนังสือได้อย่างสบายตา ไม่ควรให้เด็กอยู่ในห้องที่ใช้แสงสว่างจากไฟฟ้าต่อเนื่องนานกว่า 2-3 ชั่วโมง เพราะจะทำให้เกิดภาวะเครียดและมีผลถึงฮอร์โมนการเติบโตของเด็ก
- เสียงต้องอยู่ในระดับไม่ดังเกินไป อาคารควรตั้งอยู่ในบริเวณที่ระดับเสียงเหมาะสม
- การถ่ายเทอากาศ ควรมีอากาศถ่ายเทได้สะดวก โดยมีพื้นที่ของหน้าต่าง ประตู และช่องลม รวมกันแล้วไม่น้อยกว่า ร้อยละ 20 ของพื้นที่ห้อง กรณีที่เป็นห้องกระจกหรืออยู่ในบริเวณโรงงานที่มีมลพิษ ต้องมีเครื่องฟอกอากาศ และมีเครื่องปรับอากาศอย่างเหมาะสม บริเวณศูนย์พัฒนาเด็กเล็กเป็นเขตห้ามสูบบุหรี่ตามกฎหมาย

3.5 การจัดการด้านความปลอดภัย

- 1) ติดตั้งระบบและอุปกรณ์ในการรักษาความปลอดภัย หรือเครื่องตัดไฟภายในบริเวณอาคาร
- 2) มีการติดตั้งอุปกรณ์ เครื่องดับเพลิงอย่างน้อย 1 เครื่อง ต่อพื้นที่ 150 ตารางเมตร และถังดับเพลิงติดตั้งสูงจากพื้นถึงหัวถัง ไม่เกิน 1.50 เซนติเมตร ต้องมีการตรวจสอบอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้สามารถใช้งานได้ตามปกติ
- 3) ติดตั้งปลั๊กไฟให้สูงจากพื้นไม่น้อยกว่า 1.50 เมตร ถ้าติดตั้งต่ำกว่าที่กำหนด จะต้องมีการปิดครอบ เพื่อป้องกันไม่ให้เด็กเล่นได้ และควรหลีกเลี่ยงการใช้สายไฟต่อพ่วง
- 4) หลีกเลี่ยงเครื่องใช้ไฟฟ้า และอุปกรณ์ต่างๆ ที่ทำด้วยวัสดุแตกหักง่ายหรือแหลมคม หากเป็นไม้ ต้องไม่มีเสี้ยนไม้ หรือเหลี่ยมคม
- 5) จัดให้มีตู้เก็บยา และเครื่องเวชภัณฑ์สำหรับปฐมพยาบาลวางไว้อยู่ในที่สูง สะดวกต่อการหยิบใช้ และเก็บไว้ในที่ปลอดภัย ให้พ้นมือเด็ก
- 6) จัดให้มีวัสดุกันลื่น ในบริเวณห้องน้ำ ห้องส้วมที่มีลักษณะลื่น และเก็บสารจำพวกเคมีหรือน้ำยาทำความสะอาดไว้ในที่ปลอดภัย ให้พ้นมือเด็ก วัสดุกันลื่นที่ใช้ในห้องน้ำ-ห้องส้วม ต้องทำความสะอาดสม่ำเสมอ
- 7) ไม่มีหลุม บ่อน้ำ หรือเศษวัสดุอื่นๆ ที่อาจเป็นอันตราย ต่อเด็กในบริเวณโดยรอบตัวอาคาร รวมทั้งไม่ควรปลูกต้นไม้ที่มีหนามแหลมคม
- 8) มีระบบการล็อกประตูในการเข้า-ออก นอกบริเวณอาคาร สำหรับเจ้าหน้าที่เปิด-ปิดได้ ควรมีกริ่งสัญญาณเรียกไว้ที่หน้าประตู สำหรับห้องครัว และที่ประกอบอาหาร ควรมีประตูเปิด-ปิดที่ปลอดภัยเด็กเข้าไปไม่ได้
- 9) ติดตั้งอุปกรณ์เพื่อป้องกันพาหะนำโรค เช่น มุงลวด ฯลฯ และมีมาตรการในการดูแลรักษาความสะอาดและป้องกันด้านสุขอนามัย
- 10) มีตู้ หรือชั้นเก็บวัสดุอุปกรณ์ และสื่อการเรียนรู้ที่แข็งแรง มั่นคง มีความสูง ขนาดที่เหมาะสมกับเด็กเล็ก สำหรับสิ่งของเครื่องใช้ วัสดุอุปกรณ์ ที่อาจเป็นอันตรายต่อเด็กนั้น ควรจัดแยกให้พ้นมือเด็ก
- 11) กรณีที่องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นหรือศูนย์พัฒนาเด็กเล็กจัดให้มีบริการรถรับส่งเด็กนักเรียนในศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก ต้องกำหนดมาตรการด้านความปลอดภัยของรถรับส่งนักเรียนในเรื่องต่างๆ เช่น สภาพรถรับส่งที่ต้องมีสภาพรถสมบูรณ์ ปลอดภัย และมีการตรวจสภาพรถอยู่เป็นประจำ ด้านการตรวจสอบทะเบียนและบัญชีรายชื่อเด็กนักเรียนที่ใช้บริการรถรับส่งประจำวัน ความปลอดภัยในการขับขี่ และความประพฤติของพนักงานขับรถ ข้อปฏิบัติของครูผู้ควบคุมเด็กนักเรียนประจำรถ เป็นต้น

มาตรการเตรียมความพร้อมรับสถานการณ์ฉุกเฉิน และอันตรายต่างๆ

- 1) มีการฝึกซ้อมสำหรับการป้องกันอุบัติเหตุ ไม่น้อยกว่าปีละ 1 ครั้ง
- 2) บุคลากรในศูนย์ควรได้รับการอบรมด้านการปฐมพยาบาลเบื้องต้น การป้องกันอุบัติเหตุ และความเจ็บป่วยฉุกเฉินของเด็ก
- 3) มีโทรศัพท์และหมายเลขโทรศัพท์ฉุกเฉินของส่วนราชการต่างๆ เช่น สถานีตำรวจหน่วยป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย โรงพยาบาล ไว้เพื่อติดต่อได้อย่างทันท่วงที กรณีเกิดเหตุการณ์คับขันหรือจำเป็นที่อาจเป็นอันตรายต่อเด็ก และควรมีอุปกรณ์ เครื่องมือเครื่องใช้สำหรับการปฐมพยาบาลเบื้องต้นประจำไว้
- 4) มีสมุดบันทึกข้อมูลสุขภาพ และพัฒนาการของเด็ก
- 5) มีมาตรการในการรับ-ส่งเด็ก กรณีเกิดสถานการณ์ฉุกเฉินและอันตรายต่างๆ อย่างเป็นระบบ
- 6) มีแผนและแนวทางปฏิบัติกรณีมีเหตุฉุกเฉินเกิดขึ้นกับเด็กที่จะต้องดำเนินการช่วยเหลือโดยด่วน
- 7) มีการสำรวจ ประเมิน และจัดการจุดเสี่ยงอาคารสถานที่และสิ่งแวดล้อม (กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น, 2559)

3.6 ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กในจังหวัดพิษณุโลก

ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กในจังหวัดพิษณุโลกมีทั้งหมด 226 แห่ง โดยอยู่ในสังกัดขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นจำนวน 102 แห่ง ซึ่งอยู่ในอำเภอเมืองพิษณุโลก จำนวน 35 แห่ง (กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น, 2566) ดังนี้

1. ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กชุมชนที่ 14 วัดดอนทอง
2. ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กเทศบาลตำบลท่าทอง
3. ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กเทศบาลตำบลบ้านคลอง
4. ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กเทศบาลตำบลหัวรอ
5. ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กเทศบาลเมืองอรัญญิก (1)
6. ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กเทศบาลเมืองอรัญญิก (2)
7. ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กเนินมะคึก
8. ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กบ้านกว้าง
9. ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กคลองหนองเหล็ก
10. ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กคู้งวารี
11. ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กบ้านจอมทอง

12. ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กบ้านไผ่ขอดอน
13. ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กบ้านพลายชุมพล
14. ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กบ้านแม่ระหัน
15. ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กยางเอน
16. ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กบ้านวังส้มซ่า
17. ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กบ้านสระโค่ง
18. ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กบ้านแหลมโพธิ์
19. ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กโรงเรียนบ้านบึงกระดาน หมู่ที่ 3
20. ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กบ้านป่า หมู่ที่ 6
21. ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กโรงเรียนวัดบ้านไร่ หมู่ 12
22. ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กวัดมหานาราม
23. ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กวัดยาง
24. ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กสังกัดเทศบาลตำบลบ้านใหม่
25. ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กองค์การบริหารส่วนตำบลวังงาม
26. ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กองค์การบริหารส่วนตำบลบึงพระ
27. ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กองค์การบริหารส่วนตำบลปากโทก
28. ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กองค์การบริหารส่วนตำบลมะขามสูง
29. ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กองค์การบริหารส่วนตำบลวังน้ำคู้
30. ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กองค์การบริหารส่วนตำบลวัดจันทร์
31. ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กองค์การบริหารส่วนตำบลวัดพริก
32. ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กองค์การบริหารส่วนตำบลสมอแข
33. ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กบ้านร้องยุงข้าว
34. ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กคนตรงอุทิศ เทศบาลนครพิษณุโลก
35. ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กเทศบาลนครพิษณุโลก

3.7 ผู้ดูแลองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร กับสุขภาพเด็ก

การได้รับสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพต่อประชาชนทุกกลุ่มวัย โดยเฉพาะเด็กที่มีอายุต่ำกว่า 5 ปี จะมีความเสี่ยงต่อสุขภาพมากกว่าผู้ใหญ่ เนื่องจากปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ด้านพฤติกรรมสิ่งแวดล้อม และสรีระวิทยา โดยความเสี่ยงเริ่มตั้งแต่ช่วงพัฒนาการของทารกในครรภ์และหลังจากคลอดในช่วงปีแรก เนื่องจากระบบภูมิคุ้มกันปอดและสมองยังพัฒนาหรือเจริญเติบโตไม่เต็มที่ ซึ่งโดยปกติปอดจะพัฒนาเต็มที่เมื่ออายุ 6 ปีขึ้นไป นอกจากนี้

เด็กจะมีอัตราการหายใจมากกว่าผู้ใหญ่ โดยเฉพาะแรกเกิดถึง 6 เดือน จะมีอัตราการหายใจมากกว่าผู้ใหญ่ 2 เท่า ส่งผลให้เด็กมีโอกาสหายใจรับฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร ได้มากกว่าผู้ใหญ่ และพฤติกรรมการใช้ชีวิตของเด็กมักจะออกไปเล่นกลางแจ้ง และจะยังมีโอกาสเสี่ยงเพิ่มขึ้น หากเด็กเหล่านี้ใช้เวลาทำกิจกรรมอยู่นอกบ้านหรืออาคารในช่วงเวลาและในพื้นที่ที่มีฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร เช่น ริมนอนและโรงงานอุตสาหกรรม อีกทั้งเด็กจะมีอัตราการหายใจสูงกว่าผู้ใหญ่ โดยเด็กทารกอายุ 0-6 เดือน มีอัตราการหายใจ 30-60 ครั้งต่อนาที ทารกอายุ 6-12 เดือน มีอัตราการหายใจ 24-30 ครั้งต่อนาที และเด็กอายุ 1-5 ปี มีอัตราการหายใจ 20-30 ครั้งต่อนาที ในขณะที่ผู้ใหญ่ขณะออกกำลังกายมีอัตราการหายใจ 35-45 ครั้งต่อนาที จึงทำให้มีโอกาสการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร จากการหายใจเพิ่มขึ้นได้ เมื่อฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร เข้าสู่ร่างกายจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพเด็ก โดยอาจก่อให้เกิดโรกระบบทางเดินหายใจ เนื่องจาก ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร เป็นสาเหตุให้เกิดโรกระบบทางเดินหายใจ ทั้งโรคหอบหืด โรคปอดอักเสบ ปอดอุดกั้นเรื้อรัง ทั้งยังทำให้เกิดโรกระบบหัวใจและหลอดเลือด โดยจะเพิ่มความเสี่ยงการเกิดโรคหัวใจพิการแต่กำเนิดของทารก อีกทั้งยังมีผลกระทบต่อพัฒนาการของระบบประสาท ทำให้ลดระดับสติปัญญาและมีแนวโน้มให้เกิดโรคที่เกี่ยวข้องกับพัฒนาการด้านพฤติกรรม เช่น ออติสติก และโรคสมาธิสั้น รวมทั้งการพัฒนาด้านจิตใจและกล้ามเนื้อของเด็ก เป็นต้น (กองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ กรมอนามัย, 2563)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ศุภาพร เสียงสูง, สามีคคี บุญยะวัฒน์, และ ปิยะพงษ์ ทองดินนอก (2552) ที่ศึกษาความผันแปรและความสัมพันธ์ของความเข้มข้นสารมลพิษในอากาศกับปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาในพื้นที่สวนป่าแม่จาง อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง พบว่า ความผันแปรของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ คาร์บอนมอนอกไซด์ และโอโซน มีค่าเฉลี่ยรายเดือนเท่ากับ 0.0007, 0.004, 0.034 และ 0.0163 ppm/ชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งความสัมพันธ์ของปริมาณความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ คาร์บอนมอนอกไซด์ และโอโซน กับค่าปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา พบว่า มีความสัมพันธ์กับความชื้นสัมพัทธ์มากที่สุด ส่วนปริมาณรังสีสุทธิ อุณหภูมิ ความเร็วลม และปริมาณน้ำฝน มีความสัมพันธ์กันน้อย เนื่องจากปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศสูงสามารถเป็นแกนกลางเกาะตัวของมลสารให้สามารถจับตัว และทรงตัวอยู่ในบรรยากาศได้นาน ซึ่งปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยสามารถแขวนลอยอยู่ในบรรยากาศได้นานมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับลักษณะทางอุตุนิยมวิทยาใกล้ผิวดิน ค่าความสัมพันธ์จึงไม่สูงมาก

กุสุมาลย์ ชมโคกกรวด (2553) ได้ทำการศึกษาชนิดและปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศในห้องเรียนอนุบาล สังกัดเทศบาลนครขอนแก่น โดยใช้เครื่องมือเก็บตัวอย่างจุลชีพในอากาศ

Microflow α 90 จาก 5 โรงเรียน จำนวน 60 ตัวอย่าง พบชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด 12 ชนิด แบ่งเป็นเชื้อแบคทีเรีย 7 ชนิดคือ *Bacillus spp.*, *Staphylococcus spp.*, *Streptococcus spp.*, *Pseudomonas sp.*, *Enterobacteriaceae*, *Micrococcus spp.* และ *Enterococcus spp.* และเชื้อราพบ 5 ชนิด คือ *Aspergillus spp.*, *Penicillium spp.*, *Curvularia spp.*, *Fusarium spp.* และ *Rhizopus spp.* ปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ที่พบจากการเก็บตัวอย่างในเดือนมกราคม คือ 438.31 ± 120.61 CFU/m³ โดยมีค่าต่ำสุด 224.43 CFU/m³ และค่าสูงสุด 684.42 CFU/m³ เดือนกุมภาพันธ์ คือ 451.85 ± 129.76 CFU/m³ โดยมีค่าต่ำสุด 181.81 CFU/m³ และสูงสุด 631.08 CFU/m³) และเดือนมีนาคม คือ 498.03 ± 80.09 CFU/m³ โดยมีค่าต่ำสุด 342.21 CFU/m³ และค่าสูงสุด 669.98 CFU/m³ ซึ่งเชื้อแบคทีเรียที่พบมากที่สุดในแต่ละเดือนคือ *Staphylococcus spp.* และเชื้อราที่พบมากที่สุดในแต่ละเดือนคือ *Aspergillus spp.* ซึ่งมีปัจจัยที่สัมพันธ์กับปริมาณของเชื้อที่พบหลายปัจจัย เช่น สภาพแวดล้อมที่อยู่โดยรอบห้องเรียน การระบายอากาศ แสงแดด จำนวนนักเรียนในห้องเรียน การทำกิจกรรม การทำความสะอาดห้องเรียน วิธีการทำความสะอาด รวมถึงอุปกรณ์ที่ใช้ในการเรียน การสอนภายในห้องเรียน

นิสา เกษร และ กาญจนา นาละพินธุ (2553) ได้ศึกษาชนิดและปริมาณเชื้อจุลินทรีย์บนพื้นผิวอุปกรณ์ในห้องเรียนอนุบาลสังกัดเทศบาลนครขอนแก่น ทั้งหมด 11 โรงเรียน โดยทำการเก็บตัวอย่างในเดือนมกราคม ถึงกุมภาพันธ์ 2553 โดยทำการเก็บตัวอย่างโดยใช้วิธีการป้าย (Swab) บนพื้นผิวของโต๊ะเรียน ก๊อกน้ำที่อ่างล้างมือ ก๊อกน้ำดื่ม ของเล่นประเภทไม้ และของเล่นประเภทพลาสติก ซึ่งมีเก็บตัวอย่างวันจันทร์ และวันศุกร์ พบว่าในวันจันทร์พบการปนเปื้อนในอุปกรณ์ต่างๆ โดยพบเชื้อแบคทีเรียจำนวน 4 โรงเรียน พบเชื้อราทุกโรงเรียน และในวันศุกร์ พบเชื้อแบคทีเรียจำนวน 3 โรงเรียน และพบเชื้อราทุกโรงเรียน โดยในวันจันทร์และวันศุกร์ พบเชื้อที่ปนเปื้อนเหมือนกันทั้งหมด 5 ชนิด ได้แก่ เชื้อกลุ่มก่อโรค 1 ชนิด คือ *Escherichia coli* และกลุ่มที่ไม่ก่อโรค 4 ชนิด คือ *Aspergillus spp.*, *Penicillium spp.*, *Fusarium spp.* และ *Curvularia spp.* ซึ่งในวันจันทร์พบปริมาณการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราที่โต๊ะเรียนเฉลี่ย 0.34 CFU/cm² ก๊อกน้ำที่อ่างล้างมือ 1.58 CFU/cm² ก๊อกน้ำดื่ม 1.94 CFU/cm² ของเล่นประเภทไม้ 2.20 CFU/cm² และของเล่นประเภทพลาสติก 1.41 CFU/cm² และในวันศุกร์ พบการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราที่โต๊ะเรียนเฉลี่ย 0.35 CFU/cm² ก๊อกน้ำที่อ่างล้างมือ 0.28 CFU/cm² ก๊อกน้ำดื่ม 1.67 CFU/cm² ของเล่นประเภทพลาสติก 0.85 CFU/cm² ซึ่งจากผลการศึกษาพบปริมาณเชื้อแบคทีเรียน้อยกว่าเชื้อรา เนื่องจากเชื้อ *Escherichia coli* เป็นเชื้อที่ตายง่ายในบรรยากาศปกติ และเป็นเชื้อที่แสดงการปนเปื้อนจากอุจจาระ ซึ่งเกิดจากการสัมผัสจากมือของเด็กอนุบาลสู่อุปกรณ์ต่างๆ และพบเชื้อราเป็นจำนวนมาก เนื่องจากเชื้อราที่พบเป็นเชื้อราที่พบได้ทั่วไปในสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะในพื้นที่

เปิดโล่ง เช่น โถ้เรียน ก๊อกน้ำ ของเล่น เป็นต้น และอุณหภูมิขณะทำการตรวจวัดอยู่ในสภาวะที่เหมาะสม จึงทำให้เชื้อแบคทีเรียและเชื้อราสามารถเจริญเติบโต และดำรงชีวิตในสิ่งแวดล้อมได้ดี

กิจจา จิตรภิมย์, ปธานิน แสงอรุณ และ วรันธร คำพิลา (2556) ได้ทำการศึกษาการประเมินการปนเปื้อนเชื้อราในอากาศภายในสถานบริการสปา ในกรุงเทพมหานคร จำนวน 3 แห่ง โดยใช้วิธีการเปิดจานอาหารเลี้ยงเชื้อเพื่อดักจับเชื้อรา จำนวน 8 จุด ในการเปรียบเทียบปริมาณเชื้อรภายในอากาศระหว่างภายในและภายนอกอาคารสถานบริการสปา พบว่าเชื้อราในอาคารมีน้อยกว่าเชื้อราภายนอกอาคาร ร้อยละ 80 ซึ่งพบเชื้อราชนิดเด่น คือ *Scedosporium spp.*, *Penicillium spp.*, *Cladosporium spp.* และ *Alternaria spp.* และทำการตรวจหาปริมาณการปนเปื้อนเชื้อรภายในสถานบริการสปาด้วยวิธีป้ายเชื้อในพื้นที่ตัวอย่าง เช่น บนพรม หน้ากากเครื่องปรับอากาศ หรือผนังห้องและสถานที่ที่มีรอยรั่วของน้ำ หรือบริเวณที่เกิดความชื้น พบว่าสถานบริการสปาที่ 1 มีปริมาณรา 6.7×10^2 CFU/in² สถานบริการสปาที่ 2 มีปริมาณ 8.3×10^2 CFU/in² และ สถานบริการสปาที่ 3 มีปริมาณ 7.3×10^2 CFU/in² ซึ่งเชื้อที่พบมากที่สุด คือ *Scedosporium spp.*, *Penicillium spp.*, *Cladosporium spp.* ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของเชื้อราที่พบจากการเก็บตัวอย่างอากาศกับเชื้อราที่พบจากการป้ายเชื้อ พบว่าชนิดของเชื้อราที่ได้จากการป้ายเชื้อส่วนใหญ่เป็นชนิดเดียวกับที่พบในอากาศภายในสถานบริการสปา จึงแสดงให้เห็นว่า ปริมาณเชื้อราในอากาศมีแหล่งที่มาจากพรม ผนังห้อง ผ้าปูที่นอน หน้ากากเครื่องปรับอากาศ หรือบริเวณที่เกิดความชื้น หรือในทางกลับกันอาจเกิดจากการสะสมของเชื้อราในอากาศไปยังแหล่งดังกล่าวได้

ภาณุพันธ์ ศาสตรศรี (2557) ได้ทำการศึกษา เรื่อง ปริมาณโลหะหนักในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ภายในห้องเรียน โรงเรียนประถมศึกษา จ.พิษณุโลก ที่อยู่ใกล้พื้นที่การจราจรหนาแน่น 3 โรงเรียน และที่อยู่ห่างพื้นที่การจราจรหนาแน่น 3 โรงเรียน โดยเก็บตัวอย่างฝุ่นด้วยเครื่องเก็บอากาศแบบปริมาตรต่ำ ในเวลาการเรียนการสอน 8 ชั่วโมง และเก็บตัวอย่างฝุ่นตกด้วยแปรงขนาดเล็ก จากผลการตรวจวัด พบว่าโรงเรียนที่ห่างจากพื้นที่การจราจรหนาแน่น ตรวจพบปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร อยู่ในช่วง 214.9-346.1 นาโนกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร พบปริมาณสังกะสีเฉลี่ยสูงสุดที่ 9.5-47.5 นาโนกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ส่วนโรงเรียนที่อยู่ห่างพื้นที่จราจรหนาแน่น 3 โรงเรียน พบปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร เฉลี่ยอยู่ในช่วง 109.6-202.1 นาโนกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และพบปริมาณเฉลี่ยของเหล็กสูงสุดอยู่ในช่วง 21.1-28.5 นาโนกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ส่วนความเข้มข้นเฉลี่ยโลหะหนักในฝุ่นตก คือ เหล็ก ซึ่งมีค่าสูงสุดในทุกโรงเรียน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 2,042-8,714 ไมโครกรัมต่อกรัม ซึ่งอาจมาจากแหล่งกำเนิดภายในห้องเรียน เช่น สีจากผนัง และวัสดุเก่าต่างๆ เป็นต้น

สาวิตรี จำปาหอม (2559) ได้ทำการศึกษา เรื่อง ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร และโลหะในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ภายในและนอกรอาคารในจังหวัดราชบุรี โดยศึกษา

ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร และความเข้มข้นของโลหะในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร จำนวน 15 ชนิด ได้แก่ Al As Cd Co Cr Cu Fe Hg Mg Mn Ni Pb Sb Zn และ V บริเวณภายในอาคารและนอกอาคาร ในฤดูฝนและฤดูแล้ง ในพื้นที่โรงเรียนวัดเจติยาราม ซึ่งเป็นตัวแทนของพื้นที่ชุมชน และโรงเรียนตำรวจตระเวนชายแดนบ้านถ้ำหินซึ่งเป็นตัวแทนของพื้นที่ชนบท จากผลการศึกษาความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร พบว่า ทั้งสองโรงเรียน ในฤดูฝนมีค่าฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ในอาคารสูงกว่านอกอาคาร ส่วนในฤดูแล้ง มีค่าฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร นอกอาคารสูงกว่าในอาคาร โดยที่บริเวณโรงเรียนวัดเจติยารามในฤดูฝนและฤดูแล้ง ภายในอาคารมีค่าฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร เฉลี่ยเท่ากับ 41.67 และ 46.08 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ และภายนอกอาคารมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 32.70 และ 78.95 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ และโรงเรียนตำรวจตระเวนชายแดนบ้านถ้ำหินในฤดูฝนและฤดูแล้ง ภายในอาคารมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 20.24 และ 27.39 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ภายนอกอาคารมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 19.47 และ 52.00 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศทั้งภายในอาคารและภายนอกอาคาร ส่วนความเข้มข้นของโลหะในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ภายในและนอกอาคาร ใน 4 ลำดับแรก ของโรงเรียนวัดเจติยารามและโรงเรียนตำรวจตระเวนชายแดนบ้านถ้ำหินในฤดูฝนพบร้อยละความเข้มข้นสูงสุด 4 อันดับแรก ได้แก่ Fe Ze Mg และ Al ซึ่งชนิดของโลหะบริเวณภายในและภายนอกอาคารที่พบเป็นชนิดเดียวกัน แต่มีร้อยละความเข้มข้นที่แตกต่างกัน ซึ่งโลหะที่พบส่วนมากเป็นองค์ประกอบหลักในดิน ส่วนฤดูแล้ง บริเวณภายในอาคารและนอกอาคารโรงเรียนวัดเจติยาราม และโรงเรียนตำรวจตระเวนชายแดนบ้านถ้ำหิน พบร้อยละความเข้มข้นสูงสุด 4 ลำดับแรก ได้แก่ Fe Al Mg และ Zn ซึ่งชนิดของโลหะบริเวณภายในและภายนอกอาคารที่พบเป็นชนิดเดียวกัน แต่มีร้อยละความเข้มข้นที่แตกต่างกันเช่นเดียวกับฤดูฝน โดยการที่ Zn มีความเข้มข้นสูงสุด เนื่องจาก Zn พื้นที่โรงเรียนตั้งอยู่ใกล้กับโรงงานปูนซีเมนต์ และการที่ Fe และ Mg มีค่าสูงเนื่องจากเป็นองค์ประกอบหลักในดิน โดยที่ฤดูแล้งมีลมค่อนข้างแรงส่งผลให้ฝุ่นจากดินมีการฟุ้งกระจายมาก ทำให้ตรวจพบ Fe สูง ส่วนโรงเรียนตำรวจตระเวนชายแดนบ้านถ้ำหินในฤดูฝนพบ Zn มีความเข้มข้นสูงสุด เนื่องจากบริเวณโรงเรียนมีการขุดดินจากบริเวณเหมืองที่ปิดตัวลงในบริเวณใกล้เคียงมาถมที่ นอกจากนี้พบว่าบริเวณโรงเรียนวัดเจติยารามและโรงเรียนตำรวจตระเวนชายแดนบ้านถ้ำหิน มีค่าฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ระหว่างภายในต่อภายนอกอาคาร I/O ratio น้อยกว่า 1 ซึ่งหมายถึงแหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองภายนอกอาคารมีอิทธิพลต่อคุณภาพอากาศภายในอาคารทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้ง ส่วนความเข้มข้นของโลหะทุกชนิดในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร มีค่า I/O ratio มากกว่า 1 แสดงว่าแหล่งกำเนิดของโลหะในฝุ่นละอองภายในอาคารมีอิทธิพลต่อคุณภาพอากาศภายในอาคารมากกว่าแหล่งกำเนิดภายนอกอาคาร ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจาก

การตั้งเครื่องเก็บตัวอย่างภายในและภายนอกอยู่คนละระดับกัน และรวมถึงผนังห้องของโรงเรียนมีการทาสี ซึ่งมีการใช้งานมานานส่งผลให้สีหลุดลอก รวมทั้งมีการสวมรองเท้าภายในห้องเรียนจึงทำให้เกิดฝุ่นจำนวนมาก รวมถึงภายในอาคารขาดการระบายอากาศที่ดี

ทิพนพร ผุ่ยปัญญา และคณะ (2562) ได้ทำการศึกษาการประเมินฝุ่นละอองและจุลินทรีย์ในอากาศภายในอาคารหอพัก A และ B อาคารละ 18 ห้อง รวม 36 ห้อง ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดสกลนคร โดยเก็บตัวอย่างระหว่างเดือนกันยายนถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2561 พบว่า ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละอองเฉลี่ยในหอพัก A เท่ากับ $0.108 \pm 0.040 \text{ mg/m}^3$ และ หอพัก B เท่ากับ $0.116 \pm 0.030 \text{ mg/m}^3$ ซึ่งโดยรวมอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน เนื่องจากการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองอยู่ช่วงฤดูฝนประกอบกับมีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูงทำให้ฝุ่นละอองภายนอกอาคารมีการฟุ้งกระจายเข้ามาภายในอาคารได้น้อย เมื่อวัดปริมาณแบคทีเรียในหอพัก A พบว่ามีปริมาณเฉลี่ย $105.80 \pm 46.26 \text{ CFU/m}^3$ และ หอพัก B มีปริมาณแบคทีเรียเฉลี่ย $201.20 \pm 175.45 \text{ CFU/m}^3$ ซึ่งปริมาณแบคทีเรียมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน แต่มี 1 ห้องที่มีแบคทีเรียเกินเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนปริมาณราเฉลี่ยในหอพัก A เท่ากับ $258.00 \pm 165.65 \text{ CFU/m}^3$ และ หอพัก B เท่ากับ $440.97 \pm 324.75 \text{ CFU/m}^3$ ซึ่งพบว่ามีปริมาณราที่มีค่าเกินมาตรฐานจำนวน 8 ห้อง อาจเนื่องมาจากเป็นช่วงหน้าฝน ซึ่งเชื้อราในอากาศสามารถเจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิ 20-30 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 60% โดยที่การศึกษาครั้งนี้มีผลการตรวจวัดอุณหภูมิเฉลี่ยของห้องพักมีค่าไม่เกิน 30 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์มีค่าระหว่าง 60-70% นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราเฉลี่ยในอากาศของหอพัก B มีปริมาณมากกว่าหอพัก A ประมาณ 1 เท่า อาจเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมภายนอกและภายในของหอพัก A และ B มีความแตกต่างกัน ซึ่งอาจเกิดจากการที่หอพัก B มีห้องน้ำอยู่ภายในห้องพักอาจเป็นการเพิ่มความชื้นในอากาศของห้องพัก ความถี่ในการทำความสะอาดห้องพัก ชนิดของอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำความสะอาด การระบายอากาศของห้องพัก

สิริลักษณ์ กระสวยกลาง (2562) ได้ทำการศึกษาชนิดและปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศภายในสถานบริการออกกำลังภายในเขตเทศบาลนครอุดรธานี โดยทำการเก็บตัวอย่างในเดือนมกราคมและเดือนมีนาคม 2562 โดยใช้เครื่องมือ Biostage single-impactor เก็บตัวอย่างเชื้อจุลินทรีย์ในสถานบริการออกกำลังกายทั้งหมด 10 แห่ง ทำการเก็บตัวอย่าง แห่งละ 4 จุด ได้แก่ ด้านลึกสุดของห้องกิจกรรมกึ่งกลางห้องกิจกรรม กึ่งกลางทางเข้าออกของห้องกิจกรรม และนอกห้องกิจกรรม รวมทั้งสิ้น 160 ตัวอย่าง ผลการศึกษาพบเชื้อแบคทีเรีย ทั้งหมด 8 ชนิด ได้แก่ *Micrococcus spp.*, *Staphylococcus coagulase negative*, *Bacillus cereus*, *Bacillus spp.*, *Bacillus subtilis*, *Corynebacterium spp.*, *Pseudomonas spp.* และ *Acinetobacter spp.* และเชื้อรา 1 ชนิด ได้แก่ *Aspergillus* และพบว่า ในเดือนมกราคม มีแบคทีเรียเกินเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

3 แห่ง เดือนมีนาคมพบค่าเฉลี่ยรวมของแบคทีเรียเกินมาตรฐานกำหนด 1 แห่ง ซึ่งโดยเฉลี่ยพบปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในเดือนมกราคมสูงกว่าเดือนมีนาคม ส่วนอุณหภูมิ ความชื้น และบรรยากาศโดยรวม ภายในห้องกิจกรรมไม่แตกต่างกันทั้งสองเดือน แต่พบปริมาณแบคทีเรีย และเชื้อรา เฉลี่ยในเดือนมกราคมสูงกว่าเดือนมีนาคม โดยกิจกรรมการออกกำลังกายส่งผลให้เกิดการสะสมของเหงื่อไคล และเมื่อความสะอาดไม่ทั่วถึง อาจทำให้เกิดการสะสมของเชื้อแบคทีเรีย และเชื้อราภายในห้อง ส่วนในเดือนมีนาคมมีสถานบริการออกกำลังกาย 1 แห่ง ที่เปลี่ยนพื้นห้องกิจกรรมจากพื้นพรมเป็นพื้นยาง ซึ่งพบว่าเชื้อแบคทีเรีย และเชื้อรา ลดลงมากถึงร้อยละ 50 เนื่องจากพื้นพรมมีลักษณะขรุขระ มีขนเล็กๆ เป็นแหล่งสะสมของฝุ่นและเศษดิน ซึ่งเหมาะกับการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย และเชื้อรา จึงส่งผลให้พบปริมาณเชื้อแบคทีเรีย และเชื้อราลดลง อีกทั้งพื้นยางที่มีความเรียบและสามารถในการทำความสะอาดได้ง่ายกว่าพื้นพรม

พรชรัฐ สายยุทธ, กัลยา หาญพิชาญชัย, และจินดาวัลย์ วิบูลย์อุทัย (2562) ได้ศึกษาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศและคุณภาพอากาศในอาคารของโรงพยาบาล : กรณีศึกษาโรงพยาบาลนครพิงค์ จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อศึกษาปริมาณจุลินทรีย์และคุณภาพอากาศในอาคาร และความสัมพันธระหว่างปริมาณเชื้อจุลินทรีย์กับคุณภาพอากาศในอาคาร ของหอผู้ป่วยนอก หอผู้ป่วยใน ห้องอุบัติเหตุฉุกเฉิน คลินิกวิโรค และห้องทำงาน ด้วยเครื่องมือ Single Stage Impactor และ Indoor Air Quality Monitor พบว่า ปริมาณแบคทีเรียสูงสุด คือ ห้องอุบัติเหตุฉุกเฉิน ซึ่งช่วงเวลาเช้ามีปริมาณแบคทีเรียสูงกว่าช่วงบ่าย ส่วนตำแหน่งที่พบปริมาณแบคทีเรียสูงสุดคือ ตำแหน่งช่องทางอากาศ ส่วนปริมาณเชื้อราพบสูงสุดที่หอผู้ป่วยนอก โดยช่วงเช้ามีปริมาณเชื้อราสูงกว่าช่วงบ่าย ตำแหน่งที่พบปริมาณแบคทีเรียสูงสุดคือตำแหน่งช่องทางอากาศ ส่วนคุณภาพอากาศในอาคาร ปริมาณแบคทีเรียมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิแบบแปรผกผันในระดับต่ำ ($r = -0.291$, $p\text{-value} < 0.05$) ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์มีความสัมพันธ์แบบแปรตามกันกับปริมาณแบคทีเรียในระดับปานกลาง ($r = 0.353$, $p\text{-value} < 0.05$) ปริมาณเชื้อรามีความสัมพันธ์กับความชื้นสัมพัทธ์แบบแปรตามกันในระดับปานกลาง ($r = 0.465$, $p\text{-value} < 0.05$) ส่วนคุณภาพอากาศในพารามิเตอร์อื่นๆ ได้แก่ อุณหภูมิ ออกซิเจน และคาร์บอนไดออกไซด์ มีความสัมพันธ์กับปริมาณเชื้อราแบบแปรผกผันกันในระดับต่ำ ($r = -0.234$, -0.195 , และ -0.107 , $p\text{-value} < 0.05$ ตามลำดับ) ซึ่งจากการศึกษาปริมาณจุลินทรีย์มีปริมาณเกินมาตรฐานในหลายจุด จึงควรมีปรับเปลี่ยนสภาพแวดล้อมในการทำงาน คุณภาพอากาศในอาคารโดยมีการกำกับดูแลเรื่องความสะอาดภายในอาคาร ระบบระบายอากาศ เพื่อป้องกันการเกิดเชื้อโรคในโรงพยาบาล

สรายุ มันทาพันธ์ และ กาญจนา นานะพิณรุ (2564) ได้ทำการศึกษานาณาการกระจายตัวของฝุ่นละอองขนาดเล็กในพื้นที่ที่มีแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศของจังหวัดขอนแก่น โดยศึกษาปริมาณฝุ่นละอองเล็กกว่า 10 และ 2.5 ไมโครเมตร และความแตกต่างขนาดการกระจายตัวของฝุ่นละออง

ขนาดเล็กจากพื้นที่การเกษตร พื้นที่จราจรหนาแน่น และพื้นที่ตลาดนัดของจังหวัดขอนแก่น ระหว่างฤดูหนาวและฤดูร้อน โดยเครื่อง Andersen Cascade Impactor 8 ชั้น พบว่า พื้นที่การเกษตรมีปริมาณฝุ่นละอองสูงที่สุด รองลงมาคือพื้นที่การจราจรหนาแน่น และพื้นที่ตลาดนัด ตามลำดับ โดยในฤดูหนาวพื้นที่ที่มีฝุ่นละอองสูงที่สุด คือ พื้นที่การเกษตร โดยค่าเฉลี่ยฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 และ 2.5 ไมโครเมตร เท่ากับ 106.66 ± 7.80 และ 42.28 ± 3.93 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ เช่นเดียวกับฤดูร้อนที่พบว่าพื้นที่การเกษตรมีค่าฝุ่นละอองเล็กกว่า 10 และ 2.5 ไมโครเมตร สูงที่สุด มีเฉลี่ยเท่ากับ 92.87 ± 9.75 และ 45.75 ± 7.60 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ซึ่งพื้นที่การเกษตร สาเหตุมาจากการเผาจนเกิดการสะสมของฝุ่นละออง ซึ่งการเผาส่วนใหญ่เป็นการเผาอ้อย ก่อนเก็บเกี่ยวและเผาฟางข้าวหลังการเก็บเกี่ยว ส่วนพื้นที่จราจรหนาแน่นเกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของเครื่องยนต์โดยเฉพาะรถยนต์ดีเซล ทำให้เกิดฝุ่นควันดำได้ ซึ่งจากการสำรวจโดยการสังเกตพบว่า ช่วงเวลา 07.30 – 09.00 น. และเวลา 16.00 – 19.00 น. ในบริเวณจุดตรวจวัด จะมีการจราจรที่ค่อนข้างติดขัด เนื่องจากใกล้กับโรงเรียน สถานราชการและที่ทำการรัฐวิสาหกิจ ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีผู้คนจำนวนมาก มีรถโดยสารประจำทางผ่านและรอให้บริการตลอดทั้งวัน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นรถกระบะที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล และรถยนต์ที่สัญจรในบริเวณพื้นที่จะเป็นรถยนต์ขนาดเล็ก ส่งผลให้เกิดฝุ่นละอองสะสมอยู่ในพื้นที่ได้

ปณิศา ภูมาศ (2564) ได้ศึกษาการตรวจสอบคุณภาพอากาศในห้องเรียนบางห้องของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ เนื่องจากโดยเฉลี่ยคนส่วนใหญ่ใช้เวลาอยู่ในอาคารประมาณ 90 % โดยติดตามปัจจัยทางกายภาพซึ่งประกอบไปด้วยอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ แสง และจำนวนคน ปัจจัยทางเคมีประกอบด้วย ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ปัจจัยทางชีวภาพประกอบด้วยแบคทีเรียและรา โดยใช้เครื่องดูอากาศ MAS100 NT (MERCK) เก็บข้อมูลในช่วงเดือนตุลาคมและพฤศจิกายน แบ่งเป็น 2 ช่วงเวลา คือ ช่วงเช้า 09.00 น. และช่วงบ่าย 14.00 น. โดยเก็บตัวอย่าง 2 วันต่อสัปดาห์ คือ วันจันทร์และพุธ เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพอากาศภายในอาคาร พบว่าคุณภาพอากาศของห้องเรียนมีหลายปัจจัยเกินค่ามาตรฐานในบางช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่าง ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และปริมาณแบคทีเรีย แต่ปริมาณความสว่างของห้องเรียนทั้ง 2 ห้อง อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน และคุณภาพอากาศที่มีความสัมพันธ์ในทางเดียวกัน ได้แก่ ปริมาณแบคทีเรีย ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และจำนวนคน และจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของคาร์บอนไดออกไซด์ ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิ ความส่องสว่าง จำนวนคน และแบคทีเรีย ที่มีผลต่อปริมาณแบคทีเรียและรา โดยใช้สถิติ Pearson correlation พบว่า ปริมาณแบคทีเรีย มีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับจำนวนผู้ใช้ห้องและปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งจำนวนผู้ใช้ห้องส่งผลต่อปริมาณแบคทีเรีย เนื่องจากการดำเนินกิจกรรมของผู้ใช้ห้องส่งผลให้เกิดการเคลื่อนที่ของมวลอากาศและเป็นพาหะ ในการนำพาแบคทีเรียเข้ามา

ภายในห้อง ทำให้มีปริมาณแบคทีเรียในอากาศเพิ่มมากขึ้น อีกทั้งผู้ใช้ห้องยังปลดปล่อย ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่อากาศในห้องอีกด้วย นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณราไม่มีความสัมพันธ์เชิงสถิติกับคาร์บอนไดออกไซด์ ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิ ความส่องสว่าง จำนวนคนและแบคทีเรีย เนื่องจากรามีการแพร่กระจายอยู่ทั่วไปในอากาศในรูปของสปอร์ ซึ่งแพร่กระจายในสิ่งแวดล้อม ได้ดีกว่าจุลินทรีย์กลุ่มอื่น ทำให้ไม่ได้รับผลกระทบจากคาร์บอนไดออกไซด์ ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิ ความส่องสว่าง จำนวนคน และแบคทีเรีย

ธันวดี ศรีธาวีรัตน์ และอรชร ฉิมจารย์ (2565) ได้ศึกษาการจำแนกแหล่งกำเนิดฝุ่นละออง ขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร ในพื้นที่เขตเมืองจังหวัดพิษณุโลก พบว่า ค่าความเข้มข้นของฝุ่นละออง ขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร ในเขตพื้นที่เมือง มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง $10.9 \pm 3.9 - 70.7 \pm 14.7$ ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีค่าเกินมาตรฐานคุณภาพอากาศ ในบรรยากาศทั่วไปที่กำหนดไว้ 50 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เป็นเวลา 3 เดือน คือ เดือน มกราคม-มีนาคม พ.ศ. 2564 ส่วนฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร ในเขตพื้นที่กิ่งเมืองมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง $16.8 \pm 9.6 - 84.6 \pm 18.5$ ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีค่าเกินมาตรฐาน อยู่ 4 เดือน คือ เดือนธันวาคม พ.ศ. 2563 - มีนาคม พ.ศ. 2564 โดยในเขตพื้นที่เมือง ซึ่งค่าฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร ที่สูงสุดในช่วงเดือนมกราคมถึงมีนาคม โดยมากจะพบจุดความร้อนในพื้นที่เกษตร รองลงมาเป็นการพบในเขตป่าสงวนแห่งชาติ เขตป่าอนุรักษ์ เขต สปก. และเขตพื้นที่ชุมชน โดยบริเวณภาคกลาง และภาคเหนือ จะมีการกระจุกตัวของจุดความร้อน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร ที่มีค่าสูงในช่วงเดือนมกราคมถึงมีนาคม เกิดจากการเคลื่อนที่ของมวลอากาศผ่านตำแหน่งจุดความร้อน ที่คาดว่าจะเกิดจากการเผาเพื่อเตรียมตัวทำการเกษตร การเผาพื้นที่เกษตรและการเผาเพื่อหาของป่า ไฟไหม้ป่าในภาคเหนือ โดยส่วนใหญ่เกิดจากการเผาซากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ขยายพื้นที่ปลูกในที่สูง เผาอ้อยเพื่อเก็บเกี่ยว และเผาตอซังข้าวในพื้นที่ราบเพื่อเตรียมเพาะปลูกต่อไป ซึ่งการเผาเป็นวิธีที่ประชาชนเห็นว่าคุ้มค่า เพราะใช้ต้นทุนต่ำ ใช้เวลาน้อย และทำได้ง่าย

สิทธิรัฐ มนเทียรศาสตร์, อภิศรา เจริญปัญญาเนตร และพลภัทร เหมวรรณ (2566) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาโมเดลสำหรับวิเคราะห์รูปแบบการกระจายตัว และการเกิดก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ด้วยข้อมูลดาวเทียม Sentinel-5P บริเวณประเทศไทย ร่วมกับข้อมูลจากสถานีตรวจวัดภาคพื้นดิน ด้วยสมการถดถอยเชิงเส้น พบว่า ปริมาณค่าความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในปี 2562 ของประเทศไทย สูงกว่าปี 2563 โดยในช่วงที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือในช่วงฤดูแล้ง ระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายน และมีค่าเฉลี่ยต่ำสุดในช่วงฤดูฝน ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม โดยภูมิภาคที่มีปริมาณค่าความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ยสูงสุด ได้แก่ ภาคกลาง ซึ่งเป็นเดือนมกราคม 2562 มีค่าเท่ากับ 40.69 ppb และมีค่าเฉลี่ยต่ำสุดบริเวณภาคเหนือ คือเดือนกันยายน 2562 มีค่าเท่ากับ 2.84 ppb เนื่องจากในช่วงดังกล่าวตรงกับช่วงฤดูฝน และไม่ตรงกับ

ช่วงฤดูกลางฝน ส่งผลให้ปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในอากาศต่ำ และพบว่าปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อปริมาณค่าความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ได้แก่ ความชื้นสัมพัทธ์

ปิยะพงษ์ ชุมศรีและคณะ (2566) ได้ศึกษาปัจจัยด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศภายในศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก อำเภอเมือง จังหวัดเลย ทำการเก็บข้อมูลโดยใช้เครื่อง Bio-Stage Impactor โดยทำการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย 5 ศูนย์ พบว่า สภาพแวดล้อมภายในห้องของศูนย์พัฒนาเด็กเล็กด้านอุณหภูมิเฉลี่ยเกินคำแนะนำของสำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย (2559) ซึ่งกำหนดที่ 24-26 องศาเซลเซียส ส่วนความชื้นสัมพัทธ์และความเร็วลมภายในห้องอยู่ในเกณฑ์ตามคำแนะนำ ซึ่งกำหนดให้ความชื้นสัมพัทธ์ไม่เกิน 65 %RH และความเร็วลม 0.10-0.30 m/s ตามลำดับ ส่วนปัจจัยการจัดการด้านสิ่งแวดล้อมที่ส่งผลต่อความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศภายในห้องของศูนย์พัฒนาเด็กเล็กเพิ่มมากขึ้น ได้แก่ จำนวนเด็กในห้องต่อพื้นที่ตารางเมตร ซึ่งถ้ามีมากเกินไปจะส่งผลให้ความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศภายในห้องเพิ่มมากขึ้น โดยพบว่าจำนวนเด็กต่อคนในห้องที่เพิ่มขึ้นทุก ๆ 1 คนต่อตารางเมตร ทำให้พบความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศเพิ่มขึ้น อุณหภูมิภายในห้องที่ไม่อยู่ในช่วงคำแนะนำ 24-26 องศาเซลเซียส การพัดลมดูดอากาศและยังทำงานไม่ปกติ ขยะมูลฝอยบริเวณภายในห้อง ผ่นตามพื้นผิวภายในห้อง เช่น พื้น ผนัง โต๊ะ เก้าอี้ เป็นต้น นอกจากนี้ปัจจัยด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมเรื่องการเปลี่ยนแปลงตารางการบำรุงรักษาที่มีการวางแผนแนวทางหรือข้อปฏิบัติที่เป็นระบบที่ชัดเจน การทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศและส่วนประกอบต่าง ๆ สม่ำเสมอ การที่ภายนอกอาคารเป็นพื้นที่ไม่มีน้ำขัง ล้วนส่งผลต่อความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศภายในห้องของศูนย์พัฒนาเด็กเล็กลดลง ประกอบกับปัจจัยด้านการระบายอากาศภายในห้องที่ส่งผลต่อความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศภายในห้อง ตลอดจนการควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และการกระจายตัวของความเร็วลมที่ทั่วถึงภายในห้อง

ปิยะพงษ์ ชุมศรี และคณะ (2567) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศระหว่างห้องพัสดุและห้องแอร์ในศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก จังหวัดเลย เพื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศระหว่างห้องพัสดุกับห้องแอร์ของศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก จังหวัดเลย และเปรียบเทียบความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศระหว่างพื้นที่เก็บตัวอย่างของศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก จังหวัดเลย โดยใช้เครื่องมือมาตรฐาน Bio-Stage Impactor สำหรับเก็บตัวอย่างเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศทั้งหมด 164 ตัวอย่าง พบว่า สัดส่วนความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรียในอากาศและเชื้อราในอากาศภายในห้องต่อภายนอกห้อง (I/O) เท่ากับ 1.17 และ 1.07 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่ามีความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศภายในห้องมีมากกว่าภายนอกห้องอาจมาจากแหล่งกำเนิดเชื้อจุลินทรีย์ภายในห้อง เช่น ขนาดพื้นที่ จำนวนเด็ก ความหนาแน่นของเด็กต่อพื้นที่ กิจกรรมภายในห้อง รวมถึงการทำความสะอาดของศูนย์เด็กเล็กแต่ละแห่ง เป็นต้น และเมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรียในอากาศระหว่างห้องแอร์กับห้องพัสดุพบว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ โดยความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรียในอากาศภายในห้องของศูนย์พัฒนาเด็กเล็กที่เป็นห้องแอร์มีความเข้มข้นน้อยกว่าศูนย์พัฒนาเด็กเล็กที่เป็นห้องพัดลมส่วนความเข้มข้นของเชื้อราทั้งหมดในอากาศไม่แตกต่างกันระหว่างศูนย์พัฒนาเด็กเล็กที่เป็นห้องแอร์กับห้องพัดลม ซึ่งอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม เป็นปัจจัยที่สามารถควบคุมได้ในศูนย์พัฒนาเด็กเล็กที่เป็นห้องแอร์ ต่างจากศูนย์พัฒนาเด็กเล็กที่เป็นห้องพัดลมที่ไม่สามารถควบคุมปัจจัยดังกล่าวได้

สุชาติ ชัยวิเศษ และคณะ (2568) ได้ศึกษาคุณภาพอากาศและมลพิษทางชีวภาพในอาคาร ห้องสมุดมหาวิทยาลัย: กรณีศึกษามหาวิทยาลัยในจังหวัดสุราษฎร์ธานี ในการศึกษาคุณภาพอากาศภายในอาคาร (Indoor Air Quality: IAQ) โดยทำการวิจัยเชิงพรรณนาแบบภาคตัดขวางเพื่อประเมินสถานการณ์มลพิษทางอากาศทั้งทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพ โดยเน้นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยแวดล้อมกับปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศ ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้สำคัญต่อสุขภาพของพนักงานและผู้ใช้บริการอาคาร ซึ่งทำการตรวจวัด 2 วันต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ต่อเนื่องกัน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา วิเคราะห์ความแปรปรวน และวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ จากการตรวจวัดพารามิเตอร์ต่างๆ พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยภายในอาคารอยู่ที่ 24.7 ± 0.8 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศภายในอาคาร มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 68.5 ± 6.5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 551.8 ± 168.5 ppm และก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) เฉลี่ย 1.3 ± 0.1 ppm เชื้อราในอากาศภายในอาคาร มีค่าเฉลี่ย 92.2 ± 22.5 CFU/m³ แบคทีเรียในอากาศภายในอาคาร มีค่าเฉลี่ย 108.2 ± 35.9 CFU/m³ ซึ่งผลการตรวจวัด รวมถึงปริมาณแบคทีเรีย และเชื้อราทั้งหมด ส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมตามประกาศของกรมอนามัย ยกเว้น ความชื้นสัมพัทธ์ มีค่าเฉลี่ยสูงเกินกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ (ร้อยละ 50-65) โดยเฉพาะในพื้นที่ภาคใต้ที่มีความชื้นตามธรรมชาติสูงและสภาวะอากาศแปรปรวน โดยอัตราส่วนความเข้มข้นภายในต่อภายนอกอาคาร (I/O Ratio) พบว่า ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีค่า I/O Ratio เท่ากับ 1.3 และแบคทีเรียทั้งหมดมีค่า I/O Ratio เท่ากับ 1.2 การที่ค่าอัตราส่วนดังกล่าวมีค่ามากกว่า 1 แสดงให้เห็นว่ามีความเข้มข้นของมลพิษภายในอาคารสูงกว่าภายนอก ซึ่งสะท้อนถึงประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ยังไม่เพียงพอ แหล่งกำเนิดหลักมาจากกิจกรรมและกระบวนการหายใจของผู้ใช้บริการภายในอาคาร ในขณะที่ค่า I/O Ratio ของเชื้อรามีค่าเพียง 0.5 เนื่องจากแหล่งกำเนิดหลักมักอยู่ภายนอกอาคารเป็นสำคัญ ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างจุลินทรีย์และปัจจัยกำหนดคุณภาพอากาศ พบว่า ปริมาณแบคทีเรีย และเชื้อราไม่มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และก๊าซมลพิษอย่างมีนัยสำคัญ แต่พบว่ามีจำนวนผู้เข้าใช้บริการมีผลโดยตรงต่อมลพิษทางชีวภาพ โดยปริมาณแบคทีเรียในวันที่มีผู้ให้บริการจะสูงกว่าวันที่ไม่มีผู้ให้บริการอย่างมีนัยสำคัญ ในทางกลับกัน ปริมาณเชื้อราจะเพิ่มสูงขึ้นในวันที่ไม่มีผู้ให้บริการ เนื่องจากการปิดระบบปรับอากาศและพัดลมระบายอากาศในวันหยุด ส่งผลให้ความชื้นสะสมเพิ่มขึ้นและเอื้อต่อการเจริญเติบโตของเชื้อราบนหนังสือโดยห้องสมุดมหาวิทยาลัยจำเป็นต้อง

ปรับปรุงระบบระบายอากาศเพื่อลดความชื้นสะสมและเจือจางความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และแบคทีเรีย ติดตั้งพัดลมระบายอากาศเพิ่มเติม หรือเปิดระบบระบายอากาศก่อนเริ่มเวลาให้บริการ เพื่อสร้างสภาวะความสบายเชิงความร้อนและลดความเสี่ยงต่อโรคระบบทางเดินหายใจของผู้อยู่อาศัยในอาคาร

Arundel et al. (1986) ได้ศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพทางอ้อมของความชื้นสัมพัทธ์ในสภาพแวดล้อมภายในอาคาร โดยการทบทวนผลกระทบต่อสุขภาพของความชื้นสัมพัทธ์ในสภาพแวดล้อมภายในอาคารชี้ให้เห็นว่า ความชื้นสัมพัทธ์สามารถส่งผลต่อการเกิดโรคติดเชื้อทางเดินหายใจและโรคมุมิแพ้ได้ การศึกษาเชิงทดลองเกี่ยวกับแบคทีเรียและไวรัสที่ก่อให้เกิดโรคติดต่อทางอากาศแสดงให้เห็นว่า การอยู่รอดหรือความสามารถในการก่อโรคของสิ่งมีชีวิตเหล่านี้จะลดลงเมื่อสัมผัสกับความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 40 ถึง 70% จากการศึกษาทางระบาดวิทยา 9 ชิ้น พบว่า ขนาดของประชากรไรฝุ่นและเชื้อราที่ก่อให้เกิดภูมิแพ้ภายในอาคารขึ้นอยู่กับความชื้นสัมพัทธ์โดยตรง ประชากรไรฝุ่นจะมีจำนวนน้อยที่สุดเมื่อความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า 50% และมีจำนวนสูงสุดที่ความชื้นสัมพัทธ์ 80% เชื้อราส่วนใหญ่ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ถ้าความชื้นสัมพัทธ์ไม่เกิน 60% นอกจากนี้ความชื้นสัมพัทธ์ยังมีผลต่ออัตราการระเหยของฟอร์มัลดีไฮด์จากวัสดุที่ก่อสร้างภายในอาคาร อัตราการเกิดกรดและเกลือจากซัลเฟอร์และไนโตรเจนไดออกไซด์ และอัตราการเกิดโอโซน อิทธิพลของความชื้นสัมพัทธ์ต่อปริมาณสารก่อภูมิแพ้ เชื้อโรค และสารเคมีที่เป็นอันตราย บ่งชี้ว่าระดับความชื้นสัมพัทธ์ภายในอาคารควรได้รับการพิจารณาเป็นปัจจัยหนึ่งของคุณภาพอากาศภายในอาคาร ผลกระทบต่อสุขภาพที่ไม่พึงประสงค์ส่วนใหญ่ที่เกิดจากความชื้นสัมพัทธ์จะลดลงได้โดยการรักษาระดับความชื้นสัมพัทธ์ภายในอาคารให้อยู่ระหว่าง 40 ถึง 60% ซึ่งจะต้องมีการเพิ่มความชื้นในอากาศในช่วงฤดูหนาวในพื้นที่ที่มีอากาศหนาวเย็น ควรใช้เครื่องเพิ่มความชื้นแบบระเหยหรือแบบไอน้ำเนื่องจากเครื่องเพิ่มความชื้นแบบละอองเย็นอาจกระจายละอองลอยที่ปนเปื้อนสารก่อภูมิแพ้ได้

Kildeso et al. (1998) ได้ศึกษาวิจัยเชิงทดลองเกี่ยวกับผลของการปรับปรุงวิธีการทำความสะอาดต่อความเข้มข้นและองค์ประกอบของฝุ่น พบว่าการทำความสะอาดที่ไม่เพียงพออาจเป็นสาเหตุของกลุ่มอาการอาคารป่วย (Sick Building Syndrome) ซึ่งมีการทดสอบวิธีการทำความสะอาดหลายวิธีเพื่อตรวจสอบว่าวิธีการเหล่านั้นช่วยลดความเข้มข้นของฝุ่นละอองในอากาศ ฝุ่นละอองบนพื้นผิว หรือลดความเข้มข้นของส่วนประกอบทางจุลชีววิทยาต่างๆ ในฝุ่น การทดลองได้ดำเนินการในอาคารบริหาร โรงเรียน และโรงเรียนอนุบาล มีการวัดปริมาณฝุ่นสัปดาห์ละหนึ่งวันเป็นเวลา 28 สัปดาห์ โดยใช้วิธีการทำความสะอาดที่แตกต่างกัน ความเข้มข้นของฝุ่นละอองในอากาศวัดโดยการเก็บตัวอย่างบนแผ่นกรองในระหว่างวัน ความเข้มข้นของฝุ่นบนพื้นผิววัดโดยวิธีเก็บตัวอย่างด้วยแผ่นพอยล์ BM-Dustdetector เก็บตัวอย่างจากพื้น แล้วนำไปวิเคราะห์หาส่วนประกอบทางจุลชีววิทยาต่างๆ การเก็บตัวอย่างจากพื้นผิวและพื้น ดำเนินการก่อนการทำความสะอาดเพื่อ

ตรวจสอบระดับที่ผู้พักอาศัยในห้องได้รับสัมผัส หนึ่งในผลการวิจัยพบว่าความเข้มข้นของฝุ่นบนพื้นผิวที่เข้าถึงได้ง่ายลดลง นอกจากนี้ยังพบความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นบนพื้นผิวและฝุ่นละอองในอากาศด้วย นอกจากนี้ ยังพบความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่วัดได้กับปัจจัยอื่นๆ เช่น กิจกรรมในระหว่างวัน และสภาพภูมิอากาศ

Hamada & Fujita (2002) ได้ศึกษาผลกระทบของเครื่องปรับอากาศต่อการปนเปื้อนของเชื้อรา โดยการศึกษาเชื้อราในฝุ่นของแผ่นกรองเครื่องปรับอากาศ 49 คริวเรือน โดยเก็บตัวอย่างในช่วงปลายเดือนสิงหาคมและต้นเดือนกันยายน หลังจากการทำความสะอาดแผ่นกรองในเดือนมิถุนายน พบว่าการปนเปื้อนของเชื้อราโดยเฉลี่ยในตัวกรองเครื่องปรับอากาศสูงกว่าในพรมประมาณ 5 เท่า และ เชื้อรา สกุล *Cladosporium* และ *Penicillium* ซึ่งเป็นเชื้อราที่พบมากที่สุดในตัวกรองเครื่องปรับอากาศ โดยพบการปนเปื้อนของเชื้อราภายในเครื่องปรับอากาศที่ใช้งานทุกวัน เพิ่มขึ้นมากกว่าเครื่องที่ไม่ค่อยใช้งาน นอกจากนี้ การปนเปื้อนของเชื้อราในอากาศในห้องขณะเปิดเครื่องปรับอากาศ สูงกว่าในห้องที่ไม่ได้เปิดเครื่องปรับอากาศประมาณ 2 เท่า และมีปริมาณเชื้อสูงที่สุดเมื่อเริ่มเปิดเครื่องปรับอากาศและลดลงตามเวลา

Aryal et al. (2008) ได้ศึกษาที่ศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ตามฤดูกาลในหุบเขากาฐมาณฑุ ประเทศเนปาล โดยใช้ข้อมูลจากการสุ่มตัวอย่างต่อเนื่องใน 6 พื้นที่ ที่ตรวจวัดด้วยการเก็บตัวอย่างแบบต่อเนื่องโดยใช้เครื่องเก็บตัวอย่างอากาศปริมาตรต่ำ ระหว่าง ต.ค. 2545 – มี.ค. 2550 พบว่า พื้นที่ที่มีมลพิษสูงสุดได้แก่บริเวณเขตเมืองที่มีการจราจรหนาแน่น มีค่าเฉลี่ยรายปีสูงถึง 170 - 230 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร พื้นที่ที่มีมลพิษต่ำสุด คือเขตพื้นที่ราบสูงหรือพื้นที่ชนบท มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 42 - 56 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โดยในฤดูหนาว (ธันวาคม - กุมภาพันธ์) เป็นช่วงที่มีค่าฝุ่นสูงสุดในเขตเมือง เนื่องจากอุณหภูมิต่ำและลมสงบทำให้ฝุ่นสะสมตัวและไม่ระบายออกไป ส่วนในเขตชนบท จะพบค่าฝุ่นสูงสุดในช่วงฤดูใบไม้ผลิ (เมษายน - พฤษภาคม) แทนที่จะเป็นฤดูหนาว เนื่องจากสภาพอากาศที่แห้งทำให้เกิดฝุ่นและละอองเกสรฟุ้งกระจาย โดยความสามารถในการผสมผสานของอากาศในหุบเขาขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความเร็วลม ในฤดูหนาวอากาศมักจะนิ่ง (เกิดสภาวะอุณหภูมิผกผัน) ทำให้มลพิษถูกกักไว้ใกล้พื้นดิน และแต่ละพื้นที่มีความเกี่ยวข้องกันน้อย (Poor Correlation) เพราะมลพิษมักกระจุกตัวตามแหล่งกำเนิดของตนเอง แต่ในฤดูมรสุมและหลังมรสุม ทุกพื้นที่จะมีความสัมพันธ์ของค่าฝุ่นไปในทิศทางเดียวกันดีขึ้น เนื่องจากการถ่ายเทอากาศที่ดี

Chithra & Shiva (2012) ได้มีการตรวจวัดคุณภาพอากาศ ได้แก่ ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10, 2.5, 1 ไมโครเมตร, CO, CO₂, VOCs, แบคทีเรียในอากาศ, ความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิ ภายในอาคารเรียน ซึ่งตั้งอยู่ใกล้ถนนในเมืองเจนไน ประเทศอินเดีย ในช่วงฤดูหนาว และฤดูร้อน ของปี พ.ศ. 2554 พบว่าอัตราส่วนระหว่างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10, 2.5, 1 ไมโครเมตร และ คาร์บอนมอนนอกไซด์

ภายในอาคารต่อนอกอาคารมีค่าเท่ากับ 2.52 ± 2.71 , 1.44 ± 0.67 , 0.97 ± 0.18 และ 0.51 ± 0.38 ตามลำดับ ซึ่งค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ภายในอาคารต่อนอกอาคารที่สูงบ่งชี้ว่ามีส่วนสำคัญจากกิจกรรมของผู้อยู่อาศัยภายในห้องเรียน ส่วนค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5, 1 ไมโครเมตร และคาร์บอนมอนอกไซด์ ภายในอาคารต่อนอกอาคารที่มีค่าต่ำนั้น เป็นการยืนยันว่าการปล่อยมลพิษมาจากยานพาหนะจากถนนข้างเคียง ส่งผลให้ภายในอาคารได้รับอิทธิพลจากความเข้มข้นของมลสารในอากาศที่ปล่อยออกมาจากการจราจร นอกจากนี้มลพิษทางอากาศภายในอาคารที่ตรวจวัด พบว่า ความเข้มข้นของฝุ่นละอองสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในช่วงเวลาที่มีคนอยู่ในห้องเรียนเมื่อเทียบกับช่วงเวลาที่ไม่มีคนอยู่ เนื่องจากไม่มีแหล่งกำเนิดอนุภาคขนาดใหญ่ภายในอาคาร จึงคาดว่ากิจกรรมของมนุษย์เป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อฝุ่นละอองขนาดใหญ่

Alves et al. (2013) พารามิเตอร์ความสบายและฝุ่นละออง (PM_{10} และ $PM_{2.5}$) ในห้องเรียนและอากาศภายนอกอาคาร โดยทำการศึกษาในโรงเรียนประถมศึกษา 8 แห่ง และอนุบาลในเมืองอาเวโร 1 แห่ง ประเทศโปรตุเกส ช่วงเดือนมกราคมปี 2555 โดยตรวจวัดค่าอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และสารอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมด รวมถึงเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองทั้งภายในและภายนอกห้องเรียน และนำมาวิเคราะห์หาค่าคาร์บอนอินทรีย์ (OC), คาร์บอนธาตุ (EC), คาร์บอนเนต และไอออนอนินทรีย์ที่ละลายน้ำได้ พบว่า นักเรียนมีการสัมผัสกับฝุ่นละอองในระดับสูง โดยเฉพาะในโรงเรียนที่มีความหนาแน่นของนักเรียนสูงและมีสนามเด็กเล่นที่เป็นพื้นดิน ระดับฝุ่นในห้องเรียนสูงกว่าภายนอก ($I/O \text{ ratio} > 1$) ซึ่งเกิดจากกิจกรรมของนักเรียน อนุภาคดินสามารถติดตามรองเท้าหรือเสื้อผ้าของนักเรียนมาจากภายนอกอาคารได้ และกิจกรรมต่างๆ ของนักเรียนทำให้เกิดกระบวนการฟุ้งกระจาย (resuspension) ของฝุ่นที่ตกค้างอยู่ การเคลื่อนไหวของเด็กนักเรียนทำให้ฝุ่นที่ตกตะกอนอยู่ที่พื้นฟุ้งกระจายกลับขึ้นมาใหม่ ซึ่งส่วนหนึ่งมาจากเศษผิวหนังที่หลุดลอกหรือฝุ่นจากเสื้อผ้า นอกจากนี้ยังพบว่าระดับฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร สูงสุดในช่วงที่มีการทำความสะอาดหลังเลิกเรียน โดยเฉพาะการกวาดพื้นจะทำให้ฝุ่นสูงกว่าการใช้เครื่องดูดฝุ่นหรือการถูพื้น และเมื่อวิเคราะห์แผ่นกรองฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร พบว่า อัตราส่วน OC/EC Ratio มีสัดส่วนคาร์บอนอินทรีย์ (OC) สูงกว่าคาร์บอนธาตุ (EC) ถึง 4-10 เท่าภายในอาคาร บ่งชี้ว่ามาจากแหล่งกำเนิดภายใน เช่น การใช้เครื่องเขียน สารทำความสะอาด หรือปฏิกิริยาเคมีในห้อง พบ Sulphate และ Nitrate ซึ่งเป็นไอออนหลักที่พบซึ่งส่วนใหญ่แพร่มาจากอากาศภายนอกอาคาร (Outdoor Infiltration) และ Calcium (Ca^{2+}) เป็นไอออนชนิดเดียวที่มีค่าในอาคารสูงกว่านอกอาคารอย่างชัดเจน ซึ่งมาจากการใช้ชอล์กเขียนกระดาน และการเสื่อมสภาพของวัสดุก่อสร้าง

Faridi et al. (2014) ได้ทำการศึกษาเรื่อง ความสัมพันธ์ในอาคารและนอกอาคารของ ความเข้มข้นของแบคทีเรียและราในบ้านพักคนชราและหอพักโรงเรียนในเมืองเตหะราน ประเทศ อิหร่าน โดยเก็บตัวอย่างในเดือน พฤษภาคม 2555 ถึง พฤษภาคม 2566 และมีการเปรียบเทียบการ เก็บตัวอย่าง แบบ active และ passive ซึ่งในวิธีแบบ active ใช้เครื่อง single-stage Andersen sampler และแบบพาสซีฟใช้ settle plate พบว่า ความเข้มข้นของแบคทีเรียภายในและนอกอาคาร บ้านพักคนชรา มีค่าเฉลี่ย 468 CFU/m^3 และ 300 CFU/m^3 ตามลำดับ ส่วนความเข้มข้นของ แบคทีเรียภายในและนอกอาคารหอพักนักเรียนมีค่าเฉลี่ย 371 CFU/m^3 และ 300 CFU/m^3 ตามลำดับ ในขณะที่ความเข้มข้นของราภายในและนอกอาคารบ้านพักคนชรา มีค่าเฉลี่ย 124 CFU/m^3 และ 177 CFU/m^3 ตามลำดับ ส่วนของความเข้มข้นของราในหอพักนักเรียนมีค่าเฉลี่ย 371 CFU/m^3 และ 300 CFU/m^3 ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของแบคทีเรียในอาคารสูงกว่า นอกอาคาร ส่วนเชื้อราในอาคารมีความเข้มข้นต่ำกว่าที่พบนอกอาคาร

Li & Feng (2017) ได้ทำการศึกษาการวิเคราะห์อนุภาคฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครเมตร ภายนอกอาคารส่งผลต่อคุณภาพอากาศภายในอาคารของห้องสมุดของมหาวิทยาลัย ทาง ตอนเหนือของประเทศจีนในฤดูหนาว โดยศึกษาในช่วงเดือนธันวาคมและมกราคม ซึ่งมีการเลือกวันในการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครเมตร ในวันที่มีแดดจัด วันที่มีหมอกควันเบา วันที่มี หมอกควันมาก และวันที่มีหมอกควันรุนแรง พบว่า ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครเมตร นอกอาคาร ในวันที่มีแดดจัด วันที่มีหมอกควันเบา วันที่มีหมอกควันมาก และวันที่มี หมอกควันรุนแรง มีค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครเมตร เป็น 72.6 141 300.3 และ 549.3 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ส่วนความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครเมตร ในอาคาร ในวันที่มีแดดจัด วันที่มีหมอกควันเบา วันที่มีหมอกควันมาก และวันที่มีหมอก ควันรุนแรง มีค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครเมตร 82 125.7 258 และ 451 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ซึ่งค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครเมตร ในอาคารมีค่าสูงกว่านอกอาคารในวันที่แดดจ้า แต่ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครเมตร วันที่มีหมอกควันเบา วันที่มีหมอกควันมาก วันที่มีหมอกควันรุนแรง พบว่านอกอาคารมี ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครเมตร สูงกว่าในอาคาร ซึ่งความเข้มข้นภายใน อาคารเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครเมตร ภายนอก อาคาร

Mohammadyan et al. (2017) ได้ศึกษาความสัมพันธ์มลพิษทางอากาศจากฝุ่นละออง ระหว่างภายในและภายนอกห้องเรียนของโรงเรียน และปัจจัยกำหนดความเข้มข้นของฝุ่นละออง ภายในอาคาร โดยดำเนินการศึกษาในโรงเรียนประถมศึกษา 6 แห่ง ในเมืองซารี ทางตอนเหนือของ ประเทศอิหร่าน ทำการตรวจวัดฝุ่นละอองโดยใช้เครื่องตรวจวัดฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 1, 2.5 และ 10

ไมโครเมตร แบบ Real-time เป็นเวลา 26 วัน ครอบคลุมฤดูใบไม้ร่วง ฤดูหนาว และฤดูใบไม้ผลิ โดยตรวจวัดในช่วงเวลาเรียนปกติ (08.00 – 12.30 น.) พบว่า ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร ภายในห้องเรียน สูงกว่าภายนอกห้องเรียนอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีอัตราส่วนความเข้มข้นภายในต่อภายนอก (I/O Ratio) ของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 และ 10 ไมโครเมตร มากกว่า 1 เฉลี่ย 1.45 และ 1.51 ตามลำดับ ซึ่งบ่งชี้ว่ามีแหล่งกำเนิดมลพิษภายในห้องเรียน เนื่องจากการที่ระดับฝุ่นภายในสูงกว่าภายนอก (I/O > 1) ส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากกิจกรรมของนักเรียนที่ทำให้ฝุ่นที่สะสมบนพื้น ฟูกระจายขึ้นมาใหม่ (Resuspension) และจากการใช้ชอล์กเขียนกระดานดำ ซึ่งต่างจากงานวิจัยในประเทศพัฒนาแล้วที่มักมีระบบกรองอากาศทำให้ฝุ่นภายในต่ำกว่าภายนอก ประกอบกับอิทธิพลของสภาพอากาศที่อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์มีผลย้อนกลับ (Inverse association) กับระดับฝุ่น เนื่องจากในสภาวะอากาศเย็นที่นักเรียนปิดหน้าต่าง จะส่งผลให้การระบายอากาศลดลงและเกิดการสะสมของฝุ่นภายในห้องเรียนมากขึ้น โดยพื้นที่หน้าต่างและจำนวนนักเรียนเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อระดับฝุ่น ซึ่งโดยการลดจำนวนนักเรียนในห้องหรือการจัดการระบบระบายอากาศที่เหมาะสมเป็นแนวทางสำคัญในการลดการรับสัมผัสมลพิษของเด็กนักเรียน

Nakapan & Choopun (2018) ที่ศึกษาการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ของความสัมพัทธ์ระหว่างปัจจัยทางสภาพภูมิอากาศกับการแพร่กระจายของมลพิษทางอากาศในจังหวัดเชียงใหม่ ประเทศไทย ช่วงเดือนมกราคมถึงพฤษภาคม ปี 2555-2557 ซึ่งเป็นช่วงที่เกิดปัญหาหมอกควันรุนแรง พบว่า ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร และ คาร์บอนมอนนอกไซด์ มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่คล้ายคลึงกัน โดยจะมีค่าสูงสุดในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเมษายน และลดลงสู่ระดับปกติในเดือนพฤษภาคม ซึ่งมลพิษเหล่านี้ส่วนใหญ่เกิดจากการเผาในที่โล่งในภาคเกษตรกรรม เพื่อเตรียมพื้นที่สำหรับการเพาะปลูกรอบถัดไป ทั้งในพื้นที่เชียงใหม่ จังหวัดใกล้เคียง และประเทศเพื่อนบ้าน (เมียนมา) ซึ่งมักพบความเข้มข้นของมลพิษสูงในเขตตอนเหนือและตอนกลางของจังหวัดเชียงใหม่ จากความสัมพันธ์ พบว่า ความชื้นสัมพัทธ์มีความสัมพันธ์ผกผันกับฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร อย่างชัดเจน หากมีความชื้นสูงจะช่วยลดปริมาณฝุ่นลงได้ เนื่องจากความชื้นทำให้ละอองเกสรและอนุภาคฝุ่นมีขนาดใหญ่ขึ้นและตกตะกอนได้ง่ายขึ้น ส่วนอุณหภูมิไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร เนื่องจาก ความเข้มข้นของฝุ่นมีความเกี่ยวข้องกับ ความสูงเชิงภูมิศาสตร์ มากกว่าตัวแปรด้านอุณหภูมิเพียงอย่างเดียว แม้อุณหภูมิที่สูงขึ้นในฤดูร้อนจะ ช่วยส่งเสริมการผสมผสานของชั้นบรรยากาศ (Mixing layer height) ซึ่งช่วยเจือจางฝุ่นให้ลดลงได้บ้าง แต่อุณหภูมิก็กไม่ใช้ตัวแปรหลักที่กำหนดการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของฝุ่นในพื้นที่นี้ ส่วนก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ ความสัมพันธ์กับอุณหภูมิก็กอยู่ในระดับ ต่ำมาก แม้จะพบว่าทั้งอุณหภูมิ และคาร์บอนมอนนอกไซด์มีค่าสูงพร้อมกันในช่วงเดือนมีนาคมและเมษายน แต่ความสัมพันธ์นี้เกิดจาก กิจกรรมการเผาชีวมวลและเศษวัสดุทางการเกษตร ที่เกิดขึ้นในช่วงฤดูแล้งเป็นหลัก ไม่ได้เกิดจาก

อุณหภูมิโดยตรง ประกอบกับสภาพภูมิอากาศที่นิ่งในช่วงฤดูร้อน ลักษณะภูมิประเทศแบบหุบเขาของ เชียงใหม่ เป็นปัจจัยหลักที่ทำให้คาร์บอนมอนอกไซด์สะสมตัวได้สูง ไม่ใช่อุณหภูมิที่เป็นตัวขับเคลื่อน

Morakinyo et al. (2019) ได้ศึกษาองค์ประกอบทางชีวภาพของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร ในพื้นที่เขตอุตสาหกรรมเมืองพริทอเรียตะวันตก ประเทศแอฟริกาใต้ โดยทำการเก็บ ตัวอย่างในฤดูหนาวและฤดูร้อน เพื่อวิเคราะห์หาความเข้มข้นของแบคทีเรียและเชื้อรา รวมถึง ความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสูดดมในบริเวณใกล้แหล่งอุตสาหกรรมในแอฟริกาใต้ ผลการศึกษาพบ ความเข้มข้นของแบคทีเรียโดยรวม (168-378 CFU/m³) มีค่าสูงกว่าความเข้มข้นของเชื้อรา (58-155 CFU/m³) และพบว่าความเข้มข้นของทั้งแบคทีเรียและเชื้อราในฤดูร้อนสูงกว่าในฤดูหนาว เนื่องจาก อุณหภูมิที่ต่ำในฤดูหนาวอาจชะลอการเจริญเติบโตและกิจกรรมทางสรีรวิทยาของจุลินทรีย์ ในขณะที่ อุณหภูมิที่สูงขึ้นในฤดูร้อนส่งเสริมการเจริญเติบโตของไบโอแอโรซอลได้ดีกว่า สำหรับชนิดของ จุลินทรีย์ที่พบในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร พบแบคทีเรียกลุ่ม Gram-positive (เช่น *Staphylococcus* spp., *Bacillus* spp., และ *Micrococcus* spp.) ถูกตรวจพบมากกว่ากลุ่ม Gram-negative (เช่น *Flavobacterium* spp., *Klebsiella* spp., และ *Pseudomonas* spp.) เนื่องจากความทนทานต่อสภาวะแวดล้อมที่รุนแรงได้ดีกว่า ส่วนเชื้อราที่พบมากที่สุดคือ *Cladosporium* spp. รองลงมาคือ *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp., *Fusarium* spp., และ *Alternaria* spp. นอกจากนี้ ยังได้ประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการหายใจ โดยใช้แบบจำลองของ US EPA เพื่อคำนวณอัตราโดสที่ได้รับตามช่วงอายุ ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า เด็กโดยเฉพาะช่วงอายุ 2-5 ปี มีอัตราการได้รับสัมผัสเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนักตัวสูงกว่ากลุ่มทารกและ ผู้ใหญ่ทั้งในช่วงฤดูร้อนและฤดูหนาว ซึ่งสอดคล้องกับปัจจัยทางสรีรวิทยาของเด็กที่มีอัตราการหายใจ ถี่กว่าและมีกิจกรรมทางกายภาพที่มากกว่าผู้ใหญ่ การศึกษานี้จึงสรุปว่าการสัมผัสฝุ่นละอองขนาดไม่ เกิน 2.5 ไมโครเมตร ที่มีองค์ประกอบทางชีวภาพอาจเพิ่มความเสี่ยงต่อสุขภาพ โดยเฉพาะในกลุ่ม ประชากรที่เปราะบางอย่างเด็ก

Hu et al. (2020) ได้ศึกษาความอุดมสมบูรณ์และความสามารถในการดำรงอยู่ของแบคทีเรีย ที่เกาะติดอนุภาคและลอยอิสระในอากาศที่มีฝุ่นและไม่มีฝุ่น ในภาคตะวันตกเฉียงใต้ของประเทศญี่ปุ่น ในช่วงฤดูใบไม้ผลิปี 2013-2016 ซึ่งเป็นช่วงที่ลมตะวันตกมักพัดพาฝุ่นจากทวีปเอเชียมายังพื้นที่ โดยใช้เครื่องเก็บตัวอย่างอากาศแบบแยกขนาด (Andersen cascade impactors) การศึกษานี้ จำแนกแบคทีเรียออกเป็นสองกลุ่มตามขนาดอนุภาค คือ แบคทีเรียที่เกาะติดอนุภาค และนับจำนวน เซลล์แบคทีเรียด้วยแสงฟลูออเรสเซนซ์ ผลการศึกษาพบว่า ในช่วงที่มีพายุฝุ่น ความเข้มข้นเฉลี่ยของ แบคทีเรียรวมอยู่ที่ 4.4×10^5 เซลล์ต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งสูงกว่าช่วงปกติที่มีค่าเฉลี่ย 2.0×10^5 เซลล์ต่อ ลูกบาศก์เมตร อย่างมีนัยสำคัญ โดยในช่วงพายุฝุ่น สัดส่วนของแบคทีเรียที่เกาะติดกับอนุภาคฝุ่นมีมาก ถึงร้อยละ 72 ของแบคทีเรียทั้งหมด ในขณะที่ช่วงอากาศปกติสัดส่วนดังกล่าวลดลงเหลือร้อยละ 56

ข้อมูลนี้ชี้ให้เห็นว่าอนุภาคฝุ่นทำหน้าที่เป็นพาหะสำคัญในการขนส่งแบคทีเรียจำนวนมากไปในบรรยากาศ

Amnuaylojaroen et al. (2020) ได้ศึกษาการเคลื่อนย้ายมลพิษ PM_{2.5} จากเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ในระยะไกลสู่ภาคเหนือของประเทศไทยในช่วงที่มีการเผาไหม้ชีวมวลในปริมาณสูง โดยประยุกต์ใช้แบบจำลองบรรยากาศและมลพิษทางอากาศแบบบูรณาการ ซึ่งอิงตามแบบจำลองการวิจัยและการพยากรณ์สภาพอากาศ (WRF) และแบบจำลองวิธีการเคลื่อนที่แบบบูรณาการของอนุภาคเดี่ยวแบบไฮบริด (HYSPLIT) ผลลัพธ์จากแบบจำลองถูกนำมาเปรียบเทียบกับการวัดภาคพื้นดินจากกรมควบคุมมลพิษ เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของแบบจำลอง จากการประเมินแบบจำลอง พบว่าตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาที่มีความสอดคล้องกับข้อมูลการสังเกตการณ์เป็นอย่างดี โดยใช้ดัชนีความสอดคล้อง (IOA) ซึ่งอุณหภูมิ มีค่าอยู่ในช่วง 0.57 ถึง 0.79 และ ความเร็วลมมีค่าอยู่ในช่วง 0.32 ถึง 0.54 ในขณะที่ค่าความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิและความเร็วลมอยู่ที่ 1.3 ถึง 2.5 องศาเซลเซียส และ 1.2 ถึง 2.1 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ จากการใช้ภาพถ่ายดาวเทียมจากเครื่องมือวัดรังสีเอกซ์แบบภาพปานกลาง (MODIS) พบว่า การเผาไหม้ชีวมวลจากประเทศเพื่อนบ้านมีศักยภาพที่จะก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศในภาคเหนือของประเทศไทยมากกว่าการปล่อยมลพิษภายในประเทศ ซึ่งแสดงให้เห็นได้จากจำนวนจุดที่มีมลพิษสูงในพม่าที่มีมากกว่าในประเทศไทยถึงสองเท่า ภายใต้อิทธิพลของสองช่องทางหลักของมรสุมเอเชีย ได้แก่ ลมตะวันออกเฉียงและลมตะวันตกเฉียงเหนือที่พัดพามลพิษจากประเทศเพื่อนบ้านมาสู่ภาคเหนือของประเทศไทย

Kaewrat et al. (2021) ได้ศึกษาคุณภาพอากาศภายในอาคารและการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของมนุษย์ในห้องเรียนแบบเปิดโล่ง ในโรงเรียนประถมแห่งหนึ่งที่จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยห้องเรียนมีการติดตั้งพัดลมเพดานเพื่อช่วยลดอุณหภูมิและเพิ่มการระบายอากาศ โดยทั่วไปจะเปิดประตูและหน้าต่างตลอดทั้งวันให้อากาศไหลผ่านได้อย่างอิสระ ตามธรรมเนียมไม่สวมรองเท้าในห้องเรียน และใช้ไวท์บอร์ดแทนชอล์กเพื่อลดฝุ่น จากการศึกษา พบว่า ความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ ภายในอาคารอยู่ในช่วง 46.40–77.83 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งประมาณ 0.8 เท่าของค่าไนโตรเจนไดออกไซด์ภายนอกอาคาร นอกจากนี้ยังพบความสัมพันธ์ที่สูง (ค่าสหสัมพันธ์ $r = 0.90$ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99%) ซึ่งบ่งชี้ว่าไนโตรเจนไดออกไซด์มาจากแหล่งกำเนิดเดียวกัน และโรงเรียนนี้ไม่มีแหล่งกำเนิดไนโตรเจนไดออกไซด์ภายในที่เด่นชัด (เช่น คิวบ์หรืออุปกรณ์เผาไหม้เชื้อเพลิงในอาคาร) ส่วนค่าอัตราส่วนในอาคารต่อนอกอาคาร (I/O) ของไนโตรเจนไดออกไซด์อยู่ในช่วง 0.69–0.90 และไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างฤดูกาล จึงบ่งชี้ว่าไนโตรเจนไดออกไซด์ภายนอกสามารถมีส่วนสำคัญต่อไนโตรเจนไดออกไซด์ภายในห้องเรียน โดยงานวิจัยอื่น ๆ ระบุว่าค่า อัตราส่วนในอาคารต่อนอกอาคารของไนโตรเจนไดออกไซด์ ในโรงเรียนขึ้นกับหลายปัจจัย เช่น ประเภทการระบายอากาศ อัตราแลกเปลี่ยนอากาศ ความรั่วซึมของอาคาร ระยะห่างจากแหล่ง

มลพิษ และพฤติกรรมผู้ใช้อาคาร เช่น การเปิดหน้าต่าง และโดยทั่วไปตัวอาคารสามารถกันไนโตรเจนไดออกไซด์จากภายนอกได้จำกัด ทำให้ความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ภายในอาจขึ้นสูงใกล้เคียงภายนอกได้ สำหรับฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร เมื่อเปรียบเทียบในต่อภายนอกอาคารพบว่า อัตราส่วนในอาคารต่อนอกอาคารของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร ประมาณ 0.1 ในฤดูฝน และ 0.4 ในฤดูร้อน และความเข้มข้นฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร ภายในต่อนอกอาคาร ไม่สัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ (r ค่อนข้างต่ำทั้งสองฤดู) อาจเนื่องมาจากแหล่งกำเนิดภายในและปัจจัยอุตุนิยมวิทยา อาจมีบทบาทสูงในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร ภายในอาคารมากกว่ามลพิษจากภายนอกเพียงอย่างเดียว อาจเนื่องมาจาก (1) สภาพอุตุนิยมวิทยา โดยเฉพาะความชื้นสัมพัทธ์อาจช่วยลดฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร ในฤดูฝน และ (2) กิจกรรมทางกายภาพของนักเรียนสามารถทำให้ฝุ่น “ฟุ้งกลับ” (resuspension) จากฝุ่นที่ตกสะสมเดิมในห้องเรียน ส่งผลให้ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร ภายในสูงขึ้นในช่วงมีการใช้งานห้องเรียน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยอื่นที่พบว่าห้องที่มีคนอยู่มักมีฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร สูงกว่าห้องที่ไม่มีคน

Garcia et al. (2021) ที่ศึกษาการวิเคราะห์ความเข้มข้นของโอโซนระหว่างปี ค.ศ. 2002–2020 ในอากาศเขตเมืองทางตอนเหนือของประเทศสเปน เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลการตรวจวัด โอโซนใกล้พื้นดินจากสถานีตรวจวัด 5 แห่งในเขตเมืองบายาโดลิคบนที่ราบสูงตอนบนของประเทศสเปน พบว่าค่าเฉลี่ยความเข้มข้นสูงสุดจะเกิดในช่วงบ่ายประมาณ 15.00 น. โดยมีค่าระหว่าง 73.8–80.9 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งแสดงให้เห็นอิทธิพลของกระบวนการโฟโตเคมี ที่ได้รับจากรังสีดวงอาทิตย์ต่อการเกิดโอโซน ขณะที่ระดับต่ำสุดพบในช่วงกลางคืนและเช้ามืดประมาณ 07.00 น. มีค่าระหว่าง 23.4–32.3 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งเกี่ยวข้องกับการที่โอโซนถูกลดลงจากปฏิกิริยากับไนตริกออกไซด์ และกระบวนการการตกสะสม ในด้านการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล พบว่าเดือนที่มีค่าโอโซนสูงอยู่ในช่วงฤดูใบไม้ผลิ-ฤดูร้อน ระหว่างเดือน พฤษภาคมถึงกรกฎาคม โดยเดือนกรกฎาคมมีค่าสูงที่สุด นอกจากนี้ เมื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างโอโซนกับความเร็วลม พบความสัมพันธ์ที่อ่อนแต่เป็นบวก และมีนัยสำคัญที่ 95% ซึ่งการเปลี่ยนแปลงความเร็วลมมีผลต่อการก่อตัวการกระจายตัวของโอโซน ความแปรปรวนระหว่างชั้นบรรยากาศ และรูปแบบลมในพื้นที่

Shelton et al. (2022) ได้ศึกษาความแปรผันตามฤดูกาลของมลพิษทางอากาศและความสัมพันธ์กับพารามิเตอร์ทางอุตุนิยมวิทยาในสภาพแวดล้อมเขตเมือง ของประเทศศรีลังกา พบว่าฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร 10 ไมโครเมตร ไนโตรเจนไดออกไซด์ คาร์บอนมอนอกไซด์ โอโซน และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ในเมืองโคลัมโบและแคนดี มีค่าสูงสุดสองช่วงในช่วงเช้า (ประมาณ 07.00–09.00 น. ตามเวลาท้องถิ่น) และในช่วงเย็น (ประมาณ 18.00–20.00 น. ตามเวลาท้องถิ่น) ซึ่งสภาวะการปั่นป่วนต่ำของชั้นบรรยากาศระดับล่าง ในช่วงเช้าและเย็น ส่งผลให้มลพิษไม่สามารถ

แพร่กระจายได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้ตรวจพบความเข้มข้นของมลพิษสูงในช่วงเวลาดังกล่าว โดยความเข้มข้นของโอโซนในช่วงกลางวันสูงกว่าช่วงกลางคืน และพบความสัมพันธ์เชิงผกผันระหว่างความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์และโอโซน ซึ่งความสัมพันธ์นี้อธิบายได้จากการเกิดปฏิกิริยาเคมีแสง (Photochemical reactions) ที่กระตุ้นโดยแสงแดด โดยในช่วงกลางวันไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) จะก่อตัวขึ้นจากปฏิกิริยาระหว่าง ไนตริกออกไซด์ (NO) และ โอโซน (O_3) จากนั้นไนโตรเจนไดออกไซด์ จะถูกเปลี่ยนกลับไปเป็น ไนตริกออกไซด์ อีกครั้งผ่านกระบวนการแยกสลายด้วยแสง (Photolysis) และสร้างโอโซนขึ้นมาใหม่ นอกจากนี้ยังพบว่าการแปรผันตามฤดูกาลที่ชัดเจนของความเข้มข้นมลพิษในทั้งสองเมือง โดยในเมืองโคลัมโบตรวจพบความเข้มข้นมลพิษต่ำที่สุดในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (SWM) เนื่องจากกระแสลมระดับต่ำจากทิศทางทะเลอาหรับที่พัดเข้าหาสถานีตรวจวัดนั้นผ่านแหล่งกำเนิดมลพิษน้อยกว่า และช่วยในการแพร่กระจายมลพิษ ในขณะที่ช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (NEM) กระแสลมจะพัดผ่านแหล่งกำเนิดมลพิษ (โรงไฟฟ้าและเขตอุตสาหกรรม) ซึ่งนำพามลพิษมายังสถานีตรวจวัดมากขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นพฤติกรรมตามฤดูกาลของก๊าซมลพิษในลักษณะเดียวกัน คือมีความเข้มข้นสูงในฤดูหนาวและต่ำในฤดูร้อน ซึ่งการแปรผันตามฤดูกาลของมลพิษเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา เช่น ความเร็วลม ความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิ นอกจากการหมุนเวียนอากาศขนาดใหญ่แล้ว การหมุนเวียนอากาศระดับท้องถิ่น (ลมทะเล) ยังส่งผลต่อการกระจายตัวของมลพิษในสภาพแวดล้อมเมืองชายฝั่งได้ด้วย

Zender-Swiercz et al. (2024) ได้ทำการศึกษาอุณหภูมิและความชื้นของอากาศต่อความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร และ ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร รอบสถานศึกษา 9 แห่ง ในประเทศโปแลนด์ ซึ่งอยู่ในเขตภูมิอากาศอบอุ่น พบว่า ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ได้รับอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญจากพื้นที่ โดยพื้นที่ที่จัดอยู่ในกลุ่ม คุณภาพอากาศดี เป็นพื้นที่หมู่บ้านขนาดเล็ก มีอาคารน้อย และมีการจราจรถนนต่ำ พื้นที่กลุ่ม ที่มีคุณภาพอากาศปานกลาง เป็นเขตเมืองขนาดใหญ่ขึ้นและมีความหนาแน่นของอาคารสูงกว่า ส่วนพื้นที่กลุ่มที่มีคุณภาพอากาศแย่มากเป็นเขตเมืองที่มีอาคารหนาแน่นและการจราจรหนาแน่น ดังนั้น ความเข้มข้นของฝุ่นละอองจึงได้รับอิทธิพลมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงเพื่อให้ความร้อนในอาคารและการจราจรถนน จากความสัมพันธ์ระหว่างสภาพอุตุนิยมวิทยากับความเข้มข้นของพื้นที่ที่มีคุณภาพอากาศปานกลาง ฝุ่นละอองมีความสัมพันธ์เชิงลบกับอุณหภูมิ และสัมพันธ์เชิงบวกกับความชื้น ในขณะที่พื้นที่ที่มีคุณภาพอากาศแย่มาก ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับความเข้มข้นของฝุ่นละออง ส่วนในพื้นที่ที่มีคุณภาพอากาศดี พบความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละอองกับอุณหภูมิอ่อนมาก และพบความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นละอองกับความชื้นอ่อน นอกจากนี้ จากการศึกษา ยังพบว่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5

ไมโครเมตร และ ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร สูงที่สุดอยู่ในช่วงความชื้นสัมพัทธ์ 45–55 เปอร์เซ็นต์

Liu et al. (2024) ที่ศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ในบรรยากาศกับ อุณหภูมิหรือความชื้นสัมพัทธ์ที่มีต่อความเสี่ยงของการเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลจาก โรคหลอดเลือดสมอง ในพื้นที่เขตหนึ่งเซีย ประเทศจีน ระหว่างปี 2557-2562 พบว่า สภาพที่อุณหภูมิ ต่ำส่งผลให้ความเข้มข้นของคาร์บอนมอนอกไซด์ เพิ่มสูงขึ้น โดยในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิ ต่ำ ประสิทธิภาพการเผาไหม้เชื้อเพลิงของรถยนต์จะลดลง ซึ่งส่งผลโดยตรงทำให้การปล่อย ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์เพิ่มมากขึ้น ซึ่งจากการตรวจวัดในพื้นที่หนึ่งเซีย พบว่าความเข้มข้นของ คาร์บอนมอนอกไซด์ จะอยู่ในระดับสูงในช่วงฤดูหนาวและฤดูใบไม้ผลิ และจะลดต่ำลงในช่วงฤดูร้อน และฤดูใบไม้ร่วง นอกจากนี้ยังพบว่า อุณหภูมิสูงกับคาร์บอนมอนอกไซด์สูง มีผลเสริมฤทธิ์กัน ทำให้ ความเสี่ยงเพิ่มขึ้นทั้งในโรคหลอดเลือดสมองชนิดแตกและชนิดตีบ อุณหภูมิต่ำกับคาร์บอนมอนอกไซด์ สูง ในกลุ่มผู้สูงอายุและกลุ่มผู้ชาย พบว่าอุณหภูมิต่ำช่วยลดผลกระทบของคาร์บอนมอนอกไซด์ต่อ โรคหลอดเลือดสมองชนิดตีบ ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกับคาร์บอนมอนอกไซด์สูง มีผลเสริมฤทธิ์กัน อย่างมากในโรคหลอดเลือดสมองชนิดแตก ในทุกกลุ่มประชากร ความชื้นสัมพัทธ์สูงกับ คาร์บอนมอนอกไซด์สูง มีผลในทางตรงกันข้ามต่อโรคหลอดเลือดสมองชนิดตีบ ซึ่งอาจเนื่องมาจาก ความชื้นสูงมักเกิดในฤดูหนาวที่คนลดกิจกรรมนอกบ้าน ทำให้ได้รับมลพิษน้อยลง

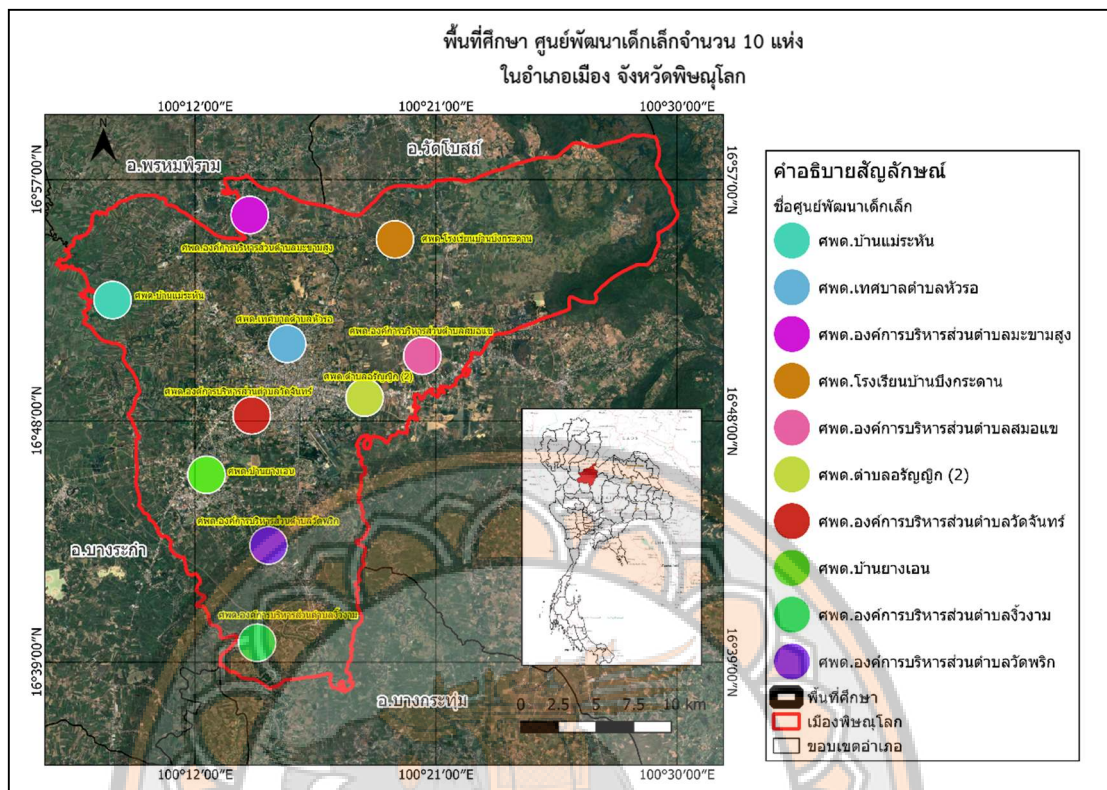
บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

การกำหนดพื้นที่ศึกษา

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา ความเข้มข้นของมลสารในอากาศ รา และแบคทีเรีย ในฤดูฝนและฤดูแล้ง ของศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ผู้วิจัยได้เลือกกลุ่มตัวอย่างศูนย์พัฒนาเด็กเล็กในสังกัดองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ในอำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก เพื่อเป็นตัวแทนในการศึกษาปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา ความเข้มข้นของมลสารในอากาศ รา และแบคทีเรีย จำนวน 10 แห่ง โดยมีรายละเอียดแสดงดังภาพ 7

- ตำแหน่งที่ 1 (St.1) ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กบ้านแม่ระหัน
- ตำแหน่งที่ 2 (St.2) ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กเทศบาลตำบลหัวรอ
- ตำแหน่งที่ 3 (St.3) ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กองค์การบริหารส่วนตำบลมะขามสูง
- ตำแหน่งที่ 4 (St.4) ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กโรงเรียนบ้านบึงกระดาน
- ตำแหน่งที่ 5 (St.5) ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กองค์การบริหารส่วนตำบลสมอแข
- ตำแหน่งที่ 6 (St.6) ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กเทศบาลตำบลรัญญิก (2)
- ตำแหน่งที่ 7 (St.7) ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กองค์การบริหารส่วนตำบลวัดจันทร์
- ตำแหน่งที่ 8 (St.8) ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กบ้านยางเอน
- ตำแหน่งที่ 9 (St.9) ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กองค์การบริหารส่วนตำบลจี่งงาม
- ตำแหน่งที่ 10 (St.10) ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กองค์การบริหารส่วนตำบลวัดพริก



ภาพ 7 พื้นที่ศึกษา ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กจำนวน 10 แห่ง ในอำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก
ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน (2567)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา และความเข้มข้นของมลสารในอากาศ

1. เครื่องวัดคุณภาพอากาศ Ambient Air Online Monitoring System รุ่น ENVIR-2042 สำหรับตรวจวัดปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ อุณหภูมิ (Temperature; T) ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity; RH) ความเร็วลม (Windspeed; WS) และตรวจวัดความเข้มข้นของมลสารในอากาศ ได้แก่ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ก๊าซโอโซน (O_3) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 100 ไมโครเมตร (TSP) ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร (PM_{10}) ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร ($\text{PM}_{2.5}$) ดังภาพ 8 โดยมีค่าช่วงความสามารถในการตรวจวัดของเครื่องมือสำหรับแต่ละพารามิเตอร์ ตาราง 12

ตาราง 12 ค่าช่วงความสามารถในการตรวจวัดของเครื่องมือสำหรับแต่ละพารามิเตอร์

พารามิเตอร์	NO ₂	SO ₂	O ₃	CO	TSP	PM ₁₀	PM _{2.5}
Detection limit	0-100	0-100	0-100	0-100	0-3,000	0-3,000	0-3,000
	ppm	ppm	ppm	ppm	(µg/m ³)	(µg/m ³)	(µg/m ³)
หลักการ	อิเล็กโตร	อิเล็กโตร	อิเล็กโตร	อิเล็กโตร	การกระเจิง	การกระเจิง	การกระเจิง
ตรวจวัด	เคมี	เคมี	เคมี	เคมี	แสงเลเซอร์	แสงเลเซอร์	แสงเลเซอร์



ภาพ 8 เครื่องวัดคุณภาพอากาศ Ambient Air Online Monitoring System รุ่น ENVIR-2042

2. ปริมาณน้ำฝน (Rainfall, RF) อ้างอิงจากโครงการพัฒนาการคาดการณ์ปริมาณน้ำหลากด้วยปริมาณน้ำฝนพร้อมแสดงผลเป็นแผนที่เส้นชั้นน้ำฝน ศูนย์ปฏิบัติการน้ำอัจฉริยะ สำนักบริหารจัดการน้ำและอุทกวิทยา <https://swocrf.rid.go.th/> (ศูนย์ปฏิบัติการน้ำอัจฉริยะ, 2568)

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาระยะ และแบคทีเรีย

1. สำลีพันไม้
2. Normal saline (0.85% NaCl solution)
3. ขวดแก้วสำหรับบรรจุ Normal saline (0.85% NaCl solution) และ ใช้ในการเก็บตัวอย่าง
4. เครื่องนึ่งฆ่าเชื้อ (Autoclave)
5. ตู้บ่มเพาะเชื้อ (Incubator)
6. ตู้ปลอดเชื้อ Laminar flow
7. จานเพาะเชื้อขนาดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร

8. แท่งแก้วสามเหลี่ยม
9. เครื่องนับจำนวนโคโลนี
10. กล้องจุลทรรศน์
11. น้ำมันสำหรับกล้องจุลทรรศน์ (Immersion oil)
12. คริสตัลไวโอเล็ต
13. สารละลายไอโอดีน
14. เอทิลแอลกอฮอล์ 95%
15. สารละลายซาฟรานิน
16. น้ำกลั่น
17. ตะเกียงแอลกอฮอล์
18. ห่วงเขี่ยเชื้อ
19. สำลี
20. เตาให้ความร้อน (Hotplate)
21. แท่งแม่เหล็กกวนสาร (Magnetic bar)
22. เครื่องเขย่าสาร (Vortex mixer)
23. ถู่มือปลอดเชื้อ
24. ไมโครปิเปต
25. ปิเปตทิป
26. กระดาษฟลอยด์

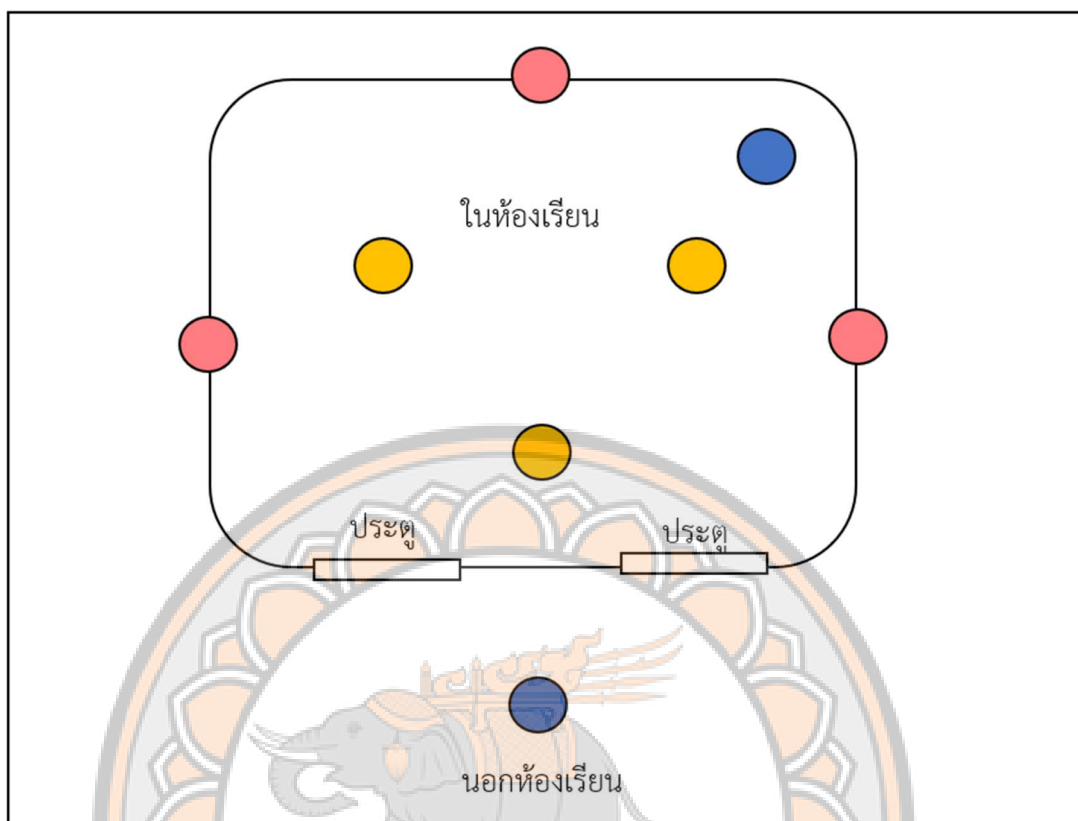
การเก็บรวบรวมข้อมูล

การศึกษานี้เก็บรวบรวมข้อมูลโดยการตรวจวัดคุณภาพอากาศจากศูนย์พัฒนาเด็กเล็กสังกัดองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น จำนวน 10 แห่ง ในฤดูฝน (สิงหาคม 2567) และฤดูแล้ง (มกราคม 2568) โดยในทั้ง 2 ฤดู ตรวจวัดปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาและความเข้มข้นของมลสารในอากาศ แห่งละ 1 วัน วันละ 2 รอบ ในช่วงเช้าและช่วงบ่าย ช่วงละ 30 นาที โดยเก็บตัวอย่างช่วงละ 2 จุด ซึ่งในแต่ละช่วงจะตรวจวัดบริเวณจุดกึ่งกลางห้องจำนวน 1 จุด และ บริเวณนอกชายคา จำนวน 1 จุด เป็นแห่งละ 4 จุด หรือฤดูละ 40 จุด รวมทั้งหมด 80 จุด โดยทุกจุดที่ตรวจวัดความเข้มข้นของมลสารในอากาศ กำหนดให้อ่านค่าการตรวจวัดทุก 1 นาที เป็นเวลา 30 นาที ด้วยเครื่องวัดคุณภาพอากาศ Ambient Air Monitoring System รุ่น ENVIR-2042 ที่ความสูง 1 เมตรจากพื้น ส่วนปริมาณน้ำฝน อ้างอิงจากโครงการพัฒนาการคาดการณ์ปริมาณน้ำหลากด้วยปริมาณน้ำฝนพร้อมแสดงผลเป็นแผนที่เส้นชั้นน้ำฝน ศูนย์ปฏิบัติการน้ำอัจฉริยะ สำนักบริหารจัดการน้ำและอุทกวิทยา <https://swocrf.rid.go.th/>

(ศูนย์ปฏิบัติการน้ำอัจฉริยะ, 2568) และเก็บตัวอย่างปริมาณราและแบคทีเรียภายในห้องเรียน ในอากาศ บนพื้น และบนผนัง แห่งละ 1 วัน วันละ 1 รอบ ในช่วงเช้า บริเวณละ 3 ตัวอย่าง เป็นแห่ง ละ 9 ตัวอย่าง หรือจุดละ 90 ตัวอย่าง รวมทั้งหมด 180 ตัวอย่าง โดยเก็บตัวอย่างราและแบคทีเรีย ในอากาศด้วยวิธี Settle Plate เก็บตัวอย่างราและแบคทีเรียบนพื้น และบนผนังด้วยวิธี Surface swab รายละเอียดดังตาราง 13 และ ภาพ 9

ตาราง 13 แสดงจำนวนการเก็บข้อมูลปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา ความเข้มข้นของมลสารในอากาศ ราและแบคทีเรียของศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก

จำนวนการเก็บข้อมูลในศูนย์พัฒนาเด็กเล็กทั้ง 10 แห่ง							
ฤดู	ปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา และความเข้มข้นของมลสาร (จุด)				ราและแบคทีเรียในห้องเรียน (ตัวอย่าง)		
	ในห้องเรียน		นอกห้องเรียน		ในอากาศ	บนพื้น	บนผนัง
	เช้า	บ่าย	เช้า	บ่าย	เช้า	เช้า	เช้า
ฤดูฝน	10	10	10	10	30	30	30
ฤดูแล้ง	10	10	10	10	30	30	30
รวม	20	20	20	20	60	60	60
รวมทั้งหมด	40		40		180		



ภาพ 9 แผนผังจุดตรวจวัดและเก็บตัวอย่าง

- หมายเหตุ:
- แสดงถึงจุดตรวจวัดปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา และความเข้มข้นของมลสารในอากาศ
 - แสดงถึงจุดเก็บตัวอย่างราและแบคทีเรียในอากาศ และบนพื้นห้อง
 - แสดงถึงจุดเก็บตัวอย่างราและแบคทีเรียบนผนังห้อง

การตรวจวัดปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา และความเข้มข้นของมลสารในอากาศ

1. ติดตั้งเครื่องตรวจวัดคุณภาพอากาศ Ambient Air Online Monitoring System รุ่น ENVIR-2042 ในห้องเรียน 1 จุด และนอกห้องเรียน 1 จุด
2. อ่านค่าอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ไนโตรเจนไดออกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โอโซน คาร์บอนมอนอกไซด์ ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 100, 10 และ 2.5 ไมโครเมตร

การเก็บตัวอย่างราและแบคทีเรียในอากาศ ด้วยวิธี Settle plate

1. เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ สำหรับเลี้ยงราและแบคทีเรีย และเทลงบนจานเพาะเชื้อขนาด 9 เซนติเมตร ในตู้ปลอดเชื้อ Laminar flow จากนั้นวางทิ้งไว้ให้อาหารแข็งตัว
2. เก็บตัวอย่างรา และแบคทีเรียในอากาศ ด้วยเทคนิค Settle plate โดยนำจานเพาะเชื้อที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อไปวางไว้ยังจุดที่กำหนดภายในห้องเรียน 3 จุด โดยวางไว้สูงจากพื้น 1 เมตร
3. เปิดฝาจานเพาะเชื้อ เป็นเวลา 15 นาที แล้วปิดฝา
4. นำจานเพาะเชื้อทั้งหมดที่ได้จากการเก็บตัวอย่างเข้าสู่ตู้เพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส โดยจะใช้เวลาในการบ่ม 48 ชั่วโมง
5. นำจานเพาะเชื้อมานับจำนวนโคโลนีของรา และแบคทีเรียที่พบบนอาหารเลี้ยงเชื้อ
6. คำนวณปริมาณของรา และแบคทีเรีย โดยใช้หน่วยเป็น โคโลนีฟอร์มมิงยูนิตต่อตารางเดซิเมตรต่อชั่วโมง (CFU/dm²/hr)
7. ศึกษาสัณฐานวิทยาของราและแบคทีเรีย พร้อมทั้งนำแบคทีเรียบริสุทธิ์ไปย้อมแกรมบวก และแกรมลบ

การเก็บตัวอย่างราและแบคทีเรียบนพื้นห้องและผนังห้องในห้องเรียน ด้วยวิธีการ Surface swab

1. ตัดกระดาษเป็นช่องขนาด 10 x 10 ตารางเซนติเมตร
2. ทาบกระดาษลงบนพื้นห้อง จำนวน 3 จุดตัวอย่าง และบนผนังห้อง จำนวน 3 จุดตัวอย่าง ในห้องเรียนของศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก
3. นำไม้พันสำลีที่ปราศจากเชื้อจุ่มในหลอดแก้วที่บรรจุ Normal saline (0.85% NaCl solution) ให้ชุ่มพอหมาดๆ
4. นำไม้พันสำลีป้ายบนพื้นห้องและผนังห้อง โดยก้านสำลีทำมุม 30 องศากับพื้น โดยป้ายให้ทั่วพื้นที่ 10 x 10 ตารางเซนติเมตร
5. นำไม้พันสำลีแก้วในขวดแก้วบรรจุ Normal saline (0.85% NaCl solution) ขวดเดิม และดำเนินการปิดฝาขวด
6. นำไปยังห้องปฏิบัติการ และนับจำนวนรา และแบคทีเรียด้วยวิธี Spread plate
7. หยด Normal saline (0.85% NaCl solution) ที่นำไปเก็บตัวอย่าง จำนวน 0.1 มิลลิลิตร ลงบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ
8. นำแท่งแก้วสามเหลี่ยมที่ผ่านการฆ่าเชื้อ กระจายราและแบคทีเรียให้ทั่วผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อ

9. นำจานเพาะเชื้อทั้งหมดที่ได้จากการเก็บตัวอย่างเข้าตู้เพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส โดยจะใช้เวลาในการบ่ม 48 ชั่วโมง
10. นำจานเพาะเชื้อมานับจำนวนโคโลนีของรา และแบคทีเรียที่พบบนอาหารเลี้ยงเชื้อ และนำไปศึกษาสัณฐานวิทยา
11. คำนวณปริมาณของรา และแบคทีเรีย ใช้หน่วยเป็นโคโลนีฟอร์มมิงยูนิตต่อตารางเซนติเมตร (CFU/cm²)
12. เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับเลี้ยงแบคทีเรีย และเทลงบนจานเพาะเชื้อขนาด 9 เซนติเมตร ในตู้ปลอดเชื้อ Laminar flow จากนั้นวางทิ้งไว้ให้อาหารแข็งตัว
13. ใช้ห่วงเชี่ยเชื้อ (Loop) ตะตัวอย่างแบคทีเรียแล้วลาก (Streak) บนอาหารเลี้ยงเชื้อ
14. บ่มจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส โดยจะใช้เวลาในการบ่ม 24-48 ชั่วโมง
15. นำแบคทีเรียบริสุทธิ์ไปย้อมแกรมบวกและแกรมลบ

การคำนวณปริมาณรา และแบคทีเรียในอากาศ ด้วยวิธี Settle plate

$$\text{ความเข้มข้นของราและแบคทีเรีย (CFU/dm}^2\text{/hr)} = \frac{\text{จำนวนรา หรือ จำนวนแบคทีเรีย}}{\text{พื้นที่จานเพาะเชื้อเก็บตัวอย่าง (dm}^2\text{) x ระยะเวลาการเก็บตัวอย่าง (hr)}}$$

การคำนวณปริมาณรา และแบคทีเรียในอากาศ ด้วยวิธี Surface swab

$$\text{ความเข้มข้นของราและแบคทีเรีย (CFU/cm}^2\text{)} = \frac{\text{จำนวนราหรือจำนวนแบคทีเรีย}}{\text{พื้นที่เก็บตัวอย่าง (inch}^2\text{)}}$$

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

1. วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา ความเข้มข้นของมลสารในอากาศ ราและแบคทีเรีย ในสภาพแวดล้อมของศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก ในฤดูฝนและฤดูแล้ง ของอำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก โดยการคำนวณค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ด้วยสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistic)

2. เปรียบเทียบความเข้มข้นของมลสารในอากาศ ราและแบคทีเรีย ระหว่างฤดูฝนและฤดูแล้ง ของอำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก โดยการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา ความเข้มข้นของมลสารในอากาศ ปริมาณราและแบคทีเรีย ระหว่างฤดูฝนและฤดูแล้ง ด้วยการทดสอบค่าเฉลี่ยรายคู่โดยการเปรียบเทียบพหุคูณด้วยการทดสอบ Mann-Whitney U Test

3. ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยากับความเข้มข้นของมลสารในอากาศ ราและแบคทีเรีย ของฤดูฝนและฤดูแล้ง ด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson Correlation Coefficient)



บทที่ 4

ผลการวิจัย

การวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาปัจจัยอุตุนิยมวิทยา ความเข้มข้นของมลสารในอากาศ ราและแบคทีเรีย ในสภาพแวดล้อมของศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก ในฤดูฝน (สิงหาคม 2567) และฤดูแล้ง (มกราคม 2568) ของอำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก โดยได้ผลการศึกษา ดังนี้

1. ผลการศึกษาข้อมูลทั่วไป โดยการศึกษาข้อมูลทั่วไปของศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก ได้แก่ ขนาดพื้นที่ จำนวนนักเรียน ความหนาแน่นจำนวนนักเรียนต่อพื้นที่ จำนวนพัดลม จำนวนเครื่องปรับอากาศ จำนวนการทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศ ลักษณะพื้นที่ห้อง จำนวนการทำความสะอาดพื้นที่ห้อง ลักษณะผนังห้อง และสภาพแวดล้อม

2. ผลการศึกษาปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา ความเข้มข้นของมลสารในอากาศ รา และแบคทีเรีย ในฤดูฝนและฤดูแล้ง

2.1 ผลการศึกษาปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา (ด้านกายภาพ) โดยการศึกษาปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ อุณหภูมิ (Temperature; T) ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity; RH) ความเร็วลม (Windspeed; WS) ด้วยเครื่องวัดคุณภาพอากาศ Ambient Air Online Monitoring System รุ่น ENVIR-2042 ภายในห้องเรียนและนอกห้องเรียน ส่วนปริมาณน้ำฝน (Rainfall; RF) อ้างอิงจากโครงการพัฒนาการคาดการณ์ปริมาณน้ำหลากด้วยปริมาณน้ำฝนพร้อมแสดงผลเป็นแผนที่เส้นชั้นน้ำฝน ศูนย์ปฏิบัติการน้ำอัจฉริยะ สำนักบริหารจัดการน้ำและอุทกวิทยา <https://swocf.rid.go.th/> (ศูนย์ปฏิบัติการน้ำอัจฉริยะ, 2568)

2.2 ผลการศึกษาความเข้มข้นของมลสารในอากาศ (ด้านเคมี) โดยการศึกษาความเข้มข้นของมลสารในอากาศ ได้แก่ ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) โอโซน (O_3) คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 100 ไมโครเมตร (TSP) ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร (PM_{10}) และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร ($\text{PM}_{2.5}$) ด้วยเครื่องวัดคุณภาพอากาศ Ambient Air Online Monitoring System รุ่น ENVIR-2042 ภายในห้องเรียนและนอกห้องเรียน

2.3 ผลการศึกษารา และแบคทีเรีย (ด้านชีวภาพ) โดยการศึกษาปริมาณราและแบคทีเรีย ด้วยวิธี Settle Plate และ Surface swab ภายในห้องเรียน

3. ผลการเปรียบเทียบความเข้มข้นของมลสารในอากาศ ราและแบคทีเรีย ระหว่างฤดูฝนและฤดูแล้ง โดยการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Mann-Whitney U Test

4. ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยากับความเข้มข้นของมลสารในอากาศ ราและแบคทีเรีย ของฤดูฝนและฤดูแล้ง โดยการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (r)



ผลการศึกษาข้อมูลทั่วไป

ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กในสังกัดองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น 10 แห่ง มีเวลาเปิด 07.30 น. และเวลาปิด 15.30 น. โดยในช่วงเช้าเป็นช่วงที่เด็กก่อนวัยเรียนทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ และช่วงบ่ายเป็นช่วงที่เด็กก่อนวัยเรียนนอนหลับ โดยข้อมูลทั่วไปของศูนย์พัฒนาเด็กเล็กแต่ละแห่งพบว่า ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กในสังกัดองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น 10 แห่ง มีจำนวนนักเรียนอยู่ระหว่าง 15-46 คน มีขนาดพื้นที่ตั้งแต่ 49-120 ตารางเมตร โดยมีความหนาแน่นจำนวนนักเรียนต่อพื้นที่อยู่ระหว่าง 0.2-0.5 คนต่อตารางเมตร มีพัฒนาการเรียนรู้ระหว่าง 3-12 เครื่อง เครื่องปรับอากาศ 2-4 เครื่อง มีการทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศ 1-2 ครั้งต่อปี และพบว่าทุกแห่งพื้นที่ห้องเรียน และพื้นที่ห้องเป็นสีเมทัล โดยมีการทำความสะอาดพื้นที่ห้องโดยการกวาดและถูห้อง 1-4 ครั้งต่อวัน รายละเอียดแสดงดัง ตาราง 14

ตาราง 14 ข้อมูลทั่วไปของศูนย์พัฒนาเด็กเล็กในอำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก

สถานที่	ขนาดพื้นที่ (ม ²)	จำนวนนักเรียน (คน)	ความหนาแน่นจำนวนนักเรียนต่อพื้นที่ (คน/ม ²)	จำนวนพัฒนาเด็ก	จำนวนพัสดุ (เครื่อง)	จำนวนเครื่องปรับอากาศ (เครื่อง)	การทำความสะอาด		ลักษณะพื้นที่ห้อง	ลักษณะพื้นที่ห้อง (ครั้ง/วัน)	ลักษณะพื้นที่ห้อง	จำนวนการทำความสะอาดพื้นที่ห้อง (ครั้ง/วัน)	ลักษณะสภาพแวดล้อม
							ทำความสะอาด	เครื่องปรับอากาศ					
St.1 ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กบ้านแม่ระหัน	96	24	0.3	4	4	4	2	2	กระเบื้อง	ซีเมนต์	2	สถานที่ราชการ/พื้นที่การเกษตร	
St.2 ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กเทศบาลตำบลหัวรอ	81	23	0.3	5	2	2	2	กระเบื้อง	ซีเมนต์	2	แหล่งชุมชน/สถานที่ราชการ/ตลาด		

ตาราง 14 (ต่อ)

สถานที่	ขนาดพื้นที่ (m ²)	จำนวนนักเรียน (คน)	ความหนาแน่นจำนวนนักเรียนต่อพื้นที่ (คน/m ²)	จำนวนพัดลม (เครื่อง)	จำนวนเครื่องปรับอากาศ (เครื่อง)	การทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศ (ครั้ง/ปี)	ลักษณะพื้นที่ห้อง	ลักษณะจำนวนการทำ	สภาพแวดล้อม
St.3 ศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก องค์การบริหารส่วนตำบล มะขามสูง	96	21	0.2	8	4	2	กระเบื้อง	2	สถานที่ราชการ/ใกล้ถนนใหญ่
St.4 ศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก โรงเรียนบ้านบึงกระดาน	60	17	0.3	5	2	2	กระเบื้อง	2	สถานที่ราชการ
St.5 ศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก องค์การบริหารส่วนตำบล สมอแข	120	34	0.3	12	4	2	กระเบื้อง	4	สถานที่ราชการ/ใกล้ถนนใหญ่
St.6 ศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก เทศบาลตำบลรัญธิ์ (2)	50	23	0.5	3	3	2	กระเบื้อง	1	สถานที่ราชการ/ใกล้ถนนใหญ่

ตาราง 14 (ต่อ)

สถานที่	ขนาดพื้นที่ (m ²)	จำนวนนักเรียน (คน)	ความหนาแน่นจำนวนนักเรียนต่อพื้นที่ (คน/m ²)	จำนวนพัดลม (เครื่อง)	จำนวนเครื่องปรับอากาศ (เครื่อง)	การทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศ (ครั้ง/ปี)	ลักษณะพื้นที่ห้อง	จำนวนการทำความสะอาดพื้นที่ห้อง (ครั้ง/วัน)	ลักษณะผนังห้อง	สภาพแวดล้อม
St.7 ศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก องค์การบริหารส่วนตำบล วัดจันทร์	96	46	0.5	8	2	2	กระเบื้อง	1	ซีเมนต์	สถานที่ราชการ
St.8 ศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก บ้านยางเอน	80	15	0.2	4	3	1	กระเบื้อง	2	ซีเมนต์	วัดแม่/แม่น้ำ
St.9 ศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก องค์การบริหารส่วนตำบล จีวงาม	96	38	0.4	8	2	2	กระเบื้อง	1	ซีเมนต์	พื้นที่ป่า/พื้นที่เกษตร
St.10 ศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก องค์การบริหารส่วนตำบล วัดพริก	49	12	0.2	5	2	2	กระเบื้อง	1	ซีเมนต์	สถานที่ราชการ

ผลการศึกษาปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา ความเข้มข้นของมลสารในอากาศ รา และแบคทีเรีย ในฤดูฝนและฤดูแล้ง

1. ผลการศึกษาปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา และความเข้มข้นของมลสารในอากาศ ในฤดูฝน และฤดูแล้ง

ผลการศึกษาปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา และความเข้มข้นของมลสารในอากาศ ในห้องเรียน และนอกห้องเรียน ทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้ง ของศูนย์พัฒนาเด็กเล็กแต่ละแห่ง ทั้ง 10 แห่ง โดยการตรวจวัดครั้งละ 30 นาที ซึ่งมีความถี่ในการบันทึกข้อมูล ทุก 1 นาที พบว่า ในศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก ทั้งหมด 10 แห่ง มีค่าเฉลี่ยปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา และความเข้มข้นของมลสาร รายละเอียดแสดงดังตาราง 15 โดยในศูนย์พัฒนาเด็กเล็กแต่ละแห่ง มีค่าความเข้มข้นของมลสาร ดังนี้

ในฤดูฝน ในห้องเรียน พบไนโตรเจนไดออกไซด์ มีค่าอยู่ระหว่าง 0-4.95 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ มีค่าอยู่ระหว่าง 0-15.23 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โอโซน มีค่าอยู่ระหว่าง 8.15-112.05 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร คาร์บอนมอนนอกไซด์ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.03-0.23 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 100 ไมโครเมตร มีค่าอยู่ระหว่าง 24.43-45.32 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร มีค่าอยู่ระหว่าง 10.29-23.3 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร มีค่าอยู่ระหว่าง 5.33-11.56 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ในฤดูฝน นอกห้องเรียน พบไนโตรเจนไดออกไซด์ มีค่าอยู่ระหว่าง 0-7.3 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ มีค่าอยู่ระหว่าง 0-18.7 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โอโซน มีค่าอยู่ระหว่าง 22.72-159.3 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร คาร์บอนมอนนอกไซด์ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.01-0.35 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 100 ไมโครเมตร มีค่าอยู่ระหว่าง 22.95-35.63 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร มีค่าอยู่ระหว่าง 9.83-19.22 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร มีค่าอยู่ระหว่าง 5.63-11.96 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ในฤดูแล้ง ในห้องเรียน พบไนโตรเจนไดออกไซด์ มีค่าอยู่ระหว่าง 0-19.93 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ มีค่าอยู่ระหว่าง 0-6.32 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โอโซน มีค่าอยู่ระหว่าง 15.62-67.92 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร คาร์บอนมอนนอกไซด์ มีค่าอยู่ระหว่าง 0-1.02 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 100 ไมโครเมตร มีค่าอยู่ระหว่าง 52.05-90.55 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร มีค่าอยู่ระหว่าง 28.89-59.4 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร มีค่าอยู่ระหว่าง 18.13-42.19 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ในฤดูแล้ง ในห้องเรียน พบไนโตรเจนไดออกไซด์ มีค่าอยู่ระหว่าง 0-19.93 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ มีค่าอยู่ระหว่าง 0-6.32 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โอโซน มีค่าอยู่ระหว่าง 15.62-67.92 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร คาร์บอนมอนอกไซด์ มีค่าอยู่ระหว่าง 0-1.02 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 100 ไมโครเมตร มีค่าอยู่ระหว่าง 52.05-90.55 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร มีค่าอยู่ระหว่าง 28.89-59.4 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร มีค่าอยู่ระหว่าง 18.13-42.19 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

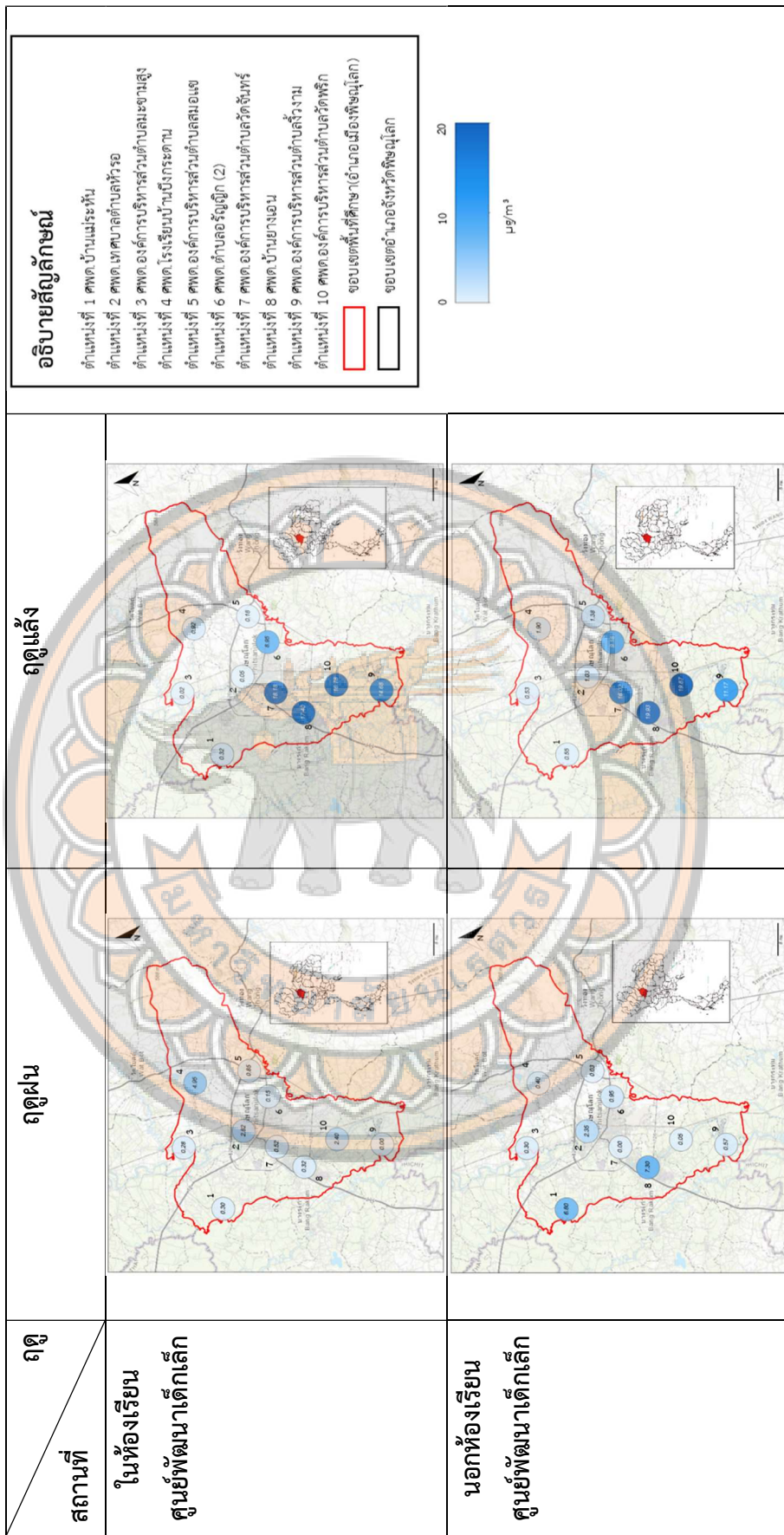
ในฤดูแล้ง นอกห้องเรียน พบไนโตรเจนไดออกไซด์ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.02-18.18 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ มีค่าอยู่ระหว่าง 0-10.83 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โอโซน มีค่าอยู่ระหว่าง 38.77-133.62 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร คาร์บอนมอนอกไซด์ มีค่าอยู่ระหว่าง 0-0.95 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 100 ไมโครเมตร มีค่าอยู่ระหว่าง 52.02-102.6 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร มีค่าอยู่ระหว่าง 28.78-62.31 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร มีค่าอยู่ระหว่าง 18.71-42.08 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

โดยได้มีการจัดทำแผนที่แสดงความเข้มข้นของมลสารในอากาศเชิงพื้นที่แบบ dot mapping แสดงการกระจายตัวของมลสารในอากาศภายในและภายนอกห้องเรียนศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก ทั้ง 10 แห่ง ในฤดูฝนและฤดูแล้ง ดังภาพ 10-16 พบว่า ในห้องเรียนความเข้มข้นของมลสารในอากาศที่มีค่าเกินมาตรฐานค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะของกรมอนามัย (2565) ได้แก่ โอโซน ในฤดูฝน และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ของฤดูแล้งศูนย์พัฒนาเด็กเล็กเทศบาลตำบลห้วยรอ (St.2) ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ของฤดูแล้งของศูนย์พัฒนาเด็กเล็กองค์การบริหารส่วนตำบลมะขามสูง (St.3) ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร ของฤดูแล้งศูนย์พัฒนาเด็กเล็กองค์การบริหารส่วนตำบลสมอแข (St.5) ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร ของฤดูแล้งศูนย์พัฒนาเด็กเล็กเทศบาลตำบลอรัญญิก (2) (St.6) ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร ของฤดูแล้งศูนย์พัฒนาเด็กเล็กองค์การบริหารส่วนตำบลวัดจันทร์ (St.7) และ ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร ของฤดูแล้งศูนย์พัฒนาเด็กเล็กบ้านยางเอน (St.8) ส่วนนอกห้องเรียน ความเข้มข้นของมลสารในอากาศที่มีค่าเกินมาตรฐานตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (2538, 2547, 2550, 2552, 2553) ได้แก่ ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร ของฤดูแล้งศูนย์พัฒนาเด็กเล็กบ้านแม่ระหัน (St.1) ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กองค์การบริหารส่วนตำบลสมอแข (St.5) และศูนย์พัฒนาเด็กเล็กองค์การบริหารส่วนตำบลวัดจันทร์ (St.7)

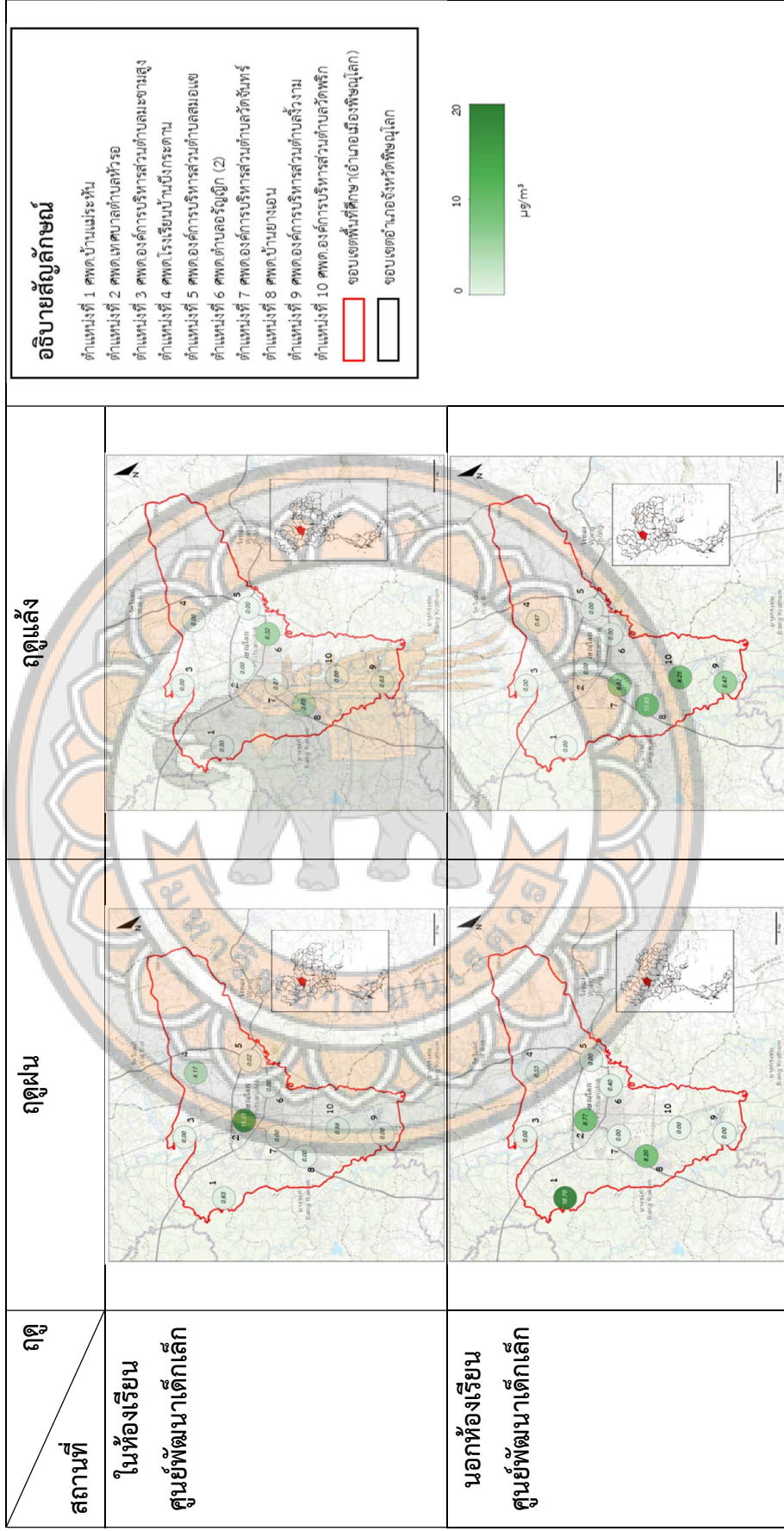
ตาราง 15 ข้อมูลปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาและความเข้มข้นของมลสารในอากาศ ในฤดูฝนและฤดูแล้ง

มลสารในอากาศ	ฤดูฝน		ฤดูแล้ง	
	ในห้องเรียน	นอกห้องเรียน	ในห้องเรียน	นอกห้องเรียน
T (°C)	27.41±1.08	31.85±2.42	26.40±2.36	30.89±3.84
RH (%)	60.46±9.39	73.87±10.13	61.01±5.21	51.50±8.36
WS (m/s)	0.02±0.07	0.12±0.14	0.02±0.03	0.24±0.17
RF (mm)	-	3.12±6.22	-	0
NO ₂ (µg/m ³)	1.26±1.62	1.88±2.82	8.16±8.16	7.75±8.24
SO ₂ (µg/m ³)	2.06±4.80	3.64±6.34	1.09±2.16	3.18±4.22
O ₃ (µg/m ³)	31.89±31.74	62.37±43.27	31.55±17.65	85.35±37.61
CO (µg/m ³)	0.14±0.07	0.08±0.10	0.26±0.40	0.22±0.39
TSP (µg/m ³)	31.74±6.52	28.36±4.63	69.04±13.88	80.22±16.38
PM ₁₀ (µg/m ³)	14.60±4.08	12.91±2.83	43.29±10.76	47.51±10.99
PM _{2.5} (µg/m ³)	7.44±1.91	7.48±1.76	29.34±8.61	31.38±7.65

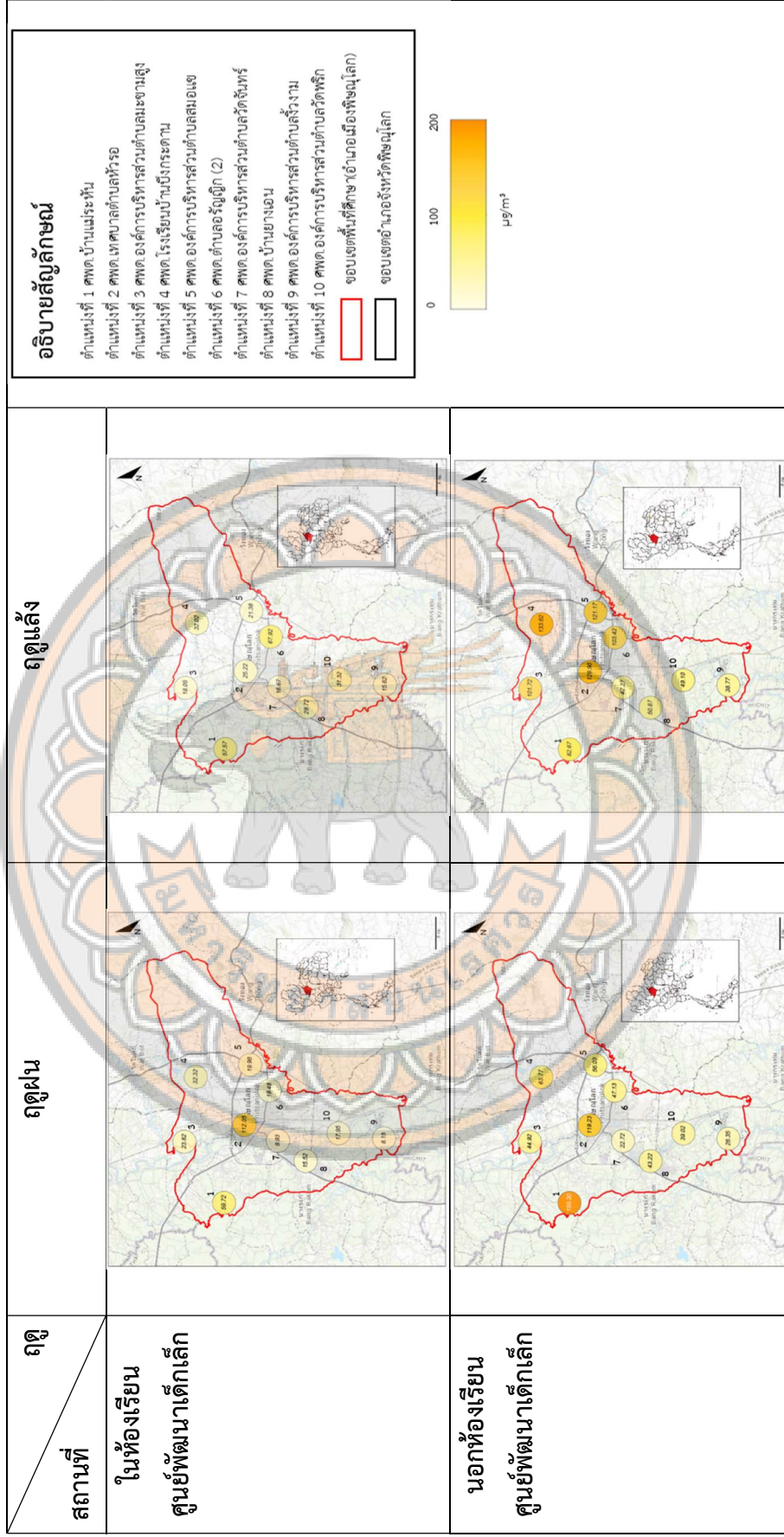
ภาพ 10 แผนที่แสดงค่าเฉลี่ยไนโตรเจนไดออกไซด์ของศูนย์พัฒนาเด็กเล็กแต่ละแห่ง



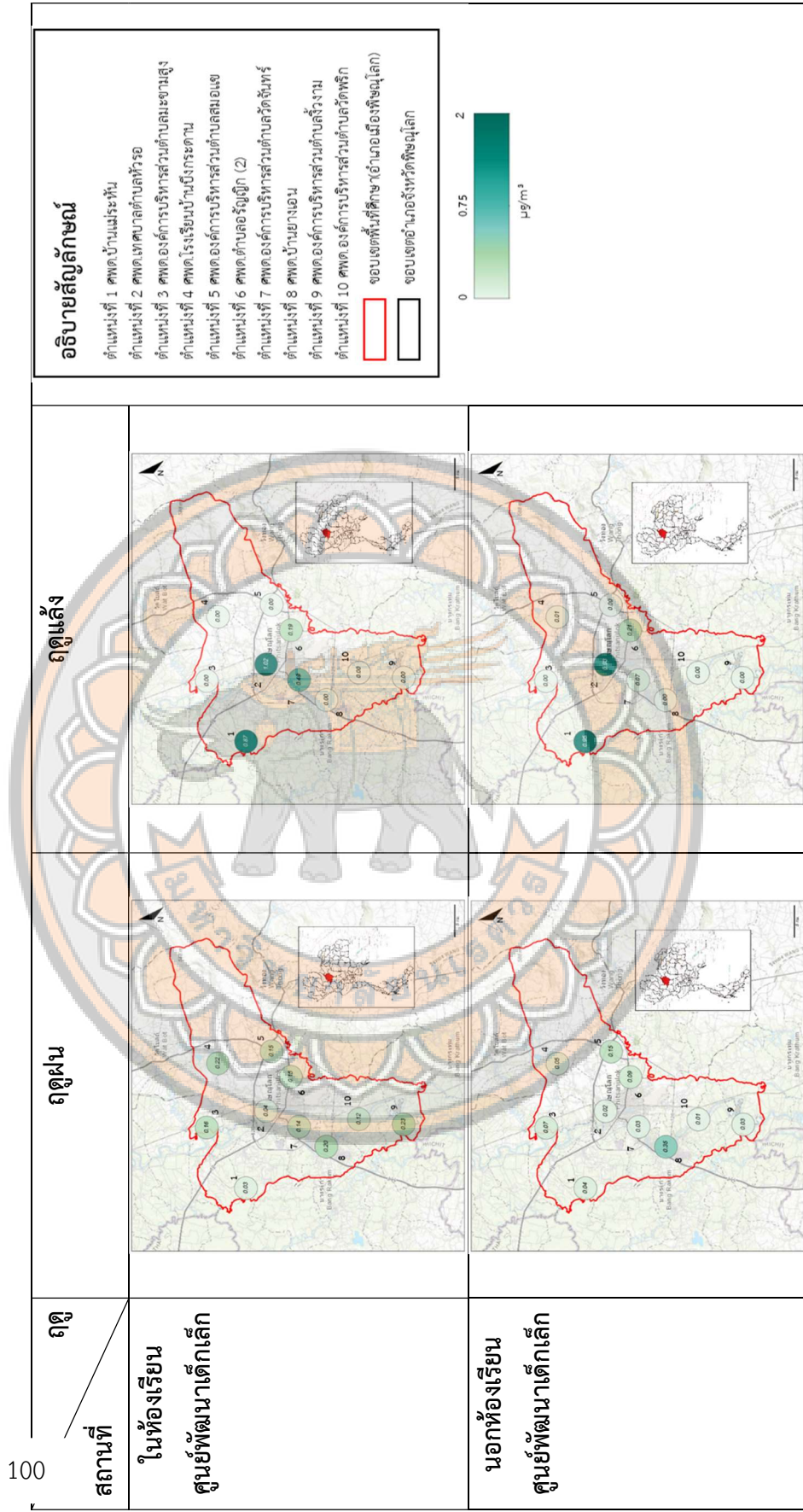
ภาพ 11 แผนที่แสดงค่าเฉลี่ยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของศูนย์พัฒนาเด็กเล็กแต่ละแห่ง



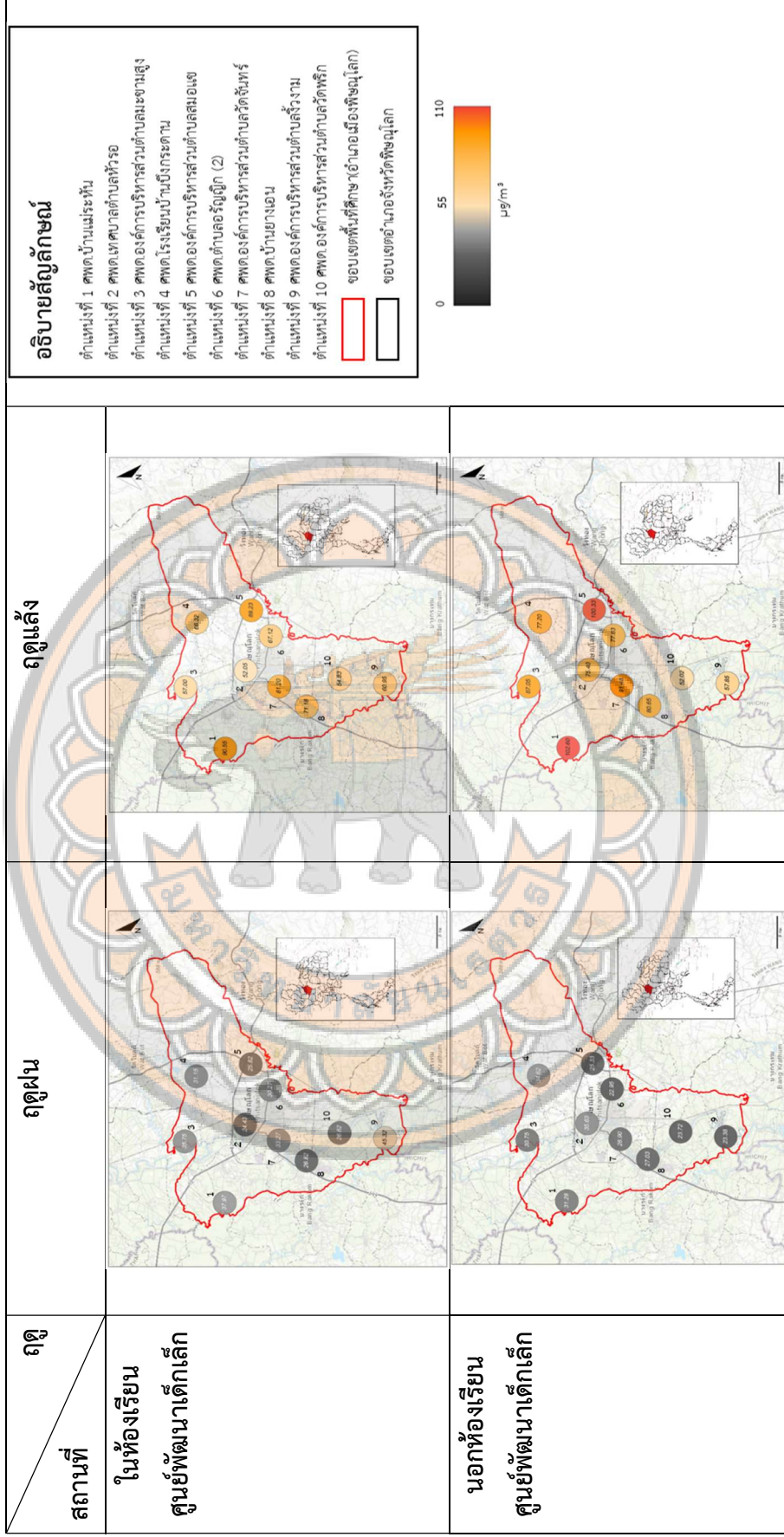
ภาพ 12 แผนที่แสดงค่าเฉลี่ยโอโซนของศูนย์พัฒนาเด็กเล็กแต่ละแห่ง



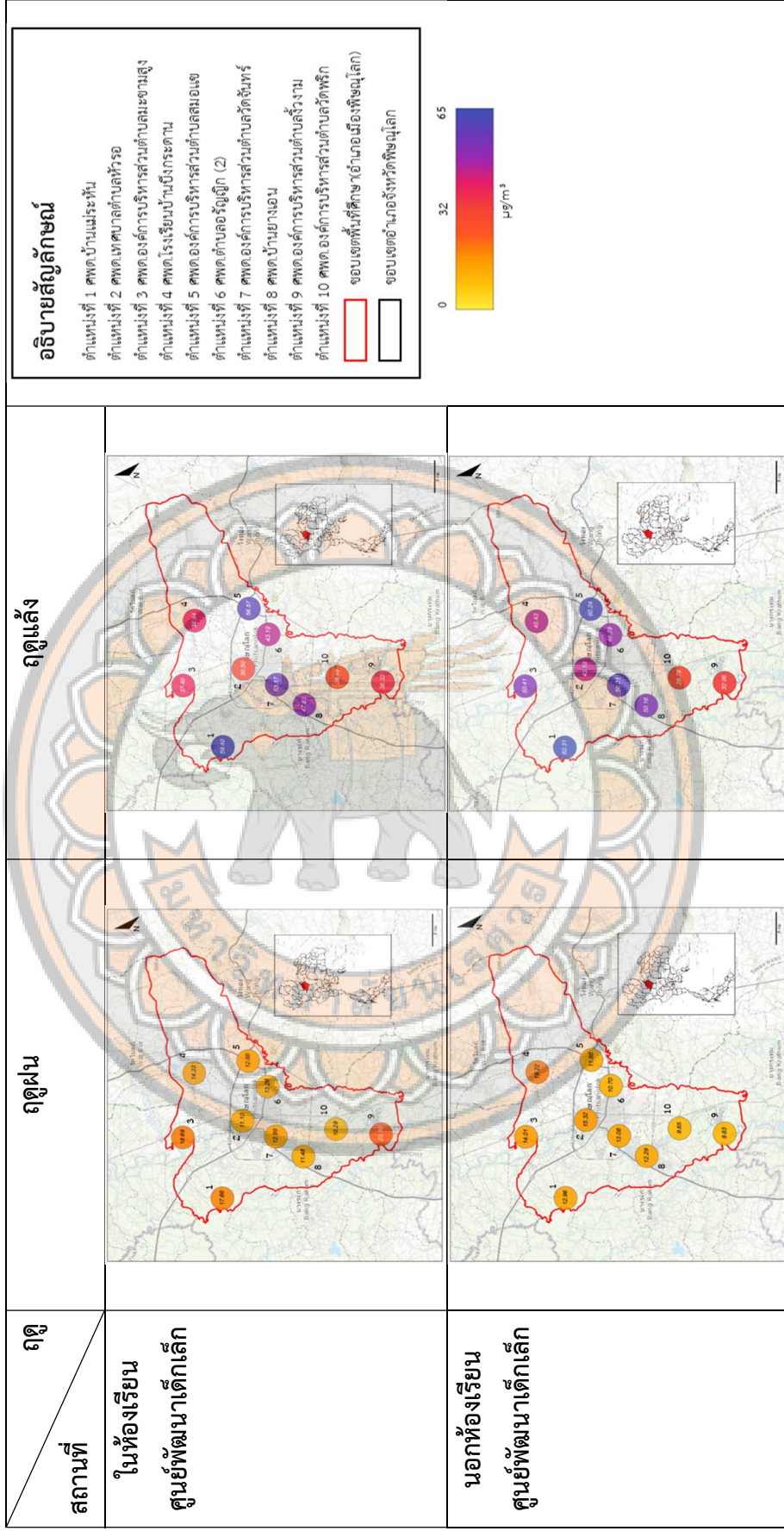
ภาพ 13 แผนที่แสดงค่าเฉลี่ยคาร์บอนมอนนอกไซด์ของศูนย์พัฒนาเด็กเล็กแต่ละแห่ง



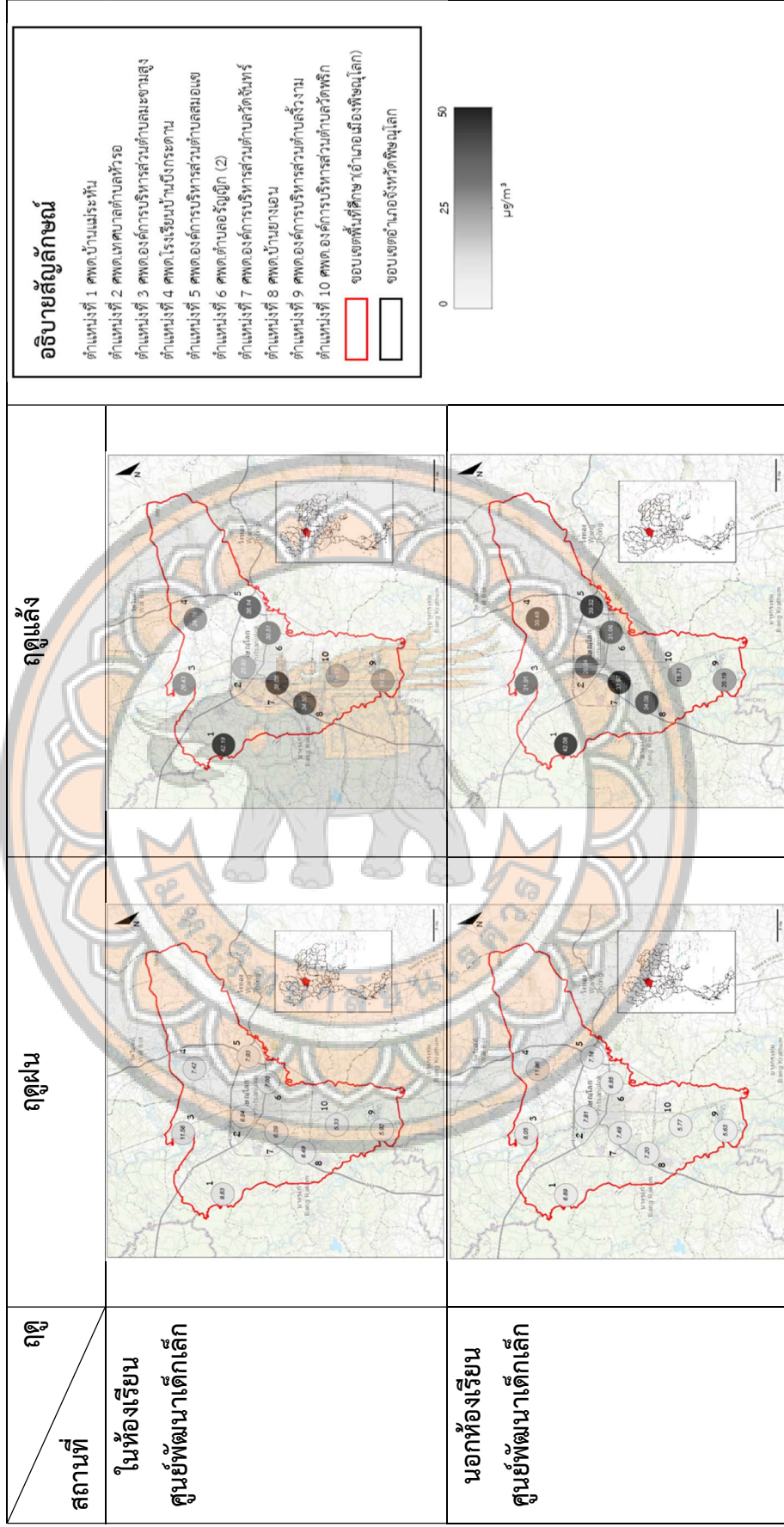
ภาพ 14 แผนที่แสดงค่าเฉลี่ยฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 100 ไมโครเมตร ของศูนย์พัฒนาเด็กเล็กแต่ละแห่ง



ภาพ 15 แผนที่แสดงค่าเฉลี่ยฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ของศูนย์พัฒนาเด็กเล็กแต่ละแห่ง



ภาพ 16 แผนที่แสดงค่าเฉลี่ยฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร ของศูนย์พัฒนาเด็กเล็กแต่ละแห่ง



2. ผลการศึกษาความเข้มข้นของมลสารในอากาศในห้องเรียนต่อนอกห้องเรียน

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นภายในต่อภายนอก (I/O Ratio) เพื่อประเมินแหล่งกำเนิดมลภาวะอากาศของแต่ละพารามิเตอร์และวิเคราะห์การระบายอากาศภายในห้องเรียนโดยเฉลี่ย พบว่า ในฤดูฝน คาร์บอนมอนอกไซด์ ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 100 และ 10 ไมโครเมตร ภายในห้องเรียนต่อภายนอกห้องเรียน (I/O) มีค่า 1.75, 1.12 และ 1.13 ตามลำดับ และฤดูแล้ง พบว่าไนโตรเจนไดออกไซด์ คาร์บอนมอนอกไซด์ ภายในห้องเรียนต่อภายนอกห้องเรียน (I/O) มีค่า 1.05 และ 1.18 ตามลำดับ ซึ่งมีความมากกว่า 1 แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของมลสารภายในอาคารมากกว่าภายนอกอาคาร ซึ่งอาจเกิดจากประสิทธิภาพการระบายอากาศไม่เพียงพอ แหล่งกำเนิดหลักอาจมาจากกิจกรรมภายนอกอาคาร จากการแทรกซึมของมลสารผ่านช่องเปิดหรือรอยรั่วของอาคารจากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคาร เนื่องจากภายในห้องเรียนไม่มีแหล่งกำเนิดของมลสาร ส่วนในฤดูฝน ไนโตรเจนไดออกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โอโซน ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร ภายในห้องเรียนต่อภายนอกห้องเรียน (I/O) มีค่า 0.67, 0.57, 0.51, และ 0.99 ตามลำดับ และในฤดูแล้ง ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โอโซน ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 100, 10 และ 2.5 ไมโครเมตร มีค่า 0.34, 0.37, 0.86, 0.91 และ 0.93 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของมลสารภายนอกอาคารมากกว่าภายในอาคาร เนื่องจากค่า I/O น้อยกว่า 1 (สุชาดา ชัยวิเศษ และคณะ, 2568) รายละเอียดแสดงดังตาราง 16

ตาราง 16 แสดงอัตราส่วนความเข้มข้นของมลสารในอากาศในห้องเรียนต่อนอกห้องเรียน

สถานที่	ฤดู	อัตราส่วนความเข้มข้นของมลสารในอากาศในห้องเรียนต่อนอกห้องเรียน (I/O ratio)						
		NO ₂	SO ₂	O ₃	CO	TSP	PM ₁₀	PM _{2.5}
		(µg/m ³)	(µg/m ³)	(µg/m ³)	(µg/m ³)	(µg/m ³)	(µg/m ³)	(µg/m ³)
St.1	ฤดูฝน	0.04	0.03	0.37	0.75	1.21	1.36	1.43
	ฤดูแล้ง	1.72	NA	0.70	0.92	0.88	0.95	1.00
St.2	ฤดูฝน	1.20	1.74	0.94	2.00	0.69	0.72	0.88
	ฤดูแล้ง	20.60	NA	0.19	1.10	0.69	0.71	0.75
St.3	ฤดูฝน	0.93	NA	0.53	2.29	1.16	1.33	1.44
	ฤดูแล้ง	26.50	NA	0.18	NA	0.65	0.74	0.83
St.4	ฤดูฝน	12.38	12.64	0.51	4.40	0.90	0.75	0.62
	ฤดูแล้ง	2.07	0.00	0.24	0.00	0.86	0.85	0.81
St.5	ฤดูฝน	28.33	NA	0.36	1.00	1.02	1.09	1.11
	ฤดูแล้ง	7.67	NA	0.18	NA	0.89	0.94	0.97
St.6	ฤดูฝน	0.16	0.00	0.41	1.67	1.32	1.24	1.02
	ฤดูแล้ง	1.03	NA	0.66	0.90	0.86	0.93	0.98
St.7	ฤดูฝน	NA	NA	0.44	4.67	1.15	0.99	0.81
	ฤดูแล้ง	0.88	0.01	0.39	7.00	0.89	0.96	1.00
St.8	ฤดูฝน	0.04	0.00	0.36	0.57	0.99	0.93	0.90
	ฤดูแล้ง	1.15	0.34	0.58	NA	0.88	0.95	1.01
St.9	ฤดูฝน	0.00	NA	0.29	7.67	1.94	2.37	1.05
	ฤดูแล้ง	0.76	0.15	0.40	NA	1.05	1.13	0.97
St.10	ฤดูฝน	48.00	NA	0.46	12.00	1.12	1.04	0.92
	ฤดูแล้ง	1.18	0.00	0.64	NA	1.05	1.00	0.97
ค่าเฉลี่ย	ฤดูฝน	0.67	0.57	0.51	1.75	1.12	1.13	0.99
	ฤดูแล้ง	1.05	0.34	0.37	1.18	0.86	0.91	0.93

หมายเหตุ: NA หมายถึง ไม่สามารถคำนวณ I/O ratio ได้ เนื่องจาก ความเข้มข้นของมลสารในอากาศนอกห้องเรียนมีค่าเป็น 0 หรือ มีค่าต่ำกว่า Detection limit

ผลการศึกษารูปร่างและแบคทีเรีย ในฤดูฝนและฤดูแล้ง

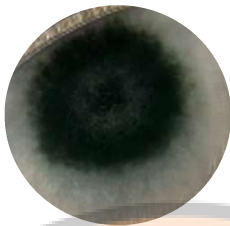

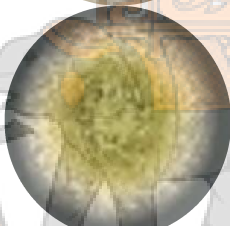

1. ผลการศึกษารูปร่างในห้องเรียนศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก ในฤดูฝนและฤดูแล้ง

ผลการศึกษาสัณฐานวิทยาของราในอากาศ บนพื้นและบนผนัง ในห้องเรียน ทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้ง พบราหลากหลายกลุ่ม โดยกลุ่มหลักๆ มีเส้นใยสีเขียวขี้ม้า สีดำ สีน้ำตาล สีเหลือง สีขาว สีเขียวเข้ม สีเทา สีเหลืองเขียว และสีครีม รายละเอียดแสดงดังตาราง 17

ตาราง 17 สัณฐานวิทยาของรา

Isolate	รูปร่างโคโคนี	สีของเส้นใย
1		สีเขียวขี้ม้า
2		สีดำ
3		สีน้ำตาล
4		สีเหลือง
5		สีขาว

ตาราง 17 (ต่อ)

Isolate	รูปร่างโคโลนี	สีของเส้นใย
6		สีเขียวเข้ม
7		สีเทา
8		สีเหลืองเขียว
9		สีครีม

เมื่อศึกษาปริมาณราในห้องเรียนศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก ในฤดูฝนและฤดูแล้ว พบว่า ในศูนย์พัฒนาเด็กเล็กทั้ง 10 แห่ง ในฤดูฝน ปริมาณราในอากาศมีค่าอยู่ระหว่าง 4.19 - 40.89 CFU/dm²/hr โดยมีค่าเฉลี่ย 27.36±16.40 CFU/dm²/hr ปริมาณราบนพื้น มีค่าอยู่ระหว่าง 0-0.010 CFU/cm² โดยมีค่าเฉลี่ย 0.004±0.003 CFU/cm² ในขณะที่ปริมาณราบนผนัง มีค่าอยู่ระหว่าง 0-0.016 CFU/cm² โดยมีค่าเฉลี่ย 0.003±0.005 CFU/cm² ส่วนในฤดูแล้ง พบว่า ราในอากาศมีค่าอยู่ระหว่าง 2.10-18.87CFU/dm²/hr โดยมีค่าเฉลี่ย 8.91±4.99 CFU/dm²/hr ส่วนปริมาณราบนพื้น มีค่าอยู่ระหว่าง 0-0.003 CFU/cm² โดยมีค่าเฉลี่ย 0.001±0.001 CFU/cm² ในขณะที่ปริมาณราบนผนัง มีค่าอยู่ระหว่าง 0-0.005 CFU/cm² โดยมีค่าเฉลี่ย 0.002±0.002 CFU/cm² โดยจำนวนโคโลนีของรา

ในอากาศเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานดัชนีการปนเปื้อนของเชื้อจุลชีพในอากาศ (Phanombualert, Muenta & Thongkamsamut, 2016) และจำนวนโคโลนีราบนพื้นและบนผนัง เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ของ British Columbia Centre for Disease Control (BCCDC) (Nhlapo, Lues, & Groenewald., 2014) พบผลที่ได้แสดงรายละเอียดดังตาราง 18 - 19



ตาราง 18 ปริมาณรา ในฤดูฝน

สถานที่	ในอากาศ (CFU/dm ² /hr)	มาตรฐานดัชนี			รา		
		การปนเปื้อนของ เชื้อจุลินทรีย์ ในอากาศ	บนพื้น (CFU/cm ²)	ราบนพื้น เทียบกับ เกณฑ์ BCCDC	บนผนัง (CFU/cm ²)	ราบนผนัง เทียบกับ เกณฑ์ BCCDC	ราบนผนัง เทียบกับ เกณฑ์ BCCDC
St.1	33.55±2.97	Good (ดี)	0.006±0.008	Satisfactory (น่าพอใจ)	0.002±0.004	Satisfactory (น่าพอใจ)	
St.2	22.02±3.15	Good (ดี)	0.002±0.004	Satisfactory (น่าพอใจ)	0.000±0.000	Satisfactory (น่าพอใจ)	
St.3	67.10±12.93	Fair (ปานกลาง)	0.010±0.011	Satisfactory (น่าพอใจ)	0.002±0.004	Satisfactory (น่าพอใจ)	
St.4	4.19±5.93	Very good (ดีมาก)	0.010±0.012	Satisfactory (น่าพอใจ)	0.002±0.004	Satisfactory (น่าพอใจ)	
St.5	25.16±0	Good (ดี)	0.003±0.005	Satisfactory (น่าพอใจ)	0.016±0.014	Satisfactory (น่าพอใจ)	
St.6	12.58±8.90	Good (ดี)	0.002±0.004	Satisfactory (น่าพอใจ)	0.000±0.000	Satisfactory (น่าพอใจ)	
St.7	40.89±9.44	Fair (ปานกลาง)	0.000±0.000	Satisfactory (น่าพอใจ)	0.012±0.004	Satisfactory (น่าพอใจ)	
St.8	27.26±5.93	Good (ดี)	0.005±0.005	Satisfactory (น่าพอใจ)	0.002±0.004	Satisfactory (น่าพอใจ)	
St.9	22.02±9.44	Good (ดี)	0.003±0.005	Satisfactory (น่าพอใจ)	0.000±0.000	Satisfactory (น่าพอใจ)	
St.10	18.87±12.58	Good (ดี)	0.000±0.000	Satisfactory (น่าพอใจ)	0.000±0.000	Satisfactory (น่าพอใจ)	
ค่าเฉลี่ย	27.36±16.40	Good (ดี)	0.004±0.003	Satisfactory (น่าพอใจ)	0.003±0.005	Satisfactory (น่าพอใจ)	


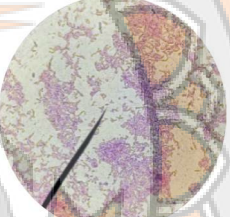

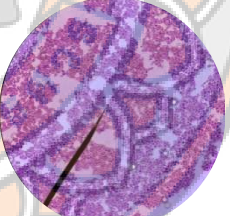

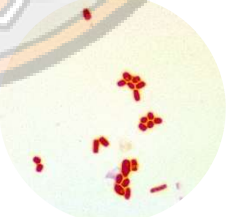


ตาราง 19 ปริมาณรา ในฤดูแล้ง

สถานี	ในอากาศ (CFU/dm ² /hr)	มาตรฐานดัชนีการ ปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ ในอากาศ	รา		รายงานผล เทียบกับ เกณฑ์ BCCDC
			บนพื้น (CFU/cm ²)	บนผนัง (CFU/cm ²)	
St.1	2.10±2.97	Very good (ดีมาก)	0.002±0.002	0.005±0.004	Satisfactory (น่าพอใจ)
St.2	2.10±2.97	Very good (ดีมาก)	0.000±0.000	0.002±0.003	Satisfactory (น่าพอใจ)
St.3	10.48±2.97	Good (ดี)	0.000±0.000	0.000±0.000	Satisfactory (น่าพอใจ)
St.4	15.73±3.15	Good (ดี)	0.000±0.000	0.002±0.002	Satisfactory (น่าพอใจ)
St.5	8.39±5.93	Very good (ดีมาก)	0.000±0.000	0.000±0.000	Satisfactory (น่าพอใจ)
St.6	8.39±2.97	Very good (ดีมาก)	0.000±0.000	0.000±0.000	Satisfactory (น่าพอใจ)
St.7	8.39±2.97	Very good (ดีมาก)	0.000±0.000	0.005±0.007	Satisfactory (น่าพอใจ)
St.8	6.29±8.90	Very good (ดีมาก)	0.000±0.000	0.000±0.000	Satisfactory (น่าพอใจ)
St.9	8.39±2.97	Very good (ดีมาก)	0.003±0.003	0.002±0.000	Satisfactory (น่าพอใจ)
St.10	18.87±10.27	Good (ดี)	0.000±0.000	0.000±0.000	Satisfactory (น่าพอใจ)
ค่าเฉลี่ย	8.91±4.99	Very good (ดีมาก)	0.001±0.001	0.002±0.002	Satisfactory (น่าพอใจ)


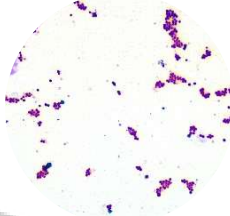

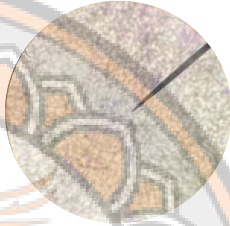
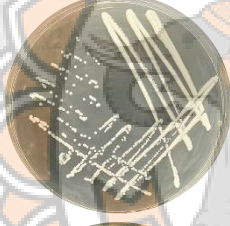
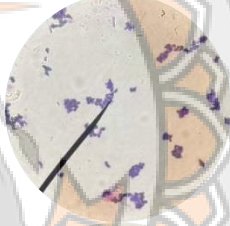

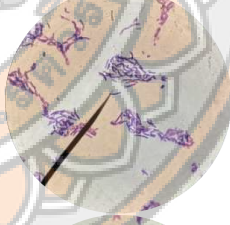

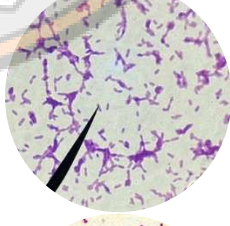

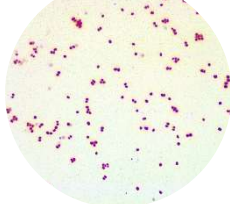
2. ผลการศึกษาแบคทีเรียในห้องเรียนศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก ในฤดูฝนและฤดูแล้ง

ผลการศึกษาสัณฐานวิทยาของแบคทีเรียในอากาศ บนพื้นและบนผนัง ในห้องเรียนทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้ง พบลักษณะทางสัณฐานวิทยาของแบคทีเรียหลายลักษณะที่แตกต่างกัน ได้แก่ โคโลนีสีขาว สีชมพู สีนํ้าตาลอ่อน สีครีม สีเหลือง สีส้ม รูปร่างโคโลนีมีทั้งแบบกลม และรูปร่างไม่ปกติ ส่วนพื้นผิวโคโลนีมีทั้งแบบพื้นผิวด้านและพื้นผิวมันวาว ส่วนผลการศึกษาการย้อมแกรมแบคทีเรีย พบแบคทีเรียทั้งแกรมบวก (Gram-positive) และแกรมลบ (Gram-negative) โดยมีรูปร่างเซลล์ทั้งรูปร่างกลม และรูปร่างแท่ง รายละเอียดแสดงดังตาราง 20


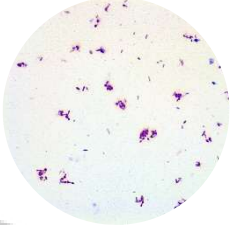

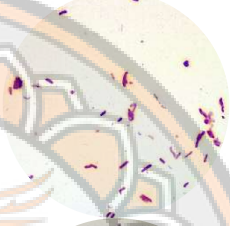


ตาราง 20 สัณฐานวิทยาของแบคทีเรีย ในฤดูฝนและฤดูแล้ง

Isolate	แบคทีเรีย	ลักษณะโคโลนี	การย้อมแกรม	ลักษณะจากการย้อมแกรม
1		โคโลนีสีขาว รูปร่างกลม พื้นผิวมันวาว		แกรมบวก รูปร่างแท่ง
2		โคโลนีสีขาว รูปร่างกลม พื้นผิวมันวาว		แกรมบวก รูปร่างกลม
3		โคโลนีสีขาว รูปร่างไม่ปกติ พื้นผิวขรุขระ		แกรมลบ รูปร่างกลม
4		โคโลนีสีขาว รูปร่างกลม พื้นผิวมันวาว		แกรมลบ รูปร่างกลม

ตาราง 20 (ต่อ)

Isolate	แบคทีเรีย	ลักษณะโคโลนี	การย้อมแกรม	ลักษณะจาก การย้อมแกรม
5		โคโลนีสีชมพู รูปร่างกลม พื้นผิวมันวาว		แกรมบวก รูปร่างกลม
6		โคโลนีสีน้ำตาล อ่อน รูปร่างไม่ปกติ พื้นผิวมันวาว		แกรมบวก รูปร่างแท่ง
7		โคโลนีสีครีม รูปร่างกลม พื้นผิวมันวาว		แกรมบวก รูปร่างกลม
8		โคโลนีสีครีม รูปร่างกลม พื้นผิวมันวาว		แกรมบวก รูปร่างแท่ง
9		โคโลนีสีเหลือง รูปร่างไม่ปกติ พื้นผิวด้าน		แกรมบวก รูปร่างกลม
10		โคโลนีสีเหลือง รูปร่างกลม พื้นผิวมันวาว		แกรมลบ รูปร่างกลม

ตาราง 20 (ต่อ)

Isolate	แบคทีเรีย	ลักษณะโคโลนี	การย้อมแกรม	ลักษณะจาก การย้อมแกรม
11		โคโลนีสีเหลือง รูปร่างกลม พื้นผิวมันวาว		แกรมบวก รูปร่างกลม
12		โคโลนีสีเหลือง รูปร่างกลม พื้นผิวด้าน		แกรมบวก รูปร่างแท่ง
13		โคโลนีสีส้ม รูปร่างกลม พื้นผิวมันวาว		แกรมบวก รูปร่างกลม

เมื่อศึกษาปริมาณแบคทีเรียในห้องเรียนศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก พบว่าในฤดูฝน ปริมาณแบคทีเรียในอากาศ มีค่าอยู่ระหว่าง 14.68 - 427.77 CFU/dm²/hr โดยมีค่าเฉลี่ย 148.67±125.16 CFU/dm²/hr ส่วนปริมาณแบคทีเรียบนพื้น มีค่าอยู่ระหว่าง 0.088-1.048 CFU/cm² โดยมีค่าเฉลี่ย 0.391±0.272 CFU/cm² ในขณะที่ปริมาณแบคทีเรียบนผนัง มีค่าอยู่ระหว่าง 0.010-8.028 CFU/cm² โดยมีค่าเฉลี่ย 0.970±2.272 CFU/cm² ส่วนในฤดูแล้ง พบว่า แบคทีเรียในอากาศมีค่าอยู่ระหว่าง 16.78 - 230.66 CFU/dm²/hr โดยมีค่าเฉลี่ย 79.05±62.97 CFU/dm²/hr ส่วนปริมาณแบคทีเรียบนพื้น มีค่าอยู่ระหว่าง 0.017-1.925 CFU/cm² โดยมีค่าเฉลี่ย 0.283±0.552 CFU/cm² และปริมาณแบคทีเรียบนผนัง มีค่าอยู่ระหว่าง 0.005-0.138 CFU/cm² โดยมีค่าเฉลี่ย 0.040±0.048 CFU/cm² โดยจำนวนโคโลนีของแบคทีเรียในอากาศเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานดัชนีการปนเปื้อนของเชื้อจุลชีพในอากาศ (Phanombualert, Muenta & Thongkamsamut, 2016) และจำนวนโคโลนีแบคทีเรียบนพื้นและบนผนัง เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ของ British Columbia Centre for Disease Control (BCCDC) (Nhlapo, Lues, & Groenewald., 2014) พบผลที่ได้แสดงรายละเอียดดังตาราง 21 - 22

ตาราง 21 ปริมาณแบคทีเรีย ในฤดูฝน

สถานที่	ในอากาศ (CFU/dm ² /hr)	มาตรฐานดัชนีการ ปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ ในอากาศ	แบคทีเรีย			
			บนพื้น (CFU/cm ²)	แบคทีเรียบนพื้น เทียบกับ เกณฑ์ BCCDC	บนผนัง (CFU/cm ²)	แบคทีเรียบนผนัง เทียบกับ เกณฑ์ BCCDC
St.1	119.53±18.87	Poor (แย)	0.295±0.159	Satisfactory (น่าพอใจ)	0.567±0.481	Satisfactory (น่าพอใจ)
St.2	37.74±0	Good (ดี)	0.717±0.361	Satisfactory (น่าพอใจ)	0.123±0.126	Satisfactory (น่าพอใจ)
St.3	79.68±5.93	Fair (ปานกลาง)	0.402±0.545	Satisfactory (น่าพอใจ)	0.384±0.733	Satisfactory (น่าพอใจ)
St.4	104.85±18.04	Poor (แย)	0.273±0.117	Satisfactory (น่าพอใจ)	0.443±0.374	Satisfactory (น่าพอใจ)
St.5	111.14±52.47	Poor (แย)	0.088±0.072	Satisfactory (น่าพอใจ)	0.188±0.086	Satisfactory (น่าพอใจ)
St.6	182.43±25.16	Very poor (แยมาก)	0.370±0.466	Satisfactory (น่าพอใจ)	0.090±0.084	Satisfactory (น่าพอใจ)
St.7	331.32±122.56	Very poor (แยมาก)	0.213±0.119	Satisfactory (น่าพอใจ)	0.062±0.070	Satisfactory (น่าพอใจ)
St.8	77.59±41.52	Fair (ปานกลาง)	0.345±0.413	Satisfactory (น่าพอใจ)	0.010±0.006	Satisfactory (น่าพอใจ)
St.9	427.77±18.87	Very poor (แยมาก)	1.048±0.754	Satisfactory (น่าพอใจ)	0.087±0.090	Satisfactory (น่าพอใจ)
St.10	14.68±12.93	Good (ดี)	0.163±0.168	Satisfactory (น่าพอใจ)	0.165±0.176	Satisfactory (น่าพอใจ)
ค่าเฉลี่ย	148.67±125.16	Very poor (แยมาก)	0.391±0.272	Satisfactory (น่าพอใจ)	0.212±0.177	Satisfactory (น่าพอใจ)

ตาราง 22 ปริมาณแบคทีเรีย ในฤดูแล้ง

สถานที่	ในอากาศ (CFU/dm ² /hr)	มาตรฐานดัชนีการ ปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ ในอากาศ	แบคทีเรีย			
			บนพื้น (CFU/cm ²)	แบคทีเรียบนพื้น เทียบกับ เกณฑ์ BCCDC	บนผนัง (CFU/cm ²)	แบคทีเรียบนผนัง เทียบกับ เกณฑ์ BCCDC
St.1	52.42±10.56	Fair (ปานกลาง)	0.050±0.008	Satisfactory (น่าพอใจ)	0.015±0.015	Satisfactory (น่าพอใจ)
St.2	73.39±5.93	Fair (ปานกลาง)	1.925±0.120	Satisfactory (น่าพอใจ)	0.005±0.008	Satisfactory (น่าพอใจ)
St.3	23.07±2.97	Good (ดี)	0.053±0.048	Satisfactory (น่าพอใจ)	0.128±0.174	Satisfactory (น่าพอใจ)
St.4	153.08±98.04	Very poor (แย่มาก)	0.263±0.188	Satisfactory (น่าพอใจ)	0.013±0.008	Satisfactory (น่าพอใจ)
St.5	54.52±19.45	Fair (ปานกลาง)	0.017±0.008	Satisfactory (น่าพอใจ)	0.138±0.140	Satisfactory (น่าพอใจ)
St.6	44.04±20.55	Fair (ปานกลาง)	0.042±0.036	Satisfactory (น่าพอใจ)	0.027±0.034	Satisfactory (น่าพอใจ)
St.7	98.56±20.76	Poor (แย)	0.127±0.099	Satisfactory (น่าพอใจ)	0.018±0.026	Satisfactory (น่าพอใจ)
St.8	16.78±7.85	Good (ดี)	0.030±0.032	Satisfactory (น่าพอใจ)	0.002±0.002	Satisfactory (น่าพอใจ)
St.9	230.66±47.73	Very poor (แย่มาก)	0.188±0.113	Satisfactory (น่าพอใจ)	0.040±0.003	Satisfactory (น่าพอใจ)
St.10	44.04±10.27	Fair (ปานกลาง)	0.140±0.134	Satisfactory (น่าพอใจ)	0.017±0.012	Satisfactory (น่าพอใจ)
ค่าเฉลี่ย	79.05±62.97	Fair (ปานกลาง)	0.283±0.552	Satisfactory (น่าพอใจ)	0.040±0.048	Satisfactory (น่าพอใจ)

ผลการเปรียบเทียบความเข้มข้นของมลสารในอากาศ ปริมาณราและแบคทีเรีย ระหว่างฤดูฝนและฤดูแล้ง

1. การเปรียบเทียบความเข้มข้นของมลสารในอากาศ ราและแบคทีเรีย ในห้องเรียน ศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก ระหว่างฤดูฝนและฤดูแล้ง

ผลการเปรียบเทียบความเข้มข้นของมลสารในอากาศ ราและแบคทีเรีย ในห้องเรียน ศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก ระหว่างฤดูฝนและฤดูแล้ง พบว่าความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 100, 10 และ 2.5 ไมโครเมตร ปริมาณของราในอากาศ ราบนพื้น แบคทีเรียบนพื้น และแบคทีเรียบนผนัง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ระหว่างฤดูฝนและฤดูแล้ง ในขณะที่ความเข้มข้นซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โอโซน คาร์บอนมอนอกไซด์ ปริมาณราบนผนัง และแบคทีเรียในอากาศ ไม่พบความแตกต่างระหว่างสองฤดู รายละเอียดแสดงดังตาราง 23

ตาราง 23 การเปรียบเทียบความเข้มข้นของมลสารในอากาศ ราและแบคทีเรีย ในห้องเรียน ศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก ระหว่างฤดูฝนและฤดูแล้ง

ปัจจัย	ฤดู	Mean Rank	Sum of Ranks	P-value
NO ₂	ฤดูฝน	7.20	72.00	0.011
	ฤดูแล้ง	13.80	138.00	
SO ₂	ฤดูฝน	10.90	109.00	0.796
	ฤดูแล้ง	10.10	101.00	
O ₃	ฤดูฝน	9.40	94.00	0.436
	ฤดูแล้ง	11.60	116.00	
CO	ฤดูฝน	11.80	118.00	0.353
	ฤดูแล้ง	9.20	92.00	
TSP	ฤดูฝน	5.50	55.00	0
	ฤดูแล้ง	15.50	155.00	
PM ₁₀	ฤดูฝน	5.50	55.00	0
	ฤดูแล้ง	15.50	155.00	
PM _{2.5}	ฤดูฝน	5.50	55.00	0
	ฤดูแล้ง	15.50	155.00	
ราในอากาศ	ฤดูฝน	14.55	145.50	0.001
	ฤดูแล้ง	6.45	64.50	

ตาราง 23 (ต่อ)

ปัจจัย	ฤดู	Mean Rank	Sum of Ranks	P-value
ราบนพื้น	ฤดูฝน	14.30	143.00	0.003
	ฤดูแล้ง	6.70	67.00	
ราบนผนัง	ฤดูฝน	12.50	125.00	0.143
	ฤดูแล้ง	8.50	85.00	
แบคทีเรียในอากาศ	ฤดูฝน	12.50	125.00	0.143
	ฤดูแล้ง	8.50	85.00	
แบคทีเรียบนพื้น	ฤดูฝน	15.00	150.00	0
	ฤดูแล้ง	6.00	60.00	
แบคทีเรียบนผนัง	ฤดูฝน	15.30	153.00	0
	ฤดูแล้ง	5.70	57.00	

2. การเปรียบเทียบความเข้มข้นของมลสารในอากาศ นอกห้องเรียนศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก ระหว่างฤดูฝนและฤดูแล้ง

ผลการเปรียบเทียบความเข้มข้นของมลสาร ราและแบคทีเรีย นอกห้องเรียน ระหว่างฤดูฝนและฤดูแล้ง พบว่าปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 100, 10 และ 2.5 ไมโครเมตร มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ระหว่างฤดูฝนและฤดูแล้ง ส่วนความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โอโซน และคาร์บอนมอนอกไซด์ ไม่มีความแตกต่างระหว่างสองฤดู รายละเอียดแสดงดังตาราง 24

ตาราง 24 การเปรียบเทียบความเข้มข้นของมลสารในอากาศ นอกห้องเรียน ระหว่างฤดูฝนและฤดูแล้ง

ปัจจัย	ฤดู	Mean Rank	Sum of Ranks	P-value
NO ₂	ฤดูฝน	8.85	88.50	0.218
	ฤดูแล้ง	12.15	121.50	
SO ₂	ฤดูฝน	10.45	104.50	0.971
	ฤดูแล้ง	10.55	105.50	
O ₃	ฤดูฝน	8.70	87.00	0.190
	ฤดูแล้ง	12.30	123.00	
CO	ฤดูฝน	11.90	119.00	0.315
	ฤดูแล้ง	9.10	91.00	
TSP	ฤดูฝน	5.50	55.00	0
	ฤดูแล้ง	15.50	155.00	
PM ₁₀	ฤดูฝน	5.50	55.00	0
	ฤดูแล้ง	15.50	155.00	
PM _{2.5}	ฤดูฝน	5.50	55.00	0
	ฤดูแล้ง	15.50	155.00	

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยากับความเข้มข้นของมลสารในอากาศ ราและแบคทีเรีย ของฤดูฝนและฤดูแล้ง

1. ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยากับความเข้มข้นของมลสารในอากาศ ราและแบคทีเรีย ในห้องเรียนศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก ของฤดูฝนและฤดูแล้ง

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยากับความเข้มข้นของมลสารในอากาศ ราและแบคทีเรีย ในห้องเรียนศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก ของฤดูฝนและฤดูแล้ง พบว่าในฤดูฝน อุณหภูมิมีความสัมพันธ์ทางบวกกับความเข้มข้นของคาร์บอนมอนนอกไซด์ในระดับสูง ($r=0.691$) ความชื้นมีความสัมพันธ์ทางลบกับความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ในระดับสูง ($r=-0.768$) แต่มีความสัมพันธ์ทางบวกกับปริมาณราในอากาศในระดับสูง ($r=0.691$) ความเร็วลมมีความสัมพันธ์ทางบวกกับปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร ในระดับสูง ($r=0.720$) และปริมาณราในอากาศในระดับสูง ($r=0.797$) นอกจากนี้ ยังพบว่าปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 100 ไมโครเมตร มีความสัมพันธ์ทางบวกกับปริมาณแบคทีเรียในอากาศในระดับสูง ($r=0.730$) ความเข้มข้นของ

ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร มีความสัมพันธ์ทางบวกกับปริมาณราในอากาศในระดับสูง ($r=0.656$) และราบนพื้นในระดับสูง ($r=0.720$) ดังตาราง 25 ในขณะที่ฤดูแล้ง พบว่าอุณหภูมิ มีความสัมพันธ์ทางบวกกับความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ในระดับสูง ($r=0.737$) ความชื้นมีความสัมพันธ์ทางบวกกับปริมาณราบนผนังในระดับสูง ($r=0.741$) ความเร็วลมมีความสัมพันธ์ทางบวกกับความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ในระดับสูง ($r=0.636$) ดังตาราง 26



ตาราง 25 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยากับความเข้มข้นของมลสารในอากาศ ราและแบคทีเรีย ในห้องเรียน ของฤดูฝน

ปัจจัย	T	RH	WS	NO ₂	SO ₂	O ₃	CO	TSP	PM ₁₀	PM _{2.5}	รา ในอากาศ	รา บนพื้น บนผนัง	แบคทีเรีย ในอากาศ	แบคทีเรีย บนพื้น บนผนัง
T	1													
RH	-.398	1												
WS	.481	.404	1											
NO ₂	.397	-.768**	-.253	1										
SO ₂	-.135	-.310	-.174	.560	1									
O ₃	-.358	-.137	-.128	.372	.898**	1								
CO	.691*	-.072	.148	.018	-.463	-.741*	1							
TSP	.192	.386	.322	-.409	-.401	-.301	.261	1						
PM ₁₀	.288	.452	.462	-.386	-.312	-.215	.292	.946**	1					
PM _{2.5}	.080	.515	.720*	-.202	-.108	.175	-.235	.234	.384	1				
ราในอากาศ	-.075	.691*	.797**	-.532	-.240	-.086	-.161	.273	.313	.656*	1			
ราบนพื้น	.541	.088	.559	.224	-.083	.006	.294	.267	.416	.720*	.251	1		
ราบนผนัง	-.378	.501	-.141	-.168	-.258	-.274	.031	-.208	-.194	.015	.184	-.194	1	
แบคทีเรียในอากาศ	-.037	.412	-.078	-.433	-.345	-.444	.410	.730*	.616	-.282	.019	-.228	.176	1
แบคทีเรียบนพื้น	.165	.084	.128	-.146	.344	.237	.152	.535	.601	-.153	-.049	-.022	-.507	.489
แบคทีเรียบนผนัง	.555	-.502	-.101	.793**	.147	-.024	.360	-.010	.002	-.051	-.441	.599	-.115	-.158

หมายเหตุ: 1. * หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และ ** หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)

2. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (r) 0.81 ถึง 1.0 หมายถึง สูงมาก, 0.61 ถึง 0.80 หมายถึง สูง, 0.41 ถึง 0.60 หมายถึง ปานกลาง, 0.21 ถึง 0.40 หมายถึง ต่ำ, 0.0 ถึง 0.20 หมายถึง ต่ำมาก (Bartz, 1999 อ้างถึงในสมเดวิด จิตจรรณา, 2565)

ตาราง 26 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยากับความเข้มข้นของมลสารในอากาศ ราและแบคทีเรีย ในห้องเรียน ของฤดูแล้ง

ปัจจัย	T	RH	WS	NO ₂	SO ₂	O ₃	CO	TSP	PM ₁₀	PM _{2.5}	รา ในอากาศ	รา บนพื้น บนผนัง	รา บนผนัง ในอากาศ	แบคทีเรีย บนพื้น	แบคทีเรีย บนผนัง
T	1														
RH	-.683*	1													
WS	.500	-.301	1												
NO ₂	.737*	-.154	.636*	1											
SO ₂	.461	-.342	-.272	.330	1										
O ₃	.198	-.227	-.224	-.105	.608	1									
CO	-.460	.508	-.207	-.338	-.202	.251	1								
TSP	-.335	.515	-.207	-.140	-.038	.227	.141	1							
PM ₁₀	-.383	.567	-.312	-.129	.052	.226	.160	.977**	1						
PM _{2.5}	-.346	.515	-.339	-.120	.113	.289	.232	.927**	.976**	1					
ราในอากาศ	.602	-.589	.597	.438	-.058	-.108	-.490	-.557	-.609	-.613	1				
ราบนพื้น	-.338	.525	-.048	-.036	-.124	-.047	.049	.070	.041	-.118	-.122	1			
ราบนผนัง	-.483	.741*	-.015	-.111	-.377	.059	.654*	.485	.478	-.449	-.197	.326	1		
แบคทีเรียในอากาศ	-.157	.251	.038	-.031	-.285	-.381	-.117	-.144	-.219	-.397	.218	.681*	.273	1	
แบคทีเรียบนพื้น	-.169	.059	-.156	-.296	-.224	-.163	.650*	-.476	-.478	-.417	-.219	-.122	.061	.092	1
แบคทีเรียบนผนัง	-.458	-.068	-.155	-.445	-.234	-.341	-.399	.169	.183	.144	-.256	-.087	-.381	-.159	-.296

หมายเหตุ: 1. * หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติ (p < 0.05) และ ** หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติ (p < 0.01)

2. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (r) 0.81 ถึง 1.0 หมายถึง สูงมาก, 0.61 ถึง 0.80 หมายถึง สูง, 0.41 ถึง 0.60 หมายถึง ปานกลาง, 0.21 ถึง 0.40 หมายถึง ต่ำ, 0.0 ถึง 0.20 หมายถึง ต่ำมาก (Bartz, 1999 อ้างถึงในสมถวิล วิจิตรวรรณภา, 2565)

2. ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาและความเข้มข้นของมลสารในอากาศ นอกห้องเรียนศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก ของฤดูฝนและฤดูแล้ง

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยากับความเข้มข้นของมลสารในอากาศ นอกห้องเรียนศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก ของฤดูฝนและฤดูแล้ง พบว่าในฤดูฝน ความเร็วลมสัมพันธ์ทางบวกกับความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในระดับสูง ($r=0.739$) และ โอโซน ในระดับสูงมาก ($r=0.811$) ปริมาณน้ำฝนมีความสัมพันธ์ทางบวกกับปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 และ 2.5 ไมโครเมตร ในระดับสูง ($r=0.708, 0.764$) ดังตาราง 27 ในขณะที่ฤดูแล้ง พบว่าอุณหภูมิมีความสัมพันธ์ทางลบกับความเข้มข้นของคาร์บอนมอนอกไซด์ ปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 100, 10 และ 2.5 ไมโครเมตร ในระดับสูง สูงมาก สูงมาก และระดับสูงตามลำดับ ($r=-0.633, -0.857, -0.813$ และ -0.785) แต่มีความสัมพันธ์ทางบวกกับความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ในระดับสูง ($r=0.791$) และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในระดับสูง ($r=0.765$) ความชื้นมีความสัมพันธ์ทางบวกกับปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 100, 10 และ 2.5 ไมโครเมตรในระดับสูงมาก ($r=0.898, 0.895$ และ 0.889) รายละเอียดแสดงดังตาราง 28

ตาราง 27 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยากับความเข้มข้นของมลสารในอากาศ นอกห้องเรียน ของฤดูฝน

ปัจจัย	T	RH	WS	RF	NO ₂	SO ₂	O ₃	CO	TSP	PM ₁₀	PM _{2.5}
T	1										
RH	-.943**	1									
WS	.208	-.352	1								
RF	.557	-.439	-.116	1							
NO ₂	-.387	.154	.457	-.264	1						
SO ₂	-.322	.079	.739*	-.252	.871**	1					
O ₃	-.088	-.128	.811**	-.054	.559	.870**	1				
CO	-.407	.306	-.310	-.138	.559	.135	-.191	1			
TSP	.044	-.132	.312	.525	.189	.406	.580	-.198	1		
PM ₁₀	.202	-.196	.115	.708*	.005	.113	.321	-.098	.894**	1	
PM _{2.5}	.304	-.236	-.016	.764*	-.114	-.092	.113	-.018	.710*	.949**	1

หมายเหตุ: 1. * หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และ ** หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)

- ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (r) 0.81 ถึง 1.0 หมายถึง สูงมาก, 0.61 ถึง 0.80 หมายถึง สูง, 0.41 ถึง 0.60 หมายถึง ปานกลาง, 0.21 ถึง 0.40 หมายถึง ต่ำ, 0.0 ถึง 0.20 หมายถึง ต่ำมาก (Bartz, 1999 อ้างถึงใน สมถวิล วิจิตรวรรณ, 2565)

ตาราง 28 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยากับความเข้มข้นของมลสารในอากาศ
นอกห้องเรียน ของฤดูแล้ง

ปัจจัย	T	RH	WS	NO ₂	SO ₂	O ₃	CO	TSP	PM ₁₀	PM _{2.5}
T	1									
RH	-.781**	1								
WS	-.490	.579	1							
NO ₂	.791**	-.333	-.303	1						
SO ₂	.765**	-.297	-.254	.909**	1					
O ₃	-.612	.054	.073	-.882**	-.838**	1				
CO	-.633*	.373	.601	-.464	-.437	.307	1			
TSP	-.857**	.898**	.363	-.498	-.442	.348	.298	1		
PM ₁₀	-.813**	.895**	.346	-.420	-.364	.291	.271	.994**	1	
PM _{2.5}	-.785**	.889**	.359	-.369	-.317	.259	.279	.981**	.995**	1

หมายเหตุ: 1. * หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และ ** หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)

2. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (r) 0.81 ถึง 1.0 หมายถึง สูงมาก, 0.61 ถึง 0.80 หมายถึง สูง, 0.41 ถึง 0.60 หมายถึง ปานกลาง, 0.21 ถึง 0.40 หมายถึง ต่ำ, 0.0 ถึง 0.20 หมายถึง ต่ำมาก (Bartz, 1999 อ้างถึงในสมถวิล วิจิตรวรรณ, 2565)

บทที่ 5

สรุปและอภิปรายผล

สรุปผลการวิจัย

1. จากการศึกษาปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา ความเข้มข้นของมลสาร รางและแบคทีเรีย ในสภาพแวดล้อมของศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก ในฤดูฝนและฤดูแล้ง ของอำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก สรุปได้ดังนี้

1.1 ปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา พบว่า ในฤดูฝน อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม มีค่าเฉลี่ย ในห้องเรียน 27.41 ± 1.08 องศาเซลเซียส 60.46 ± 9.39 เปอร์เซ็นต์ และ 0.02 ± 0.07 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ ในขณะที่นอกห้องเรียนมีค่าเฉลี่ย 31.85 ± 2.42 องศาเซลเซียส 73.87 ± 10.13 เปอร์เซ็นต์ และ 0.12 ± 0.14 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ และปริมาณน้ำฝนนอกห้องเรียน มีค่าเฉลี่ย 3.12 ± 6.22 มิลลิเมตร ในขณะที่ฤดูแล้ง อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม ในห้องเรียนมีค่าเฉลี่ย 26.40 ± 2.36 องศาเซลเซียส 61.01 ± 5.21 เปอร์เซ็นต์ และ 0.02 ± 0.03 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ ส่วนนอกห้องเรียนมีค่าเฉลี่ย 30.89 ± 3.84 องศาเซลเซียส 51.50 ± 8.36 เปอร์เซ็นต์ และ 0.24 ± 0.17 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ และมีปริมาณน้ำฝนนอกห้องเรียนเฉลี่ย 0 มิลลิเมตร

1.2 ความเข้มข้นของมลสารในอากาศ พบว่า ในฤดูฝน ไนโตรเจนไดออกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โอโซน คาร์บอนมอนอกไซด์ ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 100 10 และ 2.5 ไมโครเมตร ในห้องเรียนมีค่าเฉลี่ย 1.26 ± 1.62 , 2.06 ± 4.80 , 31.89 ± 31.74 , 0.14 ± 0.07 , 31.74 ± 6.52 , 14.60 ± 4.08 และ 7.44 ± 1.91 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ส่วนนอกห้องเรียนมีค่าเฉลี่ย 1.88 ± 2.82 , 3.64 ± 6.34 , 62.37 ± 43.27 , 0.08 ± 0.10 , 28.36 ± 4.63 , 12.91 ± 2.83 และ 7.48 ± 1.76 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ในขณะที่ฤดูแล้ง ในห้องเรียนมีค่าเฉลี่ย 8.16 ± 8.16 , 1.09 ± 2.16 , 31.55 ± 17.65 , 0.26 ± 0.40 , 69.04 ± 13.88 , 43.29 ± 10.76 และ 29.34 ± 8.61 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ส่วนนอกห้องเรียนมีค่าเฉลี่ย 7.75 ± 8.24 , 3.18 ± 4.22 , 85.35 ± 37.61 , 0.22 ± 0.39 , 80.22 ± 16.38 , 47.51 ± 10.99 และ 31.38 ± 7.65 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ

1.3 รางในห้องเรียนศูนย์พัฒนาเด็กเล็กในฤดูฝน พบปริมาณรางในอากาศ บนพื้น และ บนผนัง มีค่าเฉลี่ย 27.36 ± 16.40 CFU/dm²/hr, 0.004 ± 0.003 CFU/cm² และ 0.003 ± 0.005 CFU/cm² ตามลำดับ ส่วนในฤดูแล้ง มีค่าเฉลี่ย 8.91 ± 4.99 CFU/dm²/hr, 0.001 ± 0.001 CFU/cm² และ 0.002 ± 0.002 CFU/cm²

1.4 แบคทีเรียในห้องเรียนศูนย์พัฒนาเด็กเล็กในฤดูฝน พบปริมาณแบคทีเรียในอากาศ แบคทีเรียบนพื้น และ แบคทีเรียบนผนัง มีค่าเฉลี่ย 148.67 ± 125.16 CFU/dm²/hr, 0.391 ± 0.272 CFU/cm² และ 0.970 ± 2.272 CFU/cm² ส่วนในฤดูแล้ง มีค่าเฉลี่ย 79.05 ± 62.97 CFU/dm²/hr, 0.283 ± 0.552 CFU/cm² และ 0.040 ± 0.048 CFU/cm²

2. ผลการเปรียบเทียบความเข้มข้นของมลสารในอากาศ ราและแบคทีเรีย ระหว่างฤดูฝนและฤดูแล้ง สรุปได้ว่า

2.1 ความเข้มข้นของมลสารในอากาศ ราและแบคทีเรียในห้องเรียน พบไนโตรเจนไดออกไซด์ ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 100, 10 และ 2.5 ไมโครเมตร ปริมาณของราในอากาศ ราบนพื้น แบคทีเรียบนพื้น และแบคทีเรียบนผนัง แตกต่างกันระหว่างฤดูฝนและฤดูแล้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2.2 ความเข้มข้นของมลสารในอากาศนอกห้องเรียน พบฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 100, 10 และ 2.5 ไมโครเมตร แตกต่างกันระหว่างฤดูฝนและฤดูแล้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

3. ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยากับความเข้มข้นของมลสารในอากาศ ราและแบคทีเรีย ของฤดูฝนและฤดูแล้ง โดยการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (r) สรุปได้ว่า

3.1 ในห้องเรียนของฤดูฝน พบอุณหภูมิสัมพันธ์กับคาร์บอนมอนอกไซด์ทางบวก ความชื้นสัมพันธ์กับไนโตรเจนไดออกไซด์ทางลบแต่สัมพันธ์ทางบวกกับราในอากาศ ความเร็วลมสัมพันธ์กับฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร และราในอากาศทางบวก

3.2 ในห้องเรียนของฤดูแล้ง พบอุณหภูมิสัมพันธ์กับไนโตรเจนไดออกไซด์ทางบวก ความชื้นสัมพันธ์กับราบนผนังทางบวก และความเร็วลมสัมพันธ์กับไนโตรเจนไดออกไซด์ทางบวก

3.3 นอกห้องเรียนของฤดูฝน พบความเร็วลมสัมพันธ์กับซัลเฟอร์ไดออกไซด์และโอโซนทางบวก ปริมาณน้ำฝนสัมพันธ์กับฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 และ 2.5 ไมโครเมตร ทางบวก

3.4 นอกห้องเรียนของฤดูแล้ง พบอุณหภูมิสัมพันธ์กับไนโตรเจนไดออกไซด์และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทางบวก แต่สัมพันธ์กับคาร์บอนมอนอกไซด์ ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 100, 10 และ 2.5 ไมโครเมตร ทางลบ และความชื้นสัมพันธ์กับฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 100, 10 และ 2.5 ไมโครเมตร ทางบวก

อภิปรายผล

จากการศึกษาข้อมูลทั่วไปของศูนย์พัฒนาเด็กเล็กในสังกัดองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นทั้ง 10 แห่ง พบว่ามีจำนวนนักเรียนอยู่ระหว่าง 15-46 โดยในห้องเรียนศูนย์พัฒนาเด็กเล็กที่ศึกษามีขนาดพื้นที่ตั้งแต่ 49-120 ตารางเมตร โดยมีความหนาแน่นจำนวนนักเรียนต่อพื้นที่อยู่ระหว่าง 0.2-0.5 คนต่อตารางเมตร ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานการดำเนินงาน ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น (กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น, 2559) ที่กำหนดให้พื้นที่ใช้สอยเฉลี่ย 2 ตารางเมตรต่อเด็ก 1 คน ที่ต้องจัดให้มีบริเวณพื้นที่ในอาคารที่สะอาด ปลอดภัย และเพียงพอเหมาะสมกับการจัดประสบการณ์การเรียนรู้และจัดกิจกรรมอื่นๆ ของเด็ก เช่น การเล่น การเรียนรู้ การรับประทานอาหาร และการนอน ซึ่งจากการศึกษาศูนย์พัฒนาเด็กเล็กทั้ง 10 แห่งนี้ พบว่าในห้องเรียนมีพัดลมอยู่ระหว่าง 3-12 เครื่อง เครื่องปรับอากาศ 2-4 เครื่อง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดพื้นที่และจำนวนนักเรียนของศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก โดยมีการทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศ 1-2 ครั้งต่อปี แต่โดยส่วนใหญ่จะทำความสะอาด 2 ครั้ง/ปี ซึ่งตามคำแนะนำของสำนักอนามัยและสิ่งแวดล้อมแนะนำให้มีการทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศ 3-4 เดือนต่อครั้ง (สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม, 2559) อีกทั้งในการศึกษานี้พบว่าลักษณะของพื้นที่ห้องเป็นกระเบื้อง และผนังห้องเป็นซีเมนต์ทุกแห่ง มีการทำความสะอาดพื้นห้องด้วยการกวาดและถูห้อง 1-4 ครั้งต่อวัน ส่วนใหญ่จะทำความสะอาด 2 ครั้งต่อวัน ซึ่งการทำความสะอาดพื้นห้องอย่างสม่ำเสมอและการที่ห้องเรียนติดตั้งเครื่องปรับอากาศทำให้ห้องเรียนอยู่ในลักษณะเป็นระบบปิดส่งผลให้ปริมาณฝุ่นลดลง (Kildeso et al., 1998) โดยงานวิจัยของ ปิยะพงษ์ ชุมศรี และคณะ (2566) พบว่า ปัจจัยที่ทำให้ความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศภายในห้องลดลงคือ การที่ภายในห้องไม่มีฝุ่นและมีความสะอาด รวมถึงการที่ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กมีการทำความสะอาด พื้น โตะ เก้าอี้ หรือเฟอร์นิเจอร์ต่างๆ เครื่องปรับอากาศ พัดลม และส่วนประกอบต่างๆ เป็นประจำ ทั้งนี้การดำเนินกิจกรรมต่างๆ ขึ้นอยู่กับจำนวนบุคลากร และงบประมาณในการกำกับดูแล นอกจากนี้การที่ห้องเรียนของศูนย์พัฒนาเด็กเล็กมีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ รวมทั้งพัดลม จะช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศภายในห้องเรียนได้ โดยการศึกษาของ ปิยะพงษ์ ชุมศรี และคณะ (2567) พบว่าความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรียในอากาศในห้องของศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก จังหวัดเลย ที่เป็นห้องปรับอากาศ น้อยกว่าห้องพัดลม ส่วนความเข้มข้นของเชื้อราในอากาศไม่แตกต่างกันระหว่างศูนย์พัฒนาเด็กเล็กที่เป็นห้องปรับอากาศกับห้องพัดลม ซึ่งในการศึกษานี้พบว่าศูนย์พัฒนาเด็กเล็กทั้ง 10 แห่ง มีเครื่องปรับอากาศทุกแห่ง และเปิดเครื่องปรับอากาศทุกวันเช่นเดียวกัน

โดยผลการศึกษาปริมาณราและแบคทีเรียในห้องเรียนศูนย์พัฒนาเด็กเล็กในฤดูฝนและฤดูแล้ง พบปริมาณเฉลี่ยของราและแบคทีเรียในอากาศ บนพื้น และบนผนัง ในฤดูฝนสูงกว่าฤดูแล้ง อาจเนื่องจากปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม โดยเฉพาะความชื้นสัมพัทธ์และความชื้นบนพื้นผิวภายใน

อาคาร ฤดูฝนมักมีความชื้นสัมพัทธ์สูง ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของราและแบคทีเรีย ดังนั้นจึงควรที่จะมีการควบคุมระดับความชื้นในอาคาร เช่น การระบายอากาศ การควบคุมอุณหภูมิ ติดตั้งเครื่องดูดความชื้น เป็นต้น อีกทั้งการใช้งานเครื่องปรับอากาศเป็นเวลานานจะส่งผลให้ความชื้นในห้องสูงขึ้น ซึ่งสามารถส่งผลต่อปริมาณราที่เพิ่มขึ้นได้ (Hamada & Fujita, 2002) นอกจากนี้ ความหนาแน่นของประชากรที่อาศัยอยู่ในห้องจะส่งผลต่อความเข้มข้นของฝุ่นละออง ซึ่งจะส่งผลต่อปริมาณราที่เพิ่มขึ้นด้วย (กิจจา จิตรภิมมย์, ปธานิน แสงอรุณ, และ วรินทร์ คำพิลา, 2556) โดยเมื่อนำ จำนวนโคโลนีของราและแบคทีเรียในอากาศในห้องเรียนศูนย์พัฒนาเด็กเล็กในฤดูฝนและฤดูแล้งที่ศึกษาได้ มาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานดัชนีการปนเปื้อนของเชื้อจุลชีพในอากาศ (Phanombualert, Muenta & Thongkamsamut., 2016) พบว่า ปริมาณราในห้องเรียนศูนย์พัฒนาเด็กเล็กในอากาศ ในฤดูฝน มีค่าเฉลี่ย 27.36 ± 16.40 CFU/dm²/hr อยู่ในเกณฑ์ดี ส่วนฤดูแล้ง มีค่าเฉลี่ย 8.91 ± 4.99 CFU/dm²/hr ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ดีมาก ในขณะที่แบคทีเรียในอากาศในฤดูฝน มีค่าเฉลี่ย 148.67 ± 125.16 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานระดับแย่มาก และในฤดูแล้งมีค่าเฉลี่ย 79.05 ± 62.97 CFU/dm²/hr ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานระดับปานกลาง เมื่อเปรียบเทียบจำนวนโคโลนีของราและแบคทีเรียบนพื้นและบนผนังกับเกณฑ์ของ British Columbia Centre for Disease Control (BCCDC) (Nhlapo, Lues, & Groenewald., 2014) พบว่า ราบนพื้นและผนัง ในฤดูฝน มีค่าเฉลี่ย 0.004 ± 0.003 และ 0.003 ± 0.005 CFU/cm² ตามลำดับ ส่วนฤดูแล้ง มีค่าเฉลี่ย 0.001 ± 0.001 และ 0.002 ± 0.002 CFU/cm² ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์น่าพอใจ เช่นเดียวกับกับปริมาณแบคทีเรียบนพื้นและบนผนัง ทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้ง ที่มีค่าเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์น่าพอใจ โดยแบคทีเรียบนพื้นและบนผนังในฤดูฝน มีค่าเฉลี่ย 0.391 ± 0.272 และ 0.212 ± 0.177 CFU/cm² ตามลำดับ และในฤดูแล้งมีค่าเฉลี่ย 0.283 ± 0.552 และ 0.040 ± 0.048 CFU/cm² ตามลำดับ

จากผลการศึกษาปริมาณราและแบคทีเรียในห้องเรียนศูนย์พัฒนาเด็กเล็กในแต่ละแห่งทั้ง 10 แห่ง พบว่า ปริมาณราในอากาศในฤดูฝนอยู่ในช่วงเกณฑ์ปานกลางถึงดีมาก โดยเฉลี่ยทั้ง 10 แห่ง อยู่ในเกณฑ์ดี ส่วนฤดูแล้งปริมาณราในอากาศอยู่ในช่วงเกณฑ์ดีถึงดีมาก ซึ่งเฉลี่ยทั้ง 10 แห่ง อยู่ในเกณฑ์ดีมาก ปริมาณแบคทีเรียในอากาศในฤดูฝนอยู่ในช่วงเกณฑ์แย่มากถึงดี ซึ่งเฉลี่ยทั้ง 10 แห่ง อยู่ในเกณฑ์แย่มาก ส่วนแบคทีเรียในอากาศในฤดูแล้งอยู่ในช่วงเกณฑ์แย่มากถึงดี โดยเฉลี่ยทั้ง 10 แห่ง อยู่ในเกณฑ์ปานกลาง ซึ่งศูนย์พัฒนาเด็กเล็กที่พบปริมาณแบคทีเรียที่อยู่ในเกณฑ์แย่มากถึงแย่มาก ได้แก่ โรงเรียนบ้านบึงกระดาน (St.4) ทั้งสองฤดู ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กองค์การบริหารส่วนตำบลสมอแข (St.5) ในฤดูฝน ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กเทศบาลตำบลอรุณภูมิ(2) (St.6) ในฤดูฝน ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กองค์การบริหารส่วนตำบลวัดจันทร์ (St.7) ทั้งสองฤดู และศูนย์พัฒนาเด็กเล็กองค์การบริหารส่วนตำบลจัวงาม (St.9) ทั้งสองฤดู อาจเนื่องมาจากศูนย์พัฒนาเด็กเล็กทั้ง 5 แห่ง มีความหนาแน่นจำนวนนักเรียนต่อพื้นที่ อาจส่งผลให้มีการสะสมและกระจายตัวของฝุ่นและจุลินทรีย์จากกิจกรรมของ

นักเรียนหรือจากฝุ่นหรือจุลินทรีย์จากภายนอกห้องเรียนติดมากับเสื้อผ้าหรือรองเท้าของนักเรียน (Alves et al., 2013) อีกทั้งศูนย์พัฒนาเด็กเล็กดังกล่าวอยู่ใกล้ถนนใหญ่ มีฝุ่นละอองจำนวนมากในอากาศ แบคทีเรียส่วนใหญ่จึงเกาะติดกับพื้นผิวของฝุ่นละออง จึงตรวจพบแบคทีเรียในปริมาณมาก (Hu et al., 2020) ส่วนศูนย์พัฒนาเด็กเล็กองค์การบริหารส่วนตำบลวังงามอยู่ใกล้พื้นที่ป่าพื้นที่เกษตร การที่พบปริมาณแบคทีเรียมากกว่าแห่งอื่น อาจเนื่องจากพื้นที่ป่าและการเกษตร มีดิน พืช ซากใบไม้ ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมักจากการทำการเกษตรซึ่งเป็นแหล่งราและแบคทีเรียตามธรรมชาติ เมื่อเกิดการฟุ้งกระจายของฝุ่นดินจากลมหรือกิจกรรมการเกษตร สามารถเกาะติดกับอนุภาคฝุ่นและถูกพาเข้าสู่อาคารผ่านการเปิดประตูหน้าต่าง หรือช่องว่างเข้ามาได้ ส่งผลให้ความเข้มข้นของแบคทีเรียในห้องเรียนสูงขึ้น ประกอบกับบริเวณพื้นที่ป่า จะมีความชื้นซึ่งเป็นสภาวะที่แบคทีเรียเจริญเติบโตได้ดี ซึ่งอาจจะเป็นแหล่งกำเนิดของแบคทีเรียในพื้นที่ได้ (Morakinyo et al., 2019)

สำหรับผลการศึกษาปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาในห้องเรียน พบว่าในฤดูฝน อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม มีค่าเฉลี่ย 27.41±1.08 องศาเซลเซียส 60.46±9.39 เปอร์เซ็นต์ และ 0.02 ±0.07 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ ส่วนในฤดูแล้ง มีค่าเฉลี่ย 26.40±2.36 องศาเซลเซียส 61.01±5.21 เปอร์เซ็นต์และ 0.02±0.03 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ ตามเกณฑ์คุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณสุข พ.ศ. 2565 และเกณฑ์ภาวะสบายเชิงความร้อน (กรมอนามัย, 2554) กำหนดค่าอุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 24-26 องศาเซลเซียส ซึ่งจากการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยอุณหภูมิทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้งมีค่าสูงกว่าค่าที่ยอมรับได้เล็กน้อย ส่วนค่าความชื้นสัมพัทธ์ทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้งมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด 50-65 เปอร์เซ็นต์ และความเร็วลมในการศึกษานี้มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดที่น้อยกว่า 0.3 เมตรต่อวินาที สำหรับนอกห้องเรียน พบว่าในฤดูฝน อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม มีค่าเฉลี่ย 31.85±2.42 องศาเซลเซียส 73.87±10.13 เปอร์เซ็นต์ และ 0.12±0.14 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ ในขณะที่ฤดูแล้งมีค่าเฉลี่ย 30.89±3.84 องศาเซลเซียส 51.50±8.36 เปอร์เซ็นต์ และ 0.24±0.17 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ ส่วนปริมาณน้ำฝน ในฤดูฝนมีค่าเฉลี่ย 3.12±6.22 มิลลิเมตร และในฤดูแล้งมีค่าเฉลี่ย 0 มิลลิเมตร โดยในฤดูฝนมีค่าเฉลี่ยของความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่าฤดูแล้ง เนื่องจากฤดูฝนพื้นที่ภาคเหนือในช่วงที่เก็บตัวอย่างในเดือนสิงหาคม ซึ่งเป็นระยะที่ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดปกคลุมประเทศไทย ส่วนอุณหภูมิมีค่าเฉลี่ยในฤดูแล้งต่ำกว่าในฤดูฝน ทั้งนี้เนื่องจากการศึกษานี้ได้ทำการศึกษาในเดือนมกราคมซึ่งเป็นช่วงที่ได้รับอิทธิพลมเย็นหรือมวลอากาศเย็นที่แผ่ลงมาจากประเทศจีน

สำหรับผลการศึกษาความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โอโซน และคาร์บอนมอนอกไซด์ ภายในและนอกห้องเรียน ในฤดูฝนและฤดูแล้ง พบว่า ในฤดูฝนค่าเฉลี่ยไนโตรเจนไดออกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และโอโซน ภายในห้องเรียนต่ำกว่าภายนอกห้องเรียน แต่คาร์บอนมอนอกไซด์ ภายในห้องเรียนสูงกว่าภายนอกห้องเรียน ส่วนในฤดูแล้ง ค่าเฉลี่ยไนโตรเจน

ได้ออกไซด์ และคาร์บอนมอนอกไซด์ ภายในห้องเรียนสูงกว่าภายนอกห้องเรียน ในขณะที่ค่าเฉลี่ยซัลเฟอร์ไดออกไซด์และโอโซน ภายในห้องเรียนต่ำกว่าภายนอกห้องเรียน และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ (กรมอนามัย, 2565) ทั้งนี้วิธีที่ตรวจวัดในการศึกษานี้ เป็นการตรวจวัดแบบกระเจิงแสง และแบบอเล็กโตรเคมี เช่นเดียวกับที่กรมอนามัยกำหนด แต่ระยะเวลาการตรวจวัด ใช้ระยะเวลาในการตรวจวัด 30 นาที จำนวน 2 ครั้งต่อสถานที่ ซึ่งน้อยกว่าที่กรมอนามัยกำหนดไว้ที่ 8 ชั่วโมง เนื่องจากข้อจำกัดด้านเวลา สถานที่ และเครื่องมือ จากการศึกษาพบว่าค่าความเข้มข้นมลสารในห้องเรียนศูนย์พัฒนาเด็กเล็กทุกแห่งมีค่าไม่เกินค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ ยกเว้นศูนย์พัฒนาเด็กเล็กเทศบาลตำบลหัวรอที่พบว่าค่าโอโซนในห้องเรียนฤดูฝนมีค่าเฉลี่ย 112.05 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (0.112 ppm) ซึ่งสูงกว่าแห่งอื่น และมีค่าเกินมาตรฐานค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ (0.05 ppm) อาจเนื่องมาจาก ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กอยู่ติดถนนใหญ่และใกล้ตลาดกับศูนย์ราชการ ซึ่งเป็นพื้นที่กิจกรรมหนาแน่น ทำให้มีการปล่อยก๊าซตั้งต้นของโอโซนสูง เช่น กลุ่มจากไนโตรเจนออกไซด์จากการจราจร หรือ สารอินทรีย์ระเหยง่าย จากกิจกรรมในพื้นที่ เช่น การทาสี ทินเนอร์ สเปรย์ทำความสะอาด ซึ่งเมื่อร่วมกับแสงแดด จึงเอื้อต่อการเกิดและสะสมของโอโซนในบรรยากาศ แล้วสามารถพัดเข้ามาภายในอาคารได้ (สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2555)

จากการศึกษาค่าเฉลี่ยฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 100, 10 และ 2.5 ไมโครเมตร ภายในและนอกห้องเรียน ในฤดูฝนและฤดูแล้ง พบว่า ในฤดูฝนค่าเฉลี่ยฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 100 และ 10 ไมโครเมตร ภายในห้องเรียนสูงกว่าภายนอกห้องเรียน แต่ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร ภายในห้องเรียนต่ำกว่าภายนอกห้องเรียน ส่วนในฤดูแล้ง พบว่าค่าเฉลี่ยฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 100, 10 และ 2.5 ไมโครเมตร ภายนอกห้องเรียนสูงกว่าภายในห้องเรียน และเมื่อเปรียบเทียบค่าฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร ภายนอกห้องเรียนในวันที่เก็บตัวอย่างในฤดูฝนกับสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศของกรมควบคุมมลพิษ (กรมควบคุมมลพิษ, 2569) พบว่า มีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งค่าฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร ในการศึกษาครั้งนี้มีค่าเฉลี่ย 7.48 ± 1.76 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศของกรมควบคุมมลพิษ มีค่าเฉลี่ย 5.52 ± 1.86 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ส่วนฤดูแล้งค่าฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร ในการศึกษาครั้งนี้มีค่าต่ำกว่าค่าของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศของกรมควบคุมมลพิษ โดยในการศึกษานี้มีค่าเฉลี่ย 31.38 ± 7.65 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศของกรมควบคุมมลพิษ มีค่าเฉลี่ย 69.24 ± 14.42 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และเมื่อเปรียบเทียบค่าฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ภายนอกห้องเรียนในวันที่เก็บตัวอย่างในฤดูฝนกับสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศของกรมควบคุมมลพิษ พบว่า มีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งค่าฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ในการศึกษาครั้งนี้มีค่าเฉลี่ย 12.91 ± 2.83 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศของ

กรมควบคุมมลพิษ มีค่าเฉลี่ย 13.40 ± 3.01 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ส่วนฤดูแล้งค่าฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ในการศึกษาครั้งนี้ มีค่าต่ำกว่าค่าของสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศของกรมควบคุมมลพิษ โดยในการศึกษานี้มีค่าเฉลี่ย 47.51 ± 10.99 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และจากสถานีตรวจวัดคุณภาพอากาศของกรมควบคุมมลพิษ มีค่าเฉลี่ย 107.00 ± 18.42 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และเมื่อนำค่าเฉลี่ยภายนอกห้องเรียนของแต่ละสถานที่มาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (2538, 2547, 2550, 2552, 2553) พบว่า ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร ในฤดูแล้งของศูนย์พัฒนาเด็กเล็กบ้านแม่ระหัน (St.1) ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กองค์การบริหารส่วนตำบลสมอแข (St.5) และศูนย์พัฒนาเด็กเล็กองค์การบริหารส่วนตำบลวัดจันทร์ (St.7) มีค่าเกินมาตรฐานที่ 37.5 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งในช่วงฤดูแล้งที่ศึกษาพบจุดความร้อน จำนวน 9 จุด ได้แก่ จุดความร้อนบริเวณอำเภอ นครไทย 2 จุด บางกระท่อม 2 จุด ชาติตระการ 4 จุด และบางระกำ 1 จุด (GISTDA, 2569) โดยสำนักงานสิ่งแวดล้อมและควบคุมมลพิษที่ 3 (2567) รายงานว่าช่วงวันที่ 1 มกราคม - 31 พฤษภาคม 2567 จังหวัดพิษณุโลก พบจุดความร้อนมากสุดในพื้นที่ป่าอนุรักษ์ รองลงมาพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ พื้นที่เกษตร พื้นที่ชุมชนและอื่นๆ พื้นที่สปก. และพื้นที่ริมทางหลวง ซึ่งอาจเกิดจากการเผาเพื่อเตรียมตัวทำการเกษตร การเผาวัสดุทางการเกษตร เช่น อ้อย ตอซังข้าว ซากข้าวโพด และการเผาเพื่อหาของป่า ไฟไหม้ป่า เผาเพื่อเตรียมเพาะปลูกต่อไป (ธันวดี ศรีธาวิรัตน์ และอรชร ฉิมจารย์, 2565) ส่งผลให้วันที่เก็บตัวอย่างค่าฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 และ 2.5 ไมโครเมตร มีค่าสูง ส่วนภายในห้องเรียน เมื่อนำค่าฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 และ 10 ไมโครเมตร ในห้องเรียน มาเปรียบเทียบกับค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ ที่กำหนดให้ค่าฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 และ 10 ไมโครเมตร (กรมอนามัย, 2565) พบว่า ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 และ 10 ไมโครเมตร ในอาคารของศูนย์พัฒนาเด็กเล็กเทศบาลตำบลหัวรอ (St.2) ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กองค์การบริหารส่วนตำบลมะขามสูง (St.3) ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กองค์การบริหารส่วนตำบลสมอแข (St.5) ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กเทศบาลตำบลรัษฎา (St.6) ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กองค์การบริหารส่วนตำบลวัดจันทร์ (St.7) และศูนย์พัฒนาเด็กเล็กบ้านยางเอน (St.8) ในห้องเรียน มีค่าเกินค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ อาจเนื่องมาจากฝุ่นละอองจากไอเสียของรถ เนื่องจากบริเวณดังกล่าวอยู่ใกล้ถนนใหญ่ ฝุ่นละอองจึงถูกพัดเข้ามาภายในห้องเรียน ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบระหว่างฤดูฝนและฤดูแล้ง ค่าเฉลี่ยฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10, 10 และ 2.5 ไมโครเมตร ทั้งในและนอกห้องเรียน พบว่ามีค่าเฉลี่ยในฤดูแล้งสูงกว่าฤดูฝน อาจเนื่องมาจากการเผาไหม้เศษวัสดุทางการเกษตรช่วงฤดูกาลเพาะปลูกในช่วงฤดูแล้ง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Tiwari et al. (2013) เรื่องการเปลี่ยนแปลงรายวันและตามฤดูกาลของคาร์บอนดำ และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร เหนือกรุงนิวเดลี ประเทศอินเดีย พบว่า การเผาเศษวัสดุทางการเกษตรในช่วงฤดูกาลเพาะปลูก เป็นแหล่งกำเนิดสำคัญของฝุ่นละอองขนาดเล็กในพื้นที่

ตอนเหนือของประเทศอินเดีย ซึ่งกระบวนการเผาไหม้นั้นไม่สามารถควบคุมได้ เนื่องจากระหว่าง การเผาไหม้จะเกิดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาสู่บรรยากาศ พร้อมกับ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ คาร์บอนที่ไม่ถูกเผาไหม้ ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ นอกจากนี้ การที่ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของมลสารในอากาศในพื้นที่ศึกษานอกอาคารที่มีค่าเฉลี่ยสูงและ มีการกระจายตัวอยู่ทั่วพื้นที่นั้น อาจเนื่องจากในเขตอำเภอเมืองที่เป็นพื้นที่ศึกษามีการใช้ประโยชน์ ที่ดินหลายประเภทอยู่ร่วมกันในบริเวณเดียวกันหรือมีพื้นที่ใกล้เคียงกัน ส่งผลให้แหล่งกำเนิดของ มลสารในอากาศกระจายอยู่ทั่วพื้นที่ และจากการที่พบว่าในการศึกษานี้ ส่วนใหญ่ความเข้มข้นของ มลสารในอากาศในฤดูแล้งสูงกว่าฤดูฝน อาจเนื่องจากมีความผันแปรตามฤดูกาล ของปัจจัยทาง อุตุนิยวิทยา เช่น ความเร็วลม ความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิ (Shelton et al., 2022) อีกทั้งใน ประเทศเขตร้อน การเกิดลมมรสุมมีความสำคัญต่อมลพิษในบรรยากาศ เนื่องจากความเร็วลมและ ทิศทางลมเป็นตัวกำหนดความเข้มข้นและการกระจายตัวของอนุภาค ประกอบกับในช่วงฤดูแล้ง ภาคเหนือของไทยได้รับอิทธิพลของมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งเป็นลมเย็นและแห้งจากประเทศจีน พัดมาภาคเหนือของไทยส่งผลให้ชั้นอากาศด้านล่างเย็นกว่าด้านบน เกิดอุณหภูมิลดลง จึงเกิดการ สะสมของฝุ่นละอองหรือมลพิษที่เกิดจากการเผาในประเทศไทย (Energy Thai Chamber, 2566) รวมถึงฝุ่นและมลพิษจากการถางและเผาเพื่อทำไร่ ทำการเกษตร ลำสัตว์ ของประเทศลาว พม่า และ กัมพูชา พัดมายังประเทศไทย (เครือข่ายอากาศสะอาดประเทศไทย, 2566) และจากการศึกษาของ Amnuaylojaroen et al. (2020) พบว่าการเผาไหม้ชีวมวลจากประเทศเพื่อนบ้านมีศักยภาพที่จะ ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศในภาคเหนือของประเทศไทยมากกว่าการปล่อยมลพิษภายในประเทศ ซึ่งบ่งชี้ได้จากจำนวนจุดความร้อนในประเทศพม่าที่มีมากกว่าในประเทศไทย 2 เท่า ภายใต้อิทธิพล ของช่องทางหลักของลมมรสุมเอเชีย สองช่องทาง ได้แก่ ลมที่พัดมาจากเอเชียตะวันออกเฉียงเหนือมุ่งหน้าสู่ลาว เข้าสู่ภาคเหนือของประเทศไทยและลมตะวันตกเฉียงเหนือที่พัดพาสารมลพิษจากพม่าเข้ามาทาง ภาคเหนือของประเทศไทย ซึ่งส่งผลให้พื้นที่ศึกษามีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของมลสารในอากาศสูงในช่วง ฤดูแล้ง

เมื่อวิเคราะห์อัตราส่วนความเข้มข้นของมลสารในอากาศภายในห้องเรียนต่อภายนอก ห้องเรียน (I/O ratio) พบว่า ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 100, 10 และ 2.5 ไมโครเมตร ในฤดูฝน มีค่า อัตราส่วน I/O มากกว่า 1 ในหลายสถานี บ่งชี้ว่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองภายในห้องเรียนสูงกว่า ภายนอกห้องเรียน ซึ่งอาจสะท้อนถึงการสะสมของฝุ่นหรือการมีแหล่งกำเนิดฝุ่นภายในอาคาร รวมทั้ง การแทรกซึมของฝุ่นผ่านช่องเปิดหรือรอยรั่วของอาคารจากแหล่งกำเนิดภายนอกเข้าสู่ภายในอาคาร เช่น การฟุ้งกระจายจากกิจกรรมของเด็ก การพาฝุ่นเข้ามาจากรองเท้าหรือเสื้อผ้า Kaewrat et al. (2021) ขณะที่ฤดูแล้ง ค่า I/O ของฝุ่นส่วนใหญ่น้อยกว่า 1 สะท้อนให้เห็นว่าความเข้มข้นของ ฝุ่นละอองภายนอกห้องเรียนสูงกว่าภายในห้องเรียน อาจเนื่องจากไม่มีแหล่งกำเนิดภายในอาคาร

ส่วนไอโชนมีค่า I/O น้อยกว่า 1 ทุกสถานที่ทั้งสองฤดู อาจเนื่องจากเมื่อไอโชนทำปฏิกิริยากับสีทาบ้าน ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาด สเปรย์ปรับอากาศ น้ำหอม จะเกิดสารใหม่ เช่น พอร์มาลดีไฮด์ อะโครลีน ไฮโดรเปอร์ออกไซด์ และฝุ่นละอองขนาดเล็กมาก (Weschler, 2006) ซึ่งเป็นกระบวนการที่ทำให้ไอโชนถูกกำจัดภายในอาคาร ส่งผลให้ค่า I/O ของไอโชนน้อยกว่า 1 ส่วนไนโตรเจนไดออกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และคาร์บอนมอนอกไซด์ มีค่า I/O มากกว่า 1 บางแห่ง อาจเนื่องจากภายนอกห้องเรียนมีแหล่งกำเนิดที่อยู่ใกล้ห้องเรียน เช่น การจราจร รถติดเครื่องบริเวณจุดรับส่ง หรือจากแหล่งเผาไหม้ใกล้เคียง

ผลการเปรียบเทียบความเข้มข้นของมลสารในอากาศ ราและแบคทีเรีย ในห้องเรียน ศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก ระหว่างฤดูฝนและฤดูแล้ง

เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของมลสารในอากาศภายในห้องเรียน ระหว่างฤดูฝนและฤดูแล้ง พบว่าไนโตรเจนไดออกไซด์ ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 100, 10 และ 2.5 ไมโครเมตร ในฤดูฝนต่ำกว่าฤดูแล้ง โดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) อาจเนื่องมาจาก ในฤดูฝน ฝนที่ตกลงมาอาจช่วยชะล้างฝุ่นในบรรยากาศ ประกอบกับในช่วงเดือน มกราคม-เมษายน ของภาคเหนือมักเกิดปัญหาไฟป่า หมอกควันฝุ่นละออง ซึ่งมีสาเหตุหลักมาจากการเผาในพื้นที่ป่าและพื้นที่เกษตร ประกอบกับสภาพอากาศที่แห้งแล้ง ส่งผลให้เกิดการลุกลามของไฟอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ค่าฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 100, 10 และ 2.5 ไมโครเมตร มีค่าสูง (กรมควบคุมมลพิษ, 2566) ซึ่งสามารถแพร่กระจายเข้าไปในห้องเรียนได้ทั้งผ่านการเปิดประตูเข้าออก รวมทั้งช่องประตูหน้าต่างหรือรูต่างๆของห้องเรียนศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 100, 10 และ 2.5 ไมโครเมตร ในห้องเรียนฤดูแล้งสูงกว่าในฤดูฝน อีกทั้งจากการศึกษาของ Kaewrat et al. (2021) ได้ศึกษาคุนภาพอากาศภายในอาคารและการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของมนุษย์ในห้องเรียนแบบเปิดโล่ง พบว่าความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ ภายในอาคารมีค่าประมาณ ร้อยละ 80 ของค่าภายนอกอาคาร ซึ่งอยู่ในระดับสูงพอสมควร เนื่องจากค่าดัชนีสัดส่วนภายในต่อภายนอก มีค่ามากกว่า 0.5 โดยไม่มีแหล่งกำเนิดภายในอาคาร ซึ่งบ่งชี้ว่ามากกว่าครึ่งหนึ่งของปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์ภายในอาคารมีที่มาจากแหล่งกำเนิดภายนอก

เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยปริมาณราและแบคทีเรียระหว่างฤดูฝนและฤดูแล้ง พบว่า ปริมาณของราในอากาศ ราบนพื้น แบคทีเรียบนพื้น และแบคทีเรียผนัง ในฤดูฝนสูงกว่าฤดูแล้ง โดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) อาจเนื่องมาจากในช่วงฤดูฝน ถึงแม้ว่าความชื้นในห้องเรียนในการศึกษานี้จะมีค่าใกล้เคียงกัน แต่ค่าความชื้นนอกห้องเรียนในฤดูฝนสูงกว่าในฤดูแล้ง ซึ่งแบคทีเรียและราที่มีมากในอาคารอาจเกิดจากการดำเนินกิจกรรมของผู้ใช้ห้องเรียน ส่งผลให้เกิดการเคลื่อนที่ของมวลอากาศและเป็นพาหะในการนำพาแบคทีเรียและราจากภายนอกห้องเข้ามา

ภายในห้องเรียนได้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ปมณท์ ภูมาศ (2564) ที่ศึกษาการตรวจสอบคุณภาพอากาศในห้องเรียนบางห้องของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ พบว่าจำนวนผู้ใช้ห้องส่งผลต่อปริมาณแบคทีเรีย เนื่องจากการทำกิจกรรมของผู้ใช้ห้องส่งผลให้เกิดการเคลื่อนที่ของมวลอากาศและเป็นพาหะในการนำพาแบคทีเรียเข้ามาภายในห้อง ทำให้มีปริมาณแบคทีเรียในอากาศเพิ่มมากขึ้น ประกอบกับการศึกษา Arundel et al. (1986) และ United States Environmental Protection Agency (2025c) พบว่า ที่ความชื้นสัมพัทธ์ไม่เกิน 60 เปอร์เซ็นต์ เชื้อราส่วนใหญ่ไม่สามารถเติบโตได้ อย่างไรก็ตามในการศึกษานี้พบว่าความชื้นสัมพัทธ์ในฤดูฝนมีค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยภายนอกห้องเรียน 70.87 ± 10.13 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสูงกว่าในฤดูแล้งที่มีความชื้นสัมพัทธ์ 51.50 ± 8.36 ส่งผลให้มีปริมาณราและแบคทีเรียในฤดูฝนสูงกว่าฤดูแล้ง และเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของ นิสา เกสร และ กาญจนา นาคะพินธุ (2553) ที่ศึกษาปริมาณเชื้อราและแบคทีเรียบนพื้นผิวของโต๊ะเรียนในห้องเรียนอนุบาล สังกัดเทศบาลนครขอนแก่น โดยวิธีการป้าย (Swab) ในเดือนมกราคม ถึง กุมภาพันธ์ 2553 พบว่า ราและแบคทีเรียมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ $0.34-0.35$ CFU/cm² ซึ่งมีปริมาณสูงกว่าที่พบในการศึกษานี้ โดยในการศึกษานี้ในฤดูแล้ง พบราบนพื้นเฉลี่ย 0.001 ± 0.001 CFU/cm² และราบนผนัง เฉลี่ย 0.002 ± 0.002 CFU/cm² ส่วนแบคทีเรียบนพื้นมีค่าเฉลี่ย 0.283 ± 0.552 CFU/cm² และแบคทีเรียบนผนัง 0.040 ± 0.048 CFU/cm²

ผลการเปรียบเทียบความเข้มข้นของมลสารในอากาศ นอกห้องเรียนศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก ระหว่างฤดูฝนและฤดูแล้ง

จากการศึกษาพบว่าฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 100, 10 และ 2.5 ไมโครเมตร ในฤดูแล้งสูงกว่าฤดูฝน โดยแตกต่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เนื่องจากในฤดูแล้งช่วงที่ตรวจวัดคุณภาพอากาศมีการเผาวัสดุทางการเกษตรรวมทั้งพื้นที่ป่า โดยสำนักงานประยุกต์และบริหารภูมิสารสนเทศ (2567) รายงานว่าในเขตพื้นที่ภาคเหนือรวมทั้งจังหวัดพิษณุโลก พบจุดความร้อนในช่วงเดือนมกราคม ถึง พฤษภาคม ซึ่งส่งผลต่อปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 100, 10 และ 2.5 ไมโครเมตร เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของมลสารในอากาศ ระหว่างฤดูฝนและฤดูแล้ง พบว่า ค่าเฉลี่ยฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 100, 10 และ 2.5 ไมโครเมตร ในฤดูฝนและฤดูแล้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของกฤษฎาธร ทรัพย์อุไรรัตน์ และ กุลจิตา บรรจงศิริ (2563) ที่พบว่าค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 และ 10 ไมโครเมตร ในฤดูแล้ง (กลางเดือนพฤศจิกายนถึงกลางเดือนพฤษภาคม) สูงกว่าฤดูฝน (กลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนพฤศจิกายน) นอกจากนี้ ธันวดี ศรีธาวีรัตน์ และอรชร ฉิมจรรย์ (2565) ยังรายงานการตรวจพบค่าฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร สูงสุดในช่วงเดือนมกราคมถึงมีนาคม ซึ่งโดยมากจะพบจุดความร้อนในพื้นที่เกษตร รองลงมาเป็นการพบในเขตป่าสงวนแห่งชาติ เขตป่าอนุรักษ์

เขต สปก. และเขตพื้นที่ชุมชน โดยบริเวณภาคกลาง และภาคเหนือ จะมีการกระจุกตัวของจุดความร้อน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร ที่มีค่าสูงในช่วงเดือนมกราคมถึง มีนาคม เกิดจากการเคลื่อนที่ของมวลอากาศผ่านตำแหน่งจุดความร้อน ที่คาดว่าน่าจะเกิดจากการเผา เพื่อเตรียมตัวทำการเกษตร การเผาพื้นที่เกษตรและการเผาเพื่อหาของป่า ไฟไหม้ป่าในภาคเหนือ โดยส่วนใหญ่เกิดจากการเผาซากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ขยายพื้นที่ปลูกในที่สูง เผาอ้อยเพื่อเก็บเกี่ยว และเผาตอซังข้าวในพื้นที่ราบเพื่อเตรียมเพาะปลูกต่อไป นอกจากนี้ การศึกษานี้ยังพบว่าค่าเฉลี่ยความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โอโซน และคาร์บอนมอนอกไซด์ ในฤดูฝนและฤดูแล้ง ไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากไนโตรเจนไดออกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โอโซน และคาร์บอนมอนอกไซด์ ส่วนใหญ่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ เครื่องจักร และโรงงานอุตสาหกรรม ในขณะที่ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ปริมาณการจราจรไม่หนาแน่นเหมือนในเมืองขนาดใหญ่ รวมทั้ง ไม่มีโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ (สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ, 2554; วุฒิชัย รุ่งเรือง, 2564)

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยากับความเข้มข้นของมลสารในอากาศ ราและแบคทีเรีย ในห้องเรียน ของฤดูฝนและฤดูแล้ง

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยากับความเข้มข้นของมลสารในอากาศ ราและแบคทีเรีย ในห้องเรียน ของฤดูฝนและฤดูแล้ง พบว่าปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันเล็กน้อยระหว่างในฤดูฝนและฤดูแล้ง อาจเนื่องมาจากอุณหภูมิ ความชื้น และความเร็วลมภายในห้องเรียนขึ้นอยู่กับควบคุมของพัดลมระบบปรับอากาศหรือการระบายอากาศในห้องเรียน ซึ่งไม่ได้มาจากสภาพอุตุนิยมวิทยาโดยแท้จริงจากสภาพอากาศภายนอก ซึ่งในการศึกษานี้พบว่า ในฤดูฝนอุณหภูมิมีความสัมพันธ์ทางบวกกับคาร์บอนมอนอกไซด์ ความชื้นมีความสัมพันธ์ทางลบกับก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ความเร็วลมมีความสัมพันธ์ทางบวกกับฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร ส่วนในฤดูแล้ง อุณหภูมิมีความสัมพันธ์ทางบวกกับไนโตรเจนไดออกไซด์ และความเร็วลมมีความสัมพันธ์ทางบวกกับไนโตรเจนไดออกไซด์เช่นเดียวกัน ซึ่งความสัมพันธ์ของมลสารในอากาศ อาจไม่ได้ขึ้นอยู่กับปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาในห้องเรียนโดยตรง แต่อาจเนื่องมาจากกิจกรรมของมนุษย์หรือจากมลสารนอกห้องเรียน ซึ่งจากผลการศึกษาของ Chithra & Shiva (2012) ได้มีการตรวจวัดคุณภาพอากาศ ได้แก่ ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10, 2.5 และ 1 ไมโครเมตร CO, CO₂, VOCs แบคทีเรียในอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิ ภายในอาคารเรียน ซึ่งตั้งอยู่ใกล้ถนนในเมืองเจนไน ประเทศอินเดีย ในช่วงฤดูหนาว และฤดูร้อน ของปี พ.ศ. 2554 พบว่าอัตราส่วนระหว่างฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10, 2.5 และ 1 ไมโครเมตร และ คาร์บอนมอนอกไซด์ ภายในอาคารต่อนอกอาคารมีค่าเท่ากับ 2.52 ± 2.71 ,

1.44 ± 0.67, 0.97 ± 0.18 และ 0.51 ± 0.38 ตามลำดับ ซึ่งค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ภายในอาคารต่อภายนอกอาคารที่สูงบ่งชี้ว่ามีส่วนสำคัญจากกิจกรรมของผู้อยู่อาศัยภายในห้องเรียน ส่วนค่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 และ 1 ไมโครเมตร และคาร์บอนมอนอกไซด์ ภายในอาคารต่อภายนอกอาคารที่มีค่าต่ำนั้น เป็นการยืนยันว่าการปล่อยมลพิษมาจากยานพาหนะจากถนนข้างเคียง ส่งผลให้ภายในอาคารได้รับอิทธิพลจากความเข้มข้นของมลสารในอากาศที่ปล่อยออกจากการจราจร นอกจากนี้มลพิษทางอากาศภายในอาคารที่ตรวจวัด พบว่าความเข้มข้นของฝุ่นละอองสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในช่วงเวลาที่มีคนอยู่ในห้องเรียนเมื่อเทียบกับช่วงเวลาที่ไม่มีคนอยู่ เนื่องจากไม่มีแหล่งกำเนิดอนุภาคขนาดใหญ่ภายในอาคาร จึงคาดว่ากิจกรรมของมนุษย์เป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อฝุ่นละอองขนาดใหญ่

นอกจากนี้ในการศึกษานี้ยังพบว่าความชื้นมีความสัมพันธ์ทางบวกกับบราในอากาศ ในฤดูฝน และมีความสัมพันธ์ทางบวกกับราบนผนังในฤดูแล้ง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ พรชรัฐ สายยุทธ, กัลยา หาญพิชาญชัย, และจินดาวลย์ วิบูลย์อุทัย (2562) ที่พบว่าปริมาณเชื้อรามีความสัมพันธ์กับความชื้นสัมพัทธ์แบบแปรผันตามกัน ส่วนความเร็วลมมีความสัมพันธ์ทางบวกกับบราในอากาศและฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร ในฤดูฝน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก ลมอาจช่วยพัดพาและฝุ่นที่มีอยู่ภายในห้องเรียนหรือจากฝุ่นที่ตกค้างอยู่บนเฟอร์นิเจอร์ ให้ลอยฟุ้งกระจาย และในการศึกษานี้ยังพบว่าแบคทีเรียในอากาศมีความสัมพันธ์ทางบวกกับฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 100 ไมโครเมตร รวมถึงราในอากาศและราบนพื้นมีความสัมพันธ์ทางบวกกับฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร ในฤดูฝน เนื่องจากฝุ่นและรามักเกาะติดอยู่บนอนุภาคฝุ่นละออง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Morakinyo et al. (2019) ได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร รวมถึงความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสูดดมในบริเวณใกล้แหล่งอุตสาหกรรมในแอฟริกาใต้ โดยเก็บตัวอย่างค่าฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร และนำไปวิเคราะห์ปริมาณเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรา พบว่าแบคทีเรียและราเป็นส่วนประกอบของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร ที่มีผลต่อสุขภาพ อีกทั้งการศึกษาของ Hu et al. (2020) ได้ศึกษาปริมาณแบคทีเรียที่เกาะติดอนุภาคและแบคทีเรียที่ลอยตัวอิสระในอากาศที่มีฝุ่นและไม่มีฝุ่นในภาคตะวันตกเฉียงใต้ของญี่ปุ่น โดยใช้การนับจำนวนเซลล์แบคทีเรียด้วยแสงฟลูออเรสเซนซ์ในตัวอย่างละอองลอยที่แยกตามขนาด ผลการทดลองบ่งชี้ว่าอนุภาคฝุ่นมีเซลล์แบคทีเรียจำนวนมากบนพื้นผิว ซึ่งแบคทีเรียที่เกาะติดกับอนุภาคมีปริมาณมากกว่าแบคทีเรียที่ลอยตัวอิสระในอากาศ

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยากับความเข้มข้นของมลสาร ในอากาศ นอกห้องเรียน ของฤดูฝน

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยากับความเข้มข้นของมลสารในอากาศ นอกห้องเรียน ของฤดูฝน พบความสัมพันธ์ทางบวกระหว่างความเร็วลมกับโอโซน และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในฤดูฝน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Garcia et al. (2021) ที่ศึกษาการวิเคราะห์ความเข้มข้นของโอโซนระหว่างปี ค.ศ. 2002–2020 ในอากาศเขตเมืองทางตอนเหนือของประเทศสเปน ที่พบว่าความเร็วลมสูงมีความเกี่ยวข้องกับระดับโอโซนที่สูงในระหว่างวัน การเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของโอโซนเกิดจากการรวมกันของปฏิกิริยาเคมีแสง ความแปรปรวนระหว่างชั้นบรรยากาศ และรูปแบบลมในพื้นที่ ทั้งนี้ในการศึกษานี้พบว่าการตรวจพบโอโซน ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ในปริมาณต่ำ อาจเนื่องจากในเขตพื้นที่ศึกษามีแหล่งของก๊าซต่างๆเหล่านี้น้อย ลมอาจพัดพามลสารเหล่านี้มาจากพื้นที่อื่น

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยากับความเข้มข้นของมลสาร ในอากาศ นอกห้องเรียน ของฤดูแล้ง

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยากับความเข้มข้นของมลสารในอากาศ นอกห้องเรียนของฤดูแล้ง พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับคาร์บอนมอนอกไซด์ ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 100, 10 และ 2.5 ไมโครเมตร ในฤดูแล้งมีความสัมพันธ์ทางลบกัน สอดคล้องกับ Aryal et al. (2008) ที่ศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ตามช่วงฤดูกาลในหุบเขากาฐมาณฑุ ประเทศเนปาล พบว่า อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร มีแนวโน้มลดลง เนื่องจากอุณหภูมิสูงจะทำให้เกิดการยกตัวของอากาศ ทำให้อากาศลอยตัวสูงขึ้น อากาศในบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าจะไหลเข้ามาแทนที่ส่งผลให้เกิดลมและทำให้ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมโครเมตร ลดลง และในการศึกษานี้พบว่าการที่อุณหภูมิแปรผกผันกับคาร์บอนมอนอกไซด์ อาจเนื่องมาจากการที่อุณหภูมิสูง ส่งผลให้คาร์บอนมอนอกไซด์ลอยตัวสูงขึ้น เกิดการแพร่กระจาย จึงตรวจวัดคาร์บอนมอนอกไซด์ได้ในปริมาณต่ำ โดยจากการศึกษาของ Nakapan & Choopun (2018) ที่ศึกษาการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ของความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางสภาพภูมิอากาศกับการแพร่กระจายของมลพิษทางอากาศในจังหวัดเชียงใหม่ ประเทศไทย ในช่วงเดือนมีนาคมถึงเมษายนพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างคาร์บอนมอนอกไซด์กับอุณหภูมิต่ำมาก ไม่มีแนวโน้มชัดเจนทั้งแปรผกผันหรือแปรตามกันในขณะที่การศึกษาของ Liu et al. (2024) ที่ศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ในบรรยากาศกับอุณหภูมิหรือความสัมพันธ์ที่มีต่อความเสี่ยงของการเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลจากโรคหลอดเลือดสมอง พบว่า เมื่ออุณหภูมิลดต่ำลง ระดับความเข้มข้นของคาร์บอนมอนอกไซด์จะเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้

ยังพบว่า การที่ความชื้นสูงร่วมกับอุณหภูมิต่ำ ทำให้กระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงแข็ง เช่น ถ่านหิน และชีวมวล ทำงานได้อย่างไม่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น หรืออาจเนื่องมาจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ของเครื่องยนต์ ส่งผลให้เกิดการปล่อยคาร์บอนมอนอกไซด์ ในระดับสูงกว่าเงื่อนไขปกติ ซึ่งในการศึกษานี้เป็นการตรวจวัดในเดือนมกราคมซึ่งเป็นช่วงที่อากาศค่อนข้างเย็นกว่าในฤดูอื่น นอกจากนี้ในการศึกษานี้ยังพบว่าอุณหภูมิมีความสัมพันธ์ทางบวกกับไนโตรเจนไดออกไซด์ และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในฤดูแล้ง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ศุภาพร เสียงสูง, สามัคคี บุญยะวัฒน์, และ ปิยพงษ์ ทองดีนอก (2552) ที่ศึกษาความสัมพันธ์และความเข้มข้นของมลพิษในอากาศกับปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาในพื้นที่สวนป่าแม่จาง อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง พบว่า ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และไนโตรเจนไดออกไซด์ มีความสัมพันธ์ทางบวกกับอุณหภูมิ แต่มีความสัมพันธ์กันน้อย ในขณะที่ในการศึกษาของ Piyavadee et al. (2024) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างมลพิษในบรรยากาศกับสภาพภูมิอากาศในจังหวัดเชียงใหม่ ประเทศไทย ปี 2549–2565 พบว่า เมื่ออุณหภูมิเฉลี่ยเพิ่มขึ้น ความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และไนโตรเจนไดออกไซด์จะลดลง อุณหภูมิที่สูงขึ้นอาจเร่งการสลายตัวของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และไนโตรเจนไดออกไซด์ให้เปลี่ยนไปเป็นสารตัวกลางอื่น ๆ นอกจากนี้ จากการศึกษาของ สิทธิรัฐ มนเทียรศาสตร์, อภิศรา เจริญปัญญาเนตร, และพลภัทร เหมวรรณ (2566) ได้ศึกษาการพัฒนาโมเดลสำหรับวิเคราะห์รูปแบบการกระจายตัวและการเกิดก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ด้วยข้อมูลดาวเทียม Sentinel-5P บริเวณประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลดาวเทียม Sentinel-5P ร่วมกับข้อมูลจากสถานีตรวจวัดภาคพื้นดินด้วยสมการถดถอยเชิงเส้น ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและไนโตรเจนไดออกไซด์ ซึ่งในการศึกษานี้การที่อุณหภูมิต่ำมีความสัมพันธ์ทางบวกกับไนโตรเจนไดออกไซด์ และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในฤดูแล้ง อาจเนื่องมาจากจุดตรวจวัดคุณภาพอากาศเป็นการตรวจวัด ณ เวลานั้น และเครื่องตรวจวัดตั้งอยู่ใกล้แหล่งกำเนิด ประกอบกับการที่ช่วงเวลาที่อุณหภูมิสูงขึ้นเป็นช่วงที่ลมพัดไนโตรเจนไดออกไซด์และซัลเฟอร์ไดออกไซด์มาจากแหล่งกำเนิด เช่น ไอเสียรถ โรงงาน เป็นต้น ความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์และซัลเฟอร์ไดออกไซด์จึงเพิ่มขึ้นตาม ส่วนผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์กับฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 100, 10 และ 2.5 ไมโครเมตร ในฤดูแล้ง มีความสัมพันธ์กันทางบวกกัน ทั้งนี้ อาจเนื่องจากค่าความชื้นสัมพัทธ์ในช่วง 45-55% จะมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของฝุ่นละอองมากที่สุด (Zender-Swiercz et al., 2024) อีกทั้งวิธีการตรวจวัดฝุ่นละอองในการศึกษานี้เป็นการตรวจวัดแบบกระเจิงแสง ณ จุดตรวจวัดและเวลานั้นๆ ซึ่งจะสะท้อนถึงความเข้มข้นของฝุ่นละออง ณ ช่วงเวลาซึ่งมีค่าความชื้นสัมพัทธ์สูงและมีการเพิ่มขึ้นของฝุ่นละออง จึงทำให้ผลการตรวจวัดสูง

ข้อเสนอแนะ

1. ภายในห้องเรียนปริมาณแบคทีเรียในอากาศส่วนใหญ่มีค่าเกินมาตรฐานค่าเป้าหมาย คุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ ดังนั้น ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กควรกำหนดมาตรการลดฝุ่นซึ่งเป็นพาหะของแบคทีเรียภายในห้องเรียนโดยเน้นการควบคุมการพาฝุ่นเข้าห้องเรียน ได้แก่ กำหนดจุดถอดรองเท้า มีจุดเช็ดเท้าหรือล้างเท้า หรือเปลี่ยนถุงเท้ากรณีเข้ามาในห้องเรียน มีตู้สำหรับเก็บกระเป๋า นักเรียน ปิดประตู หน้าต่างให้สนิท เพื่อลดฝุ่นจากภายนอกห้องเรียน

2. ควรเพิ่มความถี่ในการทำความสะอาด เพื่อป้องกันการฟุ้งกระจายของฝุ่นโดยเฉพาะช่วงฤดูแล้ง เช่น เช็ดทำความสะอาดของเล่น หนังสือ ชั้นวางของ โต๊ะ เก้าอี้ หน้าต่าง ประตู เป็นต้น หลีกเลี่ยงการกวาดโดยการถูพื้นแทน เพิ่มความถี่ในการทำความสะอาดที่นอน พรม พัดลม ฝ้าผ้าม่าน โดยเฉพาะเครื่องปรับอากาศ ซึ่งการใช้เครื่องปรับอากาศในห้องเรียนช่วยควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้เหมาะสม แต่เพื่อให้เกิดประโยชน์อย่างมีประสิทธิภาพ ควรเมื่อมีการทำความสะอาดอย่างสม่ำเสมอ ล้างแผ่นกรอง เนื่องจากบริเวณแผ่นกรองและจุดที่มีความชื้นสะสมอาจกลายเป็นแหล่งสะสมฝุ่น รา และแบคทีเรีย

3. ควรควบคุมแหล่งกำเนิดจากนอกห้องเรียน เช่น กำหนดนโยบายหรือมาตรการด้านการจราจร รวมทั้งการกำหนดจุดรับส่งนักเรียนให้ห่างจากห้องเรียน จัดทำห้องเรียนให้ห่างจากถนน ทำแนวพืชพรรณกันฝุ่นคั่นกลางระหว่างแหล่งกำเนิดมลพิษกับห้องเรียน

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการวิเคราะห์องค์ประกอบของฝุ่นละออง เพื่อทราบแหล่งที่มาของฝุ่น ในการนำไปแก้ไขปัญหาได้ตรงจุดมากยิ่งขึ้น

2. ควรมีการจำแนกชนิดของแบคทีเรียและเชื้อรา เพื่อทราบว่าเป็นเชื้อก่อโรคหรือไม่ก่อโรค

3. ควรทำการศึกษาให้ครบทุกฤดูกาล เพื่อเปรียบเทียบมลสารในอากาศ ปริมาณราและแบคทีเรีย ที่พบในแต่ละฤดูกาล

4. ในการเก็บตัวอย่างข้อมูลด้านอนุกรมวิธาน และความเข้มข้นของมลสารในอากาศ ควรเก็บตัวอย่างในช่วงเวลาเดียวกันหรือใกล้เคียงกันของแต่ละสถานที่หรือจุดเก็บตัวอย่าง เพื่อลดความคลาดเคลื่อนอันเนื่องมาจากช่วงเวลาในการเก็บตัวอย่าง



บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กรมควบคุมมลพิษ. (2566ก). รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2565. กรุงเทพฯ : บริษัท เอพี คอนเน็กต์ จำกัด. สืบค้นจาก <https://www.pcd.go.th/ebook/book17/Pollutiin.html>
- กรมควบคุมมลพิษ. (2566ข). ประกาศกรมควบคุมมลพิษ เรื่อง ดัชนีคุณภาพอากาศของประเทศไทย พ.ศ. 2566. กรุงเทพฯ: กรมควบคุมมลพิษ.
- กรมควบคุมมลพิษ. (2568ก). คุณภาพอากาศในพื้นที่บริเวณ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก ปี 2567. กรุงเทพฯ: ส่วนแผนงานและประมวลผล กองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ.
- กรมควบคุมมลพิษ. (2568ข). มาตรการรับมือสถานการณ์ไฟฟ้า หมอกควัน และฝุ่นละออง ปี 2568. กรุงเทพฯ: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. สืบค้นเมื่อ 8 พฤศจิกายน 2568, จาก <https://www.pcd.go.th/airandsound/มาตรการรับมือสถานการณ์ไฟฟ้า-หมอกควัน-และฝุ่นละออง-ปี-2568/>
- กรมควบคุมมลพิษ. (2569). Air4Thai. สืบค้นเมื่อ 6 กุมภาพันธ์ 2569, จาก <https://air4thai.pcd.go.th/>
- กรมพัฒนาที่ดิน. (2567). ข้อมูลการใช้ที่ดิน จังหวัดพิษณุโลก. สืบค้นเมื่อ 12 กันยายน 2568, จาก <https://dinonline.ddd.go.th/Landuse.aspx>
- กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น. (2559). มาตรฐานการดำเนินงานศูนย์พัฒนาเด็กเล็กขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงมหาดไทย.
- กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น. (2566). ระบบสารสนเทศทางการศึกษาท้องถิ่น (LEC). สืบค้นเมื่อ 13 มิถุนายน 2566, จาก <https://lec.dla.go.th>.
- กรมอนามัย และกรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. (2558). แนวทางการเฝ้าระวังพื้นที่เสี่ยงจากมลพิษทางอากาศ กรณีฝุ่นละอองขนาดเล็ก (พิมพ์ครั้งที่ 2). โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- กรมอนามัย. (2554). ประกาศกรมอนามัย เรื่อง ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ พ.ศ. 2554. กรุงเทพมหานคร: กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข.
- กรมอนามัย. (2565). ประกาศกรมอนามัย เรื่อง ค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในห้องเรียนสาธารณะ พ.ศ. 2565. สืบค้นจาก <https://laws.anamai.moph.go.th/th/practices/download/>

- กฤษฎาธร ทรัพย์อุไรรัตน์ และ กุลธิดา บรรจงศิริ. (2563). ความสัมพันธ์เชิงปริมาณของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) และฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM_{2.5}) ของแต่ละภูมิภาคและฤดูกาล. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ*, 6(1), 94-103.
- กองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ กรมอนามัย. (2563). *แนวทางการป้องกันและดูแลสุขภาพจากฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอนเมตร สำหรับ สถานพัฒนาเด็กปฐมวัย*. สืบค้นเมื่อวันที่ 4 เมษายน 2568, จาก <https://hia.anamai.moph.go.th/th/handbook/2924#wow-book/>
- กัญญา ม่วงแก้ว. (2559). *คุณภาพอากาศภายในอาคารสำนักงาน (Indoor air quality in office buildings)*. กรุงเทพฯ: กรมวิทยาศาสตร์บริการ. สืบค้นเมื่อ 6 พฤศจิกายน 2568, จาก https://lib3.dss.go.th/fulltext/dss_knowledge/phy_5_2559_indoor_air_quality.pdf
- กิจจา จิตรภิมย์, ปธานิน แสงอรุณ, และ วรันธร คำพิลา. (2556). การปนเปื้อนเชื้อราและการควบคุมเชื้อราในอากาศภายในสถานบริการสปา. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*, 18(1), 5-14.
- กฤษมาลย์ ชมโคกกรวด. (2553). *ชนิดและปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศในห้องเรียนอนุบาล สังกัดเทศบาลนครขอนแก่น*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- เครือข่ายอากาศสะอาดประเทศไทย. (2566). *เมื่อฝุ่นพิษบินข้ามพรมแดนได้ ประเทศไทยจะทำได้ยังไงดี*. สืบค้นเมื่อ 9 พฤศจิกายน 2568, จาก <https://thailandcan.net/th/blog/when-toxic-dust-can-fly-across-borders>
- จังหวัดพิษณุโลก. (2567). *ร่างแผนพัฒนาจังหวัดพิษณุโลก พ.ศ. 2566-2570 (ฉบับทบทวน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2570)*. พิษณุโลก: จังหวัดพิษณุโลก.
- ชลทิศ อุไรฤกษ์กุล. (2562). *มลพิษทางอากาศ (Air Pollution)*. สืบค้นเมื่อ 9 พฤศจิกายน 2568 จาก <https://chonlatit.com/bs/issueDisplay.php?id=237&category=A52&issue=PM%202.5>
- ชูไบตะ หะยีวาเงาะ, พุรคอนนี สาและ, อับดุลลาห์ โดลาห์ ดาลี, คอสิยาห์ สะลี, และนุรฮัยนี หะยียูโซะ (2559). *การปนเปื้อนของแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศในรถยนต์ของบุคลากรมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา*. มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.
- ทิพเนตร ผุ่ยปัญญา, วนิตา สีอุบล, สุจินันท์ ศรีนครา, สาธินี ศิริวัฒน์. (2562). การประเมินฝุ่นละอองและจุลินทรีย์ในอากาศภายในห้องเรียนหอพัก : กรณีศึกษามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร. *วารสาร โรงพยาบาลสกลนคร*, 22(3), 77-85.

- ธनिया เกาศล. (2554). *มลพิษทางอากาศและการควบคุม* (พิมพ์ครั้งที่ 1). สงขลา: จัดพิมพ์โดยหน่วยเทคโนโลยีการศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- ธันวดี ศรีธาวิรัตน์ และอรชร ฉิมจารย์. (2565). *การจำแนกแหล่งกำเนิดฝุ่นขนาดเล็กกว่า 2.5 ไมโครเมตรในพื้นที่เขตเมืองจังหวัดพิษณุโลก*. (ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ). พิษณุโลก: คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม.
- นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ, และปรีชา สุวรรณพินิจ. (2553). *จุลชีววิทยาทั่วไป*. (พิมพ์ครั้งที่ 8). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นลิน วงศ์ขัตติยะ. (2568). *แบคทีเรียวิทยาเบื้องต้น*. นนทบุรี: สยามจุลละมณฑล.
- นิตา เกษร, และ กาญจนา นาคะพินธุ. (2553). ชนิดและปริมาณเชื้อจุลินทรีย์บนพื้นผิวอุปกรณ์ในห้องเรียนอนุบาล สังกัดเทศบาลนครขอนแก่น. *วารสารวิจัย มข. (บัณฑิตศึกษา)*, 10(4)
- บริษัท รับทำ SEO . (2024 29). *แผนที่จังหวัดพิษณุโลก PNG/PDF แบบชัดๆ*. สืบค้นเมื่อ 8 พฤศจิกายน 2568, จาก <https://www.mapofthailand.com/map-phitsanulok/>
- เบญจวรรณ ธวัชสุภา. (2567). *การป้องกันตนเอง กับอาการที่เกี่ยวข้องกับการรับสัมผัส PM2.5 : อนามัยพยากรณ์. กรมอนามัย, กระทรวงสาธารณสุข*. สืบค้นเมื่อ 8 พฤศจิกายน 2568, จาก <https://hfd.anamai.moph.go.th/th/news-anamai-3/224835>
- ปมณห์ ภูมาศ. (2564). การตรวจสอบคุณภาพอากาศในห้องเรียนบางห้องของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่. *Thai Science and Technology Journal (TSTJ)*, 29(1)
- ปรเมศร์ อมตยกุล และ ทวีจันทร์ โฉมถา. (2556). *อุตุนิยมวิทยานำรู้เพื่อการเกษตรจังหวัดพิษณุโลก*. กรุงเทพฯ: กรมอุตุนิยมวิทยา. สืบค้นเมื่อ 30 ตุลาคม 2568 จาก <https://arcims.tmd.go.th/DailyDATA/Agromettoknow/NN/อุตุนิยมวิทยานำรู้เพื่อการเกษตรจังหวัดพิษณุโลก.pdf>
- ประกาศกรมควบคุมมลพิษ. (2566). เรื่อง ดัชนีคุณภาพอากาศของประเทศไทย. (16 พฤษภาคม 2566). *ราชกิจจานุเบกษา*, 140 (ตอนพิเศษ 157 ง), 3-6.
- ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 10. (2538). เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป. (25 พฤษภาคม 2538). *ราชกิจจานุเบกษา*. เล่ม 112 ตอนที่ 52 ง.
- ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 24. (2547). เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป. (22 กันยายน 2547). *ราชกิจจานุเบกษา*. เล่ม 121 ตอนพิเศษ 104 ง.

- ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 28. (2550). เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป. *ราชกิจจานุเบกษา*. เล่ม 124 ตอนพิเศษ 58 ง.
- ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 33. (2552). เรื่อง กำหนดมาตรฐานค่าไนโตรเจนไดออกไซด์ในบรรยากาศโดยทั่วไป. (14 สิงหาคม 2552). *ราชกิจจานุเบกษา*. เล่ม 126 ตอนพิเศษ 114 ง.
- ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 36. (2553). เรื่อง กำหนดมาตรฐานฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอนในบรรยากาศโดยทั่วไป. *ราชกิจจานุเบกษา*. เล่ม 127 ตอนพิเศษ 37 ง.
- ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เรื่อง กำหนดมาตรฐานฝุ่นละอองในบรรยากาศโดยทั่วไป. (17 เมษายน 2535). *ราชกิจจานุเบกษา*. เล่มที่ 112 ตอนที่ 42 ง. น. 243-246.
- ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. เรื่อง กำหนดมาตรฐานฝุ่นละอองในบรรยากาศโดยทั่วไป. (23 มิถุนายน 2565). *ราชกิจจานุเบกษา*. เล่ม 139 ตอนพิเศษ 163 ง. หน้า 21-22.
- ปาริตา ชูติพงษ์ไพโรจน์. (2563). *ผลกระทบของมลภาวะทางอากาศต่อความชราของผิว แนวทางการป้องกันและบรรเทา : ทบทวนวรรณกรรม* (สารนิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต). มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต.
- ปิยะพงษ์ ชุมศรี, ชลธิชา จินาพร, พรชนก บุญลับ, นภัสสร วงเปรี๊ยะ, มจรุส ชลามาตย์, และ บุญเลี้ยง สุพิมพ์. (2567). การเปรียบเทียบความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศระหว่างห้องพัสดุและห้องแอร์ในศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก จังหวัดเลย. *วารสารความปลอดภัยและสุขภาพ*, 17(1), 85-96.
- ปิยะพงษ์ ชุมศรี, ชลธิชา จินาพร, พรชนก บุญลับ, อรทัย ปานเพชร, ปกกมล เหล่ารักษาวงษ์, และ บุญเลี้ยง สุพิมพ์. (2566). ปัจจัยด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศภายในศูนย์พัฒนาเด็กเล็ก อำเภอเมือง จังหวัดเลย. *วารสารวิจัยสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 16(4), 65-77.
- ฝ่ายวิจัยและพัฒนา บริษัท แมกโนเลีย ควอลิตี้ ดีเวล็อปเม้นต์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด. (2563). *เชื้อราทำให้เราป่วยได้อย่างไร*(1). สืบค้น 3 มิถุนายน 2567, จาก <https://risc.in.th/th/knowledge/>
- พรชรัฎฐ์ สายบุษย์, กัลยา หาญพิชาญชัย, และจินดาวลัย วิบูลย์อุทัย. (2562). *ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศและคุณภาพอากาศในห้องเรียนของโรงพยาบาล: กรณีศึกษาโรงพยาบาลนครพิงค์ จังหวัดเชียงใหม่*. คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

- พิทักษ์ คิมนารักษ์. (2558). การแพร่กระจายของเชื้อราในอากาศภายในห้องปฏิบัติการเทคนิคการแพทย์: กรณีศึกษาห้องปฏิบัติการเทคนิคการแพทย์ โรงพยาบาลนครปฐม จังหวัดนครปฐม. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ), มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- ภาณุพันธ์ ศาสตรศรี. (2557). ปริมาณโลหะหนักในฝุ่นละอองภายในห้องเรียน โรงเรียนประถมศึกษา จ.พิษณุโลก. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ), มหาวิทยาลัยราชภัฏพิษณุโลก.
- แมนสรวง วุฒิอุดมเลิศ. เชื้อที่มากับมลพิษในห้องเรียน: รา. สืบค้น 3 มิถุนายน 2567, จาก <https://pharmacy.mahidol.ac.th/knowledge/files/0116.pdf>.
- ยศกิต เรื่องทวีป (2552). การศึกษาปริมาณของฝุ่นละอองขนาดเล็กจากโรงโม่หินที่มีต่อสุขภาพของเด็กนักเรียน กรณีศึกษาโรงเรียนใน ตำบลทุ่งหลวง อำเภอปากท่อ จังหวัดราชบุรี. (ปริญญาตรี วิทยาศาสตรบัณฑิต), มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- วนิดา จินตาสตร. (2551). มลพิษอากาศ และการจัดการคุณภาพอากาศ (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วรวิฑู คะมนตรี. (2560). ผลกระทบของฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM₁₀) จากกิจกรรมคมนาคมบนท้องถนนที่มีต่อสุขภาพของเด็กนักเรียน กรณีศึกษาโรงเรียนพระปฐมวิทยาลัย อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ), มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- วรารณณ์ บุญภักดี. ปัญหาเชื้อราภายในห้องเรียน. สืบค้น 3 มิถุนายน 2567, จาก <https://env.anamai.moph.go.th/th/dm-km/>.
- วีรานุช หลาง. (2554). จุลชีววิทยา สิ่งแวดล้อม (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วุฒิเชษฐ รุ่งเรือง. (2564). ภาวะพิษจากก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์. วารสารเภสัชกรรมโรงพยาบาล, 31(3), 229–236.)
- ศิริพรรณ สารินทร์. (2550). จุลชีววิทยาส่งแวดล้อม (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ ห้างหุ้นส่วน จำกัดสามลดา.
- ศุภาพร เสียงสูง, สามัคคี บุญยะวัฒน์, และ ปิยพงษ์ ทองดินอก. (2552). ความผันแปรและความสัมพันธ์ของความเข้มข้นสารมลพิษในอากาศกับปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาในพื้นที่สวนป่าแม่จาง อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ศูนย์ปฏิบัติการน้ำอัจฉริยะ. (2568). โครงการพัฒนาการคาดการณ์ปริมาณน้ำหลากด้วยปริมาณน้ำฝนพร้อมแสดงผลเป็นแผนที่เส้นชั้นน้ำฝน. สืบค้นเมื่อ 5 กุมภาพันธ์ 2568, จาก <https://swocrf.rid.go.th/>

- สมถวิล วิจิตรวรรณ. (2565). สถิติความสัมพันธ์: เลือกใช้อย่างไร. *วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชพฤกษ์*, 8(2), 1–15.
- สรายุ มันทาพันธ์ และ กาญจนา นาถะพินธุ. (2564). ขนาดการกระจายตัวของฝุ่นละอองขนาดเล็กในพื้นที่ ที่มีแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศของจังหวัดขอนแก่น. *วารสาร มช. (ฉบับบัณฑิตศึกษา)*, 21 (3), 128-138.
- สาวิตรี จำปาหอม. (2559). ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) และ โลหะใน PM_{10} ภายในและภายนอกห้องเรียนในจังหวัดราชบุรี. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารศึกษาศาสตร์). มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- สำนักงานเกษตรจังหวัดพิษณุโลก. (2566). ข้อมูลพื้นฐานด้านการเกษตร จังหวัดพิษณุโลก. สืบค้นเมื่อ 8 ตุลาคม 2568, จาก <https://phitsanulok.doae.go.th/province/wp-content/uploads/2024/03/ข้อมูลพื้นฐานด้านการเกษตรจังหวัดพิษณุโลก.pdf>
- สำนักงานจังหวัดพิษณุโลก. (2566). แผนพัฒนาจังหวัดพิษณุโลก (พ.ศ. 2566–2570). สืบค้นเมื่อ 8 พฤศจิกายน 2568, จาก https://fa2.naxapi.com/nuenkum.go.th/dnm_file/project/344460918_center.pdf
- สำนักงานจังหวัดพิษณุโลก. (2566). ร่างแผนพัฒนาจังหวัดพิษณุโลก พ.ศ. 2566–2570 (ฉบับทบทวนประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2567). พิษณุโลก: สำนักงานจังหวัดพิษณุโลก.
- สำนักงานประยุกต์และบริหารภูมิสารสนเทศ. (2567). รายงานสรุปสถานการณ์ไฟฟ้าและหมอกควันด้วยเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ ปี 2567. สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน), กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม. สืบค้นเมื่อวันที่ 4 เมษายน 2568, จาก <https://disaster.gistda.or.th/fire>
- สำนักงานพาณิชย์จังหวัดพิษณุโลก. (2568). ข้อมูลทั่วไปจังหวัดพิษณุโลก. สืบค้นเมื่อ 30 ตุลาคม 2568, จาก <https://phitsanulok.moc.go.th/th/content/page/index/id/1055>
- สำนักงานแรงงานจังหวัดพิษณุโลก. (2567). รายงานสถานการณ์แรงงานจังหวัดพิษณุโลก ไตรมาสที่ 1 ปี 2567 (มกราคม – มีนาคม 2567). สืบค้นเมื่อ 8 พฤศจิกายน 2568, จาก <http://www.phitsanulok.go.th>
- สำนักงานศึกษาธิการจังหวัดพิษณุโลก. (2566). แผนพัฒนาการศึกษาจังหวัดพิษณุโลก (พ.ศ. 2566–2570). พิษณุโลก: กลุ่มนโยบายและแผน สำนักงานศึกษาธิการจังหวัดพิษณุโลก สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ กระทรวงศึกษาธิการ.

- สำนักงานสิ่งแวดล้อมและควบคุมมลพิษที่ 3. (2567). รายงานข้อมูลหมอกควัน ไฟป่า และฝุ่นละออง PM2.5 ในพื้นที่สำนักงานสิ่งแวดล้อมและควบคุมมลพิษที่ 3 (ตาก พิษณุโลก เพชรบูรณ์ สุโขทัย และอุตรดิตถ์) . สืบค้นเมื่อ 20 กุมภาพันธ์ 2568, จาก <https://epo03.pcd.go.th/attachment/iu/download.php?WP=qUlcNktpQlgZKqC GWOghJstqTgcWat2pQEgZKp4GQEgG2rDqYyc4Uux>
- สำนักงานสิ่งแวดล้อมและควบคุมมลพิษที่ 3. (2567). รายงานสถานการณ์คุณภาพสิ่งแวดล้อม กลุ่มจังหวัดภาคเหนือตอนล่าง 1 ประจำปี 2567. พิษณุโลก: สำนักงานสิ่งแวดล้อมและควบคุมมลพิษที่ 3, กรมควบคุมมลพิษ. 92 หน้า
- สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ. (2554). หนังสือสถานการณ์และการจัดการปัญหามลพิษทางอากาศและเสียง ปี 2553. กรุงเทพฯ: บริษัท ซีพี จำกัด.
- สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. (2555). คู่มือวิชาการ เรื่อง สารอินทรีย์ระเหยง่ายในบรรยากาศ (Volatile Organic Compounds: VOCs) (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพมหานคร: สำนักงานกิจการโรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก ในพระบรมราชูปถัมภ์.
- สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย. (2559). คู่มือการปฏิบัติงานเพื่อการตรวจประเมินคุณภาพอากาศภายในอาคาร สำหรับเจ้าหน้าที่. กระทรวงสาธารณสุข.
- สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม. (2552). คู่มือ เรื่อง มาตรฐานอนามัยสิ่งแวดล้อม (ด้านอากาศ น้ำ ดิน เสียง ความสั่นสะเทือน ความร้อน และความเข้มแสงสว่าง). กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก.
- สิทธิษฐ์ มนเทียรศาสตร์, อภิศรา เจริญปัญญาเนตร และ พลภัทร เหมวรรณ. (2566). การพัฒนาโมเดลสำหรับวิเคราะห์รูปแบบการกระจายตัวและการเกิดก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ด้วยข้อมูลดาวเทียม Sentinel-5P บริเวณประเทศไทย. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 28(2), 991-1010.
- สิริลักษณ์ กระสวยกลาง. (2562). ชนิดและปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศภายในสถานบริการออกกำลังภายในเขตเทศบาลนครอุดรธานี. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโท). มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สุกฤตา ปุณยอุปพัทธ์. (2566). จุลชีววิทยาพื้นฐานและการประยุกต์ใช้. สุรินทร์: รุ่งชนเกียรติออฟเซ็ท.
- สุชาดา ชัยวิเศษ, พิษญาภา รามศรี, เบญจพราย บริเพชร, ลภัสสรดา อักษรไทย, รัชฎาพร ไทยเกิด, และจิรวัดน์ มาลา. (2568). ปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศและคุณภาพอากาศภายในห้องสมุดของมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งในจังหวัดสุราษฎร์ธานี. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มรย, 10(3), 1-11.

- สุภาสิน วงศ์บุญชู และ เจตน์ รัตนจินนະ. (2565). การศึกษาผลของการล้มน้ฝนละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอนต่อการเกิดโรคเบาหวานชนิดที่ 2. วารสารวิจัยและพัฒนาด้านสุขภาพ สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดนครราชสีมา, 2(2), 5-18.
- อัจฉรา สมสนุก. (2562). ชนิดและปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศในห้องสมุดโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 20 (อุดรธานี). (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- Alves, C., Nunes, T., Silva, J., & Duarte, M. (2013). Comfort parameters and particulate matter (PM10 and PM2.5) in school classrooms and outdoor air. *Aerosol and Air Quality Research*, 13, 1521–1535. <https://doi.org/10.4209/aaqr.2012.11.0321>
- Amnuaylojaroen, T., & Parasin, N. (2023). Future health risk assessment of exposure to PM2.5 in different age groups of children in Northern Thailand. *Toxics*, 11(3), 291. <https://doi.org/10.3390/toxics11030291>
- Amnuaylojaroen, T., Inkom, J., Janta, R., & Surapipith, V. (2020). Long range transport of Southeast Asian PM2.5 pollution to Northern Thailand during high biomass burning episodes. *Sustainability*, 12(23), 10049. Retrieved November 7, 2025, from <https://doi.org/10.3390/su122310049>
- Arundel, A. V., Sterling, E. M., Biggin, J. H., & Sterling, T. D. (1986). Indirect health effects of relative humidity in indoor environments. *Environmental Health Perspectives*, 65, 351–361. <https://doi.org/10.1289/ehp.8665351>
- Aryal, R. K., Lee, B. K., Karki, R., Gurung, A., Baral, B., Byeon, S. H., & Giri, N. (2008). Seasonal PM₁₀ dynamics in Kathmandu Valley. *Atmospheric Environment*, 42(37), 8623–8633.
- Chithra, V. S., & Shiva Nagendra, S. M. (2012). Indoor air quality investigations in a naturally ventilated school building located close to an urban roadway in Chennai, India. *Building and Environment*, 54, 159–167. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.01.016>
- Energy Thai Chamber. (2566). อุณหภูมิผกผัน (Temperature Inversion) สาเหตุหมอกควัน และมลพิษทางอากาศ. สืบค้นเมื่อ 9 พฤศจิกายน 2568, จาก <https://energy-thaichamber.org/temperature-inversion>

- Faridi, S., & Hassanvand, M. S., & Naddafi, K., & Yunesian, M., & Nabizadeh, R., & Sowlat, M. H., Kashani, H., & Gholampour, A., & Niazi, S., & Zare, A., & Nazmara, S., & Mahmood A. (2014). Indoor/outdoor relationships of bioaerosol concentrations in a retirement home and a school dormitory. *Environ Sci Pollut Res. 2015* (22), 8190-8200. <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3944-y>
- Garcia, M. A., Villanueva, J., Pardo, N., Perez, I. A., & Sanchez, M. L. (2021). Analysis of ozone concentrations between 2002–2020 in urban air in northern Spain. *Atmosphere*, 12, 1495.
- GISTDA. (2569). Disaster Platform: ระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อบริหารจัดการภัยพิบัติ. สืบค้นเมื่อ 6 กุมภาพันธ์ 2569, จาก <https://disaster.gistda.or.th/landing>
- Hamada, N., & Fujita, T. (2002). *Effect of air-conditioner on fungal contamination. Atmospheric Environment*, 36(35), 5443–5448. [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(02\)00661-1](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(02)00661-1)
- Health Effects Institute. (2024). *State of Global Air 2024: A special report on global exposure to air pollution and its health impacts, with a focus on children's health. Boston, MA: Health Effects Institute.*
- Hu, W., Murata, K., Fan, C., Huang, S., Matsusaki, H., Fu, P., & Zhang, D. (2020). Abundance and viability of particle-attached and free-floating bacteria in dusty and nondusty air. *Biogeosciences*, 17(17), 4477–4487. <https://doi.org/10.5194/bg-17-4477-2020>
- Kaewrat, J., Janta, R., Sichum, S., & Kanabkaew, T. (2021). Indoor air quality and human health risk assessment in the open-air classroom. *Sustainability*, 13(15), 8302. <https://doi.org/10.3390/su13158302>
- Kildeso, J., Tornvig, L., Skov, P., & Schneider, T. (1998). *An intervention study of the effect of improved cleaning methods on the concentration and composition of dust. Indoor Air*, 8(1), 12–22.
- Kyung, S. Y., & Jeong, S. H. (2020). Particulate-matter related respiratory diseases. *Tuberculosis and Respiratory Diseases*, 83(2), 116–121.
- Li, H., Qin, Y., & Feng, G. (2017). The analysis of PM_{2.5} Outdoor Fine Particulate Matter Impact on Air Quality in the University Libraries Reading Room in Winter of North China. *Procedia Engineering*, 2017 (205), 3346-3352.

- Lin, L., Li, T., Sun, M., Liang, Q., Ma, Y., Wang, F., Duan, J., & Sun, Z. (2021). Effect of particulate matter exposure on the prevalence of allergic rhinitis in children: A systematic review and meta-analysis. *Chemosphere*, *268*, 128841.
- Liu, Z., Meng, H., Wang, X., Lu, W., Ma, X., Geng, Y., Liang, P. (2024). Interaction between ambient CO and temperature or relative humidity on the risk of stroke hospitalization. *Scientific Reports*, *14*, 16740. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-67568-8>
- Mohammadyan, M., Alizadeh-Larimi, A., Etemadinejad, S., Latif, M. T., Heibati, B., Yetilmezsoy, K., Abdul-Wahab, S. A., & Dadvand, P. (2017). *Particulate air pollution at schools: Indoor-outdoor relationship and determinants of indoor concentrations*. *Aerosol and Air Quality Research*, *17*, 857–864. <https://doi.org/10.4209/aaqr.2016.03.0128> aaqr-16-03-0a-0128
- Morakinyo, O. M., Mokgobu, M. I., Mukhola, M. S., & Godobedzha, T. (2019). Biological composition of respirable particulate matter in an industrial vicinity in South Africa. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *16*(4).
- Mudarri, D., & Fisk, W. J. (2007). Public Health and Economic Impact of Dampness and Mold. in *Indoor Air Journal*, 2007 (17), p 226-235. Retrieved from <https://escholarship.org/content/qt4x58x8m6/qt4x58x8m6.pdf>
- Nakapan, S., & Choopun, S. (2018). Geospatial analysis of relationship between climate factors and diffusion of air pollution in Chiang Mai, Thailand. *ScienceAsia*, *44*(4), 325–331. <https://doi.org/10.2306/scienceasia1513-1874.2018.44.325>
- Nhlapo, N., Lues, R. J. F., & Groenewald, W. H. (2014). Microbial counts of food contact surfaces at schools depending on a feeding scheme. *South African Journal of Science*, *110*(11/12), 1–6. <https://doi.org/10.1590/sajs.2014/20130351>
- Nhung, N. T. T., Amini, H., Schindler, C., Joss, M. K., Dien, T. M., Probst-Hensch, N., Perez, L., & Künzli, N. (2017). Short-term association between ambient air pollution and pneumonia in children: A systematic review and meta-analysis of time-series and case-crossover studies. *Environmental Pollution*, *230*, 1000–1008.

- Pasquarella, C., Pitzurra, O., & Savino, A. (2000). The index of microbial air contamination. *Journal of Hospital Infection*, 46(4), 241–256. <https://doi.org/10.1053/jhin.2000.0820>
- Phanombualert, J., Muenta, C., & Thongkamsamut, C. (2016). The indoor air quality analysis of microbial and *Candida* in OPD dental clinic, Faculty of Dentistry, Khon Kaen University. *Academic Journal: Faculty of Architecture, Khon Kaen University*, 15(1), 173–181.
- Piyavadee, S., Chumaporn, R., & Patipat, V. (2024). Evaluating the association between ambient pollutants and climate conditions in Chiangmai, Thailand. *Nature Environment and Pollution Technology*, 23(4), 2221–2229. <https://doi.org/10.46488/NEPT.2024.v23i04.026>
- Shelton, S., Liyanage, G., Jayasekara, S., Pushpawela, B., Rathnayake, U., Jayasundara, A., & Jayasooriya, L. D. (2022). *Seasonal variability of air pollutants and their relationships to meteorological parameters in an urban environment*. *Advances in Meteorology*, 2022, Retrieved November 7, 2025, from <https://doi.org/10.1155/2022/5628911>
- Taylor, J. W. & Williams, M. C., (2023). *Fungus*. Retrieved June, 9, 2024, from <https://www.accessscience.com/content/article/a275800>
- Tiwari, S., Srivastava, A. K., Bisht, D. S., Parmita, P., Srivastava, M. K., & Attri, S. D. (2013). *Diurnal and seasonal variations of black carbon and PM_{2.5} over New Delhi, India: Influence of meteorology*. *Atmospheric Research*, 125–126, 50–62. Retrieved November 7, 2025, from <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2013.01.011>
- United States Environmental Protection Agency. (2025a). *Basic information about carbon monoxide (CO) outdoor air pollution*. Retrieved November 9, 2025, from <https://www.epa.gov/co-pollution/basic-information-about-carbon-monoxide-co-outdoor-air-pollution>
- United States Environmental Protection Agency. (2025b). *Basic information about NO₂*. Retrieved November 9, 2025, from <https://www.epa.gov/no2-pollution/basic-information-about-no2>

- United States Environmental Protection Agency. (2025c). *Mold remediation in schools and commercial buildings guide: Chapter 2 – Mold prevention*. Retrieved November 9, 2025, from <https://www.epa.gov/mold/mold-remediation-schools-and-commercial-buildings-guide-chapter-2>
- United States Environmental Protection Agency. (2025d). *Ground-level ozone basics*. Retrieved February 18, 2026, from <https://www.epa.gov/ground-level-ozone-pollution/ground-level-ozone-basics>
- Weschler, C. J. (2006). Ozone's impact on public health: Contributions from indoor exposures to ozone and products of ozone-initiated chemistry. *Environmental Health Perspectives*, 114(10), 1489–1496. <https://doi.org/10.1289/ehp.9256>
- World Health Organization. (2018). *Air pollution and child health: Prescribing clean air – Summary*. Retrieved October 9, 2025, from <https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/4ce6e0cf-2bec-4892-8117-25c62afc229f/content>
- World Health Organization. (2024). *Ambient (outdoor) air pollution*. Retrieved October 8, 2025, from <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-%28outdoor%29-air-quality-and-health>
- Zender-Swiercz, E., Galiszewska, B., Telejko, M., & Starzomska, M. (2024). The effect of temperature and Relative Humidity of air on the concentration of particulate matter - PM2.5 and PM10. *Atmospheric Research*, 312, 107733.



ภาคผนวก

ภาคผนวก ก ปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา ความเข้มข้นของมลสารในอากาศ ในฤดูฝนและฤดูแล้ง

ข้อมูลปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาในฤดูฝน

สถานที่	T (°C)		RH (%)		WS (m/s)		RF (mm)	
	ใน ห้องเรียน	นอก ห้องเรียน	ใน ห้องเรียน	นอก ห้องเรียน	ใน ห้องเรียน	นอก ห้องเรียน	ใน ห้องเรียน	นอก ห้องเรียน
St.1	25.88	30.84	66.10	75.01	0	0.45	0	0.70
St.2	26.57	30.95	56.40	71.70	0	0.16	0	0.70
St.3	28.77	33.55	70.68	68.20	0.21	0.01	0	14.90
St.4	29.14	35.28	46.54	62.90	0	0.15	0	14.90
St.5	26.78	29.79	69.43	83.92	0	0.07	0	0
St.6	27.38	32.45	59.71	70.63	0	0.03	0	0
St.7	26.33	28.86	68.38	90.26	0	0.02	0	0
St.8	27.13	29.51	59.90	79.79	0	0.04	0	0
St.9	28.18	31.28	64.04	80.06	0.03	0.02	0	0
St.10	27.97	35.94	43.41	56.24	0	0.24	0	0
ค่าเฉลี่ย	27.41	31.85	60.46	73.87	0.02	0.12	0	3.12
	±1.08	±2.42	±9.39	±10.13	±0.07	±0.14		±6.22

ข้อมูลปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาในฤดูแล้ง

สถานที่	T (°C)		RH (%)		WS (m/s)		RF (mm)	
	ใน	นอก	ใน	นอก	ใน	นอก	ใน	นอก
	ห้องเรียน	ห้องเรียน	ห้องเรียน	ห้องเรียน	ห้องเรียน	ห้องเรียน	ห้องเรียน	ห้องเรียน
St.1	23.57	24.63	68.99	68.29	0	0.64	-	0
St.2	25.08	28.13	62.15	46.6	0	0.25	-	0
St.3	23.84	29.61	59.76	50.93	0	0.09	-	0
St.4	27.47	30.85	57.01	47.28	0	0.17	-	0
St.5	24.98	27.12	60.83	60.22	0.01	0.35	-	0
St.6	28.26	31.16	53.99	46.79	0	0.16	-	0
St.7	25.54	30.84	66.45	58.53	0.04	0.21	-	0
St.8	29.21	34.22	62.57	49.72	0	0.08	-	0
St.9	25.42	34.87	65.26	46.5	0.02	0.1	-	0
St.10	30.59	37.45	53.09	40.14	0.09	0.38	-	0
ค่าเฉลี่ย	26.40	30.89	61.01	51.50	0.02±0.03	0.24	-	0
	±2.36	±3.84	±5.21	±8.36		±0.17		

ความเข้มข้นของมลสารในอากาศ ในฤดูฝน (ไนโตรเจนไดออกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โอโซน คาร์บอนมอนอกไซด์)

สถานที่	NO ₂ (µg/m ³)		SO ₂ (µg/m ³)		O ₃ (µg/m ³)		CO (mg/m ³)	
	ใน	นอก	ใน	นอก	ใน	นอก	ใน	นอก
	ห้องเรียน	ห้องเรียน	ห้องเรียน	ห้องเรียน	ห้องเรียน	ห้องเรียน	ห้องเรียน	ห้องเรียน
St.1	0.30	6.80	0.63	18.70	59.72	159.30	0.03	0.04
St.2	2.82	2.35	15.23	8.77	112.05	119.23	0.04	0.02
St.3	0.28	0.30	0	0	23.82	44.92	0.16	0.07
St.4	4.95	0.40	4.17	0.33	32.32	63.77	0.22	0.05
St.5	0.85	0.03	0.02	0	19.98	56.03	0.15	0.15
St.6	0.15	0.95	0	0.40	19.48	47.13	0.15	0.09
St.7	0.52	0	0	0	9.93	22.72	0.14	0.03
St.8	0.32	7.30	0	8.20	15.52	43.22	0.20	0.35
St.9	0	0.57	0	0	8.15	28.35	0.23	0.03
St.10	2.40	0.05	0.58	0	17.95	39.02	0.12	0.01
ค่าเฉลี่ย	1.26	1.88	2.06	3.64	31.89	62.37	0.14	0.08
	±1.62	±2.82	±4.80	±6.34	±31.74	±43.27	±0.07	±0.10

ความเข้มข้นของมลสารในอากาศในฤดูฝน (ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 100 10 และ 2.5 ไมโครเมตร)

สถานที่	TSP		PM ₁₀		PM _{2.5}	
	(μg/m ³)		(μg/m ³)		(μg/m ³)	
	ใน ห้องเรียน	นอก ห้องเรียน	ใน ห้องเรียน	นอก ห้องเรียน	ใน ห้องเรียน	นอก ห้องเรียน
St.1	37.97	31.28	17.66	12.96	9.83	6.89
St.2	24.43	35.63	11.10	15.32	6.84	7.81
St.3	35.75	30.75	18.69	14.01	11.56	8.05
St.4	31.15	34.62	14.33	19.22	7.42	11.96
St.5	25.82	25.33	12.86	11.80	7.93	7.16
St.6	30.27	22.95	13.26	10.70	7.00	6.85
St.7	33.27	28.90	12.99	13.08	6.09	7.49
St.8	26.82	27.03	11.48	12.29	6.49	7.20
St.9	45.32	23.38	23.30	9.83	5.92	5.63
St.10	26.62	23.72	10.29	9.85	5.33	5.77
ค่าเฉลี่ย	31.74	28.36	14.60	12.91	7.44	7.48
	±6.52	±4.63	±4.08	±2.83	±1.91	±1.76

ความเข้มข้นของมลสารในอากาศในฤดูแล้ง (ไนโตรเจนไดออกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โอโซน คาร์บอนมอนอกไซด์)

สถานที่	NO ₂		SO ₂		O ₃		CO	
	(µg/m ³)		(µg/m ³)		(µg/m ³)		(mg/m ³)	
	ใน ห้องเรียน	นอก ห้องเรียน	ใน ห้องเรียน	นอก ห้องเรียน	ใน ห้องเรียน	นอก ห้องเรียน	ใน ห้องเรียน	นอก ห้องเรียน
St.1	0.55	0.32	0	0	57.57	82.67	0.87	0.95
St.2	1.03	0.05	0	0	25.22	129.90	1.02	0.93
St.3	0.53	0.02	0	0	18.05	101.72	0	0
St.4	1.90	0.92	0	0.47	32.02	133.62	0	0.01
St.5	1.38	0.18	0	0	21.38	121.17	0	0
St.6	9.18	8.95	6.32	0	67.92	103.42	0.19	0.21
St.7	16.02	18.18	0.07	6.82	16.67	42.27	0.49	0.07
St.8	19.93	17.40	3.65	10.83	29.72	50.87	0	0
St.9	11.17	14.68	0.83	5.47	15.62	38.77	0	0
St.10	19.87	16.78	0	8.25	31.32	49.10	0	0
ค่าเฉลี่ย	8.16	7.75	1.09	3.18	31.55	85.35	0.26	0.22
	±8.16	±8.24	±2.16	±4.22	±17.65	±37.61	±0.40	±0.39


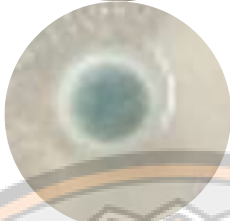

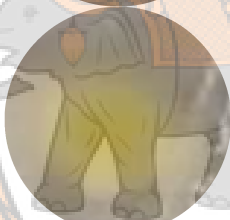

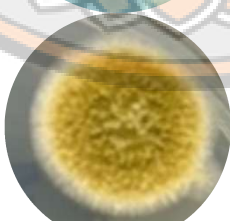
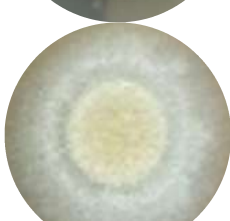
ความเข้มข้นของมลสารในอากาศในฤดูแล้ง (ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 100 10 และ 2.5 ไมโครเมตร)





สถานที่	TSP ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		PM _{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
	ใน	นอก	ใน	นอก	ใน	นอก
	ห้องเรียน	ห้องเรียน	ห้องเรียน	ห้องเรียน	ห้องเรียน	ห้องเรียน
St.1	90.55	102.60	59.40	62.31	42.19	42.08
St.2	52.05	75.40	30.50	43.18	20.93	28.04
St.3	57.00	87.05	37.46	50.41	26.43	31.91
St.4	66.32	77.20	38.84	45.43	24.78	30.48
St.5	89.23	100.33	56.57	60.24	38.14	39.32
St.6	67.12	77.63	43.19	46.29	30.51	31.06
St.7	81.20	91.48	53.87	56.21	38.08	37.97
St.8	71.18	80.65	47.83	50.16	34.55	34.08
St.9	60.95	57.85	36.33	32.06	19.62	20.19
St.10	54.83	52.02	28.89	28.78	18.13	18.71
ค่าเฉลี่ย	69.04	80.22	43.29	47.51	29.34	31.38
	± 13.88	± 16.38	± 10.76	± 10.99	± 8.61	± 7.65

ภาคผนวก ข สัณฐานวิทยาของรา

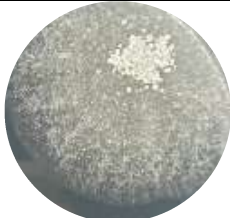
สัณฐานวิทยาของราในฤดูฝน

isolate	รูปร่างโคโลนี	สีของเส้นใย
1		สีเทา
2		สีเขียวซีม้
3		สีดำ
4		สีน้ำตาล
5		สีขาว
6		สีเขียวเข้ม

isolate	รูปร่างโคโลนี	สีของเส้นใย
7		สีน้ำตาล
8		สีเทา
9		สีขาว
10		สีเหลือง
11		สีน้ำตาล
12		สีเหลือง
13		สีครีม

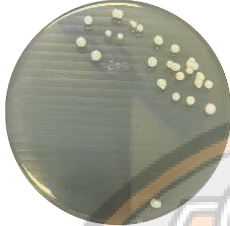
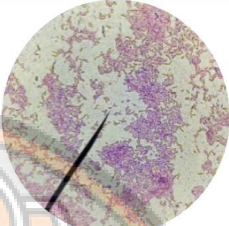

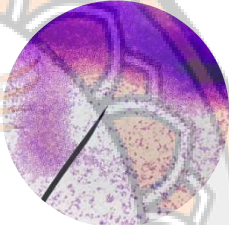

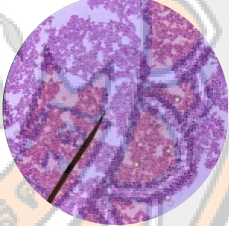
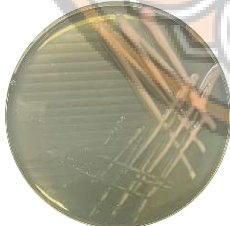
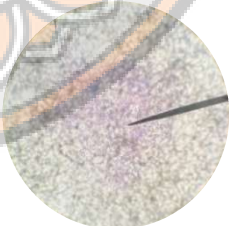

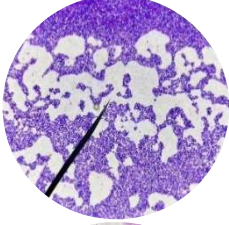


isolate	รูปร่างโคโลนี	สีของเส้นใย
14		สีดำ
15		สีเขียวเข้ม
16		สีขาว
17		สีน้ำตาล


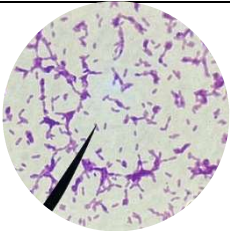

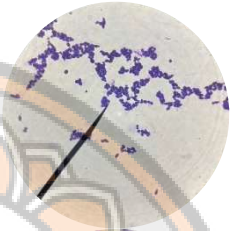
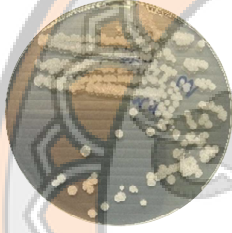
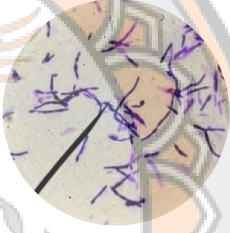

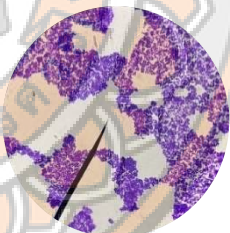
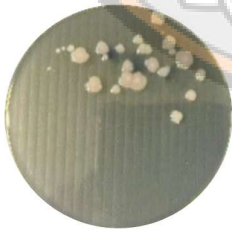
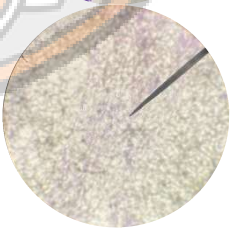

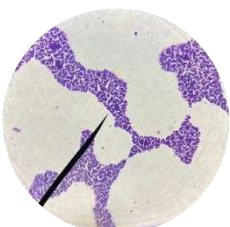
สัณฐานวิทยาของราในฤดูฝนในฤดูแล้ง




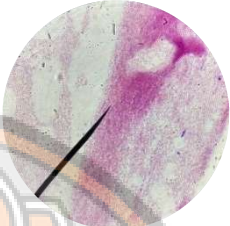

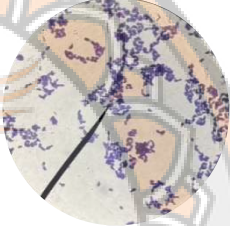

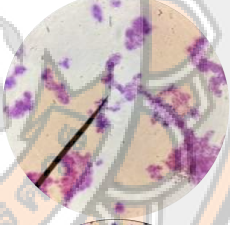

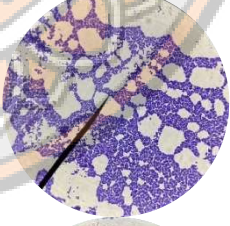

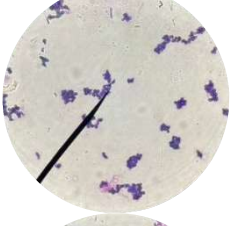


สายพันธุ์	รูปร่างโคโลนี	สีของเส้นใย
1		สีขาว
2		สีเหลืองเขียว
3		สีน้ำตาล
6		สีขาว
7		สีครีม
10		สีดำ
13		สีขาว

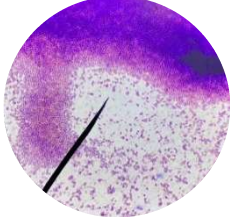
ภาคผนวก ค สัณฐานวิทยาของแบคทีเรีย

สัณฐานวิทยาของแบคทีเรียในฤดูฝน

Isolate	แบคทีเรีย	ลักษณะโคโลนี	การย้อมแกรม	ลักษณะจากการย้อมแกรม
1		โคโลนีสีขาว รูปร่างกลม พื้นผิวด้าน		แกรมบวก รูปร่างแท่ง
2		โคโลนีสีเหลือง รูปร่างกลม พื้นผิวมันวาว		แกรมบวก รูปร่างกลม
3		โคโลนีสีขาว รูปร่างกลม พื้นผิวมันวาว		แกรมบวก รูปร่างกลม
4		โคโลนีสีชมพู รูปร่างกลม พื้นผิวมันวาว		แกรมบวก รูปร่างกลม
5		โคโลนีสีเหลือง รูปร่างกลม พื้นผิวมันวาว		แกรมบวก รูปร่างกลม
6		โคโลนีสีขาว รูปร่างกลม พื้นผิวมันวาว		- Gram negative - Bacilli


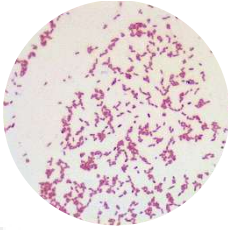
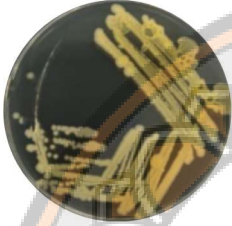
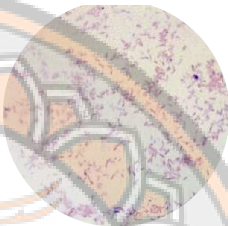



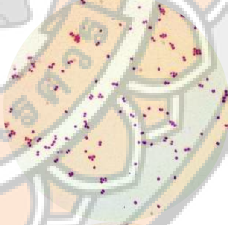

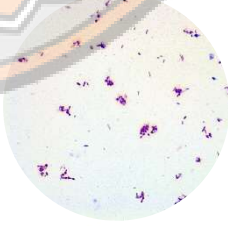

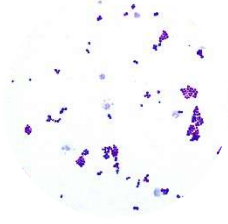
Isolate	แบคทีเรีย	ลักษณะโคโลนี	การย้อมแกรม	ลักษณะจากการย้อมแกรม
7		โคโลนีสีเหลือง รูปร่างไม่ปกติ พื้นผิวด้าน		แกรมลบ รูปร่างกลม
8		โคโลนีสีเหลือง รูปร่างกลม พื้นผิวด้าน		แกรมบวก รูปร่างกลม
9		โคโลนีสีขาว รูปร่างไม่ปกติ พื้นผิวด้าน		แกรมบวก รูปร่างแท่ง
10		โคโลนีสีเหลือง รูปร่างกลม พื้นผิวมันวาว		แกรมบวก รูปร่างกลม
11		โคโลนีสีน้ำตาลอ่อน รูปร่างไม่ปกติ พื้นผิวมันวาว		แกรมบวก รูปร่างแท่ง
12		โคโลนีสีเหลือง รูปร่างกลม พื้นผิวด้าน		แกรมบวก รูปร่างกลม


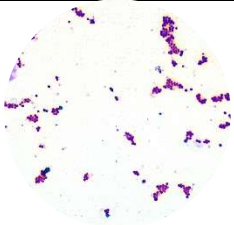

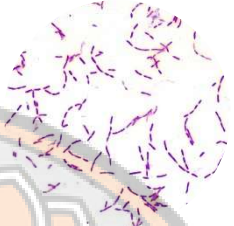

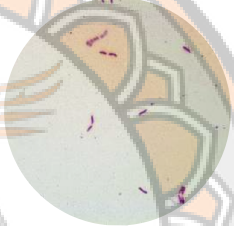



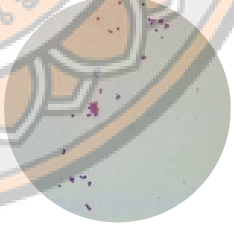

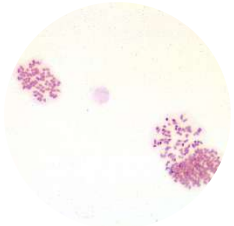

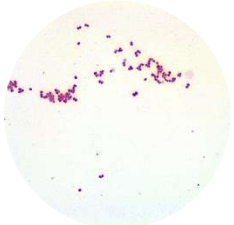
Isolate	แบคทีเรีย	ลักษณะโคโลนี	การย้อมแกรม	ลักษณะจาก การย้อมแกรม
13		โคโลนีสีขาว รูปร่างกลม พื้นผิวด้าน		แกรมบวก รูปร่างกลม
15		โคโลนีสีขาว รูปร่างกลม พื้นผิวมันวาว		แกรมลบ รูปร่างกลม
16		โคโลนีสีขาว รูปร่างกลม พื้นผิวมันวาว		แกรมบวก รูปร่างกลม
17		โคโลนีสีเหลือง รูปร่างกลม พื้นผิวด้าน		แกรมบวก รูปร่างกลม
18		โคโลนีสีขาว รูปร่างกลม พื้นผิวมันวาว		แกรมบวก รูปร่างกลม
19		โคโลนีสีครีม รูปร่างกลม พื้นผิวมันวาว		แกรมบวก รูปร่างกลม
20		โคโลนีสีครีม รูปร่างกลม พื้นผิวมันวาว		แกรมบวก รูปร่างแท่ง


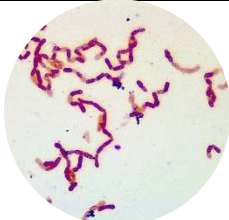

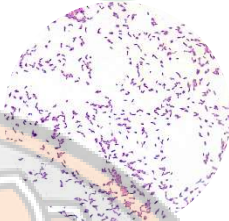
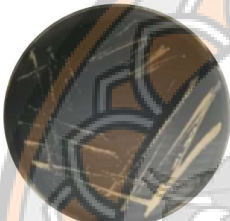






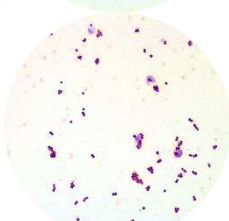

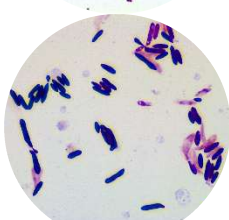
Isolate	แบคทีเรีย	ลักษณะโคโลนี	การย้อมแกรม	ลักษณะจาก การย้อมแกรม
21		โคโลนีสีเหลือง รูปร่างกลม พื้นผิวมันวาว		แกรมบวก รูปร่างกลม


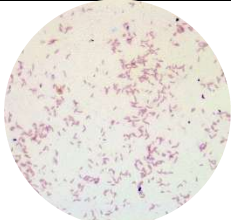

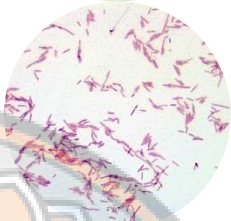







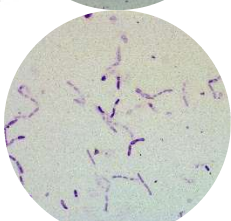

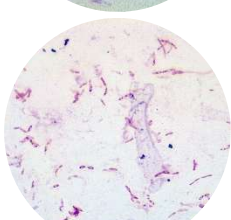


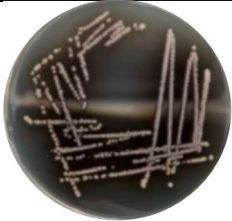
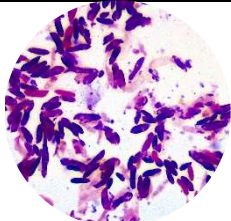



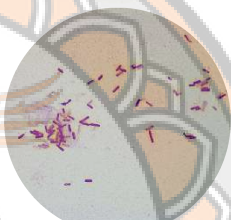
ลักษณะวิทยาของแบคทีเรียในฤดูแล้ง

Isolate	แบคทีเรีย	ลักษณะโคโลนี	การย้อมแกรม	ลักษณะจาก การย้อมแกรม
1		โคโลนีสีขาว รูปร่างกลม พื้นผิวด้าน		แกรมลบ รูปร่างแท่ง
2		โคโลนีสีเหลือง รูปร่างกลม พื้นผิวด้าน		แกรมบวก รูปร่างแท่ง
3		โคโลนีสีเหลือง รูปร่างกลม พื้นผิวมันวาว		แกรมบวก รูปร่างแท่ง
4		โคโลนีสีเหลือง รูปร่างกลม พื้นผิวมันวาว		แกรมบวก รูปร่างกลม
5		โคโลนีสีเหลือง รูปร่างกลม พื้นผิวมันวาว		แกรมบวก รูปร่างกลม
6		โคโลนีสีขาว รูปร่างกลม พื้นผิวมันวาว		แกรมบวก รูปร่างกลม

Isolate	แบคทีเรีย	ลักษณะโคโลนี	การย้อมแกรม	ลักษณะจาก การย้อมแกรม
7		โคโลนีสีชมพู รูปร่างกลม พื้นผิวมันวาว		แกรมบวก รูปร่างกลม
8		โคโลนีสีขาว รูปร่างกลม พื้นผิวมันวาว		แกรมบวก รูปร่างแท่ง
9		โคโลนีสีเหลือง รูปร่างกลม พื้นผิวมันวาว		แกรมบวก รูปร่างแท่ง
10		โคโลนีสีครีม รูปร่างกลม พื้นผิวมันวาว		แกรมบวก รูปร่างกลม
11		โคโลนีส้ม รูปร่างกลม พื้นผิวมันวาว		แกรมบวก รูปร่างกลม
12		โคโลนีสีครีม รูปร่างไม่ปกติ พื้นผิวด้าน		แกรมบวก รูปร่างกลม
13		โคโลนีสีเหลือง รูปร่างกลม พื้นผิวมันวาว		แกรมบวก รูปร่างกลม

Isolate	แบคทีเรีย	ลักษณะโคโลนี	การย้อมแกรม	ลักษณะจาก การย้อมแกรม
14		โคโลนีสีครีม รูปร่างกลม พื้นผิวด้าน		แกรมลบ รูปร่างแท่ง
15		โคโลนีสีเหลือง รูปร่างกลม พื้นผิวมันวาว		แกรมบวก รูปร่างแท่ง
16		โคโลนีสีเหลือง รูปร่างกลม พื้นผิวมันวาว		แกรมบวก รูปร่างแท่ง
17		โคโลนีสีเหลือง อ่อน รูปร่างกลม พื้นผิวด้าน		แกรมบวก รูปร่างแท่ง
18		โคโลนีสีขาว รูปร่างไม่ปกติ พื้นผิวด้าน		แกรมลบ รูปร่างกลม
19		โคโลนีสีขาว รูปร่างกลม พื้นผิวมันวาว		แกรมบวก รูปร่างกลม
20		โคโลนีสีขาว รูปร่างกลม พื้นผิวมันวาว		แกรมบวก รูปร่างแท่ง

Isolate	แบคทีเรีย	ลักษณะโคโลนี	การย้อมแกรม	ลักษณะจาก การย้อมแกรม
21		โคโลนีสีเหลือง รูปร่างกลม พื้นผิวมันวาว		แกรมลบ รูปร่างแท่ง
22		โคโลนีสีเหลือง รูปร่างกลม พื้นผิวมันวาว		แกรมลบ รูปร่างแท่ง
23		โคโลนีสีขาว รูปร่างไม่ปกติ พื้นผิวมันวาว		แกรมบวก รูปร่างแท่ง
25		โคโลนีสีขาว รูปร่างกลม พื้นผิวมันวาว		แกรมบวก รูปร่างกลม
26		โคโลนีสีเหลือง รูปร่างกลม พื้นผิวมันวาว		แกรมบวก รูปร่างกลม
27		โคโลนีสีขาว รูปร่างไม่ปกติ พื้นผิวด้าน		แกรมบวก รูปร่างแท่ง
28		โคโลนีสีขาว รูปร่างกลม พื้นผิวมันวาว		แกรมบวก รูปร่างแท่ง

Isolate	แบคทีเรีย	ลักษณะโคโลนี	การย้อมแกรม	ลักษณะจาก การย้อมแกรม
29		โคโลนีสีส้ม รูปร่างกลม พื้นผิวด้าน		แกรมบวก รูปร่างแท่ง
30		โคโลนีสีเหลือง รูปร่างกลม พื้นผิวมันวาว		แกรมบวก รูปร่างกลม
31		โคโลนีสีเหลือง รูปร่างกลม พื้นผิวมันวาว		แกรมบวก รูปร่างแท่ง

ภาคผนวก ง ภาพการดำเนินการศึกษา

สถานที่ศึกษา

ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กบ้านแม่ระหัน



ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กเทศบาลตำบลห้วยเรือ



ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กองค์การบริหารส่วนตำบลมะขามสูง



ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กโรงเรียนบ้านบึงกระดาน



ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กองค์การบริหารส่วนตำบลสมอแข



ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กเทศบาลตำบลอรุณภูมิ (2)



ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กองค์การบริหารส่วนตำบลวัดจันทร์



ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กบ้านยางเอน



ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กองค์การบริหารส่วนตำบลวังงาม



ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กองค์การบริหารส่วนตำบลวัดพริก



การตรวจวัดความเข้มข้นของมลสารในอากาศ



การเก็บตัวอย่างราและแบคทีเรียด้วยวิธี Surface swab



การเก็บตัวอย่างราและแบคทีเรียด้วยวิธี Settle plate

